سلسلة مداولات علمية محكمة للقاء السنوي للجمعية - ٧

جمعية التاريخ والآثار
بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

دُول مجلس التعاون لدول الخليج العربية عبر العصور

مداولات
اللقاء العلمي السنوي السابع للجمعية
المنامة - مملكة البحرين
(٢٠ - ٢٣ ربيع الأول ١٤٢٧هـ /١٨ - ٢١ أبريل ٢٠٠٦م)

دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية عبر العصور

سلسلة مداولات علمية محكمة للقاء السنوي للجمعية - ٧

جمعية التاريخ والآثار
بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية عبر العصور

هيئة تحرير الكتاب :

أ. د. أحمد بن عمر الزيلعي (رئيس الهيئة)
د. عبدالمحسن مدعج المدعج
أ. د. علي منصور شهاب
د. عصام بن علي الرواس
د. عبد الحسين علي أحمد
د. حمد بن محمد بن صراي
أ. فؤاد بن حسن العامر

مداولات
اللقاء العلمي السنوي السابع للجمعية
المنامة - مملكة البحرين
(٢٠ - ٢٣ ربيع الأول ١٤٢٧هـ / ١٨ - ٢١ أبريل ٢٠٠٦م)

ح جمعية التاريخ والآثار بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، ١٤٢٨هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية في أثناء النشر
جمعية التاريخ والآثار بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية
دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية عبر العصور. - الرياض، ١٤٢٨هـ
٦٢٩ ص: ١٧ × ٢٤ سم (سلسلة مداولات اللقاء السنوي، ٧)
ردمك : ٠-٤-٩٤٣٢-٩٩٦٠
١ - دول مجلس التعاون الخليجي - تاريخ أ - العنوان
ب - السلسلة
ديوي ٩٥٣,٠٠١ ١٤٢٨/١٥٢٩
رقم الإيداع : ١٤٢٨/١٥٢٩
ردمك : ٠-٤-٩٤٣٢-٩٩٦٠

الآراء الواردة في هذه البحوث لا تعبر بالضرورة عن رأي جمعية التاريخ والآثار بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، وإنما تعبر عن آراء أصحابها.

المحتـويات

الموضـــــوع	الصفحة
- بدايات التواصل الحضاري بين المجتمعات الخليجية وبلاد الرافدين أ. علي بن راشد المديلوي	٩
- تايلوس وحضارة الأنباط أ. محمد رضا إبراهيم حسن معراج	٤١
- الخوارج النجدات وأثرهم السياسي في العصر الأموي د. عبدالله بن حسين الشنبري الشريف	٩٥
- ضَرِيّة.. أضواء على تاريخها وآثارها د. سعيد بن دبيس العتيبي	١٤١
- رسائل الإمام القاسم بن علي العيَّاني إلى أهل عثر ونجران في أواخر القرن الرابع الهجري (العاشر الميلادي) أ. د. غيثان بن علي بن جريس	١٩٧
- دور الموانئ اليمنية في التجارة العالمية خلال القرنين الثالث والرابع الهجريين أ. د. ضيف الله بن يحيى الزهراني	٢٥١
- عمارة اليمني سفيراً ومؤرخاً (٥١٥ - ٥٦٩هـ / ١١٢١ - ١١٧٤م) د. عائض بن محمد الزهراني	٢٧٣
- النشاط الزراعي في إقليم البحرين خلال عصر الدولة العيونية د. فهد بن علي الحسين	٣٣٧
- أضواء على رحلة إلى الخليج العربي للحاج عبدالله وليمسون د. سعيد بن محمد بن سعيد الهاشمي	٣٨٩

الموضـــــوع	الصفحة

- الفراغ السياسي والفكري للأمة العربية خلال انهيار الخلافة العثمانية وتأثيره في الواقع المعاصر ——— ٤٢٣
  د. عزة بنت عبدالرحيم بن محمد شاهين

- الكويت وجامعة الدول العربية من مساعي الانضمام حتى الأزمة الكويتية العراقية ١٩٦١م ——— ٤٤١
  أ. د. عبدالله بن سراج عمر منسي

- أبعاد اختيار مكة المكرمة عاصمة للثقافة العربية ——— ٥٠١
  أ. د. يوسف بن علي الثقفي

- عوامل تلف المواقع الأثرية: حالة دادان (الخريبة) ——— ٥١٥
  د. عبدالناصر بن عبدالرحمن الزهراني

- دراسة تاريخية للجبّة الرجالية في شبه الجزيرة العربية "تصميمات مقتبسة" ——— ٥٥٩
  د. حورية عبدالله برأت تركستاني أ. رابعة سالم محمد أمين سجيني

عوامل تلف المواقع الأثرية:
حالة دادان (الخريبة)

د. عبد الناصر بن عبد الرحمن الزهراني(*)

الملخص:

تبدأ دورة تلف المواقع الأثرية والمنشآت المعمارية من اللحظة التي اكتمل فيها البناء لتعيش فترة من الزمن ثم يبدأ الهجران فتتسارع عملية الهدم.

يعتمد تلف العناصر الأثرية المعمارية على أمرين أساسيين هما طبيعة المادة نفسها والبيئة المحيطة أو ما يسمى بالوسط المحيط. في كثير من الأحيان يصعب التفريق بين هذين الأمرين، حيث إن تلف المنشآت المعمارية الأثرية قد يعزى إلى مقاومة بنيتها للتحلل، أو إلى عامل البيئة المحيطة، أو كليهما معاً، سواء في باطن الأرض أو على سطحه. ويمكن فهم هذين العاملين من خلال محاولة تحديد العوامل البيئية التي قد تساعد على تلف المنشآت المعمارية الأثرية المكتشفة. وهذه الورقة تبحث في عوامل التلف الفيزيائية.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة، كما هو واضح من العنوان، إلى الكشف عن العوامل التي تسببت في تلف موقع دادان ومنشآته المعمارية الأثرية، ومن ثم كيف ساهمت هذه العوامل في تدهور الموقع من الناحية الفيزيائية.

أهمية الدراسة:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من الموقع نفسه، حيث إن دادان قد يكون موقع قوم ثمود، وأن هذه الدراسة لم يسبق إليها باحث، وأن الكشف عن هذه العوامل يساعد الباحثين والمرممين في عملية ترميم وصيانة الموقع، ومن ثم تأهيله سياحياً.

حدود الدراسة:

تتناول هذه الدراسة عوامل التلف الفيزيائية، التي أدت إلى تدهور الموقع، من خلال التلف الذي أصاب الأحجار وبالتالي الجدران. هذه العوامل ظهرت للباحث من خلال ما كشف عنه في مواسم التنقيب الثلاثة التي قام بها فريق التنقيب في جامعة الملك سعود.

منهج الدراسة:

اتبع الباحث في هذه الدراسة منهج الفحص النظري، وهذا لا يخلو من أن يستخدم الباحث أدوات الحفر، المسحاة والمسطرين والفرشة وغيرها من الأدوات، في سبيل الكشف عن عوامل التلف التي أصابت مباني الموقع. جاءت هذه الدراسة بعد موسمين، (الموسم الثاني والثالث من عملية التنقيب) (١٤٢٦-١٤٢٧هـ)، قضاها الباحث في تتبع عوامل تلف مباني موقع دادان الأثري بالإضافة إلى الإشراف والتنفيذ لعملية الترميم والصيانة لهذا الموقع وتأهيله سياحياً.

المقدمة:

التراث الحضاري الإنساني مبعث فخر لجميع الأمم، ويمثل ثروة وطنية وحضارية ضخمة، هذه الثروة كانت وما زالت عرضة للضياع والاندثار والاستغلال العشوائي من خلال تساقطها وسرقتها وعوادي الزمن، لذلك عندما وعت الشعوب والأمم لهذه الثروة وأهميتها عدّتها من الثروات الأساسية التي يجب المحافظة عليها فأقامت المؤسسات والمراكز الحكومية لحمايتها وصيانتها.

موقع دادان (الخريبة) في منطقة العلا هو أحد هذه الثروات الوطنية التي لابد من المحافظة عليها أثناء التنقيب وبعده.

وتعدّ عمليات التنقيب في المواقع الأثرية الوسيلة الوحيدة للكشف عن تاريخ وحضارتها تلك المواقع، بشكل عام ودادان بشكل خاص، ومع أنها كذلك، إلاّ أنها في الوقت نفسه وسيلة هدم وتدمير له. فما يحدث هو هدم للموقع وللوسط المحيط وعوامل الحفظ التي حفظت لنا تلك المخلفات الأثرية خلال مئات أو عدة آلاف من السنين. هذا التدمير أو الهدم لابد منه للتمكن من دراسة آثار هذا الموقع ومنشآته المعمارية، من خلال إزالة الوسط المحيط، وهو التربة المحيطة، وبذلك يتعرض الموقع ومنشآته المعمارية لوسط جديد وبيئة جديدة غير البيئة التي تحيط به وبذلك تظهر عوامل تلف - حفظ جديدة لها شروطها وأدواتها الخاصة بها، تضع هذا الموقع، دادان، منشآته المعمارية أمام أخطار أخرى تؤثر في استمرارية بقائه دون محالة. ومع استمرارية التنقيب من سنة إلى أخرى وتعرض الموقع لوسط محيط جديد تستمر الأخطار في الزيادة، وتتسارع المنشآت، التي كشف عنها، في التساقط شيئاً فشيئاً حتى تدمر نهائياً.

تظهر هذه المشكلة بشكل جليّ في المواقع الأثرية التي تهجر دون أي رعاية أو صيانة تقدم لها أثناء موسم التنقيب أو بعده. وهذه الرعاية والصيانة إذا لم تتواصل من فترة إلى أخرى أيضاً سوف تتدهور، خاصة إذا علمنا أن موسم التنقيب، وهو الموسم الذي سوف تراقب وتتابع فيه حالة الموقع، لا يستغرق عادة أكثر من ستين يوماً (في المملكة العربية السعودية) بأي حال من الأحوال، وخلال باقي السنة، وهي ثلاثمائة يوم تقريباً، لن يقدم للموقع أي صيانة. لذلك لا بد من مراقبة المواقع الأثرية بشكل دوري وأن تكون الصيانة فيها حسب الحاجة خلال السنة وبعد الترميم والصيانة الأولية.

البيئة الأثرية:

تبدأ دورة تلف المواقع الأثرية والمنشآت المعمارية من اللحظة التي يكتمل فيها البناء، وأحياناً أثناء البناء، لتعيش فترة من الزمن ثم يبدأ الهجران فتتسارع عملية الهدم.

يتم الكشف عن موقع دادان الأثري ومنشآته المعمارية، التي تشمل الجدران والأحجار، في أغلب الأحيان، من بيئات مكثت فيها مئات أو عدة آلاف من السنين. وحيث إن جميع هذه العناصر معرضة للتلف فإن وجود هذه العناصر في حالة جيدة، بعد مدة طويلة من الزمن، يدل على وجود سبب ما وراء ذلك، في الغالب يعود لغياب عوامل التلف أو لوجود بيئة مناسبة حافظت عليها.

بمعنى آخر، إن سرعة تفاعل عوامل التلف هنا ليس أمراً مهماً بقدر وجودها أو غيابها أو تعطل نشاطها. وتزداد أهمية ذلك كلما طالت فترة وجودها في باطن الأرض. ومع أن معدل التلف يكون سريعاً على المادة الأثرية، سواء المدفونة أو المهجورة إلاّ أن بعض العناصر لها القدرة على

تخفيف معدل سرعة عوامل التلف إلى ما يقارب الصفر. فإذا لم يحدث ذلك، فإن تركيب المادة الكيميائي سيتغير ليصبح في توازن مع البيئة أو الوسط المحيط، إما للبقاء أو للتحلل الكلي.

عوامل تلف المنشآت المعمارية في دادان:

يعتمد تلف المنشآت الأثرية المعمارية على أمرين أساسيين هما طبيعة المادة نفسها والبيئة المحيطة أو ما يسمى بالوسط المحيط. في كثير من الأحيان يصعب التفريق بين هذين الأمرين، حيث إن تلف العناصر الأثرية قد يعزى إلى مقاومة بنيتها للتحلل، أو إلى عامل البيئة المحيطة، أو كليهما معاً، سواء في باطن الأرض أو على سطحه. ويمكن فهم هذين العاملين من خلال محاولة تحديد العوامل البيئية التي قد تساعد على تلف العناصر الأثرية المكتشفة.

وقد لاحظ الباحث أثناء تتبعه لعوامل التلف، في منطقة دادان، تكسر الأحجار وتفتتها وتحولها إلى مسحوق وتغير ألوانها... إلخ، كما لاحظ أيضاً طريقة سقوط الجدران والمنشآت المعمارية. هذه الملاحظات التي كشفها الباحث كان وراءها عوامل أدت بها إلى ذلك، ويمكن تقسيم هذه العوامل إلى الآتي:

عوامل تلف طبيعية: مثل تفكك بنية المواد مثل تكسر الحجارة وتفتتها بواسطة الماء (الرطوبة، والأمطار، أو المياه الجوفية أو السطحية... إلخ)، وتآكل الحجارة الناعمة بواسطة الماء المتدفق، وتكلس الجير بالرطوبة،... إلخ، والحرارة، التغير في درجات الحرارة بين الليل والنهار كما في المناطق الصحراوية، والحمولة الزائدة. وأيضاً قد يكون ناتجاً عن براكين أو زلازل أو عن عملية نهب وسرقة منظمة أو غير منظمة. وكذلك عوامل التجوية بشكل عام: هذه العوامل قد تكون عوامل تلف كيميائية علاوة على كونها عوامل تلف طبيعية.

عوامل تلف كيميائية: مثل تغير التكوين الكيميائي للأحجار، حيث تذيب الأحماض المواد الجيرية وكذلك الكربونات الموجودة في بعض الأحجار ويبقى أكسيد الحديد (هيماتايت)، ولذلك يلاحظ على أحجار موقع دادان الأثري اللون الأحمر بشكل عام. وأيضاً عملية التقادم العُمري.

عوامل تلف حيوية: عن طريق العمليات العضوية المؤثرة فيزيائياً وكيميائياً على المنشآت المعمارية.

هذه الورقة ستركز على عوامل التلف الطبيعية، التي يمكن اكتشافها من خلال مسح الموقع.

عوامل التحلل في موقع دادان ومنشآته المعمارية:

موقع دادان (صورة رقم ١)، وغيره من المواقع، يحيط به التربة والماء والهواء والأكسجين والضوء والحرارة والأملاح والنبات والحيوانات والفطريات والبكتريا ... إلخ، هذه العوامل لها تأثير بالغ في الموقع ومنشآته ونجده من خلال تحول الحجر إلى مسحوق أبيض أو تغطيته بمادة شفافة صلبة (أملاح)، أو تكسره أو... إلخ.

وحيث إن مواد المنشآت المعمارية الأثرية، تعدّ مواداً مسامية كما في موقع دادان، فإن تلفها فيزيائياً (Physical Deterioration) يظهر بوضوح في المناطق ذات المناخ البارد والجاف جداً أو الحار والجاف جداً (مناخ صحراوي). فهي تتأثر بما يلي:

الماء:

يوجد الماء في البيئة الأثرية إما على شكل سائل كمياه الأمطار أو الأنهار أو الآبار، أو ويوجد على شكل بخار ماء (رطوبة)، أو قد يكون على شكل صلب (ثلج).

يؤثر الماء فيزيائياً من خلال حركته، عبر ترسبات الرمل أو الحصى، حيث يقوم بالاحتكاك بالمنشآت المعمارية بشكل عام، أو كما حدث مع الحوض في وسط موقع دادان، حيث أثرت حركة الماء، وما تحمله من جزئيات رملية، من خلال الاحتكاك الذي أحدثته على قاعدة الحوض في موقع دادان، تجاويف وحزوز غائرة (صورة رقم ٢، ٣).

وتتأثر المواد المسامية (الأحجار والمونة... إلخ)، في منطقة دادان، بحركة الماء بعدة طرق هي:

- عن طريق المص حيث يتحرك الماء من المنطقة التي امتلأت فيها المسام الشعرية وبللت أسطح المسام الواسعة إلى المنطقة التي امتلأت في المسام الشعرية بالماء ومازالت أسطح المسام الواسعة فيها جافة.
- الانتشار حيث يتحرك الماء من المنطقة ذات المحتوى المائي الأعلى إلى المنطقة ذات المحتوى المائي الأقل، كما في الأواني المستطرقة.
- عن طريق الخاصية الأسموزية حيث يتحرك الماء من المناطق التي تحوي أيونات قليلة إلى مناطق تحوي أيونات كثيرة.
- عن طريق الحركة الكهربائية حيث يتجه الماء نحو القطب السالب داخل المادة المسامية.
- عن طريق الحرارة وهنا يتحرك الماء من المناطق ذات الحرارة الأعلى نحو المناطق ذات الحرارة الأقل[١].

هذه الحركة للماء تؤثر في تلف المواد المسامية من خلال إذابة مكوناتها وما تحمل معها من الشوائب كالأملاح، حيث إن الأملاح تعدّ من الأسباب الرئيسة في تلف المواد المسامية في منطقة دادان.

أما في الحالة الغازية (بخار ماء)، أو ما يسمى بالرطوبة، فإن منطقة دادان تحدها المزارع من ثلاث جهات، الجهة الجنوبية والغربية والشمالية، أما من الجهة الشرقية فيحدها جبل الخريبة وهذا يجعل من منطقة دادان منطقة رطبة، خاصة في الليل وفي ساعات الصباح الباكر. ولذلك فإن تلف موقع دادان ومنشآته المعمارية، الناتج عن بخار الماء في هذه المنطقة يحدث بعدة طرق هي:

- عن طريق التكاثف والامتزاز حيث يتخلل بخار الماء المواد المسامية ويتسرب إلى داخلها.
- عن طريق الحرارة حيث يتكثف بخار الماء على الأسطح الباردة.
- ينتقل بخار الماء من المناطق التي تحتوي على عدد كبير من جزيئات البخار العالقة في الهواء إلى المناطق التي تحوي عددًا أقل من جزيئات البخار.
- ينتقل بخار الماء عن طريق الخاصية الهيجروسكوبية (Hygroscopicity)، وهي قدرة المادة المسامية على مص بخار الماء. فالمسام الصغيرة تسهل عملية الامتزاز الهيجروسكوبي، وقد تمتلئ هذه المسام الصغيرة بالماء إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪.
- يتحرك الماء داخل المسام عن طريق قوى التجاذب الكهربي بين الأسطح القطبية وجزيئات الماء العالقة في الهواء[٢].
- في حالة وجود الأملاح في المواد المسامية كالصخور أو الأحجار فإن الأملاح القابلة للذوبان في الماء تتميز بالخاصية الهيجروسكوبية، إذ يمكن لهذه الأملاح أن تمتز الماء، في حالته الغازية عندما يكون معدل الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪.

وتذكر كارول أن لوجود الماء داخل المواد المسامية أربعة أسباب مجتمعة أو متفرقة هي:

١ - ماء الجاذبية (Gravitational water) الذي يتخلل إلى داخل مسامات الصخر.

٢ - ماء الخاصية الشعرية (Capillary water) المنجذب بطريقة نشاط الخاصية الشعرية إلى داخل المسامات وكذلك إلى داخل الفراغات الصغيرة.

٣ - ماء البلل (Hygroscopic water) الموجود في شكل غلاف رقيق محيط بالحبيبات والأجسام الدقيقة.

٤ - ماء مشترك (Combined water) متحد كيميائياً مع ذرات ومركبات الصخر ولا ينفصل إلاّ بالحرارة القوية فقط[٣].

وجود هذا الماء داخل الأحجار يؤدي إلى ذوبان بعض مواد الأحجار، الجيرية والرملية، مما يؤدي إلى تكسر الحجر وتفتته.

ويؤثر محتوى الماء في موقع دادان أيضاً على وجود أو تكاثر وتطور الكائنات الحية، وكذلك تزهر وتحرك الأملاح. حيث يوجد الماء في التربة الأثرية داخل التجاويف بين الجزيئات المعدنية والمواد العضوية أو يمتص على السطوح النشطة للطين والدبال[٤]. ويبقى الماء في داخل التجاويف إذا لم يجد مصرفاً له نتيجة لوجود طبقة تحتية غير نافذة للماء أو نتيجة لارتفاع منسوب الماء. ويمكن تصريف الماء الذي في تجاويف أكبر من (٠,١) مليمتر، في حين يصعب تصريف الماء الموجود في التجاويف الدقيقة، وذلك بسبب قوى السطح المعروفة باسم الجاذبية الشعرية. ومن ثم فإن الماء يبقى

محفوظاً في مواد مثل الطين والوحل وحول جزيئات التربة (المتحدة مع الماء). ونسبة المسامية في الأحجار الرملية تصل إلى ٣٥٪ من حجم الحجر بينما نسبة مسامية أحجار الجير تصل ٢٠٪ من حجم الحجر[٥].

كما أن الماء يساعد في ذوبان أنواع كثيرة من المعادن، وإن كانت لا تؤثر بشكل ملحوظ، ويمكن ملاحظة تأثير الماء على أحجار موقع دادان، بشكل عام، عند مصب الجداول أو القنوات المائية، وعندما يركد الماء على الصخور بشكل عام. والجدول (رقم ١) يوضح نسب ذوبان بعض أنواع المعادن في الماء العذب ومياه البحر.

جدول رقم (١):

يوضح نسبة ذوبان بعض المعادن عند حرارة ٢٥ درجة مئوية (جزء من المليون) (Pearson 1987)[٦]:

(الصخور) المعادن	في المـــاء العـــذب	في مياه البحر
الحجر الجيري المرمر	٤٠ - ٨٥	٦٦
إرجوانيت (العقيق اليماني)	١١ - ١٦ ذوبان أكثر من كالسيت الكربونات	مثل الكالسيت
رخام الدمولنيت (حجر الدولمونيت)	أقل ذوبان من الكالسيت	٥٠
الجبس	٢٠٠٠	ـــــ
حجر البازلت الأسود	أقل من الجبس	٥٠٠٠ - ٦٠٠٠

تلف تجمد الماء:

ليس هناك ما يثبت أن درجة حرارة دادان أو العلا وصلت إلى الصفر، فليس هناك مرصد مناخي لحالة الطقس على مدار العام، ولكن هذا لا يعني أن درجة الحرارة في دادان لم تصل الصفر أو أقل من ذلك. على أي حال فالماء الموجود داخل أحجار وتربة دادان يساهم في تلف هذا الموقع،

حيث إن لتجمد الماء تمددًا يصل إلى حوالي ٩٪ من حجمه عند درجة حرارة صفر مئوية محدثاً بذلك تأثيراً كبيراً في تكسير الحجر وتفتته. فإذا تجمد الماء الموجود في فراغات الحجر، سواء الجيري أو الرملي، فإنه ينتج عن ذلك ضغط عال على الذرات المحيطة، ومع استمرار التمدد والزيادة الطبيعية في حجم الماء المتجمد يرفع الضغط المبذول على جدار الحجر من الداخل فينتج عنه تكسره ومن ثم تفتته[٧]. ويحدث نشاط عملية التجمد بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الأحجار المحيط به. ويتم مثل هذا العمل بسهولة على طول مستويات تصفح (Planes of fissility) الحجر. ومن أنشطة التجمد المباشرة داخل مساحات الحجر دفع أجزاء من الحجر بشدة إلى مختلف الجهات، وكذلك الفصل بين أجزاء الحجر عن طريق كسرها ويتم ذلك بسبب استمرارية نمو بلورات الماء المتجمد. وقد لاحظ الباحث تصفح وانفصال وتكسر كثير من الأحجار داخل موقع دادان، التي يمكن أن يكون نتيجة الصقيع أو الأملاح أو الحرارة أو جميعها معاً (صورة ٤، ٥، ٦).

يقوم عامل دفع الماء المتجمد (الثلج) بشدة بدور كبير في عملية تلف الأحجار من خلال تكسره ميكانيكياً. وترجع عملية دفع الثلج بشدة داخل التربة عن طريق حركة الماء من خلال الخواص الشعرية بين نواة ثلجية وأرضية غير متجمدة مسببة بذلك تجمد الماء ليكون ثلجاً أكبر حجماً. ويحدث جذب مستمر للماء، من التربة، حول النواة الثلجية. وهكذا تستمر العملية حتى يزداد حجم الثلج داخل الفراغ حتى يضيق بها، ومن ثم توجد فراغاً أكبر ليتناسب مع كثافة حجمها المتزايد مما ينتج عنه ضغط قوي على جدار الحجر من داخل الفراغ، ونتيجة لذلك يحدث التكسر والتفتت للحجر. هذا التكسر ينتج عنه كسر متعددة. ومع ارتفاع درجة الحرارة وبعد

ذوبان الثلج تتساقط هذه الكسر بشكل عشوائي في أماكن جديدة، وقد تسقط الكسر الأقل حجماً في الشقوق مانعة بذلك الكسر الكبيرة من العودة إلى أماكنها الأصلية. من خلال تكرار عملية تجمد الماء وذوبانه يكون هناك فرصة أكبر لتكسر الصخر وتفتته[٨].

الرطوبة النسبية:

يصل معدل الرطوبة النسبية في موقع دادان في المساء والصباح الباكر إلى ٩٧٪ وعند الظهر يصل إلى حوالي ٣٦٪ (انظر جدول رقم ٢)، وهذا يؤثر سلباً في حجم المواد المسامية. فإذا امتصت هذه المواد المسامية كمية كبيرة من الرطوبة فإنها تتمدد حسب نوعيتها وتتكمش إذا جفت، إما نتيجة لتبخر الماء أو خروجه بطرق أخرى. وفي مثل هذه الحالة فإن التمدد يسبب إجهادًا كبيرًا بين سطح الحجر وأجزائه الداخلية[٩]. ويحدث مثل هذا التلف في المناطق ذات الرطوبة العالية، بين (٩٠-١٠٠٪)[١٠].

جدول رقم (٢) : معدل الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وعدد العواصف والرياح للمدينة المنورة وتبوك (من مركز الأرصاد بجدة)، والعلا (ما جمعه الباحث من معلومات في الموقع).

	المدينة المنورة ١٩٩٣ - ٢٠٠١م	تبوك ١٩٩٢ - ٢٠٠١م	العلا في الفترة من ٢٤ مارس إلى ٧ مايو ٢٠٠٥م
درجة الحرارة المئوية	٣ - ٤٨,٦	٣,٥ - ٤٦,٤	٣٠ - ٣٨
الرطوبة النسبية المتوسطة	١٪ - ١٠٠٪ ٤١٪ - ١١٪	١٪ - ١٠٠٪ ٢١٪ - ٥٣٪	٣٦٪ - ٩٧٪
سرعة الرياح	٦٠ كم / ساعة غربية وشرقية	٥٢ كم / ساعة شمالية وغربية	صفر - ٤٥ كم/ساعة شمالية وغربية
عدد مرات العواصف (معدل)	٣١,٦ مرة في السنة	١٧,٣ مرة في السنة	
عدد مرات الرياح الغبارية	٤١,٨ في السنة	٦٤ في السنة	
عدد مرات العواصف الرملية	١,٧ في السنة	٣,٧ في السنة	

نمو البلورات:

ونتيجة لوجود الماء يتغير حجم الحجر نتيجة نمو بعض أو جميع بلوراته، التي تحدث ضغوطاً في داخل الحجر. مما يؤدي إلى تكسر أو تفتت الصخر محدثة بذلك تلفاً فيزيائياً. ويتم تغير حجم الحجر بشكل عام إما من خلال تجمد الماء داخل الحجر أو لنمو البلورات، نتيجة وجود الماء، (مثل نمو بلورات الملح)[١١].

الأمـلاح:

تعدّ الأملاح من العناصر الخاملة إلاّ في وجود الماء، فللأملاح تأثير فيزيائي كما أن لها تأثيرًا كيميائيًا. إن التلف الذي يصيب العديد من المواقع الأثرية المهمة في العالم يعزى، في كثير من الأحيان، إلى وجود هذه الأملاح. الأملاح القابلة للذوبان واحدة من أهم مقومات تلف الأسطح الحجرية. فوجود بلورات الملح داخل المسام الحجرية قد يؤدي إلى تحويل الحجر إلى مسحوق. والأحجار بشكل عام تحتوي على كمية كبيرة من الأملاح، كما نشاهدها في موقع دادان، حيث تعدّ الأملاح أحد مكونات الصخور (صورة رقم ٧، ٨). وهناك أيضاً العديد من الطرق التي يمكن للأملاح أن تصل من خلالها إلى أحجار المباني منها التربة، حيث يصل تركيز أملاح التربة في المحلول، من منطقة دادان، إلى ($37,5\ ds\ m^{-1}$)، مثل الرطوبة الصاعدة من باطن الأرض، وعن طريق الرياح التي تحمل الأملاح من البحر أو الصحراء ... إلخ. وتتميز الأملاح القابلة للذوبان، في الماء، بالخاصية الهيجروسكوبية، إذ يمكنها امتزاز كمية كبيرة من بخار الماء على شكل سائل.

تعرضت المواد المسامية في منطقة دادان لتلف وتدمير واضح والصور (٩، ١٠) تظهر أنواع هذا التلف الذي كان للأملاح دور فيه. ويعزى تلف

الأحجار الناتج عن الأملاح إلى أمرين هما: تبلور الأملاح داخل المسام، وتحول هذه الأملاح إلى سائل حال تشبعها بالماء[١٢]. كل الأملاح لديها القدرة على التبلور وأحداث التلف والأضرار بناءً على هذا التبلور. بينما الأضرار الناتجة عن تشبع الأملاح بالماء تحدث بالنسبة للأملاح التي تتكيف مع حالات التشبع المختلفة. فعلى سبيل المثال، كلوريد الصوديوم يسبب الأضرار الناتجة عن التبلور بينما كبريتات الصوديوم يمكن أن تسبب الأضرار الناتجة عن التشبع والتبلور معاً[١٣]، كما أن هناك دراسات بحثت في تأثر كبريتات الكالسيوم بالذوبان والرطوبة النسبية التي تتبلور فيها[١٤]. ويظهر تأثير تلف الأملاح في طبقات أحجار الجير المحتوية على كلوريد الصوديوم محدثة تفتتاً كبيراً أو أيضاً مكونة قشوراً على سطح الأحجار[١٥].

وقد تسبب الأملاح أضراراً عن طريق التمدد الحراري، وهذه تحتاج إلى دراسة جادة[١٦].

الأضرار الناتجة عن الأملاح لا تحدث فقط في البيئة الخارجية حيث يكون السطح الحجري معرضاً للرطوبة بفعل الأمطار والجفاف، فقد تحدث هذه الأضرار أيضاً داخل المباني وذلك من خلال الخاصية الاسترطابية للأملاح. وخير مثال لذلك الأضرار التي تلحق بالأحجار التي يتم عرضها في المتاحف ولا تتوفر لها الحماية الكافية[١٧].

قد يبدو على ضوء ما ذكر بأن الأضرار الناتجة عن الأملاح حتمية. فالتبلور على سبيل المثال، يأخذ شكل بلورات تنحصر في نطاق ضيق بعكس التشبع بالماء. فالحجر يتشبع بهذه الأملاح من رطوبة التربة بحيث تتجمع الأملاح بسبب حدوث عملية البخر، ومن ثم تحدث عملية التبلور. ونتيجة نمو بلورات الأملاح يحدث ضغط كبير على جدار سطح المادة المسامية

بشكل مستمر، وكلما ازداد حجم نمو البلورات زادت قوة الضغط المصاحبة حتى يصبح بمقدور هذه القوة كسر الحجر[١٨].

أثبت التجارب أن تفتت البلورات الكبيرة تحدث أثناء جفاف الأملاح وهذه العملية المتكررة تؤدي إلى وجود مسامات في الأحجار وهذا يسبب أضراراً أكثر من تلك التي تسببها الرطوبة[١٩].

الحـــرارة:

تعمل الحرارة كعامل مساعد في كثير من أنواع التلف وقد ذكرنا سابقاً بعضها مثل تسريع حركة الأملاح وغيرها. وتسبب التغييرات في درجة الحرارة تقلصاً وتضخماً (تمدداً) في حجم الصخر، نتيجة ارتفاع درجة حرارته ويتقلص حجمه إذا انخفضت درجة حرارته، وإن كانت غير ملاحظة بالعين المجردة. وينتج عن تكرار التغيير في درجة الحرارة تكسر الصخر وتفتته. وبما أن الصخر موصل ضعيف للحرارة فإن منحدر القوة الحرارية يحدث بين سطح الصخر وداخله عندما يسخن. لذا يتمدد سطح الصخر أكبر من داخله محدثاً ضغطاً حول الصخر ربما يقود ذلك إلى تشققه[٢٠]. وتتكون معظم الصخور من معادن مختلفة، وكل معدن من هذه المعادن يختلف من حيث درجة تسخينه وعامل تمدده عن المعدن الآخر. وينتج عن ذلك اختلاف في تمدد هذه المعادن بدرجات متباينة. ومن المعروف أن المعادن القاتمة تمتص الحرارة بصورة أسرع من المعادن الباهتة وربما يساعد هذا على وجود اختلاف في تمدد أجزاء الصخر مما يقود إلى تكوين ضغوطات صغيرة داخل الصخر ومن ثم تحدث شقوق دقيقة ومن المحتمل أن يصاحب ذلك تفتت حبيبي[٢١].

وتبلغ درجة التلف ذروتها في مناطق ذات تفاوت كبير بين درجة حرارة النهار والليل، والشتاء والصيف مثل المناطق الصحراوية. وحيث إن منطقة دادان من المناطق الصحراوية فإن التلف الذي أصاب أحجارها قد تكون الحرارة أحد أسبابها، فقد أصابها التلف بأشكال متعددة. فالصخور الموجود في المناطق الصحراوية تتمدد وتنكمش تبعاً للتفاوت الشاسع في درجات الحرارة والبرودة التي تتعرض لها الصخور أثناء فترة زمنية قصيرة. فتتغير أحجام معادن الصخر المختلفة نتيجة التفاوت الموجود في درجة تمددها وانكماشها وذلك طبقاً لخواص المعادن الطبيعية (انظر جدول رقم ٣)، هذا بالإضافة إلى خشونة سطح الصخر المعرض لأشعة الشمس وعلاقة اتجاه الريح مع سطح الصخر وغيرها من العوامل الأخرى[٢٢]. كما ذكر[٢٣]، بناء على ما أشارت إليه تقارير عديدة، بأن التلف الذي يحدث نتيجة حرارة أشعة الشمس تحدث في أنواع مختلفة من الصخور التي تكون في معظم الأحيان خاملة كيميائياً مثل الفلنت والكوارتزيت (المرو النقي) وفي صخور أخرى باهتة وذات حبيبات خشنة وليست بركانية.

جدول رقم (٣). يبين مقدار التمدد لبعض مواد البناء[٢٤]

مواد البناء	مقدار التمدد
الحجر الجيري	٠,١٥ ملم
حجر الرخام	٠,١٥ ملم
جرانيت	٠,٢٥ ملم
ملاط (مكون من حجر رملي وجيري)	٠,٣ - ٠,٤ ملم

وكما هو معروف أن الأسطح المعرضة لأشعة الشمس المباشرة أثناء النهار تتأثر أكثر من الأسطح الداخلية. فالأسطح الخارجية تمتص الحرارة وترتفع درجة حرارتها ويتسرب جزءاً من هذه الحرارة إلى السطح الداخلي، وعند توقف هذا المصدر في المساء تنخفض الحرارة في الخارج وتصبح أبرد من الداخل، ونتيجة لذلك تبرد السطوح الخارجية أسرع من السطوح الداخلية فيحدث على مر الزمن تلف في بنية أحجار هذا البناء وخاصة إذا كانت بركانية وغير مسامية. ويقل هذا الخطر في المباني الطينية ومواد البناء المسامي مثل الحجر الجير والحجر الرملي. وذلك لوجود فراغات الهواء التي بدورها تقوم بعمل عوازل طبيعية.

أما بالنسبة لجدران المباني الأثرية، التي لم تنقب بعد، في دادان، فإن هذا الخطر يقل مع عمق هذه الأبنية. فالتوصيل الحراري لمكونات تربة معينة يختلف اختلافاً كبيراً حيث يعتمد توصيل الحرارة في التربة على تركيبها المعدني ومحتواها من المادة العضوية، بالإضافة إلى الأحجام الجزئية للماء والهواء، فالمحتوى العالي من الهواء أو الماء يقابله توصيل حراري منخفض، وأكثر من ذلك، وحيث إن نسب الماء والهواء تتغير باستمرار، فإن التوصيل الحراري أيضاً يكون متغيراً[٢٥]. كما أن عمق الترسبات يعمل ضد التغييرات في درجة حرارة الجو، ويكون التأثير في طبقات السطح العليا فقط. كما أن الحرارة تقل بمقدار خمس درجات تقريباً عند عمق متر واحد وعشر درجات عند عمق ثلاثة أمتار عن سطح التربة[٢٦]. غير أن درجة الحرارة في عمق التربة منخفضة بشكل أكبر من درجة حرارة الهواء ومن هنا تبرز المشكلات عندما تستخرج المواد الأثرية من هذه البيئات، وموقع دادان مثال لذلك.

أما في حالة التجمد والذوبان المتكررة فتعرف بما يسمى بتلف الصقيع، المذكور بعاليه. وفي مكان آخر فإن درجات الحرارة الدافئة تزيد من سرعة التفاعلات الكيماوية والنمو البيولوجي.

الحمولة الزائدة:

وتمثل هذه الحالة تعرض مواد البناء بشكل عام إلى تأثر قوتين مختلفتين تجاه بعضهما أحدهما قوة ضغط والأخرى قوة مقاومة. كما أن هذه الضغوط ليست على مستوى واحد فالأعمدة والدعامات تتحمل من الضغوط أكثر من الجدران. وتختلف نوعية الأحجار، المكونة للجدران، في قوة تحملهم للأحمال والضغوط، فالصخور النارية وبعض الصخور المتحولة لها قدرة كبيرة في مواجهة هذه الأحمال، أما الصخور الرسوبية فتفتقر إلى هذه الخاصية. وبما أن الجدار الحجري يحوي أنواعاً مختلفة من الصخور فإن التشقق والكسور يحدث فيما بينها وخاصة ذات الأحجار الرسوبية.

النباتات والبكتيريا والفطريات والطحالب والأشنة:

معظم الأبحاث والدراسات التي أجريت مؤخراً، في أوربا وأمريكا، تركز بصفة أساسية على الطحالب، الأشنات والبكتريا، قام جونز وويلسون[٢٧] بدراسة نشاط الأشنات وأشارا إلى تأثيرات هذه المواد كيميائياً وفيزيائياً. وقد ذُكرت تأثيرات هذه الكائنات من خلال إنتاج أحماض تؤدي إلى تآكل وتحلل المواد المسامية[٢٨]. أما التلف الميكانيكي فإنه يحدث نتيجة لتوغل هذه المواد العضوية داخل المنشآت المعمارية. وحيث إن منطقة دادان من المناطق الصحروية فإن للأعشاب والنباتات الصحراوية دورًا في تلف المنشآت المعمارية. فتكثر هذه النباتات في الموقع في مجرى المياه أما في مجرى الوادي فيكثر فيه الأشجار (صورة رقم ١١، ١٢) .

فالنباتات تنتج الجزء الأكبر من المادة العضوية في التربة. ولا يقتصر دور النباتات على إنتاج مادة الخامات العضوية في التربة بل بالإضافة إلى ذلك تقوم بدور مهم في عملية التلف مباني وأحجار منطقة دادان. وتقع أهمية كل من الدُبال والنباتات الكبيرة (أشجار شجيرات، حشائش وغيرها) في تغيير مكونات التربة والصخور. فالنباتات الكبيرة تؤثر في المنشآت المعمارية في موقع دادان كما يلي:

١ - أن جذور النباتات تتخلل الشقوق والفجوات الموجودة في المنشآت المعمارية مسببة زيادة في الشقوق وتكسر مكونات المنشآت المعمارية.

٢ - تمد النباتات زبالة الورق التي تكون العنصر الأساسي للدُبال.

٣ - تضيف جذور النباتات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ماء وهواء التربة ومن ثم يزداد إنتاج حمض الكربون والذي يخفض حموضة الماء المتحرك داخل المنشآت المعمارية مما يزيد قوته في إذابة مكونات المنشآت المعمارية في موقع دادان.

٤ - تقوم النباتات بتحريك الماء بشكل دائري بين طبقات التربة والمنشآت المعمارية عند سطح الأرض عن طريق استعمال النباتات للماء المحتوي على عناصر كيميائية.

٥ - تشكل جذور النباتات قنوات داخل المنشآت المعمارية تساعد على وجود الحركة الدائرية للماء والهواء داخل المنشآت المعمارية.

٦ - عند تحلل وذوبان المواد العضوية للأوراق وسيقان النباتات بالماء، تعطي أحماضاً ومركبات أخرى تذيب بعض مكونات مواد البناء والمنشآت المعمارية في موقع دادان.

٧ - تمتلك جذور النباتات تفاعلاً حمضياً يتسبب في تنشيط تحلل مواد المنشآت المعمارية.

٨ - تدخل خلايا الجذور النباتية في تفاعلات متبادلة مع الكتيونات (Cations) الفلزية الموجودة إما في ماء التربة أو من خلال عملية التبادلات الكيميائية[٢٩].

بالإضافة إلى أن هذه الشقوق والفجوات تساعد بعض الحشرات والحيوانات الصغيرة على التوالد والتكاثر مضيفة بذلك مزيداً من التلف الكيميائي والميكانيكي (انظر صورة رقم ١٣، ١٤).

وتتكون الكائنات الحية التي تؤثر في تربة موقع دادان من ثلاث مجموعات:

أ - الكائنات الحية الدقيقة وهي صغيرة جداً ولا تستطيع التأثير في حجم مسامات التربة، وتعيش بشكل رئيس على الرطوبة في الفراغات.

ب - الحشرات مثل دود الأرض (Slugs)، والنمل الحقيقي (Termites) والنمل الأبيض (الأرضة) ... إلخ.

ت - حيوانات طليقة الحركة مثل الحيوانات القادرة على الحفر مثل الثعالب الفئران والأرانب والسحالي وغيرها.

للمجموعة الأولى تأثير ذُكر تحت عنوان الكائنات الحية آنفاً. وتعمل المجموعة الثانية على خلط مواد تلف المنشآت المعمارية غير العضوية مع المادة العضوية الموجودة في التربة مما يزيد في عمليات التفاعلات الكيميائية والحيوية. وتعمل ديدان هذه المجموعة قنوات أو ممرات داخل التربة مما يساعد على زيادة حركة الماء والهواء في التربة وزيادة معدل تلف

مواد ومكونات المنشآت المعمارية في موقع دادان. وتقوم حيوانات المجموعة الثالثة، بنطاق واسع، على تحريك كميات كبيرة من مادة التلف كخلط نتاج المجموعة الأولى والثانية داخل تربة موقع دادن. وكذلك تزيد هذه الحيوانات من حركة الماء والهواء داخل التربة مما يسمح لهما من الوصول بيسر وسهولة إلى مناطق كان يصعب للماء والهواء أن يصل إليها، وأيضاً تزيد من تخلخل التربة وقد تخلخل أيضاً أساسات المباني والمنشآت المعمارية في موقع دادان.

أعمال التخريب البشرية:

الحرائق:

تعدّ النار من أخطر العوامل المسببة للتلف والدمار في المواقع الأثرية. فالنار تسبب أضراراً بالغة بمواد البناء على اختلاف أنواعها. فالنار تعمل على التهام أخشاب البناء فتسقط السقوف وتنهار المباني. كما أن الحرارة الشديدة تعمل على إحداث تحولات كيميائية معقدة في الأحجار بمختلف أنواعها. ونتيجة لذلك تفقد مواد بناء المباني صلابتها فتتصدع وتنهار. وتتحدث كتب التراث عن تأثير الحرائق على الكثير من المباني الأثرية والتاريخية.

وقد تعرضت مزارع العلا القريبة جداً (وهي حقيقة تقع في نفس الموقع الكبير لموقع دادان) من موقع دادان لحرائق عدة مما زاد في سرعة تلف ودمار الموقع (انظر صورة رقم ١٥).

الحروب:

الحروب أخطر ما يلحقه الإنسان بآثار الحضارات القديمة. ويزداد خطر الحروب كلما تقدمت أدوات الحرب وأسلحتها. فالحروب والغزوات كانت منذ أقدم الأزمنة معاول هدم وتخريب لجميع مظاهر العمران، إذ

يلجأ العدو إلى إشعال النار فيها أو يعمل على دكها وتخريبها بوسائل التخريب التي أتيحت له. وقد تعرض موقع دادان للحروب والدمار مما يعد أحد أسباب تلف المباني والمواقع الأثرية فيه[٣٠].

أعمال الهدم والتدمير والتخريب:

في بعض الحالات تقوم السلطات أو الأفراد بأعمال الهدم للمباني التاريخية والأثرية أو تشويهها وتغيير معالمها لأسباب عديدة كالرغبة في تجديد البناء القديم والحصول على مبانٍ حديثة، أو الجهل بقيمة البناء.

وفي حالات أخرى كثيرة يشجع ضعف الرقابة وانعدام الوعي لدى المواطنين على اتخاذ المباني التاريخية المهجورة والأطلال الأثرية المهملة محاجر يأخذ منها حجارتها المشذبة ومواد بنائها فيزيدونها خراباً وتهدماً كما حدث في العلا حيث بنى كثير من سكان العلا مساكنهم من أحجار موقع دادان (الخريبة). وقد يلجأ البعض إلى تخريب المباني الأثرية والتاريخية للحصول على عناصرها الزخرفية والمتاجرة بها (صورة رقم ١٦، ١٧).

ومن أعمال الهدم والتدمير ما يواكب حركة التطور مثل مشاريع تنظيم المدن وإقامة المشاريع الإنشائية الكبرى، وشق الطرق ومد الأنابيب ... إلخ. ونتيجة لذلك فإن إقامة مثل تلك المشاريع تؤدي إلى تخريب وتدمير الكثير من المنشآت التاريخية والأثرية. وقد كان للشارع الرئيس في مدينة العلا أثر في طمس بعض معالم دادان الأثرية.

ومن الأمثلة على التخريب الذي يقوم به بعض ضعاف الوعي من البشر الكتابة أو النحت على جدران المنشآت المعمارية مما يسبب أضراراً دائمة يصعب تفاديها. ويظهر ذلك واضحاً في جبل الخريبة في دادان وكذلك في الحوض الذي يتوسط الموقع (انظر صورة رقم ١٨).

إضافة إلى ذلك يقوم بعض ضعاف النفوس بالبحث عن الكنوز في المواقع الأثرية كما في موقع دادان، حيث يدمر هؤلاء الناس جدران المباني، ويلجؤون إلى الحفر في الموقع بحثاً عن الكنوز المزعومة (صورة رقم ١٩- ٢١).

الكوارث الطبيعية:

الأمطار والسيول:

تعدّ المباني الأثرية الموجودة في المناطق الجافة والصحراوية من أقل المباني تأثراً بالأمطار والسيول، فهذه المباني تكون أكثر تماسكاً وثباتاً من تلك الموجودة في المناطق الرطبة غزيرة الأمطار. فالأمطار وخاصة الغزيرة والمتواصلة تسبب أخطاراً جسيمة (كما حدث في موقع دادان في فبراير ٢٠٠٦م) يصعب في كثير من الأحيان مجابهتها. ومن أخطار الأمطار والسيول تحرك الأساسات وتساقط الجدران وتفكك مونة البناء وإذابة ونزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية وإذابة الأملاح وحملها إلى أماكن مختلفة ثم تبلورها عند الجفاف مؤدية إلى تقشر الكتل الحجرية وتفتت سطوحها مسببة بذلك تلفاً لا يمكن استرجاعه خاصة تلف وتفتت النقوش والكتابات التي على الأحجار والصخور.

وقد تؤدي السيول القوية إلى جرف ما تصادفه أمامها من مبانٍ وأطلال. وتلحق الفيضانات أضراراً بالغةً بالمباني الأثرية خاصة إذا أغرقتها لفترة طويلة. وقد تحدث الفيضانات والسيول إلى تحرك التربة نتيجة لتشربها بالمياه، مما يعرض المباني للانزلاق نتيجة لتخلخل التربة أو نزوح بعض منها بفعل المياه.

الزلازل:

تعدّ الزلازل من أخطر عوامل التلف الميكانيكي، إذ تصيب المباني بأضرار بالغة، وبفعلها تحول كثير من المدن والمباني إلى أطلال وخرائب، فقد تكون الزلازل شديدة بحيث تؤدي إلى هدم البناء كلياً، أو إلى تساقط أجزائه العليا. وتأثير الزلازل على المباني الحجرية يفوق تأثيرها على المباني الطينية أو الآجر بمراحل متعددة، حيث تنعدم المرونة في المباني الحجرية.

تعدّ منطقة شمال غرب المملكة العربية السعودية، ومنها العلا، من أكثر المناطق تعرضاً للزلازل في السابق وما زالت تتعرض من فترة إلى أخرى إلى هزات أرضية (صورة رقم ٢٢ للزلازل التي تتعرض لها منطقة العلا). وقد تعرض موقع دادان لزلزال ظهرت نتائجه في تكسر الأحجار وسقوط الجدران (صور رقم ٢٣-٢٧).

عوامل التجوية:

تؤثر قوة الرياح واتجاهها وما تحمله من جزيئات رملية في تلف المباني والمنشآت المعمارية، وقد ظهر ذلك جلياً في موقع دادان في الحوض حيث حتت الرياح من بدن الحوض وأثرت فيه تأثيراً بالغاً (صور رقم ٢، ٣).

الإحالات والمصادر والمراجع

(*) قسم إدارة موارد التراث والإرشاد السياحي، كلية السياحة والآثار، جامعة الملك سعود.

(1) Torraca, G. 1982, Porous Building Materials. Materials Science of Architectural Conservation. ICCROM, Rome. (pp. 13-14).

(2) Torraca, 1982, (pp. 14-15).

(٣) مشرف، محمد عبد الغني، **أسس علم الرسوبيات**، (الرياض: عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، ١٩٨٧م)، ص ٩٨.

(٤) الدبال مادة تنشأ من تحلل المواد النباتية وتشكل جزءاً من التربة.

(5) Selley, R. C. 1976, An Introduction To Sedimentology. Academic Press, London (pp. 99).

(6) Pearson, P. 1987, Deterioration of Seramics, Glass and Stone. In Pearson, C. (ed) Conservation Marine Archaeological Objects. London: Butterworth. (pp. 99-104).

(7) Torraca, 1982, (pp. 30).

(8) Torraca,. 1982, (pp. 30) Everett, D. H. 1961, The Thermodynamics of Frost Damage to Porous Solids. Transactions of the Faraday Society 57: (pp. 1541-1551). Honeyborne, D. B., and Harris P. B. 1958, The Structure of Porous Building Stone and its Relation to Weathering Behaviour. Proceedings of the Tenth Symposium of the Colston Research Society, (PP. 343-359). London: Butterworts Scientific Publications. Ollier, C. C. 1975, Weathering Edited by K. M. Clayston, 2nd, rev. Impression, Longman, London. (pp. 106).

(9) Torraca,1982, (pp. 29 - 30).

(10) Ollier 1975, (PP. 27- 45).

(١١) مشرف، ١٩٨٧م. (ص ٩٥).

(12) Torraca, 1982, (PP. 31-33).

(13) Torraca, 1982, (PP. 31-33) Sperling, C. H. B., and R. U. Cooke , 1095, Laboratory simulation of rock weathering by salt crystallization and hydration processes in hot, arid environments. Earth Surface Processes and Landforms 10: (PP. 541-555). Weber, J. 1993, Salt-induced Deterioration of Romanesque Wall Paintings in The Church of St. Georgen, Styria, Austria. In Conservation of Architectural Surfaces: Stones and Wall Covering, ed. G. Biscontin and L. Graziano, (PP.97-103).Venice: II Cardo.

(14) Livingston, R. A. 1994, Influence of Evaporite Minerals on Gypsum Crusts and Alveolar Weathering. In La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo, ed. V. Fassina, H. Ott, and F. Zezza, (PP. 101-107). Venice: Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici di Venezia. Price, C. A., and P. Brimblecombe 1994, Preventing Salt Damage in Porous Materials. In Preventive Conservation: Practice, Theory and Research, 90-93. London: International Institute for Conservation. Zehnder, K. 1993, New Aspects of Decay caused by Crystallization of Gypsum. In Conservation of Stone and Other Materials, ed. M.-J. Thiel, (PP. 107-114). London: E & F N Spon.

(15) Ollier 1975, (PP. 13).

(16) Price C. A. 1996, Stone Conservation An Overview of Current Research. Publication Getty Conservation Institute. (PP. 9).

(17) Hanna, S. B. 1984, The Use of Organo-silanes For The Treatment of Limestone in An Advanced State of Deterioration. In Adhesives and Consolidants, (PP. 171-176). London: International Institute for Conservation.

(18) Scherer, G. W. 2004, Stress From Crystallization of Salt. In Cement & Concrete Research 34. (PP. 1613-1624). Lewin, S. Z. 1982, The Mechanism of Masonry Decay Through Crystallization. In Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments, (PP. 120-144) Washington, D.C.: National Academy Press. Zehnder, K., and A. Arnold 1989, Crystal Growth in Salt Efflorescence. Journal of Crystal Growth 97: (PP. 513-521). Ashurst, J., and N. Ashurst 2001, Practical Bulding Conservation Stone Masonry English Heritage Technical Handbook Vol.1 Printed in Great Britain By: Antony Rowe Ltd. (PP. 3). Wellman, H. W. and Wilson, A. T. 1965, Salt Weathering, A Neglected Erosive Agent in Coastal And Arid Environments. Nature, London, 205. (PP. 1097-1098) Torraca 1982 (PP. 31-33).

(19) Flatt R. J. 2002, Salt Damage in Porous Material: How Higgh Supersaturations are Generated. In Journal of Crystal Growth 242. (PP. 435-454). McMahon, D. J., P. Sandberg, K. Folliard, and P. K. Mehta 1992, Deterioration Mechanisms of Sodium Sulfate. 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, (PP. 705-714) Lisbon: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Charola, A. E., and J. Weber 1992, The Hydration-dehydration Mechanism of Sodium Sulfate. 7th International

Congress on Deterioration and Conservation of Stone, (PP.581-590) Lisbon: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Doehne, E. 1994, In Situ Dynamics of Sodium Sulfate Hydration and Dehydration in Stone Pores: Observations at High Magnification Using The Environmental Scanning Electron Microscope. In La Conservazione Dei Monumenti Nel Bacino Del Mediterraneo, ed. V. Fassina, H. Ott, and F. Zezza, (PP. 143-150) Venice: Soprintendenza ai Beni Artisticie Storici di Venezia.

(٢٠) شاهين، عبدالمعز، **ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية**، نحو وعي حضاري معاصر، سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية، مشروع المائة كتاب ٢٤. (وزارة الثقافة المجلس الأعلى للآثار ١٩٩٤م)، ص١٩٨. Torraca, 1982, (PP. 25-29)

(21) Ollier 1975, (PP. 105).

(22) Gray, W. M. 1965, Surface Spalling by Thermal Stresses in Rocks. Proc. Rock Mechanics Symposum, Toronto, (PP. 85-106).

(23) Ollier 1975, (PP. 106).

(24) Torraca, 1982, (PP. 29).

(25) Hillel, D. 1980, Applications of Soil Physics. Academic Press, New York. (PP. 165).

(٢٦) هليل، دانيل، **أساسيات فيزياء التربة**، ترجمة الدكتور علي بن محمد الدربي، مراجعة الدكتور يحيى زكريا الشافعي. (الرياض: جامعة الملك سعود، ١٩٩٥م)، ص٤٣١.

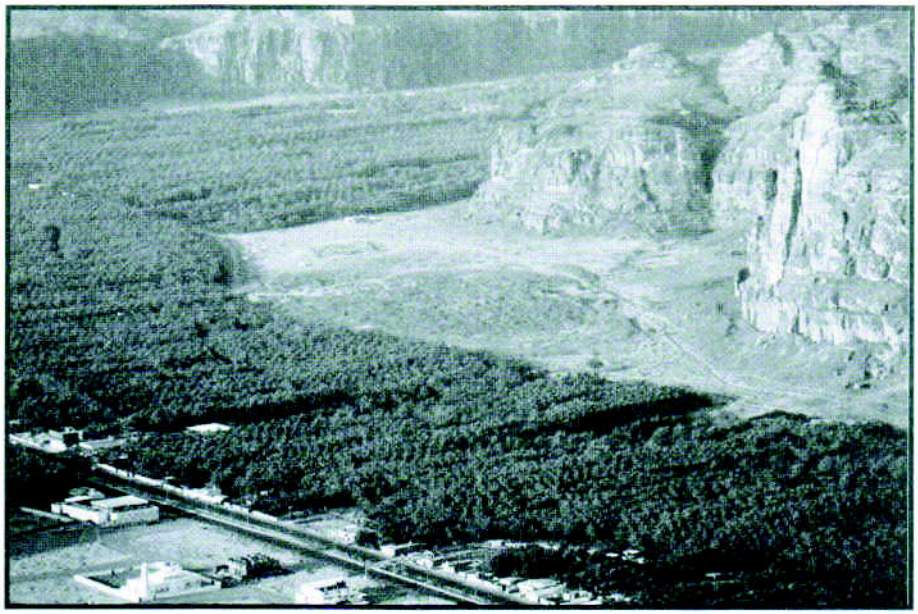
(27) Jones, D., and M. J. Wilson 1985, Chemical Activity of Lichens on Mineral Surfaces: A Review. International Bio-deterioration 21 (2): (PP. 99-104).

(28) Kumar, R. & Kumar, A. V. 1999, Biodeterioration of Stone in Tropical Environments, An Overview. Research in Conservation, The Getty Conservation Institute. (PP. 12-25). Torraca, 1982, (PP. 24).

(٢٩) مشرف، ١٩٨٧م، ص١٠٥.

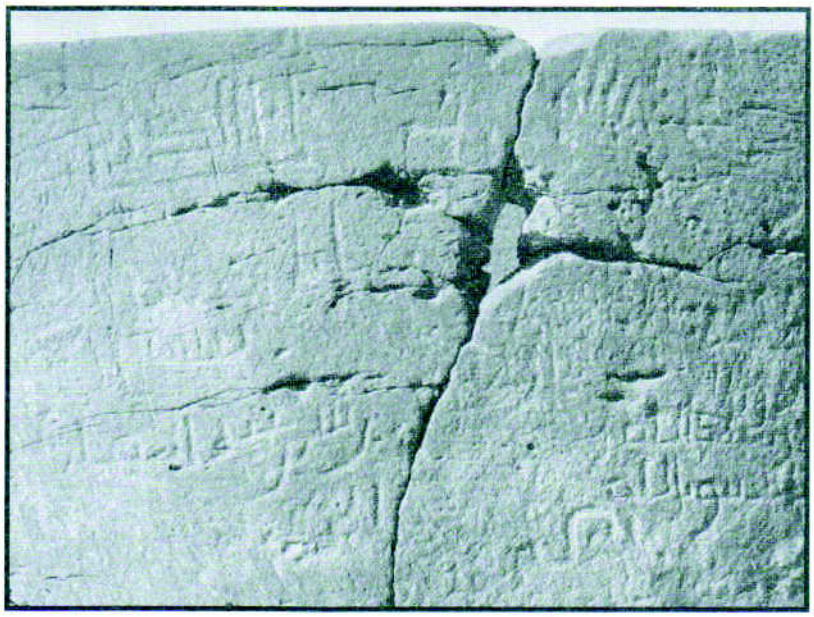
(٣٠) السعيد، سعيد بن فايز، **حملة الملك البابلي نبونيد على شمال غرب الجزيرة العربية**، دراسات في تاريخ العرب القديم. الإصدار الثامن أكتوبر. (الرياض: الجمعية التاريخية السعودية، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٠م)، ص١٣.

اللوحـات التوضيحيـة

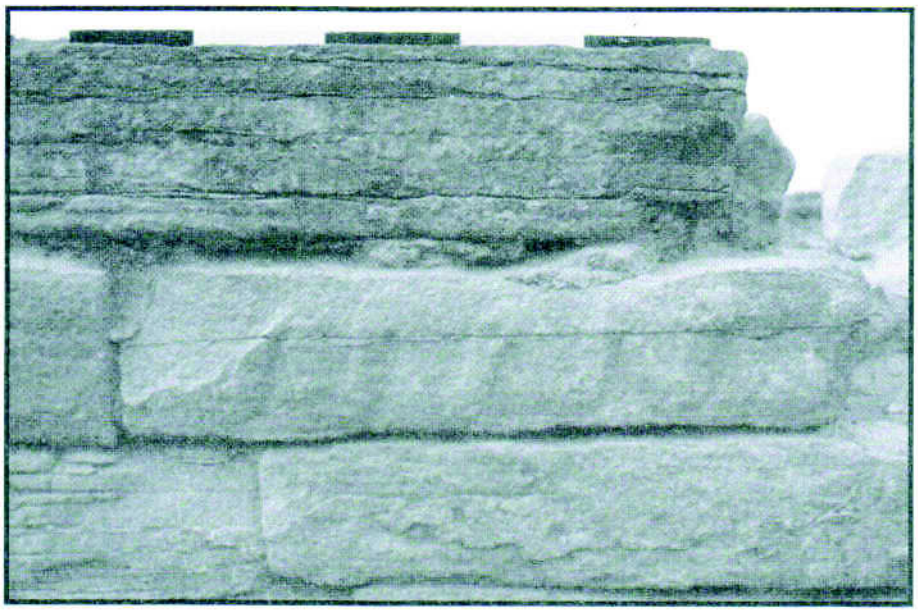


صورة رقم (١) منظر عام لموقع دادان

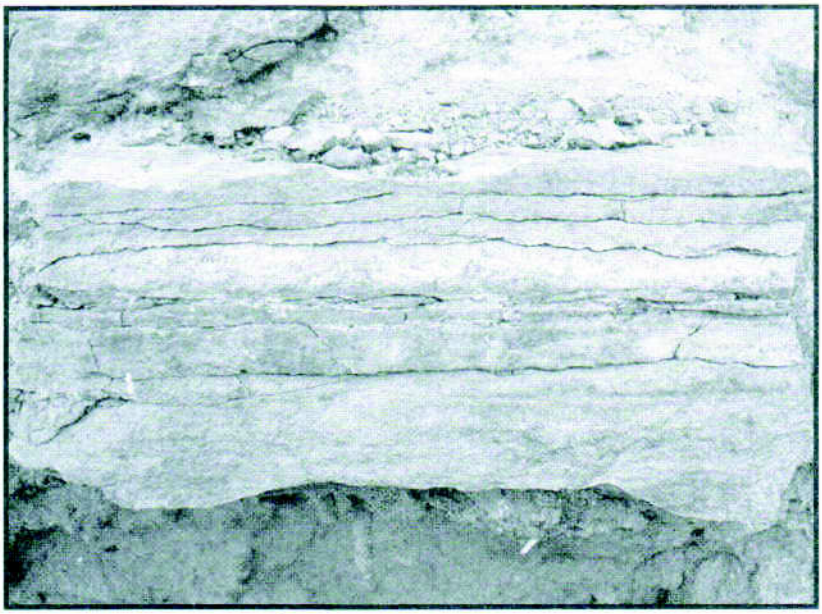
صورة رقم (٢) تأثير عوامل التجوية على قاعدة الحوض



صورة رقم (٣) تأثير عوامل التجوية على قاعدة الحوض



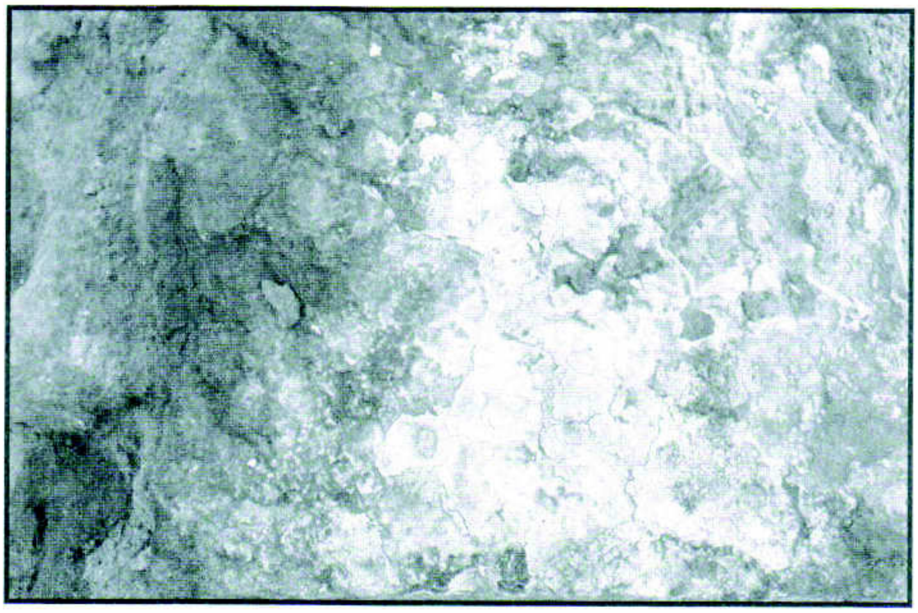
صورة رقم (٤) تظهر تصفح الأحجار



صورة رقم (٥) تظهر تصفح الأحجار

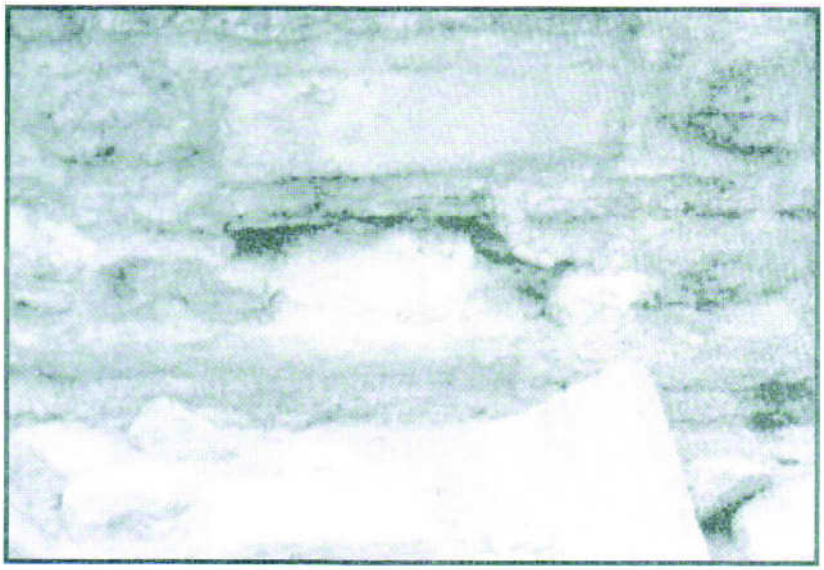
صورة رقم (٦) تظهر تصفح الأحجار

صورة رقم (٧) تظهر كمية الأملاح الموجودة في الموقع



صورة رقم (٨) تظهر كمية الأملاح الموجودة في الموقع

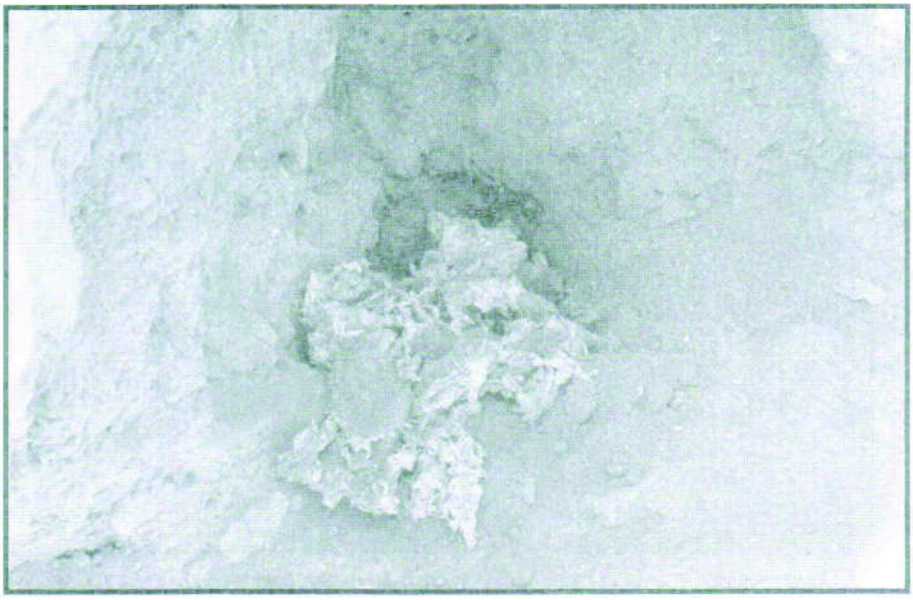
صورة رقم (٩) أثر الأملاح على الأحجار



صورة رقم (١٠) أثر الأملاح على الأحجار

صورة رقم (١١) توضح تكاثر النباتات البرية في الموقع

صورة رقم (١٢) توضح تكاثر النباتات البرية في الموقع

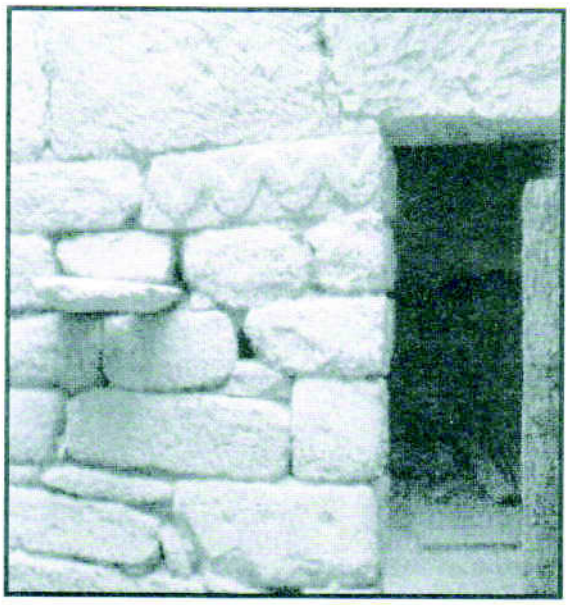


صورة رقم (١٣) توضح الحفر التي تبنيها الحشرات والحيوانات في الموقع

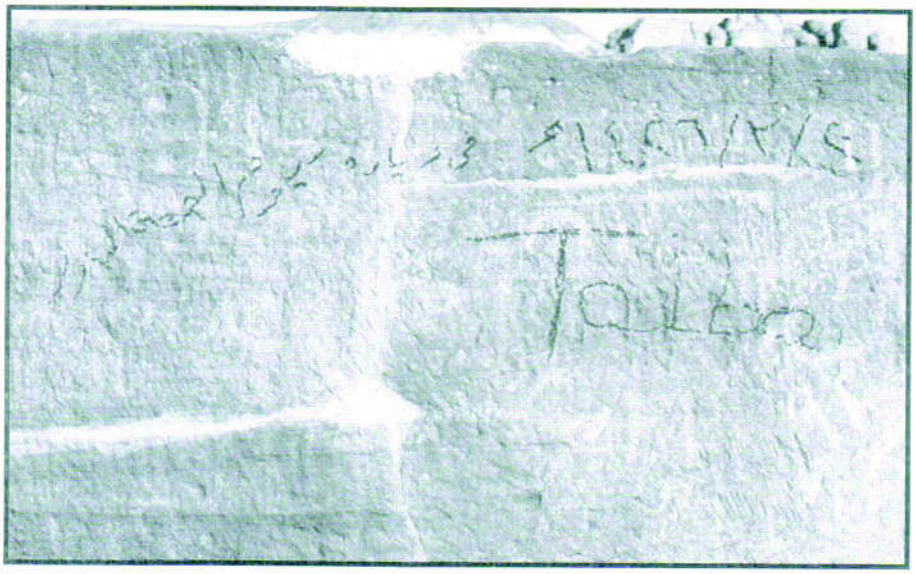
صورة رقم (١٤) توضح الحفر التي تبنيها الحشرات والحيوانات في الموقع

صورة رقم (١٥) للحرائق الذي حدث في مزارع العلا في عام ١٤٢٦هـ.

صورة رقم (١٦) بعض الأحجار المكتوبة والمنقوشة التي استخدمت في العلا القديمة



صورة رقم (١٧) بعض الأحجار المكتوبة والمنقوشة التي استخدمت في العلا القديمة

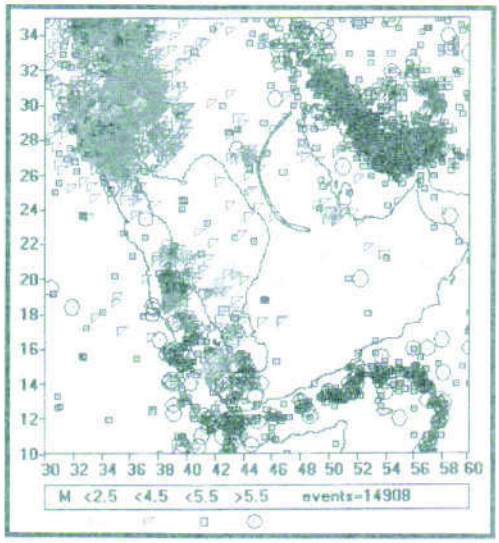


صورة رقم (١٨) التخريب المتعمد بالكتابة على الحوض الذي يتوسط موقع دادان

صورة رقم (١٩) توضح الحفر التي يقوم بها ضعاف النفوس للبحث عن الكنوز في المواقع الأثرية

صور رقم (٢٠) توضح ما يقوم به ضعاف النفوس من تخريب للموقع بحثاً عن الكنز المزعوم، صورة قبل التخريب وصورة بعد عملية التخريب

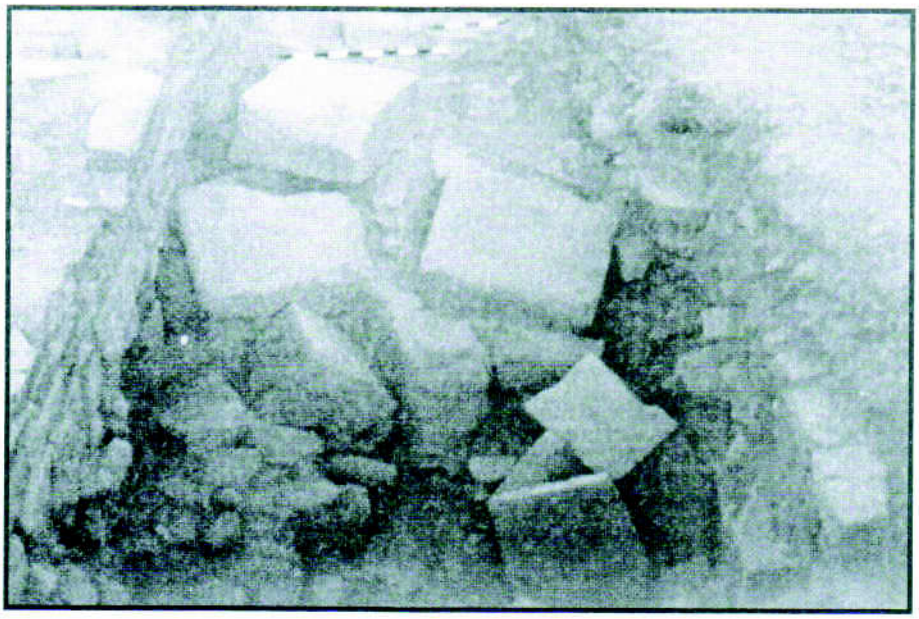
صور رقم (٢١) توضح ما يقوم به ضعاف النفوس من تخريب للموقع بحثاً عن الكنز المزعوم، صورة قبل التخريب وصورة بعد عملية التخريب



صورة رقم (٢٢) توضح وقوع منطقة العلا ضمن حزام الزلازل
(مركز الزلازل في جامعة الملك سعود)

صورة رقم (٢٣) توضح كيفية سقوط الأحجار نتيجة الزلازل

صورة رقم (٢٤) توضح كيفية سقوط الأحجار نتيجة الزلازل



صورة رقم (٢٥) توضح كيفية سقوط الأحجار نتيجة الزلازل

صورة رقم (٢٦) توضح كيفية سقوط الأحجار نتيجة الزلازل