

Lesnická xylologie

Chemické složení dřeva a kůry

přednáška

verze 2020-04-29



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

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)

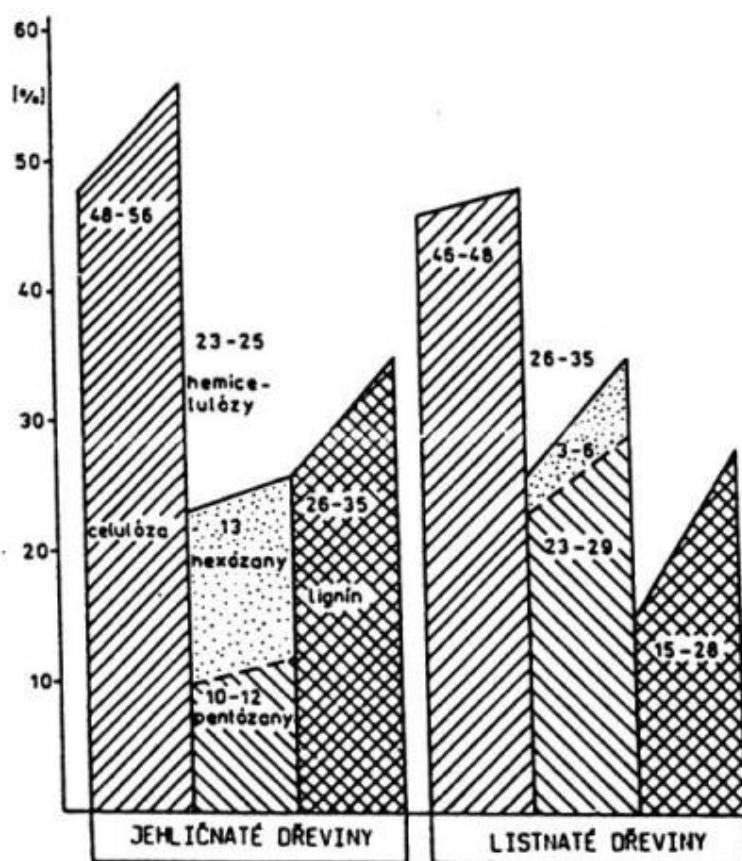
DŘEVO	PRVKY (%)			
	C	H	O	N
smrk	50,3–51,4	6,1–6,3	41,6–43,1	0,1–0,9
jedle	50,4–51,3	5,9–6,0	43,4–44,0	0,1–0,8
borovice	49,5–49,6	6,4	44,0–44,4	0,9
dub	49,4–50,6	6,1–6,2	41,8–44,5	1,2
buk	48,5–50,9	6,1–6,3	42,1–45,2	0,12–0,9

Chemické složení dřeva

Dřevo – složitý komplex chemických látek, především biopolymerů

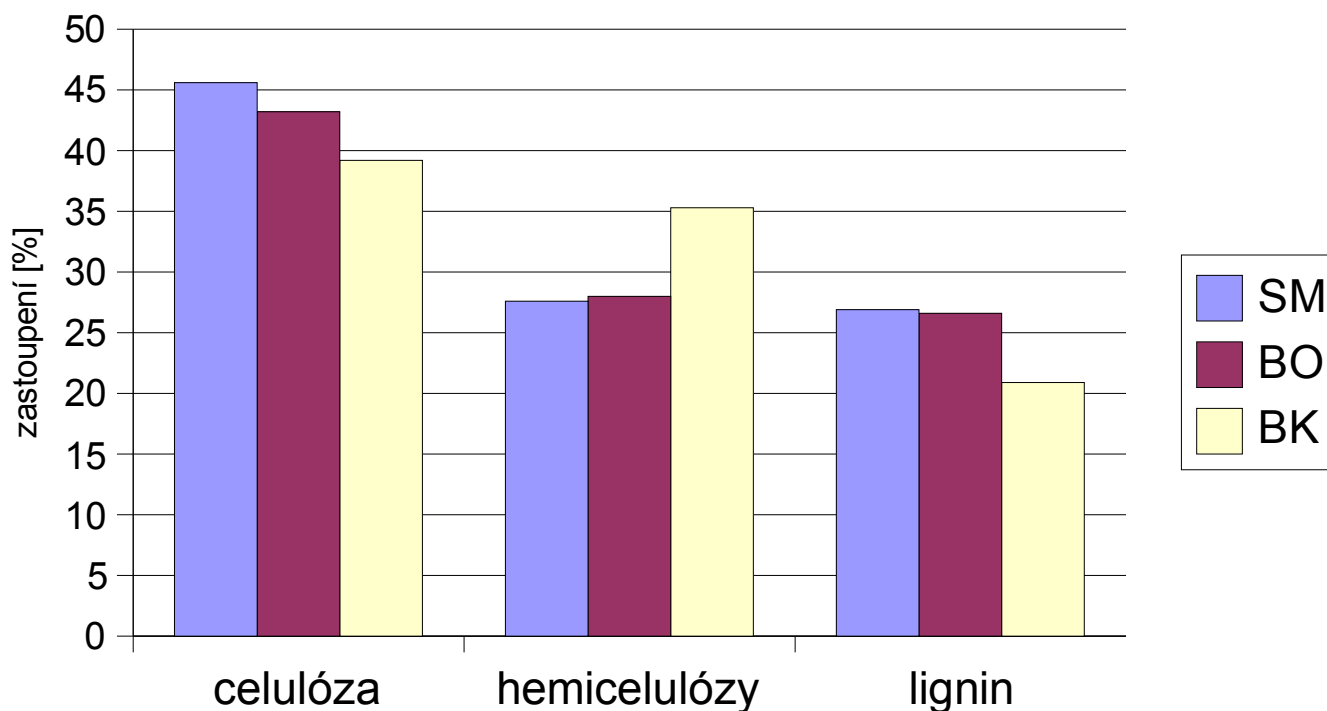
- **Hlavní složky dřeva (90–97 %)**
 - polysacharidická složka
 - celulóza (35–55 %)
 - hemicelulózy (20–35 %)
 - fenolická složka
 - lignin (15–36 %)
- **Doprovodné složky dřeva (3–10 %)**
 - anorganické
 - organické

Variabilita chemického složení



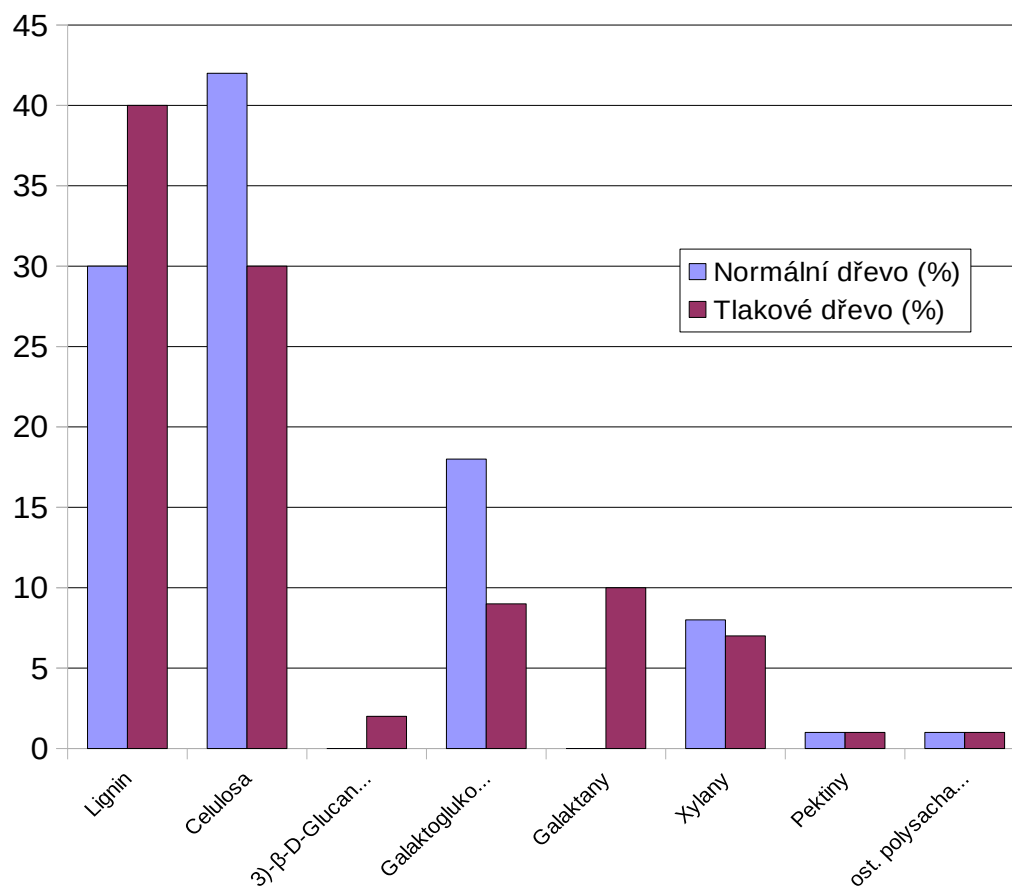
Zastoupení hlavních složek dřeva jehličnanů a listnáčů (Požgaj et al. 1993)

Variabilita chemického složení



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

Variabilita chemického složení



*Srovnání
chemického
složení
normálního a
tlakového
dřeva smrku*

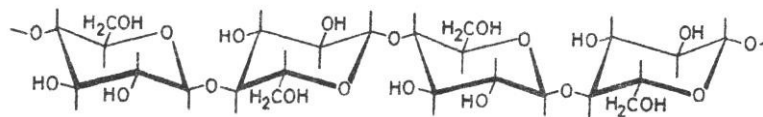
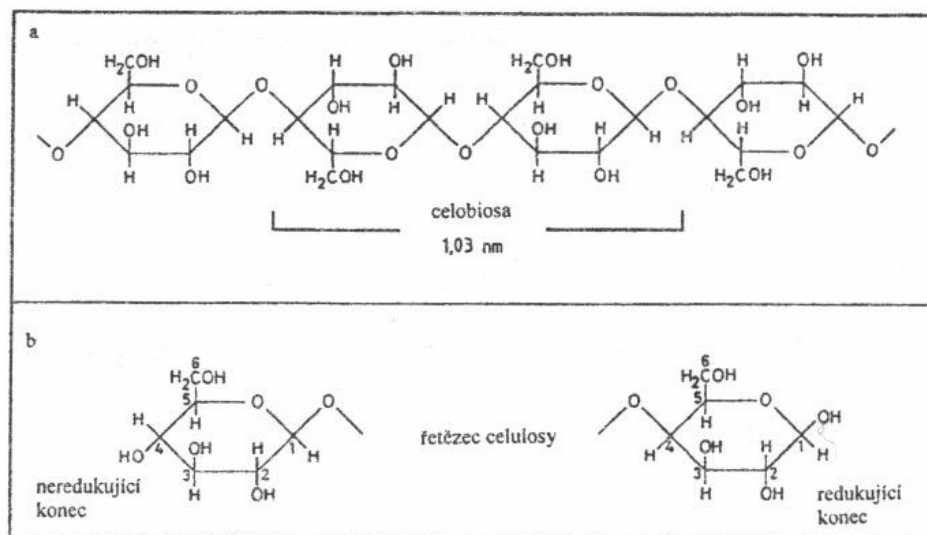
Hlavní složky dřeva

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

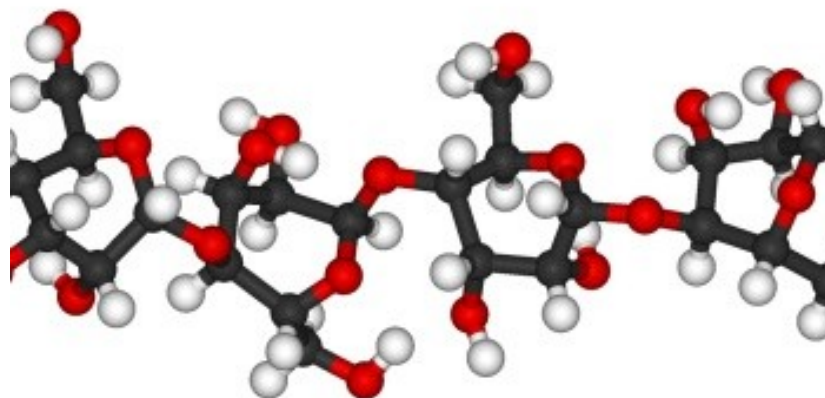
Celulóza



Hlavní složky dřeva

Celulóza

Model prostorového uspořádání molekul celulózy

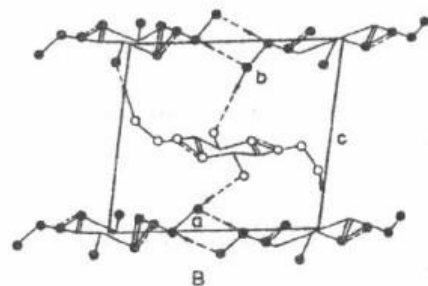
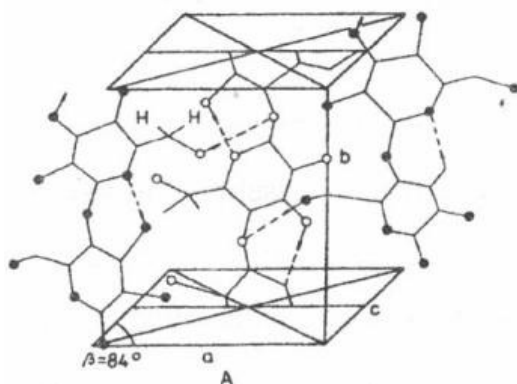


Hlavní složky dřeva

Celulóza

a) krystalická forma

b) amorfní forma



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

Hlavní složky dřeva

Celulóza

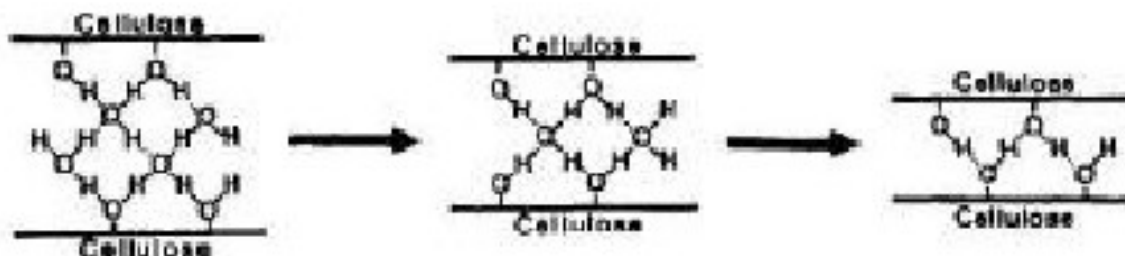
Vyšší podíl krystalické části má za následek:

- 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

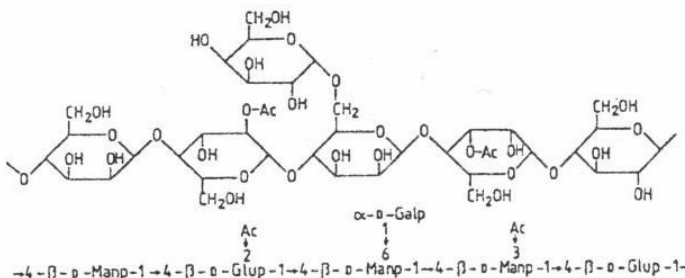
- směs dalších polysacharidů ve dřevě
- polymerační stupeň: 100–200
- jsou to *heteropolysacharidy*, tj. obsahují další hexosy a pentosy (D-glukosa, D-galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa, uronové kyseliny a další)
- nízký podíl krystalické části
- tvoří tmelící složku mezi vláknitými strukturami celulosy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

Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

a) xylany

- *listnáče* (až 35 %)
 - řetězce z β -D-xylopyranosových jednotek (pentózy)
 - polymerační stupeň: 100–200
- *jehličnany* (10–15 %)
 - polymerační stupeň: 70–130

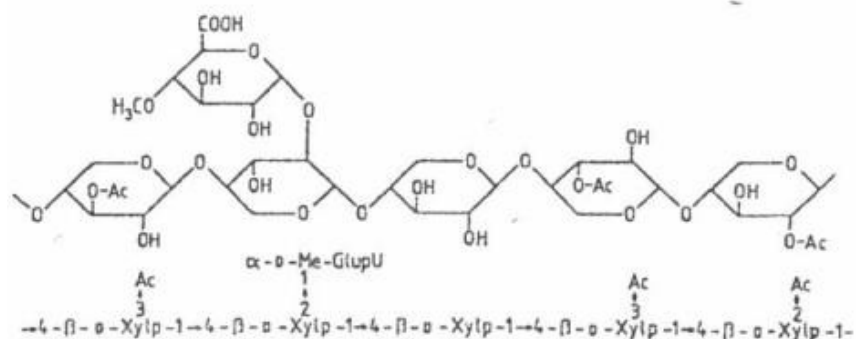


Hlavní složky dřeva

Hemicelulózy

b) manany

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

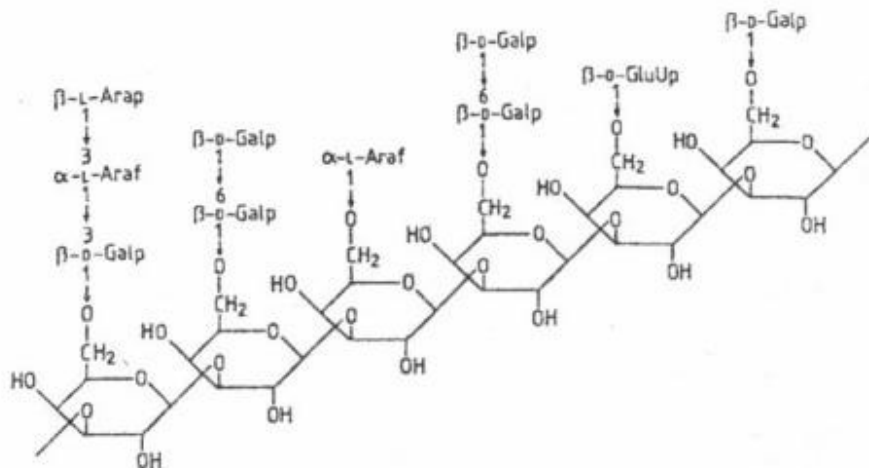


Hlavní složky dřeva

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, páření, 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

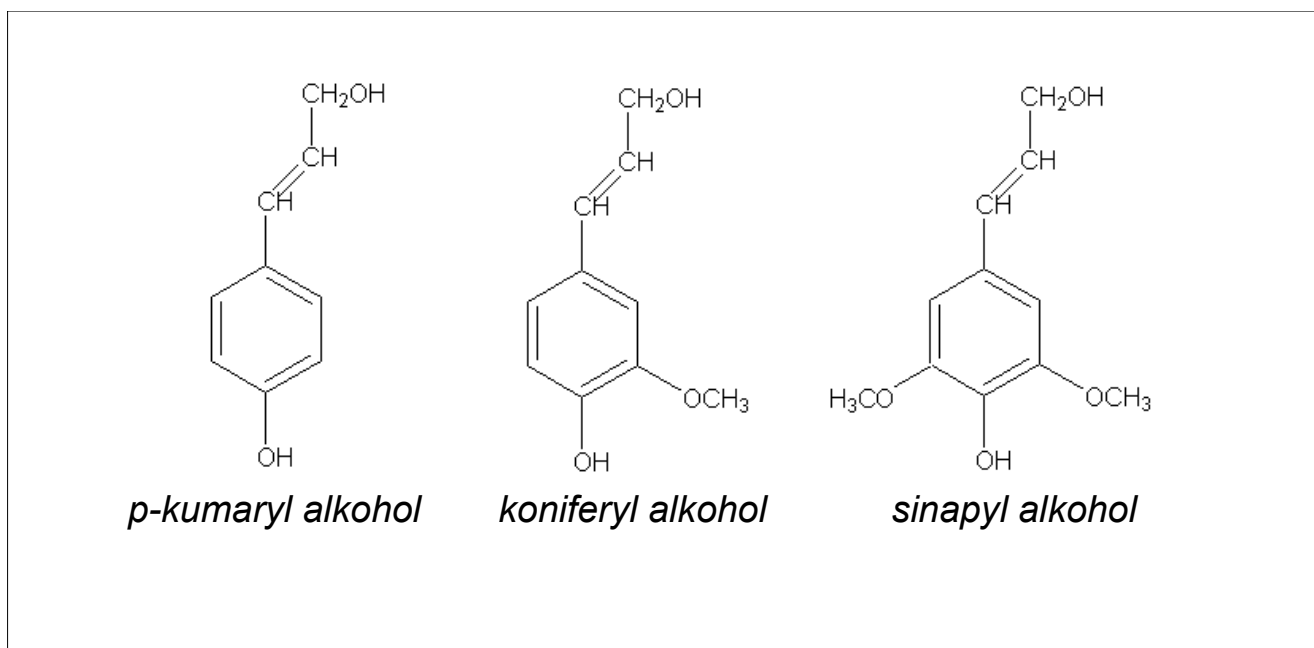
- po celulose nejzastoupenější přírodní biopolymer
- prostorově rozložené makromolekuly
- vazba na polysacharidy:
 - elektrostatickými interakcemi
 - van der Walsovými silami
 - chemickými vazbami (zejména na boční řetězce hemicelulos)
- polysacharidy vytváří s ligninem LCC
- nerovnoměrné rozložení v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

Hlavní složky dřeva

Lignin

– amorfnní polyfenolická látka vznikající dehydrogenativní polymerací tří fenylpropanových monomerů.

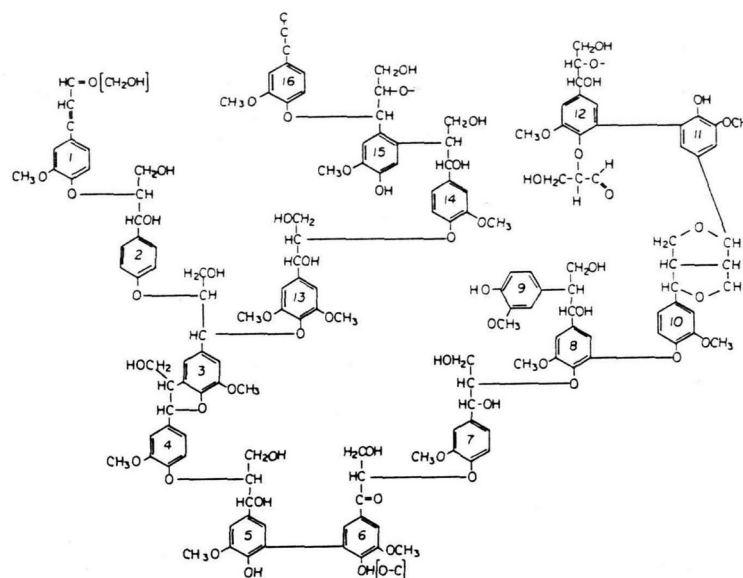
Monomery tvořící stavební jednotky ligninu:



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

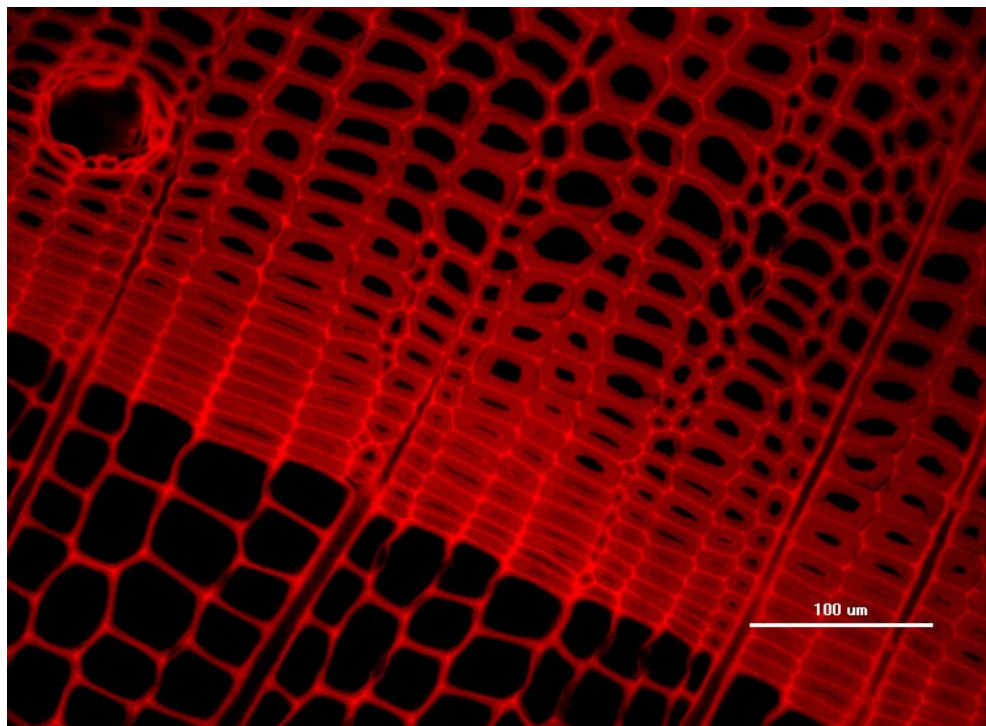
Hlavní složky dřeva

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, tropická dřeva: až 5 %)

b) *organické látky*

– označujeme je také jako *extraktiva* (1–5 % hmoty dřeva, tropická: až 30 %)

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 gumy
 - **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 ...

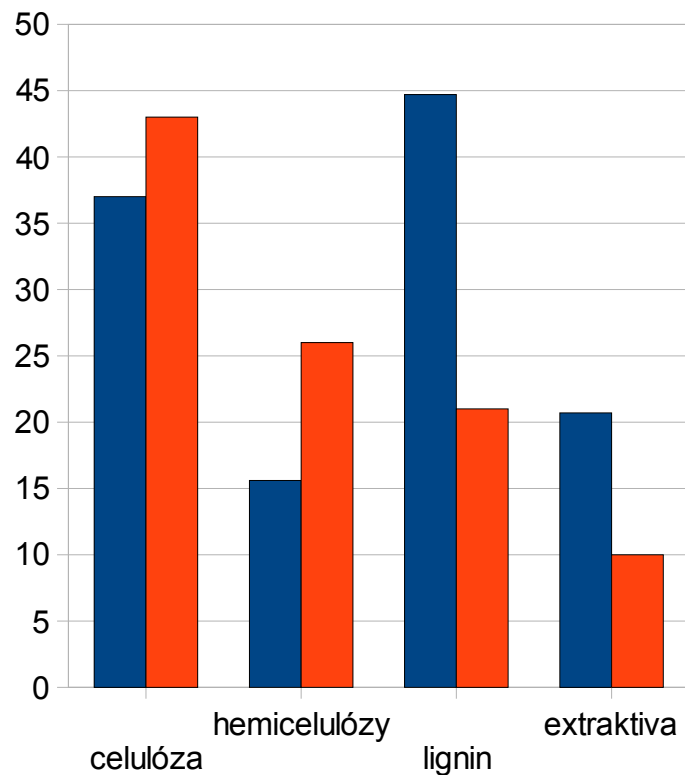
Chemické složení kůry

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	hemicelulosy	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