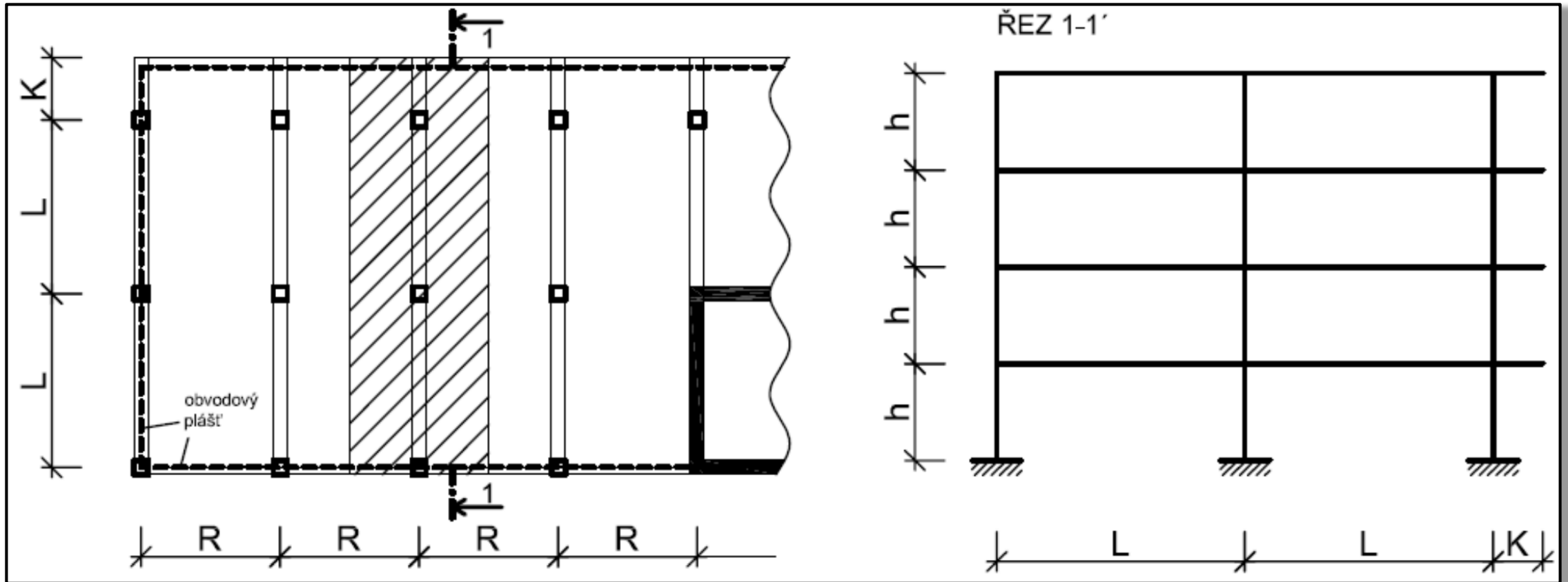




# Návrh výztuže a posouzení průřezů příčle

Prezentace k 4. cvičení BK01/BZKQ

# Řešená úloha



# Stádium řešené úlohy

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení
2. **Statický výpočet**
  - a) Výpočet vnitřních sil pomocí SCIA ENGINEER – obálka ohybových momentů a posouvajících sil
  - b) Úprava (redistribuce a redukce) ohybových momentů
  - c) **Návrh výztuže a posouzení průřezů příčle – ohyb a smyk**
  - d) Návrh výztuže a posouzení průřezů sloupu – kombinace ohybu a tlaku
3. Schéma vyztužení rámu
4. Výkres výztuže části rámu

# Doporučení k výpočtům

**Doporučuji všechny výpočty vždy nejprve provádět v Excelu a až poté ručně.** Může se stát, že vám na konci statického výpočtu něco nevyhoví a budete muset změnit a přepočítat celý návrh.

**Jednoduché části výpočtu** (např. únosnosti jednostranně vyztužených průřezů) je vhodné provádět formou tabulky.

	n	$\varnothing$	$d_T$	$s_{min}$	$s_{max}$	s	Posouzení	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	$A_{s,prov}$	Posouzení	x	z	$\xi$	$M_{Rd}$	$M_{Ed}$	Posouzení
		mm	mm	mm	mm	mm		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>		mm	mm		kNm	kNm	
Levá podpora																	
Levé pole																	
Střední podpora																	
Pravé pole																	
Pravá podpora																	

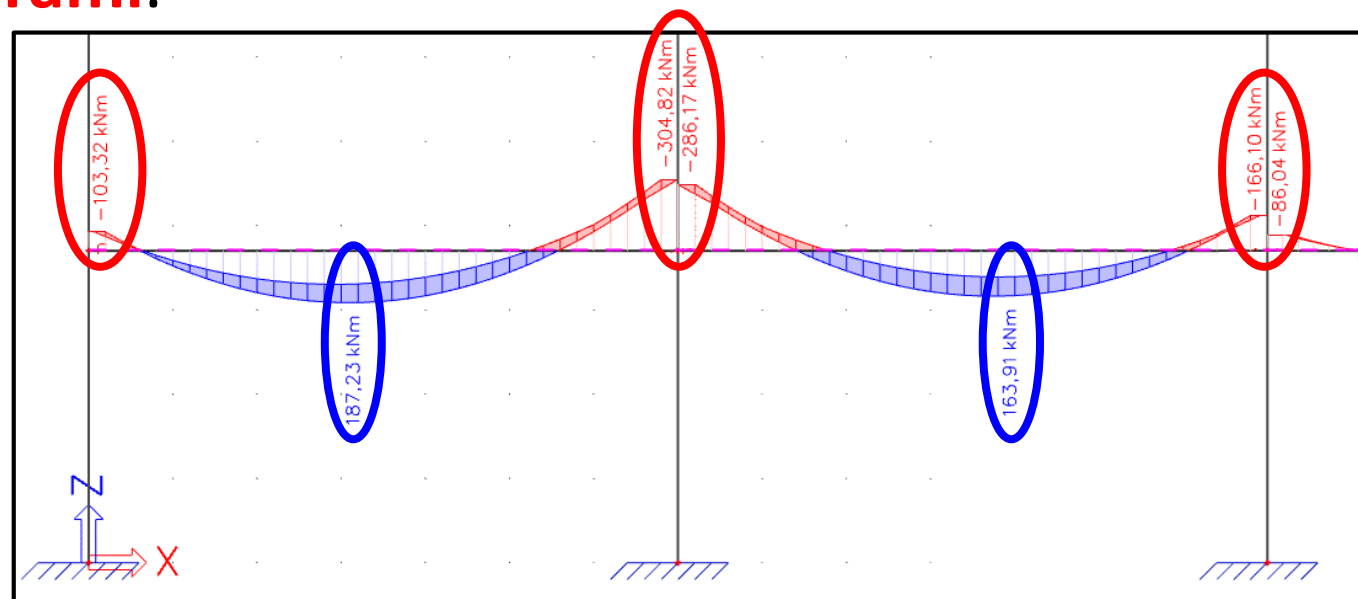
**Složitější výpočty** (např. únosnost oboustranně vyztuženého průřezu) je lepší počítat klasicky „textově“.

# Ohybová výztuž příčle

# Ohybová výztuž příčle

Ohybovou **výztuž musíme navrhnout** v nejvíce namáhaných průřezech prvku\* – tedy:

- v polích,
- nad podporami.



# Ohybová výztuž příčle

Průřez v poli

# Spolupůsobící šířka

Pro průřez v poli potřebujeme nejprve stanovit **spolupůsobící šířku desky\***

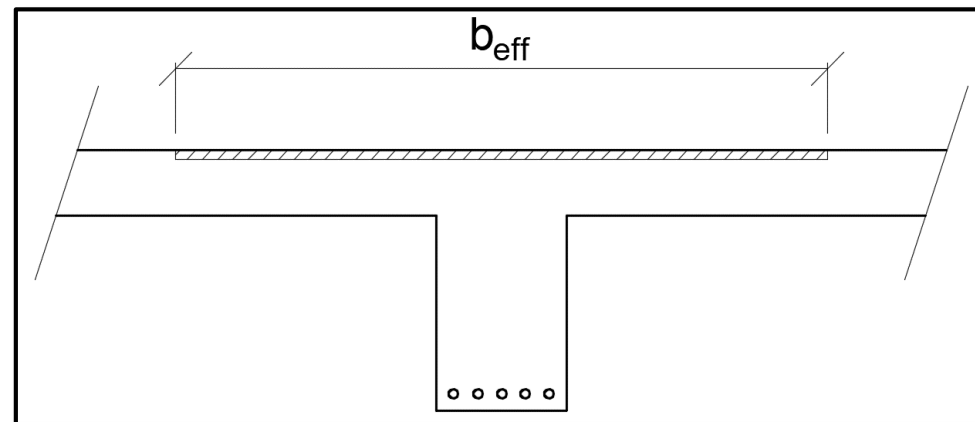
$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2},$$

kde  $b_T$  je šířka průřezu příčle,

$$b_{eff,i} = \min(0.2b_i + 0.1l_0; 0.2l_0; b_i),$$

kde  $b_i$  je polovina světlé rozteče trámů,

$l_0$  je vzdálenost nulových momentů na trámu (odměříme z vykreslených momentů).



\*Šířka desky, o které uvažujeme, že spolupůsobí s příčlí a přenáší tlakové namáhání od ohybu. Je to tedy ŠÍŘKA TLAČENÉ OBLASTI pro průřez příčle v poli.



# Spolupůsobící šířka

Pro průřez v poli potřebujeme nejprve stanovit **spolupůsobící šířku desky\***

$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2}$$

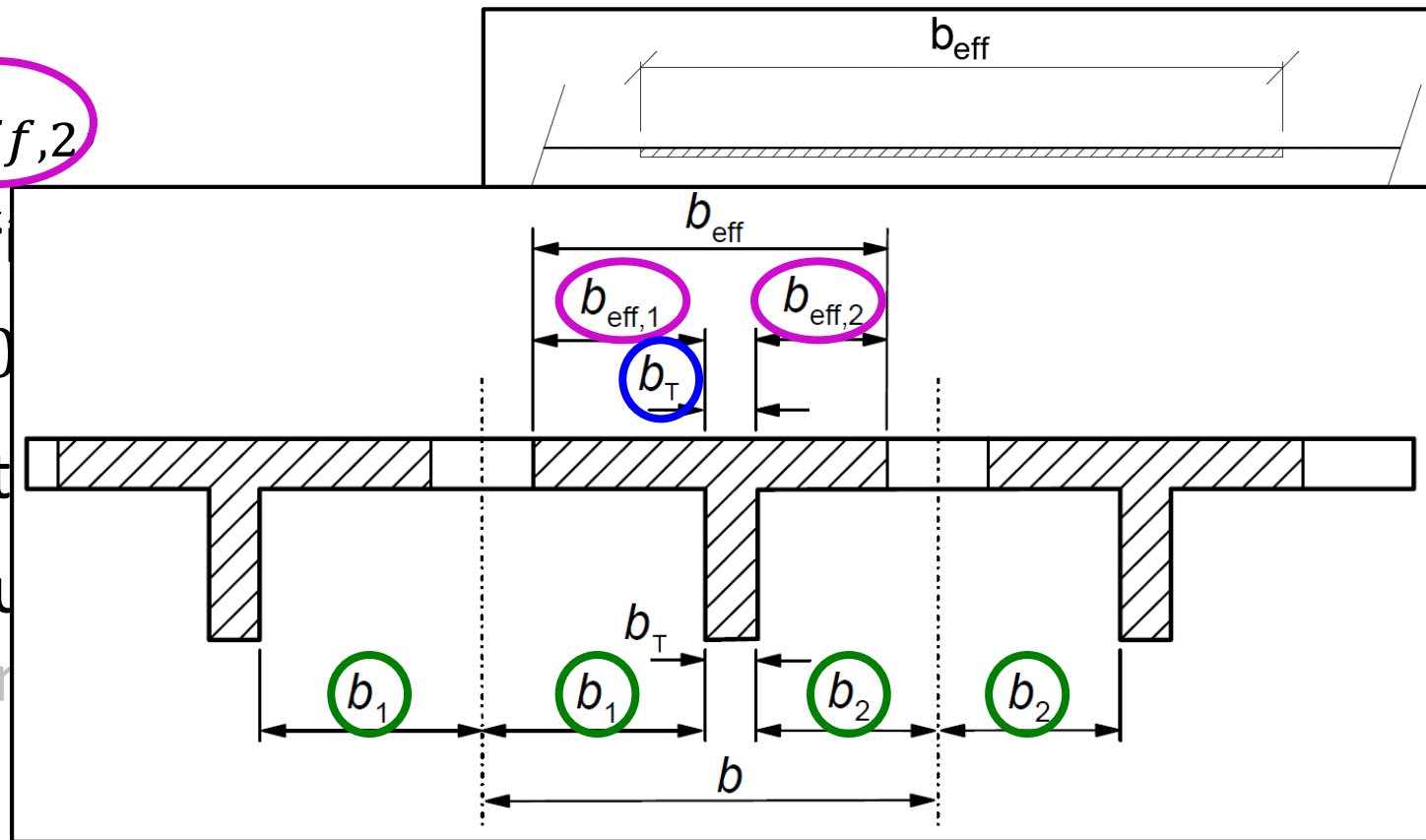
kde  $b_T$  je šířka průřezu při

$$b_{eff,i} = \min(0.2b_i + 0$$

kde  $b_i$  je polovina svět

$l_0$  je vzdálenost nu

z vykreslených r



# Spolupůsobící šířka

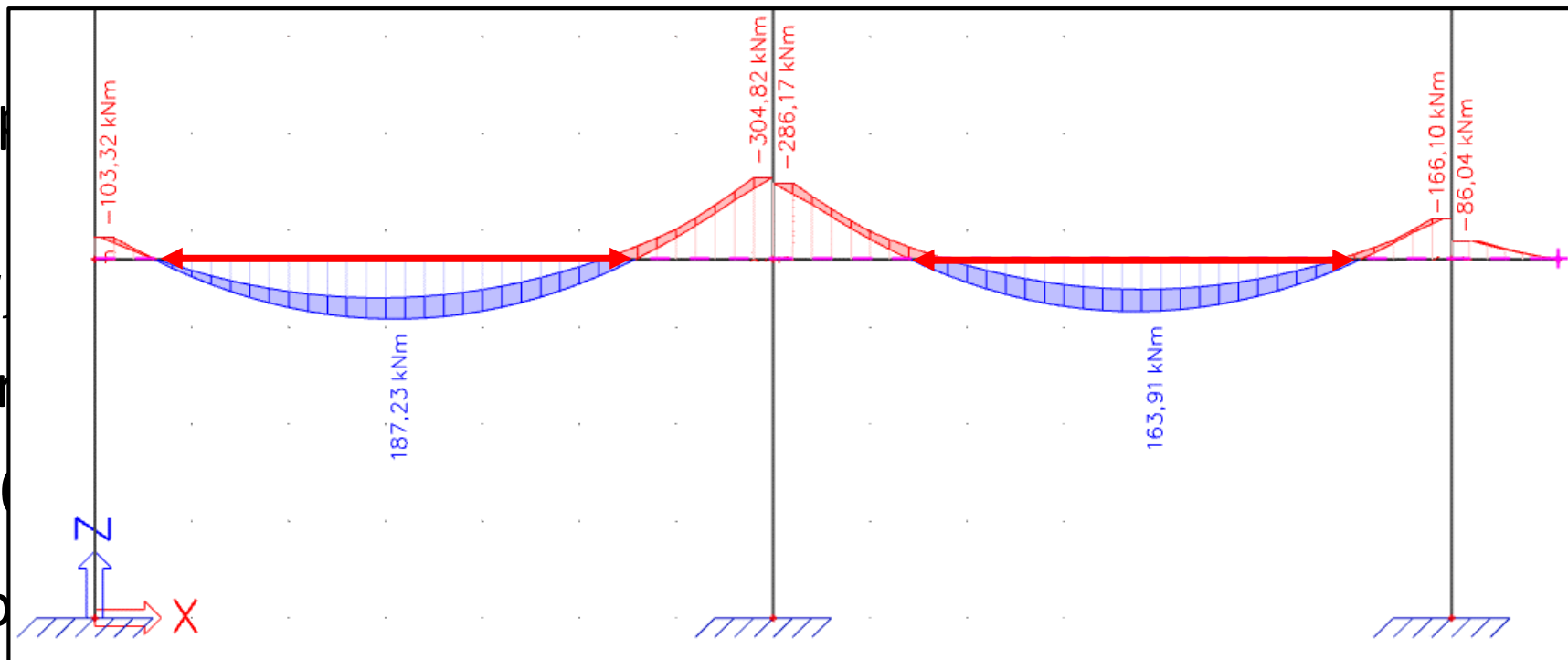
Pro průřez v poli  
desky\*

$$b_{eff} = b_T + b_{ef}$$

kde  $b_T$  je šířka pr

$$b_{eff,i} = \min(\dots)$$

kde  $b_i$  je polo



$l_0$  je vzdálenost nulových momentů na trámu (odměříme z vykreslených momentů).

# Návrh výztuže

Požadovanou plochu ( $A_{s,req}$ ) můžeme určit přesným vzorcem

$$A_{s,req} = \frac{b_{eff} d f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed,rdk}}{b_{eff} d^2 f_{cd}}} \right),$$

nebo „inženýrským odhadem“ ramene vnitřních sil ( $z = 0.9d$ ),

$$A_{s,req} = M_{Ed,rdk} / (f_{yd} 0.9d),$$

nebo vytvoření Excelu pro posouzení průřezu (stanovení  $M_{Rd}$ ) a návrhem výztuže metodou pokus-omyl.

# Návrh výztuže

Výztuž v trámu navrhujeme tak, že specifikujeme kolik prutů jakého průměru\* bude v průřezu příčle.

$$\text{NÁVRH: } n \times \emptyset X \text{ (} A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2 \text{)}$$

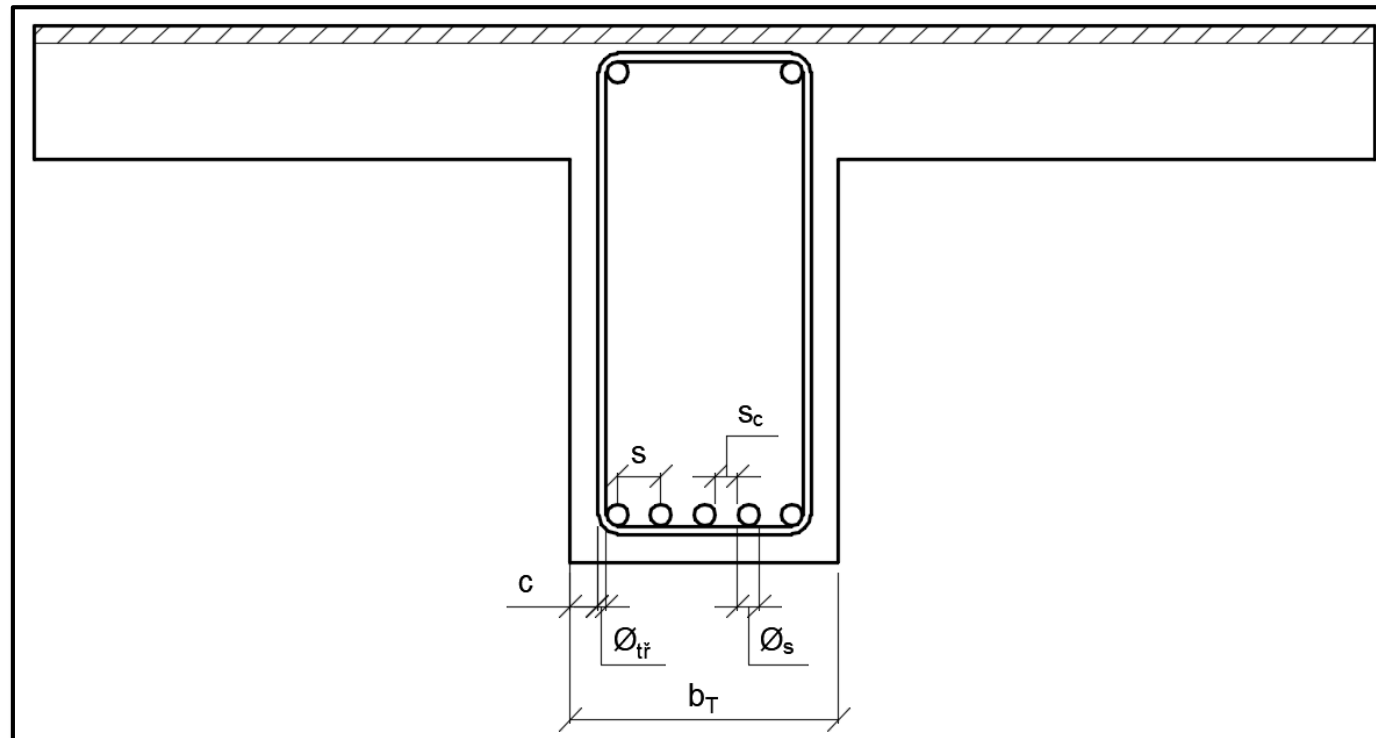
**Návrh výztuže ve výše uvedeném formátu musíme vždy uvést ve statickém výpočtu!**

Navržená plocha výztuže  $A_{s,prov}$  by měla být větší než požadovaná plocha výztuže  $A_{s,req}$ .

\*Průměr prutu už jsme odhadli při výpočtu krytí je nutné tento průměr dodržet nebo zvolit menší. Kdybychom ho nedodrželi, bylo by nutné přepočítat krytí.

# Návrh výztuže

Pruty se nám musí vejít do šířky trámu. **Může být problém s dodržením minimální světlé vzdálenosti** – viz ověření konstrukčních zásad dále.



# Ověření konstrukčních zásad – rozteč

Navržené rozmístění prutů musí splňovat **konstrukční zásady**.

Pro světlou rozteč prutů, kterou určíme jako

$$s_c = \frac{b_T - 2c - 2\varnothing_{tř} - n\varnothing_s}{n - 1}, \quad (\text{viz geometrie})$$

musí platit

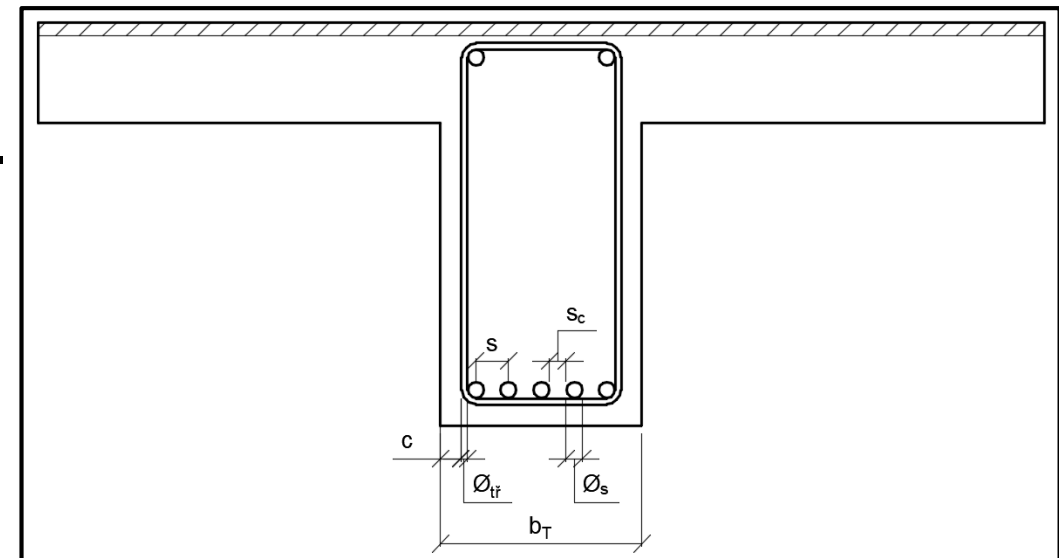
$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}, 1.2\varnothing, D_{max} + 5 \text{ mm}).$$

Pro osovou rozteč prutů, kterou určíme jako

$$s = s_c + \varnothing,$$

musí platit

$$s \leq \min(2h_T, 250 \text{ mm}).$$

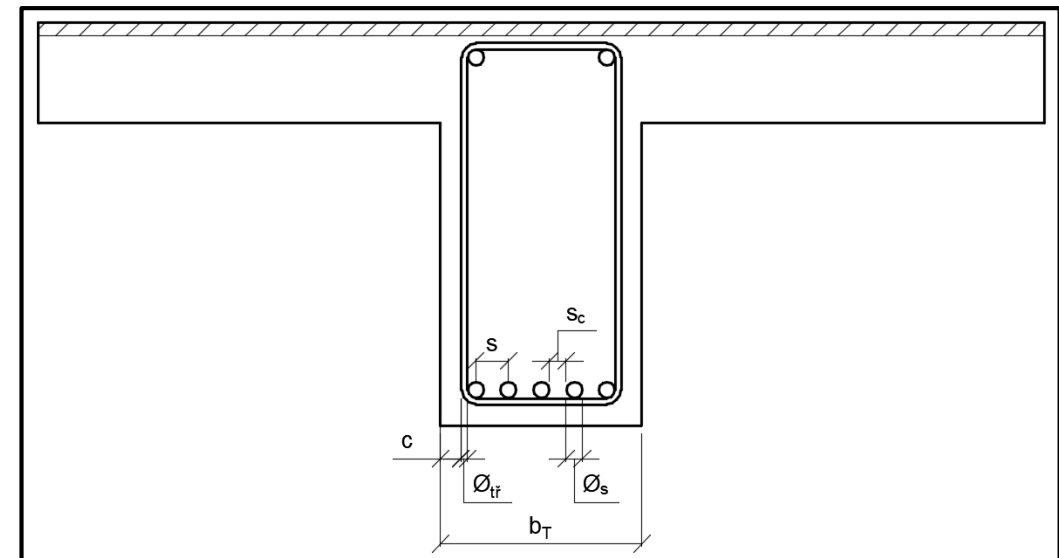


# Ověření konstrukčních zásad – plocha

Navržená plocha výztuže musí splňovat **konstrukční zásady**. Musí platit

$$A_{s,min} \leq A_{s,prov} \leq A_{s,max},$$

$$0.0013b_T d \leq A_{s,prov} \leq 0.04b_T h_T.$$



# Posouzení průřezu – výška tlačené oblasti

Výšku tlačené oblasti určíme pomocí vztahu

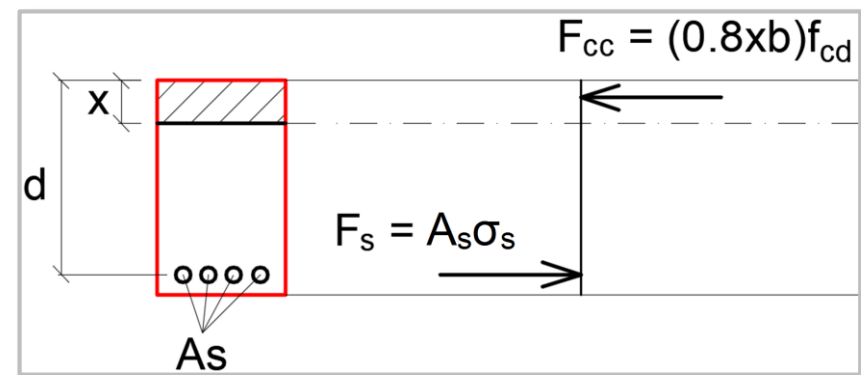
$$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0.8 b_{eff} f_{cd}}$$

který vychází z rovnosti vnitřních sil v průřezu

$$F_{cc} = F_s,$$

a předpokladu, že tažená výztuž je za mezí kluzu

$$\sigma_s = f_{yd}.$$





# Posouzení průřezu – ověření napětí

Při výpočtu výšky tlačené oblasti jsme předpokládali, že výztuž je za mezí kluzu. To nyní ověříme vztahem

$$\frac{x}{d} \leq 0.617.$$

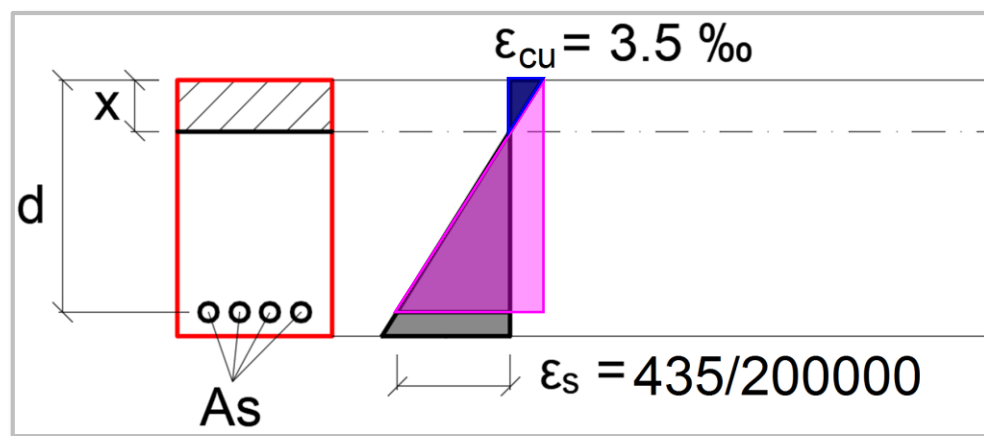
Vztah vychází z podobnosti trojúhelníků přetvoření při namáhání, kdy  $\sigma_s = f_{yd}$ .

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}}{d}$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} = \frac{x}{d}$$

$$\frac{0.0035}{0.0035 + 435/200000} = \frac{x}{d}$$

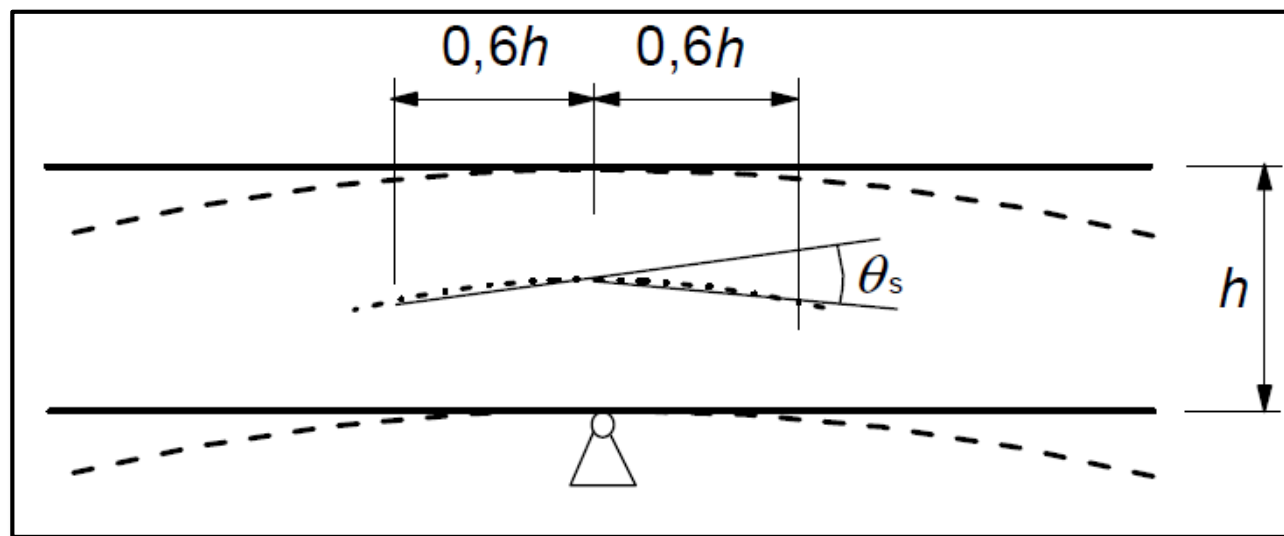
$$0.617 = \frac{x}{d}$$



# Posouzení průřezu – ověření rotační kapacity

Při výpočtu výšky tlačené oblasti jsme uvažovali, že **napětí v tlačeném betonu je konstantní**. Abychom tohle mohli uvažovat, musí být zajištěno, že **průřez se zvládne dostatečně pootočit**. To nemusíme přímo počítat a stačí, když ověříme, že platí

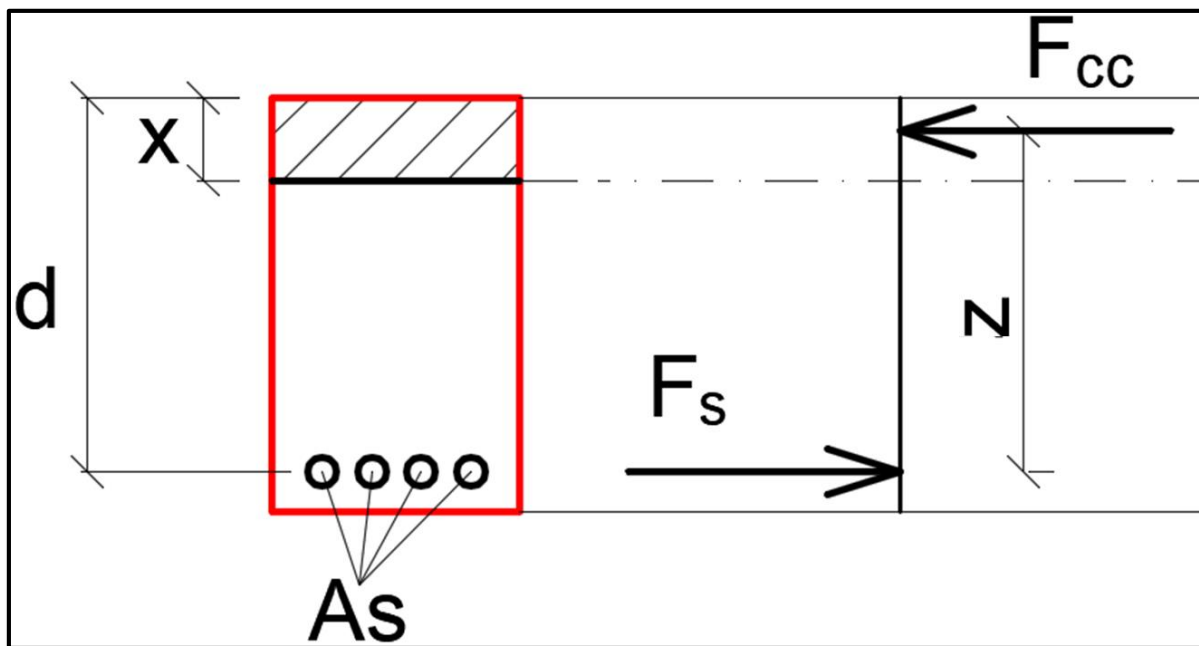
$$\frac{x}{d} \leq 0.45.$$



# Posouzení průřezu – moment únosnosti

**Moment únosnosti** průřezu stanovíme jako momentový účinek vnitřních sil počítaný k působišti síly  $F_{cc}$  pomocí vztahu

$$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} (d - 0.4x).$$



# Posouzení průřezu – konečné posouzení

**Průřez posoudíme** porovnáním s působícím redukovaným momentem

$$M_{Ed,rdk} \leq M_{Rd}$$

Ideálně by únosnost měla být o trochu ( $1.2 \times$  až  $1.5 \times$ ) větší než působící moment.

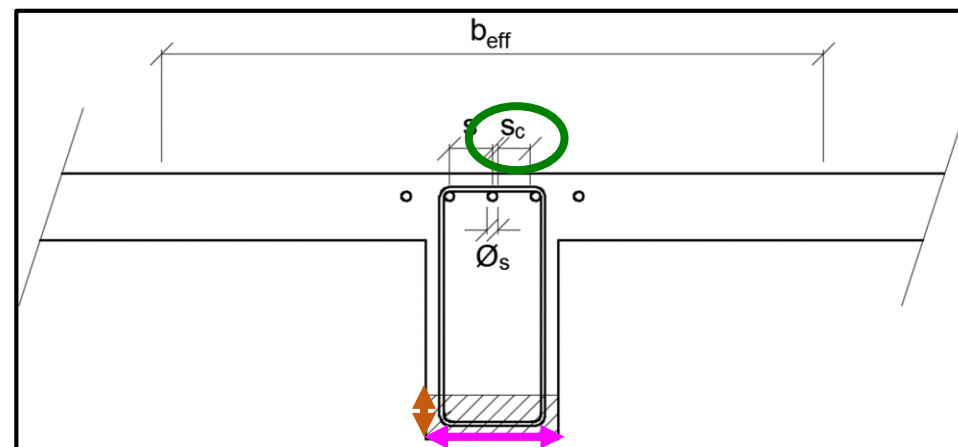
# Ohybová výztuž příčle

Průřez nad podporou

# Průřez nad podporou

Průřez nad podporou řešíme skoro stejně jako průřez v poli. Rozdílem je jen to, že tlačená oblast je dole a tažená oblast je nahoře, takže

- **šířka tlačené oblasti je rovna šířce příčle**
- **výška tlačené oblasti je větší.**
- výztuž můžeme umístit i do desky a **nemáme problém s dodržením minimální světlé rozteče.**



# Návrh výztuže

Požadovanou plochu opět můžeme určit přesným vzorcem

$$A_{s,req} = \frac{b_t d f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed,rdk}}{b_t d^2 f_{cd}}} \right),$$

nebo „inženýrským odhadem“,

$$A_{s,req} = M_{Ed,rdk} / (f_{yd} 0.7d),$$

nebo pomocí Excelu a metodou pokus-omyl.

# Návrh výztuže

Výztuž v trámu opět navrhujeme tak, že specifikujeme kolik prutů jakého průměru bude v průřezu příčle.

$$\text{NÁVRH: } n \times \emptyset X \text{ (} A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2 \text{)}$$

Při volbě průměru prutů výztuže je vhodné zvolit buď stejné průměry jako v poli nebo výrazně (alespoň ob velikost) menší/větší\*.



# Ověření konstrukčních zásad

Pro navrženou výztuž musíme opět ověřit konstrukční zásady pro rozteč prutů

$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}, 1.2\phi, D_{max} + 5 \text{ mm}),$$

$$s \leq \min(2h_T, 250 \text{ mm}),$$

a pro plochu výztuže

$$0.0013b_T d \leq A_{s,prov} \leq 0.04b_T h_T.$$

# Momentová únosnost

Následně pak můžeme spočítat výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0.8 b_T f_{cd}},$$

ověřit výšku tlačené oblasti

$$\frac{x}{d} \leq 0.45$$

vypočítat momentovou únosnost

$$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} (d - 0.4x),$$

a posoudit

$$M_{Ed,rdk} \leq M_{Rd}$$

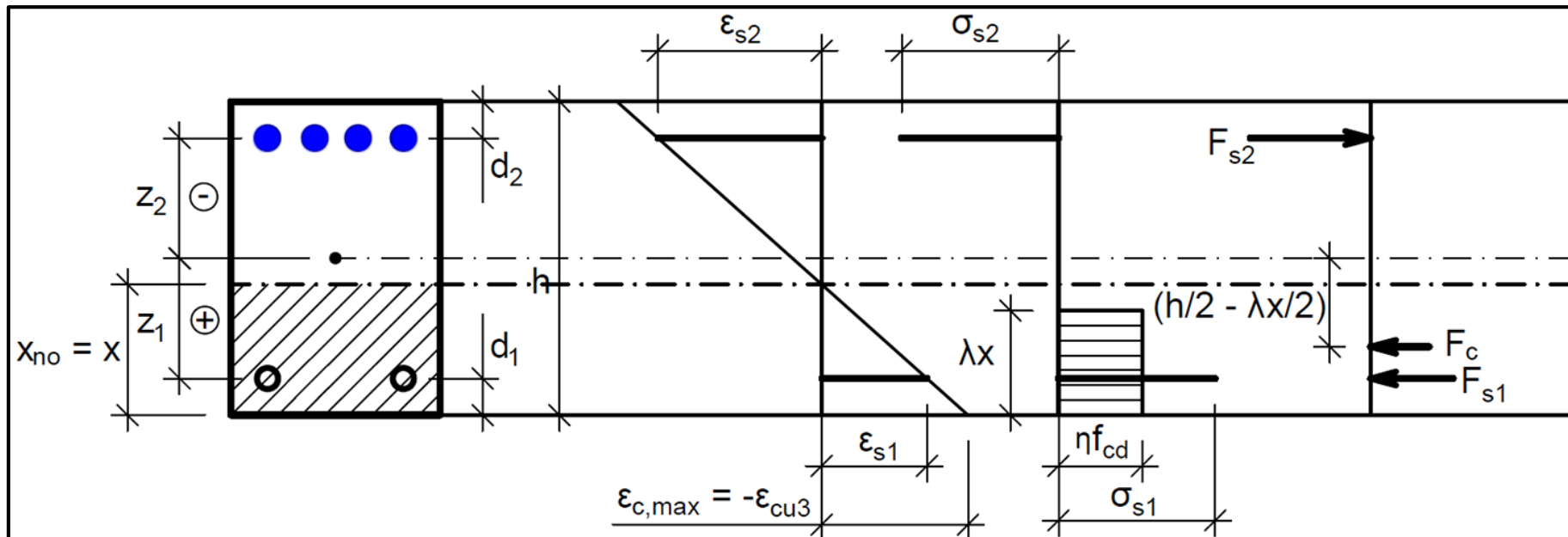
# Ohybová výztuž příčle

Průřez nad podporou (oboustranně vyztužený)

# Oboustranně vyztužený průřez nad podporou

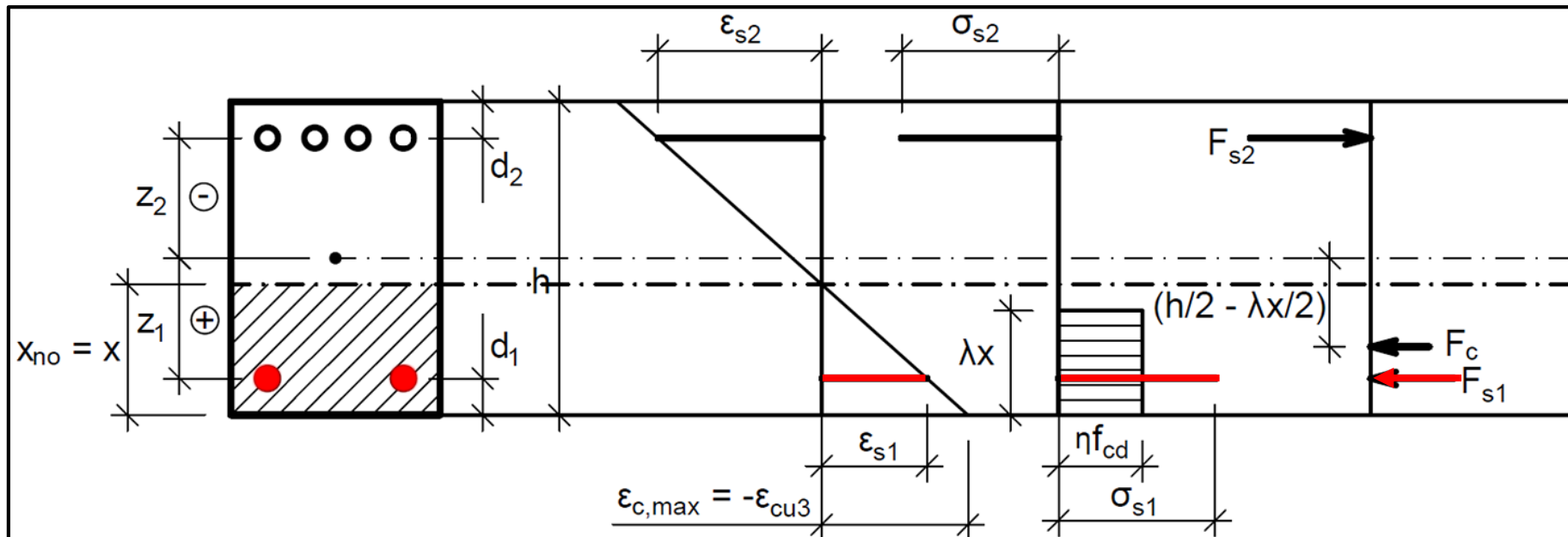
V předchozí části jsme při výpočtu uvažovali pouze **horní taženou** výztuž. Ve skutečnosti je však v průřezu i dolní tlačená výztuž.

V této části si ukážeme, jak stanovit **únosnost oboustranně vyztuženého průřezu**.



# Oboustranně vyztužený průřez nad podporou

Postup výpočtu je obdobný jako u jednostranně vyztuženého průřezu, ale máme tu **navíc i tlačnou výztuž** a ta nám **výpočet komplikuje**.

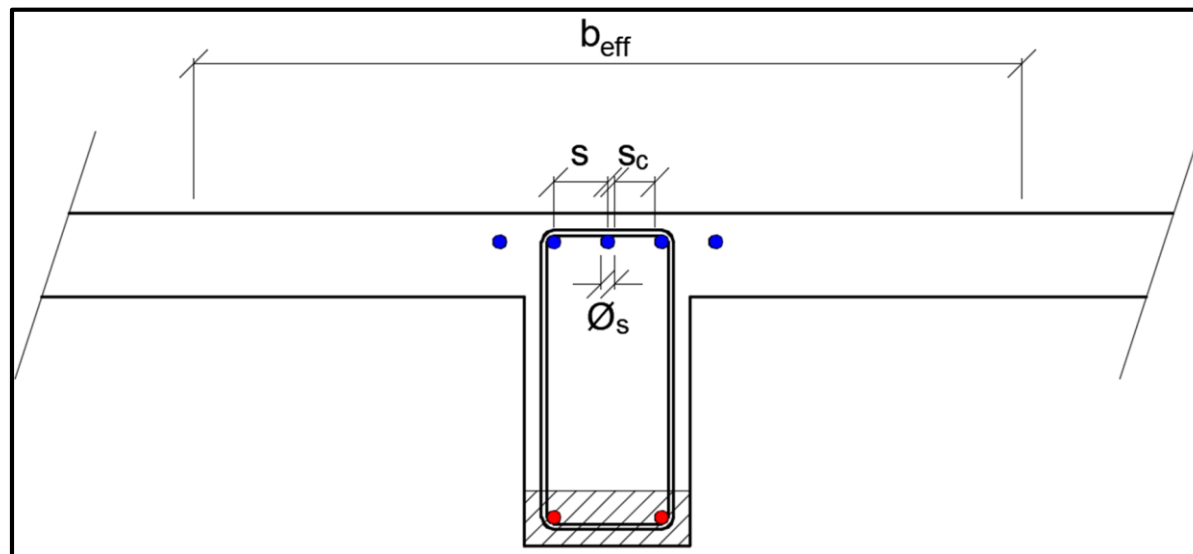


# Návrh výztuže

**Výztuž už máme navrženou** z předchozích kroků.

**Horní** taženou výztuž budeme uvažovat jako pro předchozí případ jednostranně vyztuženého průřezu nad podporou.

**Dolní** tlačená výztuž je ta, kterou jsme navrhli pro průřez v poli.



# Výška tlačené oblasti

**Výšku tlačené oblasti můžeme určit dvěma způsoby:**

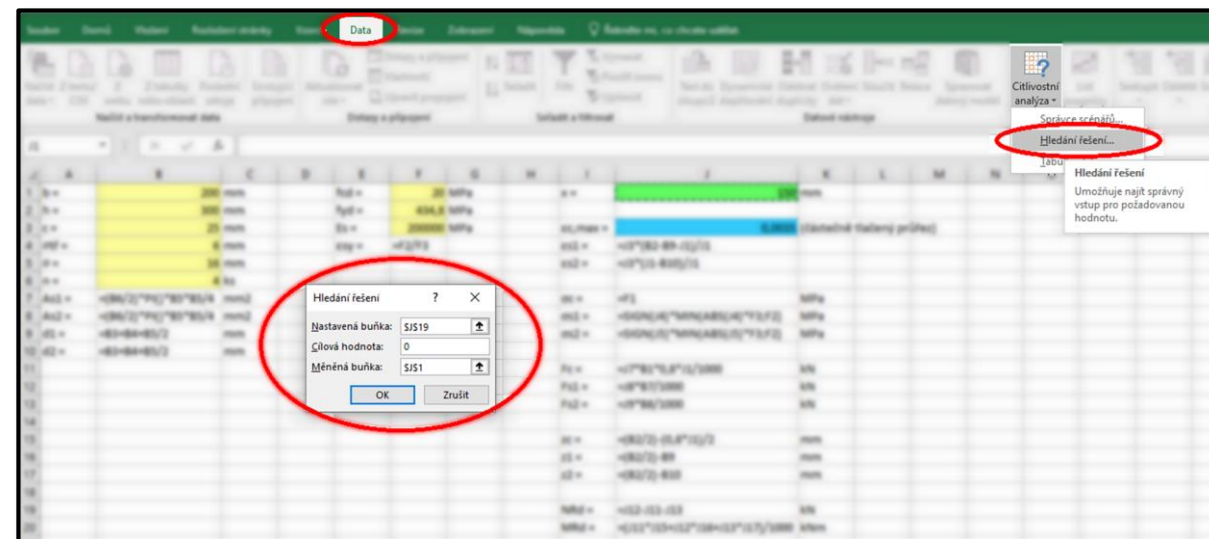
- **iteračně** – v Excelu jednoduché a rychlé, ručně zdlouhavé,
- **analyticky** (přesně) – náročnější na výpočet, ručně rychlejší.

# Iterační stanovení výšky tlačené oblasti (Excel)

Tlačnou výšku  $x$  můžeme stanovit iterační metodou tak, že **vytvoříme Excel** pro výpočet přetvoření, napětí a sil v průřezu v závislosti na tlačené výšce a **budeme hledat, při jaké hodnotě  $x$  je suma sil nulová\***

$$N_{Rd} = F_{s2} - F_c - F_{s1} = 0.$$

Hledání výšky tlačené oblasti můžeme provádět **ručně nebo** pomocí funkce „Hledání řešení“.







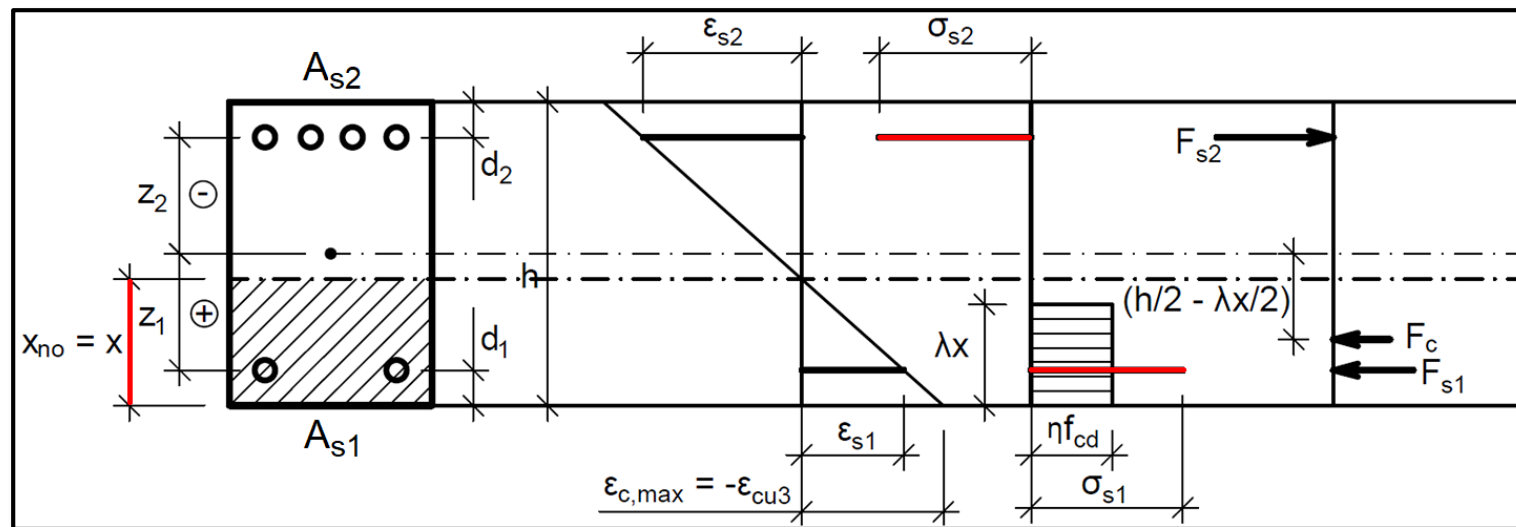
# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Síly v průřezu si můžeme vyjádřit jako (napětí  $\times$  plochy) a získáme rovnici

$$F_{s2} - F_c - F_{s1} = 0$$

$$A_{s2}\sigma_{s2} - (0.8xb)f_{cd} - A_{s1}\sigma_{s1} = 0,$$

ve které **neznáme výšku** tlačené oblasti a **napětí** ve výztužích.

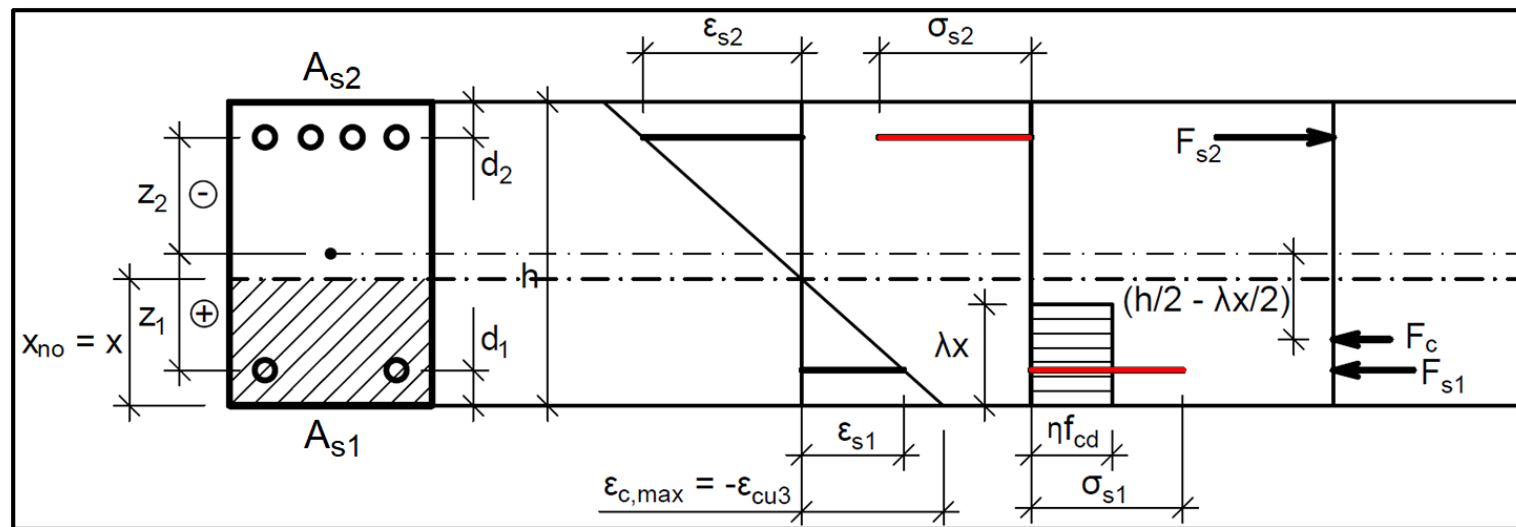


# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Výšku tlačené oblasti hledáme, a proto si jí vyjádříme a získáme vztah

$$x = \frac{A_{s2}\sigma_{s2} - A_{s1}\sigma_{s1}}{0.8bf_{cd}},$$

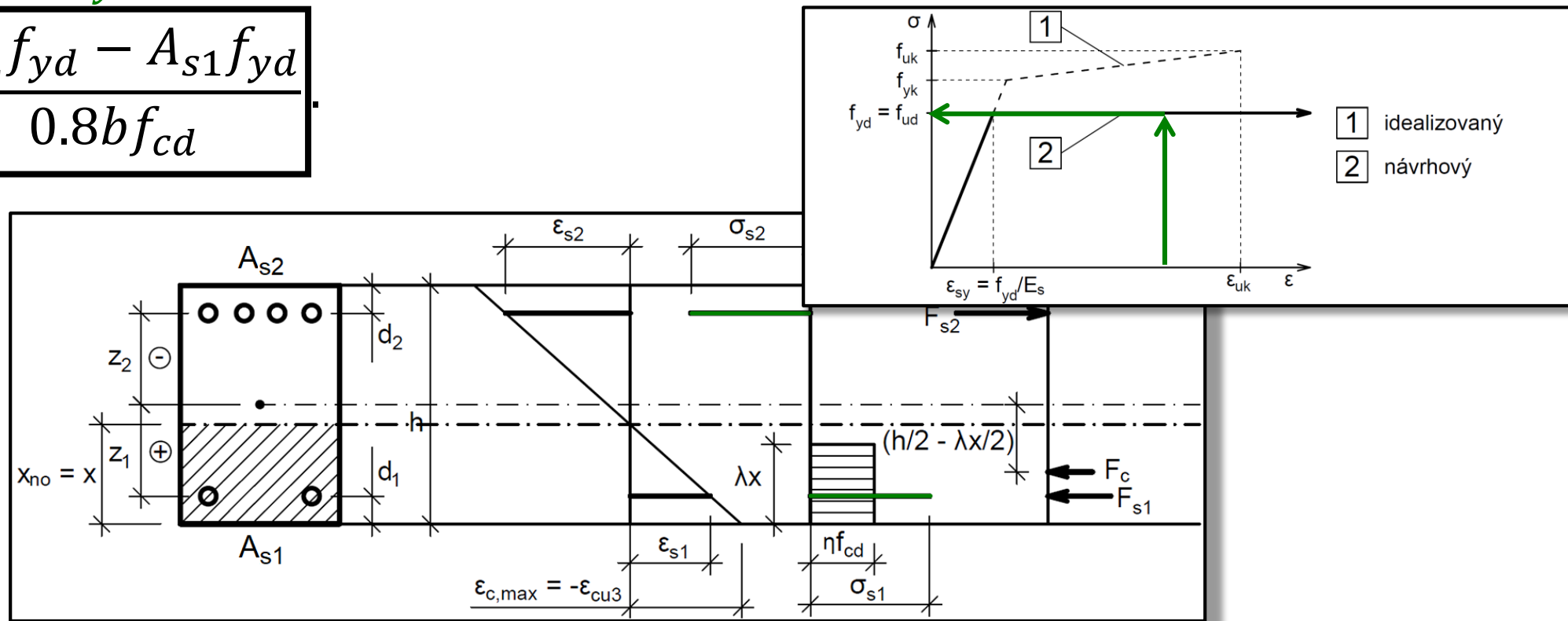
ve kterém **neznáme napětí** ve vyztužích.



# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Dále budeme **předpokládat**, že **tažená i tlačená výztuž jsou za mezí kluzu** ( $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$ ), čímž získáme vztah pro výpočet výšky tlačené oblasti

$$x = \frac{A_{s2}f_{yd} - A_{s1}f_{yd}}{0.8bf_{cd}}$$



# Ověření přetvoření výztuže

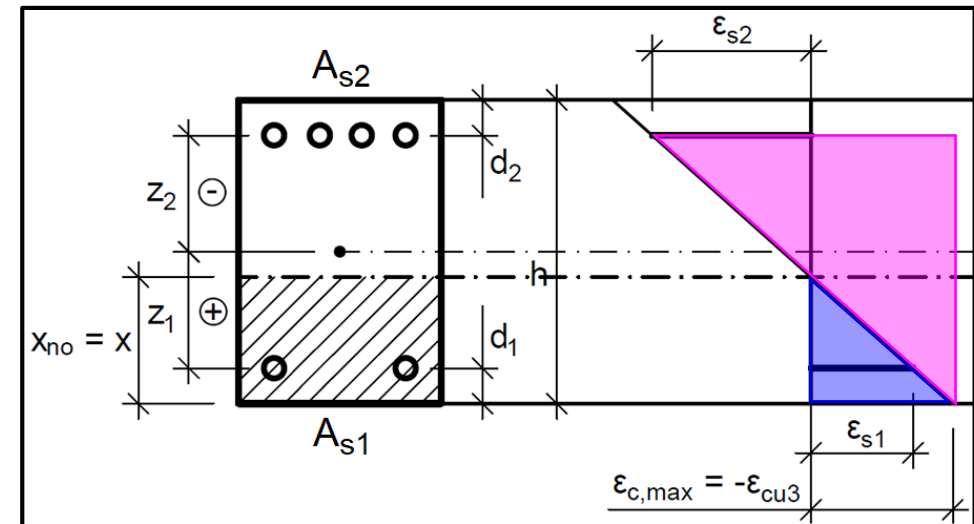
V předchozím kroku jsme předpokládali, že **výztuže jsou za mezí kluzu**, což nyní **musíme ověřit**.

Pro **taženou** výztuž

$$\frac{x}{h - d_2} \leq 0.617 = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{435}{200000}}$$

Pro **tláčenou** výztuž

$$\frac{x}{d_1} \geq 2.642 = \frac{0.0035}{0.0035 - \frac{435}{200000}}$$



# Ověření přetvoření výztuže

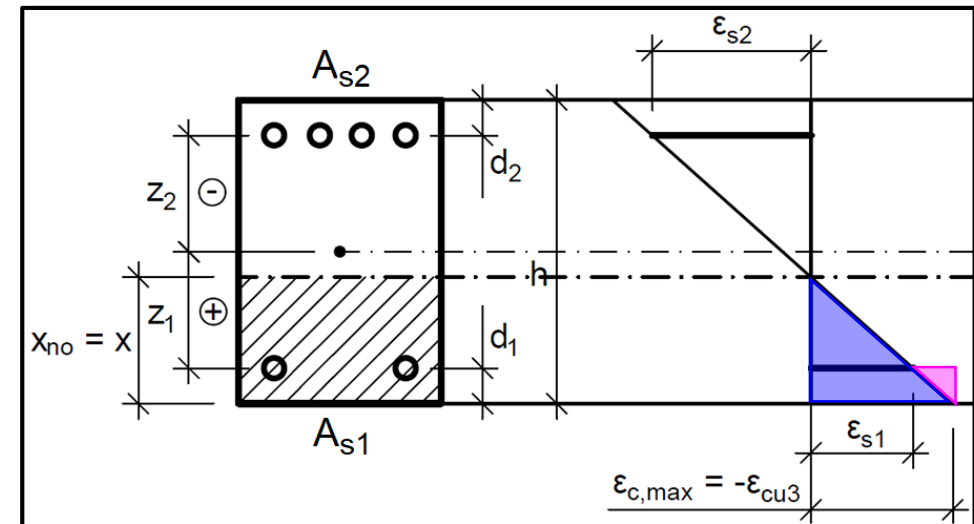
V předchozím kroku jsme předpokládali, že **výztuže jsou za mezí kluzu**, což nyní **musíme ověřit**.

Pro taženou výztuž

$$\frac{x}{h - d_2} \leq 0.617 = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{435}{200000}}$$

Pro **tačenou** výztuž

$$\frac{x}{d_1} \geq 2.642 = \frac{0.0035}{0.0035 - \frac{435}{200000}}$$



# Ověření přetvoření výztuže

Pokud **obě ověření vyhoví**, můžeme pokračovat k výpočtu momentu únosnosti.

Pokud **nevyhoví ověření pro taženou výztuž\***, musíme upravit návrh.  
**Tažená výztuž musí být vždy za mezí kluzu!**

Pokud **nevyhoví ověření pro tlačnou výztuž**, musíme přepočítat výšku tlačené oblasti (viz dále).

# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Když tlačená výztuž není za mezí kluzu, znamená to, že platí **Hookův zákon**

$$\sigma_{s1} = \varepsilon_{s1} E_s,$$

kde přetvoření výztuže můžeme určit\* jako

$$\varepsilon_{s1} = \frac{0.0035}{x} (x - d_1),$$

a když to dosadíme do dříve uvedené rovnice pro výpočet výšky  $x$  získáme rovnici

$$x = \frac{A_{s2} f_{yd} - A_{s1} \left( \frac{0.0035}{x} (x - d_1) \right) E_s}{0.8 b f_{cd}}.$$



# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Získali jsme tedy **jednu rovnici o jedné neznámé**

$$x = \frac{A_{s2}f_{yd} - A_{s1} \left( \frac{0.0035}{x} (x - d_1) \right) E_s}{0.8bf_{cd}},$$

ze které **můžeme vyjádřit neznámou  $x$  a stanovit její hodnotu.**

Problém s odvozením kvadratické rovnice? Měla by mít tvar  
 $(0.8bf_{cd})x^2 - (A_{s2}f_{yd} - A_{s1}E_s0.0035)x - A_{s1}E_s0.0035d_1 = 0$

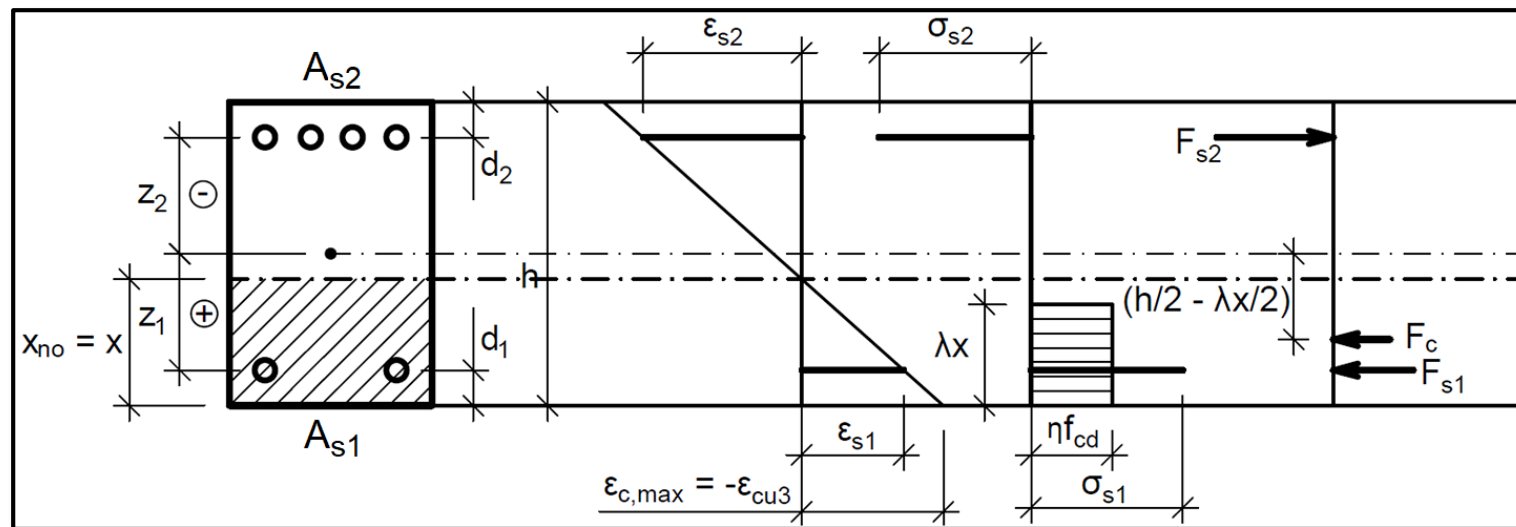
Problém se stanovením řešení? Použijte např. WolframAlpha  
[https://www.wolframalpha.com/input/?i=A\\*x+%3D+B+-+C\\*%281-d1%2Fx%29+solve+for+x](https://www.wolframalpha.com/input/?i=A*x+%3D+B+-+C*%281-d1%2Fx%29+solve+for+x)

pro  $A = 0.8bf_{cd}$ ,  
 $B = A_{s2}f_{yd}$ ,  
 $C = A_{s1}E_s0.0035$ .

# Analytické stanovení výšky tlačené oblasti

Poté, co stanovíme\* a ověříme výšku  $x$ , **můžeme vypočítat momentovou únosnost** (jako momentový účinek sil ke střednici průřezu)

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + 0.8xbf_{cd} \left( \frac{h}{2} - \frac{0.8x}{2} \right) + A_{s1}\sigma_{s1}z_1.$$



# Smykové namáhání

# Smykové namáhání

Z hlediska smyku musíme

- ověřit **únosnost tlačené diagonály,**



- Navrhnout a posoudit **smykovou výztuž.**



# Únosnost tlačené diagonály

# Únosnost tlačené diagonály

Únosnost tlačené diagonály můžeme stanovit pomocí vztahu

$$V_{Rd,max} = v f_{cd} b z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta},$$

kde  $v$  je redukční součinitel pevnosti betonu,  $v = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$ ,

$f_{cd}$  je návrhová pevnost betonu,

$b$  je šířka průřezu,

$z$  je rameno vnitřních sil v průřezu nad podporou,

$\theta$  je úhel sklonu diagonály (volíme; běžně se volí  $\cot \theta = 1.5$ ).

# Únosnost tlačené diagonály

Únosnost tlačené diagonály **posoudíme v místě největší posouvající síly**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

Pokud **podmínka nevyhoví**, je **nutné zvětšit rozměry průřezu!**

# Smyková výztuž



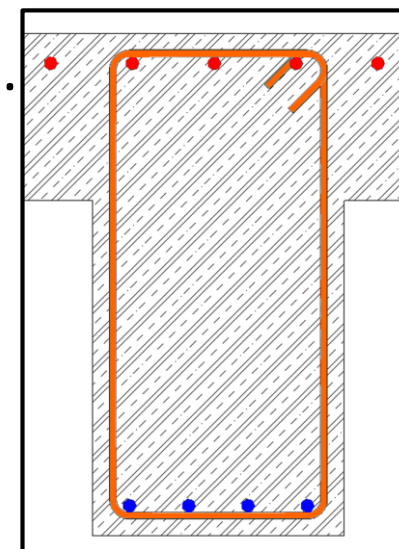
# Průřezová plocha třmíneků

Smykovou výztuž tvoří třmínky, jejichž průřezovou plochu určíme jako

$$A_{sw} = n \frac{\pi \varnothing_t^2}{4},$$

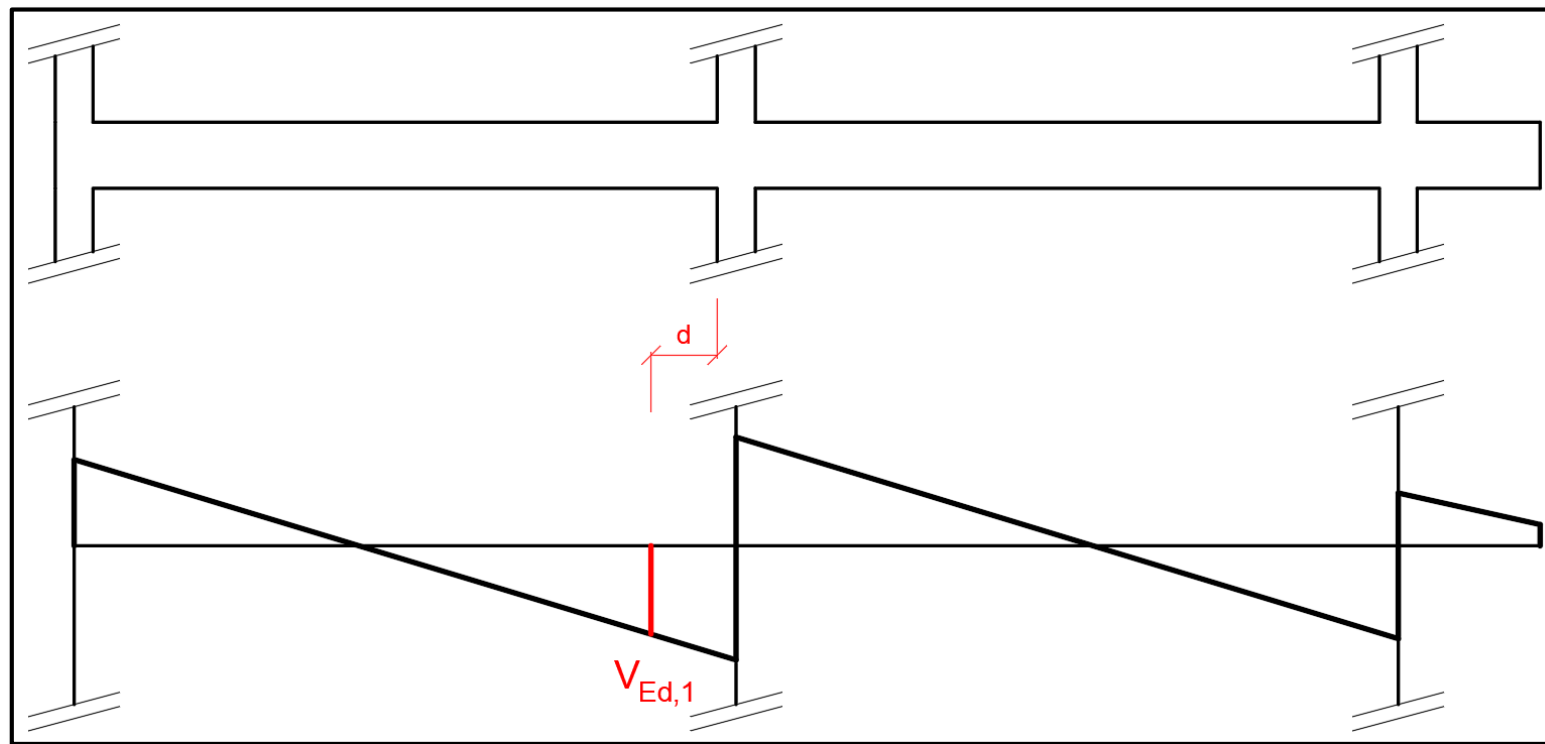
kde  $\varnothing_t$  je průměr drátu (zvolili jsme už při návrhu rozměrů),

$n$  je střižnost třmínku (zvolíme třmínky dvoustřižné,  $n = 2$ ).



# Návrhové třmínky

V místě **největší posouvající síly** navrhujeme **návrhové třmínky** na hodnotu posouvající síly ve vzdálenosti  $d$  od líce podpory.



# Návrhové třmínky

**Požadovanou rozteč** návrhových třmínek vypočítáme pomocí vztahu

$$s_{req} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{V_{Ed,1}} z \cot \theta,$$

kde  $A_{sw}$  je průřezová plocha třmínku,

$f_{yd}$  je návrhová hodnota pevnosti výztuže,

$z$  je rameno vnitřních sil v průřezu nad podporou,

$\theta$  je úhel sklonu trhliny (uvažujeme stejný úhel jako u sklonu tlakové diagonály).

# Návrhové třmínky

**Rozteč** návrhových třmínek  $s_1$  **zvolíme** tak, aby platilo

$$s_1 < s_{req.}$$

Vzdálenost třmínek  $s_1$  zvolíme ideálně v násobcích 50 mm (ale stačí v násobcích 10 mm) a návrh zapíšeme ve tvaru

Třmínek dvoustřížný  $\emptyset_t$  X po Y mm.

# Návrhové třmínky

Pro navržené třmínky ověříme splňovat **konstrukční zásady**.

1) Maximální vzdálenost třmínků

$$s_1 \leq \min(0.75d; 400 \text{ mm}).$$

2) Stupeň vyztužení

$$\frac{0.08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \frac{A_{sw}}{bs_1} \leq \frac{0.3 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) f_{cd}}{f_{yd}},$$

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}.$$

Pokud podmínky **nevyhoví**, upravíme **vzdálenost** třmínků.

# Návrhové třmínky

Únosnost třmínek vypočteme jako **únosnost jednoho třmínku** krát **počet třmínek procházejících jednou trhlinou**.

$$V_{Rd,1} = F_t \times n_t$$

$$V_{Rd,1} = A_{sw} f_{yd} \times \frac{z \cot \theta}{s_1}$$

kde  $A_{sw}$  je průřezová plocha třmínku,

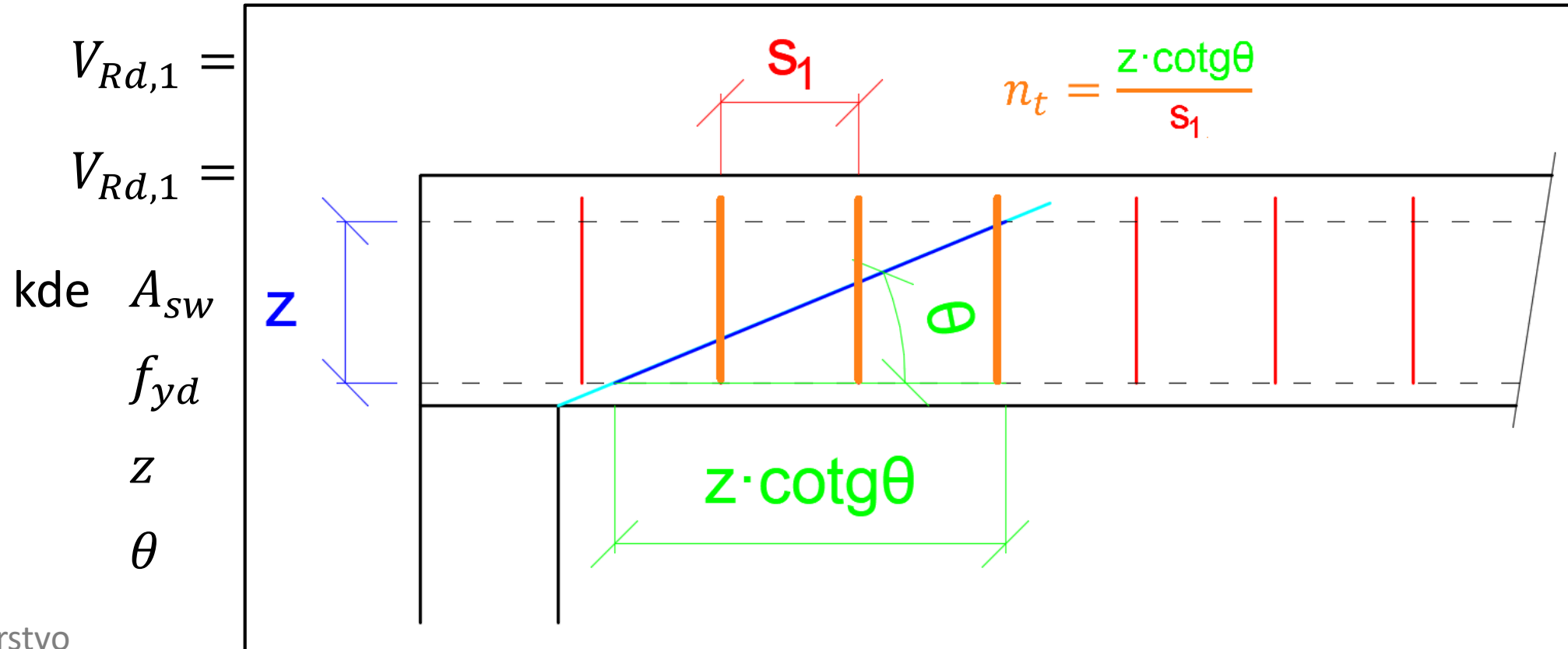
$f_{yd}$  je návrhová hodnota pevnosti výztuže,

$z$  je rameno vnitřních sil v průřezu nad podporou,

$\theta$  je úhel sklonu trhliny (uvažujeme stejný úhel jako u sklonu tlakové diagonály).

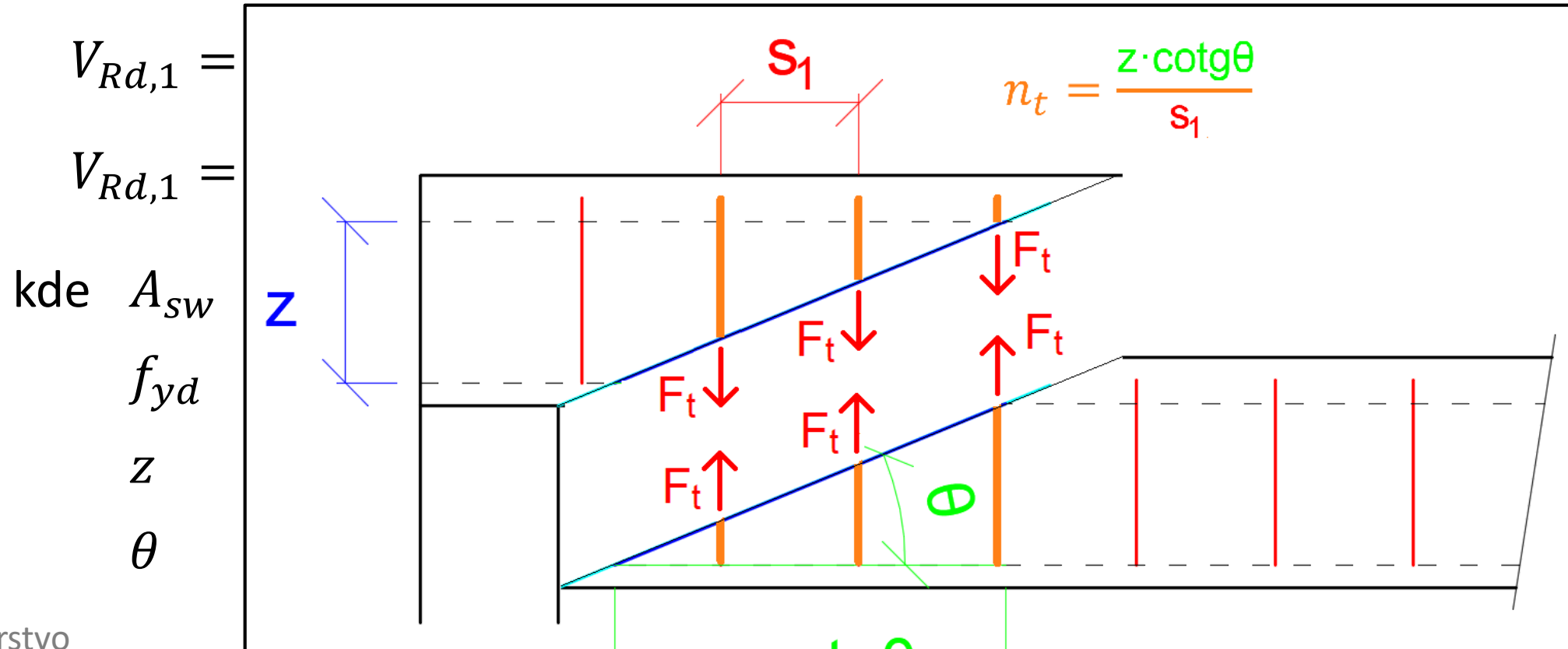
# Návrhové třmínky

Únosnost třmínek vypočteme jako **únosnost jednoho třmínku** krát **počet třmínek procházejících jednou trhlinou**.



# Návrhové třmínky

Únosnost třmínek vypočteme jako **únosnost jednoho třmínku** krát **počet třmínek procházejících jednou trhlinou**.





# Návrhové třmínky

Nakonec **posoudíme únosnost třmínků**, která musí být větší než maximální působící návrhová posouvající síla ve vzdálenosti  $d$  od líce podpory

$$V_{Ed,1} \leq V_{Rd,1}$$

Pozn.: Pokud nikde neuděláme numerickou chybu, posouzení musí vyjít, protože vztah pro výpočet  $s_{req}$  vychází z této nerovnosti.

# Konstrukční třmínky

Konstrukční třmínky **navrhne** pouze **podle konstrukčních zásad** a pak **určíme, kde lze tyto třmínky použít\***.

Pro konstrukční třmínky použijeme stejné profily a stejnou střižnost jako pro návrhové třmínky → stejné  $A_{sw}$ .

\*Tedy opačný postup než u návrhových třmínků, kde jsme zvolili, kde je použijeme, a podle toho jsme je navrhli.

# Konstrukční třmínky

Vzdálenost třmínek navrhne tak, aby platilo

$$s_{k\check{c}n\acute{i}} \leq s_{max} = \min(0.75d; 400 \text{ mm}).$$

Vzdálenost třmínek  $s_{k\check{c}n\acute{i}}$  zvolíme ideálně v násobcích 50 mm (ale stačí v násobcích 10 mm) a návrh zapíšeme ve tvaru

Třmínek dvoustřížný  $\emptyset_t$  X po Y mm.

# Konstrukční třmínky

Pro konstrukční třmínky opět provedeme **kontrolu stupně vyztužení**

$$\frac{0.08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \frac{A_{sw}}{b s_{kční}} \leq \frac{0.3 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) f_{cd}}{f_{yd}},$$

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}$$

Pokud **podmínka nevyhoví**, upravíme vzdálenost třmínků.

# Konstrukční třmínky

**Únosnost třmínků** opět vypočteme pomocí vztahu

$$V_{Rd,kčn\acute{i}} = A_{sw} f_{yd} \times \frac{z \cot \theta}{s_{kčn\acute{i}}},$$

kde  $A_{sw}$  je průřezová plocha třmínku,

$f_{yd}$  je návrhová hodnota pevnosti výztuže,

$z$  je rameno vnitřních sil v průřezu v poli,

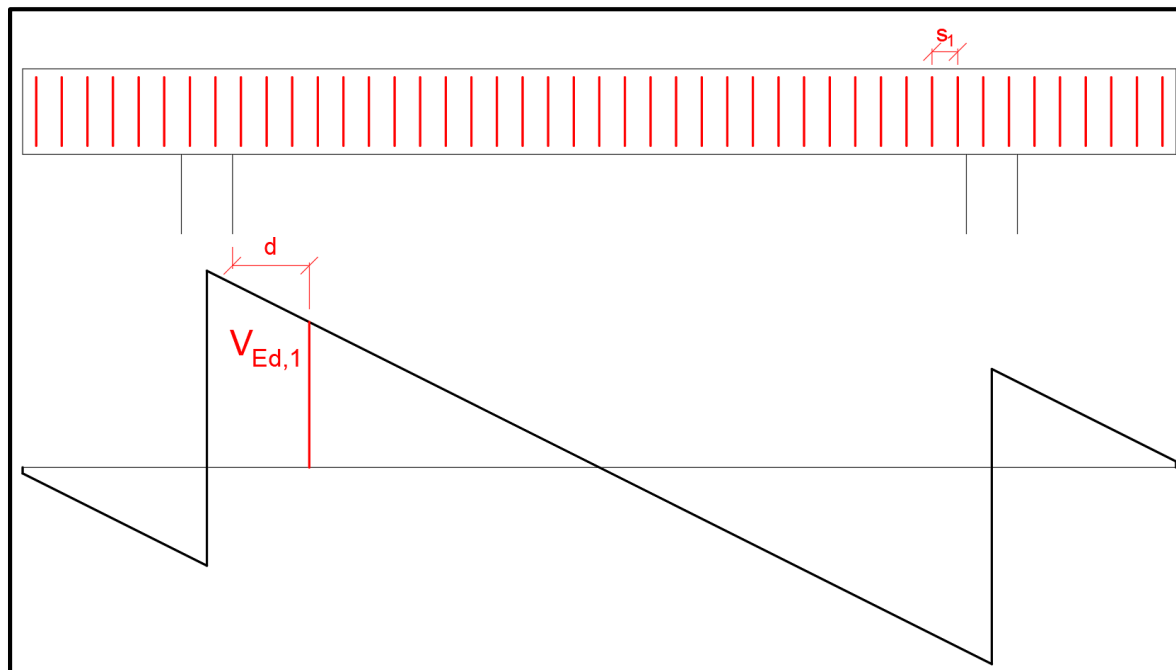
$\theta$  je úhel sklonu trhliny (uvažujeme stejný úhel jako u sklonu tlakové diagonály),

$z$  je rameno vnitřních sil v průřezu nad podporou,

$s_{kčn\acute{i}}$  je vzdálenost konstrukčních třmínků,

# Rozmístění třmínků – návrhové

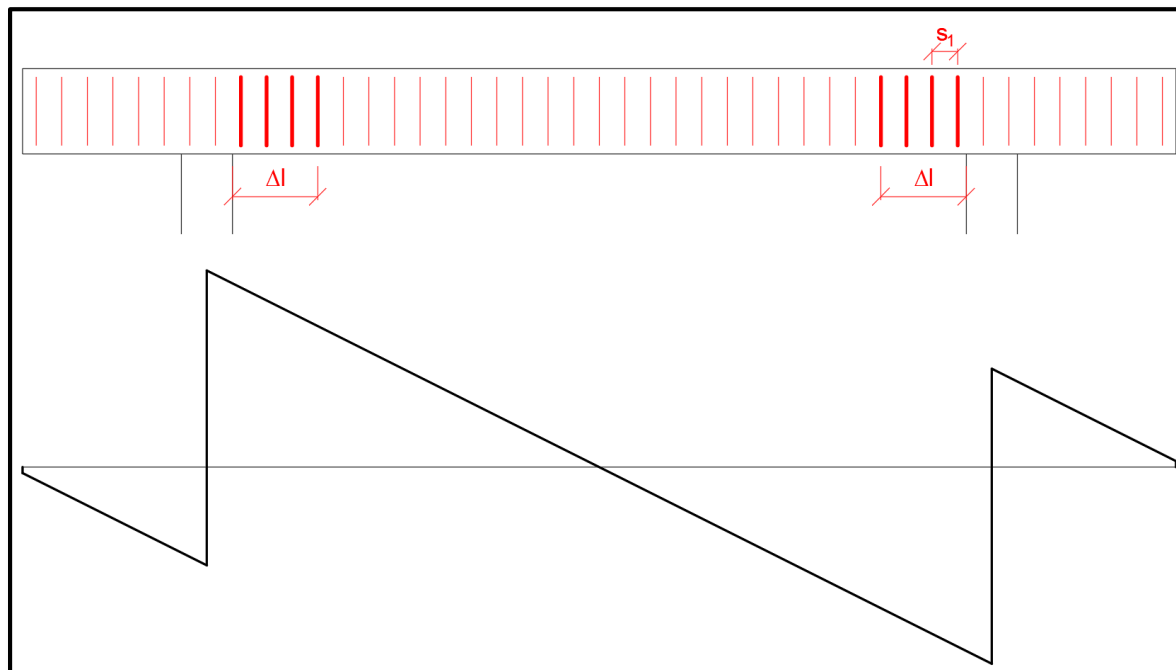
**Návrhové třmínky** jsou navrženy na maximální uvažovanou posouvající sílu v konstrukci. To znamená, že je **můžeme použít v celém prvku**. To ale **není ekonomické\***.



\*Protože třmínky jsou navrženy na maximální sílu, ale ve většině konstrukce je síla menší a třmínky by byly zbytečně moc blízko u sebe.

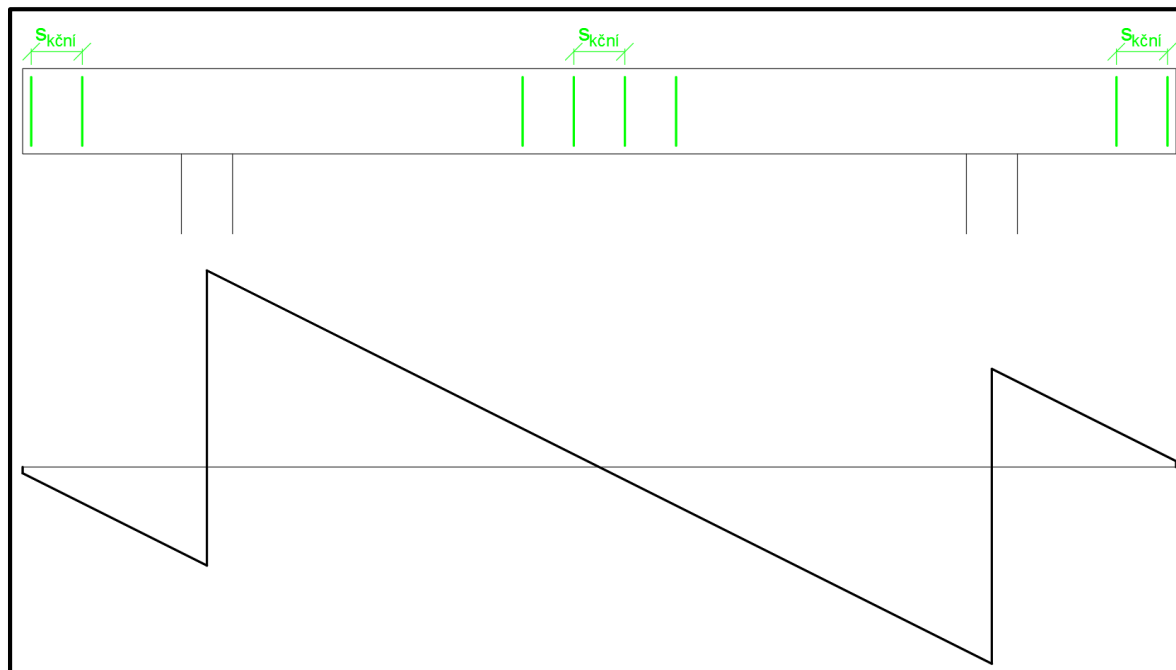
# Rozmístění třmíneků – návrhové

Dále nám návrhová norma udává, že návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti  $\Delta l = z \cot \theta$  od líce podpory\*.



# Rozmístění třmínek – konstrukční

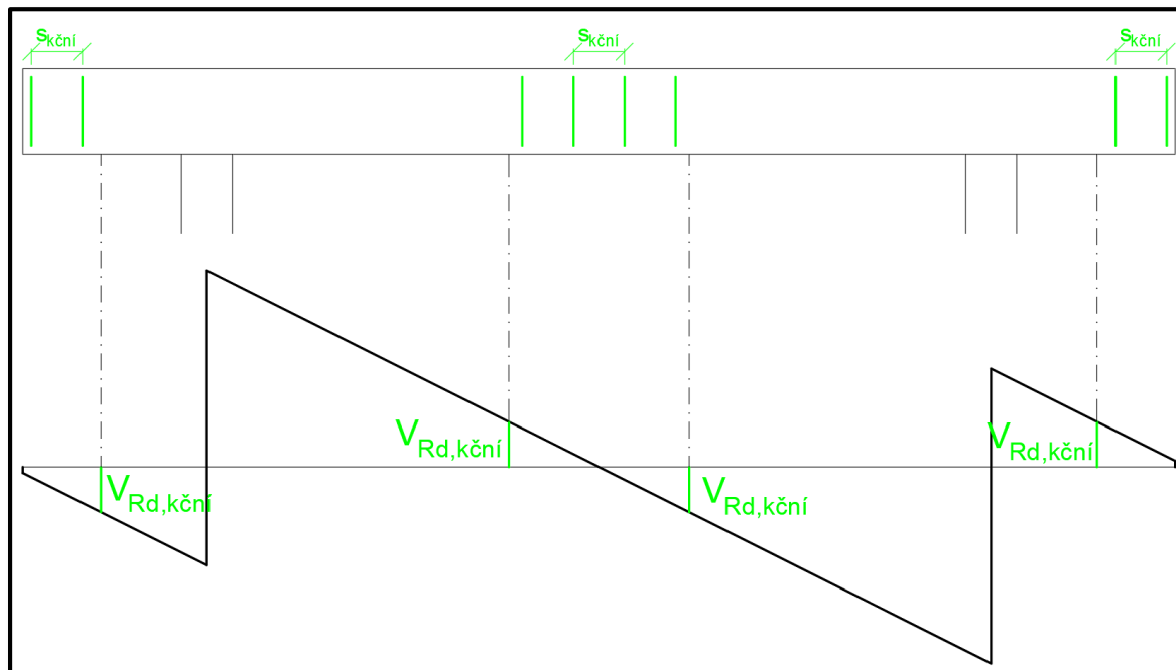
**Konstrukční třmínky** jsou **ekonomičtější** (protože mají větší rozteč), **ale nelze je použít všude** (protože mají menší únosnost).





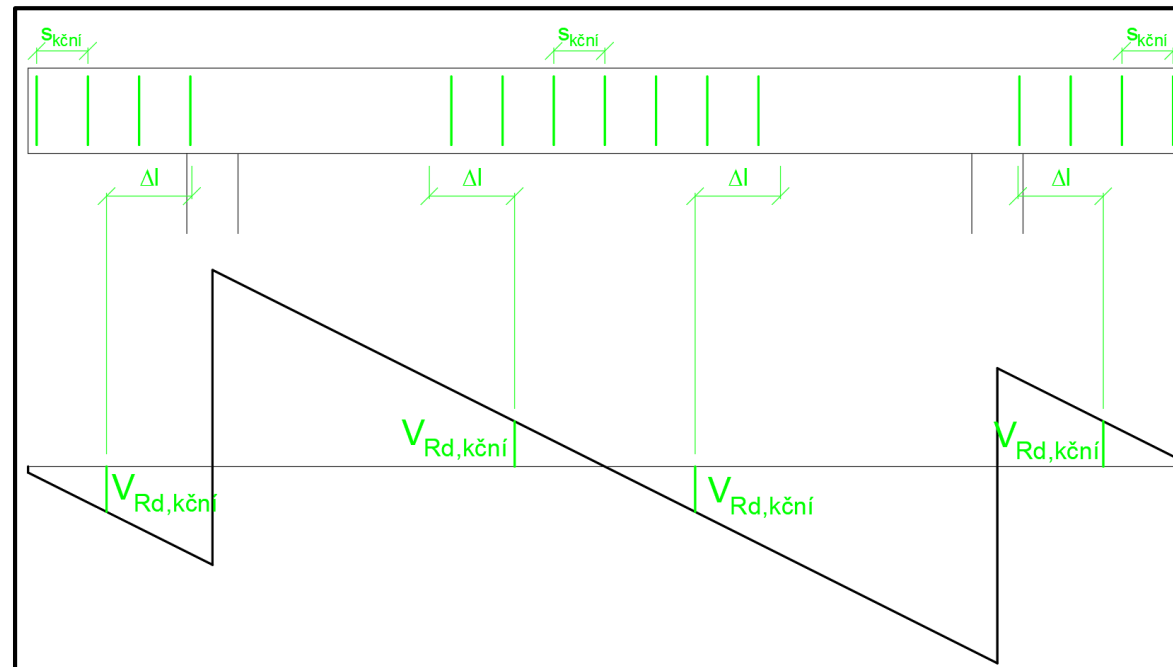
# Rozmístění třmíneků – konstrukční

**Konstrukční třmínky** můžeme použít **všude, kde je** působící **posouvající síla** **menší než únosnost** konstrukčních třmínek.



# Rozmístění třmíneků – konstrukční

Návrhová norma udává, že konstrukční třmínky **můžeme použít ještě o  $\Delta l = z \cot \theta$  „před“ posouvající sílu** rovnou únosnosti třmíneků  $V_{Rd,kčn}$ .

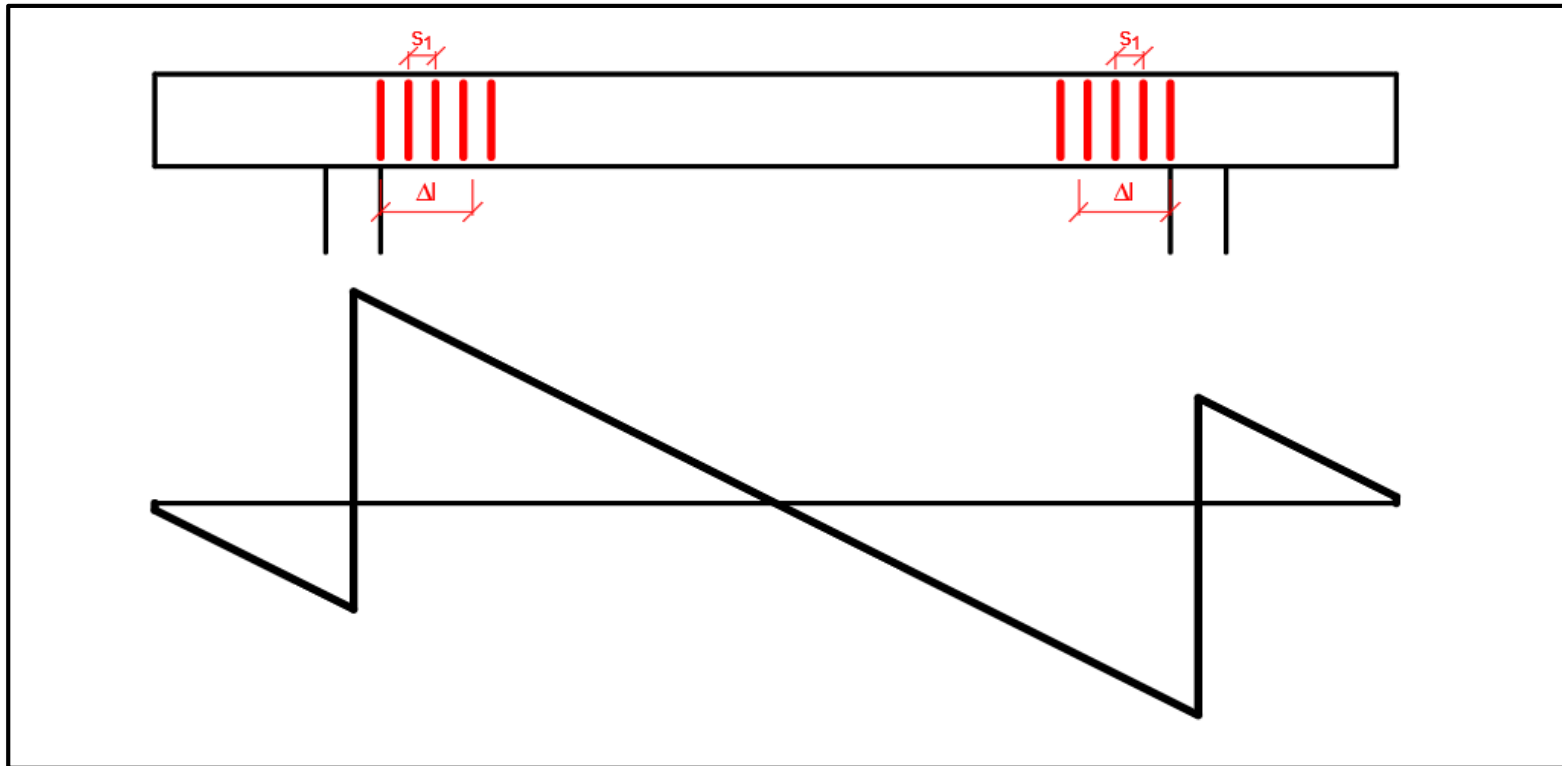


# Finální rozmístění třmínek

Při **návrhu rozmístění třmínek** tedy většinou používáme **následující postup**.

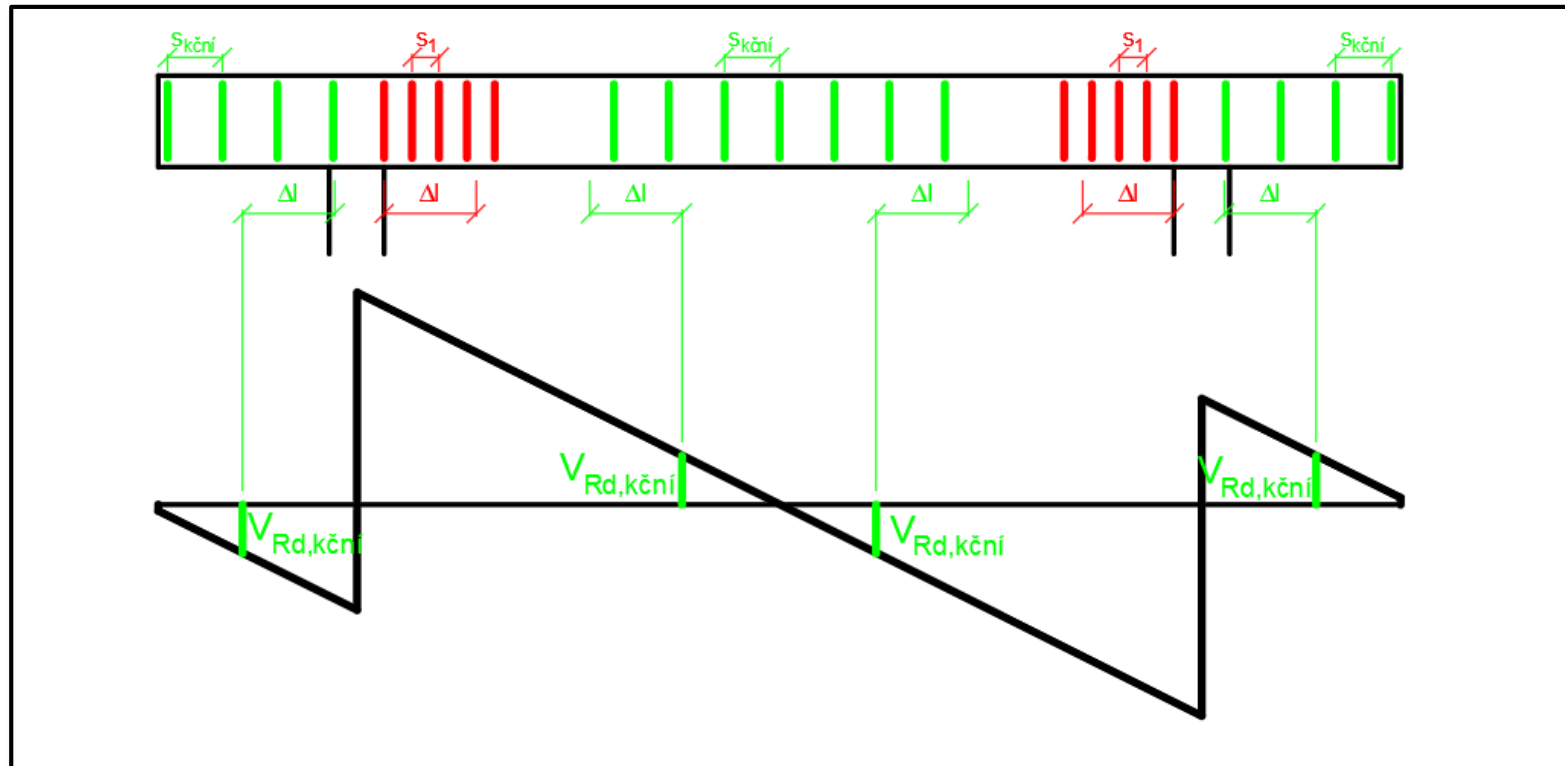
# Finální rozmístění třmínek

Nejprve stanovíme, **kde všude musí být návrhové třmínky.**



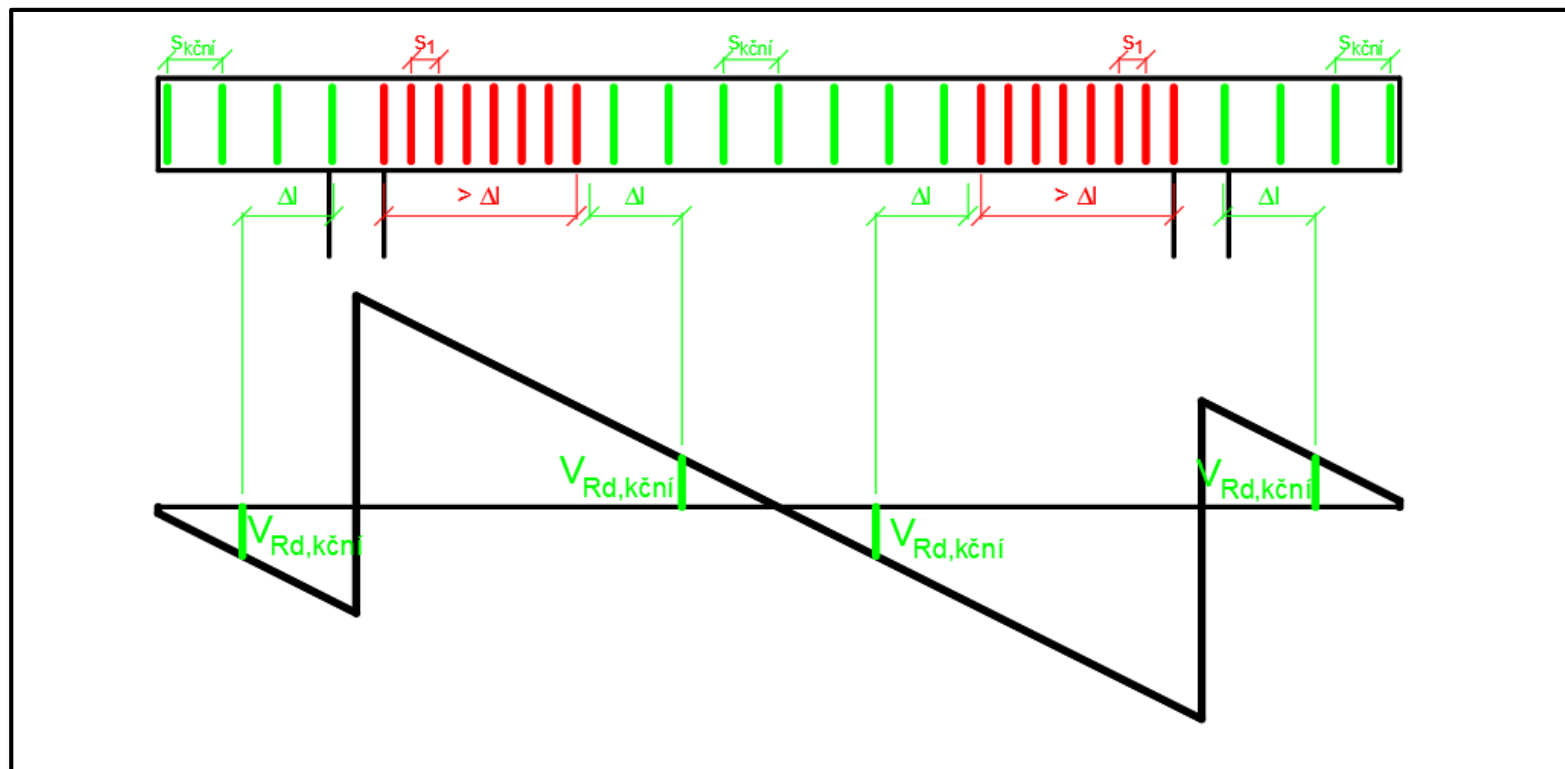
# Finální rozmístění třmínek

Dále určíme, **kde všude můžeme použít** ekonomické **konstrukční** třmínky.



# Finální rozmístění třmíneků

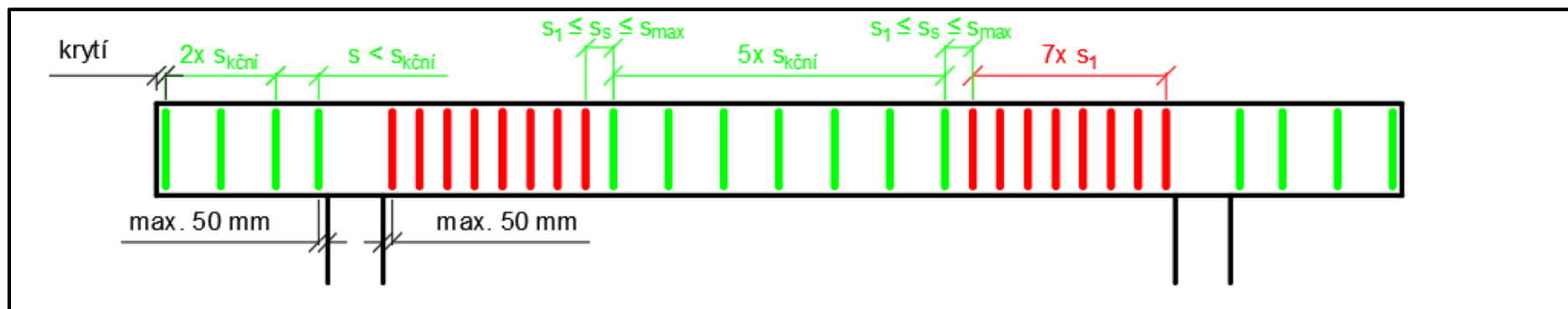
Pokud se nám **oblast** návrhových a konstrukčních třmínek **nepřekrývá**, „dotáhneme“ návrhové třmínky až ke konstrukčním.



# Finální rozmístění třmíneků

Nakonec upravíme rozmístění tak, aby dával smysl z hlediska geometrie:

- **krajní** třmínek musí mít dostatečné **krytí**,
- **první** třmínek musí být ve vzdálenosti **max. 50 mm od hrany podpory**,
- **rozteč na styku návrhových a konstrukčních** třmíneků  $s_s$  nám vyjde **z geometrie**.



Díky za pozornost



# Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi, Romanu Chylíkovi a Hance Schreiberové** za časté konzultace při vypracovávání prezentace.

Děkuji **Stáňovi Zažirejovi** za poskytnutí vizualizací a obrázků.

Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.