

## بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر دانسیته متوسط با تاکید بر پروفیل دانسیته

عبدالله نجفی<sup>1</sup>، کوروش خزایی<sup>2</sup>، عبدالله حسین زاده<sup>3</sup>، محسن صفاری<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 90/5/22 تاریخ پذیرش: 90/9/5

### چکیده

در این تحقیق برای بررسی تاثیر پروفیل دانسیته بر مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)، نمونه‌هایی از تخته ساخت شرکت‌های پارس نئوپان، بیلدیز ترکیه، مربوک اندونزی و ویهوا چین تهیه و آزمون‌های مکانیکی شامل خمش استاتیک، چسبندگی داخلی و مقاومت نگهداری پیچ در سطح و لبه و نیز آزمون‌های فیزیکی شامل جذب آب در 2 و 24 ساعت غوطه‌وری اندازه‌گیری شد. تهیه نمونه‌های آزمونی مطابق استاندارد DIN-68763 و تعیین پروفیل دانسیته تخته‌ها به روش لایه‌گیری تدریجی انجام شد. نتایج نشان داد که هر چه اختلاف بین دانسیته لایه‌های سطحی و مغز بیشتر باشد و لایه‌های سطحی دارای دانسیته بالاتری باشند، جذب آب و واکنشیدگی تخته‌ها کمتر خواهد بود و هر چه اختلاف دانسیته بین لایه سطحی و مغز تخته بیشتر باشد و پروفیل دانسیته دارای عمق بیشتری باشد MOE و MOR آن افزایش می‌یابد. تخته دارای دانسیته بالا در لایه سطحی و پروفیل دانسیته عمیق مقاومت نگهداری پیچ در سطح بالاتری از خود نشان می‌دهد، ولی تاثیر پروفیل دانسیته بر مقاومت نگهداری پیچ در لبه تخته‌ها معنی‌دار نبوده است. همچنین نتایج نشان دادند که پروفیل دانسیته تاثیر چندانی بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها ندارد و چسبندگی داخلی بیشتر تحت تاثیر دانسیته تخته می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تخته فیبر با دانسیته متوسط، پروفیل دانسیته، دانسیته، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی

---

1- نویسنده مسوول، استادیار، عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

ab\_najafi@yahoo.com

2- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- استادیار، عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

4- استادیار، عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

## مقدمه

تحقیقات زیادی در زمینه عوامل موثر بر خواص این محصول انجام شده است. کاظمی نجفی و همکاران (1384) گرادیان دانسیته در سه نوع تخته فیبر با دانسیته متوسط مورد مصرف در ایران را مورد بررسی قرار دادند که تخته با پروفیل دانسیته عمیق تر، مدول الاستیسیته و مدول-گسیختگی بیشتری را نشان داد [2]. سواتا<sup>۳</sup> و همکاران (2000) تاثیر پروفیل دانسیته MDF روی استحکام و مقاومت اتصالات میخ را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که مقاومت نهایی با افزایش دانسیته لایه سطحی تخته افزایش می یابد [3]. وونگ<sup>۴</sup> و همکاران (2000) تشکیل پروفیل دانسیته و اثرات آن بر خواص تخته فیبر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مربوط به پروفیل یکنواخت بوده است. مقاومت چسبندگی داخلی و ظرفیت نگهداری پیچ به ترتیب و تقریباً به طور کلی وابسته به دانسیته لایه میانی و دانسیته لایه بالایی تخته هستند، همچنین افزایش دانسیته لایه بالایی سبب افزایش MOR و MOE می شود [4]. وانگ<sup>۵</sup> و همکاران (2001) در بررسی تاثیر گام های بسته شدن پرس تخته فیبر با دانسیته متوسط بر روی پروفیل دانسیته عمودی نشان دادند که تاثیر برنامه های بسته شدن پرس روی تشکیل پروفیل دانسیته در اثر گام های بسته شدن پرس، زمان بسته شدن پرس و سرعت بسته شدن پرس اتفاق می افتد. بسته شدن سریع پرس در اولین گام روی موقعیت سطحی دانسیته بالایی تاثیر می گذارد [5]. کای<sup>۶</sup> و همکاران (2006) تاثیر دانسیته تخته و درصد رطوبت کیک بر روی فرایند تخته فیبر با دانسیته متوسط را مورد مطالعه

در سال های اخیر در اکثر کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای مواد اولیه و نهاده های تولید روبه افزایش گذاشته است. با توجه به محدود بودن منابع اولیه به ویژه در بخش منابع طبیعی، یکی از مهمترین معضلات جوامع بشری در دهه های اخیر، تامین ماده اولیه چوبی مورد نیاز صنایع رو-به گسترش از یک سو، و حفظ محیط زیست و منابع محدود جنگلی تامین کننده چوب، از سوی دیگر بوده است. تحقیقات گسترده ای در جهت به کار گیری فرایندها و روش هایی که توان تولید محصولات مرکب چوبی با استفاده از ضایعات نا-مرغوب جنگلی و مواد لیگنو سلولزی حاصل از برداشت محصولات کشاورزی را دارند انجام شد. نتیجه این تحقیقات معرفی فرآورده های مرکب چوبی متنوعی مانند تخته خرده چوب، تخته تراشه، تخته ویفر، تخته فیبر با دانسیته متوسط و دیگر محصولات مشابه در سال های اخیر بوده است که هر روز شاهد فناوری های جدید در جهت بهبود کیفیت این محصولات هستیم. تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)<sup>۱</sup> یکی از مهمترین فرآورده های چند سازه چوبی<sup>۲</sup> با دانسیته حدود 0/65 تا 0/80 گرم بر سانتی متر مکعب است که اکنون در بسیاری از کشورها تولید می شود. تخته فیبر با دانسیته متوسط دارای ساختاری همگن، سطوحی صاف و لبه هایی فشرده و متراکم می باشد که مانند چوب ماسیو قابلیت برش و ماشین کاری دارد. توسعه و گسترش این صنایع که پسماندها و مواد کم ارزش را به عنوان ماده اولیه مصرف نموده و فرآورده های با ارزشی تولید می کنند، نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و به سازی محیط زیست ایفا می کند [1]. در سال های اخیر

۳. Sawata & et al.

۴. Wong & et al.

۵. Wang & et al.

۶. Cai & et al.

۱. Medium Density Fiberboard

۲. Wood Composite Products

یعنی شرکت پارس نئوپان و سه نوع دیگر نمونه-های خارجی از شرکت‌های یلدیز ترکیه، مربوک اندونزی و ویهوا چین می‌باشد. ویژگی‌های تخته-های MDF مورد استفاده در جدول 1 آمده‌است.

قرار دادند. نتایج نشان‌داد که دانسیته تخته تاثیر زیادی روی MOR و MOE دارد و هر دوی آنها روی IB تاثیر گذارند [6].

این تحقیق به دنبال بررسی تاثیر پروفیل دانسیته بر خواص فیزیکی و مکانیکی چند نوع تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده در ایران و وارد شده به ایران می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### تهیه نمونه‌های آزمونی

در این تحقیق از چهار نوع تخته MDF استفاده شد که یک نوع ساخت کارخانه داخلی

جدول 1- ویژگی تخته‌های MDF مورد مطالعه

ضخامت اسمی (cm)	چسب مصرفی	دانسیته اسمی تخته ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	نمونه
16	اوره فرم آلدئید	0/75	پارس نئوپان
16	اوره فرم آلدئید	0/70	یلدیز ترکیه
16	اوره فرم آلدئید	0/70	مربوک اندونزی
15/7	اوره فرم آلدئید	0/64	ویهوا چین

تعداد و ابعاد نمونه‌های آزمونی در جدول 2 ارایه شده‌است.

پس از تهیه تخته‌های مورد نظر، نمونه‌های آزمونی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی به ابعاد استاندارد از تخته‌ها بریده شدند.

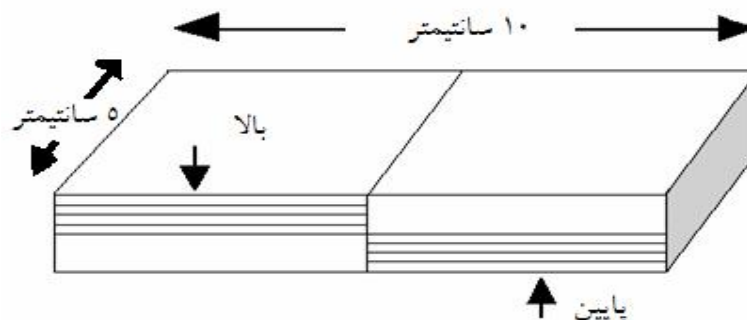
## جدول 2- ابعاد و تعداد نمونه‌های آزمونی

تعداد نمونه در هر تخته	ابعاد			نوع آزمون
	ضخامت اسمی (mm)	عرض (mm)	طول (mm)	
3	16	50	250	مقاومت خمشی
3	16	50	50	چسبندگی داخلی
3	16	50	50	جذب آب و واکنشیدگی ضخامت
3	16	25	50	قدرت نگهداری پیچ
3	16	50	100	پروفیل دانسیته

تعیین پروفیل دانسیته تخته‌ها به روش لایه‌گیری تدریجی انجام شد. بدین ترتیب که، ابعاد نمونه-های پروفیل دانسیته 10x5 سانتی‌متر و به تعداد سه نمونه از نقاط مختلف یک تخته برداشته شد. ابتدا دانسیته نمونه گرفته‌شده و سپس این نمونه به دو نمونه 5x5 تبدیل شد که از یک نمونه لایه-گیری از بالا تا نصف ضخامت و از نمونه دیگر هم لایه‌گیری از پایین تا نصف ضخامت نمونه انجام شد. پس از هر لایه‌گیری (به ضخامت 2 میلی‌متر) ضخامت و وزن جدید نمونه برای به-دست آوردن دانسیته لایه توسط کولیس با دقت 0/05 میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت 0/001 گرم اندازه‌گیری و ثبت گردید (مطابق شکل 1).

پس از برش، نمونه‌ها برای رسیدن به رطوبت یکنواخت و انجام آزمون‌ها و همچنین تعیین پروفیل دانسیته آنها در داخل اتو آزمایشگاهی با دمای 90 درجه سانتی‌گراد و به مدت 24 ساعت قرار گرفتند تا خشک شوند. بعد از خشک شدن، نمونه‌های مربوط به تست‌های مکانیکی برای رسیدن به رطوبت تعادل با محیط آزمایشگاه به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاه (دمای  $20 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $60 \pm 5$  درصد) قرار گرفتند.

## تعیین پروفیل دانسیته تخته‌ها



شکل 1- نحوه تعیین پروفیل دانسیته نمونه

## اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها

اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت مطابق استاندارد DIN- 68763 انجام شد. بدین منظور نمونه‌ها در آب مقطر با دمای آزمایشگاه (دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) غوطه‌ور شد و در زمان‌های مختلف (2 ساعت و 24 ساعت) توزین و ضخامت نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. همچنین آزمون‌های مکانیکی شامل آزمون‌های مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی- داخلی مطابق استاندارد DIN- 68763 و آزمون مقاومت نگهداری پیچ مطابق استاندارد JIS 1112 B- توسط دستگاه اینسترون مدل PT 20L انجام شد.

## تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه اثر نوع تخته‌ها و گروه‌بندی میانگین‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و نیز برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. سطح اطمینان در همه آزمون‌ها 95% در نظر گرفته شده‌است.

## نتایج

جدول 3 دانسیته و رطوبت تعادل تخته‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهند. همان‌طورکه مشاهده می‌شود بیشترین دانسیته مربوط به تخته- فیبر با دانسیته متوسط کارخانه پارس نئوپان و کمترین دانسیته مربوط به تخته‌فیبر با دانسیته- متوسط کارخانه ویهوا چین می‌باشد. همچنین بیشترین رطوبت تعادل مربوط به تخته‌فیبر با دانسیته متوسط کارخانه ویهوا چین و کمترین رطوبت تعادل مربوط به تخته‌فیبر با دانسیته متوسط کارخانه ییلدیز ترکیه می‌باشد.

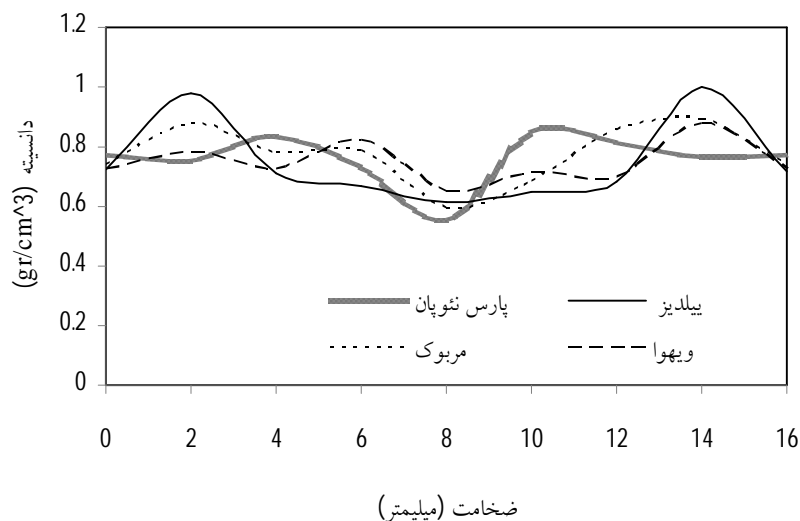
جدول 3- دانسیته و رطوبت تعادل تخته‌های مورد مطالعه (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

تخته	پارس نئوپان	یلدیز ترکیه	مربوک اندونزی	ویهوا چین
دانسیته ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$0/76 \pm 0/007$	$0/72 \pm 0/002$	$0/72 \pm 0/02$	$0/71 \pm 0/009$
رطوبت تعادل (در صد)	$6/13 \pm 0/4$	$5/92 \pm 0/3$	$6/03 \pm 0/3$	$6/48 \pm 0/4$

## پروفیل دانسیته تخته‌ها

پروفیل دانسیته تخته‌های فیبر دانسیته متوسط نشان داد که تخته ساخت کارخانه پارس نئوپان دارای دانسیته بیشتری در سطح می‌باشد و تخته-

های ویهوا و مربوک دارای پروفیل یکنواخت‌تری نسبت به سایر تخته‌ها بودند. تخته ساخت ترکیه از تقارن بیشتری برخوردار بوده‌است (شکل 2).



شکل 2- پروفیل دانسیته تخته‌های مورد مطالعه

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اثر نوع تخته‌ها بر جذب آب 2 و 24 ساعت غوطه‌وری با اطمینان 95 درصد معنی‌دار می‌باشد.

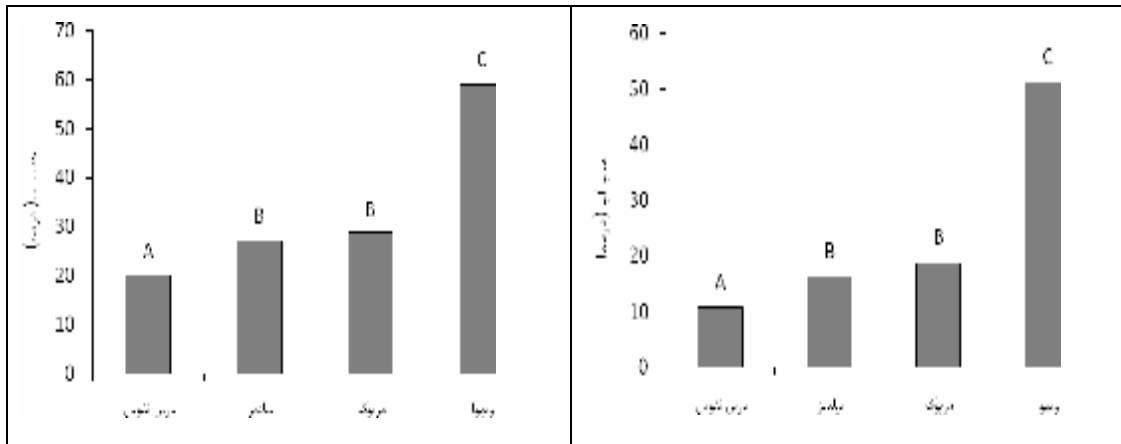
**جذب آب و واکنشیدگی ضخامت**  
جدول 4 تجزیه واریانس اثر نوع تخته بر خواص فیزیکی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول 4- تجزیه واریانس اثر نوع تخته‌ها بر آزمون‌های فیزیکی

سطح معنی‌داری	F محاسباتی	آزمون
0/0001	437/56	جذب آب 2 ساعته
0/0001	231/18	جذب آب 24 ساعته
0/0001	44/58	واکنشیدگی ضخامت 2 ساعته
0/0001	143/95	واکنشیدگی ضخامت 24 ساعته

نئوپان و بیشترین جذب آب مربوط به MDF ساخت ویهوای چین می‌باشد. آزمون گروه‌بندی میانگین‌های دانکن نیز آنها را در سه گروه دسته‌بندی کرده‌است.

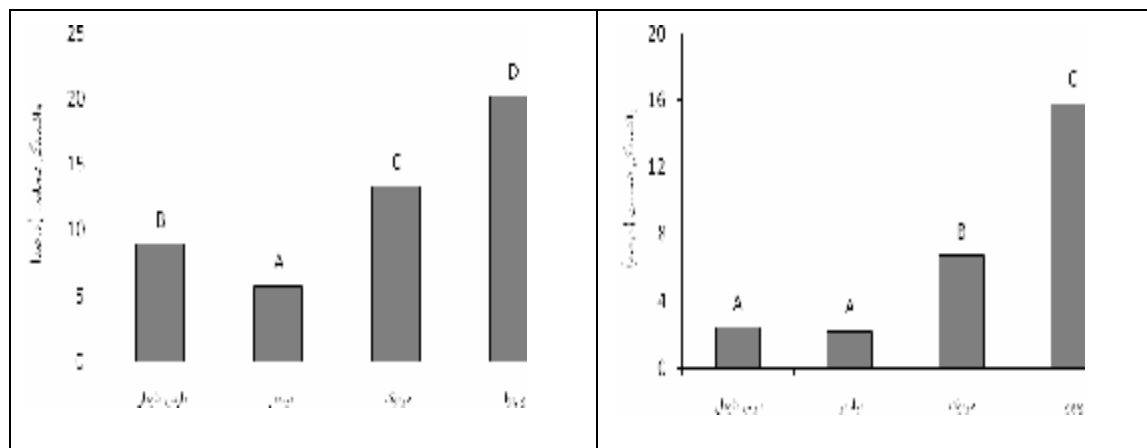
شکل 3 مقادیر جذب آب را در 2 و 24 ساعت غوطه‌وری نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نتایج مربوط به 2 و 24 ساعت غوطه‌وری شبیه به هم می‌باشند. کمترین جذب آب مربوط به تخته MDF ساخت کارخانه پارس



شکل 3- جذب آب در 2 ساعت (شکل راست) و 24 ساعت غوطه‌وری (شکل چپ)

ساعت در تخته پارس نئوپان و ییلدیز و طی 24 ساعت غوطه‌وری در تخته ییلدیز مشاهده می‌گردد. گروه‌بندی میانگین‌های دانکن نیز واکنش‌دهی ضخامت در 2 ساعت را در 3 گروه ولی واکنش‌دهی ضخامت در 24 ساعت را در چهار گروه دسته‌بندی کرده‌است.

همان‌گونه که جدول 4 نشان می‌دهد، اثر نوع تخته‌ها بر واکنش‌دهی ضخامت در 2 و 24 ساعت غوطه‌وری با اطمینان 95 درصد معنی‌دار می‌باشد. شکل 4 واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها را در 2 و 24 ساعت غوطه‌وری نشان می‌دهد. بیشترین مقدار واکنش‌دهی ضخامت طی 2 و 24 ساعت در تخته ساخت ویهوای چین و کمترین مقدار طی 2



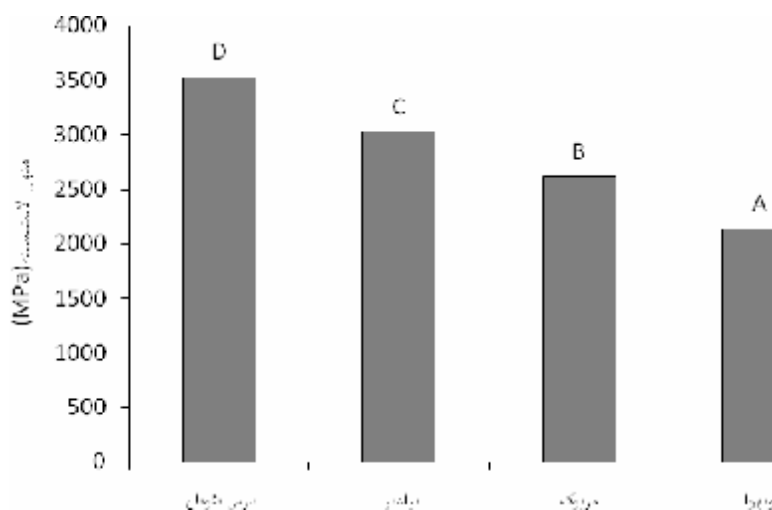
شکل 4- واکنش‌دهی ضخامت در 2 ساعت (شکل راست) و 24 ساعت غوطه‌وری (شکل چپ)

### خواص مکانیکی

#### مدول الاستیسیته خمشی

جدول 5 تجزیه واریانس اثر نوع تخته بر خواص مکانیکی را نشان می‌دهد، براساس جدول اثر نوع تخته‌ها بر مدول الاستیسیته خمشی با اطمینان 95 درصد معنی‌دار می‌باشد. شکل 5

مدول الاستیسیته خمشی تخته‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس شکل، بیشترین مدول-الاستیسیته مربوط به تخته ساخت کارخانه پارس نئوپان و کمترین مقدار مربوط به تخته ویهوا چین بود. گروه‌بندی دانکن نیز هر تخته را در یک گروه قرار داد.



شکل 5- مدول الاستیسیته خمشی تخته‌ها

جدول 5- تجزیه واریانس اثر نوع تخته‌ها بر آزمون‌های مکانیکی

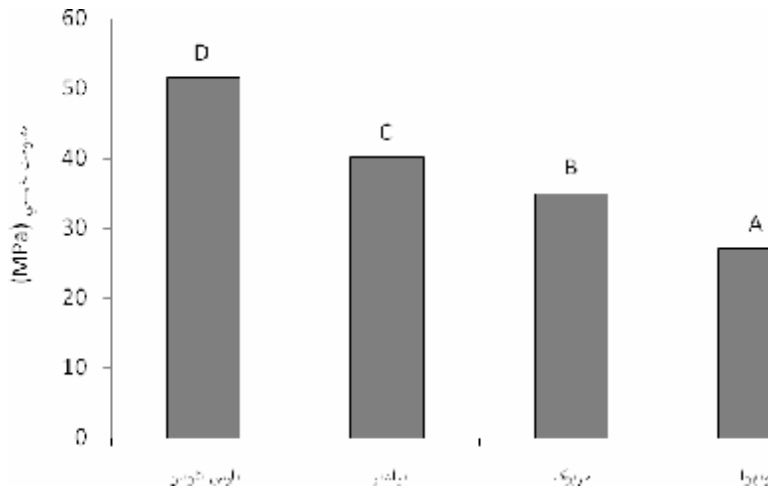
سطح معنی‌داری	F محاسباتی	آزمون
0/000	68/90	مدول الاستیسیته خمشی
0/000	73/23	مقاومت خمشی
0/001	18/13	چسبندگی داخلی
0/000	36/10	قدرت نگهداری پیچ در سطح
0/007	8/49	قدرت نگهداری پیچ در لبه



### مقاومت خمشی

شود. جدول 5 اثر نوع تخته بر مقاومت خمشی را با اطمینان 95 درصد معنی دار می داند. گروه بندی دانکن نیز هر تخته را در یک گروه قرار داد.

بر اساس شکل 6 بیشترین مقدار مقاومت خمشی در تخته ساخت کارخانه پارس و کمترین در تخته ساخت کارخانه ویهوا چین مشاهده می -

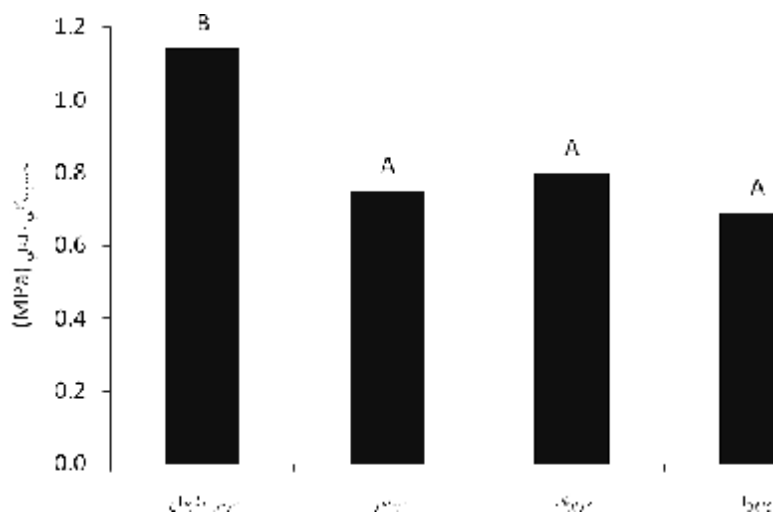


شکل 6- مقاومت خمشی تخته‌ها

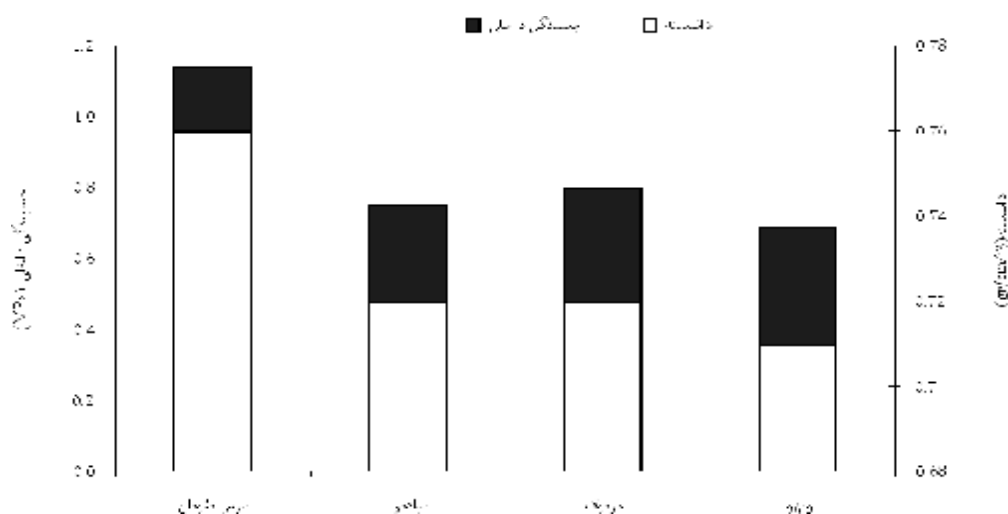
تخته پارس نئوپان به تنهایی در یک گروه و سه نوع تخته باقی مانده در گروه دیگر قرار گرفت. شکل 8 همبستگی بین دانسیته تخته‌ها با مقاومت خمشی داخلی را نشان می دهد. همبستگی آماری بین دانسیته تخته‌ها و چسبندگی داخلی 0/99 برآورد شده است.

### مقاومت چسبندگی داخلی

تخته ساخت کارخانه پارس نئوپان بیشترین و تخته ویهوا چین کمترین مقاومت چسبندگی داخلی را نشان دادند (شکل 7) و براساس جدول 5 اثر نوع تخته‌ها بر مقاومت چسبندگی داخلی با اطمینان 95 درصد معنی دار می باشد. گروه بندی دانکن نیز چهار تخته را در دو گروه قرار داد.



شکل 7- مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها

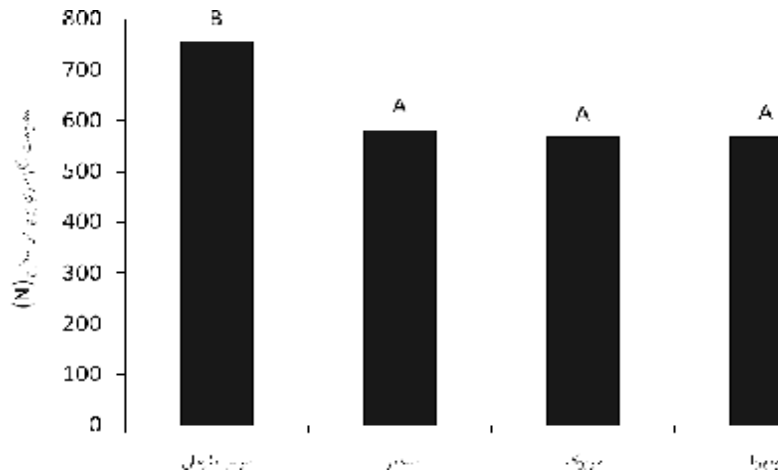


شکل 8- همبستگی بین دانسیته تخته‌ها و مقاومت چسبندگی داخلی

می‌باشد. براساس جدول 5 اثر نوع تخته بر مقاومت نگهداری پیچ در سطح با اطمینان 95 درصد معنی‌دار می‌باشد. گروه‌بندی دانکن چهار تخته را دو گروه دسته‌بندی کرد و تخته ساخت کارخانه پارس نثوپان به‌تنهایی در یک گروه قرار گرفت.

### مقاومت نگهداری پیچ در سطح

شکل 9 مقاومت نگهداری پیچ در سطح تخت‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس شکل، بیشترین مقاومت نگهداری پیچ در سطح مربوط به تخته پارس نثوپان و کمترین مقاومت نگهداری پیچ در سطح، مربوط به تخته ویهوا چین

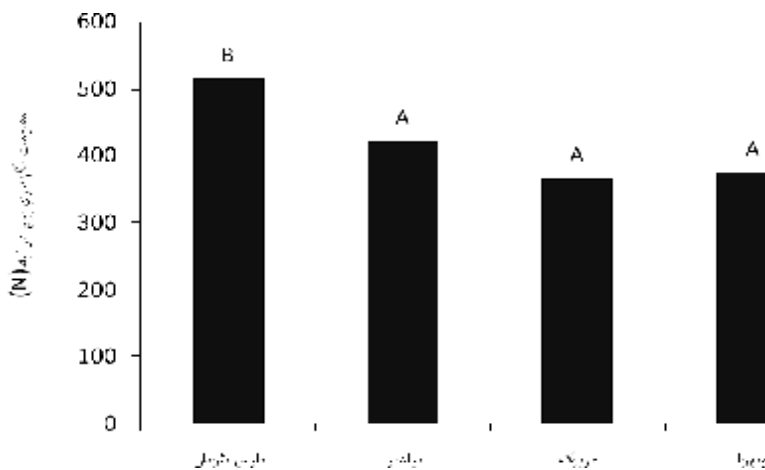


شکل 9- مقاومت نگهداری پیچ در سطح تخته‌ها

باشد. براساس جدول 5 اثر نوع تخته بر مقاومت نگهداری پیچ در سطح با اطمینان 95 درصد معنی دار است. گروه بندی دانکن نیز چهار تخته را دو گروه دسته بندی کرد و تخته پارس نئوپان به تنهایی در یک گروه قرار گرفت.

### مقاومت نگهداری پیچ در لبه

شکل 10 مقاومت نگهداری پیچ در لبه را در تخته‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. براساس شکل، بیشترین مقاومت نگهداری پیچ در لبه مربوط به تخته پارس نئوپان و کمترین مقاومت نگهداری پیچ مربوط به تخته مربوک مالزی می‌-



شکل 10- مقاومت نگهداری پیچ در لبه تخته‌ها

دانشیته متوسط صورت گرفت. در بررسی پروفیل دانشیته تخته‌ها مشاهده شده است که تخته ساخت کارخانه پارس نئوپان علاوه بر داشتن دانشیته

### بحث و نتیجه گیری

این تحقیق به منظور بررسی اثر پروفیل دانشیته بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر

و MOR با افزایش در دانسیته لایه سطحی به صورت خطی افزایش می‌یابند [9].

باتوجه به شکل پروفیل دانسیته نمونه‌ها و میزان مقاومت چسبندگی داخلی آنها می‌توان نتیجه گرفت که پروفیل دانسیته تاثیر چندانی بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نداشته و مقاومت چسبندگی داخلی بیشتر تحت تاثیر دانسیته تخته‌ها می‌باشد (جدول 3 و شکل 8). کاظمی نجفی و همکاران (1384) در بررسی پروفیل دانسیته سه نوع تخته فیبر با دانسیته متوسط مورد مصرف در ایران گزارش دادند که پروفیل دانسیته بر مقاومت چسبندگی تخته‌ها معنی‌دار نبود [2].

بررسی مقاومت نگهداری پیچ در سطح تخته‌های مورد بررسی نشان‌داد که نمونه‌های با پروفیل دانسیته عمیق‌تر، و دانسیته بالاتر در سطح، مقاومت نگهداری پیچ بیشتری نشان دادند. با توجه به توزیع پروفیل دانسیته نمونه‌ها می‌توان گفت مقاومت نگهداری پیچ در سطح بیشتر وابسته به توزیع پروفیل دانسیته در لایه‌های سطحی می‌باشد. سوواتا و همکاران (2000) در بررسی خود به این نتیجه دست یافتند که مقاومت اتصالات میخ در تخته‌فیبر با دانسیته متوسط تحت تاثیر دانسیته لایه سطحی می‌باشد و مقاومت نهایی میخ با افزایش دانسیته لایه در ناحیه سطح تخته افزایش می‌یابد. نتایج مربوط به مقاومت نگهداری پیچ در لبه نشان‌داد که اثر دانسیته تخته بیشتر از پروفیل تخته بر مقاومت نگهداری پیچ موثر است [3].

سطحی بالاتر دارای پروفیل دانسیته عمیق‌تری نسبت به سایر تخته‌ها است. تخته‌های ویهوا چین و مریوک مالزی علاوه بر این که از دانسیته پایین در سطح برخوردارند بلکه پروفیل یکنواخت‌تری نسبت به سایر تخته‌ها دارا می‌باشند. نتایج نشان‌داد که هرچه اختلاف بین دانسیته سطوح و مغز تخته در تخته فیبر با دانسیته متوسط بیشتر باشد، یعنی پروفیل دانسیته تخته عمیق‌تر باشد و لایه‌های سطحی دارای دانسیته بالایی باشند و نیز پروفیل دانسیته از توزیع مناسبی برخوردار باشد، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت آن نیز کاهش می‌یابد. وانگ و همکاران (2000) تشکیل پروفیل دانسیته و اثرات آن بر خواص تخته فیبر را بررسی کرده و نشان دادند که بیشترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مربوط به تخته با پروفیل یکنواخت است [4].

همچنین نتایج مربوط به مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نشان‌داد که هرچه اختلاف دانسیته بین لایه سطحی و مغز تخته بیشتر باشد و پروفیل دانسیته دارای عمق بیشتری باشد، مدول-الاستیسیته خمشی و مقاومت خمشی آن افزایش می‌یابد. کاظمی نجفی و همکاران (1384) در بررسی پروفیل دانسیته سه نوع تخته‌فیبر با دانسیته متوسط مورد مصرف در ایران گزارش دادند که تخته فیبر با پروفیل عمیق‌تر دارای مدول-الاستیسیته و مقاومت بالاتری می‌باشد [2]. گوپتا و همکاران (2004)، به مطالعه توسعه یک مدل-تجربی برای پرس گرم MDF و مقایسه آن با یک مدل پایه پرداختند. نتایج نشان داد که MOE

3- Sawata, K., Shibusawa, T., Ohashi, K., 2000. Effects of density profile of MDF on stiffness and strength of nailed joints.

4- Wong, E. D., Zhang, M., Wang, Q., Han, G., Kawai, S., 2000. Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard.

5- Wang, S., Winistorfer, P. M., Young, T. M. 2001. Fundamentals of Vertical Density Profile Formation in Wood Composites. PART III. MDF Density Formation During Hot-Pressing.

6- Cai, z., Muehl, J.H., Winandy, J.E., 2006. Effects of Pressing Schedule on Formation of Vertical Density Profile for MDF Panels.

7- DIN standard (NO 68763).1990. Flat pressed particleboard for use in building construction - concepts, requirements, testing and inspection.

8- JIS standard (NO B-1112). 1995. Cross-recessed head wood screws made of steel wire, stainless steel and brass for general use.

9- Gupta, A., Jordan, P., Pang, S., 2007. Modelling of the Development of the Vertical Density Profile of MDF during Hot Pressing.

## منابع

- 1- دوست حسینی، ک، 1380. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران.
- 2- کاظمی نجفی، س، شالبافان، ع، چهارمحالی، م، 1384. بررسی گرادیان دانسیته در سه نوع تخته فیبر با دانسیته متوسط مورد مصرف در ایران.

