

# OBDÉLNÍKOVÝ PRŮŘEZ

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.

ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Tel.: 224353842, Fax: 224355232

E-mail: milan.holicky@klok.cvut.cz,

<http://www.klok.cvut.cz>

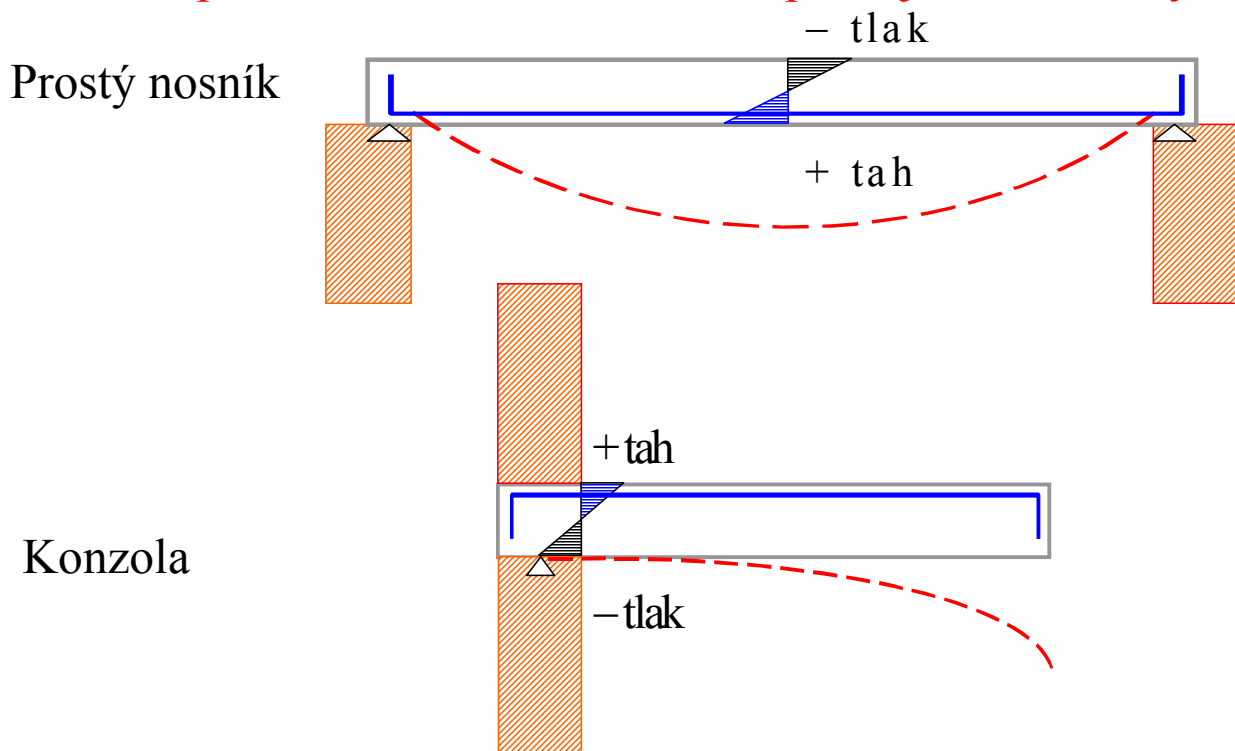
→ Pedagogická činnost → Výuka bakalářských a  
magisterský předmětů → Nosné konstrukce II

**Podstata železobetonu**  
**Základní předpoklady**  
**Stanovení plochy výztruže**  
**Omezení plochy výztruže**  
**Příklad**  
**Otázky ke zkoušce**

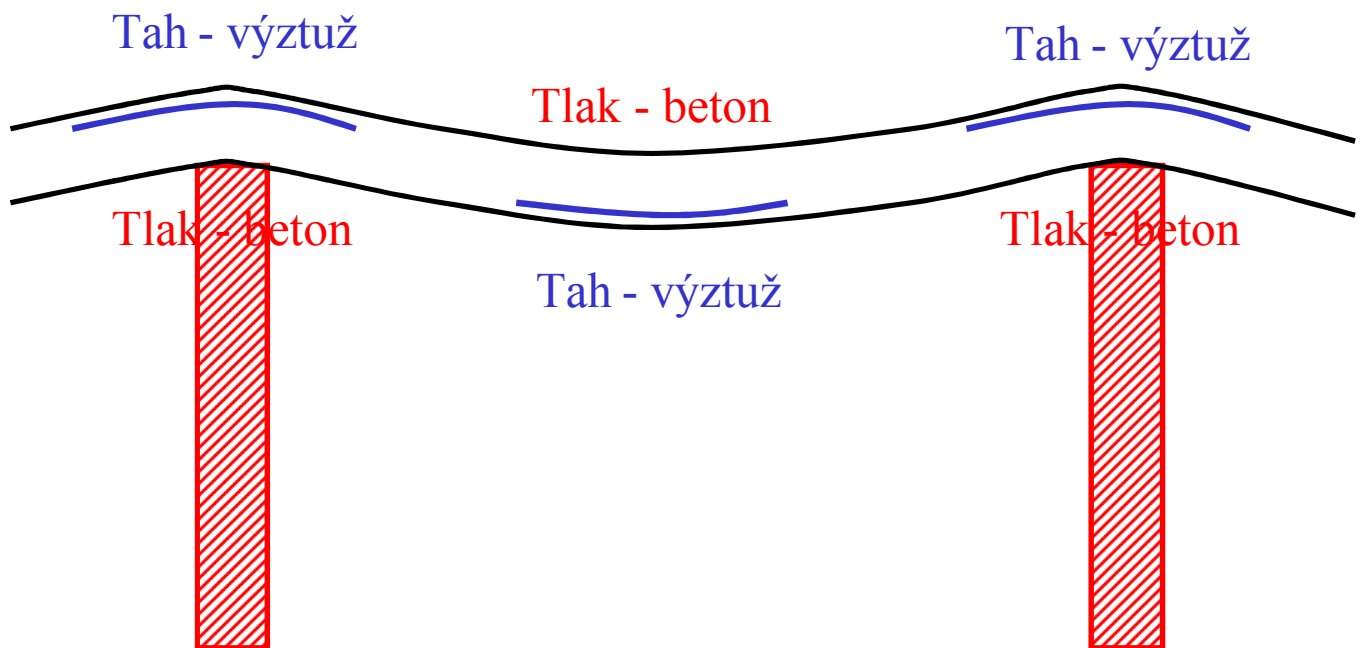
## Podstata železobetonu

Dokonalé spojení betonu a ocelové výztruže

Malá pevnost betonu v tahu se kompenzuje ocelovou výztruží



# Spojité nosník

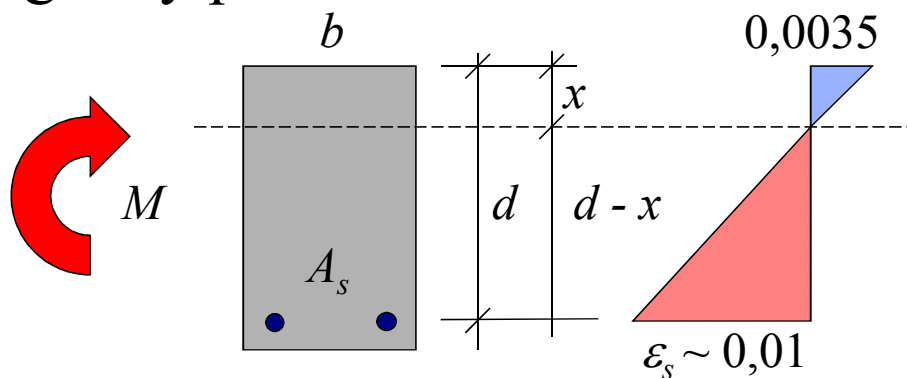


## Zásady návrhu výztuže průřezu

1. Vnější síly a momenty působící na průřez jsou v rovnováze s vnitřními silami a momenty.
2. Porucha průřezu by měla nastat dosažením meze průtažnosti výztuže a ne porušením betonu v tlaku.
3. Při návrhu průřezu na ohyb se proto omezuje výška tlačného betonu.
4. Jestliže osová síla je menší než  $0,08 A_c f_{ck}$  může být průřez navržen pouze na ohyb.

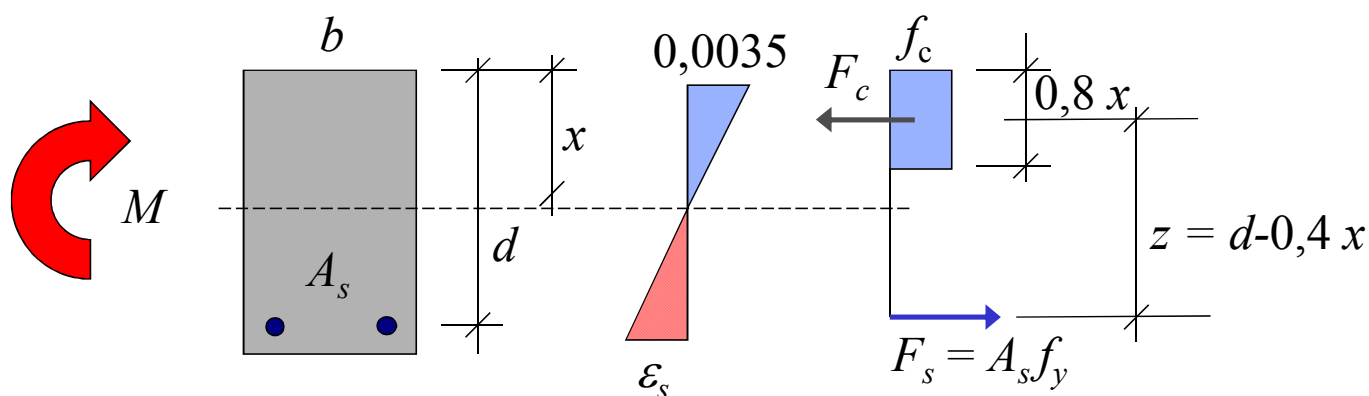
# Základní předpoklady

- Dokonalá soudržnost betonu a oceli
- Zachování rovinnosti průřezů
- Napětí betonu a oceli je dáno pracovními diagramy při krátkodobém zatížení



Pro protažení  $e_s = 0,01 \Rightarrow x/d = e_c / (e_c + e_s) = 0,0035 / 0,0135 = 0,26$

## Železobetonový průřez při ohybu



Návrhové hodnoty  
vnitřních síl:

$$F_{cd} = 0,8 x b f_{cd} \quad f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_m, \quad \gamma_m = 1,5$$

$$F_{sd} = A_s f_{yd} \quad f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s, \quad \gamma_s = 1,15$$

Stupeň vyztužení:

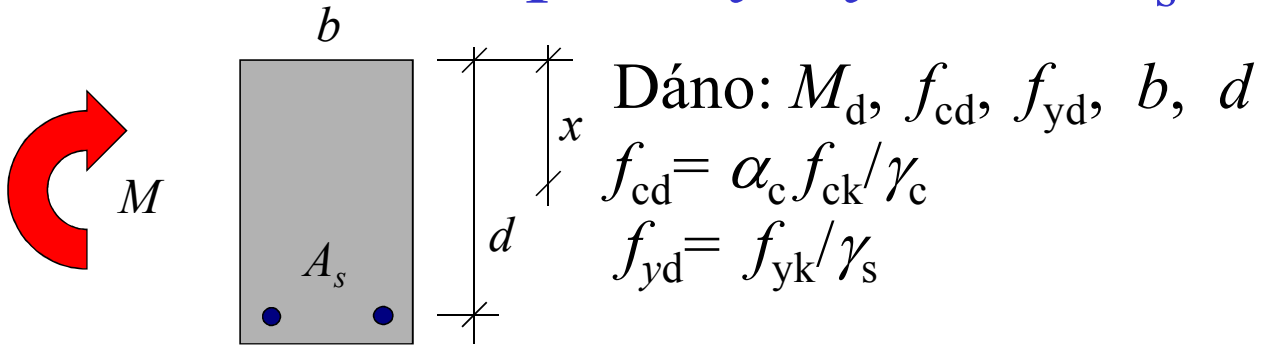
$$\rho = A_s / (b d) = 0,8 \xi f_{cd} / f_{yd}$$

Podmínky rovnováhy:

$$F_{cd} = F_{sd} \Rightarrow x = \frac{A_s f_{yd}}{0,8 b f_{cd}}, \quad z = d - \frac{A_s f_{yd}}{2 b f_{cd}}$$

$$M_d = z F_{sd} \Rightarrow M_d = A_s f_{yd} \left( d - \frac{A_s f_{yd}}{2 b f_{cd}} \right)$$

# Stanovení plochy výztuže $A_s$



Podmínky rovnováhy:  $F_{cd} = F_{sd}$ ,  $M_d = z F_{sd} \Rightarrow$

$$M_d = A_s f_{yd} \left( d - \frac{A_s f_{yd}}{2 b f_{cd}} \right)$$

Plocha výztuže:

Stupeň vyztužení:

$$A_s = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b d \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_d}{f_{cd} b d^2}} \right) \quad \rho = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_d}{f_{cd} b d^2}} \right)$$

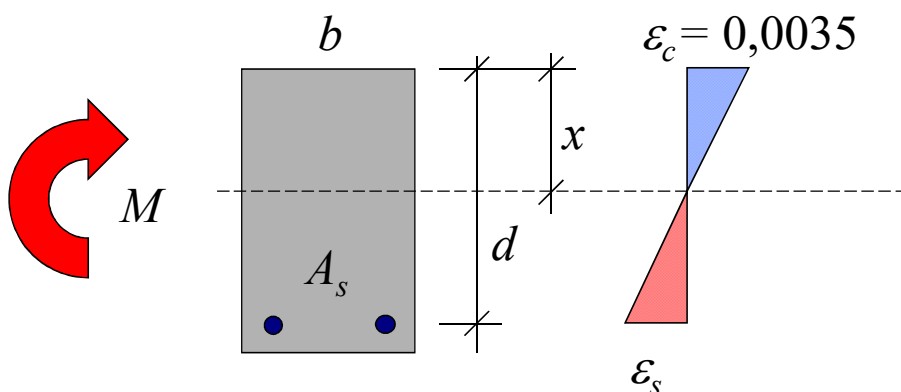
## Minimální stupeň vyztužení

Z maximálního protažení výztuže  $\varepsilon_s$   
s ohledem na omezení šířky trhlin v taženém betonu

- podle EC2: Plocha tažené výztuže  $A_s$  má být větší než jedna z hodnot:

-  $A_{s,\min} = 0,26 b d f_{ctm} / f_{yk}$  (pro C20, S500  $> 0,0011 b d$ )

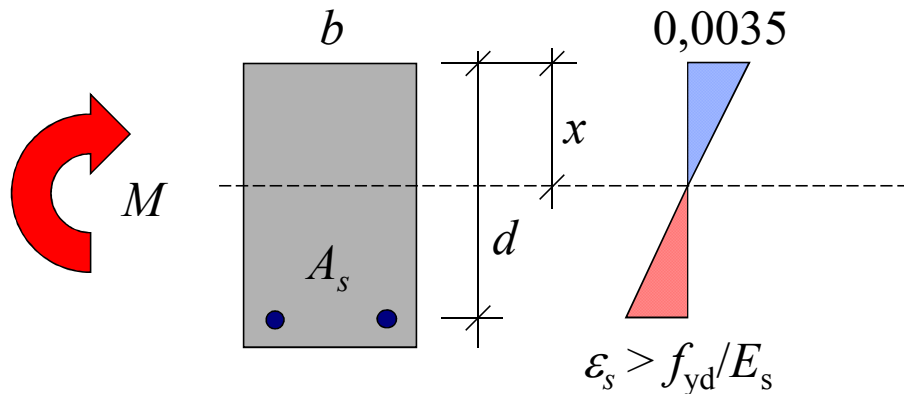
-  $A_{s,\min} > 0,0013 b d$  (pro C20, S500,  $x/d > 0,05$ )



# Maximální výška tlačené oblasti

Z požadavku  $\varepsilon_s > f_{yd}/E_s$  (ocel za mezí kluzu), beton v maximálním poměrném přetvoření 0,35 ‰  $\rightarrow$

maximální  $x_{max}/d = \xi_{max} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd}/E_s)$



- pro  $f_{yd}=435$  MPa,  $\varepsilon_s = 435/200000=0,0022$ ,  $\xi_{max} \sim 0,61$

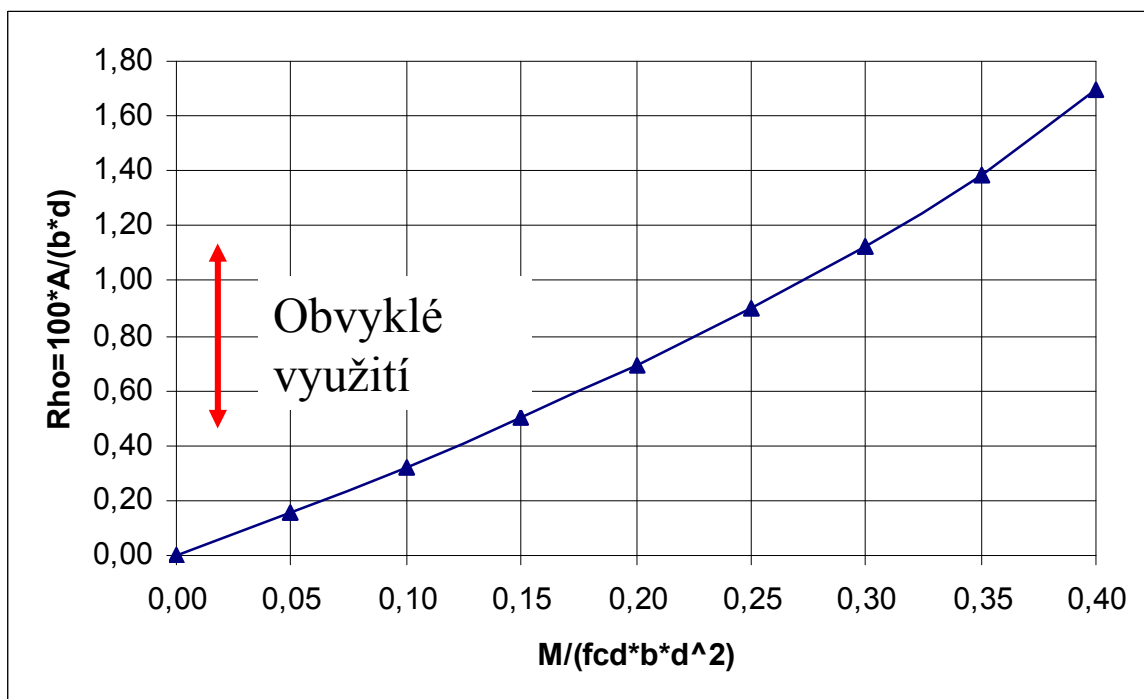
- podle EC2:  $\xi_{max} = 0,45$  pro betony do C35/45

- maximální stupeň vyztužení  $\rho_{max} = 0,8 \xi_{max} f_{cd}/f_{yd}$

pro C20  $f_{cd} = 13,3$  MPa,  $\rho_{max} = 0,8 \times 0,45 \times 13,3/435 = 0.011$

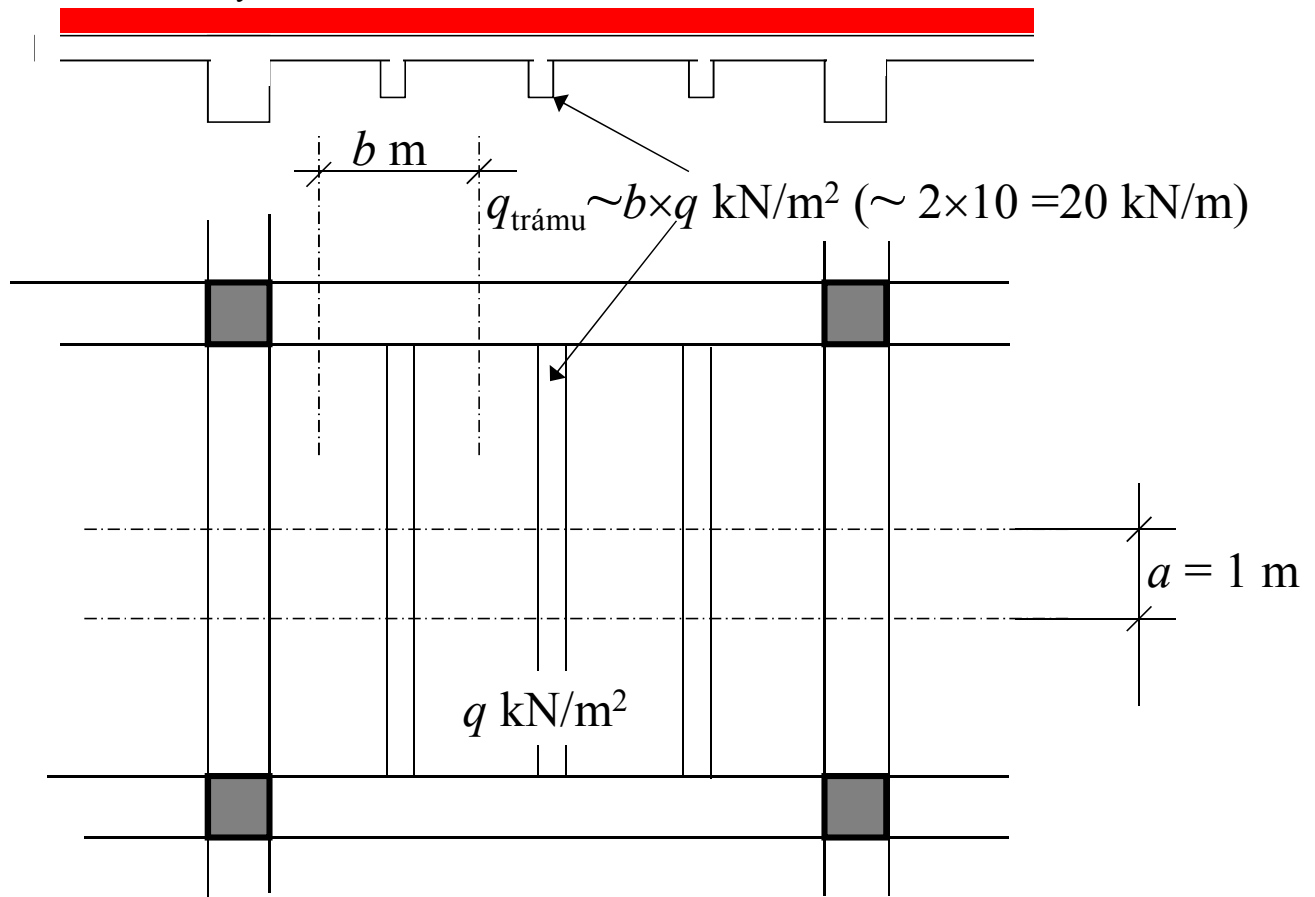
## Výztuž pro $f_{cd}=13,3; f_{yd}=435$ MPa

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{f_{cd}bd^2}} \right), \rho_{min} \approx 0,0013, \rho_{max} \approx 0,011$$

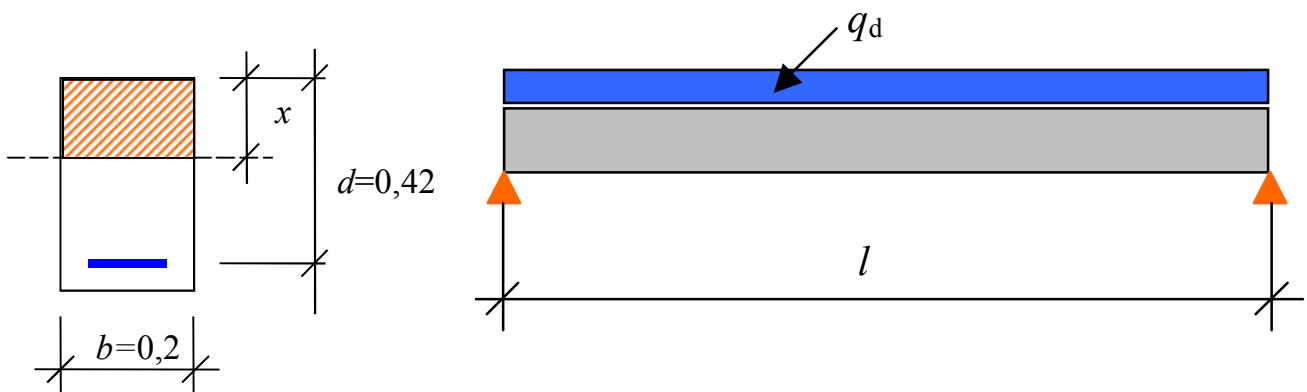


# Zatížení desky a trámu

$$q_{\text{desky}} = a \times q \text{ kN/m}^2 = a \times q \text{ kN/m} (\sim 10 \text{ kN/m})$$



## Příklad C20/25, S500



### Příklad

$l[\text{m}] =$	6,00
$q_d[\text{kN/m}] =$	20
$M_d[\text{kNm}] =$	90
$A[\text{m}^2] =$	0,00055
$\rho [\%] =$	0,66
$\rho > \rho_{\text{min}} ?$	PRAVDA
$\xi = x/d =$	0,27
$\xi < \xi_{\text{max}} ?$	PRAVDA

# EXCEL Sheet 1/2

## Obdélníkový průřez 1

Součinitel  $\gamma_c = 1,5$

Beton  $f_{ck} [\text{MPa}] = 20$

Výztuž  $f_{yk} [\text{MPa}] = 500$

Stupeň v.  $\rho_{\min} [\%] = 0,130$

$\xi = x/d < \xi_{\max} = 0,45$

**Příklad**  $M_d [\text{kNm}] = 90$

$A [\text{m}^2] = 0,00055$

$\rho [\%] = 0,66$

$\rho > \rho_{\min}$ ? PRAVDA

$\xi = x/d = 0,27$

$\xi < \xi_{\max}$ ? PRAVDA

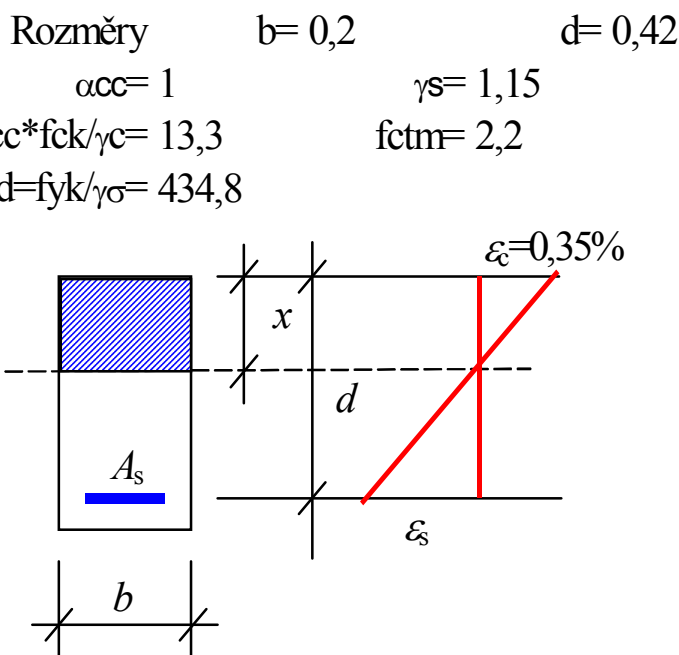
$\rho_{\max} [\%] = 1,10$

$z/d = 1 - (A f_{yd}) / (2 b d f_{cd}) = 0,893$

**První odhad**

$z \sim 0,9 d$

$A_s \sim M_d / (z * f_{yd}) = 0,00055$

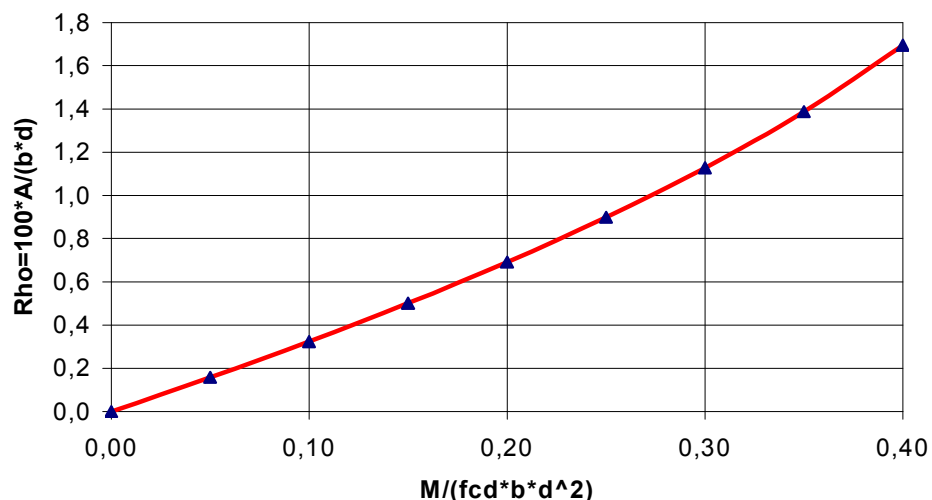


# EXCEL Sheet 2/2

### Obecná tabulka

$m = M_d / (b * d^2 * f_{cd})$	Stupeň $\rho$ [%]	$\xi = x/d$	$z/d = 1 - 0,4 * \xi$	$\epsilon_s$ [%]	$A_s$ $\text{m}^2$	$M_d$ [kNm]
0,00	0,00000	0,00	1,00	-	0,00000	0,0
0,05	0,15737	0,06	0,97	5,11	0,00013	23,5
0,10	0,32376	0,13	0,95	2,30	0,00027	47,0
0,15	0,50091	0,20	0,92	1,36	0,00042	70,6
0,20	0,69124	0,28	0,89	0,89	0,00058	94,1
0,25	0,89821	0,37	0,85	0,61	0,00075	117,6
0,30	1,12714	0,46	0,82	0,41	0,00095	141,1
0,35	1,38698	0,57	0,77	0,27	0,00117	164,6
0,40	1,69521	0,69	0,72	0,16	0,00142	188,2

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{f_{cd} b d^2}} \right), \rho_{\min} \approx 0,0013, \rho_{\max} \approx 0,011$$



# Otázky ke zkoušce

Podstata železobetonu

Základní předpoklady, přetvoření průřezu

Jednostranně vyztužený průřez, rozdělení napětí

Podmínky rovnováhy

Stanovení plochy výztuže

Minimální a maximální stupeň vyztužení

Přibližný odhad plochy výztuže

Příklad výpočtu plochy výztuže