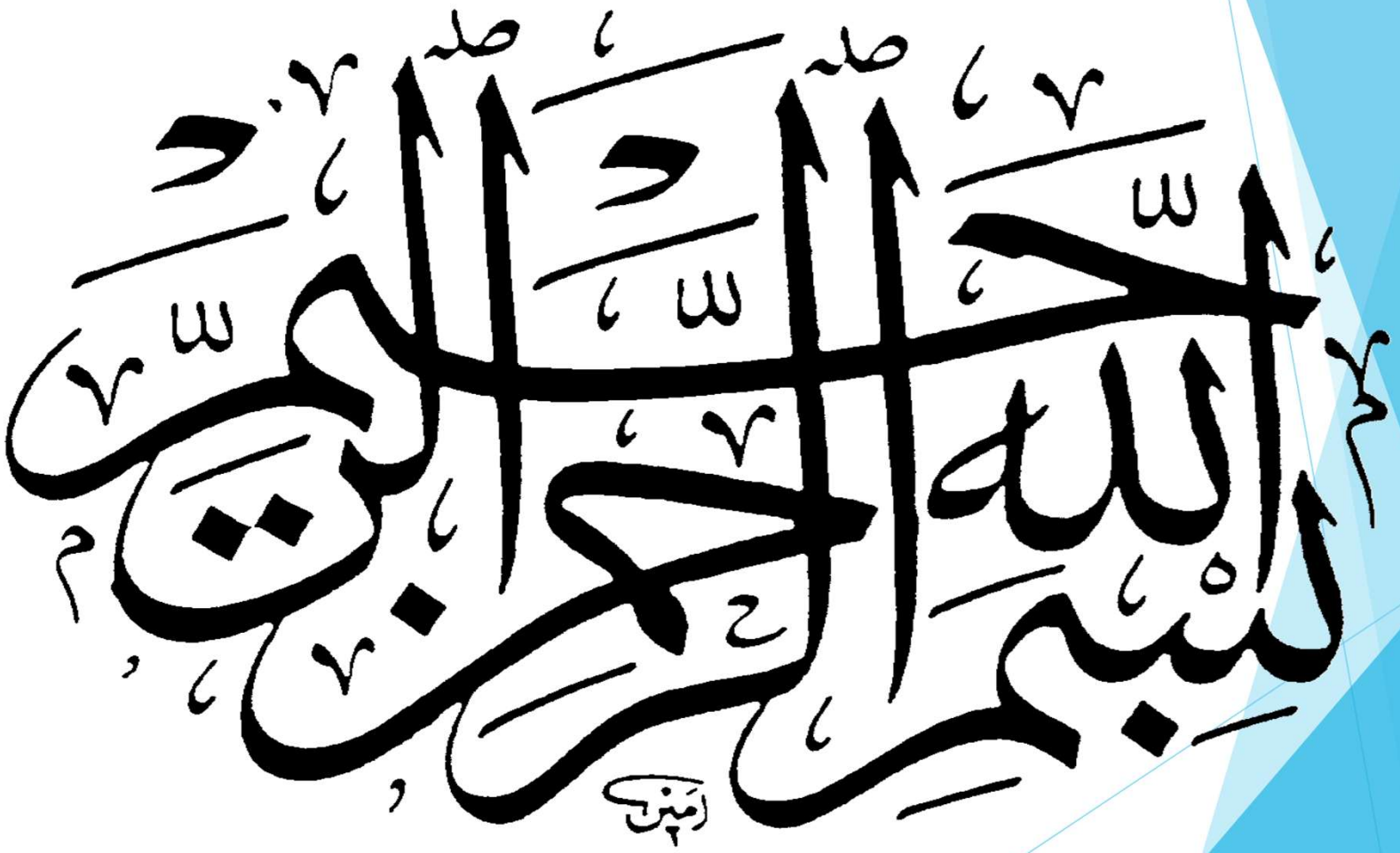
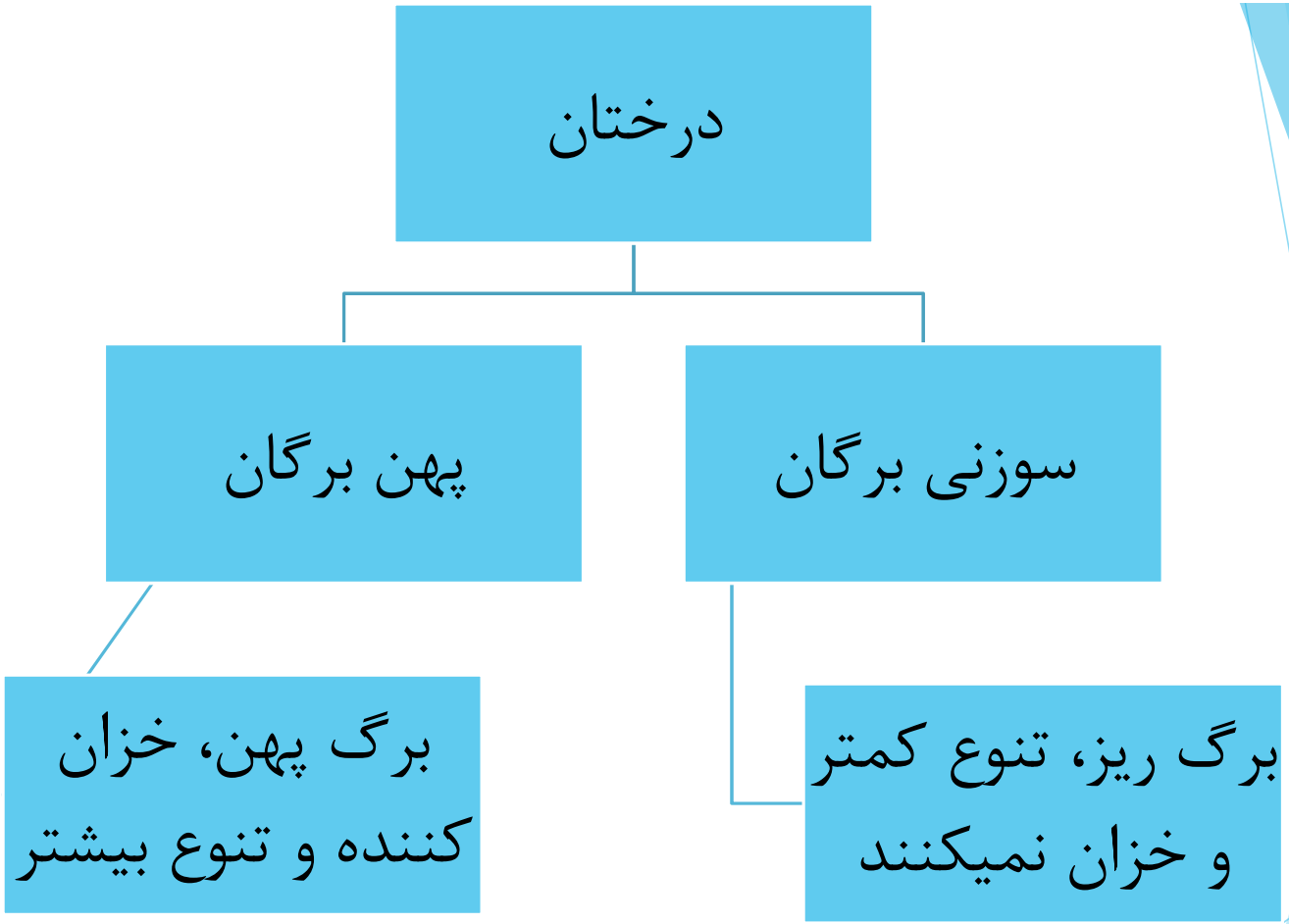

بسم الله الرحمن الرحيم

طراحی سازه چوبی
جلسه ۱ تا ۶

احمد ثمریها

a.samariha@gmail.com

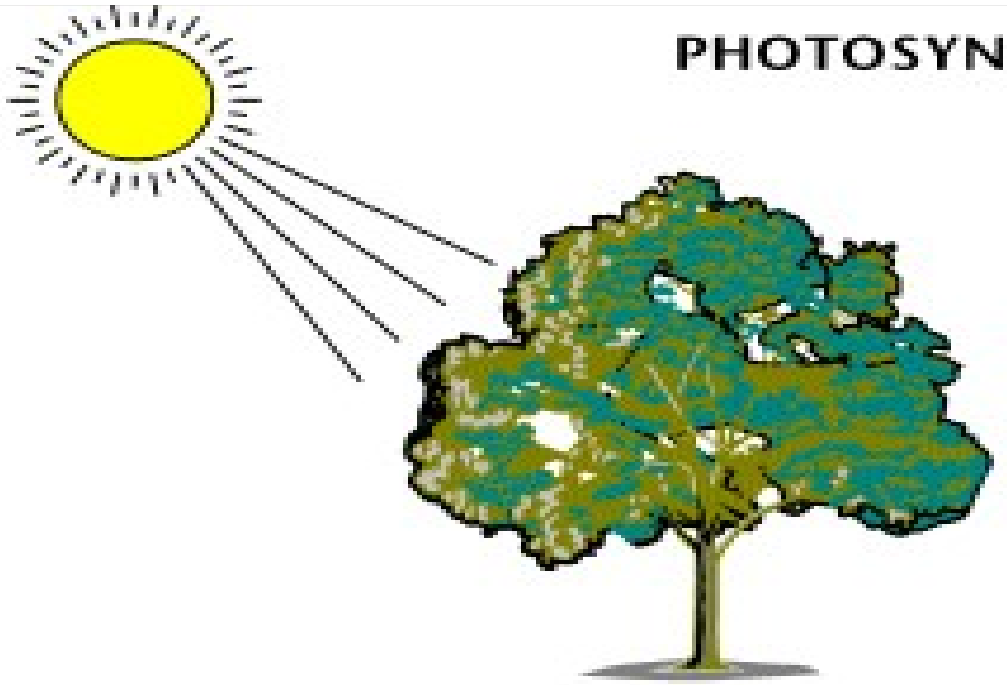
- برخی چوب را یک ماده مهندسی میدانند و تبدیل آن به انرژی کمی نیاز دارد، قابل احیا و محکم است.
- از قرون گذشته بشر از چوب برای ساخت مسکن، پل، شناور و.... استفاده میکرد.
- برخی آنرا ماده مهندسی نمیدانند، زیرا دارای خواص یکنواخت، قابل پیش بینی، پیوسته، ثابت و قابل بازیابی نیست که البته در مورد چوب ماسیو کاملا صحیح است ولی برای فرآورده های مرکب صحت ندارد.
- فناوریهای پیشرفته فرآورده های جدیدی از چوب ایجاد کرده نظیر تخته فیبرها، تخته چندلا، تخته خرده چوب و اوراق دیگر
- این فرآورده های جدید محدودیت اندازه و شکل نداشته و برای اتصالات آن اتصال دهنده های با ظرفیت تحمل بار بیشتر ایجاد شده است.


درختان
سوزنی برگان
پهن برگان
برگ ریز، تنوع کمتر و خزان نمیکنند
برگ پهن، خزان کننده و تنوع بیشتر

تعریف چوب

چوب ماده ایست آلی (سلولز، همی سلولز و لیگنین)،
جامد و
متخلخل فیبری شکل،
دارای ساختمان سلولی سازمان یافته،
ناهمگن و
هرسونایکسان باخاصیت جذب و دفع رطوبت
که حاصل فعالیت گیاهان چوبده است
و از سایر مواد اولیه که همگن و هرسویکسانند
بسیار متفاوت است.

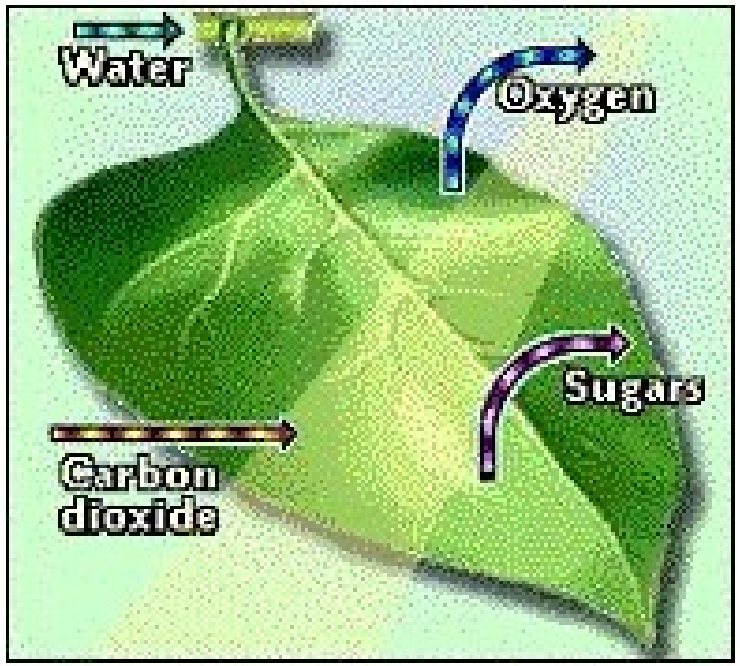
PHOTOSYNTHESIS



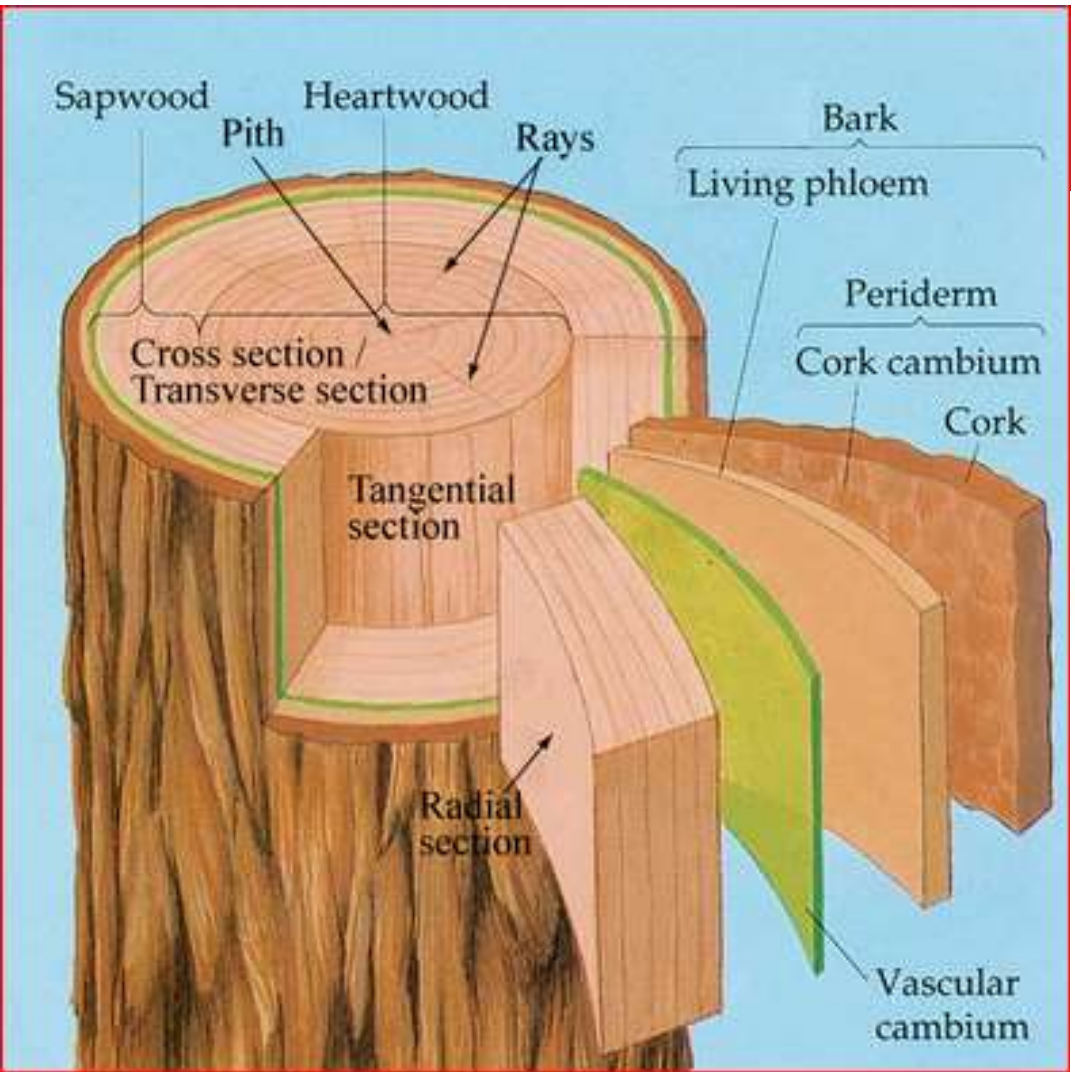
In the process of photosynthesis, plants convert radiant energy from the sun into chemical energy in the form of glucose - or sugar.

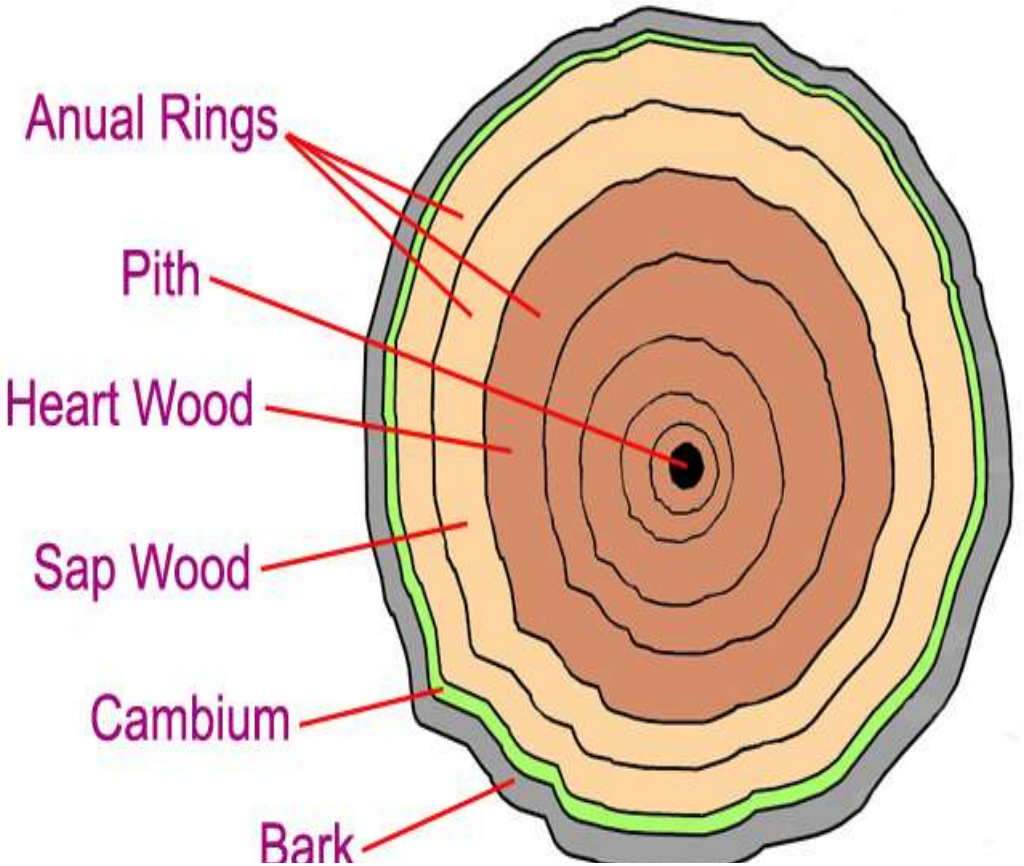
water + carbon dioxide + sunlight → glucose + oxyge

$6\ H_2O + 6\ CO_2 + \text{radiant energy} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

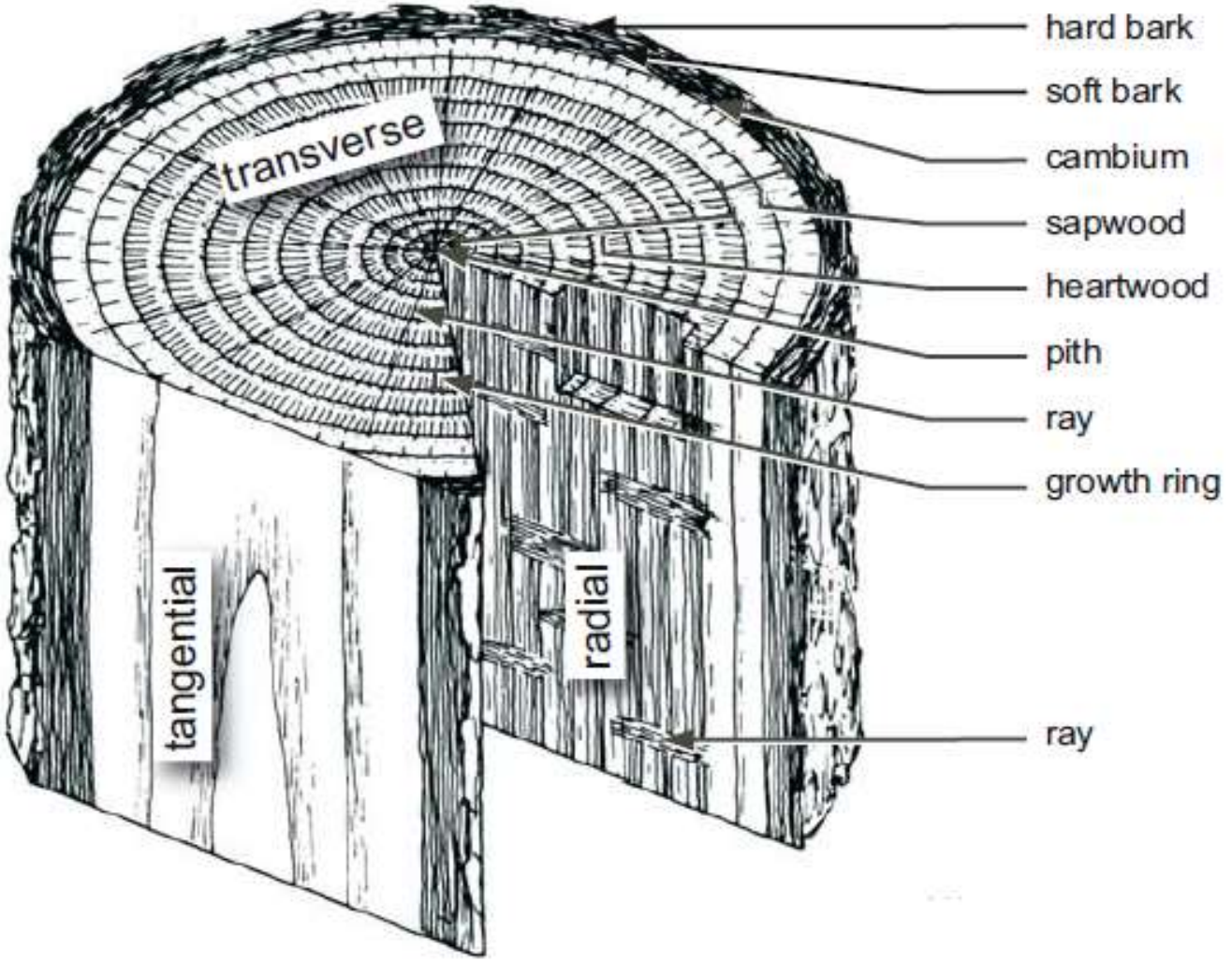


سلولهای تشکیل دهنده ساختمان چوب



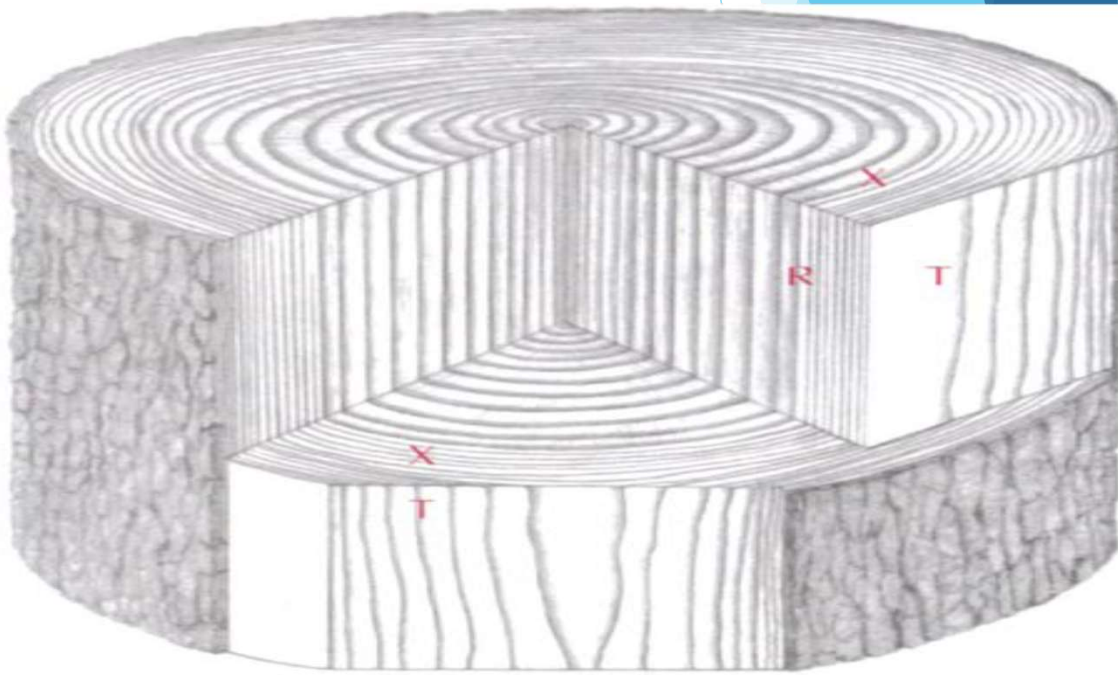


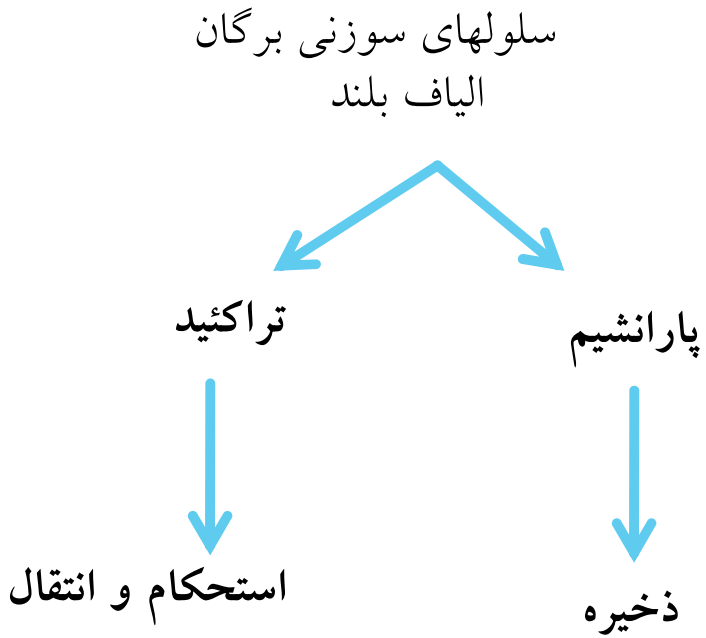
سلولهای تشکیل دهنده ساختمان چوب

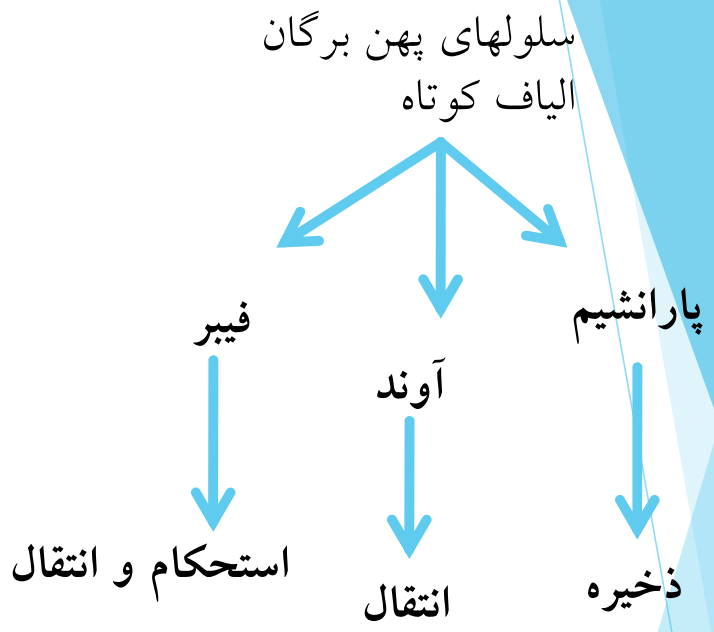


مقاطع چوب در جهت های مختلف

- برش عرضی
- برش مماسی
- برش شعاعی
- عمدتا برشها بینابینی هستند




سلولهای سوزنی برگان
الیاف بلند
تراکئید
پارانشیم
استحکام و انتقال
ذخیره


سلولهای پهن برگان
الیاف کوتاه
فیبر
آوند
پارانشیم
استحکام و انتقال
انتقال
ذخیره

دایره رویش

با مساعد شدن شرایط رشد (رطوبت و حرارت)، کامبیوم فعالیت خود را آغاز می‌کند و با نامساعد شدن این شرایط به فعالیت خود پایان می‌دهد. از آغاز تا پایان فعالیت کامبیوم را یک دوره رویش گیاهی گویند.که این دوره برای گیاهان چوبی مناطق معتدله همان دوره رویش سالیانه است که درطی یکسال تنها یک بار انجام می‌گردد و زمان آن حدوداً از ابتدای بهار تا انتهای تابستان و یا اوایل پاییز می‌باشد. طی این مدت یک نوار گرد سالیانه به نوارهای قبلی یک ساقه چوبی افزوده می‌شود که پهنای این نوار درمقطع عرضی بصورت روشن- تیره دیده می‌شود.

دایره رویش بر حسب گونه و شرایط رویش درخت متغیر است و بر کیفیت چوب اثر دارد

چوب یک درخت معتدله

چوب‌برون و چوب‌درون (Sapwood & heartwood)

بتدریج که از سن درخت می‌گذرد و تعداد لایه‌های چوبی افزایش می‌یابد ابتدا بخش عمده‌ای از عناصر طولی می‌میرند ولی پارانشیم‌ها هنوز زنده هستند و در واقع انتقال شیره گیاهی صورت می‌گیرد و رابطه کامبیوم با پره‌های چوبی این قسمت برقرار است، لذا چوب هنوز زنده محسوب می‌شود ولی همراه با افزایش لایه های جدیدتر و در واقع بیشتر شدن سن درخت آخرین عناصر فعال چوبی (پارانشیم‌ها) دوایر داخلی (از مرکز به سمت پوست) می‌میرند. این قسمت از چوب که بتدریج (هرساله) برقطر آن افزوده می‌گردد فعالیت حیاتی خود را از دست داده و تنها نقش استقامت را در ساقه ایفا می‌کند به چوب‌درون معروف است. دوایر سالیانه‌ای که چوب‌درون را احاطه کرده‌اند و فعالیت فیزیولوژیکی دارند به چوب‌برون معروفند.

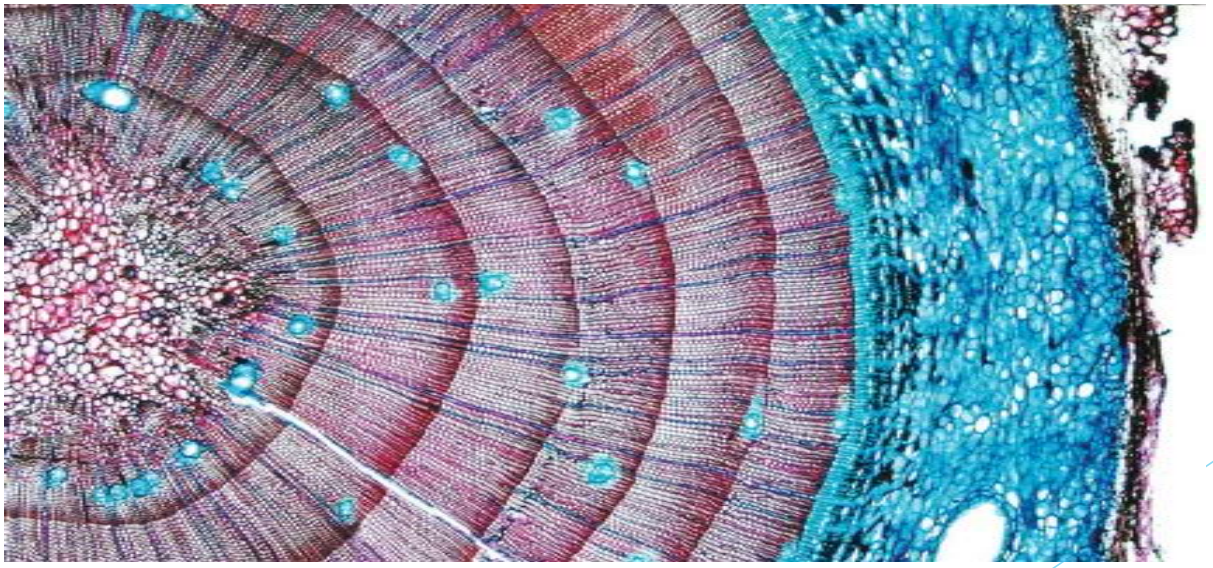
چوب‌درون شدن اغلب با تیره رنگ شدن آن همراه می‌باشد.

اختلاف برون چوب و درون چوب

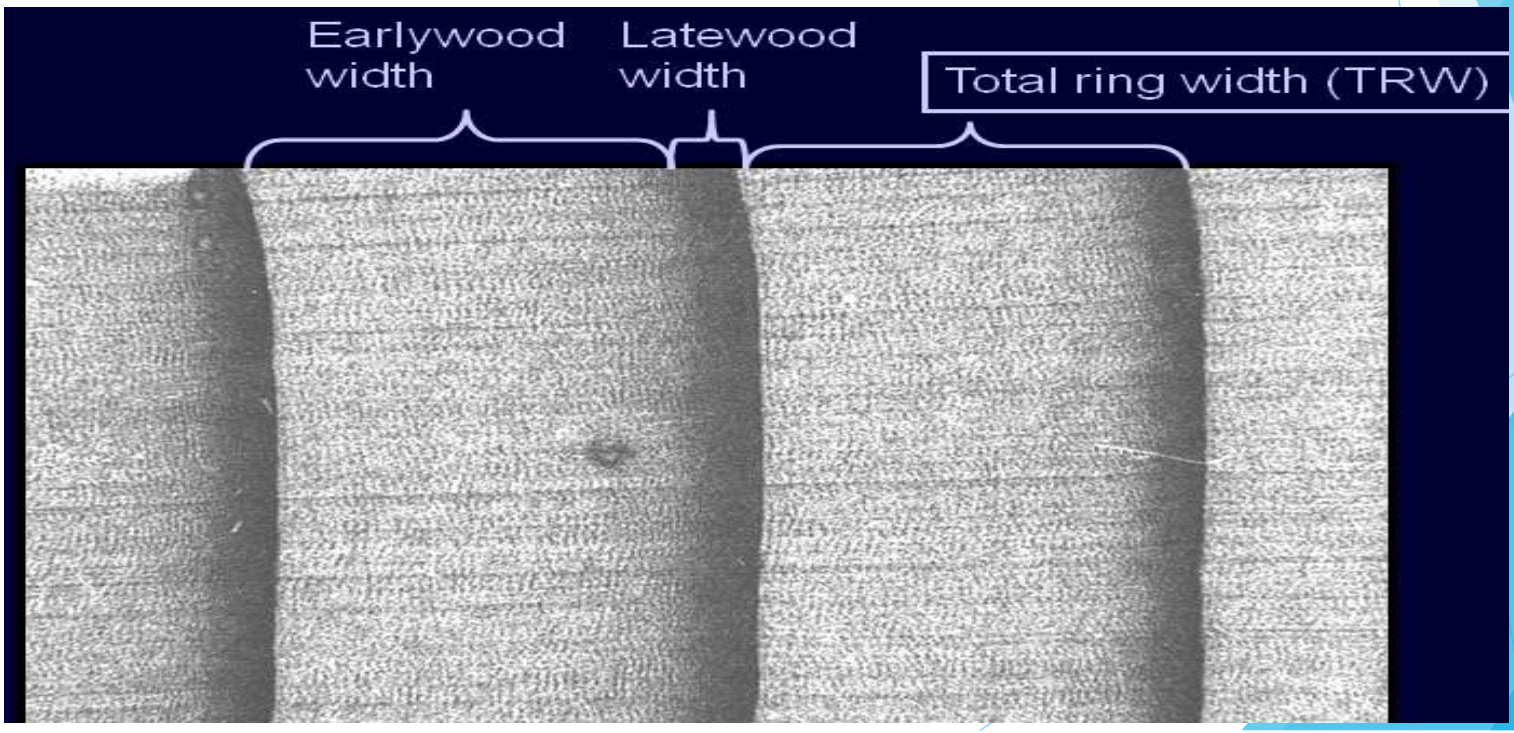
رنگ روشن تر	رنگ تیره تر
چوب نرم تر	چوب سخت تر
رطوبت بیشتر	رطوبت کمتر
وزن مخصوص کمتر	وزن مخصوص بیشتر
مواد استخراجی کمتر	مواد استخراجی بیشتر
نفوذپذیری بیشتر	نفوذ پذیری کمتر
مقاومت کمتر در مقابل حشرات و قارچها	مقاومت بیشتر در مقابل حشرات و قارچها

چوب بهاره و چوب تابستانه (Springwood & Summerwood)

در گیاهان چوبی مناطق معتدله که در طول سال تنها یک دوره رویش دارند یک نوار روشن - تیره به حلقه ها یا نوارهای چوبی سالهای قبل افزوده می‌شود. دراین گیاهان چوب بهاره همان چوب آغاز می‌باشد و چوب تابستانه همان چوب پایان است. تعداد آوندها در چوب بهاره بیشتر است.



مجموع چوب بهاره و تابستانه، یک دوره رویش یا یک لایه رویش را تشکیل میدهند و یک حد رویش جدید به حدود رویشی قبلی اضافه میگردد. در آغاز دوره رویش گیاهی بدلیل تشکیل برگ و شکوفه و ضرورتا انتقال بیشتر آب و مواد، تراکئیدهای چوب بهاره سوزنی برگان و آوندهای چوب بهاره پهن برگان (خصوصا در چوبهای بخش روزنه ای) از قطر (کلی و حفره سلولی) بیشتر برخوردارند.

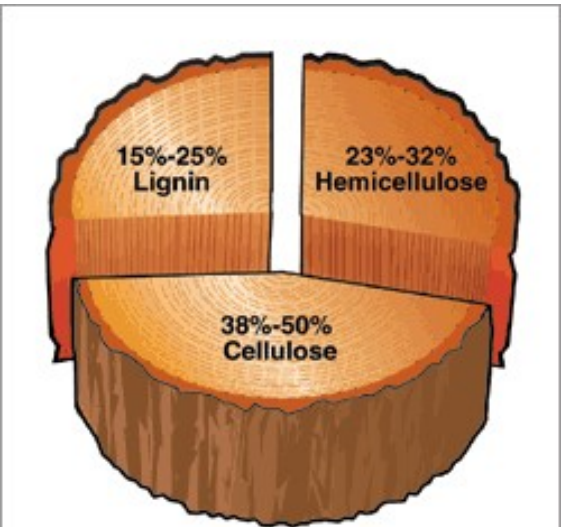


تعریف چوب از لحاظ شیمیایی

چوب جسمی است آلی، شامل ترکیبات پلی ساکاریدی و فنلی که مهمترین ترکیب پلی ساکاریدی آن سلولز بوده و مهمترین ترکیب فنلی آن لیگنین می‌باشد.

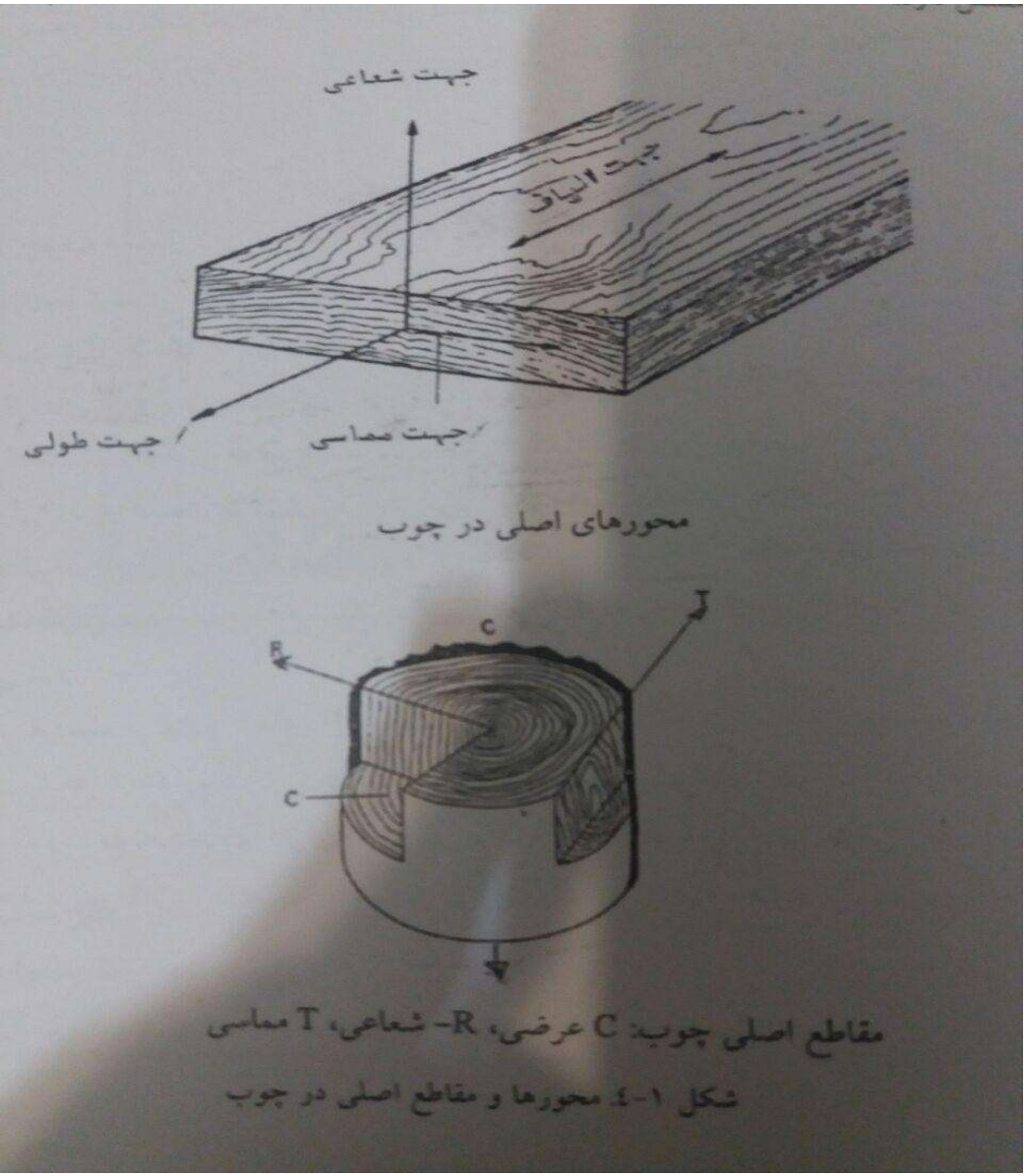
- بخش عمده سلولهای چوبی را سلولز (۵۰ درصد) و همی سلولز (۲۵ درصد) و مابقی را لیگنین (۲۵ درصد) تشکیل می دهد
۱- سلولز فراوانترین ماده آلی موجود در طبیعت است و پلی مری خطی از واحدهای گلوکز می باشد.
۲- همی سلولز برخلاف سلولز پلی مری از قندهای مختلف نظیر گلوکز، گزیلوز، آرابینوز و غیره بوده و دارای شاخه های فرعی است.

۳- لیگنین پلی مری سه بعدی از واحدهای فنل پروپان است که درسه جهت به یکدیگر متصل شده اند.



خواص راستایی

- در علم مکانیک چنین اجسامی که سه جهت مستقل دارند را ارتوتروپیک گویند

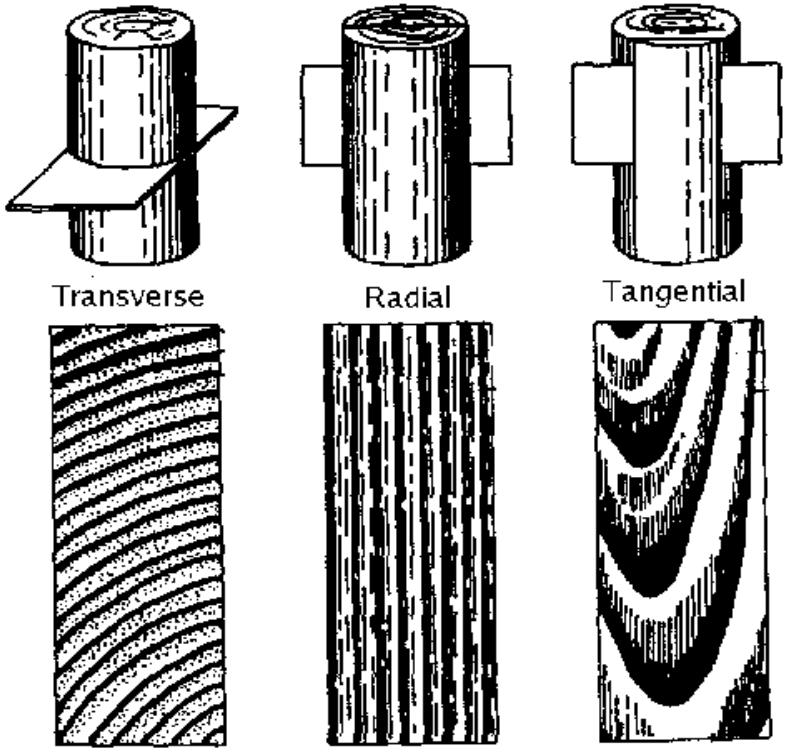


جهت الیاف در چوب از نگاه علم مکانیک

- راست تار
- مارپیچ تاری
- الیاف مجعد
- الیاف پیچیده
- الیاف گره خورده

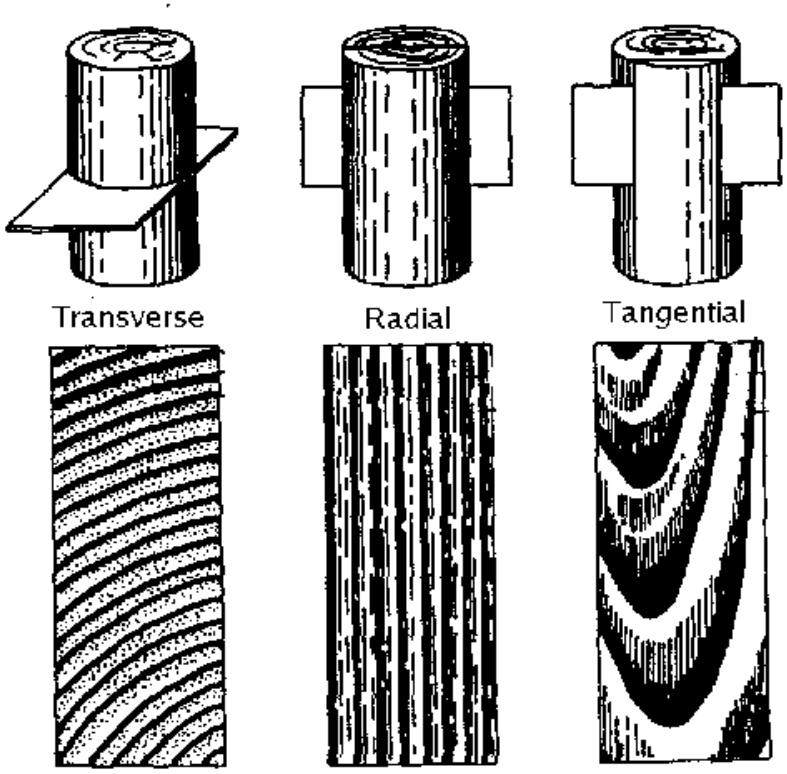
چوب مماسی

- اگر گرده بینه مماس بر دوایر سالیانه برش بخورد تخته حاصل تخته مماسی نام دارد.
- تخته مماسی در هنگام خشک شدن کمتر مساعد چین خوردگی هستند
- واکشیدگی و همکشیدگی در ضخامت آن کم است.
- برش مماسی راحتتر و ارزانتر است
- اگر در یک گرده بینه گردگسیختگی و حفرات رزینی وجود داشته باشد در تخته های کمتری تکرار میشود.
- نقوش سطوح مماسی بازارپسندتر است



چوب شعاعی

- اگر گرده بینه در امتداد شعاع دوایر سالیانه برش بخورد تخته حاصل تخته شعاعی نام دارد.
- عیوب خشک شدن و برخاستن الیاف زیاد نیست
- نفوذپذیری سطح شعاعی کم است
- واکشیدگی و همکشیدگی در پهنا کم است.
- پرداخت سطح شعاعی بهتر است
- نقوش سطوح شعاعی معین است



رطوبت

- میزان رطوبت چوب بر حسب وزن آب موجود در چوب که بصورت وزن خشک آن تعریف میشود.
- در درختان سرپا میزان رطوبت از ۳۰ تا بیش از ۲۰۰ درصد وزن ماده خشک است.
- وزن، همکشیدگی، مقاومت و سایر خواص چوب با میزان رطوبت آن مرتبط است.
- آب موجود در بافتهای چوب در بالاتر از نقطه اشباع الیاف تاثیری بر مقاومتها و خواص الاستیک آن ندارد.
- در سوزنی برگان میزان رطوبت برون چوب معمولا بیشتر از میزان رطوبت درون چوب است.
- در پهن برگان میزان رطوبت برون چوب و درون چوب به نوع گونه چوبی بستگی دارد.

$$M.C.- = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰$$

- OD Weight=Green Weight/(1+(Percent MC/100)

رطوبت

- **رطوبت چوبهایی که در قسمت بیرون ساختمان کار گذاشته میشود بین ۱۰ تا ۱۲ درصد متغییر است.**
- **رطوبت چوب در مبلمان و قسمتهای درونی ساختمان حدود ۶ تا ۷ درصد است.**
- **رطوبت چوبهای اسکله و بدنه کشتی ممکن است تا ۱۰۰ درصد هم برسد.**

جدول ۳-۲ – تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت نسبی هوا بر میزان درصد رطوبت چوب

ردیف	رطوبت نسبی هوا	دمای محیط درجه سلیوس					
		۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵
۱	۹۰	۲۱/۱	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۰/۸	۲۰/۰	۱۹/۸
۲	۸۵	۱۸/۱	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۷/۹	۱۷/۵	۱۷/۱
۳	۸۰	۱۶/۲	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۵/۸	۱۵/۵	۱۵/۱
۴	۷۵	۱۴/۷	۱۴/۵	۱۴/۳	۱۴/۰	۱۳/۸	۱۳/۵
۵	۷۰	۱۳/۲	۱۳/۱	۱۳/۰	۱۲/۸	۱۲/۴	۱۲/۱
۶	۶۵	۱۲/۰	۱۲/۰	۱۱/۸	۱۱/۵	۱۱/۲	۱۱/۰
۷	۶۰	۱۱/۰	۱۰/۹	۱۰/۸	۱۰/۵	۱۰/۳	۱۰/۰
۸	۵۵	۱۰/۱	۱۰/۰	۹/۸	۹/۷	۹/۴	۹/۱
۹	۵۰	۹/۴	۹/۲	۹/۰	۸/۹	۸/۶	۸/۴
۱۰	۴۵	۸/۶	۸/۴	۸/۳	۸/۱	۷/۹	۷/۵
۱۱	۴۰	۷/۸	۷/۷	۷/۵	۷/۳	۷/۰	۶/۶
۱۲	۳۵	۷/۰	۶/۸	۶/۷	۶/۴	۶/۲	۵/۸
۱۳	۳۰	۶/۲	۶/۱	۵/۹	۵/۶	۵/۳	۵
۱۴	۲۵	۵/۴	۵/۳	۵/۰	۴/۸	۴/۵	۴/۲

رطوبت

- یک نمونه چوب تر سکویا که دارای وزن کل ۹۷۰ گرم میباشد، بعد از خشک شدن در کوره وزن آن به ۳۹۰ گرم میرسد، رطوبت نمونه چوبی در حالتی که ۹۷۰ گرم باشد را محاسبه کنید.
- MC=((970-390)/390)*100=149%

- اگر یک نمونه چوبی مشابه با نمونه قبلی را به طور جزیی خشک کنیم تا اینکه وزن آن به ۵۴۰ گرم برسد، درصد رطوبت آن بعد از خشک شدن جزیی چه مقدار است.
- MC=((540-390)/390)*100=38%

$$M.C.\text{-} = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰$$

رطوبت

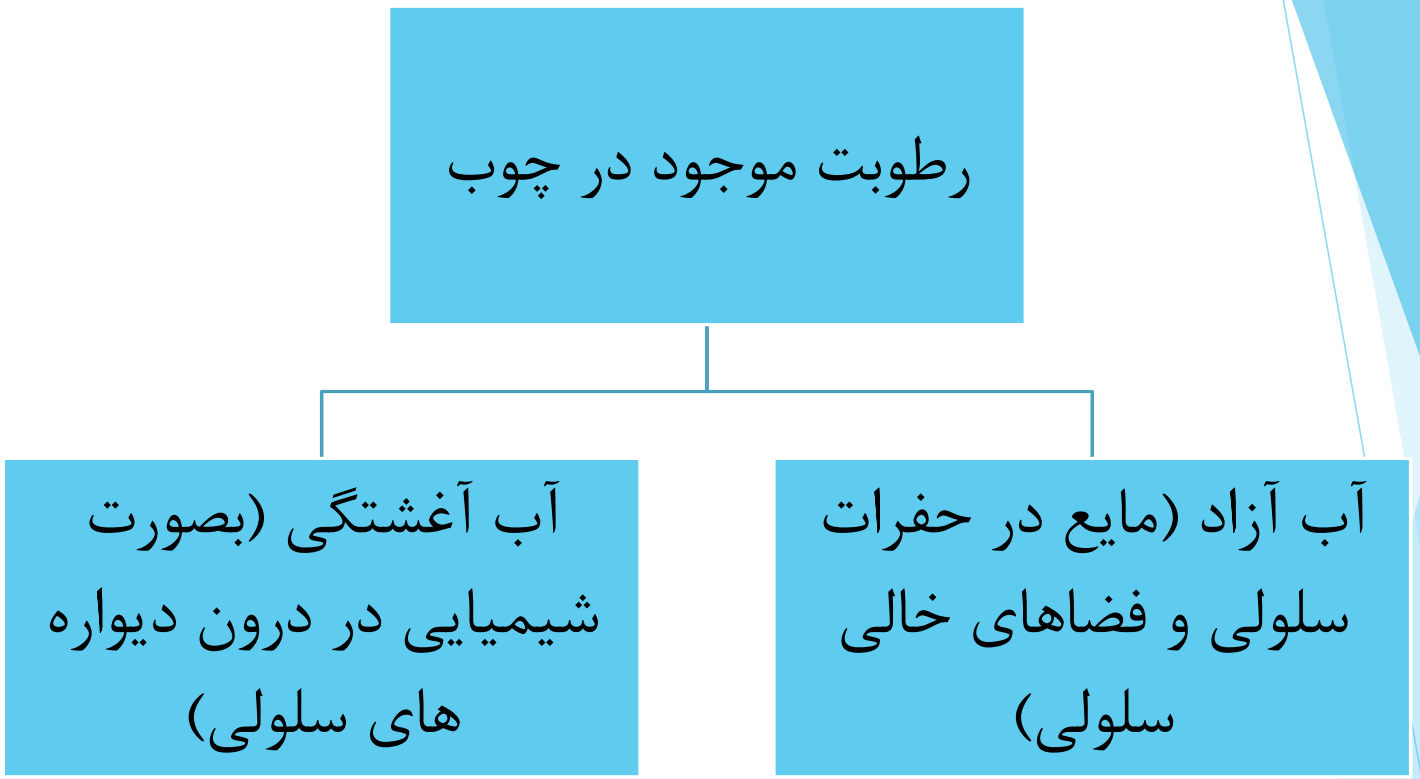
- حالتی را بررسی کنید که یک واگن حاوی ۱۶۵ متر مکعب الوار دارای وزن تر ۷۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب بار کشتی شده است. هزینه حمل و نقل بار کشتی به ازای هر کیلوگرم ۱۰۰۰ تومان است. متوسط رطوبت الوار در حالت تر، ۶۰ درصد برآورد شده است. اگر درصد رطوبت الوار خشک شده قبل از بارگیری، ۱۵ درصد باشد، چه مقدار در هزینه مربوط به حمل و نقل کشتی صرفه جویی خواهد شد؟

- OD weight per m^3=730 kg m^{-3}/1.6=456 kg
- Weight at 15% MC per m^3=456 kg *1.15=524 kg
- Weight saving per m^3=730 kg - 524 kg=206 kg
- Total weight savings= 165 m^3 * 204 kg m^{-3} = 33900 kg
- Saving in shipping cost = 33900 kg * 1000 T= 33900000 T

Table 3–3. Average moisture content of green wood, by species

Species	Moisture content[a] (%)	
	Heartwood	Sapwood
Hardwoods		
Alder, red	—	97
Apple	81	74
Ash, black	95	—
Ash, green	—	58
Ash, white	46	44
Aspen	95	113
Basswood, American	81	133
Beech, American	55	72
Birch, paper	89	72
Birch, sweet	75	70

Species	Moisture content[a] (%)	
	Heartwood	Sapwood
Softwoods		
Baldcypress	121	171
Cedar, eastern red	33	—
Cedar, incense	40	213
Cedar, Port-Orford	50	98
Cedar, western red	58	249
Cedar, yellow	32	166
Douglas-fir, coast type	37	115
Fir, balsam	88	173
Fir, grand	91	136
Fir, noble	34	115


رطوبت موجود در چوب
آب آزاد (مایع در حفرات سلولی و فضاهای خالی سلولی)
آب آغشتگی (بصورت شیمیایی در درون دیواره های سلولی)

رطوبت

- **زمانیکه حفره های سلولی چوب خالی از آب باشد و فقط آب در دیواره سلولها وجود داشته باشد به مقدار رطوبت چوب در این حد رطوبت نقطه اشباع الیاف گویند که بر حسب گونه چوبی از ۲۵ تا ۳۲ درصد متغیر است.**
- **چوب سبز: چوبی که رطوبت آن در حدود نقطه اشباع الیاف باشد را اصلاحات چوب تر یا سبز گویند.**
- **خشک شدن چوب به منزله کاهش رطوبت چوب است که به صورت تدریجی از سطح به طرف داخل چوب میباشد، در واقع در جهت ضخامت چوب تغییرات رطوبت (گرادیان رطوبتی) وجود دارد.**
- **طی زمان خشک کردن چوب، بخشهای بیرونی یک تخته میتواند رطوبت کمتری از اشباع الیاف داشته باشد، در حالیکه بخشهای درونی آن کماکان رطوبتی بیشتر از نقطه اشباع الیاف دارند.**

رطوبت

- **در برخی از سلولهای چوبی این امکان وجود دارد که حفراتشان خالی و دیواره هایشان تاحدودی خشک شود، در حالیکه در بخش دیگری از همان قطعه چوب ممکن است که دیوارهای سلولی اشباع از آب و حفرات سلولی نیز کاملا مملو از آب باشد.**
- **حتی ممکن است قبل از اینکه آب حفرات سلولی بطور کامل شروع به خشک شدن کند دیواره خشک شود.**
- **نقطه اشباع الیاف به عنوان میزان رطوبتی است که در کمتر از آن میزان ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی چوب بر اثر میزان رطوبت شروع به تغییر میکند.**

- جرم ویژه شاخصی عمده در تعیین حداکثر رطوبت است.
- باکاهش حجم حفره سلولی، جرم ویژه افزایش می یابد. بنابراین رطوبت حداکثر چوب با افزایش جرم ویژه کاهش می یابد.
- زیرا فضای خالی کمتری برای حضور آب آزاد در دسترس خواهد بود.
- رابطه بین رطوبت حداکثر و جرم ویژه بصورت زیر است

$$M_{max}=100(1.54-G_b)/1.54G_b$$

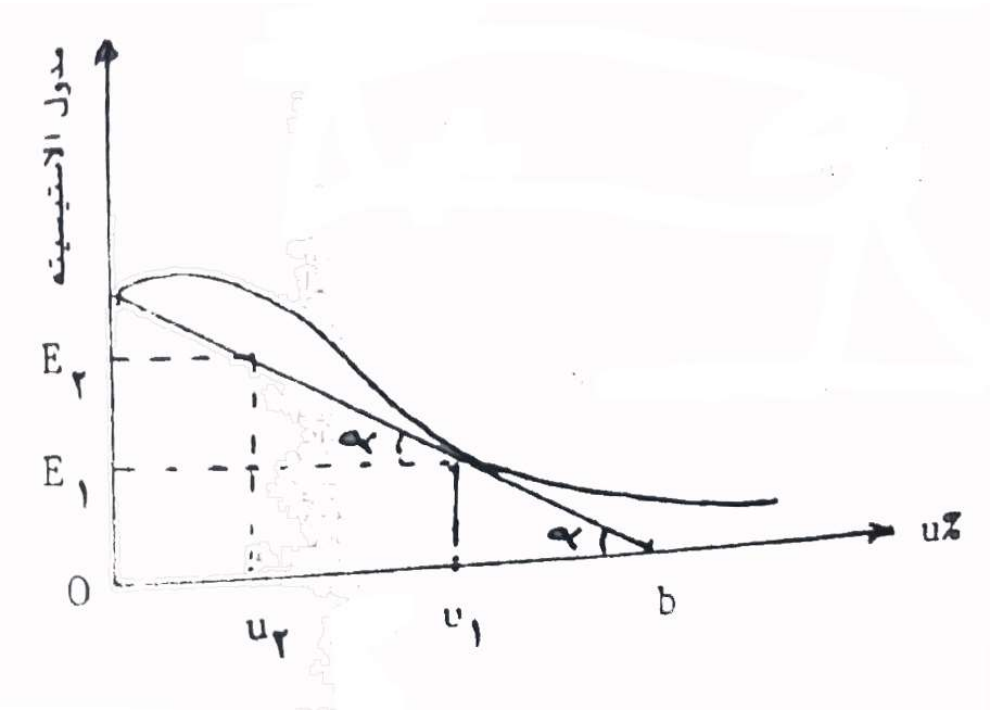
- که در آن
- G_b جرم ویژه (بر اساس جرم خشک و حجم در حالت تر)
- ۱.۵۴ جرم ویژه مواد تشکیل دهنده جدار سلول است.
- بر اساس فرمول فوق حداکثر میزان رطوبت در گونه ای به جرم ویژه ۰/۳، ۲۶۸ درصد و در گونه ای با جرم ویژه ۰/۹، ۴۶ درصد است.
- این مقدار حداکثر رطوبت به ندرت در درخت اتفاق می افتد.

- آب موجود در بافتهای چوب در بالاتر از نقطه اشباع الیاف تاثیری بر مقاومتها و خواص الاستیک آن ندارد.
- در رطوبتهای پایین تر از نقطه اشباع الیاف واکشیدگی یا همکشیدگی اتفاق می افتد که روی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب موثر است.

تاثیر رطوبت چوب بر روی مدول الاستیسیته

- توسط برخی از پژوهشگران بررسی شد.
- در این نمودار تغییرات رطوبت بین ۸ تا ۲۲ درصد خطی فرض شد و میزان رطوبت استاندارد ۱۲ درصد در نظر گرفته شد.
- با در نظر گرفتن مقدار این محل تقاطع روی محور افقی (٪ رطوبت) خواهیم داشت:
- $E_2=E_1(b-u_2)/b-u_1$
- که در آن E2 مدول الاستیسیته در رطوبت u2
- E1 مدول الستیسیته در رطوبت u1
- b مقدار ثابت مدول الاستیسیته است

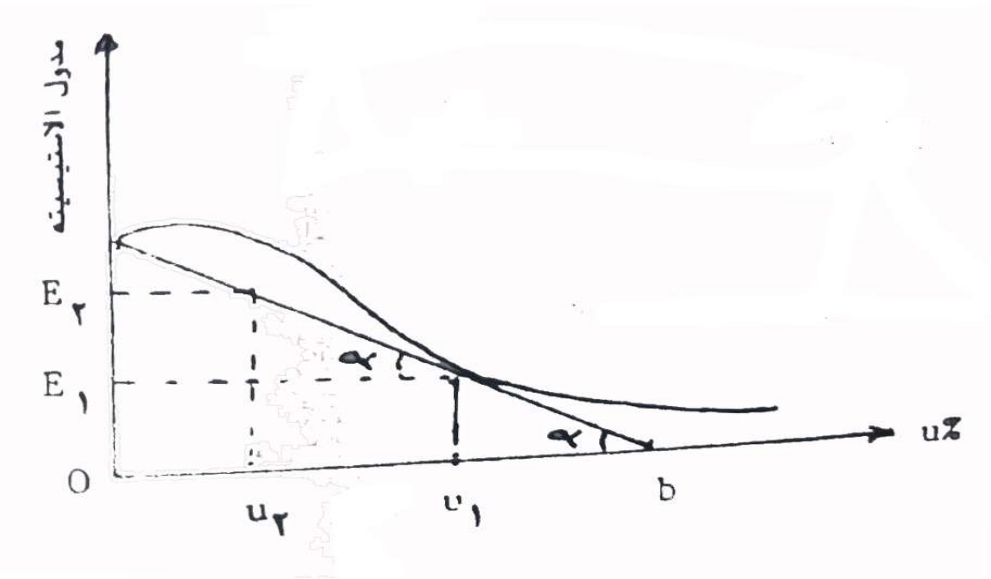
- با کاهش رطوبت چوب مدول الاستیسیته افزایش می یابد



مثال

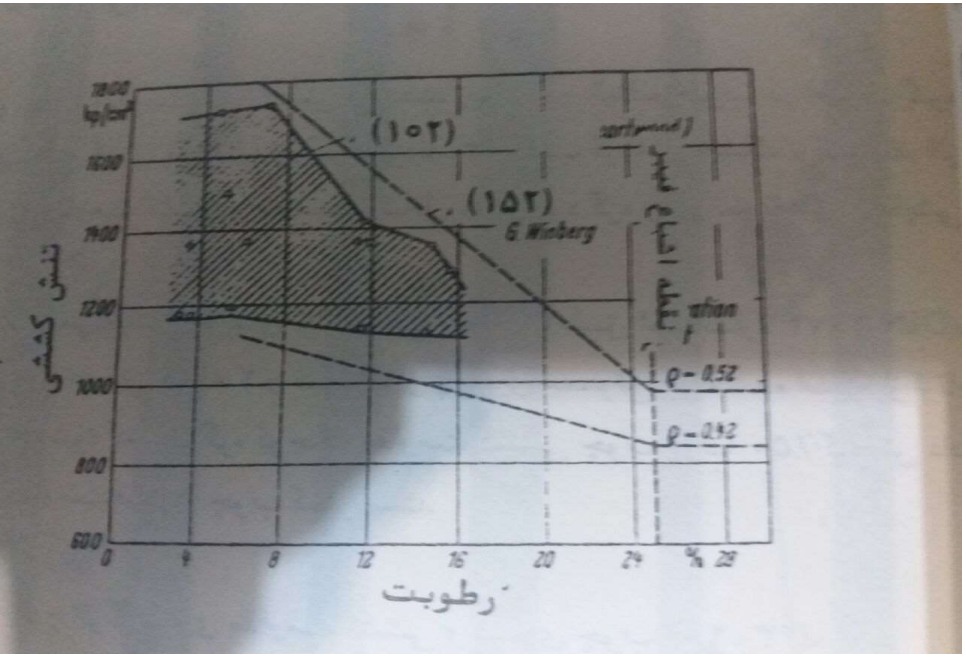
- مدول الاستیسیته چوب نوئل در ۲۰ درصد رطوبت حدود ۱۴۰۰۰۰ کیلوپاسکال بر سانتی متر مربع اندازه گیری شده است، مقدار مدول الاستیسیته همین چوب را در رطوبت ۱۲ درصد به فرض اینکه b=82 باشد را محاسبه کنید.

- $E_2=E_1(b-u_2)/b-u_1$
- $E_2=140000(82-12)/(82-20)= 158000\ Kp/cm^2$



تاثیر رطوبت چوب بر مقاومت کششی چوب در جهت الیاف

- با کاهش رطوبت چوب از نقطه اشباع الیاف، مقاومت کششی آن در جهت الیاف افزایش می یابد.
- مقاومت کششی چوب به فاکتورهایی نظیر کیفیت رویش و معایب بسیار حساس است.
- رابطه بین کاهش مقاومت کششی با افزایش رطوبت از ۱۰ درصد تا نقطه اشباع الیاف خطی است
- تحقیقات نشان داده است که به ازاء هر یک درصد افزایش رطوبت چوب ۳ درصد مقاومت کششی در جهت الیاف کاهش می یابد.
- برخی محققین نشان دادند که در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد مقاومت کششی در حداکثر میزان خود است ولی دلیل فیزیکی آن مشخص نیست



تاثیر رطوبت چوب بر مقاومت چوب تحت فشار موازی الیاف

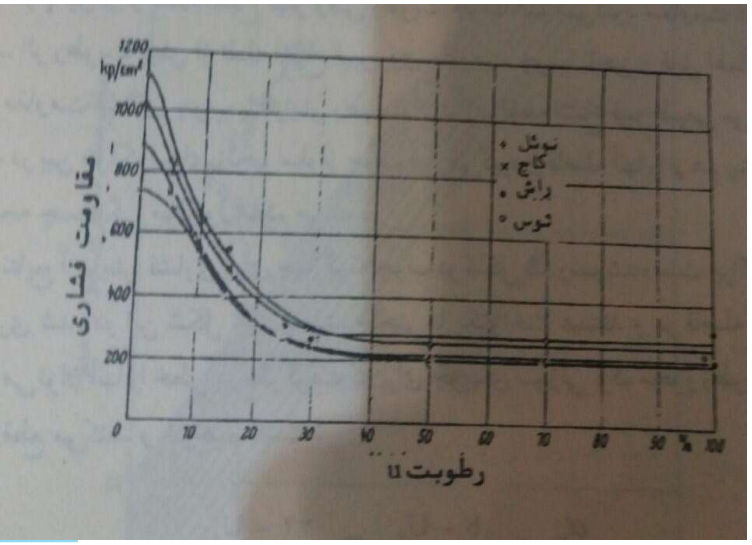
- در کمتر از نقطه اشباع الیاف با کاهش رطوبت مقاومت افزایش می یابد.
- در بالای این نقطه تاثیر آن بر روی مقاومت ناچیز و قابل اغماض است.
- در واقع کاهش مقاومت فشاری چوب با افزایش رطوبت در زیر نقطه اشباع الیاف طبیعی است، زیرا رطوبت در بین مولکول های زنجیر سلولز چوب قرار میگیرد و فاصله آنها را از هم بیشتر میکند و در نتیجه چسبندگی مولکولها کاهش می یابد.

رابطه بین رطوبت و مقاومت فشاری موازی الیاف

$$\frac{\sigma 2}{\sigma 1} = \frac{b-u2}{b-u1} = \frac{32-u2}{32-u1}$$

- $\sigma 1$: مقاومت فشاری در رطوبت u1
- $\sigma 2$: مقاومت فشاری در رطوبت u2
- B: عدد ثابت که ۳۲ درصد در نظر میگیرند.

- در امریکا برای تنظیم حداکثر مقاومت فشاری در جهت الیاف بطور متوسط به ازاء هر یک درصد تغییر رطوبت ۶ درصد تغییر مقاومت فشاری در نظر میگیرند.

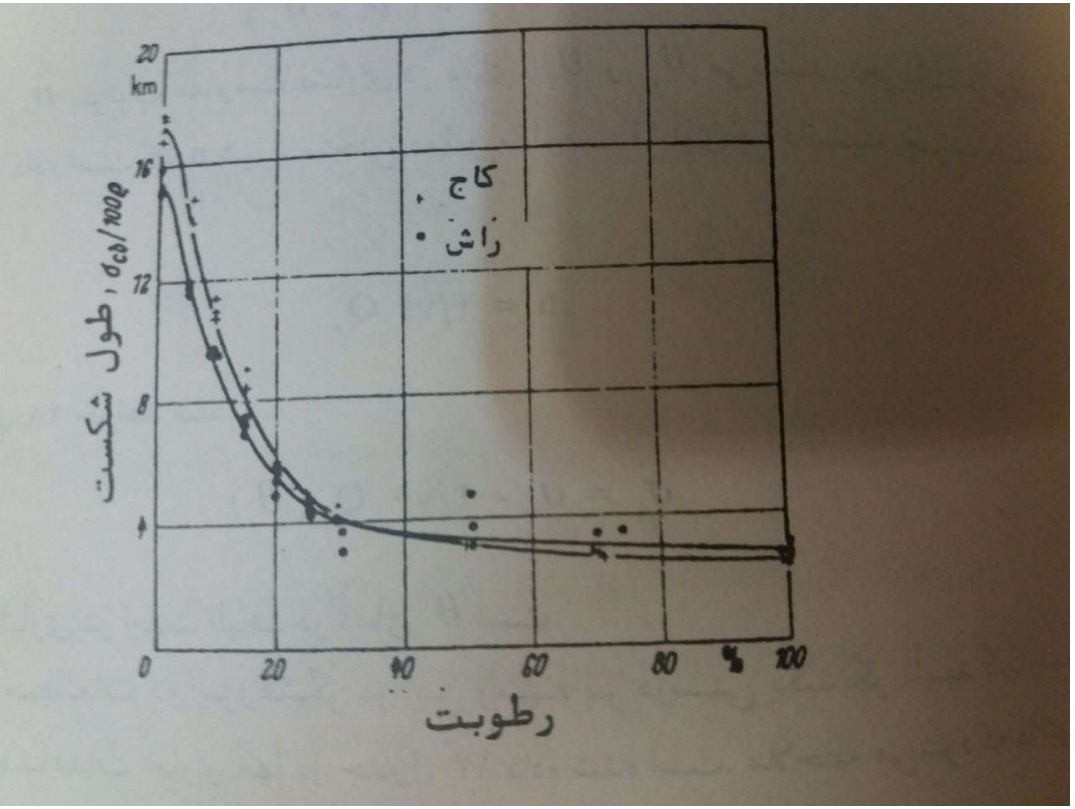


مثال

- مقاومت فشاری موازی الیاف چوب توس در ۲۰ درصد رطوبت حدود ۱۱۰۰ کیلوپاسکال بر سانتی متر مربع اندازه گیری شده است، مقدار مقاومت فشاری موازی الیاف همین چوب را در رطوبت ۱۲ درصد محاسبه کنید.

اثر رطوبت روی طول شکست فشاری (مقاومت فشاری)

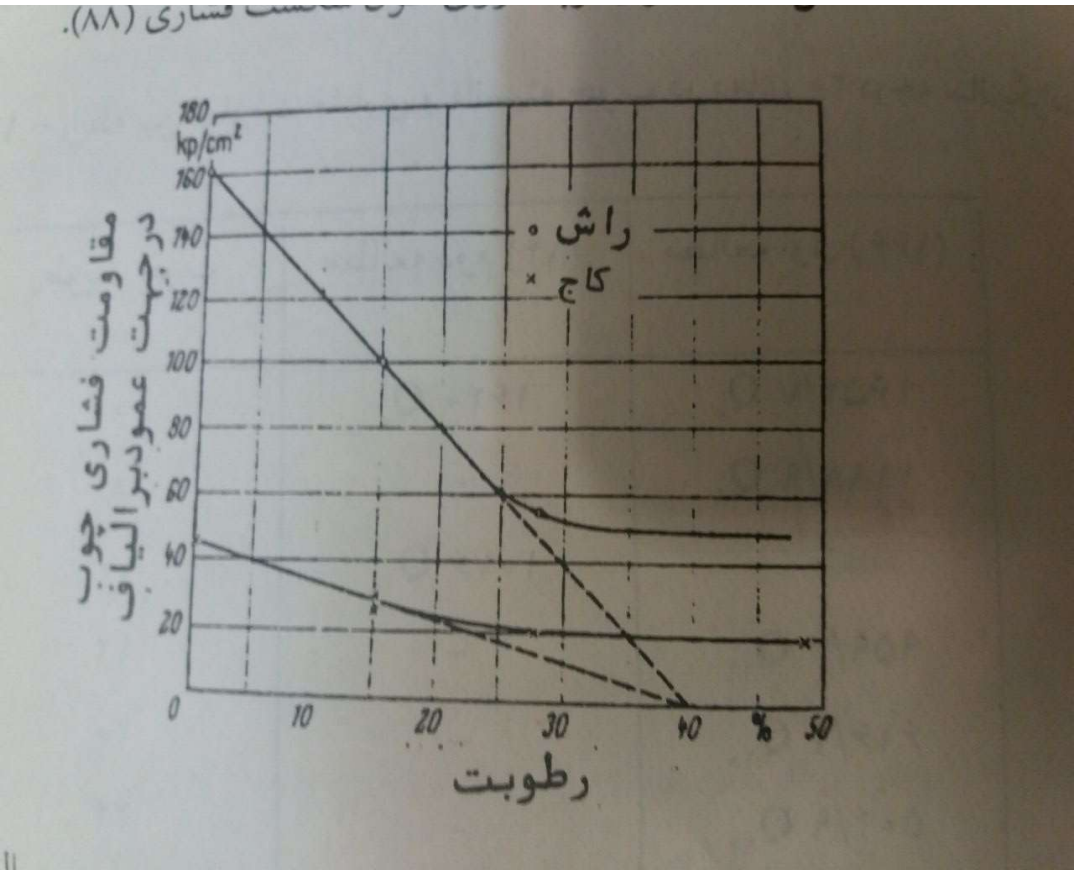
- مقدار مقاومت فشاری یا طول شکست فشاری در رطوبتهای بیش از نقطه اشباع الیاف نیز کاهش می یابد،
- زیرا دانسیته نسبی افزایش پیدا میکند.



اثر رطوبت روی مقاومت فشاری در جهت عمود بر الیاف

- برای مقاومت فشاری چوب در جهت عمود بر الیاف بجای ۳۲ درصد، ۴۰ درصد منظور شده است.

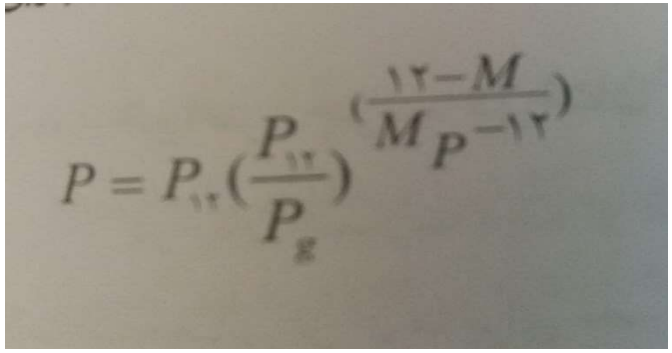
$$\frac{\sigma 2}{\sigma 1} = \frac{b-u2}{b-u1} = \frac{32-u2}{32-u1}$$



مثال

- مقاومت فشاری در جهت عمود بر الیاف چوب توس در ۲۰ درصد رطوبت حدود ۱۱۰۰ کیلوپاسکال بر سانتی متر مربع اندازه گیری شده است، مقدار مقاومت فشاری در جهت عمود بر الیاف همین چوب را در رطوبت ۱۲ درصد محاسبه کنید.

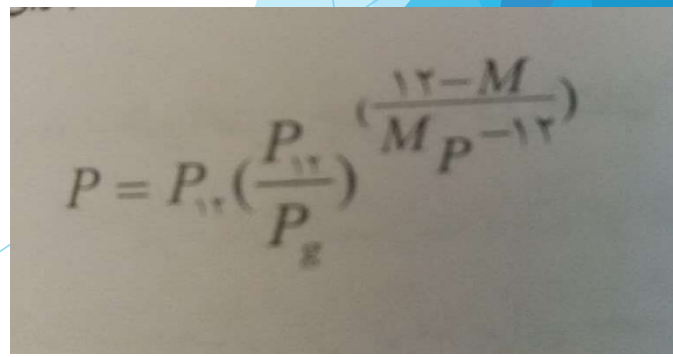
ارتباط بین رطوبت و خواص چوب در دمای ۲۱ درجه سانتی گراد



- که P مقاومت در رطوبت M%
- P_{12} مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد (از روی جداول استخراج میشود)
- P_g مقاومت چوب تر (از روی جداول استخراج میشود)
- M_p مقدار رطوبت تقاطع که برای برخی گونه ها از روی جدول و برای سایر گونه ۲۵ در نظر میگیرند.
- رطوبت تقاطع نقطه ای است که در آن تغییر خواص مکانیکی چوب همراه با خشک شدنش از حالت تر، آغاز میگردد.
- کار حداکثر، مقاومت به شوک (خمش آنی)، و کشش عمود بر الیاف از این رابطه پیروی نمیکند

مثال

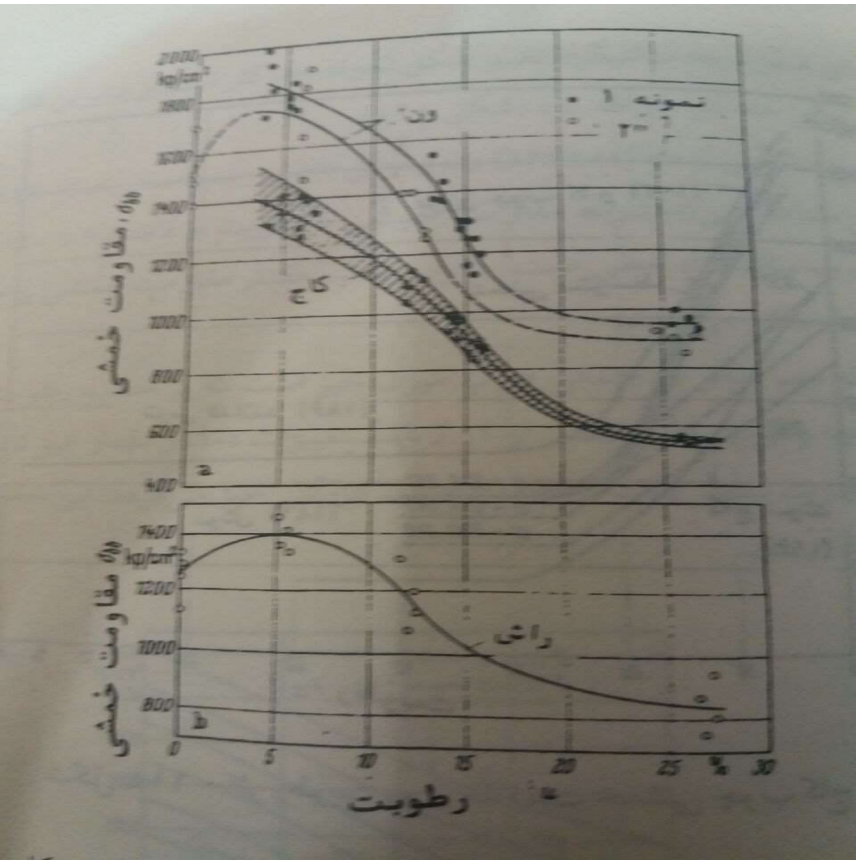
- مدول گسیختگی نوئل سیتکا را در ۸ درصد رطوبت به فرض اینکه مقاومت تر آن ۳۴۰۰۰ کیلو پاسکال و مقاومت در رطوبت ۱۲ درصد ۶۵۰۰۰ کیلو پاسکال و مقدار رطوبت تقاطع آن ۲۷ درصد باشد را محاسبه کنید.
- $P_8=65000(65000/34000)^{(12-8/27-12)}=65000(1.91176)^{0.266}=77228Kpa$



تاثیر رطوبت بر مقاومت خمشی

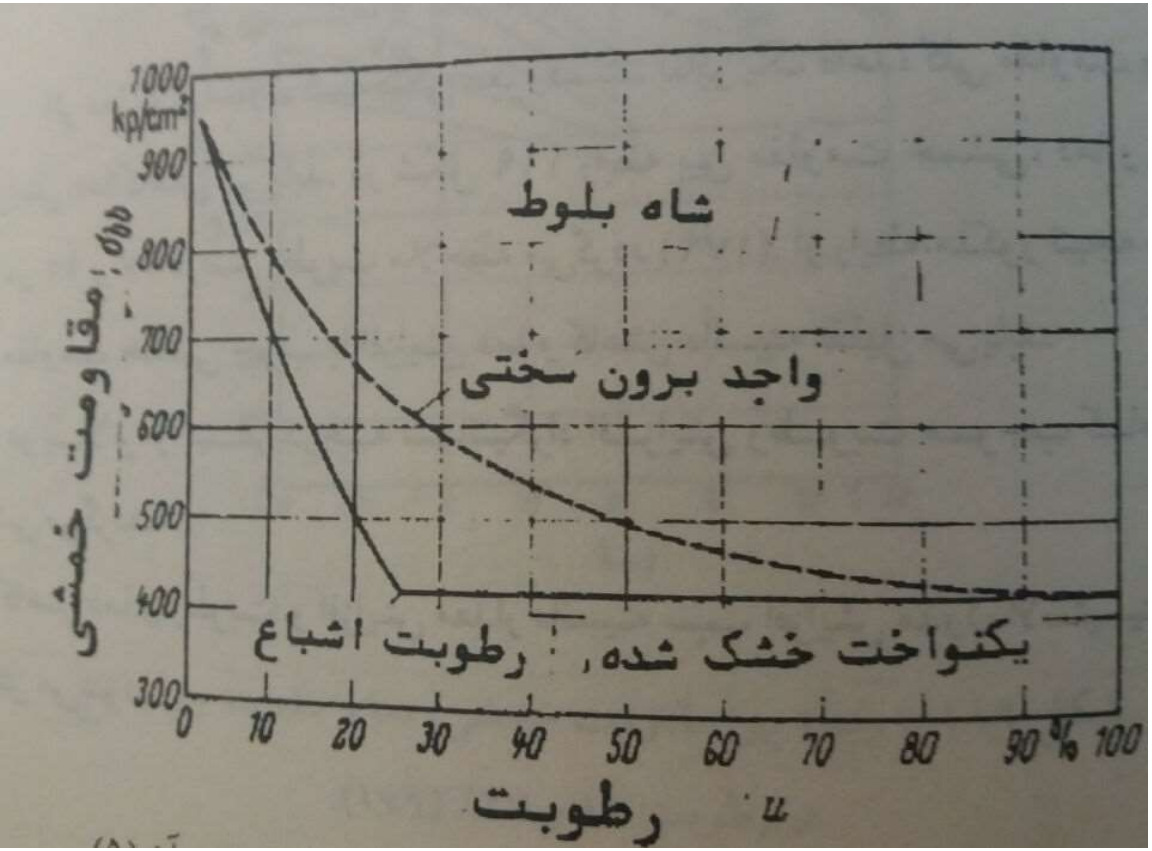
$$\frac{\sigma 2}{\sigma 1} = \frac{b-u2}{b-u1}$$

- b مقدار ثابت است
- برای ون ۳۵، برای راش ۴۵ و بطور متوسط ۴۲ در نظر گرفته میشود.



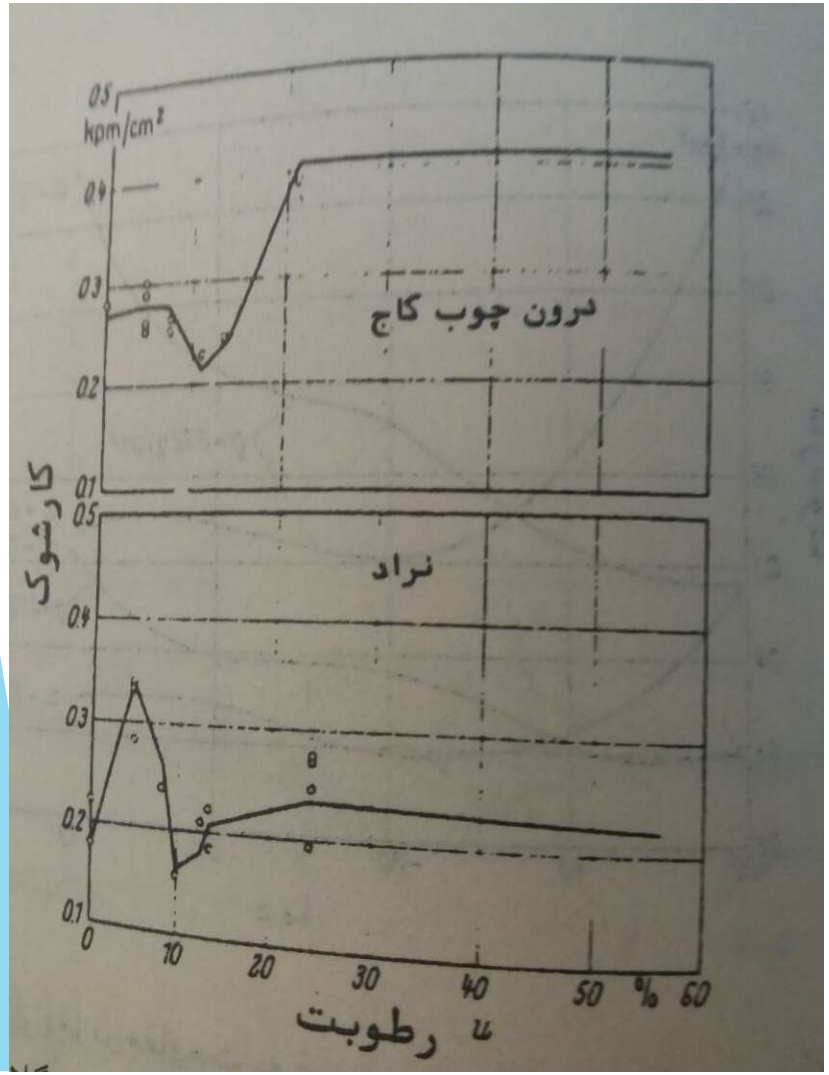
اثر برون سختی روی مقاومت خمشی

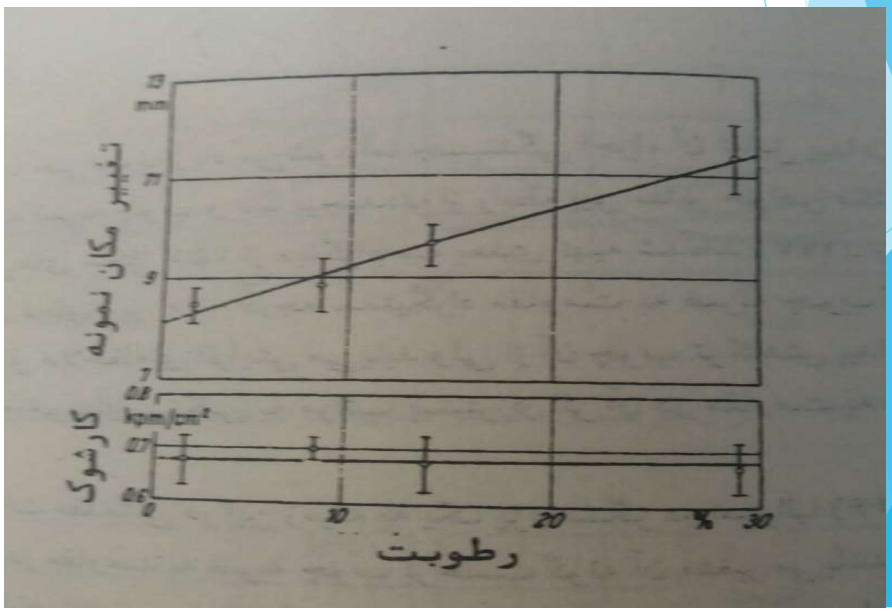
- برون سختی مقاومت خمشی چوب را افزایش میدهد
- بدلیل اینکه چوب قسمتهای سطحی در این پدیده رطوبت کمتری داشته و محکمتر است

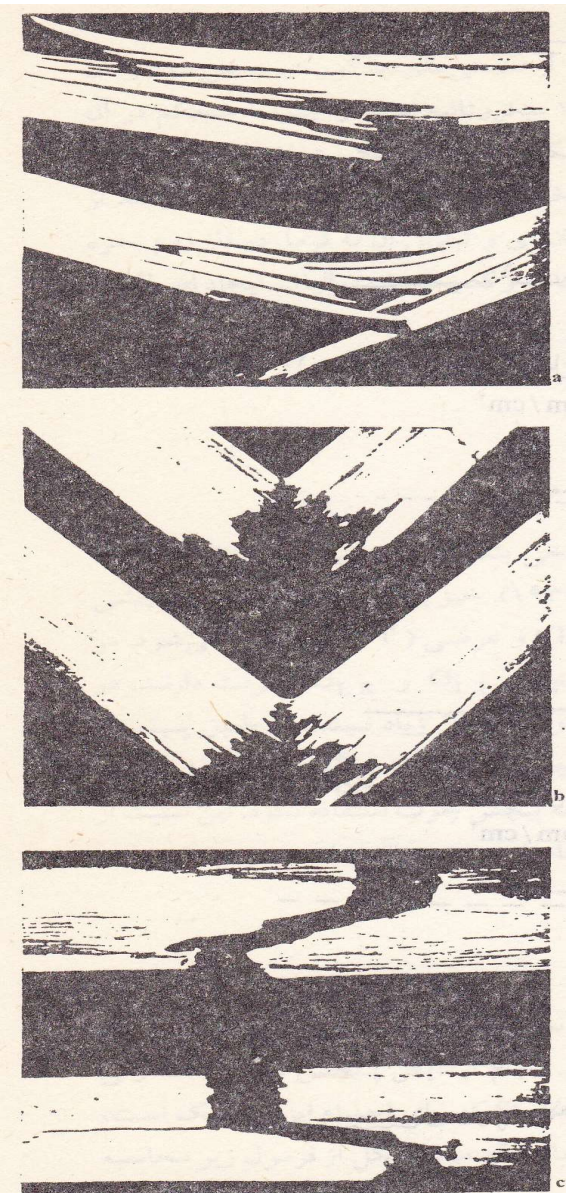


تاثیر رطوبت بر مقاومت به ضربه (شوک)

- با خشک شدن چوب مقاومتهای چوب بجز مقاومت به شوک افزایش می یابد
- چوب خشک انعطاف پذیری چوب تر را ندارد.
- نتایج تحقیقات نشان میدهد که اساسا مقاومت به ضربه چوب مستقل از رطوبت آن می باشد ولی باید در نظر داشت که با افزایش رطوبت خیز نمونه بیشتر میشود

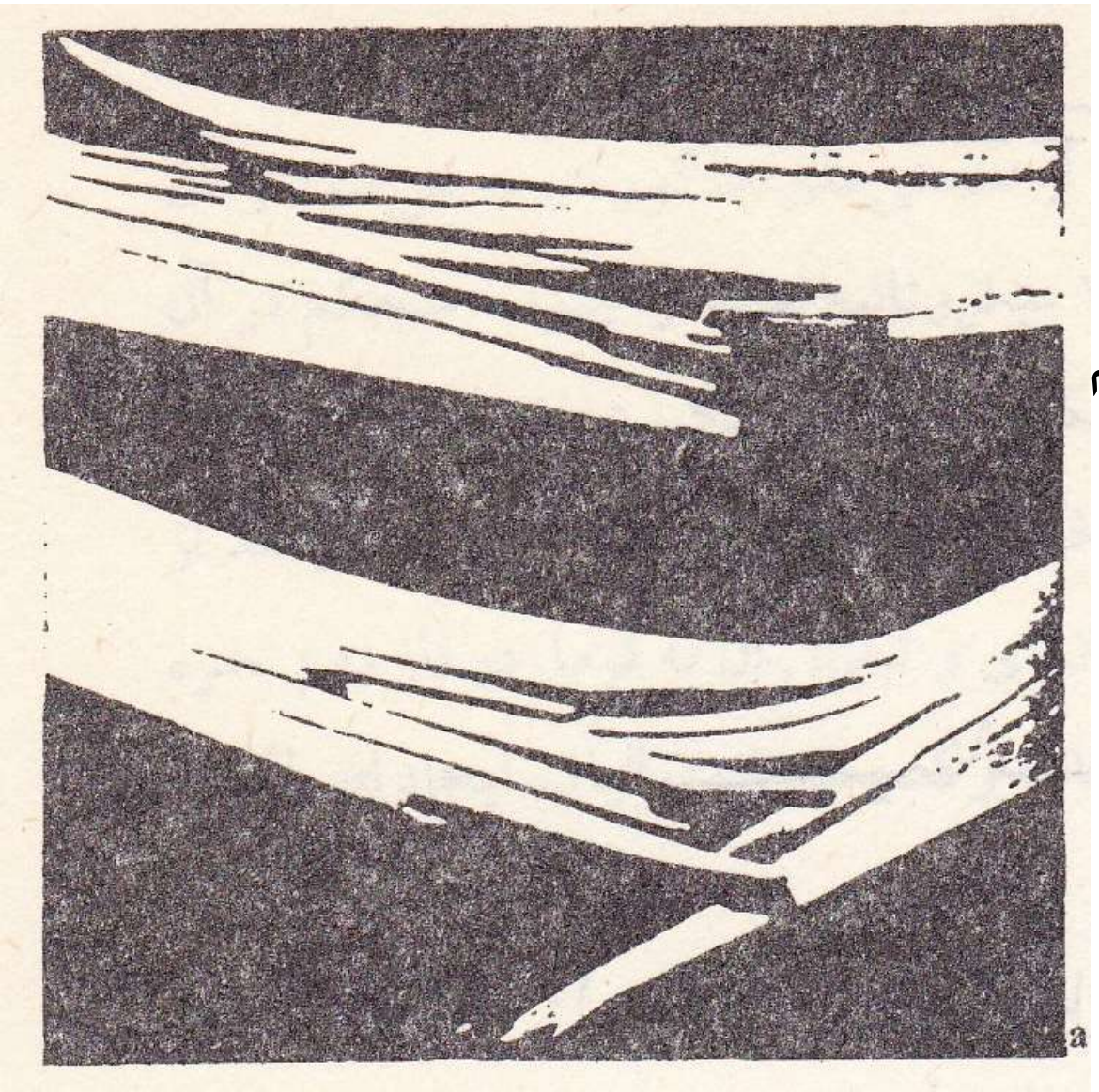






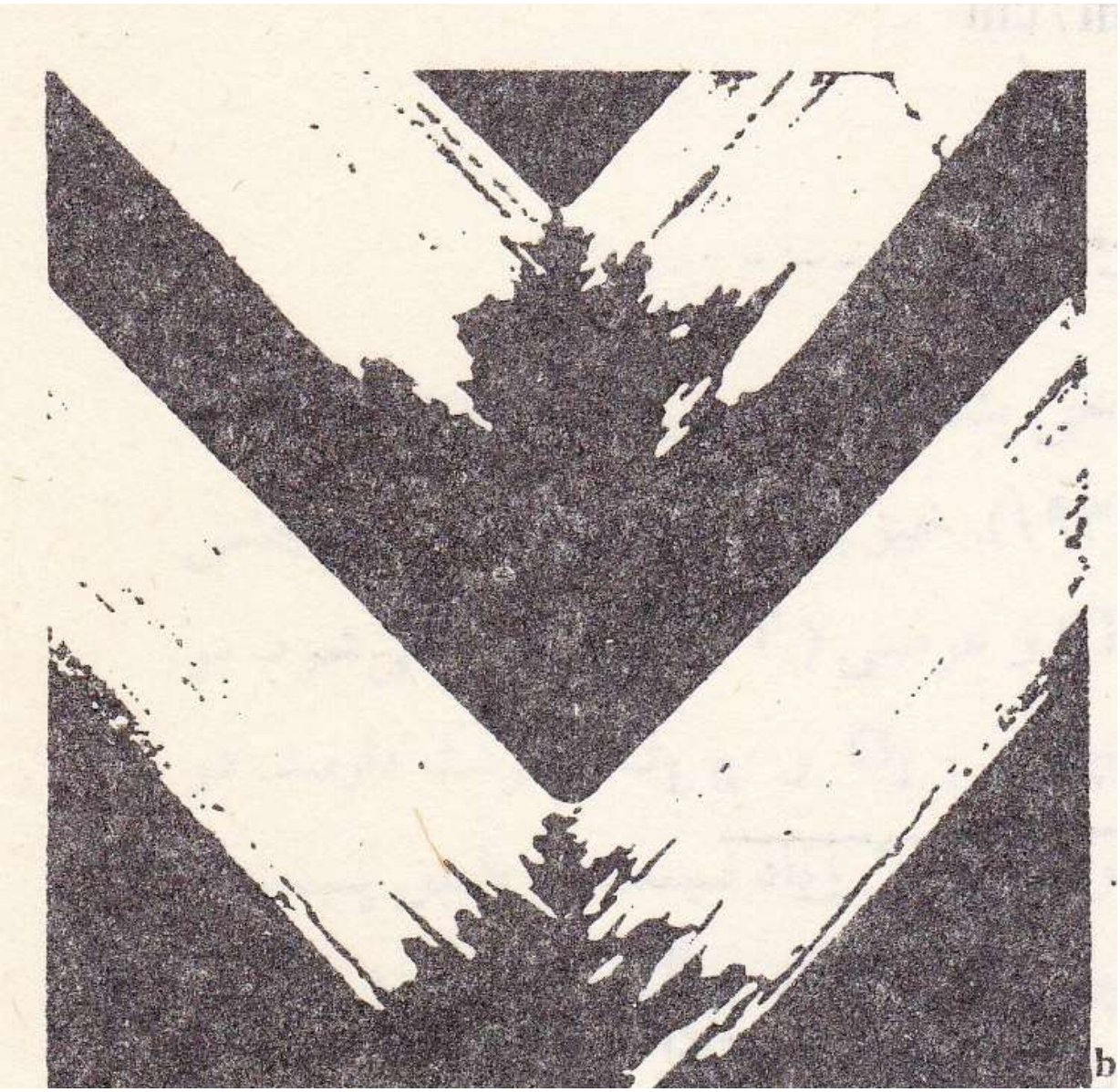
نوع و پدیده شکست نمونه در آزمایش ضربه

- الف: چوب شکننده
- ب) چوب با مقاومت به ضربه متوسط
- ج) چوب مقاوم به ضربه



چوب مقاوم به ضربه

- این شکست دارای
- شکاف طویل
- دارای رگه های گسیخته از هم
- در سمت فشاری نمونه یک لایه فیبر سالم

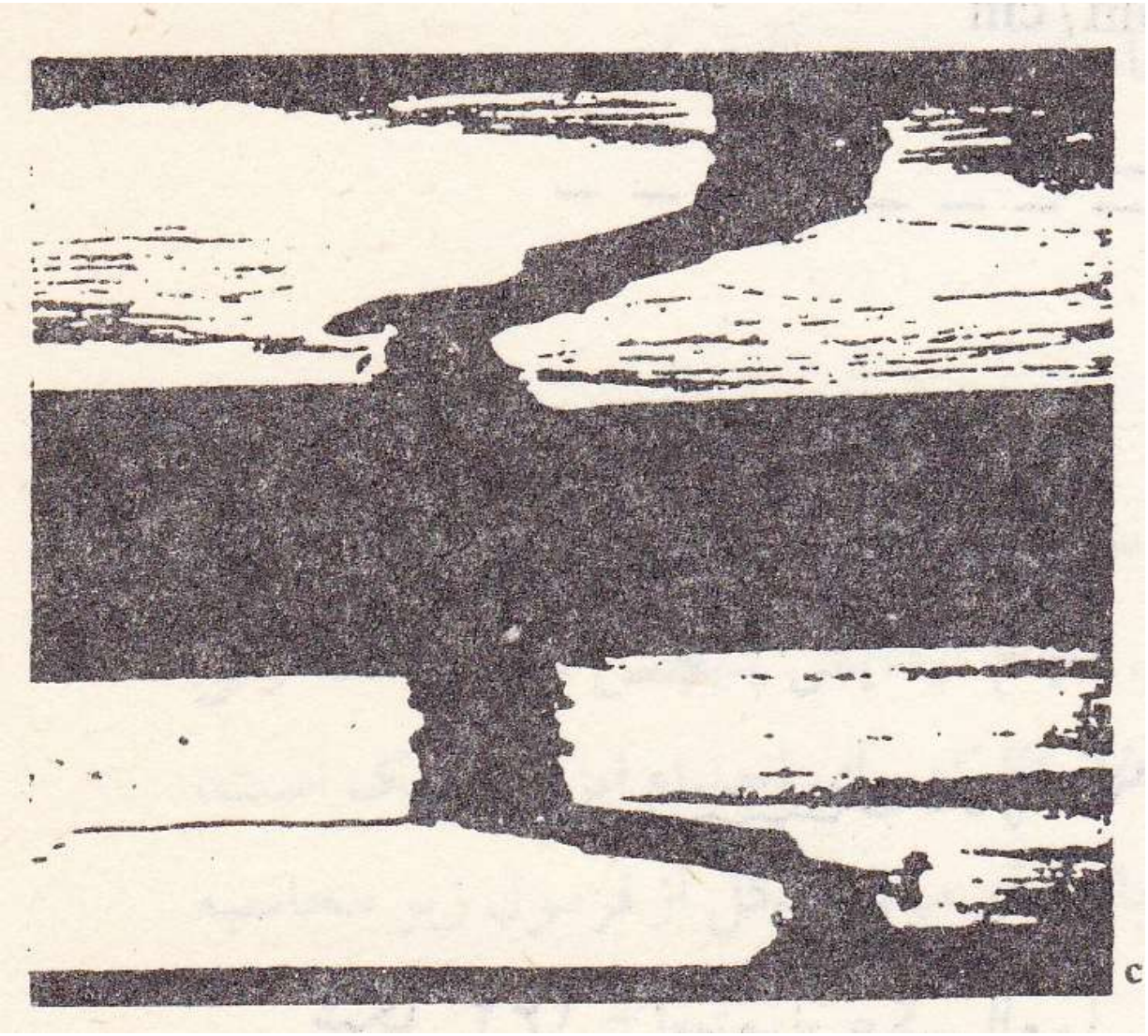


چوب با مقاومت به ضربه متوسط

- این شکست بصورت
- مقطع شکست فیبرهای ریزی دارد
- در سمت کشش طول بیشتری دارد

چوب شکننده

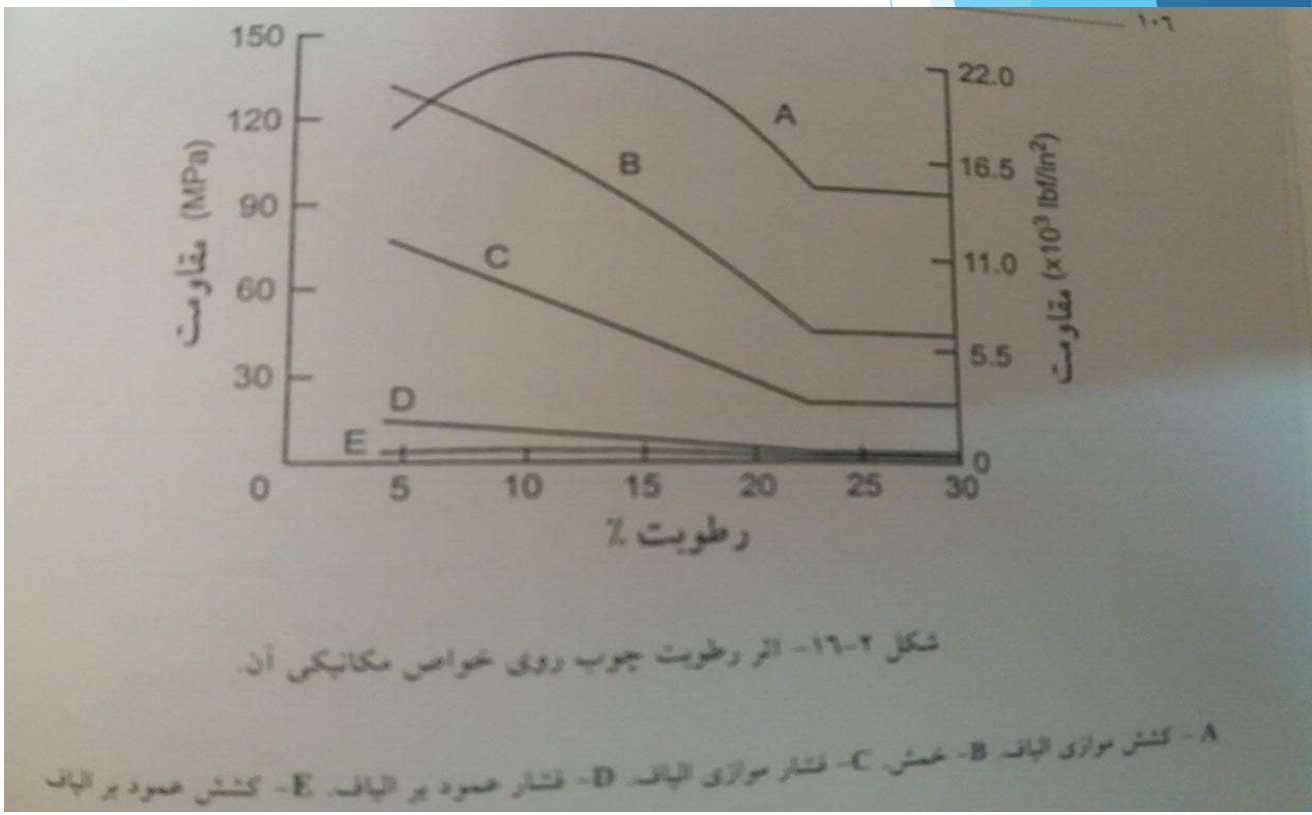
- مقطع شکست صاف است
- گاهی هم پله ای است



نکته

- در این فرمول باید در رطوبت کمتر از ۱۲ درصد احتیاط نمود زیرا در برخی گونه ها با کاهش رطوبت مقاومت افزایش می یابد ولی در برخی دیگر با بیشتر خشک شدن مقاومت کاهش پیدا میکند

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



شکل ۲-۱۶- اثر رطوبت چوب روی خواص مکانیکی آن.

A - کشش موازی الیاف. B - خمش. C - فشار موازی الیاف. D - فشار عمود بر الیاف. E - کشش عمود بر الیاف

رطوبت و خواص حداکثر چوب سالم کاج با خشک شدن از حالت تر تا ۴ درصد

خواص	رطوبتی که در آن حداکثر خواص اتفاق می‌افتد (٪)
تنش کشش حداکثر (موازی الیاف)	۱۲/۶
تنش کشش حداکثر (عمود بر الیاف)	۱۰/۲
MOE در کشش عمود بر الیاف	٤/۳
MOE در فشار موازی الیاف	٤/۳
مدول برشی G_{RT}	۱۰

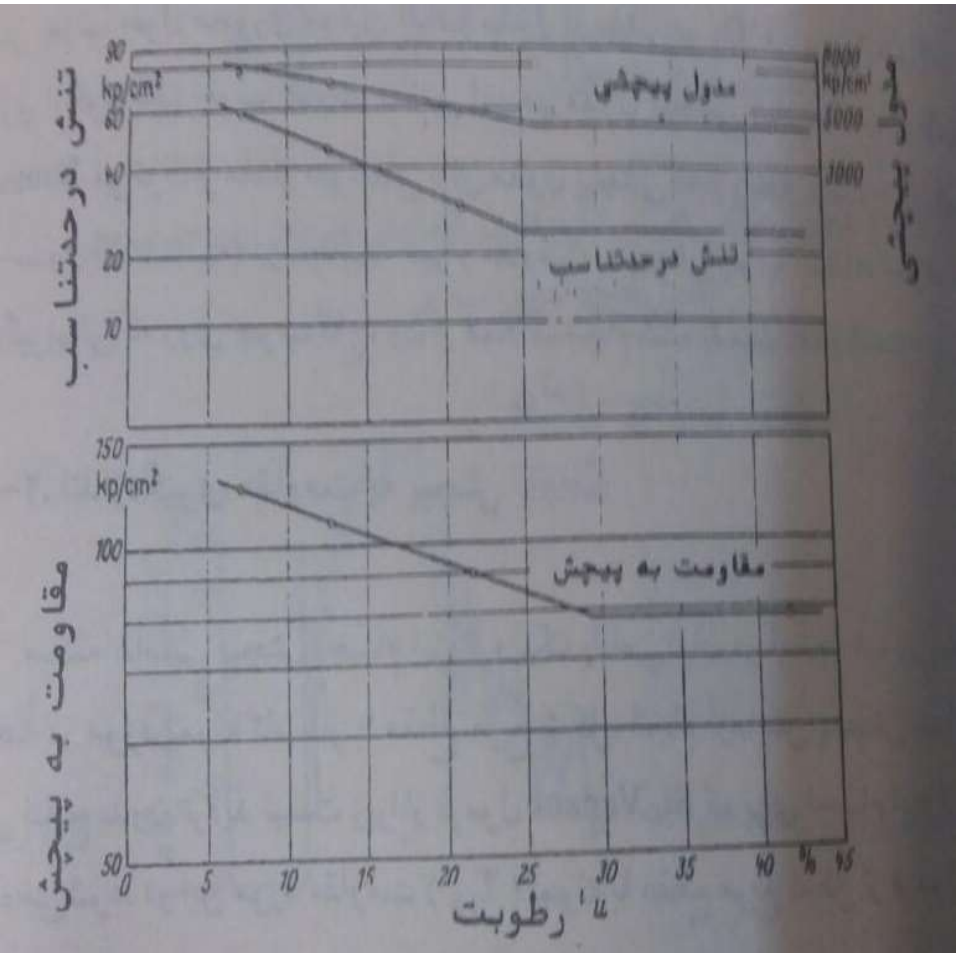
نکته

- بحث افزایش مقاومت چوب با کاهش رطوبت فقط در نمونه های سالم و کوچک مصداق دارد.
- چون در این نمونه ها مسئله تخریب یا کاهش کیفیت مطرح نیست.
- در چوبی با ضخامت بیشتر از ۵ سانتی متر که حاوی گره هم میباشد افزایش مقاومت با خشک شدن به کیفیت فیزیکی آن بستگی دارد.
- در واقع چوب آلات مرغوب (راست تار و بدون گره) به شرط اینکه درست خشک شوند همانند نمونه های سالم و کوچک با افزایش مقاومت همراه هستند.
- وجود گره بسته به تعداد و اندازه آن در چوب سبب کاهش مقاومت و یا حتی افزایش جزئی مقاومت میشود.

تاثیر رطوبت بر مقاومت به پیچش

- این مقاومت در محاسبات طراحی کمتر بحث میشود.

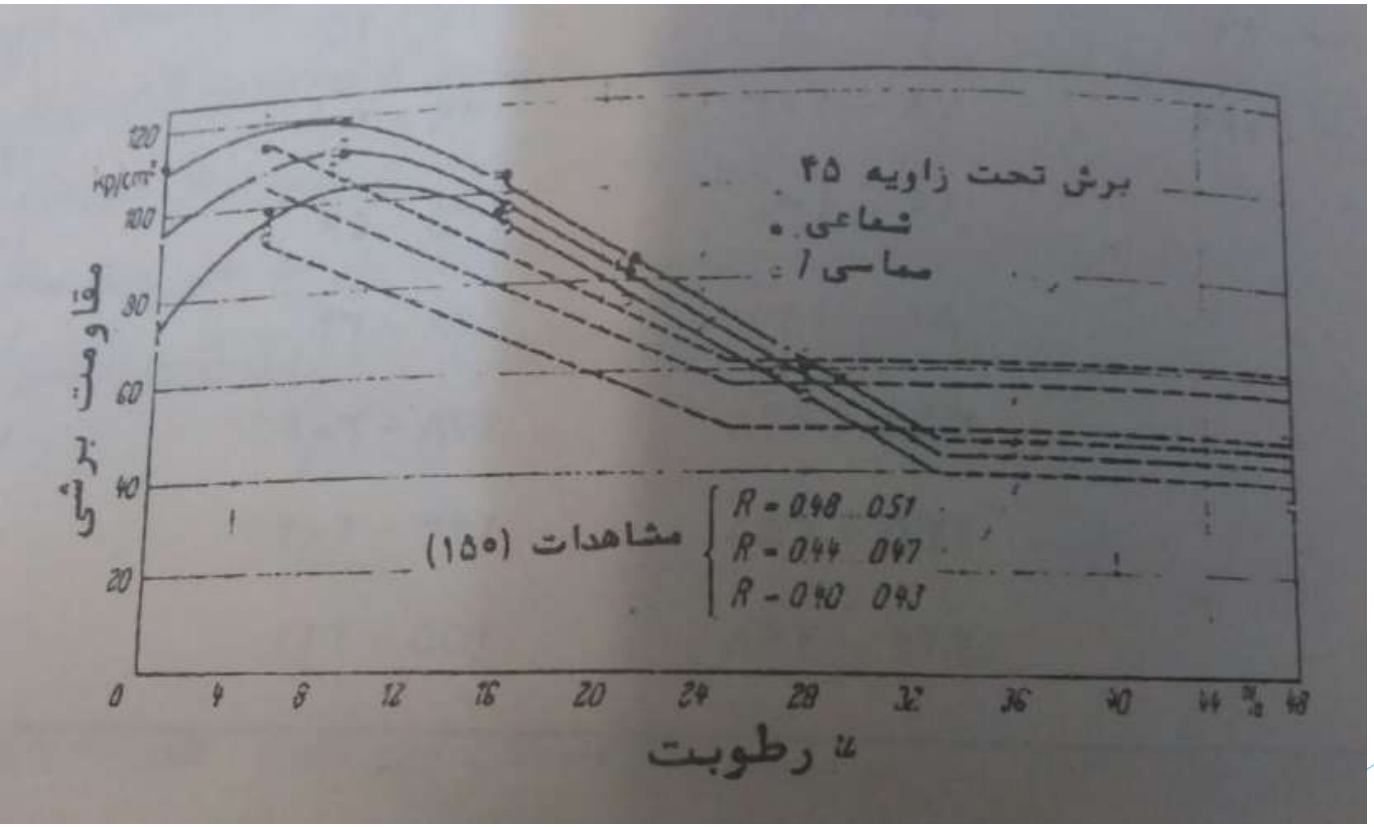
- $T_{tb} = 4.8m_t/a^3$
  - m_t لنگر پیچشی kp-cm
  - a اندازه ضلع مقطع نمونه cm



گونه	دانسیته Q g / cm³	رطوبت ٪	مقاومت به پیچش		خیز در مرحله شکست cm	
			پیچش حول محور طولی	پیچش طول محور عرضی	محور طولی نمونه موازی الیاف	محور طولی نمونه عمود بر الیاف
سوزنی برگ :						
نوئل	۰/۳۵ - ۰/۴۲	۱۱/۹	۸۷ - ۱۰۱	۳۲ - ۳۶	۰/۹۶ - ۱/۳۳	۱/۸ - ۲
نوئل	۰/۴۵	۱۲	T۱ = ۱۸۶ T۲ = ۱۸۱	۲۵	-	-
نوئل	۰/۴۷	۱۰/۸	۱۴۱ - ۱۶۲	۳۰ - ۶۲	۱/۱	۲/۳
کاج	۰/۵ - ۰/۵۵	۱۲/۲	۱۳۴ - ۱۴۰	۴۳ - ۵۰	۰/۹۵ - ۱/۸	۱/۳۷ - ۱/۴۲
درون چوب کاج	۰/۶۵	۱۰/۸	۱۶۳ - ۱۷۸	۳۹ - ۶۴	۰/۷	۱
برون چوب کاج	۰/۵۶	۱۱/۳	۱۳۵ - ۱۶۷	-	۰/۶ - ۰/۹	-
پهن برگ :			(۱)			
توس	۰/۶۷	۱۲	۲۰۰	-	-	-
راش	۰/۶۶ - ۰/۶۹	۱۱/۳	۲۴۶ - ۲۵۰	۱۵۱ - ۱۵۶	۲/۶ - ۳	۲
بلوط	۰/۶۷ - ۰/۷۱	۱۱/۷	۱۹۰ - ۲۲۰	۱۱۲ - ۱۱۴	۱/۲ - ۲	۱ - ۱/۵
ون	-	۹	۱۵۸ - ۲۱۳ - ۲۵۰	-	۱/۵ - ۲/۵	-
ون	-	۱۲ - ۱۶/۳	۱۴۰ - ۱۸۸ - ۲۳۸	-	۱/۶ - ۳	-
ون	-	۱۲	۲۱۰ - ۲۴۵	-	-	-
ون	۰/۸۱ - ۰/۸۳	۱۱/۳	۲۵۸ - ۲۷۷	۱۵۶ - ۱۵۸	۱/۸ - ۲/۱	۱/۲ - ۱/۵
ون	۰/۶۵	۹/۵	۱۷۹ - ۲۶۲ - ۳۴۵	۱۳۶ - ۱۶۷ - ۲۰۹	۱/۳	۱/۳ - ۱/۷
گردو	۰/۶	۸/۱	۲۷۵ - ۳۰۳ - ۳۲۶	۱۳۵ - ۱۵۲ - ۱۶۲	۱ - ۱/۲	۱/۴

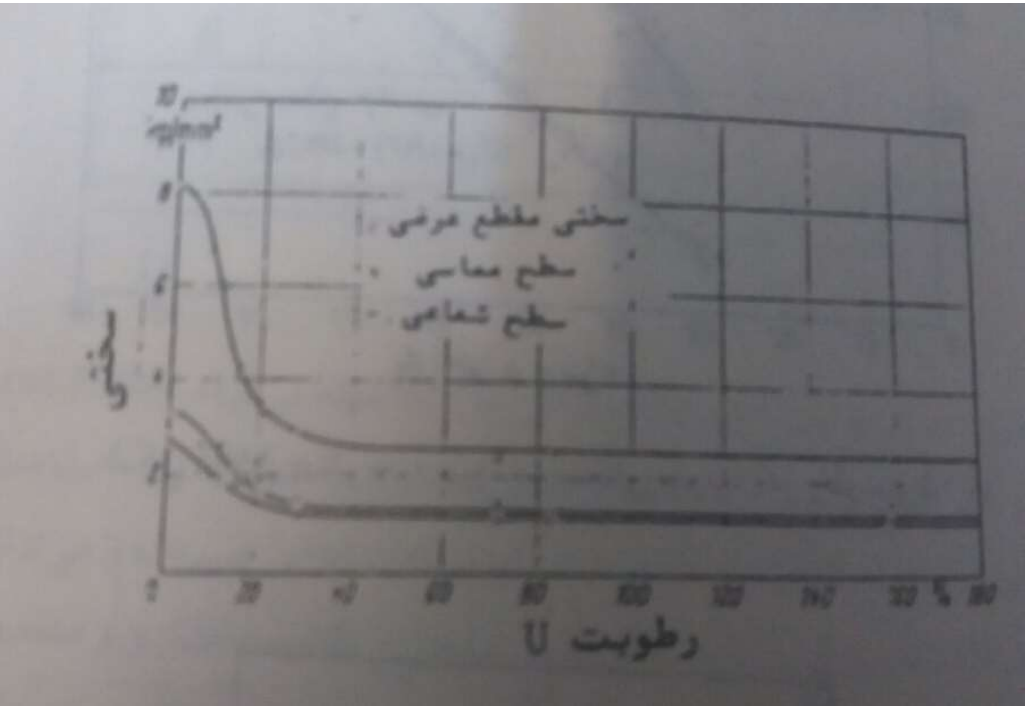
تاثیر رطوبت بر مقاومت برشی

- تاثیر رطوبت چوب بر مقاومت برشی در مقایسه با تاثیر رطوبت بر مقاومت فشاری و کششی کمتر است.
- رطوبت در مقاومت برشی در برخی جهات الیاف تاثیری ندارد.



تاثیر رطوبت بر سختی

- آزمون سختی از اعتبار چندانی برخوردار نیست
- سختی سطح مماس و شعاعی تفاوت معنی داری وجود ندارد اما سختی مقطع عرضی با سختی دو سطح شعاعی و مماسی تفاوت زیادی دارد.
- سختی عبارت است از مقاومت یک جسم ماسیو در قبال فرو رفتن جسم ماسیو دیگری در آن، تحت فشار
- سختی چوب: مقدار بار لازم برای فرو کردن کامل کره ای به قطر ۰/۴۴۴ اینچ در چوب
- ابعاد نمونه ۵*۵*۱۵ سانتیمتر



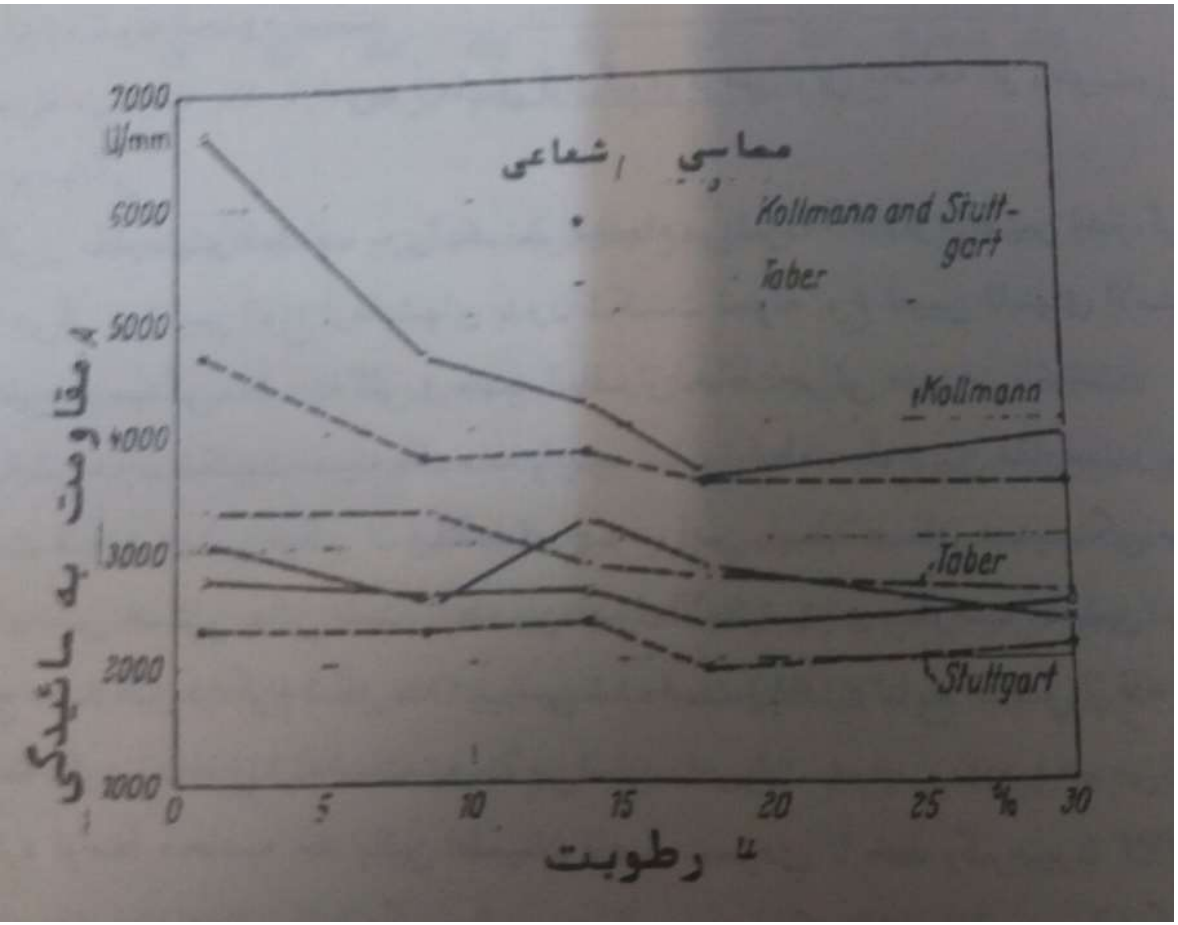
در جدول زیر سختی چند نوع چوب مختلف ارائه شده است

کیفیت سختی	Nدرجهٔ سختی	نام گونه	نوع درخت
نرم	1.5 - 3	پهن برگان	نمدار، توسکا، غان، لرگ، سپیدار، انجیر
نیمه سخت	3 - 6	پهن برگان	بلوط، راش، ون، ملچ، گردو، اقاقیا
سخت	6 - 9	پهن برگان	شمشاد، ممرز، انجیلی، زبان گنجشک
خیلی سخت	9 - 20	پهن برگان	آزوبه، آبنوس، بلوط سبز، کهور، افرا
نرم	1 - 2	سوزنی برگان	نراد، پیسه آ، کاج امریکائی، سرو
نیمه نرم	2 - 4	سوزنی برگان	کاج جنگلی، کاج دریایی، لاریکس
سخت	4 - 9	سوزنی برگان	سرخدار، ارس، رزبین

دانسیته	Nördlinger		Janka	Brinell - Mörath			chalais - meudon		
Q	گونه	طبقه‌بندی	H_J Kp / cm²	طبقه بندی	H_B	B_{B_2} Kp / mm²	طبقه بندی	سوزنی برگ	پهن برگ
۰/۵۵ - ۰/۲	بید - نمدار - سپیدار - صنوبر - کاج سفید	خیلی نرم	< ۳۵۰	خیلی نرم	۴ - ۱	۲ - ۰/۵	خیلی نرم نرم	۲ - ۱	۱/۵ - ۰/۲
۰/۶۵ - ۰/۳۵	نراد - نوئل - کاج توسکا - توس	نرم	۵۰۰ - ۳۵۰	نرم	۶ - ۲	۳ - ۱	متوسط	۴ - ۲	۳ - ۱/۵
۰/۷ - ۰/۵	گردو - گلابی - شاه بلوط - بلوط - راش	کمی سخت	۶۵۰ - ۵۰۰	متوسط	۶/۵ - ۴	۴ - ۲			
۰/۸ - ۰/۶	ون - گوجه وحشی - اوجا - اقاقیا	نسبتاً سخت	۱۰۰۰ - ۶۵۰	سخت	۱۰ - ۶	۶ - ۳	سخت	۹ - ۴	۳/۶
۰/۸۵ - ۰/۷	ممرز - سرخدار	سخت							
۰/۹۲ - ۰/۸	آل	خیلی سخت							۹ - ۶
۱/۰۵ - ۰/۹	شمشاد و پهن برگ - برگ نو - یاس بنفش	به سختی استخوان	۱۵۰۰ - ۱۰۰۰	خیلی سخت	۱۳ - ۱۰	۸ - ۵			
۱/۴۰ - ۱	آبنوس گائویاکوم *	به سختی سنگ	> ۱۵۰۰	به سختی استخوان	۲۰ - ۱۲	۱۴ - ۷	خیلی سخت	-	۲۰ - ۹

تاثیر رطوبت بر مقاومت به سائیدگی

- بدلیل طولانی بودن زمان آزمایش رابطه مشخصی بین رطوبت و این مقاومت وجود ندارد



رطوبت تعادل

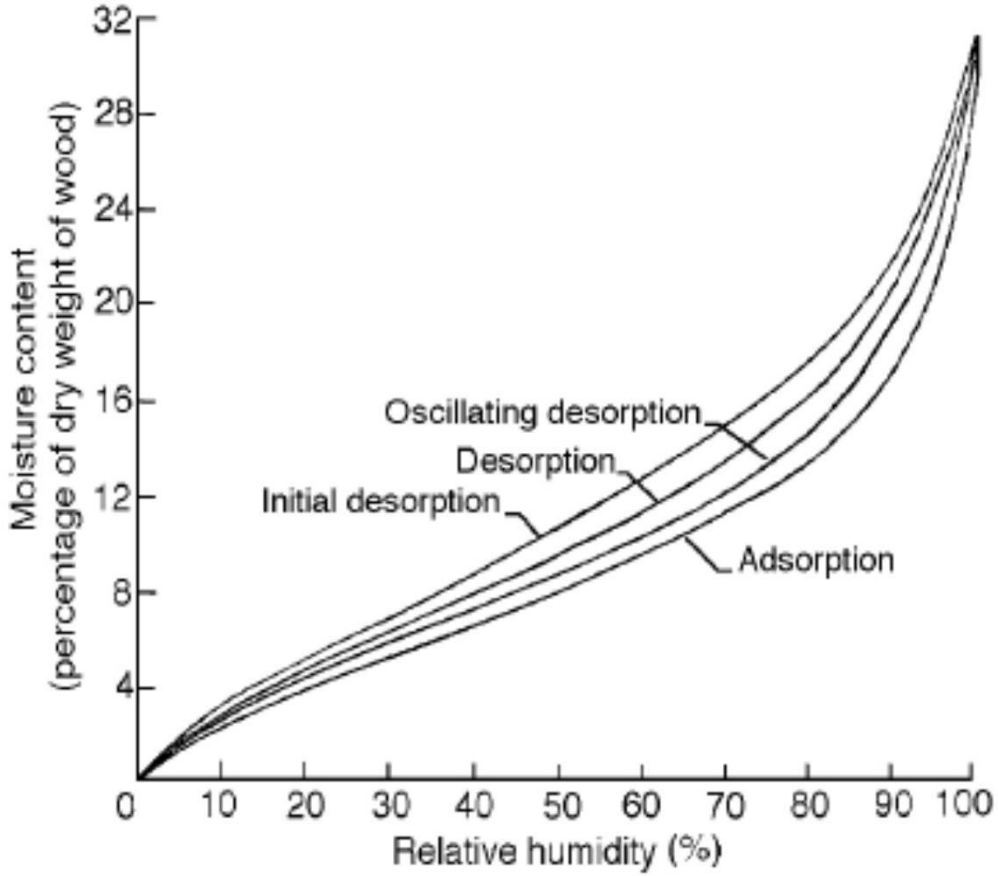
- چوب خاصیت جذب و دفع رطوبت دارد.
- در محیط خشک چوب تر رطوبت از دست میدهد و در محیط مرطوب چوب خشک رطوبت جذب میکند.
- میزان رطوبتی که در آن چوب نه رطوبت جذب میکند و نه از دست میدهد در واقع چوب به شرایط تعادل رسیده است را رطوبت تعادل گویند
- در کمتر از نقطه اشباع الیاف، رطوبت تابع رطوبت نسبی و دمای هوای محیط است.
- هدف از خشک کردن چوب این است که میزان رطوبت آن را به حدی از رطوبت برسانیم که محصول نهایی چوبی، هنگام مصرف به آن رطوبت خواهد رسید

ارتباط بین رطوبت تعادل، رطوبت نسبی و دما

Temperature (F)	Relative Humidity (%)																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
30	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.4	13.5	14.9	16.5	18.5	21.0	24.3	26.9
40	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.3	13.5	14.9	16.5	18.5	21.0	24.3	26.9
50	1.4	2.6	3.6	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.4	14.8	16.4	18.4	20.9	24.3	26.9
60	1.3	2.5	3.6	4.6	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	12.1	13.3	14.6	16.2	18.2	20.7	24.1	26.8
70	1.3	2.5	3.5	4.5	5.4	6.2	6.9	7.7	8.5	9.2	10.1	11.0	12.0	13.1	14.4	16.0	17.9	20.5	23.9	26.6
80	1.3	2.4	3.5	4.4	5.3	6.1	6.8	7.6	8.3	9.1	9.9	10.8	11.7	12.9	14.2	15.7	17.7	20.2	23.5	26.3
90	1.2	2.3	3.4	4.3	5.1	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.7	10.5	11.7	12.6	13.9	15.4	17.3	19.8	23.3	26.0
100	1.2	2.3	3.3	4.2	5.0	5.8	6.5	7.2	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.6	15.1	17.0	19.5	22.9	25.6
110	1.1	2.2	3.2	4.0	4.9	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4	9.2	10.0	11.0	12.0	13.2	14.7	16.6	19.1	22.4	25.2
120	1.1	2.1	3.0	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.5	8.2	8.9	9.7	10.6	11.7	12.9	14.4	16.2	18.6	22.0	24.7
130	1.0	2.0	2.9	3.7	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	7.9	8.7	9.4	10.3	11.3	12.5	14.0	15.8	18.2	21.5	24.2
140	0.9	1.9	2.8	3.6	4.3	5.0	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.1	10.0	11.0	12.1	13.6	15.3	17.7	21.0	23.7
150	0.9	1.8	2.6	3.4	4.1	4.8	5.5	6.1	6.7	7.4	8.1	8.8	9.7	10.6	11.8	13.1	14.9	17.2	20.4	23.1
160	0.8	1.6	2.4	3.2	3.9	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	9.3	10.3	11.4	12.7	14.4	16.7	19.9	22.5
170	0.7	1.6	2.3	3.0	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.4	8.2	9.0	9.9	11.0	12.3	14.0	16.2	19.3	21.9
180	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.1	7.8	8.6	9.5	10.5	11.8	13.5	15.7	18.7	21.3
190	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.1	6.8	7.5	8.2	9.1	10.1	11.4	13.0	15.1	18.1	20.7
200	0.5	1.1	1.7	2.4	3.0	3.5	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.7	9.7	10.9	12.5	14.6	17.5	20.0
210	0.5	1.0	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9	5.4	6.0	6.7	7.4	8.3	9.2	10.4	12.0	14.0	16.9	19.3
220	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0	5.6	6.3	7.0	7.8	8.8	9.9				
230	0.3	0.8	1.2	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.3	6.0	6.7							
240	0.3	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	3.1	3.5	4.1	4.6									
250	0.2	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9											
260	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4													
270	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4														

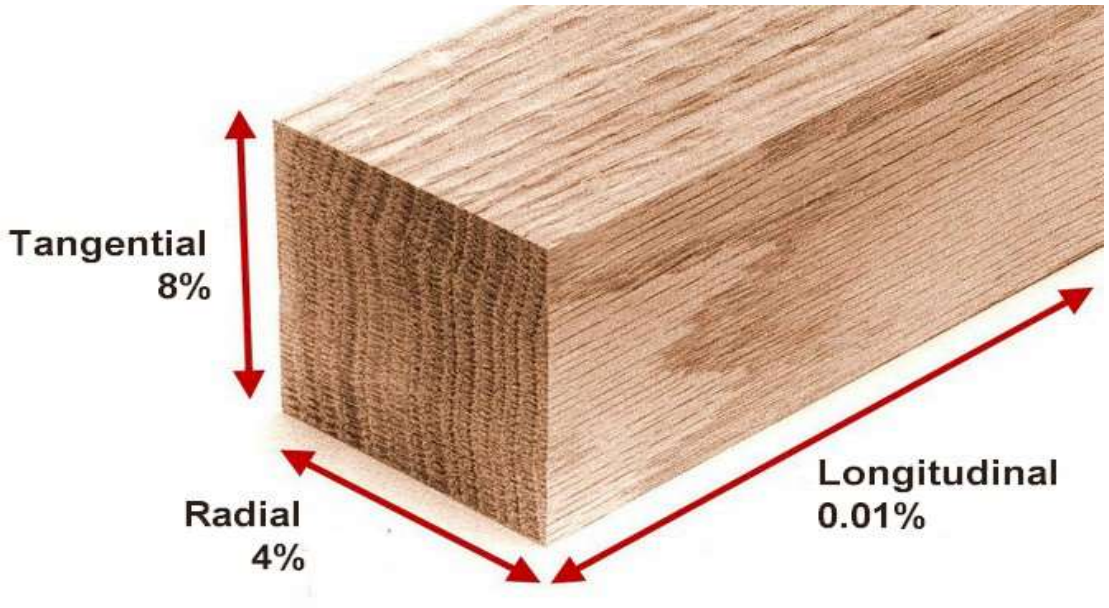
پسماند جذب (پدیده هیسترزیس)

- در یک رطوبت نسبی ثابت برای اینکه به رطوبت تعادل برسند، میزان جذب آب در یک نمونه خشک کمتر از دفع آب در یک نمونه تر است.
- نسبت جذب به دفع مقداری ثابت برابر ۸۵ درصد است.
- عمل جذب و دفع چندین بار تکرار میشود ولی دفع اولیه همواره بیشتر از دفعهای رطوبتی بعدی است.



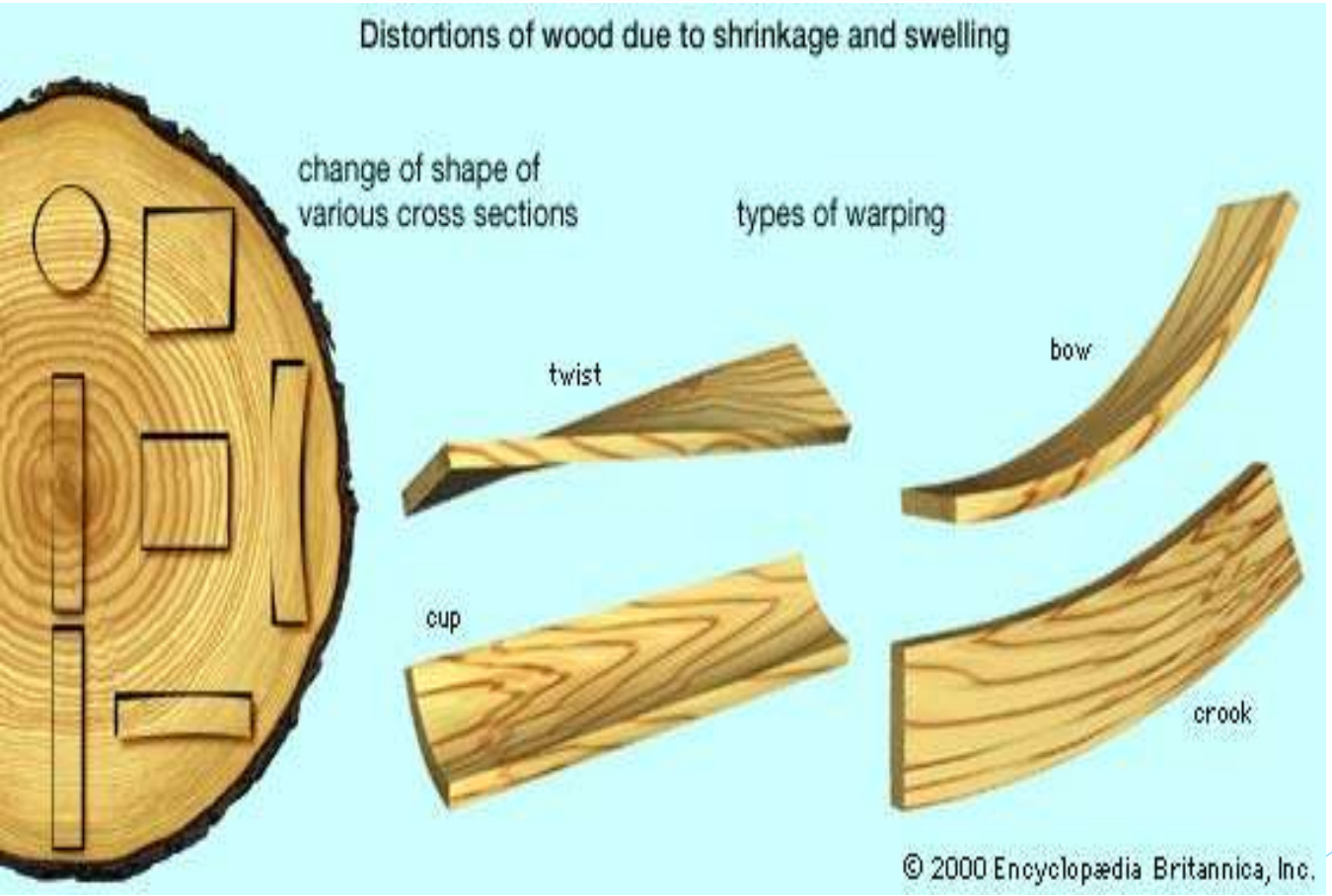
همکشیدگی و واکشیدگی

- زمانیکه رطوبت چوب بالای نقطه اشباع الیاف است دچار تغییر ابعادی نمیشود و پایدار و ثابت است
- ولی زمانیکه زیر نقطه اشباع الیاف است مبادرت به جذب و دفع رطوبت میکند و تغییر ابعاد میدهد که این تغییر ابعاد در جهات مختلف متفاوت است
- زمانیکه دیواره های سلولی رطوبت از دست میدهند همکشیده میشود
- زمانیکه دیوارها رطوبت جذب میکنند واکشیده و متورم میشود



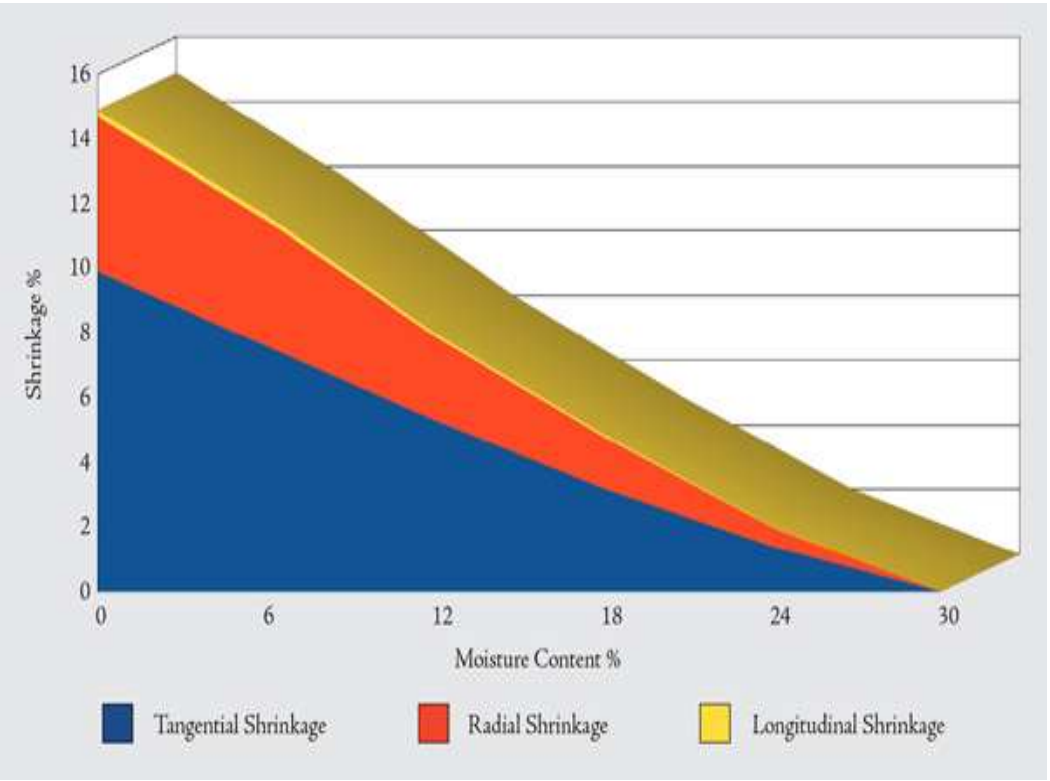
عیوب ناشی از همکشیدگی و واکشیدگی

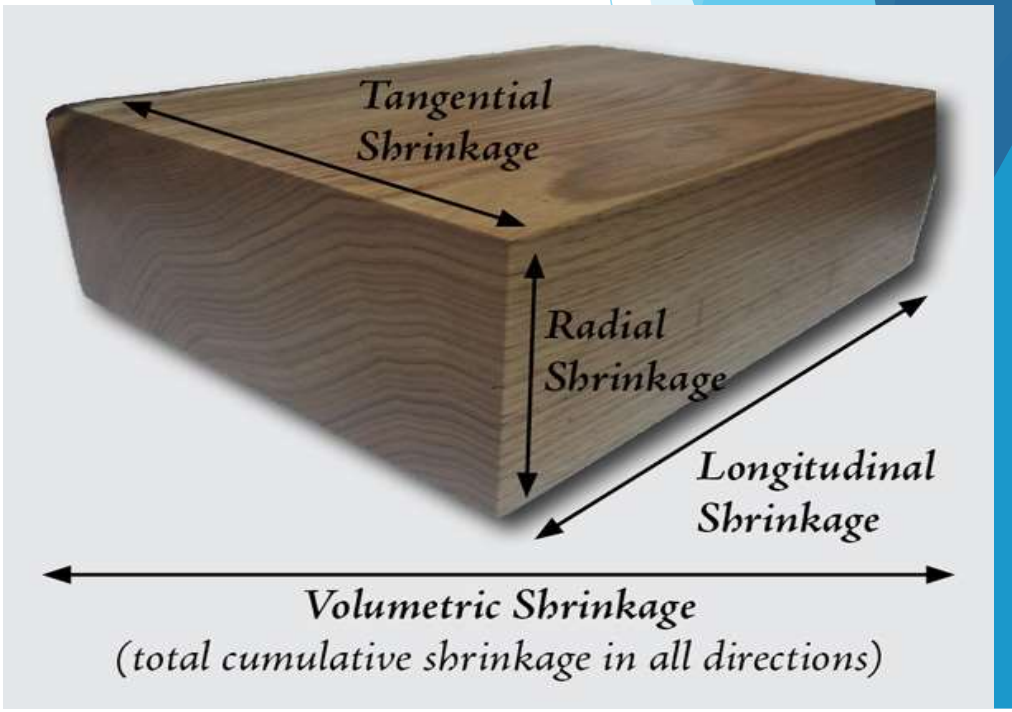
- اعوجاج
- پیچش و تابیدگی
- کمانی شدن
- ناودانی شدن
- خمیدگی، انحنا
- ترک خوردگی
- شکاف خوری
- ایجاد فاصله در کفپوشها



مقدار همکشیدگی و واکشیدگی

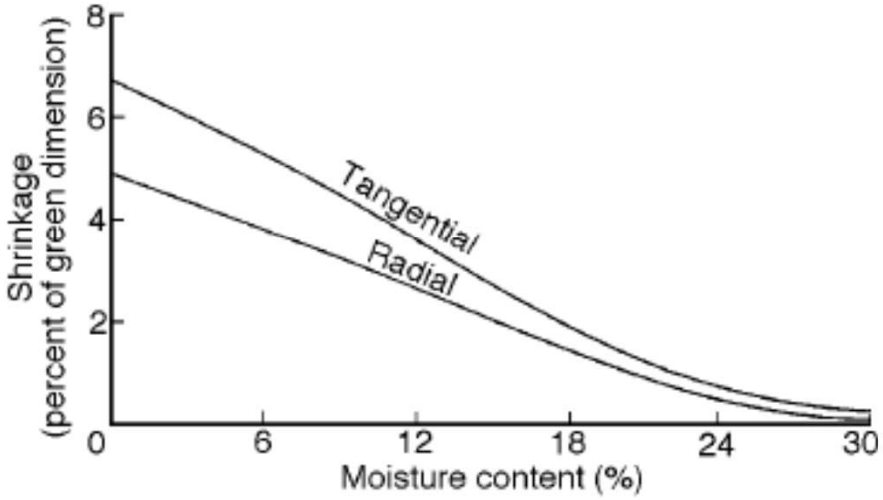
- همکشیدگی عمدتا در راستای مماسی (حلقه های رویش)، نیمی در راستای عمود بر حلقه های رویش (شعاعی) و میزان ناچیزی در امتداد الیاف (طولی) بروز میکند
- اثرات ترکیبی همکشیگی شعاعی و مماسی میتواند به از شکل افتادن و تغییر شکل چوب منجر شود

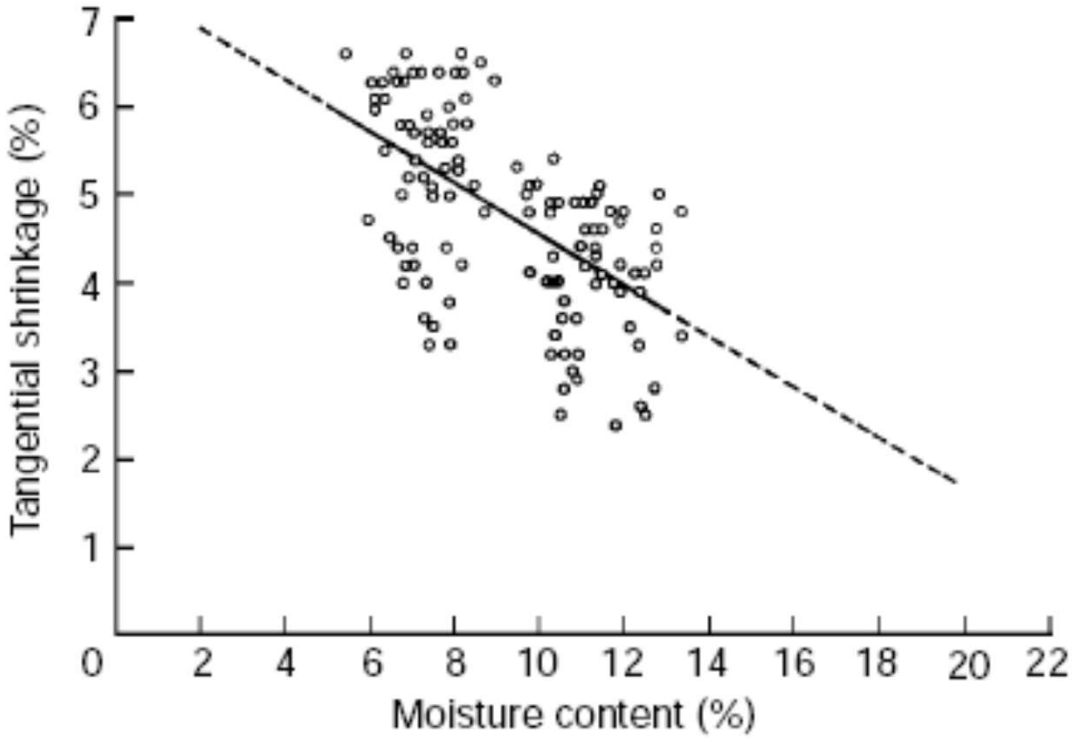




همکشیدگی طولی

- همکشیدگی موازی الیاف بسیار اندک است و در اغلب گونه ها بین ۰/۱ تا ۰/۲ درصد است ولی در بعضی از گونه ها دارای همکشیدگی طولی بیش از حد است.
- بنابراین از بکار بردن چنین چوبهایی که در مصارفی که ثبات طولی چوبی مهم است باید اجتناب کرد
- چوبهای واکنشی و جوان مستعد همکشیدگی طولی زیادی هستند.


Shrinkage
(percent of green dimension)
8
6
4
2
0
Tangential
Radial
6
12
18
24
30
Moisture content (%)


Tangential shrinkage (%)
7
6
5
4
3
2
1
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
Moisture content (%)

رابطه تغییر ابعاد و رطوبت چوب

$$\text{درصد همکشیدگی} = \frac{\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده}}{\text{ابعاد درحالت واکشیده}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد واکشیدگی} = \frac{\text{افزایش ابعاد از حالت خشک}}{\text{ابعاد درحالت خشک}} \times ۱۰۰$$

$$\text{Percent shrinkage} = \left(\frac{\text{Decrease in dimension or volume}}{\text{Original dimension or volume}} \right) \times 100$$

$$\text{Percent swelling} = \left(\frac{\text{Increase in dimension or volume}}{\text{Original dimension or volume}} \right) \times 100$$

دانسیته

$$D = \frac{M}{V}$$

و یا با بیان ریاضی :

D = جرم مخصوص

M = جرم چوب در حالت آزمایش به گرم

V = حجم چوب در حالت آزمایش به cm^3

واحدهایی که برای سنجش جرم مخصوص به‌کار می‌روند عبارتند از :

ـ گرم بر سانتی‌متر مکعب $(\frac{g}{cm^3})$

ـ کیلوگرم بر متر مکعب $(\frac{kg}{m^3})$

$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم چوب در حالت آزمایش}}{\text{حجم چوب در حالت آزمایش}}$$

جرم ویژه

- تغییر وزن در چوب و فرآورده های چوبی تحت تاثیر سه عامل زیر است:

1. دانسیته ماده چوبی
2. مقدار رطوبت چوب
3. مواد استخراجی و مواد معدنی (قابل تعمیم برای همه گونه ها نیست)

جرم ویژه

- نسبت دانسیته چوب به دانسیته آب در یک دمای مرجع (۴ درجه سانتی گراد)
- جرم ویژه را عمدتا در سه نوع رطوبت (۰، ۱۲ درصد و نقطه اشباع الیاف) محاسبه میکنند.
- به علت اینکه وزن چوب با نوسانات رطوبتی تغییر میکند سه رطوبت فوق را در نظر میگیرند.
- معمولا در مصارف مهندسی جرم ویژه را با وزن خشک و حجم در رطوبت محیط مصرف محاسبه میکنند.

$$\text{جرم ویژه نسبی} = \frac{\text{جرم خشک چوب}}{\text{جرم آب هم‌حجم نمونه}}$$

و یا با بیان ریاضی :

$$S_G = \frac{M}{M_W}$$

که در آن :

SG = جرم ویژه نسبی

M = جرم خشک چوب

M_W = جرم آب جابه‌جا شده در رطوبت معین

جدول ۱ــ۴ــ طبقه‌بندی گونه‌های مختلف براساس جرم ویژه نسبی[۱]

گونه	جرم مخصوص	گروه	
کاج زرد	کمتر از ۰/۴۰	بسیار سبک	سوزنی برگان
چوب نراد و نوئل	۰/۵۰ــ۰/۴۰	سبک	
کاج جنگلی، کاج دریایی و لاریکس	۰/۶۰ــ۰/۵۰	نیمه سنگین	
سرخدار، سرو خمره‌ای و کاج سیاه	۰/۷۰ــ۰/۶۰	سنگین	
ــ	بیشتر از ۰/۷۰	بسیار سنگین	
صنوبرها و بالزا	۰/۵۰ــ۰/۲۰	بسیار سبک	پهن‌برگان
نمدار و غان	۰/۶۵ــ۰/۵۰	سبک	
راش، بلوط و زبان گنجشک	۰/۸۰ــ۰/۶۵	نیمه سنگین	
شمشاد، انجیلی و ممرز	۱ــ ۰/۸۰	سنگین	
بعضی چوب‌های مناطق استوایی و از چوب‌های ایران کهور (D = ۱/۱۷۵)	۱/۲۰ــ۱	بسیار سنگین	

رابطه دانسیته چوب، جرم ویژه و رطوبت

- با افزایش رطوبت با فرض ثابت بودن جرم ویژه دانسیته افزایش می یابد و با افزایش جرم ویژه با فرض ثابت بودن رطوبت دانسیته افزایش می یابد.

Moisture content of wood (%)	Density (kg/m³) when the specific gravity G_m is																				
	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70
0	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700
4	312	333	354	374	395	416	437	458	478	499	520	541	562	582	603	624	645	666	686	707	728
8	324	346	367	389	410	432	454	475	497	518	540	562	583	605	626	648	670	691	713	734	756
12	336	358	381	403	426	448	470	493	515	538	560	582	605	627	650	672	694	717	739	762	784
16	348	371	394	418	441	464	487	510	534	557	580	603	626	650	673	696	719	742	766	789	812
20	360	384	408	432	456	480	504	528	552	576	600	624	648	672	696	720	744	768	792	816	840
24	372	397	422	446	471	496	521	546	570	595	620	645	670	694	719	744	769	794	818	843	868
28	384	410	435	461	486	512	538	563	589	614	640	666	691	717	742	768	794	819	845	870	896
32	396	422	449	475	502	528	554	581	607	634	660	686	713	739	766	792	818	845	871	898	924
36	408	435	462	490	517	544	571	598	626	653	680	707	734	762	789	816	843	870	898	925	952
40	420	448	476	504	532	560	588	616	644	672	700	728	756	784	812	840	868	896	924	952	980
44	432	461	490	518	547	576	605	634	662	691	720	749	778	806	835	864	893	922	950	979	1,008
48	444	474	503	533	562	592	622	651	681	710	740	770	799	829	858	888	918	947	977	1,006	1,036
52	456	486	517	547	578	608	638	669	699	730	760	790	821	851	882	912	942	973	1,003	1,034	1,064
56	468	499	530	562	593	624	655	686	718	749	780	811	842	874	905	936	967	998	1,030	1,061	1,092
60	480	512	544	576	608	640	672	704	736	768	800	832	864	896	928	960	992	1,024	1,056	1,088	1,120
64	492	525	558	590	623	656	689	722	754	787	820	853	886	918	951	984	1,017	1,050	1,082	1,115	1,148
68	504	538	571	605	638	672	706	739	773	806	840	874	907	941	974	1,008	1,042	1,075	1,109	1,142	1,176
72	516	550	585	619	654	688	722	757	791	826	860	894	929	963	998	1,032	1,066	1,101	1,135	1,170	1,204
76	528	563	598	634	669	704	739	774	810	845	880	915	950	986	1,021	1,056	1,091	1,126	1,162	1,197	
80	540	576	612	648	684	720	756	792	828	864	900	936	972	1,008	1,044	1,080	1,116	1,152	1,188		
84	552	589	626	662	699	736	773	810	846	883	920	957	994	1030	1,067	1,104	1,141	1,178			
88	564	602	639	677	714	752	790	827	865	902	940	978	1,015	1,053	1,090	1,128	1,166				
92	576	614	653	691	730	768	806	845	883	922	960	998	1,037	1,075	1,114	1,152	1,190				
96	588	627	666	706	745	784	823	862	902	941	980	1,019	1,058	1,098	1,137	1,176					
100	600	640	680	720	760	800	840	880	920	960	1,000	1,040	1,080	1,120	1,160	1,200					
110	630	672	714	756	798	840	832	924	966	1,008	1,050	1,092	1,134	1,176	1,218						
120	660	704	748	792	836	880	924	968	1,012	1,056	1,100	1,144	1,188	1,232							
130	690	736	782	828	874	920	966	1,012	1,058	1,104	1,150	1,196	1,242	1,288							
140	720	768	816	864	912	960	1,008	1,056	1,104	1,152	1,200	1,248	1,296								
150	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350								

رابطه دانسیته چوب، جرم ویژه و رطوبت

$$G_m = G_b / (1 - 0.265 a G_b)$$

where G_m is specific gravity based on volume at moisture content M, G_b is basic specific gravity (based on green volume), and $a = (30 - M)/30$, where $M < 30$.

$$\rho = 1{,}000\ G_m(1 + M/100) \quad (kg/m^3)$$

- **Gm**: جرم ویژه در حجم با رطوبت **M**
- **Gb**: جرم ویژه پایه (در حجم تر)
- رطوبت کمتر از ۳۰

مثال

- جرم ویژه پایه گونه ای ۰/۵۶ است، وزن هر متر مکعب آن با رطوبت ۲۰ درصد و ۵۰ درصد را محاسبه کنید:

- **Gm=0.56/(1-0.265(30-20/30)0.56)=0.59**
- ***P*=1000(0.59)(1+20/100)=706.8kg/m3**
- **Gm=Gb=0.56**
- ***P*=1000(0.56)(1+50/100)=840kg/m3**

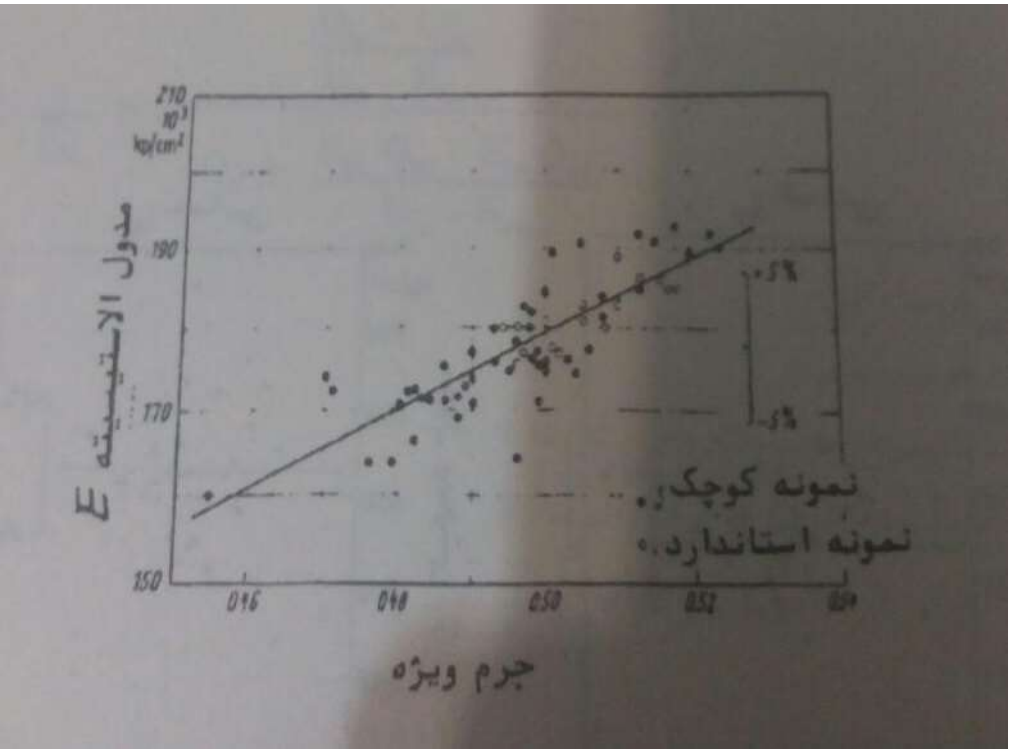
$$G_m = G_b/(1 - 0.265aG_b)$$

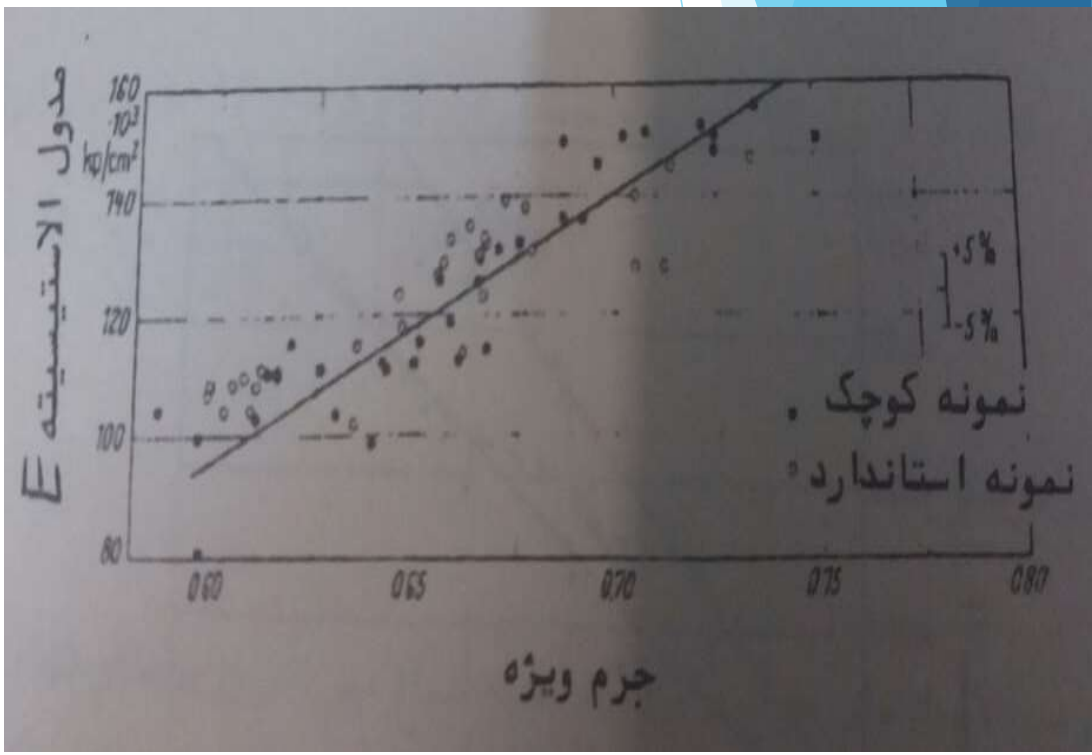
where G_m is specific gravity based on volume at moisture content M, G_b is basic specific gravity (based on green volume), and $a = (30 - M)/30$, where $M < 30$.

$$\rho = 1{,}000\ G_m(1 + M/100) \quad (\text{kg/m}^3)$$

رابطه بین جرم ویژه و مدول الاستیسیته

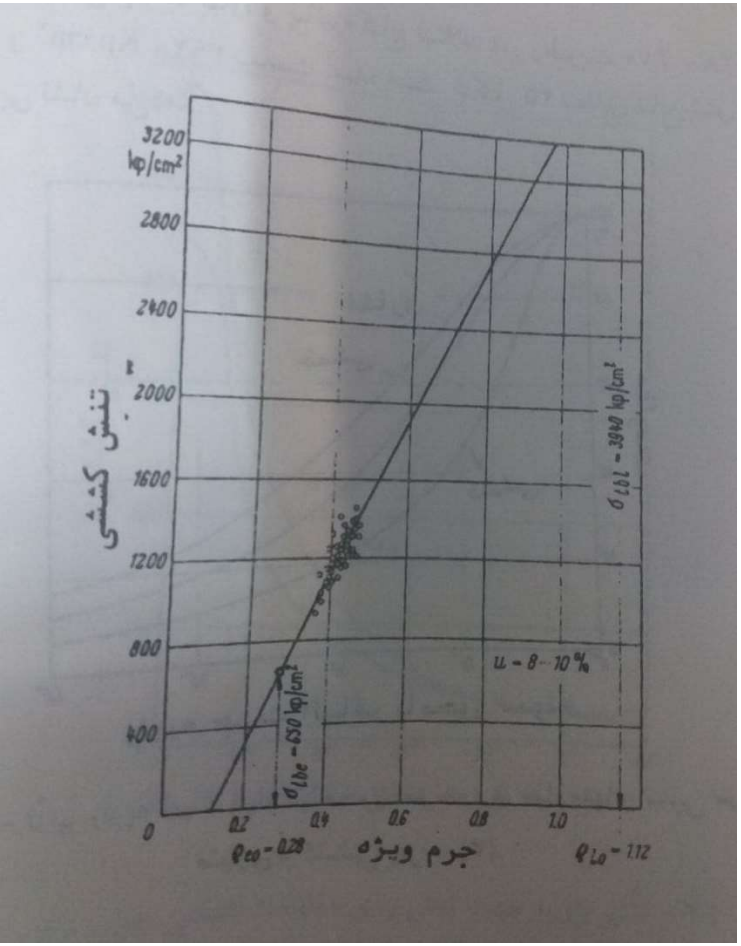
- بطور کلی با افزایش جرم ویژه مدول الاستیسیته افزایش می یابد، kollmann افزایش مدول الاستیسیته نوئل و بلوط با افزایش جرم ویژه را نشان داد

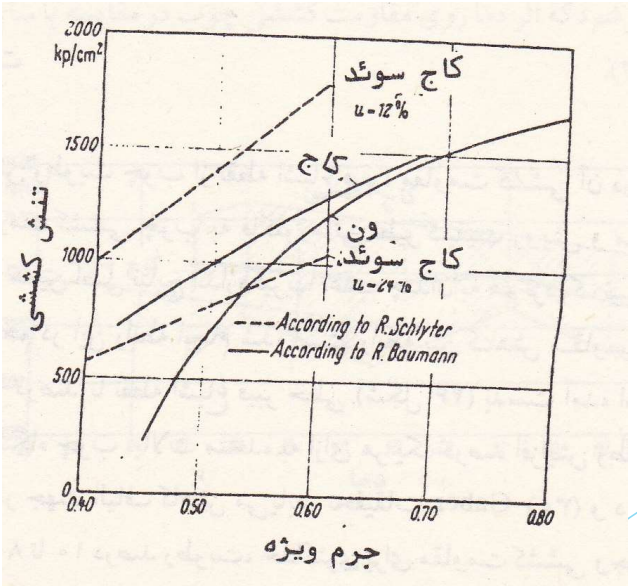




رابطه بین جرم ویژه و مقاومت کششی چوب در جهت الیاف

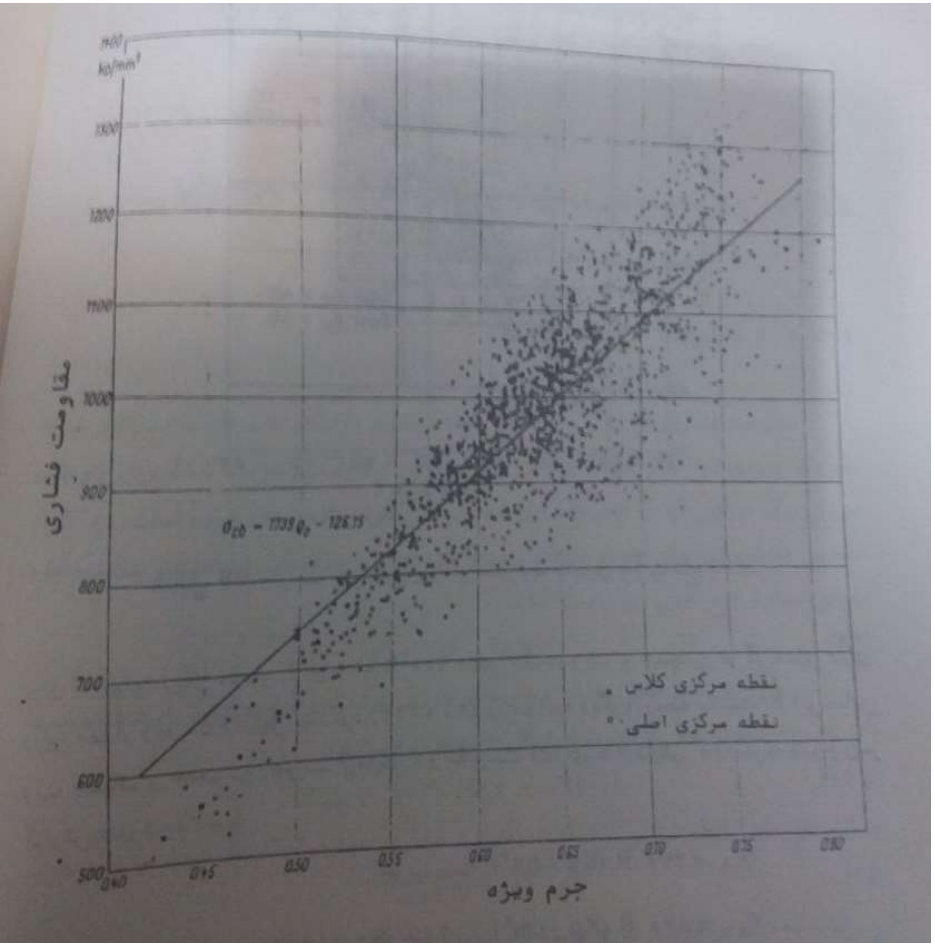
- در چوبهای سوزنی برگ بین مقاومت کششی و دانسیته رابطه خطی وجود دارد
- در چوبهای فشاری مقاومت کششی ۵۰ تا ۶۰ درصد مقاومت کششی چوب نرمال است
- علت آن پیچیدگی فیبرهای چوب فشاری در جدار سلولهای آن است





رابطه بین جرم ویژه و مقاومت فشاری موازی الیاف

- مقاومت فشاری با دانسیته رابطه مستقیم دارد



طول شکست

- نسبت مقاومت فشاری به دانسیته را طول شکست فشاری گویند
- یعنی طول میله ای از یک ماده که تحت اثر وزن خود میشکند.

$$I=\frac{\sigma cb}{1ooQu} \quad Km$$

- σcb : مقاومت فشاری Kp/cm2
- Qu: دانسیته g/cm3

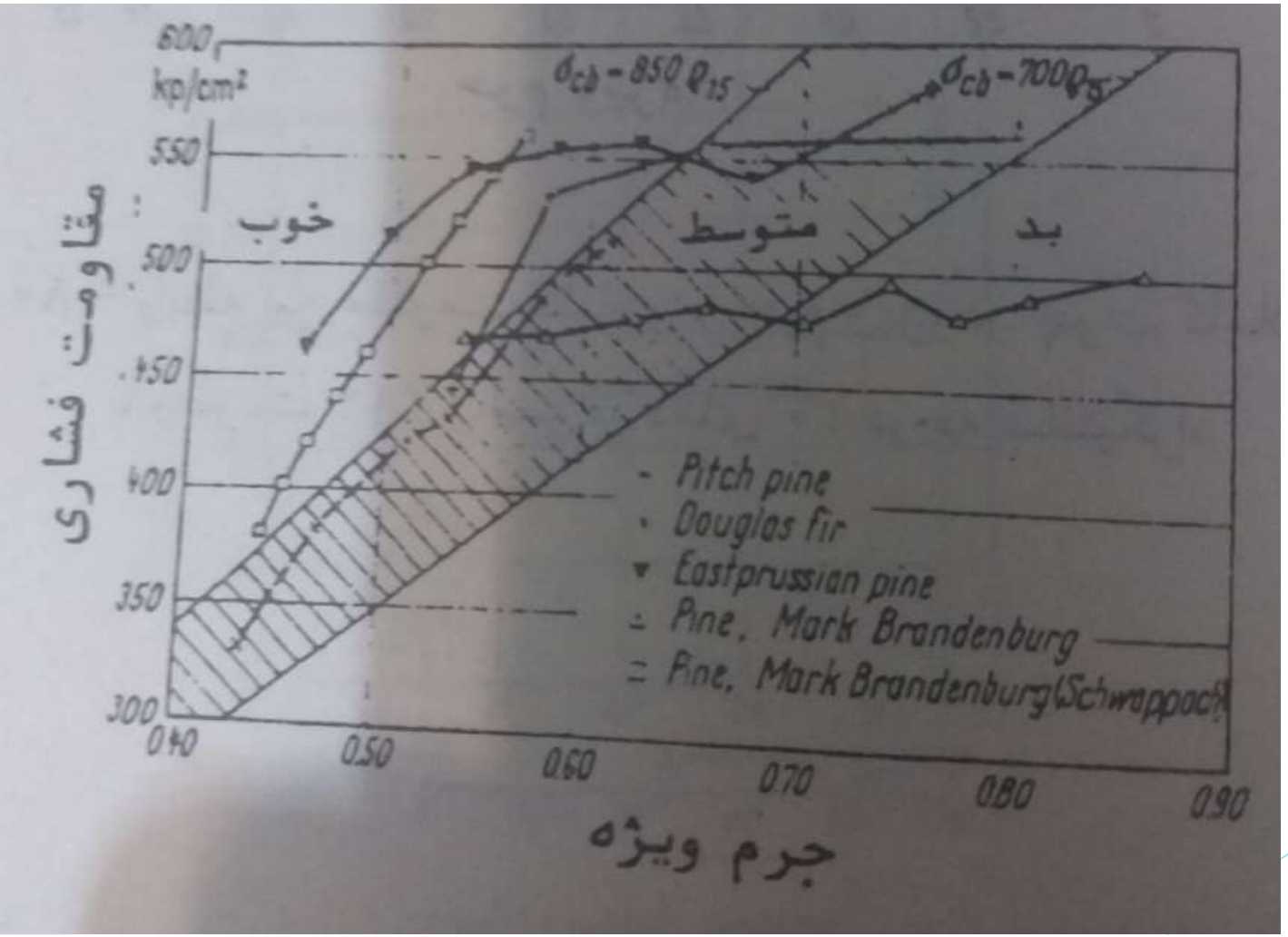
طبقه بندی چوبها بر اساس طول شکست

- طول شکست فشاری و کیفیت چوب

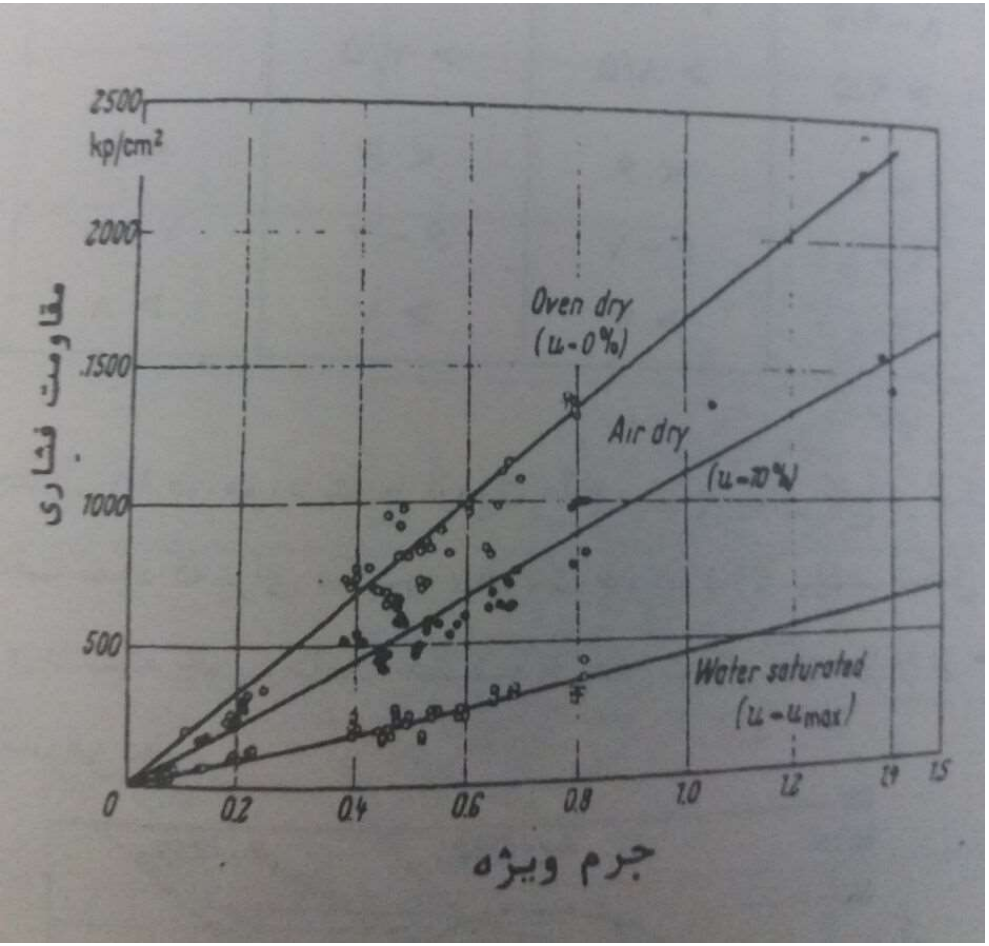
$$I = \frac{\sigma_{cb}}{100 Qu} \quad (Km)$$

کیفیت	خیلی سخت	سخت	نیمه سخت	کمی سخت	گونه چوب
ضعیف	-	< ۶	< ۷	< ۸	سوزنی برگ
متوسط	-	۶ - ۷/۵	۷ - ۸/۵	۸ - ۹/۵	
خوب	-	> ۷/۵	> ۸/۵	> ۹/۵	
ضعیف	< ۷	< ۶	< ۶	< ۷	پهن برگ
متوسط	۷ - ۸	۶ - ۷	۶ - ۷	۷ - ۸	
خوب	> ۸	> ۷	> ۷	> ۸	

طبقه بندی کیفیت چوبهای کاج در رطوبت ۱۲٪



رابطه بین مقاومت فشاری و جرم ویژه در چوب کاملا خشک، با رطوبت ۱۲٪ و سبز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد

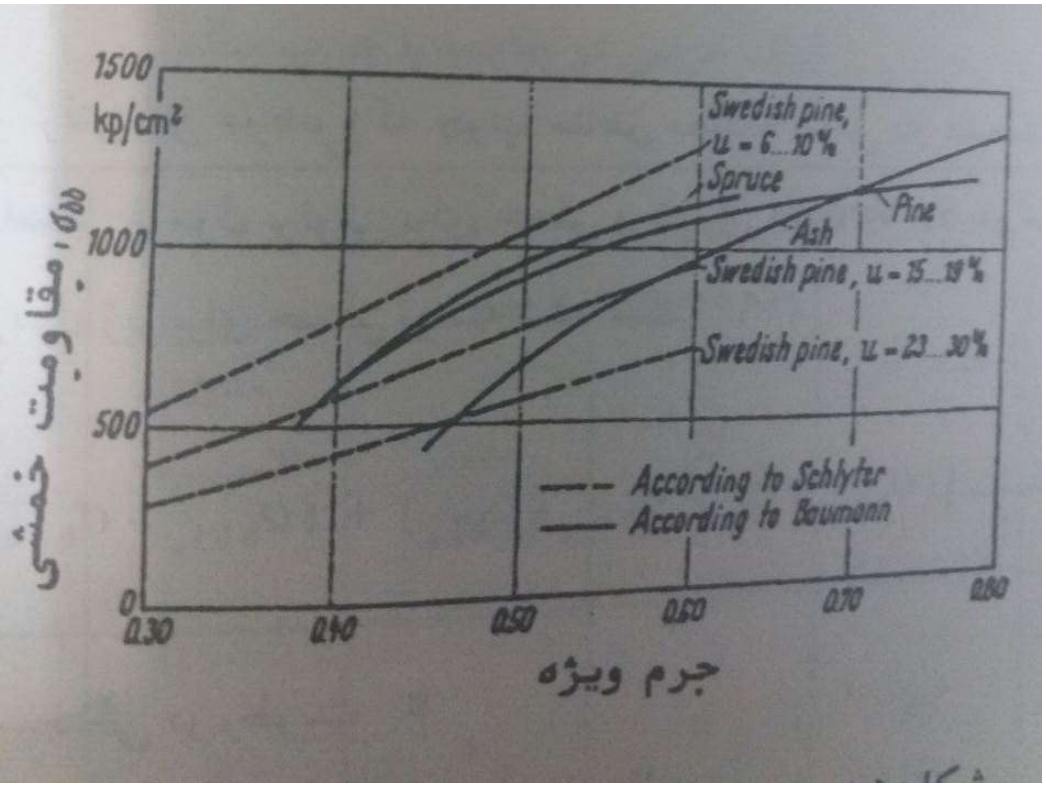


- این شکل نشان میدهد هر چقدر چوب خشک تر باشد با افزایش جرم ویژه مقاومت فشاری افزایش می یابد

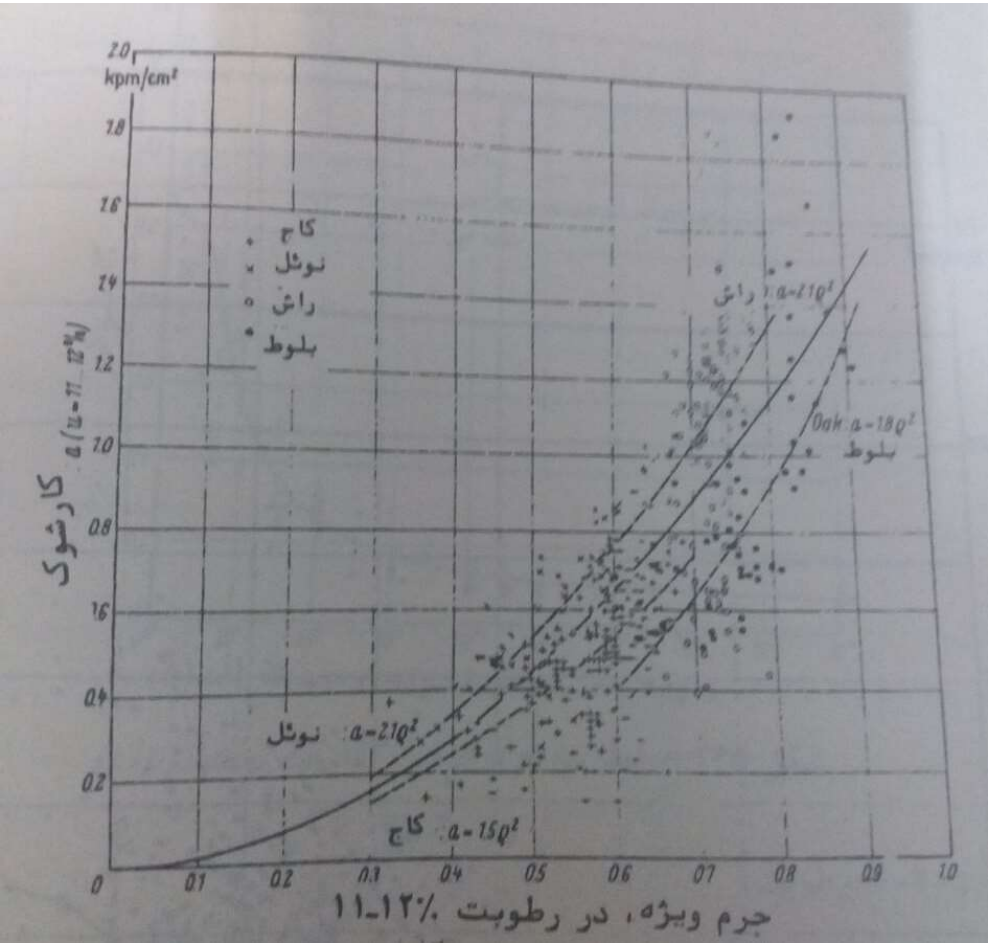
- نسبت چوب پاییزه و عرض دوایر رویش در مقدار مقاومت فشاری موثر است

رابطه جرم ویژه با مقاومت خمشی

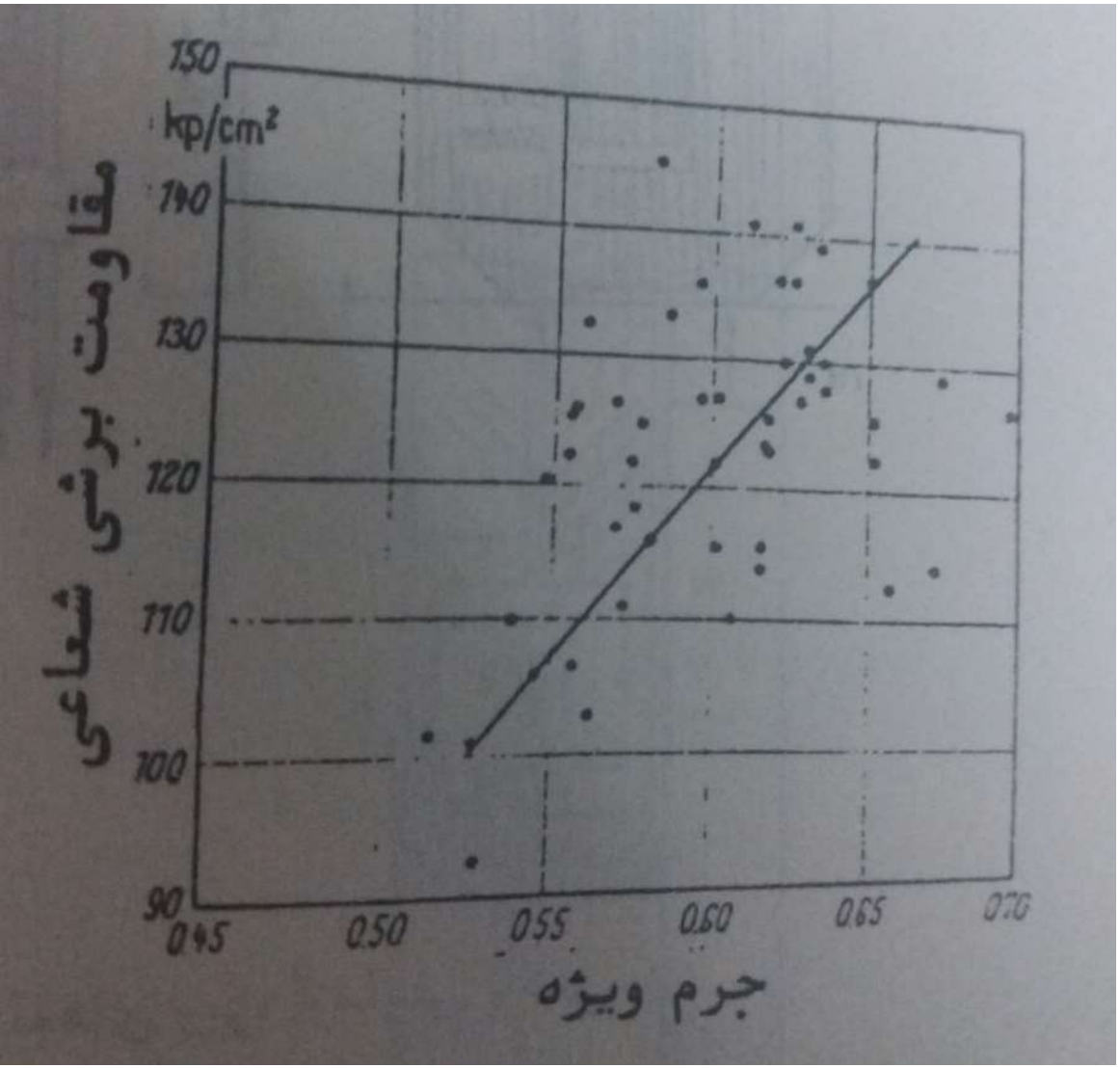
- رابطه خطی بین این ارتباط وجود دارد
- ولی در برخی گونه ها منحنی است
- این گونه ها بیشتر سوزنی برگان هستند که دارای رزین هستند
- رزین سبب افزایش دانسیته شده ولی چسبندگی اجزای چوب را تا حدودی کاهش میدهد



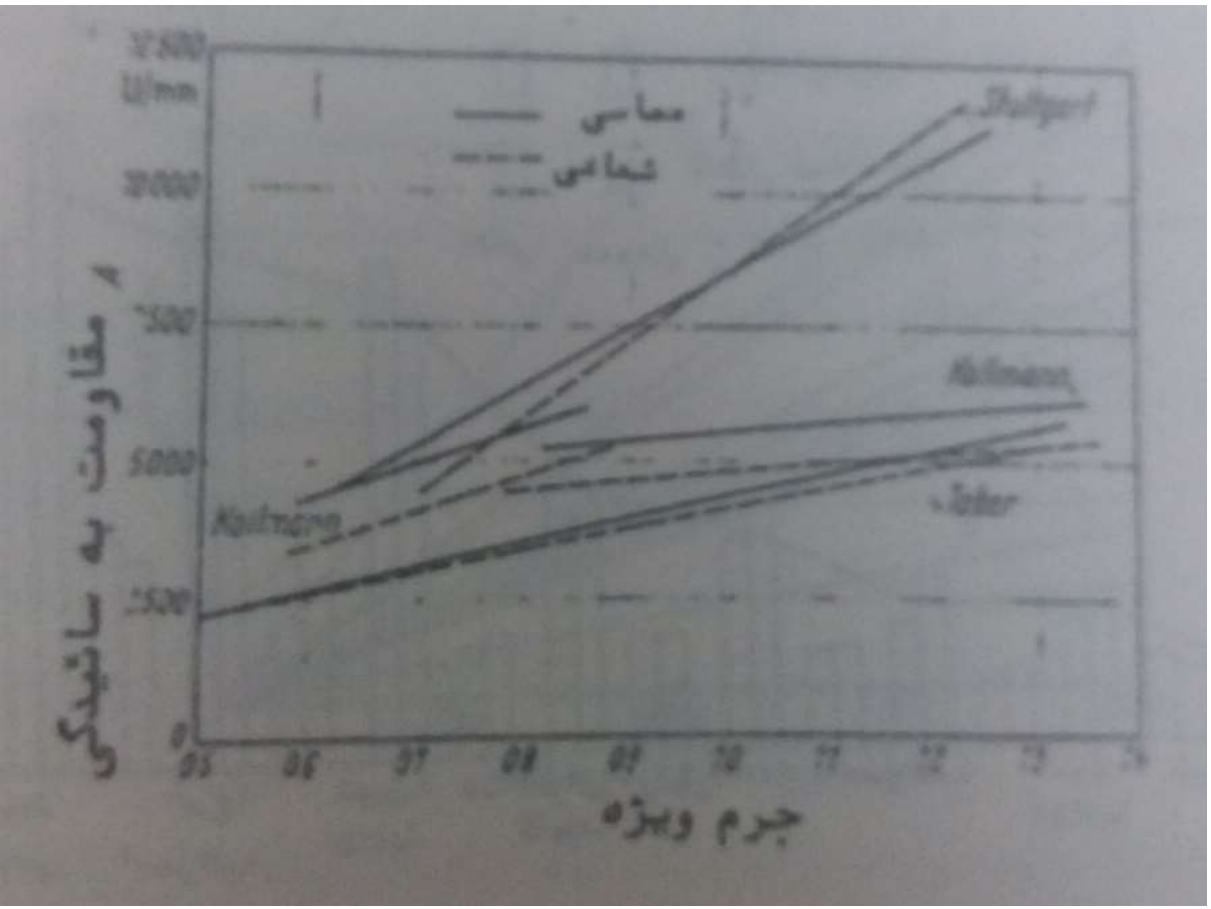
رابطه جرم ویژه با مقاومت به شوک



رابطه جرم ویژه با مقاومت برشی



رابطه جرم ویژه با مقاومت به سائیدگی



خواص حرارتی

- هدایت حرارتی
- ظرفیت حرارتی
- انتشار حرارتی
- ضریب انبساط حرارتی

هدایت حرارتی

- عبارت است از مقدار حرارتی که در مدت یک ساعت از قطعه چوبی به مساحت یک متر مربع و به ضخامت یک متر میگذرد.
- عبارت است از مقدار حرارتی که در مدت یک ثانیه از قطعه چوبی به مساحت یک سانتی متر مربع و به ضخامت یک سانتی متر میگذرد.
- هدایت حرارتی چوب بسیار کمتر از سایر مصالحی است که در ساختمان مصرف میشود.
- وات بر متر درجه کلوین (W/(m.K)
- چوب در حدود دو تا چهار برابر عایق تر از مواد عایقی رایج است.
- هدایت حرارتی الوارهای سوزنی برگان ساختمانی در رطوبت ۱۲ درصد حدود ۰/۱-۰/۴
- درحالیکه هدایت حرارتی آلومینیوم ۲۱۶، فولاد، ۴۵، بتن ۶، شیشه ۱، گچ ۰/۷

محاسبه هدایت حرارتی در رطوبت کمتر از ۲۵ درصد

$$k = G(B + CM) + A$$

- G: جرم ویژه بر اساس وزن خشک شده در اون و حجم در رطوبت M%
- A: 0.01864
- B: 0.1941
- C: 0.004064

مقایسه ضریب هدایت حرارتی چوب با سایر مصالح

انواع چوب‌ها	گونه‌ها	ضریب هدایت حرارتی	فلزات و سایر مصالح	ضریب هدایت حرارتی
پهن‌برگان نیمه‌سنگین سوزنی‌برگان خیلی سنگین	بلوط، زبان‌گنجشک راش سنگین کاج آمریکایی	۰/۲	مس آلومینیم	۳۲۰ ۲۰۰
پهن‌برگان سبک و سوزنی برگان نیمه‌سنگین	نمدار، غان، افرا، کاج دریایی، کاج جنگلی	۰/۱۳	آهن چدن	۶۲ ۴۸
پهن‌برگان خیلی سبک سوزنی‌برگان سبک	انواع صنوبر نوئل، نراد	۰/۱۰	سرب شیشه بتون	۳۰ ۱ ۱/۵ـ۰/۳
سبک‌ترین گونه‌ها	بالزا	۰/۰۴۵	سیمان آجر	۰/۵۵ ۰/۷۵ـ۰/۵
فیبر وتخته خرده چوب	فیبر سبک (عایق) و تخته خرده چوب	۰/۰۵۵ ۰/۱۳	گچ معمولی	۰/۴۰

عوامل موثر بر هدایت حرارتی چوب

- دانسیته (درون چوب و برون چوب)
- رطوبت
- مواد استخراجی
- جهت الیاف
- زاویه میکروفیبریل
- دما (با افزایش دما، هدایت حرارتی ۲ تا ۳ درصد به ازاء هر ۱۰ درجه سانتی گراد افزایش می یابد)
- نابسامانی ساختاری نظیر ترک و گره
- هدایت حرارتی در جهت الیاف چوب ۱.۵ تا ۲.۸ برابر جهت عرضی است (شعاعی و مماسی برابر هستند)
- با افزایش ..... هدایت حرارتی نیز افزایش می یابد
- هدایت حرارتی در جهت شعاعی و مماسی تقریبا برابر است
- در امتداد الیاف ۱/۵ تا ۲/۸ برابر بیشتر از امتداد عمود بر الیاف است (۱/۸ در نظر میگیرند)

ظرفیت حرارتی (برای کمتر از نقطه اشباع الیاف و دماهای ۷ تا ۱۴۷ درجه سانتی گراد)

- مقدار انرژی لازم برای افزایش دمای یک واحد جرم به اندازه یک درجه دما

$$c_{p0} = 0.1031 + 0.003867t$$

- Cp0: ظرفیت حرارتی چوب خشک (KJ/Kg.K)
- t: دما

$$c_p = (c_{p0} + 0.01Mc_{pw})/(1 + 0.01M) + A_c$$

- M: رطوبت چوب
- Cpw: ظرفیت حرارتی آب در حدود ۴/۱۹
- Ac: عامل تنظیم کننده

$$A_c = M(b_1 + b_2t + b_3M)$$

$$b_1 = -0.06191,\ b_2 = 2.36 \times 10^{-4},\ \text{and}\ b_3 = -1.33 \times 10^{-4}$$

عوامل موثر بر ظرفیت حرارتی

- دما
- رطوبت
- ظرفیت حرارتی (گرمای ویژه) چوب تر بیشتر از چوب خشک است
- ظرفیت گرمایی چوب ماسیو در مقادیر رطوبتی و دمایی انتخاب شده

Temperature			Specific heat (kJ/kg·K (Btu/lb·°F))			
(K)	(°C	(°F))	Ovendry	5% MC	12% MC	20% MC
280	7	(45)	1.2 (0.28)	1.3 (0.32)	1.5 (0.37)	1.7 (0.41)
290	17	(75)	1.2 (0.29)	1.4 (0.33)	1.6 (0.38)	1.8 (0.43)
300	27	(80)	1.3 (0.30)	1.4 (0.34)	1.7 (0.40)	1.9 (0.45)
320	47	(116)	1.3 (0.32)	1.5 (0.37)	1.8 (0.43)	2.0 (0.49)
340	67	(152)	1.4 (0.34)	1.6 (0.39)	1.9 (0.46)	2.2 (0.52)
360	87	(188)	1.5 (0.36)	1.7 (0.41)	2.0 (0.49)	2.3 (0.56)

انتشار حرارت

- انتشار حرارت یک ماده، سرعت جذب گرما از محیط توسط آن ماده تعریف شده است
- نسبت هدایت حرارتی به حاصل ضرب دانسیته در ظرفیت حرارتی ماده است.

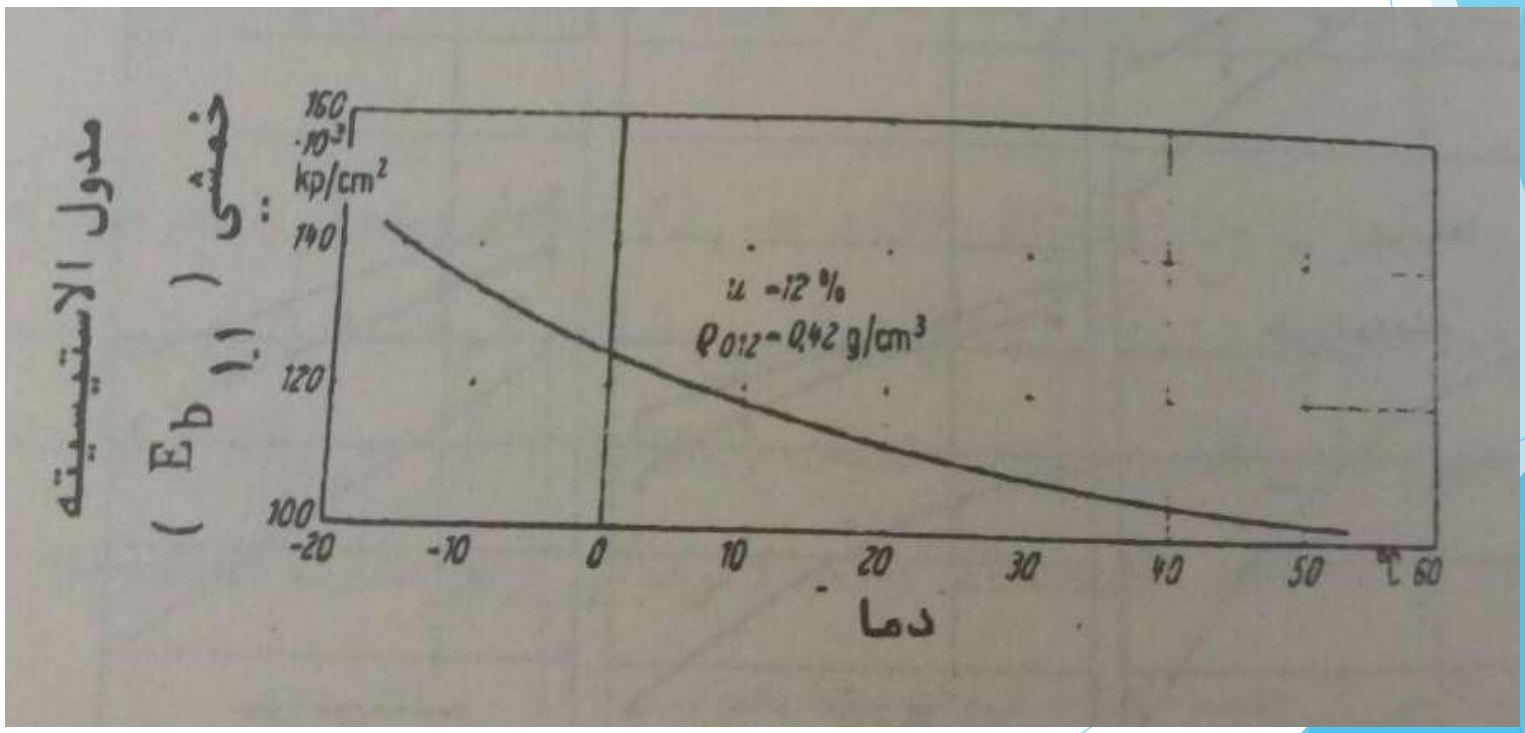
- انتشار حرارت چوب از سایر مصالح ساختمانی کمتر است
- یعنی در تماس با چوب گرما یا سرمای شدیدی احساس نمیشود
- فولاد ۰/۰۲ (اینچ مربع بر ثانیه)
- الیاف معدنی ۰/۰۰۱ (اینچ مربع بر ثانیه)
- چوب ۰/۰۰۰۲۵ (اینچ مربع بر ثانیه)

ضریب انبساط حرارتی

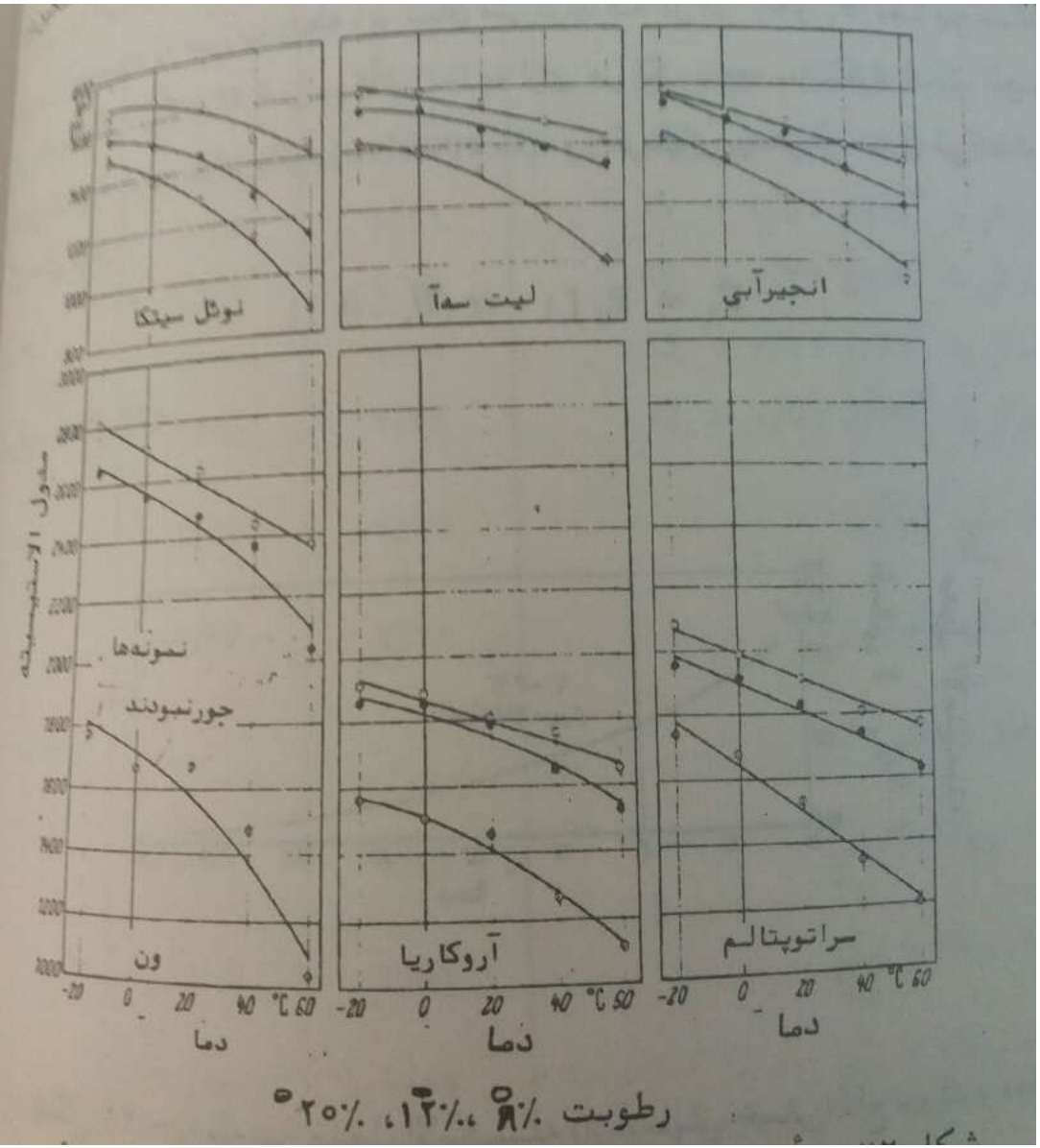
- معیاری از تغییر ابعاد ناشی از تغییر دما است
- چوب با حرارت دیدن منبسط و با سرد شدن منقبض میشود
- ضریب انبساط حرارتی چوب در جهت شعاعی و مماسی ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از ضریب انباط جهت طولی است

اثر دما بر مدول الاستیسیته خمشی

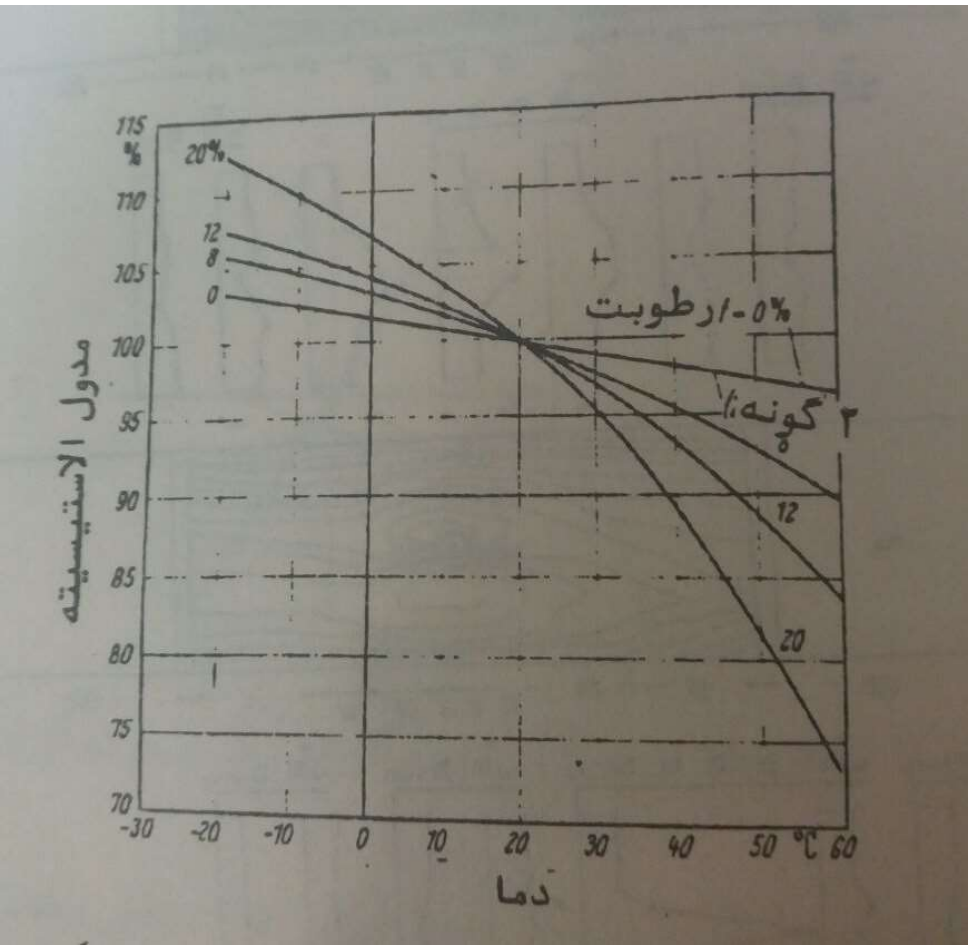
- مقاومت چوب همانند مقاومت سایر اجسام جامد (در دمای کمتر از نقطه ذوب یا تجزیه) در اثر افزایش دما، به علت تخریب کریستالهای سلولز کاهش می یابد.



اثر دما و رطوبت بر مدول الاستیسیته خمشی

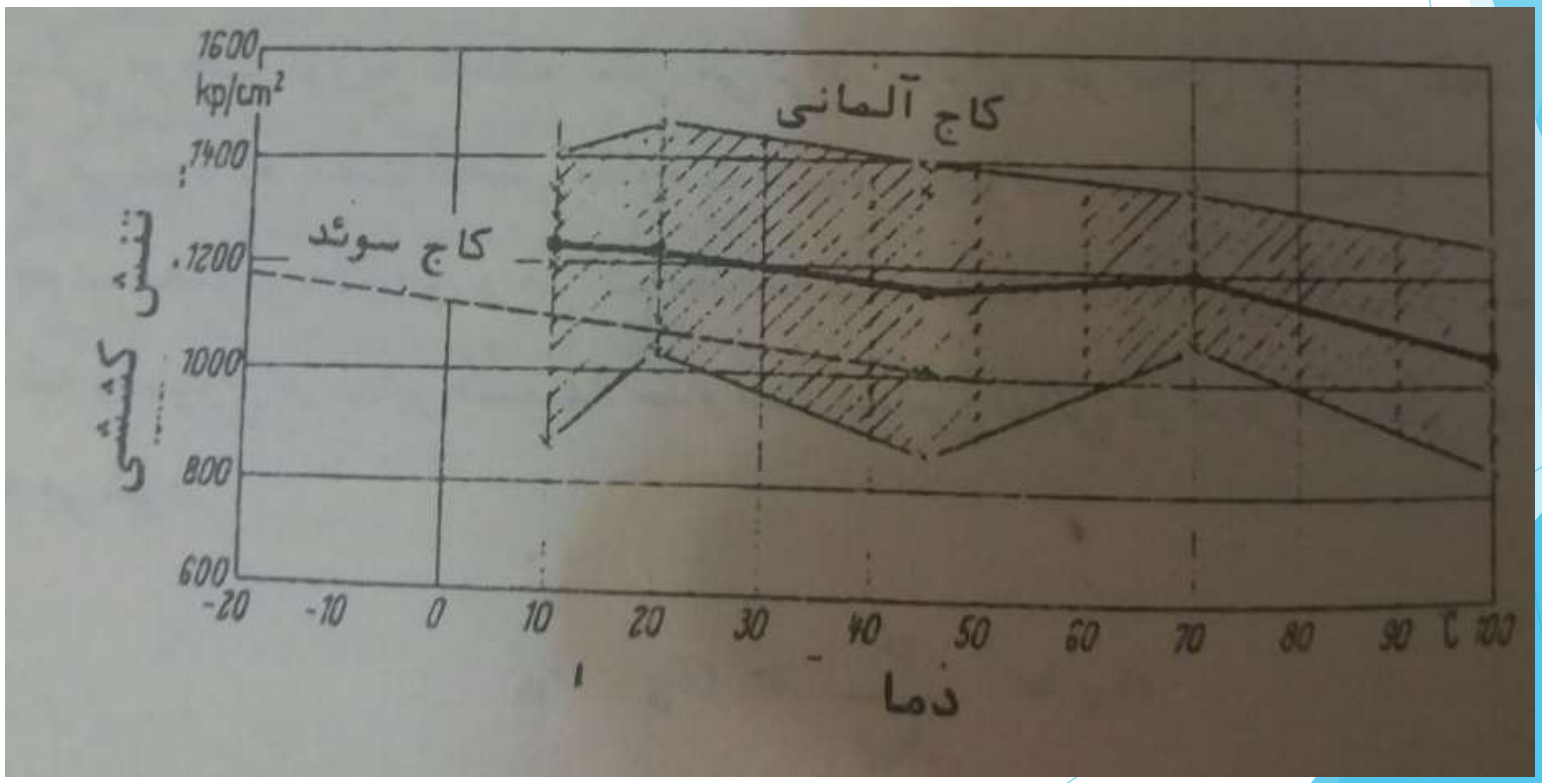


Hearmon معتقد است زمانیکه دما افزایش می یابد رطوبت چوب کاهش یافته و بدنبال آن مدول الاستیسیته چوب افزایش می یابد و این مقدار افزایش مدول با درصد کاهش آن در اثر حرارت میتواند معادل باشد



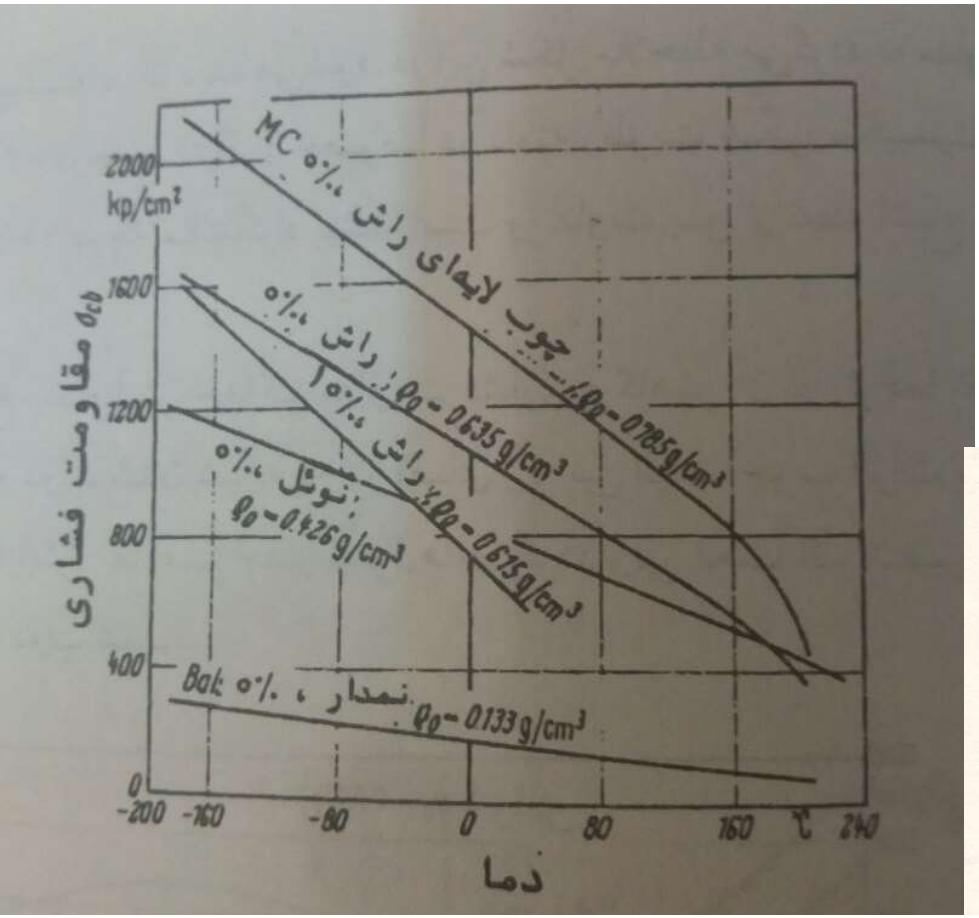
اثر دما بر مقاومت کششی چوب در جهت الیاف

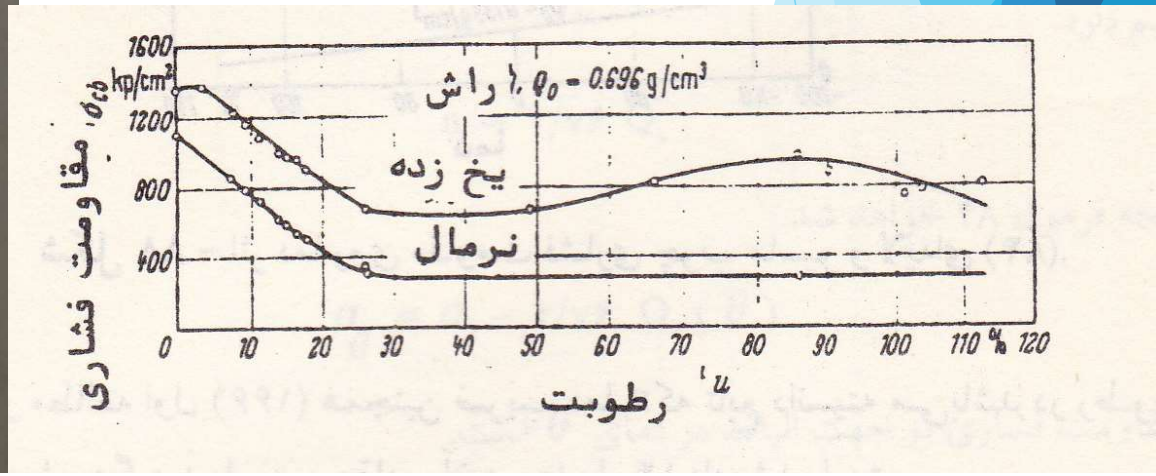
- این اثر نسبت به سایر مقاومتها کم است



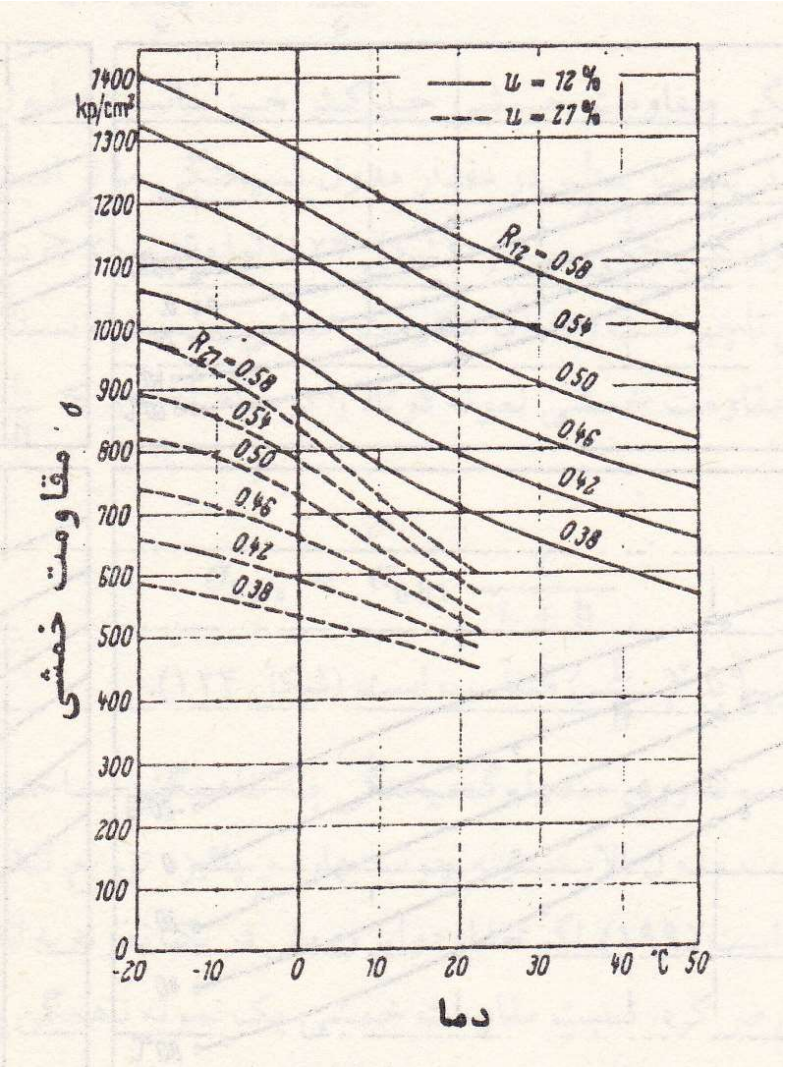
اثر دما بر مقاومت چوب تحت فشار موازی الیاف

- با افزایش دما مقاومت فشاری چوب به طور خطی کاهش می یابد
- وقتی چوب یخ میزند مولکولهای آبی که بطور شیمیایی در جذب فیبریلهای آن است لایه بسیار نازک و محکمی تشکیل میدهد
- در این حالت سطح داخلی پوشیده از یک لایه یخ است که موجب استحکام ساختمان چوب میشود.





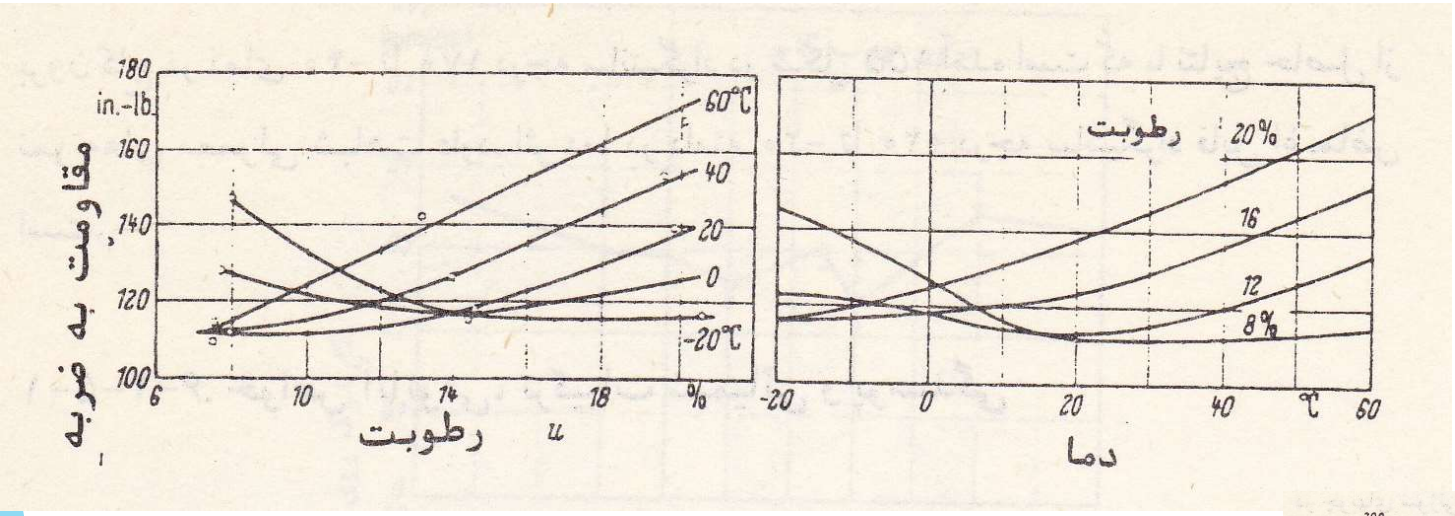
اثر دما بر مقاومت خمشی

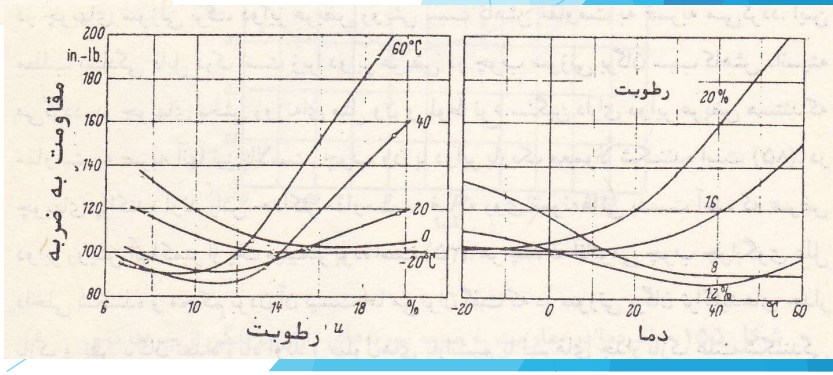


- بر اساس یک قاعده کلی مقاومت و سفتی چوب با افزایش دما کاهش می یابد.
- شکل رابطه مقاومت خمشی، دما و دانسیته چوب را نشان میدهد.
- مقاومت خمشی با افزایش دما و کاهش دانسیته کاهش می یابد.
- در بالاتر از صفر درجه افزایش رطوبت موجب کاهش مقاومت خمشی میشود
- کاهش دما و رطوبت و افزایش مقار دانسیته سبب افزایش مدول الاستیسیته چوب در خمش میشود
- در دمای صفر درجه سانتیگراد تغییر شکل نمونه حداکثر است بنابراین کار انجام شده توسط بار نهایی حداکثر خواهد بود.

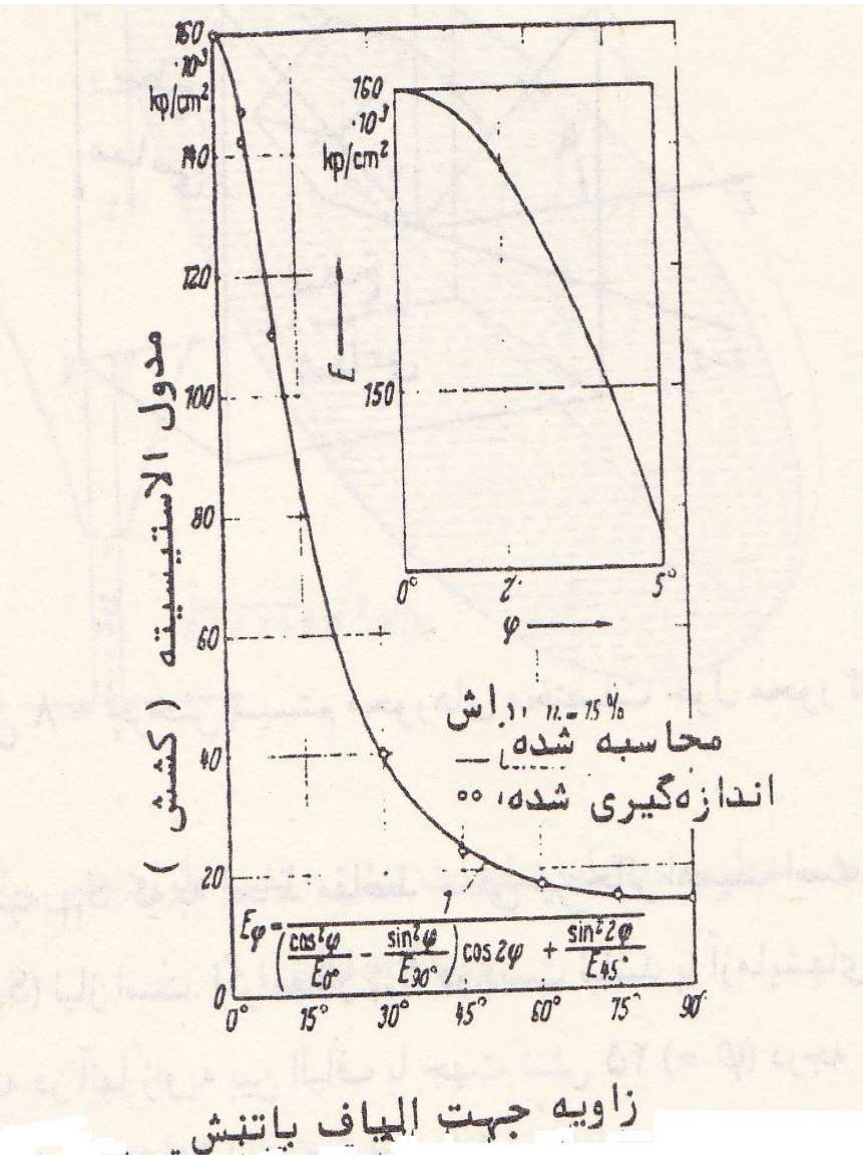
اثر دما بر مقاومت به ضربه

- با افزایش دما خیز نمونه زیاد میشود اما چسبندگی اجزا کاهش می یابد
- رابطه بین مقاومت به ضربه چوب و دما پیچیده تر از سایر خواص مکانیکی است.

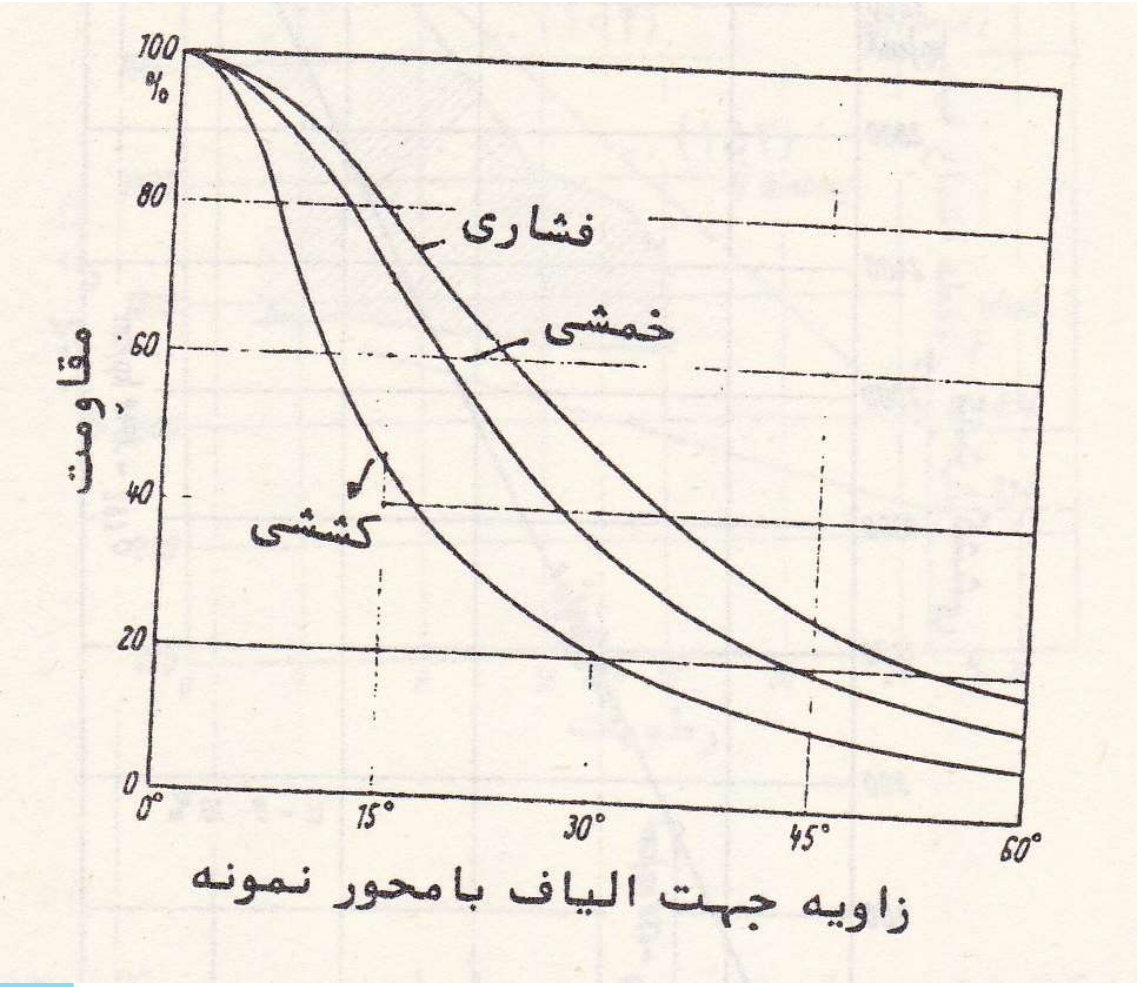


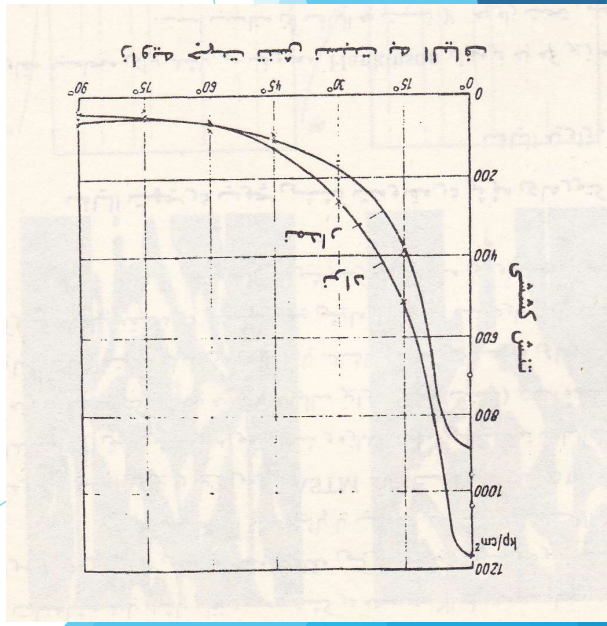


اثر زاویه الیاف بر مدول الاستیسیته



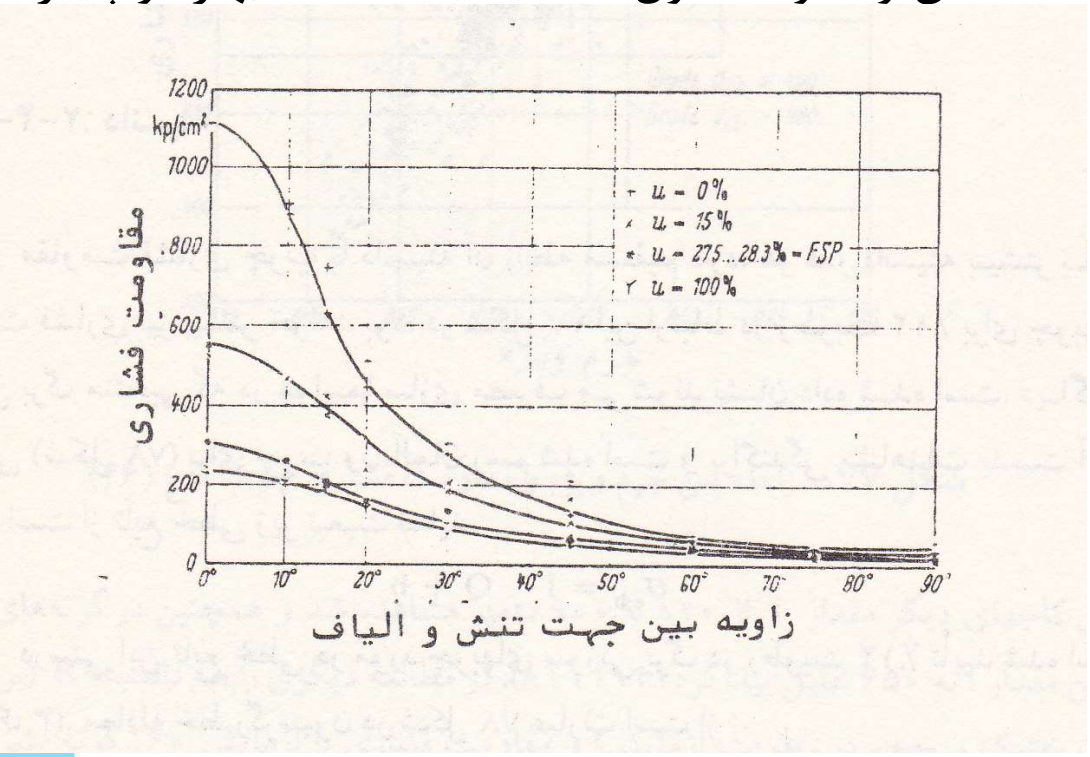
اثر زاویه الیاف بر مقاومت کششی چوب در جهت الیاف



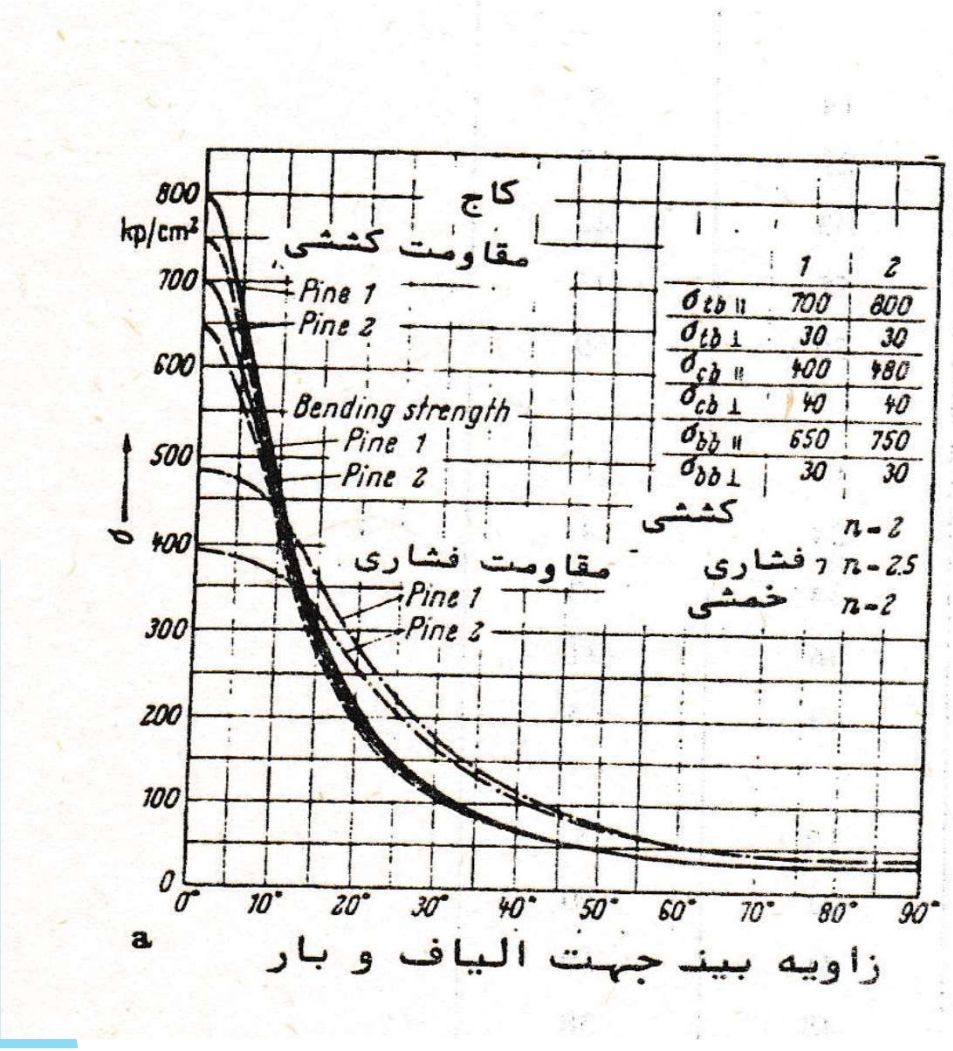


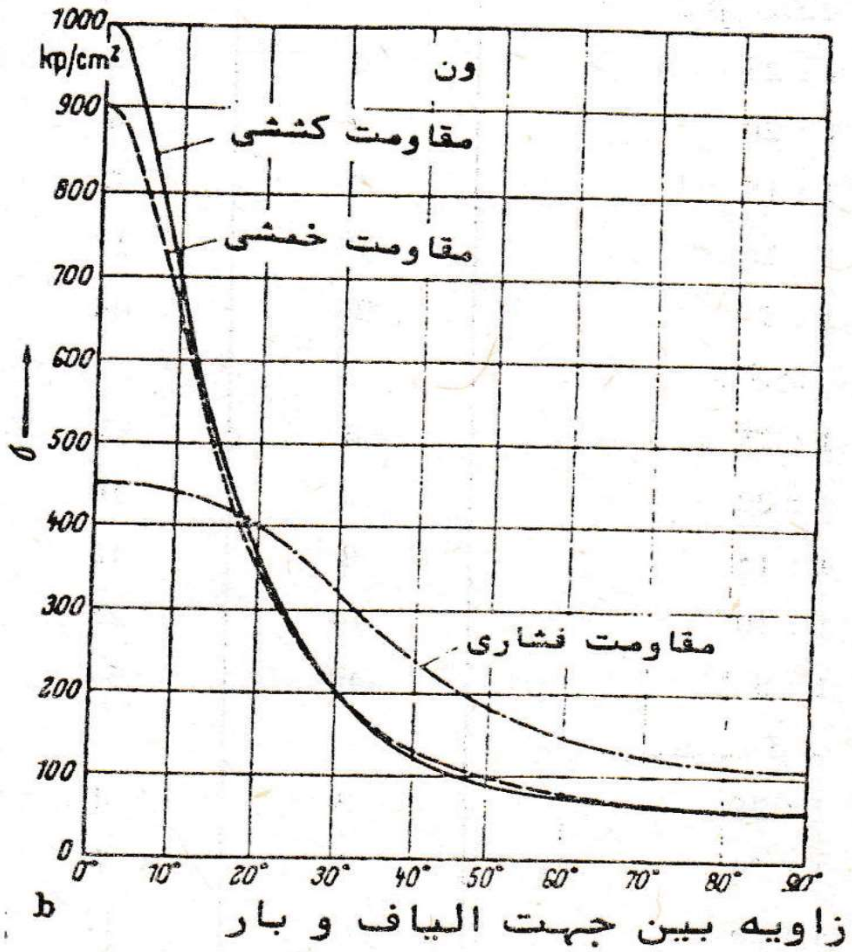
اثر زاویه الیاف بر مقاومت چوب تحت فشار موازی الیاف

- برای طراحی و محاسبات استاتیک چوب دانستن رابطه زاویه الیاف چوب با مقاومت فشاری مهم است
- انحراف جزئی الیاف چوب کاملا خشک نسبت به جهت تنش سبب کاهش مقاومت میشود
- علت را میتوان افزایش شکنندگی چوب به دلیل خشک شدن و تفاوت مدول الاستیسیته خشک بهاره و پاییزه دانست



اثر زاویه الیاف بر مقاومت خمشی





اثر زاویه الیاف بر مقاومت به ضربه

- در چوبهای سوزنی برگ مقدار مقاومت به ضربه سطح شعاعی از مماسی بیشتر است.
- شیب الیاف مقاومت به ضربه را بطور قابل ملاحظه ای کاهش میدهد.
- ۵ درجه زاویه الیاف مقاومت به ضربه را ۱۰ درصد و ۱۰ درجه زاویه الیاف مقاومت به ضربه را ۵۰ درصد کاهش میدهد

اثر گره ها و بریدگی بر مدول الاستیسیته

- با افزایش گره مدول الاستیسیته کاهش می یابد

اثر گره ها بر مقاومت کششی چوب در جهت الیاف

- گره های چوب مقاومت آن را کاهش میدهند زیرا:
- الیاف چوب در اطراف گره میپیچند
- فیبرهای گره بر فیبرهای چوب عمودند
- اغلب گره های خشک ترک دارند
- جدول نشان میدهد یک گره کوچک مقاومت کششی چوب را تا ۵۰ درصد کاهش میدهد
- اثر گره روی مقاومت فشاری چوب کمتر است

چوب کاج	دانسیته	مقاومت کششی		مقاومت فشاری	
	g / cm^3	Kp / cm^2	٪ کاهش	Kp / cm^2	٪ کاهش
سالم	۰/۵۰	۷۸۰		۴۰۳	
دارای چندگره کوچک	۰/۵۳	۳۸۴	۵۱	۳۶۱	۱۰
دارای تعداد زیادی گره بزرگ	۰/۵۷	۱۱۹	۸۵	۳۱۴	۲۲

اثر بریدگی بر مقاومت کششی چوب در جهت الیاف

- بریدگی موجب توزیع نامنظم تنش میگردد. بنابراین در محل بریدگی نقطه اوجی از تنش حاصل میشود با باعث کاهش مقاومت میگردد

اثر گره و بریدگیها بر مقاومت چوب تحت فشار موازی الیاف

- اثر گره روی مقاومت چندان زیاد نیست ولی نباید به آن کم بها داد.

اثر گره و بریدگیها بر مقاومت خمشی

چوب	جهت بار	مدول گسیختگی Kp / cm²		
		تیر سالم	بریدگی تیر	بریدگی گرد
درون	مماسی	۸۷۱	۶۳۰	۶۸۰
	شعاعی	۸۴۶	۷۹۰	۷۶۲
برون	مماسی	۸۳۲	۶۰۷	۶۰۳
	شعاعی	۶۸۱	۵۸۳	۶۰۳

خواص آناتومی، ترکیبات شیمیایی و پوسیدگی بر مقاومت به ضربه

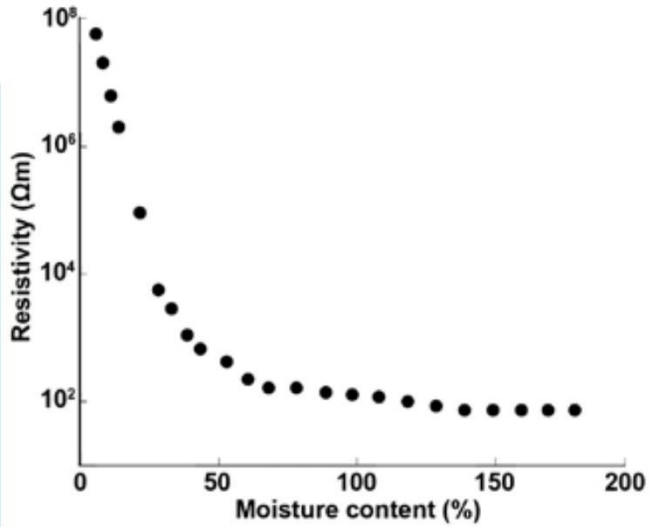
- عرض دوایر رویش در مقاومت به ضربه نقشی ندارد.
- در چوبهای سوزنی برگ دوایر عریض رویش سبب کاهش مقاومت به ضربه میشود.
- چون دوایر عریض سبب کاهش دانسیته میشود.
- چوبهای بخش روزنه ای نظیر ون و بلوط نوع سنگین دارای دوایر عریض هستند مقاومت به ضربه بالاست
- چوب ون با دوایر باریک معمولا شکننده هستند.
- در سوزنی برگان تراکئیدهای جدار نازک و پهن برگان تعداد زیاد آوند و سلولهای پارانشیم یا فیبرهای جدار نازک علت شکنندگی است
- طول الیاف و قطر حفره های سلولی با فرض دانسیته مساوی تاثیری در استحکام چوب ندارد
- پوسیدگی مقومت به ضربه چوب را کاهش میدهد.

مهمترین خواص الکتریکی چوب

- هدایت
- ثابت دی الکتریک
- عامل توان دی الکتریک

هدایت الکتریکی

- هدایت الکتریکی یک ماده تعیین کننده الکتریسیته ای است که هنگام قرار گرفتن ماده تحت یک اختلاف ولتاژ معین، در ماده جریان خواهد یافت.
- هدایت الکتریکی چوب در کمتر از نقطه اشباع الیاف، شدیدا و به طور گسترده با میزان رطوبت چوب تغییر می یابد.
- با افزایش رطوبت چوب از صفر درصد تا نقطه اشباع الیاف هدایت الکتریکی $۱۰^{۱۰}$ تا $۱۰^{۱۳}$ برابر افزایش می یابد
- اگر چوب دارای مقادیری از نمکهای محلول در آب باشد و یا مدت طولانی در معرض آب دریاف باشد هدایت الکتریکی چوب بسیار افزایش می یابد



سایتهای اطلاعاتی در مورد بناهای چوبی

- www.awc.org
- www.cwc.ca
- www.aisc.org
- www.swedishwood.com

انواع آیین نامه های معتبر در دنیا

- آئین نامه چوب آمریکا AITC (American Institute of Timber Construction)
- آئین نامه فولاد آمریکا AISC (American Institute of Steel Construction)
- سازمان تست مصالح آمریکا ASTM (American Society for Testing and Materials)
- استانداردهای ژاپن JIS (Japanese Industrial Standard)
- آئین نامه های اتحادیه اروپا EURO CODE
- آئین نامه بتن آمریکا ACI (American Concrete Institute)
- آئین نامه FEMA در مورد مقاوم سازی در برابر زلزله

مراجع و معیارهای طراحی سازه های چوبی

- انجمن آمریکایی جنگل و کاغذ AFPA: (American forest and paper association)
- International building code
- Allowable stress design
- شورای کانادایی چوب CWC: The Canadian wood council
- انجمن استاندارد کانادا: Canadian Standard Association
- آئین نامه ملی ساختمان و یا کدملی ساختمان کانادا: The national building code of canada

نکته

- در مباحث مربوط به سازه های چوبی عمدتا به بررسی سوزنی برگان میپردازند؟
- چرا که چوبهای پهن برگ ساختار پیچیده ای دارند
- رطوبت چوب بیرون ساختمان: ۱۰ تا ۱۲ درصد
- رطوبت چوب داخل ساختمان: ۶ الی ۷ درصد
- درصد رطوبت معمولا نسبت به وزن تر محاسبه میشود

تاثیر رطوبت چوب:

اگر بتوان رطوبت چوب را خارج نمود، آنگاه مقاومت آن تا دو برابر افزایش میابد.

رطوبت عامل مهمی در تعیین مدول الاستیسیته است

اگر آب آزاد و آغشتگی در چوب موجود باشد به آن چوب تر یا سبز گفته میشود و اگر فقط آب آغشتگی در چوب موجود باشد نقطه اشباع الیاف گفته میشود

نقطه اشباع الیاف میزان رطوبتی است که حفره سلولی خالی از آب ولی دیواره سلولی اشباع از آب است و این میزان عمدتا ۳۰ درصد است.

برای یک سازه نقطه اشباع الیاف خیلی مهم است چون همکشیدگی و واکشیدگی و تغییر مقاومت چوب بین حد رطوبت اشباع و صفر درصد رطوبت وابستگی دارد.

ساختمانهای چوبی در گذشته ای نه چندان دور با روشهای سنتی و ابتدایی همانطور که در روستاهای کشور مشاهده میشود، ساخته میشدند. اما به مرور زمان با انتقال و اعمال تکنولوژیهای جدیدتر و استفاده از روشهای پیش ساخته، طراحی و ساخت آنها دچار تحول شد.

- هدف سازه چوبی: تولید ارزان، اتصالات و قابهای شکل پذیر، تقویت سازه در برابر نیروها و گشتاورهای مخرب و ...

مزایای خانه های چوبی

- سرعت بسیار بالای ساخت
- وزن سازه ای که با چوب ساخته شود خیلی کم است.
- نسبت وزن به مقاومت چوب بالاست.
- ارزان بودن مصالح نسبت به سایر مصالح ساختمانی.
- دوام خوبی را دارد
- به دلیل وزن کم در برابر زلزله بسیار پایدار است (قابلیت جذب انرژی زلزله بالایی دارد)
- سازگار با محیط زیست.
- عایق مناسب در برابر صوت.
- امکان بازیافت به چرخه طبیعت.
- زیبایی بصری و نمای جذاب.
- نیاز به نیروی انسانی کمتر در ساخت سازه.
- اجرای آسان و سریع سازه های چوبی.
- لازم به توضیح است که چوبی که استفاده میشود باید مصرف صنعتی و سازه ای داشته باشد.

معایب خانه های چوبی

ضعف در مقابل آتش سوزی
خسارات اقتصادی درهنگام بروز زلزله در مقابل حفظ ایمنی جانی.
عدم استفاده در همه مناطق کشور
نیاز به ماشین آلات متنوع در مواقعی که ساختمان به روش پیش سازی انجام می شود.
عدم استفاده در همه اقلیم های منطقه ای موجود در ایران.
عدم استفاده دولت از این سیستم در پروژه های خود.
نبودن نمونه های موفق این سیستم در کشور حتی در مناطق شمالی کشور.

Site and Climate

- نقشه جانمایی ساختمان (Plot Plans)
- خصوصیات خاک (Soil Properties)
- موقعیت محل (Site Orientation)
- تعیین ارتفاعات (Determining Elevations)
- دسترسی ها (Driveways)
- اطلاعات آب و هوایی (Climate Data)
- کمربندهای حفاظی (Shelterbelts)

نقشه جانمایی ساختمان (Plot Plans)

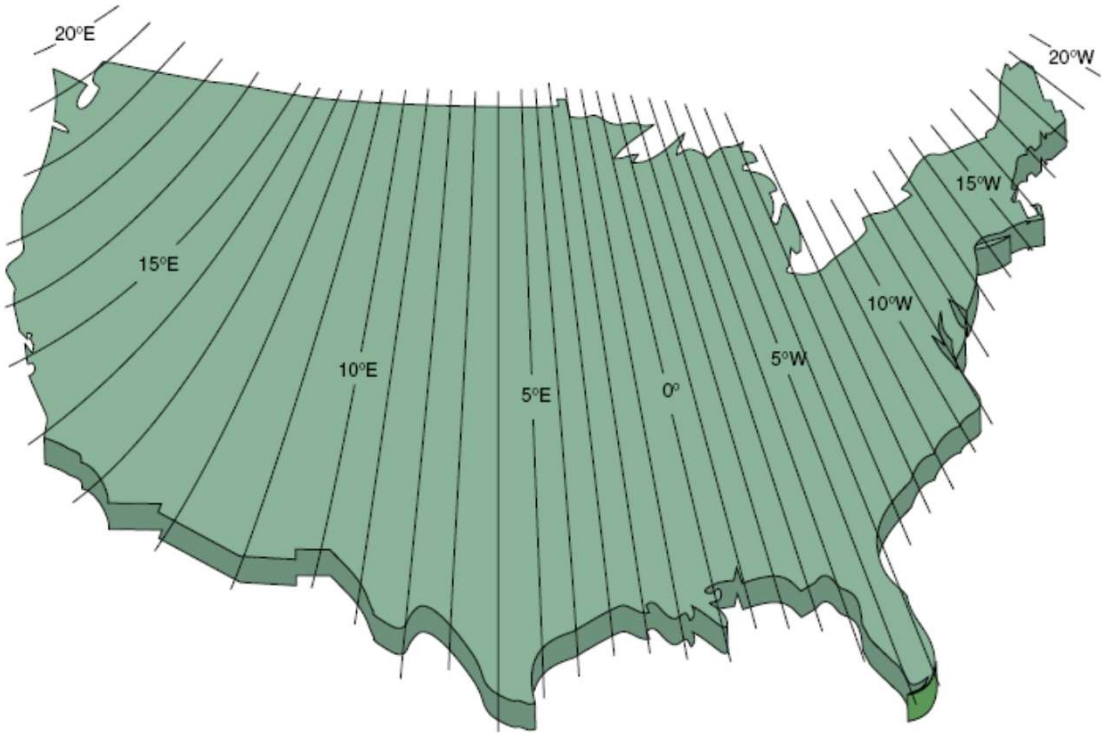
به نقشه هایی اطلاق میشود که ارتفاعات زمین، مختصات نصب و جانمایی ساختمانها و سازه ها، جاده ها، و مسیرهای حرکت در ساختمان، شیب زمین و .... نشان میدهد

خصوصیات خاک (Soil Properties)

قبل از گودبرداری یا حفاری جهت ساختن خانه جدید باید، وضعیت خاک زیر آن، توسط آزمایشهای فنی یا
کنترل پی های خانه های ساخته شده قبلی که در مجاورت محل ساختمان قرار دارند، مشخص گردد

ساختمان‌های چوبی بسیار سبک هستند، به گونه‌ای که مجموع بار مرده و زنده بسیار کم است.
برای مثال، باری که یک خانه چوبی دو طبقه دارای زیرزمین به زمین منتقل می‌کند، از وزن خاک دستی و خاک موجود قبل از احداث ساختمان بیشتر نیست.
در نتیجه می‌توان گفت که ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه چوبی را می‌توان در زمین‌هایی که دارای مقاومت خاک حداقل هستند نیز اجرا کرد.
از آن گذشته، خانه‌های چوبی، به‌دلیل سبکی و یکپارچگی، حتی در صورت نشست نامساوی خاک زیر شالوده، عملکرد خوبی دارند.
در مجموع، می‌توان گفت که سیستم خانه‌های چوبی، برای زمین‌های سست، با مقاومت خاک بسیار کم، از بسیاری از سیستم‌های ساختمانی مناسب تر است.

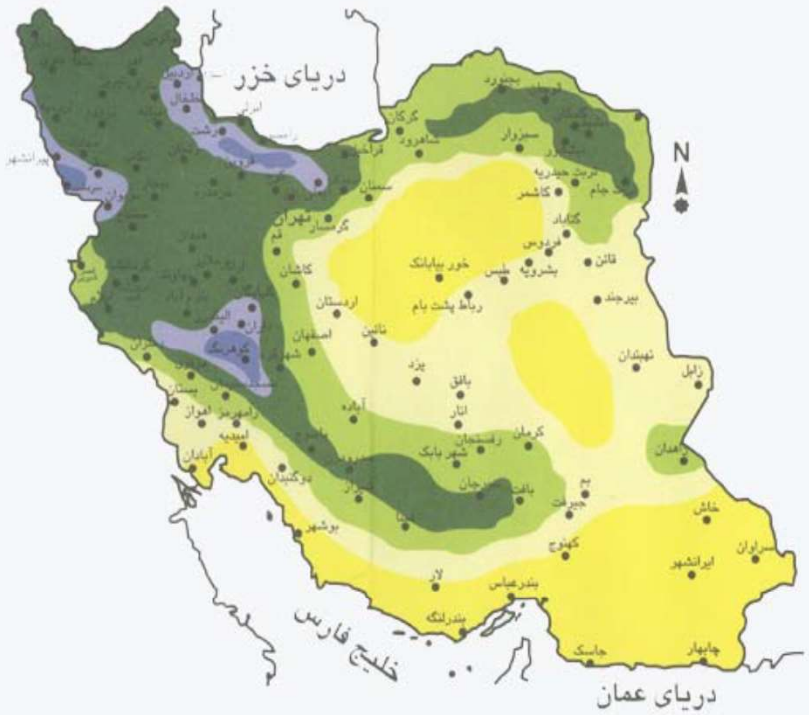
موقعیت محل (Site Orientation)



سازمان هواشناسی کشور

BHRC

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



شکل ۶-۴-۱ تقسیم بندی مناطق کشور برای بار برف

منطقه ۱- مناطق با برف نادر

منطقه ۲- مناطق با برف کم

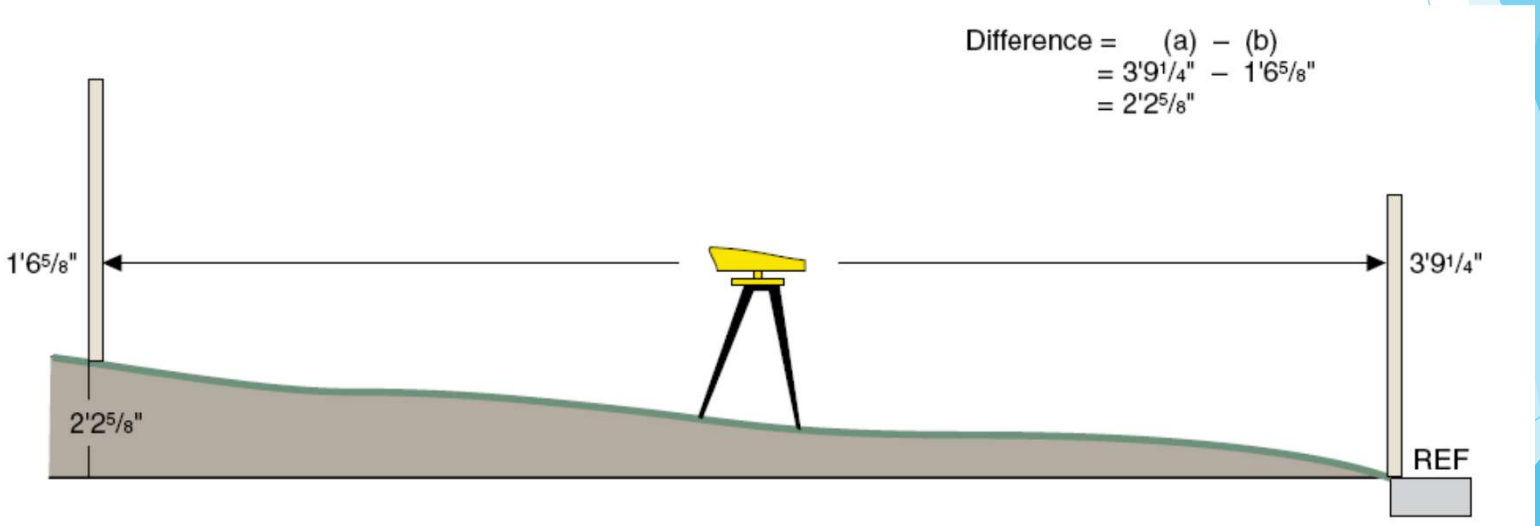
منطقه ۳- مناطق با برف متوسط

منطقه ۴- مناطق با برف زیاد

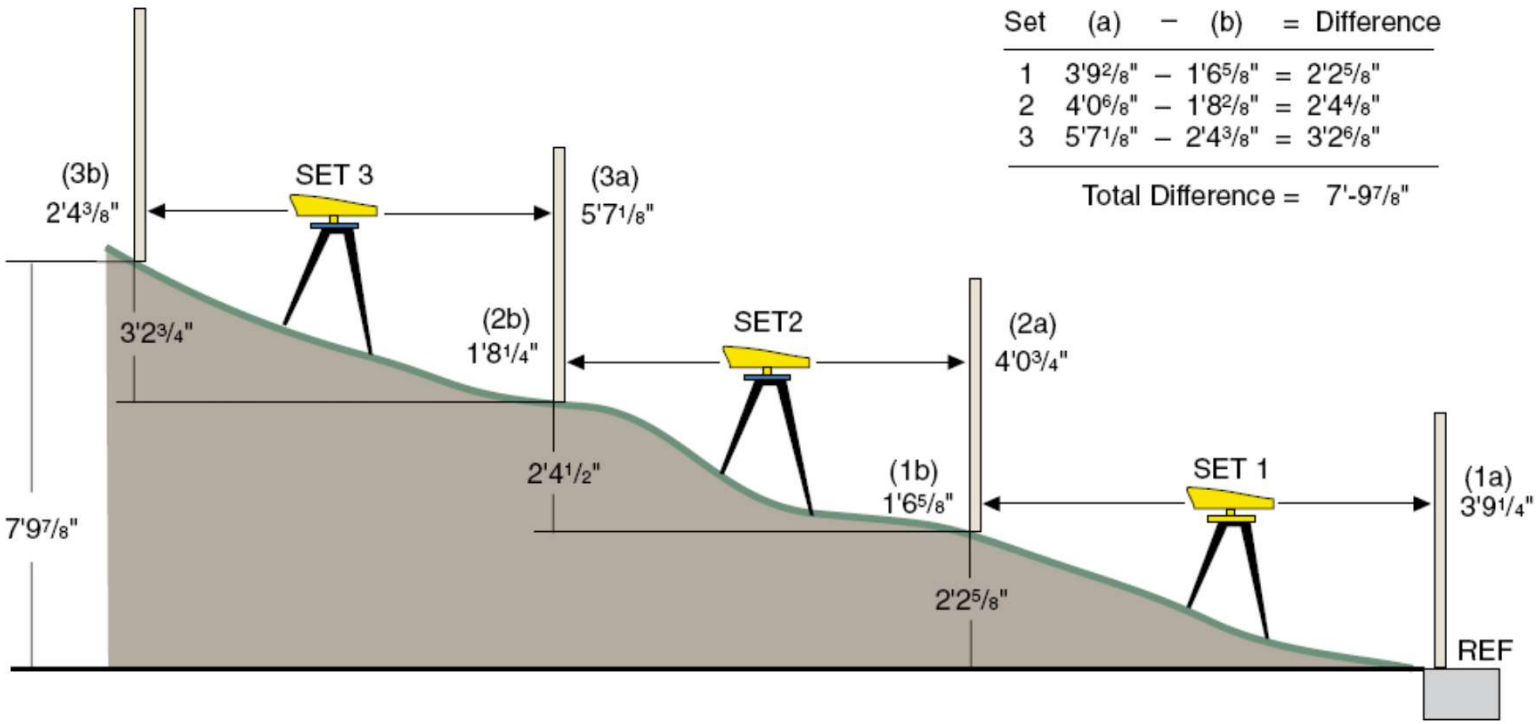
منطقه ۵- مناطق با برف سنگین

منطقه ۶- مناطق با برف فوق سنگین

تعیین ارتفاعات (Determining Elevations)



تعیین ارتفاعات (Determining Elevations)

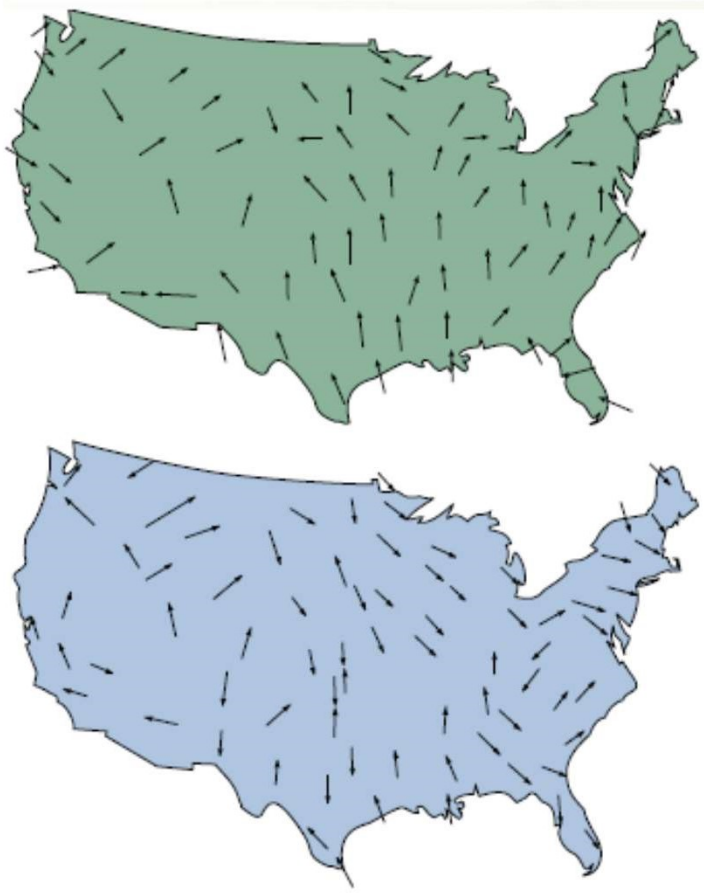


دسترسی ها (Driveways)

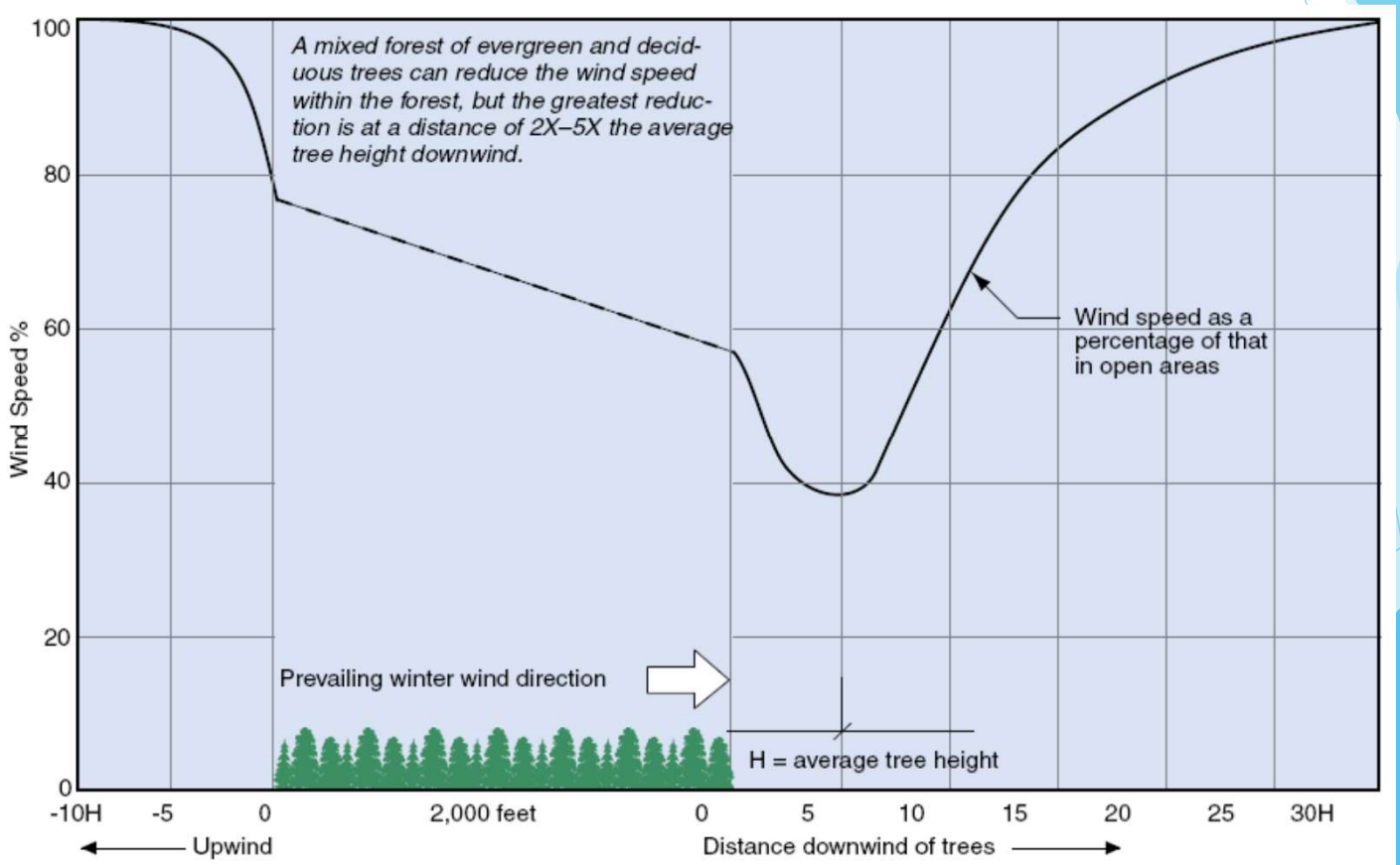
- برای اشخاص پیاده
- انواع وسایل نقلیه
- شیب زمین

اطلاعات آب و هوایی (Climate Data)

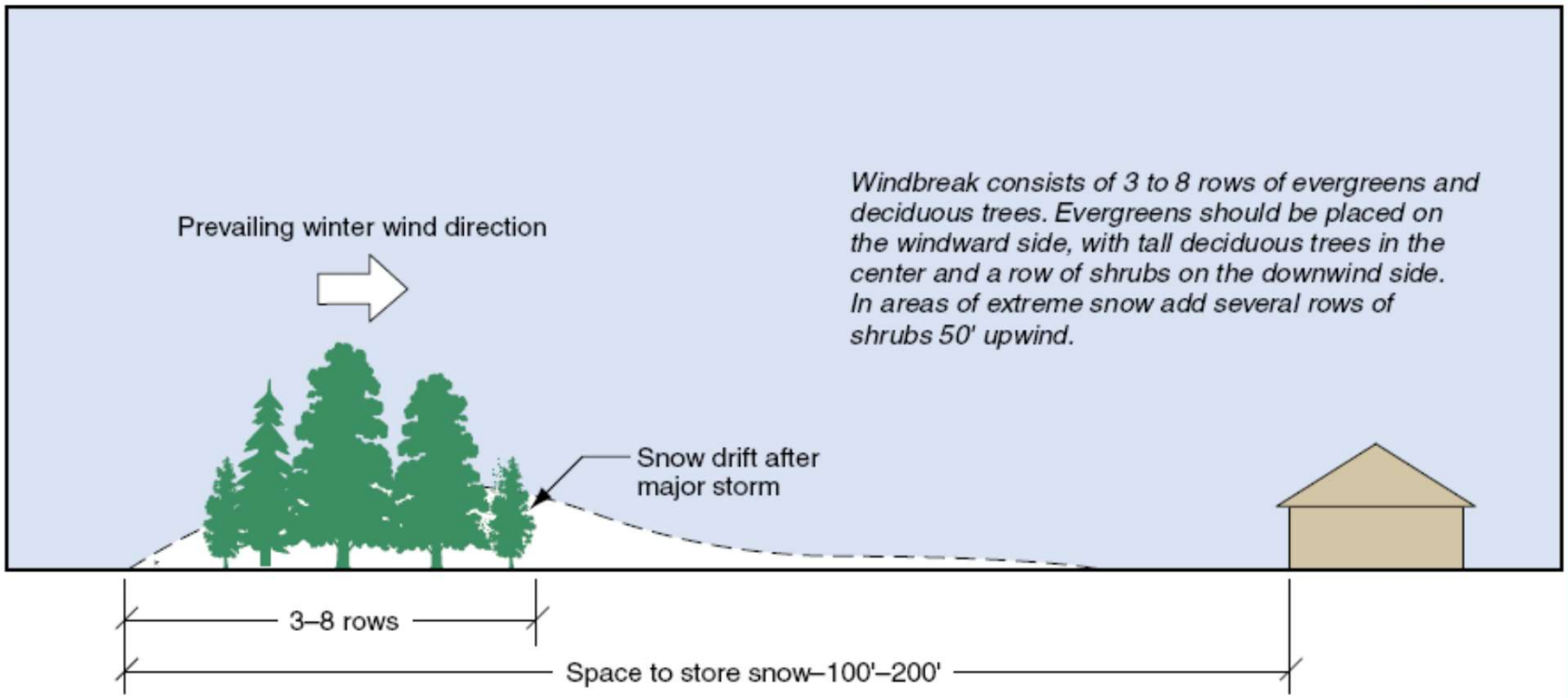
- فصول گرم و سرد سال بر اساس آمار شناسایی شود
- میزان میانگین رطوبت
- سرعت باد و جهت آن مشخص شود



کمربندهای حفاظی (Shelterbelts)



کمربندهای حفاظی (Shelterbelts)



ارتفاع پی دیوارها

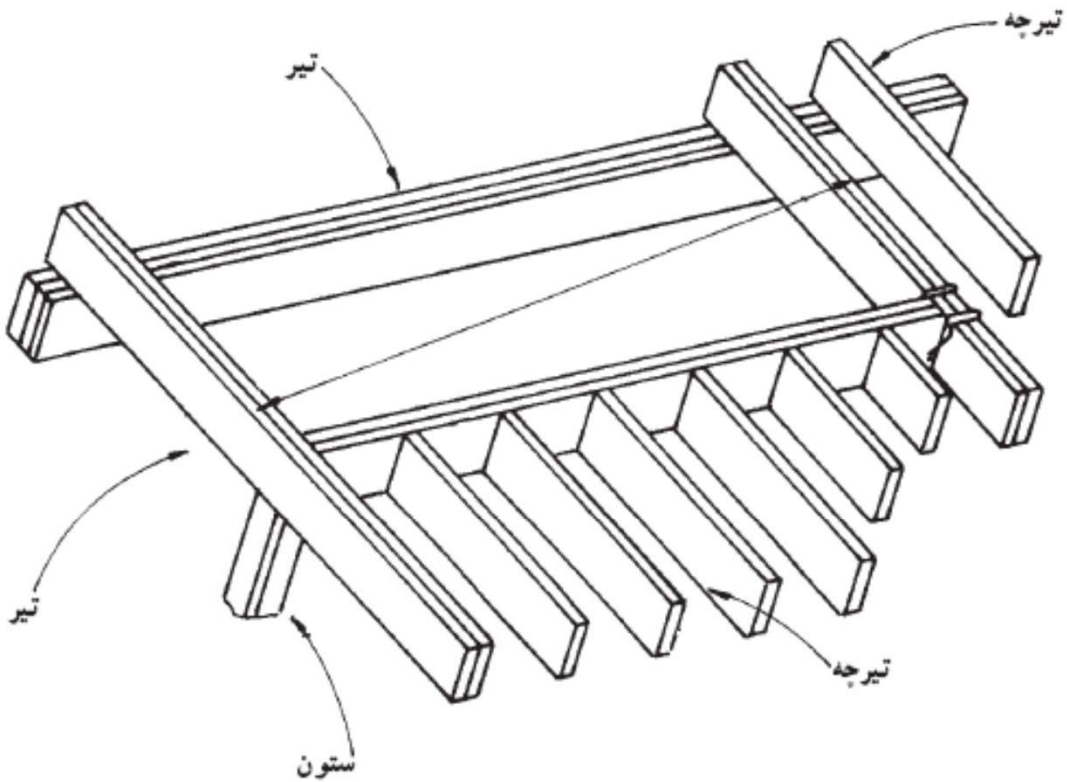
- پی دیوارها باید تا بالای سطح به اتمام رسیده در اطراف خارج از خانه ادامه یابد،
- بنابراین اعضای چوبی و خرپاها، بطور کامل از رطوبت خاک حفاظت شوند و این اعضاء، به اندازه کافی بالاتر از سطح آبرو طبیعی خاک باشند.
- قسمت فوقانی پی دیوار معمولاً باید حداقل ۲۰ سانتیمتر بالاتر از سطح طبیعی زمین باشد.

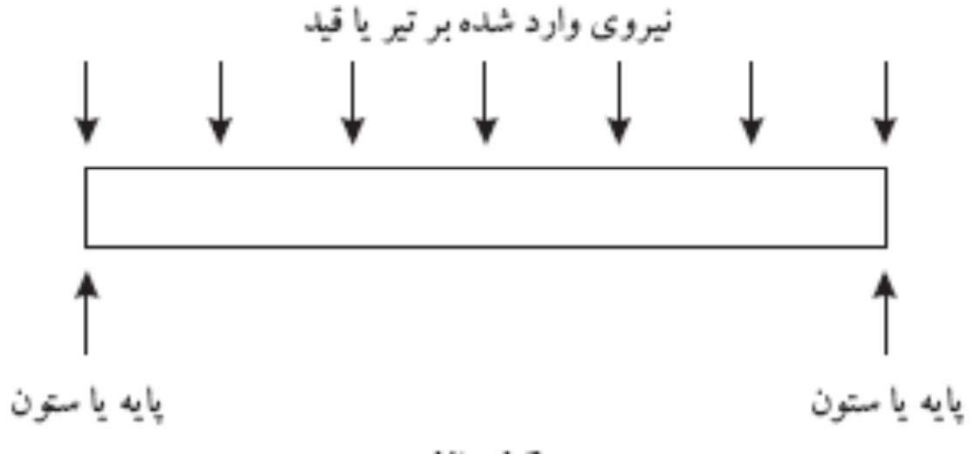
قسمتهای اصلی خانه های چوبی

- تیر
- ستون
- تیر و ستون

تیر

- در ساختمان بار خمشی به آن وارد میشود
- یعنی بار عمود بر طول نمونه است



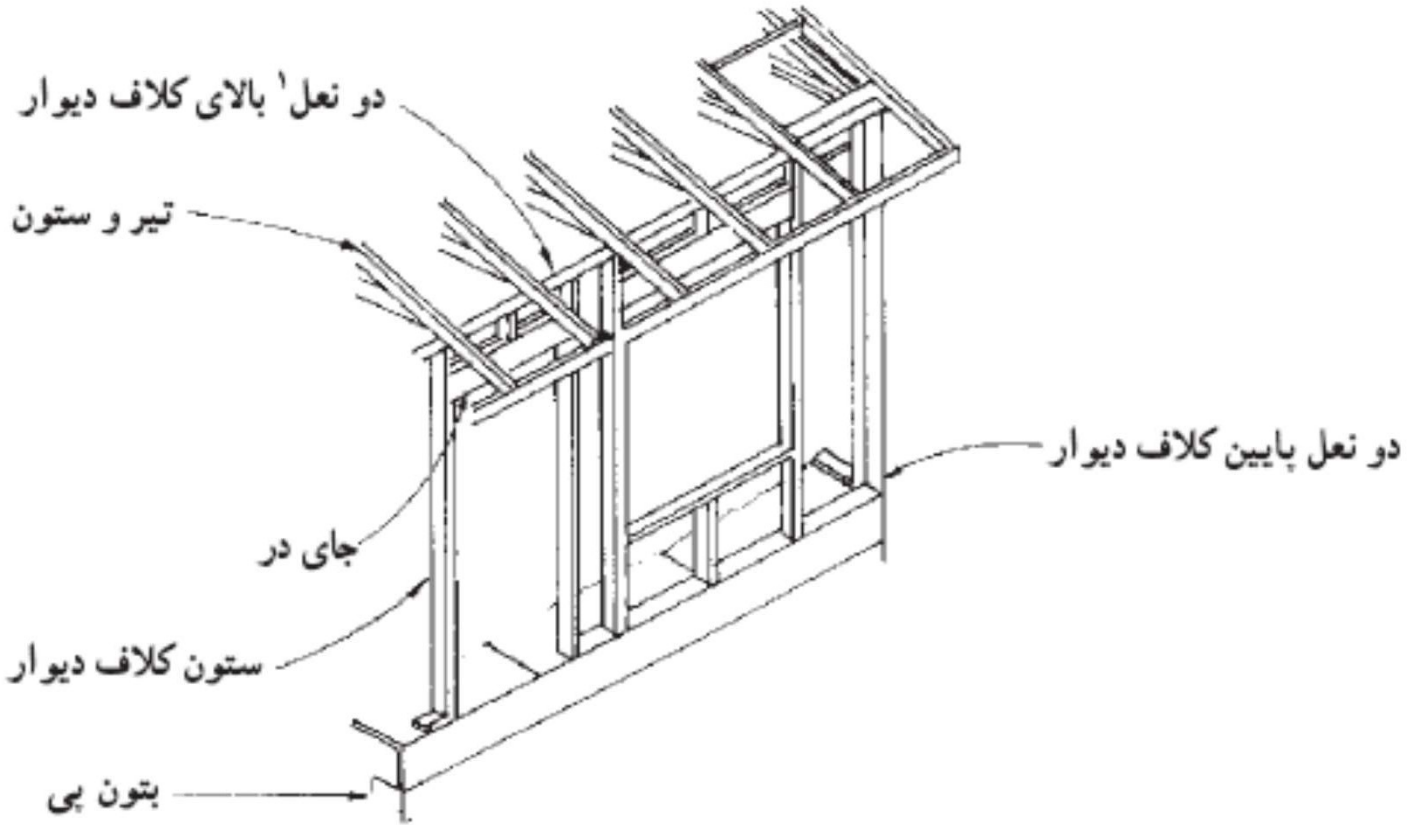


آزمون خمش

- مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) گویند.
- قطعه چوبی که تحت بار خمشی قرار گرفته در سطح بالا فشرده و در سطح پایین کشیده میشود.

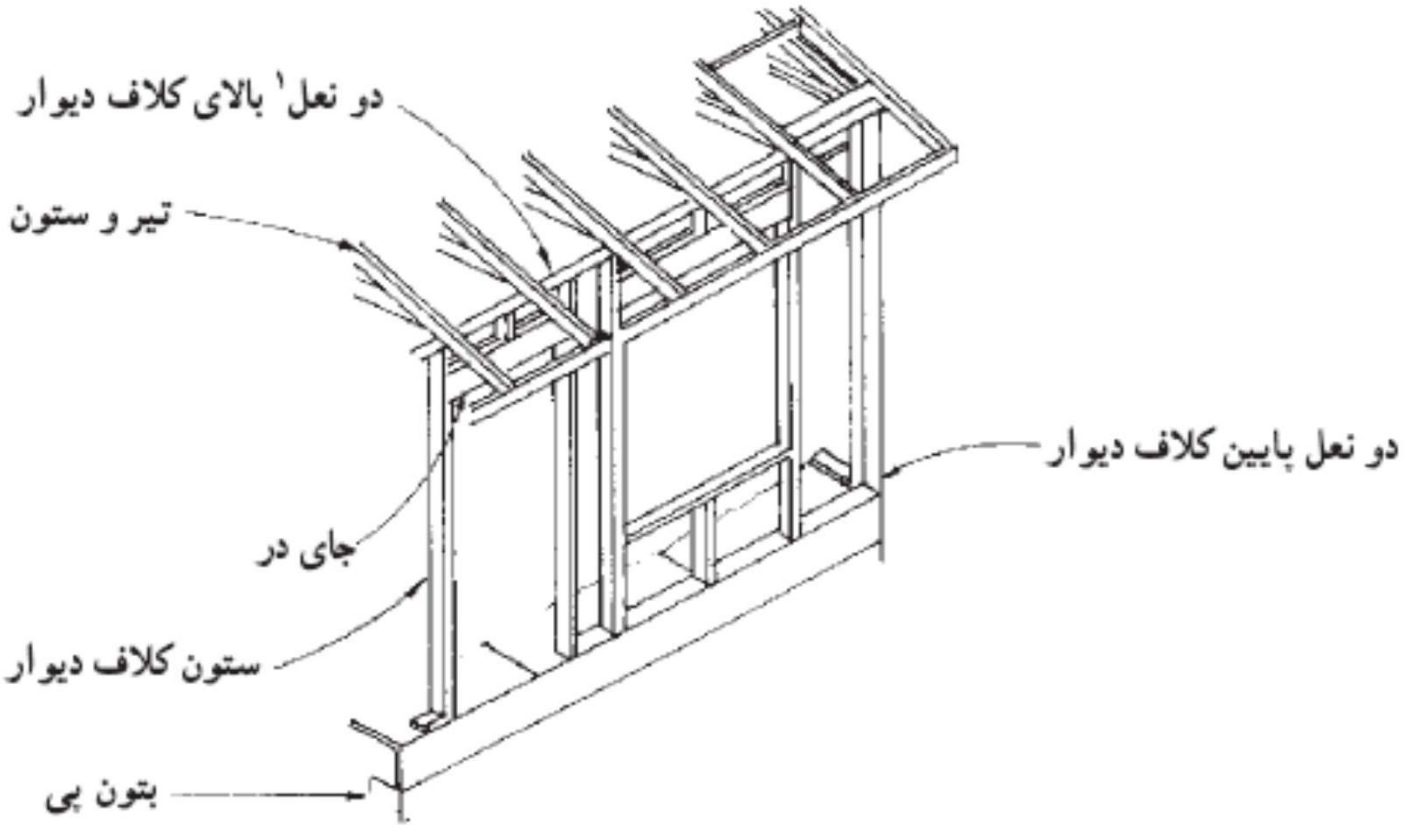
ستون

- به آن بار محوری (طول) وارد میشود



تیر و ستون

- هم بار محوری (طولی) و هم بار خمشی وارد میشود مانند تیرهای زیر شیروانی



نحوه انتخاب مواد ساخت

- استاندارد کردن ابعاد (هنگام برش چوب آلات باید بر اساس باری که تحمل میکنند برش زده شود)
- درجه بندی چوب آلات (چوب ماسیو به طور طبیعی دارای معایبی است و در حین مصرف نیز دارای معایبی خواهد بود. به همین دلیل باید چوب را بر اساس نوع معایب درجه بندی نمود)

روشهای متداول ساخت

- سنتی
- پیش ساخته

روش ساخت سنتی

- ضایعات زیاد،
- وقت گیر و
- هزینه کار زیاد

روش ساخت پیش ساخته

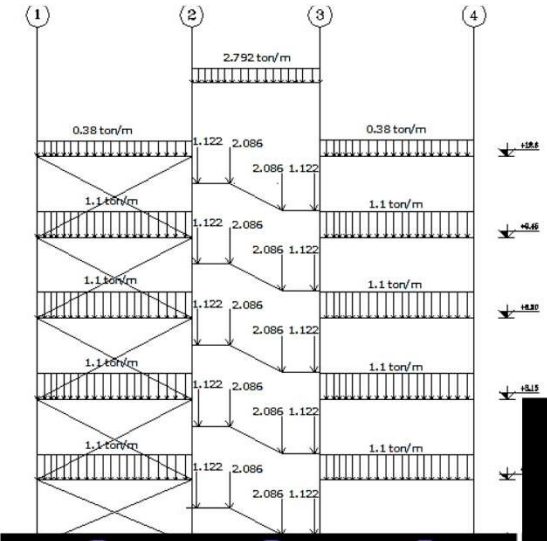
- کاهش ضایعات،
- سرعت عمل بالا،
- هزینه پایین

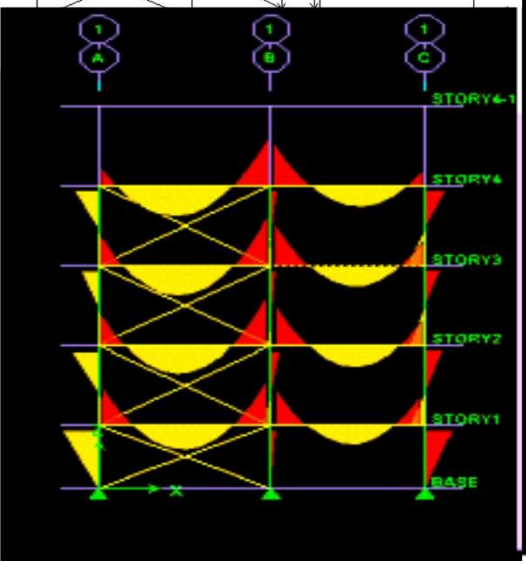
بارگذاری

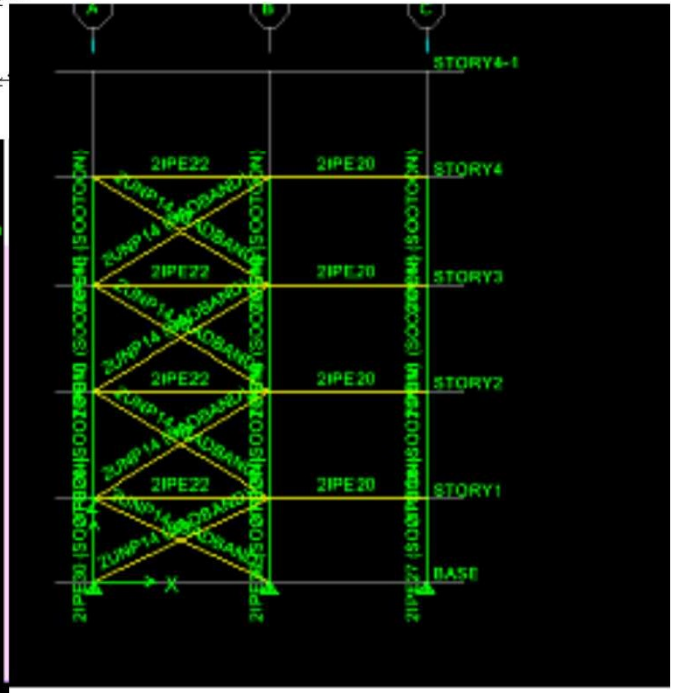
- قدم اول در محاسبه هر ساختمانی اعم از چوبی و فولادی، بتنی، بارگذاری آن است.
- بارگذاری باید توسط مهندس محاسب و به صورت دستی انجام شود.
- چون المانها زیاد است و دقت کافی باید صورت گیرد این پروسه عملی وقت گیر است.

محاسبات هر سازه را میتوان به سه بخش عمده تقسیم نمود:

- بارگذاری (از مهمترین بخشها است)
- تحلیل
- طراحی
- تعیین دقیق بارهای وارده کاری دشوار است چون هنوز سازه تحلیل و طراحی نشده است و تعیین اینکه چه بارهایی به سازه وارد شده کار ساده ای نیست

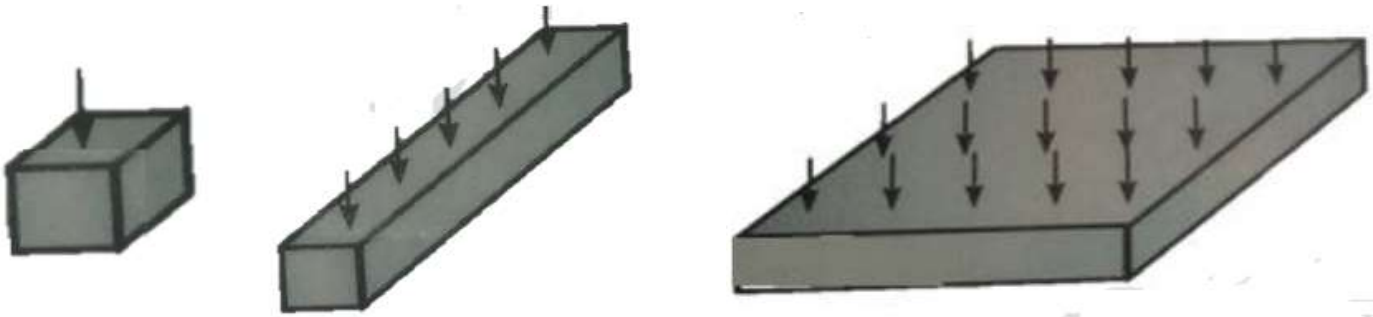




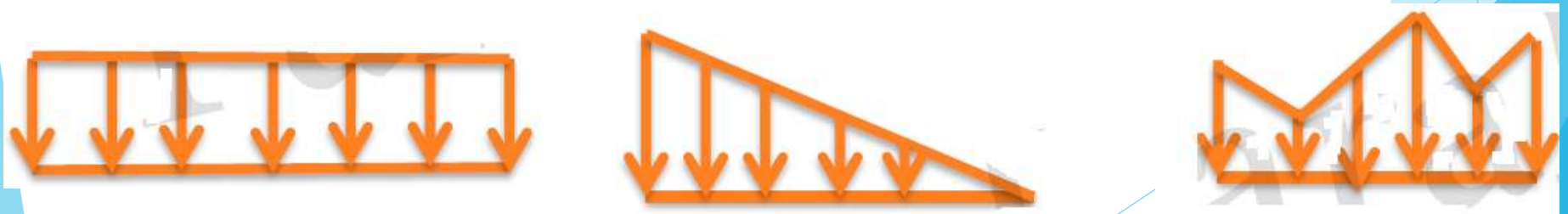


محاسبات بارگذاری

- مقدار بار وارده چه مقدار است؟
- نوع بار چیست؟



- به کجا و چگونه وارد میشود؟



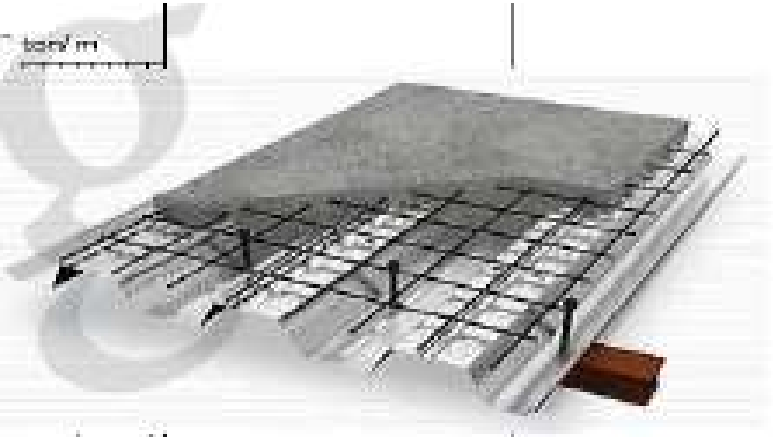
انواع بارهای وارده بر سازه های معمولی

- بارهای وارد بر هر سازه به چند دسته تقسیم میشود

1. بار عمودی (ثقلی) vertical
2. بارهای جانبی Lateral
3. هر دو بصورت توام

بار عمودی (ثقلی)

- بار مرده
- بار زنده
- بار برف



بار جانبی

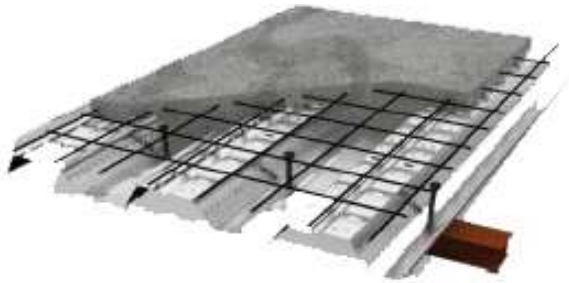
- بار زلزله
- بار باد

سایر بارهایی که در محاسبات حائز اهمیت نیست

- بار باران
- بار ناشی از فشار سیال
- بار سیل
- بار باد
- بار یخ
- بار انفجار
- چون در اکثر ساختمانها بار زلزله غالب است بار باد کمتر استفاده میشود، ساختمانهای بلند بار باد غالب است

بار مرده

- بارهای ثابت که در طول عمر سازه مقدار و محل ثابت دارند
- انواع بار مرده
- تیر،
- ستون،
- کف سازه،
- دیوارها،
- وزن تاسیسات و تجهیزات



بار سقف

دیوارهای جانبی

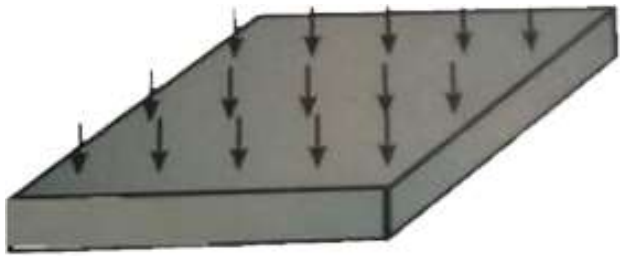
تاسیسات و تجهیزات

بار مرده سقف

- سقف بیشترین سهم را در بار مرده هر ساختمان دارد.

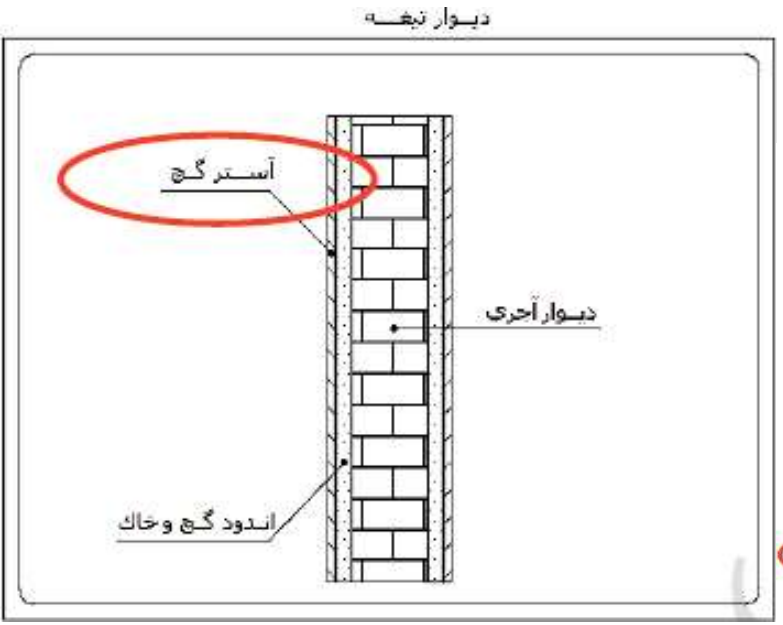
سقف سبک تر ← سازه سبک تر ←

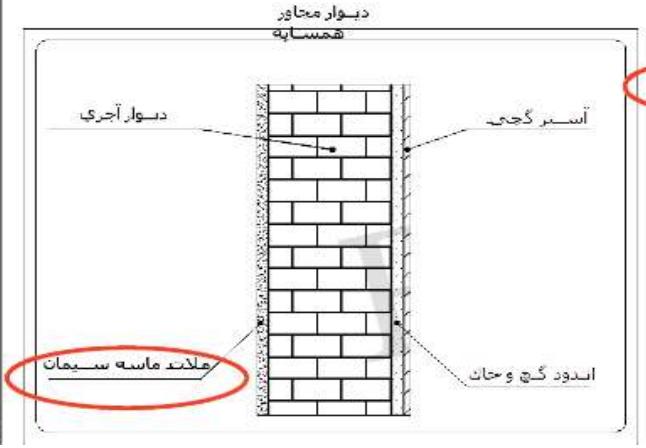
- در اکثر موارد بار مرده بصورت گسترده و یکنواخت بر سطح اعمال میشود. Kg/m^2

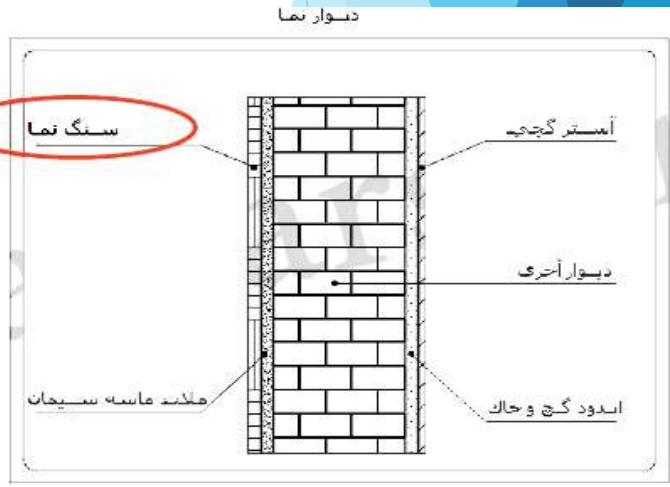


انواع دیوارها

- دیوارهای داخلی
- دیوارهای خارجی
- دیوار خارجی نما
- دیوار خارجی غیر نما

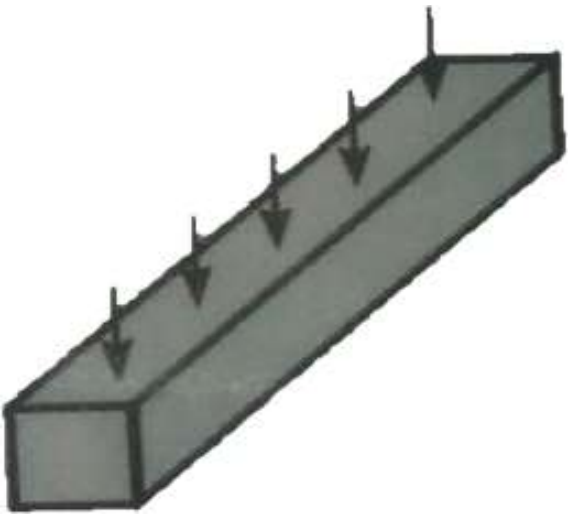


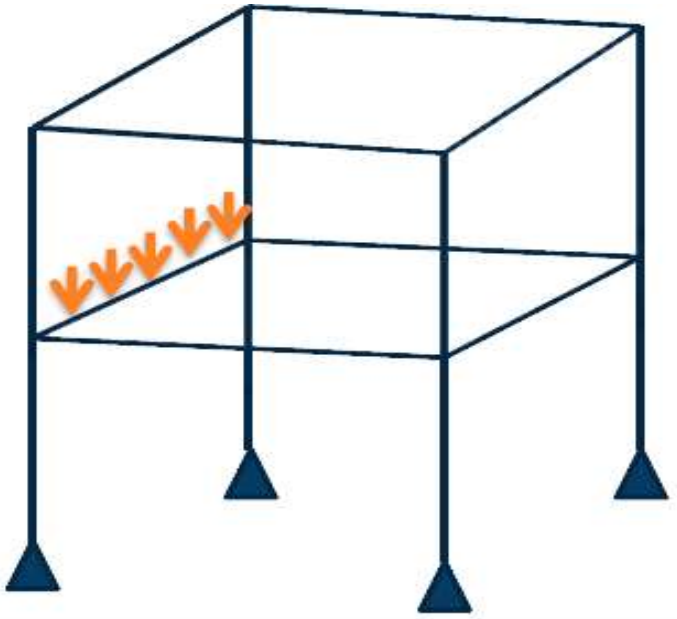




نکات بار مرده دیوارهای پیرامونی

- بار دیوار به صورت خطی و یکنواخت اعمال میشود Kg/m
- به تیرهای پیرامونی سازه وارد میشود
- در این محاسبه اثر بازشوها هم باید در نظر گرفته شود.

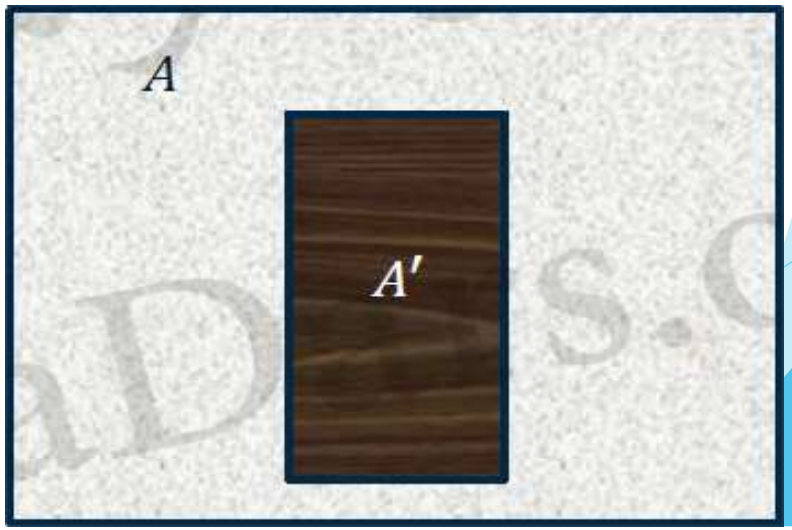




اثر بازشو در دیوار

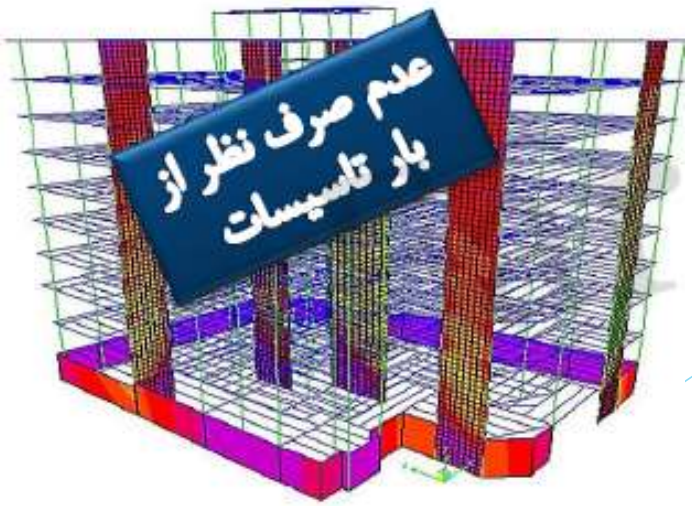
- در دیوارهایی که در نمای ساختمان قرار دارند، معمولا بازشو زیادی قرار دارد، میتوانید سهم بازشو ها از دیوار کم شود.
- به عبارتی بار کمتری بر تیر زیر دیوار به علت بازشو وارد میشود

$$q \times (1 - \frac{A'}{A})$$



وزن تاسیسات و تجهیزات

- در ساختمانهای معمولی تا ۳ طبقه از وزن آنها صرفنظر میشود
- در غیر اینصورت یک بار گسترده ۲۰ تا ۳۰ Kg/m2 بر کف برآورد شود



نحوه محاسبه بار مرده

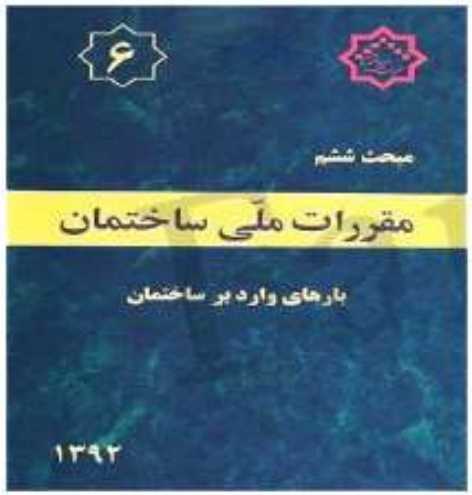
جدول پ – ۶- ۱-۲

مبحث ۶ ام

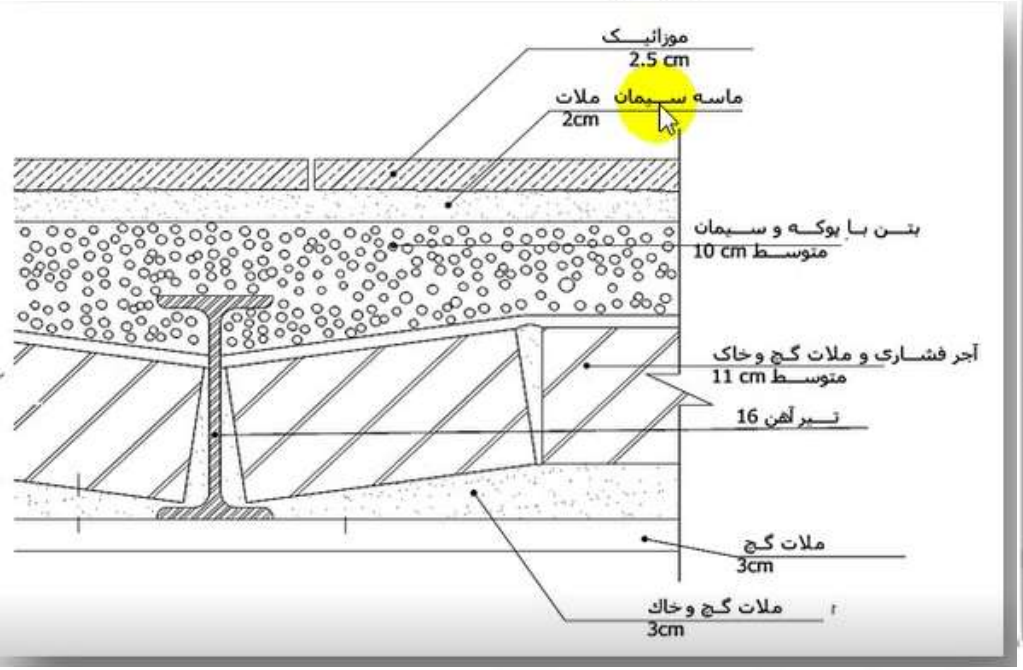
صفحه ۱۲۶-۱۳۰

ابعاد سازه ای و جزئیات معماری

بار مرده یک قطعه = حجم قطعه ❊ وزن مخصوص مصالح



مثال : محاسبه بار مرده سقف طاق ضربی



$2250\ {}^{kg}/_{m^3} \times 0.025\ m = 56.3\ {}^{kg}/_{m^2}$ موزائیک

$2100\ {}^{kg}/_{m^3} \times .02\ m = 42\ {}^{kg}/_{m^2}$ ملات ماسه سیمان

$1300\ {}^{kg}/_{m^3} \times 0.1\ m = 130\ {}^{kg}/_{m^2}$ بتن با پوکه سیمان

$1750\ {}^{kg}/_{m^3} \times 0.11\ m = 192.5\ {}^{kg}/$ آجرفشاری و ملات گچ و خاک

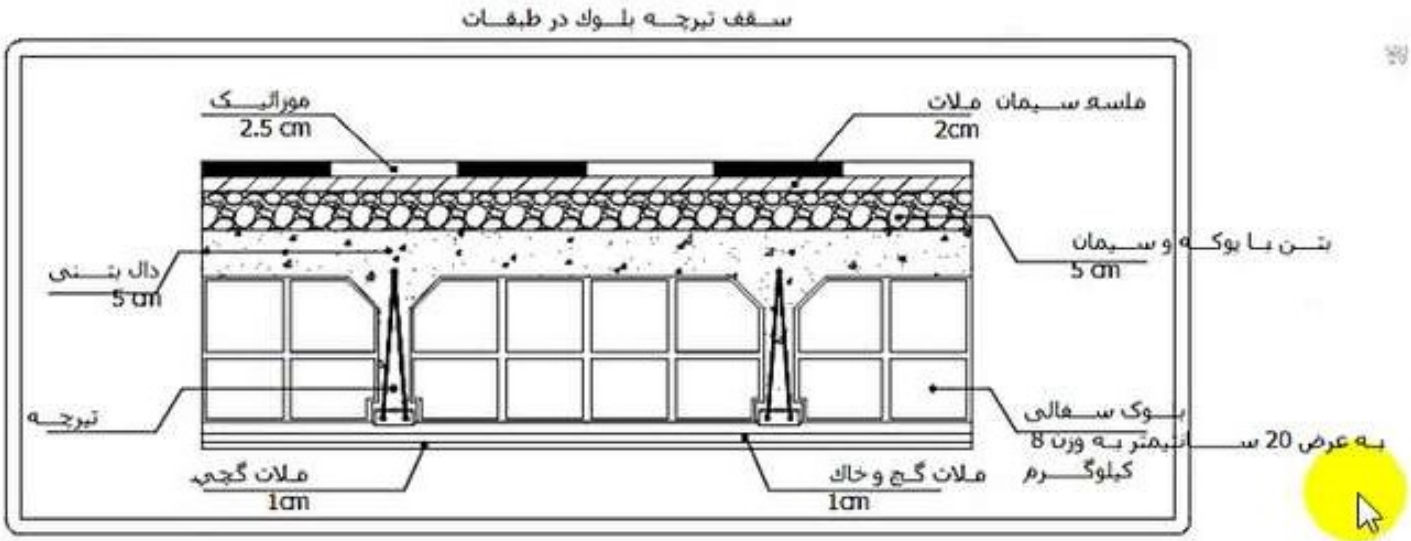
$16\ {}^{kg}/_{m^2}$ تیر

$1300\ {}^{kg}/_{m^3} \times 0.02\ m = 26\ {}^{kg}/_{m^2}$ ملات گچ

$1600\ {}^{kg}/_{m^3} \times 0.03\ m = 48\ {}^{kg}/_{m^2}$ ملات گچ و خاک

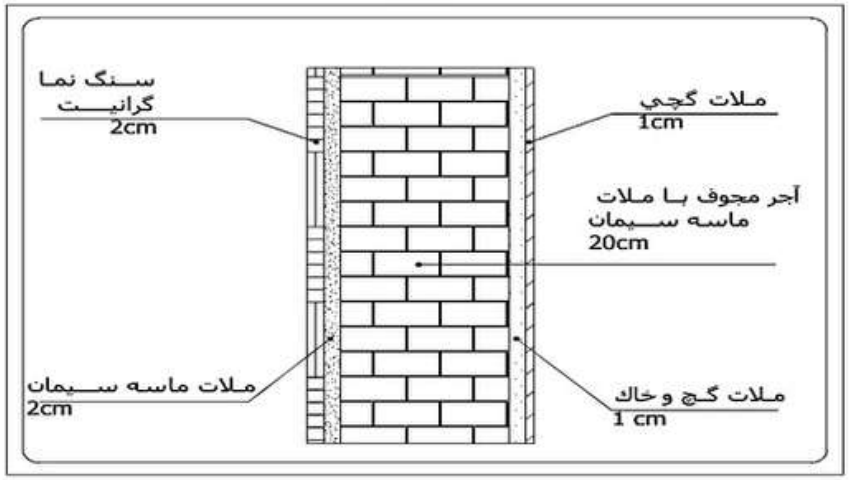
$$56.3\ {}^{kg}/_{m^2} + 42\ {}^{kg}/_{m^2} + 130\ {}^{kg}/_{m^2} + 192.5\ {}^{kg}/_{m^2} + 48\ {}^{kg}/_{m^2} + 26\ {}^{kg}/_{m^2} + 16\ {}^{kg}/_{m^2} = 510.8\ {}^{kg}/_{m^2}$$

مصالح	جرم مخصوص (کیلوگرم / مترمکعب)	ضخامت (متر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
موزائیک	2250	0.025	56.25
ملات ماسه سیمان	2100	0.02	42
ملات گچ	1300	0.02	26
ملات گچ و خاک	1600	0.03	48
اجرکاری با آجر فشاری وملات گچ و خاک	1750	0.11	192.5
بتن با پوکه معدنی و سیمان	1300	0.1	130
تیر ۱۶	16	1	16
جمع			510.75



مصالح	جرم مخصوص (کیلوگرم / مترمکعب)	ضخامت (متر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
موزائیک	2250	0.025	56.25
ملات ماسه سیمان	2100	0.02	42
ملات گچ	1300	0.01	13
ملات گچ و خاک	1600	0.02	32
بلوک	-	0.2	80
بتن با شن و ماسه معمولی	2400	0.05	120
گونی قیر اندود دولا	15	1	15
بتن با پوکه معدنی و سیمان	1300	0.05	65
بتن با شن و ماسه معمولی	2400	0.2	96
جمع			519.25

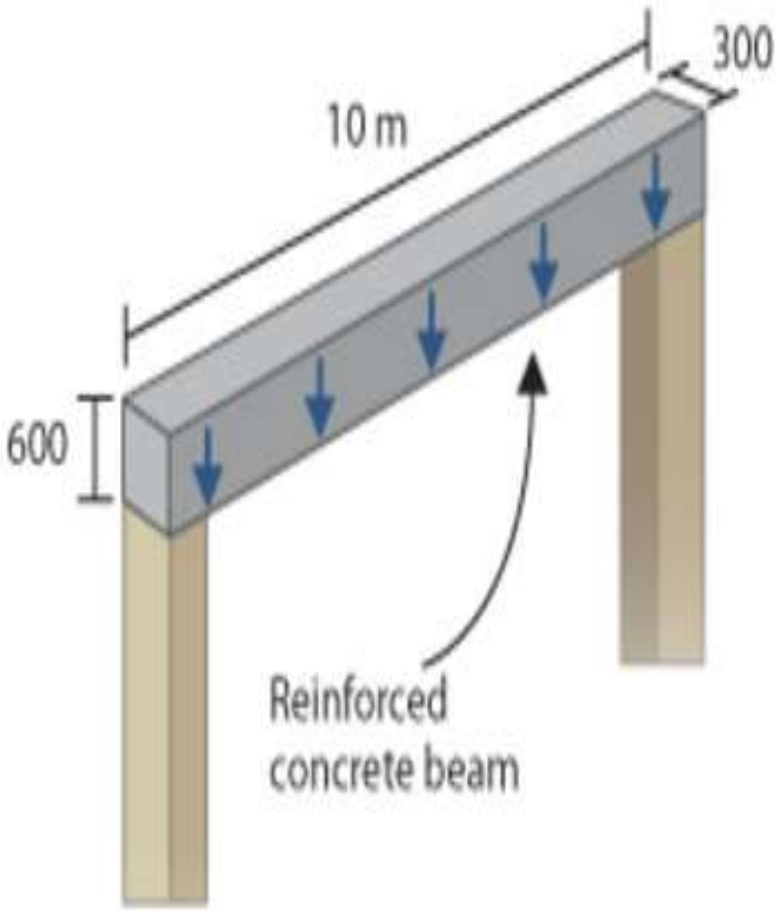
دیـوار نمـا



مصالح	جرم مخصوص (کیلوگرم / مترمکعب)	ضخامت (متر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
گرانیت	2800	0.02	56
ملات ماسه سیمان	2100	0.02	42
ملات گچ	1300	0.01	13
ملات گچ و خاک	1600	0.015	24
آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان	850	0.2	170
جمع			305

- با توجه به جزئیات اجرایی که در نقشه های معماری آمده است معمولا بار مرده اجزای زیر لازم است که محاسبه گردد:
- سقف در طبقات
- سقف در بام
- دیوار خارجی نما
- دیوار خارجی غیر نما
- دیوار جان پناه

Dead load



Volume of beam 10.0 x 0.6 x 0.3 = 1.8 m^3

Unit weight of reinforced concrete = 24 kN/m^3

Therefore, dead load of beam = volume x unit weight

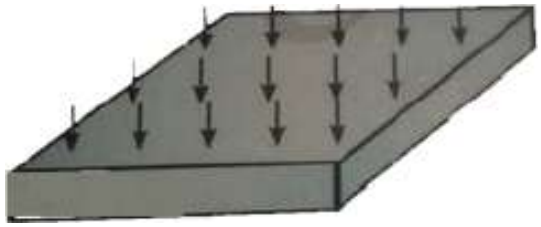
= 1.8 m^3 x 24 kN/m^3

= 43.2 kN

Material	Unit weight kN/m^3
Plain concrete	23.5
Reinforced concrete	24
Glass	25.5
Mild steel	77
Hardwood	11
Softwood	8

بارهای زنده

- بار زنده به بارهایی گفته میشود که مقدار و محل اثر نامشخصی دارند
- یعنی بارهایی که بنا به ماهیت آنها در بعضی اوقات و زمان بر سازه وارد میشوند و دستخوش تغییرات در زمان هستند.
- این بارها همیشه وجود ندارند
- وزن انسان
- لوازم منزل



- بار **برف، باد، زلزله** و همچنین بارهای حین ساخت جزء بار زنده محسوب **نمیشود.**
- در محاسبات باید بصورت **گسترده** لحاظ گردد
- برای محاسبه بارهای زنده کف یا بام باید سطح بارگیر عضو مورد طراحی به
- یعنی مقدار بار تعیین شود نه مجموع آن

Live loads for floors as per building usage	Uniformly distributed load kPa or kN/m^2
Houses	1.5
Flats, apartments, motel bedrooms	2.0
Offices	3.0
Workshops	5.0
Parking, vehicle > 2.5 t	5.0
Hospitals, school assembly areas with fixed seating	3.0
Dance halls, bars, lounges	5.0

تخمین بار زنده

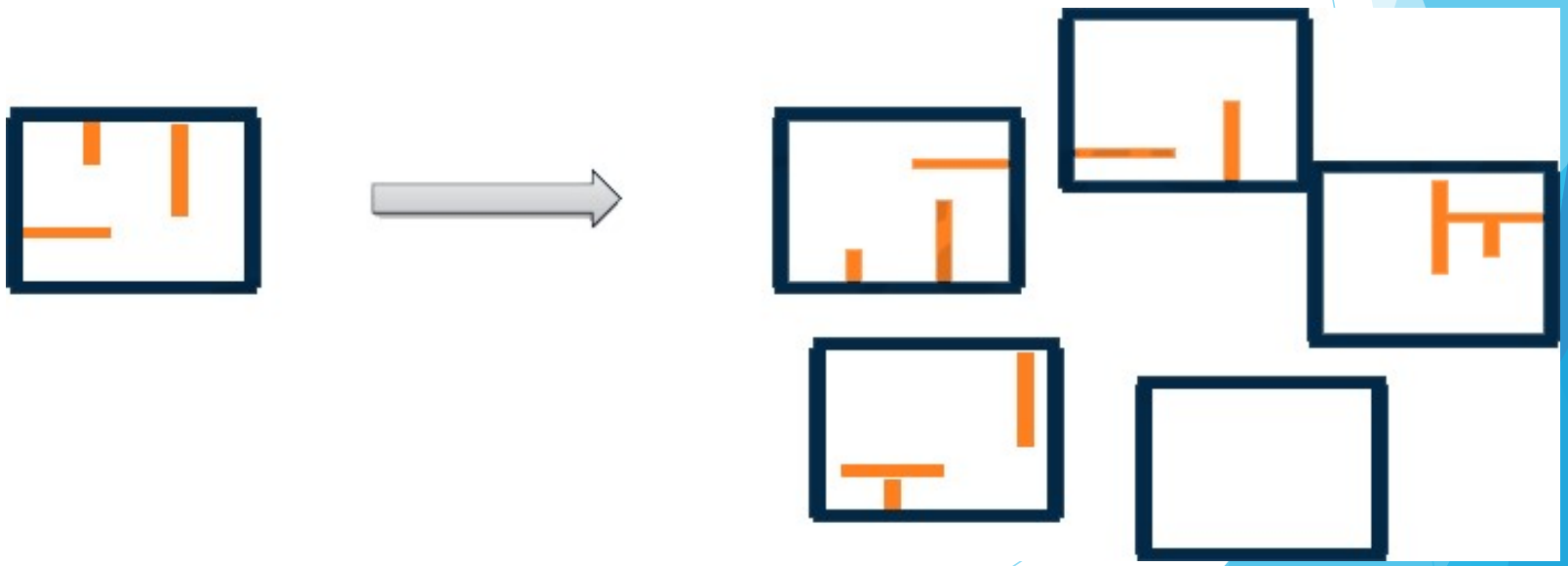
- مقدار بار زنده با توجه به نوع کاربری ساختمان تعریف میشود
- آئین نامه مبحث ششم مقادیر حداقل بار زنده گسترده و متمرکز را ارائه کرده است
- حداقل بار زنده ۱/۵ KN/m^2

جدول ۶-۵-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_o و بار زنده متمرکز کف‌ها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام‌های معمولی تخت، شیبدار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام‌های دارای باغچه و گلخانه	۵	—
۱-۴	بام‌هایی با پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام‌هایی با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب‌های نگهدارنده یک فضابند	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش، فقط به اعضای قابها وارد می‌شود)	۱
۲	سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام		
۲-۱	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع دارای صندلی‌های ثابت (چسبیده به کف)	۴[۳]	—
۲-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع فاقد صندلی‌های ثابت	۵[۳]	—
۲-۳	سالن‌های غذاخوری و رستوران‌ها	۵[۳]	—
۲-۴	سینماها و تئاترها	۵[۳]	—
۲-۵	صحنه سینماها و تئاترها	۷٫۵[۳]	—
۲-۶	سالن‌های اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵[۳]	—
۲-۷	شبستان مساجد و تکایا	۶[۳]	—
۲-۸	سالن انتظار و ملاقات	۵[۳]	—
۲-۹	پایانه‌های مسافربری	۶[۳]	
۳	راهروها، راه پله‌ها[۴] و بالکن‌ها		
۳-۱	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف (ورودی)	۵	—
۳-۲	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در سایر طبقات	مطابق بار زنده اتاق‌های مجاور	—
۳-۳	راه‌پله و راههای منتهی به درب‌های خروجی	۵[۱۲] و [۴]	۱٫۳
۳-۴	راه پله اضطراری	۵	۱٫۳
۳-۵	راهرو دسترسی برای امور تعمیر و نگهداری تاسیسات	۲	۱٫۳
۳-۶	بالکن‌ها	۱۵ برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در	—

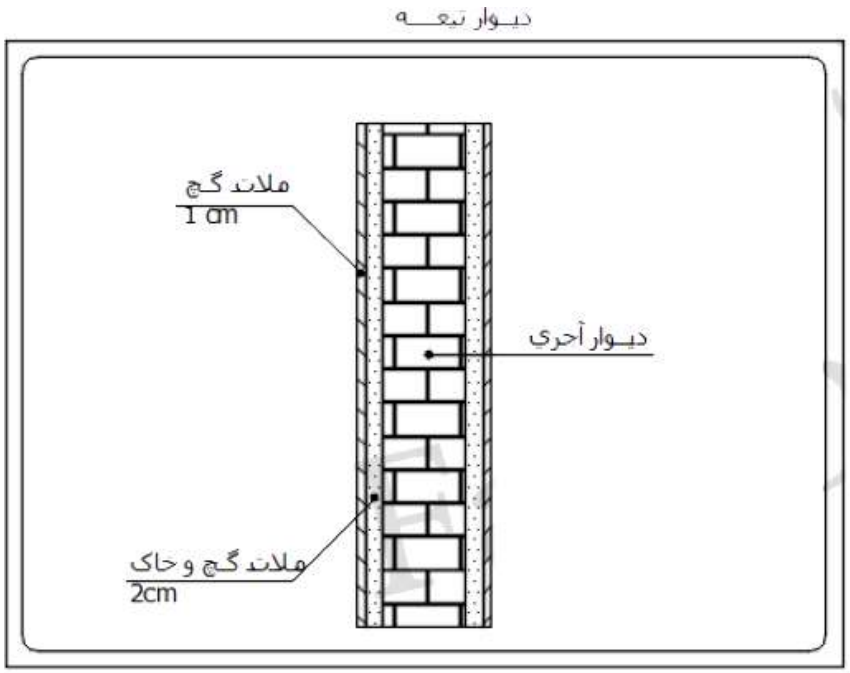
بار تیغه ها

- تیغه ها جداکننده های که در فضای داخلی سازه با عرض ۱۰ سانتیمتر و کمتر است
- احتمال تغییر موقعیت آنها در طول عمر سازه وجود دارد
- معمولا برای در نظر گرفتن تیغه ها از یک بار گسترده معادل که بر کل سطح کف اعمال میشود استفاده خواهد شد. (باری که بر کف اعمال میشود بار معادل تیغه ها)



محاسبه بار تیغه ها

- جهت برآورد بار تیغه ها لازم است در گام اول ابتدا وزن یک متر مربع تیغه را تعیین کنیم



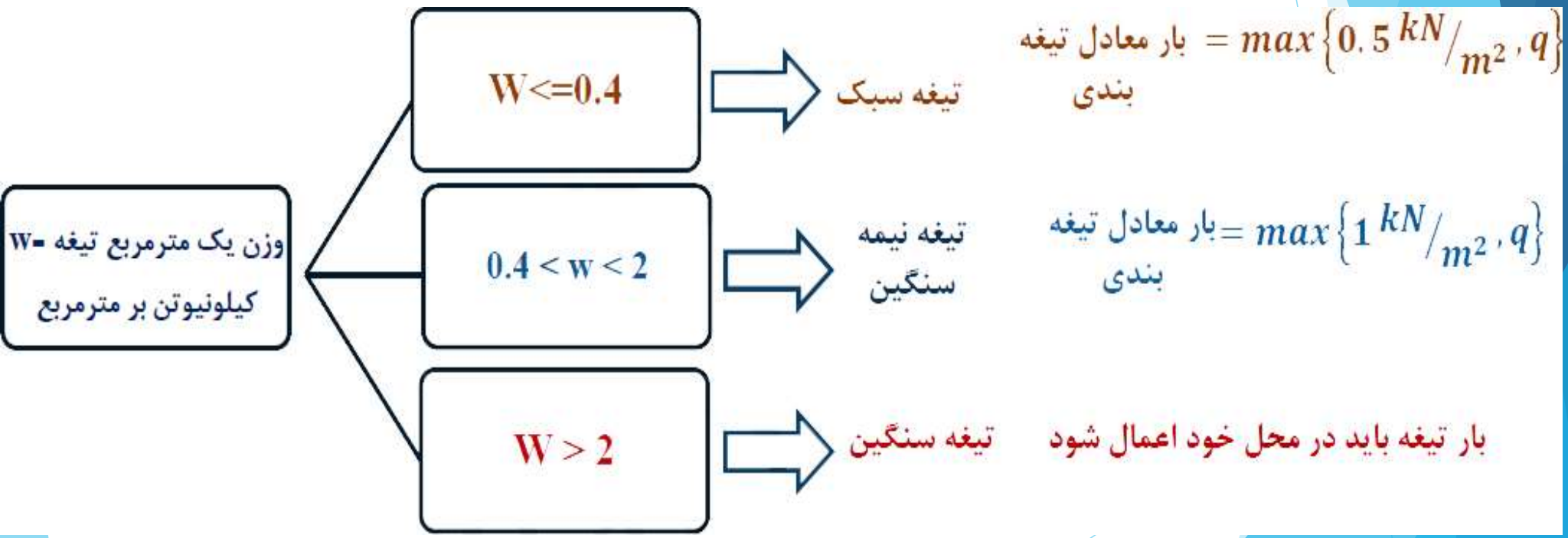
مصالح	جرم مخصوص (کیلوگرم / مترمکعب)	ضخامت (متر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
ملات گچ	1300	0.01	13
ملات گچ و خاک	1600	0.02	32
آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان	850	0.1	85
W			130

بار معادل تیغه بندی

- در گام دوم باید بار معادل تیغه بندی محاسبه شود

تعیین بار معادل تیغه بندی

- آیین نامه معمولا دارای محدودیت است به همین دلیل بصورت زیر محاسبه میشود

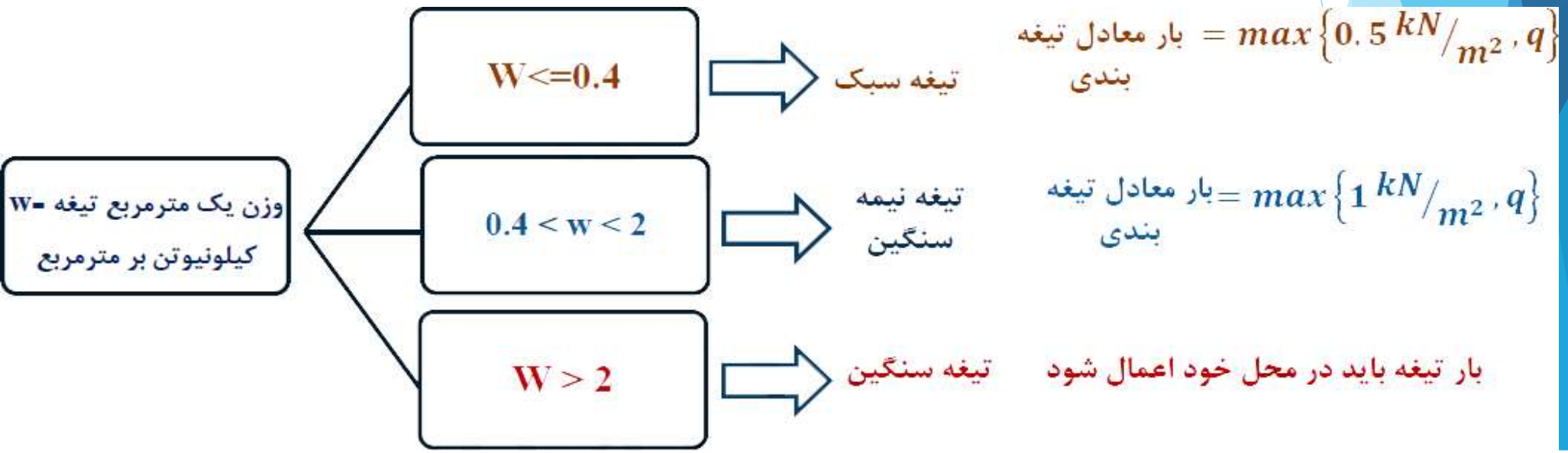


تمرین

- در آزمایشگاهی به مساحت ۱۰۰ متر مربع واقع در یک بیمارستان، از تیغه های جداکننده به وزن واحد سطح تیغه ۱/۲کیلونیوتن بر متر مربع برای جدا کردن فضا استفاده شده است. اگر کل مساحت تیغه های به کار رفته ۱۵۰ متر مربع باشد، بار معادل متوسط تیغه بندی بر واحد سطح کف بر حسب کیلو نیوتن بر متر مربع چه مقدار است؟
- W=1.2 KN/m2
- بار معادل متوسط تیغه بندی= $\max[1KN/m^2, 1.2*150/100]=1.8\ KN/m^2$

تمرین

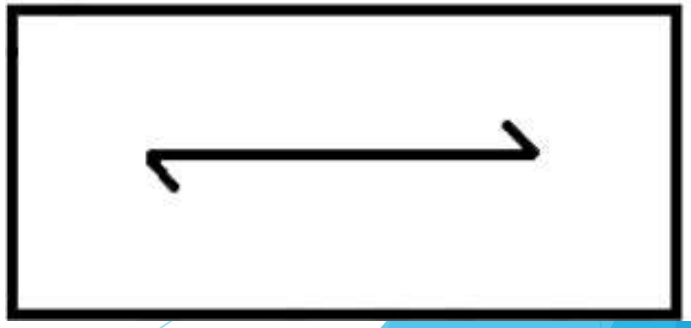
- بار زنده گسترده در نظر گرفته شده در قسمتی از یک ساختمان ۴/۵ KN/m^2 است. در صورتیکه برای تیغه بندی فضاها از دیوارهایی که وزن یک متر مربع آن ۰/۳۵ کیلونیوتن است استفاده شود، درصورتیکه مساحت این قسمت از ساختمان ۵۰ متر مربع و مساحت تیغه به کار رفته ۲۰۰ متر مربع باشد، حداقل وزن معادل دیوارهای تقسیم کننده وارد بر کف آن قسمت از ساختمان چه مقدار در نظر گرفته میشود؟



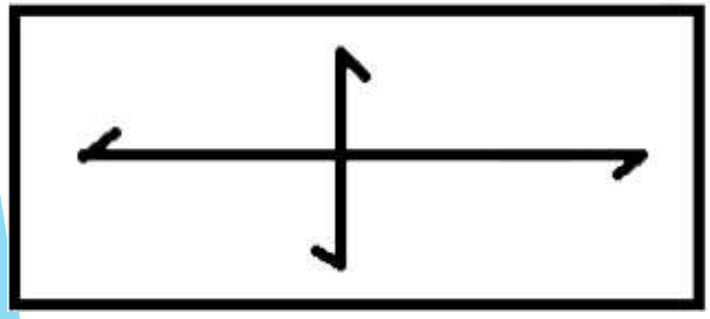
سطح بارگیر

- سطحی که به عضو معینی بار اعمال میکند را سطح بارگیر گویند
- برای هر عنصر باربر سازه. سطحی که آن عضو، وظیفه باربری آن را دارا می باشد. سطح بارگیر نامیده میشود.

توزیع بار قائم در کف‌های یکطرفه

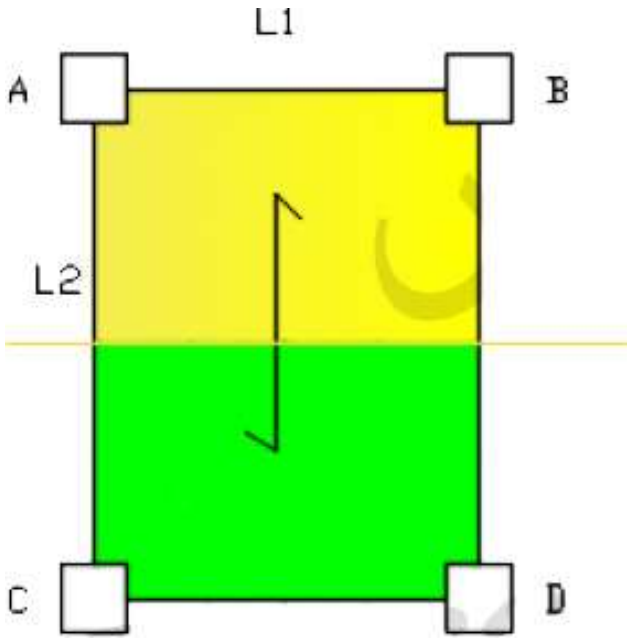


توزیع بار قائم در کف‌های دوطرفه



توزیع بارهای قائم در کف یک طرفه

- بار کف با توجه به جهت تیرریزی به تیرهای AB و DC میرسد.

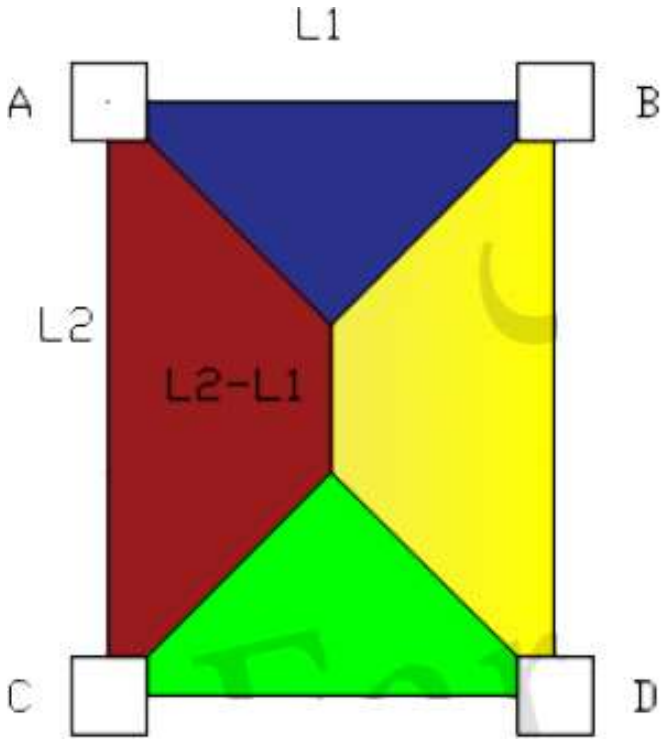


$$A_{t_{(AC)}} = A_{t_{(BD)}} = 0$$

$$A_{t_{(AB)}} = A_{t_{(CD)}} = \left(l_1 \times \frac{l_2}{2}\right)$$

توزیع بارهای قائم در کف دو طرفه

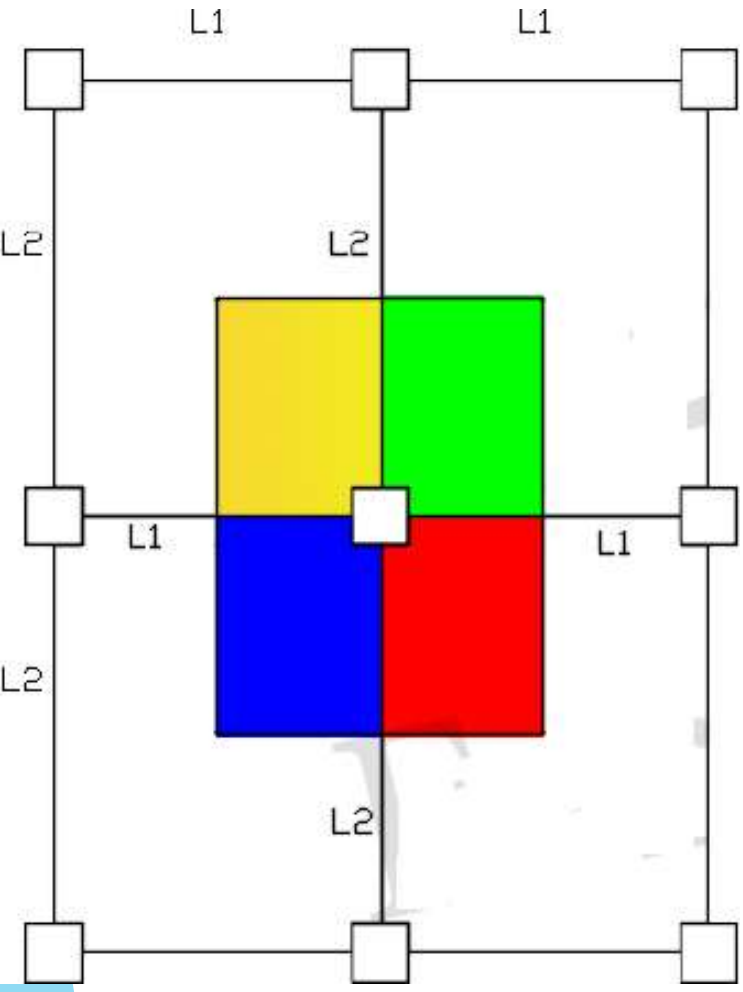
- بار کف با توجه به جهت تیرریزی به تمام تیرها میرسد.
- برای تعیین بار وارد بر تکیه گاه ها سطح ذوزنقه و مثلث ایجاد شده را باید در نظر بگیریم



$$A_{t_{(AB)}} = A_{t_{(CD)}} = \left(\frac{{l_1}^2}{2}\right) \times {}^1/_2$$

$$A_{t_{(AC)}} = A_{t_{(BD)}}$$
$$= (2l_2 - l_1) \times {}^{l_1}/_2 \times {}^1/_2$$

سطح بارگیر ستونها

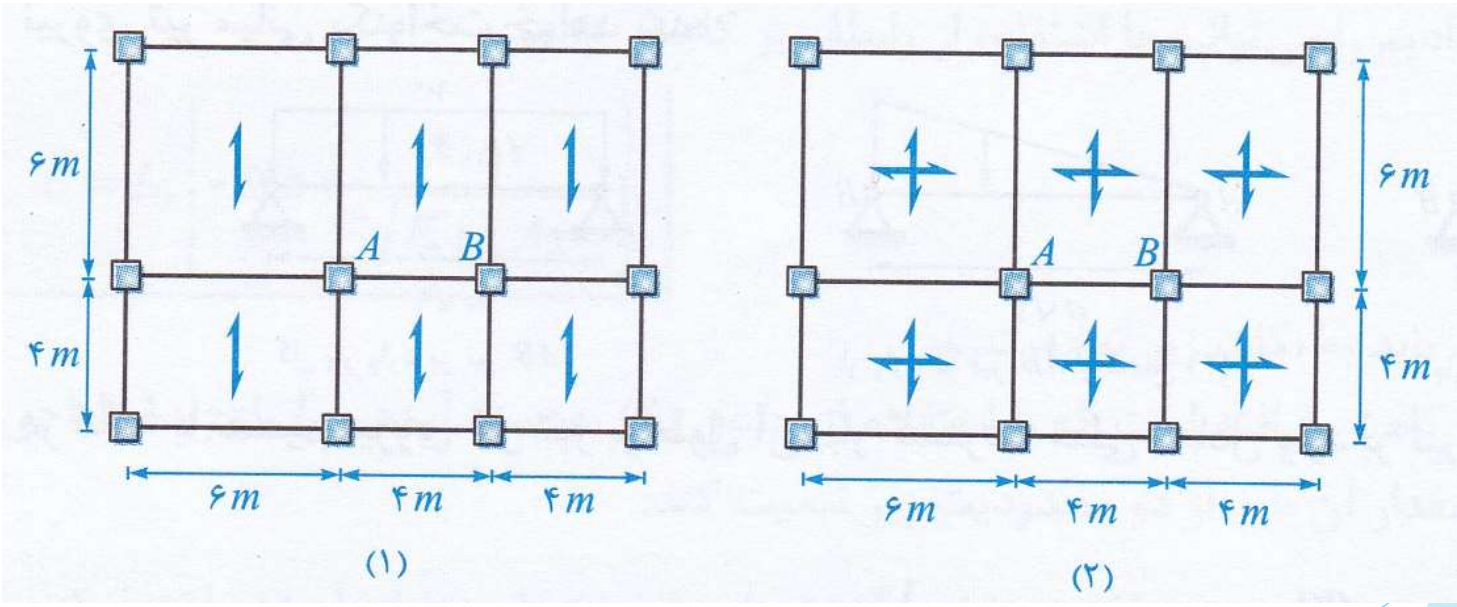


$$S_i = 4 \times \frac{l_1}{2} \times \frac{l_2}{2}$$

S_i سطح بارگیر ستون در همان طبقه

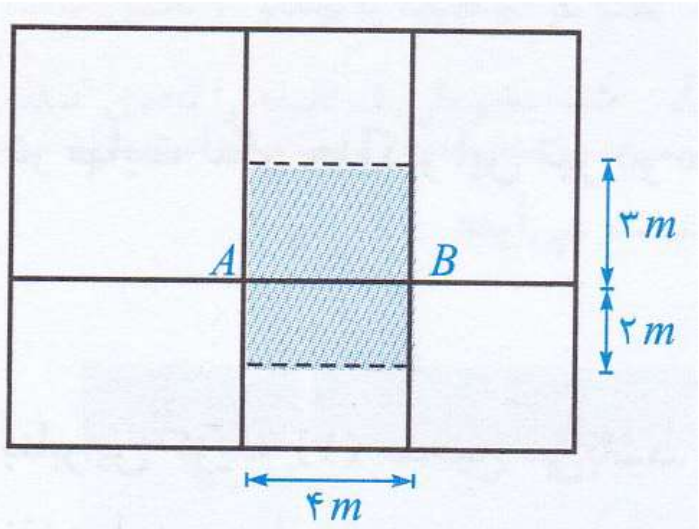
تمرین

- پلان شکل زیر، مربوط به یک ساختمان مسکونی است، سطح بارگیر تیر AB را در دو حالت ۱ و ۲ محاسبه نمایید



تمرین

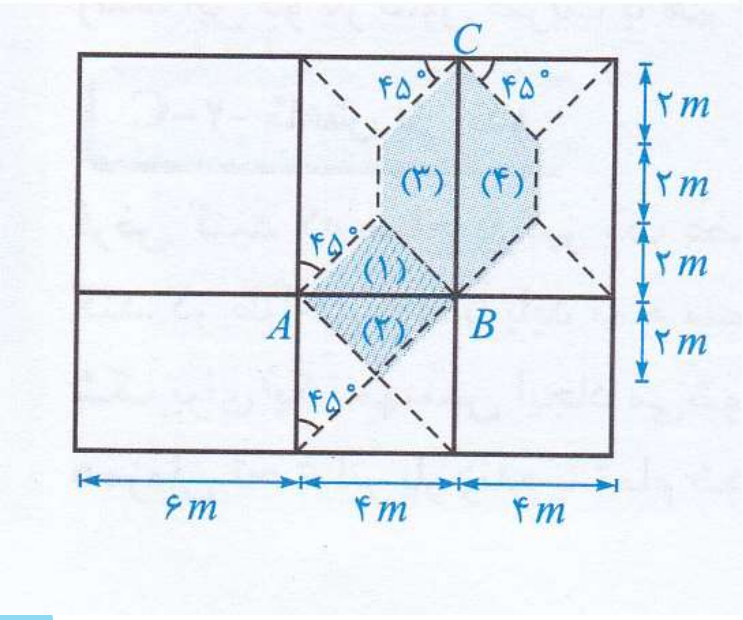
- پلان شکل زیر، مربوط به یک ساختمان مسکونی است، سطح بارگیر تیر AB را در دو حالت ۱ و ۲ محاسبه نمایید



سطح بارگیر تیر $AB = ۳ \times ۴ + ۲ \times ۴ = ۲۰ m^{۲}$

تمرین

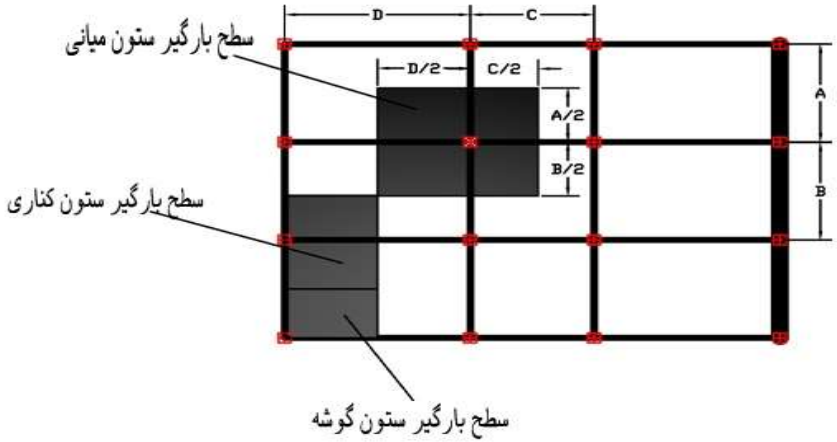
- پلان شکل زیر، مربوط به یک ساختمان مسکونی است، سطح بارگیر تیر AB را در دو حالت ۱ و ۲ محاسبه نمایید

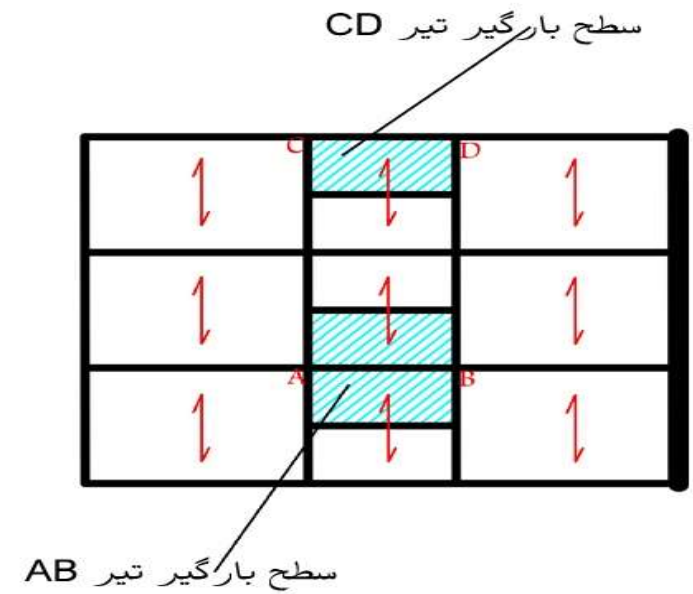


$$\text{سطح بارگیر تیر } AB = \text{سطح (۱)} + \text{سطح (۲)} = ۲ \times \left(\frac{۲ \times ۴}{۲}\right) = ۸ m^{۲}$$

سطح بارگیر

- سطحی که به عضو معینی بار اعمال میکند را سطح بارگیر گویند
- برای هر عنصر باربر سازه. سطحی که آن عضو، وظیفه باربری آن را دارا می باشد. سطح بارگیر نامیده میشود



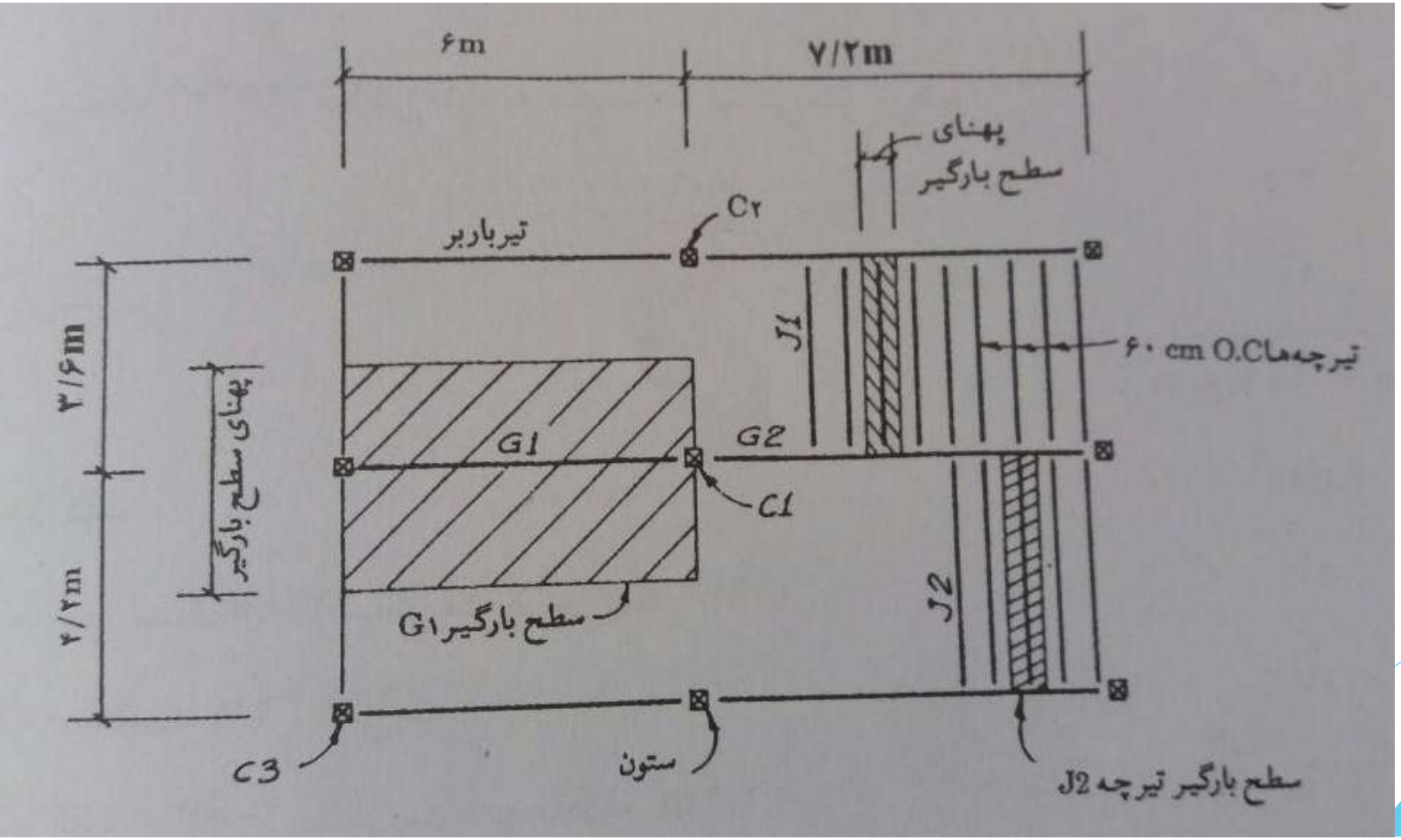


دال یکطرفه

salehisalehomran.mihanblog.com
salehisalehomran.mihanblog.com

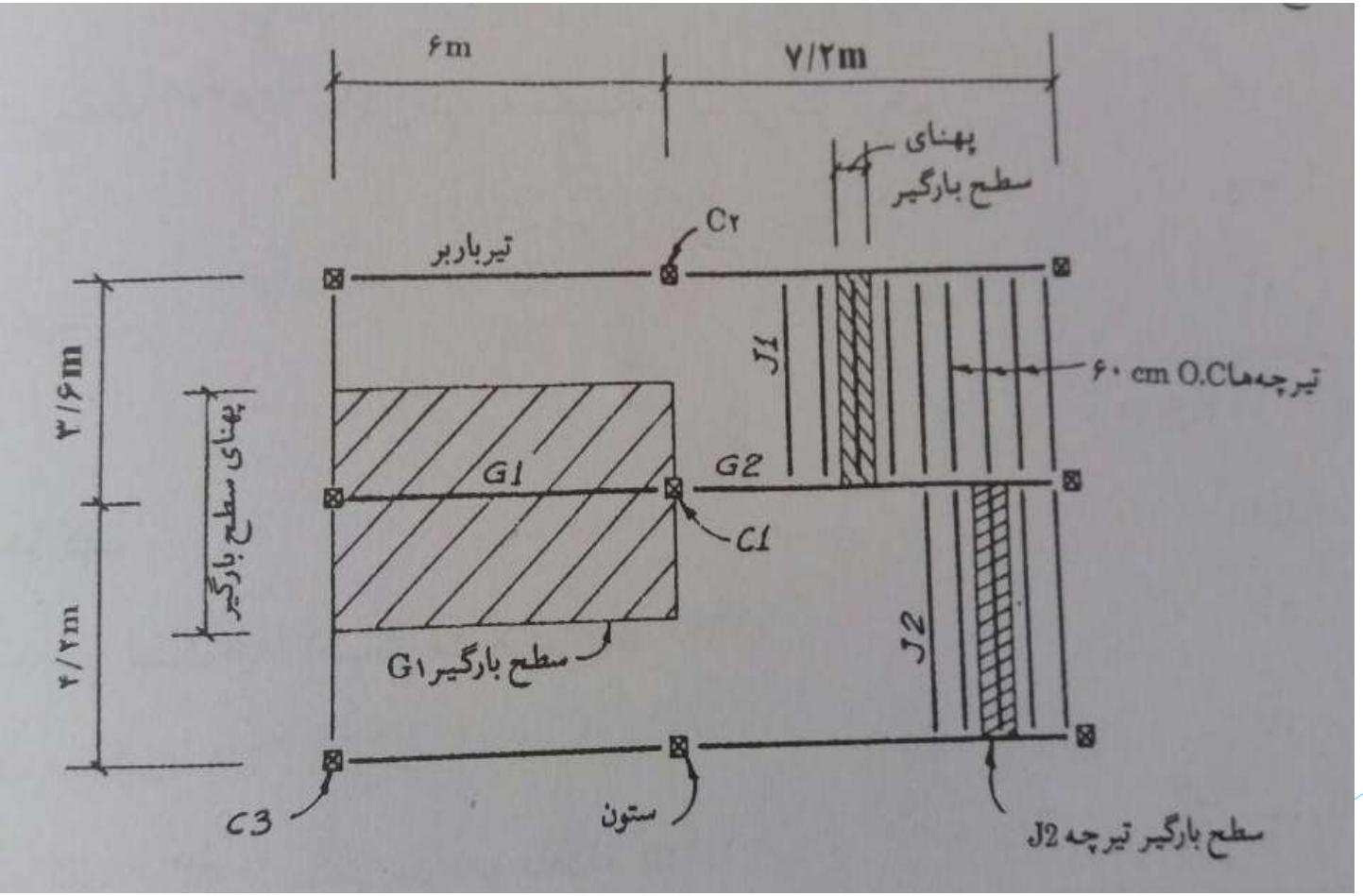
سطح بارگیر در اعضای تیر

- سطح بارگیر در اعضای تیر حاصل ضرب فاصله بین دو تیر متوالی در طول دهانه تیر است.

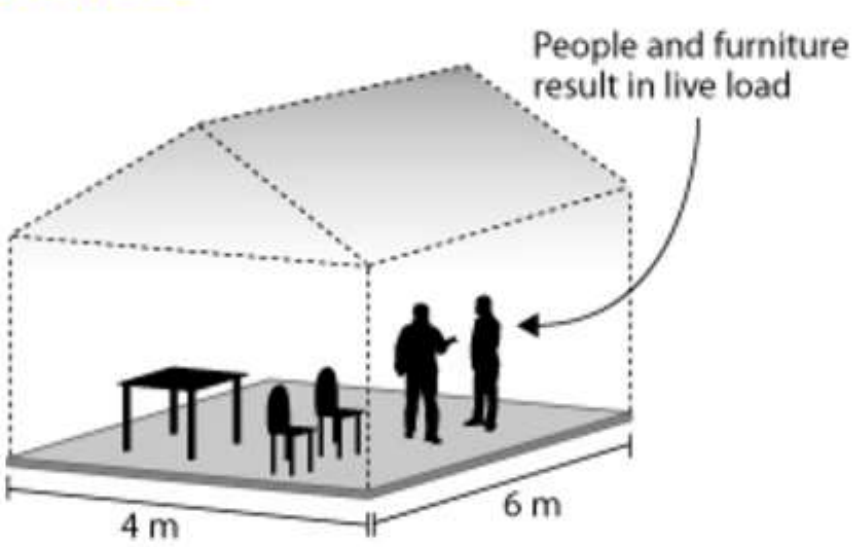


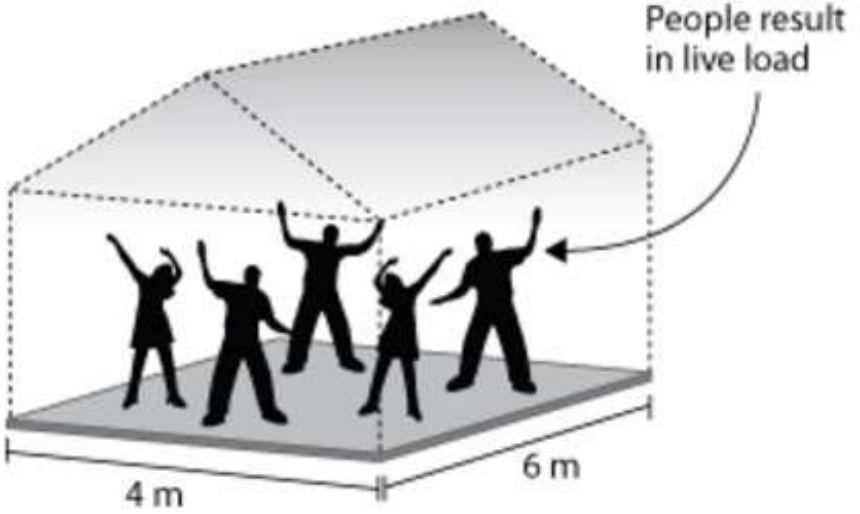
مثال سطح بارگیر اعضا را در شکل محاسبه کنید، دهانه * پهنای سطح بارگیر = A

- تیرچه J1 , J2
- تیربابر G1 , G2
- ستون c1, c2, c3



Live load





Area of floor = 6.0 m x 4.0 m = 24 m^2

Live load rating of a house = 1.5 kPa

Therefore, live load of floor = 24 m^2 x 1.5 kPa = 36 kN

بار برف

- به طور کلی بارش برف و انباشته شدن آن روی بام باعث ایجاد بار ثقلی میشود.
- مشهورترین خرابی از برف در ایران ریزش سقف فرودگاه مهرآباد در سال ۱۳۵۳ است که در آن ۲۰ نفر کشته و تعداد زیادی زخمی شدند.

بار برف

- به طور کلی بارش برف و انباشته شدن آن روی بام باعث ایجاد بار ثقلی میشود.
- بار برف یکی دیگر از دسته بارهای زنده در جهت قائم است که در درجه اول بر بام تاثیر میگذارد و علاوه بر بام در بعضی از کفهای ساختمان از جمله کف بالکن ها و تراسها نیز اثر گذار است.
- بار ناشی از برف حتی در یک منطقه کوچک جغرافیایی ممکن است دستخوش تغییرات زیادی باشد
- مثلا در یک منطقه کوهستانی ساختمانهایی که در دامنه کوهستان بنا شده اند ممکن است از بار برف بیش از ۲ برابر ساختمانهایی که در فاصله کمی دورتر حتی به فاصله ۵ کیلومتری قرار گرفته اند برخوردار باشند

بار برف در سطح زمین (P_g)

- وزن لایه برف در واحد سطح بر روی سطح افقی زمین است.
- این برف بر اساس آمار موجود در منطقه محاسبه شده و برفی است که احتمال آنکه برفی سنگین تر از آن در منطقه طی ۵۰ سال ببارد، دو درصد در سال است.

جدول ٦-٤-١ تقسیم بندی شهرهای مختلف کشور از نظر بار برف

ردیف	نام ایستگاه یا شهر	منطقه	ردیف	نام ایستگاه یا شهر	منطقه
۱	آستارا	۵	۳۱	بوشهر	۱
۲	اراک	۴	۳۲	بیجار	۴
۳	اردبیل	۵	۳۳	بیرجند	۲
۴	اردستان	۲	۳۴	بیرانشهر	۵

le://F:\Mogharart melli_86_12_6\Books\Mabhas 6\Data\4-6.htmlr1

مبحث ششم مقررات ملي ساختم

۵	ارومیه	۴	۳۵	تبریز	۴
۶	اسلام آباد غرب	۴	۳۶	تربت جام	۴
۷	اصفهان	۳	۳۷	تربت حیدریه	۳
۸	الیگودرز	۵	۳۸	تکاب	۴
۹	امیدیه	۱	۳۹	تهران-مهرآباد	۴
۱۰	انار	۲	۴۰	تهران شمال	۴
۱۱	اهر	۴	۴۱	جاسک	۱
۱۲	اهواز	۲	۴۲	جلفا	۴
۱۳	ایرانشهر	۱	۴۳	جیرفت	۲
۱۴	ایلام	۴	۴۴	چابهار	۱
۱۵	ایوان غرب	۳	۴۵	خاش	۱
۱۶	آبادان	۲	۴۶	خدابنده	۴
۱۷	آباده	۳	۴۷	خرم آباد	۴
۱۸	آبعلی	۵	۴۸	خرم دره	۴
۱۹	آستارا	۵	۴۹	خلخال	۵
۲۰	انزلی	۴	۵۰	خور بیابانک	۱
۲۱	بافت	۳	۵۱	خور بیرجند	۲
۲۲	بافق	۲	۵۲	خوی	۴
۲۳	بانه	۵	۵۳	داران	۵
۲۴	بجنورد	۴	۵۴	درود	۵
۲۵	بروجرد	۴	۵۵	دزفول	۳
۲۶	بستان	۲	۵۶	دهلران	۳
۲۷	بشرویه	۲	۵۷	دوگنبدان	۲
۲۸	بم	۲	۵۸	رامسر	۴
۲۹	بندرعباس	۱	۵۹	رامهرمز	۲
۳۰	بندر لنگه	۱	۶۰	رباط پشت بادام	۲
۶۱	رشت	۵	۹۱	کاشان	۳
۶۲	رفسنجان	۳	۹۲	کاشمر	۲
۶۳	رواتسر	۴	۹۳	کرج	۴
۶۴	زابل	۲	۹۴	کرمان	۳
۶۵	زرینه اوباتو	۵	۹۵	کرمانشاه	۴
۶۶	زنجان	۴	۹۶	کنگاور	۴
۶۷	سبزوار	۳	۹۷	کهنوج	۱
۶۸	سراب	۴	۹۸	کوهرنگ	۶
۶۹	سراوان	۱	۹۹	گرگان	۳
۷۰	سربل ذهاب	۳	۱۰۰	گرمسار	۳
۷۱	سرخس	۳	۱۰۱	گلپایگان	۵
۷۲	سردشت	۶	۱۰۲	گلمکان	۴
۷۳	سقز	۵	۱۰۳	گناباد	۲
۷۴	سمنان	۳	۱۰۴	لار	۱
۷۵	سنندج	۴	۱۰۵	ماکو	۴
۷۶	سیرجان	۴	۱۰۶	مراغه	۴
۷۷	شاهرود	۳	۱۰۷	مریوان	۵
۷۸	شهر بابک	۳	۱۰۸	مسجد سلیمان	۳
۷۹	شهرکرد	۴	۱۰۹	مشهد	۴
۸۰	شیراز	۳	۱۱۰	ملایر	۴
۸۱	طبس	۲	۱۱۱	مهاباد	۴

۸۲	فردوس	۲	۱۱۲	میانه	۴
۸۳	فسا	۳	۱۱۳	نایین	۲
۸۴	فیروزکوه	۴	۱۱۴	نهاوند	۴
۸۵	قائن	۲	۱۱۵	نهبندان	۲
۸۶	قراخیل	۴	۱۱۶	نیشابور	۴
۸۷	قروه	۴	۱۱۷	همدان(فرودگاه)	۴
۸۸	قزوین	۴	۱۱۸	همدان توزه	۴
۸۹	قم	۳	۱۱۹	یاسوج	۴
۹۰	قوچان	۴	۱۲۰	یزد	۲

در مناطق مختلف P_g

منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر)	۰٫۲۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۲- برف کم	۰٫۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۳- برف متوسط	۱ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۴ – برف زیاد	۱٫۵ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۵ – برف سنگین	۲ کیلونیوتن بر متر مربع
منطقه ۶- برف فوق سنگین	۳ کیلونیوتن بر متر مربع

مثلا تهران در منطقه چهار قرار گرفته بنابراین بار برف در سطح زمین آن معادل ۱.۵ کیلونیوتن بر مترمربع خواهد بود.

بار برف در بامها

- در آئین نامه بار برف زمین با استاده از ضریبی با بار برف بام تبدیل میشود
- ضریب برفگیری ساختمان (عامل پناه یا ضریب اشراف C_e)
- ضریب گرمایی و حرارتی (C_t) ضریب شرایط دمایی
- ضریب شیب بام (C_s)
- بار برف در سطح زمین (P_g)
- ضریب اهمیت ساختمان (I_s)

- $S=0/7\ C_e * C_t * C_s * P_g * I_s$

گروه خطر پذیری ساختمانها

- ساختمانها متناسب با اهمیت در خدمت رسانی به چهار گروه تقسیم میشوند.
- گروه خطر پذیری ۱: وقفه در بهره برداری آنها به طور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارت میشود مانند بیمارستان، درمانگاه، تاسیسات نظامی، مخابرات
- گروه خطر پذیری ۲: خرابی آنها منجر به تلفات جانی قابل توجه میشود مانند مدارس، استادیومها، سینما، سالنهای اجتماعات، یا هر فضای سرپوشیده ای که بیش از ۳۰۰ نفر تجمع کرده اند
- گروه خطر پذیری ۳: کلیه سازه های مسکونی و اداری و هتل و پارکینگ
- گروه خطر پذیری ۴: خرابی آنها موجب تلفات جانی و خسارات مالی کمی میشود مانند انبار کشاورزی، مرغداری

ضریب اهمیت ساختمان (I_s)

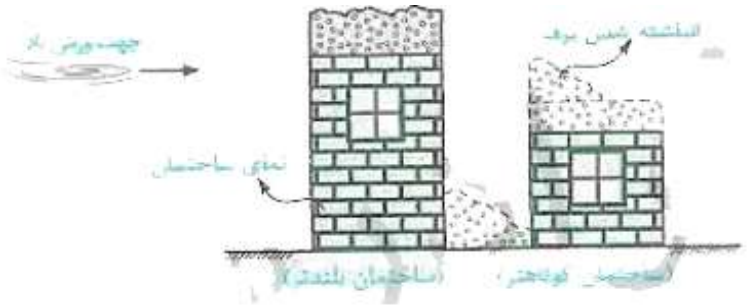
- بر اساس گروه خطر پذیری ساختمانها و با استفاده از جدول زیر به دست می آید

جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت بار لرزه‌ای، I_e	ضریب اهمیت بار باد، I_w	ضریب اهمیت بار یخ I_i	ضریب اهمیت بار برف، I_s
۱	۱٫۴	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱۵	۱٫۲۵	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

ضریب برفگیری C_e

- در این ضریب دو عامل در نظر گرفته شده است
- یکی اینکه ساختمان در چه منطقه ای قرار گرفته است
- مثلا در اطراف دریاست که باد به راحتی میوزد با در محیط شهری است که باد به سختی می وزد.



برف کمتری از روی بام جدا خواهد شد ⇐ کاهش سرعت باد ⇐ ناهمواری بیشتر

ساختمان برفگیرتر ⇐ انباشتگی بیشتر برف ⇐ ارتفاع کمتر ساختمان نسبت به ساختمان‌های مجاور

ضریب برفگیری C_e

- آئین نامه برای در نظر گرفتن اثر وزش باد و کنار هم قرار گرفتن ساختمانها بر روی بار برف این ضریب را تعریف کرده است

جدول ۶-۷-۲ ضریب برف‌گیری، C_e

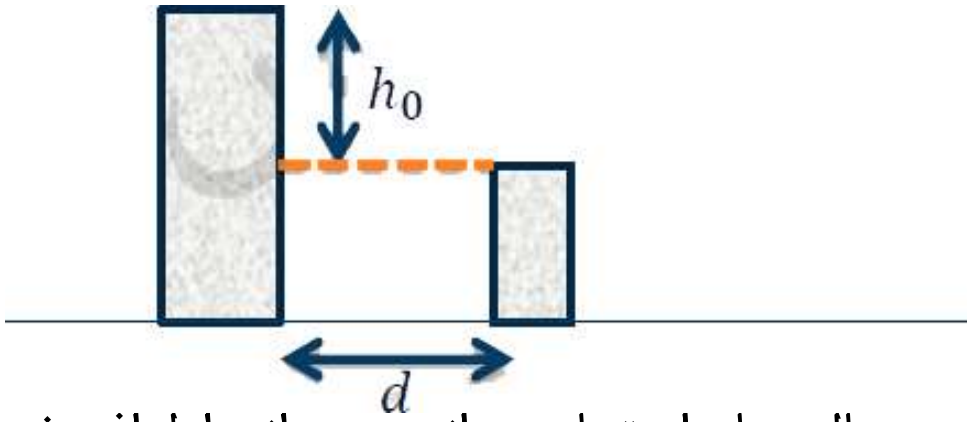
گروه ناهمواری محیط	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
زیاد	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۲
متوسط	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
کم	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

گروه ناهمواری های محیط

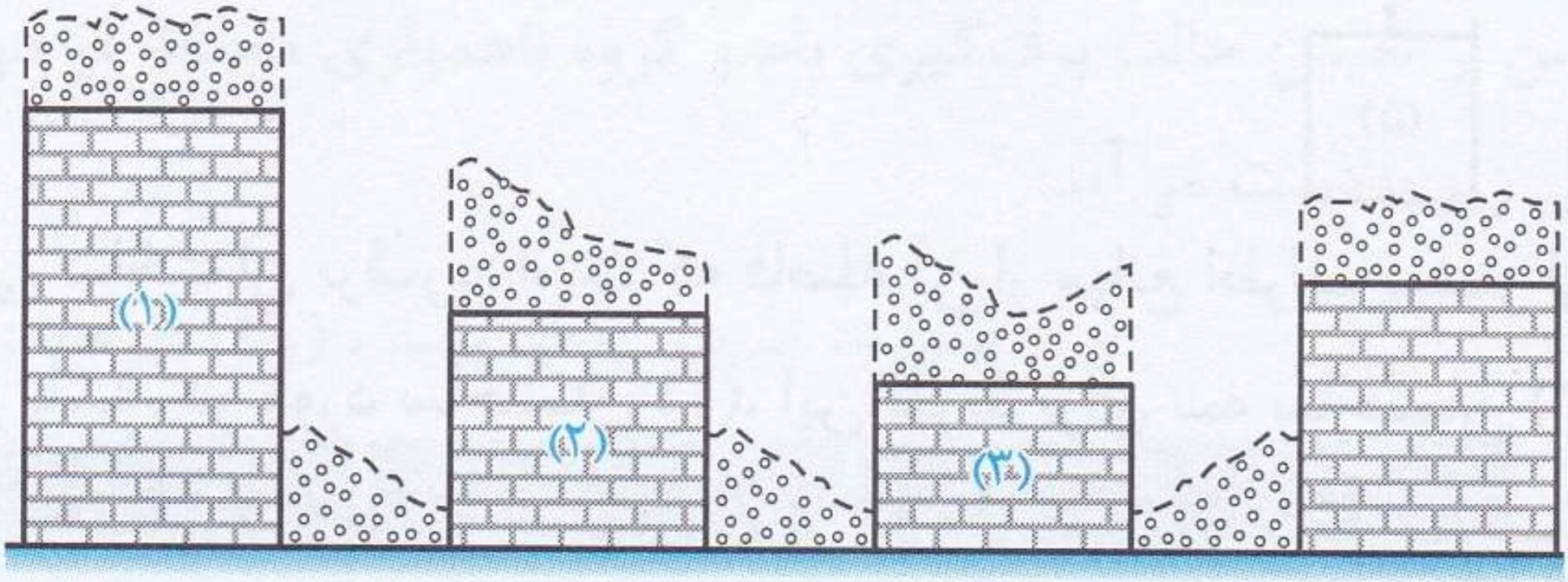
- گروه ناهمواری زیاد: محیط شهری، حومه شهری، محیط باغ، جنگل و سایر محیطهای شامل ناهمواری و موانع متعدد و متراکم با ارتفاع ۹ متر یا بیشتر
- گروه ناهمواری متوسط: محیط با موانع پراکنده با ارتفاع عموما کمتر از ۹ متر
- گروه ناهمواری کم: محیطهای بدون موانع از قبیل دریا، دریاچه، باتلاق و نمکزار

تشخیص برف ریزی و برف گیری ساختمان

- ساختمان برف ریز: موانع بلندتر از اطراف ساختمان باید به اندازه h0*10 فاصله داشته باشد



- ساختمان برف گیر: در این حالت بام از تمام جوانب و موانع اطراف خود پائین تر است و عملا باد برف را بر روی این بام انباشته میکند
- ساختمان نیمه برف گیر


(١)
(٢)
(٣)

ضریب برفگیری C_e

- آئین نامه برای در نظر گرفتن اثر وزش باد و کنار هم قرار گرفتن ساختمانها بر روی بار برف این ضریب را تعریف کرده است

جدول ۶-۷-۲ ضریب برف‌گیری، C_e

گروه ناهمواری محیط	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
زیاد	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۲
متوسط	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
کم	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

ضریب شرایط دمایی(C_t)

- دمای فضای داخلی ساختمان بر حجم برف انباشته شده بر روی بام تاثیر دارد.
- بر روی بامهایی که دمای آن زیر صفر نگه داشته میشود برف بیشتری نسبت به ساختمانهایی که دارای گرمایش داخلی هستند جمع میشود.
- این ضریب به شرایط گرمایی بام ساختمانها بستگی دارد و همچنین ضریب عایق گرمایی مصالح بکار رفته در زیر بام

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_t

تمام ساختمان‌های به‌جز موارد زیر	۱٫۰
سازه‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.	۱٫۱
سازه‌های با زیر بام باز و سازه‌های بدون گرمایش	۱٫۲
سازه‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگهداشته می‌شود	۱٫۳

ضریب شیب بام (C_s)

- یکی از مهمترین عوامل موثر بر روی بار برف بام، شیب سقف می باشد.
- با افزایش شیب بام، برف از روی آن سر خورده و حجم برف انباشته شده بر روی بام کمتر خواهد شد.
- برای بام هایی با زاویه شیب ۳۰ درجه و کمتر که ۵۸ درصد است برابر ۱
- برای بام هایی که زاویه شیب ۷۰ و شیب آنها بیشتر از ۲۷۵ درصد برابر ۰

$$C_s = \begin{cases} 1 & \alpha \leq \alpha_0 \\ 1 - \dfrac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0} & \alpha_0 < \alpha < 70 \\ 0 & \alpha \geq 70 \end{cases}$$

ضریب شیب بام (C_s)

- برای تعیین ضریب شیب ابتدا α_0 را بدست آورد، که مقدار آن با توجه به دو پارامتر زیر به دست می آید
- ۱. لغزنده بودن و مانع دار بودن بام
- تعیین ضریب دمایی

سطح لغزنده : پوشش فلزی، سنگ برگ، شیشه ای، لاستیکی، پلاستیکی، قیراندود.

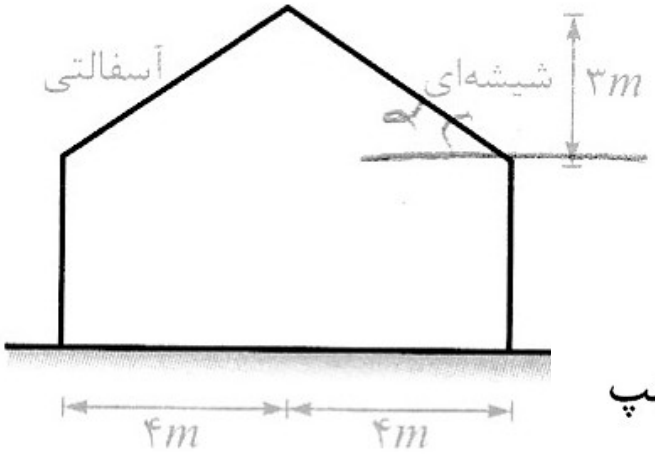
سطح غیرلغزنده :
پوشش آسفالتی، چوبی و آجری.

تعیین ضریب α_0

Ct=1	سطح بام لغزنده و بدون مانع	$\alpha_0 = 5^0$
	سایر بامها	$\alpha_0 = 30^0$
Ct=1.1	سطح بام لغزنده و بدون مانع	$\alpha_0 = 10^0$
	سایر بامها	$\alpha_0 = 45^0$
Ct > 1.1	سطح بام لغزنده و بدون مانع	$\alpha_0 = 15^0$
	سایر بامها	$\alpha_0 = 45^0$

تمرین

- در انبار نشان داده شده در شکل مقابل که دارای زیر بام باز و بدون گرمایش است. ضریب شیب برای سمت چپ چند برابر سمت راست است؟



$$\alpha = tan^{-1}\frac{۳}{۴} = ۳۷^\circ$$

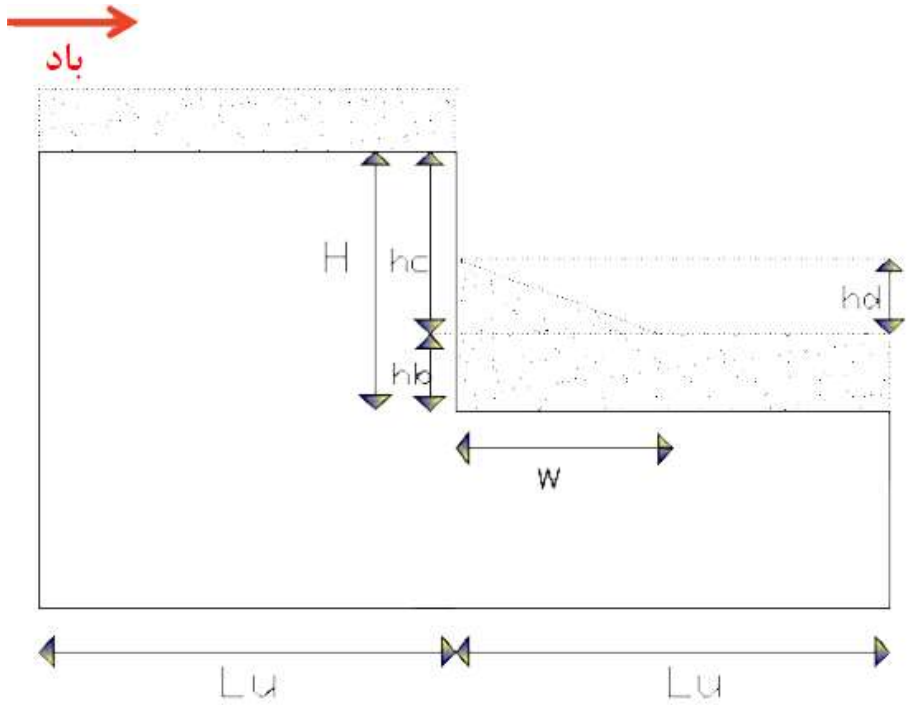
$$\text{سمت چپ}: \begin{cases} C_t = ۱/۲ \\ \text{بام غیر لغزنده} \end{cases} \Rightarrow \alpha_\circ = ۴۵^\circ \xrightarrow{\alpha < \alpha_\circ} C_s = ۱$$

$$\text{سمت راست}: \begin{cases} C_t = ۱/۲ \\ \text{بام لغزنده} \end{cases} \Rightarrow \alpha_\circ = ۱۵^\circ \xrightarrow{\alpha_\circ < \alpha < ۷۰} C_s = ۱ - \frac{\alpha - ۱۵}{۵۵} = ۱ - \frac{۳۷ - ۱۵}{۵۵} = ۰/۶$$

$$\frac{\text{چپ } C_s}{\text{راست } C_s} = \frac{۱}{۰/۶} = ۱/۶۷$$

بار برف انباشتگی

- وقتی دو بام نزدیک به هم اختلاف ارتفاع داشته باشند، در این حالت ممکن است برف از بام بالاتر یا از قسمتهای بالاتر همان ساختمان، به علت وزش باد روی بام پایینی بریزد، به این ترتیب یک بارگذاری اضافی روی بام پائینی و در مجاورت بام بالایی ایجاد میشود که به آن برف انباشتگی گویند.



H	اختلاف تراز ارتفاع دو بام
h_b	اختلاف برف متوازن
γ	وزن مخصوص برف
P_g	بار برف در زمین
h_c	$H - h_b$
h_d	ارتفاع برف انباشتگی
w	عرض برفگیر
L_u	طولی که برف از روی آن جمع می شود.

بار برف در سطح زمین (P_g)

- بر حسب موقعیت منطقه ای فرق دارد
- بار برف در سطح زمین همواره بیشتر از بام است
- معمولا ۷۰ درصد بار برف روی زمین جهت بام محاسبه میگردد

بار باد

- نیروی باد و زلزله از جمله نیروهای جانبی مهم وارد بر یک سازه هستند که هر کدام بزرگتر باشند در طراحی لحاظ خواهند شد

مقایسه نیروی زلزله با باد

بار باد

بار ناشی از فشار باد بر روی **سطح جانبی** سازه

نیروی باد= فشار باد * سطح جانبی سازه

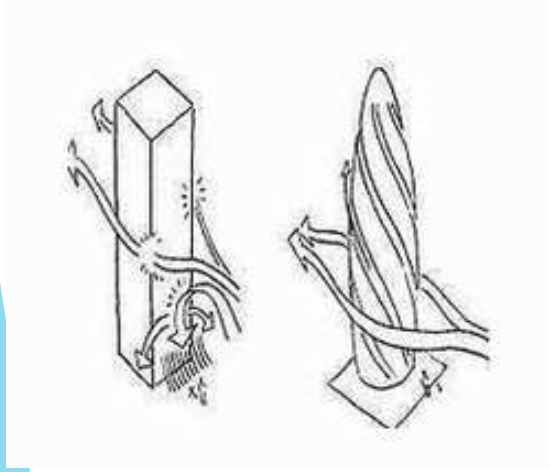
بار زلزله

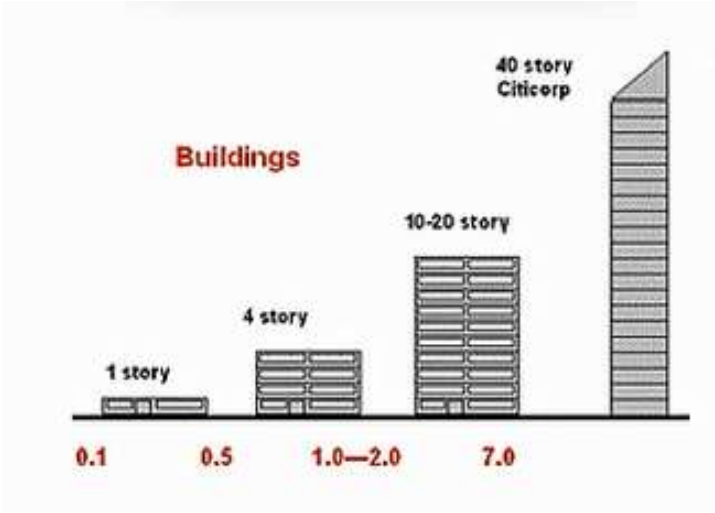
بار ناشی از شتاب زلزله بر روی **جرم** سازه

نیروی زلزله = جرم سازه * شتاب ناشی از زلزله

عوامل موثر بر نیروی باد

- سرعت باد
- شکل ساختمان
- ارتفاع ساختمان
- میزان پوشش و گرفتگی محیط اطراف ساختمان





روابط آئین نامه برای محاسبه نیروی باد

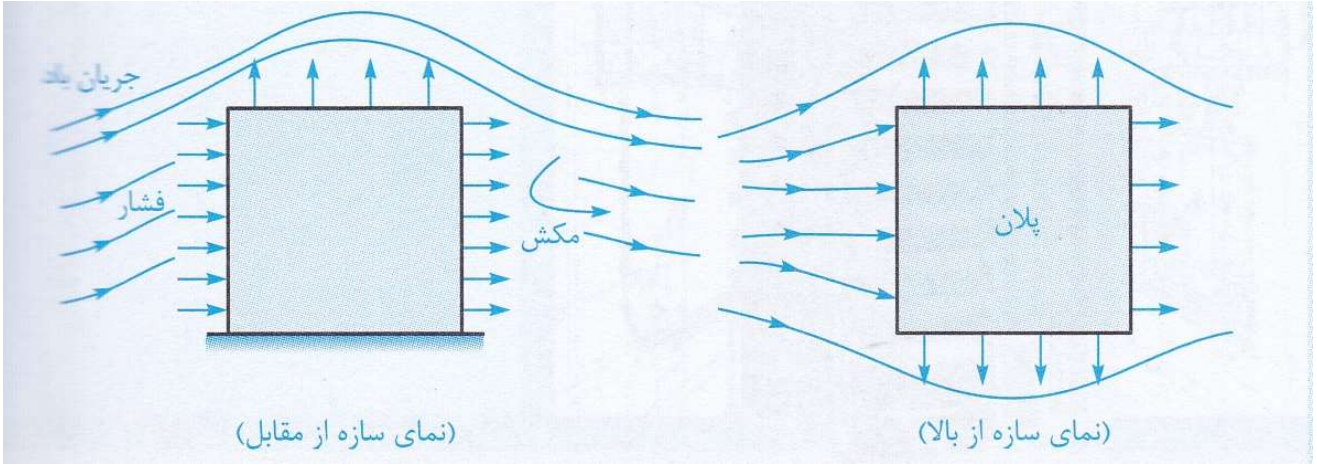
- **فشار و مکش خارجی ساختمان**

$$P = C_e C_p C_g I_w q$$

- **فشار و مکش داخلی ساختمان**

$$P = C_e C_{pi} C_{gi} I_w q$$

C_e	ضریب بادگیری سازه
C_p	ضریب فشار
C_g	ضریب اثر جهشی
I_w	ضریب اهمیت بار باد


جریان باد
فشار
مکش
پلان
(نمای سازه از مقابل)
(نمای سازه از بالا)

سرعت و فشار مبنای باد

- فشار مبنای باد فشاری است که بر اساس سرعت مبنای باد تعیین شده و عملا فشاری است که در اثر وزش باد، در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین به ساختمان وارد میشود. این فشار عمود بر سطح باد در نظر گرفته شده و مقدار آن با توجه به سرعت مبنای باد به دست می آید:

$$q = 0.0000613v^2$$

q : فشار مبنای باد بر حسب کیلونیوتن بر متر مربع

V : سرعت مبنای باد بر حسب کیلومتر بر ساعت

صفحه ۱۰۳ مبحث ششم

جدول ۶-۱۰-۲ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) کیلومتر بر ساعت	فشار مبنا (q) کیلو نیوتن بر متر مربع
۱	آبادان	۹۰	۰,۴۹۶
۲	آباده	۱۰۰	۰,۶۱۳
۳	آبعلی	۱۱۰	۰,۷۴۱
۴	اراک	۹۰	۰,۴۹۶
۵	اردبیل	۱۳۰	۱,۰۳۶
۶	ارومیه	۹۰	۰,۴۹۶
۷	آغاجاری	۱۱۰	۰,۷۴۱
۸	اصفهان	۱۱۰	۰,۷۴۱
۹	امیدیه	۱۱۰	۰,۷۴۱
۱۰	اهواز	۱۱۰	۰,۷۴۱
۱۱	ایرانشهر	۱۱۰	۰,۷۴۱
۱۲	بابلسر	۱۰۰	۰,۶۱۳
۱۳	بجنورد	۱۳۰	۱,۰۳۶
۱۴	بم	۱۱۰	۰,۷۴۱
۱۵	بندر انزلی	۱۱۰	۰,۷۴۱
۱۶	بندر عباس	۱۰۰	۰,۶۱۳
۱۷	بندر لنگه	۹۰	۰,۴۹۶
۱۸	بوشهر	۱۰۰	۰,۶۱۳
۱۹	بیرجند	۹۰	۰,۴۹۶
۲۰	پارس آباد مغان	۱۰۰	۰,۶۱۳
۲۱	تبریز	۱۱۰	۰,۷۴۱
۲۲	تربت حیدریه	۸۰	۰,۳۹۲
۲۳	تهران	۱۰۰	۰,۶۱۳
۲۴	جاسک	۱۰۰	۰,۶۱۳
۲۵	جزیره سیری	۱۱۰	۰,۷۴۱
۲۶	جزیره کیش	۱۰۰	۰,۶۱۳
۲۷	چابهار	۹۰	۰,۴۹۶
۲۸	خرم آباد	۸۰	۰,۳۹۲
۲۹	خوی	۹۰	۰,۴۹۶

ضریب اهمیت بار باد I_w

جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت بار لرزه‌ای، I_e	ضریب اهمیت بار باد، I_w	ضریب اهمیت بار یخ I_i	ضریب اهمیت بار برف، I_s
۱	۱٫۴	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱۵	۱٫۲۵	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

گروه خطر پذیری ساختمانها

- ساختمانها متناسب با اهمیت در خدمت رسانی به چهار گروه تقسیم میشوند.
- گروه خطر پذیری ۱: وقفه در بهره برداری آنها به طور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارت میشود مانند بیمارستان، درمانگاه، تاسیسات نظامی، مخابرات
- گروه خطر پذیری ۲: خرابی آنها منجر به تلفات جانی قابل توجه میشود مانند مدارس، استادیومها، سینما، سالنهای اجتماعات، یا هر فضای سرپوشیده ای که بیش از ۳۰۰ نفر تجمع کرده اند
- گروه خطر پذیری ۳: کلیه سازه های مسکونی و اداری و هتل و پارکینگ
- گروه خطر پذیری ۴: خرابی آنها موجب تلفات جانی و خسارات مالی کمی میشود مانند انبار کشاورزی، مرغداری

محاسبه ضریب بادگیری C_e

- برای تعیین این ضریب باید نوع پوشش (تراکم) زمین اطراف سازه را بدانیم

$C_e = \max\left\{0.9, \frac{h}{10}^{0.2}\right\}$	زمین‌های باز
$C_e = \max\left\{0.7, 0.7 * \frac{h}{12}^{0.3}\right\}$	زمین‌های پر تراکم

محاسبه ارتفاع مبنا h

▶ارتفاع مبنا با توجه به بلند مرتبه بودن و یا به کوتاه مرتبه بودن از روابط زیر به دست می آید.

ساختمان‌های بلند مرتبه

- **وجه رو به باد** : ارتفاع واقعی آن نقطه در بالای زمین
- **وجه پشت به باد** : نصف ارتفاع ساختمان
- **بام و دیوارهای جانبی** : ارتفاع ساختمان

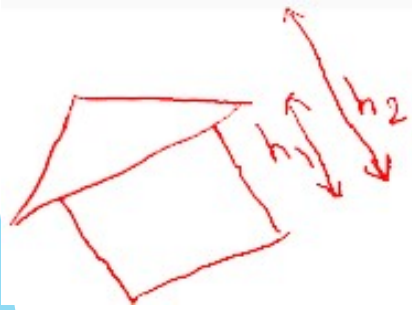
ساختمان‌های کوتاه مرتبه

- شیب بام کمتر از ۷ درجه:

$$h = max\{6m\ ,\ \text{ارتفاع پیش آمدگی}\}$$

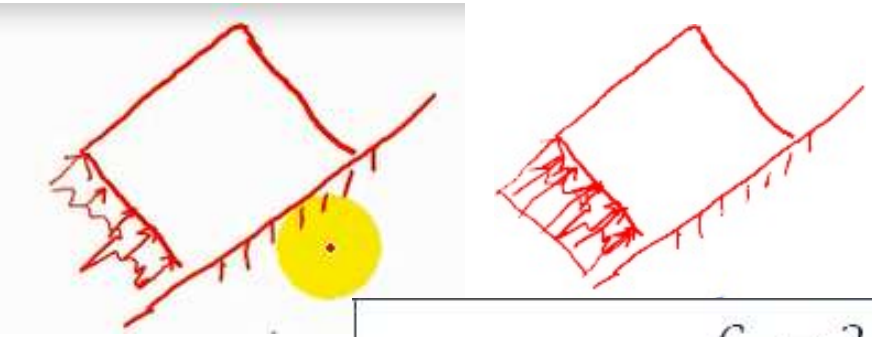
- شیب بام بیشتر از ۷ درجه :

$$h = max\{6m\ ,\ \text{ارتفاع بام متوسط}\}$$



ضریب اثر جهشی باد خارجی C_g

- آئین نامه برای تبدیل فشار متوسط q به فشار بیشینه ضریب جهشی را در فشار متوسط q ضرب میکند.



کل ساختمان و اعضای سازه	$C_g = 2$
اعضای الحاقی از جمله نما و یا پوسته	$C_g = 2.5$

ضریب اثر جهشی باد داخلی C_{gi}

کل ساختمان و اعضای سازه	$C_{gi} = 2$

ضریب تاثیر شکل سازه C_p

- این ضریب تاثیر شکل سازه را در نظر میگیرد و موثر از عوامل زیر است:

- شکل آیرودینامیکی ساختمان، در واقع ساختمانهایی که پلانهایی شبیه دایره و بدون لبه هستند آشفتگی کمتری در مسیر باد بوجود آورده و در نتیجه فشار و مکش کمتری در سازه ایجاد میشود
- زاویه سطح بادخور نسبت به جهت جریان باد
- تغییرات سرعت در ارتفاع

ضریب تاثیر شکل سازه بلند مرتبه C_p

رو به باد

$$C_P = 0.6 \qquad \frac{h}{w} \leq 0.25$$

$$C_P = 0.27\left(\frac{h}{w}+2\right) \qquad 0.25 < \frac{h}{w} < 1$$

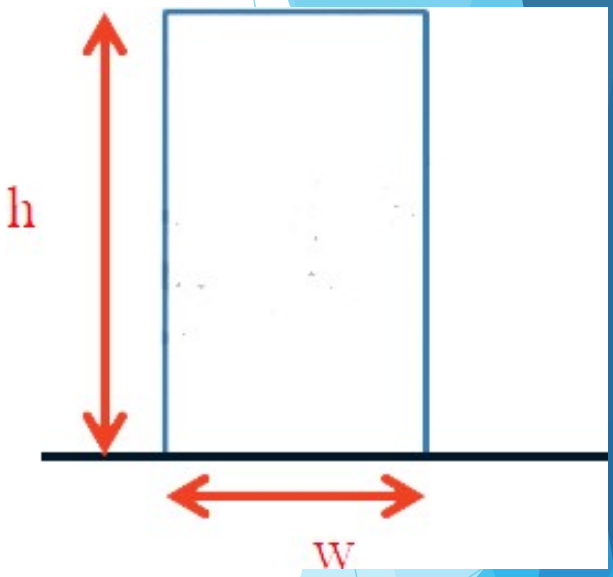
$$C_P = 0.8 \qquad \frac{h}{w} \geq 1$$

پشت به باد

$$C_P = -0.3 \qquad \frac{h}{w} \leq 0.25$$

$$C_P = 0.27\left(\frac{h}{w}+0.88\right) \qquad 0.25 < \frac{h}{w} < 1$$

$$C_P = -0.5 \qquad \frac{h}{w} \geq 1$$



برای ساختمانهایی با شیب بام صفر ضریب $C_P C_g$ برای وجه رو به باد ۰.۷۵ و برای وجه پشت به باد ۰.۵۵- است.

مثال

- بار برف بر روی بام و نیروهای مورد طراحی وارده بر تیرهای شیبدار بام یک ساختمان مسکونی با دهانه ۳۶ فوت با شرایط زیر مفروض است: تیرهای شیبدار سقف به فواصل ۴ فوت به ۴ فوت قرار گرفته اند. بار مرده سقف برابر ۱۴ پوند بر فوت مربع به همراه شیب سقف است. شیب سقف ۵۰ درصد است. ضرایب تعیین بار برف به قرار زیر هستند، بار برف در سطح زمین منطقه سردسیر و برف گیر $P_g=80\ KN/m2$، ضریب اهمیت ساختمان $I_s=1$، ضریب مواجه بودن و اشراف ساختمان با برف $C_e=1/1$، ضریب گرمایی سقف ساختمان $C_t=1$ و ضریب شیب سقف $C_s=1$ مطلوب است محاسبات مربوط به تعیین بار برف وارد بر بام و همچنین تعیین نیروهای وارد بر تیرچه های شیبدار

- $S=0/7\ C_e * C_t * C_s * P_g * I_s$
- $S= 0/7*1/1*1*1*80*1=61/6\ KN/m2$