تقييم أثر التجوية على المبانى الأثرية بالقاهرة الفاطمية

دراسة جيومورفولوجية تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

Assessment of the impact of weathering on archaeological buildings in Fatimid Cairo

An applied geomorphological study using GIS

دكتور/ محمد عبد اللطيف عبد المطلب القصراوى

Dr. Mohamed Abd Ellatif Abd Emotaleb Elkasrawy

مدرس الجغرافيا الطبيعية بالمعهد العالى للدراسات ألأدبية كنج مريوط الأسكندرية

الملخص:

تناولت الدراسة تقييم أثر التجوية على المبانى الأثرية بالقاهرة الفاطمية، وذلك من منظور جبومورفولوجى تطبيقى، وتناولت الدراسة دور العوامل الطبيعية المؤثرة على عمليات التجوية بالمبانى الأثرية بمنطقة الدراسة والتى تمثلت فى دراسة خصائص أحجار البناء، والخصائص المناخية، والزلازل، بالإضافة إلى تأثير العوامل البيولوجية، والمياه الأرضية، كما تناولت الدراسة تأثير العوامل البشرية على عمليات التجوية بالمبانى الأثرية وتمثلت فى دراسة عمر المبنى، والتلوث الجوى، والتسرب من شبكات المياه والصرف الصحى، بالإضافة إلى دراسة الترميم الخاطىء، والسلوكيات الخاطئة فى التعامل مع المبانى الأثرية، ومن خلال التقييم الميدانى لأثر التجوية على المبانى الأثرية بالمنطقة، وتطبيق نماذج موثقة لتصنيف خطرها خلصت الدراسة إلى أن خطر التجوية يتدرج من الدرجة المتوسطة إلى المتوسطة للشديدة، ثم الشديدة فالشديده جداً، وأضافت الدراسة التوصيات اللازمة لضرورة إستفادة صناع القرار والمتخصصين من نتائج الدراسة، وكيفية الحد من أخطار التجوية التى تتعرض لها المبانى الأثرية وسبل مواجهتها، وأهمية معاملة القاهرة الفاطمية كمنطقة تراث خالية من كافة أنواع التعديات على المبانى الأثرية.

الكلمات المفتاحية: الآثار الإسلامية – القاهرة الفاطمية – التجوية – الترميم الخاطىء – التلوث الجوى – التلف البيولوجى.

The study dealt with assessment the impact of weathering on the archaeological buildings in Fatimid Cairo, from an applied geomorphological view, The study dealt with the role of natural factors affecting weathering processes in the archaeological buildings in the study area, which was represented in studying the characteristics of building stones, climatic characteristics, and earthquakes, in addition to the influence of biological factors and ground water, and The study also dealt with the impact of human factors on weathering processes in archaeological buildings, and it was represented in studying the age of the building, air pollution, and leakage from water and sewage networks, in addition to studying the wrong restoration, and wrong behaviors in dealing with archaeological buildings, through the field assessment of the impact of weathering on the archaeological buildings in the study area, and the application of documented models to classify its danger, the study concluded that the risk of weathering ranges from medium to moderate severe, then severe to very severe, and the study added the necessary recommendations for the need for decision-makers and specialists to benefit from the results of the study, and how to reduce From the dangers of weathering to which archaeological buildings are exposed, and the treatment of Fatimid Cairo as a heritage area free from all kinds of encroachments on archaeological buildings

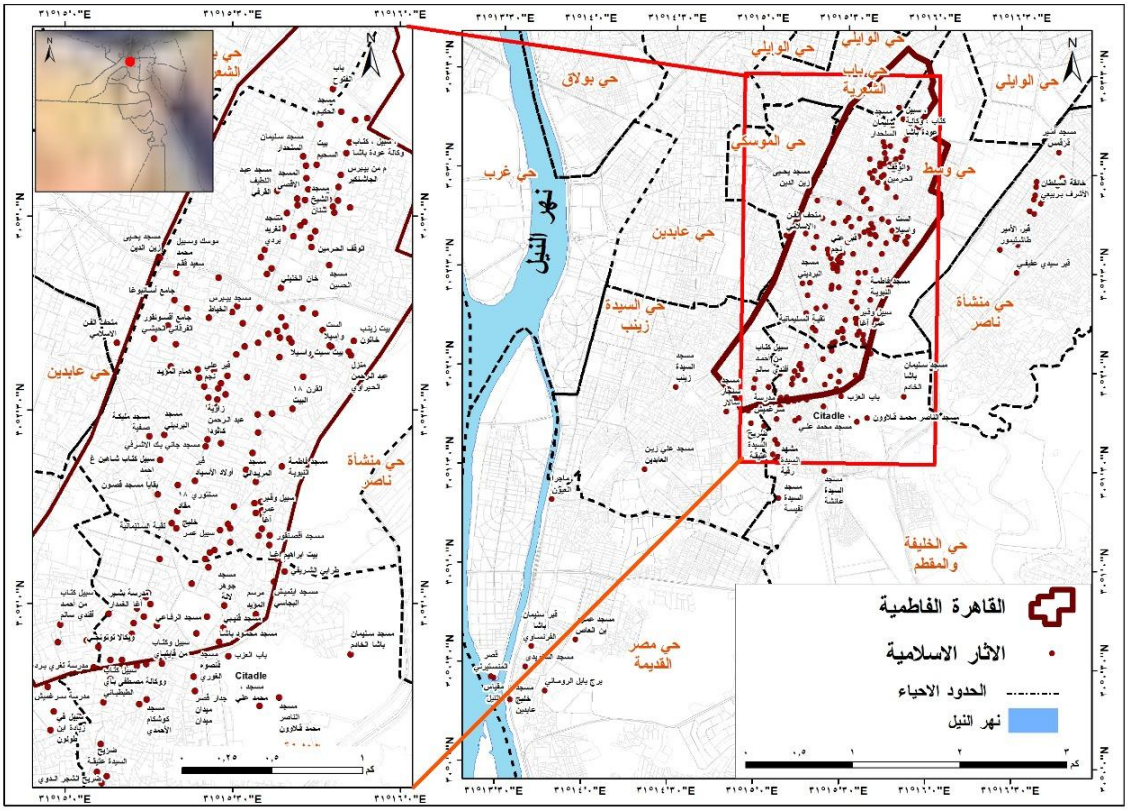
Keywords: Islamic Archeology - Fatimid Cairo – Weathering - Wrong restoration - Air pollution - Biological damage.

مقدمة:

تعد القاهرة الفاطمية من أهم وأكبر المدن التاريخية فى العالم، حيث تتميز بثراء نسيجها العمرانى بما يعبر عن تاريخ القاهرة الطويل بصفتها عاصمة سياسية ثقافية ودينية مهيمنة ورائده فى الشرق الأوسط وحوض البحر المتوسط، وساعد موقع القاهرة الإستراتيجى على حافة دلتا النيل بين نهر النيل شرقاً وهضبة المقطم غرباً على إثراء التفاعل البشرى مع الموقع مما أدى إلى تشكيل معماراً خاصاً بالمكان إستمد مواد بنائه من هضبة المقطم وإستفاد من نهر النيل فى جلب مواد بناء من أقاليم أخرى، وكانت الفترة من القرن التاسع إلى الخامس عشر الميلادى المعروف بعصر النهضة الإسلامية عصراً ذهبياً للمدينة، وتعد القاهرة نموذجاً متميزاً للعماره الإسلامية التى جمعت عصور الأمويين والطولونيين والفاطمين والأيوبيين والمماليك والعثمانين وما بعدهم، وقام الباحث بتركيز دراستة على القاهرة الفاطمية لما لها من تركز مكانى متصل وفريد من نوعه، ومكانة ثقافية وحضارية يجب الحفاظ عليها، حيث تعانى المبانى الأثرية بها من خطر التجويه بانواعها المختلفة سواء التجويه الكيميائية أوالفيزيائية أوالملحية أوالحيوية ، وساعد علي ذلك خصائص أحجار البناء المستخدمة والظروف البيئية الطبيعية والبشرية المحيطة، وقام الباحث بدراسة وتقييم خطر التجوية علي هذه الأثار الأسلامية من منظور جيومورفولوجي تطبيقي وذلك انطلاقاً من الوعي الكامل بأهمية علم الجغرافيا كعلم تطبيقي يبحث عن أسباب ظهور المشكلات ثم دراسة آثارها وأضرارها ثم وضع الخطط السليمة لمعالجة هذه المشكلات والحد من آثارها سواء حالياً او في المستقبل .

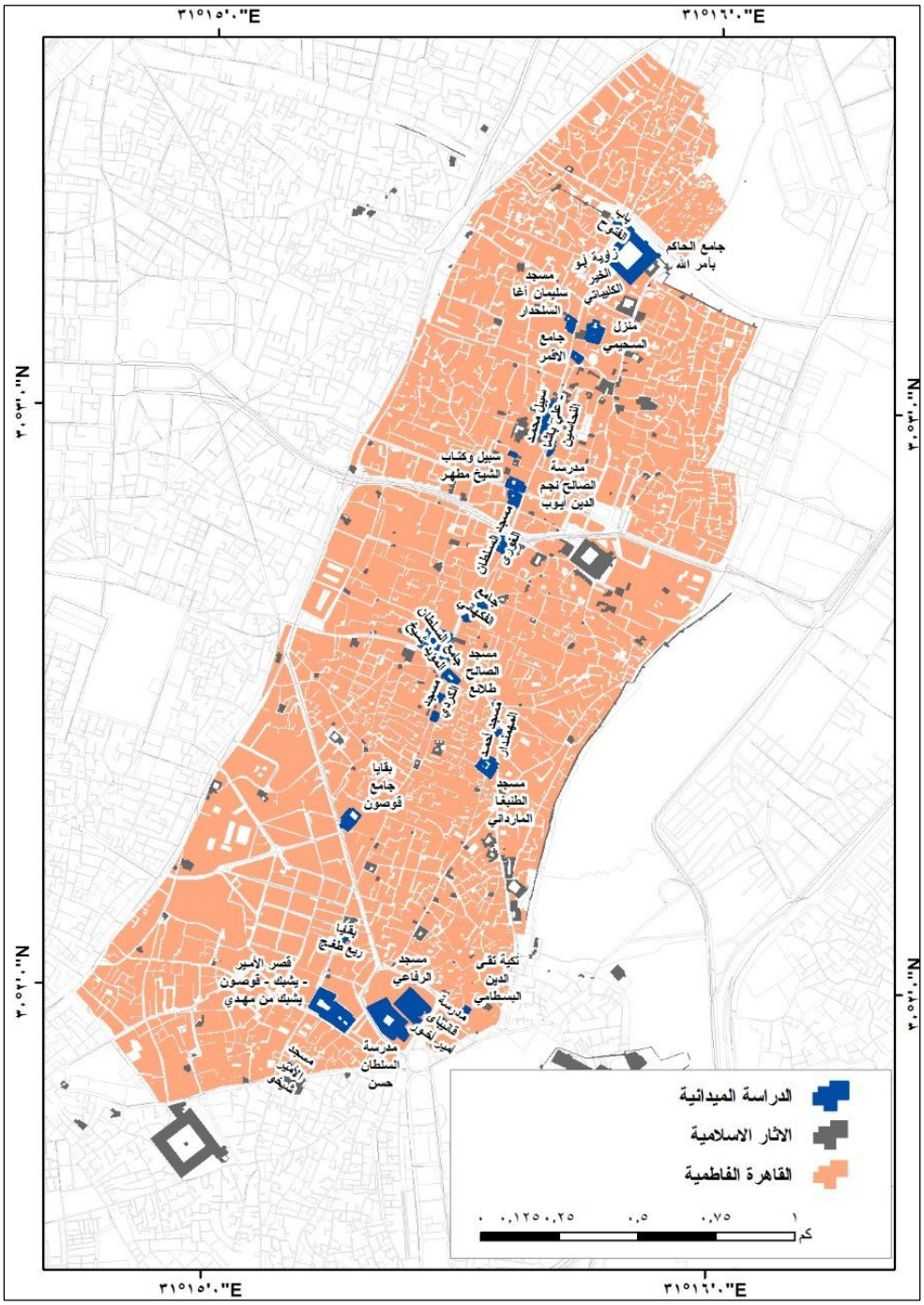
موقع منطقة الدراسة:

تقع القاهرة الفاطمية بين دائرتى عرض 30° 1' 45,079" شمالاً إلى 30° 3' 38,967" شمالاً، وبين خطى طول 31° 16 ´ 46,8" شرقاً إلى 31° 14 ´ 42,744" شرقاً، ويحد القاهرة الفاطمية من الشمال حى الوايلى ومن الشرق شارع المنصورية وحى منشآة ناصر، ومن الغرب شارع بور سعيد، ومن الجنوب شارع قدرى وشارع السلبية شكل (1)، وتضم القاهرة الفاطمية عدد 249 مبنى أثرى (وزارة الأثار، قاعدة بيانات غير منشورة، 2020)، وقام الباحث بعمل دراسة ميدانية لرصد وتقييم خطر التجوية على عدد 50 مبنى أثرى بنسبة 20% من المبانى الأثرية بالمنطقة شكل(2)، وتم إختيار العينة باستخدام آداة Fish net ببرنامج Arc GIS10.7 حيث تتيح إنشاء شبكة مربعات على منطقة الدراسة وتم عمل 74 مربع بأبعاد 250 × 250 متر وتم التركيز على إختيار 2 مبنى لكل مربع مع مراعاة زيادة العدد فى نطاقات التركز للمبانى الأثرية مثل شارع المعز، الغورية شكل (3) .



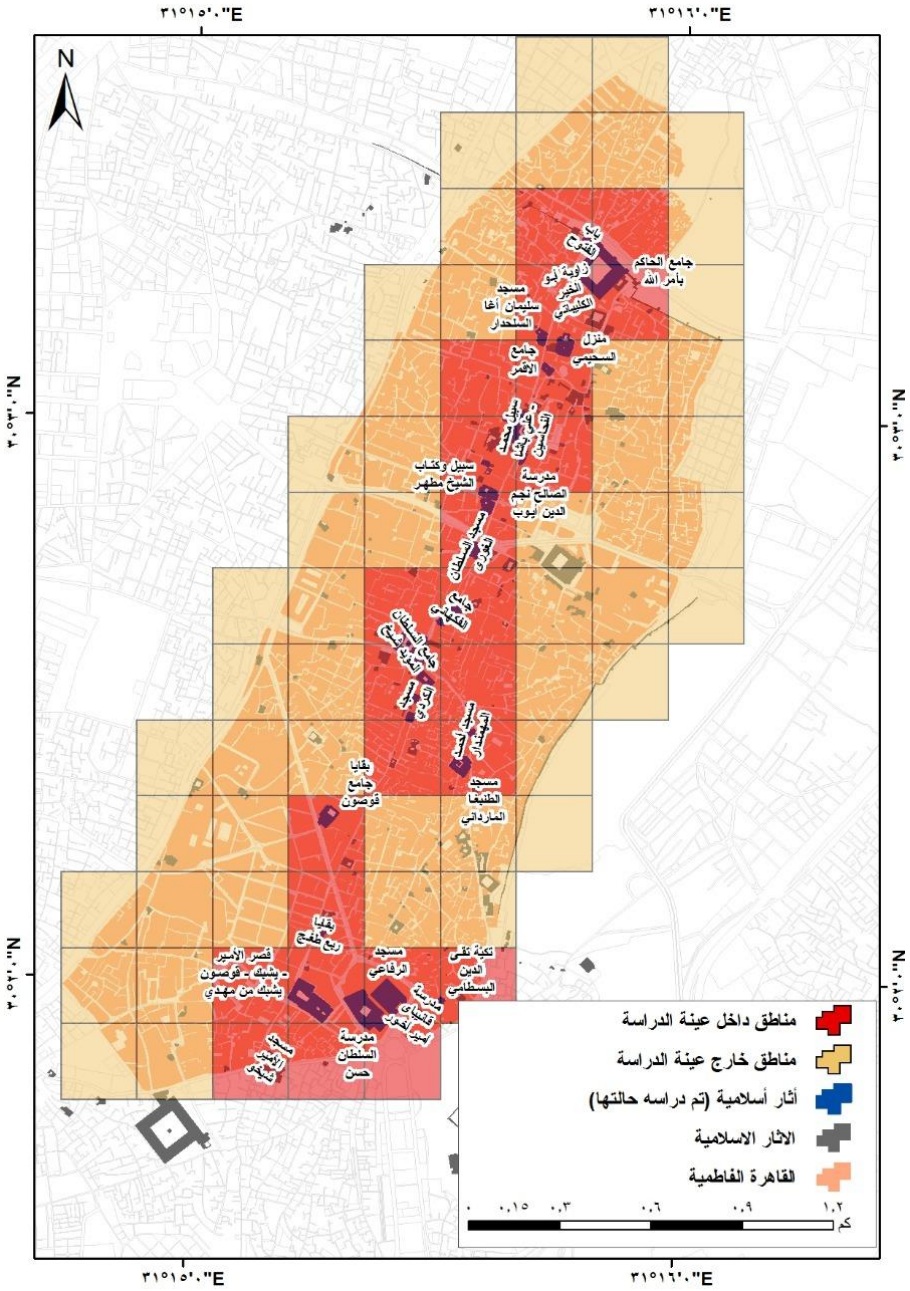
المصدر: وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة لمدينة القاهرة، 2017،مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018، برنامج ArcGIS10.7.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة لمدينة القاهرة، 2017،مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018، برنامج ArcGIS10.7.

شكل (2) مواقع المبانى الأثرية التى أجرى عليها العمل الميدانى



المصدر: وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة لمدينة القاهرة، 2017،مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018، برنامج ArcGIS10.7.

شكل (3) طريقة إختيار عينة الدراسة

مشكلة الدراسة :

تعد المبانى الأثرية بالقاهرة تراثاً ثقافياً وحضارياً لا يمكن تعويضة أو تقديرة مادياً، فهى الشاهد على الزمن الذى يهدى الإنسان لتتبع أحداثة التاريخية، وتعانى الآثار الإسلامية فى القاهرة من أخطار عديدة منها الطبيعية والبشرية التى تساعد على زيادة وتيرة فعل عمليات التجوية بأنواعها، خاصة وأن مادة البناء الأساسية هى الحجر الجيرى الذى يتأثر بصورة كبيرة بعمليات التجوية، ويقابل ذلك تأخر ملحوظ فى عمليات الصيانة والترميم السليم والوقاية من هذا الخطر الجسيم الذى يهدد هذا التراث الحضارى، لذا وجب على كل متخصص فى مجالة أن يقدم دراسة وافية لمقاومة هذا الخطر وإنقاذ ما يمكن إنقاذه وهذا ما ترجو إلية هذه الدراسة.

أهداف الدراسة :

- دراسة العوامل الطبيعية والبشرية المسببة والمؤثرة على زيادة عمليات التجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة.
- رصد مظاهر التجوية ودراسة أبعادها ومساحتها للوصول إلى قيم رقمية يمكن من خلالها تقييم الوضع الحالى للخطر، ووضع تصنيف لدرجة خطورة التجوية على المبانى الأثرية، وتوضيح العلاقة بينه وبين المؤثرات البيئية المحيطة.
- تقديم الحلول المناسبة لمتخذى القرارات التى يمكن من خلالها معالجة خطر التجوية ومقاومته للحد منه فى المستقبل.

مناهج وأساليب الدراسة:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج أهمها المنهج الأصولى وذلك عند دراسة أهم العوامل المؤثرة على نشاط التجوية بمنطقة الدراسة، والمنهج التاريخى فى دراسة تاريخ المبانى الأثرية محل الدراسة، والمنهج التحليلى فى دراسة نتائج التحليلات المعملية للعينات الصخرية للمبانى الاثرية، هذا بالإضافة إلى المنهج التطبيقى فى توظيف علم الجيومورفولوجيا فى حل هذه المشكلة، وتم إستخدام عدة أساليب منها الإسلوب الكمى، والإسلوب الكارتوجرافى، بالإضافة إلى الصور الفوتوغرافية، والعمل الميدانى الذى يعد المصدر الرئيس للبيانات الواردة بالبحث، هذا فضلاً عن إستخدام العديد من البرامج المتخصصه أهمها Arc GIS 10.7 ، Envi 5 ، Microsoft Ecxell 2010 .

مصادر الدراسة:

أ - الدراسات السابقه:

1- دراسات جيومورفولوجية: دراسة (نجلاء عبد الحليم، 2020) وتناولت أخطار التجوية على المناطق الأثرية بالمنيا، دراسة (ماجد شعلة،جمال قمح،2015) وتناولت التجوية وآثارها فى تشكيل مقابر الأنفوشى بالأسكندرية، دراسة (هويدا توفيق،2014) وتناولت الأخطار الجيومورفولوجية بالمناطق الأثرية بمحافظة أسيوط وتعرضت فيها لخطر التجوية على الأثار، دراسة (أحمد صابر،2012) وتناولت خطر التجوية الملحية على المبانى الأثرية بالقاهره، دراسة (على مصطفى ميرغنى،1998) وتناولت خطر التجوية الكيميائية على المنشآت بالمناطق الساحلية بالأسكندرية.

2- دراسات أثرية وجيولوجية: دراسة (عبد اللاه الدربى، عصام محمد، 2015) وتناولت تأثير عوامل التلف الحضرى على جامع الرفاعى، دراسة (Mohamed K.Khalaf, 2011) وقام فيها بدراسة تأثير تلوث الهواء على المبانى الأثرية بالقاهرة،دراسة (محسن صالح، 2015) وقام فيها بعمل أطلس تصويرى لمظاهر تلف الآثار الحجرية بمصر، دراسة (Fitzner,2004) وتناولت أثر التجوية على الحجر الجيرى على بعض المبانى الأثرية بالقاهرة، دراسة (Fitzner,2002) وقام فيها بدراسة تصنيف أخطار التجوية على صخور المبانى الأثرية، باللإضافة إلى العديد من الدراسات، وتناولت هذه الدراسات عمليات التجويه على المبانى الأثرية سواء داخل منطقة الدراسة أو خارجها إلا أنها لم تغطى ميدانيا عددا كبيراً من المبانى الأثرية، ولم تتعرض لتصنيف خطر التجوية على المبانى الأثرية داخل القاهرة.

ب - الخرائط والمرئيات الفضائية:

1- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، مخطط إقليم القاهرة الكبرى، 2017.
2- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة لمدينة القاهرة، 2017.
3- مركز التراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.
4- نموذج الإرتفاع الرقمى DEM, SRTM, 2013, 30*30 .

ج - العمل الميدانى:

تم إجراء العمل الميدانى فى المده من 1 : 30 يونية 2021 ، وتم خلالة رصد مظاهر التجوية المختلفة وإجراء القياسات الميدانية عليها، وذلك من أجل وضع تقييم حالة المبنى الأثرى على أساس رقمى .

د- البيانات المناخية: worldclim.org/data/index.htr

عناصر البحث :

- العوامل الطبيعية المؤثرة على عمليات التجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة (خصائص أحجار البناء، الخصائص المناخية، الزلازل، العوامل البيولوجية، المياه الأرضية).

- العوامل البشرية المؤثرة على عمليات التجوية على المبانى الأثرية (عمر المبنى، التلوث الجوى، التسرب من شبكات المياه والصرف الصحى، الترميم الخاطىء، السلوكيات الخاطئة).

- تقييم أثر التجوية على المبانى الأثرية، وتوزيعه المكانى.

- النتائج، والتوصيات اللازمة لمواجهة خطر التجوية على المبانى الأثرية بالقاهرة الفاطمية.

وتم تناول عناصر البحث بالتفصيل على النحو التالى:

أولاً: العوامل الطبيعية المؤثرة على عمليات التجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة:

أ- خصائص أحجار البناء :

تعد خصائص أحجار ومواد البناء من أهم العوامل المؤثرة فى مدى تأثرها بعمليات التجوية المختلفة، ويعد الحجر الجيرى هو حجر البناء الرئيس فى منطقة الدراسة إلا أنه تم رصد تنوع ملحوظ فى أحجار البناء التى تم إضافتها كتدعيم للحجر الجيرى كالأعمدة الجرانيتية الموجوده فى مجمع السلطان قلاوون التى تم جلبها من أسوان صورة (1) أو الأعمده الرخامية والأرضيات والمصاطب الرخامية المنتشرة فى العديد من المبانى الأثرية فى منطقة الدراسة مثل خانقاة ومدرسة الظاهر برقوق، وسبيل محمد على صورة (2)،(3)، هذا بالإضافة إلى الطوب الأحمر الذى ظهر فى العديد من الجدران كما فى قصر الأمير طاز والتكية المولوية بحى الخليفة ، وسبيل محمد على بالدرب الأحمر صورة (4).

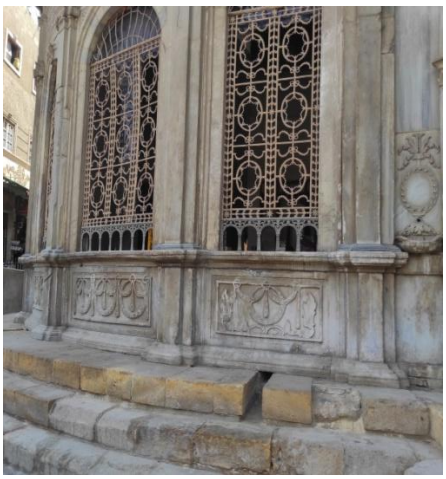
وساعدت الهضبة الأيوسينية الجيرية فى القاهرة فى توفير الحجر الجيرى لبناء المعالم التاريخية بالمدينة حيث تم إستخراج الأحجار من هضبة المقطم الجيرية شرق القاهرة وهضبة حلوان الجيرية بالجنوب الشرقى للمدينة ، وهضبة الجيزة الجيرية فى الجزء الغربى (Fitzner , et al ,2003,p312) ولا تزال تستخدم هذه المحاجر وخاصة حلوان فى إعادة ترميم هذه الأثار ، وتشير دراسات رشدى سعيد إلى أن الأحجار الجيرية التى أستخدمت فى بناء الآثار التاريخية بالقاهرة ترتبط بمجموعة المقطم فى العصر الأيوسينى الأوسط (R.Said , 1990,p734).

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (1) الأعمدة الجرانيتية بمجمع السلطان قلاوون

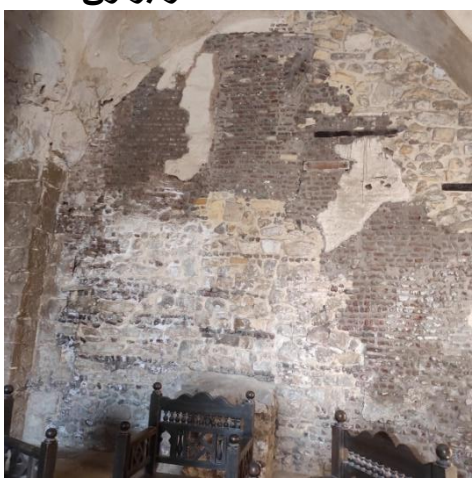
المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (2) الأعمدة الرخامية بخانقاة ومدرسة الظاهر برقوق



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (3) إستخدام الحجر الجيرى مع الرخام بواجهة سبيل محمد على



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (4) إستخدام الحجر الجيرى مع الرخام بواجهة سبيل محمد على

وأجريت الدراسات المعلمية على عينات من الحجر الجيرى من محاجر حلوان وبعض المنشآت الأثرية كمسجد الحاكم بأمر الله، وبيت السحيمى، ومسجد االطنبغا المارداني، وقصر الأمير طاز، ومسجد والرفاعى، وإتضح أنها من الحجر الجيرى النقى حيث يمثل الكالسيت (Ca Mg (Co3 والانكريت Ca(Mg,Fe)(Co3) التى توجد بشكل ثانوى كمعادن كربونات أخرى، وهى بذلك تختلف عن الحجر

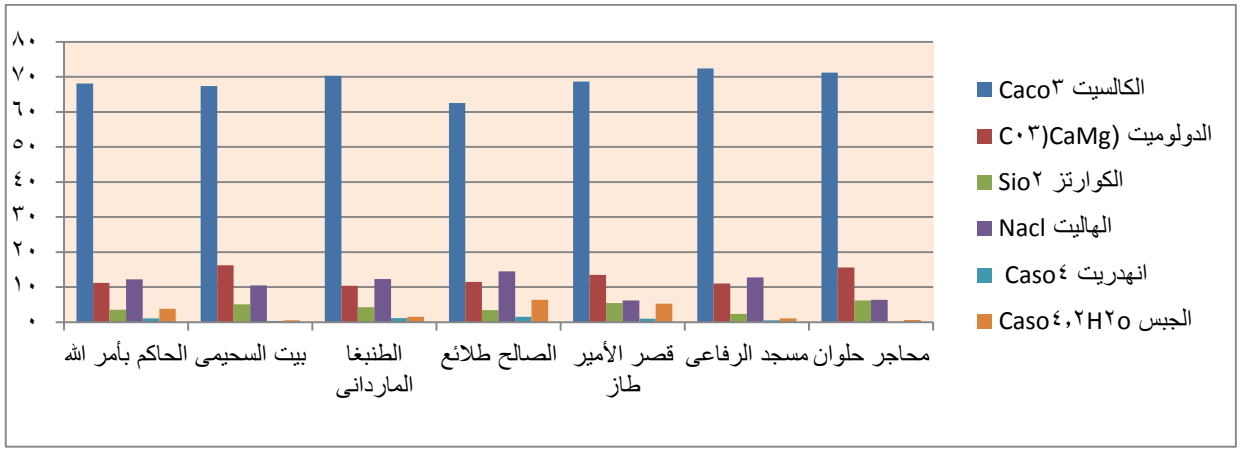
الجيرى الدولوميتى فى وجود الماغنسيوم مع نسب مختلفة من الحديد، كما تظهر بمحتويات الحجر الجيرى المستخدم فى البناء نسب منخفضة من الكوارتز بالإضافة إلى الهاليت الذى يدل وجوده على وجوده على تحلل الأملاح كيميائياً، مع وجود الأملاح الأولية وهذا يؤكد ما توصل إلية الحفناوى (Elhefnawi, 1998, p106) بأن وجود الأملاح الأولية من أهم خصائص الحجر الجيرى الأيوسينى فى مصر ، وتواجد الأملاح يساهم بشكل كبير فى تعرض الصخر لعوامل التجوية، ونجد عامة أن الإختلافات الصخرية للحجر الجيرى تتعلق بنسب الكربونات كما حددها Folk إلى ثلاثة مكونات وهى الميكريت Micrite ذات بلورات الكربونات الدقيقة وتعد الأكثر تماسكاً ومقاومة للتجوية، ثم سباريت Spaeite ذات بلورات الكربونات الخشنة وتعد أضعف من السابقة وأكثر إستجابة للتجوية، ثم ذو الخلايا الحيوية Bioclasts ويعرف بالحجر الجيرى الأحفورى الملىء بالحفريات ويعد أضعفهم (Folk, 1962, p65).

وقام الباحث بدراسة وتحليل أحجار البناء بجهاز حيود الآشعة السينية XRD لبعض المبانى الأثرية عن طريق أخذ عينات من الأحجار المتساقطة من الجدران من مسجد الحاكم بأمر الله وبيت السحيمى بمنطقة الجمالية، ومن مسجد الطنبغا المارداني ، ومسجد الصالح طلائع بمنطقة الدرب الأحمر ، ومسجد الرفاعى وقصر الأمير طاز بمنطقة الخليفة، بالإضافة إلى تحليل عينات من أحجار الترميم القادمة من محاجر حلوان، جدول (1).

جدول (1) تحليل أحجار البناء بجهاز حيود الآشعة السينية XRD لبعض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة

المبنى الأثرى	الكالسيت% Caco3	الدولوميت% CaMg(Co3)	الكوارتز% Sio2	الهاليت% Nacl	انهدريت% Caso4	الجبس% Caso4.2H2o
الحاكم بأمر الله	68.11	11.21	3.57	12.2	1.1	3.81
بيت السحيمى	67.36	16.22	5.1	10.46	0.3	0.56
الطنبغا الماردانى	70.31	10.41	4.24	12.28	1.2	1.56
الصالح طلائع	62.56	11.51	3.47	14.53	1.53	6.4
قصر الأمير طاز	68.61	13.53	5.42	6.17	1	5.27
مسجد الرفاعى	72.35	11.01	2.3	12.74	0.5	1.1
محاجر حلوان	71.2	15.56	6.21	6.34	0.1	0.59
المتوسط	68,64	12,78	4,33	10,67	0,82	2,67
الإنحراف المعيارى	3,21	2,34	1,34	3,24	0,52	2,39

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانة فى المده من 1: 30 يونيو 2021، تم التحليل بمعامل كلية العلوم جامعة طنطا.



المصدر : من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول(1)

شكل (4) تحليل أحجار البناء بجهاز حيود الآشعة السينية XRD لبعض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة

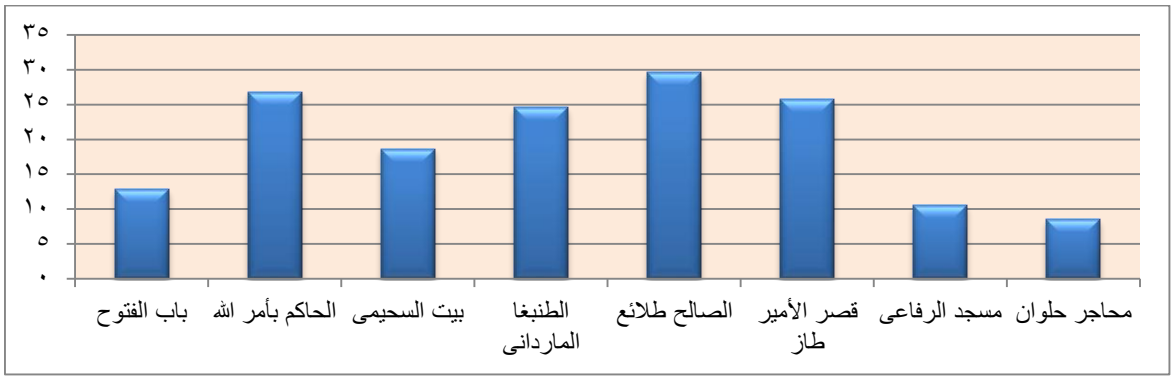
ومن تحليل جدول (1) وشكل (1) يتضح أن المكون الرئيس للحجر الجيرى فى منطقة الدراسة هو كربونات الكالسيوم Caco3 حيث تراوحت نسبتها فى جميع العينات بين 72,35% فى مسجد الرفاعى كأعلى النسب، و 62,56% فى مسجد الصالح طلائع كأقل النسب، بمتوسط عام 68،64% وانحراف معيارى 3,2 ، وتراوحت نسب الدولوميت CaMg(Co3) بين 16,22% فى بيت السحيمى، و 10,41 % فى مسجد الطنبغا الماردانى بمتوسط عام 12,78 وانحراف معيارى 2,34 ، وعن الكوارتز Sio2 جائت أعلى النسب فى عينات محاجر حلوان 6,21% وأقل القيم فى مسجد الرفاعى 2,3% بمتوسط 4,33 وانحراف معيارى قدره 1,34، وبالنسبة للهاليت Nacl والذى يعرف بالملح الصخرى تراوحت النسب بين 14,53% فى مسجد الصالح طلائع كأعلى النسب، و 6,17% فى قصر الأمير طاز كأقل النسب، ويدل وجود الهاليت على زيادة ترسيب المتبخرات فى صخور الحجر الجيرى بمنطقة الدراسة، ويتواجد الإنهدريت Caso4 بنسبة تتراوح بين 1,53% فى مسجد الصالح طلائع، و 0,1% فى محاجر حلوان بمتوسط عام قدرة 0,82 وانحراف معيارى 0,52 ، وتعنى كلمة إنهدريت باليونانية (بدون ماء) فهى عباره عن كبريتات الكالسيوم اللامائية وبمقارنته بالجبس الذى له نفس التركيب الكيميائى مع إضافة جزيئين من الماء Caso4.2H2o نجد أن الإنهدريت يمتص الماء ويتميأ ببطء وسهولة ويتحول إلى جبس ويصحب هذه العملية زيادة فى الحجم ما بين 33 : 62% من الحجم الأصلى ، ويتحول الجبس المائى بفعل الحرارة والتسخين وفقدان المياه إلى الجبس اللامائى (الإنهدريت) ويكون على شكل طبقات أصلد من الجبس ذات لون أبيض ويمكن القول بوجه عام أن الإنهدريت عندما يتميأ يتحول إلى جبس وعندما يجف الجبس يتحول إلى إنهدريت ويتبع ذلك تغيرات فى الحجم بالتمدد والإنكماش تؤدى إلى إضعاف الصخر، ويتميز الإنهدريت عن الكالسيت بوزنة النوعى العالى وعن الجبس بصلادتة، ويتواجد الجبس بنسب تتراوح بين 6,4 % فى مسجد الصالح طلائع كأعلى النسب و 0,56% فى بيت السحيمى كأقل النسب بمتوسط عام 2,76% وانحراف معيارى قدرة 2,39 ، الجبس هو ثنائى هيدرات كبريتات الكالسيوم So4.2H2o، ووجوده فى عينات الحجر الجيرى يعد أحد مظاهر التلف الناتجه عن تحول كربونات الكالسيوم وذلك نتيجة التفاعل مع غاز ثانى أكسيد الكبريت So2 فى ظل وجود الماء أو الرطوبة (رحاب جلال درويش ، 2007 ، صـــ95) ، وتعد قشور الجبس أكثر أنواع النمو شيوعاً على أسطح الحجر الجيرى بالمنشآت الاثرية (Mohamed Khallaf, 2014, p184) ، ويمكن القول بأن وجود الجبس أو الإنهدريت دليل على تعرض الصخر لظروف بيئية مغايرة عن بيئتة الأصلية التى تكون فيها مما يدل على تجويته .

وقام الباحث بتحليل بعض الخصائص الفيزيائية لأحجار البناء التى تعبر عن مدى قوتها ومقاومتها لعمليات التجوية المحتلفة وهى مدى مسامية الصخر ودرجة إمتصاصة للمياه، بالإضافة إلى تحليل المقاومة لقوى الضغط والشد جدول (2).

جدول (2) تحليل بعض الخصائص الفيزيائية لأحجار البناء

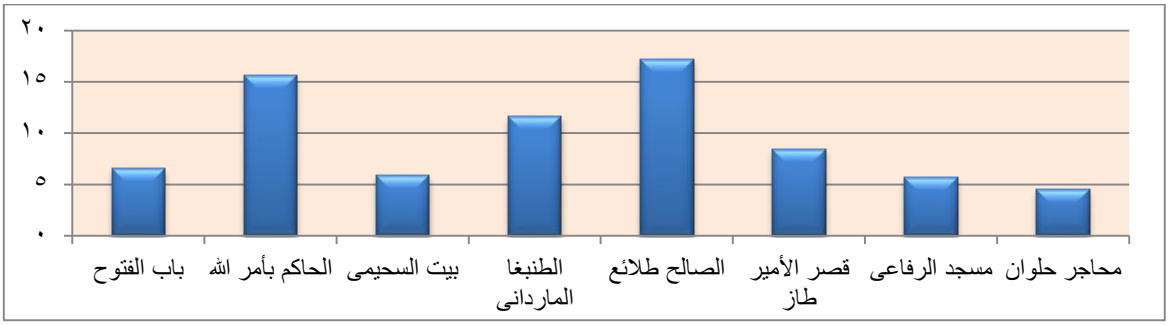
المبنى الأثرى	المسامية % Porisity	امتصاص الصخر للمياه %	مقاومة قوة الضغط كجم/سم3	قوة الشد كجم /سم3
باب الفتوح	12.82	6.52	135	43.31
الحاكم بأمر الله	26.81	15.61	68	35.14
بيت السحيمى	18.64	5.84	110	42.15
الطنبغا الماردانى	24.53	11.63	64.2	33.54
الصالح طلائع	29.62	17.22	58.38	33.24
قصر الأمير طاز	25.71	8.44	61.12	31.45
مسجد الرفاعى	10.56	5.71	175.31	56.21
محاجر حلوان	8.55	4.52	205.16	44.63
المتوسط	19,66	9,44	109,65	39,69
الإنحراف المعيارى	8,15	4,84	57,15	8,31

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانة فى المده من 1: 30 يونيو 2021، تم التحليل بمعامل كلية العلوم جامعة طنطا.



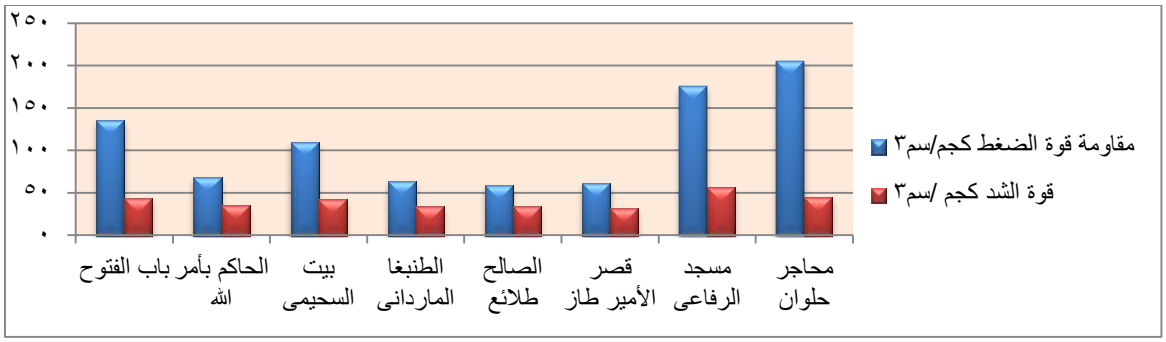
المصدر : من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول(2)

شكل (5) نسبة مسامية صخور البناء فى بعض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول(2)

شكل (6) نسبة إمتصاص صخور البناء للمياه فى بعض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول(2)

شكل (7) درجة مقاومة الصخور لقوى الضغط والشد ببعض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة

ومن تحليل جدول (2) وشكل (5)، (6)،(7) يتضح التالى:

تراوحت نسب المسامية بين 8,55 % فى عينات محاجر حلوان إلى 29,62% بمسجد الصالح طلائع بمتوسط عام 19,66% وانحراف معيارى 8,15 وزيادة نسب جميع العينات عن عينات محاجر حلوان دليل على أن إستخدام الأحجار فى البناء وتعرضها لعمليات التجوية أدى إلى زيادة مساميتها حيث أن الإنتقال بين عمليتى التبلور والتميؤ يعمل على توسيع مسام الصخر ويزيد من قدرته على امتصاص المياه وزيادة وتيرة التجوية فيما بعد .

تراوحت نسبة امتصاص الصخر للمياه بين 4,52% كأقل النسب فى عينات محاجر حلوان حتى 17,22% بمسجد الصالح طلائع وجاء المتوسط العام بقيمة 9,44% والانحراف المعيارى 4,84 وتؤدى زيادة قابلية الصخر لامتصاص المياه والرطوبة إلى زيادة قابليتة للتجوية وبالتالى للضعف والتلف .

وتراوحت قيم مقاومة الصخر للضغط Compressive Strength بين 205,16كجم/سم3 كأعلى القيم فى عينات محاجر حلوان إلى 58,38كجم/سم3 بمسجد الصالح طلائع، وبلغ المتوسط العام 109,65كجم/سم3 بانحراف معيارى 57,15 ، وتعبر القيم المرتفعة على قوة الصخر وتحملة للضغوط بينما تعبر القيم المنخفضة على أن الصخر أضعف وأكثر عرضة للتلف وذلك يرجع بالطبع إلى تعرضه لعوامل التجوية المختلفة منذ بناء هذه المبانى الأثرية .

وتراوحت قيم مقاومة الشد Tensile Strength بين 44,63كجم/سم3 فى عينات محاجر حلوان كأعلى القيم إلى 31,45كجم/سم3 بعينات قصر الأميرطاز أقل القيم، وبلغ المتوسط العام 39,96كجم/سم3بانحراف معيارى 8,31 وبالطبع تعبر القيم المرتفعة على تحمل الصخر للشد، والقيم المنخفضة على ضعفة وقلة مقاومتة.

ومن خلال العرض السابق لخصائص أحجار البناء يمكن للباحث أو الزائر للمواقع الأثرية من قراءة الجدران الأثرية وذلك من خلال رصد الإختلافات بصرياً بملاحظة التغيرات التى تظهر نسيج الجدار مثل إستخدام مواد بناء وأحجار غير متوقعة ومغايرة فى أبعادها عن باقى أحجار الجدار فيما يمكن أن نسميه بقراءة الجدران، ويعد الجزء الواقع بين باب زويلة ومسجد المؤيد مكاناً مثالياً لإستخدام الرصد البصرى فى إكتشاف الإضافات التى إكتسبها باب زويلة فى الفترات التاريخية المختلفة صوره (5) ، (6).

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (5) إضافات أحجار لسد مدخل مسجد المؤيد من ناحية باب زويلة، تم إضافتها فى القرن ال18 ويتضح عدم توافقها مع باقى الأحجار الأصلية

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

صورة (6) الفرق بين أحجار باب زويلة والأحجار التى أضافها السلطان المؤيد.

ب - الخصائص المناخية :

للمناخ تأثيراً مباشراً على عمليات التجوية بكافة أنواعها وذلك من خلال عناصره المختلفة التى يلعب كل منها دوراً فعالاً فى عمليات التجوية عن غيره، وقام الباحث بدراسة عناصر المناخ بالقاهرة وتأثيرها على عمليات التجوية كالتالى :

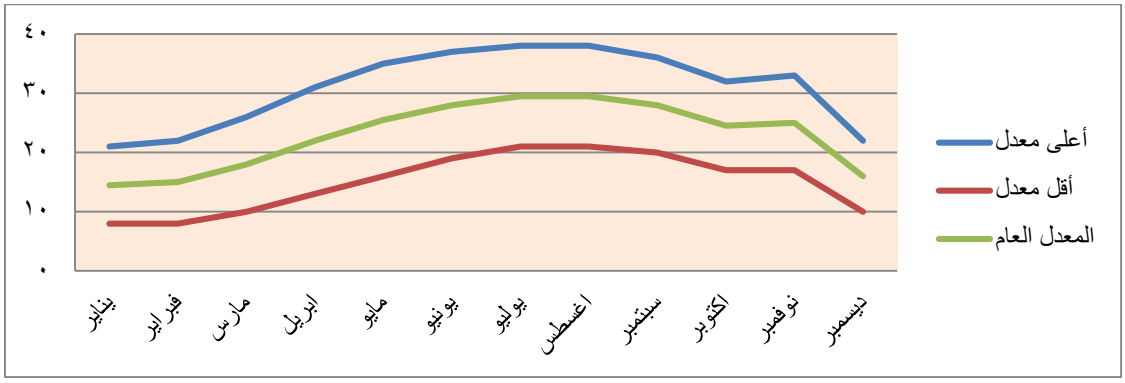
1- الحرارة :

يعد تأثير الحرارة واضحاً على كافة عمليات التجوية بالمبانى الأثرية بمنطقة الدراسة، حيث يؤدى التغير فى درجات الحرارة إلى تمدد وانكماش أحجار ومواد البناء وبالتالى نشاط عمليات التجوية الفيزيائية Physical weathering مما يؤدى إلى حدوث تشققات بأحجار ومواد البناء، كما تعمل الحرارة على تبلور الأملاح داخل الشقوق وبالتالى نشاط التجوية الملحية، كما تنشط عمليات التجوية الكيميائية والحيوية مع إرتفاع الحرارة، وقام الباحث بدراسة معدلات درجات الحرارة بمنطقة الدراسة كالتالى:

جدول (3) معدلات درجات الحرارة بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020

الشهر	أعلى معدل	أقل معدل	المعدل العام	أعلى درجة حرارة	أقل درجة حرارة	المدى الحرارى
يناير	21	8	14,5	27	4	23
فبراير	22	8	15	31	4	27
مارس	26	10	18	36	6	30
ابريل	31	13	22	41	8	33
مايو	35	16	25,5	43	11	32
يونيو	37	19	28	44	15	29
يوليو	38	21	29,5	43	18	25
اغسطس	38	21	29,5	41	19	22
سبتمبر	36	20	28	41	17	24
اكتوبر	32	17	24,5	38	13	25
نوفمبر	33	17	25	33	9	24
ديسمبر	22	10	16	30	5	25
المعدل العام	30,92	15,00	22,69	37,33	10,75	26,58

المصدر:worldclim.org/data/index.htr



المصدر: من عمل الباحث إعتماداًعلى بيانات جدول (3)

شكل (8) **معدلات درجات الحرارة بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020**

من تحليل جدول (3) وشكل (8) بلغ المعدل العام لدرجات الحرارة فى منطقة الدراسة 22,96°م ، حيث جاء أقل معدل عام فى شهر يناير 14,5°م وأعلى معدل عام جاء بالتساوى بين شهرى يوليو وأغسطس بـ 29,5°م لكلٍ منهما، وجائت أقل المعدلات شهرى يناير وفبراير بـ 8°م، وأعلى المعدلات فى شهرى يوليو وأغسطس بـ 38°م لكلٍ منهما، ويعبر المدى الحرارى عن مدى التفاوت فى درجات الحرارة بمنطقة الدراسة حيث جاء المعدل العام للمدى الحرارى بين شهور السنه 26,58°م ، وجاءت أقل المعدلات للمدى الحرارى فى شهر يناير 23°م وأعلاها فى شهر أبريل بـ 33°م ، وعن أقل درجة حرارة سجلت للهواء جاء بها شهر يناير بـ 4°م ، وأعلى الدرجات سجلت فى شهر يونية 44°م والمدى بينهما بلغ 40°م .

ويتضح من العرض السابق أنه يوجد تغير كبير فى درجات الحرارة بمنطقة الدراسة على مدار اليوم والفصل والعام ، ويؤدى هذا التباين الكبير إلى صدمات حرارية للأحجار Thermal Shock (عاطف عبد اللطيف ، 2001، صـ35)، ويتبع هذا التباين والصدمات الحرارية تمدد وانكماش لأحجار البناء مما يؤدى إلى إجهادات للبنية الداخلية للصخر، وبالتالى ظهور التشققات والفواصل على الأحجار، وتكرار هذه الدورات بين التسخين والتبريد على مدار اليوم والفصل والعام يؤدى إلى إضعاف أحجار البناء بصورة كبيرة، حيث تنقل الحرارة بين الأجسام المختلفة عن طريق الإشعاع Radiation أو التوصيل Convection أو الحمل Conduction وتعرف درجة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة أى جسم درجة واحدة مئوية بالسعة الحرارية، وتختلف إستجابة الصخور لإكتساب الحرارة وبالتالى التمدد والإنكماش وتعتمد على التركيب المعدنى للصخر حيث تتمدد المعادن بدرجات مختلفة على طول محاورها البلورية، ويعتمد التمدد الحرارى على خصائص واشكال هذه البلورات التى تكونت أثناء التركيب المعدنى للصخر حيث يتمدد كل معدن على حدى ، فالصخور ذات البلورات

كبيرة الحجم يكون تأثير التمدد الحرارى عليها أوضح فبلورات الكالسيت تتمدد بالحرارة 2% وتنكمش بالبرودة 0,5%، ويعد الكوارتز أكثر المعادن قوة وثباتاً تلية الميكا ثم الأرثوكليز ثم البليجوكليز فالأمفيبول ثم البيروكسين (أحمد سلامة، 2016 ، صـ8) ، فعلى سبيل المثال يكون التمدد الحرارى عند 30°م للمتر الواحد من الحجر الرملى 0,18مم والحجر الجيرى 0,15مم ومونة البناء من الرمل والجير تتراوح بين 0,3 : 0,4 مم (أشرف بشرى ، 2005 ، صـ 109) ، وعليه يرى الباحث وجود عوامل تساعد مع التغير الحرارى فى زيادة الشقوق والفواصل على الصخر أهمها إختلاف الخصائص الكيميائية الليثولوجية للصخور ومواد البناء وينطبق هذا على التفاوت فى التمدد بين الجدران والملاط الخارجى، فبالإضافة إلى إختلاف التركيب المعدنى فإن الصخور ومواد البناء ردئية التوصيل للحرارة إذن فالطبقات الخارجية تكون أكثر حراة من الطبقات التالية لها ، وعلية فإن هذا التمدد والإنكماش غير المتجانس بين الصخر ومادة البناء يؤدى إلى سرعة التفكك والإنفصال فى الجدران ، كذلك تنوع أحجار البناء داخل الجدار الواحد يؤدى إلى نفس النتيجة صورة (7) .

كما أن المسامية واللون يؤثران على إكتساب الصخر لدرجات الحرارة وتمدده وإنكماشة فالصخور المسامية مثل الحجر الرملى والحجر الجيرى أقل تأثراً بتغيرات درجة الحرارة وذلك لمرونتها فى التعامل مع التغيرات الحرارية مقارنة بالصخور الغير مسامية كالجرانيت التى يكون فيها التغير الحرارى أكثر بين باطن الصخر وسطحة .

كذلك فإن إختلاف بيئة الصخر تؤثر تأثيرا كبيراً فى تفاوت التمدد والإنكماش بالحرارة ، حيث توجد جدران أو أجزاء منها دائمة التعرض للإشعاع الشمسى وجدران أخرى فى ظلٍ دائم ، وأحياناً أجزاء مكشوفة من الجدار وأجزاء مطموره أسفل الرواسب، وبالتالى فإن تغير بيئة الصخر الذى تحدده مواضع الجدران يؤدى إلى تباين كبير فى إكتسابها للحرارة والرطوبة وبالتالى إختلاف درجة إستجابتها للتمدد والإنكماش فالصخور المكشوفة تزداد بها هذه العملية بينما نجد الصخور المطمورة تتسم بيئتها إلى حدٍ كبير بالثبات النسبى فى حرارتها بالإضافه إلى ضغط الرواسب حولها الذى قلل من تمددها وانكماشها ، هذا وقد يختل هذا التوازن إذا تم الكشف عن هذه الصخور بصورة مفاجئة حيث تتغير درجة حرارتها ورطوبتها سريعاً نتيجة تعرضها للتجفيف السريع الذى يؤدى إلى إنكماشها وحدوث أضرار كبيره.

كما يعمل التغير فى درجات الحرارة على زيادة معدلات تبلور الأملاح حيث يؤدى إرتفاع الحرارة إلى زيادة التبخروظهور بلورات ملحية كبيرة الحجم (Thomas,D.S.C,1989,P18) بالإضافة إلى زيادة نشاط التجوية الكيميائية والحيوية .

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،

صورة (7) تنوع أحجار البناء داخل الجدار الواحد بقصر الأمير طاز ، يؤدى إلى تباين التمدد الحرارى

2- <u>المطر :</u>

من تحليل جدول (4) وشكل (9) يتضح التالى: بلغ المعدل العام لكمية المطر فى منطقة الدراسة 1,55مم وجاء إلى معدل فى شهر يناير 3,5مم فى حين تخلو شهور يونيو ويوليو وأغسطس من الأمطار ، ومن حيث عدد الأيام الممطره يعد شهر مارس أكثر الشهور بـ 1,7 يوم يليه شهر يناير 1,6 يوم ثم شهر فبراير 1,4 يوم .

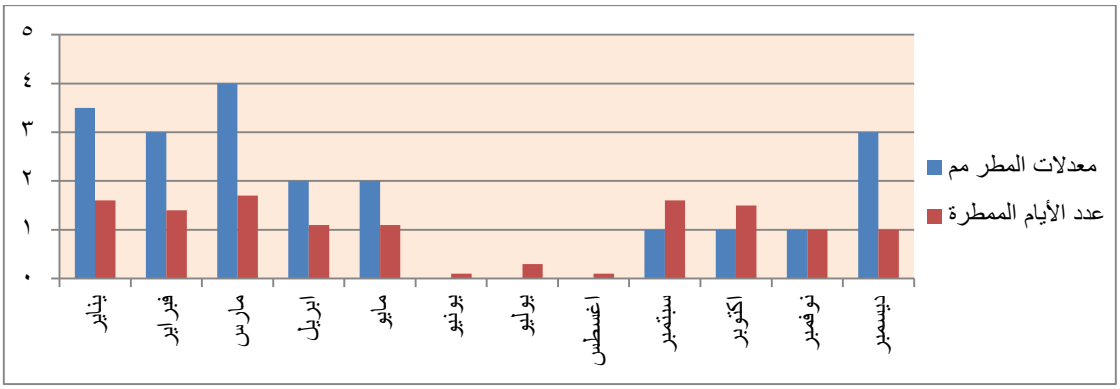
ويؤثر المطر على المبانى الأثرية نتيجة الإرتطام المباشر بالأسقف مما يساعد فى تكون الحفر والتجاويف، هذا بالإضافة إلى توغل المياه خلال الشقوق والمسام ورفع المحتوى المائى لصخور البناء، إلا أن الأثر البالغ للأمطار هو زيادة نشاط التجوية الكيميائية نتيجة زيادة فعل الإذابة بالأمطار الحمضية وذلك بسبب زيادة انبعاثات ثانى أكسيد الكربون التى تخطت النسبة الطبيعية 400جزء فى المليون لتصل فى عام 2018 إلى 407,8 جزء فى المليون (NOAA,2018) ، كذلك زادت إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون فى القاهرة بسبب التزايد فى إستهلاك المواد البترولية لتصل إلى 184,57مليون طن عام 2020 (الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء ، بيانات منشورة ، 2020)، وتعمل هذه الزيادة على إتحاد ماء المطر مع ثانى أكسيد الكربون ليتكون حمض الكربونيك H2Co3 فيصبح المطر حمضياً فيزداد فعل الإذابة مع عملية الكربنة فى الصخور الجيرية حيث تتحول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات الكالسيوم القابلة

للذوبان فى الماء (Shouil, 1991, p243) ، وتوجد ملوثات أخرى تسبب المطر الحمضى أهمها أكاسيد الكبريت التى يتكون من خلالها حمض الكبريتيك H2So4 الذى يعمل على تحلل العديد من المعادن وخاصة السيليكات التى توجد فى الماده اللاحمة مما يزيد من خطر المطر الحمضى ، ويتجمع ماء المطر عادة أسفل الجدران خاصة فى الزوايا (الأركان) مما يزيد من الإذابة فى هذه الأجزاء .

جدول (4) المعدلات الشهرية للمطر، وعدد الأيام الممطرة، والرطوبة النسبية بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020

الشهر	كمية المطر مم	عدد الأيام الممطرة	الرطوبة %
يناير	3,5	1,6	59
فبراير	3	1,4	54
مارس	4	1,7	53
ابريل	2	1,1	47
مايو	2	1,1	46
يونيو	0	0,1	49
يوليو	0	0،3	58
اغسطس	0	0,1	61
سبتمبر	1	1,6	60
اكتوبر	1	1,5	60
نوفمبر	1	1	61
ديسمبر	3	1	61
المعدل العام	1,55	1,00	55,75

المصدر:worldclim.org/data/index.htr

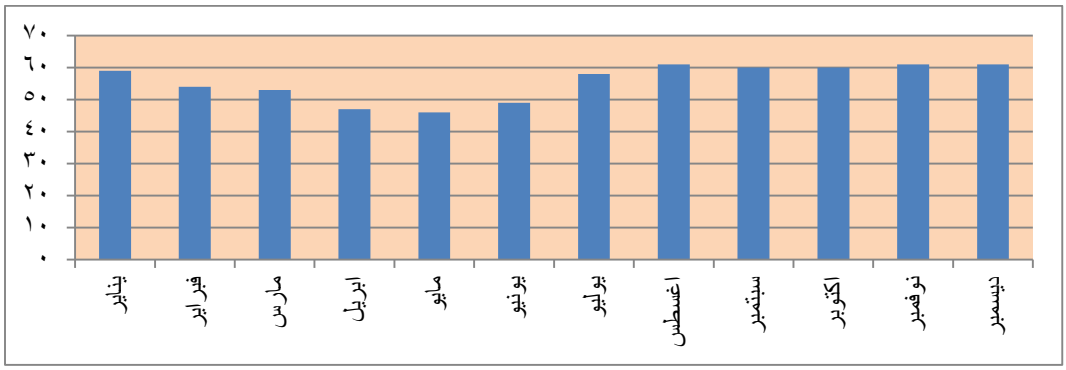


المصدر: من عمل الباحث إعتماداًعلى بيانات جدول (4)

شكل (9) **معدلات المطر، وعدد الأيام الممطرة بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020**

3- الرطوبة :

من تحليل جدول (4) وشكل(10) يتضح التالى: تراوحت معدلات الرطوبة النسبية فى منطقة الدراسة بين 46% فى شهر مايو الذى يعد أقل الشهور رطوبة، و 61% فى شهور أغسطس ونوفمبر وديسمبر التى تعد أكثر الشهور رطوبة، وبلغ المعدل العام للرطوبة النسبية فى منطقة الدراسة 55,75% ، وتصبح الرطوبة شديدة الخطورة إذا تراوحت بين 75 – 90 % (Aguzzi,F,et al, p18) وتعد الرطوبة هى العامل المشترك لمعظم عمليات التجوية حيث تلعب مع الحرارة والتلوث والأملاح دوراً كبيراً فى إحكام دائرة التلف على صخور ومواد البناء، وتتنوع مصادر الرطوبة بمنطقة الدراسة وذلك من خلال الرطوبة النسبية للهواء، وعمليات التكاثف على أسطح الجدران عندما تقل حرارتها مع زيادة رطوبة الهواء، وسقوط الأمطار مباشرة على المبانى الأثرية، وارتفاع منسوب المياه الأرضية التى تصل إلى داخل الجدران بالخاصية الشعرية، بالإضافة إلى التسرب من شبكات مياه الشرب والصرف الصحى، كما أن الزائرين للمواقع الأثرية أنفسهم يعدوا مصدراً مؤثراً للرطوبة فيمكن لـ 200 شخص فى مكان ردىء التهوية أن يصدر منهم كمية بخار ماء تتراوح بين 8 : 12 كجم/ساعة ، حيث أن الفرد الواحد يمكنه إفراز ما بين 40 : 60 جم عرق فى الساعة(مجدى منصور ، 2001، صـ 113) وفى دراسة أخرى عن تأثير الزائرين على المناطق الأثرية قدرت أن الزائر ينتج حوالى 0,05كجم/ساعة بخار ماء مقسمة بين 0,03كجم/ ساعة من التنفس و 0,02كجم/ ساعة من العرق (Sturaro,G,et al, 2000,p41) .



المصدر: من عمل الباحث إعتماداًعلى بيانات جدول (4)

شكل (10) معدلات الرطوبة النسبية بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020

وتقوم الرطوبة بفعلها عندما تتجمع قطرات المياه على أسطح الصخور ، وتتسم الصخور الجيرية الواسعة الإنتشار بمنطقة الدراسة بمسامية ونفاذية تسمح بتوغل المياه من خلالها للداخل فتعمل على إذابة الأملاح القابلة للذوبان ومع إرتفاع الحرارة خلال النهار يعود الماء مرة أخرى إلى سطح الصخر حاملاً معه الأملاح التى تتبلور على الأسطح الخارجية للصخور حيث تنمو وتذدهر (ماجد شعلة،

وآخرون، 2015، صـ 25) ، وتكرار هذه العملية ينتج عنها ضغوطاً شديده على أسطح الصخور لينتهى بها الدور إلى تفتتها وتساقطها .

ويعمل وجود الأملاح بين مسام صخور البناء على زيادة المحتوى المائى بداخلها وخاصة الاملاح ذات الخاصية الهيجروسكوبية مثل كلوريد الصوديوم NaCl، ويعد تنوع مصادر الرطوبة هو السبب الرئيس فى تركز هذه الاملاح داخل الصخور حيث تحمل الأملاح بواسطة المياه إلى داخل الجدران وتتركز بها بينما تتبخر المياه من الاسطح والشقوق الجانبية، ويعمل إنخفاض الرطوبة على تزهر وتبلور الأملاح لتشكل ضغوطاً موضعية هائلة تؤدى إلى تفتت واجهات الجدران، ويؤدى زيادة تركز الأملاح الذاتية إلى زيادة جذب ونفاذ المياه إلى الجدران لأنه بحسب الخاصية الأسموزية Osmosis أن الماء ينتقل من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً وهذا الإنتقال فى جدران المنشآت الأثرية يؤدى إلى عدم الوصول إلى حالة التوازن الأسموزى حيث أن معدل نفاذ المياه بواسطة الخاصية الشعرية يزداد مع تقدم عمر المبانى الأثرية، ويمكن للماء الخالى من المحاليل الملحية والغازات الملوثه إختراق مواد البناء دون إحداث أى تلف، إلا أنه يذيب الاملاح القابلة للذوبان ويرسبها فى مكان آخر (عصام حشمت،2010، صـ 27) ، وتعرف الرطوبة التى يمتصها ملح معين أو خليط من الأملاح من الهواء برطوبة التوازن لهذا الملح Equilibrium of relative humidity وهى الدرجة التى يتبلور عندها الملح وهى تتناسب عكسياً مع درجة الحرارة حيث تميل للإرتفاع مع إنخفاض الحرارة ، وبالرغم من إختلاف مدى رطوبة التوازن بين ملح وآخر إلا أنها غالباً تقع فى الفئه بين 20 : 25 °م .

ويعتمد التأثير التلفى للرطوبة على خصائص وسلوك أحجار ومواد البناء وبنائها المسامى ومقاييس حبيباتها ومحتواها المعدنى وموادها الرابطة ، وعلية فإن أهم مظاهر التلف الناتجه عن الرطوبة يمكن إيجازها فى التفاعلات الكيميائية التى تؤثر على التركيب المعدنى والكيميائى للتركيب الطبقى للصخر وذلك من خلال تتابع دورات البلل والجفاف فينتج عنها أشكال تجوية بفعل الضغوط الميكانيكية، هذا بالإضافه للإجهاد البنية الداخلية الناتجه عن تبلور الأملاح داخل المسام أو تزهرها على السطح، ويؤدى تزهر الأملاح على سطح الصخر إلى خشونته وفقدان الملمس الناعم المصقول مما يسهل إلتصاق الأتربة والإتساخات به صورة (8) ، كما تؤدى الرطوبة إلى زيادة نشاط عملية النمو وما ينتج عنها من زيادة فى حجم البلورات وما يتبعها من ضغوط داخلية ينتج عنها فقدان تماسكها الحبيبى وظهور الشروخ الدقيقه Micro cracks (أحمد سلام، 2016، صـ13) كما تؤدى الرطوبة إلى تفتيح الألوان المعتمه Blooming وظهور المظهر المعتم للألوان الفاتحة The Opaque appearance نتيجة للتبخر والرطوبة معاً (حسين مرعى، 2004، صـ77).

كما أن تغيرات المحتوى المائى للتبخر والبلل داخل التركيب الطبقى يخلق حالة من عدم التوازن للمحتوى المائى لطبقات الصخر والملاط الخارجى مع الرطوبة النسبية المحيطة مما يؤدى إلى ضغوط داخلية تؤدى إلى ظهور الشروخ وإنفصال أجزاء من الصخر على هيئة قشور رقيقه على سطحة تعرف بالتقشر Flaking صورة (9)، هذا بالإضافة للدور الذى تلعبة الرطوبة فى نشاط التجوية الحيوية BIO Weathering، وعلية فإن ميكانيكية التلف بفعل الرطوبة ترجع للتأثير المتبادل بين الرطوبة والحرارة اللتان يشاركان معاً فى إحداث الفعل الفيزيائى والكيميائى كالتمدد والإنكماش وتبلور الأملاح ويعد هذا هو السبب الجوهرى فى نشأة الضغوط والإنفعالات الداخلية للصخر .

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من1: 30 يونية 2021.

صورة (8) تزهر الأملاح على سطح الصخر تؤدى إلى خشونته وإلتصاق الأتربة به ، سبيل السلحدار ، الجمالية

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،

صورة(9) تقشر الأسطح الصخرية والملاط الخارجى بفعل الرطوبة، بيت السحيمى ، الجمالية

4- <u>الرياح :</u>

من تحليل جدول (6)،(7) وشكلى (11) ، (12) يتضح أن الرياح الشمالية أكثر الاتجاهات هبوباً على محافظة القاهرة حيث تمثل33,9% من جملة الرياح التي تهب على القاهرة ، تليها الرياح الشمالية الشرقية بنسبة 26,3 ، ثم الرياح الشمالية الغربية 15,1% بينما الرياح الجنوبية الغربية 9,9%، بينما الرياح الجنوبية الغربية التي تهب على القاهرة فنسبتها تتجاوز ٤ % بقليل ولكن يزداد تأثيرها الضار لكونها آتيه من الصحراء وتكون محمله بالرمال مما ينشط العمل النحتى للرياح، وأعلى متوسط لسرعة الرياح جاء في شهور ومايو ويونيو.

جدول (5) المعدلات سرعة الرياح بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020

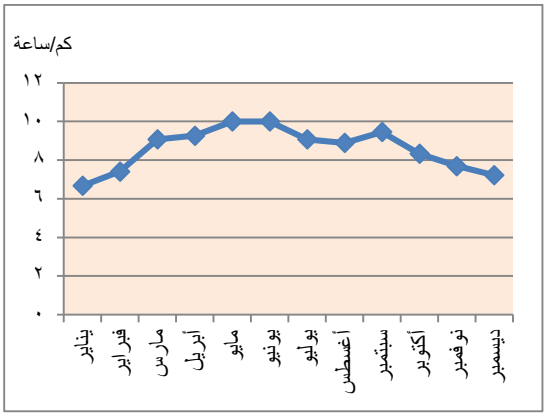
الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل العام
كم/ساعة	6.67	7.41	9.07	9.26	10	9.07	8.89	9.45	8.33	7.69	7.22	8.700	

المصدر:worldclim.org/data/index.htr

جدول (6) نسب إتجاه الرياح بمدينة القاهرة فى المدة من 1990- 2020

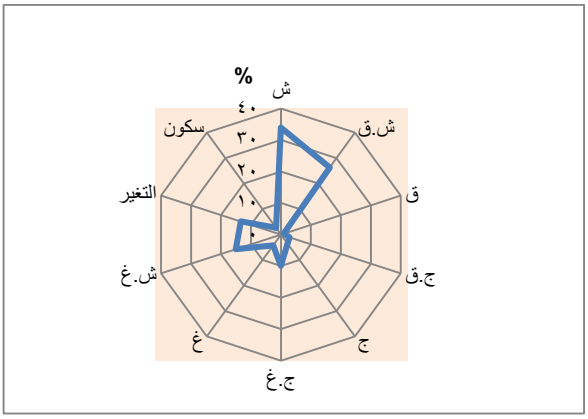
الإتجاه	ش	ش.ق	ق	ج.ق	ج	ج.غ	غ	ش.غ	التغير	سكون
النسبة %	33.9	26.3	0.9	2.8	3.5	9.9	4.2	15.1	13.4	2.6

المصدر:worldclim.org/data/index.htr



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول (5)

شكل (11) المعدلات سرعة الرياح بمدينة القاهرة فى المدة من 1990– 2020



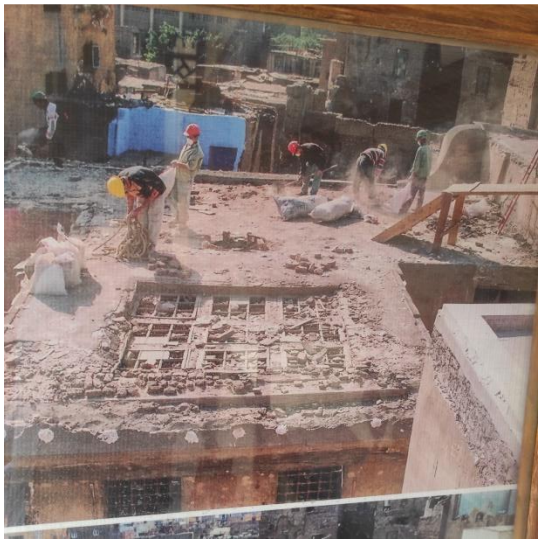
المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات جدول (6)

شكل (12) نسب إتجاه الرياح بمدينة القاهرة فى المدة من 1990– 2020

ويتمثل دور الرياح فى قدرتها على حمل حبيبات الرمال التى تستخدمها كمعاول للهدم فتنحت بها أحجار البناء أثناء العواصف الرملية، وتختلف قدرتها حسب سرعتها وما تحمله من رمال ومدى صلابة أحجار ومواد البناء المستخدمه واتجاهتها مع الرياح، ويزداد فعل الرياح النحتى فى واجهات الجدران المعرضه للرياح القوية والممرات التى تخترقها الرياح بسرعة بينما يكاد ينعدم تأثيرها فى الحجرات الداخلية، وللرياح أدوار أخرى كدورها فى جفاف أسطح الصخور مما يؤدى إلى تركز محاليل الأملاح بمسامها فتنمو وتتبلور وتؤدى إلى تجوية نسيج الأحجار، وللرياح أيضاً دوراً فى نشاط التجوية الكيميائية وذلك بما تحمله من غازات ملوثه ناتجة عن أدخنة المصانع وعوادم السيارات مثل اكاسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين التى تتحول مع زيادة الرطوبة إلى أحماض تقوم بفعلها الكيميائى الإذابى للصخور (محمد عبد الهادى، 1995، صـ 92) .

ج- الزلازل :

تعد الزلازل أخطر عوامل التلف الميكانيكى وذلك نتيجة لإصابتها المباشرة للمبانى الأثرية ولعل أفضل الامثلة ما حدث ببيت السحيمى جراء زلزال 1992 صورة (10)، (11)، وللزلازل تأثيراً مباشراً على عمليات التجوية بأنواعها المختلفة فتساعد التجوية الميكانيكية فى عمليات الشقق والإنفصال، وتساعد فى نشاط التجوية الكيميائية من خلال الفواصل التى تحدثها فى الجدران مما يؤدى إلى توغل الهواء المحمل بالرطوبة والملوثات المساعدة على تكون الأحماض داخل الجدران مما يوفر بيئة ملائمة لنشاط التجوية الكيميائية وما ينتج عنها من إذابة وزيادة توسيع الفواصل والتشققات التى كلما اتسعت سمحت بتوغل أكثر للملوثات، كما تؤدى الزلازل إلى تساقط طبقات الملاط الخارجى مما يجعل الصخور معرضه بصورة مباشرة لعمليات التجوية المختلفة، وتؤدى الزلازل أيضاً إلى زيادة إنضغاط التربة المقام عليها المبانى الأثرية مما يؤثر بالسلب على إستقرار المبانى (أحمد سلامه، 2016، صـ16)، كما تؤدى إلى تصدعات وانهيارات فى الأجزاء المعلقة من المبانى كالأسقف والقباب .



المصدر: الصندوق العربى للإنماء الإقتصادى والإجتماعى، مشروع توثيق وترميم بيت السحيمى.

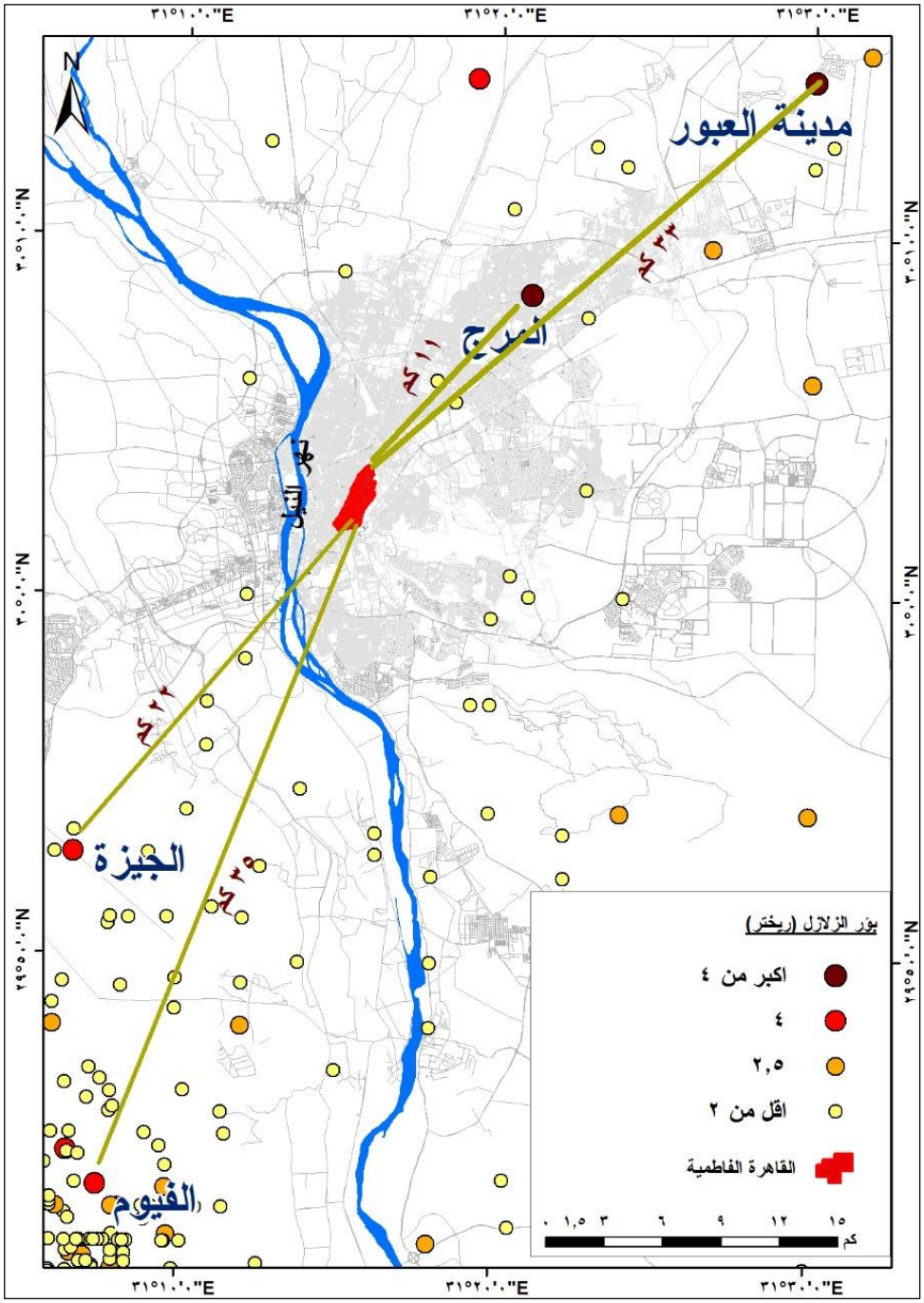
صورة (10) عمليات ترميم بيت السحيمى بعد إنهيار أجزاء منه بعد زلزال 1992.

المصدر: الصندوق العربى للإنماء الإقتصادى والإجتماعى، مشروع توثيق وترميم بيت السحيمى.

صورة (11) أحد الشروخ ببيت السحيمى بعد زلزال 1992.

وتتأثر القاهره بعدد من البؤر الزلزالية سواء كانت قريبة أو بعيدة عنها مثل نطاق البحر الأحمر والصدوع الموازية له، كذلك النطاق الممتد من هضبة الجِلف الكبير إلى أبو رواش بالجيزة وكان آخر زلازلها المؤثره عام 1978 بقوة 5,7 ريختر، ونطاق البحر المتوسط الذى يعد إمتداداً للحزام الزلزالى للساحل الأفريقي الشمالى نتيجة تصادم الدرع الأفريقي مع الأوربى، ولكن تأثير هذا النطاق يصل إلى القاهرة ضعيفاً، ويوجد أيضاً نطاق السد العالى وجنوب أسوان الذى يشمل صدعى كلابشة وأبو دِباب وحول بحيرة ناصر التى ترتبط الزلازل بها بالإرتفاع فى منسوب المياه وليس بإنحفاضها مما يشكل حملاً كبيراً ولكن بمجرد إستقرار منسوب البحيرة سنة 1988 لم يرافقها نشاطاً زلزالياً غير عادياً، كما توجد نطاقات أخرى نشطة زلزالياً إلا أنها أقل نشاطاً فى تكرارية وقوة زلازلها من النطاقات السابقة ولكن تأثيرها على القاهرة يعد قوياً نتيجة قربها منها وهى نطاقات القاهرة السويس والقاهرة أبو رواش الأسكندرية وأيضاً قنا الغردقة، وشهدت القاهرة حدوث بؤر زالزالية داخل المدينة تتجاوز 4 درجات على مقياس ريختر مثل بؤرة المرج التى تبعد عن القاهرة الفاطمية بـ 11كم، والعديد من البؤر القريبة من القاهرة مثل العبور التى تبعد عن القاهرة الفاطمية بـ 33كم والجيزة 23كم والفيوم 35كم (المسافات نظرية بخط مستقيم ولسيت مسافات طرق) شكل (13)، ويعد الخطر الأكبر الذى يهدد القاهرة زلزالياً هو موقعها فى إمتداد تقاطع التصدعات المتجهة من البحر الأحمر بالإتجاه الشمالى الغربى إلى الأسكندرية مع

التصدعات الممتده من هضبة الجِلف الكبير حتى أبو رواش وتتقاطع هذه الصدوع بالقرب من القاهرة مما يزيد من إحتمالية تعرضها لزلازل قوية (رمسيس ناشد حنا ، 1997، صـ9).



المصدر: المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية، بيانات غير منشورة 2021

شكل (13) مواقع البؤر الزلزالية المؤثرة على منطقة الدراسة

د - العوامل البيولوجية :

تعد عوامل التلف البيولوجى المؤثرة على أحجار ومواد البناء للمبانى الأثرية من أكثر العوامل التى يمكن مشاهدة نتائج عملياتها بوضوح من خلال ظاهرات التلف الناتجة عنها ، خاصة إذا توافرت العوامل الأخرى التى تساعدها على ذلك مثل مصادر الرطوبة مع درجات الحرارة المناسبة، وتعد الكائنات الحية التى تقوم بهذا الفعل فى منطقة الدراسة منها ما هو دقيق كالبكتريا والطحالب والفطريات والأشنات، ومنها ما هو واضح للعين كالنمل والطيور، وتمت دراسة كل منهم كالتالى:

1 - البكتريا Bacteria :

تعد البكتريا أصغر الكائنات الحية التى تؤثر على الأحجار ومواد البناء، ويزداد نشاط البكتريا فى المدى الحرارى بين 25° : 45 ° م مع قدر من الرطوبة (جميل فوزى ، 2014 ، صـــ 22) ، وتعد أكثر ظاهرات التلف على سطح أحجار البناء للمبانى الأثرية دليل على دور البكتريا (Lewis , et al , 1985 , p23)، ويوجد نوعان من البكتريا التى تعمل على تلف الأحجار وهى البكتريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic والبكتريا ذاتية التغذية Autotrophic، وتقوم البكتريا غير ذاتية التغذية باستخدام المواد العضوية كغذاء لها، ويتم إفراز الأحماض العضوية مثل أوكزاليك والكربونيك والستريك ويتركز فعلها فى الصخور القريبة من التربة بإذابة معادنها وتظهر آثارها من خلال البقع البكتيرية على سطحها (Eckhartt, 1990 , p 76)، ويعد هذا النوع أقل تأثيراً فى تلف الصخور من النوع الأخر وهو البكتريا ذاتية التغذية حيث تعد البكتريا ذاتية التغذية أساس لأنواع أخرى تعرف بإسم البكتريا المؤكسدة للكبريت والبكتريا المثبتة للنيتروجين، وتعتمد هذه الأنواع على العناصر غير العضوية فى غذائها وهى ذات تأثير قوى فى إصابة أحجار البناء بالتلف بما تفرزه من أحماض، وتقوم البكتريا المؤكسده للكبريت بفعلها عن طريق تثبيت ثانى أكسيد الكربون من الهواء وأكسدة المركبات الكبريتية المختلفة بها ثم تحويلها إلى حمض الكبريتيك عند توافر قدر من الرطوبة، وتقوم البكتريا المثبتة للنيتروجين بفعل مشابه عن طريق إستخدام ثانى أكسيد الكربون مع توافر قدر من الرطوبة فى إنتاج حمض النيتروز والنيتريك، وتؤثر البكتريا المؤكسده للكبريت والنيتروجين على الصخور الجيرية المستخدمة فى البناء تأثيراً كبيراً على كلٍ من بنية الصخر ومظهره الخارجى من خلال دورها فى تحليل أيونات المعادن للصخور وتعد هى الأكثر إنتشاراً، وتنتشر البكتريا بأنواعها المختلفة فى جميع المبانى الأثرية ويزداد وضوحها فى المبانى التى تتوافر بها الرطوبة العالية خاصة الأسبلة كسبيل محمد على وسبيل السلحدار ومسجد الصالح طلائع صورة (12).

2- الفطريات :

تعد البيئة المثلى للفطريات عند درجة حرارة بين 20° : 25°م مع توافر الرطوبة، وغالباً ما يتلازم تواجد الفطريات مع البكتريا حيث تعد الفطريات كائنات غير ذاتية التغذية أى أنها ليس لديها القدره على

صنع غذائها فتحتاج إلى مواد عضوية سابقة التجهيز وهو ما يتوافر لها فى بيئة البكتريا، ولا تستطيع الفطريات أن تعيش على الصخور حتى مع استمرار الرطوبة إلا إذا توافرت لها المواد العضوية التى تتغذى عليها، وتشارك الفطريات بشده فى عمليات التلف الميكروبيولوجى للصخور الأثرية وذلك لتوافر البيئة الملائمة لها من توافر المواد العضوية الناتجه عن فضلات الطيور والطحالب والبكتريا، ويتضح تأثيرها الكيميائى عن طريق ما تفرزه من أحماض عضوية تتفاعل بشده مع مكونات الصخور مثل حمض الستريك والأوكزاليك واللاكتيك وغيرها من الأحماض التى يزداد تأثيرها على الحجر الجيرى على وجه الخصوص، وأشار Domaslowski أن كربونات الكالسيوم التى تعرضت لهجوم الأحماض الفطرية تعد أكثر قابلية للذوبان عن التى لم تتعرض لها، بالإضافه إلى أن الأحماض الفطرية تعمل على هجرة الأملاح الذائبة فى الماء إلى داخل الصخر، ومع إستمرار تركز هذه الأحماض الفطرية تزداد معلات الإذابة للمكونات العضوية والمعدنية للحجر الجيرى (Lewis, 1988 ,p21) كما أن للفطريات دوراً ميكانيكياً لا يقل خطورة عن الفعل الكيميائى حيث ينتج عنها الكثير من الضغوط والإنفعالات الناتجه عن الغزل الفطرى Myclin خاصة فى مسام الحجر الجيرى مما يساهم بقوة فى إضعاف الصخر وتلفه .

3- الأشنات Lichens :

وهى عبارة عن إتحاد بين الفطريات والطحالب وهى أيضاً تعمل على إتلاف الحجر الجبرى ومعظم فعلها كيميائياً حيث تقوم بامتصاص غذائها من المعادن المكونه للصخر وذلك بالتبادل الأيونى وإفراز الأحماض العضوية مثل الأوكساليك، وتقوم أيضاً بفعلها الميكانيكى بالإنتفاخ بالرطوبة والتقلص بالجفاف وتستطيع الأشنات أن تمد خيوطها داخل الصخر لمسافة 15سم وتزال الأشنات من على أسطح الصخور بواسطة الرياح تاركة ورائها أشكال التلف الناتجه عنها على هيئة ثقوب صغيرة كما تؤدى إلى وجود بعض الشروخ والتشققات الناتجه عن توغل خيوطها، ورصد الباحث وجود الأشنات بصورة كبيره أسفل جدران الطابق السفلى لمسجد الصالح طلائع.

5- الطحالب :

تعد من الكائنات ذاتية التغذية وتحتوى على الكلوروفيل وتقوم بعملية البناء الضوئى وهى من النباتات التى لاتتميز فيها الأنسجه كالساق والأوراق، وتنتشر فى الأجزاء الرطبة من الجدران التى تتسرب إليها المياه سواء بالخاصية الشعرية أو بالتسرب من شبكات المياه وتنتشر الطحالب فى الواجهات الخارجية المعرضة لأشعة الشمس والإضاءة الواضحة التى تستخدمها فى البناء الضوئى، وتنتشر بصورة كبيرة فى الطابق السفلى من مسجد الصالح طلائع نتيجة المياه الأرضية صورة (13) وخلف باب الفتوح فى الأجزاء التى تتسرب فيها مياه الصرف الصحى، وتقوم الطحالب بإتلاف الصخور الجيرية بصورة كبيرة عن

طريق ما تفرزه من أحماض مثل الأوكساليك والكبريتيك، بالإضافة إلى دورها فى تخفيض الأس الهيدروجينى Ph للمياه المحيطة بها مما يزيد من حموضتها وزيادة فعلها الإذابى (أحمد السرو ، 2008 ، صـــ4)، ويتركز فعل الطحالب على الأجزاء السطحية للصخر لصعوبة توغلها بداخله، ولكنها تساعد على نمو كائنات دقيقة أخرى تقوم بإتلاف الصخور بصورة أكبر كالفطريات والأشنات .

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،

صورة(12) فعل البكتريا المؤكسدة فى ولجهة الحجر الجيرى، سبيل محمد على

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،

صورة(13) إنتشار الطحالب فى الطابق السفى من مسجد الصالح طلائع

6- الطيور والحشرات :

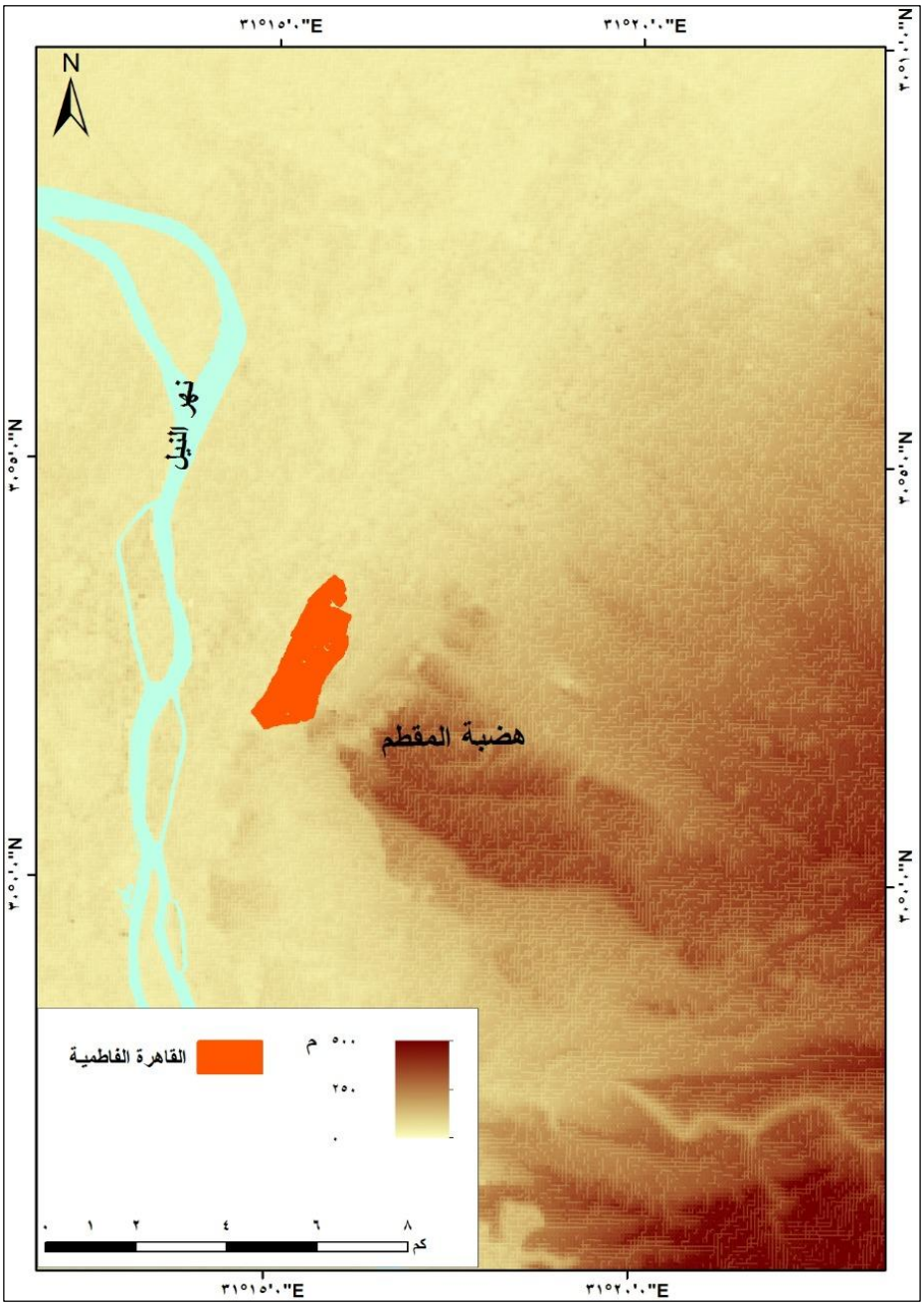
تعد الطيور من أهم العوامل البيولوجية المؤثرة على صخور البناء المبانى الأثرية حيث تتواجد بها بكثرة بأنواع مختلفة، وتقوم الطيور بفعل ميكانيكى عن طريق إلتقاط الحبيبات الملحية من أسطح الصخور لتفيدها فى بناء هياكلها وهضم طعامها ومصدر كالسيوم لبيضها، ويزداد هذا الفعل ضراوة إذا مرت على شكل أسراب كبيره لتخلف ورائها خشونه كبيره فى أسطح الصخور، كما ينتج عن فضلاتها تأثيراً كيميائياً واضحاً عن طريق البؤر الحمضية فى مواضع الفضلات وخاصة حمض النيتريك HNo3 ، هذا بالإضافة إلى أنها تجذب بعض الكائنات الدقيقة الأخرى التى تتغذى عليها لتقوم بفعل إضافى للتلف .

ويعد النمل الأبيض من أخطر الحشرات التى تهاجم المنشآت الأثرية حيث يقوم بالفعل الفيزيائى بحفر أنفاق دقيقة وعميقة فى التربة أو الجدران يكون لها أثراً فى تصدع الجدران فيما بعد، وقد سهلت التجوية الكيميائية وعمليات الإذابة المختلفه مهمة النمل فى حفر أنفاقه عن طريق ترك حبيبات السيليكا بعد إضعاف

ما حولها وجعلها شبه مفككه ليستطيع إستخلاصها وحملها بسهوله، كما أنه يتغذى على بعض المواد العضويه داخل الصخور مما يساعد على تفككها، كما توفر هذه الأنفاق مرور الرطوبه للجدران فيتحول دور النمل إلى الدور الكيميائى حيث تعمل الرطوبه على زيادة معدلات الإذابه داخل الجدران .

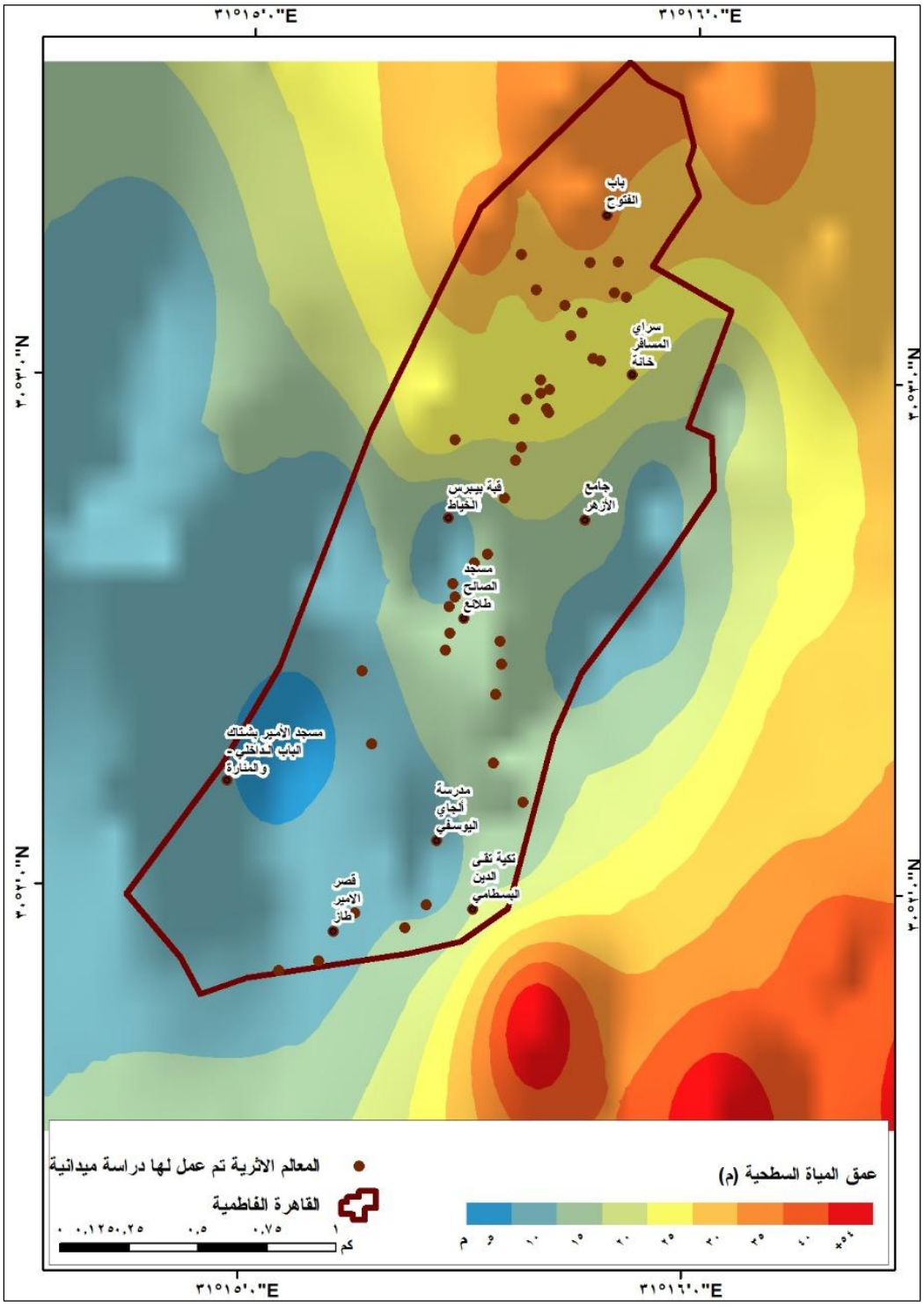
هـ - المياه الأرضية Ground water:

كان منسوب المياه الأرضية فى وادى النيل يتأثر بشكل عام بدورات فيضان النيل حيث كان المنسوب يتغير من عام لأخر حسب معدلات شحنه تبعاً لقوة الفيضان، حتى منتصف الستينات من القرن العشرين 1968 عندما تم بناء السد العالى أصبح منسوب المياه الأرضية بمستويات ثابتة إلى حدٍ كبير، ولكن الزياده المضطرده لسكان القاهرة وما صاحبها من توسعات عمرانية وزيادة أحمال المرافق والخدمات التى أدت إلى مزيداً من التسرب إلى المياه الأرضية والخزانات الجوفية وحدوث تغيرات ملحوظة فى مناسيب المياه الأرضية نحو الزيادة خلال الخمسين عاماً الأخيرة فى مدينة القاهرة ارتفع المعدل العام لمنسوب المياه الأرضية من 3 – 4م تحت سطح الأرض حتى وصل إلى معدل يقل 1م تحت سطح الأرض (Hampkian,N.,1995,p.46)، وصاحب ذلك ظهور الرشح بصورة ملحوظة فى عدة مناطق بوسط القاهرة خلال السنوات الأخيرة وخاصة المناطق ذات الطبوغرافية المنخفضة حيث تنساب المياه مع ميل الطبقات من المرتفاعات المجاورة المتمثلة فى هضبة المقطم بإتجاه المناطق المنخفضة شكل (14)، وتزداد الظاهرة إنتشاراً على المناطق الأثرية بالقاهرة الفاطمية، وقام الباحث بعمل خريطة تقريبة باستخدام أداة Interpolation Tools ببرنامج ARC GIS 10.7 حيث تقترح متوسطات بين نقاط معلومة المناسيب لإعطاء صورة تقريبة لمستويات المياه الأرضية تحاكى الواقع حيث تم الحصول على بعض المناسيب من الجسات التى قامت بها الهيئة العامه للأثار فى مشروعات ترميم آثار القاهرة التارخية شكل (15) .



المصدر: نموذج الإرتفاع الرقمى DEM, SRTM, 2013, 30*30 ، برنامج Arc GIS 10.7، Envi 5

شكل (14) نموذج الإرتفاع الرقمى لمنطقة الدراسة والمناطق المجاورة .



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على جسات الهيئة العامة للأثار مشروع ترميم آثار القاهرة التارخية، بيانات غير منشورة 2020، أداة Interpolation Tools ببرنامج Arc GIS 10.7.

شكل (15) نموذج مفترض لمناسيب المياه الأرضية بمنطقة الدراسة

وتكمن خطورة المياه الأرضية فى أنها تكون محملة بأيونات الأملاح الذائبة ذات التأثير الضار على الأحجار ومواد البناء مثل الكبريتات والكلوريدات التى تتسرب على الجدران بعد تبخر المياه بفعل الحرارة، هذا بالإضافة أيضاً إلى الأملاح الموجوده ضمن مكونات أحجار ومواد البناء، وتصعد المياه الأرضية إلى أعلى بفعل الخاصية الشعرية Capillary system محملة بأملاح الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوك والكبريت والنترات (Abd Elhady,M., 1995, p117) ويتوقف صعودها بطبيعة الحال على مسامية ونفاذية صخور ومواد البناء وكمية مواد البناء المتجمعة حول الأساسات وينتج عن ذلك غسل ونزح للمواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية ومونات المواد اللاحمة مما يؤدى إلى تحول الجدران مع مرور الزمن إلى جدران هشه ضعيفة التماسك سهلة الإنهيار، وتعد تربة التأسيس لمبانى القاهرة التاريخية عبارة عن رديم من مواد طينية وطفلية تمت بالردم التدريجى، هذا بالإضافة إلى أنها كانت تخللها الترع والبرك والمستنقعات التى تم ردمها ومنها على سبيل المثال الخليج المصرى الذى كانت تسقى منه القاهرة عند إمتلاءه وقت الفيضان، ونظراً لقرب عمق الأساسات من الأرض وإرتفاع نسبة الأملاح بتربة الرديم أصبحت هدفاً سهلاً للرطوبة وجذب جزيئات الماء وخاصة ملح كلوريد الصوديوم الذى يتمتع بخاصية إسترطابية أى جذب الرطوبة بصورة سريعة (Charola, 2020,p31) كما توجد علاقة كهربائية بين مواد البناء والمياه، حيث تتجمع ذرات الأكسجين السالبه (O^-) فوق أسطح بللورات المعادن بمواد البناء وتنجذب إليها ذرات الهيدروجين الموجبة (H^+) فيؤدى ذلك إلى تكون روابط هيدروجينية داخل مواد البناء أو فوق أسطحها فتنجذب المياه إليها من مصادرها المختلفة (محمد عبد الهادى، 1995، صـ 97)، هذا وتتأثرعناصر الطفلة الموجوده فى التربة أو التى تتواجد كشوائب طبيعية بالحجر الجيرى بالمياه، حيث يحدث إنتفاش للطفلة خاص فى الأجزاء السفلى من الجدران التى تنشع بالمياه وترتفع بها نسبة الرطوبة عن الحد المسموح(عوض ، 2020 ، صـ 137) وهذا يتسبب فى ضغوط وإجهادات كبيرة على بنية الحجر الجيرى يتبعها حدوث الشروخ المختلفة (محسن محمد ، 1996 ، صـ 54).

ثانياً: العوامل البشرية المؤثرة على عمليات التجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة:

أ - عمر المبنى:

يعد عامل الزمن معبراً عن المده التى تعرض فيها المبنى الأثرى لعوامل التجوية المختلفة، ويمتد تاريخ المبانى الأثرية التى تمت دراستها فى القاهرة الفاطمية من 110 عام حتى أكثر من 1050 بداية من العصر الفاطمى ثم الأيوبى ثم فترات المماليك المختلفة ثم العصر العثمانى ثم فترة محمد على وخلفاءه، وقام الباحث بتقسيم الفترات الزمنية للمبانى ألأثرية إلى عدة فئات ملحق (1) شكل (16) ومن تحليلهما يتضح التالى :

الفئة الأولى من 100 إلى أقل من 300عام : جاء بها 9 مبانى بنسبة 18%من إجمالى العينة المختارة ويعد مسجد الرفاعى هو أحدث المبانى عمراً بـ 110عام ومسجد وسبيل السلحدار 183عام وتعود هذه المبانى لعصر محمد على، ويعد كتاب وسبيل الشيخ مطهر أقدم مبانى هذه الفئة بعمر 278عام ومسجد أحمد كتخدا الزاز 244عام ويعودا إلى العصر العثمانى .

الفئة من 300 إلى أقل من 500عام: جاء بها 8 مبانى بنسبة 16% أحدثها هو سبيل الأمير عبد الله 303عام وسبيل وكتاب وقف أوده باشا 349عام ويعودا إلى العصر العثمانى، واقدمها منزل وقف عبد الواحد الفاسى 462عام ويعود إلى دولة المماليك البرجية.

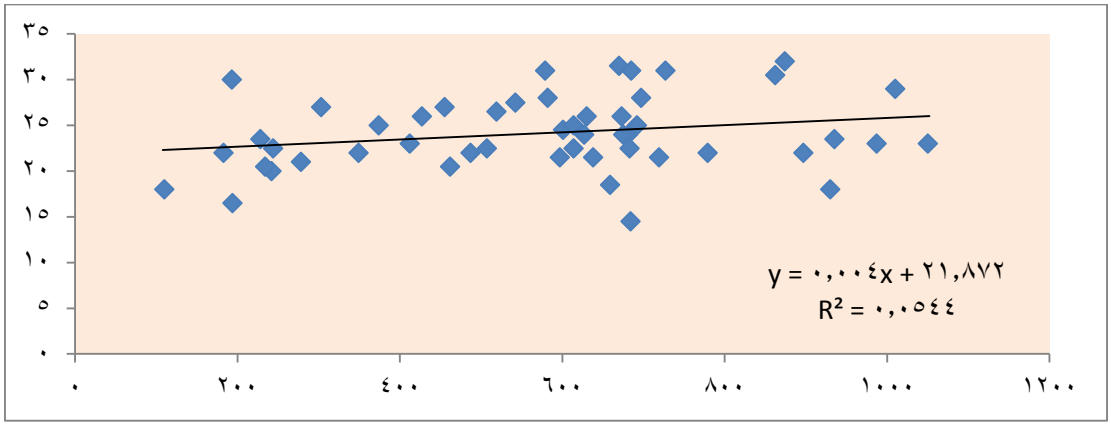
الفئة من 500 إلى أقل من 700عام: جاء بها 22 مبنى بنسبة 44% من إجمالى العينة المختارة وتعد أحدثهم قبة بيبرس الخياط بـ507عام ومسجد الكردى بـ 519عام ويرجعان لدولة المماليك البرجية، بينما أقدم مبانى هذه المجموعة هو مسجد أحمد المهمندار بـ697، وبقايا جامع قوصون بـ 692عام ويعودا إلى دولة المماليك البحرية.

الفئة من 700 إلى أقل من 900عام: جاء بها 6 مبانى بنسبة 12% من العينة المختارة وتعد أحدثهم المدرسة الناصرية بـ 719عام، وقبة الناصر محمد بن قلاوون بـ 727عام، وتعودا لدولة المماليك البحرية، بينما أقدم المبانى هو جامع الأقمر 897عام الذى يعود للدولة الفاطمية.

وفى الفئة من 900عام فأكثر: جاء بها 5 مبانى بنسبة 10% من العينة المختارة ويعد أحدثهم باب زويلة بـ930عام، وباب الفتوح بـ935عام، بينما تخطى الـ 1000عام كلاً من مسجد الحاكم بأمر الله 1010عام، والجامع الأزهر بـ 1050عام وجميعهم يعودون للدولة الفاطمية.

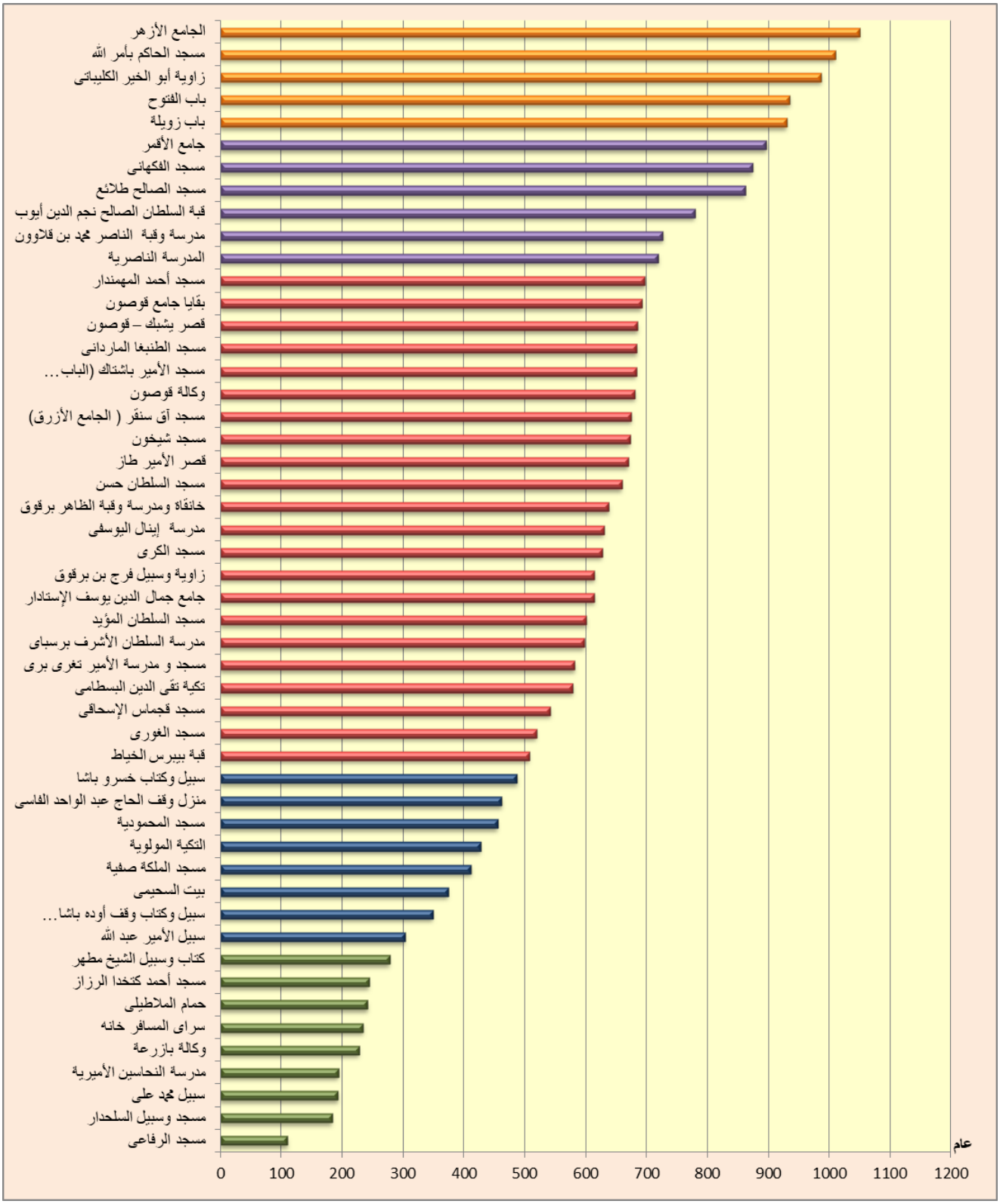
وعن العلاقة بين عامل الزمن ودرجات التجوية على المبانى الاثرية بمنطقة الدراسة تم عمل علاقة إرتباطية بين عمر المبانى الأثرية ودرجات التجوية التى تعرضت لها هذه المبانى (تم عمل إستنتاج

درجات التجوية فى جزء لاحق بالبحث) جائت العلاقة الإرتباطية طردية بقيمة 0,23 ولكنها لسيت قوية كما يتضح من شكل (16) وإتضح ذلك بإستخراج r^2 . Coefficient of determination والتى تعبر عن نسبة التغير فى درجات التجوية نتيجة التقدم فى عمر المبنى الأثرى جائت بنسبة 0,05 وهى نسبة ضعيفة حيث تعبر على أن 0,05من درجات التجوية جاء نتيجة عامل الزمن بينما 99,95% من درجات التجوية حدث نتيجة عوامل أخرى خاصة بالرطوبة والتلوث والزلازل والعوامل البشرية وغيرها.



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات ملحق (1) ، (5)

شكل (16) علاقة الإرتباط الخطية بين عامل الزمن وتأثيره على درجات التجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث، إعتماداً على بيانات مركز توثيق التراث الحضارى والطبيعى، 2018.

شكل (15) التسلسل الزمنى للمبانى الأثرية بمنطقة الدراسة

ب - التلوث الجوى :

تعانى القاهرة بشدة من زيادة معدلات تلوث الهواء بها حيث سجلت إنبعاثات الكربون معدلات أعلى بكثير عن غيرها من المدن المماثلة، كما سجلت قياسات جودة الهواء مستويات خطرة من الرصاص وثانى أكسيد الكبريت والجسيمات العالقة (Mohamed , K., Khalaf,2011,P3) ويعود ذلك إلى عقود طويلة من الإنبعاثات غير المنظمة من إنبعاثات المصانع من المراكز الصناعية بشبرا الخيمة وحلوان وحرق القمامة وحرق قش الأرز فى الظهير الريفى المجاور ، هذا بالإضافة إلى عوادم السيارات حيث يوجد بشوارع القاهرة ما يزيد عن 4,500,000 سيارة 60% منها يزيد عمره عن 10 سنوات مما يجعلها تفتقر إلى مميزات حجب المواد الضارة(Mohamed , K., Khalaf,2011,P3)، كما تزداد بالمدينة الملوثات الصلبة كالرصاص والنحاس التى تلوث المدينة بشدة والتى يزداد التكاثف حولها وينتج عنها ضباباً أكثر من ثلاث أضعاف مستوياته العادية(Watt.J. et al , 1990, p1286) ، وزاد الأمر صعوبة بسبب قلة الأمطار وتخطيط المبانى الشاهقة الإرتفاع مع الشوارع الضيقة التى جعلتها كوعاء للتلوث، وتترسب الملوثات على سطح أحجار البناء مما يؤدى إلى تغير لونها ومع توافر الرطوبة تتحول الملوثات إلى أحماض حيث تتحول أكاسيد الكربون وأكاسيد النيتريك وأكاسيد الكبريت إلى أحماض ضاره تقوم بعمل تحولات كيميائية فى المواد اللاحمة لتسهل من إذابتها مثل تحولات كربونات الكالسيوم والماغنسيوم فى الحجر الجيرى والرخام ومونة البناء مسببة إنفصال حبيبات الأحجار وتآكلها بسهولة (Aksu,R, et al, 1996, p27)، وتعد الأمطار الحمضية التى تحتوى على حمض الكبريتيك والكربونيك أحد أهم الملوثات التى تتسبب فى تجوية أحجار ومواد البناء، ويؤدى تفاعل رزاز الأحماض الكبريتية مع الحجر الجيرى إلى تكون ملح كبريتات الكالسيوم المائية التى تعرف بالجبس فتظهر على شكل بقع طبقية بيضاء التى تعد تجوية شديده للحجر الجيرى، كما يعمل ثانى أكسيد الكبريت فى ظل وجود الكربون على تكوين القشور السوداء على أسطح جدران المبانى الأثرية، ويؤدى التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين H2s إلى إسوداد الدهانات وبهتان الألوان خاصة التى يدخل فى تركيبها الرصاص (ماجد شعلة،آخرون،2015،صـ24) .

وعن ميكانيكية التلف الناتج عن ثانى أكسيد الكربون فهى ترجع بشكل كبير إلى تحول غاز ثانى أكسيد الكربون إلى حمض الكربونيك الذى يعمل على تحول الكربونات إلى طبقات هشه من بيكربونات الكالسيوم ، كما أن تراكم ترسيب ذرات الكربون المنتشرة فى الجو يؤدى إلى طمس النقوش والطلاءات.

أما عن العوالق الصلبة فهى تتمثل فى الأتربة والجزيئات الدقيقة وتحتوى على السيليكا وكربونات الكالسيوم الناتجه من التربة، إضافة إلى الكربونات والكبريتات الناتجه عن المعادن، وترسيب هذه الأتربة والجزيئات

يؤدى إلى طمس النقوش، كما أنها تعد عامل منشط لتكون البؤر الحمضية فى ظل توفر الرطوبة وينتج عنها تغيرات لونية وإسوداد فى الأسطح .

وعن ثانى أكسيد الكبريت فيمر التلف الناتج عنه بتفاعلات معقده تنتهى فى النهايه بتلف شديد بأحجار ومواد البناء، حيث يتم فيها تحول غاز ثانى أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتوز الذى يتحول مع إستمرار التفاعل إلى حمض كبريتيك، ويتفاعل حمض الكبريتيك H2so4 مع الحجر الجيرى خاصة مع توافر الرطوبه والضباب لتتكون كبريتات كالسيوم مائية التى تعرف بالجبس CaS4 2H2o، كما يمكن أن يهاجم حمض الكبريتوز الحجر الجيرى مباشرة وينتج عنه كبريتيت الكالسيوم التى تتحد مع مع الأكسجين لتتكون كبريتات الكالسيوم التى تتبلور إلى جبس، ويمتد التلف بعد ذلك عن طريق الغسل بواسطة مياه الأمطار أو التنظيف .

وبالنسبة لأكاسيد النيتروجين فيتشابه تأثيرها مع تأثير الغازات الأخرى ويزداد تأثيرها فى وجود الرطوبة مع العوامل المؤكسده لينتج عنها أحماض النيتروز والنيتريك Hno3 , Hno2 ، وعند مهاجمة حمض النيتريك للحجر الجيرى ينتج عنه نترات الكالسيوم Ca(No3)2 وهى عبارة عن طبقة من الأملاح الهيجروسكوبية السهلة الذوبان وسريعة الغسل من على أسطح الأحجار الأثرية ، كما تعد النترات مصادر غذائية هامه للطحالب والأشنات التى تعد أيضاً من أهم عوامل التلف .

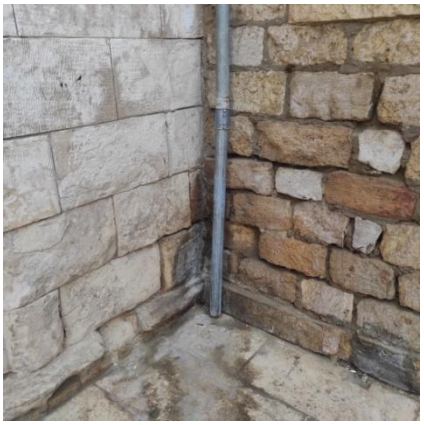
وبذلك تعانى المبانى الأثرية بالقاهرة كثيراً بفعل التلوث فى ظاهرات تتمثل فى تكون القشور السوداء والبقع البيضاء والتحولات الكيميائية للأحجار والتفكك الحبيبى وتآكل الصخور وفقدان أجزاء منها.

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (14) تكون القشور السوداء بواجهة زاوية أبو الخير الكليباتى

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (15) تكون البقع البيضاء بواجهة جامع الأقمر

ج – التسرب من شبكات المياه والصرف الصحى :

تعانى العديد من المبانى الأثرية فى القاهرة من مشكلات تتعلق بشبكات المياه والصرف الصحى سواء من خلال توزيع الشبكات أو جودتها ومدى كفائتها، فلم يراعى فى توزيع الشبكات بعدها عن الجدران الأثرية بالمسافة الآمنه وبالتالى حدوث أى تسرب منها يؤدى إلى إصابة الجدران إصابة مباشرة صورة (16)، فعلى سبيل المثال توجد العديد من بالوعات الصرف ملاصقة لباب الفتوح وتخرج منها المياه وتتجمع بجانب الجدران صورة (17)، وتعد مياه الصرف أخطر من الأمطار الحمضية حيث تحتوى على العديد من الأحماض والمحاليل الملحية الشديدة التأثير على الحجر الجيرى، هذا بالإضافة إلى التوزيع الخاطىء لمراحيض المياه وأماكن الوضوء التى أضيفت حديثاً للمساجد الأثرية ولم تكن موجوده عند إنشائها فالأماكن القديمة للوضوء مازالت آثارها فى وسط معظم المساجد، بينما وضعت المراحيض وأماكن الوضوء حديثاً بجانب الجدران مثل الموجوده فى مسجد الحاكم بأمر الله خلف الجدار الرئيس لواجهة المسجد ويظهر تأثيرها واضحاً على تغير لون الجدران، ويزداد تشبع الجدران الملاصقة للمراحيض فى ساعة ذروة إستخدام المياه وهى المده من الظهر حتى العشاء مما يؤدى إلى التبادل بين الرطوبة والجفاف النسبى للجدران فيعمل على إضعاف بنيتها بالإضافة إلى عمليات الإذابة التى ذكرت من قبل .



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
(16) تسرب مياه الشرب، مسجد الحاكم بأمر الله

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (17) تسرب مياه الصرف الصحى، باب الفتوح

د - الترميم الخاطىء :

يعد الهدف الأساسى لعمليات ترميم الآثار هى الحفاظ على عليها لأطول مده ممكنة، ولكن على أرض الواقع توجد العديد من عمليات الترميم الخاطئة التى تعد فى حد ذاتها سبباً للتلف الفيزيائى والكيميائى للأثر وليس الحفاظ علية، ورصد الباحث فى العمل الميدانى أخطاء عديده فى الترميم أهمها إستخدام مادة الأسمنت فى الترميم صورة (18)، ويعد الأسمنت مادة محظورة دولياً فى ترميم الآثار لإحتوائها على العديد من المواد الضارة مثل كبريتات الكالسيوم وسيليكات الألومنيوم وسليكات الكالسيوم والأملاح القلوية ومع توافر الرطوبة تتحول الكبريتات إلى أحماض وتقوم بفعلها الإذابى، وتتوغل الأملاح إلى شقوق ومع الوقت تتبلور بداخلها وبالتالى تشكل ضغطاً موضعياً يعمل على توسيع الشقوق لتستقبل المزيد من الرطوبة والمواد الحمضية، بالإضافة إلى إختلاف درجة الصلاده ومعامل التمدد والإنكماش بين مواد البناء الأصلية والأسمنت المستخدم فى الترميم، هذا بالإضافة إلى وجود أخطاء فادحة فى آلية إستخدم الأسمنت بغض النظر عن كونه وسيلة خاطئة وذلك عن طريق وضعة على واجهة الفجوات وترك الفراغات الداخلية بدون ملئها بالمواد الملائمة مما يجعلها مصايد للرطوبة وبالتالى زيادة التفاعلات الإذابية، وبعيداً عن ضرر التفاعل فإن الترميم بالأسمنت يعد مظهراً شاذاً وغير مناسباً على الجدران الأثرية، كما أن عدم التجانس بين نسيج أحجار البناء الأصلية ونسيج المواد الدخيلة خاصة غبر الملائمة يؤدى فى نهاية الأمر إلى رفضها وطردها من جسم الجدار، كذلك فإن إستخدام بعض المواد المؤقتة كالبونتنيت يعد غير آمناً فى الترميم، وأحياناً يتم إستخدام مسحوق الفحم

المخلوط بالجير والرمل لمحاكاة مونة القصرمل القديمة التى كانت تستخدم فى العصر المملوكى لا يعد مثالياً وذلك لعدم فهم ماهية خصائص باقى الإضافات القديمة (عبد الفتاح البنا ، 2012 ، صـ19) .

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (18) الترميم بالأسمنت، مسجد الحاكم بأمر الله

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (18) إذابة الحجر الجيرى نتيجة الترميم بالأسمنت، مسجد الحاكم بأمر الله

هـ - السلوكيات الخاطئة :

توجد العديد من السلوكيات الخاطئة على المستوى الفردى التى تضر بالآثار مثل إلقاء القمامة، والكتابة والحفر على الجدران الأثرية ، والتعديات والإشغالات المتمثلة فى المحلات التجارية خاصة فى منطقة الغورية حيث يتم التعامل مع الجدران الأثرية بدون وعى بأهميتها وأيضاً شارع المعز وإن كانت المحلات التجارية به أكثر وعياً .

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (18) التعديات والإشغالات بالمحلات التجارية بمسجد السلطان المؤيد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021 ،
صورة (18) الكتابة على الجدران، من أشهر السلوكيات الخاطئة فى التعامل مع الآثار بمصر.

ثالثاً: تقييم أثر التجوية على المبانى الأثرية :

لا شك أن دراسة درجات خطورة التجوية على المبانى الأثرية بطريقة كمية وتصنيفها إلى درجات خطورة تساعد كثيراً على الوقوف على مدى الخطر الذى تتعرض له المبانى الأثرية ، كما أن عمل التوزيع المكانى لدرجات الخطورة نستطيع من خلاله عمل العلاقات المكانية بين المكان ودرجة الخطورة، وبالتالى نستطيع الوقوف على مدى الخطر وأهم الإجراءات والطرق اللازمة لترميم وصيانة هذا التراث الثقافى العريق.

ولدراسة خطر التجوية بطريقة كمية قام الباحث بـــ

- قياس أبعاد أشكال التجوية المختلفة أثناء العمل الميدانى بناءً على نموذج Fitzner لتقييم أشكال التجوية على المبانى الأثرية (Fitzner,et al ,2002) وذلك من خلال تصنيفها إلى أربع مجموعات الأولى تتعلق بفقدان أجزاء من مادة الصخر، والثانية التغير فى لون الصخر، والثالثة إنفصال أجزاء من الصخر، والمجموعة الرابعة دراسة أبعاد الشروخ.

- دراسة أبعاد ومساحات هذه المتغيرات وحساب نسبتها المئوية بالنسبة لمساحة المبنى ووضع تصنيف لها بناءً على تصنيف قمح لدرجات خطورة أثر التجوية على المبانى الأثرية (Kamh,2009).

- تحويل تصنيفات خطر التجوية لكل مجموعة إلى قيم رقمية، حيث يعد الرقم 4 هو أعلى القيم للخطر الشديد جداً، ورقم 3 للشديد، و2,5 للمتوسط إلى الشديد، و2 للمتوسط، و1,5 للضعيف إلى المتوسط، و1 للضعيف الخطورة.

- تجميع درجات خطورة المتغيرات المختلفة فى المجموعات الأربعة لكل مبنى أثرى ووضع تصنيف عام للمبنى حسب درجة خطورة التجوية.

وقام الباحث بالتحليل كالتالى :

أ - المجموعة الأولى: فقد أجزاء من مادة الصخر

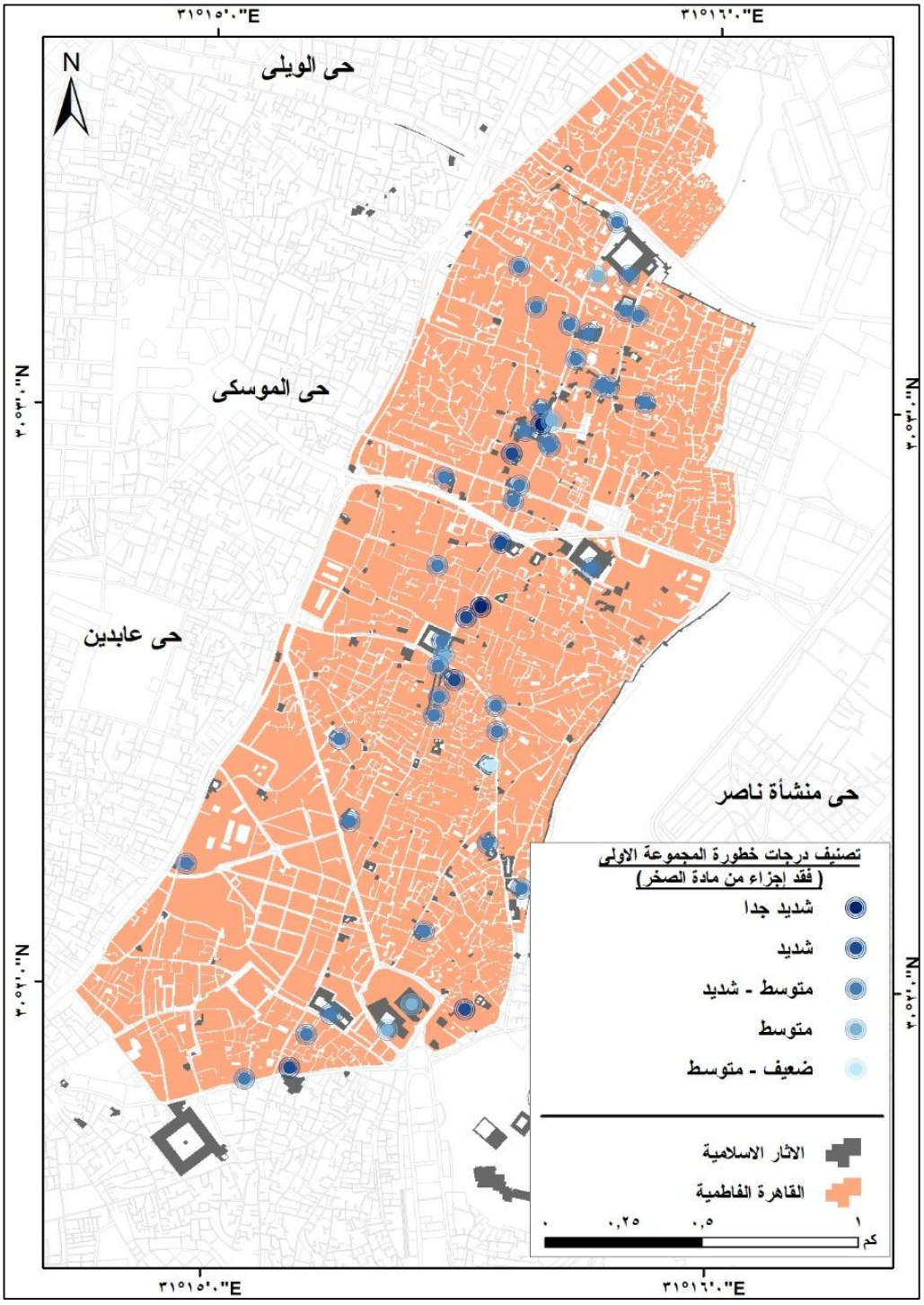
وتمثلت متغيرات هذه المجموعة حسب نموذج (Fitzner,2002) فى إزالة النقوش والزخارف، والنقروالخشونة السطحية، والتفلور الملحى (أقراص العسل)، وحسب تصنيف قمح لدرجة خطورة التجوية جائت نتيجة التصنيف بين الفئة المتوسطة للشديدة، والشديدة، والشديدة جداً شكل (17) ملحق (2) .

جاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 9 مبانى أثرية بنسبة 18% من العينة المختارة منها مدرسة النحاسين الأميرية، وسراى المسافر خانه، وباب زويلة، ومسجد الطنبغا المارداني، ومسجد السلطان حسن، ومسجد الرفاعى، ومسجد الأمير باشتاك، وهى المبانى التى تتراوح فيها نسبة إزالة النقوش من 30 : 40% من

مساحتها بأعماق تتراوح بين 2 : 5 مم، وتبلغ المساحة التى تعرضت للنقر والخشونه السطحية من 45% : أقل من 50% من مساحتها، وتبلغ المساحات التى تعرضت للتفلور الملحى وتظهر عليها حفر التافونى (أقراص العسل) من 25 : 35% من مساحتها بمتوسط أعماق تصل إلى 10مم، ومتوسط قطر يصل إلى 15مم.

وجاء فى الفئة الشديدة الخطورة 27 مبنى أثرى بنسبة 54% أى أن أكثر من نصف المبانى الأثرية تتعرض لخطر شديد فى فقدان أجزاء من مادة صخورها منها جامع الأقمر والمدرسة الناصرية وسبيل وكتاب خسرو، ومسجد السلطان المؤيد، والجامع الأزهر، والتكية المولويه، ومسجد شيخون ومسجد المحمودية، وهذه المبانى تتراوح فيها نسبة إزالة النقوش من 40% : أقل من 50% من مساحتها بأعماق تتراوح بين 5 إلى أقل من 10 مم، وتبلغ المساحات التى تتعرض للنقر والخشونة السطحية من 5 إلى أقل من 65% من مساحتها، وتبلغ المساحات التى انتشرت بها حفر التافونى من 35% إلى أقل من 50% من مساحتها، بأعماق من 10 : 15مم ومتوسط أقطار يصل إلى أقل من 30مم.

وجاء فى الفئة التى تتعرض لخطر شديد جداً فى فقدان أجزاء من مادة صخورها 14 مبنى أثرى بنسبة 28% من العينة المختارة ومن هذه المبانى الأثرية مسجد الحاكم بأمرالله، ومسجد الفكهانى وسبيل محمد على، وسبيل الأمير عبد الله، وتصل نسبة إزالة النقوش فى هذه المبانى الأثرية إلى أكثر من 50% ووصلت فى بعض المبانى إلى 73% كما فى مسجد الحاكم بأمر الله، و70% كما فى باب الفتوح بأعماق تتعدى 10مم ووصلت فى بعض المبانى إلى 15مم كما فى مسجد الصالح طلائع وقبة الناصر محمد بن قلاوون، ووصلت فيها نسبة المساحات التى تعرضت للنقر والخشونة السطحية إلى 65% من مساحة المبنى حيث وصلت فى مسجد الفكهانى إلى 69% وزاوية أبو الخير الكليباتى إلى 70%، وبلغت المساحات التى تنتشر فيها حفر التافونى إلى 50% فأكثر حيث وصلت فى مسجد الحاكم بأمر الله إلى 60% وفى مدرسة الناصر محمد بن قلاوون 55%، ووصل متوسط عمق حفر التافونى إلى أكثر من 20مم بمتوسط قطر وصل فى بعض المبانى إلى أكثر من 25مم، حيث وصل فى تكية البسطامى إلى 28مم، ومدرسة الناصر محمد بن قلاوون ، ومسجد الفكهانى إلى 30مم.



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانى بيانات ملحق ( )، برنامج ArcGIS10.7 ، مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

شكل (17) تصنيف درجات خطورة المجموعة الأولى(فقد أجزاء من مادة الصخر)، حسب نموذج (Fitzner,2002)،تصنيف (Kamh,G.M.E,2009b).

ب - المجموعة الثانية: التغير فى لون الصخر والرواسب السطحية

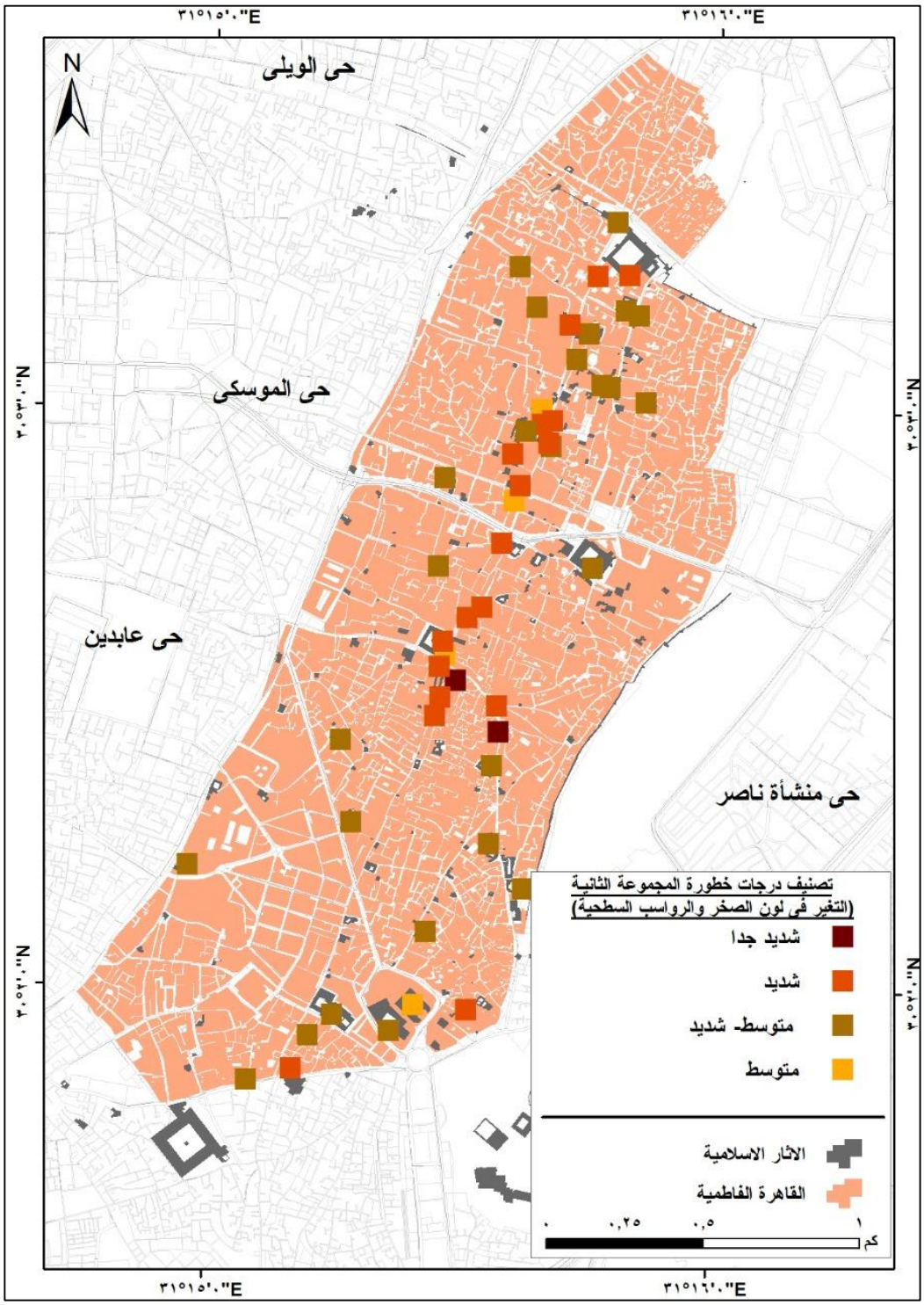
وتتضمن متغيرات هذه المجموعة فى مجموعتين ثانويتين الأولى تغير لون الصخر عن اللون الأصلى من خلال متغيرين هما التفلور الملحى والتجوية الكيميائية، والثانية هى الإتساخ بفعل الأتربة، وحسب تصنيف قمح لدرجة خطورة التجوية جائت نتيجة التصنيف بين الفئة المتوسطة، والمتوسطة للشديدة، والشديدة، والشديدة جداً، شكل (18)، ملحق (3).

وجاء فى الفئة المتوسطة 10 مبانى أثرية بنسبة 20% من العينة المختارة منهم على سبيل المثال خانقاه ومدرسة الظاهر برقوق، مدرسة السلطان الأشرف برسباى، وكالة قوصون، حمام الملاطيلى، باب زويلة، الجامع الأزهر، مسجد الرفاعى، وهذه المبانى هى التى تتراوح فيها نسبة التفلور الملحى بين 15 : أقل من 25% بأعماق تتراوح بين 0,5 : 1مم، وتأثرت بالتجوية الكيميائية بمساحات تتراوح بين 20 : أقل من 30 %، وتعرضت الأسطح الصخرية للإتساخ بمساحات تتراوح بين 30 : أقل من 40% من مساحة المبنى الأثرى،

وجاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 9 مبانى أثرية بنسبة 18% من العينة منهم على سبيل المثال باب الفتوح، بيت السحيمى، جامع الأقمر، مسجد الطنبغا المارداني، مسجد السلطان حسن، وهذه المبانى هى التى تتراوح فيها نسبة التفلور الملحى بين 25 : أقل من 45% من مساحة المبنى بأعماق تصل إلى 1مم، وتبلغ المساحات التى تعرضت للتجوية الكيميائية بين 30 : أقل من 40% من مساحة المبنى ، بينما تبلغ المساحات التى تعرضت للإتساخ بفعل الأتربة من 40.% : أقل من 50% من مساحة المبنى .

وجاء فى الفئة الشديدة 28 مبنى بنسبة 56% من العينة المختارة منهم زاوية أبو الخير الكلياتى، ومسجد الغورى، ومسجد الفكهانى، ومسجد شيخون، وهى المبانى التى تصل فيها المساحه المتأثرة بالتفلور الملحى من 45 : 60 % بسمك يتراوح بين 1 : 2مم، وتتراوح المساحة التى تعرضت للتجوية الكيميائية بين 40 : 50%، بينما تتراوح المساحة التى تعرضت للإتساخ بين 40 : 60%، وجاء فى الفئة الشديدة جداً 3 مبانى بنسبة 6% من العينة المختارة وهى مسجد الصالح طلائع، ومسجد أحمد المهمندار، وقبة بيبرس الخياط، وهى المبانى التى تتجاوز فيها المساحة المعرضة للتفلور الملحى 50% بأعماق تتجاوز 2مم وهى المتغير الوحيد فى هذه المجموعة التى سجلت به مبانى أثرية من العينة المختارة، كما تتجاوز فى هذه الفئة المساحه التى تعرضت للتجوبة الكيميائية 50% من مساحة

المبنى ولم يسجل أى مبنى من العينة المختارة هذه النسبة، كما تتجاوز فيها المساحه المعرضة للإتساخ 60% وأيضاً لم يتجاوز أى مبنى من العينة المختارة هذه النسبة.



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانى بيانات ملحق ( )، برنامج ArcGIS10.7 ، مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

شكل (18) تصنيف درجات خطورة المجموعة الثانية (التغير فى لون الصخر والرواسب السطحية)، حسب نموذج (Fitzner,2002)،**تصنيف** (Kamh,G.M.E,2009b).

ج - المجموعة الثالثة : إنفصال أجزاء من الصخر

وتشمل هذه المجموعة متغيرين هما التفتت الحبيبى، إنفصال شرائح من الصخر سواء موازية أو غير موازية للتركيب الداخلى للصخر، وحسب تصنيف قمح لدرجات خطورة التجوية جائت نتيجة التصنيف بين المنخفض للمتوسط إلى الشديد جداً، حيث جاء فى الفئة بين ذات الخطر المنخفض للمتوسط مبنى أثرى واحد وهو مسجد الطنبغا الماردانى بنسبة 2% من العينة ، ويقل متوسط الكميات المتساقطة من التفتت الحبيبى فى هذا المسجد عن 0,01 م3/م2 ومعظمها على شكل بودرة ناعمة، وتقل نسبة الشرائح المنفصلة من سطح الصخر عن 15% من سطح المبنى ومعظمها فى صورة إنفصال شرائح فردية، وجاء فى الفئة المتوسطة الخطورة 10 مبانى بنسبة20% من العينة المختارة منها على سبيل المثال زاوية أبو الخير الكلياتى، كتاب وسبيل الشيخ مطهر، ومسجد آق سنقر(الجامع الأزرق)، قصر يشبك وفى هذه المبانى تتراوح متوسطات الكميات المتساقطة بين 0,01 إلى أقل من 0,02م3/م2، ومعظمها ما بين البودرة الناعمة والرمال الناعمة، وتتراوح نسبة المساحة المتأثرة بانفصال الشرائح من سطح الصخر بين 20% إلى أقل من 30% من مساحة المبنى الأثرى ومعظمها فى صورة شرائح فردية .

وجاء فى الفئة المتوسطة للشديدة الخطورة 23 مبنى بنسبة 46% من العينة المختارة ، منهم على سبيل المثال مسجد الحاكم بأمر الله، مسجد وسبيل السلحدار، وكالة بازرعة، مسجد السلطان المؤيد، مدرسة إينال اليوسفى، الجامع الأزهر، سبيل الأمير عبد الله، وهذه المبانى تتراوح فيها متوسط كميات التفتت الحبيبى بين 0,02 إلى أقل من 0,03م3/م2 معظمها بين البودرة الناعمة والرمال الناعمة، وتتراوح فيها نسبة إنفصال الشرائح من سطح الصخر بين 30% إلى أقل من 40% فى صورة شرائح فردية ومتعدده .

وجاء فى الفئة الشديدة الخطورة 10 مبانى بنسبة 20% من العينة المختارة، ومنهم على سبيل المثال مسجد الغورى، وسبيل محمد على، التكية المولوية، مسجد أحمد كتخدا الرزاز، مسجد شيخون، مسجد المحمودية، وهى المبانى التى تتراوح فيها متوسطات كمية التفتت الحبيبى بين 0,03 إلى أقل من 0,04م3/م2 وهى متنوعة ما بين البودرة الناعمة والرمال الناعمة والخشنة، وتتراوح نسبة إنفصال الشرائح من سطح الصخر بين 40 إلى أقل من 50% فى صورة شرائح متعدده وفردية.

وجاء فى الفئة الشديدة جداً 6 مبانى بنسبة 12% من العينة منهم وكالة قوصون، ومسجد الفكهانى، وتكية تقى الدين البسطامى وهى المبانى التى يزداد فيها متوسط كمية التفتت الحبيبى أكثر من 0,04م3/م2 فى صور متعدده تصل إلى الرمال الخشنة، وتزيد فيها نسبة إنفصال الشرائح من سطح الصخر إلى أكثر من 50% فى صورة شرائح فردية ومتعددة وعلى الرغم من أن نسبة 50% لم تسجل فى هذه المبانى إلا أن زيادة معدل التفتت الحبيبى وضع هذه المبانى فى الفئة الشديدة جداً طبقاً للتصنيف المجمع لمتغيرات المجموعة.

د - المجموعة الرابعة : الشروخ والتشوهات

وتشمل هذه المجموعة الشروخ سواء كانت منفردة أو مجموعات ناتجه بسبب طبيعى أو إنشائى وذلك من خلال دراسة طولها واتساع فتحتها، وحسب تصنيف قمح جائت درجات خطورتها لتشمل جميع الفئات من الضعيف إلى الشديد جداً، شكل (19) ملحق (5).

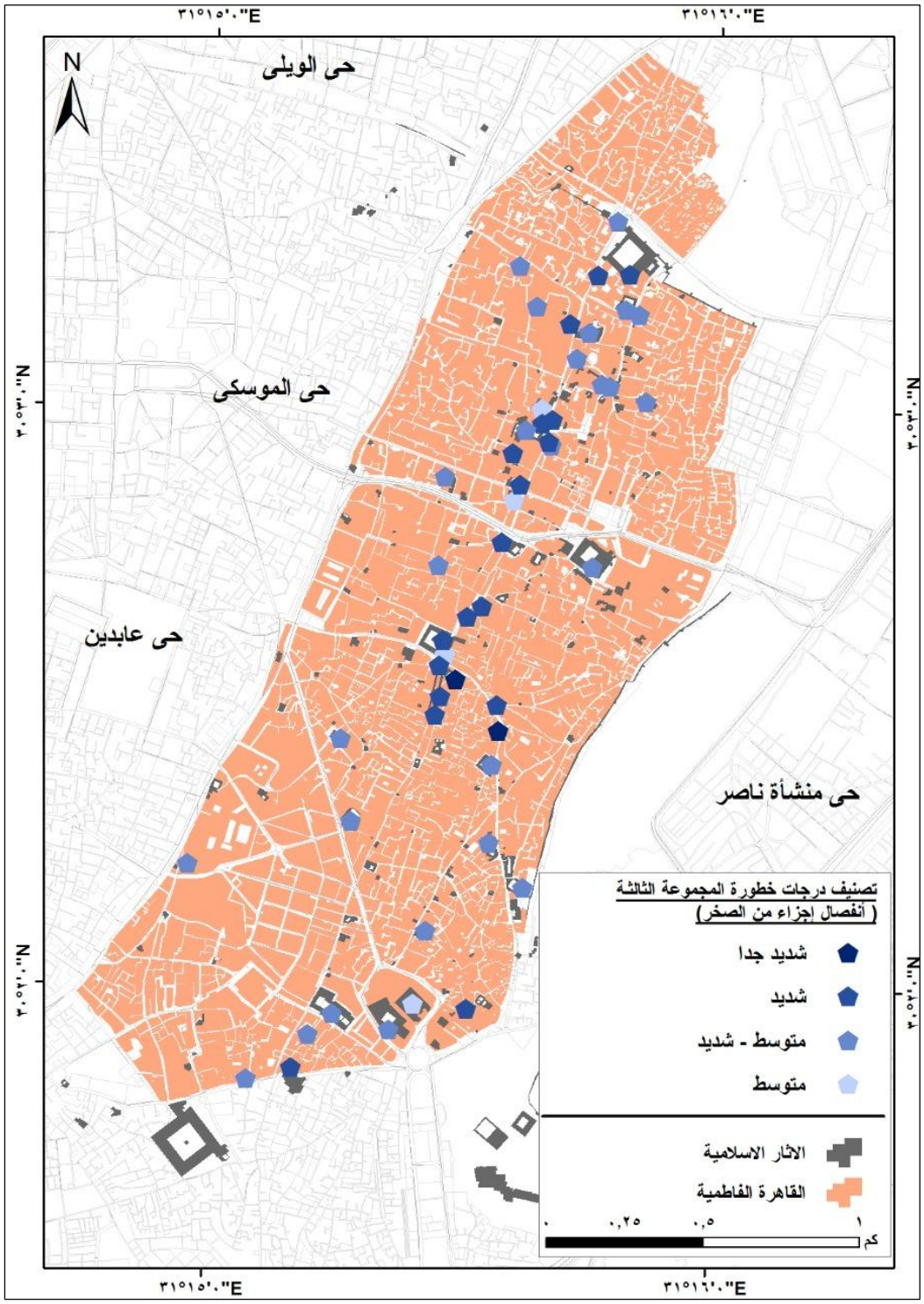
وجاء فى الفئة الضعيفة الخطورة 6 مبانى بنسبة 12% من إجمالى العينة المختارة منهم مسجد وسبيل السلحدار، باب زويلة، قبة بيبرس الخياط، وهذه المبانى تقل فيها أطوال الشروخ عن 2م باتساع أقل من 3مم وتوجد فى صورة شروخ فردية، بينما الفئة الضعيفة للمتوسطة الخطورة جاء بها 2 مبنى بنسبة 4% من إجمالى العينة وهما جامع الأقمر وسراى المسافر خانه وهى المبانى التى تكون فيها أطوال الشروخ أقل من 3م باتساع أقل أقل من 3 إلى 15مم وتوجد أيضاً فى شكل شروخ منفرده .

وفى الفئة متوسطة الخطورة جاء بها 11 مبنى بنسبة 12% من إجمالى العينة منهم باب الفتوح، مسجد الكردى، مسجد ومدرسة الأميرى تغرى بردى، قصر يشبك، وفى هذه الفئة تكون أطوال الشروخ أقل من 3 م باتساع أكثر من 15مم وتكون أيضاً فى صورة شروخ منفرده.

وجاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 17 مبنى بنسبة 34% من إجمالى العينة المختارة منهم قبة الصالح نجم الدين أيوب، ومدرسة السلطان الأشرف برسباى، جامع الإستادار، مدرسة إينال اليوسفى، مسجد الرفاعى، مسجد المحمودية، وهى الفئة التى تكون فيها الشروخ أقل من 3م باتساع من 20 : 25مم وتوجد فى صورة شروخ منفرده أو مجموعات.

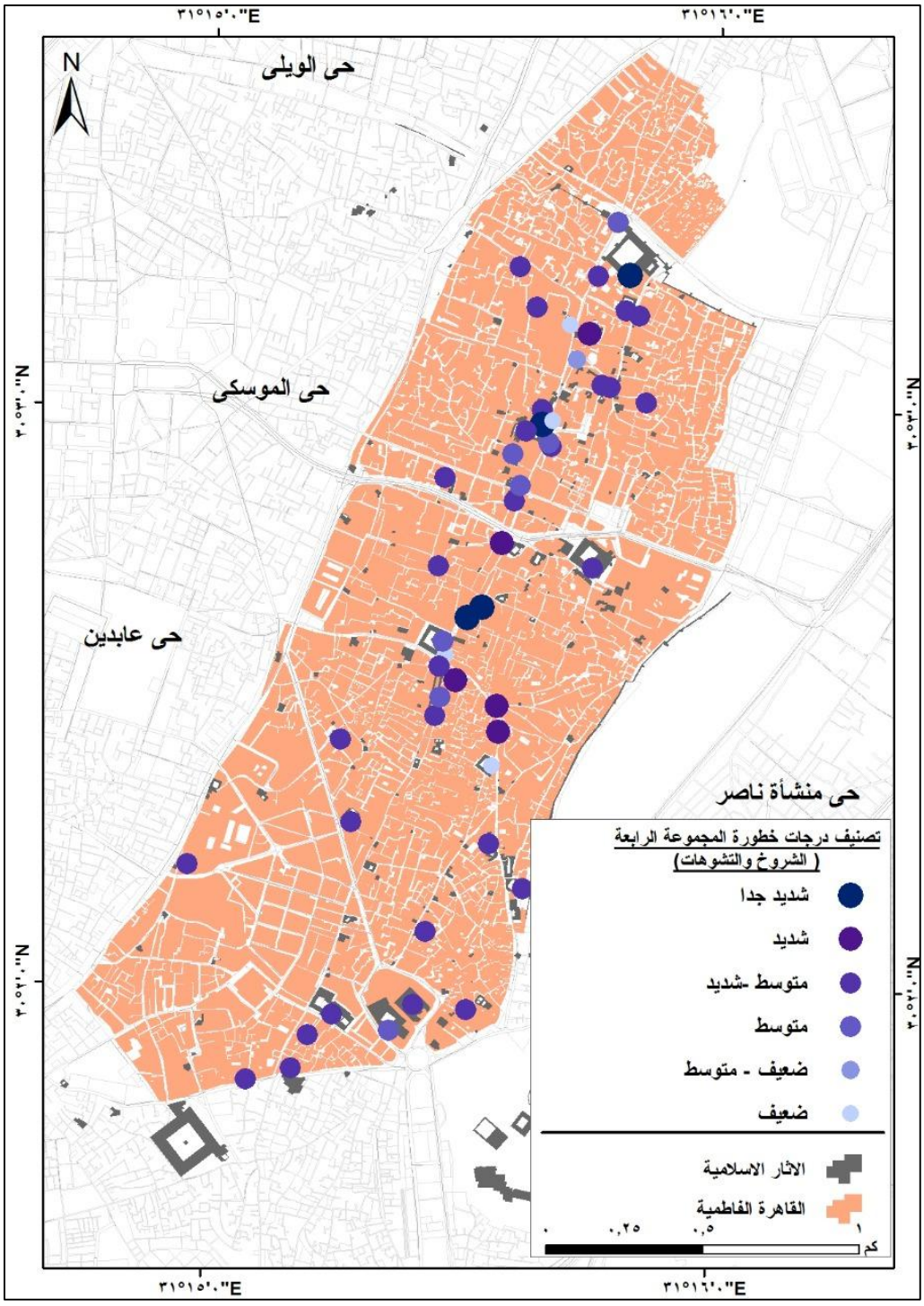
أما الفئة الشديدة الخطورة جاء بها 7 مبانى بنسبة 14% من العينة منهم بيت السحيمى، وكالة طوسون، مسجد الغورى، مسجد الصالح طلائع، مسجد المهمندار، وتتراوح أطوال الشروخ فى هذه الفئة بين 2 : 4 أمتار باتساع بين 25 : أقل من 30مم، وتوجد غالباً فى شكل مجموعات.

أما الفئة الشديدة جداً جاء بها 7 مبانى بنسبة 14% من العينة منهم مسجد الحاكم بأمر الله، مسجد الفكهانى، سبيل محمد على، تكية تقى الدين البسطامى، وتكون فيها أطوال الشروخ بين 2م إلى أكثر من 4م باتساع أكثر من 30مم وتوجد أيضاً فى شكل مجموعات .



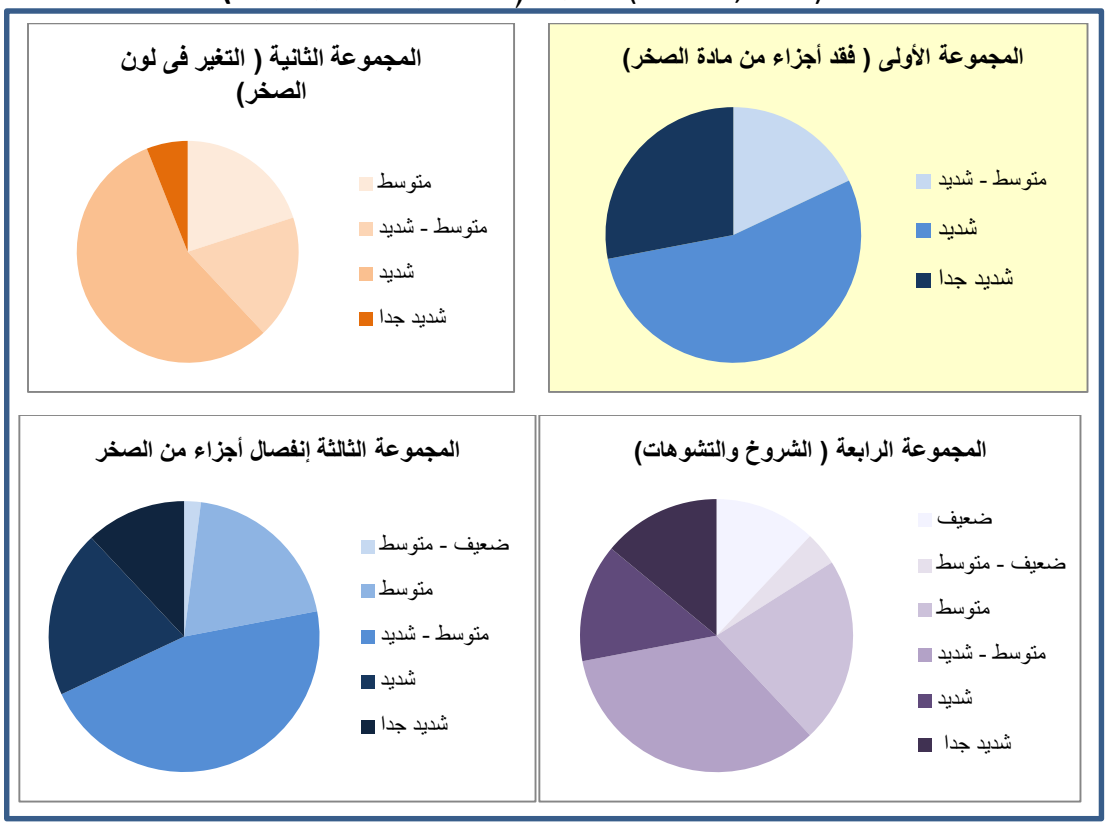
المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانى بيانات ملحق ( )، برنامج ArcGIS10.7 ، مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

شكل (18) تصنيف درجات خطورة المجموعة الثالثه (إنفصال أجزاء من الصخر)، حسب نموذج (Fitzner,2002)،**تصنيف** (Kamh,G.M.E,2009b).



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانى بيانات ملحق ( )، برنامج ArcGIS10.7 ،مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

شكل (19) تصنيف درجات خطورة المجموعة الرابعة (الشروخ والتشوهات)، حسب نموذج (Fitzner,2002)،**تصنيف** (Kamh,G.M.E,2009b).



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً علي بيانات ملحق ( )

شكل (20) النسب المئوية لفئات درجات خطورة ألتجوية على المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة

هـ - التقييم العام للمجموعات الأربعة لخطر التجوية على المبانى الاثرية بمنطقة الدراسة :

قام الباحث بعمل تصنيف عام لجميع متغيرات المجموعات الأربعة فى نموذج Fitzner ملحق (6) حيث قام بوضع قيمة لكل تصنيف بقيمة درجة واحده لكل تصنيف فمثلاً 1 للضعيف و 1,5 للضعيف-المتوسط ، 2 للمتوسط، 2,5 للمتوسط-الشديد، 3 للشديد، 4 للشديد جداً، وانتهى المجموع بتسع متغيرات بقيمة 36 درجة تم تقسيمهم إلى فئات جدول (7) ، شكل(21) ، (22)

جدول (7) أعداد ونسب المبانى الأثرية طبقاً لتقيم خطر التجوية عليها، بمنطقة الدراسة

التصنيف	الفئة	العدد	%
ضعيف	صفر – أقل من 6	-	-
ضعيف – متوسط	6 – أقل من 12	-	-
متوسط	12 – أقل من 18	2	4
متوسط – شديد	18 – أقل من 24	24	48
شديد	24 – أقل من 30	17	34
شديد جدا	36 – 30	7	14

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات ملحق (6)

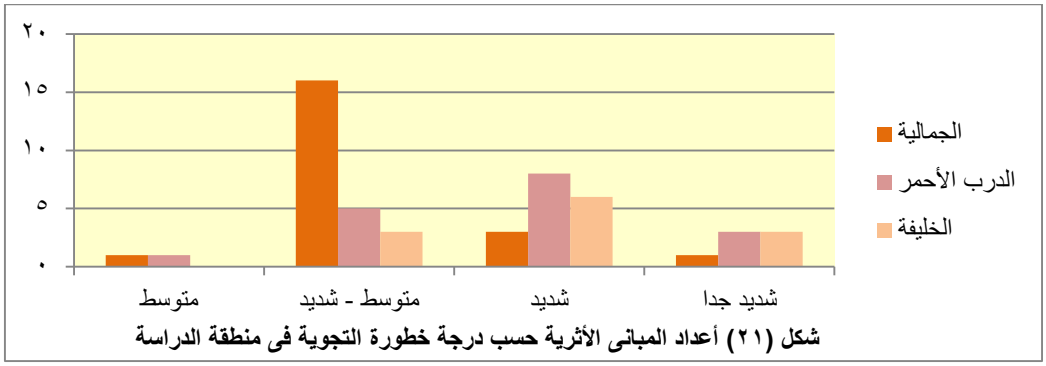
ومن تحليل جدول(7) وشكل (21)،(22) يتضح التالى:

لم يسجل أى مبنى أثرى من العينة المختارة فى الفئة ضعيفة الخطورة والفئة الضعيفة للمتوسطة، وجاء فى الفئة متوسطة الخطورة عدد 2 مبنى أثرى بنسبة 4% من العينة المختارة وهى مدرسة النحاسين بحى الجمالية، ومسجد الطنبغا الماردانى بحى الدرب الأحمر .

جاء فى الفئة المتوسطة للشديدة الخطورة معظم المبانى الاثرية فى العينة المختارة بعدد 24 مبنى اثرى بنسبة 48% من العينة موزعين كالتالى إستحوذ حى الجمالية على العدد الأكبر بـ 16 مبنى منهم باب الفتوح ومسجد وسبيل السلحدار، وجاء فى حى الدرب الاحمر 5 مبانى منهم الجامع الأزهر وقبة بيبرس الخياط، ثم حى الخليفة بـ 3 مبانى منهم مسجد السلطان حسن ومسجد الرفاعى،

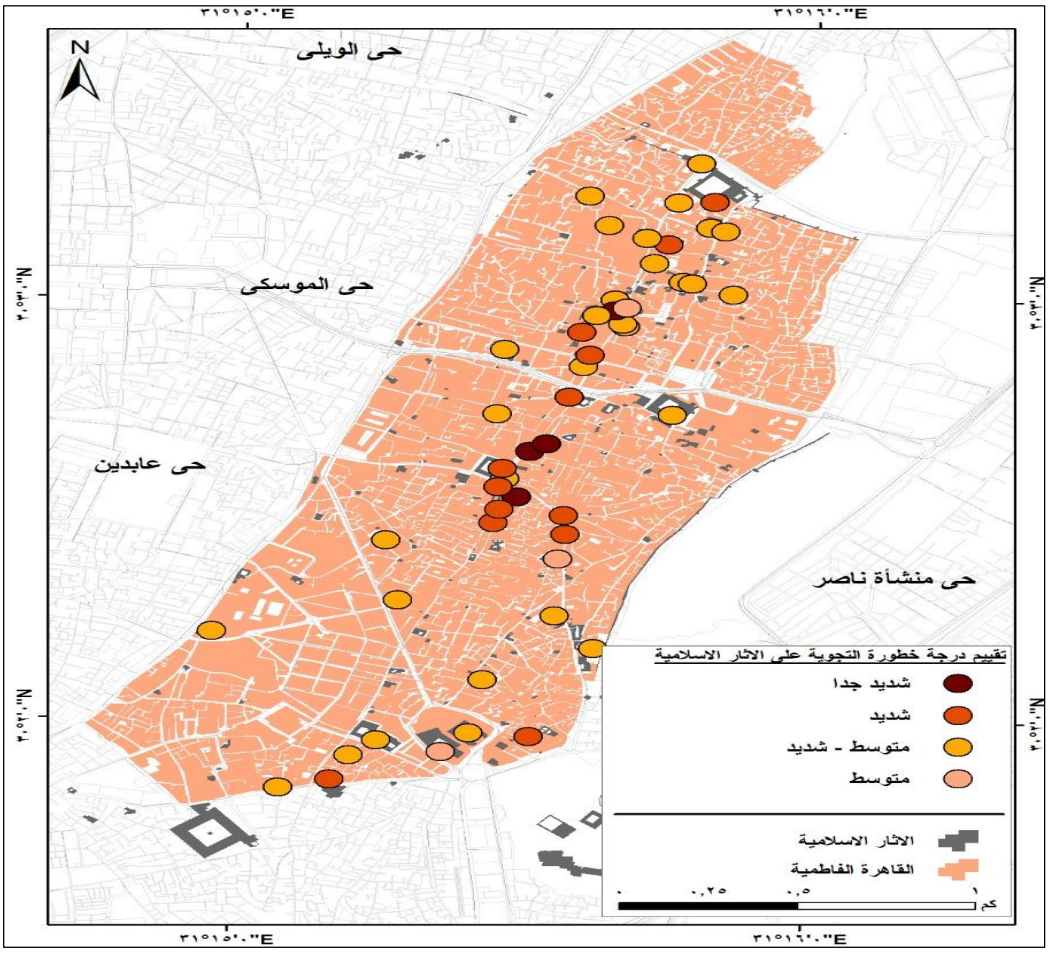
وجاء فى الفئة شديدة الخطورة 17 مبنى أثرى ينسبة 32% من العينة منهم 3 مبانى فى حى الجمالية منهم الحاكم بأمر الله وبيت السحيمى، و8 مبانى بحى الدرب الأحمر منهم مسجد الغورى ومسجد السلطان المؤيد، ثم 6 مبانى فى حى الخليفة منهم مسجد شيخون وبقايا جامع طوسون ومسجد المحمودية.

وفى الفئة الشديدة جداً جاء 7 مبانى موزعين على الأحياء الثلاثة كالتالى : مبنى واحد فى حى الجمالية وهو مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون، و3 مبانى فى حى الدرب الأحمر وهى مسجد الفكهانى، وسبيل محمد على، ومسجد الصالح طلائع، ثم 3 مبانى بحى الخليفة وهما قصر الأمير طاز، وتكية تقى الدين البسطامى، وقصر يشبك.، ويتضح تركز الفئة الشديدة والشديدة جداً بحى الدرب الأحمر والخليفة لوقوعهم فى المناطق المنخفضة طبوغرافيا والتى يزداد بها منسوب المياه الأرضية الأرضية إذا رجعنا لشكل (15)، هذا بالإضافة إلى كثرة التعديات البشرية خاصة حى الدرب الأحمر الذى تكثر به التعديات التجارية مثل الغورية والخيامية، بينما نجد منطقة الجمالية وخاصة شارع المعز لدين الله يلاقى رواجاً سياحياً أكثر وبالتالى يزداد الإهتمام نسبياً بعمليات الصيانه والترميم وإن كانت بهم العديد من السلبيات.



شكل (٢١) أعداد المبانى الأثرية حسب درجة خطورة التجوية فى منطقة الدراسة

المصدر من عمل الباحث إعتماداً علي بيانات ملحق (6)



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على العمل الميدانى بيانات ملحق ( )، برنامج ArcGIS10.7 ،مركزالتراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

شكل (22) تقييم درجات خطورة التجوية على الآثار الإسلامية بالقاهرة الفاطمية

الخاتمة:

النتائج:

- يعد الحجر الجيرى هو مادة البناء الرئيسة فى منطقة الدراسة حيث ساعدت الهضبة الايوسينية فى القاهرة على توفيرة، ويتكون بشكل رئيس من كربونات الكالسيوم، ثم الدولوميت، الكوارتز، الهاليت، الأنهدريت الذى يدل وجوده أو وجود الجبس على تعرض الصخر لعمليات التجوية، كما تزداد نسبة المسامية فى الأحجار نتيجة الإنتقال بين عمليتى التبلور والتميؤ، وبالتالى قدرة الصخر على امتصاص المياه وزيادة وتيرة التجوية التى تضعف من قوة الصخر.

- تتعرض المبانى الأثرية بمنطقة الدراسة بإستمرار لعمليات التجوية الميكانيكية، والكيميائية، والبيولوجية، نتيجة توافر العوامل المساعدة على ذلك مما يؤدى إلى تغيرات فيزوكيميائية للمكونات المعدنية للصخور.

- للمناخ تأثيراً مباشراً على عمليات التجوية بأنواعها، وذلك من خلال عناصرة المختلفة كالحرارة، والمطر، والرطوبة، والرياح، ويعتمد تأثيرة التلفى على خصائص أحجار ومواد لبناء.

- التأثير المتبادل بين الحرارة والرطوبة يعمل على حدوث الفعل الكيميائى والفيزيائى كالتمدد والإنكماش وتبلور الأملاح ويعد هذا السبب الرئيس فى حدوث الضغوط والإنفعالات الداخلية للصخر.

- يعمل المطر الحمضى على زيادة التجوية الكيميائية نتيجة تحلل العديد من المعادن وخاصة السيليكات التى توجد فى الماده اللاحمة.

- تعد الزلازل من أخطر عوامل التلف الميكانيكى لإصابتها المباشرة للمبانى الأثرية، وتتأثر القاهرة بالعديد من البؤر الزلزالية المؤثرة سواء داخل المدينة أو قريباً منها.

- تؤثر عوامل التلف البيولوجى على أحجار ومواد البناء كالبكتريا، والطحالب، والفطريات، والأشنات، والطيور، والحشرات خاصة مع توافر العوامل البيئية المساعده لها.

- عملت الزيادة المضطرده لسكان القاهرة وما صاحبها من توسعات عمرانية أدى إلى زيادة الضغط على المرافق وتسرب المياه وحدوث تغيرات ملحوظة فى مستويات المياه الأرضية.

- إرتبط ظهور المياه الأرضية، وزيادة خطرها بالمناطق ذات الطبوغرافية المنخفضة حيث تنساب المياه إليها من المناطق المرتفعة متتبعة ميل الطبقات.

- العلاقة الإرتباطية بين عمر المبنى ودرجة التجوية لم تكن قوية على عكس المتوقع حيث يقتصر تأثيرها على 5% فقط وذلك للتأثير الواضح للعوامل الأخرى التى تأثيرها يصل إلى 99,95% كالرطوبة، والتلوث، والزلازل والمياه الأرضية وغيرها.

- للعوامل البشرية تأثير واضح على نشاط عمليات التجوية كالتلوث، والتسرب من شبكات المياه والصرف الصحى، والترميم الخاطىء، والسلوكيات الخاطئة.

- جائت نتيجة تصنيف درجات خطورة التجوية حسب نموذج (Fitzner,2002) وتصنيف (Kamh,G.M.E,2009b) كالتالى:

فى المجموعة الأولى (فقد أجزاء من مادة الصخر) جاء فى الفئة الشديدة 54% من إجمالى المبانى، والشديدة جدا 28%، والمتوسطة للشديدة 18%.

وفى المجموهة الثانية (التغير فى لون الصخر والرواسب السطحية) جاء فى الفئة الشديدة 28%، والمتوسطة 20%، والمتوسطة للشديدة 18%، والشديدة جداً 6%.

وفى المجموعة الثالثة (إنفصال أجزاء من مادة الصخر) جاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 46%، والشديدة 20%، والمتوسطة 20%، والشديدة جداً 12%، بينما الضعيفة للمتوسطة 2% فقط.

وفى المجموعة الرابعة (الشروخ والتشوهات) جاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 34%، والشديدة 14%، والشديدة جداً 14%، والمتوسطة 12%، والضعيفة 6%.

- وفى التقييم العام لجميع متغيرات المجموعات الأربع، جاء فى الفئة المتوسطة للشديدة 48%، والشديدة 32%، والشديدة جداً 14%، وجاء فى الفئة المتوسطة 4% فقط، بينما لم يسجل أى مبنى فى الفئة الضعيفة، والضعيفة للمتوسطة.

- جائت معظم الفئات الشديدة والشديدة جداً بحى الدرب الاحمر، والخليفة لوقوعهم فى المناطق المنخفضة طبوغرافياً التى يرتفع فيها منسوب المياه الارضية، بالإضافة لكثرة التعديات البشرية.

التوصيات:

- ضرورة إستفادة صناع القرار والمتخصصين من نتائج الدراسة الحالية وخاصة نتائج تقييم درجة التأثر بالتجوية، والتى تحدد مدى الخطر الذى يتعرض له المبنى الأثرى وكيفية التدخل لإنقاذه.

- توفير الكوادر المصرية المؤهلة والخبيرة فى الترميم وإشتراطات تنفيذه، والمعرفة الوافية بالمواصفات القياسية بمدى قبول أو رفض مواد الترميم.

- دراسة الخصائص الجيولوجية لصخور ومواد البناء يؤدى إلى إستخدام مواد ترميم صديقة للصخر الأصلى من نفس محاجر مواد البناء الأصلية أو قريبة منها حيث تكون هذه المواد متوافقة فى الخواص الطبيعية والكيميائية ومتوافقة فى معاملات الإنكماش والتمدد مع مواد البناء الأصلية، ولابد من البعد عن المواد الأسمنتية المحرمة دولياً فى الترميم.

- تطوير المرافق والخدمات بالمواقع الأثرية وخاصة شبكات المياه والصرف الصحى، والحرص الدائم على نظافة المواقع الأثرية.

- الترميم والصيانة الدورية للمبانى الأثرية لحمايتها من هجوم عوامل التجوية الميكانيكية والكيميائية والحيوية.

- عمل الدراسات اللازمة لمواجهة خطر المياه الأرضية سواء بالحقن بالمواد العازلة، ووضع الشرائح العازلة، وتجفيف منابع الخطر المتمثل فى زيادة تسرب المياه.

- مواجهة مشكلات البكتريا والطحالب والنباتات الطفيلية بالتنظيف الدورى للمبانى الأثرية.

- مواجهة زيادة معدلات الرطوبة داخل المبانى الاثرية وذلك من خلال لعمليات سحب الهواء وتجديدة باستمرار داخل المبنى.

- التنسيق الجيد بين أجهزة الدولة لمواجهة التعديات على المبانى الأثرية، ومعاملة القاهرة الفاطمية كمنطقة تراث خالية من كافة أنواع التعديات على الآثار.

المراجع العربية:

1- أحمد إبراهيم محمد صابر ،2012 ، أخطار التجوية الملحية على المبانى الآثرية بمدينة القاهرة ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد السابع والأربعون .

2 – أحمد السروى ، 2008 ، الملوثات المائية– المصدر– التحكم والعلاج ، دار الكتب العلمية القاهرة.

3 – أحمد سيد شعيب، 1983،الأسس العلمية لعلاج وصيانة الاثار الحجرية، رسالة ماجستيرغير منشورة، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

4 – أحمد عيسى أحمد، 1989، دراسة أثرية للعمائر القبطية الباقية بمحافظة سوهاج ،رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الآثار الإسلامية، 1989م

5 – أحمد محمد سلام، 2008، دراسة التقنيات العلمية الحديثة المستخدمة في علاج وصيانة الرسوم الجدارية القبطية بصعيد مصر دراسة تطبيقية على إحدى المواقع المختارة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآثار، جامعة جنوب الوادي.

6 – أحمد محمد سلام،2016، تأثير المخاطر البيئية على الرسوم الجدارية القبطيةالأثرية وسبل الحد من آثارها، مؤتمر كلية الآثار، قسم الترميم، جامعة أسوان،.

7 – أسامة محمد مصطفي، 2004، في فكر ترميم اللوحات الزيتية، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة.

8 – أشرف بشري كامل، 2005، دراسة علاج الصور الجدارية بوادي النطرون تطبيقا على كنيسة السيدة العذراء بدير السريان ، جامعة المنيا كلية الفنون الجميلة ، قسم الترميم.

9 – أمانى حسين محمد، 2013، أخطار التجوية على المبانى الأثرية بمحافظة الإحساء المنطقة الشرقية المملكة العربية السعودية، مجلة كلية الآداب، جامعة أسيوط، العدد 45.

10 – جمال محمد عيسوى قمح،2011، التجوية الملحية على المباني والأثار في بعض بلدان العالم، مطابع جامعة المنوفية.

11 – جميل فوزى جميل جبر ، 2010 ، مدخل إلى على الأحياء الدقيقة العملى ، العوامل المؤثرة فى نمو البكتريا ، جامعة أم القرى .

12 - حسين العروسى ، عماد الدين وصفى ، 2005 ، الممكلة النباتية ، مكتبة المعارف الحديثة .

13 – حسين حسن مرعي،2004، نحو إستراتيجية علمية لطبقات البلاستر المنفذة على حوامل من الحجر تطبيقا على أحد مقابر الدولة الحديثة بالبر الغربي بالأقصر، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

14 – رحاب جلال درويش،2007، دراسة التلف الفطري لمواد البناء في المباني الأثرية بمدينة القاهرة: أسباب وميكانيكية التلف وطرق العلاج، رسالة ماجيستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة .

15 – رمسيس ناشد حنا، 1997، التخطيط لمواجهة المخاطر الزلزالية وعلاقتها بخطة الإستثمار القومى فى مصر حتى عام 2017، المؤتمر السنوى الثانى لإدارة الأزمات والكوارث ، كية التجارة ، جامعة عين شمس .

16 – سيد محمد سيد حميده، 2003، التقييم العلمي الميكانيكية التجوية الملحية وأهم مصادرها في بعض البيئات الأثرية المصرية وتأثيرها على الأحجار الجيرية والرملية المستخدمة في المنشآت الأثرية، رسالة ماجيستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

17 – عاطف عبد اللطيف عبد السميع،2010، دراسة مقارنة لعلاج مقابر نبلاء إيلفنتين الصخرية (قبة الهوا) بأسوان ، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم ترميم.

18 – عبدالمعز شاهين، 1985، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية، سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية، مشروع المائة كتاب (24)، وزارة الثقافة، المجلس الأعلى للأثار.

19 – عصام حشمت محمد ،2010، علاج وترميم وصيانة الالباستر المصري المستخدم في المنشأت الأثرية ، تطبيقا على نموذج مختار، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآداب بقنا جامعة جنوب الوادي.

20 - على مصطفى كامل مرغني ، 1998 ، التجوية الكيميائية بوصفها خطرا طبيعيا على المنشآت بالمناطق الساحلية بمدينة الأسكندرية ، جمهورية مصر العربية ، مجلة كلية الأداب ، جامعة الزقازيق ، العدد 22 .

21 – على مصطفى كامل مرغنى، 2002، ارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية كخطر طبيعى فى بعض قرى ومدن مصر من منظور جيومورفولوجى، مجلة كلية الآداب جامعة الزقازيق، العدد22.

22 – فوزى الفخرانى، 1963، آثار الأسكندرية في العصر الروماني " من كتاب تاريخ الأسكندرية وحضارتها منذ أقدم العصور، محافظة الأسكندرية.

23 – ماجد شعلة، جمال قمح، كوثر صبحى، 2015، التجوية وآثارها الجيومورفولوجية فى تشكيل مقابر الأنفوشى الأثرية بمدينة الأسكندرية– مصر : دراسة حالة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية، جامعة الكويت، كلية العلوم الإجتماعية، قسم الجغرافيا، العدد 422.

24 – مجدي منصور بدوي، 1996، دراسة علاج وصيانة الزخارف والرسوم الملونة القبطية على الأعمدة في الكنائس والمنشآت الأثرية الأخرى ، رسالة ماجستيرغير منشورة ، جامعة القاهرة، كلية الآثار، قسم ترميم الآثار.

25 – مجدي منصور بدوي، 2001، علاج وصيانة بعض أيقونات التمبرا في مصر طبقاً لأحدث الأساليب التطبيقية العلمية الحديثة ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة، كلية الآثار ، قسم ترميم.

26 – محمد أحمد عوض،2002، ترميم المنشآت الأثرية، دار نهضة الشرق.

27 - محمد صبرى محسوب سليم، محمود دياب راضى، 1985، العمليات الجيومورفولوجية ، دار الثقافة للنشر والتوزيع ، القاهرة .

28- محمد صبري محسوب، 2002، البيئة الطبيعية – خصائصها وتفاعل الإنسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.

29 – محمد عبد الهادي، 1995، تأثير البيئة البحرية على تلف المنشات الأثرية بالإسكندرية، المؤتمر الدولي الأول عن البيئة والتنمية في إفريقيا، جامعة أسيوط، مصر.

30 – محمد عبد الهادي، 1995، دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة

31 – نجلاء سيد عبد الحليم، 2020، أخطار التجوية على المناطق الأثرية بمحافظة المنيا، مجلة كلية الآداب، جامعة سوهاج، الجزء الثانى، المجلد الأول، يناير.

32 – هويدا توفيق أحمد حسن، 2014، الأخطار الجيومورفولوجية فى المناطق الأثرية بمحافظة أسيوط دراسة فى الجيومورفولوجيا الطبيقية، رسالة دكتورا ة غير منشورة ، كلية التربية، جامعة عين شمس.

References:

1 – Aksu, R., Horvath, H., Kaller, W., Lahounik, S., Pesava, P., and Toprak, S., 1996, Measurements of the deposition velocity of particulate matter to building surfaces in the atmosphere. J Aerosol Sci. 27, S675-676.

2 - Charola, M., 1985, Microbiologically Induced Deter. of Dolomotic and calcite stone as viewed Scanning on Department and con. of stone, Lausanne.

3- Carola,A.E, 2000, Salts in the deterioration of porous materials: an over view. Journal of the American Institute for conservation, 39(3),327.343.

4-El Hefnawi, M.A. 1998. Sodium chloride in some Egyptian Eocene limestones: paleosalinity and application. Sedimentology of Egypt, Cairo, p103-112.

5 - Fitzner, B., Heinrichs, K. & Kownatzki, R. 1997. Weathering forms at natural stone monuments - classification, mapping and evaluation. International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, 3(2), 105-124.

6 - Fitzner, B., Heinrichs, K. 2002. Damage diagnosis on stone monuments - weathering forms, damage categories and damage indices. In: PRYKRYL, R. & VILES, H. A. (eds) Understanding and managing stone decay, Proceedings of the International Conference 'Stone weathering and atmospheric pollution network (SWAPNET) ', 7-11 May 2001,Prachov Rocks, Czech Republic, Karolinum Press, Charles University, Prague, 11-56.

7 - Fitzner, B., Heinrichs. K. & La Bouchardiere. 2002. Damage index for stone monuments. In: GALAN, E. & ZEZZA. F. (eds) Protection and conservation of the cultural heritage of the Mediterranean cities, Proceedings of the 5" International Simposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin. 5-8 April 2000. Seville. Spain. Swets & Zeitlinger. Lisse. The Nederlands. 315-326.

8 - Fitzner.B., Heinrichs, K and Dennis, L. B , 2003 , Weathering damage on Pharaonic sandstone monuments in Luxor- Egypt , Building and Environment, V. 38. pp. 1089 - 1103.

9 - Fitzner.B., Heinrichs, K and Dennis, L. B , 2003, Limestone weathering on historical monumwnts in cairo, Egypt, Building and Environment, V. 38. Pp. 312-323.

10 - Geharmann, C. K.; Petersen, K. & Krumbein, W.E.: Silicole_and Culcicole Lichens on jewish Tomb Stone Interaction with environment and bio corrsosion, in Vth (Inter. Cong. of Deterioration & Conservation of Stone), Torun, Italy,1988.

11 - Prikryl,R.,&Smith,B.J.(Eds).,2207, Building stone decay: from diagnosis to conservation. Geological society of London.

12 - Kamh GME (2000) A comparative study on the impact of environ-mental geological conditions on some archaeological sites at Giza (Saqara region) and Alexandria governorates, and their modes of preservation. PhD, 2000, Geology Dept., Menoufiya Univ., Egypt (2000) .

13 - Kamh GME (2009a) Rate and mechanism of alveolar weathering of alveolar weathering of cement based masonry bricks and mortar in arid climate. Restor Build Monum An Int J 15(3):195_204.

14 - Kamh GME (2009b) Quantification and modeling of damage categoryof weathering forms of monumental rocks based on field
measurements. Restor Build Monum An Int J 15(1):21-38.

15 - Kamh GME, Azzam R (2008) Field and laboratory investigations to examine the damage category of monumental sandstone in arid regions: seti I Temple, upper Egypt, a case study. Int J Restor Build Monum 14(3):1 79-196.

16 - Kamh GME., S. Koltuk., Hosam Ismael.,2016., Refinment of categorization and scaling of weathering-related damage to natural stone: case study on oolitic limestone from Ei-Shatbi Tombs (Egypt), Bulletin of Engineering Geology and the Environment , Springer- Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/s10064-016-0946-7.

17 - Krumbein, W. E.: Bioprotection, in Vth (Inter.Cong. Of Deterioration & Conservation of Stone), Torun, Italy,1988.

18 - Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: HAM. W.E. (ed) Classification of carbonate rocks – a symposium. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa. Memoir 1. 62-84.

19 - Goudie, A. & Viles, H. (1997): Salt Weathering Hazards, John Wiley and Sons, England.

20- Judy. E. (2005): Above the weathering frony - contrastine approaches. Vol. 67.

21 - Lewis, F. J.; May, E. & Greenwood r.: A Laboratory Method for Assessing the Potential of Bacteria to Cause decay of Building Stone, in Vth (Inter, Cong, on Deterioration & Conservation of Stone), Torum, Italy, 1988

22 - Mohamed K. Khallaf., 2011, Effect of Air Pollution on Archaeological Buildings in Cairo.,
In book: Monitoring, Control and Effects of Air Pollution.,
DOI:10.5772/16748.

23 - Said R (1990) The geology of Egypt. Balkema, Rotterdam.

24 -Thomas, D.S.C. (1989): Arid Zone geomorphology, Belhaven, press, London.

25 - Watt, J. et al.Creighton NP et al., (1990) Soiling by atmospheric aerosols in an urban industrial area. J Air Waste Manag Assoc. 40, 1285–1289.

المصادر :

5- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، مخطط إقليم القاهرة الكبرى، 2017.

6- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمرانى، قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة لمدينة القاهرة، 2017.

7- مركز التراث الحضارى والطبيعى، أطلس المواقع الاثرية بالقاهرة، 2018.

4 - DEM, SRTM, 2013, 30*30. National Oceanic & Atmospheric Administration 5 - NOAA – Earth System Research Laboratory (ESRL), Trends in Carbon Dioxide.

5 - worldclim.org/data/index.htr

ملحق (1) تاريخ إنشاء المبانى الأثرية بالقاهرة الفاطمية، وأعمارها حتى 2022

المبنى الاثرى	تاريخ بناء المبنى الأثرى	العمر حتى 2022	المبنى الاثرى	تاريخ بناء المبنى الأثرى	العمر حتى 2022
باب الفتوح	1087	935	باب زويلة	1092	930
مسجد الحاكم بأمر الله	1012	1010	مسجد الصالح طلائع	1160	862
زاوية أبو الخير الكليباتى	1035	987	مسجد الطنبغا الماردانى	1338	684
بيت السحيمى	1648	374	مسجد أحمد المهمندار	1325	697
مسجد وسبيل السلحدار	1839	183	مسجد قجماس الإسحاقى	1480	542
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	1295	727	مدرسة إينال اليوسفى	1392	630
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	1243	779	مسجد الكرى	1395	627
جامع الأقمر	1125	897	مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)	1347	675
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	1384	638	مسجد أحمد كتخدا الرزاز	1779	244
المدرسة الناصرية	1303	719	الجامع الأزهر	972	1050
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	1425	597	قبة بيبرس الخياط	1515	507
مدرسة النحاسين الأميرية	1828	194	مسجد الملكة صفية	1610	412
سبيل وكتاب خسرو باشا	1535	487	زاوية وسبيل فرج بن برقوق	1408	604
كتاب وسبيل الشيخ مطهر	1744	278	مسجد السلطان حسن	1363	659
وكالة بازرعة	1794	228	مسجد الرفاعى	1912	110
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	1408	614	التكية المولوية	1595	427
وكالة قوصون	1341	681	قصر الأمير طاز	1352	670
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	1673	349	مسجد و مدرسة الأمير تغرى برى	1440	582
منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	1560	462	سبيل الأمير عبد الله	1719	303
حمام الملاطيلى	1780	242	مسجد شيخون	1349	673
سراى المسافر خانه	1788	234	تكية تقى الدين البسطامى	1443	579
مسجد الغورى	1503	519	قصر يشبك – قوصون	1337	685
مسجد الفكهانى	1148	874	مسجد الأمير باشتاك (الباب الداخلى والمناره)	1339	683
سبيل محمد على	1829	193	بقايا جامع قوصون	1330	692
مسجد السلطان المؤيد	1421	601	مسجد المحمودية	1567	455

المصدر: من عمل الباحث، إعتماداً على بيانات مركزالتراث الحضارى والطبيعى

ملحق (1) أشكال التجوية وأبعادها المجموعة الأولى (فقد أجزاء من مادة الصخر)

المبنى-الاثرى	المنطقة	أشكال التجوية وأبعادها المجموعة الأولى (فقد أجزاء من مادة الصخر) التراجع الخلفى							
		إزالة النقوش والزخارف (الطلاء الخارجى)			النقر والخشونة السطحية		الفلور الملحى (تكهفات التافونى " أقراص العسل")		
		المساحة %	العمق ملليمتر	تصنيف قمح	المساحة المتأثرة %	تصنيف قمح	المساحة %	متوسط العمق ملليمتر	متوسط القطر ملليمتر	تصنيف قمح
باب الفتوح	الجمالية	70	10	شديد جدا	65	شديد جدا	60	15	20	شديد
مسجد الحاكم بأمر الله	الجمالية	73	10	شديد جدا	67	شديد جدا	60	20	25	شديد جدا
زاوية أبو الخير الكليباتى	الجمالية	35	5	متوسط-شديد	70	شديد جدا	15	10	15	متوسط-شديد
بيت السحيمى	الجمالية	65	12	شديد-جدا	57	شديد	40	10	14	شديد
مسجد وسبيل السلحدار	الجمالية	40	8	شديد	52	متوسط – شديد	35	10	15	شديد
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	الجمالية	65	15	شديد جدا	67	شديد جدا	55	20	30	شديدجدا
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	الجمالية	35	5	متوسط - شديد	60	شديد	35	10	15	متوسط – شديد
جامع الأقمر	الجمالية	40	8	شديد	45	متوسط – شديد	35	14	18	شديد
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	الجمالية	45	7	شديد	48	متوسط شديد	40	17	20	شديد
المدرسة الناصرية	الجمالية	40	10	شديد جدا	50	متوسط – شديد	45	24	27	شديد
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	الجمالية	35	7	شديد	55	شديد	35	10	18	شديد
مدرسة	الجمالية	30	4	متوسط	38	متوسط	25	10	15	متوسط

النحاسين الأميرية									
سبيل وكتاب خسرو باشا	الجمالية	35	3	متوسط - شديد	56	شديد	30	10	12	متوسط – شديد
كتاب وسبيل الشيخ مظهر	الجمالية	36	4	متوسط - شديد	57	شديد	35	11	15	متوسط – شديد
وكالة بازرعة	الجمالية	37	5	متوسط – شديد	58	شديد	47	25	26	شديد
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	الجمالية	34	5	متوسط - شديد	56	شديد	25	11	15	متوسط
وكالة قوصون	الجمالية	37	4	متوسط – شديد	61	شديد	48	25	27	شديد
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	الجمالية	35	5	متوسط – شديد	64	شديد	45	24	26	شديد
منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	الجمالية	37	4	متوسط – شديد	50	متوسط – شديد	25	12	16	متوسط
حمام الملاطيلى	الجمالية	38	5	متوسط – شديد	57	شديد	35	13	15	متوسط – شديد
سراى المسافر خانه	الجمالية	35	5	متوسط – شديد	50	متوسط – شديد	25	12	15	متوسط
مسجد الغورى	الدرب الأحمر	45	6	شديد	60	شديد	40	15	20	شديد
مسجد الفكهانى	الدرب الأحمر	65	10	شديد جدا	69	شديد جدا	55	22	30	شديد جدا
سبيل محمد على	الدرب الأحمر	55	12	شديد جدا	66	شديد جدا	50	18	27	شديد جدا
مسجد السلطان المؤيد	الدرب الأحمر	40	7	شديد	57	شديد	35	10	20	شديد
باب زويلة	الدرب الأحمر	30	4	متوسطة – شديد	53	متوسط – شديد	25	10	12	متوسطة – شديدة
مسجد الصالح طلائع	الدرب الأحمر	60	15	شديدة جدا	66	شديد جدا	50	20	28	شديد جدا
مسجد الطنبغا	الدرب الأحمر	20	2	متوسط	39	متوسط	10	5	10	متوسط

الماردانى									
مسجد أحمد المهمندار	الدرب الأحمر	60	10	شديدة جدا	56	شديد	55	20	27	شديدة جدا
مسجد قجماس الإسحاقى	الدرب الأحمر	50	8	شديد جدا	55	شديد	45	20	25	شديد جدا
مدرسة إينال اليوسفى	الدرب الأحمر	55	10	شديد جدا	57	شديد	45	20	25	شديد جدا
مسجد الكرى	الدرب الأحمر	40	7	شديد	54	متوسط – شديد	35	10	15	شديد
زاوية وسبيل فرج بن برقوق	الدرب الأحمر	40	4	شديد	52	متوسط – شديد	37	12	14	شديد
مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)		35	5	متوسط - شديد	57	شديد	47	25	28	شديد
مسجد أحمد كتخدا الرزاز		30	4	متوسطة – شديد	62	شديد	45	23	27	شديد
الجامع الأزهر		45	7	شديد	63	شديد	35	10	20	شديد
قبة بيبرس الخياط		40	8	شديد	51	متوسط – شديد	25	11	12	متوسطة – شديدة
مسجد الملكة صفية		45	6	شديد	56	شديد	32	10	15	متوسط – شديد
مسجد السلطان حسن	الخليفة	25	3	متوسط	48	متوسط	20	5	15	متوسط
مسجد الرفاعى	الخليفة	25	4	متوسط	50	متوسط	23	5	12	متوسط
التكية المولوية	الخليفة	45	8	شديدة	56	شديد	40	15	20	شديدة
قصر الأمير طاز	الخليفة	60	12	شديدة جدا	67	شديد جدا	50	20	28	شديدة جدا
مسجد و مدرسة الأمير تغرى برى	الخليفة	50	10	شديد جدا	58	شديد	45	20	25	شديد جدا
سبيل الأمير	الخليفة	50	12	شديد جدا	56	شديد	45	21	26	شديد جدا

عبد الله									
مسجد شيخون	الخليفة	45	6	شديد	58	شديد	40	12	15	شديد
تكية تقى الدين البسطامى	الخليفة	55	10	شديد جدا	61	شديد	50	24	29	شديد جدا
قصر يشبك – قوصون	الخليفة	36	5	متوسط – شديد	59	شديد	47	25	26	شديد
مسجد الأمير باشتاك (الباب الداخلى والمناره)	الخليفة	34	5	متوسط – شديد	56	شديد	25	13	15	متوسط
بقايا جامع قوصون	الخليفة	38	4	متوسط – شديد	62	شديد	47	25	28	شديد
مسجد المحمودية	الخليفة	35	4	متوسط – شديد	63	شديد	45	23	29	شديد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

ملحق (2) أشكال التجوية وأبعادها المجموعة الثانية (التغير فى لون الصخر / رواسب على السطح)

المبنى الأثرى	المنطقة	أشكال التجوية وأبعادها المجوعة الثانية (التغير فى لون الصخر / رواسب على السطح)							
		تغير لون سطح الصخر عن اللون الأصلى						الاتساخ بفعل الأتربة	
		التفلور الملحى		تصنيف قمح	التجوية الكيميائية		تصنيف قمح	المساحة %	تصنيف قمح
		المساحة المتأثرة %	سمك الراقة الملحية (مم)		المساحة المتأثرة %				
باب الفتوح	الجمالية	40	2	شديد	8		منخفض	45	متوسطة - شديدة
مسجد الحاكم بأمر الله	الجمالية	45	2	شديد	40		شديد	30	متوسط
زاوية أبو الخير الكليباتى	الجمالية	50	1	شديد	30		متوسط - شديد	50	شديد
بيت السحيمى	الجمالية	40	1	متوسط - شديد	40		شديد	32	متوسط
مسجد وسبيل السلحدار	الجمالية	45	2	شديد	42		شديد	35	متوسط
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	الجمالية	50	2	شديد	50		شديد	30	متوسط
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	الجمالية	25	0,5	متوسط	35		متوسط - شديد	38	متوسط
جامع الأقمر	الجمالية	40	1	متوسط - شديد	30		متوسط شديد	35	متوسط
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	الجمالية	25	1	متوسط	28		متوسط	38	متوسط
المدرسة الناصرية	الجمالية	20	0,5	متوسط	20		متوسط	30	متوسط
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	الجمالية	25	0,5	متوسط	22		متوسط	35	متوسط
مدرسة النحاسين الأميرية	الجمالية	15	0,5	متوسط	20		متوسط	30	متوسط
سبيل وكتاب خسرو باشا	الجمالية	46	1	شديد	40		شديد	35	متوسط
كتاب وسبيل الشيخ مظهر	الجمالية	50	2	شديد	50		شديد	37	متوسط

وكالة بازرعة	الجمالية	25	1	متوسط	35	متوسط - شديد	38	متوسط
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	الجمالية	42	1	متوسط - شديد	32	متوسط شديد	35	متوسط
وكالة قوصون	الجمالية	25	1	متوسط	28	متوسط	38	متوسط
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	الجمالية	20	0,5	متوسط	20	متوسط	35	متوسط
منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	الجمالية	25	0,5	متوسط	22	متوسط	35	متوسط
حمام الملاطيلى	الجمالية	20	1	متوسط	20	متوسط	32	متوسط
سراى المسافر خانه	الجمالية	47	1	شديد	42	شديد	35	متوسط
مسجد الغورى	الدرب الأحمر	45	2	شديد	45	شديد	50	شديد
مسجد الفكهانى	الدرب الأحمر	50	2	شديد	48	شديد	55	شديد
سبيل محمد على	الدرب الأحمر	55	2	شديد	45	شديد	40	متوسط شديد
مسجد السلطان المؤيد	الدرب الأحمر	50	2	شديد	38	متوسط - شديد	58	شديد
باب زويلة	الدرب الأحمر	25	1	متوسط	20	متوسط	30	متوسط
مسجد الصالح طلائع	الدرب الأحمر	60	3	شديد جدا	50	شديد	55	شديد
مسجد الطنبغا المارداني	الدرب الأحمر	25	0,5	متوسط	20	منخفض - متوسط	30	متوسط
مسجد أحمد المهمندار	الدرب الأحمر	60	2.5	شديد جدا	40	شديد	50	شديد
مسجد قجماس الإسحاقى	الدرب الأحمر	50	1	شديد	35	متوسط - شديد	50	شديد
مدرسة إينال اليوسفى	الدرب الأحمر	40	1	شديد	38	متوسط - شديد	52	شديد
مسجد الكرى	الدرب الأحمر	45	1	شديد	30	متوسط -شديد	50	شديد
زاوية وسبيل فرج بن برقوق	الدرب الأحمر	50	2	شديد	35	متوسط - شديد	45	متوسط – شديد
مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)	الدرب الأحمر	55	2	شديد	40	شديد	40	متوسط شديد
مسجد أحمد كتخدا الرزاز	الدرب الأحمر	50	1,5	شديد	38	متوسط - شديد	58	شديد

الجامع الأزهر	الدرب الأحمر	25	1	متوسط	20	متوسط	30	متوسط
قبة بيبرس الخياط	الدرب الأحمر	55	3	شديد جدا	50	شديد	55	شديد
مسجد الملكة صفية	الدرب الأحمر	25	0,5	متوسط	20	متوسط	30	متوسط
مسجد السلطان حسن	الخليفة	20	0,5	متوسط	20	متوسط	35	متوسط
مسجد الرفاعى	الخليفة	20	0,5	متوسط	20	متوسط	35	متوسط
التكية المولوية	الخليفة	40	1	شديد	40	شديد	42	متوسط - شديد
قصر الأمير طاز	الخليفة	50	2	شديد	45	شديد	48	متوسط – شديد
مسجد و مدرسة الأمير تغرى برى	الخليفة	55	2	شديد	45	شديد	55	شديد
سبيل الأمير عبد الله	الخليفة	55	2,5	شديد	48	شديد	58	شديد
مسجد شيخون	الخليفة	50	2	شديد	42	شديد	55	شديد
تكية تقى الدين البسطامى	الخليفة	45	1	شديد	40	شديد	58	شديد
قصر يشبك – قوصون	الخليفة	40	1,5	شديد	34	شديد	42	متوسط - شديد
مسجد الأمير باشتاك (الباب الداخلى والمناره)	الخليفة	55	2	شديد	47	شديد	50	شديد
بقايا جامع قوصون	الخليفة	60	2	شديد	45	شديد	55	شديد
مسجد المحمودية	الخليفة	60	2	شديد	48	شديد	57	شديد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

ملحق (3) أشكال التجوية وأبعادها المجموعة الثالثة (إنفصال أجزاء من الصخر)

المبنى الأثرى	المنطقة	اشكال التجوية وأبعادها المجموعة الثالثة (إنفصال أجزاء من الصخر) التفتت الحبيبي – الإنفصال الحبيبيى (انفصال حبيبات من الصخر)					
		التفتت الحبيبى		تصنيف قمح	انفصال شرائح من سطح الصخر موازية / غير موازية للتركيب الداخلى للصخر		تصنيف قمح
		شكل الفتات	متوسط الكميات المتساقطة م3 / م2		حالة الشرائح	المساحة المتأثرة %	
باب الفتوح	الجمالية	رمل ناعم	0,013	متوسط	فردية	25	متوسط
مسجد الحاكم بأمر الله	الجمالية	رمل ناعم	0,032	شديد	فردية	35	متوسط
زاوية أبو الخير الكلياتى	الجمالية	بودرة ناعمة	0,003	منخفض	متعدده	22	متوسط
بيت السحيمى	الجمالية	بودرة ناعمة	0,015	متوسط	فردية	37	متوسط – شديد
مسجد وسبيل السلحدار	الجمالية	بودرة ناعمة	0,014	متوسط	فردية	27	متوسط – شديد
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	الجمالية	رمل خشن	0,070	شديد جدا	متعددة	38	متوسط شديد
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	الجمالية	رمل ناعم	0,031	شديد	فردية	23	متوسط
جامع الأقمر	الجمالية	بودرة ناعمة	0,033	شديد	فردية	25	متوسط
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	الجمالية	رمل ناعم	0,012	متوسط	فردية	15	منخفض – متوسط
المدرسة الناصرية	الجمالية	رمل ناعم	0,014	متوسط	فردية	21	متوسط
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	الجمالية	رمل ناعم	0,015	متوسط	متعدده	25	متوسط
مدرسة النحاسين الأميرية	الجمالية	بودرة ناعمة	0,018	متوسط	فردية	15	منخفض - متوسط
سبيل وكتاب خسرو باشا	الجمالية	بودرة ناعمة	0,014	متوسط	فردية	22	متوسط

كتاب وسبيل الشيخ مظهر	الجمالية	بودرة ناعمة	0,004	منخفض	متعدده	23	متوسط
وكالة بازرعة	الجمالية	بودرة ناعمة	0,016	متوسط	فردية	32	متوسط – شديد
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	الجمالية	بودرة ناعمة	0,015	متوسط	فردية	28	متوسط – شديد
وكالة قوصون	الجمالية	رمل خشن	0,071	شديد جدا	متعددة	39	متوسط شديد
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	الجمالية	رمل ناعم	0,033	شديد	فردية	24	متوسط
منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	الجمالية	بودرة ناعمة	0,034	شديد	فردية	25	متوسط
حمام الملاطيلى	الجمالية	رمل ناعم	0,014	متوسط	فردية	15	منخفض – متوسط
سراى المسافر خانه	الجمالية	رمل ناعم	0,015	متوسط	فردية	22	متوسط
مسجد الغورى	الدرب الأحمر	رمل خشن	0,032	شديد	متعدده	35	متوسط – شديد
مسجد الفكهانى	الدرب الأحمر	رمل خشن	0,044	شديد جدا	متعدده	42	شديد
سبيل محمد على	الدرب الأحمر	رمل ناعم – خشن	0,035	شديد	متعدده	33	متوسط – شديد
مسجد السلطان المؤيد	الدرب الأحمر	رمل ناعم	0,031	شديد	متعدده	28	متوسط
باب زويلة	الدرب الأحمر	رمل خشن	0,012	متوسط	فردية	15	منخفض – متوسط
مسجد الصالح طلائع	الدرب الأحمر	رمل ناعم	0,032	شديد	متعدده	40	شديده
مسجد الطنبغا المارداني	الدرب الأحمر	بودره ناعمه	0,004	منخفض	فردية	9	منخفض
مسجد أحمد المهمندار	الدرب الأحمر	رمل ناعم	0,015	متوسط	متعدده	22	متوسط
مسجد قجماس الإسحاقى	الدرب الأحمر	رمل ناعم	0,031	شديد	متعدده	25	متوسط
مدرسة إينال اليوسفى	الدرب الأحمر	رمل ناعم	0,034	شديد	متعدده	28	متوسط
مسجد الكرى	الدرب الأحمر	بودرة ناعمه	0,016	متوسط	متعدده	23	متوسط
زاوية وسبيل	الدرب	رمل ناعم	0,035	شديد	فردية	21	متوسط

فرج بن برقوق	الأحمر						
مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)		رمل خشن	0,013	متوسط	فردية	15	منخفض – متوسط
مسجد أحمد كتخدا الرزاز		رمل ناعم	0,033	شديد	متعدده	43	شديده
الجامع الأزهر		رمل ناعم	0,036	شديد	فردية	22	متوسط
قبة بيبرس الخياط		رمل ناعم	0,017	متوسط	متعدده	23	متوسط
مسجد الملكة صفية		رمل ناعم	0,032	شديد	متعدده	25	متوسط
مسجد السلطان حسن	الخليفة	رمل خشن	0,017	متوسط	فردية	15	منخفض – متوسط
مسجد الرفاعى	الخليفة	رمل خشن	0,014	متوسط	فردية	18	منخفض - منوسط
التكية المولوية	الخليفة	رمل ناعم	0,073	شديد	متعددة	42	شديد
قصر الأمير طاز	الخليفة	رمل خشن	0,042	شديد جدا	متعددة	45	شديد
مسجد و مدرسة الأمير تغرى برى	الخليفة	رمل ناعم	0.034	شديد	متعددة	42	شديد
سبيل الأمير عبد الله	الخليفة	رمل ناعم	0,031	شديد	متعددة	25	متوسط
مسجد شيخون	الخليفة	رمل ناعم	0,038	شديد	متعددة	32	متوسط – شديد
تكية تقى الدين البسطامى	الخليفة	رمل خشن	0,042	شديد جدا	متعددة	41	شديد
قصر يشبك – قوصون	الخليفة	رمل خشن	0,016	متوسط	فردية	16	منخفض - منوسط
مسجد الأمير باشتاك (الباب الخلفى والمناره)	الخليفة	رمل ناعم	0,034	شديد	متعددة	45	شديد
بقايا جامع قوصون	الخليفة	رمل خشن	0,044	شديد جدا	متعددة	46	شديد
مسجد المحمودية	الخليفة	رمل ناعم	0.036	شديد	متعددة	44	شديد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021

ملحق (4) أشكال التجوية وأبعادها المجموعة الرابعة (الشروخ / التشوه)

المبنى	المنطقة	المجموعة الرابعة (الشروخ / التشوه) الشروخ مفردة أو مجموعات نتيجة لسبب طبيعى أو إنشائى		
		طول الشرخ (م)	إتساع فتحة الشرخ (مم)	تصنيف قمح
باب الفتوح	الجمالية	2	18	متوسط
مسجد الحاكم بأمر الله	الجمالية	3,5	32	شديد جدا
زاوية أبو الخير الكلياتى	الجمالية	2,5	20	متوسط - شديد
بيت السحيمى	الجمالية	2,5	25	شديد
مسجد وسبيل السلحدار	الجمالية	1,5	2,5	منخفض
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	الجمالية	4,5	35	شديد جدا
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	الجمالية	2,7	21	متوسط – شديد
جامع الأقمر	الجمالية	2	15	منخفض – متوسط
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	الجمالية	2,3	20	متوسط – شديد
المدرسة الناصرية	الجمالية	2	16	متوسط
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	الجمالية	2,6	22	متوسط – شديد
مدرسة النحاسين الأميرية	الجمالية	1,6	2	منخفض
سبيل وكتاب خسرو باشا	الجمالية	2	17	متوسط
كتاب وسبيل الشيخ مظهر	الجمالية	2	17	متوسط
وكالة بازرعة	الجمالية	3,5	34	شديد جدا
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	الجمالية	2,6	21	متوسط - شديد
وكالة قوصون	الجمالية	2,5	27	شديد
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	الجمالية	2,6	23	متوسط – شديد

منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	الجمالية	2,8	20	متوسط – شديد
حمام الملاطيلى	الجمالية	2,7	21	متوسط – شديد
سراى المسافر خانه	الجمالية	2,5	15	منخفض – متوسط
مسجد الغورى	الدرب الأحمر	3	27	شديد
مسجد الفكهانى	الدرب الأحمر	4,6	32	شديد جدا
سبيل محمد على	الدرب الأحمر	4	34	شديد جدا
مسجد السلطان المؤيد	الدرب الأحمر	2	18	متوسط
باب زويلة	الدرب الأحمر	1,5	2,5	منخفض
مسجد الصالح طلائع	الدرب الأحمر	3	26	شديد
مسجد الطنبغا الماردانى	الدرب الأحمر	0,8	2	منخفض
مسجد أحمد المهمندار	الدرب الأحمر	3	25	شديد
مسجد قجماس الإسحاقى	الدرب الأحمر	2,8	28	شديد
مدرسة إينال اليوسفى	الدرب الأحمر	1,5	20	متوسط – شديد
مسجد الكرى	الدرب الأحمر	2	15	متوسط
زاوية وسبيل فرج بن برقوق	الدرب الأحمر	2,5	23	متوسط – شديد
مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)	الدرب الأحمر	2	18	متوسط
مسجد أحمد كتخدا الرزاز	الدرب الأحمر	1,5	3	منخفض
الجامع الأزهر	الدرب الأحمر	2	20	متوسط – شديد
قبة بيبرس الخياط	الدرب الأحمر	0,8	2,5	منخفض
مسجد الملكة صفية	الدرب الأحمر	3	26	شديد
مسجد السلطان حسن	الخليفة	2	16	متوسط
مسجد الرفاعى	الخليفة	2,7	24	متوسط – شديد
التكية المولوية	الخليفة	2	20	متوسط – شديد
قصر الأمير طاز	الخليفة	2,7	38	شديد جدا
مدرسة الأمير تغرى برى	الخليفة	1,5	17	متوسط
سبيل الأمير عبد الله	الخليفة	1,7	19	متوسط

مسجد شيخون	الخليفة	2	22	متوسط – شديد
تكية تقى الدين البسطامى	الخليفة	2,6	33	شديد جدا
قصر يشبك – قوصون	الخليفة	1,5	17	متوسط
مسجد الأمير باشتاك (الباب الخلفى والمناره)	الخليفة	2,8	24	متوسط – شديد
بقايا جامع قوصون	الخليفة	1,5	20	متوسط – شديد
مسجد المحمودية	الخليفة	2,7	23	متوسط – شديد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 20 يونية 2021

ملحق (5) تقييم درجات خطورة التجوية على الآثار الإسلامية بالقاهرة الفاطمية

المبنى الأثرى	المنطقة	القشر والخشونة السطحية وإزالة النقوش والزخارف (الطلاء الخارجي)	أقراص العسل	التبلور الملحى	التجوية الكيميائية	السناج	التقشت الحبيبى	انفصال الشرائح	الشروخ	مجموع رجات المتغيرات	درجة الخطورة
باب الفتوح	الجمالية	4	3	3	1	2,5	2	2	2	23,5	متوسط - شديد
مسجد الحاكم بأمر الله	الجمالية	4	4	3	3	2	3	2	4	29	شديد
زاوية أبو الخير الكليباتى	الجمالية	2,5	2,5	3	2,5	3	1	2	2,5	23	متوسط - شديد
بيت السحيمى	الجمالية	4	3	2,5	3	2	2	2,5	3	25	شديد
مسجد وسبيل السلحدار	الجمالية	3	3	3	3	2	2	2,5	1	22	متوسط - شديد
مدرسة وقبة الناصر محمد بن قلاوون	الجمالية	4	4	3	3	2	4	3	4	31	شديد جدا
قبة السلطان الصالح نجم الدين أيوب	الجمالية	2,5	2,5	2	2,5	2	3	2	2,5	22	متوسط - شديد
جامع الأقمر	الجمالية	3	3	2,5	2,5	2	3	2	1,5	22	متوسط - شديد
خانقاة ومدرسة وقبة الظاهر برقوق	الجمالية	3	3	2	2	2	2	2,5	2,5	21,5	متوسط - شديد
المدرسة الناصرية	الجمالية	4	3	2	2	2	2	2	2	21,5	متوسط - شديد
مدرسة السلطان الأشرف برسباى	الجمالية	3	3	2	2	2	2	2	2,5	21,5	متوسط - شديد
مدرسة النحاسين	الجمالية	2	2	2	2	2	2	1,5	1	16,5	متوسط

الأميرية											
سبيل وكتاب خسرو باشا	الجمالية	2,5	3	2,5	3	3	2	2	2	2	22	متوسط - شديد
كتاب وسبيل الشيخ مظهر	الجمالية	2,5	3	2,5	3	3	2	1	2	2	21	متوسط - شديد
وكالة بازرعة	الجمالية	2,5	3	3	2	2,5	2	2	2,5	4	23,5	متوسط - شديد
جامع جمال الدين يوسف الإستادار	الجمالية	2,5	3	2	2,5	2,5	3	2	2,5	2,5	22,5	متوسط - شديد
وكالة قوصون	الجمالية	2,5	3	3	2	2	2	4	2,5	3	24	شديد
سبيل وكتاب وقف أوده باشا (وكالة كحلا)	الجمالية	2,5	3	3	2	2	2	3	2	2,5	22	متوسط - شديد
منزل وقف الحاج عبد الواحد الفاسى	الجمالية	2,5	2,5	2	2	2	2	3	2	2,5	20,5	متوسط - شديد
حمام الملاطيلى	الجمالية	2,5	3	2,5	2	2	2	2	1,5	2,5	20	متوسط - شديد
سراى المسافر خانه	الجمالية	2,5	2,5	2	3	3	2	2	2	1,5	20,5	متوسط - شديد
مسجد الغورى	الدرب الأحمر	3	3	3	3	3	3	3	2,5	3	26,5	شديد
مسجد الفكهانى	الدرب الأحمر	4	4	4	3	3	3	4	3	4	32	شديد جدا
سبيل محمد على	الدرب الأحمر	4	4	4	3	3	2,5	3	2,5	4	30	شديد جدا
مسجد السلطان المؤيد	الدرب الأحمر	3	3	3	3	2,5	3	3	2	2	24,5	شديد
باب زويلة	الدرب الأحمر	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	1,5	1	18	متوسط - شديد
مسجد الصالح طلائع	الدرب الأحمر	4	4	4	3	3	4	3	2,5	3	30,5	شديد جدا
مسجد الطنبغا المارداني	الدرب الأحمر	2	2	2	2	1,5	2	1	1	1	14,5	متوسط

مسجد أحمد المهمندار	الدرب الأحمر	4	3	4	4	3	3	2	2	3	2	28	شديد
مسجد قجماس الإسحاقى	الدرب الأحمر	4	3	4	3	2,5	3	2	3	3	3	27,5	شديد
مدرسة إينال اليوسفى	الدرب الأحمر	4	3	4	3	2,5	3	2	2	3	2,5	26	شديد
مسجد الكرى	الدرب الأحمر	3	2,5	3	3	2,5	3	2	3	3	2	24	شديد
زاوية وسبيل فرج بن برقوق	الدرب الأحمر	3	2,5	3	3	2,5	2,5	2	3	2,5	2,5	24	شديد
مسجد آق سنقر (الجامع الأزرق)	الدرب الأحمر	2,5	3	3	3	3	3	1,5	2	2,5	2	22,5	متوسط - شديد
مسجد أحمد كتخدا الرزاز	الدرب الأحمر	2,5	3	3	3	2,5	2	3	3	2	1	23	متوسط - شديد
الجامع الأزهر	الدرب الأحمر	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2,5	22,5	متوسط - شديد
قبة بيبرس الخياط	الدرب الأحمر	3	2,5	2,5	3	3	3	2	2	3	1	23	متوسط - شديد
مسجد الملكة صفية	الدرب الأحمر	3	3	2,5	3	1,5	3	3	3	3	3	25	شديد
مسجد السلطان حسن	الخليفة	2	2	2	2,5	2,5	2	1,5	2	2	2	18,5	متوسط - شديد
مسجد الرفاعى	الخليفة	2	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2,5	18	متوسط - شديد
التكية المولوية	الخليفة	3	3	3	3	3	3	3	3	2,5	2,5	26	شديد
قصر الأمير طاز	الخليفة	4	4	4	3	3	2,5	3	4	2,5	4	31,5	شديد جدا
مسجد ومدرسة الأمير تغرى برى	الخليفة	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	28	شديد
سبيل الأمير عبد الله	الخليفة	4	3	4	3	3	3	2	2	3	2	27	شديد

مسجد شيخون	الخليفة	3	3	3	3	3	3	3	3	2,5	2,5	شديد
تكية تقى الدين البسطامى	الخليفة	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	شديد جدا
قصر يشبك – قوصون	الخليفة	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	شديد جدا
مسجد الأمير باشتاك (الباب الخلفى والمناره)	الخليفة	2,5	3	3	3	3	3	3	2,5	1,5	2	متوسط - شديد
بقايا جامع قوصون	الخليفة	2,5	3	2	3	3	3	3	3	3	3	شديد
مسجد المحمودية	الخليفة	2,5	3	3	3	3	3	3	3	2,5	4	شديد

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من 1: 30 يونية 2021