

# Beton 5

**Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.**

ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Tel.: 224353842, Fax: 224355232

E-mail: [holicky@vc.cvut.cz](mailto:holicky@vc.cvut.cz),

<http://web.cvut.cz/ki/710/prednaskyFA.html>

**Obecný postup návrhu obdélníkového průřezu**

**Oboustranně vyztužený průřez**

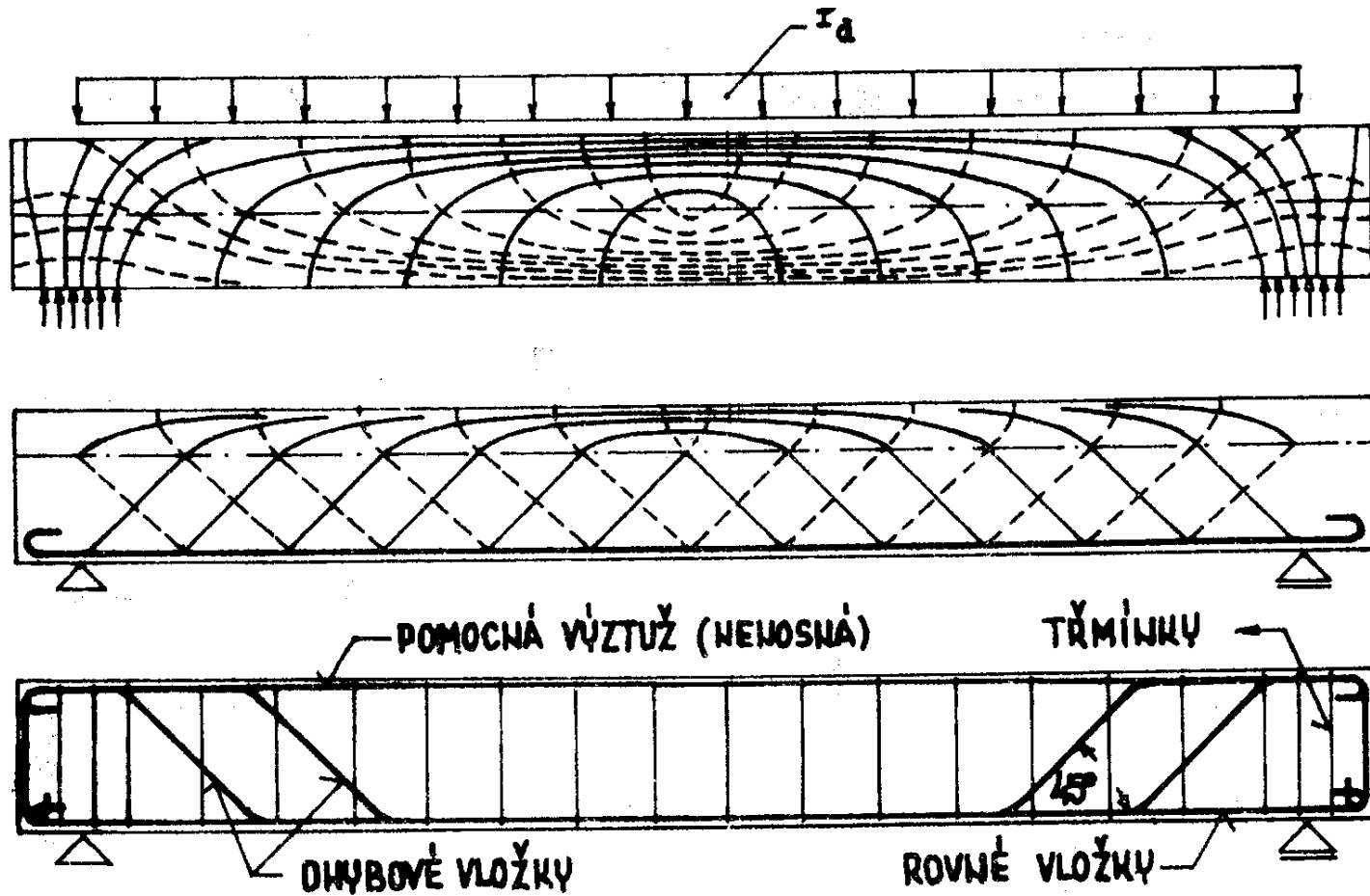
**T - průřez**

**Interakce momentu a normálové síly**

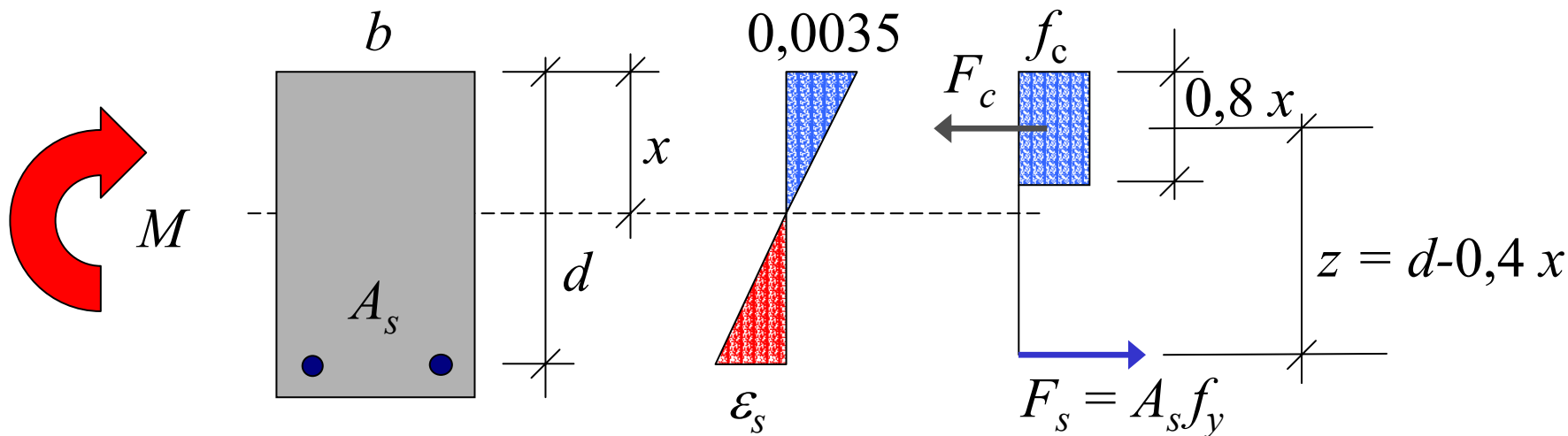
**Centrický zatížený sloup**

**Otázky ke zkoušce**

# Železobetonový nosník při ohybu



# Železobetonový průřez při ohybu



Návrhové hodnoty  
vnitřních síl:

$$F_{cd} = 0,8 x b f_{cd}$$

$$f_{cd} = \alpha f_c / \gamma_m, \quad \gamma_m = 1,5$$

$$F_{sd} = A_s f_{yd}$$

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

Podmínky  
rovnováhy:

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

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

# Obecný postup

Plocha výztuže  
u obdélníka:

$$A_s = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} bd \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{f_{cd}bd^2}} \right) \Rightarrow$$

Bezrozměrné  
veličiny:

$$m = \frac{M_d}{bd^2 f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s f_{yd}}{bdf_{cd}} = 0,8\xi = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$m = \omega(1 - 0,5\omega) = 0,8\xi(1 - 0,4\xi)$$

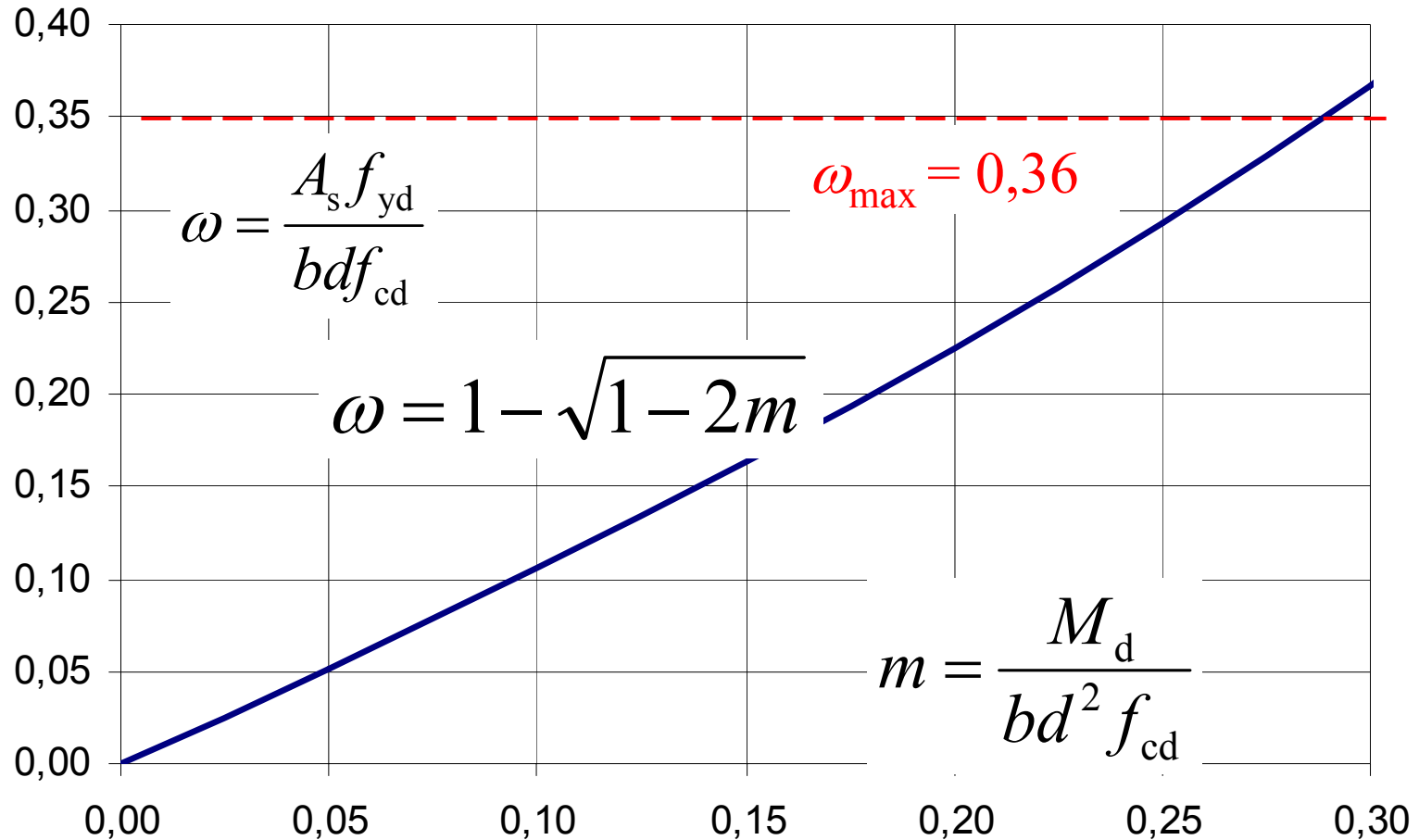
Plocha výztuže:  $\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} \Rightarrow \omega \Rightarrow A_s = \frac{\omega f_{cd} bd}{f_{yd}}$

Omezení:

$$\omega_{\max} = 0,8\xi_{\max} \approx 0,36 = \rho_{\max} \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

# Obecný postup

Plocha výztuže:  $A_s = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} bd \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{f_{cd} bd^2}} \right) \Rightarrow$



# Postup výpočtu - obdélník

1. Ověření momentu

$$m = \frac{M_d}{bd^2 f_{cd}}$$

$$m \leq m_{\max} = 0,8 \xi_{\max} (1 - 0,4 \xi_{\max}) \quad ?$$

- pokud ne, změna rozměrů nebo oboustranná výztuž

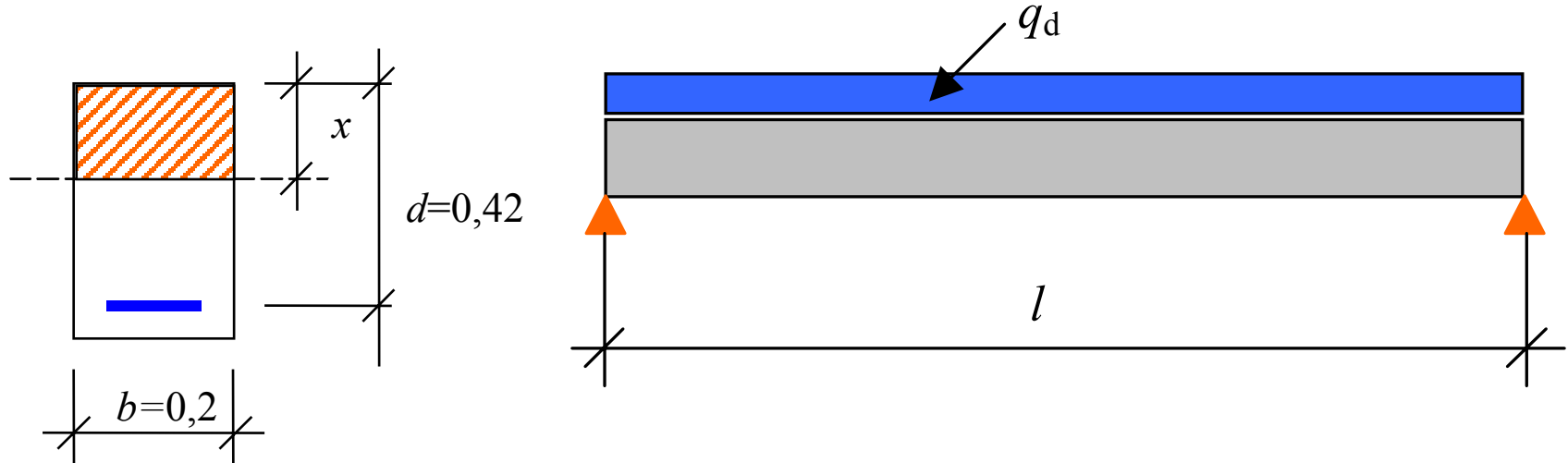
2. Výpočet  $\omega$ , tabulka

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m}$$

3. Výpočet plochy výztuže

$$A_s = \frac{\omega f_{cd} bd}{f_{yd}}$$

# Příklad C20/25. S500

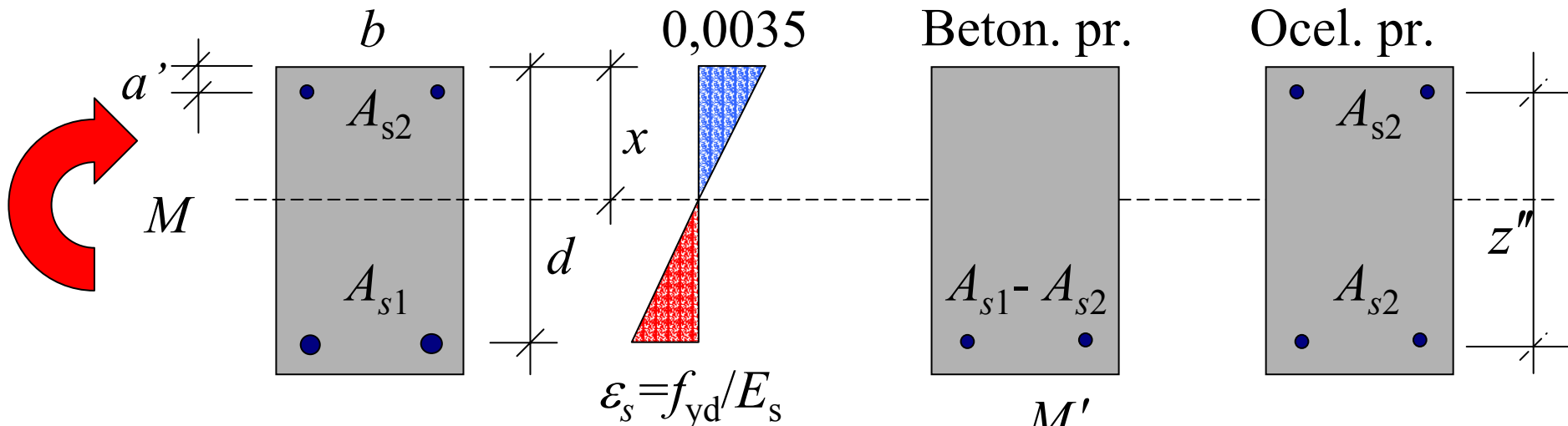


$l$ [m]=	6,00		
$q_d$ [kN/m]=	20		
$M_d$ [kNm]=	90		
$m$ =	0,19	$\omega =$	0,21
$A$ [m <sup>2</sup> ]=	0,00055		
$\rho$ [%] =	0,66		
$\rho > \rho_{min}$ ?	PRAVDA		
$m < m_{max}$	PRAVDA		

# Oboustranně vyztužený průřez

$$M_d = M'_d + M''_d$$

$$M'_d = M_d - M''_d \quad M''_d = A_{s2} f_{yd} z''$$



Plocha výztuže  $A_{s1}$

$$m' = \frac{M'_d}{bd^2 f_{cd}}$$

$$\omega' = 1 - \sqrt{1 - 2m'}, \quad A_{s1} - A_{s2} = \frac{\omega' f_{cd} bd}{f_{yd}}$$

$$\omega' \leq \omega_{\max} = 0,36$$

# Postup výpočtu

1. Výpočet momentů

$$m = \frac{M_d}{bd^2 f_{cd}}, \quad m_{\max} = 0,8 \xi_{\max} (1 - 0,4 \xi_{\max}) \approx 0,30$$

2. Ověření momentu: je-li  $m \leq m_{\max}$

- není oboustranná výztuž nezbytná, pak

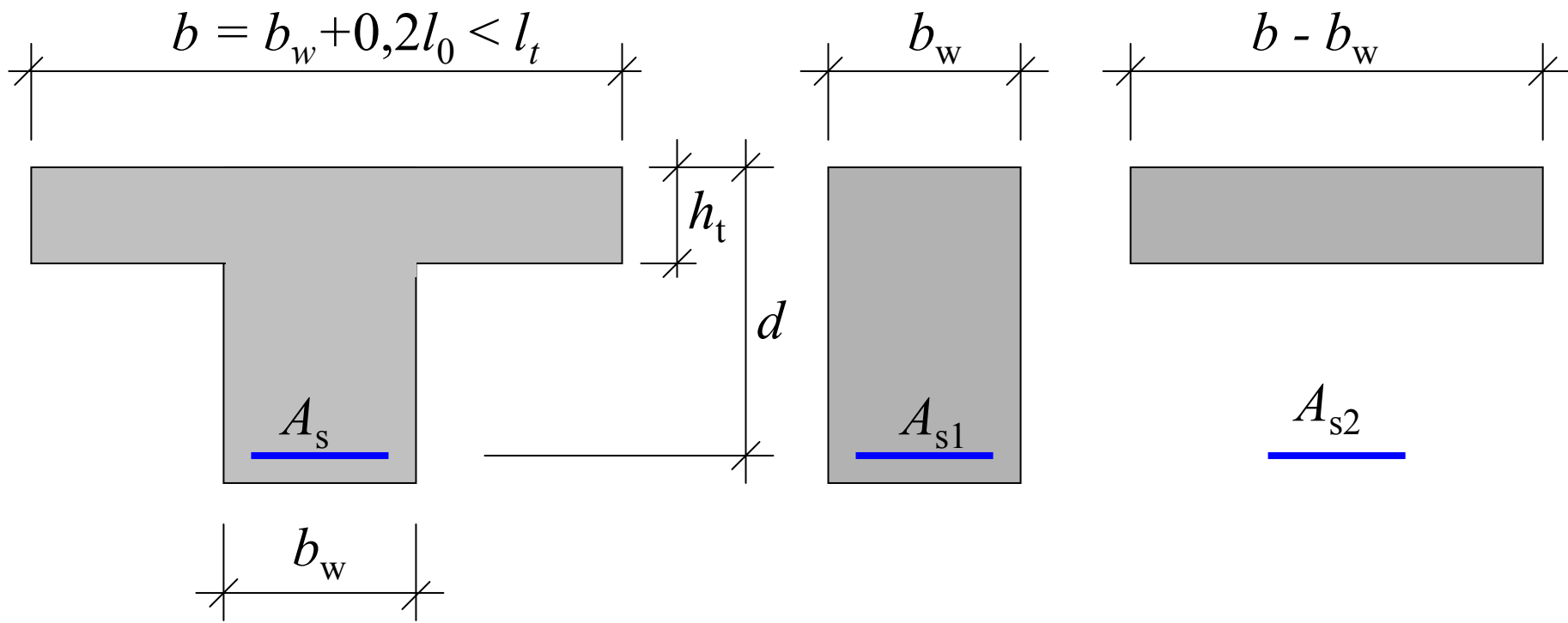
$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} \Rightarrow A_s = \frac{\omega f_{cd} bd}{f_{yd}}$$

3. Je-li  $m \geq m_{\max}$  - oboustranná výztuž, pak

$$M_d'' = A_{s2} f_{yd} z \Rightarrow m'' = m - m'$$

$$\omega' = 1 - \sqrt{1 - 2m'} \Rightarrow A_{s1} - A_{s2} = \frac{\omega' f_{cd} bd}{f_{yd}}$$

# T – průřez



Obdélníkový průřez  $b \times d$ :  $m \Rightarrow \omega \Rightarrow x/d = 1,25 \omega \Rightarrow$

-- je-li  $x/d < h_t/d$ ,  $\Rightarrow A_s$

-- je-li  $x/d > h_t/d \Rightarrow A_{s2} = h_t(b - b_w)f_{cd}/f_{yd} \Rightarrow M_{d2} = A_{s2}(d - h_t/2)f_{yd}$   
 $A_{s1}$  se stanoví pro  $M_{d1} = M_d - M_{d2} \Rightarrow A_s = A_{s1} + A_{s2}$

# Postup výpočtu T - průřezu

1. Obdélníkový průřez  $b \times d$ : 
$$m = \frac{M_d}{bd^2 f_{cd}}$$

2. Výška  $x$ : 
$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} \Rightarrow x/d = 1,25 \omega$$

3. Výztuž: -- je-li  $x/d < h_t/d$ , pak  $A_s = \omega f_{cd} b d / f_{yd}$

-- je-li  $x/d > h_t/d \Rightarrow$

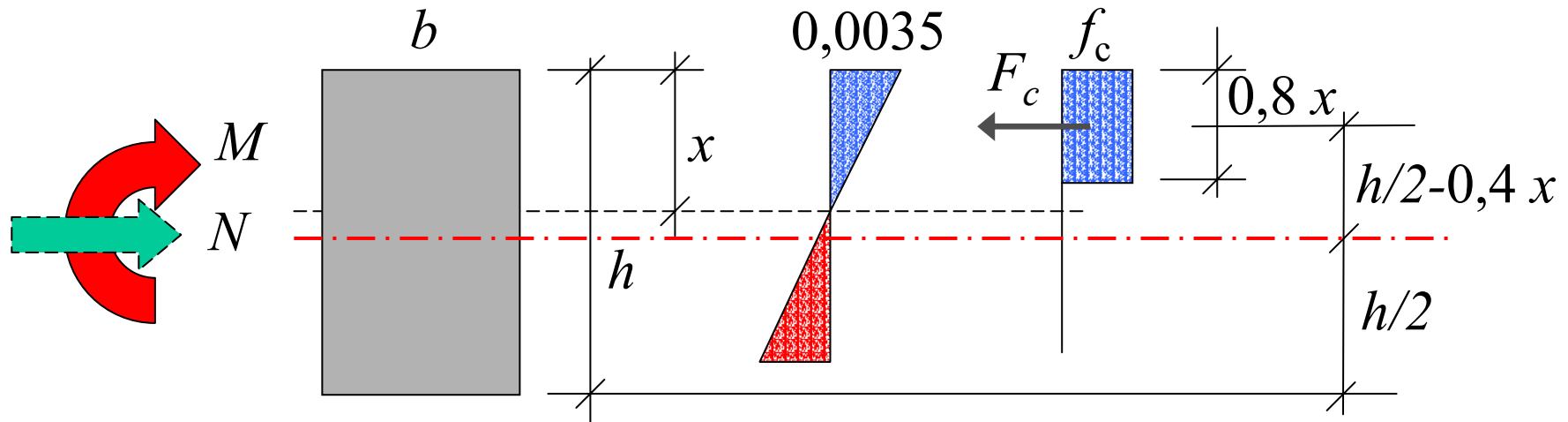
$$A_{s2} = h_t (b - b_w) f_{cd} / f_{yd} \Rightarrow M_{d2} = A_{s2} (d - h_t/2) f_{yd}$$

4. Výztuž  $A_{s1}$  se stanoví pro  $M_{d1} = M_d - M_{d2} \Rightarrow m_1 = m - m_2$

$$\omega_1 = 1 - \sqrt{1 - 2m_1}, \quad A_{s1} = \frac{\omega_1 f_{cd} b d}{f_{yd}}$$

5. Výsledná výztuž:  $A_s = A_{s1} + A_{s2}$

# Kombinace momentu a normálové síly



Průřez z prostého betonu:

$$M_d = (0,5 h - 0,4 x) 0,8 x b f_{cd}, \quad N_d = 0,8 x b f_{cd} \Rightarrow x = N_d / (0,8 b f_{cd})$$

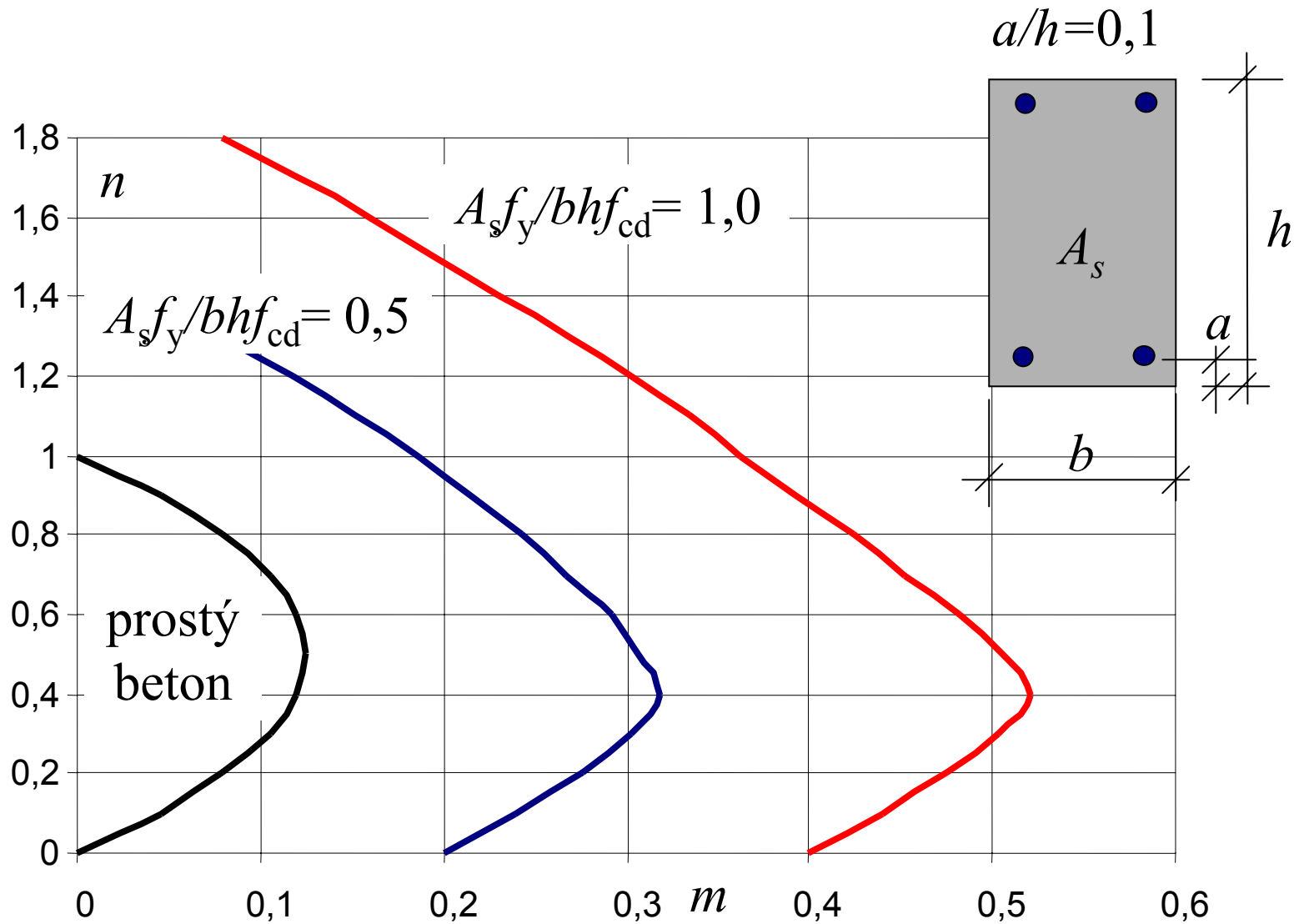
Bezrozměrné veličiny:

$$m = \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} \quad n = \frac{N_d}{b h f_{cd}}$$

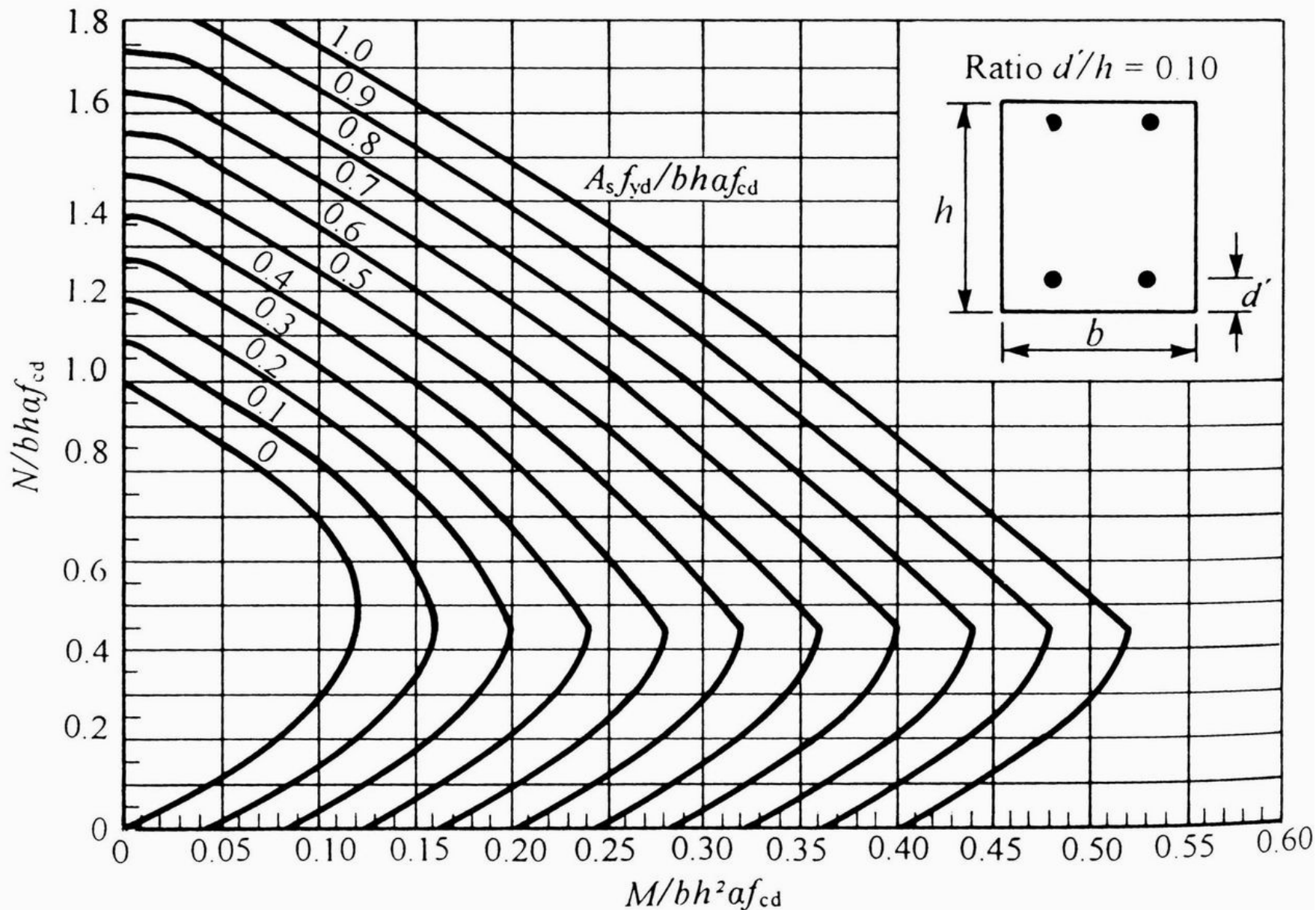
Po dosazení:

$$m = 0,5 (n - n^2)$$

# Interakční diagram



# Interakční diagram



# Centrický zatížený krátký sloup

Pro velmi malou výstřednost a  $\lambda = 12^{0,5} l_0/h < 25 \sim h > l_0/7$ ,  
 $l_0$  je vzpěrná délka, u vetknutých sloupů  $l_0 \sim 0,7 l$ ,  $h > l/10$

$$\begin{aligned} N_d &= 0,8 A_c f_{cd} + A_s f_{yd} \\ &= 0,8 b h f_{cd} + A_s f_{yd} \end{aligned}$$

V některých pramenech omezení  $f_{yd} < 400$  MPa

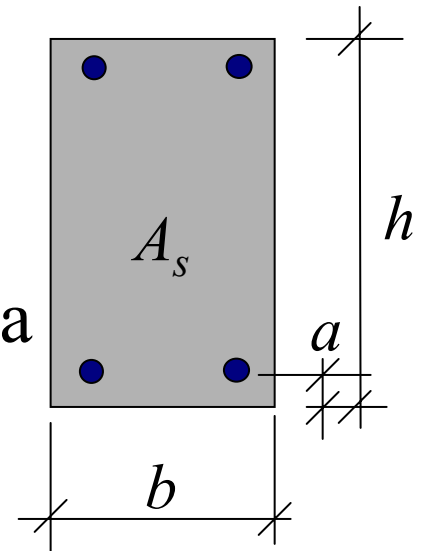
Návrh rozměru čtvercového sloupu:

$$b^2 = h^2 = (N_d - A_s f_{yd}) / (0,8 f_{cd})$$

nebo volíme  $A_s \sim 0,01 b h$

$$b^2 = h^2 = N_d / (0,01 f_{yd} + 0,8 f_{cd})$$

$b > 0,20$  m, běžně 0,30 až 0,50 m



**Podmínka pro výztuž:  $0,003 < A_s < 0,08$**

# Numerický příklad

Návrhová hodnota účinku zatížení

$$N_d \approx 1000 \text{ kN} = 1 \text{ MN}$$

Návrhové hodnoty pevností

$$f_{yd} = 500/1,15 = 435 \text{ MPa} , f_{cd} = 20/1,5 = 13,3 \text{ MPa}$$

Volíme stupeň vyztužení

$$A_s \sim 0,01 b h < 0,08 b h$$

$$b^2 = h^2 = N_d / ( 0,01 f_{yd} + 0,8 f_{cd} ) = 1/15 = 0,067$$

$$**b = h = 0,26 \sim 0,30 \text{ m} > 0,20 \text{ m}**$$

# Otázky ke zkoušce

Obecný postup návrhu obdélníkového průřezu

Omezení plochy výztuže

Oboustranně vyztužený průřez

Postup výpočtu, příklad

T - průřez

Postup výpočtu, příklad

Interakce momentu a normálové síly

Centricky zatížený sloup

Příklad výpočtu rozměrů sloupu