

(OPEN ACCESS)

Effects of prolonged depot storage on physical and mechanical properties of confiscated timber in natural resources facilities

Amir Dehghan¹, Mehran Nasiri^{*2}, Forough Dastoorian³

1. M.Sc. Graduate of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: amir.dehghan5964@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: m.nasiri@sanru.ac.ir
3. Assistant Prof., Dept. of Wood and Cellulose Products Industries, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: f.dastoorian@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.12.2025
Revised: 07.14.2025
Accepted: 08.03.2025

Keywords:
Auction,
Fungal destruction,
Law,
Smuggled wood,
Smuggler,
Wood resistance

ABSTRACT

Background and Objectives: Timber smuggling is a significant contributor to forest degradation. To facilitate covert transportation, smugglers typically process timber into smaller sections. A portion of this illicit wood is intercepted by forest authorities and subsequently transferred to storage depots operated by natural resources departments. According to Article 28 of the Forests and Rangelands Organization Law, confiscated wood must be auctioned, often remaining in depot yards for extended periods. Prolonged storage leads to substantial deterioration of wood quality. This study evaluates the effects of depot storage duration on wood quality by analyzing key physical and mechanical properties, including hardness, bending strength, impact resistance, thickness swelling, and water absorption.

Materials and Methods: Initial sampling of beech, hornbeam, and alder logs was conducted in the storage yard of the natural resources department of Sari County during winter. A second sampling occurred approximately eight months later, before the auction and sale. Following processing into standardized dimensions, oven-dried samples were tested for mechanical properties (bending strength, impact resistance, and hardness) and physical properties (water absorption, volumetric swelling) in accordance with established industry standards.

Results: The study revealed significant declines in wood quality after eight months of storage: density loss was most severe in alder (25%), followed by hornbeam (8%) and beech (3%), bending strength decreased by 60% (beech), 54% (hornbeam), and 80% (alder), with a 99% reduction in bending modulus across all species. Hardness declined by 33% (beech), 65% (hornbeam), and 66% (alder), while impact resistance decreased by 36% (alder), 38% (hornbeam), and 49% (beech). Water absorption after five-day immersion was highest in alder, while hornbeam and beech absorbed approximately 7%, and volumetric swelling reached 17% (beech), 20% (alder), and 28% (hornbeam).

Conclusion: Extended depot storage caused severe degradation of confiscated wood, with alder exhibiting the greatest losses in bending strength and hardness, while beech showed the highest reduction in impact resistance. Physical property changes were equally significant, particularly hornbeam's volumetric swelling and beech's water absorption. Such deterioration can downgrade premium wood to lower grades or render it unsalable. Contributing factors include inadequate storage infrastructure, bureaucratic delays in auction processes, and insufficient accountability for state-owned materials. To mitigate these losses, we recommend: (1) constructing covered storage facilities, (2) expediting administrative procedures to reduce holding periods, and (3) replacing auctions with fixed-price sales to minimize storage duration. These measures would preserve wood quality and optimize the economic value of confiscated timber.

Cite this article: Dehghan, Amir, Nasiri, Mehran, Dastoorian, Forough. 2025. Effects of prolonged depot storage on physical and mechanical properties of confiscated timber in natural resources facilities. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 32 (1), 113-127.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23518.2103

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر مدت زمان نگهداری چوب قاچاق در دپو روباز اداره منابع طبیعی بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی آن

امیر دهقان^۱، مهران نصیری^{۲*}، فروغ دستوریان^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: amir.dehghan5964@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: m.nasiri@sanru.ac.ir
۳. استادیار گروه صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: f.dastoorian@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: یکی از عوامل تخریب جنگل قاچاق چوب است. با توجه به نوع حمل و نقل این چوب‌ها، قاچاقچیان مجبورند چوب‌ها را به ابعاد کوچک‌تر تبدیل کنند تا قابلیت خروج آن‌ها از ایستگاه‌های بازرسی چوب فراهم شود. درصدی از این چوب‌های قاچاق شده توسط ضابطین کشف شده و به محل دپو در اداره‌های منابع طبیعی منتقل می‌گردد. چوب‌هایی که در محل دپو انباشته می‌شوند باید طبق قانون ماده ۲۸ سازمان جنگل‌ها و مراتع از طریق مزایده بفروش برسند و معمولاً تا چند ماه به دلیل زمان‌بر بودن فرآیند مزایده، در آن محل دپو می‌مانند که این امر باعث افت کیفیت چوب می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر نگهداری این چوب‌آلات در محل دپو بر افت کیفیت چوب با اندازه‌گیری برخی شاخص‌های مقاومتی چوب مانند سختی، مقاومت به خمش و ضربه و جذب آب می‌باشد.
واژه‌های کلیدی: تخریب قارچی، چوب قاچاق، دپو، قانون، مزایده، مقاومت چوب	مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تغییرات چوب، اولین نمونه‌گیری از چوب گونه‌های توسکا، راش و ممرز در زمان ضبط در محل دپو اداره منابع طبیعی شهرستان ساری و در فصل زمستان انجام شد. در مرحله بعد تقریباً پس از ۸ ماه بار دیگر نمونه‌گیری در محل دپو قبل از مزایده و فروش چوب تکرار شد. پس از آره‌کشی و برش چوب‌ها به ابعاد مورد نیاز، آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی مانند مقاومت به خمش سه نقطه‌ای، مقاومت به ضربه، سختی، دانسیته، جذب آب و اکسیدگی حجمی بر اساس استانداردهای مربوط و بر روی چوب‌های خشک‌شده در آن انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیش‌ترین افت دانسیته مربوط به گونه توسکا (۲۵ درصد کاهش) و افت دانسیته گونه‌های ممرز و راش به ترتیب ۸ و ۳ درصد بود. مقاومت خمشی چوب‌ها پس از ۸ ماه دپو برای سه گونه راش، ممرز و توسکا به ترتیب ۶۰، ۵۴ و ۸۰ درصد کاهش یافت و هم‌چنین میزان افت مدول خمشی پس از دپو برای هر سه گونه ۹۹ درصد بود. میزان کاهش سختی پس از دپو نسبت به سختی اولیه برای گونه توسکا ۶۶ درصد، ممرز ۶۵ درصد و راش ۳۳ درصد بوده است. کاهش مقاومت به ضربه پس از ۸ ماه دپو، برای سه گونه راش، ممرز و توسکا ۴۹، ۳۸ و ۳۶ درصد بود. بیش‌ترین مقدار افزایش جذب آب پس از ۵ روز غوطه‌وری در چوب گونه توسکا مشاهده شد (۱۱۳ درصد) درحالی‌که درصد افزایش جذب آب در گونه ممرز و راش حدود ۷ درصد بود. میزان افزایش واکشیدگی حجمی برای سه گونه راش، ممرز و توسکا به ترتیب ۱۷، ۲۸ و ۲۰ درصد بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج می‌توان دریافت دپو چوب پس از مدت ۸ ماه سبب بروز آسیب‌های زیادی به چوب می‌شود. از نظر مقایسه‌ای بین گونه‌ها بیش‌ترین کاهش مقاومت خمشی و سختی در گونه توسکا و بیش‌ترین کاهش مقاومت به ضربه در گونه راش مشاهده شد. از نظر خواص فیزیکی نیز گونه راش افزایش جذب آب قابل‌ملاحظه‌ای نسب به دو گونه دیگر پس از دپو نشان داد ولی افزایش واکشیدگی حجمی گونه ممرز بیش‌تر از دو گونه دیگر بود. این تغییرات خواص مکانیکی و فیزیکی می‌تواند چوب درجه ۱ را تبدیل درجات ۲ و ۳ و حتی چوب غیرقابل‌فروش کند. نداشتن امکانات نگهداری چوب در دپو اداره‌های منابع طبیعی، بی‌توجهی مسئولان به دلیل دولتی بودن اموال و بی‌تکلیفی تا انجام مزایده سبب بروز چنین مشکلی می‌شود. مسقف نمودن دپوها در اداره و نگهداری چوب‌های ضبط شده در مکان‌های خشک، وضع قوانین سخت‌گیرانه به‌همراه اعمال جریمه بازدارنده، اصلاح امور اداری، جلوگیری از طولانی شدن فروش چوب‌آلات دپوشده و هم‌چنین خارج شدن فروش چوب از چارچوب مزایده و فروش چوب به نرخ مصوب می‌تواند از راه‌کارهای کاهش این خسارات باشد.

استناد: دهقان، امیر، نصیری، مهران، دستوریان، فروغ (۱۴۰۴). تأثیر مدت‌زمان نگهداری چوب قاچاق در دپو روباز اداره منابع طبیعی بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی آن. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۲ (۱)، ۱۲۷-۱۱۳.

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23518.2103



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

قبل از اعمال سیاست تنفس جنگل بخش زیادی از چوب مورد نیاز صنایع مختلف از جمله صنایع چوب و کاغذ مازندران از طریق قطع و استحصال درختان جنگل‌های شمال کشور شامل گونه‌های راش، ممرز، توسکا، افرا، بلوط و نمدار به دست می‌آمد. به دلایل مختلف مانند طولانی شدن فرآیند اخذ مجوزها و انتخاب پیمانکار، فاصله زمانی از مرحله قطع درختان تا مرحله خروج آن از جنگل ممکن است نسبتاً طولانی شود و ماندن طولانی مدت چوب در جنگل منجر به تنزل کیفیت چوب می‌شود. باقی ماندن چوب در جنگل بعد از قطع و استحصال، تحت تأثیر فعالیت عوامل مخرب چوب به‌ویژه قارچ‌ها باعث کاهش کیفیت چوب و افت خواص فیزیکی و مکانیکی می‌شود (۱، ۲، ۳، ۴، ۵). هم‌چنین بخش مهمی از کیفیت چوب نیز، متأثر از زمان نگهداری آن در محوطه واحدهای تولیدی می‌باشد. انبار کردن چوب‌ها یا باعث خشک شدن چوب گردیده که هنگام تبدیل هیزم به پوشال مصرفی باعث آسیب به تیغه‌های خردکن دستگاه می‌شود (۶، ۷).

یکی دیگر از پیامدهای منفی سیاست تنفس جنگل، افزایش قاچاق چوب است که منجر به تخریب جنگل می‌شود (۸) و برآورد دقیق مقدار قطع غیرمجاز امکان‌پذیر نیست (۹). معمولاً چوب‌های قاچاق به قیمت ارزان در محل مصرف توزیع می‌شوند. با توجه به نوع حمل‌ونقل این چوب‌ها، قاچاقچیان مجبور هستند چوب‌ها را به ابعاد کوچک‌تر تبدیل کنند تا قابلیت خروج آن‌ها از ایستگاه‌های بازرسی چوب فراهم شود. افراد سودجو با انباشت چوب در صندوق عقب خودروهای شخصی و یا خورجین موتورسیکلت، اقدام به جمع‌آوری و فروش چوب‌های جنگلی می‌کنند. در این روش از قاچاق چوب، حجم چوب‌آلات کم است اما با توجه به تعداد

زیاد قاچاقچی امکان بازدید از تمام این خودروها در هنگام خروج از جنگل وجود ندارد. هم‌چنین بسیاری از مراکز دپو چوب کشور به‌صورت غیرقانونی فعالیت دارند و چوب‌های عرضه‌شده توسط قاچاقچیان خرد را به اسم چوب درختان باغی خریداری و در مسیر حمل به کارگاه‌ها و کارخانجات مرتبط تحویل می‌دهند.

درصدی از این چوب‌های قاچاق شده توسط مأموران دولت ضبط می‌شوند و به محل دپو در اداره‌های منابع طبیعی منتقل می‌گردند. چوب‌های انباشته‌شده در محل دپو، باید طبق قانون ماده ۲۸ سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور از طریق مزایده بفروش برسند و به دلیل زمان‌بر بودن فرآیند اداری معمولاً چندین ماه در محل دپو باقی می‌مانند. با توجه به این‌که محل‌های دپو در اداره‌های منابع طبیعی معمولاً از نوع روباز هستند، چوب‌ها تحت تأثیر عوامل آب و هوایی ازجمله بارش باران و برف و تابش خورشید، به‌مرور زمان تخریب، سطح آن خشن، الیاف سطحی به‌دلیل تخریب لیگنین در اثر تابش امواج فرابنفش خورشید، از هم جدا شده و به‌وسیله باران شسته می‌شوند (۱۰، ۱۱). خشک و تر شدن‌های پی‌درپی سبب هم‌کشیدگی و اکشیدگی‌های مداوم و ایجاد ترک و گسیختگی در سطح چوب می‌شوند (۱۲، ۱۳). زمانی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی تأثیر مدت‌زمان نگهداری چوب ممرز در جنگل شصت‌کلاته گرگان را بر خواص فیزیکی و مکانیکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بیش‌ترین کم‌ترین تغییر در خواص فیزیکی به ترتیب مربوط به درصد جذب آب و دانسیته بحرانی، هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر در خواص مکانیکی به‌ترتیب مربوط به مقاومت ضربه و مدول الاستیسیته خمشی بود (۳). پژوهش دیگر نشان داد بعضی گونه‌ها مانند بلوط در برابر آفات مقاوم بوده و در

گونه‌هایی مانند افرا حساسیت زیادی نسبت به آفات و قارچ‌ها وجود داشته و زودتر دچار پوسیدگی می‌شوند (۱۴، ۱۵). رضائزاد و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش‌هایی که در دو ایستگاه چمستان نور و شلمان رشت داشتند به این نتایج رسیدند که نمونه‌های بلند مازو در چمستان پس از ۵۱ ماه و در شلمان پس از ۳۲ ماه در اثر حمله قارچ‌ها کاملاً تخریب شدند؛ بنابراین دو عامل رطوبت و دما را به‌عنوان عوامل تسریع‌کننده در پوسیدگی و افت کیفی تنه‌ها عنوان کردند (۱۶).

با توجه به حجم زیاد چوب‌آلات بازداشتی دپوشده در اداره‌های منابع طبیعی و نحوه مزایده این چوب‌آلات ضرورت دارد تا افت کیفی چوب مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد؛ بنابراین هدف از این مطالعه اندازه‌گیری برخی شاخص‌های مقاومتی چوب مانند سختی چوب، مقاومت به خمش، مقاومت به ضربه، درصد جذب آب و اکشیدگی ضخامت با توجه به مدت‌زمان نگهداری این چوب‌آلات در محل دپو چوب اداره منابع طبیعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه چوب‌های قاچاق وارد شده به اداره منابع طبیعی شهرستان ساری مورد بررسی قرار گرفت. اولین نمونه‌گیری در ابتدای فصل زمستان از چوب‌های دپوشده درختان توسکا، راش و ممرز در زمان ضبط چوب در محل دپو اداره منابع طبیعی شهرستان ساری انجام پذیرفت. هم‌چنین مجدداً قبل از مزایده و فروش چوب پس از ۸ ماه نمونه‌گیری تکرار شد. در گروه اول (قبل از دپو) گروه‌بندی‌هایی به طول ۱ متر و به قطر تقریبی ۳۰ سانتی‌متر از میان چوب‌آلات قاچاق انتخاب شد. سپس هرکدام از آن‌ها با برش عرضی از وسط به دو نیم تبدیل شد. سپس توسط اهر صنعتی به تخته‌های ۳ سانتی‌متری تبدیل گردید و در هوای آزاد سرپوشیده و به‌دوراز تابش

آفتاب و روی هم با فاصله ۳ سانتی‌متری قرار گرفتند تا به‌تدریج رطوبت خود را از طریق تبادل با هوا از دست دهد و به‌صورت طبیعی خشک شدند و برای انجام آزمون به آزمایشگاه منتقل شدند. گروه‌بندی‌های گروه دوم با همان ابعاد یک متری در فضای دپوی اداره منابع طبیعی رها شدند و پس از ۸ ماه دپو، مشابه شرایط گروه‌بندی‌های گروه اول هوا خشک شدند. سپس تخته‌های سه سانتی‌متری هر دو گروه تبدیل به نمونه‌های آزمونی شده، در آون آزمایشگاهی خشک‌شده و تحت آزمون‌های خمش سه‌نقطه‌ای، آزمون ضربه، آزمون سختی، آزمون جذب آب و اکشیدگی قرار گرفتند. هم‌چنین تغییرات دانسیته چوب‌ها، قبل و بعد از شرایط دپو نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

آزمون ضربه مطابق استاندارد ASTM-D143 بر روی نمونه‌هایی به ابعاد $20 \times 20 \times 280$ میلی‌متر (شعاعی $\times$ مماسی $\times$ طولی) توسط دستگاه آزمون ضربه پاندولی Santam-sit-100 در ده تکرار انجام شد. آزمون خمش سه‌نقطه‌ای بر اساس استاندارد ASTM-D143 بر روی نمونه‌هایی به ابعاد $25 \times 25 \times 410$ میلی‌متر (شعاعی $\times$ مماسی $\times$ طولی) در ۱۰ تکرار با استفاده از دستگاه SANTAM-STM20 انجام شد. سطح شکست نمونه‌های آزمون ضربه نیز به لحاظ نوع شکست و آثار تخریب قارچی به‌صورت میکروسکوپی بررسی شد. هم‌چنین آزمون سختی مطابق استاندارد ASTM-D143 بر روی نمونه‌هایی به ابعاد $20 \times 20 \times 280$ میلی‌متر توسط دستگاه SANTAM-STM20 با سرعت بارگذاری ۶ میلی‌متر بر دقیقه در ۱۰ تکرار انجام شد. خواص فیزیکی مورد بررسی در این پژوهش، آزمون‌های جذب آب و اکشیدگی حجمی بود که طبق استاندارد ASTM-D143 نمونه‌های مکعبی شکل به ابعاد $25 \times 25 \times 25$ میلی‌متر به مدت ۵ روز در آب مقطر

استفاده شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS و در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Sigmaplot ترسیم شد.

غوطه‌ور شدند و اندازه‌گیری وزن و ابعاد، در فواصل زمانی صفر، ۲ ساعت، ۴ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت و ۵ روز با ۱۰ تکرار انجام شد. به منظور مقایسه میانگین‌های دو گروه از آزمون تی استیودنت



شکل ۱- دپو چوب در اداره منابع طبیعی و انجام آزمون‌های مکانیکی چوب در آزمایشگاه.

Figure 1. Wood depot at the Department of Natural Resources and conducting mechanical tests of wood in laboratory.

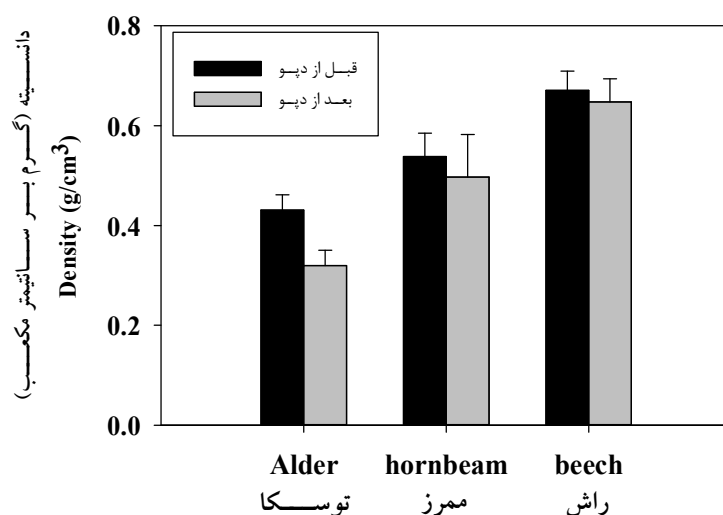
مولد پوسیدگی سفید، پوسیدگی قهوه‌ای و پوسیدگی نرم مسبب آن هستند. قارچ‌های پوسیدگی سفید به‌ویژه قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*)، عامل اصلی تخریب درختان افتاده در جنگل‌های شمال ایران است (۱۷). قارچ‌ها با مکانیسم تخریب آنزیمی یا غیرآنزیمی به دیواره سلول‌های چوبی حمله می‌کنند (۱۸). قارچ‌ها موجب افت وزن و افت خواص مکانیکی و فیزیکی می‌شوند. اجزای ساختاری چوب شامل سلولز (تقریباً ۴۵ درصد وزن خشک)، همی‌سلولزها (۲۰-۳۰ درصد وزن خشک چوب) و لیگنین (۲۰-۴۰ درصد وزن خشک چوب) هستند.

نتایج و بحث

در شکل ۲ مقادیر میانگین دانسیته خشک سه گونه چوبی مورد مطالعه قبل از دپو و بعد از دپو نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیش‌ترین افت دانسیته مربوط به گونه توسکا (کاهش ۲۵ درصدی) بوده است. افت دانسیته گونه‌های ممرز و راش به ترتیب ۸ و ۳ درصد بوده است. علت افت دانسیته در شرایط بعد از دپو را می‌توان به تخریب اجزای سازنده دیواره سلولی چوب در اثر عوامل مخرب نسبت داد. چوب در فضای باز تحت تأثیر تخریب بیولوژیک قرار می‌گیرد که عمدتاً قارچ‌های

تخریب لیگنین نمی‌شوند (۱۸). پژوهش‌های انجام‌شده نشان داد قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید هر دو جزء ساختاری سلولز و لیگنین را به یک میزان تخریب می‌کنند (۱۸، ۱۹). میزان کاهش دانسیته خشک به عواملی مختلفی چون میزان پوسیدگی و میزان تغییرات خلل و فرج، میزان حجم تهی موجود در بافت چوب بستگی دارد، به‌طوری‌که با افزایش میزان هوازدهی و همچنین پوسیدگی چوب، خلل و فرج‌های ریز و گاهی درشت در ساختمان چوب ایجادشده و این پدیده موجب کاهش میزان دانسیته خشک چوب می‌شود. با توجه به نتایج فوق با افزایش میزان نگهداری میزان دانسیته خشک کاهش پیدا کرده و احتمالاً دلیل آن کاهش وزن چوب و در نتیجه حمله و رشد قارچ‌ها پوسیدگی سفید و نرم باشد (۲۰).

همچنین مقدار کمی پکتین در تیغه بین سلولی وجود دارد که به‌عنوان سدی در برابر نفوذ باکتری‌ها عمل می‌کند و ترکیبات دیگری در سلول‌های پارانشیمی و کانال‌های رزینی وجود دارند که مواد استخراجی نامیده می‌شوند. قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید از همه اجزای ساختاری چوب تغذیه می‌کنند. همی‌سلولزها تخریب‌پذیرترین اجزای سازنده دیواره سلولی در برابر قارچ مولد پوسیدگی سفید هستند و اولین جزء ساختاری هستند که دچار تخریب می‌شوند. باکتری‌ها، کپک‌ها و قارچ‌های مولد باختگی آبی نیز موجب تخریب همی‌سلولزها می‌شوند و البته باکتری‌ها و کپک‌ها می‌توانند سلولز را نیز تا حدی تخریب کنند ولی تأثیری بر لیگنین ندارند. قارچ‌های مولد پوسیدگی قهوه‌ای و پوسیدگی نرم موجب تخریب سلولز و همی‌سلولز می‌شوند ولی موجب



شکل ۲- مقایسه دانسیته خشک چوب گونه‌های مختلف قبل و بعد از دیپو.
Figure 2. Comparison of oven dry Density before and after wood depot.

نسبت به سختی اولیه در گونه توسکا (۶۶ درصد) مشاهده شد و بعد از آن کاهش سختی ممرز ۶۵ درصد و راش ۳۳ درصد بوده است. تخریب بافت

نتایج آزمون سختی (شکل ۳) نشان داد شرایط دیپو موجب افت قابل‌ملاحظه سختی چوب‌ها در هر سه گونه شده است. بیش‌ترین میزان کاهش سختی

چوب در نتیجه عوامل مختلفی مانند پوسیدگی موجب کاهش دانسیته و متعاقباً کاهش میزان سختی چوب می شود (۲۱، ۲۲). تخریب همی سلولز به عنوان عامل اتصال دهنده سلولز و لیگنین، می تواند منجر به از بین رفتن یکپارچگی و انسجام دیواره سلولی و افت خواص مکانیکی شود. هم چنین تخریب لیگنین به عنوان عامل ایجاد صلبیت در چوب و اتصال دهنده بین الیاف، در اثر تابش فرابنفش یا حمله قارچی می تواند موجب افت قابل توجه سختی چوب ها گردد (۱۹).

نتایج آزمون خمش نشان داد میزان مدول خمشی چوب ها پس از دپوی هشت ماهه به شدت کاهش یافته است. میزان افت مدول خمشی برای هر سه گونه راش، ممرز و توسکا ۹۹ درصد بود. میزان کاهش مدول الاستیسیته به عواملی مختلفی چون کاهش دانسیته، تراکم بافت چوب و ساختار سلول بستگی دارد، به طوری که با افزایش میزان پوسیدگی چوب در مدت زمان نگهداری چوب ها، تغییر در دانسیته و ساختار چوب ایجاد می شود؛ بنابراین این پدیده موجب کاهش میزان مقاومت چوب در برابر نیروی اعمالی و کاهش مدول الاستیسیته چوب می شود (۲۰). هم چنین تخریب همی سلولز به عنوان عامل اتصال دهنده سلولز و لیگنین، می تواند منجر به از بین رفتن یکپارچگی و انسجام دیواره سلولی شود و تخریب لیگنین نیز به عنوان عامل ایجاد صلبیت در چوب و اتصال دهنده بین الیاف نقش تعیین کننده ای موجب افت قابل ملاحظه سفتی و متعاقباً مدول خمشی چوب ها می گردد.

همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود علاوه بر افت قابل ملاحظه مدول خمشی، مقاومت خمشی چوب ها نیز پس از ۸ ماه دپو برای سه گونه راش،

ممرز و توسکا به ترتیب ۶۰، ۵۴ و ۸۰ درصد کاهش یافته است؛ بنابراین می توان چنین بیان نمود که بارندگی و رطوبت زیاد دپو روباز اداره منابع طبیعی توانسته است سبب تغییر در تراکم بافت چوب و ساختار سلولی و متعاقباً کاهش مقاومت چوب شود. چوب هایی که در معرض مستقیم رطوبت بر روی زمین قرار می گیرند به سرعت پوسیدگی و تغییر بافت چوب در آن ها شروع می شود (۲، ۵). از آنجایی که در دپو منابع طبیعی هیچ نوع زهکشی وجود ندارد قسمت هایی از چوب که تماس مستقیم با زمین دارند در آن ها به راحتی تغییر بافت و پوسیدگی رخ خواهد داد. در مطالعه ای ثابت شد که بخش هایی از کاتین چوب راش که در تماس مستقیم با خاک جنگل قرار داشته است پس از ۱۲ ماه مقاومت مکانیکی آن ۳۱ درصد کاهش یافته است (۳).

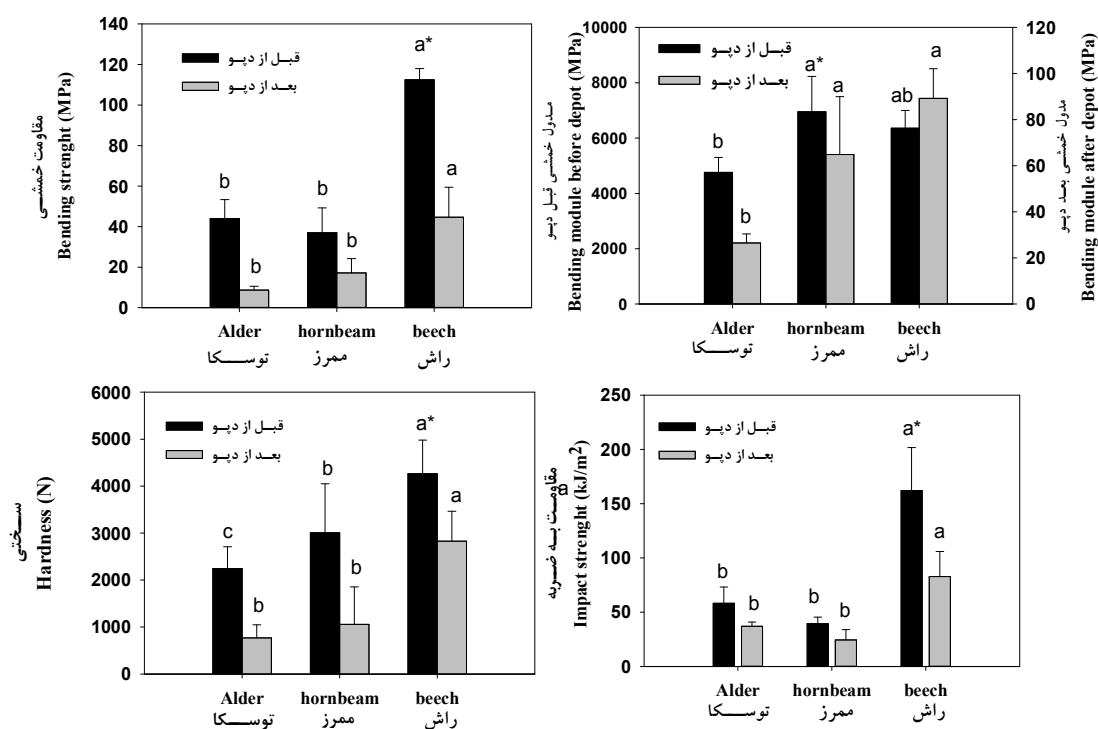
نتایج آزمون مقاومت به ضربه نشان داد پس از دپوی ۸ ماهه مقاومت به ضربه چوب ها کاهش قابل ملاحظه ای پیدا کرده است. میزان این کاهش برای گونه راش (۴۹ درصد) بیش از دو گونه توسکا (۳۶ درصد) و گونه ممرز (۳۸ درصد) بود. مقایسه سطح شکست نمونه های آزمون ضربه سه گونه مورد مطالعه قبل و بعد از دپو (شکل ۴) نشان داد شرایط جوی دپو، محیط مناسبی برای رشد قارچ ها فراهم کرده و موجب تغییر رنگ محسوس و باختگی های قابل ملاحظه در نمونه های چوبی گشته است. تغییر رنگ ناشی از باختگی به صورت رگه های خاکستری، سیاه یا قهوه ای روی سطح چوب ظاهر شد که نشان دهنده رنگ دانه ریشه های قارچی است. پوسیدگی قارچی موجب شد سطح شکست از حالت تراشه وار به شکست ترد تبدیل شود که این امر در چوب راش بیش تر از دو گونه دیگر مشهود بود. در توسکا

همکاران (۲۰۱۲)، شکست ترد چوب‌های پوسیده شده با قارچ مولد پوسیدگی سفید را به تخریب نواحی غنی از سلولز دیواره سلولی نسبت دادند (۲۳).

مقایسه آماری مقادیر میانگین خواص مکانیکی در شرایط قبل و بعد از دپو با استفاده از آنالیز t جفتی، مقادیر t و معنی‌داری برای هرکدام از آنالیزها در جدول ۱ آمده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد بین مقادیر مقاومت، سختی چوب و مقاومت به ضربه تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

شکست موجب خرد شدن دو نمونه در اثر بار ناگهانی ضربه شد. میزان جذب انرژی وابستگی زیادی به میزان جرم ماده و دانسیته دارد، بر اثر پوسیدگی میزان دانسیته کاهش یافته و در نتیجه مقاومت به ضربه نیز کاهش خواهد یافت.

بری و همکاران (۲۰۱۵) افت ۹۰ درصدی مقاومت به ضربه چوب راش پس از دو ماه مواجهه با قارچ رنگین‌کمان و صدفی را گزارش کردند. گسست پیوندهای اتری بین سلولز مسئول افت مقاومت به ضربه چوب است (۱۹). کوبیسک و



شکل ۳- مقایسه مقاومت به ضربه، سختی چوب، مدول خمشی و مقاومت خمشی چوب بین گونه‌های مختلف در شرایط قبل و بعد از دپو چوب.

Figure 3. Comparison of impact strength, hardness, bending modulus, and strength of different types of wood before and after wood depot.

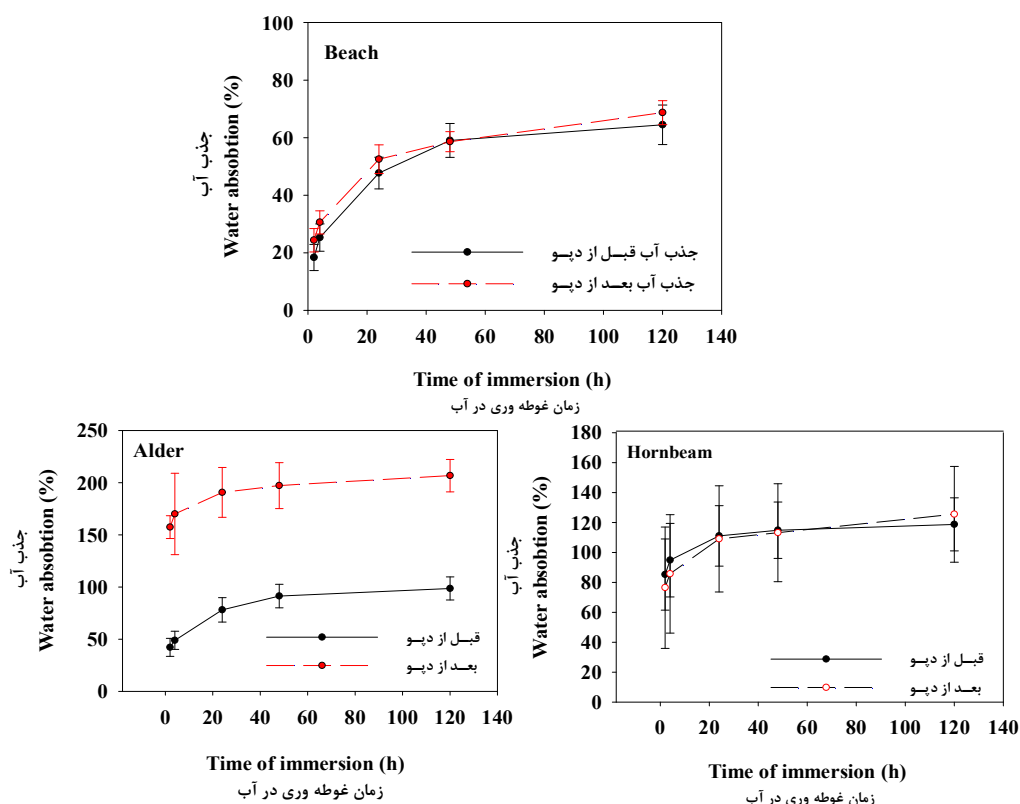


شکل ۴- تصاویر سطح شکست نمونه‌های آزمون مقاومت به ضربه چوب گونه‌های مختلف قبل و بعد از دیو چوب.
Figure 4. Images of the fracture surface of impact strength for different types of wood before and after wood depot.

جدول ۱- آزمون تی جفتی مقاومت خمشی چوب، سختی چوب و مقاومت به ضربه در شرایط ابتدای دیو بعد از گذشت ۸ ماه.

Table 1. Paired t-test of wood Toughness, hardship and bending strength in before and after several months of depot.

متغیر	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	t	Sig. (2-tailed)
مقاومت خمشی قبل - بعد از دیو توسکا (MPa)	35.35	8.84	9	12.63	0.000
Bending strength for Alder, before-after of depot					
مقاومت خمشی قبل - بعد از دیو ممرز (MPa)	54.16	14.74	9	11.61	0.000
Bending strength for Hornbeam, before-after of depot					
مقاومت خمشی قبل - بعد از دیو راش (MPa)	157.1	18.64	9	26.6	0.000
Bending strength for Beech, before-after of depot					
سختی چوب قبل - بعد از دیو توسکا (N)	3010	580	19	23.2	0.000
Wood hardship for Alder, before-after of depot					
سختی چوب قبل - بعد از دیو ممرز (N)	4062	1226	19	14.8	0.000
Wood hardship for Hornbeam, before-after of depot					
سختی چوب قبل - بعد از دیو راش (N)	7090	892	19	35.5	0.000
Wood hardship for Beech, before-after of depot					
مقاومت به ضربه قبل - بعد از دیو توسکا (KJ.m^{-2})	21.20	12.94	9	5.18	0.001
Wood Toughness for Alder, before-after of depot					
مقاومت به ضربه قبل - بعد از دیو ممرز (KJ.m^{-2})	14.5	7.9	9	5.8	0.000
Wood Toughness for Hornbeam, before-after of depot					
مقاومت به ضربه قبل - بعد از دیو راش (KJ.m^{-2})	79.19	44.75	9	5.5	0.000
Wood Toughness for Beech, before-after of depot					

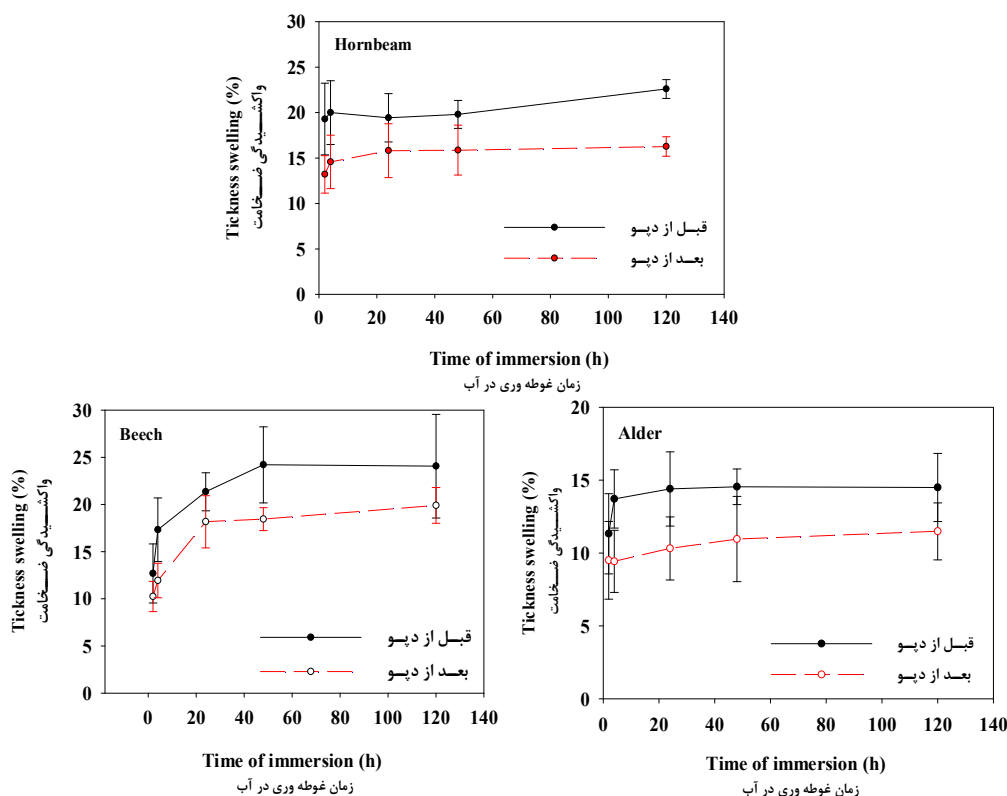


شکل ۵- میزان جذب آب چوب گونه‌های مختلف با توجه به مدت زمان غوطه‌وری در آب در شرایط قبل و بعد از دیو چوب.

Figure 5. Water absorption rate of different types of wood according to the duration of immersion in water before and after wood depot.

در بافت چوب ایجاد شده و این پدیده موجب افزایش میزان جذب آب در چوب می شود (۲۰). با توجه به این که بیشترین افت دانسیته مربوط به گونه توسکا (کاهش ۲۵ درصدی) بوده و افت دانسیته گونه های ممرز و راش (به ترتیب ۸ و ۳ درصد) زیاد نبود، می توان چنین نتیجه گرفت که تخلخل چوب توسکا بعد از شرایط دپو به دلیل افت قابل ملاحظه دانسیته افزایش یافته و فضای مورد نیاز برای ورود مولکول های آب به داخل دیواره سلولی را فراهم کرده است.

نتایج آزمون جذب آب (شکل ۵) نشان داد بیشترین مقدار افزایش جذب آب پس از پنج روز غوطه وری در چوب گونه توسکا مشاهده شد که حدود ۱۱۳ درصد بود. در حالی که درصد افزایش جذب آب در گونه ممرز و راش حدود ۷ درصد بود. میزان جذب آب به عوامل مختلفی چون میزان پوسیدگی، میزان خلل و فرج و دانسیته بستگی دارد، به طوری که با افزایش میزان هوازدگی و هم چنین پوسیدگی چوب، خلل و فرج های ریز و گاهی درشت



شکل ۶- میزان واکنشیدگی ضخامت چوب گونه های مختلف با توجه به مدت زمان غوطه وری در آب در شرایط قبل و بعد از دپو چوب.

Figure 6. The rate of thickness swelling of different types of wood according to the duration of immersion before and after wood depot.

درصد بود. با در نظر گرفتن عدم وجود اختلاف معنادار بین مقادیر جذب آب دو گونه راش و ممرز در شرایط قبل از دپو بعد از دپو افزایش جذب آب گونه توسکا بعد از دپو، علت کم تر بودن واکنشیدگی

نتایج نشان داد مقادیر واکنشیدگی حجمی بعد از دپو، برای هر سه گونه، کم تر از واکنشیدگی قبل از دپو بوده است. میزان افزایش واکنشیدگی حجمی برای سه گونه راش، ممرز و توسکا به ترتیب ۱۷، ۲۸ و ۲۰

جامعه نمی‌کند بلکه باعث افت کیفیت و ضرر مالی می‌شود؛ بنابراین با توجه به نتایج این مطالعه به‌منظور بهبود شرایط نگهداری و عرضه چوب موارد نام‌برده ذیل پیشنهاد می‌گردد:

- مسقف نمودن دیوها در اداره‌های منابع طبیعی و نگهداری چوب‌های ضبط شده در مکان‌های خشک
- اصلاح امور اداری و جلوگیری از طولانی‌شدن فروش چوب‌آلات دپوشده
- وضع قوانین سخت‌گیرانه با اعمال جریمه
- خارج شدن فروش چوب از چارچوب مزایده و فروش چوب به نرخ مصوب به دستگاه‌ها و کارخانجات با اولویت فروش به مراکز علمی و پژوهشی
- انجام برخی اقدامات اولیه حفاظت چوب به‌منظور جلوگیری از ترک، شکاف و پوسیدگی چوب

سیاسگذاری

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- ساری و هم‌چنین اداره منابع طبیعی ساری به‌منظور فراهم کردن چوب مورد نیاز برای انجام مطالعات آزمایشگاهی کمال تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌نمایند.

حجمی هر سه گونه چوبی را می‌توان به تخریب اجزای آب‌دوست دیواره سلولی، به‌ویژه همی‌سلولزها نسبت داد. در چوب توسکا علی‌رغم جذب آب بیش‌تر بعد از دپو، واکنشیدگی حجمی کم‌تر بود که بیانگر ورود آب به فضاهای خالی دیواره سلولی است ولی به‌دلیل تخریب اجزای آب‌دوست نتوانسته بین میکرو فیبریل‌های دیواره نفوذ کند واکنشیدگی حجمی ایجاد کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج می‌توان دریافت دپو چوب در انبار روباز اداره منابع طبیعی پس از مدت ۸ ماه سبب بروز آسیب‌های زیادی به چوب شده است. این تغییرات می‌تواند چوب درجه ۱ را به درجات ۲ و ۳ و حتی چوب غیرقابل‌فروش تبدیل کند. نداشتن امکانات نگهداری چوب در دیوهای منابع طبیعی، بی‌توجهی مسئولان به‌دلیل دولتی بودن اموال و بلا تکلیفی تا انجام مزایده سبب بروز چنین مشکلی می‌شود. این در حالی است که به‌دلیل عدم بهره‌برداری چوب در دسترس صنعت‌گران نبوده و یا با قیمت‌های بالا به دست این افراد می‌رسد. چوب‌هایی که می‌تواند برای صنعت و هنرمندان این عرصه ارزشمند باشد با نگهداری طولانی‌مدت نه تنها سودی را تقدیم دولت و

منابع

1. Živanović, I., Todorović, N., Šurjanac, N., Kabiljo, M., & Jovanović, F. (2021). Physical and mechanical properties of wood of northern red oak in the vicinity of Belgrade (Serbia). *Sustainable Forestry: Collection*. (83-84), 93-105.
2. Zhong, Y. A. N. G., Hai-qing, R. E. N., & Ze-hui, J. I. A. N. G. (2010). Effects of biological decay on the mechanical properties of slash pine wood. *Journal of Beijing Forestry University*. 32(3), 146-149.
3. Zamani, Kh., Kavosi, M. R., Khazaeian, A., & Mohammadi, J. (2018). Study on the physical and mechanical changes of beech wood due to long-term storage in the forest and destructive fungus activity. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 25(4), 35-49.
4. Malakani, M., Khademiaslam, H., Hosseinihashemi, S. K., & Zeinaly, F. (2014). Influence of fungal decay on chemi-mechanical properties of beech wood (*Fagus orientalis*). *Cellulose Chemistry and Technology*. 48(1-2). 97-103.

5. Klement, I., & Vilkovská, T. (2018). Analysis of the effects of the drying process of red false heartwood and mature wood on the quality and physical properties of beech wood (*Fagus sylvatica* L.). *BioResources*. 13(2), 4252-4263.
6. Mokhtar, N., Razali, S. M., Sulaiman, M. S., Edin, T., & Wahab, R. (2022). Converting wood-related waste materials into other value-added products: A short review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1053, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
7. Daian, G., & Ozarska, B. (2009). Wood waste management practices and strategies to increase sustainability standards in the Australian wooden furniture manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*. 17(17), 1594-1602.
8. Beiranvand, A., Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Khaki Pour, L., & Etemad, V. (2023). The study of causes and factors of illegal logging in the Caspian Forests. *Iranian Journal of Forest*. 15(1), 35-51.
9. Shoeibi, S. H., Vaezin, S. H., Amiri, S., & Shamekhi, T. (2010). Impact of wood import tariff on illegal wood logging in Northern Caspian Forests. *Iranian Journal of Forest*. 2(1), 13-24.
10. Yalcin, M. (2020). Problems encountered in log depots and measures to combat them: A review. *BioResources*. 15(1), 2082.
11. Brimblecombe, P., & Richards, J. (2022). Moisture as a driver of long-term threats to timber heritage-part II: risks imposed on structures at local sites. *Heritage*. 5(4), 2966-2986.
12. Laine, K., Belt, T., Rautkari, L., Ramsay, J., Hill, C. A., & Hughes, M. (2013). Measuring the thickness swelling and set-recovery of densified and thermally modified Scots pine solid wood. *Journal of Materials Science*. 48, 8530-8538.
13. Stamm, A. J. (1935). Shrinking and swelling of wood. *Industrial & Engineering Chemistry*. 27(4), 401-406.
14. Aloui, F., Ayadi, N., Charrier, F., & Charrier, B. (2004). Durability of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. *European Journal of Wood and Wood Products*. 62(4), 286-290.
15. Aleinikovas, M., Varnagiryte-Kabašinskienė, I., Povilaitienė, A., Šilinskas, B., Škėma, M., & Beniušienė, L. (2021). Resistance of wood treated with iron compounds against wood-destroying decay and mould fungi. *Forests*. 12(5), 645.
16. Rezanejad, A., & Firozjahi, H. A. (2007). Study on resistance of termites to oak wood by field test stakes. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 22(1), 62-71.
17. Mania, P., Wróblewski, M., Wójciak, A., Roszyk, E., & Moliński, W. (2020). Hardness of densified wood in relation to changed chemical composition. *Forests*. 11(5), 506.
18. Jorbandian, A., & Farahani, M. R. (2012). Introduction of some effective extractive compounds in the natural durability of wood. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*. 1(2), 105-109.
19. Reinprecht, L. (2016). *Wood deterioration, protection, and maintenance*. John Wiley & Sons.
20. Mahdavi, S., & Habibi, M. R. (2004). Comparative study of trunk lumber fiber dimensions with *Carpinus betulus* L. *Journal of Iranian Wood and Paper Sciences*. 19(2), 243-258.
21. Ebrahimi, Gh., Rostempour, A., Taheri, F., Karimi, A. N. (2015). *Wood: Structure and Properties*. Tehran Univ. Press, 488p.
22. Kalnins, M. A., & Feist, W. C. (1993). Increase in the wettability of wood with weathering. *Forest Products Journal*. 43(2), 55.
23. Worrall, J. J., Anagnost, S. E., & Zabel, R. A. (1997). Comparison of wood decay among diverse lignicolous fungi. *Mycologia*. 89(2), 199-219.

