مجلة الدراسات الأثرية ISSN: 1111-7699
المجلد 21: /العدد: 01 /2023ص ص: 161-177 EISSN 2600-6499

دراسة لعوامل ومظاهر تلف المادة الخشبية المستعملة في تسقيف بنيات قصبة الجزائر

Study of the factors and manifestations of damage to the wood substance used to roofing the buildings of Kasbah Algeria

جيلالي بوكرا ديني[1]♦ ، حمزة محمد شريف[2]
[1] معهد الآثار جامعة الجزائر 2، boukradini@yahoo.fr
[2] معهد الآثار، جامعة الجزائر2 ، med.cherif.hamza@univ-alger2.dz

تاريخ الارسال: 2022/06/26 تاريخ القبول: 2023/09/29 تاريخ النشر :2023/12/30

ملخص :

إن الخواص الميكانيكية للأخشاب المستعملة في التسقيف تتعلق بقوة وردّ فعل الخشب لأي قوى خارجية مطبقة عليه ويختلف هذا السلوك الميكانيكي للأخشاب تبعا لعدة عوامل حسب نوع القوة المؤثرة وطبيعة تكوين الأخشاب من حيث التركيب البنائي والكيميائي ،كما أن هناك عوامل متعددة خارجية تؤثر على المقاومة الميكانيكية للأخشاب أيضا ،ومن أهم العوامل المؤثرة على تغيرات الخواص الميكانيكية للأخشاب هي درجات الحرارة وأشعة الشمس، الرطوبة الرياح والضوء بمصادرها أما النوع الآخر فهو الراجع إلى التركيب البنائي للأخشاب والعيوب الطبيعية للمادة الخشبية كالعقد وميل الألياف وغيرها.

الكلمات المفتاحية :الضغط الموازي للألياف ،العقد الخشبة ،التحلل الحراري ،التغير اللوني ،المقاومة الميكانيكية.

Summary:

The mechanical properties of wood are related to the strength and reaction of wood to any external forces applied to it And this mechanical behavior of wood varies according to several factors depending on the type of force affecting and the nature of the composition of the wood material in terms of structural and chemical composition, as there are multiple external factors affecting the mechanical resistance of wood as well, and the most important factors affecting changes in the mechanical properties of wood are temperature and sunlight, humidity, wind and light sources.

Keywords: parallel fiber pressure, wood nodes, thermal decomposition, discoloration, mechanical resistance.

♦ المؤلف المرسل

مقدمة :

المباني الاثرية جزء من تراث هذه الأمة مما يجب صيانتها وحمايتها ،ومن هنا تعتبر عملية تشخيص مواد البناء من الخطوات الأولى والمهمة التي تهدف إلى هذه الحماية، حيث تعتبر الأخشاب من المواد الأساسية التي استخدمت في هذه المباني، فتعدد بذلك استعمالها في تركيب العناصر المعمارية خاصة في حمل الأسقف لما تتمتع به من خواص ميكانيكية،ومن خلال هذه الدراسة يمكننا التعرف على المادة الخشبية ومظاهر تلفها للوصول إلى منهجية علمية تهدف إلى الحفاظ عليها لأطول فترة زمنية ممكنة خاصة الأجزاء المستعملة في تسقيف البنايات كونها تتعرض لإجهادات وضغوطات خارجية ،ومما لاشك فيه أن الآثار الخشبية تتعرض لمشاكل وأضرار بالغة كونها مادة هيجروسكوبية تتأثر بعوامل تلف مختلفة، مما يسهل من تحللها وإصابتها بمختلف مظاهر التلف ، حيث تتأثر بعامل الرطوبة بصفتها حلقة وصل بين مختلف العوامل الأخرى كالحرارة والضوء من جهة ومن جهة أخرى العيوب الطبيعية التي توجد في أغلب عناصر التسقيف ،وهذا كله يؤثر على الخواص الميكانيكية لعوارض وروافد التسقيف التي نجدها في وضعيات مختلفة لمقاومة الاحمال المسلطة عليها وسوف يتم استعراض بعض الأساليب العلمية التي تم استعمالها في البحث والتي تضمنت الفحص المبدئي بالعين المجردة والتصوير الفوتوغرافي لتشخيص اهم العوامل المؤثرة على الخواص الميكانيكية للأخشاب والتي تتعلق بقوة ورد فعل الخشب لأي قوى خارجية مطبقة عليه حيث يختلف هذا السلوك الميكانيكي له تبعا لعدة عوامل، حسب نوع القوة المؤثرة وطبيعة تكوين المادة الخشبية من حيث التركيب البنائي والكيميائي ،كما أن هناك عوامل متعددة خارجية تؤثر على المقاومة الميكانيكية للأخشاب .

–فما هي أهم العوامل المؤثرة على الخواص الميكانيكية للخشب والتي تسبب ضعف مقاومة القوى المسلطة عليه؟

–وكيف تساهم هذه العوامل في التقليل وضعف الخواص الميكانيكية للعناصر الخشبية المستعملة في التسقيف باعتبارها تعمل على حفظ واستقرار السقف ومقاومة ثقل الحمولات؟

ولتحليل الموضوع انتهجنا المنهج الوصفي لوصف الوضع الراهن لعينات تسقيف ببنايات قصبة الجزائر، و المنهج التحليلي من خلال التعرف على المادة الخشبية وطرق تاثير عوامل تلف مختلفة على خواصها الميكانيكية .

1–المادة الخشبية وبنيتها التكوينية:

1–1–تعريف الخشب:

الخشب هو مادة صلبة ملتحمة ليفية عضوية من أصل نباتي، تتكون عمومًا من الساق والفرع والجذر[1]، ويكون الخشب الجزء الأكبر من الشجرة وهو مادة منتظمة غير متجانسة مكونة من خلايا مجهرية مستديرة الشكل تتميز بالقدرة على التكاثر أثناء نمو الشّجرة[2]، ولكل شجرة نظام غذائي في دورة كاملة حيث تجمع الشجرة عن طريق الجذور الماء

[1] Auge (c) : NouveauLarousse illustré, Tome 2, Librairie Larousse, paris, S.D, p 137
[2] chemani Yona, étude de la microstructure des composites bois ciment par rolaxometriermn du protn .thèse doctorat, université bordeaux1, France, 2009 p30.

والأملاح المعدنية والمواد الغذائية فيما يعرف باسم العصارة ثم تمتصها لأعلى بفضل عدد كثير من الأنابيب والأوعية الممتدة طوليًا بطول الساق ومن خلال عملية البناء الضوئي، تحول العصارة سكريات ونشويات تستفيد منها الشجرة في عملية النمو[3].

2-**أنواع الأخشاب** :

ا:مجموعة الأخشاب اللينة: وهو الخشب الحديث الموجود تحت القشرة مباشرة، ويكون فاتح اللون وخفيف الوزن وتكون الحلقات السنوية واضحة في الخشب الرخو أكثر من الخشب الصميمي، وقليلة المقاومة للرطوبة[4]، كما تكون خفيفة الوزن وفاتحة اللّون وتتميز بوجود كمية لابأس بها من الراتنج مما يعطيها قوة تحمّل ومتانة ولكن معظم الأخشاب الطويلة لا تقاوم الرطوبة[5]، و الخشب الرخو أكثر عرضة للإصابة بالكائنات الدقيقة والحشرات وذلك لتوفر المواد الغذائية ونسبة المياه الكبيرة به[6]،كمايقوم الخشب الرخو بوظائف التدعيم وتخزين المواد الغذائية، وبعض أنواع الخشب الرخو تكون ذات أهمية لبعض الأغراض الصناعية كصناعة لب الخشب لأنه خالي من الأصماغ والراتنج والمواد الملونة أي أنه خشب قابل للتلوين ،ويتحول الخشب الرخو تدريجيًا إلى صميمي بتقدم عمر الشجرة، ويكون مجال استعمالها غالبا في أعمال الأثاث البسيط وأعمال الديكور، والنحت، وأعمال الخرط نظرًا لخصائصها ورخص ثمنها نسبيًا للأخشاب الصلبة، كما تزرع في الغابات البيئية بالمناطق الباردة وتتراوح أعمار الأشجار الصالحة للاستخدام ما بين 35 و40 سنة.

ب -مجموعة الأخشاب الصلبة: وهي الجزء المركزي من الاسطوانة الخشبية في سوق النباتات والتي طرأت عليه تغيرات أدت إلى توقف عناصره عن أداء وظيفة التوصيل، إلا أنها في نفس الوقت تزيد من قيمته ووظيفته التدعيمية حيث يصبح التدعيم هو وظيفته الوحيدة، وتمتلئ عناصر الخشب الصميمي عادة بمواد مختلفة وداكنة اللون كالراتنج التي تسبب دكانة في لون الخشب، وتتميز هذه الأخشاب بصلابتها وتماسك واندماج أليافها، كما تتميز بقلة امتصاصها للرطوبة وقلة تأثرها بالعوامل الجوية عن الأخشاب اللينة ومعظمها يستخدم في صناعة الأثاث وفي الاشغال الخشبية المختلفة ، وهذه الأخشاب الصلبة تحتاج إلى مهارة فنية عالية في التشغيل نظرًا لصعوبة تشكيلها وارتفاع ثمنها، فهي أغلى في الثمن من الأخشاب اللينة[7]ومن أهم هذه الأخشاب الصلبة: خشب الزان، خشب الماهوجني، خشب القرو، خشب البلوط، خشب الجوز.

---

[3] Compredon (j) : le bois, que sais je, presse universitaires de France, imprimerie des PUF, Vendôme, France, 1975, p 8.

[4] R.Brucehoadlay،Under standing Wood acraftsmans،guide to Wood technology، Taunton presse usa،2000، p18

[5] ibid. .p19.

[6] حنان علي ،معالجة الأخشاب باستخدام المواد الطبيعية تطبيقا على العناصر المعماريةالخشبية في احد المباني التراثية في قرية سحم ،رسالة ما جستير ،جامعة اليرموك ،2010.ص.38.

[7] Parvis Naviz and Dick Sandberg,thermo-hudromechanicalprocessing of Wood, epel presse, USA 2012, p 66.

1-3- التركيب الكيميائي للخشب :

-السليلوز: يعتبر السليلوز من أكثر المواد العضوية تواجدًا في المملكة النباتية فهو المكون الرئيسي لجدار الخلايا النباتية[8] ،وأن جزيء السيليلوز يتركب من العديد من الوحدات تتجمع مع بعضها بطريقة لا نهائية في صورة خيطية على شكل سلاسل طولية تتصل وحداتها بروابط كيميائية[9]، وبالتحليل العنصري للسلليلوز نجد أن تركيبه هو $(C_6H_{12}O_6)_n$حيث يتراوح عدد وحدات الجلوكوز في الجزء السيلولوزي للخشب من (8000–10000) ويتواجد السليلوز في صورة لويفات وكذلك ينتج من تجمع اللويفات في أعداد كبيرة تكون الالياف[10] ،ويكون مسؤول بشكل عام عن تقوية الخشب[11]، ويوجد في هيئة ألياف دقيقة صغيرة عادة ما يكون مربع في القطاع العرضي ولكن ليس لها طول محدّد، وتعد وظيفة الألياف الدقيقة للسليلوز منح القوة لجدار الخلية.

-الهيمسيليلوز:هو المكون الثاني بعد السيليلوز حيث تتراوح كمية وجوده في جدر الخلايا الخشبية بين 25–40[12]%، وتختلف كميات الهيمسيليوز الموجودة في الجدر الخلوية للأخشاب الصلبة واللينة، فالأخشاب اللينة تحتوي على كميات أقل من الهيمسيليولوز مقارنة بالأخشاب الصلبة،وهو مادة عديدة التسكر[13] غير سيليلوزية قابلة للذوبان في القلويات والأحماض المخففة الدافئة، والهيمسيليلوز يشبه السيليلوز في التركيب من الناحية الكيميائية ويرتبط به ارتباطا وثيقا، فهو يتركب من المواد الكربوهيدراتية القابلة للذوبان في القلويات ويتكون من سلسلة روابط كما في السيليلوز ولكن درجة بلمرته أقل من السيليلوز حيث يتركب الجزيء من 200 وحدة فقط، ويعمل الهيمسيلولوز على ربط آليات السيليلوز بعضها ببعض بجانب اللجنين[14].

اللجنين: هو المكون الثالث في تركيب خلايا الخشب حيث تتفاوت نسبة وجوده في أنواع الخشب المختلفة[15]، ففي الخشب الصلب تتراوح بين 19– 25% وفي الخشب اللين 25–30%.[16]وهو المادة الداعمة (القوية أو الرابطة) في

[8] Jebrane Mohamed , Fonctionnalisation Chimique Du Bois Par Transesterification des Esters d Enol, Université bordeaux1, 2009 P14.

[9] ماري باردیکو، الحفظ في علم الاثار، ص 316.

[10] Walkerj.F.C. Primary Wood Processing Principles And Practice,London ,1993, P 23.

[11] محمد فكري الهادي متولي شفيق متولي، اساسيات كيمياء البوليميراتوالغروانيات ،الاكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي ط1 القاهرة ،2010 ،

[12] Franz F.P Kolmann ,Principles Of Wood Science And Technology, New York, 1968 P61.

[13] CheumaniYona Op CitP33.

[14] Mohamed Jebrane, Op Cit, P15.

[15] Cheumaniyona,Op Cit , P34

[16]Parviz Navi, FredrecHeger, Comportement Thermo-Hydromécanique Du Bois Application Technologique Et Dans Les Structures, Italie, 2015, P31.

الخشب وهو عبارة عن بوليمر متفرع بعكس السيليلوز الذي يعتبر بوليمرا خيطيًا[17]، وتمثل عملية اللجننة (أي ترسيب مادة اللجنيين) المرحلة النهائية من مراحل تكوين جدار الخلية الخشبية، وينتج اللجنيين البروتوبلازم،و الجدير بالملاحظة هو ملازمة وجود السيليلوز مع اللجنيين(أي أنه لا يوجد اللجنيين منفصل عن السيليلوز اطلاقًا) في حين قد يوجد السيليلوز نقيًا تقريبًا في حالته الطبيعية كما هو الحال في القطن ،ويعتبر المادة المدعمة القوية والرابطة الرئيسية التي تجمع خلايا الخشب مع بعضها والتي ت- المواد البكينية: بالإضافة للمكونات السابقة هناك نسبة قليلة من المواد البكتينية وهي أيضًا مواد كربوهيدراتية أو مركبات قريبة لها، وتشير بعض الأبحاث العلمية إلى أنه لا توجد هذه المواد في الخشب القديم (حيث أنها قد تحولت إلى مكونات تشبه اللجنين)، ولكن الرأي السائد هو وجودها بنسب قليلة وبصورة أساسية في الصحيفة الوسطى والجدار الأولي للخلية النباتية ،كما ان المركبات البكتينية مواد غروية، غير متبلورة، مرنة، وهيدروفيلية وهي تدخل في تركيب المادة البين خلوية التي تربط الجدر الخلوية الفردية، وتوجد المواد البكتينية مرتبطة بالسليلوز في الطبقات المكونة للجدر الخلوية، وتتميز كذلك بذوبانها في الماء المعتدل[18].

-المستخلصات الخشبية: بالإضافة إلى المكونات الكيميائية في الخشب يوجد مركبات اخرى تسمى المستخلصات الخشبية[19]،وهي عبارة عن ترسيبات في جدران وتجاويف الخلايا الخشبية التي تشتمل على المركبات ذات التركيب الجزيئي المنخفض، وسميت هذه المستخلصات بهذا الاسم اعتمادًا على إمكانية استخلاصها من الخشب بواسطة الماء البارد أو الساخن أو بواسطة المذيبات العضوية[20]،و هي المسئولة عن لون ورائحة وطعم الخشب، ومقاومته الطبيعية للتحلل بواسطة الفطريات والحشرات، وهذه المواد أيضًا تؤثر على كثافة الخشب وثبات أبعاده ضد التغيرات في الرطوبة المحيطة به (الانكماش والانتفاخ) كما تؤثر في نفاذية ومسامية وسرعة عملية تجفيف الأخشاب[21].

2- خواص الخشب الميكانيكية والعوامل المؤثرة عليها :

2-1-الخواص الميكانيكية للخشب:

-**خاصية مقاومة الشد:** حين يتعرض الخشب لقوة شد في الاتجاه الموازي لاتجاه الألياف أو المتعامد عليها، فإن مقاومته تسمى مقاومة الشد، فإذا ما كانت هذه القوة أكبر من مقاومة الخشب فإنه ينكسر.

[17] ماري باريكوالمرجع السابق ص317

[18] Marie Christine Troy, Anatomie Bois Formation Fonctions et Identification, Edition Quae, France, 2015, P22.23

[19] Jean Bosco, Op Cit, P13.

[20] Paviz Naviz Op Cit P 33.

[21] Jean Bosco Mbagou, Op Cit, P14.

-**خاصية مقاومة الضغط:** عندما تقاوم ألياف الخشب إحدى القوى المسلطة عليها والتي تعمل في اتجاه موازٍ للألياف أو مائل عليها، فإن هذه المقاومة تسمى مقاومة الانضغاط، وتزداد مقاومة الخشب للانضغاط في الاتجاه الموازي للألياف، كما تقل بزيادة نسبة الرطوبة أو كثرة العقد[22].

-**خاصية مقاومة القص:** تعبر هذه الخاصية عن مقاومة الجزيئات المترابطة سواء بالتكوين الطبيعي أو بالوسائل الفنية (كاللصق بالغراء، أو التثبيت بالمسامير) لقوى التمزق أو الانفصال بما يعرف بمقاومة القص.

-**خاصية مقاومة الانحناء:** تعرف مقاومة الضغط الواقع في الاتجاه العمودي على المحو الطولي، أو المتعامد على اتجاه الألياف بمقاومة الانحناء ويحدث في العناصر الأفقية والشاقولية فإذا تعرّض العنصر الإنشائي الشاقولي مثلاً، للحمولة، فانه سوف ينحني، وإذا زادت الحمولة سيزداد الانحناء، عندها سينكسر العنصر (هذا إذا لم ينكسر من البداية بتأثير القص).

-**مقاومة الانثناء [الالتواء]:** وهي مقاومة الخشب للضغط العمودي على المحور الطولي أي المتعامد على اتجاه الألياف وينشأ الانثناء نتيجة ارتكاز قطعة الخشب على طرفيها أو من الوسط أو على طرف واحد. فإن السطح العلوي يتعرض لإجهاد الضغط بينما يتعرض السطح السفلي لإجهاد الشد فيحدث الانثناء حيث يتراوح مقدار مقاومة الإثناء بين مقدار إجهاد الانضغاط ومقدار إجهاد الشد وتتأثر مقاومة الخشب للانثناء بوجود العقد والترتيب المائل للألياف[23].

2-2-العوامل المؤثرة على الخواص الميكانيكية للخشب:

تتأثر الخواص الميكانيكية للخشب نتيجة لعوامل التلف المختلفة المحيطة به كالحرارة والضوء والرطوبة بصفتها حلقة وصل بين هذه العوامل من جهة والعيوب الداخلية في المادة الخشبية نفسها كالعقد والانحناء والانكماش من جهة أخرى

2-2-1-التاثير الإتلافي للرطوبة:

-تأثير الرطوبة النسبية:

تؤثر الرطوبة النسبية على درجة تشبع الخشب بالماء[24] ، ويتوقف هذا المحتوى على كمية الرطوبة الفعلية الموجودة في مقدار معين من الهواء وكذلك درجة حرارة الهواء المحيط ،وتقدر الرطوبة النسبية في الهواء بنسبة بخار الماء في حجم

[22] صلاح الدين محمود حمد ،المرجع السابق ص68.

[23] السيد عز الدين قنديل، أساسيات تصنيف الأشجار وتعريف الأخشاب، ص ص 209-211.

[24] هزاز عمران ، " المباني الأثرية ، ترميمها ، صيانتها ، والحفاظ عليها " ، منشورات وزارة الثقافة ، المديرية العامة للأثار والمتاحف ، دمشق 1997 ، ص 72.

معين من الهواء على وزن بخار الماء في نفس هذا الحجم عند درجة التشبع[25] ، وعلى ذلك فإن الخشب يمتص الرطوبة من الهواء ويفقدها بناء على التغير في الرطوبة النسبية مما يؤدي إلى زيادة أو نقص الماء الحر بالخشب وبالتالي إلى إنتفاخ الخشب وانكماشه علاوة على سريان ذلك الماء على هيئة ماء في تجاويف الخلية مما يسمح للألياف بالإنزلاق الواحدة فوق الأخرى، هذه الظاهرة تفسر عن طريق إكتساب زيادة في المرونة[26]، وعندما يحدث ارتفاع في الحرارة فإن الماء الحر المحتوى داخل الخشب يتبخر وينتج عن ذلك جفاف ويتضح ذلك في تقارب الألياف مع بعضها البعض، هذه الظاهرة تتصف بفقدان مرونة الأنسجة ويصبح الخشب غير طبيعي وقابل للتشققات ، وتبدو من خلال مظاهر التلف على المادة الخشبية ان نسب الرطوبة تؤثر تاثيرا متفاوية حيثتؤثر الرطوبة المرتفعة (أكثر من 75 %) على المادة الخشبية بواسطة امتصاصها لكميات كبيرة من الرطوبة مما يؤدي إلى انتفاخ الخشب وزيادة وزنه وتمدده،كما تتسبب في تكثيف قطرات من الماء على السطح والذي بدوره يدعم الرابطة بين جزيئات التلوث وسطح الأثر مسببة اتساخه بالاضافة الى انها تعمل على إذابة الغازات الملوثة للهواء وتكوين الأحماض المتلفة للأثر وهذا ما يساعد نمو الكائنات الحية الدقيقة سواء فطريات أو بكتيريا التي تتغذى على السيليلوز المكون لخلايا الخشب.

اما تأثير الرطوبة المنخفضة (أقل من 35%) فيظهر جليا من خلال انكماش المادة الخشبية بفعل فقدها للماء حيث تظهر تشوهات الالتواء والتشققات وانفصال وشروخ[27]،اما التغيرات المفاجئة في نسب الرطوبة فتؤدي الى حالة عدم الاستقرار و الاتزان من خلا ظاهرة انتفاخ الخشب بفعل امتصاص الرطوبة وارتفاع نسبتها في الهواء المحيط، وانكماش بفعل فقد هذه الرطوبة عند انخفاضها في الهواء المحيط[28] ،حيث ينتج عن ذلك التأثيرات الآتية :

–حدوث تغيرات في أبعاد الخشب ويفقده القوى الميكانيكية ،بالإضافة الى تشوهات الالتواء مثل : الانحناء ، الالتواء، الانفتال (الالتفاف) ، التقوس.كما تظهر تغيرات في أبعاد الخشب الى تشقق وانفصال الاجزاء انفصالا جزئيا أو انفصال كامل في صورة قشور.

[25] حسام الدين عبد الحميد : المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية ، ص 175 .

[26] سيلفيا دو لابووم : " الحفظ في علم الآثار" : ترجمة د/محمد أحمد الشاعر : المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية : ص 333 / مجلد 22 ، سنة 2002 .

[27] Saloua Ghazil Etude De La Migration Des Fluide Dans Le Bois, Thèse Doctorat, Université Henri Pointcarré France, 2010. P37

[28] ماري باردیکو الحفظ في علم الاثار **تر** محمد احمد الشاعر المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية بالقاهرة 2002 ص 221.

صورة 01 رطوبة على الجدران وفي الأخشاب نتيجة تسرب مياه الأمطار أومياه الرشح مع حدوث انتفاخ وتمدد في أبعاد الخشب **عن الطالب**

صورة 2 طبقة من الإتساخات تغطي الخشب بتأثير التلوث الجوي الذي يساهم مع الرطوبة في ظاهرة التعفن **عن الطالب**

2-2-2- التأثير الإتلافي للضوء:

يتضمن التأثير الإتلافي للضوء على الأخشاب ما يلي :

-يؤدي إلى اصفرار الأخشاب وضعفها وتقصفها[29] ، ويعود ذلك إلى تأثير الأشعة فوق البنفسجية والتي تحلل الألياف ضوئيا مما يؤدي الى تكسير جزيئات السيليولوز .كما ان الاخشاب الفاتحة اللون عند تعرضها لأشعة الشمس لمدة طويلة وفي ظروف جوية جافة يتغير لونها الى اللون البني القاتم، في حين يتحول الى اللون الرمادي في ظروف جوية رطبة ،ويرجع هذا التحول العملية الأكسدة للأشعة فوق البنفسجية والتي تؤكسد اللجنين كما ان تحول اللون الى اللون الرمادي يعود الى طرد منتجات اللجنين الذائبة أو القابلة للذوبان الى خارج الخشب[30] ،ويلاحظ تعرض بعض أنواع الخشب للضوء المرئي وللأشعة فوق البنفسجية القريبة الى ظاهرة التبييض -أي يكون الخشب أكثر بياضا- ويرجع ذلك الى ظاهرة الوهن الضوئي، وبالرغم من أن الطاقة المتولدة عن هذه الموجات غير كافية لكسر الروابط بين ذرات الجزيئات الكبيرة المكونة للألياف إلا أن التلف يستمر بصفة غير مباشرة نتيجة للتعرض المستمر للضوء مما يؤدي الى ظاهرة التبيض وما يصاحبه من تهتك للجزيئات[31].

كما تؤثر الأشعة تحت الحمراء في رفع درجة حرارة الجو المحيط بالأثر لما تحتويه من طاقة حرارية مما يؤدي الى تلف الأثر بفعل الحرارة المتولدة ،اما الأشعة فوق البنفسجية والموجات القصيرة في الضوء المرئي وخاصة في وجود الرطوبة فهي تساهم تغير اللون مسببة بهتان أو اضمحلال أو زوال بعض الألوان الحساسة للضوء نتيجة لعملية الأكسدة الضوئية وهو تلف غير استرجاعي .ويساهم الضوء بصفة عامة في تلف المواد البروتينية (كالغراء) المستخدم

[29] Cronyn , J, M ,. « The Elements Of Archaeological Conservation » ; Rout Ledge , New York , 1990.p37.

[30] نادية لقمة ، " علا ج وصيانة الأخشاب تطبيقا على أحد عربات الملك توت علخ آمون " ، ص 37.

[31] Thomson .G , « The Mussem environment « Butterworth Heinemann, 1986 p10-16

كوسيط لوني وكذلك في لصق مادة التذهيب وذلك في وجود الرطوبة وتتسبب الأشعة تحت الحمراء في حالة الإضاءة الصناعية والتي لها تأثير حراري فعال الى انفصال وتقشر لأجزاء من طبقة التلوين ويطلق على هذه العملية مصطلح التقشير.

صورة 3 ظاهرة التغير اللوني بسبب الضوء الطبيعي الذي أدى إلى اصفرار الخشب وضعفه بسبب تحلل الألياف الناتج عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية **عن الطالب**

صورة 4 تأثير الضوء الاصطناعي على السطح الداخلي لعوارض التسقيف **عن الطالب**

2-3-2- التأثير الإتلافي للحرارة

تلعب درجة الحرارة المحيطة بالآثار الخشبية دورا هاما في تلفها وذلك لحساسية الأخشاب الشديدة للتغيرات في درجة الحرارة نتيجة لخاصيتها الهيجروسكوبية، حيث ترتبط درجة الحرارة ارتباطا وثيقا بعامل الرطوبة النسبية، ويتوقف تأثير كل منهما على الآخر حيث أننا نجد أنه في حالة ارتفاع الرطوبة النسبية تنخفض الحرارة والعكس صحيح.

ويمكن تناول التأثير الإتلافي للحرارة على الأخشاب كما يلي:

-يتسبب ارتفاع درجة الحرارة المحيطة بالإثار الخشبية في تبخر جزء من محتواه المائي مما يؤدي الى حدوث جفاف لجدران الخلايا وبالتالي يحدث الانكماش في الخشب مما ينتج عنه تغير في أبعاده وحدوث التشققات أو تشوهات الالتواء كما لوحظ أن متانة الخشب تنخفض مع ارتفاع الحرارة وتزيد مع البرودة .

كما ان التحلل الحراري البطيء أو الانحلال الحراري الذي يحدث من خلال استمرار التعرض لدرجات الحرارة العالية وبمرور الزمن الى تحلل الخشب حيث يفقد جزء من الماء الذي يدخل في تركيبه مسببا حدوث نقص في وزنه (يتم ذلك في وجود أو عدم وجود الأكسجين وان كان يتم بمعدل أبطأ في عدم وجود الأكسجين)،ويتحكم في حدوث التحلل الحراري البطيء للخشب عاملان يتناسبان معا طرديا وهما عامل الزمن وعامل الحرارة التي يتعرض لها الخشب، أو كلما ارتفعت درجة الحرارة وزادت وطالت الفترة الزمنية زاد تأثير التحلل البطيء للخشب ،والخشب القديم يكون أكثر تعرضا للتحلل الحراري البطيء وفقدان جزء من الماء الداخلي في تركيبه وذلك بمرور الزمن عليه عند درجة الحرارة العادية ،وتعد الرطوبة عاملا مساعدا على سرعة التحلل الحراري البطيء في درجات الحرارة العادية لأن عملية التحلل

المائي لمكونات الخشب والتي تحدث بفعل الرطوبة تتماشى مع عمليات التحلل الحراري البطيءحيث يصبح تأثير التحلل مزدوج، مما يساعد على زيادة نسبة التلف في الخشب[32]،ومنالياات التلف الشائعة بسبب التحلل الحراري ظاهرة تمزق الهيمسليولوز و السيليولوز ثم اللجنين مما ينتج عنه تآكل الخشب وضعفه وهشاشيته، حيث يمكن أن تنفصل ألياف كاملة منه عند تعرضه للاحتكاك فيكون قليل المقاومة سهل الخدش والكسر، وتظهر بعض الألياف نافرة على سطحه حيث تنفصل بسهولة[33] ،كما تتسبب الحرارة في توفير الطاقة اللازمة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة ولنمو الحشرات المتلفة للآثار[34] ،مما يؤدي الى الزيادة في تلف المادة الخشبية .

صورة5 شروخ وانفصالات منها ماهو متسع عميق والبعض دقيق سطحي على طول الرافدة الخشبية ناتج عن تاثير درجات الحرارة لفترة طويلة **عن الطالب**

صورة6 طبقة سوداء ناتجة عن غازات التلوث الجوي **عن الطالب**

2-2-4-التاثر الإتلافي للتلوث الجوي:

يعرف التلوث الجوي بصفة عامة بأنه كل تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية والذي لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل اتزانها ،والتغير الكمي يمكن أن يكون بزيادة نسبة المكونات الطبيعية أما التغير الكيفي فيكون بإضافة مركبات غريبة عن الأنظمة البيئية الطبيعية حيث تعرف هذه المركبات في هذه الحالة باسم الملوثات والتي تؤدي الى نتائج ضارة بالأثر[35] ،ويزداد التلوث الجوي بسبب التقدم الصناعي نظرا لارتفاع نسبة النفايات والمخلفات الناتجة عن المصانع والسيارات مما يزيد نسبة الأدخنة والغبار المتطاير في الهواء و الذي يؤدي بدوره الى زيادة تأثير التلف على الأثار[36] ،ومن أهم عناصر التلوث الجوي تأثيرا على الآثار العضوية وخاصة الأخشاب نجد الهيدروكربونات الغازية المنبعثة من الاشتعال الغير كامل لمواد الوقود وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت،

[32] Stamn , J , A , « Wood deterioration and its prevention conservation of wooden objects Vol ; 2 ;2nd, Edit ; 1971, New York
[33] Wayne , K , « Wood as an industrial arts materials « , New York , 1974, pp23-26.
[34] Cronyn, J, M, .Op cit, p35.
[35] رشيد الحمد ،" البيئة ومشكلاتها" ، الطبعة الثانية ، علم المعرفة ، الكويت ، 1979 ، ص 155.
[36] Tripathi ; A. ; «Air Pollution Protect Global Earth Series » , Vol , I, New Dilhi , 1993.p,283.

وغاز كبريتيد الهيدروجين ،وأكاسيد النيتروجين ،وغاز الأوزون[37].وفيما يلي تناول أهم هذه الملوثات وتأثيرها الإتلافي على الأخشاب .

-غازات التلوث الجوي :

-غاز ثاني اكسيد الكبريت So2:

المصادر الرئيسة لوجود ثاني أكسيد الكبريت في الهواء هي حرق الوقود سواء في المصادر الصناعية وبالإضافة الى الكثافة المرورية بالمنطقة[38].

يؤثر هذا الحمض على الأخشاب حيث يسبب تلف الخشب وتآكله وانفصال أليافه ويؤدي الى تلف سطحه وتنافر أليافه وتحوله الى الشكل المعروف باسم مظهر الصوف[39]،ويتفاعل حمض الكبريتيك مع مادة كربونات الكالسيوم المتواجدة في الجو الى كبريتات الكالسيوم على سطح الأثر وفقا للمعادلة التالية :

$$H_2SO_4+CaCO_3+H_2O \longrightarrow CaCO4+2H_2O+CO_2$$

حيث ينشط هذا التفاعل في وجود آثار من أكسيد الحديد في درجة حرارة عالية أو في وجود ضوء مما يزيد من معدل التلف ، وتؤثر عملية تحلل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 الى حمض الكبريتيك بمساعدة الأتربة المتواجدة على الأثر (أكاسيد الحديد أو النحاس) الى ضعف أو تبقع وتهتك وتحلل السليولوز وإعطائه مظهر الهشاشية للألياف ،وكذلك يعطي لون الاصفرار للخشب نتيجة هذا التحلل ويؤدي أيضا الى قصر الألوان[40].

-غاز ثاني أكسيد الكربونCO_2 :تبلغ نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 15%في الطبيعة[41]،وهو ينتج من الاحتراق غير الكامل للوقود وكذلك يتولد من المصادر الطبيعية لتنفس الانسان ،ومن أكسدة أول أكسيد الكربون، ويزيد المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة للتقدم الصناعي وهو يقوم كعامل متلف حيث يؤدي الى تلف الآثار بتأثير الحرارة العالية حيث أن غاز ثاني أكسيد الكربون يسبب رفع درجة حرارة الجو .

---

[37] Thomson .G , Op.Cit. P130.

[38] بهاد الدين محمد حسانين : "دراسة صيانة مقتنيات المتاحف واحدى المناطق الأثرية من تأثيرات الملوثات البيئية ،دكتوراه ، كلية الآثار 2000 م ، ص 412.

[39] Hiking ,N, Wood Destroying Insects And Works Of Art In Conservation Of Wood In Object 2nded ; V;2,IIC ; London ; 1970 , PP ; 75-80.

[40] Vnrao and Hhvnroa, " Air Pollution " ,New Delhi , 1992 , PP ; 4-5.

[41] زين الدين عبد المقصود، أبحاث في مشاكل البيئة، منشأة المعارف بالإسكندرية،القاهرة، د.ت ص81.

-غاز ثاني أكسيد النيتروجينNO_2 :

إن هذا الغاز مع وجود الرطوبة يكون خليط من حمض النيتريك وحمض النيتروز حيث ينحل هذا الأخير الى حمض النيتريك و أكسيد النيتريك والماء وفقا للمعادلات الآتية :

حمض النيتروزHNO_2+حمض النيتريك $2NO_2+H_2O \rightarrow HNO_3$

حيث يقوم الحمض كعامل متلف على النحو التالي: $3HNO_2 \rightarrow HNO_3+2NO+H_2$

ويحلل الحمض السليولوز تحليلا مائيا يتضمن كسر الروابط الجلوكيزيدية في سلاسل السيليولوز حيث ينتج سلاسل أصغر ذات وزن جزئي أقل هي الهيدروسليولوز وبالتحلل المائي الكامل تنتج في النهاية وحدات الجلوكوز[42] ، حسب المعادلة التالية : $(C_6H_{10}O_5)_n+NH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

صورة7 طبقة من الإتساخات تغطي الخشب بتأثير التلوث الجوي الذي يساهم مع الرطوبة في ظاهرة التعفن **عن الطالب**

صورة 8 وجود كسور وانفصالات للعوارض والروافد والالياف ناتج عن تلوث البيئة **عن الطالب**

-2-5-التأثير الإتلافي للعيوب الطبيعية للخشب:

-**العقد الخشبية** :تنشا العقد من توالد الفروع من الساق الام حيث تكون قاعدة الفرع مغمورة داخل النسيج الخشبي ، و عند عمل قطاع طولي [و هو اللوح الخشب المنشور] في هذه المنطقة ، تظهر فيه العقدة من خلال اتصالها بالنسيج الخشبي[43] ، حيث تعد في هذه الحالة قطاع عرضي للفرع مغمور داخل القطاع الطولي للساق ، و هناك انواع مختلفة

[42] حسام الدين عبد الحميد ، " الآثار والمؤثرات البيئية " ، ندوة المؤتمر الثقافي بكلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 1991.

[43] Technology (Solidwood) Springer Verlag، New York Inc. 1968.p79.

من العقد منها العقد المحاطة بالنسيج الخشبي و العقد المتداخلة مع الالياف[44] ،وهي تنحصر في نوعين أساسيين هما

– العقد الحية :هي اثار من فروع مدفونة داخل جذع الشجرة اثناء عملية النمو . و تظهر على شكل دوائر او اشكال بيضاوية لونها اغمق من لون الخشب نفسه . ولا ينتج عنها مشاكل كبيرة رغم انها عيب بالخشب و تكون ملتصقة بشدة بألياف الخشب المحيطة بها حيث يحتوي على نسبة عالية من المواد الصمغية[45] .

–العقد الميتة : تتكون نتيجة وجود فرع جاف ميت و تحيط به الياف الجذع . و يعد هذا العيب احد العيوب الخطيرة ليس فقط من ناحية الشكل و لكن من الناحية الانشائية فان هذا يؤدي الى ضعف الخشب بحيث لا يعتمد عليه كخامة انشائية كما انها تعيق تصنيع الخشب حيث تنفصل منه عند عملية المسح او الشق و يميل لونها الى الاسود و تقل نسبة المواد الصمغية فيها[46].

صورة 9تآكل للعقد بسبب ظاهرة التسوس والإصابات الحشرية **عن الطالب**

صورة 10 عقد خشبية من النوع شبه منفصل من السهل انفصالها عن الألياف بسبب خلخلتها عند تعرضها لعامل الحرارة والجفاف **عن الطالب**

–**الالتواء:** هو انحناء الجذع بالنسبة لطوله ، ويمكن أن يكون انحناء باتجاه واحد أو بعدة اتجاهات[47]، وهذا الالتواء يقلل من خصائص الخشب خاصة إذا كان في وضعية مقاومة للضغط الموازي للألياف ، ويسمى التفافا ويحدث في أول أطوار نمو الشجرة لأن جذعها يكون طريا وخاصة إذا تعرضت للرياح الشديدة وقد يكون في جزء من الجذع أو الجذع كله .

[44] وارنر هيرت ،اشغال النجارة العامة الاسس التكنولوجية ،ترجمة عبد المنعم عاكف ،دار الاهرام، دار النشر الشعبية للتأليف ،المانيان 1970 ص 20

[45] J.P.Barette .Bois Et Matériaux Associes Editions Delagrave, Paris 2013,p36

[46] ibid ,p36.

[47] وارنر هيرت المرجع السابق، ص 18.

ISSN: 1111-7699
EISSN 2600-6499

–**الانكماش:**إن الخشب ليس من المواد المتجانسة وبالتالي فانه من خلال عملية التجفيف ينكمش بمعدلات مختلفة تبعا لاتجاه الألياف ومن المعروف انه كذلك مادة هجروسكوبية محبة للماء نظرا لوجود مجاميع الهيدروكسيل الحرة وسلاسل السليلوز والهيميسيليلوز واللجنين والتي لها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء ،فإذا امتص الخشب الماء أو بخاره من الوسط المحيط به فانه ينتفخ وإذا فقد الماء نتيجة لعمليات التجفيف فانه ينكمش .

صورة11 ظاهرة الالتواء بخشب تسقيف متعرض لضغط موازي للألياف **عن الطالب**

صورة12 ظاهرة انكماش روافد تسقيف نتيجة جفاف الخشب **عن الطالب**

خاتمة:

تعتبر الميزة الحاسمة في المادة الخشبية باعتبارها مادة أساسية في بناء الأسقف هي سعة الوزن والمقاومة للأحمال المتمثلة في مقاومة إجهاد الضغط والشد والصدمات ،وقد لوحظ أن هذه المادة بصفتها عضوية غير متجانسة تتعرض لكثير من العوامل التي تؤثر عليها وتتلفها ،حيث تختلف هذه العوامل في أسلوب وطريقة إحداث هذا التلف ، فقد تكون موجودة داخل المادة الخشبية بذاتها كالعقد وعدم انتظام الجذع حيث تمثل العقد نقط ضعف وتشويه خاصة عند انفصالها عن موضعها تاركة فجوة خلفها مم يؤدي غلى نقص الوزن فيزيائيا و ضعف البنية ميكانيكيا وبالتالي التقليل من مقاومة الضغط الموازي أو العمودي على الألياف في اتجاه أماكن هذه العقد أو عوامل خارجية فيزيوكيميائية كالحرارة الرطوبة والضوء حيث تؤدي هذه العوامل مجتمعة خلال مدة زمنية معينة إلى التأثير على مقاومة الأخشاب وضعف خواصها الميكانيكية بالإضافة الى التغير في الشكل والتركيب الداخلي لها ،فالرطوبة ومن خلال أشكالها المختلفة تساهم في انقاص الخواص الميكانيكية حيث يزداد تأثيرها بمساعدة العوامل الأخرى كالحرارة والضوء وهذا ما يؤدي إلى نتائج كتآكل وضعف العوارض الخشبية خاصة عند التقائها مع الجدران بالإضافة الى هشاشيه وضعف في سطح المادة الخشبية مع ظهور شقوق وانفصال في روافد وعوارض التسقيف حدوث تقوس في الخشب وانفصال القشرة مع قابلية للإصابة بالكائنات الحية ، من خلال عملية التشخيص الميداني لحالة الاسقف الخشبية بقصبة الجزائر

لاحظنا ان العناصر الخشبية المكونة للسقف تعتبر عنصرا هام للمقاومة الميكانيكية كونها حاملة للضغوطات الخارجية ومختلف القوى والاجهادات الواقعة عليها، الا ان مظاهر وعوامل ومسببات التلف المنتشرة تؤدي الى اضعاف هذه المقاومة لروافد وعوارض التسقيف حيث يمكننا بعد تشخيصها اعداد برنامج صيانة وترميم من خلال الوقوف على النتائج التالية :

–تآكل وضعف العوارض الخشبية القديمة خاصة عند التقائها مع الجدران والتي تظهر في شكل قطع حاد في الخشب كما تساهم الأملاح المعدنية الناتجية عن الطبقات الاسمنتية بعد تفاعلها مع الرطوبة ومياه الامطار في تلف المادة الخشبية .

–وجود عوارض خشبية منخنية وأخرى مكسورة نتيجة الثقل الواقع عليها من الطبقات العلوية بسبب التدخلات العشوائية على السقف

–يلاحظ أن اجزاء السقف من روافد و عوارض الممتدة إلى الخارج اكثر تلفا من الأجزاء الموجودة بالفضاء الداخلي وهذا راجع إلى تفاعلها المباشر مع عوامل المحيد الخاريجة ومن رطوبة وحرارة وتلوث جوي.

–إن عملية التبدل المناخي بين ارتفاع وانخفاظ درجة الحرارة وزيادة الرطوبة النسبية وما يتبعها من إرتفاع المائي داخل الخشب يؤدي إلى تمدد الأخشاب ومن ثم تصبح الفرصة سانحة أكثر بالنسبة إلى الكائنات الدقيقة والحشرات لمهاجمة الأخشاب مع ظهور بقع سوداء اللون على سطح الخشب حيث تشير أماكن تركز البقع إلى مناطق يزداد فيها معدل الرطوبة .

–من أهم مصادر الرطوبة الأمطار التي تسقط على الأسقف الخشبية حيث تتراكم وتتسرب من خلال السقف آليا إلى الطبقات السفلى الحاملة لعناصر السقف الخشبية مؤثرة عليها حيث تسرع من معدلات التلف الكيميائي و زيادة معدلات التلف الميكروبيولوجي كما تؤدي إلى حدوث نمو ملحوظ لبعض الكائنات الدقيقة

–المادة الخشبية مادة عضوية هيجروسكوبية تتأثر بعامل الرطوبة النسبية حيث تمتص و تفقد الرطوبة في الجو الرطب و الجو الجاف على التوالي وبالتالي تتكمش وتتمدد تبعا لذلك مسببة تلف الأسقف كما يؤدي تكرار العملية إلى إضعاف الخواص الميكانيكية للمادة الخشبية .

–هشاشة وضعف في سطح الخشب نظرا لوجود عيوب طبيعية مثل العقد التي تأثر بانفصالها أو تعفنها إلى إحداث فجوات في الروافد أو العوارض الحاملة للسقف مما يخفف من وزنها ويضعف من قوة تحملها للضغط المسلط عليها ن

ونظرا لظروف الحال فمن الضروري بذل الجهود في سبيل علاج وصيانة العناصر الخشبية التي تعتبر جزء مهما من التراث المعماري وهذا من خلال ابداء الاراء التقنية فيما يتعلق باعادة تاهيل المباني التاريخية القديمة في ظل ظروف مواد البناء الراهنة مع تقديم اساليب لترميم الاسقف المتضررة جراء العوامل المحيطة كما يجب ان يتم اصدار قوانين وتشريعات تنظم عمليات وممارسة الترميم ووضع منهج وقاية من التلف كهدف لحماية المواقع الاثرية والصد للتدخلات العشوائية واخطاء الترميم.

قائمة المراجع

-Auge (c) : NouveauLarousse illustré, Tome 2, Librairie Larousse, paris, S.D.

-chemani Yona, étude de la microstructure des composites bois ciment par rolaxometriermn du protn .thèse doctorat, université bordeaux1, France, 2009.

-Compredon (j) : le bois, que sais je, presse universitaires de France, imprimerie des PUF, Vendôme, France, 1975..

-R.Brucehoadlay،Under standing Wood acraftsmans،guide to Wood technology، Taunton presse usa،2000..

-Parvis Naviz and Dick Sandberg,thermo-hudromechanicalprocessing of Wood, epel presse, USA 2012.

-Jebrane Mohamed , Fonctionnalisation Chimique Du Bois Par Transesterification des Esters d Enol, Université bordeaux1, 2009 .

- Walkerj.F.C. Primary Wood Processing Principles And Practice,London ,1993.

-Franz F.P Kolmann ,Principles Of Wood Science And Technology, New York, 1968

-Parviz Navi, FredrecHeger, Comportement Thermo-Hydromécanique Du Bois Application Technologique Et Dans Les Structures, Italie, 2015..

-Marie Christine Troy, Anatomie Bois Formation Fonctions et Identification, Edition Quae, France, 2015.

-Saloua Ghazil Etude De La Migration Des Fluide Dans Le Bois, Thèse Doctorat, Université Henri Pointcarré France, 2010.

-J.P.Barette .Bois Et Matériaux Associes Editions Delagrave, Paris 2013.

-حنان علي ،معالجة الأخشاب باستخدام المواد الطبيعية تطبيقا على العناصر المعماريةالخشبية في احد المباني التراثية في قرية سحم ،رسالة ما جستير ،جامعة اليرموك ،

-محمد فكري الهادي متولي شفيق متولي، اساسيات كيمياء البوليميراتوالغروانيات ،الاكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي ط1 القاهرة ،2010 ..

-هزاز عمران ، " المباني الأثرية ، ترميمها ، صيانتها ، والحفاظ عليها " ، منشورات وزارة الثقافة ، المديرية العامة للأثار والمتاحف ، دمشق 1997.

–حسام الدين عبد الحميد : المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية .
–سيلفيا دو لابووم : " الحفظ في علم الآثار" : ترجمة د/محمد أحمد الشاعر : المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية .
–ماري باريكو الحفظ في علم الاثار تر محمد احمد الشاعر المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية بالقاهرة 2002 .