

# KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

## Přednášky:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. **Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva**
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí

# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

Obsah přednášky:

1. Úvod
2. Historie
3. Materiál
4. Vlastnosti dřeva
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

# 1. Úvod

- Dřevo a kámen jsou nejstarší stavební materiály
- Člověk započal nejprve s výstavbou obydlí, potom se stavbou dalších konstrukcí (konstrukce pro zemědělské účely, pasti, lávky...)
- Dřevo je obnovitelný stavební materiál, dřevo na stavební konstrukce produkují státy s vysokým stupněm zalesnění (ČR – 35%)
- Zpravidla se na konstrukce používá dřevo jehličnatých dřevin (zejména smrkové)
- Při navrhování se zohledňují rozdílné vlastnosti dřevin (použití závisí na způsobu expozice konstrukce, na rozměrech konstrukce, na převládajícím typu namáhání atd.)



M.M.



KK2 2023/2024



## Porovnání vlastností různých materiálů

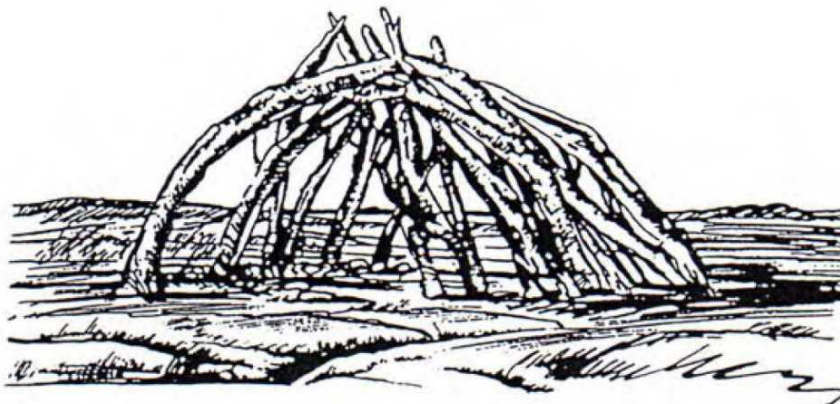
	BETON	ZDIVO	OCEL	DŘEVO	SKLO
Pevnost v tlaku:	30	3	300	20	400
Pevnost v tahu:	1	0	300	12	40
Modul pružnosti: (MPa)	30 000	2 000	210 000	10 000	70 000
Cena:	+	++	-	+	--
Hlavní výhoda:	tvar	dostupnost	pevnost	výkon/cena	vzhled
Hlavní nevýhoda:	čas	omez. využití	cena	spoje	křehkost

# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

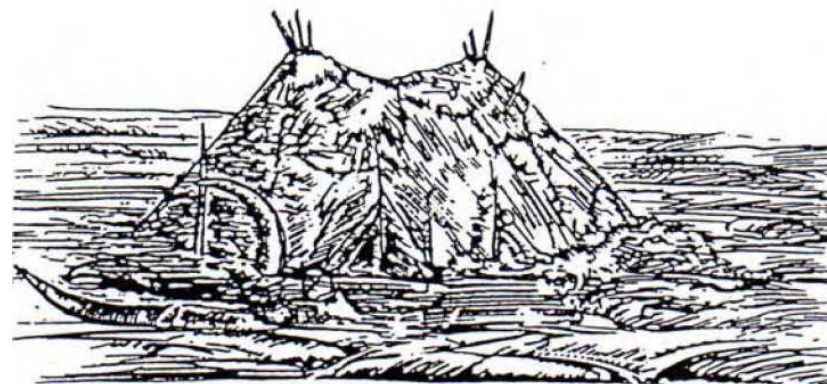
Obsah přednášky:

1. Úvod
2. Historie
3. Materiál
4. Vlastnosti dřeva
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

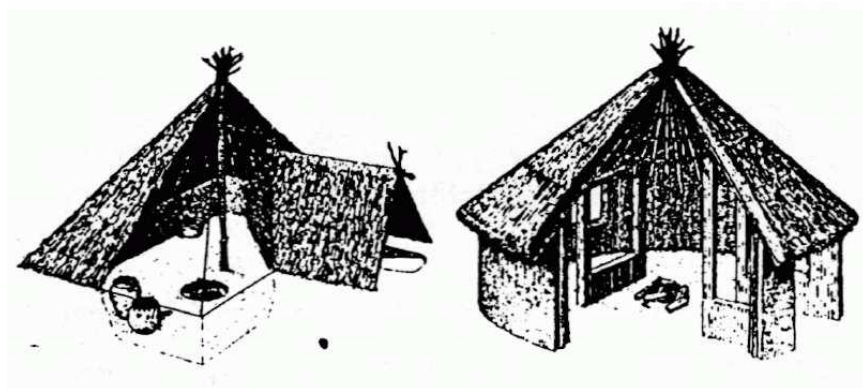
## 2. Historie



120 000 – 40 000 př. n. l.  
člověk neandrtálský



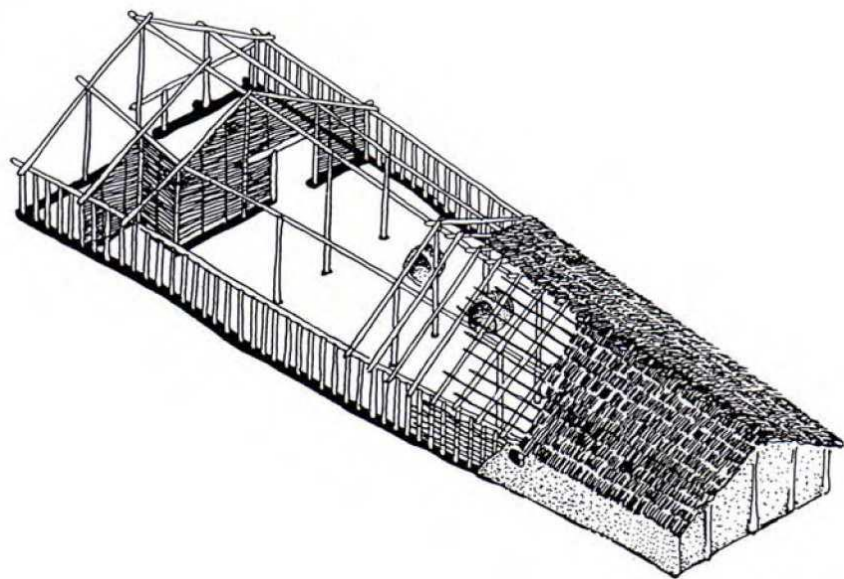
40 000 př. n. l.  
člověk rozumný



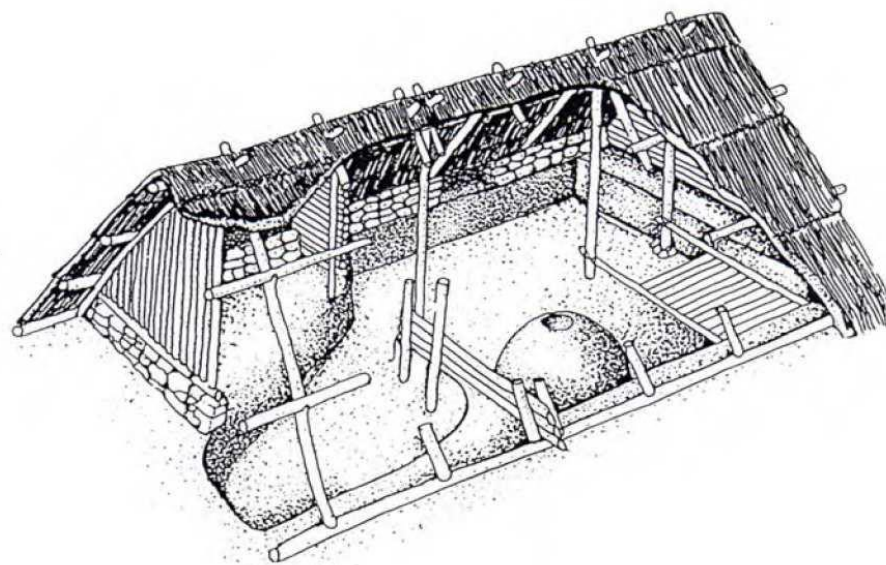
6 000 – 5 000 př. n. l.  
Čína



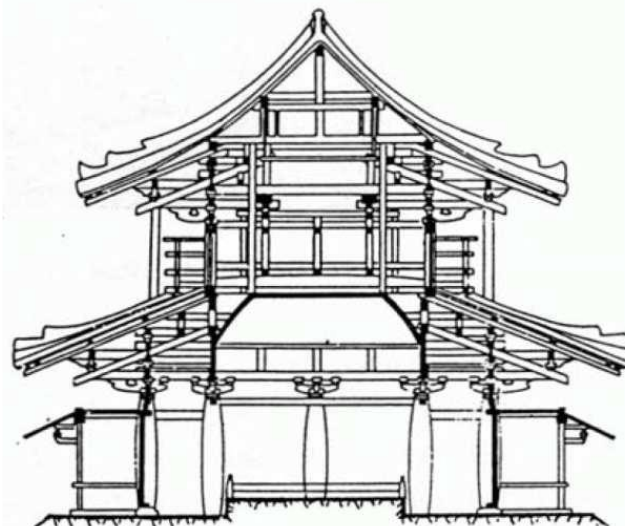
4 500 př. n. l. „longhouse“



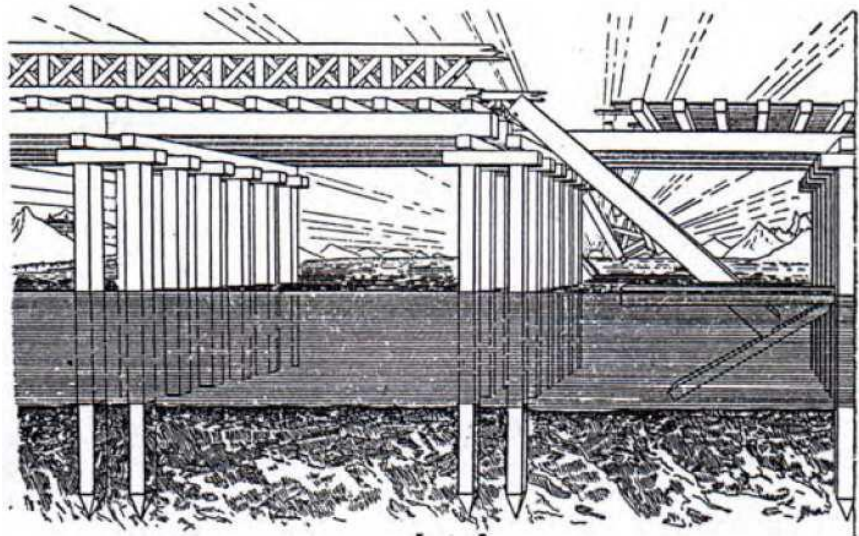
3 000 př. n. l.



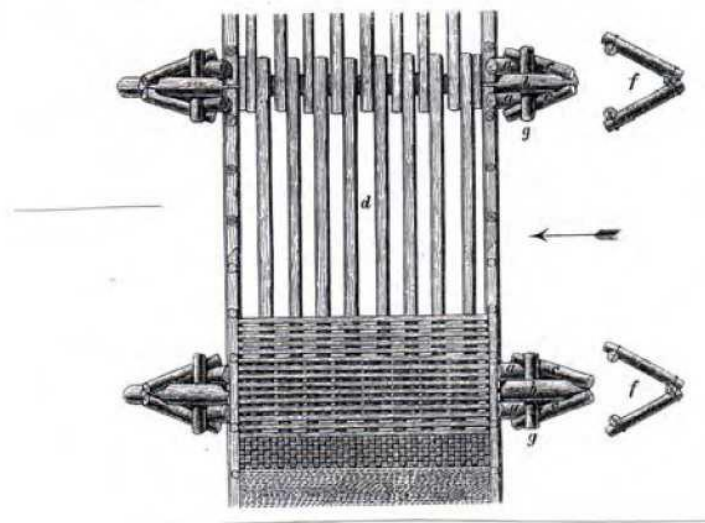
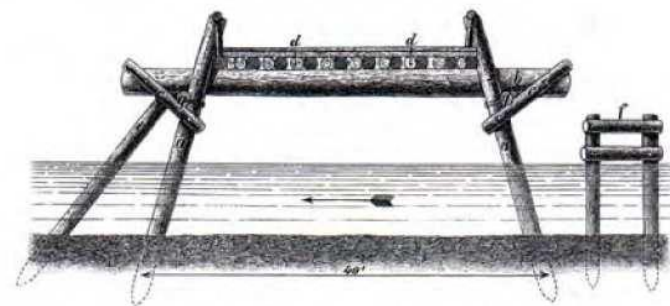
500 př. n. l.



700 n. l. – nejstarší dochovaná stavba (Japonsko)



most Pons Sublicius (7. st. př. n. l.),  
vydržel 900 let



Cesarův most (54. př. n. l.),  
430 m přes Rýn





Kapellbrücke – Luzern 14. stol. n. l.,  
mnohokrát přestavěn



dnešní moderní  
lávka (Norsko)

- VELMI POZVOLNÝ VÝVOJ v dávných dobách
- 1. BOOM - rozvoj měst (začátek letopočtu)
- ÚTLUM po 2.sv. válce – konkurenční beton, ocel
- 2. BOOM – nové technologie, ekologické přístupy – konec 20. století
  
- Vývoj výroby prvků ze dřeva:  
kulatina → deskové a hraněné řezivo → lepené prvky, materiály na bázi dřeva
  
- Vývoj spojů dřevěných prvků:  
vázání → tesařské spoje → kovové spoj. prostředky → lepení

# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

Obsah přednášky:

1. Úvod
2. Historie
3. **Materiál**
4. Vlastnosti dřeva
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

## 3. Materiál – dřevo pro stavební konstrukce



### Rostlé dřevo

(masivní dřevo, hraněné řezivo)

téměř v surovém stavu – pouze opracované na potřebný rozměr a vysušené na patřičnou vlhkost dle použití konstrukce



### Lepené dřevo

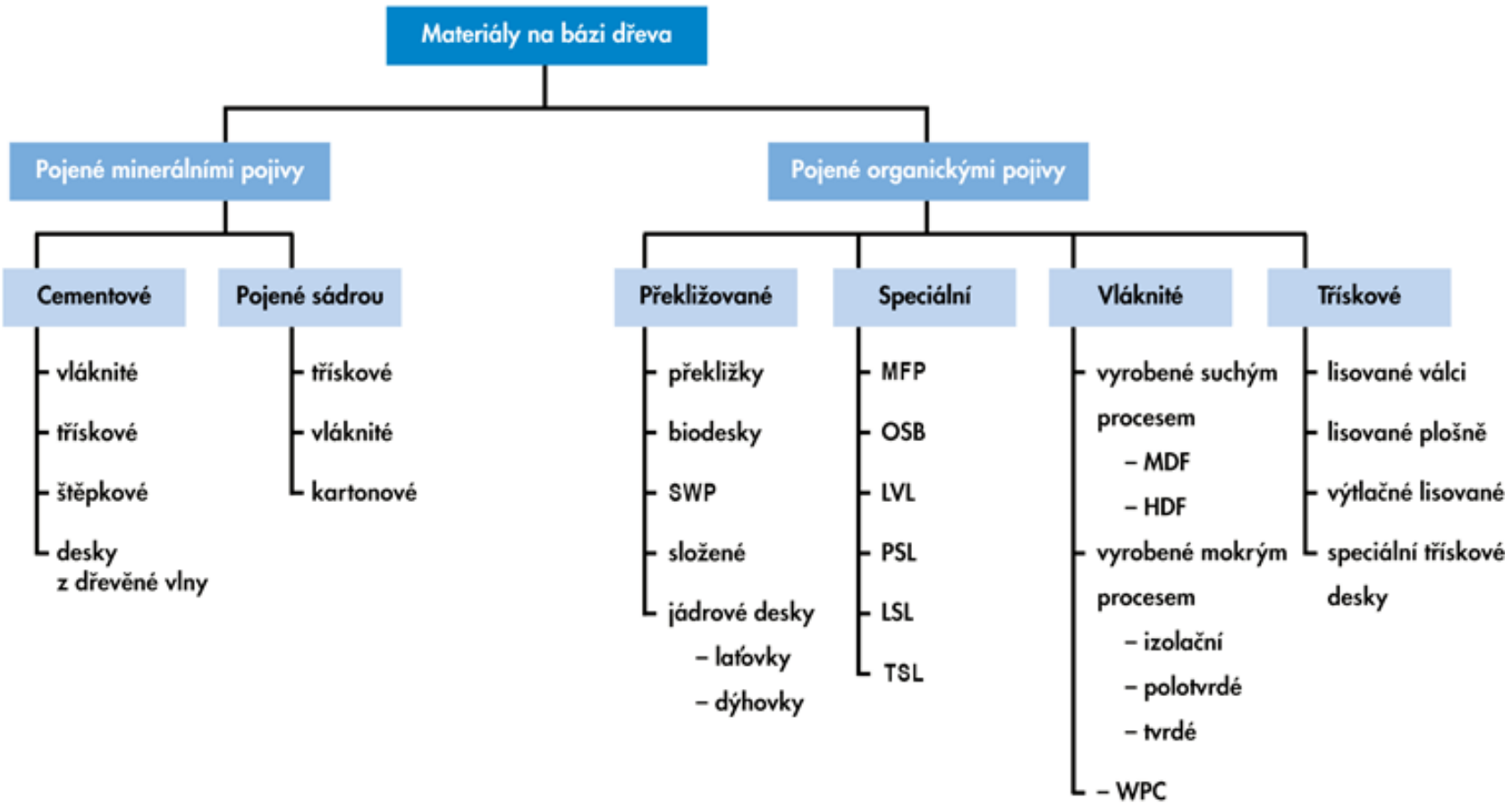
proces úpravy dřeva na poměrně tenké lamely (prkna nebo fošny) a jejich spojování lepením na potřebný rozměr konstrukčního prvku, náročnost této technologie se projevuje téměř v pětinasobné ceně za měrnou objemovou jednotku)



### Materiály na bázi dřeva

jako překližky, dřevotřískové desky, dřevoštěpkové desky, dřevovláknité desky (lisované či nelisované) apod.





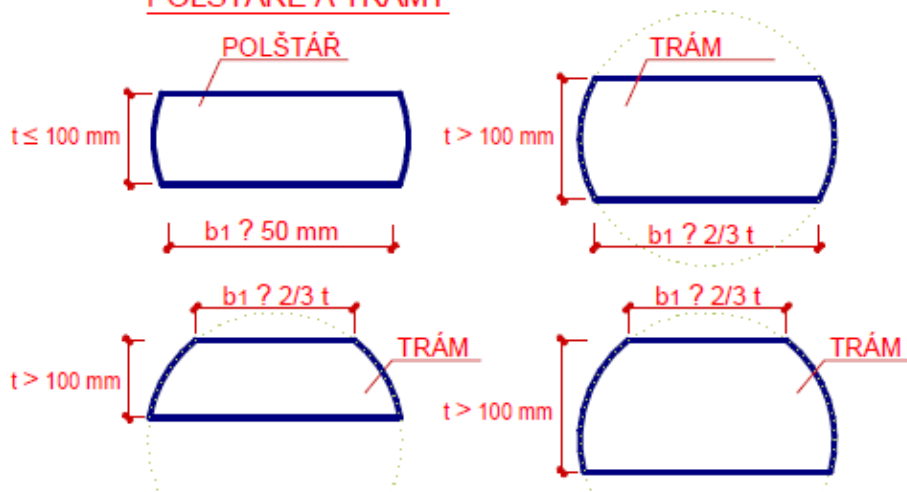
### TVARY NEOMÍTANÝCH PRKEN A FOŠEN



### TVARY OMÍTANÝCH PRKEN A FOŠEN



### POLŠTÁŘE A TRÁMY



<b>Prkna</b>	tl. 15 - 38 mm
	š. 80 - 300 mm
<b>Fošny</b>	tl. 40 - 100 mm
	š. 100 - 300 mm
<b>Lišty</b>	tl. od 13 mm
	š. od 18 mm
<b>Latě</b>	tl. od 40 mm
	š. do 63 mm
<b>Hranolky</b>	tl. 45 - 100 mm
	š. 40 - 100 mm
<b>Hranoly</b>	tl. 100 - 180 mm
	š. 120 - 250 mm

## Smrk ztepilý (picea abies)

### smrkové dřevo:

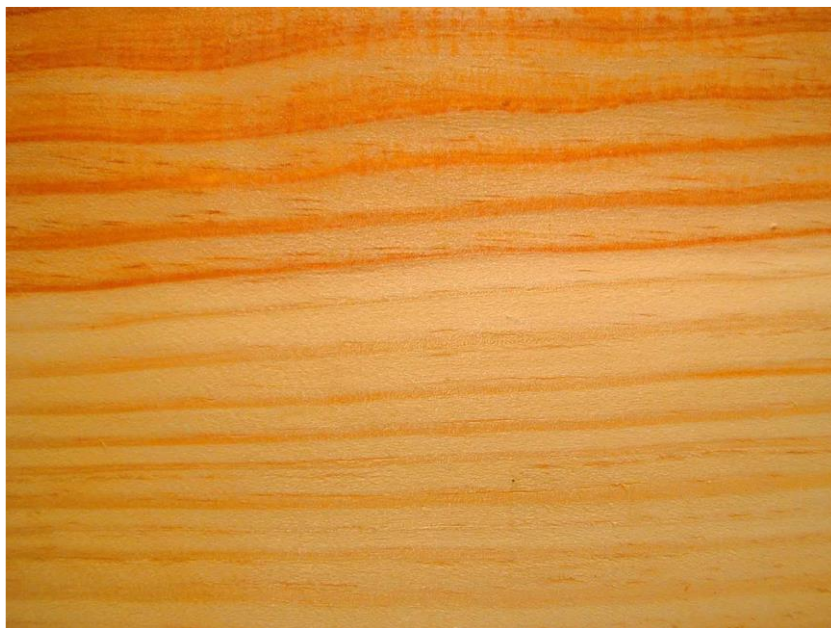
- **nejčastější použití,**
- snadno zpracovatelné,
- vhodné k lepení,
- v suchu trvanlivé,
- ve vlhku hnije
- suky „v patrech“



## Borovice lesní (pinus silvestris)

### borové dřevo:

- sukovité
- vysoký obsah pryskyřice
- křehké, méně pružné
- načervenalé barvy
- nevhodné na konstrukční ohýbané prvky
- dobře snáší střídání vlhka a sucha
- nejčastější použití na výrobu OSB desek





## Jedle bělokorá (abies alba)

### jedlové dřevo:

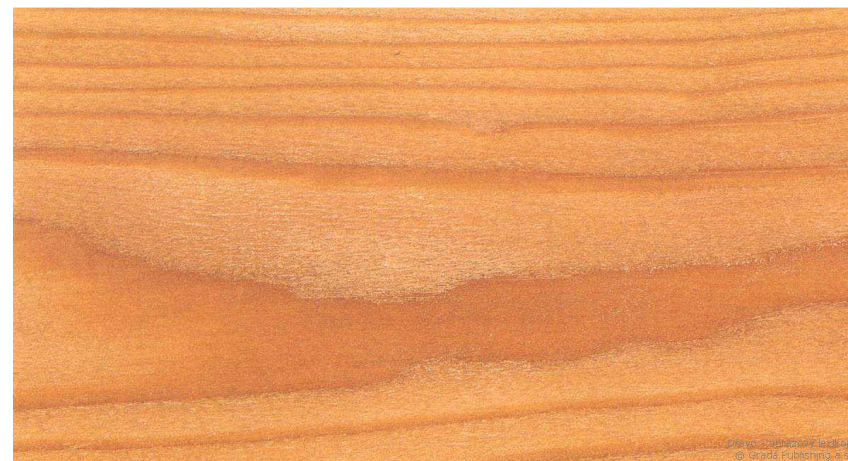
- šedobílá barva
- lepší jakost a pravidelnost růstu než smrk či borovice
- náročnější na zpracování
- hodně sesychá
- méně trvanlivé než smrk či borovice



## Modřín opadavý (larix decidua)

### modřínové dřevo:

- polotvrdé
- žluté barvy (stářím červená, hnědně)
- hodně pryskyřice
- trvanlivé, pružné
- prvky v exteriéru



## Dub letní (quercus robur)

### dubové dřevo:

- žlutohnědé barvy
- tvrdé, těžké
- houževnaté
- pevné v tlaku i v tahu
- trvanlivé, na suchu 500-700 let, ve vodě neomezeně
- odolné proti ohni



## Buk lesní (fagus sylvatica)

### bukové dřevo:

- načervenalé barvy
- měkčí
- méně houževnaté
- nutno impregnovat
- málo využití



1 cm



# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

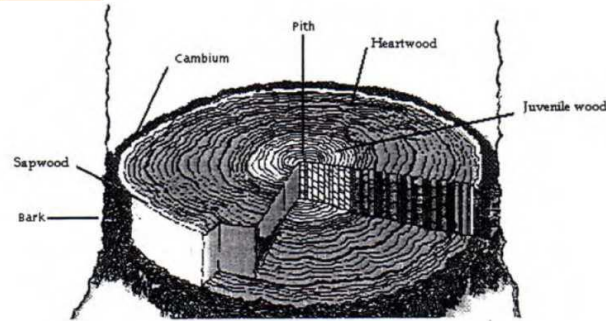
Obsah přednášky:

1. Úvod
2. Historie
3. Materiál
4. **Vlastnosti dřeva**
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

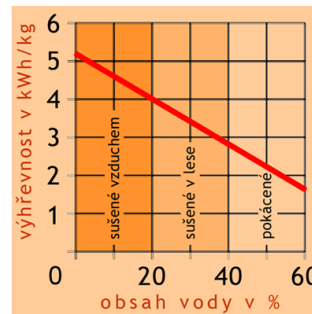
## 4. Vlastnosti dřeva



### Struktura



### Fyzikální vlastnosti



### Mechanické vlastnosti



## Struktura dřeva

- dřeňové dřevo (dřeň) – dřevo ve středu, je nekvalitní
- mladé dřevo – nekvalitní
- jádrové dřevo (jádro) – starší, suché, tvrdší a tmavší než bělové dřevo, buňky zde už nerostou (nejsou živé), stavební dřevo
- bělové dřevo (běl) – vrstva dřeva na obvodu, zde nárůst nových buněk, vysoký výskyt živin a vlhkosti = živná půda pro hmyz a dřevokazné houby
- kůra s lýkem



### Chemické složení:

C - 50%, O - 44,2%, H - 6,3%, N - 0,2-1,5% → organické látky: celulóza, hemicelulóza, cukry, lignin a doprovodné látky

## Struktura dřeva:

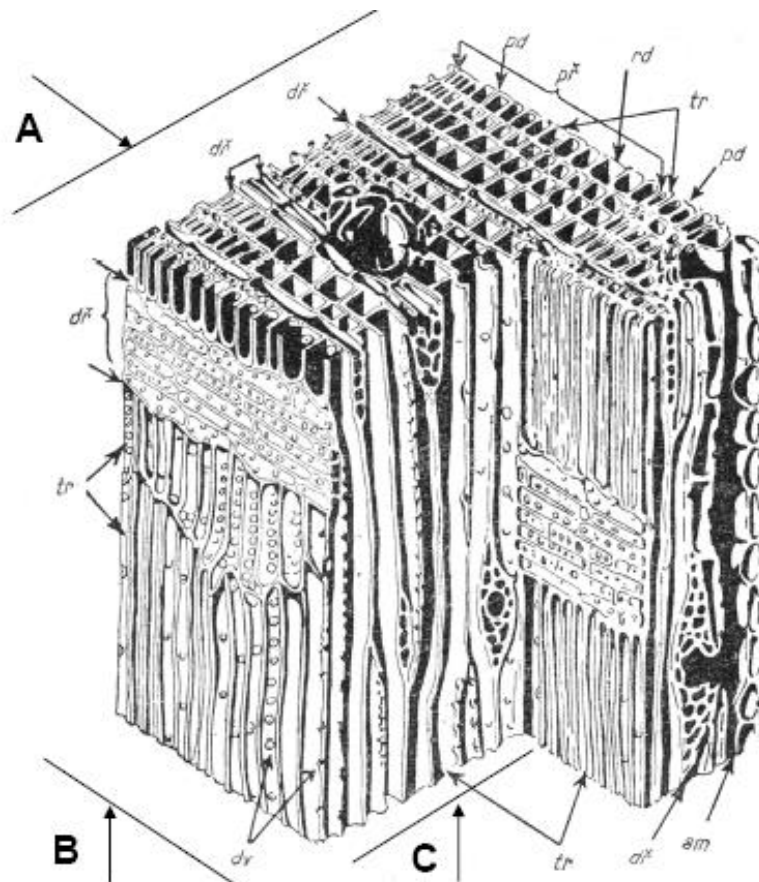
A – příčný řez

B – radiální řez

C – tangenciální řez

## Materiál:

- organický
- nehomogenní
- anizotropní
- hygroskopický



Obr. 43. Drobnohledná struktura dřeva jehličnatého stromu  
- tracheidy; *dv* = dvojtečky; *sm* = svislý smolný kanálek; *df* = dřevový paprsek; *př* = roční přírůstek (letokruh); *rd* = rané (jarní) dřevo; *pd* = pozdní (letní) dřevo



## Fyzikální vlastnosti

### 1) Objemová hmotnost (při dané vlhkosti)

- jedna z nejdůležitějších vlastností – pozitivní korelace s pevností, modulem pružnosti apod.

Dřevina	Objemová hmotnost dřeva [kg/m <sup>3</sup> ]		
	Obj. hm. čerstvě vytěženého dř.	Při vlhkosti 15%	Při vlhkosti 0%
Dub	920 - 1300	690	650
Smrk	850	470	430

## 2) Vlhkost dřeva a množství vody ve dřevě

- hygroskopicky vázaná = ve stěnách buněk
- voda volná = mimo stěny buněk
- do vlhkosti 30% pouze voda vázaná → VLHKOST 30%= bod nasycení, měří se pomocí odporových vlhkoměrů
- hygroskopické vlhnutí a vysychání = zvětšení x zmenšení tloušťky stěn buněk (BOBTNÁNÍ A SESYCHÁNÍ)
- tvarové změny dřevěných prvků → TRHLINY

## Dřevo z hlediska vlhkosti

- **mokrý dřevo** - dřevo, které je dlouhou dobu ve vodě (více než 100%)
- **čerstvě pokácené** (vlhkost dřeva 50 – 100%)
- **vysušené na vzduchu** (vlhkost dřeva 15 – 20%)
- **vysušené při pokojové teplotě** (vlhkost dřeva 8 – 10%)
- **absolutně suché** (vlhkost dřeva 0%)

### 3) Tepelné vlastnosti dřeva

- tepelná vodivost – nízká
- teplotní délková roztažnost – nízká, obvykle není třeba počítat s účinky teploty (cca  $\alpha = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  v podélném směru)

### 4) Elektrické vlastnosti dřeva

- velmi dobrý izolant

### 5) Akustické vlastnosti

- zvuková vodivost
- pohltivost – cca 50%
- průzvučnost

## Mechanické vlastnosti

- mechanické vlastnosti = vlastnosti z hlediska pevnosti a pružnosti (pevnost dřeva, modul pružnosti)
- MĚNÍ SE VLIVEM:
  - charakteru zatížení – statické, dynamické, rázové
  - trvání zatížení – stálé, dlouhodobé, střednědobé, krátkodobé
  - konstrukční rozměr: čím větší rozměr prvku tím horší mechanické vlastnosti
  - objemová hmotnost: se zvětšováním objemové hmotnosti se mechanické vlastnosti zlepšují
  - vlhkost
  - vady dřeva: výsušné trhliny, suky, hniloba, poškození hmyzem

- **rychlost zatěžování:** větší rychlost zatěžování → pevnost se zvětšuje
- **doba trvání zatížení:** s prodlužováním doby zatěžování pevnost dřeva klesá na 60% krátkodobé pevnosti

Třída trvání zatížení	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení
Stálé	déle než 10 let
Dlouhodobé	6 měsíců – 10 let
Střednědobé	1 týden – 6 měsíců
Krátkodobé	méně než 1 týden
Okamžikové	

Třída trvání zatížení	Příklady zatížení
Stálé	vlastní tíha
Dlouhodobé	skladové zatížení
Střednědobé	užitné zatížení stropů, sníh
Krátkodobé	sníh, vítr
Okamžikové	vítr, mimořádné zatížení

- dřevo má v různých směrech různé vlastnosti = dřevo anizotropní materiál
- zpravidla postačí rozlišovat směr rovnoběžně s vlákny a kolmo na vlákna
- **větší tuhost i pevnost ve směru rovnoběžně s vlákny**




(a) Strong in loading parallel to the grain



(b) Weak in loading perpendicular to the grain

## Třídy dřeva

- dělení podle jakosti (obchodní jakost nebo třída pevnosti)
    - obchodní jakost - jehličnaté deskové řezivo (I, II, III, IV)
      - jehličnaté hraněné řezivo (I, II)
      - listnaté řezivo (I, II, III, IV)
  - třídy pevnosti
    - C14 - C50 jehličnaté dřevo (dříve jen S0, SI, SII)
    - D30 - D70 listnaté dřevo
    - GL lepené dřevo (dříve SA, SB)
- 
- v jedné konstrukci na hlavní nosné prvky pouze řezivo jedné jakostní třídy
  - zjišťování jakosti dřeva: třídění vizuální, strojové



## Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro dřevo podle ČSN EN 338

Značení:

- jehličnaté dřevo: **Cxx** , kde xx značí pevnost dřeva v ohybu v MPa, např. C24
- listnaté dřevo: **Dxx** , kde xx značí pevnost dřeva v ohybu v MPa, např. D30



Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro konstrukční dřevo podle EN 338																					
		Topol a jehličnaté dřeviny											Listnaté dřeviny								
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Pevnostní vlastnosti v [ N/mm <sup>2</sup> ] = [ MPa ]																					
Ohyb	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Tlak kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Smyk	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Tuhostní vlastnosti v [ kN/mm <sup>2</sup> ] = [ GPa ]																					
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vl.	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Hustota v [ kg/m <sup>3</sup> ]																					
Hustota	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

## Třídy lepeného dřeva

Značení:

- lepené dřevo: **GLxx** , kde xx značí pevnost dřeva v ohybu v MPa, např. GL24h (označení podle třídy dřeva použitého na lamely)



Popis	Značka	Velič.	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k}$	[MPa]	24	28	32	36
Pevnost v tahu rov. s vlákny	$f_{t,0,g,k}$		16,5	19,5	22,5	26
Pevnost v tahu kol. k vláknům	$f_{t,90,g,k}$		0,4	0,45	0,5	0,6
Pevnost v tlaku rov. s vlákny	$f_{c,0,g,k}$		24	26,5	29	31
Pevnost v tlaku kol. k vláknům	$f_{c,90,g,k}$		2,7	3,0	3,3	3,6
Pevnost ve smyku	$f_{v,g,k}$		2,7	3,2	3,8	4,3
Modul pružnosti (stř. h. 0°)	$E_{0,g,mean}$		11600	12600	13700	14700
Modul pružnosti (5 % kv.)	$E_{0,g,05}$		9400	10200	11100	11900
Modul pružnosti (stř. h. 90°)	$E_{90,g,mean}$		390	420	460	490
Hustota	$\rho_{g,k}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	380	410	430	450

# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

Obsah přednášky:

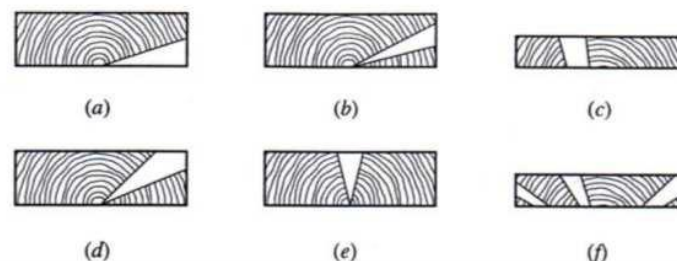
1. Úvod
2. Historie
3. Materiál
4. Vlastnosti dřeva
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

## 5. Třídění dřeva

- vizuální třídění (podle norem)
- strojní třídění
- další nedestruktivní metody
- průkazné (destruktivní) zkoušky

- **Vizuální třídění**

- velikost suku
- tloušťka letokruhu
- odklon vláken
- zakřivení
- rozměry trhlin
- zbarvení dřeva
- množství hniloby
- množství reakčního dřeva
- množství smolných cyst
- rozsah poškození hmyzem
- rozsah poškození cizopasnými rostlinami
- atd.



(a) křídlový suk; (b) boční suk; (c) procházející suk; (d) hranový suk; (e) plošný suk ;  
(f) skupinový suk



# 7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva

Obsah přednášky:

1. Úvod
2. Historie
3. Materiál
4. Vlastnosti dřeva
5. Třídění dřeva
6. Shrnutí

## 6. Shrnutí

- Materiál dřeva pro stavební konstrukce
  - Rostlé dřevo
  - Lepené dřevo
  - Materiály na bázi dřeva
- Prkna, fošny, hranoly apod. – orientační rozměry
- Struktura dřeva
  - Jádrové dřevo x bělové dřevo
- Fyzikální vlastnosti dřeva
  - Objemová hmotnost
  - Vlhkost
  - Teplotní vlastnosti
- Mechanické vlastnosti dřeva
  - pevnost v tahu, tlaku, v ohybu, modul pružnosti, ..
  - čím jsou ovlivněny?
  - v různých směrech různé vlastnosti, větší ve směru rovnoběžně s vlákny
- Třídy pevnosti dřeva + značení

## Zdroje:

- Kol.: Handbook 1 – Timber structures – Leonardo da Vinci – TEMTIS project – 2008
- Kuklík, P.: Dřevěné konstrukce 10 – Základy navrhování, ČVUT v Praze, 2004.
- Dolejš, J.: Přednášky ODA2, ČVUT 2018.
- Böhm, M., Reisner, J., Bomba, J. (2012) Materiály na bázi dřeva. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2251-6.
- <http://www.ekonomicke-domy.cz/technologie-drevo.html>

# KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

## Přednášky:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva
8. **Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení**
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí



**DĚKUJI ZA POZORNOST**