

 <b>inžinierske stavby</b> Slovenská 86, 080 01 Prešov tel.: 051/74 636 95, 74 636 99	ZODP.PROJEKTANT: ING.J.ANTOL 	HL. PROJEKTANT: ING.M.DÚBRAVSKÝ 	
	VYPRACOVAL: ING.M.RUSÍN 	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC 	
OBJEKT:	223-00 Most ev.č.591-027		MIERKA:  Č. PRÍLOHY: <b>8</b>
PRÍLOHA:	STATICKÝ VÝPOČET		

## OBSAH :

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>2</b>
1.1	Popis mosta .....	2
1.2	Použité normy, predpisy, podklady a literatúra .....	2
1.3	Použité programy.....	2
1.4	Výpočtové postupy.....	2
<b>2</b>	<b>Geometria mosta.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Použité materiály .....</b>	<b>3</b>
3.1	Druhy materiálov.....	3
3.1.1	Charakteristiky pevnostných tried materiálov .....	3
<b>4</b>	<b>Stanovenie zaťaženia .....</b>	<b>4</b>
4.1	Stále zaťaženia „G“ .....	4
4.1.1	Vlastná tiaž.....	4
4.1.2	Mostný zvršok .....	4
4.2	Premenné zaťaženia „Q“ .....	4
4.2.1	Zaťaženie účinkami teploty.....	4
4.2.2	Zaťaženie cestnou dopravou (1953).....	5
4.2.3	Zaťaženie cestnou dopravou (EC).....	6
4.3	Zaťažovací model pre brehové podpory a príhlé krídla mosta .....	7
4.3.1	Zvislé zaťaženia .....	7
<b>5</b>	<b>Nosná konštrukcia – pôvodný návrh.....</b>	<b>8</b>
5.1	Priebehy vnútorných síl.....	8
5.1.1	Ohybové momenty .....	8
5.1.2	Priečne sily .....	8
5.2	Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky .....	9
<b>6</b>	<b>Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta .....</b>	<b>10</b>
6.1	Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty).....	10
6.1.1	Ohybové momenty .....	10
6.1.2	Priečne sily.....	11
6.2	Posúdenie mostovkovej dosky.....	11
6.2.1	Ohyb.....	11
6.2.2	Šmyk .....	13
6.2.3	Návrh a posúdenie spriahnutia.....	15
<b>7</b>	<b>Záver statického výpočtu.....</b>	<b>19</b>

## 1 Úvod

### 1.1 Popis mosta

Mostný objekt 591-027 sa nachádza na ceste II/591 v obci Dolná Strehová. Bol postavený v roku 1960.

Spodná stavba je betónová, nosnú konštrukciu tvorí železobetónová mostovková doska hrúbky 230mm.

Zabezpečenie požadovanej mechanickej odolnosti nosnej konštrukcie zaistíme vybudovaním spriahajúcej dosky (C30/37) minimálnej hrúbky 100mm.

Most je z hľadiska zaťaženia dopravou navrhnutý na LM1, LM2 a LM4 v zmysle STN EN 1991-2.

### 1.2 Použité normy, predpisy, podklady a literatúra

Statický výpočet je spracovaný v súlade s príslušnými ustanoveniami nasledujúcich noriem (s príslušnými národnými prílohami) a predpisov.

#### Technické normy a predpisy :

STN EN 1990 ..... Zásady navrhovania konštrukcií

STN EN 1991-1-1 ..... Zať. konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia - Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov

STN EN 1991-1-4 ..... Zať. konštrukcií; Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia vetrom

STN EN 1991-1-5 ..... Zať. konštrukcií; Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia účinkami teploty

STN EN 1991-2 ..... Zať. konštrukcií; Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou

STN EN 1992-1-1 ..... Navrhovanie betónových konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy

STN EN 1992-2 ..... Navrhovanie betónových konštrukcií; Časť 2: Betónové mosty, navrhovanie a konštruovanie

STN EN 1997-1 ..... Navrhovanie geotechnických konštrukcií; Časť 1: Všeobecné pravidlá

STN EN 1998-2 ..... Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 2: Mosty

STN EN 1998-5 ..... Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 5: Základy, oporné konštrukcie a geotechnické hľadiská

### 1.3 Použité programy

Na vypracovanie statického výpočtu a posúdenia jednotlivých konštrukčných prvkov boli použité nasledujúce programy :

- Strap, Excel

### 1.4 Výpočtové postupy

Medzný stav únosnosti sa overuje z hľadiska straty statickej rovnováhy „EQU, súbor A“, vnútornej poruchy alebo nadmernej deformácie „STR/GEO, súbor B“ s kombinačným pravidlom 6.10 a únavovej poruchy konštrukcie „FAT“. Medzný stav použiteľnosti sa overuje z hľadiska dovolených napätí, pretvorení a deformácií pomocou 4-roch základných tvarov kombinácií (charakteristická, kvázi-stála, častá, menej-častá).

Pri posúdení geotechnických konštrukcií sa použije návrhový postup 2, s tvarom kombinácie A1+“M1“+“R2 a pre posudzovanie celkovej stability a numerické metódy, návrhový postup 3 s tvarom kombinácie A1 alebo A2+“M2“+“R3.

Výpočet vnútorných síl od jednotlivých zaťažení a ich následných kombinácií pre MSÚ a MSP je spracovaný použitým výpočtovým programom, ktorý je uvedený v kap.1.3, v zmysle technických noriem a predpisov uvedených v kap.1.2.

Posúdenia konštrukčných prvkov mostného objektu sú vyhotovené v použitom výpočtovom programe a v exceli (v ktorom sú vytvorené zautomatizované jednotlivé posúdenia).

Na zadaný výpočtový model sú aplikované jednotlivé uvažované zaťaženia, ktoré sú uvedené v kap.4.

Kombinačné schémy:

- „súbor A“ (EQU)  

$$\sum_j \gamma_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup} + \sum_j \gamma_{Gj,inf} \cdot G_{kj,inf} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$
- „súbor B“ (STR/GEO)  

$$\sum_j \gamma_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup} + \sum_j \gamma_{Gj,inf} \cdot G_{kj,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$
- „súbor C“ (STR/GEO)  

$$\sum_j \gamma_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup} + \sum_j \gamma_{Gj,inf} \cdot G_{kj,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Pre mimoriadne návrhové kombinácia platí kombinačná schéma:

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Pre MSP sú definované 4 základné kategórie kombinácií:

- Charakteristická kombinácia  

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$
- Častá kombinácia  

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$
- Skoro-stála kombinácia  

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$
- Menej-častá kombinácia (len pre cestné mosty)  

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{1,inf} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{1,i} \cdot Q_{ki}$$

## 2 Geometria mosta

Geometria mosta je zrejmá z výkresovej časti projektovej dokumentácie.

## 3 Použité materiály

### 3.1 Druhy materiálov

Jednotlivé prvky mostného objektu budú vyhotovené z týchto materiálov a ich príslušných tried :

- **Betón**
  - Spriahajúca doska ..... C30/37
  - Mostné krídla ..... C30/37
  - Rímky ..... C35/45
- **Oceľ**
  - Betonárska výstuž ..... B 500B

#### 3.1.1 Charakteristiky pevnostných tried materiálov

Betón: C30/37		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck}$ (MPa)	30
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	37
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	$f_{cm}$ (MPa)	38
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	$f_{ctm}$ (MPa)	2,9
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,0
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	3,8
Sečnicový modul pružnosti betónu	$E_{cm}$ (GPa)	33
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	$\alpha_T$ (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

<b>Betón: C35/45</b>		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck}$ (MPa)	35
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	45
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	$f_{cm}$ (MPa)	43
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	$f_{ctm}$ (MPa)	3,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	4,2
Sečnicový modul pružnosti betónu	$E_{cm}$ (GPa)	34
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	$\alpha_T$ (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

<b>Betonárska výstuž: B 500B</b>		
Charakteristická medza klzu	$f_{yk}$ (MPa)	500
Sečnicový modul pružnosti betónu	$E_s$ (GPa)	200

## 4 Stanovenie zaťaženia

Hodnoty všetkých zaťažení sú uvedené v ich charakteristických hodnotách.

### 4.1 Stále zaťaženia „G“

#### 4.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž všetkých prvkov je pre:

- Železobetónové časti ..... 25,0 kN/m<sup>3</sup>
- Časti z prostého betónu ..... 24,0 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka, hr. 90mm
  - Horná hranica „sup“ ..... 3,03 kN/m<sup>2</sup>
- Ľavá rímsa
  - Rímsa ..... 7,50 kN/m<sup>2</sup>
  - Zvodidlo ..... 1,00 kN/m<sup>2</sup>
- Pravá rímsa
  - Rímsa ..... 7,50 kN/m<sup>2</sup>
  - Zvodidlo ..... 1,00 kN/m<sup>2</sup>

### 4.2 Premenné zaťaženia „Q“

#### 4.2.1 Zaťaženie účinkami teploty

Zaťaženie teplotou je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-1-5 pre požadované zložky.

##### 4.2.1.1 Rovnomerná zložka teploty mosta

Teplota vzduchu sa získala z mapy s izotermami, ktorá sa nachádza v norme STN EN 1991-1-5/NA.

- Min. teplota vzduchu v tieni :  $T_{min} = -30^{\circ}\text{C}$
- Max. teplota vzduchu v tieni :  $T_{max} = 40^{\circ}\text{C}$
- Začiatková teplota mosta :  $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$
- Typ nosnej konštrukcie mosta : Typ 3

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri skracovaní :

.....  $\Delta T_{N,con} = -32^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri predlžovaní :

.....  $\Delta T_{N,exp} = 32^{\circ}\text{C}$

##### 4.2.1.2 Zložka teplotného spádu

Uvažuje sa so zvislou lineárnou zložkou (postup 1). Pri výpočte teplotného spádu sa zohľadňuje hrúbka povrchovej úpravy.

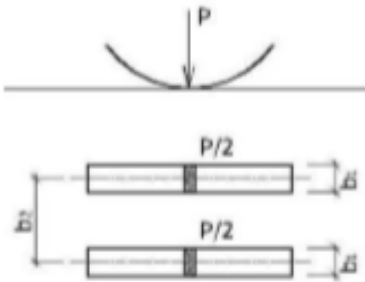
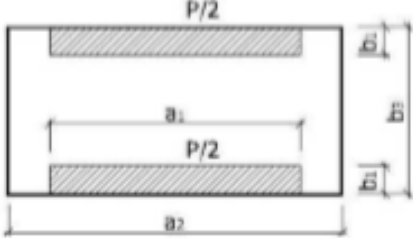
- Horný povrch teplejší ako spodný povrch :  $\Delta T_{M,heat} = 11,4^{\circ}\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný povrch :  $\Delta T_{M,cool} = -8,0^{\circ}\text{C}$

#### 4.2.2 Zatiaženie cestnou dopravou (1953)

### 7 ČSN 73 6202 "ZATÍŽENÍ A STATICKÝ VÝPOČET MOSTŮ" Z ROKU 1953

#### Alternativy zatížení :

- 1) Ideální náprava mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků širších než 0,5 m.
- 2) Ideální pásové vozidlo a současně rovnoměrné zatížení chodníků.
- 3) Rovnoměrné zatížení mezi zvýšenými obrubami a na ploše chodníků a současně přímkové zatížení mezi zvýšenými obrubami, avšak jen jednou v každém podélném pruhu mostu.

Druhy zatížení		Pro třídu mostu		
		A	B	C
	P [t]	15		10
	b <sub>1</sub> [m]	0,5		0,35
	b <sub>2</sub> [m]	≥ 1,5		≥ 1,5
	P [t]	60	30	15
	b <sub>1</sub> [m]	0,5	0,5	0,35
	b <sub>2</sub> [m]	3,0	2,5	2,0
	a <sub>1</sub> [m]	4,5	3,5	2,5
	a <sub>2</sub> [m]	7	6	5
Rovnoměrné zatížení [kg/m <sup>2</sup> ]	0 až 30m	600	500	400
	30 až 130m	660-2ℓ	530-ℓ	430-ℓ
	nad 130 m	400		300
Přímkové zatížení napříč mostu [t/m]		3		2

Dynamický součinitel se uvažuje podle tabulky.

	Dynamický součinitel pro konstrukce				
rozpětí [m]	ocelové, lehké ocelobetonové spřažené	železobetonové, ocelobetonové, nezpražené, z předpjatého betonu	klenbové s nadnásypem při tloušťce nadnásypu ve vrcholu		dřevěné
			do 1,5m	nad 1,5m	
0 až 5	1,40	1,40	1,30	1,00	1,00
10	1,35	1,30	1,20		
15	1,30	1,25	1,15		
20	1,25	1,20	1,10		
25	1,20	1,15	1,05		
40	1,15	1,10	1,00		
60	1,10	1,05	1,00		
100	1,05	1,00	1,00		
150	1,00	1,00	1,00		

	Dynamický součinitel pro konstrukce				dřevěné
rozpětí [m]	ocelové, lehké ocelobetonové spřažené	železobetonové, ocelobetonové, nezpražené, z předpjatého betonu	klenbové s nadnásypem při tloušťce nadnásypu ve vrcholu		
			do 1,5m	nad 1,5m	
0 až 5	1,45	1,40	1,30	1,00	1,00
10	1,35	1,30	1,20		
15	1,30	1,25	1,15		
20	1,25	1,20	1,10		
25	1,20	1,15	1,05		
40	1,15	1,10	1,00		
60	1,10	1,05	1,00		
100	1,05	1,00	1,00		
150	1,00	1,00	1,00		

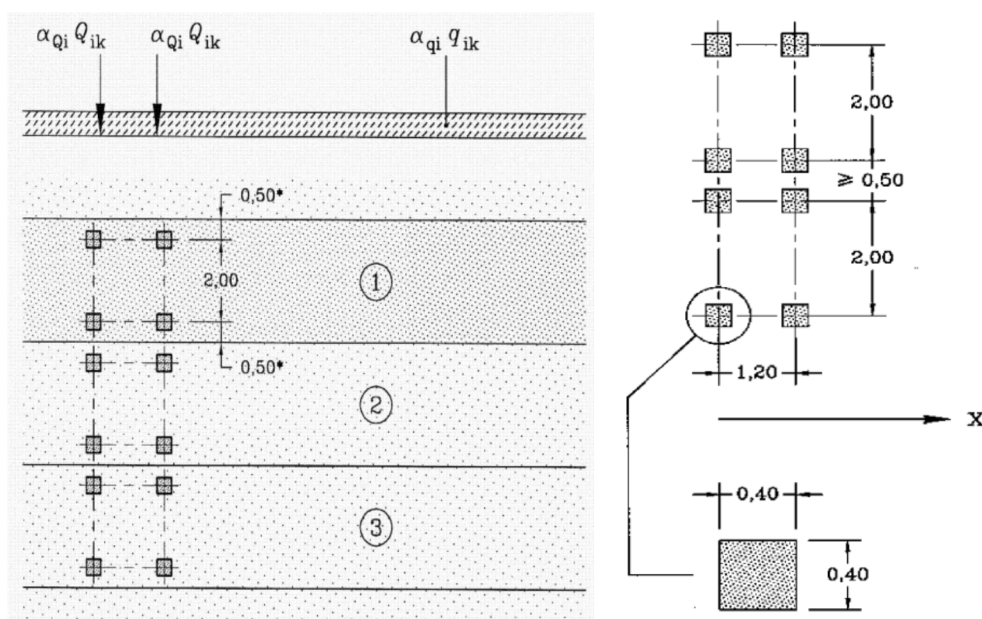
### 4.2.3 Zaťaženie cestnou dopravou (EC)

Zaťaženie cestnou dopravou je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-2

#### 4.2.3.1 Zaťažovací model 1 „LM1“

Tento zaťažovací model vyjadruje väčšinu účinkov prevádzky nákladných vozidiel a automobilov. Zaťažovací model sa skladá z dvoch čiastkových systémov:

- Sústredné zaťaženie od dvojnápravového vozidla TS (tandemový systém) " $\alpha_Q Q_k$ "
- Rovnomerné spojité zaťaženie UDL " $\alpha_Q q_k$ "

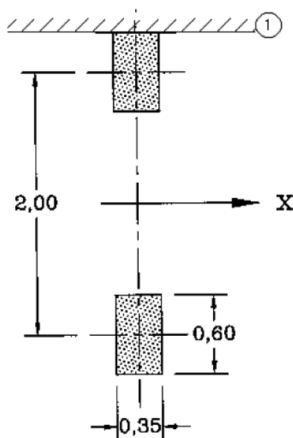


Pruh č. 1 .....  $Q_{1k} = 300\text{kN}$ ;  $q_{1k} = 9,0\text{kN/m}^2$ ;  $\alpha_{Q1} = 0,9$ ;  $\alpha_{q1} = 0,9$   
Pruh č. 2 .....  $Q_{2k} = 200\text{kN}$ ;  $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$ ;  $\alpha_{Q2} = 0,9$ ;  $\alpha_{q2} = 1,0$   
Pruh č. 3 .....  $Q_{3k} = 100\text{kN}$ ;  $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$ ;  $\alpha_{Q3} = 0,9$ ;  $\alpha_{q3} = 1,0$   
Zvyšná plocha .....  $q_{rk} = 2,5\text{kN/m}^2$ ;  $\alpha_{qr} = 1,0$

#### 4.2.3.2 Zaťažovací model 2 „LM2“

Je to jednonápravové vozidlo pôsobiace cez stanovenú kontaktnú plochu pneumatiky a vozovky, zahrňujúce dynamické účinky bežnej dopravnej prevádzky na krátke konštrukčné prvky.

Národná príloha upravuje kontaktnú plochu na rozmery 0,40x0,40m.



Tiaž nápravy .....  $Q_{ak} = 400\text{kN}$ ;  $\beta_Q = 1,0$

#### 4.2.3.3 Zaťažovací model 4 „LM4“

Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí. Model je určený len na všeobecné overenie konštrukcie.

Zaťažovací model je vyjadrený rovnomerným spojitým zaťažením zahrňujúcim dynamické prírastky rovným  $5,0\text{kN/m}^2$ .

### 4.3 Zaťažovací model pre brehovú podpery a priľahlé krídla mosta

#### 4.3.1 Zvislé zaťaženia

Vozovka umiestnená za brehovými podperami, krídlami a ďalšími časťami mosta, ktoré sú v kontakte so základovou pôdou, musí byť zaťažená adekvátnymi zaťažovacími modelmi.

Použije sa zaťažovací model 1 (LM1), ale pre zjednodušenie zaťaženia od dvojnápravového vozidla bude nahradený ekvivalentným spojitým zaťažením „ $q_{eq}$ “, pôsobiace na ploche obdĺžnika závisiacej od roznosu zaťaženia v zásype alebo zemine.

Predpokladá sa zásyp primerane konsolidovaný a preto sa uvažuje roznos zaťaženia pod uhlom  $30^\circ$  od zvislého smeru. Pri takejto hodnote uhla obdĺžniková plocha, na ktorej sa uvažuje pôsobenie zaťaženia „ $q_{eq}$ “ má 3,0m šírku a 2,20m dĺžku.

Neuvažujú sa iné reprezentatívne hodnoty zaťažovacích modelov, len ich charakteristické hodnoty.



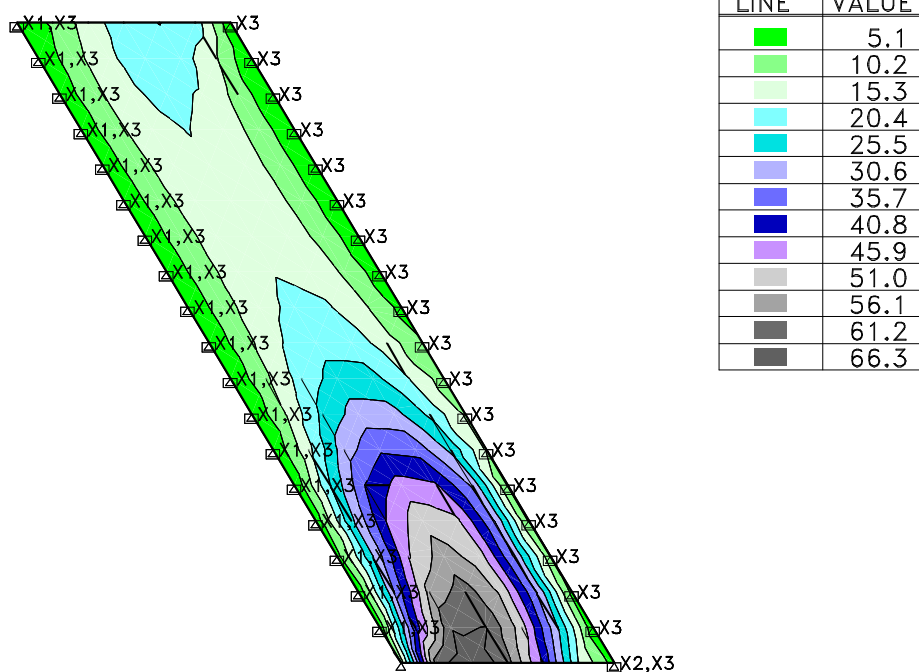
## 5 Nosná konštrukcia – pôvodný návrh

Pri parametroch pôvodnej mostovkovej dosky navrhnuť tesne pred rokom vybudovania mosta (1960) na tomu obdobiu prislúchajúcemu zaťaženiu ( „ČSN 736202 Zatížení a statický výpočet mostu“ z roku 1953) vypočítame jej vystuženie. Keďže nie je známe aká betonárska výstuž bola použitá, pri výpočte počítame s výstužou B500B (rozhodujúca je sila vo výstuži).

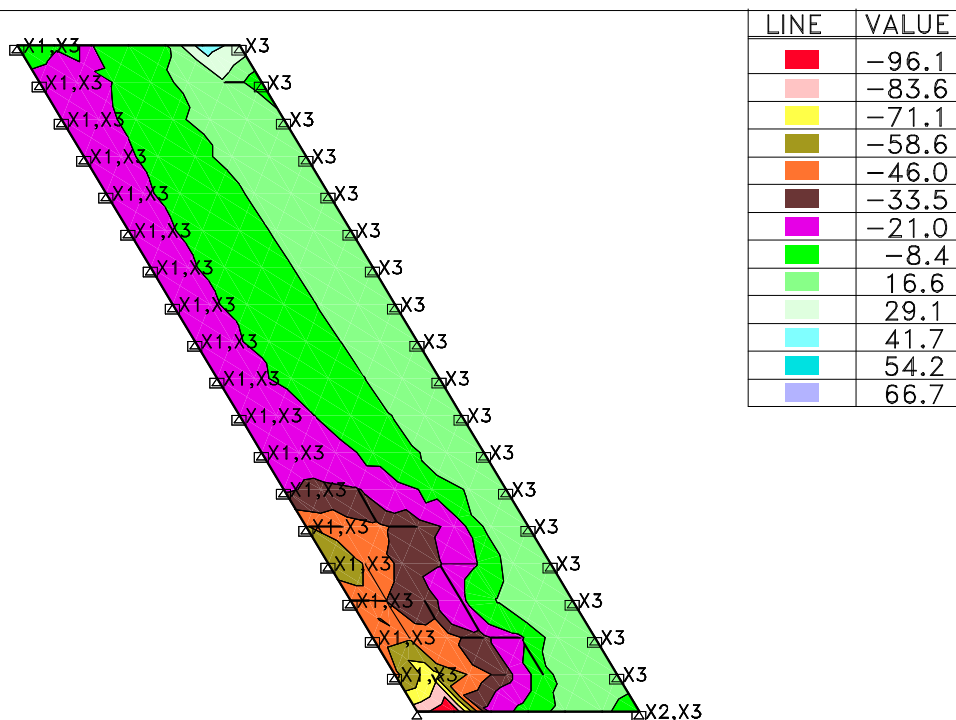
### 5.1 Priebehy vnútorných síl

#### 5.1.1 Ohybové momenty

##### 5.1.1.1 Ťah pri spodnom povrchu



#### 5.1.2 Priečne sily



## 5.2 Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky

### ČISTÝ OHYB

#### Zadaj:

šírka  $b=$   m  
výška  $h=$   m  
Betón:   $\sigma_{abd}=$    
Výstuž:   $\sigma_{aad}=$   koeficient  
 $\sigma_{abht}=$   zaťaženia:

#### Zaťaženie:

##### Stále

##### Pohyblivé

*max min*

$M=$   kNm  0 kNm  
 $T=$   kN  0 kN

### Dimenzačné veličiny:

$M_{max}$	67 kNm	$T_{max}$	46 kN
$M_{min}$	21 kNm	$T_{min}$	46 kN

### Návrh výstuže:

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

$a=$    
 $b=$    
 $c=$    
 $d=$    
 $h_0=$    
 $x=$    
 $f(x)=$

### Potrebná výstuž:

<b>Fa=</b>	0,001669802 m <sup>2</sup>
to jest:	<b>16,70</b> cm <sup>2</sup>
<b>St.vystuženia</b>	<b>0,93</b> %

### Výpočet na únavu

$L_d=$   m Zaťaženie premávkou(1,2,3,4):  
Pomer napätí= Zaťažovacia trieda :  
Pomer  $r_{0a}=$    
koef  $k_{r0}=$    
 $\sigma_{mau}=$   MPa

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

$a=$    
 $b=$    
 $c=$    
 $d=$    
 $x=$    
 $f(x)=$

### Potrebná výstuž:

<b>Fa=</b>	0,001679366	m <sup>2</sup>
to jest:	<b>16,79</b>	cm <sup>2</sup>
<b>St.vystuženia</b>	<b>0,93</b>	%

Rozhoduje: Únava

### Posúdenie prierezu

Výstuž	a[m]	Profil[mm]	Počet[ks]	Fa[m <sup>2</sup> ]
1.rad	0,040	16	8	0,0016085
2.rad	0,000	0	0	0
3.rad	0,000	0	0	0
<b>Spolu:</b>	<b>0,040</b>	ho=	<b>0,190</b>	<b>0,0016085</b>
x=	0,074617477	m	Wa=	0,00026561 m <sup>3</sup>
Ji=	0,000459696	m <sup>4</sup>	Wb=	0,0061607 m <sup>3</sup>

<b>Sigma a=</b>	<b>252,25</b>	MPa	<=	<b>280,00</b>	MPa
<b>Sigma aú=</b>	<b>165,66</b>	MPa	<=	<b>280,00</b>	MPa
<b>Sigma b=</b>	<b>10,88</b>	MPa	<=	<b>12,00</b>	MPa
<b>Stupeň vyst.=</b>	<b>0,85</b>	%	>=	<b>0,18</b>	%

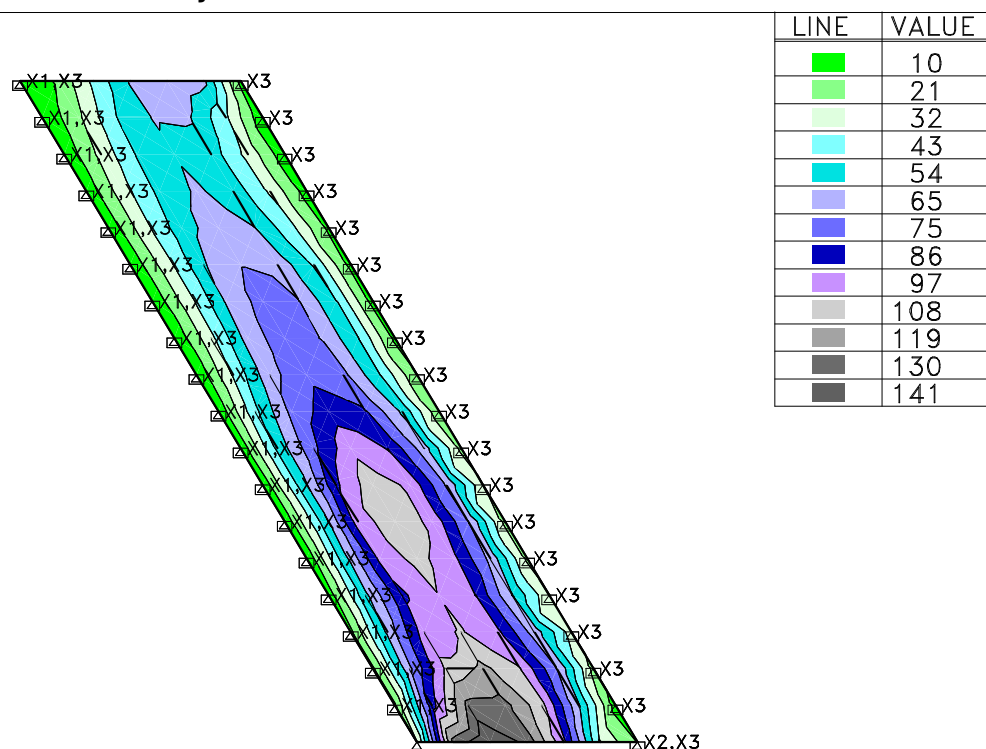
Z uvedeného vyplýva, že pri pôvodnom návrhu vystuženie mostovkovej dosky pri jej spodnom povrch zodpovedalo vystuženiu 8Ø16(B500B).

## 6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta

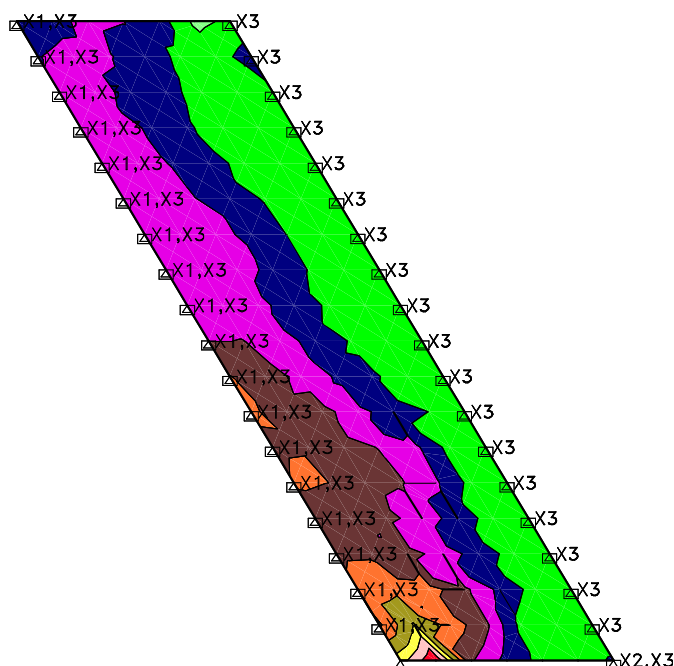
Navrhujeme vybudovanie železobetónovej (C30/37) spriahajúcej dosky minimálnej hrúbky 120mm.

### 6.1 Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty)

#### 6.1.1 Ohybové momenty



## 6.1.2 Pričné sily



LINE	VALUE
	-236
	-207
	-177
	-148
	-118
	-88
	-59
	-29
	29
	58
	88
	117
	147

## 6.2 Posúdenie mostovkovej dosky

### 6.2.1 Ohyb

#### Všeobecné parametre:

Návrhová situácia:	trvalá
Typ konštrukcie:	most
Druh betónu:	železobetón
Tvar prierezu:	obdĺžnik
Posúdenie MSU:	jednoduchý ohyb (My)
Posúdenie MSP:	áno
Trieda betónu:	C30/37
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu (tlačená zóna):	b= 1m
Šírka prierezu (ťahaná zóna):	b <sub>t</sub> = 1m
Výška prierezu:	h= 0,33m
Návrhová hodnota ohybového momentu:	M <sub>Ed</sub> = 141kNm
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	M <sub>Ek</sub> = 82kNm
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	M <sub>Eqp</sub> = 20kNm
Limitná hodnota šírky trhlín	w <sub>k,lim</sub> = 0,3 mm

#### Betón:

koeficient veku betónu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(3.2)):	β <sub>cc</sub> (t)= 1,00
stredná hodnota valcovej pevnosti v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	f <sub>cm</sub> (t)= 38MPa
charakter. pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	f <sub>ck</sub> (t)= 30MPa

stredná hodnota pevnosti v centr. ťahu (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{ctm}(t) = 2,9\text{MPa}$
modul pružnosti (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$E_{cm}(t) = 33\text{GPa}$
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	$\alpha_{cc} = 0,85$
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	$\alpha_{ct} = 1,00$
koeficient druhu cementu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(6)):	$s = 0,25$
parc. súčiniteľ spoľahl. betónu (STN EN 1992-1,2; 2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_c = 1,5$
návrhová pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; 3.1.6(3.15)):	$f_{cd}(t) = 17\text{MPa}$

#### Betonárska výstuž:

charakteristická medza klzu bet. výstuže:	$f_{yk} = 500\text{MPa}$
parciálny súčiniteľ bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_s = 1,15$
návrhová medza klzu bet. výstuže:	$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$
modul pružnosti bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 3.2.7(4)):	$E_s = 200\text{MPa}$

#### Plocha výstuže a stupeň vystuženia

profil ťahanej výstuže:	$\varnothing_{st} = 16\text{ mm}$
počet ks ťahanej výstuže:	$n_{st} = 8\text{ ks}$
krytie ťahanej výstuže:	$C_{nom,st} = 50\text{ mm}$
profil tlačenej výstuže:	$\varnothing_{sc} = 8\text{ mm}$
počet ks tlačenej výstuže:	$n_{sc} = 6,6\text{ ks}$
krytie tlačenej výstuže:	$C_{nom,sc} = 50\text{ mm}$
minimálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,min} = 0,0015$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 410\text{ mm}^2$
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0192$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,max} = 5223\text{ mm}^2$
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0059$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 1609\text{ mm}^2$
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0049$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 1941\text{ mm}^2$

#### Posúdenia MSÚ (ULS)

##### Posúdenie plochy ťahanej výstuže

podmienka posúdenia:	$A_{st,min}$	$\leq$	$A_{st}$	$\leq$	$A_{st,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	410	<	1609	<	5223

**VYHOVUJE**

##### Posúdenie stupňa vystuženia (ťahaná výstuž)

podmienka posúdenia:	$\rho_{st,min}$	$\leq$	$\rho_{st}$	$\leq$	$\rho_{st,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	0,0015	<	0,0059	<	0,0192

**VYHOVUJE**

##### Posúdenie celkovej plochy výstuže

podmienka posúdenia:	$A_{s,min}$	$\leq$	$A_s$	$\leq$	$A_{s,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	410	<	1941	<	13200

**VYHOVUJE**

### Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia

$$\begin{array}{ccc} x & \leq & x_{lim} \\ 0,052\text{m} & < & 0,167\text{m} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

### Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:

$$M_{Rd} = 179,6\text{kNm}$$

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} M_{Rd} & \geq & M_{Ed} \\ 179,6\text{kNm} & > & 141\text{kNm} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

### Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlín:

$$M_{cr} = 55,6\text{kNm}$$

#### Posúdenie vzniku trhlín (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} M_{cr} & \geq & M_{ek} \\ 55,6\text{kNm} & < & 82\text{kNm} \end{array}$$

**PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ**

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny:

$$\sigma_{st,qp} = 49,5\text{MPa}$$

max. vzdialenosť susedných trhlín (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.11)):

$$s_{r,max} = 320\text{ mm}$$

šírka trhliny (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.8)):

$$w_k = 0,048\text{ mm}$$

### Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} w_k & \leq & w_{k,lim} \\ 0,048\text{ mm} & < & 0,3\text{ mm} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

### Posúdenie maximálneho tlakového napätia v betóne (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{cc} & \geq & 0,6 \cdot f_{ck} \\ -10,29\text{MPa} & < & -18\text{MPa} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

### Posúdenie maximálneho ťahového napätia v ťahanej výstuži (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{st,max} & \leq & 0,8 \cdot f_{yk} \\ 202,7\text{MPa} & < & 400\text{MPa} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

### Posúdenie maximálneho tlakového napätia v tlačenej výstuži (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{sc,max} & \geq & 0,8 \cdot f_{yk} \\ -9,7\text{MPa} & < & -400\text{MPa} \end{array}$$

**VYHOVUJE**

## 6.2.2 Šmyk

### Všeobecné parametre:

Návrhová situácia:	trvalá
Typ konštrukcie:	most
Druh betónu:	železobetón
Tvar prierezu:	obdĺžnik

Posúdenie MSU:	šmyk (Vz)
Posúdenie MSP:	áno
Trieda betónu:	C30/37
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu pre šmyk:	$b_w = 1\text{m}$
Výška prierezu:	$h = 0,33\text{m}$
Návrhová hodnota šmykovej sily:	$V_{Ed} = 118\text{kN}$

#### Betón:

koeficient veku betónu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(3.2))	$b_{cc}(t) = 1,00$
charakter. pevnosť betónu v tlaku (3.1.2(5)):	$f_{ck}(t) = 30\text{MPa}$
koeficient (3.1.6):	$\alpha_{cc} = 0,85$
koeficient (3.1.6):	$\alpha_{ct} = 1,00$
koeficient druhu cementu (3.1.2(6))	$s = 0,25$
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti betónu (2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_c = 1,5$
návrhová pevnosť betónu v tlaku (3.1.6(3.15)):	$f_{cd}(t) = 17\text{MPa}$

#### Betonárska výstuž:

charakteristická medza klzu betonárskej výstuže:	$f_{yk} = 500\text{MPa}$
parciálny súčiniteľ betonárskej výstuže (2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_s = 1,15$
návrhová medza klzu šmykovej betonárskej výstuže:	$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

#### Parametre šmykového vystuženia

profil šmykovej výstuže	$\varnothing_{sw} = 0\text{ mm}$
počet strihov šmykovej výstuže	$n_{sw} = 0\text{ ks}$
vzdialenosť šmykovej výstuže	$s_{sw} = 0\text{ mm}$
odklon šmykovej výstuže od osi prvku:	$\alpha_{sw} = 90\text{st}$
sklon tlakovej diagonály:	$\theta = 40\text{ st}$
normálové napätie v prvku (tlak +):	$\sigma_{cp} = 0\text{MPa}$

#### Šmyková odolnosť prvku bez šmykovej výstuže (MSU(ULS))

návrhová hodnota šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže:	$V_{Rd,c}(t) = 158,1\text{MPa}$
STN EN 1992-1,2;6.2.2(6.2.a;6.2.b)	

#### Posúdenie šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže (MSU(ULS))

Podmienka posúdenia:	$V_{Rd,c}(t)$	$\geq$	$V_{Ed}$
	158,1kN	$>$	118kN

**Návrh vyhovet posúdeniu.**

### 6.2.3 Návrh a posúdenie spriahnutia

#### Vstupné dáta - pôvodná konštrukcia

##### Materiál

Betón	<b>C 20/25</b>		Oceľ	<b>B500B</b>
$f_{ck} =$	20,0 MPa	$\alpha_{cc} =$	$f_{yk} =$	500,0 MPa
$f_{ctk,0.05} =$	1,5 MPa		$\gamma_M =$	1,15
$\gamma_C =$	1,5		$f_{yd} =$	434,8 MPa
$f_{cd} =$	11,333 MPa			
$f_{ctd} =$	1,0 MPa			
$E_{cs} =$	30000,0 MPa			

##### Geometria

$H_s =$	230,0 mm	- výška prierezu
$A_{si} =$	0,23 m <sup>2</sup>	- plocha prierezu pôvodnej konštrukcie
$I_{si} =$	0,00102 m <sup>4</sup>	- moment zotrvačnosti prierezu pôvodnej konštrukcie
$t_{si} =$	115,0 mm	- poloha ťažiska prierezu pôvodnej konštrukcie od spodnej hrany
$L =$	2,5 m	- rozpätie nosníka

#### Vstupné dáta - spriahujúca doska

##### Materiál

Betón	<b>C 30/37</b>	
$f_{ck} =$	30,0 MPa	$\alpha_{cc} =$
$f_{ctk,0.05} =$	2,0 MPa	
$\gamma_C =$	1,5	
$f_{cd} =$	17,0 MPa	
$f_{ctd} =$	1,333 MPa	
$E_{cn} =$	33000,0 MPa	
$\varphi(t, t_0) =$	2,1636	
$\psi_L =$	0,5	
$E_{c,eff} =$	15852 MPa	

##### Geometria

Spolupôsobiaci šírka dosky:

$H_n =$	100,0 mm	$L_0 =$	2,5 m
$H_{nc} =$	41,0 mm		
$b_2 =$	500,0 mm	$b_{e1} =$	312,5 mm
$b_{2k} =$	500,0 mm	$b_{e2} =$	312,5 mm
$b_{eff} =$	625,0 mm	- spolupôsobiaci šírka dosky	
$A_{ni} =$	0,0625 m <sup>2</sup>	- plocha prierezu spriahujúcej dosky	
$A_{nic} =$	0,025625 m <sup>2</sup>	- plocha tlačenej časti prierezu spriahujúcej dosky na medzi únosnosti	
$I_{ni} =$	5,2083E-05 m <sup>4</sup>	- moment zotrvačnosti prierezu spriahujúcej dosky	
$t_{si} =$	50,0 mm	- poloha ťažiska prierezu spriahujúcej dosky od spodnej hrany dosky	



## Vstupné dáta - spriahnutá konštrukcia

### Geometria

$H = 330 \text{ mm}$	- výška ideálneho prierezu
$A_i = 0,2925 \text{ m}^2$	- plocha ideálneho prierezu
$y_{hi} = 179,74 \text{ mm}$	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od hornej hrany
$y_{di} = 150,26 \text{ mm}$	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od spodnej hrany
$r_s = 35,26 \text{ mm}$	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska pôvodného prierezu
$r_n = 129,74 \text{ mm}$	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska spr. dosky
$I_i = 2,4101 \text{E-03 m}^4$	- moment zotrvačnosti ideálneho prierezu
$S_{ci} = 8,1090 \text{E-03 m}^4$	- statický moment plochy spriahajúcej dosky

### Šmyková sila od zmraštenia nového betónu

$u = 100 \text{ mm}$	- obvod dosky vystavený vysychaniu
$h_0 = 1250 \text{ mm}$	- náhradná výška priečného rezu dosky
$k_n = 0,7$	$\epsilon_{cd,0} = 0,00032$
$\epsilon_{cd,\infty} = 0,00022$	- konečné pomerné pretvorenie z vysychania
$t = 36500,0 \text{ dni}$	- vek betónu v uvažovanom čase
$t_s = 7,0 \text{ dni}$	- vek betónu na začiatku zmrašťovania
$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,95380$	- pomerné pretvorenie z vysychania v uvažovanom čase
$\epsilon_{cd}(t) = 0,00021$	
$\epsilon_{ca,\infty} = 0,00005$	- pomerné pretvorenie od autogenného zmrašťovania
$\beta_{as}(t) = 1$	
$\epsilon_{ca}(t) = 0,00005$	
$\epsilon_{cs} = 0,00026$	- celkové pomerné pretvorenie od zmrašťovania
$\sigma_{sr} = 4,18 \text{ MPa}$	- ťahové napätie od zmrašťovania
$N_{sr} = 261,21 \text{ kN}$	- ťahová sila od zmrašťovania
$M_{sr} = 33,89 \text{ kNm}$	- ohybový moment od zmrašťovania
$\sigma_{sr,d} = 1,46 \text{ MPa}$	- výsledné napätie v doske
$F_{sr} = 91,37 \text{ kN}$	- výslednica napätia od zmrašťovania v doske na jednotku dĺžky
$\gamma_g = 1$	- súčiniteľ zaťaženia
$F_{srd} = 91,37 \text{ kN}$	- návrhová výslednica napätia od zmrašť. v doske na jednotku dĺžky

### Šmyková sila od vnútorného zaťaženia

#### Návrhová zvislá šmyková sila

$T_{ed1} = 103,0 \text{ kN}$	- šmyková sila pre úsek 0 - 0.25xL
$T_{ed2} = 74,0 \text{ kN}$	- šmyková sila pre úsek 0.25xL - 0.5xL

#### Šmyková sila medzi doskou a pôvodným prierezom

$V_{Ed1} = 346,801 \text{ kN/m}$	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} = 249,158 \text{ kN/m}$	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0.25xL - 0.5xL
$V_{Ed11} = 438,168 \text{ kN/m}$	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0 - 0.25xL
$V_{Ed12} = 340,524 \text{ kN/m}$	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0.25xL - 0.5xL

## Šmykové spojenie

### Šmyková únosnosť nevystuženého styku

Povrch	hladký	
$c =$	0,35	- súčiniteľ drsnosti nevystuženej plochy
$\mu =$	0,6	
$b_l =$	1,0 m	- šírka stykovej plochy
$f_{cd} =$	17,0 MPa	
$f_{ctd} =$	1,0 MPa	
$\alpha =$	90,0 °	- sklon šmykovej výstuže v pozdĺžnom smere
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	- šmyková únosnosť nevystuženého styku na jednotku dĺžky
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	$<$ $V_{Ed1} = 438,17$ kN/m
		je potrebné navrhnuť spriahovacie trne
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	$\geq$ $V_{Ed2} = 340,52$ kN/m
		nie je potrebné navrhnuť spriahovacie trne

### Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0 - 0.25L

$n =$	2,5	- počet trŕňov v priečnom smere
$\phi =$	12	- priemer trŕňa
$A_s =$	282,743 mm <sup>2</sup>	- plocha trŕňov v priečnom reze
$s =$	400 mm	- osová vzdialenosť trŕňov v pozdĺžnom smere
$\rho =$	7,0686E-04	- stupeň vystuženia
$v =$	0,528	- redukčný súčiniteľ pevnosti
$V_{jsu1} =$	184,4 kN/m	- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže
$V_{Rd1} =$	534,4 kN/m	- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche
$V_{Ed1}$	$\leq$	$V_{Rd1}$
438,17 kN/m	$\leq$	534,4 kN/m

### Prvky spriahnutia vyhovujú

### Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0.25L - 0.5L

$n =$	2,5	- počet trŕňov v priečnom smere
$\phi =$	12	- priemer trŕňa
$A_s =$	282,743 mm <sup>2</sup>	- plocha trŕňov v priečnom reze
$s =$	400 mm	- osová vzdialenosť trŕňov v pozdĺžnom smere
$\rho =$	7,0686E-04	- stupeň vystuženia
$v =$	0,528	- redukčný súčiniteľ pevnosti
$V_{jsu2} =$	184,4 kN/m	- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže
$V_{Rd2} =$	534,4 kN/m	- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche
$V_{Ed2}$	$\leq$	$V_{Rd2}$
340,52 kN/m	$\leq$	534,4 kN/m

### Prvky spriahnutia vyhovujú

## Medzný stav únosnosti

### Potrebný počet spriahovacích prvkov - priečna sila

0 - 0.25xL	,625 m	- dĺžka úseku 0 - 0.25xL
n =	2,5	- počet vetiev
s =	400,0 mm	- vzdialenosť medzi trňami v pozdĺžnom smere
0.25xL - 0.5xL	,625 m	- dĺžka úseku 0.25xL - 0.5L
n =	2,5	- počet vetiev
s =	400,0 mm	- vzdialenosť medzi slučkami v pozdĺžnom smere

## Medzný stav únosnosti

### Únosnosť kotevnej slučky

$l_s =$	70,0 mm	- účinná dĺžka slučky
$d_s =$	12,0 mm	- priemer slučky
$A_s =$	0,000113 m <sup>2</sup>	- prierezová plocha vetvy slučky
$\alpha =$	90 °	- uhol medzi slučkou a rovinou prírubby nosníka
$\beta =$	0 °	- uhol vo vodorovnej rovine medzi kotevným prútom a pozdĺžnou osou nosníka
d =	12,0 mm	- priemer slučky
$h_k =$	80,0 mm	- hĺbka kotvenia trňa
$f_{yk} =$	500,0 MPa	- char. medza kĺzu kotevného trňa
$\gamma_M =$	1,15	- parciálny súčiniteľ materiálu trňa
$\gamma_v =$	1,25	- parciálny súčiniteľ spoľahlivosti
$P_{rd,1} =$	34,77 kN	- únosnosť trňa slučky
$P_{rd,2} =$	39,679 kN	- únosnosť slučky - porušenie betónu pôvodnej konštrukcie
$P_{rd,3} =$	45,429 kN	- únosnosť slučky - porušenie betónu spriahujúcej dosky
$P_{rd} =$	<b>34,77 kN</b>	- rozhodujúca únosnosť trňa

### Podmienka spoľahlivosti

$V_c =$	<b>435,625 kN</b>	- návrhová pozdĺžna sila pripadajúca na trne
p =	3	- počet medzier
m =	4	- celkový počet trňov v pozdĺžnom smere
n =	3,3	- počet vetiev
$P_{rd} =$	<b>459,0 kN</b>	- návrhová odolnosť všetkých trňov

### Podmienka spoľahlivosti

$V_c$	$\leq$	$P_{rd}$
435,625 kN	$\leq$	459,0 kN

## Prvky spriahnutia vyhovujú

Spriahnutie pôvodnej mostovkovej dosky so spriahajúcou doskou bude zabezpečené kotevnými trňmi Ø12mm z betonárskej výstuže B500B. Trne budú vlepuvané do dier Ø16mm vyvrtaných v pôvodnej mostovke. Hĺbka vlepovania je minimálne 100mm. Výška prečnievajúcej časti trňov 70mm. Trne budú rozmiestnené v rastrí 400/400mm.

## **7 Záver statického výpočtu**

Statickým výpočtom bola overená celková konštrukcia predmetného mostného objektu.

Všetky prvky konštrukcie boli navrhnuté a posúdené podľa platných STN a STN EN. Navrhnutá konštrukcia je stabilná a vyhovuje pre najnepriaznivejšiu kombináciu vnútorných síl.

Statickým posudkom bolo preukázané splnenie základnej požiadavky na stavby – mechanickej odolnosti a stability stavby v zmysle § 43d ods. 1. písm. a) Zákona č.50/1976 Zb. v znení neskorších predpisov (Stavebný zákon) a sú splnené podmienky spoľahlivosti (t.j. bezpečnosti, použiteľnosti a trvanlivosti) stavby.

V Prešove, november 2018

Vypracoval: Ing. Martin Rusín