

Vlastnosti dreva

Fyzikálne vlastnosti
Mechanické vlastnosti

Doc. Ing. Jozef Kúdela, CSc.
Katedra náuky o dreve

Čo rozumieme pod vlastnosťami dreva?

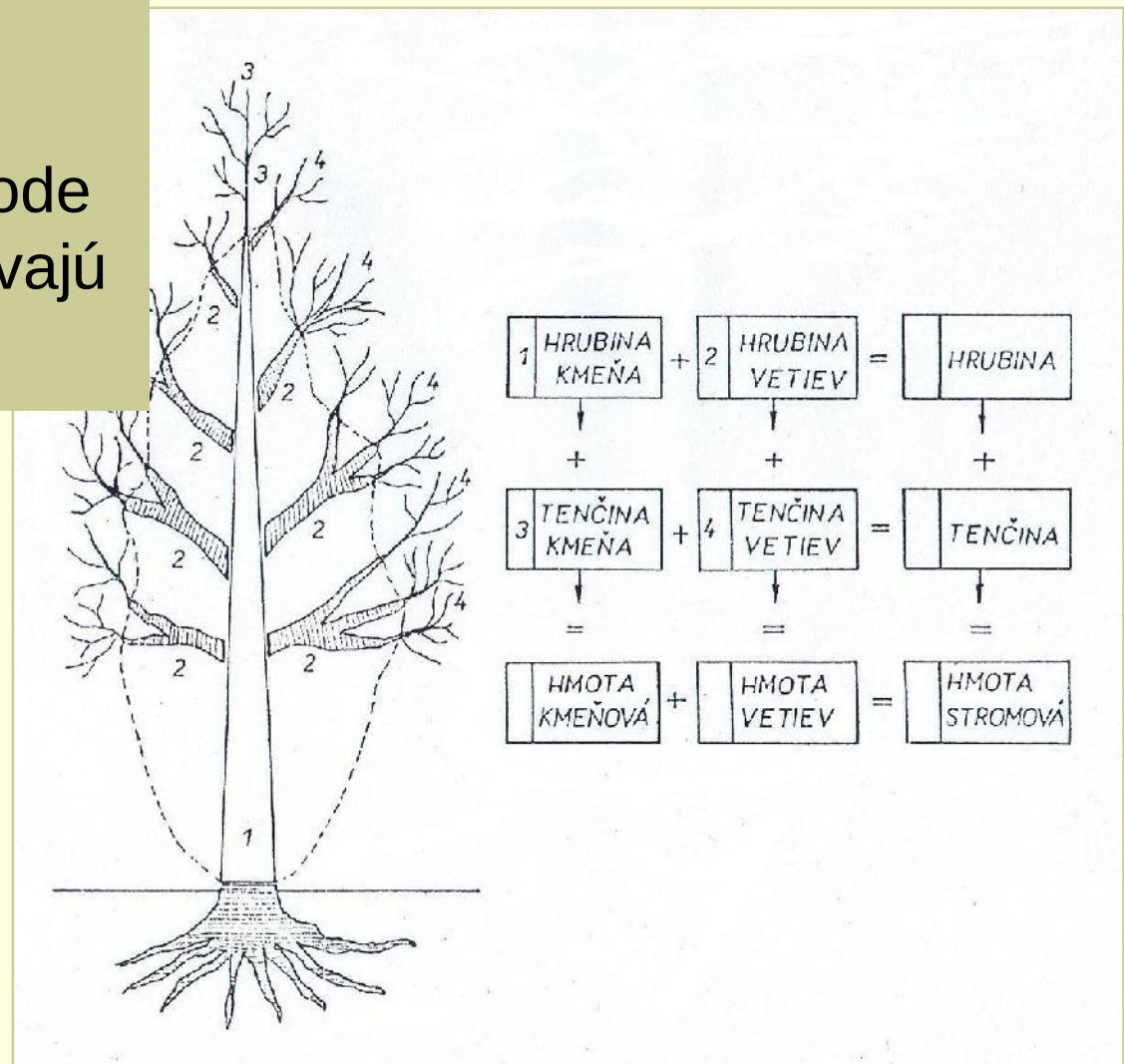
- n V hovorovej reči termín „**vlastnosť**“ má viacero významov.
- n Pod vlastnosťou sa rozumie to, čo je pre uvažovaný predmet význačné alebo charakteristické, prejavy jeho pôsobenia na okolie, ale hlavne na pozorovateľa
- n Vlastnosti v širšom význame sú také stránky predmetov a javov, ktoré človek pozoruje, skúma a posudzuje z hľadiska svojho záujmu a potreby.

Čo rozumieme pod vlastnosťami dreva?

- n **Vo fyzike sa pod vlastnosťou telesa rozumie funkčná závislosť veličín (stavových parametrov) nezávislých na čase; jej veľkosť určujú konštantné koeficienty v rovnici.**
- n Charakter fyzikálnych vlastností je určený:
 - n počtom parametrov
 - n charakterom parametrov
 - n tvarom rovnice vyjadrujúcej funkčnú závislosť

Predmet štúdia – drevo a drevné materiály

Drevo – prírodný materiál – tvorí a reprodukuje sa v prírode (stromy) – lesy pokrývajú u nás 1/3 územia



Hodnotenie dreva z pohľadu náuky o dreve

Drevo musíme posudzovať zo:

§ **štruktúrneho hľadiska**

Štruktúra dreva je definovaná:

- § chemickým zložením,
- § stavom makro-, mikro- a submikroštruktúry,
- § fyzikálnymi vlastnosťami nezávislými od geometrie telesa,
- § homogenitou chemického zloženia, makro-, mikro-, submikroštruktúry a vlastností,
- § spôsobom opracovania

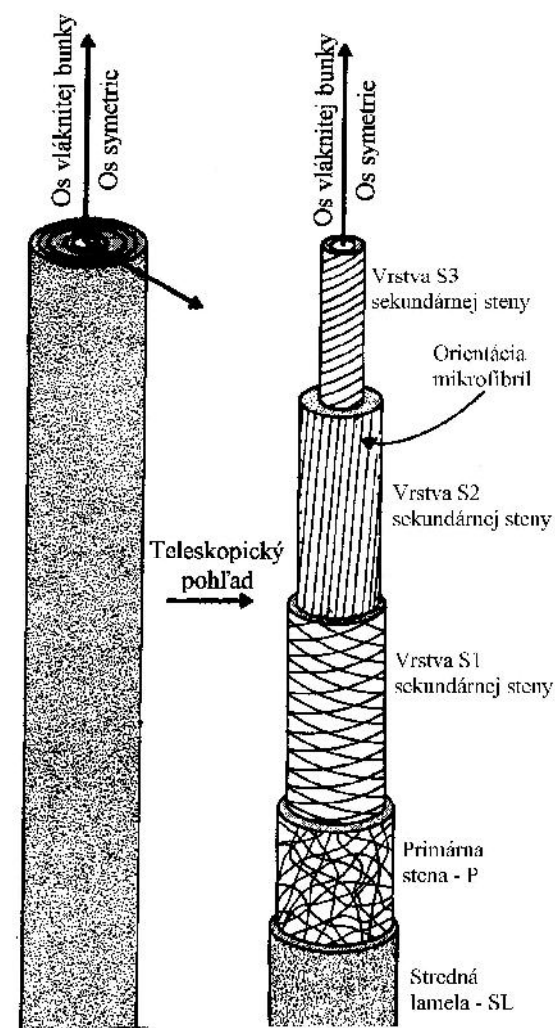
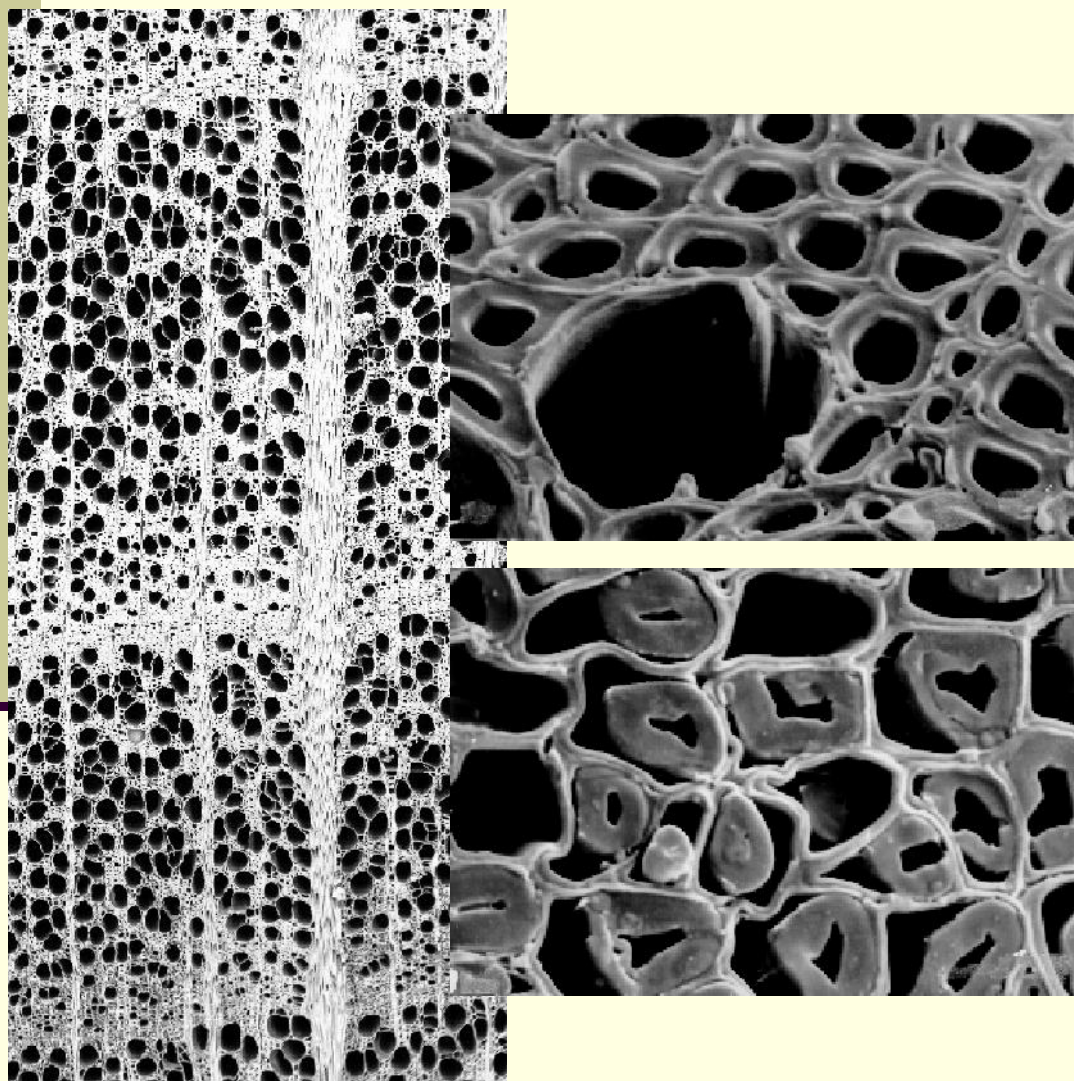
§ **fyzikálneho hľadiska**

- § heterogénny,
- § anizotropný,
- § pórovitý,
- § hydrofilný

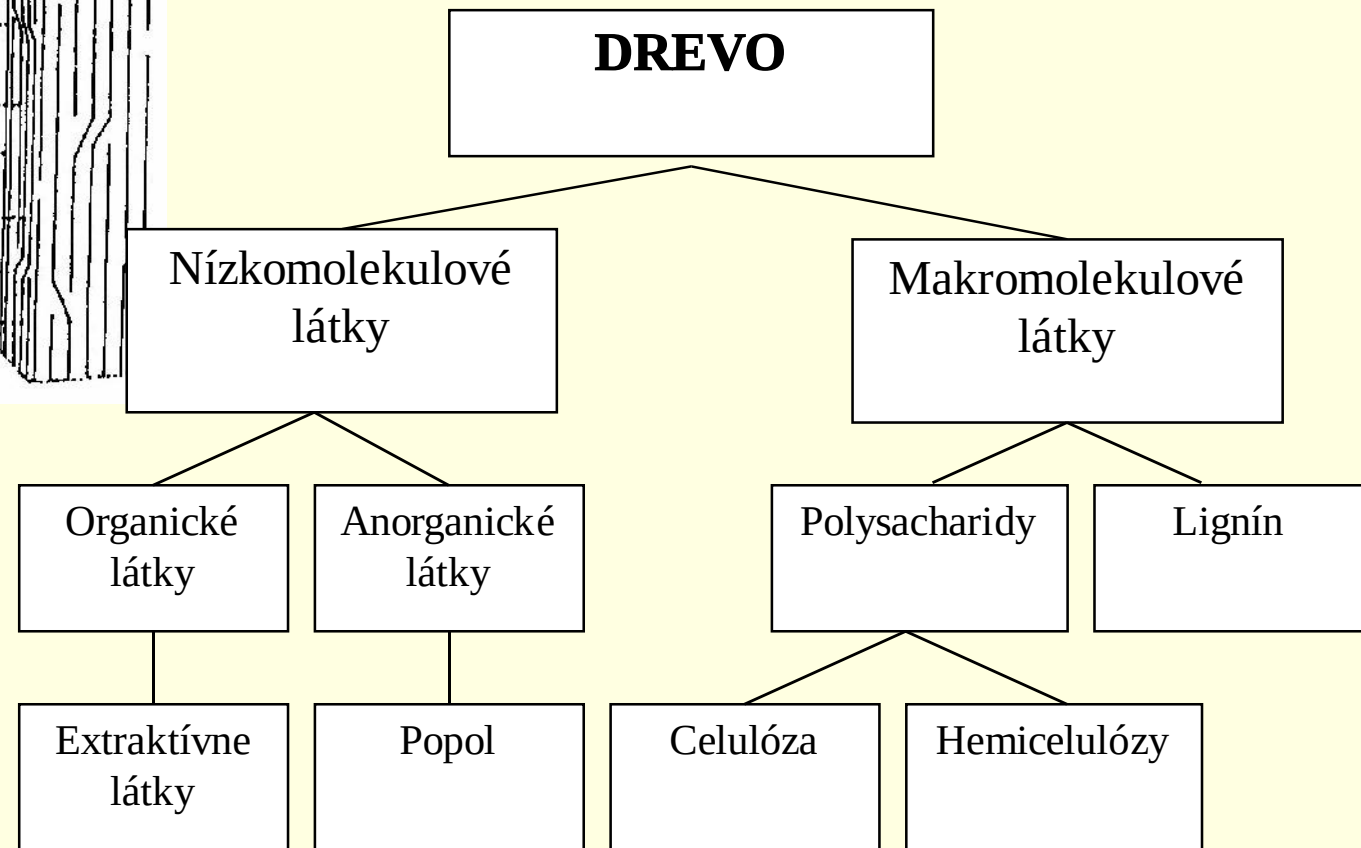
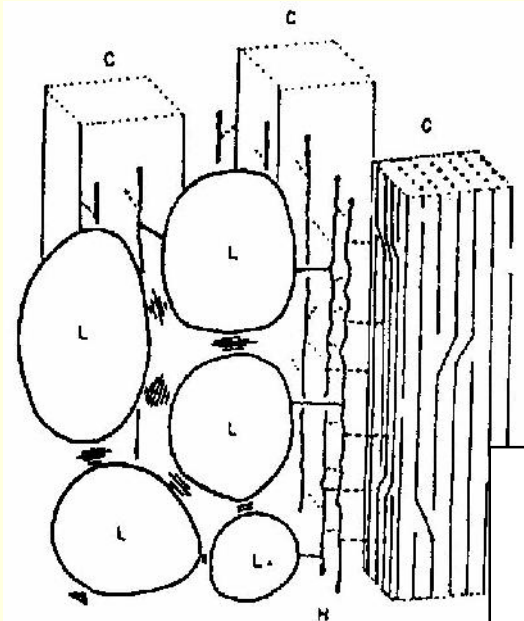
§ **mechanického hľadiska**

- § pružno-viskózne-plastický materiál

Posudzovanie dreva zo štruktúrneho hľadiska



Posudzovanie dreva zo štrukturálneho hľadiska (chemické)



Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

Drevo je materiál

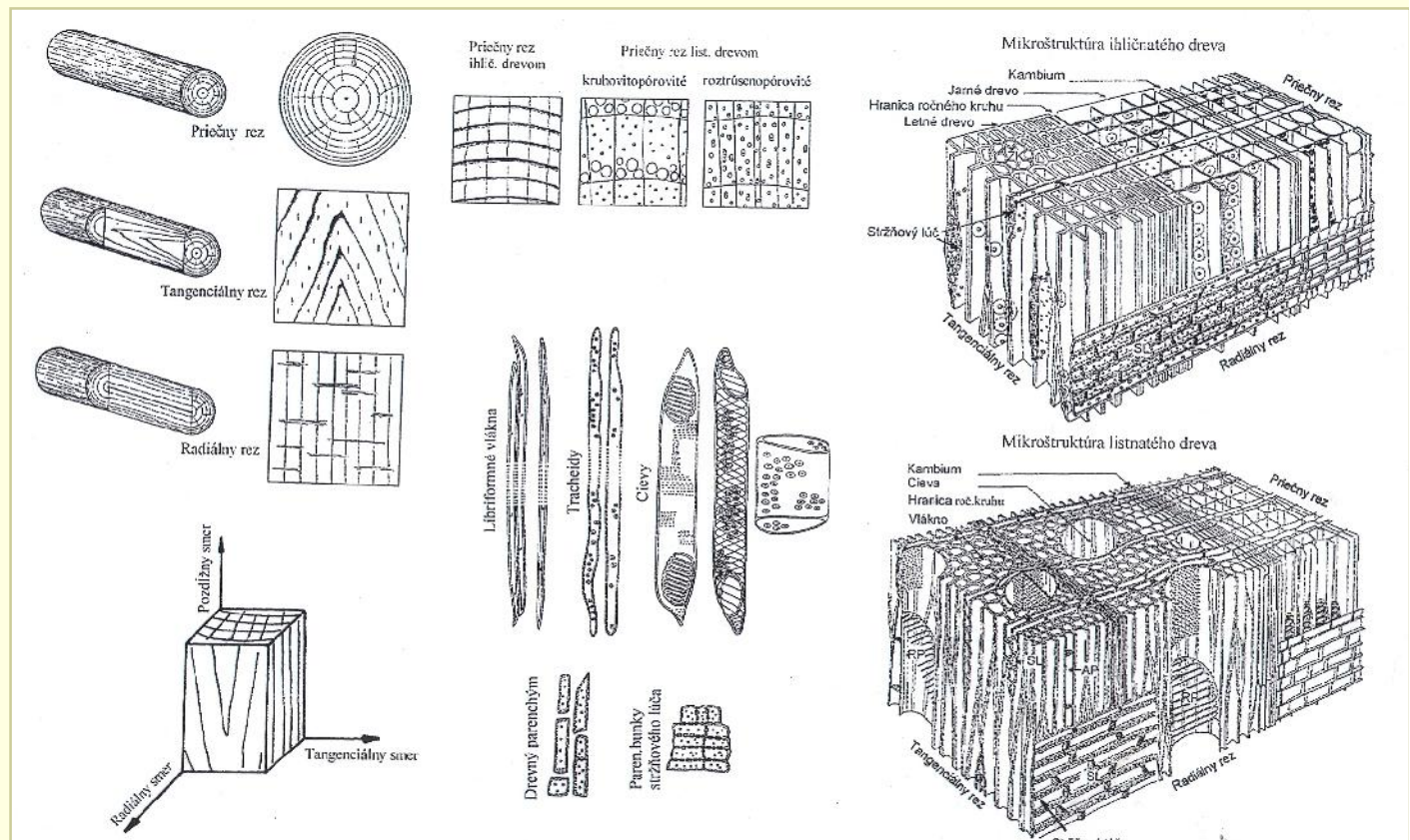
- n Heterogénny
- n Anizotropný
- n Pórovitý
- n Hydrofílny

Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

- n Heterogénny – rôznorodý na úrovni makro-, mikro- a submikroštruktúry – variabilita vlastností dreva
- n Anizotropný
- n Pórovitý
- n Hydrofílny

Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

- n Heterogénny
- n Anizotropný – v rôznych smeroch rôzne vlastnosti – ortogonálne-anizotropný
- n Pórovitý
- n Hydrofílny

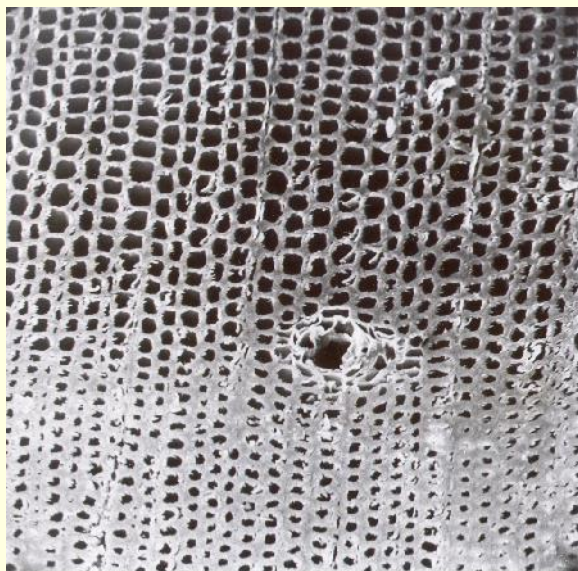


Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

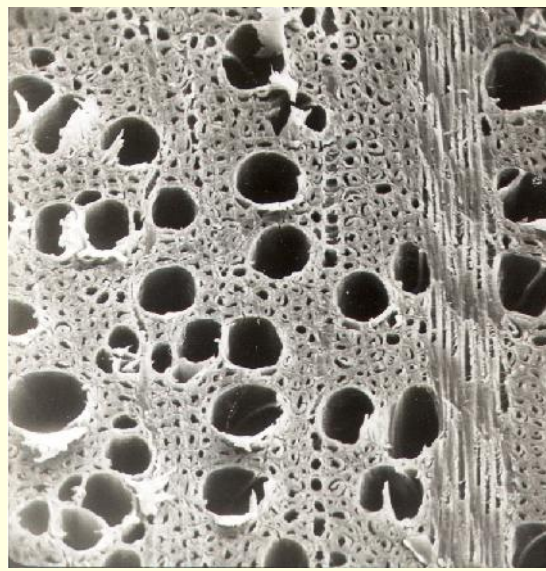
- n Heterogénny
- n Anizotropný
- n Pórovitý – anatomické elementy dreva svojim rozmanitým tvarom a usporiadaním vytvárajú heterogénny pórovitý systém, ktorý je súčasťou ich vývoja,
 - každá drevina má svoje špecifiká, najmä čo sa týka tvaru pórov, veľkosti, miery vzájomného prepojenia a ich rozmiestnenia – pozorovateľné na priečnom reze
 - roztrúseno-pórovité a kruhovito-pórovité drevo.
- n Hydrofílny

Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

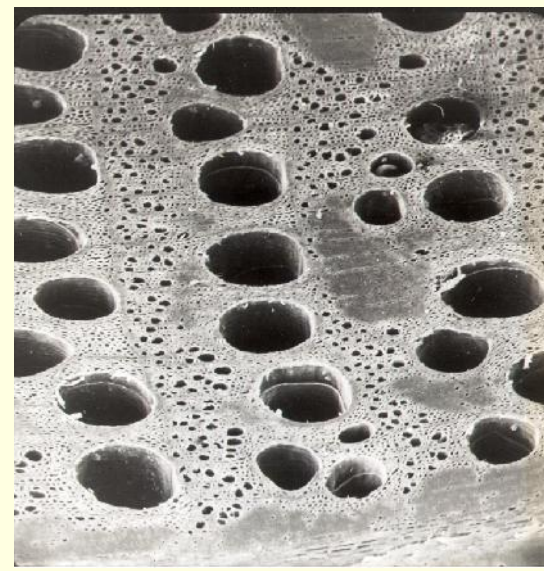
Rozmiestnenie pórov na priečnom reze



Smrek



Buk



Dub

Posudzovanie dreva fyzikálneho hľadiska

- n Heterogénny
- n Anizotropný
- n Pórovitý

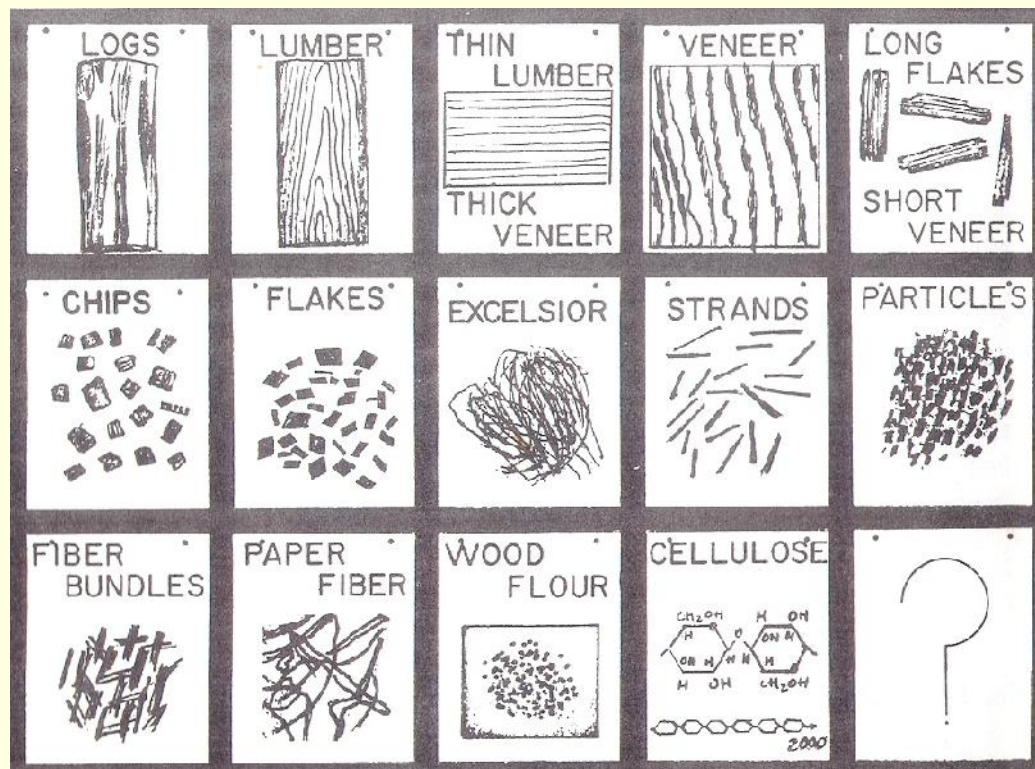
n Hydrofílny –vzhľadom na chemické zloženie schopný viazať vodu – sorpcia vodných pár z ovzdušia

- § Experimentálne bolo potvrdené, že navíhajú všetky tri základné zložky dreva.
- § Hlavný podiel na hydrofílnosti má však celulóza a hemicelulózy.
- § Adsorpcia vody celulórou závisí od hustoty voľných OH skupín, ktoré nie sú vzájomne prepojené.

(Napr. celulóza dreva pri rovnakej relatívnej vlhkosti vzduchu dosahuje vyššiu vlhkosť než celulóza bavlny, pretože obsahuje viac voľných OH skupín).

Predmet štúdia – drevné materiály

- n Dezintegráciou dreva na rôzny stupeň a opätovným spájaním dostávame rôzne drevné materiály



Formy drevných
kompozitných elementov

Drevné materiály – klasifikácia

n **Masívne drevo**

n **Modifikované drevo**

- n upravené ochrannými látkami
- n upravené ohňovzdornými látkami
- n impregnované živicom
- n chemicky upravované
- n ožarované

n **Vrstvené kompozity**

- n lamely s paralelným priebehom vlákien
 - n lepené lamelové drevo
 - n lepené dýhové dosky
- n lamela s kolmým priebehom vlákien
 - n preglejky
 - n dyhované orientované trieskové dosky
 - n latovky
- n lepené armované prvky
- n sendvičové panely mechanicky spájané lamely

n **Kompozity z drevných častíc**

- n trieskové dosky
 - n plošne lisované
 - § jednovrstvové
 - § trojvrstvové
 - n výtlačne lisované
 - § plné
 - § odľahčené
- n vláknité dosky
 - n izolačné(mäkké)
 - n polotvrdé
 - n tvrdé

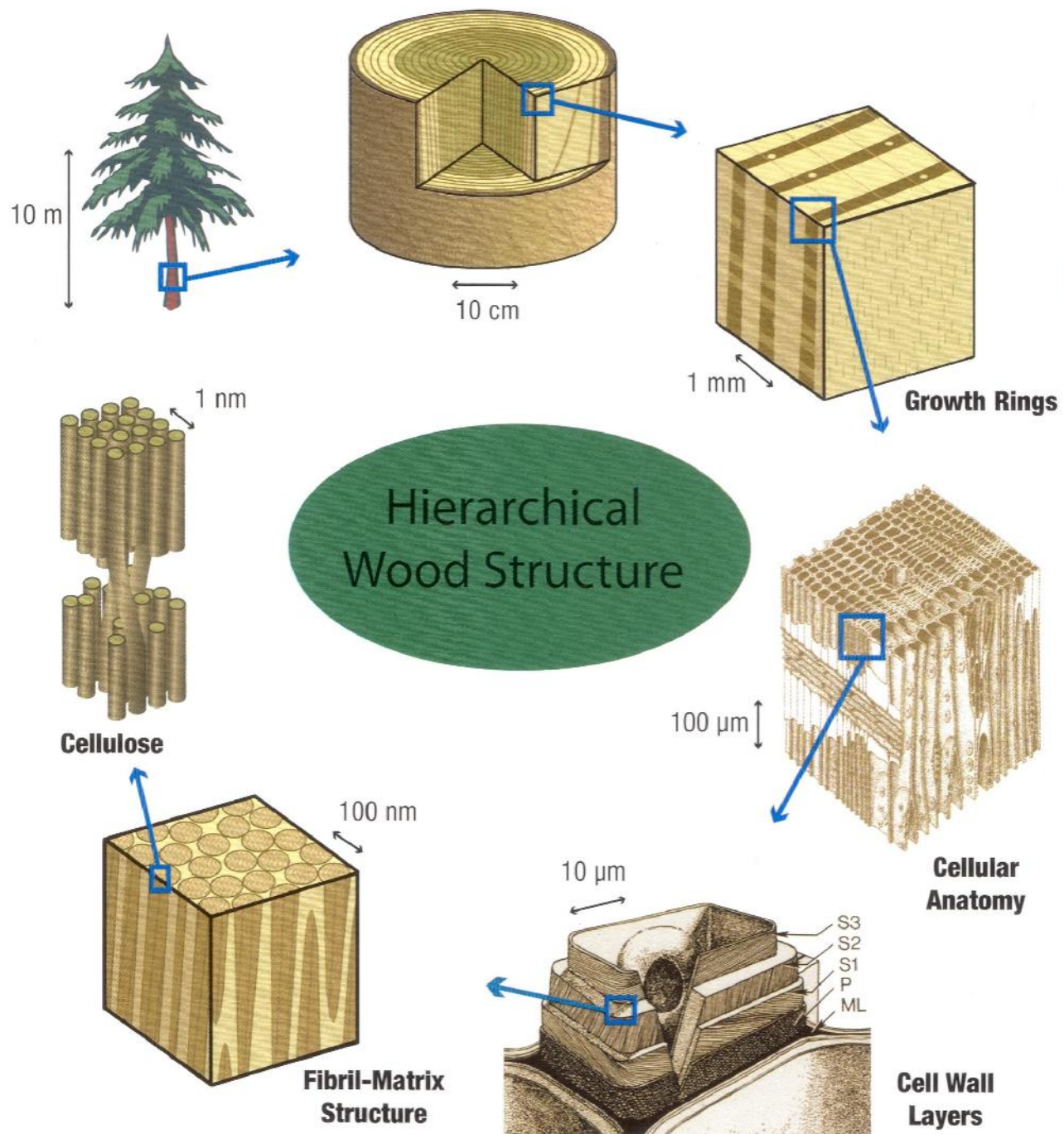
n **Vláknité kompozity**

- n papier
- n vláknom zosilnené plasty

n **Kompozity z drevného prachu**

- n lisovaná drevná múčka

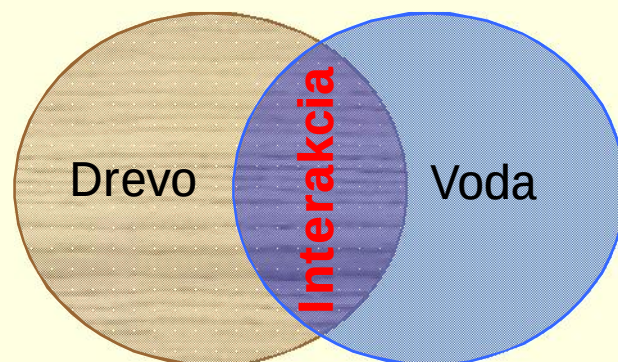
Skúmanie vlastností dreva na rôznych úrovniach



Fyzikálne vlastnosti dreva

Vlhkosť dreva (interakcie systému drevo – voda), hustota, pórovitosť, tepelné vlastnosti, akustické vlastnosti, elektrické a magnetické vlastnosti, povrchové vlastnosti, ...

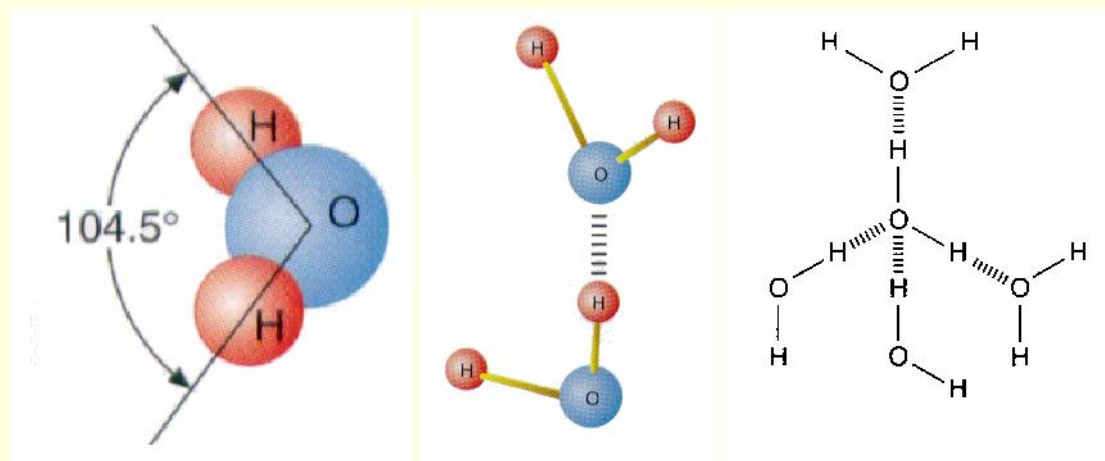
Vlhkosť dreva a čo s ňou súvisí



Absolútna a relatívna vlhkosť dreva, voda viazaná, voda voľná, sorpcia, rovnovážna vlhkosť, navíhavosť, nasiakavosť, napúčanie, zosychanie, šúverenie, ...

Charakteristika vody

- § **voda** – binárna zlúčenina vodíka a kyslíka
- § atómy H a O – viazané jednoduchou polárnou kovalentnou väzbou
- § vlastnosti vody určujú nekovalentné interakcie:
 - § **vodíkové väzby – určujúce**
 - § elektrostatické interakcie
 - § van der Valsove sily
 - § hydrofóbne interakcie



Charakteristika vody

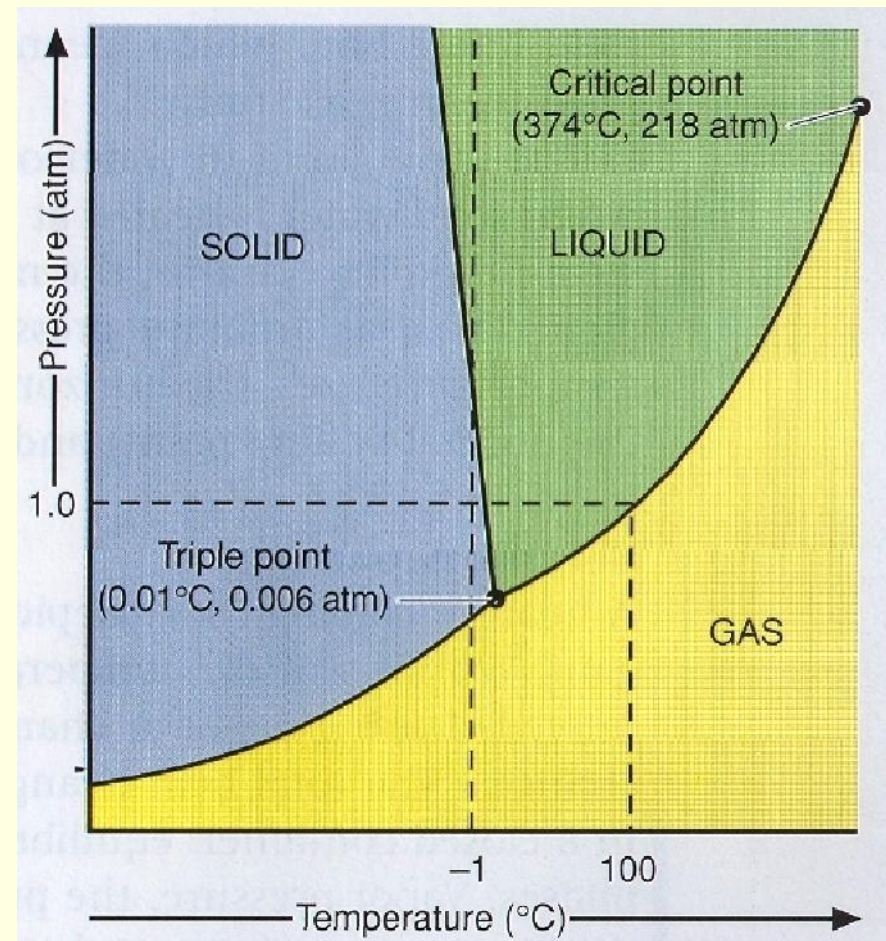
n Pre vodu sú známe tri skupenstvá

n plynné,

n kvapalné,

n tuhé (ľad).

n V akom skupenstve sa voda nachádza, závisí od teploty a tlaku – trojfázový diagram.



Vlhkosť dreva

- n **Vlhkosť dreva** – hmotnosť vody v dreve vzťahnutá na hmotnosť dreva
- n vlhkosť – absolútna

$$w_a = \frac{m_{H_2O}}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100$$

– relatívna

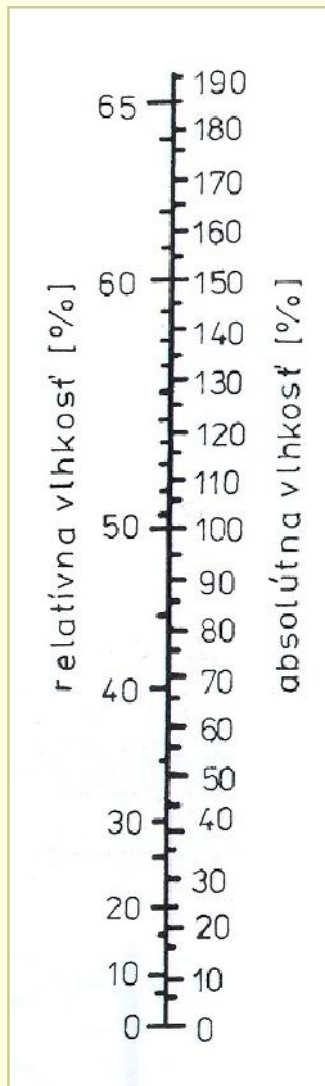
$$w_r = \frac{m_{H_2O}}{m_w} \cdot 100 = \frac{m_w - m_0}{m_w} \cdot 100$$

Vlhkosť dreva

- n Prepočet relatívnej vlhkosti dreva na absolútnu a naopak

$$w_a = \frac{100 \cdot w_r}{100 - w_r}$$

$$w_r = \frac{100 \cdot w_a}{100 + w_a}$$



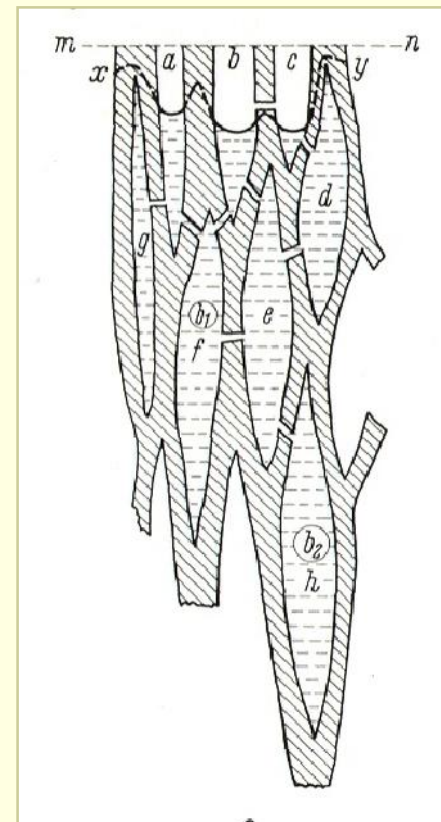
Rozlišovanie vlhkosti v praxi

- n mokré drevo – dlho uložené vo vode ($w > 100\%$)
 - n čerstvo vytážené ($w = 50 - 100\%$)
 - n vzduchosuché ($w = 15 - 20\%$)
 - n izbovo suché ($w = 8 - 10\%$)
 - n úplne suché ($w = 0\%$)
-
- n technická vlhkosť
 - n výrobná
 - n prevádzková

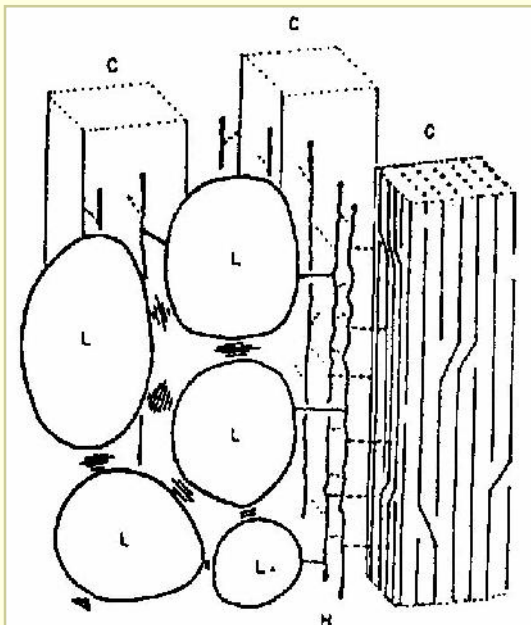
Rozdelenie vody v dreve

Voda v dreve

- n **viazaná** (hygroskopická) – viaže sa na voľné OH skupiny celulóзовých reťazcov vodíkovými väzbami (nachádza sa v bunkovej stene)
 - významne ovplyvňuje vlastnosti dreva
- n **voľná** (kapilárna) – nachádza sa v lúmenoch bunkových elementov a v medzibunkových priestoroch, je pútaná kapilárnymi silami
 - neovplyvňuje vlastnosti dreva



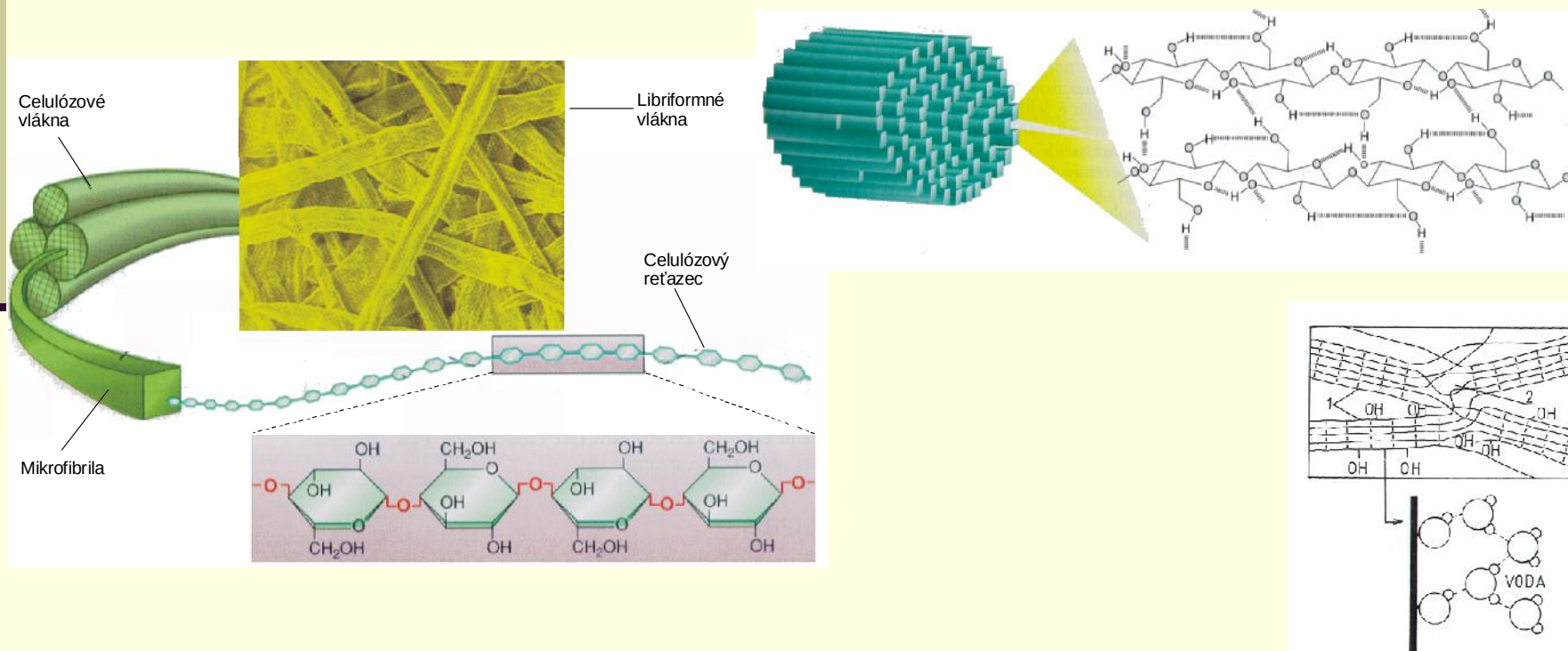
Viazaná voda



- n Experimentálne bolo potvrdené, že navíhajú všetky tri základné zložky dreva.
- n Hlavný podiel na hydrofílnosti má však celulóza a hemicelulózy.
- n Adsorpcia vody celulózou závisí od hustoty voľných OH skupín, ktoré nie sú vzájomne prepojené.
(Např. celulóza dreva pri rovnakej relatívnej vlhkosti vzduchu dosahuje vyššiu vlhkosť než celulóza bavlny, pretože obsahuje viac voľných OH skupín).

Viazaná voda

- n V kryštalickej celulóze dochádza k interakcii s vodou len na povrchu kryštallitu (kryštál – 5 reťazcov).
- n Väzbová energia je súčtom van der Walsových síl, H-väzieb a elektrostatických síl.
- n **Vodíkové väzby sú však rozhodujúce.**

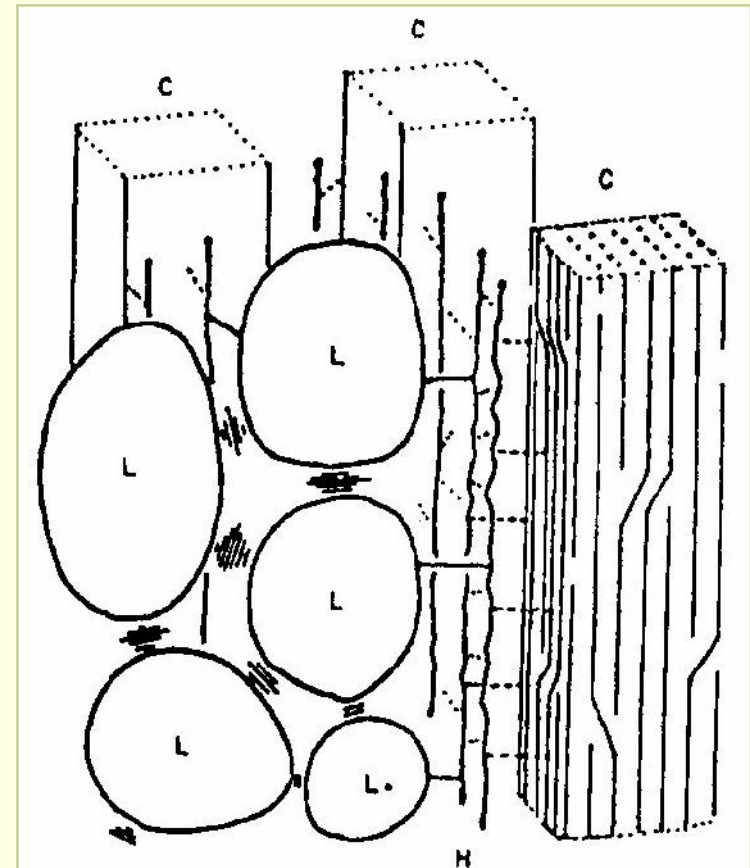


Viazaná voda

- n V ohraničenej štruktúre dreva, kde je prístupný len limitovaný priestor medzi mikrofibrilami, je na povrch kryštaltov blízky k ďalším mikrofibrilárnym kryštálom adsorbovaná len monovrstva vody. Ďalšie vrstvy sa môžu sorbovať až vďaka deformáciám, ktoré vznikajú v priebehu napúčania.
- n Amorfná celulóza má viac otvorenú štruktúru, pričom všetky sorpčné miesta sú silné. Navyše má menšie sterické zábrany ako kryštalická celulóza. Pri porovnateľných reťazcoch celková sorpčná energia a množstvo sorbovanej vody je u amorfnej celulózy podstatne vyššia.
- n Maximálna hodnota vlhkosti pre kryštalickú celulózu sa udáva 6,3 %, pre amorfnú 50,3 % a pre celulózu s pomerom 50:50 je to 28,3 % (Skaar 1988).

Viazaná voda

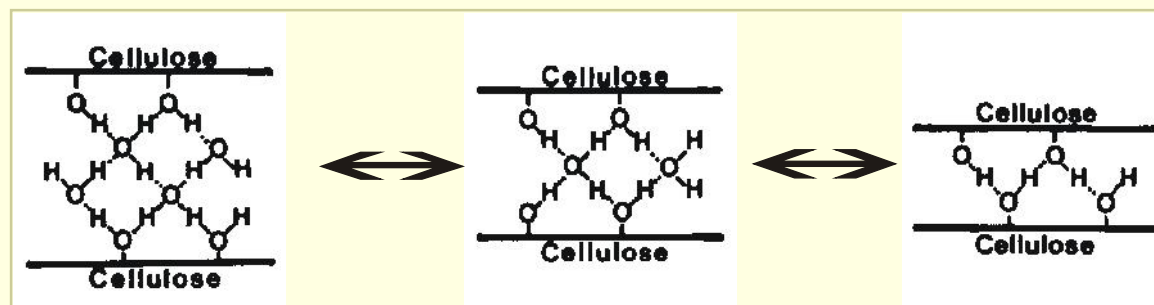
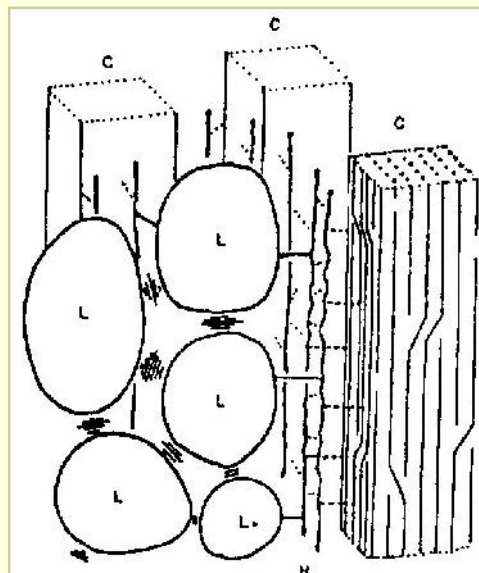
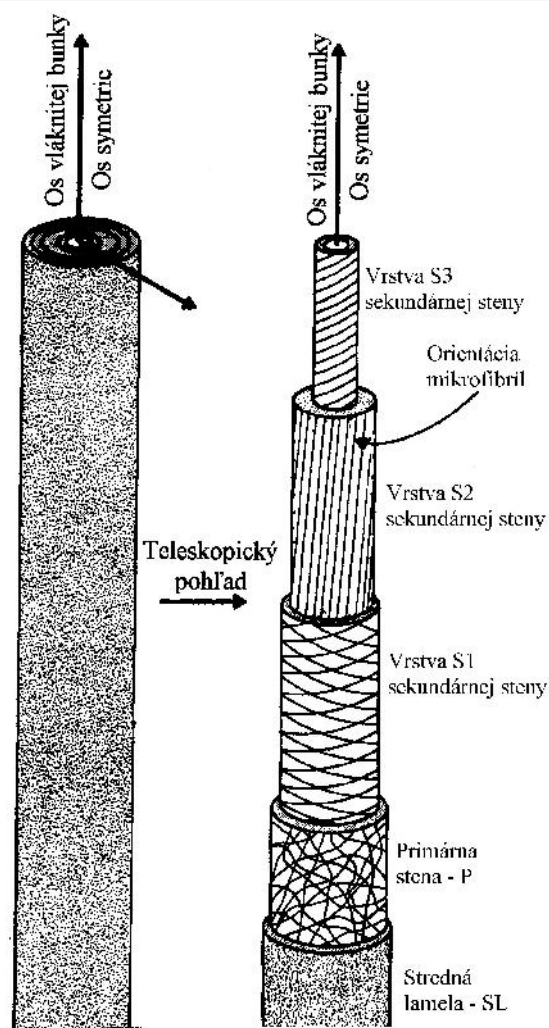
- § Z hľadiska sorpčných charakteristík medzi amorfou celulórou a hemicelulózami by nemali byť veľké rozdiely.
- § Hemicelulózy v podstate prebiehajú paralelne s celulóзовými vláknami a k celulóze sú pripojené vodíkovými väzbami. Na druhej strane prenikajú do lignínu a sú viazané fyzikálnymi silami (Page 1976).
- § V dôsledku odbúrania hemicelulóz sa celulóza stáva prístupnejšia pre vodu.



Viazaná voda – zmeny v štruktúre dreva

- § Vstup vody do štruktúry celulózy spôsobuje zmeny v konfigurácii väzieb celulóza – celulóza a celulóza – hemicelulózy (Pizzi *et al.* 1987a, b), tým dochádza aj k štrukturálnej reorganizácii na makromolekulovej a submikroskopickej úrovni.
- § Dôsledkom je vznik hygroskopických deformácií a napúčanie dreva. S rastúcou vlhkosťou rastie napúčanie a tiež počet sorpčných miest. V dôsledku vlhkosťného pracovania dreva sa hromadia dislokácie v nadmolekulovej úrovni, čo sa odráža na ďalších vlastnostiach dreva.
- § Pri desorpcii je proces opačný – drevo zosychá a vracia sa všetko do východiskového stavu. Voda v dreve teda spôsobuje prechodné zmeny v štruktúre dreva a tým aj prechodné zmeny vlastností.

Viazaná voda – zmeny v štruktúre dreva

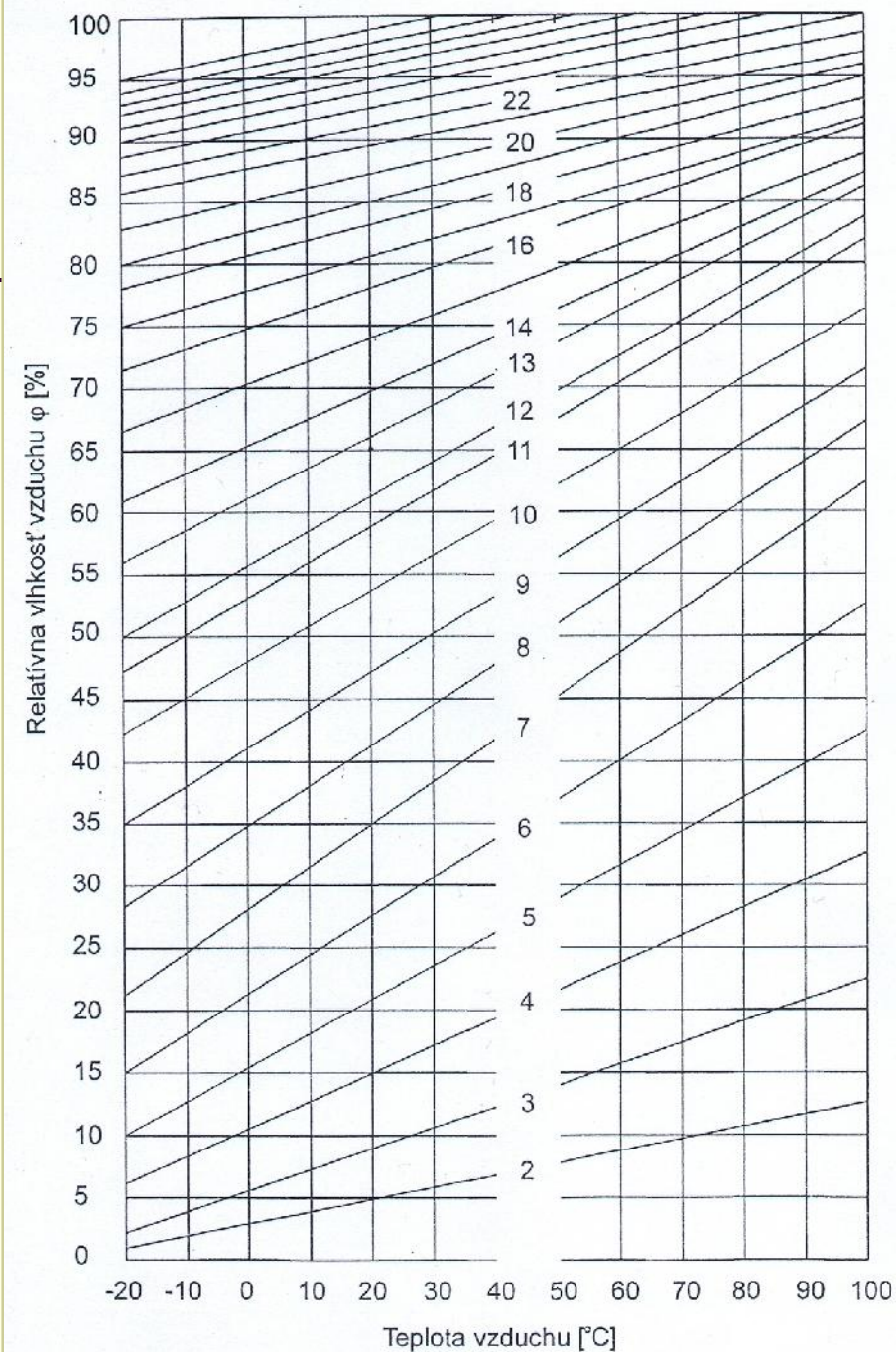
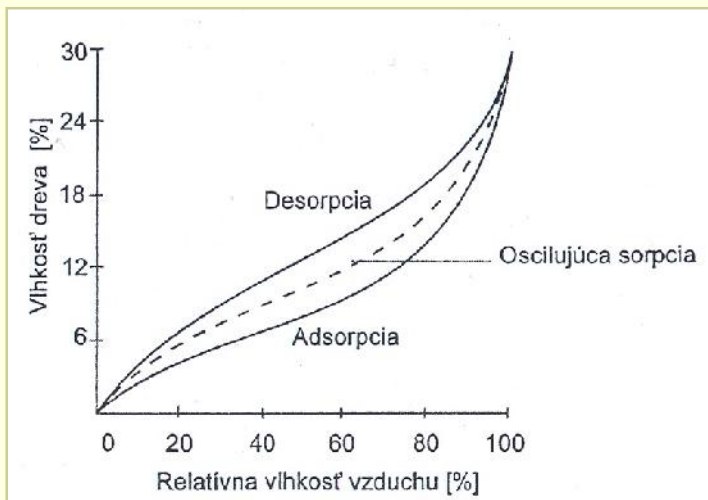
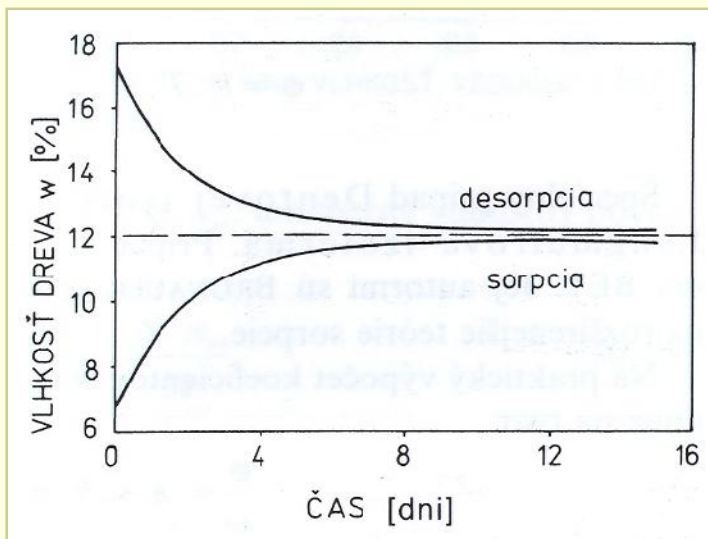


Sorpcia vody drevom

n **Drevo sorbuje vodu z ovzdušia – navíha**

- n predpoklad – všetka voda sorbovaná drevom v procese navíhania sa viaže na sorpčné miesta vodíkovými väzbami.
- n trvanie procesu – kým sa nedosiahne stav vlhkostnej rovnováhy
- n množstvo viazanej vody v dreve (0–30 %) – závisí jednak od sorpčnej schopnosti dreva ale hlavne od parametrov prostredia – relatívnej vlhkosti vzduchu φ a teploty t
 $w_r(\varphi, t)$
- n maximálne množstvo viazanej vody v dreve sa v literatúre označuje ako bod nasýtenia vlákien (BNV), medza hygroskopicity (MH) alebo medza nasýtenia bunkových stien (MN).
- n opačný proces – desorpcia

Rovnovážna vlhkosť dreva



Modely sorpčných izoteriem

- n Dentova sorpčná izoterma

$$\frac{w}{w_m} = \frac{b_0 \cdot \varphi}{(1 - b \cdot \varphi) \cdot (1 + b_0 \cdot \varphi - b \cdot \varphi)}$$

- n Langmuirova sorp. izoterma

(špeciálny prípad Dentovej sorpč. izotermy – $b = 0$)

- n BET (Brunauer, Emmet, Teller) sorp. Izoterma

(špeciálny prípad Dentovej sorpč. izotermy – $b = 1$)

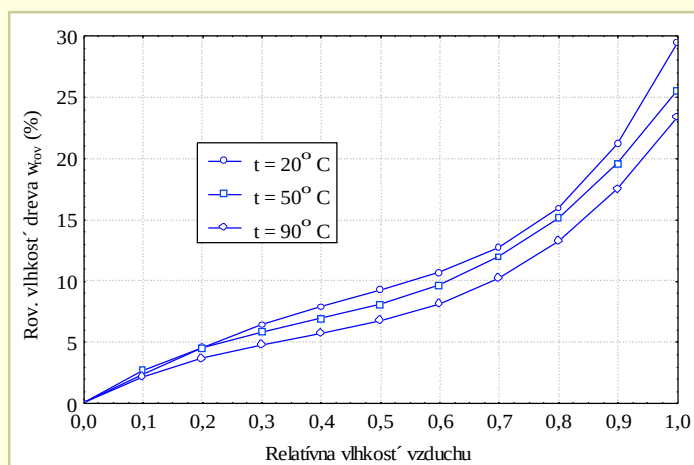
- n DeBoer – Zwickerova sorp. izoterma

$$\ln \frac{1}{\varphi} = A \cdot \exp(-B \cdot w)$$

Vplyv teploty na rovnovážnu vlhkosť dreva

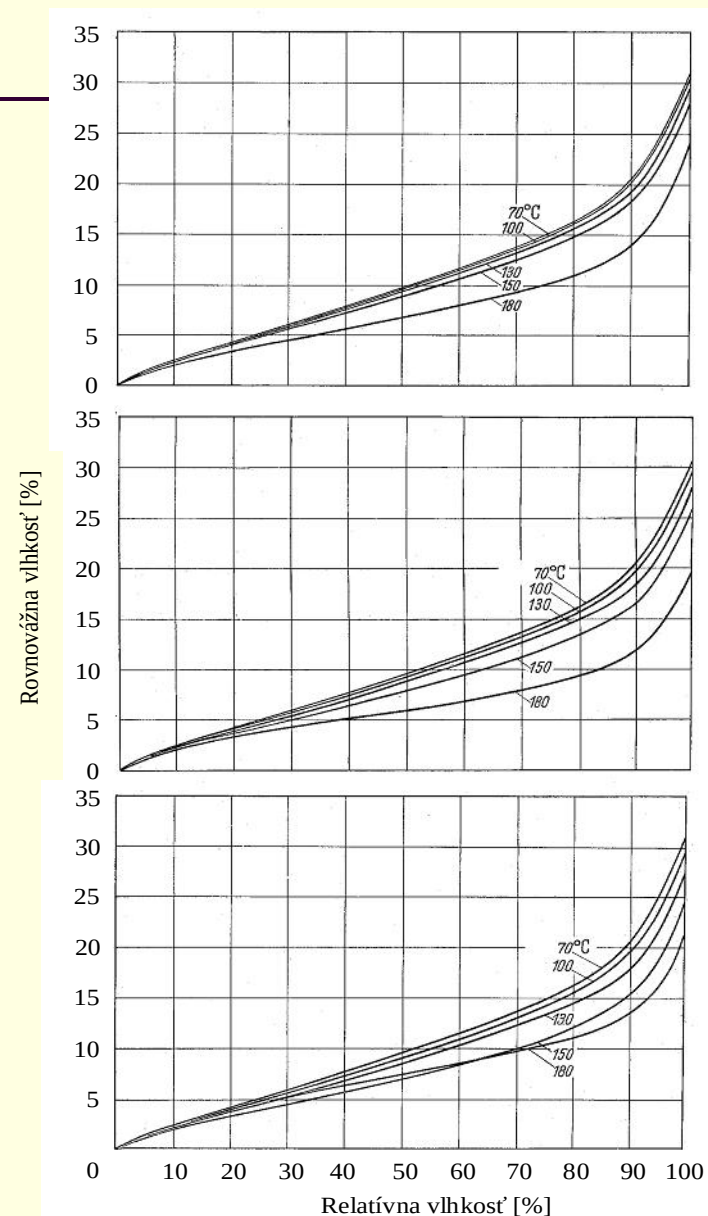
n Okamžitý vplyv teploty

n Trvalý vplyv teploty



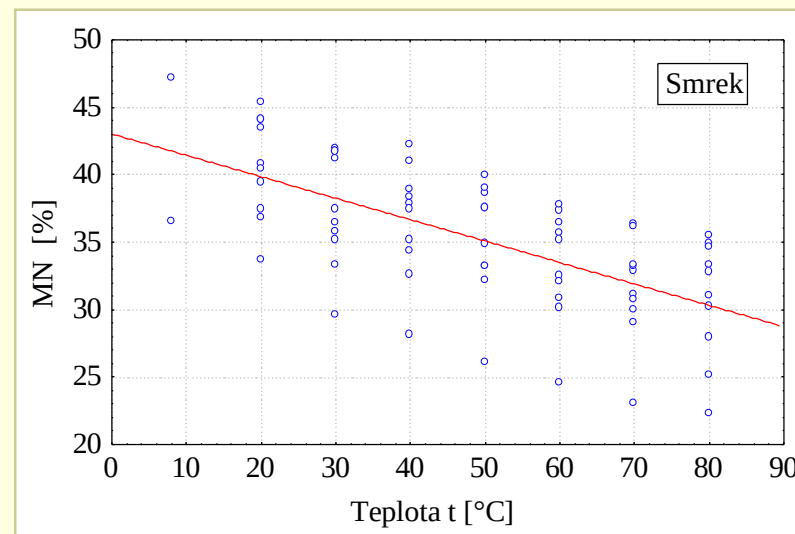
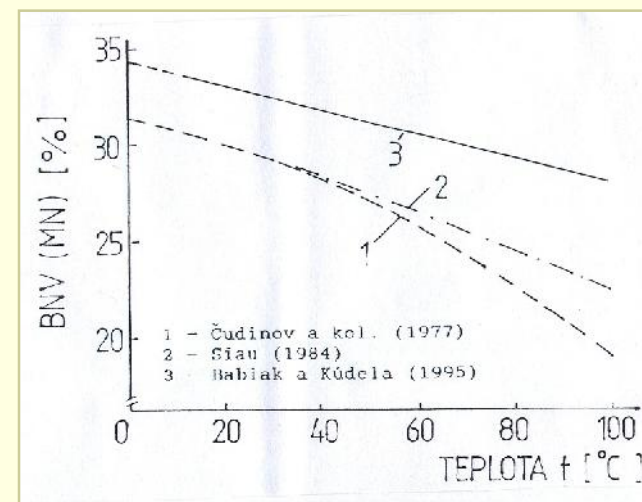
Sorpčné izotermy bukového dreva pri teplote 20° C. Drevo bolo predtým hydrotermicky upravované.

- a) parené 6 hod,
- b) parené 24 hod.,
- c) parené 48 hod.



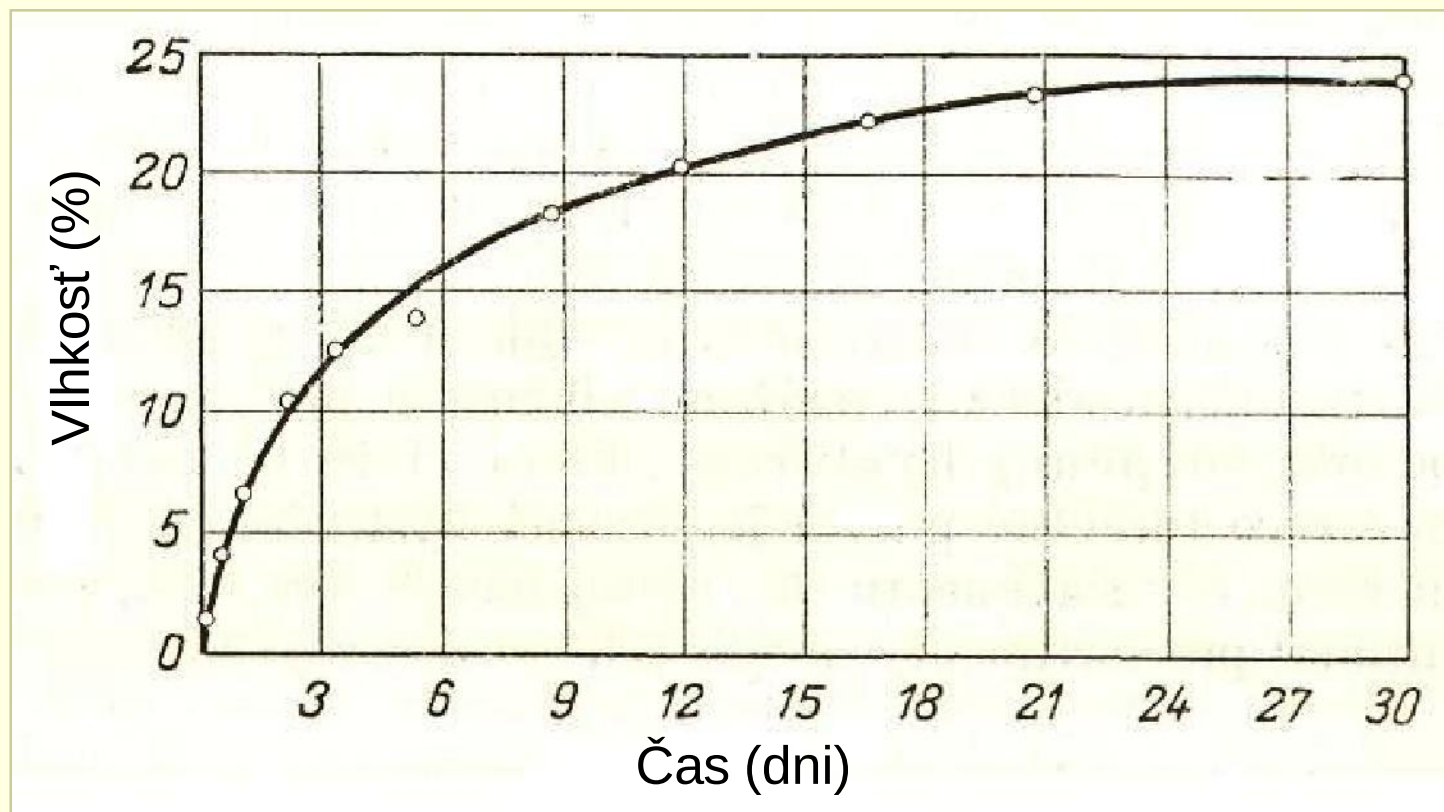
Vplyv teploty na BNV (MN)

- n Medza nasýtenia, podľa Stanka (1973) a Čudinova (1984), však nezávisí na teplote. Prvý autor uvádza, že $MN = MH$ pri teplote 20°C , kým Čudinov tvrdí, že $MN = MH$ pri 0°C .
- n V prácach Babiaka a Kúdelu (1995), Kúdelu (2000) je ukázané, že MN lineárne klesá s rastúcou teplotou.
- n V dôsledku poklesu MN sa znižuje aj rozsah vlhkosti pripadajúci na vodu viazanú.



Kinetika navlhňania

Krivka navlhňania borovicového dreva ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 98\%$)

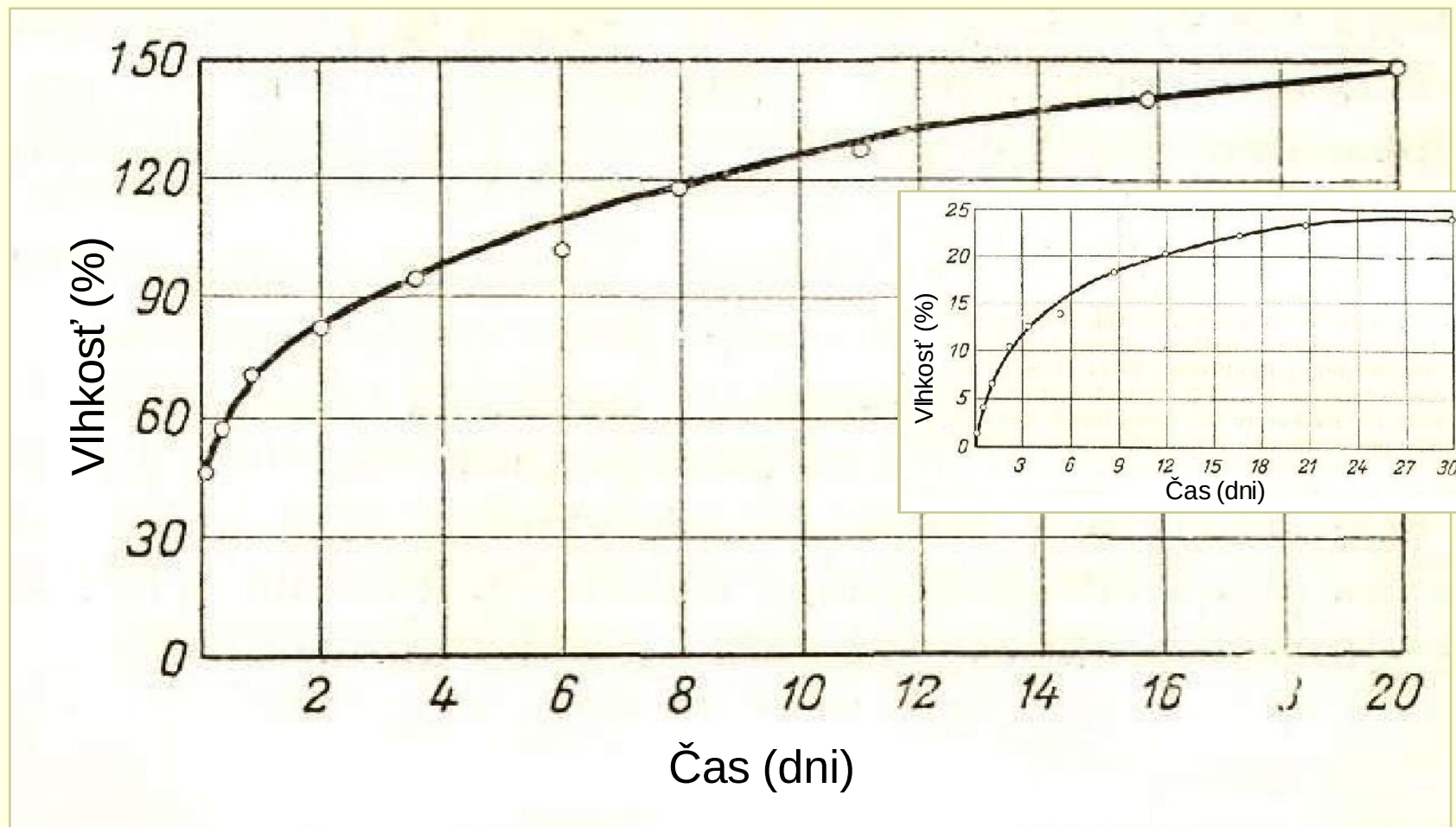


Kvapalná voda

- n Pri ponorení dreva do kvapalnej vody táto vniká do dreva v dôsledku kapilárnych síl – drevo nasiaka)**
 - n časť vody sa viaže a časť predstavuje vodu voľnú
 - n trvanie procesu – kým sa drevo vodou úplne nenasýti
 - n množstvo voľnej vody v dreve závisí od jeho pórovitosti

Kinetika nasiakania

Krivka nasiakania borovicového dreva



Maximálne množstvo vody v dreve

- n „Rovnovážny“ obsah vlhkosti v dreve pri nasiakaní sa dosiahne pri úplnom nasýtení dreva vodou. To znamená, že všetky póry sú vyplnené vodou a drevo bude obsahovať maximálne množstvo vody voľnej i viazanej.
- n Maximálnu vlhkosť dreva potom môžeme vypočítat' podľa rovnice

$$w_{\max} = \frac{\rho_s - \rho_{rč}}{\rho_s \rho_{rč}} \rho_{H_2O} 100$$

$$w_{\max} = w_{MN} + \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_s \rho_0} \rho_{H_2O} 100$$

Metódy merania vlhkosti

n **Priame metódy**

- n gravimetrická (váhová)
- n destilačná
- n titračná

n **Nepriame**

- n odporová
- n vodivostná
- n kapacitná
- n

Metódy merania vlhkosti

Metóda	Fyzikálny princíp	Priamo meraná veličina	Použitie
Odporová, resp. vodivostná	Zmena jednosmerného odporu, resp. vodivosti	Jednosmerný elektrický odpor, resp. jednosmerná elektrická vodivosť	P
Kapacitná	Zmena elektrickej kapacity materiálu s vlhkosťou	Elektrická kapacita	P
Absorpčná	Závislosť dielektrických strát od vlhkosti materiálu	Stratový činiteľ, stratové číslo	P
Mikrovlnová	Odraz alebo absorpcia mikrovlnového žiarenia	Intenzita mikrovlnového žiarenia	P
Nukleárnej magnetickkej rezonancie NMR	Absorpcia energie vF poľa, jadrami vodíka v stave rezonancie pri magnetickej polarizácii meraného objektu	Intenzita selektívnej absorpcie energie vF poľa	L
Počítačovej tomografie NMR-CT	Základom tomografického zobrazenia je využitie javu NMR a vytvorenie rezového obrazu objektu	Intenzita selektívnej absorpcie energie vF poľa, meranie a zobrazenie intenzity žiarenia	L

Transport vody drevom

Pri sušení, navíhaní či nasiakaní dreva – potrebné poznať zákonitosti pohybu vody v tomto materiáli.

Zameriame sa na nasledujúce konkrétne prípady:

- n Prestup vody drevom za stacionárnych podmienok.
- n Nestacionárny pohyb viazanej vody drevom pri navíhaní.
- n Nestacionárny pohyb viazanej a voľnej vody drevom pri nasiakaní.
- n Hydrodynamický pohyb kvapalnej vody v dreve vyvolaný gradientom vonkajšieho tlaku – priepustnosť dreva.

Prvé tri prípady možno modelovať ako difúzny proces. Difúzia predstavuje všeobecný druh transportu látok, ktorý je podmienený prítomnosťou hybnej sily – koncentrácie. Potenciálom prenosu vody v dreve, okrem koncentrácie, môžu byť aj iné veličiny (vlhkosť, parciálny tlak pár, chemický potenciál, atď.).

Hydrodynamický pohyb kvapalnej vody drevom, za predpokladu splnenia určitých podmienok (laminárne prúdenie, konštantná hustota kvapaliny, nezávislosť prúdenia na čase, zanedbanie koncových javov, správanie sa kva-paliny ako kontinua, atď.), možno popísať Poisseuilleovým alebo Darcyho zákonom.

Transport vody drevom

Prestup vody drevom za stacionárnych podmienok

- n Difúzny tok jednotkovou plochou (hustota toku vody) úmerný gradientu koncentrácie, popisuje I. Fickov zákon

$$\dot{i} = -D \cdot \text{grad} c$$

- n Koncentráciu možno nahradiť vlhkosťou, pretože platí

$$c = \rho_k w = \frac{\rho_0 w}{1 + k_{\beta_v} w}$$

- n Pri stacionárnej difúzii vody v dreve, keď rozloženie koncentrácie nezávisí na čase a za predpokladu, že D je konštantné, pre výpočet hustoty toku môžeme použiť integrálny tvar I. Fickovho zákona

$$\frac{m}{St} = D \frac{c_2 - c_1}{x_2 - x_1}$$

Transport vody drevom

Prestup vody drevom za stacionárnych podmienok

- n Pri známej hustote toku a koncentrácii, môžeme vypočítať difúzny koeficient.

$$D = \frac{m}{St\rho_k \frac{\Delta w}{l}}$$

- n Kurjatko (1989) na výpočet difúzneho koeficienta pri stacionárnej metóde navrhol rovnicu

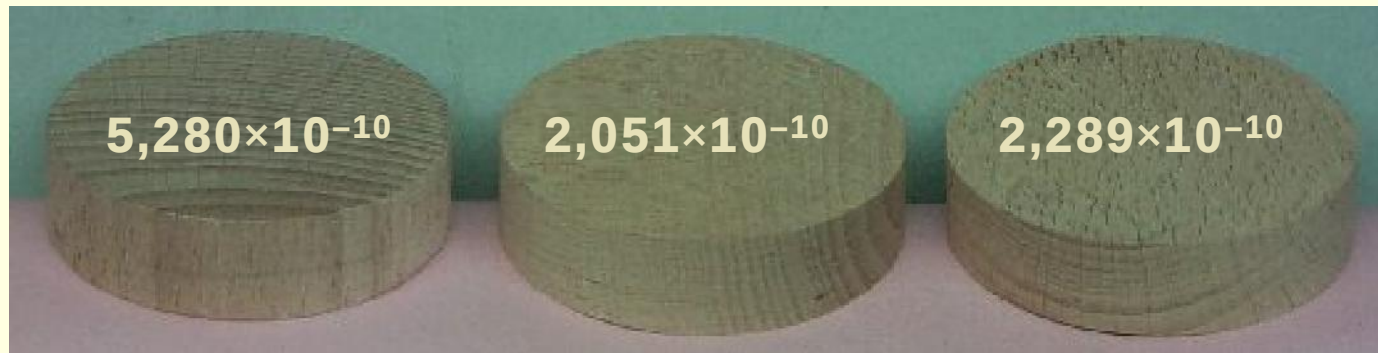
$$D' = \frac{mRTl}{tSM\Delta p}$$

Transport vody drevom

Prestup vody drevom za stacionárnych podmienok



Platí: $D_L > D_R > D_T$



[m^2s^{-1}]

Transport vody drevom

Nestacionárny pohyb viazanej vody pri navíhaní

- n Na vyjadrenie zmeny koncentrácie v priestore a čase pri modelovaní procesu navíhania dreva je potrebný II. Fickov zákon, ktorého všeobecný tvar je

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla(D\nabla c)$$

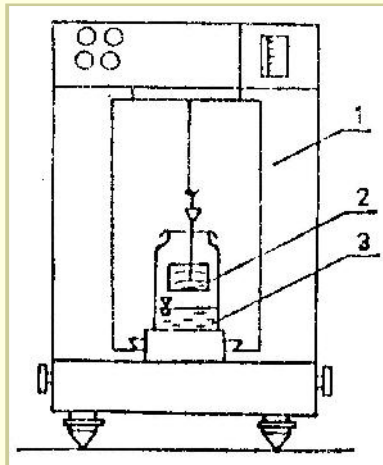
- n Po zaizolovaní bočných plôch môžeme navíhanie dreva sledovať postupne v jednotlivých anatomických smeroch a modelovať tento proces ako jednodimenziálnu difúziu nekonečnou rovinnou doskou.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

- n Platí: $D_L > D_R > D_T$

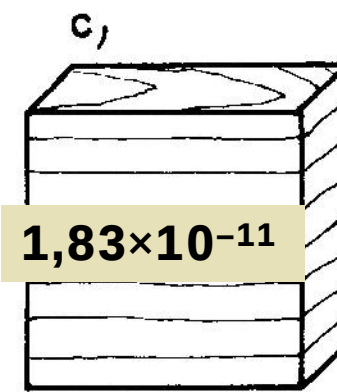
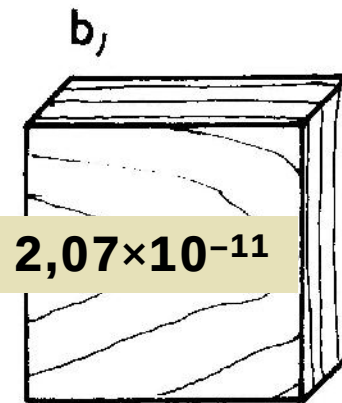
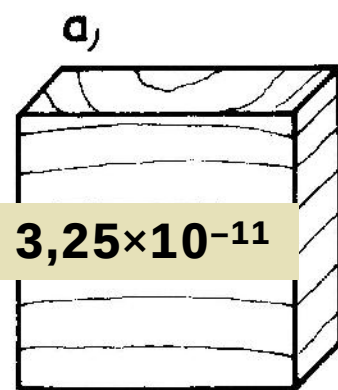
Transport vody drevom

Nestacionárny pohyb viazanej vody drevom pri navíhaní



II. Fickov zákon

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla(D \nabla c)$$



$[\text{m}^2\text{s}^{-1}]$

Transport vody drevom

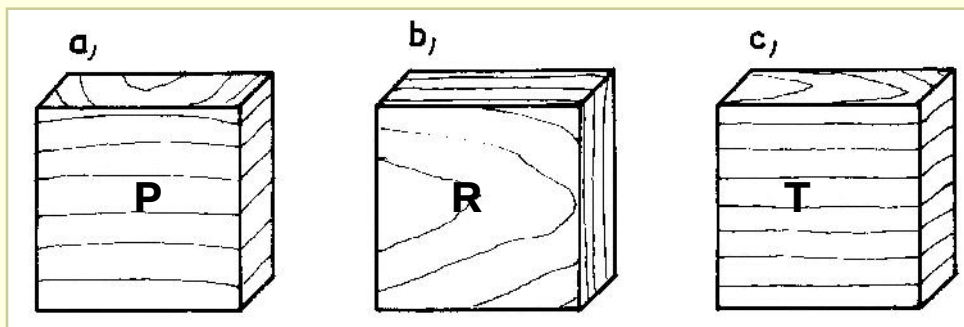
Nestacionárny pohyb viazanej a voľnej vody pri nasiakaní

- n V procese nasiakania kvapalná voda zmáča steny kapilár a vzlína po nich.
- n Pri prijímaní kvapalnej vody v procese nasiakania sa časť vody viaže a časť ostáva ako voľná voda v póroch dreva. Preto pri nasiakaní dreva je potrebné od začiatku procesu rozlišovať vlhkosť pripadajúcu na vodu voľnú (w_F) a vodu viazanú (w_B)
- n Pohyb voľnej a viazanej vody pri nasiakaní môžeme popísať tiež pomocou Fickovho zákona, t.j.

$$\frac{\partial w_F}{\partial t} = D_F \frac{\partial^2 w_F}{\partial x^2} \quad \frac{\partial w_B}{\partial t} = D_B \frac{\partial^2 w_B}{\partial x^2}$$

Transport vody drevom

n nestacionárny pohyb
viazanej a voľnej vody
drevom pri nasiakaní

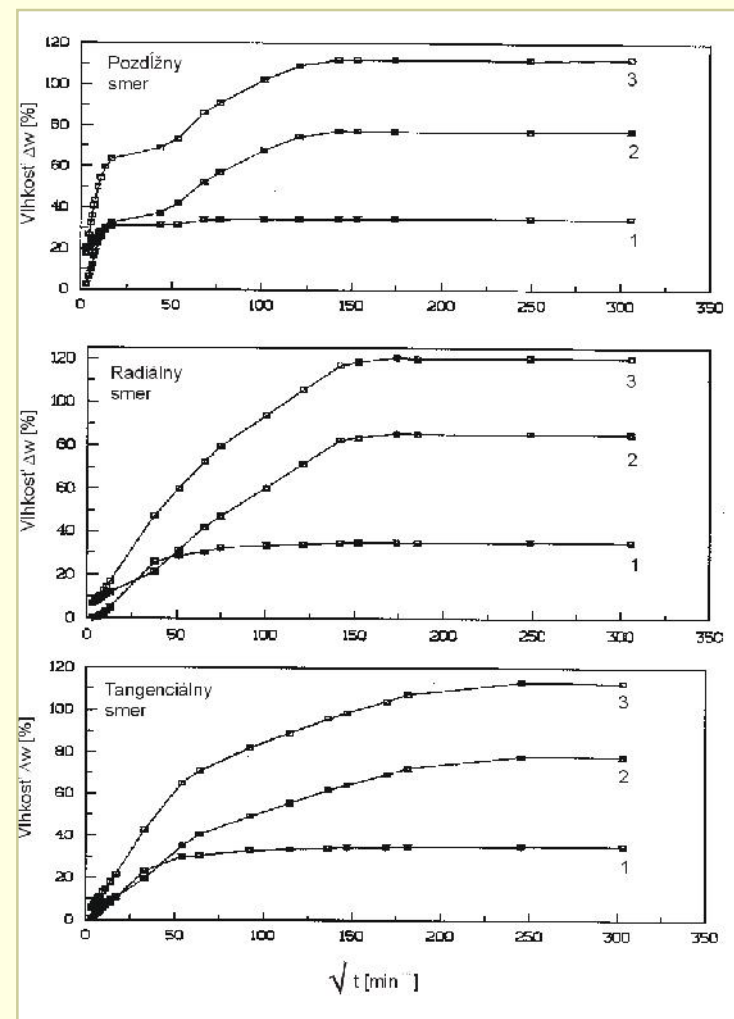


$D_F [m^2s^{-1}]$

$14,33 \times 10^{-11} > 1,23 \times 10^{-11} > 0,88 \times 10^{-11}$

$D_B [m^2s^{-1}]$

$27,37 \times 10^{-11} > 27,37 \times 10^{-11} > 1,34 \times 10^{-11}$



Transport vody drevom

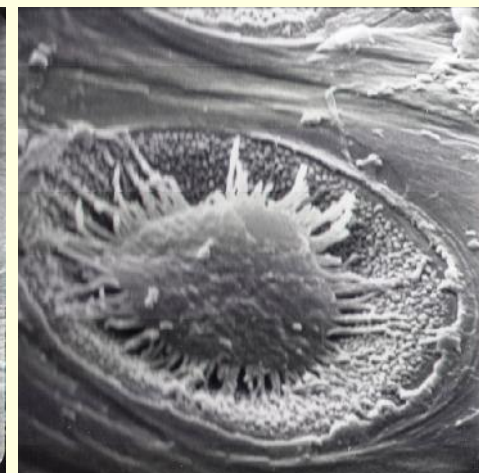
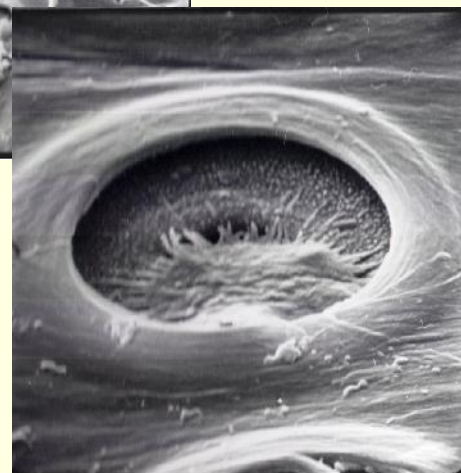
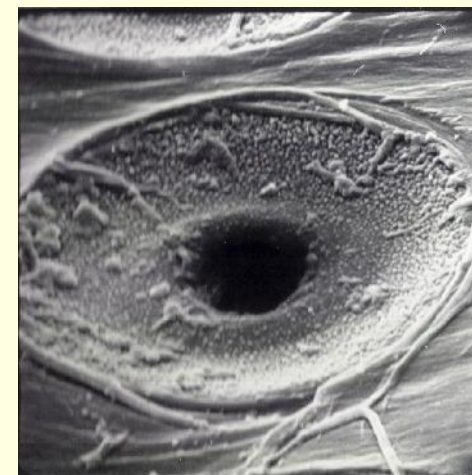
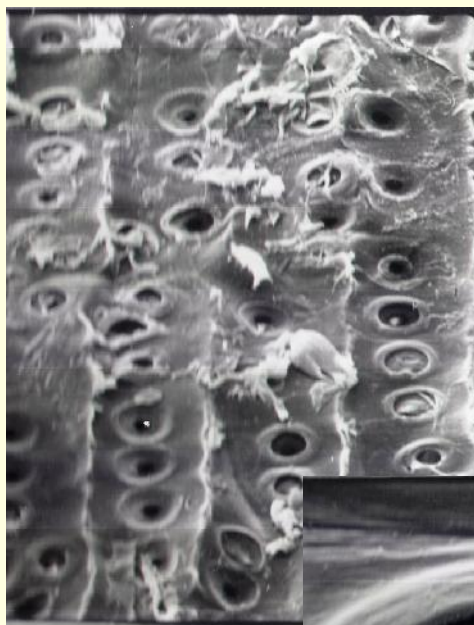
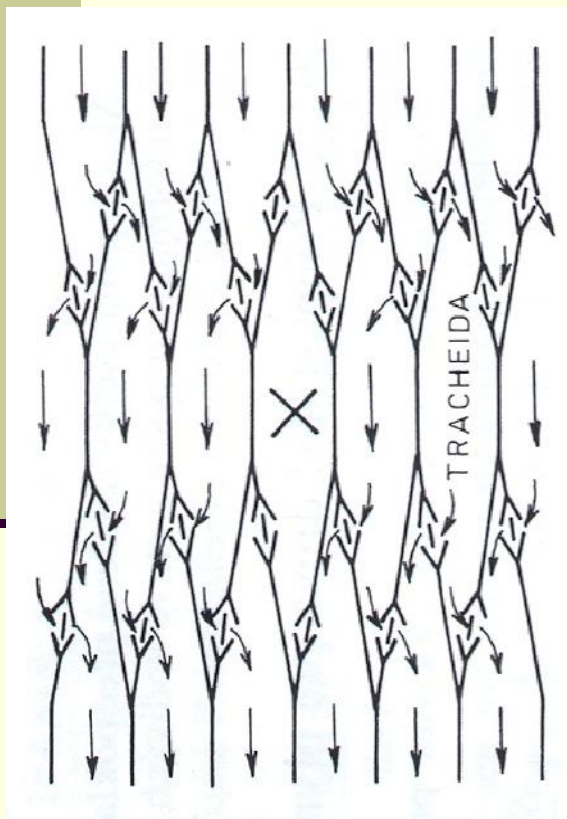
- n **Axiálna priepustnosť dreva** – Hydrodynamický pohyb kvapalnej vody v dreve vyvolaný gradientom vonkajšieho tlaku
- n Popisuje sa Poisseuillovým alebo Darcyho zákonom.

$$\frac{V}{t} = \frac{N\pi R^4 S \Delta p}{8\eta L}$$

$$\frac{V}{t} = k \frac{S \Delta p}{\eta L}$$

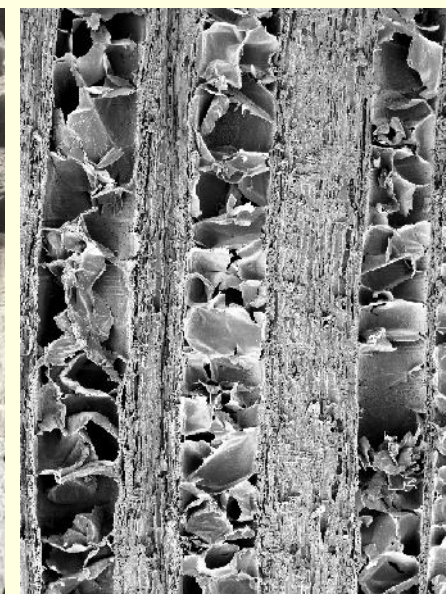
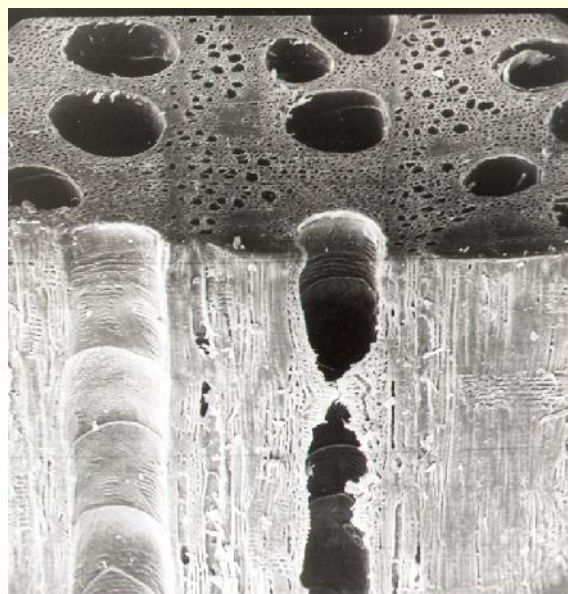
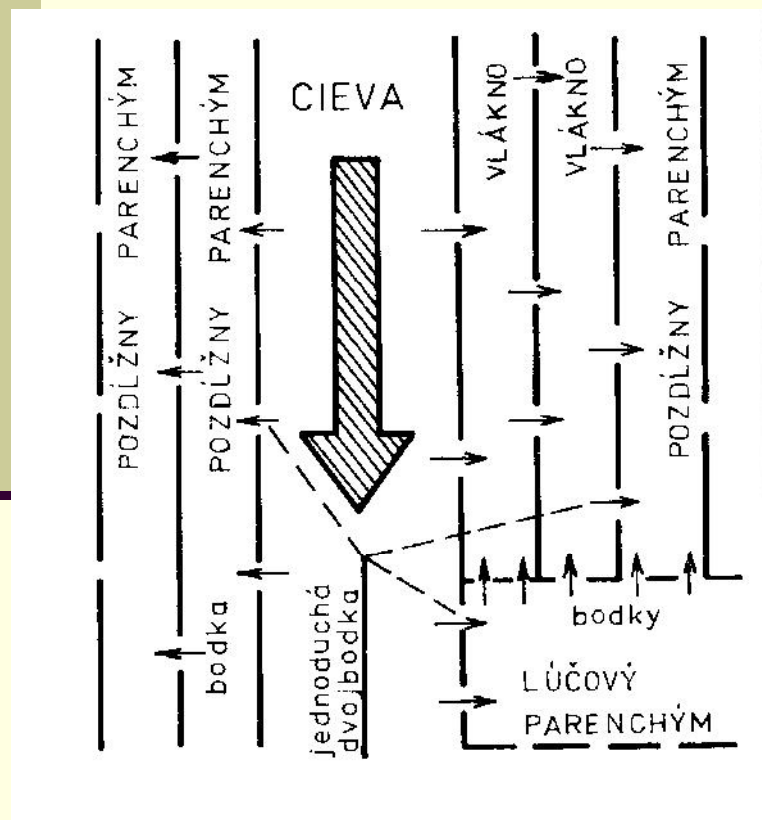
Transport vody drevom

Axiálna priepustnosť dreva – model pre drevo ihličnanov



Transport vody drevom

Axiálna priepustnosť dreva – model drevom listnáčov



Napúčanie a zosychanie dreva

- n Napúčanie dreva – proces, pri ktorom sa zväčšujú lineárne rozmery a tým aj objem dreva v dôsledku priberania viazanej vody.
- n Maximálne napučanie dreva sa dosiahne po dosiahnutí medze nasýtenia a počítame ho podľa rovnice

$$\beta_i = \frac{a_{i_{max}} - a_{i_0}}{a_{i_0}} 100$$

- n Zosychanie – opačný proces ako napúčanie. Maximálne zoschnutie dosiahnuté vysušením dreva z $w \geq MN$ do úplne suchého stavu, počítame podľa rovnice

$$\alpha_i = \frac{a_{i_{max}} - a_{i_0}}{a_{i_{max}}} 100$$

Napučanie a zosychanie dreva

V literatúre sa najčastejšie uvádzajú maximálne hodnoty napučania a zoschnutia.

$$\beta_{r\max} = 3-6 \%$$

$$\beta_{t\max} = 6-12 \text{ (15) } \%$$

$$\beta_{l\max} = 0,1-1 \%$$

Diferenciálne napučanie

$$K_{\beta} = \beta_t / \beta_r$$

Maximálne zoschnutie			Autor
α_r	α_t	α_v	
[%]			
5,0	11,8	17,5	Lexa <i>et al.</i> (1952)
5,8	11,8	14–21	Wagenführ (1974)
			Keller (1981)*
5,3	13	18	Taliansko
3,0–5,3	11–15	16–22	Francúzsko
4,1–4,2	10–11	–	Rumunsko
5,3–6,1	12–13	17–18	Chorvátsko
5,5	11,9	17,2	Bodig a Jayne (1982)
5,3	12,5	17,5	Požgaj <i>et al.</i> 1997
5,9	13,5	18,8	Kúdela (1999)

Napúčanie a zosychanie dreva

- - n Hlavné faktory ovplyvňujúce veľkosť napúčania resp. zosychania**

- n drevina
 - n rozsah zmeny vlhkosti
 - n hustota
 - n teplota

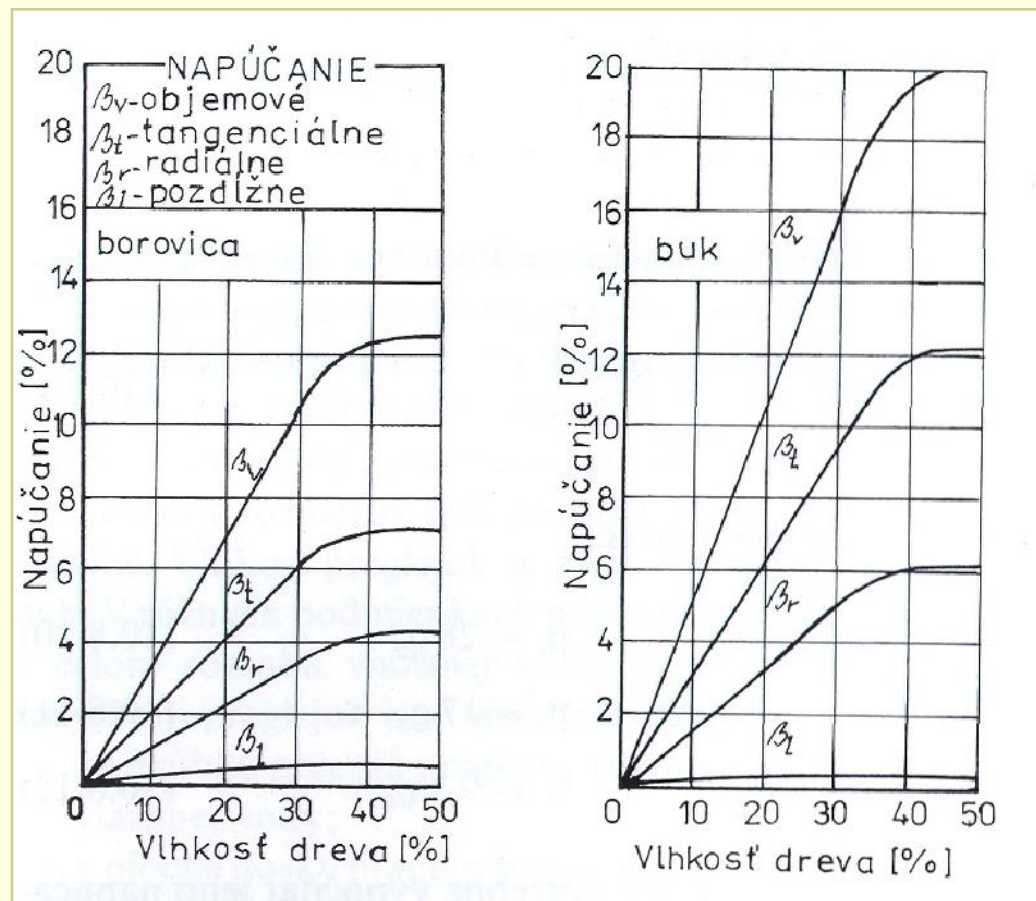
Napúčanie a zosychanie dreva

- Vplyv dreviny**

Drevina	Maximálne zoschnutie		
	α_r [%]	α_t [%]	α_v [%]
smrek	4,3	9,8	14,5
smrekovec	3,6	8,6	12,4
buk	5,9	13,5	18,8
hrab	6,7	11,1	16,9
agát	5,6	7,0	12,1

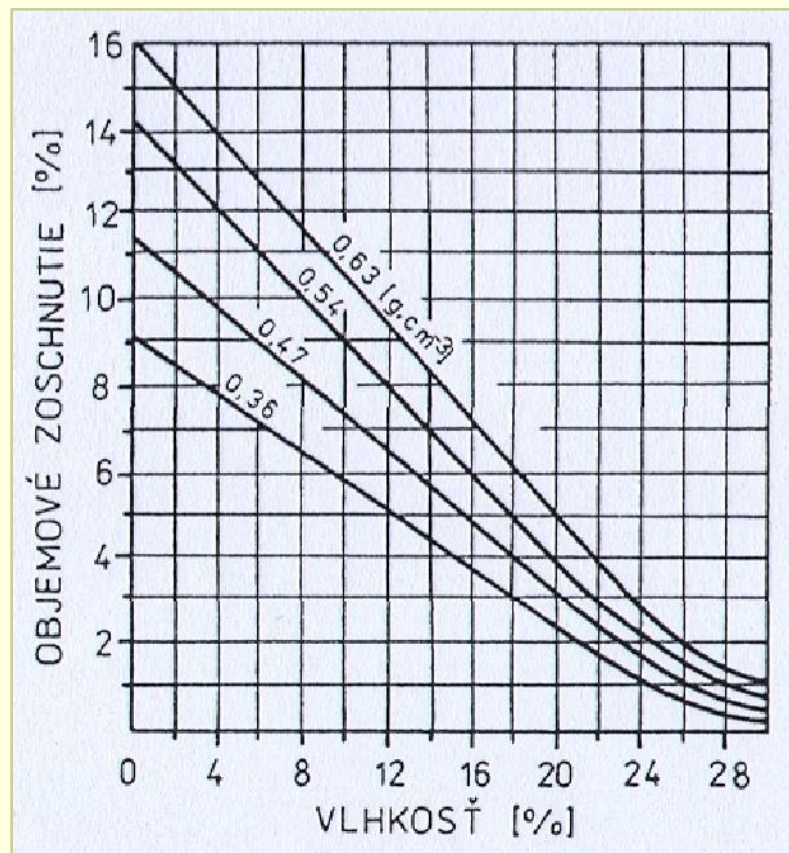
Napúčanie a zosychanie dreva

n Závislosť napúčania na vlhkosti



Napúčanie a zosychanie dreva

n Závislosť zosychania na vlhkosti



Napúčanie a zosychanie dreva

- n **Zmena napučania resp. zoschnutia pri zmene vlhkosti z w_1 na w_2 .**
- n Keďže napúčanie v jednotlivých anatomických smeroch ako aj objemové napúčanie bukového dreva lineárne úmerne rastie s rastúcou vlhkosťou v celom vlhkostnom rozsahu pripadajúcom na vodu viazanú, a to tak pri navíhaní ako aj pri nasiakaní, potom platí

$$\beta_i = k_{\beta_i} (w_2 - w_1) \quad \text{potom} \quad k_{\beta_i} = \frac{\beta_i}{w}$$

- n kde w_1 je počiatočná a w_2 konečná vlhkosť a k je koeficient napučania.

Napúčanie a zosychanie dreva

- n **Vplyv hustoty**
- n **Napučanie a zosychanie lineárne rastie s hustotou**
- n Experimentálne stanovený vplyv hustoty

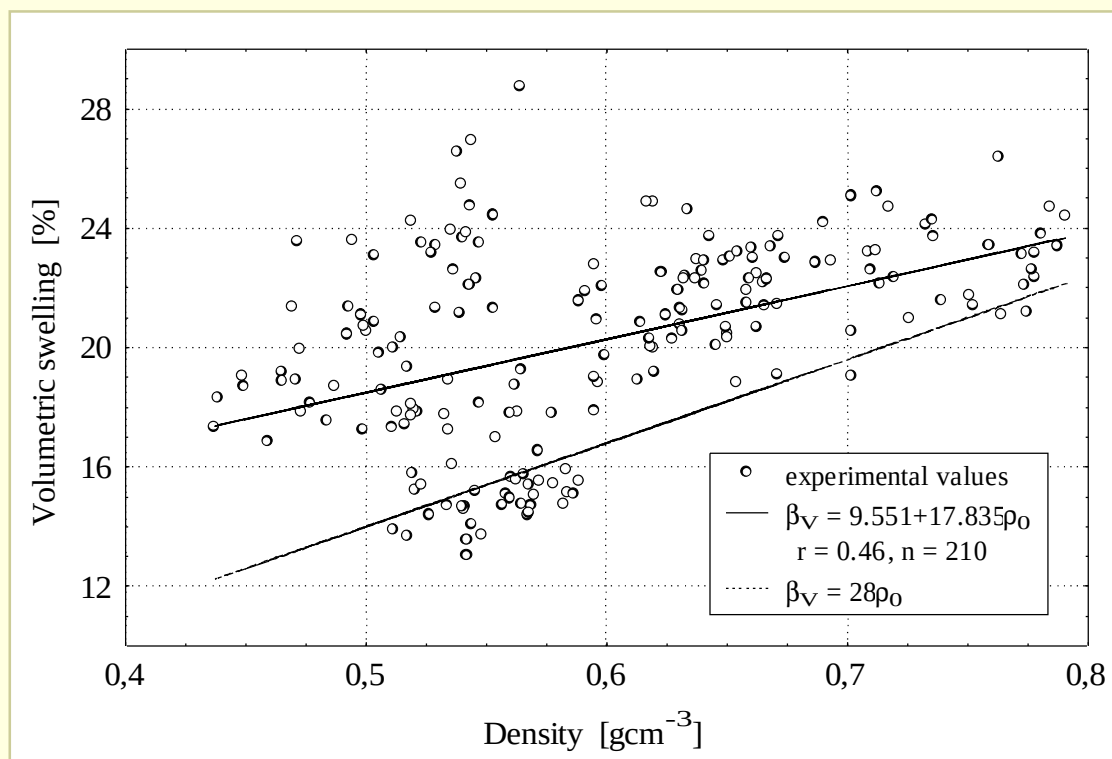
$$\beta_r = 9,1\rho_0$$

$$\beta_t = 17\rho_0$$

$$\beta_v = 28\rho_0$$

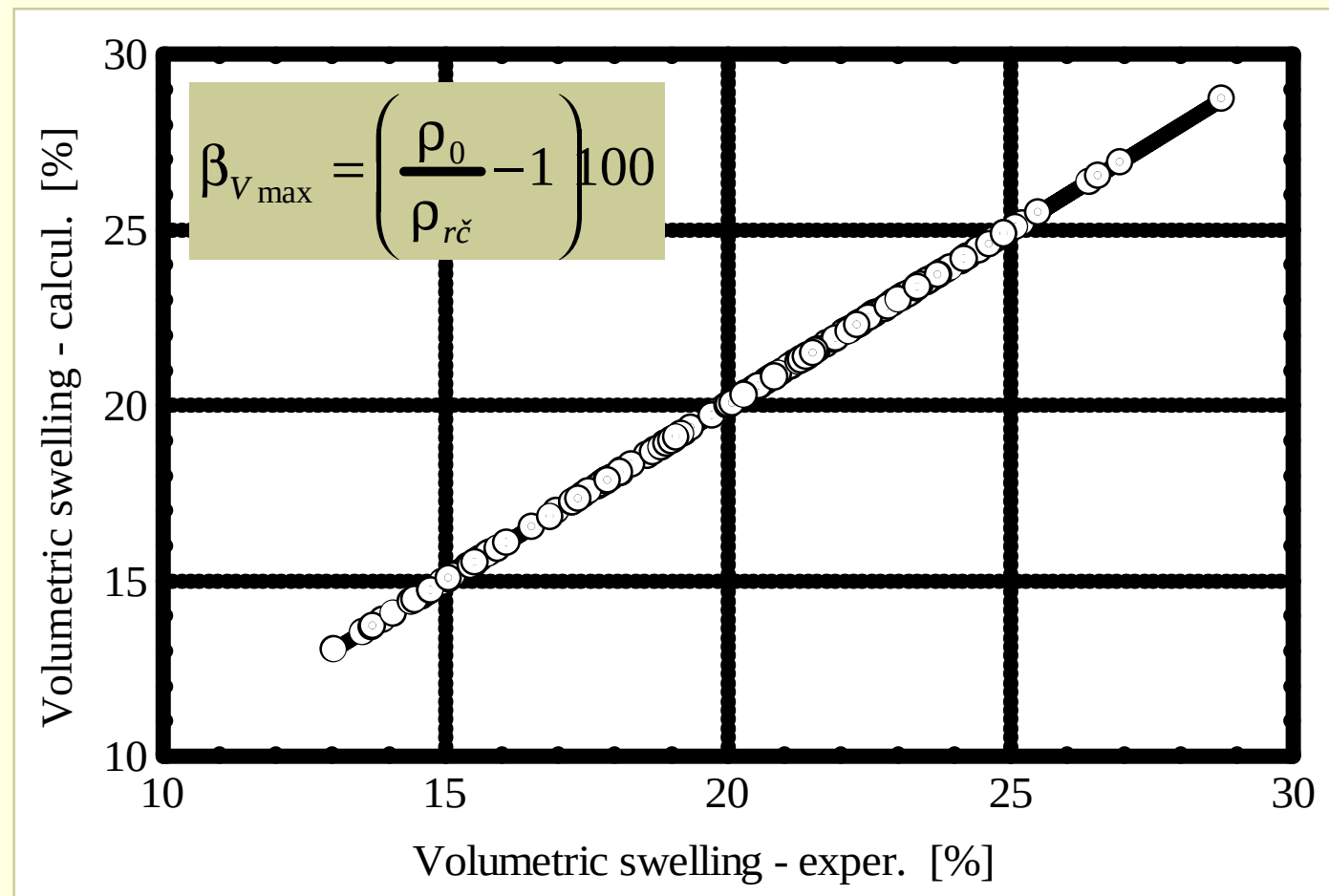
$$\alpha_v = \frac{w_{BNV} \cdot \rho_{rč}}{\rho_{H_2O}}$$

$$\beta_v = \frac{w_{BNV} \cdot \rho_0}{\rho_{H_2O}}$$



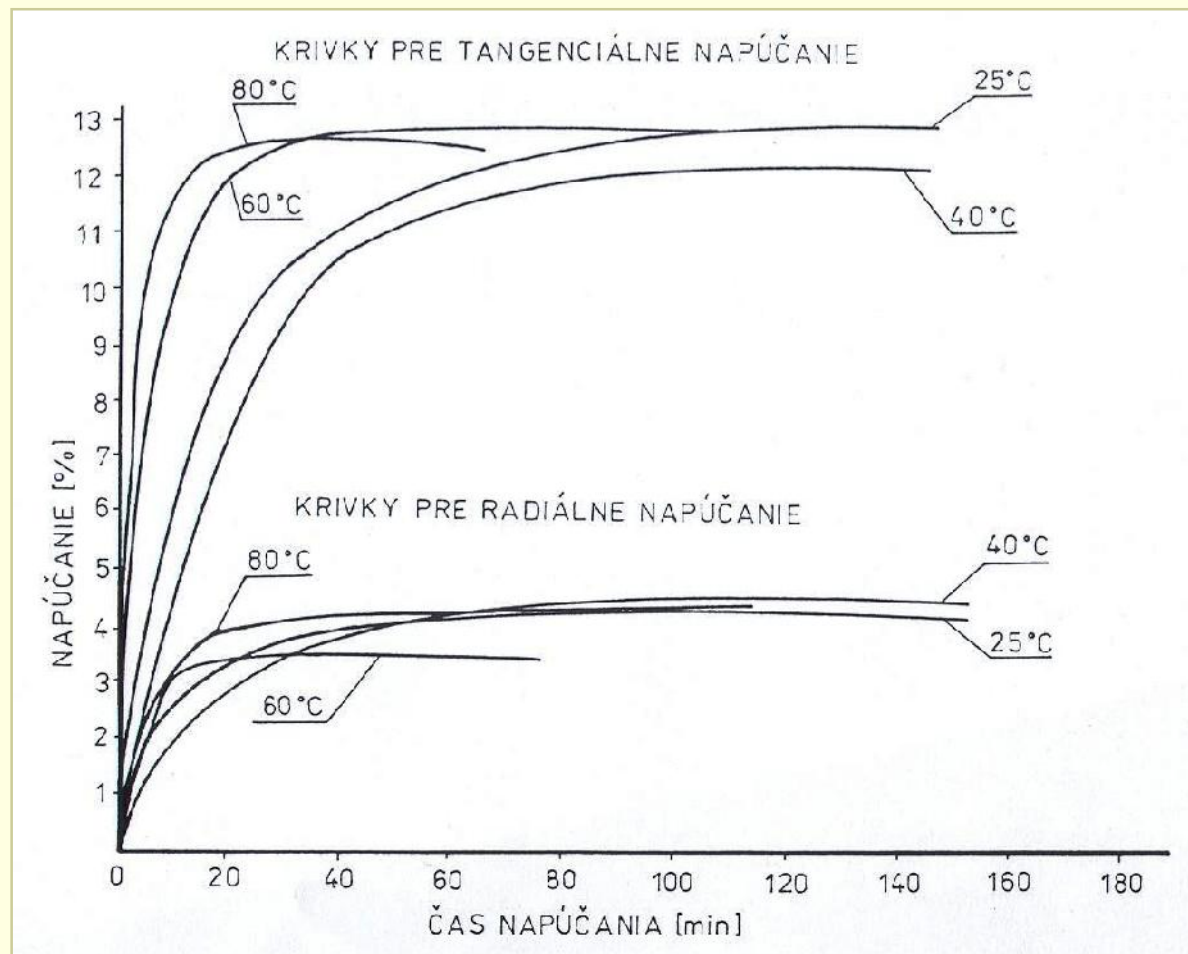
Napúčanie a zosychanie dreva

n Vplyv hustoty



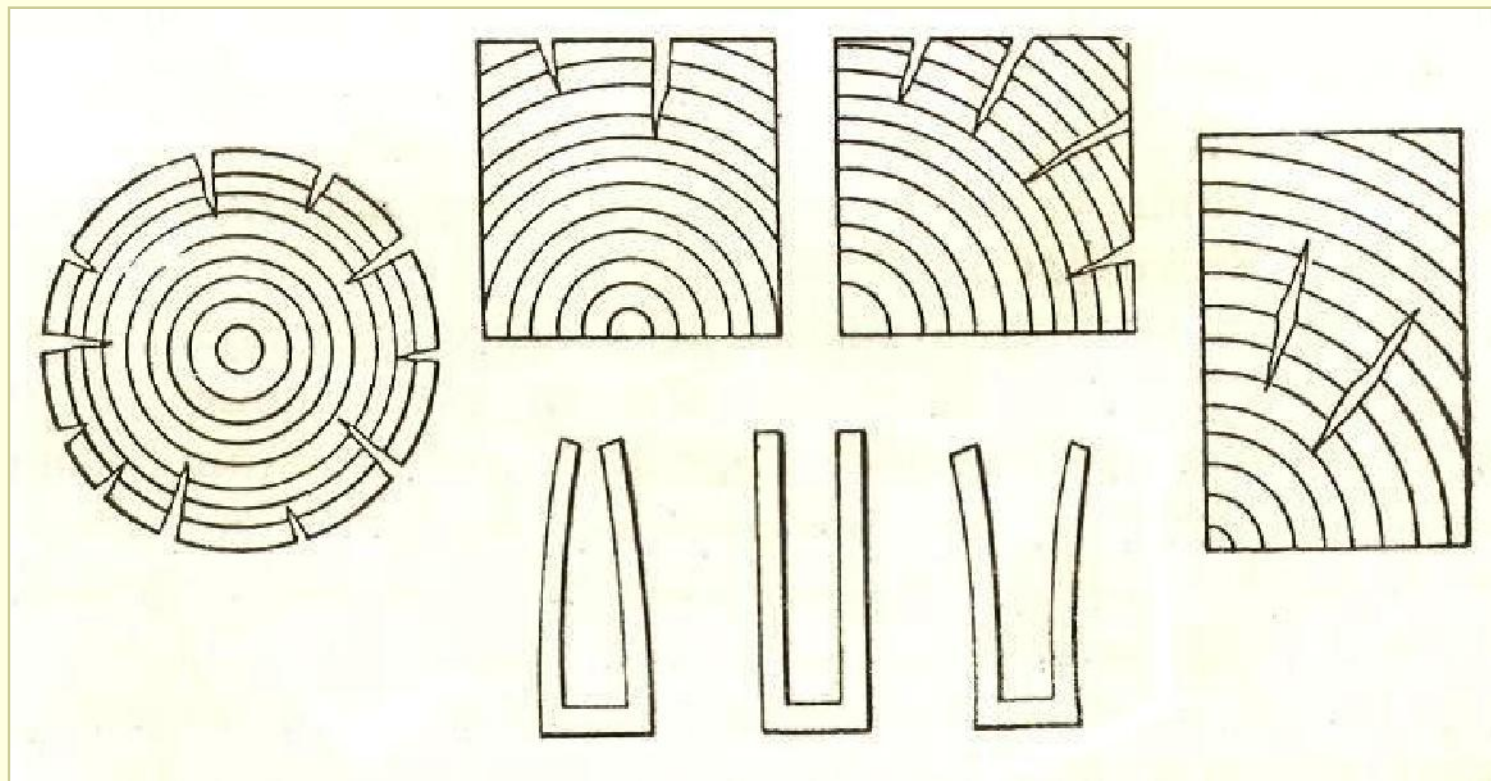
Napúčanie a zosychanie dreva

n Vplyv teploty

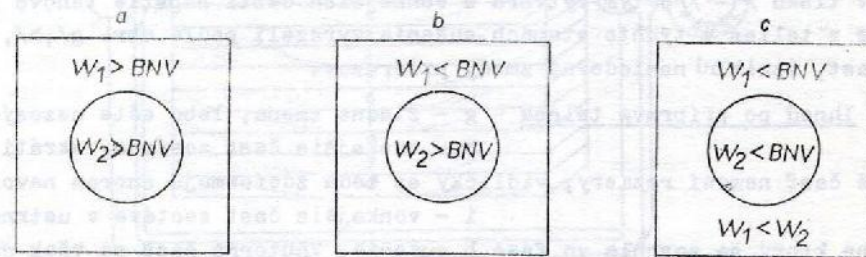


Vnútoré napätia v dreve

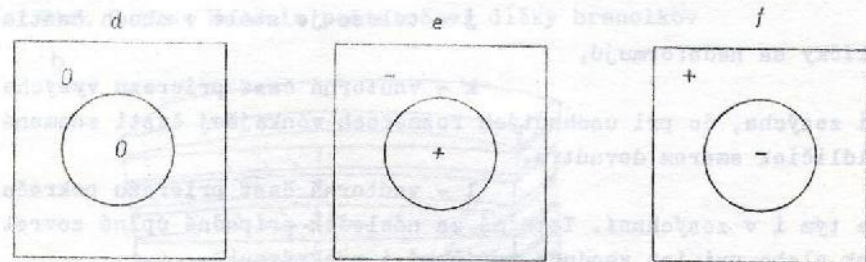
- **Vnútoré napätia v dreve** – dôsledok rozdielneho zosychania v radiálnom a tangenciálnom smere a dôsledok vlhkového gradientu



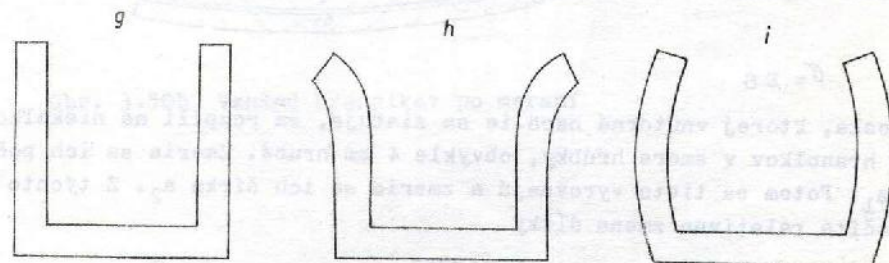
Vnútorné napätia v dreve



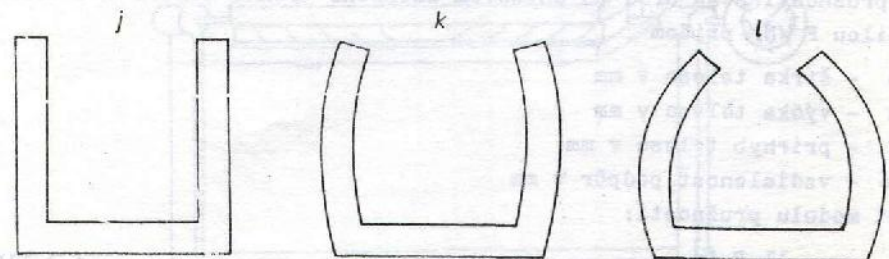
ROZDELENIE VLHKOSTI



ROZLOŽENIE NAPÄTÍ



VIDLIČKY IHNEĎ PO VYROBENÍ

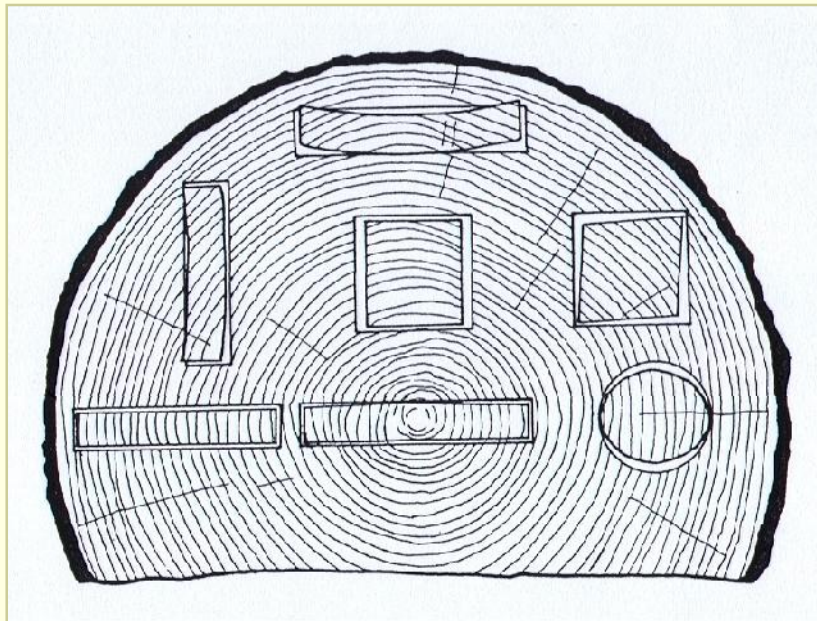


VIDLIČKY 12-24 HODÍN PO VYROBENÍ

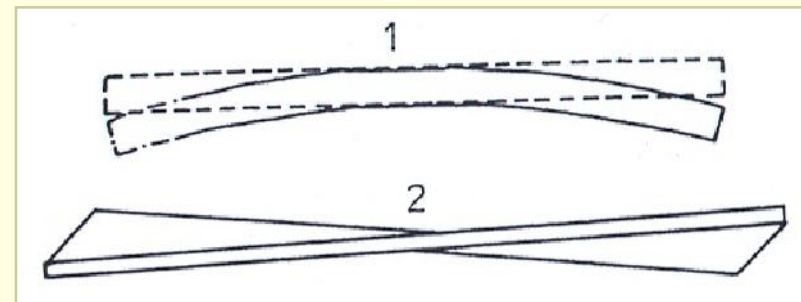
Šúverenie dreva

- **Šúverenie dreva** – jeho tvarová zmena v dôsledku rozdielného zosychania

Priečne šúverenie

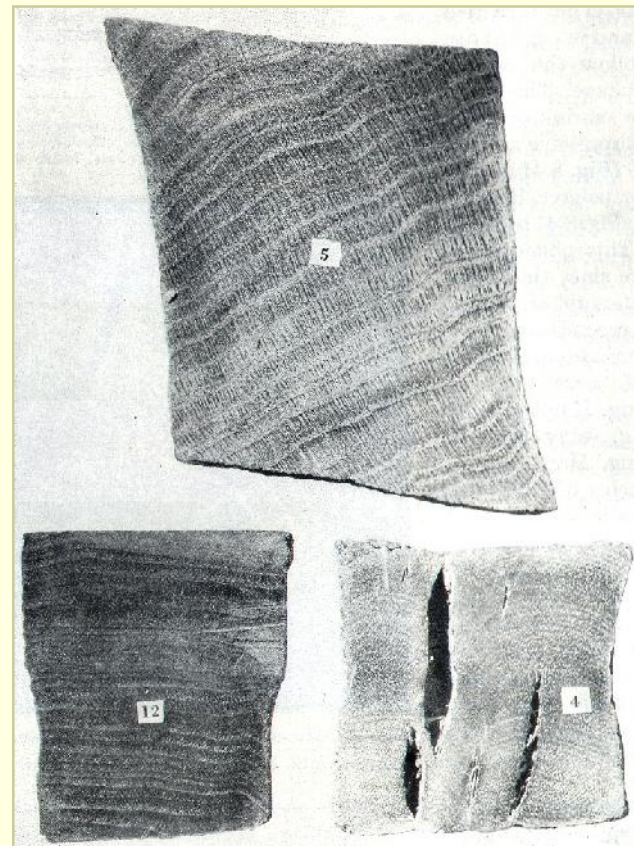
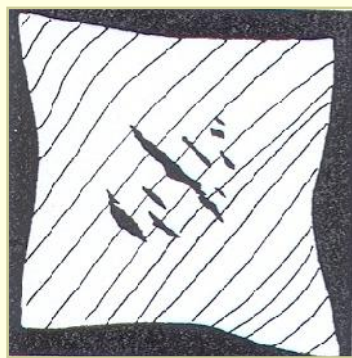


Pozdĺžne šúverenie



Kolaps

n **Kolaps – zrútenie bunkových stien dreva**



Hustota a pórovitosť dreva

Hustota drevnej substancie, hustota dreva pri danej vlhkosti, redukovaná hustota, hustota pri nulovej vlhkosti, objemová pórovitosť prepočty, distribúcia pórov, vplyv vlhkosti,...

Hustota dreva

- **Hustota** – hmotnosť materiálu vzťahnutá na jednotku objemu

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kgm}^{-3}]$$

V prípade dreva rozlišujeme

- hustota drevnej substancie – $\rho_{s,,}$
- hustota dreva pri danej vlhkosti – ρ_w , (ρ_o)
- redukovaná hustota – ρ_r , $(\rho_{rč})$

Hustota drevnej substancie

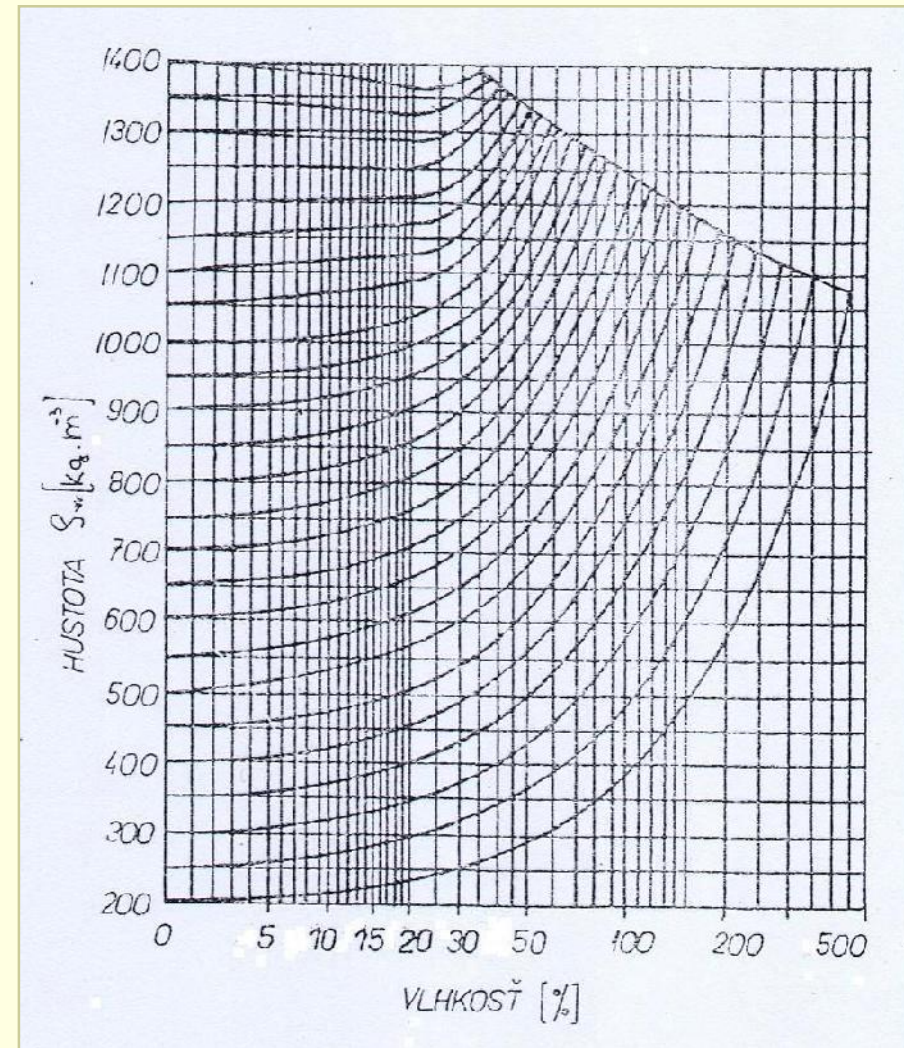
$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$$

n $\rho_s = 1540 \text{ kgm}^{-3}$ – platí pre všetky dreviny

Hustota dreva pri danej vlhkosti

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

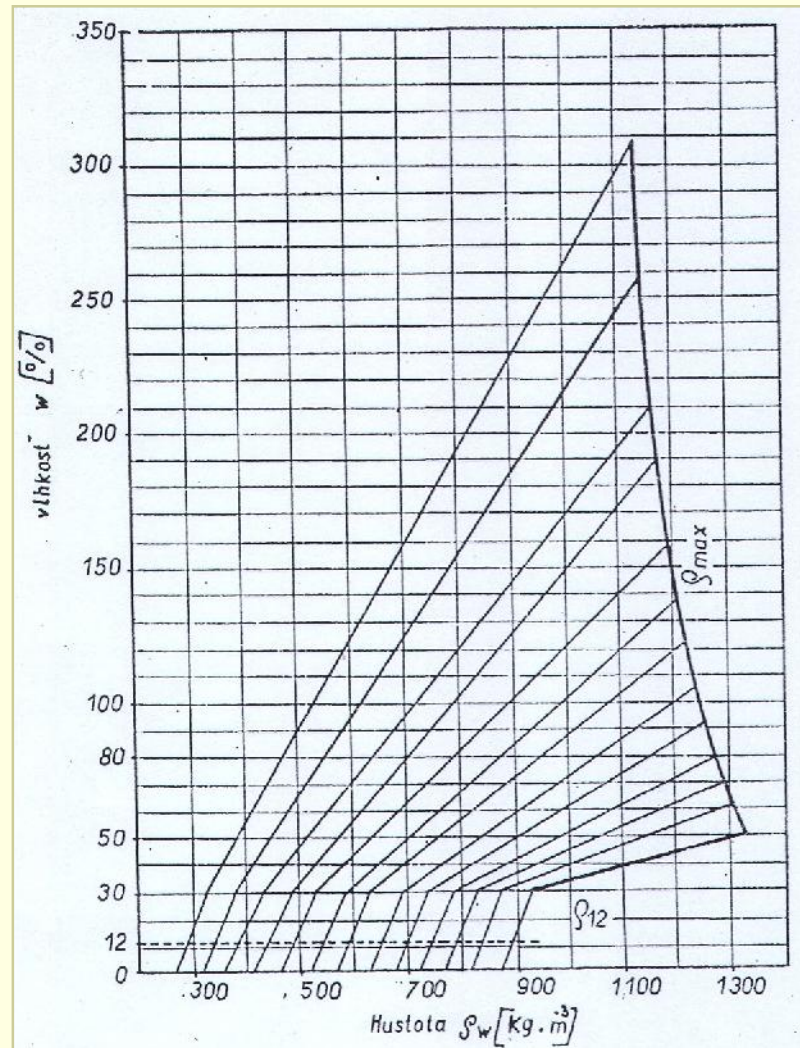
$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$



Hustota dreva pri danej vlhkosti

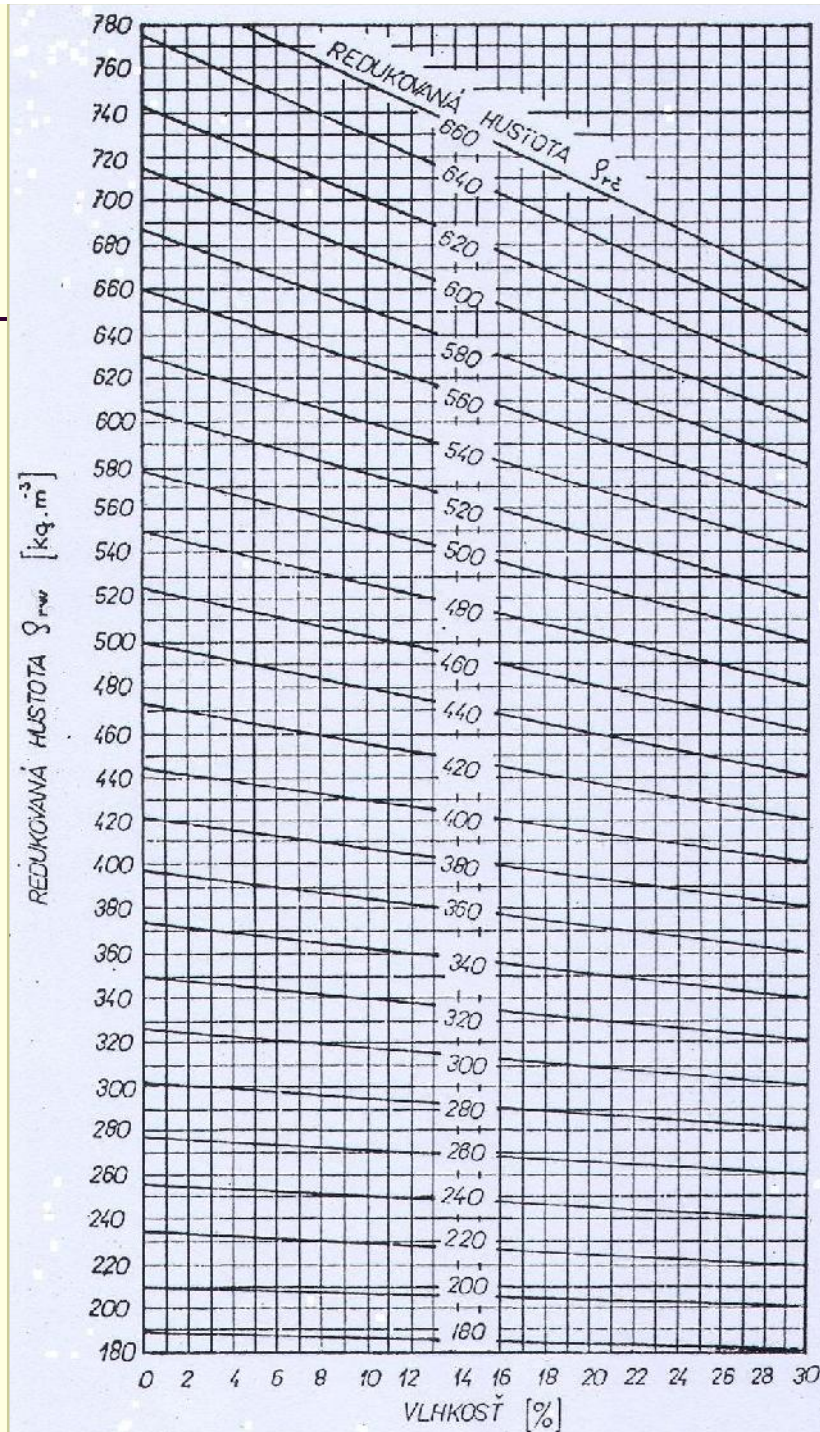
$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$



Redukovaná hustota dřeva

$$\rho_{rč} = \frac{m_0}{V_w}$$



Pórovitosť dreva

- n **Pórovitosť** – celkový objem pórov pripadajúci na jednotkový objem dreva.
- n Najčastejšie sa pórovitosť dreva určuje z jeho hustoty podľa rovnice

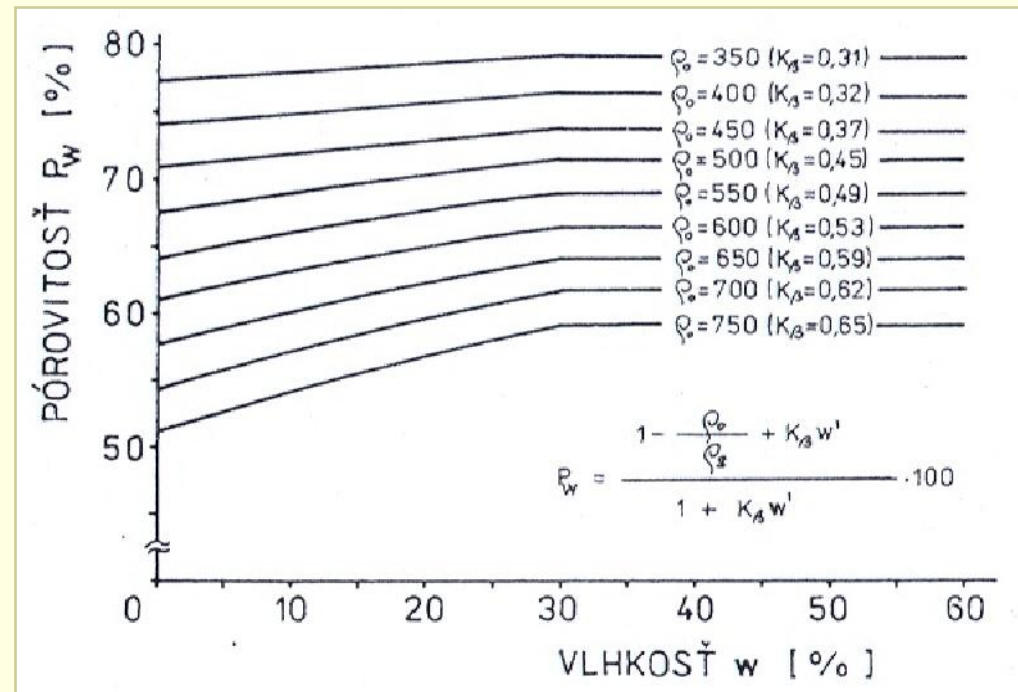
$$P = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho_s} \right) 100$$

- pórovitosť s rastúcou hustotou klesá
- rovnica platí pre nulovú vlhkosť dreva

Vplyv vlhkosti na pórovitosť dreva

$$P_w = \frac{P_o + 100k_{\beta_v} w_B}{1 + k_{\beta_v} w_B}$$

$$P_w = \left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_s}\right) 100$$



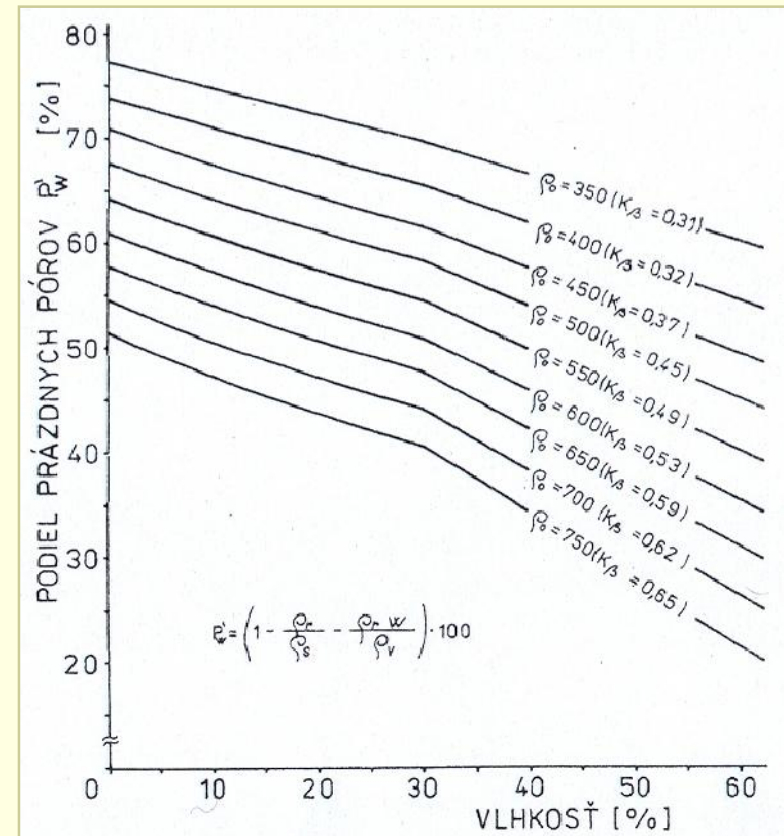
Podiel pórov vyplnených vodou a vzduchom

- n Póry v dreve môžu byť zaplnené kvapalnou vodou alebo jej plynnou fázou.
- n Podiel pórov vyplnených vodou

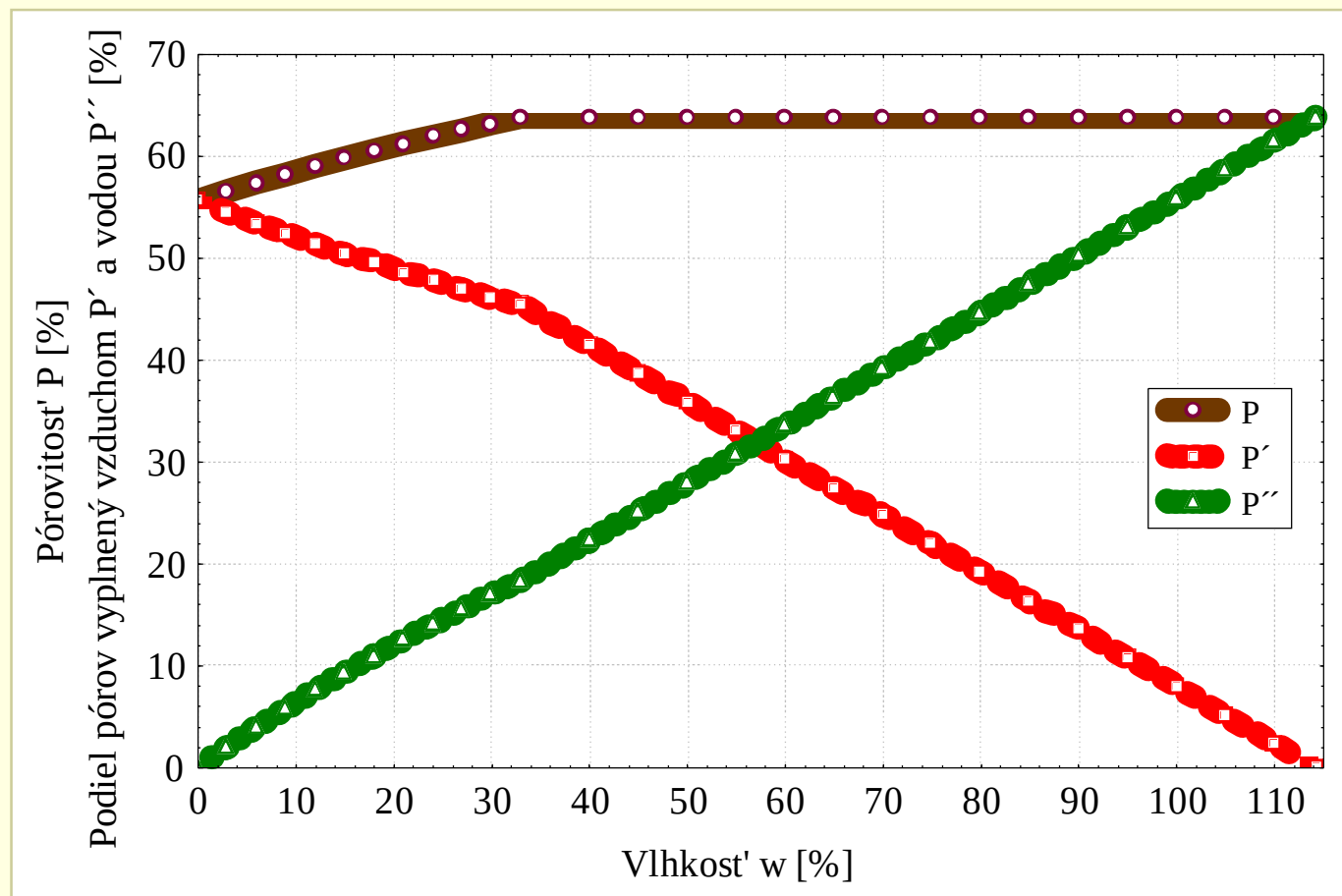
$$P_w'' = \frac{\rho_r w}{\rho_{H_2O}}$$

- n Podiel pórov vyplnených vzduchom

$$P_w' = \left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_s} - \frac{\rho_r w}{\rho_{H_2O}} \right) 100$$

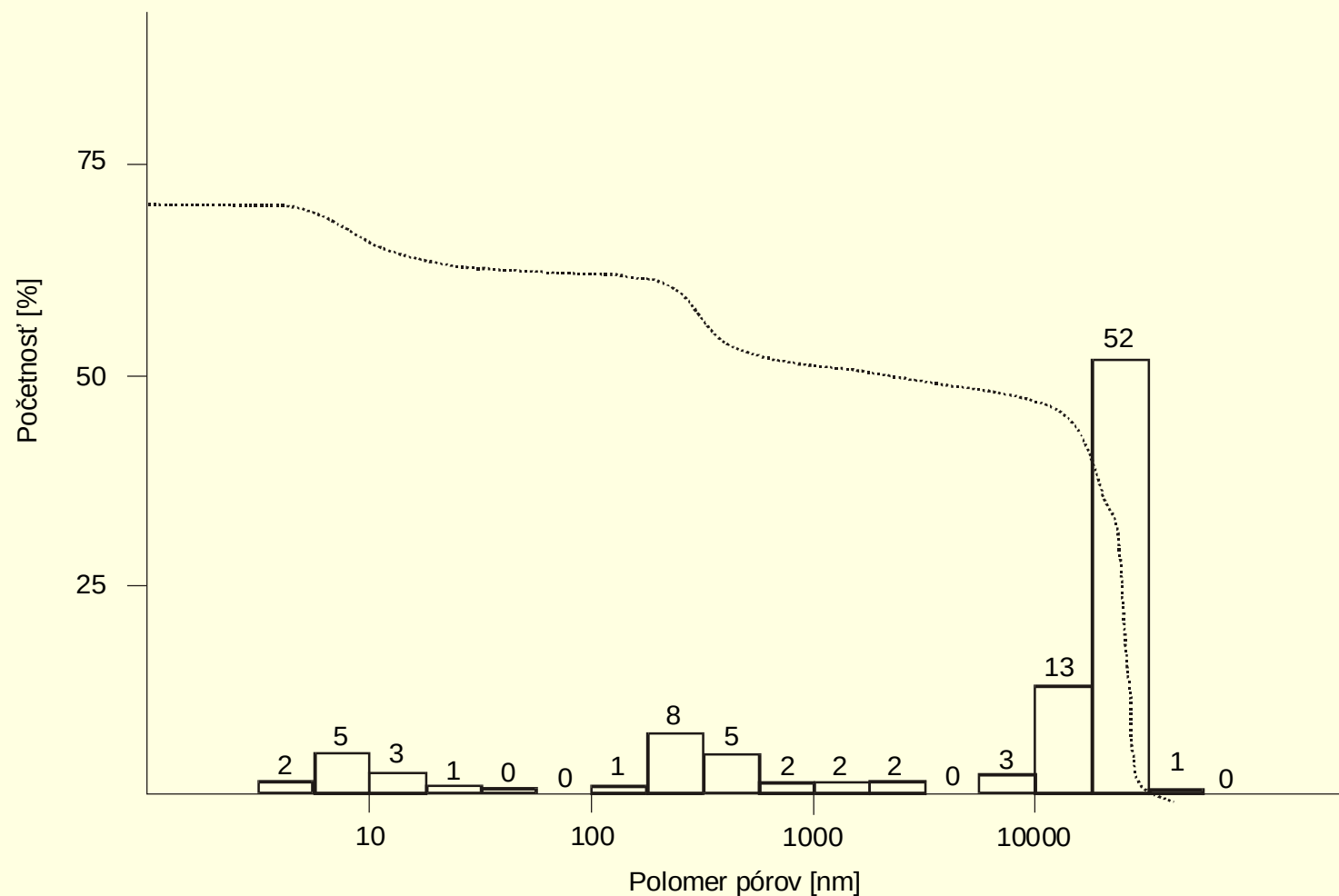


Zmena pórovitosti v bukovom dreve



Distribúcia pórov podľa polomeru

Distribúcia pórov v bukovom dreve zisťovaná ortuťovou pórometriou.



Tepelné vlastnosti

koeficient tepelnej vodivosti – λ , špecifická tepelná kapacita – c , koeficient teplotnej vodivosti – a , koeficient teplotnej rozťažnosti – α , Fourierov zákon, metódy merania tepelno fyzikálnych charakteristík, použitie

Základné tepelno-fyzikálne charakteristiky

.

n koeficient tepelnej vodivosti – λ

n špecifická tepelná kapacita – c

n koeficient teplotnej vodivosti – a

n koeficient teplotnej rozťažnosti – α

Koeficient tepelnej vodivosti – λ

- **Koeficient tepelnej vodivosti** je definovaný Fourierovým zákonom vedenia tepla v tvare

$$\vec{q} = -\lambda \cdot \text{grad}\vartheta \quad [\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$$

kde q je vektor hustoty tepelného toku a $\text{grad}\vartheta$ predstavuje gradient teploty.

V dreve táto veličina závisí od smeru, hustoty, vlhkosti dreva a slabo od teploty.

Špecifická tepelná kapacita – c

- **Špecifická tepelná kapacita** je definovaná vzťahom

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta\vartheta} \quad [\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$$

kde ΔQ je množstvo tepla, ktorým sa hmotnosť m ohreje o $\Delta\vartheta$.

Keďže hmotnosť absolútne suchého dreva je vlastne hmotnosťou drevnej substancie, nezávisí c od hustoty.

Špecifická tepelná kapacita – c

· **Závislost' na teplote**

Špecifická tepelná kapacita dreva „slabo“ závisí od teploty:

$$c_0 = 1,571 + 0,00277\vartheta \quad [\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$$

$$c_0 = 1,117 + 0,00487\vartheta \quad [\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$$

Špecifická tepelná kapacita – c

Závislosť od vlhkosti vyjadruje rovnica

$$c_w = \frac{c_0 + c_{H_2O} w}{1 + w}$$

kde c_w je špecifická kapacita vlhkého dreva, c_0 – suchého dreva, c_{H_2O} – vody (4,182 kJkg⁻¹K⁻¹), w je absolútnu vlhkosť dreva

Takto definovanú špecifickú tepelnú kapacitu označujeme aj ako hmotnostnú na rozdiel od súčinu $c \cdot \rho$ (kde ρ je hustota dreva), ktorý býva nazývaný objemovou tepelnou kapacitou.

Koeficient teplotnej vodivosti – a

- n **Koeficient teplotnej vodivosti** sa objavuje vo Fourierovej rovnici vedenia tepla, ktorá má pre jednorozmerný prípad prostredia (ktoré je bez vnútorných zdrojov tepla, s konštantným λ) tvar:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2}$$

- n Koeficient teplotnej vodivosti a v skutočnosti nie je základnou tepelno-fyzikálnou charakteristikou, lebo s predchádzajúcimi dvomi súvisí podľa rovnice

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad [\text{m}^2\text{s}^{-1}]$$

Koeficient teplotnej rozťažnosti – α

- n. **Koeficient teplotnej rozťažnosti** vyjadruje relatívnu zmenu rozmeru v danom smere (plochy, objemu) pri zmene teploty o 1 °C.

$$\alpha = \frac{l_{i,w} - l_{i,0}}{l_{i,0}} \vartheta$$

$$\alpha_l = 3-4 \times 10^{-6}$$

$$\alpha_r = 20-30 \times 10^{-6} \quad [K^{-1}]$$

$$\alpha_t = 30-40 \times 10^{-6}$$

Metódy merania ZTFCH

Metódy merania špecifickej tepelnej kapacity materiálov môžeme rozdeliť na:

- n jednoúčelové metódy – dávajú len hodnotu špecifickej tepelnej kapacity,
 - n zmiešavacie,
 - n relatívne,
 - n adiabatického ohrevu.
- n viacúčelové metódy – umožňujú popritom merať aj iné charakteristiky.

Podľa závislosti teplotného poľa od času môžeme metódy deliť na:

- n stacionárne (teplotné pole sa s časom nemení)
- n nestacionárne

Metódy merania ZTFCH

Ďalšími kritériami rozdelenia metód merania ZTFCH môžu byť:

- n tvar zdroja,
- n geometria skúšobného telesa,
- n časový priebeh tepelného výkonu zdroja.

Metódy môžeme tiež deliť na:

- n jednoparametrické
- n viacparametrické

Trend

Od stacionárnych a jednoúčelových metód sa postupne presúvame k metódam nestacionárnym a viacúčelovým.

Aplikácia tepelných vlastností

.

- n prestup tepla stenou,
- n výpočet času, ktorý je potrebný na ohriatie dreva na požadovanú teplotu v danom bode,
- n výpočet teploty v danom bode po určitom čase nahrievania (platí aj pre ochladzovanie),
- n výpočet množstva tepla, ktoré sa spotrebuje na ohriatie daného objemu dreva,
- n rozmerové zmeny – teplotná rozťažnosť

Akustické vlastnosti

Zvuk, rýchlosť šírenia zvukových vln, logaritmický dekrement tlmenia, rýchlosť šírenia zvuku drevom, akustický vlnový odpor, rezonančné drevo, akustická konštanta, ...

Zvuk

- **Zvuk** – mechanické prostredie vlnenia, ktoré vnímame sluchovým orgánom ako zvukový vnem
 - môže byť charakterizovaný vlnovou dĺžkou, amplitúdou vlnenia, frekvenciou a rýchlosťou šírenia
- Rýchlosť šírenia zvukových vln

$$c = \lambda f$$

λ – vlnová dĺžka, f – frekvencia

Rezonančné vibrácie

- n **pozdlžne** – pri axiálnom stáčaní – elastické konšt. dreva, rýchlosť šírenia zvuku, log. dekrement tlmenia
- n **priečne**
- n **torzné**
- n **Logaritmický dekrement tlmenia**
- n A_1, A_2 – amplitúdy dvoch za sebou nasledujúcich cyklov
- n **Rýchlosť šírenia zvuku drevom**

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [\text{ms}^{-1}]$$

· **Akustický vlnový odpor** – odpor proti rovinnej zvukovej vlne

$$Z = \rho c = \rho \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Rezonančné vlastnosti dreva

- n **Rezonančné drevo** – schopnosť zosilňovať zvuk bez skreslenia tónu
- n **Charakteristiky na posúdenie kvality rezonančného dreva:**
- n modul pružnosti, akustická konštanta, amplitúda chvenia pri rezonancii, log. dekrement tlmenia, rezonančná frekvencia,...
- n **Akustická konštanta**

$$K_A = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad [\text{m}^4\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}]$$

Elektrofyzikálne a magnetické vlastnosti dreva

(Makovíny 2001)

statická permitivita, konduktivita (merná elektrická objemová vodivosť), merná elektrická povrchová vodivosť, resp. rezistivita (merný elektrický objemový odpor), merný elektrický povrchový odpor, relatívna permitivita, stratové číslo a stratový činiteľ, elektrická pevnosť, ...

Charakteristika materiálu

- n Drevo predstavuje polárny dielektrický materiál, ktorý v závislosti od jeho vlhkosti patrí buď medzi izolanty alebo polovodiče.

Rozdelenie elektrofyzikálnych vlastností

K relevantným vlastnostiam dreva patria elektrické veličiny charakterizujúce správanie sa dreva:

- n **v elektrostatickom poli a jednosmernom prúdovom poli** – *statická permitivita (ϵ_s), konduktivita (merná elektrická objemová vodivosť – σ_v), merná elektrická povrchová vodivosť (σ_s), resp. rezistivita (merný elektrický objemový odpor) (ρ_v), merný elektrický povrchový odpor (ρ_s),*
- n **v striedavom elektromagnetickom poli** – *relatívna permitivita (ϵ'), stratové číslo (ϵ'') a stratový činiteľ ($\tan\delta$)*
- n **v silnom elektrostatickom resp. striedavom elektromagnetickom poli** – *elektrická pevnosť (E_p).*

Rozdelenie elektrofyzikálnych vlastností

- n **Šírenie elektromagnetickej vlny v dreve charakterizujú tzv. elektromagnetické veličiny** – konštanta šírenia (γ), merný útlm vlnenia (β), fázová konštanta vlnenia (α), vlnová impedancia (Z), hĺbka vniku (d) a magnetická susceptancia (χ_m).
- n **Ďalšie elektromagnetické charakteristiky používané najmä v mikrovlnovom pásme frekvencií elektromagnetického poľa sú:** útlm odrazom (L_R), útlm absorpciou (L_A) a celkový vložený útlm (L_I).

Rozdelenie elektrofyzikálnych vlastností

- K elektrofyzikálnym vlastnostiam dreva zaradujeme tiež veličiny, ktoré nám charakterizujú **piezoelektrický jav** – piezoelektrické moduly (d_{ij}) a elektrokinetické javy – elektrokinetický potenciál, resp. tzv. zeta-potenciál (ξ).

Vybrané elektrofyzikálne veličiny

Konduktivita (merná elektrická objemová vodivosť – σ_v) – voľný pohyb elektrických nábojov v prostredí, ktoré sa nachádza v elektrickom poli

$$\sigma_v = \sum_i n_i q_i u_i \quad [\text{Sm}^{-1}]$$

n n_i – objemová koncentrácia iónov,

n q_i – náboj,

n u_i – pohyblivosť iónov

Vybrané elektrofyzikálne veličiny

n **Rezistivita (merný elektrický odpor – ρ)**

$$\rho = \frac{1}{\sigma_v} \quad [\Omega\text{m}]$$

$$\rho = \frac{RS}{d}$$

n **Vplyv činiteľov** – vlhkosť, teplota, drevina, anatomický smer

Vybrané elektrofyzikálne veličiny

- n **Relatívna permitivita (ϵ'), stratové číslo (ϵ'') a stratový činiteľ ($\tan\delta$)**

$$\epsilon'' = \epsilon' \tan\delta$$

- n Vplyv činiteľov – frekvencia elektrického poľa, vlhkosť, teplota, drevina, anatomický smer

Vybrané elektrofyzikálne veličiny

- **Elektrická pevnosť (E_p)** – hodnota intenzity el. poľa, po ktorú si izolant zachováva izolačné vlastnosti

$$E_p = \frac{U_p}{h} \quad [\text{Vm}^{-1}]$$

- U_p – prierazové napätie, h – hrúbka materiálu

Aplikácia elektrofyzikálnych vlastností

- n Elektrofyzikálne vlastnosti dreva sa stále častejšie využívajú v oblasti merania.
- n Úspešne sa uplatňujú pri nepriamom meraní neelektrických vlastností dreva
- n V technológiách, kde na drevo pôsobí elektrické, elektrostatické alebo elektromagnetické pole.

Využitie elektrofyzikálnych vlastností dreva na meranie jeho neelektrických vlastností

Vlhkosť

Metóda	Fyzikálny princíp	Priamo meraná veličina
O odporová, resp. vodivostná	Zmena jednosmerného odporu, resp. vodivosti	Jednosmerný elektrický odpor, resp. jednosmerná elektrická vodivosť
Kapacitná	Zmena elektrickej kapacity materiálu s vlhkosťou	Elektrická kapacita
Absorpčná	Závislosť dielektrických strát od vlhkosti materiálu	Stratový činiteľ, stratové číslo
Mikrovlnová	Odraz alebo absorpcia mikrovlnového žiarenia	Intenzita mikrovlnového žiarenia
Nukleárnej magnetick ^{ej} rezonancie NMR	Absorpcia energie v poli, jadrami vodíka v stave rezonancie pri magnetickej polarizácii meraného objektu	Intenzita selektívnej absorpcie energie v poli
Počítačovej tomografie NMR-CT	Základom tomografického zobrazenia je využitie javu NMR a vytvorenie rezového obrazu objektu	Intenzita selektívnej absorpcie energie v poli, meranie a zobrazenie intenzity žiarenia

Využitie elektrofyzikálnych vlastností dreva na meranie jeho neelektrických vlastností

Uhol vlákien

Metóda	Fyzikálny princíp	Priamo meraná veličina
Kapacitná	Anizotropia permitivity	Elektrická kapacita
Mikrovlnová	Útlm alebo lom elektro-magnetického vlnenia	Vložený útlm, index lomu

Hustota

Piezoelektrická	Piezoelektrický jav	Elektrické napätie
Mikrovlnová	Útlm elektromagnetického vlnenia	Útlm odrazom, vložený útlm

Využitie elektrofyzikálnych vlastností dreva na meranie jeho neelektrických vlastností

Chyby dreva

Metóda	Fyzikálny princíp	Priamo meraná veličina
Piezoelektrická	Rozloženie elektrického potenciálu	Elektrické napätie, elektrický náboj
Mikrovlnová	Útlm lektromagnetického vlnenia	Útlm odrazom, vložený útlm
Impedančná tomografia	Impedančná analýza	Zložky a fáza impedancie

Využitie elektrofyzikálnych vlastností dreva v drevárskych technológiách

Technológia	Fyzikálny princíp	Elektrofyzikálna vlastnosť dreva
plastifikácia, sušenie, stabilizácia, lepenie dreva	dielektrický ohrev – absorpcia energie elektromagnetického poľa v dôsledku polarizačných procesov v dreve alebo v lepidle	stratové číslo, stratový činiteľ, permitivita
separácia drevených triesok, výroba orientovaných DTD	silový účinok elektrického poľa na nosiče elektrického náboja	permitivita, stratové číslo
zvyšovanie priepustnosti dreva, obrábanie vypaľovaním otvorov do dreva	porušovanie štruktúry dreva elektrotepeľnými prierazmi	elektrická pevnosť

Využitie elektrofyzikálnych vlastností dreva v drevárskych technológiách

- n Dielektrické teplo sa v súčasnosti v praxi využíva najmä v nábytkárskom priemysle a to na vytvrdzovanie lepidla pri výrobe tvarovaných nábytkových lamelových dielcov, vytvrdzovaní lepidla, v konštrukčných spojoch, pri výrobe parketových dosiek a lepených lamelových vlysov na okná.

Magnetické vlastnosti

- n **Magnetické vlastnosti** – schopnosť zmagnetizovať teleso po vložení do magnetického poľa
- n vzťah medzi magnetizáciou a intenzitou magnetického poľa – **susceptibilita (κ)**

$$M = \kappa H$$

M – magnetický moment, H – intenzita magnetického poľa

- n **Látky** – paramagnetické – $\kappa > 1$
 - feromagnetické
 - **diamagnetické – drevo**
- n **Využitie** – detekcia kovových predmetov v dreve, testovanie zdravotného stavu stomov (NMR)

Povrchové vlastnosti

Morfológia povrchu, chemické vlastnosti,
termodynamické vlastnosti, optické
vlastnosti, farba, lesk, ...

Povrchové vlastnosti dreva

- n **Prečo študovať povrchové vlastnosti?**
- n Vlastnosti povrchu dreva významne ovplyvňujú najmä zmáčanie dreva kvapalinami a adhéziu kvapalných a tuhých látok k drevu. Poznanie týchto vplyvov je dôležité pri lepení, povrchovej úprave a modifikácii dreva, pri zisťovaní odolnosti voči degradácii, atď. Nie menej dôležité je aj estetické hľadisko. Špecifická textúra dreva vytvára zaujímavé dekoratívne povrchy.
- n Povrch dreva budeme chápať ako fyzikálny povrch, ktorý je vždy väčší než geometrický.
- n Na vlastnosti povrchu dreva vplýva i mnoho činiteľov, ako drevina, spôsob opracovania povrchu dreva, vlhkosť, teplota, atď.

Povrchové vlastnosti dreva

- n · Z hľadiska termodynamiky sa pod povrchom rozumie medzifázové rozhranie.
- n Rozhranie medzi dvomi fázami predstavuje **maximálnu možnú poruchu** homogénnej štruktúry.
- n Dôsledkom tejto rozsiahlej poruchy je zmena vlastností voči objemovej fáze (fenomén povrchového napätia a povrchovej energie, odraz svetla, reflexia vln, elektrické javy na rozhraní, atď.).
- n Povrch teda predstavuje tenkú vrstvu, pod ktorou rozumieme takú hrúbku materiálu, kedy povrchové vlastnosti a javy sú významne rozdielne voči objemovým. Jedná sa o submikrometrové až submilimetrové vrstvy.

Štruktúra povrchu dreva

- n Štruktúra povrchu dreva je určovaná jeho morfológiou a chemickým zložením.
- n Morfológiu povrchu dreva je potrebné hodnotiť z anatomického ako aj fyzikálneho hľadiska.
- n Na vyhodnocovanie chemického zloženia povrchov materiálov existuje niekoľko metód. Pre komplexnú charakteristiku vlastností povrchu je vhodné použiť vždy viac metód, ktorých výsledky sa navzájom doplňujú.

Morfológia povrchu

- n · Opakované charakteristické nerovnosti na povrchu dreva vytvárajú jeho **textúru** (kresbu), ktorá charakterizuje opakovateľnosť (podobnosť) štruktúry vo viacerých dimenziách zväčšenia. Analýzou spektra nerovností možno stanoviť rôzne priestorové korelácie nerovností.
- n Textúra dreva je charakteristická pre konkrétny rez a drevinu. Z makroskopických znakov sa na kresbe podieľajú hlavne ročné kruhy, stržňové lúče, rozdielna farebnosť bele a jadra, pruhovatost' jadra, odchýlky v štruktúre dreva (spiace očka, vlnitý lesk, korenica, nepravé jadro), atď. Tieto makroskopické znaky vytvárajú u dreva veľmi zaujímavú textúru, ktorá sa využíva najmä pri výrobe okrasných dýh. Textúru dreva je ešte možné zvýrazniť vhodným rezaním, krájaním a lúpaním.

Morfológia povrchu

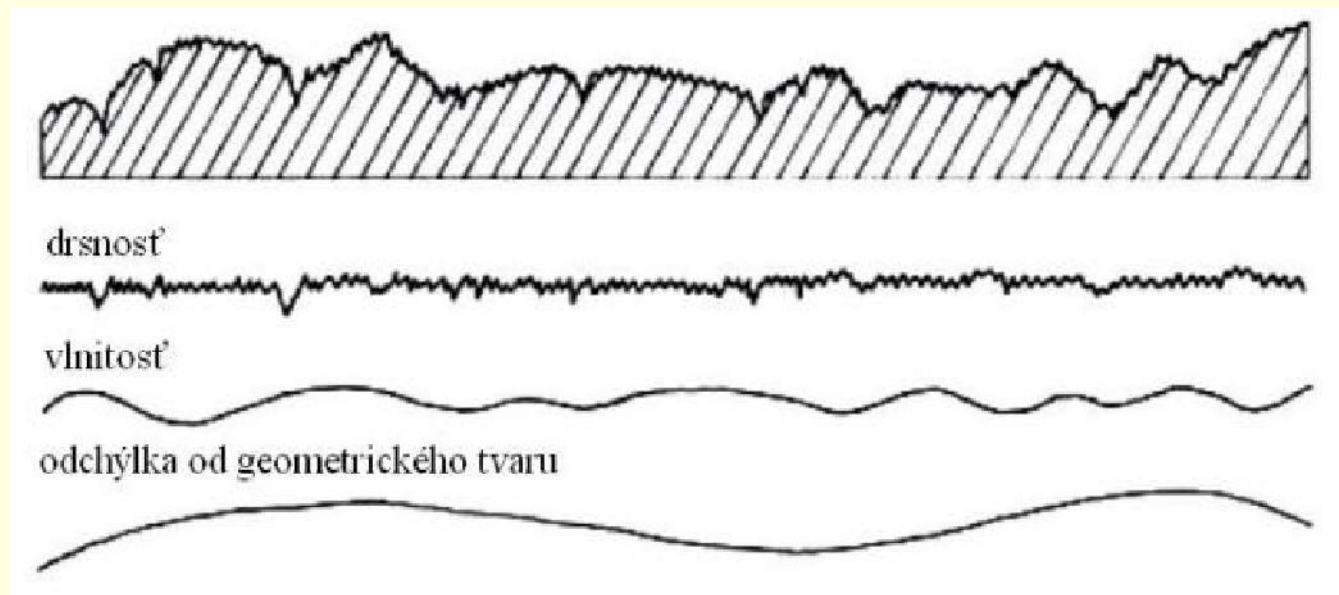
- n **Z fyzikálneho hľadiska sa vyhodnocuje geometria povrchu na základe drsnosti a vlnitosti.**
- n Princíp hodnotenia geometrie povrchu tuhých látok spočíva v kvalifikácii a stanovení odchýlok odpovedajúcich skutočnému povrchu od zmluvne definovaného základného povrchu. V technickej praxi sa hodnotí väčšinou len oblasť hrubých až submikroskopických nerovností.

Morfológia povrchu

- n Rozlišujú sa nasledovné odchýlky
- n **Odchýlka 1. poriadku** – odchýlka od geometrického tvaru, ktorá predstavuje veľké makroskopické defekty v celom povrchu.
- n **Odchýlka 2. poriadku** – vlnitosť, označovaná tiež ako sekundárna textúra povrchu. Vzniká v dôsledku interakcie rezného nástroja s drevom a predstavuje pravidelne sa opakujúce zložky nerovností, ktoré majú dĺžku vlny väčšiu ako je dĺžka meraného úseku pre drsnosť. Vlnitosť je ovplyvnená kvalitou rezného nástroja a zmenami v kvalite dreva (jarné a letné drevo, atď.).
- n **Odchýlka 3. a vyšších poriadkov** – zahrnuté pod spoločným názvom drsnosť. Tieto odchýlky sú označované aj ako primárna textúra a sú zákonným dôsledkom interakcie vnútornej stavby dreva a mechanického opracovania povrchu.

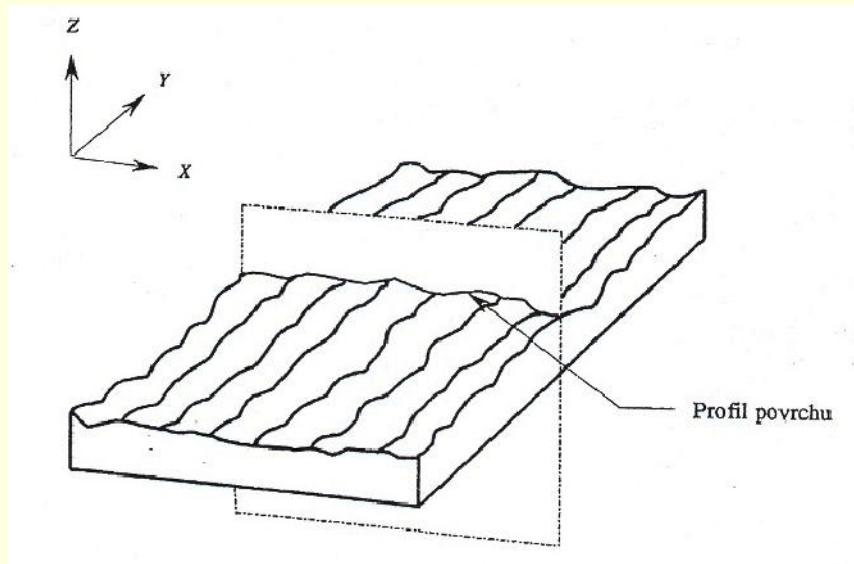
Morfológia povrchu

- Klasifikácia povrchu tuhých látok na základe drsnosti, vlnitosti a odchýlky od geometrického tvaru.



Morfológia povrchu

- n Na povrchu dreva sa vyskytujú všetky uvedené nerovnosti.
- n Vyhodnocuje sa profil, ktorý získame pretnutím povrchu materiálu kolmým rezom k základnému povrchu



Morfológia povrchu

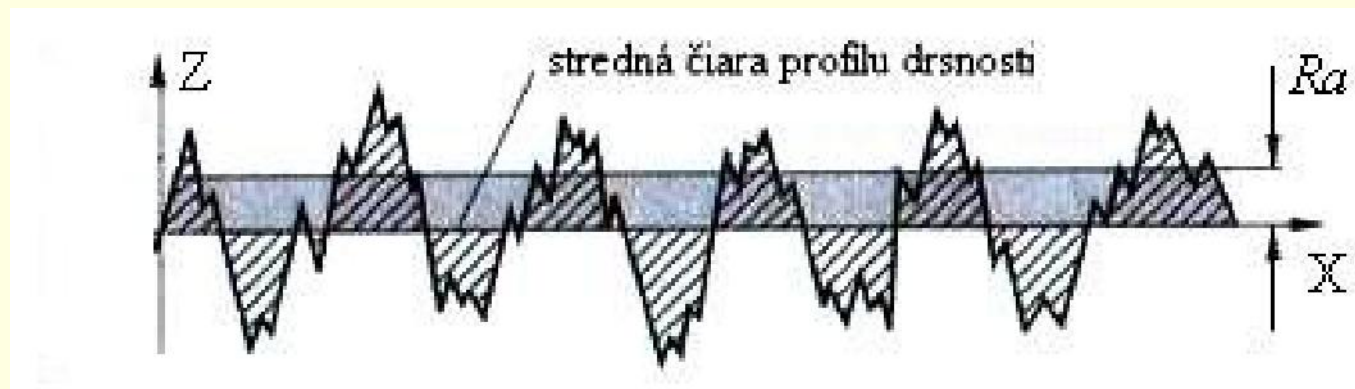
- n Drsnosť a vlnitosť sa zisťujú dotykovým alebo optickým profilometrom pri dostatočnom vertikálnom a horizontálnom zväčšení.
- n Na meranej dĺžke je potrebné správne stanovenie základnej dĺžky, na ktorej sa zisťujú parametre drsnosti (R) a vlnitosti (W) – stredná aritmetická odchýlka posudzovaného profilu, najväčšia výška nerovností profilu, koeficient asymetrie a špicatosti posudzovaného profilu, stredná šírka prvku profilu, stredný kvadratický sklon profilu, krivka materiálového podielu profilu, výškový rozdiel rezov profilu, relatívny podiel materiálu, rozdiel hustoty odchýlok profilu.
- n V bežnej praxi sa najčastejšie stanovuje stredná aritmetická odchýlka posudzovaného profilu a najväčšia výška nerovností profilu.

Morfológia povrchu

- n **Stredná aritmetická odchýlka profilu** drsnosti, resp. vlnitosti (Ra , Wa) je stredná aritmetická hodnota absolútnych odchýlok profilu $Z(x)$ v rozsahu základnej dĺžky

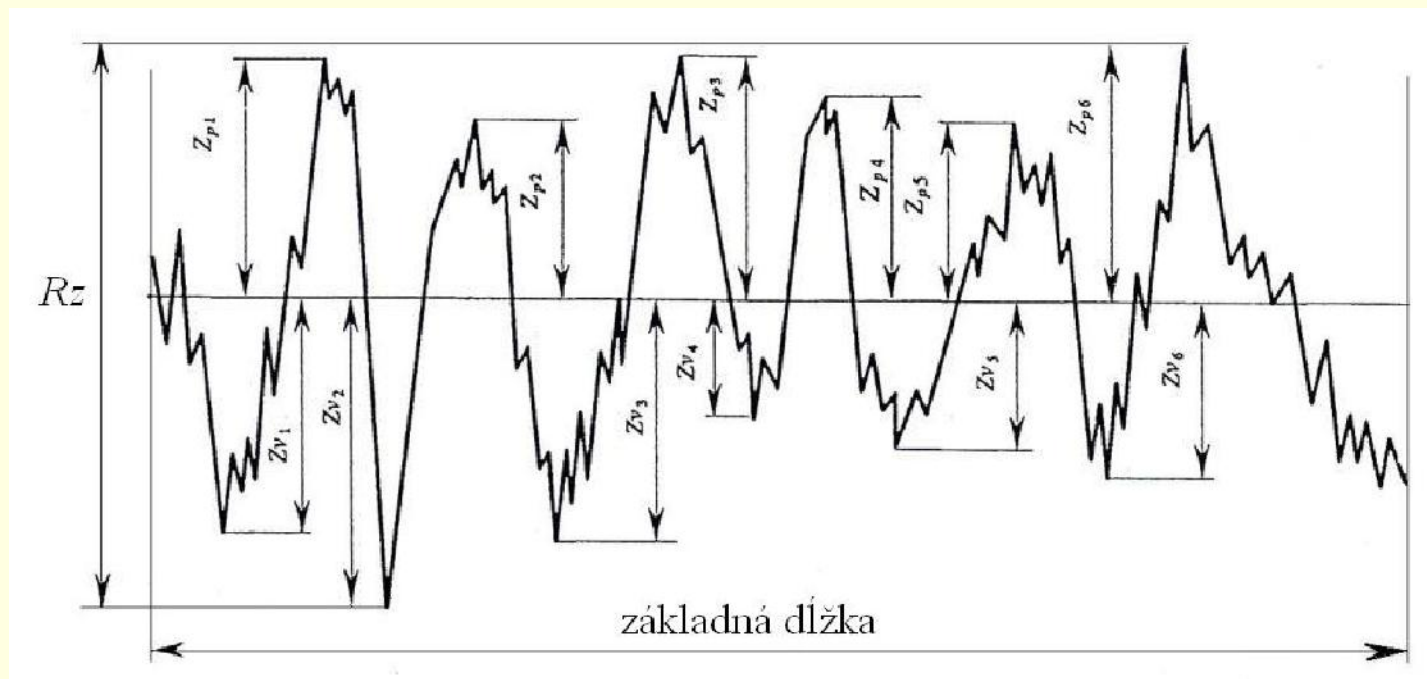
$$Ra, Wa = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

- n kde l je základná dĺžka a Z je vzdialenosť načítaného bodu od strednej čiary profilu vo vzdialenosti x , na základnej dĺžke



Morfológia povrchu

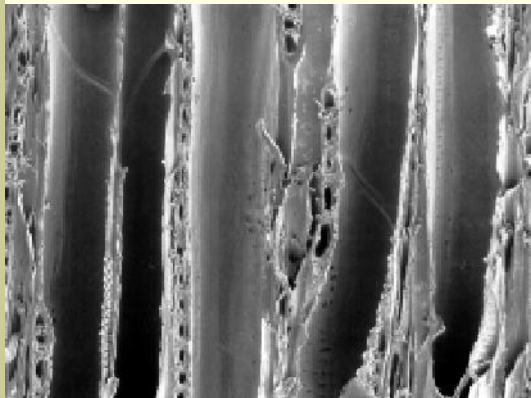
- **Najvyššia výška nerovností profilu (R_z , W_z)** sa stanoví ako súčet najväčšej výšky profilu Z_p a najväčšej priehlbiny profilu Z_v v rozsahu základnej dĺžky



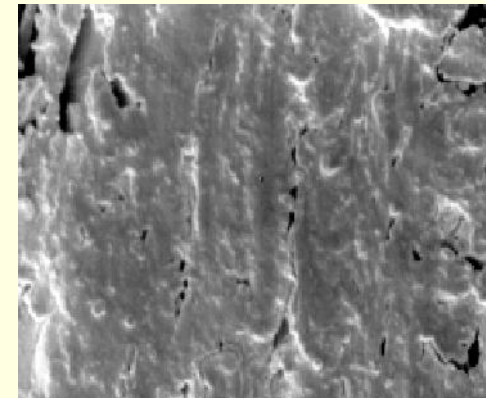
Morfológia povrchu

Tangenciálny povrch bukového dreva po opracovaní mikrotomom (a), klasickým rovinným frézovaním (b) a brúsením (c)

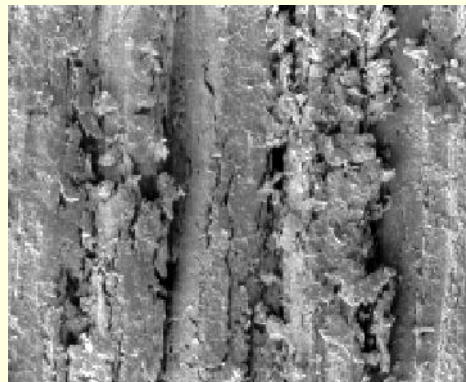
a)



b)



c)



Chemická štruktúra povrchov

- - n Chemické vlastnosti povrchu dreva vyplývajú z jeho chemického zloženia (celulóza, hemicelulózy, lignín a extraktívne látky).
 - n V prípade povrchov dreva, najmä pri ich úprave náterovými látkami osobitný význam má skupina extraktívnych látok, ktoré sa môžu významnou mierou podieľať na závažných defektoch povrchovej úpravy ako sú migrácia extraktívnych látok do náteru, nežiaduca farebná zmena podkladu, inhibícia vytvrdzovania náterových látok.

n

Chemická štruktúra povrchov

- n Na štúdium chemickej štruktúry povrchu dreva sa používajú spektrálne analýzy.
- n Týmito analýzami bolo dokázané, že elementárne chemické zloženie povrchu dreva sa líši od chemického zloženia vnútorného objemu dreva. Disproporcie medzi elementárnou analýzou dreva a výsledkami chemickej analýzy povrchu odrážajú rozdiely medzi vlastnosťami látok v ich vnútornej časti a na povrchu a boli potvrdené viacerými autormi.
- n V prípade povrchu dreva sa nachádzajú atómy kyslíka a uhlíka v inom kvantitatívnom zastúpení ako v oíme toho istého dreva. Tieto rozdiely závisia tiež od toho akým spôsobom je povrch dreva opracovaný.

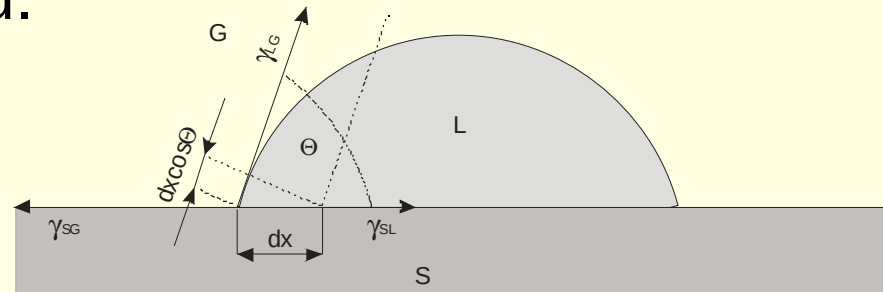
Termodynamika povrchov dreva

- .
 - n Základnou termodynamickou veličinou charakterizujúcou povrch alebo medzifázové rozhranie je reverzibilná práca. Je definovaná ako práca potrebná na tvorbu jednotkového povrchu pri konštantnej teplote, objeme a chemickom potenciáli látky.
 - n Pre charakteristiku povrchu dreva je zaužívaný pojem **voľna povrchová energia**.

Termodynamika povrchov dreva

- n · Znázornenie energetickej rovnováhy na medzifázovom rozhraní medzi ideálne rigidnou pevnou fázou, ideálnou kvapalinou a plynnou fázou.

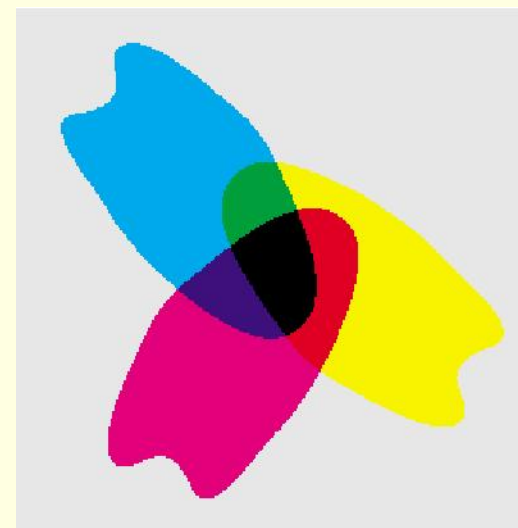
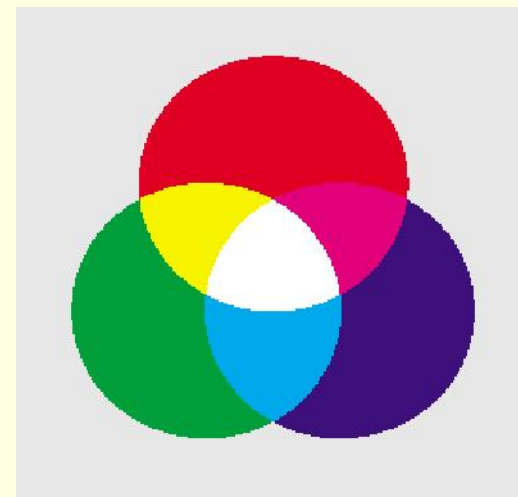
$$\gamma_{sv} - \gamma_{sl} = \gamma_{lv} \cos \theta$$



- n · Youngova rovnica platí pre ideálne hladký, homogénny, rovinný a nedeformovateľný povrch, ktorý je v rovnováhe z ostatnými fázami. Je východiskovou rovnicou pre štúdium dejov na fázovom rozhraní s kvapalinami a tuhými látkami pri procesoch povrchovej úpravy, lepení, modifikácii dreva.

Farba dreva

- n Farbou sa rozumie určitý zrkový vnem, ktorý závisí od spektrálneho zloženia odrážaných svetelných lúčov.
- n Väčšina reálnych farieb môže byť vytvorená pomocou základných farieb – červenej (R– red), zelenej (G– green), modrej (B– blue) v aditívnom systéme RGB
- n Modrozelená (C – cyan), purpurová (M – magenta), žltá (Y – yellow) v subtraktívnom systéme CMY

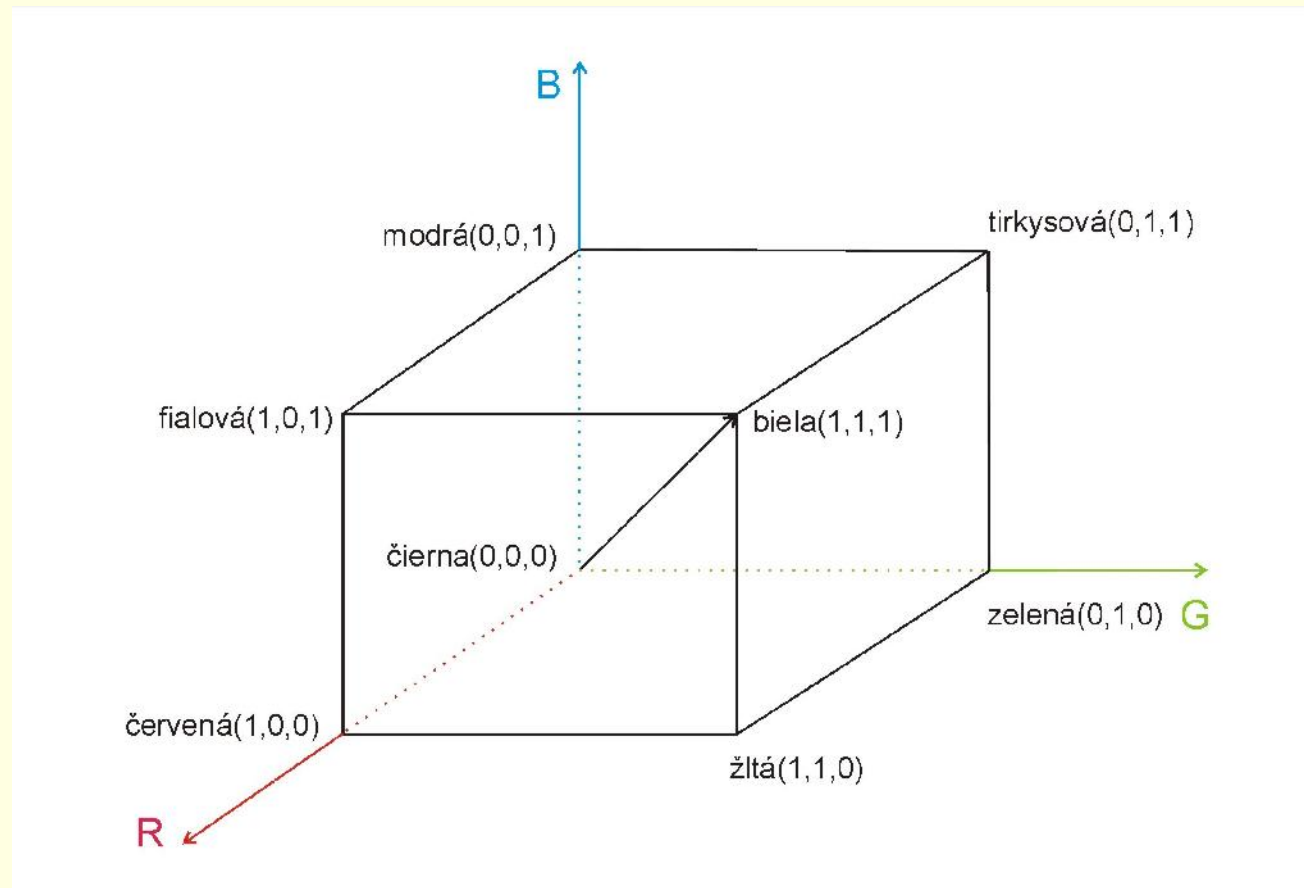


Hodnotenie farby dreva

- n Vizuálne hodnotenie farby dreva – subjektívne
- n Meraním vlastností farieb (farebného tónu, sýtosti, jas) – kolorimetria
- n Metódy používané na meranie farby:
 - n colorimetrická metóda
 - n spektrometrická metóda
- n Popis farieb sa uskutočňuje tromi nezávislými údajmi v trichromatických priestoroch:
 - n RGB
 - n XYZ
 - n CIELAB

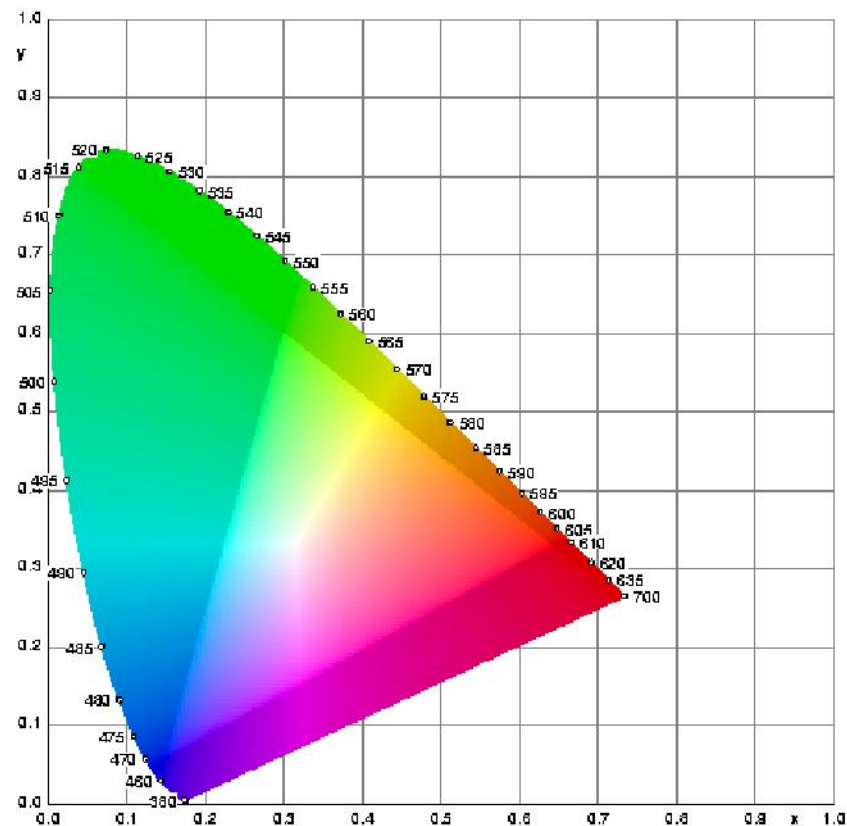
Hodnotenie farby dreva

n **RGB**



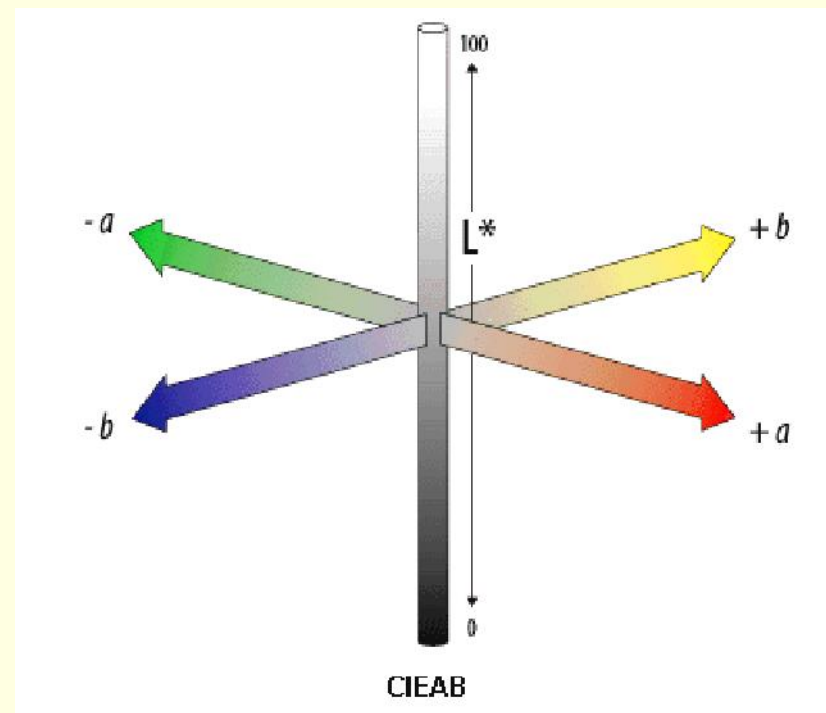
Hodnotenie farby dreva

System **XYZ** má rovinné zobrazenie v kolorimetrickom trojuholníku, kde trichromatické súradnice x , y tvoria pravouhlý súradný systém.



Hodnotenie farby dreva

- n Kolorimetrický systém **CIELAB** vychádza z priestoru XYZ a definuje farby podobným spôsobom ako sú vnímané.
- n Veličina L^* – merná svetlosť, predstavuje jas odrazený od dreva, a^* – odtieň medzi červenou a zelenou, b^* – odtieň medzi žltou a modrou.



Zmena farebnosti

- Zmena farebnosti ΔE sa stanovuje podľa rovnice:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

kde ΔL je svetlosť, a je súradnica červenej a b žltej farby

Interakcia žiarenia s drevom

- n Pri dopade žiarenia intenzity I_0 na drevo sa časť intenzity žiarenia:
 - n odráža – I_r
 - n sorbuje – I_a
 - n prechádza a znova sa vyžaruje – I_t
- n Pomer príslušnej zložky k celkovej intenzite dáva koeficient odrazu, absorpcie a prechodu.
- n Pre absorpciu žiarenia platí Bouguer-Lambertova rovnica

$$I_a = I_0 \cdot \exp(-\psi x)$$

Druhy žiarenia

- - n Mikrovlny (0,03–1 m)
 - n Infračervené žiarenie (0,75–1000 μm)
 - n Ultrafialové žiarenie (10–38 nm)
 - n Röntgenové žiarenie (0,6 pm– 5 nm)
 - n Ionizujúce žiarenie – α , β , γ

Použitie – štúdium štruktúry, vlastností dreva, ohrev, vytvrdzovanie
filmotvorných látok, delenie dreva

Prirodzená trvanlivosť dreva

- n **Prirodzená trvanlivosť dreva** – odolnosť rastlého dreva proti napadnutiu biologickými škodcami – drevoznehodnocujúcimi organizmami (drevokazné a drevosfarbujúce huby, drevokazný hmyz, ...)
- n skúšky prirodzenej trvanlivosti rastlého dreva – STN EN 350-1
- n ak je kritérium úbytok hmotnosti Δm

$$\Delta m = \frac{m_0 - m'_0}{m_0} 100$$

m_0 – hmotnosť vzorky pri nulovej vlhkosti pred experimentom, m'_0 – hmotnosť vzorky pri nulovej vlhkosti po experimente

Prirodzená trvanlivost' dreva

- n prirodzená trvanlivost' dreva pri napadnutí drevokaznými hubami
 - n poľne skúšky

Trieda trvanlivosti	Trvanlivost'	Výsledok poľných skúšok
1.	veľmi trvanlivé	$x > 5.0$
2.	trvanlivé	$5.0 \geq x > 3.0$
3.	stredne trvanlivé	$3.0 \geq x > 2.0$
4.	málo trvanlivé	$2.0 \geq x > 1.2$
5.	netrvanlivé	$x \leq 1.2$

$$X = \frac{\text{priemerná životnosť skúšobných kolíkov}}{\text{priemerná životnosť trvanlivejšej sady referenčných kolíkov}}$$

Prirodzená trvanlivosť dreva

- n prirodzená trvanlivosť dreva pri napadnutí drevokaznými hubami
 - n laboratórne skúšky

Trieda trvanlivosti	Trvanlivosť	Výsledok laboratórnych skúšok
1.	veľmi trvanlivé	$x \leq 0.15$
2.	trvanlivé	$0.15 < x \leq 0.3$
3.	stredne trvanlivé	$0.3 < x \leq 0.6$
4.	málo trvanlivé	$0.6 < x \leq 0.9$
5.	netrvanlivé	$x > 0.9$

$$x = \frac{\text{stredný korigovaný úbytok hmotnosti skúšobných vzoriek}}{\text{stredný úbytok hmotnosti referenčných vzoriek}}$$

Koniec

Ďakujem za pozornosť