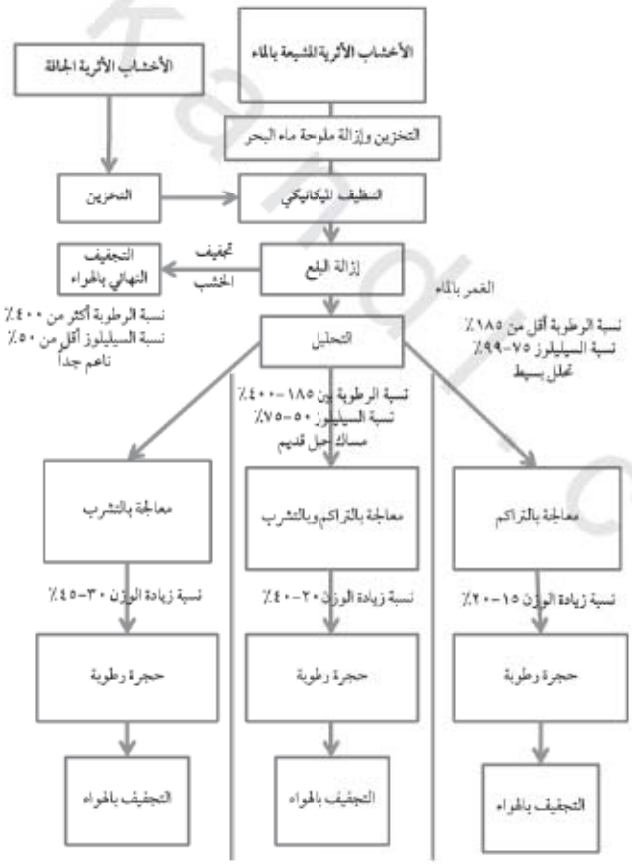
الفصل الثاني

الأخشاب الأثرية
Archaeological Wood



الشكل (٤). رسم بياني يوضح معالجة الأخشاب الأثرية.

طرق معالجة الأخشاب الأثرية كما وردت في النصوص المتعلقة بعمليات ترميم الآثار

حجر الشب (Alum)..... هش وثقيل الوزن، وأبعاده غير واضحة المعالم

بورات الباريوم (Barium Borate)..... ما من معلومات حولها

كريوزوت (Creosote)..... مادة مسرطنة

التجفيف بالتجميد (Freeze Dry)..... يحدث تشققات في جدران الخلية، يحتاج استخدامه إلى معالجات سابقة

الغليسيرين (Glycerol)..... يسبب الانهيار والانكماش – ماص للرطوبة

زيت بذر الكتان (Lindseed Oil).... يسبب ليونة ويحبس الرطوبة

سيللوز الميثيل (Methyl Cellulose)..... يقلل من نسبة الاختراق

شمع البارافين (Paraffin Wax). يقلل من نسبة الاختراق – داكن وثقيل

بولي إيثيلين جليكول (Polyethylene Glycol).. يعطي نتائج جيدة في التراكم والتشرب

٤٠٠

٦٠٠

٤٥٠ مزيج

٤٠٠٠

بلمرة الجزيئات الأحادية (Polymerization of a Monomer)

جزيء الفينيل الأحادي (vinyl Monomer)..... غير قابل للاسترجاع

زيت السيليكون (Silicon Oil)..... غير قابل للاسترجاع

مادة راتينج القلفونية (Rosin)..... قابلة للاشتعال – تؤدي إلى تغيير مظهر القطعة الأثرية

الملح (Salt)..... لا يمنع من الانهيار

التجفيف البطيء (Slow Dry)..... لا يمنع من الانهيار

سيليكات الصوديوم (Sodium Silicate)..... غير قابل للاسترجاع

التجفيف باستخدام المواد المذيبة (Solvent Drying).... قابلة للاشتعال – لا تمنع من الانهيار

الإيثانول (ethanol)

الأسيتون (aceton)

الميثانول (methanol)

الشكل (٥). خلاصة طرق معالجة الأخشاب.

obeikandl.com

السكاكر (Sugars)..... تعمل جميعها كمعاملات تراكم لدى تسخينها

فروكتوز (fructose)

المانيتول (manitol)

السوربيتول (sorbitol)

سكروز (sucrose)

سكر غير مكرر (unrefined)

تيتراثوكسي سيلين ("TEOS" Tetraethoxy Silane) غير قابل للاسترجاع

تابع الشكل (٥).

بنية الأخشاب ونظرية تحللها

Wood Formation and Degradation—Theory

لقد تفوقت تكنولوجيا صناعة الأخشاب، والأدوات المستخدمة في ذلك عملياً على سائر المواد الأخرى التي صنعها البشر، وذلك من حيث تنوع استخداماتها وتعدد خصائصها. وتشكل الآثار الخشبية معظم القطع الأثرية الأولية، التي يتم الكشف عنها في الكثير من المواقع الأثرية، ومن هنا كان لابد من إيرادها في هذا الكتاب كونها المادة الرئيسة الأولى[٤]. فالخشب مادة عضوية متينة تنتجها الأشجار والشجيرات ويمكن إعادة تصنيعها بسهولة، أما الأدوات التي استخدمها البشر لإعادة تصنيع الأخشاب فمن المحتمل أنها تعود إلى فترة ما قبل نشوء الحضارة واللغة، حيث استخدمت الأخشاب لصناعة الكثير من القطع الأثرية المتنوعة بدءاً من الأسلحة والمنازل والأكواخ وصولاً إلى الآلات الموسيقية والأحذية والسفن، ولكن إذا أردنا أن نفهم الدور الرئيس لاستخدام الخشب في الأدوات والقطع الأثرية فمن الضروري لنا أن نفهم أيضاً بعضاً من خصائص الخشب إلى جانب بنيته.

---

(٤) يتحدث هنا المؤلف عن البلدان الأوربية والأمريكية.

يتمتع الخشب بالكثير من المزايا المختلفة مثله كمثل بعض المواد الحديثة، مثل: البلاستيك. كما أن كل نوع من أنواع الخشب قد استخدم لغرض معين على مرّ العصور، فمثلاً يتمتع خشب السنديان (oak) الأبيض بالمتانة والقوة، كما أنه يقاوم الماء (waterproof) إلى حدٍّ بعيد، إلاّ أنه هش وهذا ما يجعله مثالياً لصناعة الأقواس والمقابض التي تناسب أدوات الحفر، كما أنه يفتقر إلى المرونة التي يتمتع بها خشب الطقسوس[٥] (yew)، أو شجر الدردار (ash) الذي يشتهر برأسه المستدق، الذي يتحمل أعتى العواصف، وخشبه ذي اللونين الأصفر والأبيض، ويمكن تصنيعه بسهولة لكونه يمتاز بالمرونة، إلاّ أنه ليس على قدر كبير من المتانة. وبالنسبة لباقي أنواع الخشب كخشب الأرز (cedar) فإنها تتمتع بالمتانة ومقاومة عوامل الزمن عند استخدامها لصناعة الكثير من الأشياء. ولقد عرف القدماء قيمة كل نوع من أنواع الأخشاب وذلك تبعاً لمتطلباتهم الحضارية، ولهذا لا يمكننا أن ننظر إلى الخشب على أنه مادة واحدة منسجمة الخصائص، ولكن علينا أن ننظر إليه على أنه مادة تضم مجموعة متنوعة من المواد ذات الخواص المتباينة، والتي تستعمل لإنتاج الكثير من القطع الأثرية.

ثمة الكثير من الأبحاث العلمية التي أجريت حول الأخشاب الأثرية، ويعرض كتاب هـ. ج. بلينديرليث و أ. ي. أ فيرنر (H. J. Plenderleith and A. E. A. Werner) "صيانة الآثار والأعمال الفنية" (The Conservation of Antiquities and Works of Art) الذي نشر عام ١٩٥٦م، أو كتاب أ.ج. ستام (A. J. Stamm) الذي صدر قبله ويقوم على البحث عن الشمع القابل للذوبان في الماء، لبعض التساؤلات التي أثيرت منذ القدم، أما المقالات الأخرى فتشمل ما كتبه برورسون كريستنسون و ج. دو يونغ (Brorson Christensen and

(٥) شجرة دائمة الخضرة من فصيلة الصنوبر (منير البعلبكي، ٢٠٠٦م).

(J. de Jong) من بحث مطول عن طرق لتصنيف حالات تحلل الأخشاب الأثرية، ومن المراجع القديمة المتوفرة في معظم المتاحف يمكننا أن نذكر كتاب ب. موهلينثالر ولارس باركمان ونواك (B. Muhlenthaaler, Lars Barkman, and Noack) الذي يحمل عنوان: "صيانة الأخشاب المشبعة بالماء والجلود الرطبة" (Conservation of Waterlogged Wood and Wet Leather) الذي صدر عام ١٩٧٣م. ولم يعد الاهتمام بالأخشاب الأثرية حكراً على علماء الآثار وفنيي الترميم الأثري الذين كانوا يشكلون الفئة الوحيدة، التي تهتم بهذا المجال بل أصبحت البنية الداخلية للأخشاب وتصنيفها مؤخراً محور اهتمام علماء الأحياء والعلماء، الذين تخصصوا بدراسة الأخشاب وقدموا لنا أعمالاً قيمة في هذا المجال، مثل: كتاب أ. ج. بانشن و س. دو زياو (A.J. Panshin and C. de Zeeuw) تحت عنوان: "كتاب حول تكنولوجيا الأخشاب" (Textbook of Wood Technology)، الذي صدر عام ١٩٧٠م، ويعدّ مرجعاً مفيداً لتحديد أنواع الأخشاب باستخدام المجهر.

يمكن تقسيم الأخشاب تبعاً لأصنافه إلى ثلاثة أنواع:

١ - أحاديات الفلقة (monocotyledons).

٢- الأخشاب الصلبة (hardwoods) (أي ثنائيات الفلقة وكاسيات البذور) (dicotyledons and angiosperms).

٣- الأخشاب اللينة (softwoods) (أي عاريات البذور والصنوبريات) (gymnosperms and coniferals).

معظم القطع الأثرية مصنوعة إما من الأخشاب الصلبة أو اللينة، في حين استخدمت الأخشاب أحادية الفلقة كالنخيل و الخيزران في المناطق المدارية، وتشمل الأخشاب الصلبة خشب البتولا، والسنديان، والدردار، والزان، والكرز، وخشب القارية، والقيقب، والصفصاف، والجوز، والصمغ الحلو (oak, birch, elm, beech,

(cherry, hickory, maple, willow, walnut, and sweet gum) وهذا مجرد غيض من فيض، فجميع أنواع هذه الأشجار تندرج تحت أكثر من مجموعة واحدة. أما الأخشاب اللينة فتشمل أصنافاً كثيرة، مثل: شجر الصنوبر، والتنوب، والبيسية، والشوكران، والخشب الأحمر، والأرز، واللاركس (pines, fir, spruce, hemlock, redwood, cedar, and larch)، وعموماً الأخشاب الصلبة أكثر كثافة وتعقيداً من الأخشاب اللينة.

إذا نظرنا إلى جذع خشبي عند قطعه عرضياً أو إذا تم قطعه من الخارج نحو الداخل يمكننا أن نلاحظ في البداية ذلك اللحاء الواقي (bark) على القشرة الخارجية، أما القسم الداخلي للّحاء فهو عبارة عن طبقة رقيقة لا يزيد سمكها عادة عن بوصة واحدة (٢,٥سم تقريباً) يطلق عليها اسم النسغ أو الخشب الغض (cambrium or sapwood)، وهذه الطبقة هي الجزء الحي الوحيد من الخشب، ويتألف من خلايا لحائية (phloem) تقوم بنقل الغذاء الذي تصنعه الأوراق إلى الجذور وباقي أجزاء الشجرة، وداخل هذا اللّحاء يمكننا أن نجد الجَلَب (xylm)، الذي يتألف من خلايا خشبية تقوم بنقل الماء من الجذور إلى الأطراف العلوية من الشجرة، وهذا الجزء هو محور اهتمامنا في هذه الدراسة باعتبارنا فنيي ترميم آثار؛ وذلك لأنه يعدّ الجزء الأساس من الشجرة، الذي يستخدم لصناعة الأدوات والقطع الأثرية. ويتشعب من الجلب خلايا شعاعية (radiating) الشكل تساهم في توزيع الماء الذي تمتصه الجذور على سائر أجزاء الشجرة.

تكون خلايا الخشب داخل الشجرة مرتبة بشكل طولي (longitudinally) باستثناء الخلايا الشعاعية، ولأن اللحاء (phloem) هو الجزء الحي الوحيد من جذع الشجرة، لذا فإن الخشب يتشكل من تعاقب الخلايا اللحائية، ففي كل سنة تموت هذه الخلايا لتتوضع فوقها خلايا نامية جديدة، وبذلك تقترب تلك الخلايا الميتة من الجزء الداخلي

للشجرة مكونة ما يعرف بالجلب، وتأتي هذه الخلايا الخشبية على شكل أخدود مستقيم ويطلق عليها اسم الرغاميات (tracheids) ثم تلتقي جميعاً حول الأوعية النسغية، التي تتغلغل داخل الخشب، ولهذا تكون خلايا الخشب مجوفة (lumina)، وهذه التجاويف الموجودة في خلية الخشب يطلق عليها اسم المقطع العرضي. وتكون خلايا الخشب حديثة التكون، (والتي تنمو خلال الربيع) أكبر وأطول من الخلايا القديمة (التي تبدأ بالتماوت مع نهاية الصيف وبدء الخريف)، والتي تبدو أصغر. أما جدرانها فهي أكثر سماكة من جدران الخلايا الحديثة، كما أن الأخشاب حديثة التشكل تبدو فاتحة اللون، في حين أن القديم من الأخشاب يتميز بلونه الداكن، الذي يبين بوضوح حلقاته الدائرية. وقد يصل طول الرغاميات في الأخشاب اللينة إلى ٧ ملم، وذلك في الأخشاب حديثة التكون، كما قد يصل قطرها إلى ما بين ٢٥-٨٠ ميكرون (جزء من المليون من المتر)، ومن ثم تتقلص لتصل إلى ٥ ميكرون فقط مع نهاية الموسم. أما رغاميات الأخشاب الصلبة فتكون أصغر وأكثر كثافة حيث يمكن أن يبلغ طولها ٥,١ ملم في حين يتراوح قطرها ما بين ١-١٠ ميكرون وذلك بحسب الفصول (Pearson, 57: 1987).

تتكون خلايا الخشب من جزيئات كربوهيدراتية (carbohydrate) معقدة من السيللوز ونصف السيللوز (hemicellulose) والخشبين (lignin) والسيللوز الكامل (Holocellulose). ويعدّ السيللوز من أهم الجزيئات في خلية الخشب، إذ إنه يشكل النسبة الأكبر من بنيتها، حيث تتحد جزيئات السيللوز مع بعضها البعض لتكون الألياف الدقيقة، التي تعمل بدورها على تكوين الألياف الكبيرة التي تمنح جدران الخلية الخشبية المتانة والقوة.

أما جدران الخلايا الرغامية فإنها نفّاذة وذلك تبعاً للمسامات المحيطية. وهذه المسامات هي عبارة عن فتحات صغيرة موجودة على جدار الخلية تسمح للماء بالمرور من الخلية إلى الخلية التي تجاورها، وتتم العملية فقط حينما يكون صمام المسام (أي النتوء المستدير) مفتوحاً، وحين تموت خلايا الخشب، تنسد جميع الحفر الموجودة في خلايا الخشب الجديدة، في حين تبقى تلك المسام مفتوحة داخل الخلايا القديمة وهذا ما يخلق التناقض القائم على فكرة أنه على الرغم من كون الخشب القديم أكثر كثافة من الحديث إلاّ أنه أكثر نفاذية للماء.

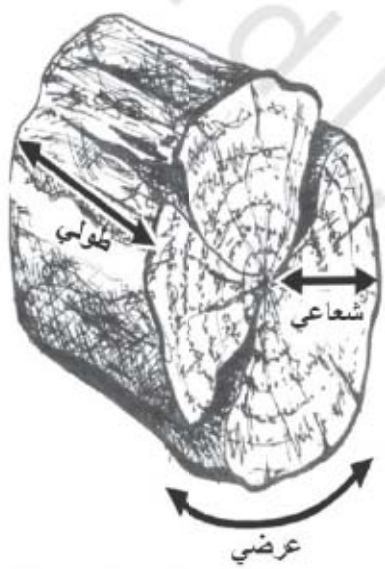
تحتوي خلية الخشب على جدار خلية أولي وجدار خلية ثانوي، وما يهمنا – كفنيي صيانة آثار– هو جدار الخلية الرغامية الثانوي (secondary tracheid)؛ لأنه هو المسؤول عن معظم الأمور المتعلقة بمتانة الخشب، غير أنه عرضة للكثير من حالات التلف.

ويتكون جدار الخلية الثانوي من ثلاث طبقات مميزة، هي: S1 و S2 و S3، وكما رأينا في الرسم التوضيحي فإن توضّع الألياف الدقيقة داخل هذه الطبقات يختلف باختلاف سماكة الطبقة، إذ تحتل طبقة S2 معظم حيز جدار الخلية الثانوي، أما الألياف الدقيقة فتلتف بشكل لولبي طولياً (spirals longitudinally) حول نواة خلية الخشب، في حين أن ألياف كل من طبقتي S1 وS3 تمتد بشكل متعامد تقريباً مع الاتجاه الطولي، الذي تتخذه خلية الخشب. وتعدّ كيفية امتداد الألياف الدقيقة مسألة أساسية تساعدنا على معرفة كيفية توسع وتقلص النسيج الخشبي عند امتصاص الماء وفقده. فبما أن طبقة S2 هي الطبقة التي تغلب على تكوين خلية الخشب، فهذا يعني أن الخشب عموماً يتمدد بشكل عرضي أكثر منه طولي عند امتصاصه للماء.

الشكل (٦). يتألف الخشب من الكربوهيدرات المركبة للسيللوز. إن الاتجاهات التي تتخذها الألياف الدقيقة الموجودة ضمن جدار الخلية الثانوية (S1 و S2 و S3) هي المسؤولة عن عملية الجفاف. قام بالرسم: نائان ريتشاردز.

جدران الخلية هو الجزء المعرض للانهيار من الخشب؛ نتيجة العوامل الجوية، والكائنات الدقيقة، ونتيجة التحلل الكيميائي بفعل الحموضة، أو المركبات شبه القلوية، أو الملوثات. وحماية الطبقة الأكبر، بين طبقات خلية الخشب الثانوية، أي الطبقة S2، هي التي تحدد كم ستعيش هذه القطعة الأثرية المصنوعة من الخشب.

كما يساعد شكل امتداد ألياف جدار الخلية الخشبية الثانوية على معرفة ما إذا كان التلف الحاصل للخشب بسبب التقلص والانهيار في ثلاثة اتجاهات، حيث يظهر التقلص العرضي ونصف القطري بشكل كبير في حال تلف الطبقة S2، بينما يتخذ الانكماش اتجاهاً طولياً إذا كان التلف الأكبر حاصلاً في كل من طبقة S1 و S3. وكلمتا "الانهيار" (Collapse) و"الانكماش" (shrinkage) هما مصطلحان تقنيان يستخدمان لوصف حالة تفاعل الماء مع الأخشاب الأثرية، وتؤدي عملية غمر الخشب بالماء إلى تلف الأخشاب دوماً، حيث يصاب الخشب بعد تجفيفه بالانهيار والانكماش. ويعدّ مقدار الانهيار والانكماش والاتجاه الذي يتخذانه مؤشراً واضحاً على درجة تلف الأخشاب، وذلك على المستوى المجهري الدقيق، وكذلك يدل على الطبقات التي تغلبت على التأثير البالغ لعملية غمر الخشب بالماء (انظر القسم الذي يتحدث عن عملية غمر الخشب بالماء).



الشكل (٧). الجهات الثلاث التي تتخذها كل من عمليتي الانهيار والانكماش في الأخشاب الأثرية. قام بالرسم التوضيحي: ناثان ريتشاردز

نظرية الأخشاب الأثرية

Archaeologicalwood—Theory

قد يكون الخشب الذي صنعت منه اللُّقى الأثرية متحللاً، أو ربما يكون بمتانة القطع الخشبية الصلبة، التي نستخدمها يومياً، إلاّ أن اللقى الأثرية، المصنوعة من الخشب، أقدم طبعاً من الأخشاب التي نتعامل معها بشكل يومي، ويبدو التقادم على تلك القطع من خلال ضعفها البنيوي، أو عبر التشققات التي تظهر عليها، أو التغير الذي يطرأ على لونها، أو عند تكسر سطحها، أو تغير شكلها بفعل العوامل الجوية، وفي معظم هذه الحالات تقوم الأحياء الدقيقة بمهاجمة الخشب الأثري على المستويين السطحي والعميق؛ مما يؤدي إلى ضعف بنيته، كما قد يصيب سطحه الخارجي بالتلف، حيث تتغذى البكتيريا (bacteria) والفطريات (fungi)، التي تعيش في التربة، على المواد الكربوهيدراتية المركبة، التي تدخل في تركيب الخشب، الأمر الذي يسبب حالة من التعفن، ويتأثر ذلك بشكل كبير بنسبة الرطوبة وتسريب التربة للمياه. كما يمكن لأحياء أخرى كالنمل الأبيض (termites) أن يلتهم ويدمر القطعة الأثرية المصنوعة من الخشب بسرعة فائقة.

يمكن للملوثات الكيميائية بأنواعها المختلفة وللأحماض أن تفتت الأخشاب الموجودة في التربة، في حين تقوم الأملاح المعدنية الحامضية، الناتجة عن تآكل المعادن بتفتيت الخشب على مستوى الخلايا، ومن ثم تتخذ لنفسها شكلاً مشابهاً لشكل تلك الخلايا، التي حلت محلها. أما القطع الأثرية الخشبية التي غُمِرَت تحت سطح الماء سواء في البحيرات، أو الأنهار، أو المحيطات، فإنها لا بد وأن تكون قد تشبعت بالماء. وسواء أكانت اللقى الأثرية الخشبية المستخرجة من موقع ما جافة، أو مشبعة بالماء، أو رطبة، أو حتى ندية، فينبغي أن تتم صيانتها من قبل فريق من فنيي أحد مختبرات الحد الأدنى من التدخل، إذ لا يمكن الحكم بمجرد النظر بأن الخشب ثابت (stable) ولا يحتاج إلى

عمليات ترميم أثرية. أما عند وجود مثبتات (fasteners) معدنية، أو بقع (stains)، أو أوساخ (dirt)، فهذا يعني أن القيام بأعمال الترميم الأثرية لهذه القطعة أمرٌ لا بد منه.

نظرية الأخشاب المشبعة بالماء
Waterlogged Wood Theory

يمكن أن نعرّف الأخشاب المشبعة بالماء على أنها الأخشاب التي تحتوي على نسبة ضئيلة، أو معدومة من الهواء، الذي يتخلل المساحات بين خلاياها، وأنابيبها الشعرية والدقيقة. فهي ذلك النوع من الأخشاب الذي تغير (أو ضعف)، نتيجة لحالة من التحلل الدقيق الذي أصاب جدران خلاياه. وتتجاوز درجة الرطوبة في الأخشاب المشبعة بالماء (moisture content "MC")، أو أعلى من نقطة إشباع الألياف (fiber saturation point "FSP")، أي أنه قد تم الوصول إلى نقطة الإشباع بالماء في جميع الألياف الخشبية والألياف الدقيقة الموجودة داخل جدران الخلايا. وقد ينتج عن تجفيف الأخشاب المشبعة بالماء، حالة من الانهيار الخلوي عند نقطة إشباع الألياف، أو بما يزيد عنها؛ وذلك لأن الماء يبدأ بمغادرة الخلايا الخشبية دفعة واحدة وفي آن واحد، ولا يمكننا أن نشرح هنا بسهولة كيفية خروج الماء بشكل مفاجئ (sudden rush of water)، من الجزء الداخلي للخلية؛ لأنه من الأفضل مشاهدة هذه العملية عبر المجهر. وبما أن الماء يُظهر تماسكاً بنيوياً (التوتر الشعري) (capillary tension)، لذا فإنه يعمل على جذب جدران خلايا الخشب نحو الداخل أثناء اندفاع الماء خارج الخلية، وبهذا يقوم بتدمير الخلية الخشبية بطريقة عنيفة لكنها دقيقة للغاية، بحيث يمكن مشاهدة الانهيار الحاصل للقطع الخشبية الأثرية بسهولة بالعين المجردة، وذلك عندما تترك هذه القطع لتجف، وبذلك تبدأ التشققات والتصدعات بالظهور فجأة على هيكل الخشب، وكذلك يمكن للأخشاب الندية المشبعة بالماء أن تنهار، وذلك عندما تترك في الهواء

الطلق دون إغراقها بالماء على نحو متواصل. أما الانهيار الحاصل أثناء توتر الأنابيب الشعرية فهو يصيب دوماً الأخشاب المشبعة بالماء عند تجفيفها، وذلك لعدم قدرة الخلايا الخشبية على التمدد وصولاً إلى حجمها، الذي كانت عليه سابقاً حتى عند إضافة الماء إليها مرة أخرى.

وعندما تصل نسبة جفاف الأخشاب إلى ما دون نقطة إشباع الألياف فإن ذلك يؤدي إلى إصابة جدران الخلايا بالانكماش والتلف؛ نتيجة لجفاف القطعة الخشبية المشبعة بالماء. بيد أن حالة الانكماش قابلة للاسترجاع عند إعادة إضافة الماء من جديد، بخلاف حالة الانهيار التي تصيب خلايا الخشب. ويمكن أن نعرف حالة الانكماش بأنها: الحالة التي تحدث عندما يفقد جدار الخلية كمية الماء المختزنة داخله عن طريق التبخر، حيث توجد كمية الماء هذه عادة داخل الألياف الخلوية، ولكن يمكن تبخيرها من خلال اللجوء إلى بعض طرق التجفيف.

وتحتوي الأخشاب الخضراء، أو الأخشاب غير الموسمية، حتى تلك التي تشتمل على نسبة لا بأس بها من الماء، على جيوب هوائية موجودة ضمن الرغاميات الموجودة فيها، بحيث تتوسع هذه الجيوب عند تجفيف القطعة الخشبية مما يسمح للماء بمغادرة خلايا الأخشاب الخضراء دون إحداث ذلك الضغط الهائل، الناجم عن توتر الأنابيب الشعرية المسؤولة عن انهيار وتحلل القطعة الخشبية المشبعة بالماء. ويظهر الخشب الأخضر حالة من الانكماش التي تصيب جدران الخلايا، ولكنه من النوع القابل للاسترجاع. وتحدث حالة الانكماش تلك عند التجفيف الكامل، أو الجزئي للقطعة الخشبية. كما قد تنتفخ الأخشاب الخضراء المشبعة بالماء بنسبة تتراوح ما بين ٨٪ إلى ١٢٪ وذلك عند وصولها لحالة الإشباع الكلية، إلاّ أن ذلك يعتمد أيضاً على نوع تلك الأخشاب.

نظرية التشرب والتراكم

Impregnation and Bulking—Theory

إن انكماش القطعة الخشبية الأثرية المشبعة بالماء وانهيارها، نتيجة توتر الأنابيب الشعرية، يزيد من التعقيدات المترتبة على عملية معالجتها، ومن السهل بالنسبة للقارئ أن يلاحظ من خلال الجدول الوارد في الصفحتين (١١٤-١١٥). إن الإجراءات المرتبطة بمعالجة الأخشاب المشبعة بالماء أكثر تعقيداً من تلك التي تستخدم لمعالجة القطع الخشبية الأثرية الجافة، حيث يحاول فنيو الترميم، أثناء معالجتهم للأخشاب المشبعة بالماء، أن يكتشفوا مواطن الانهيار والانكماش فيها، وأن يعملوا على تخفيف حدة أثرها، وذلك بزيادة صلابة القطعة الأثرية، بهدف المحافظة على شكلها وأبعادها الحقيقية.

هناك طريقتان أساسيتان لترميم الأخشاب المشبعة بالماء، إحداهما **بالتشرب** (**impregnation**)، والأخرى **بالتراكم** (**bulking**). ويمكن لنا أن نعرّف التشرب على أنه: عملية ملء الفراغات الموجودة ضمن الخشب والخلايا الخشبية بمادة خاملة لتزيد من قساوة الخشب عند جفافه؛ وذلك لزيادة صلابته وللتقليل في الوقت ذاته من حالات التحلل والانهيار الناجمة عن التوتر الشعري. إذ يمكن لفرص وقوع حالة الانهيار هذه أن تتناقص، وذلك عندما يعمل معامل التشرب على إظهار أقل مساحة خشبية متماسكة إزاء تأثير الماء. وتطبق هذه العملية على القطع الخشبية المشبعة بالماء، التي هي في أسوأ أحوالها، والتي دُمّر أو فُقد معظم السيللوز الموجود داخل جدران خلاياها. ويتكون معامل التشرب من مادة البولي إيثيلين جليكول (polyethylene glycol "PEG")، التي يزيد وزنها الجزيئي عن ١٠٠٠، إلى جانب حجر الشب (alum) ومادة راتينج القلفونية (rosin) وبورات الباريوم (barium borate)، إضافة إلى الجزيئات الكيميائية الأحادية التي يمكن أن تتبلمر داخل الخشب.

أما عملية **التراكم**: فهي خطوة أقل عنفاً من عملية التشرب، ويمكن أن نعرفها بأنها: إدخال مادة خاملة داخل جدران الخلايا لتعوض عن خسارة السيللوز؛ وذلك لزيادة صلابة جدران الخلايا الخشبية وجعلها أكثر مقاومة لعوامل الانهيار والانكماش. وكما هو الوضع مع معاملات التشرب، تقوم معاملات التراكم بالتقليل من حالات الانهيار، وذلك عبر إنقاص المساحة المتماسكة المعرضة للماء، وتطبق هذه الطريقة على الأخشاب المشبعة بالماء، التي يمكننا أن نعدّل بعض حالات التلف الدقيقة فيها؛ وذلك لأنها لا تزال تحتفظ بالكثير من السيللوز. ويحتوي معامل التراكم على مادة البولي إيثيلين جليكول، التي يقل وزنها الجزيئي عن ١٠٠٠، إلى جانب السكاكر (sugars) المتنوعة، والأملاح (salts)، والجزيء الكيميائي الأحادي للفينيل (vinyl monomers).

لقد ثبت بالدليل العملي نجاح عمليات التراكم والتشرب، أثناء ترميم القطع الخشبية المشبعة بالماء، بيد أن الصعوبة التي يمكن أن يواجهها فني الترميم تكمن في اختيار الطريقة المناسبة لكل قطعة من القطع المراد معالجتها. ويكون الاختيار سهلاً في بعض الحالات، حيث يتم استخدام طريقة التشرب للقطع الخشبية المتحللة، بينما يتم تطبيق عملية التراكم على القطع الخشبية التي تعاني من تحلل بسيط. أما بالنسبة للحالات الأخرى فلحسن الحظ لدينا اختبارات وعملية تحليل موضوعية تساعدنا على التوصل إلى قرار، بشأن نوع العملية الواجب استخدامها.

تسيطر فكرة تحليل (analysis) الأخشاب على الأبحاث العلمية، التي أجريت حول ترميم القطع الخشبية المشبعة بالماء، فجميع الرواد في هذا المجال، مثل: لارس باركمان، مورين (Lars Barkman, Moren)؛ سينتروول ر. م. أورغان (R. M. Organ،Centerwall)؛ أ. ج. ستام (A. J. Stamm) أجمعوا على أن مشكلة الأخشاب المشبعة بالماء لا تأتي على شكل نوع واحد، بل تأتي على شكل مجموعة متكاملة تضم أخشاباً سليمة وأخرى قد

أصابها التحلل، وعلى الرغم من إجماع هؤلاء الباحثين على أنه ينبغي للتحليل أن يحدد نوع المعالجة، إلاّ أنهم لم يقوموا بتوحيد الفحوص المختبرية. أما الفحوص التجريبية، التي تسير على خطى بعض النماذج الموضوعية أو الذاتية، فلم تحرز شيئاً على مدى سنوات طويلة ولم تتمكن من حل المشكلة التي تبرز أثناء معالجة الأخشاب المثقلة بالماء، ولكن مؤخراً، وتحديداً خلال سبعينيات القرن الماضي، تمكن ج. دو يونغ (J. de Jong) من تحديد مستوى الرطوبة ضمن الفئات الثلاث التي وضعها ب. كريستينسون (B. Christensen)، من خلال وجهة نظره الشخصية حول الأخشاب المشبعة بالماء، وبذلك تمكن وللمرة الأولى من استنباط طريقة بسيطة وعملية لتحليل الأخشاب المشبعة بالماء.

تصنيف كريستينسون	تصنيف دو يونغ
أ) طري جداً – قليل السيللوز	الفئة الأولى: نسبة الرطوبة > ٤٠٠٪
ب) منطقة رقيقة – قليل السيللوز، ثبات كحبل قديم	الفئة الثانية: نسبة الرطوبة ١٨٥٪–٤٠٠٪
ج) حالة تفسخ طفيفة – غير نافذة	الفئة الثالثة: نسبة الرطوبة < ١٨٥٪

وخلال عقد من الزمن تمكن ديفيد غراتان (David Grattan)، وهو عضو في معهد ترميم الآثار الكندي (Canadian Conservation Institute)، من تطوير عملية تحليل الأخشاب، وذلك عندما اقترح إجراء مقارنات تعتمد على قياس الثقل النوعي (specific gravity) (ويساوي الكثافة عند قياسها بالغرام لكل ١ سينتمتر مكعب)؛ وذلك لمعرفة قيم الأخشاب المحددة. وتعدّ هذه الطريقة مؤشراً حقيقياً على مدى تحلل القطعة الخشبية المشبعة بالماء، ويمكننا أن نبسط هذه العملية حينما نقول أن غراتان قام بمقارنة وزن بعض عينات الخشب المثقلة بالماء، بعد جفافها، لمعرفة قيم عينات أخرى بالحجم ذاته، ولكن لأنواع أخرى من الخشب، وبذلك استطاع أن يستنتج وبشكل نظري كمية السيللوز التي فقدها الخشب.

إن المستفيدين من هذا البحث العلمي العام، الذي أجري حول تحليل الأخشاب المشبعة بالماء هم علماء الآثار وفنيو الترميم، أما القسم الذي خصصناه لمنهجية التحليل في هذا الفصل فيعتمد على تقسيم القطع الخشبية المشبعة بالماء تبعاً لتصنيف كريستنسون ودويونغ، اللذين قاما بتقسيمها إلى ثلاثة أنواع انطلاقاً من نسبة الرطوبة، ووصف حالة الخشب. إلاّ أن هذا الكتاب يستمر أيضاً باعتماد محتوى السيللوز (وهو ما توصل إليه غراتان أثناء حساب الوزن النوعي) كمعيار ثالث يتم التصنيف على أساسه. ويمكن تحديد هذه المعايير بسهولة واعتمادها لتمكّن فنيي الترميم من تقسيم القطع الأثرية إلى قطع يمكن معالجتها بالتراكم، وقطع تعالج بالتشرب، وقطع تتم معالجتها بكلتا الوسيلتين.

منهج العمل
Methodology

مع انتقال هذا الفصل من الجانب النظري، الذي تحدثنا فيه عن تصنيف الخشب وبنيته، إلى المنهج العملي لعملية الترميم علينا أن نضع نصب أعيننا بعض المفاهيم والأفكار الأساسية. أول هذه المفاهيم أن القطع الأثرية مختلفة عن بعضها البعض. لذا فإن الخطوات التي تتبع أثناء عملية المعالجة ينبغي أن تكون خاصة إلى حدٍّ ما، كما قد تطرأ عليها بعض التعديلات أثناء معالجة كل قطعة من القطع الأثرية على حدة. وهنا يكمن فن ترميم الآثار، إذ إن الكثير من عمليات المعالجة تضر بالقطعة الأثرية على المدى القصير، ولهذا علينا أن نقتصر في عملية المعالجة على الجزء الذي يحتاج فعلاً لهذه المعالجة وليس على عموم القطعة، كما يجب التوقف عن متابعة المعالجة إذا لوحظ أن القطعة قد أصيبت بأي ضرر.

وببساطة يمكننا أن نقول إن القطعة الأثرية يمكن أن تتعرض للتلف بمجرد لمسها، ولسوء الحظ لابد من لمس جميع القطع الأثرية عند إجراء أي معالجة ناجحة لها (لهذا كانت فكرة ارتداء قفازات قطنية نظيفة أثناء لمس القطع الأثرية التي تخضع للمعالجة فكرة جيدة)، ولهذا السبب يتوجب دوماً على المرمم أن يراقب القطع الأثرية بحذر قبل وأثناء عملية المعالجة؛ وذلك ليقارن أي خطر محتمل بأي نتائج حسنة متوقعة، وهذا ما يحدث بالفعل، وخصوصاً أثناء عملية التنظيف (أي التنظيف الميكانيكي ومرحلة إزالة البقع) ومرحلة المعالجة، وثمة قاعدة ذهبية يتم اتباعها في هذا السياق وهي: أنه يمكننا أن نحقق نتائج طيبة وذلك بإزالة آخر نقطة من الاتساخات، أو آخر مسحة من البقع، إلاّ أنه لا يمكننا أن نعتبر أنفسنا قد حققنا أي نتيجة طيبة إذا كان من الممكن وقوع أي ضرر للقطعة الأثرية من خلال لمسها أو التعامل معها بطريقة جائرة. ولهذا تعدّ الفطنة القائمة على الخبرة وحسن التدبير من المزايا الحسنة، التي يجب أن يتمتع بها المرمم الأثري، وفي بعض الأحيان تصبح المحاكمة المنطقية للأمور أمراً لازماً؛ وذلك لأنها تساعد على تحديد الموعد المناسب الذي يجب لعملية المعالجة أن تنتهي عنده.

منهجية تخزين الأخشاب الأثرية الجافة

Storage of Dry Archaeological Wood—Methodology

يمكن للأخشاب الأثرية، التي تم استخراجها من مواقع برية، أن تأتي على أي صورة يمكن تخيلها على أرض الواقع. فإن كانت تلك القطع بحالة جيدة حيث إنها لم تستخرج من الماء، فعندها ينبغي تنظيفها بواسطة فرشاة ناعمة، ومن ثم تغليفها بالبلاستيك، ووضعها بحذر داخل صندوق لتتم إعادتها إلى مختبر الآثار. وهناك يتم نزع الغلاف البلاستيكي أو فتحه، وذلك منعاً لتكثف قطرات الماء، التي تسبب البلل

في بعض المواضع داخل الغلاف البلاستيكي، فمادة البلاستيك هي عبارة عن مادة خاملة متينة ذات بيئة غير حمضية، لذا يجب أن تفصل بين القطعة الأثرية والصندوق الذي توضع فيه هذه القطعة، وعندئذ يمكن تخزين القطعة الأثرية على أحد الرفوف المخصصة لذلك، ولفترة طويلة من الزمن بشرط ألاّ تتجاوز الرطوبة النسبية للغرفة ٦٠٪، كما يجب الامتناع عن تخزين القطعة في مستويات الرطوبة العالية جداً أو المنخفضة جداً؛ وذلك لأن القطعة الأثرية قد تصاب بالانتفاخ أو الانكماش تبعاً لمعدل رطوبة الغرفة.

من الطبيعي أن تكون جميع القطع الأثرية، التي تم استخراجها من العراء، قد تعرضت لمناخ جديد بطريقة ما. ولا يعني التعرض المنتظم لهطول الأمطار أو حتى الفيضانات، التي تصيب المنطقة على فترات متباعدة، أن القطع الأثرية الخشبية مشبعة بالماء. أما إذا تعرضت القطعة الأثرية لحالة من الإشباع بالماء في وقت من الأوقات أثناء فترة انحباسها في ذلك الموقع، ومن ثم استخراجها وهي جافة، عندها لابد وأنها قد استخرجت في حالة من الانهيار والتحلل، وهنا ليس بمقدورنا اتباع أي طريقة لإنقاذ هذه القطعة الأثرية من آثار حالة الانهيار، الناجم عن توتر الأنابيب الشعرية، وإعادة تلك العملية إلى نقطة الصفر، أي أن التلف قد أصاب تلك القطعة وانتهى الأمر، لذا ينبغي معالجتها على أساس أنها قطعة أثرية جافة.

أما إذا كانت القطعة الأثرية رطبة أو ندية عند استخراجها، وكانت منطقة التنقيب تقع تحت سطح الماء، عندها يجب التعامل مع القطعة الأثرية على أنها قطعة مشبعة بالماء، وينبغي في هذه الحالة عدم تركها لتجف، بل ينصح بنقعها في الماء بشكل كامل (وهذه العملية تقابل عملية التغليف الرطب)، وذلك أثناء نقلها إلى مختبر ترميم الآثار.

منهجية تخزين الأخشاب الأثرية المشبعة بالماء

Waterlogged Archaeologicalwood Storage—Methodology

ينبغي الامتناع عن نقع الأخشاب المستخرجة من المياه البحرية المالحة في المياه العذبة فور استخراجها؛ وذلك لأن جدران الخلايا فيها تعمل عمل الأغشية شبه النافذة، وبذلك تمنع كلا السائلين من الامتزاج مع بعضهما البعض، فيؤدي اختلاف ملوحة المياه داخل الخلايا الخشبية والمياه التي خارجها إلى حدوث حالة تفاضل الضغط التناضحي (osmotic).

وما يحدث عادةً هو أن المحلول المؤلف من المياه المالحة، الموجودة داخل خلايا الخشب، ينشط بصورة كبيرة ويتحرك خارجاً من الخلايا ليختلط بالمياه العذبة، في حين تمنع جدران الخلايا المياه العذبة من الوصول إلى داخل الخلية حالما تفرغ من المياه المالحة، وبذلك تحدث حالة الانهيار التي يسببها توتر الأنابيب الشعرية، ويمكننا أن نشبه هذه التجربة بالتأثير الذي يخلفه حوض الاستحمام، الذي يتجلى في ظواهر، مثل: تغضن أصابع اليدين والقدمين بعد الاستمتاع بالاستحمام لفترة طويلة.

وتنتهي هذه المشكلة تقريباً بمجرد إضافة المياه العذبة بشكل تدريجي، وهنا لابد في البداية من وضع القطع المستخرجة في محلول، يتألف من ٥٠٪ من المياه العذبة و٥٠٪ من المياه المالحة. وتعتمد نسبة المياه العذبة، التي تضاف بعد ذلك، على حجم القطعة الأثرية، فكلما كانت القطعة الأثرية أضخم وجب أن تكون تلك العملية أبطأ، وعموماً فإن فترة أسبوع فاصل ما بين أول وثاني إضافة للمياه العذبة تعدّ كافية، بحيث تتألف كل جرعة تتم إضافتها من ٥٠٪ من المحلول الخاص بالقطعة الأثرية، و٥٠٪ من المياه العذبة، ويجب ألاّ تتجاوز ملوحة الماء نسبة أربعة بالألف بعد إضافة المياه العذبة لمرتين متتاليتين، عندها فقط يمكن نقع القطعة الأثرية بشكل آمن في المياه العذبة.

أما النتيجة النهائية التي يمكن التوصل إليها بعد نقع القطعة الأثرية بالمياه العذبة فتتمثل بإزالة ملوحة القطعة الأثرية نهائياً، وتلك خطوة ضرورية لصيانة الأخشاب المشبعة بالماء. ومع ذلك فقد أصبح الخشب في هذه المرحلة موجوداً في بيئة مغايرة تماماً للبيئة التي وصل معها إلى درجة من التوازن مما يجعله يتعرض للتلف بسرعة متزايدة، فمجرد مرور أشهر قليلة على القطعة في المخزن سيترك آثاراً تماثل تلك التي تتركها عقود من الزمن على مظهر القطعة، كما أن محلول التخزين سيصبح شيئاً فشيئاً مرتعاً لبكتريا المياه العذبة. وللحيلولة دون حدوث ذلك يتعيّن إضافة ٥٠ مل من سائل الليزول (Lysol)[٦]، لكل ١٠ ليتر من مياه التخزين ومن ثم تغطية وعاء التخزين.

منهجية التنظيف الميكانيكي

Mechanical Cleaning—Methodology

تعدّ عبارة "التعامل الحذِر" (handle with care) أفضل شعار يمكن أن يتخذ لعملية التنظيف الميكانيكي (mechanical cleaning)، أما الخطوات المتبعة في عملية التنظيف الميكانيكي فهي نفسها المتبعة في عملية تنظيف الأخشاب الأثرية المشبعة بالماء، حيث ينبغي مراعاة أقصى درجة من الدقة أثناء القيام بهاتين العمليتين، وخصوصاً أثناء التعامل مع الطبقة السطحية للقطعة، التي قد تتكون من السطح الأثري، أو السطح الذي تم تصنيعه.

تتم عملية إزالة الوحل والطمي بسهولة تحت مصدر للماء الجاري، الذي يسيل برفق فوق القطعة الأثرية إلى جانب استخدام فرشاة ذات شعيرات مصنوعة من مادة النايلون (فرشاة طلاء أو فرشاة أسنان ناعمة)، كما يمكن استخدام أعواد تنظيف الأسنان لإزالة المواد العالقة الصغيرة. ولكن في بعض الأحيان، وبحسب كمية الوحل

---

(٦) اسم تجاري لمادة كيميائية تستخدم في التنظيف تمنع نمو البكتيريا.

العالق بالقطعة الأثرية، يتعين القيام بهذه العملية خارج المختبر؛ وذلك منعاً لانسداد مجاري المغاسل، وتستخدم الزجاجات المزودة ببخاخات كأدوات تنظيف أيضاً، حيث يمكن أن تقدم كميات المياه اللازمة لإتمام العملية. ولابد لنا أن نتذكر أن السطح الخارجي للقطعة الأثرية يكون في أسوأ حال خلال هذه المرحلة، لذا فإن جعل القطعة الأثرية تنزلق فوق الأقذار والحبيبات التي أزيلت منها يخدشها تماماً كما هي الحال حينما يستخدم ورق الصنفرة، وقد يتطلب الأمر في بعض الأحيان القيام بتغليف القطعة الأثرية بقطعة من القماش وذلك لحمايتها من التعرض للكشط أو للخدش.

يتعين أن يتم ترطيب القطع الأثرية الخشبية المشبعة بالماء أثناء تنظيفها، وهي خطوة غير ضرورية أثناء التعامل مع اللقى الجافة، وبما أن حالة الانهيار الناجمة عن توتر الأنابيب الشعرية يمكن أن تحدث عندما تتجاوز نسبة المياه حد الإشباع للألياف، لذا فإنه يمكن للقطع الأثرية المشبعة بالماء أن تعاني من تشوه وتلف في خلاياها حتى عندما تبدو ندية أو حتى لو كان ملمسها رطباً، ويمكن أن ننظر إلى التشققات والصدوع الصغيرة على أنها المؤشر الأول على وجود تلك المشكلة.

يمكن للأشياء المتحجرة أن تشكل عقبة حقيقية أثناء عملية التنظيف الميكانيكي، إذ يمكن أن يتحجر مسمار أو مثبت معدني على اللقى الجافة، فيصبح لدينا قطعة معدنية صدئة إلى جانب كمية من الرمال، لذا من الصعب التعامل مع هذه المشكلة؛ لأن معالجة الجوانب المتحجرة أشد صعوبة من معالجة الأخشاب، ولهذا يجب استعمال عود تنظيف أسنان ومشرط إلى جانب قلم هوائي يعمل إما بالكهرباء وإما بالغاز، وهذا القلم عبارة عن أداة يدوية صغيرة تشبه الثقابة التي لا يتجاوز حجمها حجم قلم الرصاص تستخدم عادة لحفر المواد أو المعدات، ويمكن التحكم باهتزازات الجزء القاطع فيها، وذلك لتقليل أو زيادة الأثر الذي تحدثه هذه الآلة.

أما البرنقيل (Barnacle)[٧]، والمحار (oyster) فتقف كحجر عثرة أمام عملية التنظيف الميكانيكي للأخشاب المشبعة بالماء، حيث تتم إزالة هذه الأصداف غالباً باستخدام الملقاط والمشرط، إلاّ أنه يمكن للأصداف أن تحيط بالسطح الخارجي للقطعة الأثرية بشكل يصعب معه إزالتها دون إحداث ضرر بالقطعة الأثرية، ويمكن أن تكون أطراف الصدفة مفيدة كونها تساعد على معرفة الشكل الأصلي الذي كان موجوداً على الخشب. وينطبق ذلك على وجه الخصوص على قطع الأثاث والزينات المعمارية الدقيقة، ولذلك يتوجب فحص الأصداف قبل التخلص منها.

إن عملية التنظيف الميكانيكي هي عملية مضنية وتتطلب الكثير من الصبر، وذلك لمنع حدوث أي ضرر للقطعة الأثرية، ولعل أهم خطوة فيها هي مرحلة اكتشاف التفاصيل المتعلقة بالقطعة الأثرية من حيث طرازها، واستخدامها، وطريقة تصنيعها، وهذه هي المرحلة الأولى التي تتم أثناء عملية التنقيب والاكتشاف الدقيق للقطعة الأثرية، وبخلاف الخطوات الأخرى التي تتبع أثناء عملية معالجة الأخشاب الأثرية وترميمها، فإن مرحلة التنظيف الميكانيكي تعتمد على الخيال بدرجات متفاوتة، فمراكز العمل تقدم عدسات مكبرة مضاءة وحشوات رغوية ومياهاً جارية وأشكالاً متنوعة للأعواد المدببة، وغيرها من الأدوات والسكاكين والأقلام الهوائية التي يمكن ترتيبها بما يلائم مزاج المرمم وثقته بكفاءتها.

بعد الانتهاء من مرحلة التنظيف الميكانيكي تتم إعادة القطعة الأثرية إلى المخزن، وهذه المرحلة تعني بالنسبة للقى الجافة تجفيفها بالهواء ومن ثم إعادتها للمخزن، أما بالنسبة للقطع الأثرية المشبعة بالماء فتتم إعادتها لتختزن داخل مياه عذبة خلال هذه المرحلة. وأثناء خضوع القطعة الأثرية لعملية تنظيف ميكانيكي لابد من

---

(٧) نوع من الحيوانات البحرية قشرية من رتبة هُدبيات الأرجل تعلق بالصخور (البعلبكي، منير. المورد).

التأكد من خلوها من الأحياء الدقيقة التي تتكاثر داخلها إلى جانب الاتساخات وفتات الصخور، ومن ثم يجب فركها حتى تصبح نظيفة، وبعدها يتم تبديل محلول التخزين الخاص بها، ويمكن أن يدل تكاثر الأحياء الدقيقة فيها على أن حالة التعفن لا تزال تتفاعل في القطعة الخشبية أثناء مرحلة التخزين، ويمكن لذلك أن يشير أيضاً إلى أنه قد آن الأوان لاستخدام جرعة أخرى من المادة الكيماوية التي تقضي على الأحياء الدقيقة (راجع تخزين الأخشاب المشبعة بالماء).

منهجية إزالة البقع
Stain Removal—Methodology

ليست البقع مجرد آثار قبيحة تذكرنا بأن القطعة الأثرية قد مرّ عليها عصور وأزمان مختلفة، بل يمكن أن تكون أيضاً مؤشراً على أن القطعة الخشبية تتعرض لهجوم كيميائي، فأي شخص خسر قطعة ملابس بسبب إصابتها ببقعة صدأ يعرف بأن البقع تضر بالمواد السيللوزية، فالبقع ما هي إلاّ مواد تعمل إلى جانب طبقات كربونات الصوديوم المتحجرة على حبس المسامات المحيطة بداخل جدار الخلية بشكل يمنع وصول مواد التراكم والتشرب إلى الخشب، وتعدّ عملية إزالة البقع والمواد المتحجرة أمراً لا بد منه لإنقاذ القطع الأثرية الخشبية.

هناك عدة أنواع وأشكال من البقع إلاّ أنه من السهل رؤية وتمييز مسبباتها وتصنيفها على هذا الأساس، فغالباً ما تتشكل البقع من الأملاح المعدنية التي تسربت من المواد التي تعرضت للتأكسد، حيث يكون لونها برتقالياً حينما تتسرب من الحديد وأخضر مائلاً للزرقة حينما تتسرب من النحاس. أما التحلل اللاهوائي لهذه المعادن فينتج بقعاً سوداء وبنية اللون، كما يمكن أن يكون السبب في وجود البقعة السوداء تسرب الكبريتيد من المواد العضوية. ويعود الأمر لعالم الآثار المشرف على المشروع في تقرير ما

إذا كانت بقعة ما تقدم معلومات حول كيفية استخدام القطعة الأثرية، أو أنها ناجمة عن أمر طرأ أثناء تشكّل الموقع الأثري، فالبقع الناجمة عن الاستعمال والبلى، أو تلك التي قد تشير إلى المواد التي كانت توضع في تلك القطع في زمن استخدامها يجب أن يُحافَظ عليها، أما البقع الأخرى التي تعرضت لها القطعة جرّاء وجودها لفترة طويلة في قاع المحيط، أو في باطن الأرض فيجب دراستها وتدوين كافة الملاحظات المتعلقة بها؛ (لأنها تشير إلى كيفية تشكّل الموقع الأثري)، ومن ثم تجب معالجتها وإزالتها. وتكمن الصعوبة هنا في أن كل بقعة تشير عملياً إلى مادة غريبة عن القطعة الأثرية، ومن المحتمل أن تقوم هذه المواد بتفتيت هذه القطعة الأثرية على مستوى الخلية، وإلى الآن لم يتم التوصل إلى إجابة شافية حول كيفية معادلة وتحييد البقع، التي تعدّ جزءاً أساسياً من التأويلات والشروح المتعلقة بالقطعة الأثرية؛ وذلك لأن المواد الصادّة (buffering) التي يمكن أن تستخدم لتحييد آثار البقعة هي مواد ضارة بالخشب.

إذا كانت البقعة لا تشكل جزءاً أساسياً من القطعة الأثرية وأردنا إزالة هذه البقعة فهناك طرق بسيطة للقيام بذلك، فبقع الحديد والنحاس، مثلاً: يمكن إزالتها بواسطة كمادات من الحمض المخفف، حيث يمكن الاعتماد في هذه الحالة على مجموعة من الأحماض، مثل: حمض السيتريك (citric)، أو حمض الأوكساليك (oxalic)، أو الهيدروفلوريك (hydrofluoric)، بنسبة تركيز تتراوح بين ٣ و ١٠٪. ويعدّ حمض السيتريك هو الأفضل بالنسبة لكافة الاستخدامات، نظراً لقلة آثاره الضارة ولإمكانية استخدامه أثناء تنفيذ الكثير من العمليات الأخرى، الأمر الذي يجعله مادة كيميائية متعددة الاستعمالات، (في حين أن لحمض الأوكساليك والهيدروفلوريك محاذير صحية – راجع النشرة المتعلقة بالبيانات الخاصة بسلامة المواد). وبما أن الأحماض تعمل على تفتيت خلايا الخشب، لذا يجب أن تركز عملية إزالة البقع على

البقعة المحددة فقط، ولا ينصح بنقع القطعة الخشبية في السائل الحمضي المركز على الإطلاق، بل ينبغي عمل محلول من حمض السيتريك، بإضافة ٣ غرامات من بللورات حمض السيتريك إلى ٩٧ مل من الماء. ولإزالة البقعة ذاتها يمكن استخدام مادة مبللة بالحمض لمسحها، أو توضع فوقها قطع من القطن المبلل بالحمض، أو تصنع عجينة من مزج كمية بودرة التلك (talcum) مع قليل من الحمض، ومن ثم توضع العجينة على البقعة المحددة، مع التذكير بأن القطع الأثرية الخشبية المستخرجة من المياه يجب أن تبقى منقوعة بالماء طيلة هذه العملية.

وينبغي تغيير الكمّادة عدة مرات لإزالة أي بقعة عادية، ويمكن لعمليات المعالجة أن تستغرق عدة أيام، ويمكن استخدام محلول صاد (buffering) مكون من كربونات الصوديوم المنحلة في الماء والموضوعة في زجاجة مزودة ببخاخة لإزالة آثار الحمض من المنطقة التي تمت معالجتها، وبعد إزالة البقعة يتعين غسل المنطقة المعالجة إما بمياه مقطرة، أو خالية من الشوارد أو بمياه المطر.

تتم معالجة البقع العضوية بمحلول بيروكسيد الهيدروجين (hydrogen peroxide) المخفف، حيث يمكن للمرمم أن يستخدم محلول بيروكسيد الهيدروجين بتركيز يتراوح بين ٣ و ١٠٪ وذلك باتباع طريقة الكمّادة. وهنا لابد لنا أن نذكّر مرة أخرى بأنه لابد من المراقبة المستمرة للتأثيرات الجانبية لعملية إزالة البقع وإيقاف عملية المعالجة عند ملاحظة أية أضرار تحصل للقطعة الأثرية، حيث يمكن أن يلجأ المرمم إلى استخدام محلول أخف تركيزاً، أو يوقف عملية المعالجة برمتها حفاظاً على القطعة الأثرية.

يجب أن تلي أية عملية معالجة بالمحاليل، أو الكمادات عملية شطف دقيقة وبكمية كبيرة من الماء، إذ لن نجني أي فائدة إذا قمنا بإزالة بقعة ما (وعادةً ما يكون ذلك باستخدام مادة حمضية)، دون إزالة آثار هذه المادة الحمضية بشكل كلي، ولهذا يجب أن تستغرق عملية الغسل بالماء عدة ساعات كما ينبغي تغيير الماء مرات عديدة.

منهجية تحليل الأخشاب المشبعة بالماء

Waterlogged Wood Analysis—Method

إن الاختبارات السهلة التي نوردها فيما يلي مأخوذة من نتائج الأبحاث التي قام بها المختصون (انظر القسم النظري) والتي أثبتت فعاليتها من حيث مطابقة نوع التلف الحاصل للخشب بنوع المعالجة الواجب اتباعها، وهذه الاختبارات هي:

١- محتوى الرطوبة (Moisture Content "MC").

٢- تحديد الثقل النوعي (Specific Gravity Determination "SG").

٣- سلوك العينة أثناء تجفيفها (Drying behavior of a sample "DB").

تجدر الإشارة هنا إلى أن الاختبارات الثلاثة الواردة هنا لا تُطبَّق على كامل القطع الأثرية الخشبية التي ترد إلى المختبر، بل على عينات منها. وعلى الرغم من سهولة الاختبار إلا أنه لابد أن نضحي بسنتيمتر مكعب واحد تقريباً من القطعة الأثرية لإجراء الاختبار عليها، ولا يشكل ذلك مشكلة إذا كان المرمم يقوم بالتعامل مع حطام سفينة خشبية بالكامل، إلاّ أنه من الممكن أن يتسبب بمشكلة حقيقية إذا كانت القطعة الأثرية المراد تحليلها صغيرة أو دقيقة. وتبرز هنا أيضاً أهمية لجوء المرمم إلى الحكمة في اتخاذ القرار قبل القيام بالتحليل إذا يتعين عليه أن يطرح على نفسه السؤال التالي: هل الفوائد المرجوة تفوق الخسارة المترتبة على فقدان جزء بسيط من القطعة الأثرية؟ فإذا كان الجواب: لا، عندها يجب الانتقال إلى المرحلة التالية، وفي هذا الخصوص يقدم لنا كريستنسون (Christensen) وصفاً، من خلال بحثه الأصلي، الذي يتضمن أيضاً شرحاً حول مستوى الرطوبة ونسبة السيللوز؛ لمساعدة القارئ على اختيار الطريقة الصحيحة لمعالجة القطعة: التشرب، أو التراكم. و تشمل هذه المعايير ثلاثة تصنيفات هي:

١- حالة تفسخ طفيفة.

٢- حالة تماسك مثل حبل قديم.

٣- حالة الضعف الشديدة وفقدان السيللوز.

وفي النهاية، يمكن لأي مرمم قام بإجراء هذه الاختبارات مرات عديدة أن يكتسب خبرة تجعله قادراً على تحديد مستوى الرطوبة، بل وربما حتى الثقل النوعي بمجرد النظر إلى القطعة الأثرية، فالخبرة هي التي ستمكن المرمم من أن يخمّن، وبدرجة عالية من الدقة، أي طريق من طرق المعالجة الثلاث يجب أن تسلك القطعة الأثرية.

١- مستوى الرطوبة

يجب اقتطاع جزء صغير من القطعة الخشبية لا يقل حجمه عن سنتيمتر مكعب واحد وذلك ليستخدم كعينة، وعادة ما يتم استخدام مشرط وسكين وأحياناً منشار للحصول على هذه القطعة، وفي حال وجود تباين في حالة الخشب بين الطبقتين الداخلية والخارجية من القطعة الأثرية، عندئذ يتوجب الحصول على عينة من كلا الطبقتين، وإذا كان لدينا من الخشب ما يكفي، عندها يمكن استخدام مثقاب خاص للزوائد لأخذ العينات من الطبقتين الداخلية والخارجية، مما يسمح للمرمم بملاحظة الفروق بين الطبقتين، إذ يمكن للطبقة الداخلية أن تكون بوضع أفضل حتى ولو كانت الطبقة الخارجية قد تعرضت للتحلل بشكل كبير.

ويمكن قياس هذه العينة لتحديد حجمها بواسطة السنتيمتر المكعب، فإذا كانت هذه القطعة مكعبة الشكل، عندئذ يمكن حساب حجمها بضرب الطول × العرض × الارتفاع، والتي تقاس جميعاً بالملليمتر ومن ثم تقسيم الناتج على ١٠٠٠ فنحصل بذلك على الحجم بالسنتيمتر المكعب. أما إذا كان للعينة شكل غير منتظم، فيمكن عندئذ وضعها في أسطوانة مدرجة مملوءة بالماء إلى منسوب معين، حيث يمكن تحديد حجمها بقياس كمية المياه المنسكبة، التي حلت محلها هذه العينة لدى غمرها بالماء الموجود داخل الأسطوانة، أما في غرفة الحرارة فإن الميلليلتر الواحد يعادل سنتيمتراً مكعباً واحداً، وبعد قياس حجم العينة لابد من معرفة وزنها وذلك بوضعها على

ميزان قبل وبعد عملية التجفيف بواسطة الفرن. ويمكن إضافة الأوزان التي تم الحصول عليها إلى المعادلة التالية وذلك لحساب نسبة الرطوبة في تلك العينة.

$$\text{محتوى الرطوبة} = \frac{\text{وزن العينة المشبعة بالماء} - \text{وزن العينة بعد جفافها}}{\text{وزن العينة بعد جفافها}} \times ١٠٠$$

نسبة الرطوبة

ويمكن لهذه المعادلة أن تقدم تقييماً عاجلاً حول مدى تحلل العينة الخشبية، أما العينة المأخوذة من الأخشاب الخضراء فنسبة الرطوبة فيها تتراوح بين ٢٠٪ إلى ٦٠٪، في حين أنه من النادر أن تقل نسبة الرطوبة في القطع الخشبية الأثرية المشبعة بالماء عن ٩٠٪، ويمكن لهذه النسبة أن ترتفع لتبلغ ٨٠٠٪ أو ٩٠٠٪ وذلك في أسوأ حالات التحلل جراء الإشباع بالماء.

وكمثال بسيط حول كيفية حساب نسبة الرطوبة يمكننا أن نبدأ بعينة تزن ٢.٧ غرام، والتي أصبح وزنها ٠.٦ غرام بعد تجفيفها بالفرن، ولدى تطبيق المعادلة السابقة باستخدام هذه الأرقام نجد أن نسبة الرطوبة تساوي ٣٥٠٪، أي أنه يمكن تطبيق كل من عمليتي التراكم والتشرب على القطعة الأثرية، التي أخذت منها هذه العينة، وفقاً للتصنيف المذكور في الجدول الوارد في الصفحة (٦٣).

وعلى الرغم من أن نسبة الرطوبة تعدّ عادة مؤشراً واضحاً على مدى تحلل القطعة الخشبية المشبعة بالماء، إلاّ أنه لا يمكن اعتبارها طريقة ناجحة إذا تم تجفيف الخشب وتحلله قبل حساب هذه النسبة، وكذلك الأمر عندما تكون القطعة الخشبية غير مشبعة بالماء كلياً، حيث يبدو محتوى الرطوبة النسبية في هاتين الحالتين أقل مما هو عليه في الواقع.

٢- الثقل النوعي

يمكن للثقل النوعي أن يكون مؤشراً واضحاً على مدى تحلل الأخشاب المشبعة بالماء، والثقل النوعي ما هو إلاّ قياس لكثافة القطعة، التي يتم حسابها بالغرام لكل

سنتيمتر مكعب، وهي تختلف باختلاف نوع الخشب. وفي الجدول التالي قوائم تعرض لنا نماذج لقياس الثقل النوعي بالغرام/سنتمتر مكعب، وبذلك يسهل علينا بالاعتماد على هذا الجدول ملاحظة تباين كثافة الأخشاب الصلبة عن الأخشاب اللينة، وذلك من خلال الخط المنقط اللاحق.

١- الماء	١,٠٠
٢- شجر البلزا (Balsa)	٠,١١
٣- الأرز الأحمر الشرقي	٠,٤٧
٤- شجرة الصنوبر البيضاء الغربية	٠,٣٨
٥- الصنوبر الأحمر	٠,٤٤
٦- شجرة الصنوبر البيضاء الشرقية	٠,٣٥
٧- شجرة الصنوبر الصفراء الجنوبية	٠,٥١ — ٠,٦١
٨- السنديان الأبيض	٠,٦٨
٩- السنديان الأحمر	٠,٦٣
١٠- الدردار الأمريكي	٠,٥٠
١١- خشب الكستناء الأمريكي	٠,٤٣
١٢- السنديان المعمر	٠,٨٨
١٣- ليغنوم فيتاي (Lignum Vitae)	١,١٤

وتعدّ عملية حساب الثقل النوعي أمراً مهماً للغاية على صعيد علم الآثار أكثر من أهميتها في مجال مقارنة كثافة الأنواع المختلفة من الخشب، إذ يمكنها أن تحدد كمية السيللوز الموجودة في العينة، وبعد تحديد الثقل النوعي للعينة تتم مقارنته مع قيم الثقل

obeikandl.com

النوعي المعروفة لهذا النوع من الخشب؛ وذلك لمعرفة كمية السيللوز، التي خسرها الخشب أثناء عملية التحلل الحيوي على وجه التقريب. إلاّ أن القسم المعقد الوحيد في هذه العملية يكمن في اكتشاف أنواع الخشب الموجودة ضمن عينة واحدة من الخشب المشبع بالماء.

ثمة طرق بسيطة لتحديد أنواع الأخشاب، أولها وأسهلها يتم من خلال معاينة القطعة الخشبية الأثرية بشكل كامل، قبل أخذ أي عينة منها، وتحديد نوعها من خلال شكلها وبنيتها الإجمالية، حيث يمكن لعلماء الآثار والمرممين تحديد نوع الخشب من ملمسه، عبر أخذ عينات من الأخشاب الموجودة ضمن حوض يحتوي على نشارة الخشب، ومن ثم مقارنتها بالسمات الأساسية لكل نوع من الأخشاب. أما الطريقة الأكثر تعقيداً فيمكن أن تقوم على إرسال عينات إلى عدة مختبرات مختصة بدراسة الأخشاب وعلم الغابات؛ لتحليلها بالمجهر تحليلاً دقيقاً، وفي حال توفر المجهر في المختبر، الذي تجري فيه عملية الترميم يتوجب على المرمم أن يعدّ شرائح للقيام بمقارنتها عبر المجهر بالصور التي تعرضها كتب تتحدث عن بنية الأخشاب ككتاب تقنيات الأخشاب.

$$\text{الثقل النوعي} = \frac{\text{الثقل النوعي}\\ \text{وزن العينة بعد جفافها}}{\text{حجم العينة المشبعة بالماء}}$$

في هذه المعادلة يمكن التوصل لحساب الثقل النوعي بحساب النسبة ما بين وزن العينة بالغرام بعد تجفيفها بالفرن إلى حجم العينة المشبعة بالماء بالسنتيمتر المكعب، وهكذا نجد مدى تغير حجم العينة المشبعة بالماء عن حجم القطعة الخشبية حين تم اقتطاعها والعمل عليها.

ولدى تحديد الثقل النوعي ومعرفة نوع الخشب في العينة يمكننا أن نحسب وبسهولة نسبة السيللوز، فمثلاً: إذا عرفنا أن الخشب في القطعة الأثرية هو من نوع السنديان الأبيض فهذا يعني أن الثقل النوعي لهذه القطعة يجب أن يكون ٦٨ غرام/سم٣ تقريباً، (وذلك لوجود بعض الفروقات بين أنواع الخشب)، أما إذا كان الثقل النوعي لعينة خشب السنديان الأبيض يعادل ٥٥ غرام/سم٣ فهذا يعني أنه أقل كثافة من الأخشاب غير المتحللة، التي تصنف ضمن النوع ذاته بنسبة تقارب ١٩٪ تقريباً، ولهذا ينسب لعملية التحلل الحيوي ما يقارب ١٩٪ من بنية الكربوهيدرات المركبة للأخشاب، وهذا يعني أن العينة تحتوي على ٨١٪ من كمية السيللوز الأصلية، وفي هذه الحالة يجب اتباع طريقة التراكم لمعالجة هذه القطعة الأثرية وفقاً للجدول الوارد في الصفحتين (١١٤-١١٥).

٣- حالة العينة عند تجفيفها

يمكننا أن نعدّ السلوك الذي تبديه العينة الخشبية المشبعة بالماء، عند تجفيفها مؤشراً حقيقياً على ما يمكن لنا أن نتوقعه من باقي القطعة الأثرية، وللقيام بهذا الاختبار نقوم بترك عينة من القطعة الخشبية المشبعة بالماء لتجف في الهواء الطلق، ومن ثم يمكننا أن نحكم على السلوك الذي انتهجته تلك العينة أثناء جفافها، وذلك عبر المشاهدات التي تكون إما ذاتية، وإما موضوعية، الأمر الذي يستدعي أحياناً أخذ عينات بأبعاد أكبر من تلك العينات النموذجية، التي تؤخذ عادة لإجراء اختبار قياس نسبة الرطوبة والثقل النوعي.

وتشمل الملاحظات الموضوعية حول حالة التجفيف المقاييس، التي تم أخذها للعينة قبل تجفيفها وبعده، إلى جانب القيام بجدولة نسبة التناقص في الحجم، كما يمكن تثبيت دبابيس على الخشب لتسهيل قياس الملاحظات حول التناقص الحاصل في حجم

القطعة، ويجب تفحص السطح الحبيبي للخشب بدقة متناهية بحيث لابد لهذه الملاحظات أن تشمل المقاييس المتعلقة بتضاؤل الحجم، سواء أكان هذا التناقص طولياً، أو عرضياً، أو شعاعياً (انظر بنية الأخشاب وتحللها – نظرية). ويشير أي تغير طارئ في الحجم يزيد على ١٥٪ إلى أن الخشب قد تعرض للتلف على مستوى أجزائه الدقيقة، لذا لابد وأن تخضع القطعة الأثرية للمعالجة، ولكن من الصعب قياس جميع أوضاع التجفيف، كما أنه من الصعب قياس ذلك بالنسبة لكل نوع من أنواع الأخشاب، إذ إن الكثير من الأنواع المتينة للأخشاب الصلبة مثلاً، تخضع لحالة تناقص هائل في حجمها أكثر من أنواع الخشب اللين، التي تحتفظ بالنسبة ذاتها لكمية السيللوز المتبقية داخلها.

وينبغي مراقبة العينات أثناء تجفيفها أيضاً؛ لملاحظة حالات التكسر اللولبي، والتصدع وتشقق السطح، التي تصيبها وجميعها تشير إلى أن الخشب يعاني من حالة التحلل، فتشقق السطح يعدّ أبلغ دليل على أن سطح القطعة الأثرية في وضع أسوأ من وضع الجزء الداخلي منها، وقد يكشف الفحص المجهري للعينة عن حالة تكلس كربونات الكالسيوم، أو عن وجود مخلفات تأكسد في المسامات المحيطية، أو في أي مكان آخر. ولسوء الحظ ليس بوسع المجهر النموذجي تحديد حالة المسامات المحيطية ولكن بمقدوره أن يبين للناظر ما إذا كانت الخلايا داخل الخشب قد تعرضت للانهيار أم لا. ويمكننا أن نتبين حالة الانهيار هذه إذا كان المقطع الطولي لنسيج الخلايا المتحدة الاعتيادي ذو الشكل المستطيل قد تشوه شكله.

يمكن الاعتماد على وضع التجفيف لتحديد نوع المعالجة، التي سيجري تطبيقها على الأخشاب المشبعة بالماء، بيد أنه ثمة الكثير من الأمور، التي يجب على المرء أن يتوصل إليها عن طريق الحدس والتخمين، وهذه الطريقة متبعة أكثر من طريقة

الحسابات، التي نتوصل من خلالها لمعرفة نسبة الرطوبة، والثقل النوعي، ومعدل السيللوز، ولهذا الغرض أوردنا الفئات الثلاث للأخشاب المشبعة بالماء، التي كان كريستنسون أول من قام بتصنيفها وذلك في الجدول صفحة (٦٣).

منهجية المعالجة بطريقة التراكم

Bulking Treatment—Methodology

تشتمل عملية معالجة الأخشاب، التي هي بحالة جيدة نسبياً (كريستنسون "ج"، دويونغ "الفئة الثالثة") على مرحلتين:

الأولى: تقوم على تقوية جدران الخلية، التي تعرضت للتحلل الجزئي.

الثانية تعتمد على استبدال كمية المياه، التي تم نقع الخشب بها بمادة تساعد على تخفيف الضغط الناجم عن حالة توتر الأنابيب الشعرية، التي تصيب جدران خلية الخشب عند تجفيفها.

أما عملية التراكم فتقوم بتحقيق هذين الهدفين، وهناك الكثير من مواد التراكم، التي تستخدم حالياً بنتائج مقبولة، مثل: مادة بولي إيثيلين جليكول بمزيج ٣٠٠، ٤٠٠، ٦٠٠، و٥٤٠، إلى جانب أنواع متعددة من السكر، وهذه المواد قابلة للذوبان في الماء أما معدل وزنها الجزيئي فيقل عن ٩٠٠، وبالنسبة لأرقام مادة بولي إيثيلين جليكول فإنها تتوافق تقريباً مع الوزن الجزيئي لهذه المادة، والاستثناء الوحيد هو لمزيج ٥٤٠، فهو عبارة عن خليط لمادة بولي إيثيلين جليكول ٤٠٠ وبولي إيثيلين جليكول ١٤٥٠، علماً بأن الجزيئات التي يقل الوزن الجزيئي فيها عن ٩٠٠ تستطيع أن تنفذ عبر جدران خلية الخشب، في حين لا تستطيع الجزيئات الأكثر وزناً القيام بذلك.

أما أسهل طريقة لاستخدام معاملات التراكم، التي أثبتت قدرة على النفاذ والاختراق ضمن الأخشاب المشبعة بالماء، وتعدّ في حالة جيدة فتقوم على استخدام

سائل مادة بولي إيثيلين جليكول ٤٠٠ وحبيبات السكروز (سكر - الوزن الجزيئي: ٣٤٣)، ويمكن لنا أن نختار ما بين السكروز أو السكر الأبيض العادي، الذي يعدّ أرخص، ومن السهل الحصول عليه، كما أن النتائج التي يمكن التوصل إليها عند استخدامه عادة ما تكون أفضل، ولكن بشرط أن يكون الحوض الذي تجري فيه المعالجة قابلاً للتسخين، إذ يجب المحافظة على درجة حرارة تتراوح ما بين ٤٣ - ٥٠ درجة مئوية، أو ١١٠-١٢٠ درجة فهرنهايت داخل حوض المعالجة، وذلك كحد أدنى، وبهذا سيقل تكاثر الأحياء الدقيقة داخل حوض المعالجة إلى أدنى درجة.

وتتم إضافة معاملات التراكم إلى الأخشاب المشبعة بالماء بالطريقة ذاتها، ففي البداية يتم تحديد وزن القطعة الأثرية (يجب تهيئة قطعة أثرية واحدة فقط للقيام بالعملية)، وتشير زيادة الوزن إلى اختراق معامل التراكم للنسيج الخشبي. يتم إخراج القطع الأثرية من المخزن إلى حوض المعالجة المعدّ خصيصاً لهذه الغاية، ويجب أن يكون هذا الحوض مزوداً بوسيلة للتسخين والتحريك (انظر الفصل الأول: مختبرات الحدّ الأدنى من التدخل المختبري). كما ينبغي أن يكون معزولاً ومغطى، ثم تتم إضافة الماء والبولي إيثيلين جليكول إلى الحوض بنسبة ١٠٪، أو ٥٪ للأخشاب التي تمتاز بخفة ثقلها النوعي، مثل: خشب البلزا أو الفلين أو الحور، وبعدها يتم تحضير المحلول ويغطى الحوض (يمكن للغلاف البلاستيكي ذي الفقاعات الهوائية أن يكون خير غطاء عازل)، كما يتم تشغيل أداة التحريك.

بالنسبة للقطع الأثرية الصغيرة، أو متوسطة الحجم، التي يتراوح وزنها بين عدة باوندات وكيلو غرام واحد من الممكن زيادة نسبة معامل التراكم داخل الحوض أثناء معالجتها إلى ١٠٪ أسبوعياً إلى أن تصل نسبة المحلول إلى ٥٠٪، أما القطع الأثرية الكبيرة فتتطلب وقتاً أطول من الانتظار ما بين فترات زيادة المحلول، وقد تزيد هذه

الفترة عن الشهر، والسبب في زيادة معامل التراكم، بشكل تدريجي، يكمن في ضرورة التقليل من نسب تفاضل الضغط التناضحي ما بين السوائل الموجودة داخل خلايا الخشب وخارجها، حيث من الممكن حدوث نتائج كارثية إذا تم إخضاع القطعة الأثرية لمعامل تراكم بنسبة عالية.

وينبغي أن تتم إعادة وزن القطعة الأثرية، التي تم وزنها في بداية عملية المعالجة، بشكل أسبوعي بعد الوصول إلى نسبة ٥٠٪ من المحلول داخل حوض المعالجة، وعندما تستقر حالة زيادة الوزن بالنسبة للقطعة عند حوالي ٢٠٪، فهذا يعني أن القطعة الأثرية قد تشربت ما يكفي من معامل التراكم لتبدأ بعدها عملية التجفيف في حجرة الرطوبة، إلاّ أن نسبة زيادة الوزن في بعض القطع الأثرية، التي خسرت مادة السيللوز بكميات كبيرة تكون مرتفعة بحيث يمكن أن تصل إلى ٢٥٪ – ٣٥٪.

ملاحظة حول عملية تراكم السكروز
Note on Sucrose Bulking

يعدّ السكروز معامل تراكم موثوق الفعالية، ورخيص الثمن، إلاّ أن فيه عيباً واحداً حيث يكون أكثر عرضة للتخمر، إذا كانت نسبته تقل عن ٤٠٪، ولذا لابد من المراقبة الدقيقة واليومية لحوض المعالجة، إذ يمكن تمييز حالة التخمر السريعة بسهولة من خلال الرغوة التي تظهر عادة على سطح الحوض، والرائحة الكريهة المنبعثة منه، وعند إهمال هذه الحالة يمكن للخمائر أن تعمل على سلب السكر قدرته على التراكم إلى جانب تكوّن حمض الخل الذي يسبب ضرراً بالغاً للقطع الأثرية.

وللتحكم بحالة التخمر هذه لابد من تسخين حوض المعالجة إلى أن تبلغ حرارته ٥٠ درجة مئوية، أما بالنسبة لجرعات التعقيم بالحرارة، التي تزيد في هذه الحالة عن ٧٠ درجة مئوية، أو ١٥٨ درجة فهرنهايت، فتستغرق عدة ساعات، وذلك أثناء

معالجة القطع الأثرية التي يشكل الخشب أكبر جزء منها، بحيث يمكنها وبسهولة أن تتحمل كل هذه الحرارة. ولكن إذا لم يكن بمقدور حوض المعالجة تحمل هذا الحدّ من الحرارة، فيجب إضافة ١٠٠ مل من محلول الليزول الزيتي المطهر لكل ٥٠ ليتر من المحلول الموجود داخل الحوض، وهكذا سيتم التخلص من حالة التخمر هذه في غضون بضعة أسابيع، وحينما يصل تركيز المحلول السكري إلى ٤٠٪، عندئذ لا حاجة لاتخاذ إجراءات لحماية المحلول من الجراثيم؛ لأن المحلول يصبح عند تلك الدرجة حساساً للغاية تجاه الأحياء الدقيقة بشكل يعيق نموها وتكاثرها.

منهجية طريقة المعالجة بالتراكم والتشرب

Bulking and Impregnation Treatment—Methodology

تتألف الأخشاب المشبعة بالماء، التي تحتوي على ما يقارب النصف إلى ثلاثة أرباع من نسبة السيللوز الأصلية، من طبقات متراصة من الخشب، الذي يبدو عليه التعفن والتحلل، تكون الطبقة الخارجية منها هي الأكثر تحللاً كونها تحوي نسبة ضئيلة فقط من السيللوز، ولذلك تكون لينة للغاية، ويصنف كريستنسون هذه الطبقة على أنها الطبقة (أ). أما دويونغ فيعدّها من الفئة الأولى. أما الطبقة التي تليها كلما أوغلنا نظرياً في بنية الخشب فهي عبارة عن منطقة ضيقة تشتمل على أخشاب متحللة، إلاّ أنها أفضل حالاً، نوعاً ما، من الأخشاب الموجودة في الطبقة الخارجية، لكنها ليست سليمة كتلك الأخشاب الموجودة في الطبقة الداخلية أي اللبية، ويصنف كريستنسون الأخشاب الموجودة في هذه الطبقة ضمن الفئة (ب)، بينما يصنفها دويونغ على أنها من الفئة الثانية. أما اللب الداخلي للقطعة الأثرية فيشتمل غالباً على أخشاب سليمة بحالة تشبه حالة الأخشاب المعالجة، والمذكورة في العمود الموجود في أقصى اليمين من

الجدول الوارد صفحة (٦٣)، وهذه الطبقة هي التي يصنفها كريستنسون على أنها الطبقة (ج)، ويعدّها دويونغ من الفئة الثالثة.

إن معالجة الأخشاب المؤلفة من عدة طبقات من أصعب عمليات المعالجة، ليس فقط بسبب الحاجة إلى اختراق كافة خلايا القطعة الخشبية وصولاً إلى الطبقة الأكثر عمقاً، ولكن أيضاً لأن كمية السيللوز المتبقية في الطبقة الخارجية تكون قليلة جداً، وبالتالي يصبح من الضروري نقع القطعة بمادة لملء الفراغات، وتقوية كافة التجاويف المتداخلة، إضافة إلى جدران الخلايا الداخلية.

وتتم معالجة هذا النوع من الأخشاب ضمن مسارين، حسب سماكة الطبقة الخارجية من القطعة وهي الطبقة الأكثر تعرضاً للتلف، فإذا كانت سماكتها مجرد بضعة ملليمترات، عندها يمكن إجراء عملية تراكم للطبقة الداخلية، باتباع ذات الخطوات وباستخدام معاملات التراكم ذاتها الواردة ضمن قسم المعالجة، الذي يسبق هذا القسم. إلاّ أنه بعد الانتهاء من معالجة الجزء الداخلي من القطعة الأثرية، وقبل وضع القطعة في حجرة الرطوبة لتجفيفها، يمكن نشر محلول البولي إيثيلين جليكول بتركيز ٥٠٪ على القطعة بواسطة فرشاة، مما يساعد على زيادة تماسك وتشرب الطبقة الخارجية المعرضة للقدر الأكبر من التلف، ويحول دون تشققها أو تشوه سطحها.

أما إذا كان التلف قد وصل إلى طبقات أعمق، فعندها ينصح بمعالجة تلك المناطق باستخدام مزيج محلول بولي إيثيلين جليكول ٥٤٠، وهذا ما توصل إليه الخبراء بعد تجارب طويلة؛ لأن هذا المزيج هو عبارة عن معجون أبيض اللون يتم الحصول عليه بمزج مادة بولي إيثيلين جليكول ٤٠٠ مع مادة بولي إيثيلين جليكول ١٤٥٠، وبهذا يمكن لهذا المزيج أن يخترق الطبقة الداخلية ويقوم بعملية تراكم فيها، كما أنه في الوقت ذاته يساعد الطبقة الخارجية على القيام بعملية التشرب، وإذا كان من الصعب

القيام بفحص سطح الخشب يمكن تغطية هذا السطح بطبقة من مادة بولي إيثيلين جليكول ٣٣٥٠ بواسطة فرشاة.

تتم زيادة مادة إيثيلين جليكول ٥٤٠ إلى حوض المعالجة بنسبة ١٠٪ كل مرة، وصولاً إلى ٥٠٪ من نسبة المحلول، كما هو الحال عند إضافة معاملات التراكم، التي سبق ذكرها في القسم السابق، كما أن درجات الحرارة والتوقيت الخاص بإضافة تلك المعاملات ينطبق على الإجراءات والخطوات التي فصلناها في القسم السابق.

لكن، وكما قد يتوقع البعض، فإن عملية معالجة هذه الأخشاب، التي أصابها التلف بدرجة كبيرة لن تنتهي حتى تتم زيادة وزن القطع من أجل مصداقية الاختبار، وهكذا، فقد تستغرق عملية المعالجة بطريقة التراكم والتشرب وقتاً أطول، بحسب حجم القطعة الأثرية ومدى نفوذيتها، كما علينا أن نتوقع أن تصل زيادة الوزن إلى حدود تتراوح بين ٢٥ إلى ٤٠٪، قبل أن تصل القطعة إلى حالة التوازن. وكما هو الحال عند القيام بعملية التراكم، يصبح الخشب عند هذه المرحلة جاهزاً لينقل إلى حجرة الرطوبة حيث يتم تجفيفه ببطء.

منهجية طريقة المعالجة بالتشرب

Impregnation Treatment—Methodology

تضم هذه المجموعة الأخشاب المشبعة بالماء، التي تعرضت لأقسى درجات التلف والتي يصنفها كريستنسون في الفئة (أ) ودويونغ في الفئة الأولى، إلاّ أن ما يثير الدهشة هنا هو أن هذه الأخشاب تندرج تحت مجموعة الأخشاب، التي يمكن صيانتها بسهولة، إذ لا تبدي جدران الخلايا فيها ممانعة كبيرة لمحلول التشرب، كما يحتوي جدار الخلية الثانوية، في خلايا هذا النوع من الخشب، على كمية قليلة من السيللوز يستحيل معها بقاء تلك الخلايا بحالة صلبة، أثناء عملية التجفيف باستخراج الماء، فالملاذ

الوحيد في هذه الحالة للمرمم المهتم بالمحافظة على شكل القطعة الأثرية يتمثل بعملية التشرّب، أي ملء الفراغات الخلوية البينية بمادة خاملة؛ لزيادة صلابتها أثناء عملية التجفيف ولتدعيم البنية المسامية للخشب.

أما طريقة المعالجة فتتم باتباع الإجراءات نفسها، التي تحدثنا عنها في القسمين السابقين، حيث تتم إضافة معامل التشرب أولاً بنسبة ١٠٪ لتصل في النهاية إلى ٥٠٪ من محلول المعالجة وذلك بنسبة زيادة مقدارها ١٠٪ عند كل إضافة، ويستخدم في هذه الحالة البولي إيثيلين جليكول ٣٣٥٠، ويعدّ الوزن الجزيئي لهذه المادة أكبر من أن يخترق جدران خلايا الخشب ويتحد معها، إلاّ أن المهمة التي يقوم بها بنجاح هي اختراق كافة الفراغات المتشكلة في الخشب المتحلل. ومادة إيثيلين جليكول ٣٣٥٠ هي عبارة عن بودرة يتعين حلها بالماء قبل الاستخدام، علماً أن تسخين محلول البولي إيثيلين جليكول ٣٣٥٠ يسرّع من انحلال البودرة داخل الماء.

كما هو متوقع، فإنه كلما ازدادت نسبة زيادة الوزن دلّ ذلك على قرب انتهاء عملية المعالجة بالتشرب، حيث تصل نسبة زيادة الوزن في القطع الأثرية الخاضعة للاختبار إلى ٣٠٪-٥٠٪ من وزن القطع الأثرية، وبخلاف ما ورد في القسمين السابقين حيث تترك القطعة الأثرية لتجف في حجرة الرطوبة، فإنه لابد في هذه الحالة من إزالة الفائض من مادة البولي إيثيلين جليكول ٣٣٥٠ من على سطح القطع الأثرية التي تمت معالجتها بالتشرب، وذلك منعاً لتخثر بقايا تلك المادة.

منهجية حجرة الرطوبة

Humidity Chamber—Methodology

عند الانتهاء من عمليتي التراكم والتشرب يتم إخراج القطع الأثرية من حوض المعالجة، ومن ثم يسمح للقطرات المتسربة منها بالسقوط إلى داخل الحوض، ويجب

أخذ الحيطة والحذر أثناء نقل القطع، التي تمت معالجتها، إلى حجرة الرطوبة (حجرة الرطوبة – انظر الفصل الأول). أما القطع الأثرية الدقيقة فتحتاج أثناء نقلها إلى دعامات، أو إلى أوانٍ مزودة بدعامات مصنوعة من البلاستيك الشفاف أو الخشب.

تترك القطع الأثرية لتجف ببطء داخل حجرة الرطوبة؛ للتقليل من احتمال إصابتها بحالة من الانهيار التناضحي، التي قد تقع عند تجفيفها بسرعة بالغة، كما تساعد حجرة الرطوبة القطع الأثرية على التخلص من المياه والجفاف بنفس السرعة في كافة أجزاء القطعة، الأمر الذي يخفف من حالات التوتر والإجهاد، الناجمة عن تنوع المساحات الموجودة في القطعة الخشبية. وتحتوي حجرة الرطوبة على رفوف تتسع لاستقبال حوض المعالجة بالكامل، كما تكون الحجرة معزولة بطريقة خاصة من السقف وحتى الأرضية، ويتم تصميم الحجرة بشكل يسمح لأي كمية فائضة من مُعامِلات التراكم والتشرب بالارتشاح خارج القطع الأثرية، وذلك عبر أرضيتها مما يسهل عملية التنظيف.

بعد وضع القطع الأثرية، التي تم إخراجها من حوض المعالجة إلى حجرة الرطوبة، يتم تشغيل معدات الترطيب، ثم يتم إغلاق الستارة البلاستيكية ليبدأ عندها جهاز الترطيب برفع الرطوبة النسبية داخل الحجرة بشكل سريع لتصل إلى ١٠٠٪ تقريباً. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب اختبار الحجرة قبل إدخال القطع الأثرية إليها، وذلك لحساب نسبة التجفيف، أي معدل سرعة وصول الحجرة إلى مرحلة الجفاف. ففي الظروف المثالية، تحتاج الحجرة للوصول تدريجياً إلى درجة الرطوبة النسبية المحيطة (أي حوالي ٥٠٪) إلى حوالي شهر، أي ١٠٪ تقريباً في كل أسبوع. أما بالنسبة للمقاييس وعملية ضبط الرطوبة داخل الحجرة فتقع على عاتق المرمم. وينبغي تفقد القطع الأثرية والتأكد من سلامتها مرة كل بضعة أيام، كما يجب رش الأجواء الداخلية للحجرة بالليزول لمنع نمو الفطريات داخلها، وبعد مضي أربعة أو خمسة

أسابيع على بدء عملية التجفيف التدريجي داخل حجرة الرطوبة تصبح القطع الأثرية جاهزة للتعرض للأجواء الاعتيادية في الخارج.

منهجية طريقة التجفيف بالهواء

Air Dry—Methodology

للبدء بهذه الطريقة لابد لنا أولاً من فتح الستارة البلاستيكية الموجودة داخل حجرة الرطوبة، وتعريض المساحة الداخلية للحجرة لأجواء المختبر الاعتيادية. ويجب أن تكون نسبة الرطوبة في الهواء المحيطي في مبنى مزود بأجهزة تكييف حوالي ٥٠٪؛ لأن الخشب قد يصاب بالانكماش في حال كانت النسبة أقل من ذلك، إلاّ أنه لن يصاب بضرر دائم جراء ذلك. وفي هذه المرحلة يصبح من الممكن تنظيف القطع الأثرية بسهولة من بقايا معامل التراكم والتشرب، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه كلما زاد وزن مادة البولي إيثيلين جليكول أصبحت أكثر عرضة للذوبان مما يجعل القطعة الأثرية بحاجة إلى تنظيف بواسطة نفخ الهواء عبر جهاز تجفيف يدوي. وبعد مضي أسبوع، أو اثنين على تعرض القطع الأثرية للرطوبة النسبية المحيطة تصبح هذه القطع جاهزة للتخزين ضمن مستودع خاص بالقطع الأثرية تتراوح نسبة الرطوبة النسبية داخله ما بين ٤٠٪ إلى ٥٠٪.

خاتمة

Conclusion

إن مادة الخشب من المواد التي تعمر طويلاً وتتحمل عوامل الزمن، وقد استخدمت الأخشاب في صناعة القطع الأثرية على مدى تاريخ البشرية، وحتى في عصور ما قبل التاريخ، إذ يمكن للأخشاب، التي تم تجفيفها أن تبقى لآلاف السنين على حالها دون أي تشوهات واضحة في شكلها، إلاّ أن الطبيعة العضوية للخشب

تجعله عرضة للتلف، وذلك نتيجة العوامل الحيوية التي يخضع لها وخاصة عند وجود الماء. كما أن المواد الكربوهيدراتية المعقدة للسيللوز، الذي هو المادة الأساسية في جدران خلايا الخشب الثانوية، تكون عرضةً للتفكك بسبب الأحياء العضوية الدقيقة. وفي حالة الأخشاب المشبعة بالماء، لا يمكن معرفة مدى التلف الذي تعرضت له القطعة الأثرية إلاّ بعد أن تجف، إذ إن الماء يحل محل كمية السيللوز التي فقدها الخشب وهذا ما يجعل القطعة الأثرية تحافظ على أبعادها الأصلية طالما أنها مغمورة بالمياه، وعند تجفيفها تظهر الطبيعة الحقيقية للأخشاب المشبعة بالماء، وذلك من خلال حالة الانهيار الناجمة عن التوتر المتلف للأنابيب الشعرية وما يعقب ذلك من تغييرات تطرأ على أبعاد القطعة الأثرية.

تقوم عمليتا التراكم والتشرب اللتان عرضنا لهما في هذا الكتاب بالتعويض عن التلف الحاصل لمعظم القطعة الخشبية، وذلك من خلال ضبط حالتي الانهيار والانكماش إلى أكبر درجة ممكنة. وكما رأينا في الصفحة (٦٤) فإن عمليات معالجة الأخشاب تتعدد وتتنوع باختلاف أنواع الخشب وأجناسه، إلاّ أن هذا الكتاب يعتمد على مادتي السكروز والبولي إيثيلين جليكول في عمليات المعالجة، كونهما من البدائل الأرخص ثمناً، والأقل سمّية، والأكثر قابلية للاسترجاع، أما المعدات اللازمة لمعالجة الخشب في أي مختبر خاص فتعتمد على حالة الخشب الذي تم استخراجه، لكن لابد لها في نهاية المطاف من أن تشمل الطرق اللازمة لمعالجة كل من المواد الجافة والمواد المشبعة بالماء. وكما أسلفنا في الفصل الأول فإن مختبرات الحدّ الأدنى من التدخل هي في حالة تطوير دائم، أما مع هذه الحالة، فإن الفوائد الجمة التي سيتم الحصول عليها من خلال القطع الأثرية التي تم إنقاذها، تفوق بكثير التكاليف اللازمة لتجهيز حوض المعالجة وحجرة الرطوبة.

المراجع

Aggebrandt، I.G. and O. Samuelson. "Penetration of Water-Soluable Polymers into Cellulose Fibers." *Journal of Applied Polymer Science* 8 (1964): 2801–2812.

Alagaria، Peitro. "The Conservation of the Treatment Tanks Used in the Conservation of the Wood of the Marsala Punic Ship." *Studies in Conservation* 22:3 (1977): 158–160. [ECU-182]

Albright، Alan B. "The Preservation of Small Waterlogged Wood Specimens with Polyethylene Glycol." *Curator* 9:3 (1966): 228–234. [ECU-11]

Ambrose، W.R. "The Treatment of Swamp Degraded Wood by Freeze Drying." (Report to the ICOM Committee for Conservation، Madrid) (1972).

—. "Stabilizing Degraded Swamp Wood by Freeze-Drying." *ICOM Proceedings* (4th Triennial Meeting، Venice) (1975): 1–14.

—. "Freeze Drying of Swamp Degraded Wood." *Conservation of Wood and Stone* (IIC، London) (1975): 53–57.

—. "Sublimation Drying of Degraded Wet Wood." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 7–15. [ECU-239]

Amoigon، J. and P. Larrat. "The Treatment of Waterlogged Wood by Lyophilization Under Normal Atmospheric Pressure—Application to Large Size Objects." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 181–186.

Anon. "Two PEG's are Better than One،" *Chemistry in Britain*، (1987). [ECU-107]

Anon. *Carbowax Polyethylene Glycols.* Dunbury، Connecticut: Union Carbide Corporation، Ethylene Oxide Derivitives، (1981).

Arrhenius، O. "Corrosion on the Warship *Wasa*." *Bulletin* (Swedish Corrosion Institute 48) (1967).

Barbour، James R. "The Condition and Dimensional Stabilization of Highly Deteriorated Waterlogged Hardwoods." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 23–37. [ECU-13]

—. "Treatments for Waterlogged and Dry Archaeological Wood." *Archaeological Wood* (1990): 177–192. [ECU-290]

Barbour، James R. and L. Leney. "Shrinkage and Collapse in Waterlogged Archaeological Wood: Contribution III Hoko River Series." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 209–225. [ECU-14]

Barclay، R.، R. James، and A. Todd. "The Care of Wooden Objects." *CCI Bulletin* 8 (1980): 1–15. [ECU-15]

Barka، G.، H. Knauer، and P. Hoffman. "Simultaneous Separation of Oligometric and Polymeric Ethylene Glycols (DP 1–110) Using Reverse Phase HPLC (HRPLC)." *Journal of Chromatography* (1987).

Barker، Harold. "Early Work on the Conservation of Waterlogged Wood in the U.K." *MMR* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 61–63. [ECU-252]

Barkman، L. "Preservation of the Warship *Wasa*." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 65–106.

Barkman، L.، S. Bengtsson، B. Hafors، and B. Lundvall. "Processing of Waterlogged Wood." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 17–26. [ECU-240]

Bateson، B.A. "Sorbitol in Wood Treatment." *Chemical Trade Journal and Chemical Engineer* (1938): 26–27. [ECU-406]

—. "The Shrinkage and Swelling of Wood—Experiments on the Influence of Sorbitol." *CRJCE* [n. d.].

Baynes-Cape، A.D. "Fungicides and the Preservation of Waterlogged Wood." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 31–33. (ECU-256]

Bengtsson، Sven. "What About *Wasa*?" *Realia* 1 (1990): 309–311.

Berry، I.S. and P.R. Houghton، eds. "Conservation of the Timbers of the Tudor Ship *Rose*." *Papers* (Biodeterioration 6: Presented at the 6th International Biodeterioration Symposium، Slough، U.K.) (1986): 354–362.

Biek، L. "Some Notes on the Freeze-Drying of Large Timbers." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 25–29. [ECU-257]

Bj¨ordal، C.G. and T. Nilsson. "Observations on Microbial Growth During Conservation Treatment of Waterlogged Archaeological Wood." *Studies in Conservation*. Vol. 46 No. 3، 2001. [ECU-632]

Blackshaw، S.M. "Comparison of Different Makes of PEG and Results on Corrosion Testing." *MMR* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 51–58.

—. "Coments on the Examination and Treatment of Waterlogged Wood Based on Work Carried Out During the Period 1972–1976 at the British Museum." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 27–34. [ECU-0238]

Blanchette، Robert، John E. Haight، Robert J. Koestler، Pamela B. Hatchfield، Dorthea Arnold. "Assessment of Deterioration in Archaeological Wood from Ancient Egypt." *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 33 No. 1، 1994. [ECU-633]

Bolton، A.J. and J.A. Petty. "A Model Describing Axial Flow of Liquids Through Conifer Wood." *Wood Science and Technology* 12 (1978): 37–48. [ECU-212]

"Borate Wood Preservatives—Marine Applications?" *Wooden Boat* Vol. 110، 1993، pp. 92–93. [ECU-767]

Borgin، K. "Mombasa Wreck Excavation: Second Preliminary Report." *International Journal of Nautical Archaeology* 7 (1978): 301–319.

Bourgiba، N. and P.A. Hodges. "The Penetration of Fluids with Different Swelling Characteristics into Timber." *Journal of the Institute of Wood Science*. Vol. 15 No. 3، 2000. [ECU-634]

Bright، Leslie S. "Recovery and Preservation of a Fresh Water Canoe." *International Journal of Nautical Archaeology* 8 (1979): 47–57.

Brownstein، Allen. "The Chemistry of Polyethylene Glycol." *ICOM-WWWG* (Proceedings، Ottawa) (1981): 279–285. [ECU-18]

Browse، David S. "Archaic Dugout Canoe Found in Northern Ohio." *The Explorer* 20:2 (1978): 13–17.

Bryce، T.، and H. McKerrell. "The Acetone-Rosin Method for the Conservation of Waterlogged Wood and Some Thoughts on the Penetration of PEG into Oak." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 35–43. [ECU-255]

Carbowax Polyethylene Glycols. Dunbury، Connecticut: Union Carbide Corporation، Ethylene Oxide Derivatives، 1981.

Caple، Chris and Will Murray. "Characterization of a Waterlogged Charred Wood and Development of a Conservation Treatment." *Studies in Conservation*. Vol. 39 No. 1، 1994. [ECU-635]

CCI Laboratory Staff. "Making Padded Blocks." *CCI Notes* (Canadian Conservation Institute) 11/2 (1995) [ECU-540]

"Chemical Wood Deterioration." *Wooden Boat* Vol. 154، 2000، pp. 114–115. [ECU-768]

Chen، Peter Y.S. and Yifu Tang. "Variation in Longitudinal Permeability of Three U.S. Hardwoods." *Forest Products Journal* 41:11/12 (1991). [ECU-438]

Chen، Zhanjing، Eugene M. Wengert، and Fred M. Lamb. "A Technique to Electrically Measure the Moisture Content of Wood Above Fiber Saturation." *Forest Products Journal*. Vol. 44 No. 9، 1994. [ECU-636]

Choong، B.T. "Effect of Extractives on Shrinkage and Other Hygroscopic Properties on Ten Southern Pine Woods." *Wood and Fiber* 1:2 (1970).

Choong، E.T.، J.F.G. Mackay، and C.M. Stewart. "Collapse and Moisture Flow in Kiln-Drying and Freeze-Drying of Woods." *Wood Science* 6:2 (1973): 127–135. [ECU-497]

Christensen، B. Brorson. *Conservation of Waterlogged Wood at the National Museum of Denmark*. Copenhagen: National Museum of Denmark، 1970.

—. "Developments in the Treatment of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark، 1962–1969." *Proceedings* (IIC Conference on Stone and Wooden Objects، New York، 1970، 2nd Edition، IIC، London) (1971): 29–35.

Clarke، R.W. and C. Gregson. "A Large Scale PEG Conservation Facility for Waterlogged Wood at the National Maritime Museum، Greenwich." *ICOM Proceedings* (8th Triennial Meeting) (1987): 301–307.

Clarke، R.W. and J.P. Squirrell. "A Theoretical and Comparative Study of Conservation Methods for Large Waterlogged Wooden objects." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 19–27. [ECU-19، 579]

—. "The Pilodyn—An Instrument for Assessing the Condition of Waterlogged Wooden Objects." *Studies in Conservation* 30:4 (1985): 177–183. [ECU-310]

Colardelle، M. "The Center of Study and the Treatment of Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceeding* (Grenoble) (1984): 17–19.

Coles، John M. "The Somerset Levels: A Waterlogged Landscape." *ICOM-WWWG Proceedings* (1981): 129–141. [ECU-21]

—. "Session III. Conservation for Frozen or Wetland Archaeological Sites: Introductory Talk." *ICOMWWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 121. [ECU-20]

Clydesdale، A. "A New Technique for Wood Conservation." *Scottish Society for Conservation and Restoration* Vol. 6 No. 1، 1995. [ECU-769]

Comstock، Gilbert L. "Physical and Structural Aspects of the Longitudinal Permeability of Wood." (PhD Thesis، College of Environmental Science and Forestry، Syracuse University) (1968).

Comstock، Gilbert L. and W.A. Cote. "Factors Affecting Permeability and Pit Aspiration in Coniferous Sap-Wood." *Wood Science and Technology* 2 (1968): 219–239. [ECU-215]

Cook، C. and David Grattan. "A Practical Comparative Study of Treatments for Waterlogged Wood، Part III: Pretreatment Solutions for Freeze-Drying." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 219–239. [ECU-23]

Cott، J. "The Conservation of Wet Wood." *Poseidon* 77 (1968): 310–311.

Cutler، D.F. "The Anatomy of Wood and the Processes of its Decay." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 1–7. [ECU-259]

Daley، T.W. and Lorne D. Murdock. "Underwater Molding and an X-Section of the *San Juan* Hull: Red Bay، Labrador، Canada." *ICOM Proceedings* (Copenhagen) (1984).

Daley، T.، Murdock، L.D. and C. Newton. "Underwater Molding Techniques on Waterlogged Ships Timbers Employing Various Products Including Liquid Polysulfide Rubber." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 39–40. [ECU-25]

Daugherty، R.D. and D.R. Croes. "Wet Sites in the Pacific Northwest." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 2) (1976): 17–29. [ECU-227]

Davidson، R.L.، ed. "Section 19–1: Polyethylene Glycol." *Handbook of Water Soluable Gums and Resins*. New York: McGraw-Hill، 1980.

Dawson، J.E. "Some Considerations in Choosing a Biocide." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 269–277. [ECU-28]

Dawson، J.E.، R. Ravindra، and R.H. La Fontaine. "A Review of Storage Methods for Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 227–235. [ECU-27]

Denton، Mark H. and Joan S. Gardner. "The Recovery and Conservation of Waterlogged Goods for the Well Excavated at the Fort Loudoun Site." *Historical Archaeology* 17:1 (1983): 96–103. [ECU-382]

Dersarkissian، M. and Mayda Goodberry. "Experiments in Non-Toxic Anti-Fungal Agents." *SIC* 25 (1980): 28–36. [ECU-174]

Dorge، Valerie، and F. Carey Howlett. "Painted Wood: History and Conservation." *WAGAIC Symposium Williamsburg*، 1994. [ECU-770]

Eaton، JohnW. "The Preservation of Wood by the Alum Process." *Florida Anthropologist* 15:4 (1962): 115–117. [ECU-0029]

Eenkhoom، W. and A.J.M. Wevers. "Report of an Investigation into Wood and Wood Samples in the Area of the East Indiaman *Amsterdam*." (Rijksdienst voor Ijsselmerpolders Report، No. 28) (1983).

Eenkhoom،W.، J. De Jong، and A.J.M. Wevers. "The Wood of the VOC Ship *Amsterdam*." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 85–90.

Eilwood، E.L.، B.A. Ecklund، and E. Tavarin. "Collapse in Wood Exploratory Experiments in its Prevention." *Forest Products Journal* 10:1 (1960): 8–21.

Erickson، R.W.، R.L. Hossfeld، and R.M. Anthony. "Pretreatment with Ultrasonic Energy—Its Effect Upon Volumetric Shrinkage of Redwood." *Wood and Fiber* 2:1 (1970): 12–18.

Fenwick، V.، ed. "The Graveny Boat." *British Archaeological Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.، Archaeological Report Series No. 3، British Series 53) (1978).

Finney، R.W. and A.M. Jones. "Direct Analysis of Wood Preservatives in Ancient Oak from the *Mary Rose* by Laser Microprobe Mass Spectrometry." *Studies in Conservation*. Vol. 38 No. 1، 1993. [ECU-637]

Florian، Mary-Lou E.، et al. "The Physical، Chemical، and Morphological Condition of Marine Archaeological Wood Should Dictate the Conservation Process." *Papers* (First Southern Hemisphere Conference on Maritime Archaeology) (1978): 128–144.

Florian، Mary-Lou E.، and R. Renshaw-Beauchamp. "Anomalous Wood Structure: A Reason for Failure of PEG in Freeze-Drying Treatments of Some Waterlogged Wood from the Ozette Site." *ICOMWWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 85–98.

Fogarty، W.M. "Bacteria، Enzymes، and Wood Permeability." *Process Biochemistry* (1973): 30–34. [ECU-403]

Fox، Louise. "The Acetone-Rosin Method for Treating Waterlogged Hardwoods at the Historic Resource Convention Branch، Ottawa." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 73–94. [ECU-0198]

Friedman، Janet P. "Wood Identification—An Introduction،" *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 67–79. [ECU-234]

Furuno، T. and T. Goto. "Structure of the Interface Between Wood and Synthetic Polymers: V. The Penetration of Polyethylene Glycol into Woody Cell Wall." *Journal of the Japan Wood Research Society* 20:9 (1974): 446–452. [ECU-401]

"The Galilee Boat: A Painstaking Restoration." *Archaeology* 42:1 (1989): 18. [ECU-347]

General Discussion Period. "The Conservation of Shipwrecks." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 61–66. [ECU-102]

—. "Conservation for Frozen or Wet Land Archaeological Sites."*ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 181–188. [ECU-104]

—. "Progress in the Treatment of Waterlogged Wood: Biocides." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 267–268. [ECU-105]

General Discussion Period، Session II. "Analysis and Classification of Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 117–120. [ECU-103]

Gerrasimova، N.G. "On the Investigation of Waterlogged Wood in Connection with its Conservation." *ICOM Proceedings* (7th Triennial Meeting، Copenhagen) (1984).

Gerrasimova، N.G.، E.A. Mikolajchuk، and M.I. Kolosova. "On the Conservation of Archaeological Wood by Introduction of Waxlike Substances Into It." *ICOM Proceedings* (6th Triennial Meeting، Ottawa) (1981): 1–10.

Gilroy، D. "Conservation of a Pulley Sheave from the Dutch East Indiaman *Zeewiyk*، 1727." *ICOM Bulletin* 4 (12/1978): 25–27.

Ginier-Gillet، A.، M.D. Parchas، R. Ramiere، and Q.K. Tran. "Conservation Methods Developed at the C.T.B.G.E. (Grenoble، France)، Impregnation of Radiocarbon Resin and Lyphilization." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 125–139.

Gowers، H.J. "Problems Concerning the Conservation of Wood." (IIC-UK Group Bulletin Offprint) (1974): 2p.

Grattan، David W. "A Practical Comparative Study of Treatments for Waterlogged Wood، Part II: The Effect of Humidity on Treated Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 243–252. [ECU-35]

—. "A Practical Comparative Study of Several Treatments for Waterlogged Wood." *Studies in Conservation* 27:3 (1982): 124–136. [ECU-333]

—. "The Degradation of Waterlogged Wood، Recent Progress in Conserving Waterlogged Wood." *Museum* 1:137 (1983): 22–26. [ECU-400]

—. "The ICOM Waterlogged Wood Working Group." *Proceedings* (13th Conference on Underwater Archaeology، Society of Historical Archaeology) (1984): 8–10. [ECU-320]

—. "Advances in the Conservation of Waterlogged Wood، 1981–1984." *ICOM Proceedings* (7th Triennial Meeting، Copenhagen) (1984).

—. "Treatment of Waterlogged Wood." *Proceedings* (First International Conference of Wet Site Archaeology، University of Florida، Gainesville) (1986).

—. "Some Observations on the Conservation of Wooden Shipwrecks." *ICOM Bulletin* 12 (1986).

—. "Waterlogged Wood." *Conservation of Marine Archaeological Objects* C. Pearson، ed. (London: Butterworths Series in Conservation and Museology) (1987): 55–67. [ECU-33]

—. "International Comparative Wood Treatment Study." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 153–203. [ECU-204]

—. "Moisture Measurement Using Embedded Moisture Probes." *CCI Newsletter* (1989): 11–12. [ECU-32]

Grattan، David W.، ed. *Proceedings* (ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference. Ottawa: International Council of Museums، Committee for Conservation، Working Group on Waterlogged Wood) (1981). [ECU-2]

Grattan، David W. and R.W. Clarke. "Conservation of Waterlogged Wood." *Conservation of Marine Archaeological Objects* C. Pearson، ed. (London:

Butterworths Series in Conservation and Museology) (1987): 164–206. [ECU-36]

Grattan، David W. and S. Drouin. "Conserving Waterlogged Wood—30 Million Years Old." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 61–72. [ECU-199]

Grattan، David W. and C. Mathias. "Analysis of Waterlogged Wood: The Value of Chemical Analysis and Other Simple Methods in Evaluating Condition." *Somerset Levels Papers* 12 (1986): 6–12; 106–108. [ECU-37]

Grattan، David W. and J.C. McCawley. "The Potential of the Canadian Winter Climate for the Freeze-Drying of Degraded Waterlogged Wood." *Studies in Conservation* 23 (1978): 157–167. [ECU-178]

Grattan، David W.، J.C. McCawley، and C. Cook. "The Potential of the Canadian Winter Climate for the Freeze Drying of Degraded Waterlogged Wood: Part II." *Studies in Conservation* 25:3 (1980): 118–136. [ECU-337]

—."The Conservation of a Waterlogged Dug-out Canoe Using Natural Freeze-Drying."*ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981).

Greaves، H. "A Review of the Influence of Structural Anatomy on Liquid Penetration into Hardwoods." *Journal of the Institute of Wood Science* 6:6 (1974).

Gregson، C.W. "Progress on the Conservation of the Graveney Boat." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 113. [ECU-248]

Grimstad، Kirsten، ed. "A Large Scale Polyethylene Glycol Conservation Facility for Waterlogged Wood at the National Maritime Museum، Greenwich، U.K.." *ICOM Proceedings* (8th Triennial Meeting، Sydney) (1987).

Grosso، G.H. "Volume Processing of Waterlogged Wood at a Remote Archaeological Site: Modification of Old Techniques، Identification of Special Problems، and Hopes for their Solution." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 35–48. [ECU-237]

—. Discussion Session: "Field Conservation at Ozette." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 2) (1976): 91–97. [ECU-230]

—."Experiments with Sugar in Conserving Waterlogged Wood."*ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 1–9.

Grosso، G.H.، ed. *Proceedings* (Pacific Northwest Wet Site Wood Conservation Conference، Neah Bay، Washington، Vol. 1 & 2) (1976). [ECU-262 and 263]

Haas، A. and H. Muller-Beck. "A Method for Wood Preservation Using Arigal-C." *Studies in Conservation* 5 (1960): 150–158. [ECU-409]

Hafors، Birgitta. "The Drying of the Outer Planking of the *Wasa* Hull." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 313–321. [ECU-38]

—. "The Role of the *Wasa* in the Development of the Polyethylene Glycol Preservation Method." *Archaeological Wood (*1990): 195–216. [ECU-294]

Hamilton، Donny L. *Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture*. Washington، D.C.: U.S. Department of Defense Legacy Resource Management Program، January 1996. [ECU-610]

Hart، C.A. "Relative Humidity، EMC، and Collapse Shrinkage in Wood." *Forest Products Journal* 34:11/12 (1985): 45–54. [ECU-399]

Harvey، P. "A Review of Stabilisation Works on the Wreck of the *William Salthoue* in Port Phillip Bay." *Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology* Vol. 20، 1996. [ECU-771]

Hawley، Greg. "The Recovery، Stabilization، and Preservation of Large Wooden Structure and Cargo from the Steamboat *Arabia*." (Unpublished Manuscript، *Arabian* Steamboat Museum، Kansas City، Missouri) [n. d.]. [ECU-517]

Hawley، L.F. "Wood-Liquid Relations." (USDA Technical Bulletin No. 248، Washington D.C.) (1931).

Hicken، Norman E. *Wood Preservation: A Guide to the Meaning of Terms*. London: Hutchison، 1971.

—. *The Woodworm Problem*. London: Hutchison (1972).

Hillman، D. and Mary-Lou E. Florian. "A Simple Conservation Treatment for Wet Archaeological Wood." *Studies in Conservation* 30 (1985): 39–41. [ECU-405]

Hoffman، Per. "Short Note on the Conservation Program for the Bremen Cog." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 41–44. [ECU-299]

—. "Chemical Wood Analysis as a Means of Characterizing Archaeological Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 69–72. [ECU-40]

—. "A Rapid Method for the Detection of Polyethylene Glycols (PEG) in Wood." *Studies in Conservation* 18:4 (1983): 189–193. [ECU-122]

—. "On the Stabilization of Waterlogged Oakwood with PEG:Molecular Size vs. Degree of Degradation." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 95–115. [ECU-40]

—. "On the Stabilization of Waterlogged Oakwood with PEG; II: Designing a Two-Step Treatment for Multi-Quality Timbers." *Studies in Conservation* 31:3 (1986): 103–113. [ECU-189]

—. "HPLC for the Analysis of Polyethylene Glycols (PBG) inWood." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 41–60. [ECU-197]

—. "To be and to continue being a cog: the conservation of the Breman Cog of 1318." *International Journal of Nautical Archaeology*. Vol. 30 No. 1، 2001، pp. 129–140. [ECU-638]

Hoffman، P. and M.A. Jones. "Structure and Degradation Process for Waterlogged Archaeological Wood." *Archaeological Wood* (1990): 99–104. [ECU-291]

Hoffman، Per، Kwang-nam Choi، and Yong-han Kim. "The 14th-century Shinan Ship—Progress in Conservation." *International Journal of Nautical Archaeology* 20:1 (1991): 59–64. [ECU-491]

Hoffman، Per and Robert A. Blanchette. "The Conservation of a Fossil Tree Trunk." *Studies in Conservation*. Vol. 42 No.2، 1997، pp. 74–82. [ECU-639]

Hoyle، Robert J. "Relating Wood Science and Technology to the Conservator." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 2) (1976): 99–104. [ECU-231]

Hug، B. "Lyphilization: 10 Years of Experience." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 207–212.

ICOM Committee for Conservation Working Group on Wet Organic Archaeological Materials. *Newsletter* No. 1–20 (1978–1990). [ECU-297]

Inglis، R.، Croes، D.، and C. Rose. "Round Table Discussion." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 2) (1976): 81–90. [ECU-229]

Conservation of Waterlogged Wood (International Symposium on the Conservation of Large Objects of Waterlogged Wood، Amsterdam، September 1979. The Hague: Government Printing Conference) (1981).

Inverarity، R.B. "The Conservation of Wood from Fresh Water." *Diving Into the Past*. St. Paul: Minnesota Historical Society، 1964.

Irwin، H.T. and G. Wessen. "A New Method for the Preservation of Waterlogged Archaeological Remains: Use of Tetraethyl Orthosilicate." *Proceedings* (Pacific Northwest Conference 1) (1976): 49–59. [ECU-0236]

Ishimaru، Y. "Adsorption of Polyethylene Glycol on Swollen Wood: I. Molecular Weight Dependence." *Journal of the Japan Wood Research Society* 22:1 (1976): 22–28. [ECU-388]

Jagels، Richard. "A Deterioration Evaluation Procedure for Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 69–72. [ECU-43]

Jamiere، G. and G. Meurges. "The Treatment of Waterlogged Wood by Freeze-Drying at the Natural History Museum." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 175–184.

Jenssen، Victoria. "Giving Waterlogged Wood the Brush." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981).

Jenssen، Victoria، and Lorne Murdock. "Review of the Conservation of *Machault*'s Ships Timbers، 1973–1981." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 41–49. [ECU-44]

Jespersen، Kirsten. "Conservation of Waterlogged Wood by Use of Tertiary Butanol، PEG، and Freeze-Drying." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 69–76. [ECU-312]

—. "Some Problems of Using Tetraethozysilane (Tetra Ethyl Ortho Silicate: TEOS) for Conservation of Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 203–207. [ECU-0046]

—. "Extended Storage of Waterlogged Wood in Nature." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 39–54. [ECU-45]

—. "Precipitation of Iron-Corrosion Products on PEG-Treated Wood." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 141–152. [ECU-202]

Johnson، Bruce R.، Rebecca E. Ibach، and Andrew J. Baker. "Effect of Salt Water Evaporation on Tracheid Separation from Wood Surfaces." *Forest Products Journal* 42:7/8 (1992). [ECU-437]

Johnson، Rosemarie. "Large Waterlogged Timber Structures Excavated on the Billingsgate Excavation، London، 1982." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 63–69. [ECU-47]

Jones، A.M. and E.B.G. Jones. "Conservation of Timbers of the Tudor Ship *Mary Rose." Proceedings* (Sixth International Biodeterioration Symposium، Program and Abstracts) Vol. 6 Abstract No. 60 (1984).

Jones، E.B.G. "The Decay of Timber in Aquatic Environments." *Report* (British Wood Preserving Association Annual Convention) (1972): 31–49.

de Jong، J. "The Conservation of Waterlogged Timber at Ketelhaven (Holland)." *ICOM Proceedings* (4th Triennial Meeting، Venice) (1975): 1–9.

—. "Conservation Techniques for Old Waterlogged Wood from Shipwrecks Found in the Netherlands." *Biodeterioration Inves. Tech.* (1977): 295–338.

—. "The Deterioration of Waterlogged Wood and its Protection in the Soil." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 31–40. [ECU-300]

—. "The Conservation of Shipwrecks by Impregnation with Polyethylene Glycol." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 57–67. [ECU-317]

Jover، Anna. "The Application of PEG 4000 for the Preservation of Paleolithic Wooden Artifacts." *Studies in Conservation*. Vol. 39 No. 3، 1994. [ECU-640]

Kahanov، Yaacov. "Wood Conservation of the Ma'agan Mikhael Shipwreck." *International Journal of Nautical Archaeology*. Vol. 26 No. 4، 1997، pp. 316–329. [ECU-641]

Katzev، M.L. "Resurrecting the Oldest Known Greek Ship." *National Geographic* 137:6 (1970): 841–847.

Kazanskaya، S.Y. and Klara F. Nikitina. "On the Conservation of Waterlogged Degraded Wood by a Method Worked out in Minsk." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 139–146. [ECU-48]

Kawai، T. and F. Masuzawa. "Study on Conservation of Waterlogged Wood with Freeze Drying at Reduced Pressure." *Conservation Science Bulletin* 3 (1974): 59–67.

Kaye، Barry and David J. Cole-Hamilton. "Conservation of Knife Handles from the Elizabethan Warship *Makeshift*." *International Journal of Nautical Archaeology*. Vol. 24 No. 2، 1995، pp. 147–158. [ECU-642]

Kaye، Barry، David J. Cole-Hamilton، and Kathryn Morphet. "Supercritical Drying: A New Method for Conserving Waterlogged Archaeological Materials." *Studies in Conservation*. Vol. 45 No. 4، 2000، pp 233–252. [ECU-643]

Keene، Susanne. "An Approach to the Sampling and Storage of Waterlogged Timbers from Excavation." *The Conservator* 1 (1977): 8–11. [ECU-410، 577]

—."Waterlogged Wood From the City of London." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 177–188. [ECU-49]

Kelly، John. "The Construction of a Low Cost، High Capacity Vacuum Freeze Drying System." *Studies in Conservation* 25 (1980): 176–179. [ECU-125]

Kotlik، Petr. "Impregnation Under Low Pressure." *Studies in Conservation*. Vol. 43 No. 1، 1998، pp. 42–47. [ECU-644]

Kubler، Hans. "Corrosion of Nails in Wood Construction Interfaces." *Forest Products Journal*. Vol. 42 No. 1، 1992، pp. 47–49. [ECU-645]

Kucra، L.J. "Moisture Conditions in PEG-Treated Wood from the Warship *Wasa*." *Xylorama Trends in Wood Research* (Stockholm: Royal Institute of Technology) (1985): 192–197.

de La Baume، Sylvia. "Archaeological Wood Desalting by Electrophoresis." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 153–162. [ECU-203]

Lan، Zhang. "A Note on the Conservation of a Thousand Year Old Boat." *Studies in Conservation*. Vol. 40 No. 3، 1995، pp. 201–206. [ECU-646]

Larsen، Knut Einar. *Conservation of Historic Timber Structures، an Ecological Approach*. London: Elsevier، 2000.

Laures، F.F. "A Means of Rapid Drying of Antique Wooden Material Previously Saturated with Polyethylene Glycol (PEG 4000) in a Watery Solution." *International Journal of Nautical Archaeology* 13:4 (1984): 325–327. [ECU-330]

—. "More Details about Rapid Drying of Wood by "Frying" it in Polyethylene Glycol." *International Journal of Nautical Archaeology* 15:1 (1986): 68–69. [ECU-155]

Lodewijks، J. "Ethics and Aesthetics in Relation to the Conservation and Restoration of Waterlogged Wooden Shipwrecks." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 107–110. [ECU-313]

Lous، F. "The Recovery of the *Amsterdam*." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 91–97. [ECU-316]

Lucas، Deirdre A. "On Site Packing and Protection for Wet and Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 51–55. [ECU-53]

MacDonald، George F. "The Management of Wet Site Archaeological Resources." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 123–128. [ECU-54]

MacLeod، Ian Donald. "Hygroscopicity of Archaeological Timber: Effects of Molecular Weight of Impregnant and Degree of Degradation." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 211–213.

—. "Conservation of Waterlogged Timbers from the *Batavia*، 1629." *Bulletin of the Australian Institute for Maritime Archaeology* 14:2 [n. d.]: 1–8.

MacLeod، Ian Donald، ed. *Proceedings* (ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference. Fremantle: Western Australia Museum) (1987). [ECU-264]

MacLeod، Ian Donald and D.R. Gilroy. "Colour Measurement of Treated and Air-Dried Wood." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 203–213. [ECU-205]

MacLeod، Ian D.، Fiona M. Fraser، and Vicki L. Richards. "The PEG-Water Solvent System: Effects of Composition on Extraction of Chloride and Iron from Wood and Concretion." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 245–263.

Mahrer، N. "The Conservation of Recently Discovered Shipwreck Material from Jersey." *Scottish Society for Conservation and Restoration* Vol. 11 No. 4، 2000. [ECU-772]

Marsden، Peter. "Post-Medieval Ship Archaeology: The Present and the Future." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 25–29. [ECU-301]

Masuzawa، F. and Y. Nishiyama. "Experiments on the Impregnation of Waterlogged Wood with PEG (II)." *Conservation Science Bulletin* 3 (1974): 39–46.

Matsuda، Takatsuga. "On Reproducing the Shape of the Tissues of the Dried and Shrunk Waterlogged Wood for the Identification of its Species." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 55–62. [ECU-55]

Mavroyamakis، E.G. "Aging of Reinforced Ancient Waterlogged Wood by Ray Methods." *ICOMWWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 263–266. [ECU-56]

McCawley، J. Cliff. "Waterlogged Artifacts: The Challenge to Conservation." *JCCI* 2 (1977): 17–36.

McCawley، J.C.، and David W. Grattan. "Natural Freeze-Drying: Saving Time، Money، and a Waterlogged Canoe." *Journal of the Canadian Conservation Institute* 4 (1980): 36–39.

McCawley، J. C.، David W. Grattan، and Clifford Cook. "Some Experiments in Freeze-Drying: Design and Testing of a Non-Vacuum Freeze Dryer."*ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981):253–262. [ECU-57]

McClelland، C.P. and R.L. Bateman. "Technology of the PEGs and Carbowax Compounds." *Chemical and Engineerina News* 23:3 (1945): 247–251.

McGrail، Sean. "Progress Towards a Centre for the Conservation of Waterlogged Wood." *MMR* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 107–108. [ECU-250]

McGrail، Sean and C. Gregson. "The Archaeology of Wooden Boats." *Journal of the Institute of Wood Science* 7:1 (1975): 16–19. [ECU-214]

McKerrel، H.، E. Roger، and A. Varsanyi. "The Acetone-Rosin Method for the Conservation of Waterlogged Wood." *Studies in Conservation* 17 (1972): 111–125. [ECU-407]

Mecklenburg، Marion، Charles Tumosa، and David Erhardt. "Structural Response of Painted Wood Surfaces to Change in Ambient RH." [ECU-773]

Merill، William."Wood Deterioration Causes، Detection، and Prevention." *History News* (August 1974): 188. [ECU-329]

Merz، R.W. and G.A. Cooper. "Effect of Polyethylene Glycol on the Stabilization of Black Oak Blocks." *Forest Products Journal* 9:3 (1968): 55–59. [ECU-210]

Mikailov، A. "Conservation of a Thracian One-Log Boat." *ICOM Proceedings* (5th Triennial Meeting، Zagreb) (1978).

Mikolajchuk، E.A. et al. "Examination of Waterlogged Archaeological Oak Wood." *ICOM Proceedings* (Fremantle) (1987): 95–107. [ECU-200]

Moncrieff، A. "Review of Recent Literature on Wood، January 1960 to April 1968." *Studies in Conservation* 13 (1968): 186–212. [ECU-338]

Moss، S.T. "Preservation of Wood in the Sea." *The Biology of Marine Fungi.* Carrbridge: Carrbridge University Press، 1986: 355–365.

Muhlethaler، B.، L. Barkman، and M. Noack. *Conservation of Waterlogged Wood and Wet Leather* (Paris: Editions Eyrothes) (1982). [ECU-369]

Munnikendam، R.A. "Conservation of Waterlogged Wood with Glycol Methacrylate." *Studies in Conservation* 18 (1973): 97–99. [ECU-339]

—. "Conservation of Waterlogged Wood Using Radiation Polymerization." *Studies in Conservation* [n. d].

Murdock، Lorne D. "Construction Details of a Tank for Polyethylene Glycol Treatment،" *Proceedings*، Pacific Northwest Conference 2 (1976): 67–68. [ECU-228]

—."A Stainless Steel Polyethylene Glycol Treatment Tank for the Conservation of Waterlogged Wood." *Studies in Conservation* 23 (1978): 69–75. [ECU-186]

Murphy، R.J. and D.J. Dickinson. "Wood Preservation Research—What have we learnt and where are we going?" *Journal of the Institute of Wood Science*. Vol. 14 No. 3، 1997. [ECU-647]

Nasser، A.F. "Some Thoughts on the Conservation of the Mombasa Hull." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 45–49. [ECU-319]

Nemec، I. "Research in Waterlogged Wood—A Study in Conservation Methods." (1984).

Newlin، J.A. "The Religion of the Shrinkage and Strength Properties of Wood to its Specific Gravity." (USDA Technical Bulletin No. 676، Washington D.C.) (1919).

Nicholas، D.D. "Chemical Methods of Improving the Permeability of Wood." *Proceedings* (American Chemical Society Symposium، Series 43، I.S. Goldstein، ed.، Washington D.C.) (1977): 33–46.

Nielsen، Hans-Otto. "The Treatment of Waterlogged Wood from the Excavation of the Haithbu Viking Ship." *ICOM Proceedings* (Grenoble) (1984): 299–312. [ECU-6]

Noack، M. "Some Remarks on the Processes Used for the Conservation of the Bremen Cog." *Proceedings* (ICOMOS Symposium on the Weathering of Wood، Ludwigsburg، Germany) [n. d.]: 89–97.

North، Neil A. "Determination of the Water Content of Acetone Solutions." *Studies in Conservation* 22 (1977): 197–198. [ECU-183]

O'Connor، S.A. "The Conservation of the Giggleswick Tarn Boat." *The Conservator* (1979): 36–38. [ECU-349]

O'Shea، C. "The Use of Dewatering Fluids in the Conservation of Waterlogged Wood and Leather." *Museums Journal* 71:2 (1971): 71–72.

Oddy، W.A. "Comparison of Different Methods of Treating Waterlogged Wood as Revealed by Stereoscan Examination and Thoughts on the Future of the Conservation of Waterlogged Boats." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 45–49. [ECU-253]

Oddy، W.A.، ed. *Problems of the Conservation of Waterlogged Wood*. (Maritime Monographs and Reports No. 16. Greenwich، U.K.: National Maritime Museum) (1975). [ECU-261]

—. "General Discussion، Day 2." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 121–127. [ECU-260]

Organ، R.M. "Carbowax and Other Materials in the Treatment of Waterlogged Paleolithic Wood." *Studies in Conservation* 4 (1959): 96–105. [ECU-408]

Palfreyman، John W.، George M. Smith، and Alan Bruce. "Timber Preservation: Current Status and Future Trends." *Journal of the Institute of Wood Science*. Vol. 14 No. 1، 1996. [ECU-648]

Pang، J.T.T. "The Treatment of Waterlogged Oak Timbers from a 17th Century Dutch East Indiaman، *Batavia*، Using Polyethylene Glycol." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 1–13.

—. "The Design of a Freeze-Drying System Used in the Conservation of Waterlogged Materials." *International Journal of Nautical Archaeology* 11:2 (1982): 105–111. [ECU-159]

Panshin، A.J. and de Zeeuw، C.، Textbook of Wood Technology. Vol. 1، 3rd ed.، (McGraw-Hill، N.Y.، 1970).

Parrent، James M. "The Conservation of Waterlogged Wood Using Sucrose." *Proceedings* (14th Conference on Underwater Archaeology) (1983): 114–118. [ECU-70].

—."The Conservation of Waterlogged Wood Using Sucrose." *Proceedings* (16th Conference on Underwater Archaeology) (1985): 83–95. [ECU-69]

—. "The Conservation of Waterlogged Wood Using Sucrose." *Studies in Conservation* 30:2 (1985): 63–72. [ECU-0308]

—. "The Conservation of Waterlogged Wood Using Sucrose. (Unpublished Manuscript) [n. d.]. [ECU-5]

Paterakis، A. "Conservation of Waterlogged Wood." *Archailogia* 8 (1984): 73–74.

Pearson، Colin. "The Use of Polyethylene Glycol for the Treatment of Waterlogged Wood—Its Past and Future." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 51–56. [ECU-318]

Pearson، Colin، ed. *Conservation of Marine Archaeological Objects*. London: Butterworths Series in Conservation and Museology، 1987. [ECU-6]

Pendergast، M.F.، J.V. Wright، and G.F. MacDonald. "Survey of Roebuck Prehistoric Village Site، Greenville County، Ontario." *ICOM-WWWG Proceedings* (1981): 189–200. [ECU-74]

Peterson، C.E. "New Directions in the Conservation of Archaeological Wood." *Archaeological Wood* (1990): 433–449. [ECU-293]

"Preserving and Conserving Wood." *Wooden Boat* Vol. 116، 1994، pp. 101–102. [ECU-774]

Plenderleith، H.J.، and A.E.A. Werner. *The Conservation of Antiquities and Works of Art*. Second edition. London: Oxford University Press، 1971. [ECU-8]

Purdy، Barbara. "Survey، Recovery، and Treatment of Wooden Artifacts in Florida." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 159–169. [ECU-76]

Ramiere، Regis and Michel Collardelle، eds. *Waterlogged Wood: Study and Conservation*. (Proceedings of the 2nd ICOM-WWWG Conference، Grenoble) (1984). [ECU-9]

Ravindra، R.، J.E. Davison، and R.H. La Fontaine. "The Storage of Untreated Waterlogged Wood." *Journal of the IIC-CG* 5:1/2 (1980): 25–31.

Reed، Sally A. "A Fortifying Preservative for Wood and Wood Fibers." *Curator* 9:1 (1966): 41–50. [ECU-77]

Resch، H. and B.A. Ecklund. "Permeability of Wood." *Forest Products Journal* 5 (1964): 199–206. [ECU-398]

Riess، Warren and Geoff Daniel. "Evaluation of Preservation Efforts for the Revolutionary War Privateer *Defence*." *International Journal of Nautical Archaeology*. Vol. 26 No. 4، 1997، pp. 330–338. [ECU- 649]

Rodgers، Bradley A. *The East Carolina University Conservator's Cookbook: A Methodological Approach to the Conservation of Water Soaked Artifacts*. Herbert R. Paschal Memorial Fund Publication، East Carolina University، Program in Maritime History and Underwater Research، 1992. [ECU-402]

Rosen، Howard. "High Pressure Penetration of Hardwoods."*Wood Science* 8:1 (1978): 355–363. [ECU-213]

Rosenquist، A.M. "The Stabilizing of Wood Found in the Viking Ship of Oseberg، Part II." *Studies in Conservation* 4 (1959): 62–72. [ECU-341]

—. "Experiments on the Conservation of Waterlogged Wood and Leather by Freeze-Drying." *MMR* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 9–23.

—. "The Oseberg Find، Its Conservation and Present State." *Proceedings* (ICOMOS Symposium on the Weathering of Wood، Ludwigsburg، Germany) [n.d.]: 77–87.

Rowell، Roger M. and R. James Barbour، eds. *Archaeological Wood: Properties، Chemistry، and Preservation* (Advances in Chemistry Series 225، American Chemical Society، Washington D.C.) (1990). [ECU-292]

Saeterhaug، Roar. "Investigations Concerning the Freeze-Drying of Waterlogged Wood Conducted at the University of Trondheim." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 195–206. [ECU-81]

Sandstrom، Magnus، et al. "Deterioration of the Seventeenth-Century Warship *Vasa* by Internal Formation of Sulphuric Acid." Macmillan Magazines، Ltd، 2002. [ECU-601]

Sawada، M. "Some Problems of Setting PEG 4000 Impregnated Wood (Contraction of Impregnated PEG Solutions Upon Setting and Its Effect on Wood)." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 117–124.

—. "A Modified Technique for Treatment of Waterlogged Wood Employing the Freeze-Drying Method." *ICOM Proceedings* (Ottawa) (1981): 1–6.

—. "Conservation of Waterlogged Wooden Materials from the Nara Palace Site." *Proceedings* (International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property، Tokyo) (1977): 49–58.

Schaeffer، E. "Water Soluable Plastics in the Preservation of Artifacts Made of Cellulosic Materials." *Preprints* (5th Triennial ICOM Committee for Conservation Meeting، Zagreb) (1978): 1–16.

Scheizer، F.، C. Houriet، and M. Mas. "Controlled Air Drying of Large Roman Timber from Geneva." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 327–338. [ECU-83]

Schmidt، J. David. "Freeze-Drying of Historic-Cultural Properties." *Technology and Conservation* 9:1 (1985): 20–26.

Schneiwind، Arno P. and Peter Y. Eastman. "Consolidant Distribution in Deteriorated Wood Treated with Soluable Resins." *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 33 No. 3، 1994. [ECU-650]

Schweingruber، Fritz H. "Conservation of Waterlogged Wood in Switzerland and Savoy." *ICOMWWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 99–106. [ECU-82]

Seborg، R.M. "Treating Wood with Polyethylene Glycol." *Diving into the Past* St. Paul: Minnesota Historical Society، 1964.

Seborg، R.M. and R.B. Inverarity. "Conservation of 200 Year Old Waterlogged Boats with PEG." *Studies in Conservation* 7 (1962): 111–120. [ECU-342]

—. "Preservation of Old، Waterlogged Wood by Treatment with Polyethylene Glycol." *Science* 136 (1962): 649–650.

Semczak، C. "Waterlogged Wood Preservation with Tletra-Ethyl-Orthosilicate." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 151–152.

Sheetz، Ron and Charles Fisher. "Exterior Woodwork No. 4." *Preservation Tech Notes* (National Park Service) (1993). [ECU-518]

—. "Protecting the Woodwork Against Decay Using Borate Preservatives." *Preservation Tech Notes.* U.S. Department of the Interior، National Parks Service: Cultural Resources. [ECU-530]

"Shipworms and Gribbles: the Wooden Boat Eaters." *Wooden Boat* Vol. 111، 1993، pp. 66–68. [ECU-775]

"Shipworms: the Wood Boring Toredo Moves North." *Wooden Boat* Vol. 160، 2001، pp. 45–48. [ECU-776]

Siau، J.F. *Flow in Wood.* Syracuse: Syracuse University Press، 1971.

Siefert، Betty and Richard Jagels. "Conservation of the Ronson's Ship's Bow." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 269–292. [ECU-84]

Singley، Katherine R. "Design of a Large-Scale PEG Treatment Facility for the Brown's Ferry Vessel." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 1–13.

Skarr، Christen. *Water in Wood.* Syracuse، New York: Syracuse University Press، 1972.

Smith، C. Wayne. "Preservation of Waterlogged Wooden Buttons and Threads: A Case Study." *Historical Archaeology.* Vol. 36 No. 4، 2002. [ECU-651]

—. *Archaeological Conservation Using Polymers; Practical Applications for Organic Artifact Stabilization.* College Station: Texas A & M Press، 2003.

—. "Preservation of Waterlogged Wood Buttons and Threads: a Case Study." [ECU-777]

—. "The Re-Treatment of Two PEG-Treated Sabots." *Proceedings of the 7th ICOM-CC Working Group Wet Organic Archaeological Materials Conference.* Grenoble، France، 1998. [ECU-778]

—. "Treatment of Waterlogged Wood Using Hydrolyzable Multi-Functional Alkoxysilane Polymers." [ECU-779]

Smith، Herman A. "Conserving Iron Objects from Shipwrecks: A New Approach." *Proceedings* (Materials Research Society Symposia، No. 185، Vandiver، P.B.، J. Druzik، and G.S. Wheller، eds.) (1991): 761–764.

Smith، Michael."Wooden Artifacts." *Papers Presented at the 30th AIC Annual Meeting*، Miami Florida، 2002. [ECU-780]

Smith، W.B.، W.A. Cote، R.C. Vasishth، and J.F. Siau. "Interactions Between Water-Borne Polymer Systems and the Wood Cell Wall." *Journal of Coating Technology* 57:729 (1985): 27–35. [ECU-0149]

—. "Study of Organic Interactions Between Wood and Water-Soluable Organic Solvents." *Journal of Coating Technology* 57:727 (1985): 83–90. [ECU-0148]

"Soft Hardwoods and Hard Softwoods." *Wooden Boat* Vol. 148، 1999، pp. 111–112. [ECU-781]

"Some Thoughts on Wood Chemistry." *Wooden Boat* Vol. 106، 1992، pp. 95–96. [ECU-782]

South، Stanley A. "Notes on Treatment Methods for the Preservation of Iron and Wooden Objects." (Unpublished manuscript، North Carolina Department of Archives and History) [n.d.]. [ECU-420]

Spriggs، James. "The Conservation of Timber Structures at York—A Progress Report." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 143–152. [ECU-0089]

Squirrell، J.P. and R.W. Clarke. "An Investigation into the Condition and Conservation of the Hull of the *Mary Rose*. Part I: Assessment of the Hull Timbers." *Studies in Conservation* 32:4 (1987): 153–162. [ECU-0220]

Stamm، A.J. "Shrinkage and Swelling of Wood." *Industrial and Engineering Chemistry* (1935): 401–406.

—. "Treatment with Sucrose and Invert Sugar." *Industrial and Engineering Chemistry* 29:7 (1936): 833–835. [ECU-218]

—. "Dimensional Stabilization of Wood with Carbowaxes." *Forest Products Journal* 6:5 (1956): 201–204. [ECU-414]

—. "Effect of Polyethylene Glycol on the Dimensional Stability of Wood." *Forest Products Journal* 9:10 (1959): 375–381. [ECU-211]

—. "Factors Affecting the Building and Dimensional Stabilization of Wood with PEG's." *Forest Products Journal* 14 (1964): 403–408.

—. *Wood and Cellulose Science*. New York: Ronald Press، 1964.

—. "Penetration of Cell Walls of Water Saturated Wood and of Cellophane by PEG's." *TAPPI* 51:1 (1968): 62.

—. "Penetration of Hardwoods by Liquids." *Wood Science Technology* 7 (1973): 285–296.

—. "Dimensional Changes of Wood and their Control."*Wood Technology* (American Chemical Society Symposium، Washington D.C.) (1977): 115–140.

Stamm، A.J. and R.M. Seborg. "Minimizing Wood Shrinkage and Swelling by Treating with Synthetic Resin-Forming Materials." *Industrial and Engineering Chemistry* 28 (1936): 1164–1169.

Stark، Barbara. "Waterlogged Wood Preservation with Polyethylene Glycol." *Studies in Conservation* 21:3 (1976): 154–158. [ECU-335]

Sturla، A. "Data Processing as a Decision-Making Tool in the Treatment of Waterlogged Wood." *ICOM-WWWG Proceedings* (Grenoble) (1984): 161–165.

Suthers، T. "The Treatment of Waterlogged Oak Timbers from Ferriby Boat III Using Polyethylene Glycol." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 115–119. [ECU-247]

de Tassigny، C. "The Suitability of Gama Radiation Polymerization for Conservation Treatment of Large Size Waterlogged Wood." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 77–83. [ECU- 314]

Tesoro، F.O. and E.T. Choong. "Relationship of Longitudinal Permeability to Treatability of Wood." *Holzforschung* 30:3 (1976): 91–96.

Tesoro، F.O.، E.T. Choong، and O.K. Kimbler. "Relative Permeability and the Gross Pore Structure of Wood." *Wood and Fiber* 6:3 (1974): 226–236.

Tilbrooke، D.T. "The Deterioration of Wood in a Benthic Environment." *Proceedings* (First Southern Hemisphere Conference on Maritime History) (1978): 147–150.

Titus، Larry. "Conservation of Wooden Artifacts." *ICOM-WWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 153–158. [ECU-93]

Tomashevich، G.N. "The Conservation of Waterlogged Wood." *Problems of Conservation in Museums* (London: George Allen and Unwin، Ltd.) (1969): 165–186.

Tuck، James A. "Conservation of Waterlogged Wood at a 16th Century Whaling Station." *ICOMWWWG Proceedings* (Ottawa) (1981): 171–175. [ECU-94]

"Two PEG's Are Better than One." *Chemistry in Britain* (1987). [ECU-107]

Kleingardt، Birgitta، ed. "Preserving the *Vasa*." *Wasa*. Stockholm: Royal Printing Office PA Norstedt and Soner، 1969. [ECU-579]

U.S. Borax. "Tim-Bor." *U.S. Borax Service Bulletin 200 & Speciman Label*. [ECU-529]

Van Der Heide، Gerrit. "Considerations Regarding the *Amsterdam* as an Historical Monument." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 99–105. [ECU-315]

—. "A Piece of History in Conservation of Waterlogged Wood." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 17–24. [ECU-0302]

—. "The Present Situation with Respect to Shipwrecks." *Conservation of Waterlogged Wood* (1979): 9–16. [ECU-303]

Van Geersdale، P.C. "Note on the Direct Application of Plaster of Paris to Waterlogged Wood." *Studies in Conservation* 20:1 (1975): 35.

ARCHAEOLOGICAL WOOD 67

—. "Plaster Moulding of Waterlogged Wood." *Maritime Monographs and Reports* (National Maritime Museum، Greenwich، U.K.، National Maritime Museum، Greenwich، U.K.) 16 (1975): 109–111. [ECU-249]

Vikhrov، V.E. et al. "Pickling Old Boats in Alcohol." *New Scientist* 63:904 (1974): 27. [ECU-111]

Van Dienst، E. "Some Remarks on the Conservation of Wet Archaeological Wood." *Studies in Conservation* 30 (1985): 86–92.

de Vries-Zuiderbaan، Louis H.، ed. *Conservation of Waterlogged Wood* (International Symposium on the Conservation of Large Objects of Waterlogged Wood. The Hague: Netherlands National Commission for UNESCO) (1979). [ECU-304]

Wachsmann، Shelley. "The Galilee Boat—2000 Year Old Hull Recovered Intact." *Biblical Archaeological Review* 14:5 (1988). [ECU-346]

Wallace، Patrick F. "The Survival of Wood in Tenth to 13th Century Dublin." *ICOM-WWWG Proceedings* (1984): 81–87. [ECU-95]

Wang، Y. and A.P. Schiewind. "Consolidation of Deteriorated Wood with Soluble Resins." *Journal of the American Institute for Conservation* 34:2 (1985): 77–91. [ECU-96]

Ward، Clare، Derrick Giles، Dean Sully and David John Lee. "The Conservation of a Group of Waterlogged Neolithic Bark Bowls." *Studies in Conservation*.

obeikandl.com