University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Investigating the possibility of making a standard chair from scrimber composite obtained from veneer and wooden layer waste

Mehdi Arefkhani[1*] | Hamid Zarea Hosseinabadi[2] | Maliheh Akhtari[3] | Mostafa Mohammadabadi[4]

1. Corresponding author, Department of Wood and Paper Science and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mehdiarefkhani@ut.ac.ir
2. Department of Wood and Paper Science and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: hzareah@ut.ac.ir
3. Department of Wood Science & Technology, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran. Email: makhtari@iau.ac.ir
4. Department of Sustainable Bioproducts, Mississippi State University, Mississippi State, USA. Email: mm5132@msstate.edu

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 31 May 2024
Revised: 28 July 2024
Accepted: 18 August 2024
Published online: 15 December 2024

Keywords:
Engineered wood composite,
Scrimber composite,
Veneer and wood layer waste,
Wooden chair.

ABSTRACT

In this research, the possibility of producing standard chairs from scrimber composites made from waste poplar and beech veneer, as well as wood layers from plywood factories, was evaluated. In this process, the waste veneer and wood layers were cut longitudinally and converted into thin veneer scrimbers. Panels with a density of 0.75 g/cm³ and a thickness of 12 mm, consisting of five layers with veneer scrimbers arranged perpendicular to each other, were then constructed, and the physical and mechanical properties of this product were evaluated according to the relevant standards. For the composite production, urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde adhesives were used at a rate of 12% of the dry wood weight. Based on the results of physical and mechanical evaluations, the panels made with phenol-formaldehyde adhesive were selected to make chairs with curved backs. The chair legs were made from boards with a thickness of 5 centimeters and parallel veneer scrimber arrangements in the thickness of the board. The produced chairs were qualitatively evaluated according to the national Iranian standard. The evaluation results showed that the chairs made with veneer scrimbers from waste veneer and wood layers met the strength requirements according to national standards. Therefore, it can be concluded that engineered products with standard physical and mechanical properties can be produced using veneer scrimbers from veneer and wood layer waste and can be used in the production of standard wooden chairs.

Cite this article: Arefkhani, M., Zarea Hosseinabadi, H., Akhtari, M., Mohammadabadi, M. (2024). Investigating the possibility of making a standard chair from scrimber composite obtained from veneer and wooden layer waste. *Journal of Forest and Wood Products*, 77 (3), 287-300. DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfwp.2024.377211.1297

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.377211.1297

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

بررسی امکان ساخت صندلی استاندارد از اسکریمبرکامپوزیت حاصل از ضایعات روکش و لایهٔ چوبی

مهدی عارفخانی[1*] | حمید زارع حسین آبادی[2] | ملیحه اختری[3] | مصطفی محمدآبادی[4]

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mehdiarefkhani@ut.ac.ir

۲. گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hzareah@ut.ac.ir

۳. گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ فنی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران. رایانامه: makhtari@iau.ac.ir

۴. گروه محصولات بیولوژیکی پایدار، دانشگاه ایالتی می‌سی‌سی‌پی، ایالت می‌سی‌سی‌پی، آمریکا. رایانامه: mm5132@msstate.edu

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵

کلیدواژه:
اسکریمبر کامپوزیت،
صندلی چوبی،
ضایعات روکش و لایهٔ چوبی،
فرآورده مهندسی شده چوبی.

چکیده

در این تحقیق، امکان ساخت صندلی استاندارد از تختهٔ اسکریمبرهای حاصل از ضایعات روکش و لایه‌های چوبی صنوبر و راش از خط تولید کارخانجات تخته لایه‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این فرآیند، ضایعات روکش و لایهٔ چوبی در جهت طولی برش داده شدند و به نوارهای باریک اسکریمبر تبدیل شدند. سپس تخته‌هایی با دانسیتهٔ ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت ۱۲ میلی‌متر به‌صورت پنج لایه و با آرایش اسکریمبرهای عمود بر هم ساخته و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی این فرآورده براساس استانداردهای مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ساخت اسکریمبرکامپوزیت چسب‌های اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید به میزان ۱۲ درصد وزن خشک چوب استفاده گردید. براساس ارزیابی نتایج ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های اسکریمبر، برای ساخت صندلی با پشتی قوسدار از تخته‌های ساخته شده با رزین فنل فرمالدهید استفاده شد. پایه‌های صندلی از تخته‌هایی با ضخامت ۵ سانتی‌متر با آرایش موازی اسکریمبرها در ضخامت و استفاده از رزین فنل فرمالدهید ساخته شد. صندلی‌ها از تخته‌های ساخته شده تولید شد و براساس استاندارد ملی ایران مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی‌ها نشان دادند که صندلی‌های ساخته شده با اسکریمبرهای حاصل از ضایعات روکش و لایه‌های چوبی الزامات استحکام مطابق با استانداردهای ملی را دارند. بنابراین می‌توان گفت با اسکریمبرهای حاصل از ضایعات روکش و لایه‌های چوبی می‌توان فرآوردهٔ مهندسی شده با خواص فیزیکی و مکانیکی در حد استاندارد تولید نمود و از آن در ساخت صندلی چوبی استاندارد استفاده کرد.

استناد: عارفخانی؛ مهدی، زارع حسین آبادی؛ حمید، اختری؛ ملیحه، محمدآبادی؛ مصطفی (۱۴۰۳). بررسی امکان ساخت صندلی استاندارد از اسکریمبرکامپوزیت حاصل از ضایعات روکش و لایهٔ چوبی. *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۷ (۳)، ۳۰۰-۲۸۷. DOI: http//doi.org10.22059/jfwp.2024.377211.1297

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.377211.1297

۱. مقدمه

امروزه بازیافت ضایعات چوبی به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش پسماندها و حفظ منابع طبیعی، به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است. این فرآیند نه تنها به کاهش نیاز به قطع درختان کمک می‌کند، بلکه در مصرف انرژی و منابع مورد نیاز برای تولید محصولات جدید نیز صرفه‌جویی می‌کند [۱]. از سوی دیگر، بازیافت ضایعات چوبی می‌تواند منجر به تولید محصولات با ارزش افزودهٔ بالا و فرآورده‌های مرکب چوبی گردد [۲]. بازیافت پسماندهای چوبی به‌دلیل مزایای اقتصادی و محیط‌زیستی، یکی از روش‌های مهم مدیریت پسماندها محسوب می‌شود. با این حال، چالش‌های متعددی در این راستا وجود دارد. از جمله این چالش‌ها، می‌توان به تنوع در نوع پسماندهای چوبی، وجود آلودگی (مواد شیمیایی مانند رنگ‌ها و چسب‌ها) در برخی از پسماندهای چوبی، هزینه‌های بالای جمع‌آوری و پردازش و عدم فرهنگ‌سازی در بازیافت اشاره کرد [۳].

صندلی یکی از پرکاربردترین فرآورده‌های صنعت مبلمان در زندگی روزمرهٔ است که استفاده از آن را می‌توان در بخش‌های مختلف اعم از منازل، محیط‌های اداری، مدارس و دیگر اماکن مشاهده نمود. در طراحی فیزیکی صندلی از علم ارگونومی و برای پیش‌بینی استحکام اجزاء و اتصالات آن از اصول طراحی مهندسی استفاده می‌گردد [۴]. مصرف‌کنندگان مبلمان ترجیح می‌دهند ضمن توجه به زیبایی از محکم‌ترین و با دوام‌ترین نوع مبلمان استفاده نمایند. در این راستا توجه به استحکام و دوام مبلمان در کنار زیبایی و کارایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۵].

محققین با روش‌های مختلف و بکارگیری مواد اولیهٔ چوبی، فرآورده‌های مهندسی شده می‌سازند. در یکی از این روش‌ها با استفاده از رشته‌های بلند (حاصل از چوب گونه‌هایی با رشد سریع مانند صنوبر) و استفاده از چسب و پرس توانسته‌اند تخته‌هایی با خواص بهبود یافته نسبت به چوب خام اولیه تولید نمایند و ارزش افزودهٔ محصول، کاربرد و کارایی آن را افزایش دهند [۶]. اسکریمبر کامپوزیت‌ها به‌عنوان یک نوع فرآوردهٔ نوآورانه در صنعت چوب شناخته شده است. در این فرآوردهٔ مرکب، مادهٔ اولیه چوبی تبدیل به تراشه یا نوارهای زیاد در راستای الیاف می‌گردد و از آن در ساخت کامپوزیت استفاده می‌شود، این محصول در مقایسه با چوب طبیعی و دیگر فرآورده‌های مهندسی شده چوبی، از مقاومت بالاتری برخوردار است و نسبت به چوب طبیعی در برابر رطوبت و تغییر ابعاد استقامت بهتری دارند [۷]. اسکریمبر کامپوزیت‌ها به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاص، در صنعت ساختمان و دکوراسیون داخلی نیز کاربردهای متنوعی دارند و به‌دلیل استحکام بالا، وزن سبک و مقاومت در برابر رطوبت، به‌طور گسترده در تولید پنل‌های دیواری، کفپوش‌ها، مبلمان و سایر محصولات چوبی مهندسی شده استفاده می‌شوند. علاوه بر این، قابلیت طراحی‌پذیری بالا و امکان تولید در اشکال و اندازه‌های مختلف، باعث جذابیت آن‌ها در پروژه‌های مدرن و پایدار شده است و به طراحان امکان می‌دهد تا با خلاقیت بیشتری به طراحی فضاهای داخلی بپردازند [۸].

Liu و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق خود از اسکریمبرهای حاصل از لایه‌های چوبی گونهٔ اکالیپتوس (*Eucalyptus grandis*)، فرآوردهٔ مرکب چوبی تولید نمودند که دارای ۴۵ درصد مقاومت خمشی بیشتر و ۳۵ درصد مدول الاستیسیتهٔ بیشتر نسبت به چوب ماسیو اولیه بودند، این محصول کاربرد فراوانی در ساختمان‌سازی و ساخت محصولات دکوراتیو داشته است [۹]. اسکریمبر کامپوزیت از فرآورده‌های جدید ساختمانی بوده که در ساخت محصولات با کاربری داخل یا خارج ساختمان، کاربرد فراوانی دارد. در ساخت اسکریمبر از چوب گونه‌های سبک برای ساخت تراشه‌های بلند اسکریم استفاده می‌شود و الوارهای اسکریمبر تنها کامپوزیت چوبی می‌باشد که تولید آن با بیش از ۹۰ درصد بازدهی همراه است و تقریباً تمام چوب مادهٔ اولیه بدون پوست، در ساخت اسکریمبر کامپوزیت استفاده می‌شود [۱۰].

He و همکاران (۲۰۱۶) با توجه به افزایش مصرف کامپوزیت‌های بر پایهٔ چوب در صنعت ساختمان و نیاز این صنعت، اقدام به تحقیق در خصوص اسکریمبر کامپوزیت ساخته شده از چوب صنوبر (*Populus deltoides*) نمودند و نتایج نشان داد که به‌واسطهٔ ساخت اسکریمبر کامپوزیت از گونه‌های با رشد سریع اثر معایت طبیعی چوب در محصول کاهش یافته و از چوب‌آلات ارزان و کم ارزش، محصول ساختمانی ارزشمند تولید نمودند. بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در کامپوزیت ساخته شده منجر به بهبود کاربردی محصول در صنعت ساختمان شده است [۶]. همچنین نوع مادهٔ اولیهٔ مورد مصرف در ساخت مبلمان از

پارامترهای مؤثر بر ویژگی‌های مقاومتی آنها می‌باشد. Hitka و همکاران (۲۰۲۳) در طراحی خود جهت کنترل استحکام صندلی مورد نیاز افراد با وزن بالا از استاندارد EN12520 استفاده نمودند [۱۱].

امروزه چالش‌های محیطزیستی، ناشی از تولید و انباشت ضایعات چوبی به یکی از مسائل جدی در صنعت چوب و مبلمان تبدیل شده است. با توجه به افزایش تولید محصولات چوبی و بکار گیری روکش و لایهٔ چوبی، ضایعات حاصل از این فرآیندها به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. به‌رغم این که این ضایعات می‌توانند به منابع ارزشمندی تبدیل شوند، مدیریت صحیح و بهره‌برداری از آن‌ها معمولاً نادیده گرفته می‌شود. در این راستا، ساخت صندلی‌های استاندارد از اسکریمبرکامپوزیت‌های حاصل از این ضایعات، نه تنها می‌تواند به کاهش هزینه‌های منابع چوبی و بهبود مدیریت پسماند کمک کند، بلکه راهی برای ایجاد محصولاتی با کیفیت و سازگار با محیطزیست نیز به‌شمار می‌رود. این پژوهش، به بررسی امکان‌سنجی تولید این نوع صندلی از طریق استفاده از ترکیبات کامپوزیتی و ارزیابی کیفیت و دوام آن‌ها می‌پردازد. علاوه بر این، با توجه به ماهیت و نوع ضایعات مورد استفاده در این تحقیق و همچنین ویژگی‌های خاص تخته‌های اسکریمبر ساخته شده از رشته‌های بلند با ظاهری جذاب و شباهت با چوب خام و ویژگی‌های مقاومتی، از این نوع فرآورده، در ساخت صندلی استفاده شده است. در پژوهش حاضر، پس از بررسی و مقایسهٔ خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های اسکریمبر ساخته شده با دو نوع چسب اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید، تخته‌هایی که دارای خصوصیات بهینه‌تری بودند، در ساخت صندلی استفاده شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲–۱. مواد مصرفی

۲–۱–۱. چوب

ضایعات و دور ریز روکش و لایه‌های چوبی مورد استفاده در این تحقیق، از چوب صنوبر تبریزی (*Populus nigra*) و چوب راش (*Fagus orientalis*) با ضخامت یک تا دو میلی‌متر بوده است. این ضایعات از فرآیند تولید تخته لایه در شرکت چوب سنگ، واقع در استان خراسان رضوی تهیه شدند. در ساخت تختهٔ متناسب با فراوانی ضایعات خط تولید از نسبت وزنی ۲۵ درصد ضایعات روکش راش و ۷۵ درصد ضایعات لایه‌های چوبی صنوبر استفاده شده است.

۲–۱–۲. چسب

در این تحقیق از دو نوع چسب اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید ساخت شرکت صامد (چسب مشهد) استفاده شد. مشخصات چسب‌های مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. چسب اوره فرمالدهید مورد استفاده همراه با هاردنر کلرید آمونیوم (NH_4Cl) ساخت شرکت تیانجین چین به‌صورت نمک سفید بلوری با قابلیت انحلال بالا در آب و به‌میزان دو درصد وزنی چسب استفاده شده است.

جدول ۱. مشخصات چسب‌های مورد استفاده (دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد)

نام چسب	pH	ژل تایم	فرمالدیید آزاد	ویسکوزیته (ثانیه)	درصد مواد جامد
اوره فرمالدهید (کد۸۶۱)	۸	۴۶(s)	۰/۶ درصد	۷۸ (s)	۶۶/۶۲
فنل فرمالدهید (کد۸۴۱)	۷	*	*	۱۰۵۰ (cp)	۷۵/۷۹

۲–۲. فرآیند ساخت اسکریمبر کامپوزیت

برای ساخت اسکریمبر کامپوزیت‌ها، ابتدا ضایعات روکش و لایهٔ چوبی در جهت طولی برش خوردند و به نوارهای باریک اسکریمبر تبدیل و خشک شدند. چسب‌های فنل فرمالدهید و اوره فرمالدهید به‌میزان ۱۲ درصد وزن خشک چوب بر روی تراشه‌های اسکریمبر اسپری شدند. با توجه به نوع رزین فنل فرمالدهید از حلال متانول جهت رقیق‌سازی استفاده شد. تراشه‌های چسب‌خورده به‌صورت چند لایه و عمود برهم در کیک تختهٔ اسکریمبر قرار گرفتند و توسط پرس حرارتی مسطح در دمای ۱۲۰

درجهٔ سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه برای چسب اوره فرمالدهید و دمای ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه برای چسب فنل فرمالدهید پرس شدند. در ساخت تخته‌های اسکریمبر قوس‌دار برای قسمت پشتی صندلی از تخته‌های پنج لایه با ضخامت ۱۲ میلی‌متر و از پرس قوس‌دار قالبی الکتریکی با فرکانس بالا استفاده شد. در نهایت تختهٔ پنج لایه با آرایش اسکریمبرهای عمود بر هم، با دانسیتهٔ ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای بخش نشیمنگاه و پشتی صندلی ساخته شد. برای تولید پایه‌های صندلی، تختهٔ اسکریمبر با ضخامت ۵ سانتی‌متر از آرایش اسکریمبرهای موازی در کیک تخته و چسب فنل فرمالدهید استفاده شد. شرایط پرس مسطح مورد استفاده در این مرحله، دمای ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد و مدت زمان ۶ دقیقه بود. تخته‌ها تا سرد شدن کامل به‌مدت ۱۲ ساعت در شرایط فشار پرس باقی ماندند. برای مشروط‌سازی و متعادل‌سازی کردن، تخته‌ها در شرایط رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت دو هفته نگهداری شدند. سپس نمونه‌های مورد نیاز برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی براساس استانداردهای مربوطه از تخته‌های ساخته شده برش داده شدند. کلیهٔ مراحل ساخت و تست‌های خواص فیزیکی و مکانیکی در آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه تهران انجام شدند.

۲-۳. آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های اسکریمبر

آزمون‌های فیزیکی اندازه‌گیری جـذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت غوطه‌وری در آب بر روی نمونه‌هایی با ابعاد ۱۲×۲۰×۲۰ میلی‌متر انجام شدند. اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت خمشی بر روی نمونه‌هایی با ابعاد ۱۲×۵۰×۳۰۰ میلی‌متر، مدول الاستیسیته بر روی نمونه‌هایی با ابعاد ۱۲×۵۰×۳۰۰ میلی‌متر و چسبندگی داخلی بر روی نمونه‌هایی با ابعاد ۱۲×۵۰×۵۰ میلی‌متر براساس استاندارد ASTM D1037 (۲۰۲۰) انجام شده است [۱۲].

۲-۴. ساخت صندلی چوبی

با توجه به هدف تحقیق، برای امکان‌سنجی ساخت صندلی چوبی استاندارد از اسکریمبرکامپوزیت حاصل از ضایعات روکش و لایهٔ چوبی و با توجه به نتایج به‌دست آمده از مرحلهٔ اول پژوهش، اسکریمبر کامپوزیت‌های ساخته شده از چسب فنل فرمالدهید برای ساخت قسمت‌های مختلف صندلی چوبی بکار گرفته شدند. عملیات برش و مونتاژ صندلی‌های مورد نیاز در این تحقیق در شرکت چوب سنگ، واقع در استان خراسان رضوی انجام شد. از تخته‌های اسکریمبر با ضخامت ۱۲ میلی‌متر در ساخت نشیمنگاه صندلی (شکل ۱)، برای پشتی صندلی از تختهٔ اسکریمبر قوس‌دار با ضخامت ۱۲ میلی‌متر (شکل ۲) استفاده شد. برای زیبایی و استحکام بیشتر، پشتی صندلی قوس‌دار با روکش چوبی راش، روکش گردید. در ساخت پایه‌های صندلی از تختهٔ اسکریمبر با ضخامت ۵ سانتی‌متر (شکل ۳) استفاده شد.

شکل ۱. ساخت نشیمنگاه صندلی از اسکریمبر کامپوزیت‌های مسطح

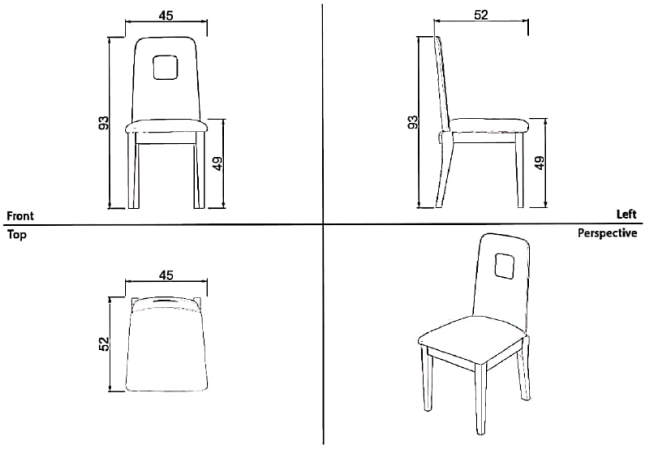
شکل ۲. ساخت پشتی صندلی به‌صورت قوس‌دار

شکل ۳. ساخت پایه‌های صندلی از اسکریمبر کامپوزیت‌های با ضخامت ۵ سانتی‌متر و برش با شابلون پایه

در فرآیند تولید پشتی صندلی از تخته‌های قوس‌دار و توسط دستگاه CNC برش داده شدند. پایه‌های صندلی از تخته‌های با ضخامت ۵ سانتی‌متر و توسط شابلون و ارهٔ نواری برش داده شده و مراحل پرداخت و سنباده‌کاری آنها انجام شد. اتصال پایه‌ها به قیدهای صندلی از نوع کام و زبانه و اتصال پشتی و نشیمنگاه صندلی به قیدها توسط پیچ انجام شد. اتصالات کام و زبانه در پایه‌های صندلی با ابعاد زبانه با طول ۲ و عرض ۴ و ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر بودند. قطعات توسط چسب سفید نجاری پلی‌وینیل استات ساخت شرکت چسب سامد به یکدیگر متصل شدند. برای خشک شدن چسب و تثبیت اتصالات، صندلی‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت به‌وسیلهٔ تنگ نجاری تحت فشار قرار گرفتند. سپس توسط دستگاه سنبادهٔ لرزان و با استفاده از سنباده‌های شمارهٔ ۸۰ الی۲۰۰، کلیهٔ سطوح صندلی سنباده‌زنی و رنگ‌آمیزی شدند. برای ارزیابی کیفی بهتر صندلی‌ها، نشیمنگاه یکی از صندلی‌ها رویه‌کوبی شد. شکل ۴ نمای جانبی و دورنمای صندلی و شکل ۵ نمایی از صندلی‌های ساخته شده را نشان می‌دهد.

۲-۵. آزمون کیفی صندلی

برای ارزیابی و بررسی استحکام استاتیک، خستگی و دوام اجزای صندلی، آزمون‌های استانداردهای EN12520 (استاندارد ملی ۱۸۶۸۸) [۱۳] EN1022 (استاندارد ملی ۹۱۸۴) [۱۴] و استاندارد EN1728 (استاندارد ملی ۱۱۵۲۷) [۱۵] بر روی صندلی‌ها اعمال شد. طبق استاندارد، تمامی آزمون‌ها در شرایط فضاهای بسته و در دمای ۲۳ الی ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آزمایشگاه صنایع مبلمان دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شدند. صندلی‌ها از ۲۴ ساعت قبل در محیط آزمون قرار گرفتند و ارزیابی استاندارد به‌صورت کیفی و مشاهدهٔ ظاهری محل اتصالات و دوام و ایستایی سازه مورد نظر صورت گرفتند. در جدول ۲ شرایط آزمون‌های انجام شده بر روی صندلی نشان داده شده است.



شکل ٤. نمای جانبی و دورنمای صندلی‌های ساخته شده

شکل ۵. صندلی با پشتی قوس‌دار ساخته شده از اسکریمبر کامپوزیت حاصل از روکش و لایه‌های چوبی دورریز

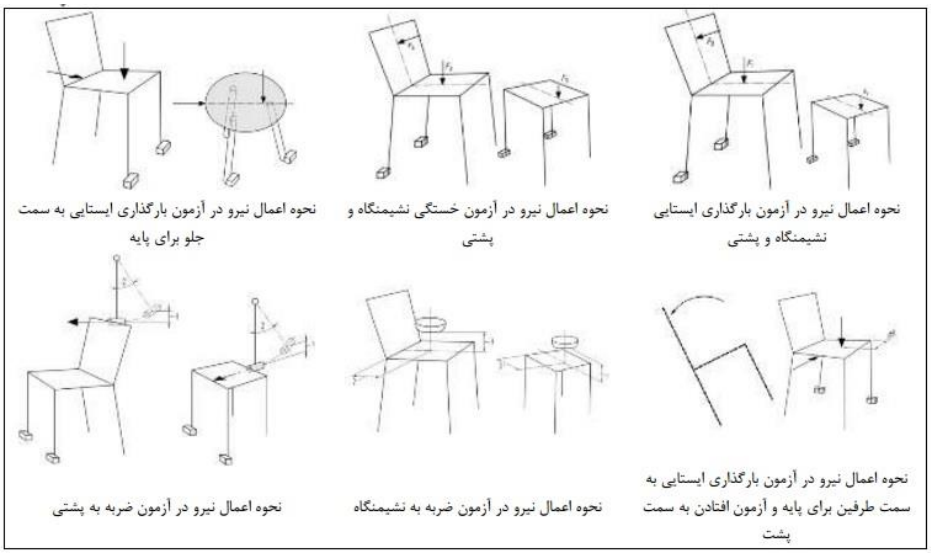
جدول ۲. آزمون‌های استاندارد ارزیابی صندلی چوبی

آزمون	مرجع	پارامترهای آزمون		
		محل اعمال نیرو	نیرو (نیوتن)	تعداد
آزمون بارگذاری ایستایی نشیمنگاه و پشتی	بند ۶-۲-۱ و۶ -۳ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	وسط نشیمنگاه پشتی	۱۳۰۰ ۴۵۰	۱۰
آزمون بارگذاری ایستایی لبهٔ جلویی نشیمنگاه	بند ۶-۲-۲ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	لبهٔ جلویی نشیمنگاه	۱۳۰۰	۱۰
آزمون خستگی نشیمنگاه و پشتی	بند ۶-۷ و ۶-۹ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	نشیمنگاه پشتی	۱۰۰۰ ۳۰۰	۲۵۰۰۰
آزمون خستگی لبهٔ جلویی نشیمنگاه	بند ۶-۸ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	لبهٔ جلویی نشیمنگاه	۸۰۰	۲۰۰۰۰
آزمون بارگذاری ایستایی به‌سمت جلو برای پایه	بند ۶-۱۲ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	نیرو به‌سمت پایین نیرو به‌سمت جلو	۴۰۰ ۱۰۰۰	۱۰
آزمون بارگذاری ایستایی به‌طرفین برای پایه	بند ۶-۱۲ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	نیرو به‌سمت پایین نیرو به‌سمت جلو	۳۰۰ ۱۰۰۰	۱۰
آزمون ضربه به نشیمنگاه	بند ۶-۱۵ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	ارتفاع سقوط (میلی‌متر)	۱۸۰	۱۰
آزمون افتادن به‌سمت پشت*	پیوست الف – ۱ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۸۶۸۸	ضربه به پشتی در اثر افتادن	-	۵
آزمون ضربه به پشتی	بند ۶-۱۶ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۱۵۲۷	ارتفاع و زاویه ضربه (درجه / میلی‌متر)	۱۲۰/۲۸mm/°	۱۰

* این آزمون فقط برای نشیمنگاه صندلی یک نفره انجام می‌گیرد که در آن پشتی اولین قسمت سازه در برخورد با سطح زمین است و نیروی استفاده شده برای واژگونی به‌سمت عقب کمتر از ۳۹ نیوتن است.

۲-۶. بارگذاری در آزمون صندلی‌ها

مطابق استانداردها، نحوهٔ بارگذاری برای هر آزمون متفاوت است. شکل ۶ نحوهٔ بارگذاری هر آزمون صندلی را نشان می‌دهد.



شکل ٦. نحوهٔ بارگذاری در آزمون‌های صندلی

۲-۷. طرح آماری

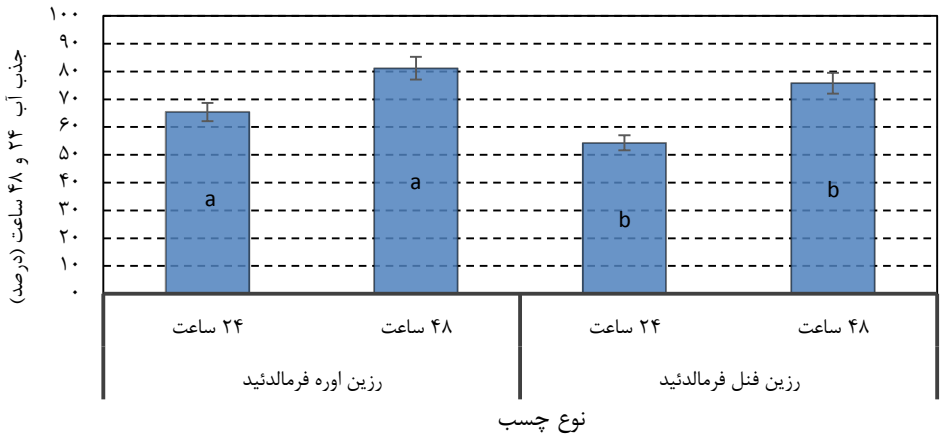
برای تجزیه و تحلیل نتایج از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد و نرم‌افزار SPSSنسخهٔ ۲۳ استفاده شد. برای گروه‌بندی نتایج از آزمون دانکن و در نهایت میانگین نتایج با انحراف معیار مشخص در این تحقیق بحث و گزارش شد. تیمار مورد مطالعه در این تحقیق شامل نوع چسب (فنل فرمادهید و اوره فرمالدهید) می‌باشد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

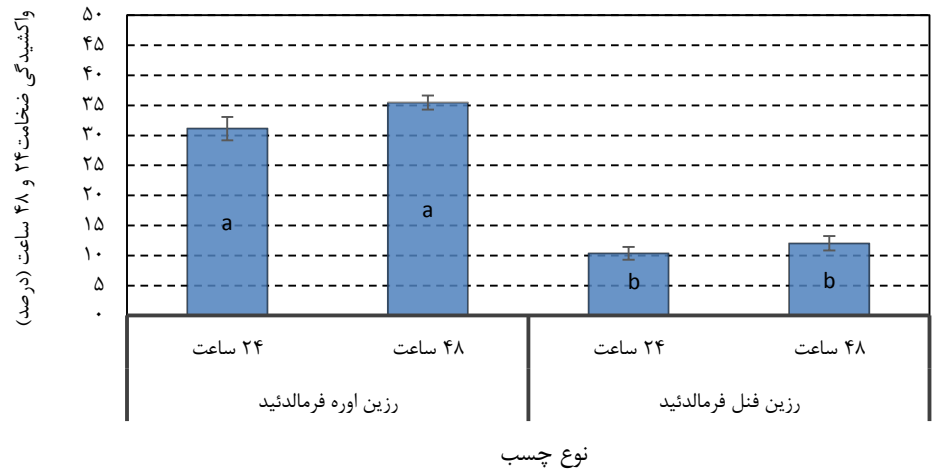
۳-۱. خواص فیزیکی تختهٔ اسکریمبر کامپوزیت

جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲۴ و ۴۸ ساعت: تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری در مقادیر تجزیه واریانس اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲۴ و ۴۸ ساعت در تختهٔ اسکریمبرهای ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید

و فنل فرمالدهید وجود دارد. همان‌طور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود، میانگین داده‌های جذب آب و واکشیدگی ضخامت طبق گروه‌بندی دانکن در دو گروه جداگانه قرار گرفتند و تخته‌های ساخته شده با چسب فنل فرمالدهید نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید جذب آب و واکشیدگی ضخامت کمتری داشتند. بیشترین جذب آب در تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدئید پس از ۴۸ ساعت غوطه‌وری در آب (۸۱/۱۸ درصد) و کمترین جذب آب در تخته‌های ساخته شده با چسب فنل فرمالدئید پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (۵۴/۳۱ درصد) مشاهده شدند. بیشترین واکشیدگی ضخامت در تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدئید (۳۵/۴۸ درصد) پس از ۴۸ ساعت غوطه‌وری در آب و کمترین واکشیدگی ضخامت در تخته‌های ساخته شده با چسب فنل فرمالدئید (۱۰/۳۶ درصد) پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری مشاهده گردید. Kurt و Cavus (۲۰۱۱) در مقایسهٔ استفاده از چسب اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید در ساخت تخته تراشه‌های موازی (PSL) نشان دادند که تخته‌های ساخته شده با رزین فنل فرمالدهید، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کمتری در زمان خیس شدن در آب را داشته‌اند [۱۶]. تخته‌های ساخته شده با رزین فنل فرمالدهید، به‌دلیل ساختار شیمیایی فنل فرمالدهید، ساختاری متراکم‌تر و پیوندهای عرضی قوی‌تری با الیاف سلولزی چوب برقرار می‌کنند، در نتیجه باعث کاهش نفوذپذیری آب و مقاومت بیشتری در برابر جذب رطوبت و در نتیجه واکشیدگی دارند [۱۷].



شکل ۷. اثر نوع چسب بر جذب آب اسکریمبر کامپوزیت

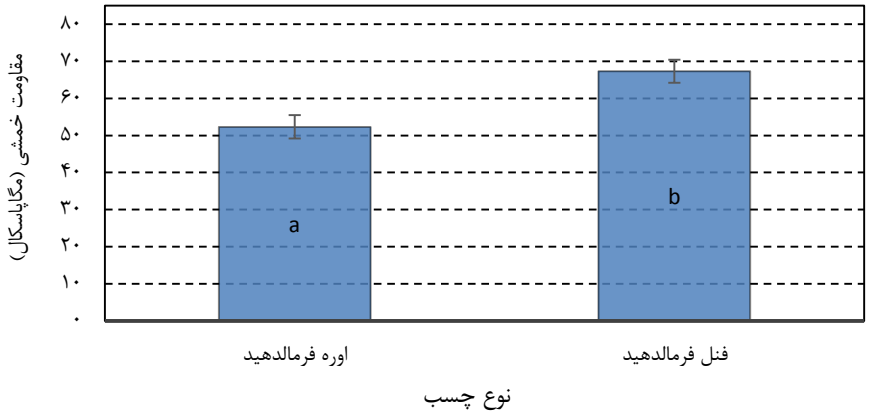


شکل ۸. اثر نوع چسب بر واکشیدگی ضخامت اسکریمبر کامپوزیت

۳-۲. خواص مکانیکی تختهٔ اسکریمبر کامپوزیت

۳-۲-۱. مدول خمشی (MOR)

تجزیه واریانس آزمون اندازه‌گیری مدول خمشی (MOR) در تختهٔ اسکریمبرهای مورد مطالعه نشان داده است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌داری بین نوع رزین و میزان مدول خمشی در تخته‌های مورد مطالعه وجود دارد. اثر نوع چسب بر مدول خمشی در اسکریمبر کامپوزیت مورد مطالعه در شکل ۹ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد کمترین مقدار مدول خمشی در تخته‌های ساخته شده از چوب‌های بازیافتی با چسب اوره فرمالدئید (۵۲/۳۲ مگاپاسکال) و بیشترین مقدار مدول خمشی در تخته‌های ساخته شده با چسب فنل فرمالدئید (۶۷/۳۱ مگاپاسکال) می‌باشد و در نتیجه چسب فنل فرمالدهید منجر به افزایش مقاومت خمشی شده است. رزین فنل فرمالدهید دارای ساختار شیمیایی قوی‌تری است که به‌دلیل ایجاد پیوندهای عرضی بیشتر در فرآیند سخت شدن، استحکام و ساختار شبکه‌ای منسجم‌تری را ایجاد می‌کند. این پیوندهای قوی به تخته‌ها کمک می‌کند تا در برابر بارهای خمشی مقاومت بیشتری نشان دهند [۱۸]. همچنین لیگنین می‌تواند خواص چسبندگی رزین‌های فنل فرمالدهید را بهبود بخشد. هنگام فرموله شدن رزین لیگنین–فنل–فرمالدهید، لیگنین می‌تواند به‌طور بالقوه عملکرد چسب‌های معمول فنل فرمالدهید را از نظر مقاومت در برابر رطوبت، استحکام و پایداری حرارتی ارتقاء دهد [۱۹].



شکل ۹. اثر نوع چسب بر مقاومت خمشی در اسکریمبر کامپوزیت ها

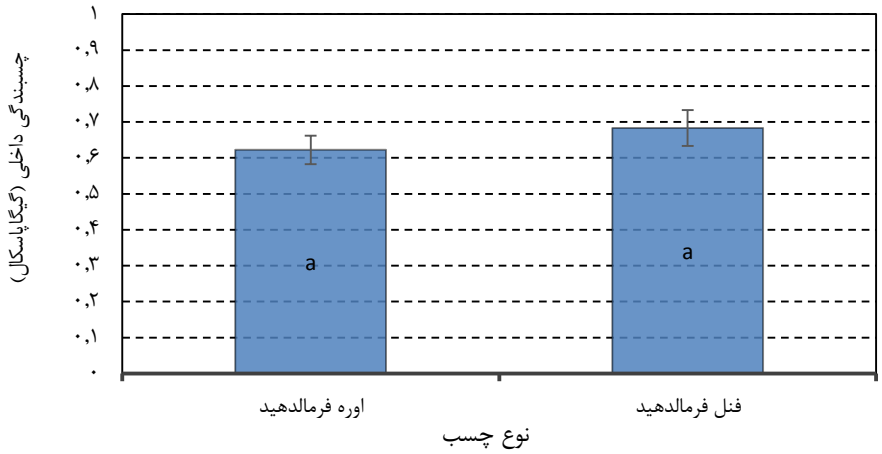
۳-۲-۲. چسبندگی داخلی (IB)

تجزیه واریانس آزمون اندازه‌گیری چسبندگی داخلی در تختهٔ اسکریمبرهای مورد مطالعه نشان داده است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌داری بین نوع چسب و میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها وجود ندارد. اثر نوع چسب بر میزان چسبندگی داخلی در اسکریمبر کامپوزیت‌های مورد مطالعه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر چسبندگی داخلی در نمونه تخته‌های ساخته شده با چسب‌های مورد استفاده وجود ندارد و مطابق با گروه‌بندی دانکن، در یک گروه قرار گرفته‌اند. اختلاف بیشترین مقدار چسبندگی داخلی و کمترین مقدار در حدود ۰/۰۶ گیگا پاسکال می‌باشد.

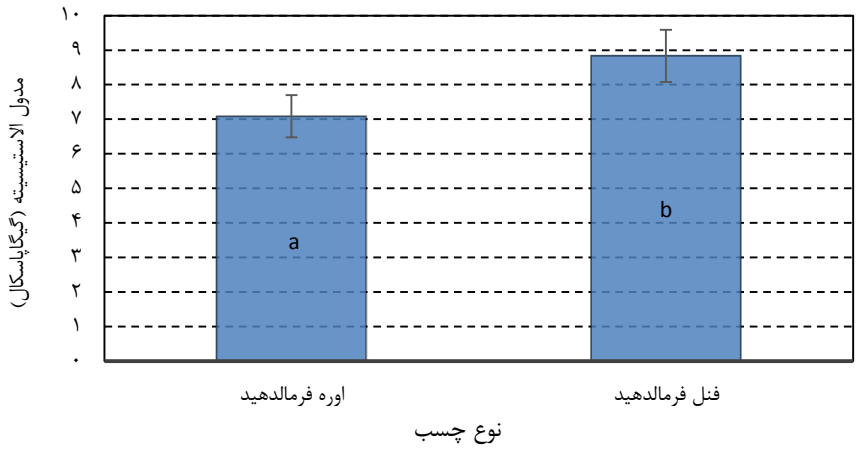
۳-۲-۳. مدول الاستیسیته (MOE)

تجزیه واریانس آزمون اندازه‌گیری مدول الاستیسیته در تخته اسکریمبرهای مورد مطالعه نشان داد در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌داری بین مدول الاستیسیته در تخته‌های ساخته شده از رزین‌های اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید وجود دارد. استفاده از رزین فنل فرمالدهید منجر به افزایش این مدول در مقایسه با رزین اوره فرمالدهید شده است (شکل ۱۱). Savov و همکاران (۲۰۲۱) در ساخت تخته فیبر با دانسیتهٔ بالا از اختلاط چسب اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید به نسبت‌های مختلف

استفاده کردند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد با افزایش درصد رزین فنل فرمالدهید با اوره فرمالدهید، میزان مدول الاستیسیته افزایش یافته است. بیشترین مدول الاستیسیته در زمان استفاده از رزین فنل فرمالدهید خالص و کمترین مقدار در زمان استفاده از رزین اوره فرمالدهید بوده است [۲۰]. معمولاً افزایش مدول الاستیسیته به‌معنی آن است که ماده دارای خاصیت مقاومت به تغییر شکل بیشتری است. در نتیجه، تخته‌های تولیدشده با چسب PF معمولاً مدول الاستیسیتهٔ بالاتری دارند. این چسب‌ها به‌دلیل ایجاد پیوندهای قوی مانند پیوندهای عرضی، ساختار نهایی محکم‌تری تولید می‌کنند. این پیوندها باعث می‌شوند که زمان سخت شدن چسب، شبکه‌ای سه‌بعدی با استحکام بالاتر ایجاد گردد. در مقایسه، چسب UF نسبت به رطوبت حساس‌تر است و در شرایط مرطوب ممکن است خصوصیات مکانیکی‌اش کاهش یابد [۲۱].



شکل ۱۰. اثر نوع چسب بر چسبندگی داخلی در اسکریمبر کامپوزیت‌ها



شکل ۱۱. اثر نوع چسب بر مدول الاستیسیته اسکریمبر کامپوزیت‌ها

۳-۳. آزمون‌های صندلی

در جدول ۳، نتایج آزمون‌های استاندارد صندلی نشان داده شده است. نتایج آزمون نشان دادند که عملکرد و پایداری صندلی ساخته شده مطابق با استانداردهای ملی ۹۱۸۴، ۱۸۶۸۸ و ۱۱۵۲۷ می‌باشد و پس از اعمال نیرو و انجام آزمون‌های استاندارد، استحکام و ایمنی صندلی‌ها حفظ شده است. همچنین هیچ گونه ترک یا شکافی در اتصالات کام و زبانهٔ صندلی و ساختار اصلی

صندلی مشاهده نشد و در حد استاندارد می‌باشد. اتصال کام و زبانه به‌دلیل پراکنش و توزیع نیرو در تمامی سطوح محل اتصال توانسته است مقاومت سازه را به‌مراتب افزایش دهد [۲۳-۲۲]. همچنین ارزیابی‌های کیفی و انجام آزمون‌های الزامات استحکام، دوام و ایمنی در صندلی‌های مورد مطالعه نشان دادند که مطابق با استاندارد و مورد تأیید هستند.

جدول ۳. آزمون‌های استاندارد ارزیابی صندلی چوبی

ردیف	آزمون	نتایج
۱	آزمون بارگذاری ایستایی نشیمنگاه و پشتی	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۲	آزمون بارگذاری ایستایی لبهٔ جلویی نشیمنگاه	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۳	آزمون خستگی لبهٔ جلویی نشیمنگاه	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۴	آزمون بارگذاری ایستایی به‌سمت جلو برای پایه	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۵	آزمون بارگذاری ایستایی به‌طرفین برای پایه	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۶	آزمون ضربه به نشیمنگاه	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۷	آزمون افتادن به‌سمت پشت	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است
۸	آزمون ضربه به پشتی	مطابق با استاندارد و مورد تأیید است

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، امکان ساخت صندلی استاندارد از تختهٔ اسکریمبرهای حاصل از ضایعات روکش و لایه‌های چوبی صنوبر و راش از خط تولید کارخانجات تختهٔ لایه‌سازی مورد ارزیابی قرارگرفت. در ساخت تخته‌های اسکریمبر از چسب‌های اوره فرمالدئید و فنل فرمالدهید به‌عنوان دو نوع چسب رایج در صنعت چوب، استفاده شد. تخته اسکریمبرهای ساخته شده با چسب فنل فرمالدهید در مقایسه با چسب اوره فرمالدهید، خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب‌تری داشتند. به‌طور کلی، ناهمگونی در خواص فیزیکی و مکانیکی بین این دو نوع چسب ناشی از ترکیب شیمیایی، ساختار شبکه‌ای و رفتار در برابر رطوبت می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها، از تختهٔ اسکریمبر ساخته شده از ضایعات روکش و تختهٔ لایه با چسب فنل فرمالدهید در ساخت صندلی استفاده شد. ویژگی‌های کیفی صندلی‌های تولیدشده نشان‌دهندهٔ انطباق با الزامات استانداردهای ملی ایران می‌باشد. در نهایت، این تحقیق بر این نکته تأکید دارد که بهبود فرآیندهای تولید و استفادهٔ مؤثر از منابع چوبی وازده می‌تواند به تولید محصولات مهندسی‌شده‌ای با کیفیت بالا منجر گردد که از نظر محیط‌زیستی مقرون به صرفه است. چنین رویکردی نه تنها به توسعهٔ پایدار کمک می‌کند، بلکه به ایجاد صنایع چوبی نوآور و رقابتی در بازار نیز منجر خواهد شد.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند از مساعدت و همکاری مدیران شرکت چوب سنگ به جهت همکاری در انجام این تحقق کمال تشکر را داشته باشند.

۶. منابع

[1] Marchenko, O., Solomin, S., Kozlov, A., Shamanskiy, V., & Donskoy, I. (2020). Economic efficiency assessment of using wood waste in cogeneration plants with multi-stage gasification. *Applied Sciences*, 10(21), 7600.

[2] Grzegorzewska, E., Burawska-Kupniewska, I., & Boruszewski, P. (2020). Economic profitability of particleboards production with a diversified raw material structure. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 22(4), 537-548.

[3] Nguyen, D., Luedtke, J., & Nopens, M. (2023). Production of wood-based panel from recycled wood resource: a literature review. *European Journal of Wood Product*, 81(1), 557-570.

[4] Singh, D.P., Barani, L.Z., Woodruff, M.A., Parker, T.J., Steck, R. & Peake, J.M. (2017). Design and fabrication of stair case climber for physically challenged person. *Materials and Design Engineering*, 9(2), 175-188.

[5] Mousavi Hoseyni, S.M.J., Zarea Hosseinabadi, H., Dalvand, M., & Moradpour, P. (2022). Numerical and experimental investigation of stress carrying capacity of reinforced L-shaped corner joints with corner block in wooden chair under diagonal tension. *Journal of Forest and Wood Products*, 75 (3). (In Persian)

[6] He, M.J., Zhang, J., Li, Z., & Li M.L. (2016). Production and mechanical performance of Scrimber composite manufactured from poplar wood for structural applications. *Journal of Wood Science*. 62(6), 429-440.

[7] Li, Y., Liu, Y., & Zhao, H. (2020). Properties and applications of wood-scrimber composites. Composites Part B: *Engineering*, 185 (3), 107706.

[8] Figueiredo, A.M., Almeida, E.A., & Santos, P.J. (2019). Technology and environmental impact of wood scrimber composites. *Journal of Cleaner Production*, 276 (5), 576-584.

[9] Liu S., Lin Q., Yu Y., & Yu W. (2022). Preparation and characterization of wood scrimber based on eucalyptus veneers complexed with Ferrous Ions. *Polymers.* 14(19), 4217.

[10] Zhuang, B., Cloutier, A., & Koubaa, A. (2022). Effects of strands geometry on the physical and mechanical properties of oriented strand boards (OSBs) made from black spruce and trembling aspen, *BioResources* 17(3), 3929-3943.

[11] Hitka, M., Joscak, P., Langova, N., Kristak, L., & Blaskova, S. (2018). Load-carrying capacity and the size of chair joints determined for users with a higher body weight. *BioResources*, 13 (3): 6428-6443.

[12] Standard ASTM D1037-12 (2020) Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials, American Society for Testing and Materials.

[13] Standard test methods Furniture. Strength, durability and safety requirements for domestic seating.BS EN 12520, DC 15/30320768, (2010).

[14] Standard test Furniture. Seating. Determination of stability.BS EN 1022, ICS 97.140, 2018.

[15] Standard test methods Furniture Seating. Test methods for the determination of strength and durability. BS EN 1728, DC 10/30228316, (2012).

[16] Kurt, R., Cavus, V. (2011). Manufacturing of parallel strand lumber (PSL) from rotary peeled hybrid poplar veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives. *Wood Research Journal*, 56 (1): 137-144.

[17] Mamza, P.A., Ezeh, E.C., Gimba, E. & Arthur, D.E. (2014) Comparative study of phenol formaldehyde and urea formaldehyde particleboards from wood waste for sustainable environment. *International Journal of Scientific & Technology Research, 3,* 53-61.

[18] Prasetiyo K.W., Astari, L., Syamani, F.A., & Subyakto (2019) Physical and mechanical properties of urea formaldehyde and phenol formaldehyde-bonded particleboards made from corn stalk, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 374, The 8th International Symposium for Sustainable Humanosphere 18–19 October, Medan, Indonesia.

[19] Ang, A.F., Ashaari, Z., Hua Lee, S., Tahir, P.M., & Halis, R. (2019). Lignin-based copolymer adhesives for composite wood panels – A review, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 95(3), 102408.

[20] Savov, V., Antov, P., & Trichkov, N. (2021). Properties of high-density fiberboards bonded with urea formaldehyde and phenol formaldehyde resins. *Journal of Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 13(16), 2775.

[21] Efendy, D.M., & Shnawa H.H. (2015). Effect of adhesive type on the mechanical properties of wood composites: A Review. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29(16), 1756-1776.

[22] Bayat Kashkoli, A. Jamshed zadeh, M. (2014). Comparing the mechanical strength of wooden chairs constructed using two patterns and mortise and tenon and dowel joints. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 29 (1), 67-78. (In Persian)

[23] Haviarova, E., Eckelman, C.A., & Erdil, Y. (2001). Design and testing of environmentally friendly wood school chairs for developing countries. *Forest Product Journal*, 51(3): 58-64.