

# Statický výpočet

## Obsah:

|           |                                     |           |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>ÚVOD.....</b>                    | <b>1</b>  |
| 1.1.      | VŠEOBECNĚ .....                     | 1         |
| 1.2.      | POPIS KONSTRUKCE.....               | 2         |
| 1.3.      | PŘEDPOKLADY VÝPOČTU .....           | 2         |
| 1.4.      | LITERATURA.....                     | 2         |
| <b>2.</b> | <b>STATICKÝ VÝPOČET.....</b>        | <b>3</b>  |
| 2.1.      | GEOMETRIE.....                      | 3         |
| 2.1.1.    | Tvar konstrukce .....               | 3         |
| 2.1.2.    | Model konstrukce.....               | 6         |
| 2.2.      | ZATÍŽENÍ .....                      | 11        |
| 2.2.1.    | Stálé zatížení.....                 | 11        |
| 2.2.2.    | Nahodilé zatížení .....             | 11        |
| 2.2.3.    | Vedlejší zatížení.....              | 11        |
| 2.2.4.    | Sestavené zatěžovací stavy.....     | 12        |
| 2.3.      | VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL .....         | 16        |
| 2.3.1.    | Rekapitulace vnitřních sil .....    | 16        |
| 2.3.2.    | Průběh vnitřních sil .....          | 17        |
| 2.3.3.    | Superpozice zatěžovacích stavů..... | 22        |
| 2.4.      | DIMENZOVÁNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....  | 31        |
| 2.4.1.    | Ohybová výztuž.....                 | 31        |
| 2.4.2.    | Posouzení trhlin.....               | 34        |
| 2.4.3.    | Smyková výztuž.....                 | 34        |
| 2.5.      | SPODNÍ STAVBA.....                  | 35        |
| 2.5.1.    | Návrh uložení.....                  | 35        |
| 2.5.2.    | Úložný práh a koncový příčník.....  | 35        |
| <b>3.</b> | <b>ZÁVĚR.....</b>                   | <b>36</b> |

## 1. Úvod

### 1.1. Všeobecně

Jedná se o přemostění bezpečnostního přelivu vodního díla Beřichov. Objekt je součástí rekonstrukce koruny hráze a bezpečnostního přelivu včetně regulačních zdí podél kaskádového přepadu. Most převádí účelovou komunikaci, jejíž zatížení bylo definováno zadavatelem jako výhradní dvounápravové vozidlo hmotnosti 20t s rozchodem 1.8m a rozvorem 3.0m. Stávající nosná konstrukce bude snesena včetně části podpěr a nově vybetonována v původním tvaru.

## 1.2. Popis konstrukce

Nosná konstrukce mostu je charakteru kolmé spojitě desky o dvou polích proměnné tloušťky, která na pohledu působí dojmem obloukové konstrukce. Na výtokové straně je vytvořen obloukový trám, do kterého je vetknuta mostovka. Statické působení oblouku je zřejmé, mostovka však působí jako deska podepřená vetknutím po třech stranách. Střední pilíř je vetknutý do základu i nosné konstrukce, krajní podpěry jsou tvořeny vysokým koncovým příčnickem uloženým na lepenkových ložiskách.

Mostní svršek je tvořen kamennou dlažbou do betonu mezi kamennými římsami. Jako záchytné zařízení je osazeno litinové zábradlí s vodorovnou třímílovou výplní.

## 1.3. Předpoklady výpočtu

Nahodilé zatížení na konstrukci bylo definováno objednatelem na výhradní dvounápravové vozidlo hmotnosti 20t. Poměr zatížení na zadní nápravu je z celkové hmotnosti 75%, na přední tedy jen 25%. Rozchod je uvažován 1.8m, rozvor 3.0m. Poměr zatížení na nápravy a rozměrové charakteristiky odpovídají výhradnímu dvounápravovému vozidlu dle ČSN 73 6220.

Předpokládá se betonáž nosné konstrukce najednou, kontinuálně, bez vytváření pracovních spar. Konstrukce má stejný tvar jako původní, liší se v provedení detailů uložení. Předpokládá se umožnění posunů krajních opěr včetně natočení, což výrazně zmenší namáhání konstrukce při smršťování a ochlazování. Dilatace mostovky bude umožněna například odseparováním koncového příčnicku od vlastního přelivu polystyrénem a uložení na lepenková ložiska.

## 1.4. Literatura

### Normy:

- ČSN 73 1001/87 Základová půda pod plošnými základy
- ČSN 73 6203/86 Zatížení mostů
- ČSN 73 6206/71 Navrhování bet. a železobet. mostních konstr.
- ČSN 73 6207/93 Navrhování mostních konstrukcí z předpj. betonu
- ČSN 73 6220/86 Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunik.

### Programy:

- FEAT'2000 SCIA s.r.o., řešení konstrukcí metodou konečných prvků
- GEO-4 FINE s.r.o. Praha, řešení geotechnických úloh

### Podklady:

- Geogetické zaměření stávajícího stavu
- Rekognostace objektu
- Fotodokumentace

### Literatura:

- Statické tabulky

## 2. Statický výpočet

### 2.1. Geometrie

Tvar a základní rozměry konstrukce jsou patrné z přiložených schémat. Vstupní a výstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy i výstupy jsou archivovány u projektanta.

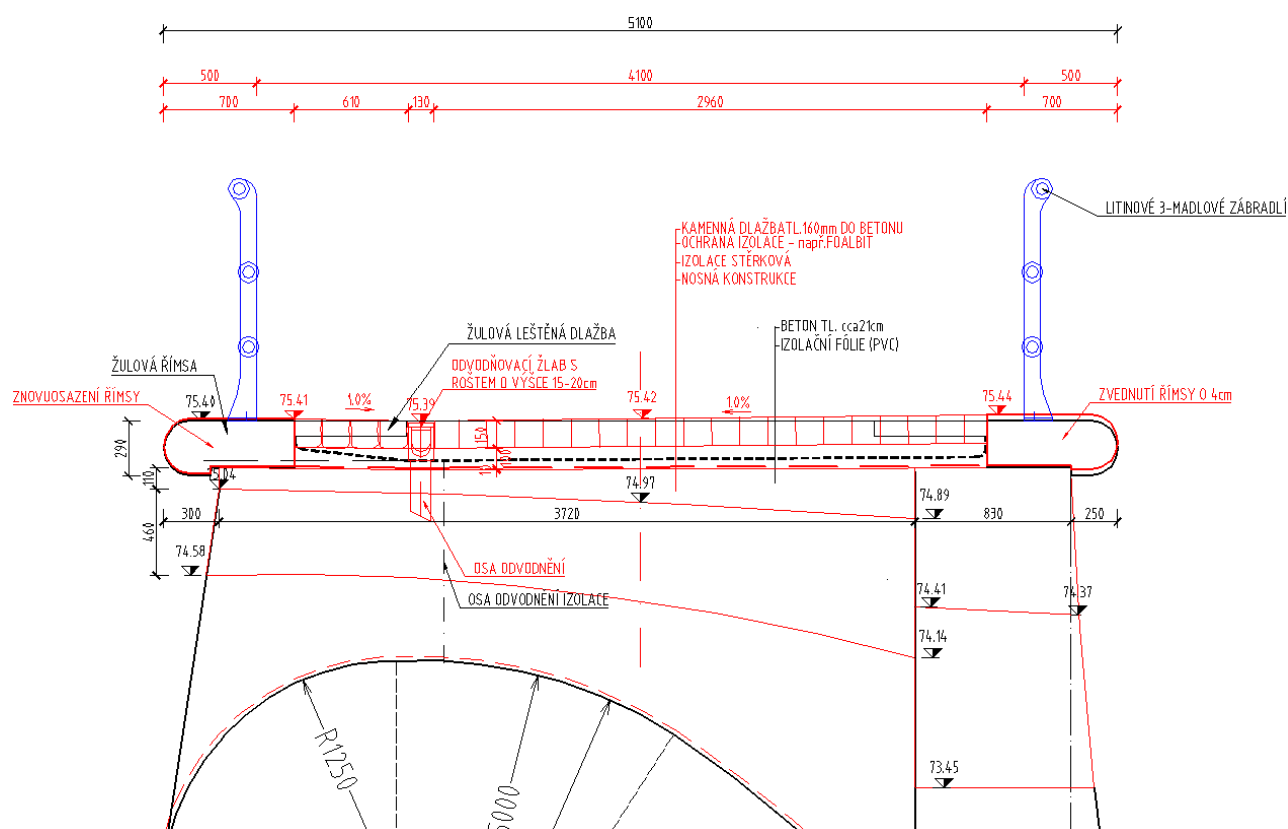
Model nosné konstrukce je zvolen jako kolmá spojitá deska o dvou polích proměnné tloušťky doplněná stěnovými prvky simulujícími podpory. Tloušťky prvků desky jsou odstupňovány tak, aby v průměru přibližně odpovídaly skutečnosti.

#### 2.1.1. Tvar konstrukce

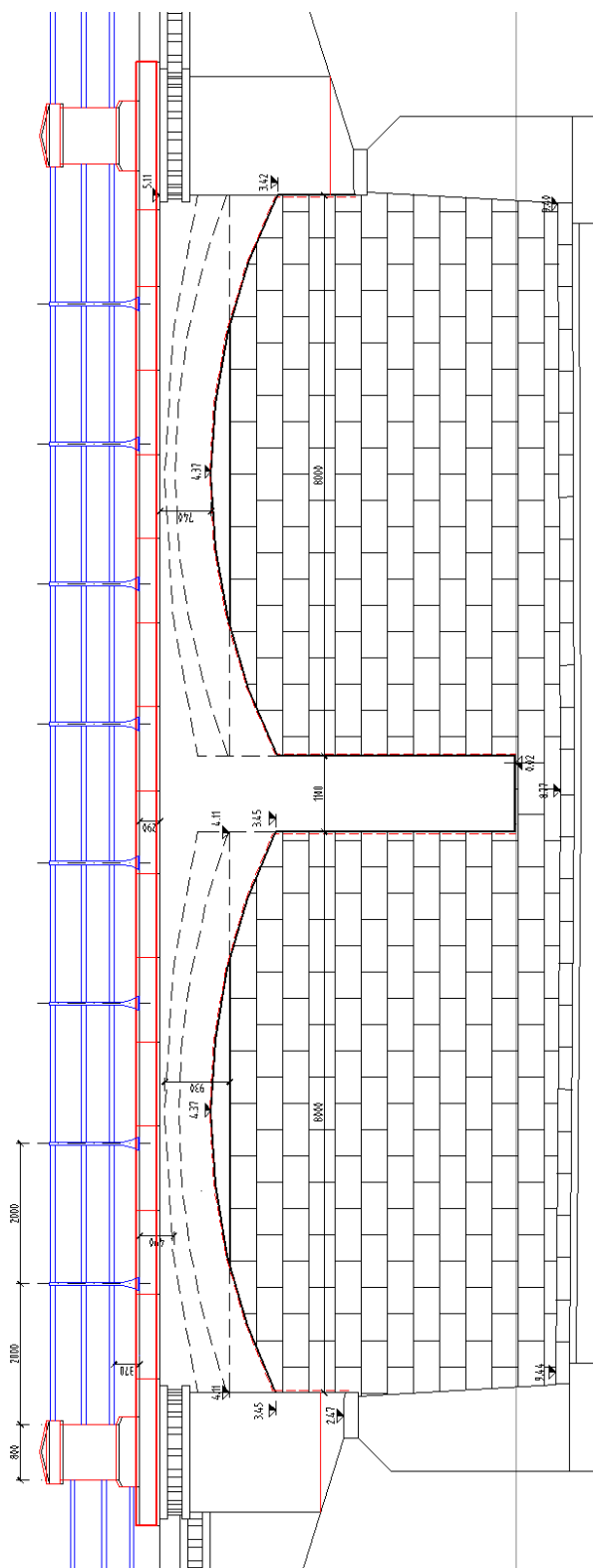
Tvar konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace pro rekonstrukci.

##### Příčný řez

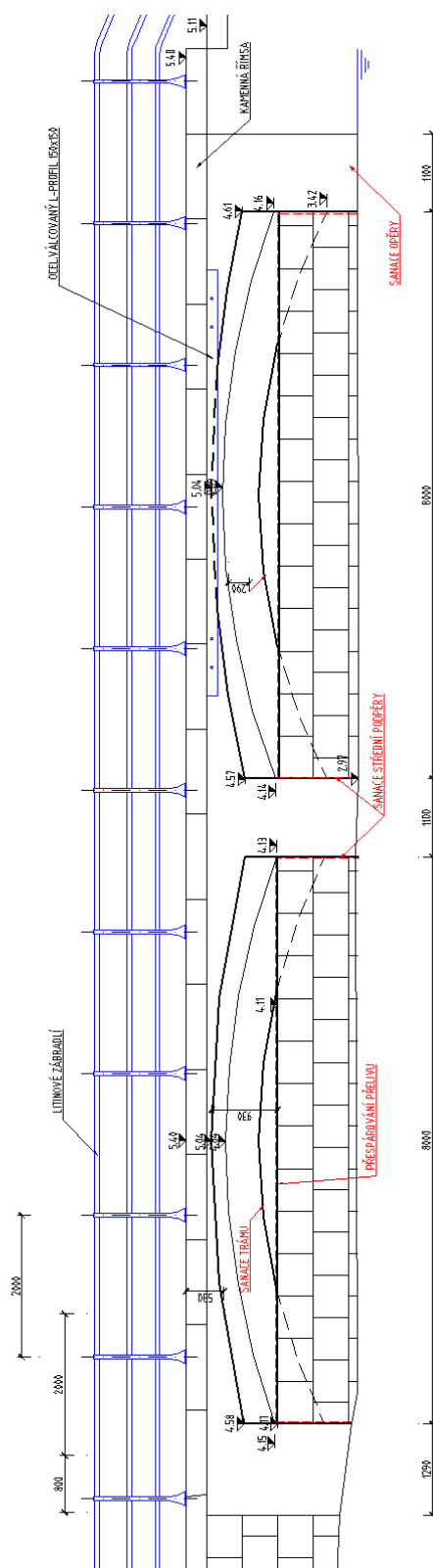
##### ŘEZ PŘELIVEM 1:25



POHLED NA POVODNÍ STRANU PŘELIVU 1:50



POHLED NA NÁVODNÍ STRANU PŘELIVU 1:50

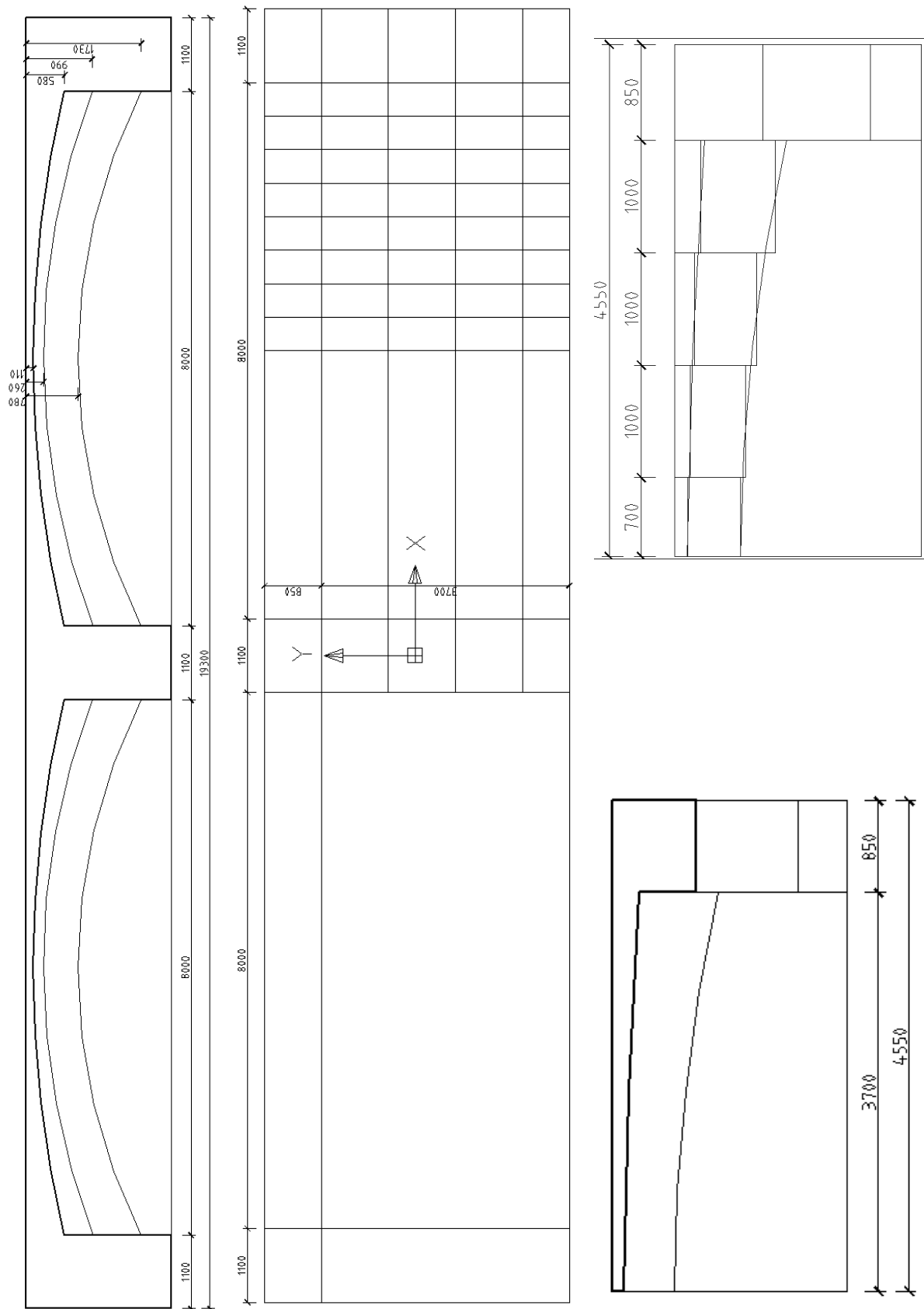


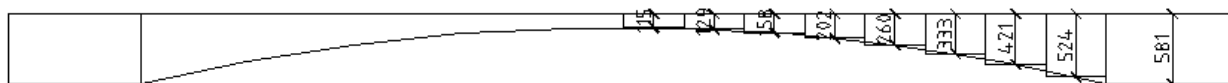
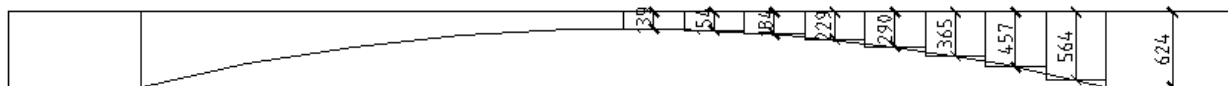
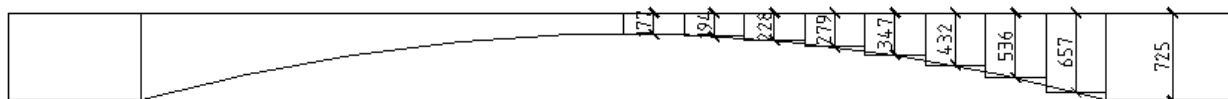
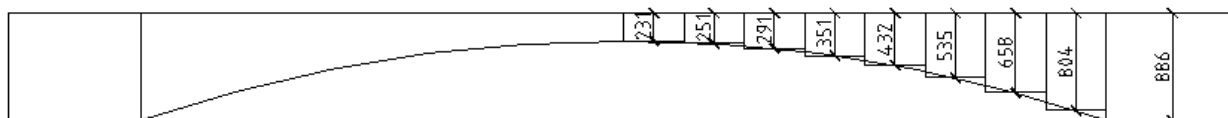
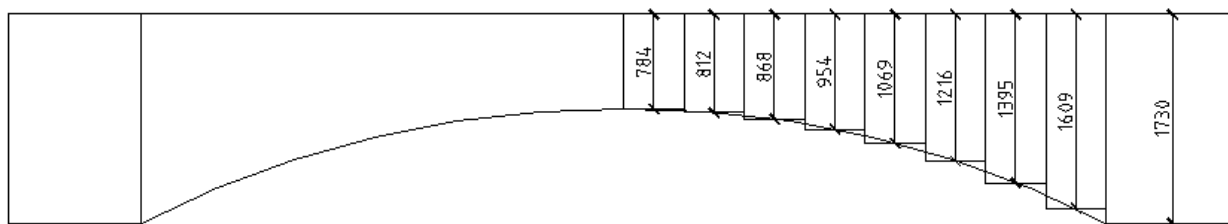


### 2.1.2. Model konstrukce

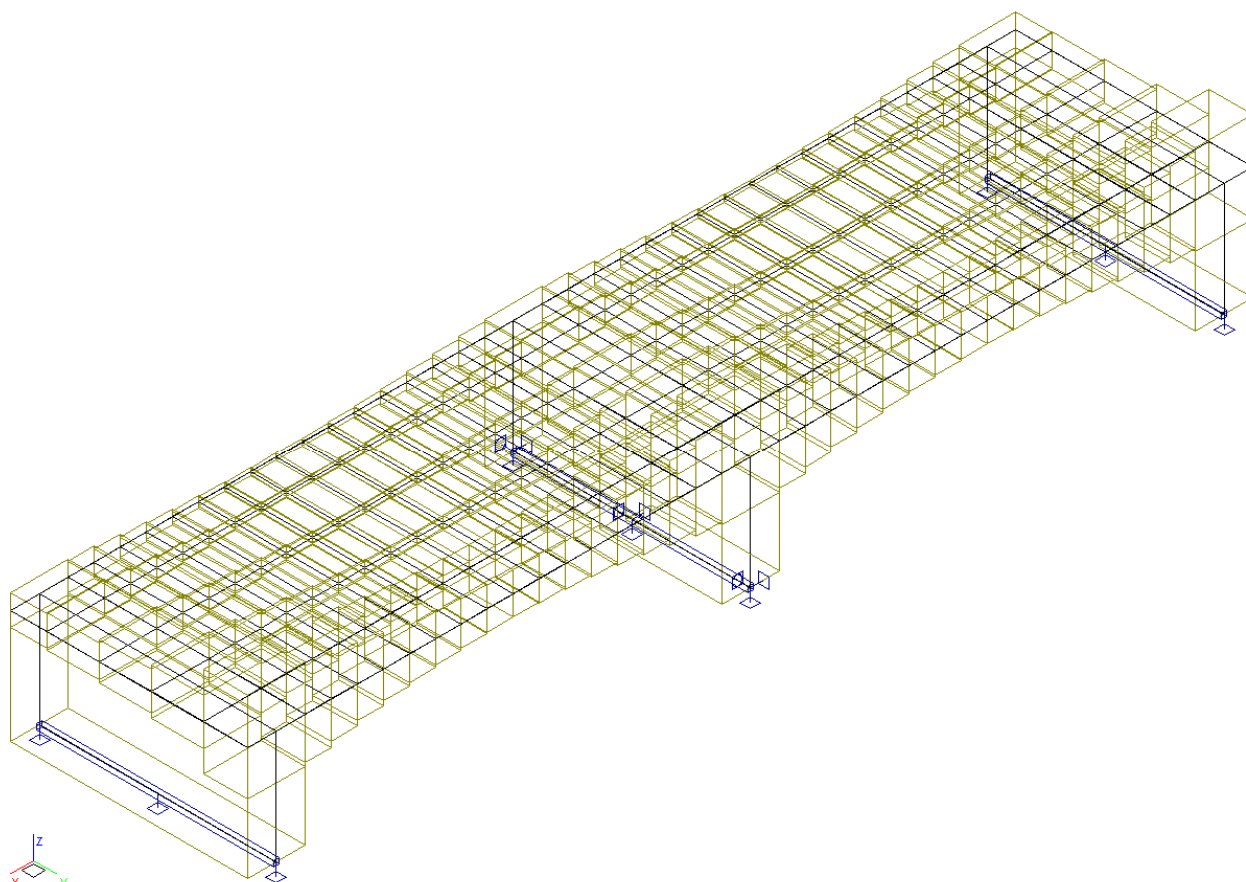
Model nosné konstrukce je vytvořen v programovém systému FEAT\_2000 za využití grafického systému pro přípravu geometrie.

#### Model se základními rozměry

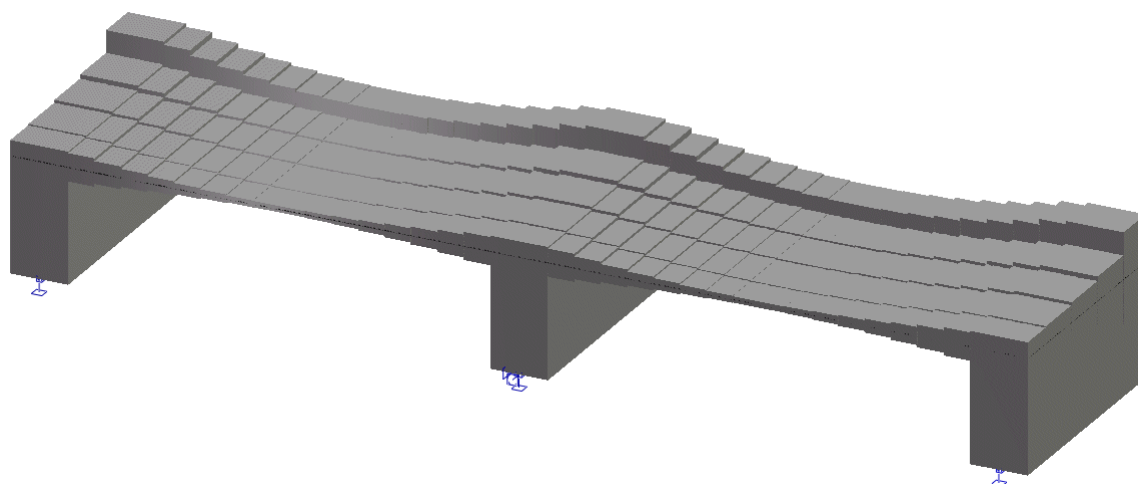




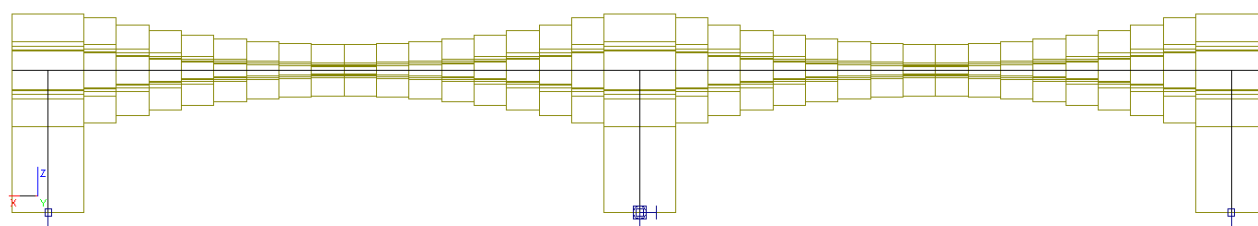
## Model v axonometrii



## Rendrovaný pohled

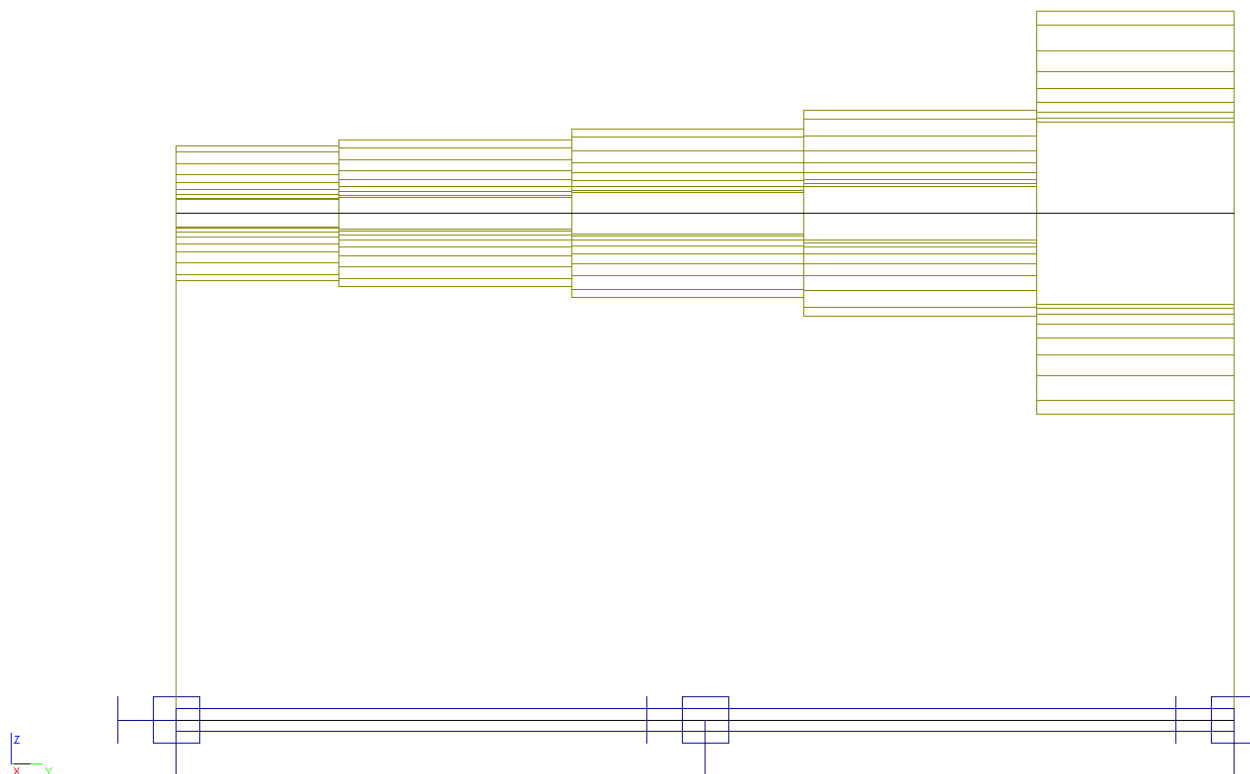


## Model v podélném řezu





## Model v příčném řezu



## Tloušťky prvků v jednom poli

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.730 | 1.609 | 1.395 | 1.216 | 1.069 | 0.954 | 0.868 | 0.812 | 0.784 | 0.784 | 0.812 | 0.868 | 0.954 | 1.069 | 1.216 | 1.395 | 1.609 | 1.730 |
| 0.886 | 0.804 | 0.658 | 0.535 | 0.432 | 0.351 | 0.291 | 0.251 | 0.231 | 0.231 | 0.251 | 0.291 | 0.351 | 0.432 | 0.535 | 0.658 | 0.804 | 0.886 |
| 0.725 | 0.657 | 0.536 | 0.432 | 0.347 | 0.279 | 0.228 | 0.194 | 0.177 | 0.177 | 0.194 | 0.228 | 0.279 | 0.347 | 0.432 | 0.536 | 0.657 | 0.725 |
| 0.624 | 0.564 | 0.457 | 0.365 | 0.290 | 0.229 | 0.184 | 0.154 | 0.139 | 0.139 | 0.154 | 0.184 | 0.229 | 0.290 | 0.365 | 0.457 | 0.564 | 0.624 |
| 0.581 | 0.524 | 0.421 | 0.333 | 0.260 | 0.202 | 0.158 | 0.129 | 0.115 | 0.115 | 0.129 | 0.158 | 0.202 | 0.260 | 0.333 | 0.421 | 0.524 | 0.581 |

**Údaje o konstrukci**

|                 |                |            |     |                             |     |
|-----------------|----------------|------------|-----|-----------------------------|-----|
| Jméno projektu  | nk             | Prutů      | 0   | Geometrie - délky           | m   |
| Autor projektu  | Ing.T.Humpal   | Ploch      | 179 | Geometrie - úhly            | deg |
| Popis projektu  | deska prom.tl. | Zatížení   | 853 | Průřezy - délky             | m   |
| Rozměr projektu | Prostor        | Podpor     | 3   | Zatížení, výsledky - síly   | kN  |
| Datum           | 14.9.2009      | Bodů       | 0   | Zatížení, výsledky - napětí | kPa |
| Čas             | 8:17           | Linií      | 113 | Zatížení, výsledky - délky  | m   |
|                 |                | Ploch      | 0   | Deformace - posuny          | m   |
|                 |                | Kontaktů   | 485 | Deformace - natočení        | deg |
|                 |                | Materiálů  | 1   | Čas                         | sec |
|                 |                | Průřezů    | 0   | Teplota                     | °C  |
|                 |                | Tloušťek   | 45  | Hmota                       | t   |
|                 |                | Podloží    | 0   |                             |     |
|                 |                | Skupin     | 2   |                             |     |
|                 |                | Zat. stavů | 89  |                             |     |

**Výpis zadáných materiálů:**

|        |         |                                                     |
|--------|---------|-----------------------------------------------------|
| E1, E2 | [kPa]   | moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál) |
| ni     |         | Poissonův součinitel                                |
| gama   | [t/m3]  | objemová hmotnost                                   |
| K1, K2 | [kN/m3] | koeficienty tepelné roztažnosti                     |
| útlum  |         | dekrement útlumu                                    |

| Materiál | Typ    | E 1       | ni    | gama   | K 1       | E 2   | K 2     | útlum |
|----------|--------|-----------|-------|--------|-----------|-------|---------|-------|
|          |        | [kPa]     |       | [t/m3] | [kN/m3]   | [kPa] | [kN/m3] |       |
| B40      | BETON  | 3.600e+07 | 0.200 | 2.500  | 1.000e-05 |       |         | 0.100 |
| Materiál | Objem  | Hmotnost  |       |        |           |       |         |       |
|          | [m3]   | [t]       |       |        |           |       |         |       |
| B40      | 81.674 | 204.184   |       |        |           |       |         |       |
| celkem   |        | 204.184   |       |        |           |       |         |       |

**Výpis zadáných tloušťek:**

| Označení | Materiál | tl.   | Označení | Materiál | tl.   | Označení | Materiál | tl.   |
|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|
| 1730     | -B40     | 1.730 | 0658     | -B40     | 0.658 | 0290     | -B40     | 0.290 |
| 1609     | -B40     | 1.609 | 0804     | -B40     | 0.804 | 0365     | -B40     | 0.365 |
| 1395     | -B40     | 1.395 | 0886     | -B40     | 0.886 | 0457     | -B40     | 0.457 |
| 1216     | -B40     | 1.216 | 0177     | -B40     | 0.177 | 0564     | -B40     | 0.564 |
| 1069     | -B40     | 1.069 | 0194     | -B40     | 0.194 | 0624     | -B40     | 0.624 |
| 0954     | -B40     | 0.954 | 0228     | -B40     | 0.228 | 0115     | -B40     | 0.115 |
| 0868     | -B40     | 0.868 | 0279     | -B40     | 0.279 | 0129     | -B40     | 0.129 |
| 0812     | -B40     | 0.812 | 0347     | -B40     | 0.347 | 0158     | -B40     | 0.158 |
| 0784     | -B40     | 0.784 | 0536     | -B40     | 0.536 | 0202     | -B40     | 0.202 |
| 0231     | -B40     | 0.231 | 0657     | -B40     | 0.657 | 0260     | -B40     | 0.260 |
| 0251     | -B40     | 0.251 | 0725     | -B40     | 0.725 | 0333     | -B40     | 0.333 |
| 0291     | -B40     | 0.291 | 0139     | -B40     | 0.139 | 0421     | -B40     | 0.421 |
| 0351     | -B40     | 0.351 | 0154     | -B40     | 0.154 | 0524     | -B40     | 0.524 |
| 0432     | -B40     | 0.432 | 0184     | -B40     | 0.184 | 0581     | -B40     | 0.581 |
| 0535     | -B40     | 0.535 | 0229     | -B40     | 0.229 | 1100     | -B40     | 1.100 |

## 2.2. Zatížení

### 2.2.1. Stálé zatížení

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných geometrických a materiálových charakteristik aplikací gravitačního zrychlení  $10\text{m/s}^2$ . Ostatní stálá zatížení jsou vypočtena následovně.

$$q_{\text{vozovka}} = 0.28 \cdot 25 = 7.56 \text{ kN/m}^2$$

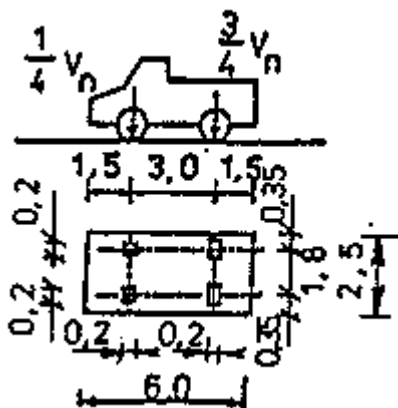
$$q_{\text{rimsa}} = 0.2 \cdot 0.3 \cdot 27 = 1.62 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{zabradli}} = 1.01 \text{ kN/m}$$

Smršťování konstrukce je uvažováno jako ochlazení o  $15^\circ\text{C}$  s vlivem na návrh spodní stavby a uložení.

### 2.2.2. Nahodilé zatížení

Nahodilé zatížení je sestaveno podle požadavku investora jako výhradní dvouúpravnové vozidlo rozměrů dle ČSN 73 6220 hmotnosti 20t. Pro vystižení extrémů je simulován pojezd vozidla u obou okrajů vozovky po 1.0m.



Dynamický součinitel je uvažován hodnotou  $\delta=1.37$  pro dané rozpětí.

Brzdné síly jsou uvažovány při návrhu spodní stavby hodnotou 15% z výhradního svislého zatížení  $B=30\text{kN}$ .

### 2.2.3. Vedlejší zatížení

Účinky nerovnoměrného oteplení resp. ochlazení nosné konstrukce jsou uvažovány rozdílným oteplením, resp. ochlazením, povrchů o  $10^\circ\text{C}$ . V kombinaci je uvažována redukce na 70%.

Vliv rovnoměrného ochlazení resp. oteplení je uvažován na návrh spodní stavby a uložení z mezních teplot od konvenční základní teploty  $10^\circ\text{C}$ , a to o  $-30^\circ\text{C}$  a  $+25^\circ\text{C}$ .

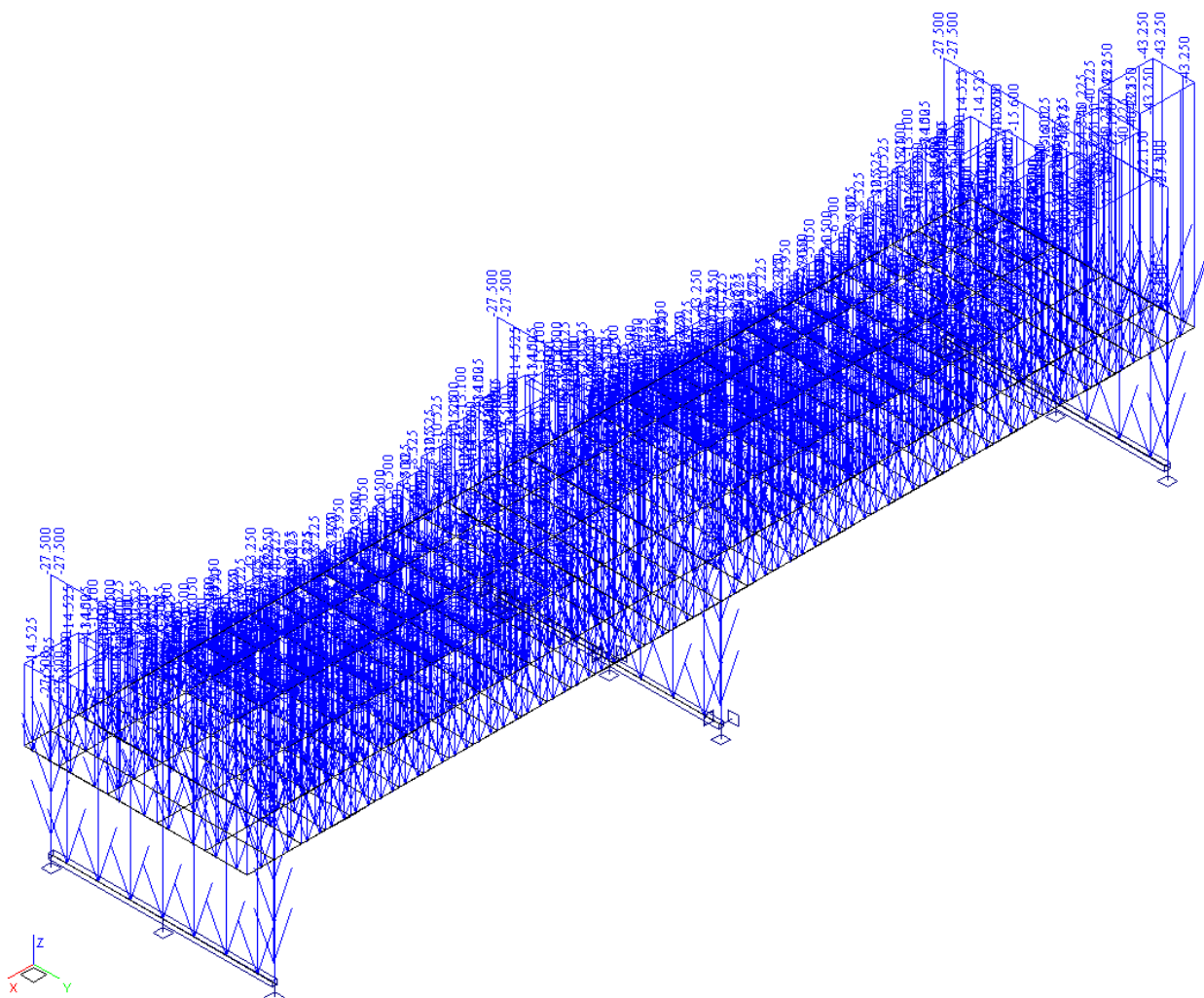
### 2.2.4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace zatěžovacích stavů na model nosné konstrukce mostu je provedena výpisem z použitého výpočetního programu. Vybrané zatěžovací stavy jsou zobrazeny dále. U nahodilého zatížení se jedná o začátky pojezdů vlevo a vpravo.

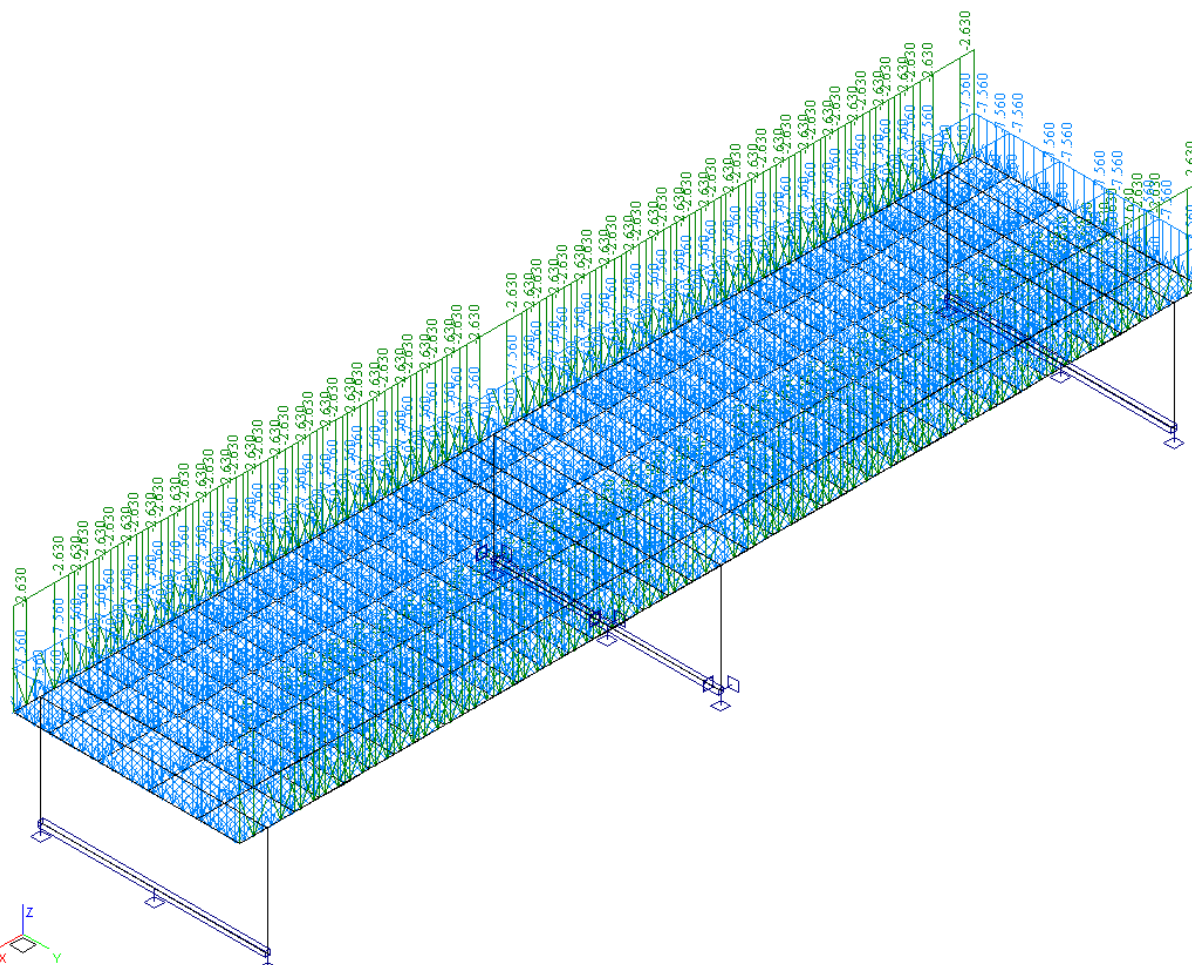
#### Výpis zatěžovacích stavů :

| Jméno  | Koeficient | Komentář               | Typ zatížení       | Skupina | Parametry | Výběrový |
|--------|------------|------------------------|--------------------|---------|-----------|----------|
| G0     | 1.000      | vlastní tíha nk        | Perm - stálé       | 0       | Perm      | Ne       |
| G1     | 1.000      | mostní svršek          | Perm - stálé       | 0       | Perm      | Ne       |
| Tgr+   | 0.700      | tepl.grad.+10          | Long - dlouhodobé  | 0       | Long !    | Ano      |
| Tgr-   | 0.700      | tepl.grad.-10          | Long - dlouhodobé  | 0       | Long !    | Ano      |
| Vr2nL  | 1.370      | dvounáprava 32t vlevo  | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |
| Vr2nL1 | 1.370      | dvounáprava 32t vlevo  | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |
| Vr2nL9 | 1.370      | dvounáprava 32t vlevo  | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |
| Vr2nP  | 1.370      | dvounáprava 32t vpravo | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |
| Vr2nP1 | 1.370      | dvounáprava 32t vpravo | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |
| Vr2nP9 | 1.370      | dvounáprava 32t vpravo | Short - krátkodobé | 0       | Short !   | Ano      |

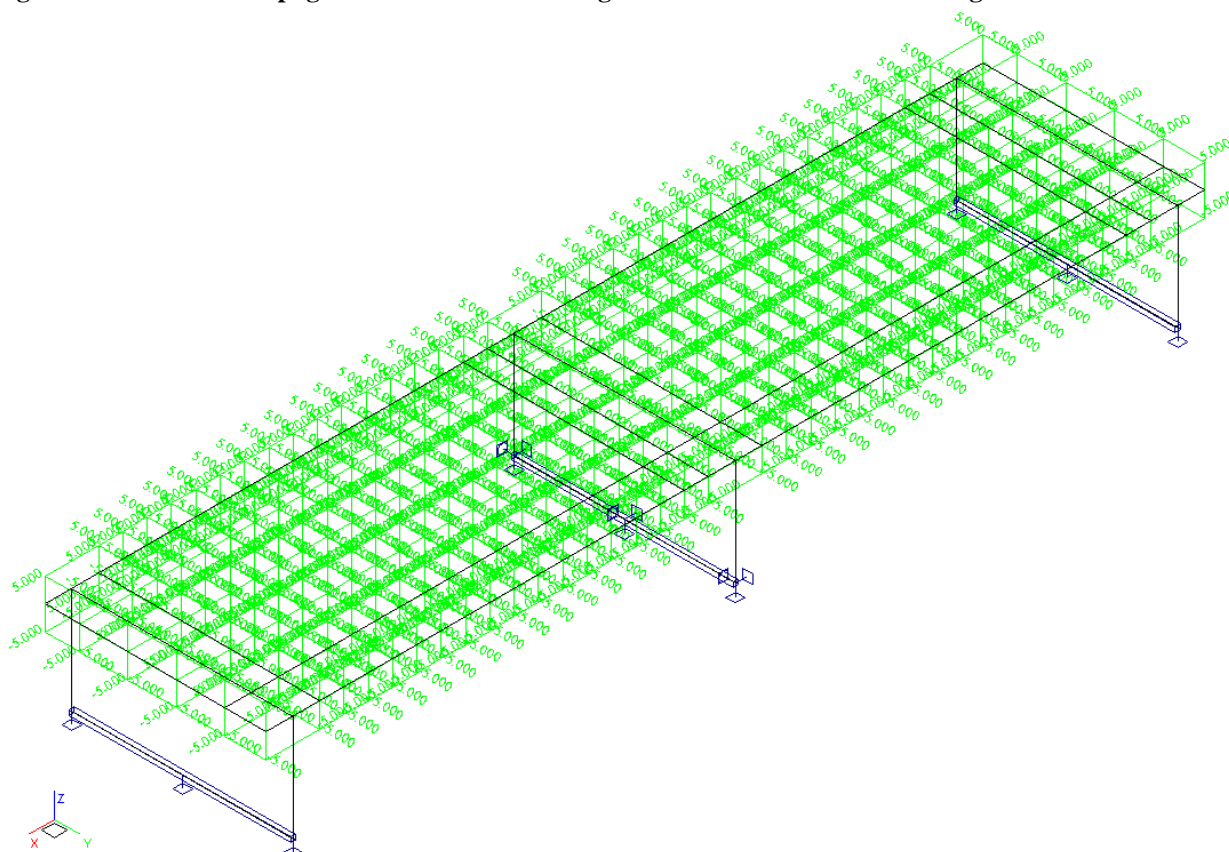
|           |              |                        |                     |          |             |           |
|-----------|--------------|------------------------|---------------------|----------|-------------|-----------|
| <b>G0</b> | <b>1.000</b> | <b>vlastní tíha nk</b> | <b>Perm - stálé</b> | <b>0</b> | <b>Perm</b> | <b>Ne</b> |
|-----------|--------------|------------------------|---------------------|----------|-------------|-----------|



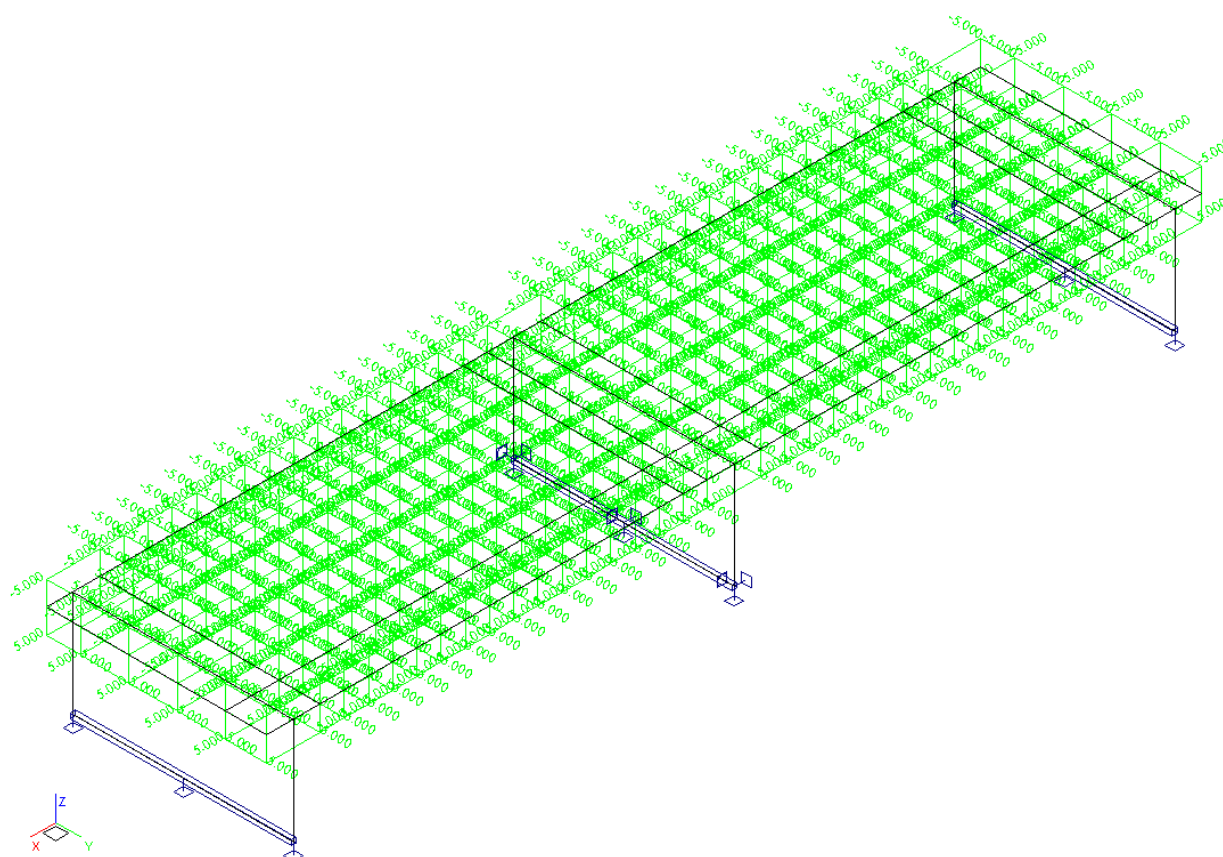
G1 1.000 mostní svršek Perm - stálé 0 Perm Ne



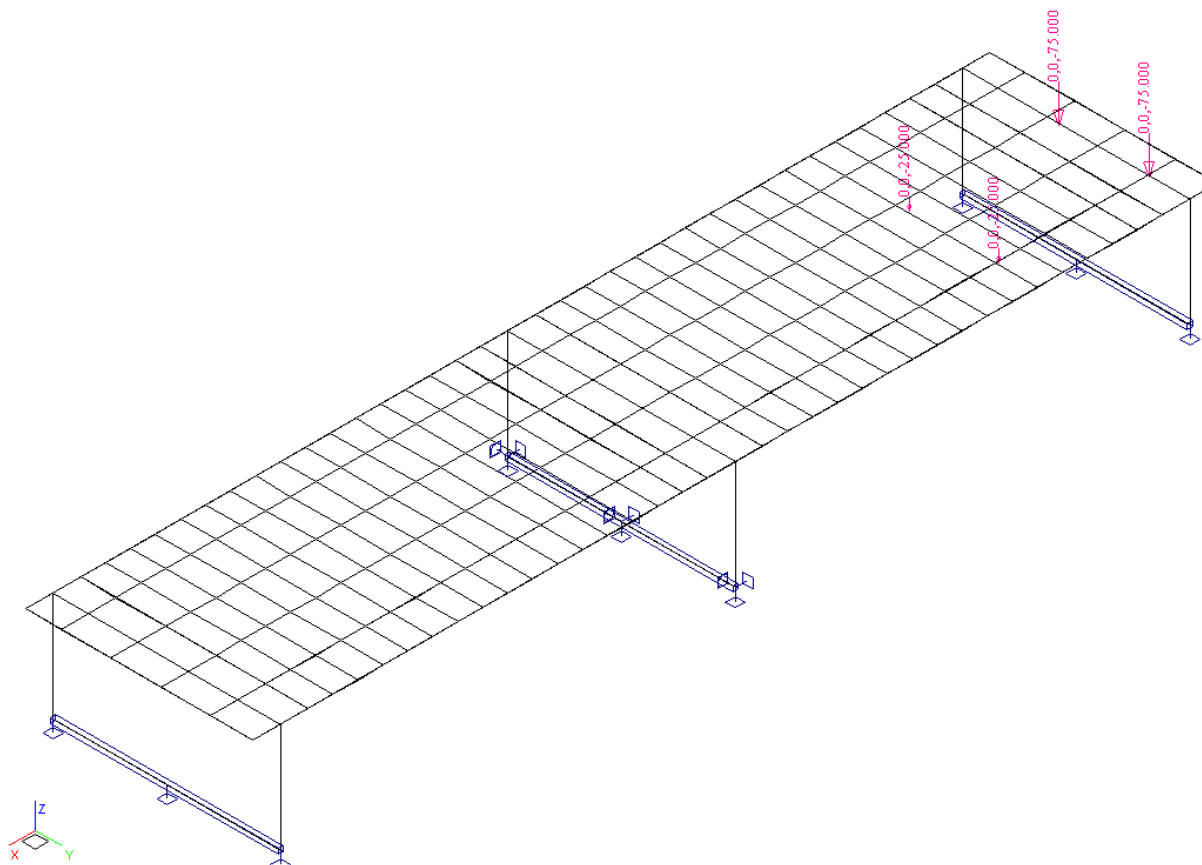
Tgr+ 0.700 tepl.grad.+10 Long - dlouhodobé 0 Long ! Ano



Tgr- 0.700 tepl.grad.-10 Long - dlouhodobé 0 Long ! Ano



Vr2nL 1.370 dvounáprava 32t vlevo Short - krátkodobé 0 Short ! Ano

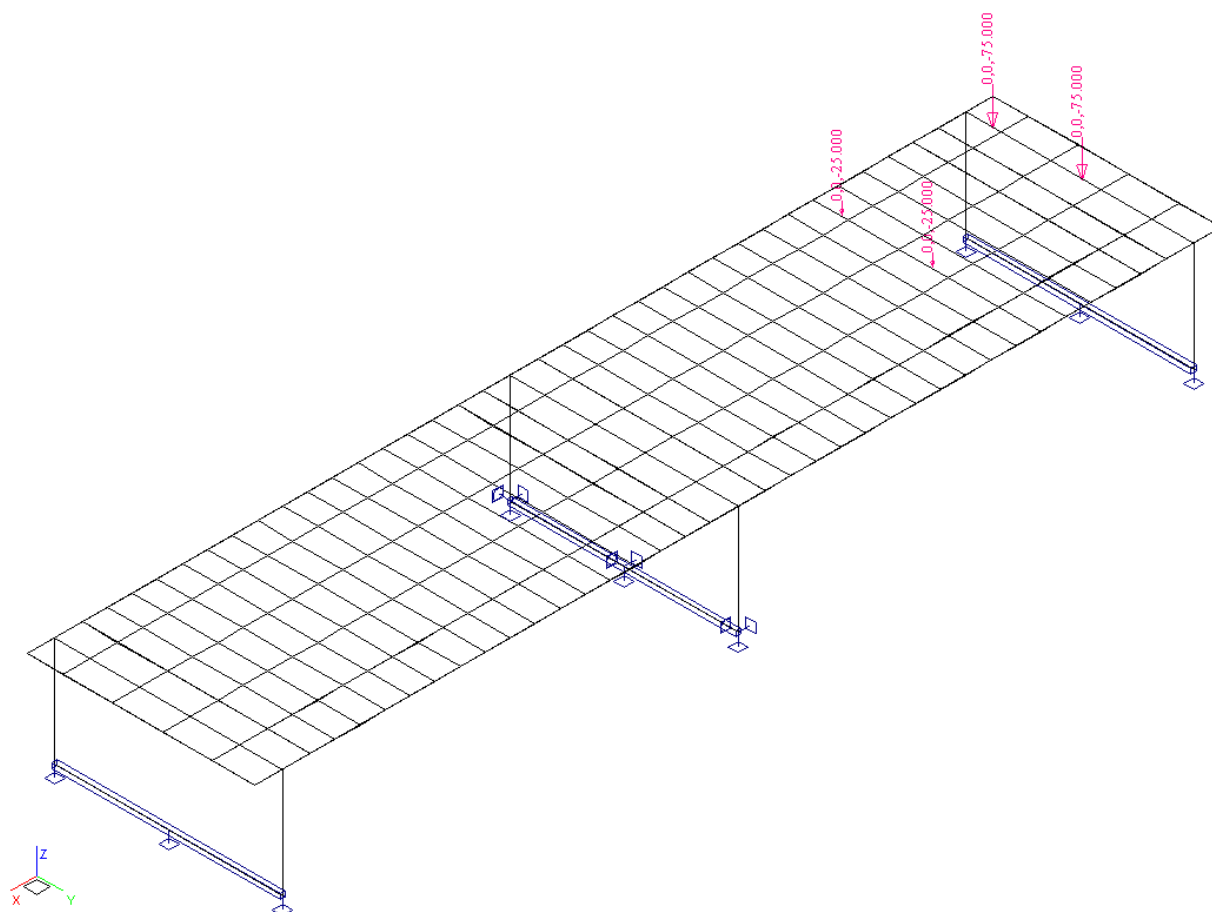


Vr2nP 1.370

dvounáprava 32t vpravo Short - krátkodobé 0

Short !

Ano



## 2.3. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu FEAT'2000 pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní vstupní a výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

### 2.3.1. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Ostatní vnitřní síly jsou zohledněny ve strojové superpozici.

Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen dále.

V tabulce jsou uvedeny hodnoty bez dynamického součinitele a bez součinitele kombinace. Konstrukce je v příčném směru rozdělena po jednotlivých radách, odpovídající obloukům v podélném směru.

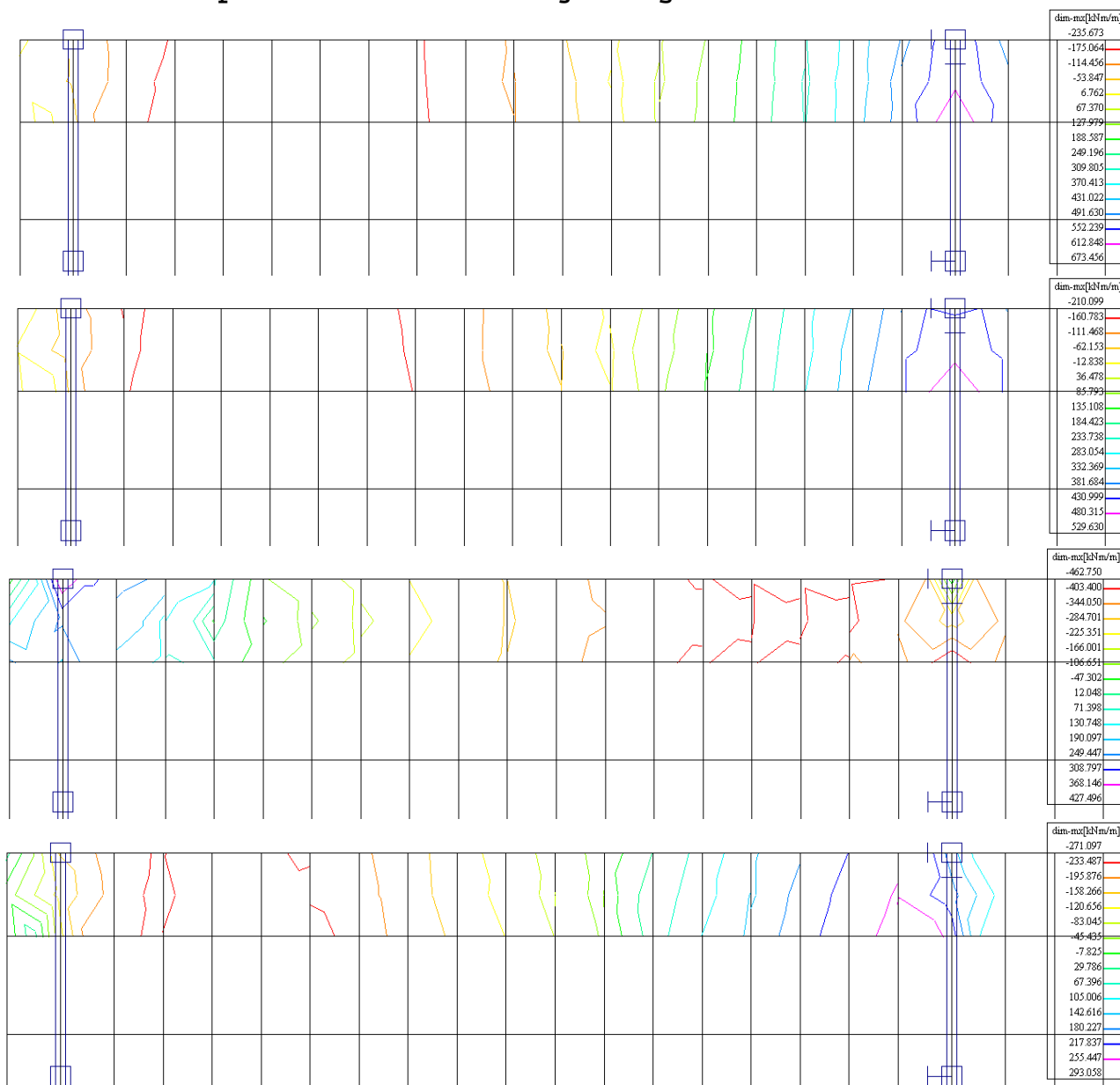
| veličina | k    | M4 - dimMx |       |       |      |      | M10 - dimMx |       |       |      |      |
|----------|------|------------|-------|-------|------|------|-------------|-------|-------|------|------|
| řez      |      | 1          | 2     | 3     | 4    | 5    | 1           | 2     | 3     | 4    | 5    |
| h        |      | 1.067      | 0.432 | 0.347 | 0.29 | 0.26 | 1.067       | 0.432 | 0.347 | 0.29 | 0.26 |
| G0       | 1.00 | 235        | 31    | 15    | 5    | 2    | -673        | -125  | -75   | -52  | -42  |
| G1       | 1.00 | 210        | 32    | 10    | 5    | 4    | -529        | -109  | -79   | -66  | -54  |
| Tgr+     | 0.70 | 106        | 63    | 36    | 31   | 20   | 462         | 247   | 178   | 93   | 57   |
| Tgr-     | 0.70 | -106       | -63   | -36   | -31  | -20  | -462        | -247  | -178  | -93  | -57  |
| Vr2nL    | 1.37 | 252        | 29    | 23    | 11   | 3    | -348        | -87   | -55   | -37  | -29  |
| Vr2nP    | 1.37 | 271        | 47    | 30    | 26   | 21   | -295        | -88   | -82   | -73  | -62  |
| hlavní   |      | 816        | 127   | 66    | 46   | 35   | -1202       | -355  | -266  | -218 | -181 |
| celkové  |      | 890        | 171   | 91    | 67   | 49   | -1525       | -527  | -391  | -283 | -221 |



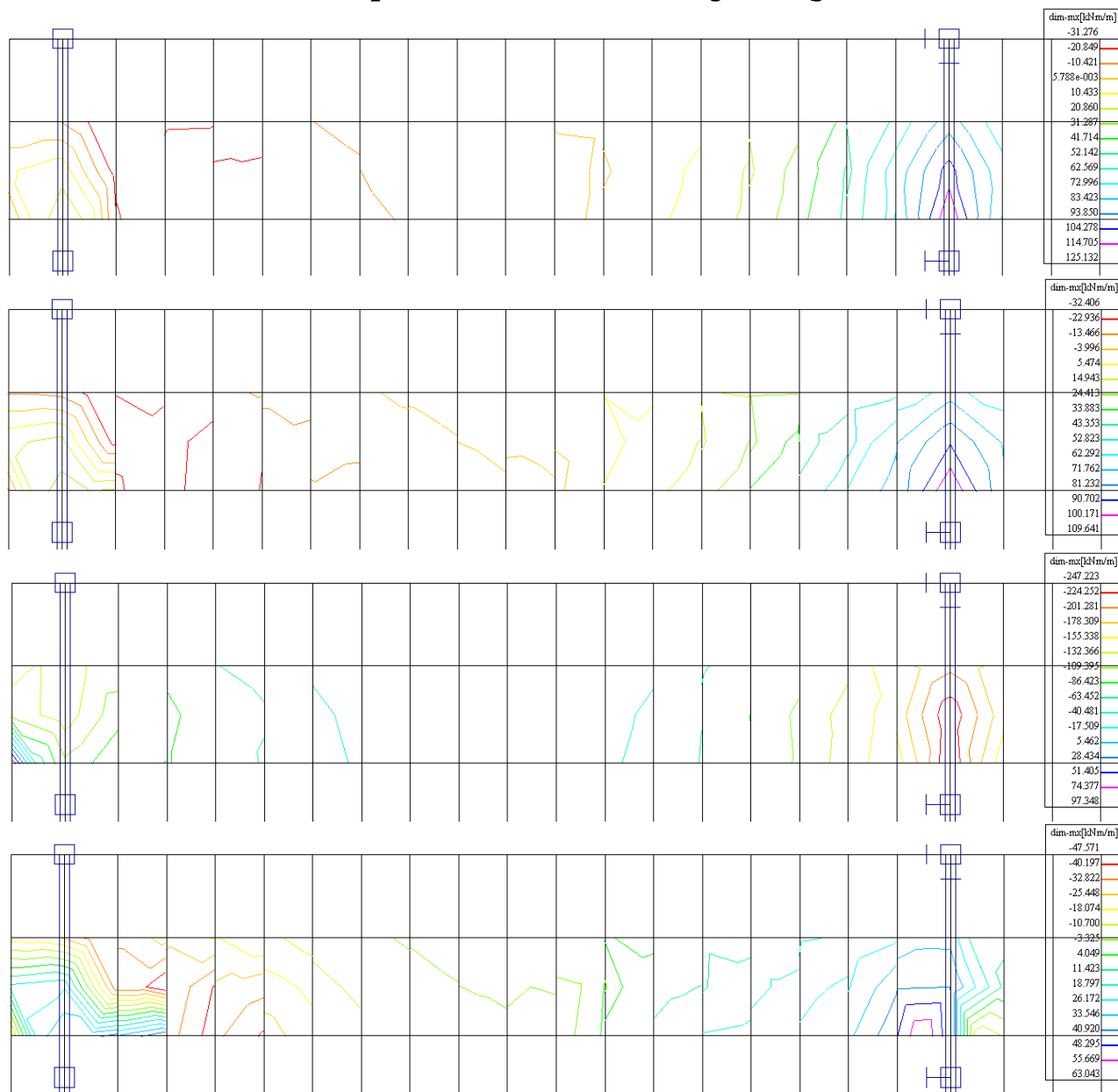
### 2.3.2. Průběh vnitřních sil

Příloženy jsou pouze průběhy podélných dimenzačních ohybových momentů v rozhodujících zatěžovacích stavech tak, aby bylo možné zkontrolovat správnost superpozice. Průběhy jsou zobrazeny po jednotlivých řezech, aby byly jasněji patrné extrémy v daném řezu s ohledem na rozdílné tuhosti prvků. Schemata jsou zaměřena na zatížení v poli, zatížení nad pilířem je zahrnuto ve strojové superpozici.

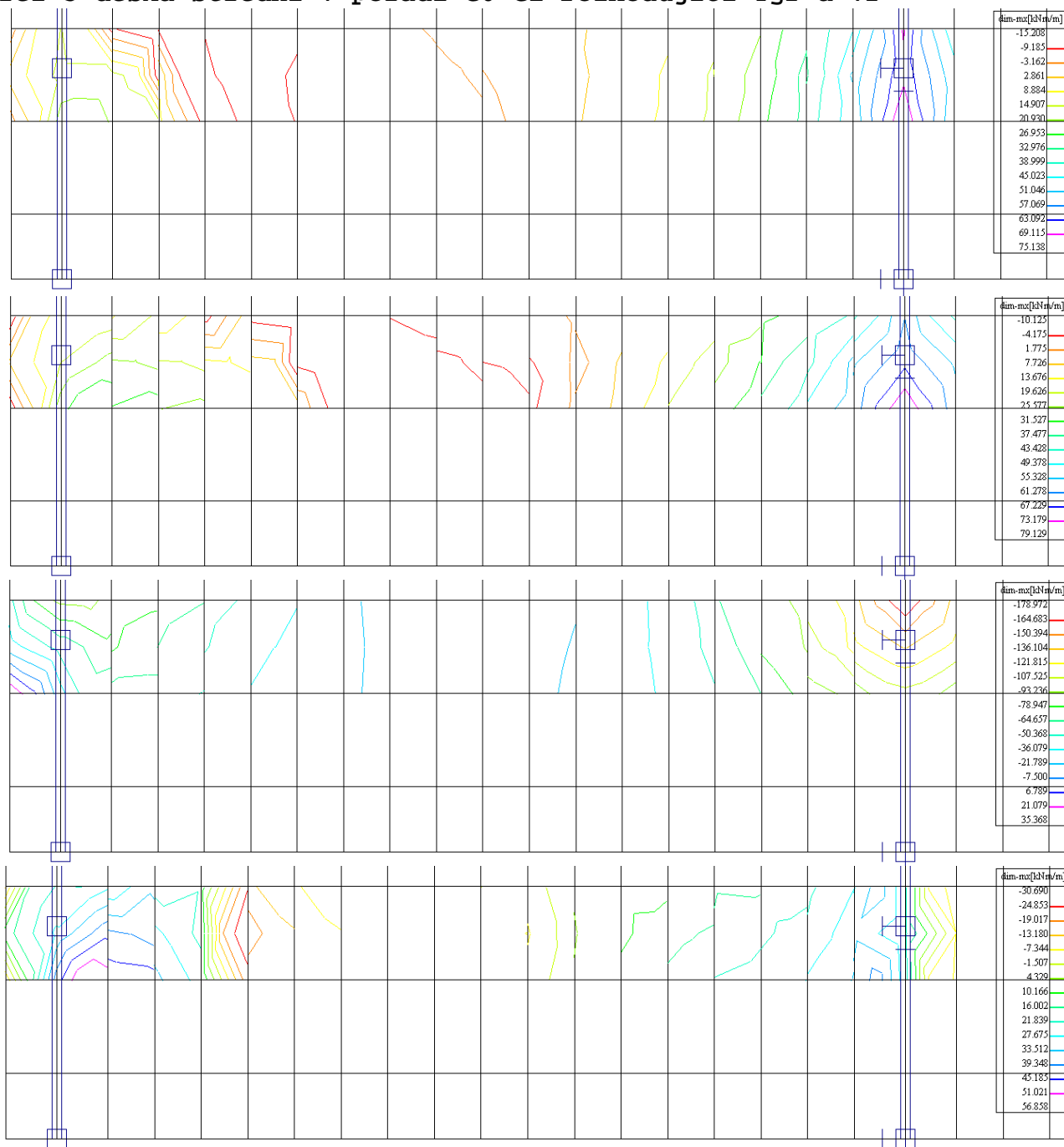
#### řez 1 trám v pořadí G0 G1 rozhodující Tgr a Vr



## řez 2 deska u trámu v pořadí G0 G1 rozhodující Tgr a Vr



řez 3 deska střední v pořadí G0 G1 rozhodující Tgr a Vr



řez 4 deska 2. od kraje v pořadí G0 G1 rozhodující Tgr a Vr

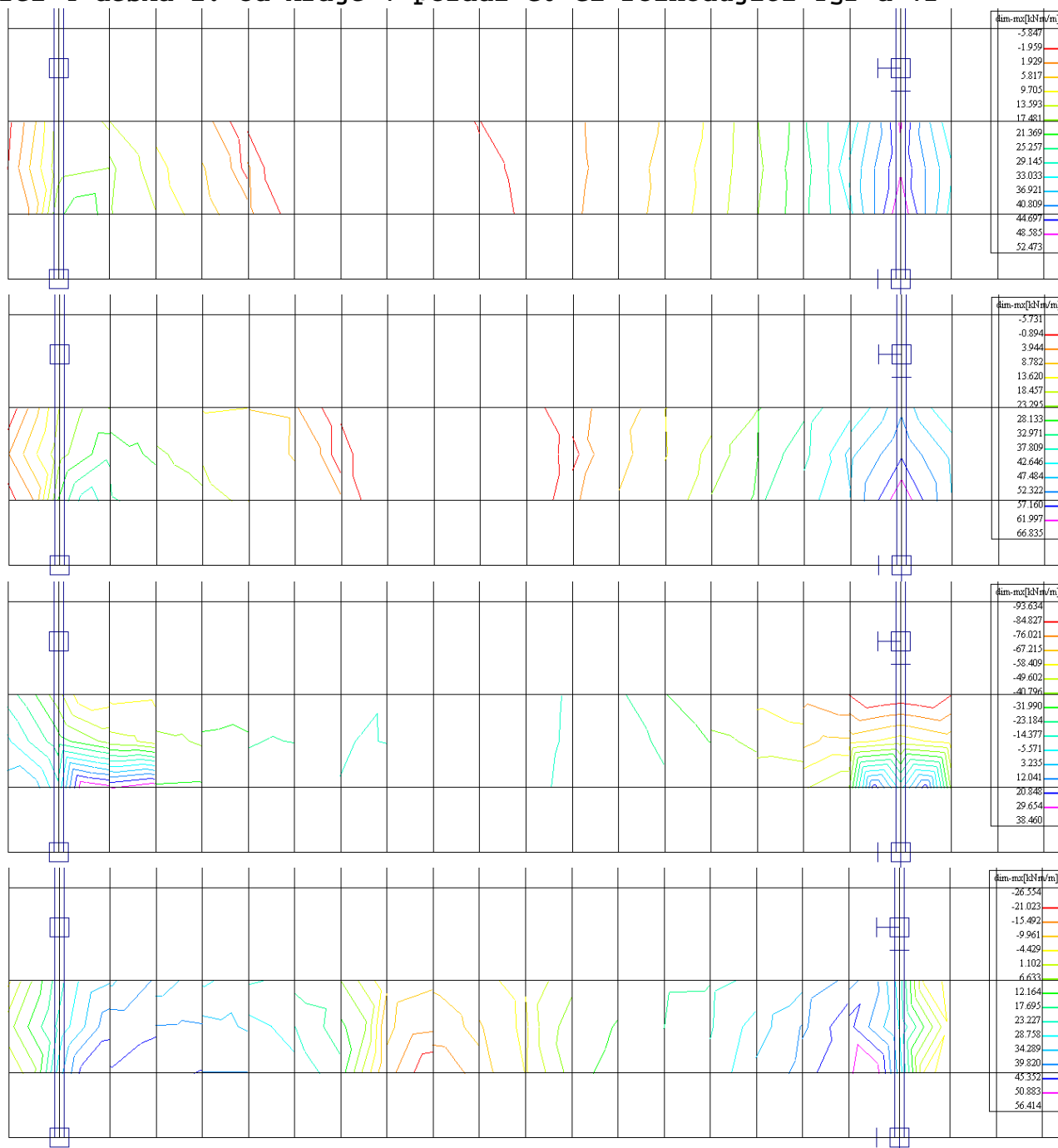


Figure 10 displays four horizontal cross-sections of a dam structure, labeled 1, 2, 3, and 4, showing internal stress distributions. Each section includes a vertical axis on the left and a horizontal axis on the right, both labeled  $\text{sum-mo[kN/m/m]}$ . The sections are plotted on a grid. The vertical axis ranges from -2.841 to 42.460 for section 1, -4.893 to 54.970 for section 2, -57.138 to 219.491 for section 3, and -21.101 to 54.705 for section 4. The horizontal axis ranges from -2.841 to 42.460 for section 1, -4.893 to 54.970 for section 2, -57.138 to 219.491 for section 3, and -21.101 to 54.705 for section 4. The sections show internal stress distributions with color-coded contours. The legend for each section is as follows:

- Section 1: -2.841, 0.179, 3.199, 6.219, 9.239, 12.259, 15.279, 18.299, 21.319, 24.340, 27.360, 30.380, 33.400, 36.420, 39.440, 42.460.
- Section 2: -4.893, -0.902, 3.089, 7.080, 11.071, 15.061, 19.052, 23.043, 27.034, 31.025, 35.016, 39.006, 42.997, 46.988, 50.979, 54.970.
- Section 3: -57.138, -38.696, -20.254, -1.812, 16.630, 35.072, 53.514, 71.956, 90.398, 108.840, 127.282, 145.724, 164.166, 182.608, 201.049, 219.491.
- Section 4: -21.101, -16.047, -10.993, -5.939, -0.886, 4.168, 9.222, 14.276, 19.329, 24.383, 29.437, 34.490, 39.544, 44.598, 49.652, 54.705.

### 2.3.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se započtením vlastní tíhy nosné konstrukce, ostatního stálého zatížení a extrémů od nahodilého zatížení včetně dynamického součinitele podle následujícího schématu:

$$\max_{\min} M_{\text{hlavní}} = M_{\text{vl.tíha}} + M_{\text{ost.stálé}} + \delta \cdot \max_{\min} M_{\text{nahodilé}}$$

$$\max_{\min} M_{\text{celkové}} = M_{\text{vl.tíha}} + M_{\text{ost.stálé}} + k \cdot \max_{\min} T_{\text{grad}} + \delta \cdot \max_{\min} M_{\text{nahodilé}}$$

Rozhodující kombinací zatížení je celková s ohledem na poměr vlivu zatížení od teploty. Dále jsou zobrazeny průběhy max a min hodnot pro extrémů jednotlivých vnitřních sil pro celkovou kombinaci zatížení po jednotlivých částech konstrukce.

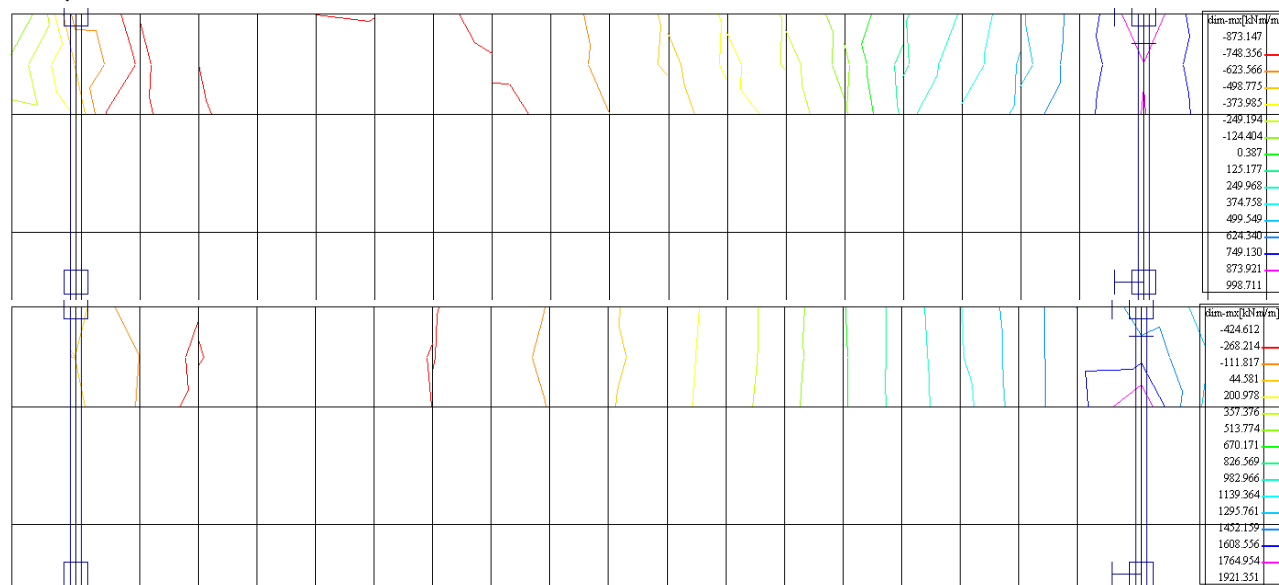
Kontrola správnosti volby superpozičních operátorů je ověřena ručním výpočtem pro rozhodující průřez. Kontrolní ruční součet se shoduje se strojovou superpozicí.

**Výpis zat. stavů, kombinací a obalových křivek:****Výpis obalových křivek :****Jméno ZS Komentář**

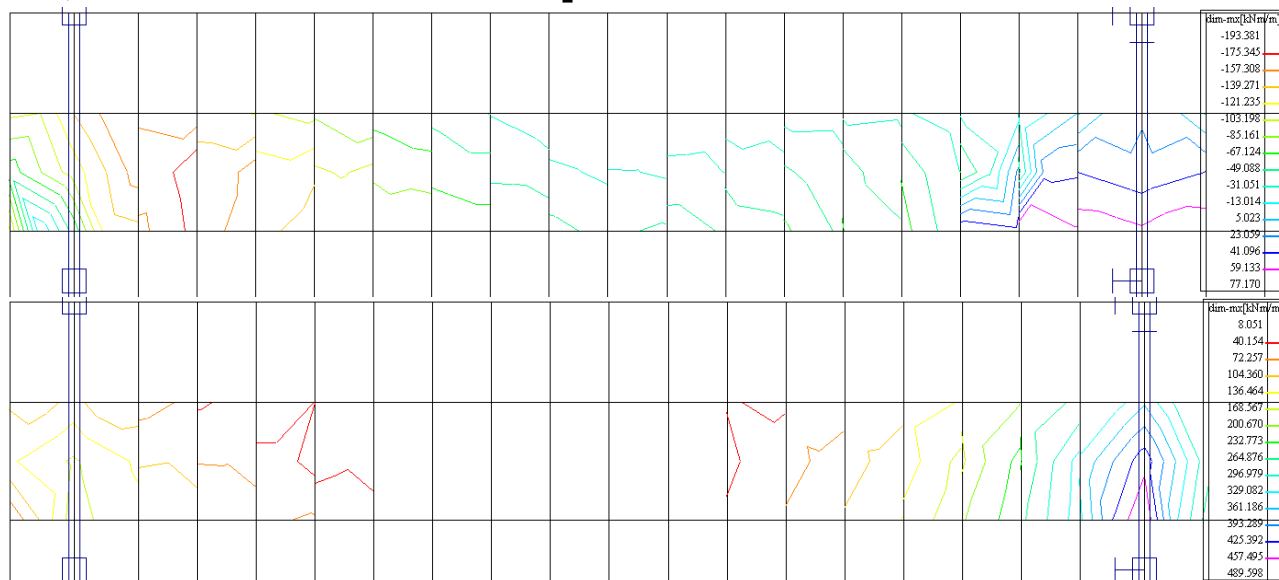
celková min/max celk0001, celk0002, celk0003, celk0004, celk0005, celk0006, celk0007, celk0008, celk0009,  
celk0010, celk0011, celk0012, celk0013, celk0014, celk0015, celk0016, celk0017, celk0018, celk0019, celk0020,  
celk0021, celk0022, celk0023, celk0024, celk0025, celk0026, celk0027, celk0028, celk0029, celk0030, celk0031,  
celk0032, celk0033, celk0034, celk0035, celk0036, celk0037, celk0038, celk0039, celk0040, celk0041, celk0042

celk0001 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr-  
celk0002 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr+  
celk0003 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL9  
celk0004 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP9  
celk0005 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL4  
celk0006 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP9  
celk0007 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL2  
celk0008 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL4  
celk0009 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP4  
celk0010 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP4  
celk0011 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL3  
celk0012 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP6  
celk0013 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL9  
celk0014 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP6  
celk0015 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP5  
celk0016 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP8  
celk0017 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP7  
celk0018 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP8  
celk0019 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL8  
celk0020 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL7  
celk0021 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL7  
celk0022 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL3  
celk0023 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP7  
celk0024 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL5  
celk0025 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP5  
celk0026 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL6  
celk0027 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP3  
celk0028 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL1  
celk0029 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL5  
celk0030 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL  
celk0031 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP  
celk0032 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL6  
celk0033 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL1  
celk0034 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL  
celk0035 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL8  
celk0036 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nL2  
celk0037 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP1  
celk0038 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP3  
celk0039 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP2  
celk0040 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP2  
celk0041 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP1  
celk0042 1.00\*G0+1.00\*G1+0.70\*Tgr++1.37\*Vr2nP

**Max/min dimMx 1.řada - trám**

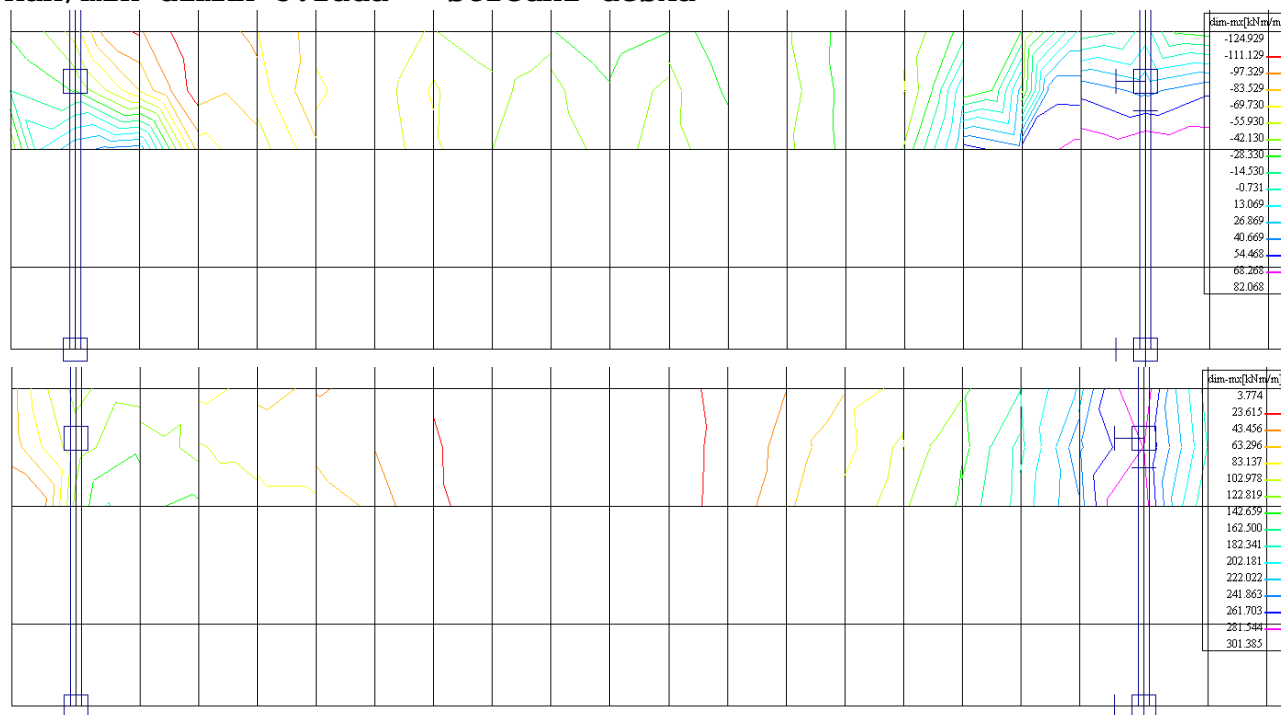


**Max/min dimMx 2.řada - deska podél trámu**

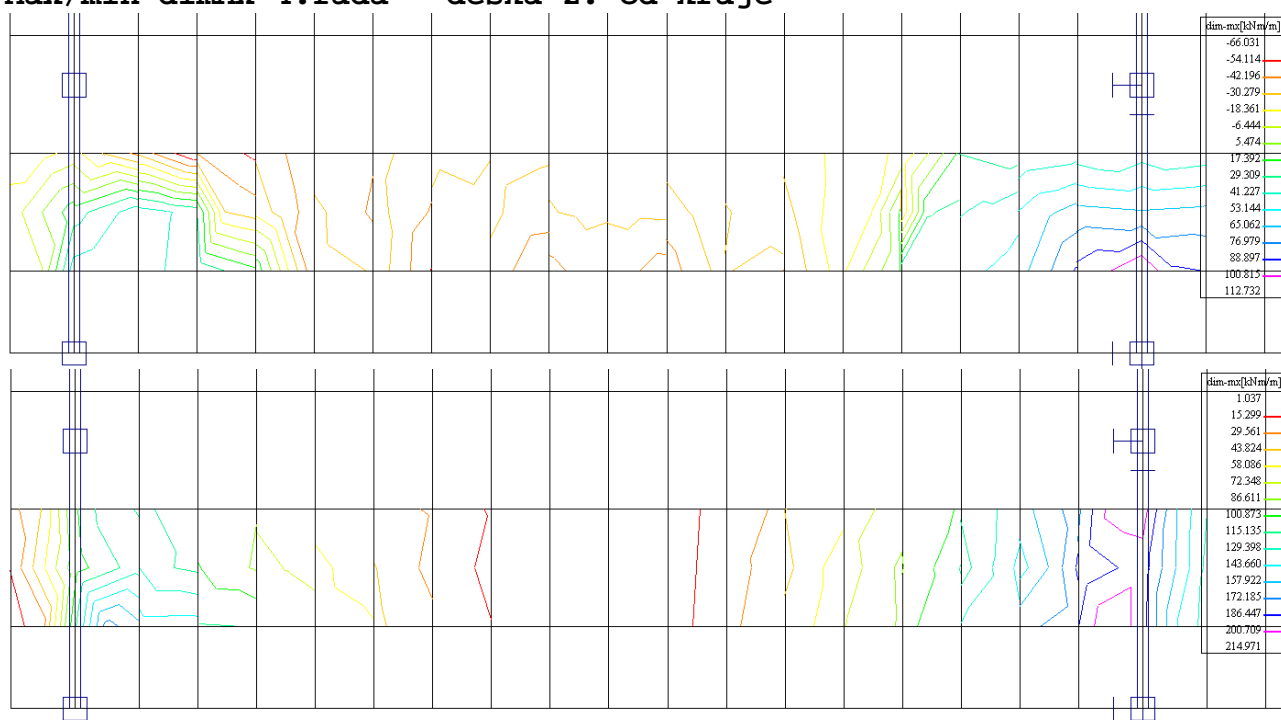




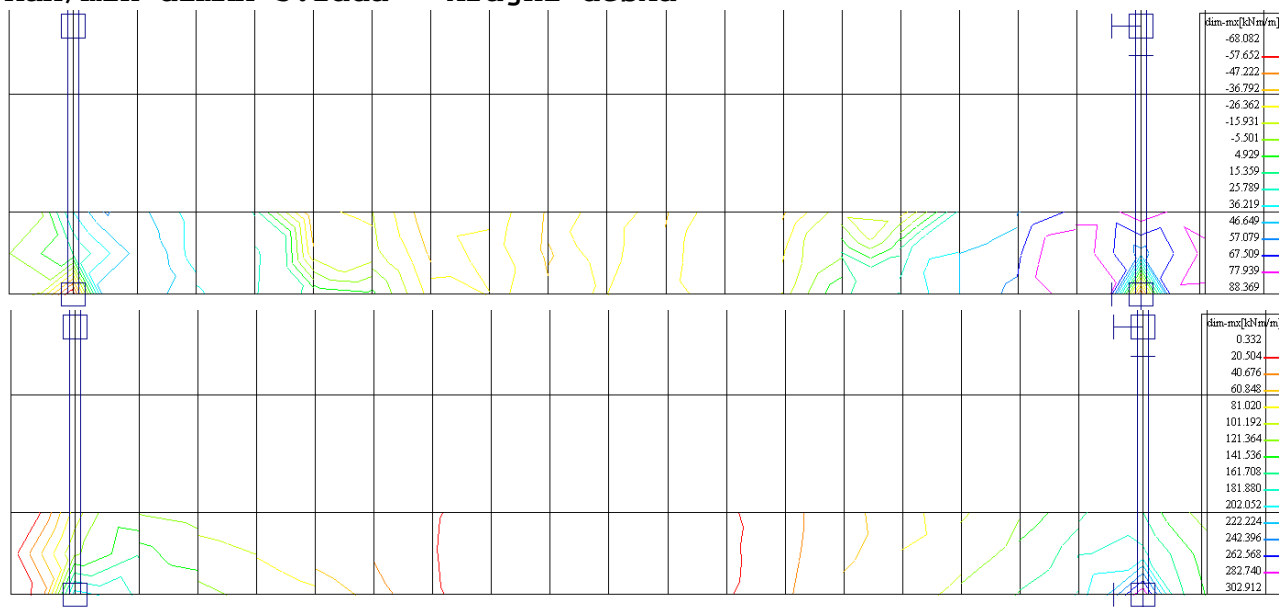
**Max/min dimMx 3.řada - střední deska**



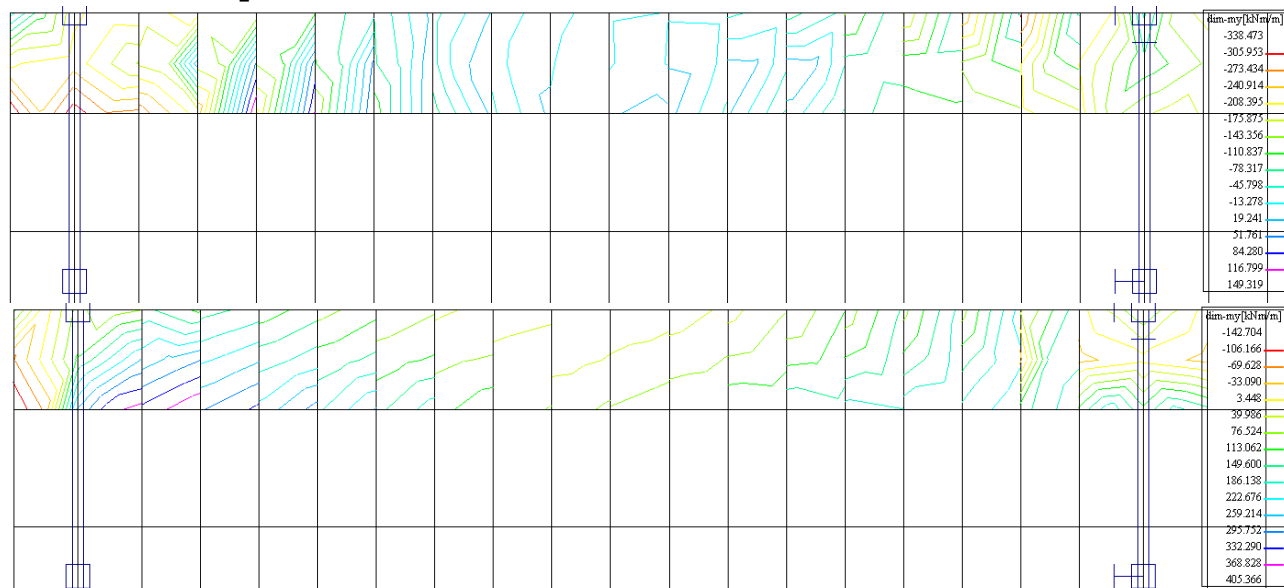
**Max/min dimMx 4.řada - deska 2. od kraje**



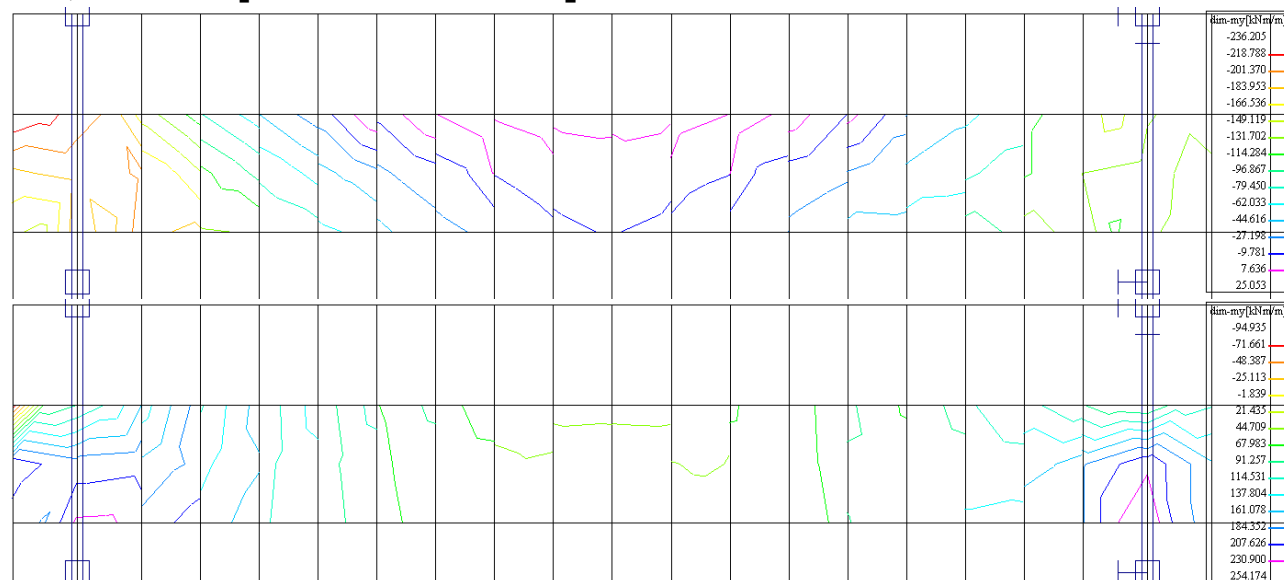
**Max/min dimMx 5.řada - krajní deska**



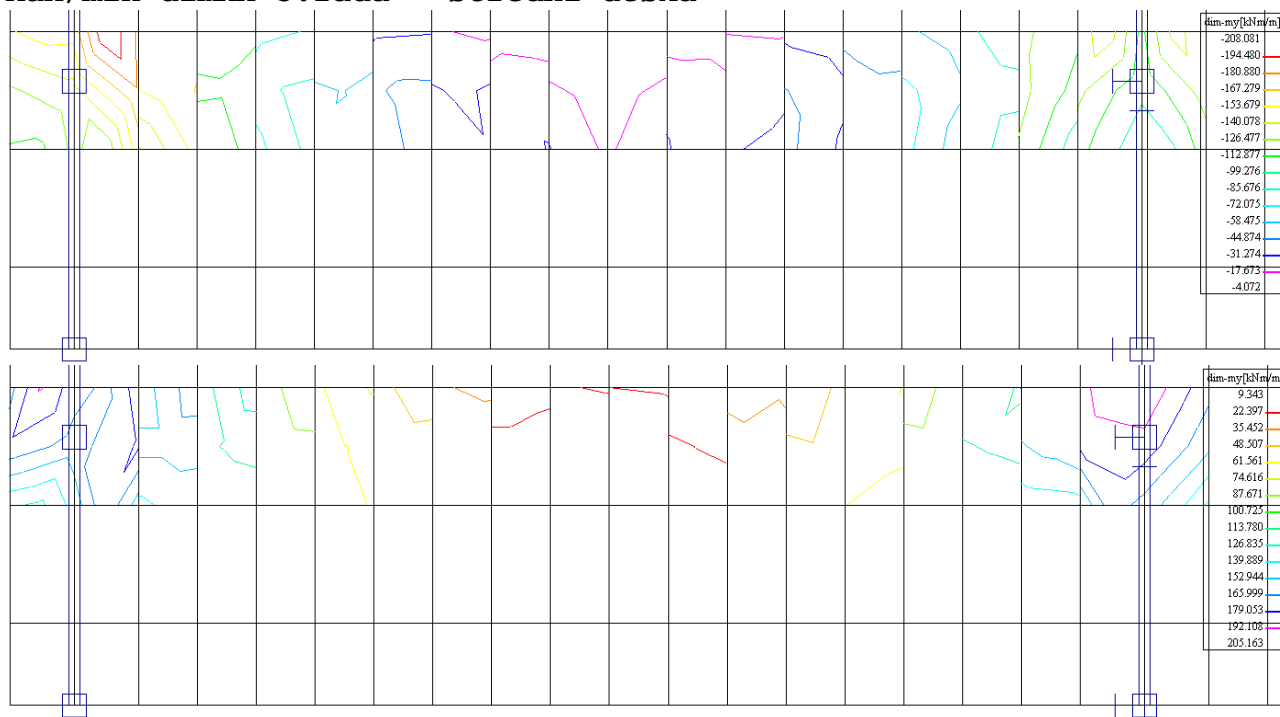
**Max/min dimMy 1.řada - trám**



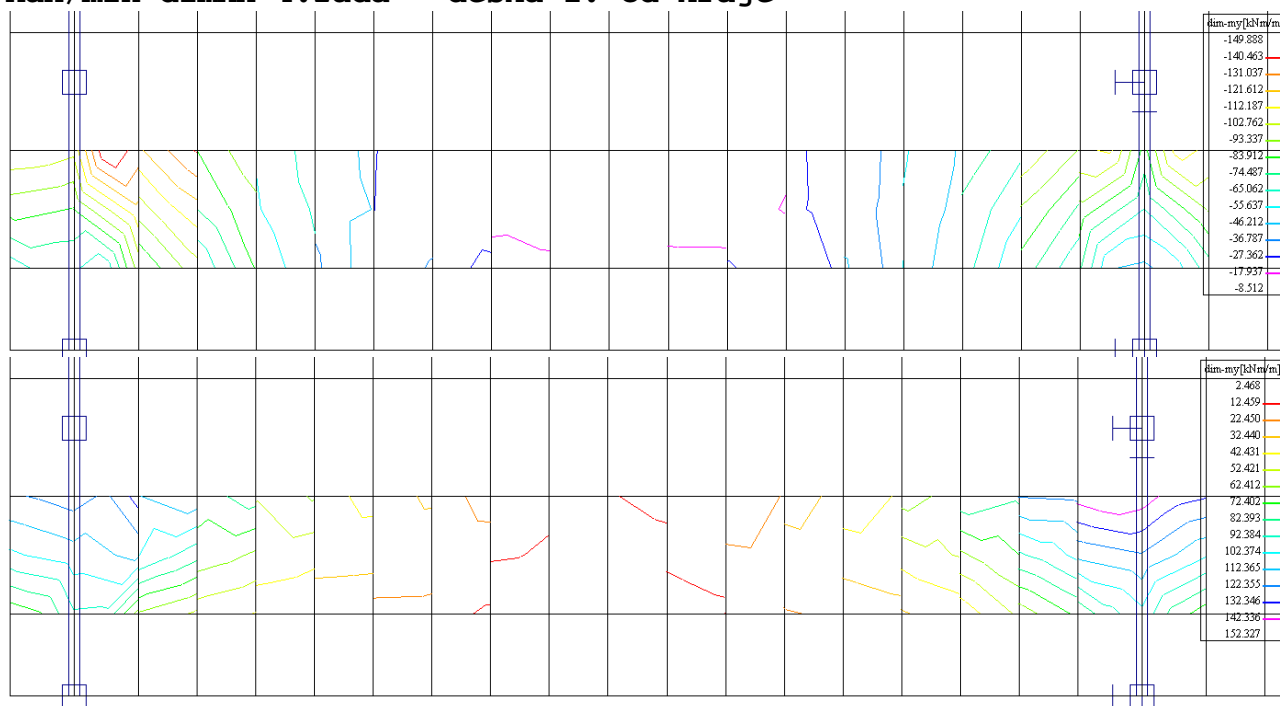
**Max/min dimMy 2.řada - deska podél trámu**



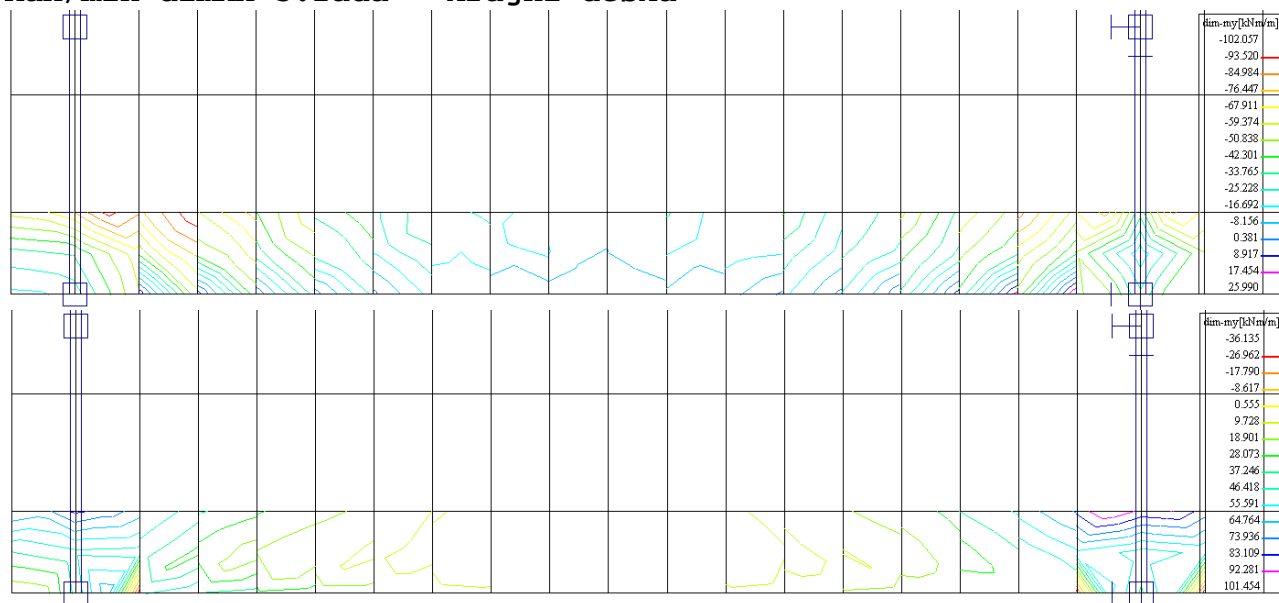
**Max/min dimMx 3.řada - střední deska**



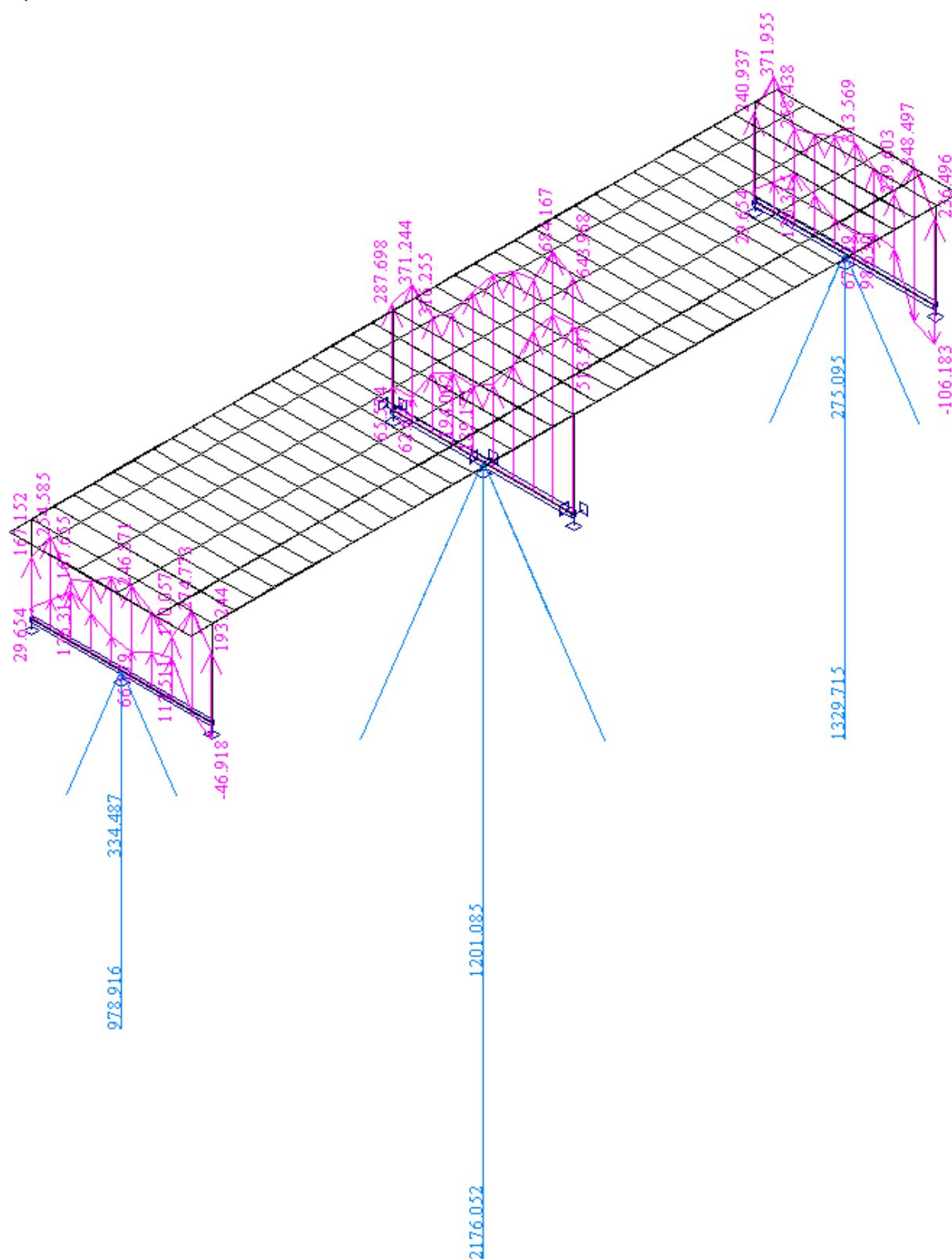
**Max/min dimMx 4.řada - deska 2. od kraje**



**Max/min dimMx 5.řada - krajní deska**



Max/min Rz



## 2.4. Dimenzování nosné konstrukce

### 2.4.1. Ohybová výztuž

Dimenzační momenty jsou převzaté ze strojové superpozice a zahrnují vliv kroucení podle vztahu:

$$\dim M_x = \text{sign}(m_{xx}) \cdot [\text{abs}(m_{xx}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

$$\dim M_y = \text{sign}(m_{yy}) \cdot [\text{abs}(m_{yy}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

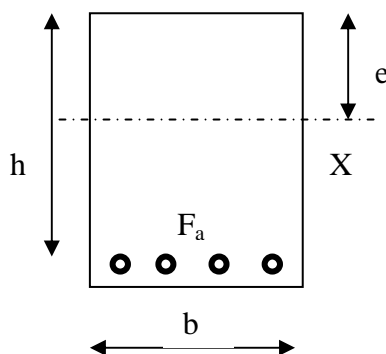
Ruční výpočet je proveden pouze pro jeden profil, a to uprostřed rozpětí krajního trámu tak, aby bylo možné srovnat ruční výpočet se strojovým.

Výpočet napětí v železobetonovém průřezu je proveden v následující tabulce podle klasická teorie:

$$e = \frac{n \cdot F_a}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot h}{n \cdot F_a}} \right)$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = 15 \quad r = h - \frac{e}{3}$$

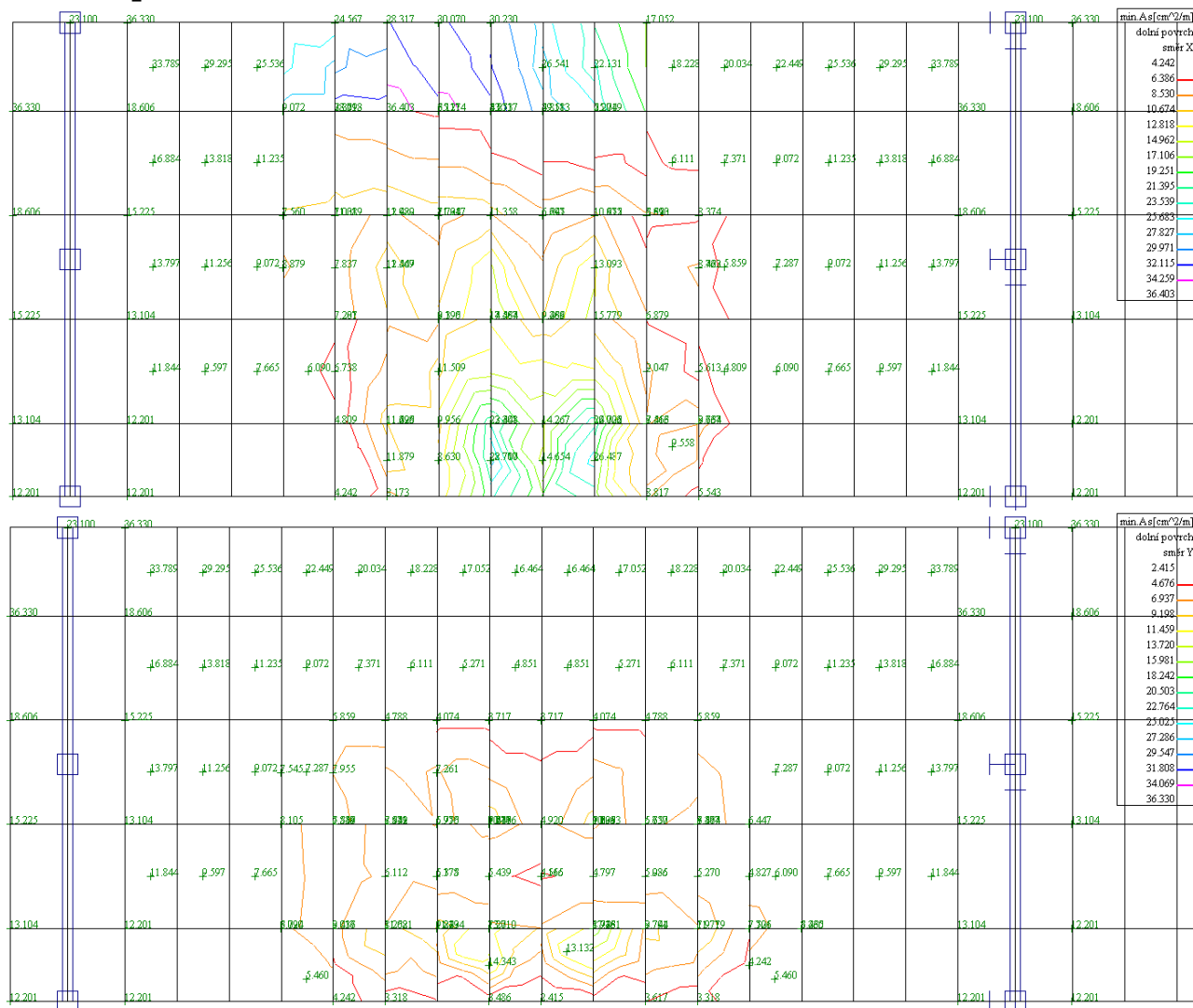
$$\sigma_a = \frac{M}{F_a \cdot r} \quad \sigma_b = \frac{2 \cdot M}{b \cdot e \cdot r}$$



Dovolená namáhání betonu C30/37 je  $\sigma_b = 16.625 \text{ Mpa}$ , oceli 10505 (R) je  $\sigma_a = 280 \text{ Mpa}$  (dovolené namáhání včetně součinitele únavy a dle typu namáhání viz tabulka). Dovolené rozmezí stupně vyztužení pro použitou výztuž je  $\mu_{\min} = 0.18\%$  a  $\mu_{\max} = 1.6\%$ .

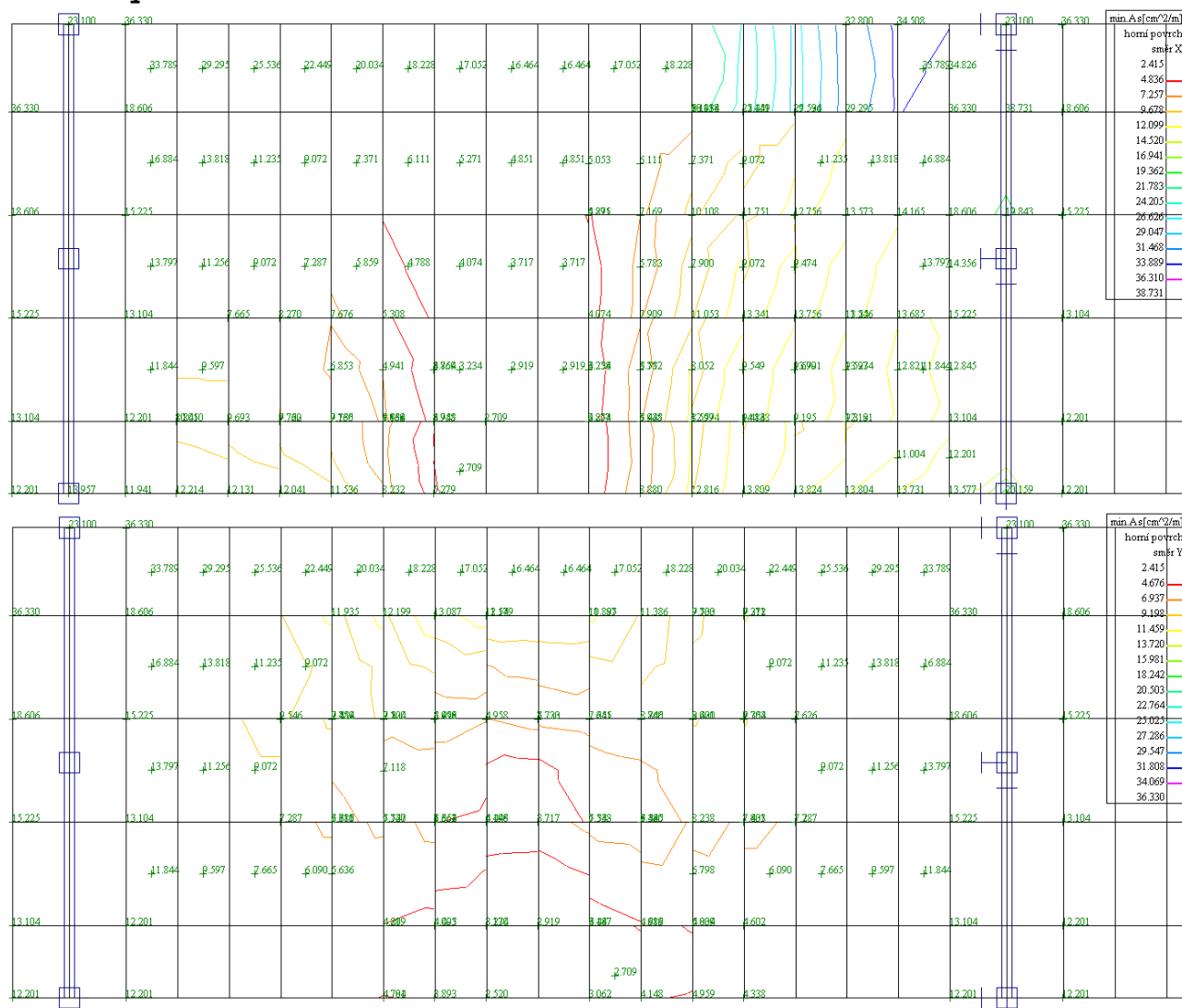
S ohledem na složitost tvaru a proměnnost tloušťek prvků je návrh ohybové výztuže proveden strojově s porovnáním návrhu v profilu navrženém ručně.

## Dolní výztuž





## Horní výztuž



**2.4.2. Posouzení trhlin**

Moment je včetně vlivu kroucení převzatý ze strojové superpozice. Výpočet šířky a vzdálenosti trhlin je proveden v následující tabulce pro beton C30/37 podle vztahů:

$$e = \frac{n \cdot F_a}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot h}{n \cdot F_a}} \right) \quad z = h - k - \frac{e}{3} \quad n = 15 \quad W_{bf} = \frac{7}{24} \cdot b \cdot h^2$$

$$\eta = 0,7 (\text{pro periodický povrch výztuže}) \quad l_t = \eta \cdot \frac{W_{bf}}{z \cdot \sum \sigma} \quad N_a = \frac{M}{z}$$

$$N_b = \frac{1}{2} \cdot (h - e) \cdot b \cdot \sigma_{tah} \quad \psi_a = \frac{N_a - N_b}{N_a} \quad E_a = 210 \text{ GPa} \quad a_t = \psi_a \cdot \frac{N_a}{F_a \cdot E_a} \cdot l_t$$

Posouzen je pouze jeden rozhodující profil a to v krajním trámu uprostřed rozpětí.

**Profil uprostřed rozpětí krajního trámu bez sítě**

Dovolená šířka trhlin pro železobeton je uváděna hodnotou 0.2mm. Toto kritérium je pro posuzovaný profil splněno i bez použití sítě.

**2.4.3. Smyková výztuž**

Posouzení smykové únosnosti je provedeno na pouze v kritickém místě a to v místě nejtenčí desky. U podpor či trámu posudek nemá smysl, protože je zde deska nejtlustší, ačkoli je zde největší namáhání. Výpočet je proveden na smykovou sílu roznesenou po obvodě zatěžovací plochy, resp. na propíchnutí. Namáhání od vlastní tíhy je přitom v daném místě zanedbatelné.

$$\dim Q = \sigma \cdot \frac{N}{O} = 1.37 \cdot \frac{75}{0.7 + 0.3 + 0.7 + 0.3} = 51.3 \text{ kN/m}$$

$$\tau_b = \frac{51.3}{\sqrt{0.06^2 + 0.06^2}} = 604 \text{ kPa} < \tau_{dov} = 0.8 \text{ MPa}$$

V nejslabším místě vyhovuje konstruktivní smyková výztuž.

## 2.5. Spodní stavba

### 2.5.1. Návrh uložení

Rekapitulace reakcí je provedena pouze následovně:

$$opera R_{min} = \frac{275}{4.55} = 60 kN / m \quad opera R_{max} = \frac{1329}{4.55} = 292 kN / m$$

$$pilir R_{min} = \frac{1201}{4.55} = 263 kN / m \quad pilir R_{max} = \frac{2176}{4.55} = 478 kN / m$$

$$brdne\_sily H_{podel} = \frac{30}{4.55} = 6.6 kN / m$$

Navrhují uložení na lepenková ložiska.

Výpočet posunů v dilataci je proveden za předpokladu pevného uložení na pilíři (vetknutí):

$$otepleni v_{pod} = 9.1 \cdot 0.000012 \cdot 25 = 0.0027 m$$

$$ochlazení v_{pod} = -9.1 \cdot 0.000012 \cdot 30 = -0.0033 m$$

$$smrstení v_{pod} = -9.1 \cdot 0.000012 \cdot 15 = -0.0016 m$$

### 2.5.2. Úložný práh a koncový příčník

Výztuž úložného prahu, resp. koncového příčníku, navrhuji konstruktivní.

### 3. Závěr

Konstrukce mostu vyhovuje za geometrických a materiálových předpokladů uvedených výše.

Nosná konstrukce vyhovuje z betonu třídy C30/37 vyztužená výztuží 10505(R) dle kapitoly „Dimenzování nosné konstrukce“. Dolní podélnou výztuž v trámu navrhuji z 8 $\phi$ R25/m, dolní příčná výztuž trámu bude realizována obvodovými třmínky v počtu 8 $\phi$ R16/m doplněnými vnitřními třmínky v počtu 8 $\phi$ R12/m. Obvodové třmínky u podpor budou z 8 $\phi$ R20/m. Horní podélná výztuž trámu nad pilířem bude z min.7 $\phi$ R25/m.

V desce bude podélná dolní výztuž z 10 $\phi$ R14/m, v nejtenčím místě u kraje zahuštěná na 8 $\phi$ R20/m (nebo lze nahradit tuhými vložkami I100). Dolní příčná vyhovuje z 8 $\phi$ R14/m. Horní podélnou výztuž desky nad pilířem navrhuji z 8 $\phi$ R16/m. Horní příčná výztuž desky bude ve vetknutí do trámu z 8 $\phi$ R16/m zredukovaná u kraje na konstruktivních 8 $\phi$ R14/m.

Smyková výztuž bude konstruktivní ze spon v počtu min.9 $\phi$ R8/m<sup>2</sup>. V nejtenčím místě desky navrhuji zabetonovat tuhý rošt z I100.

Stávající betonové podpory budou ubourány. Střední pilíř bude vetknutý do podpory za pomoci dodatečně vrtané výztuže a do kontaktu s přelivem vybetonovaným novým pilířem. U krajních opěr je nutno ubouraný úložný práh vyrovnat sanačními stěrkami a nosnou konstrukci uložit na lepenková ložiska. U opěr je nutno navíc důkladně provést odseparování nosné konstrukce tak, aby byly umožněny dilatační posuny.

V Liberci, dne 21.3.2016  
Vypracoval Ing.T.Humpal