



Úloha 2 – Železobetonový trémový strop

Výkres výztuže trámu

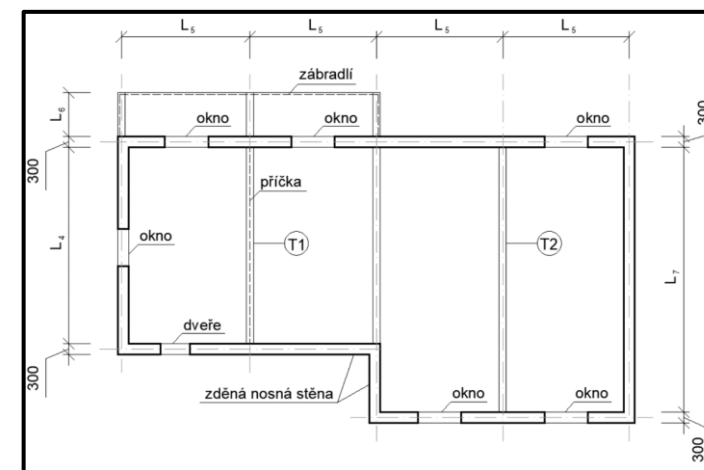
Prezentace k cvičení z předmětu NNKB (paralelka Štefan)

Zadání Úlohy 2

Zadání Úlohy 2

V rámci úlohy 2 vypracujeme

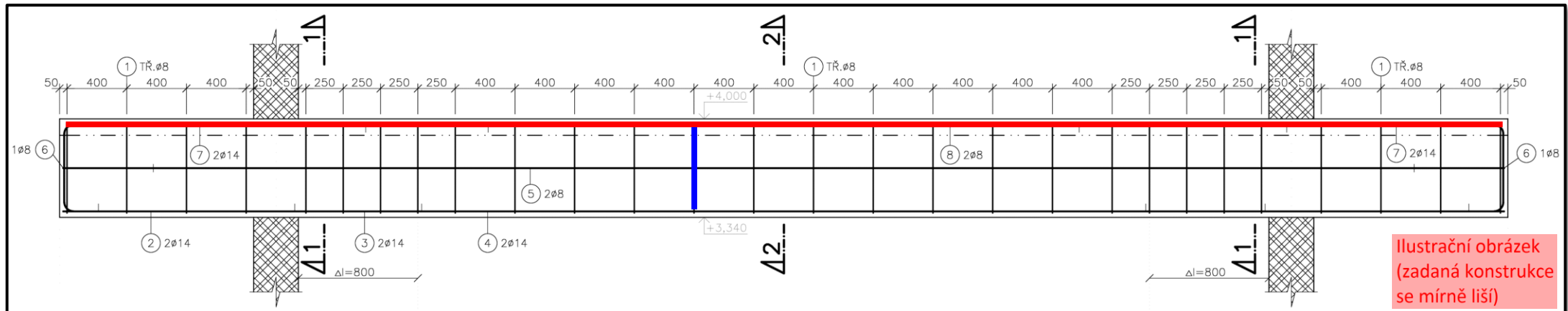
- návrh rozměrů stropních prvků (desky a trámů T1 a T2) + výpočet zatížení stropních prvků,
- výpočet vnitřních sil na desce a trámech T1 a T2,
- návrh a posouzení výztuže desky + výkres výztuže desky,
- návrh a posouzení výztuže trámů + **výkres výztuže trámu T1**,
- výkres tvaru.



Výkres výztuže trámu T1

Výkres výztuže trámu

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

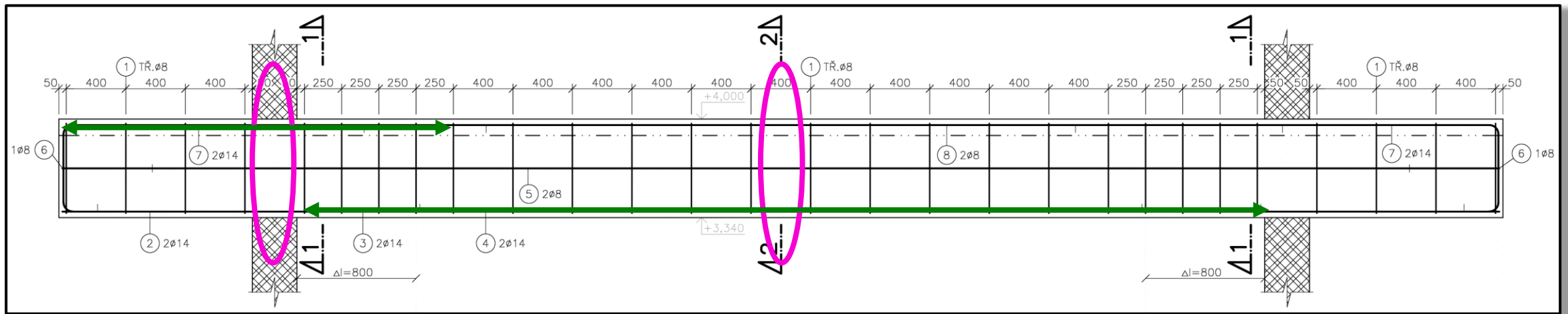


Podélná výztuž

Podélná výztuž

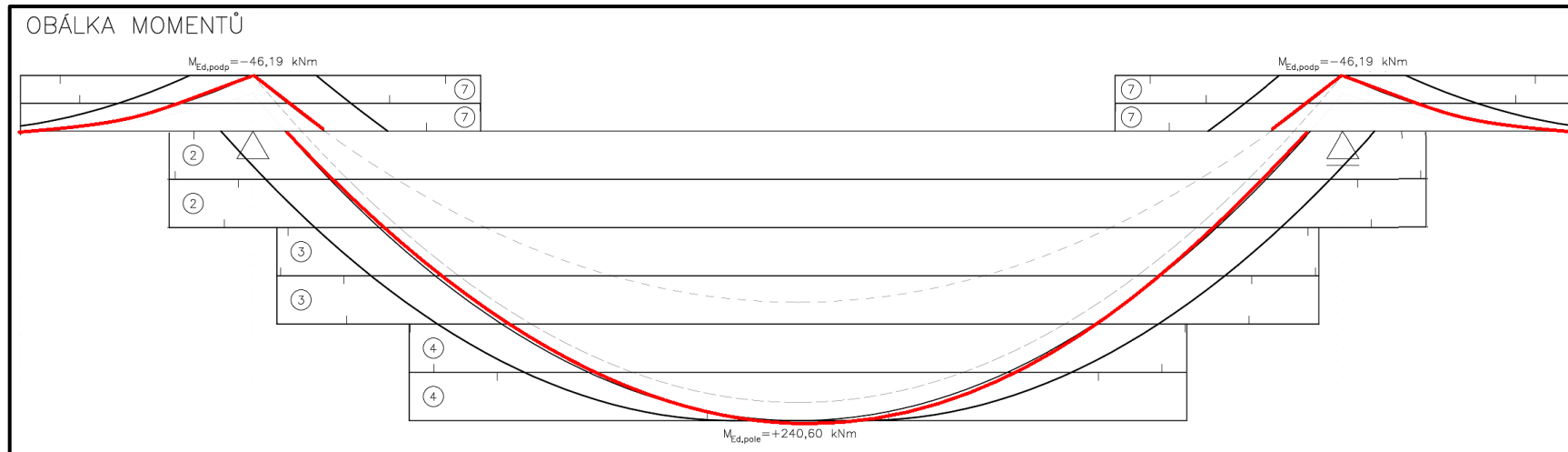
Podélnou (hlavní tahovou) výztuž máme navrženu pouze v průřezech – nad podporou a v poli.

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



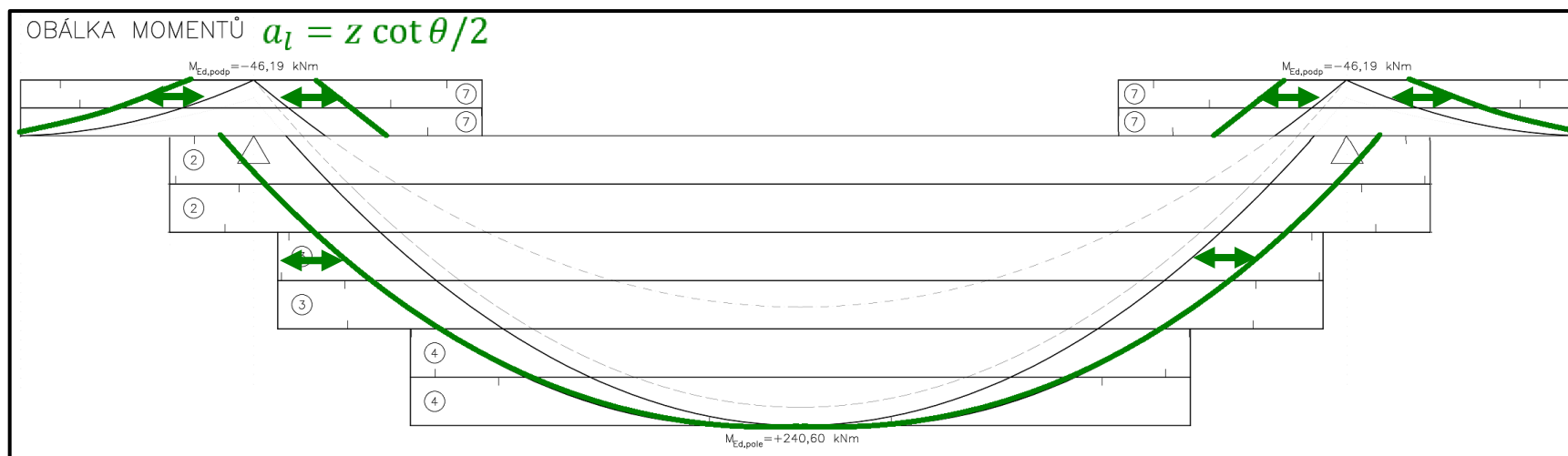
Obálka momentů

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



Rozšíření obálky

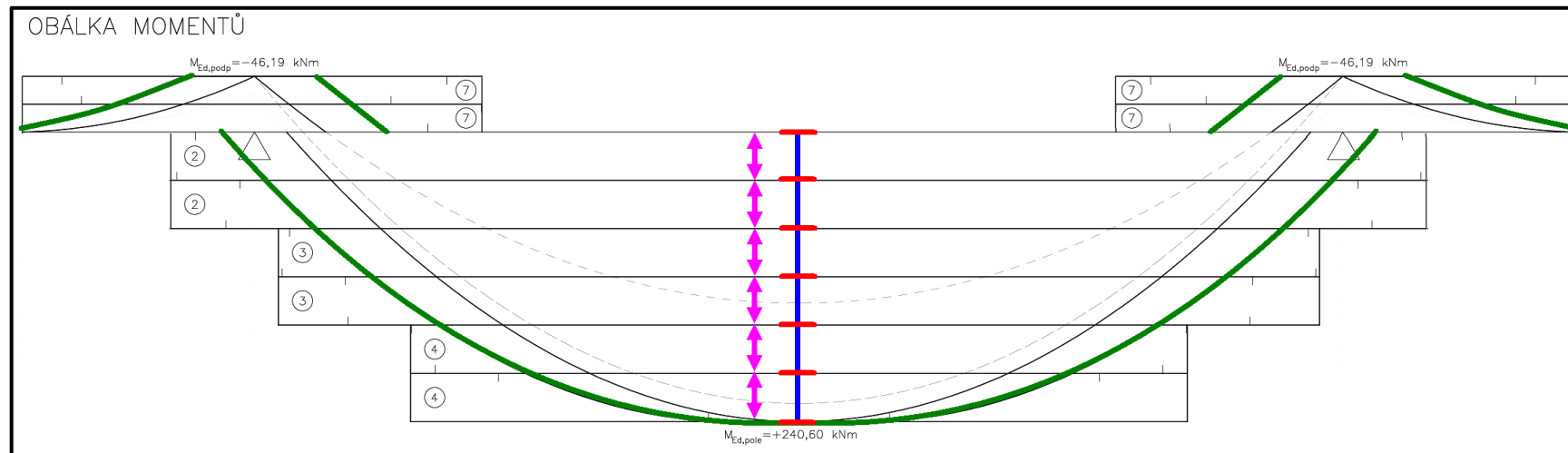
Obálku rozšíříme tak, že křivky posuneme ve vodorovném směru o $a_l = 0.5 \cdot z \cdot \cot \theta^*$.



* Rameno vnitřních sil z a kotangens úhlu sklonu trhlin $\cot \theta$ převezmeme z výpočtu smykové výztuže. Pro moment nad podporou bereme hodnotu z z výpočtu horní ohybové výztuže nad podporou. Pro moment v poli bereme hodnotu z z výpočtu dolní ohybové výztuže v poli.

Rozšíření obálky

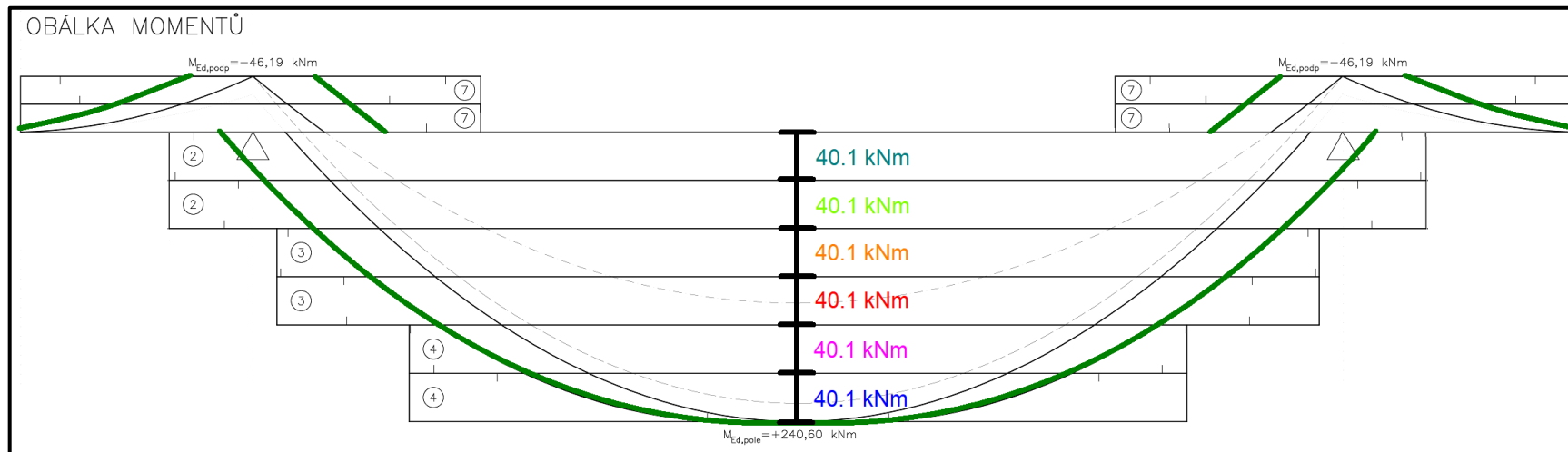
Uprostřed pole máme kvůli momentu $M_{Ed,pole}$ navrženo n prutů. Působící moment si rozdělíme na n dílků, abychom viděli, jaký moment nám přenáší jeden prut*.



* Vycházíme z myšlenky: „Pro přenesení momentu $M_{Ed,pole}$ jsme navrhli n prutů. Každý prut nám tedy zajišťuje únosnost o hodnotě $M_{Ed,pole}/n$ ”.

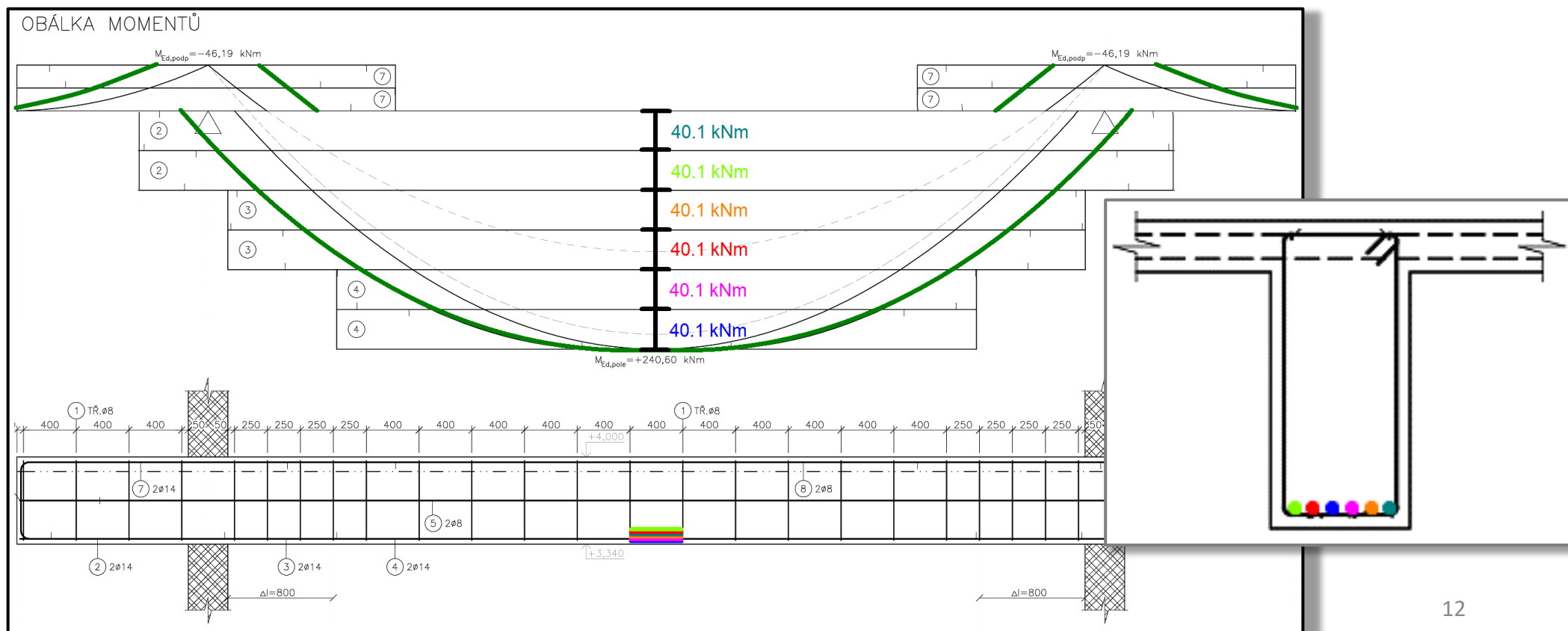
Rozšíření obálky

Zjednodušeně uvažujeme, že **každý prut zajišťuje únosnost** o hodnotě $M_{Ed,pole}/n$.



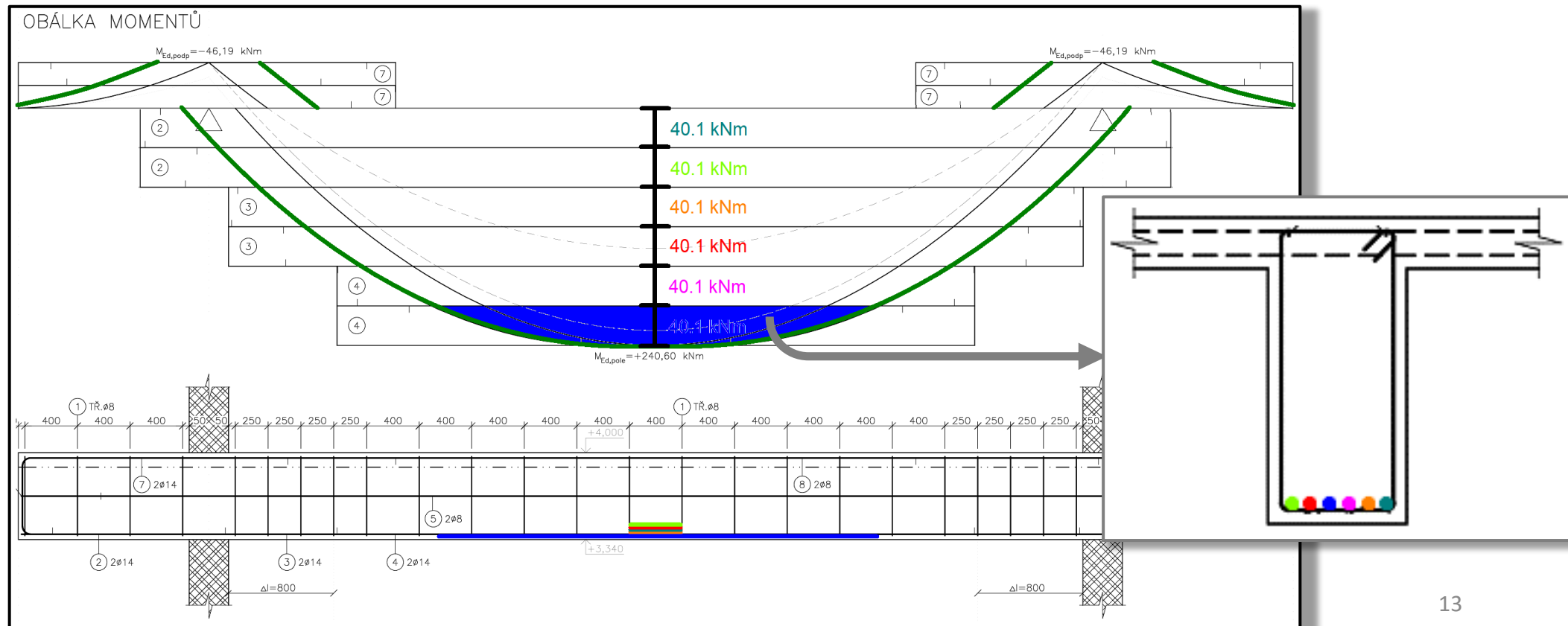
Rozšíření obálky

Uprostřed pole tedy potřebujeme všech 6 prutů.



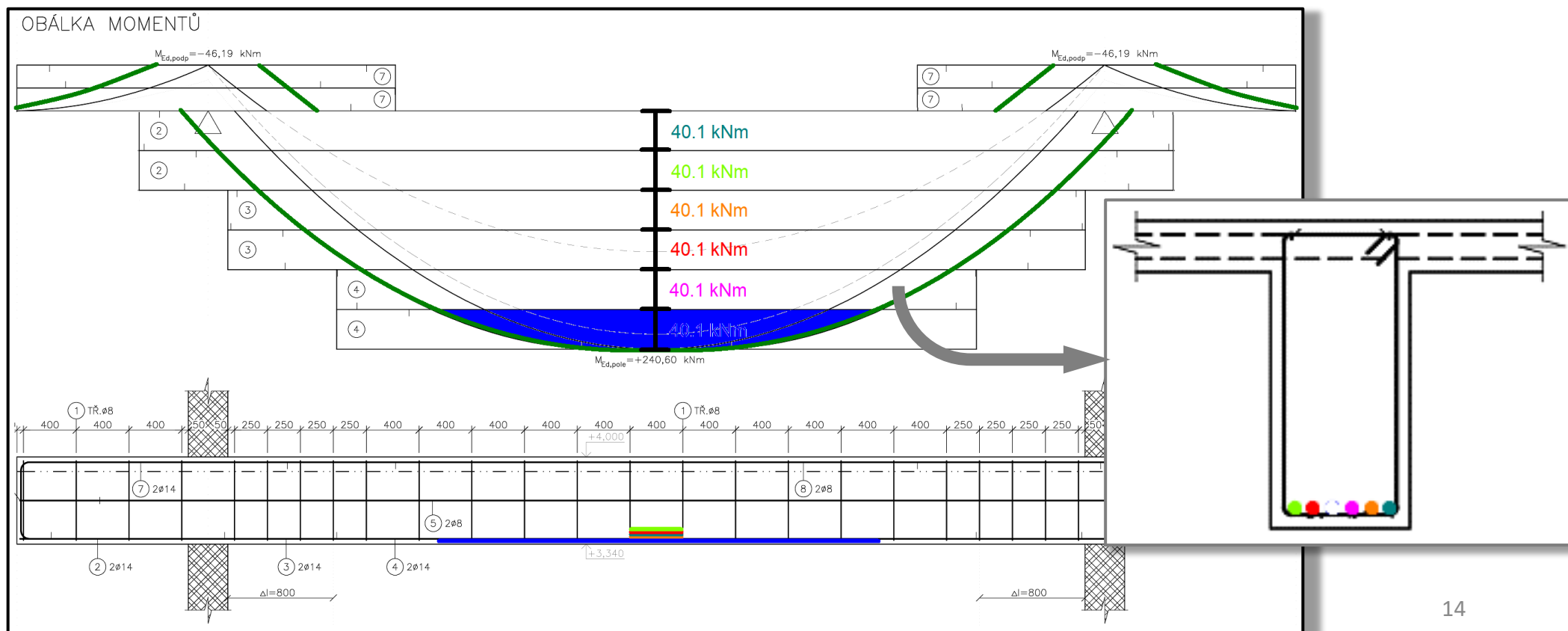
Rozšíření obálky

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



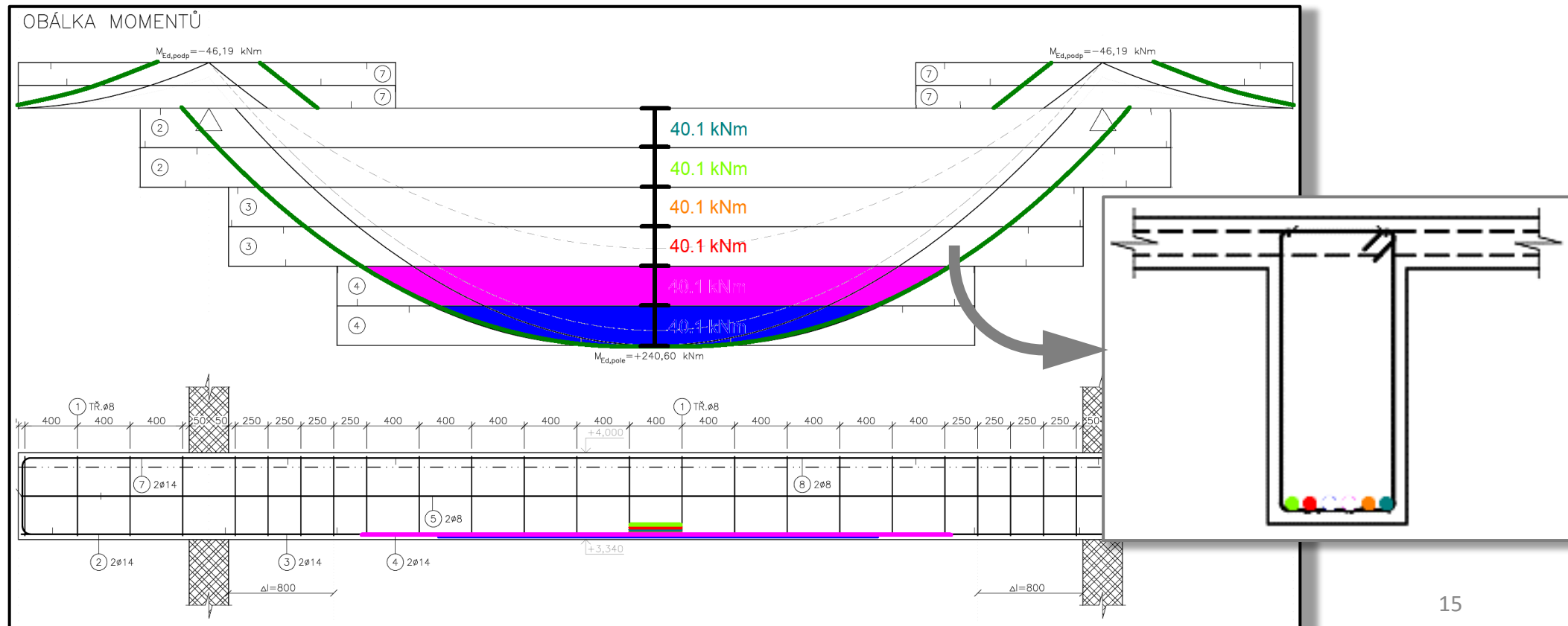
Rozšíření obálky

V průřezu blíže k podpoře již modrý prut nepotřebujeme.



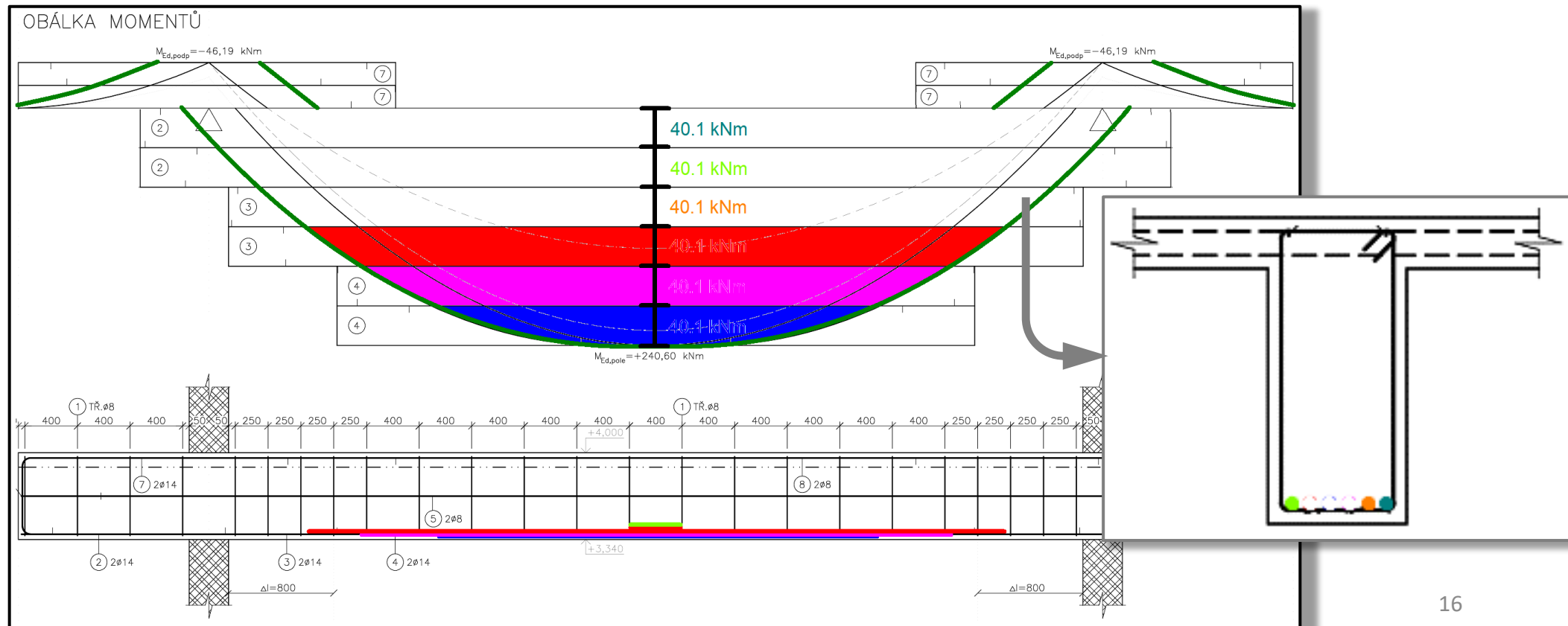
Rozšíření obálky

Stejně tak fialový prut potřebujeme pouze v o trochu delší části a ještě blíže u podpory už ho nepotřebujeme.



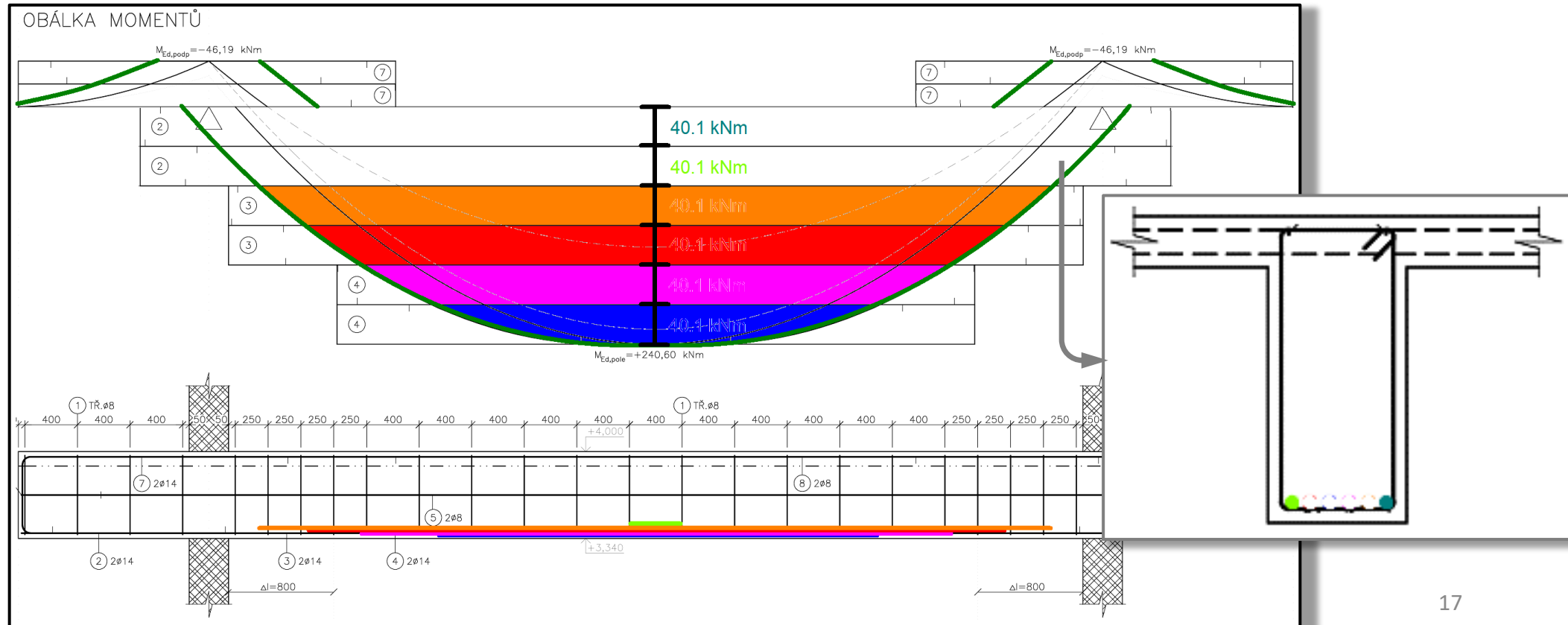
Rozšíření obálky

A tak dále.



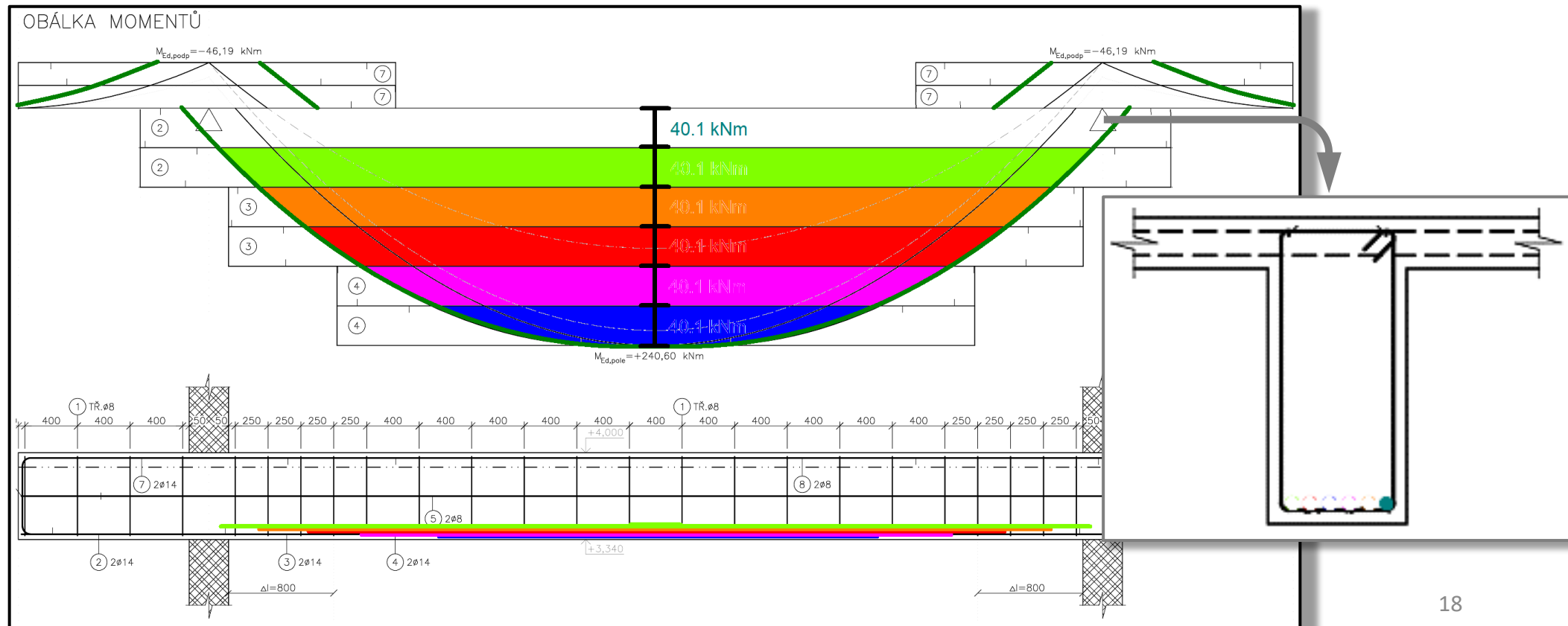
Rozšíření obálky

A tak dále.



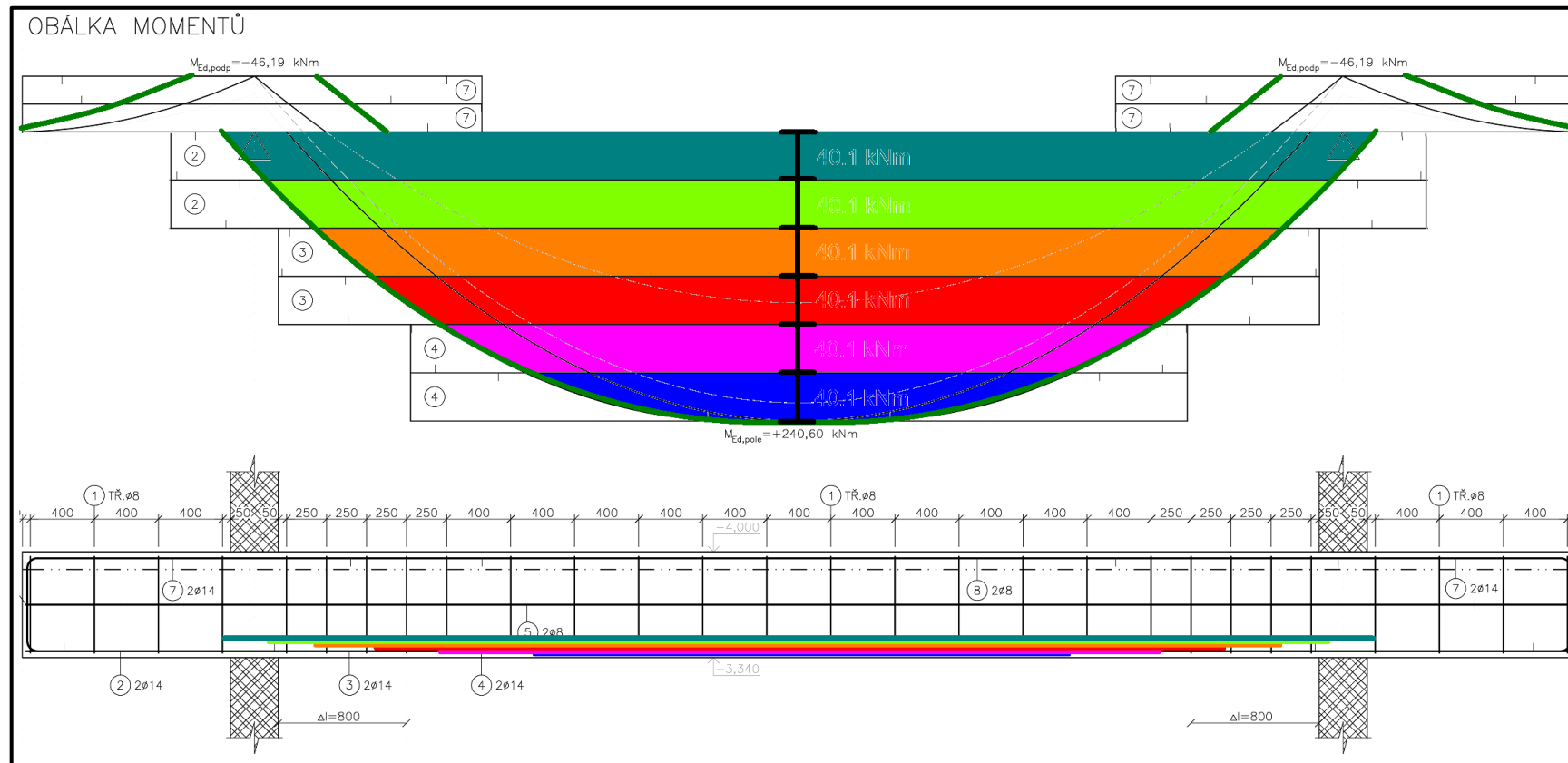
Rozšíření obálky

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



Rozšíření obálky

Tímto způsobem jsme tedy stanovili, jak dlouhé musí jednotlivé 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.

Upozornění:

V této prezentaci je uveden výpočet $l_{b,min}$ a $l_{b,d}$ podle nové normy!

Minimální kotevní délka

Minimální kotevní délku stanovíme ze vztahu

$$l_{b,min} = 10\varnothing_s,$$

kde \varnothing_s je průměr výztuže.

Návrhová kotevní délka

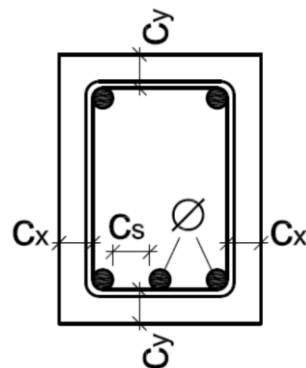
Návrhovou kotevní délku $l_{b,d}$ určíme ze vztahu*

$$l_{b,d} = \max \left(50 \cdot k_{cp} \cdot \varnothing_s \cdot \left(\frac{f_{yd}}{435} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{25}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\varnothing_{s,n}}{20} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{1.5\varnothing_s}{c_d} \right)^{\frac{1}{2}} ; 10 \varnothing_s \right)$$

kde $\varnothing_{s,n} = \max(\varnothing_s, 12 \text{ mm})$

k_{cp} je součinitel zohledňující vliv podmínek při betonáži na soudržnost (1.0 pro dobré podmínky (dolní výztuž) a 1.2 pro špatné podmínky (horní výztuž))

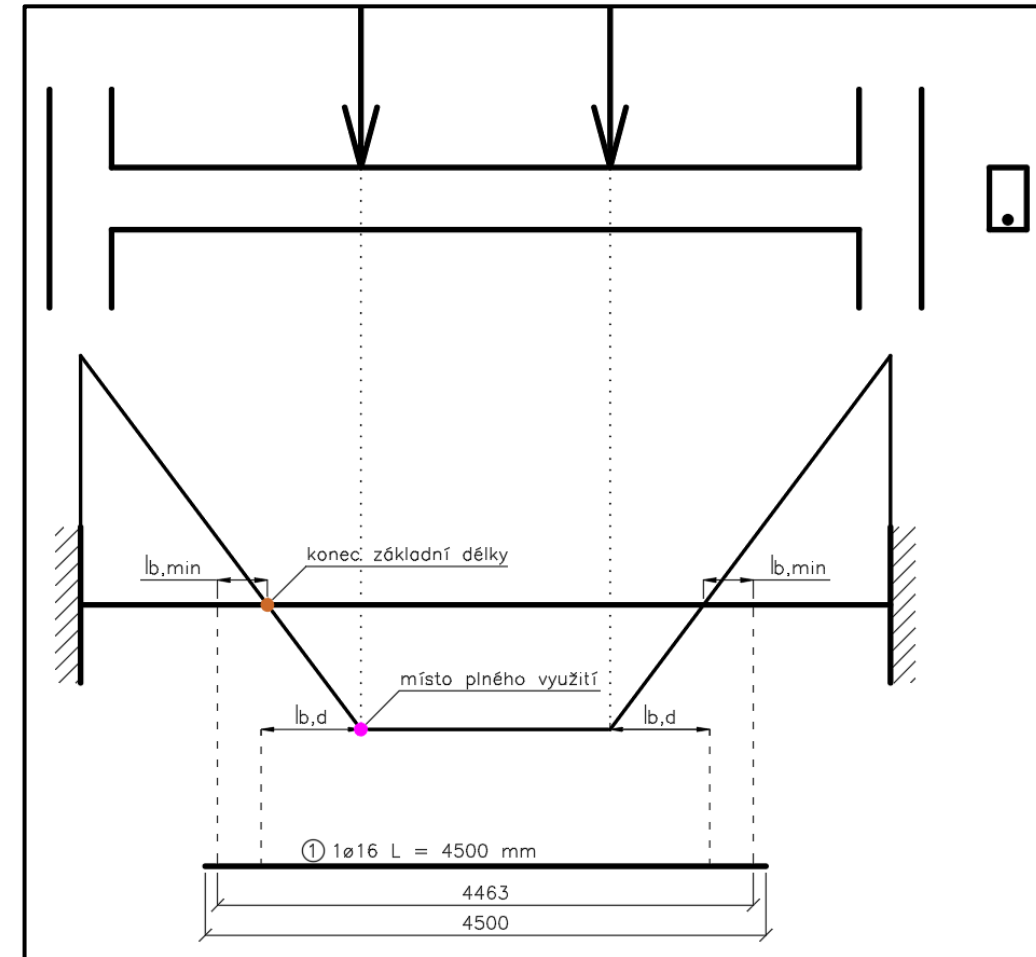
$$c_d = \min(0.5c_s; c_x; c_y)$$



Pojmy

Při vynášení kotevní délky používáme **dva pojmy**

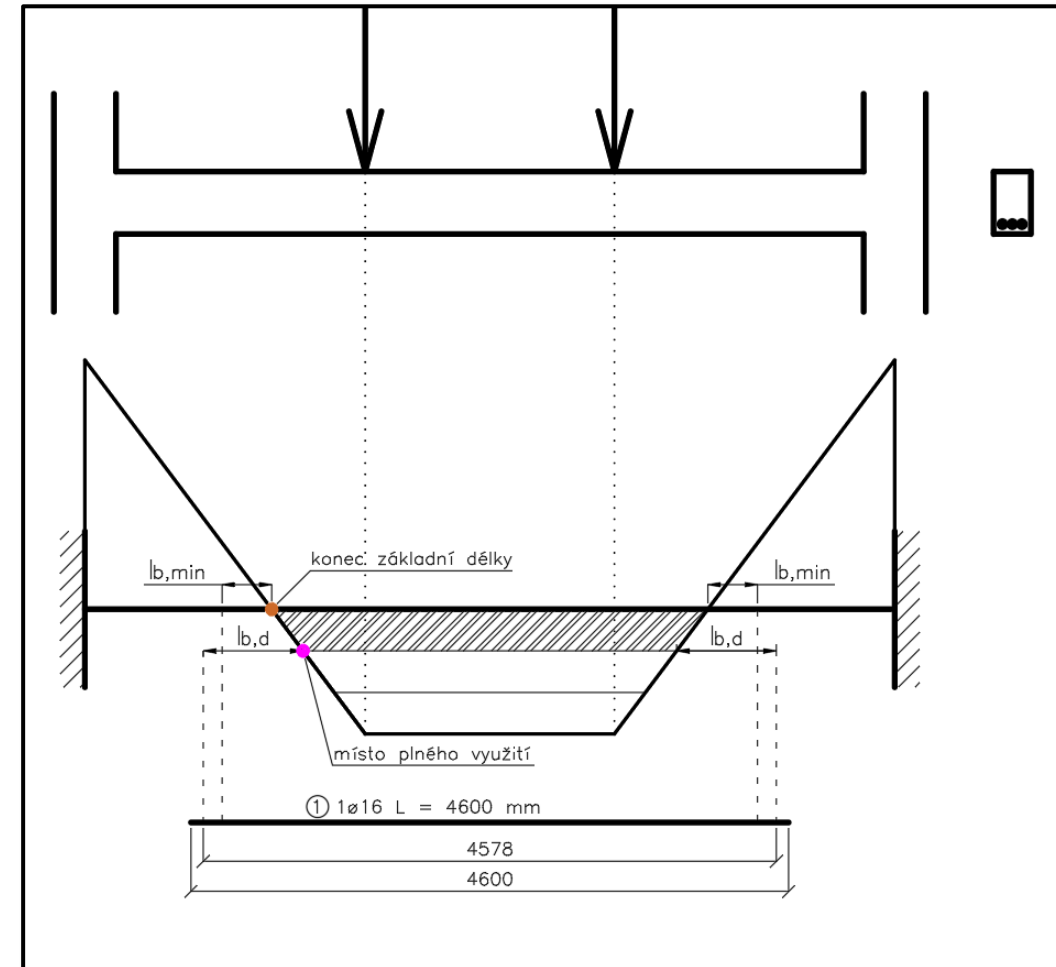
- **konec základní délky** – místo, kde prut začíná být namáhán,
- **místo plného využití** – místo, ve kterém je daný prut nejvíce namáhán.



Pojmy

Při vynášení kotevní délky používáme **dva pojmy**

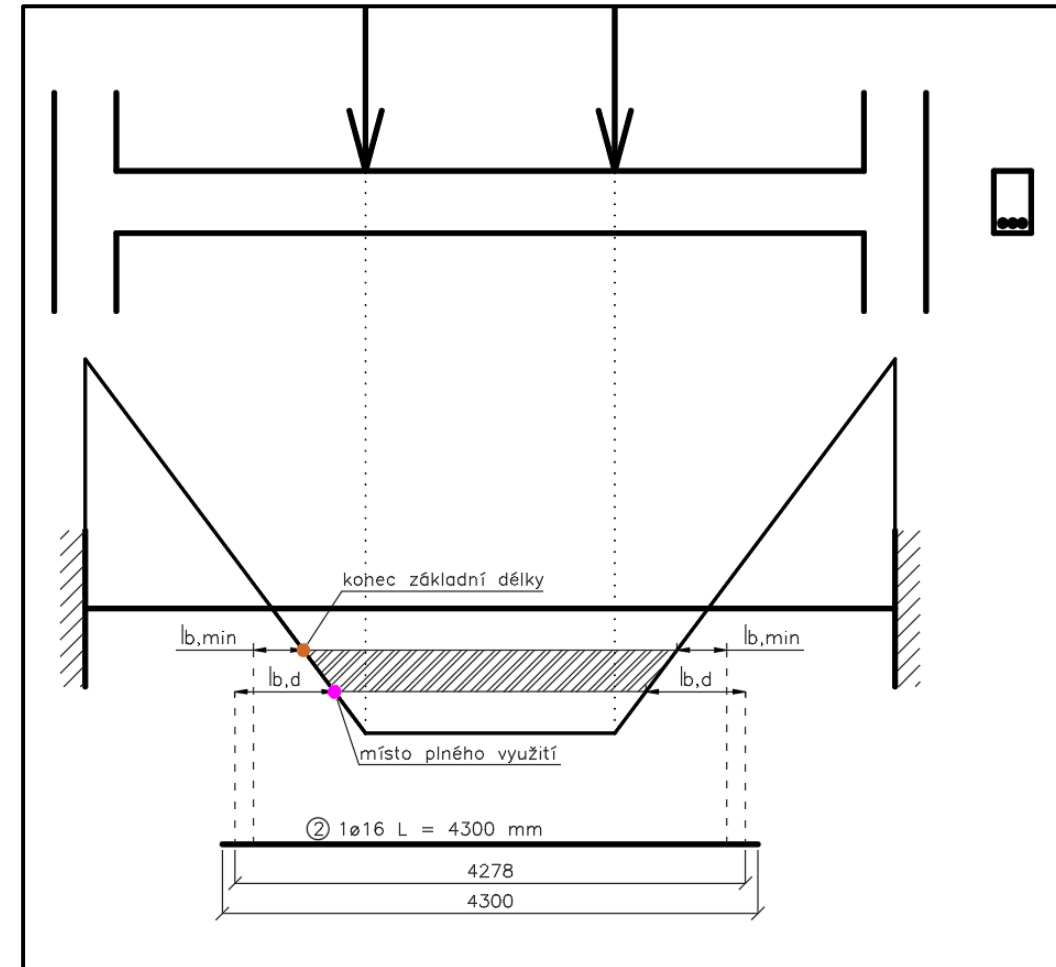
- **konec základní délky** – místo, kde prut začíná být namáhán (tj. při menším momentu už vůbec není namáhán),
- **místo plného využití** – místo, ve kterém je daný prut nejvíce namáhán (tj. při větším momentu už další namáhání přenáší další prut).



Pojmy

Při vynášení kotevní délky používáme **dva pojmy**

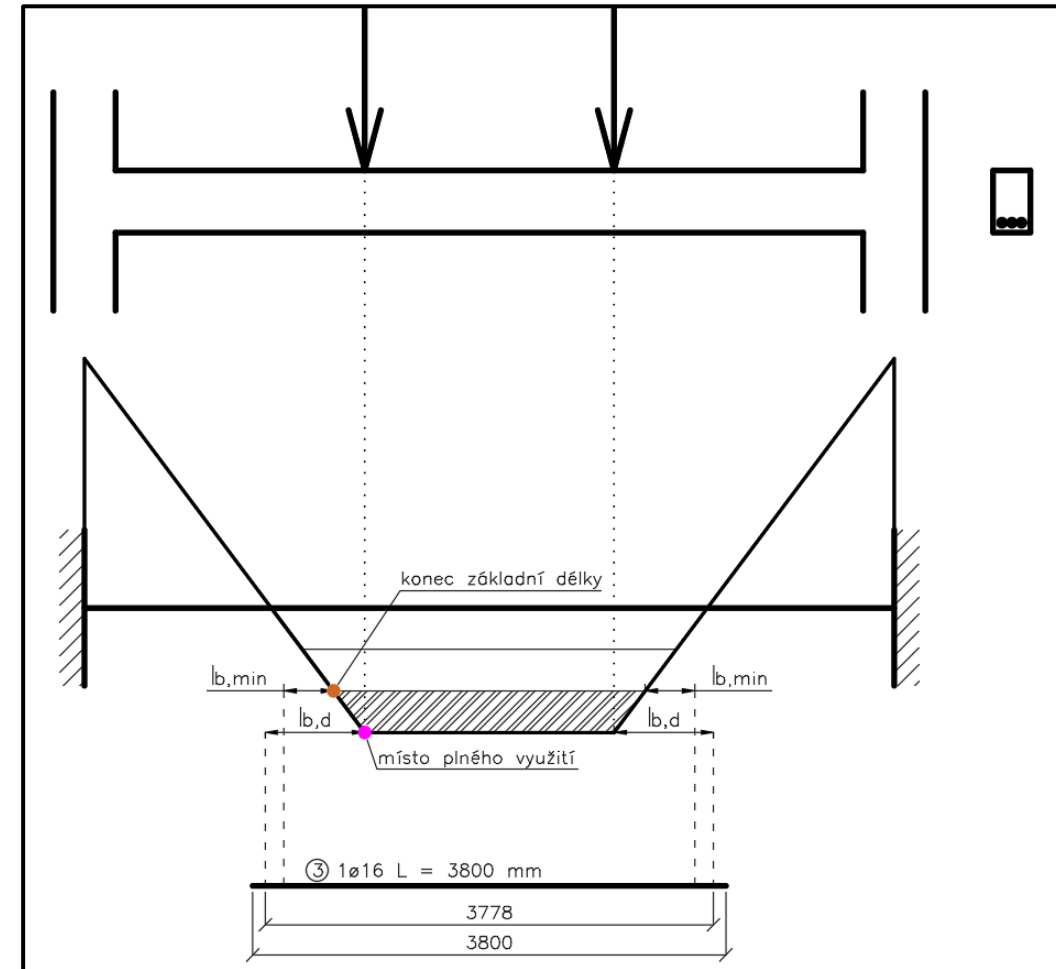
- **konec základní délky** – místo, kde prut začíná být namáhán (tj. při menším momentu už vůbec není namáhán),
- **místo plného využití** – místo, ve kterém je daný prut nejvíce namáhán (tj. při větším momentu už další namáhání přenáší další prut).



Pojmy

Při vynášení kotevní délky používáme **dva pojmy**

- **konec základní délky** – místo, kde prut začíná být namáhán (tj. při menším momentu už vůbec není namáhán),
- **místo plného využití** – místo, ve kterém je daný prut nejvíce namáhán (tj. při větším momentu už další namáhání přenáší další prut).



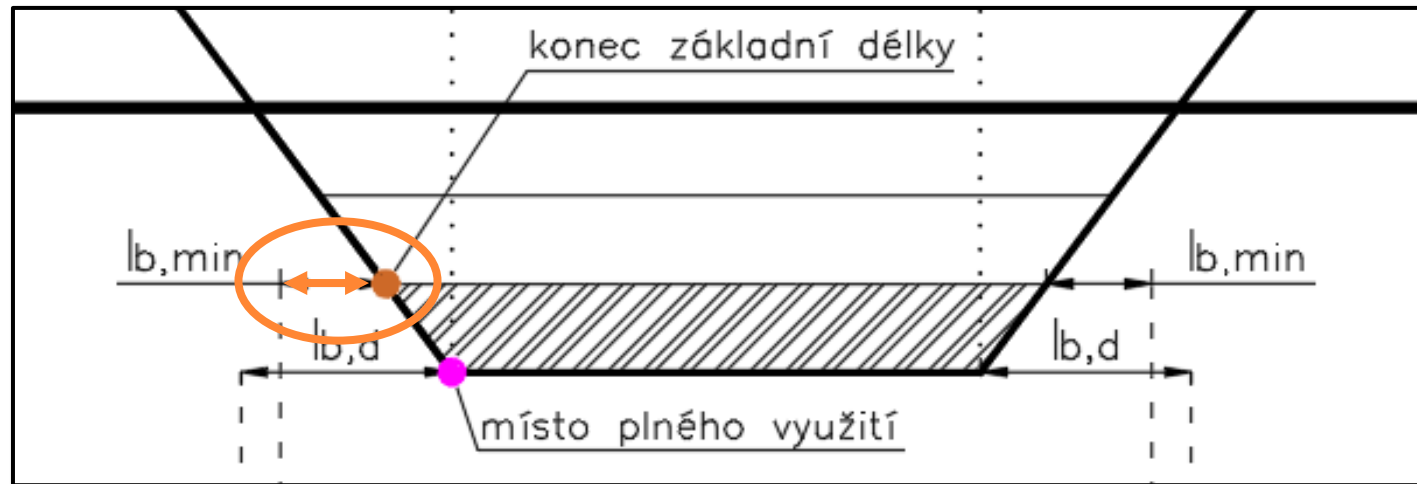
Určení délky prutu

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



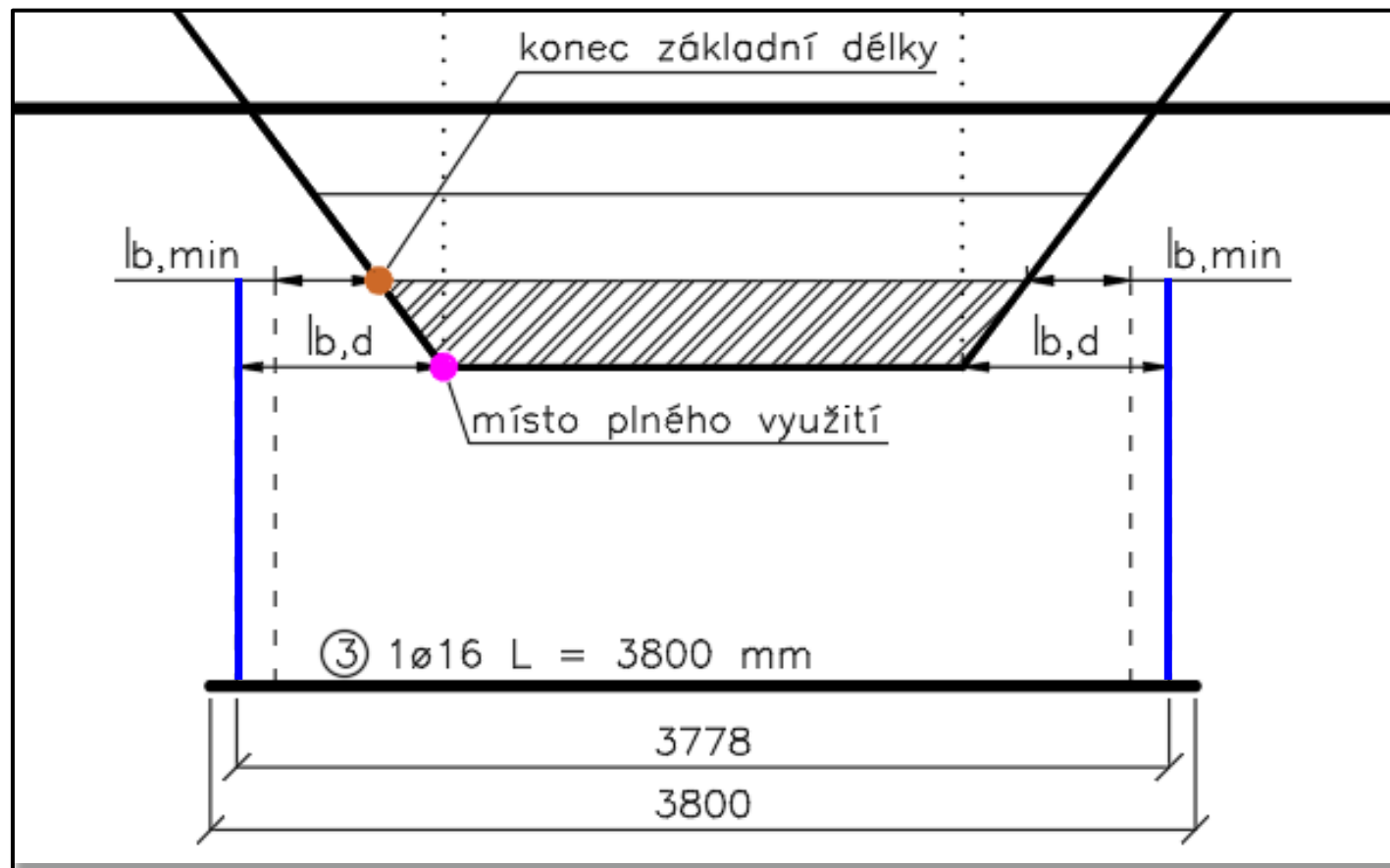
Určení délky prutu

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



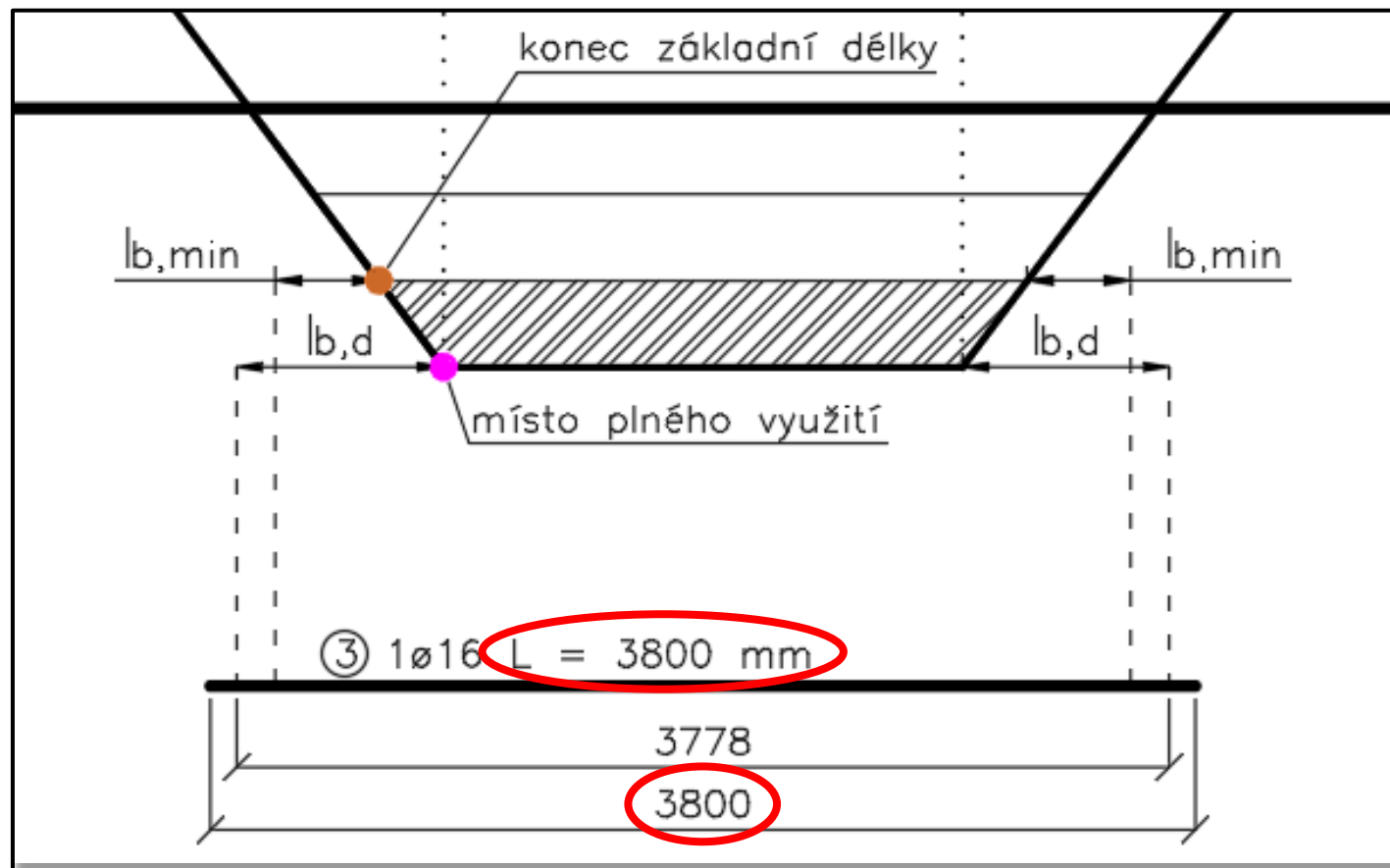
Určení délky prutu

O celkové délce prutu **rozhoduje ta** kotevní délka, **kte**rá sahá dále.



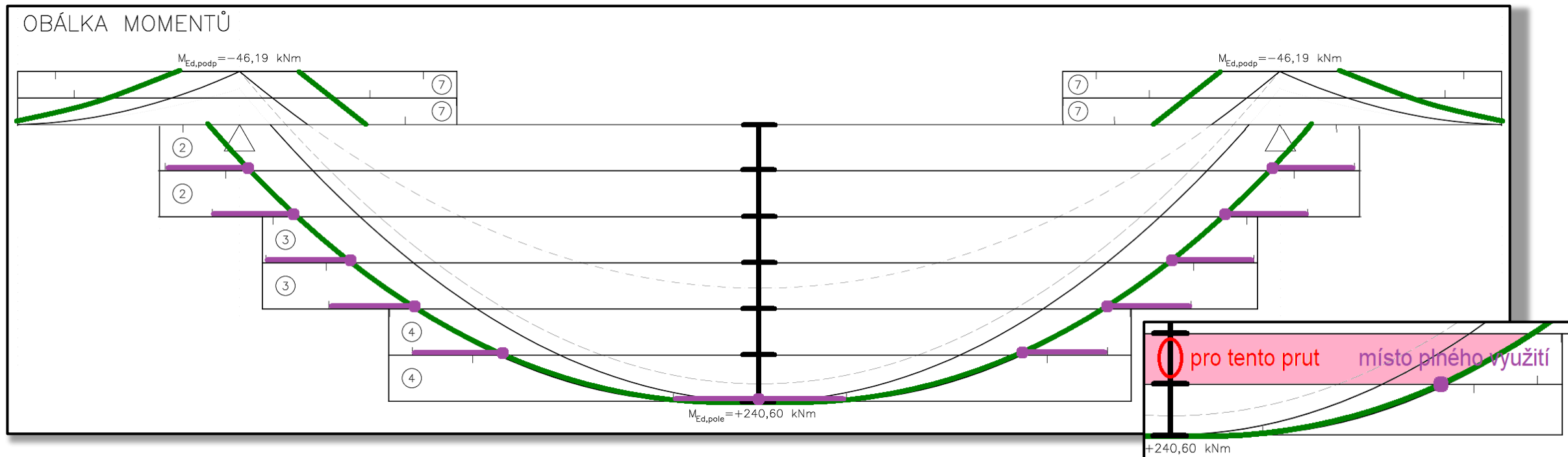
Určení délky prutu

Délky prutů navrhujeme v násobcích 50 mm.



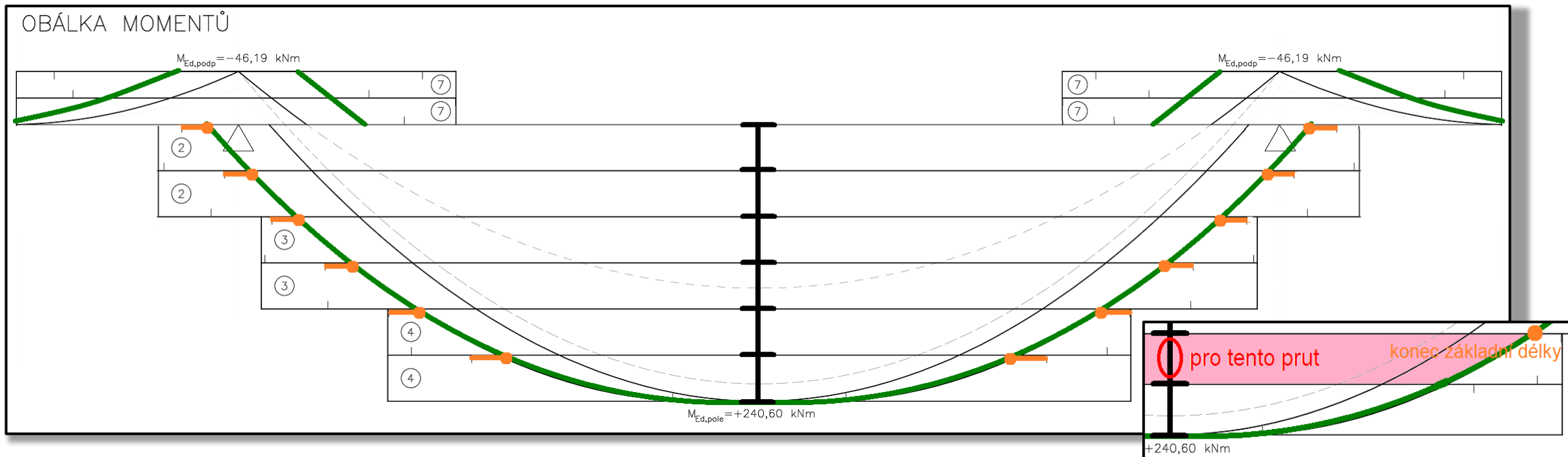
Určení délek všech prutů

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



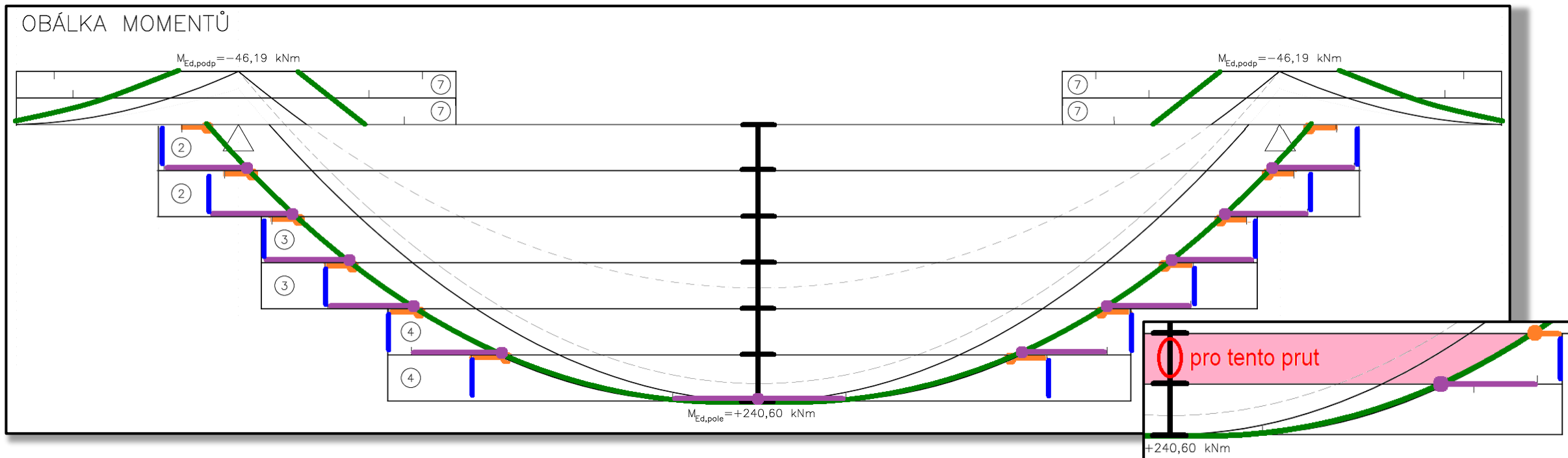
Určení délek všech prutů

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



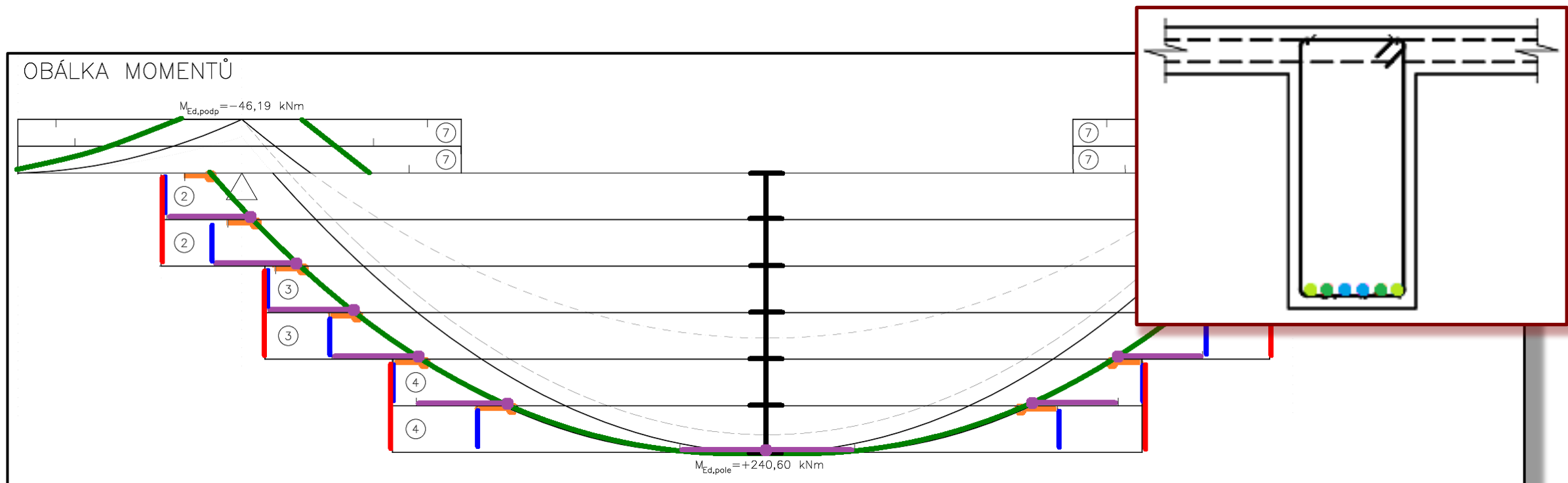
Určení délek všech prutů

O celkové délce každého prutu **rozhoduje** ta kotevní délka, **kte**rá sahá dále.



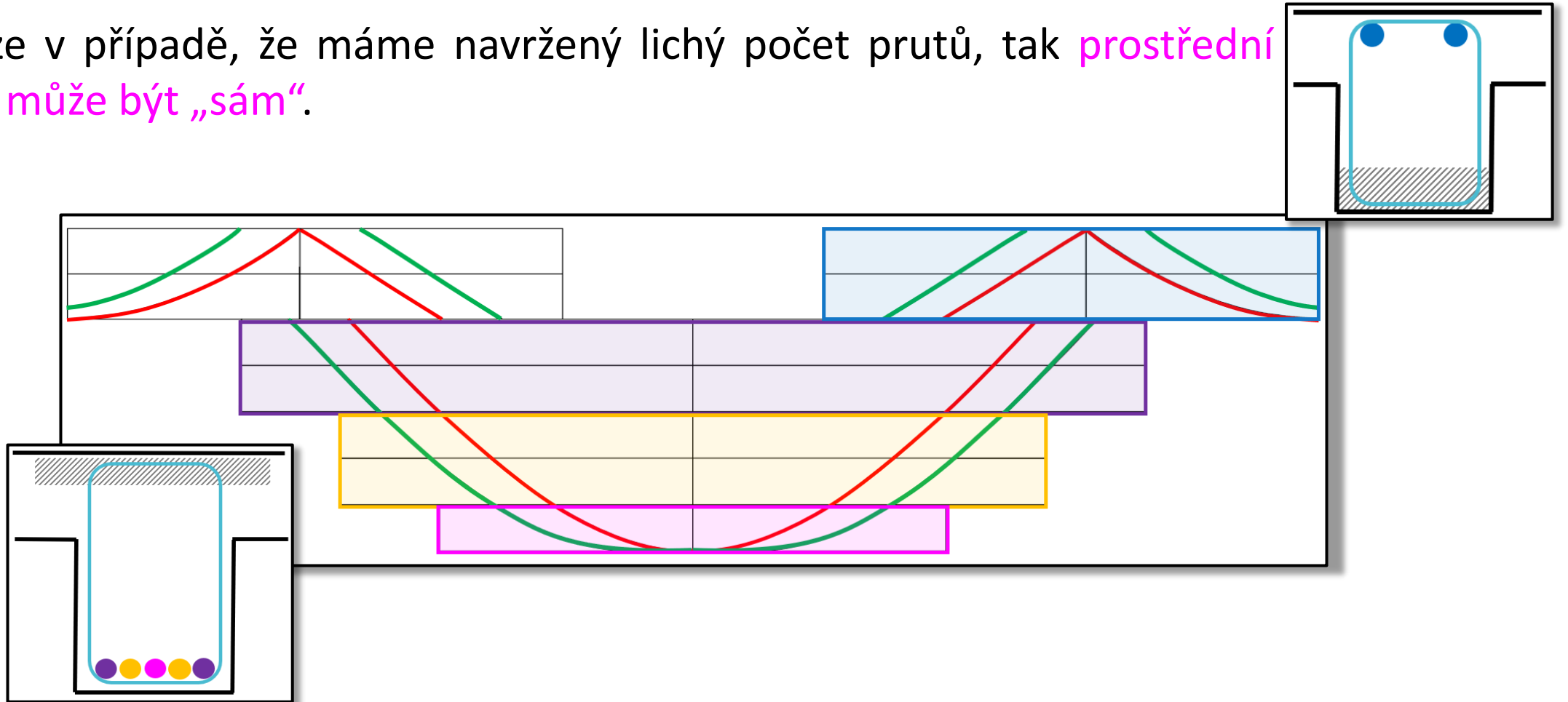
Určení délek všech prutů

Průřezy musíme vždy **vyztužovat symetricky** (podle svislé osy). To znamená, že **vždy dva pruty mají stejnou délku** (rovnou té delší z jejich délek)*.



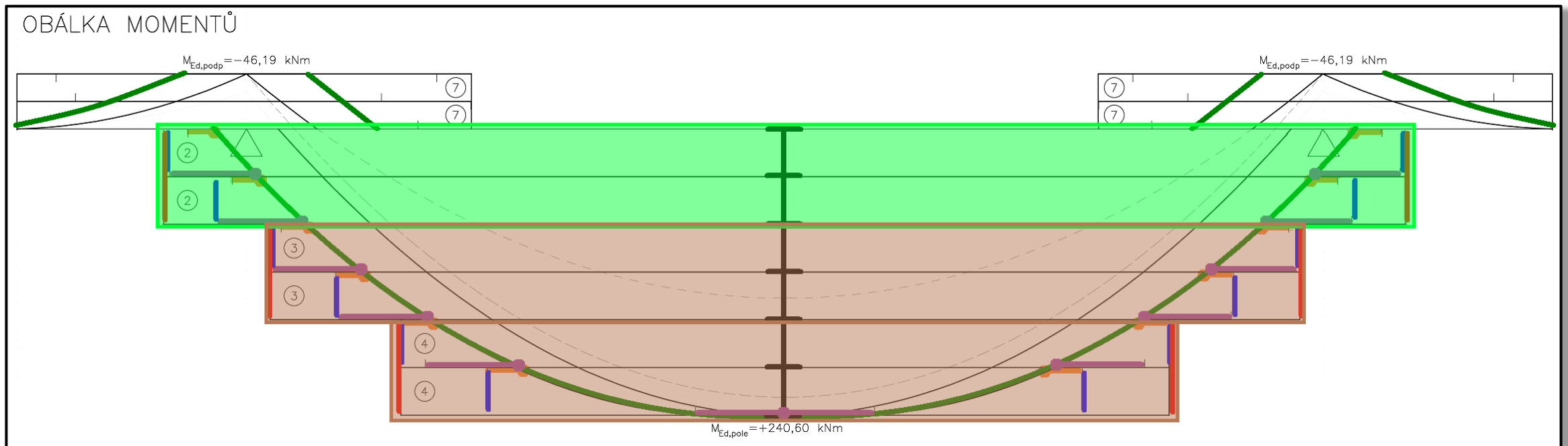
Určení délek prutů

Pouze v případě, že máme navržený lichý počet prutů, tak **prostřední prut může být „sám“**.



Určení délek prutů

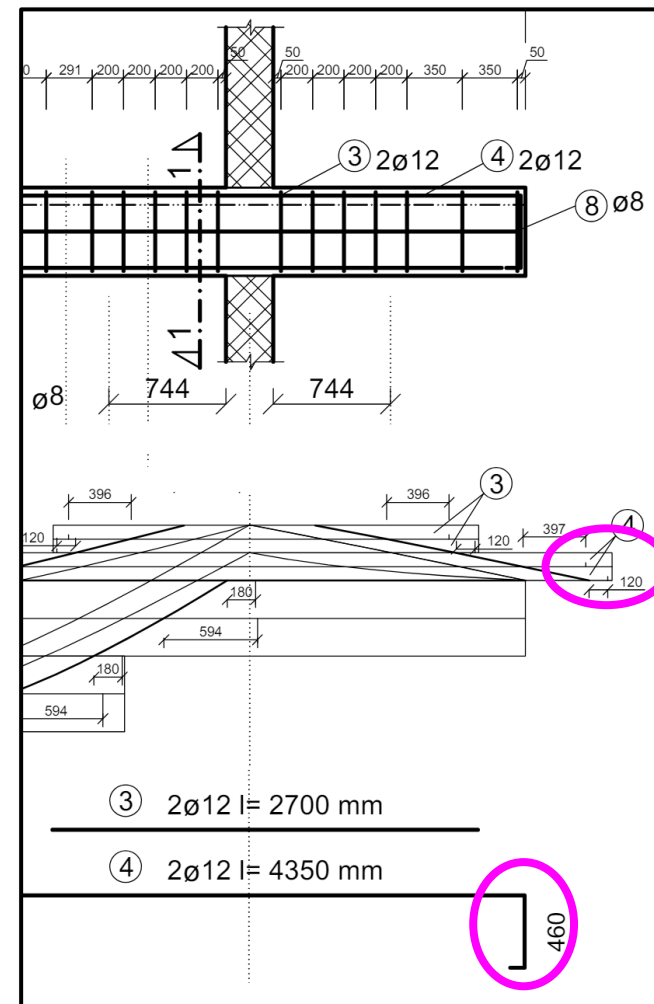
Dva pruty v rozích třmínek musí být dotaženy minimálně $10\varnothing$ za líc podpory, ostatní mohou být kratší*. Všechny délky prutů navrhujeme v násobcích 50 mm.



Určení délek prutů

Na konzole (kde končí konstrukce) zajistíme dostatečné kotvení horní výztuže tak, že výztuž zahneme k dolnímu povrchu.

Délka zahnutí vychází z požadované kotevní délky.



Smyková výztuž

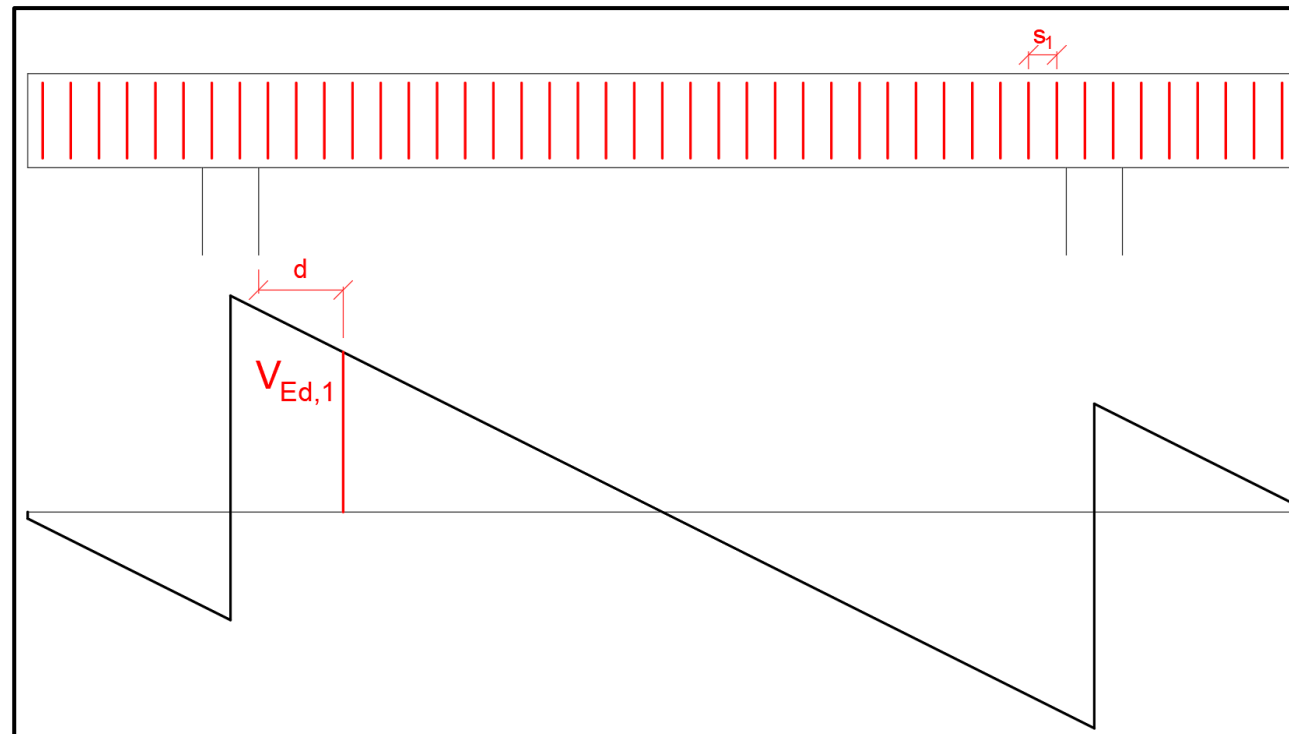
Smyková výztuž

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****.

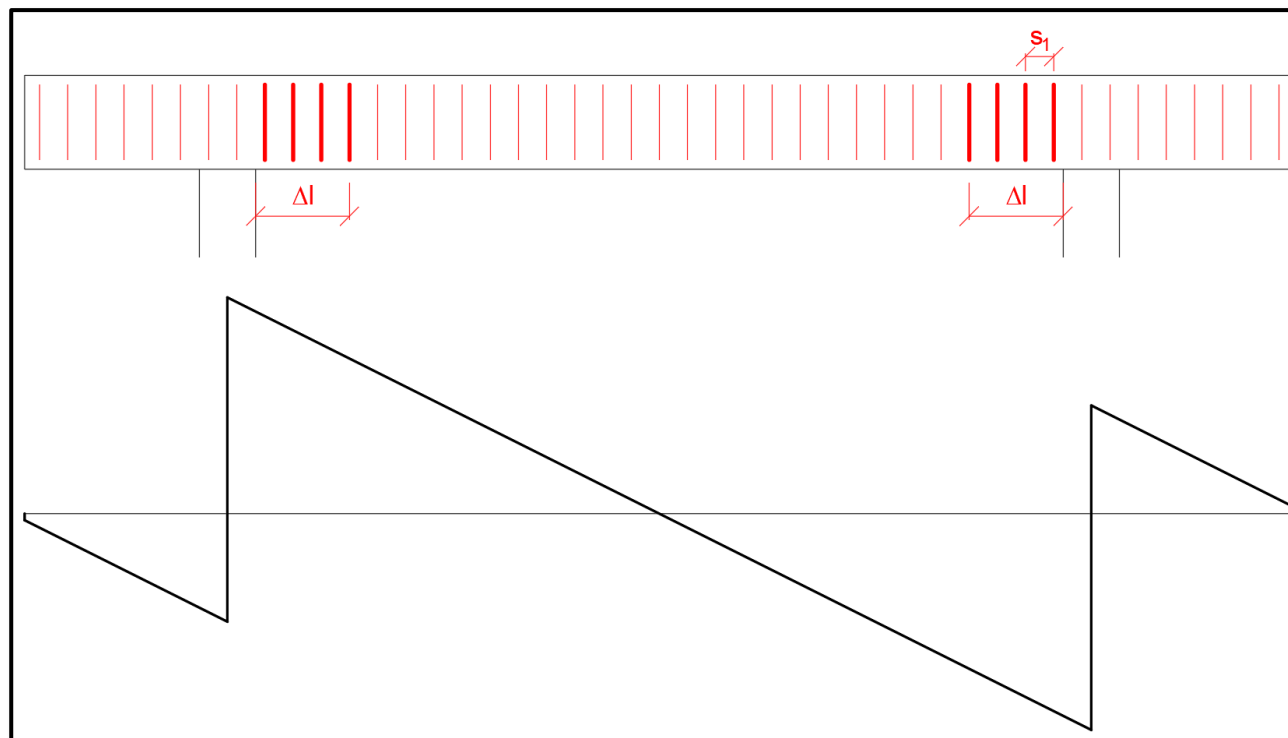


*To není úplně pravda. Třmínky jsou navrženy na sílu ve vzdálenosti d od líce podpory ($V_{Ed,1}$) a v teoretické podpoře je síla ještě větší. Ale vzhledem k tomu, že trhлина vychází z líce podpory (a ne z teoretické podpory), třmínky nikdy nebudou vystaveny síle větší než $V_{Ed,1}$.

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

Rozmístění návrhových třmínek

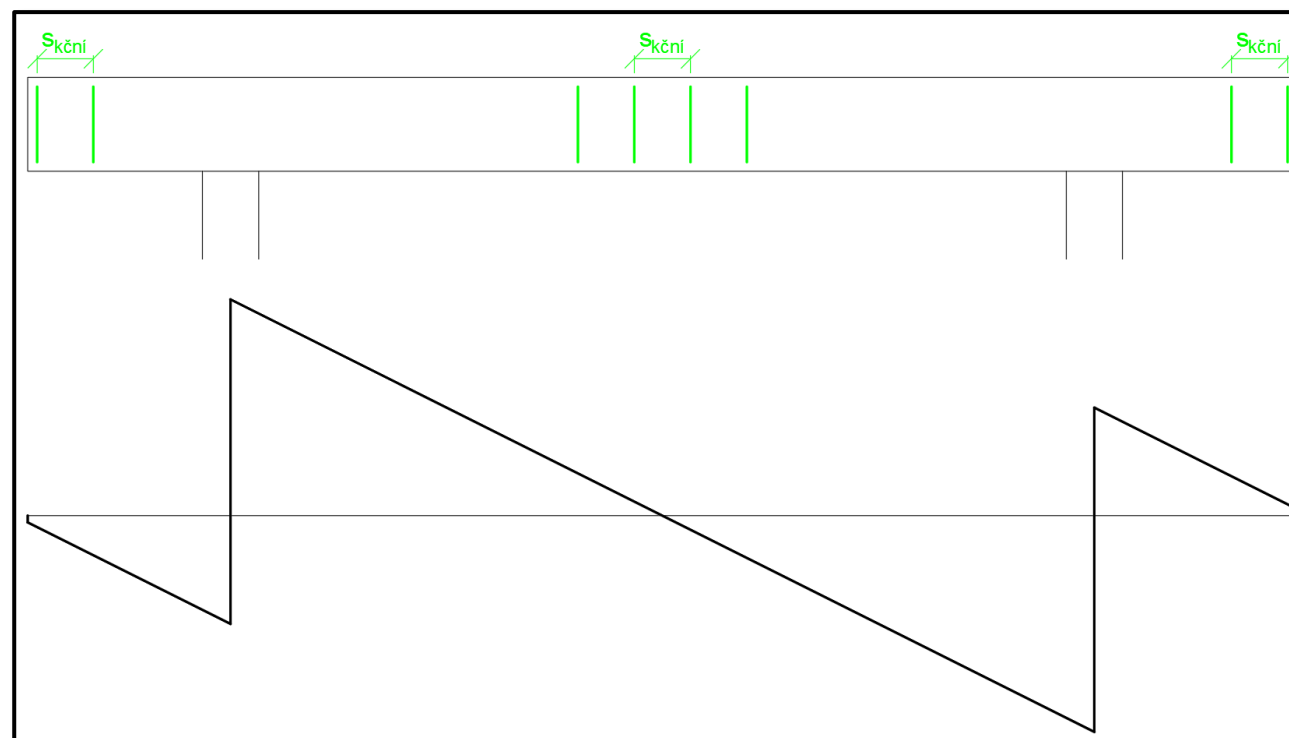
Dále nám návrhová norma udává, že **návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti $\Delta l = z \cot \theta$ od líce podpory***.



*Aby pokryly celou smykovou trhlinu vycházející z líce podpory.

Rozmístění konstrukčních třmínků

Konstrukční třmínky jsou ekonomičtější*, ale nelze je použít všude.**

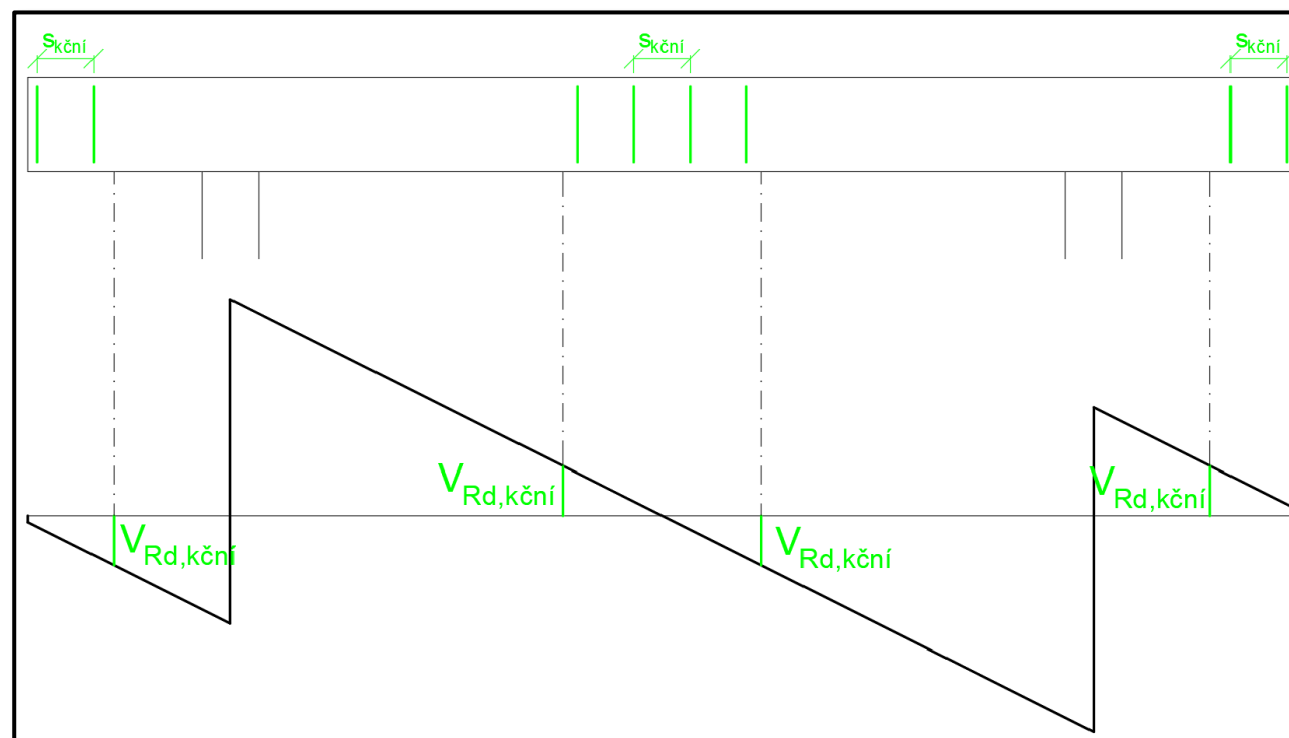


*protože mají větší rozteč

**protože mají menší únosnost

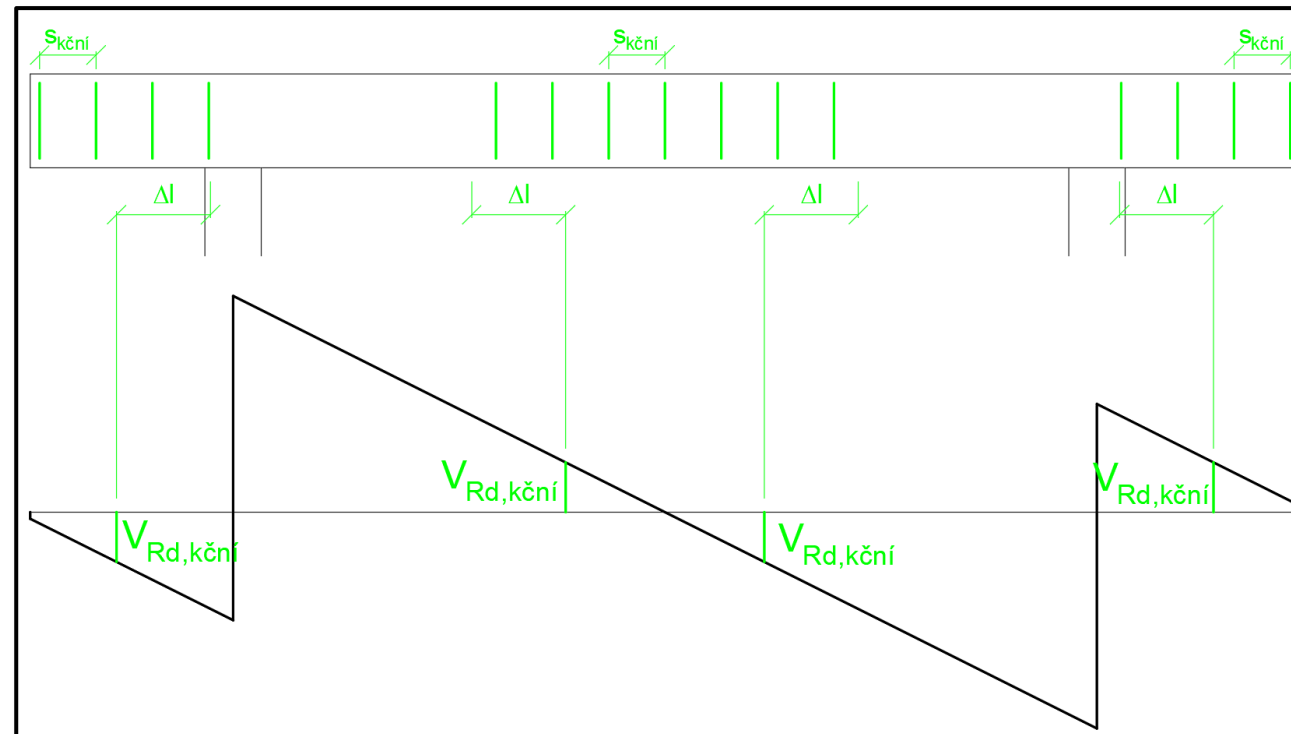
Rozmístění konstrukčních třmínků

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 $V_{Rd,kčn}$.**

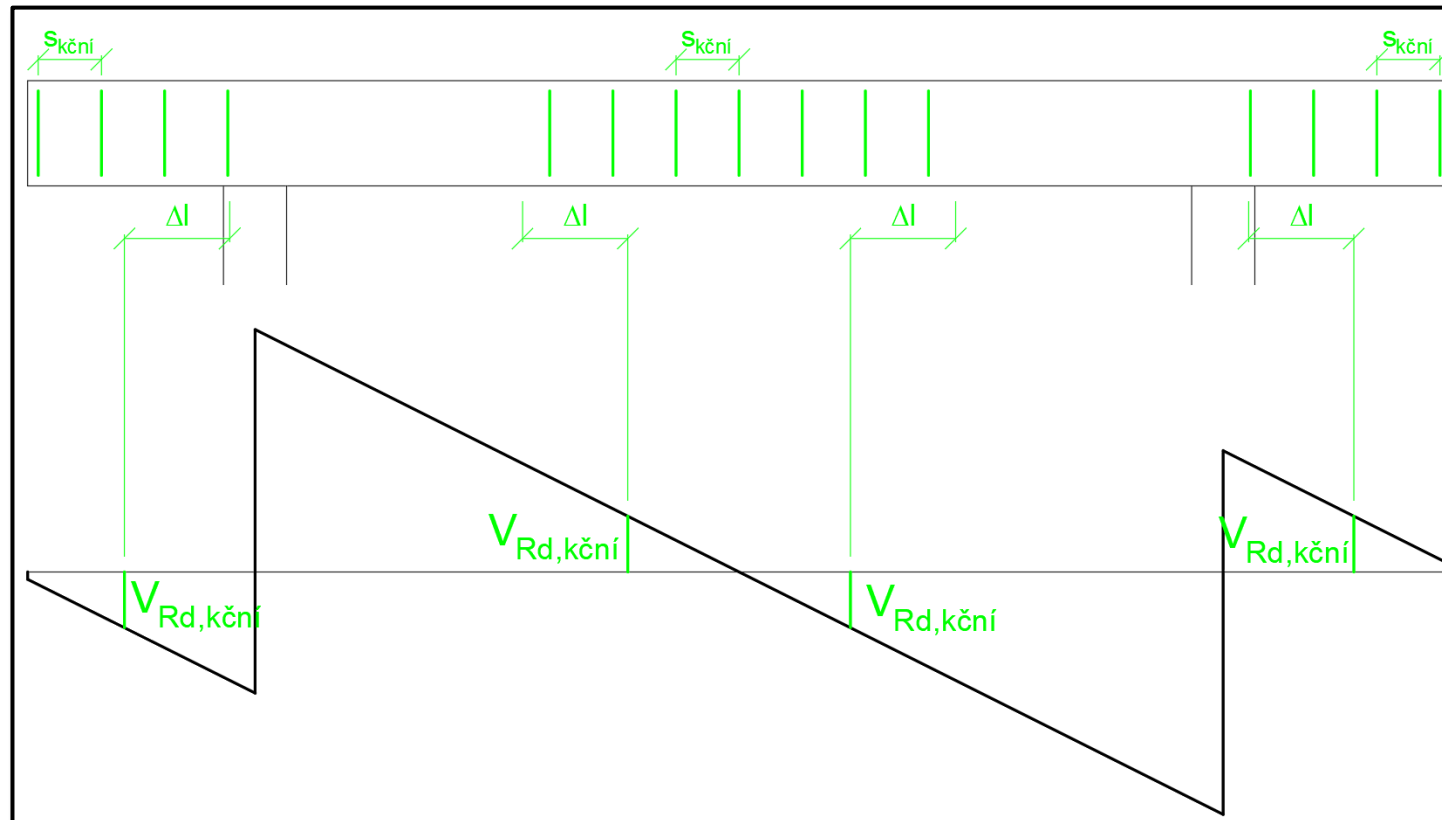


Rozmístění všech třmíneků

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

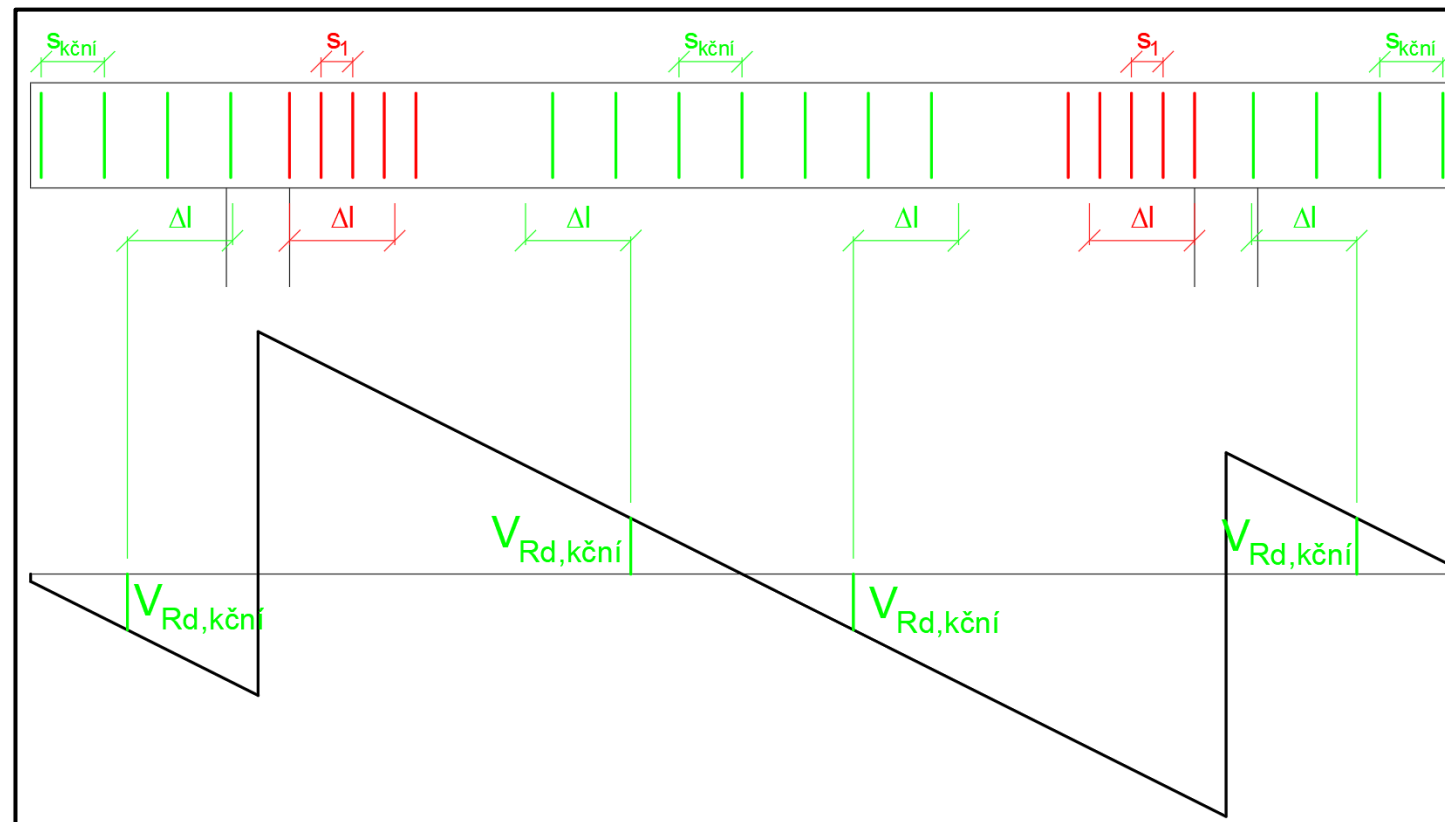
Rozmístění všech třmínků

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



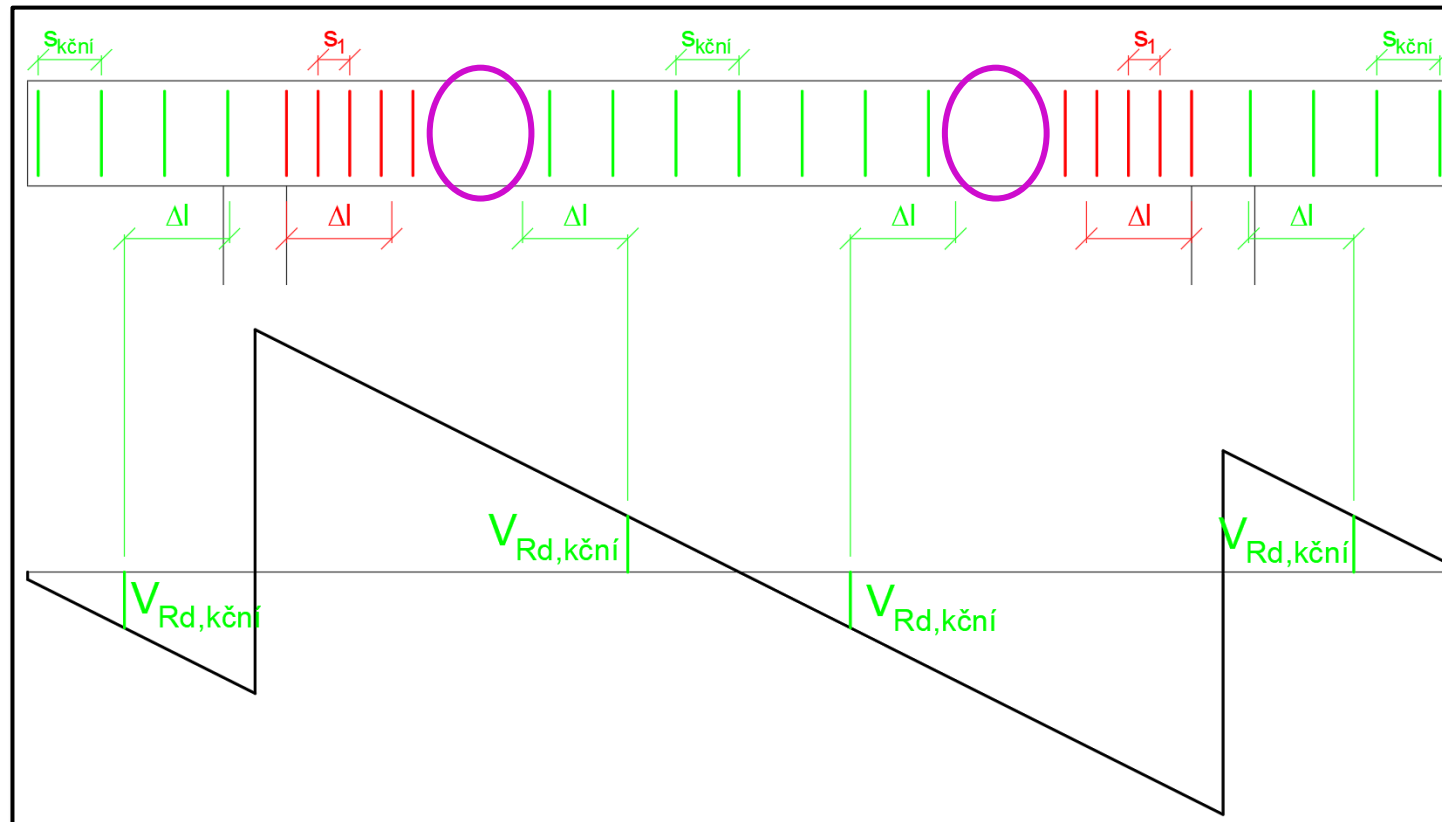
Rozmístění všech třmínků

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



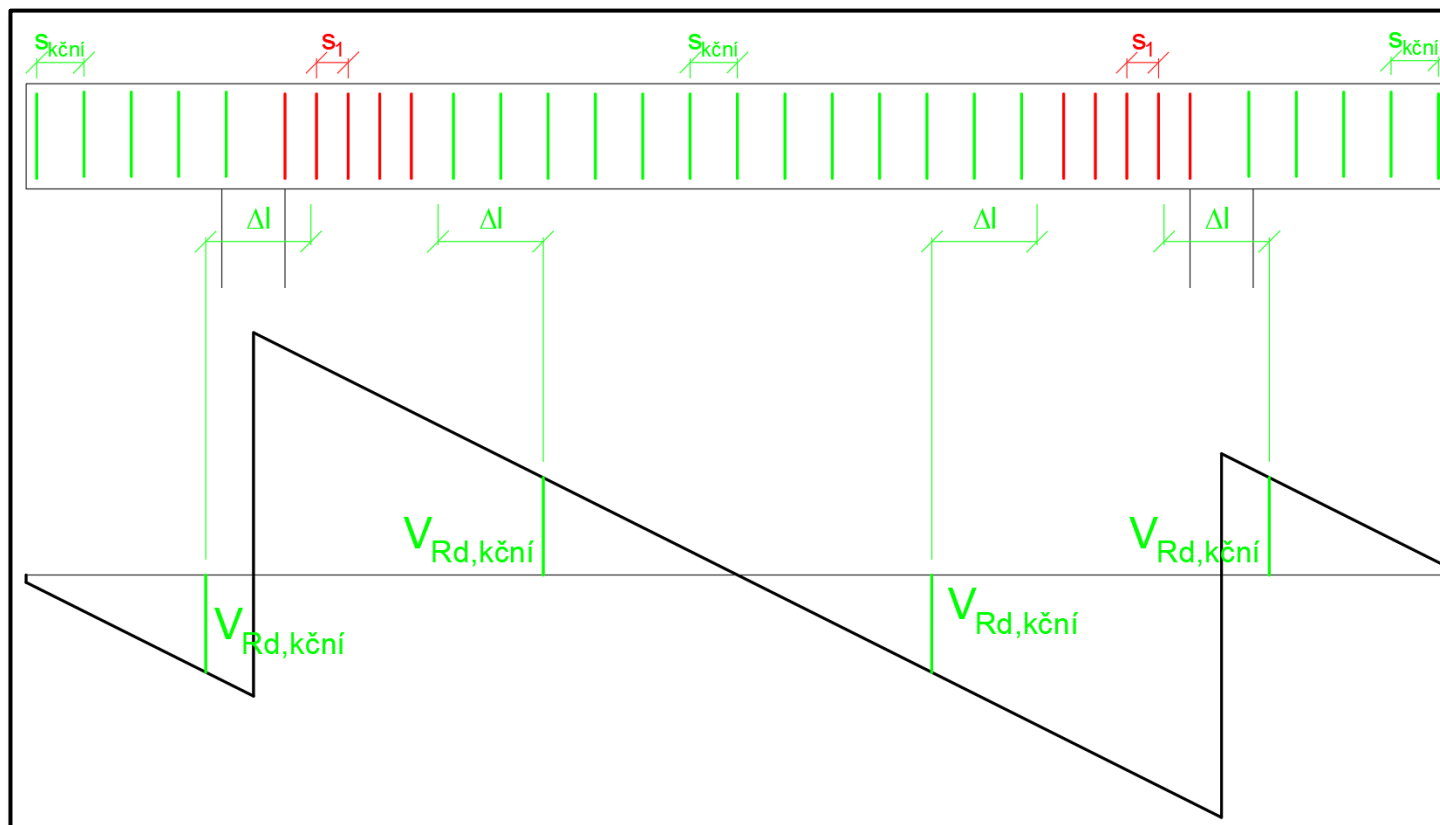
Rozmístění všech třmínků

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



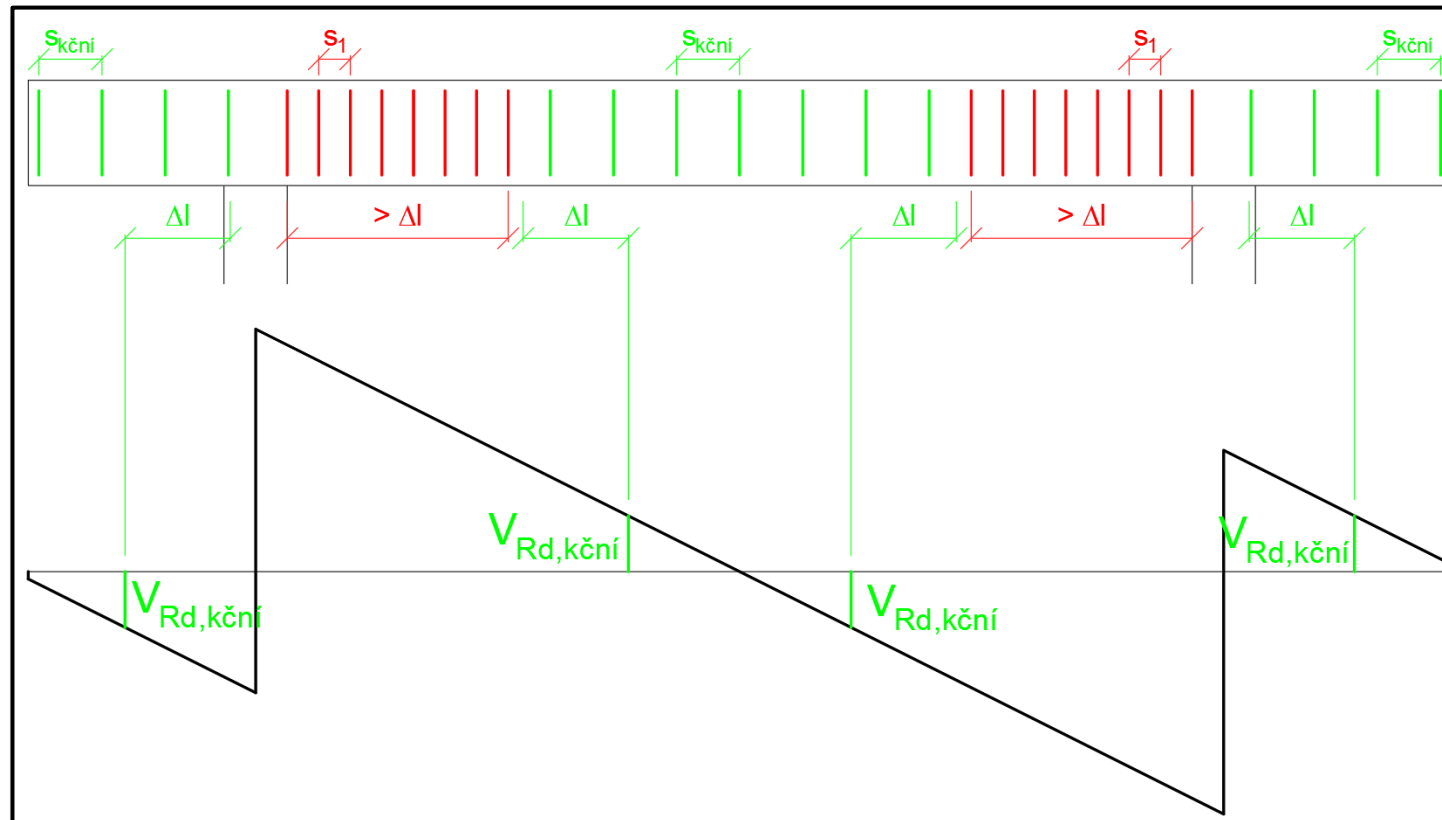
Rozmístění všech třmínků

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



Rozmístění všech třmínků

Druhým (a jednodušším) řešením je „dotáhnout“ návrhové třmínky až ke konstrukčním třmínkům*.

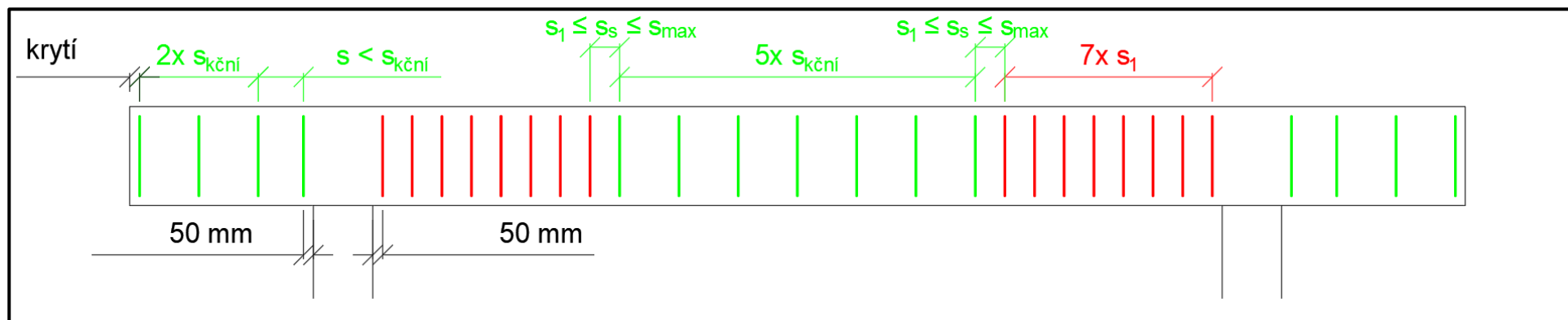


* A konstrukční třmínky nechat tak, jak jsme je navrhli na začátku

Rozmístění všech třmínků

Nakonec **upravíme návrh** tak, aby **dával geometricky smysl**:

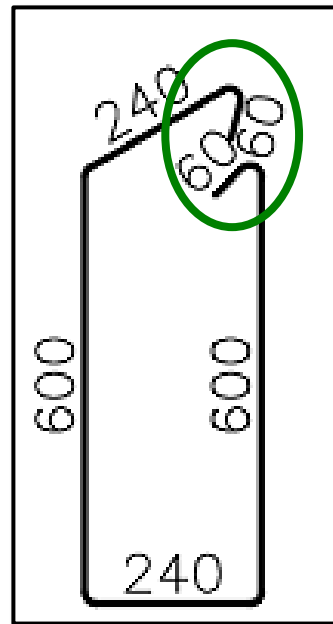
- krajní třmínek musí mít dostatečné krytí,
- třmínky nad zděnou podporou vynecháme (protože je tam věnec), první třmínek musí být ve vzdálenosti 50 mm až 75 mm od hrany podpory,
- rozteč na styku návrhových a konstrukčních třmínků s_s nám vyjde z geometrie.



Další výztuž

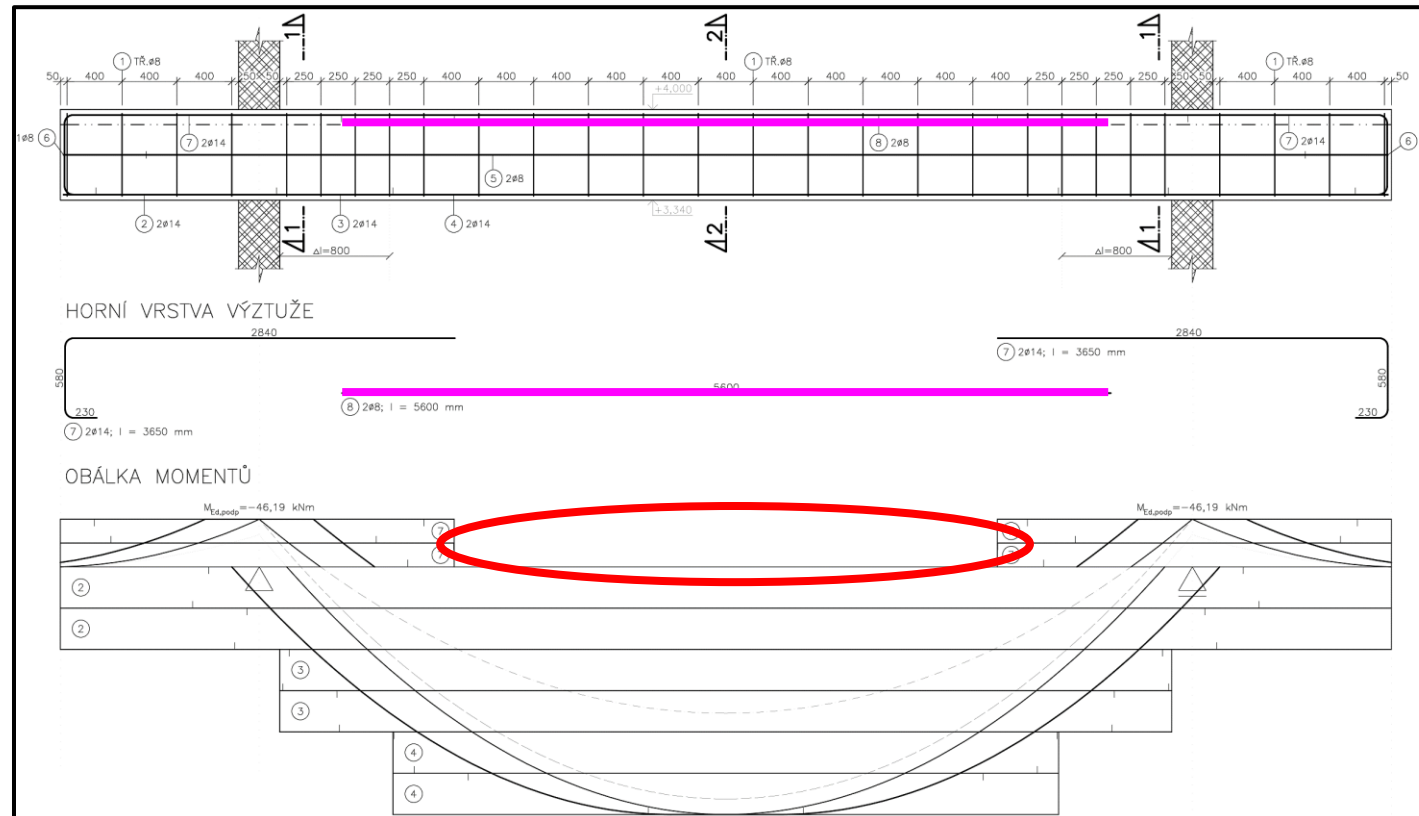
Další výztuž

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



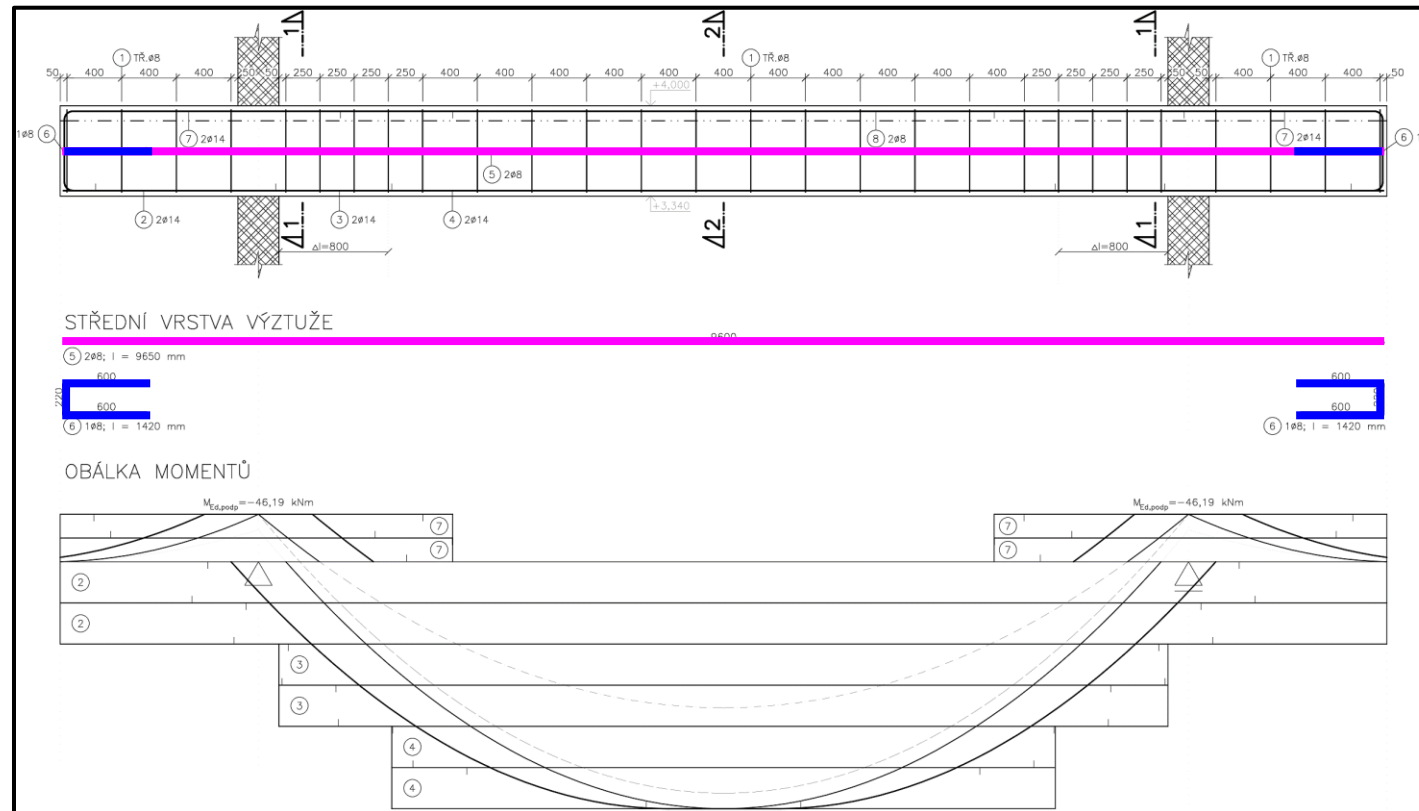
Další výztuž

Do míst, kam nesahá nosná výztuž přidáváme konstrukční výztuž kvůli třmínkům.



Další výztuž

Je-li výška trámu větší než 500 mm, přidáváme **konstrukční výztuž do poloviny výšky** (včetně lemovací výztuže).

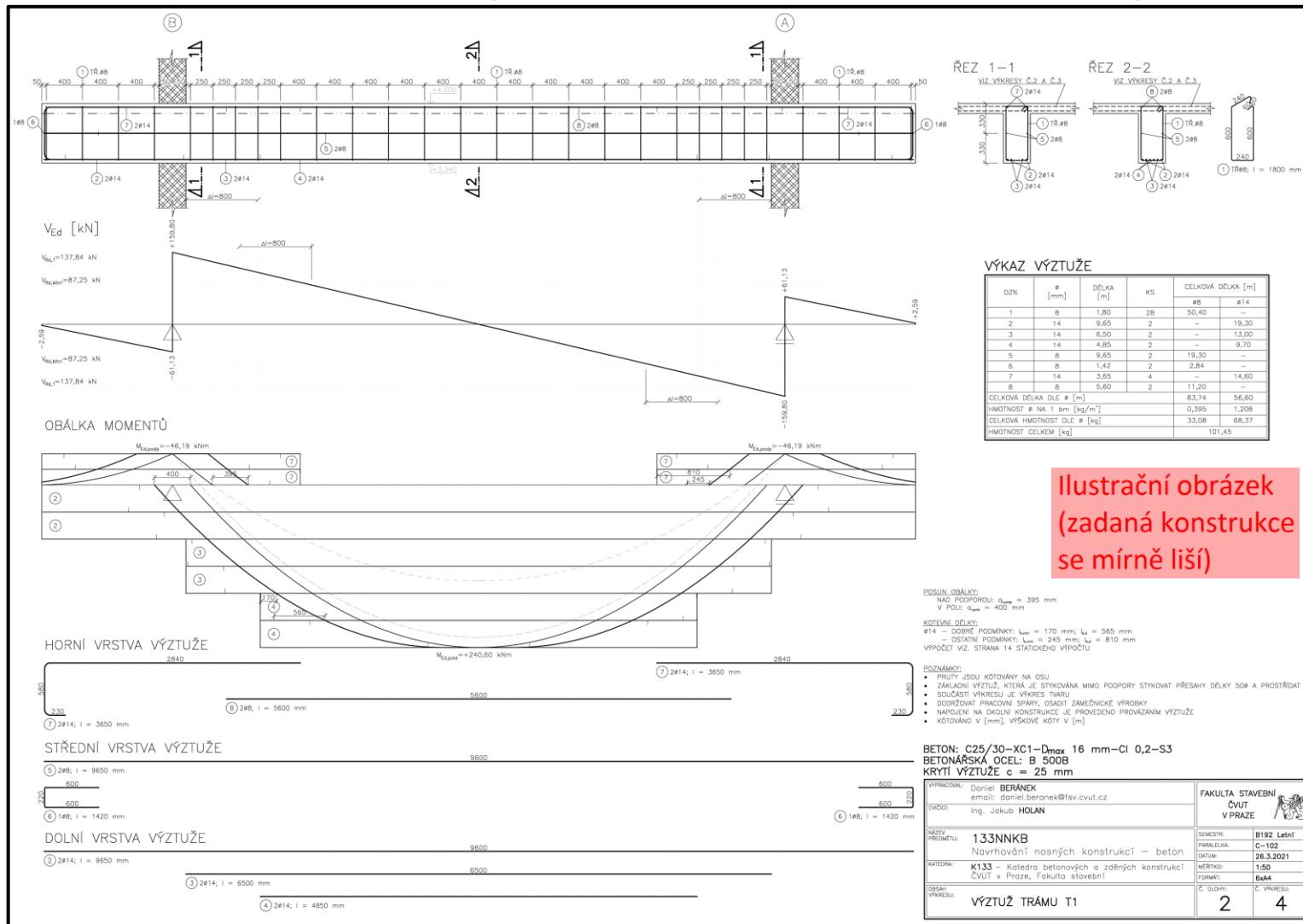


Obecné pokyny

Obecné pokyny k výkresu

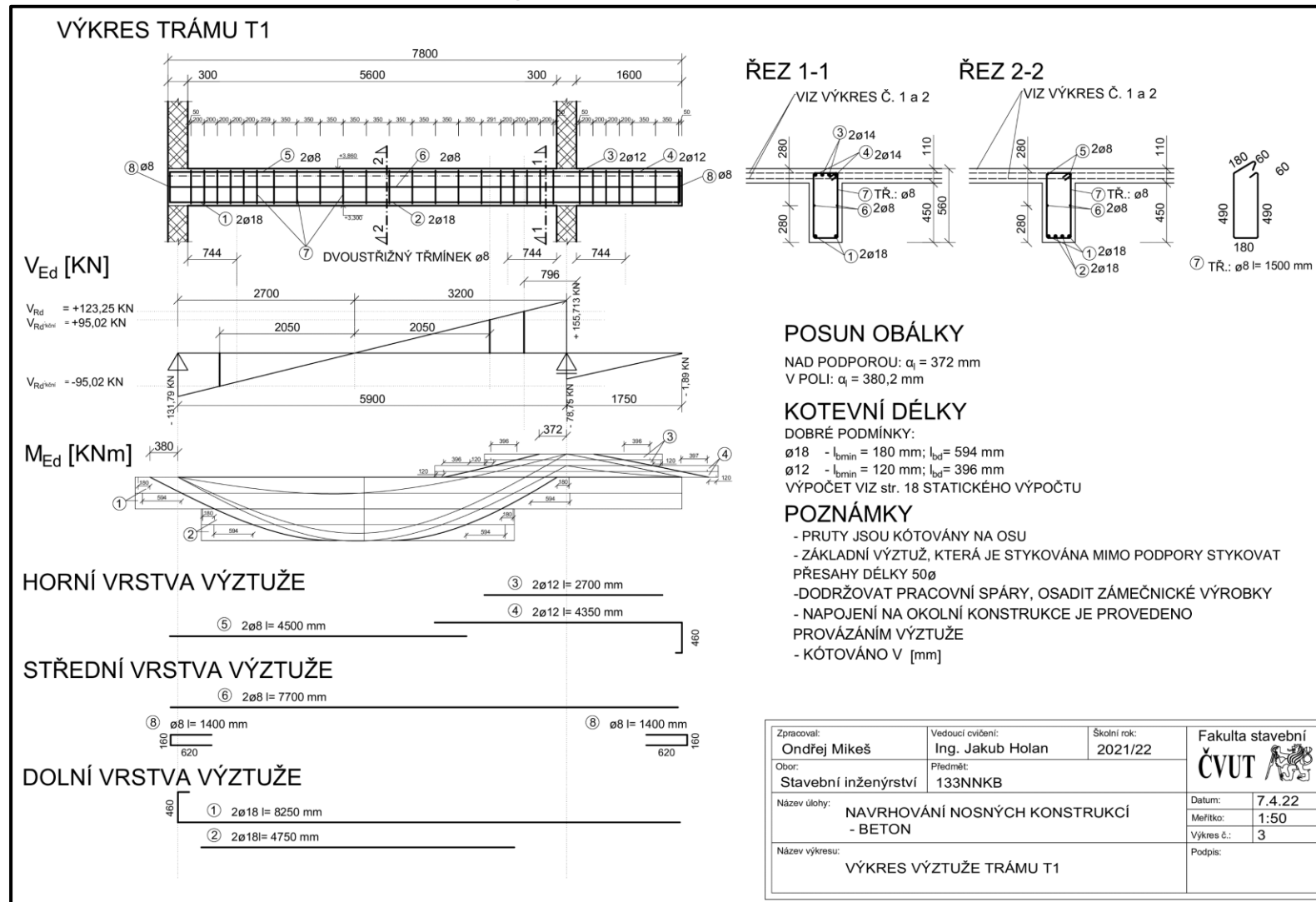
- Měřítko 1:50.
- Výkres by měl obsahovat
 - podélný řez trámem s rozkreslenou a popsanou výztuží nad/pod trámem,
 - příčné řezy trámem v poli a u podpory,
 - rozšířenou obálku momentů,
 - schémata rozdělení materiálu,
 - výkaz výztuže (dobrovolně),
 - popisek nad rozpiskou,
 - rozpisku.

Příklad výkresu (2 konzoly)



Ilustrační obrázek (zadaná konstrukce se mírně liší)

Příklad výkresu (1 konzole)



díky za pozornost

Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi, Romanu Chylíkovi a Hance Schreiberové** za časté konzultace při vypracovávání prezentace a **Stáňovi Zažirejovi** za poskytnutí vizualizací a obrázků. Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.

Děkuji **Danovi Beránkovi a Ondrovi Mikešovi** za poskytnutí jejich výkresů.

Děkuji také všem, kteří si prezentaci pročetli až do konce, a [v neposlední řadě, děkuji divákům v poslední řadě.](#)