

## تدوین برنامه خشک کردن چوب راش (*Fagus orientalis* Lipsky) به ضخامت ۵ سانتیمتر

یداله حسین پور<sup>۱\*</sup> و وحید تذکررضایی<sup>۲</sup>

\*۱- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، Yhosseinpoor@yahoo.com

۲- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد نوشهر و چالوس

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۸

### چکیده

در این تحقیق، چوب راش (*Fagus orientalis* Lipsky) از طرح جنگلداری شرکت نکا چوب واقع در حوزه اداره کل منابع طبیعی منطقه ساری به صورت تصادفی انتخاب شد و با برش تجاری به ضخامت ۵ سانتیمتر، طی سه مرحله با سه برنامه T5-C3، T6-C4 و T5-C4 (برنامه‌های پیشنهادی FPL برای خشک کردن چوب راش)، به منظور دستیابی به مطلوب‌ترین برنامه خشک کردن چوب راش در کوره با در نظر داشتن حداقل زمان ممکن و کیفیت مطلوب چوب‌ها، تا رطوبت ۸ درصد خشک گردید. دمای خشک اولیه در هر سه برنامه ۴۹ و دمای خشک نهایی به ترتیب ۷۱، ۷۱ و ۸۲ درجه سانتی‌گراد منظور شد. با توجه به اثر ضخامت در شدت خشک شدن چوب، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین ضخامت چوب‌ها در سه مرحله خشک کردن و در سطح اعتماد ۹۹٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. جرم ویژه بحرانی ۰/۵۲ و جرم ویژه خشک ۰/۶۱ و هم‌کشیدگی طولی، شعاعی، مماسی و حجمی به ترتیب ۰/۴۶، ۵/۸، ۱۰/۲ و ۱۶/۴۶ درصد اندازه‌گیری شد. مقادیر معایب انحناء، کمائی، تاب و ترک‌های سطحی تخته‌ها به تفکیک هر مرحله اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل نتایج از طریق ترسیم نمودارهای کنترل کیفیت مربوط به معایب مذکور انجام گردید. از این رو نتایج نشان داد که با هر سه برنامه، میزان تغییرات معایب ایجاد شده در چوب‌های خشک شده در مقایسه با قبل از خشک شدن در دامنه قابل قبول مشخصه‌های کمی و کیفی قرار دارد ولی در برنامه T6-C4 در مقایسه با دو برنامه دیگر، پراکنش آنها نسبت به خط میانگین یکنواخت‌تر از دو برنامه دیگر می‌باشد. به عبارت دیگر، خشک کردن چوب راش با برنامه T6-C4 نسبت به دو برنامه دیگر از نظر مطلوب بودن کیفیت چوب‌ها و کاهش زمان خشک شدن نتایج بهتری در برداشته است. به طوری که در انتهای اجرای هر یک از برنامه‌ها تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی اجرا گردید.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، کوره، راش، برنامه کوره، معایب چوب خشک کنی، نمونه کنترل.

### مقدمه

تغییر الگوهای تولید و مصرف چوب را اجتناب ناپذیر می‌نماید. به موازات انجام عملیات گسترده مدیریت پایدار جنگل‌ها، بایستی اقدام‌های فنی و مهندسی در جهت افزایش عمر مفید مصرف چوب و کاهش دور ریزها با در نظر

به منظور صیانت از جنگل‌های محدود شمال کشور که دارای ارزش‌های زیست محیطی و اقتصادی بسیار زیادی می‌باشند ضرورت اعمال مدیریت جامع بر این جنگل‌ها و

- کاهش ضایعات و دور ریزها در مراحل تبدیل ثانویه و تولید مصنوعات چوبی بادوام؛
- افزایش عمر مفید؛
- مصرف چوب و پیامدهای مثبت ناشی از آن در جامعه؛
- افزایش خواص کاربردی چوب و نتایج بهتر پرداخت و ماشین کاری و تیمارپذیری آن؛
- بررسی وضعیت معایب ایجاد شده ناشی از خشک نمودن چوب راش با ضخامت ۵۰ میلیمتر در کوره؛
- تعیین مدت زمان متناسب متعادل سازی و تنش زدایی و چگونگی کاهش و از بین بردن تنش های موجود در چوب بار کوره؛
- بررسی و مطالعه روند میزان خشک شدن چوب در گام های برنامه از نظر دما و رطوبت نسبی؛
- کاهش هزینه حمل و نقل در نتیجه کاهش وزن در اثر تقلیل رطوبت چوب؛

### مواد و روشها

در این تحقیق جهت تهیه برنامه خشک کردن چوب گونه راش منطقه نکا، از روش آزمایشگاه فرآورده های جنگلی امریکا (F.P.L) استفاده شده است، بدین معنی که ابعاد چوب های مورد آزمون مطابق نیاز بازار مصرف چوب کشور و با همان ابعاد متعارف تولید شرکت نکاچوب تهیه گردیده، همچنین روند تغییر و اصلاح برنامه جهت حصول به برنامه مناسب به طور سیستماتیک براساس پیشنهادهای آزمایشگاه F.P.L انجام گردید تا مطابق معیارهای متعارف جهانی دراین زمینه باشد.

گرفتن ویژگی های فیزیکی و مکانیکی هرگونه چوبی، برنامه های کارآمدی را جهت صیانت از جنگل های صنعتی کشور لحاظ نمود. چوب ماده ای ناهمگن و تابع قانون هیگروسکپی (جذب و دفع رطوبت) است. که این موضوع، یعنی تعادل رطوبت چوب با رطوبت هوای محیط، پایه و اساس فرایند چوب خشک کنی می باشد. براساس این قانون چوب در محیط مرطوب رطوبت را جذب و در محیط خشک رطوبت را از دست می دهد و عامل آن نیز خاصیت فیزیکی مواد متشکله چوب به ویژه سلولز می باشد، بدیهی است این تغییرات رطوبتی چوب تغییر حجم آن را نیز به همراه خواهد داشت که منجر به تغییرات ظاهری و اعوجاج و در نتیجه کاهش کیفیت و ارزش آن خواهد بود، بنابراین دستیابی به دانش فنی استفاده درست و افزایش عمر مفید چوب ها ضروریست. زیرا چوب درختان جنگلی در زمان قطع دارای رطوبتی بین ۷۰ تا ۲۰۰ درصد می باشد، بنابراین برای کاربرد اصولی چوب در ساخت سازه ها و فرآورده های چوبی، باید رطوبت آن کاهش یافته و بر اساس جایگاه مصرف آن در حدود ۸ تا ۱۵ درصد خشک گردد، تا ضمن پیشگیری از بروز ضایعات بعدی نظیر ترک، انحناء، تاب و کمانی شدن عمر مفید کاربرد چوب و محصول تولید شده از آن افزایش یابد.

هدف از انجام این تحقیق، تدوین برنامه خشک نمودن چوب راش به ضخامت ۵۰ میلیمتر در کوره از طرح جنگل داری شرکت نکا چوب (شرکت سهامی نکا چوب در حوزه اداره کل منابع طبیعی استان مازندران) به صورت یک طرح شاخص و راهنما جهت کاربرد در مقیاس صنعتی و تجارتي بوده که با اجرای طرح مذکور، بهره وری ها و نتایج زیر نیز تحقق خواهد یافت:

### برنامه‌های مورد آزمون و اجراء آنها

بر اساس برنامه‌های پیشنهادی F.P.L، ابتدا برنامه T5-C3 با دمای خشک ۴۹ درجه سانتی‌گراد و دمای خشک نهایی ۷۱ درجه سانتی‌گراد به عنوان برنامه مبنا در نظر گرفته شد و بر روی چوب‌های بار اول اجرا گردید. آنگاه پس از تحلیل نتایج مرحله اول، چوب‌های بار دوم با برنامه T5-C4 با دمای خشک ۴۹ درجه سانتی‌گراد و دمای نهایی ۷۱ درجه سانتی‌گراد و پس از آن در مرحله سوم، چوب‌ها با برنامه T6-C4 خشک شدند که نتایج حاصل از خشک شدن تحت تأثیر اجرای هر یک از برنامه‌ها ثبت گردید.

### چگونگی ایجاد تغییرات در برنامه

مطابق توصیه‌های F.P.L، روند تغییرات اعمال شده در برنامه‌های به کار رفته بشرح زیر انجام شد:

۱- پس از اجرای برنامه اصلی (کد T5-C3)، ردیف (طبقه) بالاتر اختلاف دمای خشک و تر انتخاب شد. (T5-C3 → T5-C4)

۲- پس از اجرای برنامه T5-C4 که اختلاف دمای خشک و تر نسبت به برنامه اولی افزایش یافته بود، کلاسه دمای خشک تغییر نمود. (T5-C4 → T6-C4)

در هنگام تعیین جرم ویژه، میزان همکشیدگی چوب نیز محاسبه گردید که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد.

جهت تدوین برنامه پیشنهادی در این تحقیق، طی ۳ مرحله با ۳ برنامه مختلف بر روی چوب‌های گونه راش (*Fagus orientalis* Lipsky) طرح جنگل‌داری شرکت نکاچوب انجام گردید که ضخامت اسمی چوب‌های مورد آزمون ۵ سانتی‌متر انتخاب شد، زیرا: این ضخامت چوب در بیشتر کاربردهای تبدیل ثانویه مورد مصرف بوده و برنامه مربوط به این ضخامت قابل تعمیم به ضخامت‌های کمتر چوب گونه راش می‌باشد.

### تهیه نمونه‌های آزمونی

در این آزمون تعداد ۳۵ اصله گرده‌بینه با قطرهای مختلف به طور تصادفی از طرح مذکور انتخاب گردید و با استفاده از اره نواری عمود بر شرکت نکاچوب به تعداد ۴۵۴ اصله تخته به ابعاد ۲۶۰×۱۵×۵ سانتی‌متر تبدیل گردیدند. به نحوی که تخته‌های مذکور در سه بار و در هر بار به تعداد ۱۵۳ اصله در کوره مورد آزمون قرار گرفتند.

### اندازه‌گیری معایب تخته‌ها

در این مطالعه کاربردی، از میان انواع معایب، سه نوع اعوجاج کمانی، انحناء و تاب در قبل و بعد از خشک شدن بررسی گردید و همچنین از میان طبقه‌بندی گسیختگی بافت چوب، فقط به اندازه‌گیری ترک سطحی اکتفا گردید، زیرا به این عیب نیز در بیشتر مطالعه‌های تحقیقاتی جهت تعیین شدت فرایند خشک شدن توجه شده است.

جدول ۱- نتایج آماری میانگین مشاهده‌های خواص فیزیکی چوب راش

نخلخل	همکشیدگی %			جرم ویژه نسبی	جرم ویژه خشک	جرم ویژه بحرانی (پایه)
	حجمی	مماسی	شعاعی			
%						
۵۹/۳	۱۶/۴۶	۱۰/۲	۵/۸	۰/۴۶	۰/۶۱	۰/۵۲

(دقت ترازو ۰/۰۱ گرم- دقت کولیس ۰/۰۵ میلی‌متر- دقت اتو ± ۱ درجه سانتی‌گراد)

## روند اجرای برنامه‌ها

گام اول برنامه بر اساس رطوبت اولیه چوب‌ها تنظیم و اجرای برنامه آغاز گردید و تا رسیدن رطوبت چوب‌ها به متوسط رطوبت  $8 \pm 2$  درصد ادامه یافت. در هنگامی که برنامه رو به اتمام بود تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی

که جزء حساس‌ترین مراحل نهایی هر برنامه چوب خشک‌کنی است اجرا گردید. جداول ۲، ۳ و ۴ متوسط رطوبت نهایی چوب‌ها و مدت زمان متعادل‌سازی و تنش‌زدایی را به تفکیک هر مرحله نشان می‌دهند.

جدول ۲- دمای خشک و تر (درجه سانتیگراد) در گام شروع برنامه

کد برنامه	رطوبت مرطوب‌ترین	دمای خشک	دمای تر
T5-C3	۶۲/۵۰	۴۹	۴۶
T5-C4	۴۱	۴۹	۴۵
T6-C4	۳۵	۴۹	۴۵

جدول ۳- متوسط رطوبت نهایی چوبها (درصد) به تفکیک هر مرحله

شماره مرحله	متوسط رطوبت نهایی چوب	متوسط مرطوب‌ترین نمونه‌ها	متوسط خشک‌ترین نمونه‌ها
۱	۷	۸/۸	۵/۵
۲	۶/۹	۸/۲	۵/۷
۳	۷	۸	۷

جدول ۴- مدت متعادل‌سازی و تنش‌زدایی (ساعت) در هر مرحله

شماره مرحله	متعادل‌سازی	تنش‌زدایی
۱	۳۵	۷۲
۲	۳۶	۲۸
۳	۱۷	۲۴

## آزمون‌های نهایی

برای بررسی کیفیت خشک شدن چوب‌ها، چند آزمون نهایی با استفاده از نمونه‌های کنترل انجام شد. این آزمون‌ها عبارتند از: ۱- آزمون میانگین رطوبت نهایی؛ ۲- آزمون رطوبت پوسته و مغزی؛ ۳- آزمون‌های تنش‌های عرضی و طولی؛ آزمون تنش در قبل و بعد از تنش‌زدایی انجام گردید تا نتایج حاصل از آن در افزایش یا خاتمه

مدت زمان تنش‌زدایی مورد توجه قرار گیرد. نمونه‌های تنش طولی با برش و ایجاد شاخک مطابق آئین‌نامه مربوطه جهت بررسی وضعیت تنش طولی درخت انجام گردید همچنین نمونه‌های آزمایش تنش عرضی نیز با ایجاد شاخک جهت تعیین امکان وجود تنش در چوب‌های بار کوره صورت گرفت.

$$C = \frac{\text{جمع تعداد چوب}}{\text{جمع کل واحد}} \times \text{میانگین توزیع پواسون}$$

$$\sigma = \sqrt{C}$$

UCL و LCL نمودار C معمولاً در حد  $\pm 3$  از C فاصله دارند،

بنابراین:

$$UCL = C + 3\sigma$$

$$LCL = C - 3\sigma$$

وضعیت میزان خشک شدن چوب‌ها در هر یک از مراحل

میزان خشک شدن چوب‌های بار کوره هر مرحله برای

هر روز از معادله زیر برآورد گردید.

$$E = \frac{(M_2 - M_e)}{(M_1 - M_e)} \times 100$$

E = مقدار رطوبت قابل تبخیر

M<sub>2</sub> = رطوبت جاری

M<sub>1</sub> = رطوبت اولیه

M<sub>e</sub> = رطوبت تعادل هوای داخل کوره

## نتایج

وضعیت پراکنش اندازه اسمی ضخامت

چوب‌ها در هر بار کوره

در واحدهای چوب‌بری، هنگام برش و تبدیل گرده

بینه، تغییر ضخامت چوب‌ها امری اجتناب ناپذیر است

که از عوامل ایجاد آن کند شدن تیغه اره و سرعت برش

را می‌توان نام برد. ضخامت تخته از عوامل مؤثر در

مدت زمان خشک شدن چوب‌ها می‌باشد که در واقع

جزء بحرانی‌ترین بُعد چوب در خشک شدن می‌باشد،

## وضعیت تغییرات اعوجاج

جهت تعیین چگونگی شدت تغییرها هر یک از معایب

انحناء و کمائی شدن، قدر مطلق تغییر مکان این معایب در

قبل و بعد از خشک شدن محاسبه گردید و از تقسیم این

مقدار بر طول همان تخته، مقادیر این معایب برای مقایسه

بدست آمد.

$$100 \times \frac{\text{تغییر مکان}}{\text{تخته طول}} = \text{اعوجاج مقدار}$$

برای تعیین مقدار تاب نیز، قدر مطلق تغییر مکان لبه

تخته در قبل و بعد از خشک شدن نسبت به سطح مقطع

تخته محاسبه گردید.

$$100 \times \frac{\text{مکان تغییر}}{\text{سطح مقطع تخته}} = \text{تاب مقدار}$$

## وضعیت تغییرات ترک‌های سطحی

قبل از خشک کردن چوب‌ها در کوره، در سطح

تخته‌های بار کوره، طول ۳ عدد از بزرگترین ترک‌های

سطحی اندازه‌گیری و ضمن علامت‌گذاری ابتدا و انتهای

آنها، بعد از خشک شدن نیز طول همان ترک‌ها

اندازه‌گیری گردید. برای تعیین میزان تغییر مکان ترکهای

سطحی، ابتدا اختلاف مقدار متوسط ۳ ترک سطحی در

قبل و بعد از خشک کردن بدست آمد، آنگاه قدر مطلق

این عدد نسبت به پهنای (عرض) تخته محاسبه گردید.

## وضعیت کل معایب ایجاد شده

برای تعیین وضعیت کل معایب ایجاد شده در هر یک

از بارهای کوره بعد از خشک شدن چوب‌ها، از نمودار

C که جزء نمودارهای بازرسی مشخصه کنترل کیفی است

و از توزیع پواسون تبعیت می‌کند استفاده گردید.

1- UCL: Upper Control Limit

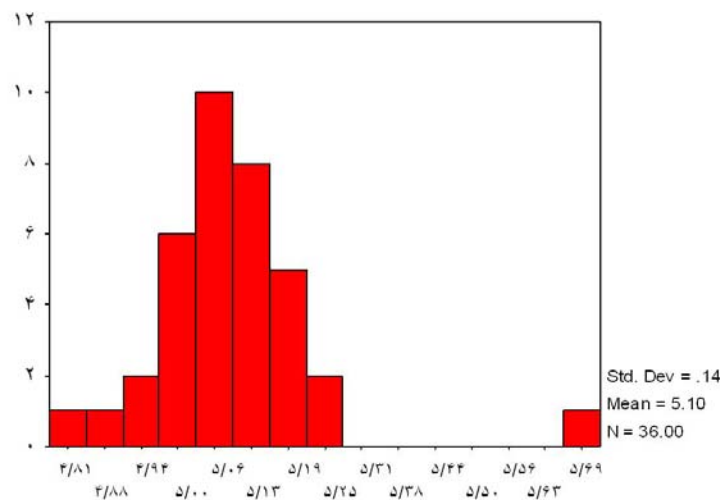
2- LCL: Lower Control Limit

تخته‌ها حول میانگین ضخامت آنها می‌باشد. از این رو برای حصول اطمینان از توزیع نرمال بودن ضخامت تخته‌ها، آزمون توزیع نرمال انجام گردید. به طوری که حداقل و حداکثر میانگین ضخامت چوب‌ها در هر بار کوره در فواصل  $\pm 1SD$  و  $\pm 2SD$  (SD انحراف معیار است) از میانگین (M) در جدول ۵ آمده است.

بنابراین جهت پی بردن به وضعیت پراکنش ضخامت تخته‌ها در هر یک از مراحل تحقیق از روش آماری Anova استفاده گردید که هیستوگرام پراکنش ضخامت تخته‌ها به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۳ ترسیم شده است. با توجه به هیستوگرام‌های مربوطه، مشاهده می‌گردد که در هر یک از مراحل، ضخامت چوب‌ها تقریباً از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. یعنی اینکه پراکنش ضخامت

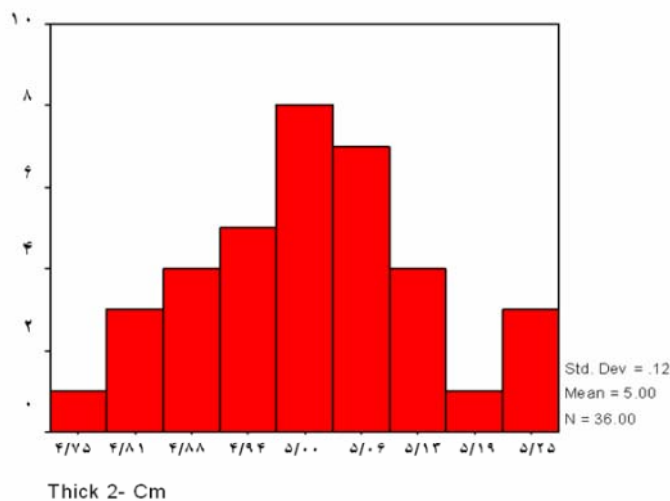
جدول ۵- وضعیت پراکنش ضخامت چوب‌ها نسبت به میانگین در هر بار آزمایش

ضخامت (سانتیمتر)		حدود اطمینان (درصد)		حدود
بار سوم	بار دوم	بار اول		
۴/۸۵    ۵/۱۱	۴/۸۷    ۵/۱۳	۴/۹۶    ۵/۲۴	۶۸	M $\pm$ 1SD
۴/۷۲    ۵/۲۴	۴/۷۴    ۵/۲۶	۴/۸۲    ۵/۳۸	۹۶	M $\pm$ 2SD

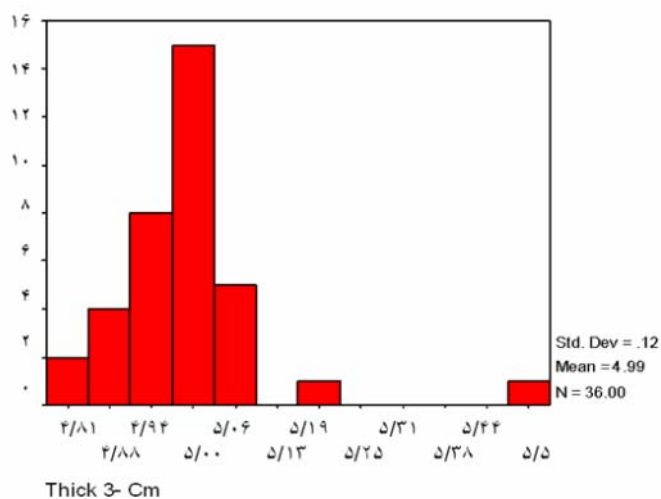


Thick 1

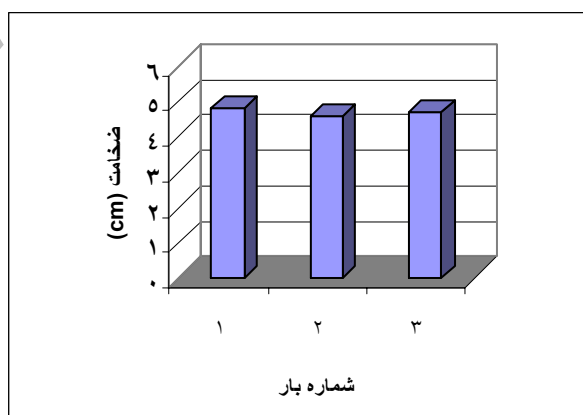
شکل ۱- هیستوگرام پراکنش ضخامت چوب‌ها در بار اول



شکل ۲- هیستوگرام پراکنش ضخامت چوب‌ها در بار دوم



شکل ۳- هیستوگرام پراکنش ضخامت چوب‌ها در بار سوم



شکل ۴- هیستوگرام میانگین ضخامت چوب‌ها در هر یک از سه بار کوره

آمده پس از خشک کردن چوبها، مربوط به تیمارها یا خصوصیات همان برنامه‌ایست که چوبها با آن برنامه خشک شده‌اند، که این موضوع باعث اطمینان لازم جهت تعمیم نتایج برنامه پیشنهادی برای بارهای دیگر چوب راش به ضخامت ۵ سانتیمتر در سطح تجارتي می‌باشد. شکل ۴، میانگین ضخامت چوبهارا در سه بار کوره نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۵، ۹۶ درصد از تخته‌ها به طور میانگین دارای ضخامتی بین حداقل ۴/۷۶ و حداکثر ۵/۲۹ سانتیمتر بوده‌اند. به طوری که تجزیه واریانس بین میانگین‌های ضخامت چوب‌های سه مرحله نشان داد که در سطح اطمینان ۹۹٪ هیچ گونه اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر، چوبهای انتخاب شده متعلق به یک جامعه آماری بوده و تغییرات بوجود

جدول ۶- تجزیه واریانس میانگین ضخامت چوب‌ها در سه مرحله بارگذاری

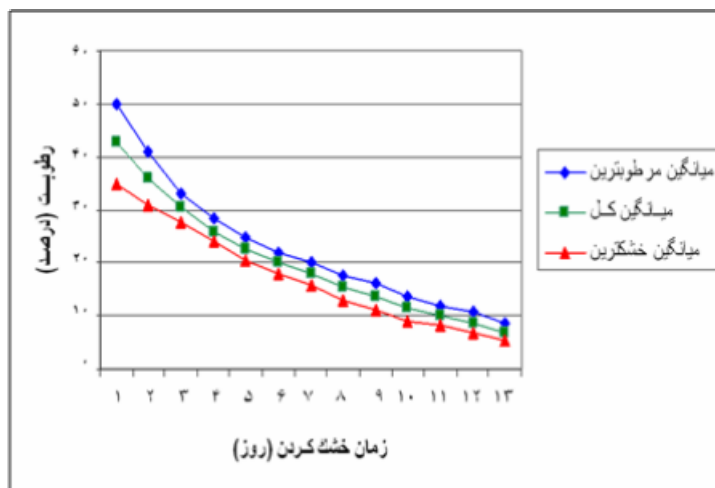
منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	سطح معنی دار
بین گروهها	۰/۲۶۱	۲	۰/۱۳۱	۷/۶۲۲	۰/۰۰۱
درون گروهها	۱/۸	۱۰۵	۰/۰۱۷۱۴		
کل	۲/۰۶۱	۱۰۷			

#### تغییرات درصد رطوبت جاری چوب‌های بار کوره

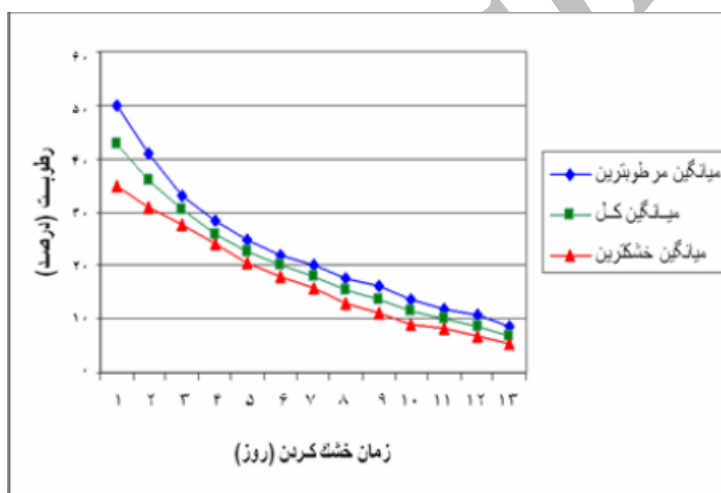
برای تعیین رطوبت جاری چوبهای بار کوره در هنگام فرآیند خشک شدن، روش توزین دوره‌ای نمونه‌های کنترل طبق فرمول مربوطه انجام گردید که متوسط رطوبت این نمونه‌های کنترل مبنای محاسبه رطوبت جاری چوب‌های بار کوره بوده، و جهت تعیین شرایط جدید برنامه نیز از متوسط رطوبت مرطوب‌ترین نمونه‌های کنترل استفاده گردید. بدین ترتیب تغییرات رطوبت جاری چوب بارهای کوره در سه مرحله طی

برنامه خشک کردن بدست آورده شد. بنابراین با توجه به رطوبت نهایی چوبها که پس از تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی بدست آمده، ملاحظه گردید که رطوبت نهایی چوب‌ها در هر یک از بارهای کوره، در دامنه رطوبت مورد نظر  $2 \pm 8$  درصد قرار داشته که این موضوع بیانگر مدت زمان مناسب تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی اعمال شده می‌باشد. از این رو روند کاهش رطوبت چوب در هر بار کوره و در هر روز در شکل‌های ۵ تا ۷ ترسیم شده است.

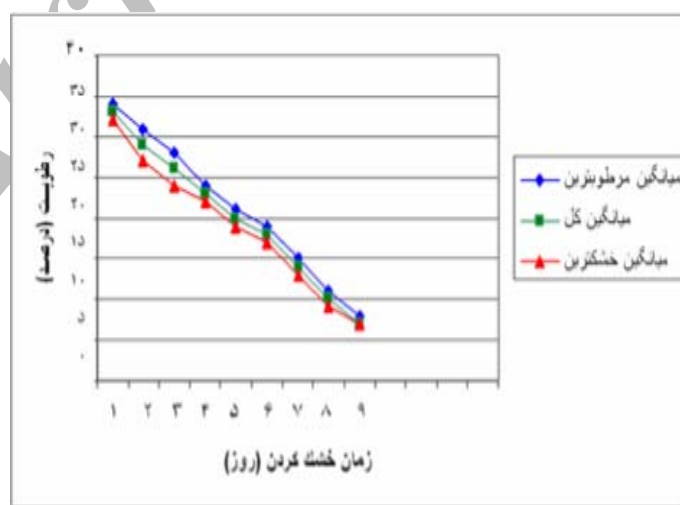




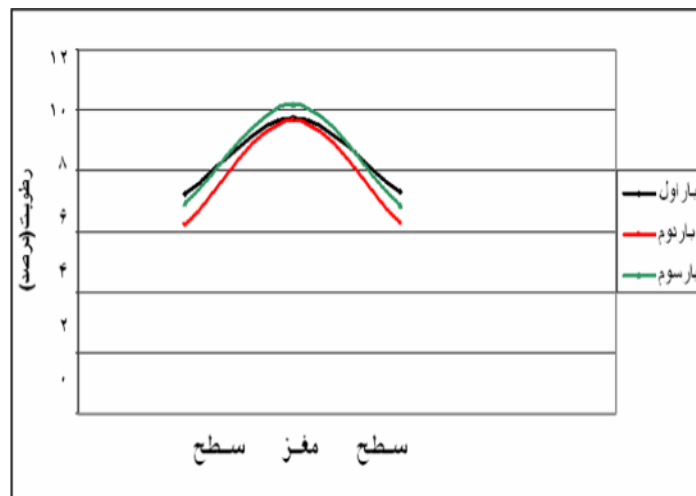
شکل ۵- منحنی کاهش درصد رطوبت چوب‌های بار کوره در زمان (روز) در مرحله اول با برنامه T5-C3



شکل ۶- منحنی کاهش درصد رطوبت چوب‌های بار کوره در زمان (روز) در مرحله دوم با برنامه T5-C4



شکل ۷- منحنی کاهش درصد رطوبت چوب‌های بار کوره در زمان (روز) در مرحله سوم با برنامه T6-C4



شکل ۸- گرادیان رطوبتی چوب‌ها در هر یک از بارها

و وزن خشک آنها با استفاده از میانگین رطوبت چوبها محاسبه گردید، بنابراین با استفاده از مقدار وزن خشک تخته‌ها و همچنین وزن آنها بعد از خشک شدن، رطوبت نهایی آنها برآورد شد.

پراکنش سطح رطوبت نهایی در کل بار کوره جهت تعیین چگونگی پراکنش رطوبت نهایی تخته‌های بار کوره، در هر بار تعداد ۳۶ اصله تخته قبل از خشک کردن (ضمن بررسی معایب)، توزین نیز گردیدند.

جدول ۷- درصد کل چوبهای هر بار در محدوده رطوبت نهایی مورد نظر

بار سوم	بار دوم	بار اول	محدوده رطوبتی (درصد)
۷۵	۵۸	۷۲	۸±۲
۳	۶	۶	کمتر از ۶
۱۶	۲۸	۲۲	۱۰-۱۲
۶	۸	-	بیشتر از ۱۰ ۱۲-۱۴

عنوان یک واحد نمونه‌گیری فرض شد و با استفاده از قوانین آماری مشخصه کمی کنترل کیفیت، حد بالا (UCL) و حد پایین (LCL) و میانگین معایب مذکور مشخص گردید به نحوی که جهت مشخص نمودن روند تغییرات از نمودار  $\bar{x}$  که یکی از نمودارهای بازرسی مشخصه کمی کنترل کیفیت می‌باشد استفاده گردید. البته حد بالا و حد پایین نیز با رابطه زیر محاسبه شد.

با توجه به جدول ۷ ملاحظه می‌گردد که ۷۲ درصد تخته‌ها در بار اول و ۵۸ درصد تخته‌ها در بار دوم و ۷۵ درصد تخته‌ها در بار سوم در محدوده رطوبت ۸±۲ درصد قرار دارند.

#### وضعیت تغییرات اعوجاج

پس از تعیین مقدار انحناء، کمائی و تاب طبق فرمول‌های مربوطه، تخته‌های هر ردیف در بار کوره به

سطحی اندازه‌گیری و ضمن علامت گذاری ابتدا و انتهای آنها، بعد از خشک شدن نیز طول همان ترک‌ها اندازه‌گیری گردید. به نحوی که جهت تعیین میزان تغییر مکان ترک‌های سطحی، ابتدا اختلاف مقدار متوسط ۳ ترک سطحی در قبل و بعد از خشک کردن بدست آمد، آنگاه قدر مطلق این عدد نسبت به پهنای (عرض) تخته محاسبه گردید. جهت تعیین شدت تغییر ترک‌های سطحی نیز از نمودار X (نمودار بازرسی مشخصه کمی) استفاده شد.

با ملاحظه نمودارهای مذکور و با توجه به دامنه تغییر نمودارها، مشخص گردید که تغییر ترک‌های سطحی در هر یک از مراحل سه گانه در محدوده قابل قبولی قرار دارند ولی تغییر ترک‌های سطحی دربار دوم در مقایسه با تغییر ترک‌های سطحی دو بار دیگر نسبت به خط میانگین از یکنواختی بیشتری برخوردار است (شکل ۱۲).

$$UCL=X+A2R$$

$$LCL=X-A2R$$

$X$  = متوسط میانگین نمونه‌ها

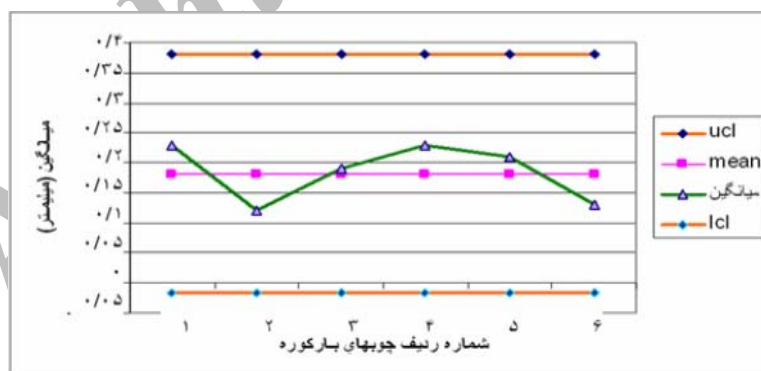
$R$  = میانگین دامنه‌ها

$A2$  = فاکتور نمودار

شدت تغییرات مقدار انحناء، کمانی و تاب در هر مرحله بدست آمد. به طوری که با ملاحظه نمودارها مشاهده گردید که کلیه اعوجاج ایجاد شده در هر مرحله در محدوده بالا و پایین (حد قابل قبول) قرار دارند ولی میانگین هر یک از اعوجاج‌ها نسبت به خط میانگین در بار سوم در مقایسه با دو بار دیگر از پراکنش یکنواخت‌تری برخوردار است (شکل‌های ۹-۱۱).

#### وضعیت تغییرات ترک‌های سطحی

قبل از خشک کردن چوب‌ها در کوره، در سطح تخته‌های بار کوره، طول ۳ عدد از بزرگترین ترک‌های



شکل ۹- نمودار X برای میانگین تغییر انحناء در مرحله سوم با برنامه T6-C4



شکل ۱۰- نمودار X برای میانگین تغییر کمانی در مرحله سوم با برنامه T6-C4



شکل ۱۱- نمودار X برای میانگین تغییر تاب در مرحله سوم با برنامه T6-C4



شکل ۱۲- نمودار X برای میانگین تغییر ترکهای سطحی در

مرحله دوم با برنامه T5-C4

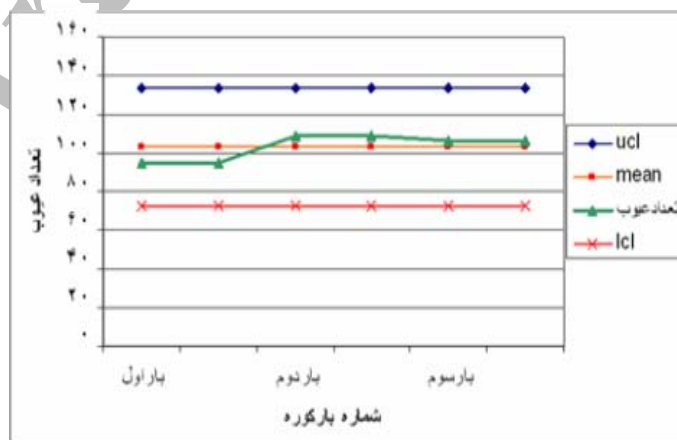
## وضعیت کل معایب ایجاد شده

برای تعیین وضعیت کل معایب ایجاد شده در هر یک از بارهای کوره بعد از خشک شدن چوبها، از نمودار C که جزء نمودارهای بازرسی مشخصه کنترل کیفی است و از توزیع پواسون تبعیت می‌کند استفاده گردید. برای رسم این نمودار، تغییرات ایجاد شده در هر یک از معایب انحناء، کمائی، تاب و میانگین سه ترک سطحی، هر کدام به عنوان یک عیب و هر طبقه اندازه‌گیری شده در هر بار کوره به عنوان یک واحد نمونه‌گیری منظور گردید. تعداد چوبهای هر طبقه (۶ تخته) حجم نمونه را تعیین می‌کند، به

طوری که تعداد معایب در واحدهای نمونه‌گیری هر بار کوره در هر یک از مراحل سه گانه، اندازه‌گیری و نمودار تعداد عیوب در واحدهای بازرسی نیز ترسیم گردید. با ملاحظه این سه نمودار مشخص می‌شود که تعداد عیوب ایجاد شده در هر سه مرحله بار خشک شده در محدوده قابل قبول قرار دارد اما شدت تغییرات آن در بار اول (شکل ۱۳) نسبت به دو بار دیگر از پراکنش یکنواخت‌تری نسبت به خط میانگین برخوردار بوده و همچنین تعداد کل عیوب ایجاد شده در این مرحله نیز کمتر از دو مرحله دیگر می‌باشد (شکل ۱۴).



شکل ۱۳- نمودار C برای تعداد عیوب ایجاد شده در مرحله اول با برنامه T5-C3



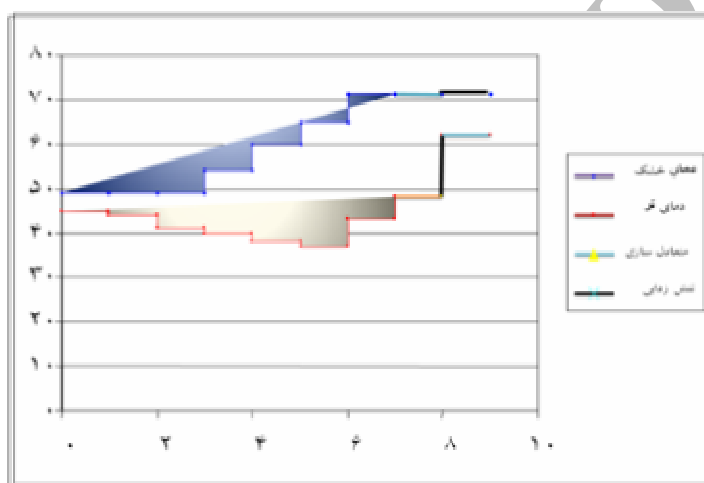
شکل ۱۴- نمودار C برای کل تعداد عیوب ایجاد شده در سه بار کوره

## منحنی تغییرات دما

نمودار شکل‌های ۱۵ و ۱۶ منحنی تغییرات دمای خشک و تر را که در طی ۳ برنامه اجرا شده‌اند به صورت گام به گام با در نظر گرفتن مقادیر دمای خشک و تر، زمان خشک شدن (روز) نشان می‌دهد.

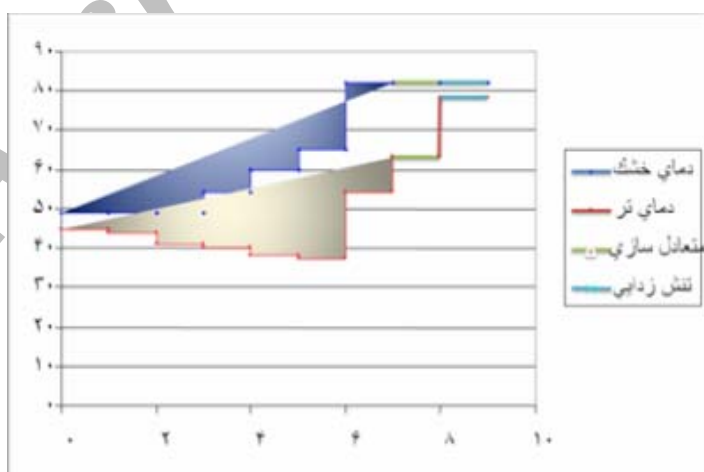
بنابراین با ملاحظه نمودارها مشاهده می‌گردد که در مرحله اول، مدت زمان اجرای هر گام برنامه نهایتاً کل

دوره خشک کردن طولانی‌تر از دو مرحله دیگر می‌باشد که این موضوع مربوط به بالاتر بودن رطوبت اولیه چوب‌ها و همچنین طولانی تر بودن مدت زمان اعمال تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی می‌باشد. ضمناً افزایش دما و شدت برنامه خشک‌کردن در مرحله سوم قابل ملاحظه می‌باشد.



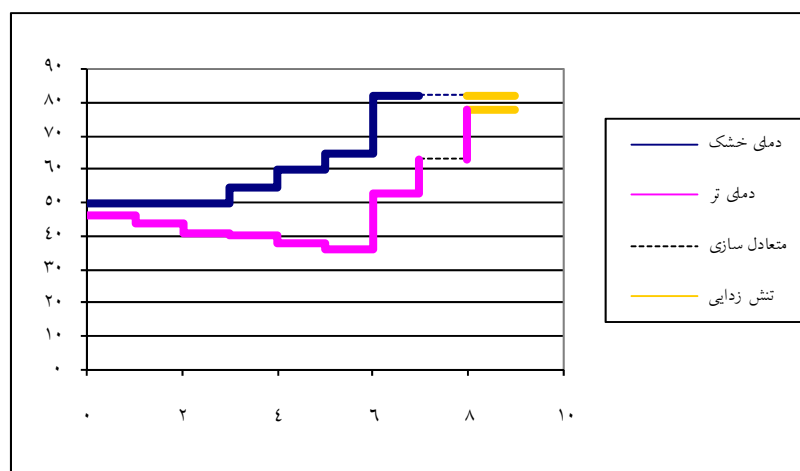
شکل ۱۵- منحنی تغییرات دمای برنامه کوره با زمان (روز)

در مرحله اول با برنامه T5-C3



شکل ۱۶- منحنی تغییرات دمای برنامه کوره با زمان (روز)

در مرحله دوم با برنامه T5-C4



شکل ۱۷- منحنی تغییرات دمای برنامه کوره با زمان (روز)

در مرحله سوم با برنامه T6-C4

خشک شدن با هر سه برنامه مذکور را در حد معایب قابل قبول و متعارف دارد.

جهت مقایسه تأثیر سه برنامه فوق و مشخص کردن مطلوبترین برنامه از نظر مدت زمان خشک کردن و کیفیت چوبهای خشک شده، می توان عواملی مانند شدت معایب ایجاد شده و تغییرات رطوبت در هر یک از بارهای کوره که بیانگر واکنش خواص گونه مورد مطالعه با برنامه های عنوان شده است را مورد بررسی قرار داد.

مقایسه برنامه T5-C3 با T5-C4:

مقایسه نمودارهای دو برنامه فوق الذکر نشان داد که: - میانگین تغییرات انحناء در مراحل اول و دوم، مشخص می کند که در برنامه اول (T5-C3) شدت میانگین تغییرات انحناء نسبت به خط میانگین دارای پراکنش یکنواخت تری می باشد.

### تیمارهای متعادل سازی و تنش زدایی

جهت اجرای تیمار متعادل سازی، زمانی که میانگین رطوبت خشکترین نمونه ها به ۲ درصد پایین تر از رطوبت نهایی رسید آغاز شده و هنگامی که میانگین رطوبت مرطوبترین نمونه ها به رطوبت نهایی رسید خاتمه می یابد و مرحله تنش زدایی با شرایط جدید رطوبت نسبی اعمال می گردد. بنابراین مدت تنش زدایی نیز بستگی به برگشت تنش ها و حذف برون سختی داشته است. به طوری که با تهیه نمونه های آزمایشی شانه در جهت عرضی و در جهت طولی چوبها، امکان وجود و یا حذف تنش ها مشخص گردید.

### بحث

با توجه به نتایج حاصل از خشک شدن چوب راش به ضخامت ۵ سانتی متر با ۳ برنامه T5-C3، T5-C4 و T6-C4 که شرایط برنامه ها از نظر دمای خشک و تر بتدریج شدیدتر می گردد، مشخص گردید که گونه راش قابلیت

- میانگین تغییرات تاب نیز با برنامه T6-C4 نسبت به خط میانگین از پراکنش یکنواخت تری برخوردار است .

- میانگین تغییرات ترکهای سطحی نیز با برنامه T6-C4 نسبت به خط میانگین از پراکنش یکنواخت تری برخوردار است.

- میانگین تعداد کل عیوب ایجاد شده نیز با برنامه T6-C4 نسبت به خط میانگین از پراکنش یکنواخت تری برخوردار است.

بنابراین هر چند که متغیرهای در نظر گرفته شده در هر دو برنامه در حد مجاز و قابل قبول قرار دارند، اما در برنامه T6-C4 پراکنش نقاط نسبت به خط میانگین یکنواخت تری باشد و در نتیجه برنامه T6-C4 مطلوب تر تشخیص داده می شود. توضیح اینکه فرایند پیش خشک کنی در مراحل دوم و سوم به دور از هدف این تحقیق اجرا شده است که اثر مطلوب آن بر کیفیت چوبها از نظر معایب و مدت زمان خشک کردن به وضوح مشاهده می گردد.

#### وضعیت توزیع رطوبت و تنش های ناشی از خشک شدن

نمودار توزیع رطوبت (شکل ۸) بیانگر آن است که توزیع رطوبت در بار اول نسبت به بارهای دوم و سوم کمتر است، به عبارت دیگر اختلاف رطوبت سطح و مغز (قسمت درونی تر) چوب نسبت به مراحل دیگر کمتر است، که این موضوع با توجه به مدت زیادتر گام های متعادل سازی و تنش زدایی در برنامه اول (T5-C3) به میزان متعادل سازی ۳۵ ساعت و تنش زدایی ۷۲ ساعت قابل توجه است. توضیح اینکه به دلیل طولانی بودن مدت زمان اعمال تیمار تنش زدایی، وضعیت فوق بوجود

- میانگین تغییرات کمانی نیز در مرحله اول (T5-C3) نسبت به خط میانگین دارای پراکنش یکنواخت تری است.

- میانگین تغییرات تاب نیز در مرحله اول (T5-C3) نسبت به خط میانگین دارای پراکنش یکنواخت تری است.

- مقایسه میانگین تغییرات ترکهای سطحی نشان می دهد که شدت تغییرات آن در برنامه دوم (T5-C4) نسبت به برنامه اول دارای پراکنش یکنواخت تری نسبت به خط میانگین می باشد.

- در ارتباط با کل معایب ایجاد شده نیز با مقایسه نمودارهای C مراحل اول و دوم مشخص می گردد که میانگین تغییرات کل معایب ایجاد شده در مرحله اول نسبت به خط میانگین دارای پراکنش یکنواخت تری است. در نهایت با توجه به اینکه هر دو برنامه از نظر ایجاد معایب، در حد قابل قبول و متعارف می باشند و با توجه به شدت برنامه دوم (T5-C4) معایب ایجاد شده در این برنامه کمی بیشتر از حد میانگین است، اما با توجه به هدف دوم این تحقیق یعنی کاهش مدت زمان خشک کردن، برنامه دوم (T5-C4) نسبت به برنامه اول (T5-C3) مطلوب تر تشخیص داده می شود.

#### مقایسه برنامه T5-C4 با T6-C4

با مقایسه نمودارهای میانگین تغییرات انحناء، کمانی، تاب، ترکهای سطحی و تعداد کل عیوب ایجاد شده با دو برنامه مذکور مشخص می گردد که:

- میانگین تغییرات انحناء با برنامه T6-C4 نسبت به خط میانگین از پراکنش یکنواخت تری برخوردار است.

- میانگین تغییرات کمانی نیز با برنامه T6-C4 نسبت به خط میانگین از پراکنش یکنواخت تری برخوردار است.



نمودار هر دو مرحله نسبت به مرحله اول بیشتر است، اما در این شرایط پدیده برون سختی و تنش‌های ناشی از خشک شدن چوب نیز کاهش خواهد یافت.

بنابراین با توجه به موارد عنوان شده فوق می‌توان نتیجه گرفت که پس از اجرای برنامه T6-C4 تیمار متعادل‌سازی به مدت ۲۴ ساعت و تیمار تنش‌زدایی نیز به مدت ۲۴ ساعت در حذف پدیده برون سختی و کاهش تغییرات توزیع رطوبت می‌تواند مؤثر باشد.

#### برنامه پیشنهادی کوره

با ملاحظه نتایج بررسی‌های این تحقیق کاربردی، برنامه خشک کردن چوب راش (*Fagus orientalis* Lipsky) به ضخامت ۵ سانتی‌متر از رویشگاه نکاء بشرح جدول زیر پیشنهاد می‌گردد.

آمده که به سبب طولانی بودن این مدت، از نظر اقتصادی و تجاری، کاربردی نبوده و مقرون به صرفه نیست.

در مراحل دوم و سوم اختلاف رطوبت سطح و مغز چوب نسبت به مرحله اول بیشتر است، لیکن همان گونه که در نمودارها مشاهده می‌گردد توزیع رطوبت سطح چوب از مرحله اول کمتر است و توزیع رطوبت مغز از مرحله اول بیشتر می‌باشد. که این موضوع نیز به کوتاه‌تر بودن مدت زمان فرآیند برنامه و کوتاه‌تر بودن مدت زمان تیمارهای متعادل‌سازی و تنش‌زدایی در بارهای دوم و سوم می‌باشد. (متعادل‌سازی در بار دوم ۳۶ و در بار سوم ۱۷ ساعت و تنش‌زدایی در بار دوم ۲۸ و در بار سوم ۲۴ ساعت می‌باشد).

در خصوص مراحل دوم و سوم که دارای توزیع رطوبت (سطح و مغز) مشابه هستند، توزیع رطوبت در هر دو مورد (مراحل دوم و سوم) با مدت کمتر تنش‌زدایی در چوب ایجاد شده که این امر بدیهی است، هر چند شیب

#### برنامه پیشنهادی برای خشک کردن چوب راش (*Fagus orientalis* Lipsky)

##### به ضخامت ۵ سانتیمتر کد T6-C4

رطوبت گام (%)	دمای خشک (°C)	اختلاف دمای خشک و تر (°C)	دمای تر (°C)	رطوبت نسبی (%)	رطوبت تعادل (%)
بیش از ۴۰	۴۹	۴	۴۵	۷۹	۱۶
۳۵-۴۰	۴۹	۵	۴۴	۷۴	۱۴/۵
۳۰-۳۵	۴۹	۸	۴۱	۶۱	۱۱/۴
۲۵-۳۰	۵۴	۱۴	۴۰	۴۱	۸
۲۰-۲۵	۶۰	۲۲	۳۸	۲۲	۵
۱۵-۲۰	۶۵	۲۸	۳۷	۱۹	۳/۴
نهایی-۱۵	۸۲	۲۸	۵۴	۳۲	۶/۳
متعادل‌سازی	۲۴ ساعت				
تنش‌زدایی	۲۴ ساعت (در صورت لزوم)				

کاربرد برنامه فوق باعث خشک شدن مطلوب‌تر چوبها و کاهش مدت زمان خشک کردن خواهد شد.

## پیشنهادها

- ۱- به منظور بهره‌وری بهتر از تحقیقات بعدی، پیشنهاد می‌گردد با توجه به درصد حجم برداشت بیشتر چوب توسط شرکت‌های بزرگ مدیریت اجرایی طرحهای جنگل‌داری، مانند شرکت‌های نکا چوب، سفارود، فریم، چوب و کاغذ مازندران و... نسبت به شرکت‌های دیگر، تعیین برنامه‌های خشک‌کردن چوبها، ابتدا در شرکت‌های مذکور انجام گردد که طرح حاضر اولین مورد آن می‌باشد.
- ۲- گرده بینه‌ها قبل از تبدیل و برش، باید حداقل به مدت ۳ ماه در هوای آزاد دسته‌بندی شوند تا مواد نشاسته‌ای داخل پارانشیم‌های سلولی تعدیل شود.
- ۳- جهت دستیابی به برنامه مناسب باید از قسمت مغز چوب (قسمت آبخور) که در فرایند خشک شدن موجب اعوجاج بیشتر تخته‌ها می‌شود اجتناب نمود.
- ۴- جهت پیشگیری از ایجاد ترک‌های مقاطع، باید در دو مرحله، بعد از برش و قبل از بار زدن چوب‌ها در کوره، مقاطع عرضی چوب‌ها با رنگ اندود گردد.
- ۵- چوب‌ها قبل از بار زدن در کوره باید با توجه به وضعیت هوا، حداقل به مدت ۱ ماه در هانگار با رعایت دسته‌بندی اصولی دپو گردند تا رطوبت آنها کاهش یابد.
- ۶- برای دقت کافی از وضعیت رطوبت نمونه‌ها در زمان خشک شدن، آزمون میانی رطوبت هنگام اجرای فرایند را در اواسط دوره نباید از نظر دور داشت.

- ۷- چوبدستک‌ها باید قبل از استفاده، خشک شده و گندگی شوند تا دارای ضخامت یکسان باشند، در غیر این صورت موجب اعوجاج چوب‌ها خواهند شد.
- ۸- توزیع یکسان نیروی سربار حداقل به میزان  $kg/m^2$  ۱۰۰ توصیه می‌گردد.

## منابع مورد استفاده

- ابراهیمی، ق.، فائزی پور، م.، ۱۳۷۳، چوب خشک‌کنی در کوره، انتشارات دانشگاه تهران.
- ابراهیمی، ق.، ۱۳۷۸، نمایش داده‌ها و تحلیل کنترل نموداری، انتشارات شرکت مهندسی و تحقیقات منابع و صنایع سلولزی ایران.
- تذکر رضایی، و.، ۱۳۷۶، تدوین برنامه خشک کردن چوب راش به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی.
- ریموند ر.، و رفوس پ.، ۱۳۶۲، چوب خشک کنی در هوای آزاد، (ترجمه). انتشارات علمی و فنی.
- سو، ج.، ۱۳۷۰، فرآیند انتقال سیال در چوب، (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.
- کتابچه طرح جنگل‌داری شرکت نکاچوب، تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.
- کینیر، پ.، گری، ک.، کتاب آموزشی ۱۰ SPSS ترجمه اکبرفتحی اردکانی، انتشارات آصال- انتشارات شایگان.
- ویلکینسون، ژ.، ۱۳۷۵، حفاظت صنعتی چوب، (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

## Evaluation the effect of kiln schedule on warp and surface checking in beech (*fagus orientalis* Lipsky) at 5 cm thickness

Hoseinpour, Y.<sup>1\*</sup> and Tazakor rezaee, V.<sup>2</sup>

1\* - Corresponding author, Assistant Professor, Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Email- Yhosseinpoor@yahoo.com

3- Assistant Professor, Department of Wood & Paper Science, Noshar Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran

Received: Dec., 2010

Accepted: Dec., 2011

### Abstract

In this research , beech (*fagus orientalis* Lipsky ) lumbers at 5 cm thickness were randomly selected and commercially cut down from sari region(Neka choob company) ,with three schedule namely T5-C3, T5-C4, T6-C4 were adapted for drying the lumbers down to the final moisture content of 8% to evaluation the effect of kiln schedule on warp and surface checking . primary dry bulb temperature each three schedules was adjusted at 49 °C and the final dry bulb temperatures was adjusted at 71, 71 and 82°C respectively. Basic Specific gravity and dry specific gravity were measured 0.52 and 0.61 respectively. Longitudinal, radial, tangential and volumetric shrinkage were measured 0.46 %, 5.8%, 10.2%, 16.46% respectively. Quantity of defect s including crook, bow, twist and three longest surface checks of the lumber were measured before and after the drying process in each stage. In order to analysis the lumber defects for estimating the best schedule, quality control graph were used. In the end, results of investigation indicated that drying of beech lumber by using of the three schedules was desired. However the third schedule (T6-C4) had better drying characteristics than the other schedules.

**Keywords:** kiln drying, beech, kiln schedule, drying defect, kiln sample