

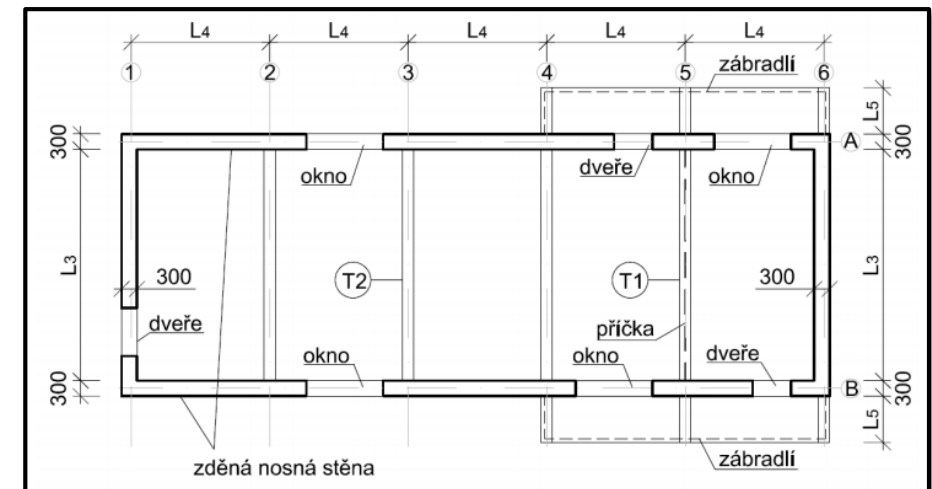


# Výkres výztuže trámu

Prezentace k 8. cvičení NNKB

# Zadání Úlohy 2

- návrh rozměrů stropních prvků (desky a trámů T1 a T2) + výpočet zatížení stropních prvků
- výpočet vnitřních sil na desce a trámech T1 a T2
- návrh a posouzení výztuže desky + výkres výztuže desky
- návrh a posouzení výztuže trámu + **výkres výztuže trámu**
- výkres tvaru



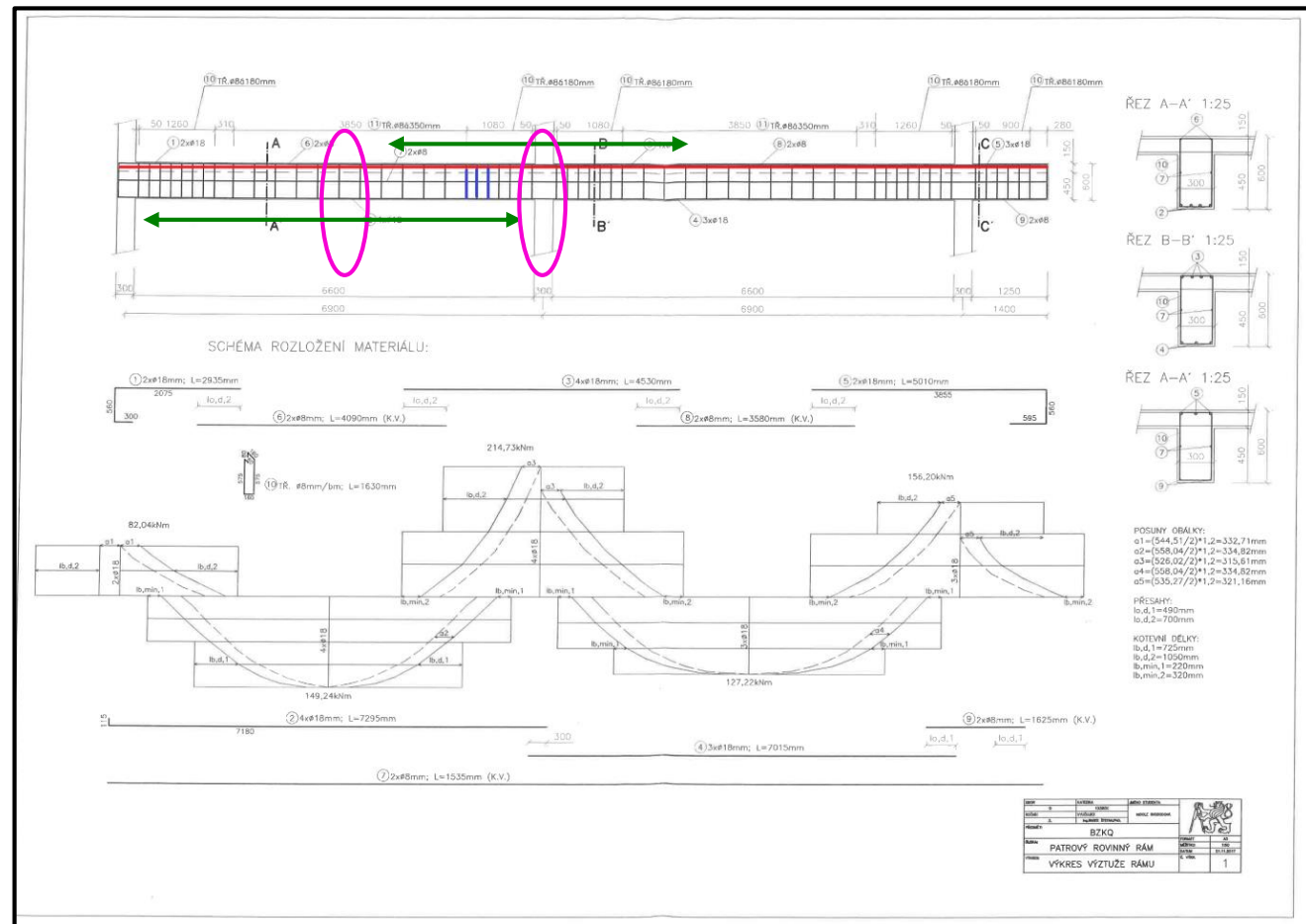


# Podélná výztuž

# Podélná výztuž

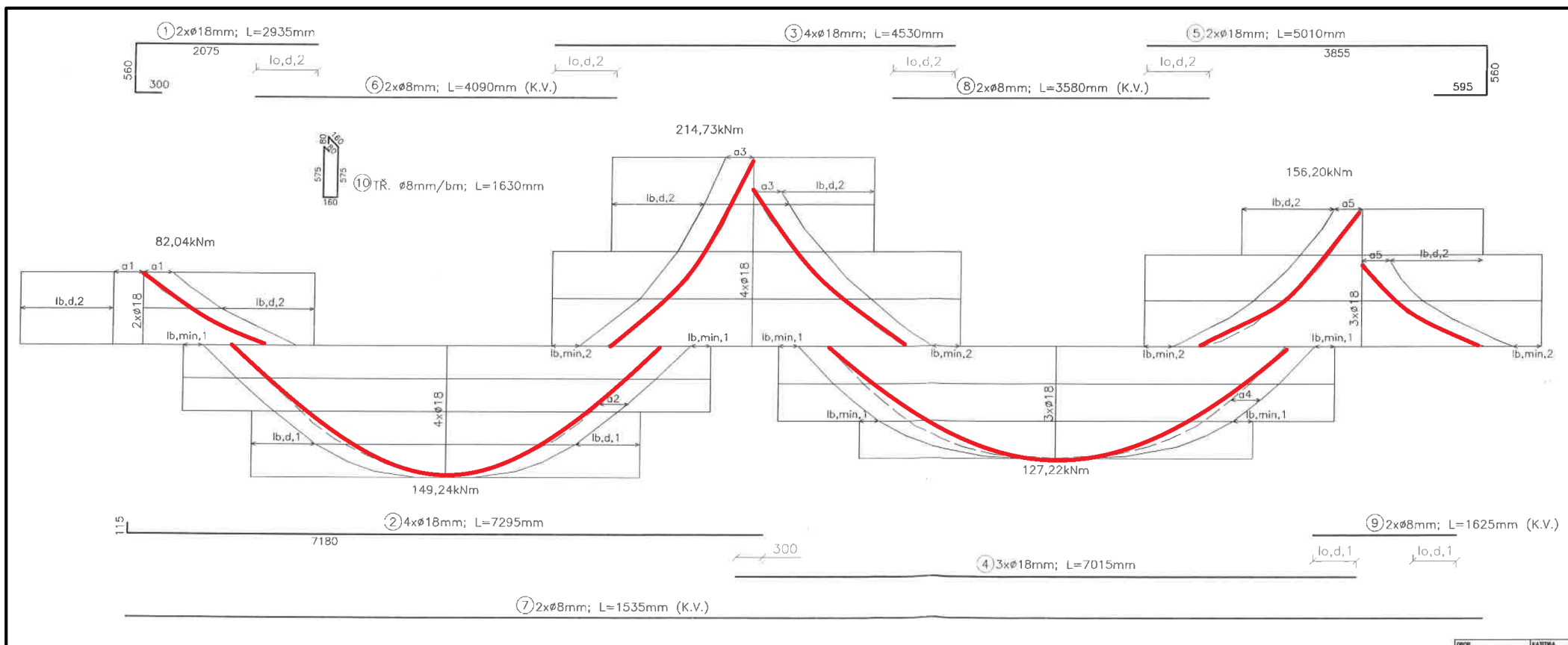
Podélnou (hlavní tahovou) výztuž máme navrženou pouze v průřezích – nad podporami a v polích.

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



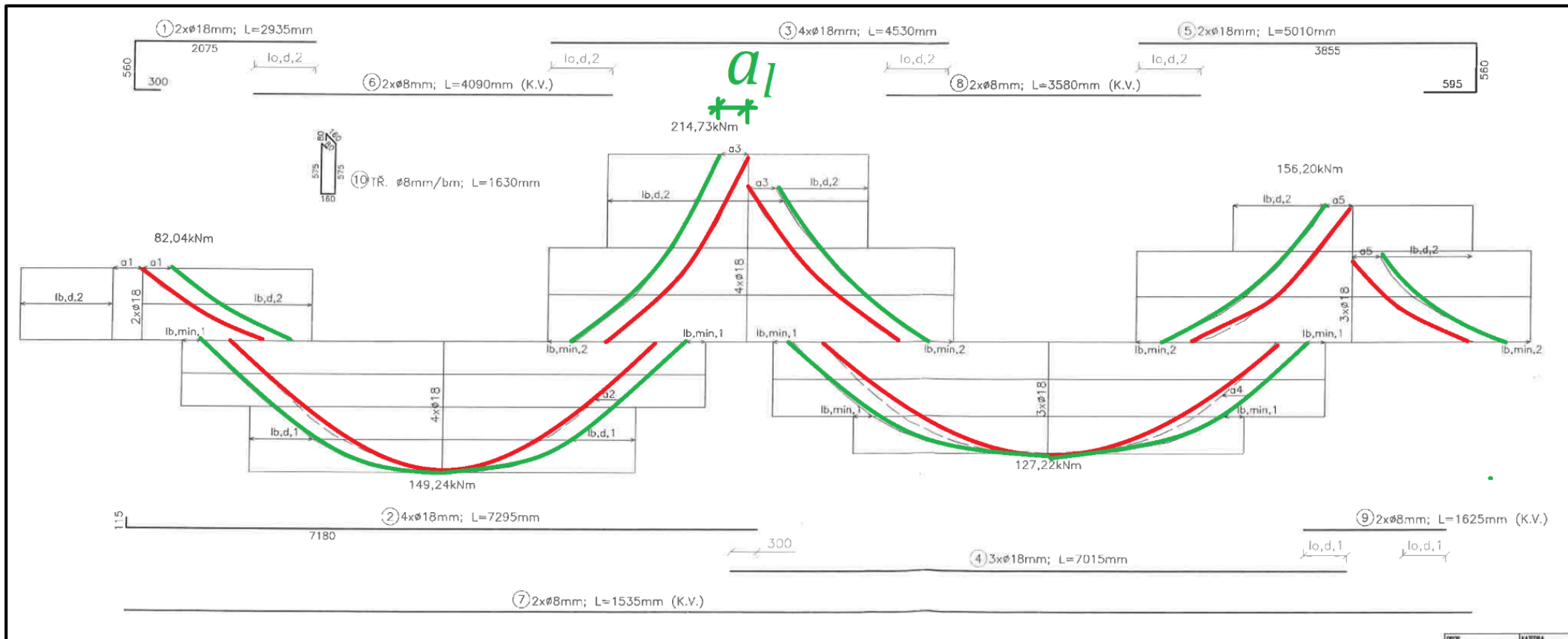
# Obálka momentů

Při stanovení, kam má být výztuž protažena vycházíme z **obálky momentů**.



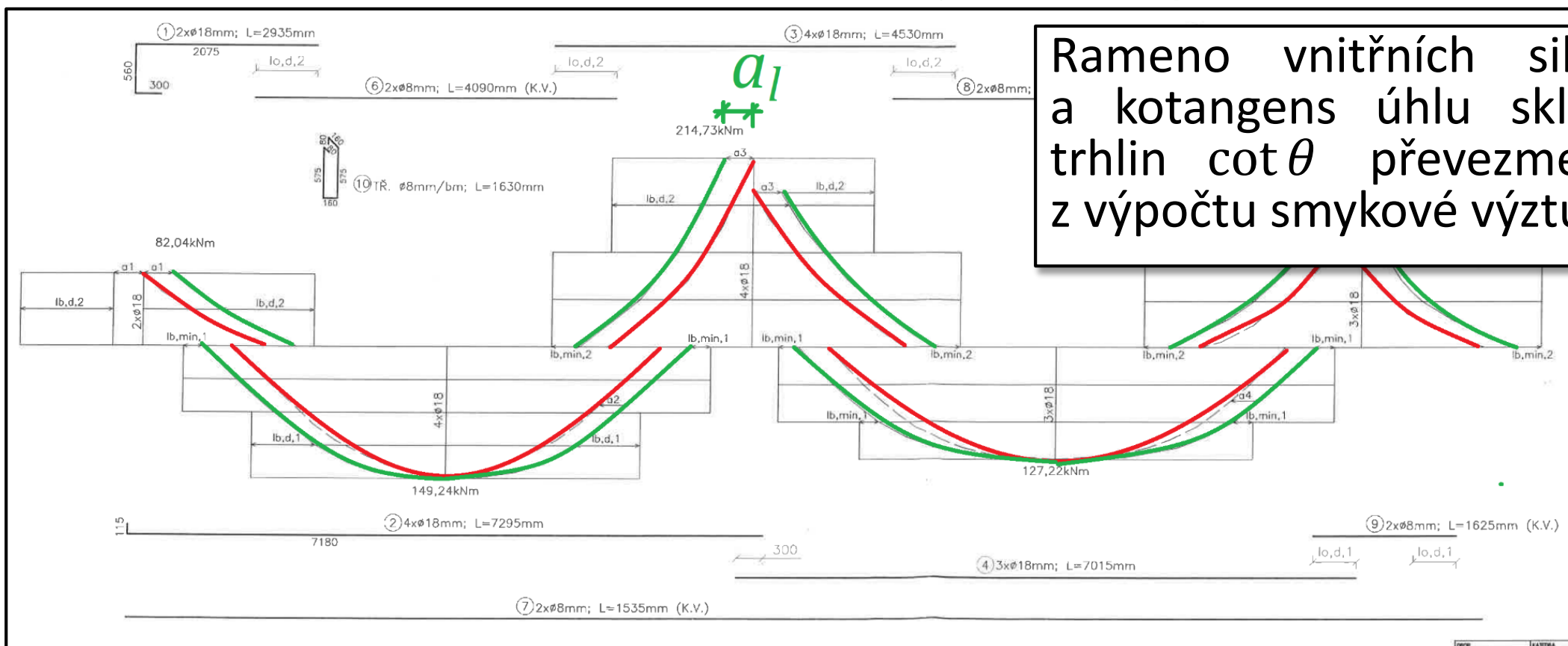
# Rozšíření obálky

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



# Rozšíření obálky

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

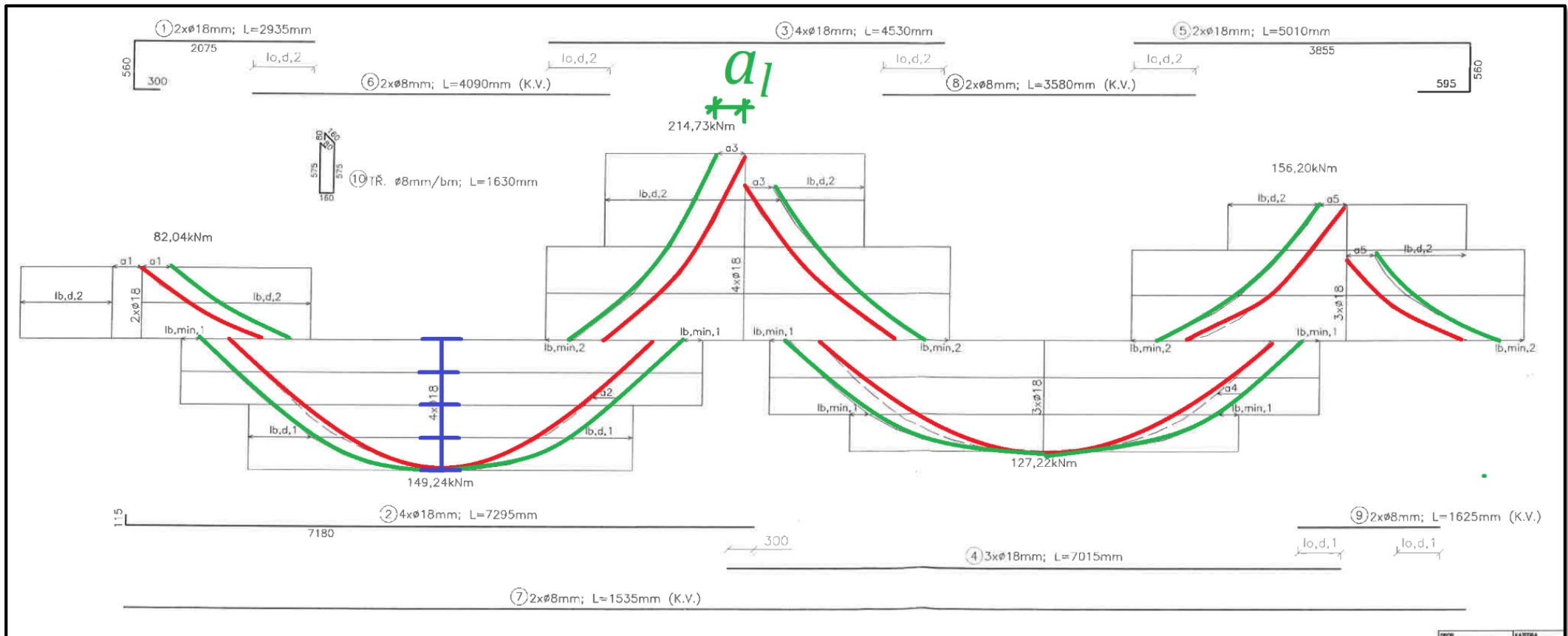


Rameno vnitřních sil  $z$  a kotangens úhlu sklonu trhlin  $\cot \theta$  převezmeme z výpočtu smykové výztuže.



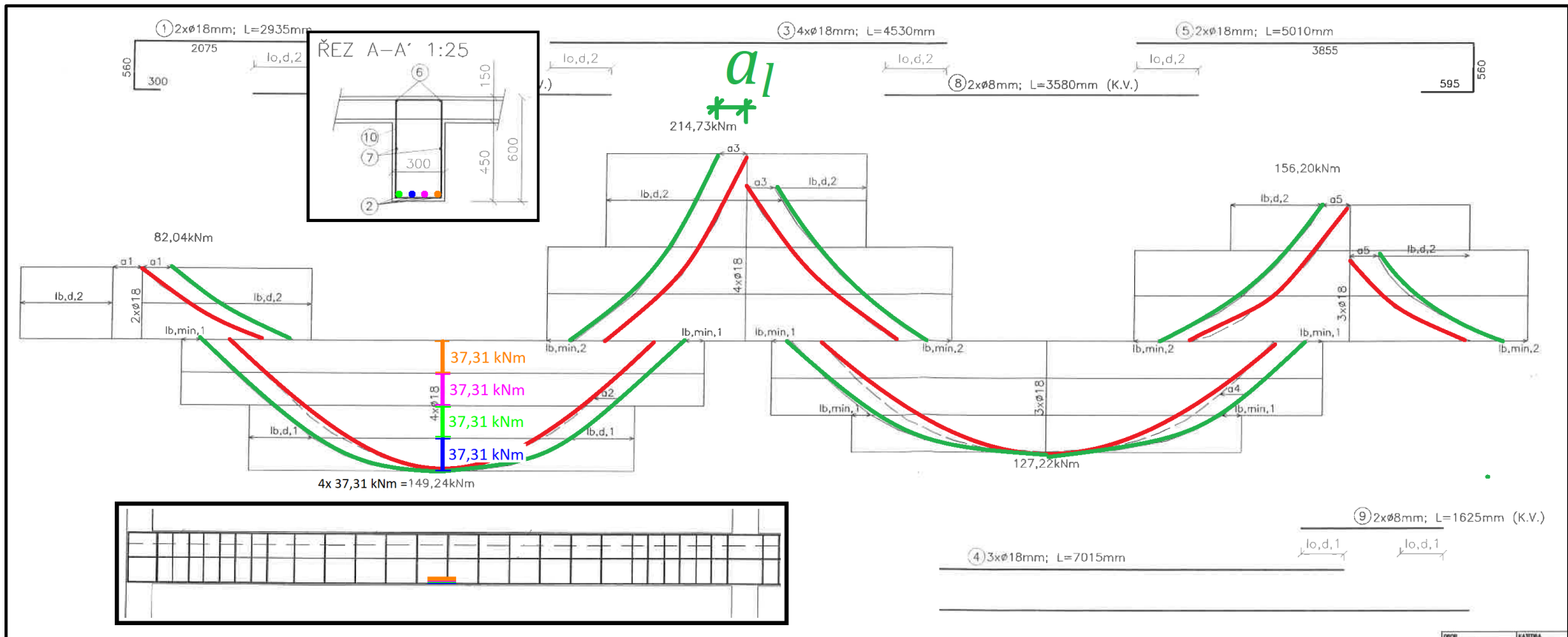
# Rozdělení momentu podle prutů

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



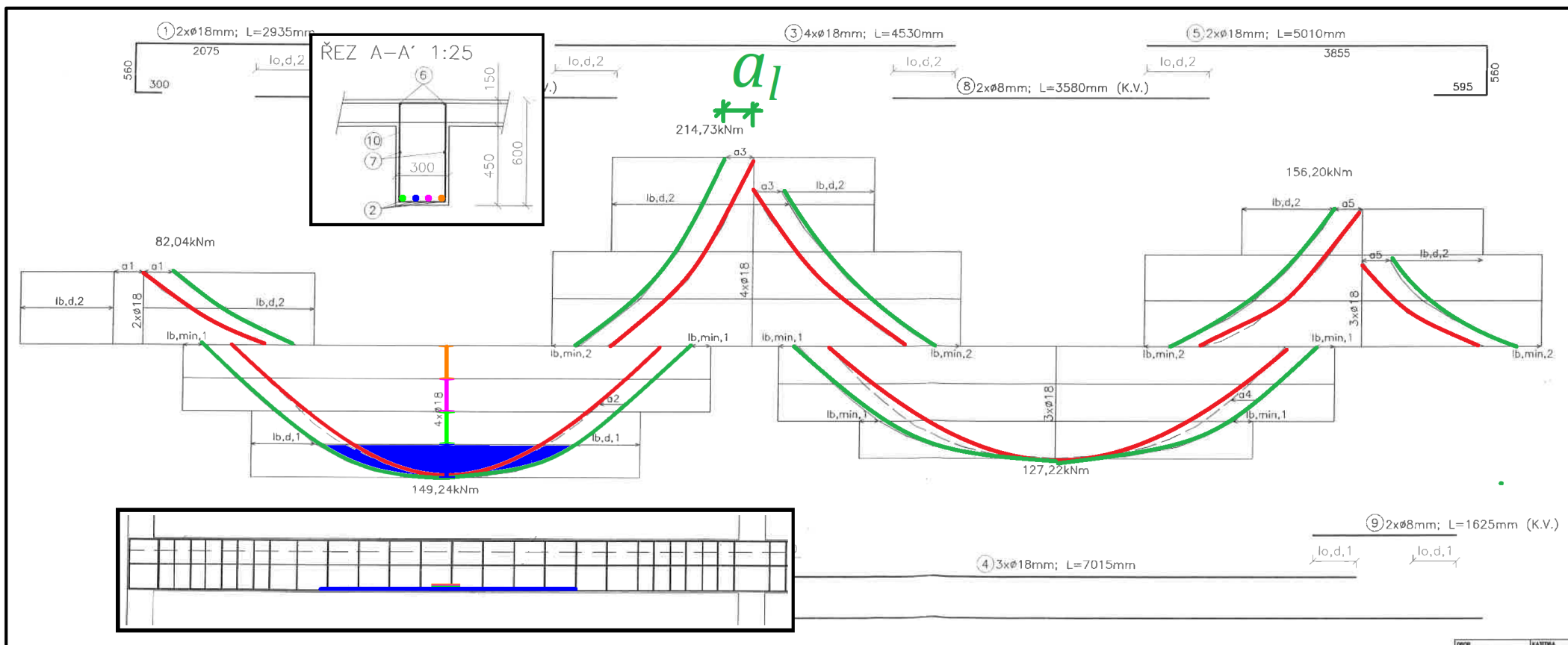
# Rozdělení momentu podle prutů

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



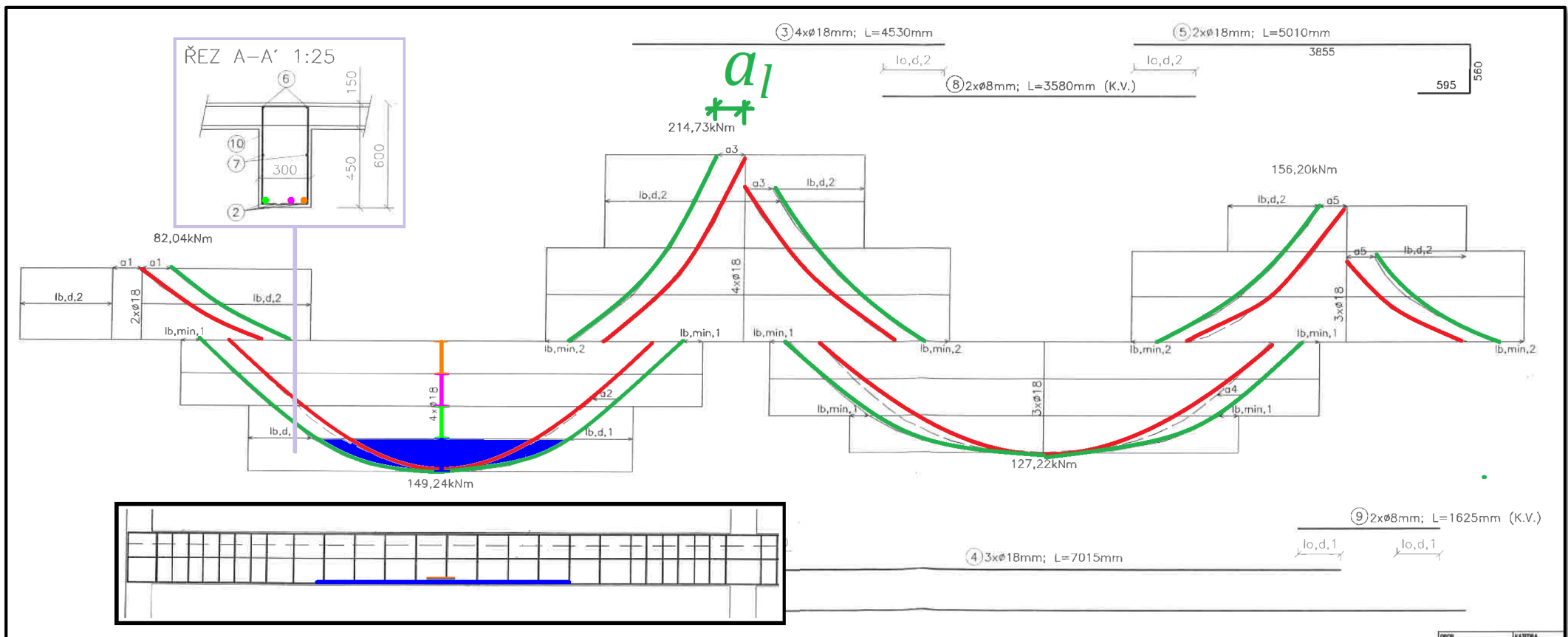
# Rozdělení momentu podle prutů

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



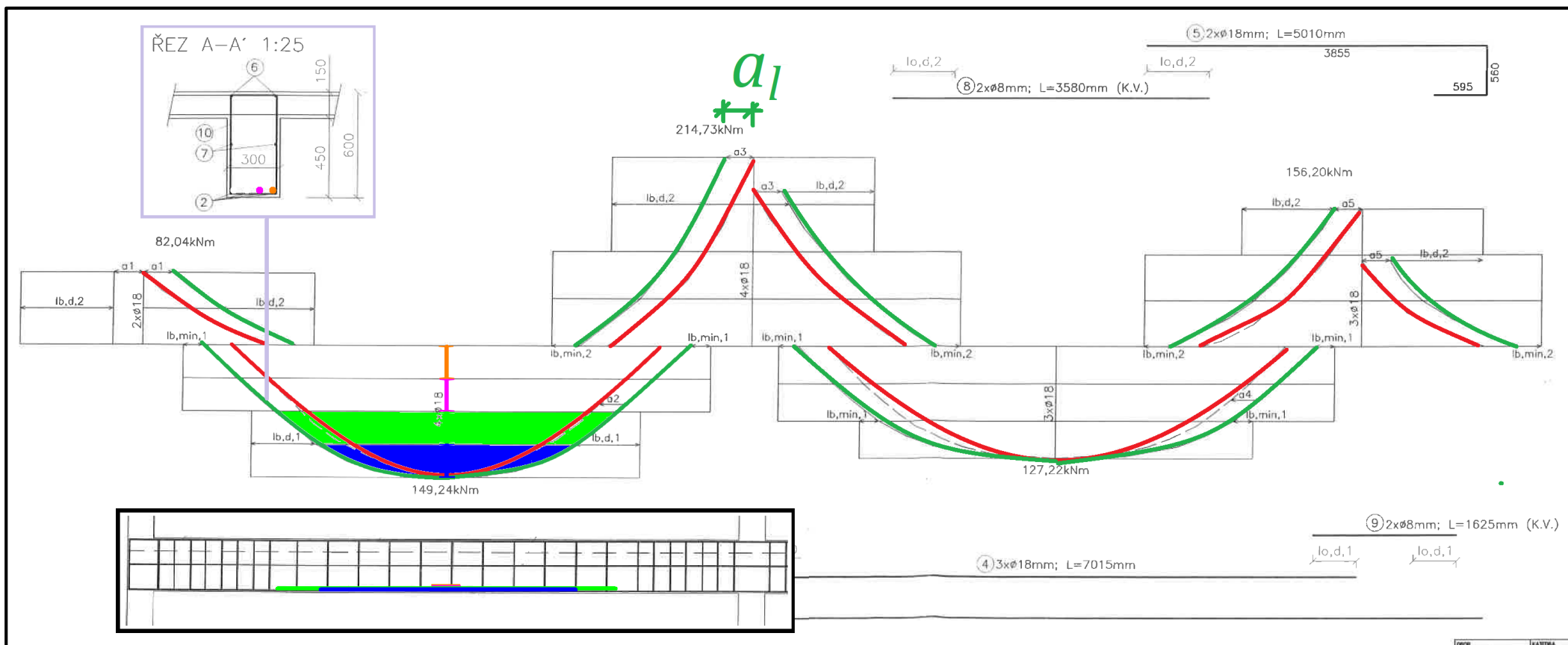
# Rozdělení momentu podle prutů

V průřezu blíže k podpoře již modrý prut nepotřebujeme.



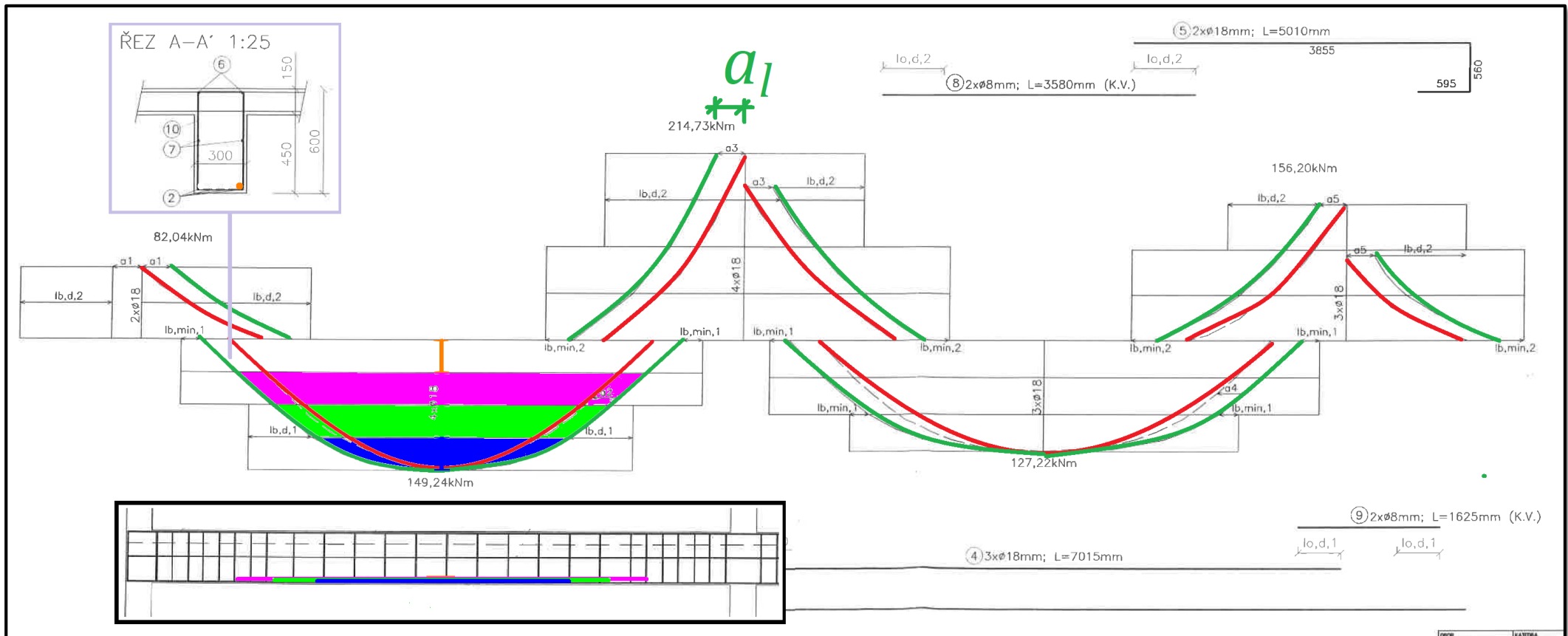
# Rozdělení momentu podle prutů

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



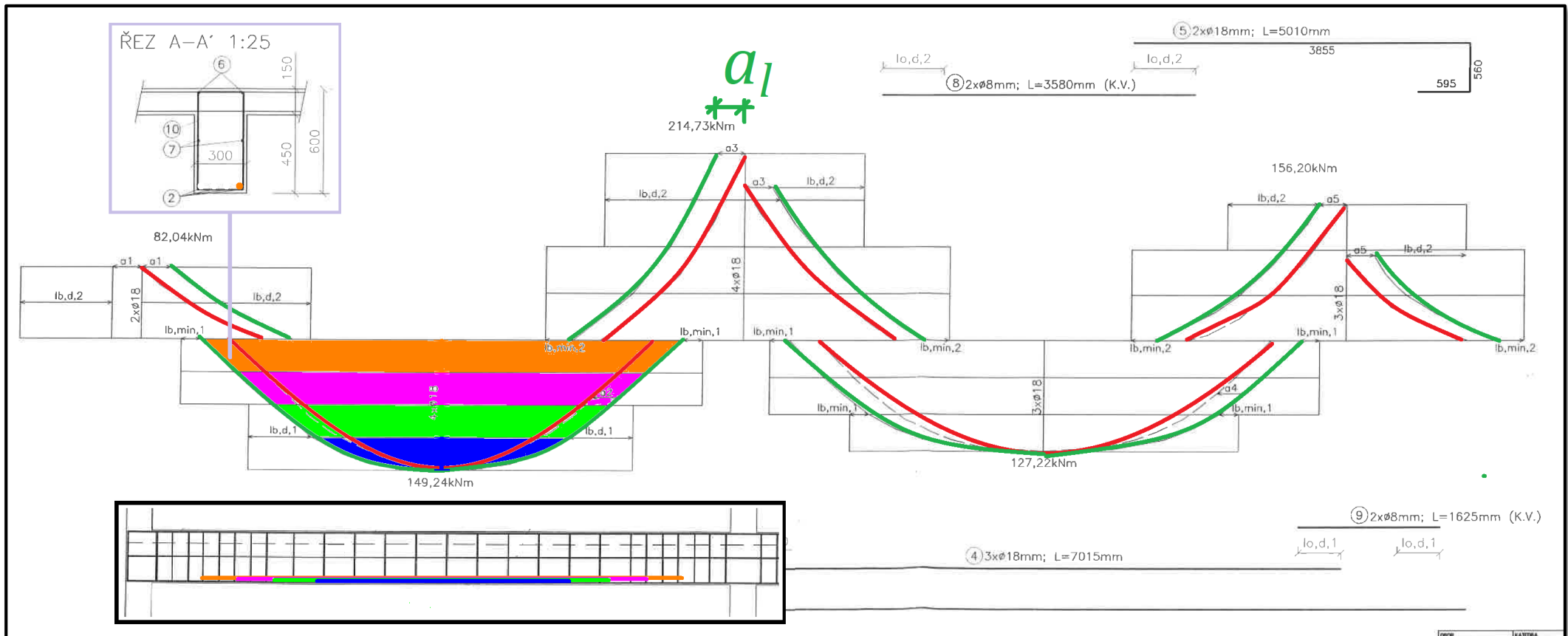
# Rozdělení momentu podle prutů

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



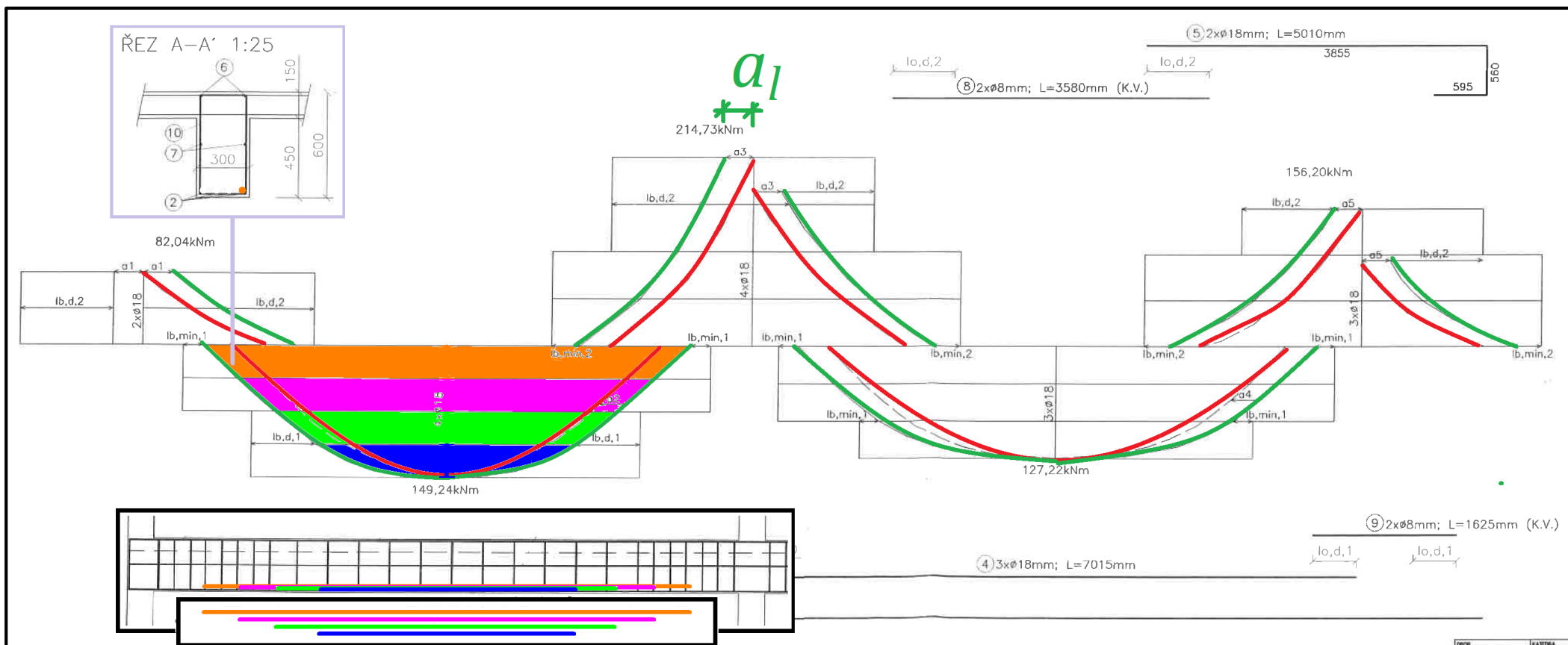
# Rozdělení momentu podle prutů

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.





# 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

Ve cvičení můžeme zjednodušeně stanovit **základní kotevní délku** 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

Přesný výpočet základní kotevní délky  $\left( l_{b,req} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right)$ , viz přednášky.

# 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

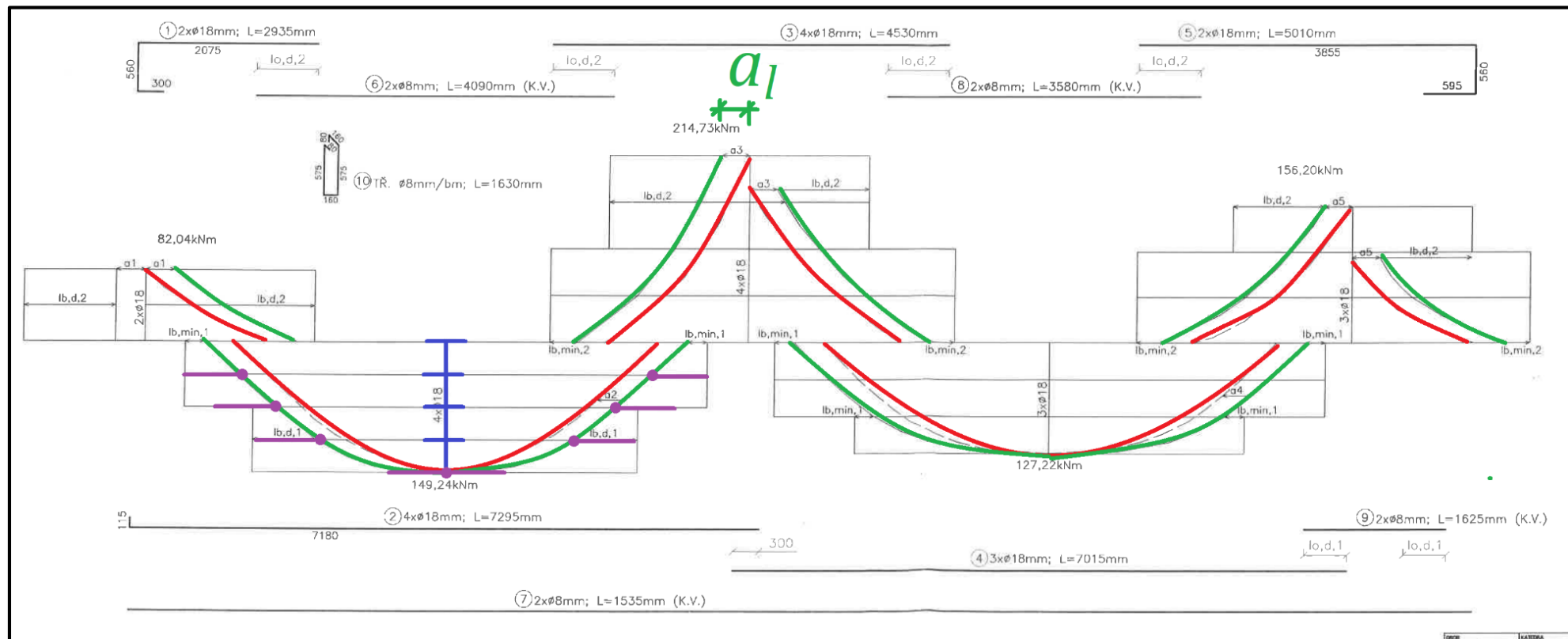
kde  $\alpha_1$   
dl  
 $l_b$   
 $l_b$

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.			

přesněji

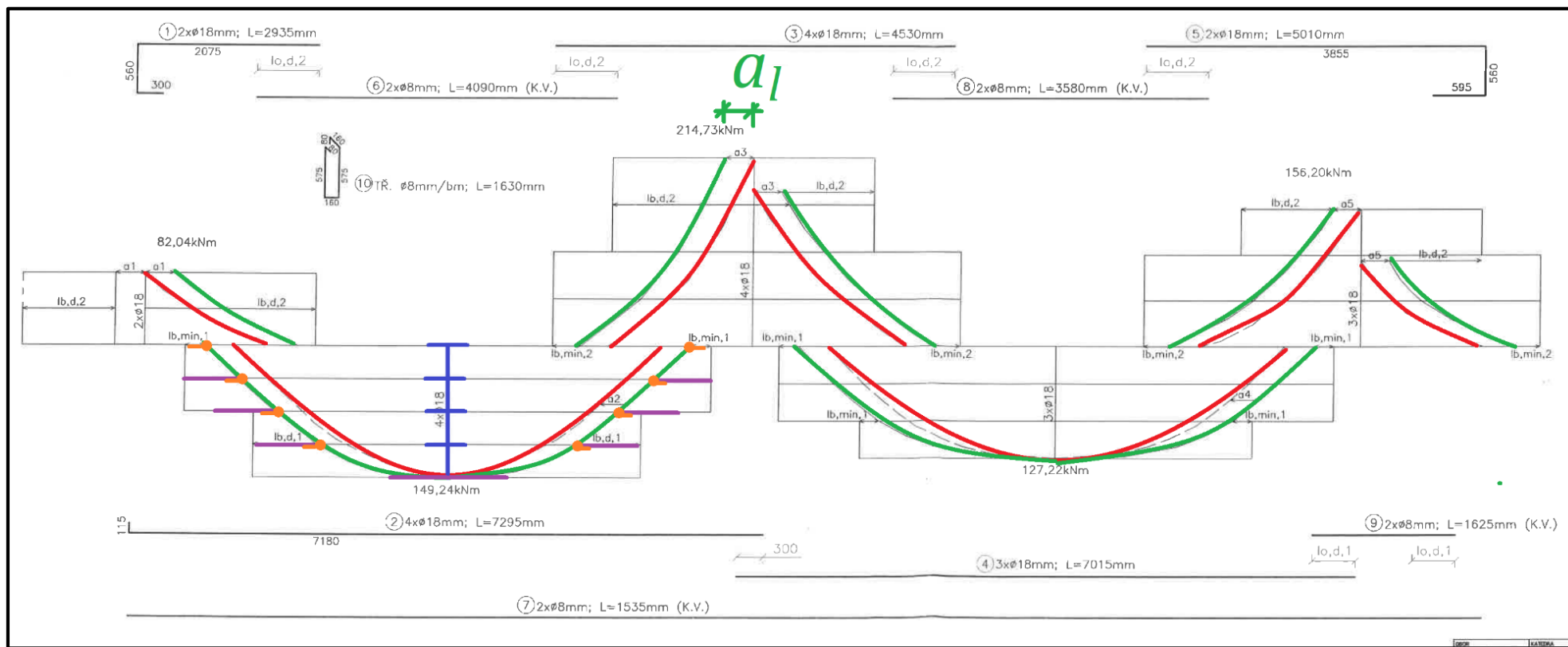
# Určení délek prutů

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



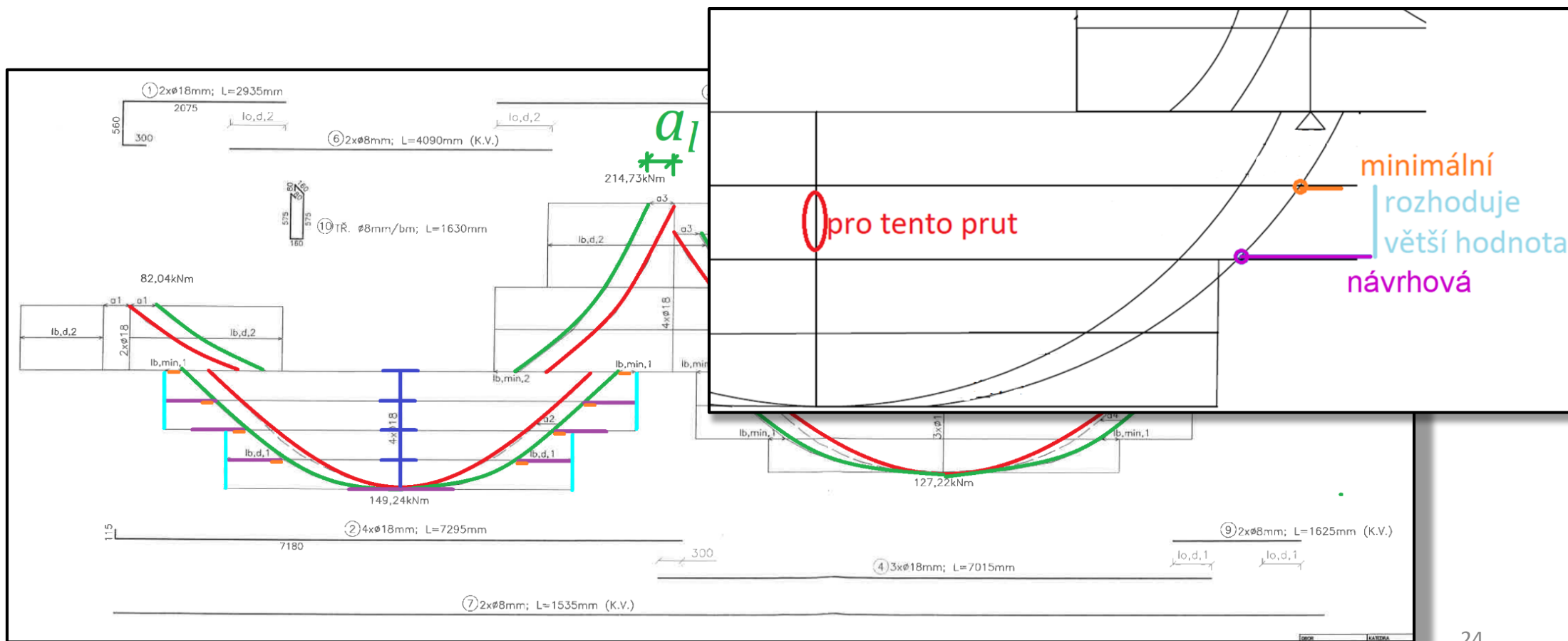
# Určení délek prutů

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**.

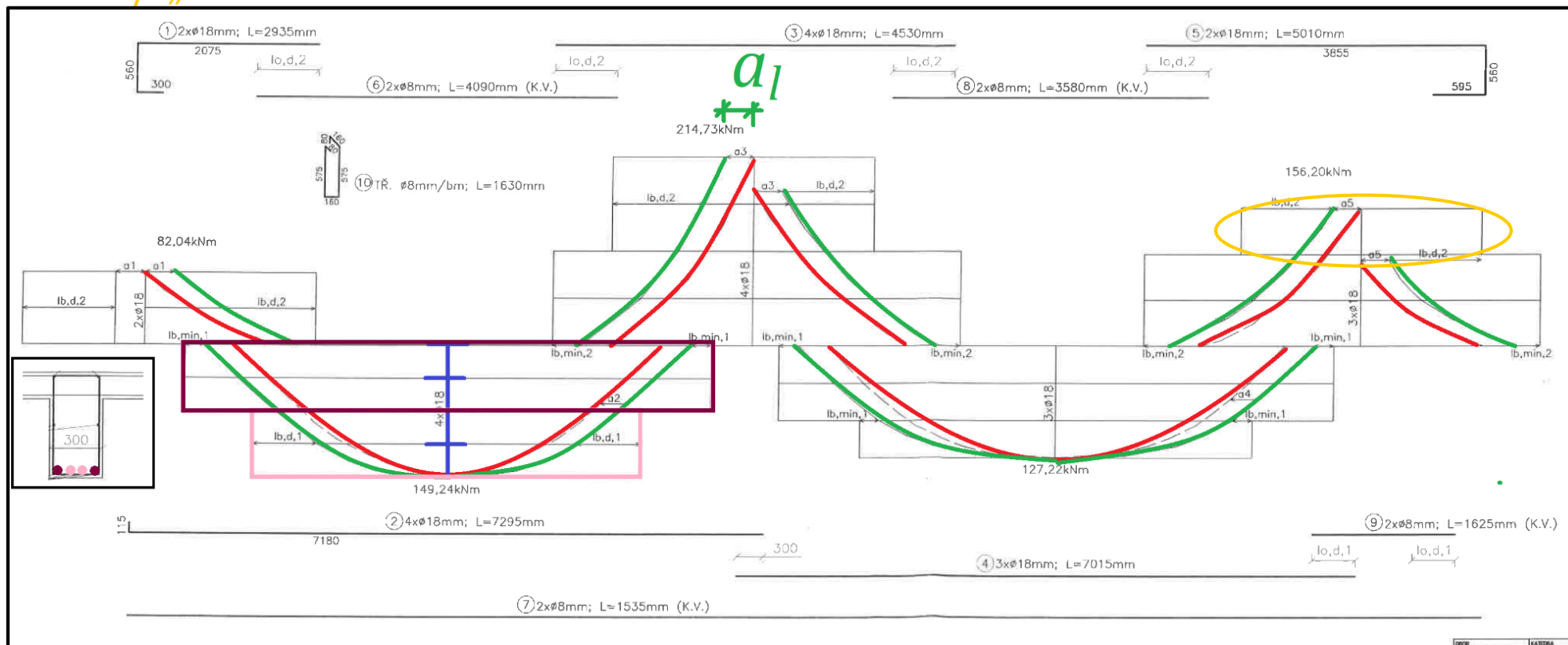




# Určení délek prutů

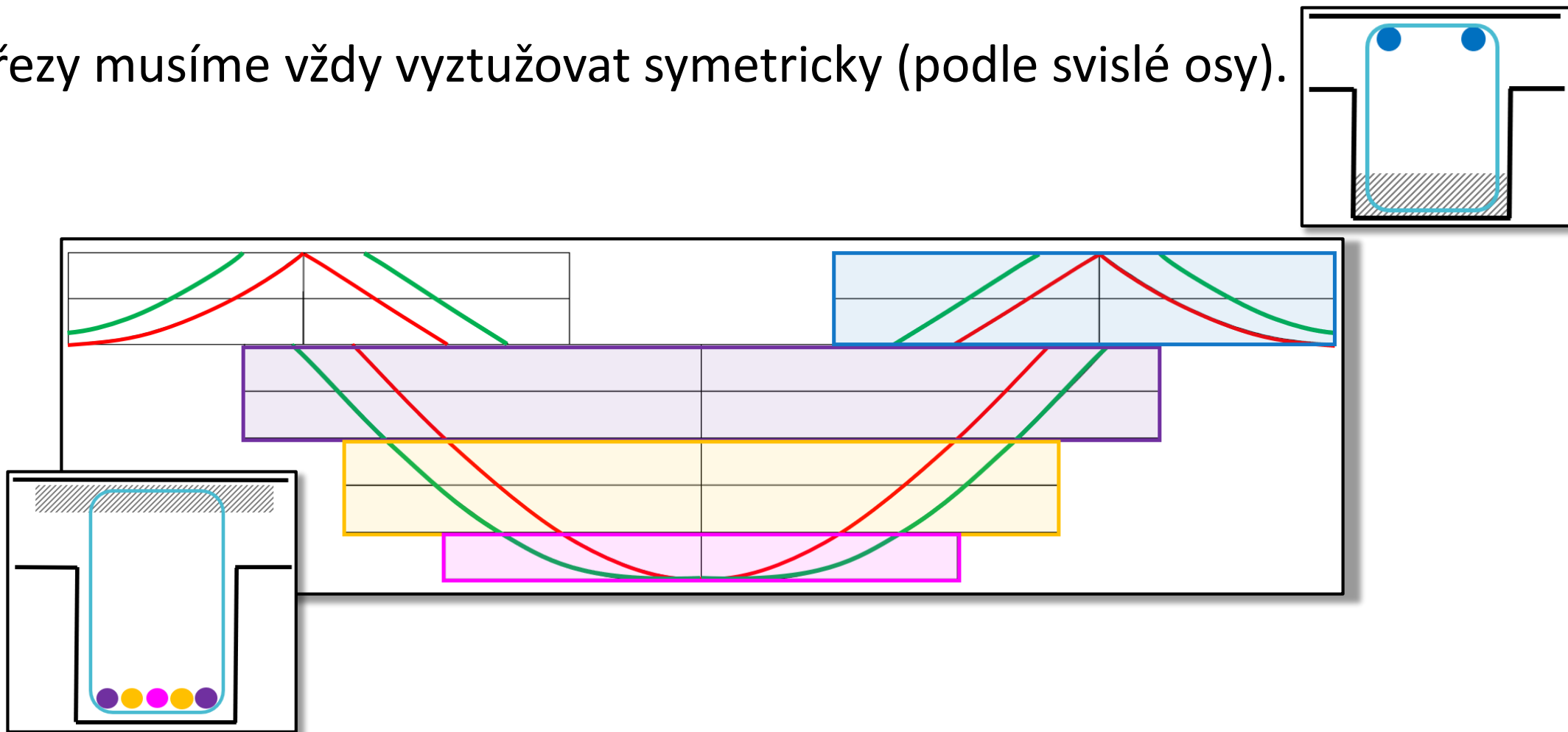
Průřezy musíme vždy **vyztužovat symetricky** (podle svislé osy).

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



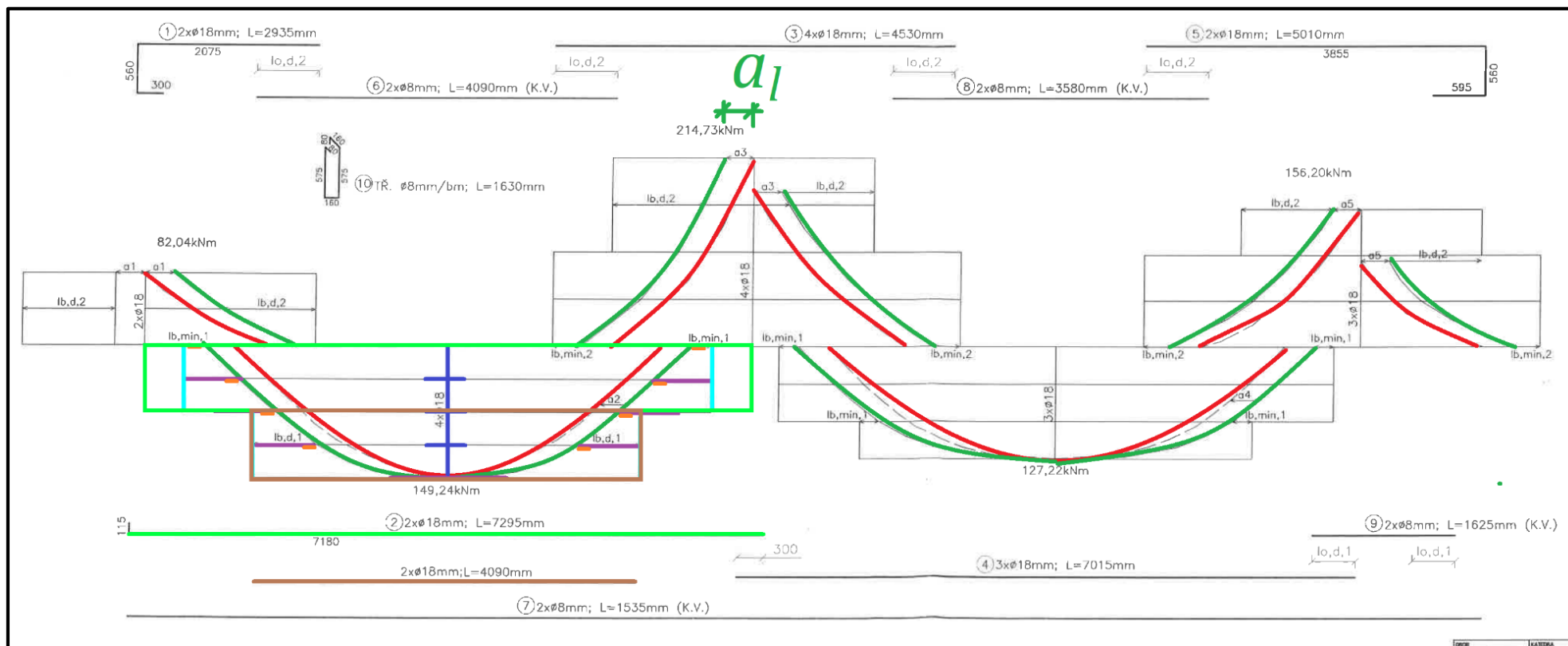
# Určení délek prutů

Průřezy musíme vždy vyztužovat symetricky (podle svislé osy).



# Určení délek prutů

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



# Určení délek prutů

V praxi se žádné rozdělení materiálu podle momentu nedělá :) Všechny pruty v poli dotahují až do podpor.

# Smyková výztuž

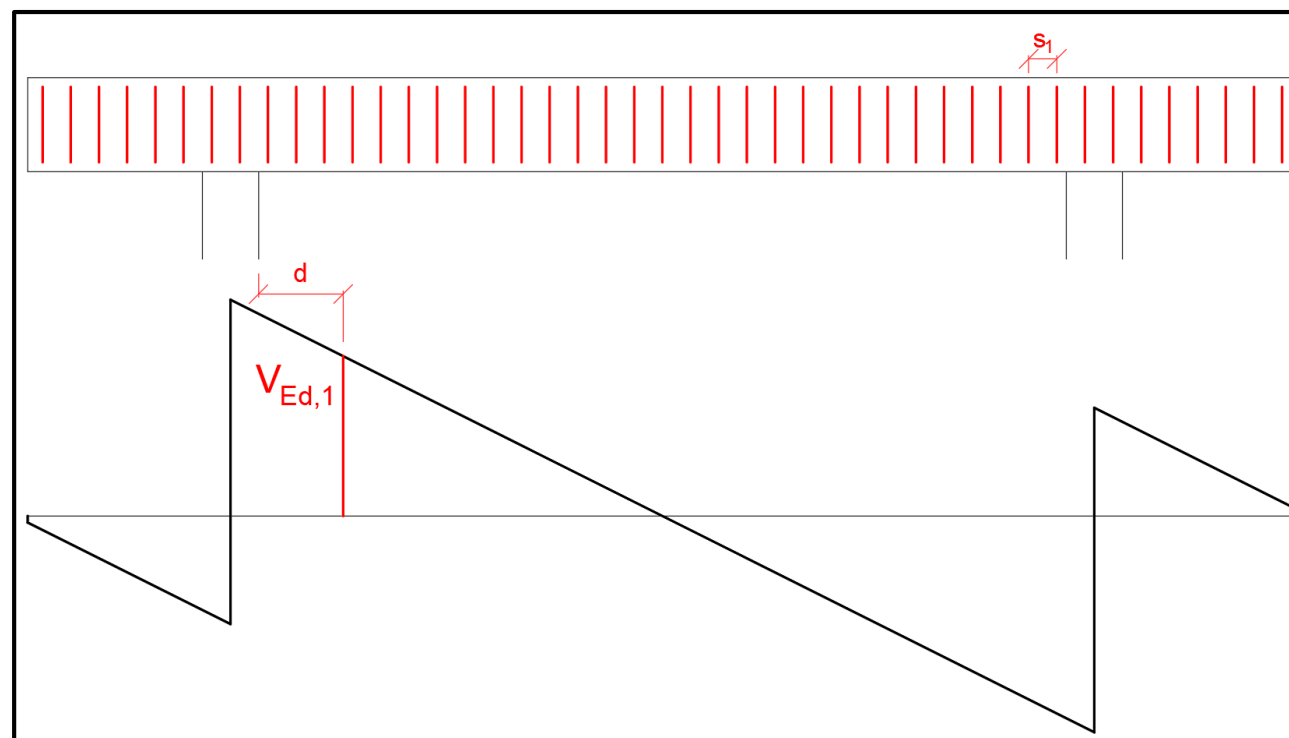
# Smyková výztuž

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

Zde je postup pouze zopakován.

# Rozmístění návrhových třmínek

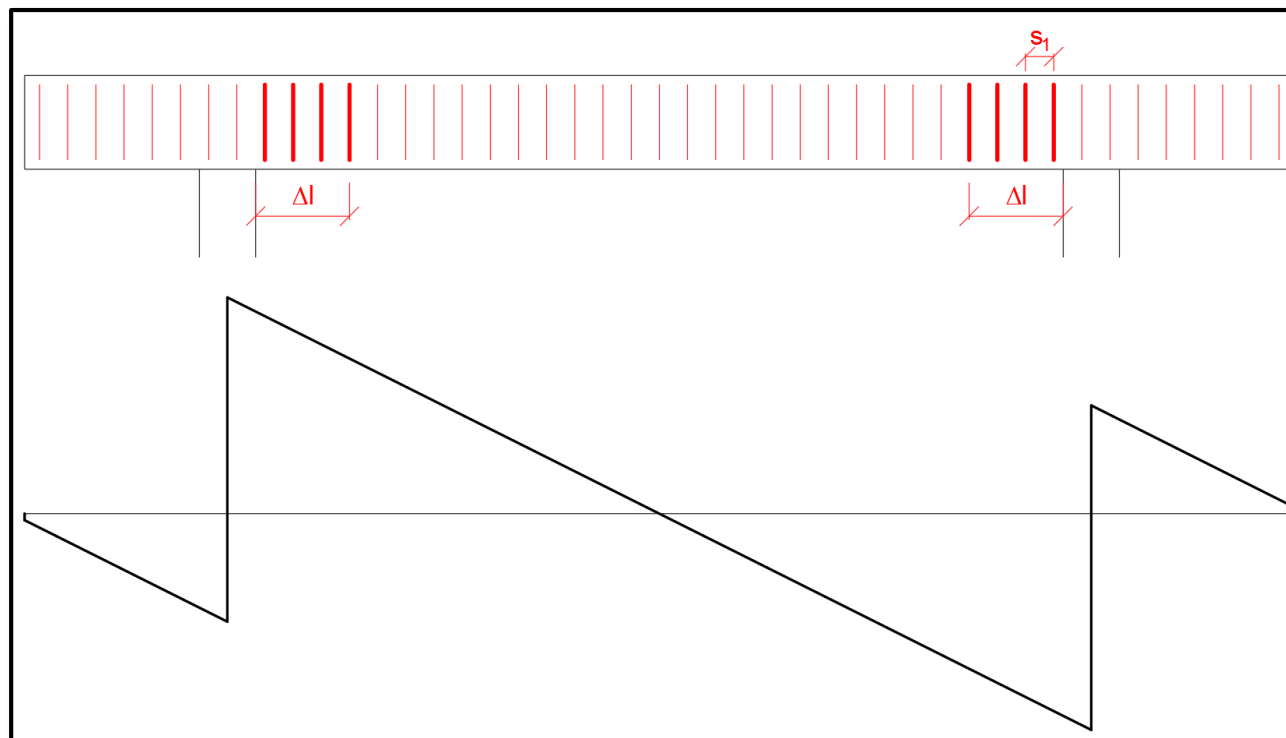
**Návrhové třmínky** jsou navrženy na maximální posouvající sílu v konstrukci\*. To znamená, že je **můžeme použít v celém prvku**. To ale **není ekonomické**. (Protože třmínky jsou navrženy na maximální sílu, ale ve většině konstrukce je síla menší a třmínky jsou zbytečně moc blízko u sebe.)



\*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

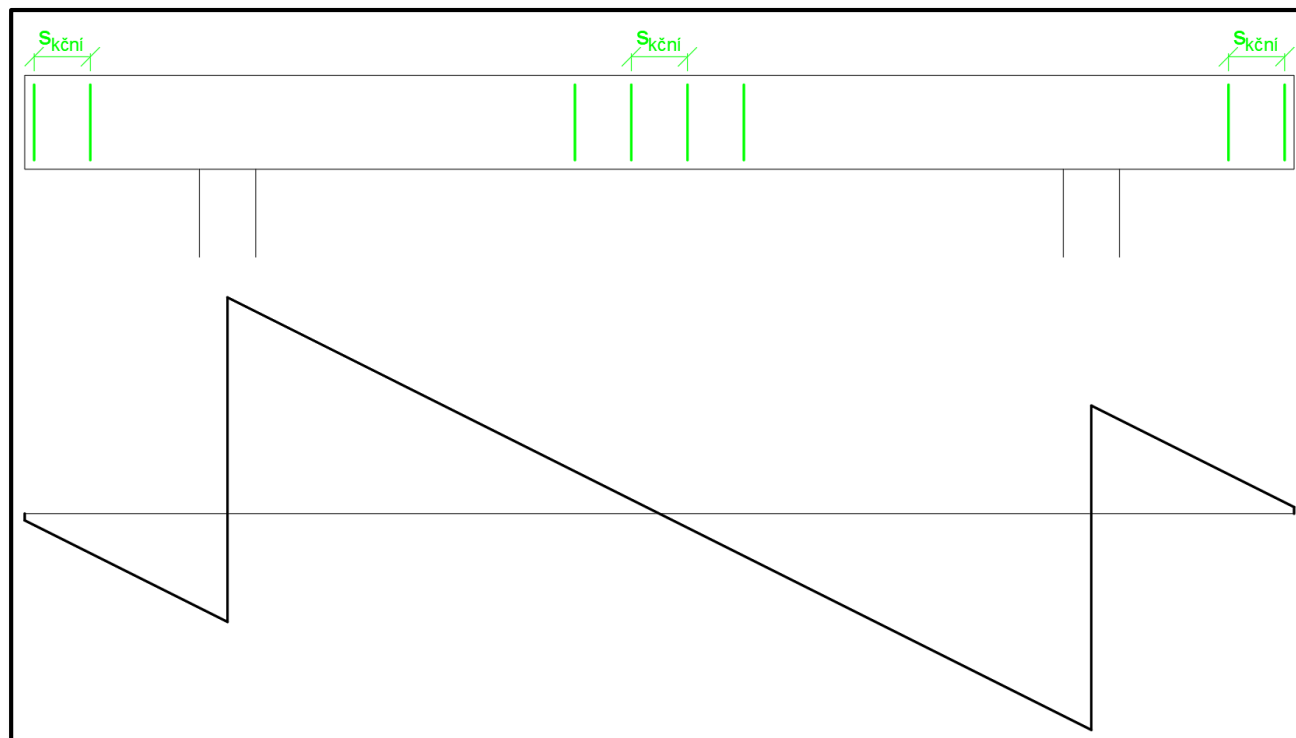
Dále nám návrhová norma udává, že **návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti  $\Delta l = z \cot \theta$  od líce podpory.** (Aby pokryly celou smykovou trhlinu vycházející z líce podpory.)





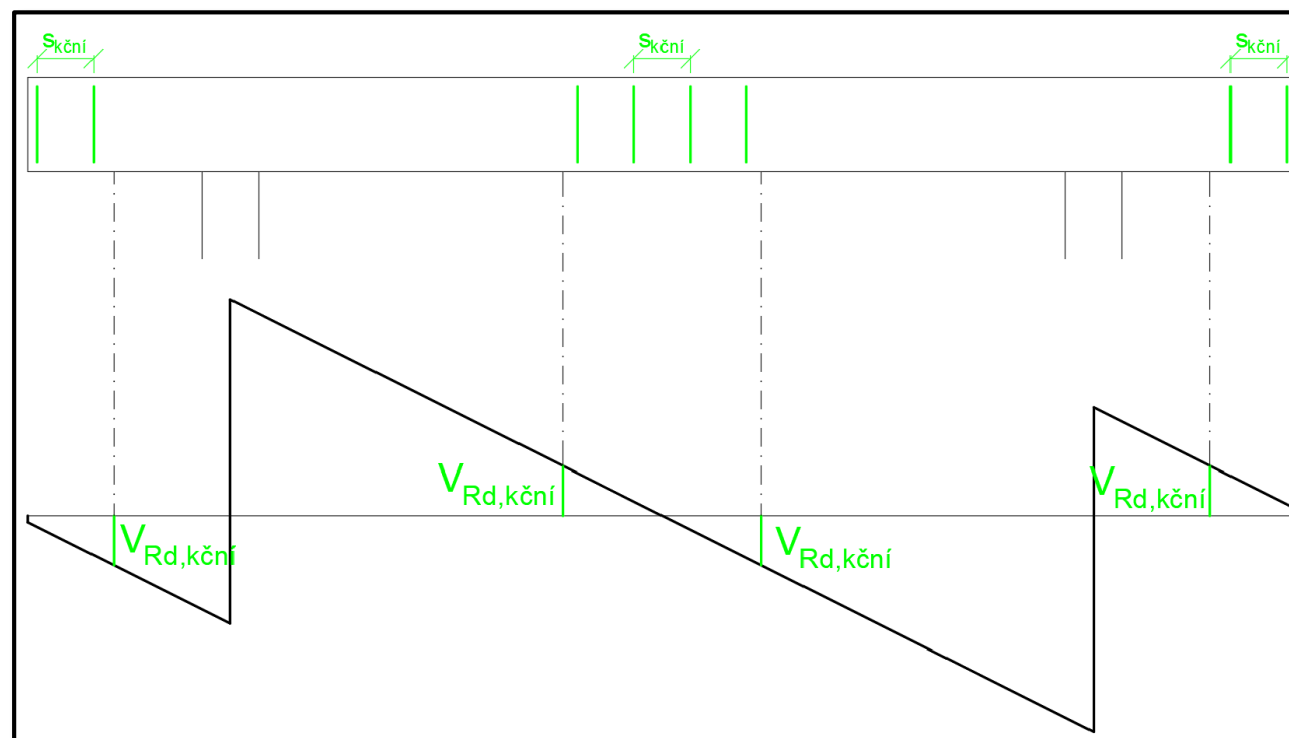
# Rozmístění konstrukčních třmínků

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



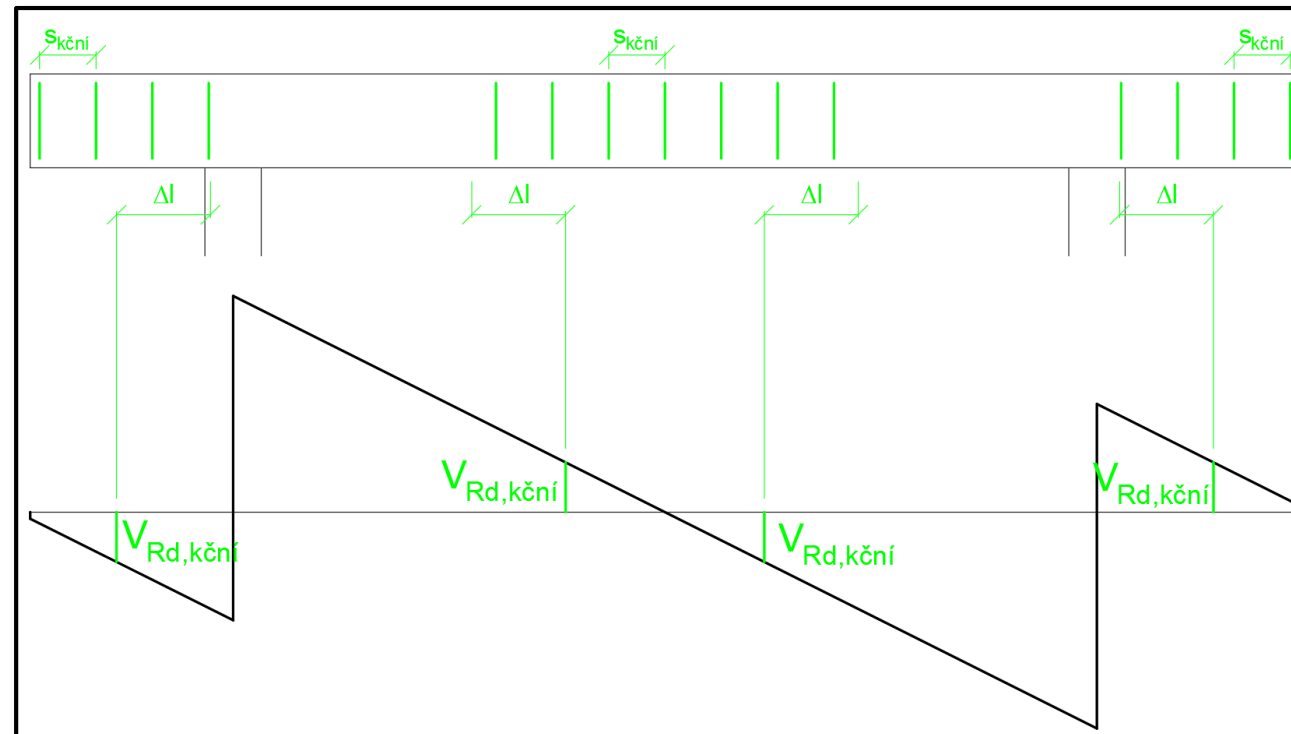
# Rozmístění konstrukčních třmínků

**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  $V_{Rd,kčn}$ .**

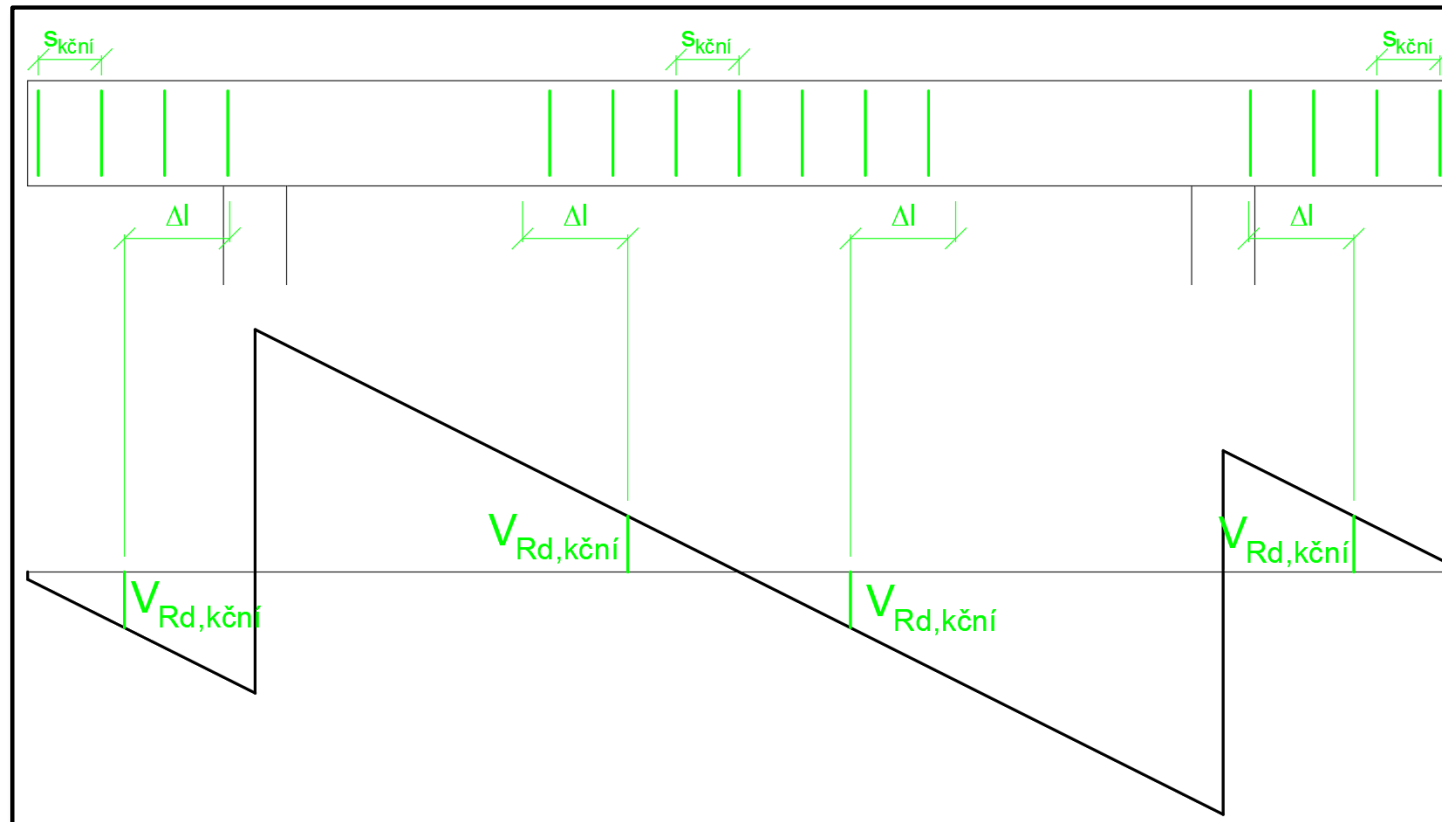


# Rozmístění všech třmíneků

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

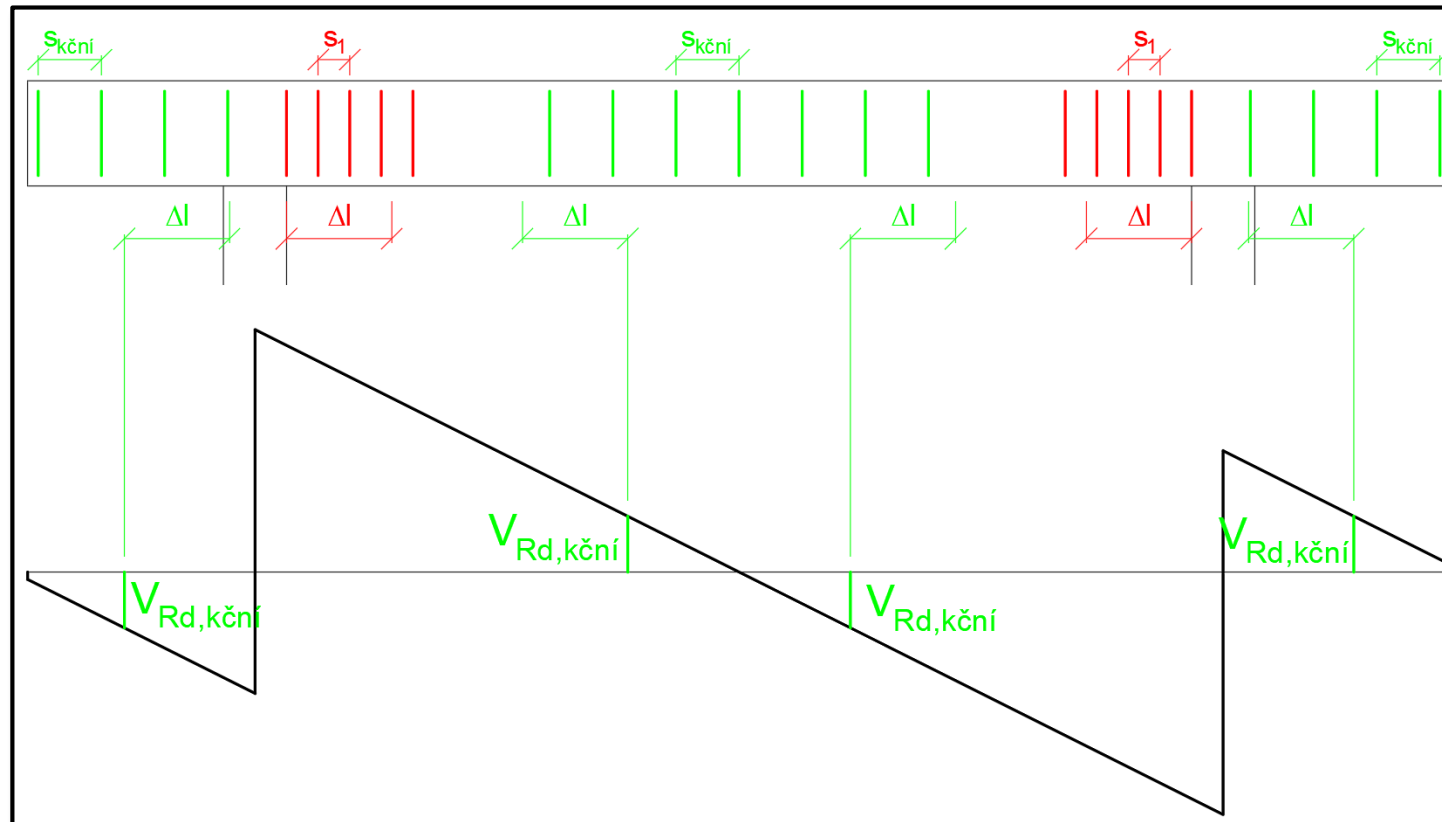
# Rozmístění všech třmínků

Nejprve stanovíme, **kde všude můžeme použít ekonomické konstrukční třmínky.**



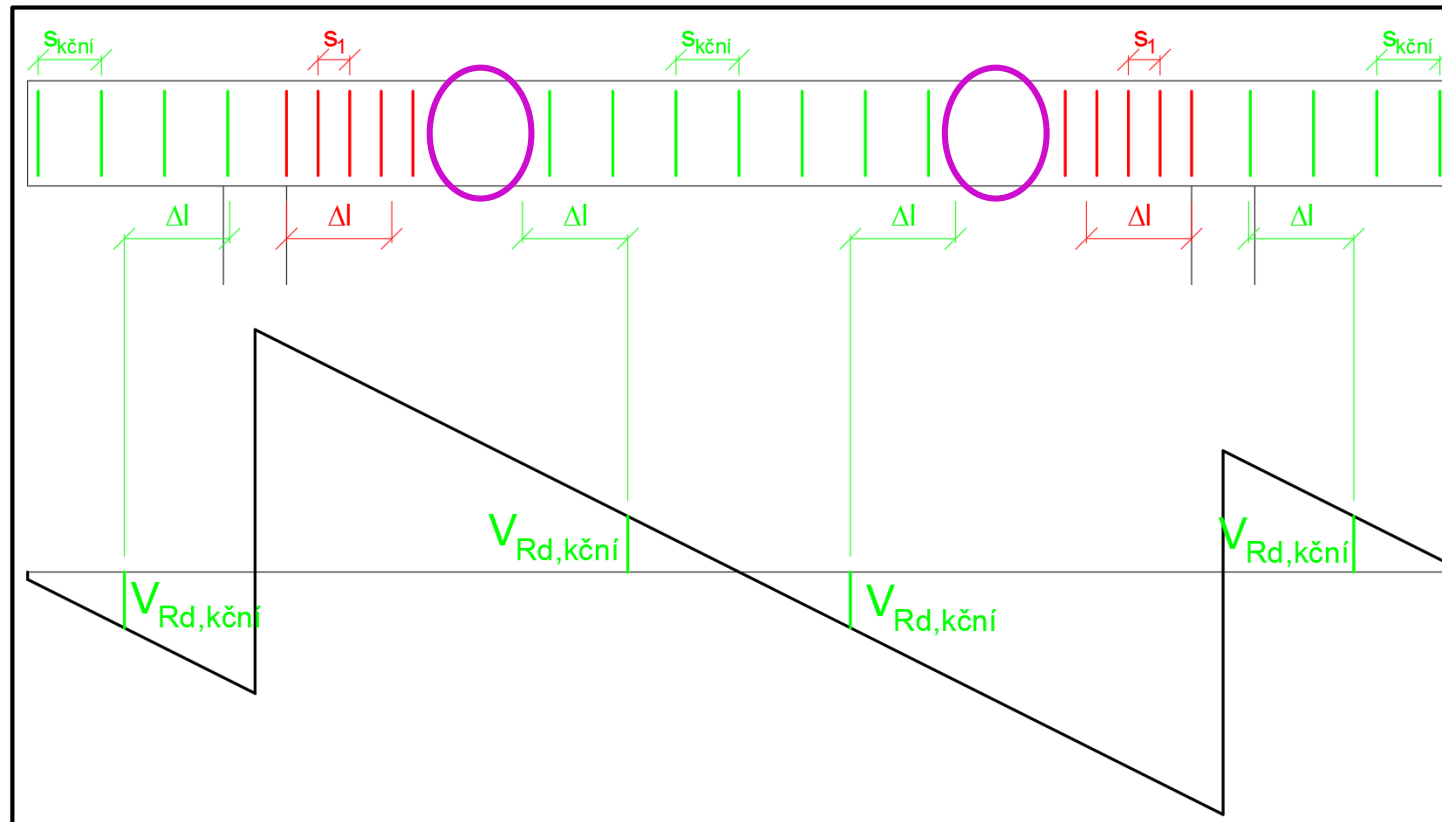
# Rozmístění všech třmínků

Dále určíme, **kde všude musí být návrhové třmínky.**



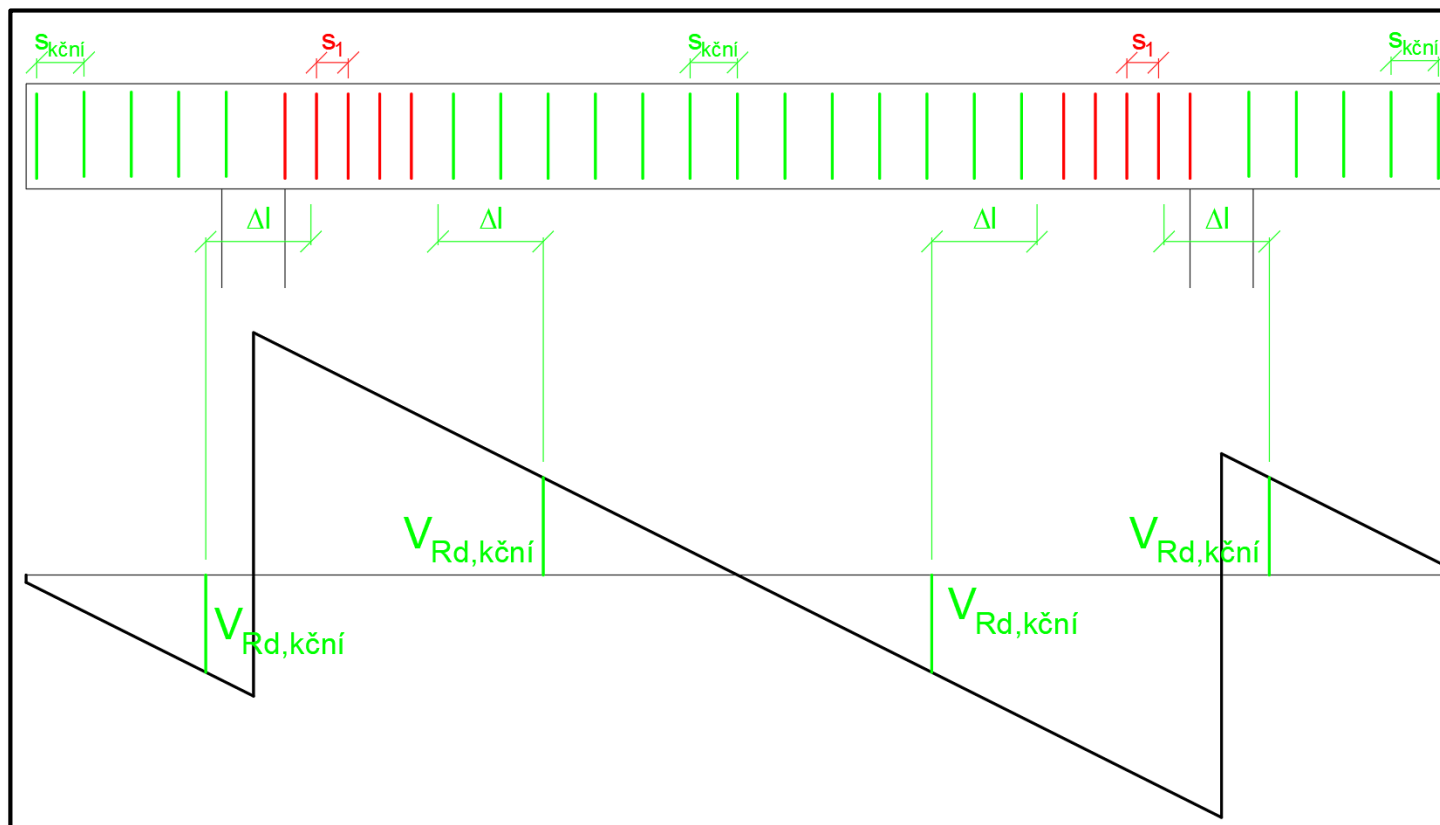
# Rozmístění všech třmínků

A nyní musíme rozhodnout, jak vyřešit oblast, kde nám třmínky ještě chybí.



# Rozmístění všech třmíneků

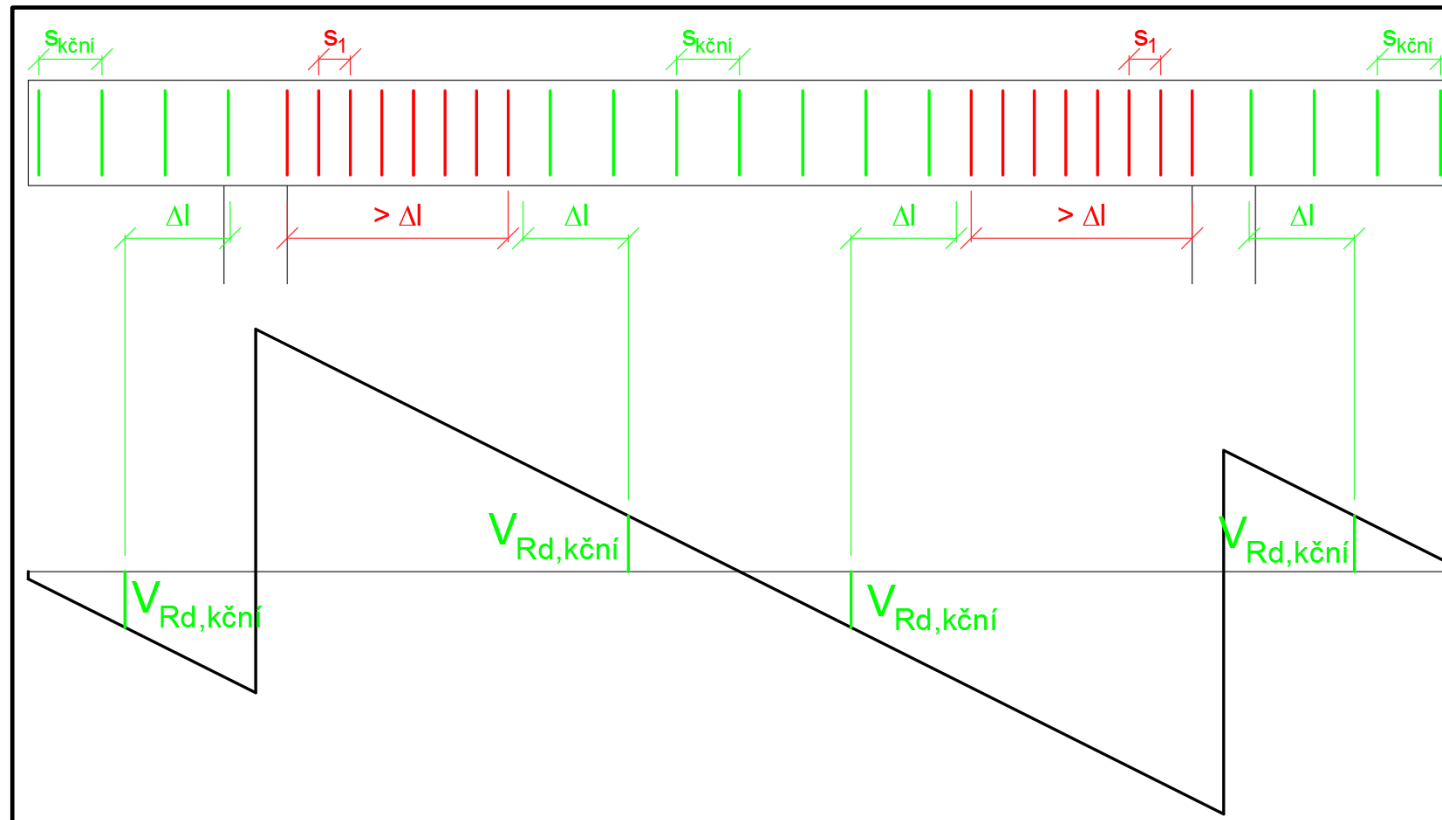
Prvním řešením je **snížit rozteč konstrukčních třmíneků**. Tím se zvýší jejich únosnost, a tím se rozšíří oblast jejich možného použití.





# Rozmístění všech třmínků

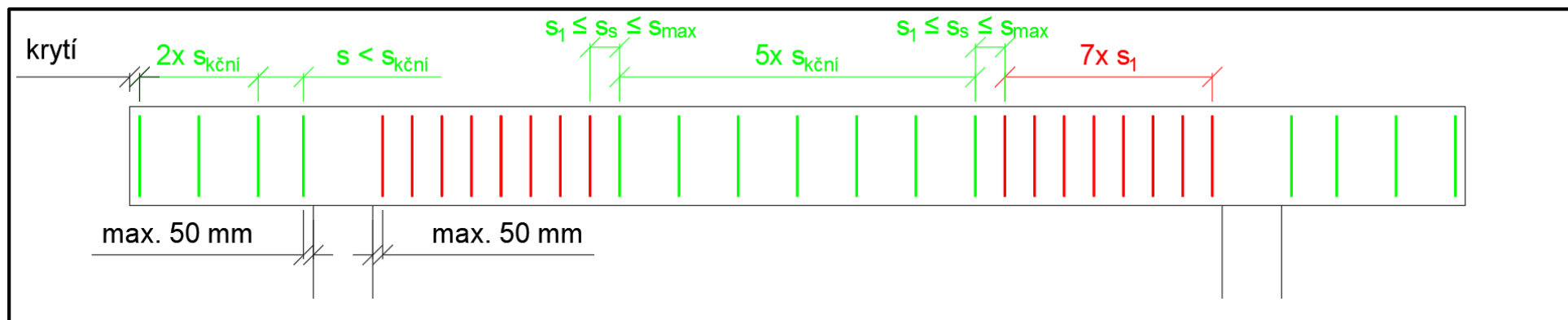
Druhým (a jednodušším) řešením „dotáhnout“ návrhové třmínky až ke konstrukčním třmínkům. (A konstrukční třmínky nechat tak, jak jsme je navrhli na začátku.)



# Rozmístění všech třmíneků

Nakonec upravíme návrh tak, aby dal geometricky smysl:

- krajní třmínek musí mít dostatečné krytí,
- třmínky nad zděnou podporou vynecháme (protože je tam věnec), první třmínek musí být ve vzdálenosti max. 50 mm od hrany podpory,
- rozteč na styku návrhových a konstrukčních třmínek  $s_s$  nám vyjde z geometrie.



# Další výztuž

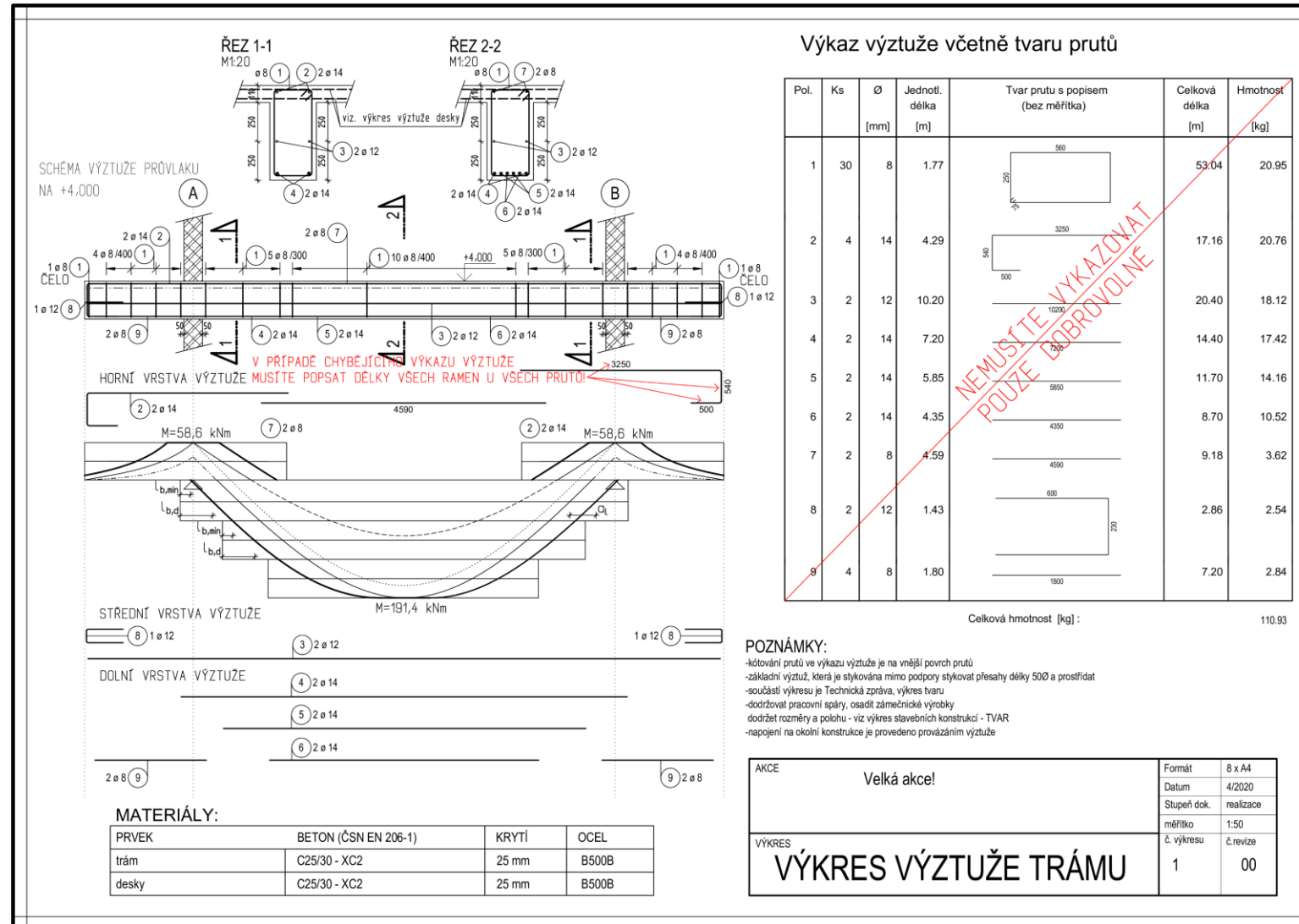


# Obecné pokyny

# Obecné pokyny

- Měřítko 1:50 (formát listu tak, aby se to tam pěkně vešlo).
- Výkres by měl obsahovat
  - podélný řez trámem s rozkreslenou a popsanou výztuží nad/pod trámem,
  - příčné řezy trámem v poli a u podpory,
  - rozšířenou obálku momentů,
  - schémata rozdělení materiálu,
  - popisek nad rozpiskou,
  - rozpisku.

# Příklad výkresu



Konec



# Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi a Romanu Chylíkovi** 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.