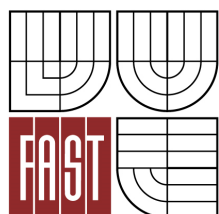




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE LÁVKY

THE STEEL STRUCTURE OF A FOOT-BRIDGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. RADEK VESELÝ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2016




# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby  
**Pracoviště** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

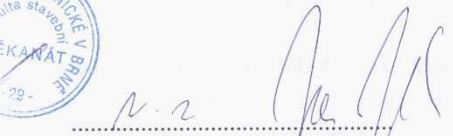
## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Radek Veselý  
**Název** Ocelová konstrukce lávky  
**Vedoucí diplomové práce** Ing. Michal Štrba, Ph.D.  
**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2015  
**Datum odevzdání diplomové práce** 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

  
.....  
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

Použity budou platné normy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových konstrukcí, zejména:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- [8] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty

### **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

V rámci této práce bude navržena a posouzena ocelová konstrukce lávky pro pěší a cyklisty v Olomouci přes řeku Moravu. Rozpětí lávky bude min. 40,0 m. Další rozměry vyplynou z architektonických a koncepčních požadavků na objekt, přičemž konkrétní konstrukce bude vybrána na základě řešení dvou geometrických, resp. konstrukčních variant.

Předepsanými přílohami budou:

- statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce, včetně spojů a některých detailů (dle specifikace vedoucího),
- technická zpráva (se zahrnutím postupu montáže),
- výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce (včetně výkazu prvků).

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Michal Štrba, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Předmětem diplomové práce je návrh ocelové lávky pro pěší přes řeku Moravu v Olomouci. Konstrukce byla provedena ve dvou variantách, z nichž byla vybrána jako nejlepší varianta obloukové lávky se zavěšenou ortotropní mostovkou. Rozpětí lávky je 40m. Výpočet konstrukce byl proveden v programu Scia Engineer 2015.

## **Klíčová slova**

Lávka  
Ortotropní mostovka  
Spřažená mostovka

## **Abstract**

The topic of Master's thesis is the design of steel foodbridge over the Morava river in Olomouc. Construction was carried out in two variants, one of which was chosen as the best option arched foodbridge is suspended orthotropic deck. Span bridge is 40m. Calculation of construction was carried out Scia Engineer 2015.

## **Keywords**

Foodbridge  
orthotropic deck  
composite deck

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.1.2016

.....  
podpis autora  
Bc. Radek Veselý

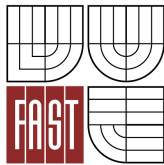
# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12.1.2016

.....  
podpis autora  
Bc. Radek Veselý



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Michal Štrba, Ph.D.
<b>Autor práce</b>	Bc. Radek Veselý
<b>Škola</b>	Vysoké učení technické v Brně
<b>Fakulta</b>	Stavební
<b>Ústav</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Název práce</b>	Ocelová konstrukce lávky
<b>Název práce v anglickém jazyce</b>	The steel structure of a foot-bridge
<b>Typ práce</b>	Diplomová práce
<b>Přidělovaný titul</b>	Ing.
<b>Jazyk práce</b>	Čeština
<b>Datový formát elektronické verze</b>	
<b>Anotace práce</b>	Předmětem diplomové práce je návrh ocelové lávky pro pěší přes řeku Moravu v Olomouci. Konstrukce byla provedena ve dvou variantách, z nichž byla vybrána jako nejlepší varianta obloukové lávky se zavěšenou ortotropní mostovkou. Rozpětí lávky je 40m. Výpočet konstrukce byl proveden v programu Scia Engineer 2015.
<b>Anotace práce v anglickém jazyce</b>	The topic of Master's thesis is the design of steel foodbridge over the Morava river in Olomouc. Construction was carried out in two variants, one of which was chosen as the best option arched foodbridge is suspended orthotropic deck. Span bridge is 40m. Calculation of construction was carried out Scia Engineer 2015.
<b>Klíčová slova</b>	Lávka Ortotropní mostovka Spřažená mostovka
<b>Klíčová slova v anglickém jazyce</b>	Foodbridge orthotropic deck composite deck

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Radek Veselý *Ocelová konstrukce lávky*. Brno, 2016. 116 s., 88 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Michalu Štrbovi Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a za cenné rady.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1991-2- Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí teplotou
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí- boulení stěn
- [7] ČSN EN 1993-2 Ocelové mosty
- [8] Král J. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010.

### **Internetové zdroje**

- [9] táhla Macollay [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z: <http://www.tension.cz>
- [10] HRNCOVÁ LOŽISKA [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z: <http://www.freyssinet.cz>

# Seznam příloh

## Textová část

1. Zadání
2. Předběžný statický výpočet
3. Statický výpočet varianty A
4. Technická zpráva
5. Přílohy-Scia Engineer 2015

## Výkresová část

### Varianta A

1. příčný řez lávkou M1:20
2. Podélný řez a půdorys M 1:50
3. Podélný řez obloukem M1:50
4. Výkres detailů M1:10,1:5

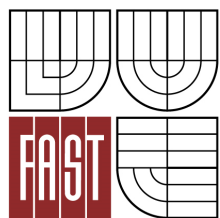
### Varianta B

1. Příčný řez lávkou M1:20
2. Podélný řez a půdorys lávky M 1:50



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE LÁVKY

THE STEEL STRUCTURE OF A FOOT-BRIDGE

## PŘEDBĚŽNÝ STATICKÝ VÝPOČET VARIANT

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

*DIPLOMA THESIS*

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2016

## Obsah

Úvod .....	1
VARIANTA A .....	1
1. Geometrie.....	2
2. Výpočtový model konstrukce.....	4
3. Stálá zatížení.....	4
a) Vlastní tíha.....	4
Ostatní stálé zatížení .....	4
4. Proměnná zatížení.....	5
a) Chodci .....	5
b) Obslužné vozidlo .....	8
c) Vodorovné zatížení.....	11
d) Zatížení větrem.....	11
e) Zatížení teplotou .....	16
Výpis zatěžovacích stavů a skupin zatížení .....	17
5. Kombinace .....	18
Mezní stav únosnosti MSÚ.....	18
Mezní stav použitelnosti MSP .....	18
6. Dimenzování .....	19
a) Parabolický oblouk.....	19
b) Táhlo- závěs mostovky .....	22
c) Táhlo- zavětrování .....	22
d) Krajní trám mostovky .....	23
e) Příčné ztužidlo .....	25
7. Mezní stav použitelnosti .....	27
8. Vlastní frekvence konstrukce.....	28
VARIANTA B .....	30
1. Popis konstrukce.....	30
Příhradové nosníky.....	30
Mostovka.....	30
Uložení .....	30
Výpočtový model konstrukce .....	30
2. Geometrie konstrukce.....	31

3.	Stálá zatížení.....	33
	a) Vlastní tíha.....	33
	b) Ostatní stálé zatížení.....	33
4.	Proměnná zatížení.....	33
	a) Chodci.....	33
	b) Obslužné vozidlo.....	36
	c) Vodorovné zatížení.....	38
	d) Zatížení větrem.....	38
	e) Zatížení teplotou.....	41
	Výpis zatěžovacích stavů:.....	42
5.	Kombinace.....	43
	Mezní stav únosnosti MSÚ.....	43
	Mezní stav použitelnosti MSP.....	43
6.	Posouzení prvků.....	44
	a) horní pás příhradového nosníku.....	44
	Posudek horního pásu.....	46
	b) Diagonála.....	48
	c) Posouzení krajního nosníku.....	50
	d) Posouzení příčnicku.....	53
	e) Posouzení betonové desky.....	54
7.	Mezní stav použitelnosti.....	56
8.	Vlastní frekvence.....	57
	Hodnocení variant.....	60
	Hmotnost konstrukce.....	60
	Výroba a montáž:.....	60
	Dynamika konstrukce:.....	60
	Architektonické hledisko:.....	60

## Úvod

Tento dokument se zabývá předběžným statickým výpočtem ocelové konstrukce lávky ve dvou variantách a jejich zhodnocením.

## VARIANTA A

Předmětem statického výpočtu je nekrytá ocelová lávka pro pěší a cyklisty v Olomouci.

### Popis konstrukce

Ze statického hlediska se jedná o konstrukci o jednom poli tvořenou tuhým obloukem s dolní ocelovou ortotropní mostovkou. Rozpětí lávky je 40,00m.

### Obloukové nosníky

Jsou tvořeny dvěma ocelovými parabolickými oblouky se vzepětím 4,2m. Oblouky jsou navzájem k sobě skloněné z každé strany o 0,5 m. Rozpětí oblouků je shodné s rozpětím lávky a to 40,00m. Oblouky jsou uloženy kloubově.

### Krajní trámy

Jsou modelovány jako pruty svařovaného obdélníkového průřezu a jsou otočeny kolem své podélné osy x, tak že spolu s parabolickým obloukem leží v jedné rovině.

### Mostovka

Jedná se ortotropní ocelovou mostovku tvořenou příčnými a podélnými příčníky, která je přivařena je dvěma podélným krajním nosníkům obdélníkového tvaru. Rozpětí mostovky bylo navrženo tak aby byl dodržen požadavek průchodné šířky 3,5m na lávce. Na plechové mostovce byla navržena pochozí hydroizolační vrstva.

### Závěsy

Jsou realizovány systémem Macalloy.

### Zavětrování oblouku

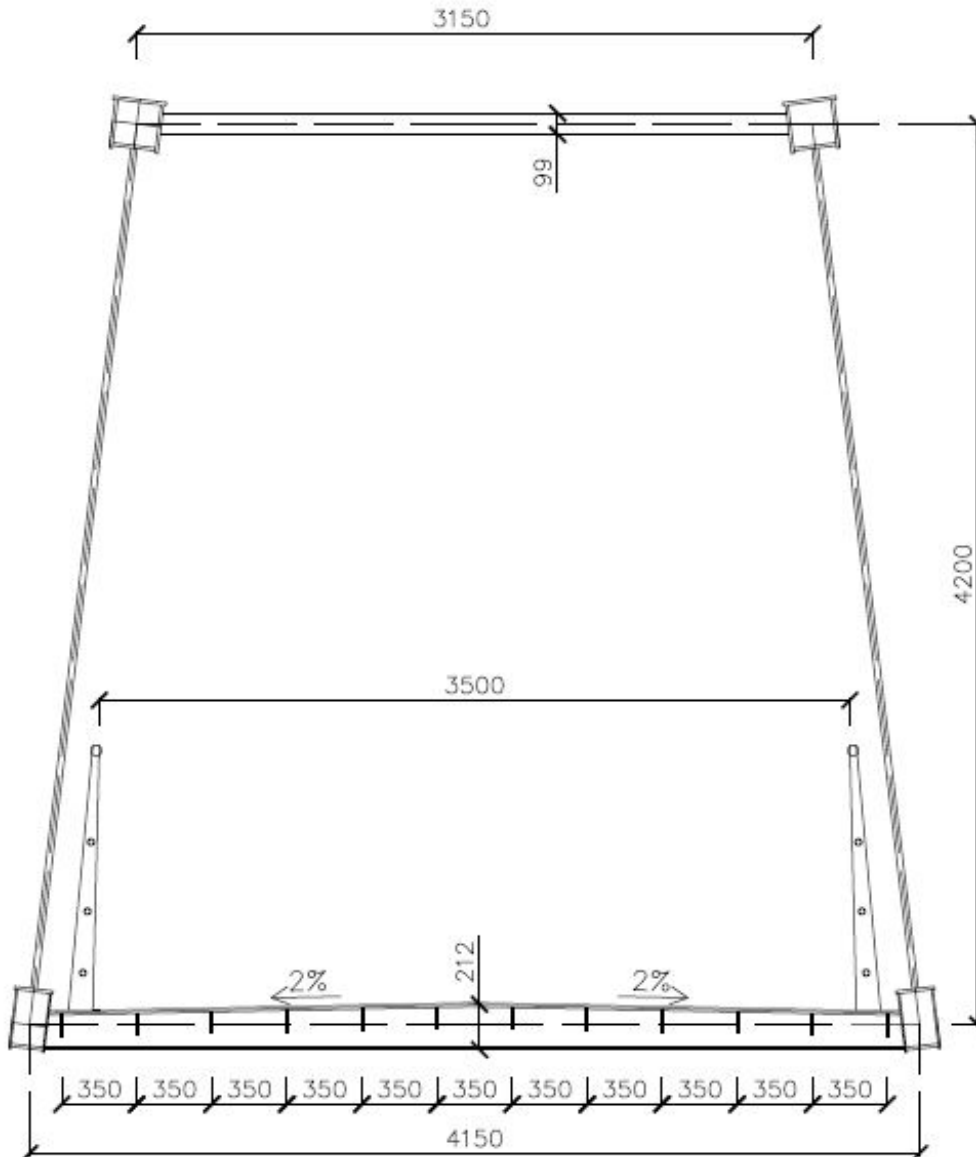
Je provedeno příčně orientovanými ocelovými trubkami doplněnými táhly.

### Uložení lávky

Lávka je uložena u opěry č. 1 na jednom neposuvném ložisku a druhém posuvném v příčném směru. Na straně opěry č. 2 jsou obě ložiska posuvná v podélném směru a jedno je posuvné i ve směru příčném.

## 1. Geometrie

PŘÍČNÝ ŘEZ LÁVKOU  
UPROSTŘED ROZPĚTÍ  
M 1:30



Statický výpočet varianty A

SCHÉMA PODÉLNÝ ŘEZ LÁVKOU M 1:180

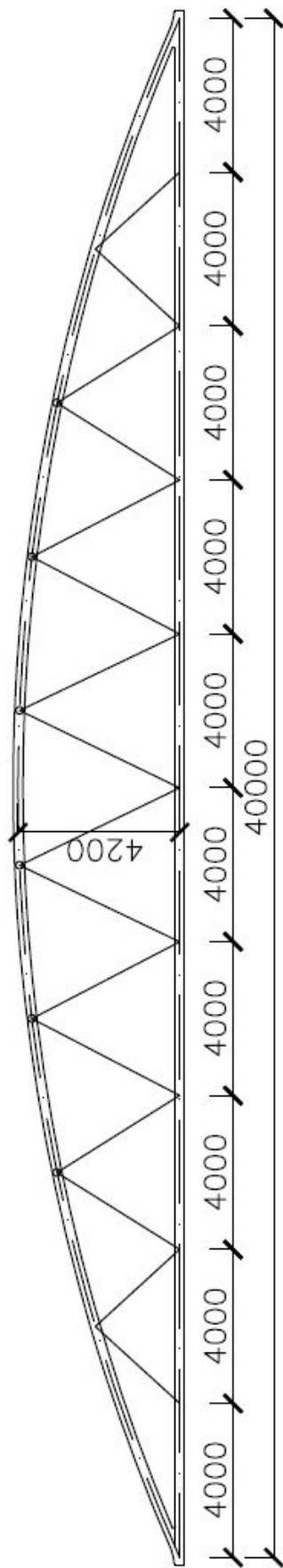
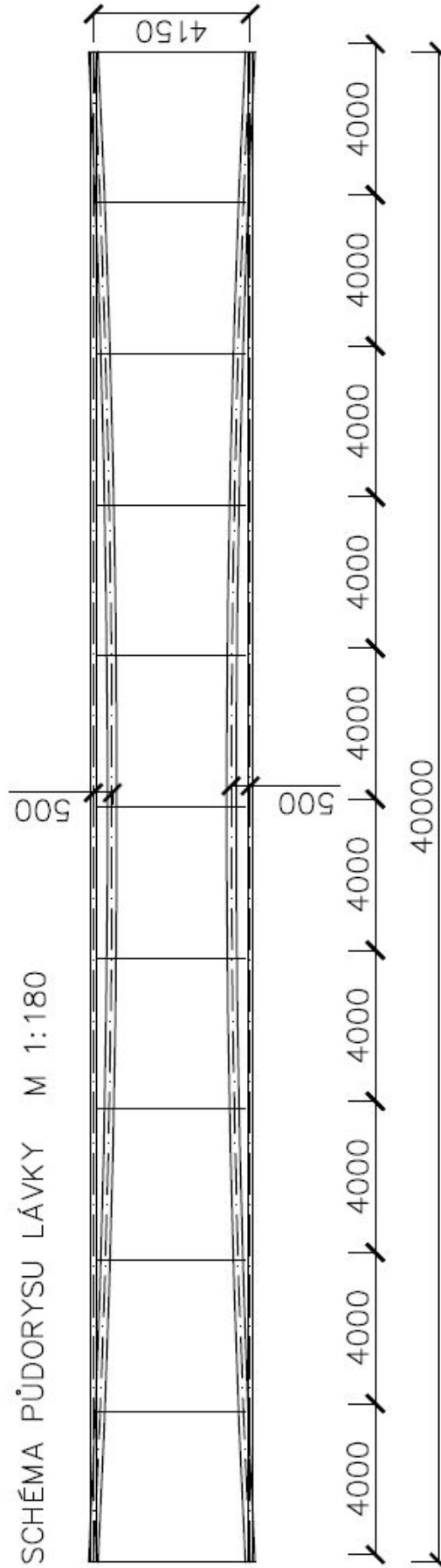
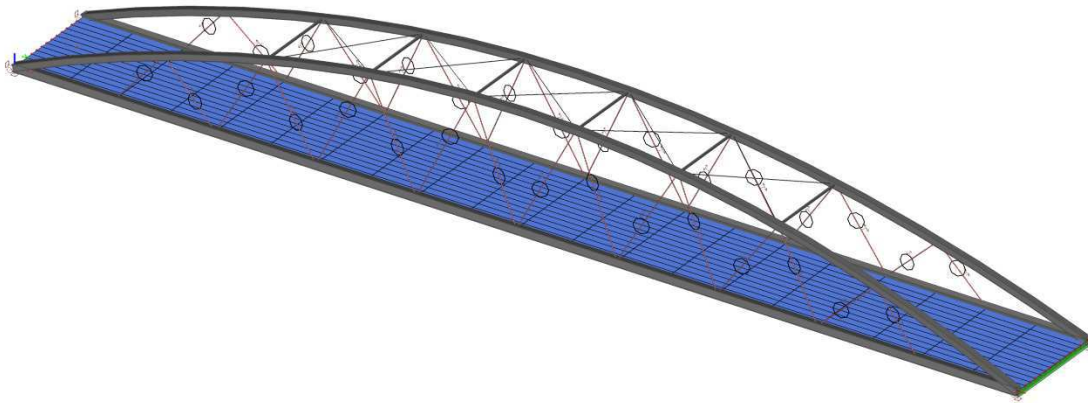


SCHÉMA PŮDORYSU LÁVKY M 1:180



## 2. Výpočtový model konstrukce

Byl vytvořen 3D model konstrukce v programu Scia Engineer 2015 v, ve kterém byly spočítány veškeré vnitřní síly, napětí, deformace a provedeny některé posudky prvků konstrukce. Obloukové nosníky jsou tvořeny pruty, kloubově uloženy v místech podpor, které jsou svislé. Mostovka byla modelována jako deska. Podélné a příčné výztuhy tvoří žebra ocelové desce. Závěsy lávky jsou tvořeny pruty, kterým je nastavena lokální nelinearita-vyloučení tlaku. Stejným způsobem jsou modelovány táhla pro zavětrování parabolických oblouků.



## 3. Stálá zatížení

### a) Vlastní tíha

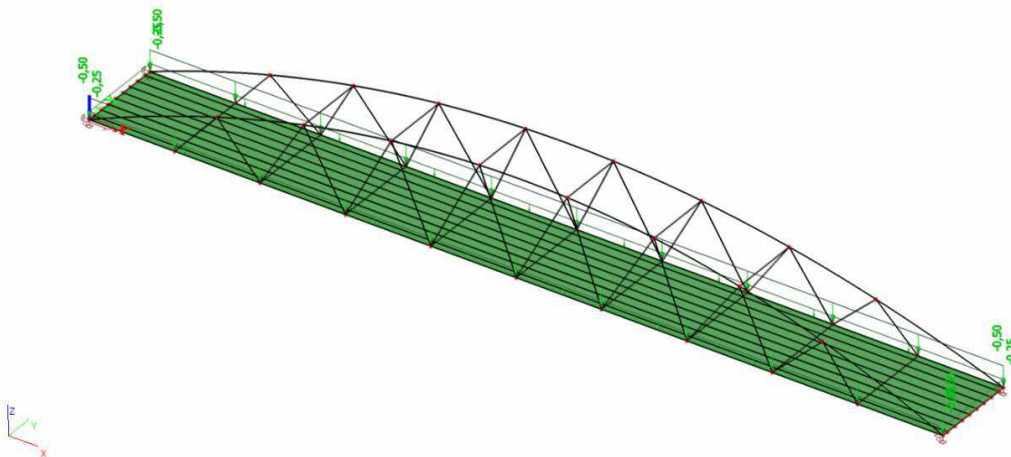
Vlastní tíha je generována programem Scia Engineer 2015.

### Ostatní stálé zatížení

-pochozí izolace TARCO QUBIC :  $t = 8 \text{ mm}$

$$g_k = 0,008 \text{ m} \cdot 22 \text{ kNm}^{-3} = 0,176 \text{ kNm}^{-2}$$

-zábradlí:  $g_k = 0,05 \text{ kNm}^{-1}$

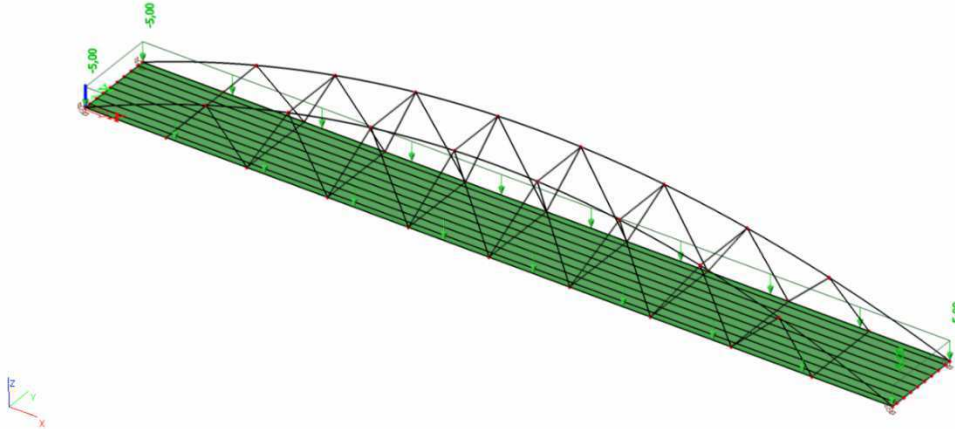


## 4. Proměnná zatížení

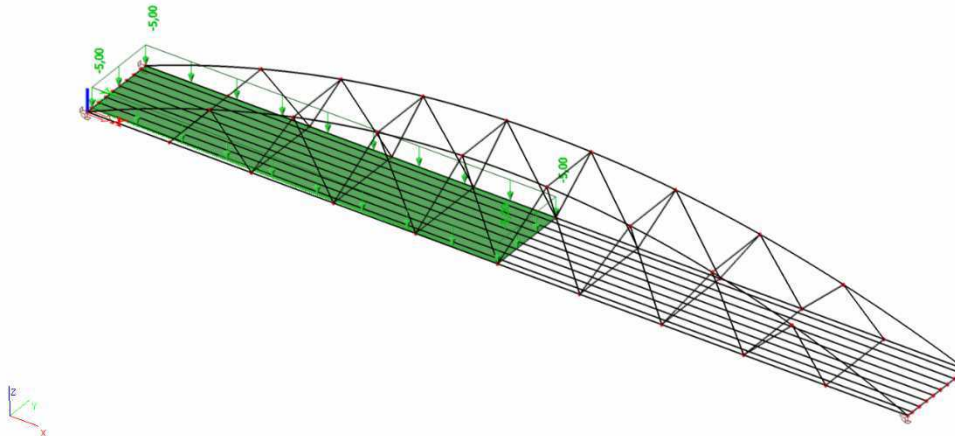
### a) Chodci

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení je uvažována  $q_{fk} = 5\text{kN/m}^2$ . Toto zatížení bylo uvažováno v několika variantách. Spolu s chodci působí vodorovné zatížení zábradlí  $1\text{kN/m}$ , které je v modelu vyjádřeno spojitým ohybovým momentem v hodnotě  $1,3\text{kNm}$ .

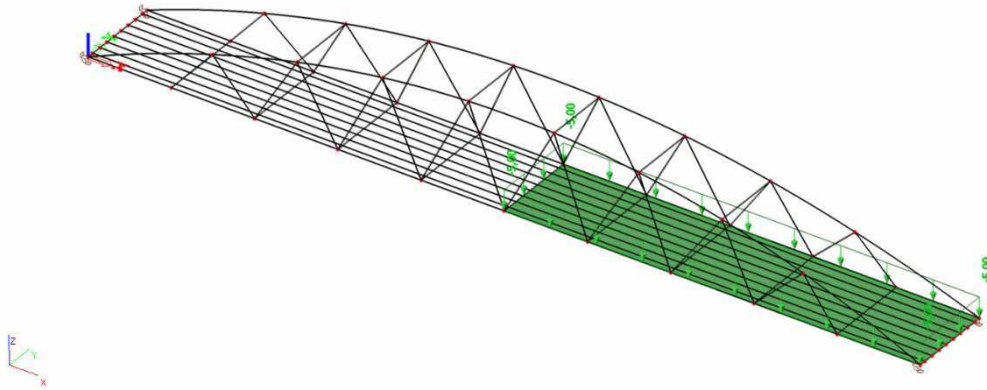
ZS3-plné zatížení lávkou chodci



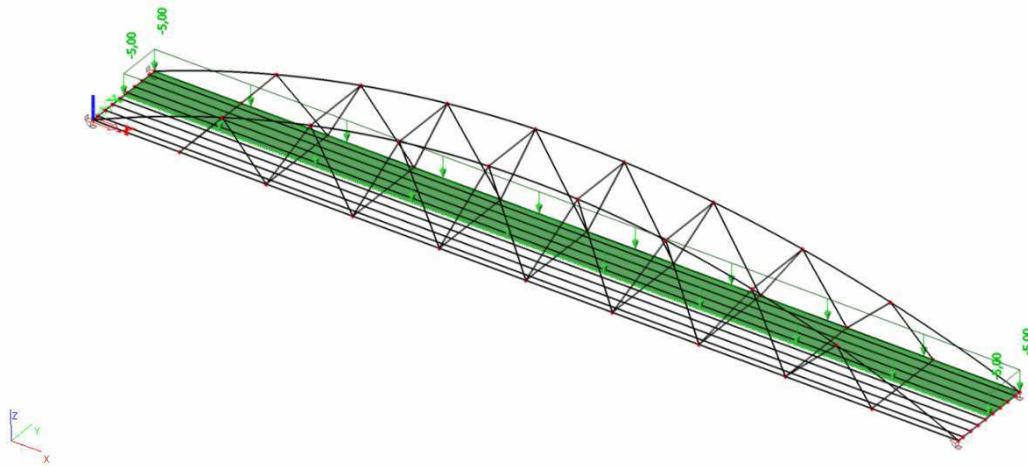
ZS4- zatížení poloviny rozpětí lávky chodci



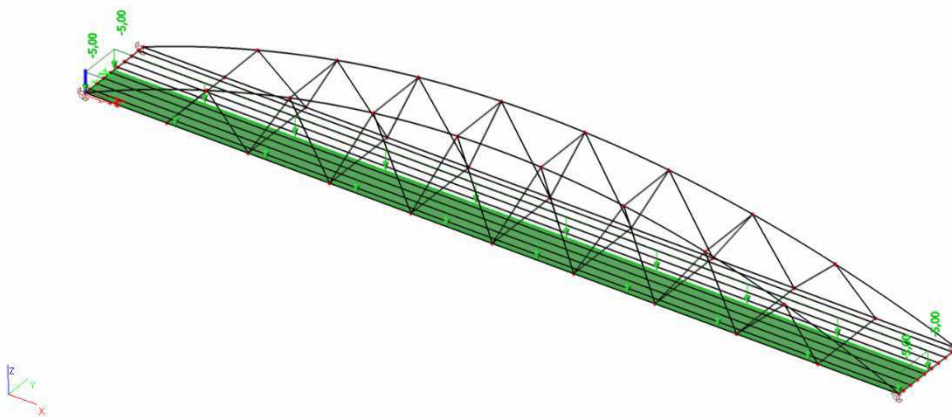
ZS5- zatížení druhé poloviny rozpětí lávky chodci



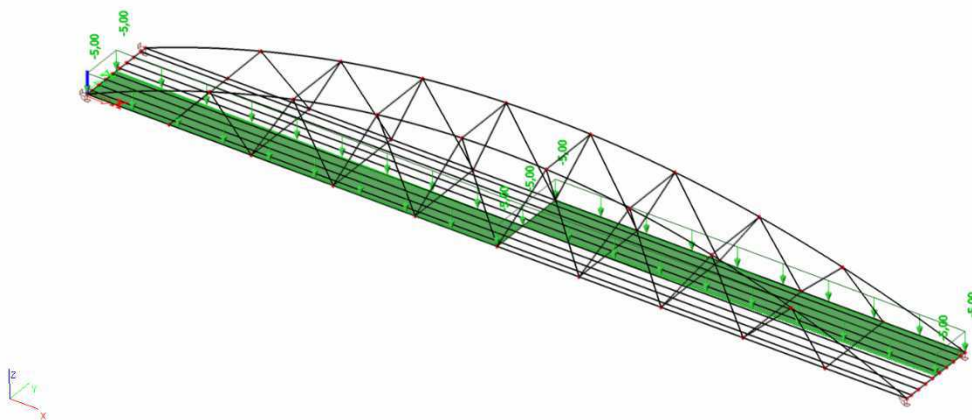
ZS6- zatížení poloviny průchozího prostoru lávky



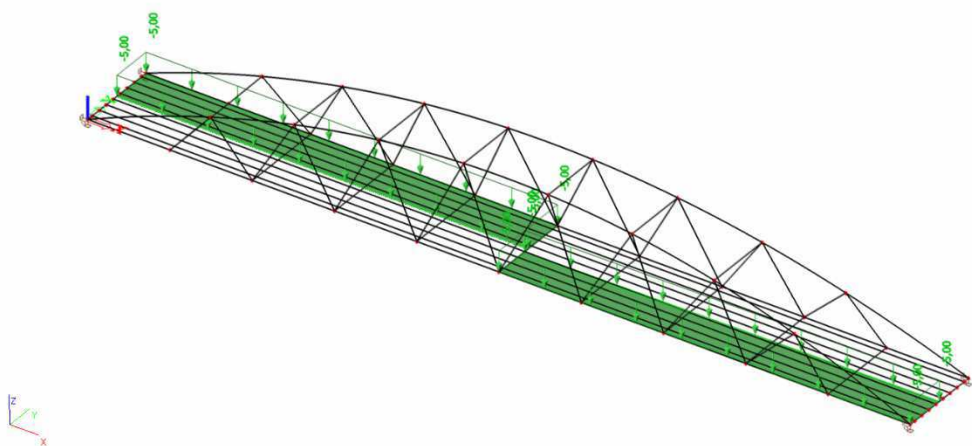
ZS7- zatížení druhé poloviny průchozího prostoru lávky



ZS8- šach1

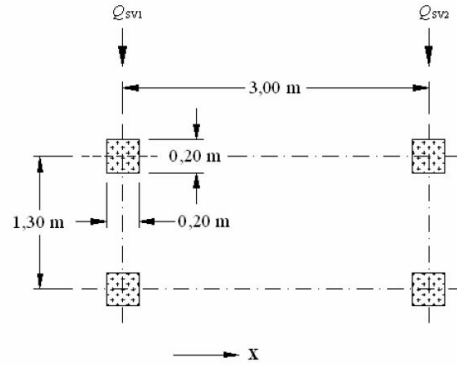


ZS9- šach2



## b) Obslužné vozidlo

Uvažuje se obslužné vozidlo dle normy ČSN EN 1991-1-2, článek 5.6.3. Vozidlo o celkové hmotnosti 12 t. Model dvojnápravy:  $Q_{vs1}=80\text{kN}$ ,  $Q_{vs2}=40\text{kN}$  vzdálených od sebe 3m. Rozvor nápravy je 1,3m.

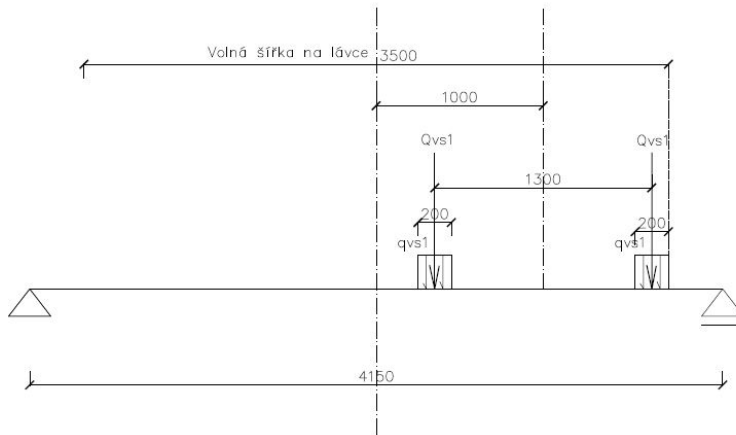


Vzhledem k výpočtu nelineárních kombinací bylo nutno najít jak maximální globální účinky vozidla na konstrukci tak maximální lokální namáhání pro podélnou a příčnou výztuhu mostovky. Proto bylo uvažováno několik zatěžovacích stavů pro obslužné vozidlo. Poloha obslužného vozidla byla určena pomocí příčkových čar v podélném a příčném směru na prutovém modelu v programu Scia Engineer 2015.

### Poloha obslužného vozidla vzhledem k příčné výztuze

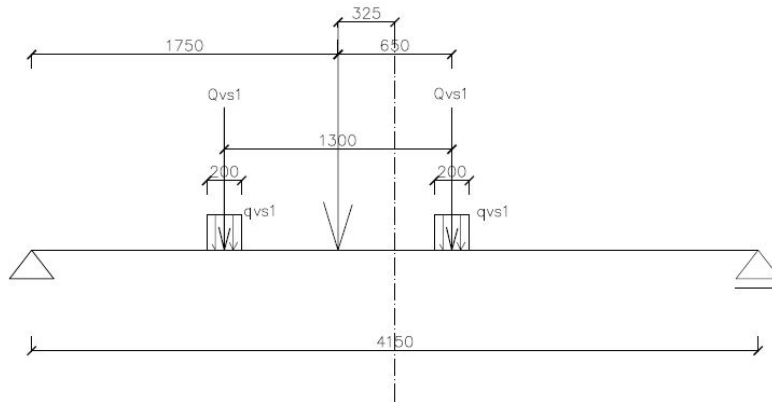
Bylo vytvořeno zatěžovací stavy pro polohu vozidla v příčném a podélném směru. V každém podélné poloze vozidla na lávce jsou uvažovány 2 postavení v příčném směru.

a) příčný směr- maximální posouvající síla

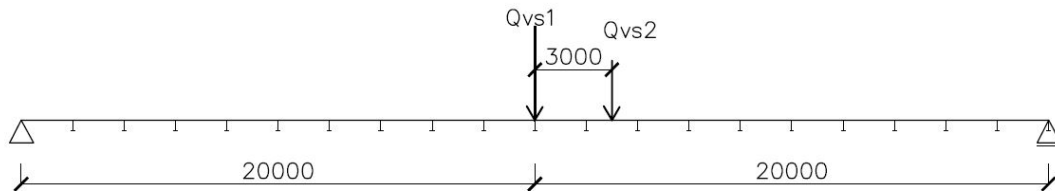


Statický výpočet varianty A

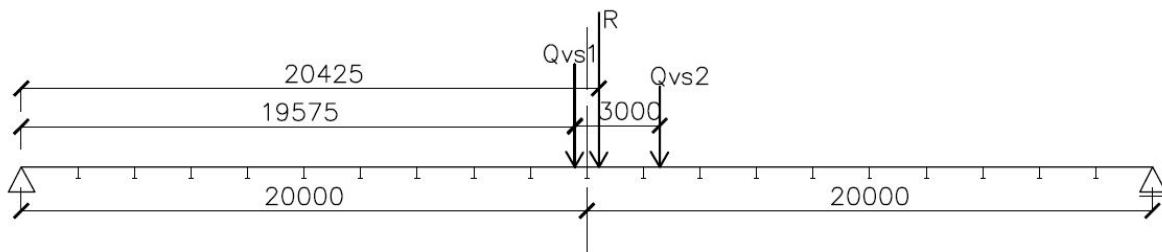
b) příčný směr- maximální ohybový moment



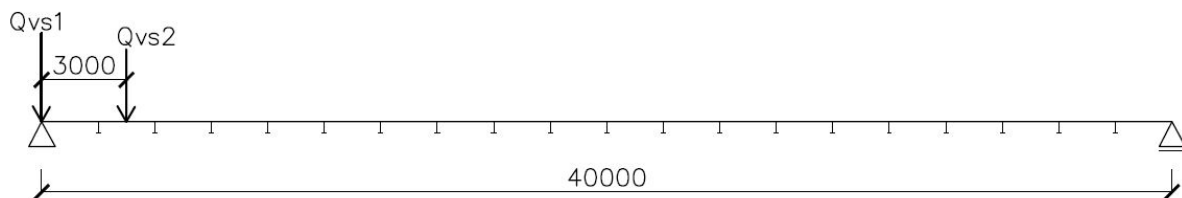
c) podélný směr-lokální účinek na příčnou výztuhu (zatěžovací stav P1,P2)



d) podélný směr-globální účinek na konstrukci oblouků (zatěžovací stav G1,G2)



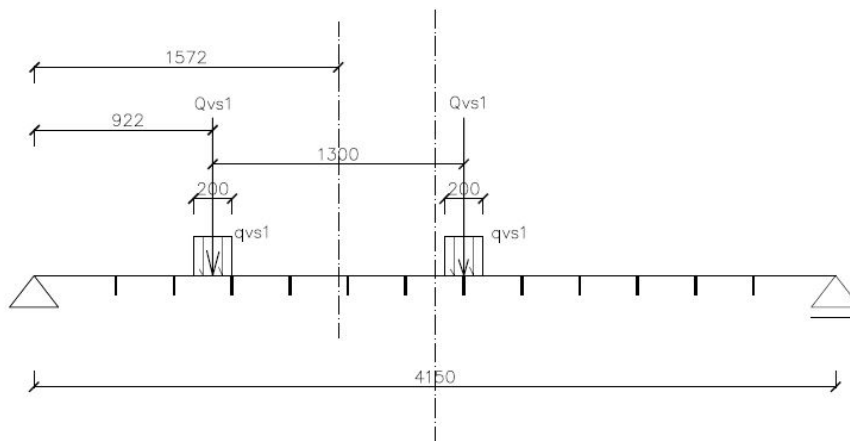
e) podélný směr-globální účinek na podpory (zatěžovací stav G3,G4)



### Poloha obslužného vozidla vzhledem k podélné výztuze

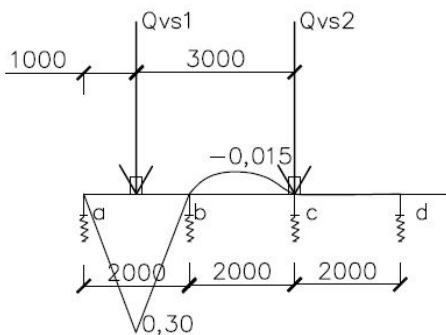
Pro vyvození maximálních vnitřních sil na podélné výztuze bylo vozidlo umístěno v příčném směru tak, aby jedním kolem pojíždělo podélnou výztuhu. V podélném směru bylo vozidlo umístěno podle příčinkových čar podélné výztuhy viz. b).

a) V příčném směru

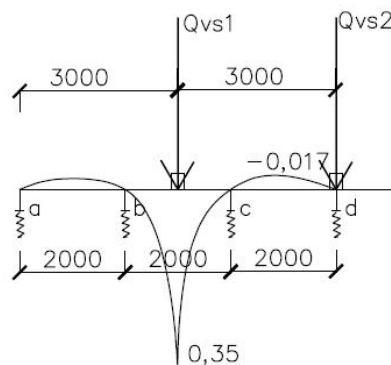


b) v podélném směru- (zatěžovací stavy L1,L2,L3,L4)

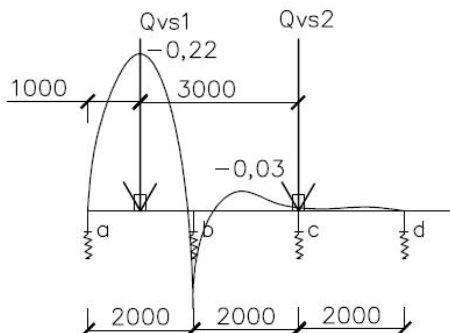
My,max–krajní pole



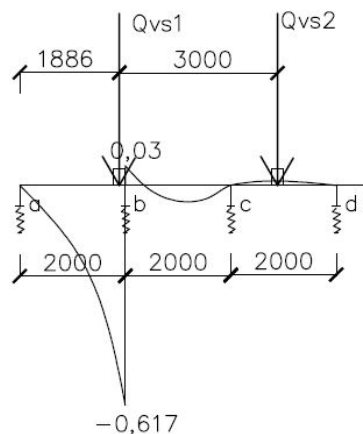
My,max–podle č.2



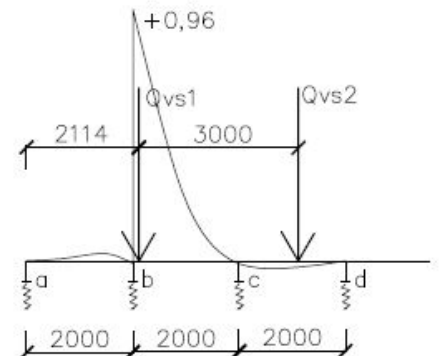
My,max–podpora b



Vz,max–podpora b



Vz,max–podpora b

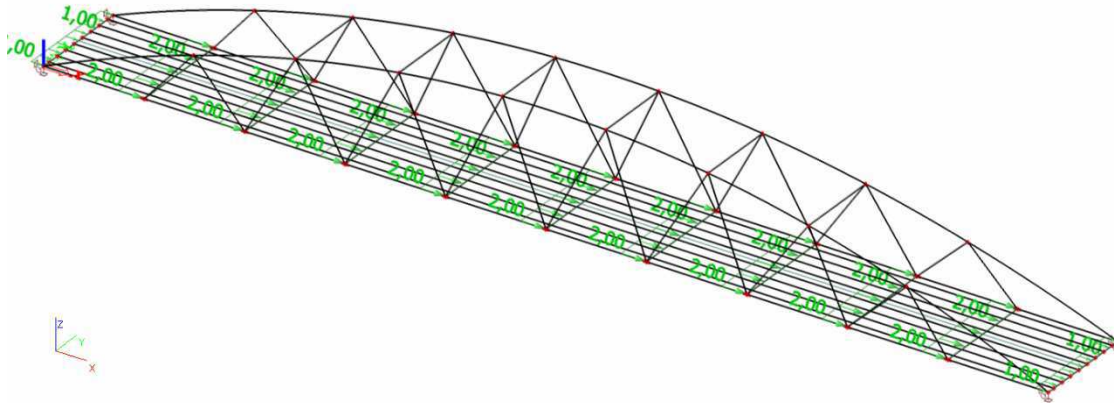


### c) Vodorovné zatížení

$Q_{flk} = \max. (10\% \text{ rovnoměrné zatížení}; 60\% \text{ obslužného vozidla})$

Zatížení působí vždy s odpovídajícím svislým zatížením.

$$gr1: q_{flk} = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ kNm}^{-1}$$



$$gr2: Q_{flk,1} = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ kN} \quad Q_{flk,2} = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ kN}$$

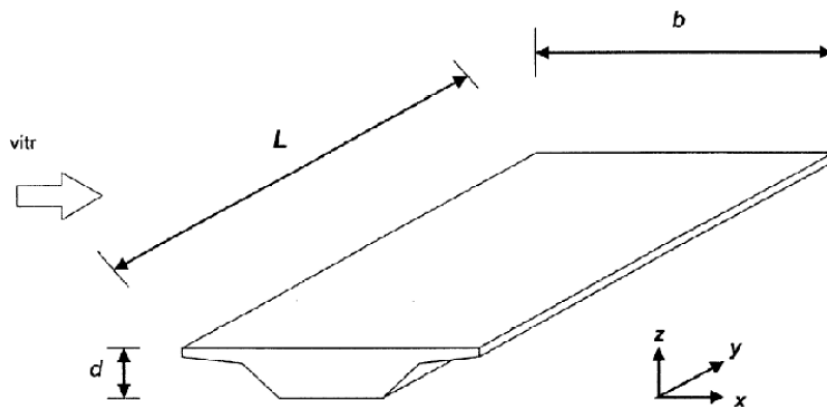
Uvažováno jako osamělá síla spolu s obslužným vozidlem.

### d) Zatížení větrem

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-4-1 - Zatížení mostů-zjednodušený způsob

Lokalita Olomouc- I větrová oblast-  $v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Kategorie terénu- III- předměstský terén



Statický výpočet varianty A

Základní rychlost větru:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{prob} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 0,316 \text{ kNm}^{-2}$$

**Zatížení větrem směr x:**  $z_e=3,8\text{m}$ ,  $z_0=0,3\text{m}$

Součinitel terénu:  $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$

Součinitel drsnosti:  $c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right) = 0,547$

Střední rychlost větru:  $v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,823 = 12,30 \text{ ms}^{-1}$

Intenzita turbulence větru:  $I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right)} = 0,394$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m,(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,231] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,51^2 = 0,356 \text{ kNm}^{-2}$$

**Mostovka-** uvažováno prodyšné zábradlí

$$d_{tot} = d + 0,6 = 0,45 + 0,6 = 0,93\text{m} \quad b=4,4\text{m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 1,3 \quad c_{fx} = c_{fx,0} = 1,3$$

$$c_e = \frac{q_{p(z)}}{q_b} = \frac{0,356}{0,316} = 1,12 \quad C = c_e \cdot c_{fx,0} = 1,12 \cdot 1,3 = 1,46$$

$$F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot d_{tot} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,46 \cdot 0,93 = 0,429 \text{ kNm}^{-1}$$

**Oblouk**  $z_e=8,0\text{m}$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,707$$

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,707 = 15,91 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,305$$

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,91^2 = 0,496 \text{ kNm}^{-2}$$

Obdélníkový průřez:

$$d=300 \text{ mm}, b=440 \text{ mm}, d/b=0,909$$

$$c_{f0} = 2,1 \quad c_f = 2,1 \quad \psi_r = \psi_r = 1,0$$

$$F_{w1,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 2,1 \cdot 0,466 \cdot 0,44 = 0,458 \text{ kNm}^{-1}$$

### Zatížení větrem směr z

$$c_{fz} = c_{fz,0} = 0,9 \quad C = c_e \cdot c_{fz,0} = 0,9 \cdot 1,12 = 1,01$$

$$F_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,011 = 0,014 \text{ kNm}^{-1}$$

### Zatížení větrem směr y

25% zatížení ze směru x:

$$\text{oblouky: } F_{w,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 0,458 = 0,115 \text{ kNm}^{-1}$$

zavětrování oblouků: maximální výška  $z_e=8,0\text{m}$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,623$$

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,964 = 14,04 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,305$$

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 14,04^2 = 0,386 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v=1,50 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-1}, b=0,3\text{m}$$

$$Re = \frac{b \cdot v_{m(z_e)}}{v} = \frac{0,3 \cdot 14,0}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 2,81 \cdot 10^5$$

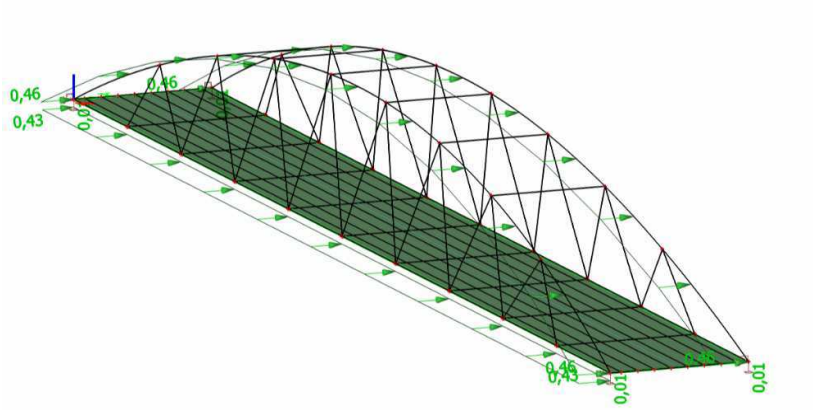
$$\text{Z ČSN EN 1994-1-4 obr. 7.28: } c_{f0} = 0,7$$

$$\text{Z ČSN EN 1994-1-4 obr. 7.36: } \psi_{\lambda,\alpha} = 1,0 \quad c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7$$

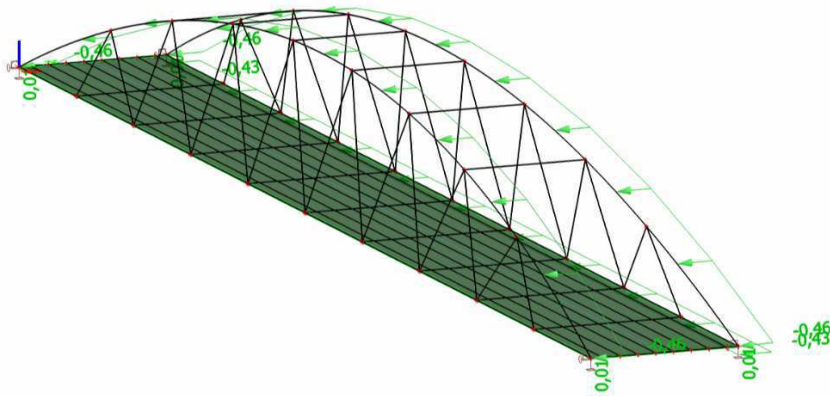
$$F_{w,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,386 \cdot 0,3 = 0,08 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{w,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 0,08 = 0,02 \text{ kNm}^{-1}$$

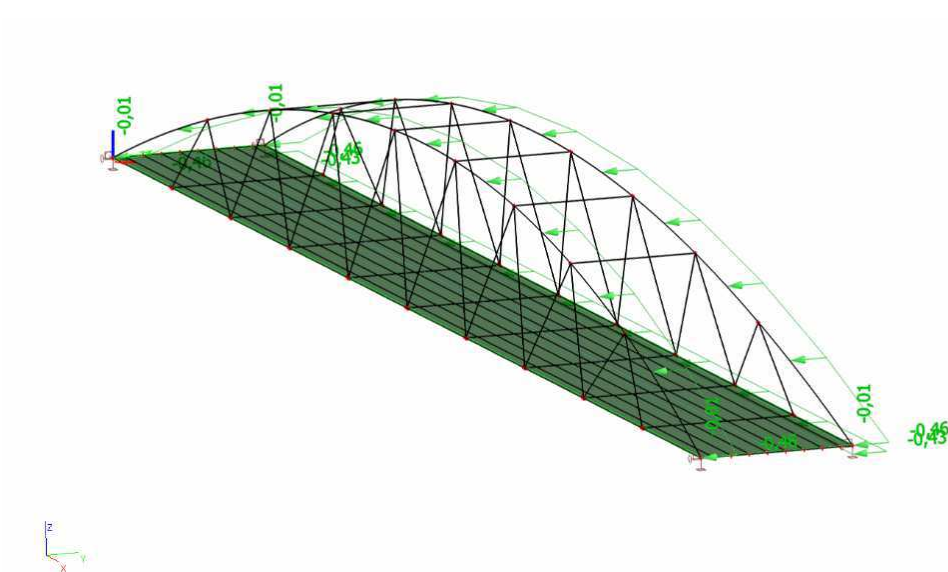
ZS10-vítr X, Z



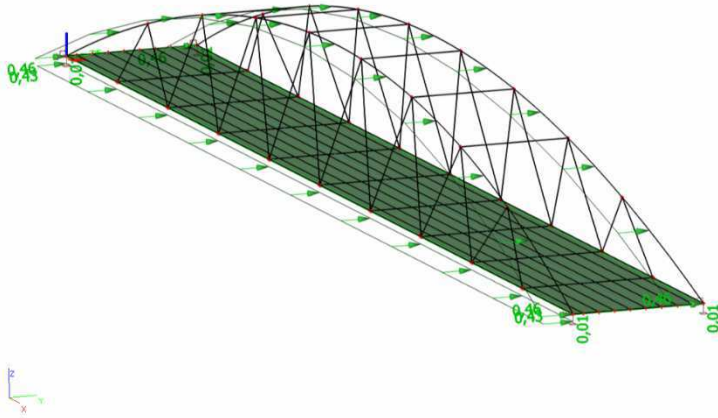
ZS11-vítr -X,Z



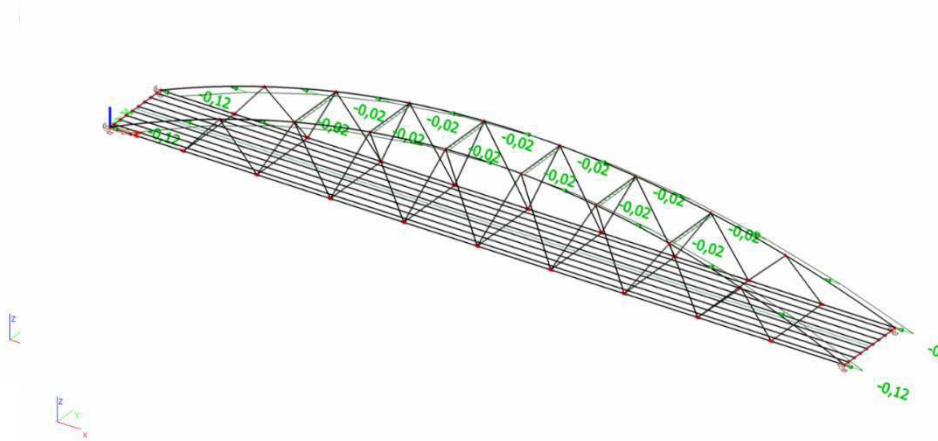
ZS12- vítr -X,-Z



ZS13-vítr X,-Z



ZS14-vítr Y



ZS15- vítr -Y

### e) Zatížení teplotou

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-1-5.

I. Typ konstrukce, lokalita Olomouc,  $T_{\min} = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max} = 38^{\circ}\text{C}$ ,  $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$  (teplota při výstavbě)

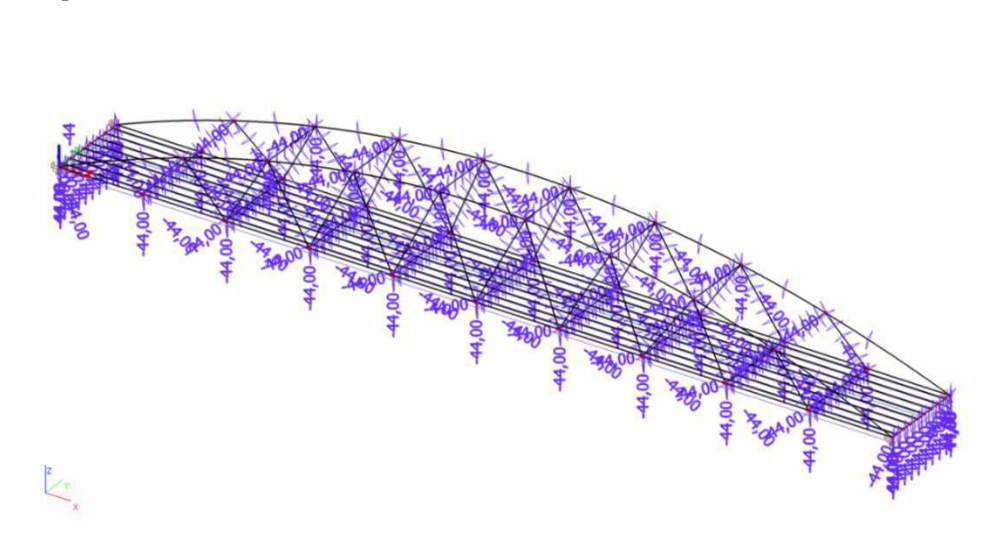
Maximální a minimální rovnoměrná složka teploty:

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 16^{\circ}\text{C} = 38 + 16 = 54^{\circ}\text{C} \quad T_{e,\min} = T_{\min} - 3^{\circ}\text{C} = -30 - 3 = -33^{\circ}\text{C}$$

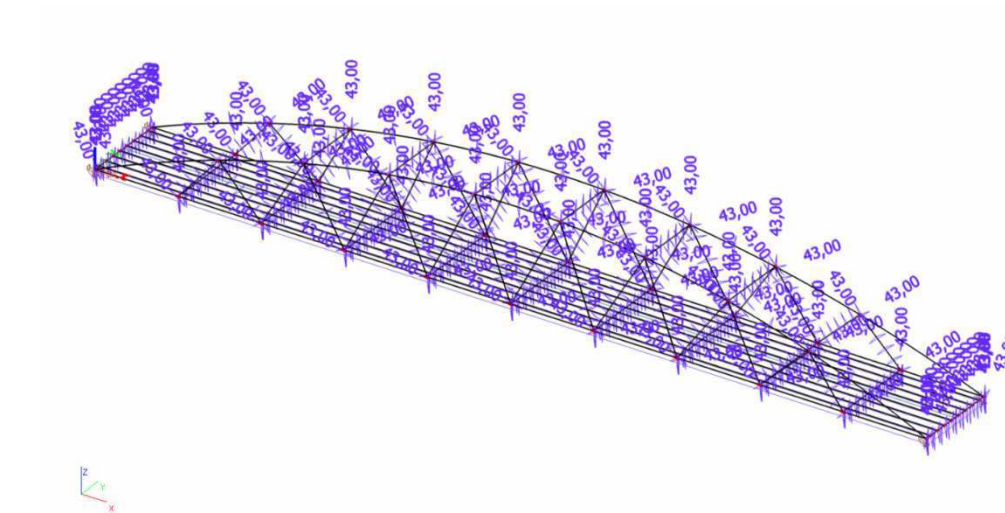
Charakteristická hodnota maximálního prodloužení:  $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 = 54 - 10 = 44^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálního zkrácení:  $\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min} = 10 - (-33) = 43^{\circ}\text{C}$

ZS- prodloužení



ZS- zkrácení



Statický výpočet varianty A

Výpis zatěžovacích stavů a skupin zatížení

1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis Spec	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
		Typ zatížení				
LC1	vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	LG1	-Z		
LC2	ostatní stálé	Stálé Standard	LG1			
LC3	dav lidí- celá Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC4	dav lidí- půl lávky1 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC5	dav lidí- půl lávky2 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC6	dav lidí- levá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC7	dav lidí- pravá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC8	dav lidí- šach1 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC9	dav lidí- šach2 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC10	vitr-směr x,z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC11	vitr-směr -x,z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC12	vitr-směr -x,-z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC13	vitr-směr x,-z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC14	vitr-směr y Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC15	vitr-směr -y Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC16	vodorovná síla gr1 Standard	Proměnné Statické	LG3-Qfvk		Krátkodobé	Žádný
LC17	teplota- prodloužení Standard	Proměnné Statické	LG5-teplota		Krátkodobé	Žádný
LC18	teplota- zkrácení Standard	Proměnné Statické	LG5-teplota		Krátkodobé	Žádný
LC19	obslužné vozidlo-G1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC20	obslužné vozidlo-G2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC21	obslužné vozidlo-G3 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC22	obslužné vozidlo-G4 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC23	obslužné vozidlo-L1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC24	obslužné vozidlo-L2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC25	obslužné vozidlo-L3 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC26	obslužné vozidlo-L4 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC27	obslužné vozidlo-M1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC28	obslužné vozidlo-M2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný

2. Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
LG1	Stálé		
LG2-gr1	Proměnné	Výběrová	Doprava - gr1
LG3-Qfvk	Proměnné	Výběrová	Doprava - Qfvk
LG4-Fwk	Proměnné	Výběrová	Zatížení větrem - Fwk
LG5-gr2	Proměnné	Výběrová	Doprava - gr2
LG5-teplota	Proměnné	Výběrová	Teplotní zatížení - Tk

## 5. Kombinace

Kombinace byly vytvořeny podle normy ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A2.4(B) z kombinací 6.10a a 6.10b byla vybrána méně příznivá.

Mezní stav únosnosti MSÚ

$$6.10a \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{0,1} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$6.10b \quad \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{k,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Dílčí součinitelé spolehlivosti dle přílohy A2:

$\gamma_G = 1,35$  pro nepříznivá zatížení

$\gamma_G = 1,00$  pro příznivá zatížení

$\gamma_Q = 1,35$  nepříznivé zatížení od chodců nebo dopravy

$\gamma_Q = 1,5$  pro ostatní proměnná zatížení (vítr, teplota)

Kombinační součinitelé

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
chodci gr1	0,4	0,4	0
vodorovné zatížení	0	0	0
obslužné vozidlo- gr2	0	0	0
vítr	0,3	0,2	0
sníh	0,8	0	0
teplota	0,6	0,6	0,5

Mezní stav použitelnosti MSP

Byla spočítána charakteristická kombinace dle ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A1.4

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \psi_{0,i} = 1,0$$

Kombinace byly provedeny v programu Scia Engineer 2015. Vzhledem k lokální nelinearitě lan byl proveden nelineární výpočet konstrukce. Konstrukce byla posouzena na vnitřní síly z nelineárních kombinací.

Výpis všech kombinací je uveden v příloze na konci tohoto statického výpočtu.

## 6. Dimenzování

Jednotlivé prvky konstrukce byly posouzeny v programu Scia Engineer 2015.

### a) Parabolický oblouk

**Určení vzpěrné délky v rovině oblouku:**

Vzpěrné délky byly určeny dle ČSN EN 1993-2 přílohy D.3 vzpěrná délka oblouku závisí na rozpětí  $L$  a vzepětí  $f$ .

$$\frac{f}{L} = \frac{4,2}{40} = 0,105 \Rightarrow \beta_y = 0,3$$

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot s = 0,3 \cdot 20,59 = 6,177m$$

**Určení vzpěrné délky z roviny oblouku:**

Vzpěrná délka je uvažována jako vzdálenost části oblouku mezi ztužidly oblouku.

$$L_{cr,z} = 4,183m$$

$$L_{cr,z} = 10,296m$$

**Nelineární stabilita**

Maximální osová síla:  $N_{Ed} = 989kN$   $N_{cr,i} = \alpha_{cr,i} \cdot N_{Ed}$

Součinitel pro vybočení v rovině oblouku:

$$\alpha_{cr,y} = 9,54$$

$$L_{cr,y} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y}{N_{cr,y}}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,2143 \cdot 10^{-4}}{9,54 \cdot 980 \cdot 10^3}} = 4,741m$$

Stabilitním výpočtem bylo zjištěn součinitel pro vybočení z roviny oblouku:

$$\alpha_{cr,z} = 1,80$$

$$L_{cr,z} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{N_{cr,z}}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0012 \cdot 10^{-4}}{1,8 \cdot 980 \cdot 10^3}} = 10,835m$$

Porovnání:

	$L_{cr,y}$ [m]	$L_{cr,z}$ [m]
Norma ČSN EN 1993-2/vzdálenost mezi ztužidly	<b>6,177</b>	10,296
Stabilitní výpočet	4,741	<b>10,835</b>

Ve statickém výpočtu budou uvažovány na stranu bezpečnou vzpěrné délky  $L_{cr,y} = 6,177m$  a  $L_{cr,z} = 10,835m$ .

Statický výpočet varianty A

1. Posudek-oblouk

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek  
Výběr : B218  
Třída : NC-gr1-MSU

EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

Prvek B218	41,157 m	Stěna komory (250; 14; 226; 14; 200; 14; 10)	S 355	NC35	0,87 -
------------	----------	--	-------	------	--------

Dílicí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Svařovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

Kritický posudek v místě 6.175 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-980,32	kN
Vy,Ed	8,54	kN
Vz,Ed	54,11	kN
T,Ed	-0,72	kNm
My,Ed	54,15	kNm
Mz,Ed	2,98	kNm

Vlastnosti průřezu

A	1,262800e+004 mm <sup>2</sup>	Az/A	0,501
Ay/A	0,493	Iz	1,001151e+008 mm <sup>4</sup>
Iy	1,014314e+008 mm <sup>4</sup>	It	1,399819e+008 mm <sup>4</sup>
Iyz	-2,710505e-007 mm <sup>4</sup>	Iw	1,074738e+009 mm <sup>6</sup>
Iw	1,074738e+009 mm <sup>6</sup>	Welz	8,009210e+005 mm <sup>3</sup>
Wely	8,116240e+005 mm <sup>3</sup>	Wply	1,041957e+006 mm <sup>3</sup>
Wply	1,041957e+006 mm <sup>3</sup>	Wplz	1,035846e+006 mm <sup>3</sup>
cy	124,97 mm	cz	125,00 mm
dy	-0,00 mm	dz	1,08 mm

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,2628e-02	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	4482,94	kN
Jedn. posudek	0,22	-

Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,y,min	8,1162e-04	m <sup>3</sup>
Mel,y,Rd	288,13	kNm
Jedn. posudek	0,19	-

Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,z,min	8,0092e-04	m <sup>3</sup>
Mel,z,Rd	284,33	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

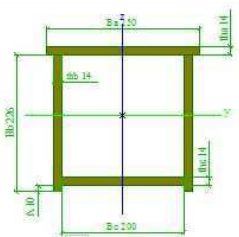
Tau,Vy,Ed	1,6	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vz,Ed	9,9	MPa
-----------	-----	-----

parabolapi-250x250		
Typ	Stěna komory	
Detailní	250; 14; 226; 14; 200; 14; 10	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	svařovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	b	b
A [m <sup>2</sup> ]	1,2628e-02	
Ay [m <sup>2</sup> ], Az [m <sup>2</sup> ]	6,2235e-03	6,3221e-03
Ai [m <sup>2</sup> /m], Ao [m <sup>2</sup> /m]	1,0000e+00	1,8040e+00
Cy,ucs [mm], Cz,ucs [mm]	125	125
alpha [deg]	0,00	
Iy [m <sup>4</sup> ], Iz [m <sup>4</sup> ]	1,0143e-04	1,0012e-04
iy [mm], iz [mm]	90	89
Wey [m <sup>3</sup> ], Wyz [m <sup>3</sup> ]	8,1162e-04	8,0092e-04
Wpy [m <sup>3</sup> ], Wpz [m <sup>3</sup> ]	1,0420e-03	1,0358e-03
Md,y+ [Nm], Md,y- [Nm]	3,70e+05	3,70e+05
Md,z+ [Nm], Md,z- [Nm]	3,68e+05	3,68e+05
d1 [mm], d2 [mm]	0	1
Ic [m <sup>4</sup> ], Iw [m <sup>6</sup> ]	1,3998e-04	1,0747e-09
beta1 [mm], beta2 [mm]	-2	0
Obrázek		

Statický výpočet varianty A

Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,05	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,6	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (G.1)

Elastický posudek		
Vlákno	2	
Sigma,N,Ed	77,6	MPa
Sigma,My,Ed	61,4	MPa
Sigma,Mz,Ed	3,7	MPa
Sigma,tot,Ed	142,8	MPa
Tau,Vy,Ed	0,0	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,tot,Ed	0,1	MPa
Sigma,von Mises,Ed	142,8	MPa
Jedn. posudek	0,40	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**...:POSUDEK STABILITY:...:**

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčniců	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	41,163	41,163	m
Součinitel vzpěru k	0,15	0,26	
Vzpěrná délka Lcr	6,177	10,835	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	5510,02	1767,55	kN
Štíhlost Lambda	68,92	121,69	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	0,90	1,59	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce Alfa	0,34	0,34	
Redukční součinitel Chi	0,66	0,31	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2958,29	1391,04	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,2628e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1391,04	kN
Jedn. posudek	0,70	-

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr Lcr	41,163	m
Pružné kritické zatížení Ncr,T	708345,29	kN
Pružné kritické zatížení Ncr,TF	1767,55	kN
Poměrná štíhlost Lambda,rel,T	1,59	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	
Vzpěr. křivka	b	
Imperfekce Alfa	0,34	
Redukční součinitel Chi	0,31	
Průřezová plocha A	1,2628e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1391,04	kN
Jedn. posudek	0,70	-

**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.2 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Obecný stav	
Pružný modul průřezu Wel,y	8,1162e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment Mcr	8015,02	kNm
Poměrná štíhlost Lambda,rel,LT	0,19	
Mezní štíhlost Lambda,rel,LT,0	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.2(4)

## Statický výpočet varianty A

Parametry Mcr		
Délka klopení L	10,701	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel kw	1,00	
Součinitel momentu na klopení C1	1,77	
Součinitel momentu na klopení C2	0,00	
Součinitel momentu na klopení C3	1,00	
Vzdálenost středu smyku d,z	1	mm
Vzdálenost polohy zatížení z,g	0	mm
Konstanta monosymetrie beta,y	-2	mm
Konstanta monosymetrie z,j	1	mm

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,2628e-02	m <sup>2</sup>
Pružný modul průřezu Wel,y	8,1162e-04	m <sup>3</sup>
Pružný modul průřezu Wel,z	8,0092e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	980,32	kN
Návrhový ohybový moment My,Ed	54,15	kNm
Návrhový ohybový moment Mz,Ed	2,98	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	4482,94	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	288,13	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	284,33	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,66	
Redukční součinitel Chi,z	0,31	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k,yy	1,06	
Interakční součinitel k,yz	1,29	
Interakční součinitel k,zy	0,82	
Interakční součinitel k,zz	1,29	

**Poznámka:** Protože tento dílec není prizmatický, použijí se skutečné momenty v průřezu namísto maximálních momentů.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.2	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment M,h,z	-4,65	kNm
Moment v poli M,s,z	5,61	kNm
Součinitel alpha,h,z	-0,83	
Poměr koncových momentů Psi,z	0,98	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mz	0,91	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,LT	43,77	kNm
Moment v poli M,s,LT	-24,43	kNm
Součinitel alpha,s,LT	-0,56	
Poměr koncových momentů Psi,LT	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,45	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,33 + 0,20 + 0,01 = 0,54 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,70 + 0,15 + 0,01 = 0,87 -

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

### b) Táhlo- závěs mostovky

Macalloy M20 S460  $f_y = 460\text{MPa}$   $d = 20\text{mm}$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot 460}{1,0} = 144,5\text{kN} \quad \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{82,78}{144,5} = 0,6 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

### c) Táhlo- zavětrování

Macalloy M10 S460  $f_y = 460\text{MPa}$   $d = 10\text{mm}$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{\pi \cdot 10^2}{4} \cdot 460}{1,0} = 36,13\text{kN} \quad \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{13,11}{36,13} = 0,36 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

## d) Krajiní trám mostovky

### 1. Posudek krajní trám

Nelineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : B260

Třída : NC-gr1-MSU

EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek : Česká CSN-EN NA

Prvek B260	40,000 m	Stěna komory (180; 14; 276; 8; 150; 14; 10)	S 355	NC22	0,40 -
------------	----------	---	-------	------	--------

Díčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Svařované	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

....POSUDEK PRŮŘEZU:....

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

#### Kritický posudek v místě 12.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N, E_d$	194,50	kN
$V_y, E_d$	1,39	kN
$V_z, E_d$	11,20	kN
$T, E_d$	-0,32	kNm
$M_y, E_d$	-89,65	kNm
$M_z, E_d$	3,42	kNm

#### Vlastnosti průřezu

A	9.036000e+003 mm <sup>2</sup>	Az/A	0.489
$A_y/A$	0.512	$I_z$	3.832531e+007 mm <sup>4</sup>
$I_y$	1.104664e+008 mm <sup>4</sup>	$I_t$	7.972873e+007 mm <sup>4</sup>
$I_{yz}$	-1.897354e-007 mm <sup>4</sup>		
$I_w$	9.400783e+010 mm <sup>6</sup>		
$W_{ely}$	7.348877e+005 mm <sup>3</sup>	$W_{elz}$	4.258368e+005 mm <sup>3</sup>
$W_{ply}$	9.214478e+005 mm <sup>3</sup>	$W_{plz}$	5.410140e+005 mm <sup>3</sup>
cy	150.32 mm	cz	90.00 mm
dy	0.00 mm	dz	1.18 mm

#### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	9,0360e-03	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	3207,78	kN
$N_{u,Rd}$	3187,90	kN
$N_{t,Rd}$	3187,90	kN
Jedn. posudek	0,06	-

#### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

$W_{el,y,min}$	7,3489e-04	m <sup>3</sup>
$M_{el,y,Rd}$	260,89	kNm
Jedn. posudek	0,34	-

#### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

$W_{el,z,min}$	4,2584e-04	m <sup>3</sup>
$M_{el,z,Rd}$	151,17	kNm
Jedn. posudek	0,02	-

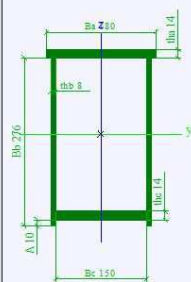
#### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

$\tau_{au,V_y,E_d}$	0,4	MPa
$\tau_{au,Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4).

#### Posudek smyku pro $V_z$

Trám pl		Stěna komory	
Typ		180; 14; 276; 8; 150; 14; 10	
Detailní		Tenkostěnný	
Typ tvaru		S 355	
Materiál		S 355	
Výroba		Svařovaný	
Barva			
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z		b	b
A [m <sup>2</sup> ]	9,0360e-03		
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	4,6237e-03		4,4223e-03
$A_x$ [m <sup>2</sup> /m], $A_o$ [m <sup>2</sup> /m]	9,6000e-01		1,7640e+00
$C_{y,ces}$ [mm], $C_{z,ces}$ [mm]	90		150
$\alpha$ [deg]	0,00		
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	1,1047e-04		3,8325e-05
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	111		65
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	7,3489e-04		4,2584e-04
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	9,2145e-04		5,4101e-04
$M_{pl,y}$ [Nm], $M_{pl,z}$ [Nm]	3,27e+05		3,27e+05
$M_{el,y}$ [Nm], $M_{el,z}$ [Nm]	1,92e+05		1,92e+05
d [mm], $d_o$ [mm]	0		1
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	7,9729e-05		9,4008e-08
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	-3		0
Obrázek			

Statický výpočet varianty A

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vz,Ed	2,9	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,5	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
Vlákn	4	
Sigma,N,Ed	-21,5	MPa
Sigma,My,Ed	-113,4	MPa
Sigma,Mz,Ed	-8,0	MPa
Sigma,tot,Ed	-142,9	MPa
Tau,Vy,Ed	0,0	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,tot,Ed	0,1	MPa
Sigma,von Mises,Ed	142,9	MPa
Jedn. posudek	0,40	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.2 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Obecný stav	
Pružný modul průřezu Wel,y	7,3489e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment Mcr	14963,66	kNm
Poměrná štíhlost Lambda,rel,LT	0,13	
Mezní štíhlost Lambda,rel,LT,0	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry Mcr		
Délka klopení L	2,000	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel kw	1,00	
Součinitel momentu na klopení C1	1,32	
Součinitel momentu na klopení C2	0,00	
Součinitel momentu na klopení C3	1,00	
Vzdálenost středu smyku d,z	1	mm
Vzdálenost polohy zatížení z,g	0	mm
Konstanta monosymetrie beta,y	-3	mm
Konstanta monosymetrie z,j	-2	mm

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

**Posudek ohybu a osového tahu**

Podle EN 1993-1-3 článku 6.3

Návrhová tahová síla N,Ed	194,50	kN
Návrhový ohybový moment My,Ed	-89,65	kNm
Návrhový ohybový moment Mz,Ed	3,42	kNm
Tahová únosnost Nt,Rd	3187,90	kN
Pevnost za ohybu Mb,y,Rd	260,89	kNm
Vlákn	1	
Pružný modul průřezu Wel,z,com	4,2584e-04	m <sup>3</sup>
Pevnost za ohybu Mc,z,Rd,com	151,17	kNm

Jednotkový posudek = 0,34 + 0,02 - 0,06 = 0,31 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## e) Příčné ztužidlo

### 1. Příčné ztužidlo oblouku

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B213

Třída : NC-vše-MSL

EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

**Prvek B213 3,245 m CHS88.9/4.0 S 355 NC145 0,03 -**

Dílicí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

...:POSUDEK PRŮŘEZU:...

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Klasifikace pro trubkovité průřezy**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2:

Maximální poměr šířky a tloušťky	22,23
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

**Kritický posudek v místě 0,000 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-6,50	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,15	kN
$T_{Ed}$	-0,05	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,0700e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	379,85	kN
Jedn. posudek	0,02	-

**Posudek smyku pro Vz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
$A_v$	6,8118e-04	m <sup>2</sup>
$V_{pl,z,Rd}$	139,61	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$\tau_{a,t,Ed}$	1,2	MPa
$\tau_{a,Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...:POSUDEK STABILITY:...

**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro trubkovité průřezy**

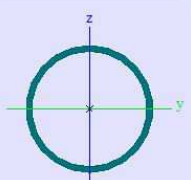
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2:

Maximální poměr šířky a tloušťky	22,23
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

ztužidlo		
Typ	CHS88.9/4.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové duté průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva	■	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m <sup>2</sup> ]	1,0700e-03	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	6,7920e-04	6,7920e-04
$A_i$ [m <sup>2</sup> /m], $A_o$ [m <sup>2</sup> /m]	2,7900e-01	5,3342e-01
$C_{y,loc}$ [mm], $C_{z,loc}$ [mm]	44	44
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	9,6300e-07	9,6300e-07
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	30	30
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,1700e-05	2,1700e-05
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,8398e-05	2,8398e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1,02e+04	1,02e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	1,02e+04	1,02e+04
$d_i$ [mm], $d_o$ [mm]	0	0
$I_x$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	1,9300e-06	1,5887e-42
$\beta_x$ [mm], $\beta_y$ [mm]	0	0
Obrázek		

Statický výpočet varianty A

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčnic	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,245	3,245	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	3,245	3,245	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	189,57	189,57	kN
Štíhlost Lambda	108,16	108,16	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,42	1,42	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

**Posudek ohybu a osového tlaku**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,0700e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	2,8398e-05	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	6,50	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	0,12	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	379,85	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	10,08	kNm
Redukční součinitel Chi,y	1,00	
Redukční součinitel Chi,z	1,00	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel kyy	0,96	
Interakční součinitel kzy	0,58	

Maximální moment My,Ed je odvozen z nosníku B213 pozice 1,622 m.

Maximální moment Mz,Ed je odvozen z nosníku B213 pozice 2,271 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Výsledný typ zatížení y	liniové zatížení q	
Koncový moment M,h,y	0,00	kNm
Moment v poli Ms,y	0,12	kNm
Součinitel alpha,h,y	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,y	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,95	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M,h,LT	0,00	kNm
Moment v poli Ms,LT	0,12	kNm
Součinitel alpha,h,LT	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,LT	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,95	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,02 + 0,01 + 0,00 = 0,03 -

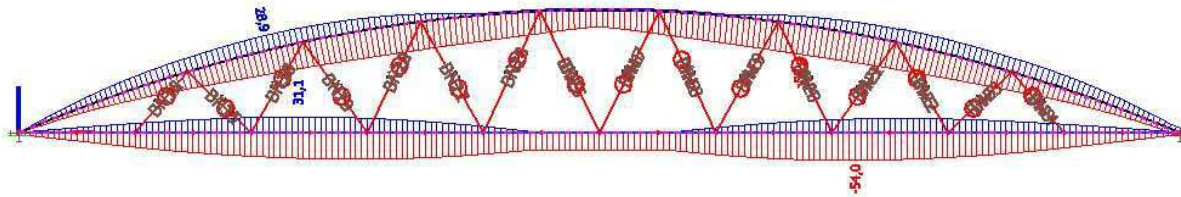
Jednotkový posudek (6.62) = 0,02 + 0,01 + 0,00 = 0,02 -

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

## 7. Mezní stav použitelnosti

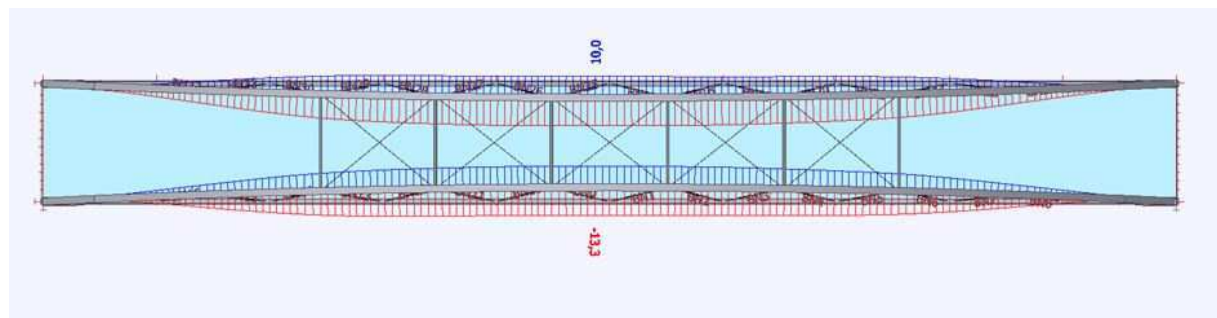
Limitní svislý průhyb konstrukce:  $\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{40000}{400} = 100mm$

Vypočítaný průhyb:  $\delta_{max} = 54,0mm \leq \delta_{lim} = 100mm$  **VYHOVUJE**



Limitní vodorovný průhyb konstrukce:  $\delta_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{40000}{400} = 100mm$

Vypočítaný průhyb:  $\delta_{max} = 13,3 mm \leq \delta_{lim} = 100mm$  **VYHOVUJE**



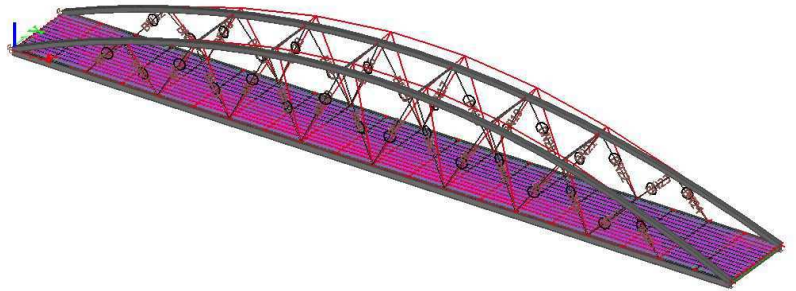
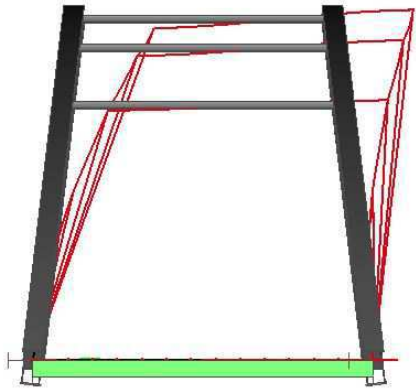
## 8. Vlastní frekvence konstrukce

Byly vypočteny vlastní frekvence konstrukce:

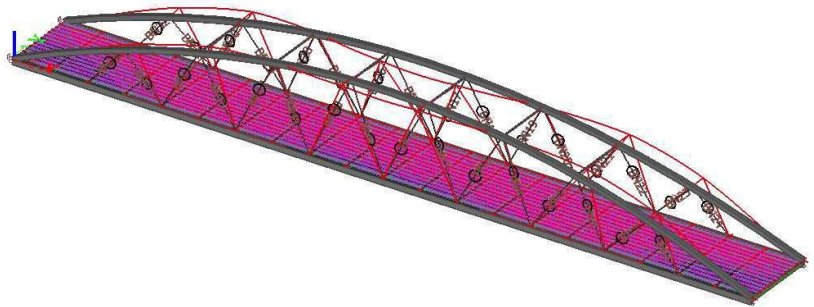
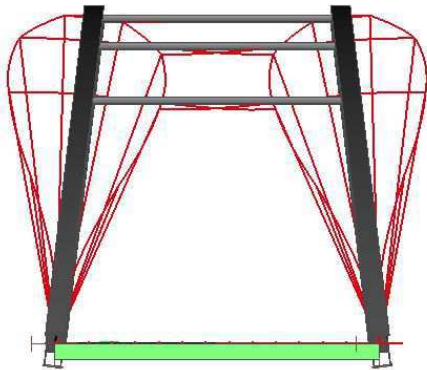
### Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,54	9,67	93,46	0,65
2	4,45	27,94	780,90	0,22
3	5,50	34,53	1192,64	0,18
4	7,00	44,01	1936,95	0,14
5	7,57	47,56	2261,48	0,13
6	8,23	51,72	2674,56	0,12
7	9,53	59,88	3585,45	0,10
8	9,86	61,94	3837,05	0,10
9	11,02	69,21	4790,58	0,09
10	11,18	70,26	4936,17	0,09

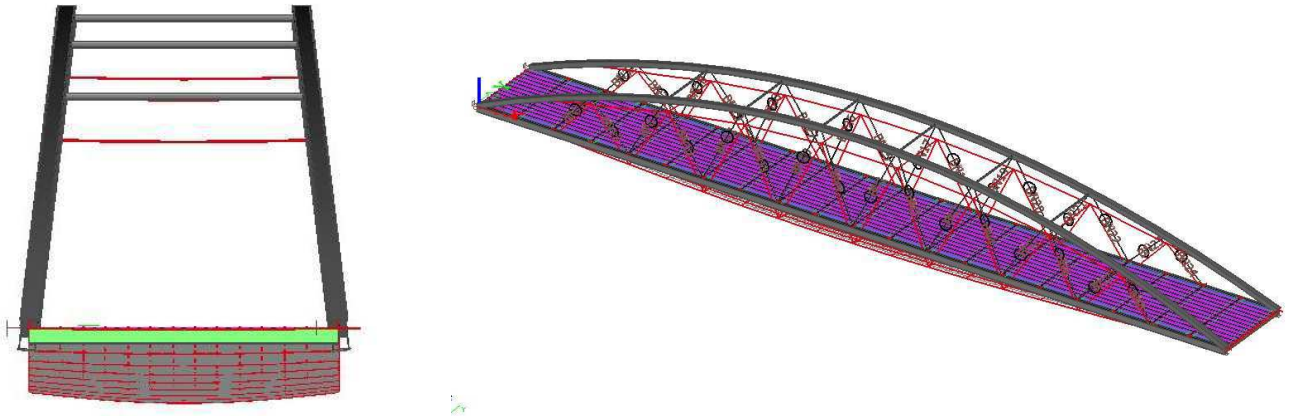
#### 1. Vlastní frekvence- příčné kmitání oblouků



#### 2. Vlastní frekvence- příčné kmitání oblouků



### 3. Vlastní frekvence-svislé kmitání



Podle normy ČSN EN 1990, příloha A, článek A2.4.3.2 mají být základní frekvence nosné konstrukce na lávce pro pěší:

a) Pro svislé kmitání lávky  $f \geq 5\text{Hz}$

$$f_4 = 5,52\text{Hz} \geq 5\text{Hz} \quad \text{VYHOVUJE}$$

b) Pro vodorovné kmitání lávky  $f \geq 2,5\text{ Hz}$

$$\text{Frekvence podélného kmitání mostovky je } f_{10} = 11,18\text{ Hz} \geq 2,5\text{ Hz} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Lávka splňuje požadavky normy na svislé a vodorovné kmitání konstrukce z hlediska pohody chodců.

## VARIANTA B

### 1. Popis konstrukce

Ze statického hlediska se jedná o konstrukci o jednom poli tvořenou dvěma příhradovými ocelovými nosníky a dolní betonovou deskou spřaženou s ocelovými příčníky. Rozpětí lávky je 40,00m.

#### Příhradové nosníky

Jedná se o ocelové příhradové nosníky s horním obloukovým pásem. Nosník je tvořen kosoúhlu soustavou bez podružných svislic. Výška příhradových nosníku uprostřed rozpětí je 3,00m a v místě podpor 1,5m. Osová vzdálenost příhradových nosníků je 4,00m

#### Mostovka

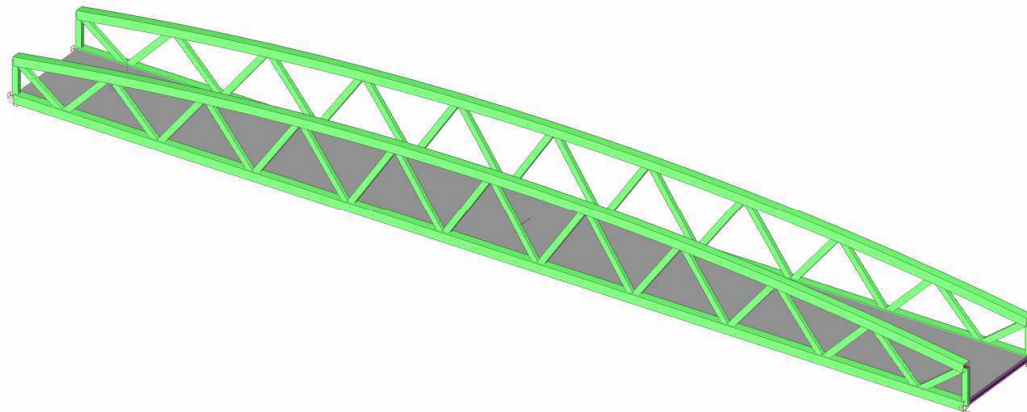
Jedná se o spřaženou betonovou mostovku s ocelovými příčníky, které jsou připojeny k příhradovým nosníkům v místech jejich dolních pásů. Mostovka byla navržena tak, aby byl dodržen požadavek volné šířky 3,5m na lávce. Na mostovce byl navržen příčný sklon betonové desky 2%.

#### Uložení

Lávka je uložena na straně opěry č. 1 neposuvnými ložisky ve směru x, na straně opěry č. 2 posuvnými ložisky ve směru x.

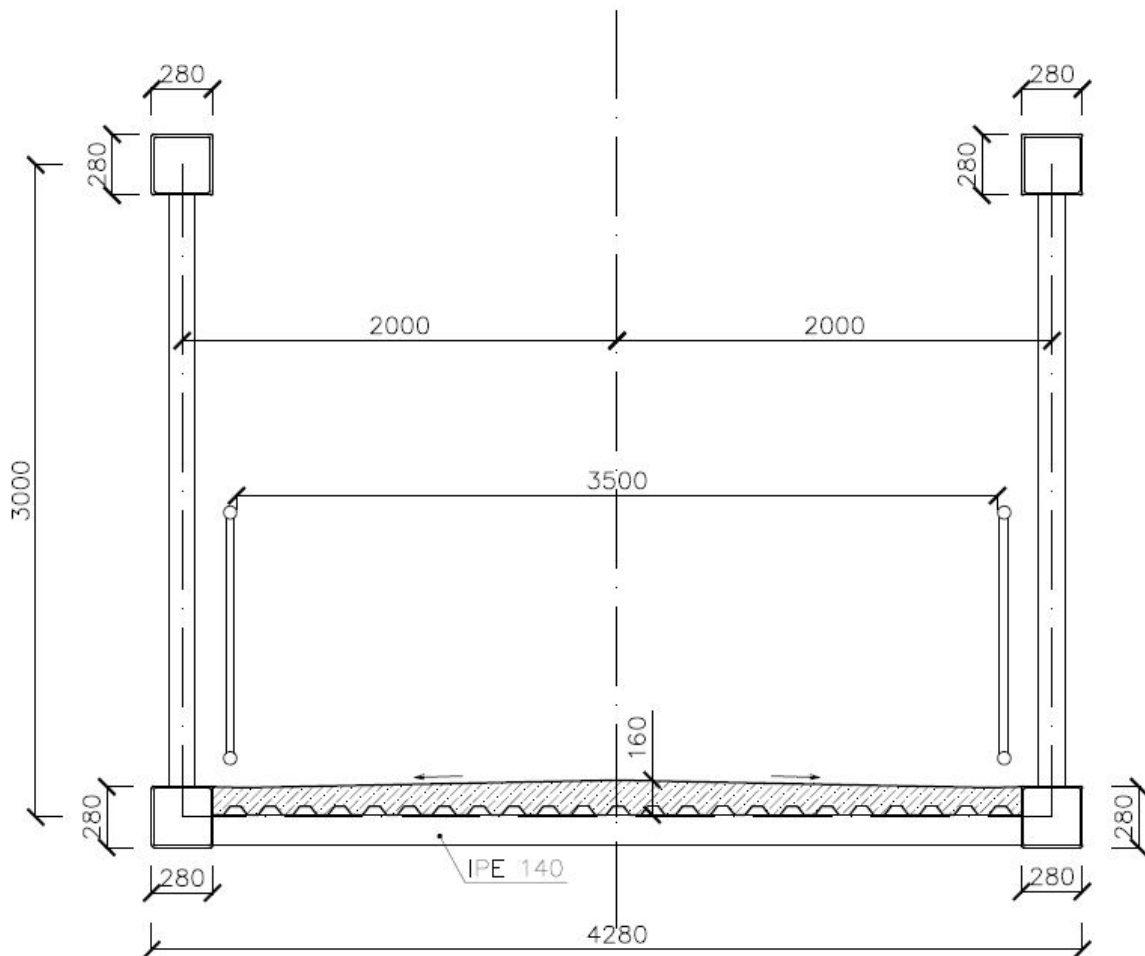
#### Výpočtový model konstrukce

Byl vytvořen 3D model konstrukce v programu Scia Engineer 2015, ve kterém byly spočítány veškeré vnitřní síly, deformace. Obloukové nosníky jsou tvořeny pruty, kloubově uloženy v místech podpor. Mostovka byla modelována jako deska. Příčné ocelové profily tvoří žebra betonové desce.



## 2. Geometrie konstrukce

SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU LÁVKOU  
UPROSTŘED ROZPĚTÍ  
M 1:30



Statický výpočet varianty B

SCHÉMA PODÉLNÝ ŘEZ LÁVKY

M 1:150

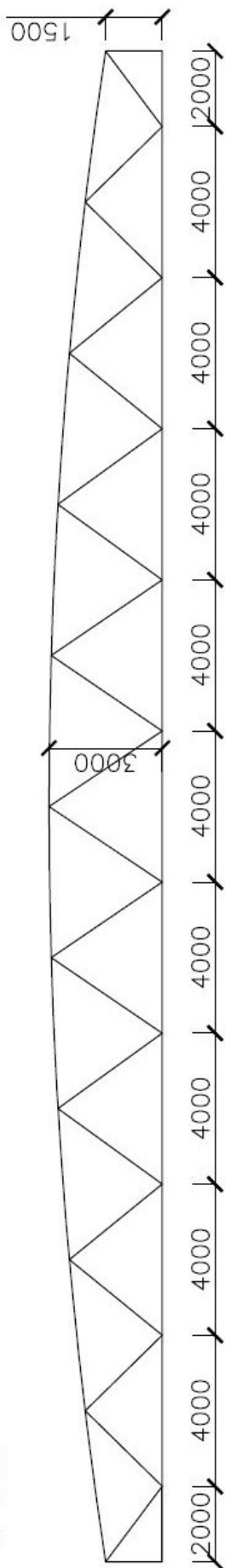
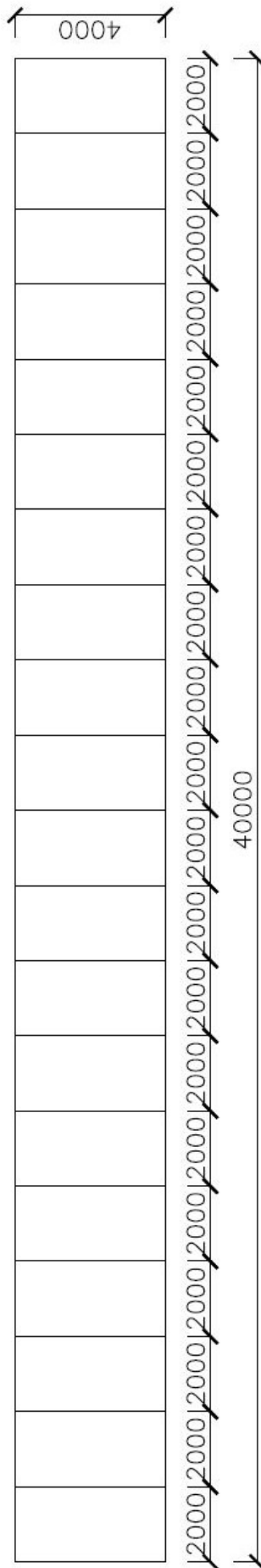


SCHÉMA PŮDORYSU LÁVKY

M 1:150



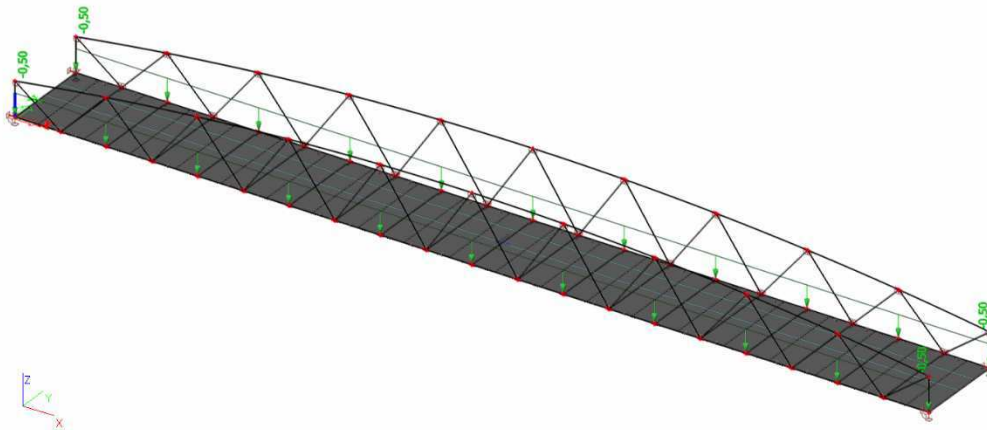
### 3. Stálá zatížení

#### a) Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem Scia Engineer 2015. Ve vlastní tíze je zahrnuta ocelová konstrukce i ŽB deska.

#### b) Ostatní stálé zatížení

-zábradlí:  $g_k=0,5\text{kN/m}$

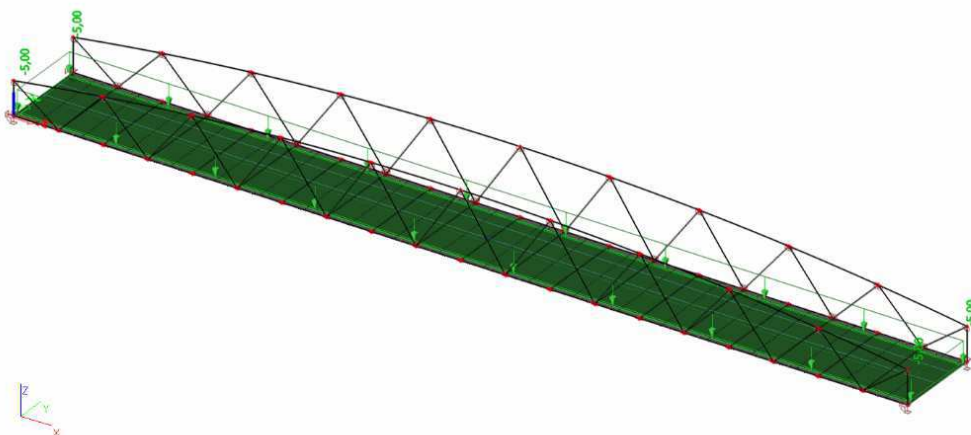


### 4. Proměnná zatížení

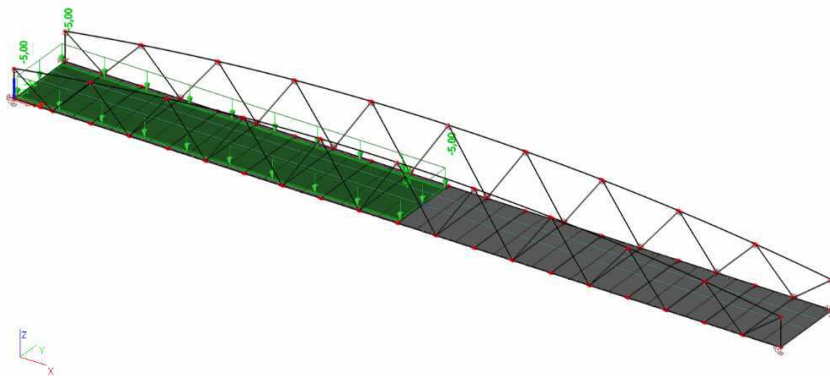
#### a) Chodci

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení je uvažována  $q_{fk} = 5\text{kN/m}^2$ . Toto zatížení bylo uvažováno v několika variantách:

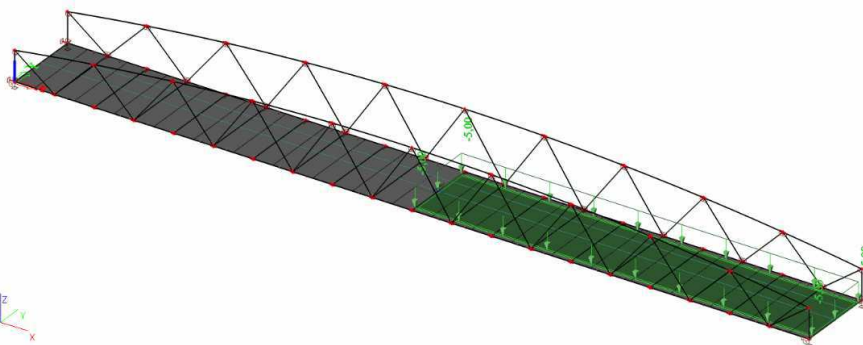
ZS3-plné zatížení



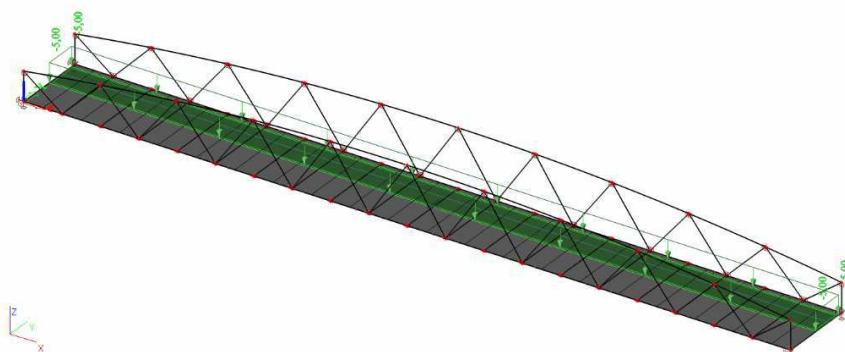
ZS4- zatížení poloviny rozpětí lávky



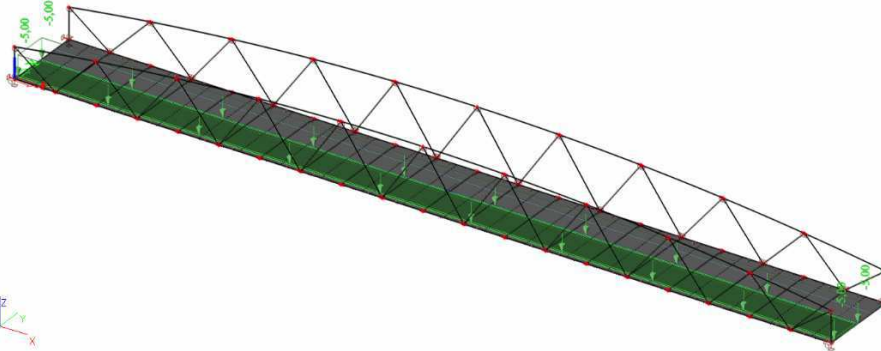
ZS5- zatížení druhé poloviny rozpětí lávky



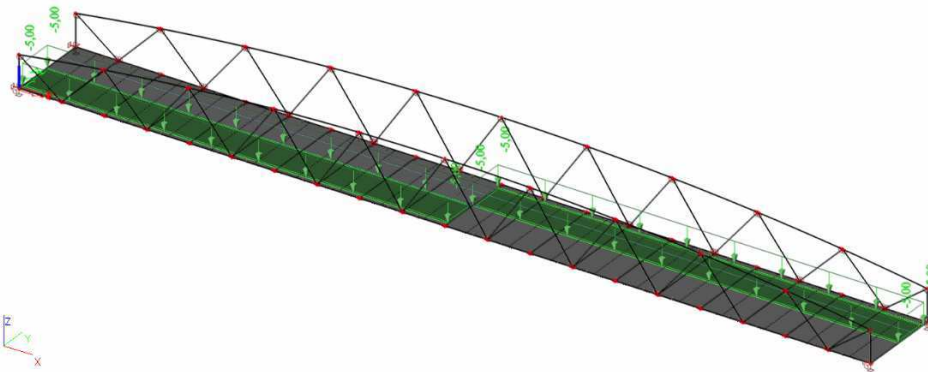
ZS6- zatížení poloviny průchozího prostoru lávky



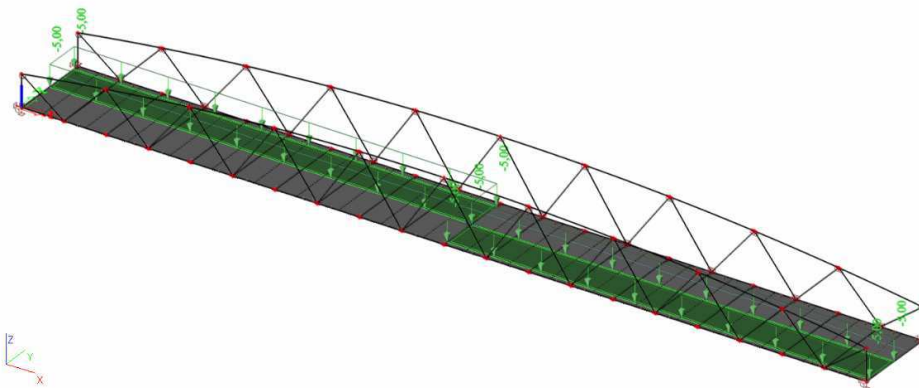
ZS7- zatížení druhé poloviny průchozího prostoru lávky



ZS8- šach1

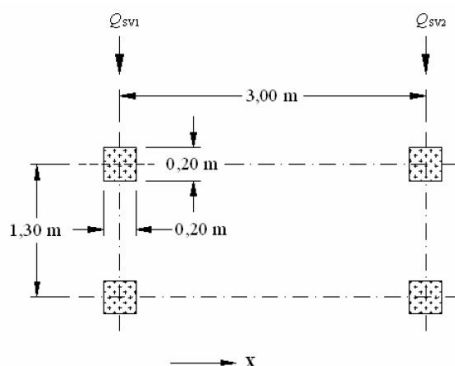


ZS9- šach2



## b) Obslužné vozidlo

Uvažuje se obslužné vozidlo dle normy ČSN EN 1991-1-2, článek 5.6.3. Vozidlo o celkové hmotnosti 12 t. Model dvojnápravy:  $Q_{vs1}=80\text{kN}$ ,  $Q_{vs2}=40\text{kN}$  vzdálených od sebe 3m. Rozvor nápravy je 1,3m.

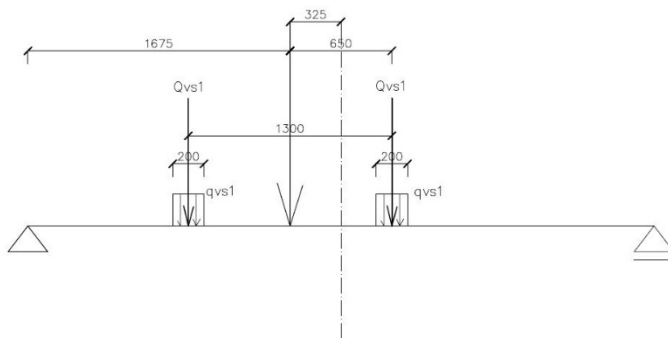


Bylo nutno najít jak maximální globální účinky vozidla na konstrukci tak maximální lokální namáhání pro podélnou a příčnou výztuhu mostovky. Proto bylo uvažováno několik zatěžovacích stavů pro obslužné vozidlo.

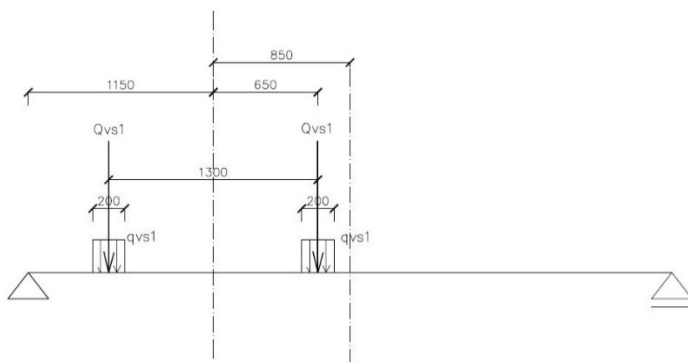
### Poloha obslužného vozidla vzhledem k příčné výztuze

Byly vygenerovány zatěžovací stavy pro polohu vozidla v příčném a podélném směru. V každém podélné poloze vozidla na lávce jsou uvažovány 2 postavení v příčném směru.

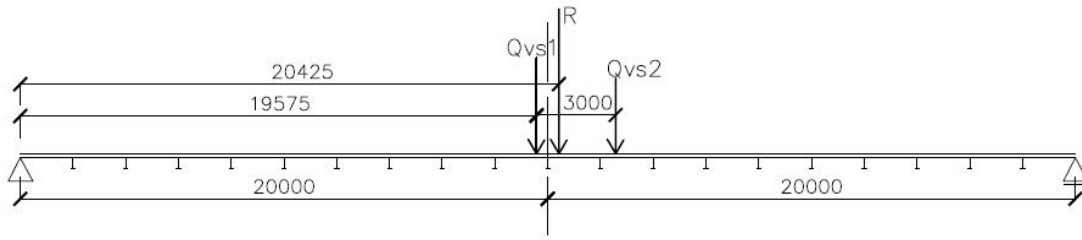
a) příčný směr- maximální posouvající síla



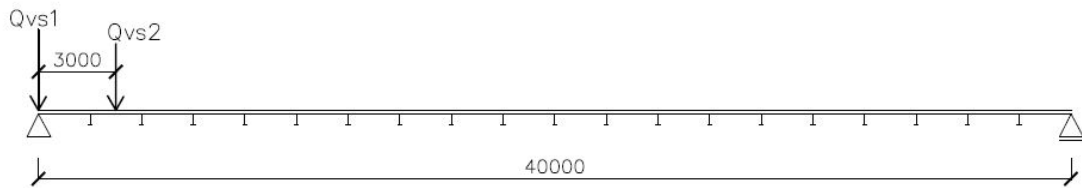
b) příčný směr- maximální ohybový moment



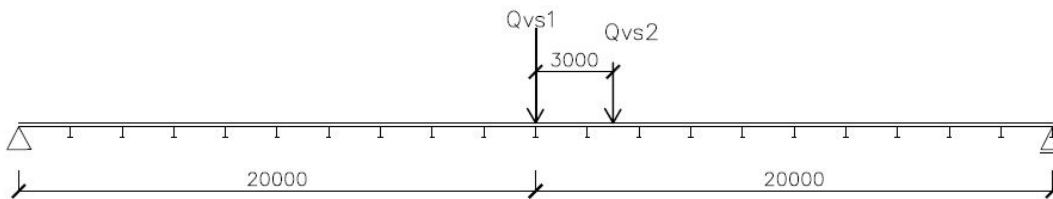
c) podélný směr-globální účinek na konstrukci (zatěžovací stav G1,G2)



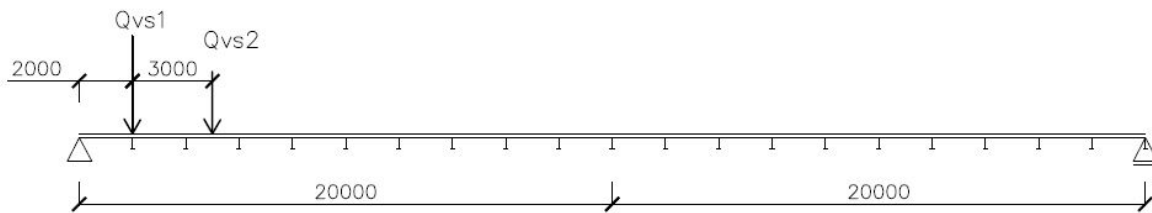
d) podélný směr-globální účinek na podpory (zatěžovací stav G3,G4)



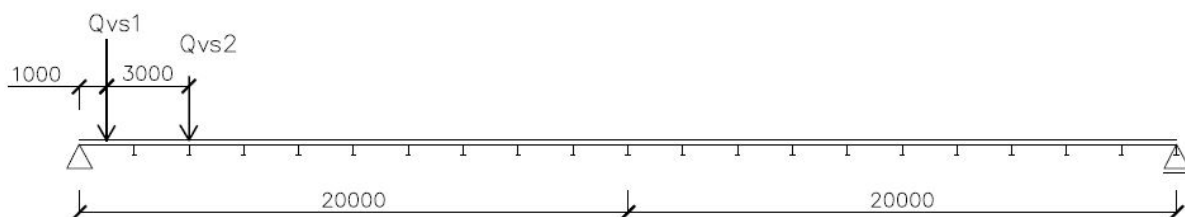
e) podélný směr-lokální účinek na příčnick (zatěžovací stav L1,L2)



f) podélný směr-lokální účinek na příčnick (zatěžovací stav L3,L4)



g) podélný směr-lokální účinek na krajní trám (zatěžovací stav L5,L6)

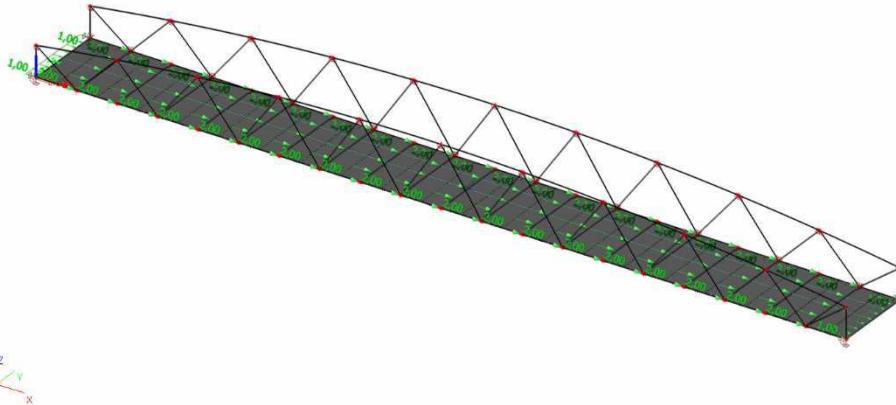


### c) Vodorovné zatížení

$Q_{flk} = \max.$  (10% rovnoměrné zatížení; 60% obslužného vozidla)

Zatížení působí vždy s odpovídajícím svislým zatížením.

gr1:  $q_{flk} = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ kNm}^{-1}$



gr2:  $Q_{flk,1} = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ kN}$        $Q_{flk,2} = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ kN}$

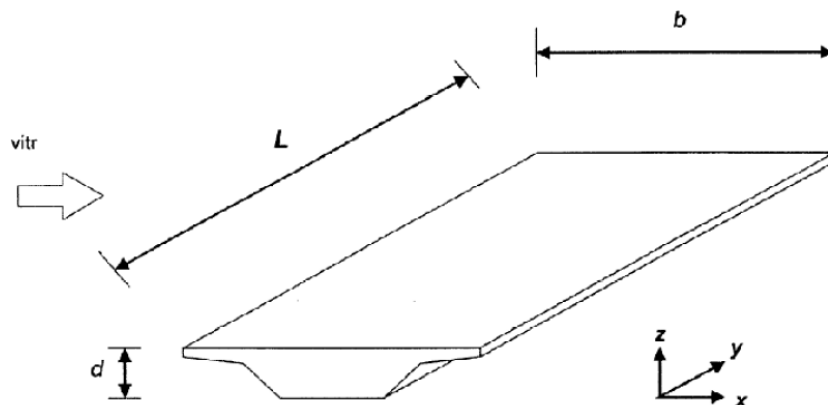
Uvažováno jako osamělá síla spolu s obslužným vozidlem.

### d) Zatížení větrem

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-4-1 - Zatížení mostů-zjednodušený způsob

Lokalita Olomouc- I větrová oblast-  $v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Kategorie terénu- III- předměstský terén



Základní rychlost větru:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{prob} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 0,316 \text{ kNm}^{-2}$$

**Zatížení větrem směr x:**  $z_e=3,8\text{m}$ ,  $z_0=0,3\text{m}$ 

Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

Součinitel drsnosti:

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right) = 0,547$$

Střední rychlost větru:

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,823 = 12,30 \text{ ms}^{-1}$$

Intenzita turbulence větru:

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right)} = 0,394$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m,(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,231] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,51^2 = 0,356 \text{ kNm}^{-2}$$

**Mostovka-** uvažováno prodyšné zábradlí

$$d_{tot} = d + 0,6 = 0,28 + 0,6 = 0,88\text{m} \quad b=4,4\text{m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 5,0 \quad c_{fx} = c_{fx,0} = 1,3$$

$$c_e = \frac{q_{p(z)}}{q_b} = \frac{0,356}{0,316} = 1,12 \quad C = c_e \cdot c_{fx,0} = 1,12 \cdot 1,3 = 1,46$$

$$F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot d_{tot} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,46 \cdot 0,88 = 0,406 \text{ kNm}^{-1}$$

**Příhradový nosník**  $z_e=6,8\text{m}$ 

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,672$$

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,707 = 15,12 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,320$$

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,91^2 = 0,464 \text{ kNm}^{-2}$$

Horní pás-obdélníkový průřez:

$$d=280 \text{ mm}, b=280 \text{ mm}, d/b=1$$

$$c_{f0} = 2,1 \quad c_f = 2,1 \quad \psi_r = 1,0$$

$$F_{w1,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 2,1 \cdot 0,464 \cdot 0,28 = 0,272 \text{ kNm}^{-1}$$

**Diagonály-obdélníkový průřez:**

$$d=120 \text{ mm}, b=80 \text{ mm}, d/b=1,5$$

$$c_{f0} = 1,80 \quad \psi_r = 1,0 \quad c_f = 1,8$$

$$F_{w1,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 1,8 \cdot 0,464 \cdot 0,08 = 0,07 \text{ kNm}^{-1}$$

**Zatížení větrem směr z**

$$c_{fz} = c_{fz,0} = 0,9 \quad C = c_e \cdot c_{fz,0} = 1,12 \cdot 0,9 = 1,01$$

$$F_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,011 = 0,014 \text{ kNm}^{-1}$$

**Zatěžovací stavy od větru**

ZS10-vítr X, Z

ZS11-vítr X,-Z

ZS12- vítr -X,Z

ZS13-vítr -X,-Z

### e) Zatížení teplotou

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-1-5.

II. Typ konstrukce, lokalita Olomouc,  $T_{\min} = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max} = 38^{\circ}\text{C}$ ,  $T_o = 10^{\circ}\text{C}$  (teplota při výstavbě)

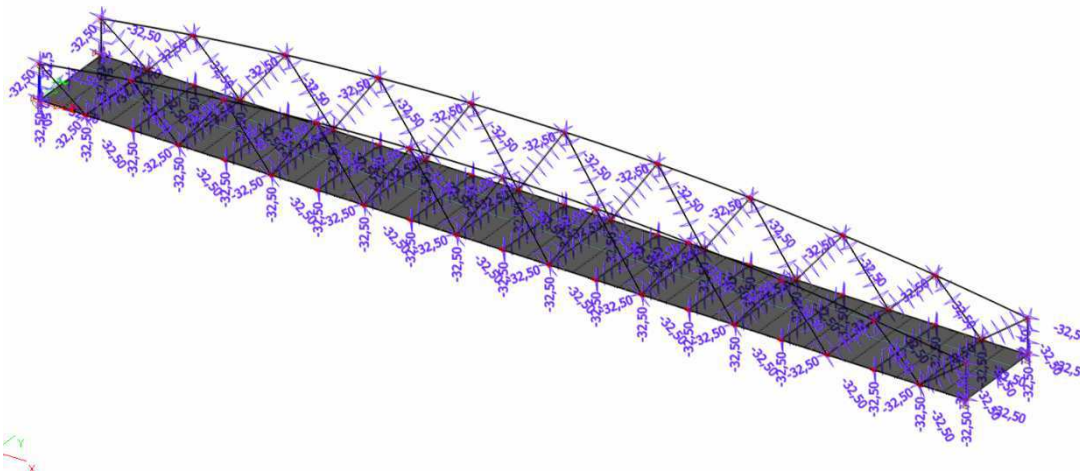
Maximální a minimální rovnoměrná složka teploty:

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 4,5^{\circ}\text{C} = 38 + 4,5 = 42,5^{\circ}\text{C} \quad T_{e,\min} = T_{\min} - 3^{\circ}\text{C} = -30 + 4,5 = -25,5^{\circ}\text{C}$$

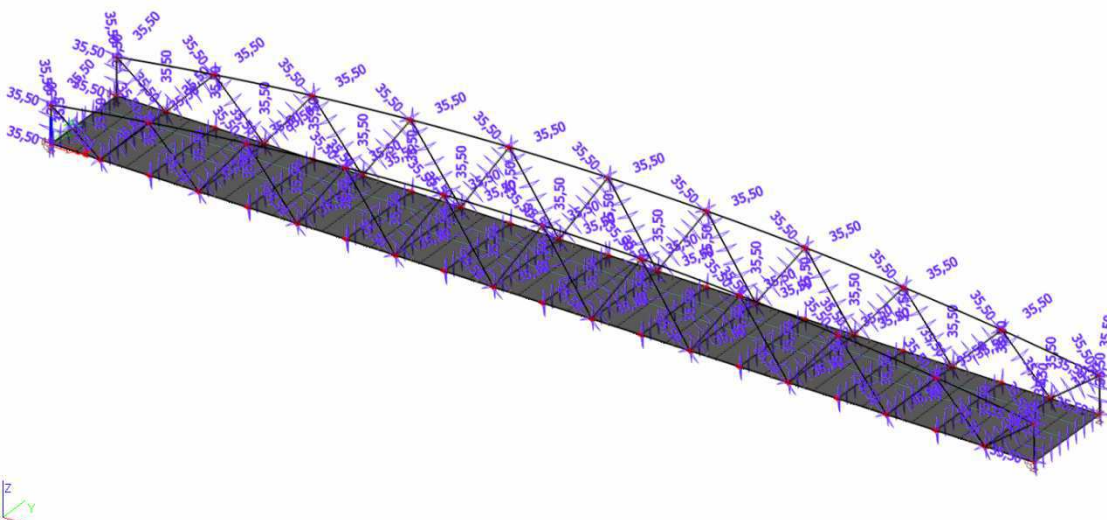
Charakteristická hodnota maximálního prodloužení:  $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_o = 42,5 - 10 = 32,5^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálního zkrácení:  $\Delta T_{N,\text{con}} = T_o - T_{e,\min} = 10 - (-25,5) = 35,5^{\circ}\text{C}$

ZS- prodloužení



ZS- zkrácení



Výpis zatěžovacích stavů:

	Spec	Typ zatížení			
LC1	vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	LG1	-Z	
LC2	ostatní stálé	Stálé Standard	LG1		
LC3	dav lidí-celá Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC4	dav lidí-1/2 lávky Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC5	dav lidí-1/2 lávky Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC6	dav lidí-levá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC7	dav lidí-pravá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC8	šach1 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC9	šach2 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC10	vitr- směr x,z Standard	Proměnné Statické	LG5-Fwk		Krátkodobé
LC11	vitr- směr x,-z Standard	Proměnné Statické	LG5-Fwk		Krátkodobé
LC12	vitr- směr -x,z Standard	Proměnné Statické	LG5-Fwk		Krátkodobé
LC13	vitr- směr -x,-z Standard	Proměnné Statické	LG5-Fwk		Krátkodobé
LC14	vodorovná sňá Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé
LC15	teplota-prodloužení Teplota	Proměnné Statické	LG5		
LC16	teplota-zkrácení Teplota	Proměnné Statické	LG5		
LC17	G1 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC18	G2 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC19	G3 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC20	G4 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC21	L1 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC22	L2 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC23	L3 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC24	L4 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC25	L5 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé
LC26	L6 Standard	Proměnné Statické	LG4-gr2		Krátkodobé

## 5. Kombinace

### Mezní stav únosnosti MSÚ

Kombinace byly vytvořeny podle normy ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A2.4(B) z kombinací 6.10a a 6.10b byla vybrána méně příznivá:

$$6.10a \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{0,1} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$6.10b \quad \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{k,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Dílčí součinitelé spolehlivosti dle přílohy A2:

$\gamma_G = 1,35$  pro nepříznivá zatížení

$\gamma_G = 1,00$  pro příznivá zatížení

$\gamma_Q = 1,35$  nepříznivé zatížení od chodců nebo dopravy

$\gamma_Q = 1,5$  pro ostatní proměnná zatížení (vítr, teplota)

Kombinační součinitelé

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
chodci gr1	0,4	0,4	0
vodorovné zatížení	0	0	0
obslužné vozidlo- gr2	0	0	0
vítr	0,3	0,2	0
sníh	0,8	0	0
teplota	0,6	0,6	0,5

Rozhodující kombinace je se sestavou gr1 (chodci)

### Mezní stav použitelnosti MSP

Byla spočítána charakteristická kombinace dle ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A1.4

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \psi_{0,i} = 1,0$$

Kombinace byly provedeny v programu Scia Engineer 2015

Rozhodující je kombinace je se sestavou gr1( chodci).

## 6. Posouzení prvků

### a) horní pás příhradového nosníku

Vzpěrná délka v rovině nosníku:

Je uvažována jako vzdálenost mezi diagonálami.

$$L_{cr,y} = 4,015m$$

Vzpěrné délky z roviny norníku:

Jsou určeny podle normy ČSN EN1993-2, příloha D, tab. D3.

ocel			
S355	$f_y =$	355	Mpa
	$E =$	210	Gpa
	$G =$	81	Gpa
	$b_q =$	4	m
	$u =$	4	m
	$a =$	2	m
	$b =$	2	m
	$L =$	40	m

	hi/m	di/m	ai/m
1	2,039	2,841	4,015
2	2,459	3,152	
3	2,76	3,393	
4	2,94	3,548	
5	3	3,606	

horní pás	280x280x12,5	
dolní pás	280x280x8	
diagonála	120x80x10	

horní pás:	$I_{pás} =$	1,52E-04	m <sup>4</sup>
	$A_{pás} =$	1,30E-02	m <sup>2</sup>

i	1	2	3	4	5	jednotka
$I_{q,i} =$	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	m <sup>4</sup>
$I_{T,i} =$	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	m <sup>4</sup>
$n_{,i} =$	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	m <sup>3</sup>
$I_{,u} =$	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	m <sup>4</sup>
$I_{d,i} =$	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	m <sup>4</sup>
A=	1549,15	2134,51	2665,44	3043,15	3190,38	kN

$I_{q,r} =$	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	5,41E-06	m <sup>4</sup>
$I_{T,r} =$	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	m <sup>4</sup>
$n_{,r} =$	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	1,85E-05	m <sup>3</sup>
$I_{,u} =$	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03	m <sup>4</sup>
$I_{d,i} =$	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	6,09E-06	m <sup>4</sup>
B=	1549,15	2134,51	2665,44	3043,15	3190,38	kN
D=	2,666667	2,666667	2,666667	2,666667	2,666667	kN
C=	282,29	204,97	164,18	143,82	137,19	kN

c=	70,30827	51,05141	40,89269	35,82151	34,16986	kN/m
$\gamma$	5,63E+03	4,09E+03	3,28E+03	2,87E+03	2,74E+03	
m=	1,52E+01	1,30E+01	1,16E+01	1,09E+01	1,06E+01	
NE=	196,9578	196,9578	196,9578	196,9578	196,9578	kN
Ncr=	2998,13	2554,76	2286,49	2140,03	2090,11	kN
Lcr=	10,26	11,11	11,75	12,14	12,29	m
$\lambda$ =	1,240683	1,344035	1,420695	1,468508	1,485941	
$\phi$ =	1,524614	1,683503	1,808258	1,889043	1,919066	
$\chi$ =	0,414817	0,370743	0,341655	0,32496	0,319134	
NbRdi	1914,38	1710,98	1576,74	1499,69	1472,81	kN

$$NbRd \quad 1472,81 \text{ kN} \quad > \quad N_{ED,max} = \quad 2953 \quad \text{kN}$$

- hi      výška nosníku v daném bodě
- di      délka diagonály
- ai      délka horního pásu mezi styčníky
- $I_q$     moment setrvačnosti příčnicku
- $I_T$     tuhost v prostém kroucení-dolní pás
- $I_U$     moment setrvačnosti dolního pásu z roviny ohybu
- $I_d$     moment setrvačnosti diagonály z roviny ohybu
- index l    levá strana
- index r    pravá strana

Vzpěrná délka pro vyboření z roviny horní pásu nosníku je uvažována v modelu konstrukce:  $L_{cr,z} = 12,29 \text{ m}$

Posudek horního pásu

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Výběr : B1,B2  
Třída : Všechny MSU

**EN 1993-1-1 posudek**

Národní dodatek: Česká ČSN-EN NA

**Prvek B1 40,150 m QRO280X12.5 S 355 CO1/1 0,93 -**

**Dílcí souč. spolehlivost**

Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

**Materiál**

Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**...:POSUDEK PRŮŘEZU:...**

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	19,40
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,75

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

**Kritický posudek v místě 22.333 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	-1582,30	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,07	kN
V <sub>z,Ed</sub>	2,62	kN
T <sub>Ed</sub>	-0,33	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	3,88	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	-1,44	kNm

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,3000e-02	m <sup>2</sup>
N <sub>c,Rd</sub>	4615,00	kN
Jedn. posudek	0,34	-

**Posudek ohybového momentu pro M<sub>y</sub>**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W <sub>pl,y</sub>	1,2870e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>pl,y,Rd</sub>	456,88	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

**Posudek ohybového momentu pro M<sub>z</sub>**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W <sub>pl,z</sub>	1,2870e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>pl,z,Rd</sub>	456,88	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek smyku pro V<sub>y</sub>**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

E <sub>t</sub>	1,20	
A <sub>w</sub>	6,5000e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,y,Rd</sub>	1332,24	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek smyku pro V<sub>z</sub>**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

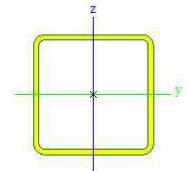
E <sub>t</sub>	1,20	
A <sub>w</sub>	6,5000e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	1332,24	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau <sub>t,Ed</sub>	0,2	MPa
Tau <sub>t,Rd</sub>	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Jméno	oblouk
Typ	QRO280X12.5
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m <sup>2</sup> ]	1,3000e-02	
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	6,4826e-03	6,4826e-03
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,5220e-04	1,5220e-04
I <sub>w</sub> [m <sup>4</sup> ], t [m <sup>4</sup> ]	1,7927e-06	2,4460e-04
W <sub>el y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0900e-03	1,0900e-03
W <sub>pl y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,2870e-03	1,2870e-03
d <sub>y, z</sub> [mm]	0	0
c <sub>YUSS, ZUSS</sub> [mm]	140	140
α [deg]	0,00	
A <sub>L, D</sub> [m <sup>3</sup> /m]	1,0800e+00	2,0753e+00
M <sub>pl y, z</sub> +, - [Nm]	4,57e+05	4,57e+05
M <sub>pl z, z</sub> +, - [Nm]	4,57e+05	4,57e+05

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

MN <sub>y,Rd</sub>	390,31	kNm
Alfa	1,91	
MN <sub>z,Rd</sub>	390,31	kNm
Beta	1,91	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,00 + 0,00 = 0,00 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**...:POSUDEK STABILITY:...**

**Klasifikace pro návrh délce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	19,40
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,17

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh délce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčnic	neposuvné	posuvné	
Systémová délka l	4,015	40,150	m
Součinitel vzpěru k	1,00	0,31	
Vzpěrná délka l <sub>cr</sub>	4,015	12,290	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	19568,73	2088,48	kN
Štíhlost Lambda	37,11	113,58	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	0,49	1,49	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,93	0,38	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	4285,83	1745,31	kN

**Posudek rovinného vzpěru**

Průřezová plocha A	1,3000e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1745,31	kN
Jedn. posudek	0,91	-

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká obdélníkové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

**Poznámka:** Průřez se týká obdélníkové trubky 'h' / b < 10 / Lambda<sub>rel,z</sub>.

Tento průřez není náchylný ke klopení.

**Posudek ohybu a osového tlaku**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,3000e-02	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	1,2870e-03	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu W <sub>pl,z</sub>	1,2870e-03	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N <sub>Ed</sub>	1582,30	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>y,Ed</sub>	25,12	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>z,Ed</sub>	-1,46	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N <sub>Rk</sub>	4615,00	kN
Charakteristická momentová únosnost M <sub>y,Rk</sub>	456,88	kNm
Charakteristická momentová únosnost M <sub>z,Rk</sub>	456,88	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,93	
Redukční součinitel Chi,z	0,38	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k <sub>yy</sub>	0,44	
Interakční součinitel k <sub>yz</sub>	0,93	
Interakční součinitel k <sub>zy</sub>	0,27	
Interakční součinitel k <sub>zz</sub>	1,55	

Statický výpočet varianty B

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B1 pozice 20,075 m.  
Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B1 pozice 21,831 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Výsledný typ zatížení y	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,y}$	25,12	kNm
Moment v poli $M_{s,y}$	3,55	kNm
Součinitel $\alpha_{s,y}$	0,14	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,y}$	0,99	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,y}$	0,40	
Posuvnost styčniců z	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,z}$	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	25,12	kNm
Součinitel $\alpha_{s,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,LT}$	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,LT}$	0,95	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,37 + 0,02 + 0,00 = 0,40 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,91 + 0,01 + 0,00 = 0,93 -

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

## b) Diagonála

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Výběr : Pojmenovaný výběr - Výběr  
Třída : Všechny MSU

### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

**Prvek B49 2,841 m RHS120/80/10.0 S 355 CO1/2 0,55 -**

Díleč souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	9,00
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,17

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{y,Ed}$	-437,88	kN
$V_{y,Ed}$	-0,56	kN
$V_{z,Ed}$	0,31	kN
$T_{,Ed}$	0,25	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	1,28	kNm

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	3,4900e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	1238,95	kN
Jedn. posudek	0,35	-

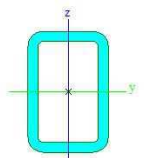
### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,z}$	9,5429e-05	m <sup>3</sup>
$M_{pl,z,Rd}$	33,88	kNm
Jedn. posudek	0,04	-

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Jméno	diagonála	
Typ	RHS120/80/10.0	
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	*	
		
A [m <sup>2</sup> ]	3,4900e-03	
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,3701e-03	2,0551e-03
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	6,0900e-06	3,1300e-06
I <sub>w</sub> [m <sup>4</sup> ], t [m <sup>4</sup> ]	7,6800e-09	6,8800e-06
W <sub>el y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0200e-04	7,8100e-05
W <sub>pl y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,2793e-04	9,5429e-05
d <sub>y, z</sub> [mm]	0	0
c <sub>YUSS, ZUSS</sub> [mm]	40	60
α [deg]	0,00	
A <sub>L, D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,7400e-01	6,8550e-01
M <sub>pl y, z</sub> - [Nm]	4,54e+04	4,54e+04
M <sub>pl z, z</sub> - [Nm]	3,39e+04	3,39e+04

Eta	1,20	
Av	1,3960e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	286,12	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek smyku pro Vz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,0940e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	429,18	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	1,6	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

MN,z,Rd	25,96	kNm
Jedn. posudek	0,05	-

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**....:POSUDEK STABILITY:....**

**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	9,00
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,17

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,841	2,841	m
Součinitel vzpěru k	1,00	0,79	
Vzpěrná délka lcr	2,841	2,240	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	1563,55	1292,57	kN
Štíhlost Lambda	68,02	74,81	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	0,89	0,98	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,74	0,68	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	917,30	842,76	kN

**Posudek rovinného vzpěru**

Průřezová plocha A	3,4900e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	842,76	kN
Jedn. posudek	0,52	-

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká obdélníkové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

**Posudek ohybu a osového tlaku**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Interakční metoda		alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	3,4900e-03		m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	1,2793e-04		m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	9,5429e-05		m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	437,88		kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	0,22		kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	1,23		kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	1238,95		kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	45,42		kNm

Statický výpočet varianty B

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	33,88	kNm
Redukční součinitel $\chi_{i,y}$	0,74	
Redukční součinitel $\chi_{i,z}$	0,68	
Redukční součinitel $\chi_{i,LT}$	1,00	
Interakční součinitel $k_{yy}$	1,25	
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,44	
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,76	
Interakční součinitel $k_{zz}$	0,74	

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B49 pozice 1,421 m.  
Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B49 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Výsledný typ zatížení y	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,y}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,y}$	0,22	kNm
Součinitel $\alpha_{h,y}$	0,00	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,y}$	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,y}$	0,95	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,z}$	1,28	kNm
Moment v poli $M_{s,z}$	0,52	kNm
Součinitel $\alpha_{h,z}$	0,41	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,z}$	-0,14	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,z}$	0,53	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	0,22	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,LT}$	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,LT}$	0,95	

Jednotkový posudek (6.61) =  $0,48 + 0,01 + 0,02 = 0,50$

Jednotkový posudek (6.62) =  $0,52 + 0,00 + 0,03 = 0,55$

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

### c) Posouzení krajního nosníku

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Vběr : B3,66  
Třída : Všechny MSU

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

Prvek B6 40,000 m QRO280X8 S 355 CO1/4 0,49 -

Dílicí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na stabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál	
Mez kluzu $f_y$	355,0 MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0 MPa
Výroba	Válcovaný

#### ...:POSUDEK PRŮŘEZU:...

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

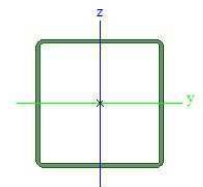
Maximální poměr šířky a tloušťky	32,00
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,59

=> průřez klasifikován jako třída 3 pro návrh průřezu.

#### Kritický posudek v místě 2.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-231,45	kN
$V_{y,Ed}$	1,47	kN
$V_{z,Ed}$	-1,08	kN
$T_{Ed}$	5,84	kNm
$M_{y,Ed}$	0,51	kNm
$M_{z,Ed}$	5,01	kNm

Jméno	krajní trám
Typ	QRO280X8
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m <sup>2</sup> ]	8,5400e-03	
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,2681e-03	4,2681e-03
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,0430e-04	1,0430e-04
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,1474e-06	1,6350e-04
W <sub>el y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	7,4500e-04	7,4500e-04
W <sub>pl y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	8,6500e-04	8,6500e-04
d <sub>y, z</sub> [mm]	0	0
c <sub>YUSS, ZUSS</sub> [mm]	140	140
α [deg]	0,00	
A <sub>L, D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,0900e+00	2,1346e+00
M <sub>ply +, -</sub> [Nm]	3,07e+05	3,07e+05
M <sub>plz +, -</sub> [Nm]	3,07e+05	3,07e+05

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	8,5400e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	3031,70	kN
Jedn. posudek	0,08	-

**Posudek ohybového momentu pro My**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,y,min	7,4500e-04	m <sup>3</sup>
Mel,y,Rd	264,48	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek ohybového momentu pro Mz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,z,min	7,4500e-04	m <sup>3</sup>
Mel,z,Rd	264,48	kNm
Jedn. posudek	0,02	-

**Posudek smyku pro Vy**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,2700e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	875,18	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek smyku pro Vz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,2700e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	875,18	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	4,9	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, úsové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.2 a rovnice (6.42)

Normálová napětí		
Vlákno	7	
Sigma,N,Ed	27,1	MPa
Sigma,My,Ed	0,6	MPa
Sigma,Mz,Ed	6,7	MPa
Sigma,tot,Ed	34,4	MPa
Jedn. posudek	0,10	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**...:POSUDEK STABILITY:...:**

**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	32,00
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,18

=> průřez klasifikován jako třída 3 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,000	2,000	m
Součinitel vzpěru k	10,00	0,70	
Vzpěrná délka Lcr	20,000	1,400	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	540,43	110292,83	kN
Štíhlost Lambdacr	180,97	12,67	
Poměrná štíhlost Lambdacr,rel	2,37	0,17	
Mezní štíhlost Lambdacr,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	

Statický výpočet varianty B

Parametry vzpěru	yy	zz	
Redukční součinitel $\chi_{1i}$	0,16	1,00	
Únosnost na vzpěr $N_b, R_{Ed}$	492,68	3031,70	kN

Posudek rovinného vzpěru	
Průřezová plocha A	8,5400e-03 m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr $N_b, R_{Ed}$	492,68 kN
Jedn. posudek	0,47

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká obdélníkové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

**Poznámka:** Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b < 10 / Lambda<sub>rel,z</sub>'.  
Tento průřez není náchylný ke klopení.

**Posudek ohybu a osového tlaku**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	8,5400e-03	m <sup>2</sup>
Průhový modul průřezu $W_{el,y}$	7,4500e-04	m <sup>3</sup>
Průhový modul průřezu $W_{el,z}$	7,4500e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla $N_{Ed}$	231,45	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	0,95	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	5,01	kNm
Charakteristická tlaková únosnost $N_{Rk}$	3031,70	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	264,48	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	264,48	kNm
Redukční součinitel $\chi_{1,y}$	0,16	
Redukční součinitel $\chi_{1,z}$	1,00	
Redukční součinitel $\chi_{1,LT}$	1,00	
Interakční součinitel $k_{yy}$	1,15	
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,77	
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,92	
Interakční součinitel $k_{zz}$	0,77	

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B6 pozice 1,250 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B6 pozice 2,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčniců y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{my}$	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů $\Psi_{1,z}$	0,41	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz}$	0,77	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{1,y,LT}$	0,51	kNm
Moment v poli $M_{1,s,LT}$	0,93	kNm
Součinitel $\alpha_{1,y,LT}$	0,55	
Poměr koncových momentů $\Psi_{1,LT}$	0,02	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{m,LT}$	0,98	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,47 + 0,00 + 0,01 = 0,49 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,08 + 0,00 + 0,01 = 0,09 -

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

Pozn.: Dimenze krajního trámu a diagonál jsou navrženy s ohledem na dostatečnou tuhost polorámu, tudíž jejich využití je malé.

### d) Posouzení příčnicku

Ocel S355                      beton C20/25

$f_y=355\text{MPa}$                        $f_{ck}=20\text{MPa}$

$E=210\text{GPa}$                        $E_{c,m}=30\text{GPa}$

$G=81\text{GPa}$                        $\alpha_{cc}=0,85$

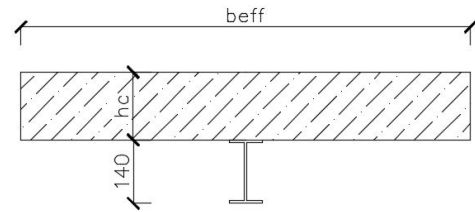
$A_a=1640\text{ mm}^2$                        $h_c=150\text{mm}$

$I_y=5,41 \cdot 10^{-6}\text{mm}^4$

$I_z=4,49 \cdot 10^{-7}\text{mm}^4$

$h_a=140\text{mm}$

$L=4,0\text{m}$



$$f_{c,d} = \alpha_{cc} \frac{f_{c,k}}{\gamma_m} = 0,85 \cdot \frac{20}{1,5} = 11,33\text{MPa}$$

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní, Žebro / integrační pás

Výběr : B81

Třída : Všechny MSU

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B81	příčnick - IPE140	0,000	CO1/2	-41,27	-25,00	74,76	11,35	-4,89	-43,72
B81	příčnick - IPE140	2,000	CO1/9	26,11	0,00	0,00	0,00	45,37	1,95
B81	příčnick - IPE140	3,750	CO1/2	23,33	-491,56	-51,91	-8,59	12,33	44,04
B81	příčnick - IPE140	0,250	CO1/1	23,17	490,85	52,12	8,78	12,42	44,30
B81	příčnick - IPE140	4,000	CO2/20	-26,52	15,88	-80,24	-7,01	-4,88	-26,34
B81	příčnick - IPE140	0,000	CO2/16	-25,31	-17,38	127,50	7,60	-7,16	-27,17
B81	příčnick - IPE140	3,500	CO2/17	5,58	-104,03	-38,02	-15,61	21,09	15,14
B81	příčnick - IPE140	0,500	CO2/17	7,88	109,04	44,14	16,19	25,16	14,13
B81	příčnick - IPE140	2,250	CO2/20	15,46	-17,90	-7,63	0,65	57,00	11,41
B81	příčnick - IPE140	0,000	CO1/1	-39,43	-25,34	75,24	11,94	-4,83	-45,62

Efektivní šířka:

$$b_{eff} = b_0 + 2 \cdot b_e = 0 + 2 \cdot \frac{L}{8} = 2 \cdot \frac{4}{8} = 1,00\text{m}$$

Plastická neurální osa:

$$z_{p,l} = \frac{A_a \cdot f_{y,d}}{b_{eff} \cdot f_{c,d}} = \frac{1640 \cdot 355}{1000 \cdot 11,33} = 51,37\text{mm} \leq h_c = 150\text{mm}$$

Plastická neutrální osa leží v betonové části průřezu.

$$r = \frac{180}{2} + \left(150 - \frac{68}{2}\right) = 194,3\text{ mm}$$

$$M_{p,l} = N_c \cdot r = f_{c,d} \cdot A_c \cdot r = 11,33 \cdot 10^6 \cdot 0,068 \cdot 1,1 \cdot 0,1943 = 113,13\text{kNm}$$

$$M_{p,l} = 113,13\text{kNm} \geq M_{Ed} = 57\text{kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh spřažení:  $d_1=19\text{mm}$ ,  $d_2=32\text{mm}$ ,  $h=75\text{mm}$ ,  $h_{sc}=75\text{mm}$

$$h_{s,c} = 75\text{mm} \geq 3 \cdot d_1 = 3 \cdot 19 = 57\text{mm}$$

$$\frac{h_{s,c}}{d} = 3,94 < 4 \Rightarrow \alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h_{s,c}}{d} + 1\right) = 0,99$$

$$P_{R,d,1} = \frac{0,8 \cdot f_{u,v} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}}{\gamma_v} = \frac{0,8 \cdot 235 \cdot \pi \cdot \frac{19^2}{4}}{1,25} = 42,6kN$$

$$P_{R,d,2} = \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{c,k} \cdot E_{c,m}}}{\gamma_v} = \frac{0,29 \cdot 0,99 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{20 \cdot 30000}}{1,25} = 64,2kN$$

$$P_{R,d} = \min\{P_{R,d,1}; P_{R,d,2}\} = 42,6kN$$

Trapézový plech TR40/160 bo=51mm, ep=160mm, hp=40mm

$$s_{\min} = 5 \cdot d_1 = 95mm \quad s_{\max} = 22 \cdot t_f \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 22 \cdot 8 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 178,99mm$$

Plné spřažení:  $s_{\max} \leq 4 \cdot h_c = 4 \cdot 150 = 600mm \leq 800mm$

$$N_{c,f} = A_c \cdot f_{c,d} = 51,37 \cdot 1000 \cdot 11,33 = 582,2kN$$

Nutný počet trnů:  $\frac{N_{c,f}}{P_{R,d}} = \frac{582,2}{42,6} = 13,66 \cong 14$  trnů

Vzdálenost trnů:  $s=125$  mm  $\frac{L}{2} = 2000$  mm

Počet trnů na polovině nosníku: 16 trnů  $\geq 14$  trnů

Plné spřažení vyhoví.

### e) Posouzení betonové desky

Vnitřní síly

Beton C20/25

výztuž B500B

$f_{c,k}=20$ MPa

$f_{yk}=500$ MPa

$f_{ctm}=2,2$ MPa

$$f_{c,d} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_m} = \frac{20}{1,5} = 13,33MPa \quad f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} = \frac{500}{1,15} = 434,78MPa$$

Krytí dolní povrch (trapézový plech):  $c=10$ mm

Krytí horní povrch:  $c_{\min} = \max\{c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10mm\} = \max\{10; 35; 10\} = 35mm$

$$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45mm \leq c = 45mm$$

### Posouzení v poli (dolní výztuž)

#### Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní, Žebro / Integrovaný pás  
Vyběr : CM1  
Třída : Všechny MSU

Prvek	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
CM1	39,184	CO2/28	-48,62	0,75	13,27	0,09	2,20	-1,12
CM1	20,408	CO1/1	539,01	-0,31	0,51	0,01	7,23	1,02
CM1	40,000	CO2/18	13,55	-24,36	-17,08	-1,86	0,33	-2,93
CM1	22,041	CO1/3	173,10	22,13	0,31	-0,72	2,77	-9,35
CM1	38,367	CO2/16	40,09	5,81	-13,56	-2,88	12,09	-1,40
CM1	40,000	CO2/17	13,46	-4,18	-15,10	3,92	0,36	2,96
CM1	38,367	CO2/28	-7,67	2,65	6,03	0,33	-0,53	0,51
CM1	20,408	CO2/29	354,13	-0,44	-1,00	0,66	18,92	-1,02
CM1	9,796	CO1/30	94,71	12,88	-0,19	1,05	2,45	-14,31
CM1	17,959	CO1/31	285,75	-0,64	-0,33	-0,01	2,69	4,81

$h=150\text{mm}$ ,  $d_1=15\text{mm}$ ,  $d=150\text{mm}$ ,  $b=1\text{m}$

Návrh výztuže:

$$A_{st,req} = b \cdot d \cdot \frac{f_{c,d}}{f_{y,d}} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{E,d}}{b \cdot d^2 \cdot f_{c,d}}} \right) =$$

$$1,0 \cdot 0,15 \cdot \frac{13,33}{434,78} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,92 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 0,15^2 \cdot 13,33 \cdot 10^3}} \right) = 2,99 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$$

Návrh  $\varnothing 12$  po 300mm :  $A_{s,l} = 3,73 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \geq A_{s,req} = 2,99 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{y,k}} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2}{500} \cdot 1,0 \cdot 0,132 = 1,51 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,006 \text{m}^2$$

$$A_{s,min} \leq A_{s,l} \leq A_{s,max}$$

$$A_{s,min} = 1,51 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \leq A_{s,l} = 3,73 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \leq A_{s,max} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{y,d}}{0,8 \cdot b_{eff} \cdot f_{c,d}} = \frac{3,73 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 16,66 \cdot 10^6} = 12,2 \text{mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - x}{x} \cdot \varepsilon_{cu3} = \frac{132 - 12}{12} \cdot 3,5 = 34,5 > \varepsilon_{yd} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{y,d} \cdot \left( d - \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) = 3,73 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot \left( 0,132 - \frac{0,8 \cdot 0,0122}{2} \right) = 20,62 \text{kNm}$$

$$M_{Rd} = 20,62 \text{kNm} \geq M_{Ed} = 18,92 \text{kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Posouzení nad příčником:** (horní výztuž)

Návrh konstrukčně:  $\varnothing 10$  po 300mm  $A_{s,l} = 2,59 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{y,k}} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2}{500} \cdot 1,0 \cdot 0,132 = 1,51 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,006 m^2$$

$$A_{s,min} \leq A_{s,l} \leq A_{s,max}$$

$$A_{s,min} = 1,51 \cdot 10^{-4} m^2 \leq A_{s,l} = 2,59 \cdot 10^{-4} m^2 \leq A_{s,max} = 6,0 \cdot 10^{-3} m^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{y,d}}{0,8 \cdot b_{eff} \cdot f_{c,d}} = \frac{2,59 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 16,66 \cdot 10^6} = 8,44 mm$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - x}{x} \cdot \varepsilon_{cu3} = \frac{100 - 8,44}{9,4} \cdot 3,5 = 38,0 > \varepsilon_{yd} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{y,d} \cdot \left( d - \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) = 3,73 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6 \cdot \left( 0,100 - \frac{0,8 \cdot 0,00844}{2} \right) = 10,88 kNm$$

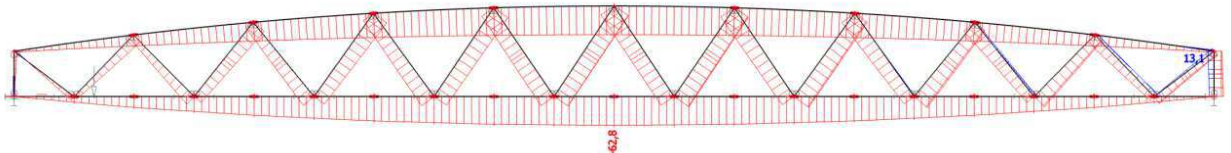
$$M_{Rd} = 10,88 kNm \geq M_{Ed} = 0,53 kNm \quad \text{vyhovuje}$$

## 7. Mezní stav použitelnosti

Limitní svislý průhyb konstrukce:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{40000}{400} = 100 mm$$

Vypočítaný průhyb:  $\delta_{max} = 62,8 mm \leq \delta_{lim} = 100 mm$  **VYHOVUJE**



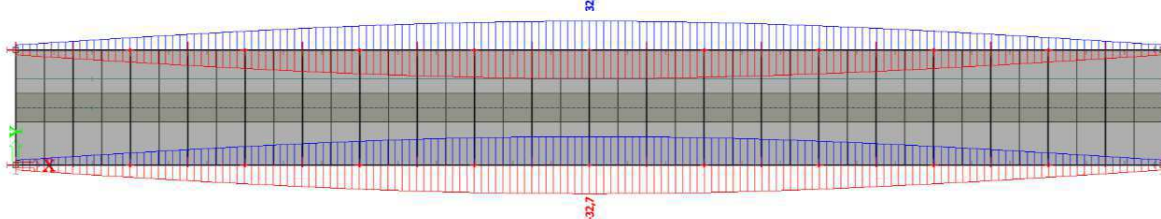
Limitní vodorovný průhyb konstrukce:

Vypočítaný průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{40000}{300} = 80 mm$$

**VYHOVUJE**

$$\delta_{max} = 32,8 mm \leq \delta_{lim} = 80 mm$$



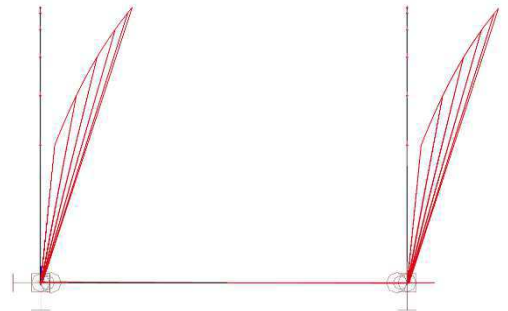
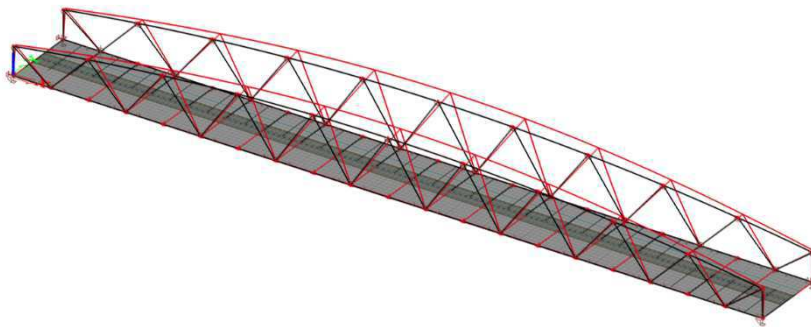
## 8. Vlastní frekvence

Bylo vypočítáno prvních 6 vlastních tvarů kmitů konstrukce lávky:

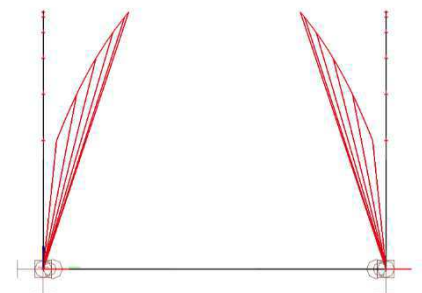
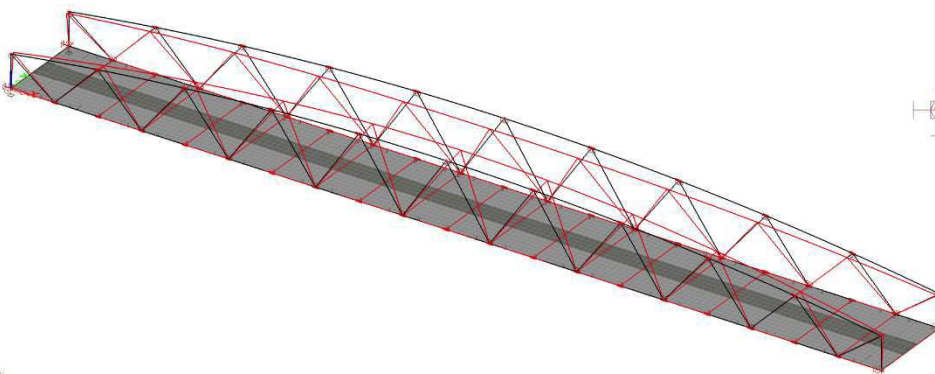
### Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
<b>Kombinace hmot : CM1</b>				
1	1,62	10,16	103,26	0,62
2	1,63	10,26	105,33	0,61
3	3,16	19,88	395,41	0,32
4	3,56	22,40	501,66	0,28
5	3,58	22,47	504,94	0,28
6	4,33	27,21	740,51	0,23

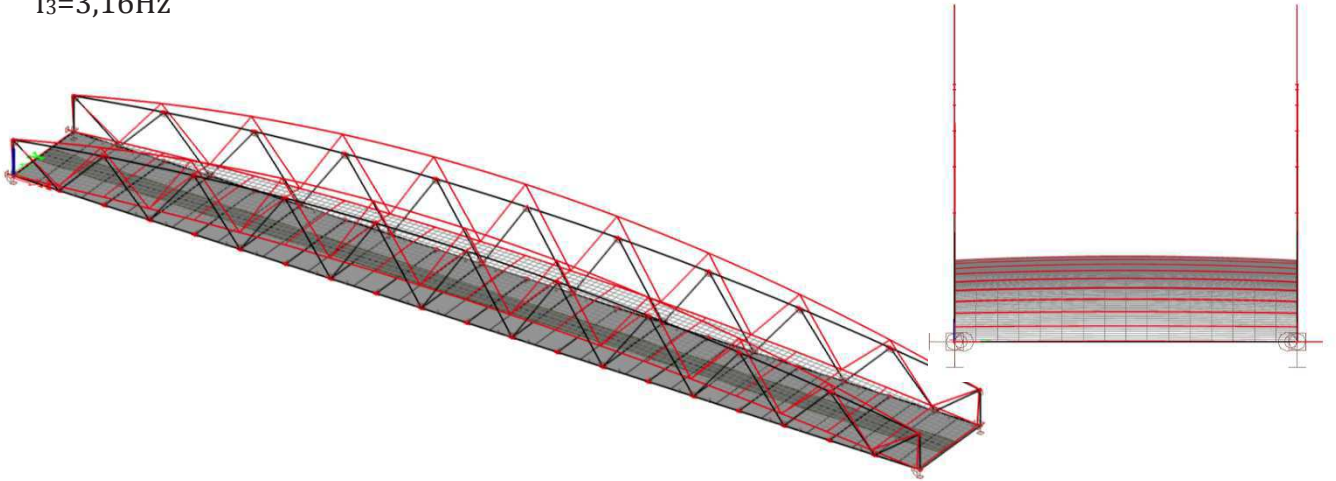
$f_1=1,62\text{Hz}$



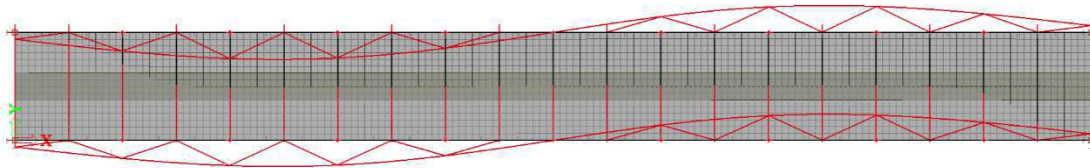
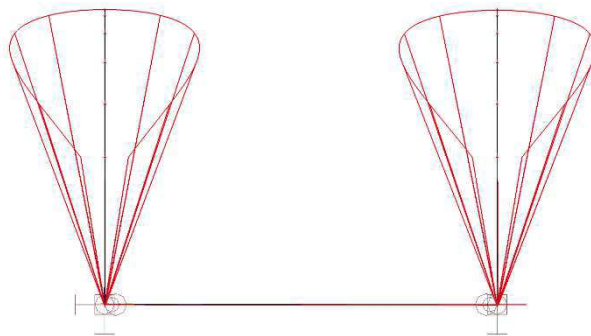
$f_2=1,63\text{Hz}$



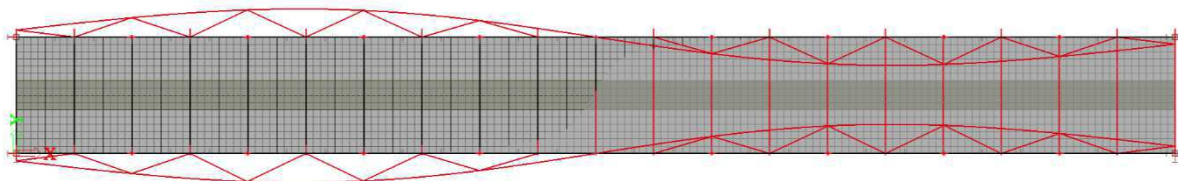
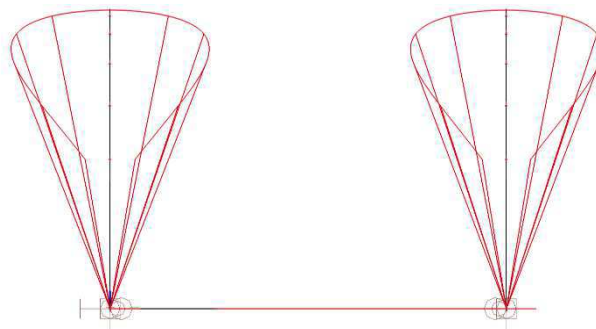
$f_3=3,16\text{Hz}$



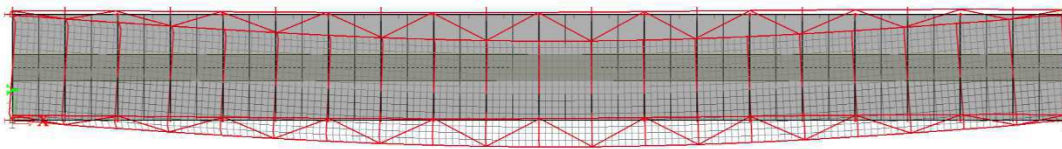
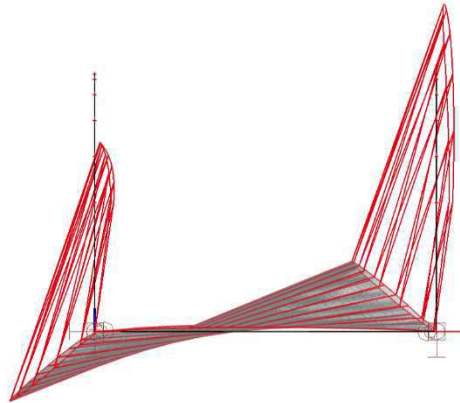
$f_4=3,56\text{Hz}$



$f_5=3,58\text{Hz}$



$f_6=4,33\text{Hz}$



Podle normy ČSN EN 1990, příloha A, článek A2.4.3.2 mají být základní frekvence nosné konstrukce na lávce pro pěší:

Pro svislé kmitání lávky  $f \geq 5\text{Hz}$

$f_3=3,16 < 5\text{Hz}$  nevyhovuje

Pro vodorovné kmitání lávky  $f \geq 2,5\text{ Hz}$

$f_6=4,33 > 2.5\text{ Hz}$  vyhovuje

Svislá vlastní frekvence nevyhovuje dané normě, proto by byl nutný podrobný dynamický výpočet konstrukce, který není předmětem této práce.

## Hodnocení variant

### Hmotnost konstrukce:

Varianta A: Celkem:38,172t

Varianta B: Celkem: 76,8 t

### Výroba a montáž:

Varianta A: Oblouková lávka je pro výrobu a montáž velmi náročná.

Varianta B: Příhradová lávka je pro výrobu i montáž méně náročná než oblouková lávka.

### Dynamika konstrukce:

Varianta A: Vlastní frekvence obloukové lávky jsou v mezích platných norem, tudíž není nutný podrobný dynamický výpočet z hlediska dynamického chování lávky na účinky chodců.

Varianta B: Svislé vlastní frekvence lávky spadají do intervalu, při kterém může dojít k rozkmitání lávky. Je proto nutný podrobný dynamický výpočet lávky na účinky chodců.

### Architektonické hledisko:

Varianta A: Z hlediska tvaru mírně skloněné parabolické oblouky lávky lépe zapadají do zastavěného území.

Varianta B: Příhradové nosníky byly navrženy bez podružných svislic ve snaze o co nejlepší vzhled konstrukce, i přes to příhradová konstrukce s obloukovým horním pásem méně zapadá do přilehlého zastavěného území v Olomouci.

Porovnání variant

kritéria		Varianta A	Varianta B
cena	hmotnost	35,44 t	76,8 t
	cena	160 Kč/kg	120 Kč/kg
	váha	0,4	0,4
	hodnocení	1	2
výroba a montáž	váha	0,2	0,2
	hodnocení	2	1
dynamika konstrukce	váha	0,2	0,2
	hodnocení	1	2
architektonické hledisko	váha	0,2	0,2
	hodnocení	1	2
celkem		1,2	1,8

Jako nejvýhodnější varianta byla vybrána varianta A.

## Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1991-2- Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí teplotou
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí- boulení stěn
- [7] ČSN EN 1993-2 Ocelové mosty
- [8] Král J. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010.

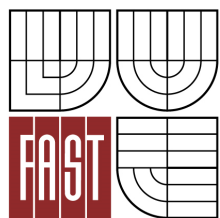
## Internetové zdroje

- [9] táhla Macollay [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.tension.cz>
- [10] HRNCOVÁ LOŽISKA [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.freyssinet.cz>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE LÁVKY

THE STEEL STRUCTURE OF A FOOT-BRIDGE

## STATICKÝ VÝPOČET VARIANTY A

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

*DIPLOMA THESIS*

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2016

## Obsah

1. Úvod .....	1
a) Popis konstrukce .....	1
b) Obloukové nosníky .....	1
c) Krajiní trámy .....	1
d) Mostovka .....	1
e) Závěsy .....	1
f) Zavětrování oblouku .....	1
g) Uložení lávky .....	1
2. Geometrie konstrukce .....	2
3. Výpočtový model konstrukce .....	4
4. Stálá zatížení .....	4
a) Vlastní tíha .....	4
b) Ostatní stálé zatížení .....	4
5. Proměnná zatížení .....	5
a) Chodci .....	5
b) Obslužné vozidlo .....	7
c) Vodorovné zatížení .....	11
d) Zatížení větrem .....	11
e) Zatížení teplotou .....	16
Výpis zatěžovacích stavů a skupin zatížení .....	17
6. Kombinace .....	18
Mezní stav únosnosti MSÚ .....	18
Mezní stav použitelnosti MSP 6.14b .....	18
7. Dimenzování .....	19
f) Parabolický oblouk .....	19
g) Táhlo- závěs mostovky .....	22
h) Táhlo- zavětrování .....	22
i) trám mostovky .....	23
j) Příčné ztužidlo .....	25
k) Posouzení mostovky .....	26
Návrh podélné výztuhy: .....	26
Posouzení boulení mezi podélnými výztuhami .....	28

Posouzení podélné výztuhy .....	28
Návrh příčné výztuhy:.....	30
Lokální boulení příčné výztuhy.....	31
Posouzení příčné výztuhy.....	31
8. Spoje.....	32
Přípoj táhel ke krajnímu trámu .....	32
9. Mezní stav použitelnosti .....	34
10. Vlastní frekvence konstrukce .....	35
11. Aeroelastické jevy .....	37
Odtrhávání víru- nejdelší táhlo .....	37
Galloping- nejdelší táhlo .....	37
Odtrhávání víru- závěsy- nejkratší táhlo .....	38
Galloping- nejkratší táhlo .....	38
12. Návrh ložisek.....	39

## 1. Úvod

Předmětem statického výpočtu je výpočet a posouzení ocelové lávky pro pěší-VARIANTY A.

### a) Popis konstrukce

Ze statického hlediska se jedná o konstrukci o jednom poli tvořenou tuhým obloukem s dolní ocelovou ortotropní mostovkou. Rozpětí lávky je 40,00m.

### b) Obloukové nosníky

Jsou tvořeny dvěma ocelovými parabolickými oblouky se vzepětím 4,2m. Oblouky jsou navzájem k sobě skloněné z každé strany o 0,5 m. Rozpětí oblouků je shodné s rozpětím lávky a to 40,00m. Oblouky jsou uloženy kloubově.

### c) Krajiní trámy

Jsou modelovány jako pruty svařovaného obdélníkového průřezu a jsou otočeny kolem své podélné osy x, tak že spolu s parabolickým obloukem leží v jedné rovině.

### d) Mostovka

Jedná se ortotropní ocelovou mostovku tvořenou příčnými a podélnými příčníky, která je přivařena je dvěma podélným krajiním nosníkům obdélníkového tvaru. Rozpětí mostovky bylo navrženo tak aby byl dodržen požadavek průchodné šířky 3,5m na lávce. Ortotropní mostovka byla modelována jako rovinná deska (bez příčných a podélných sklonů).

### e) Závěsy

Jsou realizovány systémem Macalloy.

### f) Zavětrování oblouku

Je provedeno příčně orientovanými ocelovými trubkami doplněnými táhly.

### g) Uložení lávky

Lávka je uložena u opěry č. 1 na jednom neposuvném ložisku a druhém posuvném v příčném směru. Na straně opěry č. 2 jsou obě ložiska posuvná v podélném směru a jedno je posuvné i ve směru příčném.



Statický výpočet varianty A

SCHÉMA PODÉLNÝ ŘEZ LÁVKOU M 1:180

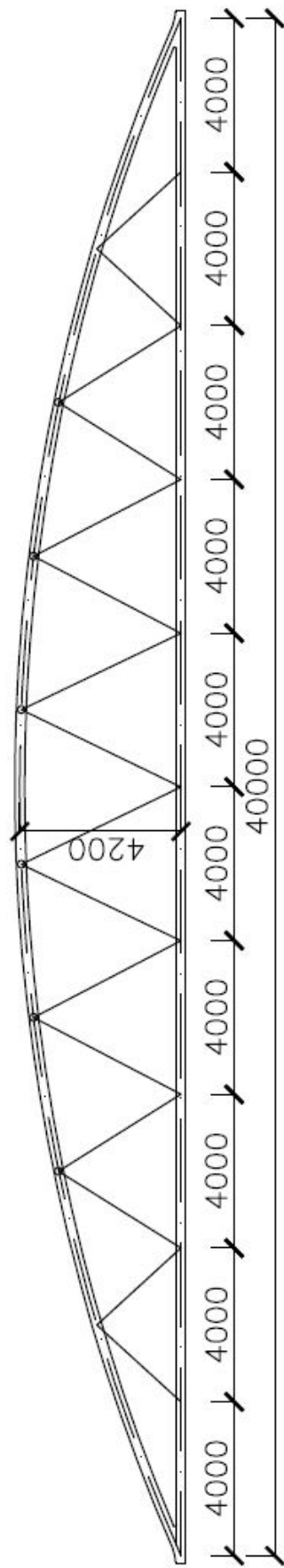
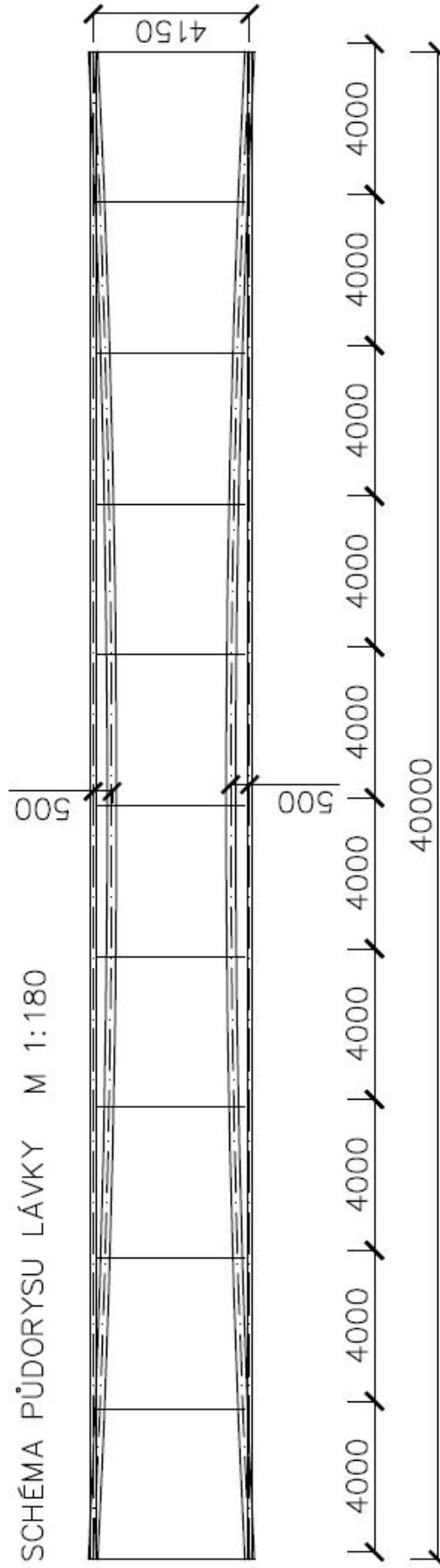


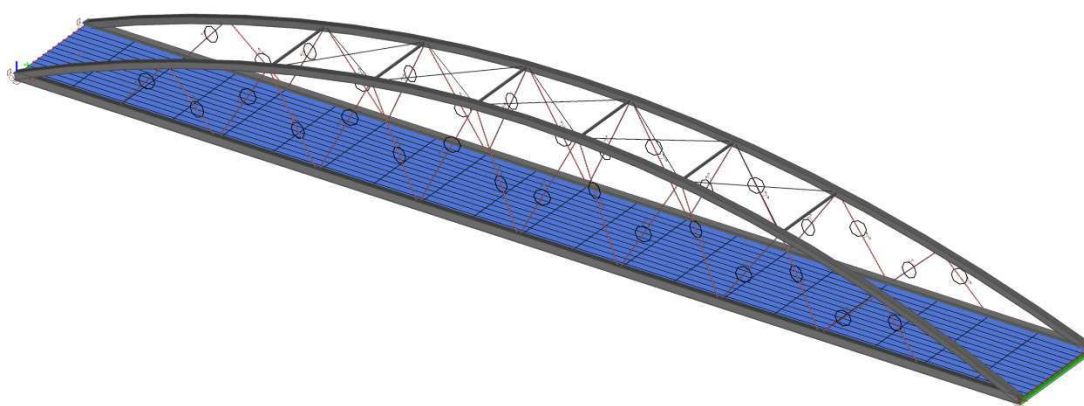
SCHÉMA PŮDORYSU LÁVKY M 1:180



### 3. Výpočtový model konstrukce

Byl vytvořen 3D model konstrukce v programu Scia Engineer 2015, ve kterém byly spočítány veškeré vnitřní síly, napětí, deformace a vlastní frekvence. Obloukové nosníky jsou tvořeny pruty, kloubově uloženy v místech podpor. Mostovka byla modelována jako rovinná deska (bez příčných a podélných sklonů), jejíž žebra jsou tvořeny příčnými a podélnými výztuhami. Krajiní nosníky mostovky jsou modelovány jako pruty. Závěsy lávky jsou tvořeny pruty, kterým je nastavena lokální nelinearita-vyloučení tlaku, stejným způsobem jsou modelovány táhla pro zavětrování parabolických oblouků.

Ve výpočtovém modelu byly vytvořeny náběhy v délce 2m u pat ocelových oblouků a náběhy krajních trámů v délce 1,3m od podpor.



### 4. Stálá zatížení

#### a) Vlastní tíha

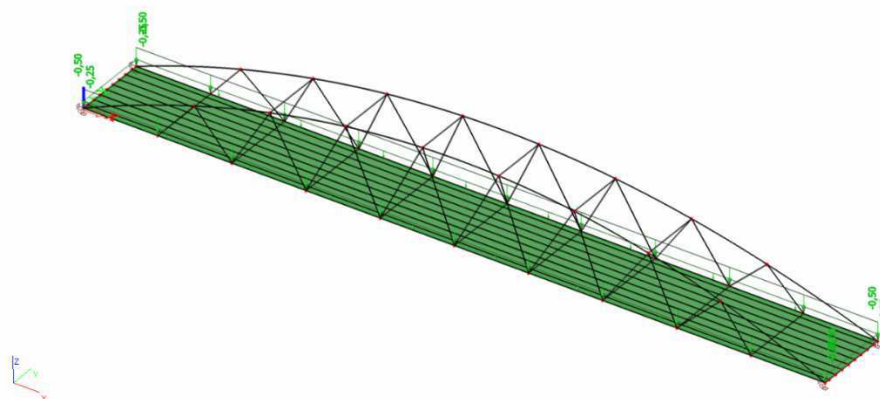
Vlastní tíha je generována programem Scia Engineer 2015.

#### b) Ostatní stálé zatížení

-pochozí izolace TARCO QUBIC :  $t = 8 \text{ mm}$

$$g_k = 0,008m \cdot 22kNm^{-3} = 0,176 kNm^{-2}$$

-zábradlí:  $g_k = 0,5 kNm^{-1}$

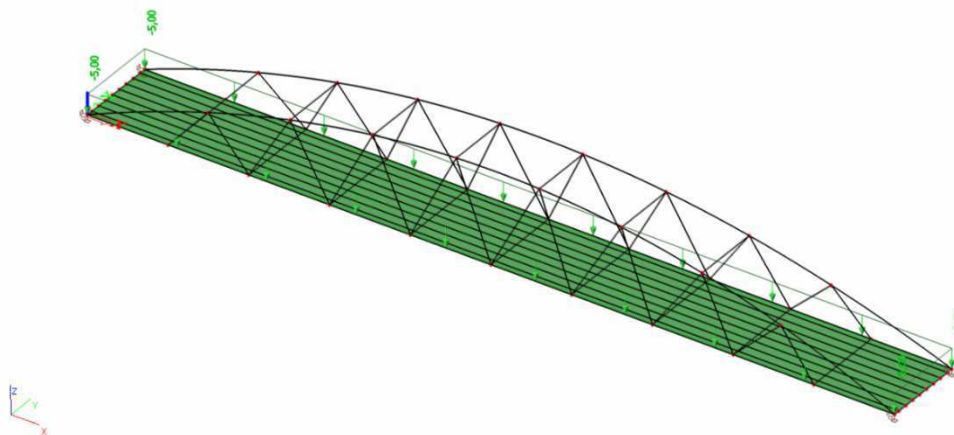


## 5. Proměnná zatížení

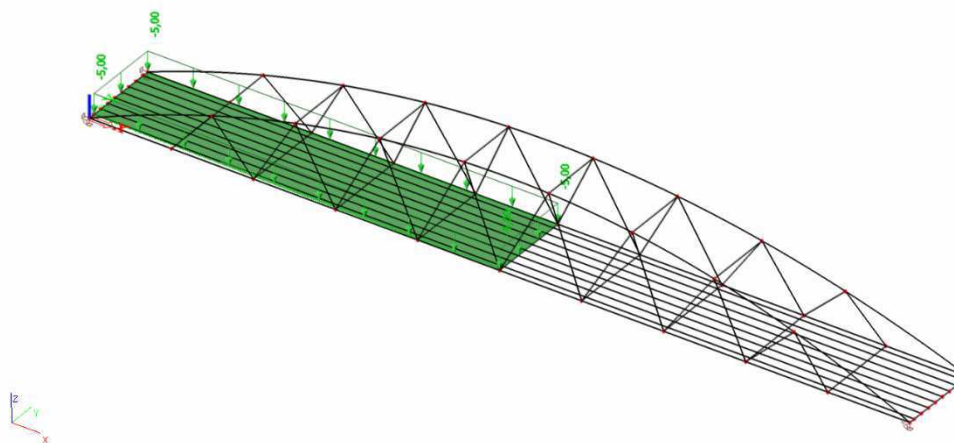
### a) Chodci

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení je uvažována  $q_{fk} = 5\text{kN/m}^2$ . Toto zatížení bylo uvažováno v několika variantách. Spolu s chodci působí vodorovné zatížení zábradlí  $1\text{kN/m}$ , které je v modelu vyjádřeno spojitým ohybovým momentem v hodnotě  $1,3\text{kNm}$ .

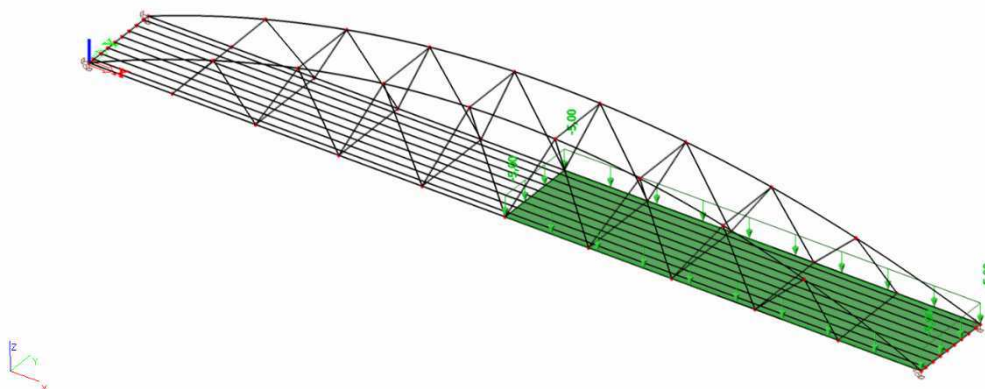
ZS3-plné zatížení lávkou chodci



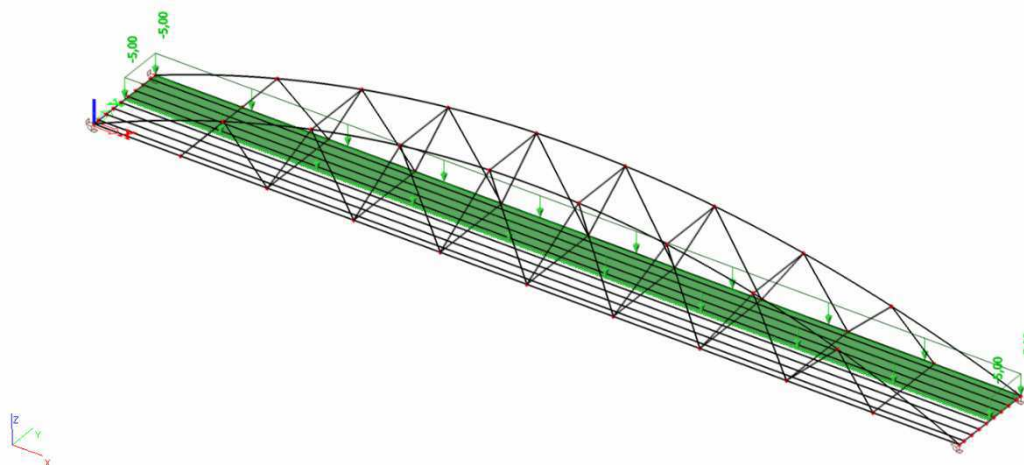
ZS4- zatížení poloviny rozpětí lávky chodci



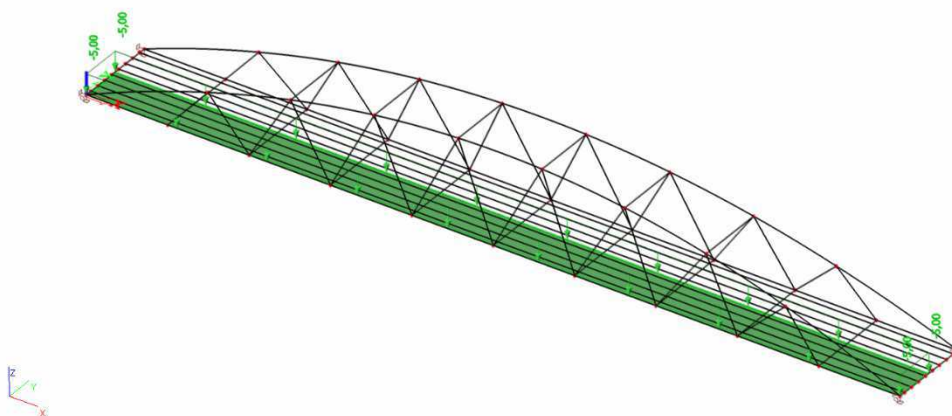
ZS5- zatížení druhé poloviny rozpětí lávky chodci



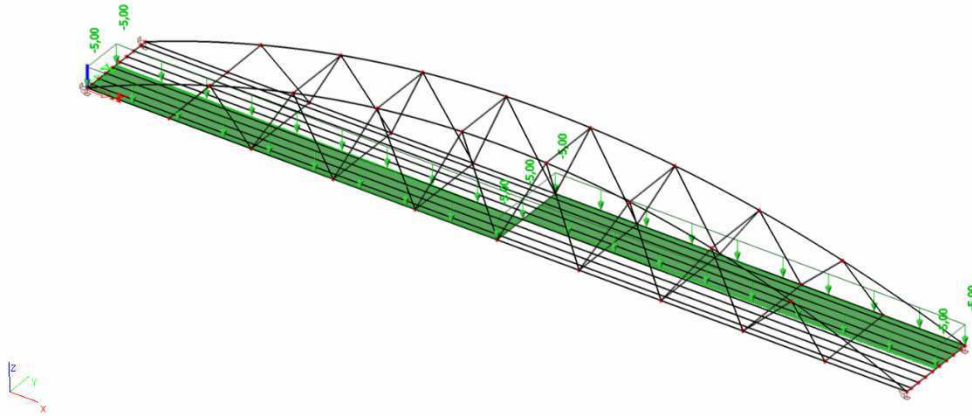
ZS6- zatížení poloviny průchozího prostoru lávky



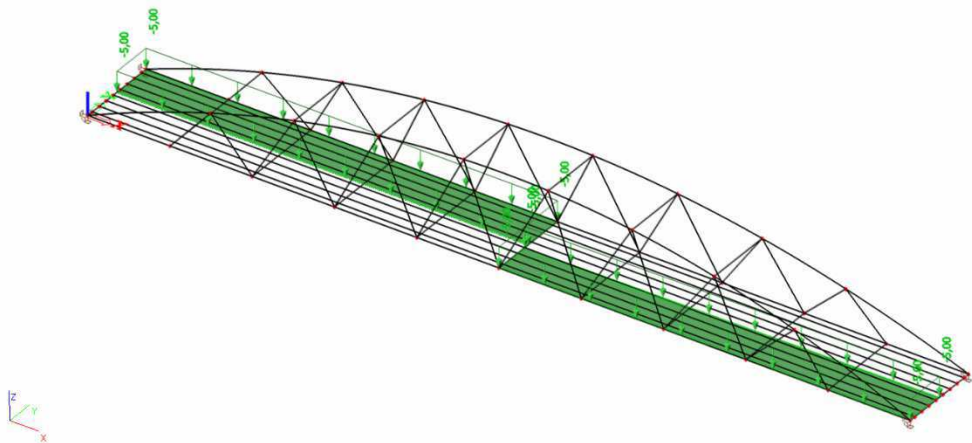
ZS7- zatížení druhé poloviny průchozího prostoru lávky



ZS8- šach1

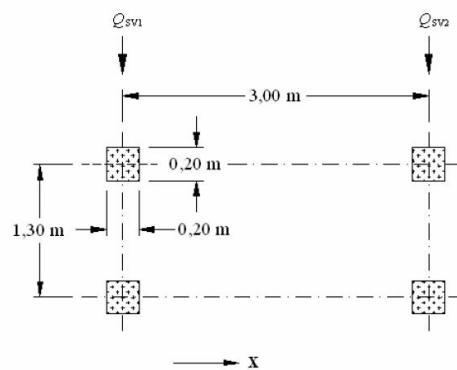


ZS9- šach2



**b) Obslužné vozidlo**

Uvažuje se obslužné vozidlo dle normy ČSN EN 1991-1-2, článek 5.6.3. Vozidlo o celkové hmotnosti 12 t. Model dvojnápravy:  $Q_{sv1}=80\text{kN}$ ,  $Q_{sv2}=40\text{kN}$  vzdálených od sebe 3m. Rozvor nápravy je 1,3m.



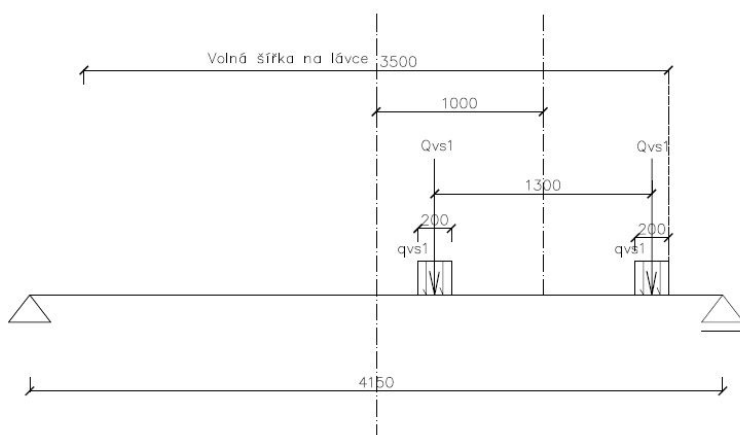
Statický výpočet varianty A

Vzhledem k výpočtu nelineárních kombinací bylo nutno najít jak maximální globální účinky vozidla na konstrukci tak maximální lokální namáhání pro podélnou a příčnou výztuhu mostovky. Proto bylo uvažováno několik zatěžovacích stavů pro obslužné vozidlo. Poloha obslužného vozidla byla určena pomocí příčinkových čar v podélném a příčném směru na prutovém modelu mostovky v programu Scia Engineer 2015.

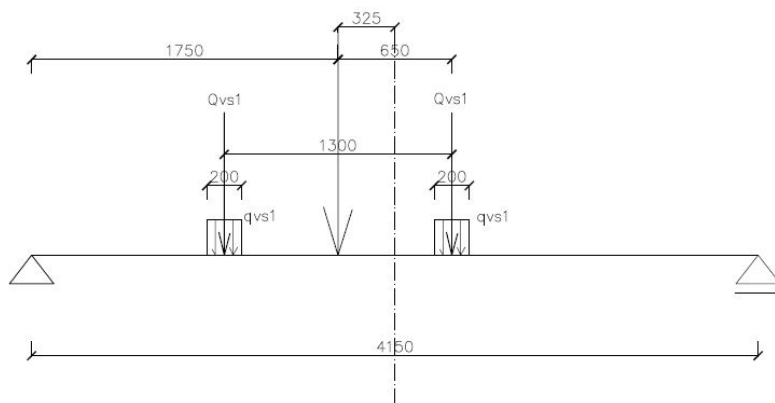
**Poloha obslužného vozidla vzhledem k příčné výztuze**

Bylo vytvořeno zatěžovací stavy pro polohu vozidla v příčném a podélném směru. V každém podélné poloze vozidla na lávce jsou uvažovány 2 postavení v příčném směru .

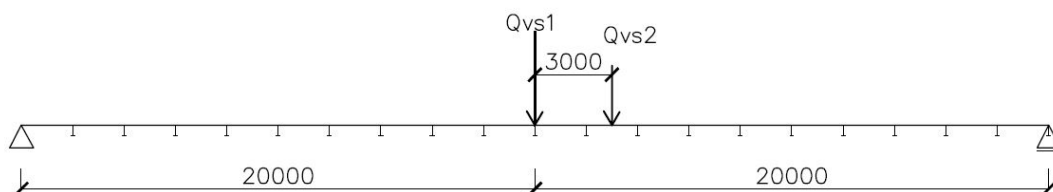
a) příčný směr- maximální posouvající síla



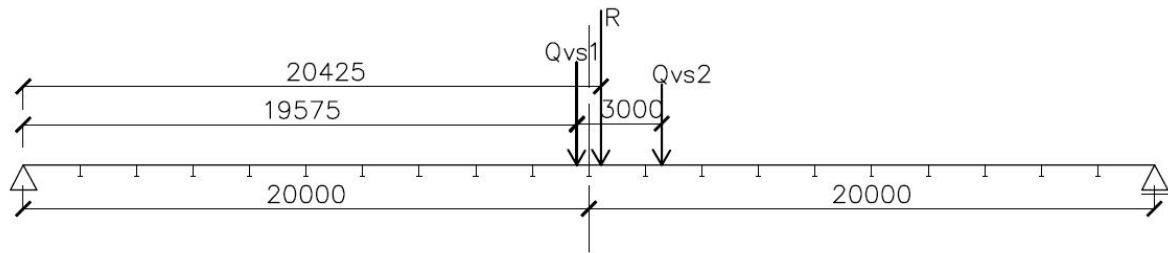
b) příčný směr- maximální ohybový moment



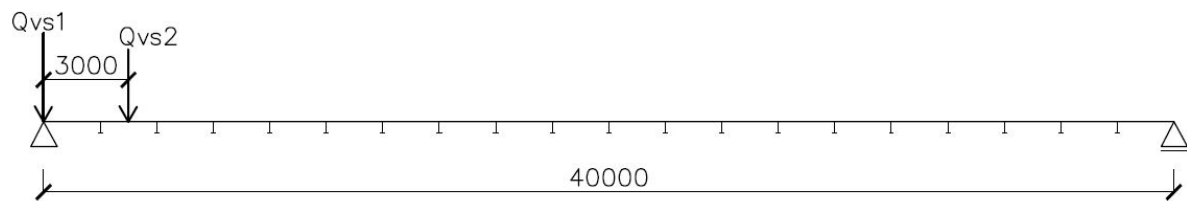
c) podélný směr- lokální účinek na příčnou výztuhu (zatěžovací stav P1,P2)



d) podélný směr-globální účinek na konstrukci oblouků (zatěžovací stav G1,G2)



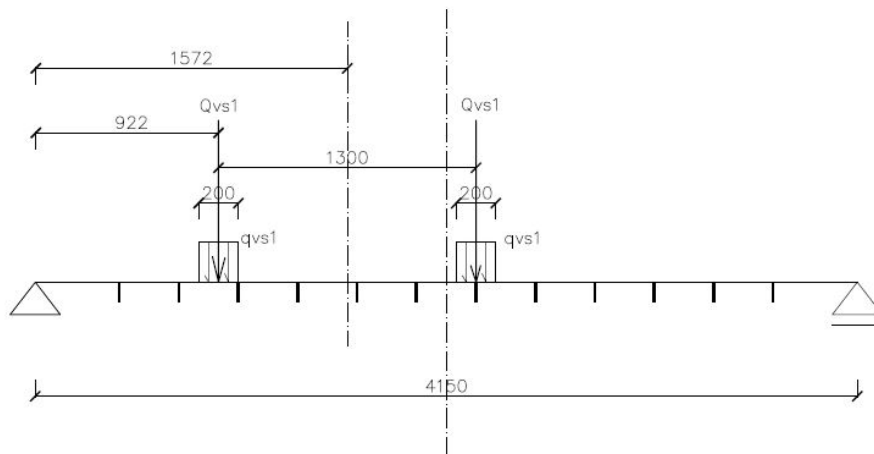
e) podélný směr-globální účinek na podpory (zatěžovací stav G3,G4)



### Poloha obslužného vozidla vzhledem k podélné výztuze

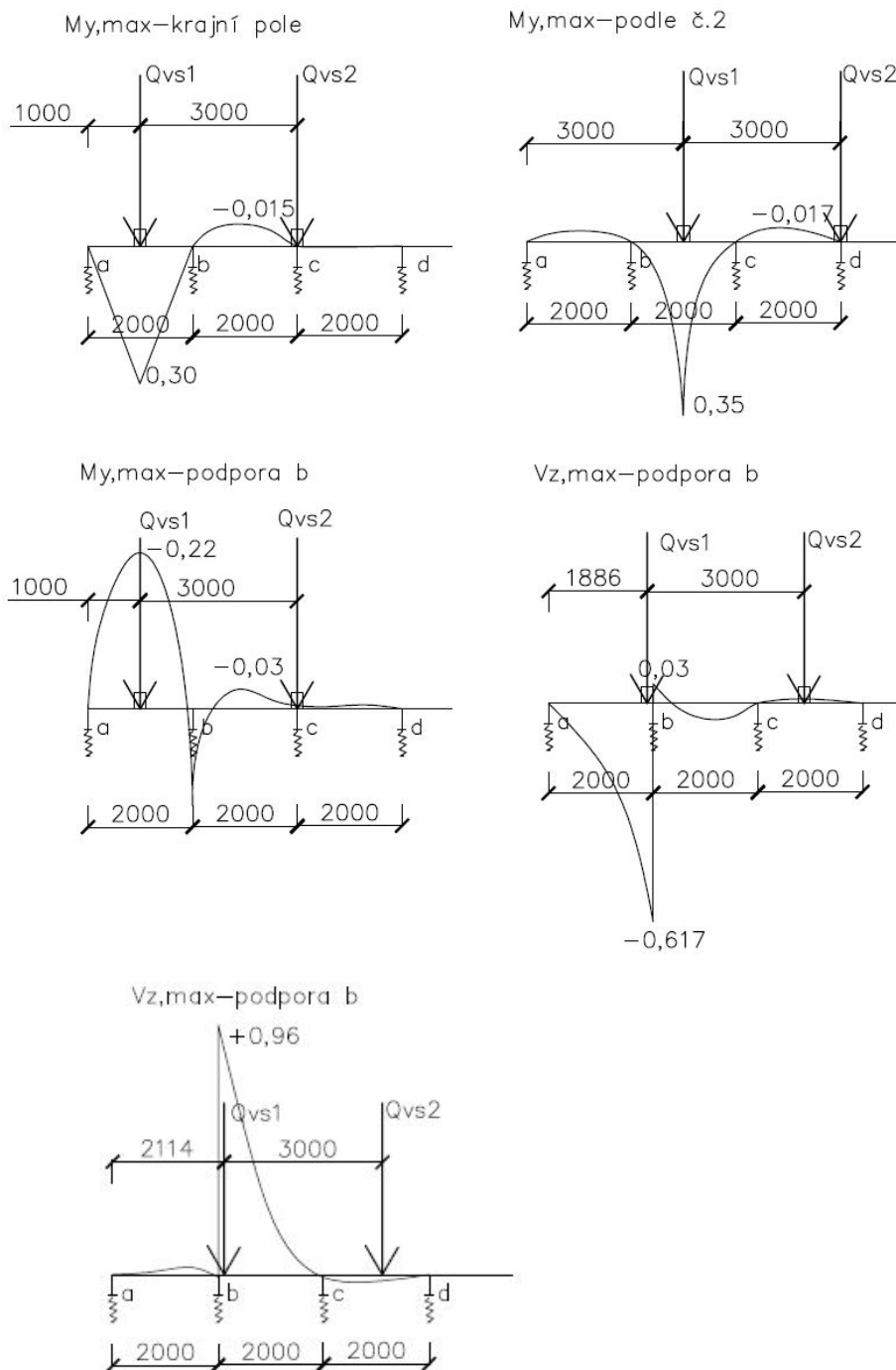
Pro vyvození maximálních vnitřních sil na podélné výztuze bylo vozidlo umístěno v příčném směru tak, aby jedním kolem pojíždělo podélnou výztuhu. V podélném směru bylo vozidlo umístěno podle příčinkových čar podélné výztuhy viz. b).

a) V příčném směru



Statický výpočet varianty A

b) v podélném směru - (zatěžovací stavy L1, L2, L3, L4)



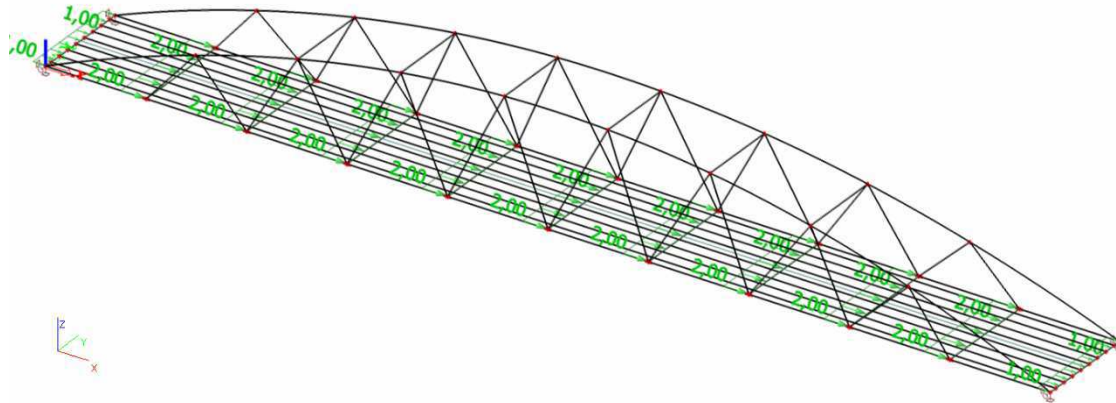
V modelu konstrukce byly vytvořeny zatěžovací stavy od obslužného vozidla: T1, T2 pro vyvození maximálních ohybových momentu na krajním nosníku mostovky.

### c) Vodorovné zatížení

$Q_{flk} = \max. (10\% \text{ rovnoměrné zatížení; } 60\% \text{ obslužného vozidla})$

Zatížení působí vždy s odpovídajícím svislým zatížením.

$$gr1: \quad q_{flk} = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ kNm}^{-1}$$



$$gr2: \quad Q_{flk,1} = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ kN} \quad Q_{flk,2} = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ kN}$$

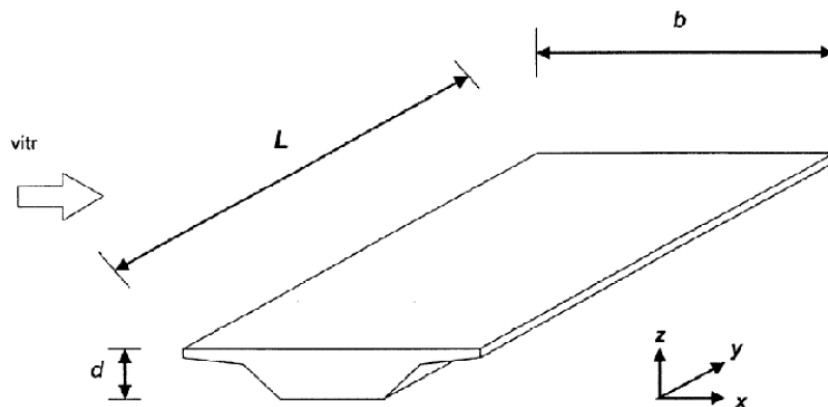
Uvažováno jako osamělá síla spolu s obslužným vozidlem.

### d) Zatížení větrem

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-4-1 - Zatížení mostů-zjednodušený způsob

Lokalita Olomouc- I větrová oblast-  $v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Kategorie terénu- III- předměstský terén



Základní rychlost větru:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{prob} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Statický výpočet varianty A

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 0,316 \text{ kNm}^{-2}$$

**Zatížení větrem směr x:**  $z_e=3,8\text{m}$ ,  $z_0=0,3\text{m}$

Součinitel terénu:  $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$

Součinitel drsnosti:  $c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right) = 0,547$

Střední rychlost větru:  $v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,823 = 12,30 \text{ ms}^{-1}$

Intenzita turbulence větru:  $I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{3,8}{0,3}\right)} = 0,394$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m,(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,231] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,51^2 = 0,356 \text{ kNm}^{-2}$$

**Mostovka-** uvažováno prodyšné zábradlí

$$d_{tot} = d + 0,6 = 0,22 + 0,6 = 0,82\text{m} \quad b=4,4\text{m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 5,37 \quad c_{fx} = c_{fx,0} = 1,3$$

$$c_e = \frac{q_{p(z)}}{q_b} = \frac{0,356}{0,316} = 1,12 \quad C = c_e \cdot c_{fx,0} = 1,12 \cdot 1,3 = 1,46$$

$$F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot d_{tot} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,46 \cdot 0,82 = 0,38 \text{ kNm}^{-1}$$

**Oblouk**  $z_e=8,0\text{m}$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,707$$

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,707 = 15,91 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,305$$

$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}\right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m,(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,91^2 = 0,496 \text{ kNm}^{-2}$$

Obdélníkový průřez:

$$d=250 \text{ mm}, b=260 \text{ mm}, d/b=1,0$$

$$c_{f0} = 2,1 \quad c_f = 2,1 \quad \psi_r = \psi_r = 1,0$$

$$F_{w1,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 2,1 \cdot 0,466 \cdot 0,26 = 0,26 \text{ kNm}^{-1}$$

### Zatížení větrem směr z

$$c_{fz} = c_{fz,0} = 0,9 \quad C = c_e \cdot c_{fz,0} = 0,9 \cdot 1,12 = 1,01$$

$$F_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 1,011 = 0,014 \text{ kNm}^{-1}$$

### Zatížení větrem směr y

25% zatížení ze směru x:

$$\text{oblouky: } F_{w,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 0,26 = 0,07 \text{ kNm}^{-1}$$

zavětrování oblouků: maximální výška  $z_e=8,0\text{m}$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,623$$

$$v_{m,(z_e)} = v_b \cdot c_{0(z_e)} \cdot c_{r(z_e)} = 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,964 = 14,04 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_{v(z_e)} = \frac{k_l}{c_{0(z_e)} \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,305$$

$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \cdot I_{v(z_e)}\right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m,(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,30] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 14,04^2 = 0,386 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v=1,50\text{E-}05 \text{ ms}^{-1}, b=0,09\text{m}$$

$$Re = \frac{b \cdot v_{m(ze)}}{v} = \frac{0,09 \cdot 14,0}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 8,42 \cdot 10^4$$

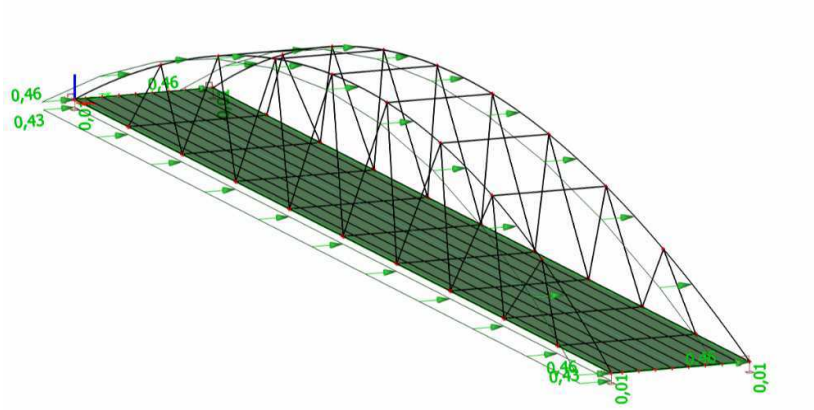
$$\text{Z ČSN EN 1994-1-4 obr. 7.28: } c_{f0} = 0,7$$

$$\text{Z ČSN EN 1994-1-4 obr. 7.36: } \psi_{\lambda,\alpha} = 1,0 \quad c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7$$

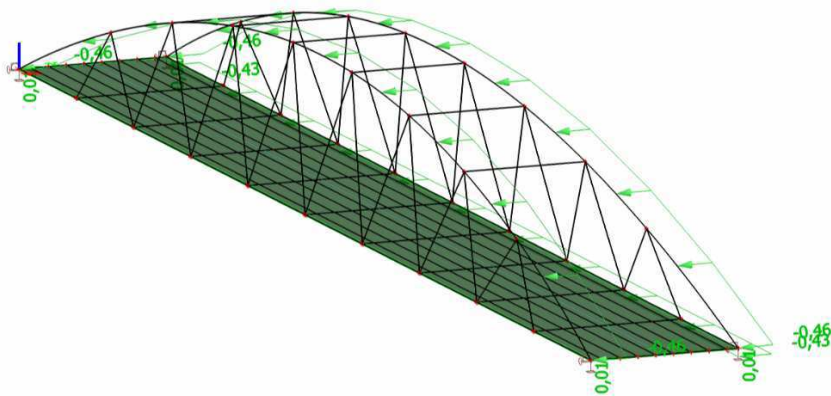
$$F_{w,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p(z)} \cdot b = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,386 \cdot 0,09 = 0,03 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{w,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 0,03 = 0,008 \text{ kNm}^{-1}$$

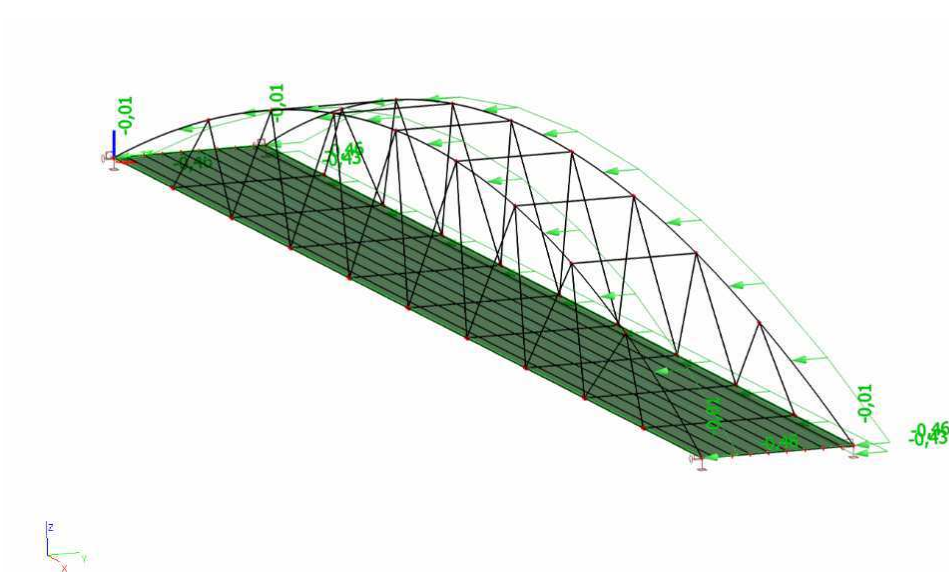
ZS10-vítr X, Z



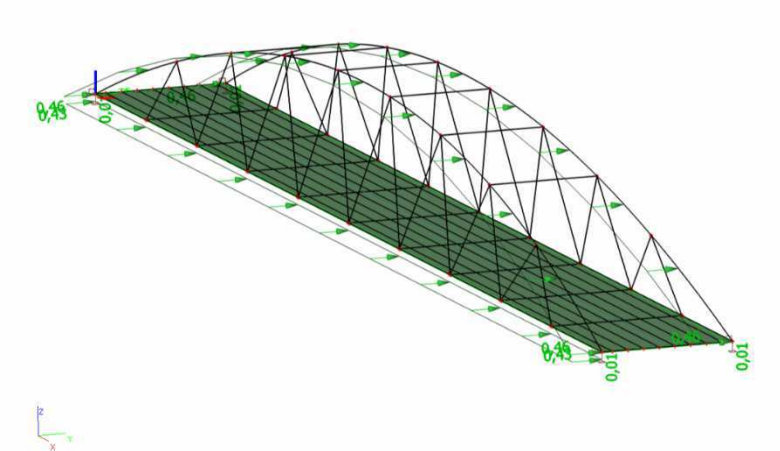
ZS11-vítr -X,Z



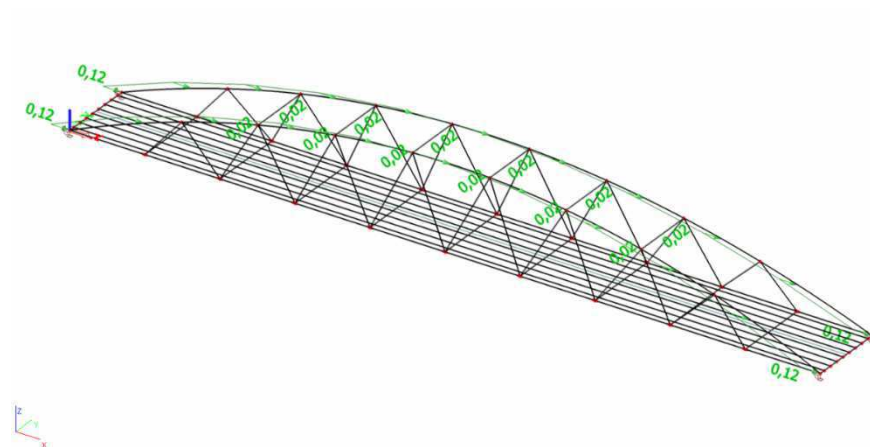
ZS12- vítr -X,-Z



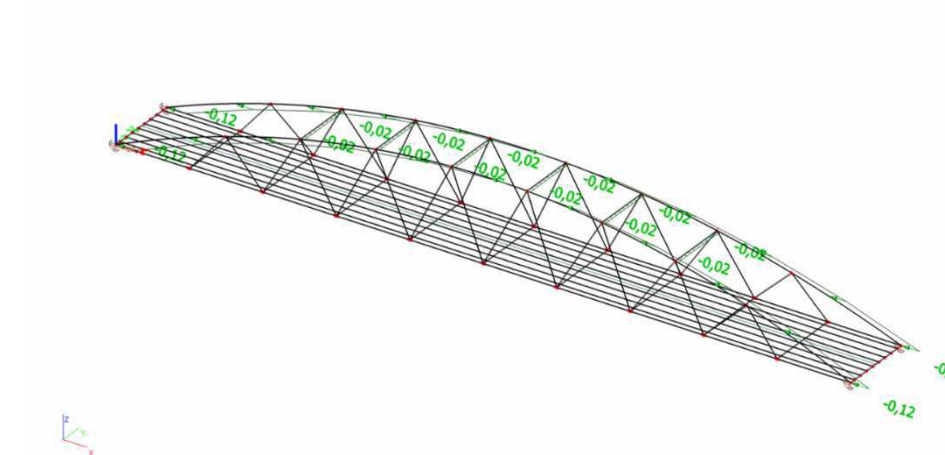
ZS13-vítr X,-Z



ZS14-vítr Y



ZS15- vítr -Y



### e) Zatížení teplotou

Zatížení bylo počítáno dle normy ČSN EN 1991-1-5.

I. Typ konstrukce, lokalita Olomouc,  $T_{\min} = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max} = 38^{\circ}\text{C}$ ,  $T_o = 10^{\circ}\text{C}$  (teplota při výstavbě)

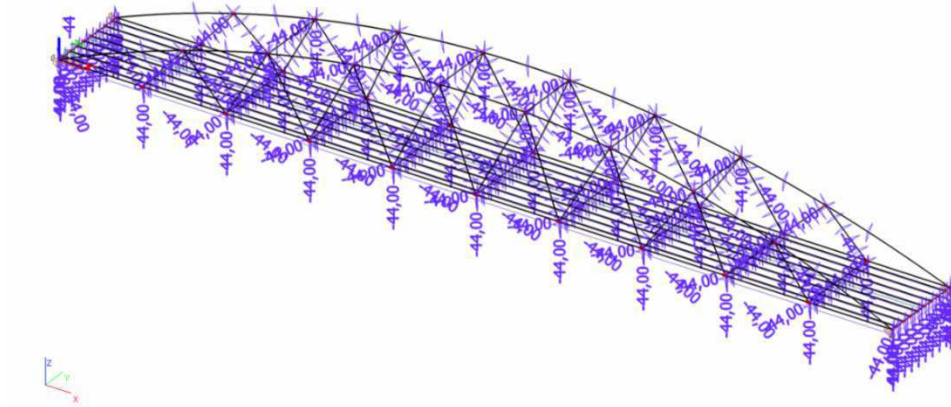
Maximální a minimální rovnoměrná složka teploty:

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 16^{\circ}\text{C} = 38 + 16 = 54^{\circ}\text{C} \quad T_{e,\min} = T_{\min} - 3^{\circ}\text{C} = -30 - 3 = -33^{\circ}\text{C}$$

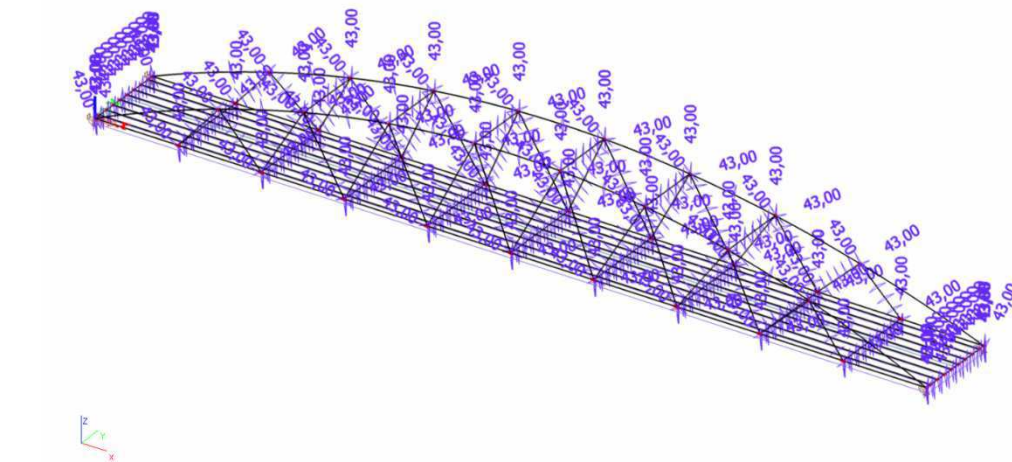
Charakteristická hodnota maximálního prodloužení:  $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_o = 54 - 10 = 44^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálního zkrácení:  $\Delta T_{N,\text{con}} = T_o - T_{e,\min} = 10 - (-33) = 43^{\circ}\text{C}$

ZS- prodloužení



ZS- zkrácení



Statický výpočet varianty A

Výpis zatěžovacích stavů a skupin zatížení

**1. Zatěžovací stavy**

Jméno	Popis Spec	Typ působení Typ zatížení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Rídící zat. stav
LC1	vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	LG1	-Z		
LC2	ostatní stálé	Stálé Standard	LG1			
LC3	dáv lidí- celá Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC4	dáv lidí- půl lávky1 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC5	dáv lidí- půl lávky2 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC6	dáv lidí- levá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC7	dáv lidí- pravá strana Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC8	dáv lidí- šach1 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC9	dáv lidí- šach2 Standard	Proměnné Statické	LG2-gr1		Krátkodobé	Žádný
LC10	vítr-směr x,z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC11	vítr-směr -x,z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC12	vítr-směr -x,-z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC13	vítr-směr x,-z Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC14	vítr-směr y Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC15	vítr-směr -y Standard	Proměnné Statické	LG4-Fwk		Krátkodobé	Žádný
LC16	vodorovná síla gr1 Standard	Proměnné Statické	LG3-Qfvk		Krátkodobé	Žádný
LC17	tepnota- prodloužení Standard	Proměnné Statické	LG5-teplota		Krátkodobé	Žádný
LC18	tepnota- zkrácení Standard	Proměnné Statické	LG5-teplota		Krátkodobé	Žádný
LC19	obslužné vozidlo-G1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC20	obslužné vozidlo-G2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC21	obslužné vozidlo-G3 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC22	obslužné vozidlo-G4 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC23	obslužné vozidlo-L1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC24	obslužné vozidlo-L2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC25	obslužné vozidlo-L3 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC26	obslužné vozidlo-L4 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC27	obslužné vozidlo-M1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC28	obslužné vozidlo-M2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC29	obslužné vozidlo-T1 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný
LC30	obslužné vozidlo-T2 Standard	Proměnné Statické	LG5-gr2		Krátkodobé	Žádný

**2. Skupiny zatížení**

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
LG1	Stálé		
LG2-gr1	Proměnné	Výběrová	Doprava - gr1
LG3-Qfvk	Proměnné	Výběrová	Doprava - Qfvk
LG4-Fwk	Proměnné	Výběrová	Zatížení větrem - Fwk
LG5-gr2	Proměnné	Výběrová	Doprava - gr2
LG5-teplota	Proměnné	Výběrová	Teplotní zatížení - Tk

## 6. Kombinace

Kombinace byly vytvořeny podle normy ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A2.4(B) z kombinací 6.10a a 6.10b byla vybrána méně příznivá.

### Mezní stav únosnosti MSÚ

$$6.10a \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{0,1} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$6.10b \quad \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{k,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Dílčí součinitelé spolehlivosti dle přílohy A2:

$\gamma_G = 1,35$  pro nepříznivá zatížení

$\gamma_G = 1,00$  pro příznivá zatížení

$\gamma_Q = 1,35$  nepříznivé zatížení od chodců nebo dopravy

$\gamma_Q = 1,5$  pro ostatní proměnná zatížení (vítr, teplota)

Kombinační součinitelé

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
chodci gr1	0,4	0,4	0
vodorovné zatížení	0	0	0
obslužné vozidlo- gr2	0	0	0
vítr	0,3	0,2	0
sníh	0,8	0	0
teplota	0,6	0,6	0,5

### Mezní stav použitelnosti MSP 6.14b

Byla spočítána charakteristická kombinace dle ČSN EN 1990 ed.2. dle tabulky A1.4

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \psi_{0,i} = 1,0$$

Kombinace byly provedeny v programu Scia Engineer 2015. Vzhledem k lokální nelinearitě lan byl proveden nelineární výpočet konstrukce. Konstrukce byla posouzena na vnitřní síly z nelineárních kombinací.

Výpis všech kombinací je uveden v příloze Vnitřní síly.

## 7. Dimenzování

Jednotlivé prvky konstrukce byly posouzeny v programu Scia Engineer 2015.

### f) Parabolický oblouk

Určení vzpěrné délky v rovině oblouku:

Vzpěrné délky byly určeny dle ČSN EN 1993-2 přílohy D.3 vzpěrná délka oblouku závisí na rozpětí  $L$  a vzetpětí  $f$ .

$$\frac{f}{L} = \frac{4,2}{40} = 0,105 \Rightarrow \beta_y = 0,3$$

$$L_{cr,y} = \beta_y \cdot s = 0,3 \cdot 20,59 = 6,177m$$

Určení vzpěrné délky z roviny oblouku:

Vzpěrná délka je uvažována jako vzdálenost části oblouku mezi ztužidly oblouku.

$$L_{cr,z} = 4,183m$$

$$L_{cr,z} = 10,296m$$

### Nelineární stabilita

Maximální osová síla:  $N_{Ed} = 981,95kN$   $N_{cr,i} = \alpha_{cr,i} \cdot N_{Ed}$

Součinitel pro vybočení v rovině oblouku:

$$\alpha_{cr,y} = 9,33$$

$$L_{cr,y} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y}{N_{cr,y}}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0143 \cdot 10^{-4}}{9,33 \cdot 982 \cdot 10^3}} = 4,790m$$

Stabilitním výpočtem bylo zjištěn součinitel pro vybočení z roviny oblouku:

$$\alpha_{cr,z} = 1,80$$

$$L_{cr,z} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{N_{cr,z}}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0012 \cdot 10^{-4}}{1,8 \cdot 982 \cdot 10^3}} = 10,835m$$

Porovnání:

	$L_{cr,y}$ [m]	$L_{cr,z}$ [m]
Norma ČSN EN 1993-2/vzdálenost mezi ztužidly	<b>6,177</b>	10,296
Stabilitní výpočet	5,090	<b>10,835</b>

Ve statickém výpočtu budou uvažovány na stranu bezpečnou vzpěrné délky  $L_{cr,y} = 6,177m$  a  $L_{cr,z} = 10,835m$ .

Statický výpočet varianty A

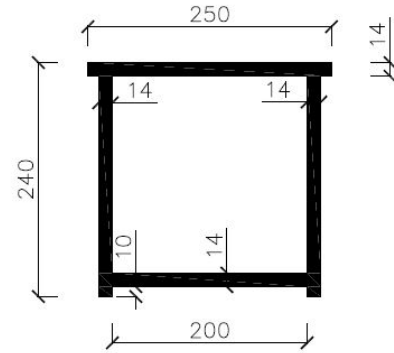
Zatřetíení průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{250}{14} = 17,9 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{240}{14} = 17,14 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7 \quad I \text{ třída průřez}$$

Průřezové charakteristiky průřezu

$$\begin{aligned} A &= 1,2628 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 & I_t &= 1,306 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \\ I_y &= 1,0134 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 & I_w &= 5,856 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \\ I_z &= 1,0012 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 & W_{y,pl} &= 1,123 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ i_y &= 0,090 \text{ m} & W_{z,pl} &= 1,308 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ i_z &= 0,089 \text{ m} & W_{y,el} &= 1,123 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ & & W_{y,el} &= 1,123 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Prolomení oblouku:

$$l \cdot \sqrt{\frac{EA}{12EI_y}} = 40,0 \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,2628 \cdot 10^{-2}}{12 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,0134 \cdot 10^{-4}}} = 128,9 > 23 \quad \text{vyhoví}$$

Návrhové vnitřní síly (prvek 218, x=3,044m, NC17):

$$N_{Ed} = 980,44 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 29,74 \text{ kN} \quad M_{z,Ed} = 15,71 \text{ kN}$$

Posouzení

Vzpěrná únosnost k ose y:

$$L_{cr,y} = 6,177 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{6,177}{0,09} \cdot \frac{1}{0,81} =$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0143 \cdot 10^{-4}}{6,177^2} = 5509,73 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,2628 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{5509,73 \cdot 10^3}} = 0,902$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,902 - 0,2) + 0,902^2] = 1,0262$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,026 + \sqrt{1,026^2 - 0,902^2}} = 0,660$$

Statický výpočet varianty A

Vzpěrná únosnost k ose z:

$$L_{cr,z} = 10,835 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_{yz}} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{10,835}{0,089}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0012 \cdot 10^{-4}}{10,835^2} = 1767,59 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,2628 \cdot 10^{-2} \cdot 335 \cdot 10^6}{1767,59 \cdot 10^3}} = 1,593$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,593 - 0,2) + 1,593^2] = 2,005$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,005 + \sqrt{2,005^2 - 1,593^2}} = 0,3103$$

$$\chi = \min(\chi_y, \chi_z) = \min(0,66; 0,31) = 0,31$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,31 \cdot 1,2628 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1391,07 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{980,32}{1391,07} = 0,70 \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

Posouzení ohyb s tlakem

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{pl,y} = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,1232 \cdot 10^{-3} = 288,13 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_{pl,z} = 355 \cdot 10^6 \cdot 9,3075 \cdot 10^{-4} = 284,33 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,19 \cdot 10^{-2} = 4482,94 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = 0,685 \quad \psi_z = -0,217$$

$$\alpha_{h,y} = -0,43 \quad \alpha_{h,z} = 0,448$$

$$C_{m,y} = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,43) = 0,444$$

$$C_{m,z} = 0,95 + 0,05 \cdot 0,448 = 0,972$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,444 \cdot \left( 1 + (0,9 - 0,2) \frac{980,45 \cdot 10^3}{0,66 \cdot 4482,9} \right) = 0,552 \leq 0,82 \left( 1 + 0,8 \frac{980,45 \cdot 10^3}{0,66 \cdot 4482,9 \cdot 10^3} \right) = 0,538$$

Statický výpočet varianty A

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,972 \left( 1 + (1,59 - 0,2) \frac{980,45 \cdot 10^3}{\frac{0,31 \cdot 4482,9 \cdot 10^3}{1,0}} \right) = 1,927 \leq 0,972 \left( 1 + 0,8 \frac{980,45 \cdot 10^3}{\frac{0,31 \cdot 4482,9 \cdot 10^3}{1,0}} \right)$$

$$= 1,521$$

$$k_{y,z} = 0,6 \cdot k_{z,z} = 0,912$$

$$k_{z,y} = 0,6 \cdot k_{y,y} = 0,8 \cdot 0,538 = 0,331$$

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot N_{R,k}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{980,45}{0,66 \cdot 4482,9} + 0,538 \frac{29,74}{288,13} + 0,912 \frac{15,71}{284,33} = 0,56 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_z \cdot N_{R,k}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{980,45}{0,31 \cdot 4482,9} + 0,331 \frac{29,74}{288,13} + 1,521 \frac{15,71}{284,33} = 0,85 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

(posudek scia 0,85)

Odišné hodnoty posudků v programu Scia Engineer 2015 a ručním výpočtem jsou způsobeny rozdílným zatříděním průřezu a odlišným stanovením součinitelů  $C_{my}$ ,  $C_{mz}$ .

### g) Táhlo- závěs mostovky

Macalloy M30 S460  $f_y = 460 \text{ MPa}$   $d = 28 \text{ mm}$   $N_{Ed} = 91,87 \text{ kN}$ , NC22

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\pi \cdot 28^2}{4} \cdot \frac{460}{1,0} = 283,2 \text{ kN} \quad \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{91,87}{283,2} = 0,32 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Průměr táhla 28 mm vychází z posudku - aeroelastické jevy (str.37).

### h) Táhlo- zavětrování

Macalloy M10 S460  $f_v = 460 \text{ MPa}$   $d = 10 \text{ mm}$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \cdot \frac{460}{1,0} = 36,13 \text{ kN} \quad \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{13,11}{36,13} = 0,36 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

**i) trám mostovky**

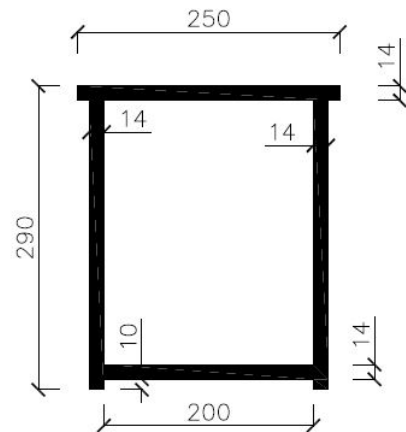
Zatřídění průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{250}{14} = 17,9 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{290}{14} = 20,7 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7 \quad \text{I třída průřezu}$$

Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned} A &= 1,4028 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 & I_t &= 1,8996 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \\ I_y &= 1,6171 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 & I_w &= 1,4851 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \\ I_z &= 1,1617 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 & W_{y,pl} &= 1,3752 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ i_y &= 0,107 \text{ m} & W_{z,pl} &= 1,1856 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ i_z &= 0,091 \text{ m} & W_{y,el} &= 1,0779 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ & & W_{z,el} &= 9,2933 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Návrhové vnitřní síly: (prut B260,x=0, NC17)

$N_{Ed} =$	826,62	kN
$V_{y,Ed} =$	20,67	kN
$V_{z,Ed} =$	-42,86	kN
$M_{y,Ed} =$	-70,37	kNm
$M_{z,Ed} =$	-2,39	kNm

 Normálové napětí od  $M_y$ :

$$\sigma_{M_y,h,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} z_h = \frac{-70,37 \cdot 10^3}{1,6171 \cdot 10^{-4}} \cdot -0,140 = 60,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M_y,d,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} z_d = \frac{-70,37 \cdot 10^3}{1,6171 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,150 = -65,27 \text{ MPa}$$

 Normálové napětí od  $M_z$ :

$$\sigma_{M_z,h,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} y_d = \frac{-2,39 \cdot 10^3}{1,1617 \cdot 10^{-4}} \cdot -0,125 = 2,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M_z,h,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} y_h = \frac{-2,39 \cdot 10^3}{1,1617 \cdot 10^{-4}} \cdot -0,125 = -2,57 \text{ MPa}$$

 Normálové od  $N$ :

$$\sigma_{N,Ed} = \frac{N_{E,d}}{A} = \frac{826,62}{1,4028 \cdot 10^{-2}} = 58,93 \text{ MPa}$$

Celkové normálové napětí:

$$\sigma_{h,Ed} = \sigma_{M_y,h,d} + \sigma_{M_z,h,d} + \sigma_{N,d} = 122,4 \leq 355 \text{ MPa} \text{ vyhoví (scia } 122,4 \text{ MPa)}$$

$$\sigma_{d,Ed} = \sigma_{M_y,d,Ed} + \sigma_{M_z,d,Ed} + \sigma_{N,Ed} = -8,9 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \text{ vyhoví (scia } -8,9 \text{ MPa)}$$

**Trám v poli**

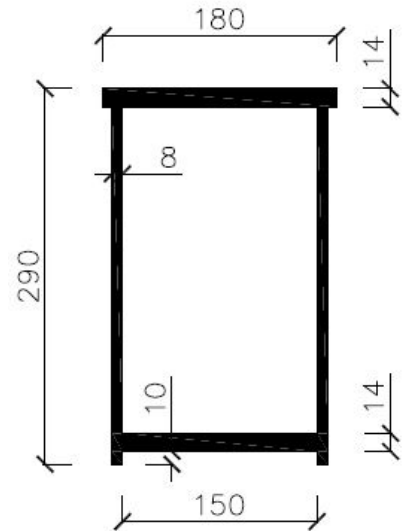
Zatřídění průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{180}{14} = 12,9 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{290}{14} = 20,7 \text{ mm} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,91 = 26,7 \quad \text{I třída průřezu}$$

Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned} A &= 9,0360 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 & I_t &= 7,9729 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 \\ I_y &= 1,1047 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 & I_w &= 9,4008 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \\ I_z &= 3,8325 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 & W_{y,pl} &= 9,2145 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ i_y &= 0,111 \text{ m} & W_{z,pl} &= 5,4101 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ i_z &= 0,065 \text{ m} & W_{y,el} &= 7,3489 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ & & W_{z,el} &= 4,2584 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Návrhové vnitřní síly: (prut 261, x=26m, NC83)

$$z_d = 150,3 \text{ mm}$$

$$z_h = 139,8 \text{ mm}$$

$$y = 90 \text{ mm}$$

$N_{Ed}$	48,58	kN
$V_{y,Ed}$	-13,28	kN
$V_{z,Ed}$	-17,12	kN
$M_{y,Ed}$	90,48	kNm
$M_{z,Ed}$	6,97	kNm

 Normálové napětí od  $M_y$ :

$$\sigma_{M_y, h, Ed} = \frac{M_{y, Ed}}{I_y} z_h = \frac{90,48 \cdot 10^3}{1,1047 \cdot 10^{-3}} \cdot -0,1398 = -114,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M_y, d, Ed} = \frac{M_{y, Ed}}{I_y} z_d = \frac{90,48 \cdot 10^3}{1,1047 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,1503 = 122,86 \text{ MPa}$$

 Normálové napětí od  $M_z$ :

$$\sigma_{M_z, h, Ed} = \frac{M_{z, Ed}}{I_z} y_d = \frac{6,97 \cdot 10^3}{3,8325 \cdot 10^{-5}} \cdot -0,090 = -16,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M_z, h, Ed} = \frac{M_{z, Ed}}{I_z} y_h = \frac{6,97 \cdot 10^3}{3,8325 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,090 = 16,37 \text{ MPa}$$

 Normálové od  $N$ :

$$\sigma_{N, Ed} = \frac{N_{E, d}}{A} = \frac{48,58}{9,0360 \cdot 10^{-3}} = 5,38 \text{ MPa}$$

Celkové normálové napětí:

$$\sigma_{h, Ed} = \sigma_{M_y, h, d} + \sigma_{M_z, h, d} + \sigma_{N, d} = -125,7 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \text{ vyhoví} \quad (\text{scia} - 125,4 \text{ MPa})$$

$$\sigma_{d, Ed} = \sigma_{M_y, d, Ed} + \sigma_{M_z, d, Ed} + \sigma_{N, Ed} = 144,6 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \text{ vyhoví} \quad (\text{scia} 143,6 \text{ MPa})$$

Pozn.: Dimenze průřezů krajního trámu mostovky byly navrženy s ohledem na tuhost mostovky, tak aby nedocházelo k nadměrným deformacím při působení proměnného zatížení.

### j) Příčné ztužidlo

Průřezové charakteristiky průřezu

$$A = 1,07 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$I_y = I_z = 9,63 \cdot 10^{-7} m^4$$

$$i_y = i_z = 0,030 m$$

Návrhové vnitřní síly: (prut B215, NC83)

$N_{Ed} =$	-4,87	kN
$V_{y,Ed} =$	0	kN
$V_{z,Ed} =$	-0,12	kN
$M_{y,Ed} =$	0,04	kNm
$M_{z,Ed} =$	0	kNm

$$L_{cr,y} = 3,161 m$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 9,63 \cdot 10^{-7}}{3,161^2} = 199,8 kN$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{199,8 \cdot 10^3}} = 1,38$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,38 - 0,2) + 1,38^2] = 1,74$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,005 + \sqrt{2,005^2 - 1,593^2}} = 0,36$$

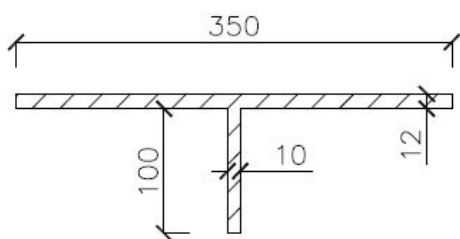
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,36 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 136,7 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{4,87}{136,7} = 0,03 \leq 1,0 \text{ vyhovuje} \quad (\text{posudek scia } 0,03)$$

Pozn.: Dimenze příčného ztužidla je volena s ohledem na horizontální deformaci parabolických oblouků.

### k) Posouzení mostovky

Návrh podélné výztuhy:



$$a_1 = a_2 = 2,0m$$

$$h_{pod} = 112 mm$$

$$t_{w,pod} = 10 mm$$

$$h_{w,pod} = 100 mm$$

$$t = 12 mm$$

$$e = b_{pod} = 350 mm$$

$$b_o = 170 mm$$

Dle normy ČSN EN 1993-2 Ocelové mosty, čl. pro ocelové lávky pojižděné obslužným vozidlem má platit:

$$t = 12 \geq 10mm \quad \text{Vyhovuje}$$

$$e = 350mm \leq 600mm \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{e}{t} = 29,166 \leq 40 \quad \text{Vyhovuje}$$

### Smykové ochabnutí podélné výztuhy

Lze zanedbat pokud:  $b_o \leq \frac{L_e}{50}$   $b_o = 170 > \frac{L_e}{50} = \frac{1400}{50} = 28$  nastane

Vychází z ČSN EN 1993-1-5 tab. 3.1

$$L_{eI} = 0,85 \cdot a_1 = 0,85 \cdot 2,0 = 1,7 m$$

$$L_{eII} = 0,25 \cdot (a_1 + a_2) = 0,25 \cdot (2,0 + 2,0) = 1,0 m$$

$$L_{eIII} = 0,7 \cdot a_3 = 0,7 \cdot 2,0 = 1,4 m$$

$$\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b_o \cdot t}} \quad A_{sl} = 0 \Rightarrow \alpha_0 = 1$$

### ŘEZ I

$$\kappa_I = \frac{\alpha_0 b_o}{L_{eI}} = \frac{1,0 \cdot 170}{1,70} = 0,1 \quad 0,02 \leq 0,114 \leq 0,70$$

$$\beta = \beta_1 = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa_I^2} = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot 0,1^2} = 0,934$$

$$b_{eff,I} = \beta_1 \cdot b_{pod} = 0,934 \cdot 350 = 329,5 mm$$

Statický výpočet varianty A

Zatřídění průřezu:

Stojina:  $\frac{c}{t} = \frac{100}{10} = 10 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58 \Rightarrow I \text{ třída průřezu}$

Pásnice:  $\frac{c}{t} = \frac{159,8}{12} = 13,3 \leq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow IV \text{ třída průřezu} \Rightarrow \text{dochází k boulení}$

**ŘEZ 0**

$$\beta_0 = \left(0,55 + \frac{0,025}{\kappa_I}\right) \cdot \beta_1 = \left(0,55 + \frac{0,025}{0,1}\right) \cdot 0,968 = 0,939$$

$$b_{eff,I} = \beta_0 \cdot b_{pod} = 0,968 \cdot 350 = 265,6 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu:

Stojina:  $\frac{c}{t} = \frac{100}{10} = 10 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58 \Rightarrow I \text{ třída průřezu}$

Pásnice:  $\frac{c}{t} = \frac{127,8}{12} = 10,65 \leq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow III \text{ třída průřezu}$

**ŘEZ II**

$$\kappa_{II} = \frac{\alpha_0 \cdot b_o}{L_{eII}} = \frac{1,0 \cdot 0,245}{1,0} = 0,17$$

$$\beta = \beta_2 = \frac{1}{1 + 6 \cdot \left(\kappa_{II} - \frac{1}{2500 \cdot \kappa_{II}}\right) + 1,6 \cdot \kappa_{II}^2} = \frac{1}{1 + 6 \cdot \left(0,17 - \frac{1}{2500 \cdot 0,17}\right) + 1,6 \cdot 0,17^2} = 0,487$$

$$b_{eff,II} = \beta_2 \cdot b_{pod} = 0,487 \cdot 350 = 177,7 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu:

Stojina:  $\frac{c}{t} = \frac{100}{10} = 10 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58 \Rightarrow I \text{ třída průřezu}$

Pásnice:  $\frac{c}{t} = \frac{83,9}{12} = 6,9 \leq 8 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow II \text{ třída průřezu}$

**ŘEZ III**

$$\kappa_{III} = \frac{\alpha_0 \cdot b_o}{L_{eIII}} = \frac{1,0 \cdot 0,245}{1400} = 0,12 \quad \beta = \beta_1 = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa_{III}^2} = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot 0,12^2} = 0,91$$

$$b_{eff,III} = \beta_1 \cdot b_{pod} = 0,91 \cdot 350 = 322,7 \text{ mm}$$

Statický výpočet varianty A

Zatřídění průřezu:

Stojina:  $\frac{c}{t} = \frac{100}{10} = 10 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58 \Rightarrow I$  třída průřezu

Pásnice:  $\frac{c}{t} = \frac{156,4}{12} = 13,0 \leq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow IV$  třída průřezu  $\Rightarrow$  dochází k boulení

V modelu

konstrukce je pro jednoduchost efektivní šířka zvolena jako průměr hodnot  $b_{eff,1}$  a  $b_{eff,2}$ .

Posouzení boulení mezi podélnými výztuhami

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\frac{\bar{b}}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_p}} = \frac{\frac{340}{12}}{28,4 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{4,0}} = 0,616 \leq 0,673 \Rightarrow \rho = 1,0$$

Boulení nenastane, plocha průřezu se nemění.

**Lokální boulení podélné výztuhy (v místech tlačného plechu)**

**ŘEZ I- tlak**

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\frac{\bar{b}}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_p}} = \frac{\frac{164,77}{12}}{28,4 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{0,43}} = 0,81 \geq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0,81 - 0,188}{0,81^2} = 0,948$$

$$b_{eff,1} = \rho \cdot b_{eff,I} = 0,948 \cdot 329,5 = 312,67 \text{ mm}$$

**ŘEZ III-tlak**

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\frac{\bar{b}}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_p}} = \frac{\frac{161,34}{12}}{28,4 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{0,43}} = 0,794 \geq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0,794 - 0,188}{0,794^2} = 0,962$$

$$b_{eff,3} = \rho \cdot b_{eff,III} = 0,962 \cdot 322,7 = 310,35 \text{ mm}$$

Posouzení podélné výztuhy

Průřezové charakteristiky:

Řez	$b_{eff}$ [mm]	$A_{eff}$ [mm <sup>2</sup> ]	$z_{t1}$ [mm]	$z_{t2}$ [mm]	$I_{eff,y}$ [mm <sup>4</sup> ]	$W_{el,y}$ [mm <sup>3</sup> ]	$W_{pl,y}$ [mm <sup>3</sup> ]
1	298,4	3700,8	22,55	91,44	3,414E+06	3,3733E+04	
2	165,7	2088,1	35,40	78,60	2,829E+06		1,148E+05
3	283,4	6563,7	12,70	101,30	3,466E+06	3,4648E+04	

Vnitřní síly v žeburu:

### 1. Vnitřní síly na podélné výztuze

Ne-lineární výpočet, Extrém: Globální, Systém: LSS, Žebro / integrační pás

Výběr: B255

Třída: NC-vše

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B255	podélná výztuha - Obdélník	1,000	NC75	<b>-16,93</b>	2,75	-0,19	-0,08	0,61	-0,01
B255	podélná výztuha - Obdélník	3,000	NC79	<b>80,71</b>	1,22	0,25	-0,01	8,55	-0,05
B255	podélná výztuha - Obdélník	2,000	NC84	37,67	<b>-10,70</b>	-1,89	<b>-0,20</b>	2,33	0,04
B255	podélná výztuha - Obdélník	2,000	NC82	31,78	<b>12,02</b>	<b>-21,70</b>	0,13	1,47	-0,01
B255	podélná výztuha - Obdélník	2,000	NC78	37,87	-6,85	<b>21,03</b>	-0,12	1,58	0,00
B255	podélná výztuha - Obdélník	2,000	NC84	30,27	11,62	3,28	<b>0,32</b>	2,18	<b>0,15</b>
B255	podélná výztuha - Obdélník	2,000	NC77	1,35	11,71	-9,79	-0,02	<b>-3,60</b>	0,01
B255	podélná výztuha - Obdélník	1,000	NC77	42,71	3,96	-0,28	-0,06	<b>8,81</b>	-0,09
B255	podélná výztuha - Obdélník	1,000	NC77	42,71	3,96	-0,64	-0,05	8,81	<b>-0,09</b>

#### ŘEZ I

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,o}} = \frac{3,373 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 11,97 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{cRd}} = \frac{8,81}{11,97} = 0,74 < 1 \text{ vyhovuje}$$

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{86,4 \cdot t \cdot \varepsilon} = \frac{100}{86,4 \cdot 10 \cdot 0,81} = 0,14 \Rightarrow \chi_w = 1,0$$

$$V_{c,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{y,w} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 100 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 204,95 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{cRd}} = \frac{0,64}{204,95} < 1 \text{ vyhovuje}$$

#### ŘEZ II

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,o}} = \frac{1,148 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 40,75 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{cRd}} = \frac{3,6}{40,75} = 0,1 < 0,1 \text{ vyhovuje}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t} = \frac{21,7 \cdot 10^3 \cdot 1,80 \cdot 10^{-5}}{2,82 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01} = 13,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = 13,9 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204,9 \text{ MPa} \text{ vyhovuje}$$

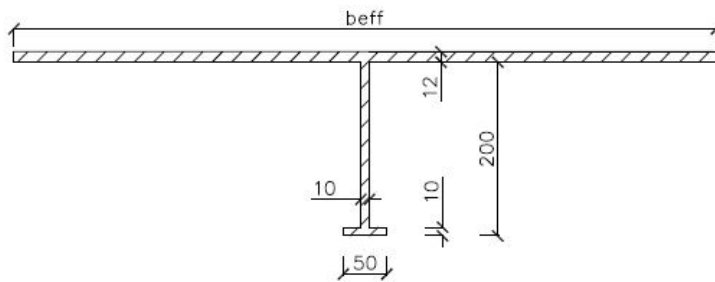
#### ŘEZ III

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,o}} = \frac{3,46 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 12,28 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{cRd}} = \frac{8,55}{12,28} = 0,70 < 1 \text{ vyhovuje}$$

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{86,4 \cdot t \cdot \varepsilon} = \frac{100}{86,4 \cdot 10 \cdot 0,81} = 0,14 \Rightarrow \chi_w = 1,0$$

$$V_{c,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{y,w} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 100 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 204,95 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{cRd}} = \frac{0,25}{204,95} < 1 \text{ vyhovuje}$$

Návrh příčné výztuhy:



$$d_{př} = 4,125m$$

$$b_{př} = 200 \text{ mm}$$

$$t = 12 \text{ mm}$$

$$t_{w,př} = 10 \text{ mm}$$

$$t_{f,př} = 10 \text{ mm}$$

$$f = 50 \text{ mm}$$

$$b_{př} = 2000 \text{ mm}$$

Smykové ochabnutí:

Lze zanedbat pokud:  $b_o \leq \frac{L_e}{50}$   $b_o = 500 > \frac{L_e}{50} = \frac{4125}{50} = 82,5 \Rightarrow \text{nastane}$

1. ŘEZ 1

$$L_{e1} = 0,5 \cdot d_{př} = 0,5 \cdot 4,125 = 2,075 \text{ m}$$

$$A_{sl} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_0 = \sqrt{\frac{A_{sl}}{b_o \cdot t}} = \sqrt{\frac{10000}{500 \cdot 12}} = 0,707$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\kappa_I = \frac{\alpha_0 b_{př}}{L_{e1}} = \frac{0,707 \cdot 2000}{3400} = 0,682$$

$$\beta = \beta_1 = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa_I^2} = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot 0,682^2} = 0,252$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$b_{eff,I} = \beta_1 \cdot b_{př} = 0,252 \cdot 2,0 = 503,4 \text{ mm}$$

2. ŘEZ 0

$$\beta_0 = \left(0,55 + \frac{0,025}{\kappa_0}\right) \cdot \beta_1 = \left(0,55 + \frac{0,025}{0,072}\right) \cdot 0,968 = 0,148$$

$$b_{eff,0} = \beta_1 \cdot b_o = 0,148 \cdot 2000 = 295,34 \text{ mm}$$

V modelu konstrukce je efektivní šířka pro jednoduchost zvolena jako průměr hodnot  $b_{eff,I}$  a  $b_{eff,0}$ .

$$b_{eff,př} = 399,4 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu:

Stojina:  $\frac{c}{t} = \frac{178}{10} = 17,8 \leq 83 \cdot \varepsilon = 58,3 \Rightarrow I \text{ třída průřezu}$

Pásnice:  $\frac{c}{t} = \frac{251,7}{12} = 20,98 \geq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow IV \text{ třída průřezu} \Rightarrow \text{dochází k boulení}$

$$\frac{c}{t} = \frac{142,7}{12} = 11,9 \leq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \Rightarrow III \text{ třída průřezu}$$

## Lokální boulení příčné výtzuhy

### ŘEZ I

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\frac{\bar{b}}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_p}} = \frac{\frac{251,71}{12}}{28,4 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{0,43}} = 1,238 \geq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{1,238 - 0,188}{1,238^2} = 0,685$$

$$b_{eff1} = \rho \cdot b_{eff,I} = 0,685 \cdot 503,4 = 345 \text{ mm}$$

## Posouzení příčné výtzuhy

### 2. Vnitřní síly na příčné výtzuze

Nelineární výpočet, Extrém: Globální, Systém: Hlavní, Žebro / integrační pás  
Výběr: B233  
Třída: NC-vše

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B233	příčná výtzuha - T	0,000	NC80	<b>-2,31</b>	4,04	33,33	-0,48	-12,69	0,08
B233	příčná výtzuha - T	1,925	NC73	<b>229,50</b>	-5,60	-0,20	0,22	37,00	0,12
B233	příčná výtzuha - T	1,625	NC74	140,27	<b>-17,51</b>	30,38	<b>1,31</b>	24,44	-5,10
B233	příčná výtzuha - T	2,825	NC73	141,12	<b>25,87</b>	-49,78	<b>-1,74</b>	36,53	-6,60
B233	příčná výtzuha - T	4,150	NC80	13,08	-4,33	<b>-83,90</b>	-0,01	-14,64	-0,08
B233	příčná výtzuha - T	0,000	NC81	5,56	4,43	<b>64,14</b>	-0,35	<b>-16,12</b>	0,09
B233	příčná výtzuha - T	1,625	NC73	194,07	7,25	-4,32	0,01	<b>40,69</b>	-7,80
B233	příčná výtzuha - T	1,625	NC81	186,38	-4,42	6,71	0,27	38,40	<b>-7,95</b>
B233	příčná výtzuha - T	3,425	NC74	141,33	-8,09	-18,41	0,23	22,33	<b>0,56</b>

## Průřezové charakteristiky:

Řez	b <sub>eff</sub> [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	z <sub>t1</sub> [mm]	z <sub>t2</sub> [mm]	I <sub>y,eff</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ]	W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ]
0	295,35	5824,1	51	149	2,674E+07	1,798E+05	2,698E+05
1	344,95	6419,4	47	153	2,785+07	1,821E+05	2,722E+05

### ŘEZ 0

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{86,4 \cdot t \cdot \varepsilon} = \frac{178}{86,4 \cdot 10 \cdot 0,81} = 0,257 \text{ zjednodušeně uvažováno } \chi_w = 1,0$$

$$V_{c,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{y,w} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 178 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,92 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{83,9}{368,92} = 0,23 < 1 \text{ vyhovuje}$$

### ŘEZ I

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,o}} = \frac{1,82 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 64,61 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{40,69}{64,61} = 0,63 < 1 \text{ vyhovuje}$$

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{86,4 \cdot t \cdot \varepsilon} = \frac{178}{86,4 \cdot 10 \cdot 0,81} = 0,257 \Rightarrow \text{zjednodušene uvažováno } \chi_w = 1,0$$

$$V_{c,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{y,w} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 178 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,92 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{cRd}} = \frac{30,38}{368,92} = 0,1 < 1 \text{ vyhovuje}$$

## 8. Spoje

### Přípoj táhel ke krajnímu trámu

System Macalloy S460.

Únosnost čepu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 610 \cdot \pi \cdot 14,5^2}{1,25} = 193,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{N_{E,d}}{2} = \frac{91,27}{2} = 45,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 193,4 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 45,64 \text{ kN} \quad \text{vyhoví}$$

Únosnost čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 22 \cdot 29 \cdot 355}{1,0} = 339,74 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = N_{E,d} = 91,27 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 339,74 \text{ kN} \geq F_{v,Rd} = 91,27 \text{ kN} \quad \text{vyhoví}$$

Únosnost čepu v ohybu:

$$M_{Ed} = \frac{F_{E,d}}{8} \cdot (b + 4c + 2a) = \frac{91,27}{8} \cdot (0,022 + 4 \cdot 0,002 + 2 \cdot 0,012) = 0,479 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{y,p}}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,5 \cdot 2,11 \cdot 10^{-6} \cdot 460 \cdot 10^6}{1,0} = 1,46 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1,46 \text{ kNm} \geq M_{E,d} = 0,479 \text{ kNm} \quad \text{vyhoví}$$

Kombinace stříhu a ohybu:

$$\left(\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{0,479}{1,46}\right)^2 + \left(\frac{45,64}{193,4}\right)^2 = 0,16 \leq 1,0 \quad \text{vyhoví}$$

**Svar styčnickového plechu ke krajnímu nosníku:**

Rozklad sil:

$$F_{1,\parallel} = F_1 \cdot \cos \alpha = 64,15 \cdot \cos 31 = 54,98 \text{ kN}$$

$$F_{1,\perp} = F_1 \cdot \cos \gamma = 64,15 \cdot \cos 59 = 33,03 \text{ kN}$$

$$F_{2,\parallel} = F_2 \cdot \cos \beta = 72,27 \cdot \cos 64 = 31,68 \text{ kN}$$

$$F_{2,\perp} = F_2 \cdot \cos \delta = 72,27 \cdot \cos 26 = 64,96 \text{ kN}$$

Napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,\parallel} - F_{2,\parallel}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{(54,98 - 31,68) \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 230} = 12,066 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{F_{1,\perp} + F_{2,\perp}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{(33,03 + 64,94) \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 230} = 53,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{53,24}{\sqrt{2}} = 37,64 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{37,64^2 + 3 \cdot (37,64^2 + 12,07^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

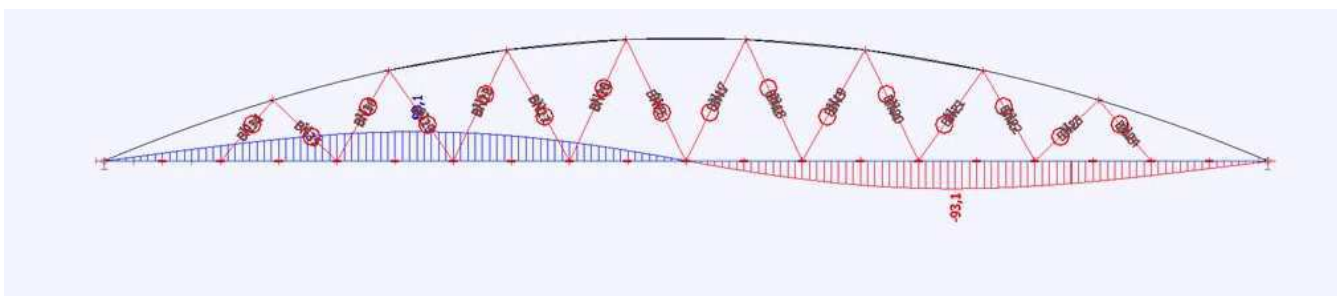
$$78,12 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa} \quad \text{vyhoví}$$

## 9. Mezní stav použitelnosti

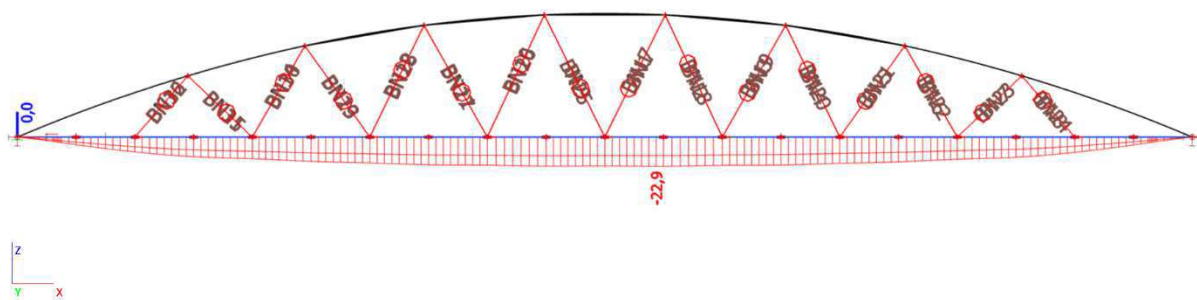
### Limitní svislý průhyb konstrukce (NC149)

$$\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{40000}{400} = 100mm$$

Vypočítaný průhyb:  $\delta_{max} = 98,1 mm \leq \delta_{lim} = 100mm$  *vyhovuje*



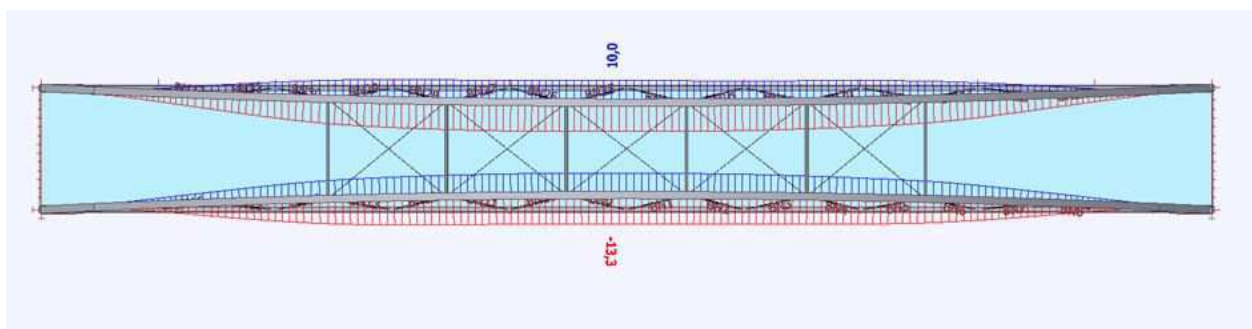
Průhyb (NC133)- dle toho navrženo nadvýšení lávky o hodnotu 30 mm uprostřed rozpětí. S nadvýšením nebylo v modelu konstrukce počítáno.



### Limitní vodorovný průhyb konstrukce

$$\delta_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{40000}{300} = 100mm$$

Vypočítaný průhyb (obálka):  $\delta_{max} = 13,3 mm \leq \delta_{lim} = 100mm$  *vyhovuje*



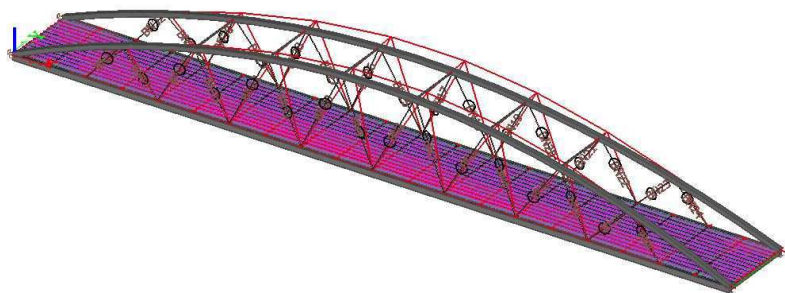
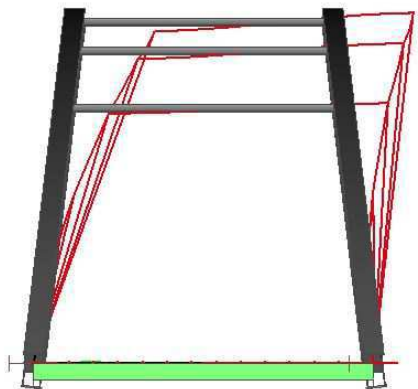
## 10. Vlastní frekvence konstrukce

Byly vypočteny vlastní tvary a frekvence konstrukce.

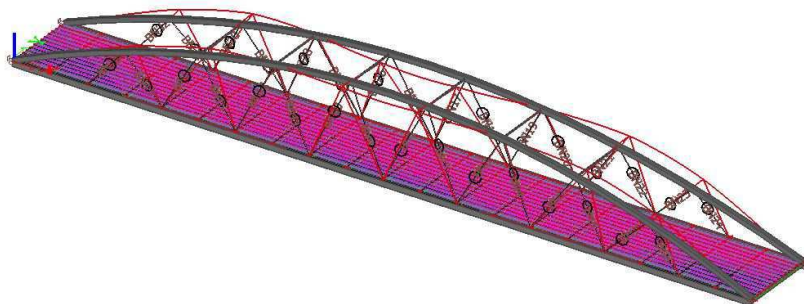
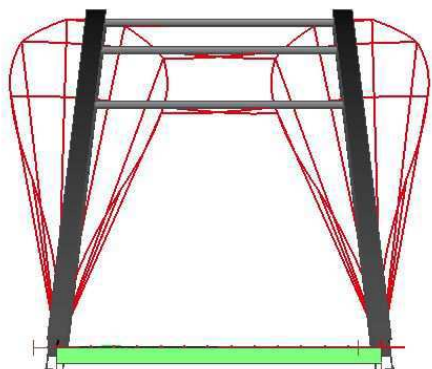
### Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,57	9,85	96,99	0,64
2	4,44	27,87	776,67	0,23
3	5,77	36,24	1313,45	0,17
4	7,90	49,65	2464,90	0,13
5	8,13	51,06	2607,39	0,12
6	8,33	52,36	2741,89	0,12
7	10,45	65,65	4309,32	0,10
8	11,05	69,40	4816,11	0,09
9	11,13	69,93	4890,63	0,09
10	12,03	75,60	5714,87	0,08

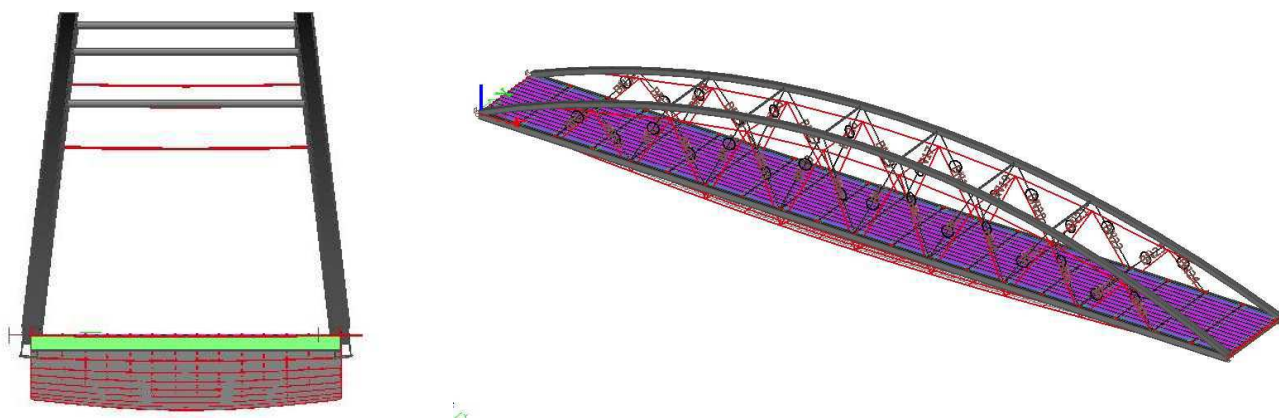
#### 1. Vlastní frekvence- příčné kmitání oblouků



#### 2. Vlastní frekvence- příčné kmitání oblouků



### 3. Vlastní frekvence-svislé kmitání



Podle normy ČSN EN 1990, příloha A, článek A2.4.3.2 mají být základní frekvence nosné konstrukce na lávce pro pěší:

a) Pro svislé kmitání lávky  $f \geq 5\text{Hz}$

$$f_4 = 5,77\text{Hz} \geq 5\text{Hz} \quad \text{VYHOVUJE}$$

b) Pro vodorovné kmitání lávky  $f \geq 2,5\text{ Hz}$

$$\text{Frekvence podélného kmitání mostovky je } f_7 = 10,45\text{ Hz} \geq 2,5\text{ Hz} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Lávka splňuje požadavky normy na svislé a vodorovné kmitání konstrukce z hlediska pohody chodců.

## 11. Aeroelastické jevy

### Odtrhávání víru- nejdelší táhlo

- a) Účinek odtrhávání vírů se zjišťuje, pokud poměr největšího a nejmenšího příčného rozměru konstrukce v rovině kolmé ke směru větru je větší než 6.

$$\frac{l}{b} = \frac{4,433}{0,028} = 158 > 6 \quad \text{účinek se bude zjišťovat}$$

- b) Účinek odtrhávání vírů nemusí být vyšetřován jestliže

b=	0,028	m	průměr táhla
l=	4,433	m	délka táhla
$\lambda=l/b=$	158,32		
$n_{i,y}=$	2,87	Hz	vlastní frekvence závěsu v rovině kolmé na směr větru
$\delta=$	0,012		logaritmický dekrement útlumu oceli
$m_e=$	4,834	kg.m-1	efektivní hmotnost
K=	0,1		součinitel tvaru kmitání (tab E.5)
$\rho=$	1,25	kg/m <sup>3</sup>	hustota vzduchu
$\nu=$	1,50E-05	m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	kinematická viskozita
$v_b=$	22,5	m/s	základní rychlost větru
s=	2,2165	m	střed zatížení
h=	5,9	m	výška pro střední rychlost větru
$v_{m(s)}=$	14,43	m/s	střední rychlost větru uprostřed výšky závěsu
St=	0,18		Strouhalovo číslo
$v_{crit(s)}=$	0,446	m/s	kritická rychlost
$v_{crit(s)}/v_m=$	0,031		poměr rychlostí
$C_{lat,0}=$	0,7		součinitel příčné síly (tab. E3)
Re=	833,36		Reynoldsovo číslo
Sc=	118,375		Scrutonovo číslo

$$v_{crit,1} = 0,446 \text{ ms}^{-1} < 1,25 \cdot v_m = 1,25 \cdot 14,43 = 18,03 \text{ ms}^{-1} \quad \text{nebude vyšetřováno}$$

### Galloping- nejdelší táhlo

Musí být splněno:  $v_{CG} > 1,25 \cdot v_m$

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot S_C \cdot n_y \cdot b}{a_g} = \frac{2 \cdot 118,38 \cdot 2,87 \cdot 0,028}{1,0} = 19,02 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{CG} = 19,02 \text{ ms}^{-1} > 1,25 \cdot v_m = 18,04 \text{ ms}^{-1} \quad \text{galloping nenastane}$$

Interakce-poměr rychlostí nesmí ležet v intervalu:

$$0,7 < \frac{v_{CG}}{v_{crit}} < 1,5$$

$$\frac{v_{CG}}{v_{crit}} = 42,6 \quad \text{interakce nenastane}$$

## Odrhávání víru- závěsy- nejkratší táhlo

$$\frac{l}{b} = \frac{2,808}{0,028} = 100 > 6 \quad \text{účinek se bude zjišťovat}$$

b=	0,028	m	průměr táhla
l=	2,808	m	výška táhla
$\lambda=l/b=$	100,29		
$n_{i,y}=$	7,153	Hz	vlastní frekvence závěsu v rovině kolmé na směr větru
$\delta=$	0,012		logaritmický dekrement útlumu oceli
$m_e=$	4,834	kg.m-1	efektivní hmotnost
K=	0,1		součinitel tvaru kmitání (tab E.5)
$\rho=$	1,25	kg/m <sup>3</sup>	hustota vzduchu
u=	1,50E-05	m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	kinematická viskozita
$v_b=$	22,5	m/s	základní rychlost větru
s=	1,404	m	střed zatížení
h=	4,842	m	výška pro střední rychlost větru
$v_{m(s)}=$	13,48	m/s	střední rychlost větru uprostřed výšky závěsu
St=	0,18		Strouhalovo číslo
$v_{crit(s)}=$	1,113	m/s	kritická rychlost
$v_{crit(s)}/v_m=$	0,083		poměr rychlostí
$C_{lat,0}=$	0,7		součinitel příčné síly (tab. E3)
Re=	2077,02		Reynoldsovo číslo
Sc=	118,375		Scrutonovo číslo

$$v_{crit,1} = 1,113 \text{ ms}^{-1} < 1,25 \cdot v_m = 1,25 \cdot 13,48 = 16,85 \text{ ms}^{-1} \quad \text{nebude vyšetřováno}$$

## Galloping- nejkratší táhlo

Musí být splněno:  $v_{CG} > 1,25 \cdot v_m$

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot S_C \cdot n_y \cdot b}{a_g} = \frac{2 \cdot 118,38 \cdot 7,153 \cdot 0,028}{1,0} = 47,41 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{CG} = 47,41 \text{ ms}^{-1} > 1,25 \cdot v_m = 16,85 \text{ ms}^{-1} \quad \text{galloping nenastane}$$

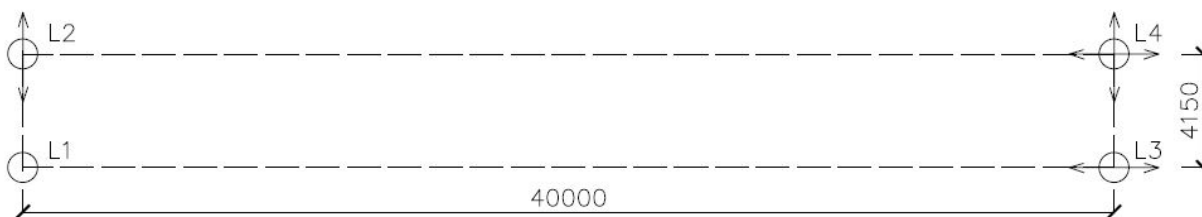
Interakce-poměr rychlostí nesmí ležet v intervalu:  $0,7 < \frac{v_{CG}}{v_{crit}} < 1,5$

$$\frac{v_{CG}}{v_{crit}} = 42,6 \quad \text{interakce nenastane}$$

## 12. Návrh ložisek

Geometrie ložisek:

SCHÉMA ULOŽENÍ LÁVKY



### Ložisko L1

Reakce v podpoře:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn4/N3	NC31	<b>-222,16</b>	0,00	174,71	-25,56	0,00	14,23
Sn3/N1	NC31	<b>222,16</b>	<b>32,79</b>	318,02	14,49	0,00	15,19
Sn3/N1	NC45	-218,89	<b>-30,63</b>	175,10	23,47	0,00	-11,73
Sn4/N3	NC3	-15,90	0,00	<b>104,89</b>	-12,96	0,00	15,42
Sn1/N2	NC35	0,00	6,11	<b>388,07</b>	24,48	0,00	-12,32
Sn4/N3	NC75	-49,13	0,00	185,32	<b>-50,46</b>	0,00	14,85
Sn3/N1	NC75	-48,07	0,06	185,31	<b>51,95</b>	0,00	-14,86
Sn1/N2	NC1	0,00	0,00	106,56	7,69	<b>0,00</b>	0,11
Sn1/N2	NC42	0,00	12,58	278,58	10,49	0,00	<b>-25,15</b>
Sn3/N1	NC37	69,08	17,89	281,58	10,45	0,00	<b>21,76</b>

Deformace (pro L1 a L3)

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B260	40,000	NC62	<b>-26,5</b>	0,0	0,0	0,0	-20,2	-2,5	26,5
B260	40,000	NC61	<b>23,8</b>	0,0	0,0	0,0	-2,0	-0,2	23,8
B260	0,000	NC61	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	2,0	0,2	0,0
B260	0,000	NC58	0,0	0,0	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	0,5	0,1	0,0
B260	0,000	NC60	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	16,9	2,1	0,0
B260	0,000	NC65	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>-31,8</b>	<b>-3,9</b>	0,0
B260	40,000	NC63	11,9	0,0	0,0	0,0	<b>29,4</b>	<b>3,6</b>	11,9

Ložisko L1 je navrženo jako pevné hrncové ložisko.

Návrh ložiska: TETRON CD/FX 500-50

Maximální vertikální síla: 500kN

Maximální horizontální síla: 50kN

Statický výpočet varianty A

## Ložisko L2

Reakce v podpoře:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn4/N3	NC31	<b>-222,16</b>	0,00	174,71	-25,56	0,00	14,23
Sn3/N1	NC31	<b>222,16</b>	<b>32,79</b>	318,02	14,49	0,00	15,19
Sn3/N1	NC45	-218,89	<b>-30,63</b>	175,10	23,47	0,00	-11,73
Sn4/N3	NC3	-15,90	0,00	<b>104,89</b>	-12,96	0,00	15,42
Sn1/N2	NC35	0,00	6,11	<b>388,07</b>	24,48	0,00	-12,32
Sn4/N3	NC75	-49,13	0,00	185,32	<b>-50,46</b>	0,00	14,85
Sn3/N1	NC75	-48,07	0,06	185,31	<b>51,95</b>	0,00	-14,86
Sn1/N2	NC1	0,00	0,00	106,56	7,69	<b>0,00</b>	0,11
Sn1/N2	NC42	0,00	12,58	278,58	10,49	0,00	<b>-25,15</b>
Sn3/N1	NC37	69,08	17,89	281,58	10,45	0,00	<b>21,76</b>

Deformace (pro L2 a L4)

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B261	40,000	NC62	<b>-26,5</b>	-2,3	0,3	0,0	-20,2	2,5	26,6
B261	40,000	NC61	<b>23,8</b>	1,5	-0,2	0,0	-2,0	0,2	23,8
B261	0,000	NC59	0,0	<b>-2,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	2,2	-0,3	2,4
B261	40,000	NC58	19,7	<b>1,8</b>	<b>-0,2</b>	0,0	-0,5	0,1	19,7
B261	0,000	NC58	0,0	1,8	-0,2	<b>0,0</b>	0,5	-0,1	1,8
B261	0,000	NC65	0,0	1,7	-0,2	0,0	<b>-31,8</b>	<b>3,9</b>	1,7
B261	40,000	NC63	11,7	1,7	-0,2	0,0	<b>30,5</b>	<b>-3,7</b>	11,8

Ložisko je hrncové -v příčném směru posuvné a podélném směru pevné hrncové

Návrh ložiska: TETRON CD/GG 500-50-50

Maximální vertikální síla: 500kN

Maximální horizontální síla: 50kN

Maximální posun: 50 mm

## Ložisko L3

Reakce v podpoře:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn4/N3	NC31	<b>-222,16</b>	0,00	174,71	-25,56	0,00	14,23
Sn3/N1	NC31	<b>222,16</b>	<b>32,79</b>	318,02	14,49	0,00	15,19
Sn3/N1	NC45	-218,89	<b>-30,63</b>	175,10	23,47	0,00	-11,73
Sn4/N3	NC3	-15,90	0,00	<b>104,89</b>	-12,96	0,00	15,42
Sn1/N2	NC35	0,00	6,11	<b>388,07</b>	24,48	0,00	-12,32
Sn4/N3	NC75	-49,13	0,00	185,32	<b>-50,46</b>	0,00	14,85
Sn3/N1	NC75	-48,07	0,06	185,31	<b>51,95</b>	0,00	-14,86
Sn1/N2	NC1	0,00	0,00	106,56	7,69	<b>0,00</b>	0,11
Sn1/N2	NC42	0,00	12,58	278,58	10,49	0,00	<b>-25,15</b>
Sn3/N1	NC37	69,08	17,89	281,58	10,45	0,00	<b>21,76</b>

Statický výpočet varianty A

Ložisko je hrncové- v podélném směru posuvné a v příčném směru pevné.

Návrh ložiska: TETRON CD/GG 500-50-50

Maximální vertikální síla: 500kN

Maximální horizontální síla: 50kN

Maximální posun: 50 mm

### Ložisko L4

Reakce v podpoře:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn4/N3	NC31	<b>-222,16</b>	0,00	174,71	-25,56	0,00	14,23
Sn3/N1	NC31	<b>222,16</b>	<b>32,79</b>	318,02	14,49	0,00	15,19
Sn3/N1	NC45	-218,89	<b>-30,63</b>	175,10	23,47	0,00	-11,73
Sn4/N3	NC3	-15,90	0,00	<b>104,89</b>	-12,96	0,00	15,42
Sn1/N2	NC35	0,00	6,11	<b>388,07</b>	24,48	0,00	-12,32
Sn4/N3	NC75	-49,13	0,00	185,32	<b>-50,46</b>	0,00	14,85
Sn3/N1	NC75	-48,07	0,06	185,31	<b>51,95</b>	0,00	-14,86
Sn1/N2	NC1	0,00	0,00	106,56	7,69	<b>0,00</b>	0,11
Sn1/N2	NC42	0,00	12,58	278,58	10,49	0,00	<b>-25,15</b>
Sn3/N1	NC37	69,08	17,89	281,58	10,45	0,00	<b>21,76</b>

Ložisko je navrženo jako hrncové, v obou směrech posuvné.

Návrh ložiska: TETRON CD/GL 500-50-20

Maximální vertikální síla 500kN

Maximální podélný posun: 50mm

Maximální příčný posun: 20mm

### Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1991-2- Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí teplotou
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí- boulení stěn
- [7] ČSN EN 1993-2 Ocelové mosty
- [8] Král J. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010.

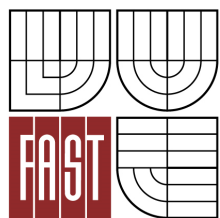
### Internetové zdroje

- [9] táhla Macollay [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.tension.cz>
- [10] HRNCOVÁ LOŽISKA [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.freyssinet.cz>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE LÁVKY

THE STEEL STRUCTURE OF A FOOT-BRIDGE

## TECHNICKÁ ZPRÁVA

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

*DIPLOMA THESIS*

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2016

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Identifikační údaje .....	1
3. Charakteristika lávky .....	1
4. Charakter překážky .....	1
5. Technický popis konstrukce .....	1
a) Obecně .....	1
b) Nosná konstrukce .....	1
c) Mostní vybavení .....	3
6. Požární ochrana .....	3
7. Povrchová ochrana .....	3
8. Materiál .....	4
9. Zatěžovací zkouška .....	4
10. Údržba lávky .....	4
11. Revize a prohlídky .....	4
12. Postup výstavby .....	4

## 1. Úvod

Předmětem technické zprávy je VARIANTA A- ocelová lávka pro pěší a cyklisty v Olomouci.

## 2. Identifikační údaje

Stavba: Ocelová konstrukce lávky pro pěší a cyklisty

Obec: Olomouc

Kraj: Olomoucký

## 3. Charakteristika lávky

Délka přemostění: 39,280m

Délka nosné konstrukce: 40,420m

Rozpětí lávky: 40,000 m

Volná šířka na lávce: 3,500 m

Šířka lávky: 4,382 m

Výška lávky nad hladinou: 3,800m

Stavební výška: 4,457m

## 4. Charakter překážky

Lávka převádí chodník přes řeku Moravu.

## 5. Technický popis konstrukce

### a) Obecně

Lávka je navržena jako oblouková konstrukce o jednom poli s dolní mostovkou a tuhým obloukem. Mostovka je provedena jako celooceľová svařovaná konstrukce a je zavěšena prostřednictvím krajních trámů k ocelovému oblouku.

### b) Nosná konstrukce

#### Hlavní parabolické nosníky:

Hlavní parabolické nosníky jsou tvořeny ze svařovaného uzavřeného průřezu, paty oblouku jsou náběhovány v délce 2m na oblou koncích. Pásnice i obě stojiny průřezu mají tloušťku 14 mm. Rozměry průřezu jsou (šířka x výška) 250mm x 240mm, v patě oblouku 250mm x 260 mm. V místě přípojů styčnickových plechů táhel je průřez parabolického oblouku vyztužen plechem P14. V místě paty oblouku jsou oblouky svařeny s krajními trámy mostovky. Oblouky jsou vzájemně skloněny k sobě o 0,5 m z každé strany, osová vzdálenost mezi oblouky ve střední části je 3,0m a v místě uložení na ložiska je 4,15 m.

## Technická zpráva

### Mostovka

Jedná se o ortotropní mostovku z plechu P12, vyztuženou podélnými výztuhami z plechu P10 výšky 100 mm po osových vzdálenostech 350mm, které jsou přivařeny koutovými svary k mostovkovému plechu. Dále je mostovka vyztužená příčnými výztuhami tvaru T z plechu P10 výšky 100 mm a pásnicí z plechu P10 a šířky 50mm. Příčné výztuhy jsou přivařeny k mostovkovému plechu koutovými svary. Mostovka je v střechovitém sklonu 2% a podélném sklonu 0,1% tvořeném nadvýšením lávky. Nadvýšení lávky je 30mm. Plech a příčné výztuhy mostovky jsou přivařeny ke krajnímu nosníku koutovými svary.

Na mostovce bude provedena pochozí, hydroizolační a protiskluzová izolace Tarco Qubic tloušťky 8mm.

### Krajní nosník mostovky:

Krajní nosník mostovky je tvořen uzavřeným svařovaným průřezem. Dimenze nosníku jsou odstupňovány. Obě krajní části nosníku v délce 1,2m jsou tvořeny průřezem 250x290 (šířka x výška) svařeného z plechu P14, na tyto části navazuje přechodový průřez délky 0,3m. Zbývá část nosníku je tvořena průřezem 290x180 z plechů P14 (pásnice) a P8 (stojiny).

Celý krajní nosník je otočený kolem své podélné osy o 7° tak že tvoří s parabolickým obloukem a závěsy jednu rovinu.

### Závěsy

Závěsy jsou tvořeny z ocelových táhel systému Macalloy S460 v pozinkované úpravě. Připojení táhel k parabolickým obloukům a krajním nosníkům mostovky je realizováno pomocí systémových koncovek a styčnickového plechu.

Závěsy mostovky: Macalloy M30

Ztužidlo oblouku: Macalloy M10

### Ztužující prvky:

Na lávce je navrženo 6 vodorovných ztužujících prvků průřezu TR 88,9 x 4 mm, které budou přivařeny k obloukovým nosníkům koutovými svary.

## Nadvýšení

Mostovka spolu s jejími krajními nosníky bude nadvýšena o 30mm uprostřed rozpětí lávky. Nadvýšení je navrženo na základě průhybu konstrukce v charakteristické kombinaci.

### c) Mostní vybavení

#### Ložiska:

Lávka bude uložena na čtyřech hrncových ložiscích.

Opěra 1:

L1- TETRON CD/FX 500-50

L3- TETRON CD/GG 500-50-50

Opěra 2:

L2- TETRON CD/GG 500-50-50

L4- TETRON CD/GL 500-50-20

#### Mostní závěr:

V místě přechodu mezi koncem ocelové mostovky a betonovou závěrnou zídou bude uloženo elastomerové dilatační zařízení, které umožní posun ocelové lávky v rozsahu  $\pm 50\text{mm}$ .

#### Odvodnění:

Je řešeno podélným a příčným sklonem mostovky. V místě krajních nosníků budou osazeny odvodňovače, na které bude napojeno odvodňovací potrubí.

#### Zábradlí:

Zábradlí bude osazeno na již předem připravené L profily, které budou přivařeny k mostovkovému plechu. Výška zábradlí je 1,30m. Zábradlí bude ve sklonu  $5^\circ$  směrem k středu lávky.

## 6. Požární ochrana

Jedná se o konstrukci bez požárního rizika. Odolnost ocelové konstrukce na požár není posuzována.

## 7. Povrchová ochrana

Ochrana bude provedena dle normy EN ISO 12 944.

Základní nátěr: SikaCor EG Phospath 100 $\mu\text{m}$

Vrchní nátěr: SikaCor EG 4/5 80  $\mu\text{m}$

Základní nátěr konstrukce bude proveden na dílně, vrchní nátěr na stavbě.

## 8. Materiál

Nosná konstrukce lávky je navržena s oceli S355 J2.

Táhla Macalloy M10,M30 z oceli S460.

## 9. Zatěžovací zkouška

Po dokončení výstavby konstrukce bude provedena zatěžovací zkouška, při které budou zkoumán průhyb mostovky, krajních nosníků a sedání mostních opěr.

## 10. Údržba lávky

Na konstrukci je třeba provádět čištění a kontrolu ložisek, mostních závěru, odvodňovačů a odvodňovacího potrubí.

## 11. Revize a prohlídky

Revize a prohlídky budou probíhat v pravidelných intervalech.

## 12. Postup výstavby

Třída provedení konstrukce EXC3. Konstrukce bude sestavena ve výrobně z jednotlivých částí na montážní dílce, které budou přepraveny na staveniště.

1. Příprava staveniště
2. Provedení spodní stavby
3. Bude provedeno svaření jednotlivých dílů na připraveném místě. Nejprve dojde k připojení dílů D2 a D3 krajních trámů na krajní díly D1, poté dojde k postupné montáži mostovkových dílů. Po montáži mostovky se začne se montáží 2 dílů oblouku D4 přivařením ke krajním dílů D1 a současně se přivaří vodorovné ztužující prvky. Dále se přivaří horní část oblouku- dílec D5 a doplní se zbývajícím příčné ztužení oblouků. Poslední fází montáže na břehu bude osazení táhel na styčnickové plechy.
4. Výsuv lávky, pomocí hydraulických lisů. Při výsuvu budou použity 4 montážní podpěry, na nichž bude výsuv probíhat. Konstrukce je provedena v nadvýšení, a proto bude nutné provést před každou montážní podporou vyzdvižení konstrukce, čehož je možné dosáhnout zdviháním a popouštěním krajních montážních podpor.
5. Po vysunutí celé konstrukce bude lávka osazena na hrncová ložiska.
6. Montáž mostních závěrů a odvodňovacího potrubí
7. Provedení pochozí hydroizolace TARCO QUBIC tl. 8mm.
8. Osazení zábradlí
9. Úprava terénu a okolí stavby.

V Brně dne 12.1.2016

Bc. Radek Veselý

### Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1991-2- Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí teplotou
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí- boulení stěn
- [7] ČSN EN 1993-2 Ocelové mosty
- [8] Král J. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010.

### Internetové zdroje

- [9] táhla Macollay [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.tension.cz>
- [10] HRNCOVÁ LOŽISKA [online]. 2015. [cit. 2015-01-12], dostupné z:  
<http://www.freyssinet.cz>