

تعیین خواص مهندسی چوب بلوط بلندمازو از رویشگاه گلبند نوشهر

۲- در حالت خشک

امیرهومن حمصی *

نادر حسین زاده دوگلسر **

چکیده

در این مطالعه، خواص مهندسی چوب گونه بلوط در رطوبت ۱۲ درصد، از رویشگاه گلبند نوشهر اندازه گیری شد. نتایج آزمون براساس استاندارد ASTM حاکی از آن است که میانگین مهمترین خواص مکانیکی چوب بلوط بلندمازو در حالت خشک عبارت است از مدول گسیختگی ۱۱۰۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، مدول الاستیسیته (ظاهری) ۹۰۴۷۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، انرژی کار حداکثر ۷۱ کیلو ژول بر متر مکعب، تنش حداکثر مقاومت فشار موازی الیاف ۶۱۹ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، تنش حد تناسب در فشار عمود بر الیاف ۱۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، تنش حداکثر برش موازی الیاف ۱۴۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، تنش حداکثر کشش عمود بر الیاف ۵۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، کار استاندارد مقاومت به ضربه ۳/۵۳ کیلوگرم متر، مقاومت به شکاف خوری ۶۶ کیلوگرم بر سانتیمتر. همچنین مقدار سختی سطوح مماسی، شعاعی و سطح مقطع به ترتیب ۶۹۳، ۶۷۲ و ۸۳۳ کیلوگرم و ظرفیت نگهداری میخ در سطوح فوق‌الذکر به ترتیب ۴۶، ۵۶ و ۳۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع اندازه گیری شد. در نهایت علاوه بر بررسی چگونگی تأثیر ارتفاع درخت و جهات جغرافیایی رویشگاه بر مشخصه‌های مهندسی چوب بلوط بلندمازو، مقاومت‌های مکانیکی در دو حالت تر و خشک شده در هوای آزاد مقایسه و براساس تغییرات رطوبت تنظیم گردید.

واژه‌های کلیدی: بلوط (بلندمازو)، نمونه‌های خشک، خواص مکانیکی (مهندسی)

*- استادیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (تهران)

** - کارشناس ارشد دفتر بهره‌برداری و صنایع چوب اداره کل منابع طبیعی استان گیلان

تاریخ دریافت مقاله ۸۱/۱۲/۱۰ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۲/۱۰/۶

مقدمه

هدف از تعیین خواص مهندسی چوب، عمدتاً امکان پیش‌بینی مقاومت‌های مجاز و حصول اطمینان از عملکرد سازه‌ها و محصولات چوبی، هم از جنبه ایمنی و هم از دیدگاه صرفه‌های اقتصادی تلقی می‌گردد. در ضمن، از این اطلاعات می‌توان به‌منظور بهینه‌سازی روش‌های فرآوری و تبدیل چوب در مقاصد کاربردی استفاده نمود. لازم به یادآوری است که علاوه بر وجود تغییرات ذاتی در خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب به لحاظ ماهیت بیولوژیک آن که حتی در داخل تنه یک درخت نیز مشاهده می‌شود، خواص مهندسی چوب تحت تأثیر عوامل محیطی از قبیل دما، رطوبت و عوامل مخرب نیز در تغییر می‌باشد. در این میان به علت طبیعت هیگروسکوپیک (نم‌پذیر) چوب، رطوبت اثر قابل ملاحظه‌ای روی خواص این ماده اولیه مهندسی اعمال می‌کند، به طوری که عمده خواص مکانیکی چوب، تحت تأثیر تغییرات رطوبت در زیر نقطه اشباع الیاف قرار دارد.

مقایسه خواص مهندسی چوب در دو حالت تر و خشک، امکان شناخت چگونگی تأثیر رطوبت بر مقاومت‌های مکانیکی (۱۵) و تدوین توابع ریاضی به‌منظور انجام پیش‌بینی‌های لازم در شرایط رطوبتی مختلف را مهیا کرده (۱۶) و تأییدی بر اهمیت خشک شدن صحیح چوب در راستای افزایش مقاومت سازه‌ها و در نتیجه حصول صرفه‌جویی تلقی می‌گردد.

به‌منظور فراهم نمودن معلومات مربوط به خواص مکانیکی گونه‌های چوبی برای مصارف مختلف، پژوهشگران سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، در قالب طرح تعیین خواص مهندسی چوب‌های جنگلی رویشگاه‌های مختلف شمال ایران، خواص مهندسی گونه‌های راش، توسکا بیلاقی و افرا شیردار از رویشگاه گلبند نوشهر و گونه‌های ممرز و توسکا بیلاقی از رویشگاه سنگده ساری را تعیین کردند (۵، ۶، ۷، ۸ و ۹). همچنین حمصی و حسین‌پور، خواص مهندسی بلوط بلندمازو از منطقه لاروچال گلبند نوشهر در حالت تر (رطوبت سبز) را مشخص نمودند (۶). در ادامه و طی تحقیق حاضر، خواص مهندسی بلندمازو در حالت خشک (رطوبت ۱۲ درصد) از همان رویشگاه مطالعه گردید.

چوب بلوط بلندمازو دارای برون چوب نازک و به رنگ سفید مایل به خاکستری و چوب درون قرمز مایل به قهوه‌ای تا قهوه‌ای شکلاتی مایل به خاکستری بوده که به تدریج در معرض هوا تیره می‌شود. این چوب بدون بو و طعم بوده و دارای حلقه تخلخل است. دوایر سالانه نمایان و مشخص بوده و آوندهای چوب بهاره بزرگ و قابل رؤیت به وسیله چشم غیرمسلح است. آوندهای چوب تابستانه دارای دیواره‌های قطور و اغلب به صورت گروه‌های شعله‌ای شکل است. آوندها، گرد تا کمی بیضی بوده و در چوب بهاره تا ۶ عدد در میلیمتر مربع و در چوب تابستانه تا ۱۰ عدد در میلیمتر مربع است. پارانشیم فراوان به صورت رشته‌های گسیخته مماسی یا مایل در اطراف آوندهای درشت بهاره و آوندهای کوچک تابستانه متمرکز می‌باشد. بلندمازو برای تهیه چوب‌های تونلی و معادن، تخته بشکه، تراورس راه آهن، اعضای سازه‌های چوبی و جعبه‌سازی به کار می‌رود. همچنین به‌عنوان تخته لت به‌منظور روکوب و پوشش ساختمان‌های چوبی و نیز درسازه‌های بنادر و سواحل مورد استعمال دارد (۱۲).

مواد و روش‌ها

کلیه مراحل تحقیق، شامل انتخاب رویشگاه‌های مورد نمونه برداری، تهیه شناسنامه برای نمونه‌های سالم، روش آزمون، ثبت مشاهدات و غیره، براساس آیین نامه شماره ۸۳ - ۱۴۳ استاندارد ASTM انجام شد. در واقع به منظور تعیین خواص مهندسی چوب بلوط بلندمازو در حالت خشک، روش نمونه برداری، تهیه شناسنامه و انجام آزمایشات، همان است که در خصوص نمونه‌های تر عمل گردید (۶). با این توضیح که پس از تبدیل بینه‌های استحصالی در کارخانه، نیمی از قطعات تا حصول رطوبت تقریبی ۱۲ درصد در محل مناسب دیو و داراب بندی شده و سپس تعداد کافی نمونه آزمونی تهیه و نمونه‌های کاملاً سالم^۱ بر اساس استاندارد از میان آنها انتخاب شد. با نمونه برداری از بینه‌های مختلف و جهات جغرافیایی متفاوت در هر درخت، امکان بررسی تغییرات خواص مهندسی در محور طولی درخت و نیز با توجه به جهت گیری شیب رویشگاه میسر گردید. بدین ترتیب، آزمون‌های استاندارد خمش استاتیک، فشار موازی الیاف، برش موازی الیاف، کشش عمود بر الیاف، مقاومت به ضربه، شکاف خوری، سختی چوب و همچنین قابلیت نگهداری میخ روی نمونه‌های دارای رطوبت تقریبی ۱۲ درصد، انجام شد.

درخصوص تنظیم خواص مهندسی چوب با توجه به تغییرات رطوبت، از تبدیل لگاریتمی استفاده شد (۱۴ و ۱۶).

تغییرات رطوبت در بالای نقطه اشباع فیبر، تأثیر ناچیزی بر روی خواص مکانیکی چوب اعمال می‌کند، درحالی که در پایین FSP، تغییرات قابل توجهی مشاهده می‌شود که در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد، از طریق معادله زیر برآورد می‌گردد:

$$\log P = \log P_{12} + \frac{(M - 12)}{(M_p - 12)} \times \log \left(\frac{P_k}{P_{12}} \right) \quad (1)$$

که در آن:

P - مقاومت مکانیکی در رطوبت مورد نظر (مجهول)

P₁₂ - مقدار مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد

P_g - مقدار مقاومت در حالت تر (مقدار رطوبت بیش از M_p)

M - درصد رطوبت مورد نظر

M_p - رصده رطوبتی که در زیر آن، تغییر در خواص مکانیکی چوب آغاز می‌شود

لازم به توضیح است که M_p همواره مقداری از FSP کمتر بوده و معمولاً رطوبتی در حدود ۲۵ الی ۲۷ درصد می‌باشد (۱۶)، درحالی که FSP معمولاً در حدود ۲۸ الی ۳۰ درصد فرض می‌گردد. رابطه ۱، به شکل زیر قابل تغییر است:

$$P = P_{12} \left(\frac{P_{12}}{P_g} \right)^{\left(\frac{12-M}{M_p-12} \right)} \quad (2)$$

نتایج

در جدول ۱ به عنوان نمونه، مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک به تفکیک شماره درخت و بینه‌های مختلف، نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر حاصله حاکی از آن است که بین مقادیر مدول گسیختگی نمونه‌های خشک در بینه‌های مختلف (ارتفاع‌های مختلف درخت) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۱ - مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های مختلف درختان

مدول گسیختگی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)				شماره بینه
میانگین مجموع	درخت سوم	درخت دوم	درخت اول	
۱۰۳۸	۱۰۲۱	۱۰۳۵	۱۰۴۸	۱
۱۱۳۸	۱۱۱۹	۱۲۵۳	۱۰۳۲	۲
۱۰۸۸	۹۹۱	۱۱۹۳	۱۱۱۹	۳
۱۱۱۳	۱۰۳۶	۱۱۸۵	۱۱۰۶	۴
۱۱۴۸	۹۷۰	۱۲۶۰	۱۰۸۰	۵
۱۰۷۸	۹۹۸	۱۱۴۲	۱۰۸۷	۶
۱۱۲۸	۱۲۰۵	۱۰۸۴	۱۱۱۶	۷
۱۱۰۴	۱۰۸۰	۱۱۵۶	۱۰۷۲	۸
۱۰۵۳	۹۵۹	۱۲۸۹	۱۰۲۸	۹
۱۱۰۱	۱۰۴۵	۱۱۷۰	۱۰۷۶	میانگین

جدول ۲ - آنالیز واریانس یک طرفه مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های مختلف درختان

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح احتمال
بین گروه‌ها	۸	۱۹۷۱۱۱/۷۷	۲۴۶۳۸/۹۷	۰/۹۴۲۸	۰/۴۸۳۱
درون گروه‌ها	۱۵۷	۴۱۰۲۸۷۳/۹۸	۲۶۱۳۲/۹۶		
مجموع	۱۶۵	۴۲۹۹۹۸۵/۷۶	—		

مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در جهات مختلف درختان مورد آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر حاصله، وجود اختلاف معنی‌دار ما بین مقادیر مدول گسیختگی در جهات مختلف درخت در سطح اطمینان یک درصد را تأیید می‌نماید (جدول ۴).

جدول ۳ - مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در جهت‌های مختلف درختان

مدول گسیختگی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)				
جهت جغرافیایی	درخت اول	درخت دوم	درخت سوم	میانگین مجموع
شرق	۹۷۳	۱۰۵۴	۹۴۳	۹۹۰
شمال	۱۱۷۶	۱۱۷۲	۱۱۱۲	۱۱۵۷
جنوب	۱۰۹۶	۱۲۰۰	۱۲۰۵	۱۱۶۲
غرب	۱۰۵۷	۱۲۵۴	۹۷۰	۱۱۰۷
میانگین	۱۰۷۶	۱۱۷۰	۱۰۴۵	۱۱۰۱

جدول ۴ - آنالیز واریانس مدول گسیختگی نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بین‌های مختلف درختان

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح احتمال
بین گروه‌ها	۳	۸۳۵۰۴۱/۹	۲۷۸۳۴۷/۳	۱۳/۰۱	۰/۰۰۰۰
درون گروه‌ها	۱۶۲	۳۴۶۴۹۴۳/۸۵	۲۱۳۸۸/۵۴		
مجموع	۱۶۵	۴۲۹۹۹۸۵/۷۶	—		

لازم به ذکر است مقایسه نمونه‌های خشک و تر، ۳۲ درصد کاهش مدول گسیختگی نمونه‌های تر را نشان می‌دهد (جدول ۵). نتیجه آزمون t ، حاکی از اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد (جدول ۶).

جدول ۵ - مقایسه مدول گسیختگی نمونه‌های خشک و تر

نمونه	رطوبت (%)	حداقل (kg/cm^2)	حداکثر (kg/cm^2)	ضریب تغییرات (%)	میانگین (kg/cm^2)	میانگین کاهش (%)
خشک	۱۲	۷۴۵	۱۴۷۸	۱۵	۱۱۰۱	۰
تر	۶۲	۵۱۴	۹۴۴	۱۳	۷۴۴	۳۲

جدول ۶ - آزمون t برای مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌های خشک و تر

نوع نمونه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
خشک	۱۶۶	۱۱۰۱/۰۴	۱۶۱/۴۳	۱۲/۵۳
تر	۲۷۳	۷۴۴/۰۸	۹۳/۹۸	۵/۶۹
		برآورد مشترک واریانس		برآورد مجزای واریانس
مقدار t	درجه آزادی	احتمال دو طرفه	مقدار t	درجه آزادی
۲۹/۲۹	۴۳۷	۰/۰۰۰	۲۵/۹۴	۲۳۳/۹۸
		احتمال دو طرفه	احتمال دو طرفه	
		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	

در جدول ۷، مقادیر میانگین مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک به تفکیک شماره درخت و بینه‌های مختلف درختان مورد آزمایش درج شده است. همانطور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، بین مقادیر مدول الاستیسیته ظاهری در بینه‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۷ - مقادیر میانگین مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های

مختلف درختان

مدول الاستیسیته ظاهری (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)				
شماره بینه	درخت اول	درخت دوم	درخت سوم	میانگین مجموع
۱	۸۶۷۴۶	۸۷۷۴۱	۷۹۳۶۵	۸۵۱۱۸
۲	۸۳۴۴۶	۱۰۱۵۷۲	۹۹۰۵۰	۹۵۶۴۸
۳	۹۰۶۳۸	۱۰۶۲۷۱	۷۹۶۹۷	۸۹۶۲۳
۴	۹۳۸۰۷	۱۰۰۰۵۹	۷۵۸۱۶	۹۰۷۷۸
۵	۱۰۳۸۵۲	۱۰۳۰۸۹	۹۲۴۳۵	۱۰۱۱۲۷
۶	۱۰۱۲۵۶	۹۴۶۸۴	۹۰۶۹۱	۹۵۲۳۱
۷	۱۰۹۸۳۴	۸۵۲۱۷	۷۵۷۰۴	۸۷۹۰۷
۸	۹۲۸۰۹	۸۲۶۳۲	۷۹۰۷۵	۸۴۸۳۹
۹	۷۹۲۷۸	۷۸۵۰۹	۷۶۲۰۴	۷۷۷۴۱
میانگین	۹۴۳۴۴	۹۴۸۳۷	۸۱۹۹۵	۹۰۴۷۴

جدول ۸ - آنالیز واریانس یک طرفه مدول الاستیسیته نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های مختلف درختان

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح احتمال
بین گروه‌ها	۸	۶۰۴۶۴۰۸۷۰۲	۷۵۵۸۰۰۹۷۵	۱/۵۳۲۹	۰/۱۴۹۸
درون گروه‌ها	۱۵۷	۷۷۴۰۹۶۹۹۷۰۶	۴۹۳۰۵۵۴۱۲		
مجموع	۱۶۵	۸۳۴۵۶۱۰۷۵۰۸	—		

جدول ۹، مقادیر میانگین مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در جهت‌های مختلف درختان را نشان می‌دهد. همان‌طور که جدول آنالیز واریانس نشان می‌دهد (جدول ۱۰)، مابین مقادیر مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک در جهات مختلف، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۹ - مقادیر میانگین مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های مختلف درختان

مدول الاستیسیته ظاهری (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)				جهت جغرافیایی
میانگین مجموع	درخت سوم	درخت دوم	درخت اول	
۸۸۱۱۹	۹۴۸۸۳	۹۴۷۷۹	۷۰۷۸۶	شرق
۸۹۳۳۰	۷۱۴۸۷	۸۴۳۸۹	۱۰۸۶۴۲	شمال
۹۸۹۳۵	۸۲۸۴۳	۱۰۶۶۳۷	۱۰۶۲۵۳	جنوب
۸۴۲۷۵	۷۵۵۹۶	۹۳۵۴۲	۸۲۹۲۷	غرب
۹۰۴۷۴	۸۱۹۹۵	۹۴۸۳۷	۹۴۲۴۴	میانگین

جدول ۱۰ - آنالیز واریانس مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک آزمایش خمش استاتیک در بینه‌های مختلف درختان

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح احتمال
بین گروه‌ها	۳	۴۹۲۶۱۵۵۶۳۲	۱۶۴۲۰۵۱۸۷۷	۳/۳۸۷۴	۰/۰۱۹۶
درون گروه‌ها	۱۶۲	۷۸۵۲۹۹۵۱۸۷۶	۴۸۴۷۵۲۷۸۹		
مجموع	۱۶۵	۸۳۴۵۶۱۰۷۵۰۸	—		

مقایسه نمونه‌های خشک و تر، به طور متوسط ۹ درصد کاهش مدول الاستیسیته نمونه‌های تر را نشان می‌دهد (جدول ۱۱). نتیجه آزمون t ، حاکی از اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد (جدول ۱۲).

جدول ۱۱ - مقایسه مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک و تر

نمونه	رطوبت (%)	حداقل (kg/cm^2)	حداکثر (kg/cm^2)	ضریب تغییرات (%)	میانگین (kg/cm^2)	میانگین کاهش (%)
خشک	۱۲	۴۱۶۵۲	۱۳۹۲۰۹	۲۵	۹۰۴۷۴	۰
تر	۶۲	۴۱۷۵۴	۲۵۱۵۸۵	۴۳	۸۲۵۵۶	۹

جدول ۱۲ - آزمون t برای مقادیر میانگین مدول الاستیسیته ظاهری نمونه‌های خشک و تر

نوع نمونه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	
خشک	۱۶۶	۹۰۴۷۳/۸	۲۲۴۸۹/۹	۱۷۴۵/۶	
تر	۲۸۰	۸۲۵۵۶/۲	۳۵۳۴۶/۸	۲۱۱۲/۴	
		برآورد مشترک واریانس			
		برآورد مجزای واریانس			
مقدار t	درجه آزادی	احتمال دو طرفه	مقدار t	درجه آزادی	احتمال دو طرفه
۲/۵۹	۴۴۴	۰/۰۱	۲/۸۹	۴۴۱/۷۹	۰/۰۰۱

آنالیز واریانس مقادیر میانگین تنش حداکثر نمونه‌های خشک آزمایش فشار موازی الیاف حاکی از آن است که ما بین مقدار مقاومت فشار موازی الیاف درختان در بینه‌های مختلف و بین جهات مختلف جغرافیایی، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه نمونه‌های خشک و تر، به طور متوسط ۴۸ درصد کاهش مدول الاستیسیته نمونه‌های تر را نشان می‌دهد که با توجه به نتیجه آزمون t ، در سطح یک درصد معنی‌دار تلقی می‌گردد.

تجزیه واریانس مقادیر تنش حد تناسب نمونه‌های خشک آزمایش فشار عمود بر الیاف درختان حاکی از آن است که مابین مقادیر مقاومت فشار عمود بر الیاف در بینه‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار است، درحالی‌که در جهات مختلف، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. مقایسه نمونه‌های خشک و تر، به‌طور متوسط ۲۱ درصد کاهش تنش حد تناسب فشار عمود بر الیاف نمونه‌های تر را نشان می‌دهد که با توجه به نتیجه آزمون t ، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار تلقی می‌گردد.

درخصوص مقادیر میانگین تنش حداکثر نمونه‌های خشک آزمایش برش موازی الیاف در بینه‌های مختلف درختان، در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد، درحالی‌که بین مقاومت

برش موازی الیاف در جهات مختلف، اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد وجود ندارد. مقایسه نمونه‌های خشک و تر، به طور متوسط ۲۴ درصد کاهش تنش حداکثر برش موازی الیاف نمونه‌های تر نسبت به نمونه‌های خشک را نشان می‌دهد که با توجه به نتیجه آزمون t، در سطح یک درصد معنی دار تلقی می‌گردد.

تجزیه واریانس مشاهدات مربوط به مقادیر میانگین تنش حداکثر نمونه‌های خشک آزمایش کشش عمود بر الیاف در بینه‌های مختلف درختان بیانگر آن است که مقاومت کششی عمود بر الیاف نمونه‌های تر در بینه‌های مختلف در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی دار است، درحالی که درخصوص جهات جغرافیایی مختلف، اختلاف در سطح یک درصد معنی دار است. کاهش ۱۰ درصدی مقاومت کششی عمود بر الیاف نمونه‌های خشک نسبت به نمونه‌های تر، با توجه به آزمون t در سطح یک درصد معنی دار است.

مقادیر میانگین کار استاندارد نمونه‌های خشک آزمایش مقاومت به ضربه حاکی از آن است که بین کار استاندارد مقاومت به ضربه نمونه‌های خشک، در بینه‌های مختلف در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. همین وضعیت درخصوص جهات جغرافیایی مختلف مشاهده می‌شود. کاهش ۵ درصدی مقاومت به ضربه نمونه‌های تر نسبت به نمونه‌های خشک، با توجه به نتیجه آزمون t در سطح ۱۰ درصد معنی دار نیست.

در رابطه با مقاومت به شکاف خوری، در بینه‌های مختلف در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار دیده می‌شود، درحالی که در جهات جغرافیایی مختلف، اختلاف معنی دار در سطح یک درصد مشاهده می‌شود. کاهش ۲۶ درصدی مقاومت به شکاف خوری نمونه‌های خشک نسبت به نمونه‌های تر، با توجه به آزمون t در سطح یک درصد، معنی دار است.

تجزیه واریانس مشاهدات مربوط به سختی سطح مماسی و شعاعی، اختلاف معنی داری را ما بین بینه‌های مختلف درختان در سطح پنج درصد نشان می‌دهد. درحالی که چنین اختلافی برای جهات جغرافیایی در سطح یک درصد مشاهده شد. مقایسه نمونه‌های خشک و تر حاکی از آن است که تفاوت سختی مماسی نمونه‌های تر با ۷ درصد کاهش نسبت به نمونه‌های خشک با توجه به آزمون t در سطح یک درصد معنی دار است، درحالی که کاهش ۲ درصدی نمونه‌های تر سطح شعاعی در سطح ۱۰ درصد معنی دار تلقی نمی‌گردد. درخصوص میانگین سختی سطح مقطع نمونه‌های خشک درختان مورد آزمون در بینه‌ها (ارتفاع‌ها)ی مختلف، اختلاف در سطح یک درصد معنی دار است، درحالی که در جهات مختلف، اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد وجود ندارد. از مقایسه نمونه‌های خشک و تر مشخص می‌گردد که کاهش ۲۰ درصدی سختی سطح مقطع نمونه‌های تر نسبت به خشک، با توجه به آزمون t در سطح یک درصد معنی دار است.

مقادیر میانگین ظرفیت نگهداری میخ در سطح مماسی نمونه‌های تر درختان در بینه‌های مختلف، اختلاف معنی داری را در سطح پنج درصد نشان نمی‌دهد، درحالی که در جهات جغرافیایی مختلف، تجزیه واریانس مشاهدات مذکور، حاکی از اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می‌باشد. همچنین با توجه به آزمون t، کاهش ۱۵ درصدی ظرفیت نگهداری میخ سطح مماسی نمونه‌های خشک نسبت به

تر، در سطح یک درصد معنی‌دار است.

مقادیر میانگین ظرفیت نگهداری میخ در سطح شعاعی نمونه‌های خشک درختان در بینه‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان نمی‌دهد، درحالی‌که در جهت‌های مختلف جغرافیایی، در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار است. کاهش ۱۰ درصدی ظرفیت نگهداری میخ سطح شعاعی نمونه‌های خشک نسبت به تر، در سطح یک درصد معنی‌دار است.

درخصوص مقادیر میانگین ظرفیت نگهداری میخ در سطح مقطع نمونه‌های خشک درختان در بینه‌های مختلف، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود، درحالی‌که در جهت‌های جغرافیایی مختلف، اختلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. با توجه به آزمون t، کاهش ۲۱ درصدی ظرفیت نگهداری میخ سطح مقطع نمونه‌های خشک نسبت به تر، در سطح یک درصد معنی‌دار است.

در جدول ۱۳ خلاصه نتایج حاصل از انجام آزمون‌های نمونه‌های خشک گونه بلوط از رویشگاه گلبد نوشهر به همراه ضرایب تغییرات محاسبه شده، میانگین ضرایب تغییرات مندرج در کتابچه راهنمای چوب و نسبت مقادیر مقاومت نمونه‌های سالم در حالت خشک به تر مشاهده می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه شده، خواص مهندسی چوب بلندمازو در حالت خشک نه تنها در راستای محور طولی، بلکه در جهت جغرافیایی مختلف نیز دارای تغییراتی می‌باشد که با توجه به ماهیت طبیعی این ماده اولیه موجه تلقی می‌گردد (۱۶).

لازم به ذکر است که مقایسه میانگین ضریب تغییرات خواص مهندسی بلندمازو در حالت خشک (۲۳/۴۸) و تر (۲۲/۲۲٪)، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداده و به عبارت دیگر رطوبت باعث افزایش تغییرپذیری خواص مهندسی نمی‌گردد.

نتایج تحقیق حاکی از آن است که تقریباً در کلیه موارد (غیر از مقاومت به ضربه و سختی شعاعی)، کاهش رطوبت چوب از حالت تر به رطوبت ۱۲ درصد، باعث بروز تفاوت معنی‌دار در خواص مهندسی آن گردیده است (جدول ۱۳). در واقع، طبق انتظار، کاهش رطوبت چوب در اکثر موارد به افزایش مقاومت‌های مکانیکی چوب منجر گردیده است. لازم به ذکر است درخصوص کرنش حداکثر فشار موازی الیاف، تنش حداکثر کشش عمود بر الیاف، مقاومت به شکاف‌خوری و ظرفیت نگهداری میخ در سطوح مختلف، با کاهش رطوبت چوب، کاهش معنی‌دار خواص مکانیکی مشاهده می‌گردد. در این میان بیشترین افزایش خواص مهندسی همگام با کاهش رطوبت، درخصوص تنش حداکثر فشار موازی الیاف (حدود ۹۵ درصد) و بیشترین کاهش درخصوص مقاومت به شکاف‌خوری (حدود ۲۷ درصد) می‌باشد.

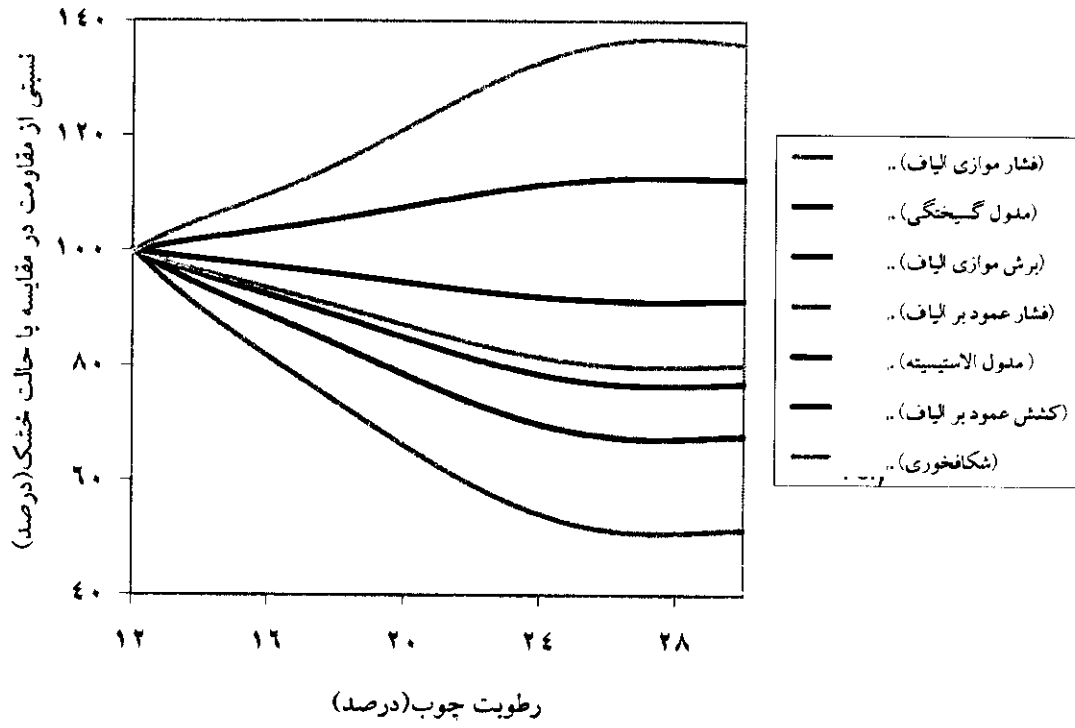
جدول ۱۳ - خلاصه نتایج حاصل از آزمون‌های تعیین خواص مهندسی نمونه‌های خشک بلوط بلندمازو از رویشگاه گلبند نوشهر و مقایسه آن با نمونه‌های تر

نسبت خشک به تر	درصد ضریب تغییرات		میانگین	مشخصه
	کتابچه راهنما	مشاهده شده		
۱/۴۹	—	۲۲	۸۴۵ kg/cm ²	خمش استاتیک
۱/۴۸	۱۶	۱۵	۱۱۰۱ kg/cm ²	تنش حد تناسب
۱/۱۰	۲۲	۲۵	۹۰۴۷۴ kg/cm ²	مدول گسیختگی
۱/۲۹	—	۱۷	۱۱۱۴۲۱ kg/cm ²	مدول الاستیسیته ظاهری
۱/۷۰	—	۴۳	۳۴ kJ/m ³	مدول الاستیسیته واقعی
۱/۲۷	۳۴	۲۱	۷۱ kJ/m ³	انرژی حد تناسب
۱/۹۱	—	۱۷	۵۰۳ kg/cm ²	انرژی حداکثر
۱/۹۵	۱۸	۱۲	۶۱۹ kg/cm ²	فشار موازی الیاف
۰/۸۹	—	۲۴	۰/۰۱۶ mm/mm	تنش حد تناسب
۲/۰۴	—	۲۹	۵۵۴۹۳ kg/cm ²	تنش حداکثر
۱/۸۹	—	۲۳	۳۵۷۵ kgmm	کرنش حداکثر
۱/۳۹	—	۲۸	۶۵۰۲ kgmm	مدول الاستیسیته طولی
۱/۲۵	۲۸	۱۸	۱۴۰ kg/cm ²	انرژی حد تناسب
۱/۱۶	—	۳۰	۱۸۷۲ kgmm	انرژی حداکثر
۱/۱۸	—	۱۷	۸۰۱۳ kgmm	فشار عمود بر الیاف
۱/۳	۱۴	۱۶	۱۴۲ kg/cm ²	تنش حد تناسب
۰/۹۹	—	۳۱	۳۱۶۴ kgmm	تنش حداکثر
۱/۰۴	—	۲۷	۳۶۶۴ kgmm	انرژی حد تناسب
۰/۸۹	—	۳۶	۵۶ kg/cm ²	انرژی حداکثر
۱/۰۶	۳۴	۳۵	۳/۵۳ kfm	کشش عمود بر الیاف
۰/۷۳	—	۳۰	۶۶ kg/cm	تنش حداکثر
۱/۰۸	۲۰	۱۱	۶۹۳ kg	کار استاندارد مقاومت به ضربه
۱/۰۲	۲۰	۱۲	۶۷۲ kg	مقاومت به شکافخوری
۱/۲۵	۲۰	۱۰	۸۳۳ kg	سختی
۰/۸۵	—	۲۹	۴۶ kg/cm	مماسی
۰/۹۰	—	۲۳	۵۶ kg/cm	شعاعی
۰/۸۰	—	۳۳	۳۲ kg/cm	مقطع
				ظرفیت نگهداری میخ
				مماسی
				شعاعی
				مقطع

در نمودار ۱، تنظیم برخی از خواص مهندسی بلندمازو در دامنه رطوبتی FSP تا رطوبت ۱۲ درصد، که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردیده، مشاهده می‌شود. با توجه به این نمودار در هر رطوبت دلخواه، درصد کاهش یا افزایش خواص مکانیکی بلندمازو نسبت به مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد، برآورد می‌گردد. در این نمودار مقادیر FSP و Mp به ترتیب ۳۰ و ۲۵ درصد رطوبت در نظر گرفته شده‌اند. برای مثال در رطوبت ۲۰ درصد، مقاومت فشار موازی الیاف در حدود ۶۶/۲ درصد مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد و در حدود ۴۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده و مقاومت به شکاف خوری در حدود ۱۲۱ درصد مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد و در حدود ۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر است. لازم به ذکر است با اینکه اکثر خواص مهندسی چوب همگام با خشک شدن چوب تا درصد رطوبت‌های خیلی پایین افزایش می‌یابد، ولی برای بسیاری از گونه‌ها در اثر کاهش رطوبت، برخی از خواص تا مقدار مشخصی افزایش یافته و پس از حصول به یک مقدار حداکثر، با ادامه روند خشک شدن، کاهش می‌یابند (۱۶).

در جدول ۱۴، خواص مهندسی چوب بلوط بلندمازو در سیستم متریک با رطوبت ۱۲ درصد در مقایسه با گونه‌های مختلف جنس بلوط بومی ایالات متحده آمریکا، درج شده است (۱۴ و ۱۶). در این جدول شاخص انحراف به منظور تعیین قرابت خواص مکانیکی بلندمازو با گونه‌های بومی ایالات متحده از طریق جذرگیری از میانگین مجموع مربعات اختلاف مقادیر بی‌مقیاس شده، محاسبه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با لحاظ نمودن کلیه ۸ خصوصیت مندرج در کتابچه راهنمای چوب، گونه Post oak در مجموع کمترین شاخص انحراف و در نتیجه بیشترین شباهت با بلندمازوی ایران را دارا می‌باشد. در این میان کشش عمود بر الیاف، برش موازی الیاف و سختی به ترتیب کمترین تفاوت (بیشترین قرابت) و فشار عمود بر الیاف بیشترین تفاوت موجود بین خواص مهندسی این دو گونه را نشان می‌دهد. پس از آن، بیشترین شباهت خواص مکانیکی با بلندمازو را به ترتیب گونه‌های Bur Oak, Swamp Chestnut Oak و White (White) Oak دارا می‌باشند. باید توجه داشت در صورت در نظر داشتن یک خصوصیات منفرد به‌منظور کاربردی معین، ممکن است هر یک از مشخصات مکانیکی بلندمازو به یکی از گونه‌های مندرج در جدول شباهت بیشتری داشته باشد. به‌عنوان نمونه در خصوص سختی، بلندمازو بیشترین شباهت را با Pin Oak و در مورد کشش عمود بر الیاف بیشترین قرابت را با Northern Red Oak و White (White) Oak دارا می‌باشد. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از آزمون خواص مهندسی بلندمازو در هر دو حالت تر (۶) و رطوبت ۱۲ درصد، به نظر می‌رسد در مجموع این گونه بیشترین قرابت را با Post White Oak دارا می‌باشد.

نمودار ۱ - تنظیم برخی از خواص مهندسی چوب بلند مازو در دامنه رطوبتی مورد نظر



جدول ۱۴ - خواص مهندسی چوب بلوط بلند مازو در مقایسه با نمونه‌های بلوط بومی ایالات متحده امریکا (رطوبت ۱۲ درصد)

		وزن مخصوص *	مدول گسیختگی (kpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	کار حداکثر (kJ/m ³)	فشار موازی الیاف (kpa)	فشار عمود بر الیاف (kpa)	برش موازی الیاف (kpa)	کشش عمود بر الیاف (kpa)	سختی (N)	شاخص انحراف
Q.Castaneaefolia		—	۱۰۷۹۴۱	۸۸۷۰	۷۱	۶۰۶۸۶	۱۳۷۲۵	۱۳۹۲۲	۵۴۹۰	۶۶۹۱	—
Red Oak	Black Cherry	۰/۶۱	۹۶۰۰۰	۱۱۳۰۰	۹۴	۴۵۰۰۰	۶۴۰۰	۱۳۲۰۰	—	۵۴۰۰	۰/۰۲۳۱
	Laurel Northern Pin	۰/۶۸	۱۲۵۰۰۰	۱۵۷۰۰	۱۲۶	۶۰۳۰۰	۸۶۰۰	۱۳۸۰۰	۵۸۰۰	۶۶۰۰	۰/۰۲
	Scarlet Southern Willow	۰/۶۳	۸۷۰۰۰	۱۱۷۰۰	۸۱	۴۸۱۰۰	۷۳۰۰	۱۳۶۰۰	۵۴۰۰	۵۴۰۰	۰/۰۱۷۸
	Water Willow	۰/۶۳	۹۹۰۰۰	۱۲۵۰۰	۱۰۰	۴۶۶۰۰	۷۰۰۰	۱۳۲۰۰	۵۵۰۰	۵۷۰۰	۰/۰۱۹۲
	Willow	۰/۶۳	۹۷۰۰۰	۱۱۹۰۰	۱۰۲	۴۷۰۰۰	۷۰۰۰	۱۴۳۰۰	۷۲۰۰	۶۷۰۰	۰/۰۲
		۰/۶۷	۱۲۰۰۰۰	۱۳۲۰۰	۱۴۱	۵۷۴۰۰	۷۷۰۰	۱۳۰۰۰	۶۰۰۰	۶۲۰۰	۰/۰۲۱۳
		۰/۵۹	۷۵۰۰۰	۱۰۳۰۰	۶۵	۴۲۰۰۰	۶۰۰۰	۶۹۰۰	۳۵۰۰	۴۷۰۰	۰/۰۲۵۹
		۰/۶۳	۱۰۶۰۰۰	۱۳۹۰۰	۱۴۸	۴۶۷۰۰	۷۰۰۰	۱۳۹۰۰	۶۳۰۰	۵۳۰۰	۰/۰۲۴۷
White Oak	Bur Chestnut	۰/۶۹	۱۰۰۰۰۰	۱۳۱۰۰	۱۰۱	۴۸۵۰۰	۷۸۰۰	۱۱۴۰۰	—	۶۵۰۰	۰/۰۱۹
	Live Overcup	۰/۶۴	۷۱۰۰۰	۷۱۰۰	۶۸	۴۱۸۰۰	۸۳۰۰	۱۲۵۰۰	۴۷۰۰	۶۱۰۰	۰/۰۱۶۶
	Post	۰/۶۶	۹۲۰۰۰	۱۱۰۰۰	۷۶	۴۷۱۰۰	۵۸۰۰	۱۰۳۰۰	—	۵۰۰۰	۰/۰۲۳۰
	Swamp Chestnut	۰/۸۸	۱۲۷۰۰۰	۱۳۷۰۰	۱۳۰	۶۱۴۰۰	۱۹۶۰۰	۱۸۳۰۰	—	—	۰/۰۲۴۳
	White	۰/۶۳	۸۷۰۰۰	۹۸۰۰	۱۰۸	۴۲۷۰۰	۵۶۰۰	۱۳۸۰۰	۶۵۰۰	۵۳۰۰	۰/۰۲۳
		۰/۶۷	۹۱۰۰۰	۱۰۴۰۰	۹۱	۴۵۳۰۰	۹۹۰۰	۱۲۷۰۰	۵۴۰۰	۶۰۰۰	۰/۰۱۳۶
		۰/۶۷	۹۶۰۰۰	۱۲۲۰۰	۸۳	۵۰۱۰۰	۷۷۰۰	۱۳۷۰۰	۴۸۰۰	۵۵۰۰	۰/۰۱۶۹
		۰/۷۲	۱۲۲۰۰۰	۱۴۱۰۰	۱۳۲	۵۹۳۰۰	۸۲۰۰	۱۳۸۰۰	۵۷۰۰	۷۲۰۰	۰/۰۱۹۹
		۰/۶۸	۱۰۵۰۰۰	۱۲۳۰۰	۱۰۲	۵۱۳۰۰	۷۴۰۰	۱۳۸۰۰	۵۵۰۰	۶۰۰۰	۰/۰۱۷۵

* براساس وزن خشک و حجم در رطوبت ۱۲ درصد

منابع و مأخذ:

- ۱- ابراهیمی، قنبر. ۱۳۶۷. مقاومت‌های مکانیکی چوب و عناصر آن در تحلیل تاب اوراق مرکب چوب، دانشگاه تهران
- ۲- ابراهیمی، قنبر. ۱۳۶۸. مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، دانشگاه تهران
- ۳- ابراهیمی، قنبر. ۱۳۷۸. تنش‌ها و کرنش‌های رشد در درختان، دانشگاه تهران
- ۴- پارسا پزوه، داود. ۱۳۶۷. تکنولوژی چوب. دانشگاه تهران
- ۵- پارسا پزوه، داود و شواین گروبر، ق.ح. ۱۳۶۶. اطلس چوب‌های شمال ایران، تشریح و تشخیص میکروسکوپی گونه‌های مهم. انتشارات دانشگاه تهران
- ۶- حمصی، امیرهومن و حسین پور، نادر. ۱۳۸۲. تعیین خواص مهندسی چوب بلوط بلند مازو از رویشگاه گلبند نوشهر در حالت تر. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال نهم، شماره (۳).
- ۷- شفیعی‌فر، سعید و همکاران، ۱۳۷۴. طرح تعیین خواص مهندسی کاربردی چوب‌های جنگلی ایران، گونه راش منطقه گلبند نوشهر. دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. وزارت جهاد کشاورزی
- ۸- شفیعی‌فر، سعید و همکاران، ۱۳۷۵. طرح تعیین خواص مهندسی کاربردی چوب‌های جنگلی ایران، گونه توسکا ییلاقی منطقه نوشهر. دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. وزارت جهاد کشاورزی
- ۹- شفیعی‌فر، سعید و همکاران، ۱۳۷۶. طرح تعیین خواص مهندسی کاربردی چوب‌های جنگلی ایران، گونه افرا شیردار منطقه گلبند نوشهر. دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. وزارت جهاد کشاورزی
- ۱۰- مختومی، عبدالناصر و همکاران، ۱۳۸۰. طرح تعیین خواص مهندسی کاربردی چوب‌های جنگلی ایران، گونه توسکا ییلاقی منطقه سنگده ساری. سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. وزارت جهاد کشاورزی
- ۱۱- نخعی، مجید ناصر و همکاران، ۱۳۷۶. طرح تعیین خواص مهندسی کاربردی چوب‌های جنگلی ایران، گونه ممرز منطقه سنگده ساری. دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. وزارت جهاد کشاورزی
- ۱۲- نیلوفری، پرویز. ۱۳۶۴. چوب‌شناسی "چوب‌های ایران". کتابفروشی دهخدا
- 13- ASTM. [Current edition], Standard methods for testing small clear specimens of timber. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- 14- Bodig, J.; Jayne, B.A. 1982. Mechanics of wood and wood composites. New York, Van Nostrand Reinhold Company.
- 15- Dahlblom, O.; Ormarsson, S.; Petersson, H. 1996. Simulation of wood deformation processes in drying and other types of environmental loading. Ann Sci for. 53, 857-866.
- 16- Forest product laboratory. 1999. Wood handbook – Wood as an engineering material. Gen. Tech, Rep, FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service.
- 17- Gerhards, C. C. 1968. Effects of type of testing equipment and specimen size on toughness of wood. Res. Pap. FPL-RP-97. Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products laboratory.
- 18- Gerhards, C. C. 1982. Effect of moisture content and temperature on the mechanical

-
- properties of wood: and analysis of immediate effects. *Wood and fiber*. 14 (1): 4-36.
- 19- Kretschmann, D. E.; Green, D. W. 1996. Modeling Moisture content - mechanical property relationships for clear Southern Pine. *Wood and fiber Science*. 28(3): 320-337.
- 20- Kollmann, F. F. P; Cote, W. A. 1984. *Principles of wood Science and Technology*. Springer-Verlag.