

تأثير الرطوبة على المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرة وطرق الصيانة المقترحة

د. أيمن حسن حجاب*

ملخص:

تتناول الدراسة تأثير الرطوبة بمصادرها المختلفة على المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرة وطرق الصيانة التي تساهم في الحد من خطورة هذا العامل المدمر والمتلف والتي تعاني منه مدينة القاهرة ويظهر أثره بوضوح على تحويه من مبانٍ أثرية، وتبدأ الدراسة بتعريف مصطلح الرطوبة بمعناه الشامل ثم استعراض مصادرها المختلفة مثل الرطوبة النسبية وتأثير التردد في معدلاتها في الجو من خلال الارتفاع والانخفاض حيث يلعب ذلك دوراً كبيراً في تلف وتدهور المباني الأثرية وما تحويه من مواد بناء مختلفة، كما يتم التعرف على التكثف وما ينتج عنها من تأثيرات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية متلفة لمواد البناء المختلفة، وتوضح الدراسة مشكلة المياه الأرضية والتي تعاني منها مدينة القاهرة نتيجة للكثافة السكانية وما صاحب ذلك من توسعات عمرانية وزيادة مضطردة في أحمال الخدمات والمرافق، مما أدى إلى زيادة المتسرب إلى الخزان الجوفي وحدوث تغيرات في طبيعة ومناسيب المياه الجوفية حيث زادت معدلات منسوب المياه السطحية والمياه الأرضية وما تحمله أملاح وعوامل تلف بيولوجية مما أثر بالسلب على المباني الأثرية داخل المدينة، وتم توضيح مشكلة مياه الصرف الصحي في القاهرة القديمة نتيجة الكثافة السكانية في المناطق الأثرية وعدم تجديد شبكات مياه الشرب والصرف الصحي، وتعتبر مياه الصرف الصحي عاملاً رئيساً في تلف العديد من أساسات وحوائط المباني الأثرية الإسلامية بما تحمله من عوامل كيميائية وبيولوجية متلفة لمواد البناء المختلفة، وتبين الدراسة أيضاً مشكلة الأمطار مصدراً من مصادر الرطوبة وإحدى عوامل التلف الهامة والخطرة على المباني الأثرية.

و تقدم الدراسة مجموعة من الحلول والآليات التي تساهم في الوقاية والحد من خطورة هذا العامل وذلك بعرض طرق الصيانة المقترحة لمواجهة مشكلة الرطوبة من خلال عرض الطريقة المناسبة لكل مصدر من مصادرها المختلفة، وهذه الطرق يتم استخدامها وأثبتت نجاحاً في إيقاف أو الحد من خطورة مصادر الرطوبة، وتضم الدراسة مجموعة من الجداول والأشكال التوضيحية والصور التي تساهم في عرض وتوضيح الموضوع.

ويختتم البحث بمجموعة من النتائج التي تم التوصل إليها كانتشار الرطوبة بشكل كبير في معظم المباني الأثرية في مدينة القاهرة القديمة، وذلك من خلال

ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية وتهالك شبكات ووصلات الصرف الصحي ومياه الشرب، علاوة على الإهمال وعدم وجود خطط عاجلة لمواجهة مشكلة الرطوبة ومصادرهما المختلفة أو لترميم وصيانة الآثار الإسلامية وخاصة المتدهور منها، بالإضافة إلى عدد من التوصيات التي يسهل تطبيقها، إلى جانب المراجع التي تم الاستعانة بها في الدراسة .

الكلمات الدالة: الرطوبة، الرطوبة النسبية، التكثف، المياه الأرضية، الصرف الصحي، الأمطار، طرق الصيانة.

مقدمة:

تعتبر مدينة القاهرة واحدة من أغني مدن العالم الإسلامي بالآثار الإسلامية والتي تتميز بأنماط وطرز معمارية نادرة تنتمي للعصور الإسلامية المختلفة بداية من الفتح الإسلامي حتى الآن، وتكمن أهمية هذه الآثار لمصر والعالم في أنها تشكل تراثاً حضارياً إنسانياً يظل شاهداً علي تغير الحقب الإسلامية علي مصر بما مثلته من تغيرات معمارية وفنية تشهد بها المساجد والمباني الأثرية ذات الأغراض المختلفة.

وبشكل عام تعاني الآثار الإسلامية الموجودة في قلب القاهرة داخل الكتلة السكانية من عوامل تلف مختلفة تهدد بتدمير وضياع هذه الثروة الثقافية الأثرية الفنية التي لا تمثل ذاكرة الأمة المصرية فحسب بل الأمة الإسلامية قاطبة، حيث تتعرض المباني الأثرية الإسلامية في مدينة القاهرة القديمة للعديد من عوامل التلف المختلفة ولاسيما الرطوبة، والتي تترك أثراً واضحاً وتلفاً ظاهراً على أسطح هذه المباني بمستوياتها المختلفة، وقد أدى ذلك إلى تلف وتدهور حالة الكثير من هذه الآثار بالإضافة إلى تناقص مستمر في عدد الآثار الإسلامية المسجلة .

وتعتبر الرطوبة بمصادرهما المختلفة من العوامل الأساسية في تلف المباني الأثرية ومواد البناء بمكونات المختلفة ، حيث تؤدي الرطوبة الموجودة في مواد البناء إلى إذابة ما بها من أملاح وتحريكها نحو السطح ومن ثم تبلورها في هذا المكان ، كما تؤدي الرطوبة العالية إلى إذابة بعض مكونات المونة والمواد الرابطة داخل الأحجار مما ينتج عنه ضعف الأحجار وتدهورها،بالإضافة إلى نمو مسببات التلف البيولوجي بأنواعه المختلفة ، ووجود الرطوبة مع الملوثات الجوية يؤدي إلى تحولها إلى أحماض ومركبات تتلف مواد بناء المباني الأثرية علاوة على التحولات الداخلية الهدامة التي تحدث داخل مواد البناء المختلفة، كما أن ارتفاع مستوى المياه السطحية وتحت السطحية كمصدر من مصادر الرطوبة في التربة الحاملة للمباني الأثرية الإسلامية في القاهرة القديمة يؤدي إلى هبوط التربة وعدم اتزانها مما يندرج بانهايار هذه المباني الأثرية الموجودة على السطح .

وتحتاج المباني الأثرية في مدينة القاهرة القديمة إلي طرق لصيانة مناسبة وتم تطبيقها بنجاح لمواجهة التأثير المتلف للرطوبة بمصادرهما المختلفة على المباني الأثرية سواء الرطوبة الجوية أو الرطوبة الأرضية ، و تستخدم عدة طرق لمعالجة

مشكلة الرطوبة التي تصيب المباني الأثرية المتمثلة في الرطوبة النسبية والتكثف، كطريقة التهوية والتدفئة واستخلاص أملاح التزهير، أو خفض المياه السطحية وتحت السطحية بعدة طرق منها مصدات المياه الرأسية و الصرف المغطى والطبقات غير المنفذة للمياه وتشمل طريقة العزل الفيزيائي وطريقة العزل الكيميائي، بالإضافة إلى علاج مسارات الأمطار الحمضية وهبوط الأرضيات والترتبة بما يناسبها من أساليب متبعة ومطبقة فعلياً.

وبناءً على ماسبق رؤي عمل ورقة بحثية توضح مدى خطورة عامل الرطوبة بمصادرها المختلفة وطرق الصيانة المقترحة مع بيان حاجة المباني الأثرية الإسلامية الملحة إلى صيانة مستمرة وترميم دائم للبقاء والحفاظ عليها .

الرطوبة Moisture:

وهي مصطلح شامل لا يعنى فقط الطور المائي الموجود في الهواء أو الرطوبة النسبية و فقط ولكن يشمل مصادر الرطوبة المختلفة من رطوبة نسبية ورطوبة جوية وبخار ماء وتكثف ومياه أرضية ومياه صرف ومياه ري ومياه أمطار وبحر إلى آخره (١)، وتعتبر الرطوبة على اختلاف مصادرها شريك أساسي في عمليات تلف مكونات البناء المختلفة، حيث تعتبر من أخطر عوامل التلف الفيزيوكيميائي والتي ينجم عنها أضرار بالغة مما يعجل بتلف مكونات البناء فيؤدي إلى تصدع وانهيار المباني الأثرية المصابة، ومن مصادر الرطوبة المختلفة التالي: شكل (١، ٢)



شكل (١) دورة الماء المنتجة للرطوبة شكل (٢) مصادر الرطوبة في المباني الأثرية
عن: لورانس كروجلي، روي نونس بيدروزو، ٢٠٠٢م.

¹-Richardson, B.A.,: Defects And Deterioration In Buildings, Butterworth-Heinemann, Oxford, England, 1995, p.35.

أولاً- الرطوبة الجوية

١- الرطوبة النسبية Relative Humidity

والرطوبة النسبية هي كمية بخار الماء الفعلية في حجم محدد من الهواء وفي درجة حرارة معينة وأيضاً كمية بخار الماء العظمى التي يمكن أن يستوعبها الحجم نفسه من الهواء في درجة الحرارة نفسها،^(٢) ويتحدد خطورة الرطوبة النسبية على حسب ظروف المبنى درجة هذه الرطوبة الخواص البيئية المحيطة.

وتعتبر الرطوبة النسبية من العوامل الأساسية في تلف مكونات مواد البناء المختلفة فقد وجد أن أعلى نسبة للرطوبة يمكن أن توجد في الحوائط الحجرية من

٣:٥% وفي الحوائط المبللة جداً أو الرطبة تصل إلى ٢٠% وتتواجد بنفس النسب في الحوائط المشيدة من

الطوب الأحمر المسامي وفي المونة، وتؤدي الرطوبة الموجودة في مواد البناء إلى إذابة ما بها من أملاح وتحريكها نحو السطح ومن ثم تبلورها في هذا المكان كما تؤدي الرطوبة العالية إلى إذابة بعض مكونات المونة والمواد الرابطة داخل الأحجار مما يؤدي إلى ضعف الأحجار وتدهورها.^(٣)

تشير البيانات المناخية إلى أن أعلى متوسط للرطوبة النسبية خلال الخمسين عام الماضية بالقاهرة الكبرى كان خلال شهر نوفمبر وبلغ ٦١% بينما كان أقل متوسط في شهر مايو وبلغ ٤٤% أما شهر يناير، أغسطس، سبتمبر، ديسمبر فقد سجلت الرطوبة النسبية متوسطات شبة متساوية بلغت حوالي ٥٩% ومما لا شك فيه إن الرطوبة النسبية داخل المباني تصل إلى معدلات أعلى من ذلك نتيجة لتأثير عوامل أخرى مثل المياه الأرضية ومياه الرش والنشع.^(٤) جدول رقم (١)

جدول (١) المعدل الشهري للرطوبة النسبية بمدينة القاهرة

الشهور	النسبة المئوية للرطوبة النسبية
يناير	٧٠:٦٠
فبراير	٦٠:٥٠
مارس	٦٠:٥٠
إبريل	٥٠:٤٠
مايو	٥٠:٤٠
يونيو	٥٠:٤٠
يوليو	٦٠:٥٠
أغسطس	٧٠:٦٠
سبتمبر	٦٠:٥٠
أكتوبر	٧٠:٦٠
نوفمبر	٧٠:٦٠
ديسمبر	٧٠:٦٠
المعدل السنوي	٦٠:٥٠

عن: الهيئة العامة للأرصاد الجوية.

في الجو يلعب دوراً كبيراً في تلف وتدهور المباني الأثرية وما تحتويه من مواد بناء مختلفة ، ففي حالة ارتفاع معدل الرطوبة يحدث ما يلي :-

- إذابة الأملاح القابلة للذوبان في الماء وتحركها في الأحجار المسامية .
- إذابة المواد الرابطة والمونات .

^٢-Moncrieff, A., & Weaver, G.: An introduction to materials, "Science for Conservators", Vol. I, Routledge, London, U.K, 1999, p.23.

^٣- منى فؤاد على: دراسة صيانة بعض الصور الجدارية بمنطقة سقارة ، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ١٩٨٨م ص ٨٠، ٨١.

^٤-الهيئة العامة للأرصاد الجوية: معدلات الرطوبة النسبية في مدينة القاهرة.

- التغير في أبعاد الأخشاب الموجود بالمبنى أو المنشأ الأثري.
 - نمو التلف البيولوجي بصوره المختلفة .
 - تآكل وصدأ المعادن الحديدية والنحاسية بالمبنى .^(٥)
 - تحويل غازات التلوث الجوي إلى أحماض تترسب على الأسطح وتتفاعل معها .
- صور (٣، ٢، ١)
- ويؤدي انخفاض معدل الرطوبة إلى ما يلي :-
 - تزهر وتبلور الأملاح على أسطح الجدران .
 - حدوث تغيرات في بعض مكونات ملاط الحوائط حيث يتحول الجبس إلى إنهدريت .
 - إضعاف قوة وصلابة الأحجار و مونات البناء وطبقات البناء .
 - الجفاف والتشققات والالتواء في أخشاب المبنى الأثري .
 - ترسب الأكاسيد والشوائب الموجودة بالحجر على السطح ومع الملوثات الجوية تتكون طبقات الاتساخات.^(٦) صور (٥، ٦، ٤)



صورة (٣، ٢، ١) توضح تأثير الرطوبة على تلف مواد البناء في مسجد الطنبغا المارداني وسبيل وكتاب عبد الرحمن كتخدا وسبيل فاطمة خاتون عن: محسن محمد صالح (دكتور): ٢٠٠٥م.

٥- حسام الدين عبد الحميد (دكتور) : محاضرات في علاج وصيانة الآثار العضوية ، تمهيدي ماجستير ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩٥م .

٦- Saleh, S,A: Pigments, Plasters and Salts analysis, "Wall painting of Tomb of Nefertary", EAO, Cairo,1987,p.97,98.



صورة (٤، ٥، ٦) توضح تأثير الرطوبة داخل مشهد السيدة رقية - داخل مسجد تغرى بردى -
عن: اليونسكو: مركز التراث العالمي، ٢٠١٤م. داخل التكية السليمانية: الباحث

٢- التكثف Condensation

ويمكن تعريف التكثف أنه العملية التي يتحول فيها بخار الماء بعد التبخر إلى الحالة السائلة في شكل جسيمات دقيقة و لحدوث التكثف يجب توافر عدة عوامل هي :-

- وجود الهواء الرطب حيث يجب أن يكون الهواء متشبعاً بخار الماء.
- تبريد الهواء ويحدث نتيجة رفع الهواء إلى أعلى مما يؤدي إلى تمدده وفقدانه الحرارة.

ومن أشكال التكثف : الغيوم و السحب و الشبورة و الندى و الصقيع و الثلج، ونتيجة لتكثف بخار الماء في الصباح الباكر على السطح و داخل المسام و انتشار الماء داخل مسام الأحجار الرسوبية تحدث إذابة للأملاح القابلة للذوبان سواء داخل الحجر نفسه أو في المونات و من ثم تحريك لمحاليل هذه الأملاح نحو الأسطح الخارجية لتبدأ عملية البخر وبالتالي تبدأ عملية تزهو و تبلور هذه الأملاح مع استمرار نمو تلك البلورات.^(٧)

ويمكن تقسيم تأثير التكثف إلى :-
تأثيرات فيزيائية:

حيث أن قطرات الماء الناشئة عن عملية التكثف تعمل على تمدد مواد البناء كما أن حبسها داخل التركيب المسامي لمواد البناء و عند انخفاض درجة الحرارة و حدوث الصقيع يحدث لها زيادة في الحجم بنسبة ٩٠% نتيجة عملية التجمد و تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة وبالتالي زيادة ضغطها على الجدران مما يؤدي إلى حدوث الشروخ الدقيقة.^(٨)

٧- محمد أحمد عوض (دكتور) : دراسة ترميم القباب الخشبية وصيانتها في القاهرة الإسلامية تطبيقاً على قباب الأمير شيوخ ، رسالة دكتوراة ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩٤م، ص ٨٨.

٨- Hutton, T.,: Condensation, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2004.

تأثيرات كيميائية:

غالباً ما يحتوي الماء المتغلغل داخل الحوائط على أملاح قابلة للذوبان من خلال إذابته للأملاح الموجودة في مواد البناء أو من تفاعل الغازات الجوية مثل CO_2 و SO_2 مع مواد البناء وعند حدوث الجفاف يبدأ تبلور هذه الأملاح داخلياً والتي تسبب تشوه وتلف مواد البناء كما إنها تؤدي إلى تبلورها على السطح مكونة قشرة سميكة صلدة على أسطح المباني، وتعمل مياه التكاثف على انتفاش وانتفاخ حبيبات المونات والمواد الرابطة مما يجعلها قادرة على جذب الحبيبات الدقيقة والملوثة من الهواء وتغير لونها كما أن هجرة الأملاح يؤدي إلى رفع الأس الهيدروجيني مثل أملاح الكبريتات وتحولها لحمض الكبريتيك الذي يتكون نتيجة أكسدة SO_2 في وجود CO_2 .^(٩)

تأثيرات بيولوجية:

حيث أن زيادة التكاثف يؤدي إلى نمو الفطريات حيث تبدأ مستعمراتها في النمو بألوان مختلفة منها البني والأسود والأخضر والرمادي.^(١٠)

٣- الأمطار Rains

تمثل الأمطار مصدراً من مصادر الرطوبة و إحدى عوامل التلف الهامة والخطرة على المباني الأثرية ، حيث تعتبر شدة الأمطار وحجم القطرات المتساقطة على المباني الأثرية هو ما يحدد بشكل كبير حجم التلف الحادث. وتعتبر الأمطار من مصادر المياه الهامة التي تنشط وتتفاعل مع عوامل التلف الأخرى، وماء المطر عندما يسقط يكون نقياً ولكن مع دخوله في الغلاف الجوي يحدث تغير في تركيبته، فمع سقوطه على الأسطح يبدأ في إذابة ونزح الأملاح التي تتواجد داخل وخارج مواد البناء في المباني الأثرية.^(١١) وتختلط مياه الأمطار بالملوثات الجوية وعندما تتساقط فوق الأحجار ومواد البناء المختلفة التي تحتوي على كربونات الكالسيوم والماغنسيوم في الحجر الجيري والدولوميت والرخام ومون البناء والملاط وفي وجود حمض الكربونيك تتحول هذه الكربونات إلى بيكربونات سهلة الذوبان في الماء، وعندما تتعرض هذه الأحجار ذات المسامية للبخار فإن طبقات الأحجار والمكونات المعدنية تفقد مياه الأمطار وتنكمش ويحدث خلل في التركيب البنائي الداخلي للأحجار ومواد البناء ، ففي الأحجار الرملية التي تحتوي على بعض معادن السيليكا والطفلة مثل الميكا الكلورايت والفلسبارات فإنها تتفاعل مع هذه المواد مما يؤدي إلى نزح وفقدان أيونات المعادن

⁹ - Hutton, T.,: Rising Damp, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2012.

¹⁰ - Hutton, T.,: 2004, op, cit.

¹¹ - Rodrigus, J, D.,: Mechanisms and Measurement of Damage in stone monuments, "Sciens, Technology and European cultural Heritage", Published for commission of The European communities by Butterworth-Heinemann L.T.D, 1991, p.131

مثل الكالسيوم والألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم ، وتنقش معادن الطفلة داخل تركيب الحجر مما يهدد ما على السطح. (١٢)

وتساعد الأمطار غازات التلوث الجوي على التحول إلى أحماض وبخاصة حمض الكبريتيك والنيتريك اللذان يهاجمان مواد البناء ويعملان على إحداث تحولات كيميائية وفيزيائية في مركبات ومكونات هذه المواد مما ينتج عنه تآكل وتفتت ونقش الأسطح الحجرية وما تحمله من عناصر و وحدات زخرفية. (١٣)

النسبة المئوية لهطول الأمطار	الشهور
١٠:٥	يناير
١٠:٥	فبراير
٥:٢	مارس
صفر:٢	إبريل
صفر:٢	مايو
صفر:٢	يونيو
تتعدم الأمطار	يوليو
تتعدم الأمطار	أغسطس
صفر:٢	سبتمبر
صفر:٢	أكتوبر
٥:٢	نوفمبر
١٠:٥	ديسمبر
١٥:١٠	المعدل السنوي

تشكل الأمطار خطراً على أسقف المباني الأثرية في حالة عدم وجود تصريف جيد لمياه الأمطار خاصة أن أعلى هذه المباني بدون عزل للأسقف أو ميول كبيرة وتراكم هذه المياه يسبب التلف الشديد للأسقف، (١٤) وغالباً ما تكون في أغلب المباني الأثرية الإسلامية ، كما تساعد الأمطار التي تتسرب إلى داخل مكونات البناء على زيادة محتوى الرطوبة داخل جدران المباني الأثرية مما يترتب عليه نمو الكائنات الحية الدقيقة على أسطح وداخل جدران المباني الأثرية ، (١٥)

وتساعد الأمطار أيضا في تكون ما يسمى بالمناطق البيضاء و هي مناطق معرضة مباشرة للأمطار والتي هوجمت بواسطة

جدول (٣) المعدل الشهري لهطول الأمطار بمدينة القاهرة

عن: الهيئة العامة للأرصاد الجوية

SO₄ وبالتالي تكونت طبقة بيضاء مسحوقية من

كبرينات الكالسيوم التي تزول بسقوط المطر عليها مما يكشف عن أماكن جديدة ناصعة

¹²-Torraca, G.,: Porous Building Materials, " Materials Science for Architectural Conservation", ICCROM, Rome, 1981,p.38,39.

¹³-Winkler, E, M.,: Problems in the deterioration of Stone, "Conservation of Historic Stone buildings and Monuments," National Academy Press, Washington D.C, U.S.A, 1982,p.110,111.

¹⁴- Kent, D.,: Rain Penetration, This article is produced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2005.

¹⁵-Dubey S. & Jain S.K.: Effect of Humidity on Fungal Deteriogens of Monumental Monuments, International Research Journal of Biological Sciences, Vol. 3, April (2014), p. 84.

البياض من الحجر الجيري أو كربونات الكالسيوم وتظهر هذه المناطق في صورة ندبات أو مجاري بيضاء أو تآكلات على أسطح الأحجار الجيرية بالمباني الأثرية. (١٦)

وطبقاً للبيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية المصرية فإن أعلى كمية للمطر المتساقط على مدار الخمسين عام الماضية بالقاهرة الكبرى كانت دائماً في شهر ديسمبر حيث بلغ المتوسط ٦,٣م/شهر، وبلغ متوسط عدد أيام سقوط المطر في هذا الشهر ٢,٩ يوم، بينما كانت أقل كمية للمطر المتساقط في شهر يونيو وبلغت ٠,١م/شهر، أما شهر أغسطس وشهر سبتمبر فلا تسقط أية أمطار علي الإطلاق. (١٧) جدول رقم (٣)

ثانياً- الرطوبة الأرضية

ويندرج تحتها:

١- المياه الأرضية Under ground water

تعد مدينة القاهرة من العواصم الأعلى في الكثافة السكانية وما صاحب ذلك من توسعات عمرانية وزيادة مضطردة في أحمال الخدمات والمرافق ، مما أدى إلى زيادة المتسرب إلى الخزان الجوفي وحدوث تغيرات في طبيعة ومناسيب المياه الجوفية حيث زادت معدلات منسوب المياه السطحية والمياه الأرضية خلال الخمسين عاماً الماضية في مدينة القاهرة. (١٨)

وقد ارتفع المعدل من ٤:٣ م تحت سطح الأرض إلى معدل يقل عن متر واحد تحت سطح الأرض مع ظهور الرشح بصورة كبيرة في مناطق وسط القاهرة وخاصة المناطق ذات الطبوغرافية المنخفضة خلال السنوات الأخيرة وأكثر هذه المناطق تأثراً بالمشاكل المصاحبة لارتفاع مناسيب المياه الجوفية والرشح هي الواقعة بالقاهرة القديمة. (١٩)

والمياه الأرضية دائماً ما تكون محملة بأيونات الأملاح الذائبة والتي تكون ضارة جداً بالأساسات ومواد البناء الأثرية مثل الكلوريدات والكبريتات التي دائماً ما تتسرب على أسطح جدران المبنى الأثري بعد تبخر الماء بفعل الحرارة بالإضافة إلى الأملاح الموجودة أصلاً ضمن مكونات الأحجار ومواد البناء وأيضاً الأملاح

^{١٦}-حسام الدين عبد الحميد(دكتور): المرجع السابق.

^{١٧}- الهيئة العامة للأرصاد الجوية : معدلات هطول الأمطار في مدينة القاهرة.

^{١٨}- Hampkian, N.: Restoration of the Mausoleum of AL – SalihNajmal-Din Ayyub, " The Restoration and Conservation Of Islamic Monuments in Egypt", The American University in Cairo Press, 1995,p.46.

^{١٩}- أكاديمية الباحث العلمي والتكنولوجيا : أخطار ارتفاع منسوب المياه بإقليم القاهرة الكبرى ، أكاديمية الباحث العلمي والتكنولوجيا القاهرة ،أغسطس ١٩٩٣م،ص ٩ .

المتواجدة ضمن المواد الرابطة بالمونات وطبقات الشيد،^(٢٠) وتصد المياه الأرضية من أسفل إلى أعلى بفعل الخاصة الشعرية Capillary System حاملة معها أملاح Na, K, Ca, Mg, SO₄, NO₃, C و هي الأيونات التي تحتوى عليها هذه المياه بصورة كبيرة.^(٢١)

ويؤثر الماء الأرضي وتلوث الجو معاً على المباني الأثرية حيث أن التلف الفيزيوكيميائي الذي يصيب مواد البناء في المباني الأثرية تتوقف درجة خطورته على وجود الكبريت أو حمض الكبريتيك Sulphuric acid المنتشر في أجواء المدن الصناعية الذي يترسب إما على السطح أو ينفذ إلى الطبقة تحت السطحية Interface في مواد البناء والنتيجة المباشرة لذلك حدوث تفاعل بين مواد البناء الكربوناتيّة مع هذا الحمض القوي الذي يحول مادة كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم ، وهذا الماء من العوامل المحفزة على إتمام التفاعلات الكيميائية والمسئولة عن إيجاد الحالة الرطبة والتي تتحول فيها الغازات الملوثة إلى أحماض فعلى سبيل المثال يتحول ثانى أكسيد الكربون الموجود في الجو الناتج بواسطة الصناعات المختلفة الذي يترسب على أسطح أحجار المباني الأثرية التي امتصت كميات كبيرة من هذه المياه فيذوب في الماء متحولاً إلى حمض الكربونيك الضعيف Carbonic acid المسئول عن إذابة كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم CaCO₃&MgCO₃ المتواجدة في الحجر الجيري أو الرخام أو الدولوميت فيحولها إلى بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم كالاتي:-



وتعود بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم إلى كربونات بعد أن تفقد ما بها من ماء ، وأكاسيد النيتروجين لها دور هام في تلف الأحجار والمواد الكربوناتيّة حيث تتحول هذه الأكاسيد في ظل وجود الرطوبة إلى أحماض النيتريك الذي يتلف أحجار البناء ويحولها إلى نترات الكالسيوم بعد مهاجمته لها.^(٢٢)

وتعتبر تربة تأسيس مباني القاهرة القديمة منطقة رديم و مواد طفلية وطينية

حيث تكونت بالردم التدريجي علاوة على أنها كانت تتخللها البرك والمستنقعات والترع التي تم ردمها ومن أهمها الخليج المصري الذي كانت تُسقى منه القاهرة عند

^{٢٠}-محسن محمد صالح : دراسة تلف التربة على تلف المنشآت الأثرية في مدينة القاهرة وكيفية صيانة هذه المنشآت تطبيقاً على مواقع أثرية ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، عام ١٩٩٦ م. ص ٥٣ .

^{٢١}-Abd El Hady, M.,: Ground water and the deterioration of Islamic buildings in Egypt " the Restoration and Conservation of Islamic monuments in Egypt", the American University in Cairo Press, 1995 .p. 117 .

^{٢٢}-Abd El Hady, M.,: op,cit,p.118,119

امتلائه وقت الفيضان،^(٢٣) وهذه التربة ترتفع فيها نسبة الأملاح ونظراً لأن عمق الأساسات قريب من الأرض يجعلها هدفاً سهلاً لرطوبة الأملاح، وتتأثر معادن الطفلة التي تتواجد في التربة أو كشوائب طبيعية في داخل الحجر الجيري بالماء حيث يتسبب ذلك في اجهادات وضغوط كبيرة على بنية الحجر الجيري حيث تنتفش الطفلة لتحث الشروخ المختلفة في الحجر الجيري الموجودة به.^(٢٤) جدول (٢)

م	الموقع	عمق منسوب الشارع متراً	منسوب المياه الجوفية متراً	العمق المستخرج منه العينة متراً	كمية الأملاح الذائبة في المياه الجوفية عند درجة ١١٠ (جزء في المليون)			
					الأملاح المعدنية	كربونات صوديوم و NaCO ₃	كلوريد صوديوم و NaCl	ثالث أكسيد كبريتات SO ₃
١	جامع السلطان الظاهر أثر رقم ١ /٦٦٥-٦٦٧/ م ٦٨ - ١٢٦٦	٣,٩٠- / ٢,٣٠-	٠,٣٠+	-	-	-	-	-
٢	مسجد الأمير حسين أثر رقم ٢٣٣ /٧١٩-١٣١٩/ م	٣,٠٠-	٠,٢٥+	٠,٢٥+	٣٥٨	١٨٨	٣١٠	١٨٦
٣	جامع الست مسكة أثر رقم ٢٥٢ /٧٤٠-١٣٣٩/ م	٥,٠٠-	١,٠٥- / ٠,٦٠-	١,١٠-	٣٠١	٨٠٠	٩٣٦	١٢٤
٤	جامع الأمير شيخو أثر رقم ١٤٧ /٧٥٠-١٣٤٩/ م	٦,٠٠-	- / ٣,٧٠	٤,٠٠-	١٦٥	٢٥٤	٢٩٢	١٠٢
٥	جامع المؤيد شيخو أثر رقم ١٩٠ /٨١٨-٧٢٣/ م ٢٠-١٤١٥	١٣,٠٠- / ١٧,٠٠-	٥,٠٠-	٥,٥٠-	٣٨٠	٣٢٩	١٢٨	٢١٠
٦	بيت زينب خاتون أثر رقم ٧٧ قبل ٨٧٣- /١١٢٥/ م ١٧١٣-١٤٦٨	٤,٣٠-	١٣,٢٠-	-	-	-	-	-

٢٣- أكاديمية الباحث العلمي والتكنولوجيا: المرجع السابق، ص ١١.

٢٤- محسن محمد صالح: المرجع السابق، ص ٥٤.

مجلة الاتحاد العام للأثريين العرب (١٦)

٧,٣٠	٩٧٠	٢٣٤ ٠	٣٩٢	٣٨٤ ٠	١,٥٠-	/٠,٦٠- ٠,٨٠-	/٦,٠٠- ٧,٠٠-	مدرسة قاني باي الرماح أثر رقم ٢٥٤ ١٥٠٦/هـ٩١١م	٧
-	-	-	-	-	-	-	-	منزل وقف السادات أثر رقم ٤٦٣ ١٠٧٠-١١٦٨هـ/ ١٦٥٩-١٧٥٤م	٨
٧,٢٧	١٢٥ ٠	٥٨٥	٣٠٧	٢٢٢ ٢	١,٢٠-	/٠,٧٠- ١,٧٠-	/٣,٠٠- ٤,٠٠-	منزل الأمير على كتخدا (وقف الريمعانة) أثر رقم ٥٤٠ ١٧٧٦هـ/١١٩٠م	٩
-	-	-	-	-	-	لم تظهر حتى عمق ٢٠متراً	/٤,٣٠- ٥,١٠-	سراي المسافر خاتة أثر رقم ٢٠ ١١٩٣-١٢٠٣هـ/ ١٧٧٩-١٧٨٨م	١٠
٧,٢٥	٨١٠	٢٦٩	٢٣٩	١٥٩ ٠	١,٥٠-	/٠,٢٠- ٠,٨٠-	/٦,٠٠- ٧,٠٠-	بيت إبراهيم السناري أثر رقم ٢٨٣ ١٧٩٤هـ/١٢٠٩م	١ ١
٨,١٢	١٤١ ٠	٧٦١	٤٠٣	٤٢٥ ٢	١,١٠-	/٠,٣٠- ٠,٦٠-	٥,٥٠-	جامع ألماس الحاجب أثر رقم ١٣٠ ١٣٢٩هـ/١٧٣٠م	١ ٢
٧,٢٩	١٣٣ ٠	٧٠٢	٢٦٥	٢٣٥ ٥	١,٢٥-	٠,٧٥-	٤,٠٠-	مدرسة القاضي عبد الباسط أثر رقم ٦٠ ٨٢٢-٨٢٣هـ/ ١٤١٩-١٤٢٠م	١ ٣
٧,٣٤	١٠٨ ٠	٣٠٤	٢٧١	٣٠٥ ٢	٠,٩٠-	٠,٤٠-	٤,٠٠-	مجموعة قلاوون أثر رقم ١٤٣ ٦٨٣-٦٨٤هـ/ ١٢٨٤-١٢٨٥م	١ ٤
٦,٩٩	٢٣٠ ٠	٣٧٤	٣٧١	٥٧٤ ٥	٦,٥٠-	٦,٠٠-	٣,٠٠-	باب النصر أثر رقم ٧ ١٠٨٧هـ/١٤٨٠م	١ ٥
٧,٠٩	١٢٩ ٠	٨٧٧	٤٧٨	٤١٨ ٨	-	/١,٤٥- ٢,٥٠-	/٣,٠٠- ٤,٠٠-	منزل جمال الدين الذهبي أثر رقم ٧٢ ١٠٤٧هـ/١٦٣٧م	١ ٦

٧,١٠	٥٣٠	١٣٠	-	٢٤٠	-	/٤,٩٠- ٦,٨٠-	/٣,٠٠- ٥,٥٠-	وكالة بازرعة أثر رقم ٣٩٨ القرن ١١هـ/القرن ١٧م	١ ٧
٧,٠٨	-	٨٩٠	٤٧٠	٤٢٠	-	/٠,٤٠- ١,٥٠-	/٢,٠٠- ٤,٠٠-	منازل رضوان أثر رقم ٤٠٦، ٤٠٧ القرن ١١هـ/ منتصف القرن ١٧م	١ ٨

جدول رقم (٢) يوضح عمق طبقات الرديم و مناسيب المياه الجوفية ونسب الأملاح الذائبة في المياه الجوفية في بعض الآثار الإسلامية

عن: صالح لمعي مصطفى (دكتور): ١٩٩١م.

ووجود الطفلة يساعد على نمو الكائنات الدقيقة على أسطح الأحجار الأثرية أو أسفل الأسطح إذا كانت تلك الأحجار مشبعة بالرطوبة وتساعد على سرعة نموها وتكاثرها على أسطح تلك الأحجار وأسفلها، كما أن الحشرات تحصل على الماء من خلال الامتصاص من الأسطح الرطبة في الأحجار ويتأثر معدل نموها ووضع البيض بمستوى الماء من حيث الارتفاع والانخفاض مع تواجد أنواع الفطريات والطحالب على أسطح الأحجار الرطبة أو أسفلها و هي ظاهرة تنتشر في آثار القاهرة القديمة.^(٢٥) صور (٧، ٨، ٩)

٢- مياه الصرف الصحي Sewage

تفاقت مشكلة مياه الصرف الصحي في القاهرة القديمة نتيجة الكثافة السكانية في المناطق الأثرية وعدم تجديد شبكات مياه الشرب والصرف الصحي مع استخدام الأهالي لدورات المياه الملحقة بالمساجد بصورة سيئة مما أضاف أحمالاً أخرى من المياه المنصرفة داخل التربة، علاوة على تهالك الشبكات نتيجة لانعدام الصيانة أو تلف لحامات المواسير ووصلاتها وكذلك عدم ترشيد استخدام مياه الشرب وعدم إغلاق صنابير المياه إغلاقاً محكماً، وتختلط المياه النقية بمياه الصرف في بعض الأماكن مما ينتج عنه تلوث يزيد من خطورة المشكلة، وتعتبر مياه الصرف الصحي عاملاً رئيساً في تلف العديد من أساسات وحوائط المباني الأثرية الإسلامية، ولقد تعددت أساليب الصرف الصحي في المناطق والأحياء

^{٢٥} - عصام محمد أحمد: دراسة تأثير التلف العضوي على أحجار بعض المنشآت الأثرية، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، عام ١٩٩٩م، ص ٦٤.



صورة (٩،٨،٧) توضح ارتفاع منسوب الرطوبة وتأثيرها على مدرسة الصالح نجم الدين -
مجموعة المنصور قلاوون - الأشرف برسباي (الباحث)

القديمة ، فاشتملت على ثلاثة أساليب منها الخزان البدائي (الطرنش البدائي) والخزان الحجري (بيارات الصرف) وأخيراً أنابيب الصرف الصحي، وتعتبر الطرنشات بكل صورها بمثابة خزانات وآبار كامنة داخل التربة، فقد وجد أن أثر هذه الطرنشات المتلف يتمثل في وضع ملح الطعام في قاع الطرنش ومن ثم تصريف المياه إلى مسام التربة. (٢٦)

وتتسرب مياه الصرف الصحي وما بها من فضلات عضوية إلى أساسات وحوائط المباني الأثرية فتتسبب في ضعف قوة تحمل التربة للأثر حيث أن هذه المواد العضوية المتحللة تؤدي إلى تحول طبقات التربة الحاملة للأثر إلى طبقة ضعيفة هشة Peat الأمر الذي يؤدي إلى نقص وضعف الطبقة الحاملة من جهة ، وهذه الطبقة هي في الأصل طبقة رديم كما ذكر سابقاً ضعيفة التحمل مما يؤدي إلى هبوط نسبي للعديد من أساسات المباني الأثرية مما نتج عنه شروخ في الحوائط والعقود مع ظهور ميل قد يصل إلى مرحلة الخطورة في العديد من المآذن وحوائط المباني الأثرية. (٢٧)

والزيادة الكبيرة في تركيز المشتقات العضوية مثل مركبات النيتروجين والفوسفات تأتي من تسرب مياه الصرف وما بها من أملاح عضوية إلى الأساسات ، وهذه الزيادة تؤدي إلى نقص كبير في درجة الأكسجين وارتفاع عدد البكتريا التي تعمل على تكسير المواد الغذائية مما يزيد من استهلاك الأكسجين حيث يمكن للبكتريا الهوائية Aerobic bacteria أن تستهلك أكبر نسبة من الأكسجين،

٢٦- محسن محمد صالح: المرجع السابق، ص ٥٢.

٢٧- محسن محمد صالح: المرجع نفسه، ص ٥٣.



صورة (١٠، ١١، ١٢) توضح تأثير المياه الأرضية والصرف الصحي على قبة أحمد القاصد ومنشأة شرف الدين وأخيه وقبة صفي الدين جوهر (الباحث)

وتختلط هذه البكتيريا مع الفطريات والكائنات الدقيقة الأخرى على أسطح الأحجار الرطبة في صورة مستعمرات تكون طبقات على أسطح المباني الأثرية. (٢٨) صورة (١٠، ١١، ١٢)

طرق الصيانة لمواجهة التأثير المتف للرتوبة بمصادرها المختلفة على المباني الأثرية:-

ولمواجهة هذه المشكلة يتم استخدام عدة طرق كالتالي:-

أولاً- الرطوبة:-

ويمكن مواجهة هذه المشكلة بتجفيف الحوائط لمنع تسرب المياه إلى الأساسات و انتشار الرطوبة في الحوائط ، مع إزالة ما يكون على الجدران من طبقات لتساخات تكون مشبعة بالأملاح مع تنظيف الجدران وتركها لتجف تماماً كالتالي :

١- التهوية : Ventilation

ويتبع هذا الأسلوب للتخلص من الرطوبة في حالة المباني الأثرية والتاريخية التي تحتوى على عناصر معمارية أو زخرفية ، وتتم عملية التهوية بتركيب مجموعتان من المراوح في اتجاهين متقابلين إحداهما لإدخال الهواء والأخرى لسحب الهواء من الداخل إلى الخارج وبالتالي يمكن تجفيف الجدران ومنع تكثف الرطوبة. ومن الطرق المستخدمة أيضاً عمل خنادق للتهوية ملاصقة للجدران من كلا الجانبين وملئ هذه الخنادق بالحصى والزلط المتدرج بالصغر كلما توجهنا للأعلى مع وضع فتحات تهوية علوية. (٢٩) شكل (٣) وصورة (١٤، ١٣)

²⁸-Taylor,J.,:Rainwater,This article is produced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2014.

^{٢٩}- أيمن عبد الهادي أبو شعبان: نماذج من المشاكل التي تصيب حجر البناء في المباني التاريخية طرق المعالجة الإنشائية والجمالية، جامعة فلسطين، نوفمبر ٢٠٠٧م.



شكل (٣) معالجة صعود الماء بالجدار- صورة (١٣، ١٤) توضح تهوية الخندق المحيط بالسور الخارجي من الأرض بالخاصة الشعرية و الداخلي للجامع العمري الكبير بغزة عن: أيمن عبد الهادي أبو شعبان، ٢٠٠٧م.

٢- التدفئة: Heating

ويستخدم أسلوب التدفئة لخفض الرطوبة في أجواء المباني الأثرية وذلك لمنع تكثفها على أسطح الجدران وذلك عن طريق تزويد المباني بشبكة من الأنابيب المعدنية تغذى مركزياً بالماء الساخن، فتشع الحرارة في أرجاء المبنى ، ويجب ألا ترتفع درجات الحرارة عن ١٦ درجة مئوية^(٣٠).

٣- إستخلاص أملاح التزه: Extraction of Efflorescence

Salts أثبتت الدراسات التي أجريت لقياس محتوى مواد البناء المشبعة بأنواع مختلفة من الأملاح من الماء الحر، أن الكتل الحجرية وقوالب اللبن التي تصل فيها كمية ملح كلوريد الصوديوم إلى ٢٠مجم في سم^٣ تمتص الرطوبة من الجو المحيط على هيئة ماء حر بنسبة تتراوح من ١٠ : ١٥ % بالحجم عند رطوبة نسبية مقدارها ٩٠ % ، بينما الكتل الحجرية وقوالب اللبن الخالية من الأملاح تنعدم تقريباً قابليتها لامتصاص الرطوبة ويعنى هذا أن وجود الأملاح بمواد البناء يزيد من قابليتها لامتصاص الرطوبة ، ومن ثم يزيد محتواها من الماء الحر، وهكذا يتضح اتصال دائرة التلف بين الأملاح والرطوبة فالأملاح تمتص الرطوبة والرطوبة الممتصة في صورة ماء حر تذيب الأملاح وتنشطها لذا فإن صيانة المباني الأثرية تتطلب استخلاص الأملاح من مواد البناء^(٣١) ، ولكن من الأفضل منع تكوين هذه الأملاح عن طريق الآتي:

- ١- عزل الأساسات لمنع وصول المياه الأرضية إلى الجدران.
- ٢- في حالة الكتل الحجرية المشبعة بالأملاح والتي لا تسمح حالتها بالعلاج ،يتم محاولة الحفاظ علي ثبات مستويات الحرارة والرطوبة النسبية في الأجواء المحيطة.
- ٣- تقوية الكتل الحجرية الضعيفة بمحاليل مقويات مناسبة ولاتسد مسام الحجر.

^{٣٠}- عبد المعز شاهين: المرجع السابق، ص ٢١٥.

^{٣١}- عبد المعز شاهين: المرجع السابق، ص ٢١٦.

٤- إزالة واستخلاص الأملاح من أسطح الكتل الحجرية بالطرق الميكانيكية أو بالمحاليل المناسبة التي لا تؤثر على حالة الأسطح الحجرية.^(٣٢)
ثانياً- **خفض المياه السطحية وتحت السطحية:-**

ولمواجهة خطر المياه السطحية وتحت السطحية، فهناك عدة طرق منها :-

١ - **مصدات المياه الرأسية : Vertical Moisture Barriers**

يستخدم أسلوب مصدات المياه الرأسية للتقليل من كمية مياه الرشح والنشع السطحية التي تصل إلى الأساسات والأجزاء السفلى من الجدران ، و هي إما أن تكون حوائط حول الأساسات أو في صورة ثقوب وقنوات تحفر حول الجدران تتجمع حول حوائط الجدران تتجمع فيها مياه الرشح ثم يتم ضخها تدريجياً بعد ذلك.^(٣٣)

٢ - **الصرف المغطى : Submerged Drainage**

يستخدم أسلوب الصرف المغطى إما للتقليل من مياه الرشح والنشع السطحية والأفقية ، وإما لخفض منسوب المياه الجوفية حتى لا تصل إلى أساسات الجدران ، ومن ثم ترتفع فيها بالخاصية الشعرية ، ويتلخص أسلوب الصرف المغطى في تغطية أرضية المباني بشبكة من الأنابيب المسامية توضع على أعماق تتناسب مع منسوب مياه الرشح والنشع أو المياه الجوفية و تنتهي بمجموعة من البيارات العميقة تحفر خارج المبنى تتجمع فيها المياه ، ومن ثم يمكن ضخها بعيداً عن المواقع الأثرية ، ولمواجهة خلخلة التربة أسفل أساسات المباني والتي قد تنتج عن عمليات السحب يتم حقن الأساسات والتربة من وقت إلى آخر بمحاليل الراتنجات واللدائن الصناعية لمنع حدوث الهبوط والخلخلة للتربة .^(٣٤) شكل (٤) وصوره

(١٧، ١٦، ١٥)

^{٣٢}-سعيد علي خطاب: ترميم وصيانة المباني الأثرية ، صورة (١٥) توضح توزيع الأنابيب حول الجدران عن:عمار حريثاني،٢٠١٤. ص٨٤.

^{٣٣}- محسن محمد قاسم (دكتور): صيانة المنشآت التاريخية، ندوة القاهرة والتراث، جمعية المهندسين المصرية، القاهرة، ١٩٩١ م، ص٩.

^{٣٤}- محسن محمد قاسم (دكتور): المرجع نفسه، ص٩.



صورة رقم (١٦، ١٧) توضح عمليات تجميع المياه في البيارات بمجموعة قلاوون بشارع المعز
After: Elbarbary, W, 2005

Damp Proof Courses

وتستخدم الطبقات غير المنفذة للمياه لمنع تحرك مياه النشع والرشح في الاتجاه الرأسى وتستخدم في الحوائط والأرضيات لإيقاف ارتفاع المياه فيها طريقتان هما:

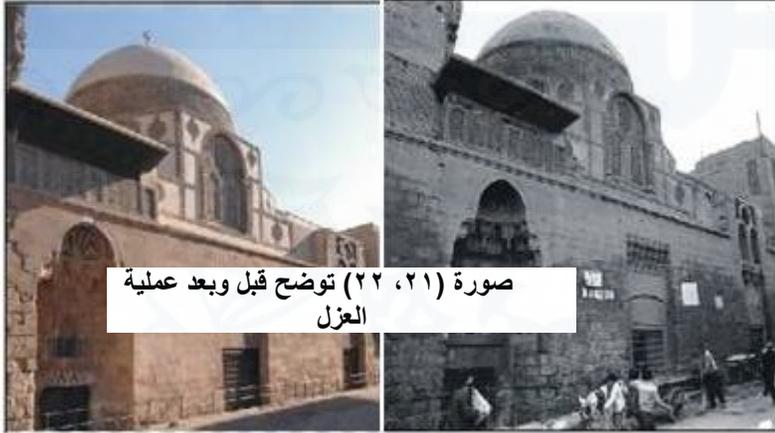
الأولى - العزل الفيزيائي :-

وتعتمد هذه الطريقة على نشر أجزاء أفقية متتالية من الحائط في طبقة المونة بين مدماكين بواسطة منشار هيدروليكي صلب كاتم للذبذبات، ثم يتم إدخال ألواح البلاستيك PVC Sheets عالية الصلابة وذو قدرة عالية على تحمل الضغوط والأحمال بكامل سمك الحائط وتكون الشرائح بعرض من ٢٠-٣٠ سم ، ويتم حقن مونة أسمنتية خالية الأملاح أعلى وأسفل الشرائح حيث تربطها بالحائط مع قطع الزيادات من الشرائح ، وتكرر هذه العملية بكامل سمك الحائط حتى نحصل على طبقة عازلة مستمرة تحت الحوائط ، وتتميز هذه الطريقة بكفاءتها العالية في عزل

الرطوبة عن الجدران ومناسبتها لأسماك الجدران المختلفة وعدم استخدام مواد كيميائية تؤثر على الأحجار أو تغير في لونها(التكية المولوية) (٣٥)صورة(١٨: ٢٢)



صورة(١٨) توضح عملية التنقيب صورة (١٩) توضح إدخال ألواح العزل صورة (٢٠) توضح عملية الحقن



صورة (٢١، ٢٢) توضح قبل وبعد عملية العزل

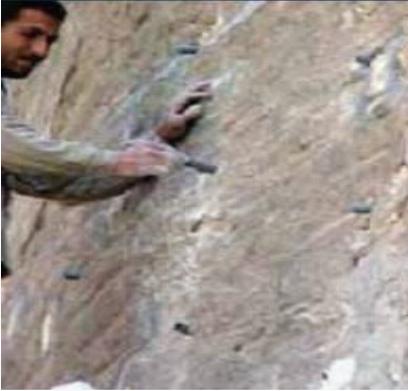
الثانية:
العزل

الكيميائي :-

وتعتمد هذه الطريقة على حقن الحوائط بمادة عازلة فوق سطح الأرض

³⁵ - Fanfani, G., : The Italian – Egyptian Restoration Center’s Work in the Mevlevi Complex in Cairo, the Restoration and conservation of Islamic Monuments in Egypt , Edited by Jere ,L, Bacharach. The American University in Cairo Press, 1995, p.64, 65.

مباشرةً مع عمل ثقوب للحوائط لحقن هذه الحوائط ومنها راتنجات السيليكون الطاردة والمانعة لامتصاص الماء Water Repellents ومنها الفاكس Waker وسليكيات الإيثيل وخليط السيليكون واللاتكس فتمنع صعود الماء إلى داخل مسام الأحجار،^(٣٦) حيث يتم العمل أعلى سطح الأرض بعزموس حجر بتثقيب الجدار ببنط من ٢٠-٢٥ مم بمسافات بينية من ١٥-٢٠ سم ثم يتم تركيب مواسير بلاستيكية في الثقوب مع تثبيتها بالجبس



ويكون عمق الثقب حوالي ٩٠% من سمك الجدار، ويستخدم لعملية الحقن ماكينة تحتوي على خلاط ذو خرطوم مطاطي يتحمل الضغط العالي ينتهي بفوهة نحاسية ضيقة، ويحتوي خلاط الماكينة على مواد العزل التي يتم حقنها في الثقوب تحت ضغط، ثم تترك الثقوب مفتوحة بعد الحقن وإزالة

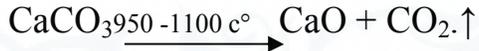
صورة (٢٣) توضح تحضير الجدران للحقن. After: Elbarbary, W, 2005.

المواسير البلاستيكية منها حتى يتم جفاف المادة العازلة وتكرر هذه العملية حتى التأكد من انتشار طبقة العزل في الجدار.^(٣٧) صورة (٢٣)

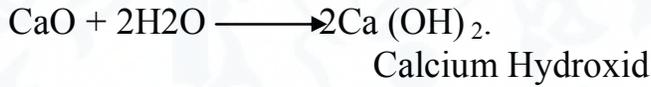
ثالثاً- علاج مسارات الأمطار الحمضية:-

تنشأ ظاهرة الأمطار الحمضية في الأجواء الصناعية أو الأجواء التي ينتشر بها التلوث الغازي وتصاحب الأمطار عند هطولها اختلاطها مع الأكاسيد والملوثات الجوية التي تتحول إلى أحماض ومركبات كيميائية تتلف أسطح المباني الأثرية والتاريخية ولمواجهة هذه المشكلة يتم الآتي :-
- إنشاء شبكة من المجاري لتصريف المياه الناتجة عن الأمطار حتى لا تتجمع فوق سطح المبنى أو حوله.
- زيادة مقاومة المبنى وذلك بمعالجة نقاط الضعف وشروخ وشقوق نافذة.

^{٣٦} - طارق عبد الحميد فرغلي : المحافظة على بعض معالم التراث في العصر المملوكي والعثماني وإحيائها ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الإسكندرية ، ١٩٨٧م ، ص٧٣ ، ٧٤.
^{٣٧} - أسامر زكريا أحمد : التقنيات المعاصرة في ترميم المباني الأثرية دراسة تطبيقية على المباني الأثرية الإسلامية في مصر ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٤-٢٠٠٥م ، ص١٣٢ ، ١٣١ .



كالتالي: $2\text{Ca}(\text{OH})_2$



رابعاً: هبوط الأرضيات والتربة :-

-:

^{٣٨}- عبد الظاهر عبد الستار أبو العلا (دكتور): دراسة في علاج وصيانة تكية السليمانية ، مؤتمر الفيوم الأول الفيوم بين الماضي والحاضر مستقبل التنمية الأثرية و السياحية في الفترة من ٧-٨ أبريل ٢٠٠١م ،كلية الآثار ، فرع الفيوم ، جامعة القاهرة ، ص٢٥٨، ٢٥٧.

³⁹-Torraca, G.,: Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, The Getty conservation Institute, Los Angeles, U.S.A, 2009, p.51,53,54.

^{٤٠}-عبد الرحمن علي شحاتة : العوامل البيئية المؤثرة على الرخام في المباني الأثرية بمصر، رسالة ماجستير ، معهد الدراسات والبحوث البيئية ، جامعة عين شمس، ١٩٩٧م ، ص ٢٦٠ ، ٢٦١.



النتائج:

٤١- محمد أحمد عوض (دكتور): المرجع السابق، ص ٢١٩، ٢٢٠.

التوصيات:

المراجع

١١- عبد الظاهر عبد الستار أبو العلا (دكتور): دراسة في علاج وصيانة تكية السليمانية ، مؤتمر الفيوم الأول الفيوم بين الماضي والحاضر مستقبل التنمية الأثرية و السياحة في الفترة من ٧-٨ أبريل ٢٠٠١م ،كلية الآثار ، فرع الفيوم ، جامعة القاهرة .

References

- 22-Abd El -Hady, M.:** Ground water and the deterioration of Islamic buildings in Egypt " The Restoration and Conservation of Islamic monuments in Egypt", The American University in Cairo Press, 1995.
- 23-Dubey, S. & Jain S.K.:** Effect of Humidity on Fungal Deteriogens of Monumental Monuments, International Research Journal of Biological Sciences, Vol. 3, April (2014).
- 24-Elbarbary, W.:** QALAWUN Complex Conservation and Restoration, Symposium: Rehabilitating traditional Mediterranean architecture ,Marseille, France, September, 2005.
- 25- Fanfoni, G.:** The Italian – Egyptian Restoration Center’s Work in the Mevlevi Complex in Cairo, "The Restoration And Conservation of Islamic Monuments in Egypt", The American University in Cairo press, 1995.
- 26- Hampkian, N.:** Restoration of the Mausoleum of AL – Salih Najm al-Din Ayyub, " The Restoration and Conservation Of Islamic Monuments in Egypt", The American University in Cairo Press, 1995.

- 27- Hutton, T.:** Condensation, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2004.
- 28- Hutton, T.:** Rising Damp, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2012.
- 29- Kent, D.:** Rain Penetration, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2005.
- 30-Moncrieff, A., &Weaver, G.:** An introduction to materials, "Science for Conservators", Vol.1, Routledge, London, U.K, 1999.
- 31-Rodrigus, J, D.:** Mechanisms and Measurement of Damage in stone monuments, "Sciens, Technology and European cultural Heritage" ,Published for commission of The European communities by Butterworth-Heinemann L.T.D, 1991.
- 32-Richardson, B, A.:** Defects And Deterioration In Buildings, Butterworth-Heinemann, Oxford, England, 1995.
- 33- Saleh, S, A:** Pigments, Plasters and Salts analysis, "Wall painting of Tomb of Nefertary", EAO, Cairo, 1987.
- 34-Taylor, J.:** Rainwater, This article is reproduced from The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2014.
- 35- Torraca, G.:** Porous Building Materials, " Materials Science for Architectural Conservation", ICCROM, Rome, 1981.
- 36- Torraca, G.:** Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, The Getty conservation Institute, Los Angeles, U.S.A, 2009.
- 37-Winkler, E, M.:** Problems in the deterioration of Stone, "Conservation of Historic Stone buildings and Monuments," National Academy Press, Washington D .C, U .S .A, 1982.

Summary:

The study deals with the effect of humidity with its different sources on the Islamic monumental buildings in Cairo and methods of preservation that

contribute of reducing the risk of this destructive factor which Cairo suffering from it and shows its impact clearly on the content of monumental buildings, the study begins with a definition of the term humidity comprehensive sense then review the various sources such as relative humidity and the effect of frequency in rates in the air through the rise and fall where it plays a major role in the damage and the deterioration of monumental buildings and the content of various building materials, and is recognized as the phenomenon of condensation and the resulting physical, chemical and biological destructive effects of different building materials, the study explains the problem of underground water in Cairo as a result of population density and the accompanying expansion of urban steady increase in the loads of the services and facilities, this resulting an increase leaking to the aquifer and the changes in the nature of underground water levels and surface ground water level rates, the salts which holding and biological damage factors, all of this have a bad effect on monumental buildings within the city, the study clarifies sewage problem in the old Cairo as a result of population density in the archaeological areas, the non-renewal of sanitation and drinking water systems and sewage, the sewage water is a major factor in the damage to many of the foundations and walls of monumental Islamic buildings, including chemical and biological factors which cause damage of different building materials, the study shows also the problem of rain as a source of humidity and one of important dangerous damage factors to monumental buildings.

The study offers a range of solutions and mechanisms that contribute to the prevention and reduction of the seriousness of this factor by presenting the suggested methods of preservation to the problem of humidity through the presentation of the appropriate method for each various sources, and these methods are used and have proven successful in stopping or reducing the risk of various humidity sources, the study includes a group of tables, photos and diagrams that contribute to show and clarify the subject.

It concludes with a set of search results and general recommendations that are easy to apply in addition to the references that was used in the study.

Key words: humidity, relative humidity, condensation, ground water, sewage, rain, methods of preservation.