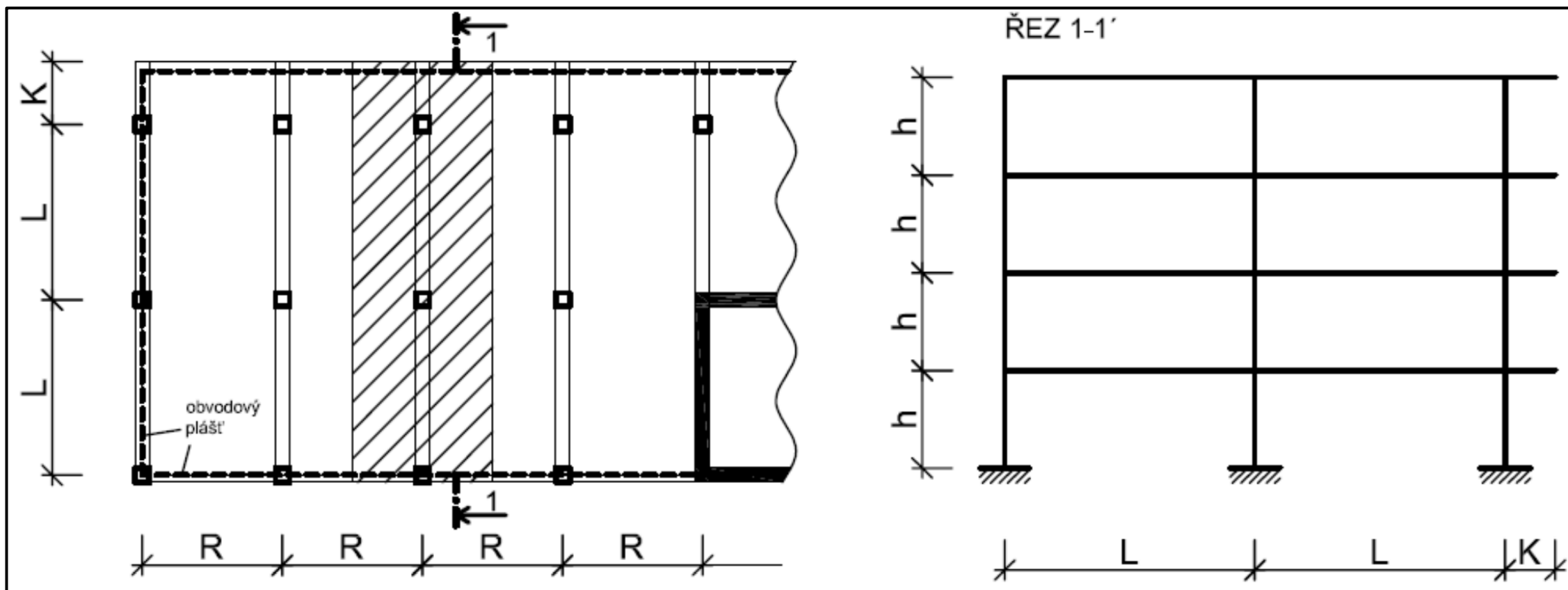




*Železobetonová rámová konstrukce*

# Schéma vyztužení rámu a výkres výztuže trámu

# Řešená konstrukce



# Všechny kroky návrhu a posouzení

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení
2. Statický výpočet
  - a) Vnitřní síly pomocí SCIA 21
  - b) Redistribuce a redukce momentů
  - c) Návrh výztuže a posouzení průřezů příčle – ohyb a smyk
  - d) Návrh výztuže a posouzení průřezů sloupu – kombinace ohybu a tlaku (interakční diagram)
3. **Schéma vyztužení rámu**
4. **Výkres výztuže části rámu**

# Aktuální krok návrhu a posouzení

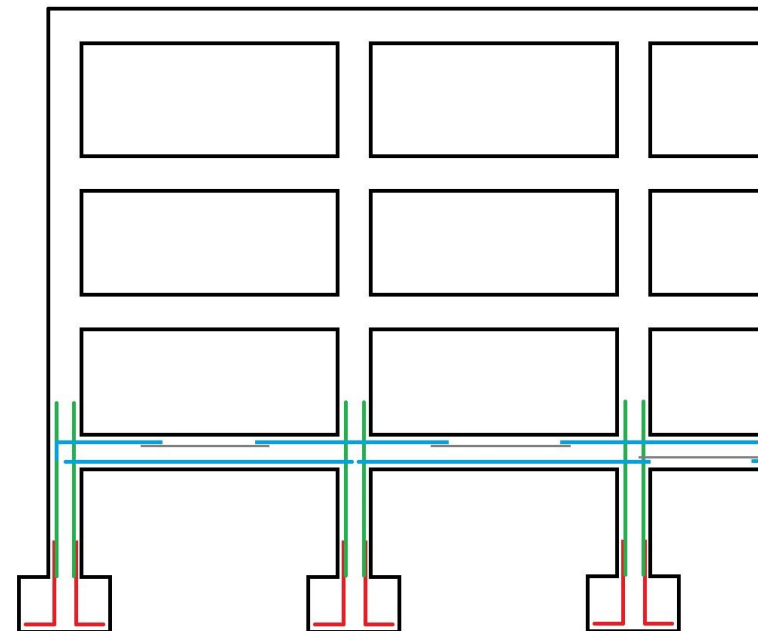
- 3. Schéma vyztužení rámu** – přibližné schéma uspořádání výztuže v celém rámu
- 4. Výkres výztuže části rámu** – podrobný výkres výztuže příčně nad 1NP včetně výpočtu kotevní a přesahové délky.

# Schéma vyztužení celého rámu

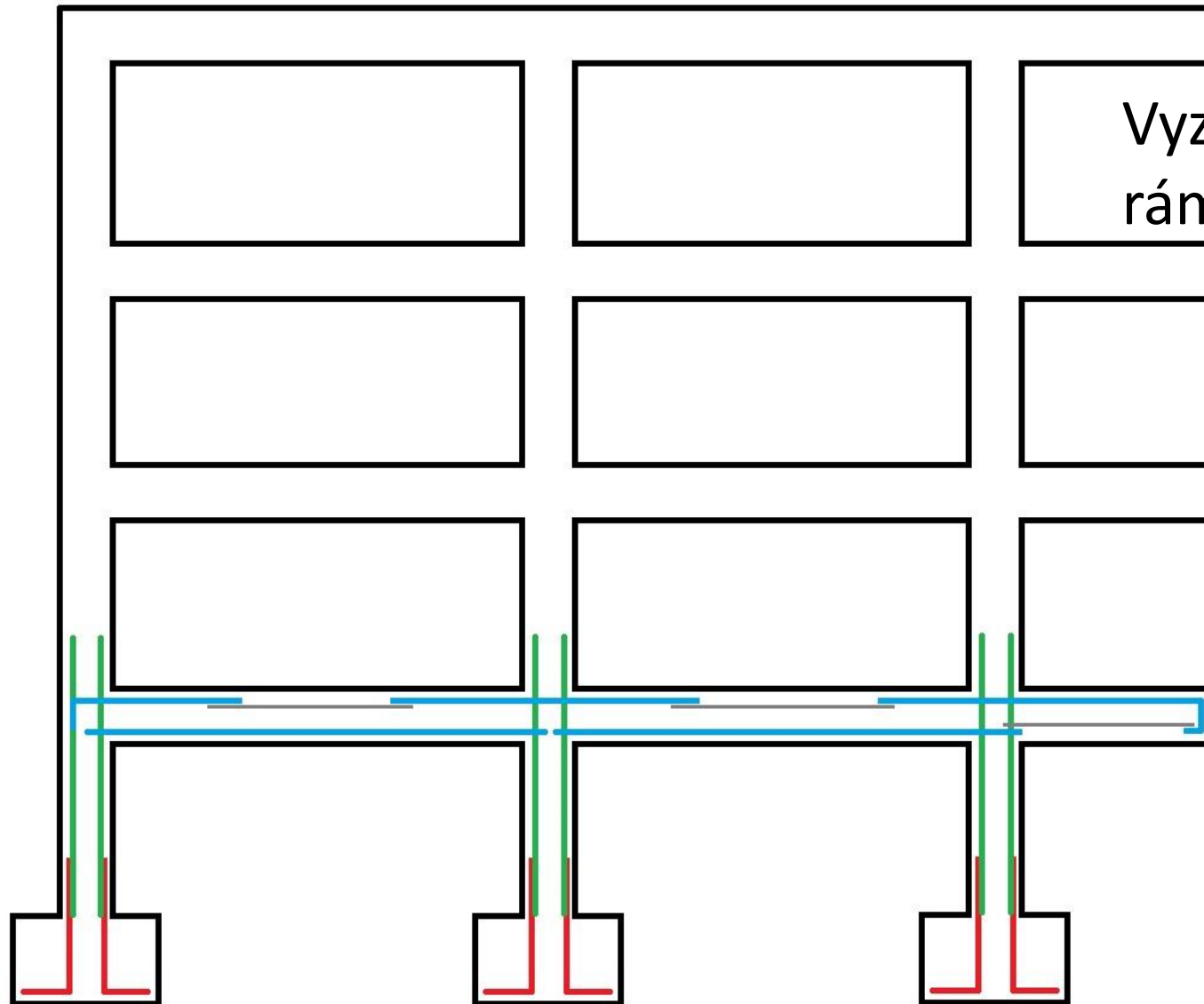
# Podélná výztuž

Vykreslíme\* si schéma rámu se zvětšeným měřítkem prvků a do schématu zakreslíme různými barvami/tloušťkami:

- hlavní nosnou podélnou výztuž,
- konstrukční podélnou výztuž.



# Schéma vyztužení celého rámu



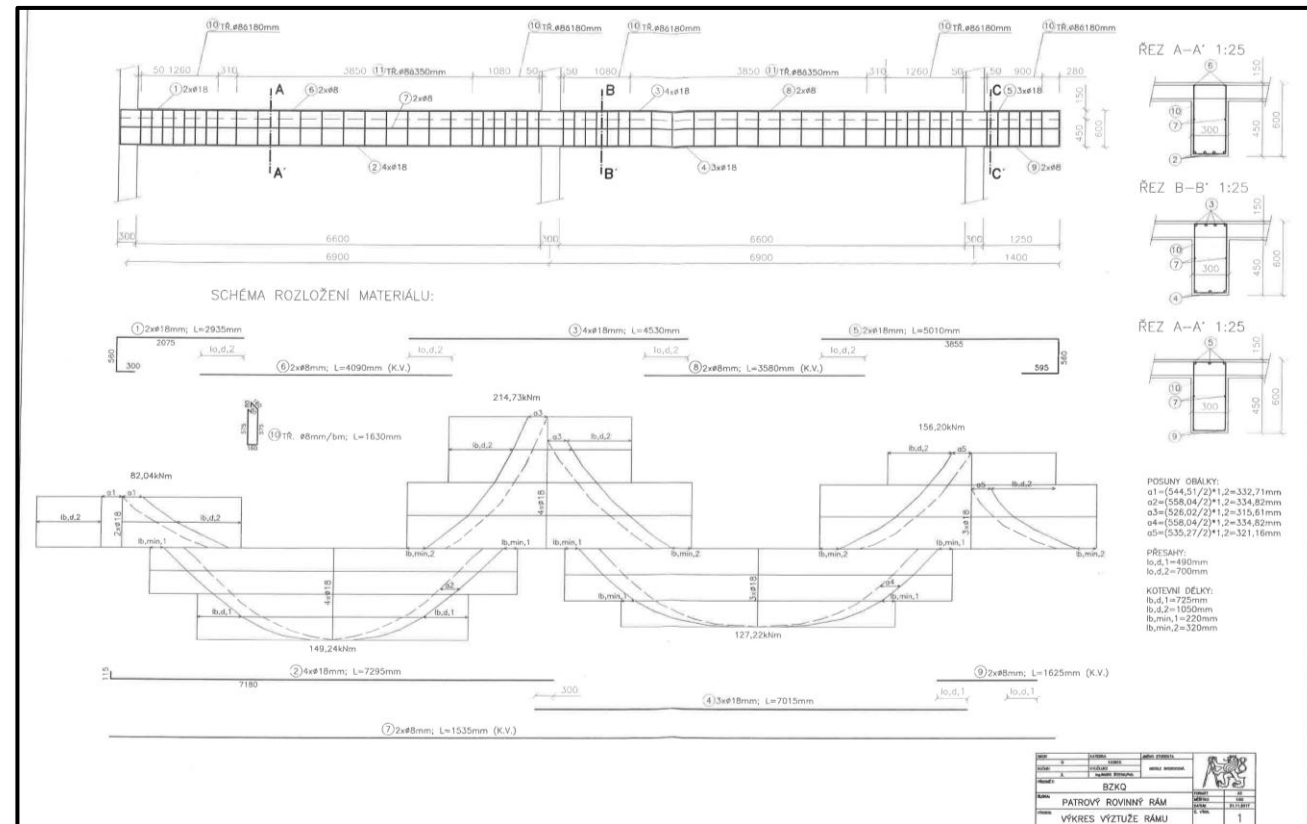
Vyztužení horní části rámu doplňte sami.

Výkres výztuže vybrané části rámu



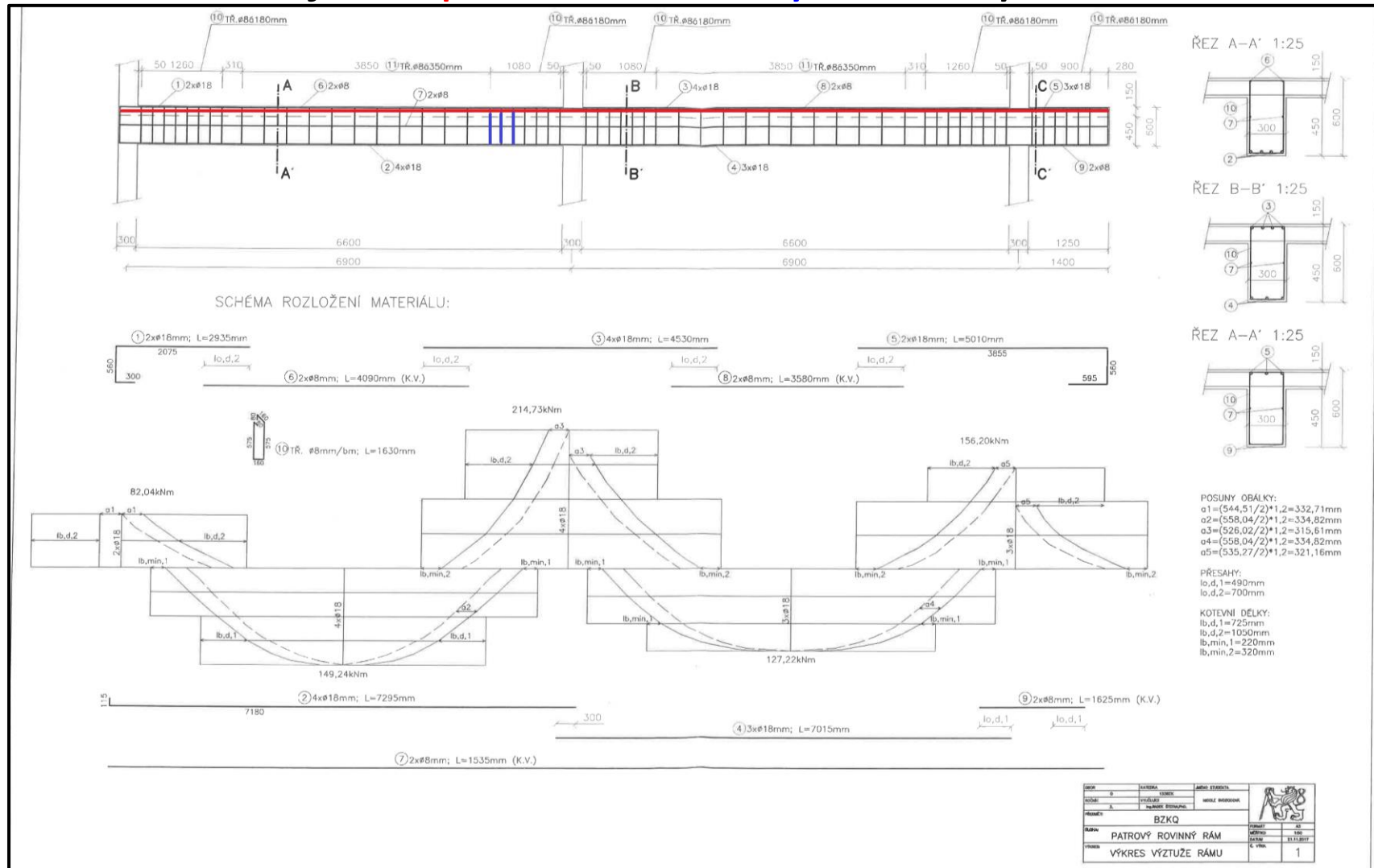
# Výkres výztuže vybrané části rámu

Pro příčel nad 1NP narýsujeme výkres výztuže včetně výpočtu kotevní a přesahové délky a rozdělení materiálu.



# Výkres výztuže vybrané části rámu

Do výkresu zakreslujeme **podélnou** a **smykovou** výztuž.

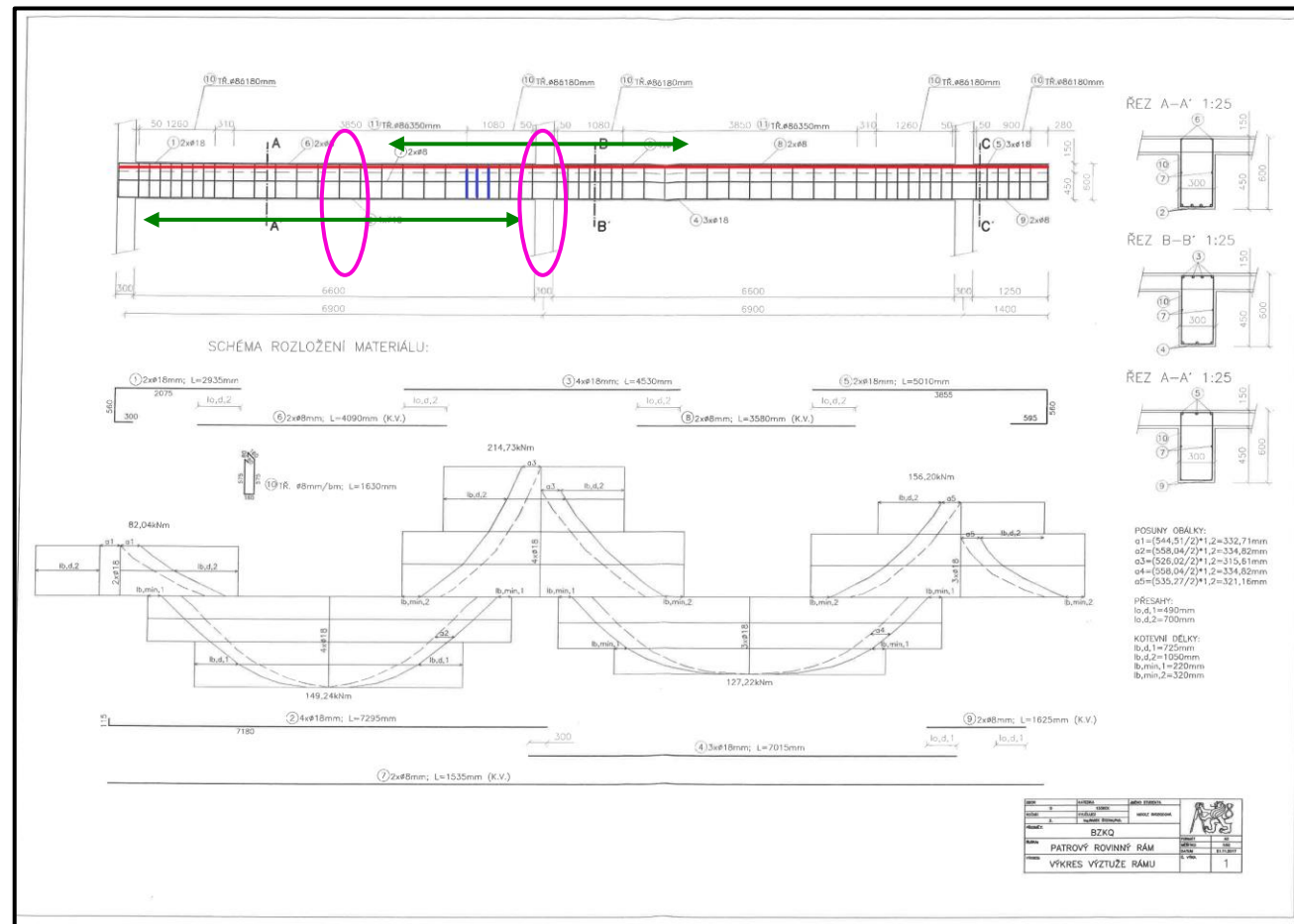


# Podélná výztuž

# Podélná výztuž

Podélnou (hlavní tahovou) výztuž máme navrženou v 5ti průřezích – nad podporami a v polích.

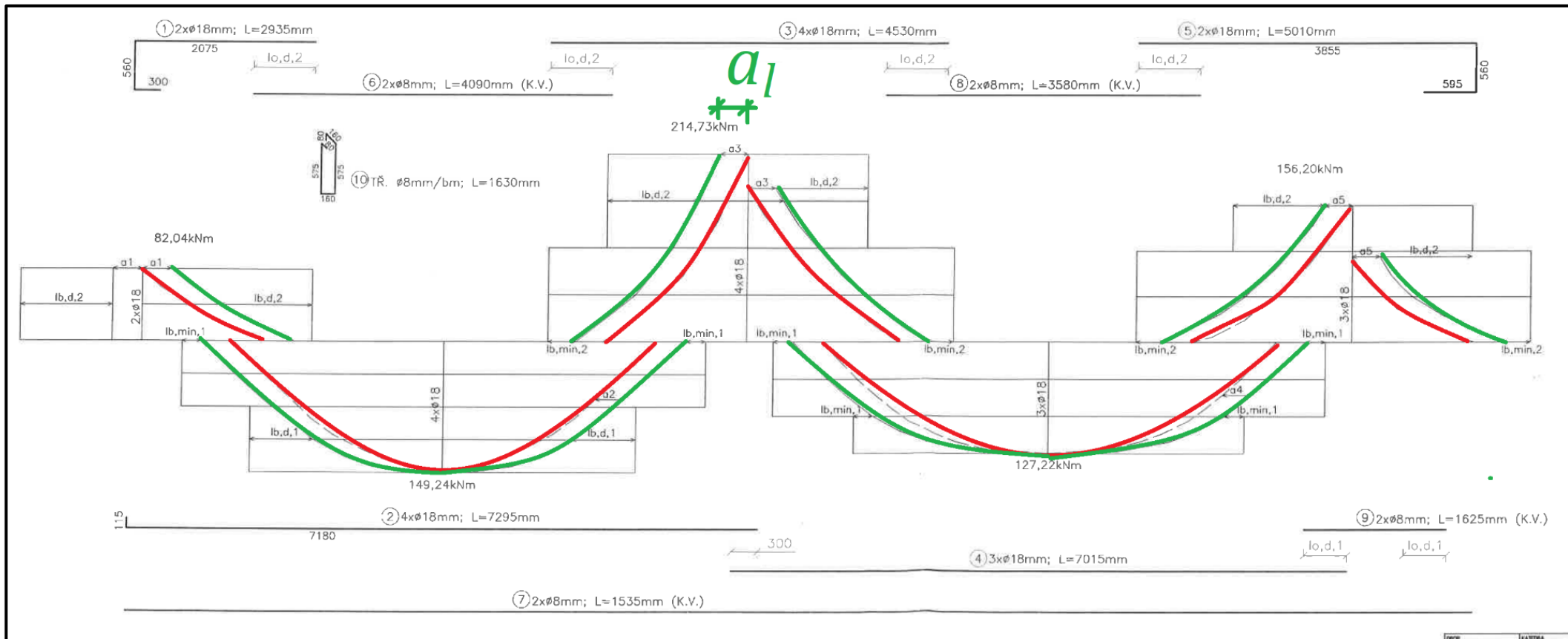
Musíme se rozhodnout, kam až má být protažena tato výztuž.





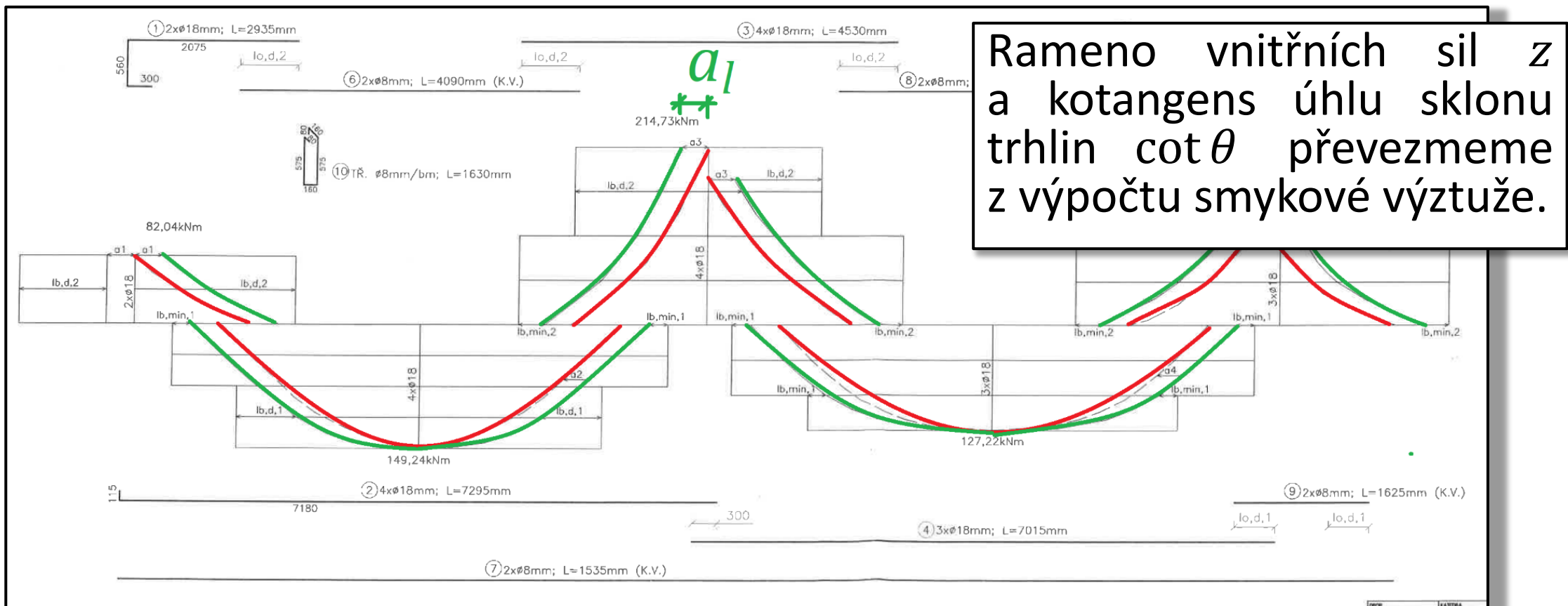
# Rozšíření obálky

Obálku rozšíříme ve vodorovném směru o  $a_l = z (\cot \theta) / 2$ .



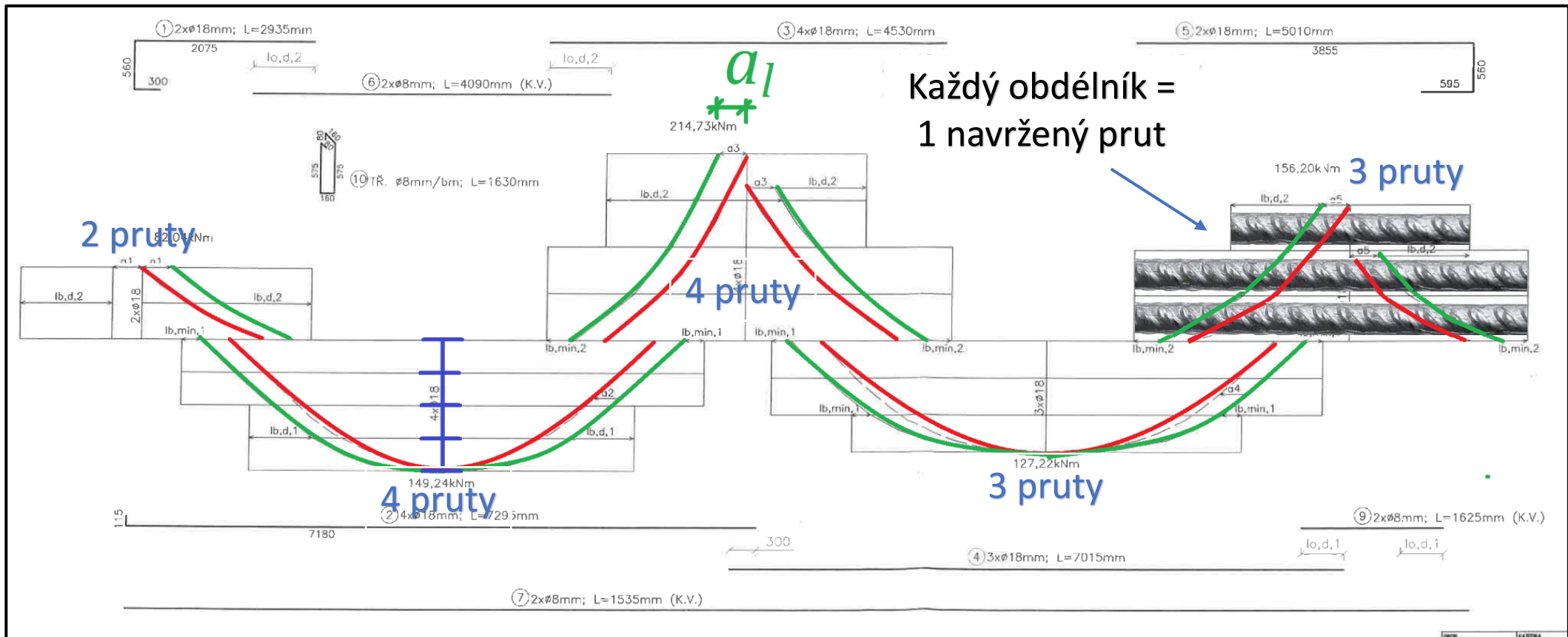
# Rozšíření obálky

Obálku rozšíříme ve vodorovném směru o  $a_l = z (\cot \theta) / 2$ .



# Rozdělení momentu podle prutů

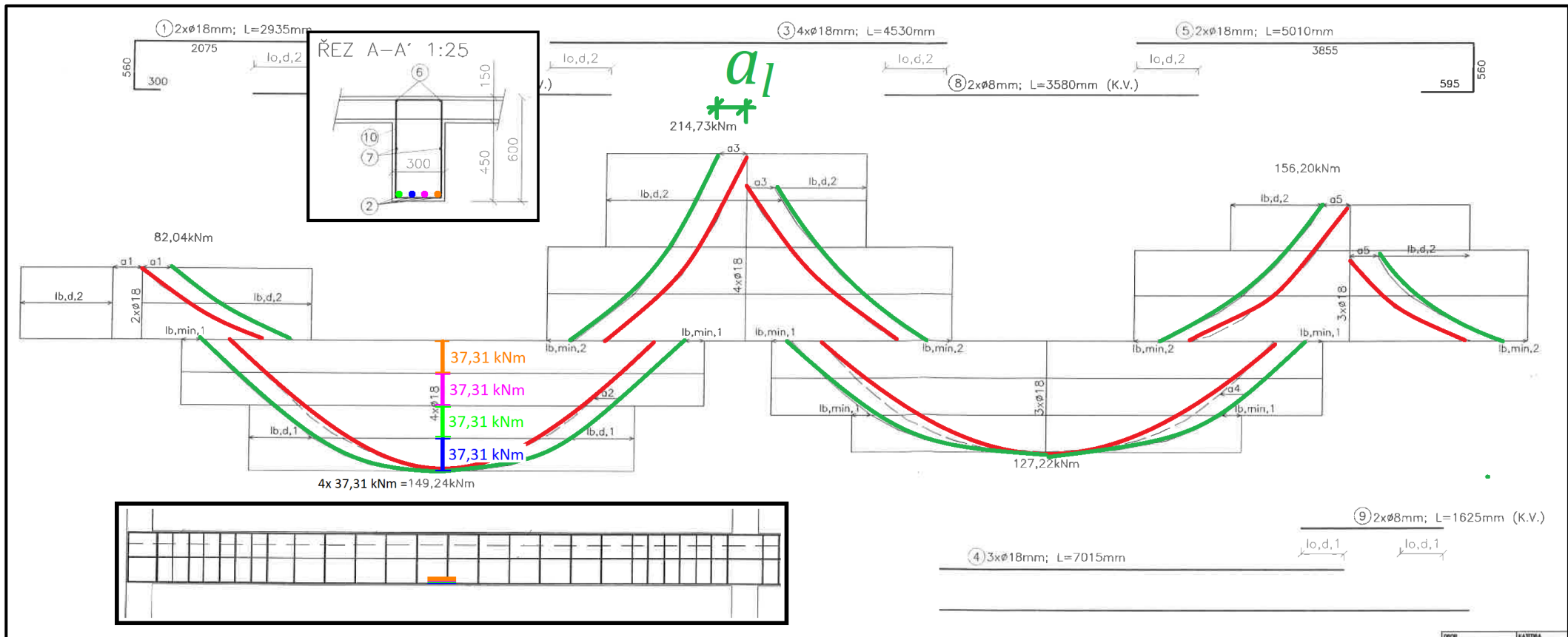
Moment  $M_{Ed}$  vydělíme počtem navržených prutů  $n$  v daném průřezu.





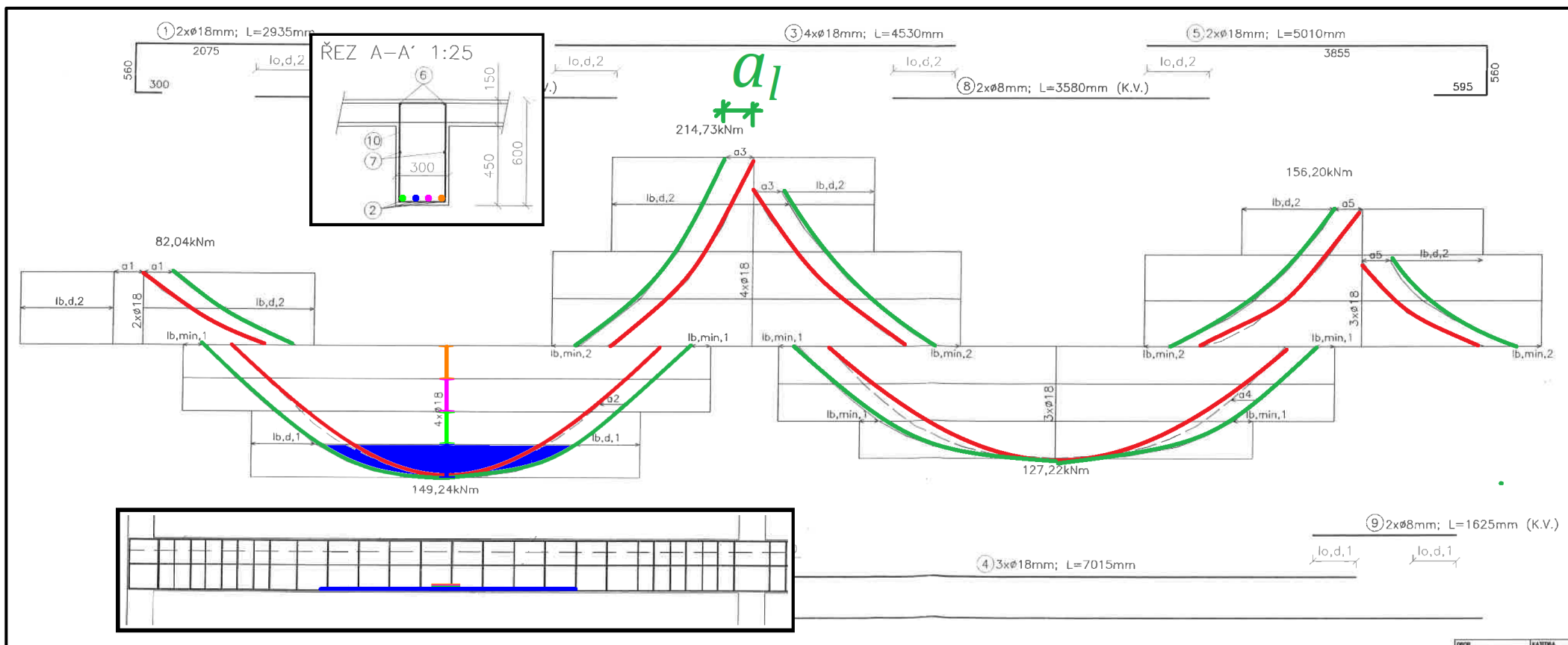
# Rozdělení momentu podle prutů

Zjednodušeně předpokládáme, že každý prut zajišťuje  $1/n$  únosnosti.



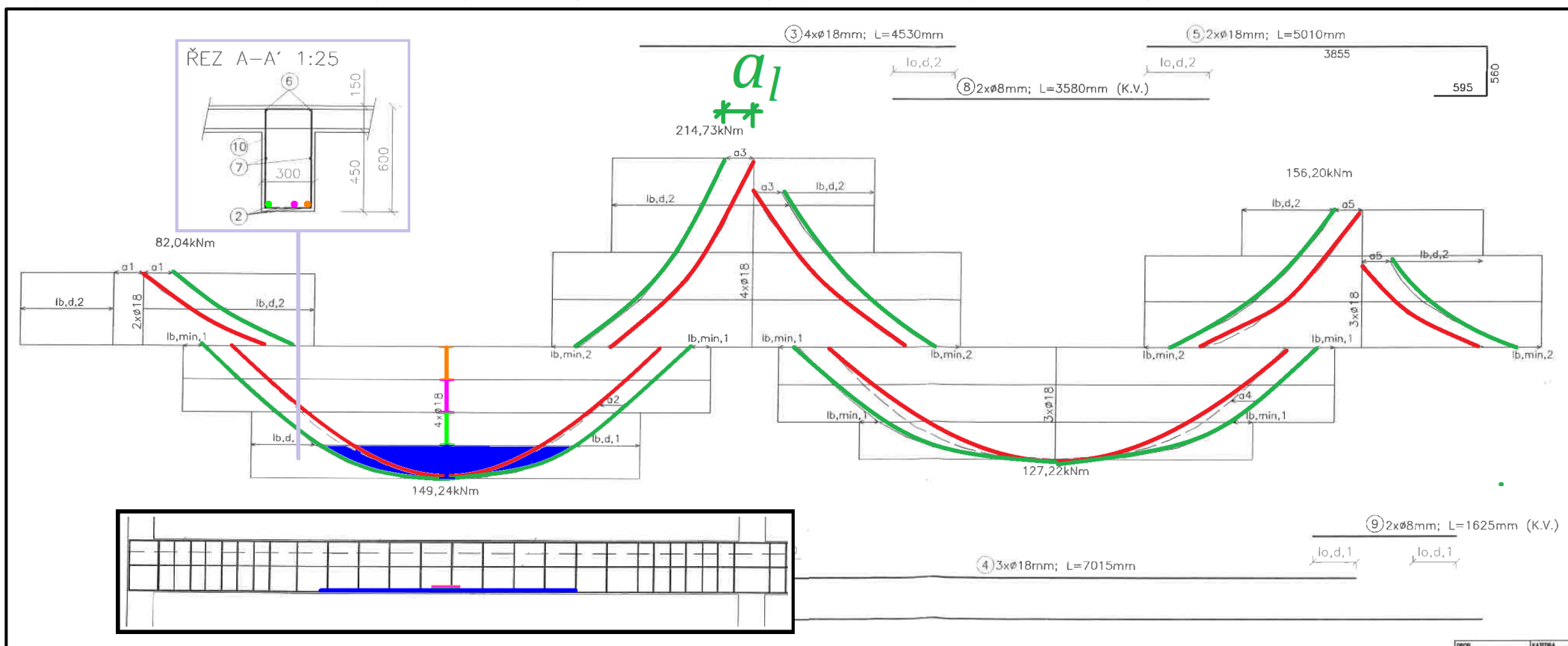
# Rozdělení momentu podle prutů

Směrem k podpoře moment klesá, a proto modrý prut „potřebujeme“ jen na krátké části uprostřed.



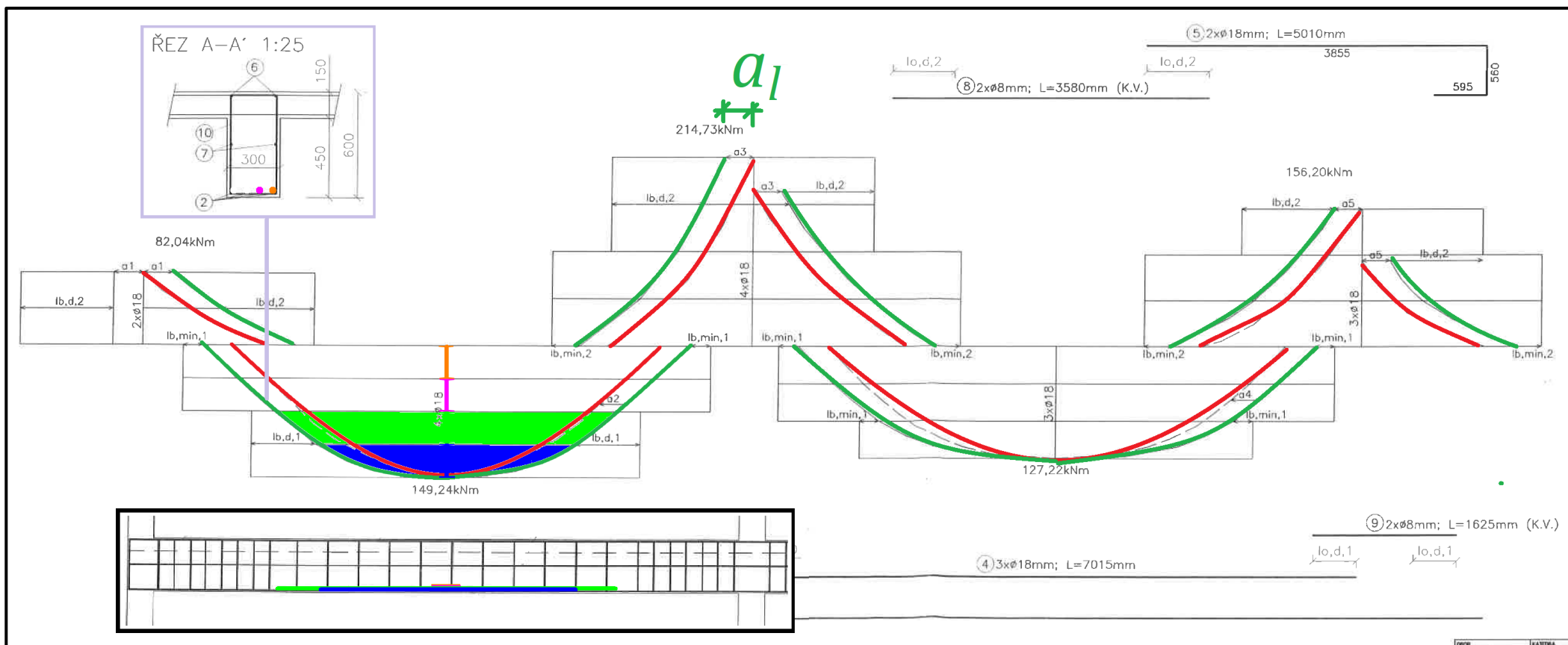
# Rozdělení momentu podle prutů

V průřezu blíže k podpoře již modrý prut nepotřebujeme.



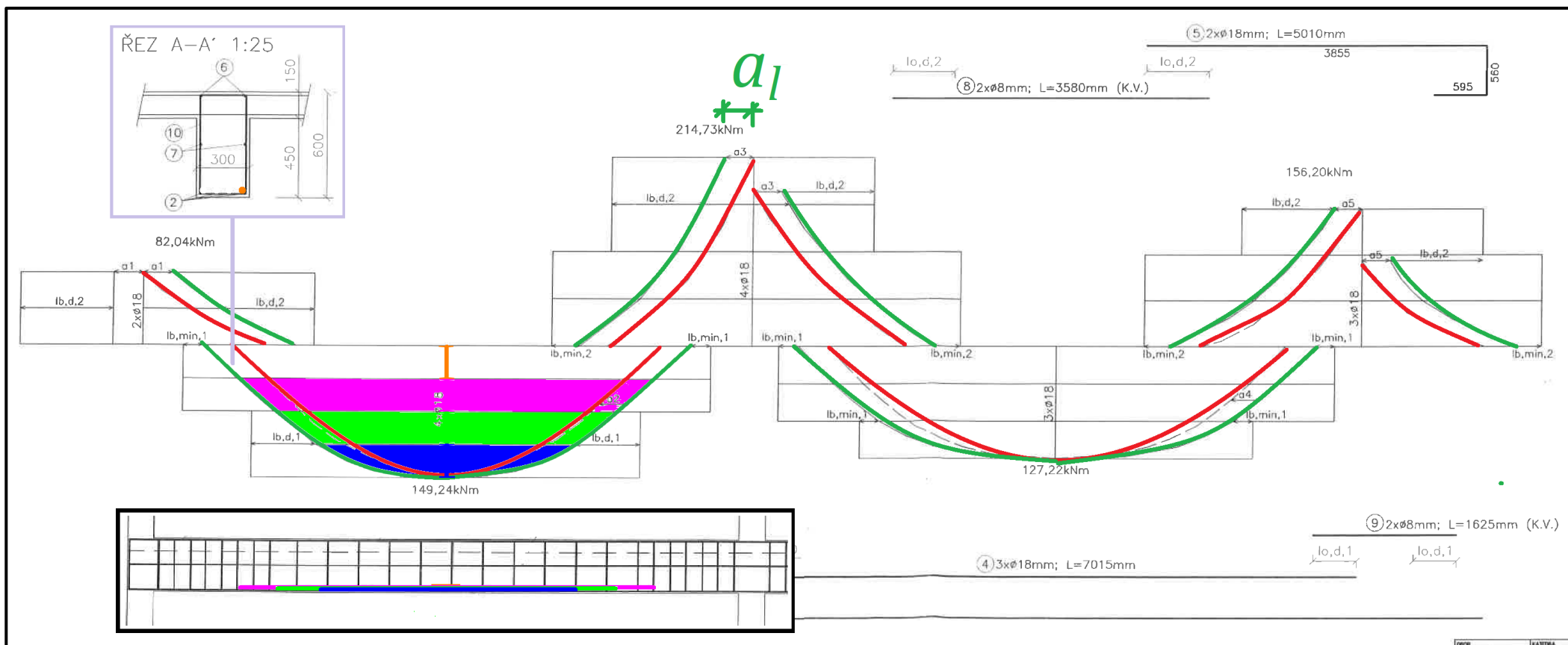
# Rozdělení momentu podle prutů

Stejně tak zelený prut nepotřebujeme v průřezu ještě blíže u podpory.



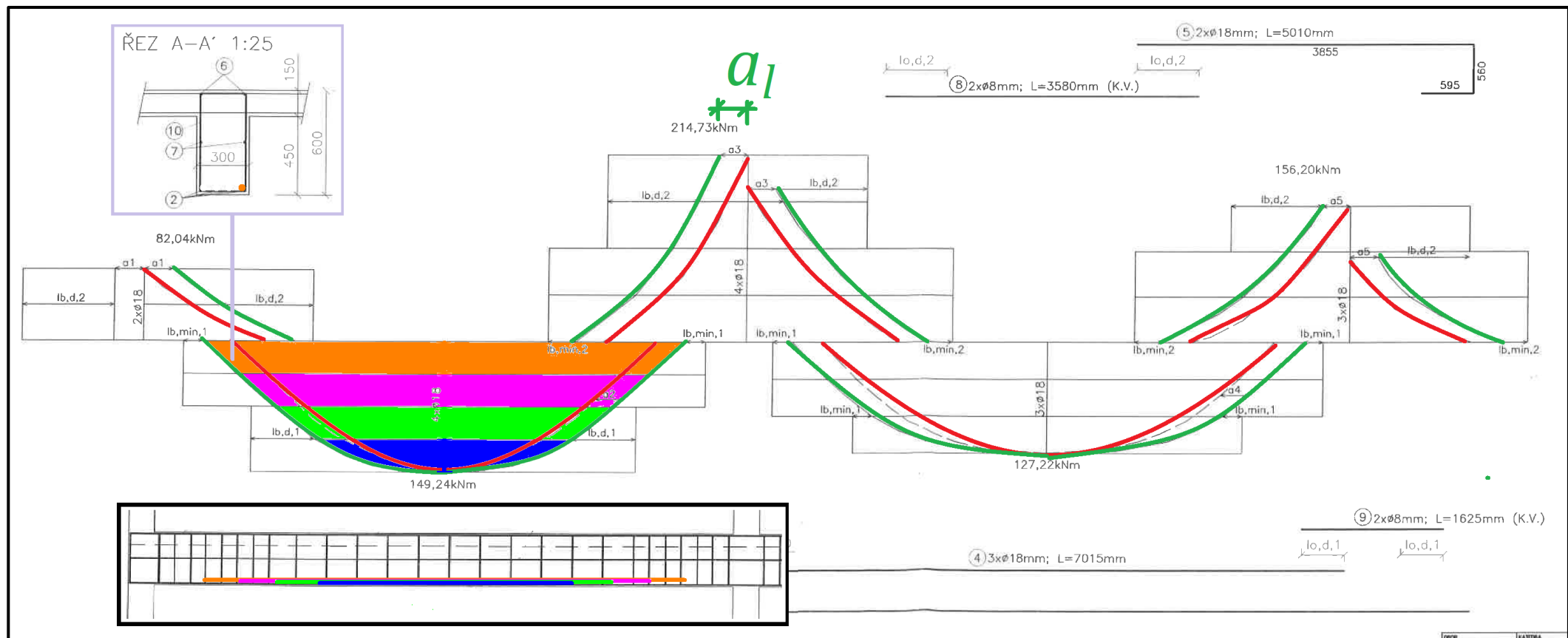
# Rozdělení momentu podle prutů

A úplně u podpory nám stačí už pouze jeden (oranžový) prut.



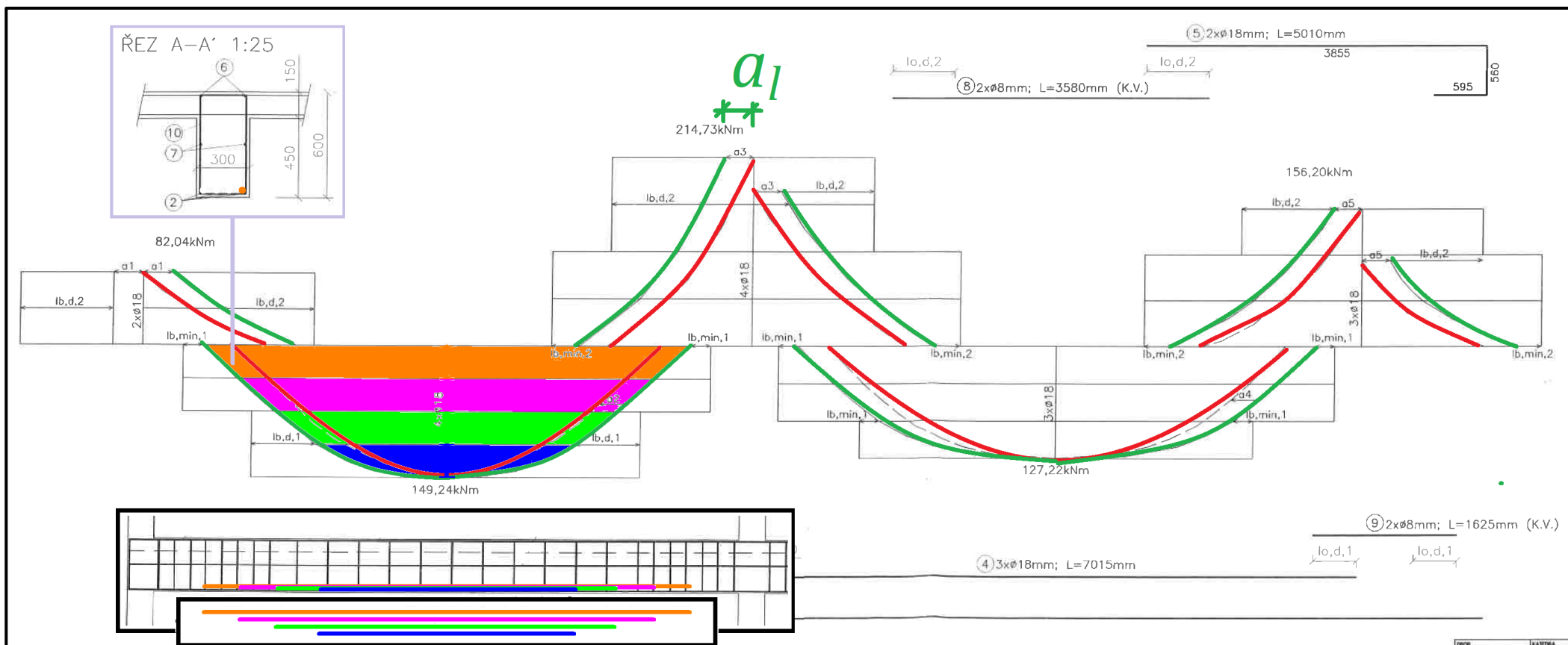
# Rozdělení momentu podle prutů

A úplně u podpory nám stačí už pouze jeden (oranžový) prut.



# Rozdělení momentu podle prutů

Tímto způsobem jsme tedy stanovili, jak dlouhé musí pruty být.



?

Délky prutů, které jsme stanovili předchozím způsobem však nestačí – *proč?*



# Kotvení výztuže

Délky prutů, které jsme stanovili předchozím způsobem však nestačí. **Každý prut výztuže musíme řádně zakotvit.** U kotvení řešíme dvě podmínky.

- Zakotvení **minimální kotevní délkou**  $l_{b,min}$  od konce základní délky.
- Zakotvení **návrhovou kotevní délkou**  $l_{b,d}$  od místa plného využití prutu.

Obě délky vycházejí ze **základní kotevní délky**  $l_{b,req}$ .

# Základní kotevní délka

**Základní kotevní délku** určíme přesně pomocí vztahu

$$l_{b,req} = \frac{\varnothing_s}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}},$$

kde  $\varnothing_s$  je průměr prutu výztuže,

$\sigma_{sd}$  je návrhové namáhání prutu v místě kotvení (uvažujeme  $f_{yd}$ )

$f_{bd} = 2.25n_1n_2f_{ctd}$ , (mezní napětí v soudržnosti)

kde  $n_1 = 1.0$  pro dobré podmínky soudržnosti\*,

$n_1 = 0.7$  pro ostatní podmínky soudržnosti,

$n_2 = 1.0$  pro  $\varnothing_s \leq 32$  mm,

$n_2 = (132 - \varnothing_s)/100$  pro  $\varnothing_s > 32$  mm,

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/1.5$ .

# Základní kotevní délka

**Základní kotevní délku** určíme přesně pomocí vztahu

$$l_{b,req} = \frac{\varnothing_s}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}},$$

kde  $\varnothing_s$  je průměr prutu výztuže,

$\sigma_{sd}$  je návrhové namáhání prutu v místě kotvení (uvažujeme  $f_{yd}$ )

$f_{bd} = 2.25n_1n_2f_{ctd}$ , (mezní napětí v soudržnosti)

kde  $n_1 = 1.0$  pro dobré podmínky soudržnosti\*,

$n_1 = 0.7$  pro ostatní podmínky soudržnosti,

$n_2 = 1.0$  pro  $\varnothing_s \leq 32$  mm,

$n_2 = (132 - \varnothing_s)/100$  pro  $\varnothing_s > 32$  mm,

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/1.5$ .

# Základní kotevní délka

**Základní kotevní délku také můžeme stanovit zjednodušeně pomocí vztahu**

$$l_{b,req} = k\varnothing_s,$$

kde  $\varnothing_s$  je průměr prutu výztuže,

$k$  stanovíme v závislosti na třídě betonu a podmínkách soudržnosti z tabulky níže.

Součinitel $k$	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C50/60
Dobrá soudržnost (dolní pruty)	66.9	55.7	48.3	40.3	36.2	33.0	29.0	25.0
Ostatní (horní pruty)	94.0	79.6	69.0	57.6	52.0	47.4	41.4	35.7

# Minimální kotevní délka

**Minimální kotevní délku** stanovíme ze vztahu

$$l_{b,min} = \max(0.3l_{b,req}, 10\varnothing_s, 100 \text{ mm}),$$

kde  $l_{b,req}$  je základní kotevní délka (viz výše).

# Návrhová kotevní délka

**Návrhovou kotevní délku**  $l_{b,d}$  určíme ze vztahu

$$l_{b,d} = \max(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req}; l_{b,min})$$

kde  $\alpha_i$  lze zjednodušeně a bezpečně volit jako  $\alpha_i = 1.0$  (nebo přesněji dle tabulky na dalším slidu),

$l_{b,req}$  je základní kotevní délka (viz výše),

$l_{b,min}$  je minimální kotevní délka (viz výše).

# Návrhová kotevní délka

Návrhovou kotevní délku  $l_{b,d}$  určíme ze vztahu

$$l_{b,d} = \max(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req}; l_{b,min})$$

kde  $\alpha_i$   
tabulky

$l_b$

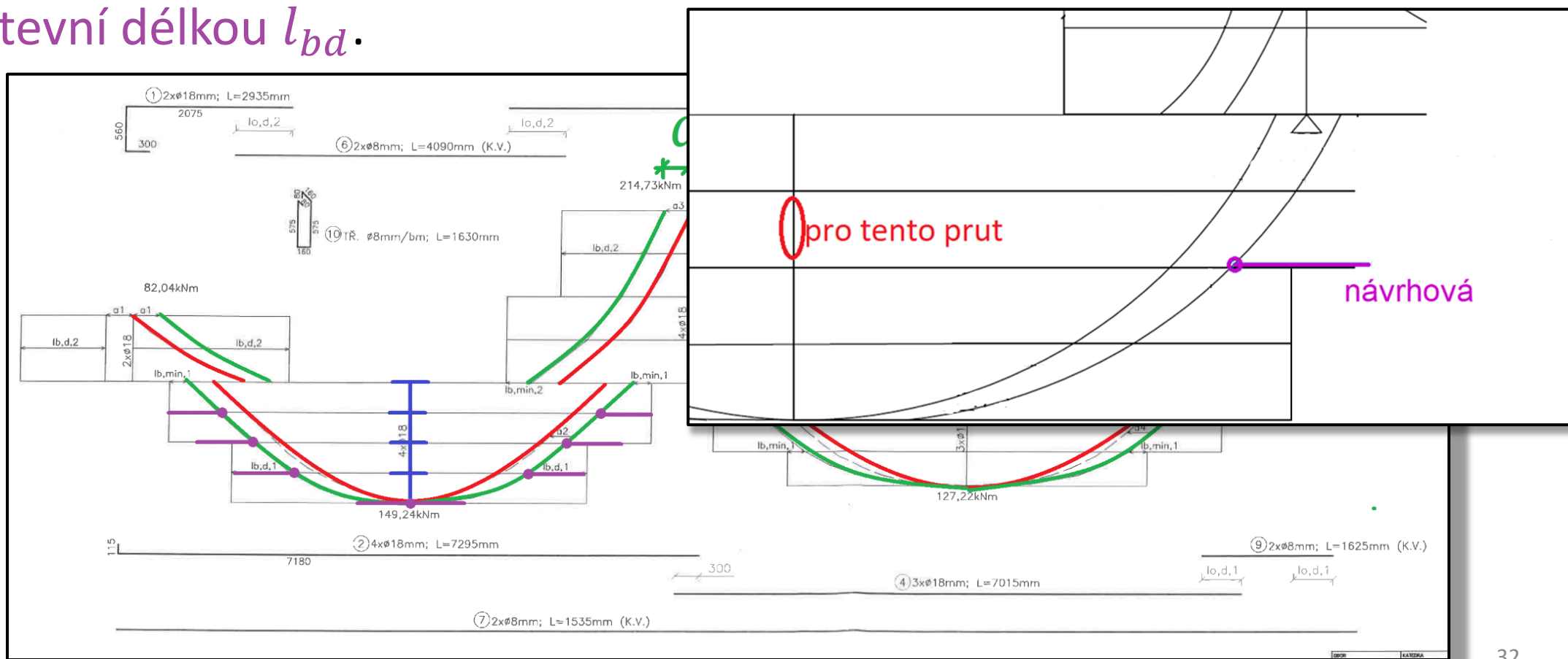
$l_b$

Ovlivňující činitel	Způsob kotvení	Pрут betonářské výztuže	
		tažený	tlačený
Tvar prutů	přímý prut	$\alpha_1 = 1.0$	$\alpha_1 = 1.0$
	jiný než přímý prut	$\alpha_1 = 1.0$ pro $c_d < 3\varnothing$ $\alpha_1 = 0.7$ pro $c_d > 3\varnothing$	$\alpha_1 = 1.0$
Betonová krycí vrstva	Přímý prut	$\alpha_2 = \min \left( \max \left( 1 - 0.15 \frac{c_d - \varnothing}{\varnothing}; 0.7 \right); 1.0 \right)$	$\alpha_2 = 1.0$
	jiný než přímý prut	$\alpha_2 = \min \left( \max \left( 1 - 0.15 \frac{c_d - 3\varnothing}{\varnothing}; 0.7 \right); 1.0 \right)$	$\alpha_2 = 1.0$
Ovinutí příčnou výztuží nepřivařenou k hlavní výztuží	všechny způsoby kotvení	$\alpha_3 = \min (\max (1 - K\lambda; 0.7); 1.0)$	$\alpha_3 = 1.0$
Ovinutí přivařenou příčnou výztuží	všechny způsoby kotvení, poloha rozměr podle obrázku	$\alpha_4 = 0.7$	$\alpha_4 = 1.0$
Účinek ovinutí příčným tlakem	všechny způsoby kotvení	$\alpha_5 = \min (\max (1 - 0.04p; 0.7); 1.0)$	-
Součinitel $c_d, K, \lambda$ a $p$ viz ČSN EN 192-1-1, čl. 8.4.4.			

řesněji dle

# Určení délek prutů

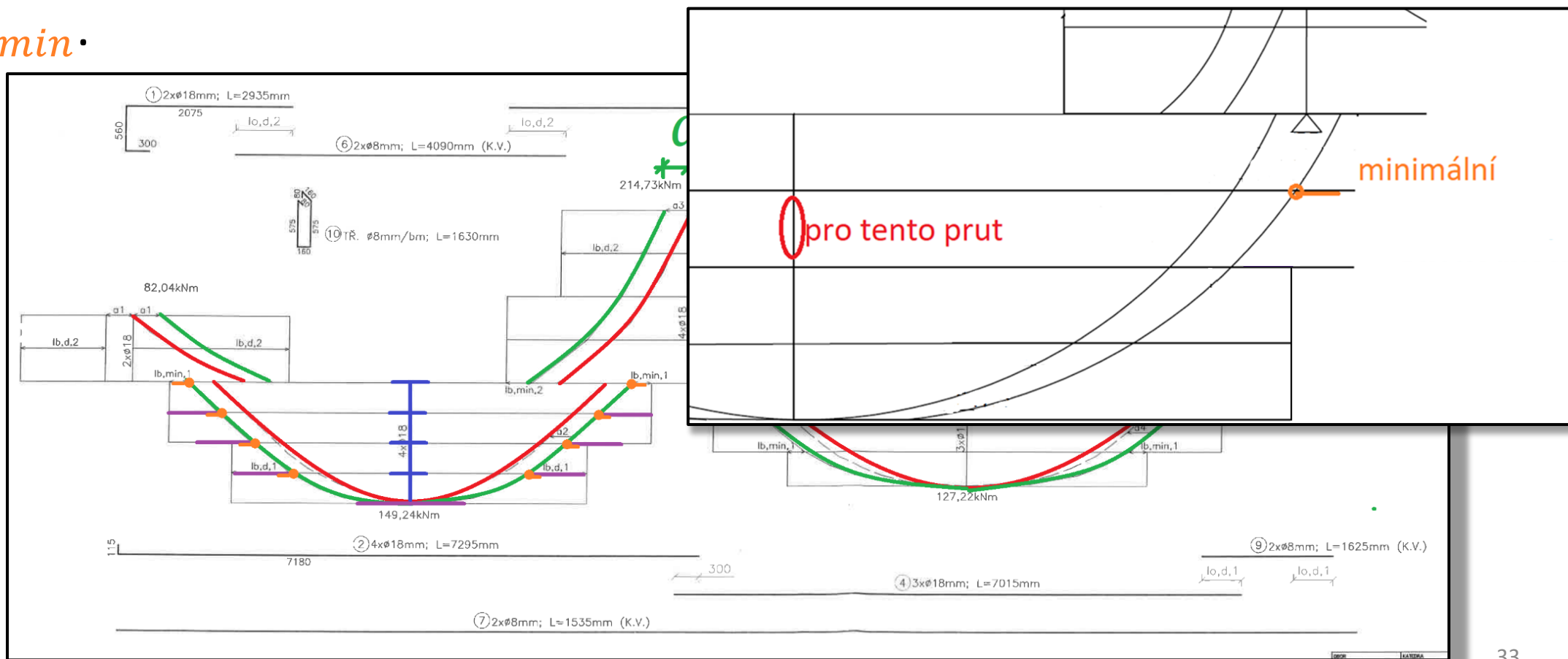
Od místa plného využití musí každý prut být zakotven **návrhovou** kotevní délkou  $l_{bd}$ .





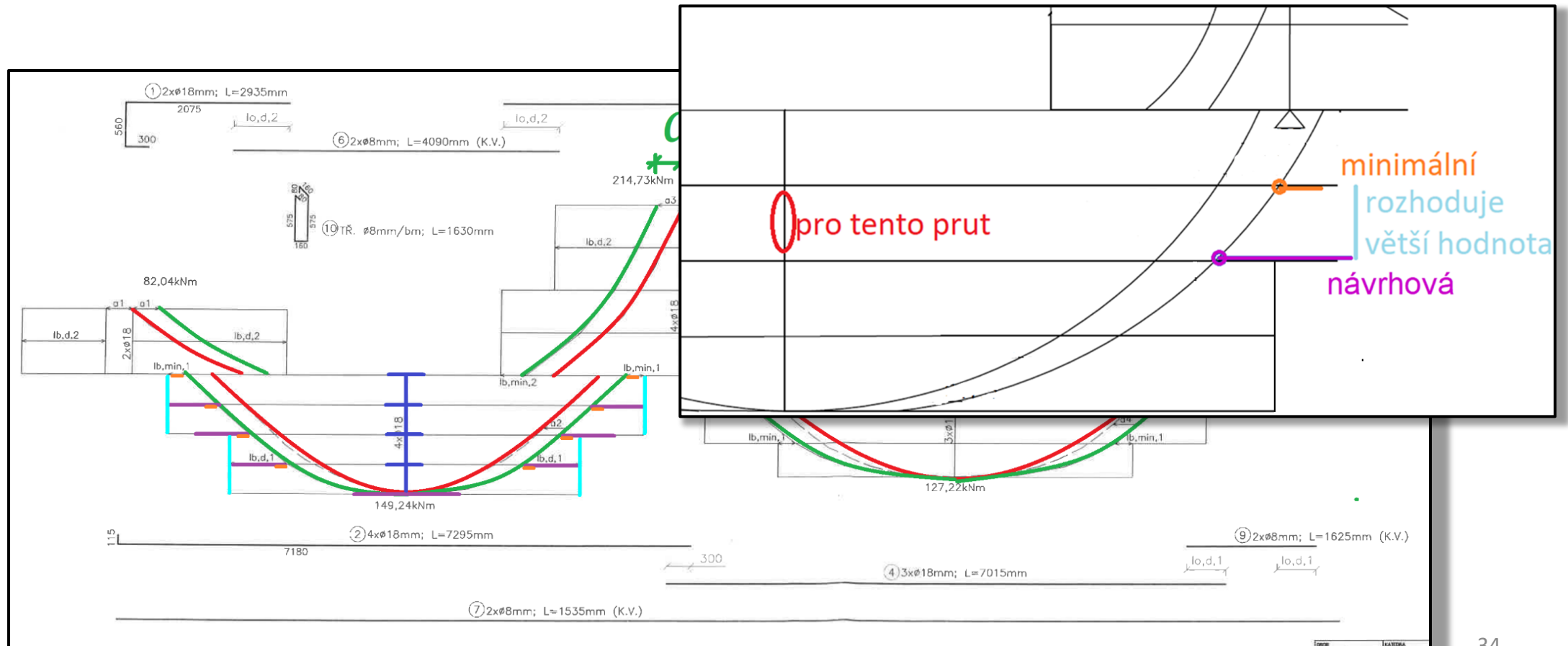
# Určení délek prutů

Od konce základní délky musí být zakotven **minimální kotevní délkou**  $l_{b,min}$ .



# Určení délek prutů

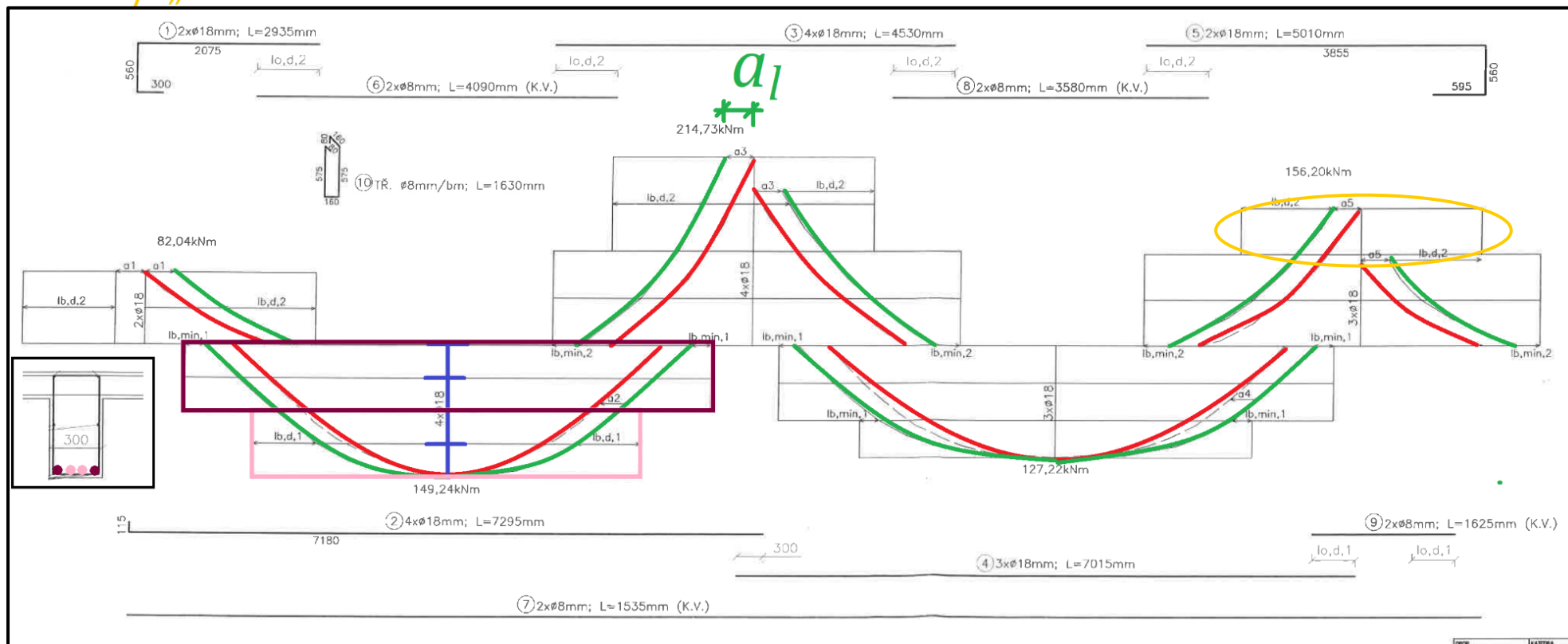
O celkové délce prutů rozhoduje ta kotevní délka, která **sahá dále**.



# Určení délek prutů

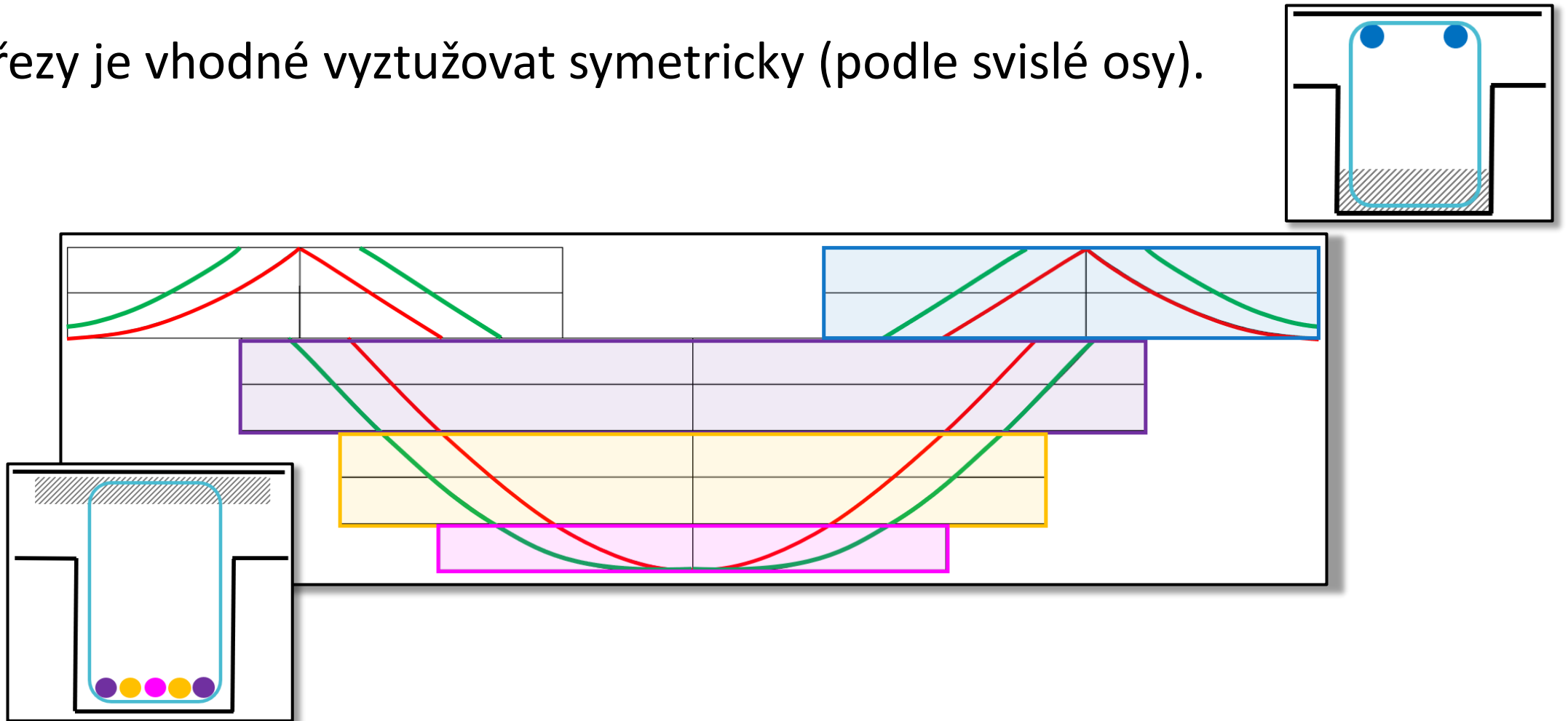
Průřezy je vhodné **vyztužovat symetricky** (podle svislé osy).

To znamená, že vždy dva pruty mají stejnou délku (rovnou té delší z jejich délek). Pouze případný **prostřední prut může být „sám“**.



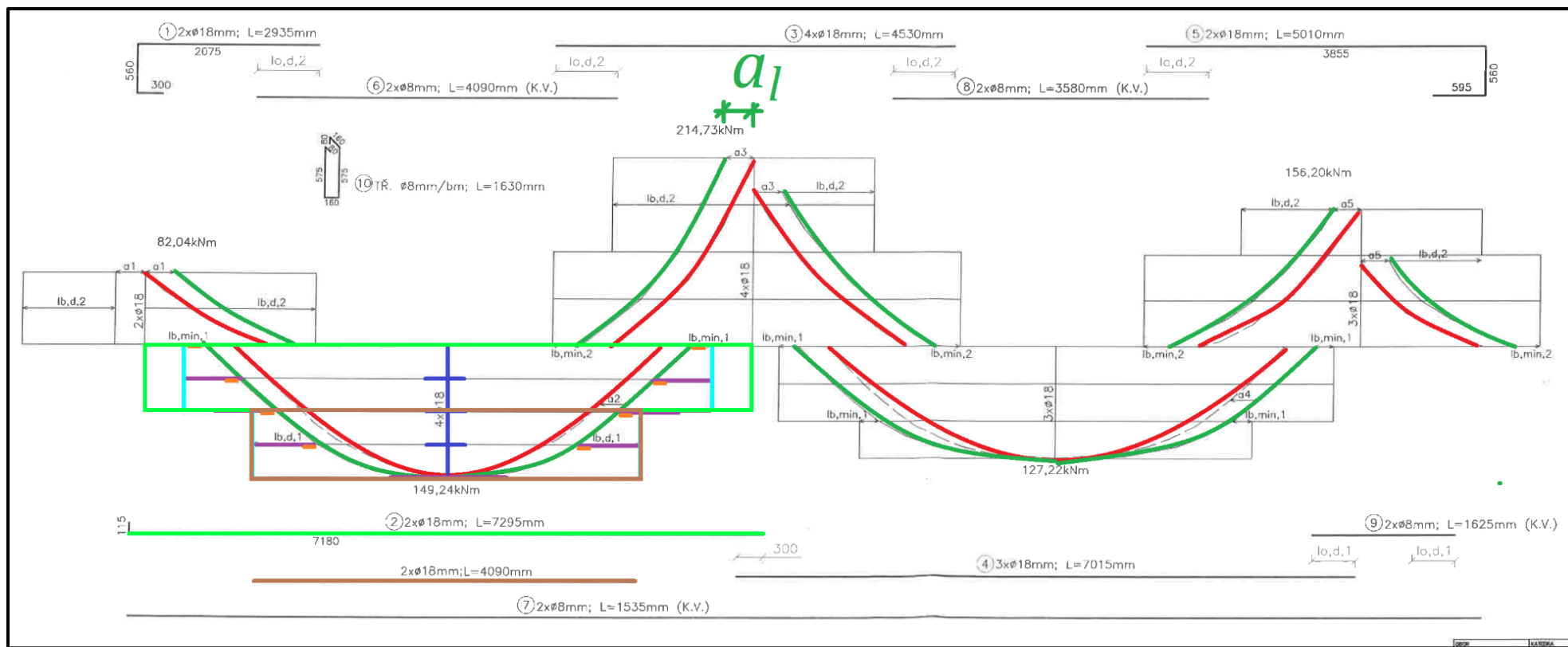
# Určení délek prutů

Průřezy je vhodné vyztužovat symetricky (podle svislé osy).



# Určení délek prutů

Dva pruty v rozích třmínek musí být dotaženy minimálně  $10\varnothing$  za líc podpory, ostatní mohou být kratší.



# Praxe

Pár let zpátky se v praxi ve většině případů žádné rozdělení materiálu podle momentu nedělo (všechny pruty v poli se dotahovali až do podpor). *Proč?*

# Praxe

Pár let zpátky se v praxi ve většině případů žádné rozdělení materiálu podle momentu nedělo (všechny pruty v poli se dotahovali až do podpor), **protože materiál byl levný a práce drahá.**

**Dnes je ocel velmi drahá**, takže se rozdělení materiálů dnes dělá a snaží se ušetřit každý centimetr výztuže.

**To, co se dělá v praxi, se vždy odvíjí od aktuální ekonomické situace.**

**V našem úkolu** udělejte rozdělení materiálů **pro výztuž v obou polích a nad všemi podporami.**

# Smyková výztuž



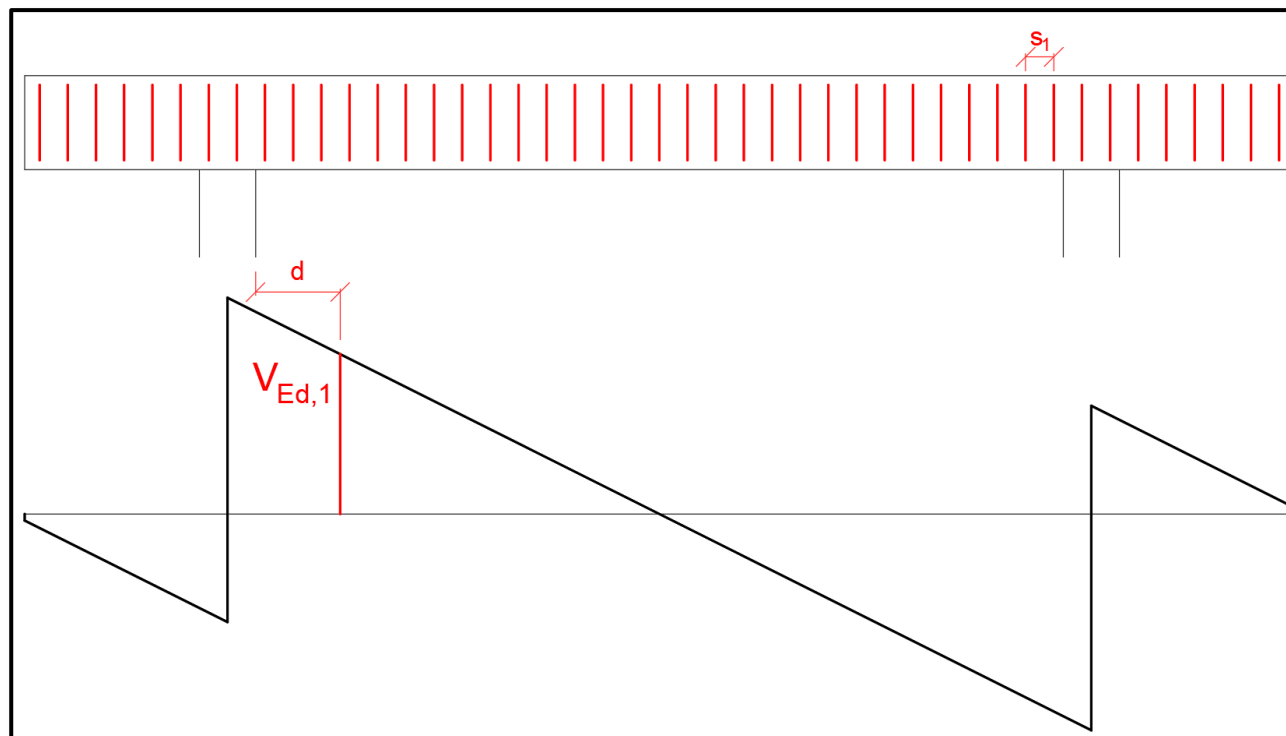
# Smyková výztuž

Rozdělení smykové výztuže bylo již popsáno v prezentaci k návrhu smykové výztuže.

Zde je postup pouze zopakován.

# Rozmístění návrhových třmínků

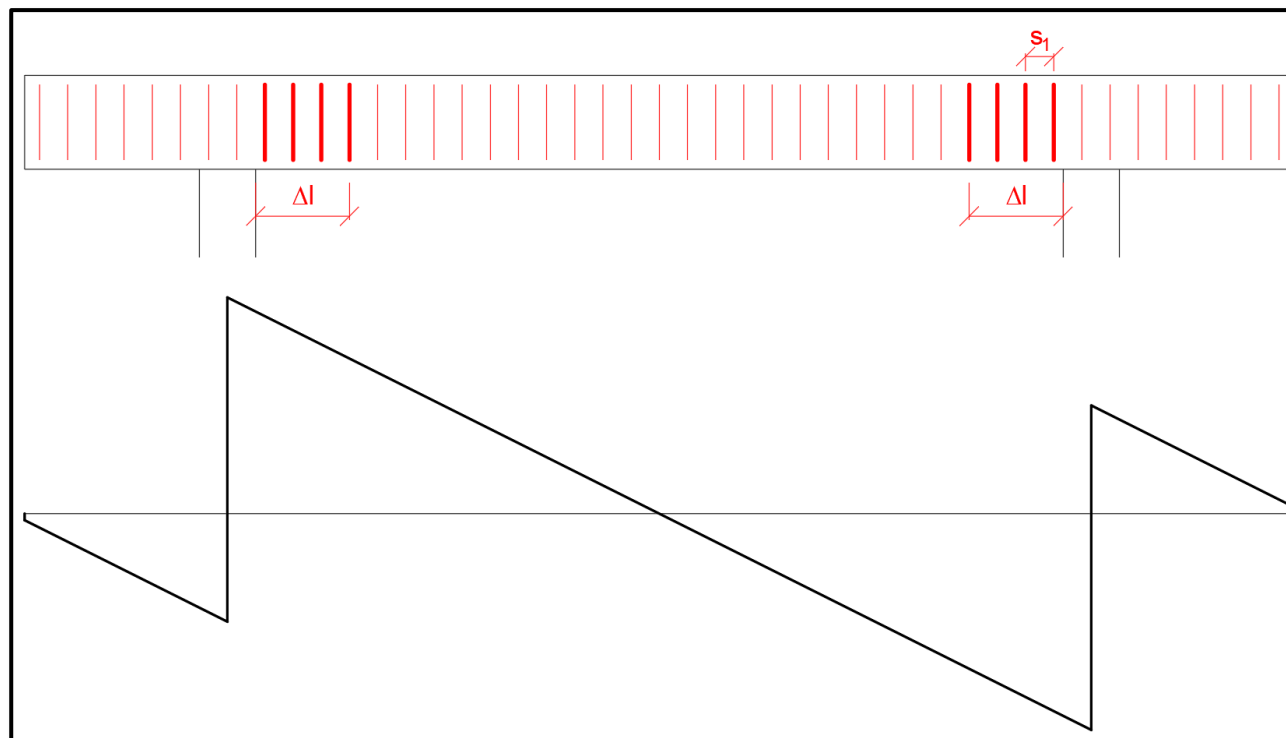
**Návrhové třmínky** jsou navrženy na maximální posouvající sílu v konstrukci\*. To znamená, že je **můžeme použít v celém prvku**. To ale **není ekonomické**. (Protože třmínky jsou navrženy na maximální sílu, ale ve většině konstrukce je síla menší a třmínky jsou zbytečně moc blízko u sebe.)



\*To není úplně pravda. Třmínky jsou navrženy na sílu ve vzdálenosti  $d$  od líce podpory ( $V_{Ed,1}$ ) a v teoretické podpoře je síla ještě větší. Ale vzhledem k tomu, že trhлина vychází z líce podpory (a ne z teoretické podpory), třmínky nikdy nebudou vystaveny síle větší než  $V_{Ed,1}$ .

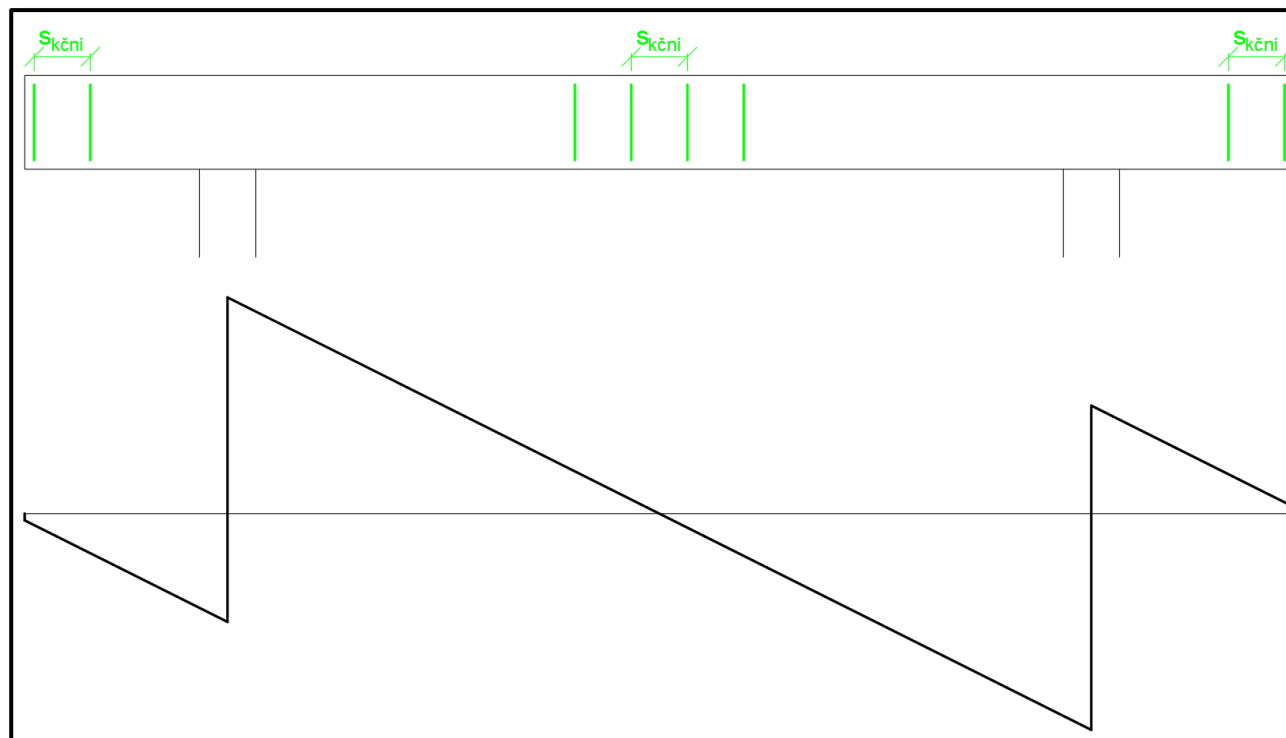
# Rozmístění návrhových třmínek

Dále nám návrhová norma udává, že **návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti  $\Delta l = z \cot \theta$  od líce podpory.** (Aby pokryly celou smykovou trhlinu vycházející z líce podpory.)



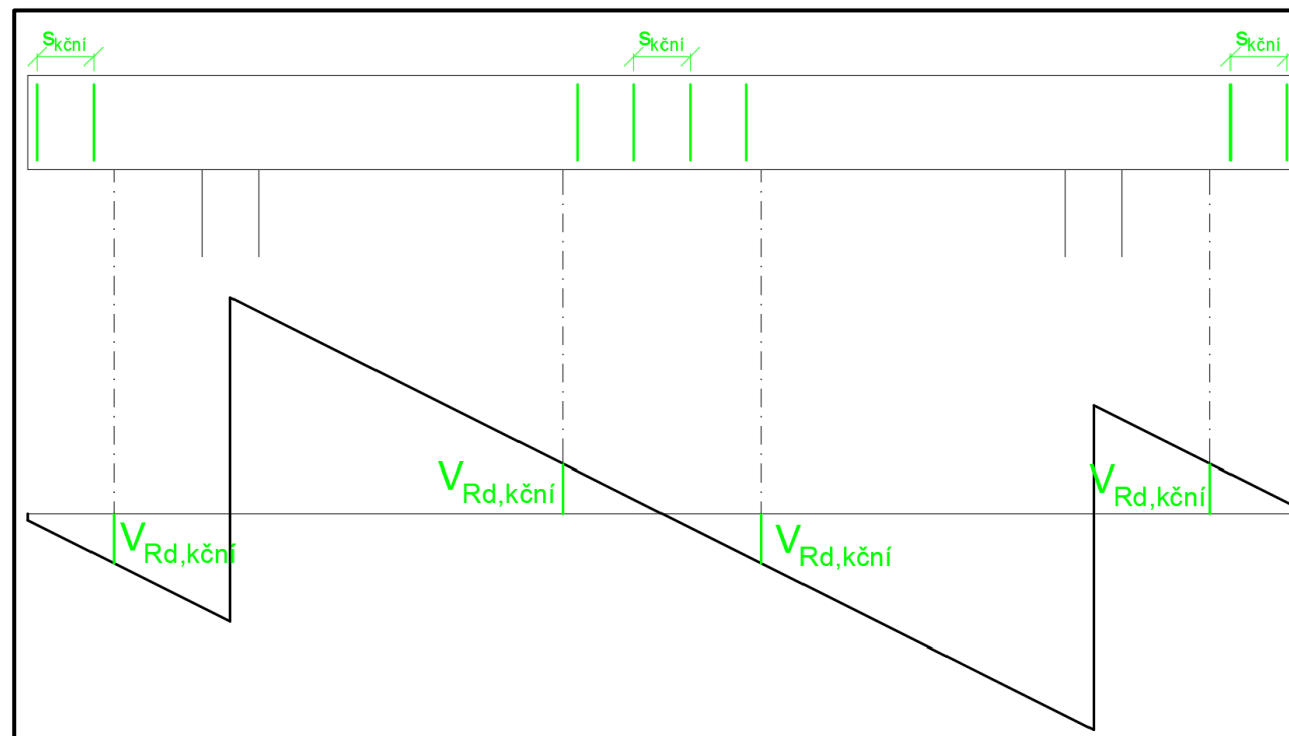
# Rozmístění konstrukčních třmínků

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



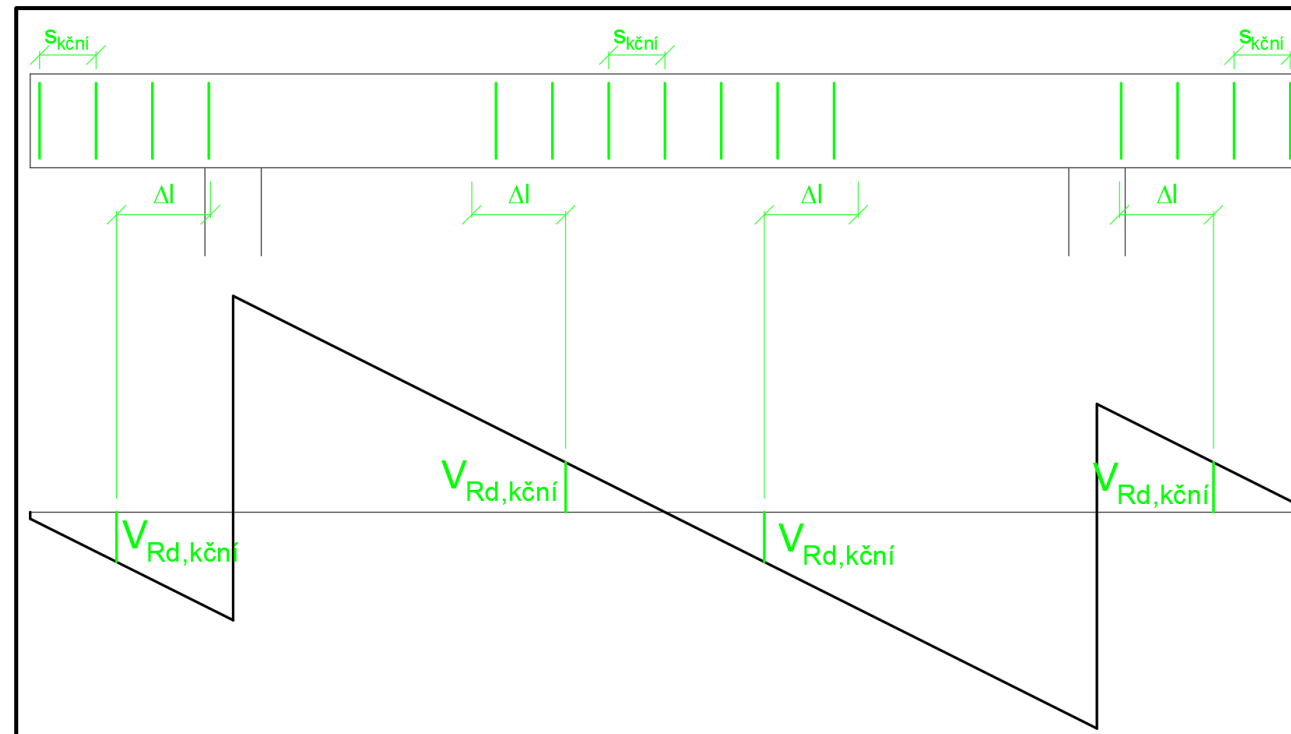
# Rozmístění konstrukčních třmínků

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



# Rozmístění konstrukčních třmínků

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

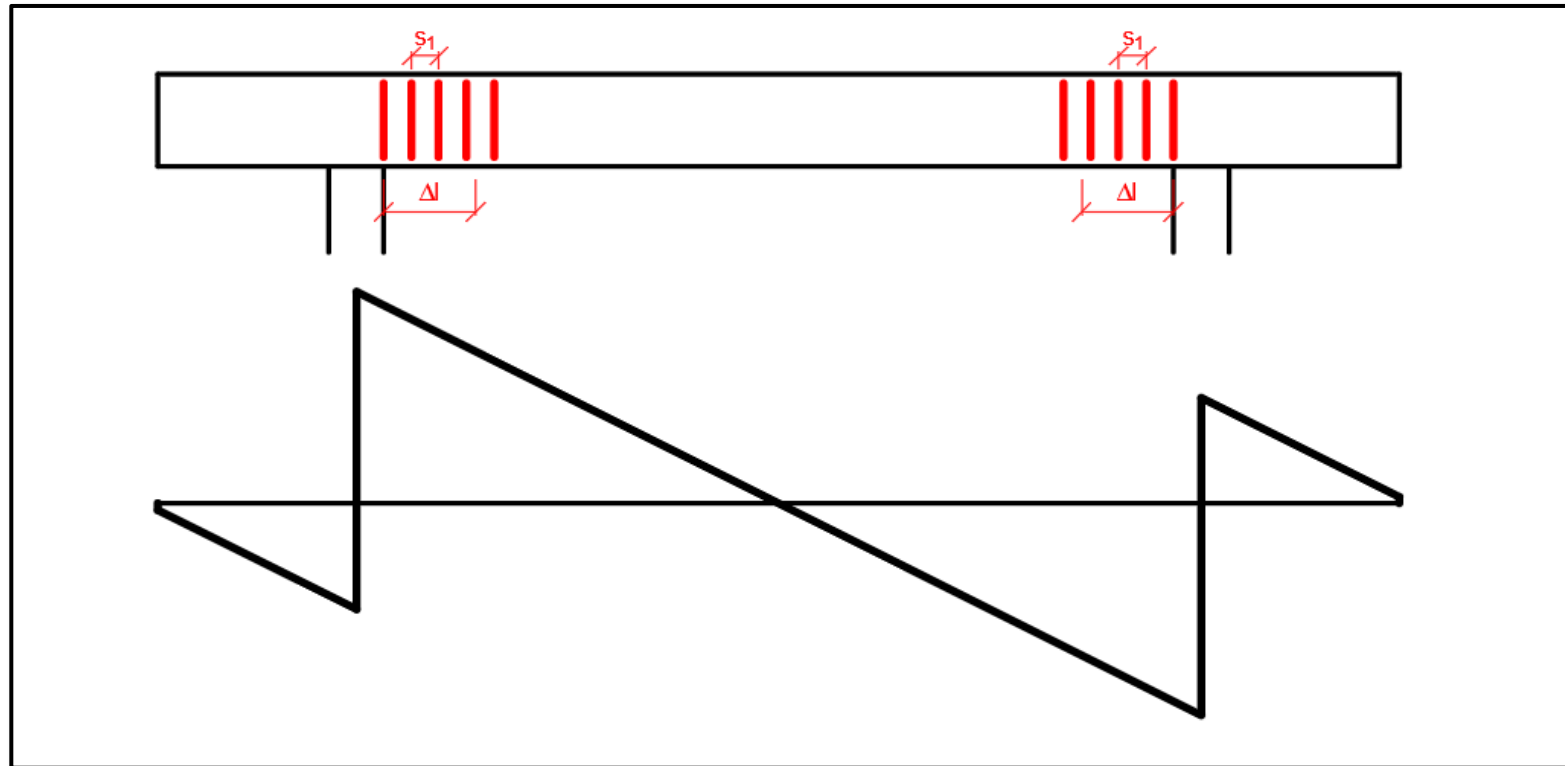


# Rozmístění všech třmíneků

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

# Rozmístění všech třmínek

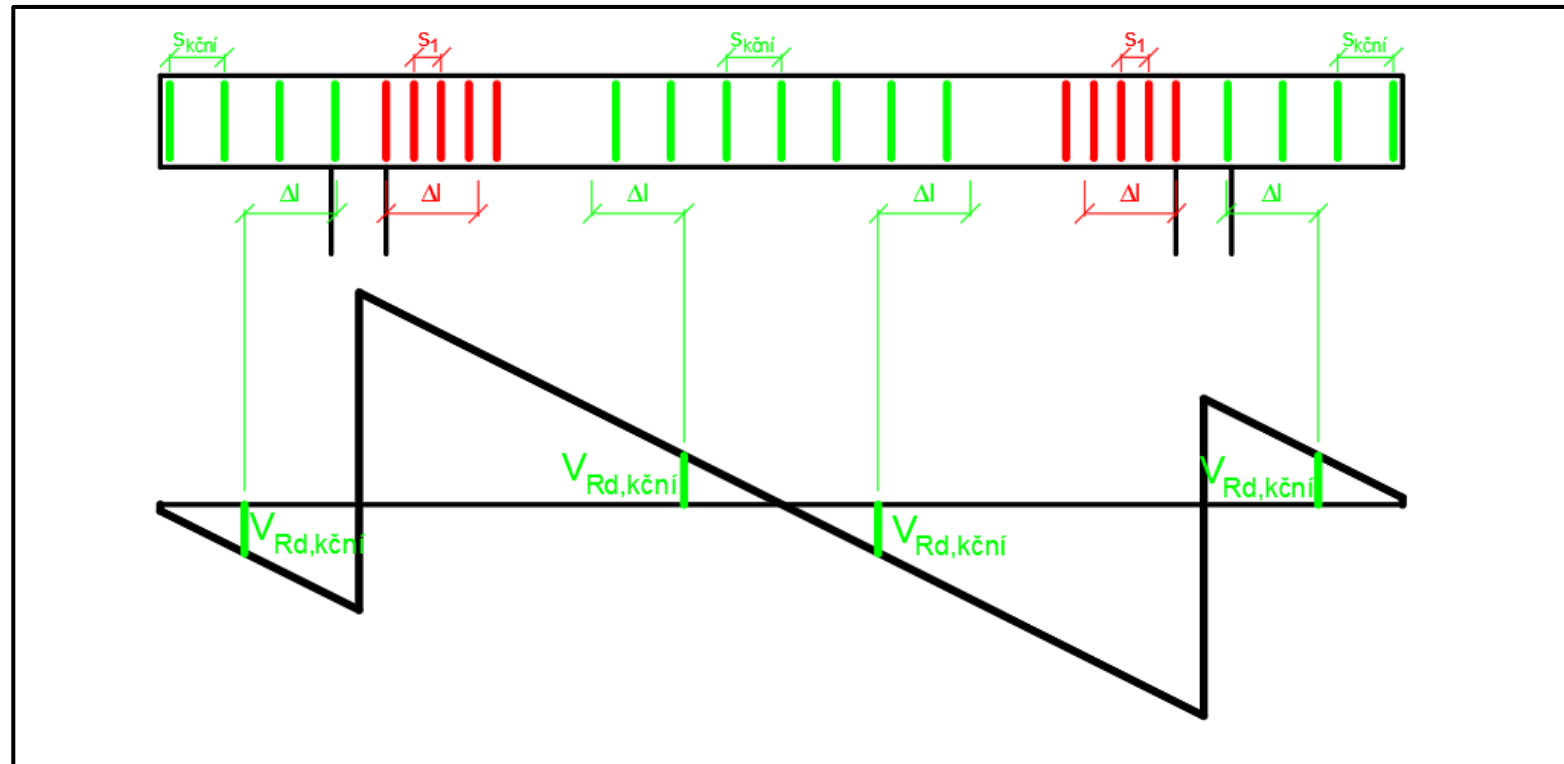
Nejprve stanovíme, **kde všude musí být návrhové třmínky.**





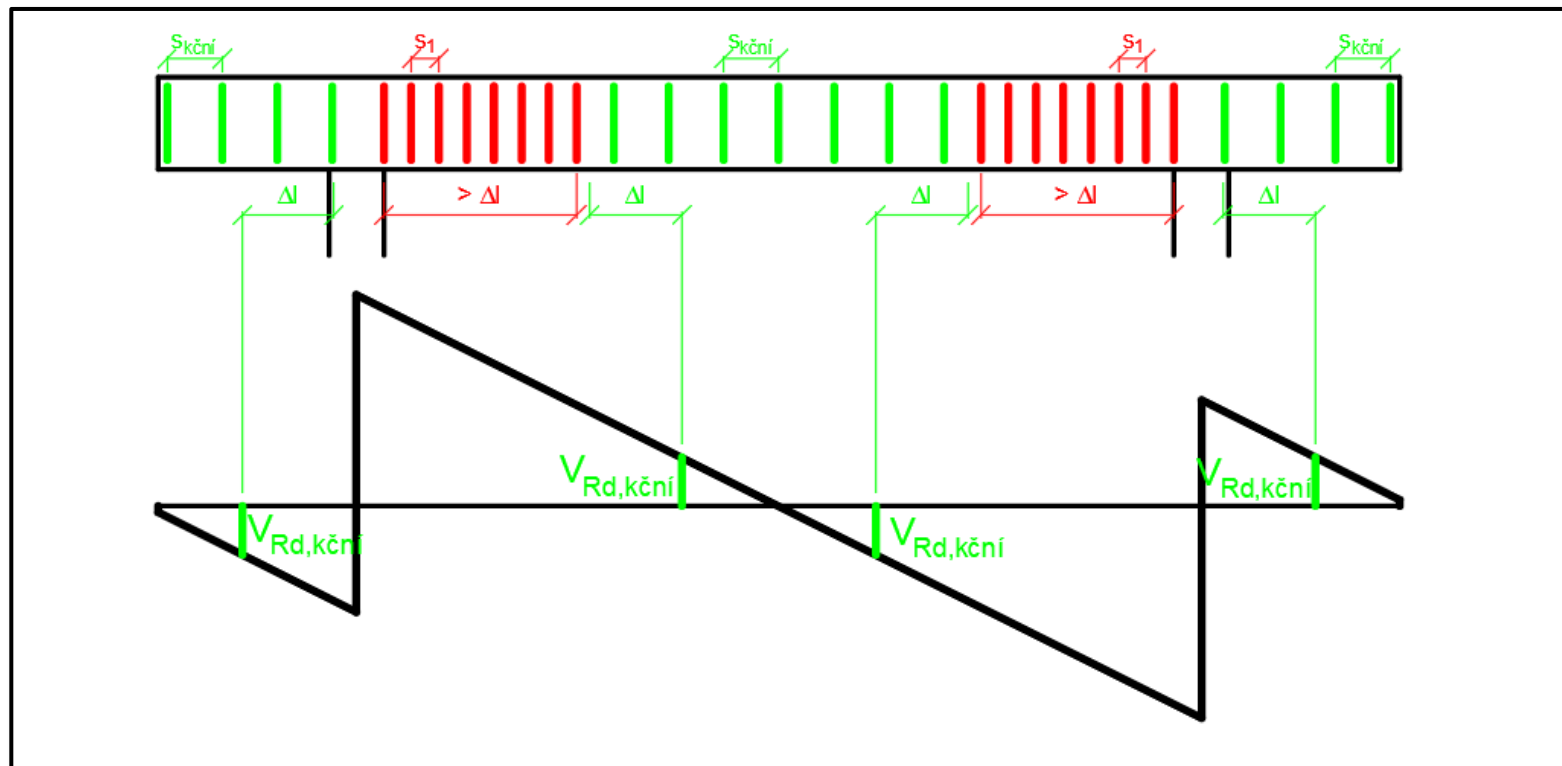
# Rozmístění všech třmínků

Dále určíme, kde všude můžeme použít ekonomické konstrukční třmínky.



# Rozmístění všech třmínků

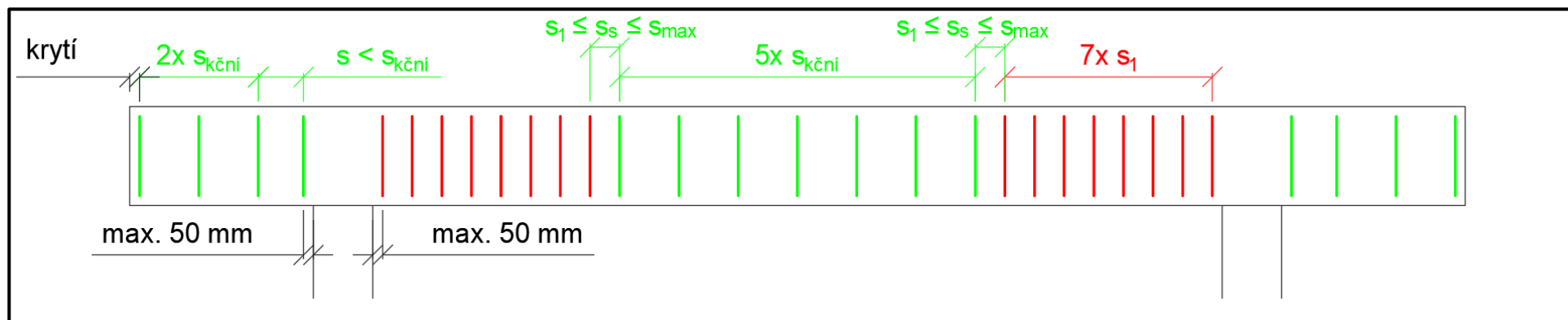
Pokud se nám **oblast** návrhových a konstrukčních třmínků **nepřekrývá**, „dotáhneme“ návrhové třmínky až ke konstrukčním.



# Rozmístění všech třmínků

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

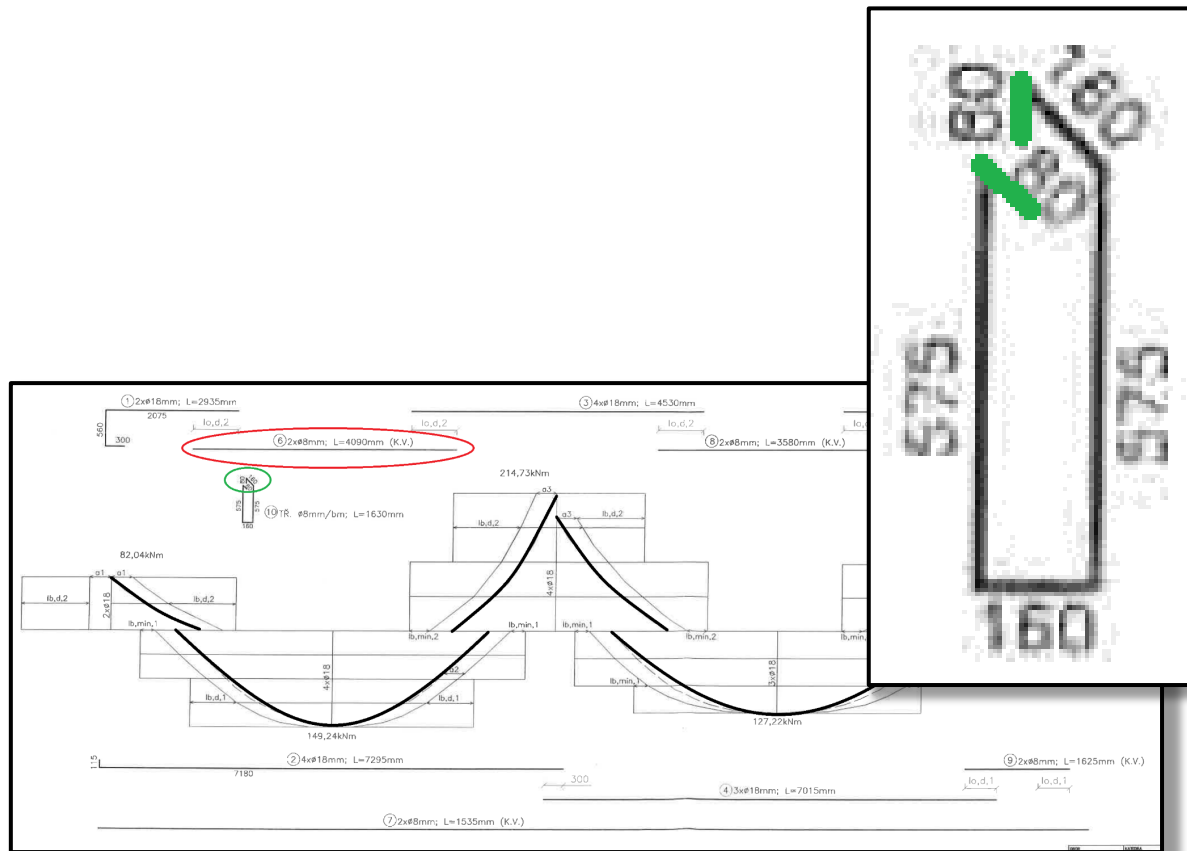
- **krajní třmínek** musí mít dostatečné **krytí**,
- **první třmínek** musí být ve vzdálenosti **max. 50 mm** od **hrany podpory**,
- **rozteč na styku návrhových a konstrukčních třmínků**  $s_s$  nám vyjde **z geometrie**.



# Další výztuž

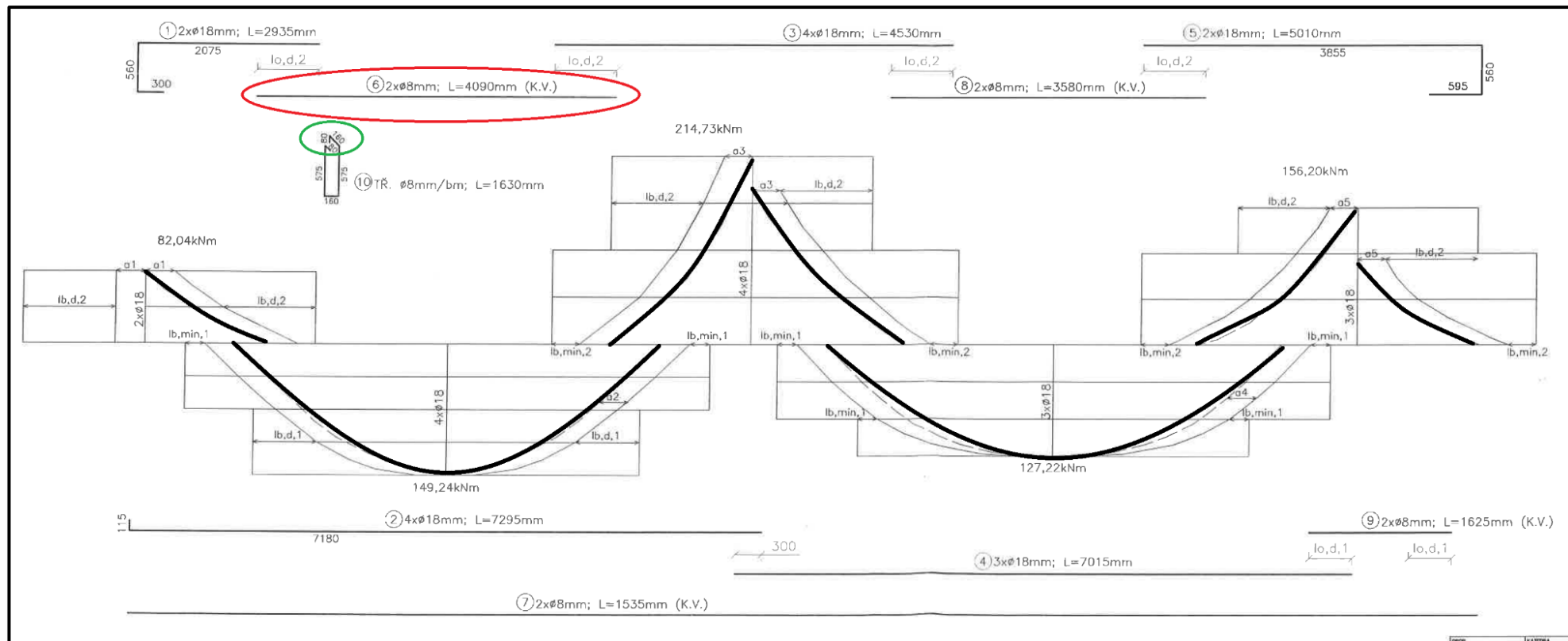
# Další výztuž

Délka **koncových úseků spínaných třmínků** minimálně 10x profil třmínku.



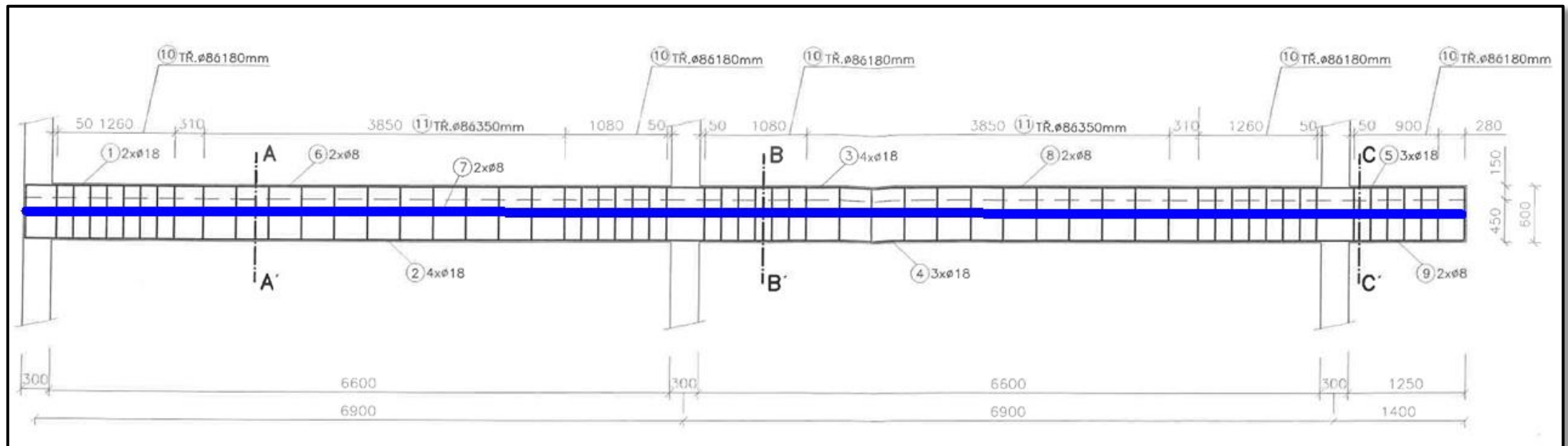
# Další výztuž

K hornímu povrchu (do míst, kam nesahá nosná výztuž) přidat konstrukční výztuž kvůli třmínkům.



# Další výztuž

Je-li výška trámu větší než 500 mm, přidat **konstrukční výztuž do poloviny výšky** – vychází z podmínky maximální vzdálenosti výztuže.



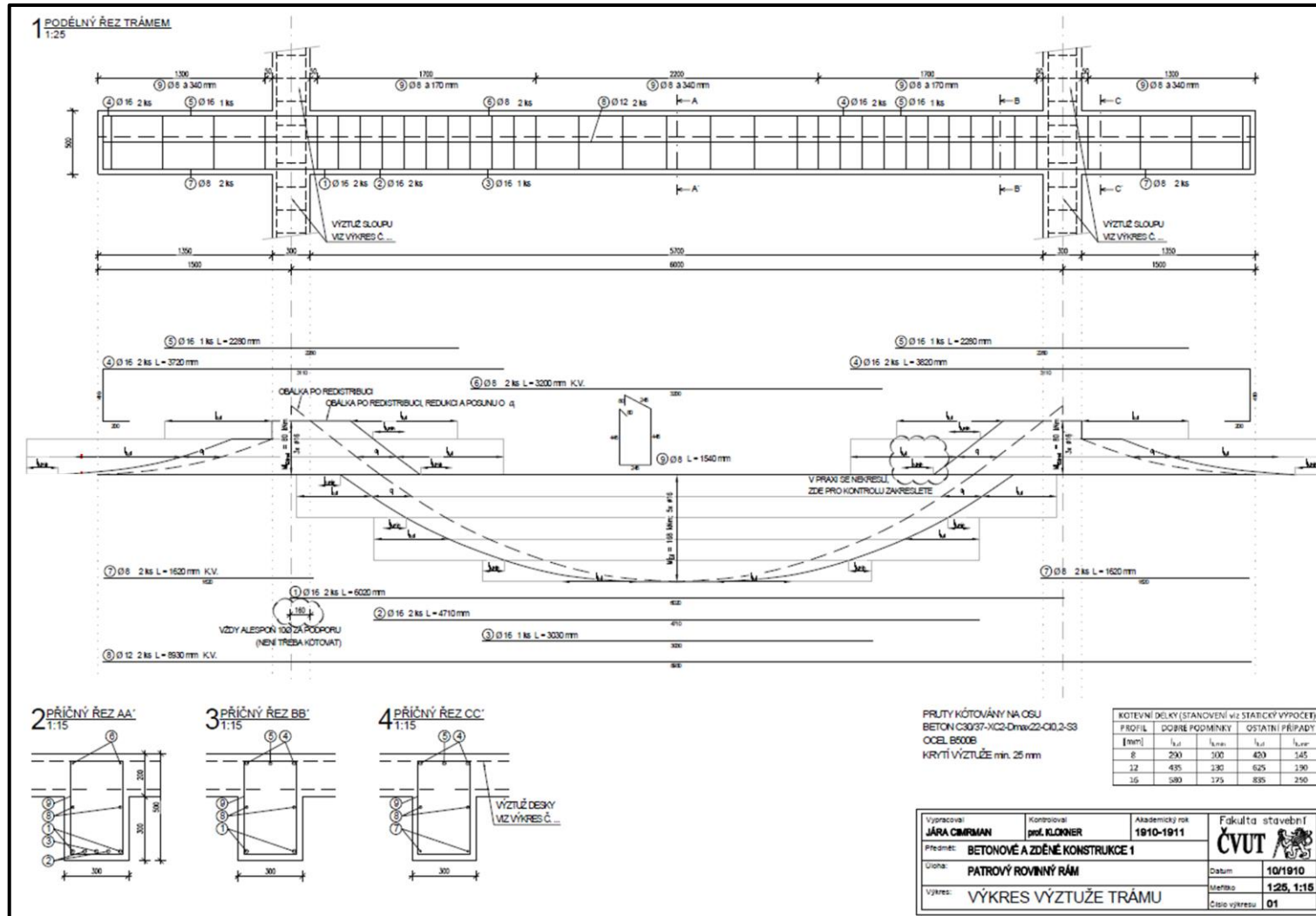
# Obecné pokyny



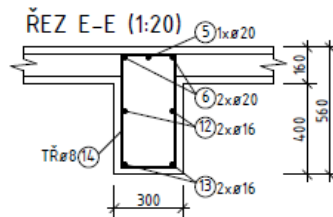
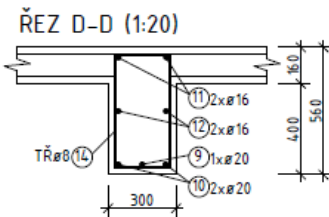
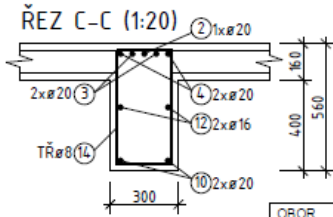
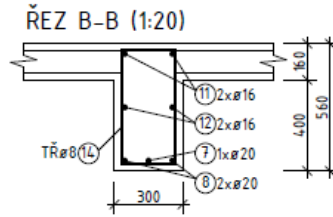
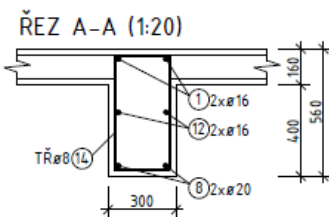
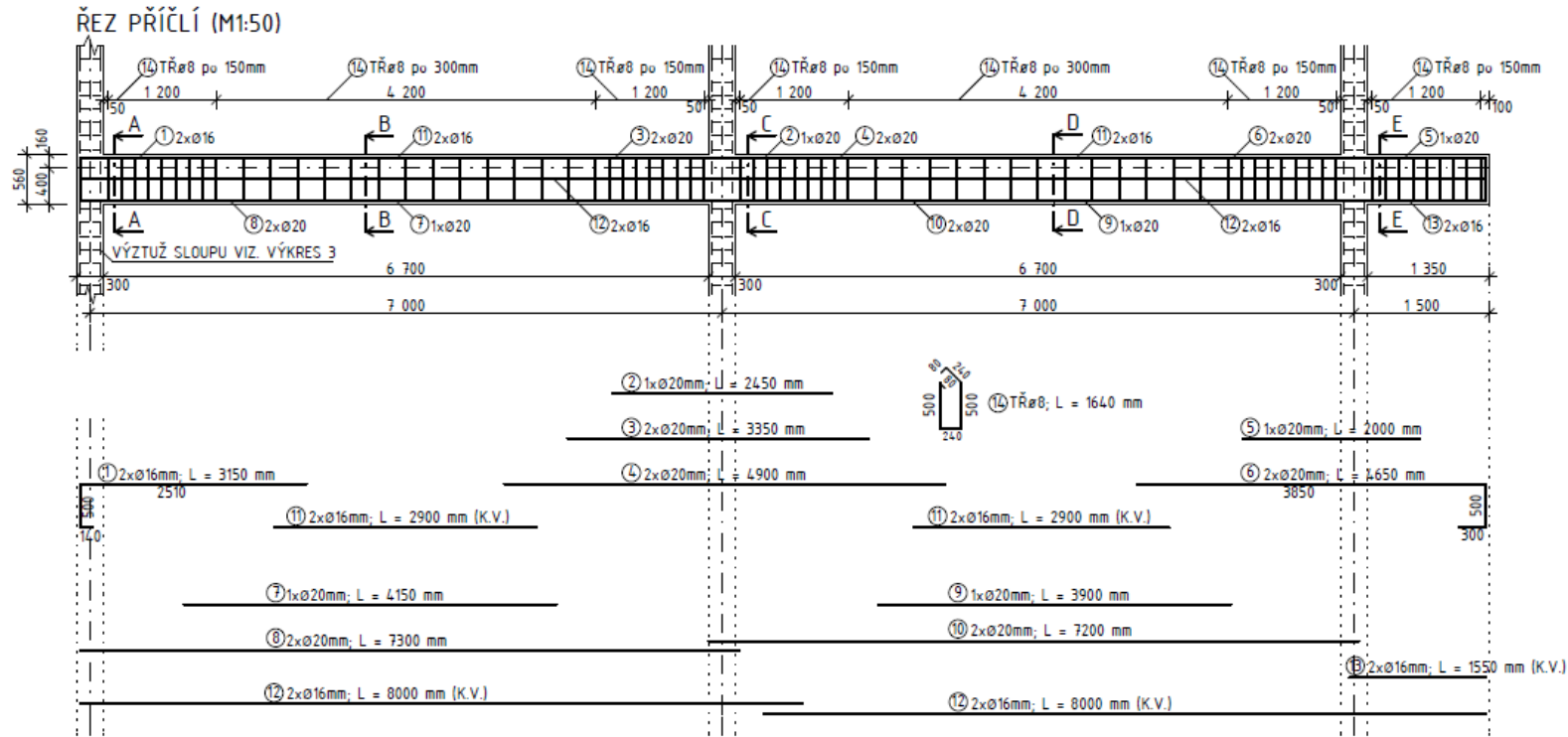
# Obecné pokyny

- Výkres vypracujte v měřítku 1:50.
- Pokud se výkres nevejde na jednu A3, můžete to vytisknout na více A3 a slepit je.
- Na výkresu musí být
  - podélný řez trámem s rozkreslenou a popsanou výztuží nad/pod trámem,
  - navazující konstrukce (sloupy nad a pod příčlí s naznačenou výztuží),
  - příčné řezy trámem v polích a u podpor (5 průřezů),
  - rozšířená obálka momentů,
  - schémata rozdělení materiálu,
  - popis nad rozpiskou,
  - rozpiska.

# Příklad výkresu – oficiální vzorový výkres



# Příklad bez obálky a rozdělení



**POZNÁMKY:**  
 VÝZTUŽ KÓTOVÁNA NA OSU  
 BETON C30/37-XC1-D<sub>max</sub>16-Cl0,2-S4  
 OCEĽ B500B  
 KRYTÍ VÝZTUŽE PŘÍČLE = 30 mm

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	ČVUT v Praze Fakulta stavební	
Konstrukce pozemních staveb				
ROČNÍK			FORMÁT	2x A4
3.			MĚŘITKO	1:50/1:20
AKCE:	DOMÁCÍ ÚKOL č. 1 K PŘEDMĚTU BK01 - PATROVÝ ROVINNÝ RAM		DATUM	29.10.2019
			Č. VÝKR.	PODPSIS
OBSAH:	VÝKRES VÝZTUŽE PŘÍČLE - REZY		2	

Díky za pozornost

# Poděkování

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

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