

ارزیابی برنامه‌های چوب‌خشک‌کنی برای چوب‌تبریزی منطقه خراسان شمالی به ضخامت 7/5 سانتی‌متر

ملیحه اختر¹، مهدی عارف‌خانی²، وحید تذکر رضایی³

چکیده

در این تحقیق مقدار 15 مترمکعب چوب تبریزی⁴ به ضخامت 7/5 سانتی‌متر استحصال شده از مزارع شهرستان شیروان (خراسان شمالی) با سه برنامه T5-D2 (برنامه پیشنهادی⁵ F.P.L) و T5-D3 و T7-D3 در یک کوره نیمه اتوماتیک با دمای معمولی تا رطوبت نهایی 8 ± 2 درصد خشک گردید. سپس اثر برنامه‌های چوب‌خشک‌کنی بر میزان اعوجاج و ترک‌های سطحی جهت دستیابی به حداقل زمان خشک‌شدن به نحوی که کیفیت چوب در حد مطلوب باشد، مورد ارزیابی قرار گرفت. دمای خشک اولیه در سه برنامه به ترتیب 49، 49 و 54 درجه سانتی‌گراد و دمای خشک نهایی هر سه برنامه 71 درجه سانتی‌گراد انتخاب شد. معایب کمانی، انحنای تابیدگی و ترک سطحی تخته‌ها در هر یک از مراحل اندازه‌گیری شده و تجزیه و تحلیل نتایج از طریق ترسیم نمودارهای کنترل کیفیت مربوط به معایب مذکور صورت گرفت. نتایج نشان‌داد از نظر کیفیت و میزان معایب، برنامه T5-D3 و تا حدودی برنامه T5-D3 از شرایط مطلوبی برخوردار می‌باشند. لذا با توجه به گرایان رطوبتی، کیفیت چوب آلات و تغییرات کمی اعوجاج و ترک‌های سطحی، برنامه T5-D2 برای این گونه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: برنامه چوب‌خشک‌کنی، تبریزی، انحنای تابیدگی و ترک سطحی

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. maliheh.akhtari@gmail.com

2- کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ و مربی آموزش فنی و حرفه‌ای خراسان شمالی

3- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

4- *Populus nigra*

5- Forest Product Laboratory

مقدمه

باتوجه به محدود بودن عرصه‌های جنگلی کشور هر گونه تحقیق و تلاش در راستای افزایش عمر مفید چوب و فرآورده‌های آن با هدف کاهش فشار وارده بر منابع محدود جنگلی ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از راه‌های حفاظت چوب، خروج منظم و تدریجی رطوبت طبق برنامه چوب‌خشک‌کنی مناسب تا رطوبت تعادل محل مصرف است. امروزه شاهد افزایش کشت گونه صنوبر به منظور بالا بردن حجم جنگل‌ها در سطح دشت‌ها، جنگل‌ها و مراتع می‌باشیم لذا در جهت بهره‌برداری مناسب، افزایش بهینه چوب استفاده شده و کاهش ضایعات در اثر خشک‌شدن، تدوین برنامه‌های چوب‌خشک‌کنی مناسب امری ضروری می‌باشد. چوب ماده‌ای ناهمگن و تابع قانون هیگروسکوپیک (جذب و دفع رطوبت) است. این موضوع یعنی تبادل رطوبت چوب با محیط، پایه و اساس فرایند چوب‌خشک‌کنی می‌باشد. بدیهی است تغییرات رطوبتی باعث تغییر حجم چوب شده و در نهایت منجر به تغییرات ظاهری، اعوجاج و در نتیجه کاهش کیفیت و ارزش آن خواهد شد. لذا دستیابی به دانش فنی استفاده درست و افزایش عمر مفید چوب امری ضروری است. باتوجه به این که هرگونه چوبی، برنامه‌چوب خشک‌کنی ویژه خود را دارا می‌باشد [8 و 9] به همین دلیل استفاده از برنامه‌های مخصوص هرگونه به منظور خشک‌کردن آن با توجه به معضلات عدیده‌ای که بخش منابع طبیعی کشور به لحاظ تامین مواد خام چوبی با آن روبرو می-

باشند، برای صنایع امری اجتناب ناپذیر است. در راستای مطالعات مربوط به تدوین برنامه‌های چوب‌خشک‌کنی در کوره، برای گونه‌های ایران که توسط مدهوشی و ابراهیمی برای اولین بار در کشور در سال 1376 بر روی گونه راش صورت گرفت [6]، در سال‌های بعد توسط محققین دیگر و بر روی گونه‌های دیگر ادامه یافت.

تذکر رضایی و حسین‌پور در سال 1385 اثر برنامه چوب‌خشک‌کنی بر میزان اعوجاج و ترک‌های سطحی گونه راش به ضخامت 5 سانتی‌متر منطقه ساری را مورد بررسی قرار دادند و برنامه T6-C4 را به دلیل مطلوب بودن کیفیت چوب‌ها و کاهش زمان خشک‌شدن روش بهتری معرفی نمودند [4]. همچنین تذکر رضایی در سال 1376 برنامه T4-B2 را جهت خشک‌کردن الوار راش 7/5 سانتی‌متر پیشنهاد نمود و نتیجه گرفت که میزان معایب کمانی، انحناء و ترک‌های سطحی در برنامه T4-B2 کمتر از برنامه‌های T3-D1 و T3-D2 است [3]. حمایلی در سال 1387 جهت خشک‌کردن تبریزی منطقه خراسان شمالی به- ضخامت 5 سانتی‌متر برنامه T5-D3 را در مقایسه با برنامه‌ها T8-E4 و T8-D3 باتوجه به نتایج نمودارهای کنترل کیفیت مربوط به معایب انحناء، کمانی‌شدن، ترک‌سطحی و تابیدگی تجزیه و تحلیل آنها به عنوان مطلوب‌ترین برنامه چوب‌خشک‌کنی برای این گونه انتخاب نمود [5]. سیمپسون¹ و ویلیام² در سال 2004 اثر دمای خشک‌کردن را بر روی اعوجاج کاج پاندرسا به-

1 - Simpson

2 - William

میانگین قطری 40 سانتی‌متر از باغات روستای گلپان از توابع شهرستان شیروان استحصال گردیده و پس از حمل به کارگاه چوب‌بری به ضخامت 7/5 سانتی‌متر برش داده شد و به محل آزمایشگاه و کوره چوب‌خشک‌کنی در شیروان منتقل گردید. این تحقیق در سه مرحله جداگانه و با سه برنامه مختلف بر روی گونه مورد نظر اجرا گردید. پس از برش، مشخصات ظاهری چوب‌های بریده شده اندازه‌گیری و به منظور پیش‌خشک‌کنی، دسته‌بندی و دستک‌گذاری شدند. سپس چوب‌های دسته‌بندی شده به داخل کوره چوب‌خشک‌کنی انتقال داده شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. کوره از نوع حجره‌ای، نیمه-اتوماتیک و دارای چهار فن دمنده در قسمت فوقانی بوده و دیواره‌ها عایق حرارت بوده‌اند. حجم مفید کوره 15 مترمکعب بوده و حرارت-دهی در آن به صورت مستقیم توسط مشعل‌های گاز سوز صورت می‌گیرد. تعداد کل تخته‌ها در هر بار کوره 108 عدد می‌باشد که در هنگام دسته‌بندی، ابعاد، انحاء، کمائی، تاب و ترک سطحی آنها اندازه‌گیری شده‌است. مقادیر میانگین ضخامت و پهنای تخته‌ها در هر سه بار کوره اندازه‌گیری شده و درصد نوع برش‌ها به لحاظ اهمیت آنها در خشک‌شدن چوب نیز براساس مشاهدات چشمی در جدول 1 نشان داده شده- است.

ضخامت 5 سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان انحناء، تابیدگی و کمائی شدن تخته‌ها بعد از این که رطوبت تعادل به 14% برسد به ترتیب به میزان 12،29 و 20 درصد کاهش می‌یابد و شدیدشدن برنامه و با افزایش دمای خشک از 71 به 138 درجه سانتی-گراد، رطوبت تخته‌ها به 4 تا 5% می‌رسد و اعوجاج تخته‌ها نیز به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد [10].

تاکنون جهت خشک‌نمودن چوب تبریزی منطقه خراسان شمالی به ضخامت 7/5 سانتی‌متر، برنامه‌ای تدوین نشده‌است و این تحقیق با توجه به پتانسیل موجود و اقلیم مساعد این منطقه جهت کشت و زراعت صنوبر و در جهت افزایش استفاده از این چوب در مصارف مختلف، صورت گرفته‌است. هدف از این بررسی تدوین برنامه و کاهش افت کیفیت در حین خشک‌کردن بوده است. با معرفی برنامه مناسب، دورریزهای ناشی از خشک‌شدن نادرست کاهش یافته و کیفیت و دوام فرآورده‌های تولید شده بهبود می‌یابد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمایشی

تبریزی¹ از خانواده بیدها² بوده و در منطقه خراسان شمالی با توجه به اقلیم مساعد و حمایت جهاد کشاورزی، کشت و زراعت آن با استقبال کشاورزان مواجه بوده‌است. تعداد 25 عدد گرده-بینه تبریزی مورد استفاده در این تحقیق با

1 - *Populus nigra*

2 - *Salicaceae*

جدول ۱- میانگین پهنا، ضخامت، طول تخته‌ها و حجم کل تخته‌های مورد آزمایش و درصد نوع برش تخته‌ها

شماره بار کوره	پهنا (سانتی‌متر)	ضخامت (سانتی‌متر)	طول (سانتی‌متر)	حجم کل (متر مکعب)	مماسی %	شعاعی %	بینابینی %
اول	25/3	7/46	230	4/69	42	20	38
دوم	25	7/4	231	4/62	39	25	36
سوم	25/5	7/54	233	4/84	44	28	28

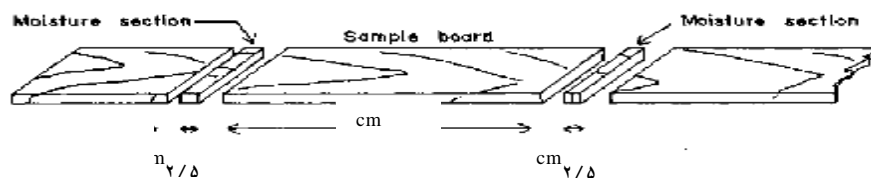
معرف میانگین خصوصیات فیزیکی چوب‌های بار کوره بوده‌اند. برای محاسبه رطوبت اولیه چوب‌ها و نیز رطوبت نمونه‌های کنترل از دو نمونه تعیین رطوبت استفاده گردید. این نمونه‌ها از دو سر نمونه کنترل و به ضخامت 2/5 سانتی‌متر برش داده شده (شکل ۱) تا رطوبت آنها به‌عنوان شاخص رطوبت کل بار کوره، مبنای اجرای برنامه قرار گیرد. برای تهیه نمونه‌های کنترل از تخته‌هایی با خصوصیات ظاهری متوسط و بدون معایبی همچون گره، شکاف و پوسیدگی استفاده گردید. تعداد نمونه‌های کنترل شامل 8 عدد در هر بار کوره بوده‌است که در دو طرف بار کوره قرار گرفتند.

پس از اتمام مراحل دسته‌بندی، به‌منظور جلوگیری از ایجاد معایبی همچون انحناء و تابیدگی خصوصاً در مورد چند ردیف بالایی واحد دسته‌بندی، بلوک‌های سیمانی به‌عنوان سر-بار و مهاربند بر روی ردیف بالایی قرار گرفته و فشاری معادل 25 Kg/m^2 را بر روی تخته‌ها ایجاد نمودند.

تهیه نمونه‌های کنترل و آزمون‌های تعیین

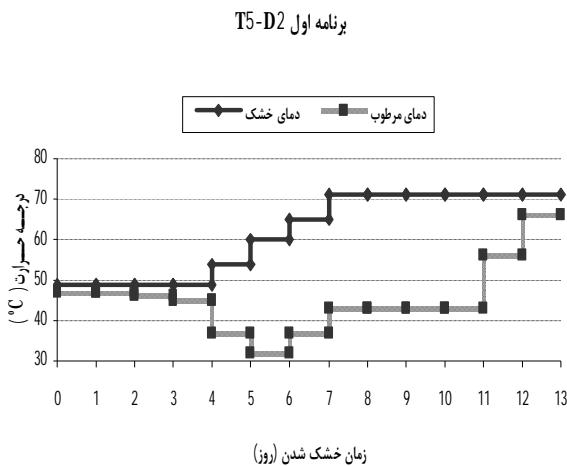
رطوبت اولیه چوب‌های بار کوره

برای انجام هرگام از برنامه‌های رطوبت پایه، متوسط رطوبت چوب‌آلات کوره مورد نیاز می‌باشد. برای این منظور نمونه‌های کنترل به‌طول 75 سانتی‌متر و به‌فاصله 72 سانتی‌متر از انتهای تخته انتخاب گردید، به‌طوری‌که نمونه‌های کنترل



شکل ۱- روش بریدن نمونه کنترل و آزمون‌های تعیین رطوبت

F.P.L برای گونه صنوبر به ضخامت 7/5 سانتی‌متر) [1] به‌عنوان برنامه اول، برنامه T5-D3 (برنامه پیشنهادی برای تبریزی به ضخامت 5 سانتی‌متر) [5] به‌عنوان برنامه دوم و برنامه T7-D3 در مرحله سوم استفاده شده و تخته‌ها تا رطوبت نهایی $8 \pm 2\%$ خشک شدند (شکل‌های 3، 2 و 4). همان‌طوری‌که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، دمای خشک گام اول مطابق کدهای پیشنهادی در دو برنامه اول و دوم 49°C و در برنامه سوم 54°C انتخاب شده‌است (جدول‌های 2 و 3 و 4).



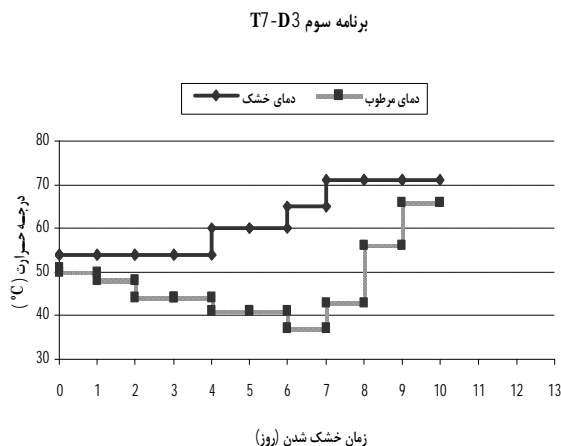
شکل 2 - دمای خشک و مرطوب در گام‌های مختلف برنامه اول T5-D2

تهیه نمونه‌های گرادیان رطوبتی و آزمون برون‌سختی

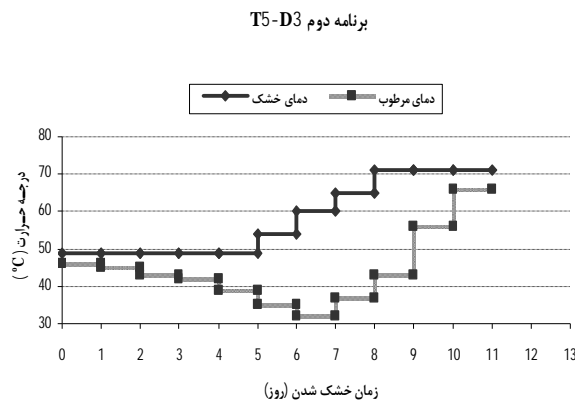
پس از انجام مرحله متعادل‌سازی به‌منظور شناخت گرادیان رطوبتی از قسمت‌های بیرونی- (پوسته) و درونی (مغزی) الوارها و تصمیم‌گیری اجرای تنش‌زدایی از آزمون گرادیان رطوبتی استفاده گردید. در این آزمون از نمونه‌های کنترل قطعاتی به طول 2/5 سانتی‌متر در امتداد الیاف و به تعداد 8 عدد جهت استفاده در آزمون پوسته و مغزی مطابق با استاندارد بریده‌شد. همچنین جهت اطمینان از تنش‌زدایی مناسب در حین برنامه، آزمون برون‌سختی نیز صورت گرفت. بدین منظور از انتهای دیگر نمونه‌های کنترل قطعاتی به طول 2/5 سانتی‌متر به تعداد 8 عدد در امتداد الیاف بریده‌شد و در آزمون برون‌سختی از آنها استفاده گردید.

اجرای برنامه‌های چوب خشک کنی

اساس روند اجرای برنامه‌ها در سه برنامه یکسان بوده‌است. بدین ترتیب که پس از تعیین و اندازه‌گیری رطوبت اولیه نمونه‌های کنترل، گام نخست و تغییر گام‌های برنامه براساس میانگین مرطوب‌ترین نمونه‌های کنترل صورت گرفته است. پس از اتمام هر برنامه، تحلیل نتایج و ارزیابی وضعیت خشک‌شدن، برنامه بعدی با- توجه به نتایج برنامه ماقبل و در جهت افزایش سرعت خشک‌شدن توام با کاهش افت کیفیت اجرا گردید. برنامه T5-D2 (برنامه پیشنهادی¹



شکل 4- دمای خشک و مرطوب در گام‌های مختلف برنامه سوم T7-D3



شکل 3- دمای خشک و مرطوب در گام‌های مختلف برنامه دوم T5-D3

مشخصه کمی کنترل، حد بالا¹(UCL) و حد پایین²(LCL) و میانگین معایب مذکور مشخص گردید. به منظور مشخص نمودن روند تغییرات از نمودارهای \bar{X} که یکی از نمودارهای بازرسی مشخصه کمی کنترل کیفیت می باشد استفاده شده است. حد بالا و پایین از روابط زیر محاسبه گردید [2].

$$UCL = \bar{X} + A_2 R$$

$$LCL = \bar{X} - A_2 R$$

در این روابط :

$$R = \text{میانگین نمونه‌ها} - \text{میانگین دامنه}$$

A_2 = فاکتور نمودار (با توجه به حجم نمونه در این تحقیق و با توجه به جداول مربوطه برابر با 0/52 می باشد) [2].

برای تعیین رطوبت الوارها در حین فرایند خشک شدن، توزین روزانه نمونه‌های کنترل تا پایان هر برنامه صورت گرفته است و میانگین رطوبت نمونه‌های کنترل به عنوان رطوبت جاری چوب آلات بار کوره محاسبه گردید. پس از اجرای هر یک از برنامه‌ها، تیمارهای متعادل سازی به منظور یکنواخت کردن پراکنش رطوبتی نمونه‌ها و تنش زدایی به منظور رفع عیب برون سختی انجام شد. زمان تنش زدایی، با توجه به میزان برگشت عیب برون سختی لنگه‌های آزمون تنش (شاخک) نسبت به قبل از تنش زدایی و به مدت 24 ساعت در نظر گرفته شد.

اندازه گیری معایب

برای این منظور از مشخصات اندازه گیری شده معایب (کمانی، انحنای، تابیدگی و ترک سطحی)، قبل از بارگیری و بعد از خشک شدن چوب آلات استفاده شد. با استفاده از نمودارهای بازرسی

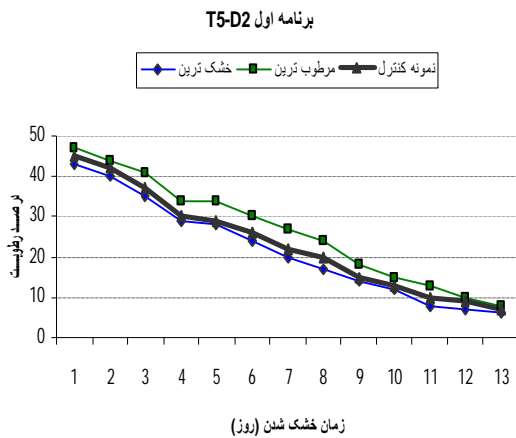
1 -Upper Control Limit

2 -Lower Control Limit

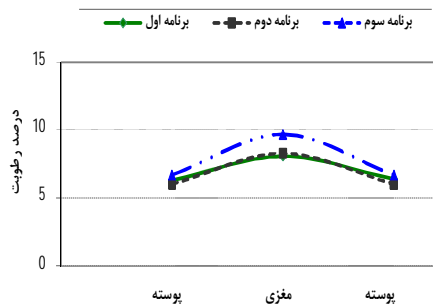
نتایج

آزمون گرادیان رطوبتی

پس از بررسی نتایج آزمون پوسته و مغزی^۱، مشخص گردید که اختلاف رطوبت بین پوسته و مغزی در برنامه اول کوره نسبت به دو برنامه دیگر کوره کمتر بوده است و رطوبت توزیع یکنواخت تری داشته است.



شکل 6- تغییرات رطوبت جاری بر حسب زمان در برنامه اول



شکل 5- گرادیان رطوبتی در برنامه‌های مختلف کوره

تغییرات رطوبت درچوب‌ها و دمای برنامه: کاهش میزان رطوبت نمونه‌های کنترل و چگونگی تغییرات دمای خشک و تر در برنامه‌های مختلف کوره در شکل‌های 6، 7 و 8 نشان داده شده است. ترسیم این نمودارها برای بارهای متعدد کوره از یک گونه، می‌تواند گویای سرعت کاهش رطوبت طی زمان باشد.



شکل 7- تغییرات رطوبت جاری بر حسب زمان در برنامه دوم

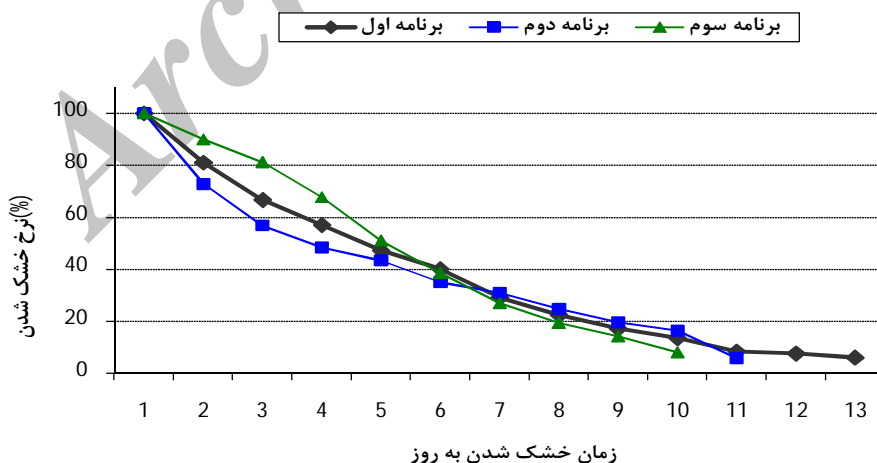


شکل ۸- تغییرات رطوبت جاری بر حسب زمان در برنامه سوم

به‌طورکلی نرخ خشک‌شدن در ابتدای دوره بالا می‌باشد و به تدریج از میزان آن کاسته می‌شود تا این‌که در مدت تنش‌زدایی (به دلیل رطوبت بالا و جذب آن) به حدود صفر خواهد رسید. از بررسی نرخ خشک‌شدن ۳ بار کوره (شکل ۹) مشخص گردید که نرخ خشک‌شدن در بار اول و دوم کوره از روند بهتری برخوردار بوده‌است.

میزان رطوبت چوب‌ها در برنامه سوم کوره از رطوبت اولیه ۴۹٪ به صورت یک سیر نزولی تقریباً منظم کاهش یافته‌است، ولی با بررسی کیفیت چوب‌ها مشاهده می‌گردد که افزایش معایب در این برنامه نسبت به برنامه‌های دیگر، به خصوص برنامه اول بیشتر بوده‌است.

نرخ خشک شدن تخته‌ها



شکل ۹- نمودار نرخ خشک شدن چوب‌ها در سه برنامه چوب خشک‌کنی

تغییرات معایب

مراتب ناهمگنی بیشتری در پراکنش رطوبت در ضخامت تخته را نشان می‌دهد. با دقت در منحنی‌های تغییرات میانگین کمانی‌شدن این سه برنامه مشاهده می‌شود که نقاط هر سه منحنی حول محور میانگین می‌باشد، ولی وضعیت بار کوره اول نسبت به بار دوم و سوم کوره از نظر کاهش معایب، بهتر بوده‌است.

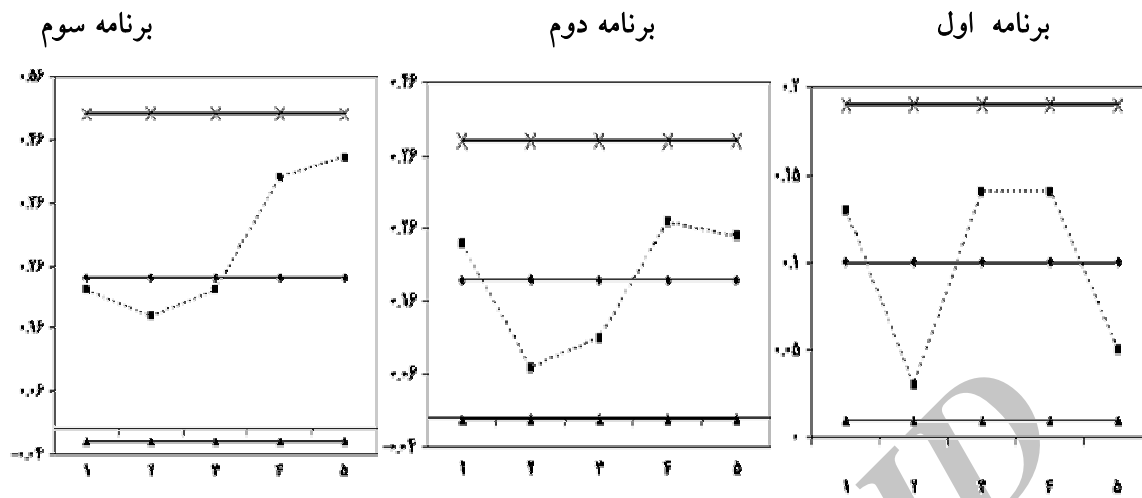
- بررسی منحنی‌های تغییرات میانگین انحناء (خمیدگی) نشان داد که وضعیت شدت تغییرات ایجادشده در بار اول و دوم کوره نسبت به بار سوم کوره از پراکندگی بهتری برخوردار می‌باشد و شدت تغییرات در کوره سوم از دو برنامه دیگر بیشتر می‌باشد.

- با ترسیم نمودارهای X (بازرسی مشخصه کمی)، عیب ترک سطحی در هر سه برنامه اجرا- شده مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که در هر سه برنامه، تغییرات عیب ترک سطحی در محدوده قابل قبول شاخص کنترل کمی قرار گرفته‌است. با بررسی دقیق‌تر نمودارها مشخص می‌گردد که پراکنش نقاط نسبت به خط میانگین در برنامه سوم نایک‌نواخت و با تغییرات زیاد همراه بوده‌است و در برنامه اول و دوم، پراکنش نقاط از یکنواختی بیشتری برخوردار می‌باشد.

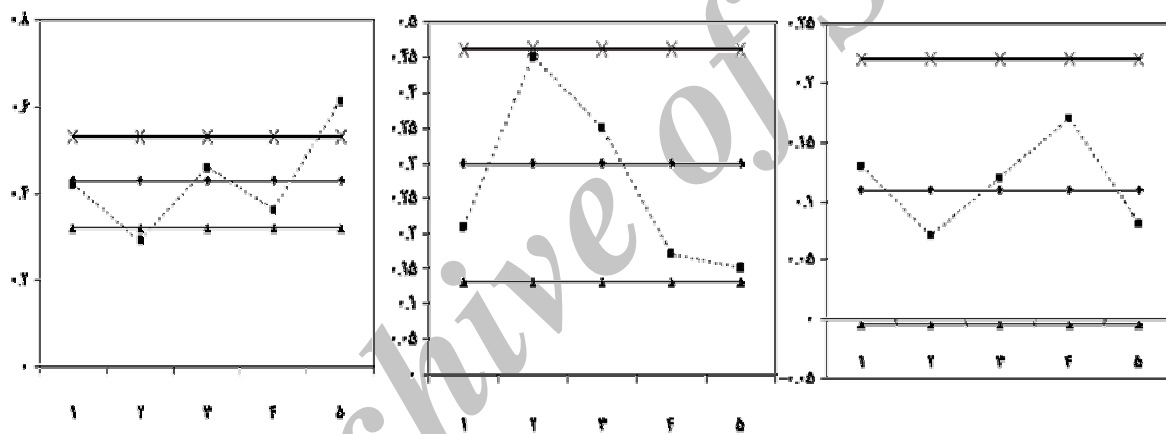
نمودارهای مشخصه کمی برای مقادیر تغییرات اعوجاج، ترک‌های سطحی و نیز نمودارهای مربوط به تعداد معایب در مراحل سه‌گانه خشک- شدن در شکل‌های 10 الی 14 ترسیم شده‌است. از بررسی نمودار متوسط کل معایب ایجادشده در سه بارکوره، این نتیجه حاصل می‌شود که با این- که مدت زمان خشک‌شدن برنامه سوم از برنامه نخست کمتر بوده‌است ولی بیشترین مقدار عیوب در این برنامه مشاهده می‌گردد و در این بین، ایجاد عیب ترک‌های سطحی شدیدتر بوده‌است. لذا کمترین عیب در برنامه اول کوره مشاهده می‌گردد که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب‌تر خشک‌شدن تخته‌ها در این بار نسبت به بارهای دوم و سوم است.

بحث و نتیجه‌گیری

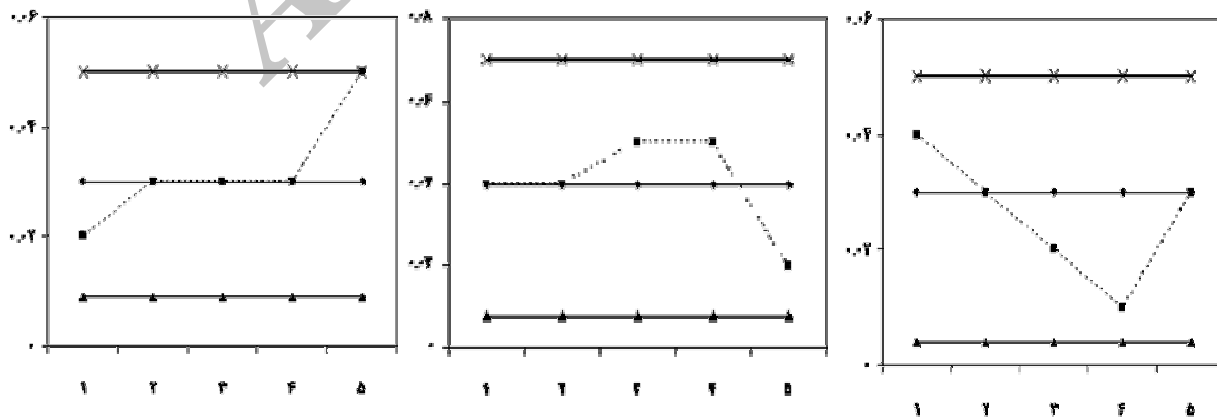
نتایج به‌دست آمده از آزمون گرادیان رطوبتی (رطوبت پوسته و مغزی)، نشانگر آن است که نمونه‌های آزمایشی خشک‌شده تحت برنامه T5-D2 (مرحله اول بارگذاری)، کمترین اختلاف رطوبتی بین پوسته و مغز را دارا می‌باشند (شکل 5). به عبارت دیگر یکنواخت‌ترین خشک- شدن با برنامه T5-D2، سپس برنامه T5-D3 و نهایتاً برنامه T7-D3 بوده‌است و برنامه سوم به-



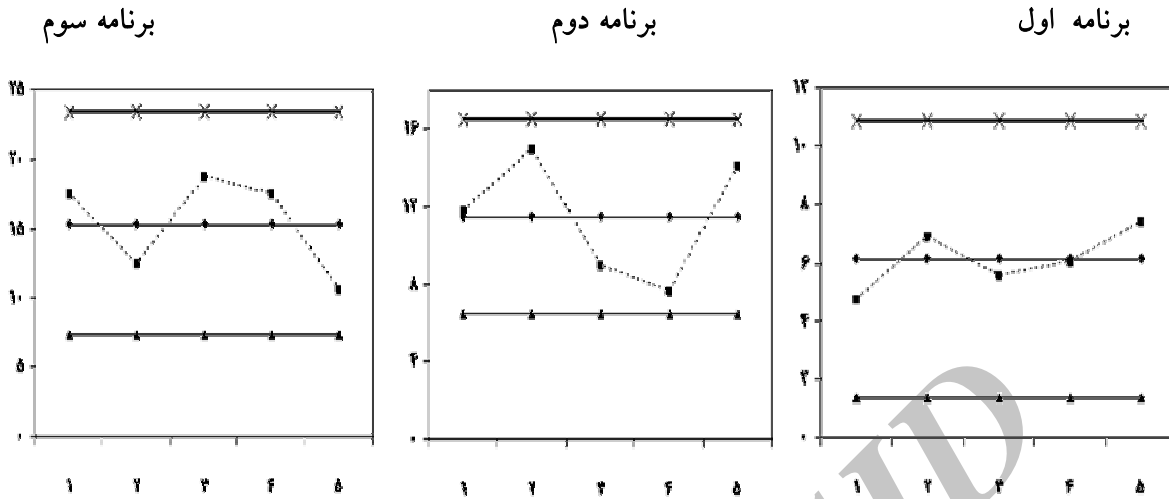
شکل 10- شدت تغییرات انحناء (خمیدگی) در سه برنامه چوب خشک کنی



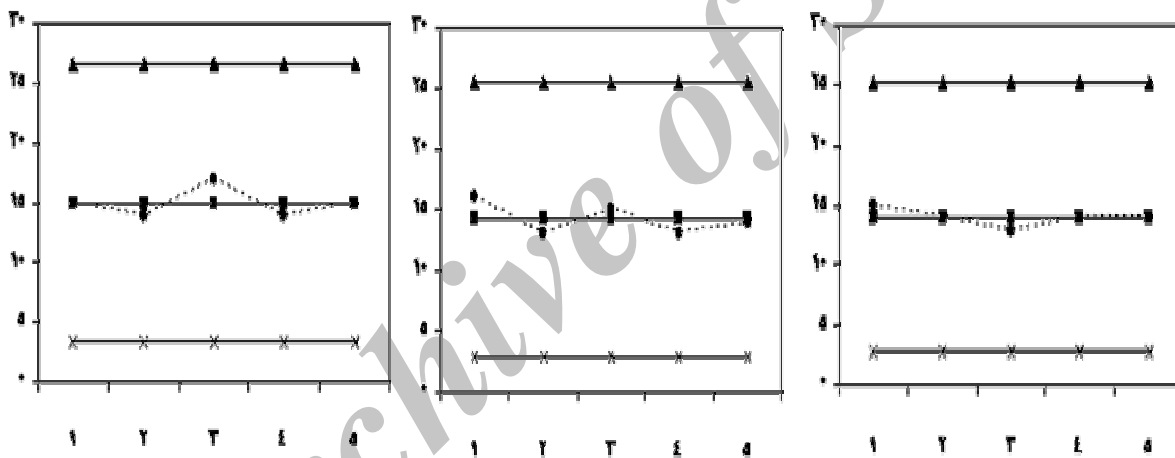
شکل 11- شدت تغییرات کمانی شدن در سه برنامه چوب خشک کنی



شکل 12- شدت تغییرات تاییدگی در سه برنامه چوب خشک کنی



شکل 13- شدت تغییرات ترک‌های سطحی در سه برنامه چوب‌خشک‌کنی



شکل 14- نمودار کل معایب در سه برنامه چوب‌خشک‌کنی

5 سانتی‌متر پیشنهاد شده اما در این تحقیق مشاهده گردید که برنامه اول کوره (T5-D2) با توجه به بروز معایب کمتر به خصوص در بحث ترک‌های سطحی، میزان پراکنش یکنواخت نقاط در نمودارهای مربوط به آن و شواهدی که عیناً توسط محقق مشاهده شده است نسبت به دو برنامه دیگر از شرایط مناسب‌تری برخوردار بوده و برای خشک‌کردن تخته‌های صنوبر 7/5 سانتی-متری منطقه خراسان شمالی پیشنهاد می‌گردد.

باتوجه به نکات ذکر شده این‌طور به نظر می‌رسد که از نظر پراکنش میانگین عیب ترک‌سطحی، دو برنامه T5-D2 و T5-D3 مناسب‌تر از برنامه T7-D3 می‌باشند. طبق تحقیقات صورت گرفته به منظور خشک‌کردن تبریزی به ضخامت 5 سانتی-متر در منطقه خراسان شمالی، برنامه T5-D3 پیشنهاد گردیده است [5]، این برنامه از سوی F.P.L¹ جهت خشک‌کردن افرا پلت به ضخامت

1- Forest Product Laboratory

جدول ۲- برنامه T5-D2 جهت خشک کردن تبریزی به ضخامت 7/5 سانتی متر اجرا شده در مرحله اول

رطوبت تعادل %	رطوبت نسبی %	دمای مرطوب	دمای خشک	دامنه رطوبت %
22/8	93	47	49	بیش از 50
18/4	85	46	49	40-50
16	79	45	49	35-40
11/4	61	41	49	30-35
6/5	31	37	54	25-30
3/4	14	32	60	20-25
2/6	6	37	65	15-20
5/2	24	43	71	رطوبت نهایی - 15
24 تا 48 ساعت			متعادل سازی و تنش زدایی	

جدول ۳- برنامه T5-D3 جهت خشک کردن تبریزی به ضخامت 7/5 سانتی متر اجرا شده در مرحله دوم

رطوبت تعادل %	رطوبت نسبی %	دمای مرطوب	دمای خشک	دامنه رطوبت %
18/4	85	46	49	بیش از 50
16	79	45	49	40-50
12/9	68	43	49	35-40
5/1	23	30	49	30-35
5/5	25	35	54	25-30
2/5	10	32	60	20-25
2/6	6	37	65	15-20
5/2	24	43	71	رطوبت نهایی - 15
24 تا 48 ساعت			متعادل سازی و تنش زدایی	

جدول ۴- برنامه T7-D3 جهت خشک کردن تبریزی به ضخامت 7/5 سانتی متر اجرا شده در مرحله سوم

رطوبت تعادل %	رطوبت نسبی %	دمای مرطوب	دمای خشک	دامنه رطوبت %
18/3	85	51	54	بیش از 50
16/3	80	50	54	40-50
13/1	69	48	54	35-40
10	53	44	54	30-35
6/1	29	41	60	25-30
1/6	6	37	65	20-25
5/2	24	43	71	رطوبت نهایی - 20
24 تا 48 ساعت			متعادل سازی و تنش زدایی	

منابع

1. ابراهیمی، ق و فائزی پور، م. 1382. چوب- خشک کنی در کوره. انتشارات دانشگاه تهران.
2. ابراهیمی، ق. 1371. کنترل کیفیت. انتشارات دانشگاه تهران.
3. تذکر رضایی، 1376، تدوین برنامه چوب- خشک کنی چوب راش به ضخامت 7/5 سانتی متر، پایان نامه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
4. تذکر رضایی، حسین پور 1385، بررسی اثر برنامه چوب خشک کنی بر میزان اعوجاج و ترک های سطحی گونه راش به ضخامت 5 سانتی متر منطقه ساری، اولین همایش ملی جنگل و صنایع چوب و کاغذ.
5. حمایلی، ی. 1387، تدوین برنامه چوب خشک کنی برای گونه صنوبر به ضخامت 5 سانتی متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
6. مدهوشی، م و ابراهیمی، ق. 1376. تدوین برنامه خشک کردن چوب راش به ضخامت 5 سانتی متر در کوره، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 4 : 14-5
7. مدهوشی م و همکاران 1385 تدوین برنامه خشک کردن چوب ممرز به ضخامت 7/5 سانتی متر در کوره، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد سیزدهم شماره 6 .
8. Kollmann, F., and Cote, W. A. 1984. Principles of wood science and technology. Vol I. Springer Verlag.
9. Rasmussen, E.F. 1961. Dry kiln operator is manual: USDA Forest Service, 197pp.
10. Simpson, William T. 2004 Effect of drying temperature on warp and downgrade of 2 by 4 from small diameter ponderosa pine. Res.Pap. FPL.RP.624. Madison, WI: Us. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Service. Forest Products Laboratory. 8 p.