الجمهـورية الجزائريــة الديمــوقراطيــة الشعبيـــة
وزارة التعـليــم العــالي و البحــث العلــمي

جامعة الجزائـر- 2-

معهــد الآثـــار

قسـم الصـيانـة و الترميم

مطبوعة جامعية

صيانـة وترميم المبانـي الريفية والصحراويـة

اعداد الأستاذة :عبد الصمد رقية

معهد الآثار

قسم الصيانـة و الترميم

معهد الآثار

قسم الصيانة و الترميم

الفهرس

مقدمة عامة

الدرس الأول : المباني الريفية و الصحراوية

1- الحضارة

2- تعريف العمارة

3- تعريف المباني الاثرية

4- تعريف الطراز

5- المباني الريفية

6- المباني الصحراوية

7- العوامل التي اثرت على المباني الريفية و الصحراوية

8- تحليل الجوانب النظرية المعمارية في المباني الريفية و الصحراوية

9- مواد و تقنية بناء المباني الريفية

10- تقنية و مواد بناء المباني الصحراوية

الدرس الثاني : عوامل تلف المباني الريفية و الصحراوية

1- تعريف التلف

1.1- العوامل الداخلية

2.1- العوامل الخارجية

الدرس الثالث : صيانة و ترميم المباني الريفية و الصحراوية

1- صيانة المباني

2- ترميم المباني

3- الحفظ

4- مبادئ الصيانة و الترميم

5- اعمال الترميم العامة

6- الأخطاء الأكثر شيوعًا في أعمال ترميم المباني

7- حماية المباني الاثرية و التراثية

8- طرق التدخل العلاجي لمبنى ريفي

9- طرق التدخل العلاجي لمبنى صحراوي

مقدمة عامة:

- يعتبر مقياس صيانة و ترميم المباني الريفية و الصحراوية من بين أهم المقاييس التي يستعين بها الطالب في استخلاص طرق البناء التقليدي و معرفة فن التشييد إذ أنها تقوم على دراسة المباني في المناطق الريفية و الصحراوية و معرفة أسلوب و تقنيات بنائها .
- خصصت هذه الدروس لصيانة و ترميم المباني الريفية و الصحراوية و ذلك ليتمكن الطالب من التعرف على الطرق العلمية لصيانة وترميم هذه المباني الأثرية من خلال فهم أسباب تلفها وأفضل الطرق في علاجها وحفظها

الدرس الأول

1- تعريف الحضارة

-عبارة عن نشاط الإنسان في شتى المجالات بشكل كامل ، و يجعلها تشتمل على كثير من جوانب الحياة الإنسانية المختلفة بحيث تصبح الحضارة مفهوم عاما يتناول جل قدرات الإنسان العقلية و النفسية و العملية المتجهة نحو الرقي و التقدم في جميع مناحي الحياة"

- "ثمرة كل جهد يقوم به الإنسان لتحسين ظروف حياته سواء أكان المجهود المبذول للوصول إلى تلك الثمرة مقصودا ام غير مقصود ، سواء كانت الثمرة مادية آو معنوية

2- تعريف العمارة

- أنها فن البناء وفقا لمعطيات معينة أساسها التكوين
- أنها اللعب المتقن و الصحيح و الرائع بالكتل، كما عرفها المعماري "لوكوربوزييه"
- أنها فن استخدام الحيز و معالجة الفراغ للإجابة على الوظائف الضرورية لحياة الإنسان
- عموما فهناك العديد من التعريفات التي تتوقف على الرؤية التي نرى من خلالها العمارة

3- المباني الأثرية

هي المباني التي تم إنشاؤها في العصور السابقة والتي تحمل قيمة تاريخية وثقافية وأثرية وتعتبر جزءًا من التراث الثقافي للمجتمعات القديمة. وهي عادة ما تكون بقايا مباني أو معالم يرجع تاريخها إلى فترات مختلفة في التاريخ مثل المباني الرومانية والإغريقية والمصرية وغيرها

4- تعريف الطراز

- مجموعة القواعد التي تشكل مفردات لغة معمارية ما، من دون ان تفرض قيودا على عمل المعماري و تخرج المباني التي تخضع له متجانسة حتى مع اختلاف المعماريين و لو كان المبنى واحد.

5- المباني الريفية

شكل رقم (01) مجسم لمبنى ريفي

العمارة العامية هو مُصطلح يستخدم لتصنيف أساليب البناء التي تستخدم الموارد المتاحة محليا لتلبية الاحتياجات المحلية.

العمارة العامية تميل إلى التطور مع مرور الوقت لتعكس الظروف البيئية، الثقافية والسياق التاريخي الذي وجدت به.

غالبا ما رُفضت باعتبارها خامة وغير مكررة، لكن لها مؤيدين يدعوا إلى أهميتها في التصميم الحالي.

إن مصطلح "العمارة العامية " عموما، يشير إلى البناء الذي يُبنى من قبل اشخاص غير محترفين، أي دون تدخل مهندسين معماريين حيث يستعمل في البناء الطرق التقليدية. شكل رقم (01) مجسم لمبنى ريفي

1.5- الوظيفة

يمكن القول ان الوظيفة الاجتماعية للمسكن الريفي هي ايواء الاسر وحمايتها وحفظ غلالها وحيواناتها ولا بد ان يوفر له الطمأنينة والاستقرار ايضا.

2.5- النظام المعماري

نظرا للوظيفة الاجتماعية التي يؤديها المبنى الريفي فان طريقة البناء لا تخضع لنظام هندسي معين، فتكون الدور فيه غير منسقة والطرق ملتوية وضيقة، وقد تترك بينها مسافات واسعة لأسباب امنية واجتماعية.

و عليه نقول انه ليس ثمة تخطيط للمستوطنات الريفية، يمكن ان نهتدي به فحيثما حل الفلاح اقام منزله.

3.5- اشكاله

يختلف المسكن الريفي في شكله من منطقة الى اخرى فمنه البسيط المتواضع ومنه المخطط المنتظم، و منه ذا طابق, وفي القليل جدا يكون طابقين. فنجد المساكن ما بني من طين , ومنه ما بني من الحجر.

ان مثل هذه الاختلافات تنشأ من تنوع في نظم استغلال الارض ومستويات الدخل وكذلك في مدى الاستجابة لظروف البيئة المحلية.

ولعل ابسط انواع المسكن الريفي، هو البيت المنفرد والمؤلف من غرفة واجدة, يستعملها الفلاح مسكنا له ولعائلته، وربما ايضا لإيواء حيواناته وحفظ غلاله، وكلما زاد حجم العائلة تعددت الغرف واتسع حجم المسكن وكنتيجة لانفصال الأسرة واستقلاليتها عن العائلة الرئيسية, فقد حدث تغيرا في حجم وعدد المساكن, حيث اخذ يميل في العادة الى الصغر.

كما ان زيادة عدد الأسر ادت الى زيادة في العدد الوحدات السكنية. شكل (2-3) بيت ريفي منفرد و ذو طابقين

شكل رقم (02) صورة لمبنى ريفي بطابقين

شكل رقم (03) صورة لمبنى ريفي منفرد

4.5- انتشارها

يختلف نمط الانتشار وتوزيع المساكن الريفية, بين منطقة واخرى, تبعا لاختلاف فعالية العوامل ذات العلاقة، والمؤثرة في توقيع القرى وامتداد الوحدات السكنية ففي المرتفعات والمناطق الجبلية يتسم التوزيع بالنمط المتجمع للوحدات السكنية، بينما تكون مبعثرة او منتشرة في المناطق السهلية والاراضي المنبسطة ويؤدي ضيق الارض الزراعية، الى تلاصق الوحدات السكنية، كنتيجة للضغط السكاني على الارض الزراعية.

ويعيش سكان الارياف في عدة مناطق ، في قرى مركزة كبيرة الحجم تقع اغلبها في مواضع على سفوح منحدرة تشرف على الاراضي الزراعية، وقرى الواحات ايضا قرى تراكمية كبيرة الحجم، بسبب نظام الري وتوزيع المياه

5.5- انواع القرى

هناك نوعان من القرى:

اولهما تقليدي : يتميز الاول بطرق ملتويه وضيقة ، وقد تكون ذات نهايات مغلقة، فيما تترك مسافات واسعة بين الوحدات السكنية وكثيرا ما يتعطل العمل على الطرق الموصلة الى القرى المجاورة، او المدن بسبب الامطار.

النوع الثاني مخطط: يتسم بالتنسيق بين وحداتها السكنية وبشوارعها المنتظمة والواسعة نسبيا.

-على الرغم من بساطة الخبرة الفنية المستخدمة في بناء البيت التقليدي في الارياف, فأنه وليد خبرة الفلاح ومعرفته بالظروف المناخية والاجتماعية المحيطة به, مع التنسيق مبسط في التنظيم، سواء في الاشكال والخصائص العامة، او في مواقع وعدد الغرف واتجاهاتها

- استعملت في البناء المواد المحلية والمواد المستوردة ومن الممكن القول، بأنه كلما زادت مواد البناء المستوردة دل ذلك على تطور في المستوى المعيشي.

-وعموما فأن مقدرة البناء الارياف في اللجوء الى خارج بيئتهم المحلية في البناء، اقل بكثير من قدرة سكان الحضر.

- لذلك نجد ان المسكن الريفي، اصدق تعبيرا و اكثر دلاله على طبيعة البيئة الريفية من المسكن الحضري ومع ذلك فالتباين في المستوى المعاشي يؤدي الى التباين في المواد المستعملة في البناء سواء المحلية منها او الخارجية ,

- استعملت الحجارة و الطين و التراب في تشييد تلك المساكن بحسب توفرها في المنطقة و الظروف السامحة بذلك .

6- المباني الصحراوية

شكل رقم (04)مجسم لمبنى صحراوي

تطلق هذه التسمية على العمارة التي نشأت في المناطق التي تندرج ضمن نطاق الصحاري الحارة و التي من ضمنها الصحراء الجزائرية.

تعتبر المباني الصحراوية مميزة بتصميمها الخاص الذي يتيح تحمل الظروف الجوية القاسية في مناطق الصحراء فهي نتاج لبيئة خاصة ، فغالباً ما يتم استخدام مواد مثل الطين والحجر والخشب القاسي لبناء هذه المباني في مساحات واسعة لتوفر الاراضي. وتتميز بأنها تحتفظ بالحرارة في فصل الشتاء وتوفر البرودة في فصل الصيف اضف الى ذلك الاهتمام بتوفير المياه لندرة الامطار ، وحماية السكان من الرياح القوية والعواصف الرملية. كما أن معظم هذه المباني تمتاز بطابعها الثقافي والتراثي .شكل رقم (5-4) مجسم و صورة لمبنى صحراوية

شكل رقم (05)صورة لمبنى صحراوي

- للطبيعة الصحراوية انعكاس كبير على مختلف جوانب العمارة، فخصائص المناخ الصحراوي وخاصة التفاوت الكبير في درجة الحرارة موسميا ويوميا، والجفاف إضافة للعواصف الرملية، أدت بالإنسان إلى أن يصوغ المساكن والقصور ككل بالشكل الذي يوفر له أحسن حماية من الظروف المناخية. وإلى جانب هذه الظروف، تلعب طوبوغرافيا الأرض ومواد البناء المتوفرة دورا كبيرا في تحديد خصائص العمارة، حيث تحتم على الإنسان أن يحسن استغلالها مما يتوافق مع متطلباته ، و عليه اتسمت بالخصائص الاتية:

1.6- الوظيفة

نجد كل من المدينة أو القصر تتطابق مع بنية الجماعة (المجتمع)، وهي عبارة عن جهاز واحد متكامل الوظائف يشكل منظومة اجتماعية لكل عضو فيها دور، حيث نجد أن الوظيفة (النشاط) تتوزع وفق التقسيم التالي : المركز، الإطار، المحيط والمسالك التي تشكل أهم الوظائف الحضرية بانسجام كامل

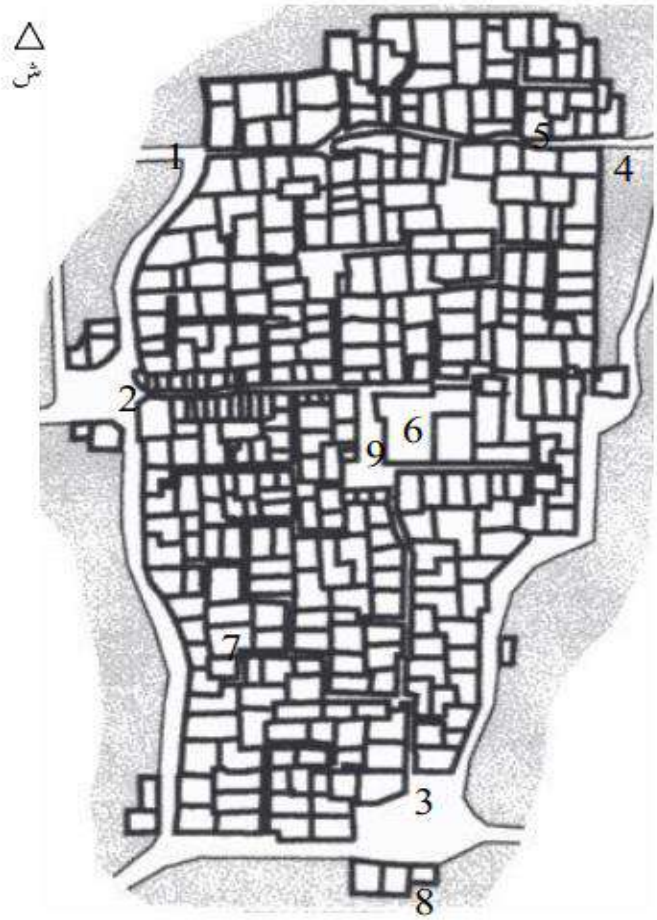
- المركز: يعتبر المسجد أو الجامع هو النواة حيث يعمل على توحيد الأعضاء وإمدادها بالطاقة

- الاطار : السوق الذي يؤدي الوظيفة الاقتصادية للمركز

- المحيط : تعتبر الأحياء المحيطة مصدر قوة المركز وأسباب وجوده واستمرار يته

- المسالك : المسالك الأزقة وهي بمثابة الشرايين الموصولة بين الأعضاء التي لا تحدث الحركة إلا بها.

- السور والخندق الإطار الواقي للتجمع. وفي هذا النسق المتكامل لا يوجد شيء زائد عن الحاجة ولا أقل من الوظيفة المنوطة به، بل لكل شيء غاية يؤديها بالتكامل مع البقية. شكل رقم (6) مخطط قصر ليشانة

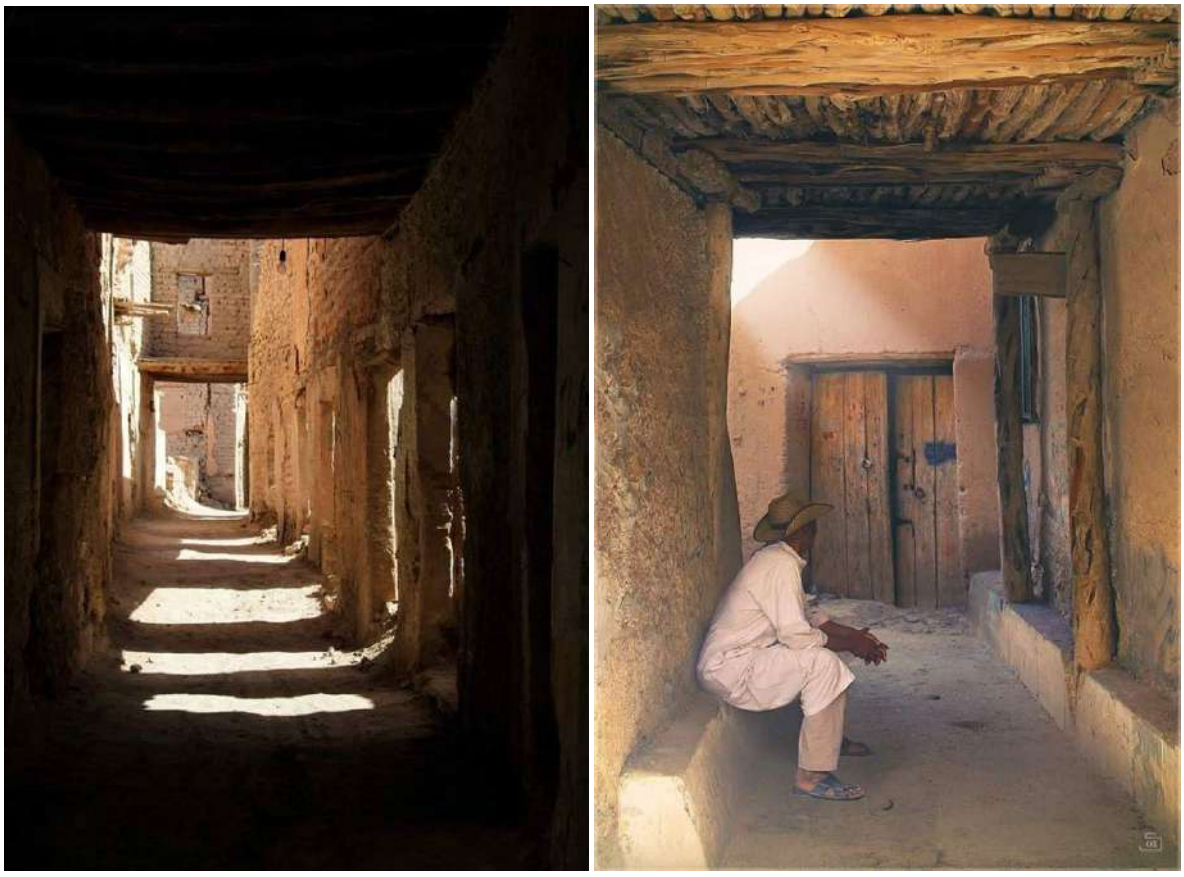


1 الباب الغربي
2 الباب الظهراوي
3 الباب القبلي
4 الباب الشرقي
5 جامع سيدي لعروسي
6 مسجد سيدي سعادة
7 جامع سيدي يوسف
8 جامع الباب القبلي
9 رحبة السوق

شكل رقم (06)مخطط قصر ليشانة

2.6- اندماجية التخطيط

يقلل التخطيط المدمج من أطوال الطرق والممرات وفى ذلك تظهر أهمية ممرات المشاة المسقوفة مع توفير الحماية الطبيعية للمشاة من أشعة الشمس المباشرة أو الحرارة بالإشعاع أو من الأتربة والرياح, وتعمل الخطوط المنكسرة لممرات المشاة والمكونة من متتابعات فراغية مختلفة الشكل على عدم تشجيع حركة الرياح داخلها, علاوة على توفيرها للظلال.
شكل رقم (7) الممرات المسقوفة



شكل رقم (07)الممرات المسقوفة

3.6- تكتل المبانى

من أهم الأسس التخطيطية للمناخ الجاف الحار وذلك بقصد توفير أكبر قدر من الظلال والإضاءة والتهوية، و لتفادى تأثير المناخ، كما وأن التفريغ بالأحواش لمحاولة عمل بيئة داخلية رطبة بعيدا عن البيئة المناخية الخارجية الجافة الحارة

4.6- التصاق كتل المبانى مع بعضها فى صفوف متراصة

التصاق وتشييد المساكن مقابلة ومناظرة لبعضها وتمثل مجموعة المساكن المشيدة والمناظرة لبعضها مجموعة أو تكوين لمجتمع صغير ليتدرج إلى مجتمع الحى.

-الهدف من ذلك هو عدم تعريض واجهات المبانى للعوامل الجوية مع توفير الفراغ اللازم داخل الكتلة للتهوية والإضاءة (بالحوش) وينتج عن ذلك اتجاه الحياة للداخل حول الصحن وليس للخارج على البيئة الجافة الحارة.

5.6- التوجيه للداخل بالنسيج العمرانى

تخطيط الموقع هو تشكيل البيئة العمرانية لتخدم وتلائم الاحتياجات الإنسانية لزوار المكان، ولكى يوفى التخطيط بالاحتياجات المناخية للمنطقة كمنطقة صحراوية جافة وحارة, ولتعديل مناخ المنطقة يراعى محاولة توفير مناخ أو بيئة أخرى داخلية ذات درجات حرارة أقل, ولا يمكن تحقيق ذلك إلا من خلال التوجيه للنسيج العمرانى نحو الداخل من خلال أفنية داخلية لإعطاء بيئة مناخية ذات راحة حرارية بالإضافة إلى إعطاء الخصوصية داخل التشكيل العمرانى.

الصحن : يعتبر الصحن من بديهات عناصر التصميم فى هذه النوع من العمارة, الفناء أو الصحن يتواجد فى كل وكافة المبانى على السواء لإعطاء الخصوصية فى فناء المسكن والمسجد والمدرسة وفناء الحى السكنى

6.6- التسلسل

نجد نظام التسلسل الوظيفي في التوزيع العمراني للتجمعات العمرانية الصحراوية

- شوارع سابلة واسعة نسبيا تستعمل للحركة والتجارة وتعتبر ملكا للجميع

- شوارع أقل عمومية وأقل اتساعا تتوغل داخل الأحياء ويستعملها سكان الجهة تسمى بالنافذة

- أزقة ضيقة تعتبر خاصة لحد ما كلما توغلنا للداخل، وهي مشتركة الملكية للدور المحيطة بها وبعضها للاستعمال الخاص. ويرافق هذا التدرج المجالي تدرج وظيفي من المركز للمحيط تمثله الحركة والأنشطة الدينية والتجارية.

7- العوامل التي اثرت على المباني الريفية و الصحراوية

1,7- العوامل الانسانية

بنيت المباني بحسب معتقدات كل منطقة و حسب اعتناقهم الديني

2,7- العوامل البيئية

ساهم المناخ في عملية البحث عن اماكن بها وفرة الماء و التربة الخصبة

3,7- العوامل التقنية

لم تكن لها تقنية معينة بنيت حسب الحاجة

8- تحليل الجوانب النظرية المعمارية في المباني الريفية و الصحراوية

1,8- الوظيفة

كان تقسيم الغرف بحسب الحاجة

2,8- المتانة

البحث عن المواد الاولية اللازمة للحماية

3,8- الجمال

بالرغم من ان العنصر الجمالي مهم في التشييد الا انها اتسمت بالبساطة و نجد التزيين من خلال رسومات على الجدران

9- مواد و تقنية بناء المباني الريفية

1.9- مواد البناء

1.1.9- الحجارة

تم الحصول عليها من الجبال، ضفاف الوديان ومن الحقول المجاورة، ويتم نقلها بواسطة الدواب بمساعدة أبناء القرية لأنها تحتاج يد عاملة كثيرة وقد تستغرق العملية عدة أسابيع. بالإضافة إلى دورها في البناء، الحجارة تستعمل أيضا في صناعة الأواني المنزلية ذات الاستعمال اليومي مثل مطحنة القمح التي نجدها في كل منزل.

- الحجارة من المواد الأولية الهامة المقاومة لعوامل التعرية و الظروف المناخية القاسية مما يضمن ديمومة المنازل التقليدية , كما لها خصائص فيزيائية حيث نعمل على طرد الحرارة صيفا و احتجازها بالداخل في شتاء.

- الحجارة المستعملة في البناء لا تحتاج معالجة خاصة قبل استعمالها، ماعدا بعض التشذيب لإعطائها شكلا يساعد على شغل مكان في جدار المنزل .

2.1.9-الخشب

يستعمل الخشب في المنازل الريفية في البنى الفوقية (السقف) بالإضافة الى استعماله في النجارة (الأبواب و النوافذ و السواكف .....) فهو يستعمل أيضا كوقود طبيعي لتدفئة المنازل في فصل الشتاء. كذلك يستعمل في صناعة الأدوات زراعية.

- يتميز الخشب بعدة خصائص منها خفة الوزن وسهولة النقل ومتوفر بشكل كبير في مناطق الريفية لقربها من الغابات، وهي تحتوي على مادة عازلة لها قدرة مذهلة على تنظيم الرطوبة ما يجنب او يقلل ظاهرة التكثيف. كما انه يقوم بمعادلة السموم و كبح الروائح الكريهة، كما له ميزة تتمثل في عزل و حفظ الحرارة حسب تغير هذه الأخيرة، وهذا ما يسمى بظاهرة الاستطراب في فصل الصيف ، يتم قطع الخشب و تجفيفه لمدة طويلة لكي يستطيع مقاومة التشققات و هجوم الحشرات، إذا ما تمت هذه العملية بدقة و بعدم ارتكاب أخطاء إنشائية في البناية نضمن استمرارية هذه الأخيرة لعدة عقود من الزمن .

استعمل في البناء التقليدي عدة أنواع من الأشجار منها اشجار البلوط، أشجار الصنوبر و أشجار الزيتون حسب توفرها من مكان لأخر.

3.1.9-التربة

من المواد الأساسية الأولية لبناء المنزل الريفي, فهي تستعمل في ربط الحجارة المكونة للجدران و تغطيتها من الداخل و الخارج و تسوية أرضية المنزل، تستعمل التربة كذلك في صناعة الأواني المنزلية ذات الاستعمال اليومي .

تعتبر التربة مادة بناء طبيعية متوفرة بكثرة وفي أنواع مختلفة ، سهلة الاستعمال و النقل و التشكيل, يعتمد لونها على كمية أكسيد المعدن و كمية الحجر الجيري الذي تتكون منه, وغالبا ما تضاف إليه مواد ثانوية لتحسين جودة التربة للحصول على التكوين الأمثل ففي حال كانت التربة المستعملة:

- طينية بشكل كبير: يتم إضافة كمية من الرمل أو الحصى أو القش أو نشارة الخشب من أجل التقليل من كمية الطين .

- جافة : يضاف إليها القليل من الطين المبلل لتحسين ترابطها .

- تتكيف الجدران الترابية السميكة مع الفترات المناخية المختلفة، فهي تجذب البرودة في فصل الصيف , و تتحول الى مجمع للحرارة في أبرد الفترات.

4.1.9- المادة الرابطة

قبل الشروع في أعمال البناء يتم أولا تحديد مكان تواجد التربة الطينية وهو نفس المكان الذي يستغله جل أفراد القرية للبناء، يتم خلط الطين بالماء لصنع الملاط ثم يضاف إليه روث

الحيوانات كالبقر و الحمير إضافة الى القش من اجل تحسين تماسكه كما يضيف البعض من أهالي القرية بعض الأعشاب العطرية ذات قصد التخفيف من رائحة الروث بالملاط و من بينها النعناع و الحبق.

2.9- تقنيات البناء

استعملت تقنيتين في الغالب تقنية البناء بالحجارة و الربط بالملاط و تقنية البناء بالحجارة الجافة و نادرا ما استعملت تقنية القولبة.

1.2.9- جدار من الحجر الخام مع استخدام الملاط للربط

استخدام الحجر الخام مع الملاط للربط في الأوساط: المدنية، الريفية، الجبلية و السهلية وفي الساحل و تعتبر هذه التقنية معروفة في كل الأماكن. شكل رقم (08) صورة عامة لجدار مبني من الحجارة و الملاط

شكل رقم (08) صورة عامة لجدار مبني من الحجارة و الملاط

اولا :الشكل

ليس للحجر شكل معين ولكنه يصل تقريبا الى شكل بأربع زوايا.

- عدم نحت الحجر، أو نحته بشكل بسيط جدا.

ثانيا :المنشأ

استخراج الحجارة من الحقل، السيول القادمة من الجبال ، المحجر.

- مداميك من الأحجار غير أفقية وغير منتظمة قد يصل بعضها الى الوضعية الأفقية و ذلك تبعا لشكل و انتظامية المادة الخام.

ثالثا: عملية البناء

توضع الحجارة على طبقة من الملاط و من ثم يتم ضغطها بحيث يتوزع الملاط بشكل متساوي، مع أو بدون استخدام عناصر كبيرة ذات مقطع ثابت أو متغير, يتم زلقها بين الحجرين المتراكبين للحصول على خط أفقي للمدماك الحجري, مع أو بدون تعبئة الفواصل ما بين الاحجار بعناصر صغيرة, شكل رقم (09) تقنية البناء

شكل رقم (09) تقنية البناء

رابعا: الاساسات

يقوم البناء بالبحث عن أرض جيدة ، حيث اذا كانت الأرضية عبارة عن صخرة مستوية, يتم تشييد الجدار على الصخر مباشرة، و في حال عدم تحقق ذلك, يتم حفر خندق صغير قليل العمق بحيث يتراوح عمقه ما بين 30سم (القيمة الصغرى) و 120سم (القيمة القصوى, حالة خاصة), أما القيمة الوسطية فتتراوح ما بين50سم و 70سم. و تميز ثلاث نقاط عمارة الأساسات: شكل رقم (10) عرض و شكل الاساسات

شكل رقم (10) عرض وشكل الاساسات

1-عرض الأساس و الذي يمكن أن يساوي عرض الجدار, إلا أن الحالة الأكثر شيوعا, عرض الأساس أكبر من عرض الجدار بمقدار20سم.

2- ارتفاع جدار الأساس و الذي يتم إنشاؤه على قاعدة قد يصل ارتفاعها إلى 1متر, و ذلك في حال تواجد مستويات مختلفة لمستوى الأرض. و تملأ دوما حفرة الأساسات بمواد حجرية: أحجار مفتتة أو حصى صغيرة، أحجار مسطحة، حصى ملساء حتى أحجار الدبش الخام والتي تتخذ تقريبا شكل قالب حجري منحوت بشكل تقريبي، و قد يصل طول ضلعها إلى 40سم.

تختلف طبيعة الأحجار المستخدمة في الأساسات أحيانا و بشكل مقصود عن الأحجار المستخدمة في جدار البناء, فأحجار الأساس(أكثر قسوة, أكثر انتظاما, ذات مسامات اقل)

و بشكل عام فان نظام الأساسات المستخدمة تقليديا استدعت ضرورة تأمين قاعدة ثابتة و توزيع حمولتها على أرض طبيعية بالطريقة الأكثر ملائمة و الأقل كلفة.

خامسا طبيعة مواد الملاط

إن الملاطين التقليدين المستخدمين في مزيج ملاط ربط الأحجار الخام هما: الملاط الترابي و الملاط الكلسي ، اما يستخدم الجص تبعا للتقاليد في منطقة مزاب

- إن مواد الملاط المستخدمة لربط الأحجار الخام هي: الرمل, الحصى, كسرات القرميد, بقايا الأحجار, القش المقطع بشكل خشن أو دقيق, وأحيانا التراب. و نجد بشكل خاص الرماد في المزيج

تركيبات ملاط الربط

- الكلس + الرمل, و نضيف إلى هذا المزيج ملاط مكون من : حصى, كسرات القرميد ,بقايا الحجر, الرماد.

- كلس + تراب + رمل عند الاقتضاء.

- رمل+ قش.

- التراب فقط.

و يستخدم محليا في الجزائر و تونس الجص التقليدي فقط, و يضاف الرمل أحيانا.

2.2.9- جدار من الحجر الجاف

يتم انشاء جدار من الحجر الجاف بدون مساعدة حيث أن ضمان التناسق, والصلابة لهذا البناء ينتج عن وزن كل حجرة, شكلها, مقاومتها, وعلى الأخص, موضعها بالنسبة الى مواضع الأحجار الأخرى. شكل رقم (11) صورة عامة لجدار مبني من الحجارة الجافة

شكل رقم (11) صورة عامة لجدار مبني من الحجارة الجافة

اولا الشكل و طبيعة المواد

- تستخدم الحجارة المختلفة حيث يتم اعادة نحتها بشكل سريع .

-تنتشر الأحجار الكلسية في عملية البناء و الأقل ندرة هو استخدام حجر الغرانيت

- تتوافر الأحجار المختلفة على شكل أحجار مسطحة أو دبش,

- تستعمل أدوات بسيطة كمطرقة برأس مربع و بزوايا حادة, مطرقة مسننة , أو مع أداة للقص عند الضرورة

-لا يستخدم الملاط في هذه التقنية

ثانيا المنشأ

استخراج الحجارة من الحقل, و أحيانا من المقالع.

ثالثا الوسط

يعتبر البناء من الحجر الجاف بدون ملاط, بمثابة تقنية ريفية حصرا, حيث تتوافر اليد العاملة بشكل كبير, كما تتوافر الصخور المفتتة.

نجد هذه التقنية في أغلب البلدان ، مرتبطة بالوسط الجبلي, و بشكل استثنائي تستخدم في السهول .شكل رقم (12) تقنية وضع الحجارة

شكل رقم (12) تقنية وضع الحجارة

رابعا الاساسات

- أساس استنادي

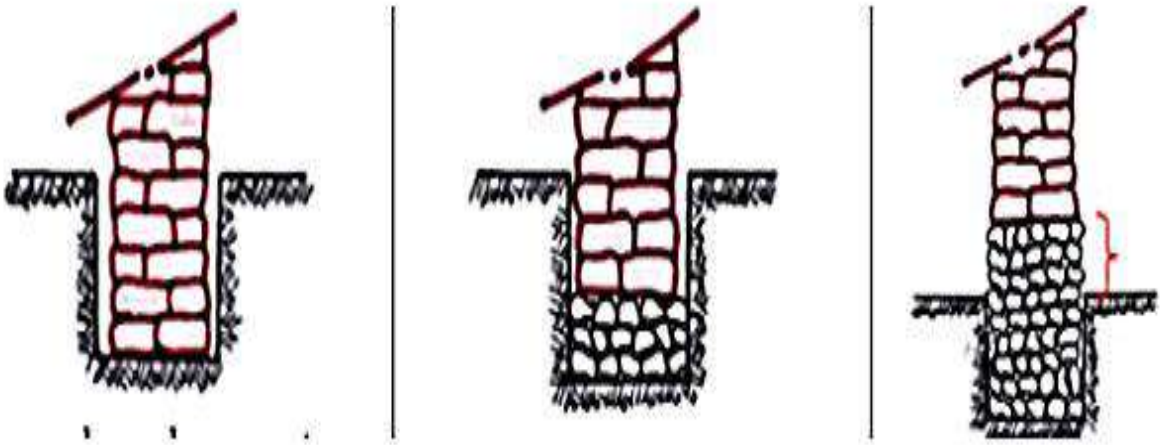
يكون الأساس هو الصخرة المستوية لان الأرض قاسية و هي الحالة الغالبة في الجبال, يتم إظهار الصخرة لتتلقى الجدار بشكل مباشر و تبقى هذه الحالة صالحة كون الأرض منحدرة أو وعرة.

- حفرة أساس

يتم إنشاء حفرة أساس قليلة العمق و يتم وضع الحجارة لتشكيل الأساس و من ثم بناء الجدار

- أساس امتدادي لجدار

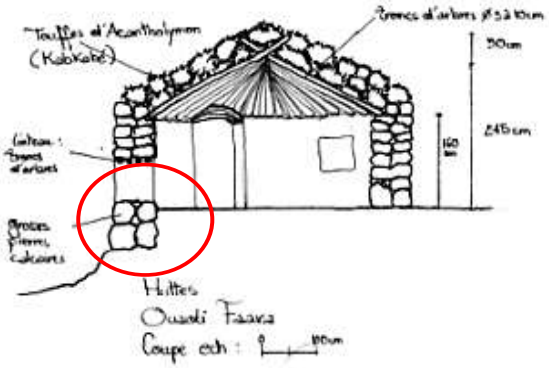
تكون الحفرة قليلة العمق او عميقة على حسب طبيعة أرضية البناء و يتم تعبأة الحفرة بامتداد جدار البناء حيث يكون حجر الاساس مكشوفا فيً معظم الاحوال و يلعب دور الاساس في بناء الحائط . وقد لوحظ في حالات نادرة وجود أساسات من الحجر المقصب. شكل رقم (13) أنواع الاساسات و شكل رقم (14) تقنية بناء الاساسات



أساس يعلو أرضية البناء وضعية الحجارة في حفرة الاساس أساس استنادي (صخرة مستوية)

شكل رقم (13) أنواع الاساسات

الأسس البنائية: المادة, الحجر.



الأسس البنائية: مقاطع شاقولية.

شكل رقم (14) تقنية بناء الاساسات

3.2.9- تقنية القولبة

استعملت تقنية القولبة في بعض المناطق الريفية بالجزائر كمنطقة القبائل حيث عادة ما تستعمل هذه التقنية في بناء الجدران حيث يتم ملأه بخليط البناء و تسويته و مع تكرار هذه العملية وبتحريك القالب على طول الجدار بعد جفاف الطبقات الأولى "كل طبقة..... يجب ان

تجف جيدا قبل إضافة طبقة أخرى. ثم يتم رفع القوالب و تحريكها على طول الجدار و شيئا فشيئا يرتفع جدار صلب دون وصلات"

4.2.9- التلبيس (الطلاء – اللياسة- الزريقة) بأساس كلسي, ترابي, عضوي

- يعتبر الطلاء بمثابة كساء للحماية و العزل, و لكن أيضا تحسين للمظهر النهائي(التشطيب).

- تعتبر بمثابة المعالجة الأكثر شيوعا و بالتأكيد الأكثر قدما و التي تنفذ على كل فئات المباني.

- ❖ الطلاء الكلسي : استخدام الكلس المطفأ و المستخدم و ذكر أيضا استخدام الكلس الهيدروليكي الطبيعي(أقل انتشارا) على شكل مسحوق.
- ❖ الطلاء ذي الأساس الترابي, يتألف الملاط من: تراب مغربل.
- ❖ الطلاء ذي الأساس العضوي, يتألف الملاط من روث البقرة فقط أو ممزوجة مع تراب مغربل.
- ❖ الطلاء ذي الأساس الجصي, يتألف الملاط من الجص المحروق, و المطحون بشكل ناعم و مغربل.

-يمكن أن يكون المزيج ملونا من خلال إضافة أصبغة ذات منشأ صخري أو معدني أو ذات منشأ نباتي حيث تعتبر الحالة الأكثر ندرة.

أولا طلاء كلسي

- تتألف من مزيج من الكلس, و بشكل أساسي من الرمل و لكن أيضا من مواد ملاط أخرى كالحصى, كسرات القرميد, الرماد, الألياف الحيوانية و النباتية.

- يعتبر الرمل بمثابة المادة الأساسية و الداخلة بشكل عام في تركيب لياسة الكلس, و من النادر تواجد مواد أخرى.

-يعتبر كل من الحصى, كسرات القرميد, الرماد, الألياف النباتية(القش) أو الحيوانية(وبر العنز) بمثابة حمولات أخرى يتم إضافتها عادة لتحسين مزايا اللياسة.

-تساهم كل هذه المواد في إعطاء التلبيسة الحجم ،تخفيض ظواهر التقلص ، رفع مستوى المقاومة بفضل القساوة الكبيرة للمواد، وبفضل التقوية التي تشكلها.

-إن مقياس الحبيبات لهذه المواد يسمح بتخفيض استخدام اللياسة و منحه مسامية جيدة.

-يعتبر اختيار مواد االتلبيس من وجهة نظر متعلقة بإمكانياتهم و طاقاتهم بمثابة عامل أساسي من أجل الخاصية النهائية للياسة.

تستخدم كسرات القرميد و الرماد بشكل عام في اللياسة الكتيمة.

يلعب القش دورا في عملية التقوية يماثل دور الوبر الحيواني.

شكل (15) تلبيسة من كسرات القرميد

يضاف دوما مواد مساعدة أو مواد تكميلية بكميات قليلة إلى الطلاء الكلسي لتحسين بعض من خواصها, حيث تساعد على:

الأسس البنائية – لياسة مدعمة مع كسرات القرميد المشوي (على القبة) و الألياف النباتية (على الحائط).

شكل رقم (15)

- تثبيت الأصبغة الملونة.
- إنجاح عملية الحصول على الكلس المطفأ أو عملية الفوحمة (تحويل المادة إلى فحم)
- إبطاء تبخر المياه لتجنب التجفيف السريع جدا و الناتج عن الرياح و الشمس.
- جعل الطلاء آكثر ليونة, أكثر لدانة, أكثر ميوعة, من أجل تسهيل عملية التنفيذ.

-إن مواد التلبيس التقليدية التكميلية و المذكورة في اكثر الأحيان, هي: حبات الملح الكبيرة, ملح حجر الشب, الزيوت النياتية: زيت الزيتون و زيت الكتان و هي منتشرة على حسب خصوصية كل منطقة. شكل (16) صورة لتلبيسة كلسية

شكل (16) صورة لتلبيسة كلسية

❖ **عملية التنفيذ**

تتم في فصلي الربيع أو الخريف و يجب حماية المساحة المليسة من الشمس و الهواء .

- *التنظيف*

تنظيف السطح من الغبار او الاوساخ

- *الترطيب*

يهدف الى تجنب تشرّب السطح للمياه الموجودة في المادة المليسة مما يحول دون تماسك هذه المادة

- *الطبقية*

- يوضع طبقتين أو ثلاث طبقات متعاقبة ذات قوام سميك نوعا ما (تبعا للتطبيقات المحلية) من لياسة الكلس ولكل طبقة تركيبة مختلفة حيث:

➢ الطبقة الاولى

هي الاخشن وتوضع بواسطة المسّجة وتتراوح سماكتها من 2الى 3سم وتتراوح فترة تجفافها من 4الى 7 أيام .

➢ الطبقة الثانية

فهي أقل سماكة و تبلغ هذه 1.5سم وتوضع بواسطة المسجّة وتملس بواسطة المجصة.

➢ الطبقة الثالثة

الطبقة الاخيرة فتبلغ 0.5سم وتمرغ بواسطة المسجة وتملس بواسطة اسفنجة رطبة للحصول على تجانس أقوى .

ملاحظة - استخدام الفرشاة, الريشة, مكنسة بدائية (نباتات مجففة), كما تستخدم الأيادي, و الخرق أو الاسفنجات ، المسجة أو المسبعة من أجل عملية التمليس النهائية.

- يجب ترطيب السطح قبل وضع كل طبقة من طبقات التلييس.

- يمكن إضافة طبقة لتغطية طبقة التلييس الاخيرة . ونلاحظ في بعض المناطق الريفية إضافة زيت الزيتون أو الملح أو بياض البيض الى المزيج.

- يتنوع مظهر السطح النهائي تبعا للمعالجة النهائية

ثانيا ـ اللياسة الطينية أو الزريقة الطينية

- تعتبر كساء للحماية و عزل للمظهر الخارجي, توضع اللياسة و تملس باليد أو بالمسجة.

- مزيج من التراب و الماء و بشكل عام مع ألياف نباتية (قش) أو حيوانية.

- يستعمل التراب القادم مباشرة من الأرض، الصلصال الأبيض، الكلس الحي بشكل صخري أو الكلس الهيدرولكي بشكل مسحوق, و روث الحيوانات.

-يمزج الكلس مع التراب، حيث أنه يلعب دورا كعامل مثبت ويكون ذو فعالية أكبر.

- يعمل على تحسين نوعية اللياسة و بالأخص في البيئات الرطبة و الممطرة.

- يمكن أن تؤدي إضافة روث البقرة إلى زيادة فعاليات اللياسة عن طريق تخفيض ظاهرة التقلص, من خلال زيادة قساوتها و بتأمين نفوذية جيدة . شكل (17) صورة لتلبيسة طينية من التراب و الكلس

شكل (17) صورة لتلبيسة طينية من التراب

ثالثا الصبغة

لا يقبل الطلاء ذو الأساس الكلسي في تركيبته أي مادة أخرى باستثناء الصبغة و التي يتم إضافتها حصرا لتلوين الطلاء.

لا نعتبر الأصبغة في هذه الحالة كعامل يلعب دور حمولة, حتى و لو أن الطلاء تقنيا, يسلك سلوكا مختلفا عندما يحوي الأصبغة.

لا يقبل الطلاء ذو الأساس الترابي, العضوي, أو الجصي, أي مادة ملاط.

شكل رقم (18) صورة استعمال الصبغة

مشاهد عامة : في الداخل.

شكل رقم (18) صورة استعمال الصبغة

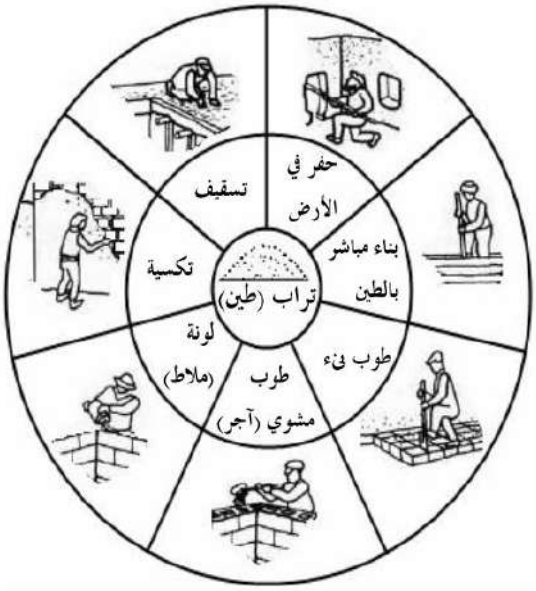
10- مواد و تقنية بناء المباني الصحراوية

أولا مواد البناء

1- الحجارة

استعملت خامة (غشيمة) دون تهذيب، وهي حجارة صغيرة أو متوسطة في مقدور البناء ومساعده حملها والتصرف فيها، تضاف إليها كميات كافية من الملاط الطيني المعجون جيدا، حتى تستقر الحجارة في مكانها كما توجد جدران مبنية بالحصى الدقيق الممزوج بالملاط، تشكل منه عجينة شبه متماسكة، يتم إفراغها بين لوحي التابوت ودكها جيدا.

2- التربة:



شكل رقم (19) استخدامات الطين في العمارة الصحراوية

يستعمل التراب خالصا يشكل منه عجينة بإضافة الماء فيتكون طين ناعم يمكن صياغة أي شكل منه أو وضعه في قوالب. أو تضاف إليه بعض الألياف النباتية، وأهمها التبن، ويوضع في قوالب ويجفف تحت الشمس لتشكيل الطوبة، أو يدك في التابوت لبناء جدار بالطابية. أو تبنى به الجدران الحجرية وتلبس، أو القصبية الخفيفة، كما يشوى في الأفران لإكسابه صلابة وقوة لإنتاج الآجر.

وتختلف خواص الطين الفيزيائية تبعاً لعدة عوامل، أهمها: نسبة كل مكون من المكونات في المزيج، درجة خشونته أو نعومته، الأملاح والمعادن الموجودة فيه، ودرجة رطوبته. وأجود التربة ما كان خاليا من الحصى الكبير، وفقيرا من المواد العضوية، ويحتوى على نسبة متوازنة من الرمل والكلس والصلصال، فكثرة الرمال تجعل البناء هشا، أما ارتفاع نسبة الصلصال فيؤدي إلى تشققات في البناء وتآكله بفعل الرطوبة والماء، كما أن المواد العضوية تتحلل مع الزمن ما يؤدي إلى تآكل وإضعاف البناء.

وبالنظر إلى تنوعه الكبير، فإنه يصعب إخضاعه لمواصفات معينة ودقيقة. شكل رقم (19) استخدامات الطين في العمارة الصحراوية

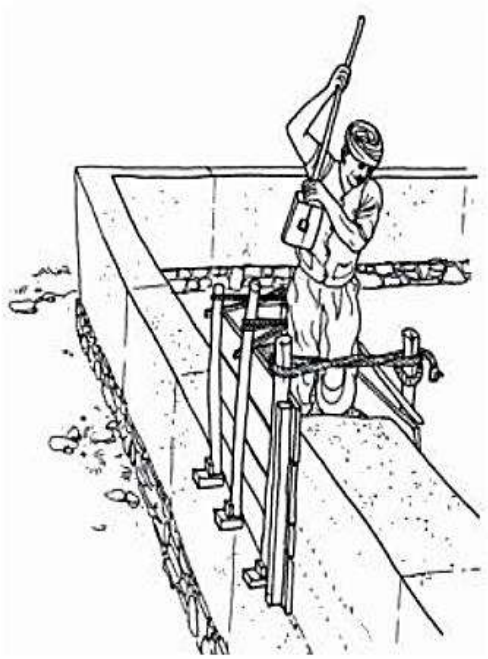
3- الطوب:

يصنع من تراب يملأ به قالب مخصص ، التراب المعد لصناعة الطوب يختلف عن تراب الطابية، حيث ينقى من الحجارة، ويعد إعدادا قبليا خاصا قبل الصنع، ويغطى بالماء ليلة كاملة على الأقل ويعجن جيدا بالأرجل في اليوم الموالي، وإذا كان به صلصال كثير يضيف المعلم إليه رملا أو تبنا، وبعد ذلك يصنع الطوب ، ويستعمل قالب به تجويفان اثنان أو أكثر لإنتاج طوبتين أو أكثر دفعة واحدة، بحيث يؤخذ الطين في شكل عجينة خشنة ترمل بتمريرها فوق فرشة من الرمل معدة لهذه الغاية، أو تمرر فوق التبن الرقيق، ثم تلقى في القالب المرطب بالماء أيضا والمرمل، ثم تضغط داخله حتى تلتحم أجزاؤه، بعد أن تأخذ شكلها النهائي تخرج من القالب وتجفف في الشمس في مدة تتراوح ما بين أربعة أو خمسة أيام ، لا يتصف الطوب بالجودة والمتانة ، ولا يقاوم الطوب الرطوبة والماء بشكل جيد، واستعماله منحصر في الجدران العالية التي لا تتصل مباشرة بالأرض أي في الطوابق العليا فقط، وفي الجدران الداخلية للمنازل.

كما تسمح مرونته في تنفيذ الأشغال المعقدة كالأقواس والتشكيلات المزخرفة، أحجام الطوب تختلف باختلاف استعمالاته، فالطوب المخصص لتعلية الجدران السميكة تكون مقاييسه 35 على 17 على 8 سم، ويتخذ طوب أصغر قليلا مقاييسه 31 على 15 على 7 لبناء الجدران الداخلية الصغيرة، أما الطوب المخصص للزخارف فتكون مقاييسه أصغر 27 على 13 على 6سم . شكل رقم (20) صناعة الطوب الطيني

شكل رقم (20) صناعة الطوب

4- الطابية



شكل رقم (21) صناعة الطابية

الطابية عبارة عن قالب التراب المضغوط ويتلخص في ملء قالب من خشب بتراب غير دقيق به بعض البلل، ثم يضغط إلى أن يغدو متماسكا، إثر ذلك يسحب القالب تاركا الثغرات التي تميز هذا النظام المستعمل خصيصا في بناء الأسوار. وهي تقنية قديمة جدا، ولم يطرأ عليها أي تغيير حيث أن الطريقة التي يتم بها البناء اليوم هي نفسها التي كان يتم بها البناء في الماضي السحيق وبنفس الوسائل وأدوات البناء.

يدك التراب وتشيد الجدران لوحا لوحا، في سمك يتراوح في أغلب الأحيان ما بين نصف المتر وثلاثة أرباع المتر (50 و 70 سم) وتأتي صلابة الجدران من قوة الدك، ومن كمية الكلس التي يخلط بها التراب. وتتم عملية الصب على عدة مراحل، وفي كل مرحلة ترتفع الصبة من 20 إلى 30 سم ثم يصار إلى طرقها ودكها وضغطها بواسطة مطارق حجرية أو معدنية خاصة ثقيلة ومتعددة الأشكال تسمى «المركز»، وكل صبة بارتفاع القالب، بعد «الركز» تتداخل المواد المكونة للعجينة وتتماسك، يفك القالب ليركب من جديد على الجزء المكمل للسابق.

ومن الأساليب الهادفة إلى التقوية كذلك إفراغ فرشة من الكلس الجير فوق الطبقات المكونة للجدار واحدة واحدة، وبين اللوح والآخر، بحيث تتماسك الطبقات عند وضع الواحدة فوق الأخرى في تراتبها العمودي، ويلتحم اللوح بالذي يجاوره، ويلتصق به في تراتب أفقي، وبعد أن يكتمل البناء تطلى واجهاته بلياط من التراب وبعض الجير كذلك. ويبلغ طول الطابية حوالي ثلاثة أمتار، وعلوها حوالي 0.80 مترا ويتراوح السمك ما بين 0.90 مترا ومتر ونصف وبذلك يصل ارتفاع السور المشيد من الطابية إلى 11 مترا وأكثر بالنسبة للأبراج . شكل رقم (21) صناعة الطابية

5- الرمل:

الرمل مزيج حبيبات مفككة من مختلف الصخور، وهو مادة بناء متوفرة بشكل جيد في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، ومجاري الوديان، يستعمل بعد غربلته وعزل الحصى الكبير والشوائب النباتية وغيرها، ويقسم إلى نوعين:

- نوع خشن يمزج مع الطين، وتفرش به الأرض والسطوح.
- ونوع رقيق يستعمل في تكسية الجدران، ومنحها ليونة وملاسة.

6- الجير

عرفت المباني الصحراوية تواجد مادة الجير بها و هو مستخلص من الحجارة الجيرية او الكلسية ، يضمن هذا الاخير الصلابة للجدران

7- الخشب

يعتبر الخشب من المواد الاساسية التي اعتمد عليها البناء الصحراوي في تشييد جدرانه و من اهم المواد الخشبية المستعملة هي النخلة حيث استخدمت في التسقيف و الابواب و التدعيم وذلك لوفرتها بالمنطقة كما استعمل السعف و القصب

8- الملاط و التكسية

استعمل لملاط الربط الطين الممزوج بالماء مع إضافة المثبتات النباتية و الحيوانية و أحيانا يضاف الرمل

9- المثبتات

لها دور هام في تحسين الخصائص الفيزيوميكانيكية للطوب وهي تصنف ضمن نوعين عضوية ومعدنية.

❖ **المثبتات العضوية :**

-المثبتات من النباتية المتمثلة في القش، وسعف النخيل، وعلف التمر، وحبات القمح

- المثبتات الحيوانية المتمثلة في شعر العظام و شعر الماعز ، تعمل المثبتات العضوية على :

-منع التشقق أثناء التجفيف وذلك بتوزيع القوى الناتجة من انكماش الطين في قوالب الطوب.

-تسريع التجفيف وذلك بتسهيل إخراج الماء بواسطة قنوات الألياف.

-تخفيف وزن قوالب الطوب وذلك لكبر حجم هذه المضافات الذي ينتج عنه الإنقاص في الكتلة الحجمية لقوالب الطوب ويحسن خاصية العزل. شكل رقم (22) أنواع المثبتات العضوية

شكل رقم (22) المثبتات العضوية

-الرفع من المقاومة الميكانيكية وهو الهدف الأساسي من إضافة الألياف إلى خليط التربة

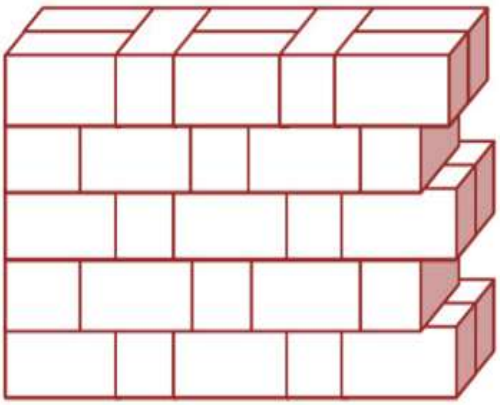
❖ **المثبتات المعدنية**

تتمثل غالبا في المثبتات ذات المصدر المعدني أو الصخري، مثل الجير، لكن بكميات قليلة، لكي لا تساهم في إضعاف التركيبة المعدنية لمواد وعناصر الطوب الكيميائية

ثانيا تقنيات بناء الجدران:

هناك عدة تقنيات عرفتها المباني الصحراوية و نذكر الاكثر انتشارا منها:

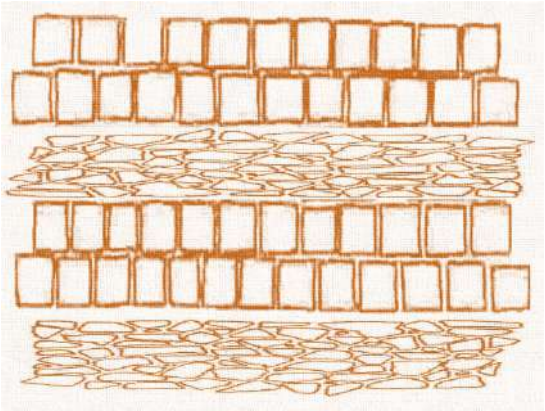
1- تقنية الادية و الشناوي



شكل رقم (23) تقنية الادية و الشناوي

حيث توضع القطع وفقا للشكل المراد الحصول عليه، وتستعمل خاصة في إنشاء الدعامات بمختلف أشكالها (المستطيلة ، المربعة، المتقاطعة، المشطورة)، توضع الطوبة الأولى طولا وعلى إحدى بطنيها، وبذلك لا يظهر منها للعيان سوى جانب من جانبيها، أما الثانية فتوضع طولا على بطنيها باتجاه داخل الجدار بحيث يظهر منها سوى أحد الواجهتين ومن مزايا هذا النظام في البناء أنه يضفي مظهرا سليم الوضع باستخدام كتل رشيقة . شكل رقم (23) تقنية الادية و الشناوي

2- .التقنية المزدوجة:

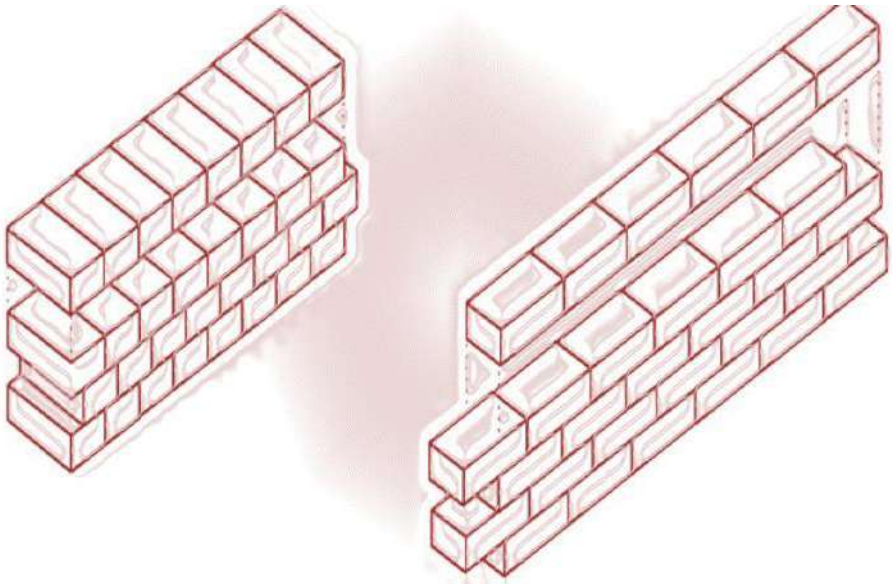


شكل رقم (24) تقنية المزدوجة

عبارة عن تقنيتين مندمجتين، حيث يبني أولا بتقنية السافات العمودية وعند الوصول إلى ارتفاع معين، يبني المعماري عقدا دون الاستعانة بالقوالب، يظهر مندمجا في الجدار، هذه التقنية أعطت نوعا من الزخرفة . شكل رقم (24) تقنية المزدوجة

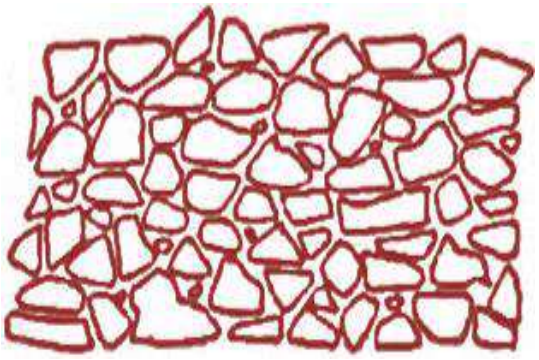
3- تقنية المداميك:

يكون الطوب موضوعا بطريقة متتالية وأفقية محصورا بين طبقتي الملاط الأفقيتين، مما يعطي شكل الصف منتظما ومتساويا وهذا راجع إلى انتظام أشكال ومقاسات الطوب . شكل رقم (25) تقنية المداميك



شكل رقم (25) تقنية المداميك

4- تقنية البناء بالحجارة



استعملت بكثرة في المباني الصحراوية و هي عبارة عن جدران مبنية بحجارة غير مصقولة أي في حالتها الخام ، لا يمكن تمييز الصفوف الحجرية كما يتم الاستعانة بالحجارة الصغيرة و الملاط لسد الفراغات. شكل رقم (26) تقنية البناء بالحجارة

شكل رقم (26) تقنية البناء

5- التكسية:

اهتم أهل الصحراء بتكسية الجدران إما من الداخل أو من الخارج، وتتم العملية بطريقة بسيطة حيث يحضر الملاط إما بالطين أو الجير أو خليط بينهما ويلصق بواسطة اليد وتتم تسويته على الجدران، وتتم أحيانا جزئيا مع مراحل البناء كما هو الحال في قصر موغل.

6- تقنية بناء الأساسات:

يؤدي الأساس دورا هاما في ثبات البناء وحمايته من السقوط، بضمان ارتكازه على الأرض ارتكازا ثابتا، لذلك توضع الأساسات في أرض صخرية صلبة على عمق ملائم. لوضع الأساس تحفر الأرض حتى يصل البناء إلى أرضية صلبة يضع عليها أساس البناء

الذي يتخذ من مواد صلبة: حجارة صماء أو حجارة مسطحة مخلوطة بطين؛ وأحيانا كثيرة توضع الجدران فوق سطح الأرض مباشرة على خندق بعد فرشة من الحجارة كأساس لها. وكلما كانت الأرض صلبة كان وضع الأساس سهلا وغير عميق، أما سمك الأساس، فهو في الغالب أكبر من سمك الجدران. يبنى الأساس من حجارة، والأفضل أن تكون حجارة قاعدية غير حامضية، كالبازلت أو الكرانيت، ويتم استعمال حجر كلسي أو رسوبي أحيانا في غياب حجارة بديلة، ويتم لحم الحجارة بالطين الممزوج بالكلس وفق معايير مضبوطة. ويرتفع الأساس أحيانا إلى متر فوق الأرض.

الدرس الثاني

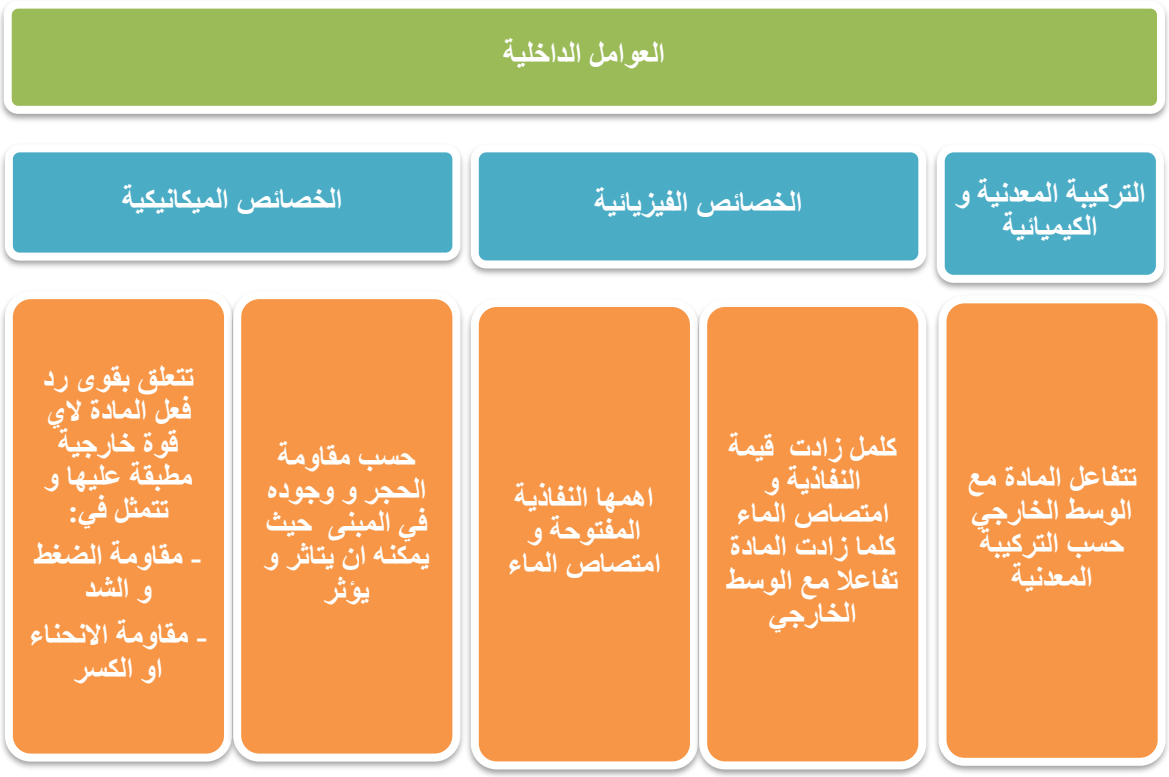
1- تعريف التلف

التلف هو حالة التغير و التحول الذي يطرأ على المادة في خصائصها الميكانيكية و الفيزيائية و الذي يتمثل في تغير طبيعة تركيبة المادة في حد ذاتها بفعل عوامل خارجية ناتجة عن بعض الظواهر الطبيعية كالرطوبة، الحرارة، الرياح ، الأملاح، و العواصف...الخ التي لا تسبب التحلل المباشر لمادة البناء فحسب، بل تسبب أنواعا مختلفة من الأعراض غير المباشرة أو الثانوية، ذات التأثير المخرب ، اضافة الى عوامل اخرى كضعف التربة وهيكل البناء و تدخل الانسان العشوائي.

1.1- العوامل الداخلية

تشمل العوامل الداخلية كل ما يتعلق بالخواص الطبيعية و الكيميائية للمادة مثل التركيبة المعدنية و الكيميائية و المسامية و النفاذية و الصلادة، إذ أن هذه الخواص تلعب دورا هاما في إتلاف الأحجار و الآجر ما لم تكن لها القدرة على مقاومة التلف. هذا بالإضافة إلى ظروف نشأة هذه الحجارة التي تحدد مقاومتها لعوامل التلف كما أن التركيب المعدني لبعض الصخور الرسوبية كالصخور الكلسية مثلا يتعرض لبعض التغيرات الفيزيوكيميائية لضارة أثناء عمليات التكوين ....الخ

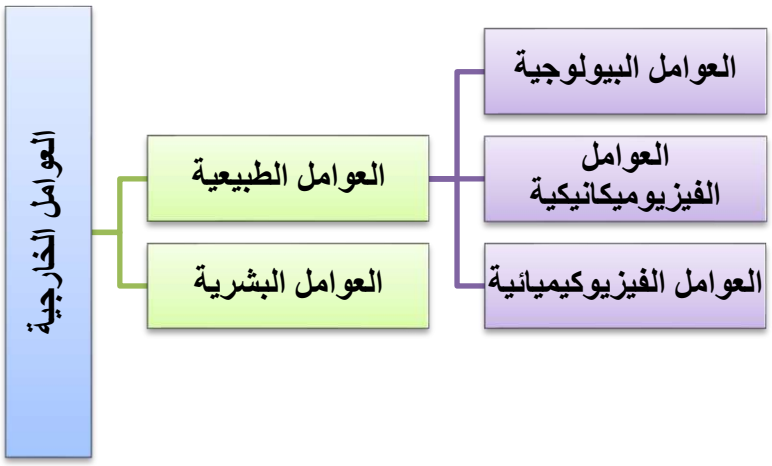
و تحصل آليات التلف والتدهور إما ضمن المواد المكونة للحجارة و الآجر أو التي على سطحها، وفي كلتا الحالتين يحصل تغير في بنية المادة الداخلية، مما يمكن لهذا التلف الداخلي أن يؤثر على خواص المادة وفي تماسكها الداخلي، و بذلك يتدنى الأداء، ويحدث تغيرات الخواص هشاشة في الحجارة شكل رقم (27) مخطط العوامل الداخلية لمادة البناء



شكل رقم (27) مخطط العوامل الداخلية لمادة البناء

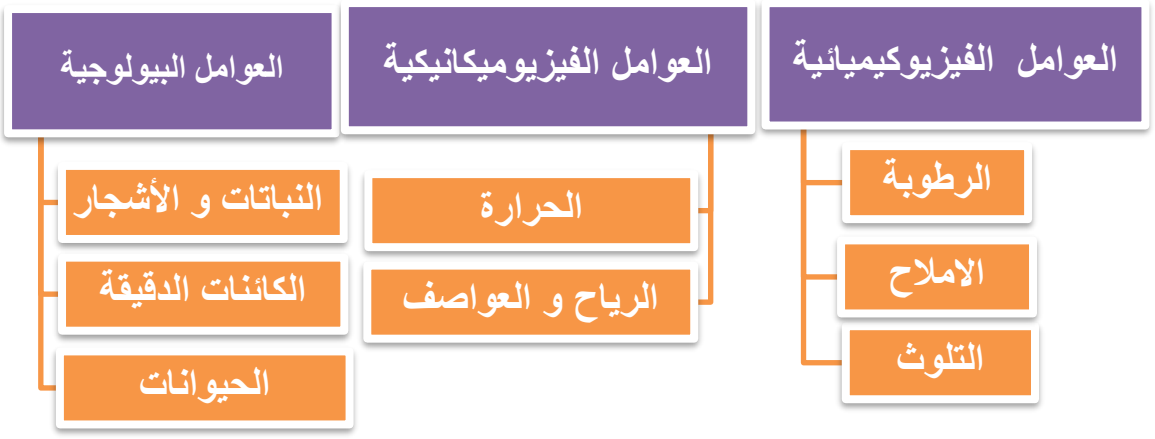
2.1-العوامل الخارجية

تتعرض المباني الأثرية لعدة عوامل خارجية نوضحها من خلال المخطط التالي رقم (28).



شكل رقم (28) مخطط العوامل الخارجية المؤثرة على المباني الاثرية

1.2.1- العوامل الطبيعية نلخص العوامل الطبيعية في المخطط رقم(29)



شكل رقم (29) مخطط العوامل الطبيعية المؤثرة على المباني الاثرية

1.1.2.1 العوامل الفيزيوكيميائية

أولا تعريف الرطوبة:

هو عنصر مناخي هام كما أشار اليه معظم الباحثين في المجال الميترولوجي و يقصد بها بخار الماء ، أي يعبر عن بخار الماء العالق بالجو أو بمختلف الاسطح الاخرى و الذي يكون في حالة غير مرئية بالرطوبة الجوية اما البعض الاخر فيعبر عنها أنها جزيء الماء الذي يتخذ شكل البخار الغير المرئي متغلغلا في الهواء الجوي و يعرف بكمية بخار الماء في الهواء بأنها وزنه في حجم معين من الهواء ، لذلك تكون الوحدة هي الغرام لكل متر مكعب

❖ **أنواع الرطوبة:**

➢ **الرطوبة المطلقة:**

عبارة عن الكمية الحقيقة لبخار الماء بالهواء و تحدد بكتلة البخار في حجم معين و يعبر عنها بالغرام في المتر المكعب.

الرطوبة المطلقة = جم بخار الماء/م3 من الهواء

➢ **الرطوبة النوعية:**

هي معدل كتلة البخار الموجود في الكيلوغرام الواحد من الهواء مع العلم ان الكيلوغرام من الهواء يحتوي على 100غ من بخار الماء.

➢ **الرطوبة النسبية:**

اكثرها استعمالا و شيوعا و يشير مصطلح الرطوبة النسبية (RH) إلى النسبة المئوية لبخار الماء الموجودة فى الهواء عند درجة حرارة معينة، وعندما تكون درجة الحرارة مرتفعةً فمن الممكن أن يحتوي الهواء على مقدار كبير من الماء على شكل بخار, ولكن عند انخفاض درجة الحرارة يتكثف البخار إلى ماء. بمعنى آخر ترتبط درجة الحرارة ارتباطاً وثيقاً بالرطوبة النسبية. ونظراً لأن الهواء البارد لا يمكن أن يكون مشبعاً بمقدارٍ كبيرٍ من بخار الماء، فمن الممكن أن يؤدي الانخفاض فى درجة الحرارة إلى تكثيف بخار الماء مما يجعل المواد الماصة كالورق رطبة

إذن يقصد بها النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء في درجة حرارة و ضغط معينين الى الكمية التي يمكن أن يحملها في نفس درجة الحرارة و الضغط لكي يصل الى حالة التشبع.

و عليه يمكن القول أن العلاقة بين الرطوبة النسبية والمطلقة هي :

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{التشبع}} \times 100$$

❖ **مصادر الرطوبة:**

➢ **المصادر الطبيعية:**

- **الماء:**

تعد مياه البحار منطلق أساسي للرطوبة حيث تقوم الشمس بتسخين مياهه التي تتبخر (تتحول) إلى بخار ماء داخل الجو. وتقوم التيارات الهوائية المتصاعدة بأخذ بخار الماء إلى أعلى داخل الغلاف الجوي، حيث درجات الحرارة الباردة التي تتسبب في تكثيف بخار الماء، وتحويله إلى سحاب ، تقوم التيارات الهوائية بتحريك السحب حول الكرة الأرضية، وتصطدم ذرات السحاب وتنمو وتسقط من السماء كأمطار، ويسقط بعض من هذه الأمطار كجليد، وفي ظل الظروف المناخية الحارة يتعرض الجليد إلى الذوبان، خصوصاً عندما يحل فصل الربيع ، يبقى جزء من هذه المياه قريباً من سطح الأرض، ويمكن أن يسيل مرة أخرى إلى داخل مجاميع المياه السطحية لتشكل مياهاً جوفية.

- **الامطار:**

و يقصد به تساقط الماء في حالته السائلة او الصلبة، و الذي يسقط على سطح الارض ، و هو يحدث نتيجة تكاثف بخار الماء العالق بالجو و تقترن عملية سقوطه بالهواء الصاعد دافئا كان أم باردا و هو اما تساقط اعصاري ، تضاريسي أو انقلابي .

يسقط المطر من السحب التي تتكون في الهواء الصاعد عندما تكون درجة الحرارة اعلى من الصفر المئوي (0%) و احيانا تسقط من كتلة هوائية دافئة تخترق طبقة هوائية باردة قرب سطح الارض ، و في هذه الحالة تتجمد قطرات الهواء و تتحول الى جليد وغالبا ما تكون مياه الامطار حمضية ، لان الهواء يحتوي علىا ثاني اكسيد الكربون و الذي يذوب في الماء مكونا حمض الكربونيك و هو حمض ضعيف جدا

$$CO2 + H2O \longrightarrow H2\ CO3$$

- **التبخر:**

التبخر هو العملية التي يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز أو بخار لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوي.

تعتبر الحرارة (الطاقة) التي توفرها الشمس ضرورية لحدوث التبخر. وتستخدم هذه الطاقة في كسر جزيئات الماء المتماسكة، ويتعذر حدوث التبخر عندما تصل الرطوبة النسبية في الجو إلى معدل 100% ، وبمجرد تبخرها فإن جزئي الماء الواحد يمضي حوالي 10 أيام في الجو.

- **التكاثف:**

و هو تحول بخار الماء العالق في الجو من الحالة الغازية الى الحالة السائلة عندما تنخفض درجة الهواء الى نقطة الندى ، أو درجة حرارة التكاثف و يحدث التكاثف عندما تكون الرطوبة النسبية للهواء تقارب 100% ، و اذا كان يعلق به ذرات متناهية في الصغر ، يطلق اسم نوايات التكاثف و مصدرها ذرات الاملاح الدقيقة أو دخان المصانع ، تتخلص العوامل الجوية التي تؤثر في عملية التكاثف العالق بالبحر فيما يلي:

انخفاض درجات حرارة الهواء نتيجة ارتفاعه الى اعلى

فقدان الحرارة بالاشعاع المتكرر

هبوط الضغط الجوي قرب سطح الارض

تقابل هواء رطب لسطوح باردة او اختلاطه بهواء أبرد منه

- **الندى و الصقيع:**

هما مظهران من تكاثف بخار الماء ، يتكونان على الاسطح المكشوفة عندما تكون السماء خالية من السحب تمام ، مع سكون الهواء و قلة الرياح السطحية و توفر الرطوبة الجوية، فيعمل كل ذلك على تسرب الاشعاع الارضي في القضاء بسرعة كبيرة ، فيبرد سطح الارض اكثر من طبقة الهواء التي تعلو و التي بالتالي تخفض درجة حرارتها ، فاذا كان هذا الانخفاض الى مادون نقطة الندى ، حدث التكاثف على السطح المعرض للجو مباشرة على شكل ندى في حالة درجة حرارة أكبر من الصفر المئوي أو على شكل صقيع بين الشقوق الارضية للتربة أو المباني إذا كانت درجة الحرارة أقل من درجة الصفر المئوي

- **المياه الجوفية:**

كل المياه الموجودة ضمن القشرة السطحية للارض في الحالة السائلة ، تملأ هذه المياه الفراغات الصخرية و الشقوق المختلف و تملأ المسامية الترابية كذلك

و هي تتخذ عدة أشكال منها:

الشكل الغازي الذي يتحرك بحرية تامة بين طبقات التربة

الرطوبة المجهرية (الهيجروسكوبية)

المياه الشريطية:على شكل اشرطة قرب سطح الارض

المياه الشعرية: و يقصد بها الخاصية الشعرية حيث تملا المياه المسام الصخري و ذلك بجذب سطوح المسام لجزيئات الماء و الاحتفاظ بها بشدة

الشكل السائل الحر للماء

الشكل الصلب كالصقيع المتصل بمسامات التربة

- **مياه النتح:**

يطرح النبات خلال عملية التنفس كميات كبيرة من غاز $O2$ في النهار و غاز$CO2$ في الليل اضافة الى بعض جزيئات الماء في الحالة الغازية و تسمى هذه العملية عند علماء النبات بعملية النتح

- **الانشطة البشرية:**
  - **التنفس:**

يطرح الانسان غازCO_2 و جزئ الماء في حالة ندى أو قطرات متجمعة

- **النشاط الصناعي:**

و هو كل ما تخلفه المصانع من أبخرة محملة في معظمها باجزاء ملوثة مضاف اليها كميات معتبرة من جزئ الماء

- **مياه الصرف الصحي و قنوات توزيع المياه:**

حدوث ترسبات عبر القنوات المصرفية و خروج الماء منها الى الطبقات السطحية للارض

ثانيا تعريف الاملاح:

مادة أيونية تنتج من تفاعل حمض وقاعدة ، أو تنتج من احلال أيون موجب محل أيون الهيدروجين في الحمض ، أو تنتج من إحلال أيون سالب محل أيون الهيدروكسيد في القاعدة.

- **أنواع الاملاح**
  - **الأملاح الحمضية Sel Acide :**

ملح يزيد من تركيز أيون الهيدرونيوم عند إذابته في الماء . وتكون قيمة pH لمحلوله المائي أقل من 7 .

- **الأملاح القاعدية Sel Basic:**

ملح يزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد عند إذابته في الماء . وتكون قيمة pH لمحلوله المائي أكبر من 7 .

- **الأملاح المتعادلة Sel Neutralise:**

ملح لا يؤثر في تركيز أيون الهيدروكسيد وأيون الهيدرونيوم عند إذابته في الماء . وتكون قيمة pH لمحلوله المائي تساوي 7 . .

- **مصادر الاملاح**
  - **مياه البحار:**

يحوي كل لتر من مياه المحيطات و البحار 34.7غرام من الملح وسطيا ويعني ذلك ما لا يقل عن 49 مليون مليار طن من الملح المدد في الماء.

يتركب هذا الملح بنسبه 99% من ستة عناصر بعضها مصدره القارات و البعض الآخر موجود في المحيط منذ أن تشكل.

هذه الذرات هي في حالة التأين (فقدت أو كسبت إلكترونا أو عدة الكترونات) وتتحد بالتالي فيما بينها منجذبة كل منها إلى الأخرى بشحنتها الكهربائية إنها الكلور و السلفات و الصوديوم والبوتاسيوم و الكالسيوم والماغنزيوم و سلفات الماغنزيوم نتيجة هذا التجمع يمثل كلورو الصوديوم الذي يعطي الطعم المالح ثلاثة أرباع الملح المنحل في الماء ثم يأتي كلورو المغنزيوم وسلفات الماغنزيوم اللذان يتميزان بطعمهما المـر قليلا.

يأتي الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والماغنزيوم إلى البحر عبر مياه الأنهار بعد أن ينتزعها الحت من سيليكات (صوانات)

- الكلور ولما كان هذا الأخير موجودا في الجو في بدايات تكونه فانه ربما كان قد انحل بعد ذلك في مياه البحار عندما تشكلت بنتيجة تكاثف بخار الماء منذ 3.6 مليار سنة وبقي فيه إذ انه لا يدخل في أية دورة بيئية تقريبا

- الكبريت الموجود في البحر على شكل سلفات فانه يتبع دورة معقدة تدخل فيها البركانية تحت البحرية والحت والرسوبات واذا كان محتواه من الملح قد بقي هو نفسه

- الكالسيوم تستخدمه العضويات البحرية و تشكل بعد ذلك رسوبات كلسية

- البوتاسيوم يتثبت في القيعان الصلصالية

- **التربة**

إن التربة المتواجد بها البناء تحتوى على الكثير من الأملاح بصورة طبيعية , أو من مواد الصرف الصحي أو من الأسمدة المستخدم في الأراضي الزراعية المجاورة للبناء الأثرى ....كما أن المياه الجوفية نفسها قريبة من الأساسات تحتوى على أحماض من جراء الصرف الصحي أهمها حمض الكبريتيك H2So4 الذي يتفاعل بدوره مع الاحجار الجيرية لترسيب بلورات جبسيه بزيادة 10% في الحجم.

- **الغازات في الجو**

وتتواجد الأملاح نتيجه التلوث الجوى ببعض الغازات مثل غاز أكسيد الكربون Co2 الذي يتفاعل مع الرطوبة الجوية وينتج عن هذا التفاعل حمض الكربونيك المخفف والذي بدوره

يؤثر على الأحجار الجيرية ويحولها على بيكربونات قابله للذوبان في الماء وبالتالي تهاجر ناحية أسطح البخر الخارجية لتترسيب فوقها في صورة طبقة رقيقة بيضاء تتحول بالجفاف إلي كربونات كالسيوم غير قابلة للذوبان.

كذلك فأن غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتأكسد في المناطق الملوثة إلى ثالث أكسيد الكبريت بدوره يذوب في وجود الرطوبة النسبية عالية لإعطاء حمض الكبريت المخفف

الجدول رقم (01)

جدول رقم (01) يمثل الاملاح الاولية

نوع الاملاح	مكان وجودها
Sulfate de sodium (mirabilité, thénardite)	Ciments, mortiers au ciments, liants hydrauliques, lessives, briques
Carbonate de sodium, de potassium	Ciment, mortiers au cimants, lessives,résidus de nettoyage chimique
Chlorure de sodium(halite)	Eau de mer, embrus, sels de déverglacage, sel de salation
Chlorure de potassium (sylvite)	Sol
Sulfate de calcium (gypse, anhidrite, bassanite)	Plate, enduits, mortiers contenant du platre, ciments, mortiers au ciment, SO2 atmosphérique, embruns activités bactériennes
Nitrate de sodium, de potassium	Sol, engrais, matières organiques décomposées, activités bactériennes
Sulfates de magnésium	Roches et mortiers riche en Mg soluble

❖ علاقة الرطوبة بالاملاح و أثرهما على مواد البناء

➢ الرطوبة النسبية

تمثل الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالاثر سببا مباشرا فى تلفه سواء كانت هذه الرطوبة النسبية منخفضة او كانت مرتفعة وتتحدد خطورة هذا العامل فى ضوء ظروف المبنى ودرجة هذه الرطوبة وخواص البيئة المحيطة ومن ناحية اخرى فان الزيادة فى الرطوبة النسبية الى تفاعلات كيميائية اهمها تحويل الغازات الحمضية الى احماضها المقابلة والتى لها خطرها على المواد الأثرية المكونة منها المبنى الأثرى عموما و تساعد ايضا على نمو الكائنات المجهرية التى لا تهاجم فقط المواد العضوية بل ايضا الأحجار.

وتكمن الصعوبة الكبرى فى تحديد مصادر الرطوبة التى تؤدى الى تلف الحجر وغير ذلك فان الحجر الذى بدأ فى التلف لن يتوقف بل سيتابع انهياره دون توقف ما لم تتخذ الاجراءات اللازمة

➢ تأثير الرطوبة النسبية المرتفعة:

تؤدى الى اذابة الاملاح القابلة للذوبان فى الماء والتى توجد عادة فى الاحجار الرسوبية كالحجر الجيرى وحملها الى الاسطح المكشوفة حيث تتبلور فى الطبقات الخارجية لهذه الأسطح عند جفاف محاليلها بالبخر وبفعل الضغوط الموضعية الهائلة التى تصاحب النمو البللورى للأملاح تتفتت السطوح الخارجية للأحجار

➢ تاثير الرطوبة النسبية المنخفضة و الشبه ثابتة:

يؤدى نزوع الأملاح القابلة للذوبان وغير قابلة للذوبان من الداخل الى الخارج بحركة الماء داخل المسام الى السطح بتأثير عملية البخر الى ترسيب الاكاسيد والشوائب الموجودة بالحجر على السطح ومع الغبار الجوى يتكون ما يسمى بالقشرة الصلدة ومع مرور فترات الزمن تتكون طبقة سميكة تشوه وتلوث الشكل الجمالى للأثر ويصبح الحجر أسفلها فى غاية الضعف و التفكك و التحلل

➢ التأثير الضار بالرطوبة النسبية وظاهرة التكثف:

نتيجة لتكثف بخار الماء فى الصباح الباكر على السطح وداخل المسام وانتشار الماء الناتج داخل مسام الأحجار الرسوبية ثم اذابته للأملاح القابلة للذوبان سواء فى الحجر نفسه او فى

المونات ويحدث تحريك لمحاليل هذه الأملاح نحو الأسطح الخارجية لتبدأ عملية البخر و بالتالى تبدأ عمليات تظهر وتبلور هذه الاملاح مع استمرار فى نمو تلك البلورات

➢ **تلف الاحجار:**

عن طريق اذابة الروابط بين مكونات الحجر ن فالماء أكثر المذيبات تاثيرا حتى بوجود املاح صعبة الذوبان و الماء يؤثر عليها نتيجة طول فترة التاثير و يحمل كمية كبيرة من كربونات الكالسيوم ، و هو العنصر الاساسي في الصخور الكربونية و ذلك بوجود ثاني اكسيد الكربون اذ يتحول الى حمض الكربون المخفف و يحول كربونات الكالسيوم الى كاربونات حامضية ذات قابلية انحلال اكثر بمرة من انحلال الكربونات العادية و غالبا ما تكون العملية عكسية في حالة جفاف الصخور و خاصة المكونة منها في الاساسات

- **فعل الصقيع أو التجمد :**

يؤدي تجمد الماء - المتواجد في الفراغات داخل الصخور - وذوبانه إلى تغير متواصل في حجم الماء عندما يمر من حالته السائلة إلى حالته الصلبة، بنسبة تراوح 10%، الأمر الذي يعرض جدران الفراغات داخل الصخور إلى قوة ضغط جد مرتفعة قد تصل إلى 15 كلغ لكل سم^2 - في انعدام أي تسربات - ثم إن تراكم فعل دورات التجمد والذوبان المتكررة، يؤدي إلى انفصال أجزاء أو حبيبات من الكتل الصخرية

✓ **التفكك بفعل الماء السائل:**

فعل الماء السائل لوحده ، دون فعل الماء السائل المشبع بالأملاح ، حيث تؤدي التغيرات الكبيرة في كمية المياه المتواجدة داخل الصخور، إلى تغيرات مهمة في أحجام هذا الأخير

- **التميؤ أو التحلل المائي :**

وهو عبارة عن تفاعل كيميائي بين الماء وبين أحد العناصر المكونة للصخر، حيث يتحد - OH مع أحد أجزاء الصخر و H+ مع جزء آخر، فينشأ عنصر آخر أقل تماسكًا من العنصر الأصلي، الأمر الذي يؤدي إلى إضعاف تماسك وصلابة الصخر

❖ **اثر الاملاح**

يمكن ان يوجد على الواجهة أكثر من 30 نوعا من الاملاح الذائبة مثلا ، بعض البكتيريا تنتج حامض السلفوريك الذي يتفاعل مع كربونات الكالسيوم للحجر ليعطي سولفات الكالسيوم أو

"الجبس" بكتيريا أخرى تنتج حامض النتريك الذي فكك كربونات الكالسيوم الى نترات الكالسيوم.

❖ **تأثير الاحماض المنتشرة في الجو (رذاذ البحر):**

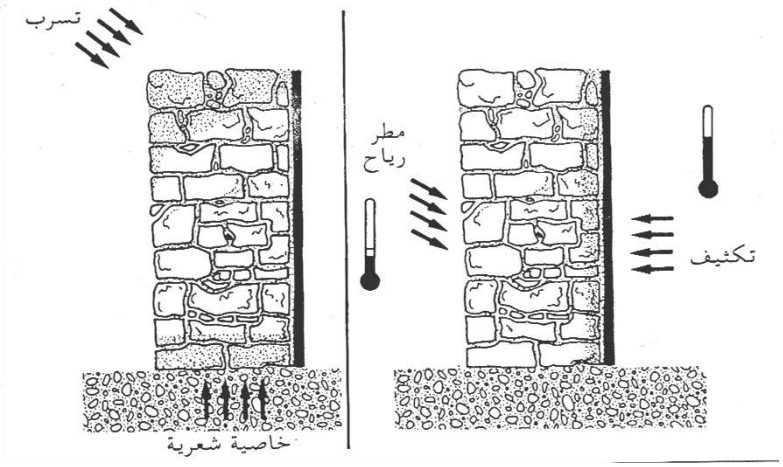
يعتبر رذاذ البحر من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر و ذلك عن طريق انتقاله بواسطة الهواء خاصة الاحجار القريبة من البحر محملا برطوبته الى داخلها ثم عند جفاف الهواء تترسب دقائق صغيرة من بلورات الملح على السطوح المختلفة ، و تتكون بذلك بقع رطبة على سطحه تنمو عليها فطريات او الطحالب أو يذوب الملح قليلا و يتسرب الى داخل الاثر المسامي ، ثم يتبلور في الجو الجاف و يؤدي الى تفتت السطح بعد وقت طويل

تاثير الاملاح المنتشرة في التربة و المياه:

تنتشر املاح كربونات الصوديوم $NaCO3$ في التربة و بين الصخور و الجبال و في مياه البحار بكميات وافرة ، و هي اما توجد على شكل محلول سائل بين الصخور و الاتربة ، أو بلورات متزهرة على السطوح الجافة ، أو على شكل مسحوق دقيق الجدران و داخل التجاويف الارضية.

و تنشط الاملاح و تتحرك نتيجة للعوامل الجوية ، فتتبلور فوق السطوح و داخل التجاويف بسبب تبخر المياه الحاملة للملح المذاب الذي يتسرب بدوره ، و يندفع نحو السطح الجاف المعرض المعرض للحرارة العالية مكونا تزهرات من الملح المتبلور على شكل ألياف دقيقة طويلة ملتوية على بعضها ، مما يشكل خطورة كبيرة على سطح الاثر

أما في حالة ثالث أكسيد الكبريت يتحول الغاز مع وجود الرطوبة إلى حوض الكبريتيك المخفف ويؤثر على النقوش وحامل التصوير وخاصة الأرضيات الجيرية حيث يتحول كربونات الكالسيوم الموجودة في تركيب الحامل وأرضيات التصوير إلى كبريتات الكالسيوم حيث نجد أن كبريتات الكالسيوم تزيد في الحجم عن كربونات الكالسيوم مرتين تقريبا وهذا يسبب عدم التماسك لطبقة اللون وتكون قشرة سطحية غير مستحبة على سطح الطبقة الملونة و الشكل رقم (30) يوضح ذلك



الشكل رقم (30) تأثير الرطوبة و الاملاح على المباني

ثالثا: التلوث

❖ **التلوث البيئي و ارتفاع نسبة الغازات الحمضية في الجو المحيط**

تؤثر الغازات الجوية كغاز أكسيد الكربون و أكسيد الأزوت والكبريت، و كبريتيد الهيدروجين، و كلوريد الهيدروجين، و بخار الماء و نواتج المحركات و الغبار المتطاير بواسطة الهواء على التراث الثقافي.

و خلال السنوات الأخيرة أصبح تلوث الهواء يلعب دورا كبيرا في تدهور الأحجار، إذ يجب أخذه بعين الاعتبار، لقد توصل علماء البيئة بعد دراسات دقيقة، إلى أن البيئة الطبيعية البعيدة عن المناطق الصناعية تتألف من المكونات التالية، الأزوت 78 %، أوكسجين 21% ، غازات 8نادرة 0.95 %، أنهيدريدكربوني 0.03 % و قليل من الأوزون.

❖ **التلوث (الماء مع الغاز او الحمض)**

ان موقع البرجين المواجه للبحر يجعلهما عرضة للتلف خاصة ظاهرة التلوث التي تهدد كل المعالم الاثرية و ذلك عندما تحمل الرياح و الامطار تلك الغازات نحو الاحجار المكونة له حيث يزداد تاثير الاملاح في التلف بانتشار غاز كبريتيد و غاز ثاني اكسيد الكربون مما يؤدي الى تحولها الى أمطار حمضية تحمل حامض الكبريتيك الذي يتميز بتفاعله مع الحجر الجيري

$$CaCO3+CO2+H2O \longrightarrow Ca(HCO3)2$$

و كربونات الكالسيوم في الجدار دائمة الاتصال مع المياه التي تؤدي الى تغييرها

$$H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + 2H_2O$$

2.1.2.1-العوامل الفيزيوميكانيكية

أولا الحرارة

من البديهي أن تكون الأسطح الخارجية للجدران، وهي الأسطح المعرضة للجو ولأشعة الشمس المباشرة، أكثر تأثرا بهذا العامل من الأسطح الداخلية، وخاصة في المباني المسقوفة. فعندما تتعرض الطبقات الخارجية للأسطح المكشوفة لأشعة الشمس المباشرة فإنها تمتص وتختزن طاقة حرارية عالية بفعل الأشعة تحت الحمراء، نتيجة لعجز مواد البناء بصفة عامة عن التواصل الحراري ويؤدي اختزان هذه الطاقة الحرارية العالية إلى ارتفاع ملحوظ في درجة حرارتها، غير أنه وعلى مدار ساعات النهار يتسرب جزء كبير من الحرارة المختزنة بالطبقات الخارجية لهذه الأسطح وببطء تتسرب إلى الداخل وعندما يأتي الليل وينقطع المصدر الحراري، وهو الشمس، تنخفض درجة الحرارة وتصبح الطبقات الخارجية أبرد من الداخل لكونها تفقد حرارتها سريعا نتيجة لاتصالها المباشر بالهواء البارد. وعلى هذا النحو يتضح لنا أن معدل تعامل الطبقات الخارجية و الأسطح المكشوفة مع التغير الكبير في درجة حرارة الجو المحيط يختلف تمام الاختلاف عن الطبقات الداخلية.

والواقع أن تأثير هذا العامل المتلف يزداد خطورة في الأحجار النارية غير المسامية (مثل الجرانيت والبازلت) والكثير من الأحجار المتحولة (مثل الكوارتزيت)، في حين يقل نسبيا في الأحجار الرسوبية المسامية وقوالب اللبن التي تقوم بدور هام في عملية التوصيل الحراري بالانتقال وتكفل عدم إختزان الحرارة العالية بالطبقات الخارجية.

و عليه نقول أنه عندما تتعرض مواد البناء لانخفاض وارتفاع درجات الحراره يتولد فيها إجهادات شد وضغط على التوالي ، تتعاقب هذه الإجهادات على مر الزمن فتؤدي إلى تفكك الصخور .

ويترتب على وقوع المباني الأثرية والتاريخية تحت تأثير هذا العامل عبر فترات زمنية طويلة إلى حدوث أنماط من التلف نوجزها فيما يلى:

-انهيار الترابط (التعاشق) بين الحبيبات المعدنية المكونة للطبقات الخارجية من أسطح الأحجار النارية والمتحولة، نتيجة لاختلاف مكوناتها المعدنية في تعاملها الحراري بارتفاع

أو انخفاض درجة حرارة السطح ويترتب على ذلك تفكك هذه الحبيبات المعدنية، بفعل التمدد والإنكماش و بالتالي سقوطها بفعل عوامل أخرى كالرياح والعواصف.

-انهيار الترابط بين الطبقات الخارجية لأسطح الأحجار النارية والمتحولة والحجر الجيرى متعدد الطبقات وبين الطبقات الداخلية التي تليها نتيجة لاختزان طاقة حرارية عالية بهذا الطبقات السطحية ويترتب على ذلك إنفصال هذه الطبقات السطحية واحدة تلو الأخرى ، وقد يؤدي تكرار حدوث هذا النمط من التلف في الفترات الزمنية الممتدة، ليس فقط إلى تشويه الأسطح الأثرية وضياع ما قد يكون عليها من نقوش وكتابات، بل ربما إلى اختلال توازن الوحدات المعمارية ذاتها.

-انهيار الترابط بين ملاط الحوائط ، وخاصة إذا كان من النوع المصقول والملون قليل المسامية، وبين أسطح الجدران المكشوفة نتيجة لاختزانه لطاقة حرارية عالية. ويترتب على ذلك انفصال طبقات الملاط على الجدار وسقوطها، إما على هيئة كتل كبيرة الحجم، وإما على هيئة قشور تنفصل تباعا مع مرور الزمن..

- تشقق وتقشر الطبقات الخارجية للأسطح المكشوفة من جراء حدوث تحولات طورية للحبيبات المعدنية المكونة لهذه الأسطح للإرتفاع الكبير في درجة حرارتها نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس المباشرة. ويحدث هذا النمط من التلف عادة في الأحجار النارية والمتحولة وقوالب اللبن وفي ملاط الحوائط إذ كان مصنوعا من الجبس.

❖ **التغيرات الحرارية**

ترتفع درجة الحرارة في الصيف و تنخفض في الشتاء فينتج عن ذلك فوارق و تغيرات حرارية في اليوم و الليلة ، هذا التغير في الحرارة اليومية ينتج عنه ضغط في المواد المكونة للبناء منها الاحجار .

ثانيا الرياح و العواصف

تعتبر الرياح والعواصف الشديدة من أهم عوامل التعرية وهي من الأسباب الرئيسة في هدم المعالم الرئيسة، فهي تعمل على حفر المواد الموجودة على سطح الأرض ومنها بطبيعة الحال مواد المباني الأثرية، ويزداد فعل الرياح قوة وضراوة في عملية هدم الآثار إذا ما حملت معها حبيبات الرمال ذات الصلابة العالية وذلك أثناء مرورها على المباني

الأثرية و التي تؤثر على البنايات عن طريق الحت ، وتقدر سرعة الرياح وشدتها بمدى مقدرتها على حمل حبيبات من الرمال أكثر وأكبر حجما

لذا فان هذان العاملان مدمران للمباني الاثرية لما تسببانه من نحر و هدم و يكون الهدم في المواد الموجودة على سطح المبنى الأثري، و تكون تلك الرياح ذات تأثير خطير إذا كانت محملة بالغبار خاصة ذات الصلابة العليا منها، و كلما كانت مقدرتها على حمل الغبار أكثر كلما كانت أخطر بطبيعة الحال

3.1.2.1- العوامل البيولوجية

أولا النباتات و الأشجار

توجد العديد من الانواع الشائعة من النباتات المختلفة التي يمكنها ان تنمو على الجدران و الحوائط الاثرية أو اسفلها معتمدة في ذلك على الظروف البيئية مثل عناصر المناخ ، طبيعة الارض، و مكوناتها المعدنية و الوقت المناسب لنموها .

تنتقل بذور النباتات و تنتشر بواسطة الطيور و الرياح و تنمو بسهولة في التربة الجيرية حيث تنمو الشجيرات و الحشائش بسهولة عبر الشقوق و الفجوات و تنمو جذور النباتات بجانب حوائط المبنى و يساعدها على النمو تراكم المواد العضوية التي تنقلها الرياح

- يسبب زحف الاشجار التي تخترق فواصل و شقوق المباني الاثرية الى تصدعها ، كما اثبتت بالتحليل ان الاحجار الكربونية تتاكل بفعل الافرازات الحمضية التي تفرزها جذور هذه الاشجار.

- تلحق الاشجار ضررا كبيرا في الابنية خاصة في اساساتها فجذورها تعمل على امتصاص الرطوبة فتحدث تجويفات هوائية مكان جزيئات الماء فتنهار التجويفات تحت ضغط اساسات البناء محدثة هبوطا يودي الى تشققات المباني

ثانيا الكائنات الحية الدقيقة

نتيجة لتحلل المواد العضوية التي توجد عادة في التربة الطينية التي تحتضن الكثير من المباني الأثرية و التاريخية بفعل الكائنات الحية الدقيقة، قد تصبح مواد البناء لهذه المباني في وسط إما شديد الحموضة أو شديد القلوية، الأمر الذي يؤدي إلى تنشيط التفاعلات الكيميائية بين أحجار البناء و الوسط المحيط به

بالإضافة إلى تحلل الأحجار ومواد البناء الأخرى بفعل الأحماض الإنزيمية التي تفرزها هذه الكائنات قد يؤدي إلى تفتت مواد البناء،و ضياع تماسكها وصلابتها.

و بما أننا نعلم أن الأوساط القلوية تؤدي إلى نشاط الكائنات الدقيقة على الأحجار فتنتج مواد النشادر و كربونات الصوديوم القلوية التي تعمل على إذابة السيلكات المعدنية و تشمل البيكتيريا و الفطريات. جدول رقم (2) انواع البكتيريا الموجودة على المباني الاثرية و الجدول رقم (3) يوضح انواع الكائنات الدقيقة التي تنمو على أسطح مواد الاحجار ومتطلبات تكاثرها

جدول رقم (02) انواع البكتيريا الموجودة على المباني الاثرية

البكتيريا	نموها	اثرها في المبنى الاثري
المؤكسدة للكبريت	تعتمد في نموها عليمركبات الفسفور والكبريت	يفرز أحماض مثل حمض الكبريتيك الذي يهاجم الأحجار الجيرية التي تحتوي علي مادة كربونات الكالسيوم ويحولها إلي مادة كبريتات الكالسيوم المائية "الجبس"
تنمو بأعداد كبيرة تزيد عن 10.000/جم من التربة وربما أكثر من ذلك	تنمو بشكل سريع إذا توافرت لها الظروف الملائمة للنمو والتكاثر وخاصة الرطوبة العالية ومواد الغذاء الوفيرة.	تعمل على هشاشة المبنى
البكتريا ذات دورة النيتروجين	تستمد طاقتها من خلال المواد النيتروجينية كما أنها تفرز حمض النيتريك	ورغمان حمض نيتريك من الأحماض الضعيفة إلا أنه يلعب مع غيره من الأحماض دوراً هاماً في تلف مواد البناء.

جدول رقم (03) يوضح انواع الكائنات الدقيقة التي تنمو على أسطح مواد الاحجار و متطلبات تكاثرها

الكائن	متطلبات النمو و التكاثر		المظهر	الملاحظات
	الغذاء	الضوء		
الفطريات: فطريات العفن	تتغدى على المواد العضوية	لا تحتاج الى الضوء	لطخ او بقع متعددة الالوان	تنمو على اسطح الاحجار الملونة
البكتيريا	ليس ضروري	لا تحتاج الى الضوء	غير مرئية بالعين المجردة	تسبب تلف لبعض الاحجار الرسوبية
الطحالب	الاملاح المعدنية	الضوء ضروري لنشاطها	ذات لون اخضر او احمر بني	تنمو على كل المواد و الخامات
الاشنة	الاملاح المعدنية	الضوء ضروري لنشاطها	تتراوح الوانها من البرتقالي الى الاخضر او الرمادي او الاسود –ذات مظهر جلدي	تنمو على كل انواع المواد الخاصة ي المناطق الرطبة

❖ **الطحالب**

تعتبر الطحالب من عوامل التلف الحيوية فعندما تهاجم الطحالب الحجر أو الطوب اللبن اللذان ترتفع فيهما نسبة الرطوبة فإنها تحدث بها ثقوب متجاورة تحدث تشوه للمنظر الخارجي لتلك المواد ، كما أن هذه الطحالب إذا ما نمت بكميات كبيرة أسفل أسطح مواد البناء فإنها تؤدي إلي تقشر هذه الأسطح التي تتساقط مع مرور الزمن .

❖ **الأشنات**

وهي كائنات حية ذات بنية نباتية مليميترية إلى سنتتميرية غالبا ما تكوندائرية وتنمو في مستعمرات ترى بالعين المجردة مرتبطة بالطحالب والفطر وتشكلغالبا في الأجزاء الخارجية للمباني ، لها القدرة على تحمل درجات عالية من الجفافوالرطوبة وهي هوائية وتفرز كميات كبيرة من الأحماض.

❖ **البكتيريا**

كائنات حية دقيقة وحيدة الخلية منها تتجمع مع بعضها وتأخذ أشكالا متعددة مثل عقد فتسمى مكورات عقدية أو على شكل عنقود فتسمى مكورات عنقودية .

❖ **العفن**

مجموعة من عدة فصائل من الفطريات متعددة الخلايا، قادرة على أن تغطي بعض السطوح في أشكال إسفنجية وعادة ما تتكاثر من خلال استنساخ الجراثيم.

❖ **الطفيليات**

تظهر هذه المشكلة في الاماكن المعرضة لمختلف عوامل التلف حيث يساعد في نموها التقلبات المناخية من أمطار و سيول و في اماكن الصعود الشعري و على الواجهات غير المشمسة و الرطبة لهذه الاحياء الدقيقة التي تغير لون الواجهة و تساهم في تلفها.

ثالثا الحيوانات

❖ **الطيور**

تعتبر الطيور من أخطر ما يؤثر على المباني الأثرية فهي إذا تجثم عليها في جماعات ترمي فضلاتها العضوية، حيثما تقف و هذه الفضلات ليست "لا شيء" كما يعتقد البعض ، كما أن هذه البقايا العضوية ذات التفاعل الحامضي و أعشاش الطيور وحتى جثثها، كلها تشكل خطرا في التفاعل مع الأبنية الأثرية و النصب والحفاظ عليها و قد اقترحت الكثير من الحلول منها الكهربائي (أسلاك عالية التوتر، أشعة خفيفة)، و الكيميائي (المركبات الحرقة للأقدام، الأطعمة السامة و المانعة للإخصاب)، الميكانيكي (شبكات مفخخة، مركبات لاصقة)، (أصوات مزعجة صوتية و فوق صوتية، انفجارات متقطعة) و الافتراسي(صقور).

❖ **الوطاويط و الفئران**

تعتبر الوطاويط من أكثر الحيوانات التي تسبب تشويه الآثار، فهي تعمل على تشويه الجدران وما عليها من نقوش ورسوم.

الفئران تساهم هي الأخرى في تشويه الآثار، فهي تحفر جحوراً لها في أسفل أساسات المباني الأثرية الأمر الذي يؤدي إلى اختلال التوازن في هذه المباني .

2.2.1- العوامل البشرية

- ينتج عن عدم وجود وعي أثري لدى المواطنين وعدم تفهم القيمة التاريخية والفنية للمباني أو المناطق التاريخية وخاصة إذا كانت لا تعود بفائدة محسوسة على سكان هذه المناطق مما لا يشجع على المحافظة عليها أو الاهتمام بها .

- و قد ارجعت منظمة اليونسكو الى ان تأثير كثير من الظواهر الضارة للتراث إلى غياب الوعي لدى المواطنين بأهمية التراث الحضاري وتأثيره على مستقبل الأجيال الحالية والقادمة مثل غياب الوعي الثقافي *حيث يسكن المواطنين المباني الآثرية* التدمير نتيجة الجهل (مثل إعادة استعمال أحجار المباني الآثرية)، التعصب الديني، تنفس الزائرين في الأماكن المغلقة مما يؤدي الى التآكل بسبب احتكاك الزوار

-كما وينتج التدهور بفعل الاكتظاظ السكاني في هذه المناطق وما ينتج عنه من ظروف معيشية وصحية صعبة فأصبحت هذه المناطق تشكل منطقة سكن للطبقات الفقيرة .

- الإضافات للمباني والمناطق التراثية والتغييرات التي تعمل على تشويه هذه المباني والمناطق من الناحية البصرية والأضرار بالتقسيمات والنواحي المعمارية وإضعاف المباني من الناحية الإنشائية كذلك وغيرها من الأضرار والتشويهات.

-الملكيات المعقدة والمتشابكة لكثير من المباني والمناطق التاريخية مما يغيب المسؤولية المباشرة عن هذه المباني والمناطق فيزداد إهمالها كما وتقف هذه الملكيات عائقاً أمام بعض المشتركين في الملكية سواء لاستخدام هذه المباني والمناطق أوتصليحها .

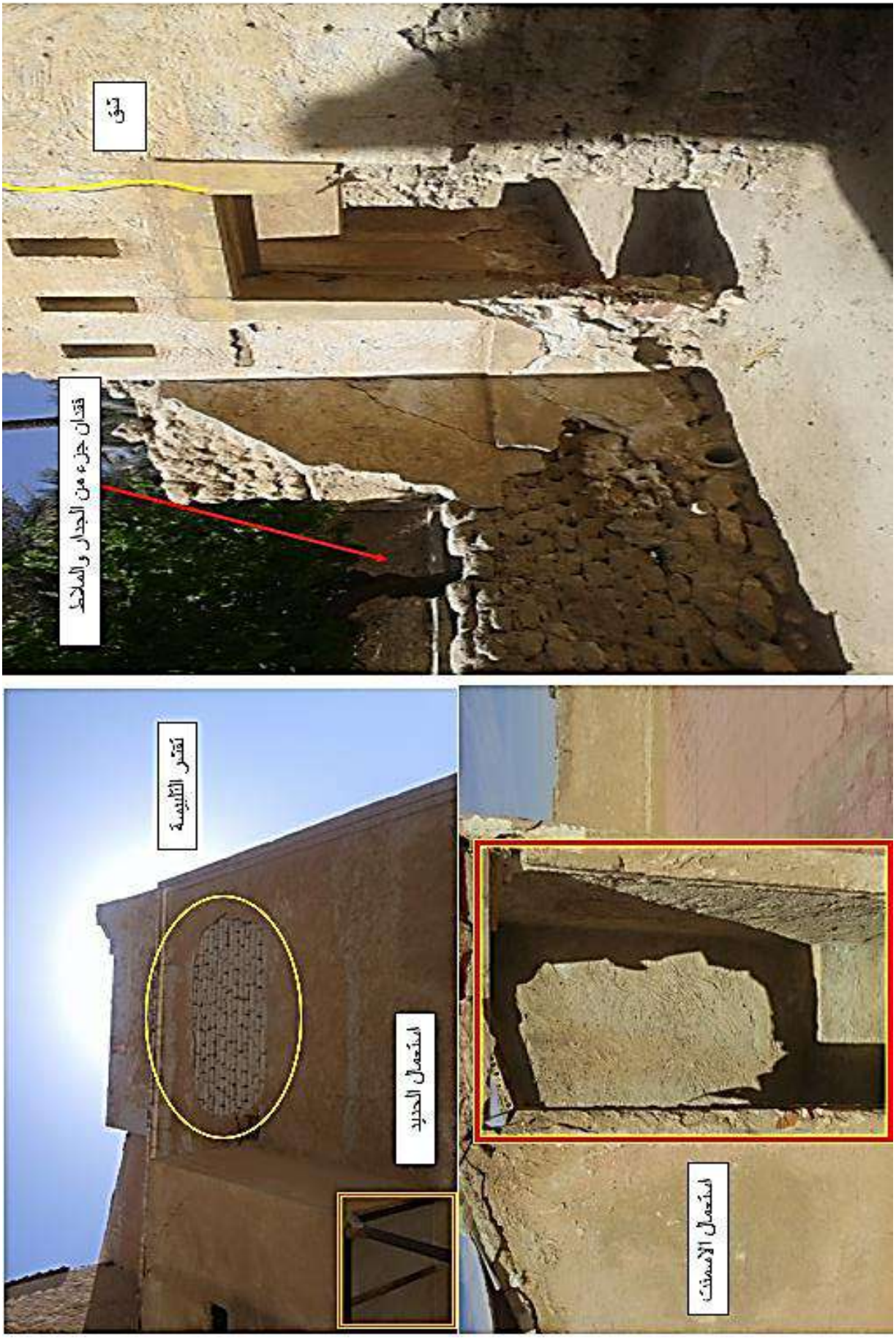
- قد يتسبب الإنسان عن قصد أو غير قصد في إشعال النيران في المساكن الخاصة والعامة، وتتطور تلك النيران لتأكل الأخضر واليابس، فالحرائق تحدث أضراراً بالغة بمواد البناء على اختلاف أنواعها ، فالنار تؤدي إلى تلف الأخشاب في المباني مثل

النوافذ والأبواب، كما أنها تُحدث تحولات كيميائية في مواد البناء سواء كانت من الأحجار أو الطوب وعلى وجه الخصوص الأحجار الجيرية والتي تتحول بفعل الحرارة إلى جير.

خلاصة

تتعرض المعالم الاثرية للتدهور اليومي سواء كان تدريجيا او فوريا و اختلاف خصائص و مواد بنائها جعلها تختلف عن بعضها في درجات مقاومتها للعوامل الطبيعية و البشرية و بالتالي التفاوت فيما بينها في عمليات النحر و الحت و الهدم التي تتعرض اليها يوميا. شكل رقم (31-32) مظاهر التلف في مبنى ريفي و صحراوي

شكل رقم (31) مظاهر التلف على مبنى ريفي بمنطقة تابلاط



شكل رقم (32) مظاهر التلف على مبنى صحراوي بدشرة ليشانة

الدرس الثالث

1- صيانة المباني

هي عملية معالجة تلف موجود بالمبنى أو يحتمل وقوعه وهي بذلك تهدف إلى تحسين المظهر العام للمبنى وتدارك تلف قد يؤدي إلى مخاطر أكبر إذا تأخرت المعالجة عن الوقت المناسب ، و الصيانة عمل دوري يجب أن يتم بصفة مستمرة للحفاظ على المبنى وحمايته حتى لا يزداد تلفه.

2- ترميم مباني

إعادة المبنى إلى حالة تمكنه من الاستمرار عن طريق إعادة بناء ما تهدم منه أو إصلاحه حسب ما تتطلبه الحالة ، حيث يتعرض المبنى بمرور الزمن لتغيرات مختلفة تحدث تشويها أو تعديلا به، وتعتبر هذه وسيلة من وسائل التعامل مع حالات فردية من المباني التاريخية. هذا و تتم عملية الترميم خلال مراحل تبدأ بعمل رصد مساحي ومعماري شامل للمبنى وتحليل العوامل المهددة لسلامة المبنى وتجميع الوثائق التاريخية الخاصة به، والترميم قد يكون لمبنى منفرد أو مجموعة مبان معا أو لمدينة كاملة كما في حالة المدن التاريخية .

3- الحفظ

يطلق مصطلح الحفظ على الأعمال التطبيقية والبحثية التـي يقـوم بها المختصون في مجال الصيانة في سبيل الابقاء على الآثار بشتى أنواعها وصيانتها من التلـف في الحاضر والمستقبل مستعينين في تحقيق هذا الهدف بما وفرته لهـم علـوم الكيمياء والفيزياء وغيرها من العلوم التجريبية من نتائج علمية وأجهزة حديثة يستخدمها المختصون فـي صيانة الآثار، وكذلك في فحص مكونات الآثار المختلفة وتعيين خصائصها الفيزيائية والكيميائية وتحديد خطورة التلف الذي ألم بها ومظاهره المختلفة على أسس علمية واختيار أفضل المـواد الكيميائية وأنسب طرق علاج وصيانة الآثار وحمايتها من التلف حاضرا و مستقبلا

4- مبادئ الصيانة و الترميم

1.4- الفحص والتشخيص : التعرف على المواد المكونة و تقييم درجة التلف و الاسباب المؤدية لذلك و مدى الضرر اللاحق بها اذا لم تتم عملية الصيانة و الترميم .

2.4- تسجيل التدخلات: نقوم بتدوين التدخلات وكل ما نفعله ونلاحظه بدءا من الفحص حتى نهاية التدخل ، حيث تشتمل على ملف التدوين الذي يحتوي على كل المعلومات التقنية وعلى

تقدير حالة الحفظ وعلى الرسم ، والتصوير الفوتوغرافي وتقرير على التحاليل التي اجريت عليها كما يتضمن أهداف المعالجة والمواد والأسالب المستخدمة وبيان أساليب الصيانة التي ينصح بها.

3.4- الحد الادنى للتدخل: يجب أن تكون مواد التدخل مجربة سابقا من طرف أخصائيين وفي حالة عدم التأكد من صحتها يجب تجنب استعمالها على الاثر ومن الأفضل اختبارها على جزء من الأثر أو على مواد أخرى.

4.4- وضوح التدخلات : وهذا يعني ان تكون المادة المضافة واضحة يمكن ان نميزها على الأثر.

5.4- احترام التدخلات: عدم التغيير في الشكل الجوري للمادة.

6.4- انعكاسية التدخلات : على أي تدخل أثري أن يكون قابلا للإسترجاع حيث يمكن إزالته بكل سهولة دون احداث الضرر بالأثر ودون أن يتغير عن حالته الأولية.

7.4- انسجام التدخلات : يجب على المواد الترميمية التي ادخلت على الأثر أن تكون متوافقة معه من الناحية الميكانيكية والكميائية والفيزيائية وفي بعض الأحيان الجمالية اذ أن المواد المدخلة والمواد الأصلية يجب أن تتقدم مع بعضهما وبشكل منسجم وهذا ما يتطلب إختيار مواد تتلاءم مع خواص القطعة الأثرية المراد علاجها .

8.4- الصيانة الوقائية: إن اي تدخل يجب القيام به بشكل يراعى فيه ظروف الحفظ التي سيكون فيها الأثر أي ان لنجاح التدخل المقام به يجب أن يستكمل هذا التدخل بتوفير ظروف محيطة ملائمة تعمل على الحفاظ على المقتنيات الأثرية.

5- اعمال الترميم العامة

1.5- التنظيف

هو عملية مهمة قبل أي تدخل ، ففي كثير من الحالات تتراكم الأتربة على سطوح الحجارة و الطوب وتدخل في مساماتها ، ويمكن للأدخنة أن تشكل طبقة عليها كما يمكن أن تغطى أسطح الحجارة بالطحالب والأشنات.

التنظيف هو عبارة عن إزالة القشرة السطحية والغبار المترسب على مادة البناء، ولا يجوز التنظيف إلا إذا كانت الطبقة الداخلية للحجر سليمة أو بعد تقويتها ، وهناك من يرى أن إزالة

القشرة الخارجية هي إزالة لقشرة الزمن - طبقة الحماية - وأن الطرق المستخدمة تؤثر على أصالة المادة ، وبإزالة هذه القشرة سيزال معها جزء من الحجر مهما صغر ، وللحفاظ على هذا الجزء يجب أن تكون طرق التنظيف دقيقة وموثـوق منها

وقبل البدء في عمليات التنظيف المختلفة ينبغي مراعاة بعض الشروط منها :

- أن يحافظ على القشرة الأصلية .

- التحكم في عمليات وطرق التنظيف بقدر الإمكان ، وعدم ترك مواد قد تتسبب في تلف جديد سواء كانت شقوقا أو عيوبا أخرى قد تساهم في تسريع معدلات التلف .

- عند تنظيف الأملاح من على الجدران يكون من أعلى إلى أسفل لتفادي تلوث المناطق مرة أخرى .

- يجب أن تخضع أساليب وطرق التنظيف لتقييم مستمر قبل استخدامها ، فينبغي أولا التأكد من أن حالة واجهة الجدار تسمح بذلك ، وفي حالة تلف الأسطح المنقوشة او الملونة يمكن استخدام مقويات مناسبة بشكل سطحي أو للتخلل العميق ، وبعد جفافها يمكن البدء في عمليات التنظيف على حسب كل حالة و للتنظيف انواع تذكر منها:

1.1.5-التنظيف اليدوي

يتم استخدام الأدوات المعدنية أو الفرش المختلفة منها القاسية واللينة ، أما الفرش الفولاذية فتعمل على إزالة الطبقات السطحية من الأوساخ ، وبإمكانها أن تكشط أجزاء من الحجر المتضرر ، ولهذا لا ينبغي استعمالها على المعالم التاريخية ، ويفضل الفرش المصنوعة من الشعر الخشن ، ويتم استخدام المشارط والفرش المختلفة على حسب أنواع الشوائب المترسبة والأملاح بالإضافة إلى حالة الحجر او الطوب.

- **الكمدات الممتصة :** تستعمل بعض العجائن الطينية مثل : سبيوليت و الأتابولجيت و التي يمكنها أن تمتص كميات كبيرة من الماء ، ويتم تطبيقها لإزالة الأشنات ، ويمكن أن تضاف لها مبيدات لزيادة انحلال الأشنات في الماء.

2.1.5- التنظيف الميكانيكي

في هذا النوع من التنظيف يتم كسر الرابطة بين اسطح الاتربة و حبيبات اتساخ أخرى دون استخدام اي مواد أو محاليل منظفة تؤثر أو تتلف الاثر حيث تقوم المحاليل بالتغلغل الى مسام

الاحجار حاملة الاتربة و الاوساخ و الجدير بالذكر ان التنظيف الميكانيكي يقوم على عدة أسس منها:

- لابد من اعطاء وصف كامل و موضح عن حالة الاثر شاملا أصل مكونات الاحجار و انواعها و مصدرها و كذلك العنصر التاريخي لها.

- تعيين كل الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية و الكيميائية لمادة الحجر ثم تشخيص ما طرأ على الاحجار من شروخ.

- دراسة الظروف البيئية المحيطة بها و المراد تنظيفها من المياه الجوفية و الاملاح و انواع متواجدة في التربة المحيطة بالأثر و كذلك المحتوى المائي للتربة و مدى اختلاف درجة حرارة الليل و النهار و ذلك في فصول السنة .

- **رذاذ الماء**

طريقة التنظيف باستخدام رذاذ الماء عملية متخصصة جدا ، وتؤدي إلى تحلل قشرة السناج التي قد تغطي الأحجار ، لأن قطرات المياه الدقيقة تتعلق في الهواء مكونة سطحا كبيرا نوعا ما ، وتستخدم هذه الطريقة للأسطح الصلبة لفترة معينة حتى تصبح لينة وقابلة للذوبان أو الإزالة ، ولكن مع استخدام كمية محدودة من الماء حتى نتجنب هجرة الماء داخل المسام.

- **طريقة الدفع بالرمال**

تتم باستعمال الرمل وهناك طريقتين الرطبة والجافة .

- الدفع بالرمل الرطب

تتكون من خليط من الرمل والماء ويجب الأخذ بعين الاعتبار نسبة الماء للرمل ، وكذلك حجم الحبيبات وقوة ضغط الهواء والمسافة بين بداية المخرج والحجر ، و يجب أن يتبعها شفط بالماء وهذه الطريقة تستخدم عندما تكون عوالق القشرة الضارة كثيرة ، ولا ينصح باستخدامها في المباني الأثرية عالية القيمة ، لأنه يمكن أن ينتج عنها هجرة الأملاح إلى داخل مسام الحجر .

- الدفع بالرمل الجاف

تكون بنفس الطريقة ولكنها جافة (دون استخدام الماء)، تسبب ضياع الحجر الذي يتم تنظيفه وتعريض السطح الجديد لعمليات التلف، كما يسبب النسف بالحصى ظهور سطح جديد غير منتظم ، بالإضافة إلى تغيير في الأجزاء المزخرفة والمحفورة .

- **طريقة تيار الهواء مع الحبيبات الدقيقة**

تستخدم الحبيبات الدقيقة (الألومينا أو مع حبيبات الزجاج الدقيقة) تكون أقل صلابة من السيليكا وأصغر حجما ، ويجب التأكد من قوة الدفع الضعيفة وفعل الميكانيكي ، كما أنه يمكن التحكم في التنظيف بهذه الطريقة وهي مناسبة للآثار الحجرية بدون تلف ، و تستخدم بودرة أكسيد الأليمينيوم حجم 60 / 27 ميكرون و منها نجد:

- طريقة القذف بالحبيبات الحكاكة

تعتمد على دفع الحبيبات الحكاكة الى السطح المراد تنظيفه مما يؤدي الى ازالة الاتربة المتراكمة من الاسطح الحجرية و تتطلب هذه العملية حرصا شديدا و مهارة فائقة حتى لا تتم ازالة أي أجزاء هشة أو ضعيفة من الاثر.

تعتمد فاعلية هذه الطريقة على سرعة الحبيبات المتدفقة و مدة اصطدامها بالسطح و كذلك قطر الفوهة التي تندفع منها الحبيبات الحكاكة و يمكن استخدام مادة البوكسيت كحبيبات حكاكة بدلا من حبيبات الرمل.

- طريقة القذف بالحبيبات المبللة

تشبه الطريقة الاولى إلا ان الماء يستخدم مع تيار الهواء و الحبيبات و الجدير بالذكر ان استخدام الماء يعمل على ترطيب الرواسب الترابية و من ثم خفض الغبار المتطاير الى جانب الهواء المضغوط يمكن استخدام كلا من النتروجين أو ثاني اكسيد الكربون في عملية قذف الحبيبات.

يعتمد اختيار نوع و شكل و صلابة المادة الحكاكة و كذلك معدل الضغط اعتمادا كليا على طبقات الاتساخات العالقة بالأثر حيث ان المواد الحكاكة الدائرية تستخدم للإزالة طبقة الاتساخات بجانب استخدام الرمال الناعمة و مسحوق الكربون و ذلك مع الاتساخات الملتصقة ، كذلك يمكن استخدام مسحوق الكالسيوم و الماغنزيوم و بيكاربونات الصوديوم و

الخرز الزجاجي أو اكسيد الالومنيوم و كذلك مسحوق السيليكون و هناك انواع تستخدم للاماكن الهشة الضعيفة مثل مسحوق الالفين ، الدولوميت و الطلك.

و الجدير بالذكر أنه يجب التوقف عن التنظيف بطريقة الحبيبات اذا أدت الى تلف السطح

3.1.5- التنظيف الكيميائي

بعد الانتهاء من التنظيف الميكانيكي الذي يكون سطحيا ، يأتي التنظيف الكيميائي إذا سمحت حالة الأثر بذلك ، وهذا باستخدام منظفات مختلفة على حسب نوع التلف الذي سيتم تنظيفه ، ويستخدم الماء المقطر في البداية ، إذ أن المياه غير النقية تضر بسطح الأثر.

ومن المواد المستخدمة في التنظيف الكيميائي : المذيبات وهي عبارة عن محاليل قاعدية ضعيفة ، وكذلك المنظفات الصناعية وتوجد منها ثلاثة أنواع وهذا على حسب خواصها : منظفات سالبة الشحنة ، وأخرى موجبة وهناك غير الأيونية أي المتعادلة .

بحيث أن المنظفات موجبة الشحنة تذوب على الأحجار ولا تزيل العوالق ، بينما المنظفات السالبة أكثر فعالية لكنها تتفاعل مع الأحجار الجيرية ، أما المنظفات غير الأيونية فهي الأفضل ، لأنها عبارة عن سلسلة طويلة من الهيدروجين لهذا يصبح لها القدرة على استخلاص الدهون والزيوت ، وينبغي تجنب استعمال الأحماض وأملاح الأحماض (حمض الهيدروكلوريد) لأن هناك أجزاء منه تنفذ إلى عمق الحجر وتتفاعل مع مكوناته ، أما استخدام فلوريد الأمونيوم وحمض الهيدروفلوريك فينتج عنها فلوريد الكاليسيوم في الأحجار الجيرية ، وبالتالي تزيد الشقوق الدقيقة وتسهل دخول الملوثات الجوية.

يمكن الإشارة إلى أن هناك الكثير من المركبات الكيميائية في السوق ، ولكنها في أغلب الأحيان تكون مضرة ومتلفة للحجر رغم أنها تزيل التلف في كثير من الأوقات ، ولهذا ينبغي أن يتم التنظيف بالتدريج وعلى مساحات صغيرة لمعرفة أثر المـادة المستعملة ، مع مراقبة أثر التنظيف حتى بعد التأكد من الأثر الجيد على المادة الأثرية بجانب الملاحظة المستمرة ، تستخدم هذه الذريقة في المباني المبنية بالحجارة لا بالطوب.

2.5- معالجة وإزالة الأملاح :

قبل البدء في هذه العملية ينبغي إجراء اختبارات وفحوص لمعرفة طبيعة الأملاح الموجودة في الحجارة ، وهناك نوعين من الأملاح : أملاح قابلة للذوبان ، وأخرى غير قابلة للذوبان

❖ **أملاح قابلة للذوبان في الماء :**

مثل كلوريدات أو نترات ، كبريتات الصوديوم كذلك البوتاسيم والألمونيوم ، الماغنيسيوم والكاليسيوم ، حيث تكون جميعها ذائبة في الماء وعلى هيئة محاليل ، ولإزالتها يمكن نزعها وهي جافة وذلك عند وجود بلورات الملح على سطح الحجر بواسطة الطرق الميكانيكية ، أما عند وجودها في مسام الحجر فيمكن تنظيف السطح بالطرق الميكانيكية ثم استخلاص ما بالداخل عن طريق عمل كمادات أو الغسيل المباشر بالماء النقي في صورة حمامات مائية ، أو باستخدام أجهزة دفع رذاذ الماء على سطح الحجر إذا كانت حالته تسمح بذلك .

❖ **أملاح غير قابلة للذوبان (أو قليلة الذوبان) :**

من أهمها : كبريتات الكاليسيوم (الجبس) ، وكربونات الكاليسيوم (الجير) ، يستخدم للاستخلاص الكاليسيوم محلول كبريتات الصوديوم بنسبة 10 % مع الماء ومحلول كربونات الأمونيوم 10 % مع الماء ، ثم تغسل الأماكن المعالجة جيدا بالماء النقي ، أما لإزالة كربونات الكاليسيوم فيستخدم محلول مخفف 2 % من حمض الهيدروكلوريك ، ويجب أن يكون التنظيف موضعيا ثم يغسل الحجر جيدا بعد ذلك بالماء النقي حتى لا يترك أثر للحمض.

وأود أن أشير إلى أن استعمال الأحماض على المعالم الحجرية الجيرية يحدث أضرارا كبيرة إذ تؤدي إلى إذابة كربونات الكاليسيوم المكون الأساسي للحجر ، ولهذا ينبغي تجنب استعمال الأحماض في إزالة الأملاح من على الصخور .

3.5- التقوية و التدعيم

نتيجة لعمليات التحلل والتفتت التي تحدث لمواد البناء عند تعرضها لعوامل التلف المختلفة ، يفقد الحجر و الملاط و الطوب تماسكه ويتآكل سطحه لأعماق كبيرة أو يتشقق أو تحدث به صدوع وكسور ، تسمح بانفصال شظايا صغيرة أو قطع كبيرة نسبيا من حواف الشقوق والصدوع.

يكون الهدف من صيانة مواد البناء في المباني الأثرية هو تجنب فقدان أي جزء من الحجر مهما كان صغيرا ، لذلك فإن عمليات التقوية - إعادة الترابط والتماسك للمادة - تعتبر من أهم

عمليات الصيانة خاصة إذا فقدت مادة البناء تماسكها وأصبح بقاؤها مهددا بخطر الضياع ، كما أنها تعمل على تحسين قدرتها على مقاومة العوامل البيئية المتلفة.

وقبل البدء في التقوية ينبغي مراعاة مايلي :

- حالة الحجر و الطوب و الملاط ، التلبيس وخواصه الطبيعية المسامية والنفاذية .
- تكتيك وطريقة التقوية المستخدمة.
- الظروف الجوية التي يوجد فيها الأثر .
- إزالة الأملاح قبل البدء بالتقوية .
- استخدام محاليل التقوية بالنسب التي تكفل نفاذها إلى أكبر مسافة ممكنة داخل الأحجار ، إذ أن اكتساب القشرة السطحية خواصا طبيعية مخالفة للخواص الطبيعية لبقية الأحجار نتيجة لتقويتها ، يؤدي إلى انفصالها عند تعرضها لدرجات مرتفعة من الحرارة والرطوبة ، ونتيجة لتعرضها لضغط الهواء المحبوس داخل مسام الحجر عند تمدده بالحرارة ، لهذا السبب فإنه يجب في الحالات التي لا تساعد فيها مسامية الأحجار لنفاذ محاليل التقوية إلى مسافة كبيرة داخل الأحجار استخدام محاليل تسمح بنفاذ الهواء عند تمدده مثل : السليكون و المواد الأكريليكية ، ويفضل أن تكون هذه المحاليل بتركيزات منخفضة .

1.3.5- طرق التقوية و التدعيم

- **التشبيع**

عادة ما تكون المواد المقوية في صورة سائلة ، وعندما تعالج الأحجار بالمقويات وتتخلل الأخيرة سطح الحجر وقد تمتد إلى أعماقه حتى تصل إلى الجزء السليم من الحجر ، ويكون الهدف من التشبيع وصول المادة المقوية إلى لب الحجر وتؤدي إلى ترابط وتماسك جميع مكوناته .و من أمثلة طرق التشبيع :

- تقنية الغطاء الورقي

ويعتمد الأساس النظري لهذه التقنية على حفظ سطح الحجر وكذلك الغطاء الورقي رطبا أو مبللا باستمرار لمدة ساعات ، وفي بعض الأحيان لعدة أيام لتجنب تبخر السائل المقوي وهذا لضمان نفاذه لأكبر عمق ممكنا ، بحيث يتم تغطية السطح بغطاء ورقي يلتصق بسطح الحجر بواسطة لاصق خفيف ، ويحفظ الغطاء الورقي بعد ذلك و باستمرار مبللا بسائل التشبيع .

-الحقن

تطبق هذه الطريقة في حالة الأحجار التي بها شقوق وصدوع وفجوات وكذلك في الجدران التي يتفتت جزء من ملاطها ، وفي حالة عدم وجود هذه الشروخ والشقوق تجهز للتقوية ثقوب رفيعة ويفضل أن تكون في أماكن بعيدة عن النقوش والألوان ، ونزيل ما يعلق بسطح الحجر من مادة التشبيع .

- **التقوية باستخدام المعدن**

طريقة شائعة في معظم المباني الأثرية ، حيث تستخدم في حالة الشقوق الكبيرة التي يخشى أن تسبب انفصالا للحجر ، وتتلخص في ربط الشروخ والفلوق باسياخ من المعدن الذي لا يطرا عليه الصدا ، ويفضل استخدام الفولاذ حيث تثبت بأحد اللدائن القوية من الإيبوكسي مخلوطا بمسحوق الحجر الذي يجري ترميمه وذلك بعمل ثقوب خصيصا لهذا الغرض .

- **التقوية بواسطة خلخلة الهواء**

تساعد هذه التقنية على تسرب وتخلل المادة المقوية داخل مسام الحجارة على مسافة عميقة نسبيا ، وتتم العملية بواسطة تفريغ وشفط الهواء من مسام الحجارة مما يسهل دخول المادة المقوية إلى عمق الحجارة ، وتستخدم في حالة الحجارة ذات المسامية المنخفضة والتي لا تفيد طرق الغمر العادية في علاجها و تقويتها.

2.3.5- أهم المواد الكيميائية المستخدمة في التقوية

هناك مجموعتين من المقويات : العضوية وغير العضوية .

- **المقويات غير العضوية**

تشمل المواد التي لها القدرة على ربط حبيبات الحجر في حالة الأحجـار الضعيفة ، ويعتمد مبدا عملها على تكوين كربونات الكاليسيوم في حالة استعمال الجير ، كما أن هناك بعض المقويات ينتج عنها تشكل الأملاحولهذا ينبغي اتخاذ الاحتياطات اللازمة لإزالة أي أملاح ذائبة تتكون على سطح الحجر بعد التقوية ، ومن محاسن هذه المقويات أنها تتمتع بمقاومة جيدة لتأثيرات الزمن ، إلا أنها لا تقاوم الصدمات الميكانيكية

- **المقويات العضوية**

تعتمد أساسا على الراتينجات التي لا تتفاعل بالحرارة مثل المواد الأكريليكية و الثيرموبلاستيك التي تمثل القدر الأكبر بالنسبة للمواد المستخدمة في علاج وصيانـة الآثار وتكون الترموسيتينج في صورة سائلة وتخلط بمصلب الذي يسبـب تصلب المقوي بعدما يأخذ مكانه داخل مسام الحجر أو الشروخ الموجودة به ، كما تستخدم أيضا راتينجات الايبوكس والبولي أستر ، حيث يتم خلطها مع المذيبات التي تسبب لزوجتها وتؤخر تصلبها ، وتعمل على ملء كل الفراغات الموجودة في الحجر بمادة الراتينج قبل تصلبه ، ومحاسن هذه المقويات أنها تعمل على تحسين الخواص الميكانيكية للحجر وتبقى داخل مسامه لفترة طويلة إذ تعمل كمادة واقية ضد العوامل الجوية لكنها تتحلل بفعل الضوء والأكسجين

- **المقويات العضوية الصناعية**

لا ينصح باستعمالها في كل الحالات كونها حديثة الاكتشاف و لا يمكن معرف تأثيرها في مجال الصيانة و الترميم الا انها تتميز عن غيرها بخاصية المرونة و الناتجة عن ارتباط السلاسل الهيدروكربونية في شكل غير محدد تجعلها صالحة لامتصاص الصدمات الميكانيكية.

4.5-السد واللصق

السد عملية تأتي بعد التنظيف والتقوية وقبل الحماية النهائية ، وذلك للحصول على سطح أملس بدون شقوق ولا ثغرات .

ويجب أن تكون المادة اللاصقة جيدة للحجر وغير مؤثرة عليه وقابلة للإزالة ولديها مسامية مساوية أو أكبر من مسامية الحجر لتسهيل تبخر الماء والمحاليل الملحية ، وكذلك ينبغي أن لا يشوه مظهر الحجر (اللون ...) ، ولصناعة هذه العجينة نختار الرمل والجير كرابط أو نستعمل راتنج صناعي أو مستحلب أكريليكي أو سليكونات أو لواصق ذات قاعدة بوليستر أو إيبوكسيد ، وفي حالة استعمال الراتينجات غير القابلة للإزالة يمكن استعمال في الأول طبقة قابلة للإزالة ، كما يمكن استعمال أصباغ غير عضوية ثابتة لمحاكاة اللون الأصلي للحجر ، أما العجينة التي يستعمل فيها الجبس فيفضل عدم استعمالها لأنها تذوب في الماء كما ينتج

عنها تكون الأملاح التي تسلل إلى الحجر (الكبريتات) ، ونحذر من استعمال الإسمنت لتكون الأملاح وكذا لأن مقاومته الميكانيكية كبيرة .

وللصق الأجزاء يمكن استعمال الراتينجات التي تكون لها خاصية جيدة للصق ، مثلا : الإيبوكسيد هذا في حالة الأجزاء الصغيرة ، أما الأجزاء الكبيرة في الحجارة فيفضل استعمال الدعائم المعدنية كما ذكر سابقا .

5.5- تدعيم الأساسات

زيادة مساحة الارتكاز على الأرض و يتم ذلك بعمل كتلة من الخرسانة المسلحة أو العادية تحت الأساس و تجرى هذه العملية في الاساسات الضعيفة التي تحمل ضغط كبير .

يمكن زيادة مساحة القاعدة بدون الحفر أسفلها و هي طريقة أقل تكلفة و أقل خطورة و يتم ذلك بتكبير سطح الاتصال و تركيب دسر لمقاومة قوى القص.

ربط الأساسات المنفصلة بواسطة جسور ربط عريضة لتشكلً أساساً مستمر، واضافة طبقة من الخرسانة المقاومة للأحماض لحماية الحديد مستقبلا

6.5- الحماية

عادة ما تطرح المعالم الأثرية الموجودة في الهواء الطلق مشكلة في الحفاظ عليها وحمايتها وهذا راجع لتعرضها لمختلف عوامل التلف ، والصعوبة تكمن في عدم السيطرة عليها وكذلك إلى مساحة المعلم الأثري التي غالبا ما تكون واسعة يصعب تغطيتها ، بالإضافة إلى نقص الإمكانيات و الأموال المخصصة لحمايتها ، وأود أن أشير إلى أن الحماية لا تلغي عوامل التدهور بل هي تقلل منها فقط ، ولهذا ينبغي المداومة على المراقبة وملاحظة أي تغيير قبل أن يستفحل . وأهم طرق حماية المعالم هي الطلاء الذي يحد بصفة خاصة من العوامل البيئية خاصة الرطوبة .

- الطلاء أو التكسية

وهي طبقة تطبق على السطوح المستوية النظيفة وهي طبقة مؤقتة (يستغني عنها) بحيث أنها بمرور الزمن تفقد فعاليتها في الحماية لهذا ينبغي استبدالها بعد مدة محددة ، وتعمل هذه الطبقة على حماية المبنى من نفاذ مياه الأمطار ولكنها عديمة الجدوى في التصدي للمياه المتصعدة من الأرض عن طريق الخاصية الشعرية ، والمياه المتكاثفة ، كما تقف هذه الطبقة

حائلا أمام تبخر المياه الموجودة في الحجر ، بحيث أن باستعمال هذه الطريقة يبقى سند البناء محميا باعتبارها غير نفوذة ، ويمكن إزالتها إذا دعت الحاجة ، وبفضلها أقصيت المشاكل الناتجة عن التشبيع العميق للحجر بمادة مقوية غير عضوية ، أو بتطبيق العلاج السطحي بمادة تمنع الرطوبة مثل طلاء عازل للرطوبة .

الطلاء المانع للرطوبة تستعمل فيه الزيوت والشحوم والشموع وشمع البرافين ، وزيت بذرة الكتان هذا بالنسبة للطلاءات المستعملة في القديم ، أما في الفترة الحديثة فيمكن استبدالها براتينجات الترموبلاستيك و التي تعتبر سريعة التدهور زيادة على أنها تتصلب على السطح بشكل قشرة رقيقة تشوه المنظر ، أو راتينجات الأكريليك مثل برالوايد B72 الذي يمتلك مقاومة عالية للقدم ولكنه يظهر عليه تغير سريع في اللون ، بالإضافة الى امكانية استعمال كل من السيليكونات وأسيتات بولي فينيل .

ويمكن لهذه الطلاءات أن تحد ولو نسبيا من تأثير التلوث على الحجارة .

كما يمكن حماية المباني التاريخية من الأمطار والرطوبة بتغطيتها في فصل الشتاء بغطاء خاص ، أو تسقيفها، بالإضافة إلى إمكانية وضع قنوات لتصريف مياه الأمطار بعيدا عن أساسات المبنى ، إلى غيرها من طرق الحماية كنزع الأشجار والحشائش وإبعاد الحيوانات بوضع السموم لها .

6- الأخطاء الأكثر شيوعًا في أعمال ترميم المباني

–استخدام أنواع خاطئة من الدهانات التي تتسبب في تقشر الجدران.

–سوء التعامل مع التشققات، حيث تتنوع التشققات في الهياكل ما بين الشقوق السطحية والعميقة، ويحتاج كل منها إلى التصميم وفقًا لذلك. وبالتالي، إذا لم يتم التعامل مع الشقوق الهيكلية بشكل غير صحيح أثناء عملية الترميم، فسيؤدي ذلك إلى الانهيار الهيكلي وتكرار التشققات.

–إجراء إصلاحات دون سد الثقوب، حيث أن جدران المنازل القديمة بها العديد من الثقوب، وذلك بسبب تشكل الرطوبة في طبقات الطلاء نتيجة أعمال التمدد والانكماش بسبب الحرارة، أو تعرض المبنى لأشياء أخرى ضارة داخلية. تأثيرات.

–عدم الاهتمام بالتنظيف قبل الترميم حيث يقوم البعض بإضافة طبقة أخرى من الدهان قبل التنظيف وهذا يعتبر أمرًا سيئًا؛ لأن تطبيق طبقات جديدة من الطلاء على بقايا الطلاء القديم يجعل الطلاء أقل ثباتًا على الجدران ويسقط بعد فترة مما يستدعي إعادة الطلاء.

هذا كل ما يخص أعمال ترميم المباني والمنشآت، نتمنى أن يكون المقال قد أعجبك، ولا تنسَ مشاركته مع غيرك حتى تعم الإستفادة على الجميع.

7- حماية المباني الأثرية والتراثية

لابدّ من اتخاذ عدّة إجراءات لحماية المباني الأثرية حتى تكون بمأمن عن التخريب والتهديم و أولى هذه الإجراءات هي :

1- إجراء مسح أثري أو تراثي للمنطقة المراد حمايتها للتعرف على أهمية المباني من الناحية التراثية ، التاريخية والفنية والأثرية وعمل مخططات أولية لها وتوثيقها وتصويرها

2- إعداد قوائم بالمباني الأثرية المراد حمايتها لإصدار قرارات من السلطة المسؤولة وبذلك تكون المباني الأثرية أو التراثية قد أصبحت تحت مظلة الحماية القانونية أي يمكن تطبيق العقوبات التي تنص عليها القوانين الوضعية

3- المراقبة المكثفة: قد لا تكون الدراسات والتشريعات التي أتينا على ذكرها كافية لحماية المباني التاريخية، فكم من بناء أثري مُسجّل هدمه أصحابه ليقيموا بناءً حديثاً مكانه بهدف الكسب المادي أو أقاموا منشأة حديثة أو أجروا تعديلات أو إصلاحات تسيء إلى أصالته وقيمته التاريخية والمعمارية والفنية ، كأن يُستخدم المبنى الأثري استخداماً سيئاً يلحق الضرر وأحياناً يُهدم البناء الأثري وتؤخذ حجارته للاستفادة منها في إقامة مبنى حكومي أو خاص أو تُسرق عناصره الفنية المعمارية والزخرفية للاتجار بها وتهريبها إلى الخارج والأمر هنا يحتاج إلى الردع

4- التوعية: وتتلخص بتعريف المواطن على أهمية الآثار الثقافية والاقتصادية له ولغيره وانتهاز الفرص لإثارة اهتمامه بالتراث الحضاري وإشعاره بالمسؤولية

5- إشراك المواطنين في تحمل مسؤولية حماية التراث الحضاري الأثري والتراثي لإشعارهم بالمسؤولية وذلك بإدخالهم ومشاركتهم في اللجان والمؤسسات الحكومية والأهلية الراعية فمن الضروري إنشاء مؤسسات حكومية أو أهلية لتساعد على توعية المواطنين

وشاغلي الأبنية الأثرية والاتصال بالجهات المعنية في هذا المجال كالمجالس المحلية وسلطات الحكم المحلي أو سلطات الحكم المركزي كالوزارات المختلفة ومجلس النواب وشرح أبعاد قضية التراث وفائدتها للشعب والهوية وبالتالي مطالبتها بتخصيص الأموال اللازمة لصيانة تلك المباني وترشيد استخداماتها وإصدار التشريعات الناظمة لذلك

8- طرق التدخل العلاجي لمبنى ريفي

قبل الشروع في عملية الترميم يجب أولا القيام بمختلف التجارب و التحاليل لمعرفة نوع و خصائص المادة المكونة للبناء و هذا تفاديا للتأثير السلبي الذي ينتج بعد الترميم الا و هو عدم توافق المادة الاصلية مع الجديدة

1.8- تدعيم الجدار عن طريق الحقن بملاط سائل

- تقام عملية تدعيم البناء بواسطة الملاط السائل و هي تتم حسب المراحل الاتية:

- التنظيف و الترطيب: يتم تنظيف الوصلات وإعادة ملئها بملاط

- الحقن: بعد ترطيب هيكل البناء نقوم بحقنه بملاط عالي السيولة و يتم الحقن حتى ملئه و ذلك على مراحل ، بحيث يجب أن يملأ الملاط الفراغات في داخل هيكل البناء الحجري.

- يمكن استعمال نصف قنينة بلاستيكية مقصوصة عموديا و موضوعة على واجهة الجدار او محقن للتدعيم .

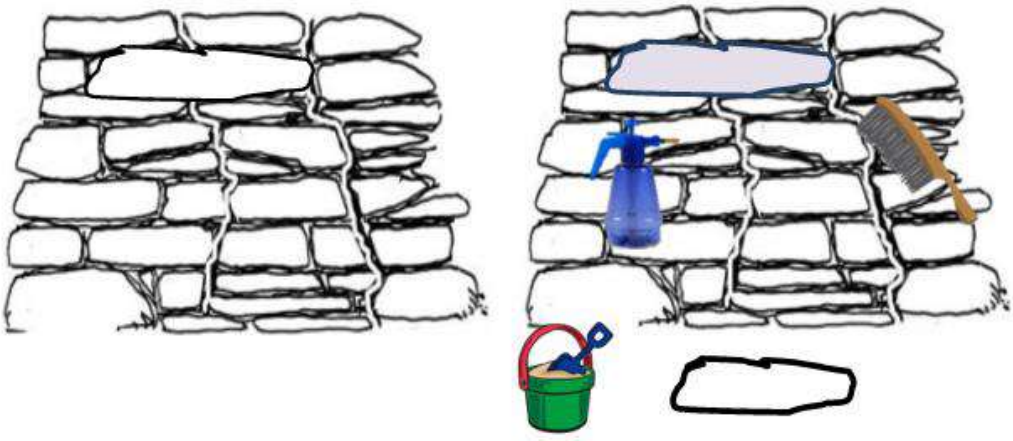
- يجب الانتباه الى عدم تسرب الملاط و الاوساخ على الواجهة خلال عملية التنفيذ.

شكل (33) حقن الجدار بملاط سائل

شكل (33) التدعيم عن طريق الحقن بملاط سائل

2.8- اعادة بناء واجهة حجرية تم الربط بينها بملاط

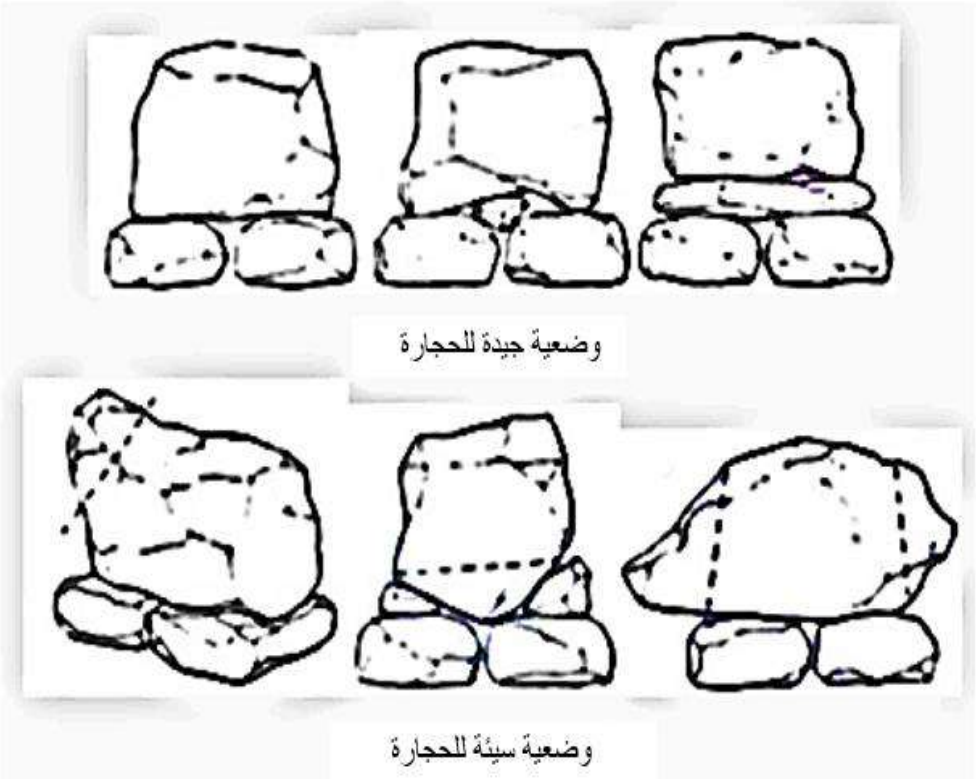
- تفكيك الاحجار و الاجر المتضرر و تنظيف الفجوة الناشئة عنها بفرشاة
- اختيار قطع حجرية تتمتع بنفس المميزات الميكانيكية و الفيزيائية للأحجار
- ترطيب سطح الدعامة و الاحجار
- وضع الاحجار على الملاط
- اعادة ملء الجدران الحجرية، اذا كانت الاحجار لا يزال موجود عند أسفل الجدار، ننصح باستخدامها وفقا لطريقة البناء المستعملة سابقا و يتم اختيار الاحجار للبناء بشكل يتناسب مع ارتفاع المداميك الموجودة . شكل (34)



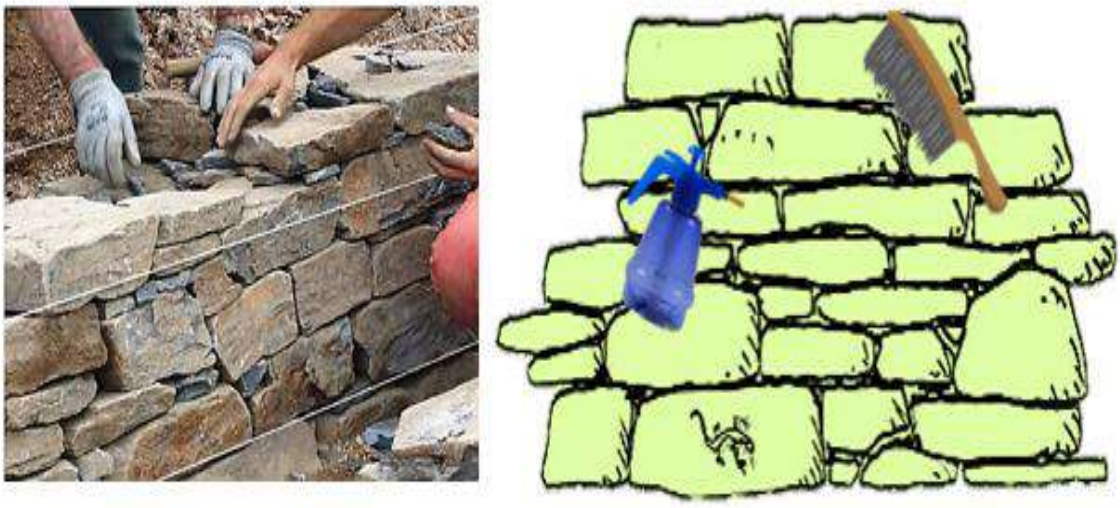
شكل رقم (34) مراحل الترميم

3.8- إعادة بناء الجدار من الحجارة الجافة

- التنظيف و الترطيب: تنظيف أسطح الجدار و ترطيبها باستعمال الفرشاة و المرش.
- اختيار قطع حجرية تتمتع بنفس المميزات الميكانيكية و الفيزيائية للأحجار الاصلية حيث يجب التعرف على الجيولوجيا المحلية للمبنى و من ثم يتم فحص كل حجر (الشكل ، الجودة ، الأصل الجيولوجي ، حفرياته ، مستويات انشقاقه ...). حتى نتمكن من إيجاد مكانه في الحائط ، توضع الحجارة بشكل سلسل و متقن لتفادي الضغط و الحمولة . شكل (35)وضعية الحجارة و الشكل (36) ترميم الجدار



شكل رقم (35) وضعية الحجارة في الجدار



شكل رقم (36) بناء الجدار

4.8- معالجة التلف البيولوجي

❖ نزع النباتات

يتم بناء الجدران باستخدام أنواع مختلفة من الحجر و تتنوع الجدران حسب الطريقة المعتمدة في الانشاء و حسب مكانها ضمن المبنى (جدران داخلية أو خارجية) و يتم تامين الربط بين أحجار البناء بواسطة ملاط في بعض الاحيان يمكننا ملاحظة نمو نباتات سطحية على السطوح الخارجية للجدران الحجرية.

طريقة معالجة النباتات السطحية تختلف بحسب حالة الجدار و نوع النبات و بذلك يمكن أن نميز ثلاث طرق للمعالجة:

الطريقة الاولى: القضاء على النباتات بنزعها عشوائيا

- يعتبر النزع الطريقة المباشرة لمعالجة هذه المشكلة الا أنها تنطوي على جانبين سلبيين أولهما بقاء جذور النباتات التي تؤدي الى اعادة نموها و الثاني و بشكل خاص الحاق الضرر بالبناء و ذلك بإزاله كمية كبيرة من المونة الرابطة بين الاحجار و مع ذلك تبقى هذه الطريقة الحل الاسهل ضمن اطار عملية الصيانة الرائجة حاليا

- ملأ الفراغات بين الاحجار : يجب عدم ترك فراغات بين الفواصل و ذلك لمنع النباتات من النمو مجددا.

الطريقة الثانية: استخدام المنتجات الكيميائية

- ان النباتات (أعشاب أو غيرها) يجب ان ترش بمبيد الاعشاب الخاص بها.

- نقوم بترك المكان المعالج وقتا كافيا ريثما تموت النباتات و تجف او على الاقل لتصبح أضعف ، قلع النباتات باليد أو قطعها باستخدام المقص، يجب تنفيذ هذه العملية بعناية للحد من فقدان المونة.

- تنظيف و ترطيب الفواصل بالماء ثم نعيد تكحيل الفراغات بين الاحجار باستخدام الملاط الكلسي بعدها نملء الفراغات بالملاط للسد .

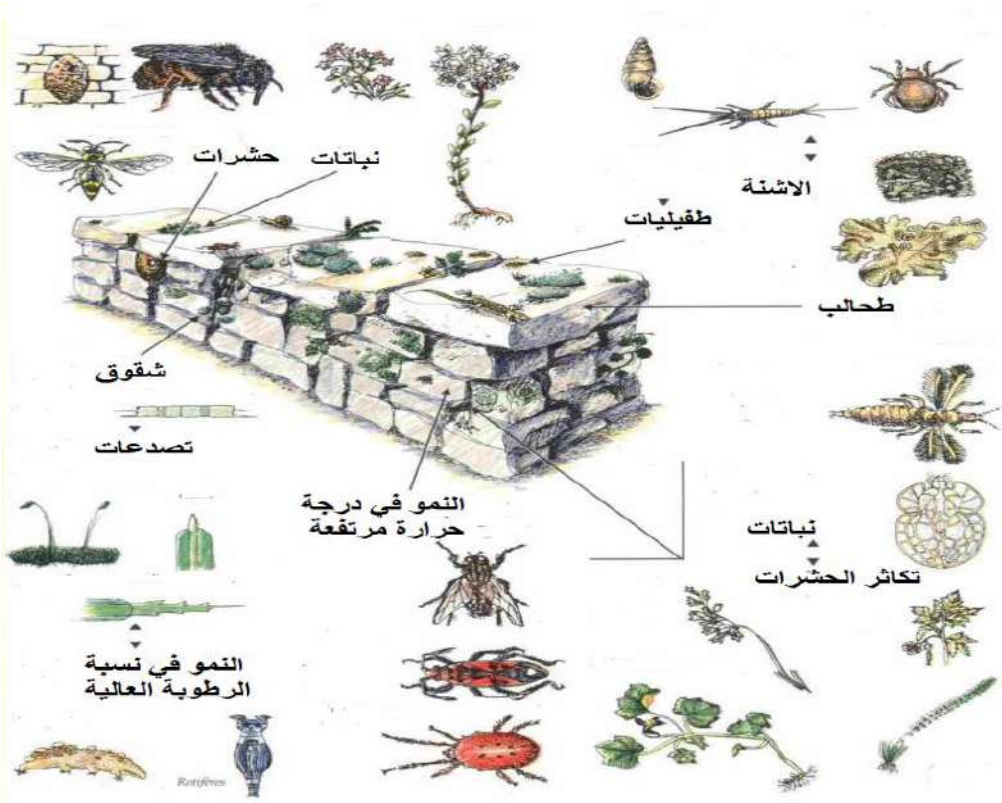
الطريقة الثالثة: التحنيط

يمكن استغلال الجذور بتحويلها لعصب يقوي المبنى عن طريق التحنيط بحيث تحقن جذور النبات بمادة الفورمالين و بذلك يتم حماية المبني عن طريق الاستغلال السليم لعامل التلف ليصبح ايجابي في دوره

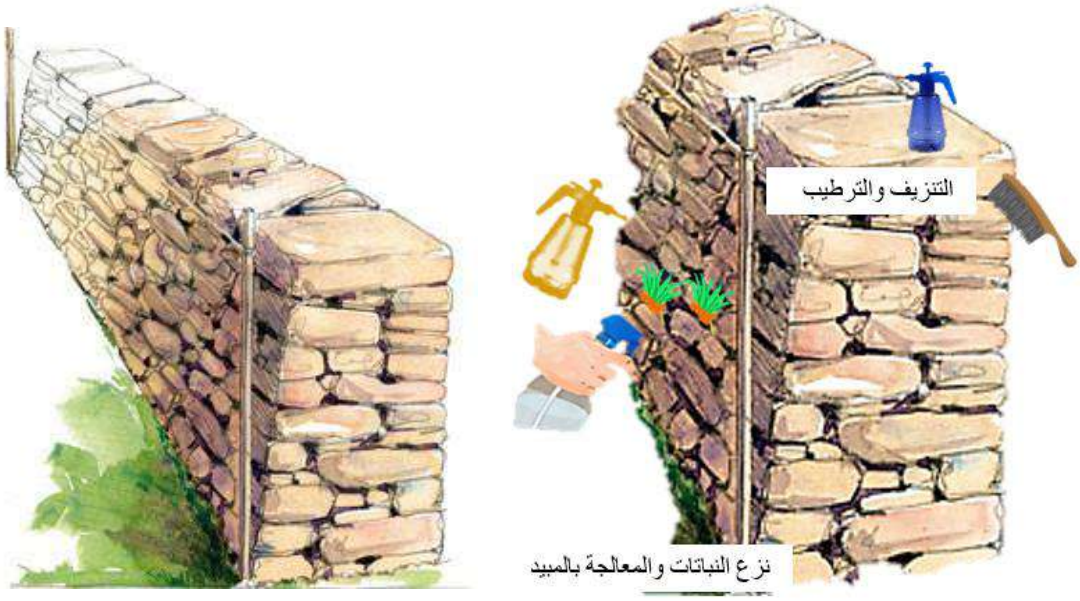
- تختلف عملية ازالة الجذور العميقة عن ازالة الجذور السطحية ، فيجب اولا فصل النبتة عن جذرها كي تيبس و تموت بعدها نعمل على ثقب الجذع بمثقاب و ادخال مبيد النباتات للقضاء على الجذر نهائيا و بعدها نقوم بنزع الجذر تدريجيا اما بالقص او بفك جزء من الجدار و اعادته بالترميم .

❖ **معالجة الجدار من الفطريات**

- * قبل تنظيف الواجهة من هذه الاحياء الدقيقة يجب معالجة سبب نشوئها و هو الرطوبة اذا دعى الامر يجب التأكد و اصلاح تسربات المياه و الاسقف و شبكة المياه و الصعود الشعري و غيرها.
- - وضع مبيد للمكروحيويات على كامل الواجهة المراد معالجتها و تركها الزمن الكافي للتأثير و الذي يختلف باختلاف نوع المبيد.
- - تنظيف الواجهة بواسطة فرشاة قاسية متناسبة مع صلابة الحجر.
- - وضع مادة مانعة لتخفف تسرب الماء و تمنع نمو المكيوحيويات من جديد ، تمنع هذه المادة تسرب المياه داخل مسام الحجر و لكنها تسمح بتبخر الرطوبة الموجودة بداخله على شكل بخار ماء. شكل (37) معالجة النباتات و الميكروحيويات



التلف البيولوجي المتواجد بالجدار



شكل رقم (37) معالجة النباتات و الفطريات

5.8- اعادة تلبيس الجدار

- يمكن تحديد طبقات التلبيس كما يمكن الاكتفاء بمعالجة جزئية للواجهة خاصة المتضررة منها.

- تحضير الواجهة قبل اي تدخل حيث نقوم بتقشير التلبيس القديم بالمطرقة و الازميل ثم تنظيفها عن طريق الفرك بالفرشاة و الترطيب بالماء لضمان نقاوة الواجهة من الغبار شكل رقم (38) تلبيس الواجهة

- يحضر الطلاء المناسب ثم نقوم بتطبيقه على سطح الجدار

شكل رقم (38) تلبيس الواجهة

6.8- اعادة تكحيل الفواصل

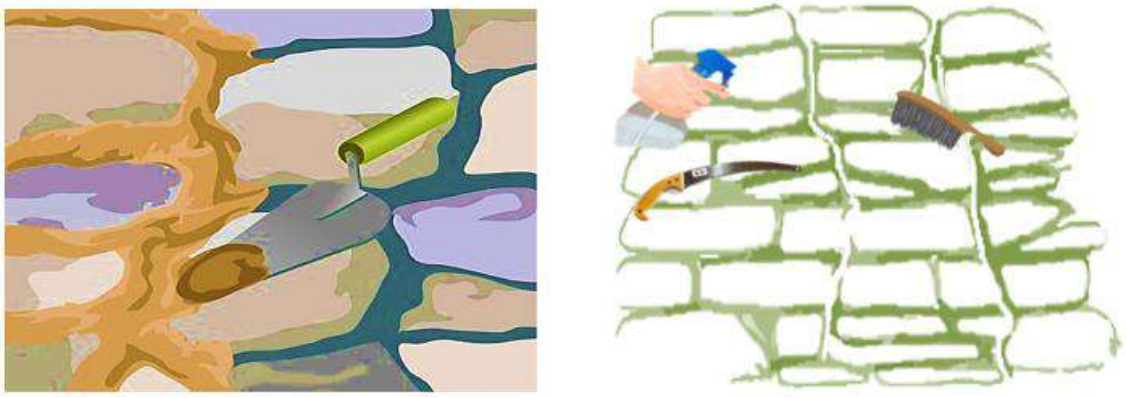
عند ملاحظتنا لغياب ملاط الفواصل يجب

- ازالة الاجزاء المتضررة من الملاط من اجل تنظيف الفواصل و نستخدم لذلك شفرة المنشار كما يمكن استخدام الازميل و المطرقة.

- يجب ان تكون الفواصل ذات عمق كافيين من اجل الحصول على كحلة جيدة 20ملم للفواصل الضيقة و 50ملم للفواصل العريضة

- التنظيف بالفرشاة و الرش بالماء حتى الاشباع للحصول على تماسك الملاط

- يجب ان يكون الملاط سائل في الوصلات الضيقة و كثيف في الوصلات العريضة
- بعد الحصول على التماسك مبدئي نقوم بتنظيف السطح بفرشاة جافة و اسفنجة رطبة باستمرار للحصول على شكل منتظم. شكل رقم (39) تكحيل الفواصل



تنظيف الفواصل و الترطيب بالماء تكحيل الفواصل

شكل رقم (39) تكحيل الفواصل

9- طرق التدخل العلاجي لمبنى الصحراوي

1.9- المواد المستعملة و تقنيات البناء

للقيام بعملية الترميم من أجل تحقيق اعادة تأهيل الدشرة بلشانة و استمراريتها استعملت عدة مواد محلية منها:

طين المنطقة ، الرمل الاصفر ، الجير، الطوب المجلوب من المنطقة ، التبن ، صبغة حمراء ،الماء الحلو (لان ماء المنطقة يتميز بنسبة ملوحة عالية). كما استعملت في تقنية البناء التقنية المحلية .

2.9- ورشات العمل

للقيام بعملية الترميم كان هناك ثمان ورشات عمل، الهدف منها هو تنشيط الدراية في ميدان البناء مع تكوين يد عاملة مؤهلة يمكنها التدخل على المعالم الأثرية، تسهيل تبادل و نقل الخبرات زيادة إلى تطبيق التقنيات القديمة من أجل ترميم المعالم الأثرية .

- الورشة1: تجارب لاختيار التربة المناسبة
- الورشة 2: تحضير ملاط الربط و ملاط التلبيس
- الورشة 3:كيفية صناعة قوالب من الطين
- الورشة 4:اعادة ترميم و بناء جدار من الطين
- الورشة 5: التلبيس
- الورشة 6: نموذج لكيفية بناء قوس
- الورشة7: الرفع المعماري
- الورشة 8: استكمال لوحة زخرفية منحوتة على باب المسجد
- الورشة 9 :القباب الطينية
- الورشة 10: تدعيم السطح الترابي

الورشة1: تجارب لاختيار التربة المناسبة

الهدف من هذه الورشة هو تمكين الطالب من معرفة انواع الطين وكيفية اختيار الطين المناسبة للبناء بطريقة تقليدية و كذا التعرف على المثبتات الطبيعية. شكل رقم (40) انواع الطين و اختيار الطين المناسب .

شكل رقم (40) صورة لانواع الطين و اختيار الطين المناسب

الورشة 2: تحضير ملاط الربط و ملاط التلبيس

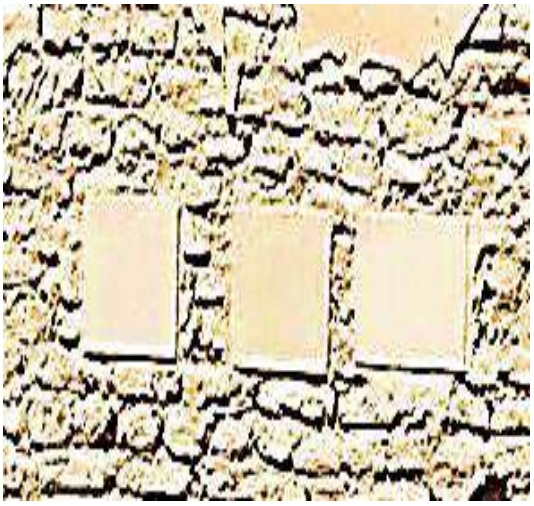
اعتبرت هذه الورشة اساس العمل لان تم تحضير كل من ملاط الربط و التلبيس

ملاط الربط : خلط طين المنطقة مع الرمل الاصفر و التبن و الماء ثم تركه لليلة واحدة ثم اعيد خلطه لتهيئته من اجل الاستعمال . شكل رقم (41) تحضير ملاط طيني

شكل رقم (41) تحضير ملاط

ملاط التلبيس: لتحضير ملاط التلبيس كان هناك ثلاث تجارب حيث استعمل

- حجم من الطين و حجم من الجير مع الماء
- حجمين من الطين و حجم من الجير و الماء
- ثلاث احجام من الطين و حجم من الجير و الماء



شكل رقم (42) صورة تحضير ملاط التلبيس

تم تطبيق الملاط في شكل لوحات على الجدار و تركه ليجف لأيام مع المراقبة المستمرة له لتحديد الملاط المناسب و الهدف من هذه الورشة ان يتعرف الطالب على اهمية تحضير الملاط المناسب دون اللجوء الى تحاليل مخبرية و الاستعانة بالطرق القديمة للوصول الى الملاط تلبيس يتوتافق مع التلبيسة القديمة .شكل رقم (42) صورة تحضير ملاط التلبيس

الورشة 3:كيفية صناعة قوالب من الطين

لتحضير القوالب الطينية بالطرق التقليدية تم تحضير عجينة طينية (الطين + التبن + الماء) لتوضع في قولب حديدية

- استعملنا اصابع اليد في احدى الطوبات كما لجانا الى لمصدر الحيواني (ماعز صغير) للحفر على احدى اوجه الطوب لسهولة استعماله و التصاقه ببعضه اثناء البناء

- تم تجفيفها طبيعيا مع قلبها من فترة لأخرى . شكل رقم (43) صورة تحضير تحضير قوالب طينية

شكل رقم (43) صورة تحضير تحضير قوالب طينية

الورشة 4:اعادة ترميم و بناء جدار من الطين

من اجل اعادة البناء كان يجب اتباع الخطوات الاتية

- تنظيف المنطقة و الجدار المراد ترميمه او اعادة بنائه
- استعملنا طوب المنطقة المجلوب من المباني و تنظيفه و اعادة تهيائه ليصبح جاهز للبناء
- شكل رقم (44) صورة تنظيف الطوب ، شكل (45) صورة تنظيف منطقة التدخل

شكل رقم (44) صورة لجلب الطوب المستعمل وتنظيفه

شكل (45) صورة تنظيف منطقة التدخل

- تم التدخل على جدارين الاول متلف بشكل كبير و الثاني مهدم
- تم ترميم الجدار المتلف عن طريق استكمال الاجزاء الناقصة و حقن الشقوق بملاط طيني عالي السيولة . شكل رقم (46) صورة الجدار المهيأ للحقن و الحقن بملاط عالي السيولة

شكل رقم (46) صورة لتنزيف الجدار و الحقن بملاط عالي السيولة

- تم اعادة بناء الجدار المهدم بنفس التقنية القديمة و هي تقنية الادية و الشناوي المعروفة بالمنطقة
- شكل رقم (47) صورة الجدار المرمم و الجدار المبني

شكل رقم (47) صورة الجدار المرمم و الجدار المبني

الورشة 5: التلبيس

قبل القيام بعملية التلبيس كان لابد من عملية تنظيف المكان و نزع الاتربة كليا ليصبح المكان جاهز للعمل ، و بعد التنزيف ظهرت أرضية المبنى مع نوافذ مغلوقة كليا . شكل رقم (48) صورة توضح المبنى قبل و بعد التنظيف

شكل رقم (48) صورة توضح المبنى قبل و بعد

تم تقشير الجدران من التلبيس القديم و تنظيفها ثم ترطيبها بالماء . شكل رقم (49) صورة توضح تقشير التلبيس القديم و شكل رقم (50) صورة توضح تلبيس الجدار

شكل رقم (49) صورة توضح تقشير التلبيس القديم

شكل رقم (50) تلبيس الجدار

الورشة 6: نموذج لكيفية بناء قوس

ليتعرف الطالب على كيفية بناء قوس استعملنا

- مجسم على شكل قوس
- اختيار طوب بشكل متساوي في الحجم و الطول
- ملاط للربط و دعامات

حيث تم تثبيت المجسم على دعامة خشبية تم تثبيتها بين جدران احدى الابواب المنهارة و استعملت دعامة خشبية اخرى للمساعدة في حمل الثقل ، بعدها تم وضع الطوب الواحدة تلوى الاخرى وفق المقاسات المحددة و تم الربط بينها بملاط ، الهدف من الورشة هو معرفة كيفية بناء القوس كون مباني ليشانة تمتاز بها لكومها جزء من هندستها فهي تحمل الاوزان و الثقل و توزعه على الجدران. شكل رقم (51) صورة توضح كيفية بناء قوس

شكل رقم (51) صورة توضح كيفية بناء قوس

الورشة7: الرفع المعماري

تم اخذ مقاسات احدى الغرف التي لا تزال محافظة على شكلها الداخلي .

شكل رقم (52) صورة توضح الرفع المعماري

شكل رقم (52) صورة توضح الرفع المعماري

الورشة 8: استكمال لوحة زخرفية منحوتة على باب المسجد

استعمل في اللوحة الزخرفية جير و صبغة للتلوين حيث تم زخرفتها اعلى باب المسجد بطراز اسلامي . شكل رقم (53) صورة توضح تحضير الجير و الصبغة و شكل رقم (54) صورة توضح لوحة زخرفية

شكل رقم (53) صورة توضح تحضير الجير و الصبغة

شكل رقم (54) صورة توضح لوحة زخرفية

الورشة 9 : القباب الطينية

❖ **ذات التشققات العميقة**

في حالة التشققات او الاضرار الجزئية المحصورة باتجاه قمة القبة يجب تحديد مستوى القسم الذي تكون فيه القبة بحالة جيدة ومن ثم نهتم بإزالة الأجزاء التالفة و استبدالها بأجزاء سليمة و ذلك باتباع نفس طريقة إعادة بناء القبة . شكل رقم (55) صورة توضح القبة الطينية المتلفة

شكل رقم (55) صورة توضح القبة الطينية

- تنفذ تجاويف صغيرة في القبة لاستخدامها كسلم و عند الانتهاء من العلمل نملؤها بملاط طيني ، في بعض الأحيان يكون هناك بروزات خشبية او احجار تغرز في هيكل القبة اثناء بنائها من اجل الصعود الة سطح القبة

- نحدد مستوى الشق الأدنى

-ناخذ المقاسات الضرورية للقبة للحصول على نفس الشكل الاصلي

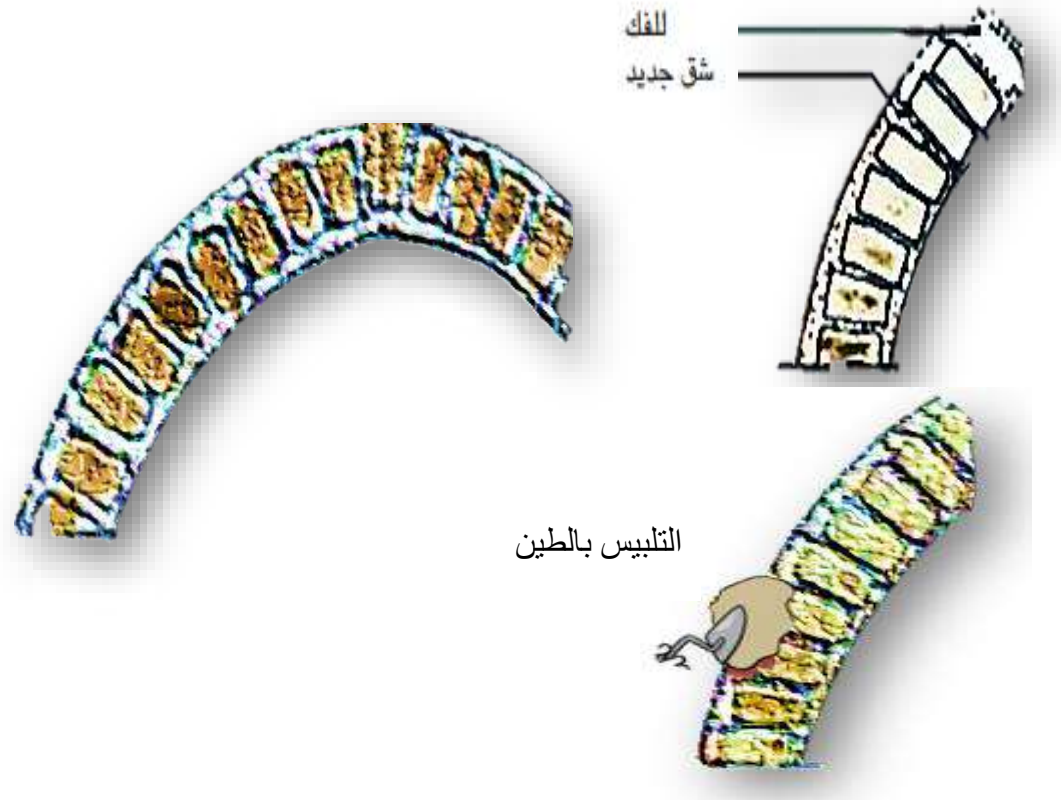
- ننزع الطوب بدا من القمة حتى مستوى الشق و نحتفظ بمفتاح القبة الاصلي

- نجهز الملاط الطبيعي : تراب+تبن+ماء و نقوم بالخلط الجيد للوصول على التماسك المناسب

- يركب الطوب حسب المخطط الدائري واحدة تلو الأخرى مع مراعاة درجة ميلان القبة للداخل

- عند الانتهاء نقوم بتلبيس القبة من الأعلى نحو الاسفل للحصول على الشكل النهائي

شكل رقم (56) صورة توضح خطوات الترميم



شكل رقم (56) صورة توضح خطوات الترميم

❖ **ذات التشققات السطحية**

اذا كانت القبة بها تشققات صغيرة يمكن عادة تلبيسها من جديد بتلبيسة طينية كما يمكن اللجوء الى الطلاء الكلسي عند الضرورة لحمايتها من العوامل الجوية.

❖ **إزالة النباتات من القباب**

- إزالة طبيقة التلبيس بالكامل حتى لا نترك اثر للنباتات بواسطة مطرقة و ازميل ، و بضربات خفيفة على سطح القبة على لا نحدث ضررا بها.

- نحضر تلبيسة طينية من الطين و التبن و الماء و نقوم بتطبيقها من الافل نحو الأعلى ، يمكن استعمال الماء للتمليس . شكل رقم (57) صورة توضح خطوات الترميم

وضعية النباتات على سطح القبة نزع النباتات التلبيس بالطين

شكل رقم (57) صورة توضح خطوات الترميم

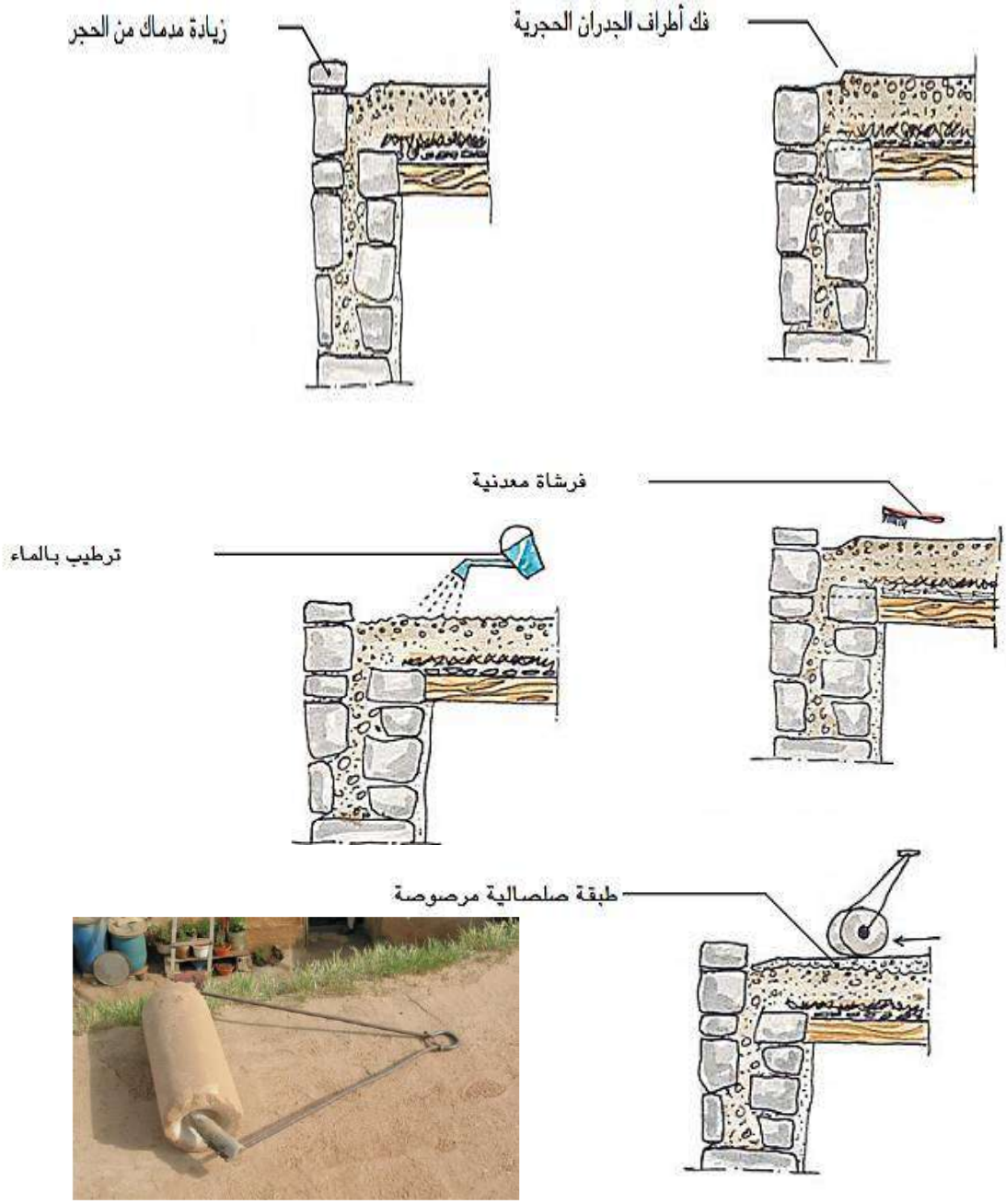
الورشة 10: تدعيم السطح الترابي لمبنى حجري

- إضافة مدماك حجري حول البناء لرفع الحجر على حافة السطح و الحصول على الحد الأدنى من ارتفاع لوضع طبقات العزل

- تنظيف السطح بالفرشاة و ترطيبه بالماء

- تسوية المساحة من خلال وضع طبقات من الصلصال (الغضار) حيث يتم يتم دكها بالطريقة التقليدية (المحدلة الحجرية) للحصول على ميل من 2 الى 5% لتصريف مياه الامطار.

- يمكن وضع طبقة عازلة كالزفت مثلا و لكن هنا نستعمل الطريقة القديمة و هي البلاستيك حيث يتم فرشه على السطح ثم إعادة وضع التراب و دكه جيدا. شكل رقم (58) صورة توضح خطوات الترميم



شكل رقم (58) صورة توضح خطوات الترميم

خلاصة عامة للدروس

- تعتبر المباني الريفية و الصحراوية احد الشواهد التاريخية التي يمكن من خلالها معرفة تاريخ و ثقافة كل منطقة من خلال تلك الأبنية .

- بالرغم من ان المباني الريفية اعتبرت مباني عامية و بسيطة الا انها أدت وظيفتها و تركت بصمة محلية

- اتسمت المباني الصحراوية بالبساطة و الاتقان و هي ترمز في تشكيلاتها الفنية لثقافة شعبها

- تتعرض كل من المباني الريفية و الصحراوية لتلف يومي سواء كان تدريجي او كلي نتيجة تعرضها لعدة عوامل ساهمت في نحتها و هدمها

- تقديم اقتراحات للترميم يعد اللبنة الأولى للحماية

- هذه الحلول المقترحة هي حلول عملية علمية يمكن تطبيقها في واقع المباني للحد من تلفها و صيانتها على المدى القريب و المتوسط ، لا يمكن الحد نهائيا من عوامل التلف الطبيعية و لهذا فالصيانة الدورية على المدى البعيد هي الحل الانجح لاستمرية هذا الموروث التاريخي.

كانت هذه الاقتراحات مستوحاة من واقع الابراج استنادا الى مقاييس عالمية اكثر اعتمادا في كثير من بلدان البحر الابيض المتوسط.

قائمة المراجع باللغة العربية

1- أج فورسدايك ن تر: نبيل هلين منسو –الطقس- معهد الانماء العربي ، ع14

2- المنظمة العربية للتربية و الثقافة و العلوم - صيانة التراث الحضاري - مقال، تونس ، 1990، ص 231

3- بسام محمد مصطفى . دراسة تأثير المحيط التخطيطى والعمرانى على التداعيات الأثرية وطرق ترميمها وصيانتها . رسالة 2000م

4- جعفر زهير فضل الله –صيانة و ترميم المكتشفات الاثرية ، أحدث الوسائل و التقنيات العالمية- ط1 ،دار قابس للطباعة و النشر و التوزيع ، بيروت 2006،

5- جمال شاهر آغا – علم المناخ و المياه- ج2 مطبعة الاحسان ، دمشق،

6- جورج دبورة ، هزار عمران ، المباني الأثرية ترميمها وصيانتها والحفاظ عليها ، ، دمشق ، 2005

7- جورجيو توراكا ، تر ابراهيم عطية - تكنولوجيا المواد و صيانة المباني الاثرية- دار الفر للنشر و التوزيع القاهرة 2003

8- حسين محمد على –اسس ترميم الاثار و المقتنيات الفنية- 2007

9- الشربيني، عماد :الحفاظ المعماري بين النظرية والتطبيق، ورقة عمل مقدمة إلى المؤتمر والمعرض الدولي الأول، دبي 2004

10- عبد الله قادر خضر- تصدعات المنشئات و تقنيات الترميم- 2011

11- عبد المعز شاهين . –طرق و صيانة و ترميم المقتنيات الفنية – الاجنة المصرية العامة للكتاب 1993،

12- عزت زكي حامد قادوس ، علم الحفائر و فن المتاحف- الاسكندرية 2005 .

13- فتحي محمد أبو عيانة ، فتحي عبد العزيز ابو راضي –أسس علم الجغرافيا الطبيعية و البشرية – دار المعرفة الجامعية 1999

14- م . حميان ، ر. موساوي – دراسة و تحليل لمواد برج تامنفوست- كتاب البرنامج العلمي و ملخصات بحوث الندوة العلمية الرابعة ، دراسات في آثار الوطن العربي ، المؤتمر الخامس للأثاريين الغرب مقالة 2002

15- ماري باردكو ترجمة: احمد الشاعر –الحفظ في علم الاثار- القاهرة 2002

16- مجد نجدي ناجي المصري ، د محمد عطا يوسف - تقييم اساليب و تقنيات الترميم في فلسطين نابلس- حالة دراسية، جامعة النجاح الوطنية نابلس/فلسطين ، 2010.

17- محمد احمد عوض . ترميم المنشأت الأثرية . دار النهضة الشرق 2002 م

18- "التوصيات التي أقرتها اليونسكو بخصـ8وص الإساءات التي تهددها الأشغال العامة والخاصة"؛ الفصل الثالث.- منظمة الأمم للتربية والعلوم و الثقافة.

19- حسين محمد علي– اسس ترميم الاثار و المقتنيات الفنية- 2007

20- ر.ف / ب.ج . دي اينو ترجمة واثق اسماعيل الصباحي –صيانة التراث الحضاري : صيانة الاحجا ر- ص: 230

21- شوقي شعث - المعالم التاريخية في الوطن العربي: وسائل حمايتها وصيانتها وترميمها.- مجلة التراث العربي.- العدد2006/104دمشق: إتحاد الكتاب العرب، 2006.

22- عبد الناصر زهراني تر ، ج.ا م.وس.روبنسون- اساسيات ترميم الاثار- جامعة الملك سعود ، الرياض 2006

23- عزت زكي حامد قادوس، علم الحفائر و فن المتاحف، الإسكندرية ، - 2005

24- محمد عبد الهادي محمد – مبادئ الترميم و صيانة الاثار غير عضوية- كلية الاثار، القاهرة 1996

25- محمود حامد محمد –الميترولوجية- القاهرة 1946

26- -مشروع - العمارة التقليدية في سوريا- الاتحاد الاوروبي Corpus 2004

27- مشروع –العمارة التقليدية في سوريا- الاتحاد الاوروبي 2002

28- الموسوعة العربية الميسرة ، مج2 ، ط2 ، دار الجبل، 2001

29- هزار عمران ، جورج دبوره . المبانى الأثرية) ترميمها – صيانتها – الحفاظ عليها) . منشورات وزارة الثقافه سوريا – دمشق . 1997 م

30- د . وليد احمد السيد -التراث "المفكّر فيه "-قراءات في فلسفة التراث في فكر حسن فتحي-مجلة لونارد العدد 1 ، 2010

مواقع الانترنيت

1- - موطن دورة الماء Water Science home Water Resources USGS

/https://jeseco-co.com/restoring-historical-buildings -2

https://dz-archi.blogspot.com/2014/04/blog-post_19.html -3

htt: //histoiregeographie.iquebe.com/mostalahat.htm الموسوعة -4 الجغرافية

مراجع باللغة اجنبية

1- Altérations des pierre naturelles en œuvre, CSC, Conservation science consulting sàr 1, la science au service des monumentset des sites ,wissenschaft im dienst histiriacher bauten undaniagen s, cience for monuments and sites

2- Caneva Giulia , Salvadori Ornella , " Altération biologique de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation des pierres , N° 16 ,UNESCO , Venise , SD ,

3- Hamiane(M), Izak (P)- wpotczynnik rozszerzalnosci wodnej plytek ceramicznych- SZKLO , ceramika 8,93

4- Jean –Didier Mertz –Altération des matériaux du patrimoine :influence des contaminants et de la nature des substrats- Laboratoire de recherche des monuments historiques, Article 2007

5- JEANS COIGNET,LAURENT COIGNET –La maison ancienne construction, diagnostic , intervention, 3eme tirage.2005

6- Laurenzi Tabasco , Traitements de conservation de la pierre , « la dégradation et la conservation de la pierre , UNESCO , N16 ,

7- Vasco Fassina, Pollution atmosphérique et altération de la pierre , in Etudes et documents sur le patrimoine culture, à la dégradation et la conservation de la pierre ,n° 16 , Ed UNESCO, 1988,