

In the name of God



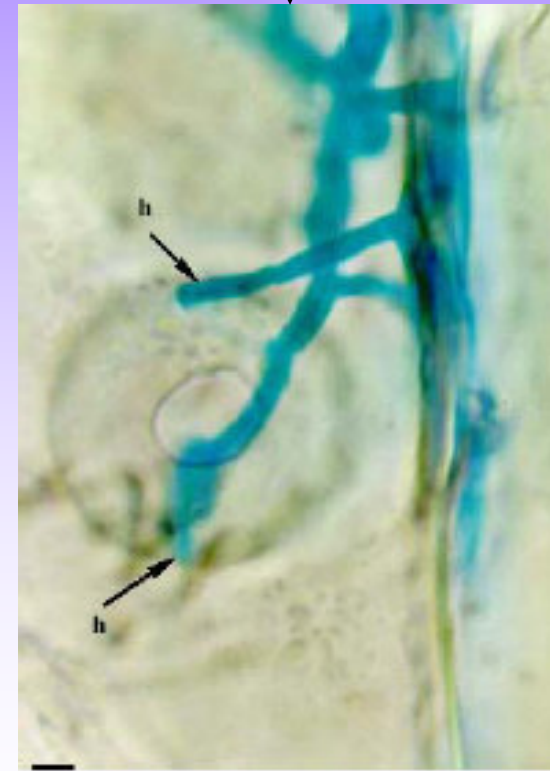
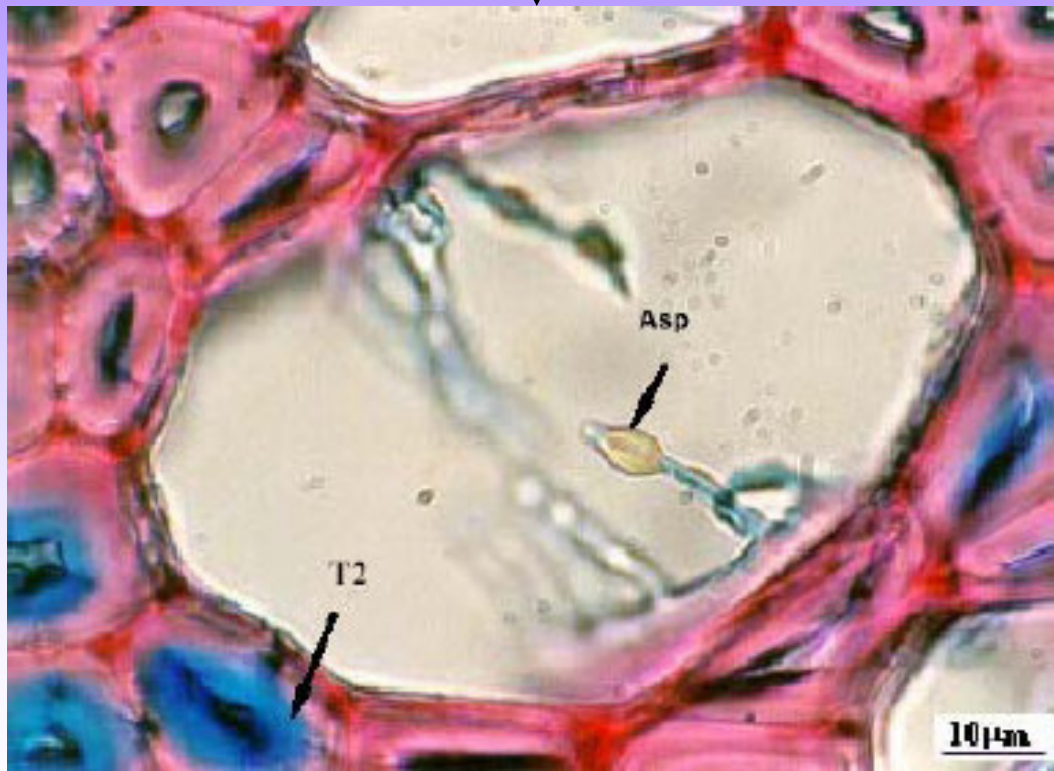
اصلاح چوب
بخش 9: اصلاح مکانیکی

Wood Modification **Part 9: Mechanical Modification**

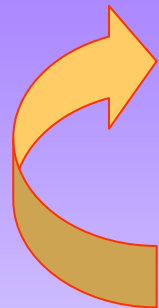
راه های گسترش میکروارگانیسم ها به درون چوب

Cell Cavities حفره های سلولی

Pits منافذ بین سلولی



شیوه های مسدود کردن راه های گسترش
میکروارگانیزم ها به درون چوب



Wood - Polymerization

← پر کردن فضای دورن سلولها

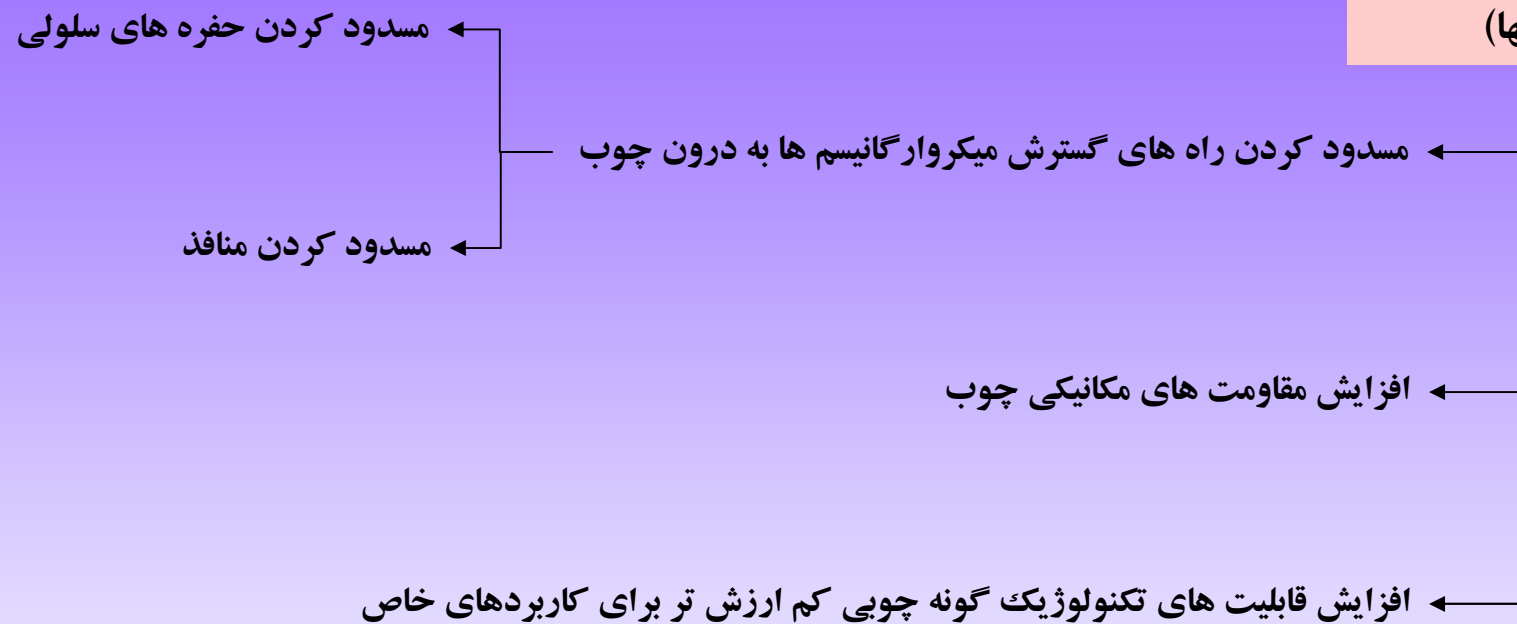
بسپارها، سولفور مذاب، فلزات مذاب

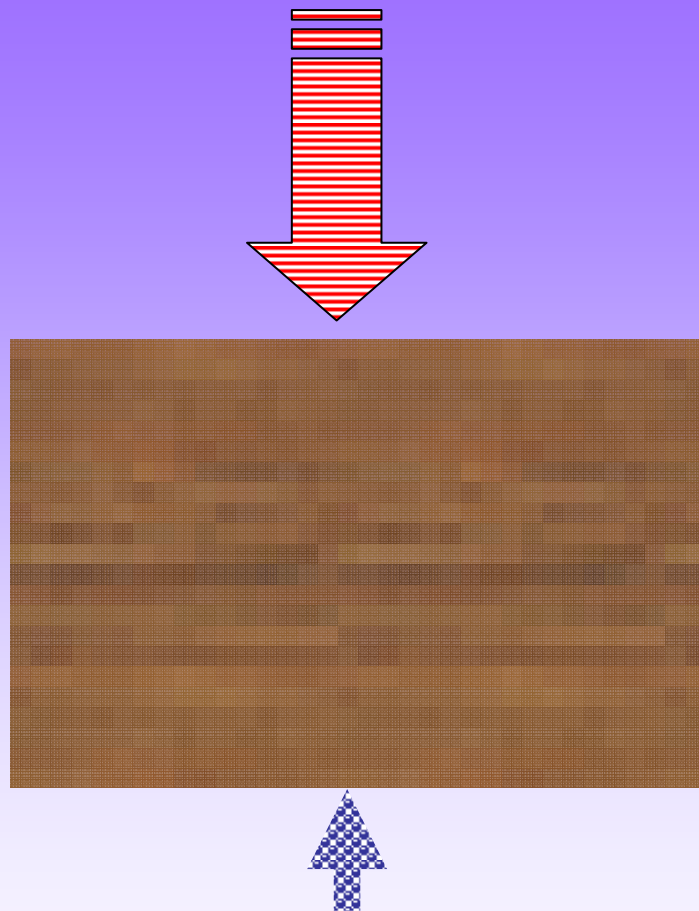


Mechanical Wood Modification

← فشرده کردن چوب (در جهت شعاعی)

چرا اصلاح مکانیکی؟
(هدفها)





فشار و بخار داغ
High Pressure
and Steaming

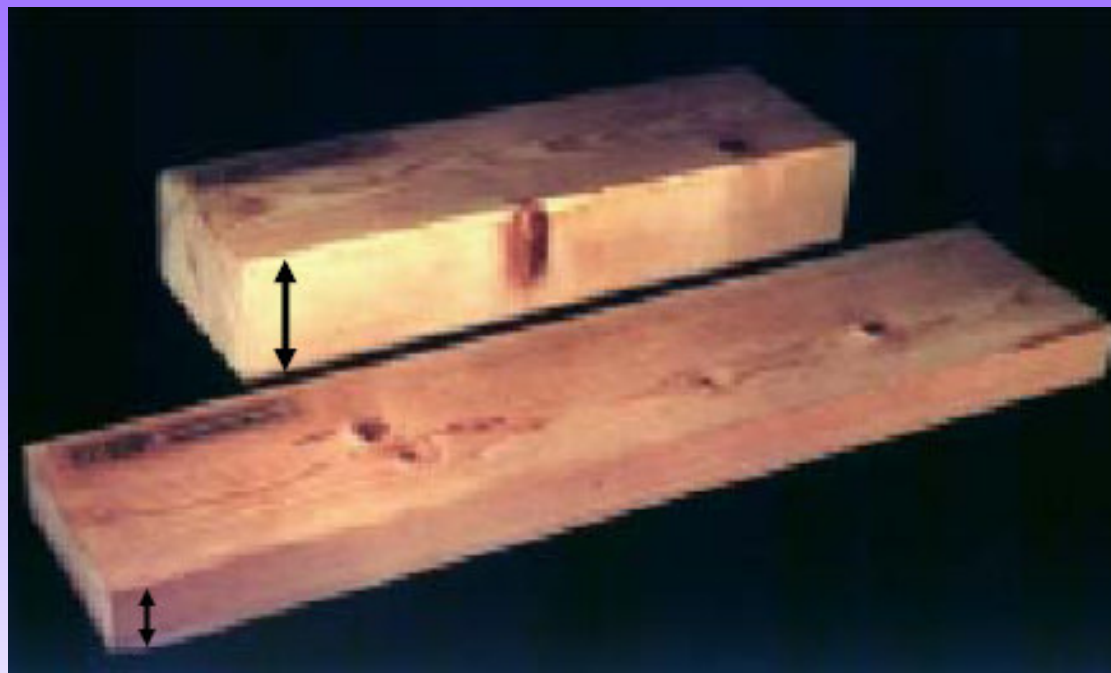
کاربرد چوب های فشرده

- ← دنده های انتقال نیرو
- ← قطعات ماشین ها
- ← پمپ ها
- ← وسایل الکتریکی
- ← ظروف مورد نیاز صنایع شیمیایی



چوب فشرده
Densified Wood

متراکم شدن چوب بر اثر اعمال فشار با پرس (Haller، 2003)



متراکم کردن چوب
از طریق اعمال فشارها:

- با پرسهای قوی هیدرولیکی
- پرسهای غلطکی
- پرسهایی که از همه جهات فشار وارد می کنند.

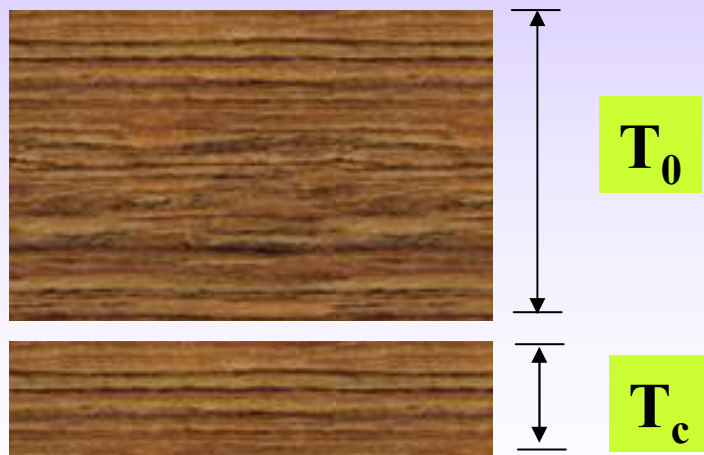
تعیین میزان فشردگی Compression Set

$$C = (T_0 - T_c) / T_0 \times 100 (\%)$$

C = میزان فشردگی %

T_0 = بعد شعاعی در حالت خشک قبل از فشردگی mm یا cm

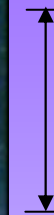
T_c = بعد شعاعی در حالت خشک پس از فشردگی mm یا cm



Set Recovery (Navi *et al*, 2004)

4 3 2 1

Densified wood



~1.5 cm



Set Recovery



~4 cm

تعیین میزان بازیابی شکل Set Recovery

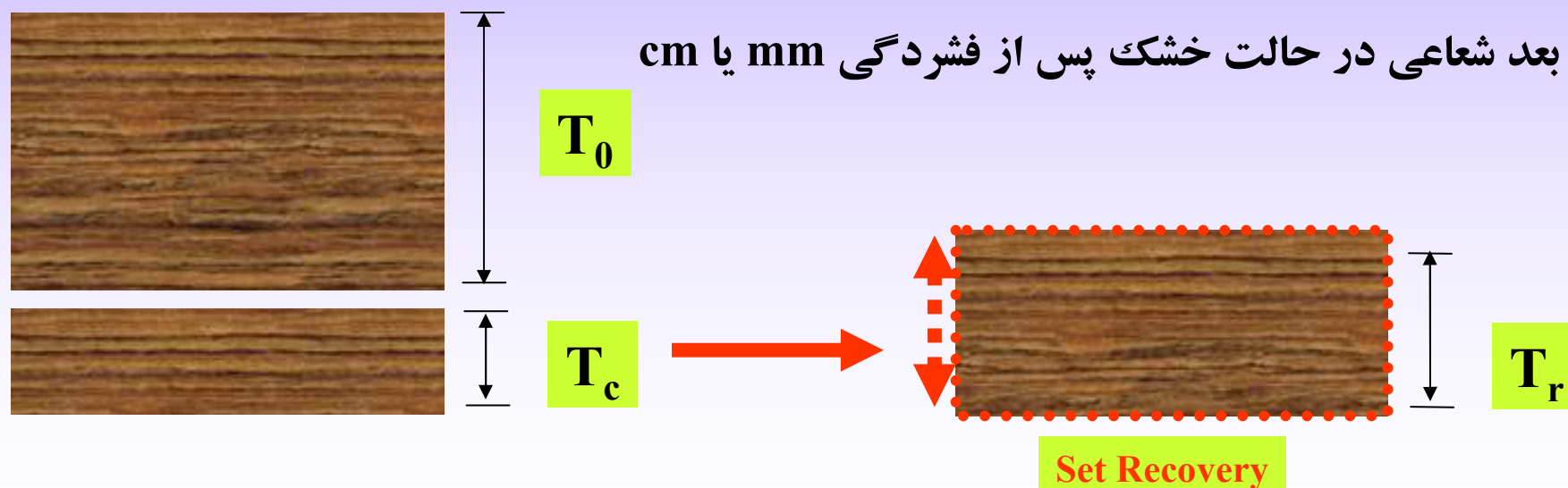
$$R = (T_r - T_c) / (T_0 - T_c) \times 100 (\%)$$

R = میزان بازیابی شکل %

T_r = بعد شعاعی در حالت خشک پس از بازیابی شکل mm یا cm

T_0 = بعد شعاعی در حالت خشک قبل از فشردگی mm یا cm

T_c = بعد شعاعی در حالت خشک پس از فشردگی mm یا cm



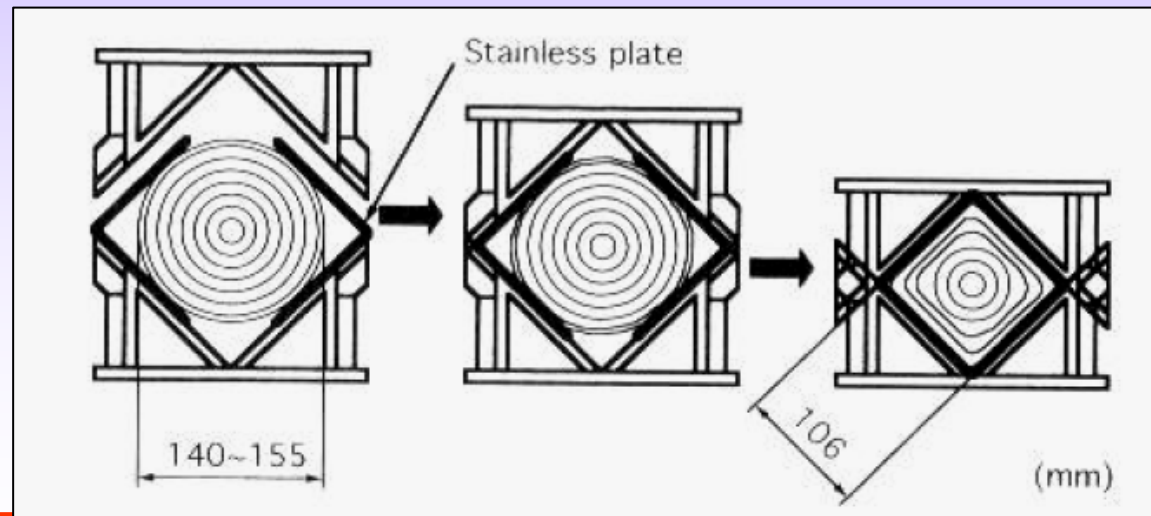
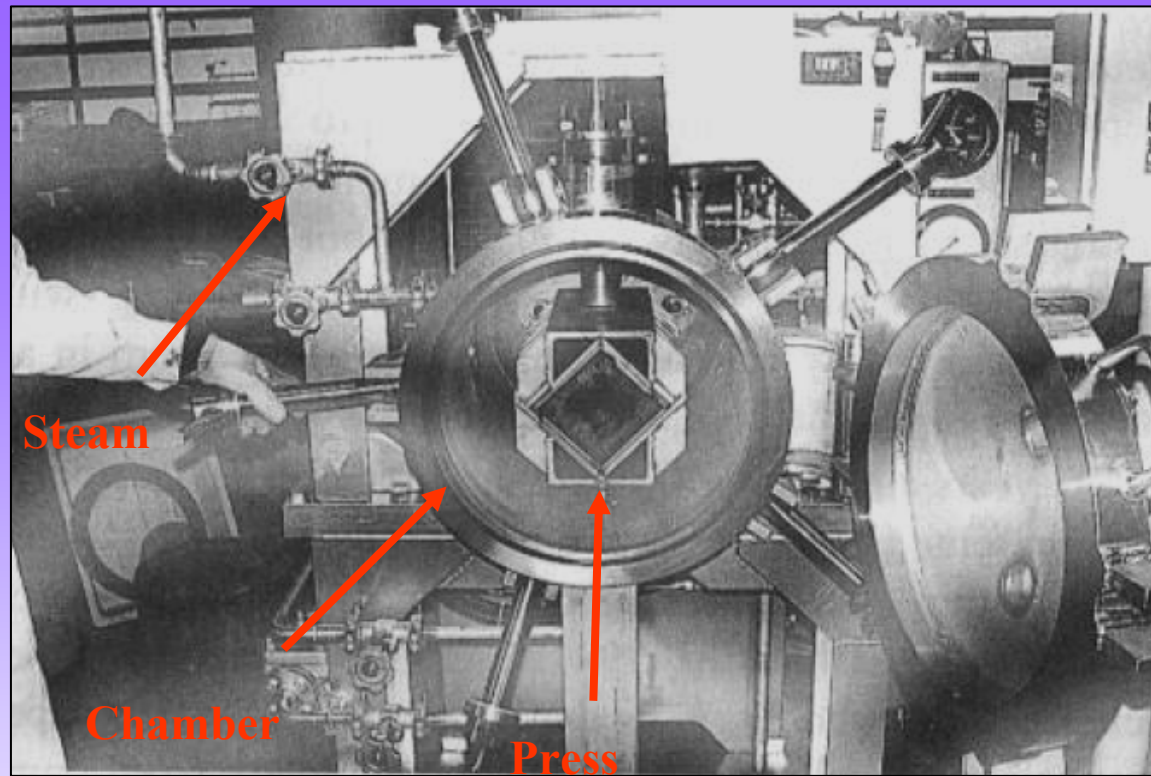
روش های اصلاح مکانیکی

روش فشار زیاد-بخار داغ (HPS)
High-Pressure-Steam Treatment

روش تیمار مکانیکی-آبی-حرارتی (THM)
Thermo-Hydro-Mechanical Treatment

روش فشار زیاد-بخار داغ (HPS)
High-Pressure-Steam Treatment
روش Ito و همکارانش (1998)

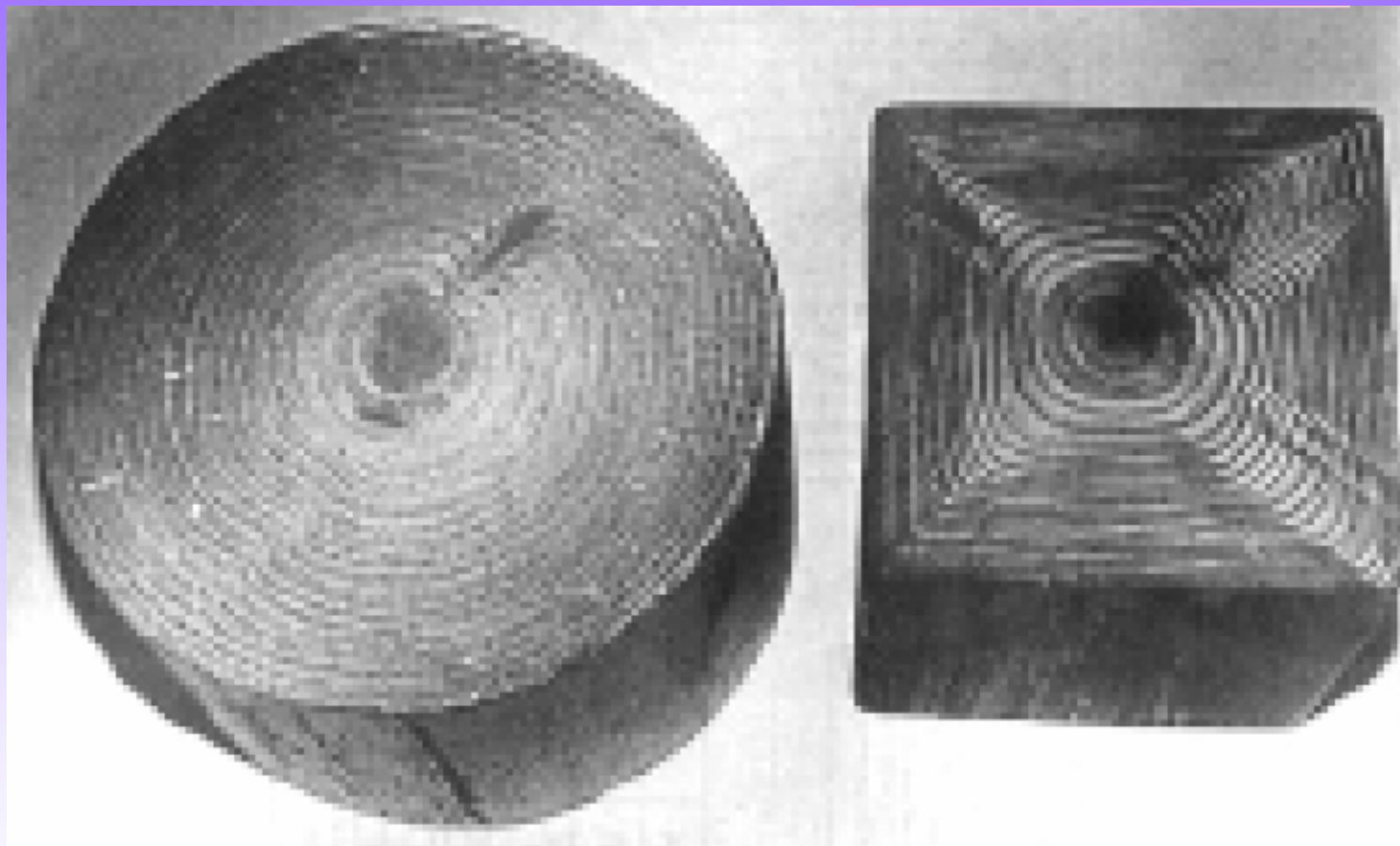
1. قرار دادن نمونه در داخل سیلندر
2. بخاردهی نمونه ها برای نرم کردن شان تحت دمای 150°C و به مدت 3 دقیقه
3. اعمال فشار تا حدود 2MPa برای تغییر شکل نمونه ها (Compressive Molding)
4. تثبیت نهایی با تیمار پایانی با استفاده از بخار آب داغ (200°C)



شکل دهی تحت فشار
Compressive Molding
(1998) Ito و همکارانش

شکل دهی تحت فشار
Compressive Molding
Ito و همکارانش (1998)

اصلاح مکانیکی
Mechanical Modification

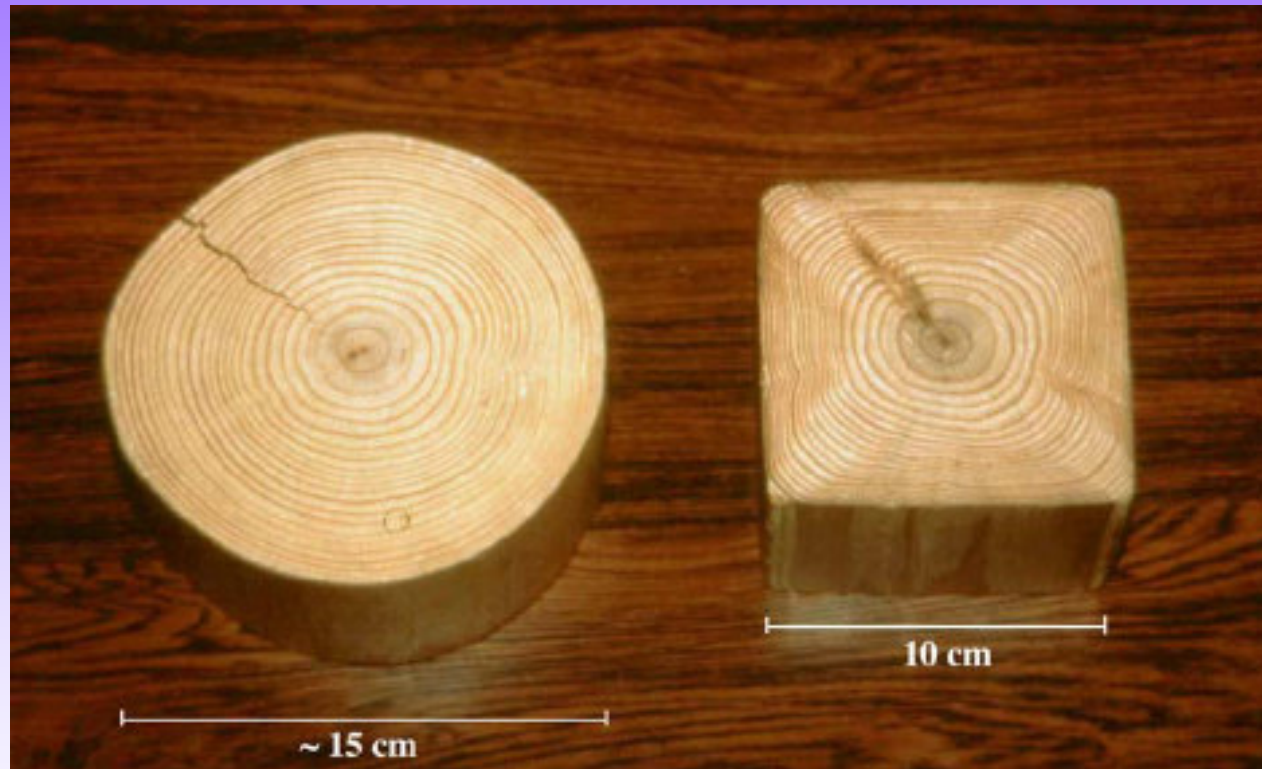


Log

Compressive Molded

شکل دهی تحت فشار
Compressive Molding
Navi و همکارانش (2004)

اصلاح مکانیکی
Mechanical Modification



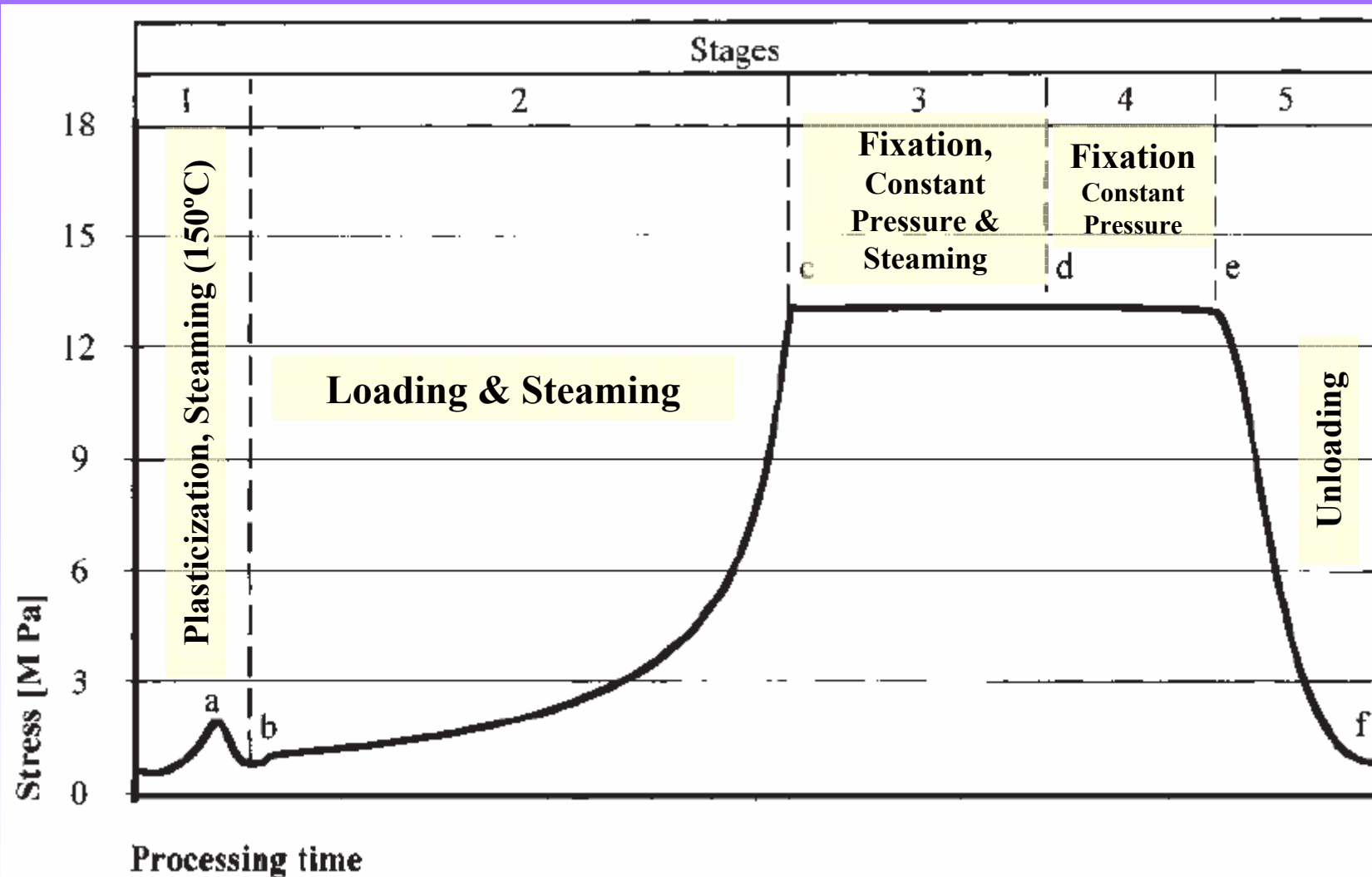
روش تیمار مکانیکی-آبی-حرارتی (THM)
Thermo-Hydro-Mechanical Treatment
روش Navi و همکارانش (2000، 2003)، Navi و Heger (2004)

1. قرار دادن نمونه در داخل سیلندر
2. بخاردهی نمونه ها برای نرم شدن شان تحت دمای 150°C و به مدت 10 دقیقه (Plasticization)
3. اعمال فشار تا حدود 22KN برای تغییر شکل نمونه ها با سرعت کنترل شده
4. ثابت نگه داشتن فشار و دما
5. ثابت نگه داشتن فشار و قطع بخار دهی تا مرحله خشک شدن
6. حذف فشار

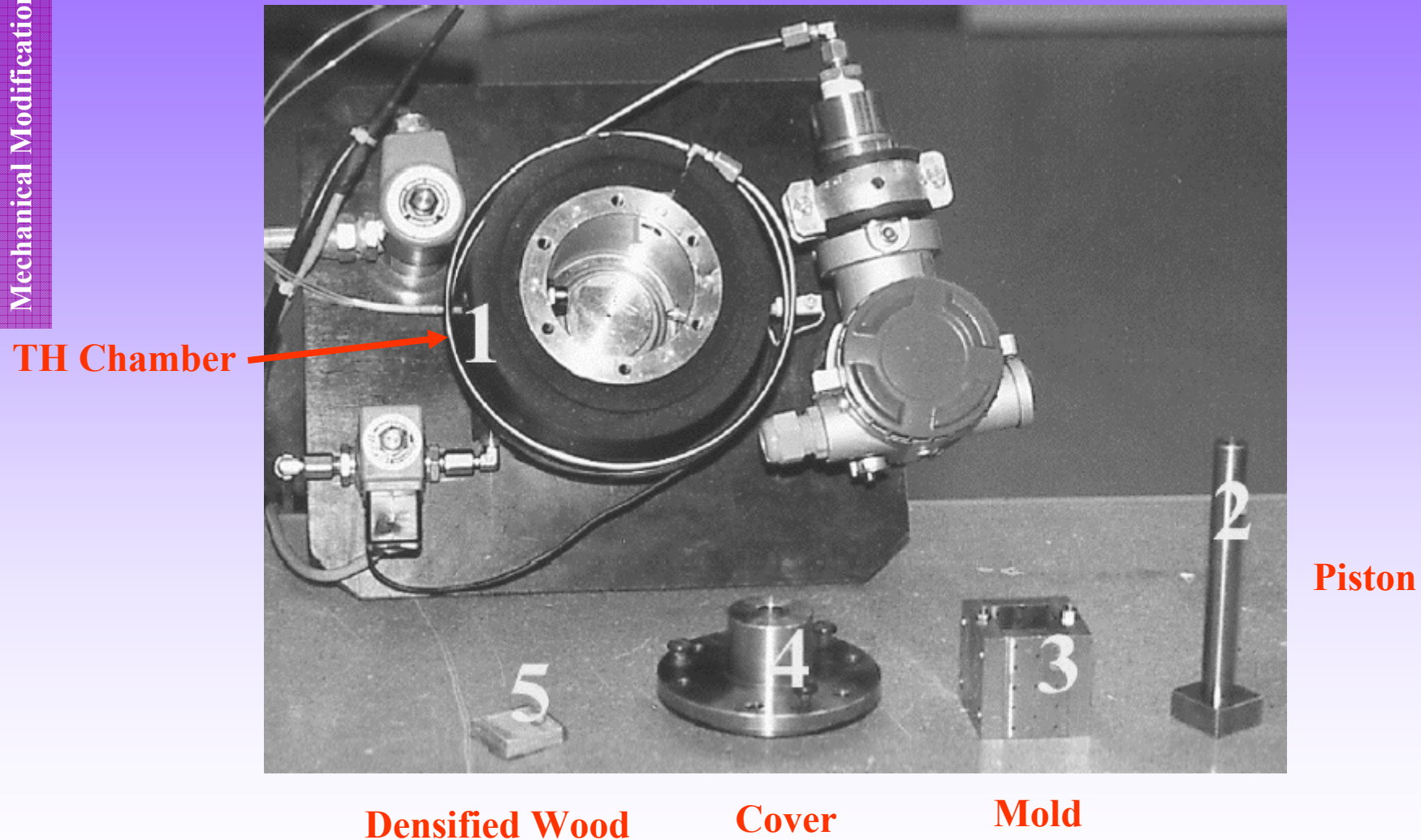
تیمار پسین

1. تثبیت شکل نهایی با استفاده از بخار آب داغ (200°C)

روش تیمار مکانیکی-آبی-حرارتی (THM) (Navi & Girardet, 2000)
Thermo-Hydro-Mechanical Treatment



New reactor for wood densification and THM post-treatment (Navi *et al.*, 2000 & 2003; Navi & Heger, 2004)



New reactor for wood densification and THM post-treatment (Navi *et al.*, 2000 & 2003; Navi & Heger, 2004)

- A) Overview of the THM machine
B) Overview of the THM machine without piston and small removable cover



Process of densification and post-treatment

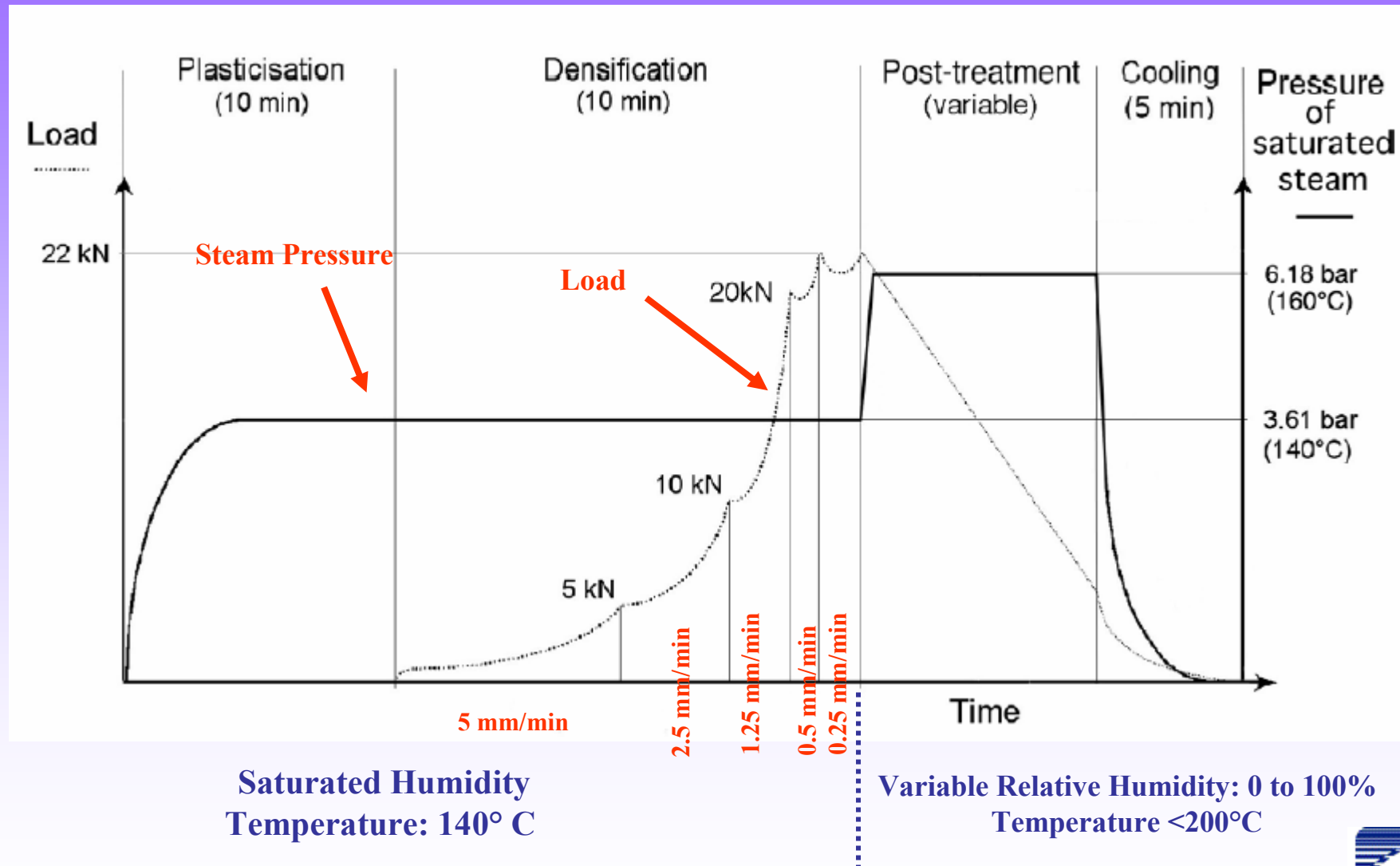
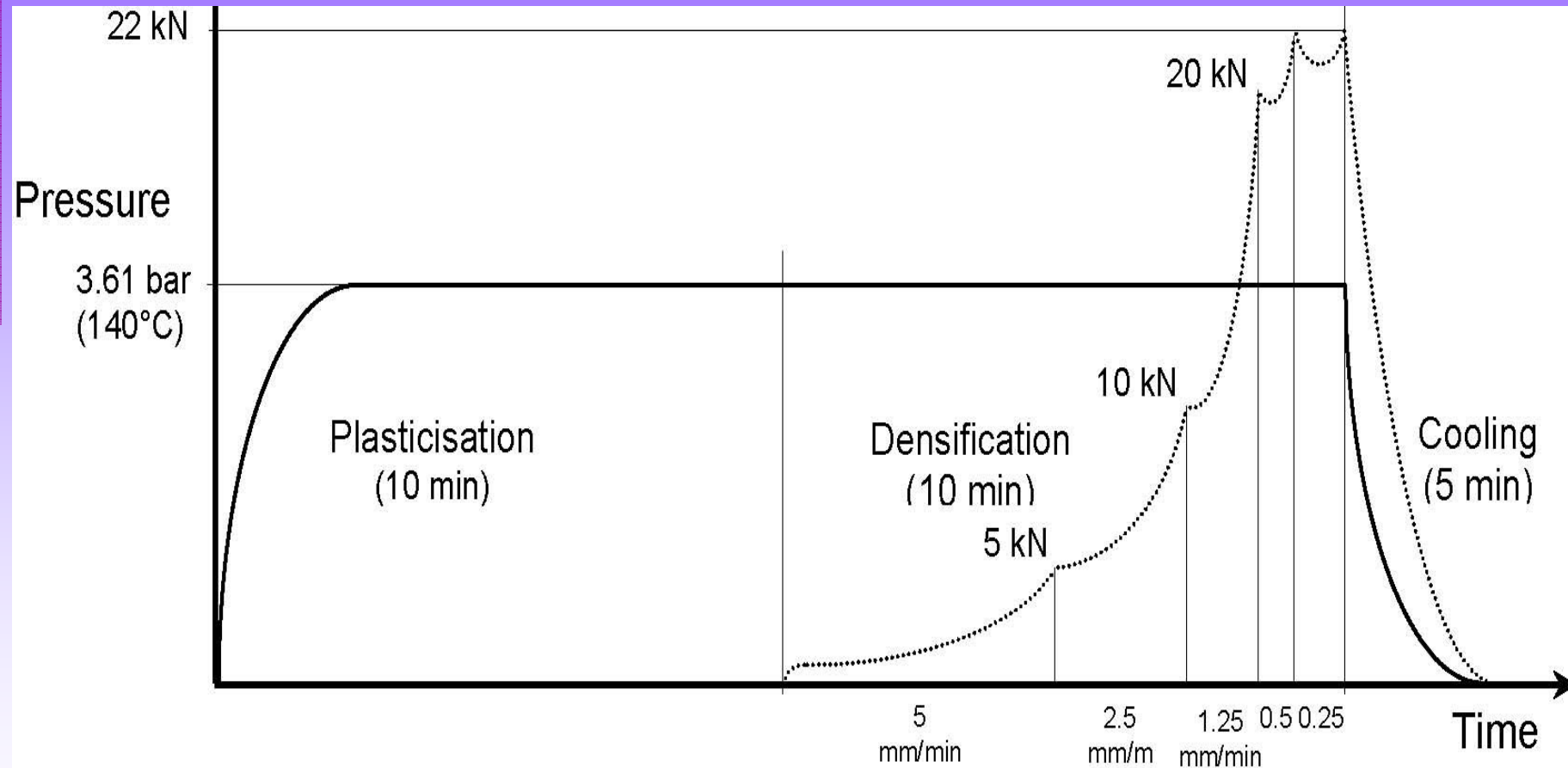


Diagram of the THM densification procedure Temperature and duration conditions of post-treatments



دما و مدت زمان تیمار پسین در روش تیمار مکانیکی-آبی-حرارتی (THM)
(Heger و همکاران، 2003)

Temperature							Duration of Post-treatment (min)
200°C	190°C	180°C	170°C	160°C	150°C	140°C	
1	2	5	10	15	20	30	
2	6	10	20	30	40	60	
3	10	15	30	45	60	90	
4	13	20	40	60	80	120	
5	15	25	50	75	100	150	
6	18	30	60	90	120	180	
-	-	35	70	-	140	210	

نقش تیمار با بخار آب
داغ در تیمار مکانیکی

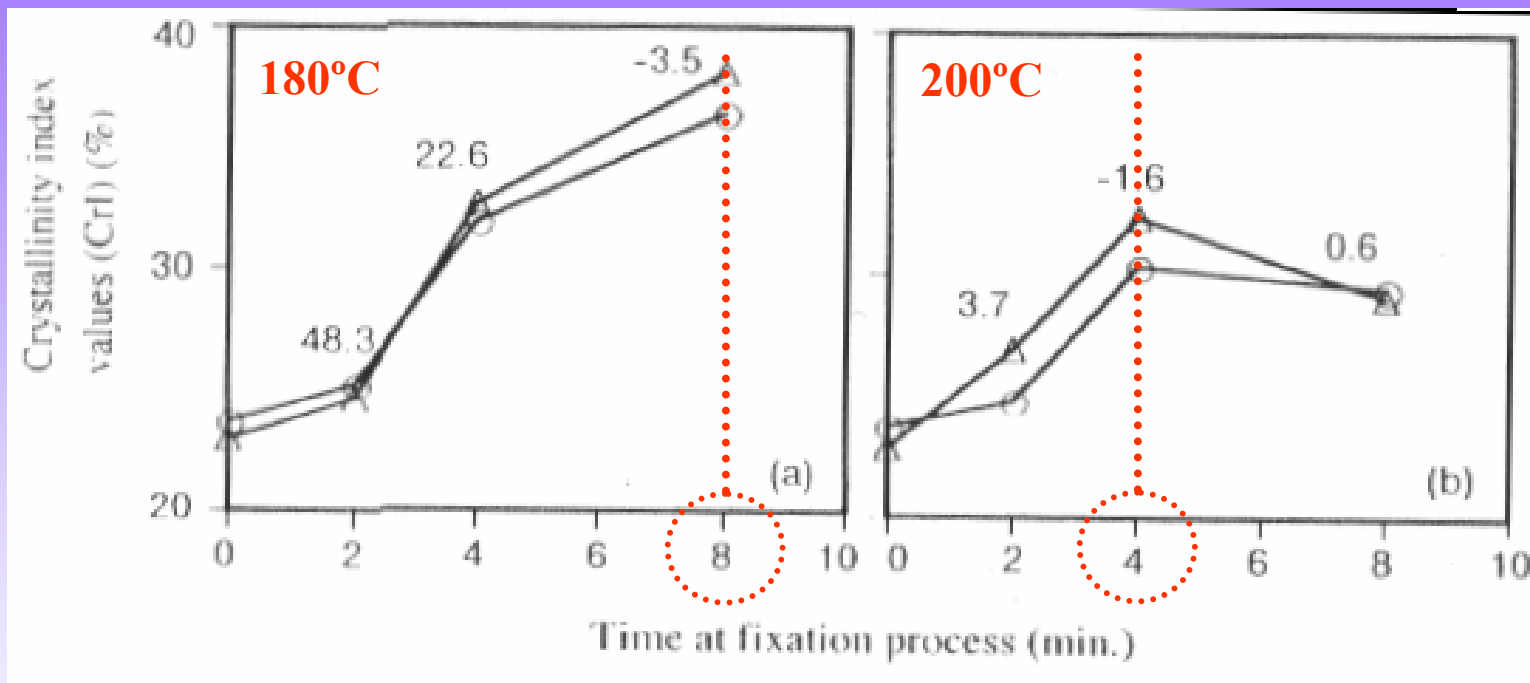
← افزایش پویایی (Kinetic) تغییر شکل نمونه ها

← آبکافت همی سلولزها

← افزایش شاخص بلورینگی سلولز (CrI)

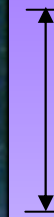
← با افزایش بخار دهی و کاهش مدت زمان تیمار به چند دقیقه از تنش های داخلی نمونه ها کاسته می شود و فرآیند نیز از نظر تکنولوژیکی و اقتصادی با صرفه تر می گردد.

رابطه افزایش شاخص بلورینگی سلولز (Crl) با تیمار بخاردهی پسین برای تثبیت بازیابی شکل (Set Recovery)
(Ito و همکارانش 1998)



Set Recovery after post-treatment (Navi *et al*, 2004)

Densified wood



~1.5 cm

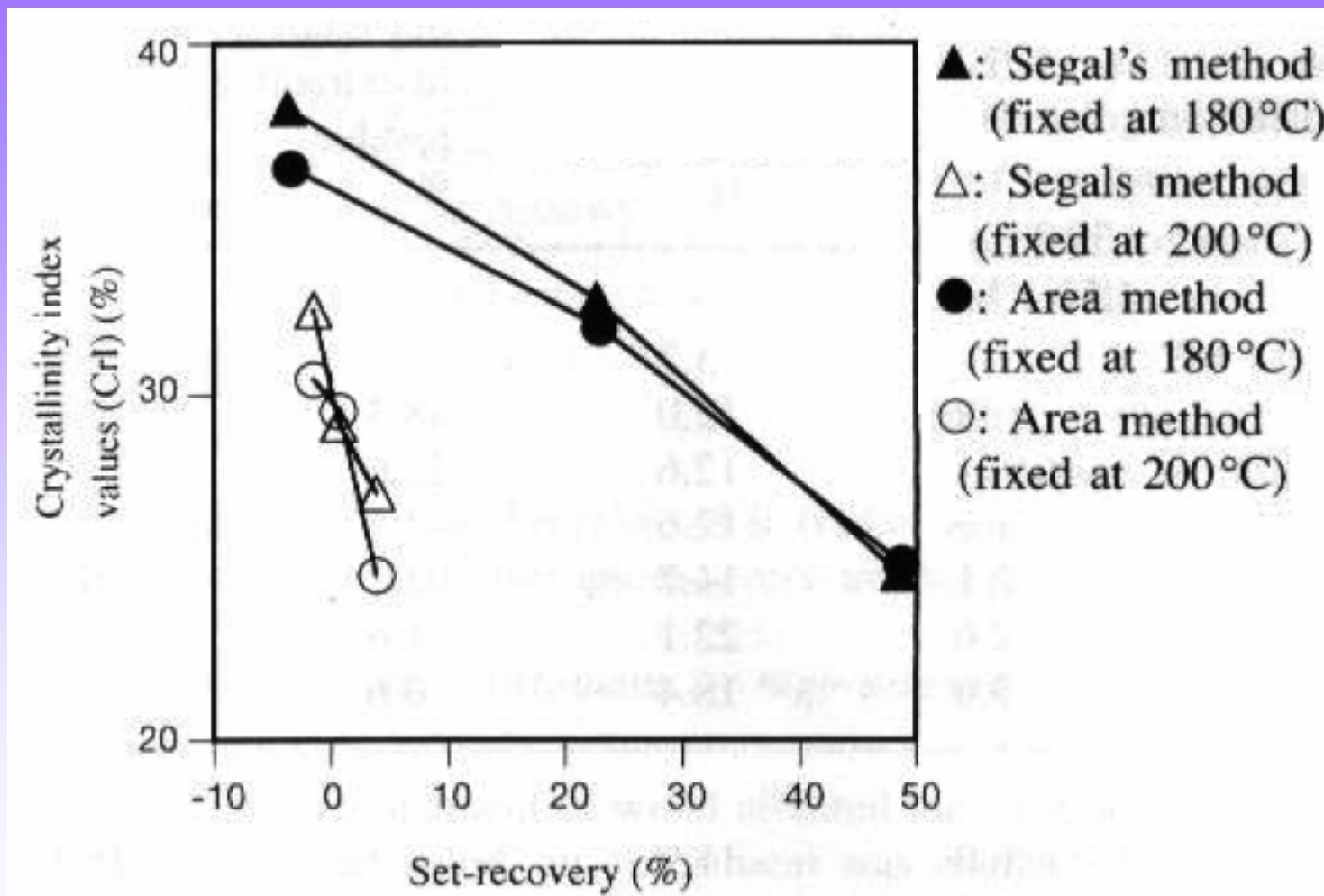


Set Recovery



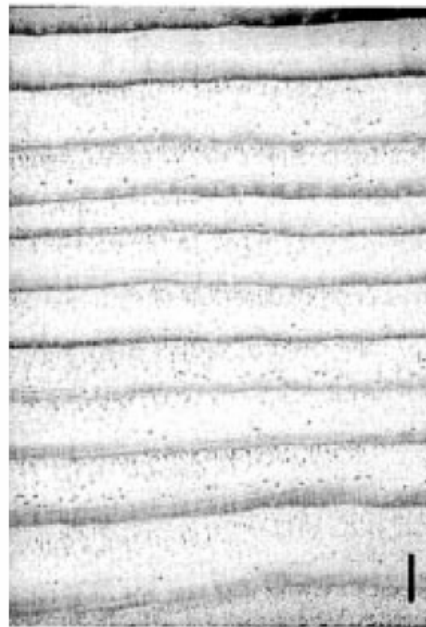
~4 cm

رابطه افزایش شاخص بلورینگی سلولز (CrI) با بازیابی شکل (Set Recovery) Ito و همکارانش (1998)

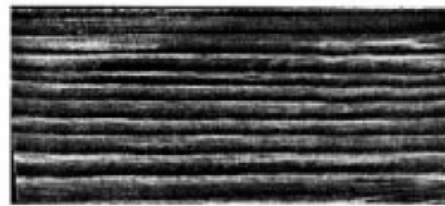


با افزایش شاخص بلورینگی سلولز (CrI) با بازیابی شکل کاهش می یابد.

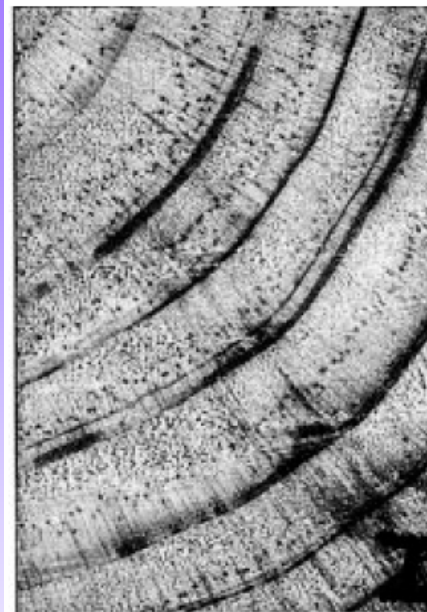
فشرده‌گی چوب



(a)



(b)

Spruce**C=0%****SpG= 0.43 gr/cm³****Spruce****C=68%****SpG= 1.29 gr/cm³**

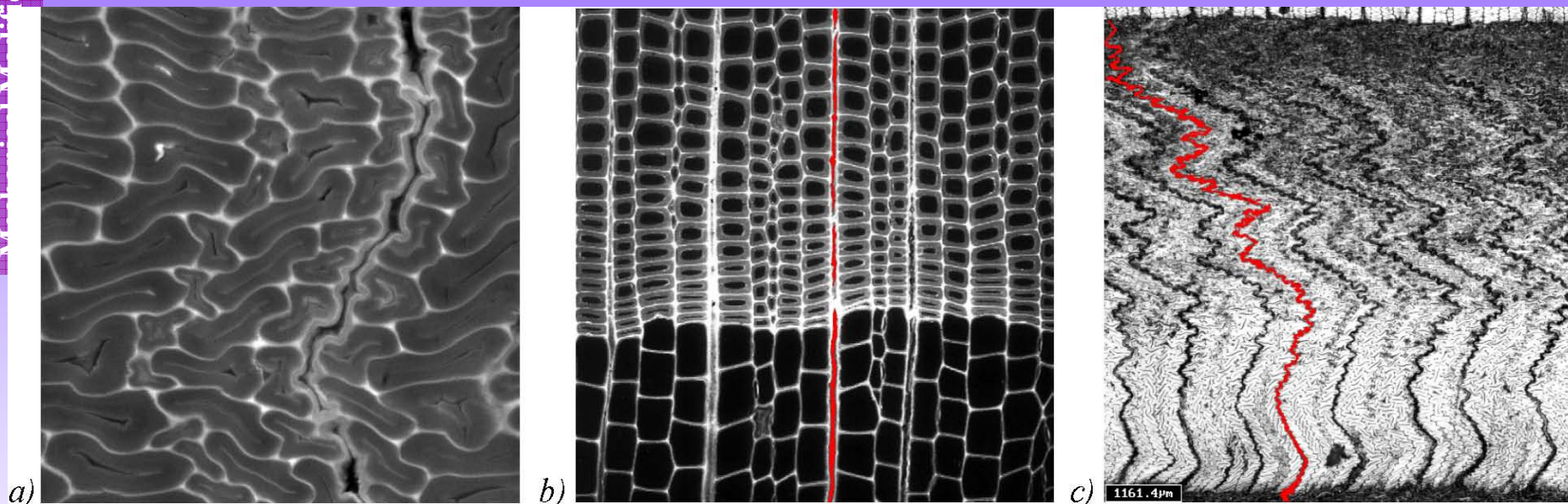
(a)



(b)

Pine**C=0%****SpG= 0.49 gr/cm³****Pine****C=67%****SpG= 1.30 gr/cm³**

اشعه ها



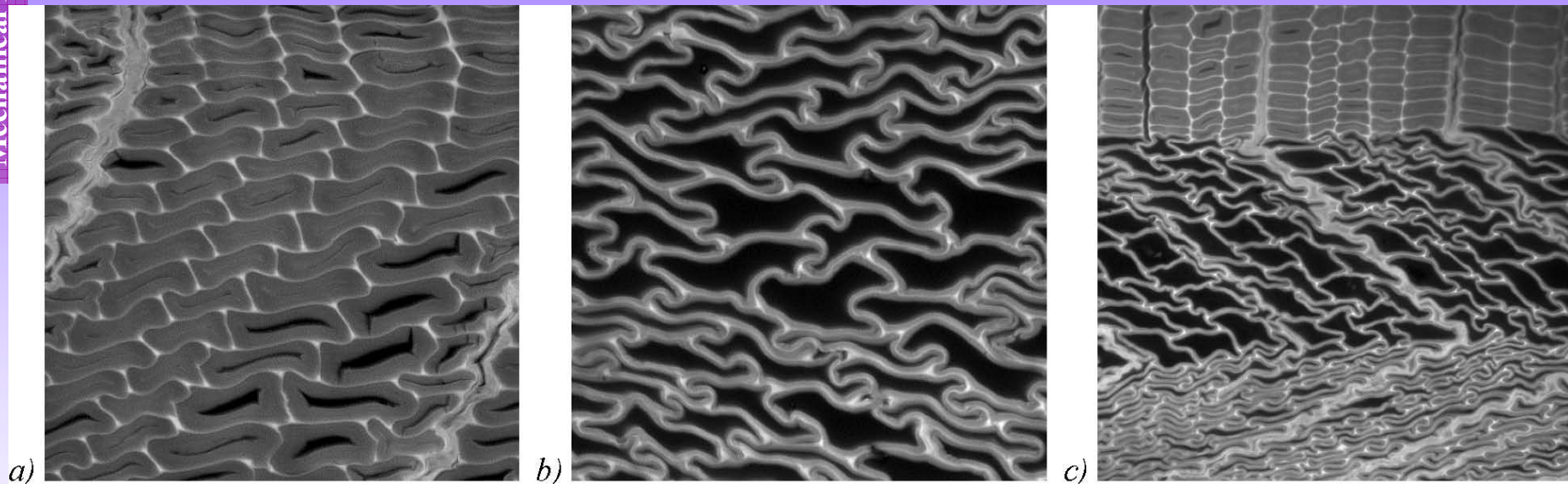
a) Residual pores of latewood cells and wood rays in densified wood.

b) Wood rays in non-densified simple

c) Densification has transformed wood rays to a zigzag form shape

بازیابی شکل

Partly recovered densified wood post-treated at 140°C and 4 hours processing time seen under confocal microscope



a) Slightly opened latewood cells.

b) Widely opened earlywood cells

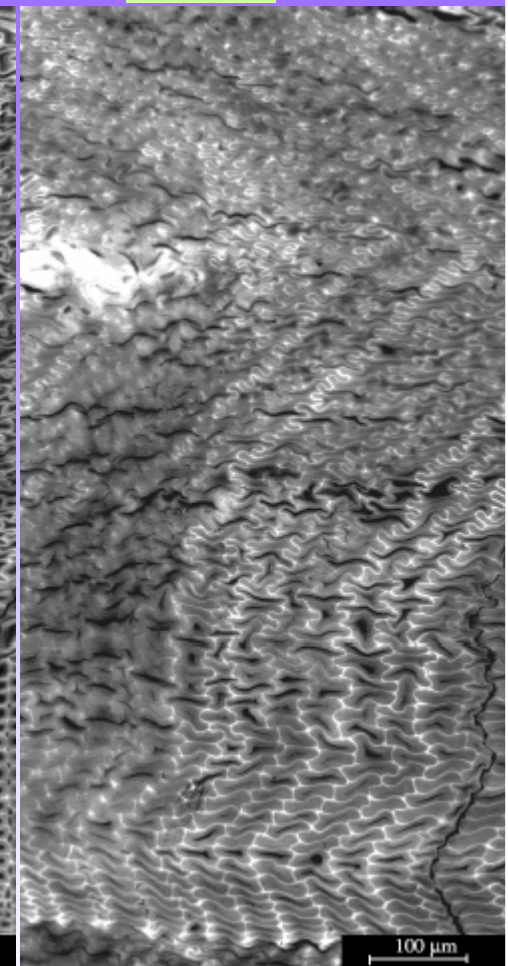
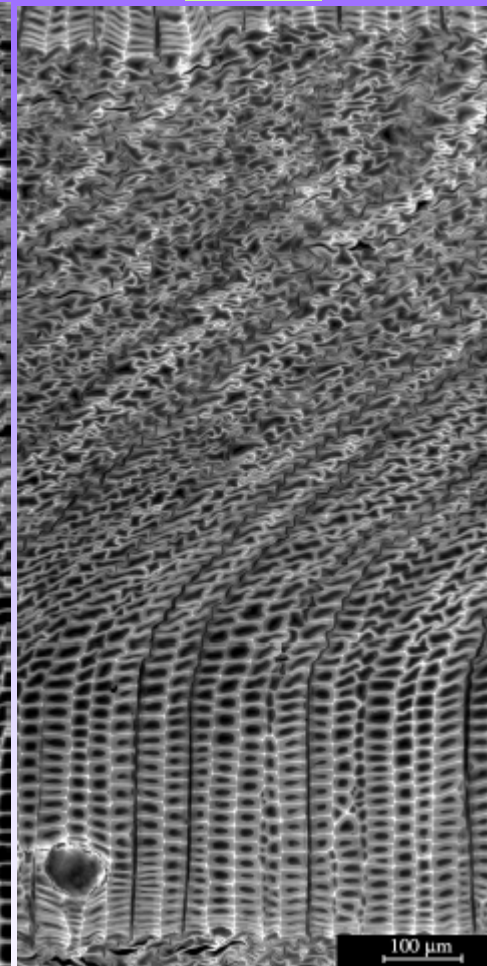
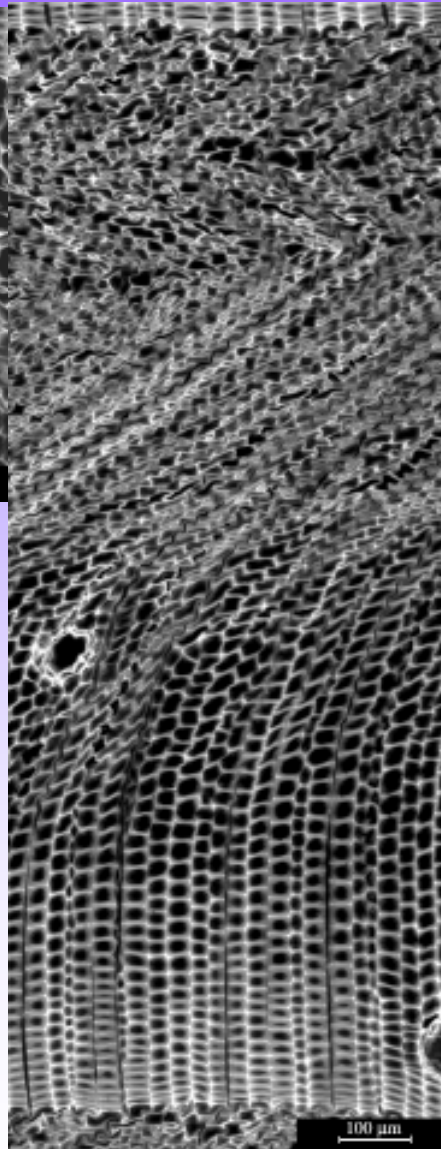
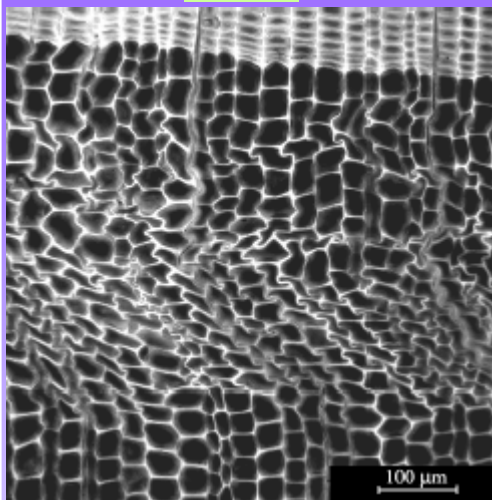
c) latewood-earlywood cells interface after soaking-drying test

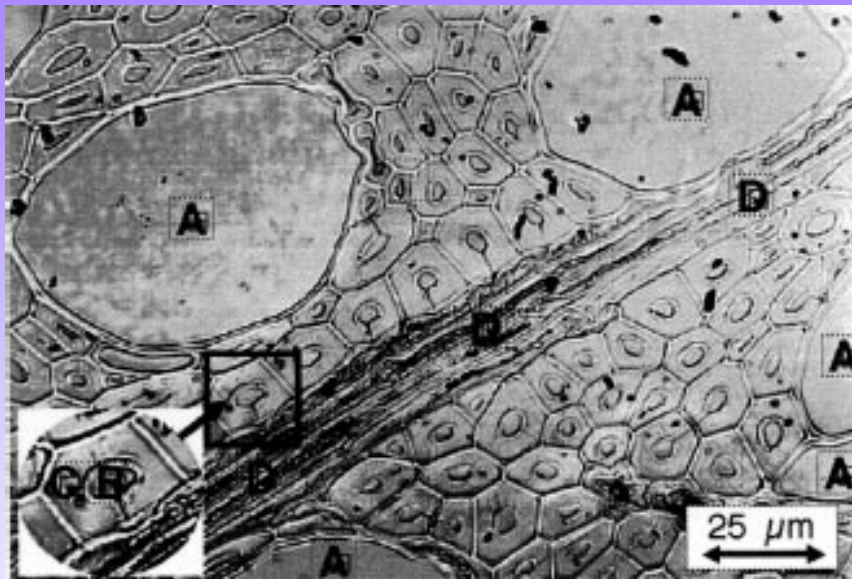
5%

35%

50%

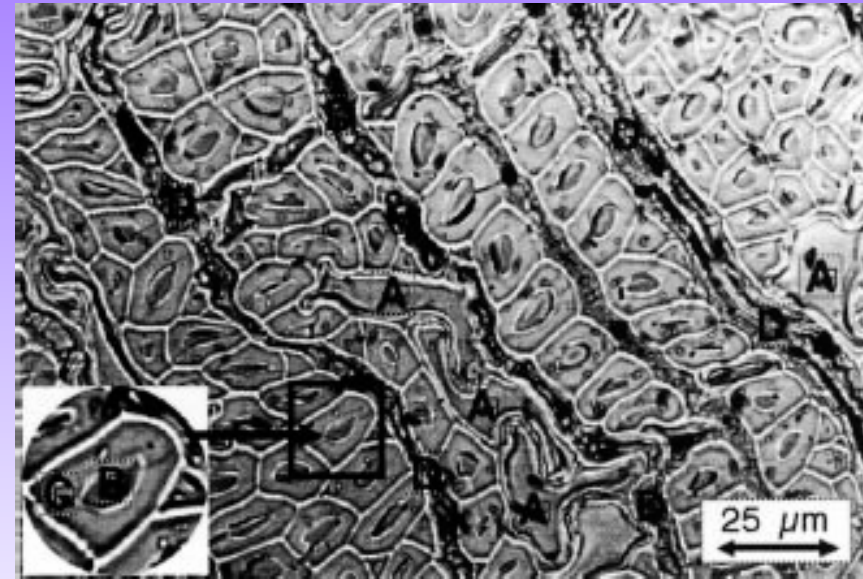
65%



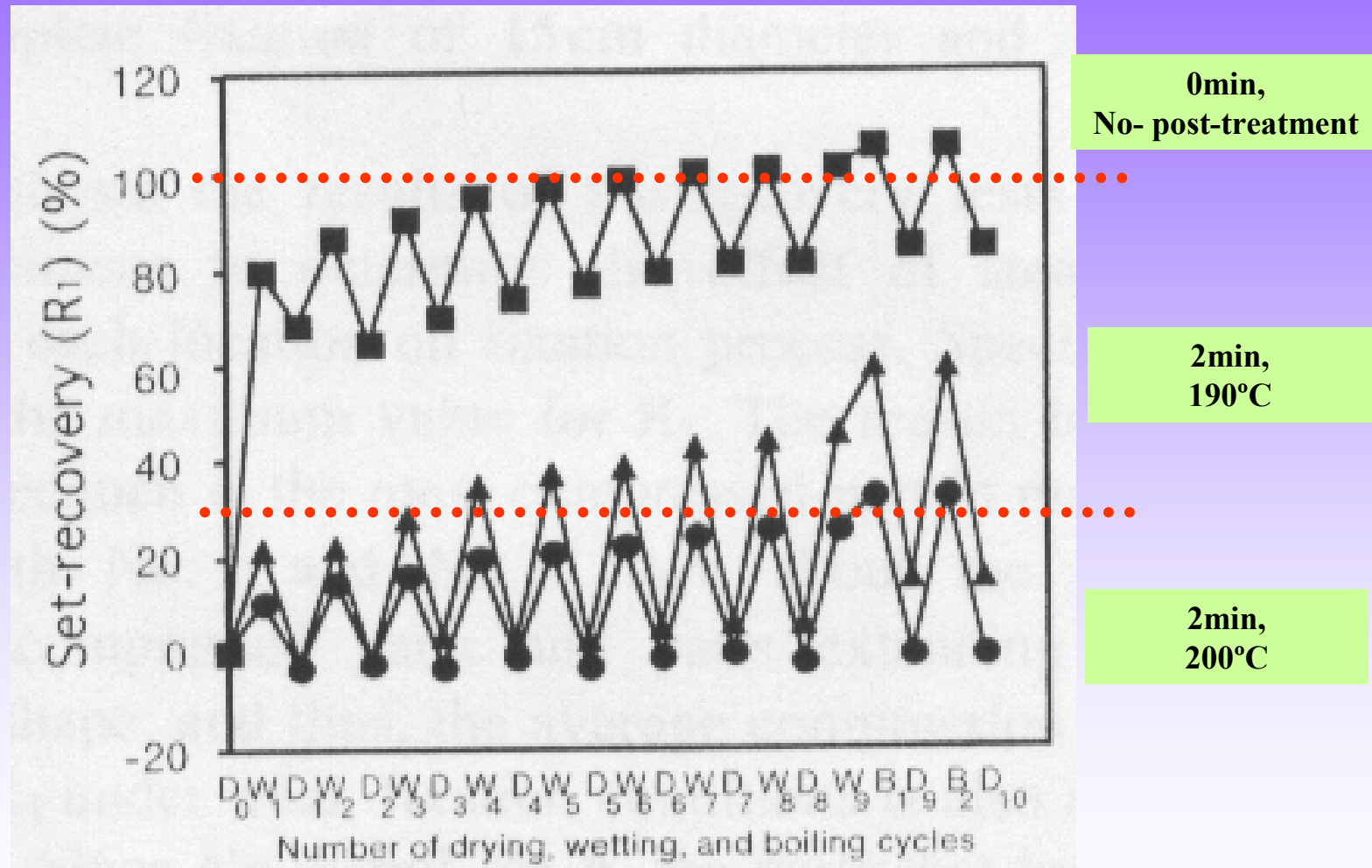


**Micrograph of cross-section of Beech
under light microscopy;**

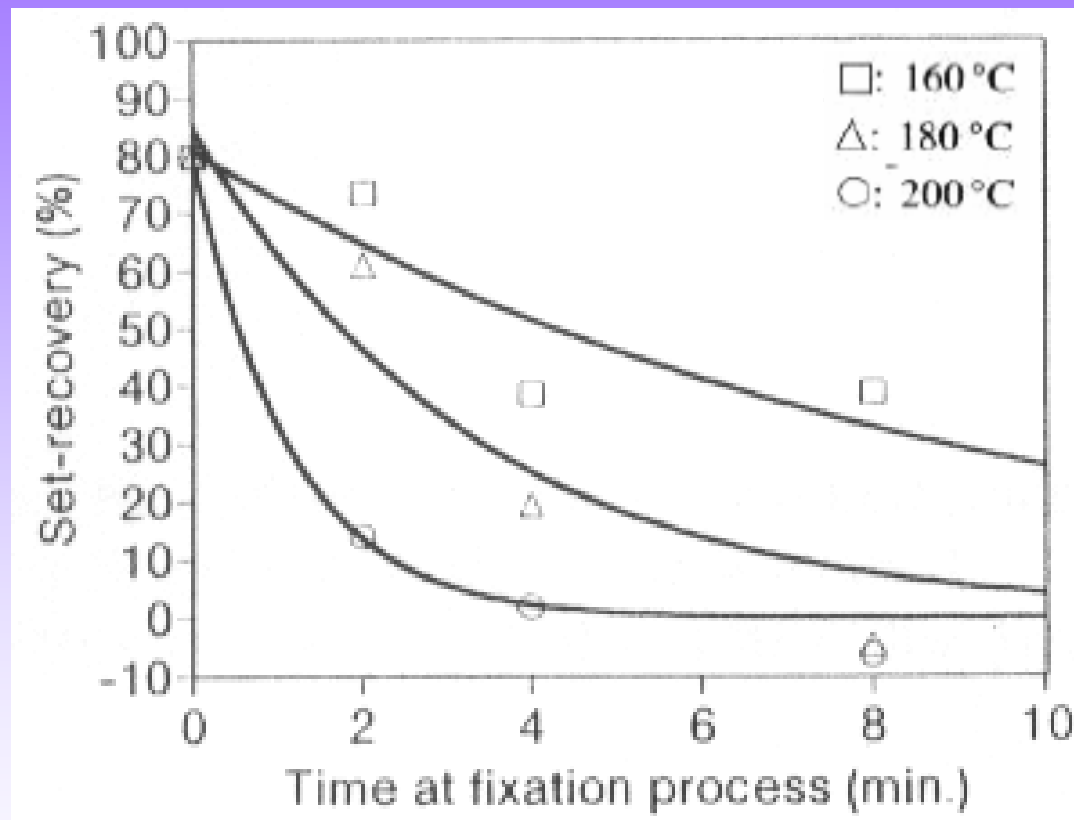
A = vessels, B = lumen



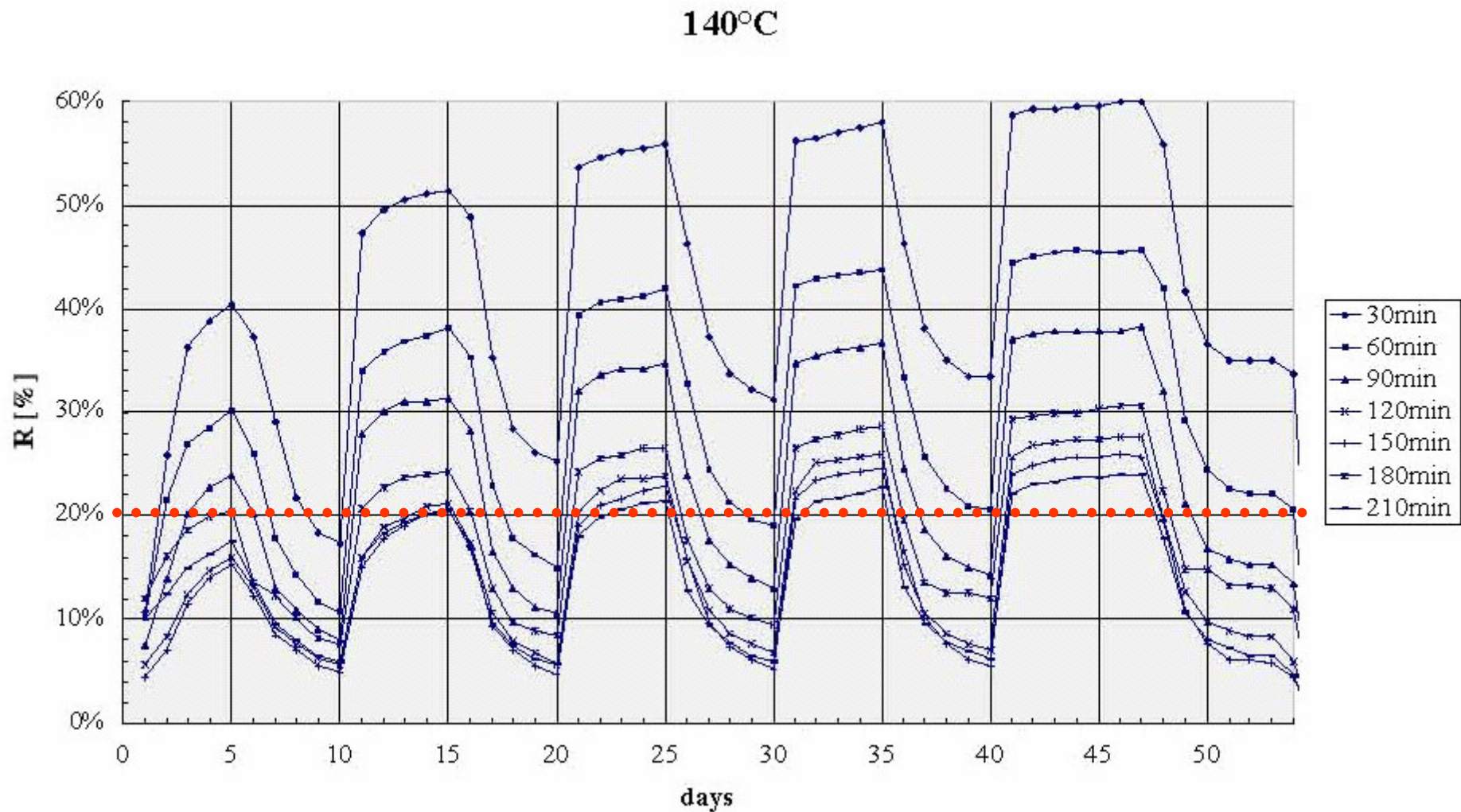
**Micrograph of cross-section of
Beech densified by TM treatment;
A = vessels, B = lumen.**

بازیابی شکل در چرخه های تر و خشک
فشرده‌گی 50٪

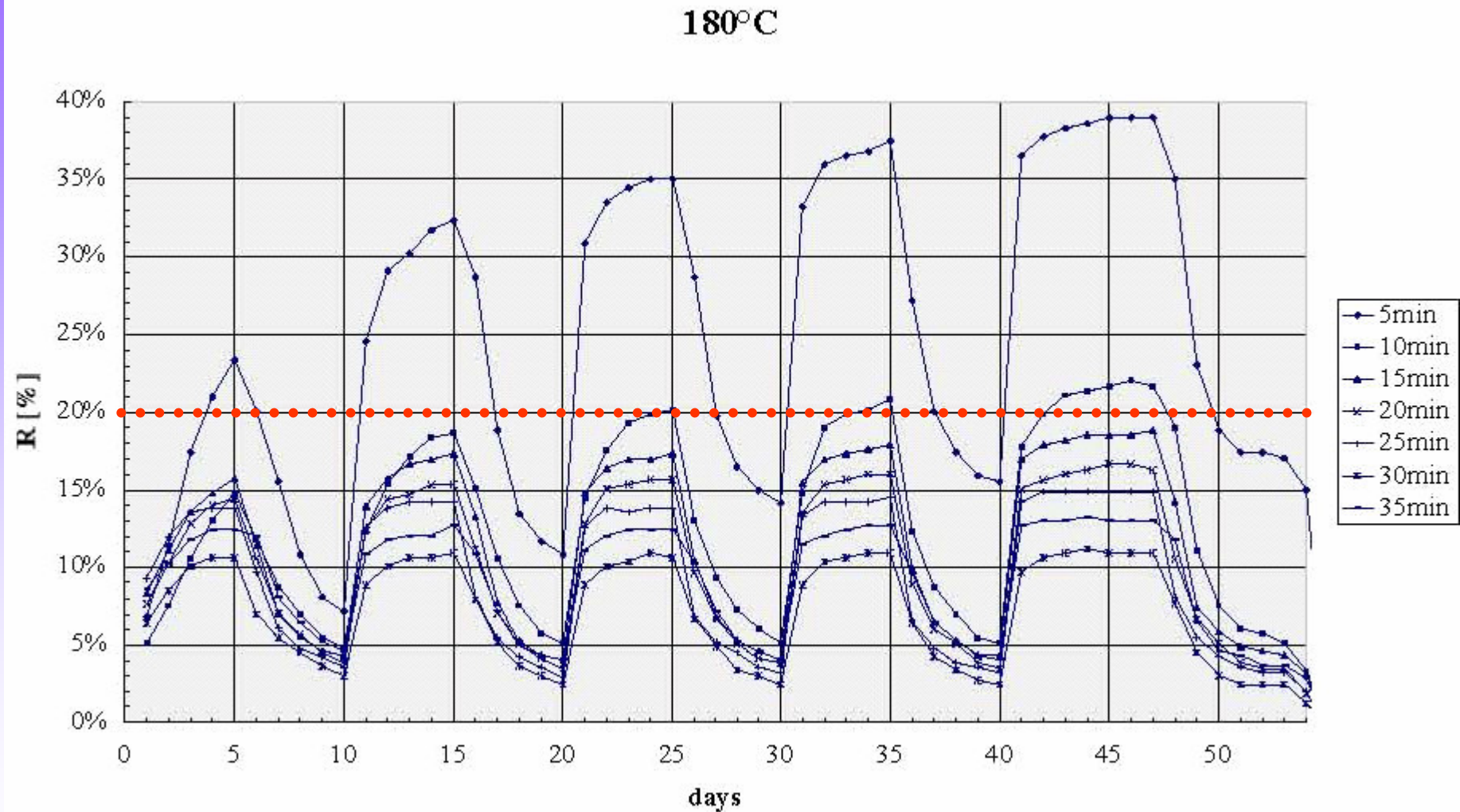
تأثیر بخار دهی بر روی بازیابی شکل
روش Ito و همکارانش (1998)



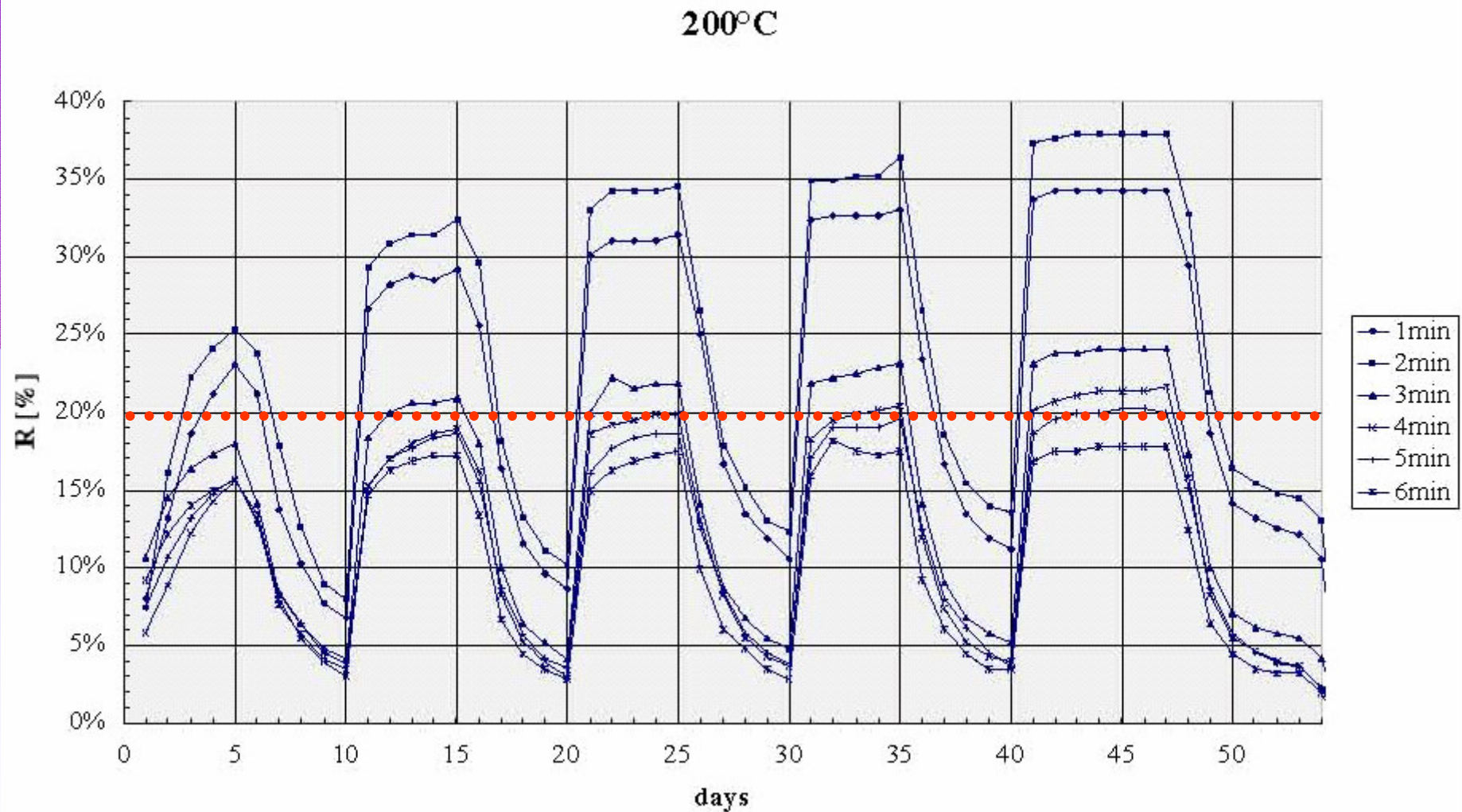
تأثیر تیمار پسین و بازیابی شکل در چرخه های خشک و تر



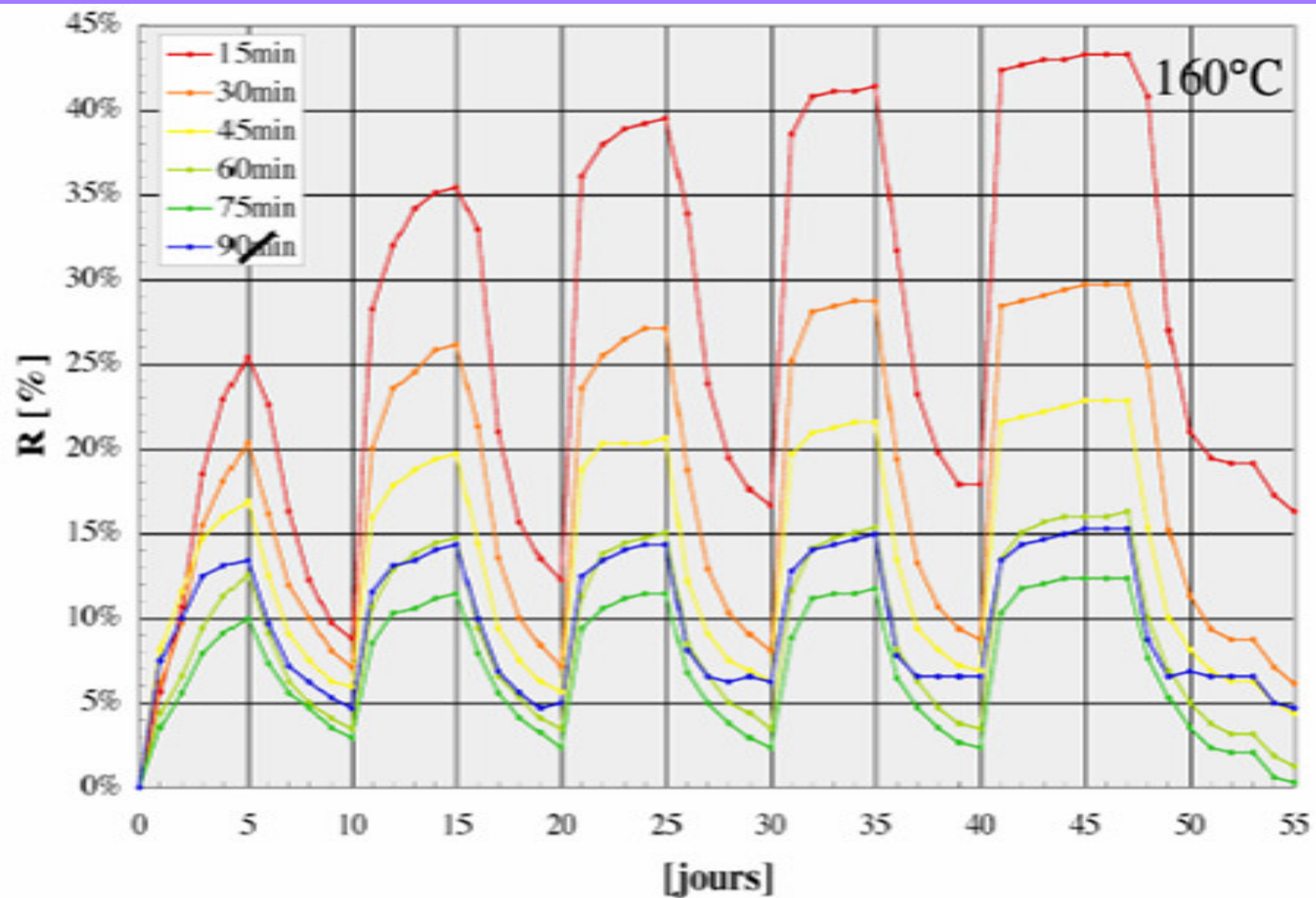
تأثیر تیمار پسین و بازیابی شکل در چرخه های خشک و تر

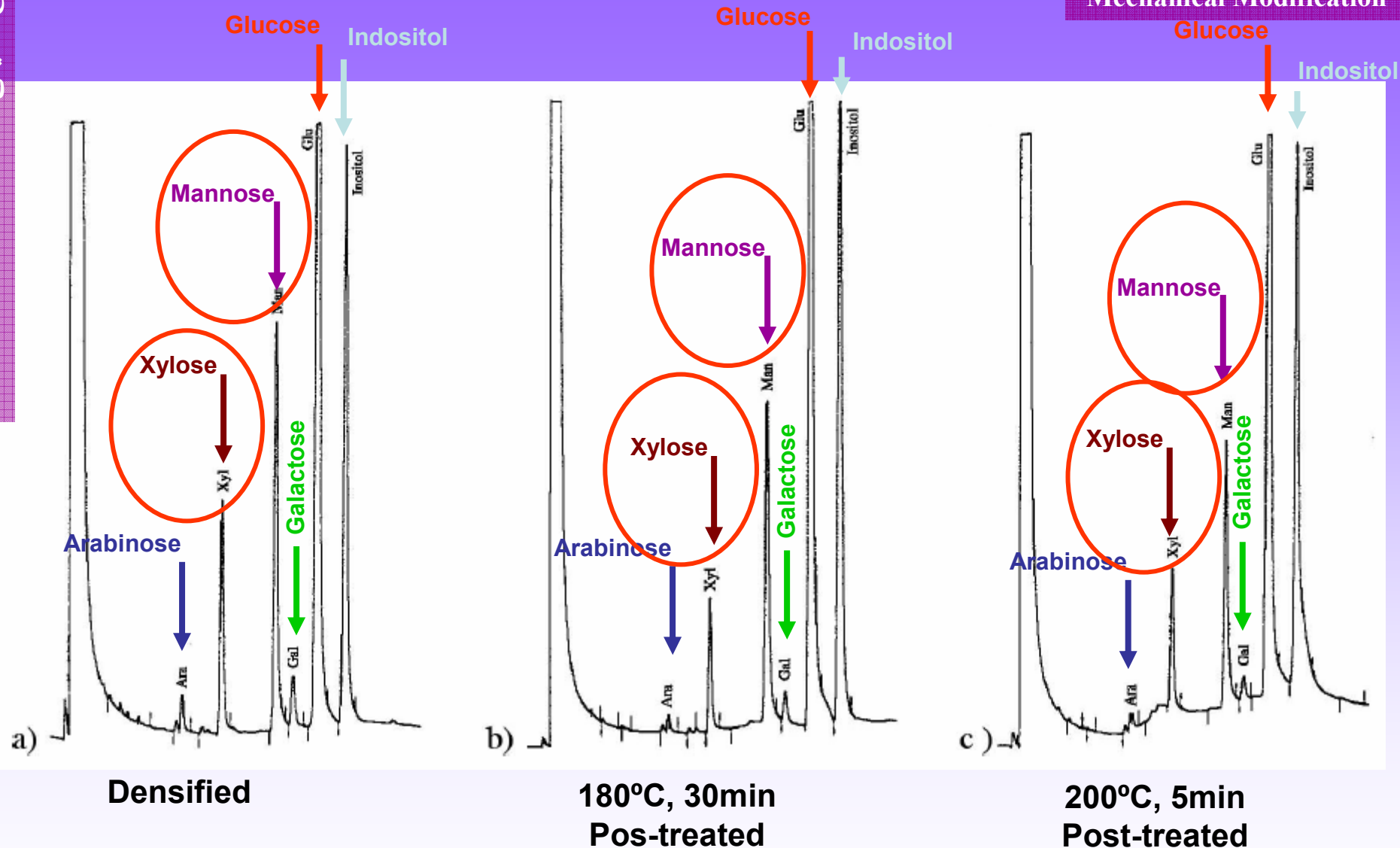


تأثیر تیمار پسین و بازیابی شکل در چرخه های خشک و تر

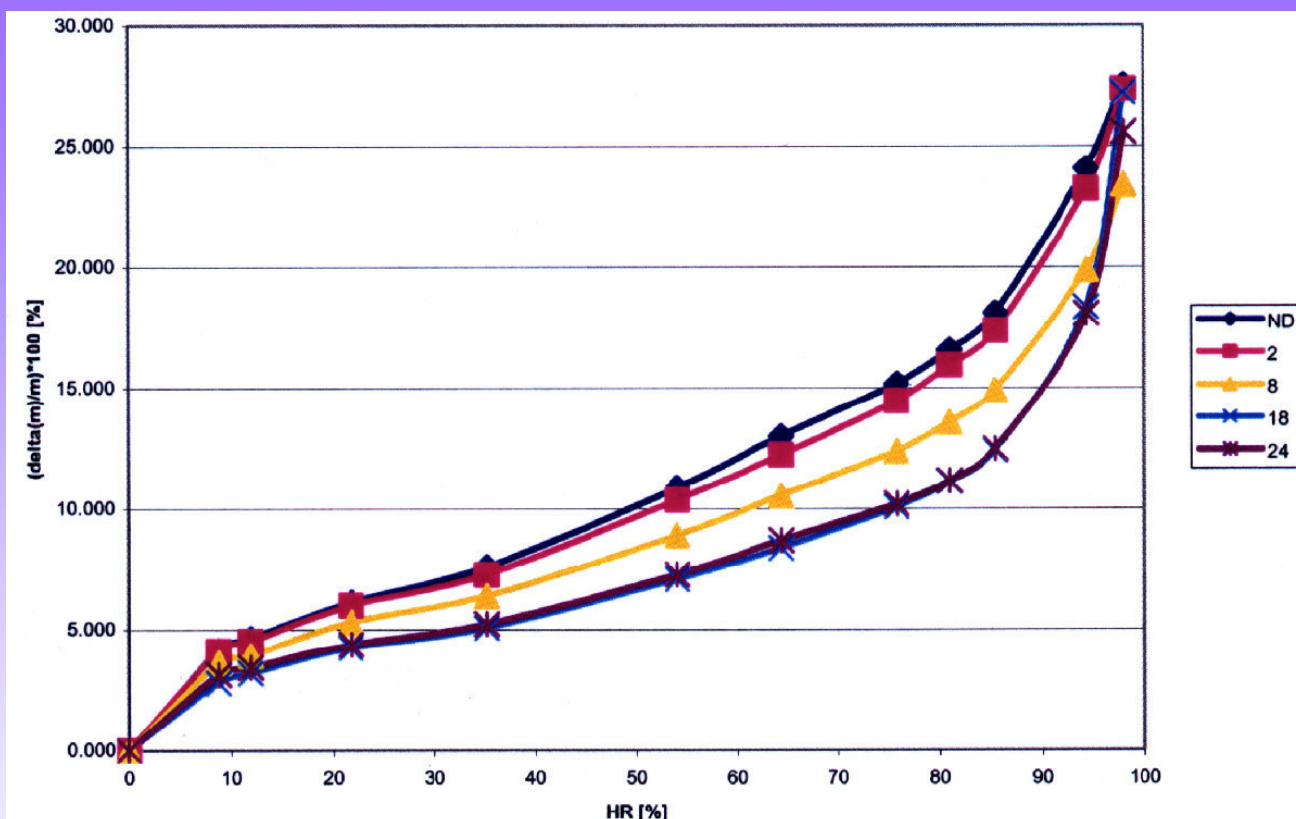


تأثیر مدت زمان تیمار پسین و بازیابی شکل در چرخه های خشک و تر





Adsorption isotherm curves of hydro-thermo-mechanically treated wood after post treatment (Navi & Girardet, 2000)



Sorption isotherms

ND: natural wood,

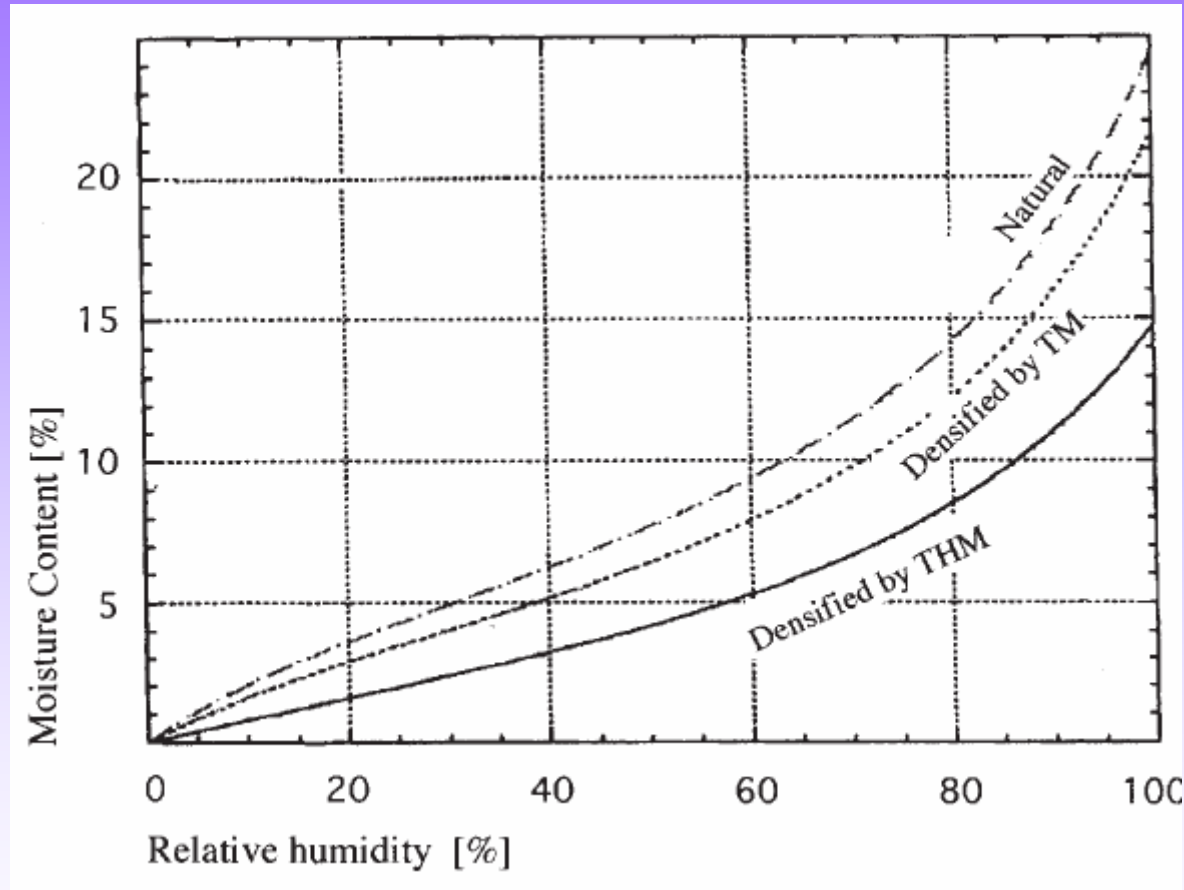
2: densified wood,

8: densified and 140°C, 3 hrs post-treated wood,

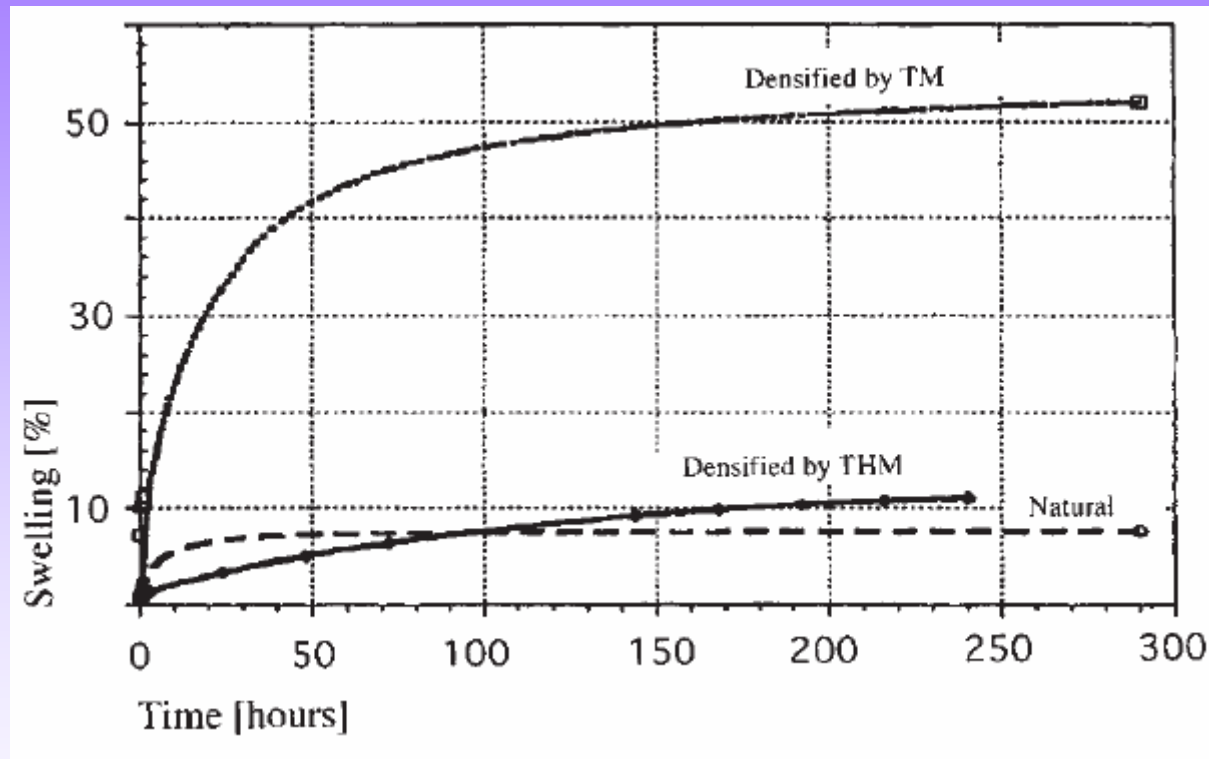
18: densified and 180°C, 16 min post-treated wood,

24: densified and 200°C, 4 min post-treated wood

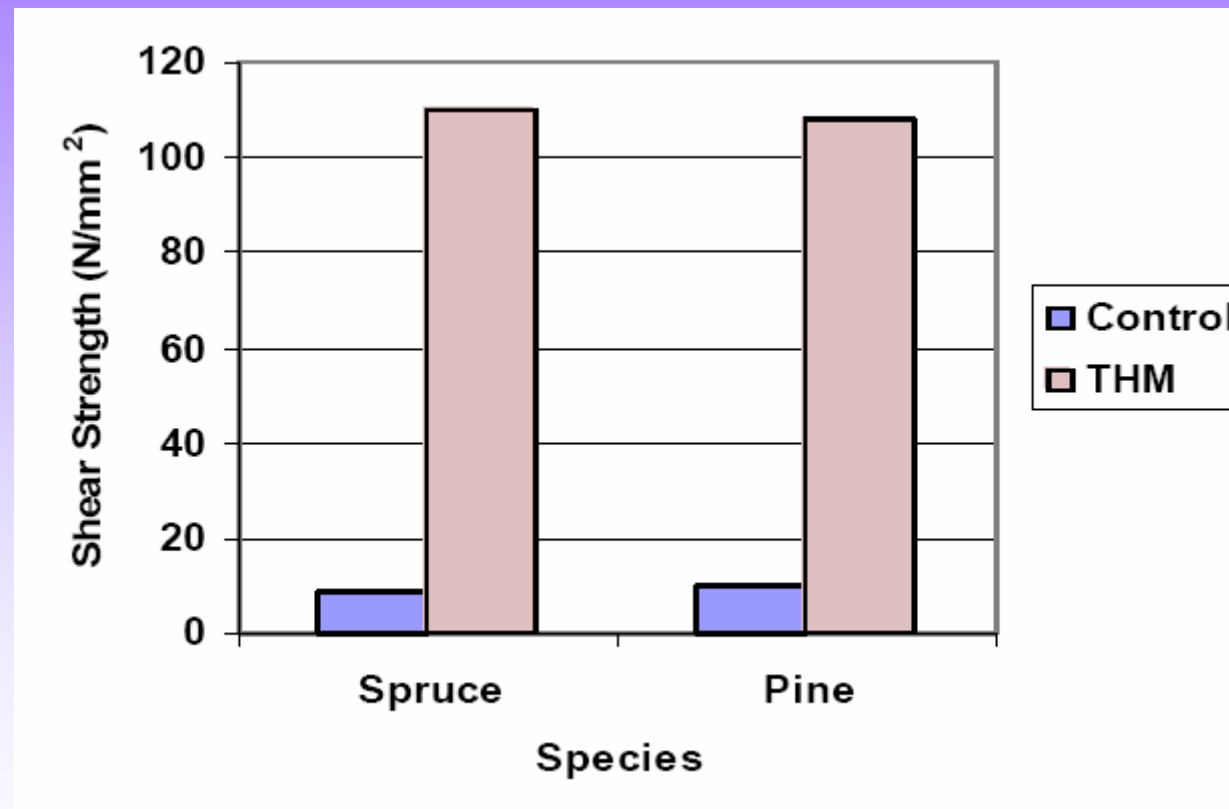
Adsorption isotherm curves of initial, TM treated and THM treated Beech (Navi & Girardet, 2000)



Swelling in the radial direction of initial, TM treated and THM treated wood plunged into water at 18 °C (Navi & Girardet, 2000)

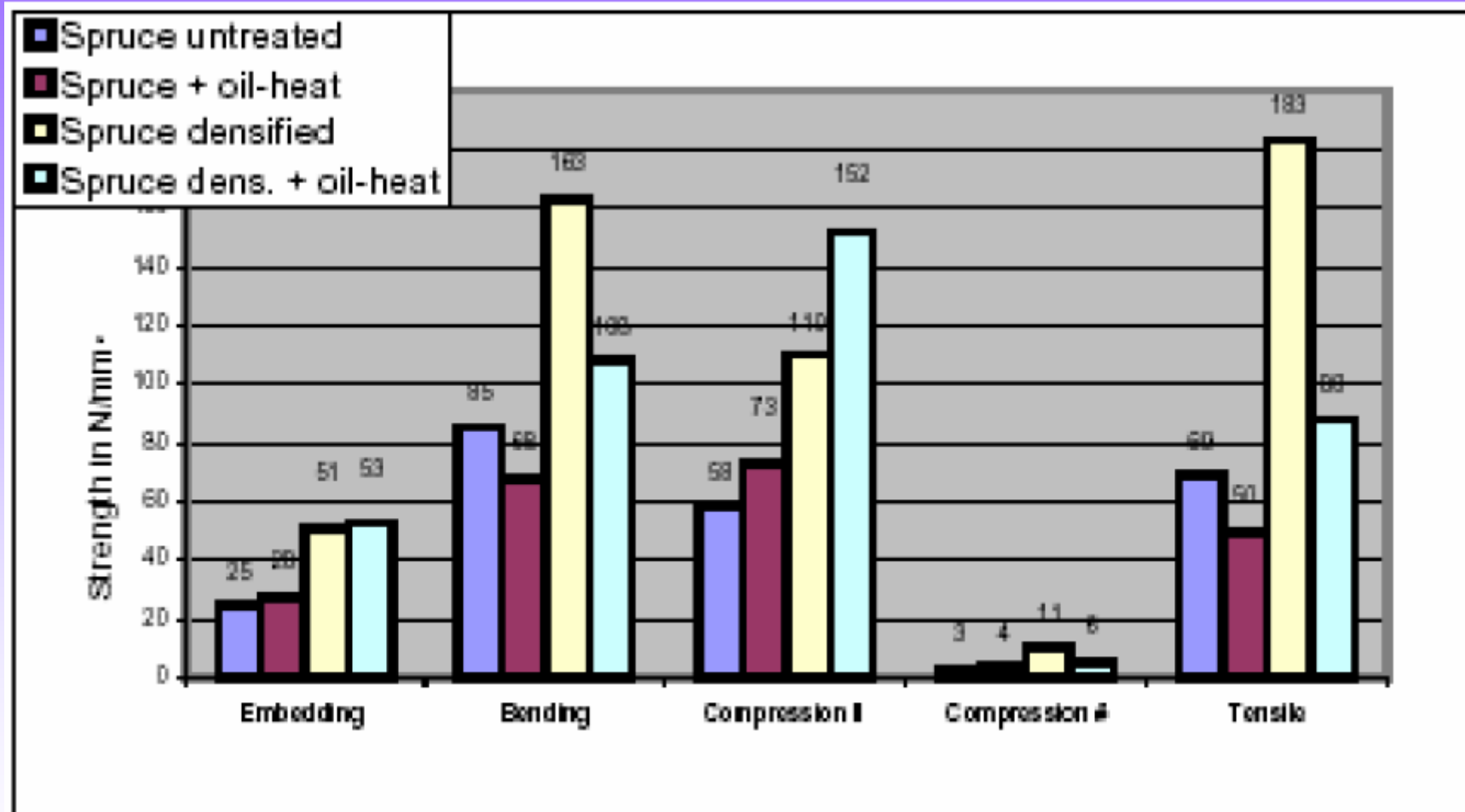


Shear strengths of initial (black colour) and densified wood by THM treatment (grey colour) for Spruce and Maritime Pine respectively (average values) (Navi & Girardet, 2000)

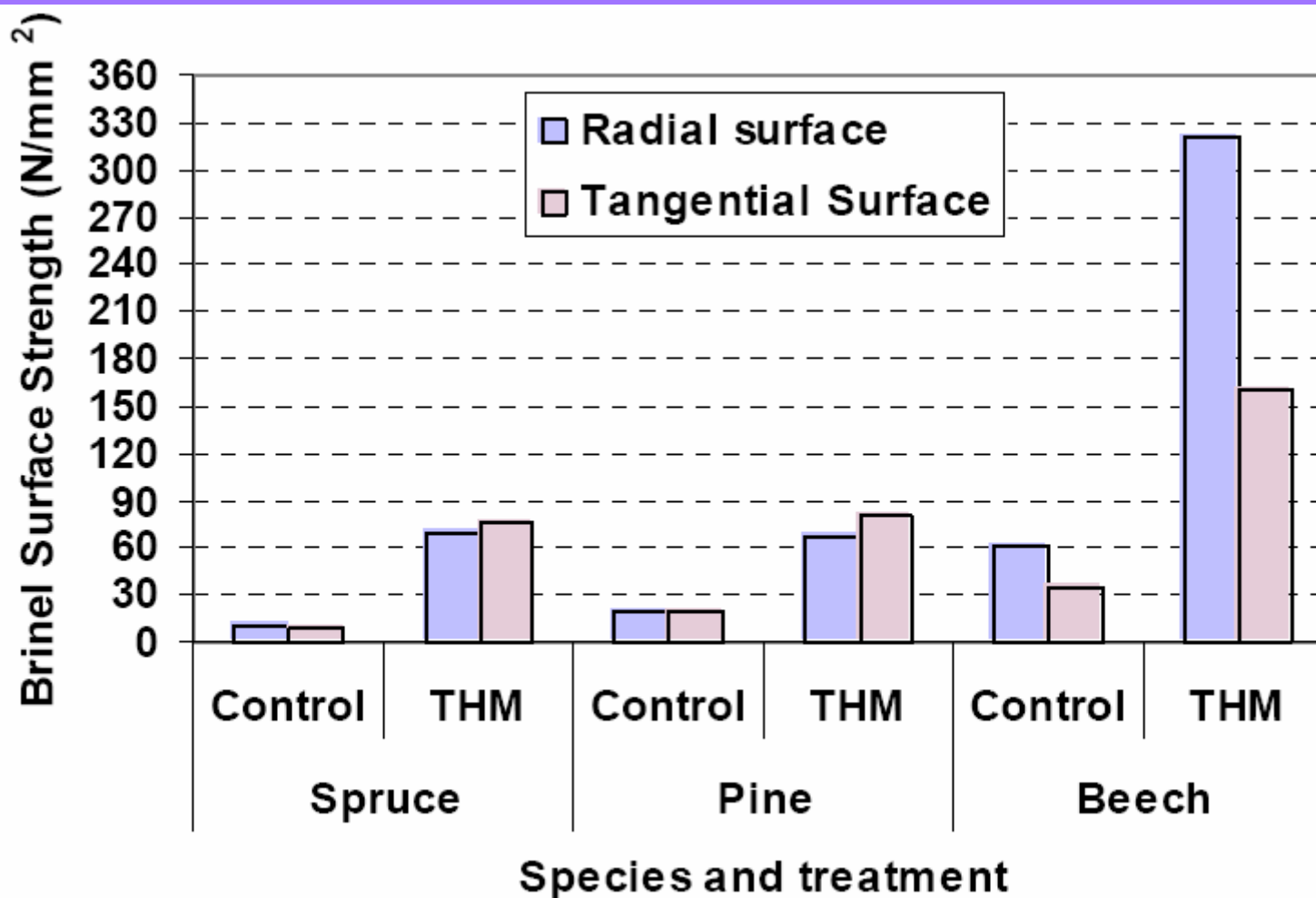


9 تا 23 برابر افزایش مقاومت به قیچی شدن!

مقاومت‌های مکانیکی



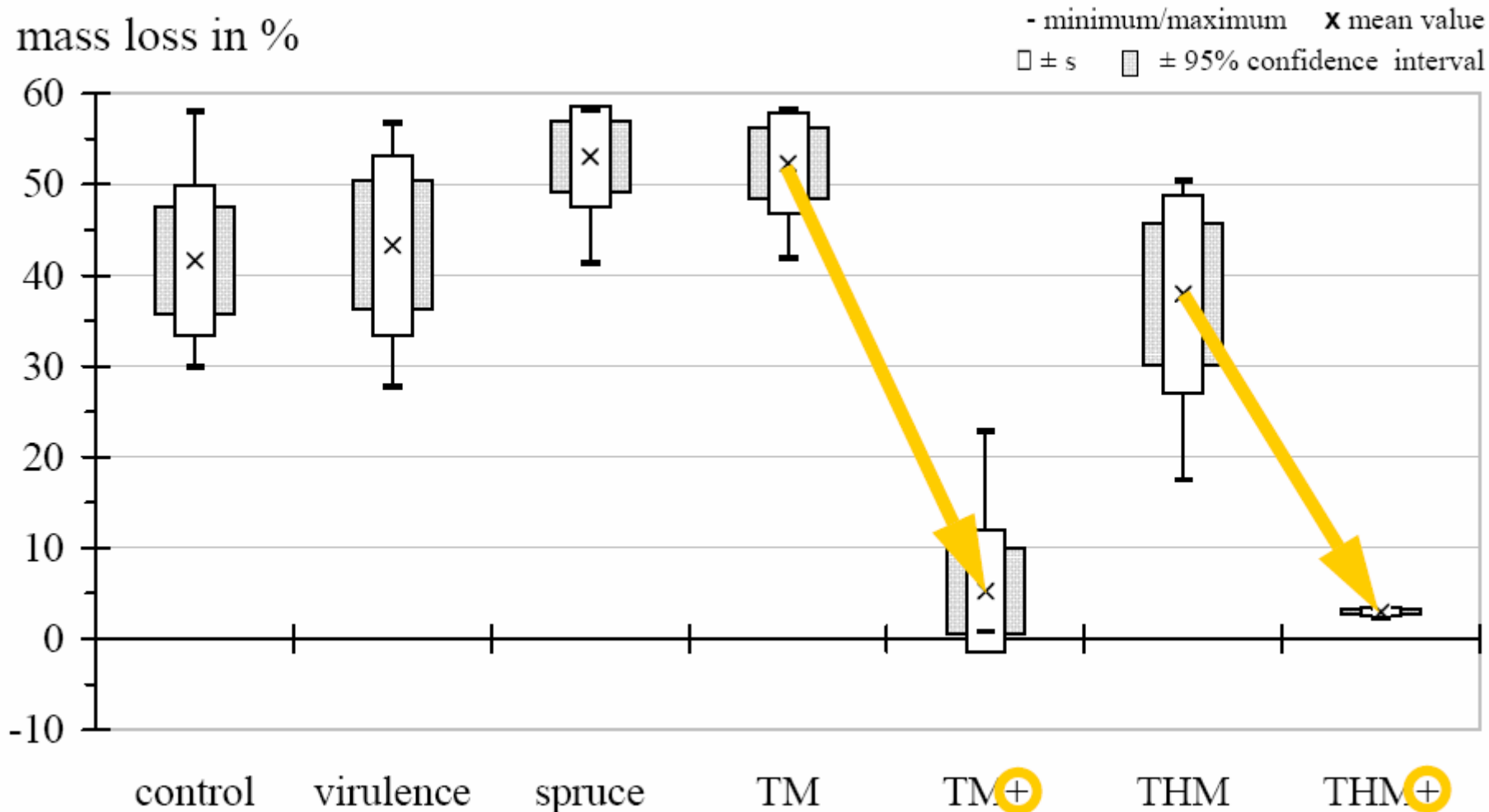
سختی سطحی برینل در چوب های تیمار شده به روش حرارتی-آبی-مکانیکی (THM) و نمونه های تیمار نشده (Navi و Grardet، 2000)



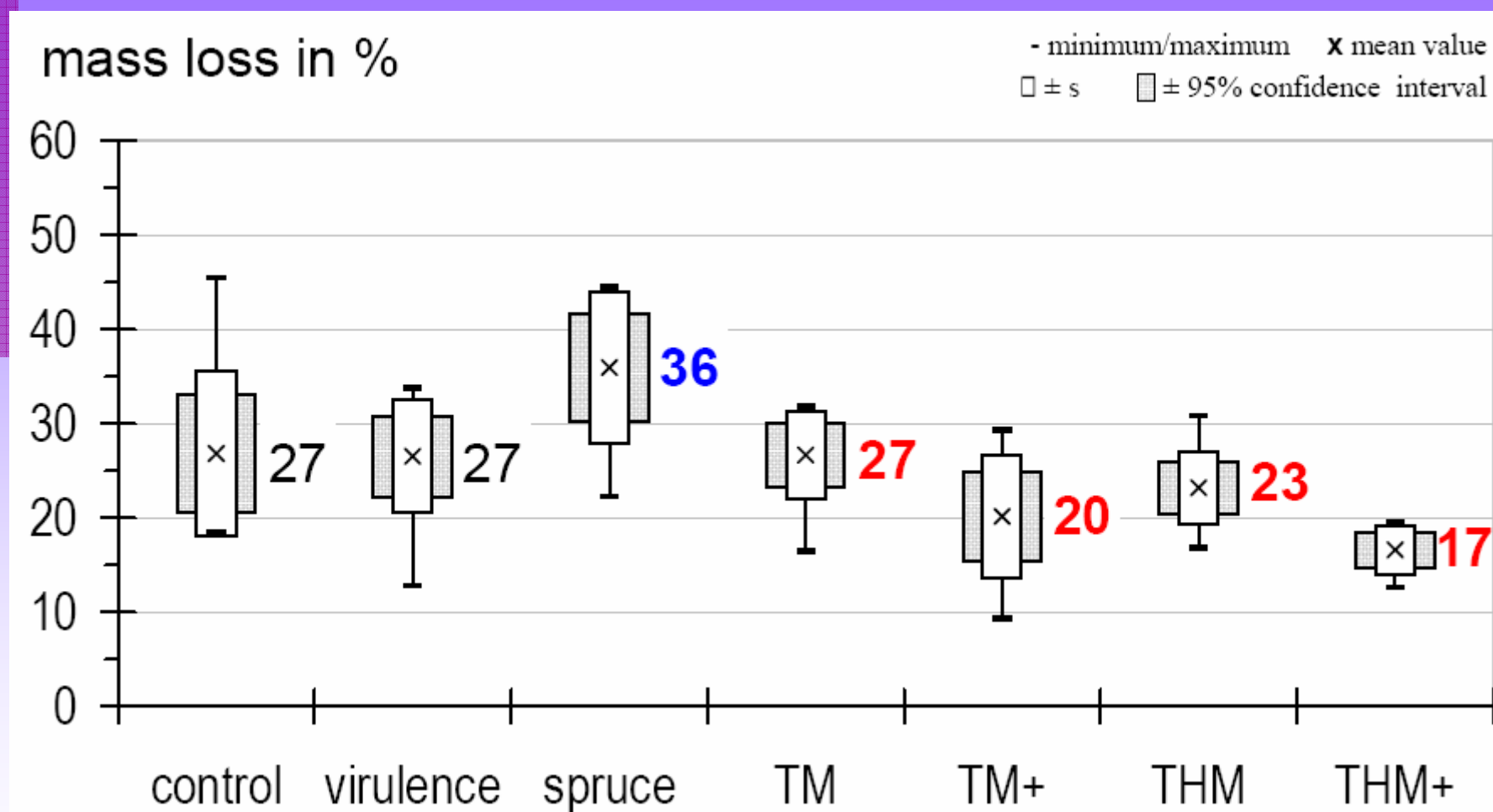
جدول ۵-۲- سختی برینل در دو سطح شعاعی و مماسی چوب تیمار شده نوئل (Heger و همکارانش، ۲۰۰۳)

سختی Brinel (N/mm ²)		نمونه نوئل
مماسی	شعاعی	
۱۲	۱۲	تیمار نشده
۷۱/۳	۷۰/۸	نمونه فشرده شده اول
۵۹/۸	۵۲/۸	نمونه فشرده شده دوم

Lab-test according test according to EN 113 to brown rot fungus
(*Coniophora puteana*) after 12 weeks incubation Welzbacher *et al.*, (2004)



Lab-test according test according to EN 113 to brown rot fungus
(*Poria placenta*) after 12 weeks incubation Welzbacher *et al.*, (2004)



Natural durability based on the decay rates of EN113 with brown rot fungus (*Poria placenta*) Welzbacher *et al.*, (2004)

material	durability class based on mass loss	
	in %	in g
spruce	5	4
TM	5	5
TM+	4	5
THM	4	5
THM+	4	5
pine control	5	5
virulence	5	5

- ♦ **TM** and **THM** was decayed by both, *Poria placenta* and *Coniophora puteana*
- ♦ **TM+** and **THM+** was only decayed by *Poria placenta*, *Coniophora puteana* raised no noteworthy mass loss
 - ⇒ highest mass loss by *Poria placenta*
- ♦ Durability class 5 for all densified materials, if based on mass loss in g; class 4 for **TM** and 5 for **THM**, **TM+**, **THM+** if based on mass loss in %

Does a mechanical densification improve the decay resistance of wood?

⇒ No improvement against *Poria placenta*

⇒ *Coniophora puteana* was “hindered” by a hydro-thermal post-treatment

