



**VÚIS - MOSTY s.r.o.**  
Gogoľova 18, 851 01 BRATISLAVA

**ZOD 2205**

**DIAGNOSTIKA MOSTOV TYPU VLOŠŠÁK  
V OKRESE RIMAVSKÁ SOBOTA CEZ RIEKU RIMAVA**

**Most cez rieku Rimava za obcou Veľké Teriakovce**

**IDM M330 – 2774-001**

**4 - Výpočet zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie**



**Objednávateľ:** Banskobystrická regionálna správa ciest a.s.  
Majerská cesta 94  
974 96, Banská Bystrica

**Zodpovedný pracovník:** Ing. Peter Mórocz  
**Vypracoval:** Ing. Peter Mórocz

Bratislava, október 2022

## OBSAH

1.	ÚVOD .....	3
1.1.	Údaje o moste .....	3
2.	GEOMETRIA A STATICKÝ MODEL .....	4
2.1.	Geometria nosnej konštrukcie .....	4
2.2.	Statický model .....	4
3.	ZAŤAŽENIE.....	6
3.1.	Vlastná tiaž .....	6
3.2.	Stále zaťaženie.....	6
3.2.1.	Betónová zálievka medzi nosníkmi.....	6
3.2.2.	Rímsa, obrubník a zábradlie .....	7
3.2.3.	Vozovka .....	8
3.3.	Predpätie .....	9
3.4.	Zaťaženie dopravou .....	9
3.4.1.	Normálne zaťaženie - LM1 .....	9
3.4.2.	Zaťaženie na jednu nápravu - LM2 .....	10
3.4.3.	Výhradné zaťaženie - LM3 (ZV 900/150) .....	11
3.4.4.	Výnimočné zaťaženie - LM3 (ZV 3000/240) .....	12
4.	VNÚTORNÉ SILY .....	13
5.	NORMÁLOVÉ NAPÄTIE .....	14
6.	KOMBINÁCIE ZAŤAŽENÍ.....	16
7.	ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTA V BEZVADNOM STAVE .....	17
7.1.	Normálna zaťažiteľnosť.....	17
7.2.	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu .....	18
7.3.	Výhradná zaťažiteľnosť.....	19
7.4.	Výnimočná zaťažiteľnosť .....	20
7.5.	Záver.....	20
8.	ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTA V SKUTOČNOM STAVE.....	21
8.1.	Normálna zaťažiteľnosť pre krajné nosníky.....	24
8.2.	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu pre krajné nosníky.....	25
8.3.	Výhradná zaťažiteľnosť pre krajné nosníky .....	25
8.4.	Výnimočná zaťažiteľnosť pre krajné nosníky .....	26
8.5.	Vplyv podomletia základu piliera na zaťažiteľnosť mosta.....	26
9.	ZÁVER.....	32

# 1. ÚVOD

Výpočet zaťažiteľnosti cestného mosta EV.Č. 2774-1 (IDM M330) na ceste III/2774 cez rieku Rimava za obcou Veľké Teriakovce bol vykonaný ako podrobný statický výpočet podľa platných noriem STN pre navrhovanie a posudzovanie betónových konštrukcií s uvažovaním parametrov získaných z diagnostiky mosta z roku 2022 a na základe typového podkladu „Normálie cestných mostov z predpätého betónu“ – systém Vloššák z roku 1956.

## 1.1. Údaje o moste

Most na ceste III/2774 s evidenčným číslom 2774-1, sa nachádza v katastrálnom území Veľké Teriakovce, v okrese Rimavská Sobota v Banskobystrickom kraji.

Most, postavený v roku 1964 prevádza dvojpruhovú pozemnú komunikáciu, cestu III/2774 cez rieku Rimava. Os nosnej konštrukcie mosta sa nachádza v osi cesty. Opony a pilier sú uložené šikmo na os nosnej konštrukcie, jedná sa o šikmý most. Šikmosť mosta je ľavá, uhol uloženia  $\alpha = 92^\circ (82,8^\circ)$ .

Dĺžka premostenia je 29 m. Most z dodatočne predpätých prefabrikátov je riešený ako dvojpoľový doskový most, zložený celkom zo 16 ks typizovaných prefabrikovaných nosníkov Vloššák svetlosti 14 m. Zo statického hľadiska sa jedná o dve prosté polia. V každom poli sa nachádza osem nosníkov priečne spojených v osovej vzdialenosti 99 cm. Dĺžka nosníkov je 15,4 m. Skladba nosníkov zodpovedá skladbe 4:1 podľa typového podkladu pre uhol uloženia  $92^\circ (82^\circ 48' 00'')$ , čo znamená, že čelá štyroch nosníkov sa lícujú a ďalšia štvorica nosníkov otočená opačným koncom je posunutá v pozdĺžnom smere o jeden modul (0,5 m v tomto prípade). Nosníky sú proste uložené na opony a na pilier cez asfaltovú lepenku. Os uloženia nosníkov bola stanovená vzhľadom na šikmosť a na skladbu vo vzdialenosti 30 cm od konca nosníkov s najkratšou úložnou šírkou (cca. 73 cm). Šikmé rozpätie každého poľa je potom 14,42 m v smere osi mosta. Osi uloženia sú číslované od 1 do 3 v smere staničenia cesty III/2774 (smer Malé Teriakovce). Celková dĺžka nosnej konštrukcie je 30,85 m.

Šírka vozovky je 6,1 m. Voľná šírka mosta medzi zábradliami je 7,6 m. Kolmá šírka mosta je 8,2 m. Kolmá šírka nosnej konštrukcie je 7,9 m. Šírka nosníka Vloššák je 96 cm, šírka zálievky medzi nosníkmi je 3 cm v súlade s typovým podkladom.

Stavebná výška mosta je 102 cm. Výška nosnej konštrukcie je 70 cm.

Prefabrikované nosníky typu Vloššák svetlosti 14 m majú tvar obráteného U so šírkou spodnej príruby 19 cm a s hrúbkou hornej dosky 10 cm. Nosníky sú v priečnom smere vystužené priečnikmi po 100 cm, ktoré majú hrúbku 9 až 12 cm a výšku 43 cm. Priečne spojenie nosníkov je riešené oproti typovému podkladu bez priečneho predpätia, iba mäkkou výstužou 3 ks Ø 8. Zo statického hľadiska ohľadom priečnej tuhosti dosky sa bude počítať so žalúziou doskou.

Diagnostikou zistená kvalita betónu prefabrikovaných nosníkov je betón triedy C 45/55. Hlavnú výstuž v nosníkoch tvoria predpínacie káble z patentovaných drôtov Ø 4,5 mm pevnosti 1650 MPa. Celkový počet káblov v nosníku je 10, z toho 8 kladných káblov zdvíhaných s drôti 16 ks Ø 4,5 mm a 2 záporných káblov priamych s drôti 6 ks Ø 4,5 mm. Káble podľa typového podkladu sa predpínajú nasledovne: štyri kladné káble vo veku betónu 2 až 3 dní na napätie 600 MPa, potom min. tri týždne po betonáži všetky drôty na napätie 1150 MPa, pričom napätie sa podrží na dobu 5 minút. Mäkkú výstuž tvoria rebrované tyče ROXOR kvality 10512.

Vozovka na moste je zložená z vrstvy asfaltového betónu hrúbky 22 až 28 cm a z liateho asfaltu hrúbky 4 cm. Šírka rímsy je 0,8 m, výška 35 cm. Kamenné obrubníky za rímou majú rozmery 20 x 25 cm. Oceľové zábradlie výšky 96 cm sa počíta hmotnosťou 37 kg/m.

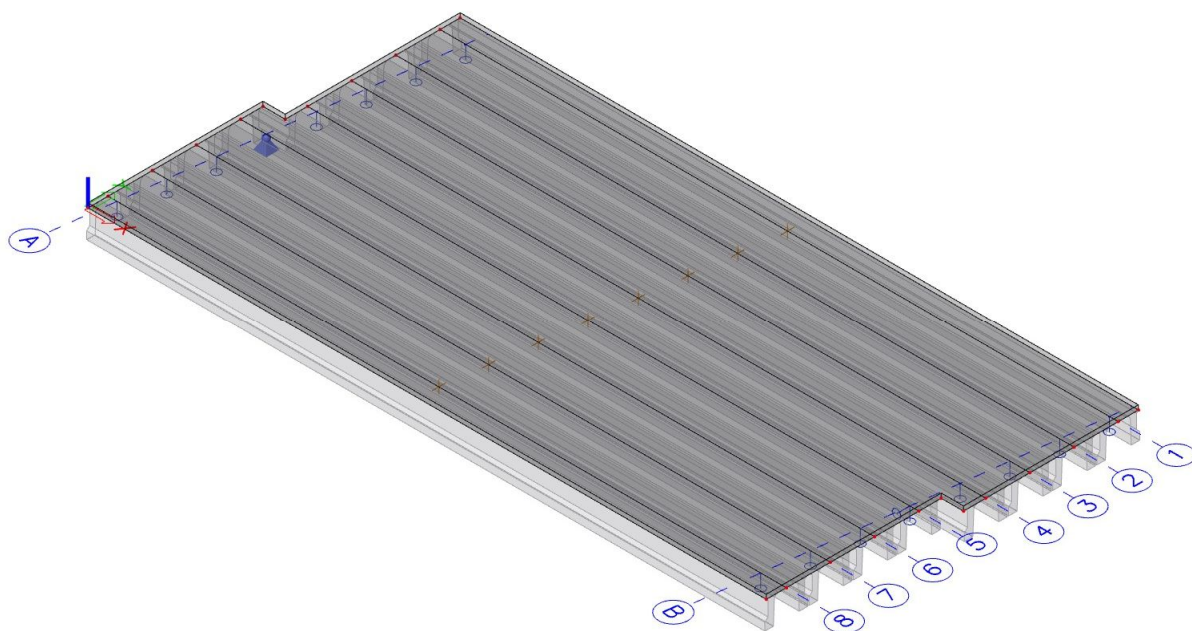
## 2. GEOMETRIA A STATICKÝ MODEL

### 2.1. Geometria nosnej konštrukcie

Geometria nosnej konštrukcie bola vytvorená na základe zamerania mosta v rámci diagnostického prieskumu roku 2022 a na základe typového podkladu „Normálie cestných mostov z predpätého betónu“ – systém Vloššák z roku 1956. Pôdorys mosta, pozdĺžny rez a priečne rezy sú spracované zvlášť vo výkresových prílohách diagnostiky.

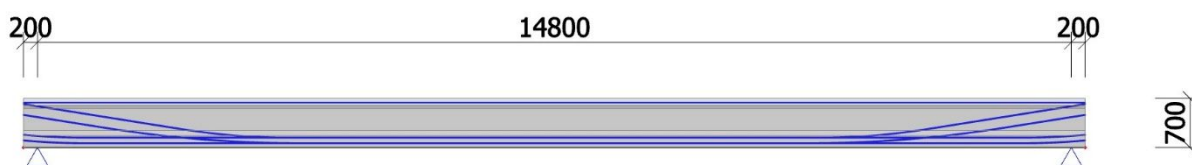
### 2.2. Statický model

Pre posúdenie nosnej konštrukcie boli vytvorené dva statické modely. Pre účel výpočtu vnútorných síl od stálych a od premenných zaťažení bol vytvorený priestorový model, doska o rozmeroch 15,20 x 7,84 m hrúbky 10 cm, vystužená rebrami. Pozdĺžne rebra tvoria steny prefabrikátov Vloššák. Doska je podopretá vo zvislom smere pri koncoch pozdĺžnych rebier. Priestorový model bol zvolený z cieľa presnejšieho výpočtu priečného roznášania zaťaženia. Keďže nosníky sú v každom poli proste uložené, postačí výpočet jedného poľa mosta. Materiál dosky a pozdĺžnych rebier je betón C 45/55. Šikmé rozpätie poľa je 14,42 m.



Obrázok 1: Priestorový model

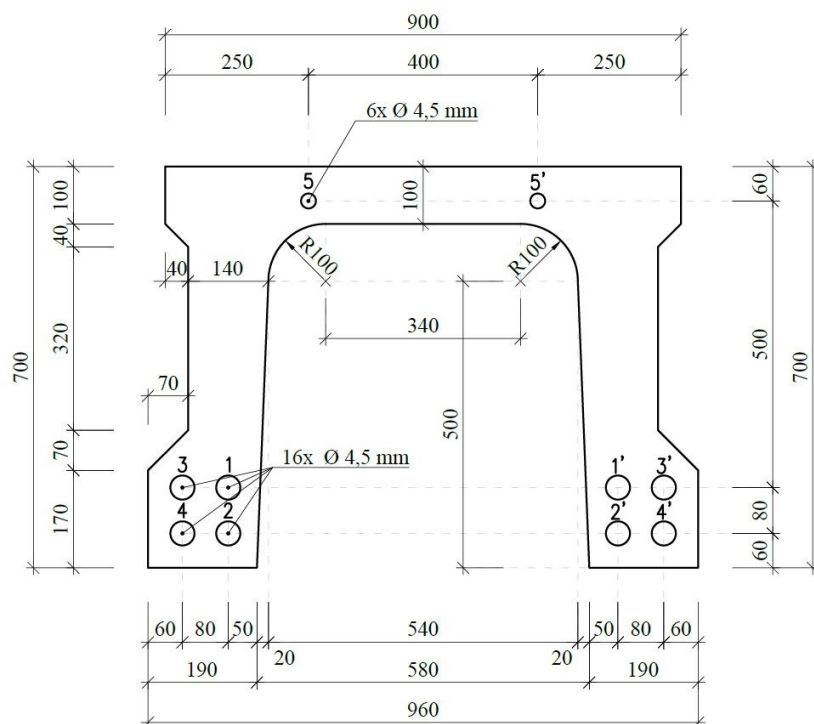
Pre výpočet účinkov predpätia v prefabrikovanom nosníku a pre výpočet vplyvu vlastnej tiaže nosníka bol vytvorený prúťový model. Predpínacie drôty  $\varnothing$  P 4,5 mm pevnosti 1650 MPa sú kotvené na predpínacie napätie 1150 MPa. Materiál betónu je C 45/55. V priereze je celkom 10 káblov, z toho 2 priamych so 6 ks drôťmi a 8 zdvíhaných so 16 ks drôťmi. Výška prierezu nosníka je 70 cm. Nosník so základným rozpätím 14,8 m sa modeluje bez dobetonávky koncov hrúbky 10 cm. Tiaž priečnikov sa zadáva ako prídavné zaťaženie.



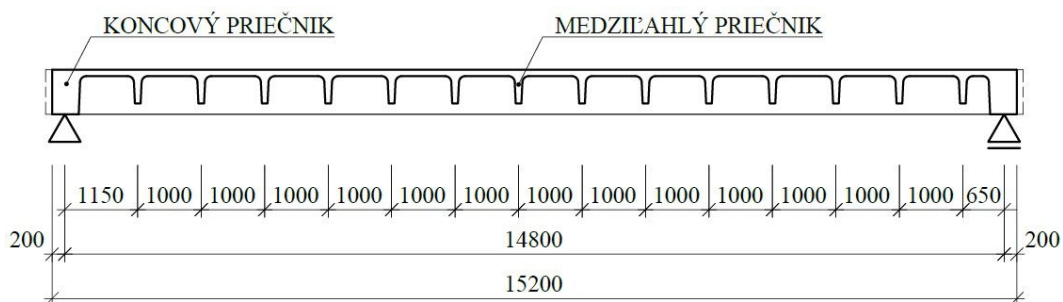
Obrázok 2: Prúťový model prefabrikovaného nosníka s predpinacími káblami

Účinky vnútorných síl boli vypočítané počítačovým programom SCIA ENGINEER 21.

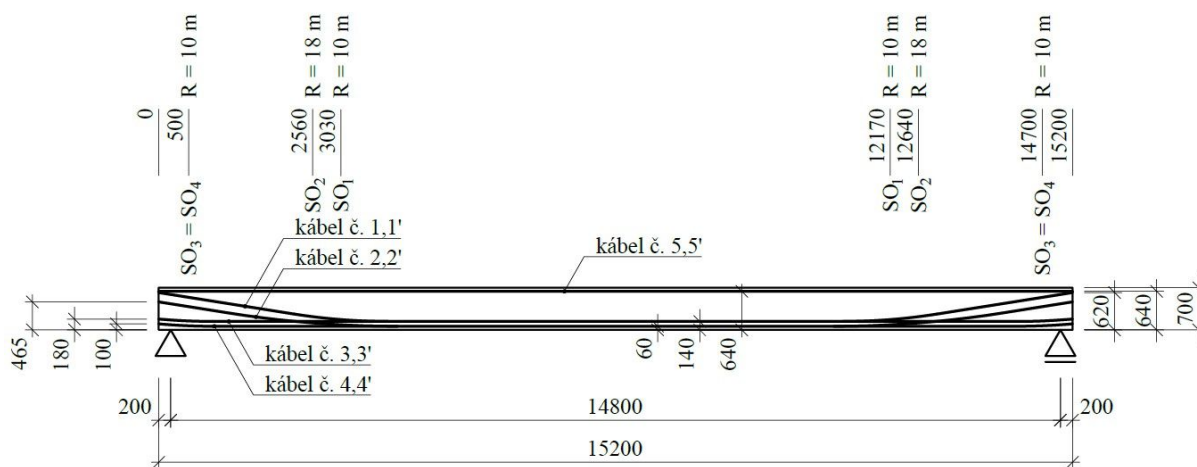




Obrázok 3: Prierez nosníka a rozmiestnenie káblov v strede rozpätia



Obrázok 4: Pozdĺžny rez nosníkom



SO = STRED OBLÚKA ( $\approx$  VRCHOL POLYGÓNU)

Obrázok 5: Zjednodušená geometria predpínacích káblov

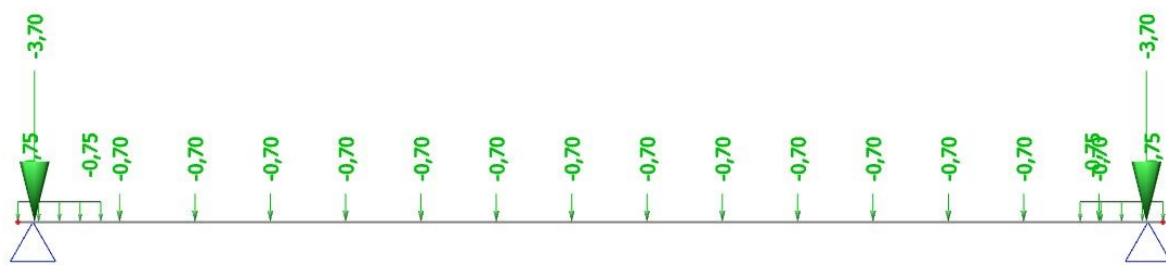
### 3. ZAŤAŽENIE

#### 3.1. Vlastná tiaž

Vlastnú tiaž nosnej konštrukcie generuje program automaticky na základe geometrických a materiálových parametrov. Uvažovaná objemová tiaž konštrukcie z predpätého betónu:

$$\gamma_{PC} = 26 \text{ kN/m}^3$$

Prídavné zaťaženie prúťového modelu od vlastnej tiaže priečnikov sa zadáva ako skupina osamelých bremien pôsobiace v osiach priečnikov. Prídavná sila od medziľahlého priečnika je 0,7 kN a od koncového priečnika je 3,7 kN. Na koncoch nosníka sú steny prierezu rozšírené v dĺžke 1,1 m o 4 cm. Prídavné rovnomerné zaťaženie od rozšírenia steny je celkom 0,75 kN/m.

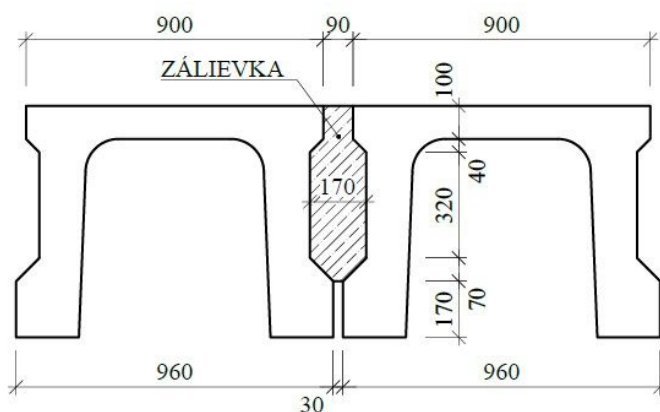


Obrázok 6: Prídavné zaťaženie prúťového modelu od vlastnej tiaže priečnikov

#### 3.2. Stále zaťaženie

##### 3.2.1. Betónová zálievka medzi nosníkmi

Zaťaženie betónovou zálievkou sa zadáva ako rovnomerné priamkové zaťaženie na dosku priestorového modelu medzi pozdĺžne rebrá. Počíta sa len objem pod úrovňou spodnej hrany hornej dosky hrúbky 10 cm, nakoľko doska je už namodelovaná.

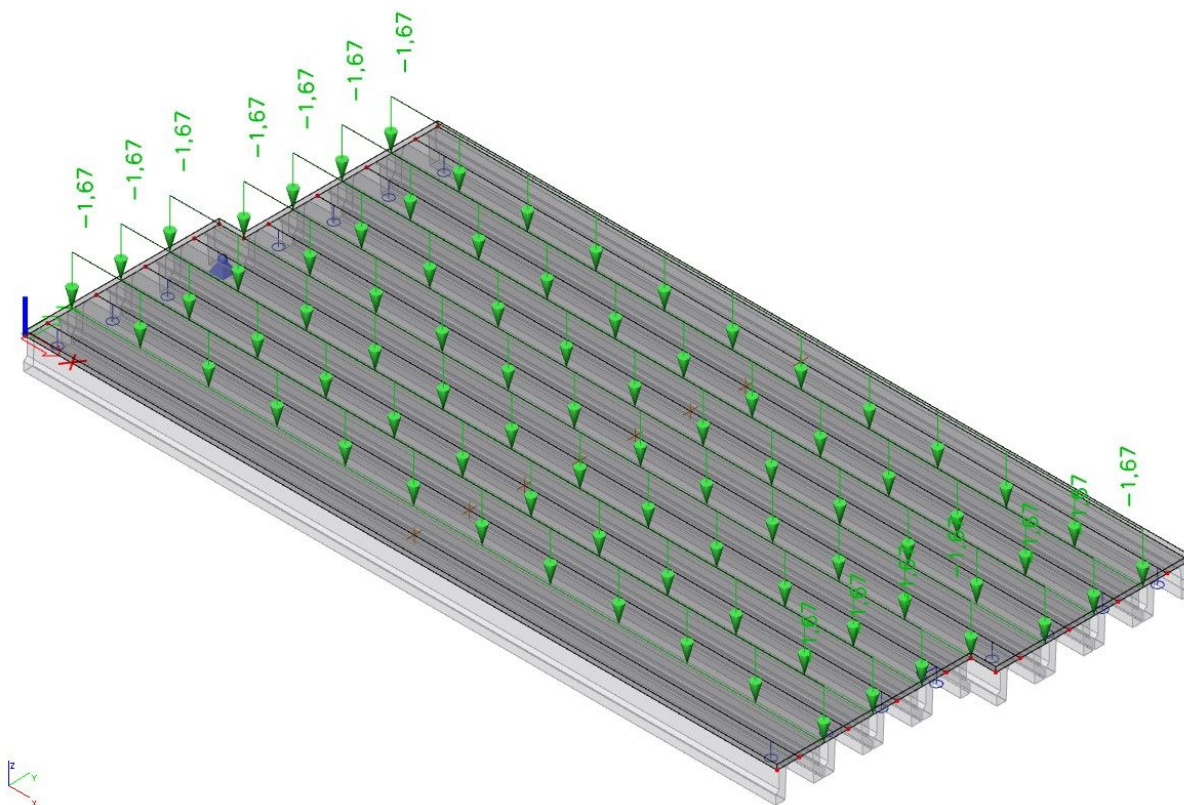


Obrázok 7: Rozmery zálievky medzi nosníkmi

Objemová tiaž betónu:  $\gamma_C = 25 \text{ kN/m}^3$

Plocha prierezu zálievky:  $A = 0,0666 \text{ m}^2$

Priamkové zaťaženie:  $g = \gamma_C \cdot A = 25 \cdot 0,0666 \cong 1,67 \text{ kN/m}$



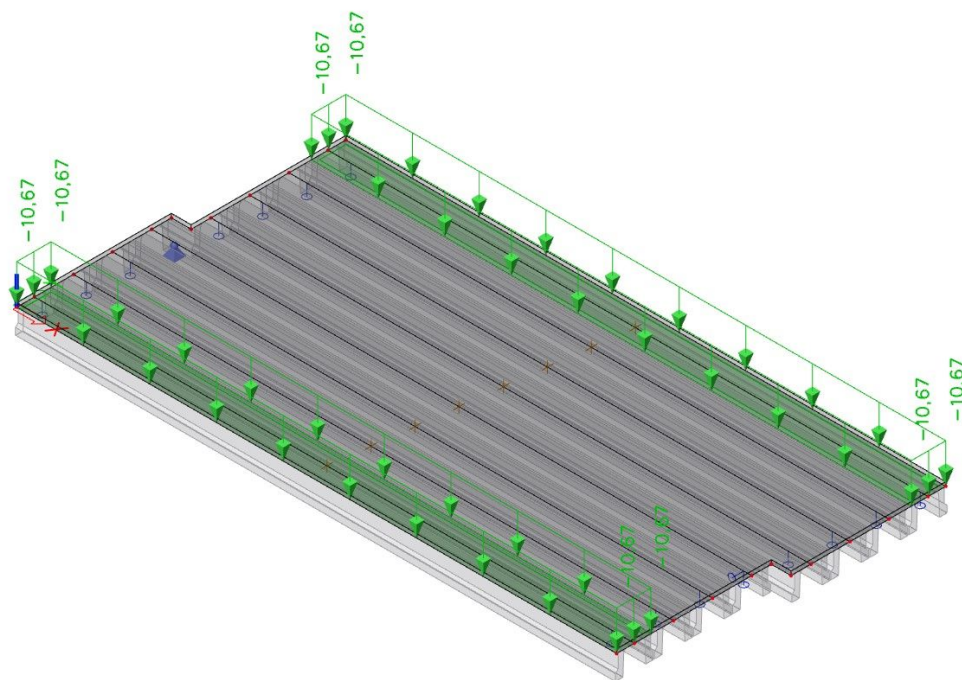
Obrázok 8: Zaťaženie betónovou zálievkou

### 3.2.2. Rímša, obrubník a zábradlie

Zaťaženie monolitickou rímšou, kamenným obrubníkom, asfaltovou izoláciou v rímsovej oblasti a zaťaženie oceľovým zábradlím sa zadáva ako plošné zaťaženie na dosku priestorového modelu na okrajoch v šírke 87 cm.

Objemová tiaž betónu:	$\gamma_C = 25 \text{ kN/m}^3$
Plocha prierezu rímšy:	$A_r = 0,257 \text{ m}^2$
Jednotková tiaž rímšy:	$g_r = \gamma_C \cdot A_r = 25 \cdot 0,257 \cong 6,43 \text{ kN/m}$
Objemová tiaž asfaltu:	$\gamma_a = 22 \text{ kN/m}^3$
Plocha prierezu asfaltovej vrstvy:	$A_a = 0,056 \text{ m}^2$
Jednotková tiaž asfaltu:	$g_a = \gamma_a \cdot A_a = 22 \cdot 0,056 \cong 1,23 \text{ kN/m}$
Jednotková tiaž kamenného obrubníka:	$g_o = 1,25 \text{ kN/m}$
Jednotková tiaž zábradlia:	$g_z = 0,37 \text{ kN/m}$
Zaťažovacia šírka:	$b = 0,87 \text{ m}$
Plošné zaťaženie:	

$$\bar{g} = \frac{g_r + g_a + g_o + g_z}{b} = \frac{6,43 + 1,23 + 1,25 + 0,37}{0,87} \cong 10,67 \text{ kN/m}^2$$



Obrázok 9: Zaťaženie rímsou, obrubníkom a zábradlím

### 3.2.3. Vozovka

Zaťaženie od vozovky sa zadáva ako plošné zaťaženie na dosku priestorového modelu v šírke 6,1 m.

Objemová tiaž asfaltu:

$$\gamma_a = 22 \text{ kN/m}^3$$

Hrúbka vozovky pri obrubníku:

$$h_1 = 0,26 \text{ m}$$

Hrúbka vozovky v osi mosta:

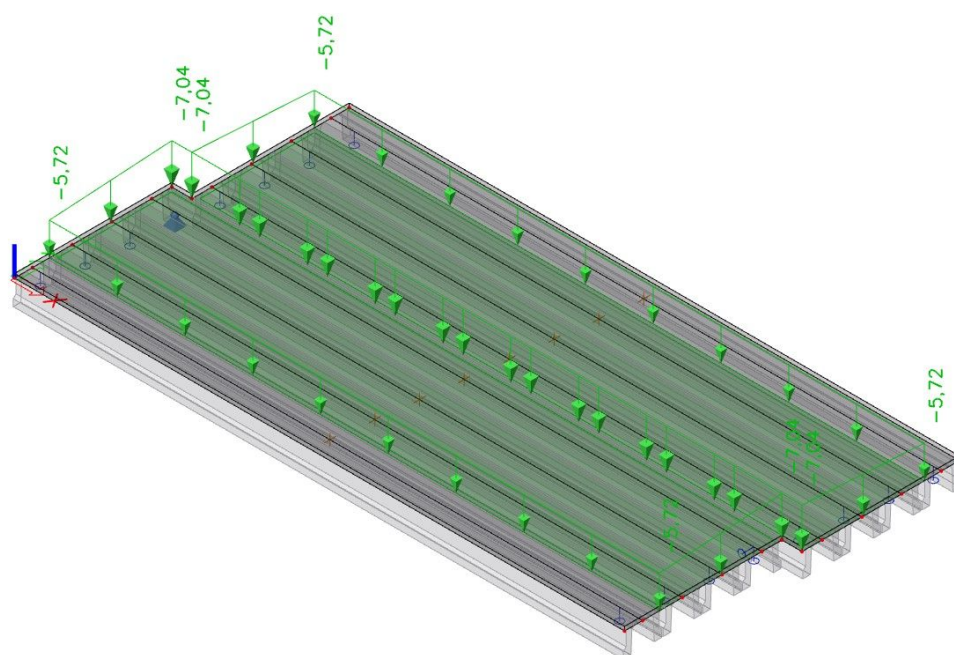
$$h_2 = 0,32 \text{ m}$$

Plošné zaťaženie pri obrubníku:

$$\bar{g}_1 = \gamma_a \cdot h_1 = 22 \cdot 0,26 = 5,72 \text{ kN/m}^2$$

Plošné zaťaženie v osi mosta:

$$\bar{g}_2 = \gamma_a \cdot h_2 = 22 \cdot 0,32 = 7,04 \text{ kN/m}^2$$



Obrázok 10: Zaťaženie vozovkou



### 3.3. Predpätie

Vnútorne sily od predpätia sú vypočítané na prúťovom modeli. Predpínacie jednotky sú drôty Ø P 4,5 mm. Rozmiestnenie káblov v priereze je znázornené na *Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.2, 3 a 5*. Kotevné napätie bolo počítané hodnotou 1150 MPa. Nakoľko v krajných nosníkoch bude potrebné počítať s absenciou predpätia v niektorých kábloch v dôsledku korózie a pretrhnutiu drôtov, vnútorne sily sú vypočítané zvlášť pre jednotlivé káble. Počíta sa s preklzom kábla v kotve veľkosťou 3 mm.

### 3.4. Zaťaženie dopravou

#### 3.4.1. Normálne zaťaženie - LM1

Rozdelenie vozovky na zaťažovacie pruhy:

Šírka vozovky:  $w = 6,1 \text{ m} > 6 \text{ m} \rightarrow w_l = 3 \text{ m}$   
 Šírka návrhových zaťažovacích pruhov:  $w_l = 3 \text{ m}$   
 Počet návrhových zaťažovacích pruhov:  $n_1 = 2$   
 Šírka zvyšnej plochy:  $w_r = w - n_1 \cdot w_l = 6,1 - 2 \cdot 3 = 0,1 \text{ m}$

Zaťažovací model LM1 sa skladá z dvoch čiastkových systémov: zo systému dvojnápravových vozidiel (Tandemový systém: TS) a z rovnomerného spojitého zaťaženia (UDL). V osi zaťažovacieho pruhu č. 1 sa pohybuje 60 tonové dvojnápravové vozidlo, v osi zaťažovacieho pruhu č. 2 vozidlo hmotnosti 40 ton. V pruhu č. 1 sa počíta navyše rovnomerné zaťaženie 9 kN/m<sup>2</sup>, v pruhu č. 2 a na zvyšnej ploche 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Dotyková plocha kola má rozmery 0,4x0,4 m. Hodnoty zaťaženia sú vynásobené kategorizačným súčiniteľom pre cestu III. triedy.

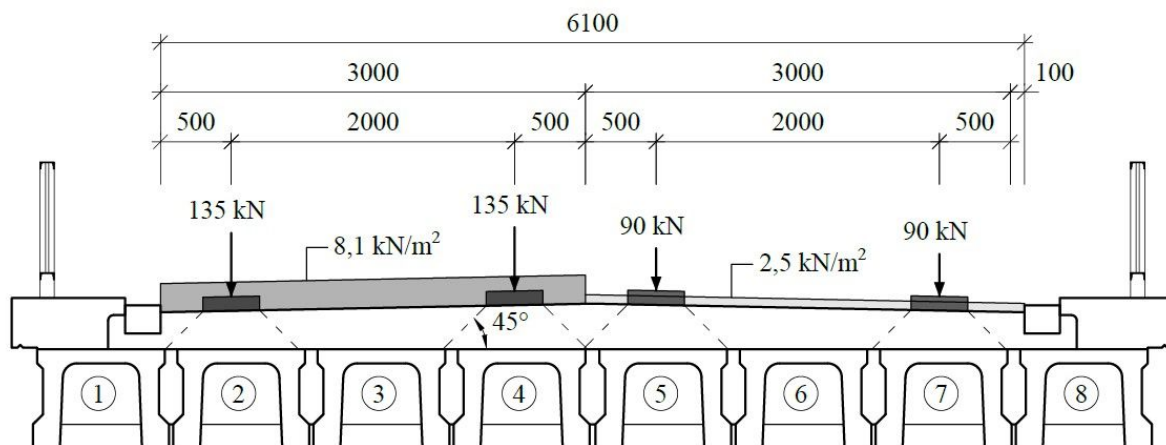
Systém	ZP	Zaťaženie			Kategorizačný súčiniteľ		Výsledný účinok		
TS	1	$Q_{1k}$	300	kN	$\alpha_{Q1}$	0,9	$\alpha_{Q1} Q_{1k}$	270	kN
	2	$Q_{2k}$	200		$\alpha_{Q2}$	0,9	$\alpha_{Q2} Q_{2k}$	180	
UDL	1	$q_{1k}$	9,0	kN/m <sup>2</sup>	$\alpha_{q1}$	0,9	$\alpha_{q1} q_{1k}$	8,1	kN/m <sup>2</sup>
	2	$q_{2k}$	2,5		$\alpha_{q2}$	1	$\alpha_{q2} q_{2k}$	2,5	
	R	$q_{rk}$	2,5		$\alpha_{qr}$	1	$\alpha_{qr} q_{rk}$	2,5	

Tabuľka 1: Hodnoty zaťaženia pre LM1

Nápravové sily sa zadávajú ako plošné rovnomerné zaťaženia na dosku priestorového modelu. Počíta sa s roznášaním kolesových síl pod uhlom 45° do hĺbky 0,3 m pod niveletou vozovky. Roznášacia šírka má veľkosť 1 m (0,3 + 0,4 + 0,3), roznášacia plocha je 1 m<sup>2</sup>.

Kolesová sila [kN]		Roznášacia plocha [m <sup>2</sup> ]	Plošné zaťaženie [kN/m <sup>2</sup> ]
$\frac{1}{2} \alpha_{Q1} Q_{1k}$	135	1	135
$\frac{1}{2} \alpha_{Q2} Q_{2k}$	90		90

Tabuľka 2: Plošné zaťaženie od kolesových síl pre LM1



Obrázok 11: Zaťaženie modelom LM1

V pozdĺžnom smere sú vozidlá tandemového systému umiestnené v strede rozpätia, navzájom posunuté vzhľadom na šikmosť mosta. Nosníky sú číslované od 1 do 8. Osová vzdialenosť náprav dvojnápravových vozidiel je 1,2 m. Budú vyšetrené dve usporiadania zaťažovacích pruhov. V prvom usporiadaní bude zaťažovací pruh č. 1 na ľavej strane mosta v druhom na pravej strane mosta. Vypočíta sa obálka vnútorných síl.

### 3.4.2. Zaťaženie na jednu nápravu - LM2

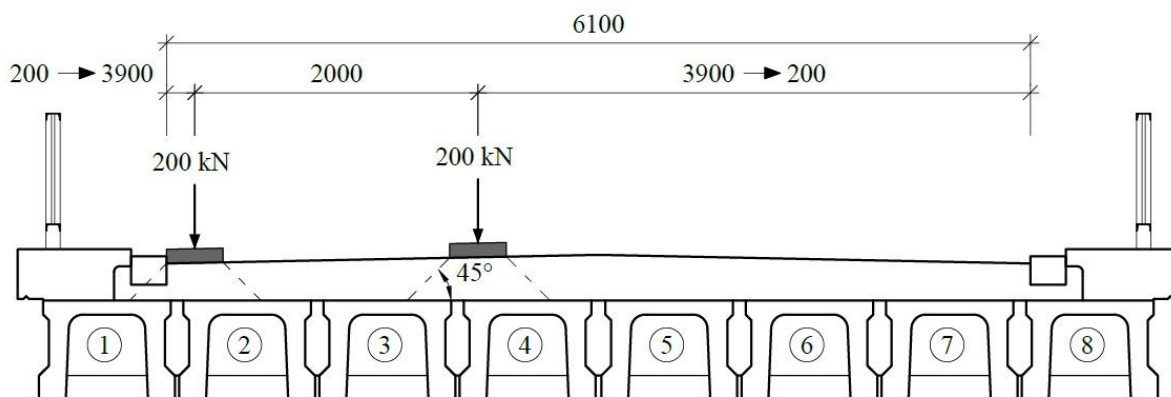
Zaťažovací model LM2 je zložený z jednonápravového zaťaženia s tiažou 400 kN vrátane dynamických prírastkov. Dotyková plocha kolesa má rozmery 0,4 x 0,4 m. Hodnota zaťaženia je vynásobená kategorizačným súčiniteľom v súlade s STN EN 1991-2/NA článok NA.2.14. Tento model sa používa v ľubovoľnej polohe na vozovke medzi zvýšenými obrubníkmi. Dotyková plocha kolesa je v súlade s STN EN 1991-2/NA čl. NA.2.15. V pozdĺžnom smere je náprava umiestnená v strede rozpätia poľa. Roznášacia plocha kolesovej sily je 1 m².

Nápravová sila:  $Q_{ak} = 400 \text{ kN}$

Kategorizačný súčiniteľ:  $\beta_Q = 1,0$

Sila na jedno koleso:  $\frac{1}{2} \cdot \beta_Q \cdot Q_{ak} = 200 \text{ kN}$

Plošné zaťaženie od kolesovej sily:  $200 \text{ kN/m}^2$



Obrázok 12: Zaťaženie modelom LM2

Pre rôzne polohy nápravy v priečnom smere sa vypočíta obálka vnútorných síl.

### 3.4.3. Výhradné zaťaženie - LM3 (ZV 900/150)

Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1). Jedná sa o šesťnápravové vozidlo hmotnosti 90 ton. Pre zvláštne vozidlo 900/150 sa uvažuje podľa STN EN 1991-2 čl. A.3 (5) dynamický súčiniteľ.

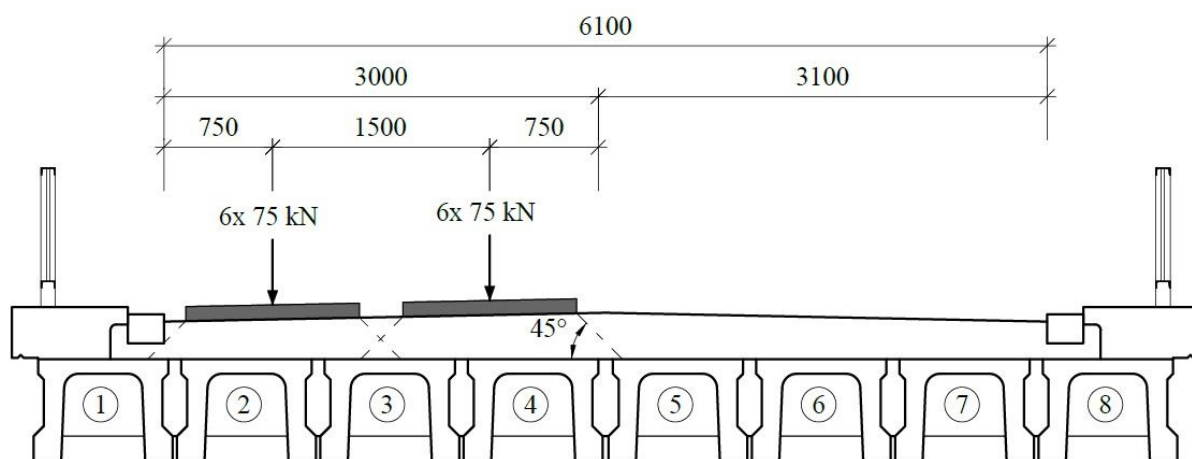
$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500} = 1,40 - \frac{14,42}{500} \cong 1,37$$

Ovplyvnená dĺžka:  $L = 14,42$  m

Dotyková plocha kolesa má rozmery 0,15x1,20 m. Zvláštne vozidlo 900/150 sa pohybuje v osi zaťažovacieho pruhu č. 1. Kolesové sily sa roznášajú pod uhlom 45° do hĺbky 0,3 m. Roznášacia šírka v priečnom smere je 1,8 m (0,3 + 1,2 + 0,3), v pozdĺžnom smere je 0,75 m (0,3 + 0,15 + 0,3). Roznášacia plocha je potom 1,35 m<sup>2</sup>.

Kolesová sila [kN]		Roznášacia plocha [m <sup>2</sup> ]	Plošné zaťaženie [kN/m <sup>2</sup> ]
900/12	75	1,35	55,56

Tabuľka 3: Plošné zaťaženie od kolesovej sily pre LM3 - 900/150



Obrázok 13: Zaťaženie modelom LM3 - 900/150

V pozdĺžnom smere je toto vozidlo umiestnené v strede rozpätia. Osová vzdialenosť náprav vozidla je 1,5 m. Budú vyšetrené dve usporiadania zaťažovacích pruhov. V prvom usporiadaní bude zaťažovací pruh so šesťnápravovým vozidlom na ľavej strane mosta v druhom na pravej strane mosta. Na obrázku č. 13 je uvedené prvé usporiadanie pruhov. Vypočíta sa obálka vnútorných síl.

### 3.4.4. Výnimočné zaťaženie - LM3 (ZV 3000/240)

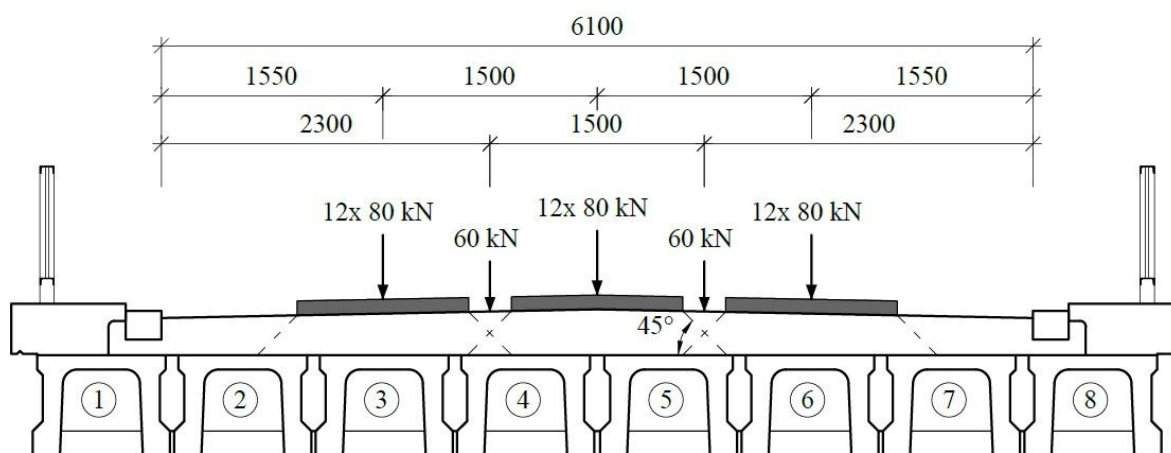
Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1).

Jedná sa o trinásťnápravové vozidlo hmotnosti 300 ton. Prvá náprava s dvomi kolesami je zaťažená hmotnosťou 12 ton, ostatné nápravy s tromi kolesami sú zaťažené hmotnosťou 24 ton. Zvláštne vozidlo 3000/240 ako jediné vozidlo na moste, sa pohybuje v osi vozovky s dovolenou excentricitou 0,3 m. Dynamické účinky sa nezohľadňujú. Dotyková plocha kolesa má rozmery 0,15x1,2 m. Osová vzdialenosť náprav je 1,5 m. Roznášacia šírka v priečnom smere je 1,8 m, v pozdĺžnom smere je 0,75 m. Roznášacia plocha je 1,35 m<sup>2</sup>.

Kolesová sila [kN]			Roznášacia plocha [m <sup>2</sup> ]	Plošné zaťaženie [kN/m <sup>2</sup> ]
1. náprava	$\frac{120}{2}$	60	1,35	44,44
ostatné nápravy	$\frac{2880}{36}$	80		59,26

Tabuľka 4: Plošné zaťaženie od kolesovej sily pre LM3 - 3000/240

Boli postavené tri polohy výnimočného zaťaženia. Jedna poloha centricky k osi mosta, a dve polohy s excentricitou 0,3 m od osi mosta.



Obrázok 14: Zaťaženie modelom LM3 - 3000/240

Na jedno pole sa zmestí 10 náprav. V pozdĺžnom smere je toto vozidlo umiestnené v strede rozpätia tak, aby 10 náprav s tromi kolesami vyvodili čo najväčší účinok. V priečnom smere budú vyšetrené tri polohy vozidla. Jedna poloha bude centrická a dve polohy s excentricitou 0,3 m od osy mosta na ľavú/pravú stranu mosta. Na obrázku č. 14 je uvedená centrická poloha vozidla voči osi mosta. Vypočíta sa obálka vnútorných síl.



## 4. VNÚTORNÉ SILY

Účinky od vlastnej tiaže a od predpätie boli vypočítané na prútovom modeli, ostatné zaťaženia na priestorovom modeli.

Zaťažovací stav	Popis	V strede rozpätia	
		N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]
VT	Vlastná tiaž	0	225
P	Predpätie	-2404	-612

Tabuľka 5: Vnútorne sily na prútovom modeli

Vnútorne sily od predpätia jednotlivých káblov sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Číslo kábla	V strede rozpätia	
	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]
1, 1'	-275	-72
2, 2'	-275	-94
3, 3'	-273	-72
4, 4'	-273	-93
5, 5'	-106	25

Tabuľka 6: Vnútorne sily od predpätia káblov

ZS	ST		LM1 TS + UDL		LM2		LM3 900/150		LM3 3000/240	
Nosník č.	N	M <sub>y</sub>	N	M <sub>y</sub>	N	M <sub>y</sub>	N	M <sub>y</sub>	N	M <sub>y</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
1	69	233	-306	449	-43	319	-288	416	-635	373
2	-5	226	42	573	52	331	94	481	-96	540
3	-29	219	139	587	75	290	293	481	321	670
4	-34	218	271	624	161	272	220	398	503	724
5	-34	218	271	624	161	272	220	398	503	724
6	-29	219	139	587	75	290	293	481	321	670
7	-5	226	42	573	52	331	94	481	-96	540
8	69	233	-306	449	-43	319	-288	416	-635	373

Tabuľka 7: Vnútorne sily na priestorovom modeli

Pozn.: ZS = zaťažovací stav

ST = stále zaťaženie celkom (zálievka, rímša, obrubník, zábradlie a vozovka)

## 5. NORMÁLOVÉ NAPÄTIE

Normálové napätia v hornom a v dolnom vlákne prierezu nosníka Vloššák svetlosti 14 m sú vypočítané z vnútorných síl a z prierezových charakteristík nasledovne:

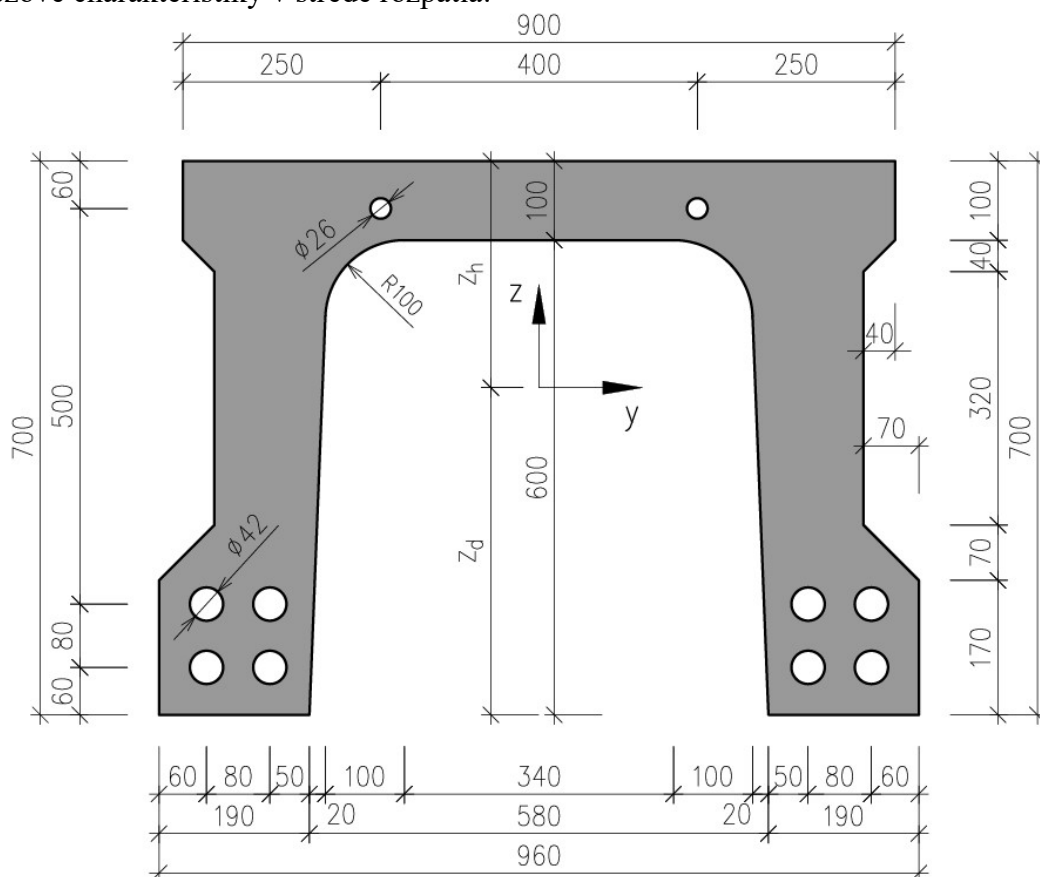
Napätie v dolnom vlákne prierezu:

$$\sigma_d = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_{y,d}}$$

Napätie v hornom vlákne prierezu:

$$\sigma_h = \frac{N}{A} - \frac{M_y}{W_{y,h}}$$

Prierezové charakteristiky v strede rozpätia:



Obrázok 15: Prierez oslabený káblovými kanálikmi

Prierez:		Neoslabený	Oslabený
$A$	$[m^2]$	0,2826	0,2704
$I_y$	$[m^4]$	0,01456	0,01343
$z_d$	$[m]$	0,4021	0,4135
$z_h$	$[m]$	0,2979	0,2865
$W_{y,d}$	$[m^3]$	0,03621	0,03248
$W_{y,h}$	$[m^3]$	0,04888	0,04688

Tabuľka 8: Charakteristiky oslabeného a neoslabeného prierezu

Pre výpočet normálových napätí budú použité charakteristiky oslabeného prierezu.

Zaťažovací stav	Popis	Napätie v strede rozpätia	
		$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]
VT	Vlastná tiaž	6,93	-4,80
P	Predpätie	-27,73	4,17
VT + P	Vlastná tiaž a predpätie	-20,81	-0,63

Tabuľka 9: Normálové napätie v strede rozpätia od vlastnej tiaže a predpätia

ZS	ST		LM1 TS + UDL		LM2		LM3 900/150		LM3 3000/240	
Nosník č.	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	7,43	-4,72	12,69	-10,71	9,66	-6,96	11,74	-9,94	9,14	-10,31
2	6,94	-4,84	17,80	-12,07	10,38	-6,87	15,16	-9,91	16,27	-11,87
3	6,64	-4,78	18,59	-12,01	9,21	-5,91	15,89	-9,18	21,82	-13,11
4	6,59	-4,78	20,21	-12,31	8,97	-5,21	13,07	-7,68	24,15	-13,58
5	6,59	-4,78	20,21	-12,31	8,97	-5,21	13,07	-7,68	24,15	-13,58
6	6,64	-4,78	18,59	-12,01	9,21	-5,91	15,89	-9,18	21,82	-13,11
7	6,94	-4,84	17,80	-12,07	10,38	-6,87	15,16	-9,91	16,27	-11,87
8	7,43	-4,72	12,69	-10,71	9,66	-6,96	11,74	-9,94	9,14	-10,31

Tabuľka 10: Normálové napätia v strede rozpätia nosníkov od stáleho a premenného zaťaženia

## 6. KOMBINÁCIE ZAŤAŽENÍ

Kombinácie zaťaženi pre medzný stav použiteľnosti boli postavené na základe pravidla pre charakteristickú kombináciu podľa STN EN 1990 A1 (Tabuľka A2.6). V tomto medznom stave bude posúdené splnenie podmienky obmedzenia ťahových napätí v priereze z predpätého betónu.

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj, sup} + \sum_{j \geq 1} G_{kj, inf} + "P" + "Q_{k,1}" + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Vlastná tiaž a stále zaťaženie pôsobia nepriaznivo. Pozn.:  $\varphi = 1,37$ .

C1	VT + P + ST
C2	VT + P + ST + LM1: TS+UDL
C3	VT + P + ST + LM2
C4	VT + P + ST + $\varphi \cdot$ LM3: 900/150
C5	VT + P + ST + LM3: 3000/240

Tabuľka 11: Popis kombinácií zaťaženi

	C1		C2		C3		C4		C5	
Nosník č.	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]
1	-13,38	-5,35	-0,68	-16,06	-3,71	-12,31	2,71	-18,97	-4,24	-15,66
2	-13,87	-5,47	3,93	-17,54	-3,48	-12,34	6,90	-19,06	2,41	-17,35
3	-14,17	-5,41	4,42	-17,42	-4,96	-11,32	7,60	-17,99	7,65	-18,52
4	-14,22	-5,41	6,00	-17,72	-5,25	-10,62	3,68	-15,93	9,93	-19,00
5	-14,22	-5,41	6,00	-17,72	-5,25	-10,62	3,68	-15,93	9,93	-19,00
6	-14,17	-5,41	4,42	-17,42	-4,96	-11,32	7,60	-17,99	7,65	-18,52
7	-13,87	-5,47	3,93	-17,54	-3,48	-12,34	6,90	-19,06	2,41	-17,35
8	-13,38	-5,35	-0,68	-16,06	-3,71	-12,31	2,71	-18,97	-4,24	-15,66

Tabuľka 12: Napätia od kombinácií zaťaženi C1 až C5



## 7. ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTA V BEZVADNOM STAVE

Obmedzenie napätia v priereze:

$$\text{pre betón triedy C 45/55: } \sigma_{min} \geq -27 \text{ MPa} = 0,6 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_{max} \leq 0 \text{ MPa} \rightarrow \text{plné predpätie}$$

### 7.1. Normálna zaťažiteľnosť

Normálna zaťažiteľnosť sa vypočíta pomocou faktoru zaťažiteľnosti iteráciou. Vypočíta sa násobok normového normálneho zaťaženia v kombinácii C2 tak, aby výsledné normálové napätie dosiahlo buď hodnotu  $\sigma_{min}$  v hornom vlákne prierezu, alebo hodnotu  $\sigma_{max}$  v dolnom vlákne prierezu.

Faktor normálnej zaťažiteľnosti:

$$F_z = 0,7034$$

Popis	C1		LM1		C1 + $F_z \cdot$ LM1	
	VT + P + ST		TS+UDL			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-13,38	-5,35	12,69	-10,71	-4,45	-12,88
2	-13,87	-5,47	17,80	-12,07	-1,35	-13,96
3	-14,17	-5,41	18,59	-12,01	-1,10	-13,86
4	-14,22	-5,41	20,21	-12,31	0,00	-14,07
5	-14,22	-5,41	20,21	-12,31	0,00	-14,07
6	-14,17	-5,41	18,59	-12,01	-1,10	-13,86
7	-13,87	-5,47	17,80	-12,07	-1,35	-13,96
8	-13,38	-5,35	12,69	-10,71	-4,45	-12,88

Tabuľka 13: Stav napätosti v nosníkoch pre normálne zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť:

$$W_{n,rep} = 320 \text{ kN}$$

Normálna zaťažiteľnosť [kN]:

$$W_n = F_z \cdot W_{n,rep}$$

$$W_n = 225 \text{ kN}$$

Normálna zaťažiteľnosť [t]:

$$V_n = \frac{W_n}{10} = \frac{225}{10} \Rightarrow 22 \text{ ton}$$

## 7.2. Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa vypočíta pomocou faktoru zaťažiteľnosti iteráciou. Vypočíta sa násobok normového zaťaženia jednou nápravou v kombinácii C3 tak, aby výsledné normálové napätie dosiahlo buď hodnotu  $\sigma_{min}$  v hornom vlákne prierezu, alebo hodnotu  $\sigma_{max}$  v dolnom vlákne prierezu.

Faktor zaťažiteľnosti na jednu nápravu:

$$K_{z,j} = 1,3354$$

Popis	C1		LM2		C1 + $K_{z,j}$ · LM2	
	VT + P + ST					
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-13,38	-5,35	9,66	-6,96	-0,47	-14,65
2	-13,87	-5,47	10,38	-6,87	0,00	-14,65
3	-14,17	-5,41	9,21	-5,91	-1,88	-13,30
4	-14,22	-5,41	8,97	-5,21	-2,24	-12,36
5	-14,22	-5,41	8,97	-5,21	-2,24	-12,36
6	-14,17	-5,41	9,21	-5,91	-1,88	-13,30
7	-13,87	-5,47	10,38	-6,87	0,00	-14,65
8	-13,38	-5,35	9,66	-6,96	-0,47	-14,65

Tabuľka 14: Stav napätosti v nosníkoch pre zaťaženie jednou nápravou

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu:  $W_{j,rep} = 400 \text{ kN}$

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu [kN]:  $W_j = K_{z,j} \cdot W_{j,rep}$

$$W_j = 534 \text{ kN}$$

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu [t]:

$$V_j = \frac{W_j}{10} = \frac{534}{10} \Rightarrow 53 \text{ ton}$$

### 7.3. Výhradná zaťažiteľnosť

Výhradná zaťažiteľnosť sa vypočíta pomocou faktoru zaťažiteľnosti iteráciou. Vypočíta sa násobok normového výhradného zaťaženia v kombinácii C4 tak, aby výsledné normálové napätie dosiahlo buď hodnotu  $\sigma_{min}$  v hornom vlákne prierezu, alebo hodnotu  $\sigma_{max}$  v dolnom vlákne prierezu. Dynamický súčiniteľ  $\varphi = 1,37$ .

Faktor výhradnej zaťažiteľnosti:

$$K_{z,r} = 0,6508$$

Popis	C1		LM3		C1 + $K_{z,r} \cdot \varphi \cdot$ LM3	
	VT + P + ST		900/150			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-13,38	-5,35	11,74	-9,94	-2,91	-14,21
2	-13,87	-5,47	15,16	-9,91	-0,35	-14,31
3	-14,17	-5,41	15,89	-9,18	0,00	-13,60
4	-14,22	-5,41	13,07	-7,68	-2,57	-12,26
5	-14,22	-5,41	13,07	-7,68	-2,57	-12,26
6	-14,17	-5,41	15,89	-9,18	0,00	-13,60
7	-13,87	-5,47	15,16	-9,91	-0,35	-14,31
8	-13,38	-5,35	11,74	-9,94	-2,91	-14,21

Tabuľka 15: Stav napätosti v nosníkoch pre výhradne zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť:

$$W_{r,rep} = 900 \text{ kN}$$

Výhradná zaťažiteľnosť [kN]:

$$W_r = K_{z,r} \cdot W_{r,rep}$$

$$W_r = 586 \text{ kN}$$

Výhradná zaťažiteľnosť [t]:

$$V_r = \frac{W_r}{10} = \frac{586}{10} \Rightarrow 58 \text{ ton}$$

## 7.4. Výnimočná zaťažiteľnosť

Výnimočná zaťažiteľnosť sa vypočíta pomocou faktoru zaťažiteľnosti iteráciou. Vypočíta sa násobok normového výnimočného zaťaženia v kombinácii C5 tak, aby výsledné normálové napätie dosiahlo buď hodnotu  $\sigma_{min}$  v hornom vlákne prierezu, alebo hodnotu  $\sigma_{max}$  v dolnom vlákne prierezu.

Faktor výnimočnej zaťažiteľnosti:

$$K_{z,e} = 0,5888$$

Popis	C1		LM3		C1 + $K_{z,e}$ · LM3	
	VT + P + ST		3000/240			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-13,38	-5,35	9,14	-10,31	-8,00	-11,42
2	-13,87	-5,47	16,27	-11,87	-4,29	-12,47
3	-14,17	-5,41	21,82	-13,11	-1,33	-13,13
4	-14,22	-5,41	24,15	-13,58	0,00	-13,41
5	-14,22	-5,41	24,15	-13,58	0,00	-13,41
6	-14,17	-5,41	21,82	-13,11	-1,33	-13,13
7	-13,87	-5,47	16,27	-11,87	-4,29	-12,47
8	-13,38	-5,35	9,14	-10,31	-8,00	-11,42

Tabuľka 16: Stav napätosti v nosníkoch pre výnimočné zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť:  $W_{e,rep} = 3000$  kN

Výnimočná zaťažiteľnosť [kN]:  $W_e = K_{z,e} \cdot W_{e,rep}$

$$W_e = 1766 \text{ kN}$$

Výnimočná zaťažiteľnosť [t]:

$$V_e = \frac{W_e}{10} = \frac{1766}{10} \Rightarrow 176 \text{ ton}$$

## 7.5. Záver

Zaťažiteľnosť nosnej konštrukcie mosta v prípade keby bol most v bezvadnom stave je nasledujúca:

Normálna zaťažiteľnosť:	22 ton
Zaťažiteľnosť na jednu nápravu:	53 ton
Výhradná zaťažiteľnosť:	58 ton
Výnimočná zaťažiteľnosť:	176 ton



## 8. ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTA V SKUTOČNOM STAVE

V rámci diagnostiky mosta, ktorá bola vykonaná v dňoch 26.IX., 27.IX a 18.X roku 2022, boli zistené poruchy, ktoré treba zohľadniť pri určení skutočnej zaťažiteľnosti mosta.

U krajných nosníkov v prvom poli boli zistené obnažené, silne skorodované drôty predpínacích káblov vplyvom odlamovania betónovej krycej vrstvy káblových kanálikov z krepovaných rúr. V jednom kábli boli nájdené aj pretrhnuté drôty v počte min. 3 ks. Drôty priemeru Ø4,5 mm boli skorodované až na priemer Ø2 mm. Stav krajných nosníkov je dokumentovaný v textovej a vo výkresovej časti diagnostiky.



*Obrázok 16: Porucha predpínacích káblov krajného nosníka*



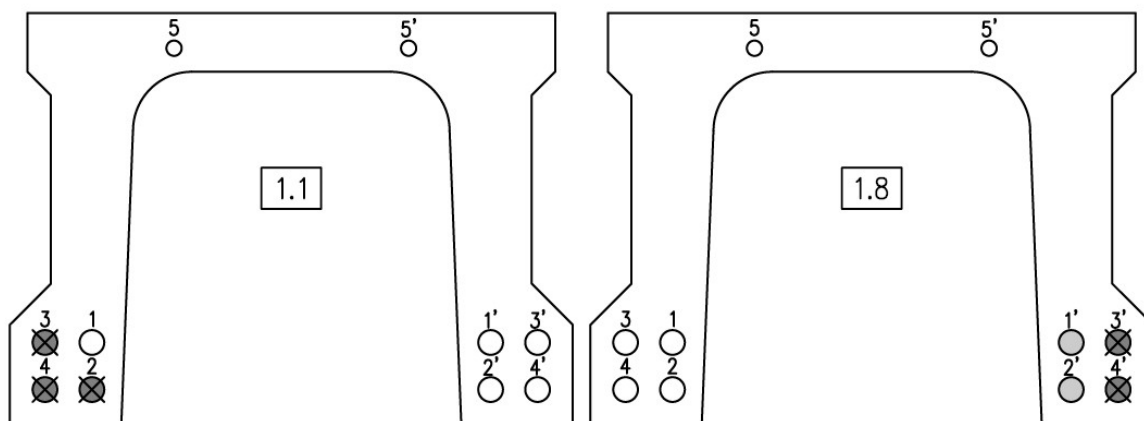


*Obrázok 17: Miera korózie predpínacích drôtov*



*Obrázok 18: Pretrhnutý drôt v hornom kábli*

U nosníku č. 1.1 (pole č. 1, krajný nosník na ľavej strane mosta) boli nájdené tri poškodené káble, konkrétne sa jedná o káble č. 2, 3 a 4. U týchto káblov sa počíta ďalej s absenciou predpínacej sily. U nosníku č. 1.8 (pole č. 1, krajný nosník na pravej strane mosta) boli nájdené štyri poškodené káble, z ktorých káble č. 1' a 2' boli menej poškodené ako káble 3' a 4'. U káblov č. 1' a 2' sa počíta so znížením predpätia na 50%, u káblov č. 3' a 4' s absenciou predpínacej sily.



Obrázok 19: Označenie porušených káblov

Vnútorne sily a normálové napätia od predpätia pre tieto nosníky:

Číslo kábla	Nosník č. 1		Nosník č. 8	
	N [kN]	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]
1	-275	-72	-275	-72
2	0	0	-275	-94
3	0	0	-273	-72
4	0	0	-273	-93
5	-106	25	-106	25
1'	-275	-72	-137,5	-36
2'	-275	-94	-137,5	-47
3'	-273	-72	0	0
4'	-273	-93	0	0
5'	-106	25	-106	25
$\Sigma$	-1583	-353	-1583	-364

Tabuľka 17: Vnútorne sily od predpätia v poškodených nosníkoch

Nosník č.	Napätie v strede rozpätia	
	$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]
1	-16,72	1,68
8	-17,06	1,91

Tabuľka 18: Normálové napätie od predpätia v poškodených nosníkoch



Kombinácia zaťažení C1 pre tieto nosníky:

Nosník č.		Napätie v strede rozpätia	
		$\sigma_d$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]
1	VT	6,93	-4,80
	P	-16,72	1,68
	ST	7,43	-4,72
	C1 = VT + P + ST	-2,36	-7,84
8	VT	6,93	-4,80
	P	-17,06	1,91
	ST	7,43	-4,72
	C1 = VT + P + ST	-2,70	-7,61

Tabuľka 19: Normálové napätie pre kombináciu zaťaženia C1 v poškodených nosníkoch

### 8.1. Normálna zaťažiteľnosť pre krajné nosníky

Faktor normálnej zaťažiteľnosti:

$$F_z = 0,1864$$

Popis	C1		LM1		C1 + $F_z \cdot$ LM1	
	VT + P + ST		TS+UDL			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-2,36	-7,84	12,69	-10,71	0,00	-9,84
8	-2,70	-7,61	12,69	-10,71	-0,33	-9,60

Tabuľka 20: Stav napätosti v krajných nosníkoch pre normálne zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť:

$$W_{n,rep} = 320 \text{ kN}$$

Normálna zaťažiteľnosť [kN]:

$$W_n = F_z \cdot W_{n,rep}$$

$$W_n = 60 \text{ kN}$$

Normálna zaťažiteľnosť [t]:

$$V_n = \frac{W_n}{10} = \frac{60}{10} = 6 \text{ ton}$$

## 8.2. Zaťažiteľnosť na jednu nápravu pre krajné nosníky

Faktor zaťažiteľnosti na jednu nápravu:

$$K_{z,j} = 0,2449$$

Popis	C1		LM2		C1 + $K_{z,j} \cdot$ LM2	
	VT + P + ST					
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-2,36	-7,84	9,66	-6,96	0,00	-9,54
8	-2,70	-7,61	9,66	-6,96	-0,34	-9,31

Tabuľka 21: Stav napätosti v krajných nosníkoch pre zaťaženie jednou nápravou

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu:  $W_{j,rep} = 400$  kN

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu [kN]:  $W_j = K_{z,j} \cdot W_{j,rep}$

$$W_j = 98 \text{ kN}$$

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu [t]:

$$V_j = \frac{W_j}{10} = \frac{98}{10} \cong 10 \text{ ton}$$

## 8.3. Výhradná zaťažiteľnosť pre krajné nosníky

Faktor výhradnej zaťažiteľnosti:

$$K_{z,r} = 0,1471$$

Popis	C1		LM3		C1 + $K_{z,r} \cdot \varphi \cdot$ LM3	
	VT + P + ST		900/150			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-2,36	-7,84	11,74	-9,94	0,00	-9,84
8	-2,70	-7,61	11,74	-9,94	-0,34	-9,61

Tabuľka 22: Stav napätosti v krajných nosníkoch pre výhradné zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť:  $W_{r,rep} = 900$  kN

Výhradná zaťažiteľnosť [kN]:  $W_r = K_{z,r} \cdot W_{r,rep}$

$$W_r = 132 \text{ kN}$$

Výhradná zaťažiteľnosť [t]:

$$V_r = \frac{W_r}{10} = \frac{132}{10} \cong 13 \text{ ton}$$

#### 8.4. Výnimočná zaťažiteľnosť pre krajné nosníky

Faktor výnimočnej zaťažiteľnosti:

$$K_{z,e} = 0,259$$

Popis	C1		LM3		C1 + $K_{z,e}$ · LM3	
	VT + P + ST		3000/240			
Nosník	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$	$\sigma_d$	$\sigma_h$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	-2,36	-7,84	9,14	-10,31	0,00	-10,51
8	-2,70	-7,61	9,14	-10,31	-0,34	-10,27

Tabuľka 23: Stav napätosti v krajných nosníkoch pre výnimočné zaťaženie

Tiaž reprezentatívneho vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť:  $W_{e,rep} = 3000$  kN

Výnimočná zaťažiteľnosť [kN]:

$$W_e = K_{z,e} \cdot W_{e,rep}$$

$$W_e = 777 \text{ kN}$$

Výnimočná zaťažiteľnosť [t]:

$$V_e = \frac{W_e}{10} = \frac{777}{10} \cong 78 \text{ ton}$$

#### 8.5. Vplyv podomletia základu piliera na zaťažiteľnosť mosta

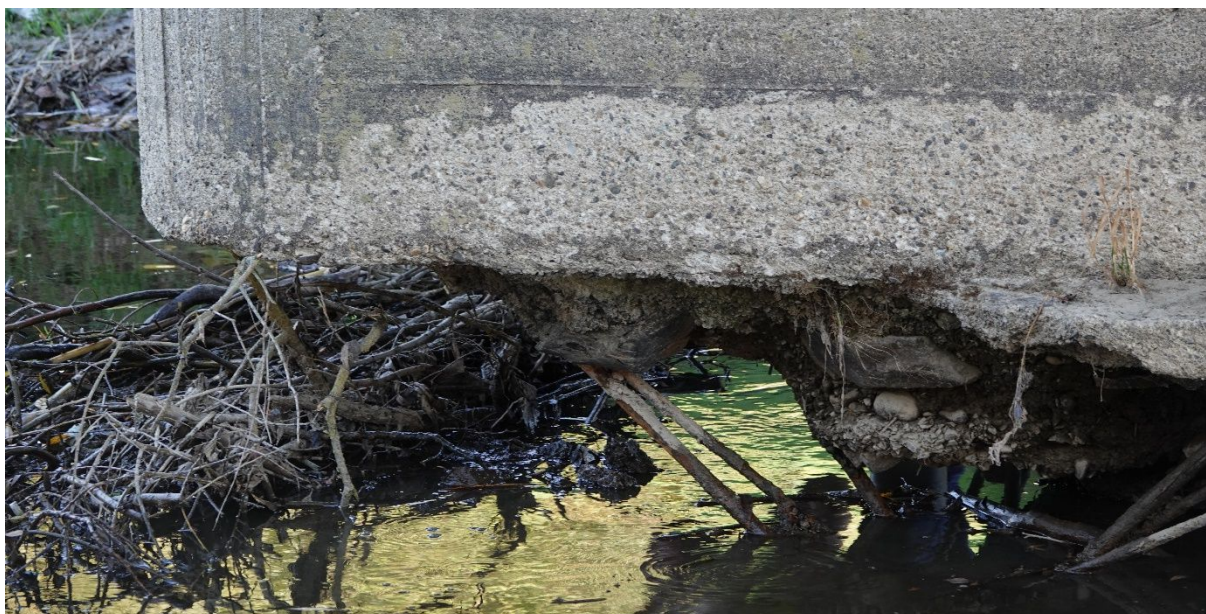
Založenie piliera je riešené základovým pásom s ôsmimi pilótami. Šírka základového pásu je 1,8 m, dĺžka 9,5 m a jeho predpokladaná výška je 1 m. Základový pás je podopretý 16-mi železobetónovými pilótami (2x8) štvorcového prierezu so stranou 25 cm. Predpokladaná dĺžka pilót je 6 m. Pilóty sú vystužené ôsmimi vložkami, 4 ks Ø25 na rohoch a 4 ks Ø20 na stranách. Geometria základu piliera je zdokumentovaná vo výkresovej časti diagnostiky.

Vplyvom erozívneho pôsobenia prúdiacej vody došlo k podomletiu základového pásu na ľavej strane mosta v dĺžke cca. 3 m. Zo 16-ich pilót, najmenej štyri krajné pilóty nespĺnia svoju úlohu, tzn. neprenášajú zaťaženie z piliera do základovej pôdy. Hlavy pilót sú odkryté, trčia z nich voľne skorodované výstuže.



Obrázok 20: Pohľad na podomletý základ piliera



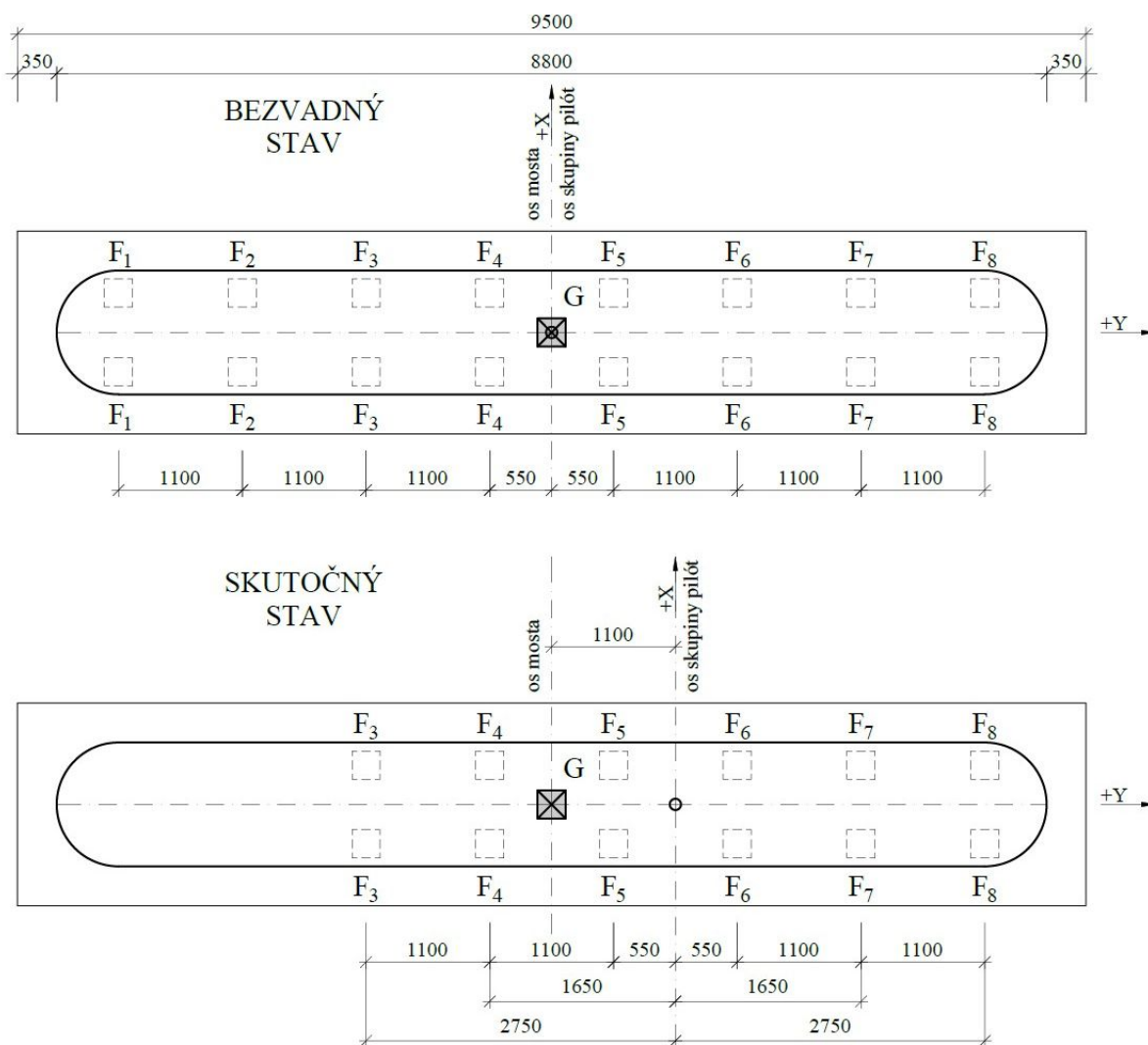


Obrázok 21: Detail podomletého základového pásu



Obrázok 22: Pohľad na odkrytú hlavu pilóty

Nakoľko v prípade základovej konštrukcie piliera je príliš veľa neznámych parametrov (skladba podložia, skutočná dĺžka pilót, kvalita betónu a skutočný stav základovej konštrukcie pod zemou) stanovenie únosnosti a stability základu je obtiažné. Napriek tomu sa dá urobiť orientačný porovnávací výpočet prerozdelenia síl pôsobiacich na pilóty v prípade, že sa mení počet nosných pilót zo 16 na 12 ks. Z hľadiska stability, nakoľko doprava na moste sa dá presmerovať priečne smerom na pravú stranu pre zvýšenie stability za predpokladu obmedzenia hmotnosti vozidiel, rozhoduje pôsobenie vlastnej tiaže a stáleho zaťaženia. Toto zaťaženie pôsobí v každom prípade centricky voči osi mosta, výslednica tejto sily „G“ bude pôsobiť v osi mosta. Sily pôsobiace v pilótach sú označené od „F<sub>1</sub>“ do „F<sub>8</sub>“, pričom sily v pilótach, ktoré sú v jednom stĺpci, sa považujú za rovnaké. Šikmosť mosta sa zanedbáva.



Obrázok 23: Schéma statického pôsobenia vlastnej tiaže na pilóty v bezvadnom a v skutočnom stave

Ohybová tuhosť pilóty je zanedbateľná voči ohybovej tuhosti základového pásu, dá sa predpokladať kĺbové spojenie v hlave pilóty. Pre orientáciu sú v nasledujúcej tabuľke vyčíslené výslednice síl od vlastnej tiaže a od stáleho zaťaženia.

$n$	Popis	$G_n$ [kN]
1	Vlastná tiaž nosnej konštrukcie:	1058
2	Stále zaťaženie nosnej konštrukcie:	1052
3	Vlastná tiaž úložného prahu piliera:	299
4	Vlastná tiaž drieku piliera:	565
5	Vlastná tiaž základového pásu:	428
$G = \sum_{n=1}^5 G_n$		3402

Tabuľka 24: Výslednica stálych zaťažení a vlastnej tiaže pôsobiace na skupinu pilót

V prípade bezvadného stavu mosta, od centrického zaťaženia pôsobia na pilóty rovnaké sily:

$$F_i = \frac{G}{16} = \frac{3402}{16} \cong 213 \text{ kN}$$

V prípade skutočného stavu mosta, keď vyberieme štyri krajné pilóty „F<sub>1</sub>“ a „F<sub>2</sub>“ zo skupiny nosných pilót, celkovú vlastnú tiaž a stále zaťaženie musí preniesť 12 pilót, a navyše vplyvom posunutiu osi skupiny pilót od osi mosta, toto zaťaženie už bude pôsobiť s excentricitou 1,1 m.

$$F_i = \frac{G}{12} + \frac{G \cdot e_G \cdot e_i}{2 \cdot \sum_{i=3}^8 e_i^2}$$

$i$  ... číslo pilóty

$e_G = -1,1 \text{ m}$  ... excentricita zaťaženia od osi skupiny pilót

$e_i$  ... excentricita pilóty od osi skupiny pilót

$$2 \cdot \sum_{i=3}^8 e_i^2 = 2 \cdot [(-2,75)^2 + (-1,65)^2 + (-0,55)^2 + 0,55^2 + 1,65^2 + 2,75^2]$$

$$2 \cdot \sum_{i=3}^8 e_i^2 = 42,35 \text{ m}^2$$

$$F_i = \frac{3402}{12} + \frac{3402 \cdot (-1,1) \cdot e_i}{42,35} = 283,5 - 88,36 \cdot e_i$$

Sily pôsobiace na jednotlivé pilóty od vlastnej tiaže a od stálych zaťažení, v prípade vyradenia krajných štyroch pilót z únosnosti, sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

$i$	$e_i \text{ [m]}$	$F_i \text{ [kN]}$
3	-2,75	527
4	-1,65	429
5	-0,55	332
6	0,55	235
7	1,65	138
8	2,75	41

Tabuľka 25: Sily na pilóty od vlastnej tiaže a stálych zaťažení

Je vidieť, že pri vyradení štyroch pilót z únosnosti, pôvodné zvislé zaťaženie na jednu pilótu veľkosti 213 kN sa zvýši v prípade susednej pilóty „F<sub>3</sub>“ na 527 kN, čo je  $\cong 2,5$  násobok zaťaženia bez prítomnosti dopravy.

Užitočná informácia môže byť ešte prítiaženie pilót dopravou, na ktoré premenné zaťaženie bol most pôvodne navrhnutý. Nakoľko most bol postavený v roku 1964, zaťaženie dopravou sa bude počítat podľa normy ČSN 73 6202: 1953 – Zatížení a statický výpočet mostů.

Mosty z prefabrikovaných nosníkov Vloššák boli obecné navrhované na zaťažovaciu triedu A, takže budeme počítať s touto triedou. Šírka chodníka  $s = 0,75$  m, rozpätie poľa  $l \cong 14,4$  m. Dynamický súčiniteľ pre pohyblivé zaťaženie  $\delta = 1,25$ . Šírka vozovky  $B = 6,1$  m. V norme sa uvažuje s tromi zaťažovacími prípadmi.

- 1) Ideálne nápravové zaťaženie veľkosti 150 kN s rozchodom kolies  $r = 1,5$  m, ktoré sa pohybuje medzi zvýšenými obrubníkmi a súčasne rovnomerné zaťaženie chodníkov  $\bar{q} = 6$  kN/m<sup>2</sup>. Šírka kola nápravy  $k = 0,5$  m.
- 2) Ideálne pásové vozidlo šírky  $b = 3$  m celkovej hmotnosti 60 ton medzi zvýšenými obrubníkmi a súčasne rovnomerné zaťaženie chodníkov 6 kN/m<sup>2</sup>.
- 3) Rovnomerné zaťaženie medzi zvýšenými obrubníkmi a na chodníkoch 6 kN/m<sup>2</sup> a priamkové zaťaženie  $p = 30$  kN naprieč mosta medzi zvýšenými obrubníkmi.

Najväčšie zaťaženie pilót dosiahneme vtedy, keď (nápravové zaťaženie / pásové vozidlo / priamkové zaťaženie) umiestnime nad pilier v pozdĺžnom smere, pričom (nápravové zaťaženie / pásové vozidlo) sa budú nachádzať pri obrubníku v priečnom smere. Pre rovnomerné zaťaženie berieme dĺžku zaťažovaného úseku 15 m (rozpätie poľa).

Pre jednotlivé zaťažovacie prípady boli vypočítané výslednice účinkov zaťažení „Q“ a „M“ na skupinu 16-ich pilót, kde „Q“ reprezentuje výslednú zvislú silu a „M“ ohybový moment, ktorý vzniká excentrickým pôsobením sily „Q“ na ramene „e“ voči osi mosta.

1)

a) Ideálne nápravové zaťaženie:

$$Q_{INZ} = 150 \text{ kN}$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{r}{2} - \frac{k}{2} = \frac{6,1-1,5-0,5}{2} = 2,05 \text{ m}$$

$$M_{INZ} = Q_{INZ} \cdot e = 150 \cdot 2,05 = 307,5 \text{ kNm}$$

b) Rovnomerné zaťaženie chodníka:

$$Q_{CH} = \bar{q} \cdot l \cdot s = 6 \cdot 14,4 \cdot 0,75 = 64,8 \text{ kN}$$

$$e = \frac{B}{2} + \frac{s}{2} = \frac{6,1+0,75}{2} = 3,425 \text{ m}$$

$$M_{CH} = Q_{CH} \cdot e = 64,8 \cdot 3,425 = 221,9 \text{ kNm}$$

$$Q_1 = Q_{INZ} + Q_{CH} = 150 + 64,8 = 214,8 \text{ kN}$$

$$M_1 = M_{INZ} + M_{CH} = 307,5 + 221,9 = 529,4 \text{ kNm}$$

2)

a) Ideálne pásové vozidlo:

$$Q_{IPV} = 600 \text{ kN}$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} = \frac{6,1-3}{2} = 1,55 \text{ m}$$

$$M_{IPV} = Q_{IPV} \cdot e = 600 \cdot 1,55 = 930 \text{ kNm}$$

b) Rovnomerné zaťaženie chodníka:

$$Q_{CH} = 64,8 \text{ kN}$$

$$M_{CH} = 221,9 \text{ kNm}$$

$$Q_2 = Q_{IPV} + Q_{CH} = 600 + 64,8 = 664,8 \text{ kN}$$

$$M_2 = M_{IPV} + M_{CH} = 930 + 221,9 = 1151,9 \text{ kNm}$$



3)

- a) Rovnomerné zaťaženie vozovky:  $Q_V = \bar{q} \cdot l \cdot \frac{B}{2} = 6 \cdot 14,4 \cdot \frac{6,1}{2} = 263,5 \text{ kN}$   
 $e = \frac{B}{4} = \frac{6,1}{4} = 1,525 \text{ m}$   
 $M_V = Q_V \cdot e = 263,5 \cdot 1,525 \cong 401,8 \text{ kNm}$
- b) Priamkové zaťaženie:  $Q_{PZ} = p \cdot \frac{B}{2} = 30 \cdot \frac{6,1}{2} = 91,5 \text{ kN}$   
 $e = \frac{B}{4} = \frac{6,1}{4} = 1,525 \text{ m}$   
 $M_{PZ} = Q_{PZ} \cdot e = 91,5 \cdot 1,525 \cong 139,5 \text{ kNm}$
- c) Rovnomerné zaťaženie chodníka:  $Q_{CH} = 64,8 \text{ kN}$   
 $M_{CH} = 221,9 \text{ kNm}$
- $Q_3 = Q_V + Q_{PZ} + Q_{CH} = 263,5 + 91,5 + 64,8 = 419,8 \text{ kN}$   
 $M_3 = M_V + M_{PZ} + M_{CH} = 401,8 + 139,5 + 221,9 = 763,2 \text{ kNm}$

Vypočítané účinky od dopravy vyvodlia prídavné návrhové zaťaženie 16-ich pilót nasledovne:

$$F_i = \frac{Q_k}{16} + \frac{M_k \cdot e_i}{2 \cdot \sum_{i=1}^8 e_i^2}$$

$i$  ... číslo pilóty

$k$  ... zaťažovací prípad

$e_i$  ... excentricita pilóty od osi skupiny pilót

$$2 \cdot \sum_{i=1}^8 e_i^2 = 2 \cdot [(-3,85)^2 + (-2,75)^2 + (-1,65)^2 + (-0,55)^2 + 0,55^2 + 1,65^2 + 2,75^2 + 3,85^2]$$

$$2 \cdot \sum_{i=1}^8 e_i^2 = 101,64 \text{ m}^2$$

$F_{i,k} [\text{kN}]$		$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
		$Q_1 = 214,8 \text{ kN}$	$Q_2 = 664,8 \text{ kN}$	$Q_3 = 419,8 \text{ kN}$
$e_i [m]$	$i$	$M_1 = 529,4 \text{ kNm}$	$M_2 = 1151,9 \text{ kNm}$	$M_3 = 763,2 \text{ kNm}$
-3,85	1	-7	-2	-3
-2,75	2	-1	10	6
-1,65	3	5	23	14
-0,55	4	11	35	22
0,55	5	16	48	30
1,65	6	22	60	39
2,75	7	28	73	47
3,85	8	33	85	55

Tabuľka 26: Príťaženie pilót dopravou z doby návrhu mosta

Z tabuľky je zrejmé, že najväčšie priťaženie pilóty vzniká pri excentrickom zaťažení ideálnym pásovým vozidlom vrátane zaťaženia chodníka (bez dynamického súčiniteľa). Konečne sme sa dostali k tomu, približne na akú maximálnu zvislú silu by mala byť navrhnutá pilota, ktorá je:

$$F_{max} = \frac{G}{16} + \delta \cdot \max(F_{i,k})$$

$$F_{max} = \frac{3402}{16} + 1,25 \cdot 85 \cong 319 \text{ kN}$$

Najväčší vypočítaný silový účinok na pilóty podmytého základu piliera:  $F_i = 527 \text{ kN}$

Návrhové zaťaženie pilóty:  $F_{max} = 319 \text{ kN}$

Preťaženie pilót podmytého základu v existujúcom stave iba pri pôsobení vlastnej tiaže mosta a stáleho zaťaženia:

$$\eta = \frac{F_i}{F_{max}} = \frac{527}{319} = 165 \%$$

Nakoľko nie je známy stupeň bezpečnosti, ktorý používali pri návrhu, ďalej nie sú známe fyzikálno-mechanické vlastnosti podložia a na základe výpočtu, že pilóty v skutočnom stave sú preťažené už bez prítomnosti dopravného zaťaženia, dá sa vyhlásiť havarijný stav mosta zo statického hľadiska.

## 9. ZÁVER

Tento statický posudok bol spracovaný na základe parametrov získaných z diagnostiky mosta z roku 2022 a na základe typového podkladu „Normácie cestných mostov z predpätého betónu“ – systém Vloššák z roku 1956.

Na základe všetkých zistených údajov o moste bola vypočítaná normová zaťažiteľnosť hlavnej nosnej konštrukcie mosta v súlade s STN EN 1990, STN EN 1991-2 a technickým predpisom TP 02/2016 vydaným Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR a súčasne posúdený vplyv podomletia základu piliera na zaťažiteľnosť mosta. Záverom tohto statického posudku je určenie technického stavu mosta z hľadiska statiky, ktorý je:

### **havarijný stav**

Odporúčaný postup:

- 1) úplné uzavretie mosta, určenie obchádzkovej trasy a osadenie dopravných značiek
- 2) stabilizácia základu piliera (dobetonovanie základového pásu pod drikom piliera)
- 3) osadenie snímačov naklonenia piliera, spustenie kontinuálneho monitorovania mosta
- 4) vymedzenie jedného jazdného pásu šírky 3 m betónovými zvodidlami v osi mosta
- 5) osadenie potrebných dopravných značiek pred a za mostom, zároveň obmedziť maximálnu hmotnosť vozidla ktoré môže prejsť mostom na 3,5 ton
- 6) otvorenie mosta pre motorové vozidlá do maximálnej hmotnosti 3,5 ton, pre peších a pre cyklistov, súčasne kontinuálne monitorovanie mosta
- 7) vypracovanie projektu opravy/prestavby mosta

V Bratislave, dňa 9.XI.2022