

Lesnická xylologie

Chemické složení dřeva a kůry

přednáška



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Dřevo

Znalost chemického složení je nezbytná pro:

- pochopení submikroskopické stavby dřeva
- pochopení činnosti biotických činitelů rozkládajících dřevo
- pochopení chemického zpracování dřeva
- pochopení energetických vlastností dřeva

Chemické složení dřeva

Dřevo – složitý komplex chemických látek, především biopolymerů

- **Hlavní složky dřeva (90–97 %)**
 - polysacharidická složka
 - celulóza (35–55 %)
 - hemicelulózy (20–35 %)
 - fenolická složka
 - lignin (15–36 %)
- **Doprovodné složky dřeva (3–10 %)**
 - anorganické
 - organické

Elementární složení dřeva

Zastoupení chemických prvků ve dřevě

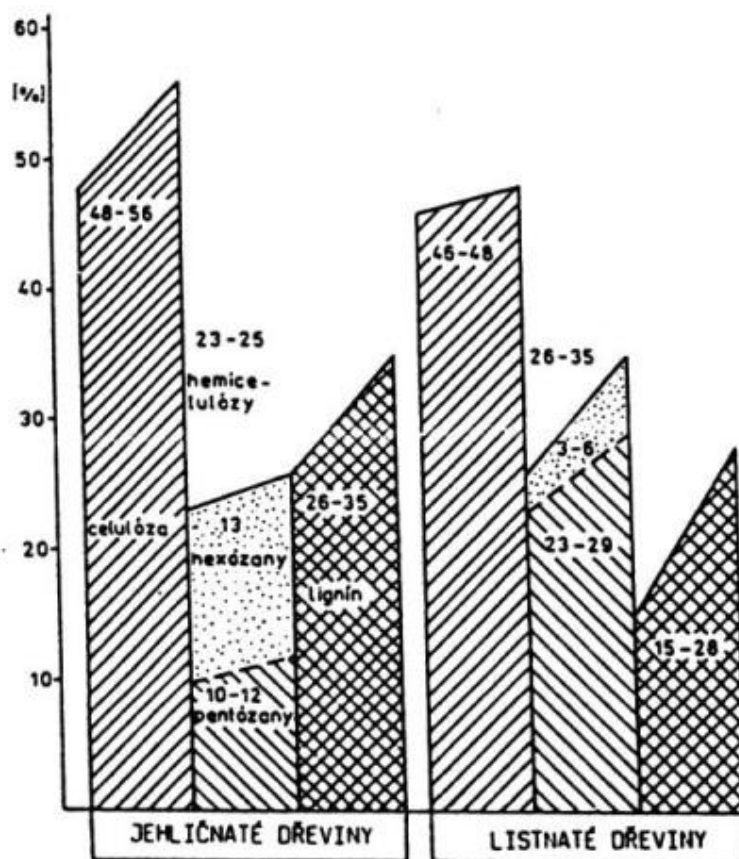
- C – 49,5 %
- H – 6,3 %
- O – 44,2 %

(průměrné hodnoty)

Elementární složení dřeva kmene vybraných dřevin (Bučko, 1995)

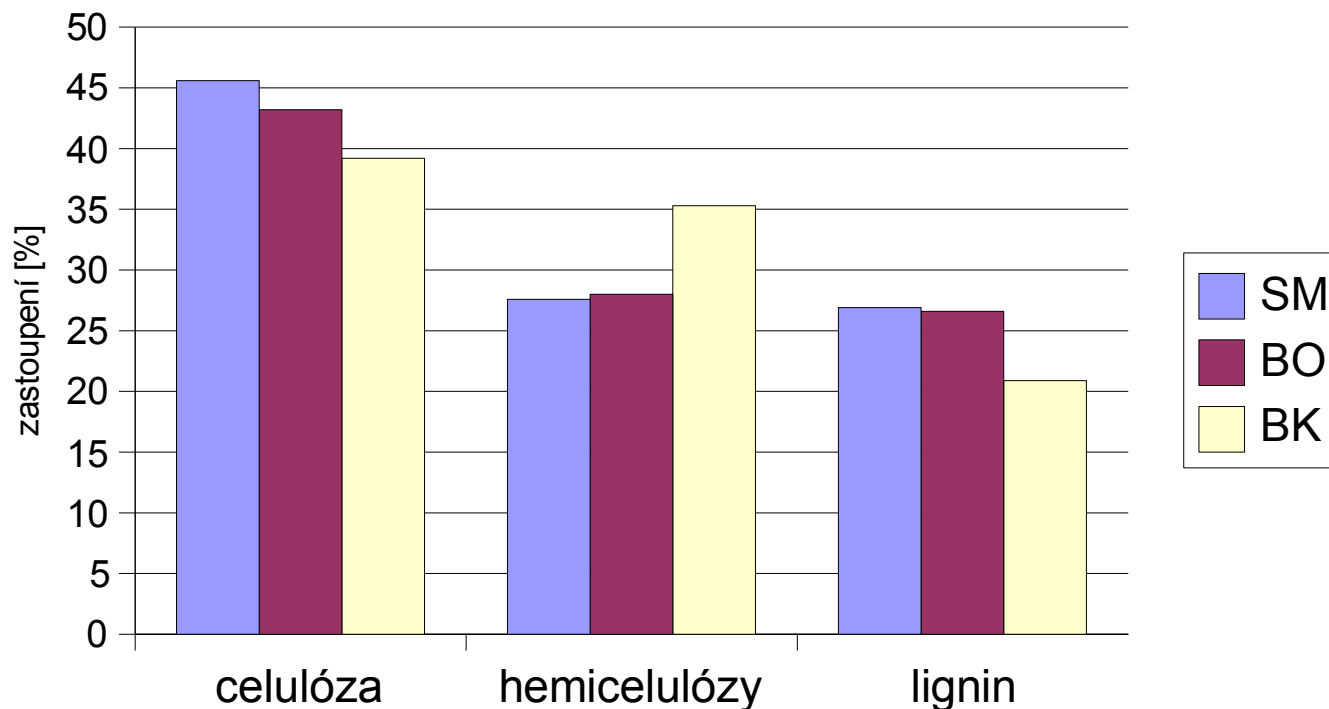
DŘEVO	PRVKY (%)			
	C	H	O	N
smrk	50,3–51,4	6,1–6,3	41,6–43,1	0,1–0,9
jedle	50,4–51,3	5,9–6,0	43,4–44,0	0,1–0,8
borovice	49,5–49,6	6,4	44,0–44,4	0,9
dub	49,4–50,6	6,1–6,2	41,8–44,5	1,2
buk	48,5–50,9	6,1–6,3	42,1–45,2	0,12–0,9

Variabilita chemického složení



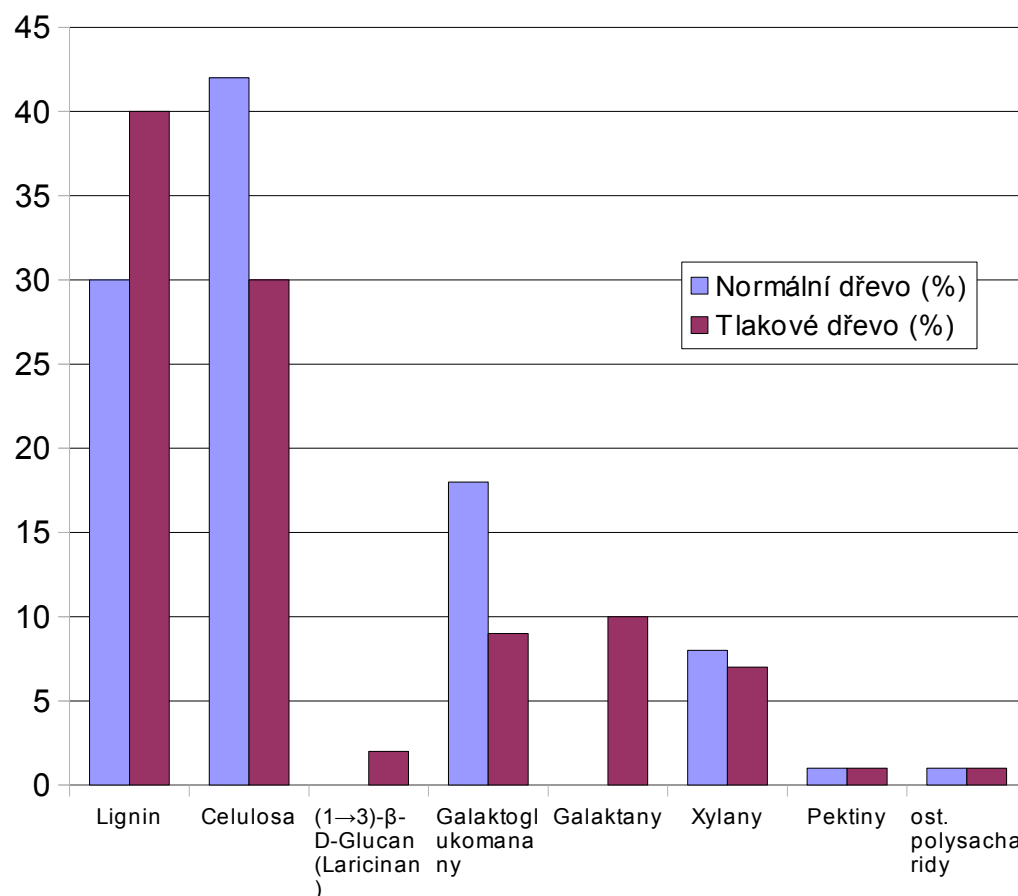
Zastoupení hlavních složek dřeva jehličnanů a listnáčů (Požgaj et al. 1993)

Variabilita chemického složení



*Zastoupení hlavních složek dřeva u různých druhů dřev
(Blažej 1975)*

Variabilita chemického složení



*Srovnání
chemického
složení
normálního a
tlakového
dřeva smrku*

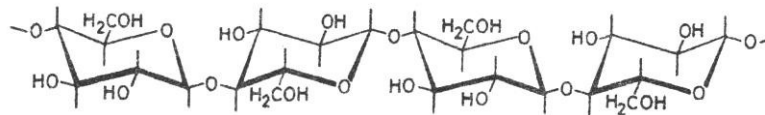
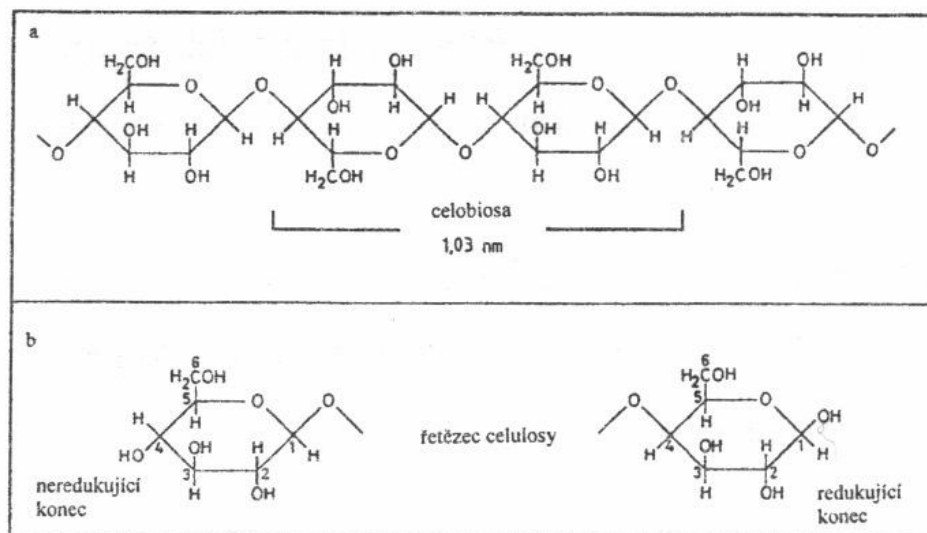
Hlavní složky dřeva

Celulóza

- nejrozšířenější organická látka na zemi
- tvoří „kostru“ buněčných stěn rostlinných organismů
- zastoupení: *jehličnany* 46–55 %, *listnáče* 41–48 %
- základní jednotka: *celobióza* (složena ze dvou β -D-glukopyranosových jednotek)
- polymerační stupeň: 5–14 tisíc (izolovaná celuloza 500–1500)

Hlavní složky dřeva

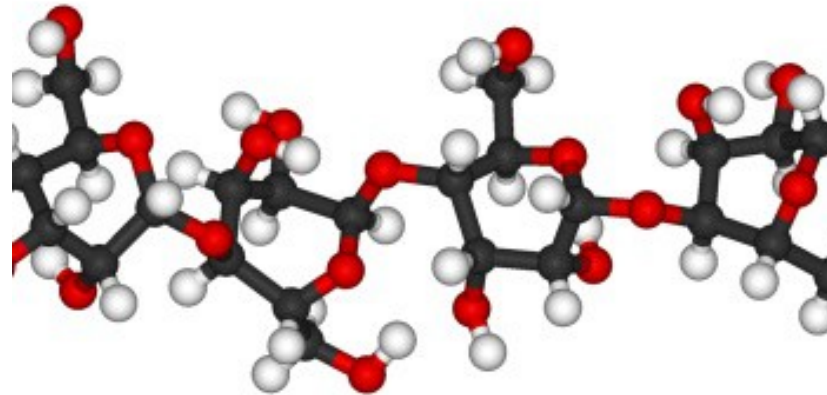
Celulóza



Hlavní složky dřeva

Celulóza

Model prostorového uspořádání molekul celulózy

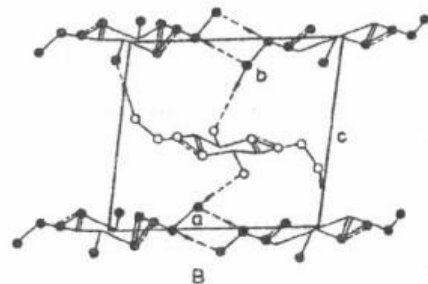
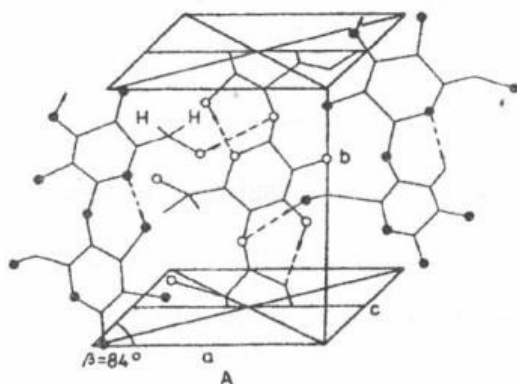


Hlavní složky dřeva

Celulóza

a) krystalická forma

b) amorfní forma



*Schéma nadmolekulární
struktury celulózy tvořící
„krystalickou mřížku“
(Požgaj et al. 1993)*

Hlavní složky dřeva

Celulóza

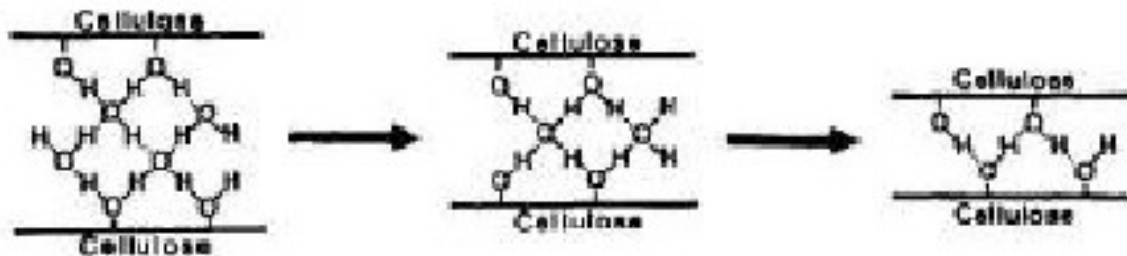
Vyšší podíl krystalické části má za následek:

- vyšší hustotu dřeva
- vyšší Youngův modul pružnosti
- vyšší pevnost v tahu
- vyšší rozměrovou stabilitu

Hlavní složky dřeva

Celulóza

- bobtnání
- sesýchání



Vazba molekul vody pomocí vodíkové vazby na řetězce celulózy. Během vysychání dřeva – dochází k sesýchání. Obrázek zcela vpravo představuje celulózu v absolutně suchém stavu

Hlavní složky dřeva

Celulóza

- Chemické vlastnosti
 - ve vodě a běžných rozpouštědlech nerozpustná
 - lze ji hydrolyzovat silnými anorganickými a organickými kyselinami
 - rozpustná ve Schweizerově činidle (amoniakální roztok $\text{Cu}(\text{OH})_2$)
- Využití celulosy
 - výroba buničiny → papír, kartony, lepenky, deriváty celulosy
 - hydrolýzou celulosy → glukosa → zkvašování → etanol
 - hydrogenací → vitamín C

Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

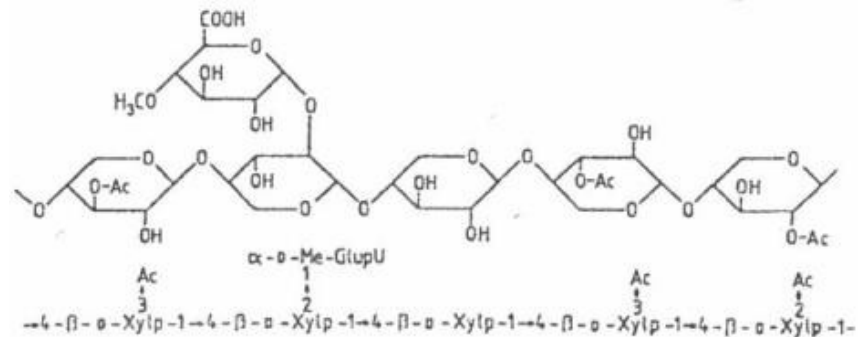
- směs dalších polysacharidů ve dřevě
- polymerizační stupeň: 100–200
- jsou to *heteropolysacharidy*, tj. obsahují další hexosy a pentosy (D-glukosa, D-galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa, uronové kyseliny a další)
- nízký podíl krystalické části
- tvoří tmelící složku mezi vláknitými strukturami celulosy a ligninem

Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

b) manany

- řetězce z glukopyranózových a manopyranózových jednotek (hexózy)
- polymerizační stupeň: 60–70
- zastoupení:
 - jehličnany (až 20 %)
 - listnáče (3–5 %)

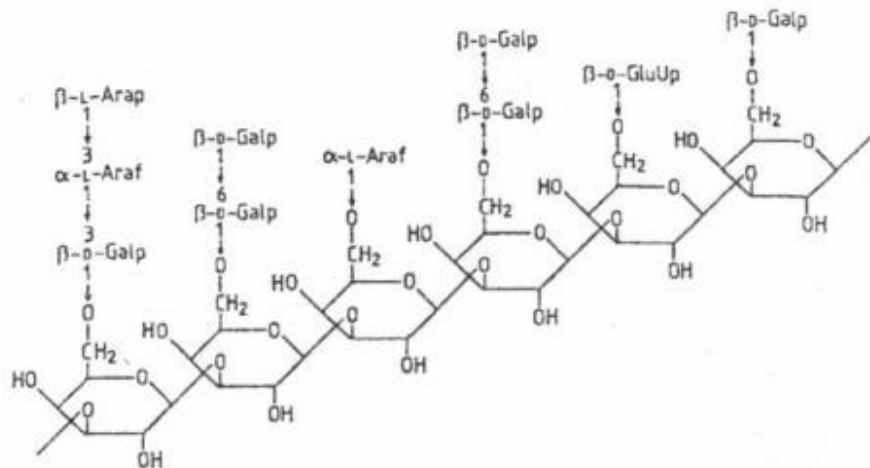


Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

c) galaktany

- malý podíl (0,5–3 %): BO, BK, BR, JV
- větší zastoupení ve dřevě MD: 10–20 %
- zvýšený podíl také v reakčním dřevě



Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

- Chemické vlastnosti
 - závisí na
 - délce řetězce
 - stupni rozvětvení
 - stupni acetylace
 - lze je extrahovat pomocí zředěných alkálií, některé i vodou!
 - jsou lehce hydrolyzovatelné
 - jejich vliv na chemické a fyzikální vlastnosti se projevuje při technologických procesech (vaření, paření, sušení, lisování dřeva)

Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

- Využití
 - slouží jako přírodní adhezivum při výrobě papíru
 - hexosy: výroba krmných kvasnic
 - pentosy: výroba lepidel, plastických hmot

Hlavní složky dřeva

Lignin

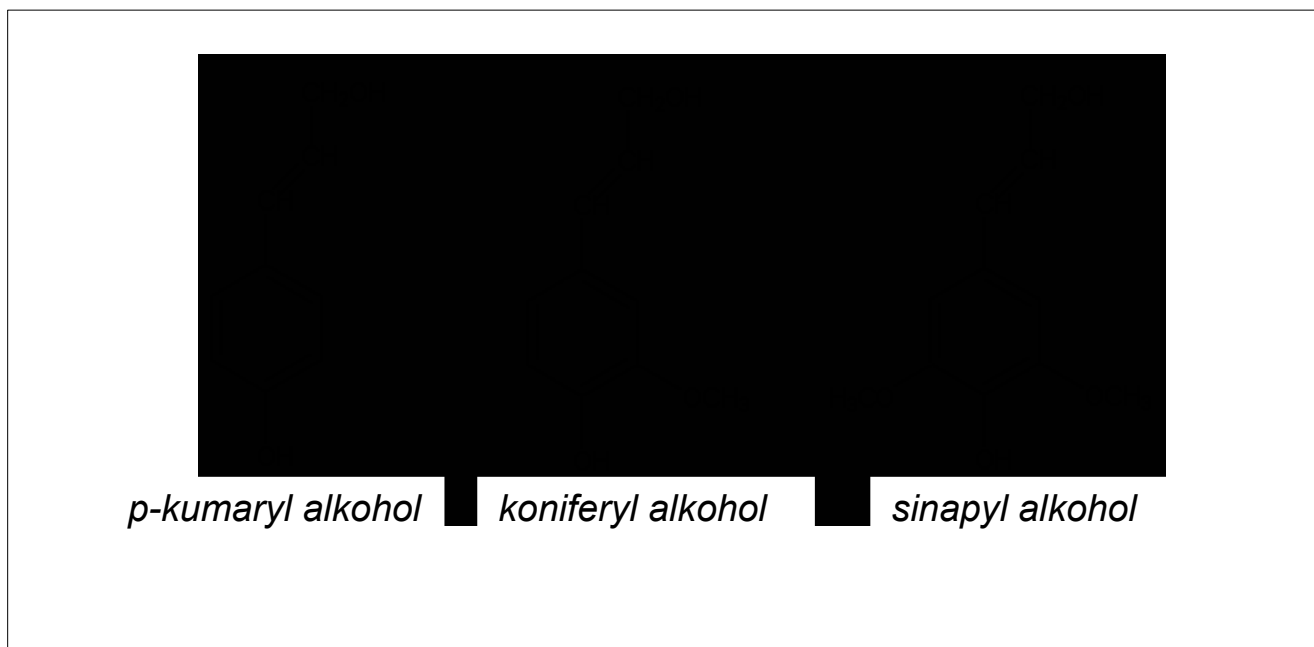
- po celulose nejzastoupenější přírodní biopolymer
- prostorově rozložené makromolekuly
- vazba na polysacharidy:
 - elektrostatickými interakcemi
 - van der Walsovými silami
 - chemickými vazbami (zejména na boční řetězce hemicelulos)
- polysacharidy vytváří s ligninem LCC
- nerovnoměrné rozložení v rámci BS
- zastoupení: *jehličnany* (24–33 %), *listnáče* (19–28%)
- rozdílná struktura jehličnany vs. listnáče

Hlavní složky dřeva

Lignin

– amorfní polyfenolická látka vznikající dehydrogenativní polymerací tří fenypropanových monomerů.

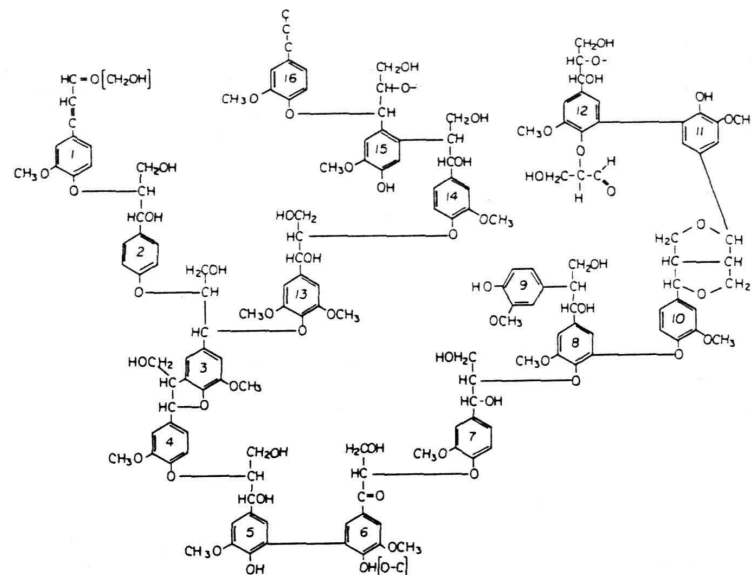
Monomery tvořící stavební jednotky ligninu:



Hlavní složky dřeva

Lignin

- postrádá pravidelnou strukturu a opakující se jednotky → ne samostatná sloučenina, ale směs fyzikálně a chemicky heterogenních látek
- strukturu lze reprezentovat modely
- často se používá termín statistický polymer hydroxyfenylpropanových jednotek



Hlavní složky dřeva

Lignin

- *dřevo jehličnanů*
 - tzv. *guajacyl lignin* = *koniferyl alkohol* (95 %) + *p-kumaryl alkohol*
- *dřevo listnáčů*
 - tzv. *guajacyl-syringilové ligniny* = *koniferyl alkohol* + *sinapyl alkohol*
 - lignin vykazuje větší variabilitu svého složení oproti jehličnanům

Hlavní složky dřeva

Lignin

- Vliv na vlastnosti dřeva
 - dodává dřevu tuhost
 - zvyšuje mechanickou pevnost dřeva (tlakovou, ohybovou, houževnatost)
 - snižuje propustnost
 - zvyšuje ochrannou funkci rostlinných pletiv

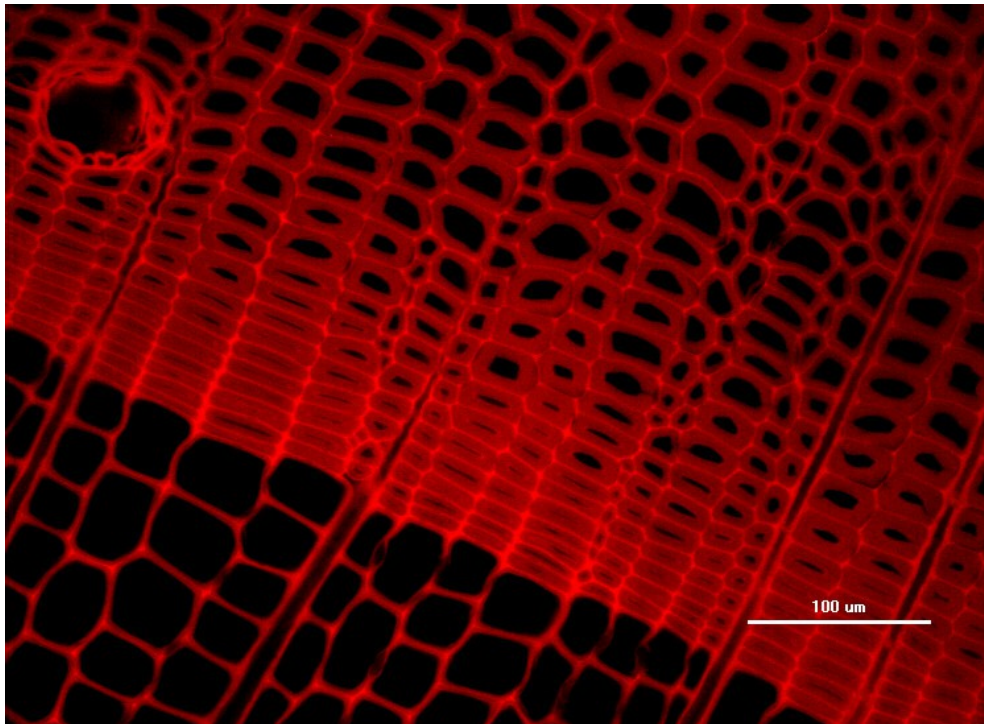
Hlavní složky dřeva

Lignin

- Chemické vlastnosti
 - snadno podléhá vlivu zásad, kyselin i jiných látek oproti celulóse → této vlastnosti se využívá při výrobě buničiny
 - vysoká absorpce světla
- Využití
 - lignocelulosový odpad z výroby buničiny
 - energetické účely
 - přečištění → přídavek k lepidlům při výrobě velkoplošných materiálů
 - pyrolýzou se získává fenol a acetylen

Hlavní složky dřeva

Lignin



*Autofluorescence
ligninu na příčném
řezu dřevem smrku*

Doprovodné složky dřeva

Různé látky, které se vykytují v malých množstvích.

Mohou se nacházet:

- v buněčných stěnách
- v mezibuněčných prostorech
- v lumenech

- mají vliv na barvu dřeva, vůni, sušení, opracování, trvanlivost a odolnost

a) *anorganické látky*

– jejich spálením vznikne popel (do 1 % hmoty dřeva)

b) *organické látky*

– označujeme je také jako *extraktiva* (1–5 % hmoty dřeva)

Doprovodné složky dřeva

Anorganické látky

- získávají se mineralizací
- především vápenaté, draselné a hořečnaté soli (uhličitany, fosforečnany, sírany)
- ve formě krystalů
- asi 25 % lze vyluhovat vodou
- zastoupení
- soli vápníku: až 50 %
- malé množství Mn, Na, P, Cl
- stopové prvky

Doprovodné složky dřeva

Organické látky

- sacharidy
 - **pektinové látky** – deriváty poly-D-galakturonové kyseliny
 - **škrob** (= amylosa + amylopektin) – nejvýznamější zásobní látka
 - **polyuronidy** – rostlinné gummy
 - **monosacharidy** – např. glukosa, manosa ...
- fenolické látky
 - mají ochrannou funkci
 - jednoduché (vanilin, koniferylaldehyd)
 - **lignany** – především v jádrovém dřevě (pinorezinol)
 - **flavonoidy** – v jádrovém dřevě
 - **stilbeny** – mají ochrannou funkci a zajišťují světlostálost
 - **taniny** (= třísloviny) – např. u DB, JM, OŘ

Doprovodné složky dřeva

Organické látky

- terpeny
 - především u jehličnanů s pryskyřičnými kanálky
- ostatní látky
 - např. alkaloidy, alkoholy, bílkoviny, tuky, vosky ...

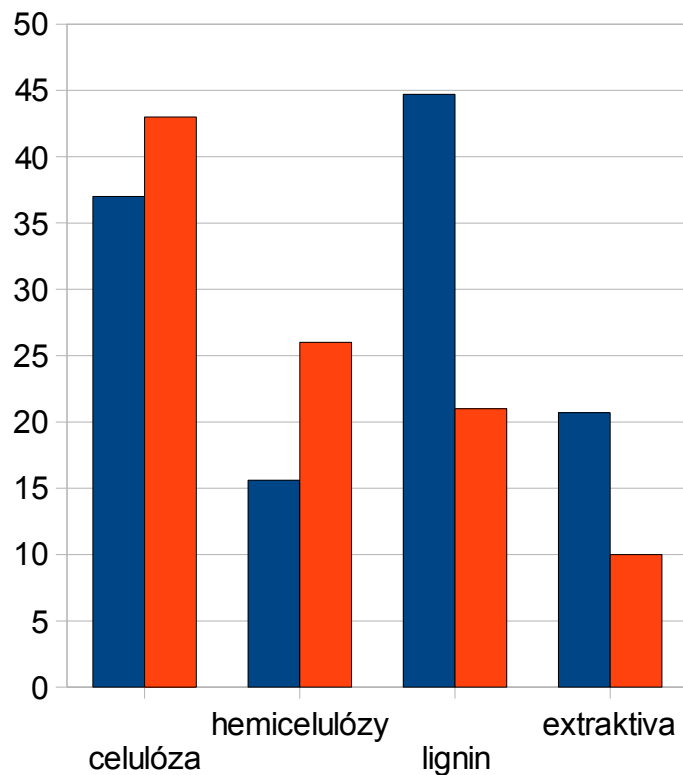
Chemické složení kůry

Kůra

- méně polysacharidů
- celulóza (16-41 %)
- hemicelulózy – zastoupeny méně než ve dřevě
- lignin – zastoupen více než ve dřevě
- větší obsah doprovodných látek (extraktiv i anorganických)
- anorganických látek (10 %) = 10 × více než ve dřevě
- suberin – především v korku

dřevina	extraktiva	celulosa	hemicelulosa	lignin	suberin	popel
	(%)					
smrk	21,0	47,9	17,4	37,8	–	2,1
borovice	20,7	37,0	15,6	44,7	–	1,1
modřín	–	24,6	18,3	39,9	2,7	–
buk	11,4	38,1	23,1	39,0	4,3	7,3
dub	15,7	53,9	9,3	38,1	–	2,2

Chemické složení kůry



Zastoupení (%) hlavních složek ve dřevě a v kůře borovice.

■ kůra (%)
■ dřevo (%)

Hořlavost dřeva

- **hořlavost**
 - schopnost vznítit se, žhnout a hořet plamenem
- **bod vzplanutí** (180–275 °C)
 - nejnižší teplota, při níž se zahříváním vyvine tolik plynů, že společně se vzduchem vytvoří směs, která po přiblížení plamene vzplane a po oddálení zhasne
- **bod zápalnosti** (330–470 °C)
 - nejnižší teplota, na kterou se musí dřevo zahřát, aby se samovznítilo

Energetické vlastnosti

Výhřevnost (spalné teplo)

- množství tepla, které vznikne při spálení 1 kg dřeva
- vztaženo na jednotku hmotnosti suchého dřeva: $19 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- čerstvě skácené má 2krát menší výhřevnost než abs. suché