



*Úloha 2 – Železobetonový trémový strop*

# Výpočet vnitřních sil na desce a trámech

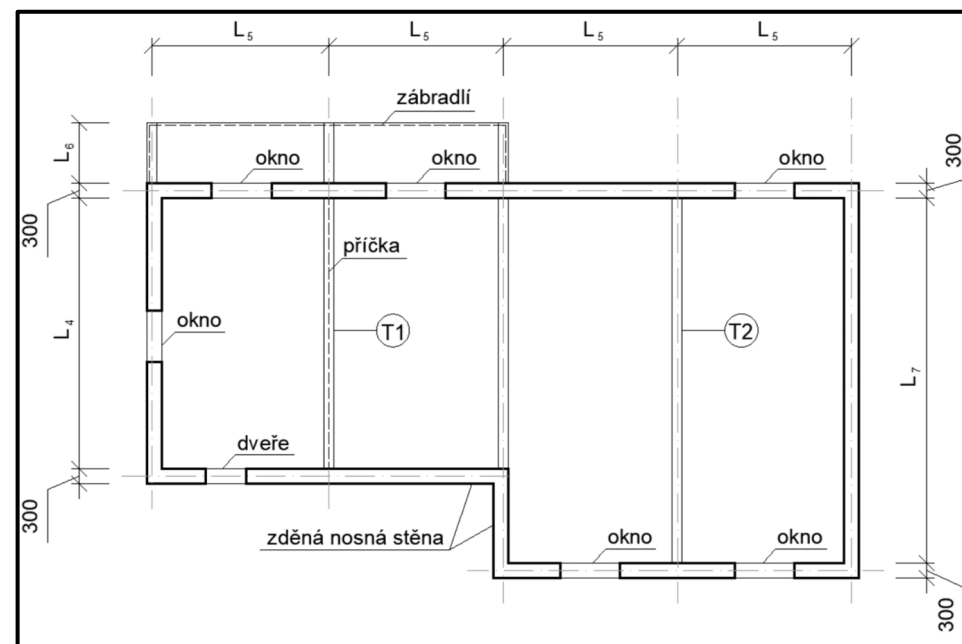
Prezentace k cvičení z předmětu NNKB (paralelka Štefan)

# 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
- návrh a posouzení výztuže trámu T1
- výkres tvaru.



# Výpočet vnitřních sil na desce a trámech

# Výpočet vnitřních sil

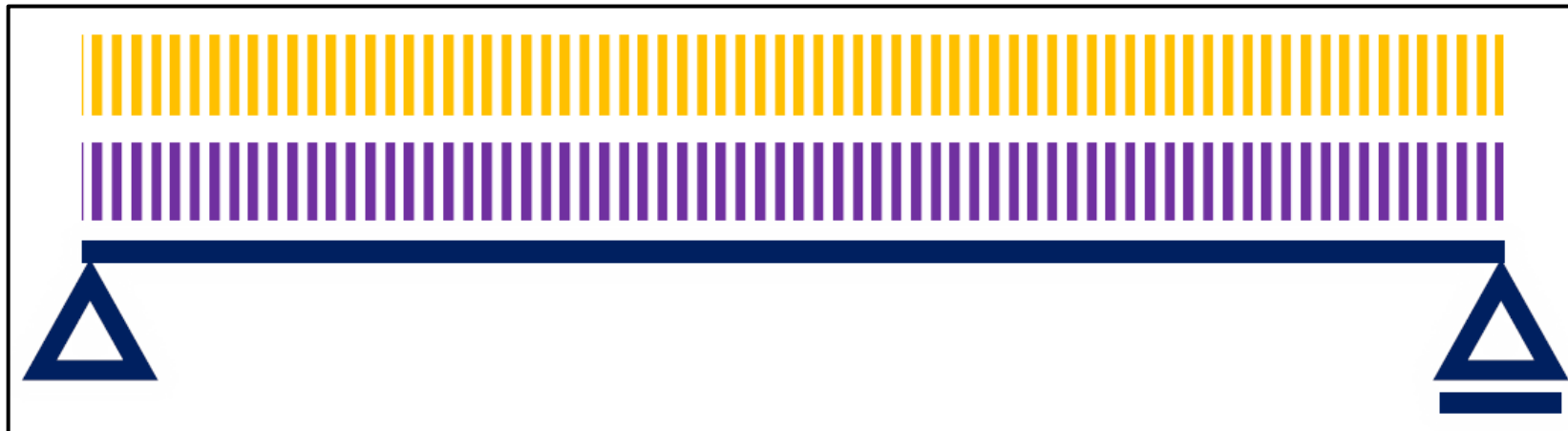
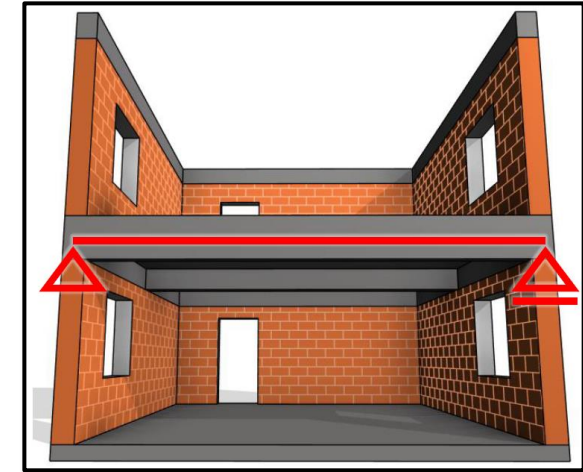
Naším úkolem je určit na:

- **desce** schéma zatížení a vnitřní síly (moment)
- **trámu T1** schéma zatížení a vnitřní síly (moment a posouvající síla)
- **trámu T2** schéma zatížení a vnitřní síly (moment a posouvající síla)

Trám T2

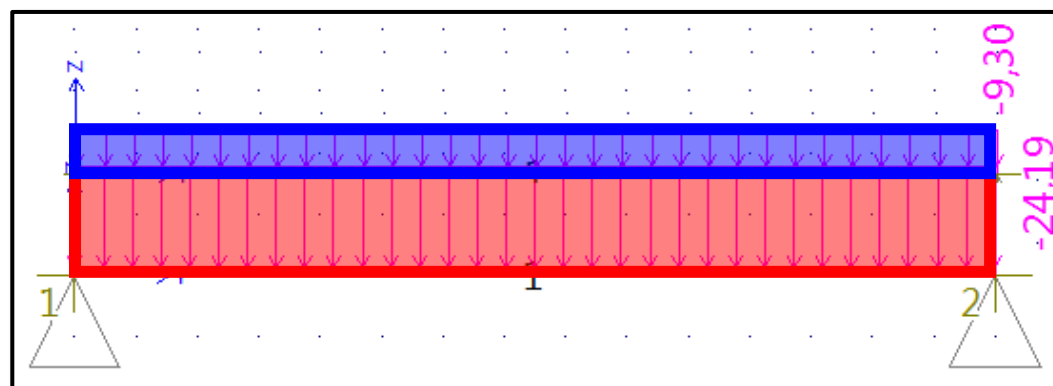
# Zatížení trámu T2

Na trám působí stálé a proměnné zatížení.



# Zatížení trámu T2

| Zatížení trámu T2 |                 |                                    |                |               |          |               |
|-------------------|-----------------|------------------------------------|----------------|---------------|----------|---------------|
| Typ zatížení      | Název zatížení  | $f_{pl,k}$                         | zat. šíř./výš. | $f_{lin,k}$   | $\gamma$ | $f_{lin,d}$   |
|                   |                 | $\text{kN/m}^2$                    | m              | $\text{kN/m}$ |          | $\text{kN/m}$ |
| STÁLÉ             | vl. tíha trámu  | $0.3 \cdot (0.66 - 0.11) \cdot 25$ |                | 4.13          | 1.35     | 5.57          |
|                   | stálé od desky  | 4.45                               | 3.10           | 13.80         |          | 18.62         |
|                   | $\Sigma$        |                                    | $g_k =$        | 17.92         | $g_d =$  | 24.19         |
| PROM.             | užitné zatížení | 2.00                               | 3.10           | 6.20          | 1.5      | 9.30          |
|                   | $\Sigma$        |                                    | $q_k =$        | 6.20          | $q_d =$  | 9.30          |
| $\Sigma$          |                 |                                    | $f_k =$        | 24.12         | $f_d =$  | 33.49         |





# Zatížení trámu T2

Zatížení

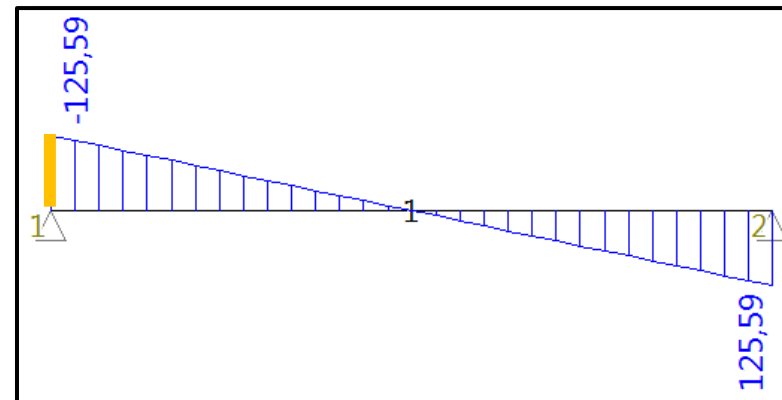
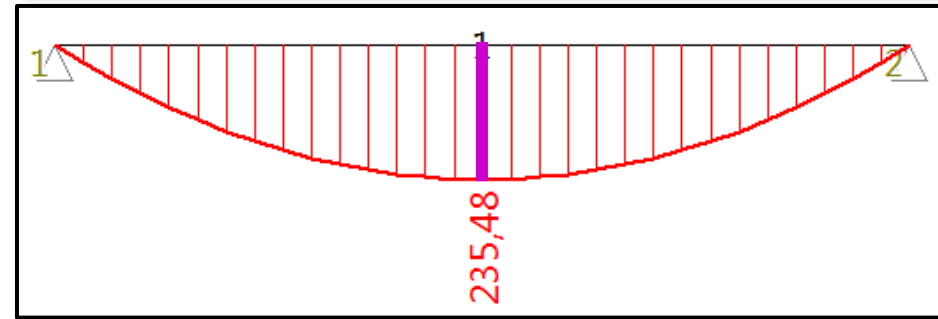
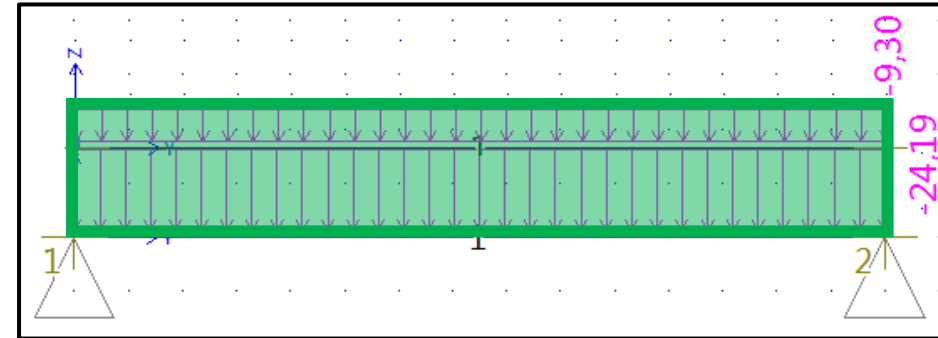
$$f_d = g_d + q_d$$

Moment v poli

$$M_p = \frac{1}{?} f_d L_T^2$$

Posouvající síla v podpoře

$$V_p = \frac{1}{?} f_d L_T$$



# Zatížení trámu T2

Zatížení

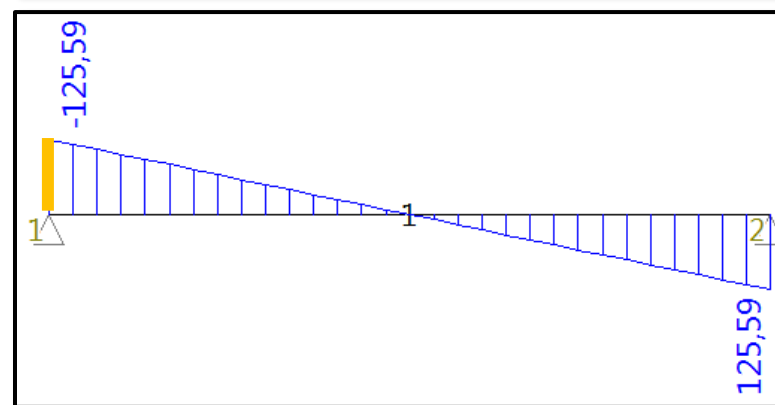
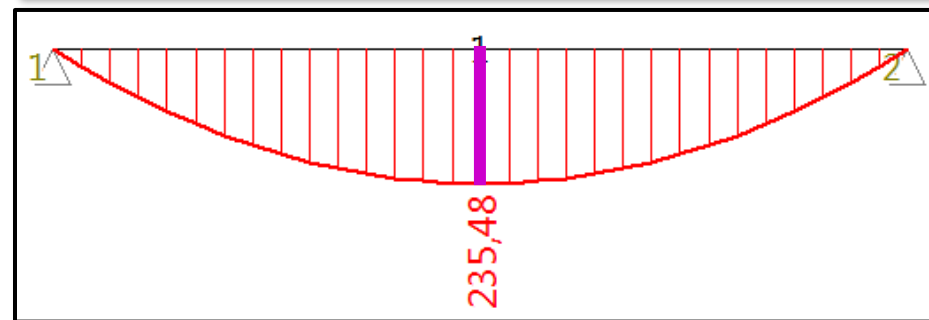
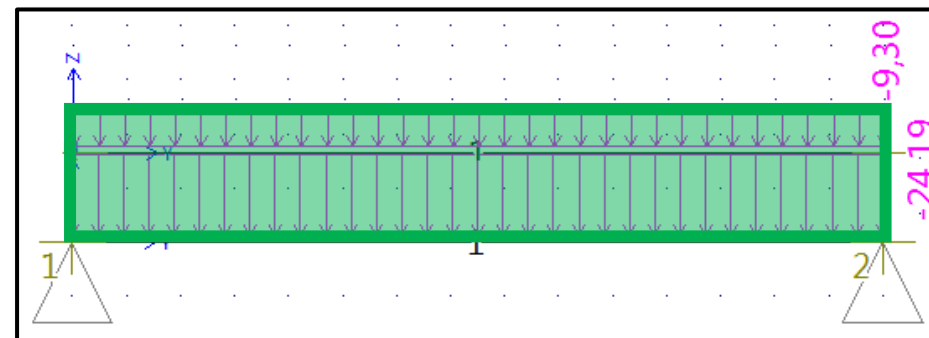
$$f_d = g_d + q_d$$

Moment v poli

$$M_p = \frac{1}{8} f_d L_T^2$$

Posouvající síla v podpoře

$$V_p = \frac{1}{2} f_d L_T$$



# Zatížení trámu T2

Zatížení

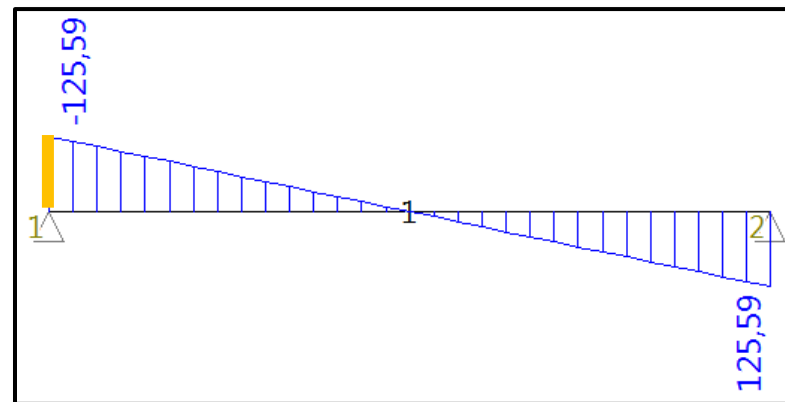
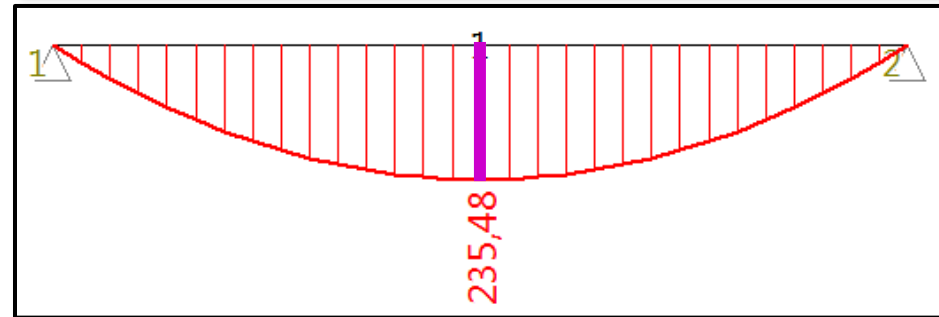
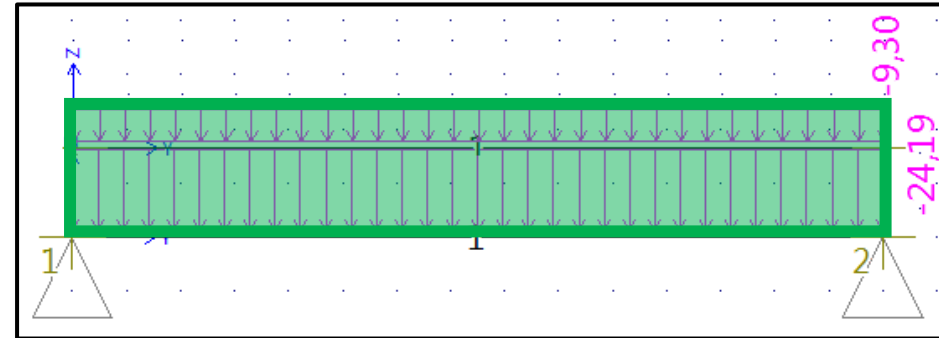
$$f_d = g_d + q_d$$

Moment v poli

$$M_p = \frac{1}{8} f_d L_T^2$$

Posouvající síla v podpoře

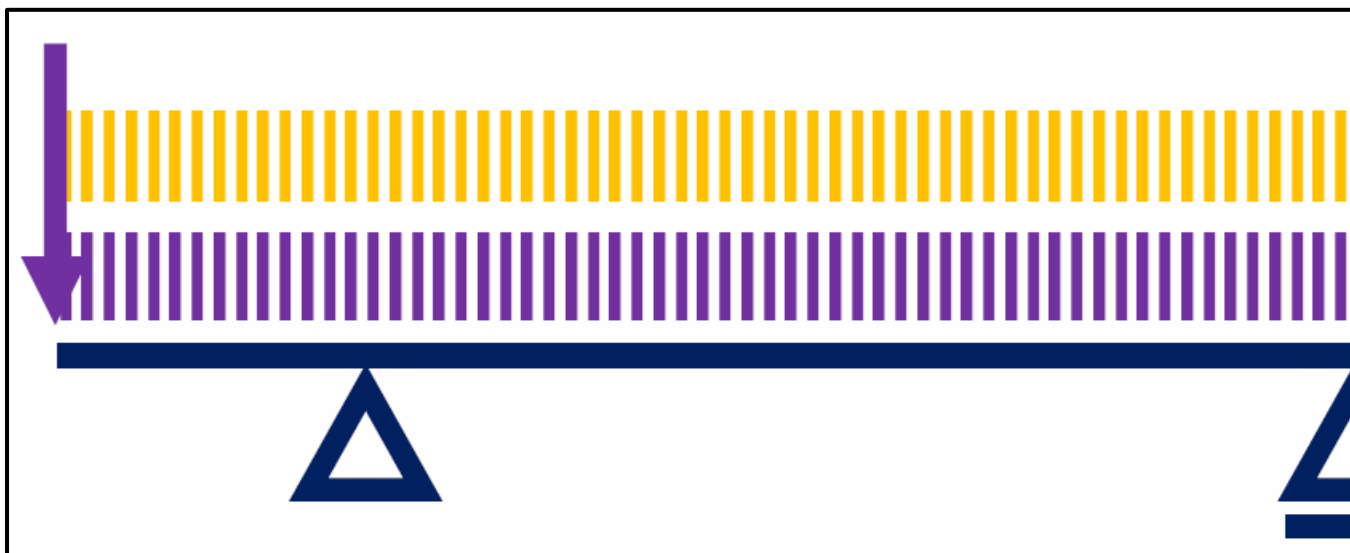
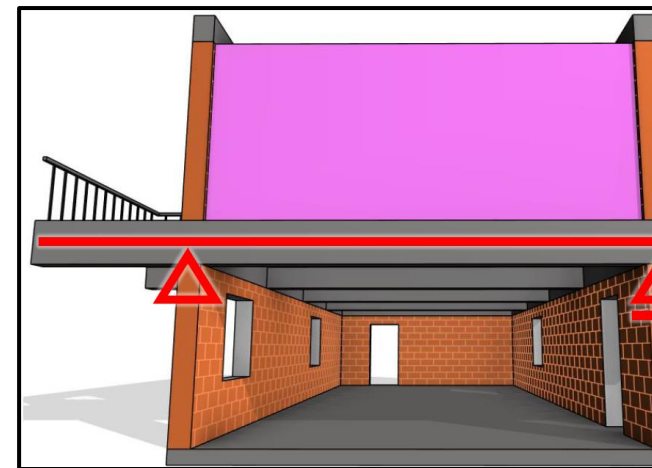
$$V_p = \frac{1}{2} f_d L_T$$



Trám T1

# Zatížení trámu T1

Na trám působí stálé a proměnné zatížení.

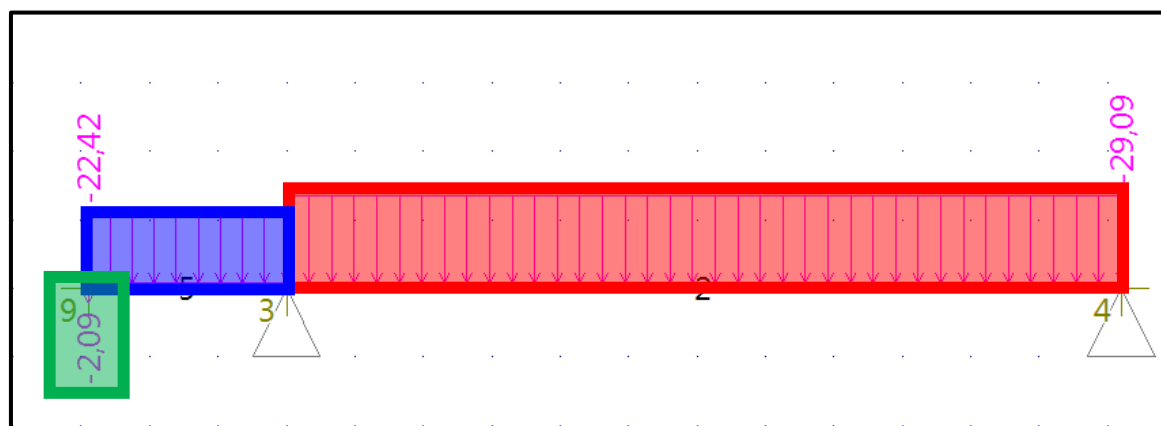


# Stálé zatížení trámu T1

| Zatížení trámu T1 v poli |                 |                                     |                |             |          |             |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|-------------|----------|-------------|
| Typ zatížení             | Název zatížení  | $f_{pl,k}$                          | zat. šíř./výš. | $f_{lin,k}$ | $\gamma$ | $f_{lin,d}$ |
|                          |                 | kN/m <sup>2</sup>                   | m              | kN/m        |          | kN/m        |
| STÁLÉ                    | vl. tíha trámu  | $0.25 \cdot (0.56 - 0.11) \cdot 25$ |                | 2.81        | 1.35     | 3.80        |
|                          | stálé od desky  | 4.45                                | 3.10           | 13.80       |          | 18.62       |
|                          | příčka          | 1.68                                | 2.94           | 4.94        |          | 6.67        |
|                          | $\Sigma$        |                                     | $g_k =$        | 21.55       |          | $g_d =$     |
| PROM.                    | užitné zatížení | 2.00                                | 3.10           | 6.20        | 1.5      | 9.30        |
|                          | $\Sigma$        |                                     | $q_k =$        | 6.20        | $q_d =$  | 9.30        |
| $\Sigma$                 |                 |                                     | $f_k =$        | 27.75       | $f_d =$  | 38.39       |

| Zatížení trámu T1 na konzole |                 |                                     |                |             |          |             |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|-------------|----------|-------------|
| Typ zatížení                 | Název zatížení  | $f_{pl,k}$                          | zat. šíř./výš. | $f_{lin,k}$ | $\gamma$ | $f_{lin,d}$ |
|                              |                 | kN/m <sup>2</sup>                   | m              | kN/m        |          | kN/m        |
| STÁLÉ                        | vl. tíha trámu  | $0.25 \cdot (0.56 - 0.11) \cdot 25$ |                | 2.81        | 1.35     | 3.80        |
|                              | stálé od desky  | 4.45                                | 3.10           | 13.80       |          | 18.62       |
|                              | $\Sigma$        |                                     | $g_k =$        | 16.61       |          | $g_d =$     |
| PROM.                        | užitné zatížení | 3.00                                | 3.10           | 9.30        | 1.5      | 13.95       |
|                              | $\Sigma$        |                                     | $q_k =$        | 9.30        | $q_d =$  | 13.95       |
| $\Sigma$                     |                 |                                     | $f_k =$        | 25.91       | $f_d =$  | 36.37       |

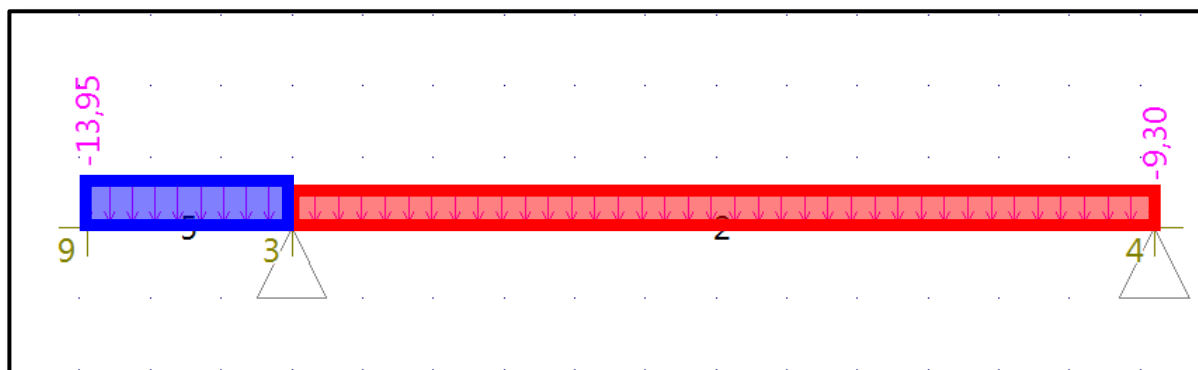
$$F_d = 1.35 \cdot \frac{50}{100} \cdot L_4 = 2.09 \text{ kN}$$



# Proměnné zatížení trámu T1

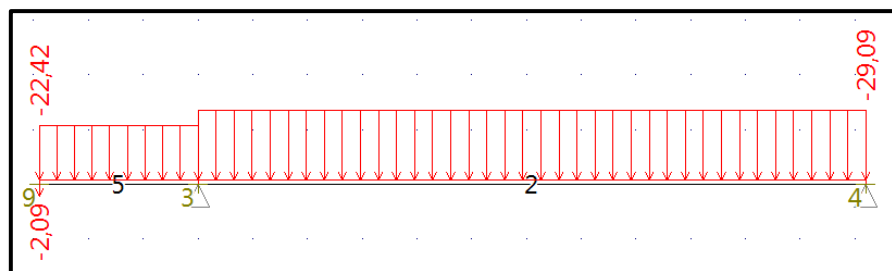
| Zatížení trámu T1 v poli |                 |                                     |                |             |          |             |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|-------------|----------|-------------|
| Typ zatížení             | Název zatížení  | $f_{pl,k}$                          | zat. šíř./výš. | $f_{lin,k}$ | $\gamma$ | $f_{lin,d}$ |
|                          |                 | kN/m <sup>2</sup>                   | m              | kN/m        |          | kN/m        |
| STÁLÉ                    | vl. tíha trámu  | $0.25 \cdot (0.56 - 0.11) \cdot 25$ |                | 2.81        | 1.35     | 3.80        |
|                          | stálé od desky  | 4.45                                | 3.10           | 13.80       |          | 18.62       |
|                          | příčka          | 1.68                                | 2.94           | 4.94        |          | 6.67        |
|                          | $\Sigma$        |                                     | $g_k =$        | 21.55       |          | $g_d =$     |
| PROM.                    | užitné zatížení | 2.00                                | 3.10           | 6.20        | 1.5      | 9.30        |
|                          | $\Sigma$        |                                     | $q_k =$        | 6.20        | $q_d =$  | 9.30        |
| $\Sigma$                 |                 |                                     | $f_k =$        | 27.75       | $f_d =$  | 38.39       |

| Zatížení trámu T1 na konzole |                |                                     |                |             |          |             |       |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------|----------|-------------|-------|
| Typ zatížení                 | Název zatížení | $f_{pl,k}$                          | zat. šíř./výš. | $f_{lin,k}$ | $\gamma$ | $f_{lin,d}$ |       |
|                              |                | kN/m <sup>2</sup>                   | m              | kN/m        |          | kN/m        |       |
| STÁLÉ                        | vl. tíha trámu | $0.25 \cdot (0.56 - 0.11) \cdot 25$ |                | 2.81        | 1.35     | 3.80        |       |
|                              | stálé od desky | 4.45                                | 3.10           | 13.80       |          | 18.62       |       |
|                              | $\Sigma$       |                                     | $g_k =$        | 16.61       |          | $g_d =$     | 22.42 |
|                              | PROM.          | užitné zatížení                     | 3.00           | 3.10        |          | 9.30        | 1.5   |
|                              | $\Sigma$       |                                     | $q_k =$        | 9.30        | $q_d =$  | 13.95       |       |
| $\Sigma$                     |                |                                     | $f_k =$        | 25.91       | $f_d =$  | 36.37       |       |

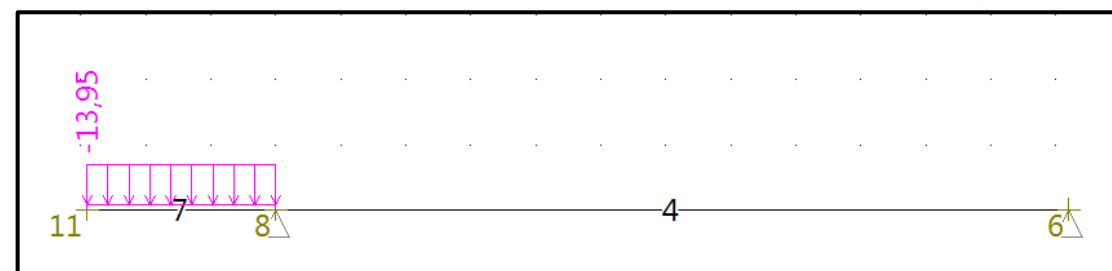
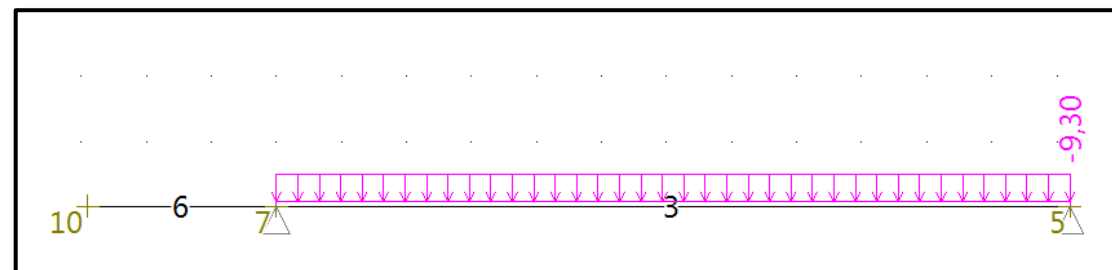
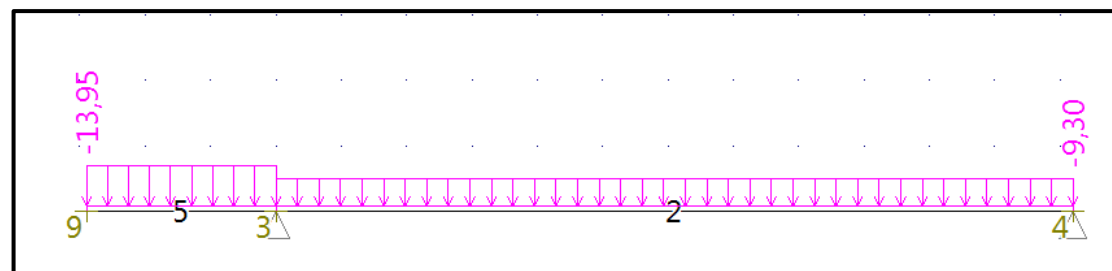


# Zatěžovací stavy trámu T1

**Stálé** zatížení působí vždy všude.



**Proměnné** zatížení nemusí působit všude.





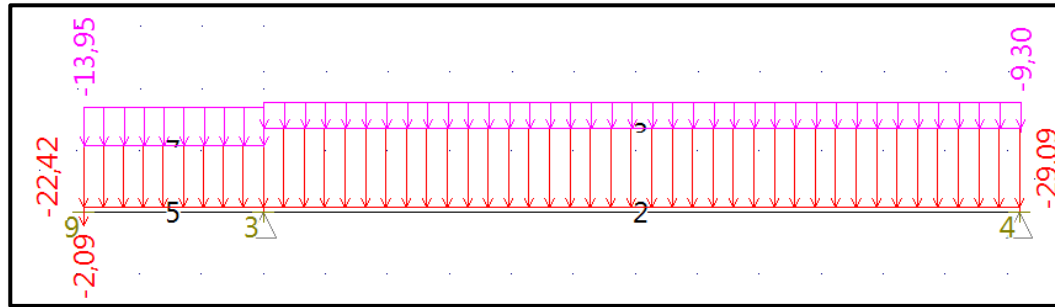
# Kombinace zatěžovacích stavů trámu T1

Musíme vyšetřit všechny kombinace zatížení.

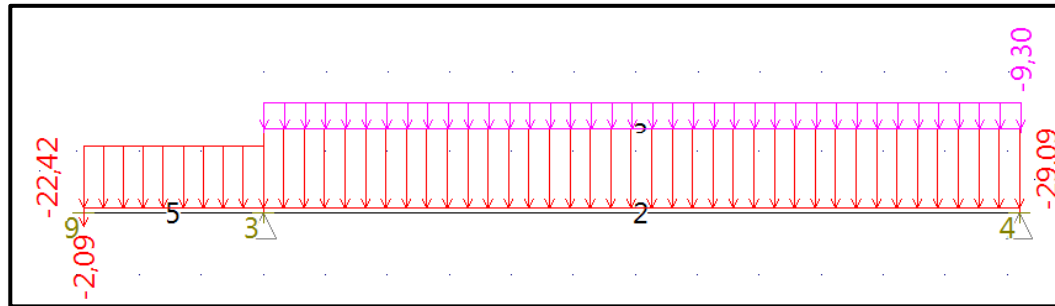
(Protože se nedá obecně říct, která kombinace je nejhorší pro konstrukci – některá kombinace může vytvořit největší moment nad konzolou, zatímco jiná může vytvořit největší moment v poli.)

# Kombinace zatěžovacích stavů trámu T1

## KZS 1



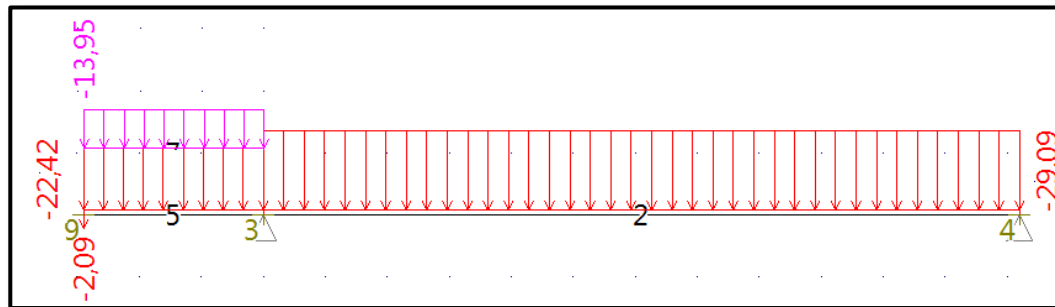
## KZS 2



Která kombinace bude mít největší moment v poli?

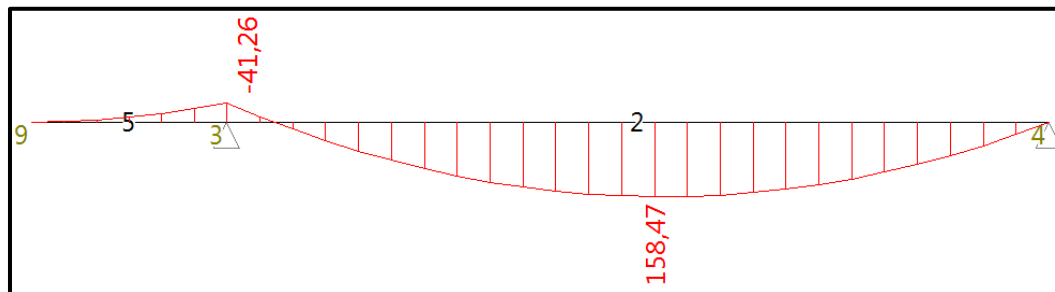
Která kombinace bude mít největší moment na konzole?

## KZS 3



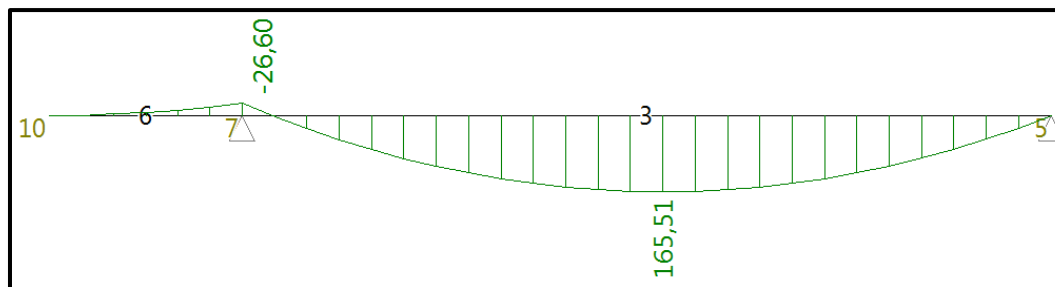
# Momenty na trámu T1

## KZS 1



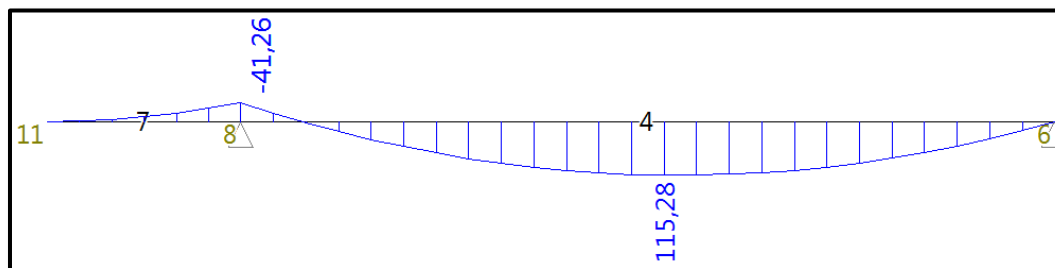
Největší moment na konzole.

## KZS 2



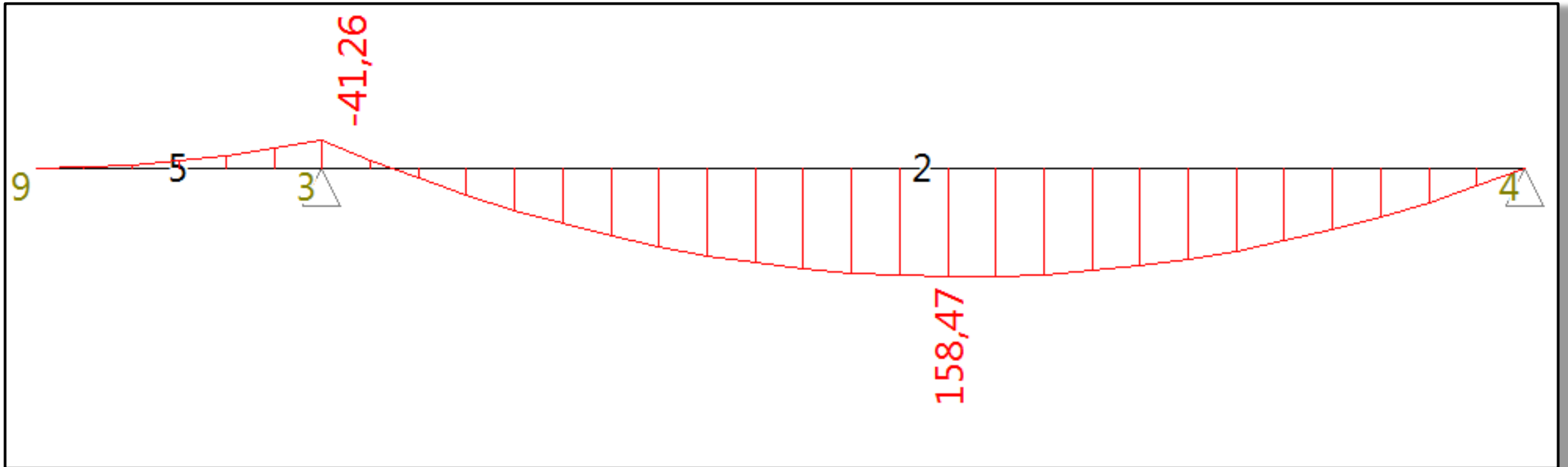
Největší moment v poli.

## KZS 3



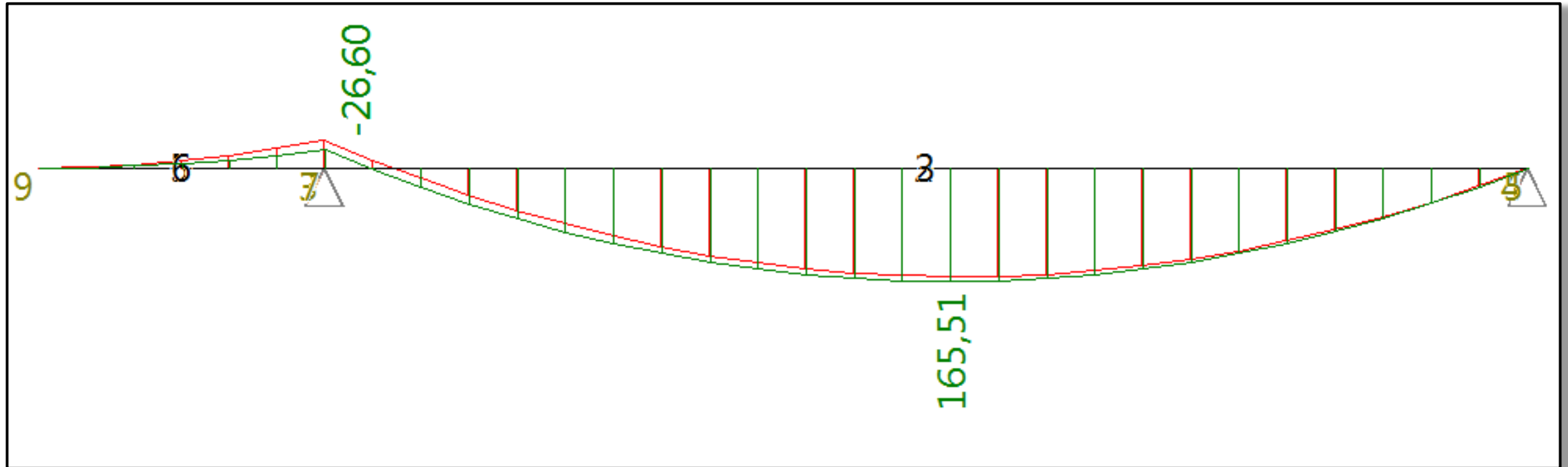
Největší moment na konzole.

# Obálka momentů



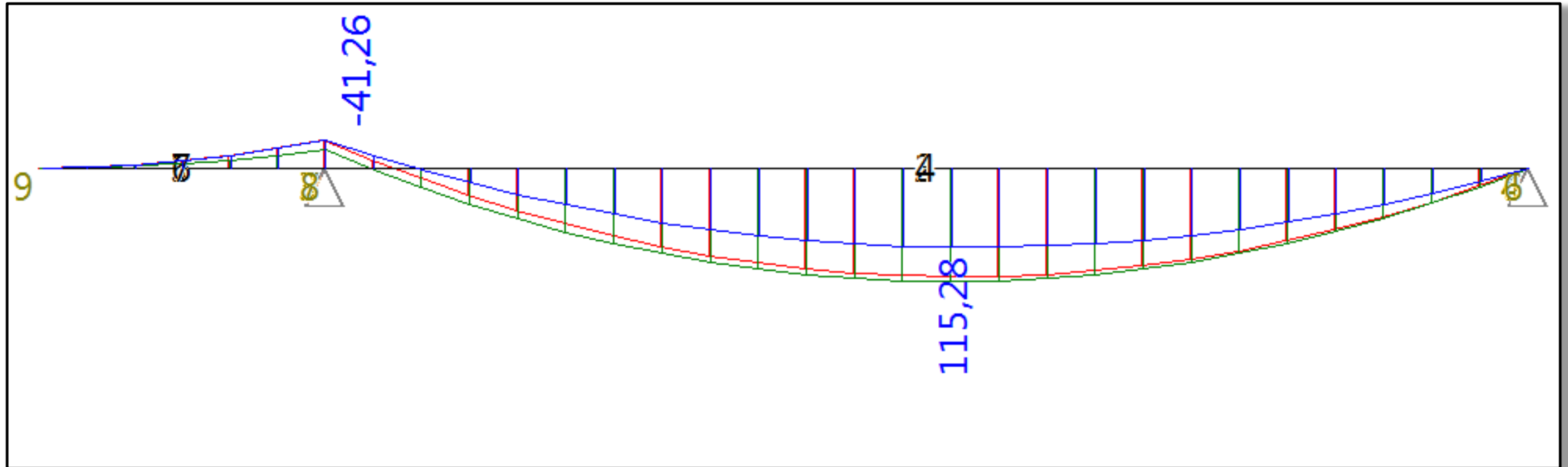
## KZS 1

# Obálka momentů



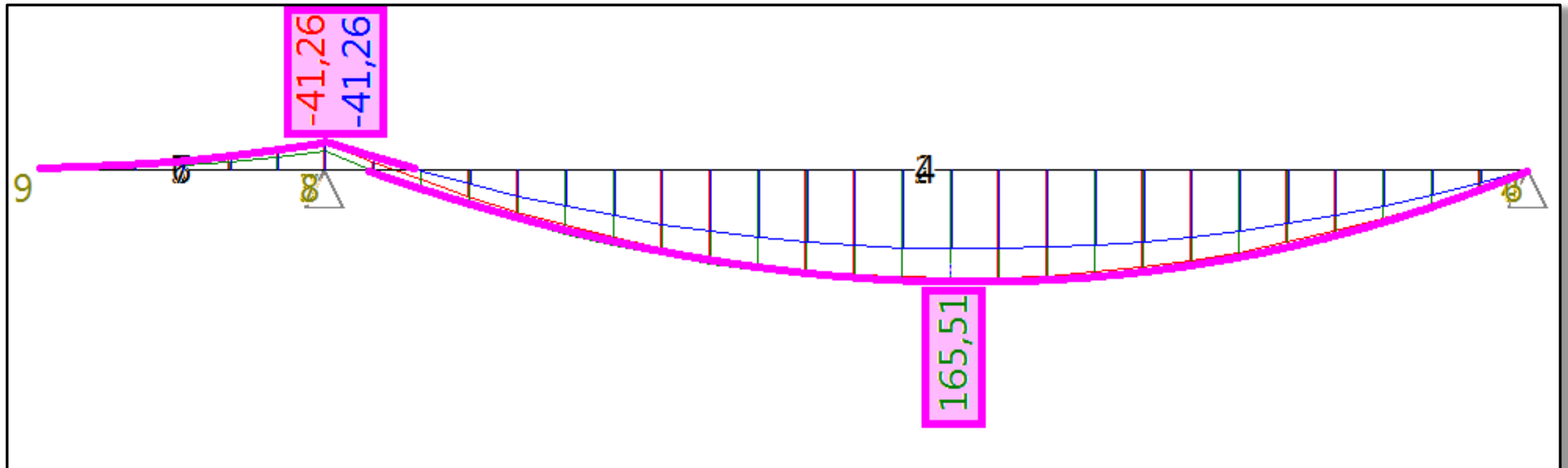
## KZS 1 & KZS 2

# Obálka momentů



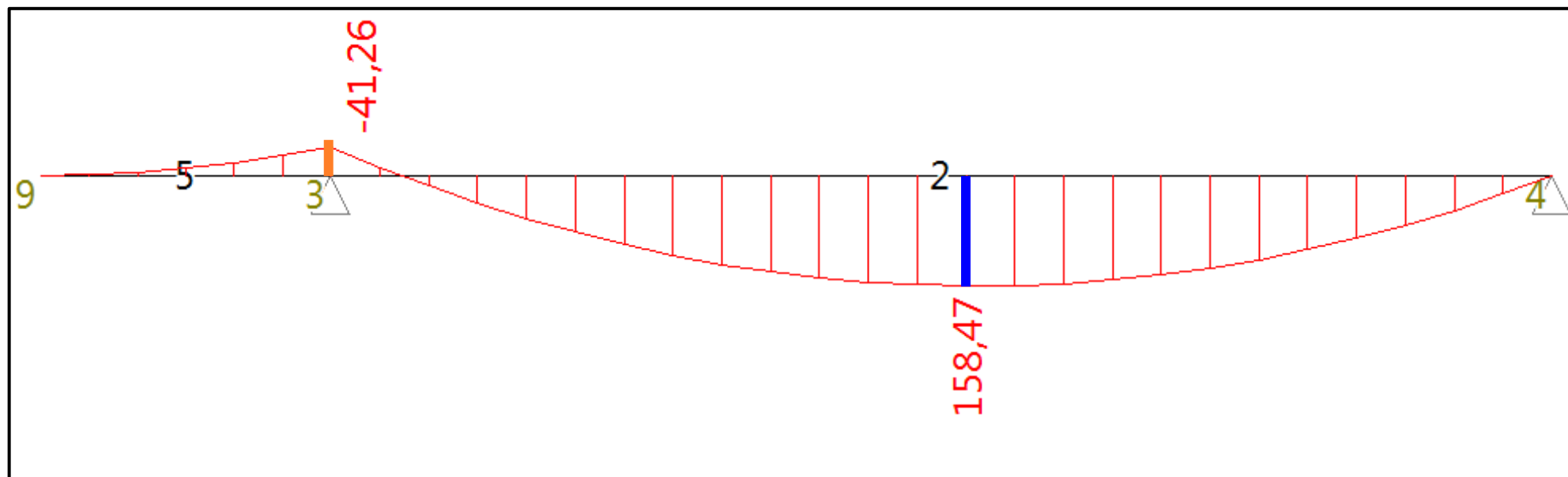
KZS 1 & KZS 2 & KZS 3

# Obálka momentů



# Výpočet momentů na trámu T1

**Moment nad podporou** a **moment v poli** pro jednotlivé kombinace zatížení můžete vypočítat klasicky z podmínek rovnováhy. (Pro kontrolu můžete použít STRAN nebo FIN 2D.)

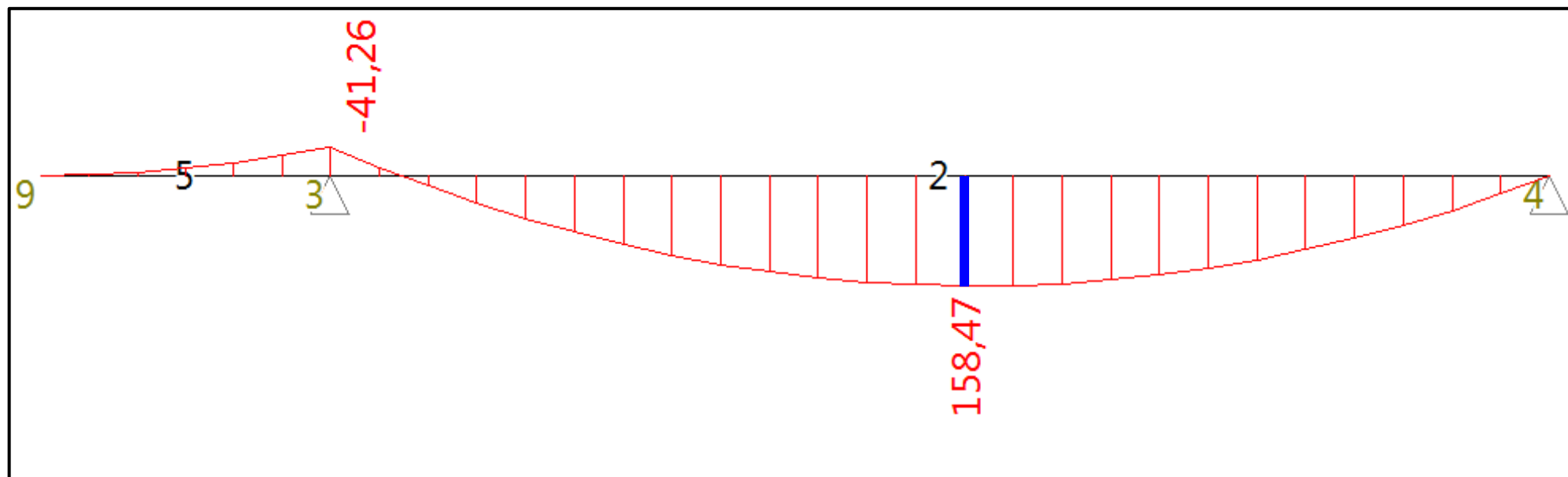




# Výpočet momentů na trámu T1

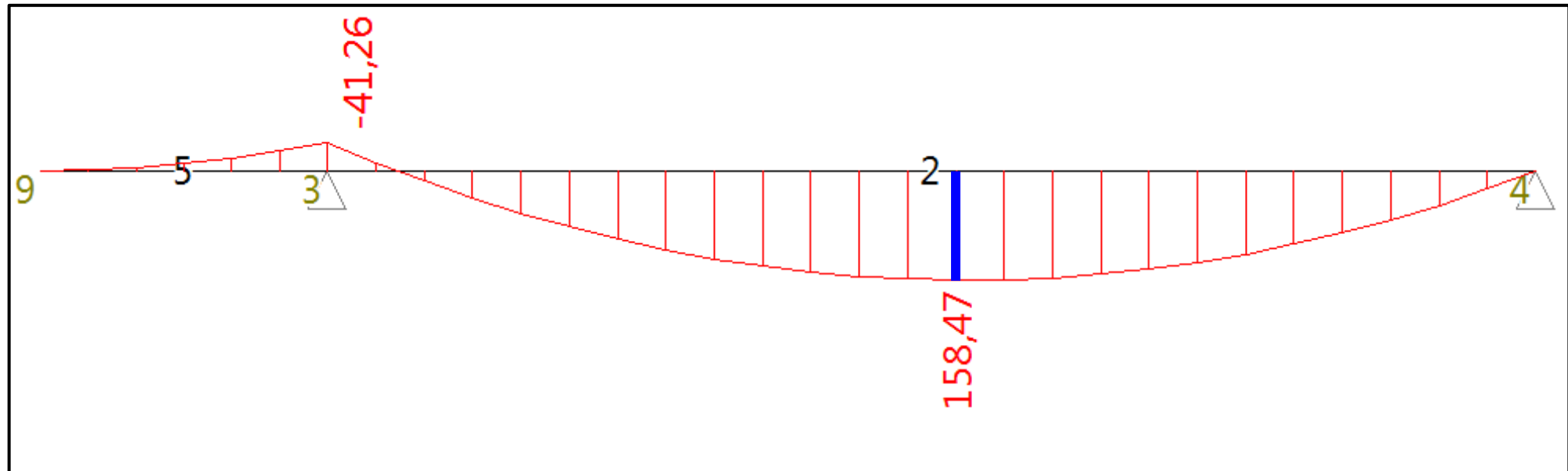
Upozornění: **Maximální moment** v poli je **v místě...?**  
v polovině rozpětí.)

(A ne



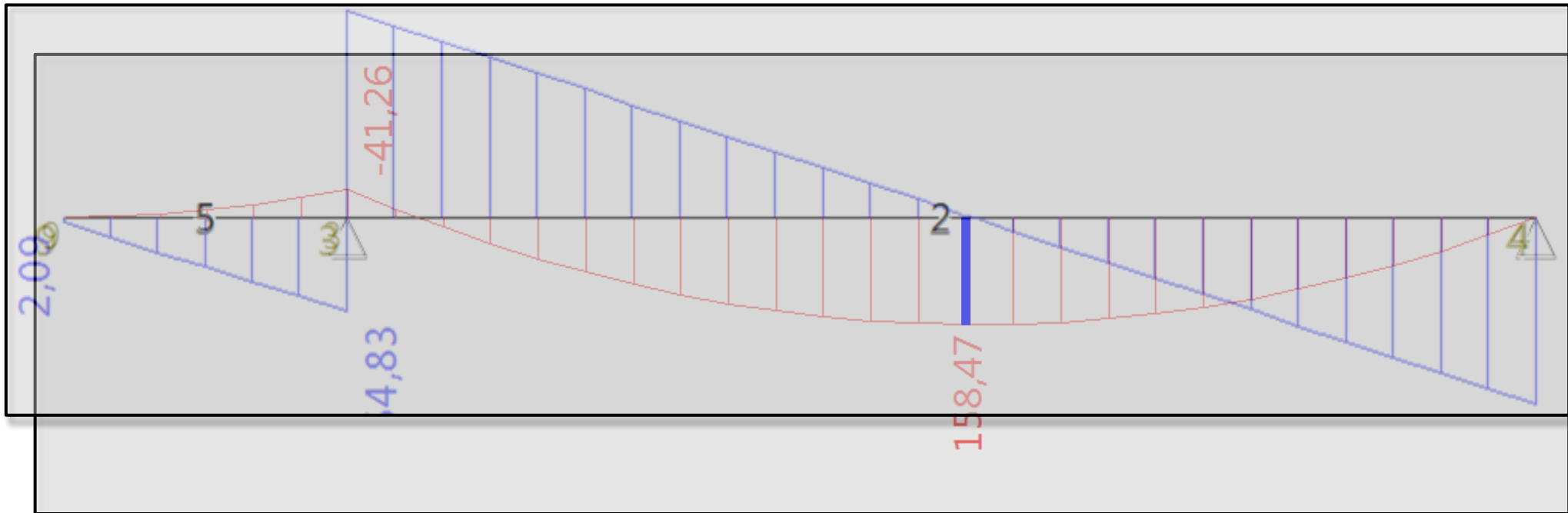
# Výpočet momentů na trámu T1

Upozornění: **Maximální moment** v poli je **v místě nulové posouvačky!** (A ne v polovině rozpětí.)



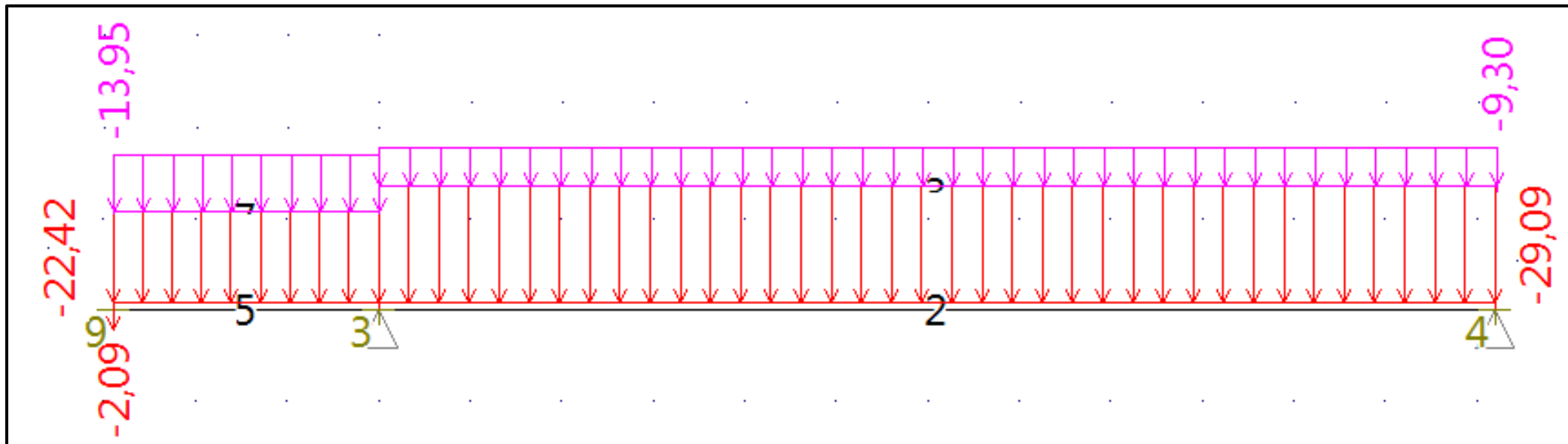
# Výpočet momentů na trámu T1

Upozornění: **Maximální moment** v poli je **v místě nulové posouvačky!** (A ne v polovině rozpětí.)



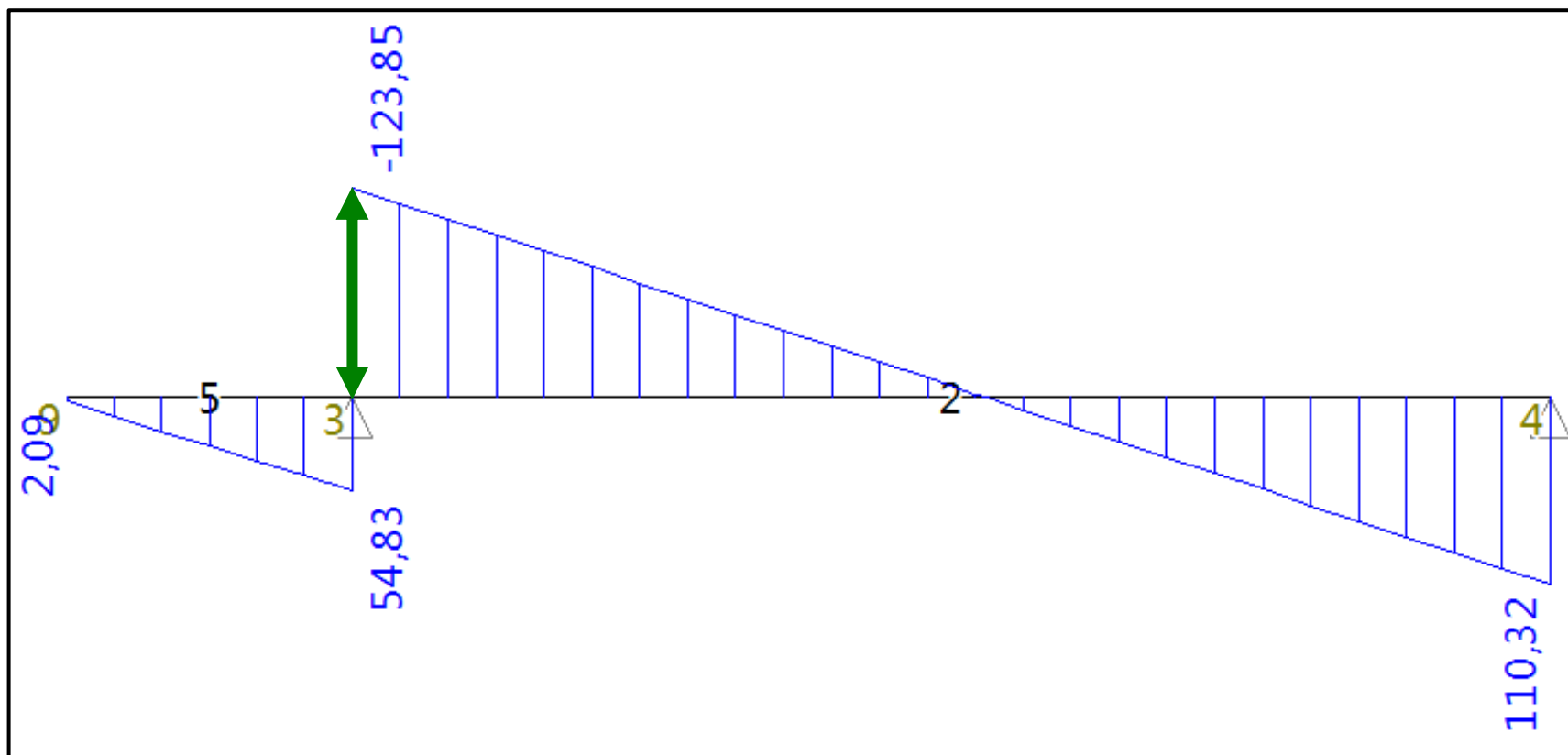
# Posouvající síla na trámu T1

Největší posouvající síla vznikne od největšího zatížení. Stačí tedy vypočítat posouvající sílu od kombinace s největším zatížením, tj. KZS 1.



# Posouvající síla na trámu T1

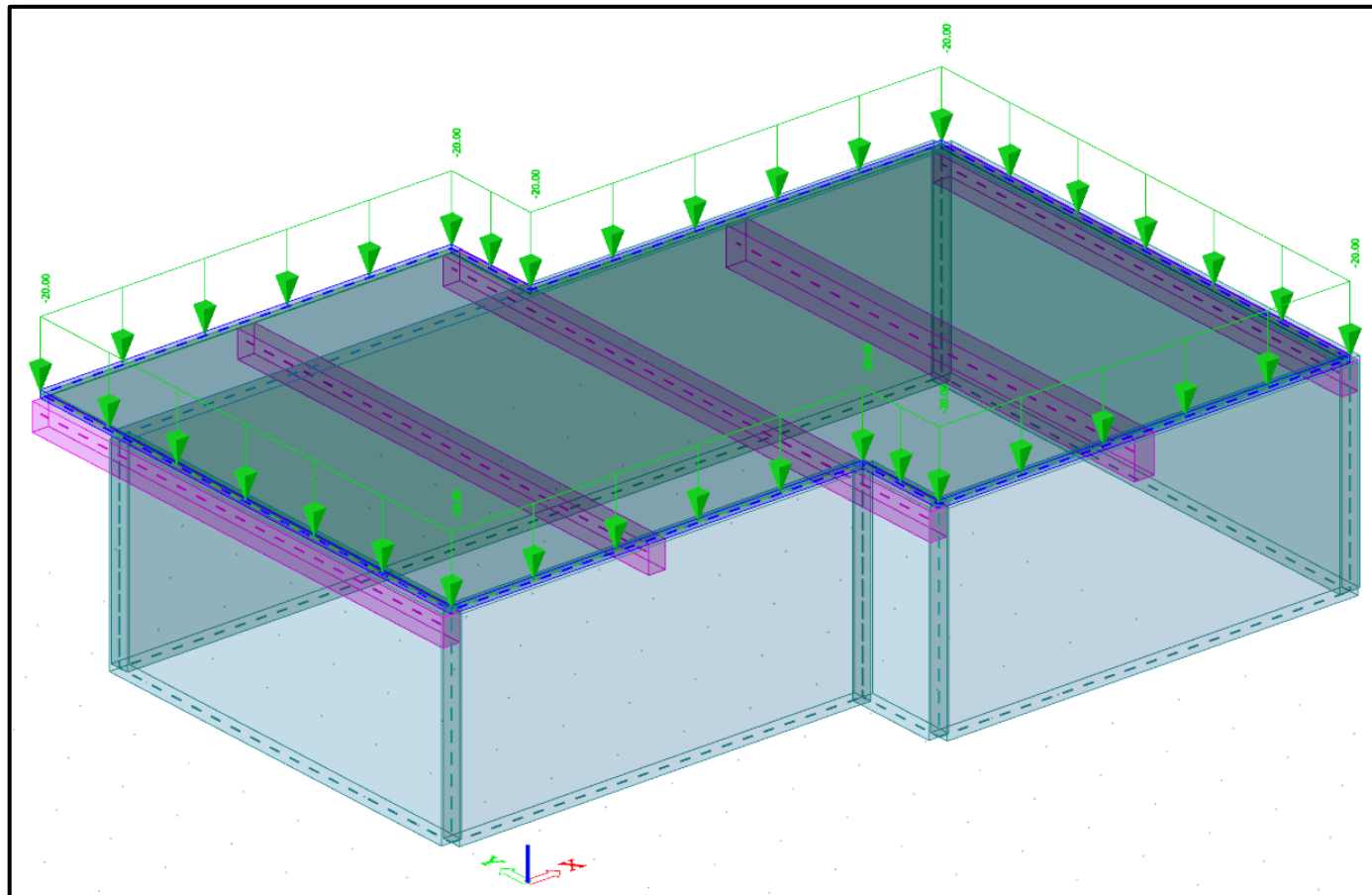
Největší posouvající síla vznikne od největšího zatížení. Stačí tedy vypočítat posouvající sílu od kombinace s největším zatížení, tj. KZS 1.



# Stropní deska

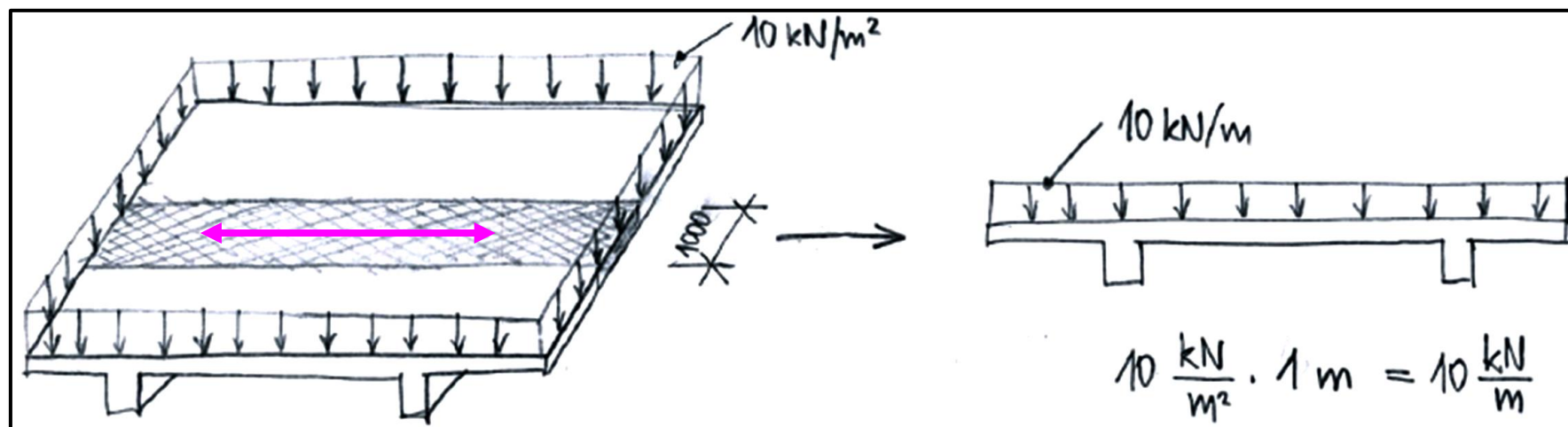
# Zatížení stropní desky

Deska je po celé své ploše zatížena rovnoměrným plošným zatížením.



# Výsek stropní desky

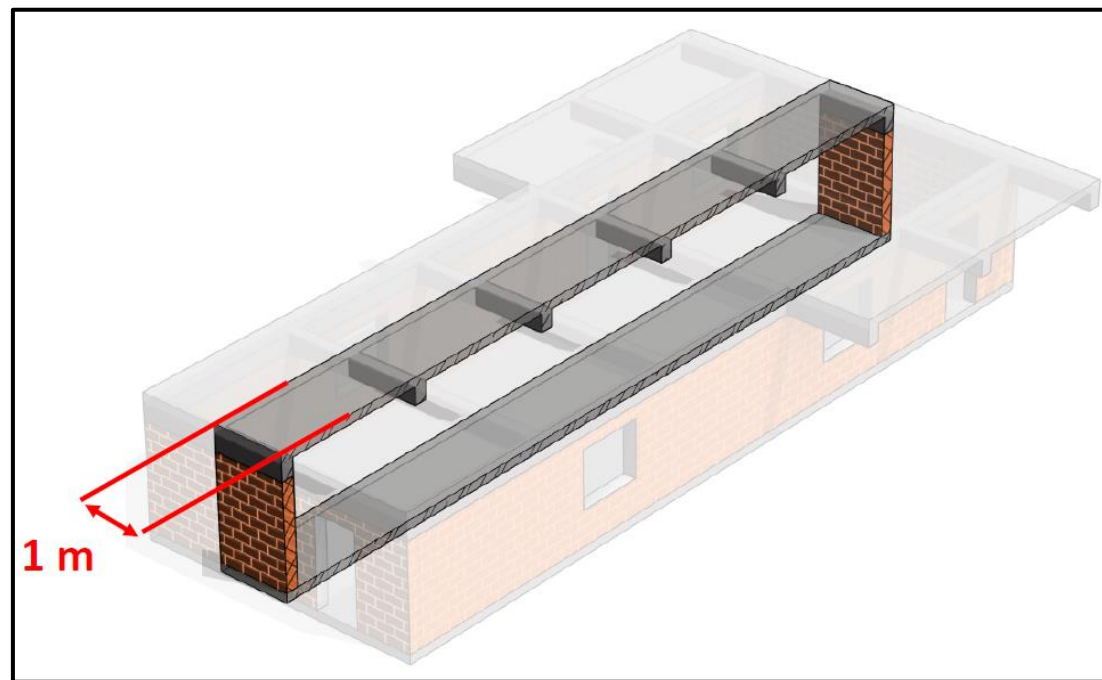
Vzhledem k tomu, že deska je jednosměrně pnutá mezi trámy, můžeme si pro zjednodušení vybrat jen jeden metr široký výsek desky a řešit zatížení a vnitřní síly na něm.





# Výsek stropní desky

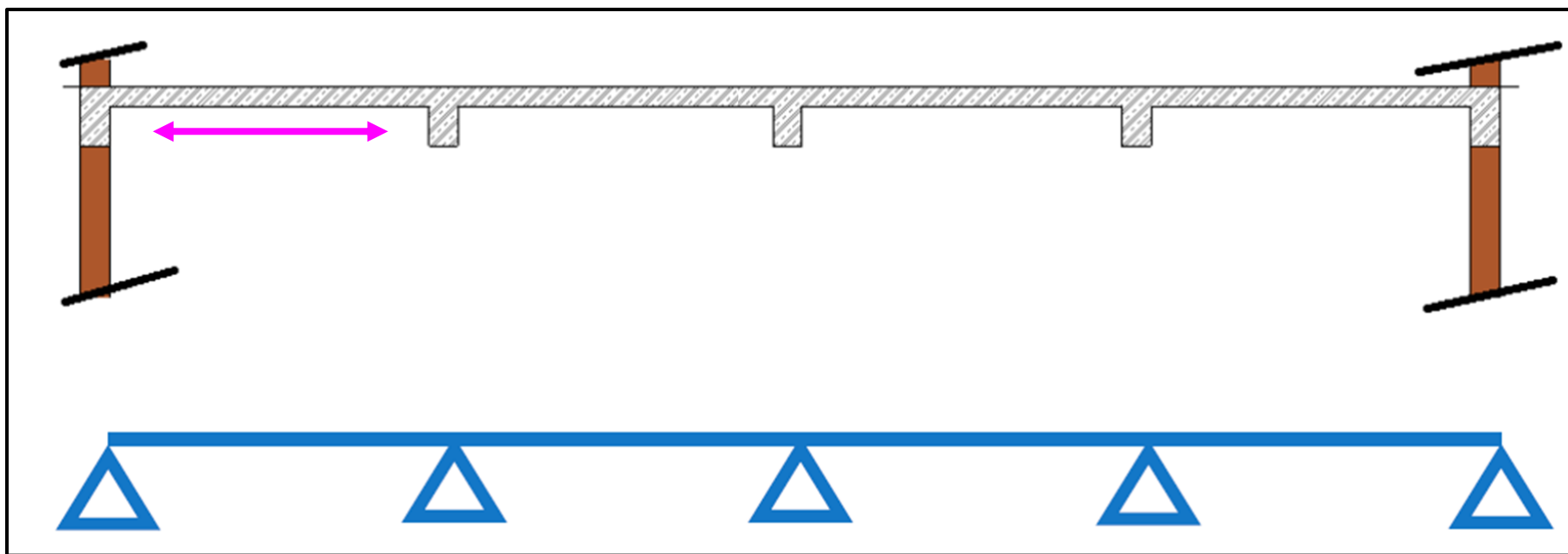
Vnitřní síly na desce a vyztužení desky budeme tedy řešit na daném výseku – takzvaně „na metr šířky desky“\*.



\*Budeme to vlastně počítat, jako kdyby to byl trám šířky 1000 mm a délky  $4L_5$ , podepřený příčnými trámy (trám T1, T2 a další).

# Statické schéma stropní desky

Deska je příčně **pnutá** mezi zděnými stěnami a trámy. Zděné stěny budeme uvažovat jako kloubové uložení\* a trámy jako vnitřní klouby. Statické schéma je tedy **spojitý nosník o 4 polích**.



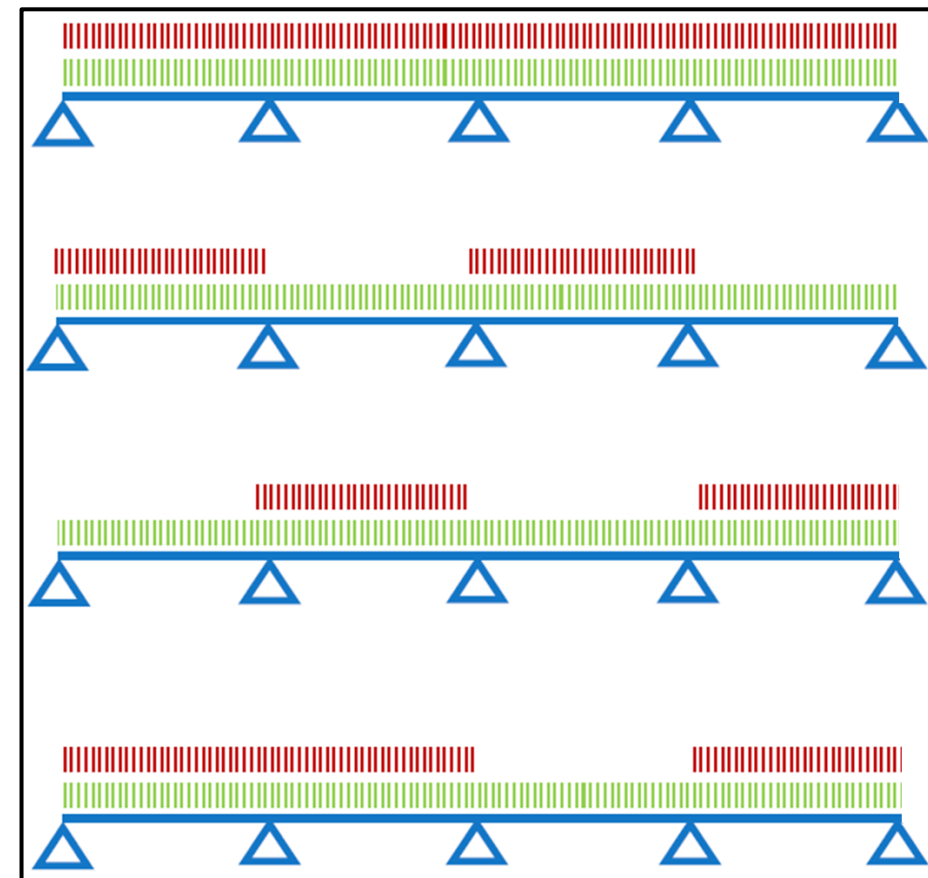
\*Protože věnec není tak pevně spojen se zdivem, aby to zdivo mohlo zajistit, že se deska nenatočí při zatížení.

# Zatížení stropní desky

**Stálé** zatížení působí vždy všude, ale **užitné** nemusí působit všude.

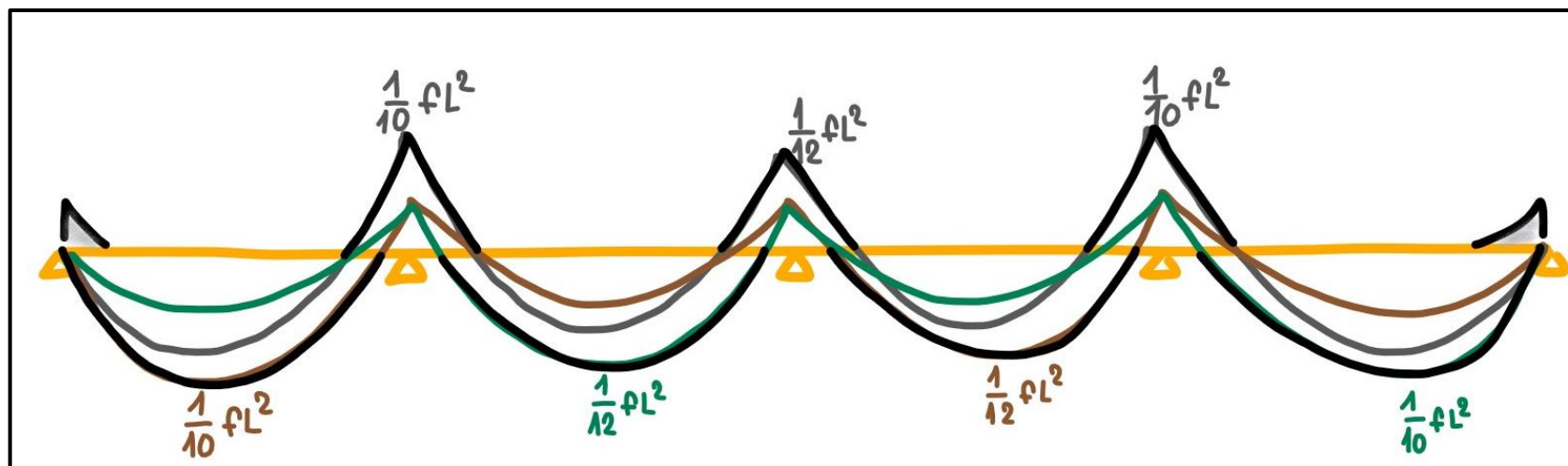
Správný postup je

- 1) Vytvořit možné všechny kombinace zatěžovacích stavů\*.
- 2) Pro každou kombinaci určit průběh momentů.
- 3) Udělat obálku momentů (tj. vybrat maximální hodnoty ze všech kombinací).



# Momenty na stropní desce

Abychom nemuseli dělat různé zatěžovací stavy, můžeme pro jednoduchost použít vzorce pro empirický odhad hodnot momentů.

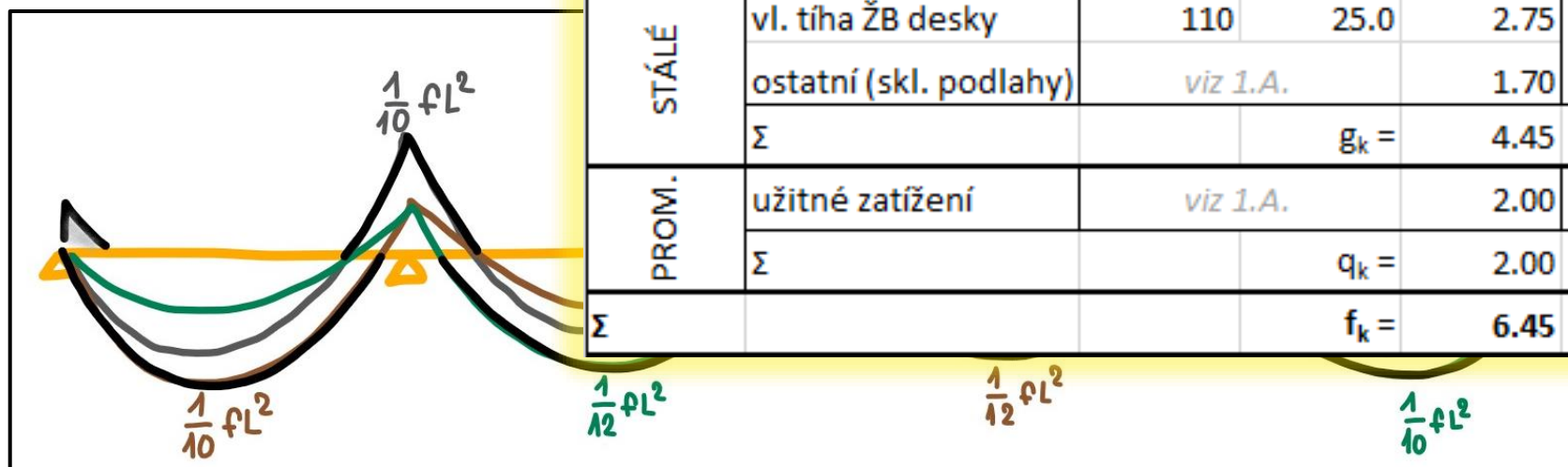


$f$  [kN/m] je liniové zatížení výseku desky\*

$$L = L_5$$

# Momenty na stropní desce

Abychom nemuseli dělat různé vzorce pro empirický odhad hodnot



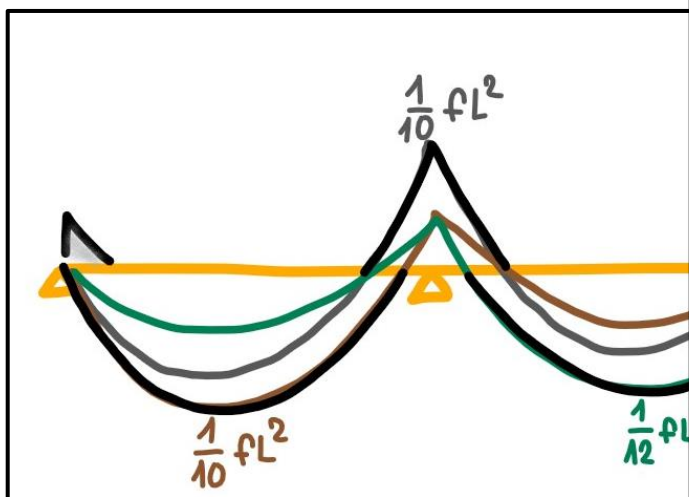
| Zatížení stropní desky |                        |          |                   |                   |         |                   |
|------------------------|------------------------|----------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|
| Typ zatížení           | Název zatížení         | h        | γ                 | $f_{pl,k}$        | γ       | $f_{pl,d}$        |
|                        |                        | mm       | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>2</sup> |         | kN/m <sup>2</sup> |
| STÁLÉ                  | vl. tíha ŽB desky      | 110      | 25.0              | 2.75              | 1.35    | 3.71              |
|                        | ostatní (skl. podlahy) | viz 1.A. |                   | 1.70              |         | 2.30              |
|                        | Σ                      |          | $g_k =$           | 4.45              | $g_d =$ | 6.01              |
| PROM.                  | užitné zatížení        | viz 1.A. |                   | 2.00              | 1.5     | 3.00              |
|                        | Σ                      |          | $q_k =$           | 2.00              | $q_d =$ | 3.00              |
|                        | Σ                      |          | $f_k =$           | 6.45              | $f_d =$ | <b>9.01</b>       |

$f$  [kN/m] je liniové zatížení výseku desky\*

$$L = L_5$$

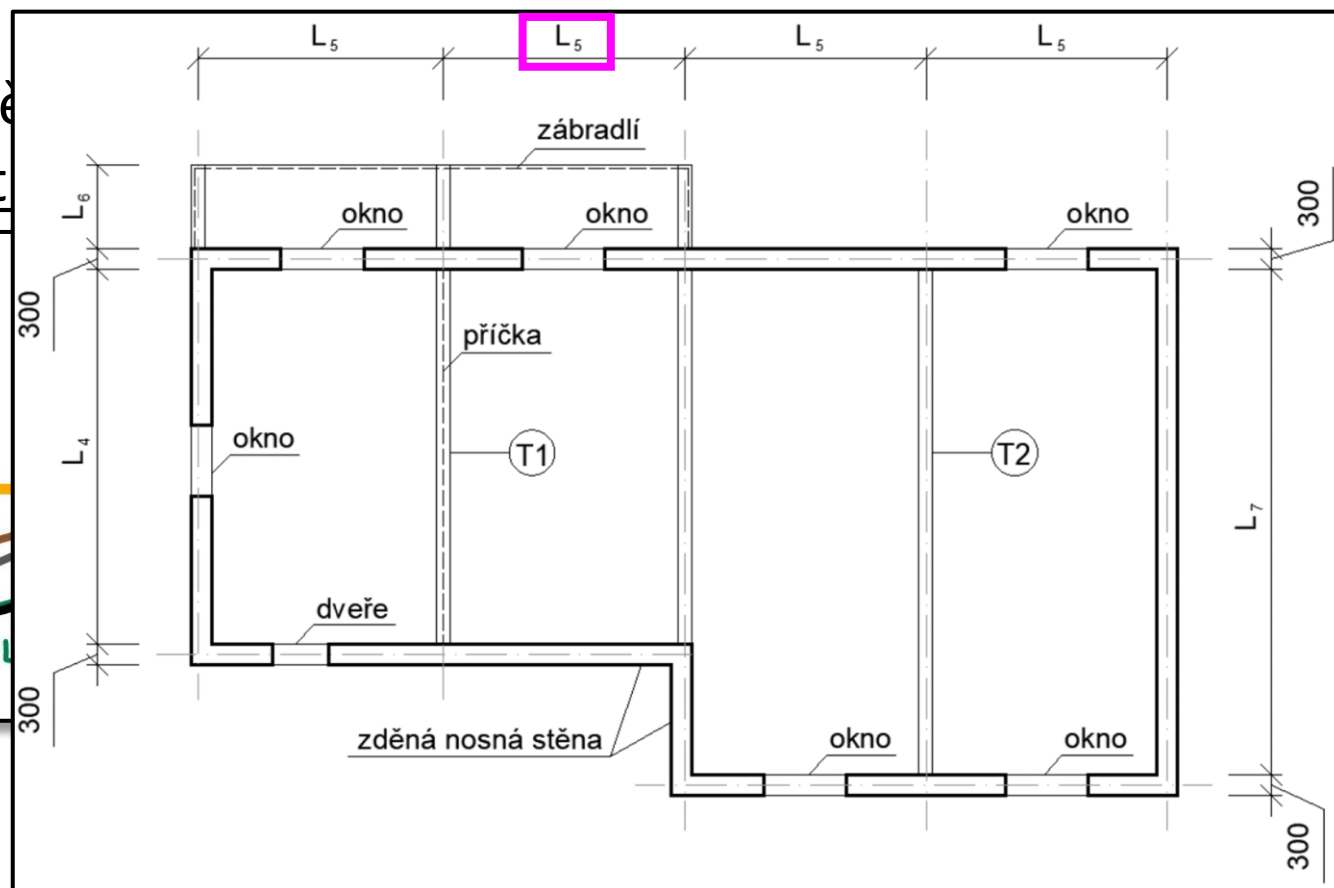
# Momenty na stropní desce

Abychom nemuseli dělat různé zatížení, použijeme empirický odhad hodnot



$f$  [kN/m] je liniové zatížení výseku

$$L = L_5$$



# Momenty na stropní desce

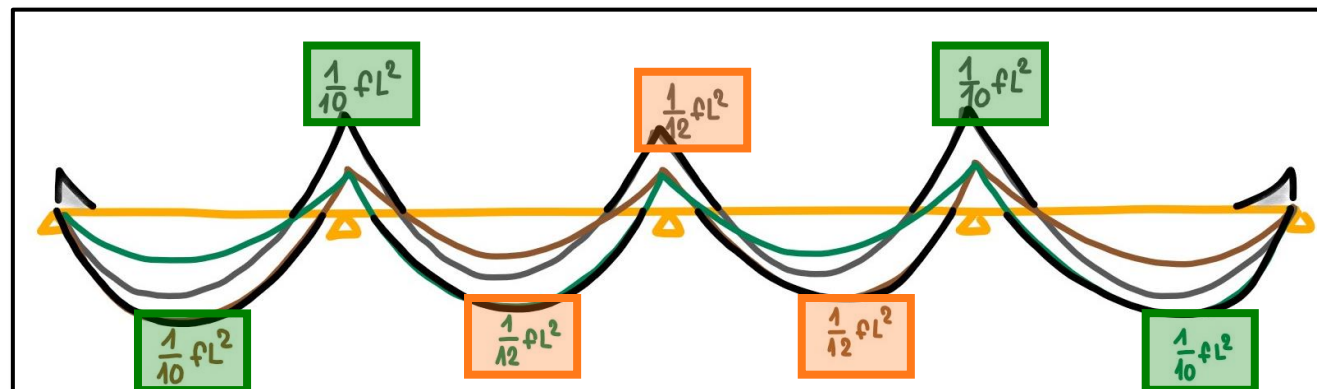
Abychom nemuseli dělat různé zatěžovací stavy, můžeme pro jednoduchost použít vzorce pro empirický odhad hodnot momentů.

V krajním poli a nad první vnitřní podporou tedy budeme uvažovat moment:

$$M_{Ed} = \pm \frac{1}{10} fL^2$$

Ve vnitřních polích a nad dalšími vnitřními podporami budeme uvažovat moment:

$$M_{Ed} = \pm \frac{1}{12} fL^2$$



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 **Janě Kovandové** za cenné podněty k doplnění prezentace.

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

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