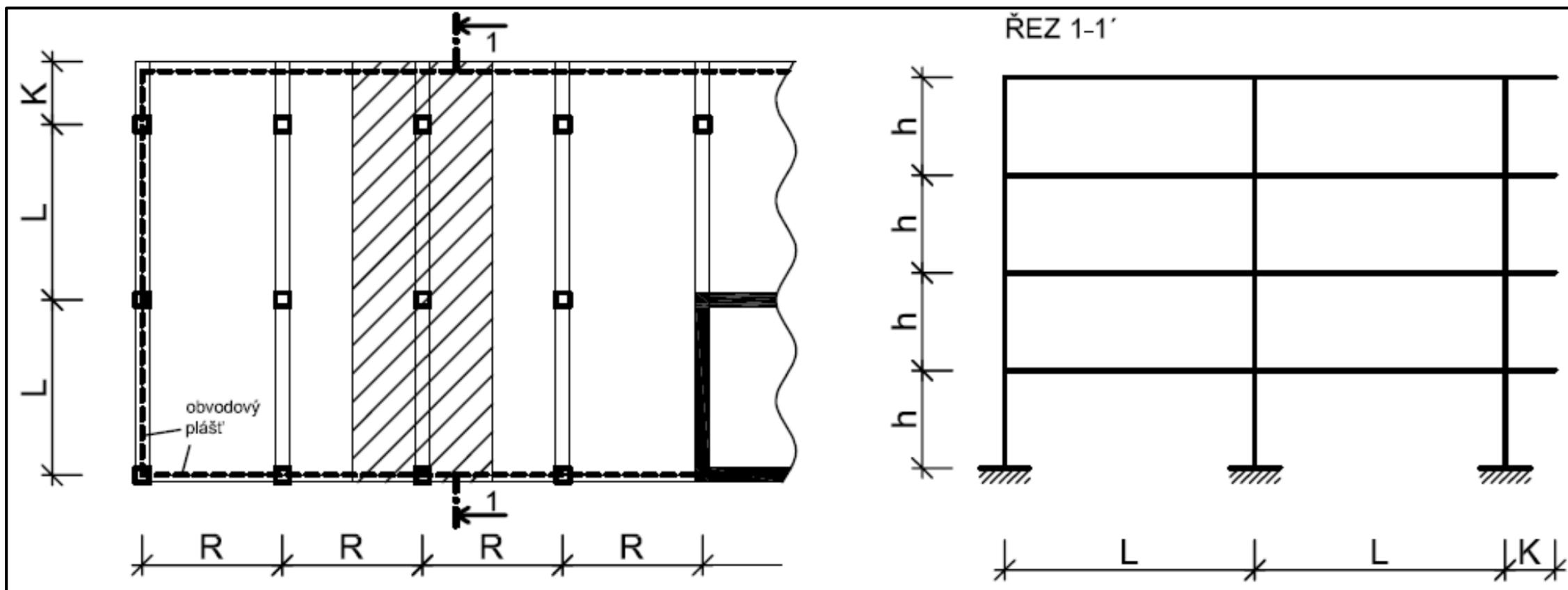




*Železobetonová rámová konstrukce*

# Redistribuce a redukce momentů

# Řešená konstrukce



# Všechny kroky návrhu a posouzení

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení

## 2. Statický výpočet

a) Vnitřní síly pomocí SCIA 21, **redistribuce a redukce momentů**

b) Návrh rozměrů a výztuže nosných prvků (příčel, sloup)

c) Posouzení prvků

- Příčel – ohyb, smyk, průhyb
- Sloup – interakční diagram

3. Schéma vyztužení rámu

4. Výkres výztuže části rámu

# Aktuální krok návrhu a posouzení

## **2. Statický výpočet – Redistribuce a redukce momentů**

- 1) Redistribuce ohybových momentů
- 2) Redukce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů

# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

## Co to je?

Redistribuce ohybových momentů je **přerozdělení momentů**. Momenty neubíráme ani nepřidáváme, ale „přesouváme“ je jinam na konstrukci. Přesunutí děláme tak, že **zmenšujeme podporové momenty** a **zvětšujeme momenty v poli**.

*Proč to děláme?*

# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

## Co to je?

Redistribuce ohybových momentů je **přerozdělení momentů**. Momenty neubíráme ani nepřidáváme, ale „přesouváme“ je jinam na konstrukci. Přesunutí děláme tak, že **zmenšujeme podporové momenty** a **zvětšujeme momenty v poli**.

## Proč to děláme?

Přesunutím momentů **snížíme extrémní hodnoty\*** a zároveň se více **přibližujeme skutečnému chování** konstrukce.

# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

*Jak to, že si to můžeme dovolit?*



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

## Jak to, že si to můžeme dovolit?

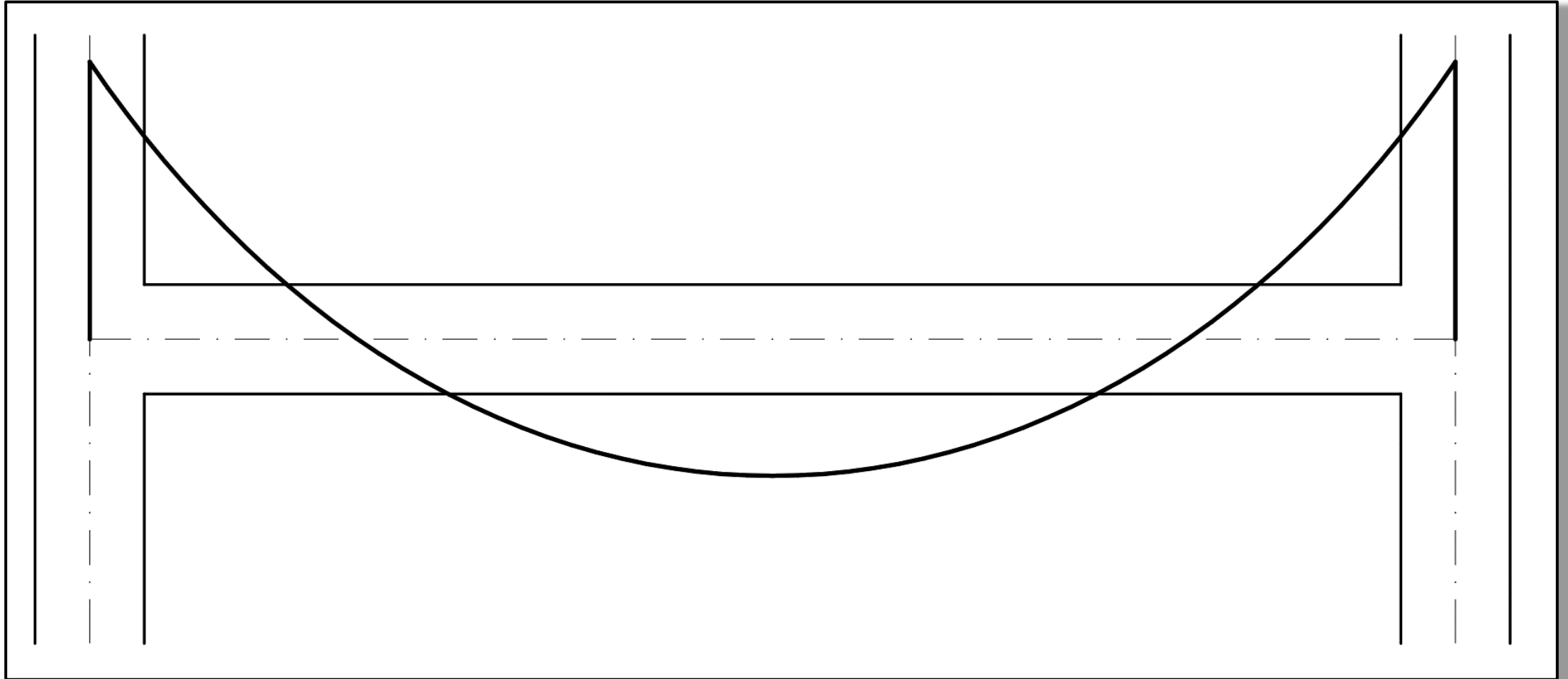
Protože to **lépe popisuje skutečné chování staticky neurčité konstrukce**, ve které se vnitřní síly rozdělují podle tuhosti, kdy více tuhé části přenáší větší část zatížení.

Při výpočtu momentů pomocí SCIA (nebo deformační metodou) uvažujeme, že se beton chová pružně, tj. nevznikají trhliny. **Ve skutečnosti** však při zatížení konstrukce **trhliny vznikají**, a při vzniku trhlin se **snižuje tuhost** dané části prvku. Nejvíce trhlin vzniká v místech největších vnitřních sil, tj. nad podporou.

V konstrukci se tedy při zatížení **vytvoří trhliny v místech největších vnitřních sil**, čímž se sníží tuhost v těchto místech, a **ohybové momenty se přesunou** do míst s větší tuhostí, tj. **do pole**.

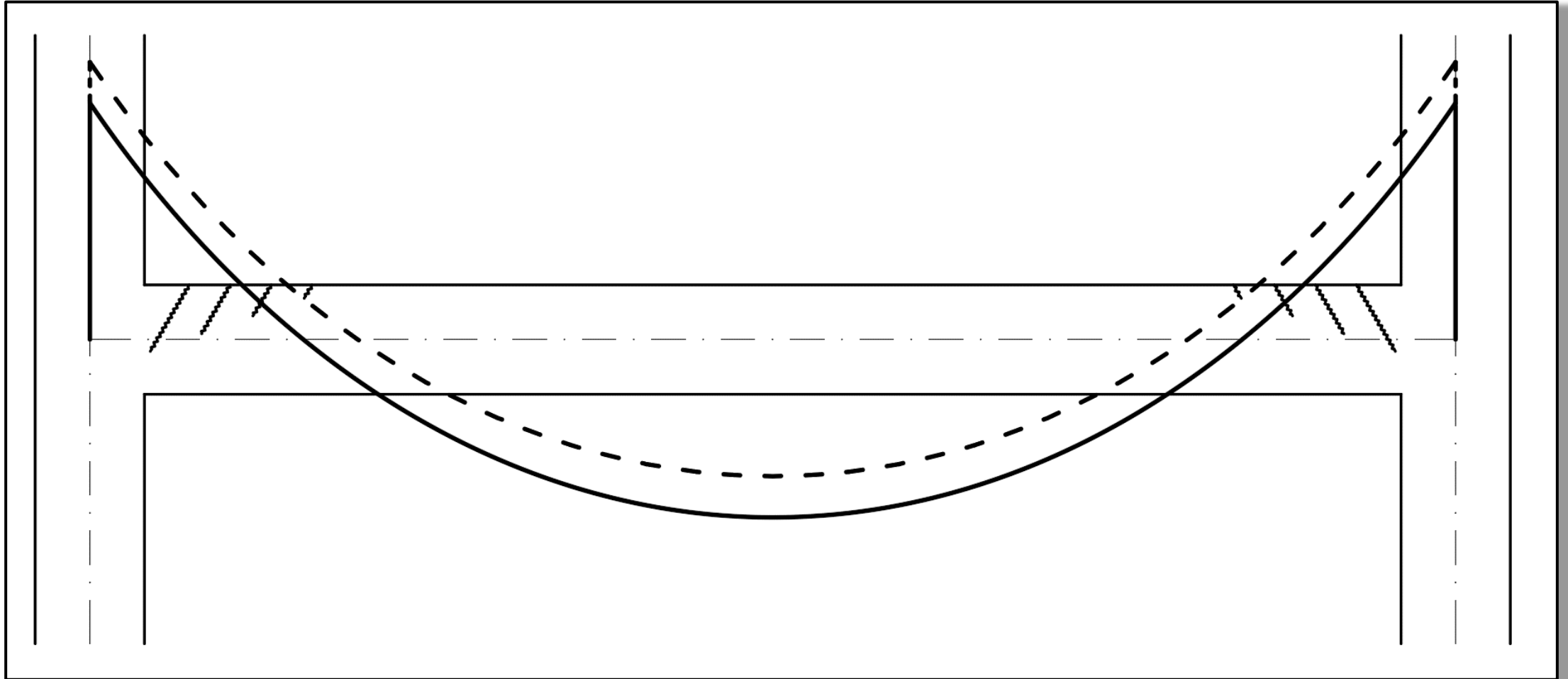
# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

## Jak to děláme?

Odhadujeme (zvolíme si\*) o kolik se zmenší nadpodporový moment a adekvátně k tomu zvětšíme moment v poli

$$M_{Ed,red} = \delta_{red} M_{Ed},$$

kde  $M_{Ed,red}$  je moment po redistribuci,

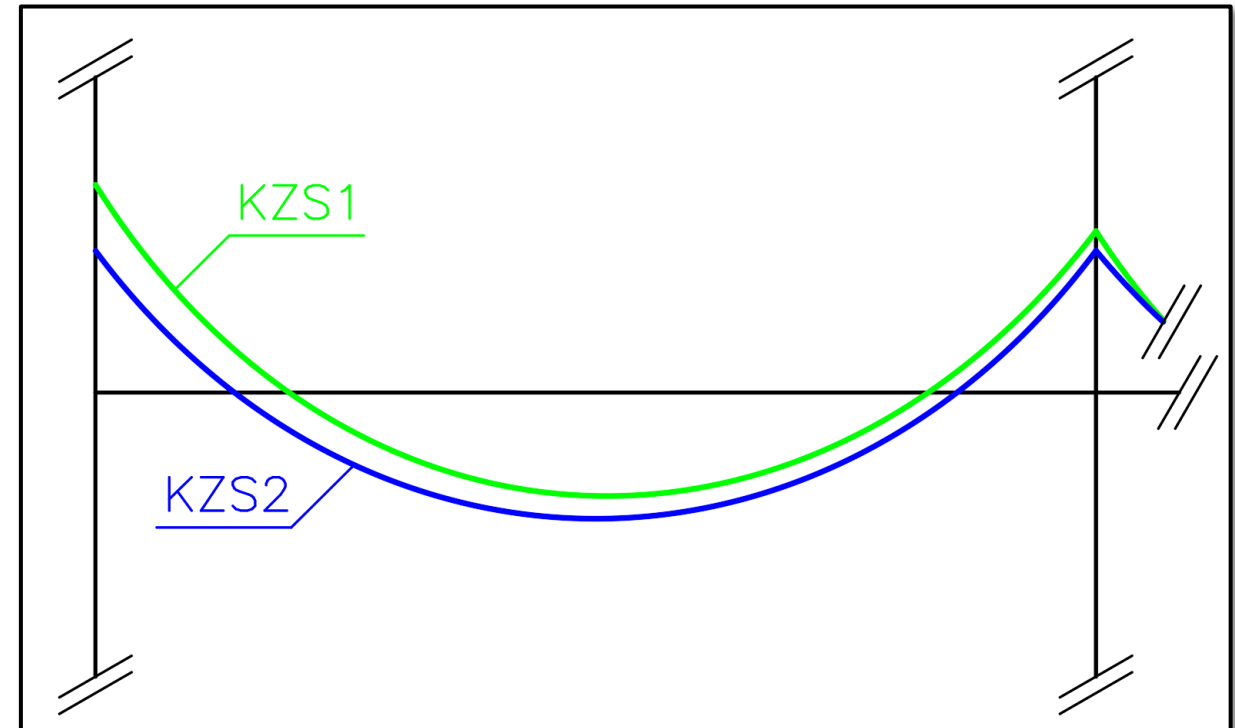
$\delta_{red}$  je redistribuční součinitel (volíme),

$M_{Ed}$  je moment podle elastického výpočtu (např. SCIA).

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů

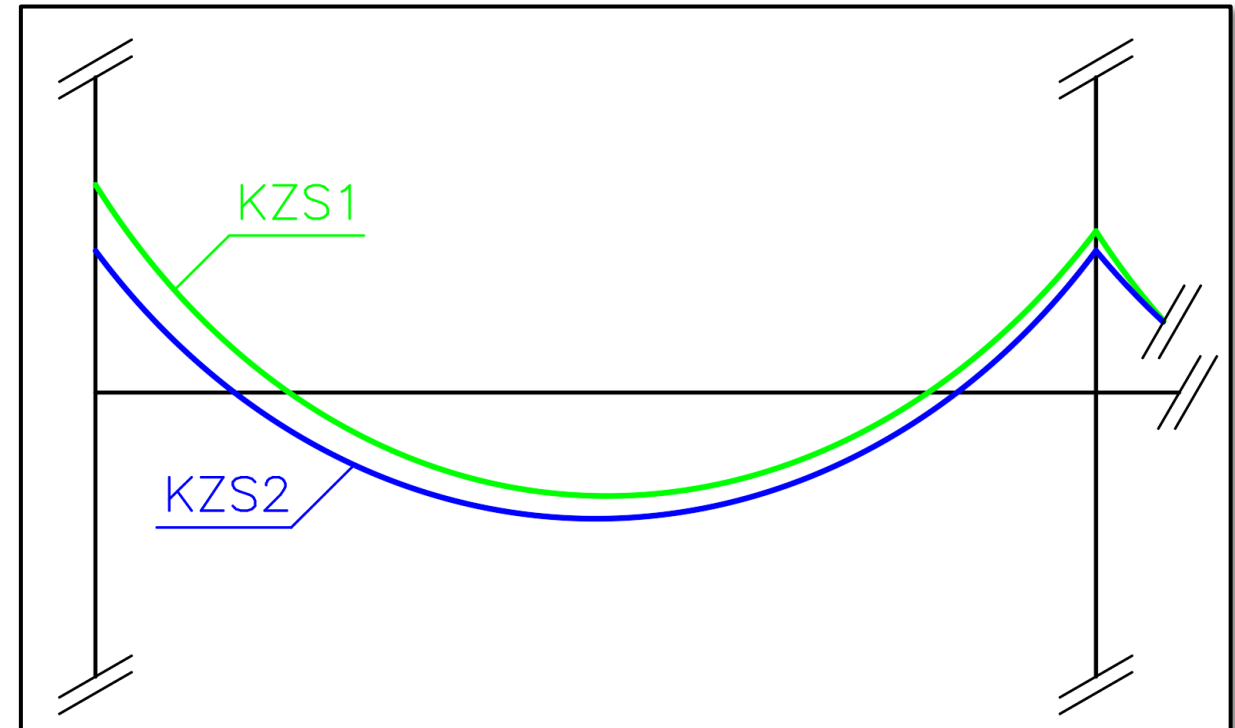
**Redistribuuje**me vždy momenty z toho **zatěžovacího stavu**, ve kterém jsou **největší nadpodporové** momenty\*.



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

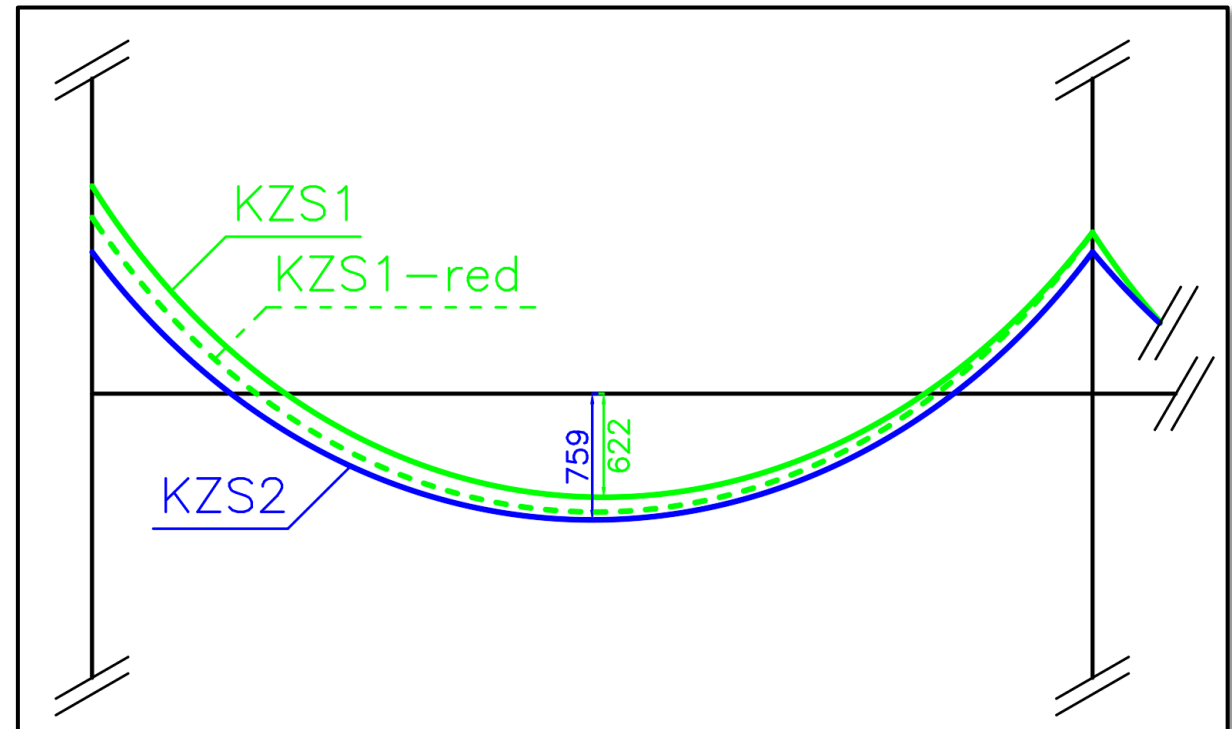
**Redistribuujeme** vždy momenty z toho **zatěžovacího stavu**, ve kterém jsou **největší nadpodporové** momenty\*.



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Momenty redistribuujeme tak, aby **po redistribuci byl moment v poli menší než největší moment v poli z ostatních kombinací\***.



# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

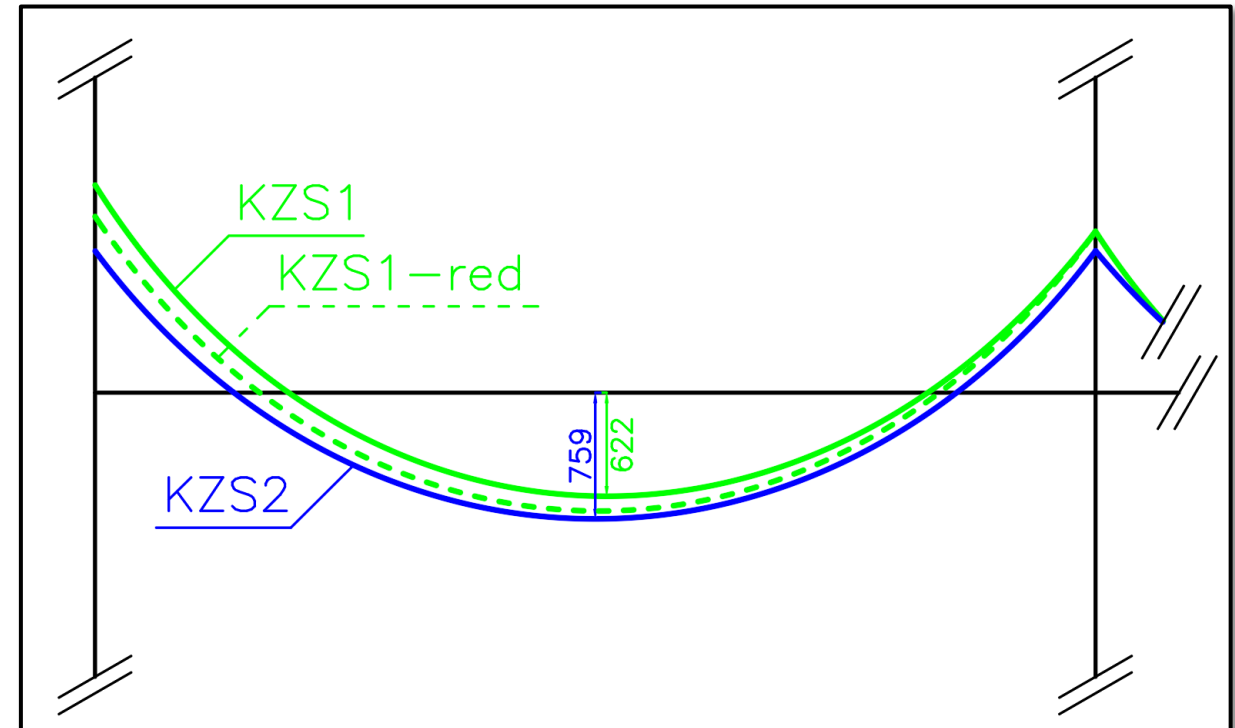
Momenty redistribuujeme tak, aby **po redistribuci byl moment v poli menší než největší moment v poli z ostatních kombinací\***.

Redistribuční součinitel tedy odhadneme jako

$$\delta > \frac{M_{Ed,KZS1}}{M_{Ed,KZS2}}$$

$$\delta > \frac{622}{759} = 0.82$$

$$\delta = 0.85$$





# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Pro redistribuční součinitel musíme\* ověřit, že platí

$$\delta \geq \max\left(0.75; 0.44 + 1.25 \frac{x}{d}\right).$$

Výšku tlačené oblasti můžeme předběžně spočítat pomocí [tabulky se součiniteli  \$\mu\$  a  \$\xi\$](#)  – viz [cv01.pdf](#).

# Redistribuce ohybových momentů

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Pro redistribuční součinitel musíme\* ověřit, že platí

$$\delta \geq \max\left(0.75; 0.44 + 1.25 \frac{x}{d}\right).$$

Výšku tlačené oblasti můžeme předběžně spočítat pomocí [tabulky se součiniteli  \$\mu\$  a  \$\xi\$](#)  – viz [cv01.pdf](#).

\*Tuto podmínku udává norma. (Když je podmínka splněna, nemusíme složitě ověřovat „schopnost plastického pootočení kloubů“).

# Redistribuce ohybových momentů

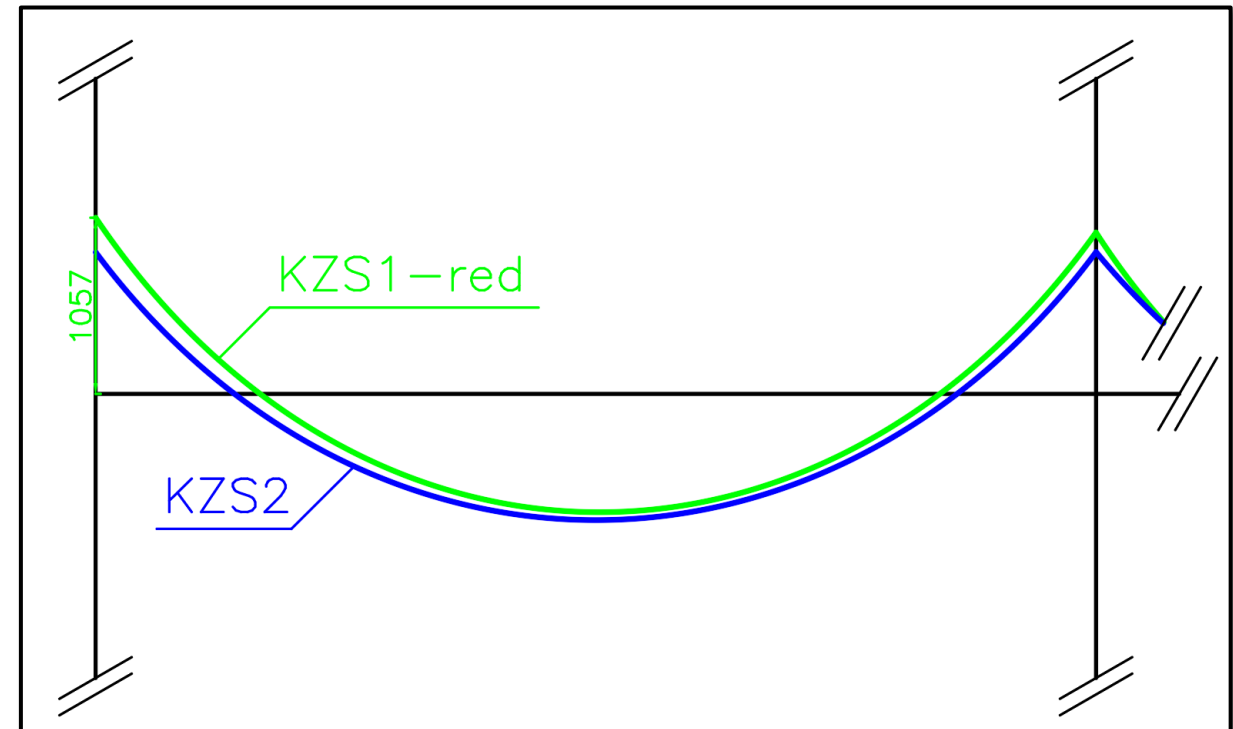
Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Se stanoveným a ověřeným redistribučním součinitelem můžeme konečně redistribuovat momenty\*.

$$M_{Ed,red} = \delta M_{Ed}$$

$$M_{Ed,red} = 0.85 \cdot 1244$$

$$M_{Ed,red} = 1057 \text{ kNm}$$



\*Můžeme redistribuovat oba nadpodporové momenty nebo jen jeden. Většinou se vyplatí redistribuovat pouze ten větší.

# Redistribuce ohybových momentů

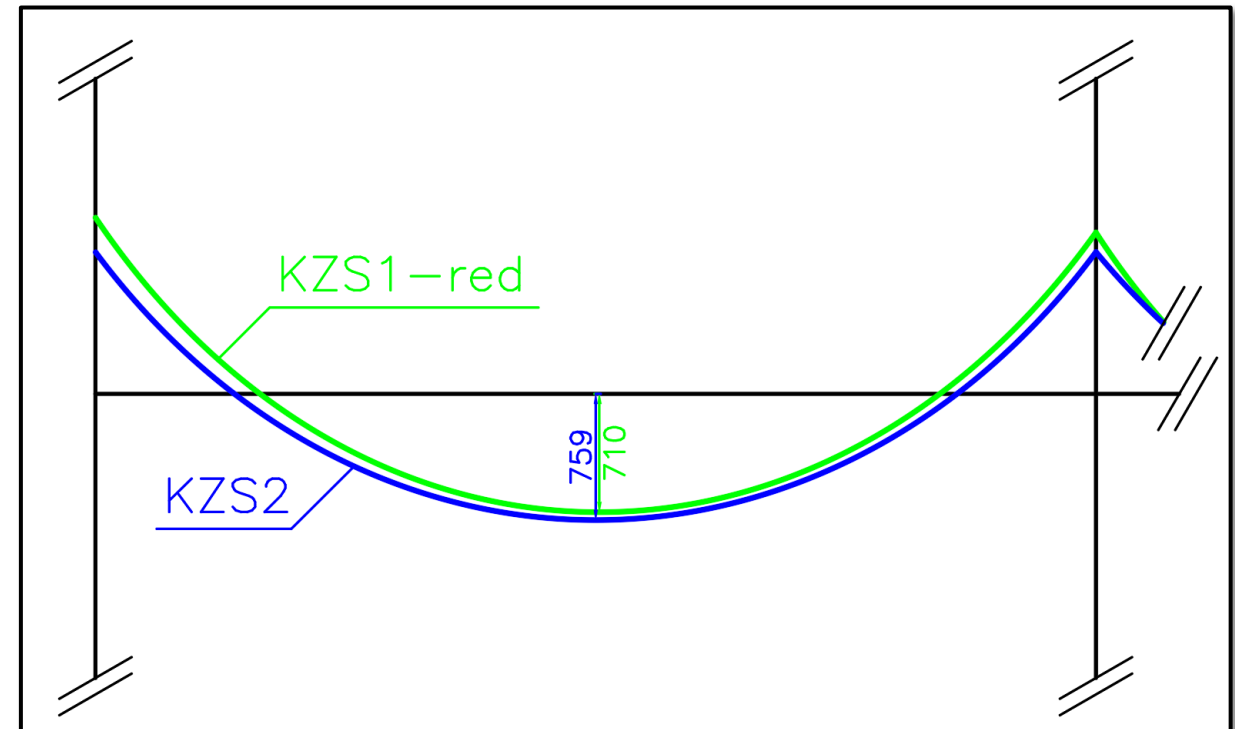
Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Nakonec ověříme, zda skutečně nebyl překročen\* největší moment v poli z ostatních kombinací.

$$M_{Ed,p,KZS1,red} < M_{Ed,p,KZS2}$$

$$710 < 759$$

OK



# Redistribuce ohybových momentů

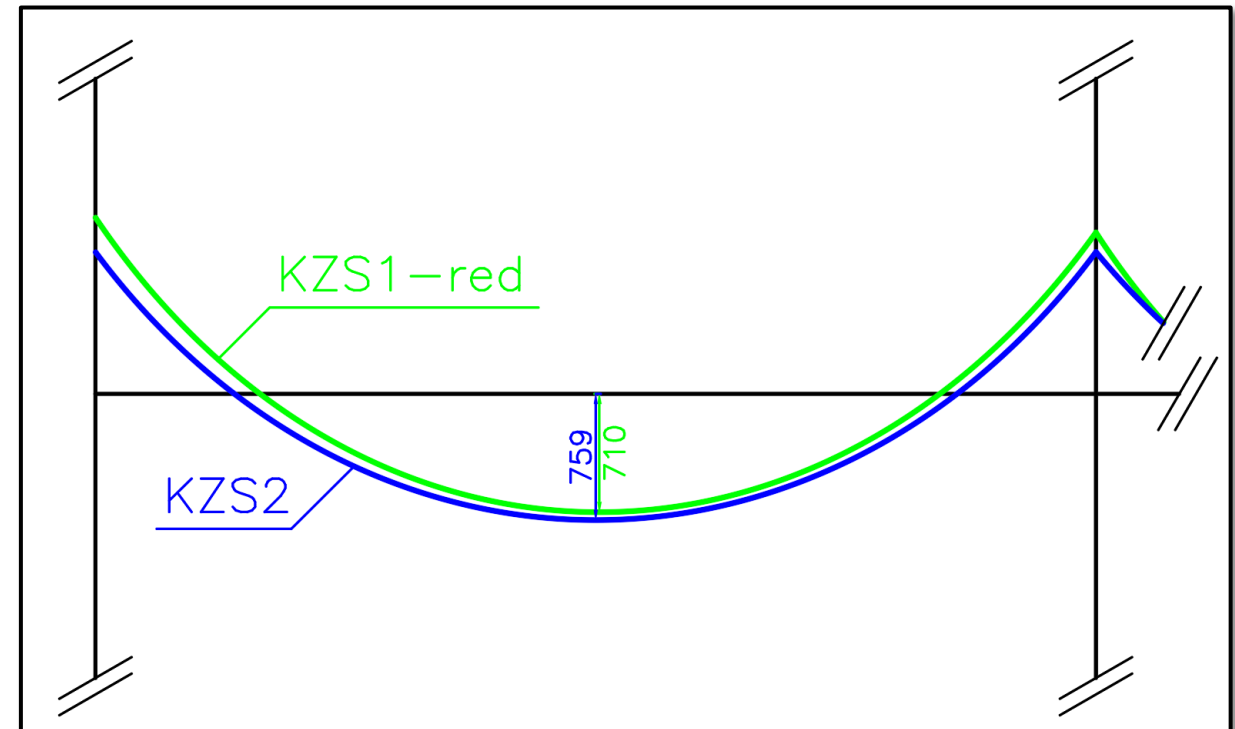
Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

Nakonec ověříme, zda skutečně nebyl překročen\* největší moment v poli z ostatních kombinací.

$$M_{Ed,p,KZS1,red} < M_{Ed,p,KZS2}$$

$$710 < 759$$

OK



\*Kdyby byl překročen, tak to nevadí. Jen na to musíme myslet při návrhu a posouzení výztuže, protože musíme pro návrh a posouzení použít maximální hodnotu v poli.

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů – shrnutí

Redistribuci můžeme dělat **jen u staticky neurčitých konstrukcí** zajištěných proti vodorovnému posunu.

**Redistribuuje**me nadpodporové momenty, ale **moment v poli je také ovlivněn**.

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů – shrnutí

Redistribuci **nesmíme** použít, pokud **poruší rovnováhu** na styčnicku.

Redistribuce **nemá smysl** u **malých hodnot momentů\*** a nad podporou, kde **z druhé strany je větší moment<sup>+</sup>**.

\* Proč?

+ Proč?

Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů – shrnutí

Redistribuci **nesmíme** použít, pokud **poruší rovnováhu** na styčnicku.

Redistribuce **nemá smysl** u **malých hodnot momentů\*** a nad podporou, kde **z druhé strany je větší moment<sup>+</sup>**.

\* Protože v průřezu stejně musí být alespoň konstrukční výztuž a ta ten malý moment pokryje.

+ Proč?



Teorie navíc  
(není součástí úkolu)

# Redistribuce ohybových momentů – shrnutí

Redistribuci **nesmíme** použít, pokud **poruší rovnováhu** na styčnicku.

Redistribuce **nemá smysl** u **malých hodnot momentů\*** a nad podporou, kde **z druhé strany je větší moment<sup>+</sup>**.

Redistribuci je **výhodné** použít na **největším nadpodporovém momentu**.

\* Protože v průřezu stejně musí být alespoň konstrukční výztuž a ta ten malý moment pokryje.

+ Protože ten větší moment stejně rozhodne o nutné ploše výztuže.

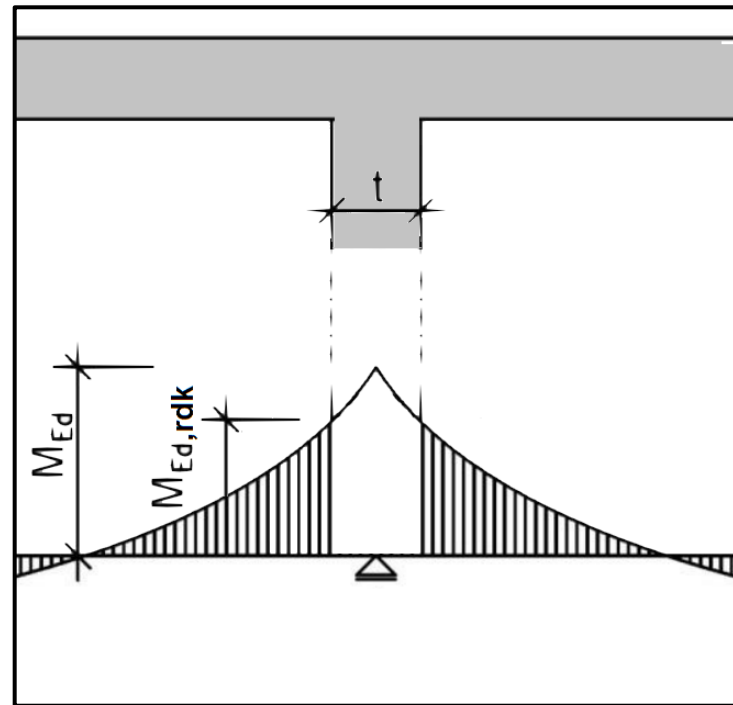
# Redukce ohybových momentů

# Redukce ohybových momentů

## Co to je?

Redukce ohybových momentů je **zmenšení návrhových momentů nad podporou.**

*Proč to děláme?*



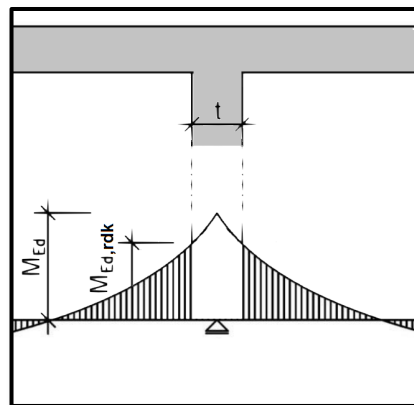
# Redukce ohybových momentů

## Co to je?

Redukce ohybových momentů je **zmenšení návrhových momentů nad podporou**.

## Proč to děláme?

Protože průřez reálně nikdy nebude namáhán tou extrémní hodnotou ohybového momentu stanovenou v teoretické podpoře.



# Redukce ohybových momentů

## Co to je?

Redukce ohybových momentů je **zmenšení návrhových momentů nad podporou.**

## Proč to děláme?

Protože průřez reálně nikdy nebude namáhán tou extrémní hodnotou ohybového momentu stanovenou v teoretické podpoře.

## Jak to děláme?

To záleží na způsobu podepření – viz dále.

# Redukce ohybových momentů

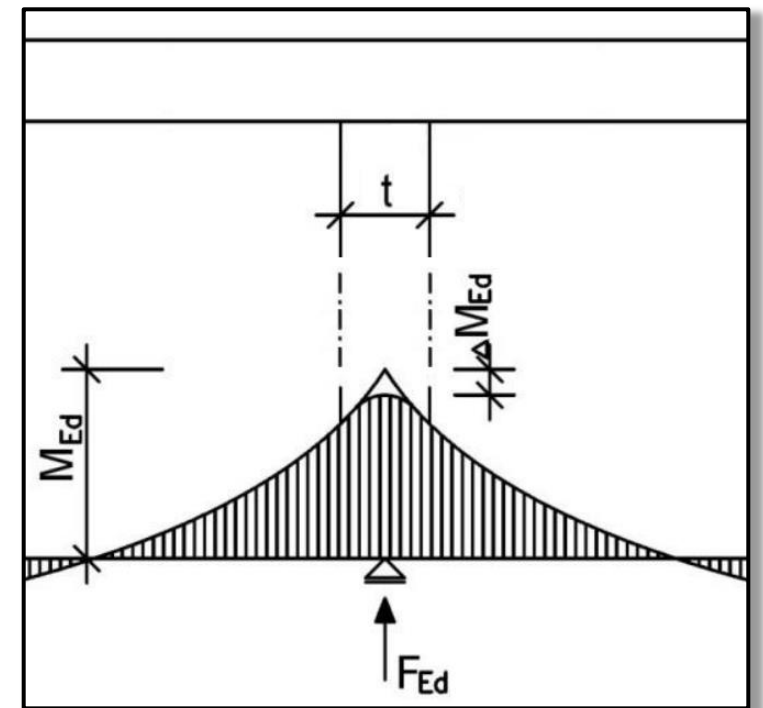
Při **prostém podepření\*** zmenšujeme moment v teoretické podpoře o  $\Delta M$  a spojujeme obloučkem.

$$M_{Ed,rdk} = M_{Ed} - \Delta M_{Ed},$$

kde  $M_{Ed,rdk}$  je moment po redukci,

$M_{Ed}$  je moment podle elastického výpočtu (např. SCIA) po případné redistribuci,

$$\Delta M_{Ed} = F_{Ed} t / 8.$$



# Redukce ohybových momentů

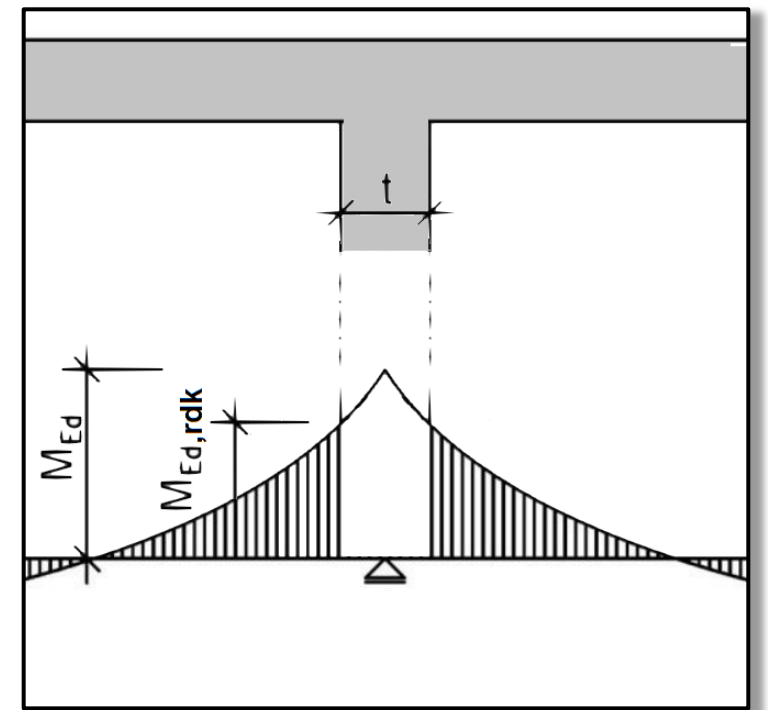
Při **dokonalém vetknutí\*** zmenšujeme moment na hodnotu v líci podpory. Hodnotu na líci můžeme odměřit, vypočítat přesně nebo vypočítat zjednodušeně pomocí vztahu

$$|M_{rdk}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2},$$

kde  $M_{Ed,rdk}$  je moment po redukci,

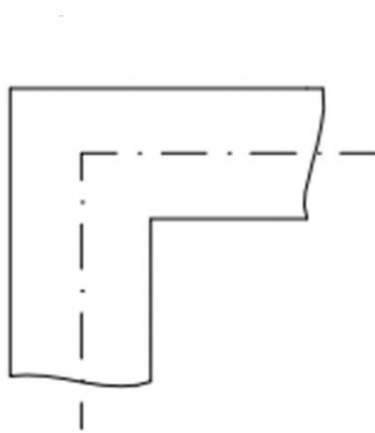
$M_{Ed}$  je moment podle elastického výpočtu (např. SCIA) po případné redistribuci,

$V_{Ed}$  je posouvající síla v podpoře.

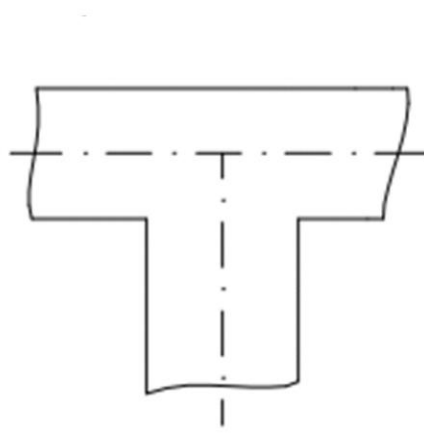


# Redukce ohybových momentů

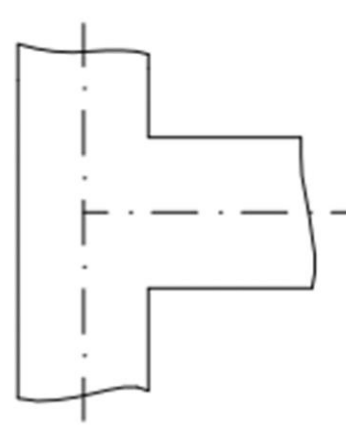
Pokud si **nejsme stoprocentně jisti o dokonalém vetknutí** prvku v podpoře, je správné uvažovat **prosté podepření**.



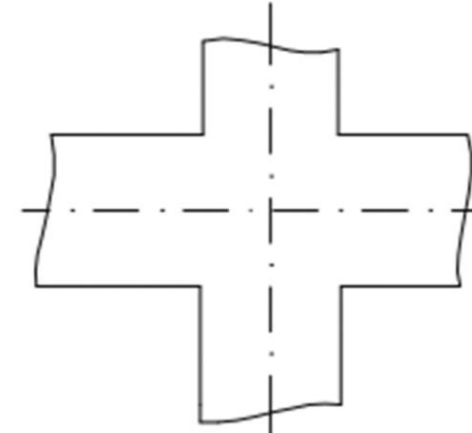
neredukujeme



obloučkem



na líc



na líc



# Redukce ohybových momentů – shrnutí

Redukci můžeme dělat **u všech** přímo podepřených **konstrukcí**.

**Redukujeme nadpodporové** momenty a **moment v poli není ovlivněn**.

Redukujeme **obloučkem** nebo **k líci podpory**.

# Redistribuce a redukce momentů **v naší úloze**

# Redistribuce

Redistribuci nebudeme provádět, protože se v praxi u nových konstrukcí využívá pouze výjimečně\*.

# Redukce

V naší domácí úloze se zaměříme na **příčel nad 1NP**, a na ní **provedeme redukci** nadpodporových momentů.

Příčel je **dokonale vetknutá**, a proto redukované momenty určíme jako

$$|M_{rdk}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2},$$

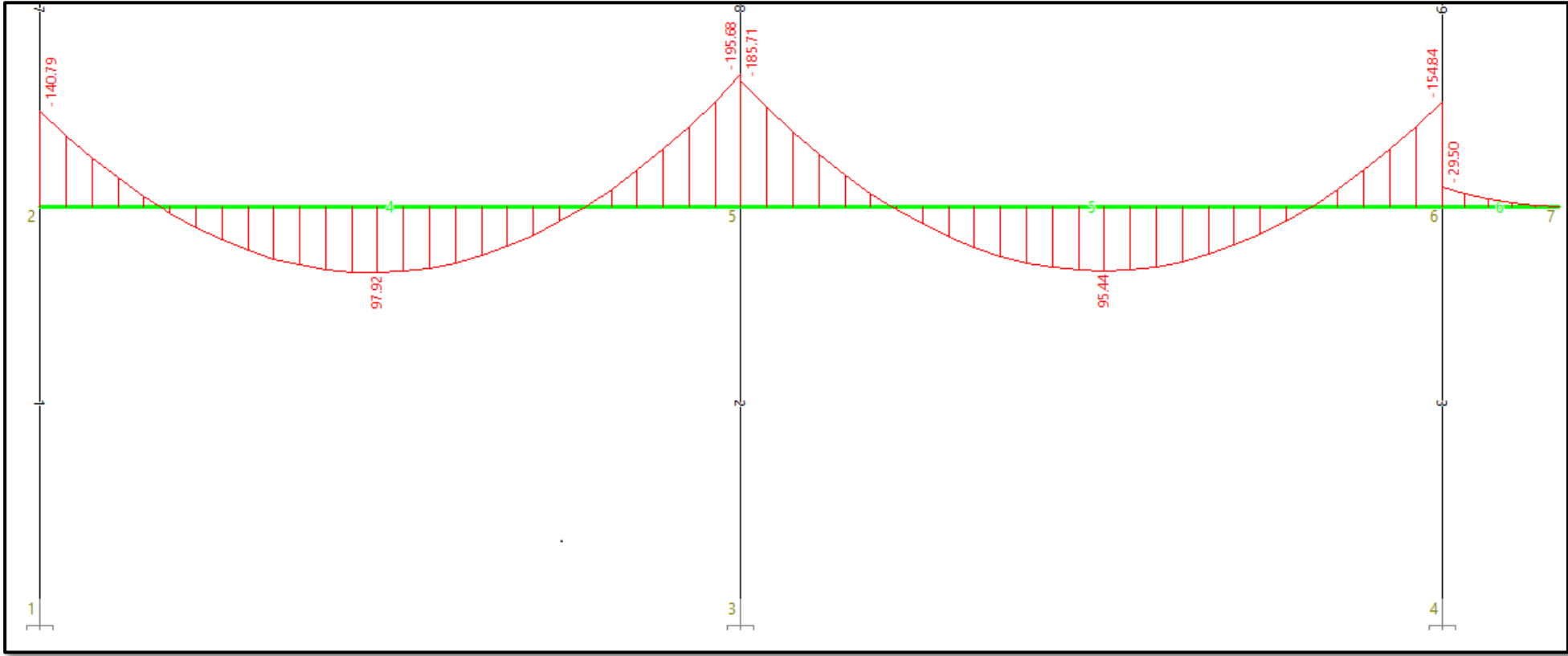
kde  $M_{Ed}$  je ohybový moment z programu SCIA\*,

$V_{Ed}$  je posouvající síla v podpoře,

$t$  je šířka podpory (sloupu).

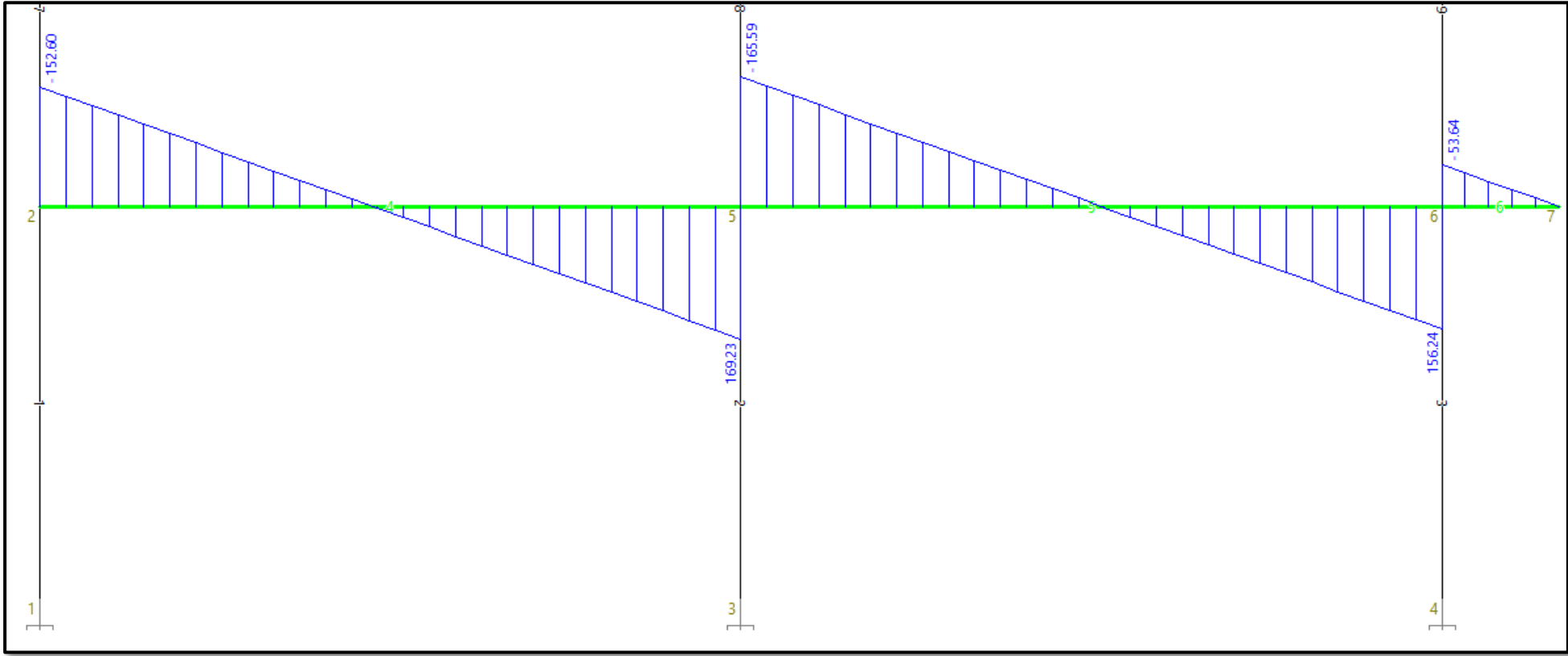
# Redukce – příklad pro jednu KZS

## Původní momenty KZS1 před redukcí



# Redukce – příklad pro jednu KZS

## Posouvající síla KZS1



# Redukce – příklad pro jednu KZS

Konzola:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2} = 29.5 - 53.64 \cdot 0.35/2 = 20.11$$

Pravý sloup:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2} = 154.84 - 156.24 \cdot 0.35/2 = 127.5$$

Vnitřní sloup zprava:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2} = 185.71 - 165.59 \cdot 0.35/2 = 156.73$$

Vnitřní sloup zleva:

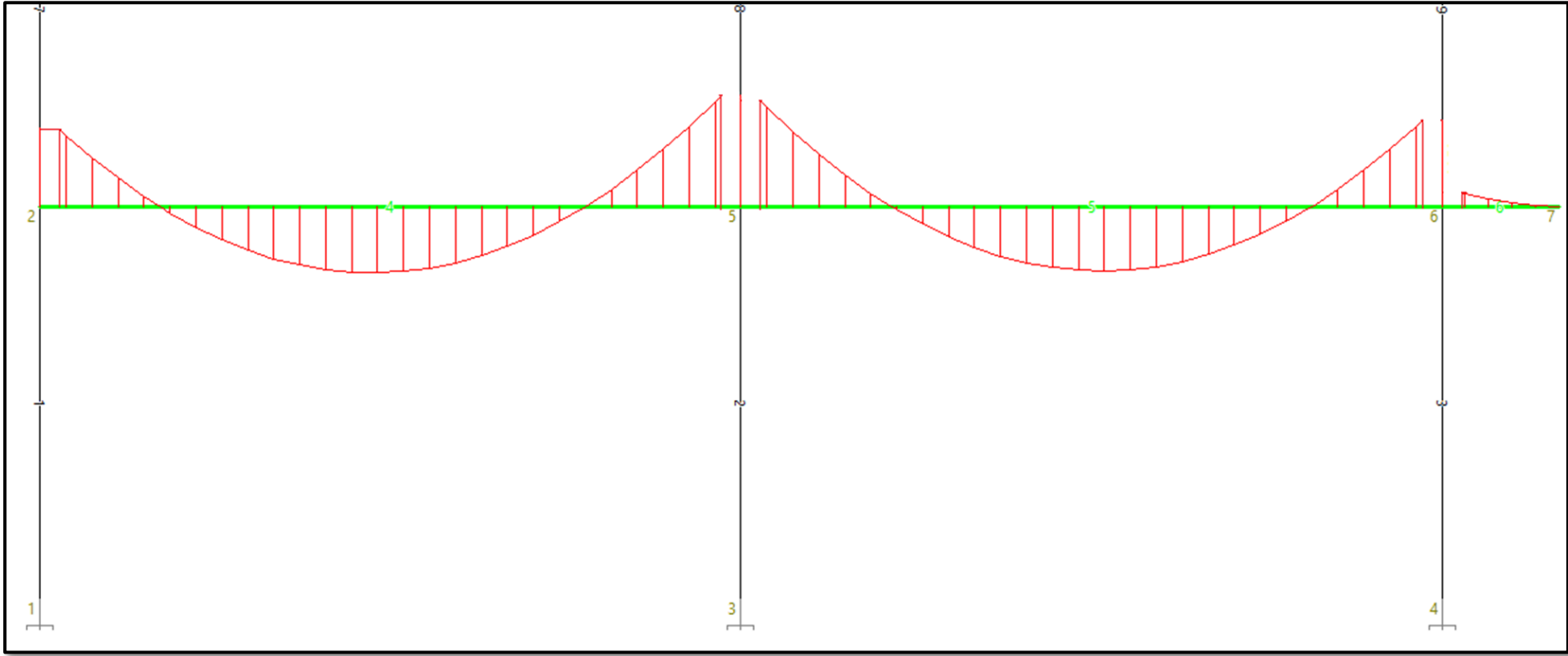
$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2} = 195.68 - 169.23 \cdot 0.35/2 = 166.06$$

Levý sloup:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{t}{2} = 140.79 - 152.6 \cdot 0.35/2 = 114.09$$

# Redukce – příklad pro jednu KZS

## Momenty KZS1 po redukci





# Redukce – obálka momentů (více KZS)

V případě, že máme více kombinací zatěžovacích stavů (jako v našem úkolu), není nutné dělat redukci pro všechny KZS. **Stačí udělat redukci pouze pro momenty, které jsou největší** – tedy pro momenty v obálce momentů.

**Důležité:** Pokud děláme **redukci momentů z obálky momentů**, tak **pro každý redukovaný moment** musíme **použít posouvající sílu z dané kombinace zatěžovacích stavů** (a ne z obálky posouvajících sil).

# Redukce – obálka momentů (více KZS)

Postup je tedy následující:

- 1) vybereme místo na konstrukci (např. nad levou podporou),
- 2) podíváme se do obálky momentů, jaká hodnota momentu v tom místě je ( $M_{Ed,obalka}$ ),
- 3) najdeme KZS, ze které daná hodnota pochází (např. KZS2, takže  $M_{Ed,obalka} = M_{Ed,KZS2}$ ),
- 4) pro dané KZS se podíváme, jaká posouvající síla v místě působí ( $V_{Ed,KZS2}$ ),
- 5) Vypočítáme redukovaný moment jako

$$|M_{red}| = |M_{Ed,KZS2}| - |V_{Ed,KZS2}| \frac{t}{2}.$$

Díky za pozornost

# Poděkování

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

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