

# Statický výpočet

## Obsah:

<b>1.</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>2</b>
1.1.	VŠEOBECNĚ .....	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU .....	2
1.3.1.	<i>Obecné předpoklady výpočtu.....</i>	<i>2</i>
1.3.2.	<i>Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce .....</i>	<i>3</i>
<b>2.</b>	<b>GEOMETRIE.....</b>	<b>4</b>
2.1.	TVAR KONSTRUKCE .....	5
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE .....	6
<b>3.</b>	<b>ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE .....</b>	<b>8</b>
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ .....	8
3.1.1.	<i>Vlastní tíha nosné konstrukce .....</i>	<i>8</i>
3.1.2.	<i>Ostatní stálá zatížení .....</i>	<i>8</i>
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ .....	8
3.2.1.	<i>Nahodilé zatížení sněhem .....</i>	<i>8</i>
3.2.2.	<i>Nahodilé zatížení větrem.....</i>	<i>8</i>
3.2.3.	<i>Nahodilé zatížení teplotou .....</i>	<i>8</i>
3.2.4.	<i>Nahodilé zatížení dopravou .....</i>	<i>9</i>
3.2.4.1.	<i>Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů .....</i>	<i>9</i>
3.2.4.2.	<i>Model zatížení 1 (LM1) .....</i>	<i>9</i>
3.2.4.3.	<i>Model zatížení 2 (LM2) .....</i>	<i>10</i>
3.2.4.4.	<i>Model zatížení 3 (LM3) .....</i>	<i>10</i>
3.2.4.5.	<i>Model zatížení 4 (LM4) .....</i>	<i>11</i>
3.2.4.6.	<i>Brzdné a rozjezdové síly .....</i>	<i>11</i>
3.2.4.7.	<i>Odstředivé a jiné příčné síly.....</i>	<i>11</i>
3.2.4.8.	<i>Nahodilá zatížení na únavu .....</i>	<i>11</i>
3.2.4.9.	<i>Přetížení předpolí.....</i>	<i>11</i>
<b>4.</b>	<b>SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY .....</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....</b>	<b>17</b>
5.1.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL .....	17
5.2.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL .....	22
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ.....	23
<b>6.</b>	<b>POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....</b>	<b>31</b>
6.1.	DESKA HORNÍ RÁMOVÉ PŘÍČLE .....	31
6.1.1.	<i>Posouzení na ohyb v MSU .....</i>	<i>31</i>
6.1.2.	<i>Posouzení na smyk.....</i>	<i>33</i>
6.1.3.	<i>Omezení trhlin a napětí .....</i>	<i>34</i>
6.1.4.	<i>Posouzení na únavu .....</i>	<i>35</i>
6.1.5.	<i>Posouzení průhybů .....</i>	<i>35</i>
<b>7.</b>	<b>SPODNÍ STAVBA .....</b>	<b>36</b>
7.1.	STĚNA OPĚRY .....	36
7.2.	PLOŠNÉ ZALOŽENÍ.....	37
7.3.	ZAVĚŠENÁ KŘÍDLA.....	38
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>39</b>

# 1. Úvod

## 1.1. Všeobecně

Jedná se o most ev.č.10811-1 v obci Vitice u Českého Brodu okres Kolín (středočeský kraj). Most převádí komunikaci III.třídy přes potok Bylanka.

## 1.2. Popis konstrukce

Jedná se o rámovou stěnodeskovou konstrukci o jednom šikmém poli z monolitického železobetonu. Rozpětí šikmé je 6.286m, kolmá šířka nosné konstrukce 8.6m, šikmost levá 79°, výška rámové stojky od osy základu do osy desky 3.7m. Horní rámová příčle je tloušťky 381mm s náběhy do rámových stojek na 530mm, tloušťka stěnových rámových stojek v kolmém směru je 500mm. Stojky rámu jsou založeny plošně na základu šířky v kolmém směru 1.5m. Křídla zavěšená kombinovaná od prakticky rovnoběžných přes šikmá až téměř kolmá.

Mostní svršek je vybaven monolitickými římsami ze železobetonu, vtoková římsa je rozšířena do chodníkové desky na levobřežní straně vykonzolované s proměnným vyložení. Na vtoku je minimální římsa se zábradelními svodidly, na výtokové straně je osazeno zábradlí. Vozovka živičná dvouvrstvá.

## 1.3. Předpoklady výpočtu

### 1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Betonáž nosné konstrukce bude prováděna na skruži jako celek bez vytváření pracovních spar v desce. Připouští se vodorovná pracovní spára mezi základem a stěnovou stojkou rámu a mezi stěnovou stojkou rámu a deskovou příčlí rámu.

Předpokládá se dostatečně velký pasivní odpor zeminy obsypu základů na líci proti bočnímu zemnímu tlaku výplně za opěrami, resp. kvalitní opevnění dna dlažbou ve funkci rozpěry.

### 1.3.2. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce

**Beton: C 30/37-XD1, XF2 (CZ) – CI 0.40 – D<sub>max</sub>22 – S5**

**Návrhová pevnost betonu v tlaku EN 1992-2 ods. 3.1.6**

$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ck}= 30$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{cc}= 0.85$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c= 1.5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c= 1.2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>17.0</b>	<b>Mpa</b>		
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>21.25</b>	<b>Mpa</b>		

**Návrhová pevnost betonu v tahu EN 1992-2 ods. 3.1.6**

$f_{ctd}=a_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ctk0.05}= 2.0$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{ct}= 1.0$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c= 1.5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c= 1.2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>1.3</b>	<b>Mpa</b>		
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>1.7</b>	<b>Mpa</b>		

**Ocel: B 500B**

**Návrhová pevnost oceli EN 1992-1-1 ods. 3.2.7, obr 3.8**

$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8	
$f_{yk}= 500$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli mez kluzu oceli v ČSN 42 0139 $R_e=f_{yk}$
$\gamma_s= 1.15$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_s= 1.0$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s=$	<b>434.8</b>	<b>Mpa</b>		
$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s=$	<b>500</b>	<b>Mpa</b>		

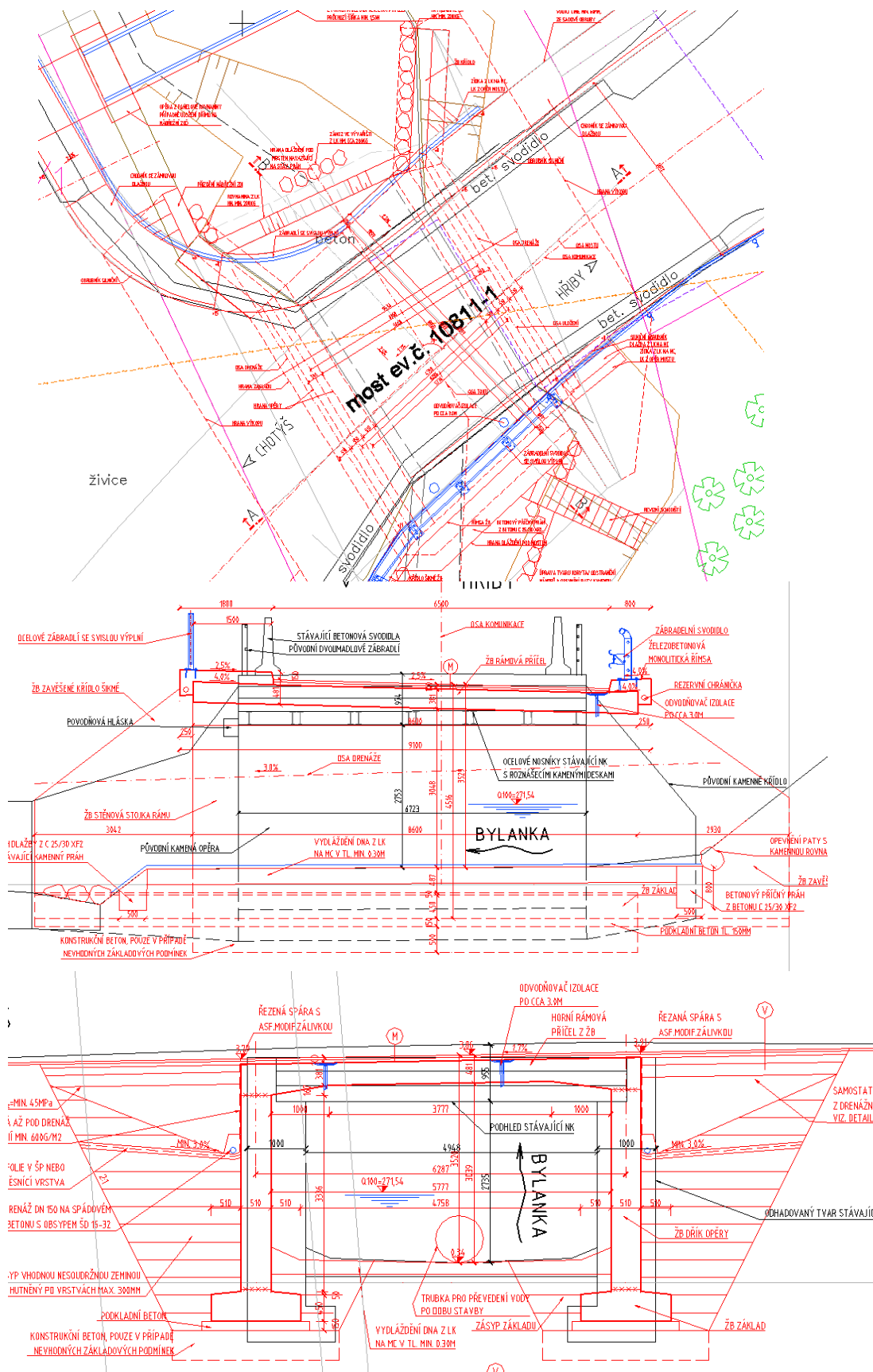
### Krycí vrstva EN 1992-2 ods. 4.

<b>S 4</b>			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
<b>S 5</b>				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur} =$	40	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	minimální krycí vrstva z hlediska vlivu prostředí pro uvažovaný vliv prostředí XD1
$c_{min,b} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.2N	minimální krycí vrstev z hlediska soudržnosti, $D_{max} < 32mm \rightarrow \emptyset_p$ ak $D_{max} > 32mm \rightarrow \emptyset_p + 5mm$
$\Delta c_{dur,\gamma} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{dur,st} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro korozivzdornou ocel
$\Delta c_{dur, add} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro beton s ochrannými vrstvami
$\Delta c_{dev} =$	10	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.3. pozn.	přídavek pro návrhovou odchylku
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur, add}; 10mm\}$				
$c_{min} =$	40	mm		
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	50	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.1	

## 2. Geometrie

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z příložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmá rámová stěnodesková konstrukce.

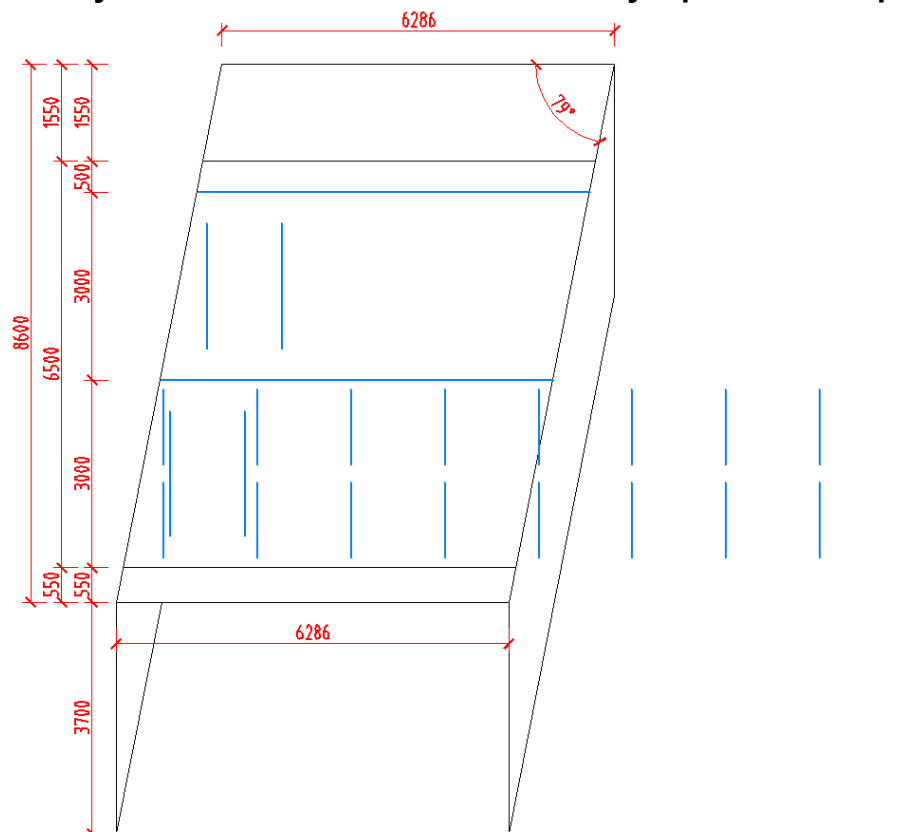
Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.



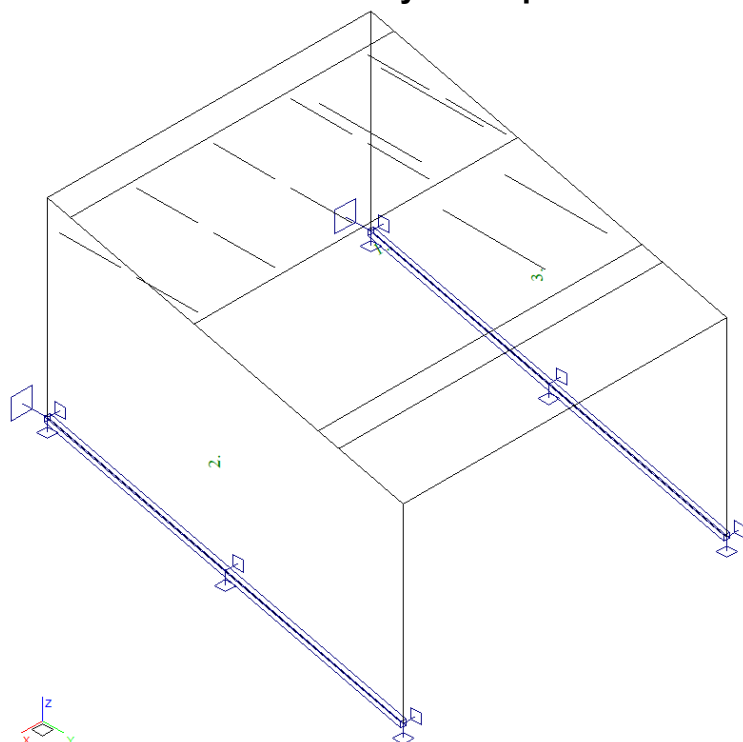
## 2.2. Model nosné konstrukce

Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.

**Půdorysné schéma se základními rozměry s počátečními polohami náprav**



**Model v axonometrii s čísly makroprvků**



## Údaje o konstrukci

Jméno projektu	nk	Prutů	0	Geometrie - délky	m
Autor projektu	Ing.T.Humpal	Ploch	3	Geometrie - úhly	deg
Popis projektu	rám	Zatížení	172	Průřezy - délky	m
Rozměr projektu	Prostor	Podpor	4	Zatížení, výsledky - síly	kN
Datum	3.9.2020	Bodů	0	Zatížení, výsledky - napětí	kPa
Čas	12:50	Linií	37	Zatížení, výsledky - délky	m
		Ploch	0	Deformace - posuny	m
		Kontaktů	2	Deformace - natočení	deg
		Materiálů	1	Čas	sec
		Průřezů	0	Teplota	°C
		Tloušťek	2	Hmota	t
		Podloží	0		
		Skupin	4		
		Zat. stavů	60		

## Výpis zadanych 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						
<b>Materiál</b>	<b>Typ</b>	<b>E 1</b>	<b>ni</b>	<b>gama</b>	<b>K 1</b>	<b>E 2</b>	<b>K 2</b>	<b>útlum</b>
		[kPa]		[t/m3]	[kN/m3]	[kPa]	[kN/m3]	
BETON	BETON	2.600e+07	0.200	2.500	1.000e-05			0.100
<b>Materiál</b>	<b>Objem</b>	<b>Hmotnost</b>						
	[m3]	[t]						
BETON	53.028	132.571						
celkem		132.571						

## Výpis zadanych tlouštěk:

Označení	Materiál	Tloušťka
		[m]
deska	-BETON	0.381
stena	-BETON	0.500

## Výpis plošných dílců - parametry ploch:

Plocha	Typ plochy	Deska	Tloušťka	Objem	Skupina
			[m]	[m3]	
1	Rovinná deska	Tenká deska	0.381	20.598	Skupina č.1
2	Rovinná deska	Tenká deska	0.500	16.215	Skupina č.1
3	Rovinná deska	Tenká deska	0.500	16.215	Skupina č.1

## Výpis plošných dílců - souřadnice vrcholů ploch:

Plocha	Hrana	Počátek	Konec
		[m]	[m]
Polygon1	1	2.297,-4.300,0.000	-3.989,-4.300,0.000
	2	-3.989,-4.300,0.000	-2.297,4.300,0.000
	3	-2.297,4.300,0.000	3.989,4.300,0.000
	4	3.989,4.300,0.000	2.297,-4.300,0.000
Polygon2	1	2.297,-4.300,-3.700	2.297,-4.300,0.000
	2	2.297,-4.300,0.000	3.989,4.300,0.000
	3	3.989,4.300,0.000	3.989,4.300,-3.700
	4	3.989,4.300,-3.700	2.297,-4.300,-3.700
Polygon3	1	-3.989,-4.300,-3.700	-3.989,-4.300,0.000
	2	-3.989,-4.300,0.000	-2.297,4.300,0.000
	3	-2.297,4.300,0.000	-2.297,4.300,-3.700
	4	-2.297,4.300,-3.700	-3.989,-4.300,-3.700

## 3. Zatížení konstrukce

### 3.1. Stálé zatížení

#### 3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu zadáním gravitačního zrychlení.

#### 3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Zatížení jsou definována následovně.

$$q_{vozovky} = 0.1 \cdot 25 = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{část římsy na nosné konstrukci}} = 0.25 \cdot 25 = 6.25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{převíslá část římsy}} = 0.5 \cdot 0.25 \cdot 25 = 3.125 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{zábradelní svodidlo}} = 2.0 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{zábradlí}} = 1.0 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{boční tlak výplně za opěrou-dolní}} = 20 \cdot 3.7 \cdot (1 - \sin 30^\circ) = 37 \text{ kN/m}^2$$

Smršťování je uvažováno jako ochlazení o 15°C.

Nerovnoměrné sedání základů není uvažováno s ohledem předpoklad kvalitního založení na vhodném konzolidovaném materiálu pod původními základy.

### 3.2. Nahodilá zatížení

#### 3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá zatížení sněhem rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

#### 3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá zatížení větrem rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

#### 3.2.3. Nahodilé zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty je uvažována jako ochlazení, resp. oteplení desky o 50°C.

Rozdílové složky teploty uvažují jako rozdílové ochlazení, resp. oteplení povrchů o 10°C a to jen na horní rámové příčli s ohledem na teplotní setrvačnost zásypu rámových stojek.



### 3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

#### 3.2.4.1. Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

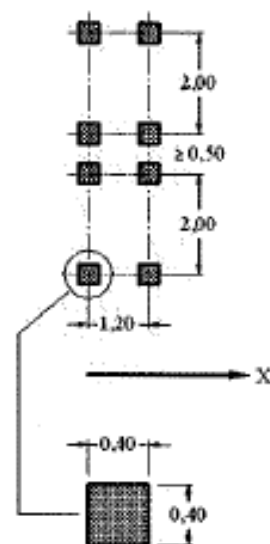
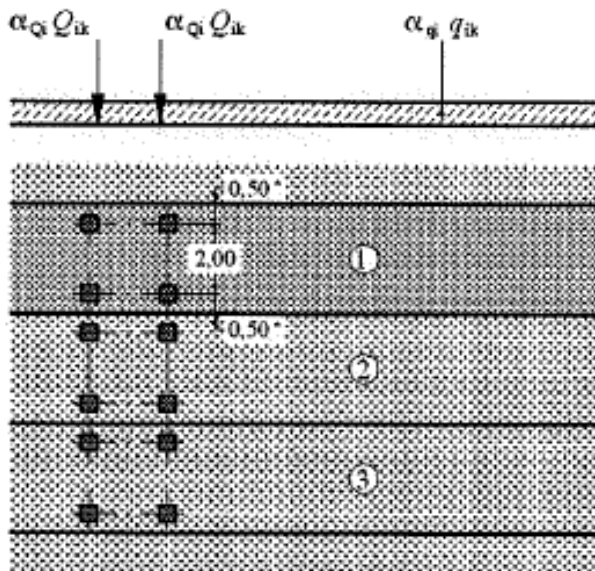
Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	6.5 m		skutečná šířka vozovky na mostě
w=	3.0 m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
n=	2	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	navržený počet zatěžovacích pruhů
	0.5 m		šířka zbývající plochy

#### 3.2.4.2. Model zatížení 1 (LM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL.

umístění	Soustředěné zatížení				Rovnoměrné zatížení		
	$Q_{ik}$ [kN]	$\alpha_{Qi}$	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / 0.4 \cdot 0.4$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_{qi}$	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č.1	300	0.8	240	1500	9	0.8	7.2
Pruh č.2	200	0.8	160	1000	2.5	1	2.5
Pruh č.3	100	0.8	80	500	2.5	1	2.5
Ostatní					2.5	1	2.5



L= 6.3	m	EN 1991-2, str 106, A.3	je příčinková délka
$\varphi=1.4 \cdot L/500=$	1.39	EN 1991-2, str 106, A.3	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max.3.0m

### 3.2.4.5. Model zatížení 4 (LM4)

Zatížení davem lidí  $5\text{kN/m}^2$  uvažují jako zatížení chodníku současně s LM1. S ohledem na umístění rozhodujícího zatížení vozidly ale zatížení chodníku nemá zásadní vliv.

### 3.2.4.6. Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné síly neuvažují s ohledem na rámový charakter konstrukce, kdy se stojky konstrukce opírají o zásyp a pasivní odpor zeminy za opěrami je dostatečný. Brzdná síla je stanovena na jeden jízdní pruh pro kontrolu následovně:

$Q_{1k} =$	300	kN	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$q_{1k} =$	9	kN/m <sup>2</sup>	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$\alpha_{Q1} =$	0.8		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$\alpha_{q1} =$	0.8		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$w_1 =$	3	m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
$L =$	6.3	m	EN 1991-2, str 36	délka nosné konstrukce nebo uvažované části
$Q_{lk} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L =$		301.6	kN	EN 1991-2, str 36
uvažuje se v úrovni povrchu vozovky $180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ kN}$				

### 3.2.4.7. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivé síly nejsou v tomto případě rozhodující, neuvažují s nimi.

### 3.2.4.8. Nahodilá zatížení na únavu

Uvažují zatížení LM1 s odpovídající redukcí.

### 3.2.4.9. Přetížení předpolí

Přetížení povrchu předpolí je uvažováno rozneseným zatížením, větší z hodnot TS LM1 a LM3 následovně:

$$q_{LM1} = \frac{4 \cdot 120}{3.0 \cdot 2.2} + 7.2 = 80 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \sigma_0 = 40 \text{ kPa}$$

$$q_{LM3} = \frac{200}{3.0 \cdot 1.5} = 44 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \sigma_0 = 22 \text{ kPa}$$

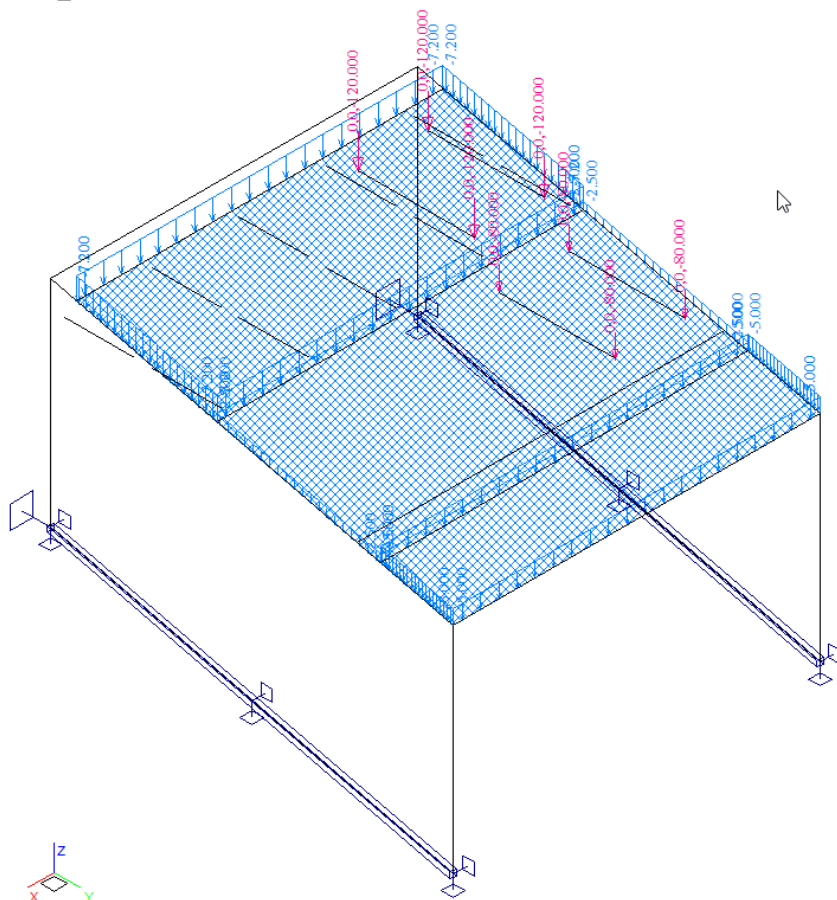
## 4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu. Dále jsou přiložena schémata vybraných zatěžovacích stavů, jedná se o stálá zatížení a počátky simulace pojezdu nahodilých zatížení.

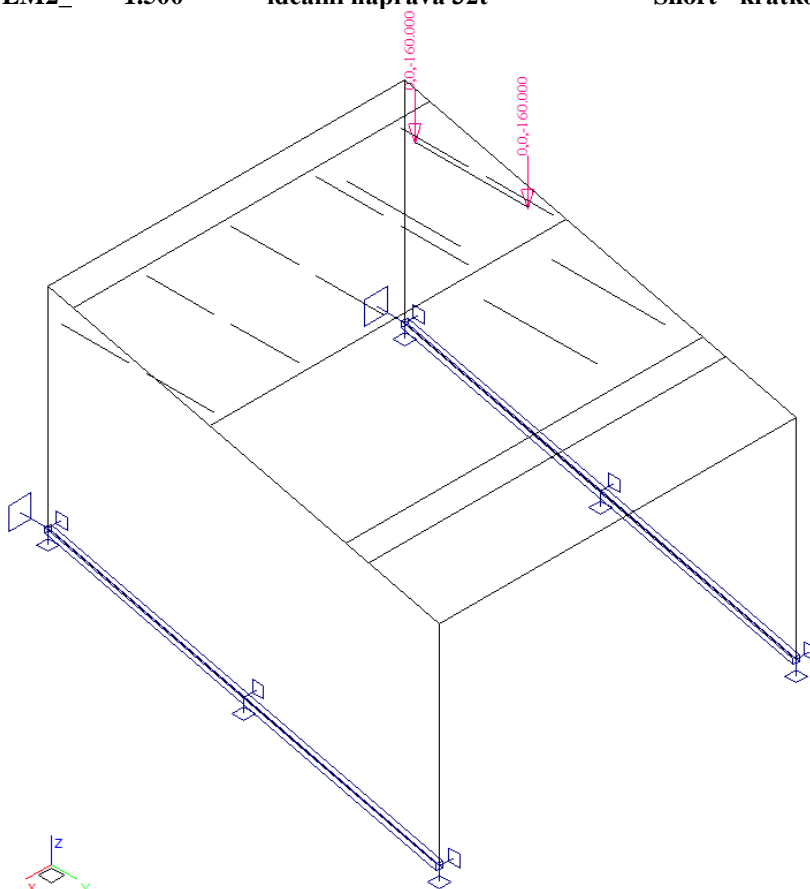
### Výpis zatěžovacích stavů :

Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	
Výběrový						
G0	1.350	vlastní tíha nk	Perm - stálé	0	Perm	Ne
G1	1.350	mostní svršek a zásyp za opěrami	Perm - stálé	0	Perm	Ne
G2	1.350	smršťování	Perm - stálé	0	Perm	Ne
LM1_	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_1	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_2	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_3	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_4	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_5	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_6	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_7	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_8	1.500	TS 48t a UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_1	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_2	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_3	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_4	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_5	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_6	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_7	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_8	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_9	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_10	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_11	1.500	ideální náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_	1.500	devitináprava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_1	1.500	devitináprava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_2	1.500	devitináprava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
P	1.500	přetížení předpolí	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
T1	1.000	rovnoměrné oteplení	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
T2	1.000	rovnoměrné ochlazení	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
T3	1.000	nerovnoměrné oteplení	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
T4	1.000	nerovnoměrné ochlazení	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano

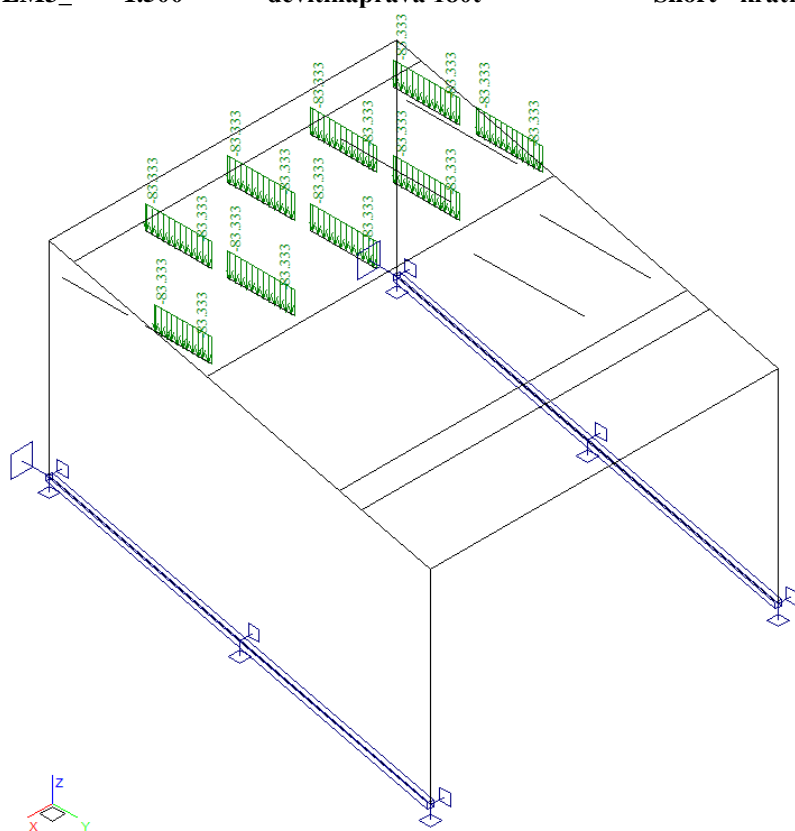




**LM2\_ 1.500 ideální náprava 32t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano**

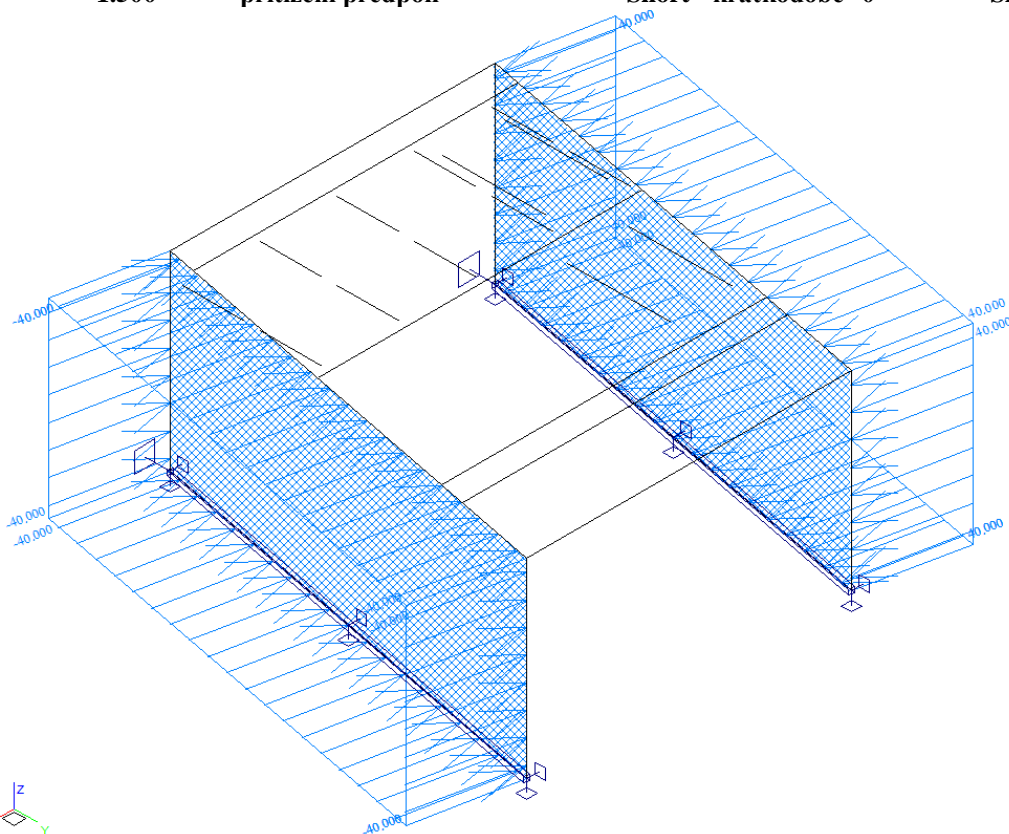


**LM3\_ 1.500 devítináprava 180t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano**

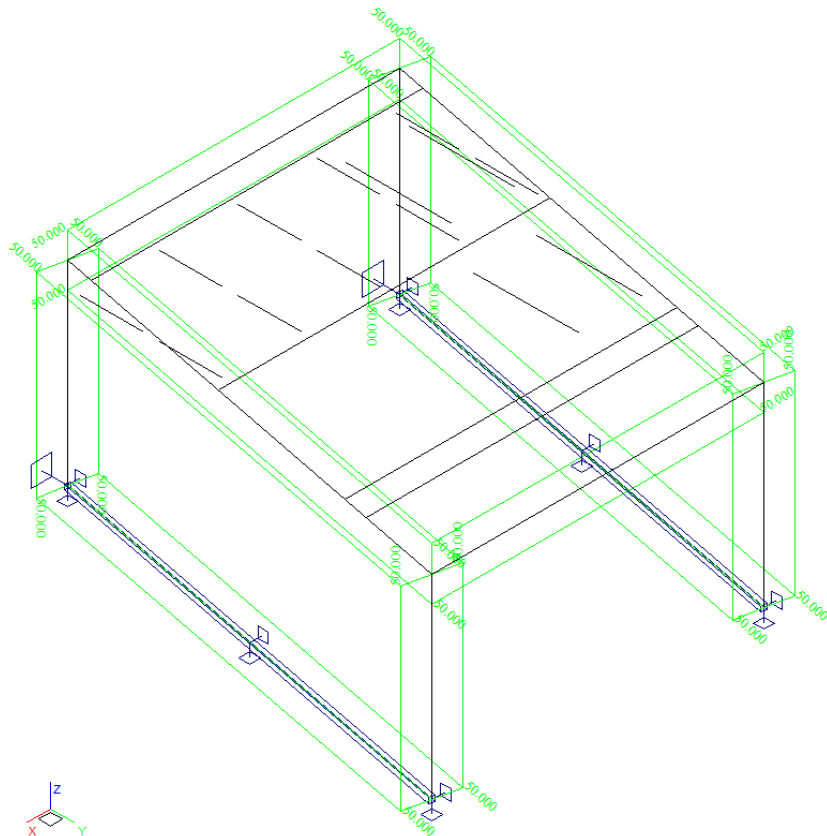




**P**      **1.500**      **přetížení předpolí**      **Short - krátkodobé 0**      **Short !**      **Ano**

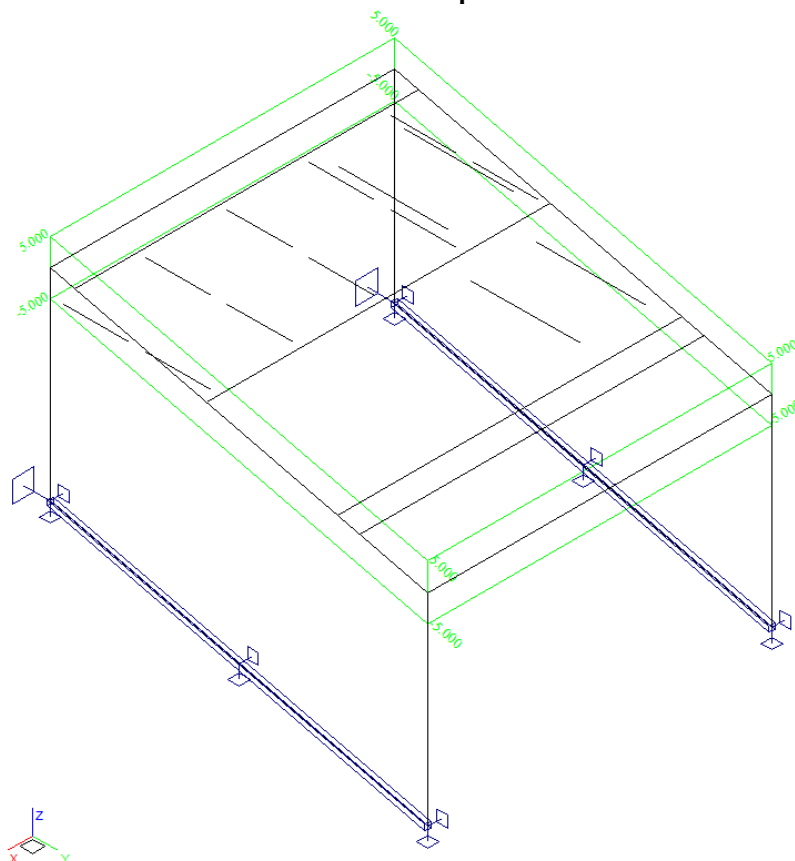


**T1**      **1.000**      **rovnoměrné oteplení**      **Short - krátkodobé 1**      **Short !**      **Ano**





T3      1.000      nerovnoměrné oteplení      Short - krátkodobé 1      Short !      Ano



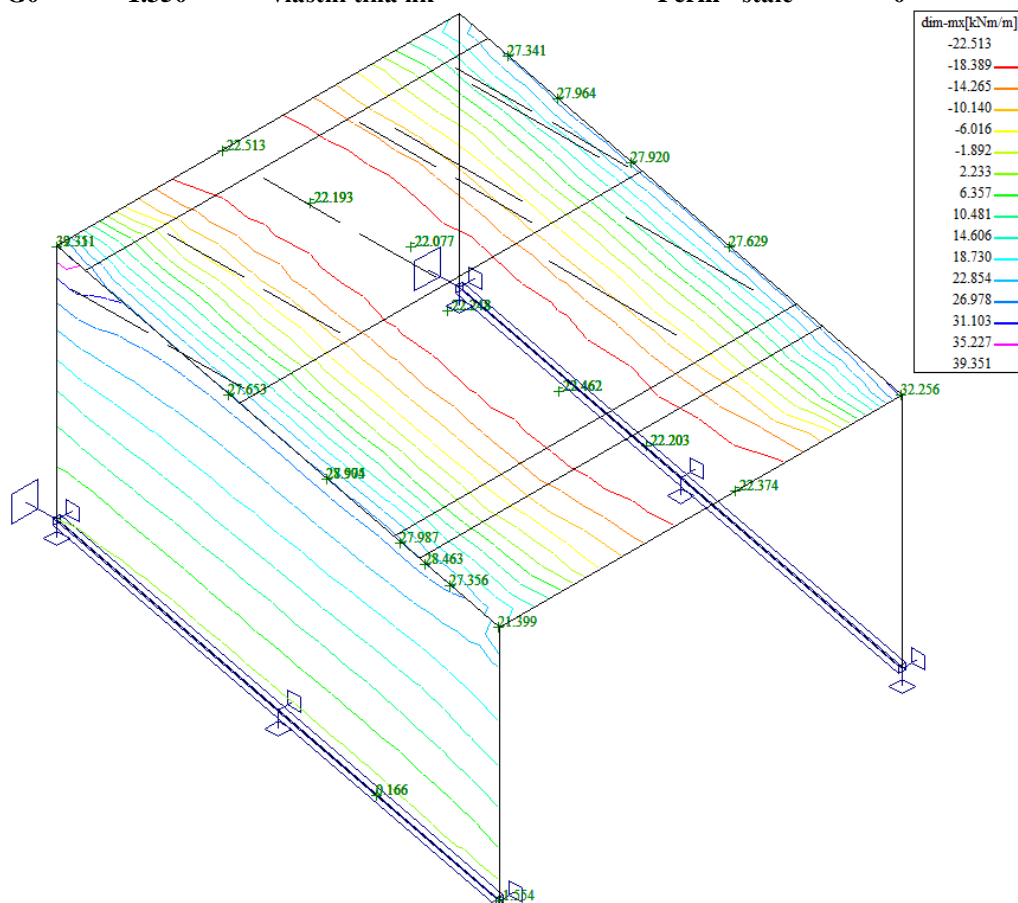
## 5. Výpočet vnitřních sil

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

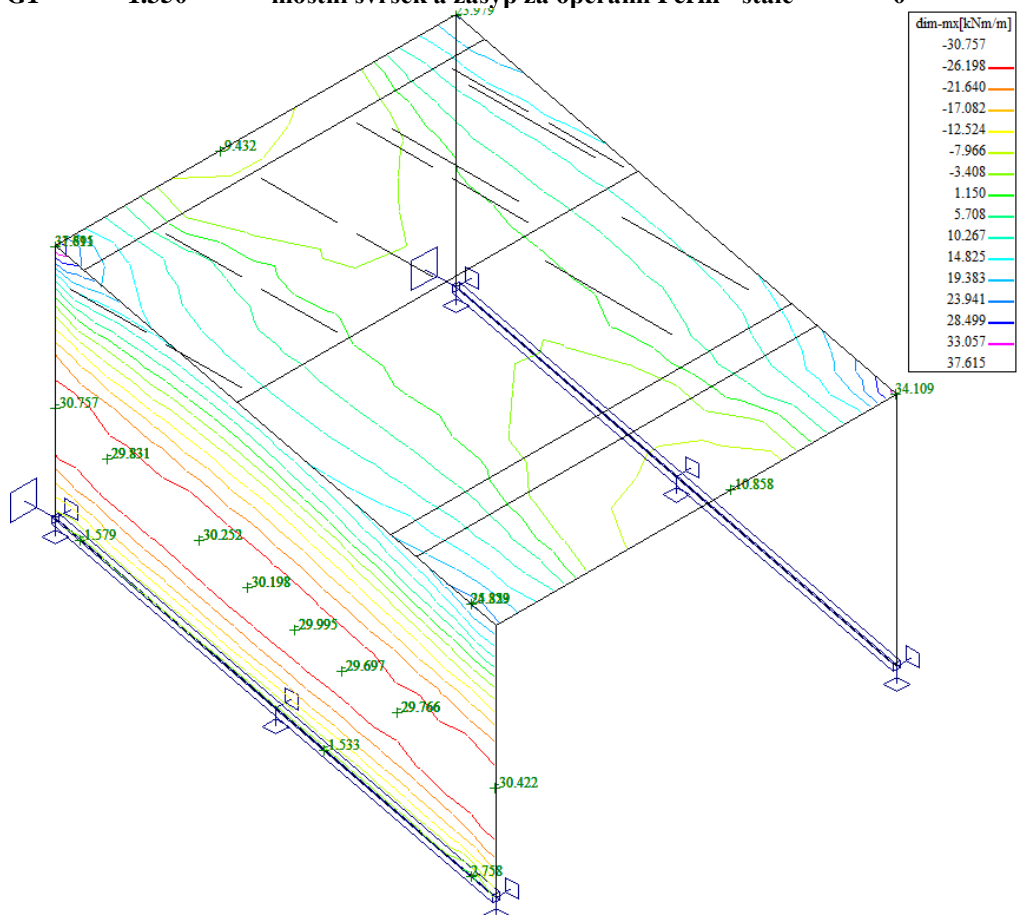
### 5.1. Průběh vnitřních sil

Přiloženy jsou pouze průběhy podélných dimenzačních ohybových momentů v rozhodujících zatěžovacích stavech v horní rámové příčli. Ostatní vnitřní síly a prvky konstrukce jsou zohledněny ve strojové superpozici.

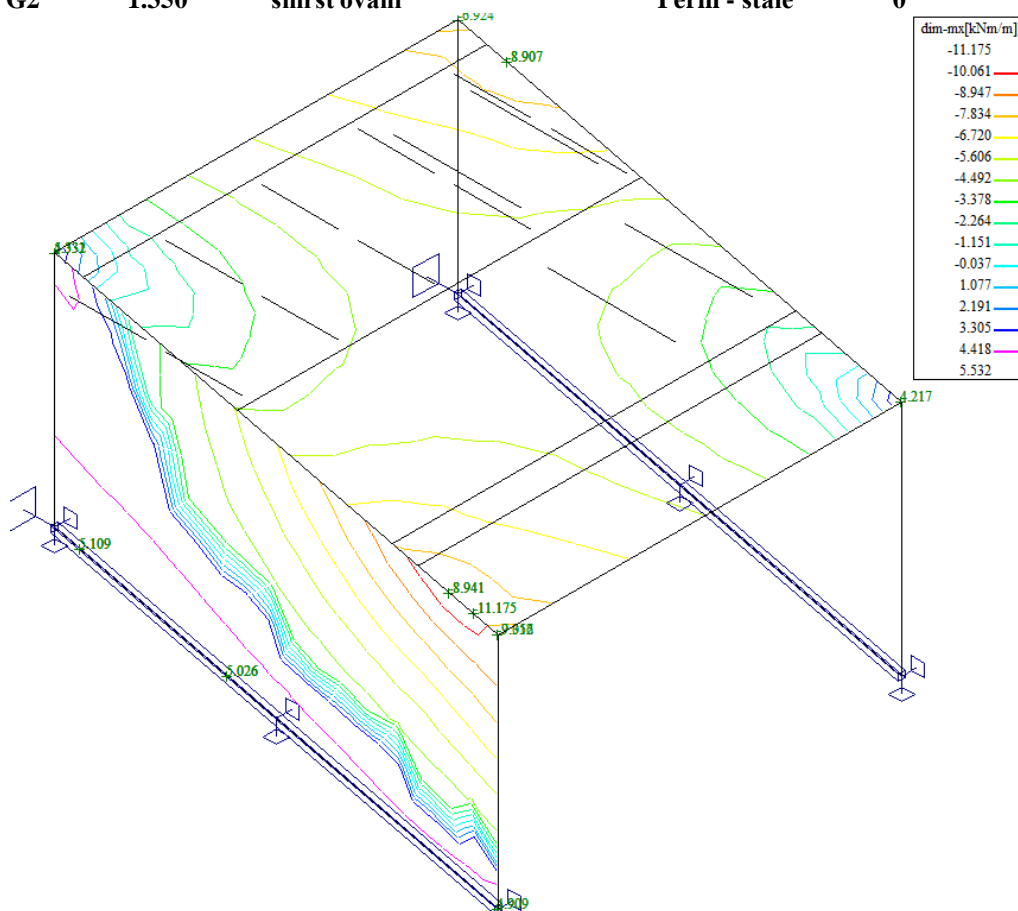
**G0 1.350 vlastní tíha nk Perm - stálé 0 Perm Ne**



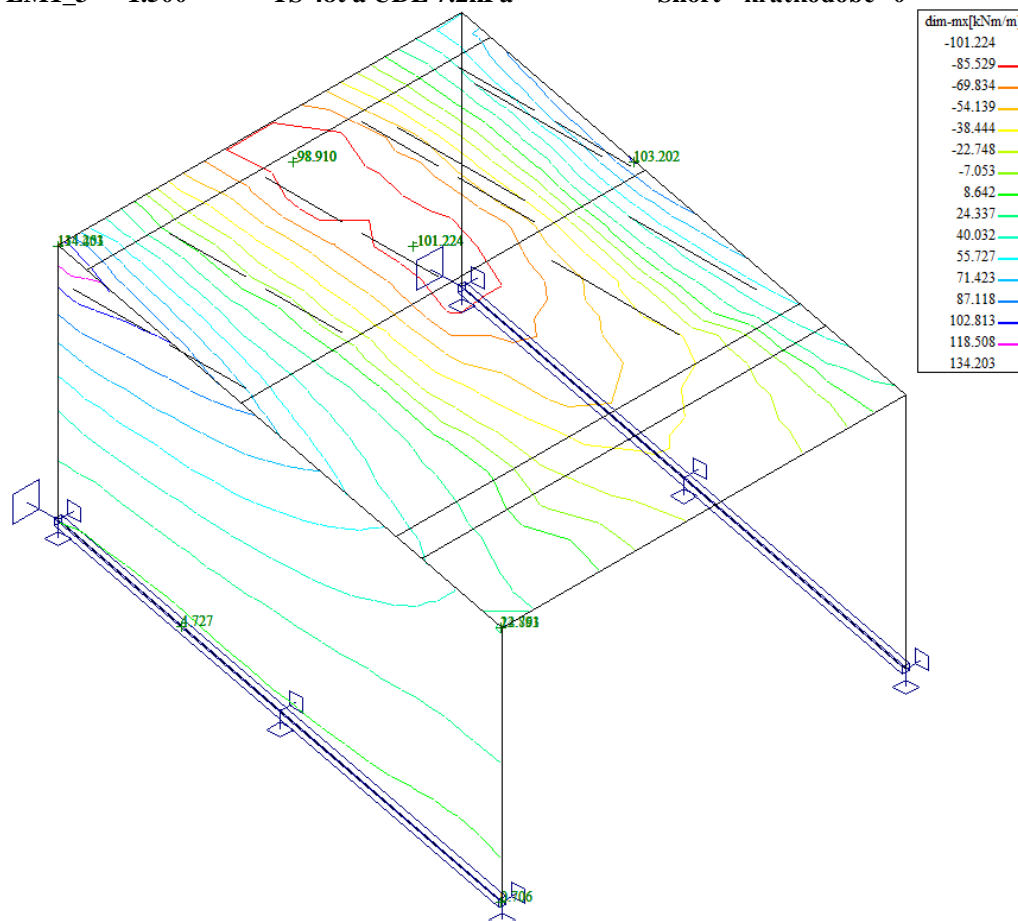
**G1 1.350 mostní svršek a zásyp za opěrami Perm - stálé 0 Perm Ne**



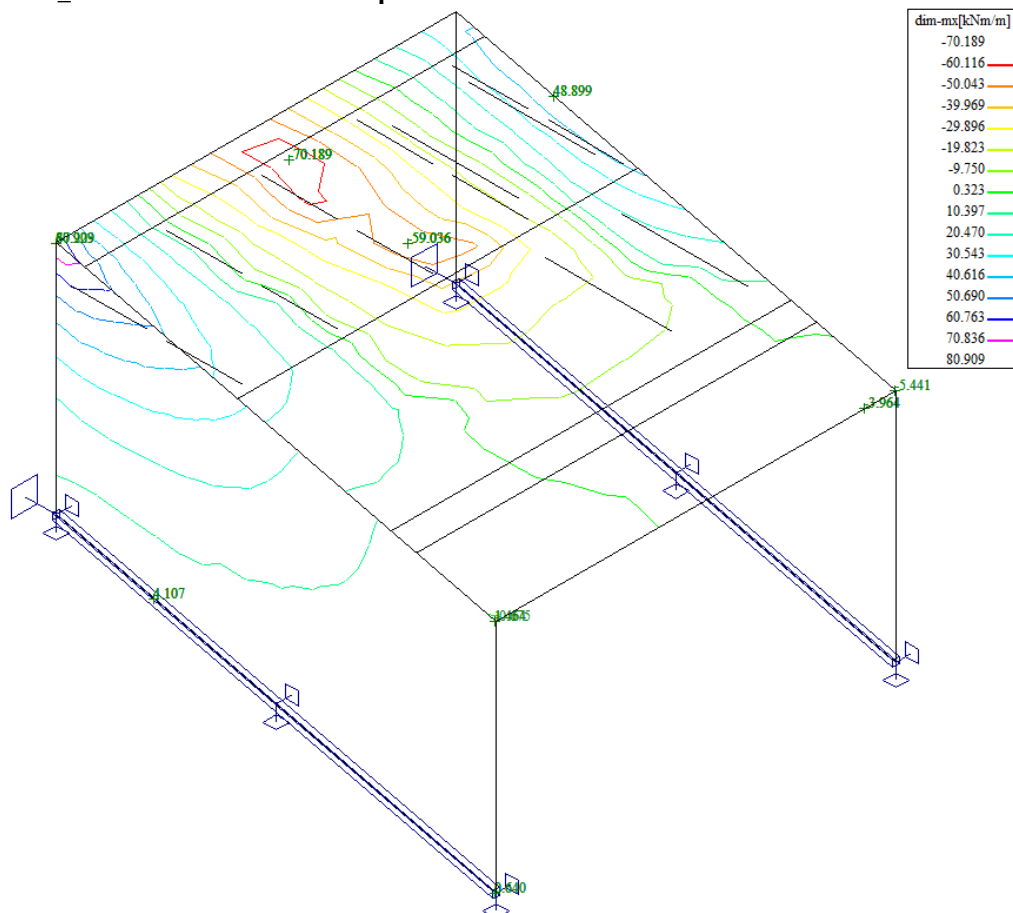
**G2 1.350 smršťování Perm - stálé 0 Perm Ne**



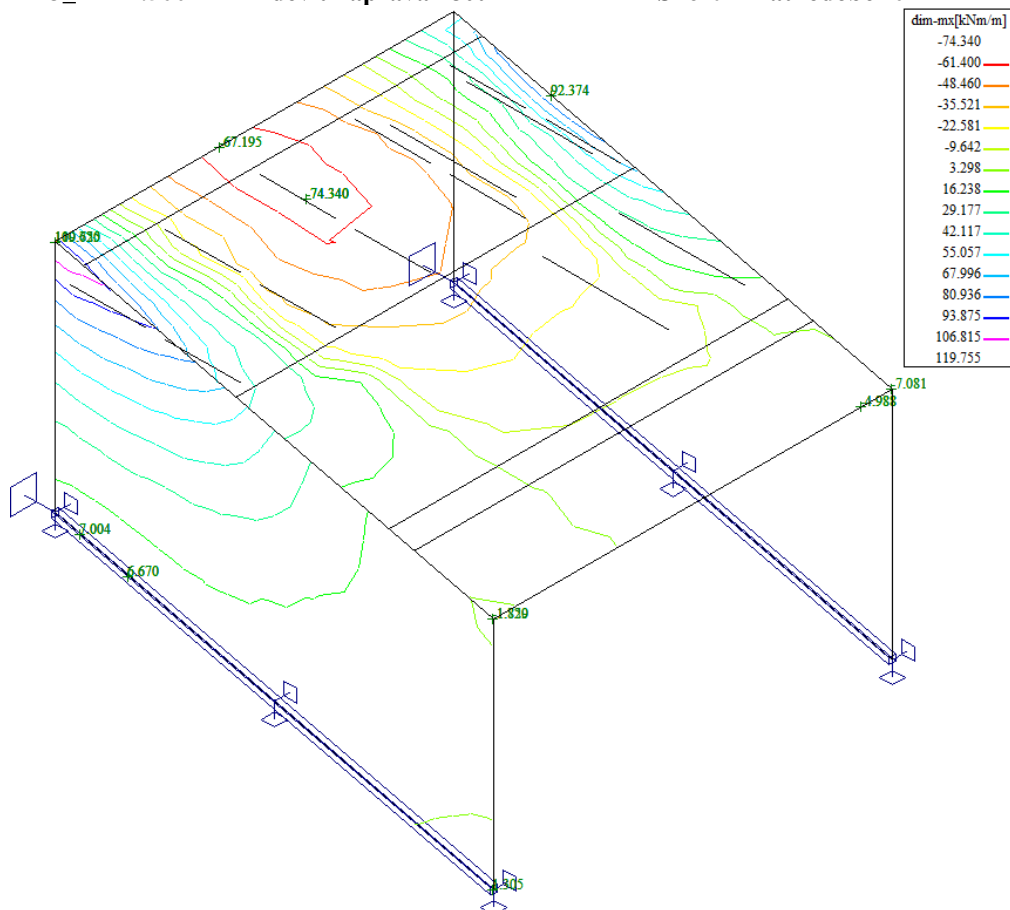
**LM1\_3 1.500 TS 48t a UDL 7.2kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano**



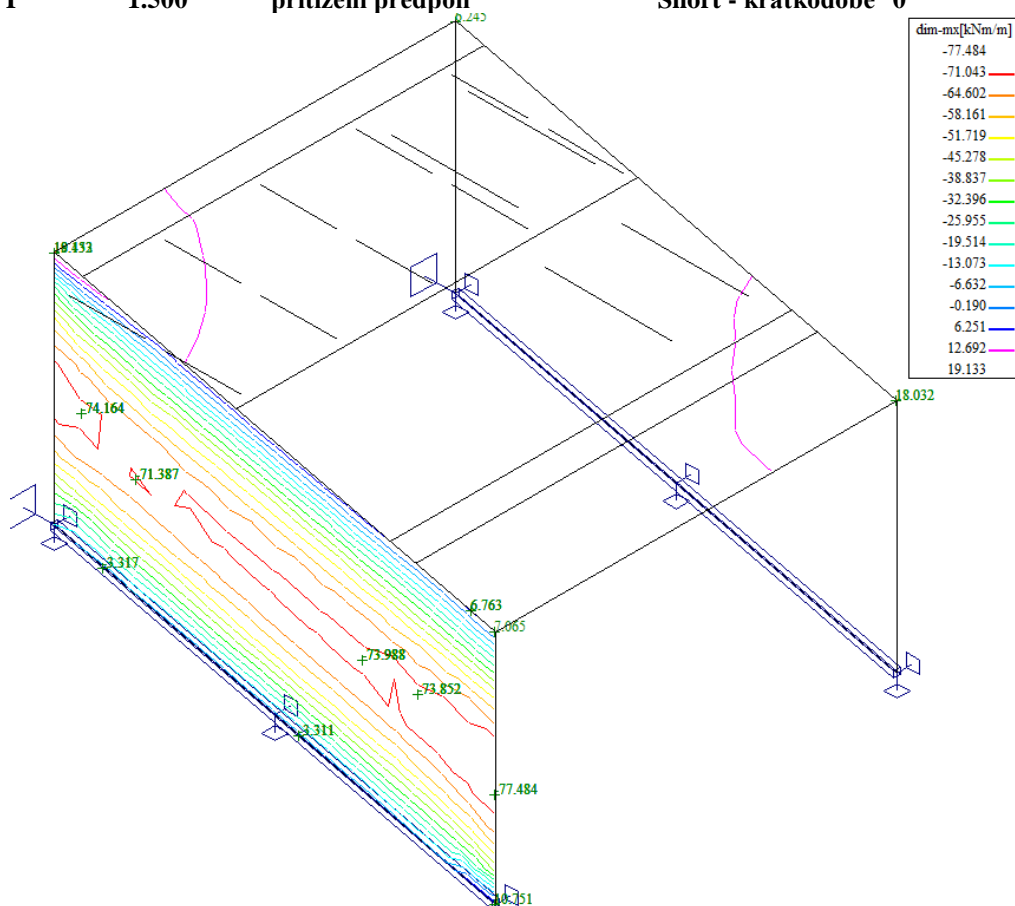
LM2\_5 1.500 ideální náprava 32t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



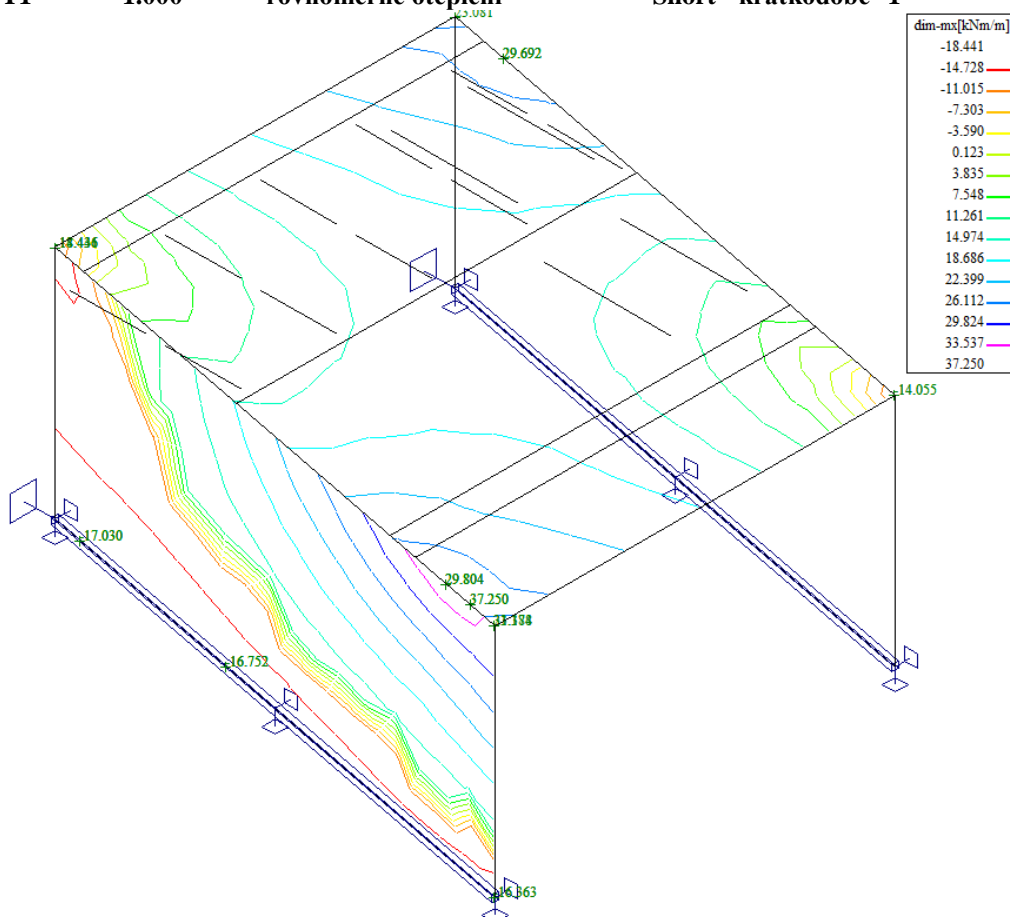
LM3\_ 1.500 devítinápřava 180t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



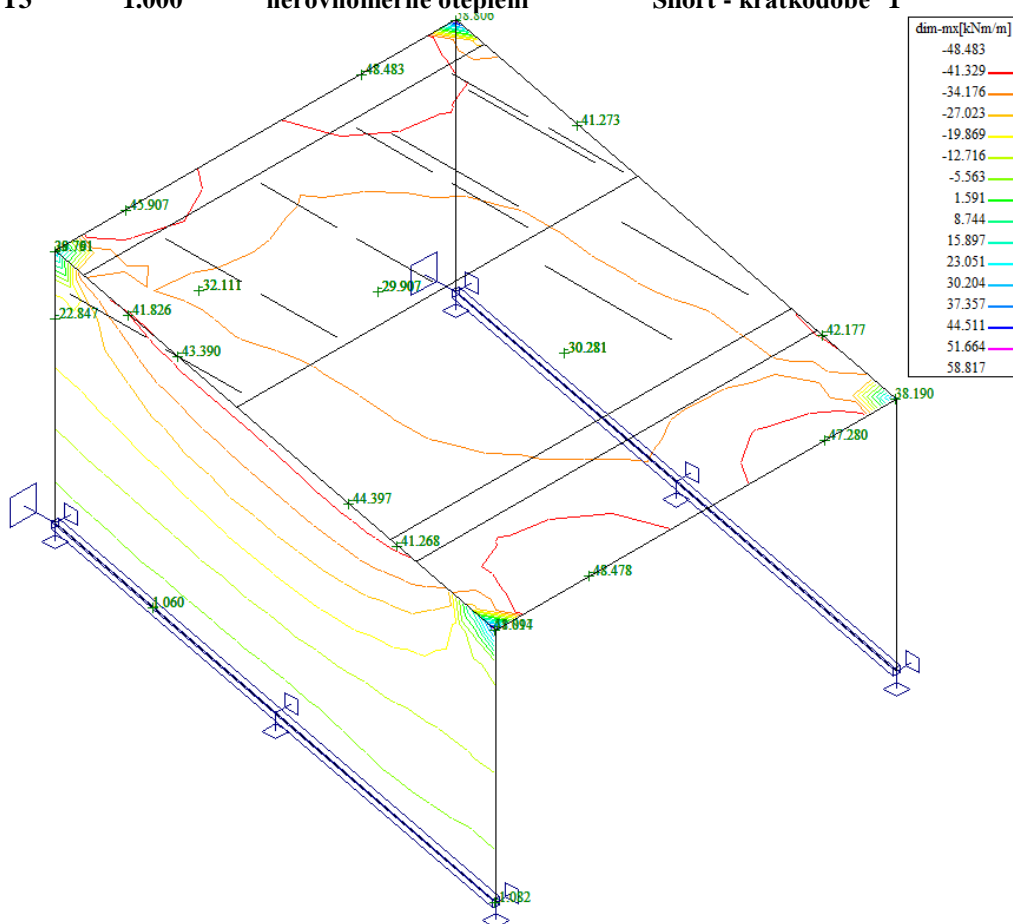
**P 1.500**      **přetížení předpolí**      **Short - krátkodobé 0**      **Short !**      **Ano**



**T1 1.000**      **rovnorné oteplení**      **Short - krátkodobé 1**      **Short !**      **Ano**



T3      1.000      nerovnoměrné oteplení      Short - krátkodobé 1      Short !      Ano



## 5.2. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly v rozhodujících profilech tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Ostatní vnitřní síly a polohy jsou zohledněny ve strojové superpozici. Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen výše. V tabulce jsou uvedeny hodnoty ohybových dimenzačních momentů v podélném směru v kNm/m a reakce v kN na celou opěru a v kN/m jako průměrná hodnota na kraji.

zat.stav	dim $M_x$ v poli	dim $M_x$ v rohu	$R_{kN}$	$R_{kN/m}$	$\gamma_f$	dim $M_{xd}$ v poli	dim $M_{xd}$ v rohu
G0 vlastní tíha	22	-39	657	77	1.35	30	-53
G1 zásyp a mostní svršek	9	-38	155	57	1.35	12	-51
G2 smršťování	6	-5	10		1.35	8	-7
LM1 extrém ze simulace pojezdu	101	-138	774	124	1.50	152	-207
LM2 extrém ze simulace pojezdu	70	-82	294	92	1.50	105	-123
LM3 extrém ze simulace pojezdu	74	-119	462	120	1.50	111	-179
P přetížení předpolí	-12	-18			1.50	-18	-27
T1 rovnoměrné oteplení	-14	-37			1.00	-14	-37
T2 rovnoměrné ochlazení	14	37			1.00	14	37
T3 nerovnoměrné oteplení	48	-58			1.00	48	-58
T4 nerovnoměrné ochlazení	-48	58			1.00	-48	58

### 5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se zohledněním součinitelů zatížení. Zahrnutý je vliv vlastní tíhy nosné konstrukce, ostatního stálého zatížení a nahodilého zatížení včetně teploty podle následujícího schématu.

#### Výpis obalových křivek :

Jméno	ZS	Komentář
návrhové	min/max	DIM0001, DIM0002, DIM0003, DIM0004, DIM0005, DIM0006, DIM0007, DIM0008, DIM0009, DIM0010, DIM0011, DIM0012, DIM0013, DIM0014, DIM0015, DIM0016, DIM0017, DIM0018, DIM0019, DIM0020, DIM0021, DIM0022, DIM0023, DIM0024, DIM0025, DIM0026, DIM0027
		DIM0001 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.00*T4
		DIM0002 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_4
		DIM0003 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_8+1.00*T3
		DIM0004 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_7+1.00*T3
		DIM0005 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_4+1.00*T3
		DIM0006 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_2+1.00*T1
		DIM0007 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM2_2+1.00*T1
		DIM0008 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_1+1.00*T3
		DIM0009 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_+1.00*T3
		DIM0010 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM3_+1.00*T3
		DIM0011 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_2+1.00*T3
		DIM0012 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM2_11+1.00*T3
		DIM0013 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_8+1.00*T4
		DIM0014 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_6+1.00*T3
		DIM0015 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM3_2+1.00*T3
		DIM0016 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*P+1.00*T1
		DIM0017 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*P+1.00*T2
		DIM0018 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_4+1.00*T4
		DIM0019 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM3_1+1.00*T2
		DIM0020 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*P+1.00*T3
		DIM0021 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_4+1.00*T2
		DIM0022 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*P+1.00*T4
		DIM0023 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_6+1.00*T2
		DIM0024 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM3_+1.00*T1
		DIM0025 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM3_1+1.00*T4
		DIM0026 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM1_4+1.00*T1
		DIM0027 1.35*G0+1.35*G1+1.35*G2+1.50*LM2_4+1.00*T1

## Výsledky výpočtu - vnitřní síly, všechny plochy, aktivní výsledek, celkové extrémy na dílcích

Vnitřní síly vypsány pro : vybrané výsledky  
osy veličiny lokální

mx, my, mxy, dim-mx, dim-my [kNm/m] ohybové momenty v lokálních osách  
qx, qy [kN/m] smykové síly v lokálních osách

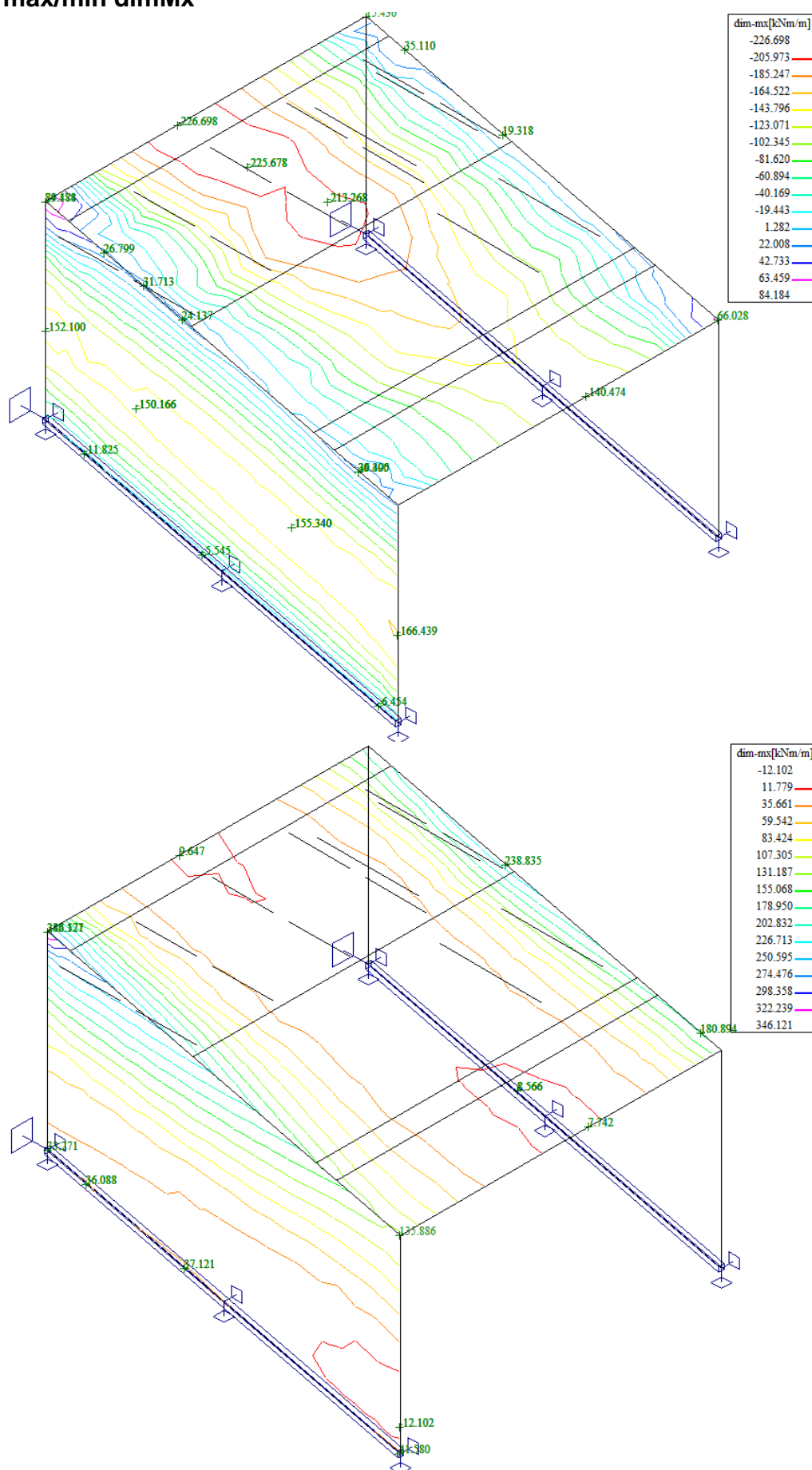
**Extrémy pro výsledek : 60 - návrhové Obal. křivka stand.**

Typ obalové křivky : min/max

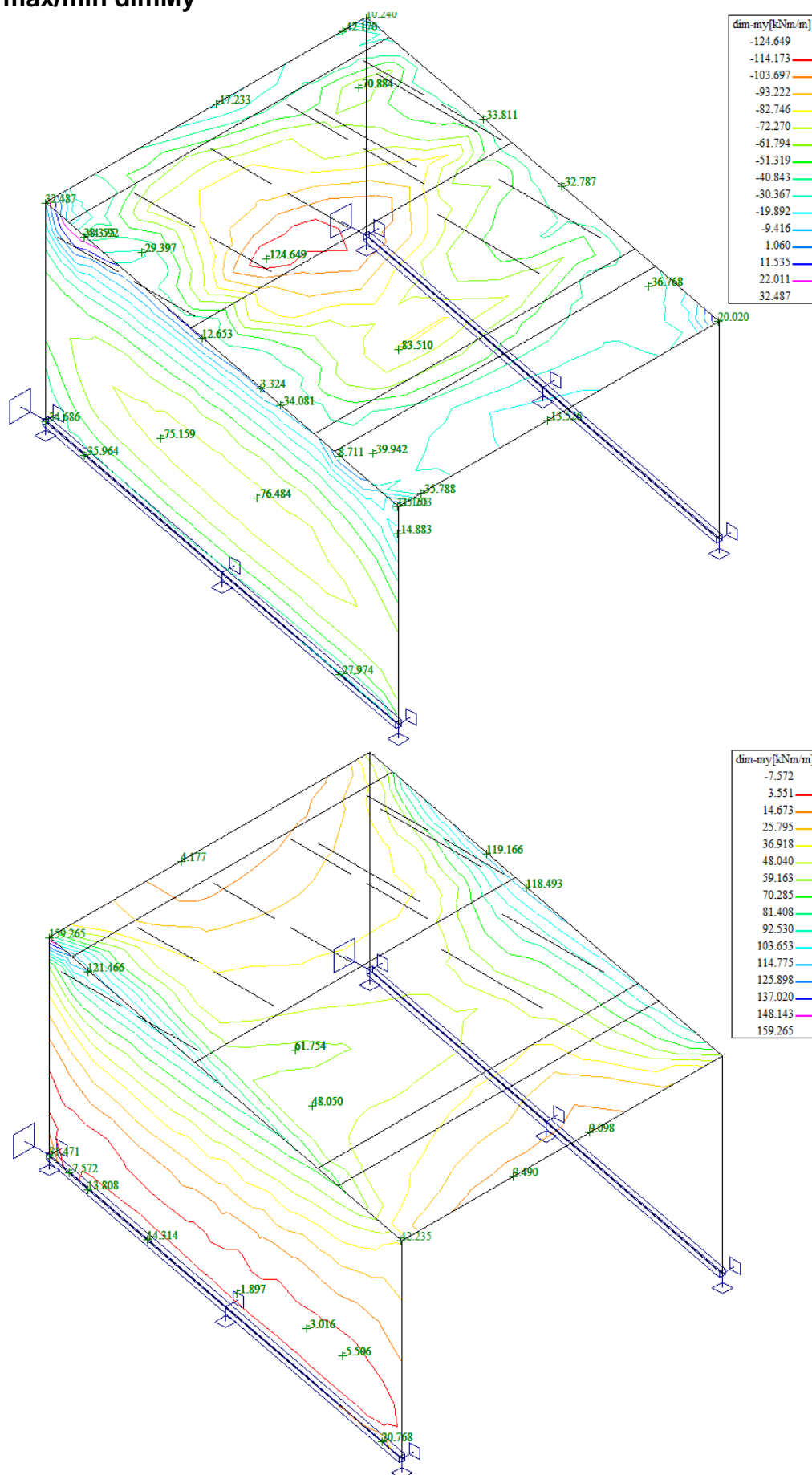
ID plochy	Uzel	Poloha [m]	dim-mx [kNm/m]	dim-my [kNm/m]	qx [kN/m]	qy [kN/m]	
1	167	-0.303, -4.300, 0.000	<b>-226.698</b>	-28.535	29.004	-41.652	DIM0005
	97	2.297, -4.300, 0.000	<b>282.577</b>	87.798	343.269	-48.160	DIM0021
	192	1.079, -1.183, 0.000	-185.905	<b>-124.649</b>	110.324	-35.268	DIM0014
	105	2.485, -3.344, 0.000	264.916	<b>121.466</b>	225.594	-40.549	DIM0018
	357	-3.331, -0.956, 0.000	154.944	41.849	<b>-285.793</b>	55.734	DIM0008
	97	2.297, -4.300, 0.000	251.818	72.476	<b>398.993</b>	-136.308	DIM0014
	97	2.297, -4.300, 0.000	251.785	69.754	369.886	<b>-136.874</b>	DIM0010
	265	-3.989, -4.300, 0.000	80.220	10.240	106.839	<b>153.091</b>	DIM0018
2	87	3.989, 4.300, -2.202	<b>-166.439</b>	-63.761	-10.497	-16.762	DIM0017
	98	2.297, -4.300, 0.000	<b>346.121</b>	159.265	212.766	120.887	DIM0005
	129	3.313, 0.862, -1.904	-153.084	<b>-76.484</b>	15.468	6.102	DIM0017
	98	2.297, -4.300, 0.000	346.121	<b>159.265</b>	212.766	120.887	DIM0005
	40	3.237, 0.478, -3.700	9.935	13.172	<b>-157.600</b>	-36.706	DIM0020
	98	2.297, -4.300, 0.000	156.829	88.323	<b>262.952</b>	135.075	DIM0020
	98	2.297, -4.300, 0.000	179.375	30.057	51.450	<b>-64.655</b>	DIM0013
	98	2.297, -4.300, 0.000	156.829	88.323	262.952	<b>135.075</b>	DIM0020
3	358	-3.331, -0.956, 0.000	<b>-244.024</b>	-95.940	-108.705	-28.378	DIM0018
	303	-3.989, -4.300, -2.202	<b>148.245</b>	18.897	13.596	-13.526	DIM0020
	358	-3.331, -0.956, 0.000	-221.440	<b>-105.962</b>	-101.760	-54.954	DIM0025
	387	-3.436, -1.489, -2.304	125.776	<b>47.121</b>	11.997	0.764	DIM0016
	478	-2.297, 4.300, 0.000	-143.345	-47.294	<b>-296.788</b>	27.791	DIM0020
	438	-3.049, 0.478, -3.700	14.804	-18.517	<b>157.092</b>	36.774	DIM0020
	478	-2.297, 4.300, 0.000	-119.529	-50.052	-135.667	<b>-76.813</b>	DIM0022
	264	-3.989, -4.300, 0.000	-104.355	29.256	25.604	<b>109.996</b>	DIM0018



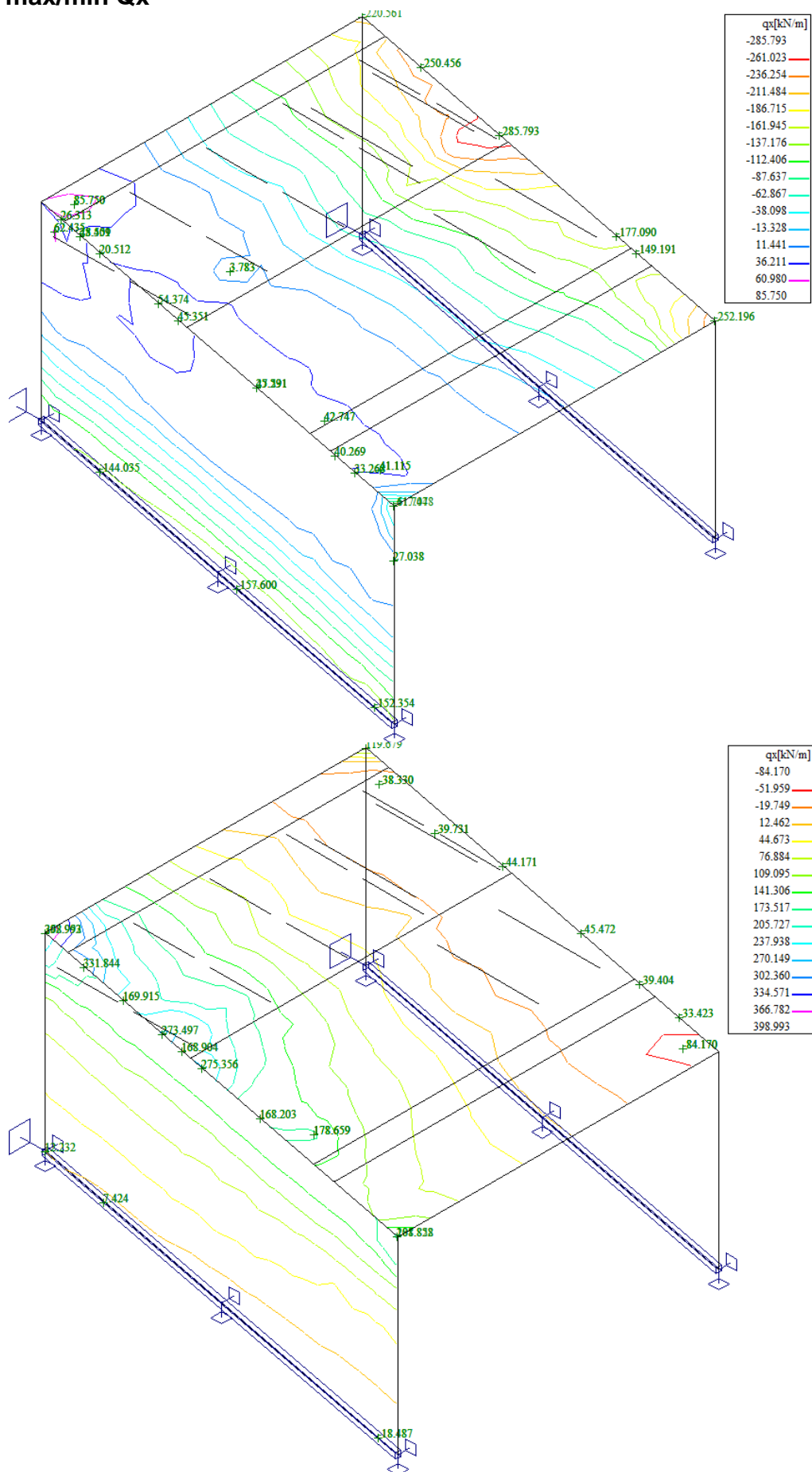
# max/min dimMx



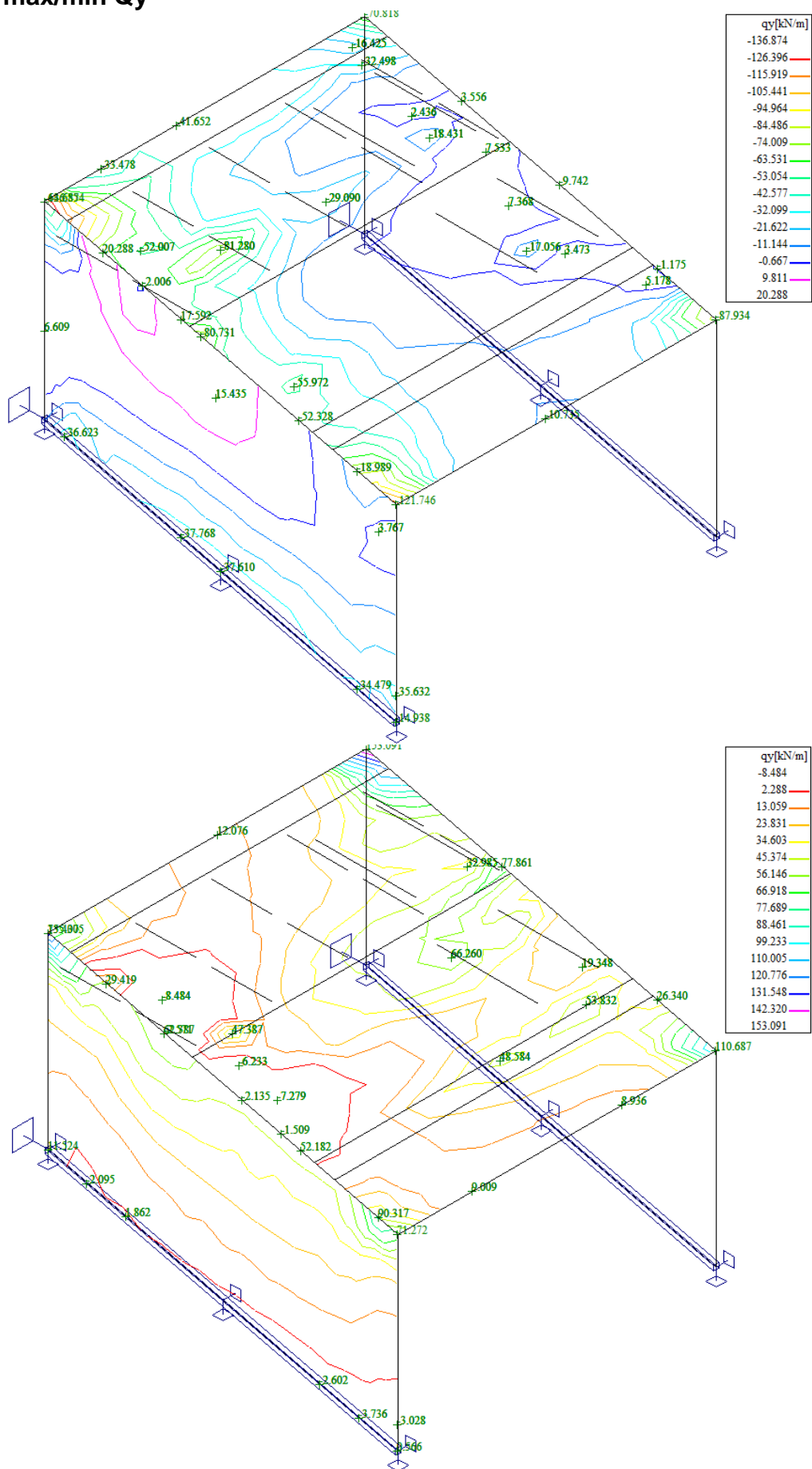
# max/min dimMy



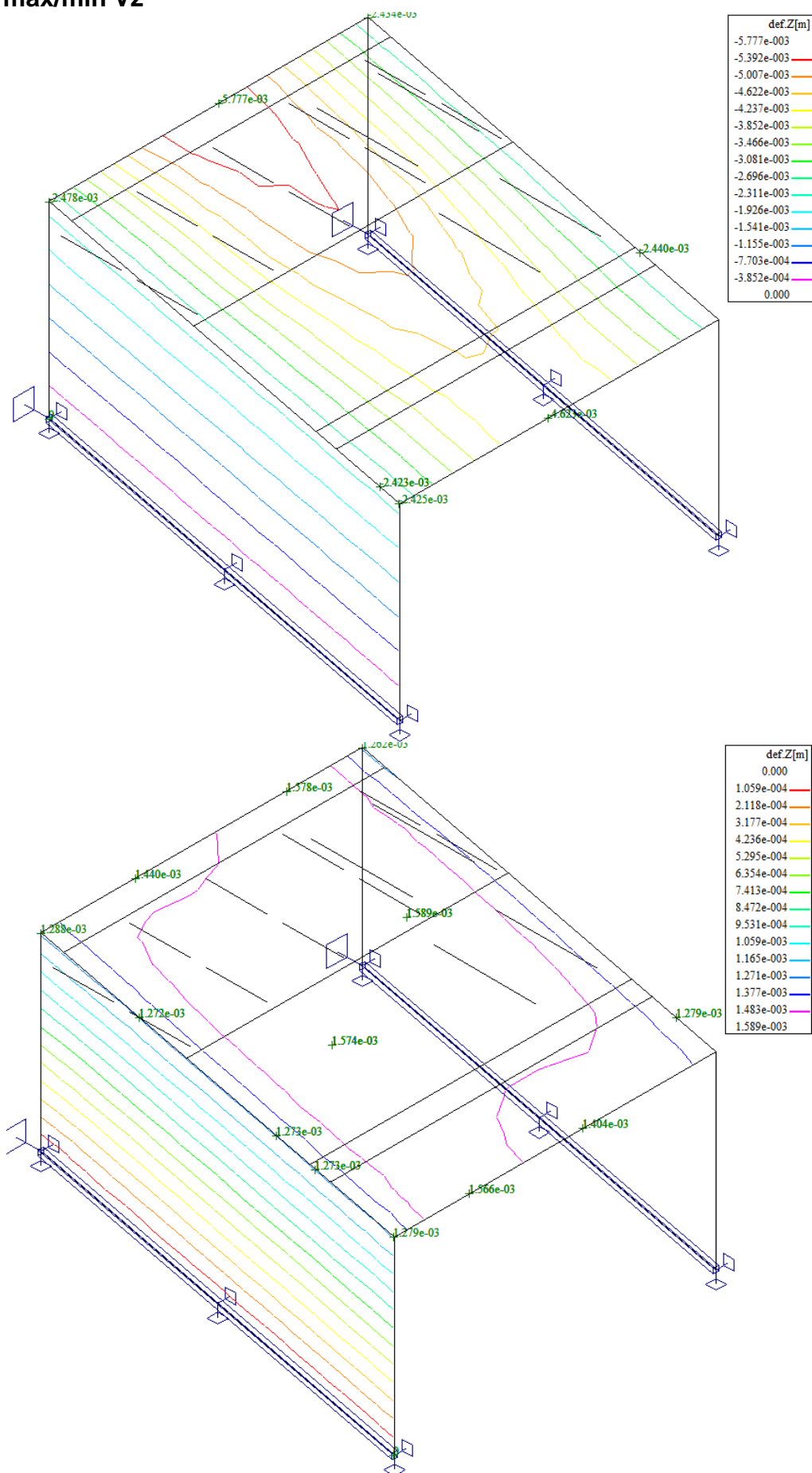
# max/min Qx



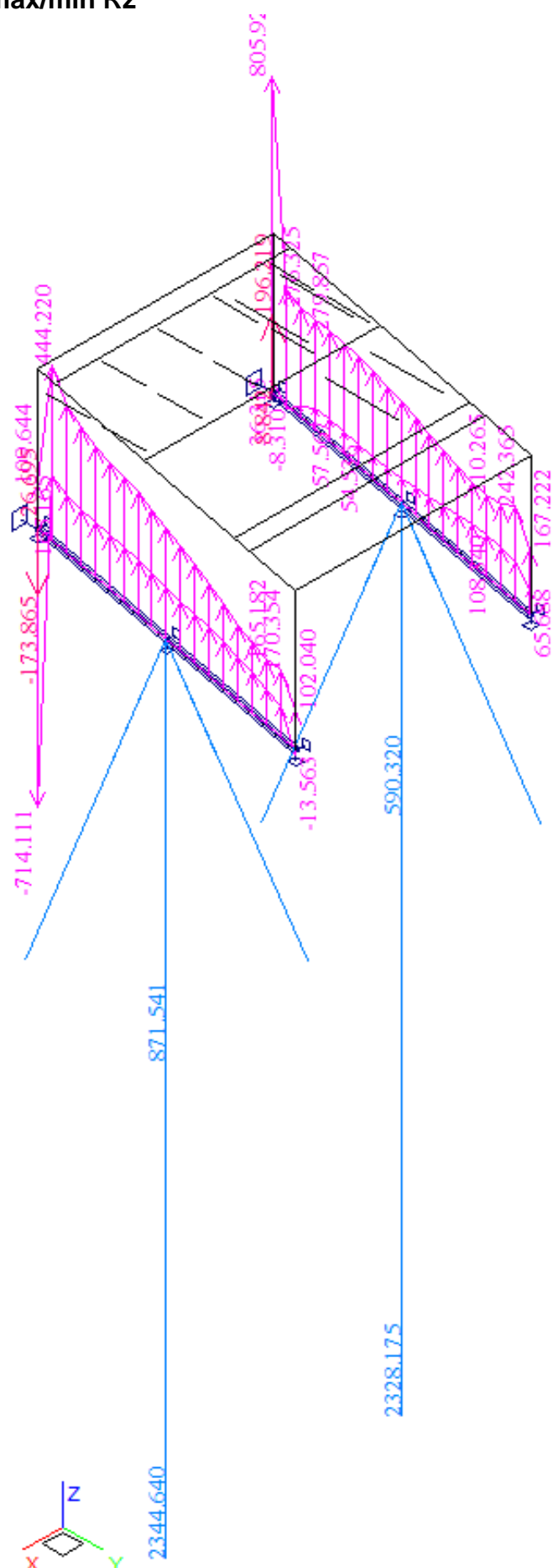
# max/min Qy



## max/min Vz



**max/min Rz**



## 6. Posouzení nosné konstrukce

### 6.1. Deska horní rámové příčle

#### 6.1.1. Posouzení na ohyb v MSU

Posouzení je provedeno na dimenzační momenty, které jsou převzaté ze strojové superpozice a zahrnují vliv kroucení podle vztahu:

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

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

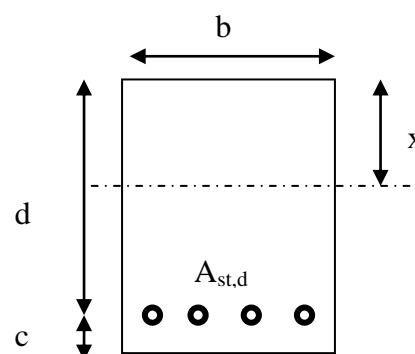
Návrh výztuže v železobetonovém průřezu je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

Návrh plochy výztuže:  $\lambda = 0.8$   $\eta = 1.0$

$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

$$A_{st,req} = \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot r} \cdot \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$A_{x,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d \quad A_{x,min} = 0.0013 \cdot b \cdot d$$



Posouzení únosnosti:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad M_{Rd} = A_{st,d} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x)$$

#### Dolní podélná výztuž rámové příčle uprostřed rozpětí

Namáhání		Návrh výztuže				
$M_{ed}[\text{MNm}] =$	0.226	$A_{st,d}$	8	$\phi$	22	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli				
$b[\text{m}] =$	1.000	$f_{ctm}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{yk}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{cu} =$ 0.0035
$h[\text{m}] =$	0.381	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{yd}[\text{MPa}] =$	435	$\lambda =$ 0.800
$c[\text{m}] =$	0.060	$f_{cd}[\text{MPa}] =$	17.0	$E_s[\text{Mpa}] =$	200000	$\eta =$ 1.000
$d[\text{m}] =$	0.321					
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky						
$A_{xmin-f}[\text{m}^2] =$	0.000484		$A_{xmin-\lambda}[\text{m}^2] =$	0.000417	mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[\text{m}] =$	0.198011	>	$x[\text{m}] =$	0.055624	omezení výšky tlacené oblasti	
$A_{st,req}[\text{m}^2] =$	0.001740	<	$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.003041	ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{min}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	0.95	<	$\mu_{max}[\%] =$ 1.60
Moment únosnosti						
$x[\text{m}] =$	0.097221		$M_{Rd}[\text{MNm}] =$	0.373	>	$M_{ed}[\text{MNm}] =$ 0.226



### Horní podélná výztuž v rámovém rohu

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.346		$A_{st,d}$	8	$\phi$	22		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.440							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.061229		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001915	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.003041		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.69	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.097221		$M_{Rd}[MNm]=$	0.530	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.346	

### Dolní i horní příčná výztuž rámové přičle

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.124		$A_{st,d}$	8	$\phi$	14		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.381	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.321							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000484		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000417		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.198011	>	$x[m]=$	0.029487		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.000922	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001232		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.38	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.039370		$M_{Rd}[MNm]=$	0.163	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.124	



### 6.1.2. Posouzení na smyk

Návrh smykové výztuže je proveden na extrémní výslednou smykovou sílu ze strojové superpozice:

$$Q_{dim-extrem\ v\ rohu} = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = \sqrt{398^2 + 136^2} = 420\text{ kN/m}$$

Návrh smykové výztuže je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 kap.6.2.str.77 podle teorie mezních stavů:

*beton*

$$V_{Rd,c} = [C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c\ min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{0.2/d} \leq 2.0 \quad \rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{vliv predpeti}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \quad v_{min} = 0.035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad k_1 = 0.15$$

*svislá výztuž*

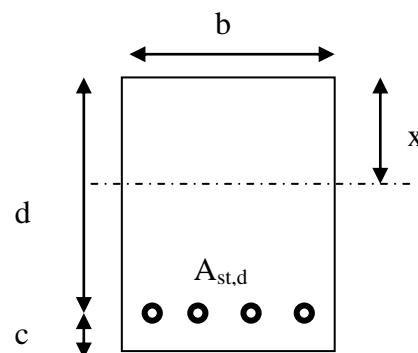
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$

*šikmá výztuž*

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$



### Extrém v rohu

Namáhání	Ohybová výztuž								
V <sub>ed</sub> [MN]= 0.420	8	φ	22			A <sub>st,d</sub> [m²]=	0.003041		
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]= 1.000	f <sub>ctm</sub> [MPa]= 2.9	f <sub>yk</sub> [MPa]= 500	ε <sub>cu</sub> = 0.0035	θ[°]= 45.0					
h[m]= 0.500	f <sub>ck</sub> [MPa]= 30.0	f <sub>yd</sub> [MPa]= 435	λ= 0.800	α[°]= 45.0					
c[m]= 0.060	f <sub>cd</sub> [MPa]= 17.0	E <sub>s</sub> [Mpa]= 200000	η= 1.000	k <sub>pom</sub> = 1.67					
d[m]= 0.440	x[m]= 0.097	σ <sub>cp</sub> [Mpa]= 0	α <sub>cw</sub> = 1.000	k= 1.67					
Beton									
V <sub>Rd,cl</sub> [MN]= 0.243	>	V <sub>Rd,min</sub> [MN]= 0.141	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.243	nutná smyková výztuž					
Třmínky	3	φ	8	s[m]= 0.33	A <sub>sw</sub> [m²]=	0.000151			
V <sub>Rd,s</sub> [MN]= 0.080	<	V <sub>Rd,max</sub> [MN]= 1.800	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.323	nutné ohyby					
Ohyby	3	φ	14	s[m]= 0.30	A <sub>sw</sub> [m²]=	0.000462			
V <sub>Rd,s</sub> [MN]= 0.457	<	V <sub>Rd,max</sub> [MN]= 0.900	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.779	vyhovuje					

### 6.1.3. Omezení trhlin a napětí

Výpočet trhlin je proveden podle ČSN EN 1992-1-1 kap.7.3.4. str.112. Výpočet omezení napětí je proveden dle ČSN EN 1992-2 EC2 část 2

$$\sigma_{c, char} = \frac{M_{char}}{A_c \cdot z} \leq k_c \cdot f_{ck} \quad \sigma_{s, char} = \frac{M_{char}}{A_{s1} \cdot z} \leq k_y \cdot f_{yk} \quad z = d - 0.4 \cdot x$$

$$w_k = s_{r, max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \rho_{p, eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c, eff}}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct, eff}}{\rho_{p, eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, eff})}{E_s} \quad s_{r, max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p, eff}}$$

### Dolní podélná výztuž rámové přičle uprostřed rozpětí v poli

$$M_{char} = 22 + 9 + 6 + 101 + 48 = 186 kNm/m$$

$M_{char}[MNm]=$ <b>0.186</b>	$A_s[m^2]=$ <b>8</b>	$\phi$ <b>22</b>	$A_s[m^2]=$ 0.003041	$\sigma_s[Mpa]=$ 217
$b[m]=$ <b>1.000</b>	$f_{ct, eff}[MPa]=$ <b>2.9</b>	$f_{yk}[MPa]=$ <b>500</b>	$x[m]=$ 0.097221	$k_t=$ <b>0.600</b>
$h[m]=$ <b>0.381</b>	$f_{ck}[MPa]=$ <b>30.0</b>	$f_{yd}[MPa]=$ 435	$\lambda=$ <b>0.800</b>	$k_1=$ <b>0.800</b>
$c[m]=$ <b>0.060</b>	$f_{cd}[MPa]=$ 17.0	$\varepsilon_{cu}=$ <b>0.0035</b>	$\eta=$ <b>1.000</b>	$k_2=$ <b>0.500</b>
$d[m]=$ 0.321	$E_{cm}[Mpa]=$ <b>36000</b>	$E_s[Mpa]=$ <b>200000</b>	$\alpha_e=$ 5.556	$k_3=$ <b>3.400</b>
$h_{c, eff}[m]=$ 0.095	$A_p[m^2]=$ <b>0</b>	$\phi$ <b>15.5</b>	$A_p[m^2]=$ 0.000000	$k_4=$ <b>0.425</b>
$A_{c, eff}[m^2]=$ 0.095	$\xi=$ <b>0.500</b>	$\xi_1=$ 0.842	$\rho_{p, eff}=$ 0.032149	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}=$ 0.001
$s_{r, max}[mm]=$ <b>117</b>	$w_k[mm]=$ <b>0.09</b>	$<$	$w_{lim}[mm]=$ <b>0.3</b>	
$k_c=$ <b>0.600</b>	$k_y=$ <b>0.800</b>			
$\sigma_s[Mpa]=$ <b>217</b>	$<$ <b>400</b>		$\sigma_c[Mpa]=$ <b>8.47702</b>	$<$ <b>18</b>

#### 6.1.4. Posouzení na únavu

Posudek je proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení s únavovým zatížením 70% LM1.

Únava betonu:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad \sigma_c = \frac{M}{b \cdot \lambda \cdot x \cdot (d - 0.4x)} \quad \beta_{cc} = \exp \left[ s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right]$$

$$t = \text{čas poč.cyklického zatížení} \quad k_1 = 0.85 (\text{pro } N = 10^6 \text{ cyklů})$$

$$s_{\text{cement}_t \cdot R} = 0.2 \quad s_{\text{cement}_t \cdot N} = 0.25 \quad s_{\text{cement}_t \cdot N} = 0.38$$

$$f_{cd,fat} = k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$\text{metoda1: } \sigma_{cd,max} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}} \leq 1$$

$$\text{metoda2: } \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0.5 + 0.45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0.9 \text{ pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} (\leq 0.8 \text{ pro } f_{ck} > 50 \text{ MPa})$$

Únava betonářské oceli

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq}(N^*) \leq \frac{\Delta \sigma_{RSK}(N^*)}{\gamma_{s,fat}} \quad \sigma_{s,eq} = \frac{M_{eq}}{A_s \cdot (d - 0.4 \cdot x)}$$

$$\gamma_{F,fat} = 1.0 \quad \gamma_{s,fat} = 1.0 \quad \Delta \sigma_{RSK}(N^*) = 162.5 \text{ MPa}$$

Podhled rámové přičle uprostřed rozpětí v podélném směru

$$M_{equ-min} = 22 + 9 + 6 = 37 \text{ kNm/m}$$

$$M_{equ-max} = 22 + 9 + 6 + 101 \cdot 0.7 + 48 = 157 \text{ kNm/m}$$

M <sub>equ,max</sub> [MNm]=	0.157	M <sub>equ,min</sub> [MNm]=	0.037		8	φ	22
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli						A <sub>st,d</sub> [m²]=	0.003041
b[m]=	1.000	f <sub>ctm</sub> [MPa]=	2.9	f <sub>yk</sub> [MPa]=	500	λ=	0.800
h[m]=	0.381	f <sub>ck</sub> [MPa]=	30.0	f <sub>yd</sub> [MPa]=	435	η=	1.000
c[m]=	0.060	f <sub>cd</sub> [MPa]=	17.0				
d[m]=	0.321					x[m]=	0.097
Beton:		σ <sub>cd,max</sub> [MPa]=	7.2	σ <sub>cd,min</sub> [MPa]=	1.7	β <sub>cc</sub> =	1.099
s=	0.20	t[dni]=	100	k <sub>1</sub> =	0.85	f <sub>cd,fat</sub> [Mpa]=	14.0
podmínka 1	0.89	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.51	<	0.55	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		σ <sub>s,max</sub> [MPa]=	183	σ <sub>s,min</sub> [MPa]=	43		
γ <sub>F,fat</sub> =	1.00	γ <sub>s,fat</sub> =	1.00	Δσ <sub>RSK</sub> [Mpa]=	162.5		
podmínka:	140	<	163			vyhovuje	

#### 6.1.5. Posouzení průhybů

Maximální průhyby uprostřed rozpětí na kraji konstrukce od stálého i nahodilého zatížení jsou:

$$v_{max} = 5.8 \text{ mm} < v_{lim} = \frac{6286}{300} = 20.9 \text{ mm}$$

## 7. Spodní stavba

### 7.1. Stěna opěry

Stěna opěry je navržena s ohledem rámový charakter konstrukce na zatížení klidovým bočním tlakem zeminy zásypu a klidovým přitížením povrchu. Výztuž je navržena podle stejných vztahů, jako deska rámové příčle, na straně bezpečnosti jsou zanedbány normálové síly od reakcí.

#### Vnitřní svislá výztuž na ohyb rámové stojky

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{ed}[MNm]=$	0.076		$A_{st.d}$	8	$\phi$	12	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000
$d[m]=$	0.440						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572		mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.012851		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st.req}[m^2]=$	0.000402	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.000905		ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{minx}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.21	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60
Moment únosnosti							
$x[m]=$	0.028925		$M_{Rd}[MNm]=$	0.169	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.076

#### Vnější svislá výztuž na ohyb rámové stojky v rámovém rohu (musí korespondovat s výztuží příčle)

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{ed}[MNm]=$	0.159		$A_{st.d}$	8	$\phi$	22	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000
$d[m]=$	0.440						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572		mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.027246		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st.req}[m^2]=$	0.000852	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.003041		ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{minx}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.69	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60
Moment únosnosti							
$x[m]=$	0.097221		$M_{Rd}[MNm]=$	0.530	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.159

## Smyková výztuž

$$Q_{dim-extrem\ v\ rohu} = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = \sqrt{262^2 + 135^2} = 294\text{ kN/m}$$

Namáhání	Ohybová výztuž							
$V_{ed}[MN]=$ 0.294	8	$\phi$	22			$A_{st.d}[m^2]=$ 0.003041		
<b>Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli</b>								
$b[m]=$ 1.000	$f_{ctm}[MPa]=$ 2.9		$f_{yk}[MPa]=$ 500	$\varepsilon_{cu}=$ 0.0035	$\theta[^\circ]=$ 45.0			
$h[m]=$ 0.500	$f_{ck}[MPa]=$ 30.0		$f_{yd}[MPa]=$ 435	$\lambda=$ 0.800	$\alpha[^\circ]=$ 45.0			
$c[m]=$ 0.070	$f_{cd}[MPa]=$ 17.0		$E_s[MPa]=$ 200000	$\eta=$ 1.000	$k_{pom}=$ 1.68			
$d[m]=$ 0.430	$x[m]=$ 0.097		$\sigma_{cp}[MPa]=$ 0	$\alpha_{cw}=$ 1.000	$k=$ 1.68			
<b>Beton</b>								
$V_{Rd,cl}[MN]=$ 0.240	>	$V_{Rd,cl,min}[MN]=$ 0.139	$V_{Rd}[MN]=$ 0.240	nutná smyková výztuž				
<b>Třmínky</b>	3	$\phi$	8	$s[m]=$ 0.33	$A_{sw}[m^2]=$ 0.000151			
$V_{Rd,sl}[MN]=$ 0.078	<	$V_{Rd,maxl}[MN]=$ 1.755	$V_{Rd}[MN]=$ 0.318	vyhovuje bez ohybů				
<b>Ohyby</b>	0	$\phi$	14	$s[m]=$ 0.25	$A_{sw}[m^2]=$ 0.000000			
$V_{Rd,sl}[MN]=$ 0.000	<	$V_{Rd,maxl}[MN]=$ 0.878	$V_{Rd}[MN]=$ 0.318	vyhovuje				

## 7.2. Plošné založení

Založení je řešeno na plošný základ. Namáhání v základové spáře je uvažováno bez součinitele zatížení a bez dynamického součinitele z jednotlivých zatěžovacích stavů vlastní tíhy (G0), mostního svršku (G1) a rozhodujícího nahodilého zatížení (LM1):

$$R_{max\ na\ kraji} = 77 + 57 + 124 = 258\text{ kN/m}$$

zat.stav	dim $M_x$ v poli	dim $M_x$ v rohu	$R_{kN}$	$R_{kN/m}$	$\gamma_f$	dim $M_{xd}$ v poli	dim $M_{xd}$ v rohu
G0 vlastní tíha	22	-39	657	77	1.35	30	-53
G1 zásyp a mostní svršek	9	-38	155	57	1.35	12	-51
G2 smršťování	6	-5	10		1.35	8	-7
LM1 extrém ze simulace pojezdu	101	-138	774	124	1.50	152	-207
LM2 extrém ze simulace pojezdu	70	-82	294	92	1.50	105	-123
LM3 extrém ze simulace pojezdu	74	-119	462	120	1.50	111	-179

Napětí pod základem šířky 1.5m je s ohledem na rámový typ konstrukce, která neumožňuje natočení základu, stanovena pouze ze svislé reakce bez vlivu bočních tlaků zeminy:

$$\sigma_{max\ v\ rohu\ pod\ základem} = \frac{258}{1.5} = 172\text{ kPa}$$

$$\sigma_{max\ v\ rohu\ pod\ podkl.betonem\ tl.200mm} = \frac{258}{1.9} = 135\text{ kPa}$$

Takové založení vyhovuje již pro zeminu třídy S4 až S5. Pokud tato zemina nebude zastižena, lze použít roznášecí polštář, který při tloušťce 50cm v odpovídající šířce (včetně podkladního betonu) sníží namáhání základové spáry na 103kPa, což už vyhoví i zeminám horším.

### 7.3. Zavěšená křídla

Křídla s vlastním základem není nutno posuzovat, navíc základ pomáhá snižovat napětí pod opěrou. V případě zavěšených křídel je navržena výztuž na boční tlak zeminy. Na straně bezpečnosti přitom uvažují konstantní tlak na celou výšku křídla a přitom neuvažují s pozitivním vlivem vnějšího obsypu. V takovém případě lze zanedbat náraz vozidla do obruby. Výpočet je proveden na modelu konzoly s vyložení odpovídajícím délce křídla.

$$q_{\text{výplň za křídlem}-\text{klidový tlak dolní}} = 20 \cdot 3.7 \cdot (1 - \sin 30^\circ) = 37 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{LM1} = \frac{4 \cdot 120}{3.0 \cdot 2.2} + 7.2 = 80 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \sigma_0 = 40 \text{ kPa}$$

$$M_{\text{křídlo}} = \frac{1}{2} \cdot (37 + 40) \cdot 2.9^2 = 323 \text{ kNm/m}$$

$$Q_{\text{křídlo}} = (37 + 40) \cdot 2.9 = 223 \text{ kN/m}$$

#### Ohybová výztuž

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] = 0.323$			$A_{\text{st.d}}$	8	$\phi$	18	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[\text{m}] = 1.000$		$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{\text{cu}} = 0.0035$	
$h[\text{m}] = 0.500$		$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$	
$c[\text{m}] = 0.070$		$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{Mpa}] = 200000$		$\eta = 1.000$	
$d[\text{m}] = 0.430$							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{\text{xmin-r}}[\text{m}^2] = 0.000648$			$A_{\text{xmin-l}}[\text{m}^2] = 0.000559$		minimální plocha výztuže		
$x_{\text{bal}}[\text{m}] = 0.265249$	>		$x[\text{m}] = 0.058406$		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{\text{st.req}}[\text{m}^2] = 0.001827$	<		$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] = 0.002036$		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{\text{minx}}[\%] = 0.15$	<		$\mu[\%] = 0.47$	<	$\mu_{\text{max}}[\%] = 1.60$		
Moment únosnosti							
$x[\text{m}] = 0.065082$			$M_{\text{Rd}}[\text{MNm}] = 0.358$	>	$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] = 0.323$		

#### Smyková výztuž

Namáhání		Ohybová výztuž					
$V_{\text{ed}}[\text{MN}] = 0.223$		8	$\phi$	18		$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] = 0.002036$	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli							
$b[\text{m}] = 1.000$		$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{\text{cu}} = 0.0035$	$\theta[^\circ] = 45.0$
$h[\text{m}] = 0.350$		$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$	$\alpha[^\circ] = 45.0$
$c[\text{m}] = 0.070$		$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{Mpa}] = 200000$		$\eta = 1.000$	$k_{\text{pom}} = 1.85$
$d[\text{m}] = 0.280$		$x[\text{m}] = 0.065$		$\sigma_{\text{cp}}[\text{Mpa}] = 0$		$\alpha_{\text{cw}} = 1.000$	$k = 1.85$
Beton							
$V_{\text{Rd.cl}}[\text{MN}] = 0.173$	>		$V_{\text{Rdcl.min}}[\text{MN}] = 0.099$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.173$	nutná smyková výztuž	
Třmínky		3	$\phi$	8	$s[\text{m}] = 0.33$	$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] = 0.000151$	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 0.050$	<		$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 1.140$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.224$	vyhovuje bez ohybů	
Ohyby		0	$\phi$	14	$s[\text{m}] = 0.25$	$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] = 0.000000$	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 0.000$	<		$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 0.570$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.224$	vyhovuje	

## 8. Závěr

Rámová nosná konstrukce bude provedena z betonu třídy C30/37 vyztuženého výztuží 10505(R) za materiálových, geometrických a technologických předpokladů uvedených výše. Výztuž konstrukce v jednotlivých místech a profilech bude minimálně následující.

- Dolní podélná výztuž mostovky 8Ø R22/m
- Dolní příčná výztuž mostovky 8Ø R14/m
- Horní příčná výztuž mostovky 8Ø R14/m
- Horní podélná výztuž mostovky v rámovém rohu 8Ø R22/m
- Smyková výztuž mostovky sponami 9Ø R8/m<sup>2</sup>
- Smyková výztuž mostovky v rozích ohyby 3Ø R14/m ve dvou řadách po 30cm
- Svislá výztuž stojky u vnitřního povrchu 8Ø R14/m
- Svislá výztuž stojky u vnějšího povrchu v rámovém rohu 8Ø R22/m dle příčle
- Smyková výztuž stojky sponami 9Ø R8/m<sup>2</sup>
- Vodorovná výztuž stojky u obou povrchů konstruktivně 5Ø R14/m
- Vnitřní vodorovná výztuž křídel 5Ø R18/m
- Smyková výztuž křídel 9Ø R8/m<sup>2</sup>

Pod základy šířky 1.5m bude maximální napětí v krajích 172kPa (pod podkladním betonem tl.20cm 135kPa), což přeneseme i zeminy třídy S4. V případě výskytu nevhodné zeminy bude proveden štěrkopískový polštář tloušťky 50cm se snížením napětí na 103kPa (roznos uvažován včetně podkladního betonu), což vyhoví i pro zeminy do třídy F3.

V Praze, 12/2021  
Vypracoval Ing.T.Humpal