



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**ŽELEZNIČNÍ MOST PŘES VÁH MEZI OBCEMI
NEMŠOVÁ A TRENČIANSKA TEPLÁ**

RAIL BRIDGE OVER RIVER VÁH BETWEEN NEMŠOVÁ AND TRENČIANSKA TEPLÁ

**PŘÍLOHA B.1 – NÁVRH, POSOUZENÍ A MULTIKRITERIÁLNE
HODNOCENÍ VARIANT**

SUPPLEMENT B.1 – DESIGN, ASSESSMENT AND MULTICRITERIAL EVALUATION OF OPTIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lívía Lezová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2022

OBSAH

1.	ÚVOD.....	5
2.	STÁVAJÚCI STAV	6
3.	NÁVRH VARIÁNT	8
3.1	Varianta 1.....	8
3.2	Varianta 2.....	10
3.3	Varianta 3.....	12
3.4	Varianta 4.....	14
3.5	Varianta 5.....	15
4.	PREDPOKLADY NÁVRHU	17
5.	VÝPOČTOVÝ MODEL	17
6.	MATERIÁL.....	18
7.	ZAŤAŽENIE	19
7.1	Stále zaťaženie	19
7.1.1	Vlastná tiaž.....	19
7.1.2	Ostatné stále zaťaženie	19
7.2	Premenné zaťaženie – zaťaženie od dopravy.....	19
7.2.1	Model zaťaženia LM71 – bežná železničná doprava.....	20
7.2.2	Model zaťaženia SW/0	20
7.2.3	Model zaťaženia SW/2 – ťažká železničná doprava.....	21
8.	KOMBINÁCIE	21
9.	VNÚTORNÉ SILY	21
10.	POSÚDENIE NA MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI	22
10.1	Varianta 1.....	22
10.1.1	Trám	23
10.1.2	Oblúk.....	24
10.1.3	Tiahlo.....	27
10.2	Varianta 2.....	27
10.2.1	Plnostenný nosník	27
10.2.2	Trám	30
10.2.3	Oblúk.....	31
10.2.4	Tiahlo.....	33
10.3	Varianta 3.....	34
10.3.1	Plnostenný nosník	34
10.3.2	Dolný pás	36
10.3.3	Horný pás.....	38
10.3.4	Ťahaná diagonála	39
10.3.5	Tlačená diagonála	40

10.4	Varianta 4.....	43
10.4.1	Dolný pás	44
10.4.2	Horný pás.....	45
10.4.3	Ťahaná diagonála	47
10.4.4	Tlačená diagonála	48
10.5	Varianta 5.....	51
10.5.1	Plnostenný nosník	52
10.5.2	Trám	53
10.5.3	Oblúk.....	54
10.5.4	Tiahlo.....	57
11	POSÚDENIE MOSTOVKY	58
11.1	Priečnik pre varianty 1, 2 a 5	58
11.1.1	Šmykové ochabnutie	58
11.1.2	Zaťaženie.....	58
11.1.3	Vnútorne sily.....	59
11.1.4	Posúdenie	60
11.1.5	Krčné zvary	61
11.2	Pozdĺžna výstuha pre varianty 1, 2 a 5.....	62
11.2.1	Šmykové ochabnutie	62
11.2.2	Zaťaženie.....	63
11.2.3	Vnútorne sily.....	63
11.2.4	Posúdenie	64
11.2.5	Krčné zvary	66
11.3	Priečnik pre varianty 3 a 4	66
11.3.1	Šmykové ochabnutie	66
11.3.2	Zaťaženie.....	67
11.3.3	Vnútorne sily.....	68
11.3.4	Posúdenie	68
11.3.5	Krčné zvary	70
11.4	Pozdĺžna výstuha pre varianty 3 a 4.....	71
11.4.1	Šmykové ochabnutie	71
11.4.2	Zaťaženie.....	71
11.4.3	Vnútorne sily.....	72
11.4.4	Posúdenie	73
11.4.5	Krčné zvary	75
12	MODÁLNA ANALÝZA	76
12.1	Varianta 1.....	76
12.2	Varianta 2.....	77

12.3	Varianta 3.....	77
12.3.1	Pole 1 a pole 4.....	77
12.3.2	Pole 2 a pole 3.....	78
12.4	Varianta 4.....	79
12.5	Varianta 5.....	79
12.5.1	Pole 1, pole 2 a pole 3	79
12.5.2	Pole 3.....	80
13	VÝKAZ MATERIÁLU	81
13.1	Varianta 1.....	81
13.2	Varianta 2.....	81
13.3	Varianta 3.....	82
13.4	Varianta 4.....	82
13.5	Varianta 5.....	83
14	MULTIKRITERIÁLNE HODNOTENIE VARIÁNT.....	84

1. ÚVOD

Predmetom zadania diplomovej práce je navrhnúť novú nosnú ocelovú mostnú konštrukciu jednokoľajného železničného mostu cez rieku Váh na trati č. 123 medzi obcami Trenčianska Teplá a Nemšová. Na trati sa nachádza stávajúci jednokoľajný železničný most o 4 poliach rozpätia $50 + 50 + 50 + 50$ m. Trať č. 123 je medzinárodná, spája Slovenskú republiku s Českou republikou a vedie z Trenčianskej Teplej cez Nemšovú do Vlárskoho průsmyku. Stávajúci most bude zdemolovaný a nahradený novou mostnou konštrukciou v stávajúcom mieste. Niveleta koľaje nesmie byť menená kvôli diaľničnému mostu, ktorý vedie ponad trať č. 123 v blízkosti predmetného mostu. Návrhová rýchlosť na trati sa zvyšuje na 160 km/h z čoho vyplýva zväčšenie voľného mostného prierezu na VMP 3.

Pre zadanie bolo vytvorených 5 variant (1, 2, 3, 4, 5). Všetky varianty sú navrhnuté s dolnou ortotrópnou mostovkou. Varianta 1 je navrhnutá ako 2 prosté polia o rozpätí $100 + 100$ m. Obe polia sú tvorené trámom vystuženým oblúkom (Langerov trám). Varianta 2 je navrhnutá ako spojitý nosník o 3 poliach rozpätí $50 + 100 + 50$ m. Pole 1 a pole 3 sú tvorené plnostennými hlavnými nosníkmi o rozpätí 50 m a pole 2 je tvorené trámom vystuženým oblúkom (Langerov trám) o rozpätí 100 m. Varianta 3 je navrhnutá ako spojitý nosník o 2 poliach rozpätí $80 + 80$ m tvorených priehradovou konštrukciou s rombickým usporiadaním diagonál a s dvoma poľami navrhnutými ako prostý nosník rozpätia 20 m tvorenými plnostennými hlavnými nosníkmi. Celkový počet polí je 4 o rozpätí $20 + 80 + 80 + 20$ m. Varianta 4 je navrhnutá ako spojitý nosník o 3 poliach rozpätí $80 + 80 + 40$ m tvorených priehradovou konštrukciou s rombickým usporiadaním diagonál. Varianta 5 je navrhnutá ako 4 prosté polia o rozpätí $30 + 30 + 110 + 30$ m. Pole 1, pole 2 a pole 4 sú tvorené plnostennými hlavnými nosníkmi o rozpätí 30 m a pole 3 je tvorené trámom vystuženým oblúkom (Langerov trám) o rozpätí 110 m.

Porovnanie variant bolo prevedené pomocou multikriteriálnej analýzy, ktorej hlavné kritéria boli hmotnosť konštrukcie, náterová plocha konštrukcie, doprava, montáž konštrukcie a estetické hľadisko konštrukcie. Varianty boli posúdené aj z hľadiska modálnej analýzy.

2. STÁVAJÚCI STAV

Stávající mostná konstrukce na trati č. 123 cez rieku Váh sa nachádza v Trenčianskom kraji na Slovensku v blízkosti pohraničia s Českou republikou. Bola vybudovaná okolo roku 1947. Mostná konštrukcia prevádza trať č. 123 ponad rieku Váh ale aj ponad priľahlé poľné cesty a cyklotrasu. Je tvorená 4 prostými poľami o rozpätí 50 + 50 + 50 + 50 m. Jedná sa o most s dolnou prvkovou mostovkou. Hlavná nosná konštrukcia je priehradová s kosouhlým usporiadaním diagonál. Most je v pozdĺžnom sklone $\pm 0,00\%$ a je kolmý $\alpha = 90^\circ$.



Obrázok 1: Panoramatický záber stávajúcej mostnej konštrukcie



Obrázok 2: Opora a uloženie stávajúceho mostu

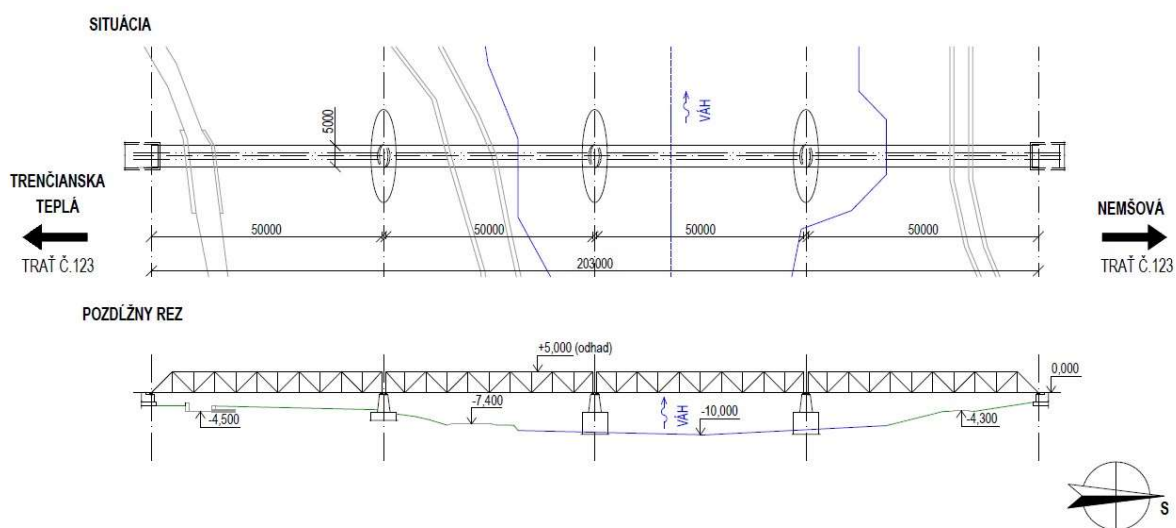


Obrázok 3: Pohľad na most



Obrázok 4: Detail nitovaných spojov na moste

Bolo prevedené orientačné zameranie stávajúcej konštrukcie (rozpätie polí, šírka mostu, výška mostu nad terénom, ...), z ktorého bol následnej vypracovaný pozdĺžny rez mostu a terénu a situácia.

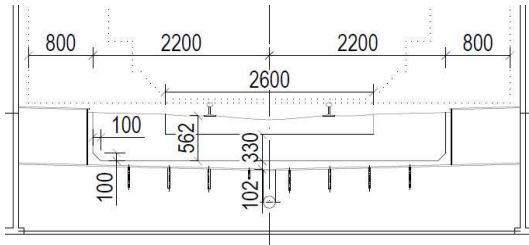


Obrázok 5: Situácia a pozdĺžny rez stávajúceho mostu

3. NÁVRH VARIÁNT

Osová vzdialenosť medzi hlavnými nosníkmi je pre všetky varianty rovnaká $B = 7,25$ m.

Návrh koľajového lôžka je pre všetky varianty rovnaký. Priečny sklon je 2,5 % a pozdĺžny sklon 0 %. Sú navrhnuté pozdĺžne odvodňovacie zariadenia v osovej vzdialenosti ≤ 3 m.

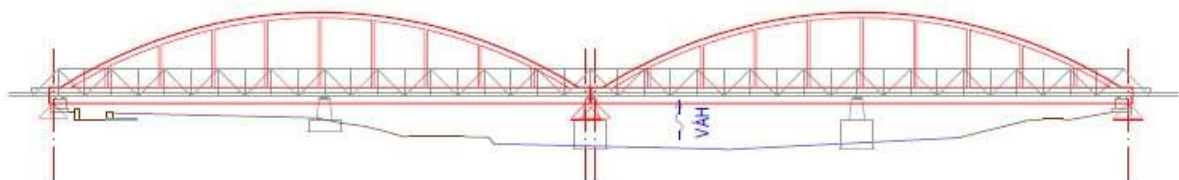


Obrázok 6: Návrh koľajového lôžka

Mostovka je tvorená priečnymi a pozdĺžnymi výstuhami a mostovkovým plechom. Priečne výstupy sú pre varianty 1, 2 a 5 v osovej vzdialenosti 2 500 mm a pre varianty 3 a 4 v osovej vzdialenosti 2 000 mm. Priečník je navrhnutý ako obrátený zvarený profil T o výške 800 mm a šírkou dolnej pásnice 400 mm. Pozdĺžna výstuha je navrhnutá v osových vzdialenostiach 500 mm ako plech hrúbky 25 mm a výšky 250 mm. Mostovkový plech je navrhnutý o hrúbke 16 mm.

3.1 Varianta 1

Mostná konštrukcia je tvorená dvojicou trámov vystužených oblúkom (Langerov trám) o rozpätí 100 m. Hlavnú nosnú konštrukciu tvorí trám, oblúk a tiahla.

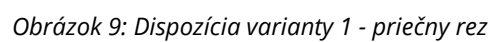
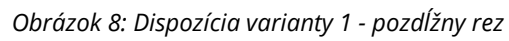


Obrázok 7: Schéma návrhu varianty 1

Dispozícia:

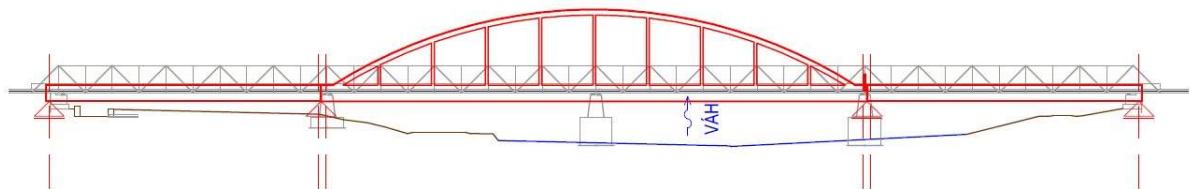
Rozpätie $L =$	100 m		
Vzopätie $f =$	$1/6 L = 16,7$ m	\Rightarrow	15 m
	$1/8 L = 12,5$ m		
Výška trámu $h_n =$	$1/25 L = 4,0$ m	\Rightarrow	3 m
	$1/40 L = 2,5$ m		
Oblúk $h_o =$	$1/4 h_n = 0,8$ m	\Rightarrow	1 m

Trámy sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 3 000 mm a šírky 900 mm. Oblúky sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 1 000 mm a šírky 900 mm. Tiahla sú navrhnuté zo studena tvarovaných trubiek priemeru 273 mm a hrúbkou steny 12 mm v osovej vzdialenosti 10 000 mm.



3.2 Varianta 2

Mostná konštrukcia je navrhnutá ako spojitý nosník o 3 poliach rozpätí 50 + 100 + 50 m. Hlavnú nosnú konštrukciu v poli 1 a v poli 2 tvoria plnostenné nosníky. Hlavná nosná konštrukcia v poli 2 je tvorená trámom vystuženým oblúkom (Langerov trám).



Obrázok 10: Schéma návrhu varianty 2

Dispozícia:

Pole 1, pole 3:

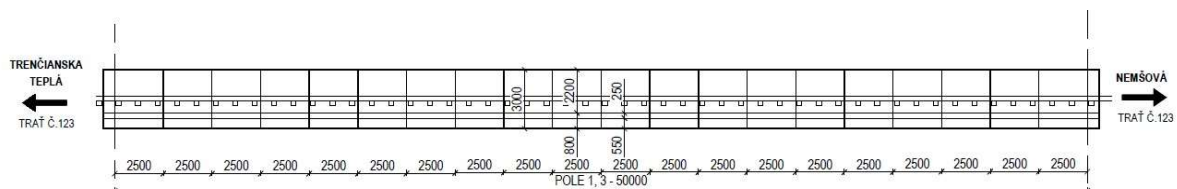
$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 50 \text{ m} \\ \text{Výška hl. nosníka } h_{hl} &= \begin{aligned} 1/14 L &= 3,6 \text{ m} \\ 1/18 L &= 2,8 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlavné plnostenné nosníky sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 3 000 mm a šírky 900 mm.

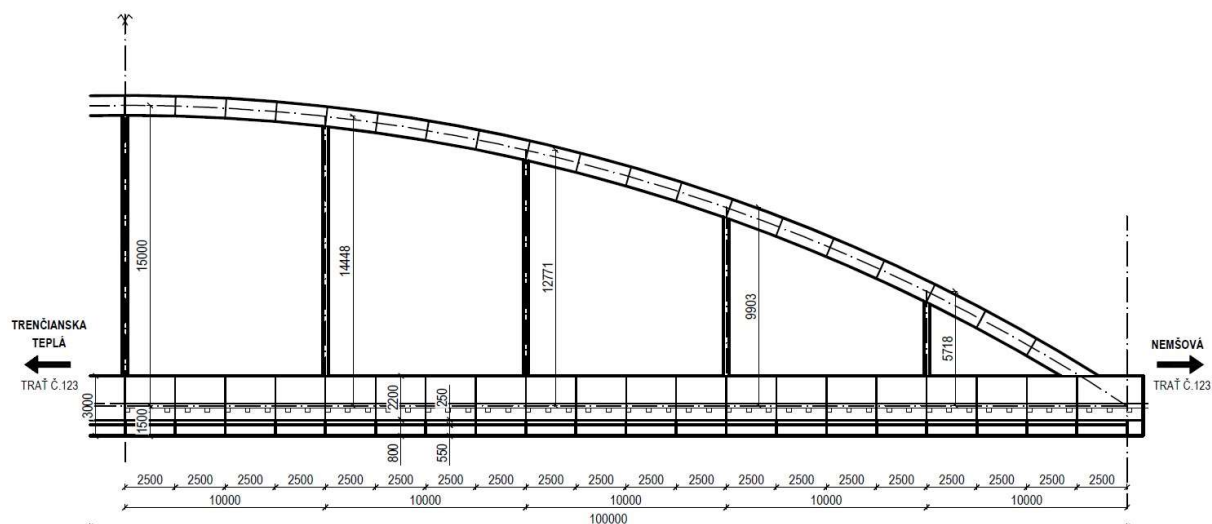
Pole 2:

$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 100 \text{ m} \\ \text{Vzopätie } f &= \begin{aligned} 1/6 L &= 16,7 \text{ m} \\ 1/8 L &= 12,5 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 15 \text{ m} \\ \text{Výška trámu } h_n &= \begin{aligned} 1/25 L &= 4,0 \text{ m} \\ 1/40 L &= 2,5 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 3 \text{ m} \\ \text{Oblúk } h_o &= \begin{aligned} 1/4 h_n &= 0,8 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 1 \text{ m} \end{aligned}$$

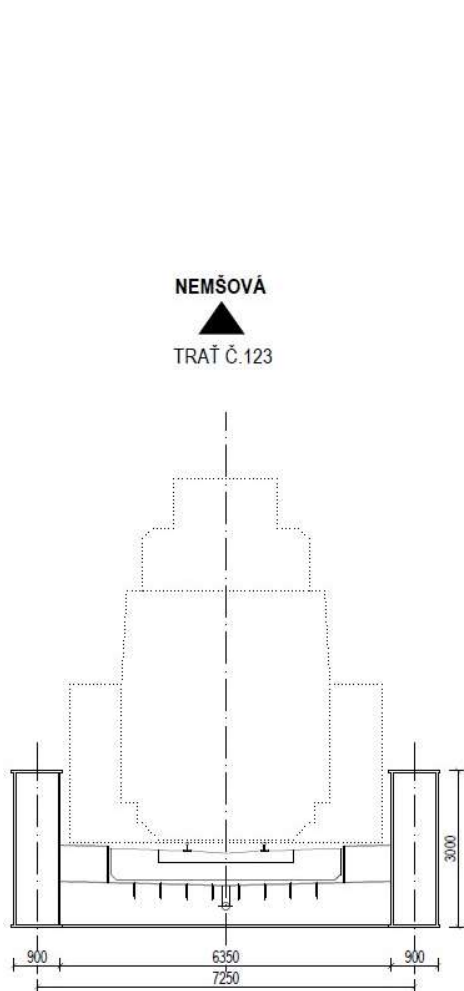
Trámy sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 3 000 mm a šírky 900 mm. Oblúky sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 1 000 mm a šírky 900 mm. Tiahla sú navrhnuté zo za studena tvarovaných trubiek priemeru 273 mm a hrúbkou steny 12 mm v osovej vzdialenosti 10 000 mm.



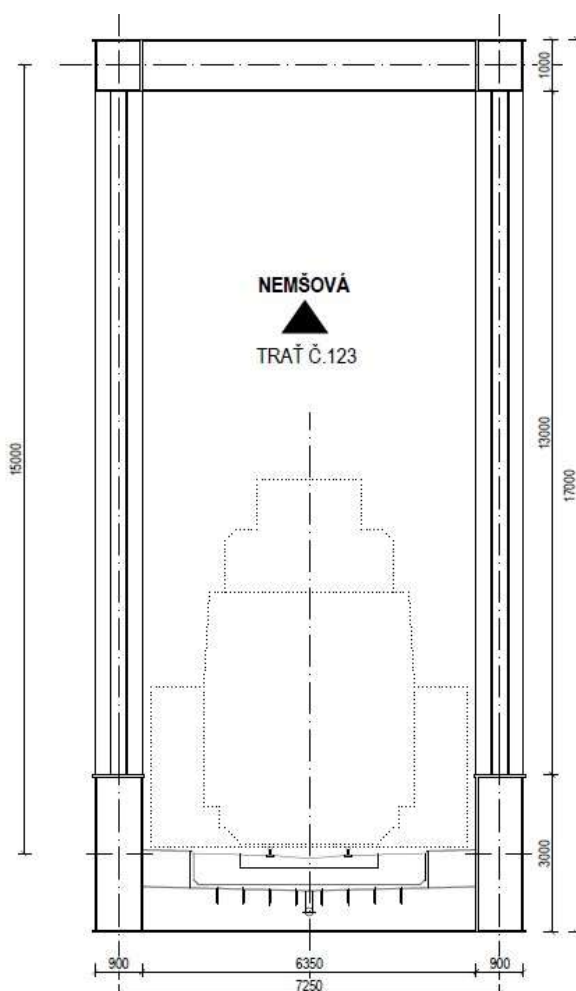
Obrázok 11: Dispozícia varianty 2 - pozdĺžny rez pole 1, pole 3



Obrázok 12: Dispozícia varianty 2 – pozdĺžny rez pole 2



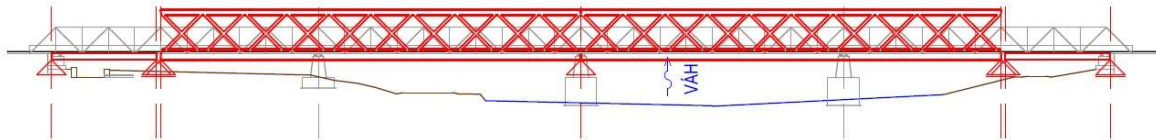
Obrázok 13: Dispozícia varianty 2 – priečny rez pole 1, pole 3



Obrázok 14: Dispozícia varianty 2 - priečny rez pole 2

3.3 Varianta 3

Mostná konštrukcia je tvorená 4 poľami o rozpätí 20 + 80 + 80 + 20 m. Pole 1 a pole 4 sú navrhnuté ako prosté nosníky, hlavnú nosnú konštrukciu tvoria plnostenné nosníky. Pole 2 a pole 3 sú navrhnuté ako spojitý nosník s priehradovou hlavnou nosnou konštrukciou s rombickým usporiadaním diagonál.



Obrázok 15: Schéma návrhu varianty 3

Dispozícia:

Pole 1, pole 4:

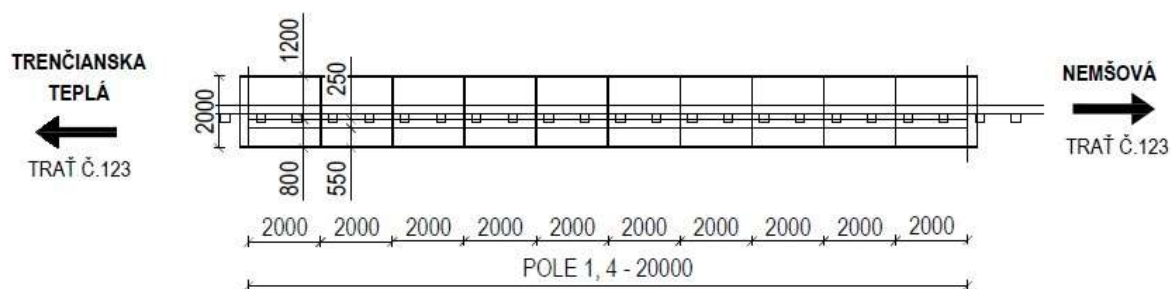
$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 20 \text{ m} \\ \text{Výška hl. nosníka } h_{hl} \quad 1/14 L &= 1,43 \text{ m} \\ &1/18 L = 1,11 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlavné plnostenné nosníky sú navrhnuté ako zvarený I prierez výšky 2 000 mm, šírky 1 000 mm.

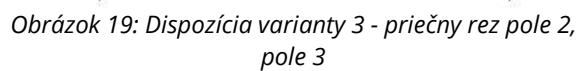
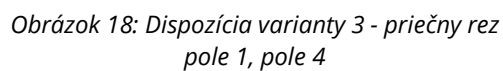
Pole 2, pole 3:

$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 80 \text{ m} \\ \text{Výška } H &= 1/10 L = 8 \text{ m} \end{aligned}$$

Dolný pás je navrhnutý ako uzavretý zvarený prierez výšky 2 000 mm, šírky 1 000 mm. Horný pás je navrhnutý ako uzavretý zvarený prierez výšky 1 000 mm, šírky 1 000 mm. Diagonály sú navrhnuté ako zvarené I prierezy šírky 1 000 mm, výšky 500 mm.

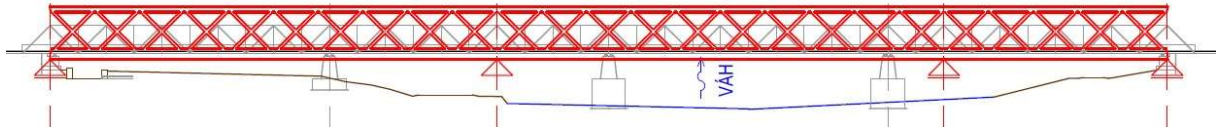


Obrázok 16: Dispozícia varianty 3 – pozdĺžny rez pole 1, pole 4



3.4 Varianta 4

Mostná konstrukcia je navrhnutá ako spojitý nosník o 3 poliach o rozpätí 80 + 80 + 40 m. Hlavná mostná konstrukcia je navrhnutá ako priehradová s rombickým usporiadaním diagonál.



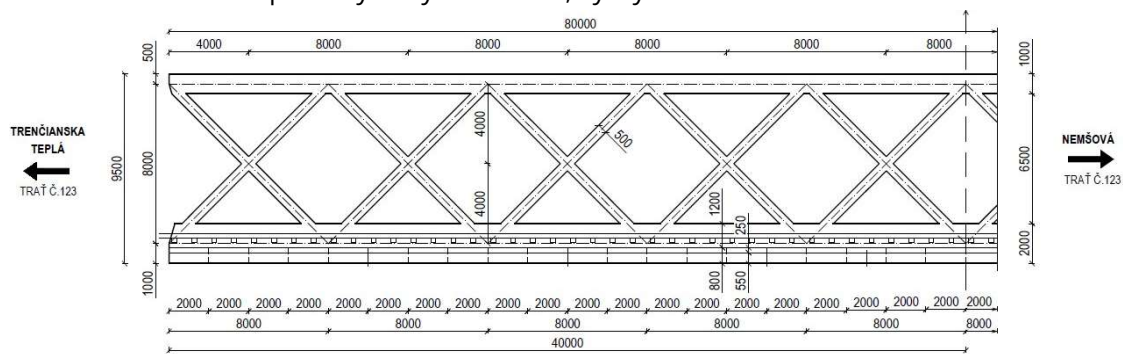
Obrázok 20: Schéma návrhu varianty 4

Dispozícia:

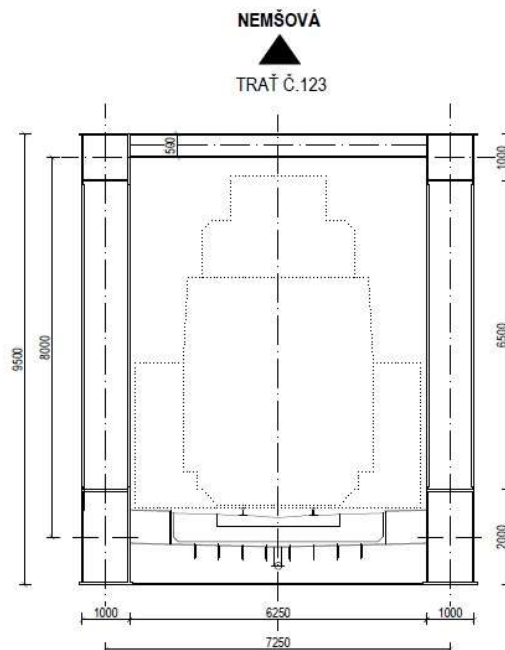
Rozpätie L = 80 m

Výška H = $1/10 L = 8$ m

Dolný pás je navrhnutý ako uzavretý zvarený prierez výšky 2 000 mm, šírky 1 000 mm. Horný pás je navrhnutý ako uzavretý zvarený prierez výšky 1 000 mm, šírky 1 000 mm. Diagonály sú navrhnuté ako zvarené I prierezy šírky 1 000 mm, výšky 500 mm.



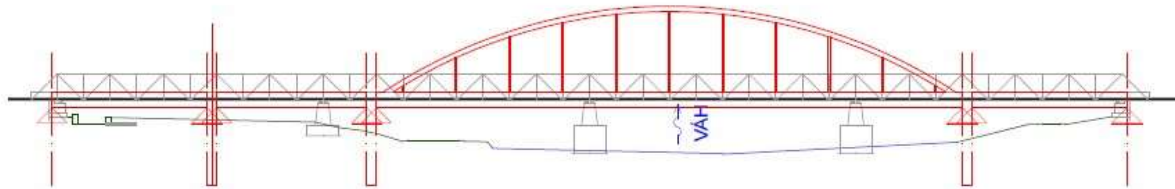
Obrázok 21: Dispozícia varianty 4 - pozdĺžny rez



Obrázok 22: Dispozícia varianty 4 - priečny rez

3.5 Varianta 5

Varianta 5 je navrhnutá ako 4 prosté polia o rozpätí 30 + 30 + 110 + 30 m. Pole 1, pole 2 a pole 4 sú tvorené plnostennými hlavnými nosníkmi o rozpätí 30 m a pole 3 je tvorené trámom vystuženým oblúkom (Langerov trám) o rozpätí 110 m.



Obrázok 23: Schéma návrhu varianty 5

Dispozícia:

Pole 1, pole 2, pole 4:

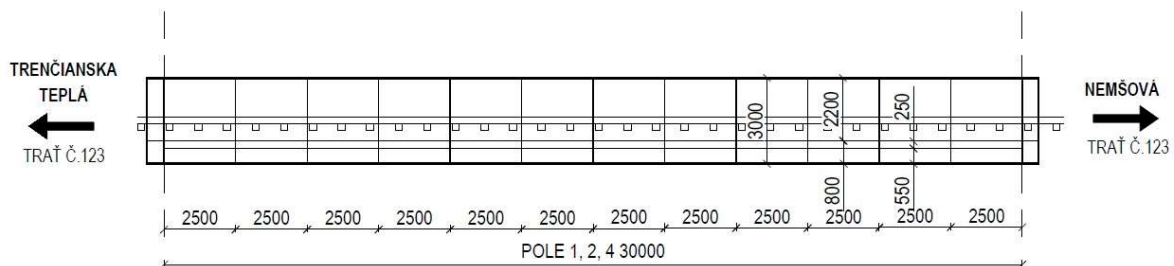
$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 30 \text{ m} \\ \text{Výška hl. nosníka } h_{hl} &= \begin{aligned} 1/14 L &= 2,1 \text{ m} \\ 1/18 L &= 1,7 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlavné plnostenné nosníky sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 3 000 mm a šírky 900 mm.

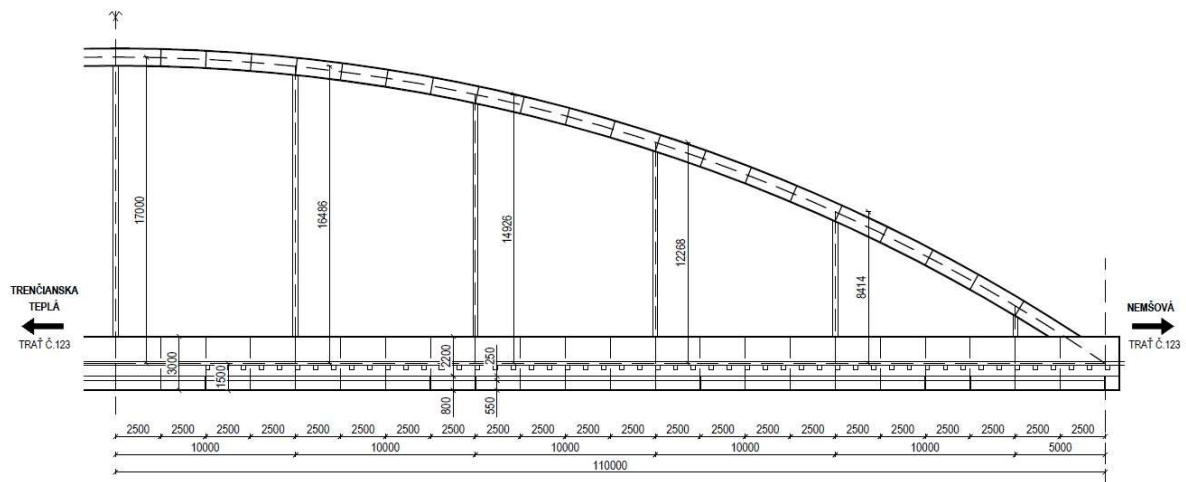
Pole 3:

$$\begin{aligned} \text{Rozpätie } L &= 110 \text{ m} \\ \text{Vzopätie } f &= \begin{aligned} 1/6 L &= 18,3 \text{ m} \\ 1/8 L &= 13,8 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 17 \text{ m} \\ \text{Výška trámu } h_n &= \begin{aligned} 1/25 L &= 4,4 \text{ m} \\ 1/40 L &= 2,8 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 3 \text{ m} \\ \text{Oblúk } h_o &= \begin{aligned} 1/4 h_n &= 0,8 \text{ m} \end{aligned} \Rightarrow 1 \text{ m} \end{aligned}$$

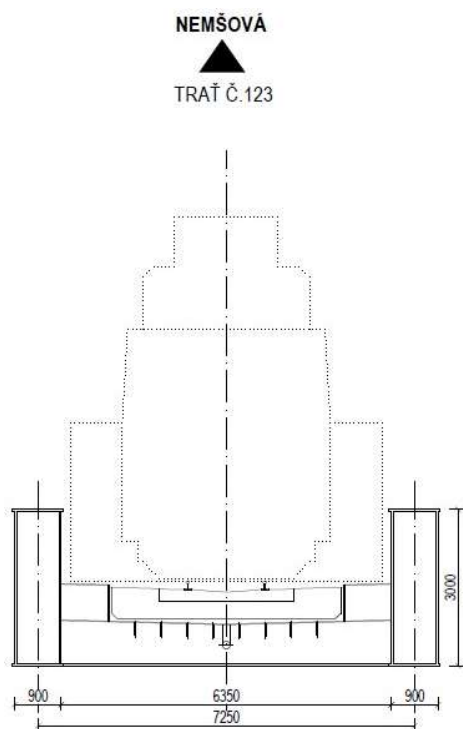
Trámy sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 3 000 mm a šírky 900 mm. Oblúky sú navrhnuté ako uzavreté zvarené prierezy výšky 1 000 mm a šírky 900 mm. Tiahla sú navrhnuté zo studena tvarovaných trubiek priemeru 273 mm a hrúbkou steny 12,5 mm v osovej vzdialenosti 10 000 mm.



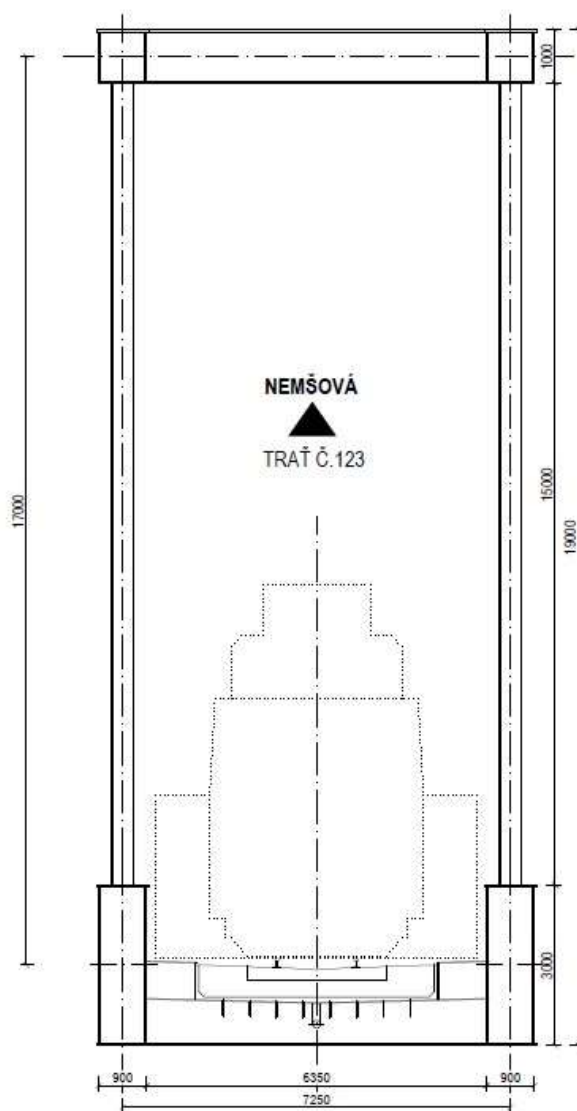
Obrázok 24: Dispozícia varianty 5 - pozdĺžny rez pole 1, pole 2, pole 4



Obrázok 25: Dispozícia varianty 5 - pozdĺžny rez pole 3



Obrázok 26: Dispozícia varianty 5 - priečny rez pole 1, pole 2, pole 4



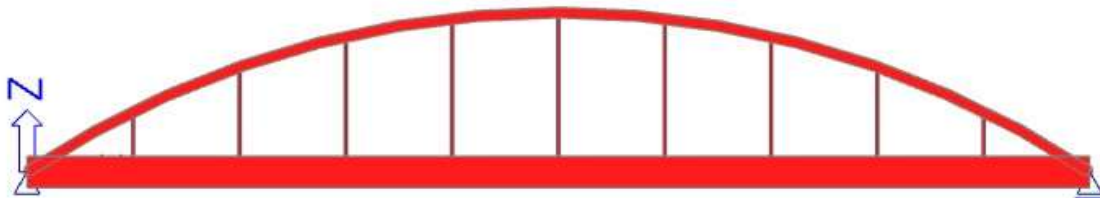
Obrázok 27: Dispozícia varianty 5 - priečny rez pole 3

4. PREDPOKLADY NÁVRHU

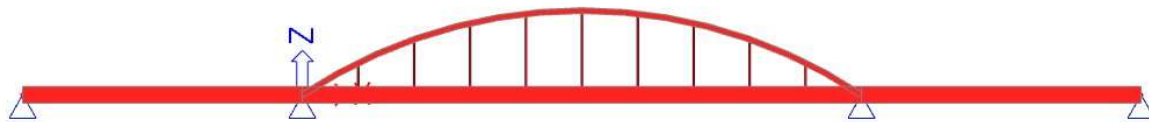
Jednotlivé prvky konštrukcie sú navrhnuté a posúdené podľa platných noriem ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992 a ČSN EN 1993. Posúdenie je prevedené na základe najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženia medzného stavu únosnosti (MSÚ).

5. VÝPOČTOVÝ MODEL

Pre výpočtový model bol použitý program SCIA ENGINEER 20.0.3019 od spoločnosti Nemetschek. Pomocou programu boli prevedené výpočty vnútorných síl pre návrh prierezov. Pre všetky varianty boli vytvorené 2D prúťové modely uložené na podporách. Pre variantu 1 bolo modelované len 1 pole nosnej konštrukcie, keďže obe polia sú rovnaké. Konštrukcia bola uložená na jednej pevnej a na jednej posuvnej podpore. Varianta 2 bola uložená na jednej pevnej a troch posuvných podporách. Pre variantu 3 boli vytvorené 2 modely. Jeden model obsahoval konštrukciu poľa 1 a poľa 3. Bolo modelované len jedno pole, keďže obe polia sú rovnaké. Konštrukcia bola uložená na jednej pevnej a jednej posuvnej podpore. Druhý model obsahoval spojitú priehradovú konštrukciu – pole 2 a pole 3 a bol podporený na jednej pevnej a dvoch posuvných podporách. Varianta 4 bola uložená na 1 pevnej a troch posuvných podporách. Pre variantu 5 boli vytvorené 2 modely. Jeden obsahoval konštrukciu poľa 1, poľa 2 a poľa 4. Bolo modelované len jedno pole, keďže všetky 3 polia sú rovnaké. Konštrukcia bola uložená na jednej pevnej a jednej posuvnej podpore. Druhý model obsahoval konštrukciu poľa 3 a bol uložený na jednej pevnej a jednej posuvnej podpore.



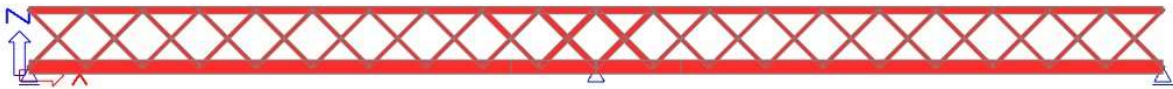
Obrázok 28: 2D model varianty 1 pre pole 1 a pole 2



Obrázok 30: 2D model varianty 2



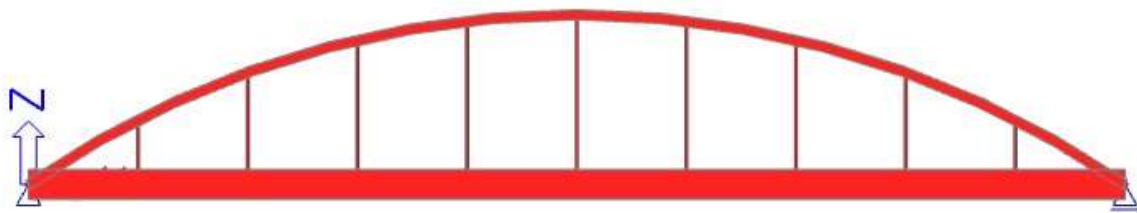
Obrázok 31: 2D model varianty 3 pre pole 1 a pole 4



Obrázok 32: 2D model varianty 3 pre pole 2 a pole 3



Obrázok 33: 2D model varianty 4



Obrázok 34: 2D model varianty 5 pre pole 3



Obrázok 35: 2D model varianty 5 pre pole 1, pole 2 a pole 3

6. MATERIÁL

Oceľ S355

Modul pružnosti

$E = 210 \text{ GPa}$

Objemová hmotnosť

$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

Medza klzu

$f_y = 355 \text{ MPa}$

Medza pevnosti v ťahu

$f_u = 490 \text{ MPa}$

Tepelná rozťažnosť

$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Poissonov súčiniteľ

$\nu = 0,2$

7. ZAŤAŽENIE

Konštrukcia bola zaťažená na základe noriem:

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí: Zatížení mostů dopravou

7.1 Stále zaťaženie

7.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž konštrukcie bola automaticky vygenerovaná programom SCIA ENGINEER 20 na základe zadaných prierezov a materiálových charakteristík.

7.1.2 Ostatné stále zaťaženie

Železničný zvršok – koľajový rošt, izolácia, koľajové lôžko. Koľajové lôžko Zaťaženie je rozpočítané na 1 meter a do modelu zadané ako rovnomerné spojitě charakteristické spojitě zaťaženie.

Koľajový rošt	$g =$	2,07 kN/m
Izolácia	$g =$	1,60 kN/m
Koľajové lôžko	$g =$	81,49 kN/m
	$g_{1,k} =$	85,2 kN/m

7.2 Premenné zaťaženie – zaťaženie od dopravy

Pre medzný stav únosnosti sa pri zaťažení od dopravy uvažuje s dynamickým súčiniteľom Φ_3 . Náhradné dĺžky L_Φ sa určia podľa tabuľky 6.2 v ČSN EN 1991-2.

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73$$

$L_m = 1/n (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$, kde n je počet polí spojitěho nosníka

$$L_\Phi = k \cdot L_m$$

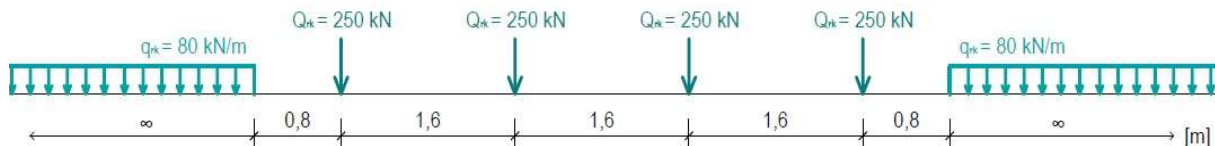
Výpočet dynamického súčiniteľa Φ_3 pre varianty je uvedený v nasledujúcej tabuľke:

		k	L_m [m]	L_Φ [m]	Φ_3
VARIANTA 1	prostý nosník	-	-	100	0,946
VARIANTA 2	spojitý nosník	1,3	66,7	86,7	0,962
VARIANTA 3	prostý nosník	-	-	20	1,215
	spojitý nosník	1,2	80	104	0,942
VARIANTA 4	spojitý nosník	1,3	80	96	0,951
VARIANTA 5	prostý nosník	-	-	30	1,130
	prostý nosník	-	-	110	0,936

Pre všetky hodnoty $\Phi_3 < 1,0$ sa hodnota dynamického súčiniteľa Φ_3 uvažuje 1,05 (NA.2.56).

7.2.1 Model zatáženia LM71 – bežná železničná doprava

Model zatáženia LM71 je zadaný v najnepriaznivejších polohách. Uvažuje sa s excentricitou $e = 83 \text{ mm}$ a s priťažením a odťažením nosníkov. Rozhodujúce je priťaženie hlavného nosníka. Zaťaženie je násobené hodnotou súčiniteľa klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha = 1,21$ a dynamického súčiniteľa Φ_3 .



Obrázok 36: Usporiadanie modelu zatáženia LM71 dľa ČSN EN 1991-2

$$q_{rk} = 80 \text{ kN/m}$$

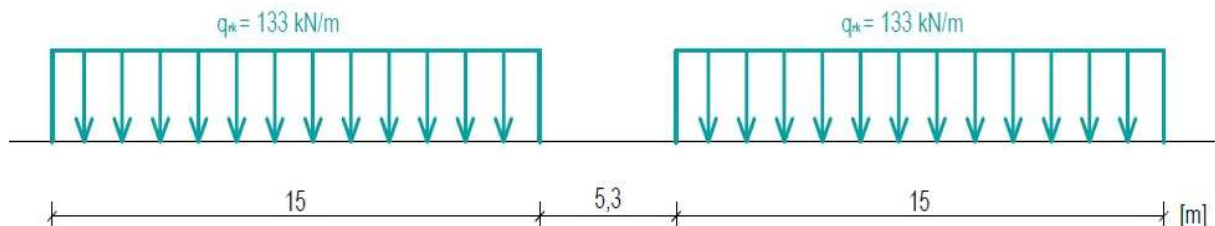
$$Q_{rk} = 250 \text{ kN}$$

Súčiniteľ klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha = 1,21$

		$q_{LM71, \text{priť}}$ [kN/m]	$q_{LM71, \text{odlah}}$ [kN/m]	$Q_{LM71, \text{priť}}$ [kN]	$Q_{LM71, \text{priť}}$ [kN]
VARIANTA 1	prostý nosník	52,0	49,6	162,6	151,5
VARIANTA 2	spojitý nosník	52,0	49,6	162,6	151,5
VARIANTA 3	prostý nosník	60,2	57,5	188,0	179,6
	spojitý nosník	52,0	49,7	162,4	155,2
VARIANTA 4	spojitý nosník	52,0	49,6	162,6	151,5
VARIANTA 5	prostý nosník	53,2	40,9	174,3	166,3
	prostý nosník	52	49,6	162,6	155,1

7.2.2 Model zatáženia SW/0

Model zatáženia SW/0 je použitý len pri spojitých nosníkoch. Na konštrukciu je zadaný v najnepriaznivejších polohách. Uvažuje sa s rozpočítaním zaťaženia na oba hlavné nosníky. Zaťaženie je násobené hodnotou dynamického súčiniteľa Φ_3 .



Obrázok 37: Usporiadanie modelu zatáženia SW/0 dľa ČSN EN 1991-2

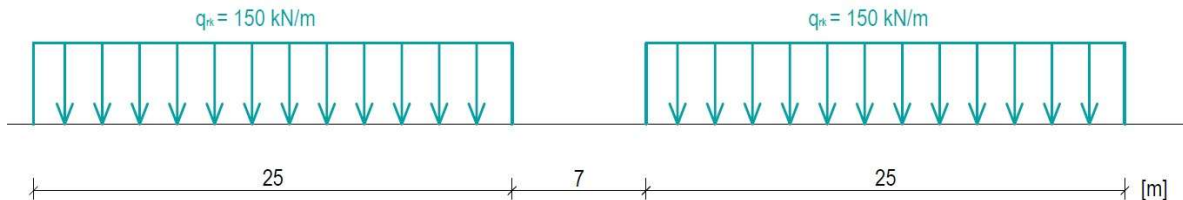
$$q_{rk} = 133 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dynamický súčiniteľ } \Phi_3 = 1,05$$

$$q_{sw0} = 69,8 \text{ kN/m}$$

7.2.3 Model zaťaženia SW/2 – ťažká železničná doprava

Model zaťaženia SW/2 je na konštrukciu zadaný v najnepriaznivejších polohách. Uvažuje sa s rozpočítaním zaťaženia na oba hlavné nosníky. Zaťaženie je násobené hodnotou dynamického súčiniteľa Φ_3 .



Obrázok 38: Usporiadanie modelu zaťaženia SW/2 dľa ČSN EN 1991-2

$$q_{rk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dynamický súčiniteľ } \Phi_3 = 1,05$$

		$q_{sw/2}$ [kN/m]
VARIANTA 1	prostý nosník	78,8
VARIANTA 2	spojitý nosník	78,8
VARIANTA 3	prostý nosník	91,2
	spojitý nosník	78,8
VARIANTA 4	spojitý nosník	78,8
VARIANTA 5	prostý nosník	84,4
	prostý nosník	78,8

8. KOMBINÁCIE

Pre výpočet boli použité kombinácie 6.10a a 6.10b

$$6.10a \quad \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$$

$$6.10b \quad \xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Zostavy zaťaženi a hodnoty súčiniteľov:

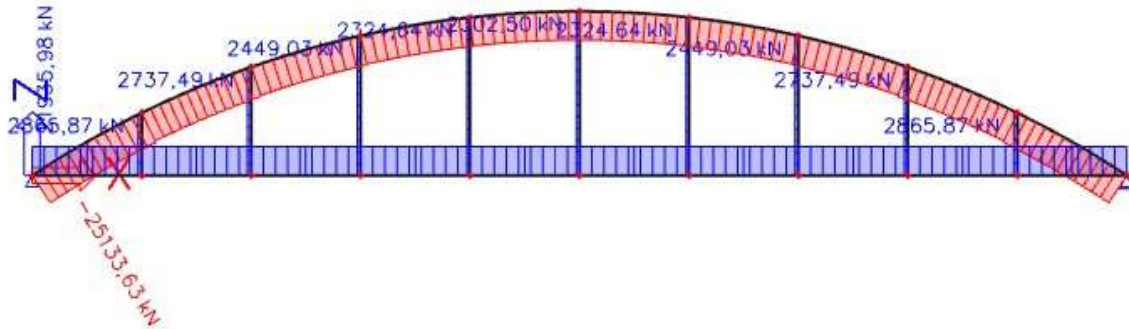
Stále zaťaženie	$\gamma_G = 1,35$	$\xi =$	0,85
gr11 (LM71 + SW/0)	$\gamma_Q = 1,45$	$\Psi_0 =$	0,80
gr16 (SW/2)	$\gamma_Q = 1,20$	$\Psi_0 =$	0,80

9. VNÚTORNÉ SILY

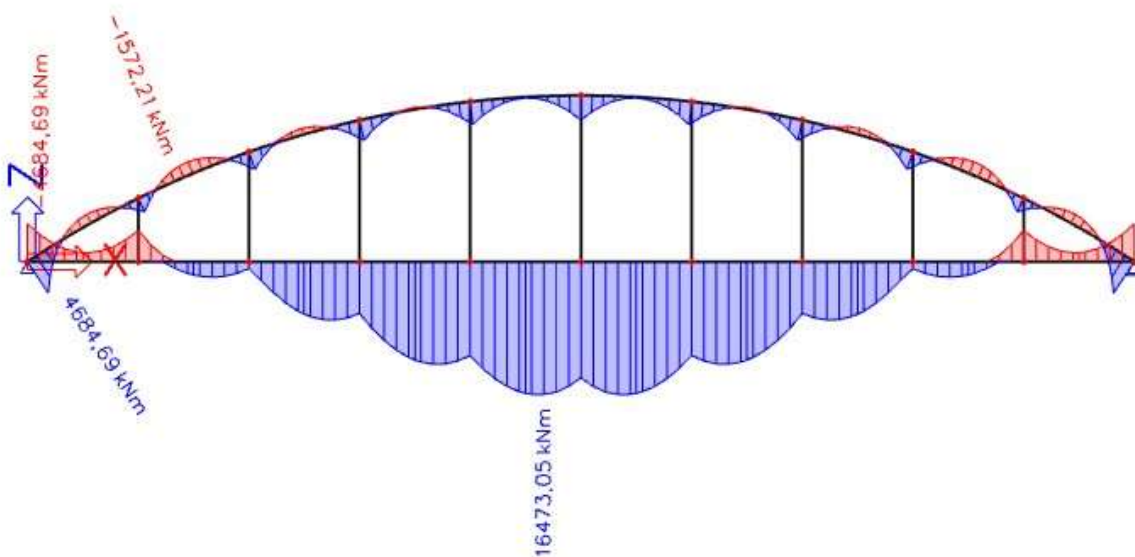
V programe SCIA ENGINEER 20.0.3019 bol prevedený výpočet. Najnepriaznivejšie vnútorné sily vznikali v kombinácii 6.10a so zostavou zaťaženia gr11. Výpis vnútorných síl je uvedený v prílohe C – Výpis z programu.

10. POSÚDENIE NA MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

10.1 Varianta 1



Obrázok 39: Pribeh normálovej sily N - variantan 1



Obrázok 40: Pribeh ohybového momentu M_y - varianta 1

10.1.1 Trám

Prierez trámu bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu ťahu a ohybu.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 840/40 = 21 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 2920/30 = 97,3 \leq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow$ trieda 3

Trieda prierezu: 3

Prierez v poli

$f_y =$ 355 MPa

$A =$ 2,55E-01 m²

$W_{el,y} =$ 2,00E-01 m³

$\gamma_{M0} =$ 1,0

$N_{Ed} =$ 21 935,98 kN

$M_{y,Ed} =$ 16 473,05 kNm

$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 90 596,00 kN

$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 70 936,10 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok 0,474 ≤ 1,0

Využitie 47,4 %

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$f_y =$ 355 MPa

$A =$ 2,55E-01 m²

$W_{el,y} =$ 2,00E-01 m³

$\gamma_{M0} =$ 1,0

$N_{Ed} =$ 21 935,98 kN

$M_{y,Ed} =$ 4 684,69 kNm

$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 90 596,00 kN

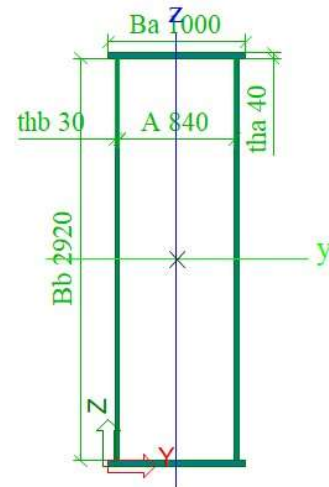
$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 70 936,10 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok 0,308 ≤ 1,0

Využitie 30,8 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 41: Prierez trámu

10.1.2 Oblúk

Prierez oblúka bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Súčiniteľ β bol stanovený dľa ČSN EN 1993-2. Pre vybočenie v rovine dľa obrázku D.4 a pre vybočenie z roviny dľa obrázku D.5 a tabuľky D.1.

Zatriedenie prierezu:

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

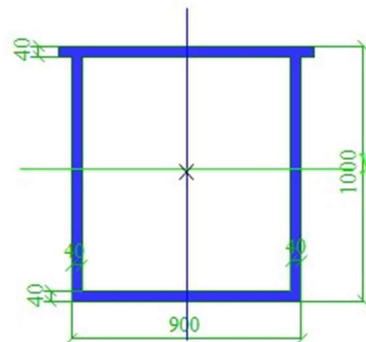
pásnica: $c/t = 820/40 = 20,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 920/40 = 23,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

Prierez v poli

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$s =$	52,9 m
$L =$	100 m
$A =$	1,50E-01 m ²
$W_{ply} =$	5,34E-02 m ³
$I_y =$	2,27E-02 m ⁴
$I_z =$	1,94E-02 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,1



Obrázok 42: Prierez oblúka

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,35$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 136\,918$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,623$$

krivka vzpernej pevnosti α

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,798$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,772$$

$$N_{Ed} = 21\,970,05 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 37\,261,95 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,055,98 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,751 ≤ 1,0
Využitie	75,1 %

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,95$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 197\,828$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,518$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,712$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,833$$

$$N_{Ed} = 21\,970,05 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 40\,207,61 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,055,98 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,708 ≤ 1,0
---------------------------	--------------------

Využitie	70,8 %
-----------------	---------------

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$s = 52,9 \text{ m}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$A = 1,50E-01 \text{ m}^2$$

$$W_{pl,y} = 5,34E-02 \text{ m}^3$$

$$I_y = 2,27E-02 \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,94E-02 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,1$$

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,35$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 136\,918$$

$$\lambda^- = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,623$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,798$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,772$$

$$N_{Ed} = 25113,64 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 37\,261,95 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 4684,69 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,921 ≤ 1,0
Využitie	92,1 %

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,95$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 197\,828$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,518$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,712$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,833$$

$$N_{Ed} = 25\,113,64 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 40\,207,61 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 4\,684,69 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,872 ≤ 1,0
Využitie	87,2 %

=> VYHOVUJE

10.1.3 Tiahlo

Bolo posudzované najkratšie tiahlo (najvyššia hodnota normálovej sily) na ťah.

Zatriedenie prierezu:

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

$$d/t = 273/12 = 22,75 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,10$$

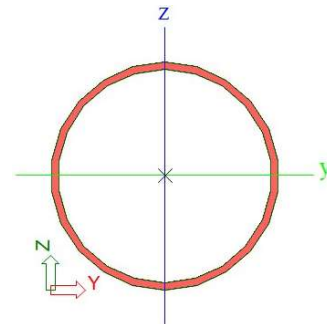
=> trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$A =$	9,84E-03 m ²
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	2 865,87 kN
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	3 493,20 kN

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

TR 273.0/12.0

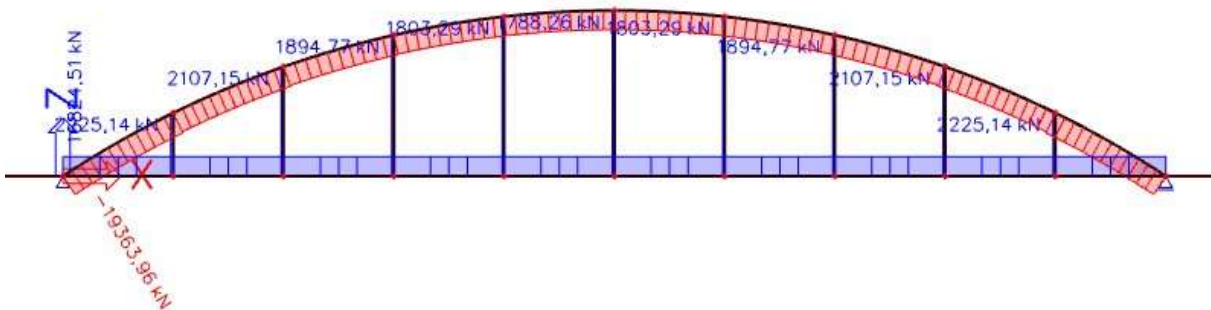


Obrázok 43: Prierez tiahla

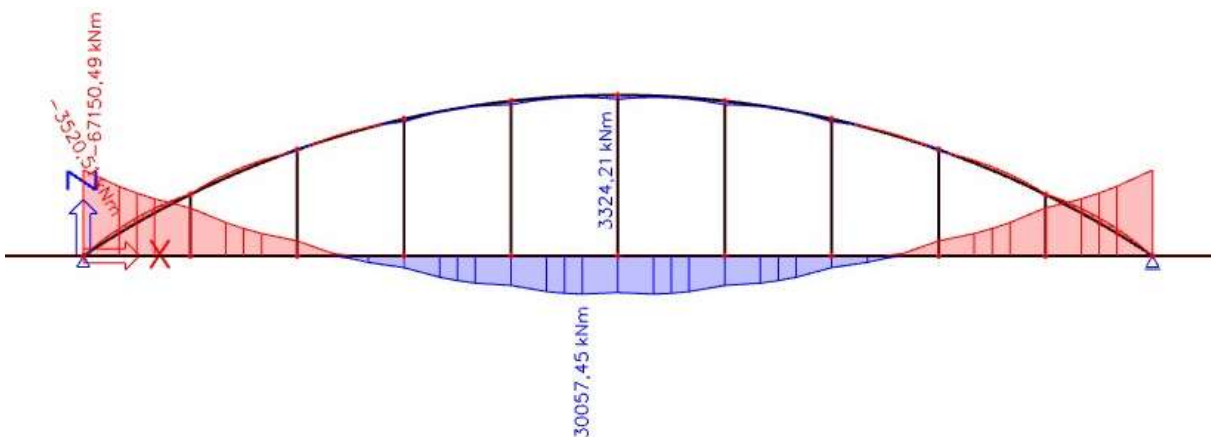
Jednotkový posudok	0,820 ≤ 1,0
Využitie	82,0 %

=> VYHOVUJE

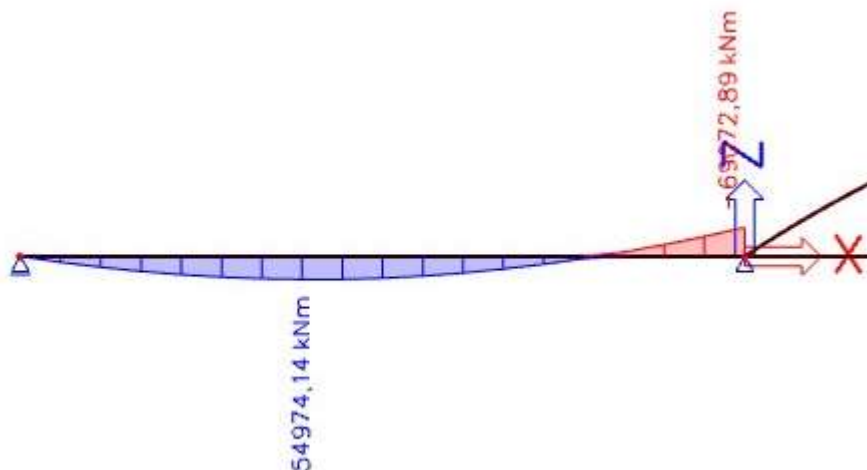
10.2 Varianta 2



Obrázok 44: Priebeh normálovej sily N - variantan 2 – pole 2



Obrázok 45: Priebeh ohybového momentu My - variantan 2 – pole 2



Obrázok 46: Priebek ohybového momentu M_y - variantan 2 – pole 1, pole 3

10.2.1 Plnostenný nosník

Prierez bol posudzovaný v poli aj nad podporou na ohyb. Bolo prevedené aj overenie klopenia.

Zatriedenie prierezu:

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

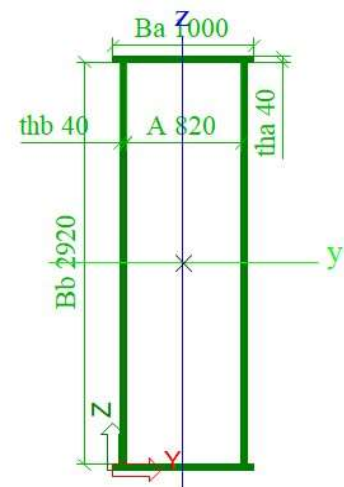
pásnica: $c/t = 840/40 = 21 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 2920/40 = 73 \leq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow$ trieda 3

Trieda prierezu: 3

Overenie klopenia:

$L =$	50 m
$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$G =$	81000 MPa
$\gamma_{M0} =$	1,0
$A =$	$3,14E-01 \text{ m}^2$
$W_{el,y} =$	$2,27E-01 \text{ m}^3$
$I_y =$	$3,41E-01 \text{ m}^4$
$I_z =$	$4,99E-02 \text{ m}^4$
$I_t =$	$1,36E-01 \text{ m}^4$
$I_w =$	$1,43E-02 \text{ m}^6$
$k_y =$	1,0
$k_z =$	1,0
$k_w =$	1,0
$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} =$	0,033
$z_g =$	0,0
$\xi_g =$	0,0
$z_j =$	0,0



Obrázok 47: Prierez nosníka

$$\xi_j = 0,0$$

$$C_1 = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$C_3 = 0,53$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 1,131$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 762\,831$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,325$$

krivka klopenia c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,584$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{LT}^2}} = 1,0 \text{ NEKLOPÍ}$$

Posúdenie na prostý ohyb

Prierez v poli

$$M_{y,Ed} = 54\,975,01 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 80\,755,40 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,681 ≤ 1,0
Využitie	68,1 %

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$$M_{y,Ed} = 69\,070,64 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 80\,755,40 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,855 ≤ 1,0
Využitie	85,5 %

=> VYHOVUJE

10.2.2 Trám

Prierez trámu bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu ťahu a ohybu.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 840/40 = 21 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 2920/40 = 73 \leq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow$ trieda 3

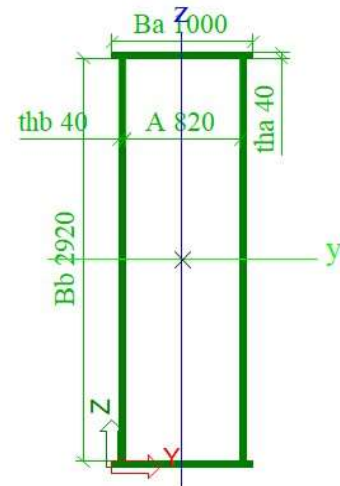
Trieda prierezu: 3

Prierez v poli

$f_y =$	355 MPa
$A =$	3,14E-01 m ²
$W_{el,y} =$	2,27E-01 m ³
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	16 824,51 kN
$M_{y,Ed} =$	30 057,45 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	111 328,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	80 755,40 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,523 ≤ 1,0
Využitie	52,3 %



Obrázok 48: Prierez trámu

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$f_y =$	355 MPa
$A =$	3,14E-01 m ²
$W_{el,y} =$	2,27E-01 m ³
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	16 824,51 kN
$M_{y,Ed} =$	67 150,49 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	111 328,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	80 755,40 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,983 ≤ 1,0
Využitie	98,3 %

=> VYHOVUJE

10.2.3 Oblúk

Prierez oblúka bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Súčiniteľ β bol stanovený dľa ČSN EN 1993-2. Pre vybočenie v rovine dľa obrázku D.4 a pre vybočenie z roviny dľa obrázku D.5 a tabuľky D.1.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 820/40 = 20,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

Prierez v poli

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$s =$	52,948 m
$L =$	100 m
$A =$	1,31E-01 m ²
$W_{pl,y} =$	4,16E-02 m ³
$I_y =$	2,14E-02 m ⁴
$I_z =$	1,62E-02 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,1

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,35$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 129\,066$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,601$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,779$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,785$$

$$N_{Ed} = 16\,108,29 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 36\,560,10 \text{ kN}$$

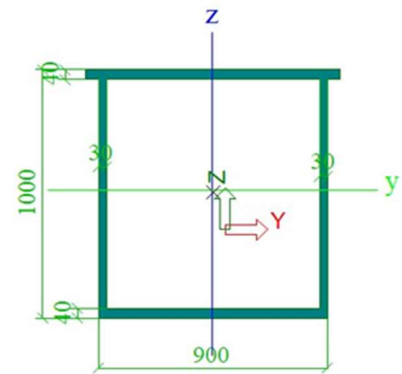
$$M_{y,Ed} = 3\,324,21 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14\,752,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\text{Jednotkový posudok} \quad 0,666 \leq 1,0$$

$$\text{Využitie} \quad 66,6 \%$$



Obrázok 49: Prierez oblúka

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,95$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 165\,483$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,531$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,722$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,826$$

$$N_{Ed} = 16\,108,29 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 38\,460,92 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,324,21 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14\,752,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,644 ≤ 1,0
---------------------------	--------------------

Využitie	64,4 %
-----------------	---------------

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$S = 52,948 \text{ m}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$A = 1,31E-01 \text{ m}^2$$

$$W_{pl,y} = 4,16E-02 \text{ m}^3$$

$$I_y = 2,14E-02 \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,62E-02 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,1$$

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,35$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 129\,066$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,601$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,779$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,785$$

$$N_{Ed} = 18\,525,64 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 36\,560,10 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,520,51 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14\,752,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,745 ≤ 1,0
Využitie	74,5 %

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,95$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 165\,483$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,531$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,722$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,826$$

$$N_{Ed} = 18\,525,64 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 38\,460,92 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,520,51 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 14\,752,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,720 ≤ 1,0
Využitie	72,0 %

=> VYHOVUJE

10.2.4 Tiahlo

Bolo posudzované najkratšie tiahlo (najvyššia hodnota normálovej sily) na ťah.

Zatriedenie prierezu:

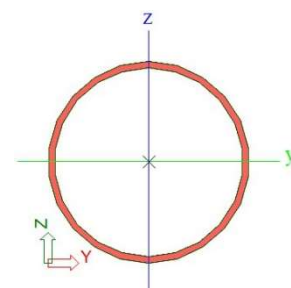
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

$$d/t = 273/12 = 22,75 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,10$$

Trieda prierezu: 1

=> trieda 1

TR 273.0/12.0



Obrázok 50: Prierez tiaha

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

$$A = 9,84\text{E-}03 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$N_{Ed} = 2\,225,14 \text{ kN}$$

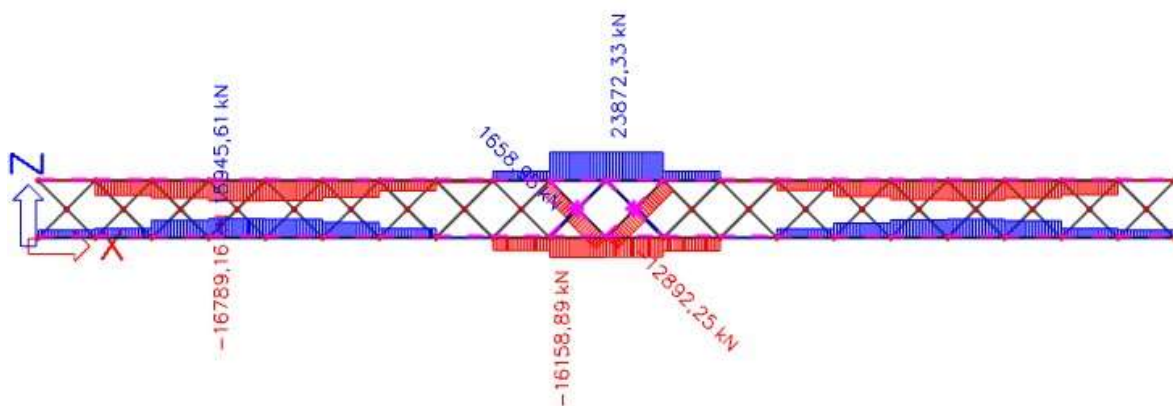
$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3\,493,20 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

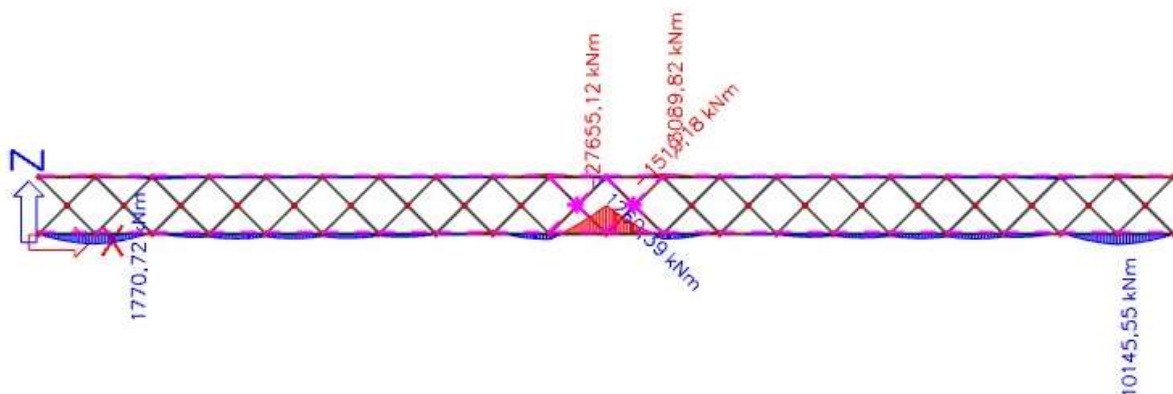
Jednotkový posudok	0,637 ≤ 1,0
Využitie	63,7 %

=> VYHOVUJE

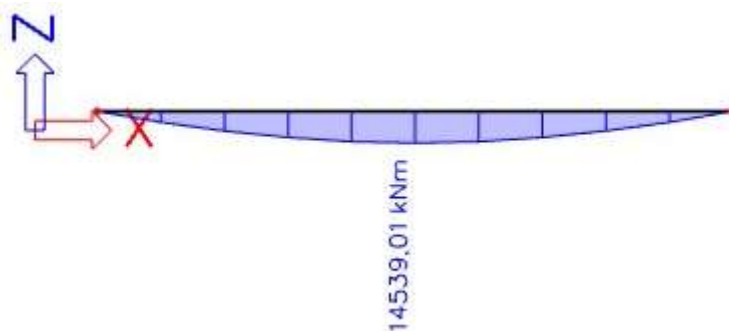
10.3 Varianta 3



Obrázok 51: Pribeh normálovej sily N - varianta 3 - pole 2, pole 3



Obrázok 52: Pribeh ohybového momentu M_y - varianta 3 - pole 2, pole 3



Obrázok 52: Pribeh ohybového momentu M_y - varianta 3 - pole 1, pole 4

10.3.1 Plnostenný nosník

Prierez nosníka bol posudzovaný na klopenie.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 1000/40 = 25 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/30 = 64 \leq 83 \cdot \varepsilon = 67,20 \Rightarrow$ trieda 2

Trieda prierezu: 2

L =	20 m
$f_y =$	355 MPa
E =	210000 MPa
G =	81000 MPa
$\gamma_{M0} =$	1,0
A =	1,38E-01 m ²
$W_{el,y} =$	9,45E-02 m ³
$I_y =$	9,45E-02 m ⁴
$I_z =$	6,67E-03 m ⁴
$I_t =$	5,98E-05 m ⁴
$I_w =$	6,40E-03 m ⁶
$k_y =$	1,0
$k_z =$	1,0
$k_w =$	1,0

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 2,617$$

$$z_g = 0,0$$

$$\xi_g = 0,0$$

$$z_j = 0,0$$

$$\xi_j = 0,0$$

$$C_1 = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$C_3 = 0,53$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 3,165$$

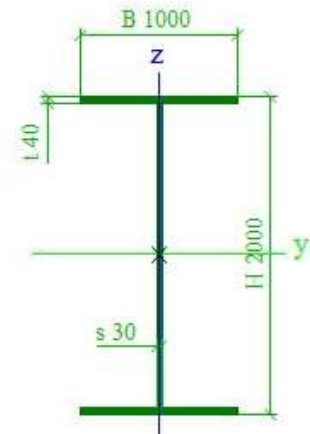
$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 40\,965$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,905$$

krivka klopenia c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) \cdot \lambda_{LT}^2] = 1,082$$



Obrázok 53: Prierez nosníka

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,597$$

$$M_{y,Ed} = 14\,539,01 \text{ kNm}$$

$$M_{b,c,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 20\,025,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,726 ≤ 1,0	=> VYHOVUJE
Využitie	72,6 %	

10.3.2 Dolný pás

Prierez dolného pásu bol posudzovaný v poli na kombináciu ťahu a ohybu a nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Nad podporou bol prierez zosilnený v dĺžke 12 m pre jedno pole.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

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

$$\text{pásnica: } c/t = 940/40 = 23,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

$$\text{stojina: } c/t = 1920/30 = 64 \leq 83 \cdot \varepsilon = 67,20 \Rightarrow \text{trieda 2}$$

Trieda prierezu: 2

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$A = 2,00\text{E-}01 \text{ m}^2$$

$$W_{el,y} = 1,17\text{E-}01 \text{ m}^3$$

$$I_y = 1,17\text{E-}01 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$N_{Ed} = 15\,457,66 \text{ kN}$$

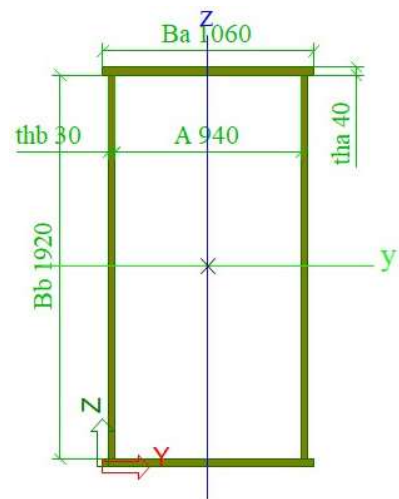
$$M_{y,Ed} = 10\,145,55 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 71\,000,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 41\,478,20 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,462 ≤ 1,0	=> VYHOVUJE
Využitie	46,2 %	



Obrázok 54: Prierez dolného pásu v poli

Prierez nad podporou

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/40 = 23 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/40 = 48 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$ 355 MPa

$E =$ 210000 MPa

$A =$ 2,38E-01 m²

$W_{pl,y} =$ 1,57E-01 m³

$I_y =$ 1,29E-01 m⁴

$\gamma_{M1} =$ 1,1

$L_{cr} =$ 8 m

$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y =$ 4 165 960

$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} =$ 0,143

krivka vzpernej pevnosti c

$\alpha =$ 0,49

$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] =$ 0,496

$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} =$ 1,030 > 1,0 $\Rightarrow \chi = 1,0$

$N_{Ed} =$ 16 146,64 kN

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} =$ 76 938,18 kN

$M_{y,Ed} =$ 27 627,43 kNm

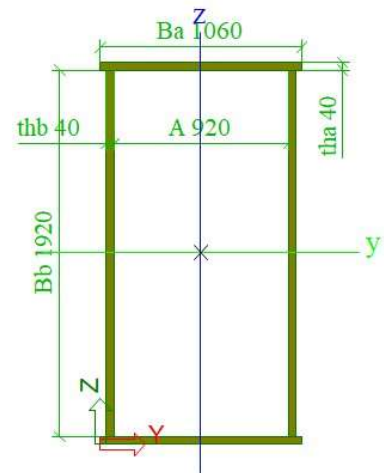
$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 55 674,65 kNm

$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$

Jednotkový posudok 0,706 ≤ 1,0

Využitie 70,6 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 55: Prierez dolného pásu nad podporou

10.3.3 Horný pás

Prierez horného pásu bol posudzovaný v poli na kombináciu vzperu a ohybu a v podpore na kombináciu ťahu a ohybu.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/40 = 23 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/40 = 48 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

Prierez v poli

$f_y =$ 355 MPa

$E =$ 210000 MPa

$A =$ 1,39E-01 m²

$W_{pl,y} =$ 4,52E-02 m³

$I_y =$ 2,32E-02 m⁴

$\gamma_{M1} =$ 1,1

$L_{cr} =$ 8 m

$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y =$ 752 360

$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} =$ 0,256

krivka vzpernej pevnosti c

$\alpha =$ 0,49

$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] =$ 0,547

$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} =$ 0,971

$N_{Ed} =$ 16 789,16 kN

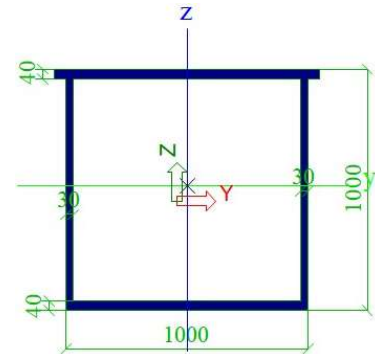
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} =$ 43 638,12 kN

$M_{y,Ed} =$ 2 110,38 kNm

$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$ 16 051,68 kNm

$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$

Jednotkový posudok	0,516 ≤ 1,0
Využitie	51,6 %



Obrázok 56: Prierez horného pásu

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$$\begin{aligned} f_y &= 355 \text{ MPa} \\ E &= 210000 \text{ MPa} \\ A &= 1,39\text{E-}01 \text{ m}^2 \\ W_{pl,y} &= 5,29\text{E-}02 \text{ m}^3 \\ I_y &= 2,32\text{E-}02 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,0 \\ N_{Ed} &= 23872,33 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} &= 3004,99 \text{ kNm} \\ N_{t,Rd} &= A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 49416,00 \text{ kN} \\ M_{y,c,Rd} &= W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18796,895 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,643 ≤ 1,0
Využitie	64,3 %

=> VYHOVUJE

10.3.4 Ťahaná diagonála

Prierez diagonály bol posudzovaný v poli na ťah a nad podporou na kombináciu ťahu a ohybu. Prierez diagonály nad podporou č. 3 bol zosilnený a týka sa to 4 diagonál nad podporou.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

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

$$\text{pásnica: } c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

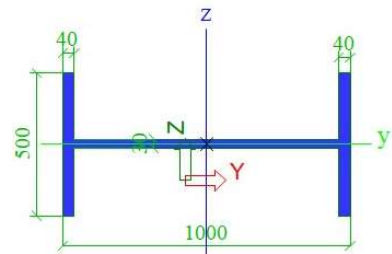
$$\text{stojina: } c/t = 500/40 = 12,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

Trieda prierezu: 1

$$\begin{aligned} f_y &= 355 \text{ MPa} \\ A &= 6,76\text{E-}02 \\ \gamma_{M0} &= 1,0 \\ N_{Ed} &= 7750,72 \text{ kN} \\ N_{t,Rd} &= A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 23998,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,323 ≤ 1,0
Využitie	32,3 %



Obrázok 57: Prierez diagonály v poli

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

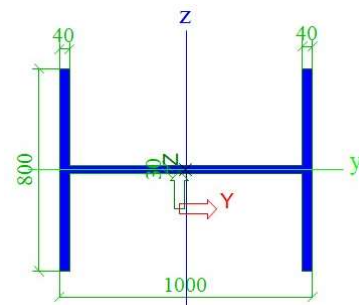
stojina: $c/t = 800/40 = 20,0 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$A =$	9,16E-02 m ²
$W_{pl,y} =$	8,54E-03 m ³
$I_y =$	3,42E-03 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	10453,39 kN
$M_{y,Ed} =$	1519,18 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	32518,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	3031,17 kNm
$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$	

Jednotkový posudok	0,823 ≤ 1,0
Využitie	82,3 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 58: Prierez diagonály nad podporou

10.3.5 Tlačená diagonála

Prierez diagonály bol posudzovaný v poli na vzper a nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Vzperné dĺžky boli určené dľa ČSN EN 1993-2 z tabuľky D.2.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

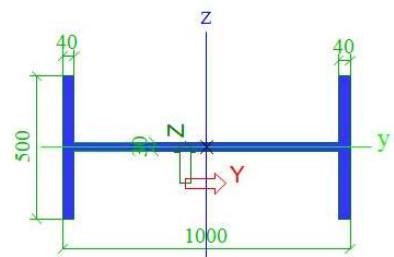
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 500/40 = 12,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$\gamma_{M1} =$	1,1
$L =$	11,314 m
$\beta =$	0,5
$L_{cr} =$	5,657 m
$A =$	6,76E-02 m ²
$W_{y,pl} =$	3,34E-03 m ³



Obrázok 59: Prierez diagonály v poli

$$I_y = 8,35E-04 \text{ m}^4$$

$$i_y = 0,111 \text{ m}$$

$$I_z = 1,12E-02 \text{ m}^4$$

$$i_z = 0,406 \text{ m}$$

$$I_p = 1,20E-02 \text{ m}^4$$

$$I_w = 1,91E-04 \text{ m}^4$$

$$I_t = 2,73E-05 \text{ m}^6$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 54 \ 105$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\lambda_y = (L_{cr}/i_y) / \lambda_1 = 0,667$$

krivka vzpernej pevnosti b

$$\alpha = 0,34$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) \cdot \lambda_y^2] = 0,802$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0,802$$

$$\lambda_z = (L_{cr}/i_z) / \lambda_1 = 0,182$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) \cdot \lambda_z^2] = 0,512$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 1,009$$

$$\lambda_w = [L_{cr}/(i_y + i_z)] / \lambda_1 = 0,143$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_w = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_w - 0,2) \cdot \lambda_w^2] = 0,496$$

$$\chi_w = \frac{1}{\Phi_w + \sqrt{\Phi_w^2 - \lambda_w^2}} = 1,029$$

$$\chi = \min \{ \chi_y ; \chi_z ; \chi_w \} = 0,802$$

$$N_{Ed} = 9 \ 133,90 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 17 \ 497,16 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,522 ≤ 1,0
---------------------------	--------------------

Využitie	52,2 %
-----------------	---------------

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 800/40 = 20,0 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$\gamma_{M1} =$	1,1
$L =$	11,314 m
$\beta =$	0,5
$L_{cr} =$	5,657 m
$A =$	9,16E-02 m ²
$W_{y,pl} =$	8,54E-03 m ³
$I_y =$	3,42E-03 m ⁴
$i_y =$	0,193 m
$I_z =$	1,67E-02 m ⁴
$i_z =$	0,427 m
$I_p =$	2,01E-02 m ⁴
$I_w =$	3,96E-05 m ⁴
$I_t =$	7,85E-04 m ⁶

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 221\,202$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\lambda_y = (L_{cr}/i_y) / \lambda_1 = 0,384$$

krivka vzpernej pevnosti b

$$\alpha = 0,34$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) \cdot \lambda_y^2] = 0,605$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0,933$$

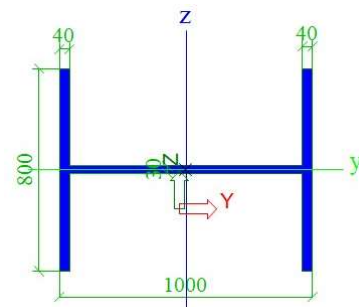
$$\lambda_z = (L_{cr}/i_z) / \lambda_1 = 0,173$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) \cdot \lambda_z^2] = 0,509$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 1,014$$



Obrázok 60: Prierez diagonály nad podporou

$$\lambda_w = [L_{cr}/(i_y + i_z)] / \lambda_1 = 0,119$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_w = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_w - 0,2) \cdot \lambda_w^2] = 0,487$$

$$\chi_w = \frac{1}{\Phi_w + \sqrt{\Phi_w^2 - \lambda_w^2}} = 1,042$$

$$\chi = \min \{ \chi_y ; \chi_z ; \chi_w \} = 0,933$$

$$N_{Ed} = 12\,892,25 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 27\,567,21 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1\,260,39 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3\,250,49 \text{ kNm}$$

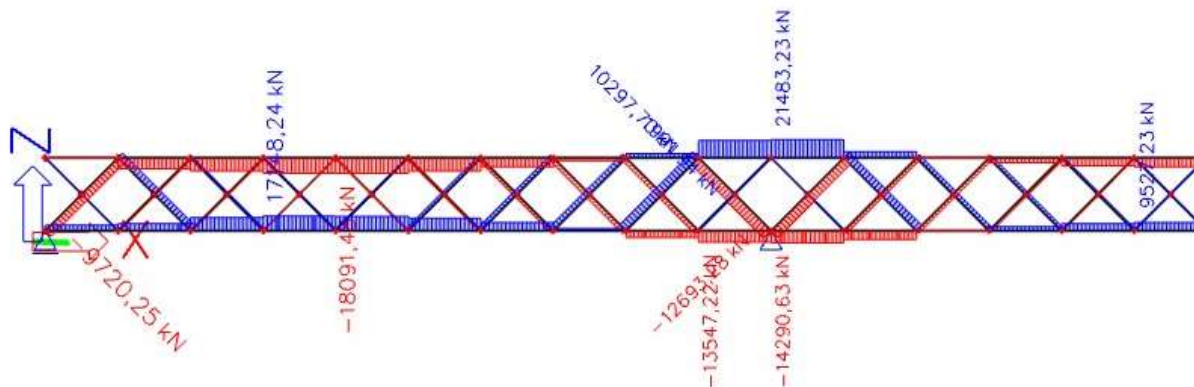
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok 0,855 ≤ 1,0

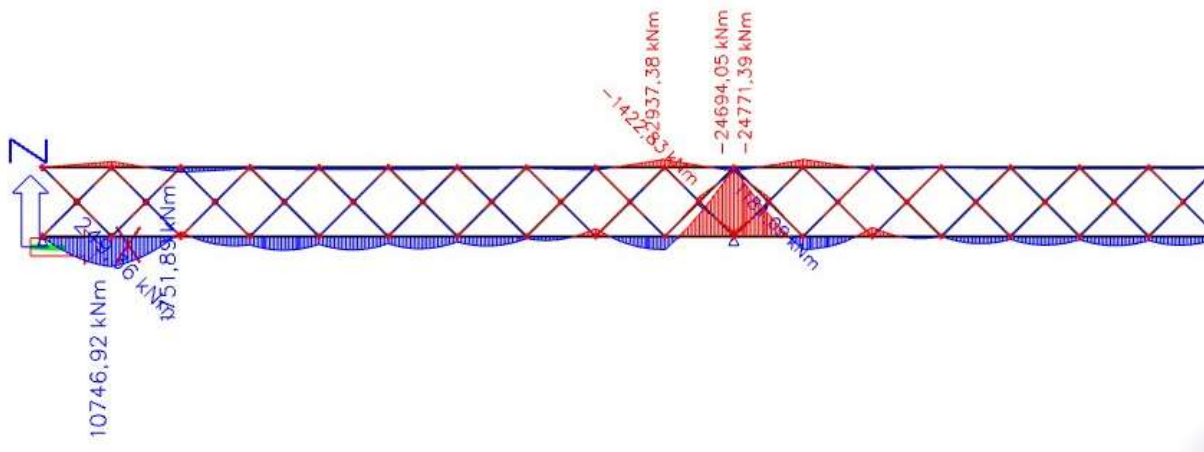
Využitie 85,5 %

=> VYHOVUJE

10.4 Varianta 4



Obrázok 61: Priebeh normálovej sily N - varianta 4



Obrázok 62: Priebeh ohybového momentu My - varianta 4

10.4.1 Dolný pás

Prierez dolného pásu bol posudzovaný v poli na kombináciu ťahu a ohybu a nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Nad podporou bol prierez zosilnený v dĺžke 12 m pre jedno pole.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 940/40 = 23,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/30 = 64 \leq 83 \cdot \varepsilon = 67,20 \Rightarrow$ trieda 2

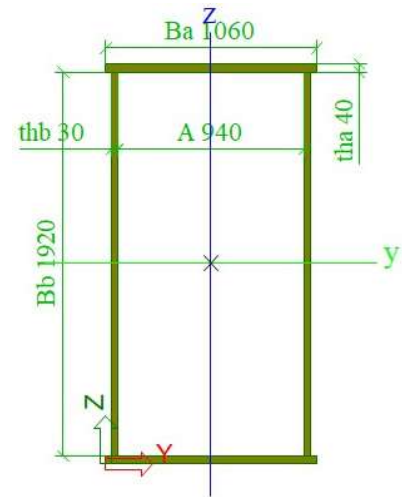
Trieda prierezu: 2

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$A =$	2,00E-01 m ²
$W_{el,y} =$	1,17E-01 m ³
$I_y =$	1,17E-01 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	17 148,24 kN
$M_{y,Ed} =$	10 746,92 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	71 000,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	41 478,20 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,501 ≤ 1,0
Využitie	50,1 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 63: Prierez dolného pásu v poli

Prierez nad podporou

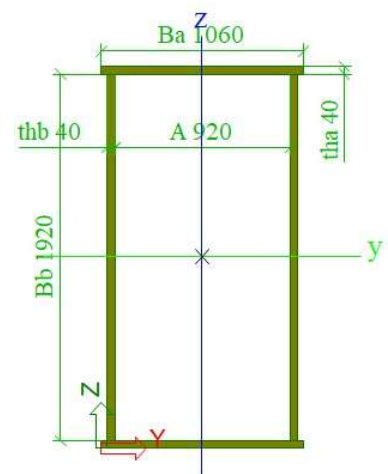
Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/40 = 23 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/40 = 48 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1



Obrázok 64: Prierez dolného pásu nad podporou

$$\begin{aligned}
 f_y &= 355 \text{ MPa} \\
 E &= 210000 \text{ MPa} \\
 A &= 2,38\text{E-}01 \text{ m}^2 \\
 W_{ply} &= 1,29\text{E-}01 \text{ m}^3 \\
 I_y &= 1,29\text{E-}01 \text{ m}^4 \\
 \gamma_{M1} &= 1,1 \\
 L_{cr} &= 8 \text{ m} \\
 N_{cr} &= \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 4\,165\,960 \\
 \lambda &= \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,143 \\
 \text{krivka vzpernej pevnosti } c & \\
 \alpha &= 0,49 \\
 \Phi &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,496 \\
 \chi &= \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 1,030 > 1,0 \Rightarrow \chi = 1,0 \\
 N_{Ed} &= 14\,290,63 \text{ kN} \\
 N_{b,Rd} &= \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 76\,938,18 \text{ kN} \\
 M_{y,Ed} &= 24\,771,39 \text{ kNm} \\
 M_{y,c,Rd} &= W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 45\,667,20 \text{ kNm} \\
 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} &\leq 1,0
 \end{aligned}$$

Jednotkový posudok	0,728 ≤ 1,0
Využitie	72,8 %

=> VYHOVUJE

10.4.2 Horný pás

Prierez horného pásu bol posudzovaný v poli na kombináciu vzperu a ohybu a v podpore na kombináciu ťahu a ohybu.

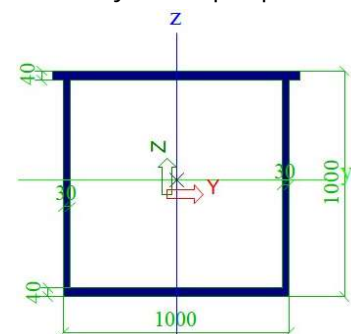
Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/40 = 23 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 1920/40 = 48 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1



Obrázok 65: Prierez horného pásu

Prierez v poli

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$A =$	1,39E-01 m ²
$W_{pl,y} =$	5,29E-02 m ³
$I_y =$	2,32E-02 m ⁴
$\gamma_{M1} =$	1,1
$L_{cr} =$	8 m

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 752\,360$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,256$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,547$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,971$$

$$N_{Ed} = 18091,48 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 43638,122 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1751,89 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18796,90 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,508 ≤ 1,0
Využitie	50,8 %

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$A =$	1,39E-01 m ²
$W_{pl,y} =$	5,29E-02 m ³
$I_y =$	2,32E-02 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	21 483,23 kN
$M_{y,Ed} =$	2 937,38 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	49 416,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	18 796,90 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,591 ≤ 1,0
Využitie	59,1 %

=> VYHOVUJE

10.4.3 Ťahaná diagonála

Prierez diagonály bol posudzovaný v poli na ťah a nad podporou na kombináciu ťahu a ohybu. Prierez diagonály nad podporou č. 2 bol zosilnený a týka sa to 4 diagonál nad podporou.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 500/40 = 12,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

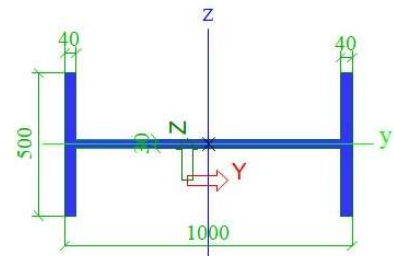
Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$A =$	6,76E-02
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	8122,33 kN
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	23998,00 kN

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,338 ≤ 1,0
Využitie	33,8 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 66: Prierez diagonály v poli

Prierez nad podporou

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 800/40 = 20,0 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

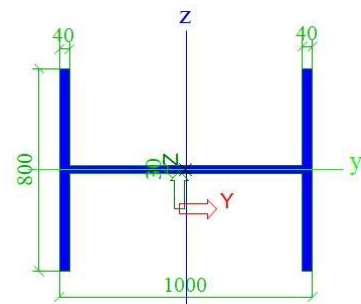
Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$A =$	9,16E-02 m ²
$W_{ply} =$	8,54E-03 m ³
$I_y =$	3,42E-03 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	10297,70 kN
$M_{y,Ed} =$	1422,83 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	32518,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	3031,17 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,786 ≤ 1,0
Využitie	78,6 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 67: Prierez diagonály nad podporou

10.4.4 Tlačená diagonála

Prierez diagonály bol posudzovaný v poli na vzper a nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Vzperné dĺžky boli určené dľa ČSN EN 1993-2 z tabuľky D.2.

Prierez v poli

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 500/40 = 12,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$\gamma_{M1} =$	1,1
$L =$	11,314 m
$\beta =$	0,5
$L_{cr} =$	5,657 m
$A =$	6,76E-02 m ²
$W_{y,pl} =$	3,34E-03 m ³
$I_y =$	8,35E-04 m ⁴
$i_y =$	0,111 m
$I_z =$	1,12E-02 m ⁴
$i_z =$	0,406 m
$I_p =$	1,20E-02 m ⁴
$I_w =$	1,91E-04 m ⁴
$I_t =$	2,73E-05 m ⁶

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 54\,105 \text{ kN}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\lambda_y = (L_{cr}/i_y) / \lambda_1 = 0,667$$

krivka vzpernej pevnosti b

$$\alpha = 0,34$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) \cdot \lambda_y^2] = 0,802$$

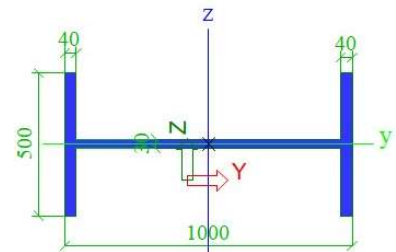
$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0,802$$

$$\lambda_z = (L_{cr}/i_z) / \lambda_1 = 0,182$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) \cdot \lambda_z^2] = 0,512$$



Obrázok 68: Prierez diagonály v poli

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 1,009$$

$$\lambda_w = [L_{cr}/(i_y + i_z)] / \lambda_1 = 0,143$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_w = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_w - 0,2) \cdot \lambda_w^2] = 0,496$$

$$\chi_w = \frac{1}{\Phi_w + \sqrt{\Phi_w^2 - \lambda_w^2}} = 1,029$$

$$\chi = \min \{ \chi_y ; \chi_z ; \chi_w \} = 0,802$$

$$N_{Ed} = 9\,720,25 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 17\,497,16 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,556 ≤ 1,0
Využitie	55,6 %

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 920/30 = 30,67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 800/40 = 20,0 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 1

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} = 1,1$$

$$L = 11,314 \text{ m}$$

$$\beta = 0,5$$

$$L_{cr} = 5,657 \text{ m}$$

$$A = 9,16E-02 \text{ m}^2$$

$$W_{y,pl} = 8,54E-03 \text{ m}^3$$

$$I_y = 3,42E-03 \text{ m}^4$$

$$i_y = 0,193 \text{ m}$$

$$I_z = 1,67E-02 \text{ m}^4$$

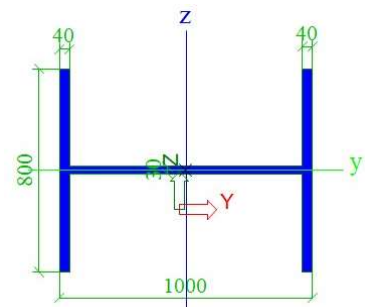
$$i_z = 0,427 \text{ m}$$

$$I_p = 2,01E-02 \text{ m}^4$$

$$I_w = 3,96E-05 \text{ m}^4$$

$$I_t = 7,85E-04 \text{ m}^6$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_{cr}} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 221\,202 \text{ kN}$$



Obrázok 69: Prierez diagonály nad podporou

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\lambda_y = (L_{cr}/i_y) / \lambda_1 = 0,384$$

krivka vzpernej pevnosti b

$$\alpha = 0,34$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) \cdot \lambda_y^2] = 0,605$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0,933$$

$$\lambda_z = (L_{cr}/i_z) / \lambda_1 = 0,173$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) \cdot \lambda_z^2] = 0,509$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 1,014$$

$$\lambda_w = [L_{cr}/(i_y + i_z)] / \lambda_1 = 0,119$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_w = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_w - 0,2) \cdot \lambda_w^2] = 0,487$$

$$\chi_w = \frac{1}{\Phi_w + \sqrt{\Phi_w^2 - \lambda_w^2}} = 1,042$$

$$\chi = \min \{ \chi_y ; \chi_z ; \chi_w \} = 0,933$$

$$N_{Ed} = 12\,693,28 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 27\,567,21 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1\,184,09 \text{ kNm}$$

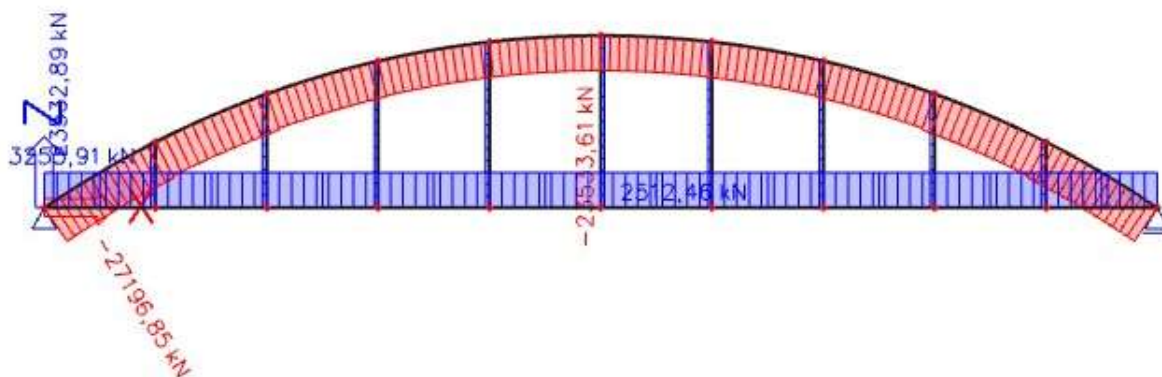
$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3\,250,49 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

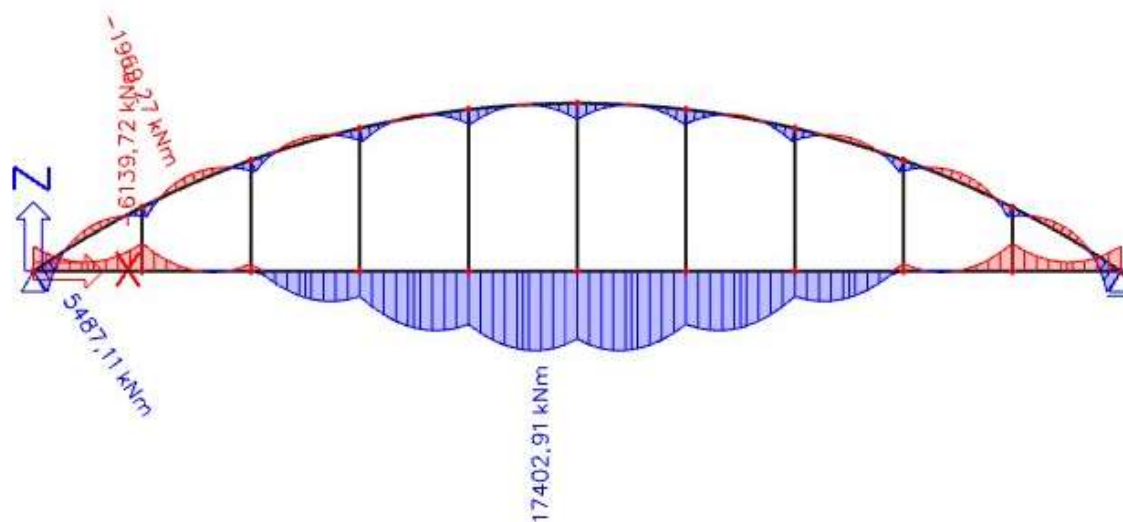
Jednotkový posudok	0,825 ≤ 1,0
Využitie	82,5 %

=> VYHOVUJE

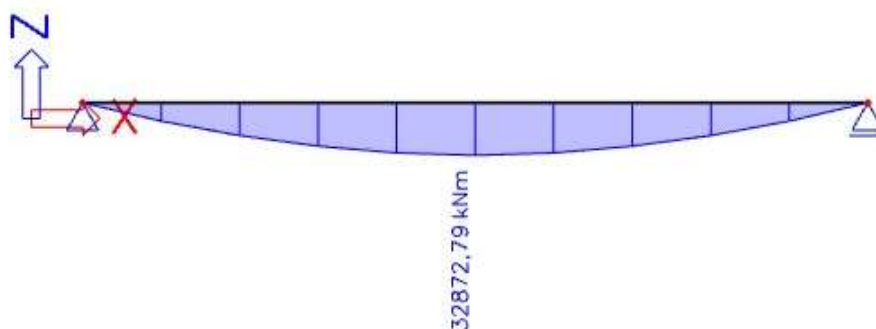
10.5 Varianta 5



Obrázok 70: Pribeh normálovej sily N - varianta 5 – pole 3



Obrázok 72: Pribeh ohybového momentu M_y - varianta 5 – pole 3



Obrázok 72: Pribeh ohybového momentu M_y - varianta 5 – pole 1, pole 2, pole 4

10.5.1 Plnostenný nosník

Prierez bol posudzovaný v poli na ohyb. Bolo prevedené aj overenie klopenia.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 840/40 = 21 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 2920/30 = 97,3 \leq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow$ trieda 3

Trieda prierezu: 3

Overenie klopenia:

$L =$	30 m
$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$G =$	81000 MPa
$\gamma_{M0} =$	1,0
$A =$	2,55E-01 m ²
$W_{el,y} =$	2,00E-01 m ³
$I_y =$	3,00E-01 m ⁴
$I_z =$	3,98E-02 m ⁴
$I_t =$	1,10E-01 m ⁴
$I_w =$	1,61E-02 m ⁶
$k_y =$	1,0
$k_z =$	1,0
$k_w =$	1,0

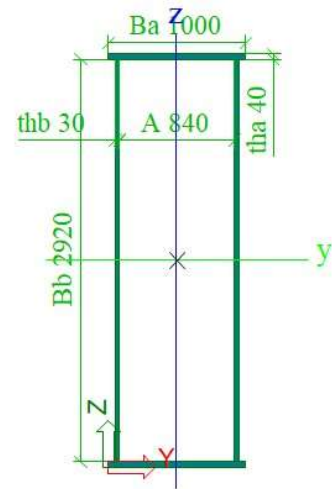
$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 0,065$$

$z_g =$	0,0
$\xi_g =$	0,0
$z_j =$	0,0
$\xi_j =$	0,0
$C_1 =$	1,13
$C_2 =$	0,46
$C_3 =$	0,53

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 1,132$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 1\,024\,818$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,263$$



Obrázok 73: Prierez nosníka

krivka klopenia c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,550$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{LT}^2}} = 1,0 \text{ NEKLOPÍ}$$

$$M_{y,Ed} = 32\,872,79 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 70\,936,10 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,463 ≤ 1,0
Využitie	46,3 %

=> VYHOVUJE

10.5.2 Trám

Prierez trámu bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu ťahu a ohybu.

Zatriedenie prierezu:

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

$$\text{pásnica: } c/t = 840/40 = 21 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

$$\text{stojina: } c/t = 2920/30 = 97,3 \leq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow \text{trieda 3}$$

Trieda prierezu: 3

Prierez v poli

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

$$A = 2,55E-01 \text{ m}^2$$

$$W_{el,y} = 2,00E-01 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$N_{Ed} = 23\,532,89 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 17\,402,91 \text{ kNm}$$

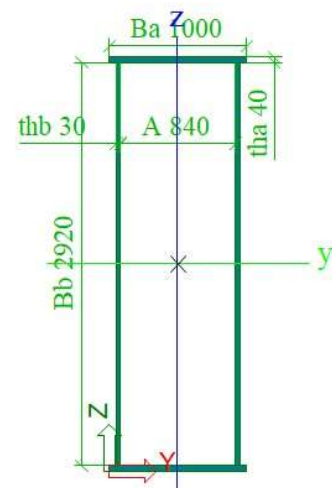
$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 90\,596,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 70\,936,10 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,505 ≤ 1,0
Využitie	50,5 %

=> VYHOVUJE



Obrázok 74: Prierez trámu

Prierez nad podporou

$f_y =$	355 MPa
$A =$	2,55E-01 m ²
$W_{el,y} =$	2,00E-01 m ³
$\gamma_{M0} =$	1,0
$N_{Ed} =$	23 532,89 kN
$M_{y,Ed} =$	6 139,72 kNm
$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	90 596,00 kN
$M_{y,c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$	70 936,10 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,346 ≤ 1,0
Využitie	34,6 %

=> VYHOVUJE

10.5.3 Oblúk

Prierez oblúka bol posudzovaný v poli aj nad podporou na kombináciu vzperu a ohybu. Súčiniteľ β bol stanovený dľa ČSN EN 1993-2. Pre vybočenie v rovine dľa obrázku D.4 a pre vybočenie z roviny dľa obrázku D.5 a tabuľky D.1.

Zatriedenie prierezu:

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

pásnica: $c/t = 820/40 = 20,5 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85$ => trieda 1

stojina: $c/t = 920/40 = 23,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58$ => trieda 1

Trieda prierezu: 1

Prierez v poli

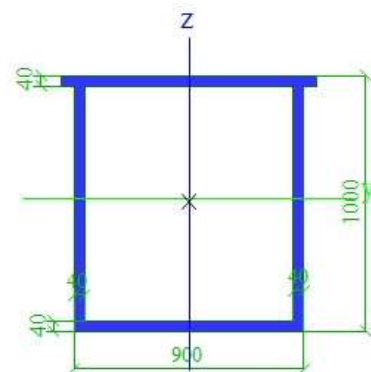
$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$s =$	58,4385 m
$L =$	110 m
$A =$	1,50E-01 m ²
$W_{pl,y} =$	5,34E-02 m ³
$I_y =$	2,27E-02 m ⁴
$I_z =$	1,94E-02 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,1

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,38$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 95\,352$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,735$$



Obrázok 75: Prierez oblúka

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,875$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,741$$

$$N_{Ed} = 23\,533,61 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 39\,346,16 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,527,06 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,888 ≤ 1,0
Využitie	88,8 %

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,98$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 144\,733$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,606$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,783$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,782$$

$$N_{Ed} = 23\,533,61 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 41\,528,81 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3\,527,06 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,753 ≤ 1,0
Využitie	75,3 %

=> VYHOVUJE

Prierez nad podporou

$f_y =$	355 MPa
$E =$	210000 MPa
$S =$	58,4385 m
$L =$	110 m
$A =$	1,50E-01 m ²
$W_{pl,y} =$	5,34E-02 m ³
$I_y =$	2,27E-02 m ⁴
$I_z =$	1,94E-02 m ⁴
$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,1

Vybočenie v rovine

$$\beta = 0,38$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = 95\,352$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,735$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,875$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,741$$

$$N_{Ed} = 27\,173,85 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 39\,346,16 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5\,487,11 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,980 ≤ 1,0
Využitie	98,0 %

=> VYHOVUJE

Vybočenie z roviny

$$\beta = 0,98$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I_z = 144\,733$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A \cdot f_y}}{N_{cr}} = 0,606$$

krivka vzpernej pevnosti c

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) \cdot \lambda^2] = 0,783$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,782$$

$$N_{Ed} = 27\,173,85 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 41\,528,81 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5\,487,11 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 18\,942,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,944 ≤ 1,0
Využitie	94,4 %

=> VYHOVUJE

10.5.4 Tiahlo

Bolo posudzované najkratšie tiahlo (najvyššia hodnota normálovej sily) na ťah.

Zatriedenie prierezu:

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

$$d/t = 273/12,5 = 21,34 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,10 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

Trieda prierezu: 1

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

$$A = 1,02 \text{E-02 m}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$N_{Ed} = 3\,255,91 \text{ kN}$$

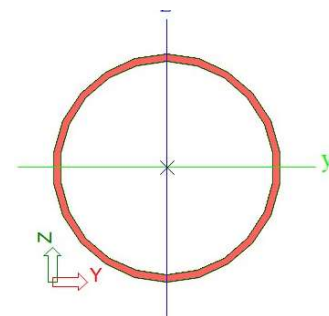
$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3\,621,00 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,899 ≤ 1,0
Využitie	89,9 %

=> VYHOVUJE

TR 273.0/12.5

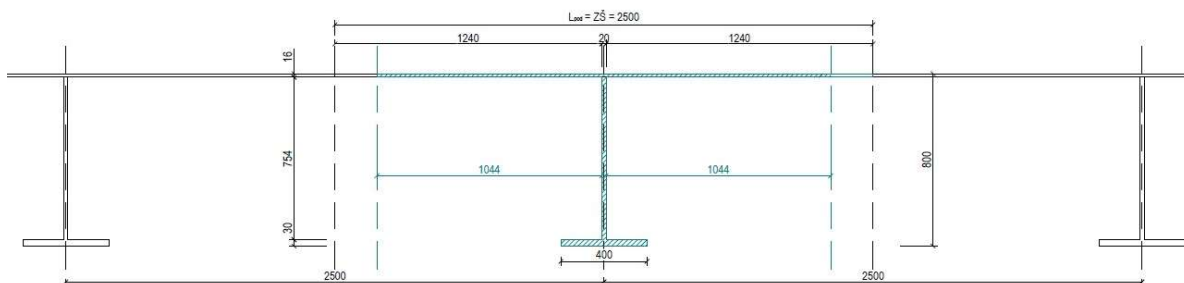


Obrázok 76: Prierez tiahla

11 POSÚDENIE MOSTOVKY

11.1 Priečnik pre varianty 1, 2 a 5

11.1.1 Šmykové ochabnutie



Obrázok 77: Efektívna šírka priečnika

$$b_0 = 1240 \text{ mm}$$

$$L = L_{pr} = L_e = 7250 \text{ mm}$$

$$L_e / 50 = 145 \text{ mm}$$

$b_0 > L_e \Rightarrow$ rátam so šmykovým ochabnutím

$$\alpha_0 = 1$$

$$\kappa = \frac{\alpha_0 \cdot b_0}{L_e} = 0,171$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa^2} = 0,842$$

$$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 1044 \text{ mm}$$

$$2 \cdot b_{eff} = 2089 \text{ mm}$$

11.1.2 Zaťaženie

ZS1 – Vlastná tiaž

Vlastná tiaž konštrukcie bola automaticky vygenerovaná programom SCIA ENGINEER 19 na základe zadaných prierezov a materiálových charakteristík.

ZS2 – Koľajový rošt

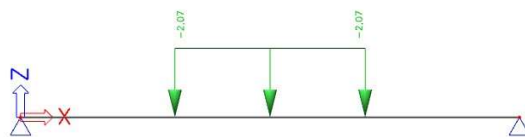
$$g_{1,k} = 2,07 \text{ kN/m}$$

ZS3 – Koľajové lôžko + izolácia

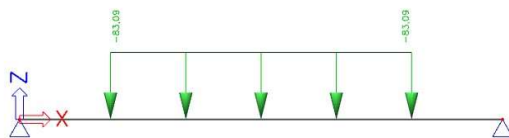
$$\text{Izolácia } g = 1,60 \text{ kN/m}$$

$$\text{Koľajové lôžko } g = 81,49 \text{ kN/m}$$

$$g_{2,k} = 83,09 \text{ kN/m}$$



Obrázok 77: ZS2 - Koľajový rošt



Obrázok 78: ZS3 - Koľajové lôžko + izolácia

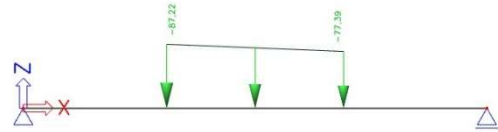
ZS4 – Zataženie od dopravy – model zataženia LM71

Priečník v poli

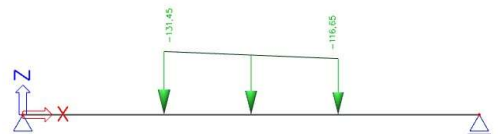
$\alpha =$	1,21
$L_{\Phi} = 2 \cdot L_{př} =$	14,5 m
$\Phi_3 =$	1,33
$q_k =$	226,8 kN/m
excentricita $e =$	83,0 mm
$q_{uic,1} =$	77,39 kN/m
$q_{uic,2} =$	87,22 kN/m

Krajný priečník

$\alpha =$	1,21
$L_{\Phi} = 2 \cdot L_{př} =$	3,6 m
$\Phi_3 =$	2,00
$q_k =$	341,8 kN/m
excentricita $e =$	83,0 mm
$q_{uic,1} =$	116,65 kN/m
$q_{uic,2} =$	131,45 kN/m



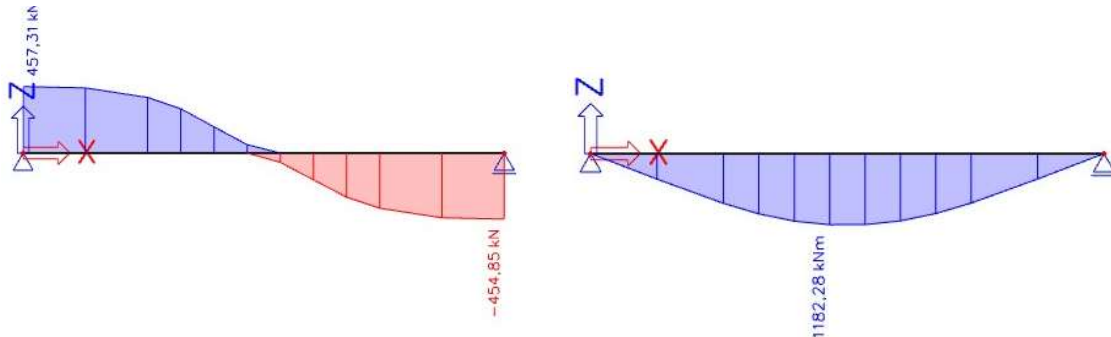
Obrázok 79: ZS4 - LM71 - priečník v poli



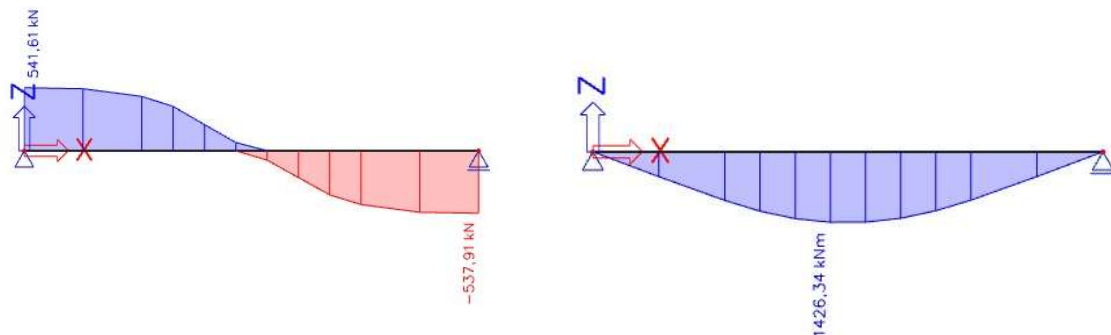
Obrázok 80: ZS4 - LM71 – krajný priečník

11.1.3 Vnútročné sily

Pre analýzu vnútorných síl bol vytvorený 2D model v programe SCIA ENGINEER 19.1.4034 od spoločnosti Nemetschek. Priečník bol modelovaný ako prostý nosník a podoprený jednou pevnou a jednou posuvnou podporou. Boli vytvorené kombinácie zatažení dľa kap. 8. Výpis vnútorných síl viz príloha C – Výpis z programu.



Obrázok 81: Priebeh posúvajúcej sily V_z a ohybového momentu M_y v priečníku v poli



Obrázok 82: Priebeh posúvajúcej sily V_z a ohybového momentu M_y v krajnom priečníku

Priečník v poli

$$V_{Ed, \max} = 457,31 \text{ kN}$$

$$M_{Ed, \max} = 1182,28 \text{ kNm}$$

Krajný priečník

$$V_{Ed, \max} = 541,61 \text{ kN}$$

$$M_{Ed, \max} = 1426,34 \text{ kNm}$$

11.1.4 Posúdenie

Zatriedenie prierezu:

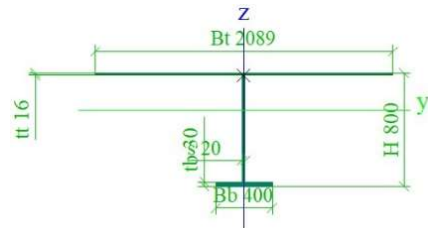
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

$$\text{pásnica 1: } c/t = 2089/16 = 130,6 \geq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow \text{trieda 4}$$

$$\text{pásnica 2: } c/t = 400/30 = 13,3 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

$$\text{stojina: } c/t = 920/40 = 23,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

Trieda prierezu: 4



Obrázok 83: Prierez priečníka

$$A_{eff} = 5,10E-02 \text{ m}^2$$

$$z = 0,618 \text{ m}$$

$$I_{y, eff} = 5,73E-03 \text{ m}^4$$

$$S_{y, eff} = 5,92E-03 \text{ m}^3$$

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

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

Priečník v poli

$$\sigma_{x, Ed} = \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot z = 127,50 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{x, Ed}^2 \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,359 ≤ 1,0
Využitie	35,9 %

=> VYHOVUJE

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = 23,64 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{Ed}^2 \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,115 ≤ 1,0
Využitie	11,5 %

=> VYHOVUJE

Krajný priečník

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot z = 153,82 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,433 ≤ 1,0
Využitie	43,3 %

=> VYHOVUJE

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = 27,99 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{Ed}^2 \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y}} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,137 ≤ 1,0
Využitie	13,7 %

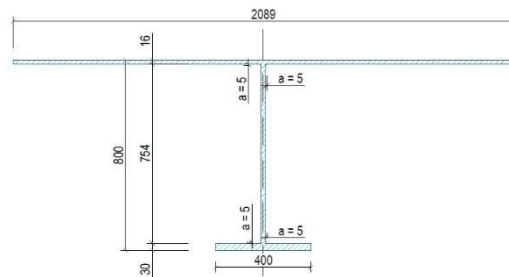
=> VYHOVUJE

11.1.5 Krčné zvary

$$\begin{aligned} a &= 5 \text{ mm} \\ \beta_w &= 0,9 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \\ f_u &= 490 \text{ MPa} \end{aligned}$$

a) dolná pásnica

$$\begin{aligned} I_{y1} &= 9,0E-07 \text{ m}^4 \\ S_{y1} &= 1,8E-04 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Obrázok 84: Krčné zvary priečníka

Priečník v poli

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y1}}{I_{y1} \cdot 2 \cdot a} = 9,15 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	9,15 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	----------------------	-------------

Krajný priečník

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y1}}{I_{y1} \cdot 2 \cdot a} = 10,83 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	10,83 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	-----------------------	-------------

b) horná pásnica

$$I_{y2} = 7,1E-07 \text{ m}^4$$

$$S_{y2} = 2,7E-04 \text{ m}^3$$

Priečník v poli

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y2}}{I_{y2} \cdot 2 \cdot a} = 17,15 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	17,15	≤	251,47	=> VYHOVUJE
----------------	--------------	----------	---------------	-----------------------

Krajný priečník

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y2}}{I_{y2} \cdot 2 \cdot a} = 20,31 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	20,31	≤	251,47	=> VYHOVUJE
----------------	--------------	----------	---------------	-----------------------

11.2 Pozdĺžna výstuha pre varianty 1, 2 a 5

11.2.1 Šmykové ochabnutie

$$b_0 = 237,5 \text{ mm}$$

$$L = L_{př} = L_e = 7250 \text{ mm}$$

$$L_e / 50 = 145 \text{ mm}$$

$b_0 > L_e \Rightarrow$ rátam so šmykovým ochabnutím

$$\alpha_0 = 1$$

$$\kappa = \frac{\alpha_0 \cdot b_0}{L_e} = 0,033$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa^2} = 0,996 \quad \Rightarrow + \text{ ohyb. moment v poli a podpora}$$

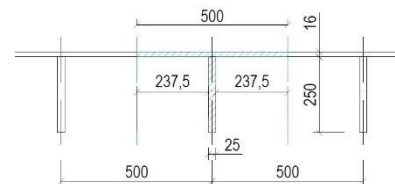
$$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 237 \text{ mm}$$

$$2 \cdot b_{eff} = 473 \text{ mm}$$

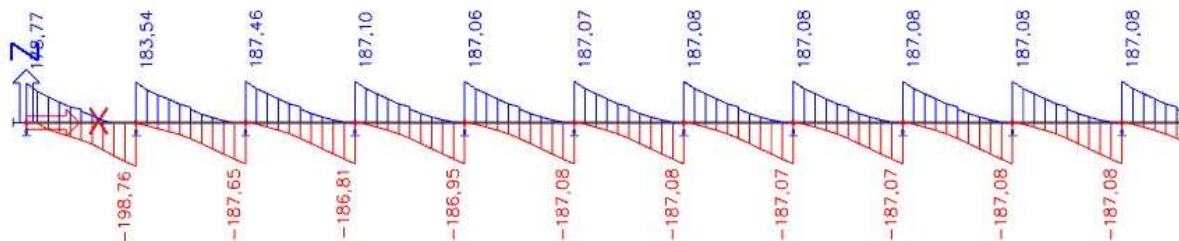
$$\beta = \frac{1}{1 + 6 \cdot \left(t - \frac{1}{L_{pod} \cdot t} \right) + 1,6 \cdot \kappa^2} = 0,889$$

$$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 211 \text{ mm}$$

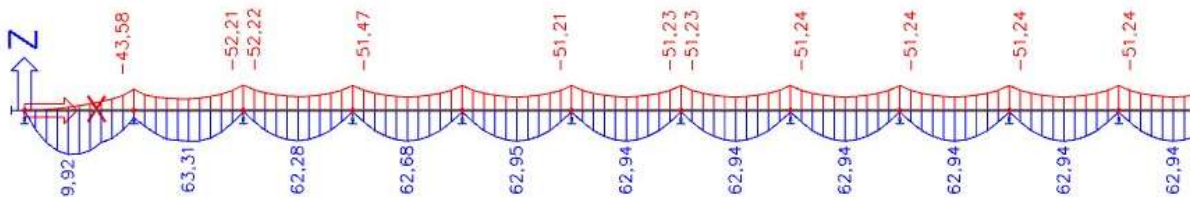
$$2 \cdot b_{eff} = 422 \text{ mm} \quad \Rightarrow - \text{ ohyb. moment v poli}$$



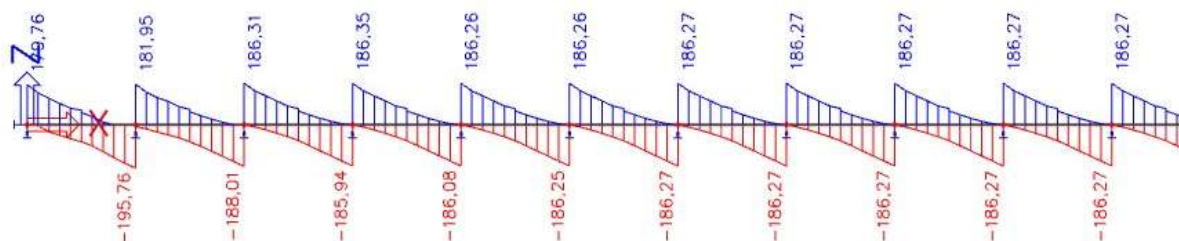
Obrázok 85: Pozdĺžna výstuha



Obrázok 90: Priebeh posúvajúcej sily V_z pre pozdĺžnu výstuhu 1



Obrázok 91: Priebeh ohybového momentu M_y pre pozdĺžnu výstuhu 4



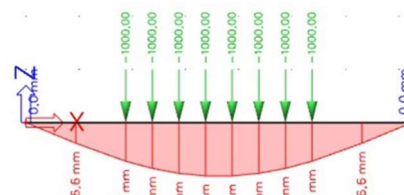
Obrázok 92: Priebeh posúvajúcej sily V_z pre pozdĺžnu výstuhu 4

Tuhosť priečnika:

$$K_1 = F / \delta_1 = 1000 / 31,2 = 32,05 \text{ MN/mm}$$

$$K_4 = F / \delta_1 = 1000 / 43,0 = 23,26 \text{ MN/mm}$$

VÝSTUHA	REZ	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]
1	krajné pole	86,4	178,8
	vnútorné pole	58,8	183,5
	podpora	-51,5	-198,8
4	krajné pole	89,9	179,8
	vnútorné pole	63,3	182,0
	podpora	-52,2	-195,8



Obrázok 93: Tuhosť priečnika

11.2.4 Posúdenie

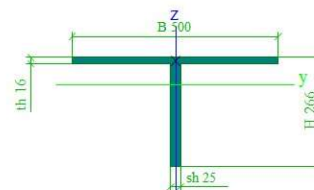
Zatriedenie prierezu:

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

$$\text{pásnica: } c/t = 473/16 = 29,6 \leq 38 \cdot \varepsilon = 30,92 \Rightarrow \text{trieda 2}$$

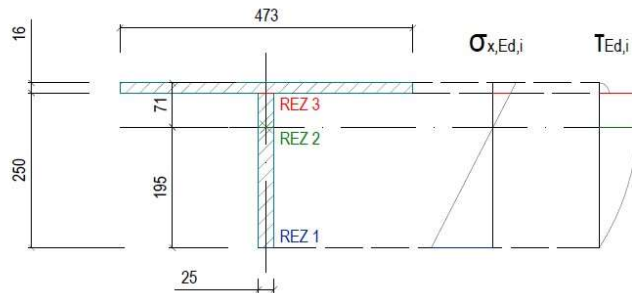
$$\text{stojina: } c/t = 250/25 = 10,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow \text{trieda 1}$$

Trieda prierezu: 2



Obrázok 94: Prierez pozdĺžnej výstuhu

$A =$	$1,38E-02 \text{ m}^2$
$I_y =$	$9,32E-05 \text{ m}^4$
$z_2 =$	$0,198 \text{ m}$
$S_{y,2} =$	$4,90E-04 \text{ m}^3$
$z_3 =$	$0,068 \text{ m}$
$S_{y,3} =$	$7,81E-04 \text{ m}^3$
$f_y =$	355 MPa
$\gamma_{M0} =$	$1,0$



Obrázok 95: Rezy pre posúdenie pozdĺžnej výstuhy

$$\sigma_{x,Ed,i} = \frac{M_{Ed,i}}{I_{y,i}} \cdot z_i$$

$$\tau_{Ed,i} = \frac{V_{Ed,i} \cdot S_{y,i}}{I_{y,i} \cdot b}$$

podmienka spoľahlivosti: $\sqrt{\sigma_{x,Ed,i}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed,i}^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pozdĺžna výstuha 1

REZ		$\sigma_{x,Ed}$ [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	Posudok		
REZ 1	krajné pole	183,5	0,0	183,5	\leq	355
	vnútorné pole	125,0	0,0	125,0	\leq	355
	podpora	109,3	0,0	109,3	\leq	355
REZ 2	krajné pole	0,0	37,6	65,1	\leq	355
	vnútorné pole	0,0	38,6	66,9	\leq	355
	podpora	0,0	41,8	72,4	\leq	355
REZ 3	krajné pole	63,0	59,9	121,4	\leq	355
	vnútorné pole	42,9	61,5	114,9	\leq	355
	podpora	37,5	66,6	121,4	\leq	355
VYHOVUJE						

$$\begin{aligned}
 b_0 &= 990 \text{ mm} \\
 L = L_{př} = L_e &= 7250 \text{ mm} \\
 L_e / 50 &= 145 \text{ mm} \\
 b_0 > L_e &\Rightarrow \text{rátam so šmykovým ochabnutím} \\
 \alpha_0 &= 1 \\
 \kappa &= \frac{\alpha_0 \cdot b_0}{L_e} = 0,137 \\
 \beta &= \frac{1}{1 + 6,4 \cdot \kappa^2} = 0,893 \\
 b_{eff} &= \beta \cdot b_0 = 884 \text{ mm} \\
 2 \cdot b_{eff} &= 1769 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

11.3.2 Zataženie

ZS1 – Vlastná tiaž

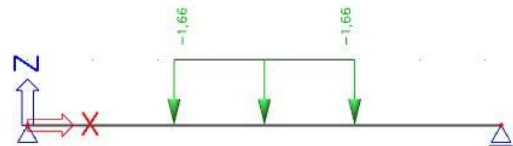
Vlastná tiaž konštrukcie bola automaticky vygenerovaná programom SCIA ENGINEER 19 na základe zadaných prierezov a materiálových charakteristík.

ZS2 – Koľajový rošt

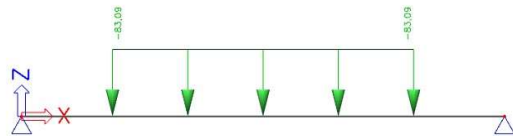
$$g_{1,k} = 1,66 \text{ kN/m}$$

ZS3 – Koľajové lôžko + izolácia

$$\begin{aligned}
 \text{Izolácia} \quad g &= 1,60 \text{ kN/m} \\
 \text{Koľajové lôžko} \quad g &= 81,49 \text{ kN/m} \\
 g_{2,k} &= 83,09 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Obrázok 98: ZS2 - Koľajový rošt



Obrázok 99: ZS3 - Koľajové lôžko + izolácia

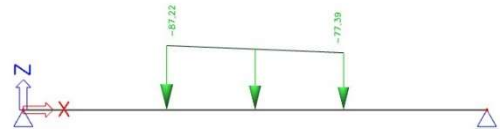
ZS4 – Zataženie od dopravy – model zataženia LM71

Priečnik v poli

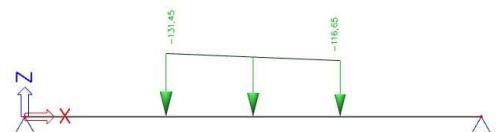
$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1,21 \\
 L_{\Phi} = 2 \cdot L_{př} &= 14,5 \text{ m} \\
 \Phi_3 &= 1,33 \\
 q_k &= 226,8 \text{ kN/m} \\
 \text{excentricita } e &= 83,0 \text{ mm} \\
 q_{uic,1} &= 77,39 \text{ kN/m} \\
 q_{uic,2} &= 87,22 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Krajný priečnik

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1,21 \\
 L_{\Phi} = 2 \cdot L_{př} &= 3,6 \text{ m} \\
 \Phi_3 &= 2,00 \\
 q_k &= 341,8 \text{ kN/m} \\
 \text{excentricita } e &= 83,0 \text{ mm} \\
 q_{uic,1} &= 116,65 \text{ kN/m} \\
 q_{uic,2} &= 131,45 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



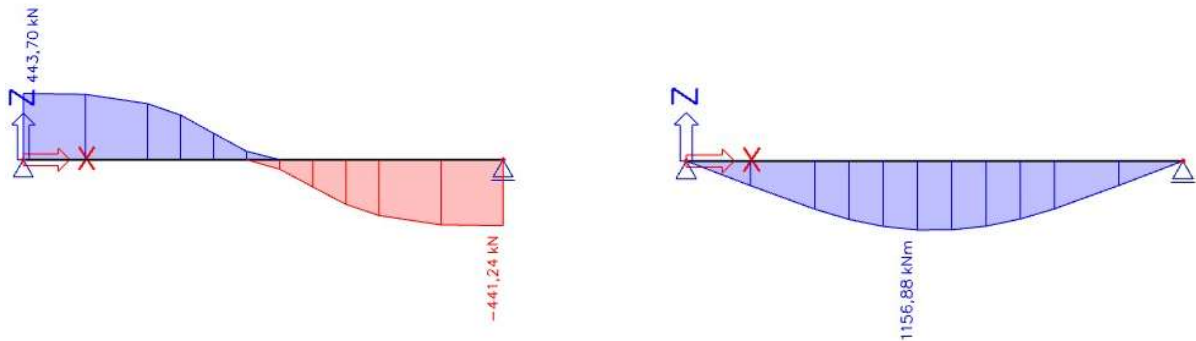
Obrázok 100: ZS4 - LM71 - priečnik v poli



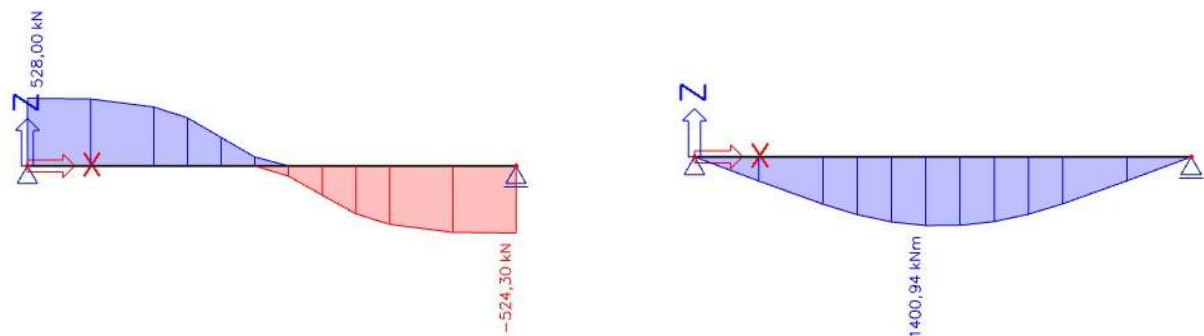
Obrázok 101: ZS4 - LM71 – krajný priečnik

11.3.3 Vnútorné sily

Pre analýzu vnútorných síl bol vytvorený 2D model v programe SCIA ENGINEER 19.1.4034 od spoločnosti Nemetschek. Prierečník bol modelovaný ako prostý nosník a podoprený jednou pevnou a jednou posuvnou podporou. Boli vytvorené kombinácie zaťaženia dľa kap. 8. Výpis vnútorných síl viz príloha C – Výpis z programu.



Obrázok 102: Priebeh posúvajúcej sily V_z a ohybového momentu M_y v prierečníku v poli



Obrázok 103: Priebeh posúvajúcej sily V_z a ohybového momentu M_y v krajnom prierečníku

Priechnik v poli

$$V_{Ed, \max} = 443,70 \text{ kN}$$

$$M_{Ed, \max} = 1156,88 \text{ kNm}$$

Krajný priechnik

$$V_{Ed, \max} = 528,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed, \max} = 1400,94 \text{ kNm}$$

11.3.4 Posúdenie

Zatriedenie prierezu:

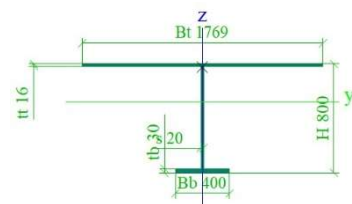
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

pásnica 1: $c/t = 1769/16 = 110,6 \geq 124 \cdot \varepsilon = 100,89 \Rightarrow$ trieda 4

pásnica 2: $c/t = 400/30 = 13,3 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26,85 \Rightarrow$ trieda 1

stojina: $c/t = 920/40 = 23,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 4



Obrázok 104: Prierez priechnika

$$\begin{aligned} A_{\text{eff}} &= 5,54\text{E-}02 \text{ m}^2 \\ z &= 0,63 \text{ m} \\ I_{y,\text{eff}} &= 6,06\text{E-}03 \text{ m}^4 \\ S_{y,\text{eff}} &= 5,88\text{E-}03 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ MPa} \\ \gamma_{M0} &= 1,0 \end{aligned}$$

Priečník v poli

$$\sigma_{x,\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{I_y} \cdot z = 124,76 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{x,\text{Ed}}^2} \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,351 ≤ 1,0
Využitie	35,1 %

=> VYHOVUJE

$$\tau_{\text{Ed}} = \frac{V_{\text{Ed}} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = 22,93 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\text{Ed}}^2} \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,112 ≤ 1,0
Využitie	11,2 %

=> VYHOVUJE

Krajný priečník

$$\sigma_{x,\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{I_y} \cdot z = 151,09 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{x,\text{Ed}}^2} \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,426 ≤ 1,0
Využitie	42,6 %

=> VYHOVUJE

$$\tau_{\text{Ed}} = \frac{V_{\text{Ed}} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = 27,29 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\text{Ed}}^2} \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y} \leq 1,0$$

Jednotkový posudok	0,133 ≤ 1,0
Využitie	13,3 %

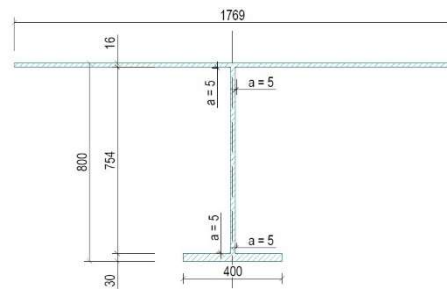
=> VYHOVUJE

11.3.5 Krčné zvary

$a =$	5 mm
$\beta_w =$	0,9
$\gamma_{M2} =$	1,25
$f_u =$	490 MPa

a) dolná pásnica

$I_{y1} =$	9,0E-07 m ⁴
$S_{y1} =$	1,8E-04 m ³



Obrázok 105: Krčné zvary priečnika

Priečnik v poli

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y1}}{I_{y1} \cdot 2 \cdot a} = 8,87 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	8,87 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	----------------------	-----------------------

Krajný priečnik

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y1}}{I_{y1} \cdot 2 \cdot a} = 10,56 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	10,56 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	-----------------------	-----------------------

b) horná pásnica

$I_{y2} =$	6,0E-07 m ⁴
$S_{y2} =$	2,3E-04 m ³

Priečnik v poli

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y2}}{I_{y2} \cdot 2 \cdot a} = 16,64 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	16,64 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	-----------------------	-----------------------

Krajný priečnik

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_{y2}}{I_{y2} \cdot 2 \cdot a} = 19,80 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	19,80 ≤ 251,47	=> VYHOVUJE
----------------	-----------------------	-----------------------

11.4 Pozdížna výstuha pre varianty 3 a 4

11.4.1 Šmykové ochabnutie

$$b_0 = 237,5 \text{ mm}$$

$$L = L_{př} = L_e = 7250 \text{ mm}$$

$$L_e / 50 = 145 \text{ mm}$$

$b_0 > L_e \Rightarrow$ rátam so šmykovým ochabnutím

$$\alpha_0 = 1$$

$$\kappa = \frac{\alpha_0 \cdot b_0}{L_e} = 0,033$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot t^2} = 0,996 \quad \Rightarrow + \text{ ohyb. moment v poli a podpora}$$

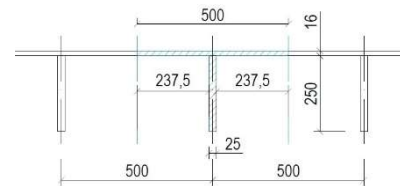
$$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 237 \text{ mm}$$

$$2 \cdot b_{eff} = 473 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 6 \cdot \left(t - \frac{1}{L_{pod} \cdot t} \right) + 1,6 \cdot t^2} = 0,889$$

$$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 211 \text{ mm}$$

$$2 \cdot b_{eff} = 422 \text{ mm} \quad \Rightarrow - \text{ ohyb. moment v poli}$$



Obrázok 106: Pozdížna výstuha

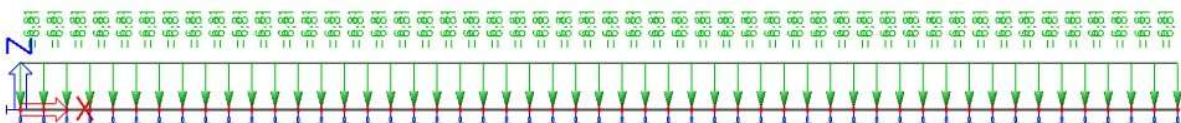
11.4.2 Zataženie

ZS1 – Vlastná tiaž

Vlastná tiaž konštrukcie bola automaticky vygenerovaná programom SCIA ENGINEER 19 na základe zadaných prierezov a materiálových charakteristík.

ZS2 – Ostatné stále zataženie

Koľajový rošt	$g =$	6,00 kN/m
Izolácia	$g =$	0,61 kN/m
Koľajové lôžko	$g =$	31,08 kN/m
$g_{2,k} =$		6,81 kN/m



Obrázok 107: ZS2 - Ostatné stále zataženie

ZS3 – Zataženie od dopravy – model zataženia LM71

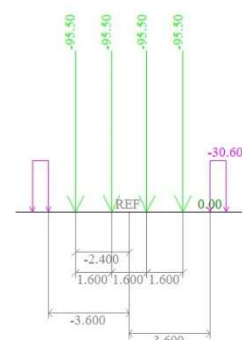
$$\alpha = 1,25$$

$$L_{\Phi} = 3 \cdot L_{pod} = 6,0 \text{ m}$$

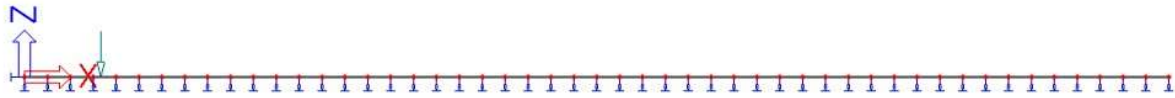
$$\Phi_3 = 1,69$$

$$q_k = 30,6 \text{ kN/m}$$

$$Q_k = 95,5 \text{ kN}$$



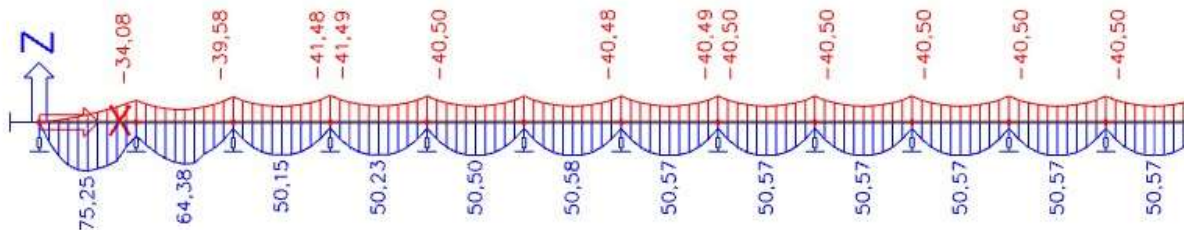
Obrázok 108: Sústava zataženia LM71



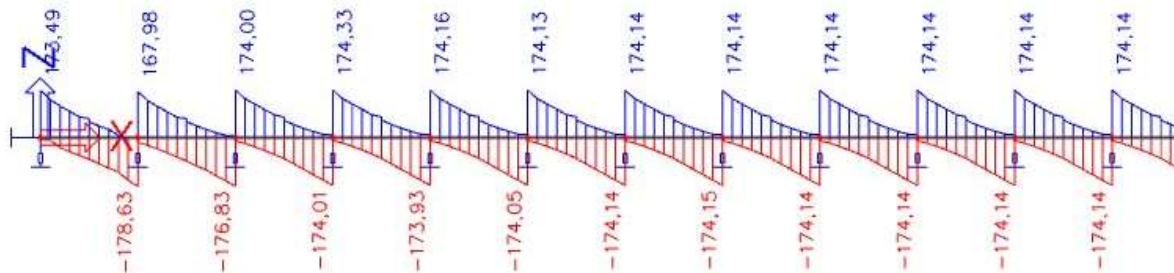
Obrázok 109: ZS3 - LM71 – pohyblivé zaťaženie

11.4.3 Vnútročné sily

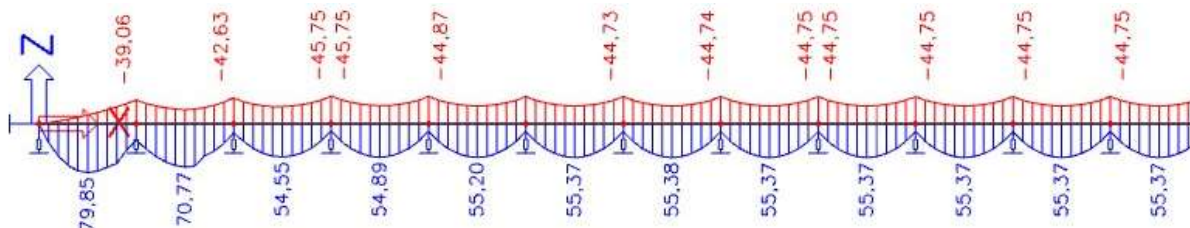
Pre analýzu vnútorných síl bol vytvorený 2D model v programe SCIA ENGINEER 19.1.4034 od spoločnosti Nemetschek. Tuhosť je zaistená v jednotlivých podporách pomocou vypočítanej tuhosti priečnika. Výstuhy sú symetrické, pre posúdenie boli vybrané 2 výstuhy – krajná (výstuha č.1) a prostredná (výstuha č.4) s najvyššou a najnižšou tuhosťou v podpore. Boli vytvorené kombinácie zaťaženia dľa kap. 8. Výpis vnútorných síl viz príloha C – Výpis z programu.



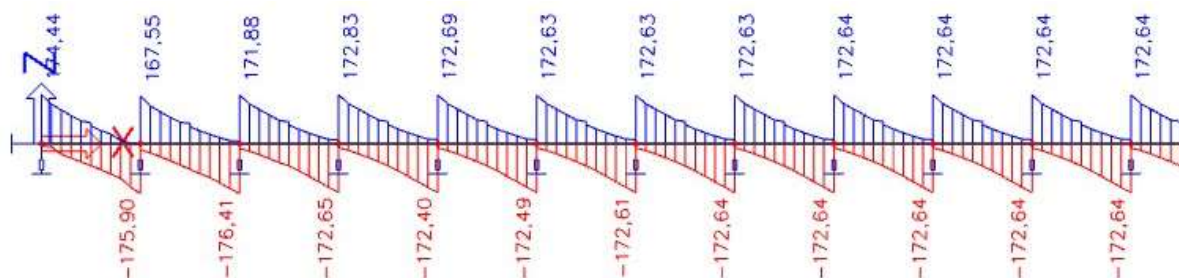
Obrázok 110: Priebeh ohybového momentu M_y pre pozdĺžnu výstuhu 1



Obrázok 111: Priebeh posúvajúcej sily V_z pre pozdĺžnu výstuhu 1



Obrázok 112: Priebeh ohybového momentu M_y pre pozdĺžnu výstuhu 4



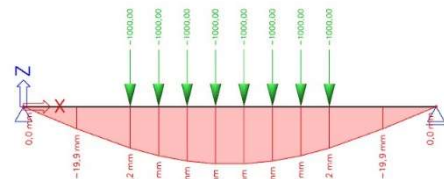
Obrázok 113: Priebeh posúvajúcej sily V_z pre pozdĺžnu výstuhu 4

Tuhost priečnika:

$$K_1 = F / \delta_1 = 1000 / 37,2 = 26,88 \text{ MN/mm}$$

$$K_4 = F / \delta_1 = 1000 / 51,3 = 19,49 \text{ MN/mm}$$

VÝSTUHA	REZ	M _{Ed} [kNm]	V _{Ed} [kN]
1	krajné pole	75,3	173,5
	vnútorné pole	64,4	168,0
	podpora	-39,6	-176,8
4	krajné pole	79,9	174,44
	vnútorné pole	70,8	167,55
	podpora	-42,6	-176,4



Obrázok 114: Tuhosť priečnika

11.4.4 Posúdenie

Zatriedenie prierezu:

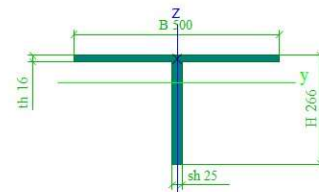
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

pásnica: $c/t = 473/16 = 29,6 \leq 38 \cdot \varepsilon = 30,92 \Rightarrow$ trieda 2

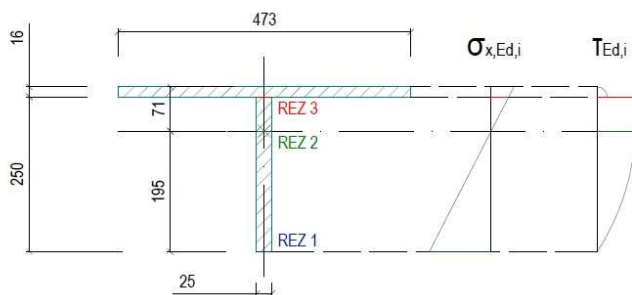
stojina: $c/t = 250/25 = 10,0 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,58 \Rightarrow$ trieda 1

Trieda prierezu: 2

$$\begin{aligned} A &= 1,38\text{E-}02 \text{ m}^2 \\ I_y &= 9,32\text{E-}05 \text{ m}^4 \\ Z_2 &= 0,198 \text{ m} \\ S_{y,2} &= 4,90\text{E-}04 \text{ m}^3 \\ Z_3 &= 0,068 \text{ m} \\ S_{y,3} &= 7,81\text{E-}04 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ MPa} \\ Y_{M0} &= 1,0 \end{aligned}$$



Obrázok 115: Prierez pozdĺžnej výstuhy



Obrázok 116: Rezy pre posúdenie pozdĺžnej výstuhy

$$\sigma_{x,Ed,i} = \frac{M_{Ed,i}}{I_{y,i}} \cdot z_i$$

$$\tau_{Ed,i} = \frac{V_{Ed,i} \cdot S_{y,i}}{I_{y,i} \cdot b}$$

podmienka spoľahlivosti: $\sqrt{\sigma_{x,Ed,i}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed,i}^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pozdĺžna výstuha 1

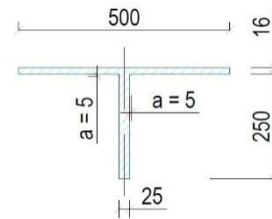
REZ		$\sigma_{x,Ed}$ [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	Posudok		
REZ 1	krajné pole	159,9	0,0	159,9	≤	355
	vnútorné pole	136,8	0,0	136,8	≤	355
	podpora	84,1	0,0	84,1	≤	355
REZ 2	krajné pole	0,0	36,5	63,2	≤	355
	vnútorné pole	0,0	35,3	61,2	≤	355
	podpora	0,0	37,2	64,4	≤	355
REZ 3	krajné pole	54,9	58,2	114,7	≤	355
	vnútorné pole	47,0	56,3	108,3	≤	355
	podpora	28,9	59,3	106,7	≤	355
VYHOVUJE						

Pozdĺžna výstuha 4

REZ		$\sigma_{x,Ed}$ [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	Posudok		
REZ 1	krajné pole	169,6	0,0	169,6	≤	355
	vnútorné pole	150,3	0,0	150,3	≤	355
	podpora	90,6	0,0	90,6	≤	355
REZ 2	krajné pole	0,0	36,7	63,5	≤	355
	vnútorné pole	0,0	35,2	61,0	≤	355
	podpora	0,0	37,1	64,3	≤	355
REZ 3	krajné pole	58,3	58,5	116,9	≤	355
	vnútorné pole	51,6	56,2	110,2	≤	355
	podpora	31,1	59,1	107,1	≤	355
VYHOVUJE						

11.4.5 Krčné zvary

$a =$	5 mm
$\beta_w =$	0,9
$\gamma_{M2} =$	1,25
$f_u =$	510 MPa
$I_y =$	1,71E-07 m ⁴
$S_y =$	8,5E-04 m ³



Obrázok 117: Krčné zvary
 pozdĺžnej výstuhy

$$\tau'' = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot 2 \cdot a} = 87,58 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Posudok	87,58 ≤ 261,73	=> VYHOVUJE
----------------	-----------------------	-----------------------

12 MODÁLNÁ ANALÝZA

Pre modálnu analýzu boli v programe SCIA ENGINEER 20.0.3019 od spoločnosti Nemetschek vytvorené 3D modely pre všetky varianty. Hlavná mostná konštrukcia každej varianty bola modelovaná pomocou prútov, priečniky a pozdĺžne výstuhy boli modelované pomocou prútov a mostovkový plech bol modelovaný ako plošný prvok (doska). Pre účely modálnej analýzy boli modely zaťažené len vlastnou tiažou konštrukcie a ostatným stálym zaťažením, z ktorých boli následne vygenerované hmoty. Pomocou programu bola prevedená analýza vlastných tvarov konštrukcie (10 tvarov). Prvá vlastná frekvencia kmitania bola následne použitá pre rozhodnutie, či bude nutné previesť dynamickú analýzu mostu.

12.1 Varianta 1

Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	0,87
2	1,73
3	1,89
4	1,94
5	2,21
6	2,90
7	2,95
8	2,97
9	2,97
10	2,97

$$L = 100 \text{ m}$$

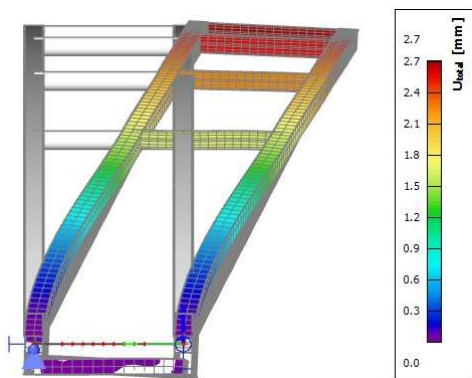
Hranice:

$$1. = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 3,024 \text{ Hz}$$

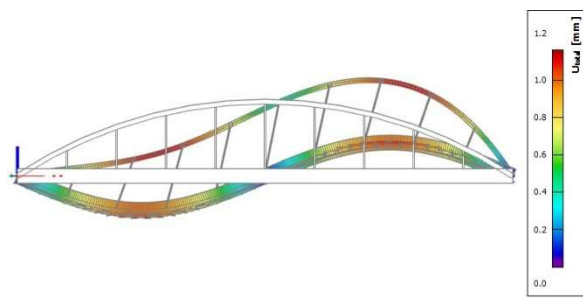
$$2. = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 1,544 \text{ Hz}$$

$$1. = 1,544 \text{ Hz} > \mathbf{0,87 \text{ Hz}} < 2. = 3,024 \text{ Hz}$$

Je nutná dynamická analýza



Obrázok 118: Prvá vlastná frekvencia



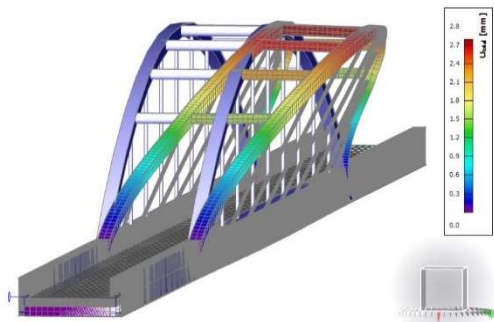
Obrázok 119: Druhá vlastná frekvencia

12.2 Varianta 2

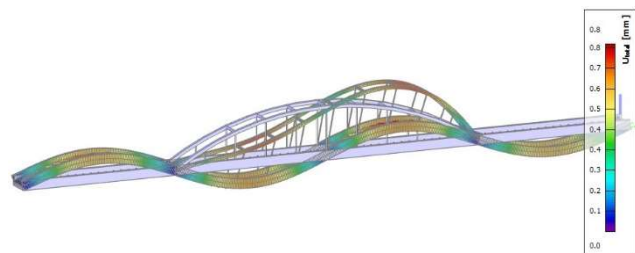
Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	0,84
2	1,68
3	1,93
4	1,99
5	2,03
6	2,10
7	2,34
8	2,57
9	2,59
10	2,59

**Pre spojitě nosníky nie je nutná
dynamická analýza**



Obrázok 120: Prvá vlastná frekvencia



Obrázok 121: Druhá vlastná frekvencia

12.3 Varianta 3

12.3.1 Pole 1 a pole 4

Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	5,16
2	7,01
3	7,80
4	8,02
5	8,06
6	8,06
7	8,09
8	8,09
9	8,11
10	8,11

$$L = 20 \text{ m}$$

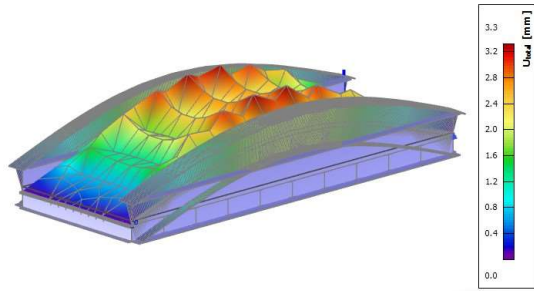
Hranice:

$$1. = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 10,080 \text{ Hz}$$

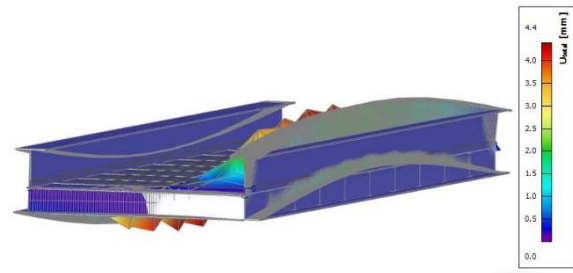
$$2. = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 4,003 \text{ Hz}$$

$$1. = 4,003 \text{ Hz} > \mathbf{5,16 \text{ Hz}} < 2. = 10,080 \text{ Hz}$$

Nie je nutná dynamická analýza



Obrázok 122: Prvá vlastná frekvencia



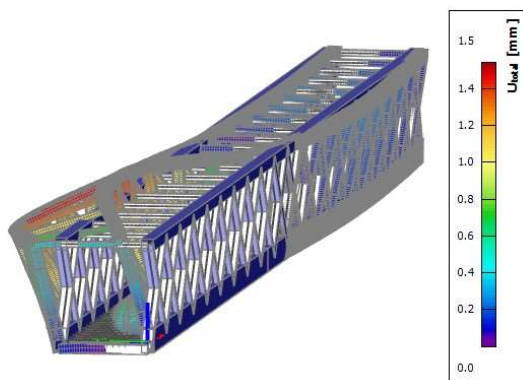
Obrázok 123: Druhá vlastná frekvencia

12.3.2 Pole 2 a pole 3

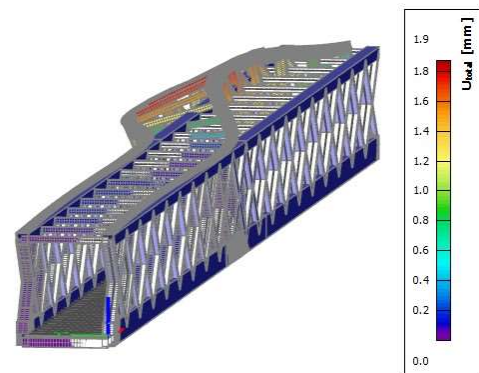
Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VL. TVAR	f [Hz]
1	1,63
2	1,86
3	2,00
4	2,86
5	3,20
6	3,78
7	3,95
8	4,28
9	4,67
10	5,35

**Pre spojité nosníky nie je nutná
dynamická analýza**



Obrázok 124: Prvá vlastná frekvencia



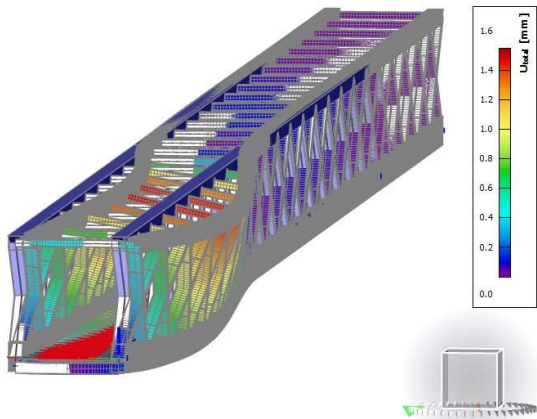
Obrázok 125: Druhá vlastná frekvencia

12.4 Varianta 4

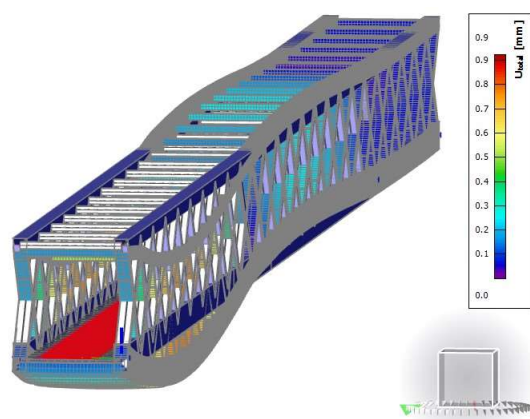
Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	1,63
2	2,06
3	2,13
4	3,20
5	3,21
6	3,91
7	3,94
8	4,20
9	4,54
10	4,67

**Pre spojité nosníky nie je nutná
dynamická analýza**



Obrázok 126: Prvá vlastná frekvencia



Obrázok 127: Druhá vlastná frekvencia

12.5 Varianta 5

12.5.1 Pole 1, pole 2 a pole 3

Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	2,56
2	2,59
3	2,60
4	2,60
5	2,60
6	2,60
7	2,60
8	2,60
9	2,61
10	2,61

$$L = 30 \text{ m}$$

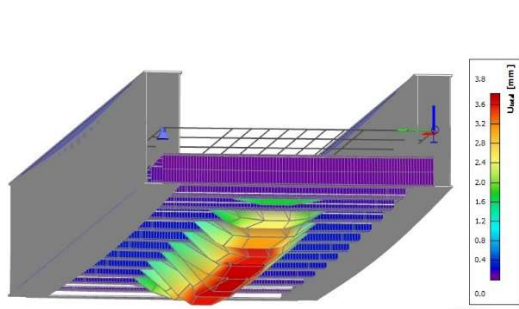
Hranice:

$$1. = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 7,443 \text{ Hz}$$

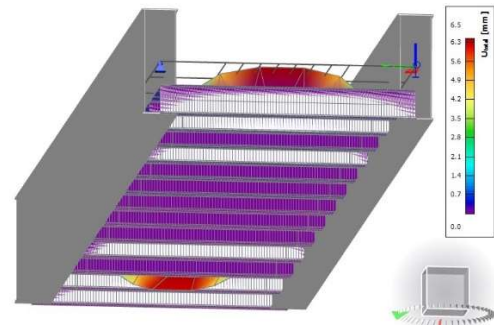
$$2. = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 3,148 \text{ Hz}$$

$$1. = 3,148 \text{ Hz} > 2,56 \text{ Hz} < 2. = 7,443 \text{ Hz}$$

Je nutná dynamická analýza



Obrázok 128: Prvá vlastná frekvencia



Obrázok 129: Druhá vlastná frekvencia

12.5.2 Pole 3

Vlastné frekvencie konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VLASTNÝ TVAR	f [Hz]
1	0,66
2	1,32
3	1,48
4	1,54
5	1,85
6	2,49
7	2,58
8	2,59
9	2,60
10	2,60

$L = 110 \text{ m}$

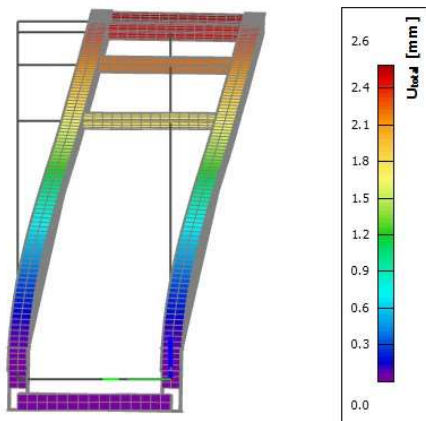
Hranice:

$$1. = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 2,816 \text{ Hz}$$

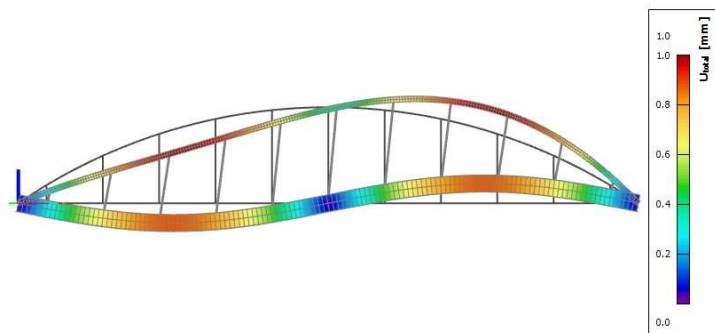
$$2. = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 1,459 \text{ Hz}$$

$$1. = 1,459 \text{ Hz} > 0,66 \text{ Hz} < 2. = 2,816 \text{ Hz}$$

Je nutná dynamická analýza



Obrázok 130: Prvá vlastná frekvencia



Obrázok 131: Druhá vlastná frekvencia

13 VÝKAZ MATERIÁLU

13.1 Varianta 1

PRVOK	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m²]
TRÁM	400 664,00	1 640,00
OBLÚK	248 720,00	847,17
TIAHLA	15 553,80	172,77
PRIEČNIK	94 502,60	961,09
POZDĚŽNA VÝSTUHA	39 250,00	440,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	94 200,00	750,00
STUŽENIE	14 012,30	150,68
Σ 1 LANGER	906 902,70	4 961,70
Σ 2 LANGRE	1 813 805,40	9 923,41

13.2 Varianta 2

PRVOK	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m²]
NOSNÍK	492 352,00	1 640,00
TRÁM	492 352,00	1 640,00
OBLÚK	248 720,00	847,17
TIAHLA	15 553,80	172,77
PRIEČNIK	178 864,60	1 855,61
POZDĚŽNA VÝSTUHA	78 500,00	880,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	182 120,00	1 450,00
STUŽENIE	12 031,30	129,41
Σ	1 700 493,70	8 614,96

13.3 Varianta 3

PRVOK	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m²]
POLE 1, POLE 4		
NOSNÍK	43 206,40	317,59
PRIEČNIK	24 290,30	252,00
POZDĚŽNA VÝSTUHA	7 850,00	88,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	18 212,00	145,00
Σ 1 POLE	93 558,70	802,59
Σ POLE 1, POLE 4	187 117,40	1 605,18
POLE 2, POLE 3		
HORNÝ PÁS	349 670,40	1 344,00
DOLNÝ PÁS	526 515,20	1 996,80
DIAGONÁLA 1	432 268,70	3 209,47
DIAGONÁLA 2	65 081,90	465,22
PRIEČNIK	178 864,60	1 855,61
POZDĚŽNA VÝSTUHA	62 800,00	704,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	145 696,00	1 160,00
STUŽENIE	46 372,30	450,63
Σ POLE 2, POLE 3	1 807 269,10	11 185,74
Σ	1 994 386,50	12 790,91

13.4 Varianta 4

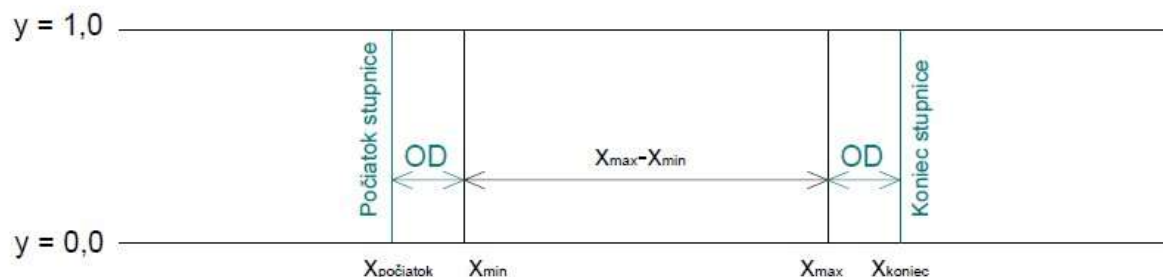
PRVOK	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m²]
HORNÝ PÁS	437 088,00	1 680,00
DOLNÝ PÁS	652 115,20	2 496,00
DIAGONÁLA 1	552 343,40	4 100,99
DIAGONÁLA 2	65 081,90	465,22
PRIEČNIK	223 028,80	2 313,78
POZDĚŽNA VÝSTUHA	78 500,00	880,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	182 120,00	1 450,00
STUŽENIE	57 413,30	557,93
Σ	2 247 690,60	13 943,92

13.5 Varianta 5

PRVOK	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m²]
POLE 1, POLE 2, POLE 4		
NOSNÍK	120 199,20	492,00
PRIEČNIK	28 706,70	297,81
POZDĚŽNA VÝSTUHA	11 775,00	132,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	27 318,00	217,50
Σ 1 POLE	187 998,90	1 139,31
Σ 3 POLIA	563 996,70	3 417,94
POLE 3		
TRÁM	440 730,40	1 804,00
OBLÚK	274 512,30	935,02
TIAHLA	20 431,60	218,94
PRIEČNIK	99 369,20	1 030,89
POZDĚŽNA VÝSTUHA	43 175,00	484,00
MOSTOVKOVÝ PLECH	100 166,00	797,50
STUŽENIE	12 031,30	129,41
Σ POLE 3	990 415,80	5 399,76
Σ	1 554 412,50	8 817,70

14 MULTIKRITERIÁLNE HODNOTENIE VARIÁNT

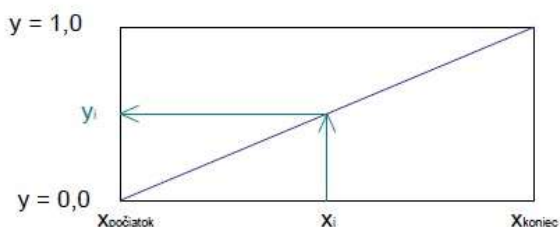
Hodnotenie variant je prevedené podľa piatich kritérií – hmotnosť ocelevej konštrukcie, náterová plocha konštrukcie, doprava, montáž konštrukcie a estetické hľadisko. Každému kritériu sa prideliť jeho váha. Následne sa pre jednotlivé kritéria previedla transformácia na normované hodnoty na stupnici od 0 do 1.



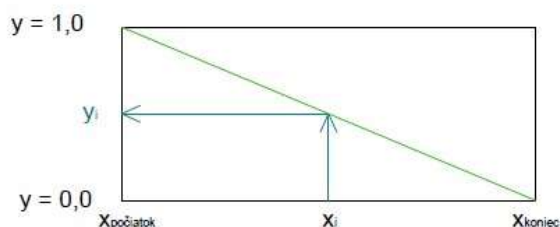
Obrázok 132: Transformačný priestor

Okrajová diferencia bola uvažovaná ako 10 % rozdielu minimálnej a maximálnej hodnoty pre dané kritérium. Hodnoty pre jednotlivé kritériá sa následne transformovali pomocou priamej a nepriamej úmery na stupnici od 0 do 1. Hmotnosť a náterová plocha boli transformované pomocou nepriamej úmery. Doprava, montáž a estetické hľadisko boli transformované pomocou priamej úmery.

Transformácia pre priamu úmeru



Transformácia pre nepriamu úmeru



Obrázok 133: Transformácia pomocou priamej a nepriamej úmery

Nakoniec sa normované hodnoty vynásobili príslušnými váhami a získali sa normované vážené hodnoty pre dané kritériá. Relatívna výhodnosť varianty sa získala súčtom normovaných vážených hodnôt.

Estetické hľadisko bolo hodnotené na základe načrtnutých pohľadov z vtáčej perspektívy.



Obrázok 134: Pohľad z vtácej perspektívy na variantu 1



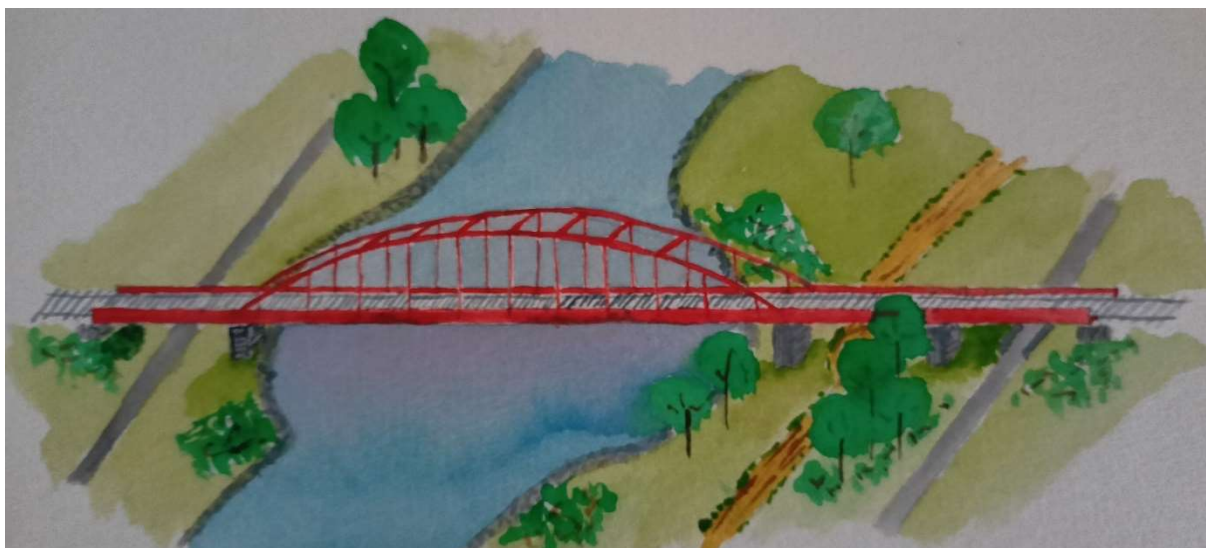
Obrázok 135: Pohľad z vtácej perspektívy na variantu 2



Obrázok 136: Pohľad z vtácej perspektívy na variantu 3



Obrázok 137: Pohľad z vtácej perspektívy na variantu 4



Obrázok 138: Pohľad z vtácej perspektívy na variantu 5

	HMOTNOSŤ [kg]	PLOCHA [m ²]	DOPRAVA	MONTÁŽ	ESTETICKÉ HLADISKO
VARIANTA 1	1 813 805	9 923	4	4	5
VARIANTA 2	1 700 494	8 615	4	3	3
VARIANTA 3	1 994 387	12 791	3	2	3
VARIANTA 4	2 247 691	13 944	3	2	4
VARIANTA 5	1 554 413	8 818	4	3	4

	HMOTNOSŤ [kg]	PLOCHA [m ²]	DOPRAVA	MONTÁŽ	ESTETICKÉ HLADISKO
Váha kritéria	0,4	0,15	0,05	0,1	0,3

	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m ²]	DOPRAVA	MONTÁŽ	ESTETICKÉ HLADISKO
Minimálna hodnota	1 554 413	8 615	3,00	2,00	3,00
Maximálna hodnota	2 247 691	13 944	4,00	4,00	5,00
Okrajová diferencia	69 328	533	0,10	0,20	0,20
Počiatok stupnice	1 485 085	8 082	2,90	1,80	2,80
Koniec stupnice	2 317 018	14 477	4,10	4,20	5,20

	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m ²]	DOPRAVA	MONTÁŽ	ESTETICKÉ HLADISKO
VARIANTA 1	0,54	0,71	0,92	0,92	0,92
VARIANTA 2	0,66	0,92	0,92	0,50	0,08
VARIANTA 3	0,35	0,26	0,08	0,08	0,08
VARIANTA 4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,50
VARIANTA 5	0,81	0,88	0,92	0,50	0,50

	HMOTNOST [kg]	PLOCHA [m ²]	DOPRAVA	MONTÁŽ	ESTETICKÉ HLADISKO	Σ
VARIANTA 1	0,22	0,11	0,05	0,09	0,28	0,73
VARIANTA 2	0,26	0,14	0,05	0,05	0,02	0,52
VARIANTA 3	0,14	0,04	0,00	0,01	0,02	0,22
VARIANTA 4	0,03	0,01	0,00	0,01	0,15	0,21
VARIANTA 5	0,32	0,13	0,05	0,05	0,15	0,70

Podľa multikriteriálneho hodnotenia je najvýhodnejšou variantou varianta 1. Bola preto vybraná ako výsledná varianta pre podrobnejšie spracovanie.