

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

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. **Zatížení**
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

1. Zatížení

- síla působící na konstrukci = přímé zatížení
- vynucené přetvoření (teplota, sedání) = nepřímé zatížení

- podle proměny v čase: stálé (G) – např.: vlastní tíha
proměnné (Q) – např.: užité zatížení, vítr, sníh, doprava
mimořádné (A) – např.: výbuchy, seismicita, nárazy vozidel

- podle proměny v prostoru: pevná (se stálým působištěm)
volná (působiště se měnit)

- podle zrychlení: statická
dynamická

- na konstrukci zpravidla působí více různých zatížení: pravidla pro kombinování
zohledňují pravděpodobnost současného výskytu různých zatížení

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

2. Mezní stavy

- stav, při jehož překročení konstrukce nesplňuje návrhové podmínky spolehlivosti
- PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP ... hospodárnější = vyšší riziko

1. Mezní stav = mezní stav únosnosti

- největší možný (extrémní) návrhový účinek zatížení je menší než nejmenší možná návrhová únosnost konstrukce
 - porušení konstrukce
 - MS stability polohy (překlopení)
 - únava
 - ...

2. Mezní stav = mezní stav použitelnosti

- prokazuje se, že konstrukce bude v běžném provozu dobře plnit svou funkci
 - průhyb
 - kmitání
 - ...

Mezní stav únosnosti

- **návrhová hodnota zatížení F_d**

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

γ_F (dílčí) součinitel zatížení, $\gamma_F \geq 1,0$

F_k charakteristická hodnota zatížení

- **návrhová odolnost R_d**
odolnost konstrukce při působení zatížení

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M}$$

γ_M (dílčí) součinitel materiálu, $\gamma_M \geq 1,0$

k_{mod} modifikační součinitel

R_k charakteristická hodnota zatížení

podmínka spolehlivosti:

$$F_d \leq R_d$$

- u dřevěných konstrukcí obvykle napětí resp. pevnost, např.:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

- **ČSN EN 1995-1-1** – „Navrhování dřevěných konstrukcí“ (eurokód 5)
+ řada dalších předpisů a norem
- doporučené hodnoty **dílčího součinitele spolehlivosti materiálu γ_M** dle **ČSN EN 1995-1-1**:

Základní kombinace:	γ_M
Rostlé dřevo	1,3
Lepené lamelové dřevo	1,25
LVL, překližovaná deska, OSB	1,2
Třískové desky	1,3
Vláknité desky, tvrdé	1,3
Vláknité desky, středně tvrdé	1,3
Vláknité desky, MDF	1,3
Vláknité desky, měkké	1,3
Spoje	1,3
Kovové desky s prolisovanými trny	1,25
Mimořádné kombinace	1,0

Třídy provozu

- **třída provozu 1:**

- vlhkost materiálů odpovídá teplotě 20 °C
- relativní vlhkost okolního vzduchu přesahuje hodnotu 65 % pouze po několik týdnů v roce
- průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin nepřevyšuje 12 %

- **třída provozu 2:**

- vlhkost materiálů odpovídá teplotě 20 °C
- relativní vlhkost okolního vzduchu přesahuje hodnotu 85 % pouze po několik týdnů v roce
- průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin nepřevyšuje 20 %

- **třída provozu 3:**

- větší relativní vlhkost okolního vzduchu než ve třídě provozu 2

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení



Třída provozu 1



Třída provozu 3



Třída provozu 2

Třídy trvání zatížení

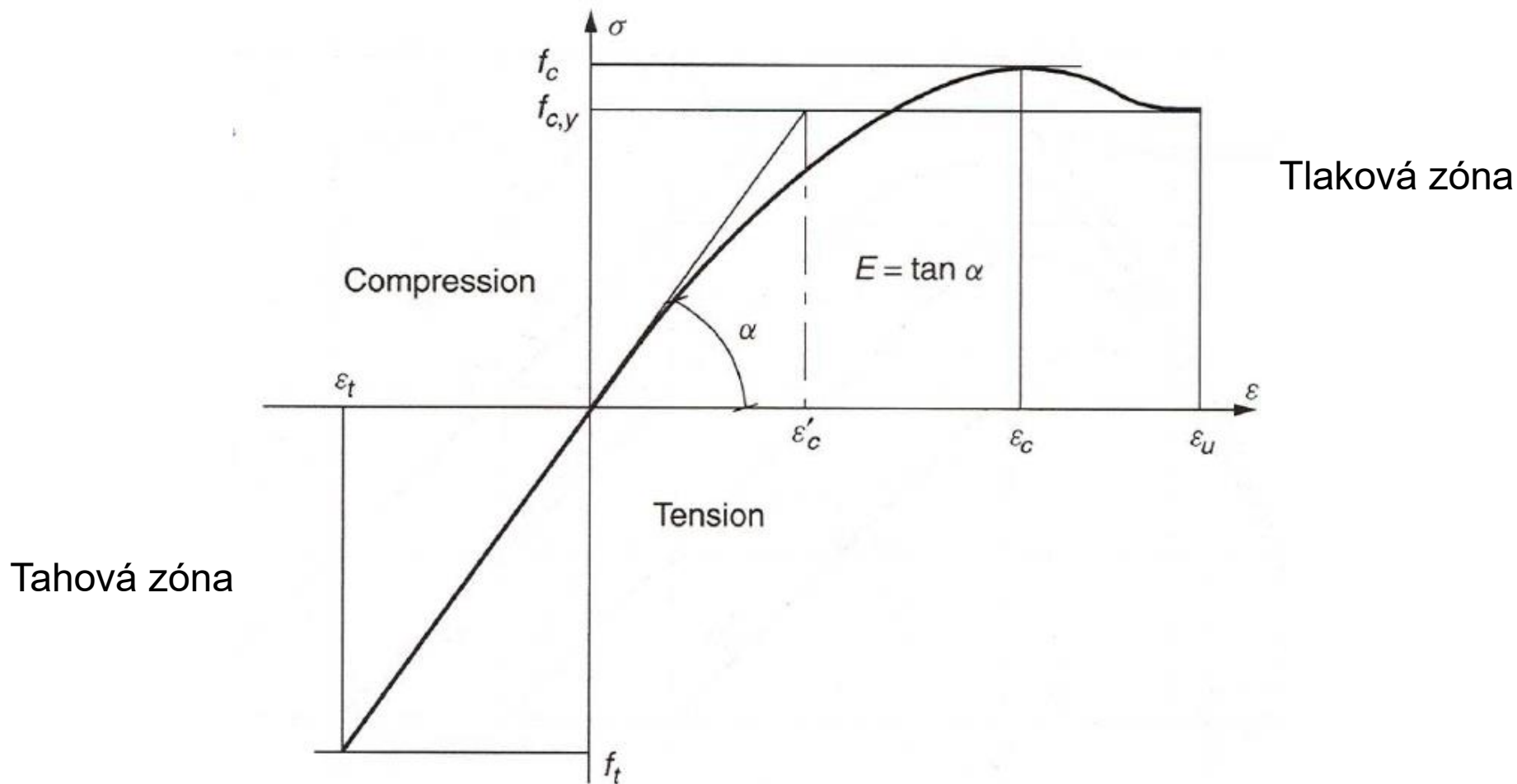
Třída trvání zatížení	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení
Stálé	déle než 10 let
Dlouhodobé	6 měsíců – 10 let
Střednědobé	1 týden – 6 měsíců
Krátkodobé	méně než 1 týden
Okamžikové	

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

- hodnoty modifikačního součinitele k_{mod}

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Překližovaná deska	EN 636						
	Typ EN 636-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Typ EN 636-2	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Typ EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Třísková deska	EN 312						
	Typ P4, Typ P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Typ P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Typ P6, Typ P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Typ P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Vláknitá deska, tvrdá	EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 nebo 2 HB.HLA1 nebo 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Vláknitá deska, středně tvrdá	EN 622-3						
	MBH.LA1 nebo 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 nebo 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 nebo 2	2	–	–	–	0,45	0,80
Vláknitá deska, MDF	EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	–	–	–	0,45	0,80

Pracovní diagram dřeva



- uvažujeme pružné chování v tahu i v tlaku

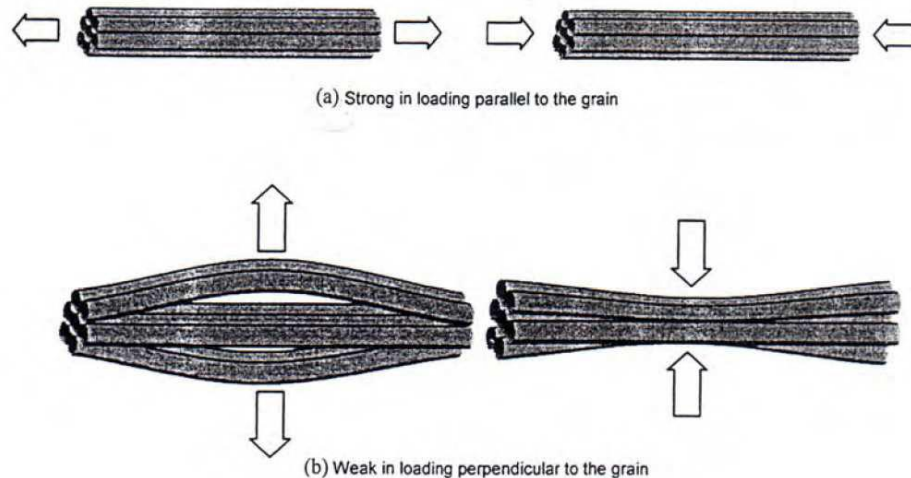
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3. Navrhování dřevěných konstrukcí

- dřevo má v různých směrech různé vlastnosti = dřevo je anizotropní materiál
- zpravidla postačí rozlišovat směr rovnoběžně s vlákny a kolmo na vlákna



- z tohoto důvodu je potřeba prvky posuzovat dle způsobu namáhání prvku – zda zatížení působí ve směru rovnoběžně s vlákny nebo kolmo na směr vláken
- obecně platí: **větší tuhost i pevnost ve směru rovnoběžně s vlákny**

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3a. Navrhování dřevěných konstrukcí - tah

a) Tah rovnoběžně s vlákny

- podmínka spolehlivosti: $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$

kde: $\sigma_{t,0,d}$ je návrhová hodnota tahového napětí působícího ve směru rovnoběžně vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad [\text{MPa}]$$

N_d ... návrhová hodnota tahové síly [N, kN]
 A ... (oslabená) plocha průřezu [mm²]

$f_{t,0,d}$ je návrhová hodnota pevnosti dřeva v tahu ve směru rovnoběžně vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad [\text{MPa}]$$

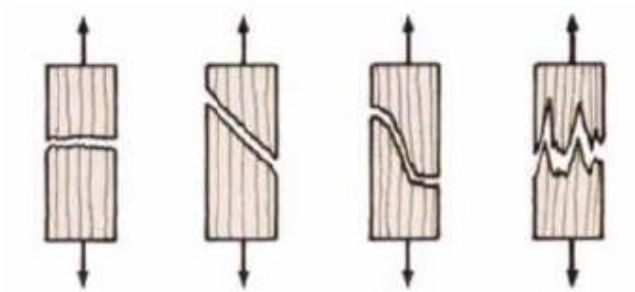
$f_{t,0,k}$... charakteristická pevnost dřeva v tahu ve směru rovnoběžně s vlákny
 k_{mod} ... modifikační součinitel [-]
 γ_M ... (dílčí) součinitel materiálu [-]

- principy označování

$\sigma_{t,0,d}$ návrhová hodnota ($d = design$) normálového napětí (σ) v tahu ($t = tension$) ve směru vláken ($0 = 0^\circ$)

$f_{t,0,d}$ návrhová hodnota ($d = design$) pevnosti (f) v tahu ($t = tension$) ve směru vláken ($0 = 0^\circ$)

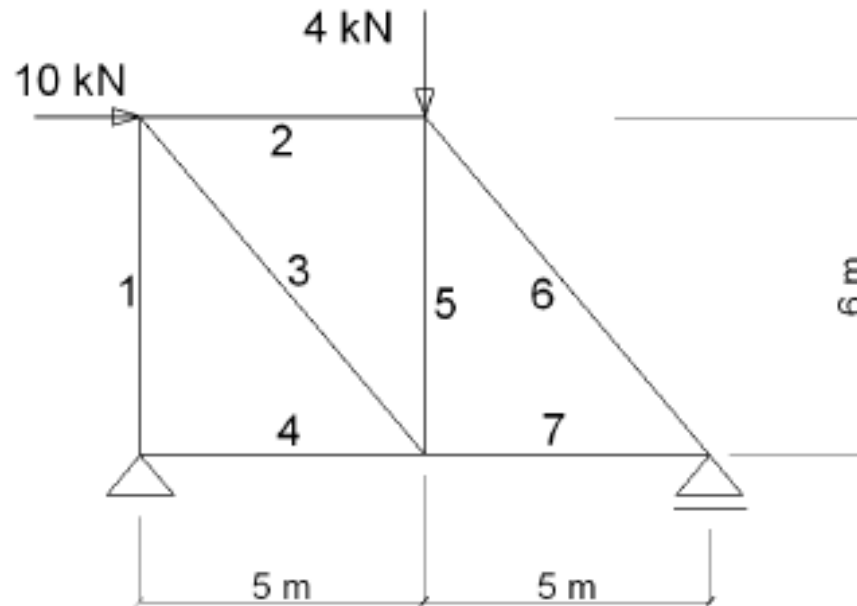
- tahem namáhané dřevěné konstrukce: nejčastěji prvky příhradových konstrukcí



Číselný příklad

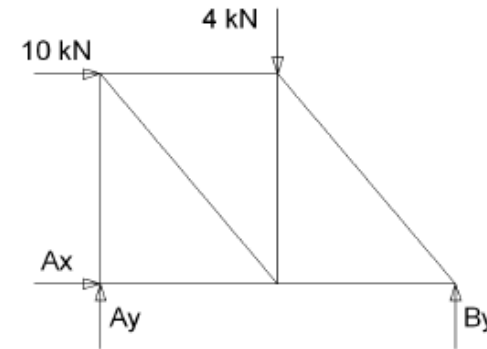
Navrhněte a posuďte dřevěný prut č. 5.

- kombinace stálého zatížení a větru
- uvedené síly představují návrhové hodnoty zatížení
- třída dřeva: C24
- třída provozu: 1

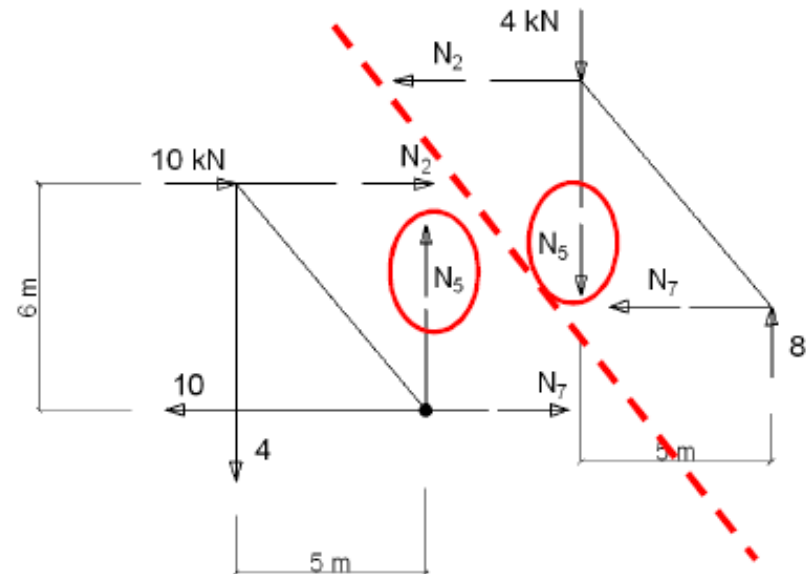


Reakce a vnitřní síly:

- svislá reakce: $A_y = -4 \text{ kN}$
 $B_y = 8 \text{ kN}$
- vodorovná reakce: $A_x = -10 \text{ kN}$



- vnitřní síla v prutu č. 5: $N_5 = 4 \text{ kN}$



Návrh a posouzení prutu č. 5:

- ze základní podmínky spolehlivosti a ze základních vztahů si odvodíme minimální potřebnou plochu průřezu:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

$$\longrightarrow \frac{N_d}{A} \leq f_{t,0,d} \quad \longrightarrow \quad A_{min} = \frac{N_d}{f_{t,0,d}}$$

- dále vypočteme návrhovou hodnotu pevnosti dřeva v tahu:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 14}{1,3} = 9,7 \text{ MPa}$$

kde: $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$... pro dřevo pevnosti C24 (viz tabulka na další straně)
 $k_{mod} = 0,9$... modifikační součinitel pro třídu provozu 1 a krátkodobé zatížení (vítr)
 $\gamma_M = 1,3$... součinitel materiálu pro rostlé dřevo

- návrhová tahová síla v prutu č. 5: $N_5 = 4 \text{ kN} = 4000 \text{ N}$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro konstrukční devo 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 ²] = [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 ²] = [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 ³]																					
Hustota	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Průměrná hodnota hustoty	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Návrh a posouzení prutu č. 5:

- vypočteme minimální potřebnou plochu průřezu:

$$A_{min} = \frac{N_d}{f_{t,0,d}} = \frac{4000}{9,7} = 412 \text{ mm}^2$$

→ pro čtvercový průřez by strana průřezu byla: $b = \sqrt{A_{min}} = \sqrt{412} = 20,3 \text{ mm}$

- návrh průřezu prutu: **obdélníkový průřez 30x24 mm**

$$A = 30 \cdot 24 = 720 \text{ mm}^2$$

- posouzení:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{4000}{720} = 5,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 5,6 \text{ MPa} < f_{t,0,d} = 9,7 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{prut vyhovuje}$$

Pozor: zřejmě nebude možné provést přípoj → zvětšení průřezu.

b) Tah kolmo k vláknům

- podmínka spolehlivosti:

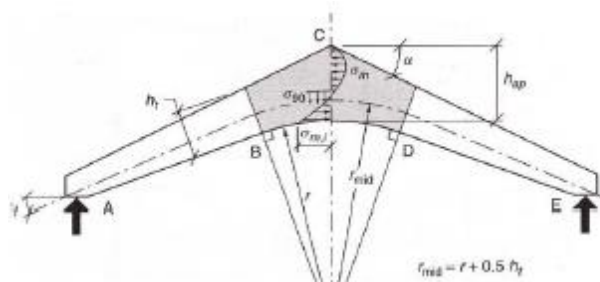
- o pro rostlé dřevo:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d}$$

- o pro lepené lamelové dřevo:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2}$$

Pevnost závisí na velikosti objemu vystaveného napětí.



Zejména u zakřivených ohýbaných prvků.



8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3b. Navrhování dřevěných konstrukcí - tlak

a) Prostý tlak rovnoběžně s vlákny

- dosažení meze pevnosti v tlaku
- pouze u **krátkých prvků** (u kterých nedochází ke vzpěru)

- podmínka spolehlivosti: $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$

kde: $\sigma_{c,0,d}$ je návrhová hodnota tlakového napětí působícího ve směru rovnoběžně vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

[MPa]

N_d ... návrhová hodnoty tlakové síly [N, kN]
 A ... (oslabená) plocha průřezu [mm²]

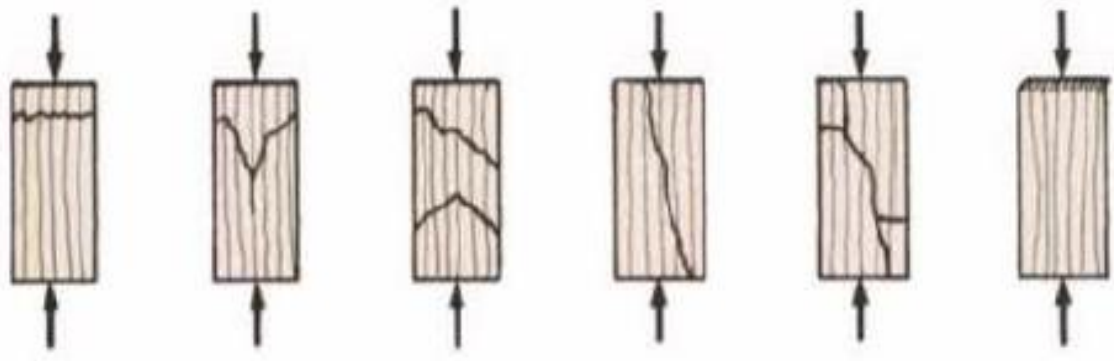
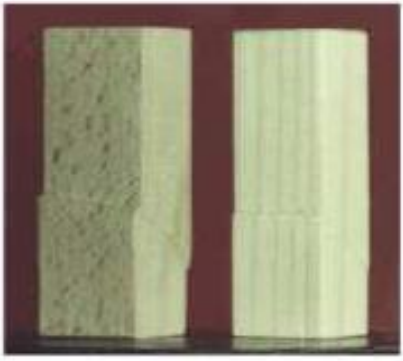
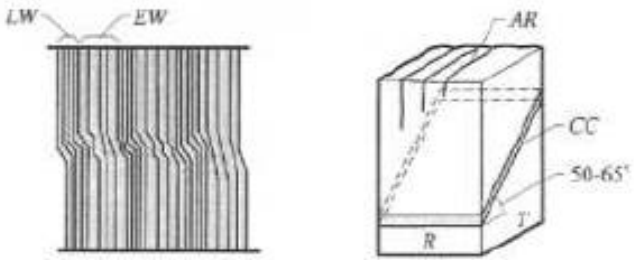
$f_{c,0,d}$ je návrhová hodnota pevnosti dřeva v tlaku ve směru rovnoběžně vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

[MPa]

$f_{c,0,k}$... charakteristická pevnost dřeva v tlaku ve směru rovnoběžně s vlákny
 k_{mod} ... modifikační součinitel [-]
 γ_M ... (dílčí) součinitel materiálu [-]

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení



Číselný příklad

Návrh a posouzení prutu na prostý tlak.

- kombinace stálého zatížení a větru
- návrhová tlaková síla v prutu $N_d = 50 \text{ kN}$
- přípoj pomocí dvojice kramlí
- třída dřeva: C24
- třída provozu: 1



Návrh a posouzení prutu na prostý tlak:

- ze základní podmínky spolehlivosti a ze základních vztahů si odvodíme minimální potřebnou plochu průřezu:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

$$\longrightarrow \frac{N_d}{A} \leq f_{c,0,d} \quad \longrightarrow \quad A_{min} = \frac{N_d}{f_{c,0,d}}$$

- dále vypočteme návrhovou hodnotu pevnosti dřeva v tlaku:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 21}{1,3} = 14,5 \text{ MPa}$$

kde: $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$... pro dřevo pevnosti C24 (viz tabulka na další straně)
 $k_{mod} = 0,9$... modifikační součinitel pro třídu provozu 1 a krátkodobé zatížení (vítr)
 $\gamma_M = 1,3$... součinitel materiálu pro rostlé dřevo

- návrhová tlaková síla v prutu: $N_d = 50 \text{ kN} = 50000 \text{ N}$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro konstrukční devo 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 ²] = [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	2,2	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 ²] = [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 ³]																					
Hustota	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Průměrná hodnota hustoty	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Návrh a posouzení prutu na prostý tlak:

- vypočteme minimální potřebnou plochu průřezu:

$$A_{min} = \frac{N_d}{f_{c,0,d}} = \frac{50000}{14,5} = 3448 \text{ mm}^2$$

→ pro čtvercový průřez by strana průřezu byla: $b = \sqrt{A_{min}} = \sqrt{3448} = 59 \text{ mm}$

- v konstrukci je navržen prut s průřezem: **100x100 mm**

$$A = 100 \cdot 100 = 10000 \text{ mm}^2$$

- posouzení:

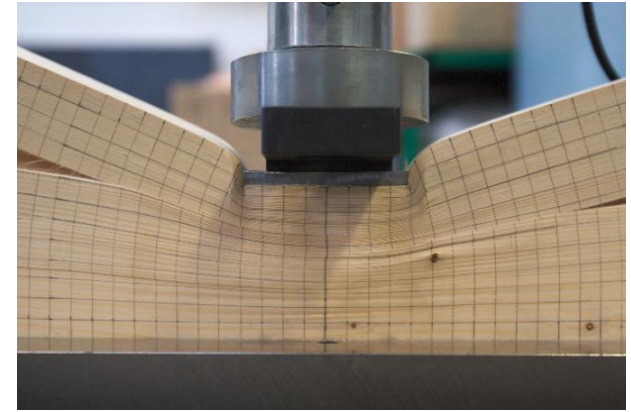
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{50000}{10000} = 5,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 5,0 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 14,5 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{ prut vyhovuje}$$

b) Tlak kolmo k vláknům

- podmínka spolehlivosti:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$



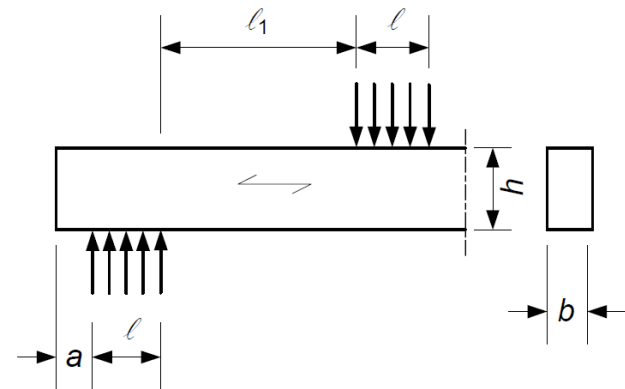
- únosnost prvku málo závislá na přirozených defektech dřeva
- překročení únosnosti se projeví deformací

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}}$$

$$l_{ef} = l + \text{přídavek}$$

přídavek – na každé straně 30 mm
s omezením: a , l , $l/2$

$$1 \leq k_{c,90}$$



8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

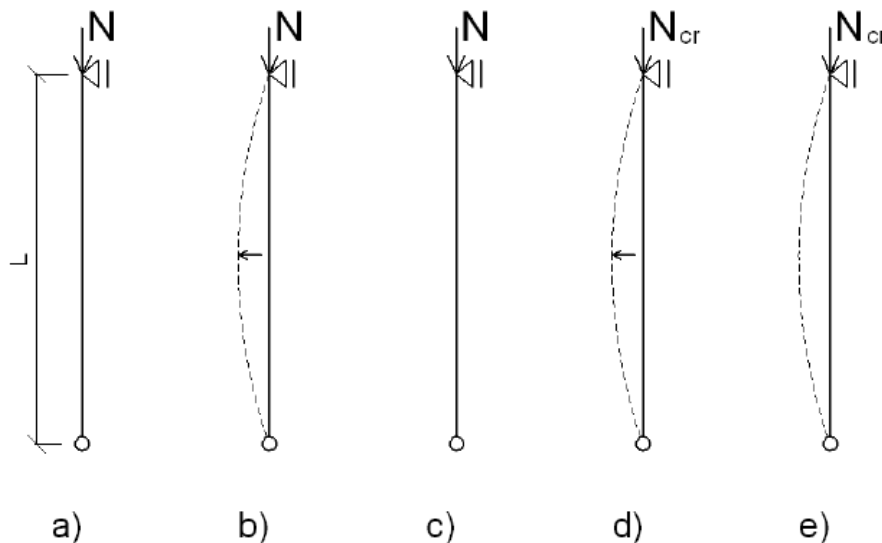
Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3c. Navrhování dřevěných konstrukcí – vzpěrný tlak

Eulerovo kritické břemeno

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} \quad [\text{N}]$$



- při působení kritického břemene N_{cr} vznikne za předpokladu nulového (nebo zanedbatelného) vybočení **kritické napětí** σ_{cr} :

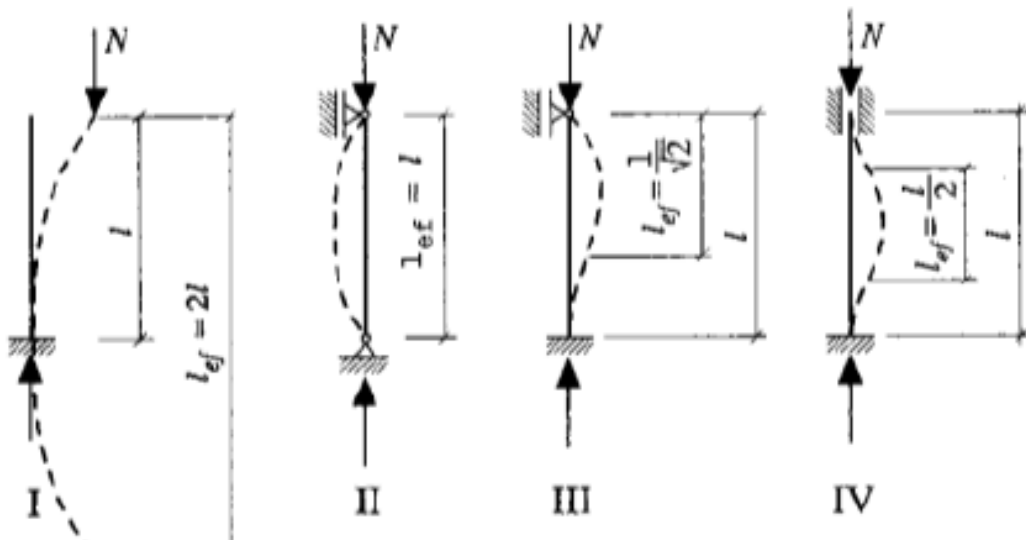
$$\sigma_{c,crit} = \frac{N_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{A \cdot L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot i^2}{L_{cr}^2} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

- Eulerovo řešení platí za předpokladu dokonale a lineárně pružného materiálu
- zavedeme bezrozměrnou veličinu **štíhlost**:

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot i^2}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

- **vzpěrnou délku** je možné si představit jako vzdálenost dvou bodů, kde příčným impulzem vybočený prut mění orientaci křivosti



- pro skutečné pruty (s imperfekcemi) byl odvozen následující postup:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d}$$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel} \leq 0,3 \\ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} & \text{pro } \lambda_{rel} > 0,3 \end{cases}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3)) + \lambda_{rel}^2$$

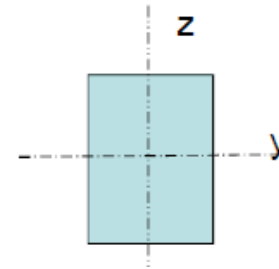
$$\lambda_{rel} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$$

β_c -součinitel imperfekce
0,2 (rostlé dřevo)
0,1 (lepené dřevo)

Poznámky

- obvykle rozlišujeme vybočení ve dvou rovinách:
 - kolmo k ose y-y: λ_y
 - kolmo k ose z-z: λ_z(„kolmo“ souvisí s poloměrem setrvačnosti)
- je nutné k výše uvedeným proměnným a charakteristikám přidávat indexy („y“, resp. „z“) v souladu s touto konvencí
- pro výpočet kritických sil a relativních štíhlostí se uvažuje pětiprocentní kvantil modulu pružnosti $E_{0,05}$ (MPa)



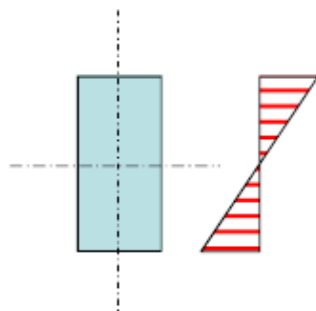
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3d. Navrhování dřevěných konstrukcí – ohyb

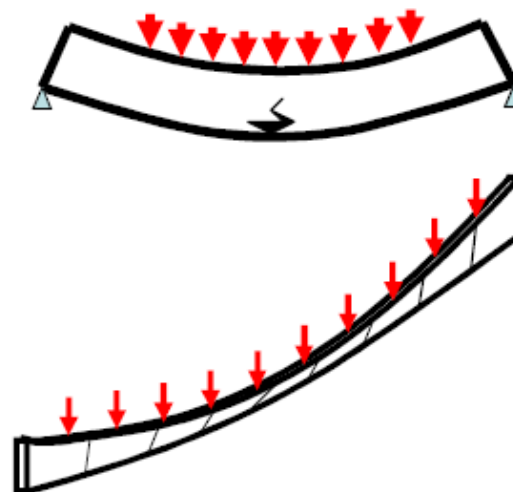
OHYB PRŮŘEZU



- Vnitřní síly působící na průřez
- Bez stability a dalších vlivů
- „Jednoduché“ posouzení

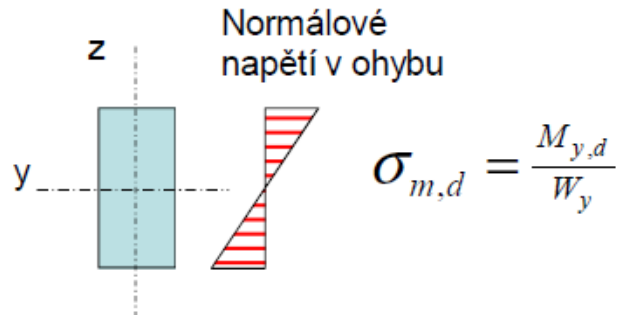
X

OHYB NOSÍKU



- Vnější zatížení působící na celý nosník
- Ke kolapsu může dojít mnoha způsoby
- Rozhodovat může (ale nemusí) ohyb průřezu

Ohyb průřezu



- podmínka spolehlivosti: $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$



kde: σ_{md} je návrhová hodnota normálového napětí od ohybového momentu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$$

[MPa] M_d ... návrhová hodnota ohybového momentu [Nmm, kNm]
 W ... průřezový modul [mm³]

$f_{m,d}$ je návrhová hodnota pevnosti dřeva v ohybu

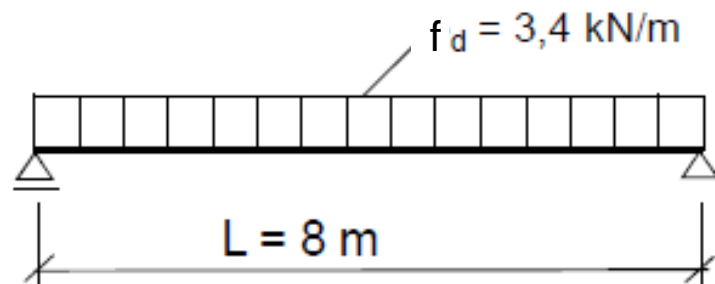
$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

[MPa] $f_{m,k}$... charakteristická pevnost dřeva v ohybu
 k_{mod} ... modifikační součinitel [-]
 γ_M ... (dílčí) součinitel materiálu [-]

Číselný příklad

Návrh a posouzení ohýbaného nosníku.

- ohýbaný prostý nosník
- spojitě dlouhodobé zatížení
- návrhová zatížení $f_d = 3,4 \text{ kN/m}$
- průřez $220 \times 280 \text{ mm}$
- rozpětí: $L = 8 \text{ m}$
- třída dřeva: C24
- třída provozu: 1
- je zabráněno klopení



Návrh a posouzení ohýbaného prostého prutu:

- návrh a posouzení provedeme dle základních vztahů:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y}$$

- dále vypočteme návrhovou hodnotu pevnosti dřeva v tlaku:

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 24}{1,3} = 12,9 \text{ MPa}$$

kde: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$... pro dřevo pevnosti C24 (viz tabulka na další straně)
 $k_{mod} = 0,7$... modifikační součinitel pro třídu provozu 1 a dlouhodobé zatížení
 $\gamma_M = 1,3$... součinitel materiálu pro rostlé dřevo

- návrhový ohybový moment:

$$M_{y,d} = \left(\frac{1}{8}\right) \cdot f_d \cdot L^2 = \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 3,4 \cdot 8^2 = 27,2 \text{ kNm} = 27,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro konstrukční devo 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 ²] = [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 ²] = [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 ³]																					
Hustota	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Průměrná hodnota hustoty	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Návrh a posouzení ohýbaného prostého prutu:

- vypočteme hodnotu pružného průřezového modulu:

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 280^2 = 2,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- posouzení:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{27,2 \cdot 10^6}{2,87 \cdot 10^6} = 9,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 9,5 \text{ MPa} < f_{m,d} = 12,9 \text{ MPa} \quad \longrightarrow \quad \text{průřez na ohyb vyhovuje}$$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3e. Navrhování dřevěných konstrukcí - smyk

- podmínka spolehlivosti: $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$

kde: $\tau_{v,d}$ je návrhová hodnota smykového napětí od ohybu

pro obdélníkový průřez: $\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}}$ [MPa] V_d ... návrhová hodnoty posouvající síly [N, kN]
 A_{ef} ... efektivní smyková plocha [mm²]

pro kruhový průřez: $\tau_{v,d} = \frac{4 \cdot V_d}{3 \cdot A_{ef}}$ [MPa]

efektivní smyková plocha: $A_{ef} = h \cdot b_{ef} = h \cdot b \cdot k_{cr}$

$k_{cr} = 0,67$... pro rostlé dřevo

$k_{cr} = 0,67$... pro lepené lamelové dřevo

$k_{cr} = 1,0$... pro ostatní výrobky na bázi dřeva

$f_{v,d}$ je návrhová hodnota pevnosti dřeva ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \quad [\text{MPa}]$$

- podmínka spolehlivosti:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

kde: $f_{v,d}$ je návrhová hodnota pevnosti dřeva ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M}$$

[MPa]

$f_{c,0,k}$... charakteristická pevnost dřeva v tlaku ve směru rovnoběžně s vlákny

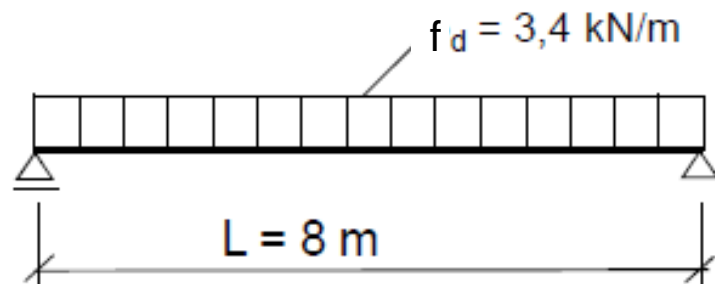
k_{mod} ... modifikační součinitel [-]

γ_M ... (dílčí) součinitel materiálu [-]

Číselný příklad

Návrh a posouzení ohýbaného nosníku.

- ohýbaný prostý nosník
- spojitě dlouhodobé zatížení
- návrhová zatížení $f_d = 3,4 \text{ kN/m}$
- průřez $220 \times 280 \text{ mm}$
- rozpětí: $L = 8 \text{ m}$
- třída dřeva: C24
- třída provozu: 1
- je zabráněno klopení



Návrh a posouzení ohýbaného prostého prutu:

- návrh a posouzení provedeme dle základních vztahů:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}}$$

- dále vypočteme návrhovou hodnotu pevnosti dřeva ve smyku:

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 4,0}{1,3} = 2,15 \text{ MPa}$$

kde: $f_{m,k} = 4,0 \text{ MPa}$... pro dřevo pevnosti C24 (viz tabulka na další straně)
 $k_{mod} = 0,7$... modifikační součinitel pro třídu provozu 1 a dlouhodobé zatížení
 $\gamma_M = 1,3$... součinitel materiálu pro rostlé dřevo

- návrhový posouvající síla:

$$V_{z,d} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot f_d \cdot L = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 3,4 \cdot 8 = 13,6 \text{ kN} = 13600 \text{ N}$$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Třídy pevnosti a charakteristické hodnoty pro konstrukční devo 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 ²] = [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 ²] = [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 ³]																					
Hustota	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Průměrná hodnota hustoty	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Návrh a posouzení ohýbaného prostého prutu:

- vypočteme hodnotu efektivní smykové plochy průřezu:

$$A_{ef} = h \cdot b \cdot k_{cr} = 280 \cdot 220 \cdot 0,67 = 41272 \text{ mm}^2$$

- posouzení:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot 13600}{2 \cdot 41272} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,49 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,15 \text{ MPa} \quad \longrightarrow \quad \text{průřez na smyk vyhovuje}$$

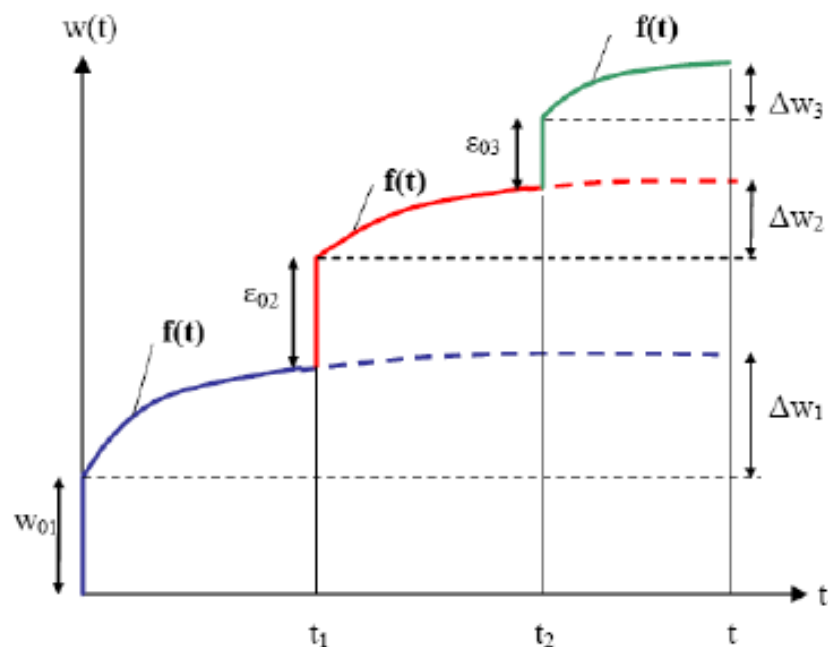
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

3f. Navrhování dřevěných konstrukcí – průhyb

- okamžitá deformace
 - deformace vypočtená z průměrných hodnot modulů pružnosti
- konečná deformace
 - zvětšení deformace v čase následkem kombinovaného účinku dotvarování a vlhkosti $E_{0,mean}$
 - při výpočtu se využije součinitel k_{def}



- konečný celkový svislý průhyb nosníku:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad [\text{mm}]$$

kde: $u_{fin,G}$... konečný svislý průhyb od stálého zatížení

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad [\text{mm}]$$

u_{fin,Q_1} ... konečný svislý průhyb od hlavního proměnného zatížení Q_1

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad [\text{mm}]$$

u_{fin,Q_i} ... konečný svislý průhyb od ostatních proměnných zatížení Q_i ($i > 1$)

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def}) \quad [\text{mm}]$$

$u_{inst,G}$, u_{inst,Q_1} , u_{inst,Q_i} ... okamžitý svislý průhyb od příslušného zatížení
- například: okamžitý svislý průhyb nosníku od stálého liniového zatížení:

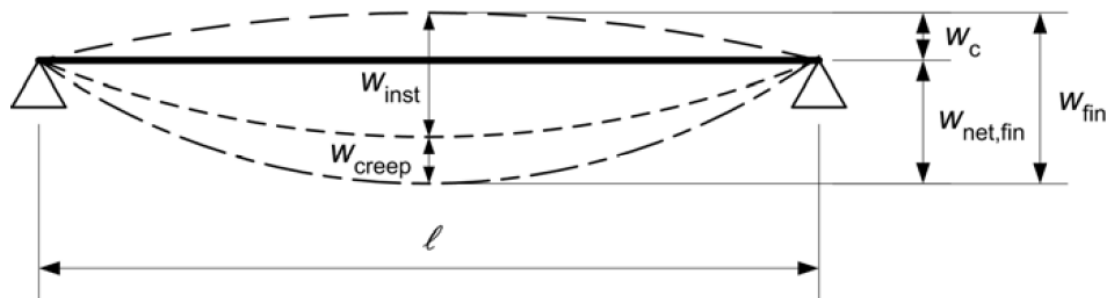
$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} \quad [\text{mm}]$$

- součinitel dotvarování k_{def} :

Materiál	Norma	Třída provozu		
		1	2	3
Rostlé dřevo	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Překližovaná deska	EN 636			
	Typ 636-1	0,80	–	–
	Typ 636-2	0,80	1,00	–
	Typ 636-3	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Třísková deska	EN 312			
	Typ P4	2,25	–	–
	Typ P5	2,25	3,00	–
	Typ P6	1,50	–	–
	Typ P7	1,50	2,25	–
Vláknitá deska, tvrdá	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	–
Vláknitá deska, středně tvrdá	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	–
Vláknitá deska, MDF	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–

- doporučené hodnoty mezních průhybů nosníků:

(je potřeba rozlišovat typ konstrukce: např. střecha x most)



	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Prostý nosník	$l/300$ až $l/500$	$l/250$ až $l/350$	$l/150$ až $l/300$
Vykonzolované nosníky	$l/150$ až $l/250$	$l/125$ až $l/175$	$l/75$ až $l/150$

8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení

Obsah přednášky:

1. Zatížení
2. Mezní stavy
3. Navrhování dřevěných konstrukcí
 - 3a. Tah
 - 3b. Prostý tlak
 - 3c. Vzpěrný tlak
 - 3d. Ohyb
 - 3e. Smyk
 - 3f. Průhyb
4. Shrnutí

4. Shrnutí

- Typy zatížení působící na dřevěné konstrukce
- Mezní stavy, třídy provozu, třídy trvání zatížení
- Únosnost dřevěných prvků pro různé typy namáhání:
 - Tah
 - Prostý tlak
 - Vzpěrný tlak
 - Ohyb
 - Smyk
 - Průhyb
- Průhyb dřevěných nosníků

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