

***Chodník, propojení ul. U Losinky - cyklostezka ul.
Jesenická***

SO 201 Lávka přes Losinku

***Dokumentace pro stavební povolení
v podrobnostech pro provádění stavby***

C.201.1b Technická zpráva – statický výpočet

Zpracoval: Ing. Jaroslav Sedláček

1.1 Identifikační údaje objektu

| | |
|------------------------|--|
| a) Stavba: | Chodník, propojení ul. U Losinky - cyklostezka ul. Jesenická |
| b) Stavební objekt: | SO 201 Lávka přes Losinku |
| c) Název: | Lávka |
| d) Evidenční číslo: | - |
| e) Katastrální území: | Rapotín, Olomoucký kraj |
| f) Stavebník: | Rapotín |
| g) Správce mostu: | Rapotín |
| h) Projektant: | ATELIS - ateliér liniových staveb, Rokycanova 781/13, 779 00 Olomouc |
| i) Komunikace: | chodník |
| j) Křížení: | Desná, IDTV 10194288, Povodí Moravy |
| j) Staničení: | 0,194 24 (osa) |
| k) Staničení překážky: | - |
| l) Úhel křížení: | 56,9° |
| m) Volná výška: | 2,00 m (nad hladinou), 1,45 m (nad bermou) |

1.2 Základní údaje:

| | |
|-------------------------------|--|
| a) Charakteristika objektu: | Železobetonový polorám, železobetonové opěry |
| b) Délka přemostění: | 12,23 m |
| c) Délka lávky: | 19,60 m |
| d) Délka nosné konstrukce: | 13,51 m |
| e) Rozpětí jednotlivých polí: | 12,87 m |
| f) Šikmost: | levá |
| g) Volná šířka: | 2,00 m |
| h) Šířka průchozího prostoru: | 2,06 m |
| i) Šířka lávky: | 2,40 m |
| j) Výška nad terénem: | 2,25 m |
| k) Stavební výška: | 2,50 m (v ose) |
| l) Konstrukční výška: | 0,35 m (v ose) |
| m) Zatížení a zatížitelnost: | ČSN EN 1991-2 (5 kN/m ² , osamělé břemeno 10 kN, zatížení dvounápravou 80 a 40 kN.) |

2. Technické řešení lávky

a) Popis nosné konstrukce:

Nosná konstrukce je navržena jako železobetonový polorám o světlé šířce otvoru 12,23 m. Ve střední části je v délce 6,0 m tloušťka nosné konstrukce 0,35 m, která se dále směrem k opěrám navyšuje na 0,55 m. Šířka nosné konstrukce je 2,4 m.

Rám, křídla: C30/37 XC4, XF4, XD3 (max průsak 20 mm)

b) Údaje o založení a spodní stavbě:

Opěry budou založeny v úrovni silničního mostu ve vrstvách šteků. Na vyrovnaný terén bude vybetonována podkladní deska tl. 100 mm vyztužená KARI sítí 6/100x100. Základ opěr má půdorysný rozměr 2,2x3,0 m, výšku 0,45-0,5 m. Na základ je symetricky umístěna stěna polorámu šířky 2,3 m a tloušťky 0,6 m. Výška je 2,65 m. Do stěn jsou vetknuta rovnoběžná křídla délky 3,0 m, tloušťky 0,3 m.

Základy: C30/37 XC2, XF1,

Opěry, křídla: C30/37 XC4, XF4

3. Výpočetní model

Statické působení lávky je uvažováno jako železobetonový polorám, plošně založený.

Návrh i posouzení konstrukce byly provedeny dle souboru Eurokódů.

Stálé zatížení zahrnuje vlastní tíhu nosné konstrukce, zemní tlak a zábradlí dle ČSN EN 1991-1-1.

Hlavní proměnné zatížení zahrnuje rovnoměrné zatížení 5 kN/m², soustředěné zatížení 10 kN na ploše 0,1x0,1 m a obslužné vozidlo o nápravových tlacích 10 a 80 kN dle ČSN EN 1992-2.

Vedlejší proměnné zatížení zahrnuje vítr dle ČSN EN 1991-1-4, sníh dle ČSN EN 1991-1-3 a zatížení teplotou dle ČSN EN 1991-1-5.

Posouzení betonových nosných prvků bylo provedeno dle ČSN EN 1992-1-1 ČSN EN 1992-2.

Založení bylo posouzeno dle ČSN EN 1997-1.

4. Použité výpočetní programy

Model konstrukce a výpočet vnitřních sil byl proveden programem SCIA Engeneer. Jednotlivé průřezy nosných konstrukcí byly posouzeny výpočetními tabulkami zpracovanými programem MS EXCEL.

Spodní stavba na navržena pomocí geotechnického programu GEO 5.19.

5. Dotčené normy a předpisy, použitá literatura

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, vč. změn,

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, vč. změn,

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, vč. změn,

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, vč. změn,

ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, vč. změn,

ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, vč. změn,

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, vč. změn,

ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Mosty, vč. změn,

ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla, vč. Změn,

ČSN EN 1997-2 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, vč. změn,

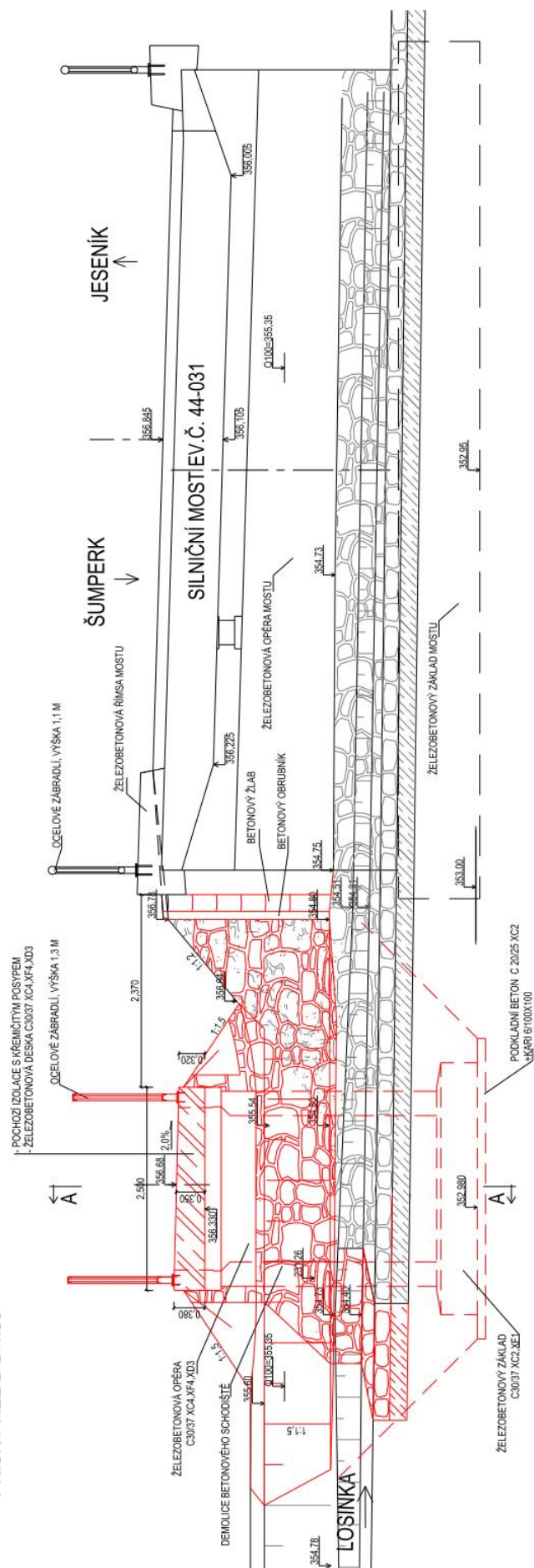
ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce, vč. změn,

6. Výkresy lávky





PŘÍČNÝ ŘEZ B-B 1:50



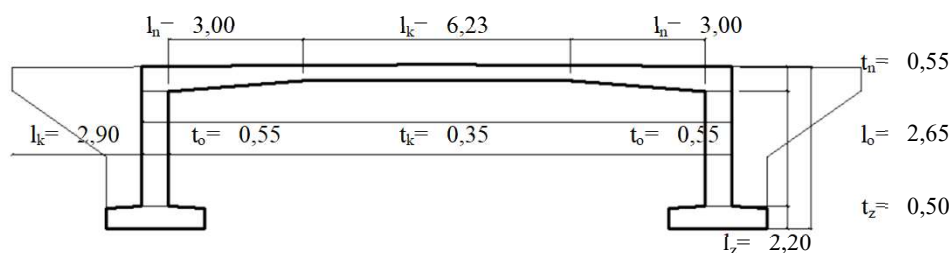
Statický výpočet nosné konstrukce

Seznam příloh

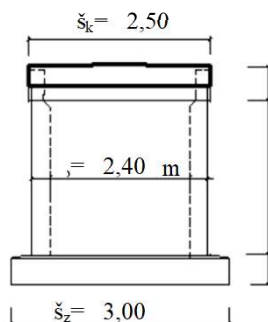
| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. Geometrie..... | 2 |
| 2. Zatížení..... | 3 |
| 3. Model..... | 6 |
| 4. Zatížení..... | 7 |
| 5. Kombinace zatížení..... | 23 |
| 4.1 Součinitelé kombinací..... | 23 |
| 4.2. Mezní stav únosnosti..... | 23 |
| 4.3. Mezní stav použitelnosti..... | 23 |
| 4.4. Obálky vnitřních sil..... | 23 |
| 4.5. Deformace..... | 25 |
| 5. Materiál..... | 26 |
| 6. Konstrukční zásady..... | 27 |
| 7. Posouzení průřezů:..... | 28 |
| 7.1. Řez 1-1 – střed rozpětí..... | 28 |
| 7.2. Řez 2-2 – náběh..... | 29 |
| 7.3. Řez 3-3 – deska u opěry..... | 31 |
| 7.4. Řez 4-4 – opěra u desky..... | 33 |
| 7.5. Řez 5-5 – opěra u základu..... | 35 |
| 7.6. Řez 6-6 – základ..... | 37 |
| 7.7. Řez 7-7 – křídlo..... | 39 |

1. Geometrie

Podélný řez:



Příčný řez:



$t_n = 0,55$

$l_o = 2,65$

$t_z = 0,50$

Nosná konstrukce:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Délka | $l_k = 6,23$ m |
| Šířka: | $s_k = 2,50$ m |
| Tloušťka: | $t_k = 0,35$ m |
| Materiál: | C30/37 |
| Objemová tíha: | $\gamma_k = 24,00$ kN/m ³ |

Náběh nosné konstrukce:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Délka | $l_n = 3,00$ m |
| Šířka: | $s_n = 2,50$ m |
| Tloušťka: | $t_n = 0,55$ m |
| Materiál: | C30/37 |
| Objemová tíha: | $\gamma_n = 24,00$ kN/m ³ |

Opěra:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Výška | $l_o = 2,65$ m |
| Šířka: | $s_o = 2,40$ m |
| Tloušťka: | $t_o = 0,55$ m |
| Materiál: | C30/37 |
| Objemová tíha: | $\gamma_o = 24,00$ kN/m ³ |

Základ:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Délka: | $l_z = 2,20$ m |
| Šířka: | $s_z = 3,00$ m |
| Tloušťka: | $t_z = 0,50$ m |
| Materiál: | C30/37 |
| Objemová tíha: | $\gamma_z = 24,00$ kN/m ³ |

Křídlo:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Délka: | $l_k = 2,90$ m |
| Výška: | $s_k = 2,10$ m |
| Tloušťka: | $t_k = 0,30$ m |
| Materiál: | C30/37 |
| Objemová tíha: | $\gamma_k = 24,00$ kN/m ³ |

Užitné zatížení:

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Rovnoměrné: | $q_{fk} = 5,00$ kN/m ² |
| Soustředěné: | $Q_{fwk} = 10,00$ kN |
| Mimořádné: | $Q_{fsv1} = 80,00$ kN |
| Mimořádné: | $Q_{fsv2} = 40,00$ kN |
| Zatížení zábradlí: | $q_z = 1,00$ kN/m' |

Výstavba/poloha:

| | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----|
| Kategorie terénu: | (vesnice, les) | III |
| Větrová oblast: | | III |
| Výška nad terénem: | $h = 2,00$ m | |
| Sněhová oblast: | ($s = 0,7$ kPa) | I |
| Zatížení dle digit. mapy: | $s_k = 0,70$ kN/m ² | |
| Zastřešení lávky: | | ne |

Prostředí:

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Teplota vzduchu max.: | $T_{max} = 35,0$ °C |
| Teplota vzduchu min.: | $T_{min} = -30,0$ °C |
| HPV | $h_w = 3,0$ m |

Výstavba/poloha:

| | | |
|---------------------------------|-----|-----|
| Ošetřování betonu: | 7 | dní |
| Umístění ost. stálého zat: | 30 | dní |
| Kategorie terénu: (vesnice,les) | III | |

2. Zatížení

| Zatížení | | | ZS | G _{charakteristická} (k) | | γ _G | γ _Q | G _{návrhová} (d) | |
|-----------|-------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------------|-------------------|
| Stálé | Vlastní tíha | | ZS1 | 0,00 | kN/m' | 1,35 | - | 0,00 | kN/m' |
| | Ost.stálé | Vozovka | ZS2 | 0,00 | kN/m ² | 1,35 | - | 0,00 | kN/m ² |
| | | Izolace | | 0,14 | kN/m ² | 1,35 | - | 0,19 | kN/m ² |
| | | Zábradlí | | 1,00 | kN/m' | 1,35 | - | 1,35 | kN/m' |
| | Zemní tlak | | ZS3 | 37,28 | kN/m' | 1,35 | - | 50,32 | kN/m' |
| | Smršťování | | ZS4 | -36,12 | Δ°C | 1,35 | - | -48,76 | Δ°C |
| Proměnné | Hlavní | Užitné rovnoměrné | ZS5 | 5,00 | kN/m ² | - | 1,50 | 7,50 | kN/m ² |
| | | Užitné soustředěné | ZS6 | 10,00 | kN | - | 1,50 | 15,00 | kN |
| | | Obslužné vozidlo | ZS7 | 80,00 | kN | - | 1,50 | 120,00 | kN |
| | | | | 40,00 | kN | - | 1,50 | 60,00 | kN |
| | | Z.tlak užitné rovnoměrné | ZS8 | 80,00 | kN/m ² | - | 1,50 | 120,00 | kN/m ² |
| | | Z.tlak užitné soustředěné | ZS9 | 40,00 | kN | - | 1,50 | 60,00 | kN |
| | | Z.tlak obslužné vozidlo | ZS10 | 34,29 | kN | - | 1,50 | 51,43 | kN |
| | | | | 14,62 | kN | - | 1,50 | 21,93 | kN |
| | | Brzdné síly užitné rovn. | ZS11 | 1,25 | kN | - | 1,50 | 1,88 | kN |
| | | Brzdné síly obsl. vozidlo | ZS12 | 144,00 | kN | - | 1,50 | 216,00 | kN |
| | Zatížení zábradlí | ZS13 | 1,00 | kN/m' | - | 1,50 | 1,50 | kN/m' | |
| | Vedlejší | Vítr | ZS14 | 1,06 | kN/m' | - | 1,50 | 1,59 | kN/m' |
| | | Sníh | ZS15 | 0,70 | kN/m' | - | 1,50 | 1,05 | kN/m' |
| | | Oteplení kon. | ZS16 | 35,50 | Δ°C | - | 1,50 | 53,25 | Δ°C |
| | | Ochlazení kon. | ZS17 | 38,60 | Δ°C | - | 1,50 | 57,90 | Δ°C |
| Mimořádné | | é | Obslužné vozidlo | ZS18 | 80,00 | kN | - | 1,00 | 80,00 |
| | 40,00 | | | | kN | - | 1,00 | 40,00 | kN |
| | Mimořádné - brzd. | | ZS19 | 144,00 | kN | | 1,00 | 144,00 | kN |

ZS1 - Stálé

Generováno výpočetním programem z rozměrů průřezů $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$.

ZS2 - Ost.stálé

Vozovka: $q_v = \gamma_v \cdot t_v = 25,00 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}^2$ Na šířku 2,5 m
 Izolace: $q_{iz} = \gamma_{iz} \cdot t_{iz} = 14,00 \cdot 0,01 = 0,14 \text{ kN/m}^2$ Na šířku 2,5 m
 Zábradlí: $q_z = q_{fz} \cdot t_{fz} = 1,00 \cdot 1,00 = 1,00 \text{ kN/m}$

ZS3 - Zemní tlak

Součinitel zemního tlaku v klidu: $K_{0,k} = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 35,0^\circ = 0,43$

Zemní tlak od násypu:

Vrch: $h = 0$ $\sigma_{k,v} = \gamma_n \cdot h_1 \cdot K_{0,k} = 20,00 \cdot 0,00 \cdot 0,43 = 0,00 \text{ kN/m}'$
 Opěra: $h = 3,20$ $\sigma_{k,v} = \gamma_n \cdot h_2 \cdot K_{0,k} = 20,00 \cdot 3,20 \cdot 0,43 = 27,29 \text{ kN/m}'$
 Opěra pod vodou: $h_w = 3,00$ $\sigma_{a,3} = \sigma_{k,3} + (\gamma_n - \gamma_w) \cdot h_w \cdot K_{0,k} + \gamma_w \cdot h_w = 27,29 + (20,00 - 10,00) \cdot 0,43 \cdot 0,20 + 10,00 \cdot 0,20 = 30,14 \text{ kN/m}'$
 Základ: $h = 3,70$ $\sigma_{k,z} = \gamma_n \cdot h_3 \cdot K_{0,k} = 20,00 \cdot 3,70 \cdot 0,43 = 31,56 \text{ kN/m}'$
 Základ pod vodou: $h_w = 3,70$ $\sigma_{a,4} = \sigma_{k,4} + (\gamma_n - \gamma_w) \cdot h_w \cdot K_{0,k} + \gamma_w \cdot h_w = 31,56 + (20,00 - 10,00) \cdot 0,43 \cdot 0,50 + 10,00 \cdot 0,50 = 37,28 \text{ kN/m}'$

Zemní tlak od zatížení spodem: $\sigma_{0,s} = \gamma_s \cdot h_s \cdot K_{0,k} = 20,00 \cdot 0,00 \cdot 0,43 = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Zemní tlak od zatížení vozovkou: $\sigma_{0,v} = \gamma_v \cdot h_v \cdot K_{0,k} = 22,00 \cdot 0,00 \cdot 0,43 = 0,00 \text{ kN/m}^2$

| ZS3 | Zatížení | $\sigma_{0,vrch} [\text{kN/m}']$ | $\sigma_{0,opěra} [\text{kN/m}']$ | $\sigma_{0,opěra+W} [\text{kN/m}']$ | $\sigma_{0,základ} [\text{kN/m}']$ | $\sigma_{0,základ+W} [\text{kN/m}']$ |
|-----|------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Násyp | 0,00 | 27,29 | 30,14 | 31,56 | 37,28 |
| | Spodek | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vozovka | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Zemní tlak | 0,00 | 27,29 | 30,14 | 31,56 | 37,28 |

ZS4 - Smršťování

Náhradní rozměr prvku:

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 750000 / 5600 = 268 \text{ mm} \quad (t=t_0)$$

$$2 \cdot 750000 / 5600 = 268 \text{ mm} \quad (t=\infty)$$

$$A_c = L \cdot t_{hp} = 2500 \cdot 300 = 750000 \text{ mm}^2$$

$$u = 5600 \text{ mm} \quad (t=t_0) \quad u = 5600 \text{ mm} \quad (t=\infty)$$

$$\text{Základní poměrné přetvoření: } \varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot [(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / f_{cm0})] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} =$$

$$0,85 \cdot [(220 + 110 \cdot 4,00) \cdot \exp(-0,12 \cdot 38,00 / 10,00)] \cdot 10^{-6} \cdot 1,124 = 0,000400$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot [1 - (R_H / R_{H0})^3] = 1,55 \cdot [1 - (65 / 100)^3] = 1,124$$

Poměrné smršťování vysycháním:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 0,116 \cdot 0,782 \cdot 0,000400 = 0,000036 \quad (t=t_0)$$

$$0,995 \cdot 0,782 \cdot 0,000400 = 0,000311 \quad (t=\infty)$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{t - t_s + 0,4 \cdot \sqrt{h_0^3}} = \frac{30 - 7}{30 - 7 + 0,04 \cdot \sqrt{268^3}} = 0,116 \quad (t=t_0)$$

$$= \frac{36500 - 30}{36500 - 30 + 0,04 \cdot \sqrt{268^3}} = 0,995 \quad (t=\infty)$$

$$k_h = 0,782 \quad (t=t_0) \quad k_h = 0,782 \quad (t=\infty)$$

Poměrné autogenní smršťování:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,666 \cdot 0,000050 = 0,000033 \quad (t=t_0)$$

$$= 1,000 \cdot 0,000050 = 0,000050 \quad (t=\infty)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 \cdot t^{0,5}) = 1 - \exp(-0,2 \cdot 30^{0,5}) = 0,666 \quad (t=t_0)$$

$$= 1 - \exp(-0,2 \cdot 36500^{0,5}) = 1,000 \quad (t=\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot (30,00 - 10) \cdot 10^{-6} = 0,000050$$

Celkové poměrné smršťování:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 0,000036 + 0,000033 = 0,000070 \quad (t=t_0)$$

$$= 0,000311 + 0,000050 = 0,000361 \quad (t=\infty)$$

Převedení přetvoření na zatížení teplotou:

$$-\Delta T = \varepsilon_{cs} / \alpha_T = 0,000070 / 0,000010 = -7,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (t=t_0)$$

$$= 0,000361 / 0,000010 = -36,1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (t=\infty)$$

ZS5 - Užité rovnoměrné

$$\text{Užité rovnoměrné: } q_{fk} = 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Na šířku 2,5 m}$$

ZS6 - Užité soustředěné

$$\text{Užité soustředěné: } Q_{fwk} = 10,00 \text{ kN}$$

ZS7 - Obslužné vozidlo

$$\text{Obslužné vozidlo: } Q_{sv1} = 80,00 \text{ kN}$$

$$Q_{sv2} = 40,00 \text{ kN}$$

ZS8 - Z.tlak užité rovnoměrné

$$\text{Užité rovnoměrné: } q_{0,k} = q_{fk} \cdot K_{0,k} = 5,00 \cdot 0,43 = 2,13 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Na šířku 1,8 m}$$

ZS9 - Z.tlak užité soustředěné

$$\text{Užité soustředěné: } q_{0,k} = q_{fk} \cdot K_{0,k} = 10,00 \cdot 0,43 = 4,26 \text{ kN}$$

ZS10 - Z.tlak obslužné vozidlo

$$\text{Obslužné vozidlo: } Q_{sv} = 2 \cdot (Q_{sv1} + Q_{sv2}) / (B \cdot L) = 2 \cdot (80,00 + 40,00) / (2 \cdot 3,5) = 34,29 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{0,k,sv} = Q_{sv} \cdot K_{0,k} = 34,29 \cdot 0,43 = 14,62 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Na šířku 1,8 m}$$

ZS11 - Brzděné síly užité rovn.

$$\text{Užité rovnoměrné: } q_{fk} = 0,1 \cdot q_{fk} \cdot \check{s}_m = 0,1 \cdot 5,00 \cdot 2,50 = 1,25 \text{ kN/m}$$

ZS12 - Brzděné síly obsl. vozidlo

$$\text{Mimořádné: } q_{fk} = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{sv1} + 2 \cdot Q_{sv2}) = 0,6 \cdot (2 \cdot 80,00 + 2 \cdot 40,00) = 144,00 \text{ kN}$$

ZS13 - Zatížení zábradlí

Zatížení zábradlí: $q_z =$ $=$ **1,00 kN/m'**

ZS14 - Větr

Základní rychlost větru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 27,50 = 27,5$ m/s

$c_{dir} = 1,00$ $c_{season} = 1,00$ $v_{b,0} = 27,5$ m/s (oblast III)

Referenční výška nad terénem: $h_e = h + v_h/2 = 2,00 + 2,00 / 2,00 = 3,00$ m

Součinitel terénu: $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,300 / 0,05)^{0,07} = 0,215$

$z_0 = 0,300$ m (kat. terénu III) $z_{0,II} = 0,05$ m (kat. terénu II)

Součinitel drsnosti terénu: $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,22 \cdot \ln(5,00 / 0,300) = 0,606$

$z = \max\{h_e; z_{min}\} = \max\{3,00; 5,00\} = 5,00$ m $z_{min} = 5,00$ m (kat. terénu III)

Střední rychlost větru: $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,61 \cdot 1,00 \cdot 27,50 = 16,66$ m/s

$c_0(z) = 1,00$

Intenzita turbulence: $I_v(z) = k_r \cdot v_b \cdot k_t / v_m(z) = 0,22 \cdot 27,50 \cdot 5,00 / 16,66 = 1,777$

$k_t = 5,00$

Základní dynamický tlak větru: $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,50^2 = 0,47$ kN/m²

$\rho = 1,25$ kg/m³

Maximální dyn. tlak: $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2 = [1 + 7 \cdot 1,777] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 16,66^2 = 2,333$ kN/m²

Součinitel expozice: $c_e = q_p(z) / q_b = 2,333 / 0,47 = 4,935$

Součinitel zatížení větrem: $C = c_e \cdot c_{f,x} = 4,94 \cdot 1,30 = 6,416$

Síla od větru: $q_w = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot d_{tot} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,50^2 \cdot 6,42 \cdot 0,35 =$ **1,06 kN/m'** Příčná

$d_{tot} = 0,35$ (Výška desky) **0,27 kN/m'** Svislá

ZS15 - Sníh

Sníh: $q_{sk} = \max(s; s_k) = \max(0,7; 0,70) =$ **0,70 kN/m²**

ZS16 - Oteplení kon.ZS17 - Ochlazení kon.

Rovnoměrná složka teploty:

$T_{e,max} = T_{max} + 1,5^\circ = 35,0 + 1,5 = 36,5$ °C (3. typ konstrukce - betonová nosná konstrukce)

$T_{e,min} = T_{min} + 8,0^\circ = -30,0 + 8,0 = -22,0$ °C

Rozsah rovnoměrné složky teploty:

$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 36,5 - 10,0 = \{+\} \mathbf{26,5}$ °C (prodloužení)

$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10,0 - (-22,0) = \{-\} \mathbf{32,0}$ °C (zkrácení)

Rozdílová složka teploty:

$\Delta T_{M,heat} = \Delta T_{M,heat} \cdot k_{sur} = 15,0 \cdot 0,8 = \{+\} \mathbf{12,0}$ °C (postup 1)

$\Delta T_{M,cool} = \Delta T_{M,cool} \cdot k_{sur} = 8,0 \cdot 1,1 = \{-\} \mathbf{8,8}$ °C

Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky (EN 1991-1-5, 6.1.5):

$\Delta T_{heat} = \max\{\Delta t_{heat,N}; \Delta t_{heat,M}\} = \max\{21,28; 35,5\} = \{+\} \mathbf{35,5}$ °C (prodloužení)

$\Delta t_{heat,M} = \Delta T_{M,heat} + \omega_N \cdot \Delta T_{N,exp} = 12,0 + 0,35 \cdot 26,5 = \{+\} 21,3$ °C (oteplení h. povrchu)

$\Delta t_{heat,N} = \omega_M \cdot \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 \cdot 12,0 + 26,5 = \{+\} 35,5$ °C

$\Delta T_{cool} = \max\{\Delta t_{cool,N}; \Delta t_{cool,M}\} = \max\{20; 38,6\} = \{-\} \mathbf{38,6}$ °C (zkrácení)

$\Delta t_{cool,N} = \Delta T_{M,cool} + \omega_N \cdot \Delta T_{N,con} = 8,8 + 0,35 \cdot 32,0 = \{-\} 20,0$ °C (ochlazení h. povrchu)

$\Delta t_{cool,M} = \omega_M \cdot \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{N,con} = 0,75 \cdot 8,8 + 32,0 = \{-\} 38,6$ °C

| | Zatížení | $\Delta T_{h,příčel,h}$ [°C] | $\Delta T_{h,příčel,d}$ [°C] | $\Delta T_{stěna}$ [°C] |
|-------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| ZS16 | Oteplení kon. | 35,5 | 26,5 | 26,5 |
| ZS17 | Ochlazení kon. | -38,6 | -32,0 | -32,0 |

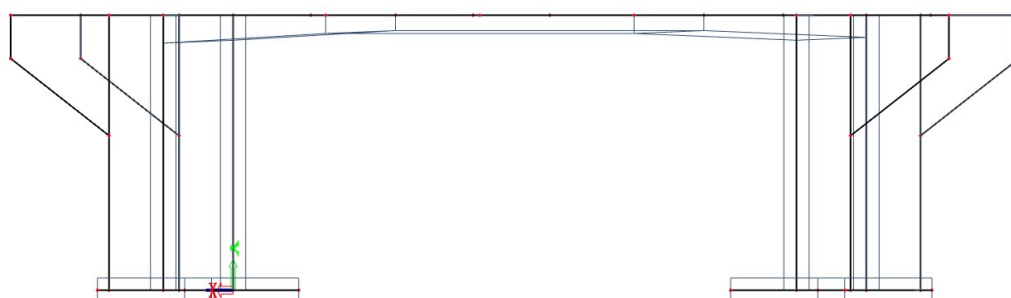
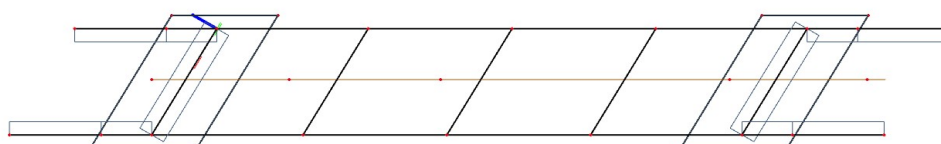
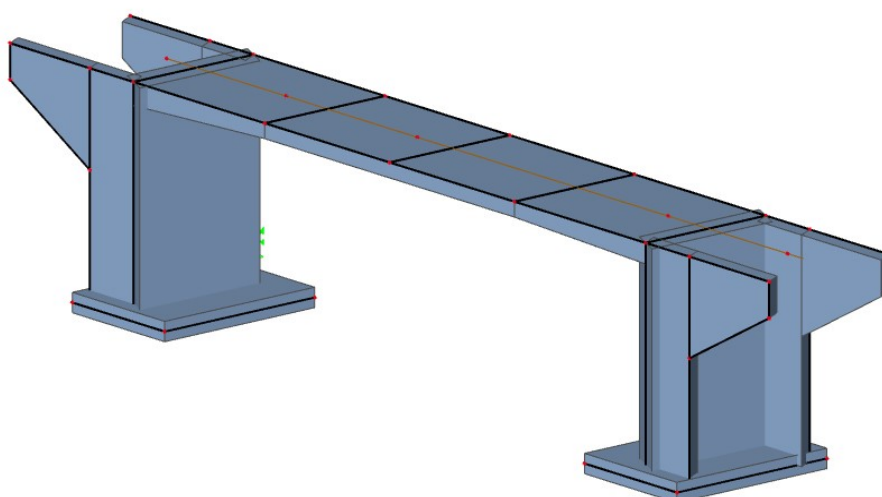
Dilatace mostu:

$\Delta L_{T,heat} = l_h \cdot \alpha_t \cdot \Delta T_{heat} = 12,23 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 35,5 = \{+\} \mathbf{5,2}$ mm (prodloužení)

$\Delta L_{T,cool} = l_h \cdot \alpha_t \cdot \Delta T_{cool} = 12,23 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 38,6 = \{-\} \mathbf{5,7}$ mm (zkrácení)

ZS18 - Obslužné vozidlo

Mimořádné zatížení neuvažováno

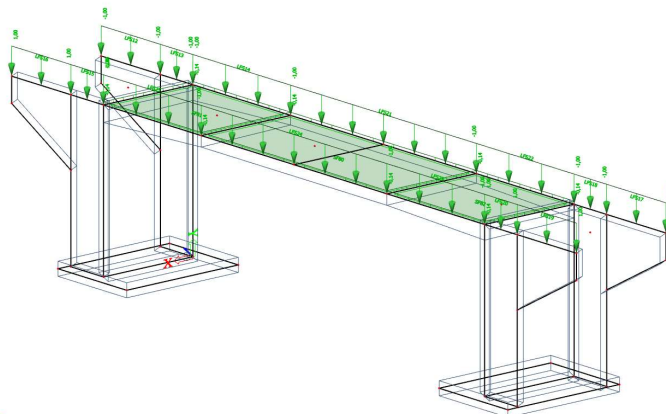
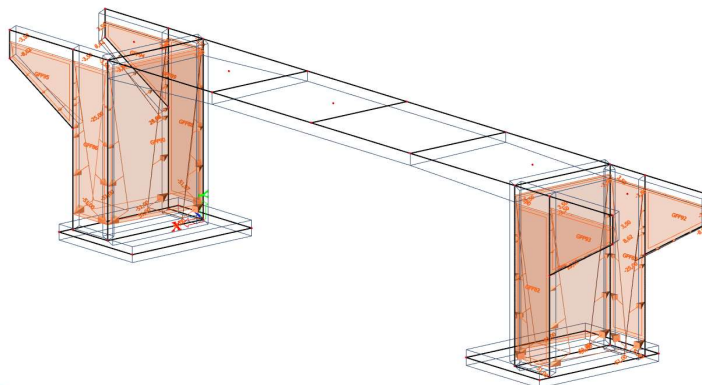
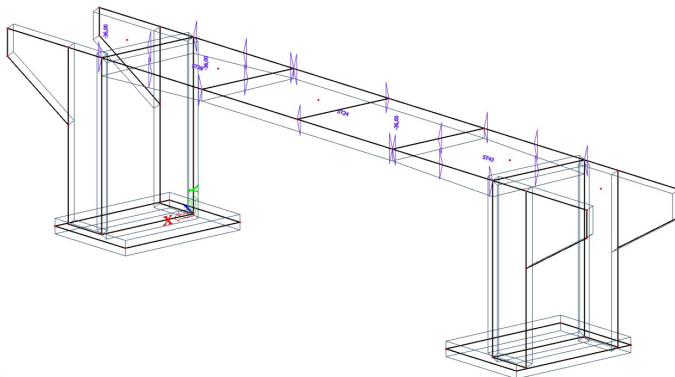
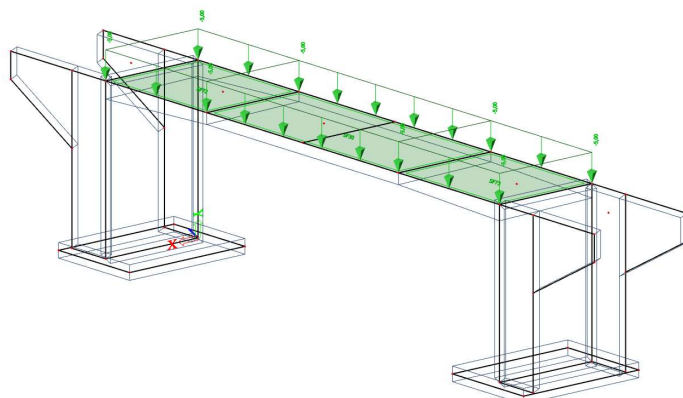
3. Model

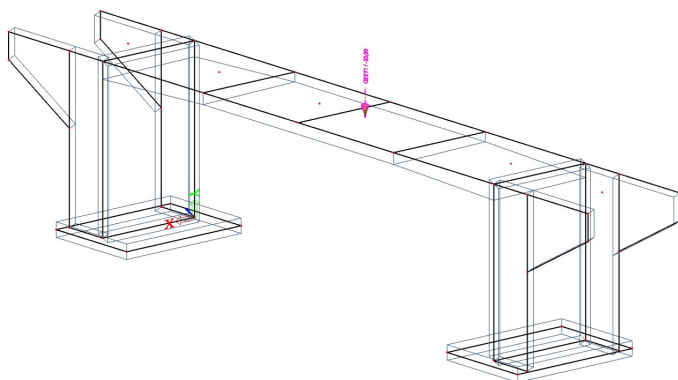
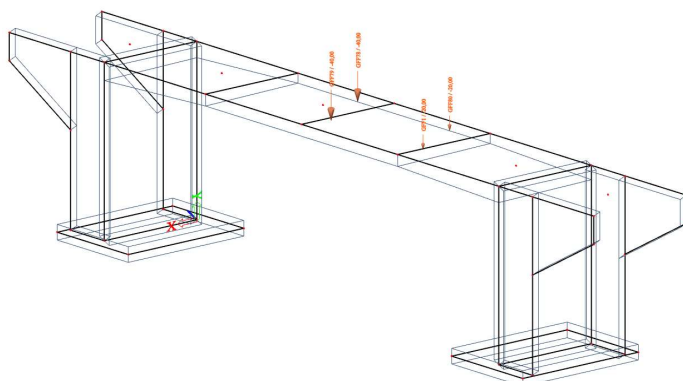
4. Zatížení

ZS1 - Vlastní tíha

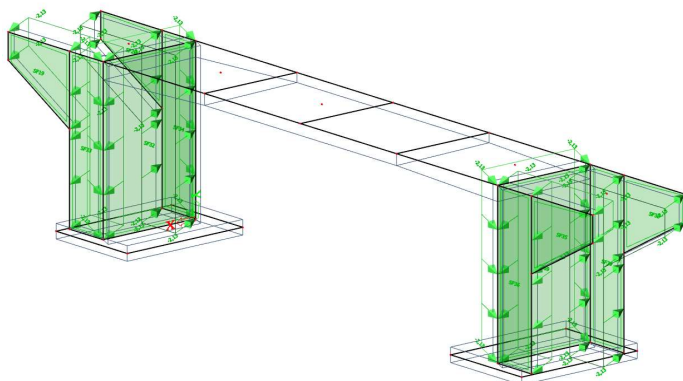
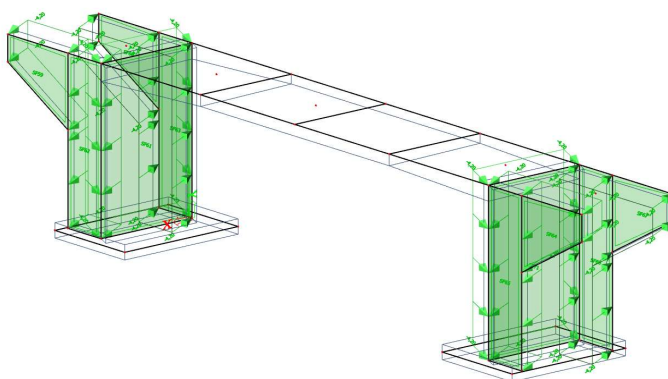
Generováno programem

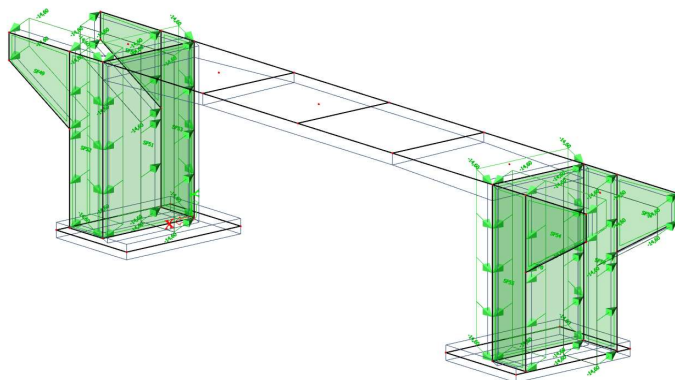
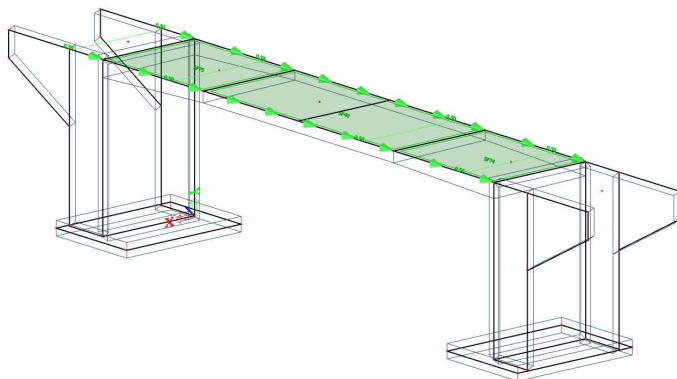
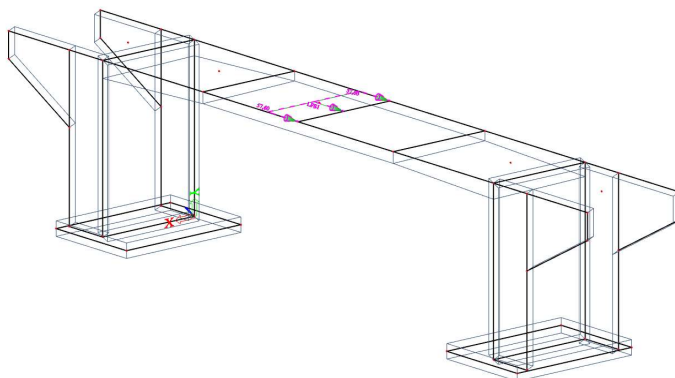
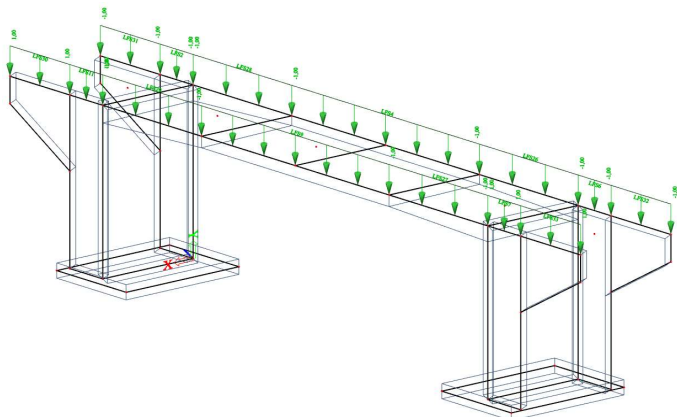
ZS2 - Ost.stálé

ZS3 - Zemní tlakZS4 - SmršťováníZS5 - Užité rovnoměrné

ZS6 - Užité soustředěnéZS7 - Obslužné vozidlo

Generováno pojezdem

ZS8 - Z.tlak užité rovnoměrnéZS9 - Z.tlak užité soustředěné

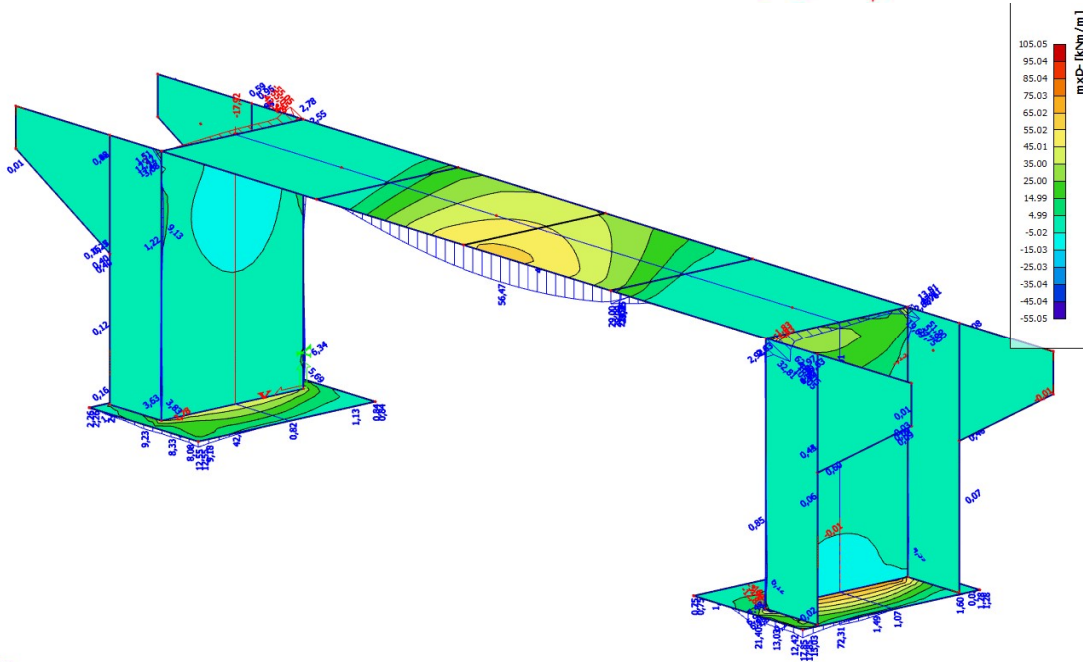
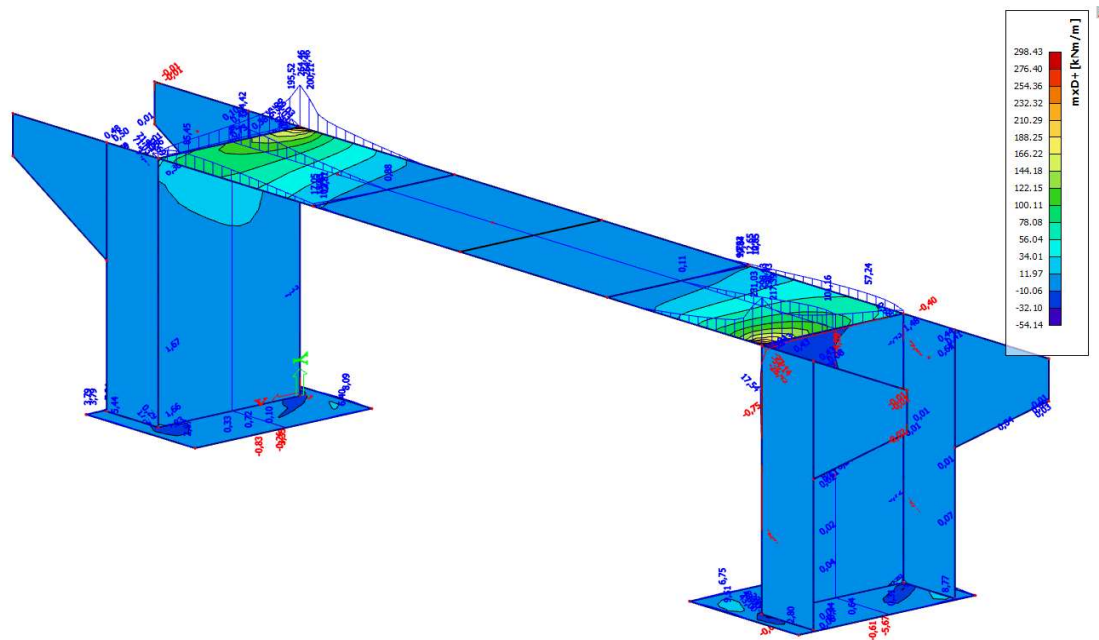
ZS10 - Z.tlak obslužné vozidloZS11 - Brzdné síly užitné rovn.ZS12 - Brzdné síly obsl. vozidloZS13 - Zatížení zábradlí

A 3D perspective view of a cantilever beam fixed to a wall on the left. The beam is supported by a vertical wall and a base. A distributed load, represented by a series of green downward-pointing arrows, is applied along the top surface of the beam. The beam is shown in a wireframe style with a green grid on top, and the load area is highlighted with a green semi-transparent surface.

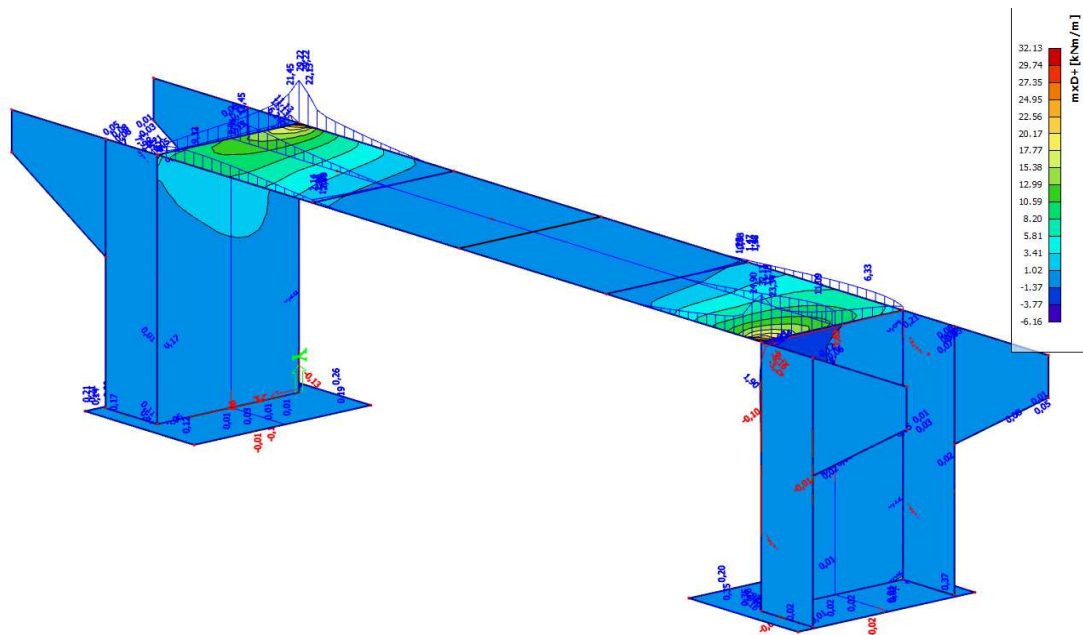
A 3D model of a cantilever beam with a rectangular cross-section. The beam is fixed at the left end and has a total length of 10.00 units. The cross-section has a width of 1.00 unit and a height of 1.00 unit. The model includes a coordinate system with a red X-axis pointing right, a green Y-axis pointing up, and a blue Z-axis pointing out of the page. The beam is supported by a base at the left end, and a smaller rectangular base is shown at the right end. The beam is divided into segments with dimensions 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, and 5.00 units. The model is rendered in a wireframe style with blue lines and purple dimension lines.

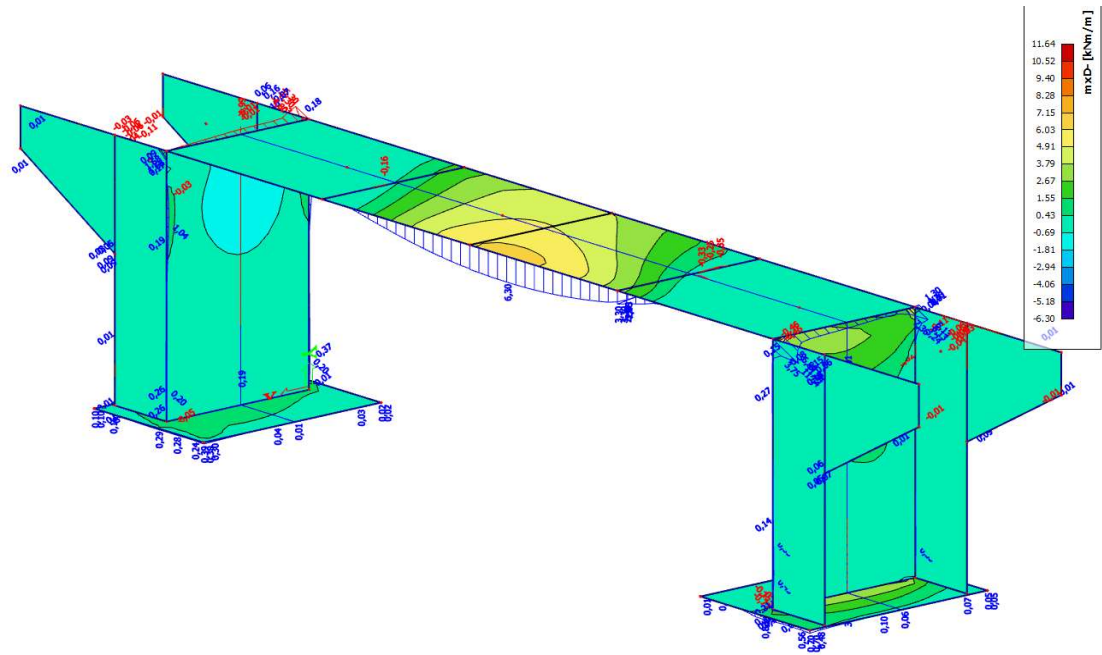
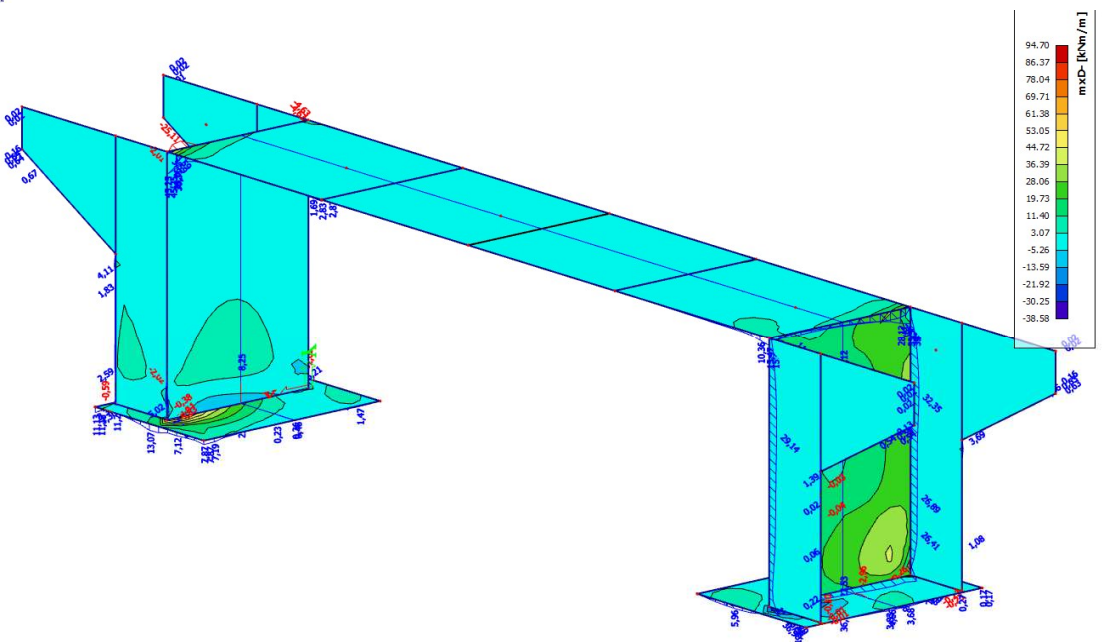
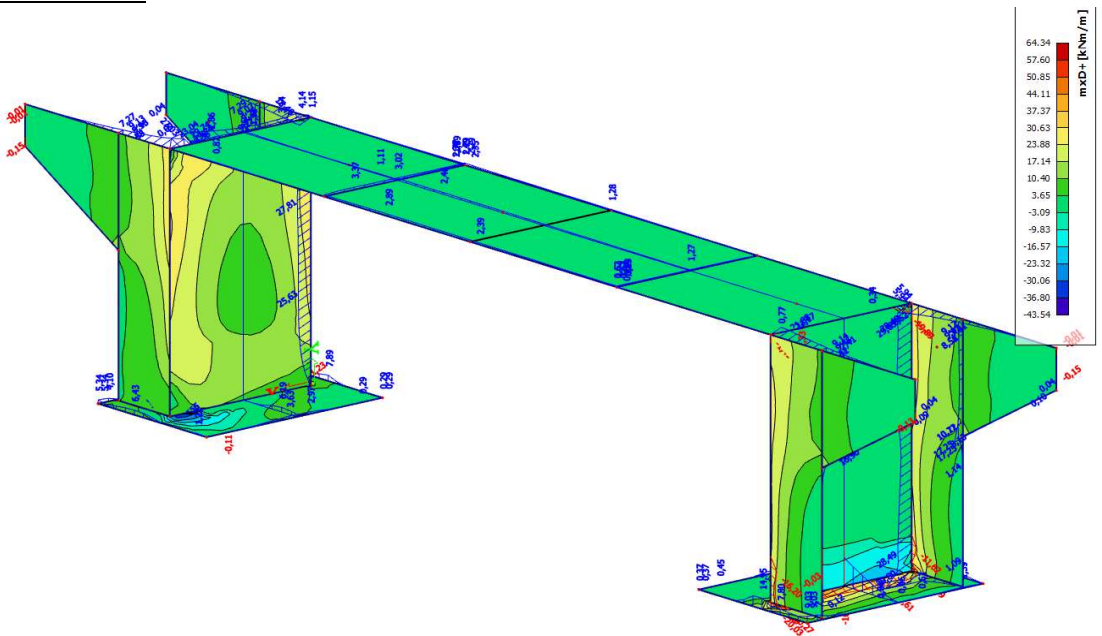
5. Vnitřní síly

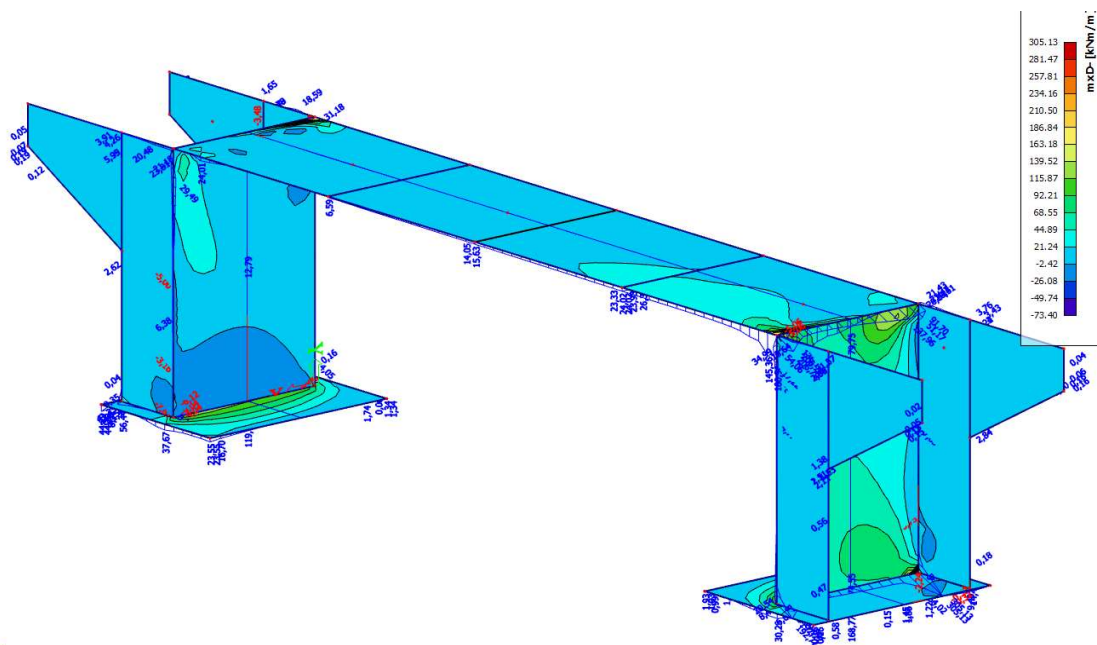
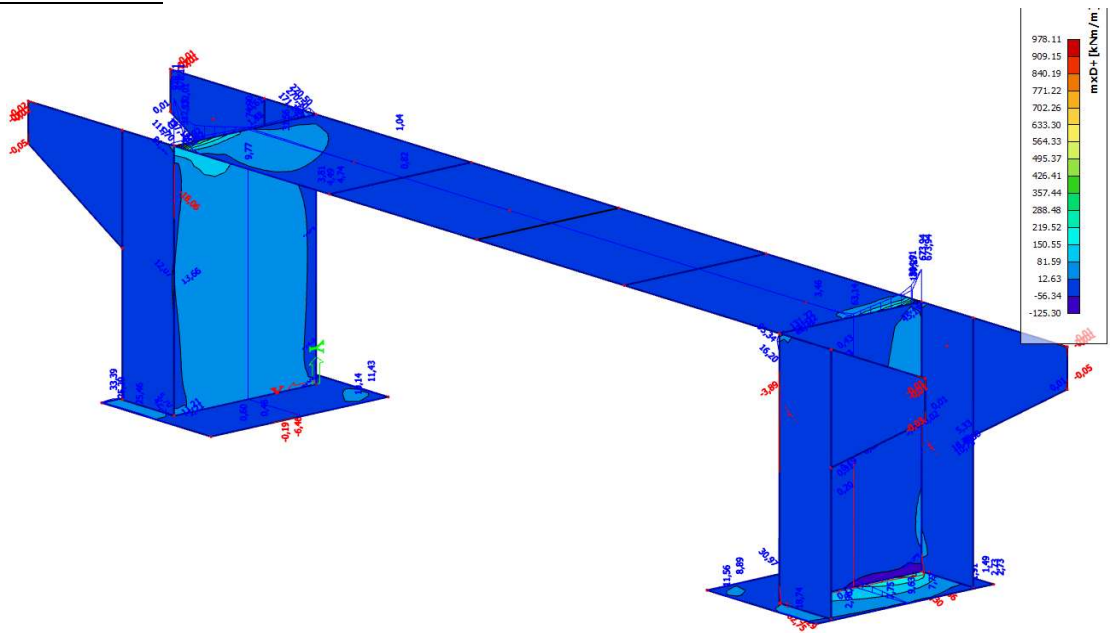
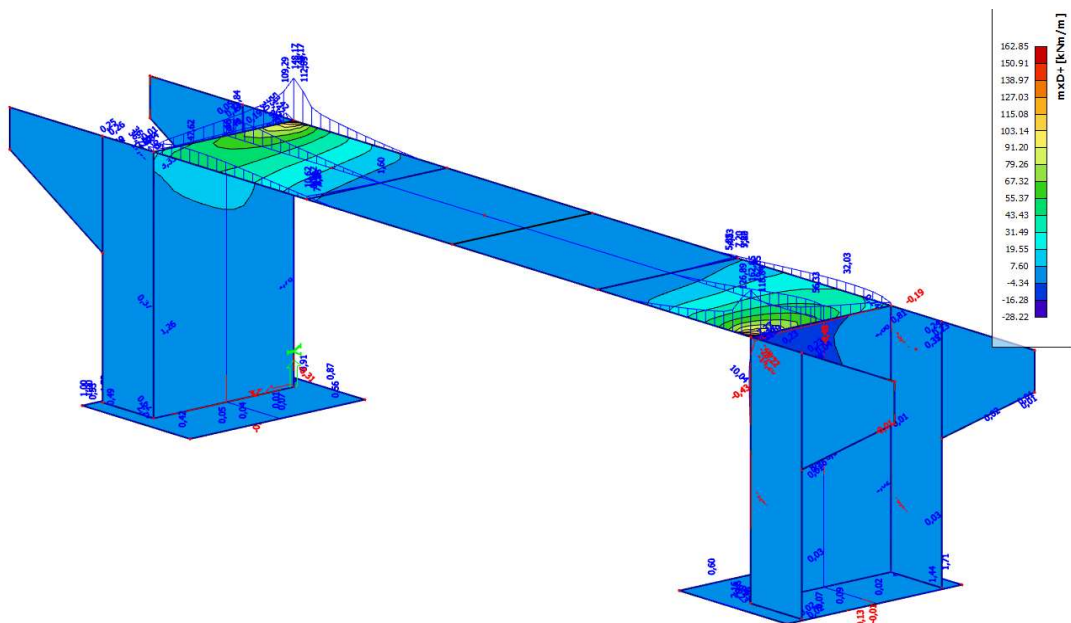
ZS1 - Stálé

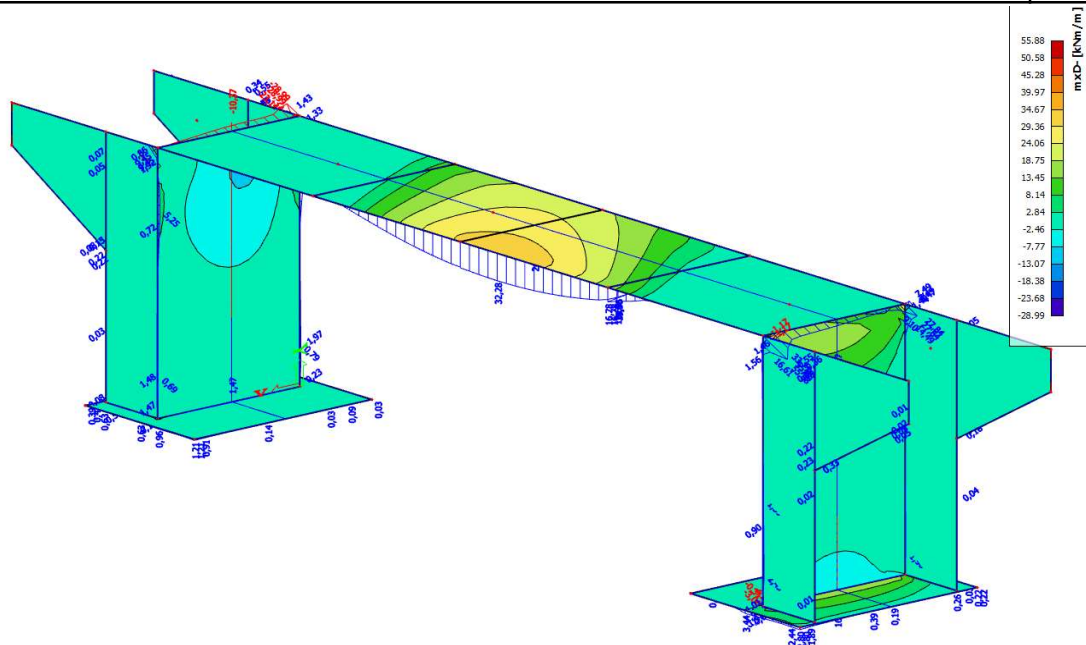


ZS2 - Ost.stálé

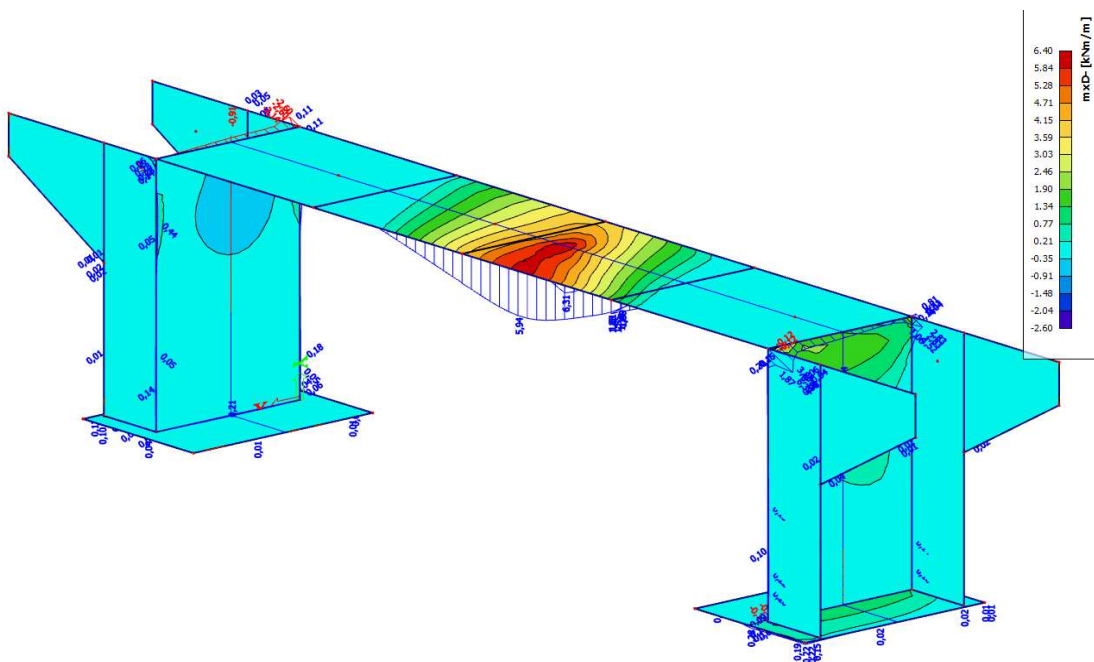
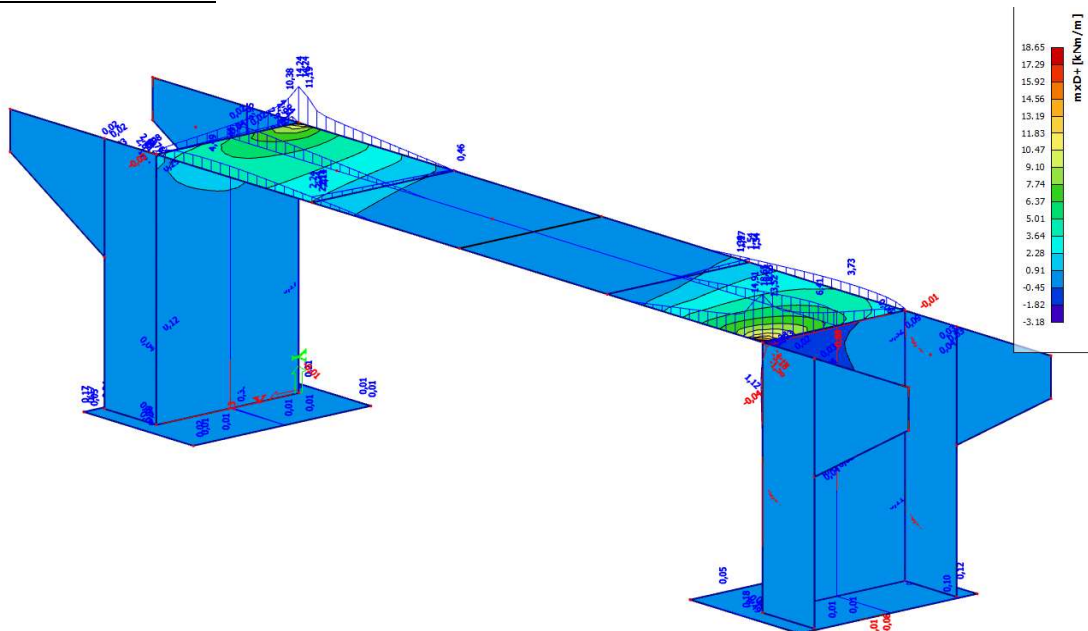


ZS3 - Zemní tlak

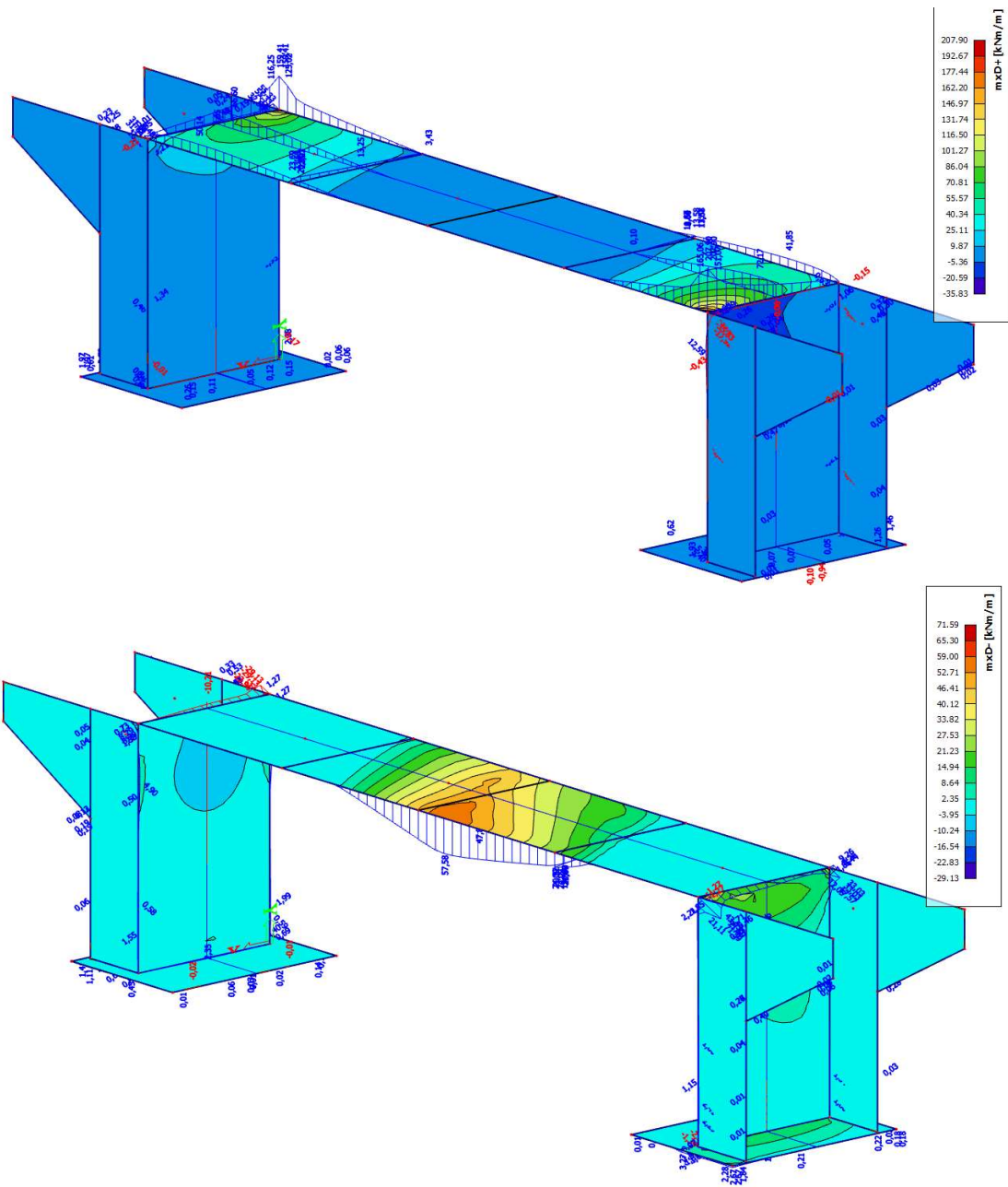
ZS4 - SmršťováníZS5 - Užitné rovnoměrné



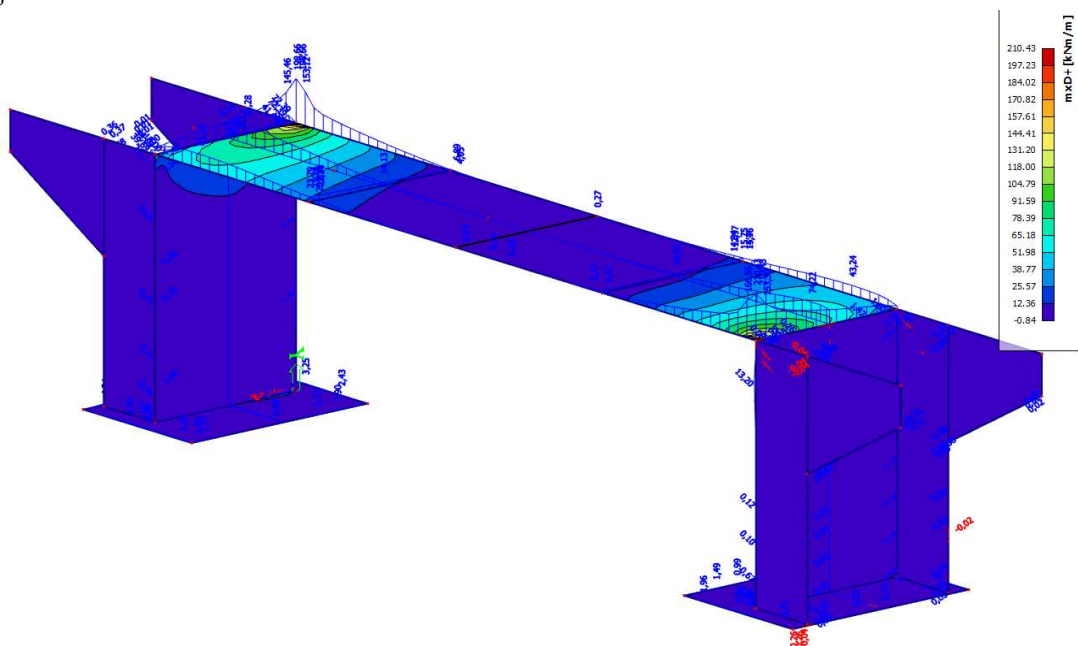
ZS6 - Užité soustředěné

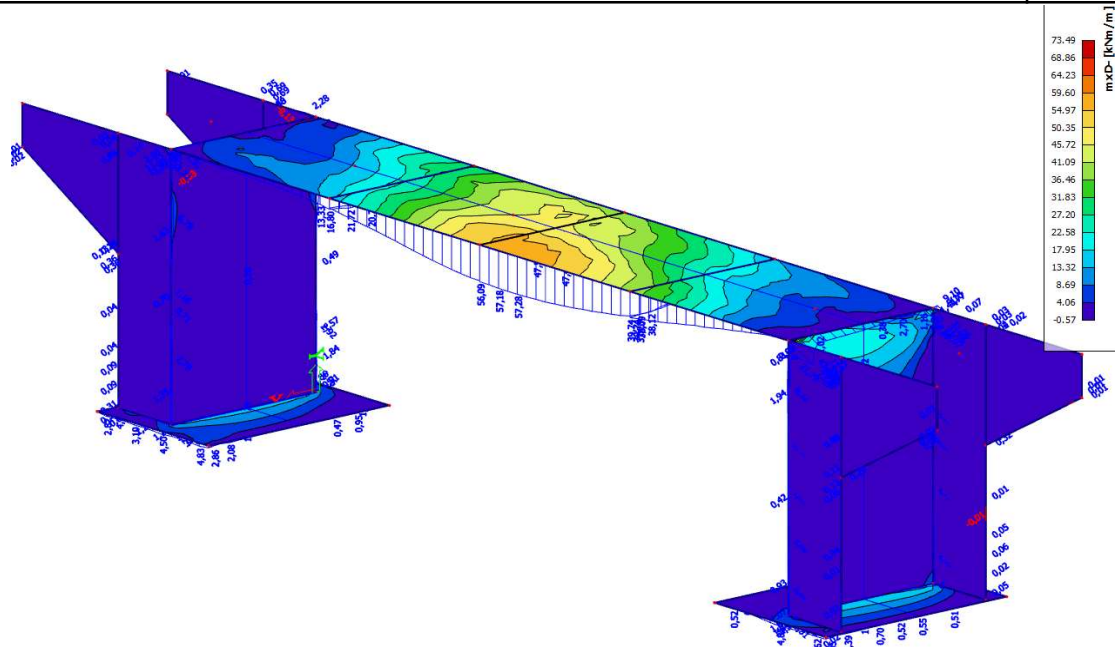


ZS7 - Obslužné vozidlo

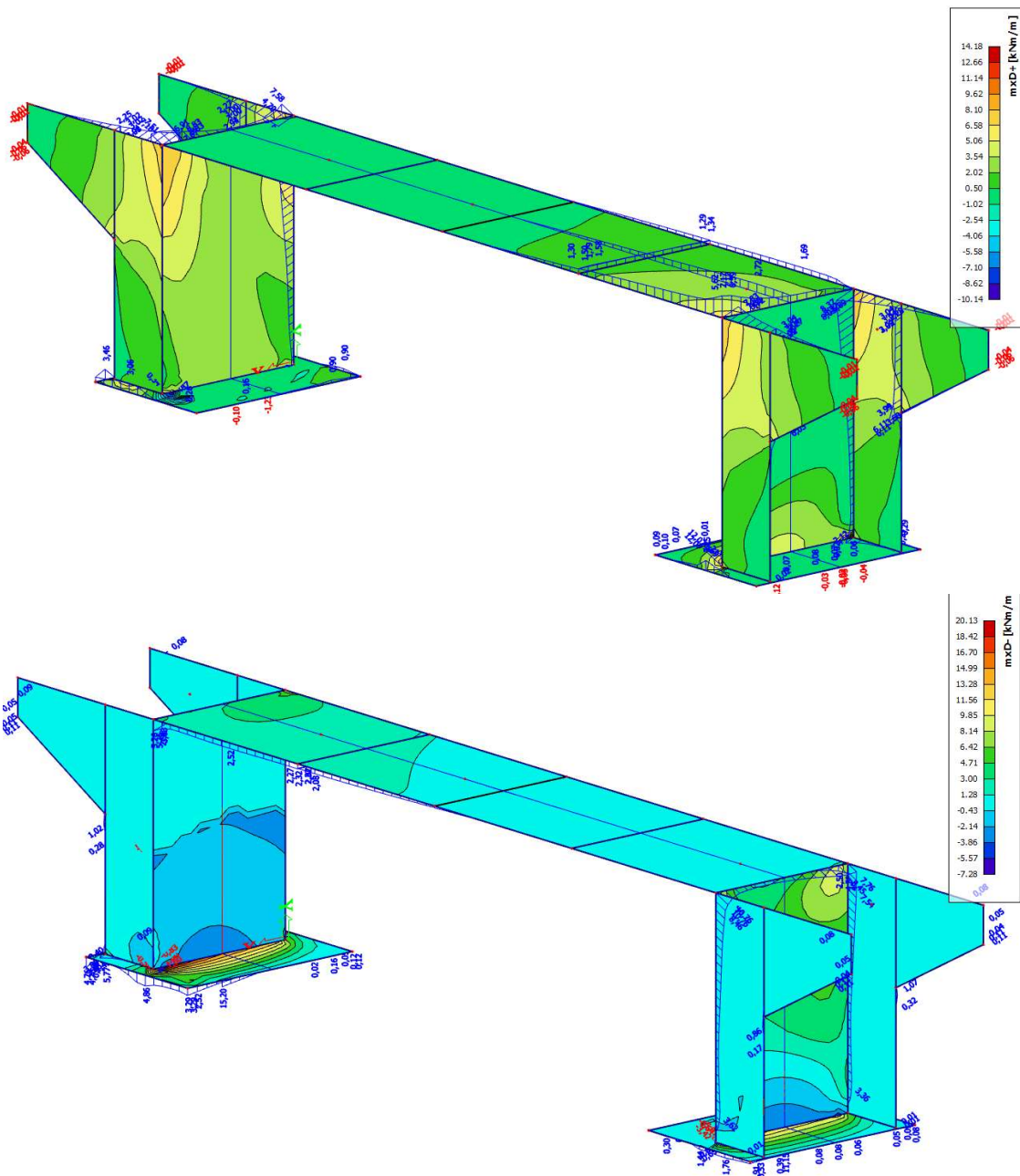


Pojezd - obálka sil

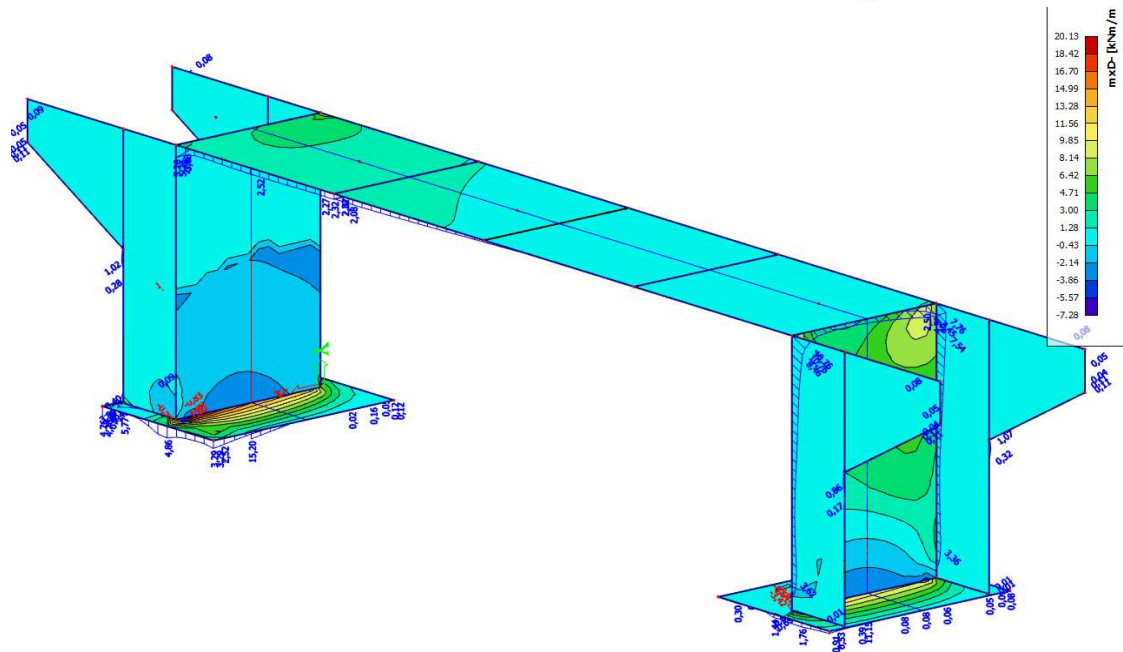
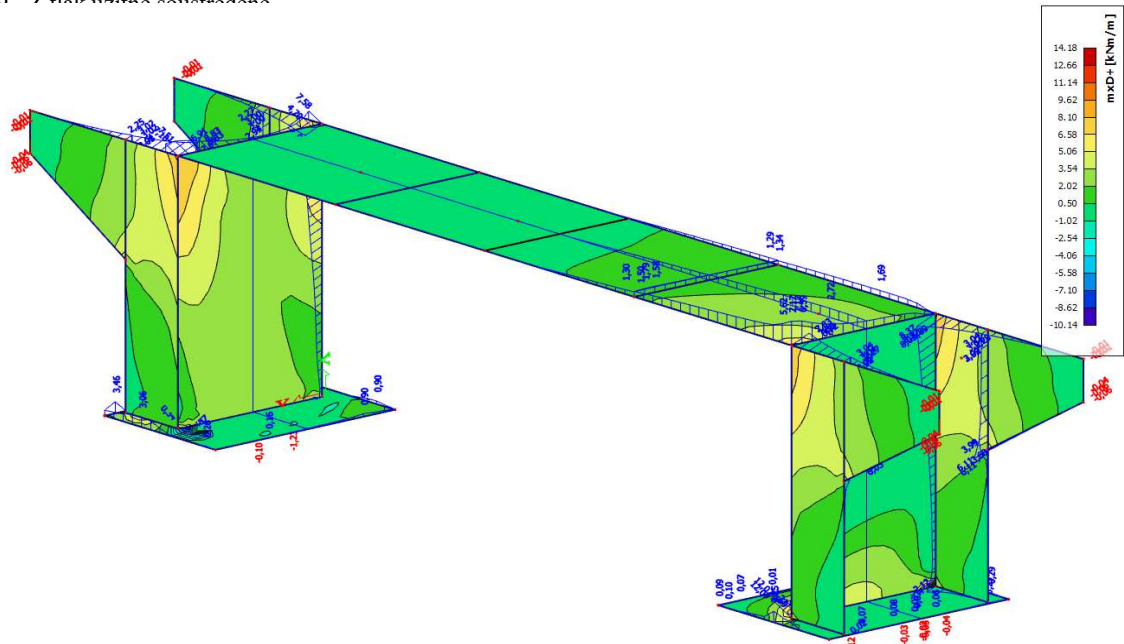




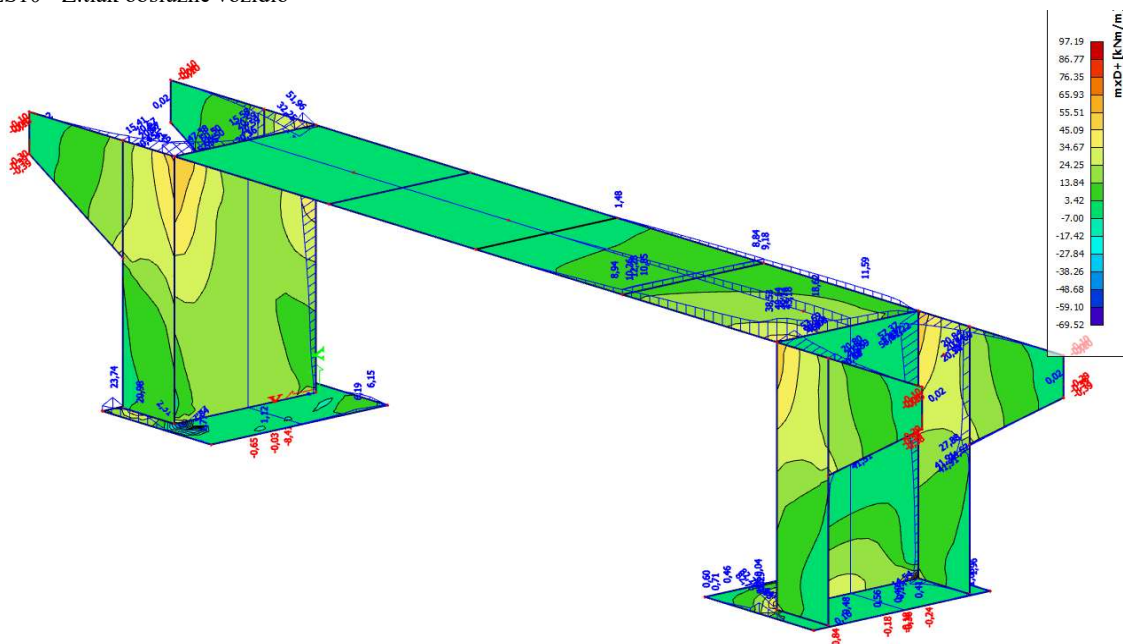
ZS8 - Z.tlak užiténé rovnoměrné

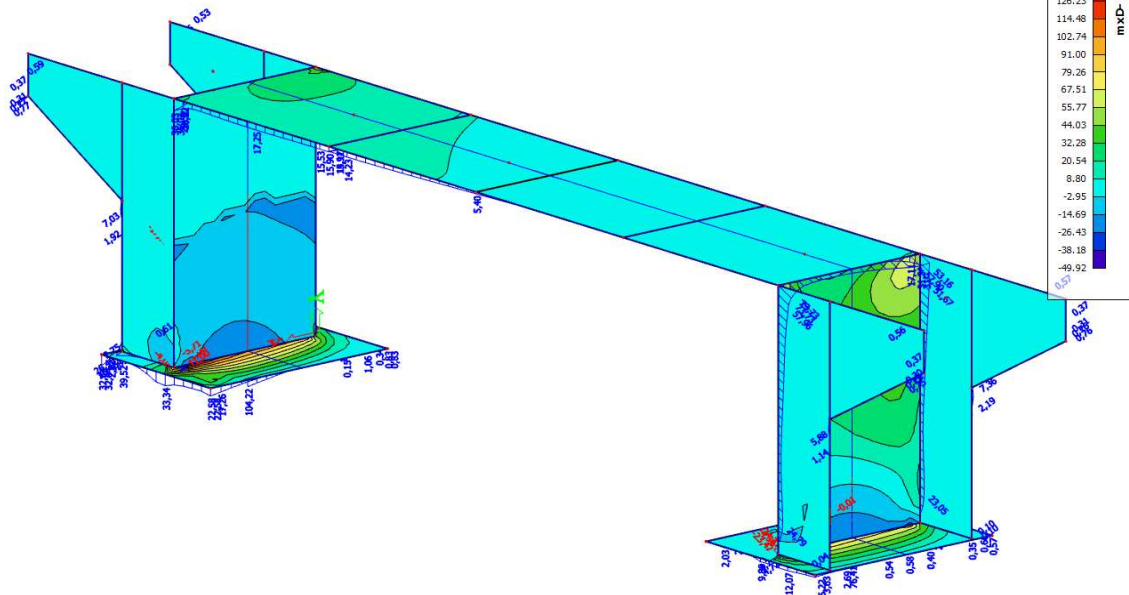
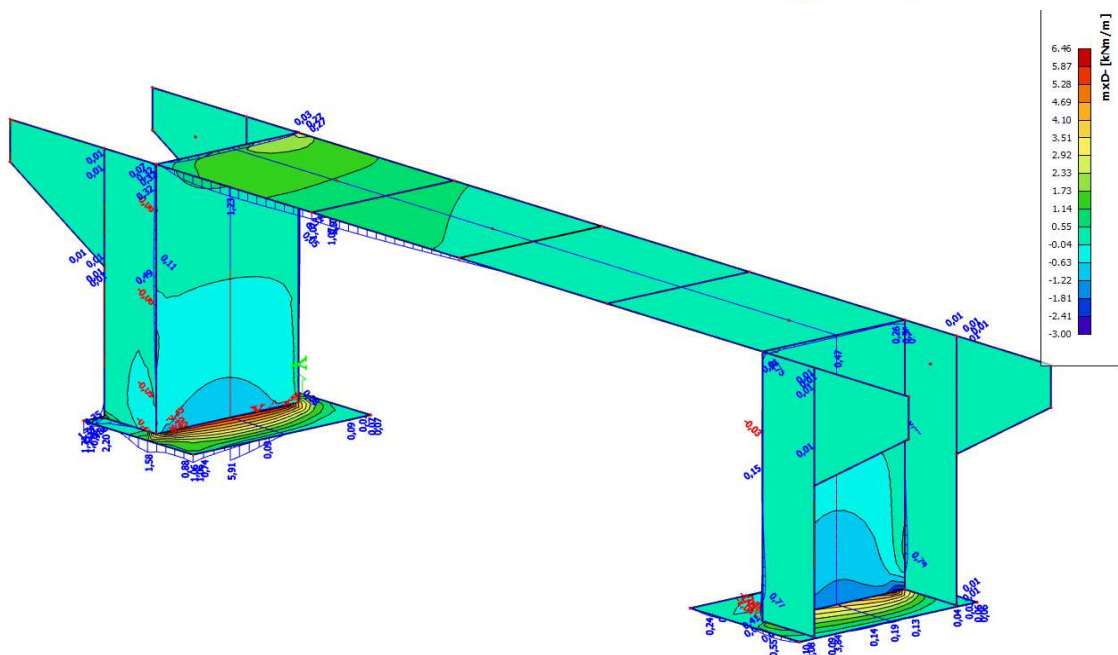
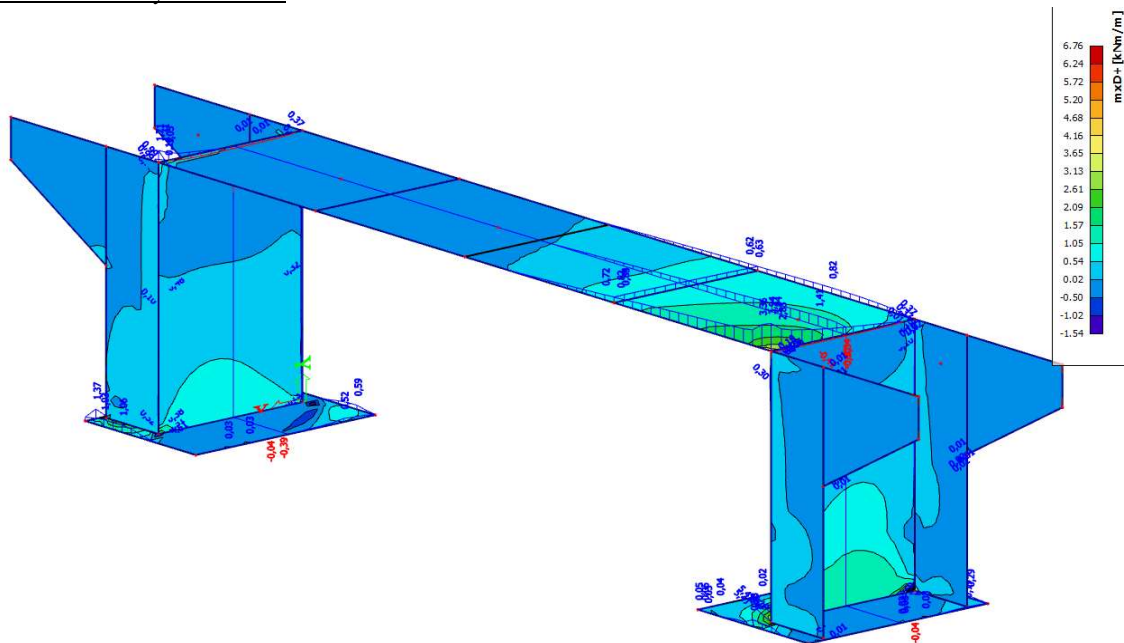


ZS9 - 7. tlak užitý s. souměrný

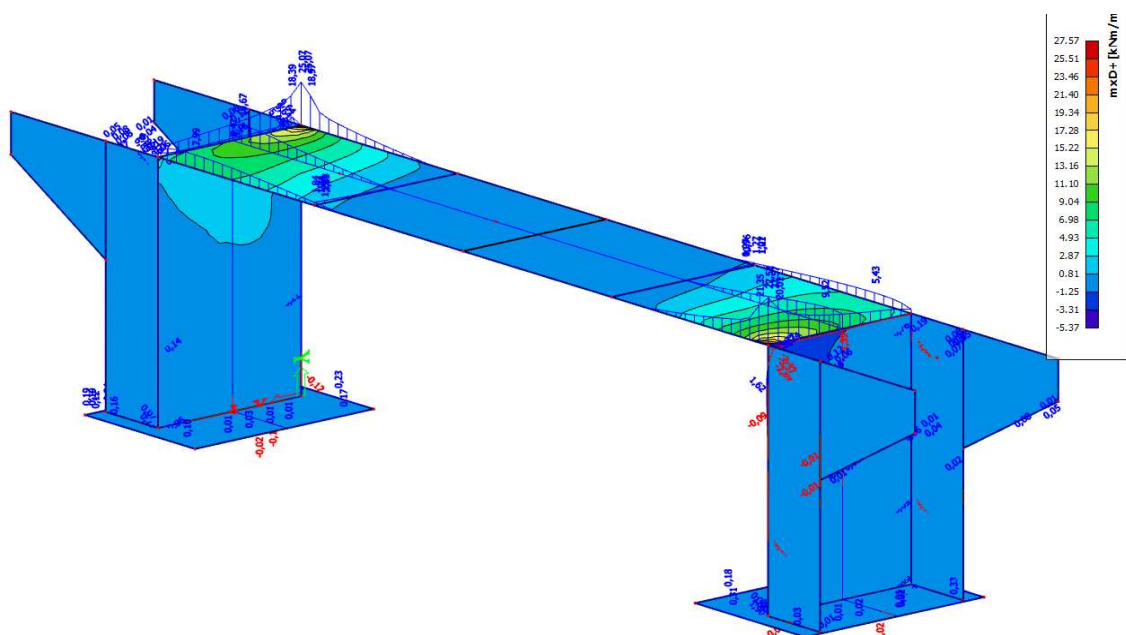
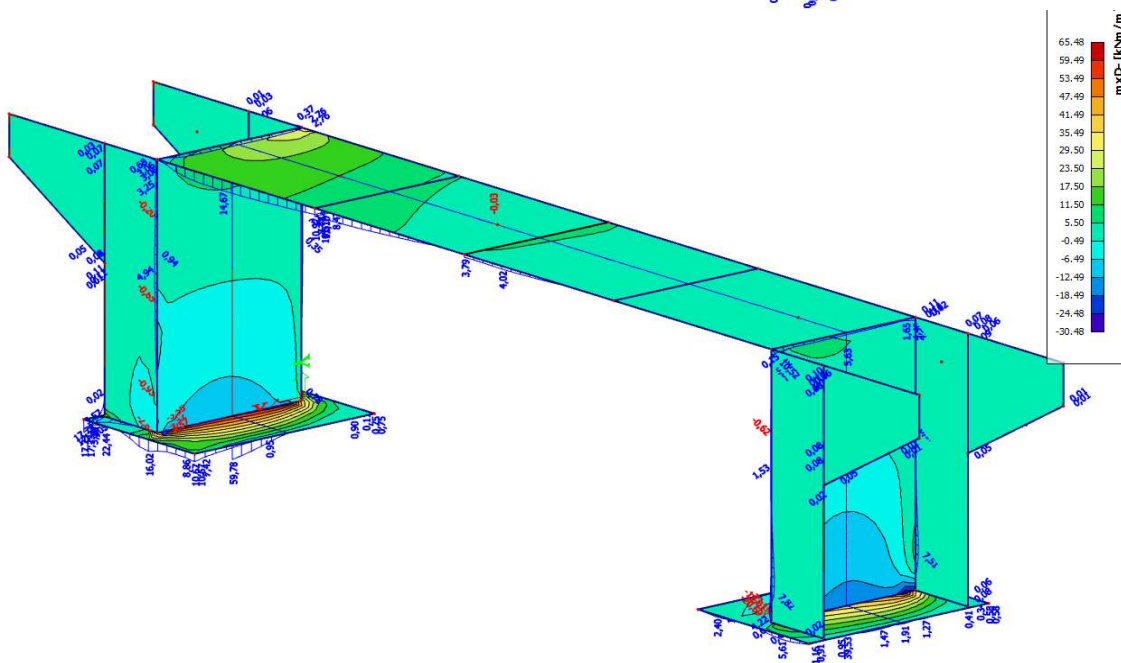


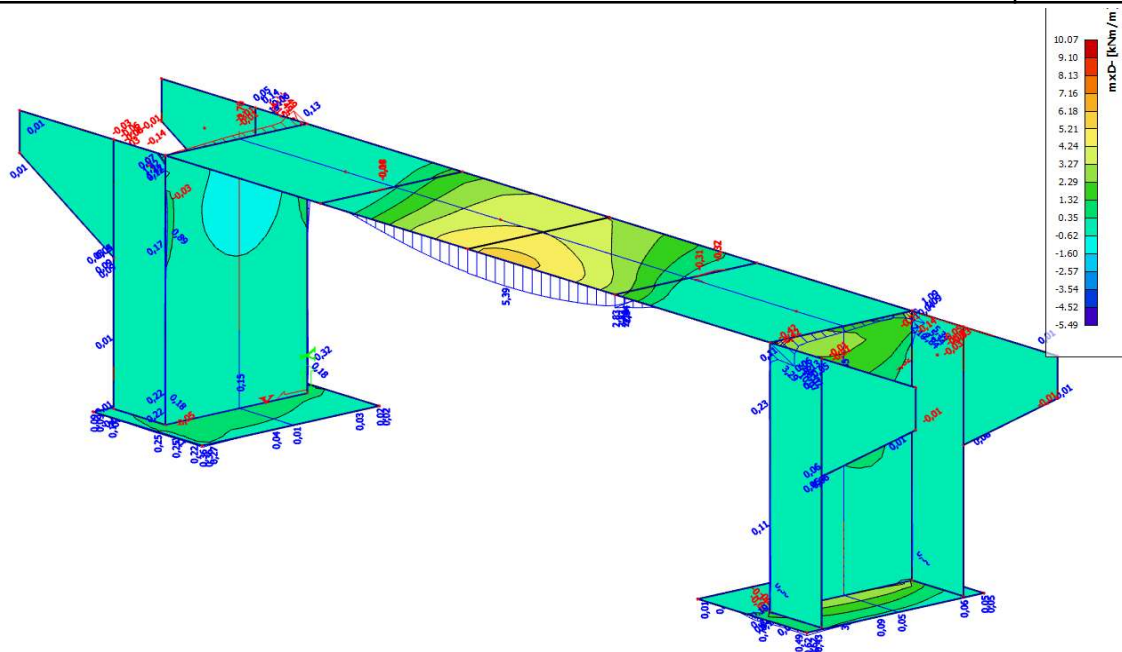
ZS10 - Z.tlak obslužné vozidlo



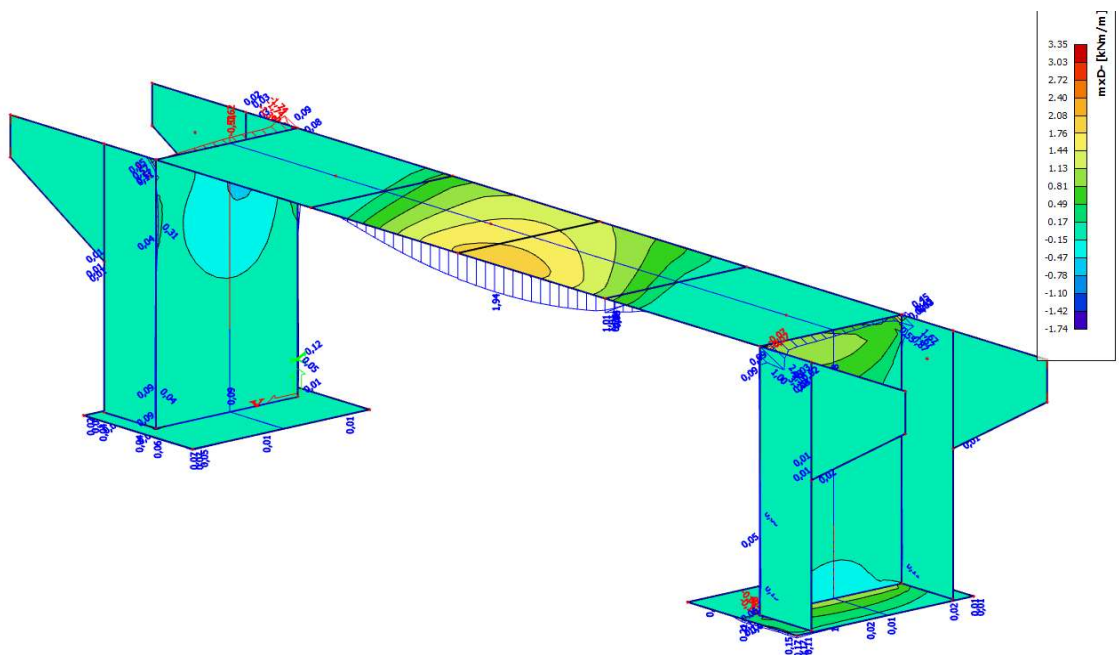
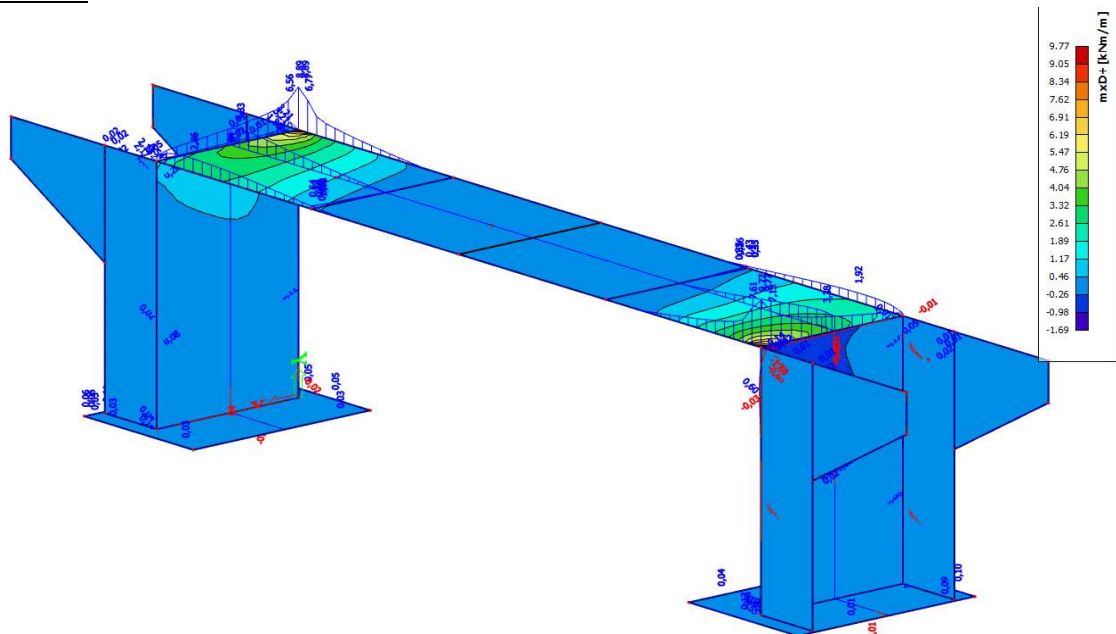
ZS11 - Brzdné síly užité rovn.

ZS13 - Zatížení zábradlí

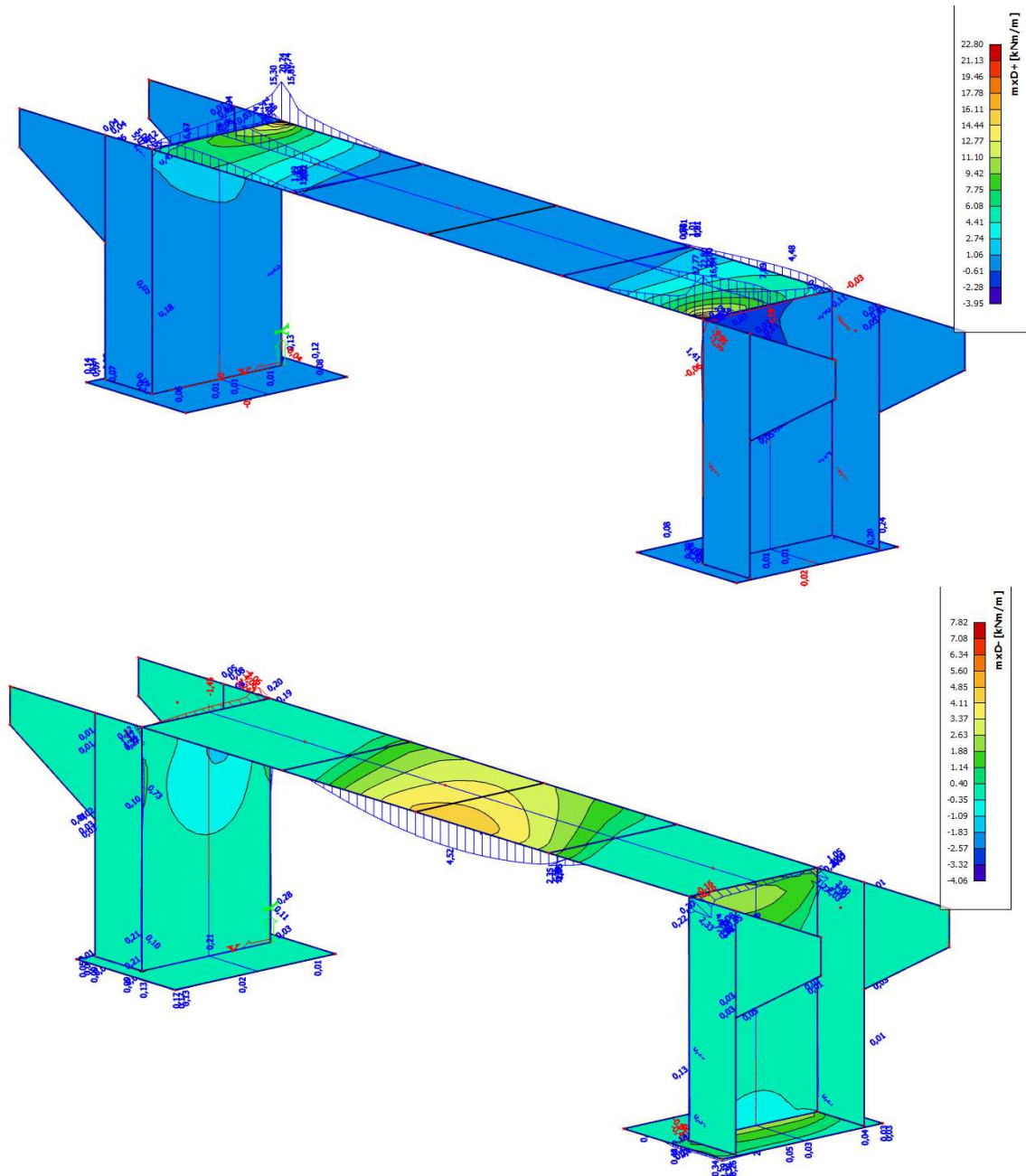




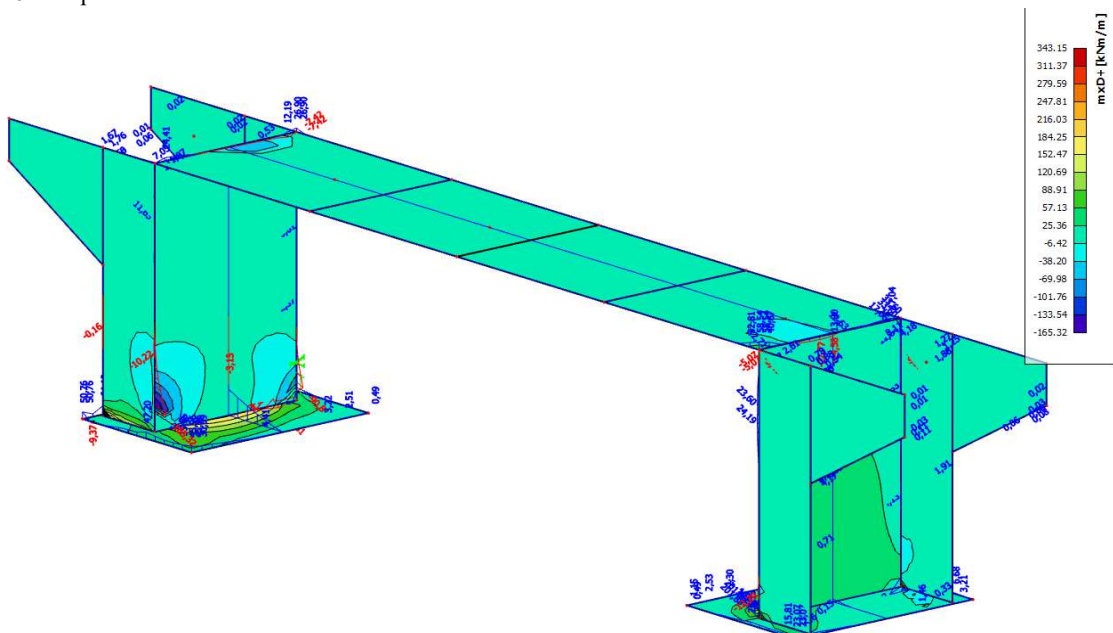
ZS14 - Vítr

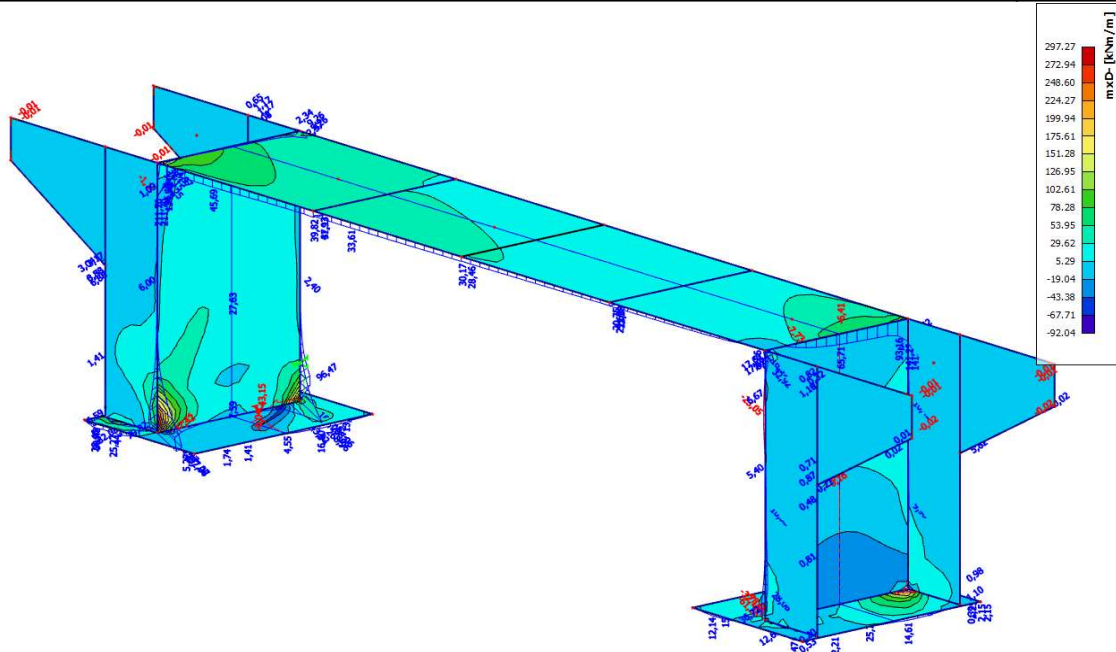


ZS15 - Sníh

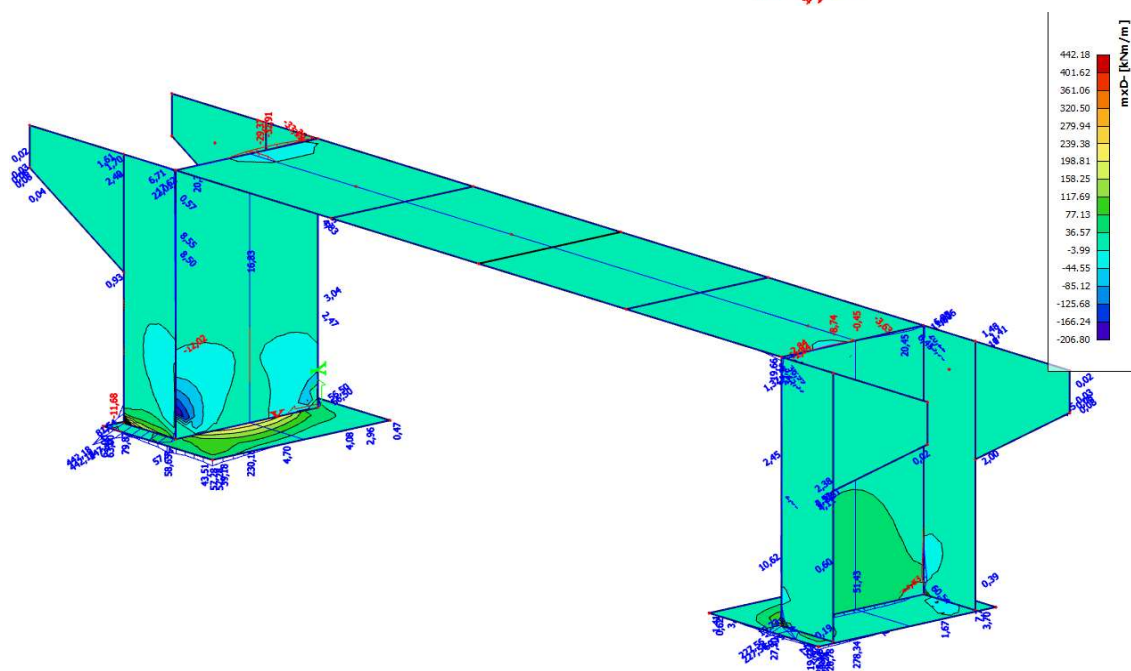
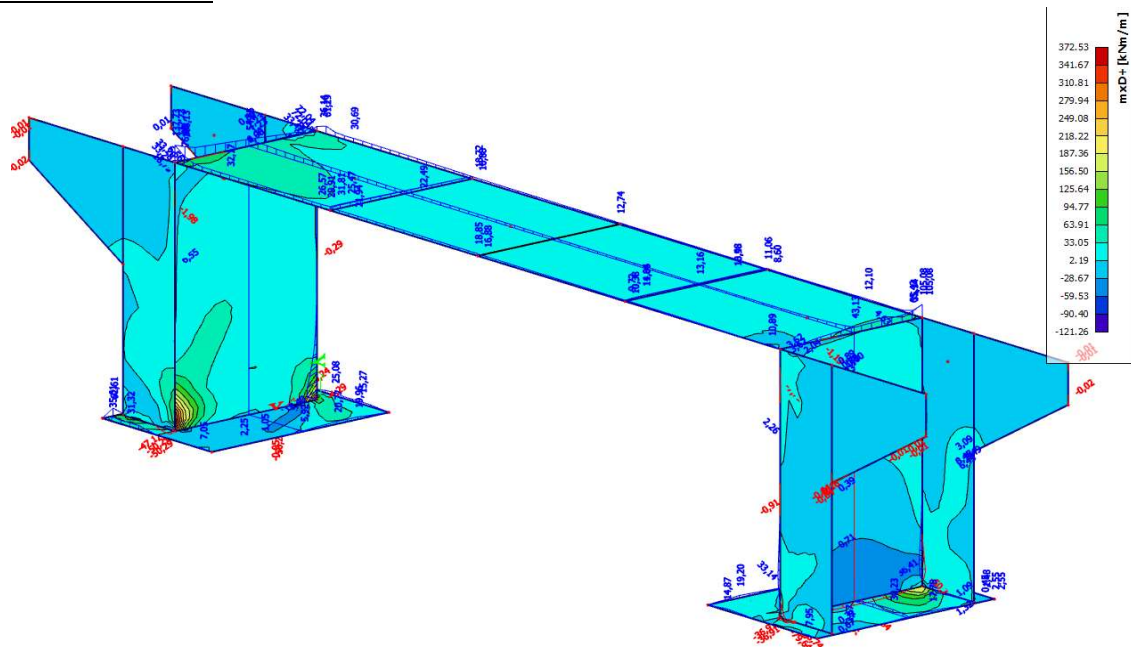


ZS16 - Oteplení kon.





ZS17 - Ochlazení kon.



5. Kombinace zatížení

4.1 Součinitelé kombinací

| Zatížení | | ZS | Ozn. | Popis | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------|---------|-----------------|------------|----------------------|----------|----------|----------|
| Hlavní | Doprava | ZS5, ZS8, ZS11 | gr1 | Rovnoměrné zatížení | 0,4 | 0,4 | 0 |
| | | ZS6, ZS9 | Q_{fwk} | Soustředěné zatížení | 0 | 0 | 0 |
| | | ZS7, ZS10, ZS12 | gr2 | Obslužné vozidlo | 0 | 0 | 0 |
| Vedlejší | Vítr | ZS14 | F_{wk} | Vítr | 0,3 | 0,2 | 0 |
| | Teplota | ZS16, ZS17 | T_k | Teplota | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| | Sníh | ZS15 | $Q_{SN,k}$ | Sníh | 0 | 0 | 0 |

$$\gamma_{G,j} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50$$

$$\xi = 0,85$$

4.2. Mezní stav únosnosti

Základní kombinace

$$K_{6.10a} = \Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$K_{6.10a} = \Sigma \gamma_{G,j} \cdot \text{stálá} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot \text{hlavní proměnná} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

$$K_{6.10b} = \Sigma \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$K_{6.10b} = \Sigma \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot \text{stálá} + \gamma_{Q,1} \cdot \text{hlavní proměnná} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

Mimořádná kombinace

$$K_{\text{mim}} = \Sigma G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$K_{\text{mim}} = \Sigma \text{stálá} + \text{mimořádná} + \psi_{1,1} \cdot \text{hlavní proměnná} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

4.3. Mezní stav použitelnosti

$$K_{\text{char}} = \Sigma G_{k,j} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$K_{\text{char}} = \Sigma \text{stálá} + \text{hlavní proměnná} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

$$K_{\text{častá}} = \Sigma G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$K_{\text{častá}} = \Sigma \text{stálá} + \psi_{1,1} \cdot \text{hlavní proměnná} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

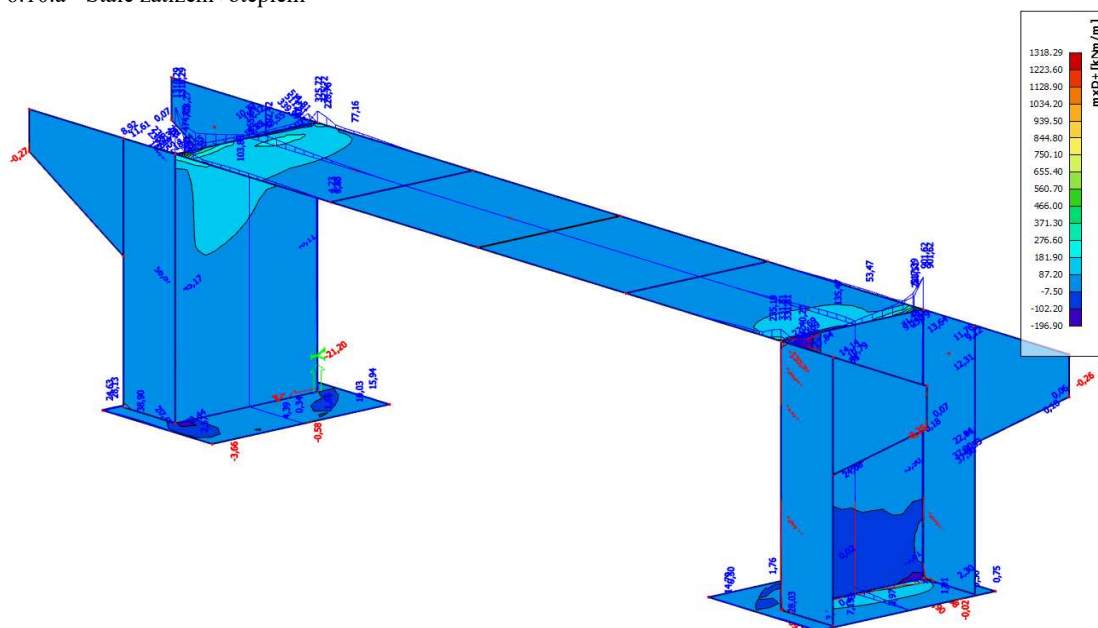
$$K_{\text{kvaz}} = \Sigma G_{k,j} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

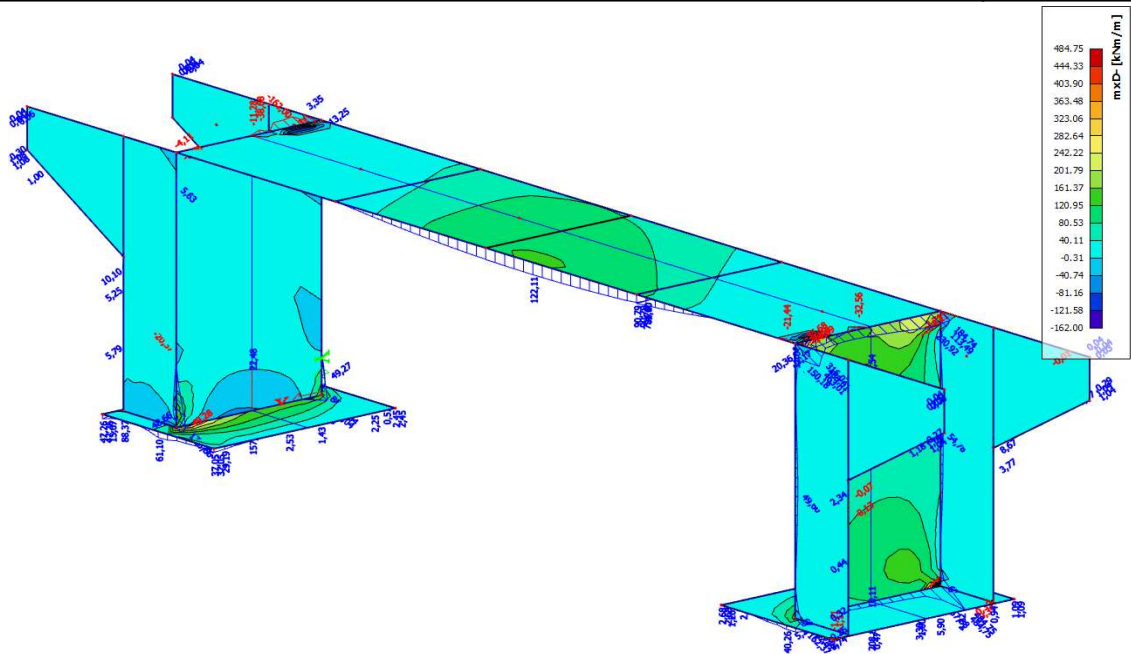
$$K_{\text{kvaz}} = \Sigma \text{stálá} + \psi_{2,1} \cdot \text{hlavní proměnná} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot \text{vedlejší proměnná}$$

4.4. Obálky vnitřních sil

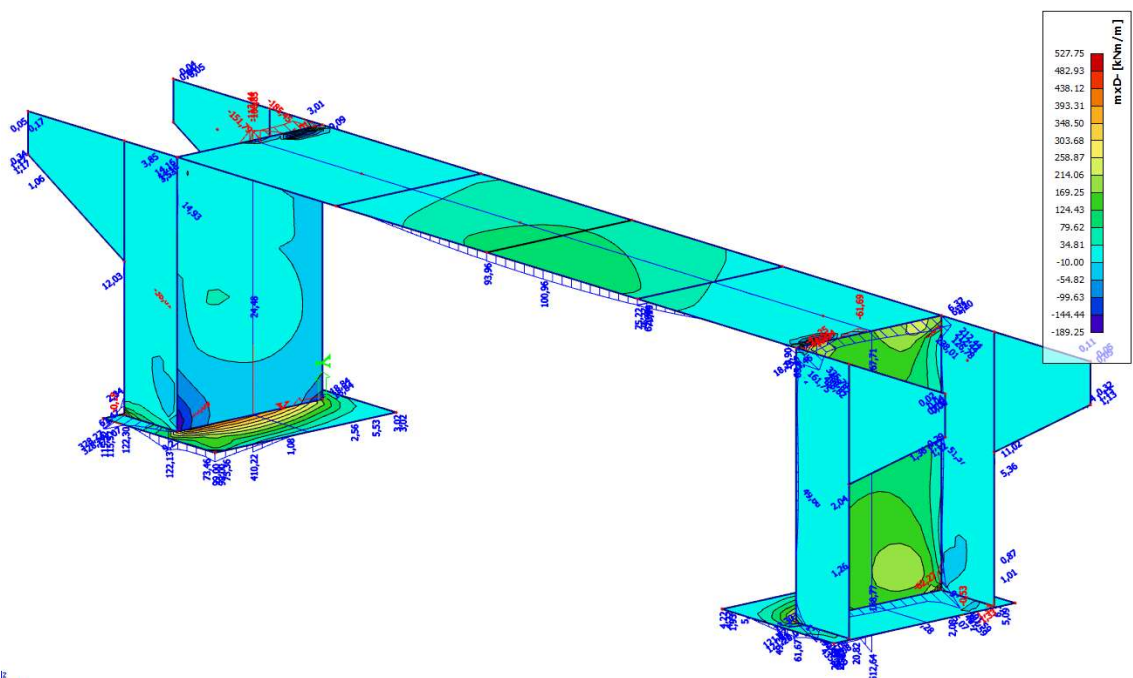
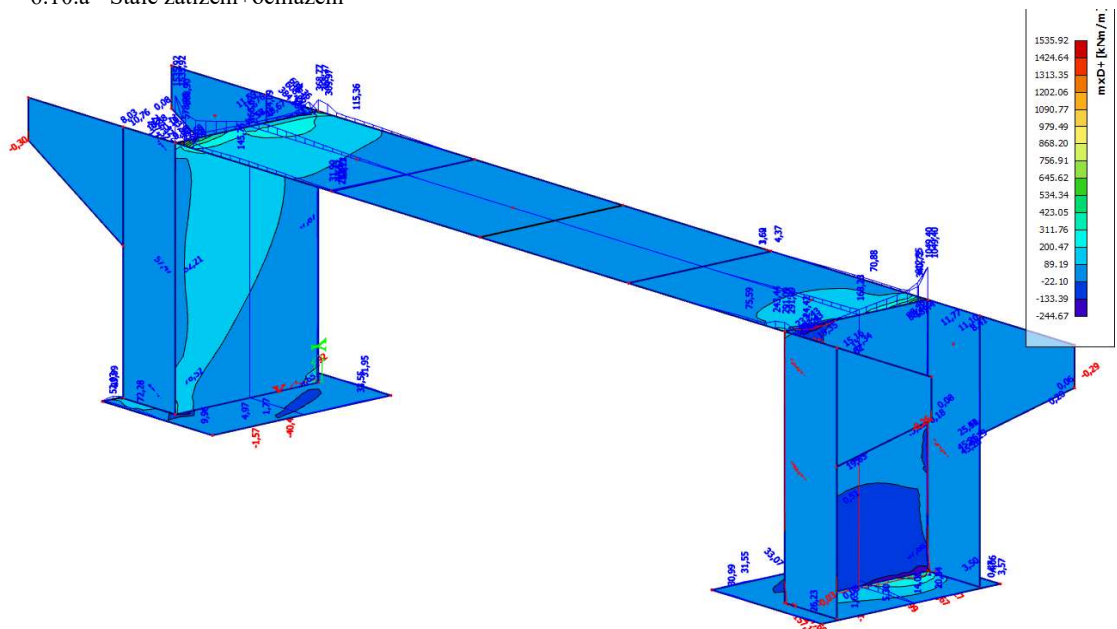
Základní kombinace

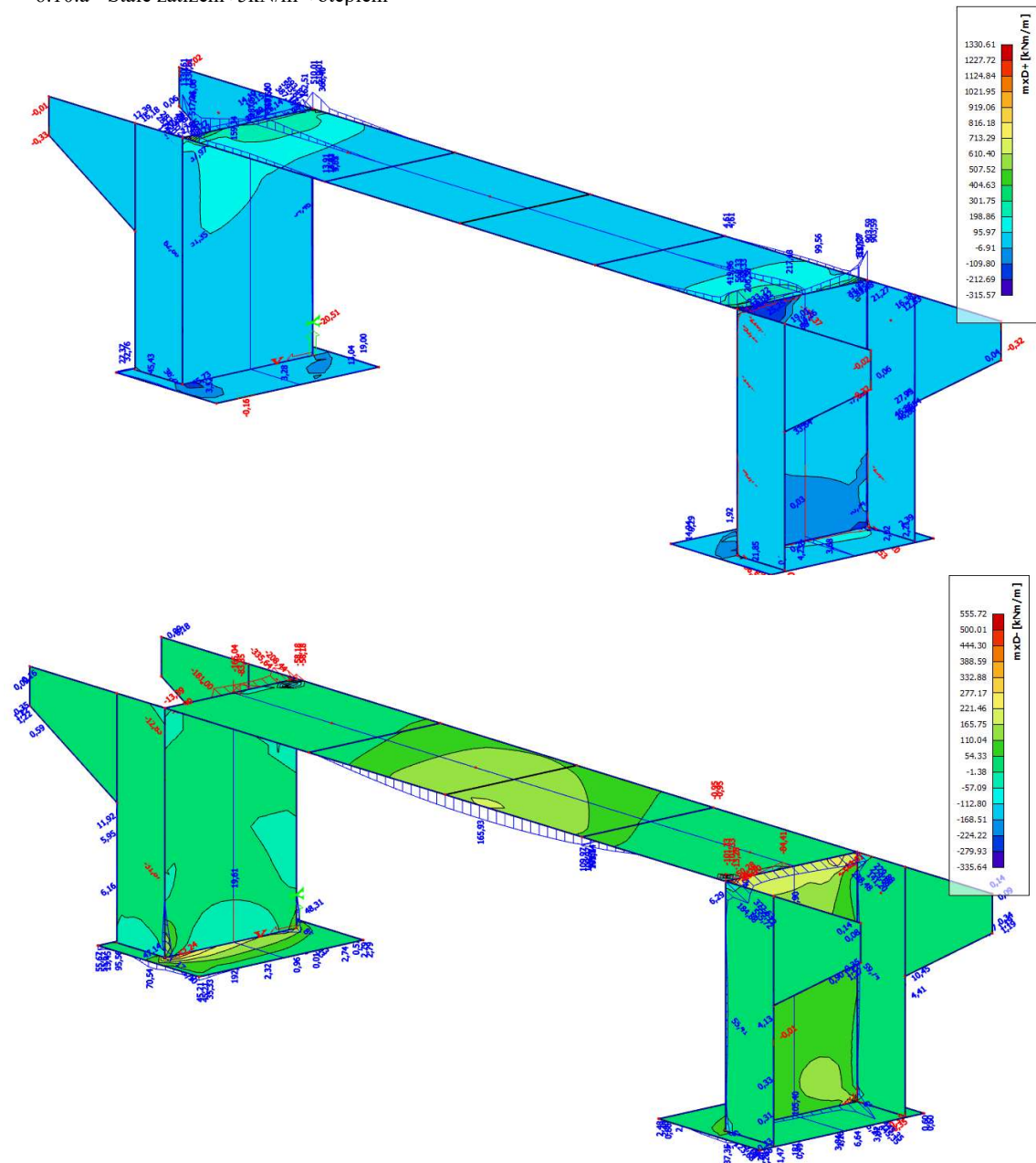
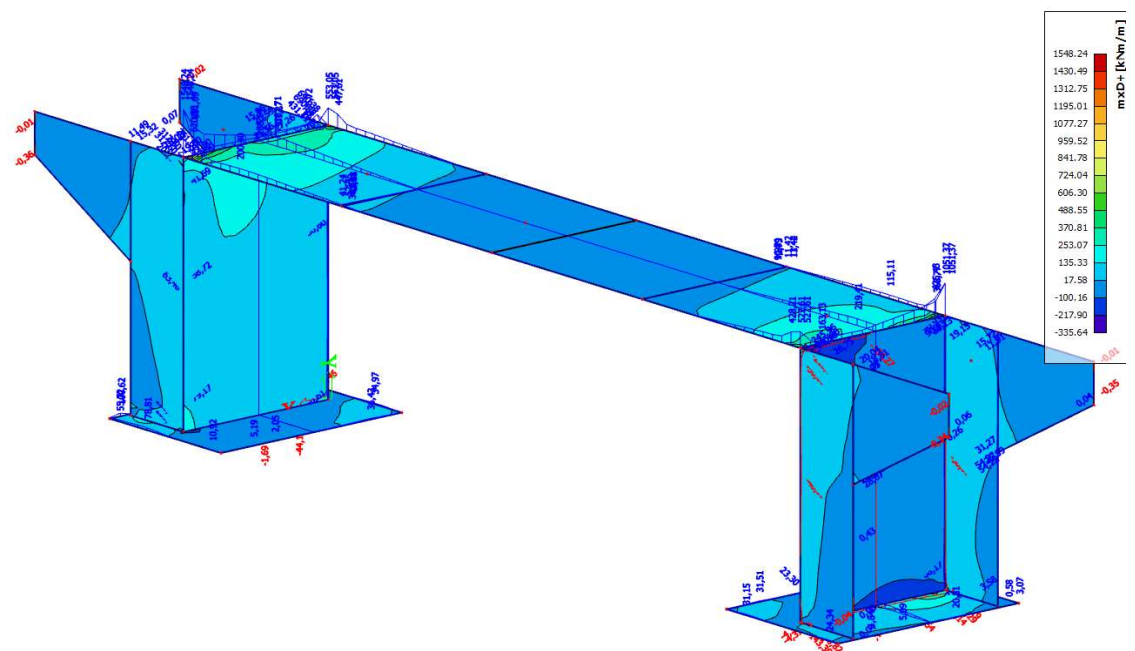
6.10.a - Stálé zatížení+oteplení

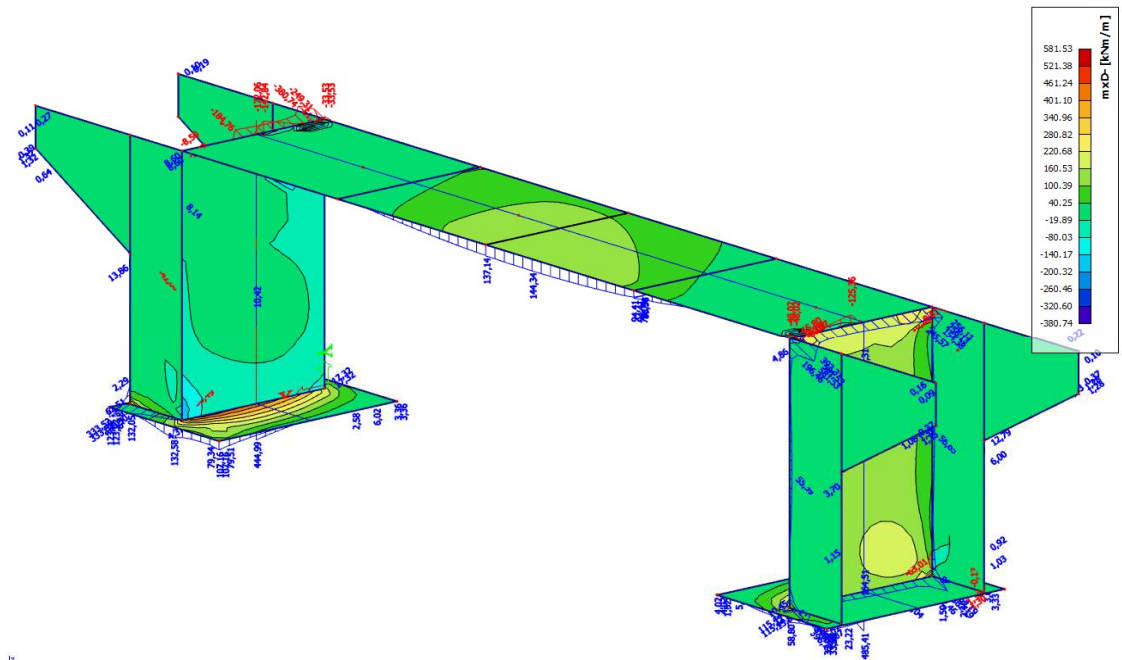




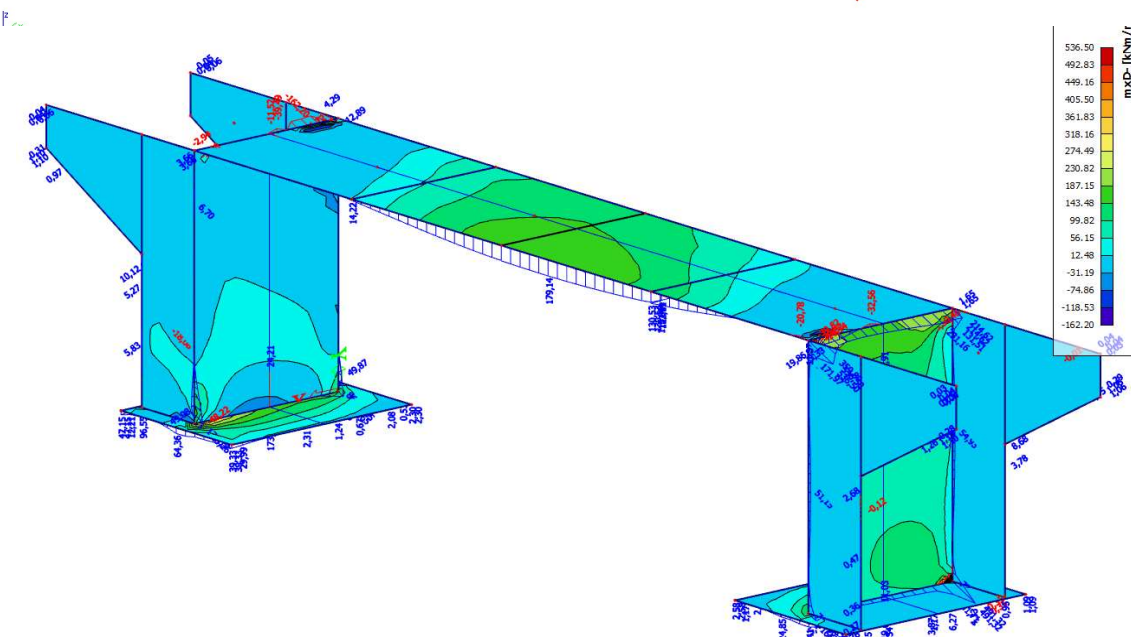
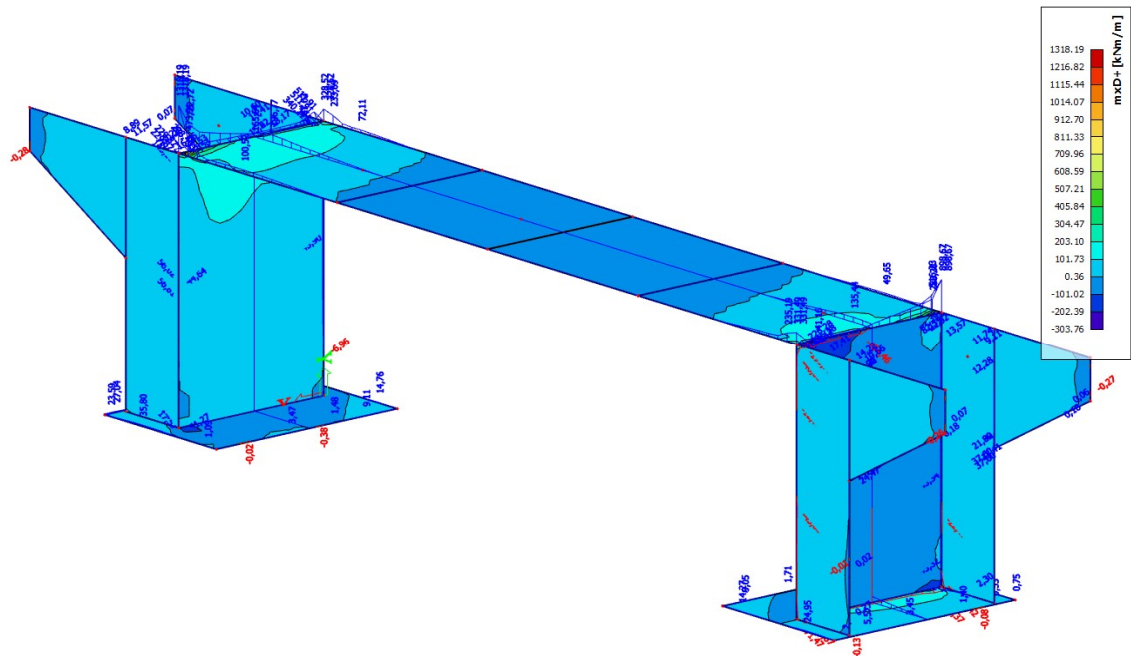
6.10.a - Stálé zatížení+ochlazení



6.10.a - Stálé zatížení+5kN/m²+oteplení6.10.a - Stálé zatížení+5kN/m²+ochlazení

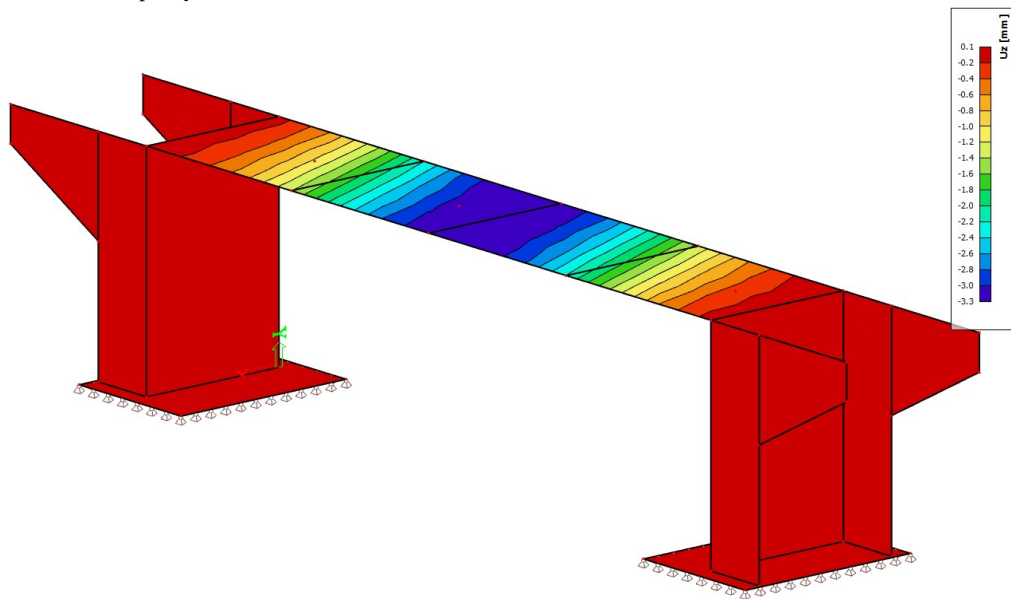


6.10.a - Stálé zatížení+pojezd+oteplení

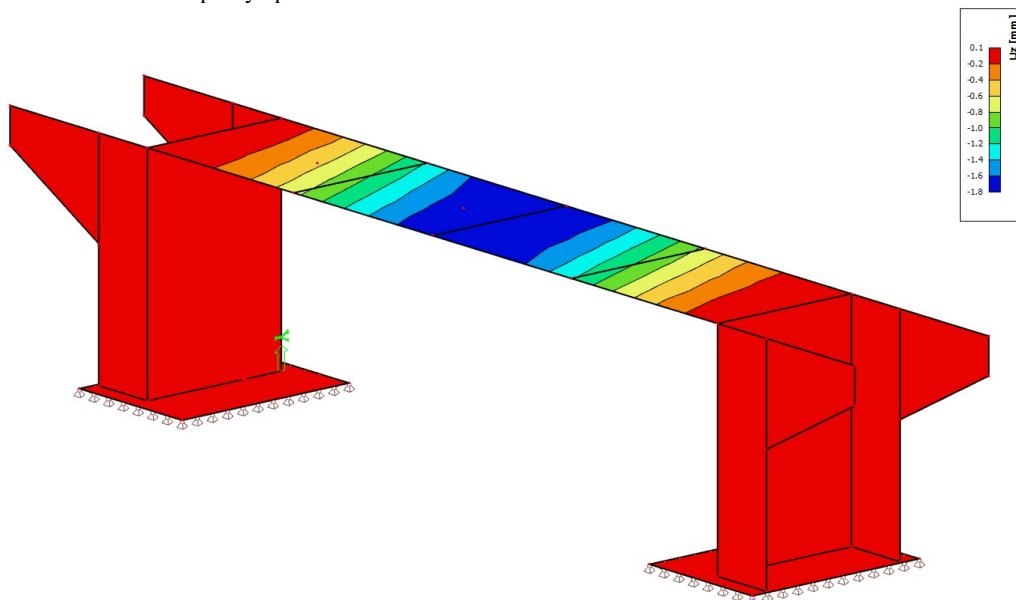


4.5. Deformace

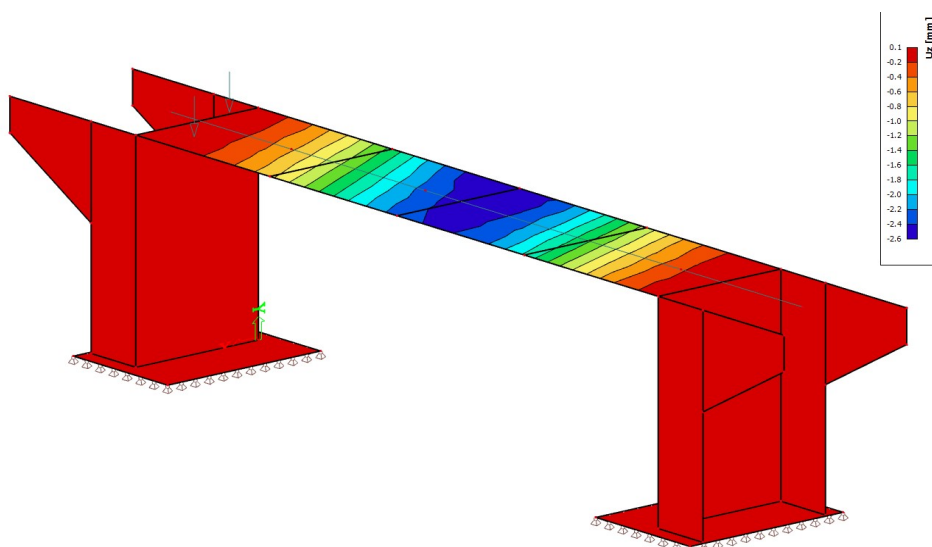
Kvazistálá - průhyb stálá zatížení



Charakteristická - průhyb pouze od zatížení 5kN/m^2



Charakteristická - průhyb pouze od pojezdu



5. Materiál

Beton

| Průřez | 1-1 | 2-2 | 3-3 | 4-4 | 5-5 | 6-6 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Třída betonu: | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 |
| Pevnost v tlaku: f_{ck} [MPa] | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Pevnost v tahu: f_{ctm} [MPa] | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 2,90 |
| Pevnost v tahu 5% kv.: $f_{ctk,0,05}$ [MPa] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Prům. pevnost v tahu: f_{cm} [MPa] | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| Modul pružnosti: E_{cm} [GPa] | 33,00 | 33,00 | 33,00 | 33,00 | 33,00 | 33,00 |
| Mezní stlačení betonu: ϵ_{c2} [‰] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Mezní stlačení betonu: ϵ_{cu3} [‰] | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |

Dílčí součinitel betonu: $\gamma_C = 1,5$ (trvalé a dočasné situace)

Dílčí součinitel betonu: $\gamma_C' = 1,2$ (mimořádné situace)

Vliv dlouhodob. účinků: $\alpha_{cc} = 0,85$

Vliv dlouhodob. účinků: $\alpha_{ct} = 1$

Rozměr zrna kameniva: $d_g = 16$ mm

Návrhová pevnost

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 0,85 \cdot 30,00 / 1,5 = \mathbf{17,00 \text{ MPa}} \quad (\text{trvalé a dočasné situace})$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_C = 1 \cdot 2,00 / 1,5 = \mathbf{1,33 \text{ MPa}} \quad (\text{trvalé a dočasné situace})$$

$$f_{cd}' = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}' / \gamma_C' = 0,85 \cdot 30,00 / 1,2 = \mathbf{21,25 \text{ MPa}} \quad (\text{mimořádné situace})$$

$$f_{ctd}' = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}' / \gamma_C' = 1 \cdot 2,90 / 1,2 = \mathbf{2,42 \text{ MPa}} \quad (\text{mimořádné situace})$$

| Průřez | 1-1 | 2-2 | 3-3 | 4-4 | 5-5 | 6-6 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Třída betonu: | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 |
| Pevnost v tlaku: f_{cd} [MPa] | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 |
| Pevnost v tahu: f_{ctd} [MPa] | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 |
| Pevnost v tlaku (mimořádné): f_{cd}' [MPa] | 21,25 | 21,25 | 21,25 | 21,25 | 21,25 | 21,25 |
| Pevnost v tahu (mimořádné): f_{ctd}' [MPa] | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 |

Výztuž

Třída oceli: B500B

Mez kluzu: $f_{yk} = 500,00$ MPa

Dílčí součinitel oceli: $\gamma_S = 1,15$ (trvalé a dočasné situace)

Dílčí součinitel oceli: $\gamma_S = 1,00$ (mimořádné situace)

Modul pružnosti oceli: $E_S = 200$ GPa

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_S = 434,78 / 200 = 2,17$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 3,50 / (3,50 + 2,17) = 0,617$$

$$\xi_{bal,2} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} - \epsilon_{yd}) = 3,50 / (3,50 - 2,17) = 2,639$$

Návrhová pevnost:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500,00 / 1,15 = \mathbf{434,78 \text{ MPa}} \quad (\text{trvalé a dočasné situace})$$

$$f_{yd}' = f_{yk}' / \gamma_S = 500,00 / 1,00 = \mathbf{500,00 \text{ MPa}} \quad (\text{mimořádné situace})$$

6. Konstrukční zásady

Krytí výztuže

| | | |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Třída konstrukce: | Stupeň vlivu prostředí: | XC4 |
| | Základní třída konstrukce: | S4 |
| | Návrhová život. 100 let: | ne → ponechání třídy |
| | Pevnostní třída $\geq C40/50$: | ne → ponechání třídy |
| | Deskové konstrukce: | ano → zmenšit třídu o 1 |
| | Zvláštní kontrola | ne → ponechání třídy |
| | Výsledná třída konstrukce: | $4 + 0 - 0 - 1 - 0 = S\ 3$ |

| | |
|---------------------------------|---|
| Minimální krycí vrstva výztuže: | $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$ |
| | $c_{min} = \max\{20; 25 + 0 - 0 - 0; 10\}\text{ mm}$ |
| | $c_{min} = 25\text{ mm}$ |
| | $c_{min,b} = 20\text{ mm}$ (profil výztuže) |
| | $c_{min,dur} = 25\text{ mm}$ (třída S5, XC4) |
| | $\Delta c_{dur,\gamma} = 0\text{ mm}$ (bezpečnostní složka) |
| | $\Delta c_{dur,st} = 0\text{ mm}$ (není nerezová ocel) |
| | $\Delta c_{dur,add} = 0\text{ mm}$ (bez přídavné ochrany) |

| | |
|---------------------------------|---|
| Nominální krycí vrstva výztuže: | $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35\text{ mm}$ navrhuto 35 mm |
| | $\Delta c_{dev} = 10\text{ mm}$ (monolitická konstrukce na rovný povrch) |

Minimální krycí vrstva výztuže je 25 mm.

Navrhuto: **60 mm**

Nominální krycí vrstva výztuže je 35 mm.

Kotvení výztuže

Mezní nap. v soudržnosti: $f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,33 = 3,00\text{ MPa}$

$\eta_1 = 1,00$ (dobré podmínky soudržnosti)

$\eta_2 = 1,00$ ($\sigma \leq 32$)

Základní kotevní délka: $l_{b,rqd} = (\sigma_s / f_{bd}) \cdot (\sigma_s / f_{bd}) = (20 / 4) \cdot (434,78 / 3,00) = 725\text{ mm}$

Návrhová kotevní délka: $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,00 \cdot 0,70 \cdot 0,87 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 725 = 441\text{ mm}$

$\alpha_1 = 1,00$ (přímý prut)

$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \sigma) / \sigma = 1 - 0,15 \cdot (60 - 20) / 20 = 0,70$ (betonová krycí vrstva)

$\alpha_2 = <0,7; 1,0>$

$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0,05 \cdot 2,61 = 0,87$ (ovinutí příčnou výztuží)

$\alpha_3 = <0,7; 1,0>$

$K = 0,05$ (třmínky vně podélné výztuže)

$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s = (820 - 0) / 314 = 2,61$

$\alpha_4 = 1,00$ (nejsou přivařené příčné pruty)

$\alpha_5 = 1,00$ (není příčný tlak)

Minimální kotevní délka: $l_{bmin} = \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \sigma; 100\text{ mm}\} = \min\{217; 200; 100\text{ mm}\} = 217\text{ mm}$

Návrhová kotevní délka výztuže je 441 mm.

Minimální kotevní délka výztuže je 217 mm.

| profil | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 | 32 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zákl. kot. délka | 217,4 | 289,9 | 362,3 | 434,8 | 507,2 | 579,7 | 652,2 | 724,6 | 797,1 | 905,8 | 1014 | 1087 | 1159 |
| α_1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| α_2 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,741 | 0,79 | 0,829 | 0,85 | 0,869 |
| α_3 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 |
| α_4 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| α_5 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Kotevní délka | 133 | 178 | 222 | 266 | 311 | 355 | 399 | 444 | 517 | 626 | 736 | 808 | 881 |

Vzdálenost výztuže: 60 mm

Krytí výztuže: 100 mm

7. Posouzení průřezů:**7.1. Řez 1-1 – střed rozpětí****Návrhové vnitřní síly:**

$$N_{ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 120,00 \text{ kN (max)}$$

$$M_{ed} = 180,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 3142 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže (1m'): } A_{sr} = 3142 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \phi / 2 = 350 - 60 - 20 / 2 = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 280 / 500,00 = 422 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 280 = 364 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 3142 > 422 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 2 \cdot h; 250 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 350 = 700 ; 250 \} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 3142 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,100 \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x / d = 0,100 / 0,280 = 0,359$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,359 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,280 - 0,4 \cdot 0,100 = 0,240 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 3142 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,240 = 327,58 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu:

$$M_{Rd} > |M_{ed}|$$

$$\{ 327,58 > 180,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,55$$

Navrhnuť $\Phi 20$ a 100 mm.Pozn. Stejný prut je v řezu 2-2, ale $s=200$ mm.**Rozdělovací výztuž:**

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 3142 = 628 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 1131 > 628 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 3 \cdot h; 400 \text{ mm} \} = \min \{ 3 \cdot 350 = 1050 ; 400 \} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuť $\Phi 12$ a 100 mm.**Smyková výztuž:**

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Počet třmínků: } N = 3,33 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s_w = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 94 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/280)^{1/2} = 1,85$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 3142 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,280) = 0,0112$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 0,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,350) = 0,00 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,85^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,12 \cdot 1,85 \cdot (100 \cdot 0,0112 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,280 = 200,17 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,48 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,280 = 134,54 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_l = 0,15$$

$$\text{Požadavek návrhu smykové výztuže: } V_{Rd,c} > |V_{ed}|$$

$$\{ 134,54 > 120,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž není nutná.**Navrhnuť $\Phi 6$ a 300 mm podélně, 300 mm příčně.**

Stupeň vyztužení smykovou výztuží: $\rho_{w,l} = A_{sw,l} / (s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha_{st}) = 94 / (300 \cdot 1000 \cdot \sin 90^\circ) = 0,0003$

Omezení množství výztuže: $\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{30,00}) / 500,00 = 0,0009$
 $\rho_w > \rho_{min} \quad \{ \mathbf{0,0003} < \mathbf{0,0009} \} \quad \text{Nevyhovuje!}$
 $\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 17,00 / 434,78 = 0,0103$
 $\rho_w < \rho_{max} \quad \{ \mathbf{0,0003} < \mathbf{0,0103} \} \quad \text{OK}$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 280 \cdot (1 + \cot 90^\circ) = 210 \text{ mm}$
 $s_l < s_{l,max} \quad \{ \mathbf{300} > \mathbf{210} \} \text{ mm} \quad \text{Nevyhovuje!}$
 $s_{t,max} = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 280 = 420 \text{ mm}$
 $s_{w,l} < s_{t,max} \quad \{ \mathbf{300} < \mathbf{420} \} \text{ mm} \quad \text{OK}$

Smyková únosnost průřezu se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s,l} = A_{sw,l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \theta / s_l = 94 \cdot 10^{-6} \cdot 0,240 \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 0,300 = \mathbf{81,90 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,00 \cdot 1,000 \cdot 0,240 \cdot 0,53 \cdot 17,00 \cdot 10^6}{2,5 + 0,4} = \mathbf{742,30 \text{ kN}}$$

$\alpha_{cw} = 1$ (nepředpjatá konstrukce)

$$v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 \cdot [1 - 30,00 / 250] = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\cot \theta = 2,5 < 1; 2,5 >$$

Posouzení průřezu: $\frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd,s}} > \frac{V_{Rd,s}}{V_{Rd,s}} = \frac{120,00}{81,90} > 1$
 $\{ \mathbf{120,00} > \mathbf{81,90} \} \text{ kN}$

Nevyhovuje! Využití průřezu: 1,47

Navrhnuť Φ 6 a 300 mm podélně, 300 mm příčně.

Neuplatní se

7.2. Řez 2-2 – náběh

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = 0,00 \text{ kN} \quad V_{ed} = 180,00 \text{ kN (max)} \quad M_{ed} = 130,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm} \quad \text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 350 \text{ mm} \quad \text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 20 \text{ mm} \quad \text{Počet prutů výztuže: } N = 5 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 200 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 1571 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže (1m'): } A_{sr} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \phi/2 = 350 - 60 - 20/2 = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 280 / 500,00 = 422 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 280 = 364 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 1571 > 422 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min\{2 \cdot h; 250 \text{ mm}\} = \min\{2 \cdot 350 = 700; 250\} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 200 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 1571 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,050 \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x/d = 0,050 / 0,280 = 0,179$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,179 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,280 - 0,4 \cdot 0,050 = 0,260 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 1571 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,260 = 177,51 \text{ kNm}$$

$$\text{Posouzení průřezu: } M_{Rd} > |M_{Ed}|$$

$$\{ 177,51 > 130,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,73$$

Navrhnuo $\Phi 20$ a 200 mm.

Rozdělovací výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 12 \text{ mm} \quad \text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 1571 = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 1131 > 314 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min\{3 \cdot h; 400 \text{ mm}\} = \min\{3 \cdot 350 = 1050; 400\} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuo $\Phi 12$ a 100 mm.

Smyková výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 8 \text{ mm} \quad \text{Počet třmínků: } N = 5 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s = 200 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 251 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 200 \text{ mm} \quad \text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/280)^{1/2} = 1,85$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) = 1571 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,280) = 0,0056$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed}/(b_w \cdot h) = 0,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,350) = 0,00 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,85^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,85 \cdot (100 \cdot 0,0056 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,280 = 158,88 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,48 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,280 = 134,54 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12 \quad k_l = 0,15$$

$$\text{Požadavek návrhu smykové výztuže: } V_{Rd,c} < |V_{Ed}|$$

$$\{ 134,54 < 180,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž je nutná.

Navrhnuo $\Phi 8$ a 200 mm podélně, 200 mm příčně.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží: $\rho_{w,l} = A_{sw,l} / (s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha_{st}) = 251 / (200 \cdot 1000 \cdot \sin 90^\circ) = 0,0013$

Omezení množství výztuže: $\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{30,00}) / 500,00 = 0,0009$

$$\rho_w > \rho_{min} \quad \{ \mathbf{0,0013} > \mathbf{0,0009} \} \quad \mathbf{OK}$$

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 17,00 / 434,78 = 0,0103$$

$$\rho_w < \rho_{max} \quad \{ \mathbf{0,0013} < \mathbf{0,0103} \} \quad \mathbf{OK}$$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 280 \cdot (1 + \cot 90^\circ) = 210 \text{ mm}$

$$s_l < s_{l,max} \quad \{ \mathbf{200} < \mathbf{210} \} \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

$$s_{t,max} = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 280 = 420 \text{ mm}$$

$$s_{w,l} < s_{t,max} \quad \{ \mathbf{200} < \mathbf{420} \} \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

Smyková únosnost průřezu se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s,l} = A_{sw,l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \theta / s_l = 251 \cdot 10^{-6} \cdot 0,260 \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 0,200 = \mathbf{355,02 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,00 \cdot 1,000 \cdot 0,260 \cdot 0,53 \cdot 17,00 \cdot 10^6}{2,5 + 0,4} = \mathbf{804,48 \text{ kN}}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředpjatá konstrukce})$$

$$v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 \cdot [1 - 30,00 / 250] = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\cot \theta = 2,5 < 1; 2,5 >$$

Posouzení průřezu:

$$\frac{|V_{Ed}|}{\{ \mathbf{180,00} < \mathbf{355,02} \} \text{ kN}}$$

OK

Využití průřezu: 0,51

Navrhnuť Φ 8 a 200 mm podélně, 200 mm příčně.

7.3. Řez 3-3 – deska u opěry

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = -280,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 500,00 \text{ kN (max)}$$

$$M_{ed} = 300,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 550 \text{ mm}$$

$$\text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 2011 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže (1m'): } A_{sr} = 2011 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \phi / 2 = 550 - 60 - 16 / 2 = 482 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 482 / 500,00 = 727 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 482 = 627 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 2011 > 727 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 2 \cdot h; 250 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 550 = 1100 ; 250 \} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 2011 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,064 \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x/d = 0,064 / 0,482 = 0,133$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,133 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,482 - 0,4 \cdot 0,064 = 0,456 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 2011 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,456 = 398,88 \text{ kNm}$$

$$\text{Posouzení průřezu: } M_{Rd} > |M_{Ed}|$$

$$\{ 398,88 > 300,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,75$$

Navrhnuo $\Phi 16$ a 100 mm.

Rozdělovací výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 2011 = 402 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 1131 > 402 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 3 \cdot h; 400 \text{ mm} \} = \min \{ 3 \cdot 550 = 1650 ; 400 \} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuo $\Phi 12$ a 100 mm.

Smyková výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Počet třmínků: } N = 5 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 251 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/482)^{1/2} = 1,64$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2011 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,482) = 0,0042$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 280,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,550) = 0,51 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,64^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,64 \cdot (100 \cdot 0,0042 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,51 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,482 = 257,59 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,40 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,51 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,482 = 231,61 \text{ kN}$$

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_1 = 0,15$$

$$\text{Požadavek návrhu smykové výztuže: } V_{Rd,c} < |V_{Ed}|$$

$$\{ 231,61 < 500,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž je nutná.

Navrhnuo $\Phi 8$ a 200 mm podélně, 200 mm příčně.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží: $\rho_{w,l} = A_{sw,l} / (s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha_{st}) = 251 / (200 \cdot 1000 \cdot \sin 90^\circ) = 0,0013$

Omezení množství výztuže: $\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{30,00}) / 500,00 = 0,0009$

$$\rho_w > \rho_{min} \quad \{ \quad 0,0013 > 0,0009 \quad \} \quad \text{OK}$$

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 17,00 / 434,78 = 0,0103$$

$$\rho_w < \rho_{max} \quad \{ \quad 0,0013 < 0,0103 \quad \} \quad \text{OK}$$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 482 \cdot (1 + \cot 90^\circ) = 362 \text{ mm}$

$$s_l < s_{l,max} \quad \{ \quad 200 < 362 \quad \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$s_{t,max} = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 482 = 723 \text{ mm}$$

$$s_{w,l} < s_{t,max} \quad \{ \quad 200 < 723 \quad \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Smyková únosnost průřezu se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s,l} = A_{sw,l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \theta / s_l = 251 \cdot 10^{-6} \cdot 0,456 \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 0,200 = 623,25 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,00 \cdot 1,000 \cdot 0,456 \cdot 0,53 \cdot 17,00 \cdot 10^6}{2,5 + 0,4} = 1412,29 \text{ kN}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředpjatá konstrukce})$$

$$v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 \cdot [1 - 30,00 / 250] = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\cot \theta = 2,5 < 1; 2,5 >$$

Posouzení průřezu:

$$\frac{|V_{Ed}|}{\{ \quad 500,00 < 623,25 \quad \} \text{ kN}}$$

OK

Využití průřezu: 0,8

Navrhnuť Φ 8 a 200 mm podélně, 200 mm příčně.

7.4. Řez 4-4 – opěra u desky

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = -440,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 300,00 \text{ kN (max)}$$

$$M_{ed} = 300,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 550 \text{ mm}$$

$$\text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 2011 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže (1m'): } A_{sr} = 2011 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \phi / 2 = 550 - 60 - 16 / 2 = 482 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 482 / 500,00 = 727 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 482 = 627 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 2011 > 727 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 2 \cdot h; 250 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 550 = 1100 ; 250 \} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 2011 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = #### \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x / d = 0,064 / 0,482 = 0,133$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,133 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,482 - 0,4 \cdot 0,064 = 0,456 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 2011 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,456 = 398,88 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu:

$$M_{Rd} > |M_{ed}|$$

$$\{ 398,88 > 300,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,75$$

Navrhnuo $\Phi 16$ a 100 mm.

Rozdělovací výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 503 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 2011 = 402 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 503 > 402 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 3 \cdot h; 400 \text{ mm} \} = \min \{ 3 \cdot 550 = 1650 ; 400 \} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuo $\Phi 8$ a 100 mm.

Smyková výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Počet třmínků: } N = 5 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 251 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/482)^{1/2} = 1,64$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2011 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,482) = 0,0042$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 440,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,550) = 0,80 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,64^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,64 \cdot (100 \cdot 0,0042 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,80 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,482 = 278,63 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,40 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,80 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,482 = 252,64 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_l = 0,15$$

Požadavek návrhu smykové výztuže:

$$V_{Rd,c} < |V_{ed}|$$

$$\{ 252,64 < 300,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž je nutná.

Navrhnuo $\Phi 8$ a 300 mm podélně, 200 mm příčně.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží: $\rho_{w,l} = A_{sw,l} / (s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha_{st}) = 251 / (200 \cdot 1000 \cdot \sin 90^\circ) = 0,0013$

Omezení množství výztuže: $\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{30,00}) / 500,00 = 0,0009$

$$\rho_w > \rho_{min} \quad \{ \mathbf{0,0013} > \mathbf{0,0009} \} \quad \mathbf{OK}$$

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 17,00 / 434,78 = 0,0103$$

$$\rho_w < \rho_{max} \quad \{ \mathbf{0,0013} < \mathbf{0,0103} \} \quad \mathbf{OK}$$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 482 \cdot (1 + \cot 90^\circ) = 362 \text{ mm}$

$$s_l < s_{l,max} \quad \{ \mathbf{300} < \mathbf{362} \} \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

$$s_{t,max} = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 482 = 723 \text{ mm}$$

$$s_{w,l} < s_{t,max} \quad \{ \mathbf{200} < \mathbf{723} \} \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

Smyková únosnost průřezu se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s,l} = A_{sw,l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \theta / s_l = 251 \cdot 10^{-6} \cdot 0,456 \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 0,200 = \mathbf{623,25 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,00 \cdot 1,000 \cdot 0,456 \cdot 0,53 \cdot 17,00 \cdot 10^6}{2,5 + 0,4} = \mathbf{1412,29 \text{ kN}}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředpjatá konstrukce})$$

$$v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 \cdot [1 - 30,00 / 250] = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\cot \theta = 2,5 < 1; 2,5 >$$

Posouzení průřezu:

$$\frac{|V_{Ed}|}{\{ \mathbf{300,00} < \mathbf{623,25} \} \text{ kN}}$$

OK

Využití průřezu: 0,48

Navrhnuť Φ 8 a 300 mm podélně, 200 mm příčně.

7.5. Řez 5-5 – opěra u základu

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = -660,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 150,00 \text{ kN (max)}$$

$$M_{ed} = 100,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 550 \text{ mm}$$

$$\text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 1131 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže (1m'): } A_{st} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \sigma / 2 = 550 - 60 - 12 / 2 = 484 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 484 / 500,00 = 730 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 484 = 629 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 1131 > 730 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 2 \cdot h; 250 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 550 = 1100 ; 250 \} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 1131 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,036 \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x / d = 0,036 / 0,484 = 0,075$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,075 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,484 - 0,4 \cdot 0,036 = 0,470 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 1131 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,470 = 230,88 \text{ kNm}$$

$$\text{Posouzení průřezu: } \frac{M_{Rd}}{|M_{Ed}|} > 1 \quad \{ 230,88 > 100,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,43$$

Navrhnuť $\Phi 12$ a 100 mm.

Rozdělovací výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 503 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 1131 = 226 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 503 > 226 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min \{ 3 \cdot h; 400 \text{ mm} \} = \min \{ 3 \cdot 550 = 1650 ; 400 \} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuť $\Phi 8$ a 100 mm.

Smyková výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Počet třmínků: } N = 5 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 141 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/484)^{1/2} = 1,64$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 1131 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,484) = 0,0023$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 660,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,550) = 1,20 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,64^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,64 \cdot (100 \cdot 0,0023 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 1,20 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,484 = 269,73 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,40 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 1,20 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,484 = 282,49 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_l = 0,15$$

$$\text{Požadavek návrhu smykové výztuže: } \frac{V_{Rd,c}}{|V_{Ed}|} > 1 \quad \{ 282,49 > 150,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž není nutná.

Navrhnuť $\Phi 6$ a 300 mm podélně, 200 mm příčně.

7.6. Řez 6-6 – základ

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = -20,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 200,00 \text{ kN (max)}$$

$$M_{ed} = 120,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Šířka průřezu: $b_w = 1000 \text{ mm}$

Beton: **C30/37**

Výška průřezu: $h = 500 \text{ mm}$

Výztuž: **B500B**

Nosná výztuž:

Profil výztuže: $\sigma_l = 12 \text{ mm}$

Počet prutů výztuže: $N = 10 \text{ ks}$

Vzdálenost výztuže: $s_l = 100 \text{ mm}$

Plocha výztuže: $A_{sl} = 1131 \text{ mm}^2$

Krytí výztuže: $c_l = 60 \text{ mm}$

Plocha výztuže (1m'): $A_{sr} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Účinná výška: $d = h - c - \sigma / 2 = 500 - 60 - 12 / 2 = 434 \text{ mm}$

Omezení množství výztuže: $A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 434 / 500,00 = 654 \text{ mm}^2$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 434 = 564 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 1131 > 654 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{max,slabs} = \min \{ 2 \cdot h; 250 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 500 = 1000 ; 250 \} = 250 \text{ mm}$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Tlačená oblast: $x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 1131 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,036 \text{ m}$

Tahové porušení průřezu: $\xi = x / d = 0,036 / 0,434 = 0,083$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,083 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

Rameno vnitřních sil: $z = d - 0,4 \cdot x = 0,434 - 0,4 \cdot 0,036 = 0,420 \text{ m}$

Únosnost průřezu: $M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 1131 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,420 = 206,30 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu: $M_{Rd} > |M_{Ed}|$
 $\{ 206,30 > 120,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,58$

Navrhnuť $\Phi 12$ a 100 mm .

Rozdělovací výztuž:

Profil výztuže: $\sigma_r = 6 \text{ mm}$

Počet prutů výztuže: $N = 10 \text{ ks/m}'$

Vzdálenost výztuže: $s_r = 100 \text{ mm}$

Plocha výztuže: $A_{sr} = 283 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Omezení množství výztuže: $A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 1131 = 226 \text{ mm}^2$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 283 > 226 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{max,slabs} = \min \{ 3 \cdot h; 400 \text{ mm} \} = \min \{ 3 \cdot 500 = 1500 ; 400 \} = 400 \text{ mm}$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuť $\Phi 6$ a 100 mm .

Smyková výztuž:

Profil výztuže: $\sigma_w = 6 \text{ mm}$

Počet třmínků: $N = 5 \text{ ks/řada}$

Vzdálenost řad třmínků: $s_w = 200 \text{ mm}$

Plocha výztuže: $A_{sw} = 141 \text{ mm}^2/\text{řada}$

Vzdálenost třmínků: $s_w = 200 \text{ mm}$

Sklon třmínků: $\alpha = 90^\circ$

Součinitel výšky průřezu: $k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/434)^{1/2} = 1,68$
 $k \leq 2$

Stupeň vyztužení tahovou výztuží: $\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 1131 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,434) = 0,0026$
 $\rho_l \leq 0,02$

Vliv normálové síly: $\rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 20,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,500) = 0,04 \text{ Mpa}$
 $\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$

Minimální smyková pevnost betonu: $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,68^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,42 \text{ MPa}$

Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$
 $[0,12 \cdot 1,68 \cdot (100 \cdot 0,0026 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,04 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,434 = 176,13 \text{ kN}$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,42 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,04 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,434 = 183,59 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_1 = 0,15$$

Požadavek návrhu smykové výztuže: $V_{Rd,c} < |V_{Ed}|$
 $\{ 183,59 < 200,00 \} \text{ kN} \quad \text{Smyková výztuž je nutná.}$

Stupeň vyztužení smykovou výztuží: $\rho_{w,l} = A_{sw,l} / (s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha_{st}) = 141 / (200 \cdot 1000 \cdot \sin 90^\circ) = 0,0007$

Omezení množství výztuže: $\rho_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{30,00}) / 500,00 = 0,0009$
 $\rho_w > \rho_{min} \quad \{ 0,0007 < 0,0009 \} \quad \text{Nevyhovuje!}$
 $\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 17,00 / 434,78 = 0,0103$
 $\rho_w < \rho_{max} \quad \{ 0,0007 < 0,0103 \} \quad \text{OK}$

Omezení vzdálenosti výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 434 \cdot (1 + \cot 90^\circ) = 326 \text{ mm}$
 $s_l < s_{l,max} \quad \{ 200 < 326 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$
 $s_{t,max} = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 434 = 651 \text{ mm}$
 $s_{w,l} < s_{t,max} \quad \{ 200 < 651 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$

Smyková únosnost průřezu se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s,l} = A_{sw,l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \theta / s_l = 141 \cdot 10^{-6} \cdot 0,420 \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 0,200 = 322,34 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,00 \cdot 1,000 \cdot 0,420 \cdot 0,53 \cdot 17,00 \cdot 10^6}{2,5 + 0,4} = 1298,54 \text{ kN}$$

$\alpha_{cw} = 1$ (nepředpjatá konstrukce)

$$v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 \cdot [1 - 30,00 / 250] = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\cot \theta = 2,5 < 1; 2,5 >$$

Posouzení průřezu: $\frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd,s}} < 1$
 $\{ 200,00 < 322,34 \} \text{ kN}$

OK

Využití průřezu: 0,62

Navrhnuť Φ 6 a 200 mm podélně, 200 mm příčně.

7.7. Řez 7-7 – křídlo

Návrhové vnitřní síly:

$$N_{ed} = 0,00 \text{ kN} \quad V_{ed} = 80,00 \text{ kN (max)} \quad M_{ed} = 200,00 \text{ kNm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$\text{Šířka průřezu: } b_w = 1000 \text{ mm} \quad \text{Beton: } C30/37$$

$$\text{Výška průřezu: } h = 300 \text{ mm} \quad \text{Výztuž: } B500B$$

Nosná výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_l = 20 \text{ mm} \quad \text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_l = 100 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sl} = 3142 \text{ mm}^2$$

$$\text{Krytí výztuže: } c_l = 60 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže (1m'): } A_{sl} = 3142 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Účinná výška: } d = h - c - \phi/2 = 300 - 60 - 20/2 = 230 \text{ mm}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{smin} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0,26 \cdot 2,90 \cdot 1000 \cdot 230 / 500,00 = 347 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 230 = 299 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} > A_{smin} \quad \{ 3142 > 347 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min\{2 \cdot h; 250 \text{ mm}\} = \min\{2 \cdot 300 = 600; 250\} = 250 \text{ mm}$$

$$s < s_{max} \quad \{ 100 < 250 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\text{Tlačená oblast: } x = A_{sl} \cdot f_{yd} / 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 3142 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 1,000 \cdot 17,00 \cdot 10^6) = 0,100 \text{ m}$$

$$\text{Tahové porušení průřezu: } \xi = x/d = 0,100 / 0,230 = 0,437$$

$$\xi < \xi_{bal,1} \quad \{ 0,437 < 0,617 \} \quad \text{OK}$$

$$\text{Rameno vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x = 0,230 - 0,4 \cdot 0,100 = 0,190 \text{ m}$$

$$\text{Únosnost průřezu: } M_{Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \cdot z = 3142 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot 0,190 = 259,29 \text{ kNm}$$

$$\text{Posouzení průřezu: } M_{Rd} > |M_{Ed}|$$

$$\{ 259,29 > 200,00 \} \text{ kNm} \quad \text{Využití: } 0,77$$

Navrhnuo $\Phi 20$ a 100 mm.

Rozdělovací výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_r = 10 \text{ mm} \quad \text{Počet prutů výztuže: } N = 10 \text{ ks/m'}$$

$$\text{Vzdálenost výztuže: } s_r = 100 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sr} = 785 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Omezení množství výztuže: } A_{sr,min} = 0,2 \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 3142 = 628 \text{ mm}^2$$

$$A_{sr} > A_{sr,min} \quad \{ 785 > 628 \} \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{Omezení vzdálenosti výztuže: } s_{max,slabs} = \min\{3 \cdot h; 400 \text{ mm}\} = \min\{3 \cdot 300 = 900; 400\} = 400 \text{ mm}$$

$$s_r < s_{max} \quad \{ 100 < 400 \} \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Navrhnuo $\Phi 10$ a 100 mm.

Smyková výztuž:

$$\text{Profil výztuže: } \sigma_w = 6 \text{ mm} \quad \text{Počet třmínků: } N = 5,00 \text{ ks/řada}$$

$$\text{Vzdálenost řad třmínků: } s = 200 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže: } A_{sw} = 141 \text{ mm}^2/\text{řada}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků: } s_w = 200 \text{ mm} \quad \text{Sklon třmínků: } \alpha = 90^\circ$$

$$\text{Součinitel výšky průřezu: } k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/230)^{1/2} = 1,93$$

$$k \leq 2$$

$$\text{Stupeň vyztužení tahovou výztuží: } \rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 3142 \cdot 10^{-6} / (1,000 \cdot 0,230) = 0,0137$$

$$\rho_l \leq 0,02$$

$$\text{Vliv normálové síly: } \rho_{cp} = N_{ed} / (b_w \cdot h) = 0,00 \cdot 10^3 / (1,000 \cdot 0,300) = 0,00 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{cp} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 17,00 = 3,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimální smyková pevnost betonu: } v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,93^{3/2} \cdot 30,00^{1/2} = 0,52 \text{ MPa}$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu bez smykové výztuže: } V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,93 \cdot (100 \cdot 0,0137 \cdot 30,00 \cdot 10^6)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,230 = 183,88 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = [v_{min} + k_l \cdot \rho_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0,52 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,00 \cdot 10^6] \cdot 1,000 \cdot 0,230 = 118,45 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad k_l = 0,15$$

$$\text{Požadavek návrhu smykové výztuže: } V_{Rd,c} > |V_{Ed}|$$

$$\{ 118,45 > 80,00 \} \text{ kN}$$

Smyková výztuž není nutná.

Navrhnuo $\Phi 6$ a 200 mm podélně, 200 mm příčně.