


ZPRACOVAL <b>JAROSLAV PAJDUČÁK</b>	VEDOUcí <b>doc.Ing. PAVEL RYJÁČEK, Ph.D.</b>	ŠKOLNÍ ROK <b>2020–2021</b>		<b>ČVUT</b>  <b>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE</b>
OBOR: <b>KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY</b>				
KÓD PŘEDMĚTU: <b>134DISE</b>				
PŘEDMĚT: <b>DIPLOMOVÝ SEMINÁŘ</b>		DATUM:	<b>KVĚTEN 2021</b>	
		MĚŘÍTKO:		
PŘÍLOHA: <b>STATICKÝ VÝPOČET</b>		FORMÁT:	<b>116xA4</b>	
		ČÍSLO PŘÍLOHY:	<b>4.1</b>	

**OBSAH:**

<b>1</b>	<b>TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU .....</b>	<b>3</b>
1.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU .....	3
1.2	VÝPOČETNÍ MODEL A METODIKA VÝPOČTU.....	3
1.2.1	<i>Metodika výpočtu.....</i>	3
1.2.2	<i>Rozsah posouzení.....</i>	3
1.2.3	<i>Výpočetní modely.....</i>	4
1.3	VÝPOČETNÍ POMŮCKY.....	8
1.4	POUŽITÁ LITERATURA .....	8
1.5	VYUŽÍVANÉ NORMY .....	8
1.6	VYUŽÍVANÉ PŘEDPISY .....	10
1.7	VYUŽÍVANÉ VZOROVÉ LISTY .....	10
<b>2</b>	<b>ZATÍŽENÍ.....</b>	<b>10</b>
2.1	ROZBOR ZATÍŽENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	10
2.1.1	<i>ZÁKLADNÍ SKUPINY ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ, KOMBINACE ZS.....</i>	10
2.1.2	<i>Rozbor zatížení.....</i>	11
<b>3</b>	<b>CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>POSOUZENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....</b>	<b>22</b>
4.1	POSOUZENÍ TYPU 1 – TRADIČNÍ SPŘAŽENÁ KONSTRUKCE.....	23
4.1.1	<i>Vnitřní síly .....</i>	23
4.1.2	<i>Posuzovaný průřez.....</i>	23
4.1.3	<i>Zatřídění průřezu .....</i>	24
4.1.4	<i>Posouzení MSU.....</i>	25
4.1.5	<i>Posouzení MSP .....</i>	27
4.2	POSOUZENÍ TYPU 2 – NOSNÁ KONSTRUKCE METODOU VFT .....	28
4.2.1	<i>Vnitřní síly .....</i>	28
4.2.2	<i>Posuzovaný průřez.....</i>	28
4.2.3	<i>Zatřídění průřezu .....</i>	29
4.2.4	<i>Posouzení MSU.....</i>	30
4.2.5	<i>Posouzení MSP .....</i>	32
4.3	POSOUZENÍ TYPU 3 – NOSNÁ KONSTRUKCE METODOU VFT-WIB .....	33
4.3.1	<i>Vnitřní síly .....</i>	33
4.3.2	<i>Posuzovaný průřez.....</i>	33
4.3.3	<i>Zatřídění průřezu P2 (průřez nad podporou) .....</i>	34
4.3.4	<i>Posouzení MSU.....</i>	35
4.3.5	<i>Posouzení MSP .....</i>	37
<b>5</b>	<b>POROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HLEDISKA .....</b>	<b>38</b>
5.1	UVAŽOVANÉ KUBATURY NAVRŽENÝCH TYPŮ KONSTRUKCÍ.....	38
5.2	CENOVÉ POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH TYPŮ KONSTRUKCÍ.....	38
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>40</b>

# 1 TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

## 1.1 Základní údaje o mostu

1.2.1	Charakteristika mostu:	Ocelobetonový
1.2.1	Délka přemostění:	57.7 m
1.2.2	Délka mostu:	69.29 m
1.2.3	Délka nosné konstrukce:	60.48 m
1.2.4	Rozpětí mostu:	11.7+18+18+11.7 m
1.2.5	Šikmost mostu:	82.22 g
1.2.6	Volná šířka mostu:	11.5 m
1.2.7	Šířka chodníků:	nouzové chodníky 0.75 m na obou stranách mostu
1.2.8	Šířka mostu:	14.7 m
1.2.9	Výška mostu nad terénem:	7.55 m ... nad žel. tratí
1.2.10	Stavební výška:	0.922 m
1.2.11	Plocha nosné konstrukce mostu:	852,5 m <sup>2</sup>
1.2.12	Zatížení a zatížitelnosti mostu:	Skupina pozemních komunikací 1 podle ČSN EN 1991-2, Změna Z5

## 1.2 Výpočetní model a metodika výpočtu

### 1.2.1 Metodika výpočtu

1. Hlavní nosná konstrukce (hlavní nosníky a spodní stavba (založení) mostu jsou navrženy dle teorie mezních stavů proti překročení 1. mezního stavu únosnosti a 2. mezního stavu použitelnosti. Při posouzení 1. mezního stavu se uvažuje plastickým působením, při posouzení 2. mezního stavu se uvažuje vždy pouze s pružným působením.

#### 1. mezní stav - únosnost:

Stav, který by mohl být dosažen při extrémních podmínkách zatížení a kvality materiálu zcela výjimečně. Stanovení vnitřních sil se provádí z charakteristických hodnot zatížení vynásobených součinitelem zatížení (extrémní návrhové zatížení se součiniteli  $\gamma_F \geq 1$ ). Únosnost průřezu se stanoví z charakteristických hodnot materiálů vydělených součinitelem materiálů (návrhová pevnost se součiniteli  $\gamma_M \geq 1$ ).

#### 2. mezní stav použitelnosti:

Stav, který může být dosažen od maxima běžného provozu. Při dosažení tohoto stavu by měla i „plasticky“ navrhovaná konstrukce zůstat ve všech částech pružná. Stanovení vnitřních sil se provádí z charakteristických hodnot zatížení vynásobených součinitelem zatížení (provozní návrhové zatížení se součiniteli  $\gamma_F = 1$ ). Únosnost průřezu se stanoví z charakteristických hodnot materiálů vydělených součinitelem materiálů ( $\gamma_M = 1$ ).

2. Veškeré zatížení je uvažováno dle platných ČSN EN 1991.

3. Kombinace zatížení silniční dopravou je uvažována dle ČSN EN 1991-2, kombinace s ostatním zatížením dále dle ČSN EN 1990.

4. Most navržen dle ČSN EN 1991-2 na účinky zatěžovacího schématu skupina komunikací 1 (LM1, LM3 3000/240 a LM4).

### 1.2.2 Rozsah posouzení

V rámci předmětu 134DISE je zadáním práce navrhnout tři různé varianty ocelobetonové nosné konstrukce. Hlavní nosné části těchto navržených variant jsou posouzeny s ohledem na stanovení

základních dimenzí mostu. Dále pak bude vypracovaná ekonomická náročnost každé varianty s uvážením změn v mostovce a hlavní nosné konstrukci. Spodní stavba a bezprostřední okolí mostu zůstává beze změny u všech tří variant.

1. Posouzení hlavní nosné konstrukce typu 1 – Tradiční spřažená konstrukce
2. Posouzení hlavní nosné konstrukce typu 2 – Nosná konstrukce metodou VFT
3. Posouzení hlavní nosné konstrukce typu 3 – Nosná konstrukce metodou VFT-WIB

### 1.2.3 Výpočetní modely

Pro zjištění vnitřních sil bylo vytvořeno několik prostorových výpočetních modelů v programu Scia Engineer 19

- Prostorový globální model pro 1. typ NK
- Prostorový globální model pro 2. typ NK
- Prostorový globální model pro 3. typ NK

U všech výše zmíněných modelů je spodní stavba modelována identickým způsobem:

Opěra je modelována pomocí deskostěnových prvků a zatížená soustavou ložisek přenášející zatížení z nosné konstrukce. V základové spáře opěry jsou vetknuty piloty.

Stativo společně s pilířemi jsou modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D). Na stativo jsou zbudovány tuhá ramena simulující ložiska.

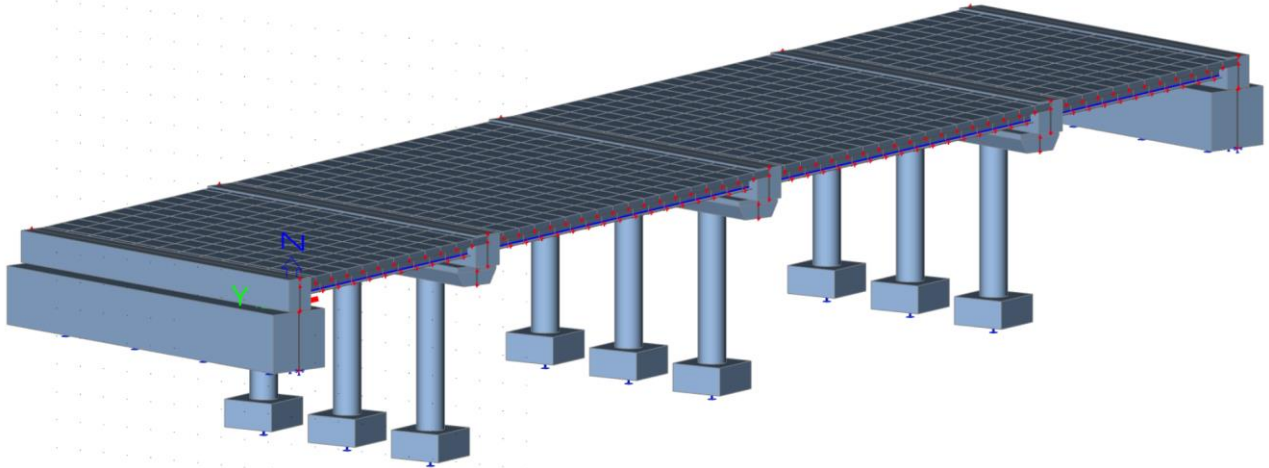
Na všech nosných konstrukcích byla veškerá zatížení stálá, proměnná i mimořádná modelována ve své reálné poloze a přesně dle požadavků ČSN EN 1991. Účinky smršťování a dotvarování bylo v modelu navozeno pomocí zatežovací funkce „Přetvoření a zakřivení plochy“.

### 1.2.3.1 Prostorový globální model pro 1. typ NK

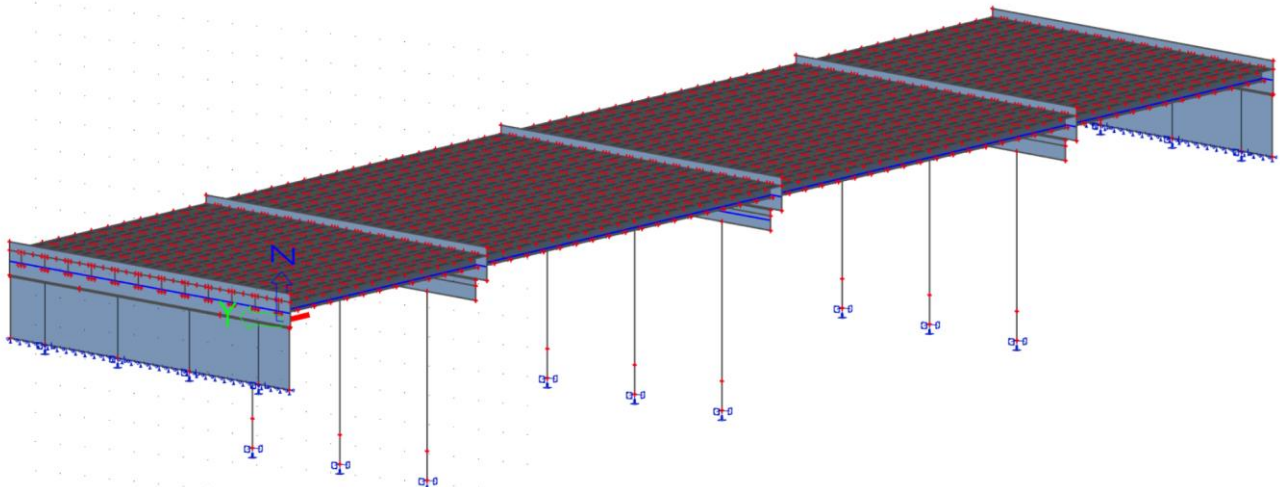
Ve výpočetním modelu byla ŽB deska a železobetonové prefabrikované nosníky mostovky modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D) s ortotropií v nadpodporových oblastech, přičemž parametry ortotropie byly voleny tak, aby bylo postihnuto reálné chování vyztuženého betonu porušeného trhlinami (působení pouze výztuže pro určení tuhostních parametrů ortotropie v osovém tahu a ohybu).

V modelu byla dále uvažovány pásnice a části stojiny ocelových nosníků, které jsou modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D).

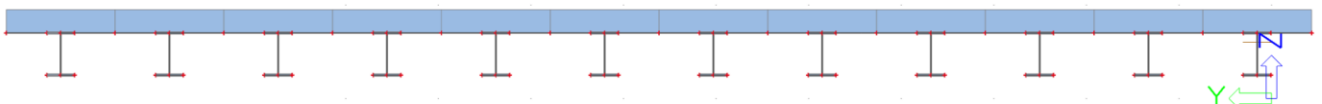
#### Vizualizace globálního modelu:



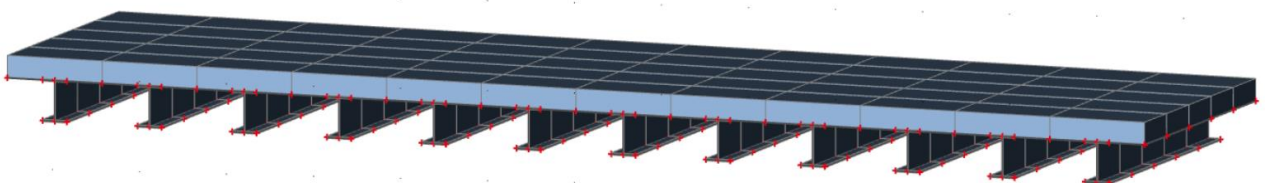
Obr. 1 Globální model – renderování zobrazení



Obr. 2 Globální model – čárové zobrazení



Obr. 3 Detail NK globálního modelu



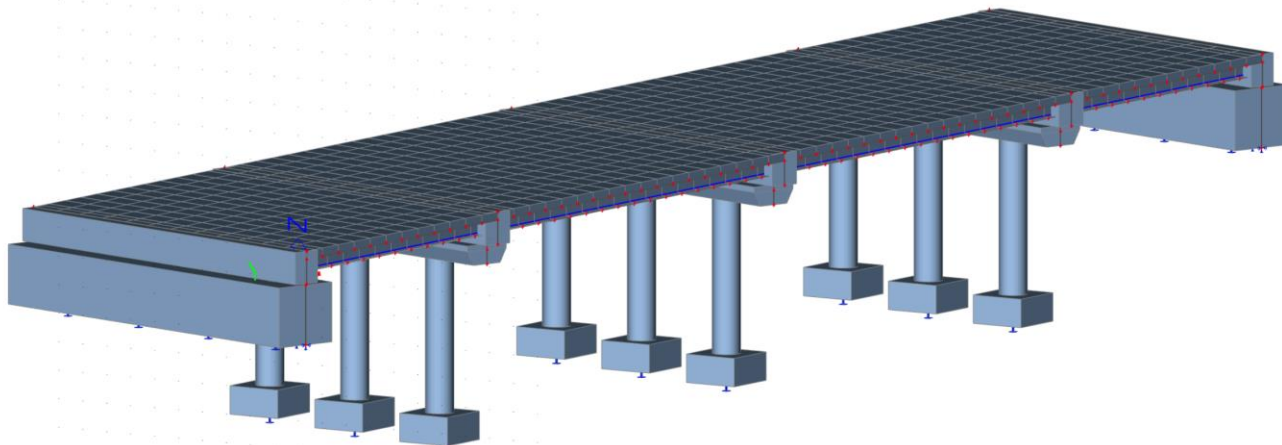
Obr. 4 Detail NK globálního modelu

### 1.2.3.2 Prostorový globální model pro 2. typ NK

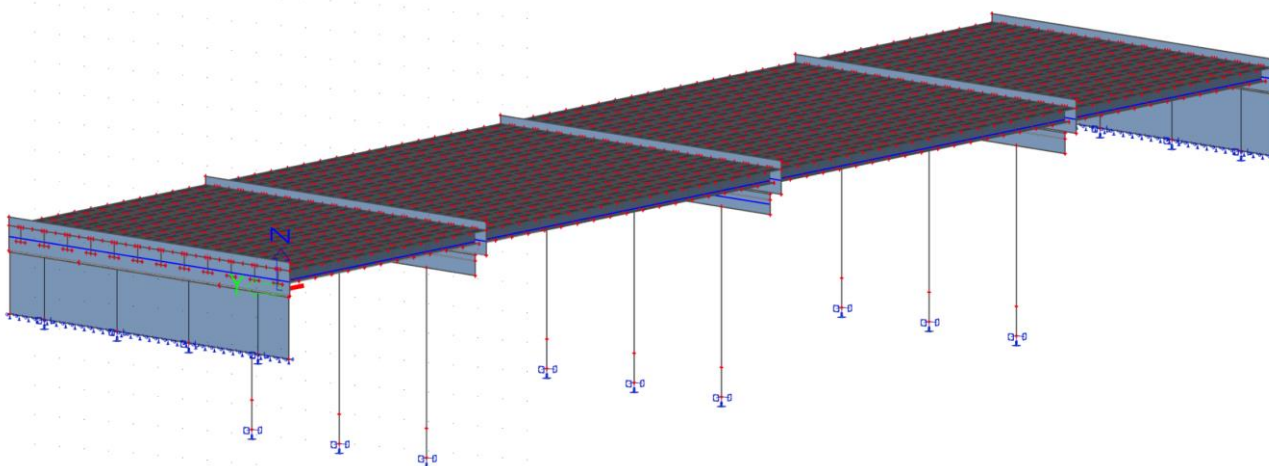
Ve výpočetním modelu byla ŽB deska a železobetonové prefabrikované nosníky mostovky modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D) s ortotropií v nadpodporových oblastech, přičemž parametry ortotropie byly voleny tak, aby bylo postihnuto reálné chování vyztuženého betonu porušeného trhlinami (působení pouze výztuže pro určení tuhostních parametrů ortotropie v osovém tahu a ohybu).

V modelu byla dále uvažovány pásnice a části stojiny ocelových nosníků, které jsou modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D).

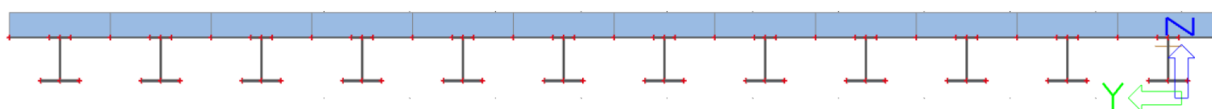
#### Vizualizace globálního modelu:



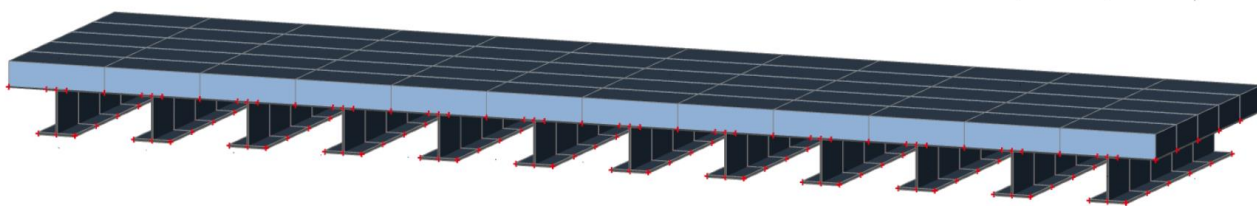
Obr. 5 Globální model – renderování zobrazení



Obr. 6 Globální model – čárové zobrazení



Obr. 7 Detail NK globálního modelu



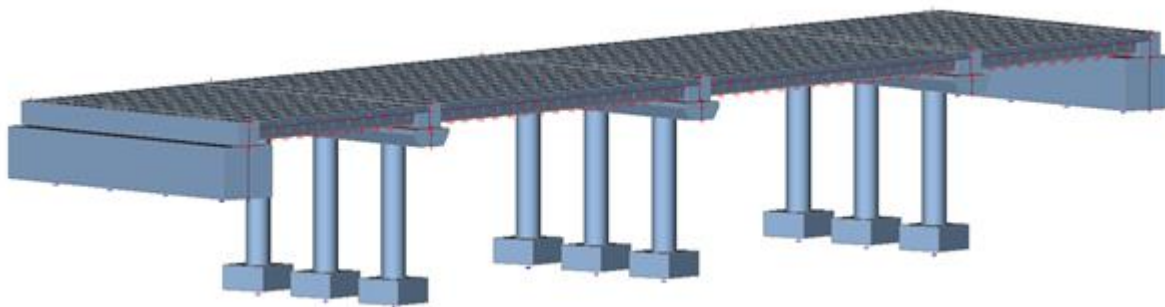
Obr. 8 Detail NK globálního modelu

### 1.2.3.3 Prostorový globální model pro 3. typ NK

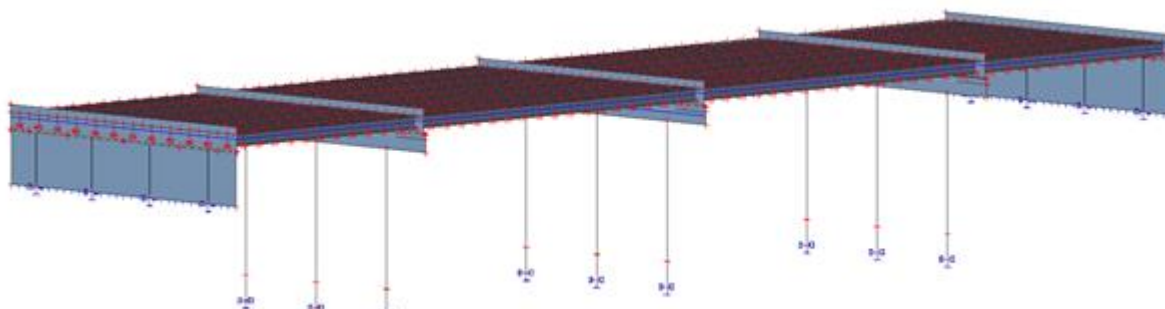
Ve výpočetním modelu byla ŽB deska a železobetonové prefabrikované nosníky mostovky modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D) s ortotropií v nadpodporových oblastech, přičemž parametry ortotropie byly voleny tak, aby bylo postihnuto reálné chování vyztuženého betonu porušeného trhlinami (působení pouze výztuže pro určení tuhostních parametrů ortotropie v osovém tahu a ohybu).

V modelu byla dále uvažovány pásnice a části stojiny ocelových nosníků, které jsou modelovány deskostěnovými prvky (makra 2D).

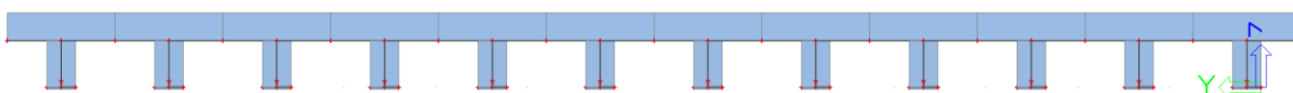
#### Vizualizace globálního modelu:



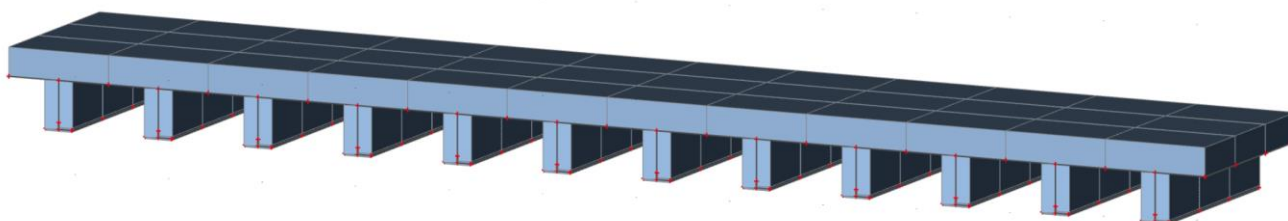
Obr. 9 Globální model – renderování zobrazení



Obr. 10 Globální model – čárové zobrazení



Obr. 11 Detail NK globálního modelu



Obr. 12 Detail NK globálního modelu

### 1.3 Výpočetní pomůcky

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1) MS WORD       | - textová část  |
| 2) MS EXCEL      | - tabulkové výpočty (mj. průřezové charakteristiky, kombinace zatížení, stabilita, napětí, podrobné posudky)                  |
| 3) AUTOCAD       | - grafická část   |
| 4) SCIA ENGINEER | - model mostu (výpočty – mj. základní zatěžovací stavy, vnitřní síly, reakce, deformace, příčinkové čáry a plochy, napětí,..) |
| 5) GEO 5 –PILOTA | - pilotové založení   |
| 6) FIN EC Beton  | příčná výztuž monolitické desky mostovky  |

### 1.4 Použitá literatura

- 1) Pilotové základy - komentář k ČSN 73 1002, Vydavatelství norem, 1989,
- 2) Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, 1994,
- 3) Ocelové konstrukce 30 - Ocelové mosty - pomůcka pro cvičení" – skriptum ROTTER, STUDNIČKA - ČVUT 1999
- 4) Ocelářské tabulky, skriptum STUDNIČKA, WALD - ČVUT 1997
- 5) Navrhování mostů – textové materiály - ČVUT 08/2008
- 6) Navrhování mostních konstrukcí podle eurokódu – ČKAIT 2010

### 1.5 Využívané normy

- 1) ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí (včetně A2 Příloha pro mosty),
- 2) ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb,
- 3) ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem,
- 4) ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem,
- 5) ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou,
- 6) ČSN EN 1991-1-6 Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění,
- 7) ČSN EN 1991-1-7 Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení,
- 8) ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou,
- 9) ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- 10) ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady,
- 11) ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- 12) ČSN EN 1993-1-3 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily,
- 13) ČSN EN 1993-1-4 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-4: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro korozivzdorné oceli,
- 14) ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn,
- 15) ČSN EN 1993-1-7 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-7: Příčně zatížené deskostěnové konstrukce,
- 16) ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků,
- 17) ČSN EN 1993-1-9 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava,
- 18) ČSN EN 1993-1-10 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou,
- 19) ČSN EN 1993-1-11 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků,



- 20) ČSN EN 1993-1-12 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-12: Doplnující pravidla pro oceli vysoké pevnosti do třídy S700,
- 21) ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty,
- 22) ČSN EN 1993-5 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 5: Piloty a štetové stěny, pravidla pro pozemní stavby,
- 23) ČSN EN 1994-1-1 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- 24) ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty,
- 25) ČSN EN 10025-1 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí – Část 1: Všeobecné technické dodací podmínky,
- 26) ČSN EN 10025-2 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí – Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované konstrukční oceli,
- 27) ČSN EN 10025-3 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí – Část 3: Technické dodací podmínky pro normalizačně žíhané/normalizačně válcované svařitelné jemnozrné konstrukční oceli,
- 28) ČSN EN 1337-1 Stavební ložiska – Část 1: Všeobecná pravidla,
- 29) ČSN EN 1337- Stavební ložiska – Část 5: Hrnková ložiska,
- 30) ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí,
- 31) ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce,
- 32) ČSN 73 1001 Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy,
- 33) ČSN 73 1002 Pilotové základy
- 34) ČSN 73 1004 Velkopřůměrové piloty
- 35) ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí,
- 36) ČSN 73 1206 Spřažené ocelobetonové konstrukce. Základní ustanovení pro navrhování,
- 37) ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí,
- 38) ČSN 73 1495 Šroubové třecí spoje ocelových konstrukcí,
- 39) ČSN 73 6200 Mostní názvosloví,
- 40) ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů,
- 41) ČSN 73 6203 Zatížení mostů,
- 42) ČSN 73 6205 Navrhování ocelových mostních konstrukcí,
- 43) ČSN 73 6206 Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí,
- 44) ČSN 73 6207 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu,

## 1.6 Využívané předpisy

1) TKP PK POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

## 1.7 Využívané vzorové listy

1) MVL 4

# 2 ZATÍŽENÍ

## 2.1 ROZBOR ZATÍŽENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

### 2.1.1 ZÁKLADNÍ SKUPINY ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ, KOMBINACE ZS

#### 1) MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ G<sub>m</sub> - stálé

		$\delta$	$V_{G,sup}$	$V_{g,inf}$
ZS01	M-VLASTNÍ TÍHA - ocelová konstrukce, bet. deska	1,00	1,35	1,00
ZS02	M-VLASTNÍ TÍHA - bednicí vozík, voda v betonu	1,00	1,35	1,00

#### 2) OSTATNÍ ZATÍŽENÍ G<sub>o</sub>,R,S - stálé,nahodilé dlouhodobé

		$\delta$	$V_{G,sup}$	$V_{g,inf}$
ZS03	Go-VLASTNÍ TÍHA - vozovka, hydroizolace	1,00	1,35	1,00
ZS04	Go-VLASTNÍ TÍHA - mostní vybavení	1,00	1,35	1,00
ZS05	R-POKLESY PODPOR	1,00	1,35	0,00
ZS06	S-SMRŠTĚNÍ	1,00	1,35	0,00

#### 3) NAHODILÉ ZATÍŽENÍ P,B,O,W,T,U - nahod. krátkod.

##### A) SVISLÉ POHYBLIVÉ - P

		$\delta$	$V_{G,sup}$	$V_{g,inf}$
ZS07	P-LM1 TS	1,00	1,35	0,00
ZS08	P-LM1 UDL	1,00	1,35	0,00
ZS09	P-LM2	1,00	1,35	0,00
ZS10	P-LM3 - 3000/240	1,05	1,35	0,00
ZS11	P-LM4 P-ROVN.ZATÍŽENÍ	1,00	1,35	0,00
ZS12	CHODNÍKŮ	1,00	1,35	0,00

##### B) VODOROVNÉ, KLIMATICKÉ – B,O,W,T

		$\delta$	$V_{G,sup}$	$V_{g,inf}$
ZS13	B-BRZDNÉ A ROZJEZDOVÉ SÍLY	1,00	1,35	0,00
ZS14	W-VÍTR	1,00	1,50	0,00
ZS15	Tr-TEPLOTA	1,00	1,50	0,00
ZS16	Tn-TEPLOTA	1,00	1,50	0,00
ZS17	Tření	1,00	1,35	0,00

## 2.1.2 Rozbor zatížení

Na 1 m<sup>2</sup> desky mostovky, popř. 1 m délky prutu – pro zadání v programu SCIA. Průřez hlavního nosníku je spřažený ocelobetonový průřez. Vzhledem k tomu je nutné počítat samostatně vnitřní síly od montážního zatížení, které přenáší pouze prefabrikovaná část průřezu a zvlášť zatížení ostatní které přenáší zmonolitněný celek.

**Předpoklad výpočtu:** Jednotlivé prefabrikované nosníky budou sestaveny na předem zbudované zárodky pomocí jeřábu na předem určenou polohu.

### 2.1.2.1 MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ G<sub>m</sub> - stálé

-působí na prefabrikovaný nosník

#### 2.1.2.1.1 ZS01 VLASTNÍ TÍHA

##### VLASTNÍ TÍHA – ocel

*Vlastní tíha prvků ocelové nosné konstrukce zadaných v modelu je generována přímo programem na základě zadané průřezové plochy a měrné hmotnosti oceli.*

*Objemová tíha oceli v programu 7850 kg/m<sup>3</sup>*

##### VLASTNÍ TÍHA – suchý beton

*Vlastní tíha prvků betonových nosných konstrukcí zadaných v modelu je generována přímo programem na základě zadané průřezové plochy a objemové tíhy betonu.*

*Objemová tíha betonu v programu 2500 kg/m<sup>3</sup>*

#### 2.1.2.1.2 ZS02 VLASTNÍ TÍHA - voda v betonu, montážní užité zatížení

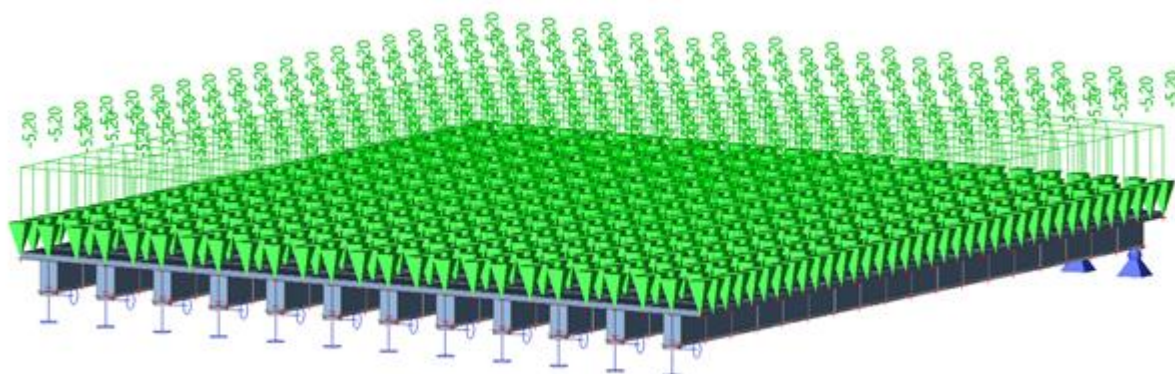
##### 2.1.2.1.2.1 ZS02a VLASTNÍ TÍHA - voda v betonu

*Objemová tíha mokrého betonu v programu 2600 kg/m<sup>3</sup>*

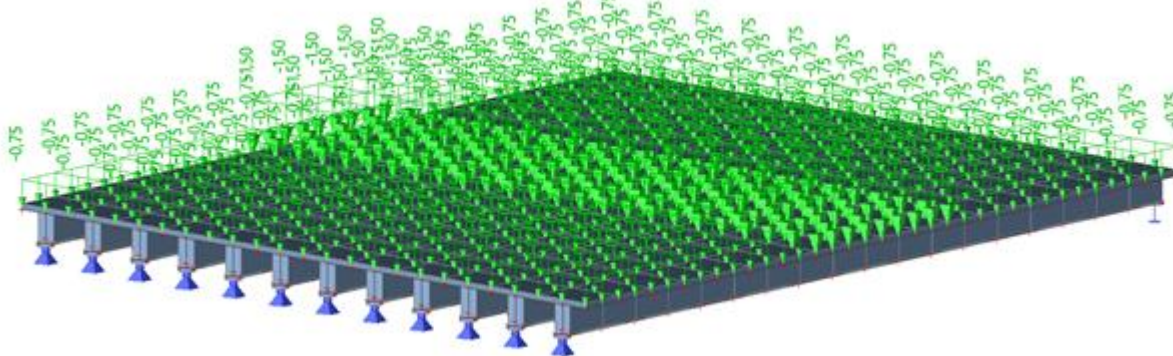
*Přítížení vodou v betonu v montážních stavech je 100 kg/m<sup>3</sup>*

*Tíha mokrého betonu je zohledněna ve fázích.*

$$f = 0,2 \cdot 26 = 5,2 \text{ kN/m}^2$$



### 2.1.2.1.2.2 ZS02b VLASTNÍ TÍHA - montážní užité zatížení



### 2.1.2.2 OSTATNÍ ZATÍŽENÍ Go+R+S

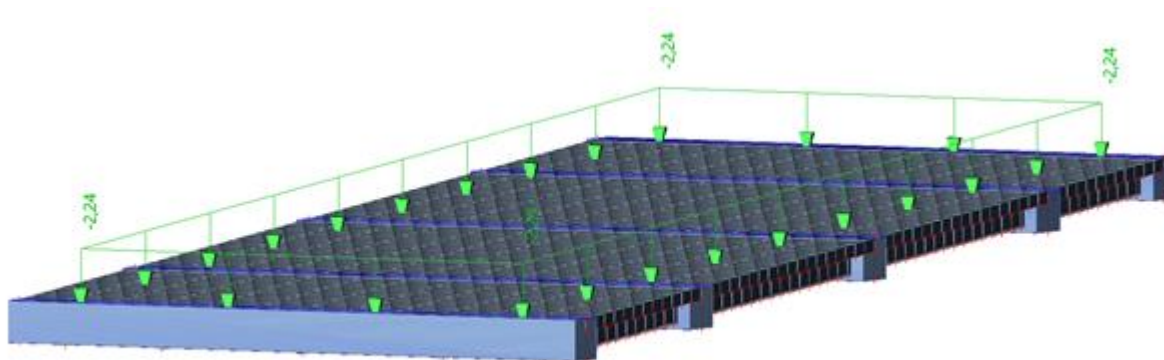
- působí na zmonolitněnou konstrukci

#### 2.1.2.2.1 ZS03 VLASTNÍ TÍHA – vozovka, hydroizolace

Do modelu zadáno jako rovnoměrné plošné zatížení desky mostovky. Hydroizolace pod vozovkovým souvrstvím na šířce 11.5 m a tl. 5 mm a vozovka na šířce 11.5 m tl. 85 mm.

	charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$ [-]	návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
Vozovka 0.085*25	2.125	1.35	2.869
Hydroizolace 0.005*23	0.115	1.35	0.155
Celkem	2.240	1.35	3.024

U hydroizolace a vozovky je dále stanovena odchylka  $\pm 20\%$ . Ta je do výpočtu dále zahrnuta do součinitele zatížení  $\gamma_{fsup}=1.35*1.20 = 1.62$ ;  $\gamma_{finf}=1.0*0.80 = 0.80$ .



**2.1.2.2.2 ZS04 VLASTNÍ TÍHA – mostní vybavení**

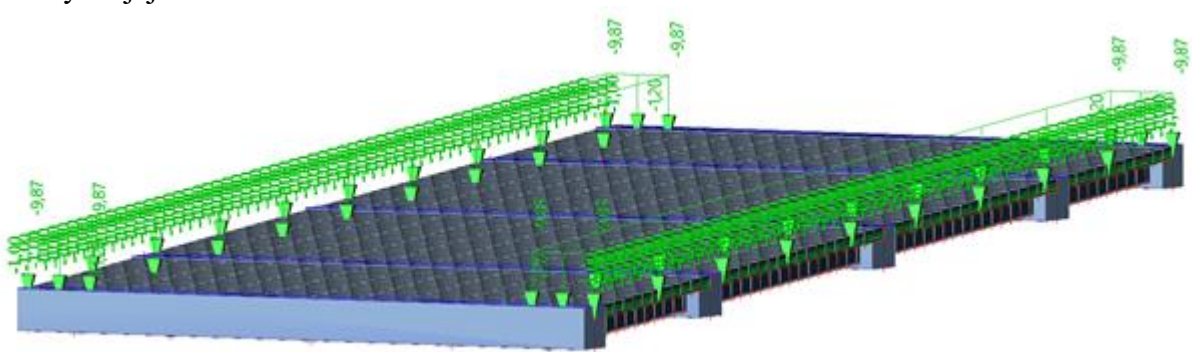
	charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$ [-]	návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
Nouzový chodník 0.370*25	9.250	1.35	12.500
Hydroizolace 0.005*23	0.115	1.35	0.155
Celkem	9.370	1.35	12.600

**- zábradelní svodidlo**

Odhad vl. tíhy zábradelního svodidla je 120 kg/m'. Do modelu zadáno jako rovnoměrné liniové zatížení desky mostovky.

**- zábradlí**

Odhad vl. tíhy zábradlí je 100 kg/m'. Do modelu zadáno jako rovnoměrné liniové zatížení desky mostovky na její hraně.

**2.1.2.2.3 ZS05 R – POKLESY PODPOR**

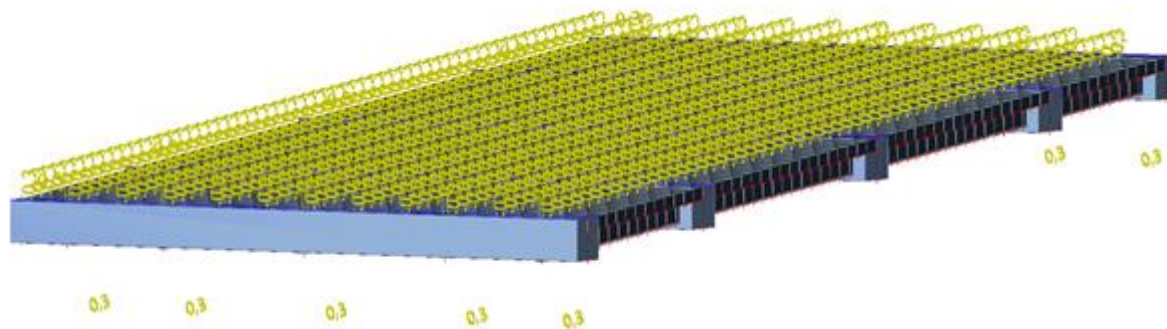
Ve výpočtu budou uvažovány poklesy příčně rovnoměrné jedné podpory (celé opěry) a to vždy na každé podpoře o 20 mm a poklesy.

	Charakteristické [mm]	$\gamma_f$ [-]	návrhové [mm]
Pokles podpor – příčně rovnoměrný 20	20.0	1.35	27

**2.1.2.2.4 ZS6 S – SMRŠTĚNÍ BETONU**

Uvažováno v tomto stupni zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1 přílohy B

Třída betonu			<b>C30/37</b>
Relativní vlhkost okolního prostředí	RH	[%]	<b>80</b>
Počáteční relativní vlhkost	RH <sub>0</sub>	[%]	<b>100</b>
Průměrná hodnota pevnosti betonu	f <sub>cm</sub>	[MPa]	<b>38</b>
	f <sub>cm0</sub>	[MPa]	<b>10</b>
	s	[-]	<b>0,25</b>
Součinitel, který závisí na druhu cerr	α <sub>ds1</sub>	[-]	<b>4</b>
Součinitel, který závisí na druhu cerr	α <sub>ds2</sub>	[-]	<b>0,12</b>
	β <sub>H</sub>	[-]	<b>0,756</b>
Základní poměrné přetvoření	ε <sub>cd,0,n</sub>	[mm/m]	<b>0,269</b>
Tloušťka dílčí desky	t <sub>c,n</sub>	[mm]	<b>300</b>
Celková tloušťka	t <sub>c</sub>	[mm]	<b>300</b>
Základní průměrné poměrné přetvo	ε <sub>cd,0</sub>	[mm/m]	<b>0,269</b>



### 2.1.2.3 P – SVISLÉ POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ

Silnice je I. třídy a je zařazena na základě požadavku správce komunikace do skupiny 1 ve smyslu ČSN EN 1991-2 NA.2.12. Jsou uvažovány následující hodnoty regulačních součinitelů dle ČSN EN 1991-2-změna Z3:

Skupina pozemních komunikací	$\alpha_{Q1}$	$\alpha_{Q2}$	$\alpha_{Q3}$	$\alpha_{q1}$	$\alpha_{q2}$	$\alpha_{qi (i>2)}$	$\alpha_{qr}$
1	1	1	1	1	2.4	1.2	1.2

- Ve výpočetním modelu je vytvořena soustava zatěžovacích stavů, kde je svislé pohyblivé zatížení zohledněno ve všech polohách.

#### 2.1.2.3.1 ZS07 P-LM 1-TS

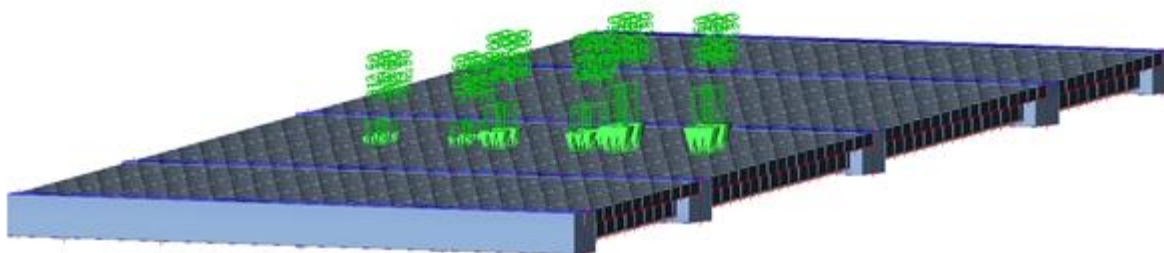
Hodnoty zatížení LM1 (již přenásobené regulačním součinitelem):

Umístění	Dvojnáprava (TS) nápravové síly $\alpha_{Qi} \cdot Q_k$	Rovnoměrné zatížení (UDL) $\alpha_{qi} \cdot q_k$ (nebo $\alpha_{qr} \cdot q_{rk}$ )
	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č. 1	<b>300</b>	9.0
Pruh č. 2	<b>200</b>	6.0
Pruh č. 3	<b>100</b>	3.0
Ostatní pruhy	<b>0</b>	3.0
Zbývající plocha ( $q_{rk}$ )	<b>0</b>	3.0

Plošné zatížení od jednoho kola:  $f = 300 / 2 / (0,4 \cdot 0,4) = 937,5 \text{ kN/m}^2$

$$f = 200 / 2 / (0,4 \cdot 0,4) = 625,0 \text{ kN/m}^2$$

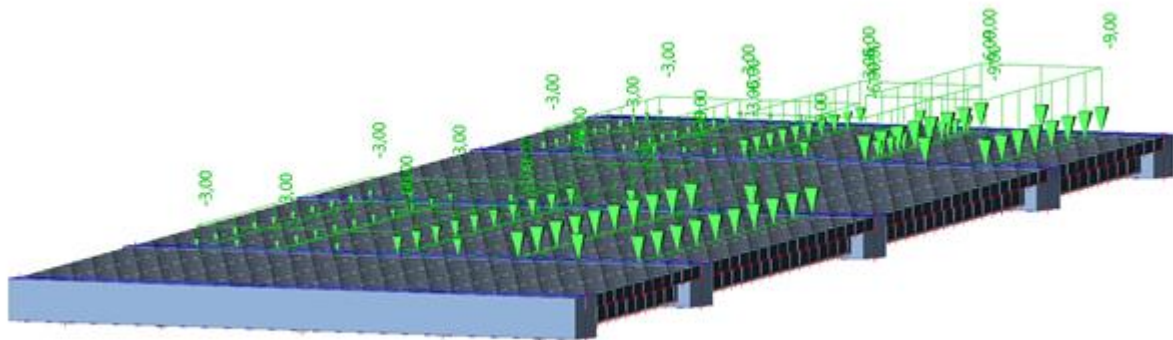
$$f = 100 / 2 / (0,4 \cdot 0,4) = 312,5 \text{ kN/m}^2$$





**2.1.2.3.2 ZS08 P-LM 1-UDL**

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)
	nápravové síly $\alpha_{Qi} \cdot Q_k$	$\alpha_{qi} \cdot q_k$ (nebo $\alpha_{qr} \cdot q_{rk}$ )
	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č. 1	300	<b>9.0</b>
Pruh č. 2	200	<b>6.0</b>
Pruh č. 3	100	<b>3.0</b>
Ostatní pruhy	0	<b>3.0</b>
Zbývající plocha ( $q_{rk}$ )	0	<b>3.0</b>

**2.1.2.3.3 ZS09 P-LM 2**

V tomto stupni dokumentace je zatížení od LM2 zanedbáno, ověření účinku od zatížení na mostovku se ověří v nadcházejícím stupni dokumentace.

**2.1.2.3.4 ZS10 P-LM 3**

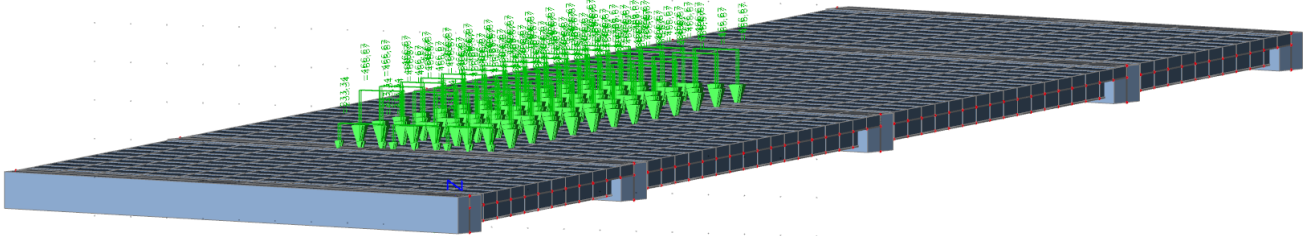
Celková tíha	1 800 kN	3 000 kN
Označení	1800/200	3000/240
Nápravy	$n = 9 \times 200$ kN, $e = 1,50$ m	$n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ kN $e = 1,50$ m
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v jednom jízdním pruhu (číslo 1), v tomto pruhu se nesmí umístit současně působící model zatížení LM1 po celé délce mostu. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy se provede podle čl. A.3 (2).	Zvláštní vozidlo šířky do 4,5 m se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle čl. A.3 (2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	Model zatížení LM1 se uvažuje v pruhu 2 (a dalších) hodnotami pro pruh 2 (a další) bez soustředěných zatížení od dvojnápravy, tj. pouze charakteristickými hodnotami pro rovnoměrné zatížení $\alpha_{qi}q_{ki}$ , resp. $\alpha_{qr}q_{kr}$ .	Po celé délce nosné konstrukce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální ( $\leq 70$ km/hod)	Nízká ( $\leq 5$ km/hod)
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25^1$	Ano, $\varphi = 1,05$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5 t.	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

Obr. 13 ČSN EN 1991-2; Tabulka NA.3- Zvláštní vozidla pro dálnice a rychlostní silnice

Plošné zatížení od jednoho kola:  $f = 240 / 3 / (1,2 \cdot 0,15) \cdot 1,05 = 466,67$  kN/m<sup>2</sup>

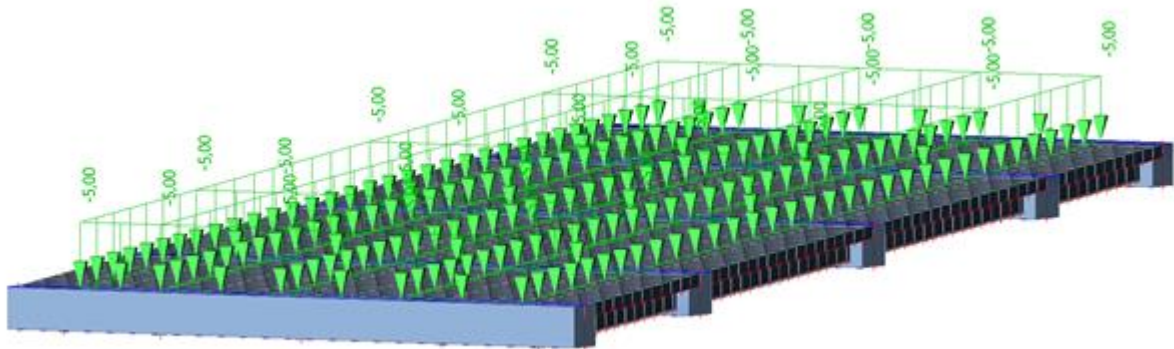
Plošné zatížení od jednoho kola:  $f = 120 / 3 / (1,2 \cdot 0,15) \cdot 1,05 = 233,34$  kN/m<sup>2</sup>





### 2.1.2.3.5 ZS11 P-LM 4

Zatížení  $5 \text{ kN/m}^2$  na šířce vozovky. Do modelu zadáno jako rovnoměrné zatížení desky mostovky na šířce  $11.5 \text{ m}$ .

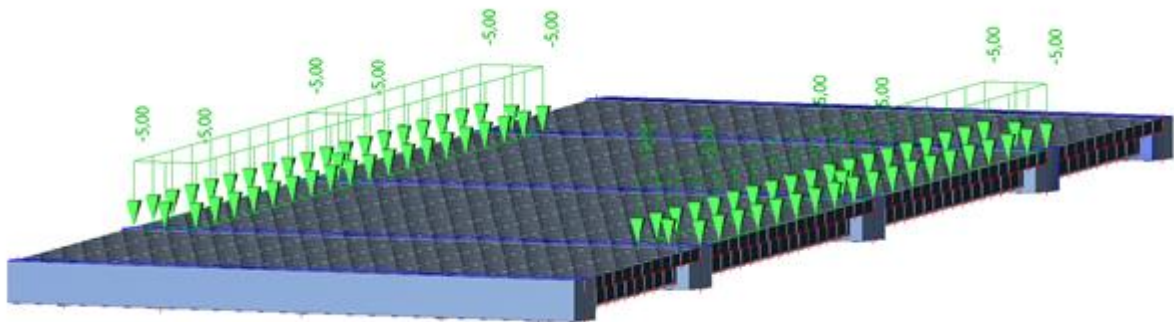


### 2.1.2.3.6 ZS12 P-ROVNOMĚRNÉ ZATÍŽENÍ CHODNÍKŮ

Zatížení  $5 \text{ kN/m}^2$  na šířce chodníků.

Do modelu zadáno jako rovnoměrné liniové zatížení chodníkových konzol o šířce  $2 \times 0.750 \text{ m}$ .

	charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$ [-]	návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
Zatížení chodci	5.0	1.35	6.750



## 2.1.2.4 B, O, W, T VODOROVNÉ A KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ

### 2.1.2.4.1 ZS13 B-BRZDNÉ A ROZJEZDOVÉ SÍLY

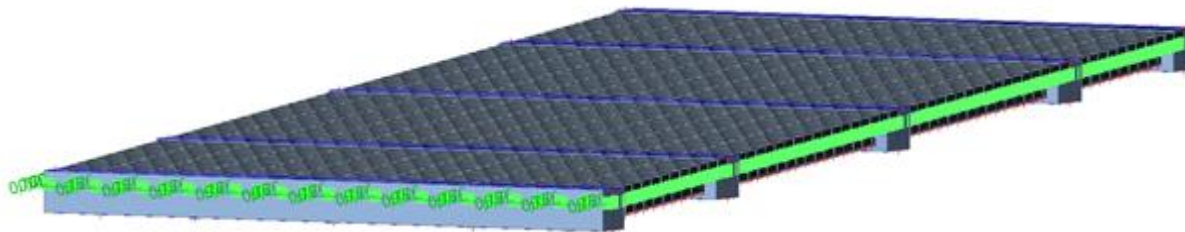
Celková brzdná a rozjezdová síla je:

$$Q_{Ik} = 0.6 \alpha_{Q1} * (2Q_{Ik}) + 0.10 \alpha_{q1k} w_1 L = 0.6 * 1.0 * 2 * 300 + 0.10 * 1.0 * 9 * 3 * 59.4 = 520.4 \text{ kN}$$

$144 \text{ kN} < Q_{Ik} = 484.2 \text{ kN} < 900 \text{ kN}$ . podmínka splněna

**Zatížení přepočtené na plošné:  $f = 520.4 / (11.5 * 59.4) = 0.76 \text{ kN/m}^2$**

Síla je uvažována rovnoměrně rozdělená na ploše v úrovni vozovky působící oběma směry.



#### 2.1.2.4.2 O-ODSTŘEDIVÁ SÍLA

– most je v přímé – neuvažuje se.

#### 2.1.2.4.3 ZS14 W-VÍTR

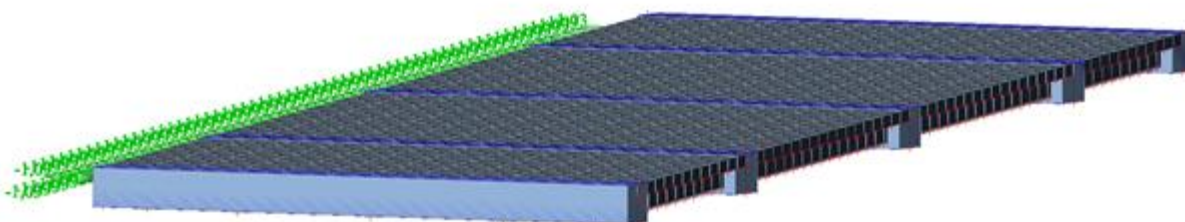
Vzhledem k charakteru mostu bude pro zjednodušení uvažována konzervativně hodnota větru jen pro zatížený most.

Kategorie terénu v okolí most je klasifikována jako kategorie I.

Větrová oblast II.

výška konstrukce	$d_{tot}$	3,4	[m]
šířka konstrukce	$b$	14,6	[m]
podíl šířky a výšky	$b/d_{tot}$	4,3	[-]
součinitel síly	$c_{fx,0}$	1,1	[-]
základní rychlost větru	$v_{b,0}$	25,0	[m/s]
součinitel turbulence	$k_1$	1,0	[-]
parametr drsnosti terénu	$z_0$	0,01	[-]
parametr drsnosti terénu,	$z_{0,II}$	0,05	[-]
průměrná výška konstrukce	$z$	7,0	m
součinitel orografie	$c_{0(z)}$	1,0	[-]
měrná hmotnost vzduchu	$\rho$	1,25	[kg/m <sup>3</sup> ]
Intenzita turbulence	$I_{v(z)}$	0,15	[-]
součinitel terénu	$k_r$	0,17	[-]
součinitel drsnosti	$c_{r(z)}$	1,11	[-]
součinitel expozice	$c_e$	2,56	[-]
souč. zatížení větrem	$C$	2,69	[-]
tlak větru	$W_w$	1,049	[kN/m <sup>2</sup> ]

Výsledný tlak větru na nosnou konstrukci  $f_v = 1,049 \cdot 0,980 = 1,03 \text{ kN/m}$



#### 2.1.2.4.4 ZS15 Tr – ROVNOMĚRNÁ TEPLOTA

##### Rovnoměrná teplota E

Extrémní hodnoty teplot ve stínu pro danou lokalitu dle map v ČSN EN 1991-1-5:

$$T_{\min} = -32^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$$

Hodnoty rovnoměrné složky teploty mostu pro 2. typ – ocelobetonová nosná konstrukce:

$$T_{e,\min} = -32 + 8,0 = -24,0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,\max} = 40 + 1,5 = 41,5^{\circ}\text{C}$$

Výchozí teplota mostu v době osazení  $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$ .

Rovnoměrná složka pro zkrácení  $\Delta T_{N,\text{con}} = -(10 - (-24,0)) = -34,0^{\circ}\text{C}$

Rovnoměrná složka pro prodloužení  $\Delta T_{N,\text{exp}} = 41,5 - 10 = 31,5^{\circ}\text{C}$

Součinitel teplotní roztažnosti pro ocelové kce  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$

### 2.1.2.4.5 ZS16 T<sub>n</sub> - NEROVNOMĚRNÁ TEPLOTA

Hodnoty nerovnoměrné složky teploty mostu pro 3. typ – betonový nosník:

Typ nosné konstrukce	Horní povrch teplejší než dolní	Dolní povrch teplejší než horní
	$\Delta T_{M,\text{heat}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{M,\text{cool}} (^{\circ}\text{C})$
1. ocelová nosná konstrukce	18	13
2. ocelobetonová nosná konstrukce	15	18
3. betonová nosná konstrukce		
– betonový komorový nosník	10	5
– betonový nosník	15	8
– betonová deska	15	8

POZNÁMKA 1 Hodnoty uvedené v tabulce jsou horními mezními hodnotami lineárně proměnné složky teploty pro reprezentativní vzorek geometrie mostů.

POZNÁMKA 2 Hodnoty uvedené v tabulce pro mosty pozemních a drážních komunikací vycházejí z 50 mm tloušťky mostního svršku. Pro jiné tloušťky mostního svršku lze tyto hodnoty vynásobit součinitelem  $k_{\text{sur}}$ . Doporučené hodnoty součinitele  $k_{\text{sur}}$  jsou uvedené v tabulce 6.2.

Obr. 14 Doporučené hodnoty lineárních teplotních rozdílů pro různé typy nosných konstrukcí (ČSN EN 1991-1-5)

Mosty pozemních komunikací, lávky pro chodce a mosty drážních komunikací						
Tloušťka mostního svršku	1. typ		2. typ		3. typ	
	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní
[mm]	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$
bez svršku	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
vodotěsný nátěr <sup>1)</sup>	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
podloží (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

<sup>1)</sup> Tyto hodnoty představují horní mezní hodnoty pro tmavé barvy.

Obr. 15 Doporučené hodnoty součinitele  $k_{\text{sur}}$  (ČSN EN 1991-1-5)

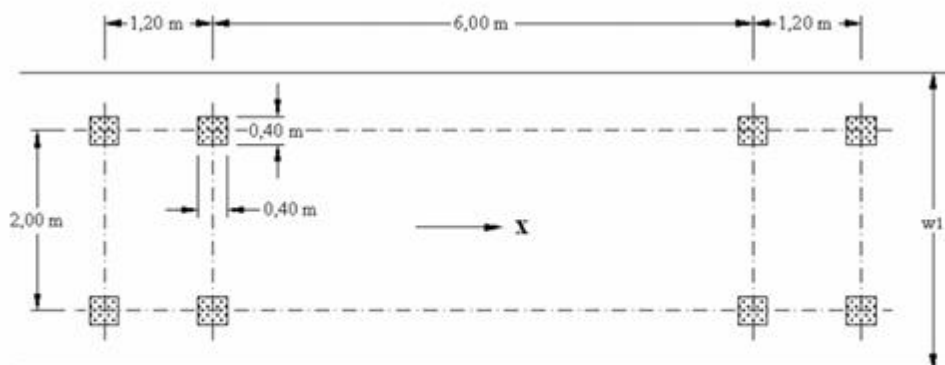
Nerovnoměrná složka pro zkrácení  $\Delta T_{M,\text{cool}} = 8 \cdot 1,0 = 8,0^{\circ}\text{C}$

Nerovnoměrná složka pro prodloužení  $\Delta T_{M,\text{heat}} = 15 \cdot 1,0 = 15,0^{\circ}\text{C}$

## 2.1.2.5 U ZATÍŽENÍ NA ÚNAVU

### 2.1.2.5.1 ZS17 ÚNAVA

Tento model má čtyři nápravy, každá náprava má dvě identická kola. Geometrické uspořádání je na obrázku 4.8. Nápravová síla každé nápravy je rovna 120 kN a dotyková plocha každého kola je čtverec o straně 0,40 m.



#### Legenda

$w_1$  šířka jízdního pruhu

X podélná osa mostu

Obr. 16 Model zatížení na únavu 3

Pro zatížení únavou byl použit model zatížení na únavu 3. Zatížení bylo aplikováno do modelu pomocí několika zatěžovacích stavů, kdy v každém došlo k posunu zatížení ve směru X o 3 metry, tak že byl zatížením pojet celý most. Výsledkem je obálka momentů pro posudek únavy.

Plošné zatížení od jednoho kola:  $f = 120 / 2 / (0,4 * 0,4) = 375,0 \text{ kN/m}^2$

## 3 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

### A. betonářská výztuž – B500B

mez kluzu charakteristická	$f_{y,s,k}$	=	500 MPa
mez kluzu návrhová - $\gamma_S = 1.15$ – trvalá či dočasná návrhová situace	$f_{y,s,d}$	=	434,8 MPa
mez kluzu návrhová - $\gamma_S = 1.00$ – mimořádná návrhová situace	$f_{y,s,d}$	=	500 MPa
únavová pevnost charakteristická	$f_{y,s,fat,k}$	=	300 MPa
únavová pevnost návrhová - $\gamma_{S,fat} = 1.00$	$f_{y,s,fat,d}$	=	300 MPa
modul pružnosti v tahu a tlaku	$E_s$	=	200000 MPa
modul pružnosti ve smyku	$G_s$	=	81000 MPa
součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel)	$\nu_s$	=	0,3
součinitel tepelné roztažnosti	$\alpha_s$	=	0,000012
objemová tíha	$\rho_s$	=	78,500 kN/m <sup>3</sup>

### B. beton – C40/50

pevnost v tlaku charakteristická	$f_{c,k}$	=	40 MPa
redukční součinitel pevnosti bet. v tlaku (neuplatní se při pružném výpočtu)	$\alpha_{cc}$	=	0,85
pevnost v tlaku návrhová – základní kombinace zatížení - $\gamma_C = 1.50$	$f_{c,d}$	=	26,6 MPa
pevnost v tlaku návrhová – mimořádná kombinace zatížení - $\gamma_C = 1.20$	$f_{c,d}$	=	33,3 MPa

únavová pevnost v tlaku návrhová -  $\gamma_{C,fat} = 1,50$   
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 95% kvantil  
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 5% kvantil  
 pevnost v tahu, střední hodnota  
 modul pružnosti - krátkodobé zatížení  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - bez trhlin  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - s trhlinami  
 součinitel tepelné roztažnosti  
 objemová tíha

$f_{c,tat,d} = 26,6$  MPa  
 $f_{ctk,0,95} = 4,6$  MPa  
 $f_{ctk,0,05} = 2,5$  MPa  
 $f_{ctm} = 3,5$  MPa  
 $E_{cm} = 34000$  MPa  
 $\nu_c = 0,2$   
 $\nu_c = 0,000$   
 $\alpha_c = 0,000012$   
 $\rho_c = 25$  kN/m<sup>3</sup>

### **B. beton – C35/45**

pevnost v tlaku charakteristická  
 redukční součinitel pevnosti bet. v tlaku (neuplatní se při pružném výpočtu)  
 pevnost v tlaku návrhová – základní kombinace zatížení -  $\gamma_C = 1.50$   
 pevnost v tlaku návrhová – mimořádná kombinace zatížení -  $\gamma_C = 1.20$   
 únavová pevnost v tlaku návrhová -  $\gamma_{C,fat} = 1,50$   
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 95% kvantil  
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 5% kvantil  
 pevnost v tahu, střední hodnota  
 modul pružnosti - krátkodobé zatížení  
 pracovní součinitel  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - bez trhlin  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - s trhlinami  
 součinitel tepelné roztažnosti  
 objemová tíha

$f_{c,k} = 35$  MPa  
 $\alpha_{cc} = 0,85$   
 $f_{c,d} = 23,3$  MPa  
 $f_{c,d} = 29,2$  MPa  
 $f_{c,tat,d} = 23,2$  MPa  
 $f_{ctk,0,95} = 4,2$  MPa  
 $f_{ctk,0,05} = 2,2$  MPa  
 $f_{ctm} = 3,2$  MPa  
 $E_{cm} = 34000$  MPa  
 $n_o = 6,176$   
 $\nu_c = 0,2$   
 $\nu_c = 0,000$   
 $\alpha_c = 0,000012$   
 $\rho_c = 25$  kN/m<sup>3</sup>

### **B. beton – C30/37**

pevnost v tlaku charakteristická  
 redukční součinitel pevnosti bet. v tlaku (neuplatní se při pružném výpočtu)  
 pevnost v tlaku návrhová – základní kombinace zatížení -  $\gamma_C = 1.50$   
 pevnost v tlaku návrhová – mimořádná kombinace zatížení -  $\gamma_C = 1.20$   
 únavová pevnost v tlaku návrhová -  $\gamma_{C,fat} = 1,50$   
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 95% kvantil  
 charakteristická hodnota pevnosti v tahu, 5% kvantil  
 pevnost v tahu, střední hodnota  
 modul pružnosti - krátkodobé zatížení  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - bez trhlin  
 součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel) - s trhlinami  
 součinitel tepelné roztažnosti  
 objemová tíha

$f_{c,k} = 30$  MPa  
 $\alpha_{cc} = 0,85$   
 $f_{c,d} = 20$  MPa  
 $f_{c,d} = 25$  MPa  
 $f_{c,tat,d} = 20,0$  MPa  
 $f_{ctk,0,95} = 3,8$  MPa  
 $f_{ctk,0,05} = 2$  MPa  
 $f_{ctm} = 2,9$  MPa  
 $E_{cm} = 32000$  MPa  
 $\nu_c = 0,2$   
 $\nu_c = 0,000$   
 $\alpha_c = 0,000012$   
 $\rho_c = 25$  kN/m<sup>3</sup>

### **D. konstrukční ocel – S355**

mez kluzu charakteristická  $t \leq 16$ mm

$f_{y,a,k} = 355$  MPa

mez kluzu návrhová -  $\gamma M0 = 1.0$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 355 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M1 = 1.1$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 322,7 \text{ MPa}$

mez kluzu charakteristická  $16 < t \leq 40 \text{ mm}$ 

$f_{y,a,k} = 345 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M0 = 1.0$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 345 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M1 = 1.1$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 313,6 \text{ MPa}$

mez kluzu charakteristická  $40 < t \leq 63 \text{ mm}$ 

$f_{y,a,k} = 335 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M0 = 1.0$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 335 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M1 = 1.1$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 304,5 \text{ MPa}$

mez kluzu charakteristická  $63 < t \leq 80 \text{ mm}$ 

$f_{y,a,k} = 325 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M0 = 1.0$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 325 \text{ MPa}$

mez kluzu návrhová -  $\gamma M1 = 1.1$  – trvalá či dočasná návrhová situace

$f_{y,a,d} = 295,5 \text{ MPa}$

modul pružnosti v tahu a tlaku

$E_a = 210000 \text{ MPa}$

modul pružnosti ve smyku

$G_a = 810000 \text{ MPa}$

součinitel příčné deformace (Poissonův součinitel)

$\nu_a = 0,3$

součinitel tepelné roztažnosti

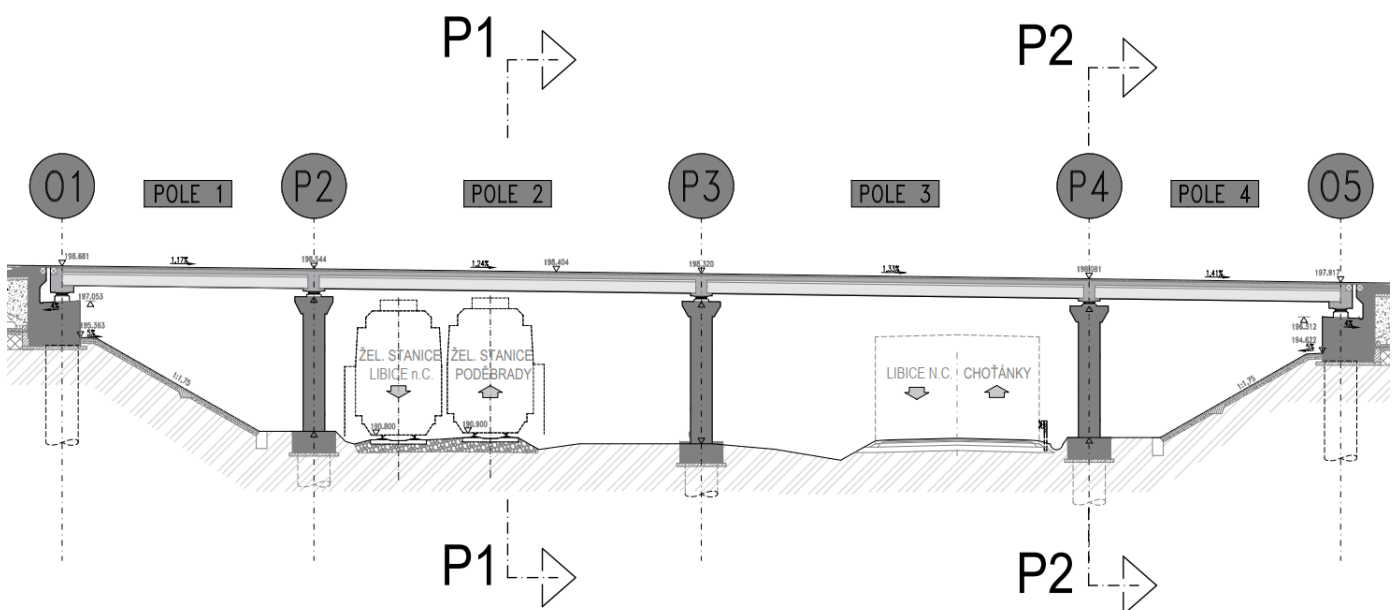
$\alpha_a = 0,000012$

objemová tíha

$\rho_a = 78,500 \text{ kN/m}^3$

## 4 POSOUZENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

- Označení posuzovaných průřezů:





## 4.1 Posouzení typu 1 – TRADIČNÍ SPŘAŽENÁ KONSTRUKCE

### 4.1.1 Vnitřní síly

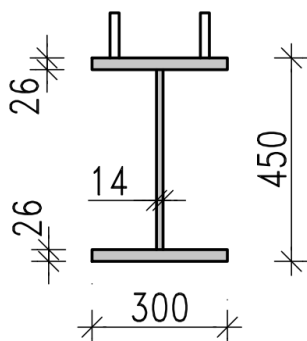
	Zatížení		$G_{m1}$	$G_{m2}$	G - vozovka	G - římsy	R	S
P1	$N_x$	kN	0,0	0,0	-2,0	7,7	0,0	-6,0
	$M_y$	kNm	67,3	423,2	42,8	13,0	15,1	0,0
	$V_z$	kN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	0,0	0,0	-14,1	43,6	14,0	-18,0
	$M_y$	kNm	0,0	0,0	-58,1	-7,9	-92,5	-250,3
	$V_z$	kN	63,0	59,0	-35,0	18,0	8,0	6,8

	Zatížení		LM1 TS	LM1 UDL	LM3	LM4	CH	B	W	$T_r$	$T_{r+}$	$T_{n+}$	$T_{n-}$
P1	$N_x$	kN	18,0	13,4	59,0	0,0	10,0	27,0	1,2	0,0	0,0	-70,0	35,0
	$M_y$	kNm	366,6	144,9	670,8	107,0	16,0	7,0	0,2	0,0	0,0	115,0	0,0
	$V_z$	kN	-146,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	44,0	-15,0	15,0	-57,4	8,0	-28,5	1,2	0,0	0,0	0,0	-287,0
	$M_y$	kNm	-321,8	-190,6	-678,8	-111,0	-7,0	-4,0	-0,7	0,0	0,0	0,0	-61,0
	$V_z$	kN	-146,0	-190,0	360,0	48,3	2,0	0,8	0,1	0,0	0,0	5,2	3,3

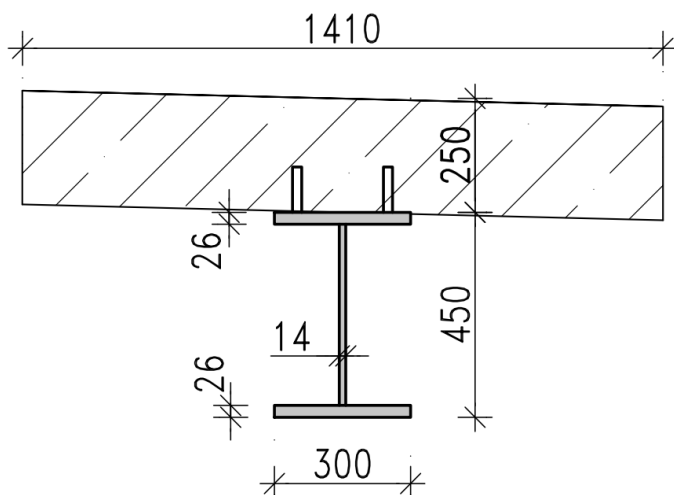
### 4.1.2 Posuzovaný průřez

Tradiční spřažená konstrukce je tvořena válcovaným ocelovým průřezem typu HEB500, který je spřažen ŽB monolitickou deskou tloušťky 250 mm.

- Montážní ocelový nosník



- Konečný průřez s monolitickou ŽB deskou tloušťky 250 mm.



## 4.1.3 Zatřídění průřezu

### 4.1.3.1 Zatřídění průřezu P2 (průřez nad podporou)

#### Klasifikace horní pásnice při namáhání tlakovou silou

přečnívající část pásnice	$c =$	134,5147 mm
štíhlost přečnívající části	$c / t_{f1} =$	5,173643 -
mez kluzu oceli	$f_{yk,S} =$	345 MPa
vliv meze kluzu	$\epsilon =$	0,825 -

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelový (montážní stav)

třída průřezu	pro svař. Nosník	
1	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 10 =$	8,25
3	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 14 =$	11,55

→ třída průřezu tlacené pásnice ocelového průřezu (pro montážní stav):

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 5,17 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelobetonový

třída průřezu	pro svař. nosník	
1	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 14 =$	11,55
3	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 20 =$	16,51

→ třída průřezu tlacené pásnice ocelobetonového průřezu:

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 5,17 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

#### Klasifikace stojiny při namáhání ohybem

rozhodující výška stojiny	$d =$	381,0 mm
štíhlost stojiny	$d / t_w =$	27,2 -
vliv meze kluzu oceli	$\epsilon =$	0,814 -

- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez **ocelový (montážní stav)**

poloha plastické neutální osy	$z_{g,pl} =$	225,0 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	199,0 mm
koeficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{pl} =$	0,522 -
poloha pružné neutální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	225,0 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	199,0 mm
koeficient $\alpha_{el}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{el} =$	0,522 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	56,1
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	55,7
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>55,7</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	64,7
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	64,1
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>64,1</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	88,3
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	94,5
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>94,5</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelového průřezu:

$$d / t_w < \beta_{lim} \quad 27,22 < 55,65 \quad \text{TŘÍDA 1}$$



- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez **ocelobetonový**

poloha plastické neutální osy	$z_{g,pl} =$	434,6 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	398,0 mm
koeficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{pl} =$	1,000 -
poloha pružné neutální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	335,3 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	309,3 mm
koeficient $\alpha_{el}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{el} =$	0,812 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	29,3
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	26,8
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>26,8</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	33,8
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	30,9
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>30,9</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	14,4
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	58,0
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>58,0</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelobetonového průřezu:

$$d / t_w < \beta_{lim} \quad 27,22 \quad < \quad 30,92 \quad \text{TŘÍDA 2}$$

## 4.1.4 Posouzení MSU

### 4.1.4.1 Plastická analýza průřezu P1 (průřez v poli)

celková výška nosníku	$h$	700	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	26	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	300	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	26	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	14	mm
výška stojiny	$h_w$	398	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	225	mm

Plastická únosnost v poli:

#### Ocelová část:

$A_a$	21172 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	345 MPa
$f_{yd}$	345,0 MPa

#### Betonová deska:

$b_{eff}$	1410 mm
tloušťka desky	250 mm
$f_{ck}$	40,0 MPa
$f_{yk}$	434,78 MPa

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází betonovou deskou

$$z_{pl} = 204,9 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa prochází deskou

$$F_{s1} = 754\,966 \text{ N} \quad \text{Výztuž horní mon.}$$

$$F_c = 6\,549\,374 \text{ N} \quad \text{Betonová deska}$$

$$F_{a1} = 1\,922\,340 \text{ N} \quad \text{Stojina}$$

$$F_{a2} = 2\,691\,000 \text{ N} \quad \text{Spodní pásnice}$$

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon	1736,4	435	755	142,9	107,9	<b>2751,7</b>
Betonová deska	245601,5	27	6549	102,5	671,1	
Horní pásnice	7800,0	345	2691	58,1	156,3	
Stojina	5572,0	345	1922	270,1	519,2	
Spodní pásnice	7800,0	345	2691	482,1	1297,3	

---


$$M_{Rd} = 2751,7 > M_{Ed} = 1666,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE} ; \text{využití} \rightarrow 60,6\% \text{ [kNm]}$$


---

**4.1.4.2 Plastická analýza průřezu P2 (průřez nad podporou)**

celková výška nosníku	h	700	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	26	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	300	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	26	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	14	mm
výška stojiny	$h_w$	398	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	225	mm

Plastická únosnost v podpoře:

**Ocelová část:**

$$A_a = 21172 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 345 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 345,0 \text{ MPa}$$

**Betonová deska:**

$$b_{eff} = 1361 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka desky} = 250 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 434,78 \text{ MPa}$$

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází spodní pásnicí

$$z_{pl} = 55,2 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází spodní pásnicí

Neutrální osa prochází stojinou

$$z_{pl} = 625,7 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází stojinou

Neutrální osa prochází horní pásnicí

$$x = 10,6 \text{ mm}$$

$$z_{pl} = 434,6 \text{ mm}$$

$$F_{s1} = 2\,322\,900 \text{ N} \quad \text{Výztuž horní mon.}$$

$$F_{s2} = 1\,798\,854 \text{ N} \quad \text{Výztuž dolní mon.}$$

$$F_{a1} = 2\,691\,000 \text{ N} \quad \text{Betonová deska}$$

$$F_{a2} = 1\,922\,340 \text{ N} \quad \text{Stojina}$$

$$F_{a3} = 2\,691\,000 \text{ N} \quad \text{Spodní pásnice}$$

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon.	5342,7	435	2323	197,9	459,6	<b>2161,7</b>
Výztuž dolní mon.	4137,4	435	1799	81,4	146,4	
Horní pásnice tlak	4612,4	345	1591	7,7	12,2	
Horní pásnice tah	3187,6	345	1100	5,3	5,8	
Stojina	5572,0	345	1922	209,6	403,0	
Spodní pásnice	7800,0	345	2691	421,6	1134,6	

$$M_{Rd} = 2161,7 > M_{Ed} = 1473 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad ; \text{využití} \cdot 68,1\% \quad [\text{kNm}]$$

**4.1.5 Posouzení MSP**

		Začátek životnosti			Konec životnosti			Posudek		
		Stálé+ proměnné	$S_{UD}$	celkem	Stálé+ proměnné	$S_{Kz}$	celkem	maximální napětí	$k_i \cdot f_{ik}$	využití
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
<b>P1</b>	$\sigma_{cH}$	-9,4	0,0	-9,4	-9,3	0,0	-9,3	<b>-9,4</b>	21,0	<b>44,8%</b>
	$\sigma_{s,H}$	-45,5	0,0	-45,5	-46,9	0,0	-46,9	<b>-46,9</b>	400,0	<b>11,7%</b>
	$\sigma_{aD}$	276,2	0,0	276,2	276,7	0,0	276,7	<b>276,7</b>	345,0	<b>80,2%</b>
<b>P2</b>	$\sigma_{s,H}$	156,4	44,8	201,2	156,4	44,8	201,2	<b>201,2</b>	400,0	<b>50,3%</b>
	$\sigma_{aD}$	-181,6	-51,8	-233,3	-181,6	-51,8	-233,3	<b>-233,3</b>	325,0	<b>71,8%</b>

- Posouzení napětí na mezní stav použitelnosti VYHOVUJE.

## 4.2 Posouzení typu 2 – NOSNÁ KONSTRUKCE METODOU VFT

### 4.2.1 Vnitřní síly

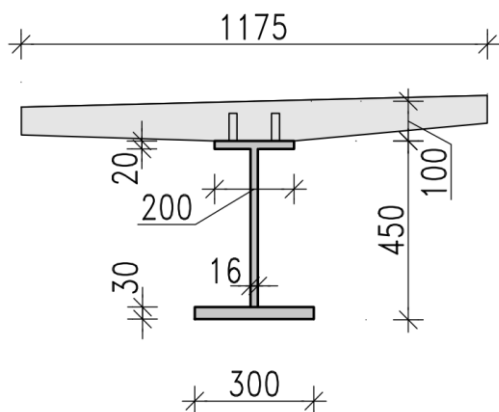
		Zatížení	$G_{m1}$	$G_{m2}$	G - vozovka	G - římsy	R	S
P1	$N_x$	kN	0,0	0,0	-1,7	2,0	0,0	0,0
	$M_y$	kNm	64,2	361,3	46,2	13,7	20,0	0,0
	$V_z$	kN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	0,0	0,0	-19,0	55,0	14,0	-34,0
	$M_y$	kNm	0,0	0,0	-68,8	-15,6	-143,7	-295,0
	$V_z$	kN	63,0	59,0	-35,0	18,0	22,6	6,8

		Zatížení	LM1 TS	LM1 UDL	LM3	LM4	CH	B	W	$T_r$	$T_{rt}$	$T_{nt}$	$T_n$
P1	$N_x$	kN	18,0	13,4	83,0	0,0	20,0	27,0	1,2	0,0	0,0	20,0	50,0
	$M_y$	kNm	383,8	153,0	719,0	107,0	14,7	7,0	0,2	0,0	0,0	170,0	0,0
	$V_z$	kN	-146,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	44,0	-15,0	-300,0	-57,4	24,0	-28,5	1,2	0,0	0,0	0,0	-300,0
	$M_y$	kNm	-257,8	-190,3	-633,4	-111,0	-12,4	-4,0	-0,7	0,0	0,0	0,0	-91,0
	$V_z$	kN	-146,0	-190,0	360,0	48,3	2,0	0,8	0,1	0,0	0,0	5,2	3,3

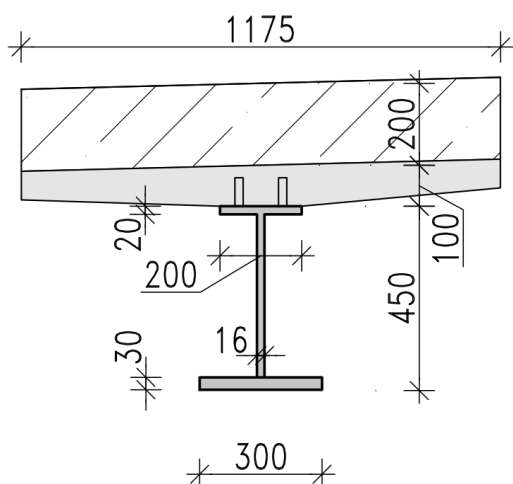
### 4.2.2 Posuzovaný průřez

Nosná konstrukce metodou VFT je tvořena prefabrikovaným nosníkem tvořeného z ocelového svařovaného nosníku a prefa monolitické desky tloušťky 100 mm. Prefabrikovaný nosník je sprážený s monolitickou deskou tloušťky 200 mm.

- Montážní prefabrikovaný nosník



- Konečný průřez s monolitickou ŽB deskou tloušťky 200 mm.



## 4.2.3 Zatřídění průřezu

### 4.2.3.1 Zatřídění průřezu P2 (průřez nad podporou)

#### Klasifikace horní pásnice při namáhání tlakovou silou

přečnívací část pásnice	$c =$	83,51472 mm
štíhlost přečnívací části	$c / t_{f1} =$	4,175736 -
mez kluzu oceli	$f_{yk,S} =$	345 MPa
vliv meze kluzu	$\epsilon =$	0,825 -

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelový (montážní stav)

třída průřezu	pro svař. Nosník	
1	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 10 =$	8,25
3	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 14 =$	11,55

→ třída průřezu tláčené pásnice ocelového průřezu (pro montážní stav):

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 4,18 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelobetonový

třída průřezu	pro svař. nosník	
1	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 14 =$	11,55
3	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 20 =$	16,51

→ třída průřezu tláčené pásnice ocelobetonového průřezu:

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 4,18 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

#### Klasifikace stojiny při namáhání ohybem

rozhodující výška stojiny	$d =$	383,0 mm
štíhlost stojiny	$d / t_w =$	23,9 -
vliv meze kluzu oceli	$\epsilon =$	0,825 -
- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez <b>ocelový (montážní stav)</b>		
poloha plastické neutální osy	$z_{g,pl} =$	276,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	153,6 mm
koeficient $\alpha_{pl}$ v intervalu $<0;1>$	$\alpha_{pl} =$	0,401 -
poloha pružné neutální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	262,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	167,6 mm
koeficient $\alpha_{el}$ v intervalu $<0;1>$	$\alpha_{el} =$	0,438 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	74,1
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	77,6
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>74,1</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	85,4
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	89,4
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>85,4</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	150,3
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \epsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	145,5
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>150,3</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelového průřezu:

$$d / t_w < \beta_{lim} \quad 23,94 < 74,11 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez **ocelobetonový**

poloha plastické neutální osy	$z_{g,pl} =$	439,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	400,0 mm
koefficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{pl} =$	1,000 -
poloha pružné neutální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	308,3 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	278,3 mm
koefficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{el} =$	0,727 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	29,7
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	27,2
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>27,2</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	34,3
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	31,4
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>31,4</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	26,5
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	64,0
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>64,0</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelobetonového průřezu:

$d / t_w < \beta_{lim}$                       23,94                      <                      27,24                      **TŘÍDA 1**

## 4.2.4 Posouzení MSU

### 4.2.4.1 Plastická analýza průřezu P1 (průřez v poli)

celková výška nosníku	h	740	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	30	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	200	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	20	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	16	mm
výška stojiny	$h_w$	400	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	276	mm

#### Ocelová část:

$A_a$	19400 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	345 MPa
$f_{yd}$	345,0 MPa

#### Mon. ŽB deska:

$b_{eff}$	1175 mm
tloušťka desky	200 mm
$f_{ck}$	35,0 MPa
$f_{yk}$	434,78 MPa

#### PREFA ŽB deska:

$b_{eff}$	1175 mm
tloušťka desky	90 mm
$f_{ck}$	40,0 MPa
$f_{yk}$	434,78 MPa

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází betonovou deskou

$$z_{pl} = 264,7 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa prochází deskou

$$F_{s1} = 524\,282 \text{ N} \quad \text{Výztuž horní mon.}$$

$$F_c = 6\,168\,718 \text{ N} \quad \text{Betonová deska}$$

$$F_{a1} = 2\,208\,000 \text{ N} \quad \text{Stojina}$$

$$F_{a2} = 3\,105\,000 \text{ N} \quad \text{Spodní pásnice}$$

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon	1205,8	435	524	202,7	106,3	<b>2942,3</b>
Betonová deska	264373,6	23	6169	132,4	816,4	
Horní pásnice	4000,0	345	1380	35,3	48,7	
Stojina	6400,0	345	2208	245,3	541,6	
Spodní pásnice	9000,0	345	3105	460,3	1429,2	

$$M_{Rd} = 2942,3 > M_{Ed} = 1666,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE} ; \text{využití} \rightarrow 56,6\% \text{ [kNm]}$$

**4.2.4.2 Plastická analýza průřezu P2 (průřez nad podporou)**

celková výška nosníku	h	740	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	30	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	200	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	20	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	16	mm
výška stojiny	$h_w$	400	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	276	mm

**Ocelová část:**

$$A_a = 19400 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 345 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 345,0 \text{ MPa}$$

**Mon. ŽB deska:**

$$b_{eff} = 1175 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka desky} = 200 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 434,78 \text{ MPa}$$

**PREFA ŽB deska:**

$$b_{eff} = 1175 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka desky} = 90 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 434,78 \text{ MPa}$$

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází spodní pásnicí

$$z_{pl} = 51,8 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází spodní pásnicí

Neutrální osa prochází stojinou

$$x = 409,4 \text{ mm}$$

$$z_{pl} = 439,4 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází stojinou

Neutrální osa prochází horní pásnicí

$$x = 0,7 \text{ mm}$$

$$z_{pl} = 430,7 \text{ mm}$$

$F_{s1} =$	1 294 655 N	Výztuž horní mon.
$F_{s2} =$	1 671 817 N	Výztuž dolní mon.
$F_{s1} =$	1 069 963 N	Výztuž horní prefa.
$F_{s1} =$	0 N	Výztuž dolní prefa.
$F_{a1} =$	1 328 283 N	Horní pásnice
$F_{a2} =$	2 208 000 N	Stojina
$F_{a3} =$	3 105 000 N	Spodní pásnice

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon.	2977,7	435	1295	243,3	314,9	<b>2431,5</b>
Výztuž dolní mon.	3845,2	435	1672	176,8	295,5	
Výztuž horní prefa.	2460,9	435	1070	69,3	74,1	
Výztuž dolní prefa.	0,0	435	0		0,0	
Horní pásnice tah	3850,1	345	1328	9,6	12,8	
Horní pásnice tlak	149,9	345	52	0,4	0,0	
Stojina tlak	6400,0	345	2208	200,7	443,3	
Spodní pásnice	9000,0	345	3105	415,7	1290,9	

$$M_{Rd} = 2431,5 > M_{Ed} = 1473 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad ; \text{využití} \cdot 60,6\% \quad [\text{kNm}]$$

**4.2.5 Posouzení MSP**

		Začátek životnosti			Konec životnosti			Posudek		
		Stálé+ proměnné	$S_{UD}$	celkem	Stálé+ proměnné	$S_{KZ}$	celkem	maximální napětí	$k_i \cdot f_{ik}$	využití
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
<b>P1</b>	$\sigma_{CH}$	-9,7	0,0	-9,7	-9,6	0,0	-9,6	<b>-9,7</b>	21,0	<b>46,2%</b>
	$\sigma_{CH,PREFA}$	-8,1	0,0	-8,1	-7,1	0,0	-7,1	<b>-8,1</b>	24,0	<b>33,8%</b>
	$\sigma_{s,H}$	-45,7	0,0	-45,7	-47,7	0,0	-47,7	<b>-47,7</b>	400,0	<b>11,9%</b>
	$\sigma_{s,H,PREFA}$	-98,3	0,0	-98,3	-114,8	0,0	-114,8	<b>-114,8</b>	400,0	<b>28,7%</b>
	$\sigma_{aD}$	225,8	0,0	225,8	229,1	0,0	229,1	<b>229,1</b>	345,0	<b>66,4%</b>
<b>P2</b>	$\sigma_{s,H}$	240,0	61,8	301,8	240,0	61,8	301,8	<b>301,8</b>	400,0	<b>75,4%</b>
	$\sigma_{s,H,prefa}$	110,9	23,9	134,8	110,9	23,9	134,8	<b>134,8</b>	400,0	<b>33,7%</b>
	$\sigma_{aD}$	-227,4	-52,1	-279,4	-227,4	-52,1	-279,4	<b>-279,4</b>	345,0	<b>81,0%</b>

- Posouzení napětí na mezní stav použitelnosti VYHOVUJE.



## 4.3 Posouzení typu 3 – NOSNÁ KONSTRUKCE METODOU VFT-WIB

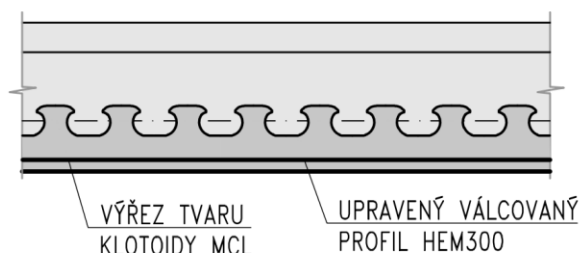
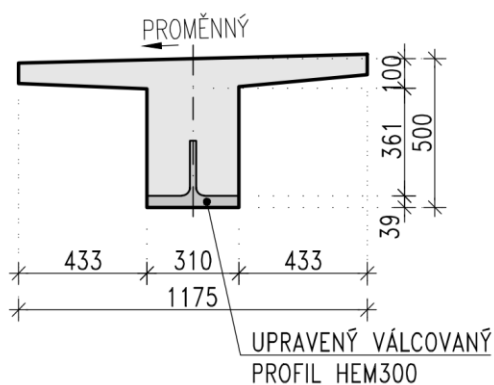
### 4.3.1 Vnitřní síly

		Zatížení	$G_{m1}$	$G_{m2}$	G - vozovka	G - římsy	R	S
P1	$N_x$	kN	0,0	0,0	2,1	2,0	0,0	10,6
	$M_y$	kNm	325,7	311,4	47,9	14,9	19,0	0,0
	$V_z$	kN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	0,0	0,0	-5,1	28,5	-98,8	0,0
	$M_y$	kNm	0,0	0,0	-49,7	-1,5	-143,1	-302,0
	$V_z$	kN	65,1	60,8	21,6	4,6	22,6	6,8

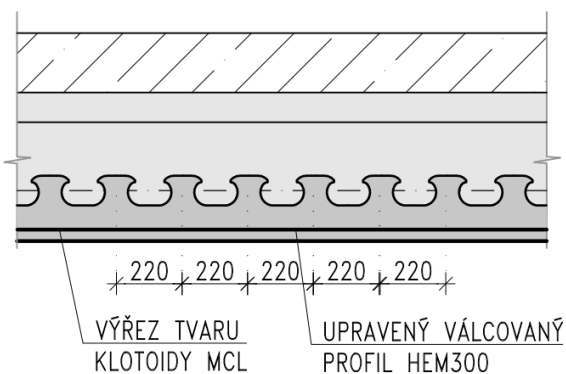
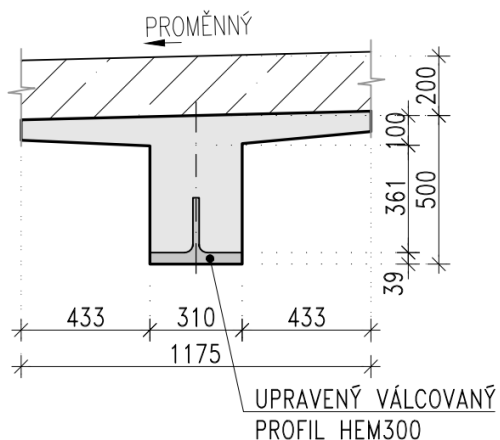
		Zatížení	LM1 TS	LM1 UDL	LM3	LM4	CH	B	W	$T_r$	$T_{r+}$	$T_{n+}$	$T_{n-}$
P1	$N_x$	kN	28,0	13,4	116,0	0,0	10,0	27,0	1,2	0,0	0,0	20,0	50,0
	$M_y$	kNm	358,8	156,0	742,1	107,0	15,0	7,0	0,2	0,0	0,0	212,0	0,0
	$V_z$	kN	75,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	$N_x$	kN	-42,0	-15,0	-145,0	-57,4	44,0	-28,5	1,2	0,0	0,0	0,0	-280,0
	$M_y$	kNm	-254,7	-159,0	-781,9	-111,0	-12,0	-4,0	-0,7	0,0	0,0	0,0	-145,0
	$V_z$	kN	75,1	60,1	360,0	48,3	2,0	0,8	0,1	0,0	0,0	5,2	3,3

### 4.3.2 Posuzovaný průřez

- Montážní prefabrikovaný nosník složený z upraveného válcovaného profilu HEM300 a ŽB trámu.



- Konečný průřez s monolitickou ŽB deskou tloušťky 200 mm.



### 4.3.3 Zatřídění průřezu P2 (průřez nad podporou)

#### Klasifikace horní pásnice při namáhání tlakovou silou

přečnívající část pásnice	$c =$	83,51472 mm
štíhlost přečnívající části	$c / t_{f1} =$	4,175736 -
mez kluzu oceli	$f_{yk,S} =$	345 MPa
vliv meze kluzu	$\varepsilon =$	0,825 -

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelový (montážní stav)

třída průřezu	pro svař. Nosník	
1	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 10 =$	8,25
3	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 14 =$	11,55

→ třída průřezu tlacené pásnice ocelového průřezu (pro montážní stav):

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 4,18 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

Limitní hodnoty štíhlosti horní pásnice pro průřez ocelobetonový

třída průřezu	pro svař. nosník	
1	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 9 =$	7,43
2	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 14 =$	11,55
3	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 20 =$	16,51

→ třída průřezu tlacené pásnice ocelobetonového průřezu:

$$c / t_{f1} < \beta_{lim} \quad 4,18 < 7,43 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

#### Klasifikace stojiny při namáhání ohybem

rozhodující výška stojiny	$d =$	383,0 mm
štíhlost stojiny	$d / t_w =$	23,9 -
vliv meze kluzu oceli	$\varepsilon =$	0,825 -
- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez <b>ocelový (montážní stav)</b>		
poloha plastické neutrální osy	$z_{g,pl} =$	276,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	153,6 mm
koeficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{pl} =$	0,401 -
poloha pružné neutrální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	262,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	167,6 mm
koeficient $\alpha_{el}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{el} =$	0,438 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	74,1
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	77,6
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>74,1</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	85,4
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	89,4
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>85,4</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	150,3
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	145,5
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>150,3</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelového průřezu:

$$d / t_w < \beta_{lim} \quad 23,94 < 74,11 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

- Limitní hodnoty štíhlosti stojiny pro průřez **ocelobetonový**

poloha plastické neutální osy	$z_{g,pl} =$	439,4 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{pl} d =$	400,0 mm
koefficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{pl} =$	1,000 -
poloha pružné neutální osy - pro $I_{1,i}$	$z_{g,el} =$	308,3 mm
stojina v tlaku	$\alpha_{el} d =$	278,3 mm
koefficient $\alpha_{pl}$ v intervalu <0;1>	$\alpha_{el} =$	0,727 -

$\alpha$	třída	$\alpha$	Limitní hodnoty $\beta_{lim}$	
pl	1	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 36 / \alpha_{pl} =$	29,7
pl	1	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 396 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	27,2
<b>pl</b>	<b>1</b>			<b>27,2</b>
pl	2	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 41,5 / \alpha_{pl} =$	34,3
pl	2	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 456 / (13 \cdot \alpha_{pl} - 1) =$	31,4
<b>pl</b>	<b>2</b>			<b>31,4</b>
el	3	$\leq 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 62 \cdot (1 - \alpha_{el}) / \alpha_{el}^2 =$	26,5
el	3	$> 0,5$	$\beta_{lim} = \varepsilon \cdot 42 \cdot 3 \cdot \alpha_{el} / (3 \cdot \alpha_{el} - 1) =$	64,0
<b>el</b>	<b>3</b>			<b>64,0</b>

→ třída průřezu pro stojinu ocelobetonového průřezu:

$$d / t_w < \beta_{lim} \quad 23,94 \quad < \quad 27,24 \quad \text{TŘÍDA 1}$$

### 4.3.4 Posouzení MSU

#### 4.3.4.1 Plastická analýza průřezu P1 (průřez v poli)

celková výška nosníku	$h$	740	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	30	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	200	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	20	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	16	mm
výška stojiny	$h_w$	400	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	276	mm

#### Ocelová část:

$A_a$	19400 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	345 MPa
$f_{yd}$	345,0 MPa

#### Mon. ŽB deska:

$b_{eff}$	1175 mm
tloušťka desky	200 mm
$f_{ck}$	35,0 MPa
$f_{yk}$	434,78 MPa

#### PREFA ŽB deska:

$b_{eff}$	1175 mm
tloušťka desky	90 mm
$f_{ck}$	40,0 MPa
$f_{yk}$	434,78 MPa

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází betonovou deskou

$$z_{pl} = 264,7 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa prochází deskou

$$F_{s1} = 524\,282 \text{ N} \quad \text{Výztuž horní mon.}$$

$$F_c = 6\,168\,718 \text{ N} \quad \text{Betonová deska}$$

$$F_{a1} = 2\,208\,000 \text{ N} \quad \text{Stojina}$$

$$F_{a2} = 3\,105\,000 \text{ N} \quad \text{Spodní pásnice}$$

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon	1205,8	435	524	202,7	106,3	<b>2942,3</b>
Betonová deska	264373,6	23	6169	132,4	816,4	
Horní pásnice	4000,0	345	1380	35,3	48,7	
Stojina	6400,0	345	2208	245,3	541,6	
Spodní pásnice	9000,0	345	3105	460,3	1429,2	

$$M_{Rd} = 2942,3 > M_{Ed} = 1666,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE} ; \text{využití} \rightarrow 56,6\% \text{ [kNm]}$$

**4.3.4.2 Plastická analýza průřezu P2 (průřez nad podporou)**

celková výška nosníku	h	740	mm
výška ocelového nosníku		450	mm
šířka dolní pásnice	$b_2$	300	mm
tloušťka dolní pásnice	$t_2$	30	mm
šířka horní pásnice	$b_1$	200	mm
tloušťka horní pásnice	$t_1$	20	mm
tloušťka stojiny	$t_w$	16	mm
výška stojiny	$h_w$	400	mm
těžiště od horních vláken	$z_h$	276	mm

**Ocelová část:**

$$A_a = 19400 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 345 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 345,0 \text{ MPa}$$

**Mon. ŽB deska:**

$$b_{eff} = 1175 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka desky} = 200 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 434,78 \text{ MPa}$$

**PREFA ŽB deska:**

$$b_{eff} = 1175 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka desky} = 90 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 434,78 \text{ MPa}$$

**Předpoklad:**

Neutrální osa prochází spodní pásnicí

$$z_{pl} = 51,8 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází spodní pásnicí

Neutrální osa prochází stojinou

$$x = 409,4 \text{ mm}$$

$$z_{pl} = 439,4 \text{ mm}$$

-&gt; neutrální osa neprochází stojinou

Neutrální osa prochází horní pásnicí

$$x = 0,7 \text{ mm}$$

$$z_{pl} = 430,7 \text{ mm}$$

$F_{s1} =$	1 294 655 N	Výztuž horní mon.
$F_{s2} =$	1 671 817 N	Výztuž dolní mon.
$F_{s1} =$	1 069 963 N	Výztuž horní prefa.
$F_{s1} =$	0 N	Výztuž dolní prefa.
$F_{a1} =$	1 328 283 N	Horní pásnice
$F_{a2} =$	2 208 000 N	Stojina
$F_{a3} =$	3 105 000 N	Spodní pásnice

Poloha	A	$f_{yd,i}$	N	$x_i$	$M_i$	$M_{Rd}$
	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
Výztuž horní mon.	2977,7	435	1295	243,3	314,9	<b>2431,5</b>
Výztuž dolní mon.	3845,2	435	1672	176,8	295,5	
Výztuž horní prefa.	2460,9	435	1070	69,3	74,1	
Výztuž dolní prefa.	0,0	435	0		0,0	
Horní pásnice tah	3850,1	345	1328	9,6	12,8	
Horní pásnice tlak	149,9	345	52	0,4	0,0	
Stojina tlak	6400,0	345	2208	200,7	443,3	
Spodní pásnice	9000,0	345	3105	415,7	1290,9	

$$M_{Rd} = 2431,5 > M_{Ed} = 1473 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad ; \text{využití} = 60,6\% \quad [\text{kNm}]$$

**4.3.5 Posouzení MSP**

		Začátek životnosti			Konec životnosti			Posudek		
		Stálé+ proměnné	$S_{UD}$	celkem	Stálé+ proměnné	$S_{KZ}$	celkem	maximální napětí	$k_i \cdot f_{ik}$	využití
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
<b>P1</b>	$\sigma_{cH}$	-9,7	0,0	-9,7	-9,6	0,0	-9,6	<b>-9,7</b>	21,0	<b>46,2%</b>
	$\sigma_{cH,PREFA}$	-8,1	0,0	-8,1	-7,1	0,0	-7,1	<b>-8,1</b>	24,0	<b>33,8%</b>
	$\sigma_{s,H}$	-45,7	0,0	-45,7	-47,7	0,0	-47,7	<b>-47,7</b>	400,0	<b>11,9%</b>
	$\sigma_{s,H,PREFA}$	-98,3	0,0	-98,3	-114,8	0,0	-114,8	<b>-114,8</b>	400,0	<b>28,7%</b>
	$\sigma_{aD}$	225,8	0,0	225,8	229,1	0,0	229,1	<b>229,1</b>	345,0	<b>66,4%</b>
<b>P2</b>	$\sigma_{s,H}$	240,0	61,8	301,8	240,0	61,8	301,8	<b>301,8</b>	400,0	<b>75,4%</b>
	$\sigma_{s,H,prefa}$	110,9	23,9	134,8	110,9	23,9	134,8	<b>134,8</b>	400,0	<b>33,7%</b>
	$\sigma_{aD}$	-227,4	-52,1	-279,4	-227,4	-52,1	-279,4	<b>-279,4</b>	345,0	<b>81,0%</b>

- Posouzení napětí na mezní stav použitelnosti VYHOVUJE.

## 5 POROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HLEDISKA

### 5.1 Uvažované kubatury navržených typů konstrukcí

- Uvažované kubatury oceli S355 J2+N:

	Plocha ocelového průřezu [mm <sup>2</sup> ]	Délka nosníku [m]	Počet nosníku [-]	Objemová tíha oceli [kg/m <sup>3</sup> ]	Tíha nosníků [kg]	Tíha oceli celkem [kg]
1. TYP	21172	11,7	20	7850	38 891	<b>98 723</b>
		18	20	7850	59 832	
2. TYP	19400	11,7	24	7850	42 763	<b>108 552</b>
		18	24	7850	65 789	
3. TYP	14841	11,7	24	7850	32 714	<b>83 043</b>
		18	24	7850	50 329	

- Uvažované kubatury betonu C35/45a C40/50

	Typ betonu	Plocha betonových o průřezu [mm <sup>2</sup> ]	Délka nosníku [m]	Počet nosníku [-]	Objem betonu [m <sup>3</sup> ]	Objem betonu celkem [kg]
1. TYP	C35/45	352500	11,7	20	82	<b>209</b>
	C35/45		18	20	127	
2. TYP	C35/45	235000	11,7	24	66	<b>168</b>
	C35/45		18	24	102	
	C40/50	105750	11,7	24	30	<b>75</b>
	C40/50		18	24	46	
3. TYP	C35/45	235000	11,7	24	66	<b>168</b>
	C35/45		18	24	102	
	C40/50	211150	11,7	24	59	<b>151</b>
	C40/50		18	24	91	

### 5.2 Cenové porovnání navržených typů konstrukcí

	BETON [m <sup>3</sup> ]	Typ betonu	Cena betonu za m <sup>3</sup>	Cena celkem [Kč]
1. TYP	209	C35/45	10470	<b>2 192 261</b>
2. TYP	168	C35/45	10470	<b>3 176 957</b>
	75	C40/50	18880	
3. TYP	168	C35/45	10470	<b>4 595 395</b>
	151	C40/50	18880	

	typ	OCEL [kg]	Cena výztuže za kg	Cena celkem [Kč]
1. TYP	monolit	78181	29	<b>2 295 383</b>
2. TYP	prefa	19616	13	<b>260 694</b>
	monolit	78181	29	<b>2 295 383</b>
3. TYP	prefa	49769	13	<b>661 429</b>
	monolit	78181	29	<b>2 295 383</b>

	OCEL [kg]	Cena oceli za kg	Cena celkem [Kč]
1. TYP	98 723	120	<b>11 846 750</b>
2. TYP	108 552	120	<b>13 026 277</b>
3. TYP	83 043	100	<b>8 304 252</b>

Závěrečná cena za beton a ocel:

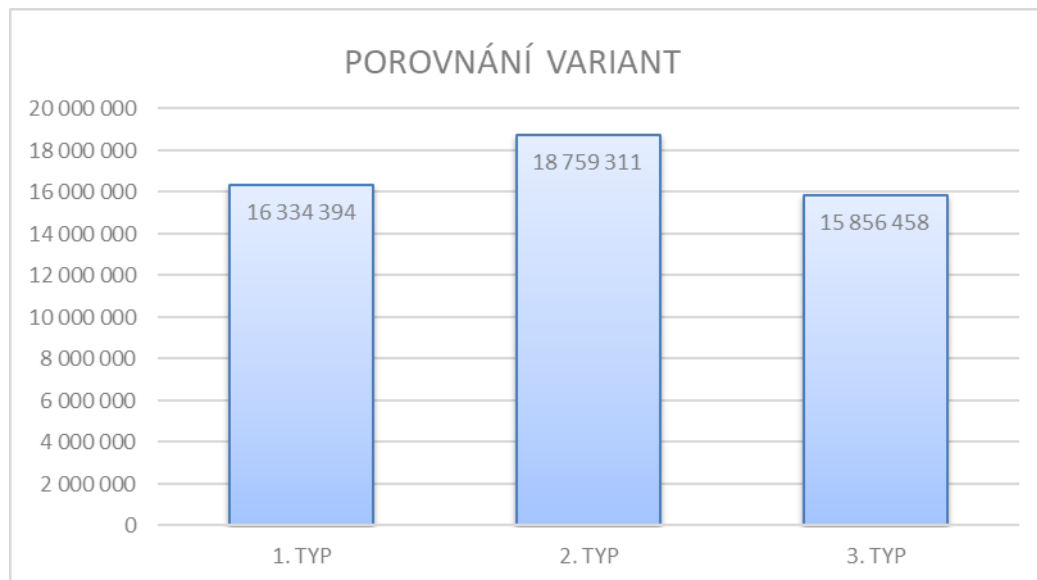
	Cena celkem [Kč]
1. TYP	<b>16 334 394</b>
2. TYP	<b>18 759 311</b>
3. TYP	<b>15 856 458</b>

- Cenové srovnání k ekonomicky nejvýhodnější variantě v procentech

Typ konstrukce	Cena za konstrukci	Prodražení
3. TYP	15 856 458	0%
1. TYP	16 334 394	3%
2. TYP	18 759 311	18%

## 6 ZÁVĚR

Závěrem výpočtu vychází nejlépe varianta 3- nosné konstrukce metodou WFT-WIB. Jako druhá nejekonomičtější varianta vyšla 1- tradiční spřažená konstrukce.



- Cenové srovnání k ekonomicky nejvýhodnější variantě v procentech

Typ konstrukce	Cena za konstrukci	Prodražení
3. TYP	15 856 458	0%
1. TYP	16 334 394	3%
2. TYP	18 759 311	18%