

العنوان:	أخطار التجوية على المباني الأثرية بمحافظة الأحساء المنطقة الشرقية المملكة العربية السعودية
المصدر:	المجلة العلمية لكلية الآداب
الناشر:	جامعة أسيوط - كلية الآداب
المؤلف الرئيسي:	محمد، أمانى حسين
المجلد/العدد:	ع45
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2013
الشهر:	يناير
الصفحات:	164 - 235
رقم MD:	776496
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	الآثار، المعالم الأثرية، السعودية، الأحساء، التراث الثقافي، التراث المعماري
رابط:	<a href="http://search.mandumah.com/Record/776496">http://search.mandumah.com/Record/776496</a>

# أخطار التجوية على المباني الأثرية بمحافظة الأحساء

## المنطقة الشرقية - المملكة العربية السعودية

إعداد

د/ أماني حسين محمد

مدرس بقسم الجغرافيا

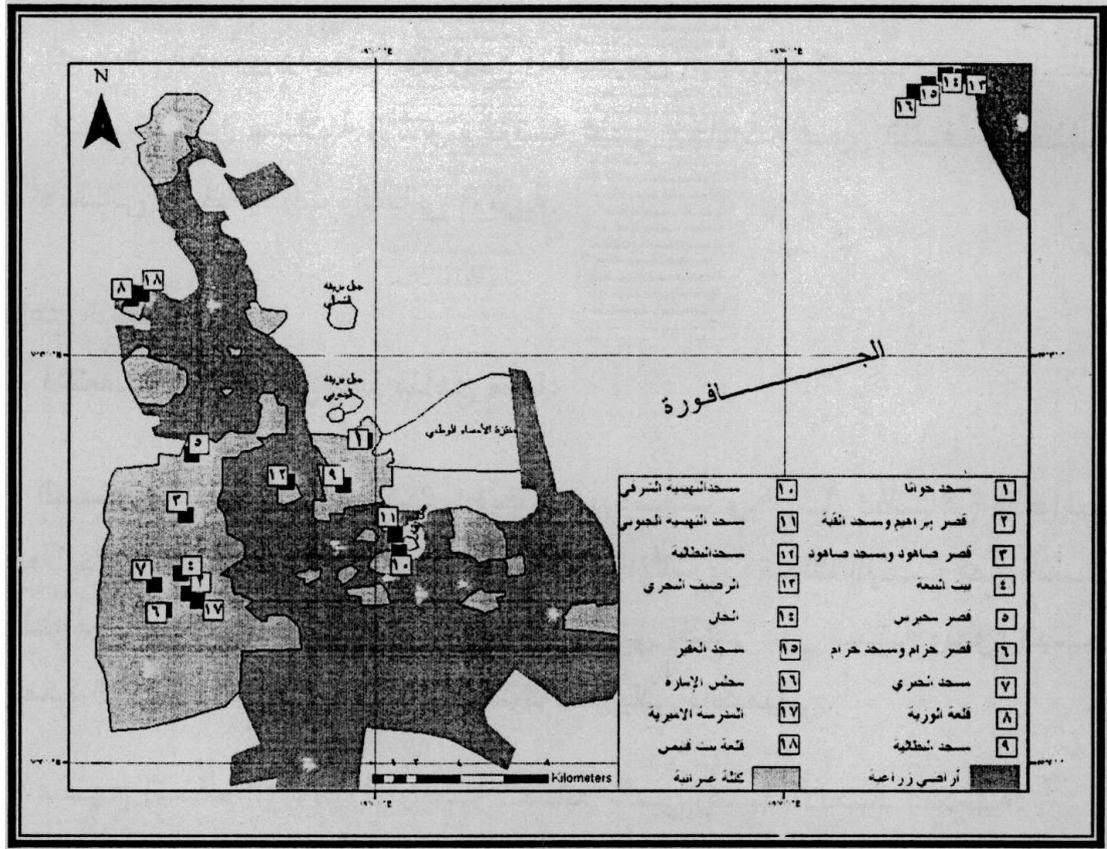
كلية الآداب - جامعة أسيوط

**مقدمة**

تمثل الآثار جزءاً مهماً من التراث الثقافي المعماري العالمي، حيث أن المجموعة الكبيرة من الآثار الحجرية تشمل المعالم التاريخية الحديثة والمباني والهياكل الحجرية. وقد شيدت الآثار بالأحساء (شكل 1) من الحجر الجيري والطين وبدون أساس وقد استخدمت هذه الأحجار لبناء الآثار ويرجع ذلك إلى تاريخها الجيولوجي، وإن كانت أنواع الأحجار تظهر قرون ذات دلالة إحصائية في خصائصها حيث تتأثر جميع المعالم الأثرية بالتدهور ولاسيما من جانب التجوية وهو ما يعني تفكك طبيعي أو كيميائي نتيجة التفاعل بين الحجر والعوامل الخارجية المؤثرة عليه مثل المحيط الحيوي والمناخ والتلوث، وقد أدى تزايد الضرر على المباني الأثرية الحجرية وخطر فقدان التراث الثقافي والذي يصعب استرجاعه إلى زيادة الجهود المبذولة في جميع أنحاء منطقة الدراسة للحفاظ عليها. والشكل (2) يوضح التوزيع الجغرافي لبعض المباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

وقد تم عمل تقييم للآثار وفقاً للخصائص الليثولوجية للصخر ونوعه، ونوع وتوزيع أشكال التجوية ودرجتها التي تمثل استجابة للظواهر الطبيعية من الحجارة إلى عمليات التجوية. وقد تم استخدام أدوات القياس الكمي لتحديد فئات الضرر ومؤشراته وترتب على ذلك تصنيف الضرر للحجر والعملية للمساهمة في تشخيص الأضرار والحفاظ على الآثار.





المصدر: - الهيئة العامة للسياحة والآثار، متحف الإحساء للآثار والتراث الشعبي 2012.

- الدراسة الميدانية 2011-2012.

شكل (2): التوزيع الجغرافي لبعض المباني الأثرية بمحافظة الأحساء

### أهداف البحث:

- تشخيص حالة التدهور التي تعاني منها المباني الأثرية من تغير وتفكك فيزيائي وكيميائي وتحلل، وتحديد ملامح هذا التدهور ونوع وشدة التدهور.
- تحديد العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في التدهور، وعمليات التفاعل وآليات التدهور.
- الوقوف على خصائص المواد المستخدمة في بناء المباني الأثرية.
- رصد تطور تدهور المباني الأثرية وخصائص الأحجار ومعدلات التدهور وعرض نماذج من تدهور الحجر وتشخيصها.

- تصنيف الضرر ودرجته وتوزيع وتشخيص المخاطر تمهيداً لوضع الحلول التي تضمن سلامة الأثر وقدرته على مجابهة قوى التلف المختلفة، وبالتالي صيانة التراث والمباني الأثرية.

### مناهج البحث:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج منها:

- المنهج الوصفي التحليلي: ويهتم بوصف وتحليل الظاهرة والعوامل والعمليات المؤثرة فيها وارتباطها بالعناصر الأخرى وكذلك البحث عن أسباب الظواهر من حيث تباينها وتغايرها. وبالتالي يظهر دور البنية ونوع الصخر والمادة اللاصقة وشكل المسام على السلوك الفيزيائي والكيميائي.
- منهج النظم الجيومورفولوجية القائم على رصد الأبعاد الثلاثة:
- المدخلات والعمليات والمخرجات (عاطف معتمد، 2008، ص15).

### مصادر ووسائل الدراسة:

- الدراسات السابقة :

وجدت دراسات جغرافية تناولت الأحساء بصفة عامة وأخرى غير جغرافية تناولت الأماكن الأثرية في الأحساء بصفة خاصة من ناحية المحافظة عليها وتجديدها، ولكن تندر كثيراً الدراسات الجغرافية في دراسة موضوع أخطار التجوية. ومن أهم الدراسات:

- 1- عبد الله أحمد سعد الطاهر (1999): الأحساء - دراسة جغرافية.
- 2- عبد الرحمن إبراهيم القو (بدون تاريخ): الخطة الاستراتيجية لحفظ وتجديد وإعادة إعمار الأماكن الأثرية بحي الكوت بمنطقة الأحساء.
- 3- علي بن صالح المغنم (2006): جواثي ومسجدها: دراسة توثيقية حضارية أثرية.
- 4- محمد عبد اللطيف (2011): المدارس الشرعية والمساجد الأثرية في الأحساء.

## - العمل الميداني :

اعتمدت الباحثة على الدراسة الميدانية لجمع البيانات ودراسة أشكال التدهور الناجمة عن التجوية بأنواعها المختلفة والتقاط الصور الفوتوغرافية وجمع البيانات المطلوبة لمعرفة مصادر التدهور ومدى تأثيرها على المباني الأثرية خلال الفترة من 2011/10/10 إلى 2012/3/4.

## - التحليلات المعملية :

لتحديد مظاهر التدهور في المباني الأثرية وعوامل وجودها المختلفة تم الاعتماد على التحليلات

الآتية:

- التحليل البتروفيزيائي: ويشمل المسامية ودرجة امتصاص المياه وقدرة تحمل الصخر للضغط.
- التحليل الهيدروكيميائي: مثل نسبة الأملاح الذائبة، والكاتيونات، والأنيونات.
- الميكروسكوب المستقطب Thin - Section : يستخدم في التعرف على التركيب المعدني للعينة ونسيجها، وكذلك في فحص أي عمليات تلف مبدئية، كذلك الكشف عن التلف الميكانيكي الذي يمكن أن يحدث داخل حبيبات المعادن للعينة نتيجة زيادة الضغط المؤثر عليها والتعرف على وجود الأملاح.
- الميكروسكوب الإلكتروني الماسح: يستخدم في تشخيص نواتج ومظاهر التلف داخل مواد البناء، كما يستخدم في دراسة عمليات التلف الميكروبيولوجي الذي يحدث للأحجار الكربونية، بالإضافة إلى دراسة طبقة إكسالات الكالسيوم التي تتكون على أسطح الأحجار الجيرية داخل المباني الأثرية.
- حيود الأشعة السينية X - Ray : وهي طريقة تعطي مباشرة اسم المركبات أو المعادن وذلك لأنها تتعامل مع البناء البللوري للمادة، كما يمكن بواسطتها تحديد كمية المركبات داخل العينة، كما تستخدم في التعرف

على معظم المعادن السليكانية ومظاهر التلف وعوامله، بالإضافة إلى التعرف على درجة مقاومة الأثر

لعمليات التجوية المختلفة (محمد مصطفى، 2009، ص ص 165 - 166).

ويضم هذا البحث الجوانب التالية:

أولاً: العوامل المؤثرة في التجوية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

ثانياً: خصائص مواد البناء المستخدمة في المباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

ثالثاً: مظاهر التلف الناشئ عن تأثير التجوية على المباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

وفيما يلي دراسة تلك الموضوعات:

**أولاً: العوامل المؤثرة في التجوية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء:**

تعدد العوامل التي تؤثر في حدوث التجوية بمنطقة الدراسة ويمكن تحديدها في نوعين، عوامل طبيعية

وأخرى بشرية وتمثل فيما يلي:

أ- **العوامل الطبيعية:** وتشمل الخصائص المناخية، والمياه تحت الأرضية، والتفاعلات الفيزيوكيميائية بين

عناصر الجو ومواد البناء.

ب- **العوامل البشرية:** وتمثل في عمر المبنى وهو عمر البناء الأثري، ومواد الترميم الخاطئ، وشبكات الصرف

الصحي القريبة من مواقع الآثار.

(أ) **العوامل الطبيعية :**

تساهم العوامل الطبيعية متمثلة في المناخ ومنسوب المياه تحت الأرضية في نشاط عمليات التجوية على

المباني الأثرية بمنطقة الدراسة، وفيما يلي دراسة للعوامل الطبيعية المؤثرة في عمليات التجوية:

**1- الخصائص المناخية:**

## 172

تقع منطقة الأحساء ضمن المنطقة المدارية ذات المناخ الصحراوي الحار والجاف والذي يتصف بقلة المطر وارتفاع درجات الحرارة نهاراً وانخفاضها ليلاً وانخفاض الرطوبة النسبية وارتفاع معدلات التبخر، الأمر الذي يؤدي إلى نشاط عمليات التجوية بمنطقة الدراسة، ويتضح ذلك فيما يلي:

## - درجة الحرارة:

يتضح من الجدول (1) والشكل (3) أن شهر يوليو هو أكثر شهور العام ارتفاعاً في درجات الحرارة إذ يبلغ متوسطه 37.7°م، في حين يعد شهر يناير أكثر الشهور انخفاضاً في درجة الحرارة حيث يبلغ متوسطه 14.7°م. وقد سجلت أقصى درجة حرارة 50.8°م في عام 2007، أما أدنى درجة حرارة هي -3.2°م في عام 1989. وقد ترتب على المدى الحراري الكبير أحد مظاهر التجوية بالمنطقة ممثلاً في التفكك الميكانيكي لبعض الصخور والأحجار المستخدمة في المناطق الأثرية ولاسيما الجدران الخارجية، وتوضح الصورة (1) أثر عمليات التفكك الميكانيكي لصخور الجدران الخارجية لقصر محيرس.

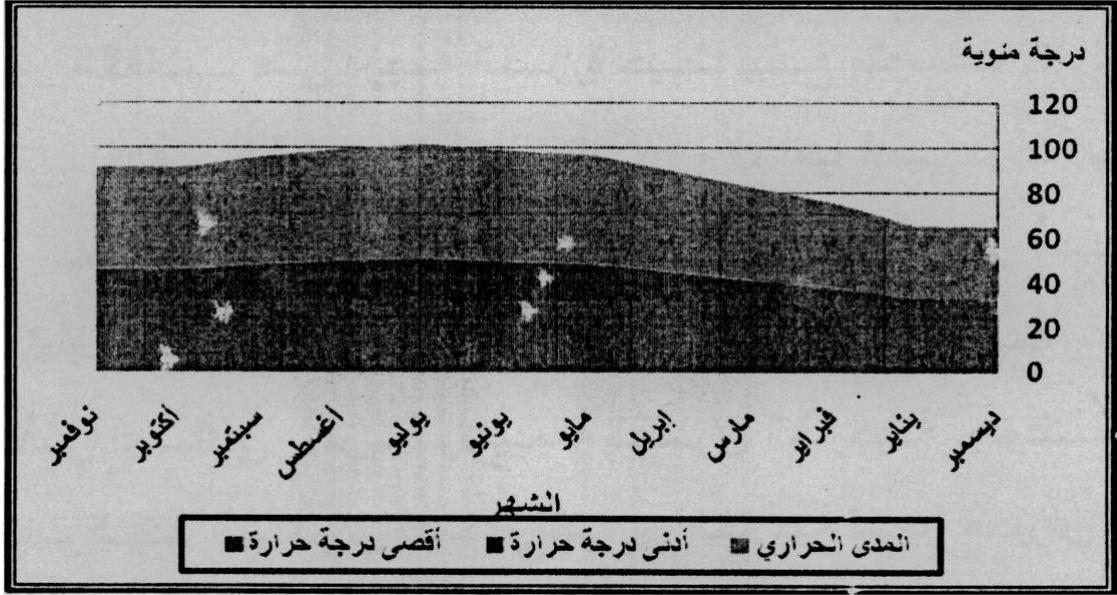
## جدول (1): المعدلات المناخية بمحطة الهفوف خلال الفترة 1973 - 2007.

المتغيرات الشهر	درجة الحرارة ( درجة مئوية )			المطر مم <sup>3</sup>	الرطوبة النسبية %	التبخر مم
	المتوسط الشهري	أقصى درجة حرارة	أدنى درجة حرارة			
ديسمبر	16.6	32.5	0.8	31.7	57	10.8
يناير	14.7	32.7	-3.2	35.9	57	9.3

## 173

9.6	50	13.0	73.5	36.8	1.0	37.8	17.1	فبراير
9.9	54.7	17.3	92.2	34.8	0.5-	34.3	16.1	الشتاء
10.7	45	18.0	111.0	40.5	0.7	41.2	21.3	مارس
12.7	38	10.4	44.3	37.7	7.3	45.0	27.1	إبريل
13.0	27	1.6	15.3	31.5	17.0	48.5	33.2	مايو
12.1	36.7	10.0	56.9	33.6	8.3	35.9	27.2	الربيع
12.5	22	0.5	0.3	31.0	18.3	49.3	36.2	يونيو
14.5	23	0.1	1.1	27.6	23.2	50.8	37.7	يوليو
17.3	29	0.9	19.4	30.0	19.7	49.7	37.1	أغسطس
14.8	24.7	0.3	6.9	29.5	20.3	49.9	37.0	الصيف
15.8	33	0.0	0.0	30.7	17.3	48.0	33.7	سبتمبر
14.8	39	0.6	7.7	32.6	13.0	45.6	29.1	أكتوبر
12.5	47	5.7	94.6	40.0	5.8	45.8	22.4	ديسمبر
14.4	39.7	2.1	34.1	34.4	12.0	49.5	28.4	الخريف
12.8	38.9	7.4	47.1	33.1	9.8	42.2	27.2	المتوسط السنوي
					*			

المصدر: الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من 1973 - 2007.



المصدر: إعداد الباحثة بناءً على بيانات جدول (1).

شكل (3): معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحراري بمنطقة البحث



صورة (1) التفكك الميكانيكي لصخور الجدران الخارجية لقصر محيرس.

ناظراً نحو الشمال الشرقي.

وقد أثرت درجات الحرارة المرتفعة وخاصة في فصل الصيف على طبقات الملاط في العديد من المباني الأثرية

بمحافظة الأحساء، حيث يمتص سطح الأثر الطاقة الحرارية الناتجة عن الأشعة الحمراء، ويؤدي عدم قدرة الصخور

الموجودة أسفل طبقة الملاط على التوصيل الحراري، إلى ارتفاع درجة الحرارة في طبقة الملاط الخارجية مقارنة بالكتل

الصخرية الموجودة بالحائط الأساسي، الأمر الذي يترتب عليه تمدد وانكماش الطبقة الخارجية، ومع تكرار هذه العملية فيحدث تقشر وسقوط لطبقة الملاط وتتكشف الحوائط الموجودة أسفل منها.

وقد بلغ المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة 16.1م° في فصل الشتاء، ويرتفع في فصل الربيع إلى 27.2م° وكذلك يرتفع أكثر في فصل الصيف فيصل إلى 37م° ثم ينخفض في فصل الشتاء. ولا شك أن هذا التغير في درجات الحرارة بمنطقة الدراسة يؤثر تأثيراً مباشراً في نشاط التجوية بأشكالها المختلفة ولا سيما الميكانيكية والملحية. ويسجل المدى الحراري السنوي بمحطة أرصاد الهفوف (33.1م°) ارتفاعاً ملحوظاً ويرجع ذلك إلى ندرة الغطاء النباتي والبعد عن المؤثرات البحرية وانخفاض الرطوبة النسبية، كما يتباين المدى الحراري الفصلي بالمنطقة، حيث يعد فصل الشتاء أقل الفصول في المدى الحراري بينما يعد فصل الصيف أكثر الفصول ارتفاعاً في المدى الحراري (29.5م°) الأمر الذي يترك أثره على المباني الأثرية ولاسيما نشاط الأملاح بها.

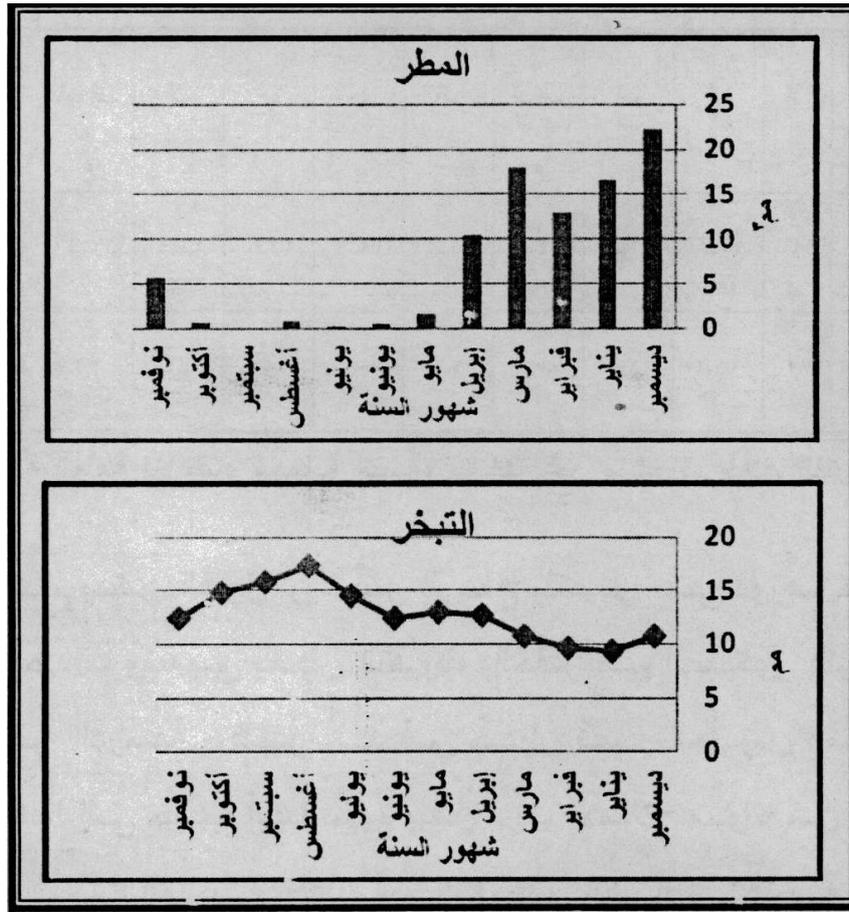
ويؤدي التغير في درجات الحرارة بين الليل والنهار إلى زيادة معدلات تبلور الأملاح ومن ثم زيادة نشاط عمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية في نفس الوقت، حيث أنه في حالة انخفاض درجة الحرارة تتعرض بعض الأملاح مثل كبريتات الصوديوم والماغنسيوم إلى تناقص سريع في تحللها، أما في حالة ارتفاع درجة الحرارة تزيد من فعل عملية التبخر وبالتالي فإن الأملاح عالية الذوبان ينتج عنها بللورات كبيرة الحجم (Thomos, D.S.C., 1989, p.18).

كما تتعرض طبقة الملاط (الطلاء الخارجي) وكذلك الكتل المستخدمة في البناء (وهي من الصخور الجيرية) للضغوط الداخلية نتيجة المدى الحراري اليومي، حيث أن أملاح كلوريد الصوديوم تتمدد ويزداد حجمها بنسبة 1% خلال اليوم، وبالتالي تسهم في إحداث تشققات بنسب متفاوتة على الطلاء (Cooke, R.U., 1982, p.143).

## 176

توضح بيانات الجدول (1) والشكل (4) أن فصل الصيف أكثر الفصول ارتفاعاً في معدلات التبخر، حيث تبلغ 15 مم، وبعد شهر يونيو أكثر الشهور ارتفاعاً حيث تصل إلى 17.3 مم، ويعزي ذلك إلى جفاف الهواء وارتفاع درجة الحرارة هذا إلى جانب خلو السطح من النبات الطبيعي، ومع حلول فصل الشتاء تهبط معدلات التبخر ليبلغ أدنى المعدلات حيث سجل 10 مم.

وبناءً على ما سبق يمكن القول بأن عمليات التجوية ولاسيما التجوية الملحية يشتد تأثيرها بمنطقة الدراسة في فصل الصيف، حيث يقترن ارتفاع درجة الحرارة ارتفاع معدلات التبخر، وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة خلال ساعات النهار خاصة في فصل الصيف يؤدي إلى ارتفاع محاليل الملح نحو السطح بفعل خاصية الشعيرية فتعرض للتبخّر عند السطح أو بالقرب منه مرسبة ما بها من أملاح، وباستمرار هذه العملية تنمو البللورات الملحية مسببة اجهادات كبيرة على الحبات التي تلامسها مما يؤدي إلى تفكك الصخر (محمد صبري محسوب، 1977، ص ص 85-86).



المصدر: إعداد الباحثة بناءً على بيانات جدول (1).

شكل (4): معدلات المطر والتبخر الشهري بمنطقة البحث.

- الرياح :

يلاحظ من الجدول (2) أن الرياح الشمالية هي الرياح السائدة على محافظة الأحساء، وتقدر متوسط سرعة هبوبها سنوياً 16.2 كم/الساعة، بينما الرياح الشمالية الغربية يبلغ متوسط سرعتها 14.4 كم/الساعة، أما الرياح الجنوبية فإن تأثيرها كل منها يكاد يكون منعدماً، كما تتراوح أقصى سرعة للرياح ما بين 144 كم/الساعة للرياح الشمالية و 75.6 كم/الساعة للرياح الشمالية الغربية.

جدول (2): المتوسط السنوي لاتجاهات الرياح وسرعتها

بمحافظة الأحساء كم/الساعة.

الاتجاه	ش ش	ش ش	ش	ش	ش	ش ش	ش	ش	ش	ش	ش ش	ش ش
	غ	غ				غ					غ	غ
متوسط السرعة	12.6	10.8	9	10.8	12.6	14.4	16.2	12.6	12.6	14.4	14.4	12.6
أقصى سرعة	70.4	73.8	72	68.4	68.4	75.6	72	81	144	72	72	64.8

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من 1973 - 2007.

وبوجه عام يمكن القول أن تأثير الرياح يقتصر على دورها كعامل نحت، فتؤدي إلى إحداث وتعميق بعض الثقوب والحفر في الصخور اللينة بالمباني الأثرية بمنطقة الدراسة، وظهر ذلك في جدران قصر محيرس ومسجد جواثي (صورة 2). هذا إلى جانب أنها تقوم بنقل ذرات الأملاح سواء من مياة الخليج العربي أو السبخات الملحية القريبة من إحدى المناطق الأثرية متمثلة في ميناء العقير وما به من مباني الرصيف البحري والخان ومسجد العقير ومجلس الإمارة وإعادة توزيعها على واجهات وحوائط المباني الأثرية وبالتالي تسهم في تفعيل دور التجوية.



صورة (2): الثقوب والحفر في الجدران الخارجية بمسجد جواثي نتيجة فعل الرياح.

ناظراً نحو الشمال.

حيث أن رذاذ البحر يتميز باحتوائه على نسبة عالية من أملاح الكلوريدات والكبريتات وغيرها من الأملاح والمواد الضارة، ونظراً لأن المباني الأثرية قد شيدت من مواد بناء عالية المسامية لها القدرة على امتصاص

أكبر قدر من الرطوبة الجوية أو الأرضية فإن هذا الرذاذ المالح ينفذ بسهولة ويسر إلى داخل مكونات مواد البناء وطبقاتها المختلفة فيحدث بها أضرار فيزيوكيميائية خطيرة خاصة عندما تتبلور الأملاح الذائبة فيه بأحجام بللورية مختلفة داخل مواد البناء، حيث يؤدي إلى نشأة ضغوط داخلية يكون من شأنها انتشار التشققات في هذه المواد الإنشائية (محمد عبد الهادي، 1995، ص15).

#### - المطر :

يتميز نظام المطر في الأحساء بصفاته الصحراوية من صغر المعدلات السنوية والتباين الشديد في كمياته من سنة إلى أخرى وسقوطه بصورة مفاجئة ومركزة، كما يتبين ذلك من الجدول (1) الذي يوضح المتوسط الفصلي والسنوي لكميات المطر الساقطة بمنطقة الدراسة كما يلي:

- تتعرض منطقة الدراسة لكمية كبيرة من المطر، حيث يبلغ المتوسط السنوي 7.4 مم<sup>3</sup>.
- تسقط أكبر كمية مطر على منطقة الدراسة في الشتاء فقد بلغت 17.3 مم<sup>3</sup>، ويليه فصل الربيع 10 مم<sup>3</sup>، ثم الخريف 2.1 مم<sup>3</sup>، وتكاد تنعدم في فصل الصيف حيث لم تتعد كمية المطر الساقطة 0.3 مم<sup>3</sup> (الشكل 4)، ويرجع ذلك إلى كثرة المنخفضات الجوية في فصل الشتاء عن باقي الفصول.
- قد تسقط كميات فجائية من المطر تفوق قدرة التربة على التبخر والتسرب مما يعني حدوث السيول كما حدث عام 1992 وبالتالي على الأثار.

وجدير بالذكر أن سقوط المطر على أسطح المباني الأثرية وتغلغلها وسرعة ترسبها خلال الشقوق والمسام يترتب عليه ارتفاع المحتوى المائي لمواد البناء وبالتالي إذابة الأملاح بما بعد انتهاء التساقط وجفاف الحائط مما يتسبب في تلف الأحجار، كما ينتج عن سقوط ذرات المياه مباشرة على المباني الأثرية حدوث حفر وتجويفات بالحوائط، ونشاط عمليات التجوية التي ينجم عنها تفكك الصخر وتحلله ونقله تجاه أقدام الحوائط.

وتكون مياه المطر أكثر خطورة في تفاعل مكوناتها مع مواد البناء إذا كانت مياه المطر حامضية، فنتيجة وجود ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> كمكون طبيعي في الجو فإن حمض الكربونيك يذاب في مياه المطر التي تتحول إلى محلول حمض الكربونيك والذي يحول مادة كربونات الكالسيوم CaCO<sub>3</sub> سواء كانت موجودة في مونة

الجير أو كسواتب في مونة الجبس أو مواد البناء المختلطة إلى مادة بيكربونات الكالسيوم  $Ca(HCO_3)_2$  القابلة للدوبان في الماء التي يتم نزحها بواسطة المياه، مما يؤدي إلى مزيد من عمليات التفكك والضعف لمواد البناء (Shouil, 1991, p.p. 243-244).

### - الرطوبة النسبية :

يتبين من دراسة الرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة (جدول 1) ما يلي:

- ارتفاع معدل الرطوبة النسبية في فصل الشتاء والخريف، حيث تبلغ 54.7% و 39.7% على الترتيب، ويليهما فصلا الربيع والصيف، إذ يبلغ 36.7% لفصل الربيع و 24.7% لفصل الصيف.
  - يبلغ المتوسط السنوي 38.9% ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة بمنطقة الدراسة مما يعني ارتفاع القدرة الاستيعابية للهواء من الرطوبة، حيث تتناسب الرطوبة عكسياً مع متوسطها الحراري.
- ومن ثم يمكن القول أن الرطوبة من أخطر عوامل التلف الفيزيوكيميائية حيث تساهم في معظم عمليات التجوية الكيميائية سواء الأكسدة أو التكرين أو الإذابة أو التحلل المائي، والذي يترتب على وجودها داخل مواد البناء أضرار جسيمة متمثلة في تصدع وانحيار المباني.

### 2- المياه تحت الأرضية :

توجد المياه الأرضية في نطاقين أحدهما نطاق المياه الجوفية Ground Water والآخر نطاق مياه تحت التربة Sub - Soil، ويطلق تعبير الماء الأرضي أو الجوفي على المياه التي توجد في النطاق المشبع من التكوينات أو الطبقات الأرضية، ويعرف بالمياه تحت السطحية عندما يظهر في الطبقات تحت السطحية في النطاقات غير المشبعة حيث تكون الفراغات والفجوات والشقوق مملوءة بالماء والهواء.

وعلى أية حال إذا ما ارتفع منسوب الماء تحت سطح الأرض سواء عن طريق الخاصة الشعرية أو ارتفاع منسوب الماء الجوفي أو ارتفاع مستوى الماء بالتربة، فإن عمليات التجوية الكيميائية والفيزيائية سوف تنشط من وجهة النظر الجيومورفولوجية مما يترتب على ذلك تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على التربة وما فوقها من مباني أثرية (على مصطفى مرغني، 2002، ص1).

وفيما يلي دراسة مناسيب ونوعية المياه تحت الأرضية ومدى تأثيرها في منطقة الدراسة على النحو التالي:

### - مناسيب المياه تحت الأرضية :

تعرض المباني الأثرية في محافظة الأحساء لارتفاع وتذبذب مناسيب المياه تحت الأرضية مما يتسبب في عمليات التلف والتقليل من الخواص الميكانيكية للحجر، ويتمثل التأثير الحقيقي لهذه المياه فيما تحمله من أملاح أو مواد عضوية موجودة في مصادر هذه المياه أو التربة التي تحتزنها. ويوضح الجدول (3) مناسيب المياه تحت الأرضية بالمناطق الأثرية بمحافظة الأحساء.

يتبين من الجدول (3) والشكل (5) أن مستوى المياه تحت الأرضية في محافظة الأحساء يتباين من مكان

إلى آخر، ويمكن تصنيفها على النحو التالي:

- مناطق مناسيب المياه تحت الأرضية أقل من متر تحت سطح الأرض: وتنتشر في بعض المواقع، حيث تمثل 55% من إجمالي المواقع بمنطقة الدراسة، وتشمل قصر إبراهيم، المدرسة الأميرية، مسجد الجبيري، مسجد جواثي، مسجد الجعلانية، قصر الوزية، قلعة بنت قنيص، مسجد التهيمية الشرقي، ميناء العقير - الرصيف البحري، ميناء العقير - الخان، مجلس الإمارة.

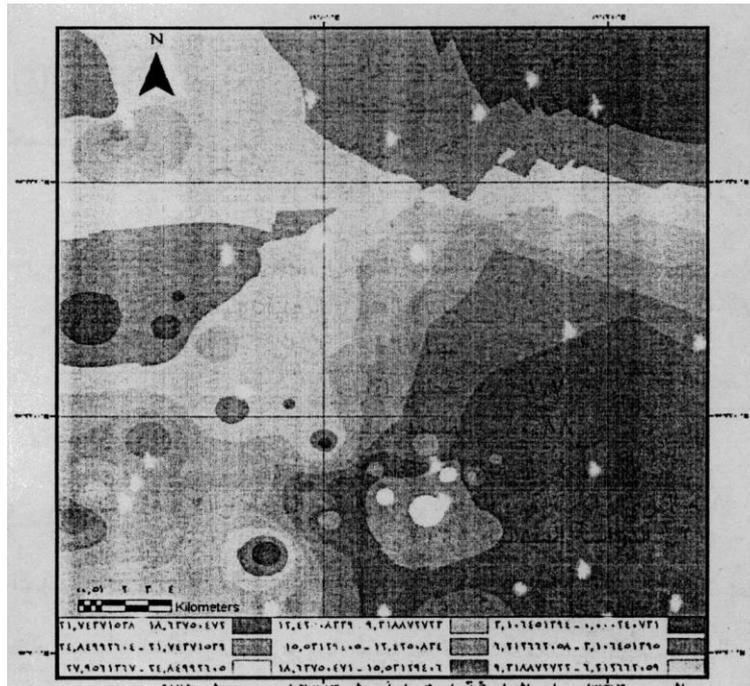
### جدول (3): مناسيب المياه تحت الأرضية بمحافظة الأحساء.

الموقع	منسوب المياه تحت الأرضية (متر)	الموقع	منسوب المياه تحت الأرضية (متر)
قصر إبراهيم	0.30-	مسجد جواثي	0.57-
بيت البيعة	1.6-	مسجد الجعلانية	0.98-
المدرسة	0.88-	قصر الوزية	0.80-
مسجد القبة	1.2-	قلعة بنت قنيص	0.73-
قصر خزام	1.0-	مسجد التهيمية الشرقي	0.71-
مسجد خزام	1.3-	مسجد التهيمية الجنوبي	1.2-

0.5-	ميناء العقير - الرصيف البحري	1.0-	قصر
0.80-	ميناء العقير - الخان	1.0-	مسجد
0.95-	مجلس الإمارة	1.7-	قصر
1.2-	مسجد العقير	0.88-	مسجد
المتوسط العام (-0,97)			

المصدر: هيئة الري والصرف، إدارة الري (قسم المياه والتربة)، بيانات غير منشورة، الأحساء، 2012. الدراسة

الميدانية 2012.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (3).

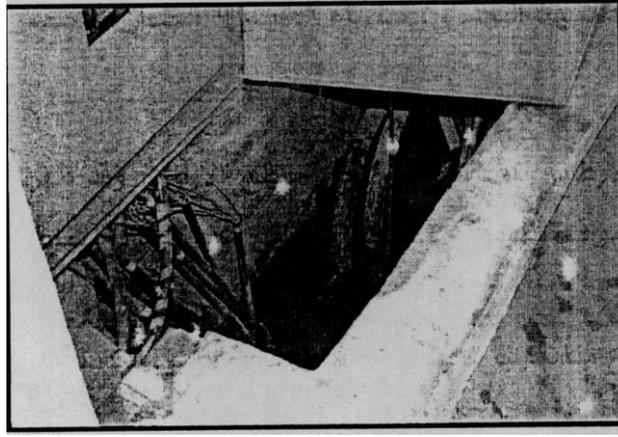
شكل (5): مناسيب المياه تحت الأرضية في محافظة الأحساء.

• مناطق مناسيب المياه تحت الأرضية أكثر من متر تحت سطح الأرض: وقد ظهرت في باقي المواقع، إذ بلغت

9 مواقع بنسبة 45% من إجمالي عدد المواقع بمنطقة الدراسة.

يتضح مما سبق ارتفاع مناسيب المياه تحت الأرضية في العديد من المناطق خاصة مدينة الهفوف وقرى

الكلاية والبطالية والعيون، حيث يبلغ المتوسط العام -0.97 متر تحت سطح الأرض (صورة 3).



صورة (3): ارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية بقصر إبراهيم.

ناظراً نحو الجنوب.

#### - الخصائص الكيميائية للمياه تحت الأرضية :

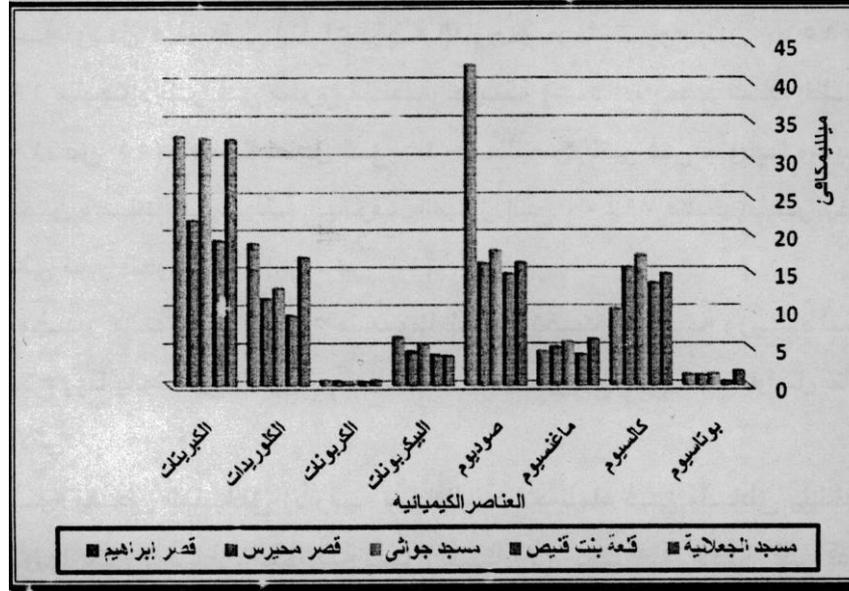
تعد المياه تحت الأرضية خطراً يهدد المباني الأثرية، وتسهم في تلف وتآكل مواد البناء بالمواقع الأثرية نتيجة زيادة نسبة الأملاح الذائبة فيها. ومن أهم هذه الأملاح الصوديوم والبيكربونات والكبريتات إلى جانب معامل الحموضة PH والتوصيل الكهربائي EC (ميرفت ثابت صليب، 2008، ص114). والجدول (4) والشكل (6) يوضح الخصائص الكيميائية للمياه تحت الأرضية بمحافظة الأحساء.

جدول (4): الخصائص الكيميائية للمياه تحت الأرضية بمحافظة الأحساء.

الأيونات (بالملييمكافئ)				الكاتيونات (بالملييمكافئ)				EC	PH	العناصر الموقع
So <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			
32.5	16.9	0.7	3.9	16.2	6.1	14.7	1.9	3.9	7.3	قصر إبراهيم
19.1	9.2	0.5	4.0	14.7	4.1	13.5	0.5	3.2	6.9	قصر محيرس
32.6	12.8	0.2	5.5	17.8	5.8	17.2	1.6	4.2	7.0	مسجد جواثي

21.8	11.4	0.6	4.5	16.1	5.1	15.6	1.4	3.8	7.0	قلعة بنت قنيس
32.9	18.7	0.7	6.4	42.4	4.5	10.1	1.5	5.9	6.6	مسجد الجعلانية

المصدر: عبد الله بن حسين مبارك، 2012، ص 38-39، و 84 - 85.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (4).

#### شكل (6): الخصائص الكيميائية للمياه تحت الأرضية بمحافظة الأحساء.

توضح بيانات الجدول السابق أن درجة تركيز البوتاسيوم تراوحت بين 0.5 و 1.9 ملليمكافى بمنطقة الدراسة، في حين بلغت أعلى درجة لتركيز الكالمسيوم في مسجد جواثي حيث بلغت 17.2 ملليمكافى، في حين تراوح تركيز الماغنسيوم بين 4,1 و 6,1 ملليمكافى بمحافظة الأحساء.

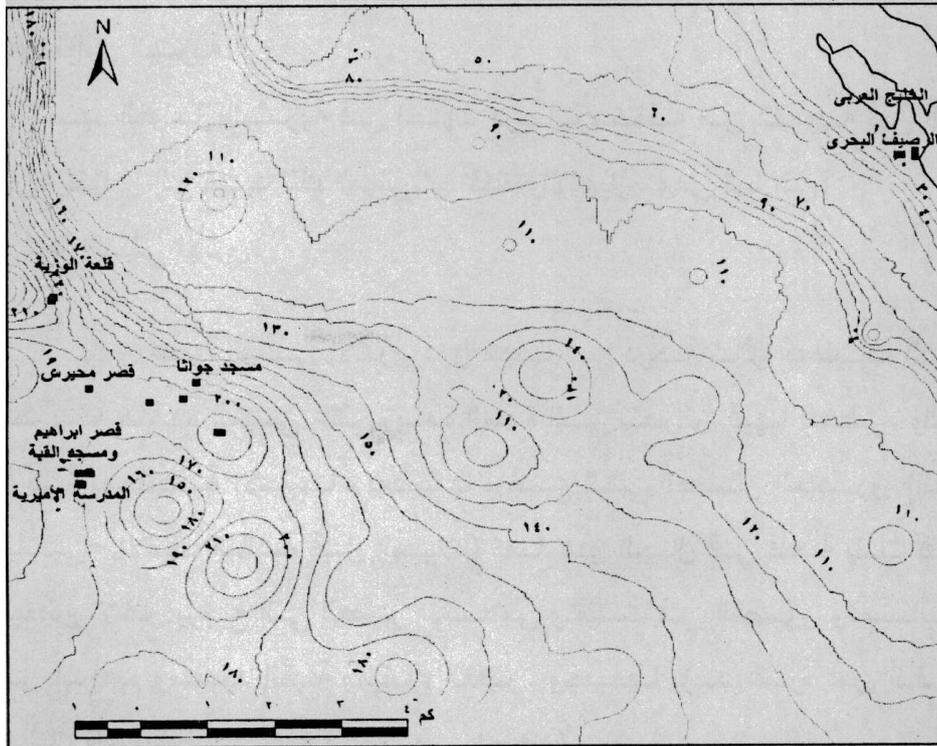
أما درجة تركيز الأنيونات فقد لوحظ ارتفاع درجة تركيز الكلوريدات والكبريتات بمنطقة الدراسة، حيث تراوحت بين 9.2 و 18.7 ملليمكافى، و 19.1 و 32.9 ملليمكافى على الترتيب، بينما تراوحت درجة تركيز الكربونات والبيكربونات بين 0.2 و 0.7 ملليمكافى، و 3.9 و 6.4 ملليمكافى على التوالي.

كما تشير بيانات الجدول إلى أن معامل الحموضة PH يتراوح بين 6.6 و 7.3، كما تتراوح درجة التوصيل الكهربائي EC بين 3.2 و 5.9 بمنطقة الدراسة. ويدل هذا على ارتفاع درجة الملوحة حيث تتراوح بين 1560 إلى 1625 ملليجرام/لتر في شرق منطقة الدراسة (عبد الله أحمد سعد الطاهر، 1999، ص 55)، بينما

تصل إلى 6045 ملليجرام/لتر في جنوبها وغربها، في حين وصلت في منطقة الهفوف والمبرز إلى 79400 ملليجرام/لتر (خليل بن علي معبر الحوياني، 2011، ص18).

وجدير بالذكر إن ارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية وزيادة نسبة الأملاح بها بالمناطق الأثرية بمحافظة الأحساء يرجع إلى عدة عوامل تتمثل في الآتي:

- وقوع بعض المناطق الأثرية بمحافظة الأحساء في مناطق ينخفض منسوبها عن المناطق المحيطة بها (الشكل 7)، كما هو الحال في قصر إبراهيم ومسجد الجبري وجواثي والرصيف البحري. كما نجد أن بعض المباني تهبط إليها بدرجات من السلم مثل مسجد التهميمية الشرقي؛ مما يجعلها بؤراً لتجمع المياه المتسربة من شبكات المياه والصرف، وارتفاع مناسيبها بداخلها، ومن ثم التأثير بتلك المياه وما تحويه من أملاح، مما يسبب الضرر بالمباني الأثرية بأشكاله المختلفة.
- وقوع إحدى المباني الأثرية متاخمة لساحل الخليج العربي، متمثلاً في ميناء العقير والذي يشمل الرصيف البحري، والخان، ومسجد العقير، ومجلس الإمارة، الأمر الذي يتسبب في رفع منسوب المياه تحت الأرضية وازدياد نسبة الأملاح بتلك المباني، وبالتالي إلحاق الضرر بها إلى حد إنحيارها.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على:

- خريطة طبوغرافية مقياس 1: 500000، عام 1980.

- خريطة الهيئة العامة للسياحة والآثار، 2012.

شكل (7): الخريطة الكنتورية لمحافظة الأحساء.

- يبلغ معدل استهلاك مياه الشرب بالأحساء نحو 412 ألف متر مكعب يومياً، وبلغ كمية الصرف الصحي 218 ألف متر مكعب يومياً (وزارة المياه والكهرباء، بيانات غير منشورة، 2012)، ونظراً أن معظم المناطق بمنطقة الدراسة تعاني من عدم وجود شبكات صرف صحي من جهة، وتهالك شبكات الصرف الصحي من جهة أخرى، مع الأخذ في اعتبار بوجود دورات المياه داخل المباني الأثرية، فقد ترتب على ذلك ارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية حيث أصبحت الجدران السفلية مغمورة بمياه الرشح والصرف الصحي مسببة تلف العديد من المباني الأثرية (راجع صورة 3).

#### (ب) العوامل البشرية:

تسهم العوامل البشرية في إحداث درجات مختلفة من التجوية في المباني الأثرية فتؤدي إلى تهديد تلك المباني بالتفكك والانحيار، وهي كما يلي:

#### 1- عمر المبنى الأثري :

يؤدي عمر المبنى الأثري دوراً مهماً في درجات تأثره بعمليات التجوية، حيث يساعد قدم المبنى على زيادة المدة التي تتعرض فيها للخطر. والمباني الأثرية بمحافظة الأحساء بعضها يرجع إلى العصر الحجري (العصر الهيليني - الألف الثالثة قبل الميلاد) كما هو الحال في قلعة بنت قنيص، والبعض الآخر يرجع إلى العصر الإسلامي وتمثلت في القصور والمساجد مثل قصر إبراهيم ومسجد القبة وميناء العقير، وجميعها يزيد عمره عن ألف سنة (علي المغنم وآخرون، 1978، ص ص 8 - 14).

#### 2- شبكة الصرف الصحي القريبة من المواقع الأثرية :

## 187

تشير البيانات الواردة من بلدية محافظة الأحساء أن شبكة الصرف الصحي تغطي 40% من الكتلة العمرانية بكل من الهفوف والمبرز بالإضافة إلى البيارات الخاصة، وأن مدينتا الهفوف والمبرز تخدمها شبكة صرف صحي بطاقة تبلغ 105116م<sup>3</sup>/اليوم، وقرية الشعبة بطاقة 3042م<sup>3</sup>/اليوم أي أن إجمالي معدل الصرف بحاضرة الأحساء يبلغ 108158م<sup>3</sup>/اليوم. وعلى الرغم من ذلك فإن المنطقة القديمة بالمبرز والقفوف توجد بها شبكة صرف قديمة غير مطابقة للمواصفات، وتتكون من قنوات أسمنتية وخرسانية ومواسير فخار قديم أو بلاستيك ضعيف السماكة وتستخدم الآبار للصرف مما يسبب الطفح والتلوث وارتفاع منسوب المياه الجوفية والأرضية (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2009، ص ص 292 - 297).

ويترب على اختلاف منسوب الأرض في محافظة الأحساء أن تصبح المباني الأثرية القريبة من العمران أكثر عرضة للتأثر بمياه الصرف التي تحمل الأحماض المختلفة ويعرضها إلى التدهور خاصة وإن التفاعلات الكيميائية بين مياه الصرف الصحي ومكونات مواد البناء كبيرة وذلك في ظل وجود العناصر الحمضية في مياه الصرف مثل أيدروليك، واليدروفلوري، الموزيانيك، والنيريك، والكبريتات، مما يعني ذلك انحلال مواد البناء بسرعة (حسين محمد جمعة، بدون سنة، ص 97). مما يساعد على زيادة فعل التجوية الكيميائية، ويتضح هذا الأمر في قصر إبراهيم ومسجد الجبري في مدينة الهفوف، وقصرا صاهود ومحيرس في المبرز، بالإضافة إلى مسجد جواثي في قرية الشعبة.

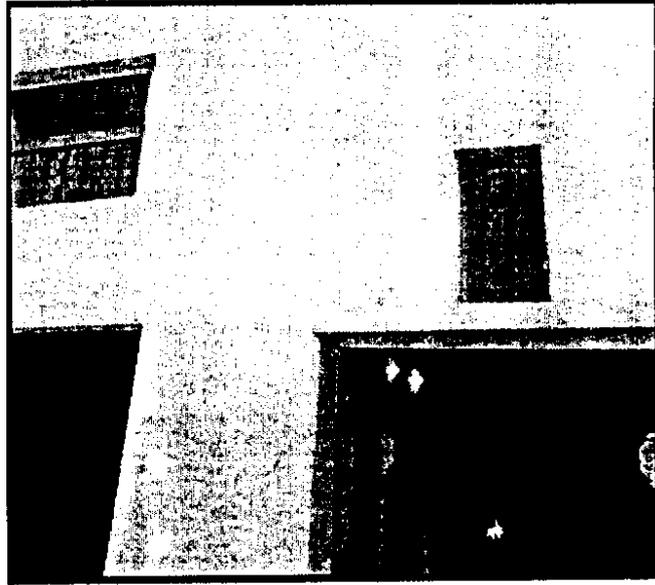
## 3- الترميم الخاطئ :

تهدف عملية الترميم إلى إعادة الأثر بقدر الإمكان إلى حالته الأصلية من خلال عملية علاج مظاهر التلف التي تسببها عوامل التلف المختلفة بأسلوب علمي صحيح، أما إذا أجريت هذه العملية بطريقة خاطئة فإما أن تسرع بزوال الأثر أو تغييره مظهره، خاصة وأن العملية الترميمية في كثير من الحالات لا تعتمد على دراسة علمية شاملة للأثر وفهم العوامل المحيطة. وقد لاحظت الباحثة من خلال الدراسة الميدانية وجود العديد من أوجه القصور في عمليات الترميم للمباني الأثرية بمحافظة الأحساء، حيث تبين استخدام الجص أو الجبس الأبيض في معظم المباني مثل قصر إبراهيم وقصر خزام والمدرسة الأميرية وبيت البيعة (صورة 4) وهو مادة صلبة ملونة من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم، كما يتم خلطها بالمياه الجوفية عالية الملوحة (2400 جزء في المليون)، وبذلك

## 188

يكون لها مخاطر كبيرة جداً على المباني الأثرية حيث تتحد كبريتات الكالسيوم مع الأسمنت فيصبح الحجر الجيري ومع مرور الزمن هشاً جداً مما يؤدي إلى ظهور الشقوق وبالتالي تصدع الأبنية، كما يتم استخدام مونة الأسمنت الخطيرة والتي من أشهرها الأسمنت البورتلاندي، كالتى استخدمت في عمليات ترميم قصر محيرس والمدرسة الأميرية (صورة 5) ومسجد جواثى وترتب عليها انهيار جدران المبنى.

ويرجع التلف لاستخدام الأسمنت الذي يحتوي على سيليكات الكالسيوم وسيليكات الألومنيوم وكذلك كبريتات الكالسيوم وبعض الأملاح القلوية التي تتغلغل داخل مواد البناء مسببة تلف خطير بها مثل تبلور الأملاح بها بالإضافة إلى ظهور التشققات الدقيقة والواسعة بها نتيجة الاختلاف في درجة الصلادة ومعامل التمدد والانكماش بين مواد البناء القديمة والأسمنت المستخدم في الترميم (Lamei, S., 1995, p.147).



صورة (4): استخدام الجبس الأبيض في ترميم جدران بيت البيعة. لاحظ التشققات.

ناظراً نحو الشمال.



صورة (5): استخدام الأسمنت البورتلاندي في ترميم جدران المدرسة الأميرية.

ناظراً نحو الشرق.

### ثانياً: خصائص مواد البناء المستخدمة في المباني الأثرية بمحافظة الأحساء:

تعد خصائص مواد البناء من العوامل الحاكمة في مدى تعرض المباني لمظاهر التجوية، وتمثل هذه الخصائص في مدى مقاومة مواد البناء للعوامل الطبيعية والبشرية سابقة الذكر، ولاسيما الأملاح، وحجم التلوث بالغبار الملحي. وتؤكد دراسة كوك (Cooke, & Doornkamp, 1982, p.145) أن تعرض مواد البناء للأملاح يحدث تغير في الخصائص الكيميائية لمواد البناء، وهو الأمر الذي يترتب عليه ضعف هذه المنشآت، ويؤثر في عمرها.

وبناءً على هذا فإن حجم التلفيات بالمنشأة يتحدد أثره على حجم الغبار الملحي في مواد البناء. فقد تتعرض مواد البناء للتلوث الملحي نتيجة لرذاذ البحر، أو التبخر الذي يحدث للمياه الأرضية، ومن ثم تعرض المباني للتلف وأخطار التشقق والانحيار. لذلك كان من الأهمية دراسة خصائص مواد البناء في منطقة الدراسة وتحديدتها، وفيما يلي عرض لأهم هذه الخصائص (جدول 5).

جدول (5): بعض الخصائص الفيزيائية لعينات الحجر الجيري

## بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء

موقع العينة	المسامية (%)	امتصاص المياه (%)	موقع العينة	المسامية (%)	امتصاص المياه (%)
قصر إبراهيم (قديمة)	45.65	14.34	بيت البيعة (حديثة)	37.17	20.46
قصر إبراهيم (حديثة)	34.28	35.98	الرصيف البحري (قديمة)	26.68	23.18
المدرسة الأميرية (قديمة)	30.00	24.30	الرصيف البحري (حديثة)	28.72	8.27
قلعة بنت قنيس (قديمة)	41.36	26.04	مسجد جواثي (قديمة)	26.32	7.78
قلعة الوزية (قديمة)	41.38	21.08	مسجد الجواثي (حديثة)	29.87	14.24
بيت البيعة (قديمة)	38.10	27.30	مسجد الجعلانية (قديمة)	36.63	15.94

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي والمياه، كلية الزراعة، جامعة أسيوط، 2012.

(قديمة): عينات من الحوائط المبنية من الحجر الأصلي. (حديثة): عينات من حوائط تم لها ترميم.

## (1) المسامية :

تشير معظم الدراسات إلى أن الضرر الواقع على المباني الأثرية يحدث نتيجة تشرب المياه من خلال المسام

الموجودة في الكتل الصخرية المقامة منها تلك المباني. ويتم ذلك عند 20 درجة مئوية (Tsuia, N., & et.al., )

(2003, p.p. 112-113) حيث يحدث تطور للشقوق والتصدعات نتيجة لتغيرات درجة الحرارة بسبب تبخر

المياه أو السوائل من الشقوق، وبالتالي تبلور الأملاح داخلها والتي تتطور خلال تلك التغيرات نتيجة الانحلال الكيميائي وتشكيل الأنواع المعدنية الجديدة (Bourges, V.A., 2006, p. 43).

فمن خلال فهم تقنيات المسامية Porosity والنفاذية Permeability وأثرهما في التجوية تبين أن التغيرات في سطح المباني الحجرية يمكن أن تحدث بسرعة أو ببطء نتيجة اختلاف معدلات استجابة خصائص الحجر إلى الظروف البيئية، بالاعتماد على نظام المسام وحركة الأملاح أثناء عمليات التجفيف ( Buj, O.J., &et.al., 2011, p. 393).

ويتضح من تحليل الجدول (5) وجود تباين في درجة المسامية في الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المباني الأثرية، حيث تراوحت بين 26.32% و 45.65%، وسجلت أقل درجة للمسامية بمسجد جواثي بالعينة القديمة، وأعلى درجة مسامية بقصر إبراهيم بالعينة الحديثة بمتوسط 34.28%.

وإذا قارنا درجة المسامية لعينات الأحجار القديمة والأحجار الحديثة يلاحظ ارتفاع درجة المسامية بالأحجار القديمة في جميع عينات منطقة الدراسة، ماعدا عينتان وهما المأخوذتان من الرصيف البحري ومسجد جواثي، وإن دل ذلك على شيء فإنما يدل على أن التجوية الملحية لها دور في زيادة المسامية، حيث تؤدي إلى إذابة بعض الأملاح الموجودة داخل المواد، كما أن الانتقال بين عمليتي التبلور والتميؤ تؤدي إلى توسيع الفراغات داخل الحجر الجيري، ومن ثم تعمل على زيادة درجة المسامية للمباني وقدرتها على امتصاص المياه.

## (2) درجة امتصاص المياه :

من خصائص الحجر الجيري في منطقة الدراسة زيادة درجة المسامية - كما سبق واتضح - وبالتالي زيادة درجة امتصاص المياه ومن ثم انخفاض مقاومة الصخر لعمليات التلف الناتجة عن التجوية، حيث أن امتصاص الصخر للمياه أو الرطوبة من أهم العوامل التي يتم عن طريقها معرفة مدى قابلية الصخر للتلف، وقد تراوحت بعينات الحجر الجيري بمنطقة الدراسة بين 7.78 و 35.98% بمتوسط عام بلغ 19.91%، وسجلت أقل قدرة

امتصاص للمياه بمسجد جواثي بالعينة القديمة، وأعلى قدرة امتصاص بقصر إبراهيم بالعينة الحديثة التي تم استخدامها بعملية الترميم.

### (3) درجة الصلابة :

تعتبر درجة الصلابة عن مقاومة الحجر الجيري للأحمال الواقعة عليه قبل أن يتهشم أو قبل تحوله إلى حبيبات سائبة، وتقدر بعدد الكيلوجرامات/سم<sup>3</sup> (محمد مصطفى، 2009، ص48). والجدول (6) يوضح قدرة تحمل صخور الحجر الجيري بمنطقة الدراسة للضغط، حيث تم دراسة قدرة تحمل الحجر الجيري للضغط لمعرفة قدرة الصخر على مقاومة الضغط الناتج عن أشكال التجوية المختلفة.

### جدول (6): قدرة تحمل صخور الحجر الجيري

بمحافظة الأحساء للضغط (مقاومة التحمل الميكانيكي).

موقع العينة	قدرة التحمل كجم/سم <sup>3</sup>	موقع العينة	قدرة التحمل كجم/سم <sup>3</sup>
قصر إبراهيم	53.53	مسجد جواثي	42.48
المدرسة الأميرية	14.28	مسجد الجعلانية	51.57
قلعة بنت قنيس	21.42	بيت البيعة	89.25
الرصيف البحري	7.14	قلعة الوزية	83.00

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي - كلية الزراعة، جامعة أسيوط، 2012.

ويتبين من الجدول أن الأحجار الجيرية المشيد بها مباني بيت البيعة، وقلعة الوزية، سجلت أكبر قوة تحمل للضغط حيث ارتفعت على 80 كجم/سم<sup>3</sup>، في حين سجلت العينات المأخوذة من باقي المواقع أقل قوة تحمل، ومن ثم تكون أكثر عرضة للتلف والتفتت من العينات الأخرى في حالة تأثرها بالتجوية، كما هو الحال في الرصيف البحري، والمدرسة الأميرية، وقلعة بنت قنيس، ومسجد جواثي ومسجد الجعلانية وقصر إبراهيم.

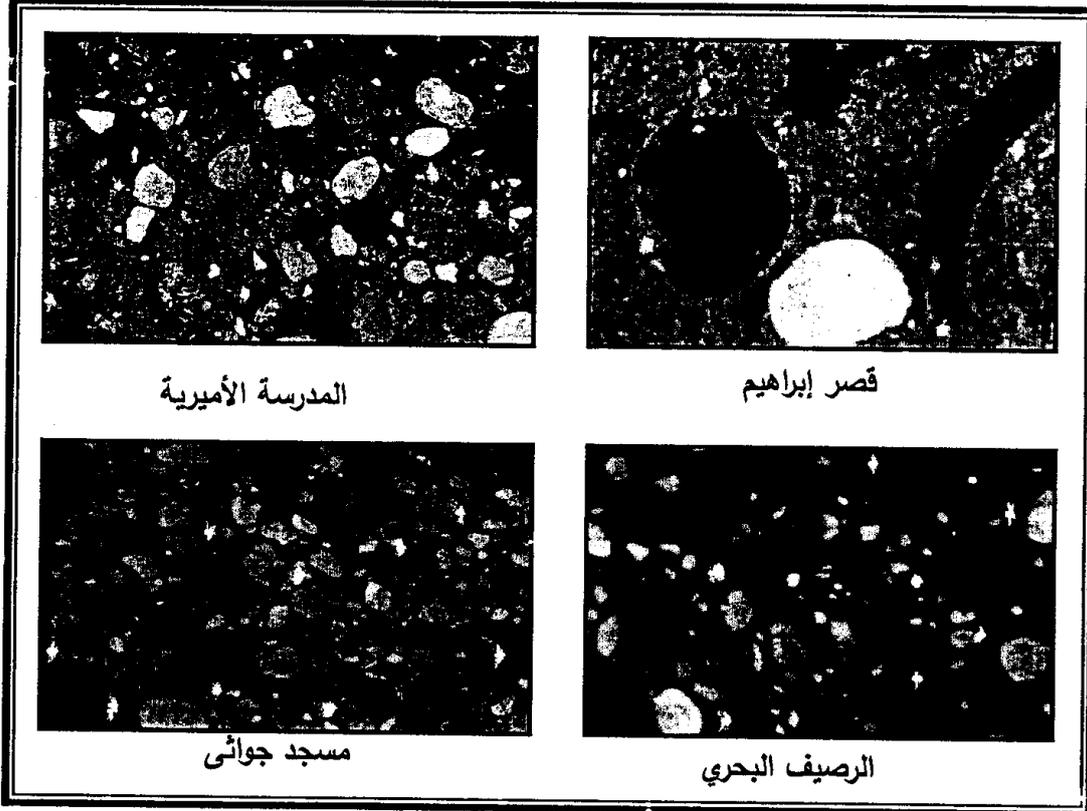
ويرجع ذلك إلى أن مقاومة بعض الأحجار ضعيفة للضغط، ومن ثم تصبح سهلة التفتت نتيجة تأثرها بالعديد من العوامل أهمها التركيب المعدني والكيميائي ووجود المواد غير الذائبة وانتشار الحفريات والمادة اللاصقة، بالإضافة إلى أن كثير من الآثار بمنطقة الدراسة يتم تغطية الحجر الأصلي (الحجر الجيري) بطبقة من الطين.

#### (4) النسيج المعدني والحفريات :

استخدم الميكروسكوب المستقطب Thin - section في تحليل العينات ولدراسة النسيج المعدني والحفريات بالأحجار الجيرية المشيد بها المباني الأثرية بمحافظة الأحساء لمعرفة مدى تأثر الأحجار بنشاط التجوية. ومن الصورة (6) تبين الآتي:

انتشار كسرات الحفريات وحببيات الكوارتز بعينات الأحجار بالمدرسة الأميرية، والرصيف البحري، ومسجد جواثي، ومسجد الجعلانية، ونسيج الحجر الجيري في تلك العينات يعرف Wackestone. أما عينات الأحجار من بيت البيعة تحتوي على حببيات الكوارتز الناعمة من نسيج Succrose وشظايا كبيرة من نسيج Plecypodes، كما تنتشر الحفريات ومنها المحاريات والقواقع وحببيات الكوارتز الغرينية بقصر إبراهيم ونسيجه يعرف Lim - Mud<sup>(1)</sup>، وهذا النسيج أكثر مقاومة لعمليات تبلور الأملاح عن النوع الأول، حيث يتسم هذا النسيج بالمرونة ومن ثم في حالة النمو البلوري للأملاح فإنه يضغط على هذا النسيج دون كسر أو تفتت ثم في حالة عدم التبلور فيعود الصخر إلى شكله الأساسي؛ إلا أن وجود المكريت كمادة ترابط بين الأحجار واستخدام الطين كطبقة خارجية ترتب عليه تعرضها للانتفاخ والتساقط ومن ثم تعرض الحجر الأصلي لعمليات التجوية الميكانيكية في جميع المباني المدروسة بمحافظة الأحساء.

(1) يستخدم مصطلح Lim - Mud كمرادف لمصطلح الجير الدقيق الحبيبات أو كبديل لمصطلح الوحل الجيري أو حجر الطين ويشتمل على حبيبات حجمها أقل من 20 ميكرون، أما Wackestone، أو حجر الواكي فيتكون من حبيبات ذات أحجام أكبر من 20 ميكرون، وبالنسبة Succrose و Plecypodes فهي أحجار شديدة الترابط مع بعضها ويتخللها لاصق طيني (محمد بن عبد الغني، 1987، ص 312).



المصدر: تم التحليل والتصوير بمعمل كلية العلوم، جامعة أسيوط، 2012.

الصورة (6): نماذج من تحليل عينات الأحجار الجيرية المشيد بها المباني الأثرية بمحافظة الأحساء عن طريق

الميكروسكوب المستقطب (Thin - Section).

(5) التركيب المعدني:

تعد دراسة التركيب المعدني للصخور المستخدمة في البناء ذات أهمية كبيرة ولاسيما في دراسة أخطار التجوية، حيث يساعد هذا في تحديد وتشخيص العوامل الطبيعية المؤثرة في الصخر، وتسهم في حدوث الخطر، حيث أن الاختلاف والتفاوت في نسبة المعادن المكونة لنسيج الصخور وكذلك المواد اللاصقة تؤثر في تفاوت درجة الأضرار بالأثر.

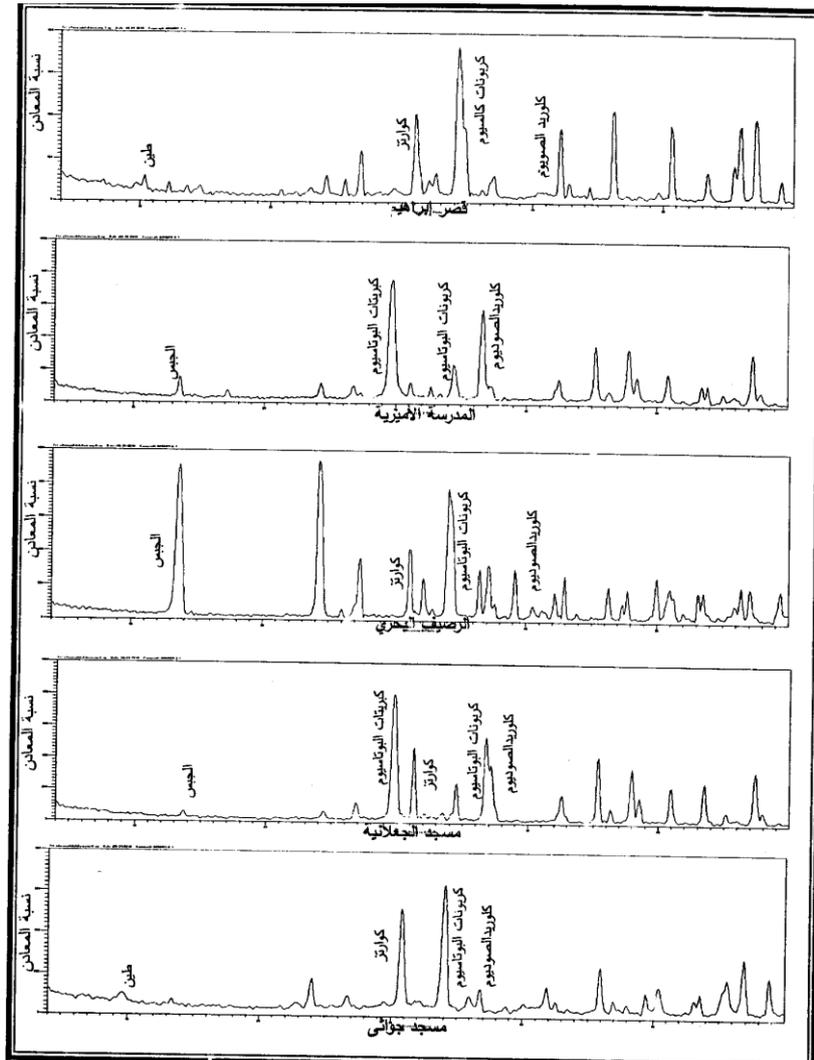
وجدير بالذكر أن معظم الصخور تحتوي على بعض المكونات الأساسية من الأملاح أو العناصر الكيميائية التي يمكن أن تكون الأملاح بعد انطلاقها من الشبكة البلورية للمعادن المكونة للصخر عن طريق التجوية

الكيميائية لها (Goudie. A., & Viles, H., 1997, p.69). ومن ثم تسهم في تعرض المباني المصنوعة من تلك الأحجار لمظاهر التلف والانهيار.

وقد تبين للباحثة خلال الدراسة الميدانية أن الحجر الجيري هو أهم أنواع الصخور التي شاع استخدامها في المباني الأثرية بمحافظة الأحساء عبر العصور التاريخية المختلفة، بالإضافة إلى استخدام الطفل والرمال وأحجار المرجان في مباني ميناء العقير.

وقد تم تجميع خمس عينات من الأحجار الجيرية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء ثم تحليلها عن طريق حيود الأشعة السينية (X-Ray)، للتعرف على التركيب المعدني لها (شكل 8)، حيث تبين ما يلي:

أن المكون الرئيسي لعينات الحجر الجيري هو مادة كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  التي تعتبر مادة الحجر الأساسية، إذ تراوحت بين 38.7% و 55.7% في قصر إبراهيم ومسجد جواثي على الترتيب، مع وجود نسبة متوسطة من معدن الكوارتز  $SiO_2$  في جميع عينات الدراسة، حيث تراوحت بين 5.6% و 38.6% وقد سجلت أقل نسبة بعينة مسجد المدرسة الأميرية بينما أعلى نسبة فسجلت بمسجد جواثي.



المصدر: تم التحليل بمعمل الفيزياء - كلية العلوم، جامعة أسيوط، 2012.

شكل (8): تحليل حيود الأشعة السينية (X-Ray) لعينات الأحجار الجيرية المشيد بها المباني الأثرية

بمحافظة الأحساء.

كما تبين من التحليل وجود نسبة من معدن كلوريد الصوديوم NaCl (الهاليت) في معظم عينات الدراسة، إذ تراوحت بين 8.0% و 32.13% في قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية على الترتيب، بالإضافة إلى وجود كبريتات البوتاسيوم  $CaSO_4$  بجميع عينات الدراسة وتراوحت بين 11.6% و 42.2%، كما ظهرت معادن أخرى في شكل شوائب بعينات المدرسة الأميرية ومسجد الجعلانية والرصيف البحري - ميناء العقير، بالإضافة إلى نسبة من الطين والألومنيوم في عينات مسجد الجعلانية وجوثنى وقصر إبراهيم.

## ومما سبق تتضح الحقائق التالية:

- تعد مادة كربونات الكالسيوم مادة الحجر الأساسية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.
- وجود الجبس بالعينات قد يكون ناتجاً كمظهر تلف من تحول كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم نتيجة تفاعلها مع غاز ثاني أكسيد الكبريت في وجود الماء (رحاب جلال درويش، 2007، ص 95).
- وجود الهاليت (الملح الصخري) بنسبة كبيرة في كل من قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية، مما يدل على وجود نسبة عالية من الأملاح بالعينات، وهو ما أكده بالفعل التحليل الكيميائي للأملاح الذائبة، حيث بلغت 47872 و 58240 ملليجرام/كجم على التوالي.
- وجود الانهيدريت (كبريتات الكالسيوم غير المائية) فهو ناتج من تحول الجبس المائي بفعل الحرارة وفقدان المياه إلى جبس لامائي.

كما يتضح من الجدول (7) أن نسبة المواد غير الذائبة بعينات الحجر الجيري بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء ظهرت في جميع العينات، حيث تراوحت نسبتها بين 9.09% و 83.63%، ووجود المواد غير الذائبة في عينات منطقة الدراسة حتى ولو بنسب صغيرة لكنها تضعف من صلابة الصخر، بمعنى تعرضها بشكل أكبر لجميع عمليات التجوية ومن ثم زيادة التلف والتدهور.

## جدول (7): نسبة المواد غير الذائبة بعينات الحجر الجيري

## بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء

الموقع	نسبة المواد غير الذائبة
قصر إبراهيم	81.80
المدرسة الأميرية	10.90
قلعة بنت قبيص	80.00
قلعة الوزية	83.63
بيت البيعة	21.80

65.45	مسجد جواثي
9.09	مسجد الجعلانية
10.90	الرصيف البحري - ميناء العقير

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي بكلية الزراعة، جامعة أسيوط، 2012.

### ثالثاً : مظاهر التلف الناشئ عن تأثير التجوية على المباني الأثرية بمحافظة الأحساء:

تتعرض المباني الأثرية بمحافظة الأحساء لعوامل تلف بيئية خطيرة تتسبب في تلف مواد البناء المستخدمة، ومن ثم تنوع مظاهر هذا التلف في حدتها وخطورتها ما بين التجوية الميكانيكية والكيميائية. وتحاول الدراسة الكشف عن أخطار التجوية على المباني الأثرية بمنطقة الدراسة.

#### (1) مظاهر التجوية الميكانيكية :

وهي تفكك الصخور إلى شظايا ومفتتات بطريقة ميكانيكية دون حدوث تغيرات في خصائصه الكيميائية. وتنوع أشكال التجوية الميكانيكية بتنوع العوامل الطبيعية المؤثرة فيها (محمد صبري محسوب، 1997، ص 49). ومن خلال الدراسة الميدانية تمكنت الباحثة من حصر أهم مظاهر التجوية الميكانيكية في الجدران الخارجية والداخلية أيضاً على النحو الذي يوضحه الجدول (8) والشكل (9).

#### جدول (8): مظاهر التجوية الميكانيكية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

مظاهر التجوية الميكانيكية بالجدران الخارجية	عدد المباني المتأثرة	%	مظاهر التجوية الميكانيكية بالجدران الداخلية	عدد المباني المتأثرة	%
1- التقشر والفواصل والشقوق	21	68.96	1- التقشر والفواصل والشقوق	14	66.67
2- تفكك حبيبي	6	20.69	2- تفكك حبيبي	3	14.28

19,05	4	3- تفكك كتلي	10.35	3	3- تفكك كتلي
100	21	المجموع	100	30	المجموع

المصدر: الدراسة الميدانية خلال الفترة 2011/11/21 - 2012/3/4.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (8).

### شكل (9): مظاهر التجوية الميكانيكية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

يتضح من الجدول (8) والشكل (9) أن أشكال التجوية الميكانيكية بمنطقة الدراسة تتمثل في التقشر،

والتفكك الحبيبي، والتفكك الكتلي، وفيما يلي عرض لهذه الأشكال:

#### - التقشر Exfoliate :

التقشر والتكسر وما يرتبط به من وجود الفواصل والشقوق وسقوط طبقة الملاط الخارجية (الصورتان

7 و8)، وقد احتل هذا المظهر النسبة الأكبر من حيث عدد المباني المتأثرة، فقد بلغت 68.96% في الجدران

الخارجية 66.67% في الجدران الداخلية. وغالباً ما يحدث ذلك نتيجة لتمدد الطبقات الرقيقة السطحية ثم

انكماشها بمعدل أكبر، ومع تكرار التمدد والانكماش تنفصل الطبقات السطحية عن جسم الصخر ثم تسقط،

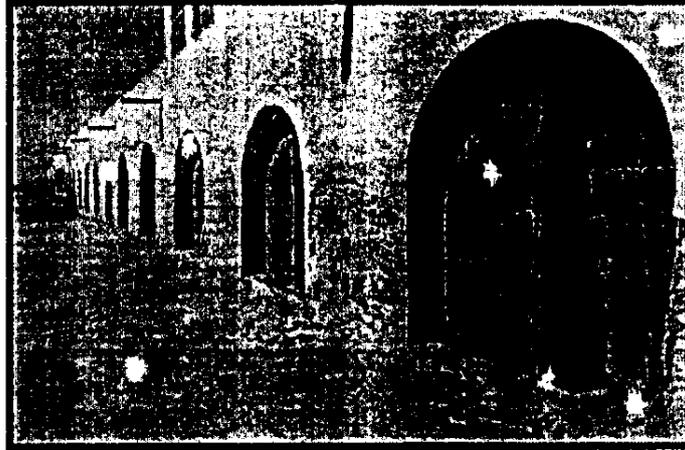
ويرجع ذلك إلى المدى الحراري الكبير والذي يقدر في محافظة الأحساء بنحو 33°م.

كما يرتبط حدوث التقشير أيضاً باستخدام الصخور رديئة التوصيل للحرارة في إقامة المباني الأثرية أو عمل

طبقة الملاط الخارجية، حيث أن الأجزاء السطحية من الصخر تسخن بشكل أسرع من الأجزاء الداخلية مما ينتج

200

عنه اجهاد القص للأجزاء السطحية دون الأجزاء الداخلية للصخر فتتفصل الأجزاء السطحية وتسقط ( Judy, 1995, p.19). ويظهر تقشر الصخور في المباني الأثرية بمحافظة الأحساء في شكل سقوط أجزاء الطبقة الخارجية لجران القصور والمساجد المصنوعة من الحجر الجيري والطيني، كما هو الحال في قصر إبراهيم ومسجد جواثي والمدرسة الأميرية، حيث حدث تقشر كنتوري يتراوح سمكه بين 3 - 10 مم.



صورة(7): التقشر وسقوط طبقة الملاط في جدران مبنى الخان - العقير.

ناظراً نحو الشمال الشرقي.



صورة (8): الشقوق في أعمدة قصر صاهود.

ناظراً نحو الشمال.

## 201

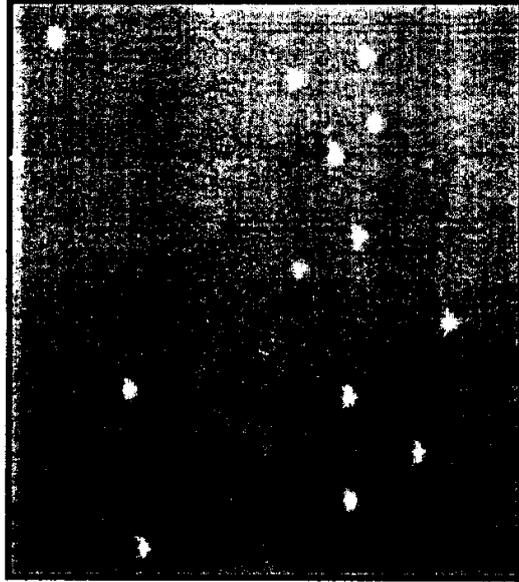
ويرجع ذلك إلى وجود نطاقين جاف ورطب مما يساعد على عملية التقشر، ولا انتشار أملاح الكبريتات وخاصة أملاح كبريتات الصوديوم بالأحجار الجيرية المشيد بها المباني الأثرية، حيث يزداد حجم أملاح كبريتات الصوديوم 300% وتحدث ضغوط على جدران مسام الكتل الحجرية، مما يؤدي إلى اجهادات تميؤ مدمرة لبيئة الحجر وحدوث التقشر (محمد عبد الهادي، 1995، ص 104). كما يحدث ذلك أيضاً عند تبلور ملح كبريتات الماغنسيوم خلف سطح الحجر مما تسبب تقشره وانفصاله (إبراهيم محمد عبد الله، 2000، ص 199). حيث يتسبب ملح كبريتات الماغنسيوم في تلف وتآكل مواد البناء المستخدمة في تشييد المنشآت الأثرية بنحو 35% زيادة عما تسببه الأطوار المختلفة لملاح كبريتات الصوديوم خلال دورات التبلور الخاصة بهذا الملح (سيد محمد حميده، 2003، ص 264).

## - التفكك الحبيبي Granular disintegration:

ينشأ التفكك الحبيبي من تباين ألوان المعادن المكونة للصخر وبالتالي اختلاف قدرات المعادن على امتصاص الحرارة، والتباين في معامل التمدد الخاص بمختلف المعادن المكونة للصخر (مدوح تهامي عقل، 1996، ص 35). وظهر هذا التفكك الحبيبي بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء بنسبة 20.69% و 14.28% في الجدران الخارجية على الترتيب بمنطقة الدراسة، كما هو الحال في قصر صاهود والمدرسة الأميرية وبيت البيعة والسور الخارجي بمسجدا الجعلانية وجواثى ومسجدا التهيمية الشرقي والجنوبي (الصورتان 9 و 10). ويرجع ذلك لتأثير الإشعاع الشمسي في المناطق ذات المناخ القاري حيث تزداد درجة الصخر أثناء النهار وتنخفض ليلاً مما يعرض الصخور للتفكك والسقوط.



صورة (9): التفكك الحبيبي في جدران السور الخارجي بمسجد الجعلانية.  
ناظراً نحو الجنوب الشرقي.

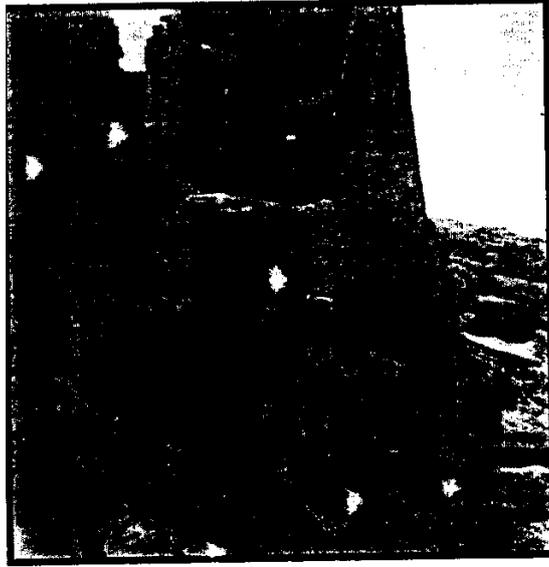


صورة (10): التفكك الحبيبي في جدران السور الخارجي بمسجد التهيمية الجنوبي.  
ناظراً نحو الشمال الشرقي.

- التفكك الكنلي Block disintegration :

## 203

تعمل التجوية الميكانيكية على تكسير حجم الصخر وانقسامه إلى كتل على طول خطوط الفواصل وسطوح الانفصال. وتتأثر الصخور الجيرية في المباني الأثرية بالأحساء بعمليات التفكك الكتلي والحبيبي في نفس الوقت، فقد بلغت نسبتها 10.35% بالجدران الخارجية 19.05% بالجدران الداخلية من إجمالي المباني المدروسة، ويرجع ذلك إلى كثرة الفواصل الرأسية والأفقية بصورة كبيرة، وقد يؤدي التفكك الكتلي إلى سقوط أجزاء من المبنى الأثري (الصورتان 11 و12) التي توضح انهيار الجدران الخارجي لقصر محيرس وقلعة بنت قنيص، وقد تفككت أجزاء منه وسقطت أخرى على الأرض بفعل الجاذبية.



صورة (11): التفكك الكتلي في الجدران الخارجية لقصر محيرس.

ناظراً نحو الشمال الشرقي.



صورة (12): التفكك الكتلي في الجدران الخارجية بقلعة بنت قبيص.

ناظراً نحو الجنوب الغربي.

ويتضح من الجدول (8) أن هناك اختلاف في توزيع مظاهر التجوية الميكانيكية على الجدران الخارجية والداخلية تبعاً لتعرضها لدرجات الحرارة المباشرة، حيث لوحظ أن الجدران الخارجية (36.14%) أكثر تأثراً بالتجوية الميكانيكية بالمقارنة بنظيرتها الداخلية (24.71%).

ومن خلال الدراسة الميدانية تم قياس مجموعة من الفواصل Joints السائدة بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء، وتراوح متوسط أطوالها بين 10 - 300 سم، واتساعها بين 0,1 - 9 سم باتجاهات مختلفة بحيث تتقاطع مع بعضها البعض. ومما ساعد على وفرتها وانتشارها اتساع مساحة التكوينات الجيرية، وتعمل الفواصل على تقطع الصخور لكي تنشط بعد ذلك التجوية الميكانيكية في تفككها وتعرضها للسقوط في هيئة كتل مختلفة في الحجم والشكل، حيث تراوحت أطوال الكتل المفككة بين 20 - 70 سم، أما عرضها فتراوح بين 10 - 65 سم.

(2) مظاهر التجوية الكيميائية :

## 205

هي عملية من شأنها التغيير الكيميائي للمتحوى المعدني للصخر نتيجة لتفاعله مع الظروف الجوية المتمثلة في الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وقد ظهرت أشكال التجوية الكيميائية على الآثار بمنطقة الدراسة في صور مختلفة أهمها ما يلي (الجدول 9 والشكل 10):

## جدول (9): مظاهر التجوية الكيميائية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

عدد المباني المتأثرة	عدد المباني المتأثرة	مظاهر التجوية الكيميائية بالجدران الداخلية	مظاهر التجوية الكيميائية بالجدران الخارجية
%	%		
17	14	1- نشع المياه	1- نشع المياه
26.56	26.42		
17	13	2- سقوط الطلاء	2- سقوط الطلاء
26.56	24.52		
15	12	3- سقوط طبقة الملاط	3- سقوط طبقة الملاط
23.44	22.64		
10	11	4- سقوط المادة اللاصقة	4- سقوط المادة اللاصقة
15.63	20.75		
5	3	5- تكوين الفجوات والكهوف	5- تكوين الفجوات والكهوف
7.81	5.67		
64	53	المجموع	المجموع
100	100		

المصدر: الدراسة الميدانية خلال الفترة 2011/11/21 - 2012/3/4.

- نشع المياه بجدران المباني وانتفاخ الطبقة الخارجية وتبلور الأملاح (صورة 13)، وبلغت نسبتها 26.42%، وسقوط طبقة الطلاء 24.52%، وسقوط طبقة الملاط الخارجية بنسبة 22.64%، وسقوط المادة اللاصقة بنسبة 20.75% في الجدران الخارجية. أما بالنسبة للجدران الداخلية فقد بلغت نسبة نشع المياه وسقوط الملاط 26.65% لكل منهما، كما بلغت نسبة سقوط طبقة الطلاء 23.44% وسقوط المادة اللاصقة 15.63%، ويرجع ذلك إلى تأثير المباني بالتجوية الكيميائية نظراً لانخفاض مستوى بعضها عن المناطق

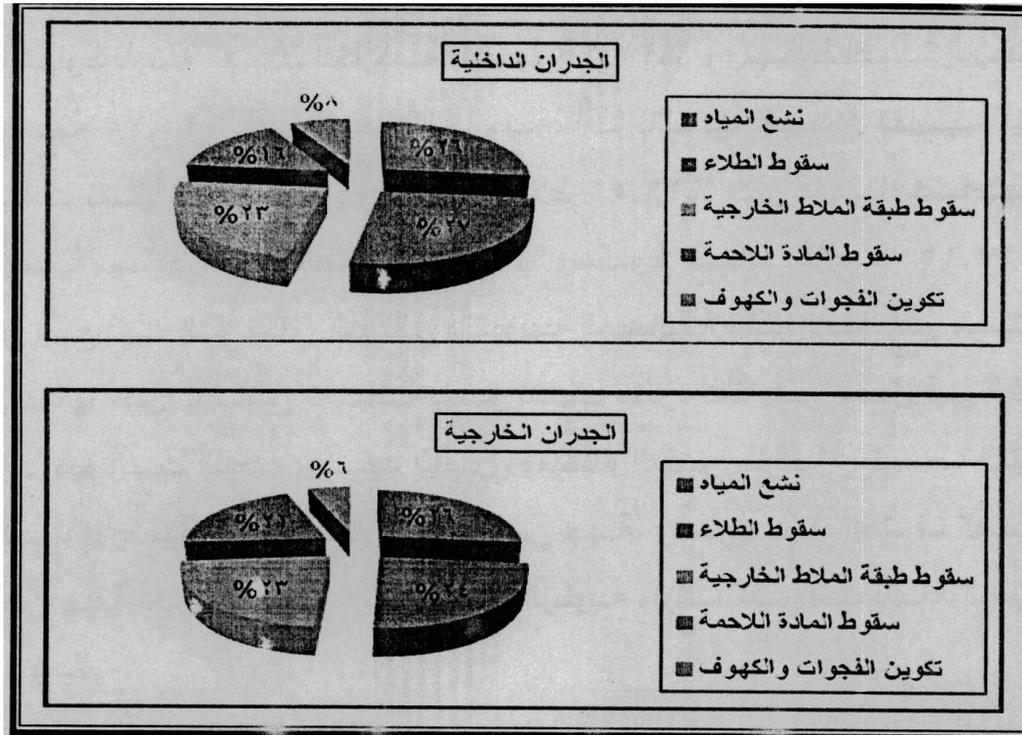
## 206

الحيطة بنحو نصف متر، كما هو الحال في قصر إبراهيم وبيت البيعة ومسجد الجبري وميناء العقير، فارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية بتلك المباني الأثرية من جهة، وتسرب مياه الصرف الصحي من جهة أخرى أدى إلى ارتفاع نسبة الرطوبة وترتب على ذلك نشاط التجوية الكيميائية.

ويلاحظ أن مظاهر التجوية الكيميائية أكثر وضوحاً بالجدران الداخلية (75.29%) عن الجدران الخارجية (63.86%)، وذلك لبعدها عن التأثير المباشر بأشعة الشمس وبالتالي زيادة فعل نشاط التجوية الكيميائية الناتج عن صعود المياه بالخاصة الشعرية، والإفراط في استخدام المياه بالداخل ومن ثم تسربها في الجدران وتفاعلها مع مواد البناء.

ويرتبط بعملية نشع المياه بالجدران تعرضها للتأكسد بصفة دائمة بسبب تفاعل الأكسجين مع المعادن الموجودة بالصخور المستخدمة في بناء القصور والمساجد والمباني الأثرية فيظهر اللون الأحمر الغامق أو البني الفاتح على الصخور الجيرية (صورة 14)، كما يترتب على ذلك طمس الألوان وضياعها.

فعندما يحدث تبلور للأملاح خلال مسام الصخور المشيدة منها المباني الأثرية أسفل طبقة الملاط نتيجة تتابع عمليات الرطوبة والتجفيف بترتب عليها ضغوط موضوعية من الداخل والخارج، ولاسيما في حالة وجود كبريتات وكلوريد الصوديوم (Flatt. R.J., 2002, p.p. 444-447). وتنتهي تلك العملية بانفصال وسقوط الحارة، فعند حدوث السيول بالقرب من المناطق الأثرية أو سقوط المطر فإن هذا يعمل على تبلل السطح الخارجي للواجهات الخارجية للمباني فيؤدي إلى انتفاخ هذه الأسطح لتشبعها بالرطوبة، مما يؤدي إلى زيادة حجم القشرة الخارجية مع ثبات حجم الأجزاء الداخلية للمباني الأثرية، ومع تعرض المباني لأشعة الشمس فإنها تجف وتنفصل ثم تتساقط. كما تحدث هذه الحالة أيضاً في حالة ما إذا كانت الفراغات في المسام غير كافية لترسيب الأملاح، فإن بلوراتها تولد ضغطاً على الحوائط في المناطق الضعيفة، مما يؤدي إلى انفصال أجزاء من طبقة الحارة وتساقطها (خالد محمد الحمصاني، 2007، ص 133).



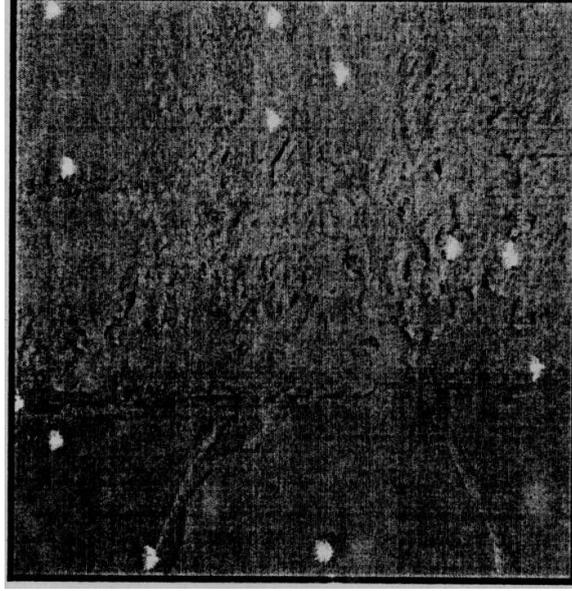
المصدر : إعداد الباحثة اعتماداً على الجدول (9).

شكل (10) : مظاهر التجوية الكيميائية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء



صورة (13): نشع المياه بالجدران وانتفاخ الطبقة الخارجية وتبلور الأملاح بالرصيف البحري - العقير

نظراً نحو الشمال الشرقي



صورة (14) : نشع المياه بالجدران وتعرضها للأكسدة بقصر إبراهيم

#### ناظراً نحو الغرب

وقد تبين من الزيارات الميدانية انتشار ظاهرة تساقط الملاط في العديد من المباني الأثرية بمحافظة الأحساء، حيث ظهرت بكل من قصر إبراهيم، ومسجد القبة، والرصيغ البحري والخان ومجلس الإمارة بالعقير، وبيت البيعة، والمدرسة الأميرية، وقصر خزام، ومسجد خزام، وقصر صاهود، ومسجد الجعلانية، أي بنسبة 50% من مساحة الحوائط التي حدث بها التساقط، كما ظهرت بنسبة أقل من ذلك في مسجد جواثي، وقصر الوزية، وقلعة بنت قنيص، ومسجد التهيمية الشرقي والتهيمية الجنوبي.

ويرتبط بعملية سقوط طبقة الملاط الخارجية اتساع الفواصل وقد يصل الأمر في بعض الحالات إلى سقوط أجزاء من المبنى الأثري، كما هو الحال في قلعة بنت قنيص وقصر محيرس ومسجد جواثي ومسجد الجعلانية وقلعة الوجاج وقلعة الوزية، والتي تبلغ نسبتهم 9.09% من إجمالي المناطق المدروسة.

- تكوين الفجوات والكهوف :

## 209

وتحدث نتيجة اتحاد ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي مع مياه المطر فيتكون حمض الكربونيك المخفف  $H_2CO_3$  ذو القدرة الفائقة على إذابة الصخور الجيرية، وقد يؤدي هذا الحمض إلى تحلل الصخور وتغير في خواصها الكيميائية والمعدنية عند ارتفاع درجة الحرارة.

ويزداد الأمر خطورة عندما يتحد حمض الكربونيك المخفف مع كربونات الكالسيوم الموجودة في الصخور الجيرية المستخدمة في المباني الأثرية فتتحول بعد ذلك إلى محلول الكالسيوم  $Ca(HCO_3)$  وينساب المحلول الجديد داخل مسام الصخور التي تحتوي الشقوق، فيصل إلى داخل الصخر فيعمل على تكوين فجوات وكهوف (محمد صبري محسوب، 1997، ص94).

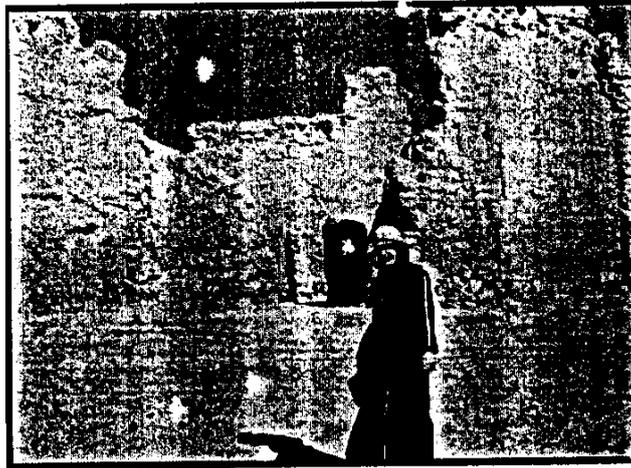
ومع ارتفاع درجة الحرارة يصعد المحلول إلى سطح الصخر بسبب الخاصية الشعرية  $Capillarity Force$ ، وعندما تجف المياه يتطاير ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي، ثم تترسب قشرة صلبة من كربونات الكالسيوم على الجدران الخارجية للمباني الأثرية المصنوعة من الحجر الجيري.

كما تنتج فجوات وحفر الإذابة من خلال حموضة وقلوية المياه الباطنية، فعندما تقل درجة الحموضة PH عن "9" تصبح بعض أنواع من السليكا والأمونيا قابلة للذوبان، أما إذا زادت درجة الحموضة PH عن "4" فإن الأمونيا تذاب بسهولة جداً في المياه على العكس في حالة المياه المتعادلة فإن الأمونيا تصبح غير قابلة للذوبان (محمد صبري محسوب، 2002، ص93). ومن خلال تحليل معامل الحموضة PH بمحافظة الأحساء، وجد أن متوسطها "7" وهذا يعني مدى تأثير المياه الباطنية على إذابة الصخور الجيرية في المباني الأثرية بمنطقة الدراسة، وقد ظهر ذلك بنسبة 5.67% في الجدران الخارجية، بينما بلغت 7.81% بالجدران الداخلية في الرصيف البحري والخان وقصر محيرس وقلعة بنت قنيص وقلعة الوزية (الصورتان 15 و16).



صورة (15) : حفر الإذابة بقلعة الوزية.

ناظراً نحو الشمال الشرقي.



صورة (16) : حفر الإذابة بقلعة بنت قنيص.

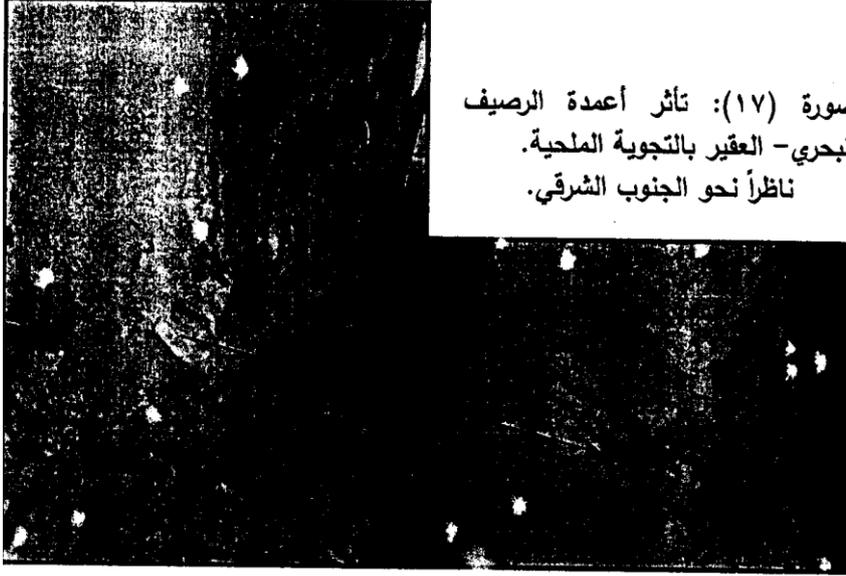
ناظراً نحو الشمال.

#### - التجوية الملحية Salt weathering :

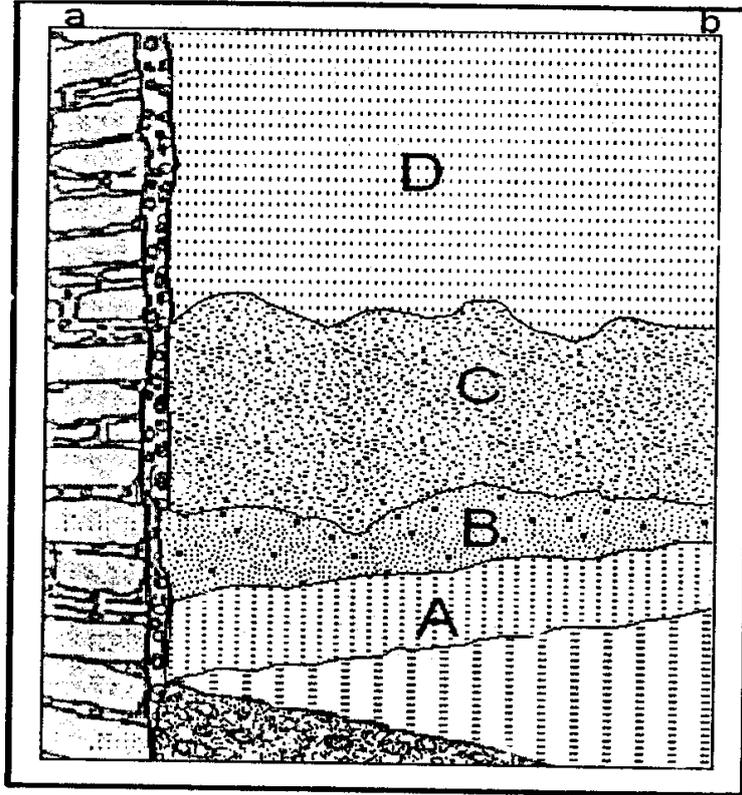
تتأثر المباني الأثرية في محافظة الأحساء بعمليات التجوية الملحية وإن كانت بدرجات متفاوتة من مكان لآخر، حيث تظهر آثار التجوية الملحية على المباني الأثرية بدءاً بالنشع المائي ثم التزهير، فقد تأخذ عملية التجوية الملحية مواضع صغيرة من المبنى ولكن درجة تأثرها تكون أشد من المواضع والمساحات الكبيرة، فقد لوحظ خلال الدراسة الميدانية أن أعمدة الرصيف البحري - العقير المشيدة من الحجر الجيري قد تأثرت بشدة بعملية التجوية

211

الملحية مما أدى إلى ضعف تركيبها البنائي وتفتتها (الصورة 17). ومن ثم في حالة استمرار عملية التلف وعدم الصيانة والترميم فإن تدهورها سوف يعرض الميناء بالكامل للتساقط والانحيار.



صورة (١٧): تأثر أعمدة الرصيف البحري - العقير بالتجوية الملحية. ناظرًا نحو الجنوب الشرقي.



المصدر: Zehnder, K., 2007, p.357

شكل (11): المستويات المختلفة التي يمكن ملاحظتها في منطقة الرطوبة الصاعدة داخل إحدى الجدران.

ومن خلال الدراسات الميدانية وجدت أربعة نطاقات مختلفة للرطوبة بمنطقة الدراسة وبمقارنتها بتقسيم

Arnold (شكل 11) اتضح ما يأتي:

- النطاق A: يقع فوق سطح الأرض مباشرة، وهو نطاق الرشح أو النشح Seepage Zone، ويظهر أعلى معامل للتلف. وينتشر هذا النطاق في نحو 80% من المباني الأثرية التي تم دراستها ميدانياً بمحافظة الأحساء، ويرجع ذلك إلى ارتفاع مناسيب المياه تحت الأرضية وبالتالي ارتفاعها إلى أعلى بالخاصية الشعرية.
- النطاق B: وهو نطاق التزهير وعادة يعد أكثر النطاقات تعرضاً للتلف، حيث تظهر التلفيات في شكل تفتتات حبيبية وتشققات متكررة. وتشمل تلك التزهيرات والقشور الملحية أملاح كبريتات الماغنسيوم وأملاح كبريتات الصوديوم، كما يتواجد الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) بصفة دائمة. وينتشر هذا النطاق أيضاً

## 213

في عدد من المباني الأثرية بالأحساء، ويرجع ذلك إلى زيادة المحلول الملحي به ومع ارتفاع درجة الحرارة أدى ذلك إلى تبلور الأملاح وظهورها على السطح أو داخل الحوائط على شكل أملاح في جميع المباني الأثرية بمنطقة الدراسة.

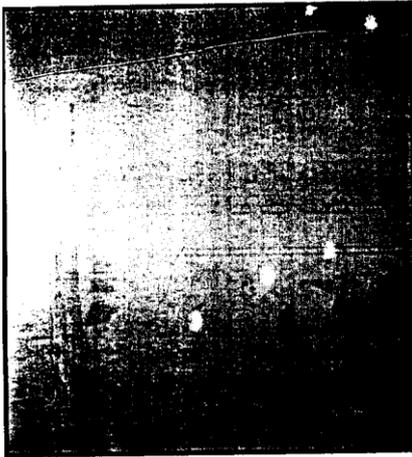
● النطاق C: يظهر به تلفيات أقل وقد لا تظهر أي تلفيات، ويبدو بشكل مظلم يتغير مع الوقت فيكون أشد كثافة عندما يكون الجو المحيط رطباً، أو أقل كثافة عندما يكون الجو المحيط جافاً، ويرجع هذا الظلام إلى الرطوبة الممتصة من الهواء بفعل بعض الأملاح ذات الخاصية الهيجروسكوبية. وقد يكون هذا النطاق بضعة سنتيمترات ارتفاعاً إلا أنه قد يصل في بعض الأحيان إلى بعض الأمتار، وغالباً ما يظهر متقطعاً مما يدل على انتشار الأملاح بشكل غير متجانس في هذا النطاق. وينتشر في بعض المباني الأثرية بمنطقة الدراسة لاسيما بالحوائط التي تمثل الواجهات الخارجية.

● النطاق D: يمثل سطح الحجر الطبيعي الذي لم يطرأ عليه أي تغيير، وينتشر في بعض المباني الأثرية بمحافظة الأحساء وخاصة تلك التي تتسم بالارتفاع الشديد، حيث تكون بعيدة عن مصادر الأملاح. وجدير بالذكر أن المباني الأثرية بمحافظة الأحساء التي تم دراستها ميدانياً تتباين بها تلك النطاقات (صورة 18)، ويرجع ذلك إلى التباين في مصادر الرطوبة ولاسيما المياه تحت الأرضية بكل منطقة، وارتفاع درجة الحرارة، والخصائص الفيزيائية ونوع الأملاح، وهل هذه الحوائط من الواجهات الخارجية أم الداخلية للمباني وغيرها من العوامل التي تحدد درجة تأثر المبنى بعملية التجوية الملحية، والتي نوضحها على النحو التالي:

- الفئة الأولى: مبان تشتمل على أربعة نطاقات وتنتشر في قصر إبراهيم، وبيت البيعة، ومسجد الجبري، والخان العقير (صورة 18- أ)، وتمثل 20% من إجمالي عدد المباني الأثرية التي تم دراستها ميدانياً والتي تبلغ 20 مبنى أثري.

## 214

- الفئة الثانية: مبان تشتمل على ثلاثة نطاقات وتمثل في مسجد القبة، والمدرسة الأميرية، ومسجد جواثي، وقصر خزام، ومسجد خزام، ومسجد العقير ومجلس الإمارة بالعقير (صورة 18- ب)، وتبلغ نسبتها 40% من إجمالي عدد المباني المدروسة.
- الفئة الثالثة: مبان تشتمل على نطاقي A و D ويبلغ نسبتها 20% من إجمالي عدد المباني المدروسة وتشمل مسجد التهيمية الجنوبي، ومسجد التهيمية الشرقي، ومسجد الجعلانية، ومسجد صاهود.
- الفئة الرابعة: مبان تشتمل نطاق واحد وتمثل 20% من إجمالي عدد المباني المدروسة بالأحساء، وتشمل النطاق B وهو نطاق التزهير وتظهر في قصر محيرس، وقصر صاهود، وقلعة الوزية، وقلعة بنت قنيص.



ب - قصر إبراهيم



أ - الخان - العقير

صورة (18): المستويات المختلفة لنطاقات الرطوبة داخل الجدران بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

ومن خلال دراسة نطاقي الرشح والتزهير كما يظهر في الجدولين (10 و 11) والصورتين (19 و 20) يتضح أن جميع المباني الأثرية التي تم دراستها ميدانياً تتأثر بالرشح والتزهير بمتوسط 84.25 سم و 130.4 سم على الترتيب مع وجود تباين في درجة التأثير، فوجود نطاق الرشح المشبع بالأملاح الذائبة مع الحرارة المرتفعة التي تتسم بها محافظة الأحساء خاصة في فصل الصيف أدى إلى سرعة تبخر الماء أو السوائل الحاملة للأملاح داخل الجدران

## 215

فتتبخر السوائل وتبللور الأملاح تدريجياً، ولقد أدى استمرار عمليات البلل والجفاف والتبللور وإعادة تبللور الأملاح سواء على الأسطح الخارجية للحوائط أو داخلها إلى ضعف التركيب البنائي لمواد البناء، ومن ثم تفككها وضعف قوة تماسك حبيباتها وتساقطها.

جدول (10): متوسط ارتفاع الرشح من سطح الأرض حتى بداية

التزهر بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

المتوسط بالسـم	ارتفاع الرشح (سم)		اسم المبنى الأثري	م
	أعلى ارتفاع	أقل ارتفاع		
66	110	22	قصر إبراهيم	1
80	150	10	مسجد القبة	2
67.5	120	15	بيت البيعة	3
82.5	155	10	المدرسة الأميرية	4
86.5	150	23	قصر خزام	5
45	70	20	مسجد خزام	6
118.5	230	7	قصر صاهود	7
102.5	200	5	مسجد صاهود	8
95.5	185	6	قصر محيرس	9
82.5	150	15	مسجد الجبري	10
30	50	10	مسجد الجعلانية	11
80	100	60	قلعة بنت قنيص	12
100	180	20	مسجد جواثي	13

216

16.5	30	3	قلعة الوزية	14
94	183	5	مسجد التهيمية الجنوبي	15
47.5	75	20	مسجد التهيمية الشرقي	16
143	250	36	الرصيف البحري - العقير	17
199	298	100	الخان	18
77	113	41	مسجد العقير	19
71.5	95	48	مجلس الإمارة بالعقير	20
84.25	144.7	23.8	المتوسط	

المصدر: الدراسة الميدانية 2012.

جدول (11): متوسط نطاق التزهير بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

متوسط الارتفاع (سم)	اسم المبنى	م	متوسط الارتفاع (سم)	اسم المبنى	م
90	مسجد الجعلانية	11	95	قصر إبراهيم	1
125	قلعة بنت قنيس	12	120	مسجد القبة	2
170	مسجد جواثي	13	110	بيت البيعة	3
250	قلعة الوزية	14	115	المدرسة الأميرية	4
173	مسجد التهيمية الجنوبي	15	180	قصر خزام	5
75	مسجد التهيمية الشرقي	16	130	مسجد خزام	6
120	الرصيف البحري - العقير	17	150	قصر صاهود	7
177	الخان - العقير	18	123	مسجد صاهود	8

217

55	مسجد العقير	19	125	قصر محيرس	9
25	مجلس الإمارة بالعقير	20	200	مسجد الجبري	10
130.4	المتوسط				

المصدر: الدراسة الميدانية 2012.

وقد أدى تكرار هذه العملية إلى تكوين طبقات ملحية على أسطح أحجار المنشآت الأثرية، وخاصة واجهات هذه المباني، ويتراوح سمك هذه الطبقات من أقل 0.2 مم إلى 1.3 سم كما هو الحال في الرصيف البحري بميناء العقير (راجع الصورة 18).

وتتمثل أهم الأضرار الناتجة عن هذه الطبقات في حجز الرطوبة داخل الأحجار وأسفلها وينشأ عن ذلك تقشر وتشقق الطبقات السطحية للأحجار (سيد محمد سيد، 2003، ص 295)، وبالتالي حدوث مزيد من التلف ويرجع ذلك إلى أن تلك الطبقات تختلف في تكوينها من بيئة إلى أخرى وذلك ما أكدته نتائج التحاليل الكيميائية للعينات المختلفة من المواقع الأثرية موضع الدراسة (جدول 12).

جدول (12): الخصائص الكيميائية للأملاح بعينات الأحجار الجيرية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

أملاح الكبريتات (%)			أملاح البيكربونات (%)	أملاح الكلوريدات (%)			الأنيونات (ملليمكافئ/كجم)				الكاتيونات (ملليمكافئ/كجم)				الأملاح الكلية (ملليجرام/جم)	الموقع
Na <sub>2</sub> S <sub>04</sub>	CaS <sub>04</sub>	MgS <sub>04</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KC <sub>I</sub>	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
9.77	35.5	4.8	1.13	2.1	30.12	3.17	300.0	381.6	0.0	24.0	340.0	40.0	260.0	102.0	47872	قصر إبراهيم
7.06	19.8	2.7	0	4.9	26.19	27.3	800.0	95.4	0.0	4.0	390.0	50.0	408.0	61.0	58240	المدرسة الأميرية
2.11	43.34	2.8	1.51	0	33.00	10.1	10.2	21.6	0.0	5.0	11.0	7.0	10.8	9.0	2496	قلعة بنت قنيص
8.04	15.35	2.67	3.18	12.09	28.73	11.46	14.0	5.5	0.0	5.0	12.0	2.2	9.8	6.0	2240	قلعة الوزية

219

8.94	23.34	2.36	2.11	2.15	22.09	17.18	71.2	84.6	0.0	8.0	102.0	8.0	50.0	3.5	10496	بيت البيعة
8.94	10.66	2.09	0.13	1.13	56.81	12.16	310.0	63.0	0.0	4.0	270.0	20.0	80.0	5.7	24576	الرصيف البحري
7.22	35.71	8.61	0	0.71	31.87	7.58	150.0	56.2	0.0	6.0	81.0	30.0	90.0	6.6	13977	مسجد جواثي
6.19	41.32	5.29	0	0.71	21.15	18.29	270.0	117.0	0.0	6.0	110.0	30.0	230.0	33.0	25984	مسجد الجعلانية

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي بكلية الزراعة، جامعة أسيوط، 2012

## - الأملاح الكلية الذائبة:

يتضح من الجدول (12) وجود تباين كبير جداً في درجة الملوحة بين عينات منطقة الدراسة، حيث تراوح الفرق بين أعلى وأدنى درجة ملوحة 45632 ملليجرام/كجم، إذ تراوحت درجة الملوحة بين 2240 و 58240 ملليجرام/كجم، وقدر أقل تركيز بقلعة بنت قنيص وأعلى تركيز بقصر إبراهيم، أما باقي العينات فتراوحت درجة الملوحة بين 2496 و 47872 ملليجرام/كجم.

وقد تم تصنيف أهم أنواع الأملاح المسببة لتلف وتفتت مواد البناء المستخدمة في المنشآت الأثرية إلى: أملاح الكلوريدات، والكبريتات، والكربونات، والنترات، وفيما يلي دراسة أهم الأملاح المنتشرة في المباني الأثرية بمنطقة الدراسة (جدول 12) على النحو التالي:

## • أملاح الكلوريدات :

تتميز الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المباني الأثرية بمنطقة الدراسة باحتوائها على أملاح الكلوريدات بنسبة مرتفعة ولاسيما الطبقة الملحية الصلبة التي تعلو أسطح جدران المباني الأثرية، وتمثلت في كلوريد الصوديوم NaCl وكلوريد البوتاسيوم CaCl وكلوريد الكالسيوم KCl. حيث تتميز هذه الأملاح بقدرتها على امتصاص المياه نظراً لمساميتها العالية مع سهولة فقدانها مرة أخرى عند الجفاف فتتسبب في تلف وتآكل الجدران بدرجة عالية وخاصة في الأجزاء السفلية منها (عودة محمد الأغا، 2006، ص132).

ويتضح من الجدول (12) وجود تباين واضح في درجة تركيز كلوريدات الصوديوم، فقد وجدت مباني تقبل بما درجة تركيز كلوريدات الصوديوم عنى 30%، وقد سجلت قصر إبراهيم وقلعة بنت قنيص والرصيف البحري ومسجد جواثي. في حين زادت درجة تركيز كلوريدات الصوديوم على

## 221

30% في باقي العينات، حيث تراوحت بين 30.12% و 56.81% وسجلت أعلى درجة تركيز بالرصيف البحري.

كما اتضح من التحليل الكيميائي لعينات الحجر الجيري وجود ملح كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم، حيث تراوحت درجة تركيز كلوريد البوتاسيوم بين 0.71% و 12.09% وقد سجلت أقل درجة تركيز بمسجدا جواثي والجعلانية، وأعلى درجة تركيز بقلعة الوزية، أما باقي العينات فتراوحت بين 1.13% و 4.9%. كما توجد عينة واحدة لم يسجل بها أي تركيز.

أما عن تركيز كلوريد الكالسيوم فقد لوحظ أنها تراوحت بين 3.17% و 27.3% بكل من قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية على الترتيب. أما باقي العينات فتراوح تركيزها بين 7.58% و 18.29%.

وبناءً على ما سبق يمكن القول أن أملاح الكلوريدات توجد في تراكيز عالية في مادة الأساس للمباني الأثرية بمحافظة الأحساء، وأن مصدرها هو المياه تحت الأرضية، حيث تحتوي الرطوبة الموجودة في التربة على الأملاح الذائبة وتتحرك هذه الأملاح بعد ذوبانها على هيئة محاليل ملحية داخل الجدران وعند تبخر الماء الحامل تترسب تاركة الأملاح لتتبلور على أسطح الحوائط أو أسفلها مما يؤدي إلى سد مسام هذه الأسطح وبالتالي يترتب عليها المزيد من مظاهر التلف.

#### • أملاح الكبريتات :

تتمثل أهم مصادر أملاح الكبريتات بصفة عامة في المياه تحت الأرضية والتلوث الجوي. وتعد أملاح الكبريتات ولاسيما كبريتات الكالسيوم، وكبريتات الصوديوم، وكبريتات الماغنسيوم، وكبريتات البوتاسيوم من أهم الأملاح التي تلعب دوراً خطيراً في تلف وتدمير المكونات المعدنية

## 222

المختلفة للأحجار وطبقة الملاط وتحولها إلى مواد هشة (Feilden, B., 1982, p.105). حيث أنها أول الأملاح التي تتبلور عند تبخر الماء وكل من نترات وكلوريدات الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم تبقى لمدة أطول ذائبة على هيئة محاليل لأنها أكثر ذوبانية في الماء مقارنة بالكبريتات وتتصف هذه الأملاح بأنها هيجروسكوبية أي تمتاز بقدرتها العالية على امتصاص الماء ومن الممكن أن تعود مرة أخرى إلى داخل جدران المباني الأثرية بعد ذوبانها في بخار الماء تاركة الكبريتات على السطح (أهم عوامل ومظاهر تلف الفسيفساء الأثرية، 2011، ص1).

وقد ظهر من التحليلات أن أهم أملاح الكبريتات الموجودة في عينات منطقة الدراسة هي: كبريتات الصوديوم، وكبريتات الكالسيوم، وكبريتات الماغنسيوم (جدول 12). وفيما يلي دراسة تلك الأملاح:

يتضح من الجدول زيادة في درجة تركيز كبريتات الصوديوم عن 6% في سبعة عينات، حيث تراوحت بين 6.19% و 9.77%، في حين قلت عن ذلك في عينة واحدة، حيث سجلت أقل درجة تركيز بقلعة بنت قنيص وأعلى درجة تركيز بيت البيعة والرصيف البحري. أما عن تركيز أملاح كبريتات الماغنسيوم فقد تراوحت درجة تركيزها بين 2.09% و 8.61% وسجلت أقل درجة تركيز بالرصيف البحري وأعلى درجة تركيز بمسجد جواثي، بالإضافة إلى كبريتات الكالسيوم فقد لوحظ أن درجة تركيزها تراوحت بين 10.66% بالرصيف البحري و 43.34% بقلعة بنت قنيص.

كما يوضح الجدول (13) والشكل (12) أن نسبة تركيز أملاح الكلوريدات بمنطقة الدراسة تراوحت بين 35.39% و 70.1% أما نسبة تركيز الكبريتات فتراوحت بين 21.69%

**223**

و52.8% مع ملاحظة أن نسبة تركيز أملاح الكلوريدات أعلى من نسبة تركيز الكبريتات بمنطقة

الدراسة، وقد بلغ المتوسط العام لأملاح الكلوريدات 47.62% حيث ارتفعت على 50% في

ثلاث عينات من ثماني، أما أملاح الكبريتات فقد بلغ المتوسط العام 39.32% حيث تعدت على

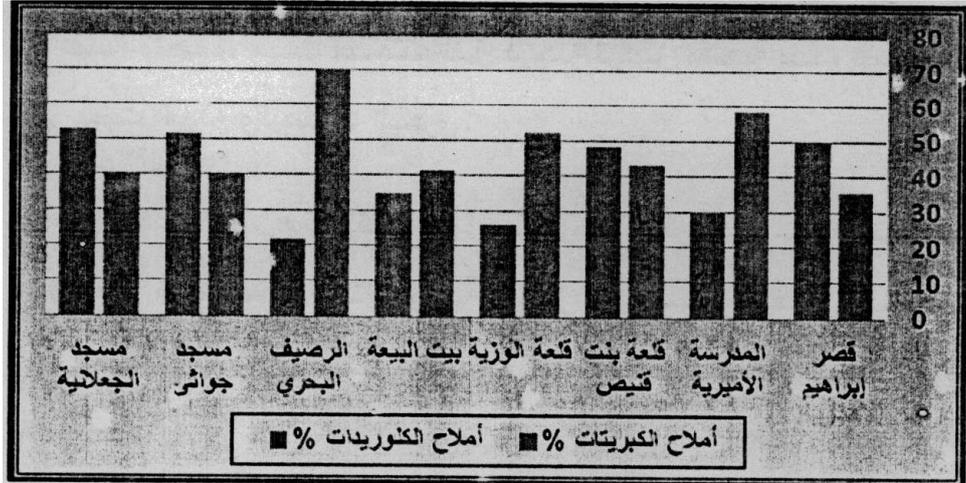
50% بعينتان من ثمانية عينات.

**جدول (13): نسب تركيز أملاح الكلوريدات والكبريتات**

بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

الكبريتات (%)	الكلوريدات (%)	موقع العينة	الكبريتات (%)	الكلوريدات (%)	موقع العينة
34.64	41.42	بيت البيعة	50.07	35.39	قصر إبراهيم
21.69	70.1	الرصيف البحري	29.56	58.39	المدرسة الأميرية
51.54	40.16	مسجد جواثي	48.25	43.1	قلعة بنت قبيص
52.8	40.15	مسجد الجعلانية	26.06	52.28	قلعة الوزية

المصدر: تم التحليل بمعمل الأرضي بكلية الزراعة، جامعة أسيوط، 2012.

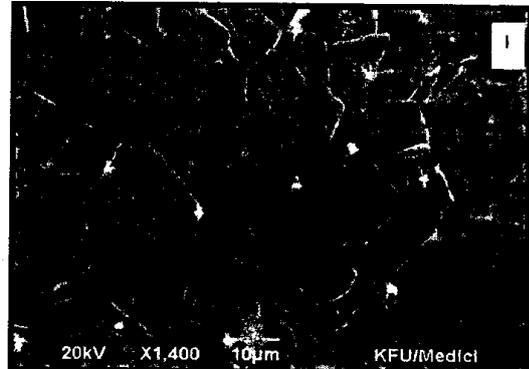
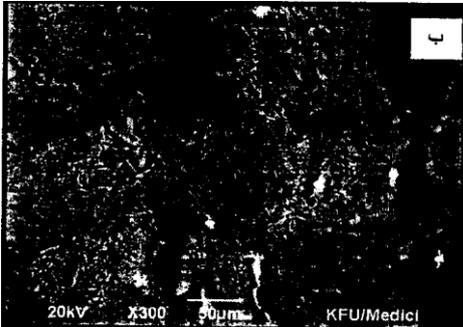


شكل (12): نسب تركيز أملاح الكلوريدات والكبريتات بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.

وجدير بالذكر أن وجود أملاح الكلوريدات والكبريتات معاً لها تأثير فيزيائي مدمر وعنيف على سطح الحجر الجيري ولتشخيص نواتج مظاهر التلف داخل مواد البناء تم استخدام جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح، وقد تبين الآتي في عينات منطقة الدراسة:

• الرصيف البحري - العقير :

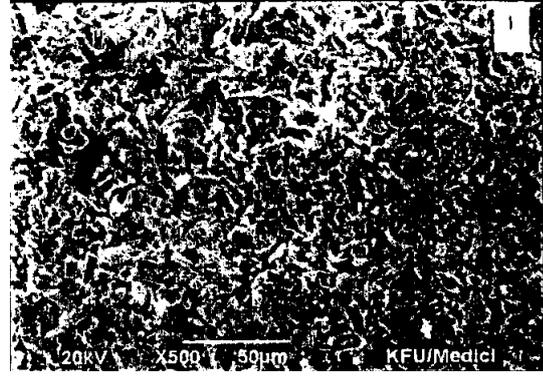
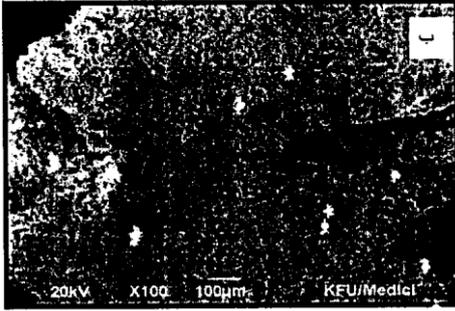
يتضح من الصورة (19- أ) وجود أملاح الكبريتات منشورية الشكل ومتبلورة مما يدل على التجوية الكيميائية وتحول كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم، مع وجود فجوات على سطح الصخور. أما الصورة (19- ب) فيوجد بها أيضاً بللورات أملاح الكبريتات والفجوات والشقوق الكبيرة الضخمة.



صورة (19): عينة من الحجر الجيري بالرصيف البحري - العقير.

## ● قصر إبراهيم :

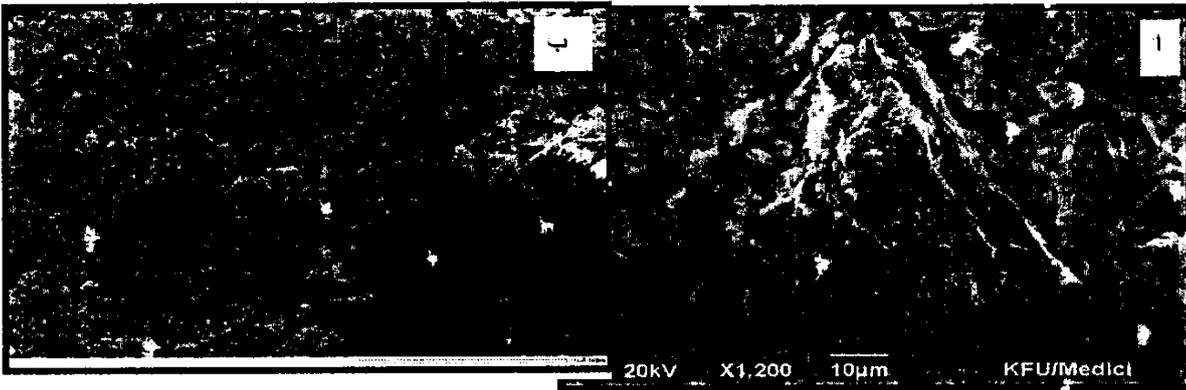
توضح الصورة (20- أ) وجود بلورات ملحية كبيرة الحجم مع الحطام الصخري الناتج من التجوية الملحية، كما لوحظ وجود وفرة في المسام الدقيقة بالحجر مما يساعد على التلف بالنمو البللوري للأملح. وتوجد في الصورة (20- ب) سلفات بللورات الملح المتراكمة بشدة على الصخر مع وجود تفتيت ونقر بسبب الملح.



صورة (20): عينة من الحجر الجيري بقصر إبراهيم.

## ● المدرسة الأميرية :

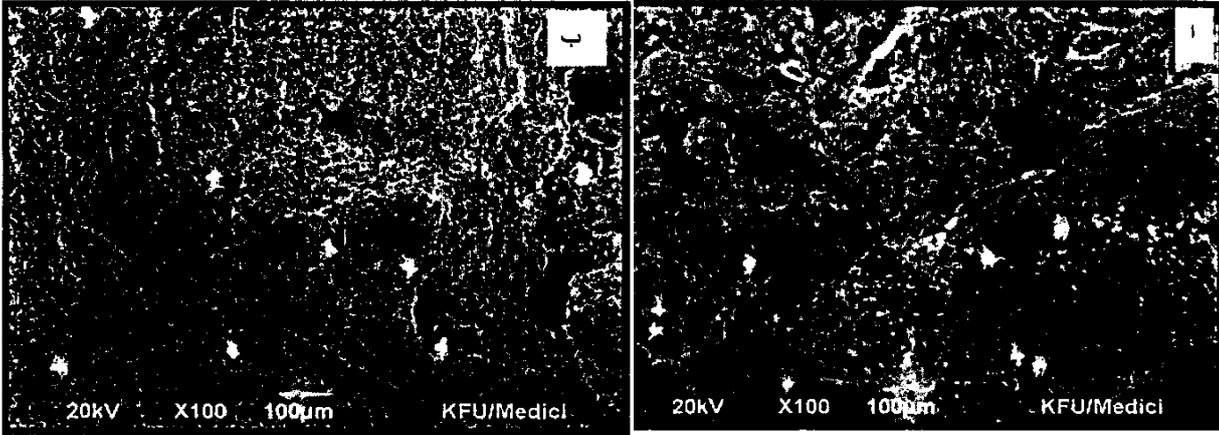
تشير الصورة (21- أ و ب) إلى تدهور شديد في نسيج الصخور في شكل جزئيات، وتساقط لمكونات الصخر، ووجود بللورات الملح إبرية في الغالب.



صورة (21): عينة من الحجر الجيري بالمدرسة الأميرية.

● مسجد جواثي<sup>(1)</sup>:

تظهر الصورة (22- أ) مسام واسعة وشظايا السطح، مع وجود صدوع صغيرة ضيقة، كما توضح الصورة (22- ب) سطح صخرة بيضاء مع طفح الملح، كما يمكن الكشف عن شقوق ضيقة طويلة ناتجة عن عملية التلف.

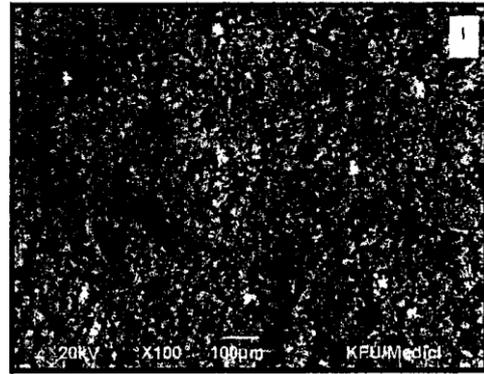
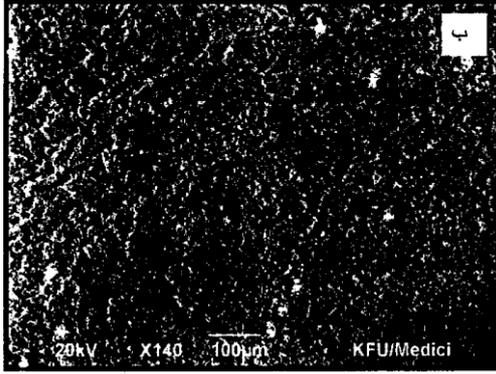


صورة (22): عينة من الحجر الجيري بمسجد جواثي.

## ● مسجد الجعلانية :

تبين الصورة (23- أ) تجزئة شديدة للصخور مختلطة مع بللورات الملح، ويلاحظ وجود المسام الصغيرة على نطاق واسع في جميع أنحاء عينة الاختبار. كما توضح (الصورة 23- ب) تدهور صغير وتفتت الصخور السطحية مع وجود حفر وفقدان للجزيئات الصخر السطحية بسبب تبلور الملح داخل المسام الصخرية.

(1) جؤاذا بالهمزة هو وعد أصله من جأث الرجل إذا فرغ فهو مجؤوث أي مذعور فكأن الأهالي لما كانوا يرجعون إليها عند الفرغ سموها بذلك وهذا يؤيده وجود حصن بالموقع. وهو ثاني مسجد أقيمت فيه صلاة الجمعة في الإسلام، ويبعد عن الهفوف حوالي 17 كم (ليلى بنت صالح محمد زعزوع، 2009، ص 390).



صورة (23): عينة من الحجر الجيري بمسجد الجعلانية.

### الخاتمة:

### أولاً: النتائج:

أسفرت دراسة أخطار التجوية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء عن عدد من النتائج التي

تمثل أهمها فيما يلي:

1- تواجه الآثار بالأحساء أخطار التجوية الميكانيكية والكيميائية؛ نتيجة للظروف المناخية

للمنطقة والظروف البيئية المتغيرة من رطوبة وجفاف - مع ملاحظة أن المياه تحت الأرضية

المشبعة بالأملاح هي المصدر الرئيسي للرطوبة - بالإضافة إلى التدخل البشري في تلك

المباني متمثلاً في سوء شبكات الصرف والترميم الخاطئ باستخدام الجبس والأسمنت

البورتلاندي، كما هو الحال في قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية.

2- استخدم في تشييد المباني الأثرية بمحافظة الأحساء الحجر الجيري، وقد تبين من الدراسة

الميدانية والتحليلات المعملية أن مادة كربونات الكالسيوم هي مادة الحجر الأساسية بالمباني

الأثرية بمنطقة الدراسة، مع ملاحظة وجود بعض المعادن الأخرى مثل الطين والهاليت والجبس

والكوارتز.

## 228

3- تتميز معظم الأحجار التي استخدمت في تشييد المباني الأثرية بمحافظة الأحساء بارتفاع

المسامية وقدرتها على امتصاص المياه، حيث بلغ المتوسط العام 34.68% و19.91%

على الترتيب، مع ارتفاع درجة الحرارة وطاقة التبخر، إذ بلغ المتوسط العام 27.5%

و12.8% مم التوالي، على الأمر الذي ساعد في تنشيط عمليتي التجوية الميكانيكية

والكيميائية، ومن ثم تعرض مواد البناء للتلف والانهيار.

4- تتباين المباني الأثرية بمحافظة الأحساء من حيث درجة تأثرها بالتجوية الميكانيكية، حيث

تظهر آثارها في :

- التقشر والتكسر بنسبة 68.96% و66.67% بالجدران الخارجية والداخلية من إجمالي

المناطق المدروسة بمنطقة الدراسة على الترتيب، وذلك نتيجة عمليات التمدد والانكماش

المرتبطة بارتفاع المدى الحراري بمنطقة الدراسة والذي بلغ 33°م.

- التفكك الحبيبي بنسبة 20.69% و14.28% بالجدران الخارجية والداخلية من إجمالي

المباني الأثرية على التوالي، وذلك لتأثير الإشعاع الشمسي بمنطقة الدراسة والذي يترتب عليه

زيادة درجة حرارة الصخر أثناء النهار وانخفاضها ليلاً مما يعرض الصخر للتفكك والسقوط.

- التفكك الكتلي بنسبة 10.35% بالجدران الخارجية، والداخلية 19.05% من إجمالي

المباني الأثرية حيث تعمل التجوية الميكانيكية على تكسير الصخر وانقسامه على طول

خطوط الفواصل وسطوح الانفصال.

5- تتأثر المباني الأثرية أيضاً بمحافظة الأحساء بالتجوية الكيميائية في مظاهر مختلفة هي:

## 229

- نشع المياه بجدران المباني وانتفاخ الطبقة الخارجية وتبلور الأملاح، وبلغت ونسبتها 26,42%، وسقوط طبقة الطلاء 24,52%، وسقوط طبقة الملاط الخارجية بنسبة 22.64%، وسقوط المادة اللاصقة بنسبة 20.75% في الجدران الخارجية. أما بالنسبة للجدران الداخلية فقد بلغت نسبة نشع المياه وسقوط الملاط 26.56% لكل منهما، كما بلغت نسبة سقوط طبقة الطلاء 23.44% وسقوط المادة اللاصقة 15.63% من إجمالي المباني الأثرية على التوالي نتيجة انخفاض مستوى المناطق عن المباني المجاورة وارتفاع منسوب المياه من ناحية وتسرب مياه الصرف الصحي من ناحية أخرى.
- تكوين الفجوات والكهوف نتيجة لتسرب المحاليل الملحية بالخاصية الشعرية إلى الجدران وارتفاع درجة حموضتها بمنطقة الدراسة، حيث بلغ متوسط معامل الحموضة PH "7" ومن ثم تتسبب المياه تحت الأرضية في إذابة الصخور الجيرية بالمباني الأثرية بمحافظة الأحساء.
- التجوية الملحية وما يرتبط بها من التلف العام للأحجار الأثرية نتيجة الرش والتزهير، حيث أثبتت التحليلات المعملية وجود أملاح الكلوريدات والكبريتات. وقد بلغ المتوسط العام للرشح في المباني الأثرية 84.25 سم وبلغ المتوسط العام للتزهير 130.4 سم مع تكون طبقات ملحية على أسطح المنشآت الأثرية تراوح سمكها بين أقل من 0.2 إلى 1.3 سم وبألوان تتراوح بين الأبيض والأسود.

**ثانياً: التوصيات:**

بعد تشخيص الحالات المختلفة لأخطار التجوية التي تسبب تلف المباني الأثرية ومعرفة

أسبابها وكيفية حدوثها نحتاج إلى:

## 230

- ضرورة استخدام الأسمنت المقاوم للأملاح "S.R.S "Sulfate Resistant Cement" في الأجزاء الأرضية من المنشآت المعرضة بشكل دائم للرطوبة والأملاح والكلوريدات المذابة في التربة والمياه الجوفية أو الأجزاء من المنشآت البحرية التي تتعرض للأبخرة المائية المحملة بالرطوبة.
- استخدام الخرسانة الناعمة Fair - Face Concrete في الأجزاء الأرضية من المنشآت والمواجهة للحرارة والرطوبة خاصة الأبنية المقابلة للشواطئ وذلك لتفادي حدوث التشقق أو الإقلال منه وتوفير الغطاء المناسب لحديد التسليح ثم استخدام الإضافات إلى الخرسانة عند الصب لتلائم الظروف البيئية وتحسن الخواص أثناء الصب في المناخ الحار.
- ضرورة توفير مختبر لفحص مواد الإنشاءات واختيار المواد الإنشائية ذات المواصفات الجيدة والتأكد من صلاحيتها للاستخدام.
- التركيز على استخدام المواد العازلة للرطوبة والحرارة والتي لا تتأثر بالظروف المناخية المختلفة وتناسب أجزاء المنشأة المختلفة وعدم التهاون في اختيار المواد العازلة ذات المواصفات العالمية وتناسب مناخ المنشأ (عودة محمد الأغا، 2006، ص ص 141-143).
- استخدام أسلوب قطع الجدران على ارتفاع حوالي متر وذلك باستخدام منشار قطع، ثم يتم وضع شرائح من البلاستيك ذات قوة تحمل كبيرة في أماكن القطع لتمنع ارتفاع المياه تحت الأرضية بالخاصية الشعرية داخل الجدران.
- تصريف المجاري المائية عن المعالم والمواقع الأثرية.

- تغطية البقايا الأثرية الأكثر حساسية للأمطار بسقوف معدنية.
- الحفاظ على الرطوبة النسبية داخل المعالم الأثرية.
- وضع أجهزة لقياس الرطوبة ودرجة الحرارة وتغيراتها.
- ضرورة استخدام التقنيات العلمية الحديثة في مجال ترميم وصيانة المباني الأثرية، وأن تتم عملية العلاج والحفاظ طبقاً لما نصت عليه المواثيق الدولية.
- يوصي بعمل مخبرات للمناطق المعرضة للسيول وخاصة المناطق المجاورة للمناطق الأثرية.
- ضرورة إنشاء جمعيات لتنمية الوعي الأثري والثقافي من المجتمع المدني وخاصة في المناطق والمجتمعات التي تقع في محيطها المناطق الأثرية للمشاركة في الحفاظ على المواقع الأثرية الموجودة بالمنطقة لخلق التعاطف الجماهيري مع مواقع الآثار والمنشآت لتجنب الإتلاف البشري المتعمد، مع التوعية العلمية المبسطة لكيفية الحفاظ على المباني الأثرية لتجنب الإتلاف البشري الغير متعمد.
- العمل على زيادة الوعي الأثري والثقافي لدى المجتمعات التي تقع في محيطها المناطق الأثرية، واستغلال كل وسائل الإعلام ومناهج التربية والتعليم والوسائط المتعددة من وسائل تعليمية توضيحية للأثر وقيمته وعوامل تلفه وإتلافه.

**المراجع والمصادر :****أولاً : المراجع العربية :**

- 1- إبراهيم محمد محمد عبد الله (2000): دراسة علاج وصيانة مواد البناء والعناصر الزخرفية في بعض المباني الأثرية بمدينة رشيد، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- 2- أهم عوامل ومظاهر تلف الفسيفساء الأثرية، السبت 26 نوفمبر 2011 Toratagadir, [blogspot.com](http://blogspot.com).
- 3- حسين محمد جمعة (بدون تاريخ): "عزل وحماية المنشآت الخرسانية ضد الرطوبة، التآكل، الكيماويات، الحرارة"، وبدون مكان نشر.
- 4- خالد محمد أحمد الحمصاني (2007): دراسة مشاكل الأملاح وعلاجها في الصور والنقوش الجدارية بمنطقة سقارة تطبيقاً على إحدى المقابر المختارة من عصر الدولة القديمة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- 5- خليل بن علي معبر الحوياتي (2011): نمط التغير المكاني والزمني في تقييم جودة المياه الجوفية في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم البيئة والمصادر الطبيعية الزراعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء.
- 6- رحاب جلال درويش (2007): دراسة التلف الفطري لمواد البناء في المباني الأثرية بمدينة القاهرة: أسباب وميكانيكية التلف وطرق العلاج، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- 7- سيد محمد سيد حميده (2003): التقييم العلمي لميكانيكية التجوية الملحية وأهم مصادرها في بعض البيئات الأثرية المصرية وتأثيرها على الأحجار الجيرية والرملية المستخدمة في المنشآت الأثرية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- 8- عاطف معتمد عبد الحميد (2008): الاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد في دراسة الأراضي الرطبة (منطقة الأحساء- شرق السعودية)، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 336، الكويت.

## 233

- 9- عبد الله أحمد سعد الطاهر (1999): الأحساء - دراسة جغرافية، مطابع الحسيني الحديثة، الأحساء، المملكة العربية السعودية.
- 10- عبد الله حسين مبارك الحميد (2012): دراسة تأثير جودة المياه لطبقتي النيوجين والدمام الجوفية على تآكل أنابيب الآبار في واحة الأحساء، المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم البيئة والمصادر الطبيعية الزراعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء.
- 11- علي المغنم، دانيال بوتس، جوتري فراي، دونالد ساندرز، ك.ك. لامبرج كارلنسكي (1978): برنامج المسح الأثري الشامل لأراضي المملكة العربية السعودية. التقرير المبدئي عن المرحلة الثانية لمسح المنطقة الشرقية، أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد الثاني، إدارة المتاحف بوزارة المعارف السعودية، الرياض.
- 12- علي مصطفى كامل مرغني (2002): ارتفاع منسوب المياه تحت الأرضية كخطر طبيعي في بعض قرى ومدن مصر من منظور جيومورفولوجي، مجلة كلية الآداب، العدد 22، السنة 71، جامعة الزقازيق.
- 13- عودة محمد الأغا (2006): التآكل في المنشآت وآثاره السلبية، مجلة جامعة الأقصى، العدد 10، فلسطين.
- 14- ليلي بنت صالح محمد زعزوع (2009): مسجد جوثا: مركز سياحي في محافظة الأحساء. المجلة الجغرافية العربية، العدد 54، الجزء الثاني، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- 15- محمد بن عبد الغني مشرف (1987): أسس علم الرسوبيات، عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض.
- 16- محمد صبري محسوب (1997): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
- 17- محمد صبري محسوب (2002): البيئة الطبيعية - خصائصها وتفاعل الإنسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.
- 18- محمد عبد الهادي (1995): تأثير البيئة البحرية على تلف المنشآت الأثرية بالإسكندرية، المؤتمر الدولي الأول عن البيئة والتنمية في إفريقيا، جامعة أسيوط، مصر.
- 19- محمد عبد الهادي (1995): دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة.

## 234

- 20- محمد مصطفى محمد عبد الحميد (2009): دراسة لأسباب تصدع وانحيار المباني الأثرية الإسلامية والحلول المقترحة للآثار المختارة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- 21- ممدوح تهامي عقل (1996): الأشكال الناتجة عن تجوية الجرانيت المصري، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد الرابع والعشرون، الإسكندرية.
- 22- ميرفت ثابت صليب (2008): تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية، دار العالمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

**ثانياً: المصادر :**

- 1- إدارة المساحة الجوية، وزارة البترول والثروة المعدنية، السعودية، لوحة الأحساء -NG39-SW، مقياس 1: 50000، عام 1980.
- 2- الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من 1973-2007.
- 3- هيئة الري والصرف، إدارة الري (قسم المياه والتربة)، بيانات غير منشورة، الأحساء، 2012.
- 4- الهيئة العامة للسياحة والآثار، متحف الأحساء للآثار والتراث الشعبي، 2012.
- 5- وزارة الشؤون البلدية والقروية (2009): مشروع إعداد المخطط الهيكلي لمحافظة الأحساء، التقرير الثاني، المخطط الهيكلي لمحافظة الأحساء، الجزء الثاني: مخطط التنمية الشاملة، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، بلدية الأحساء، الأحساء، السعودية.
- 6- وزارة الشؤون البلدية والقروية، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، بلدية الأحساء - الإدارة العامة للتخطيط العمراني، خريطة الأحساء، مقياس 1: 50000، عام 2012.
- 7- وزارة المياه والكهرباء، بيانات غير منشورة، الأحساء، 2012.

**ثالثاً: المراجع الأجنبية:**

- 1- Bourges, V.A. (2006): Holistic correlation of physical and mechanical properties of selected natural stones for assessing durability and weathering in the natural environment, Dissertation der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig - Maximilians - Universität München.
- 2- Buj, O., Gisbert, J., Mckinley, J.M., and Smith, B. (2011): Spatial characterization of salt accumulation in early stage

- limestone weathering using probe permeametry, Earth Surf. Process. Landforms 36, John Wiley & Sons, Ltd.
- 3- Cooke, R.U. & Doornkamp, J.C. (1982): Urban Geomorphology in Dryland. Oxford univ. press, New York.
  - 4- Feilden, B. (1982): Conservation of Historic Buildings - Technical studies in Arts, Archaeology and Architecture, Butter Worth Co (Publishets) Ltd, England.
  - 5- Flatt, R.J. (2002): Salt damage in porous material: how high supersaturation are generated, Journal of crystal Growth 242, Elsevier. USA.
  - 6- Goudie, A. & Viles, H. (1997): Salt Weathering Hazards, John Wiley and Sons, England.
  - 7- Judy, E. (2005): Above the weathering frony - contrasting approaches, Vol. 67.
  - 8- Lamei, S. (1995): Restoration of the mosque of Al - Zahir Baybars in Cairo, in yhe Restoration and conservation of Islamic monuments in Egypt, the American univ. Cairo.
  - 9- Thomas, D.S.C. (1989): Arid Zone geomorphology, Belhaven, press, London.
  - 10- Tsuia, N., Flatt, R. J., Scherer, G.W. (2003): Crystallization damage by sodium sulfate, Journal of Cultural Heritage 4, Elsevier SAS.
  - 11- Zehnder, K. (2007): Long - term monitoring of wall paintings affected by soluble salts, Environ geol., Vol. 52, Issue 2, Springer, Verlag.