

**D**  
**209-00**

 <b>ISPO</b> spol. s r.o. <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.R.FOTTA	KONTROLOVAL: ING.J.ANTOL
OBJEDNÁVATEL: <b>Žilinský samosprávny kraj, Komenského 48, 011 09 Žilina</b>		
OKRES: ŽILINA	KRAJ: ŽILINSKÝ	
KAT.ÚZEMIE: ŽILINA		DÁTUM: 12/2020
STAVBA: <b>Vážska cyklodopravná trasa - úsek Žilina - Bytča          - hranica ŽSK/TSK - (Považská Bystrica)          - etapa Kotešová - Považský Chlmec - 1.časť</b>		STUPEŇ: DRS
		Č.ZÁKAZKY: 2981/2019
		MIERKA:
OBJEKT: 209-00 Most ponad vodný tok v úseku 18		Č. PRÍLOHY: Č. SÚPRAVY:
PRÍLOHA : <b>STATICKÝ VÝPOČET</b>		<b>11</b>

## OBSAH:

<b>1. Úvod .....</b>	<b>3</b>
1.1 Základné údaje mostného objektu .....	3
1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte. ....	3
1.3 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie .....	4
<b>2. Geometria mosta .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Použité materiály.....</b>	<b>7</b>
3.1 Druhy materiálov.....	7
3.2 Charakteristiky pevnostných tried materiálov .....	7
3.3 Krytie betonárskej výstuže .....	8
<b>4. Výpočet zaťaženia.....</b>	<b>9</b>
4.1 Stále zaťaženia "G" .....	9
4.1.1 Vlastná tiaž .....	9
4.1.2 Mostný zvršok .....	9
4.1.3 Zaťaženie zeminou .....	9
4.2 Premenné zaťaženia "Q" .....	9
4.2.1 Zaťaženie lávok pre chodcov a cyklistov .....	9
4.2.2 Zaťaženie účinkami teploty .....	10
4.2.3 Zaťaženie vetrom.....	11
<b>5. Výpočtový model lávky .....</b>	<b>12</b>
5.1 Zostavenie výpočtového modelu.....	12
5.2 Kombinácie zaťažovacích stavov .....	12
<b>6. Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie.....</b>	<b>15</b>
6.1 Vnútorné sily na nosnej konštrukcii .....	15
6.2 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSÚ .....	16
6.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer .....	16
6.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer .....	17
6.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer.....	18
6.3 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSP.....	19
6.3.1 Kontrola napätí .....	19
6.3.2 Kontrola vzniku a šírky trhlín.....	19
6.3.3 Kontrola deformácií.....	20
6.4 Zhrnutie návrhu nosnej konštrukcie .....	20
<b>7. Návrh a posúdenie spodnej stavby .....</b>	<b>21</b>
7.1 Návrh a posúdenie opôr.....	21
7.1.1 Vnútorné sily na opore.....	21
7.1.2 Posúdenie opory – MSÚ .....	23
7.1.3 Posúdenie opory – MSP.....	24
7.1.4 Zhrnutie návrhu opory .....	25
7.2 Návrh a posúdenie krídla.....	25

7.2.1	Vnútorne sily na krídle .....	25
7.2.2	Posúdenie krídla – MSÚ .....	25
7.2.3	Posúdenie krídla – MSP.....	26
7.2.4	Zhrnutie návrhu krídla .....	27
7.3	Návrh a posúdenie základov.....	27
7.3.1	Posúdenie základovej škáry .....	27
7.3.2	Vnútorne sily na základe.....	28
7.3.3	Posúdenie základu – MSÚ .....	28
7.3.4	Zhrnutie návrhu základu .....	29
<b>8.</b>	<b>Záver statického výpočtu.....</b>	<b>30</b>

## 1. Úvod

### 1.1 Základné údaje mostného objektu

Premostenie cyklotrasy cez potok zabezpečuje navrhovaná lávka pre cyklistov. Voľba betónovej prefabrikovanej konštrukcie vyplynula z charakteru územia v ktorom sa nachádza, parametrov prevádzanej komunikácie a prekážky.

Vlastný objekt pozostáva zo železobetónových opôr s mostnými krídlami. Lávka pozostáva z opôr založených plošne a z nosnej konštrukcie, ktorá pozostáva z dvoch prefabrikátov v strede prepojených monolitickým spojom. Nosná konštrukcia je uložená na opory kĺbovým spojom.

Celková dĺžka lávky je 16,27m, pri rozpätí nosnej konštrukcie 10,60m. Voľná šírka medzi madlami je 3,5m, výška je neobmedzená. Spodná úroveň nosnej konštrukcie je min 500mm nad príľahlým pôvodným terénom.

### 1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte.

Statický výpočet je spracovaný v súlade s príslušnými ustanoveniami nasledujúcich noriem:

#### Slovenské technické normy :

- |                   |   |
|-------------------|---|
| • STN EN 1990     | Zásady navrhovania konštrukcií  |
| • STN EN 1991-1-1 | Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia - Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov |
| • STN EN 1991-1-4 | Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia vetrom                                       |
| • STN EN 1991-1-5 | Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia účinkami teploty                             |
| • STN EN 1991-1-7 | Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia - Mimoriadne zaťaženia                                   |
| • STN EN 1991-2   | Zaťaženia 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  |

#### Literatúra :

- Prof. Ing. Juraj Bilčík, PhD., Prof. Ing. Ľudovít Fillo, PhD., doc. Dipl.-Ing. Dr. Vladimír Benko, PhD., doc. Ing. Jaroslav Halvonik, PhD.: *Betónové konštrukcie; Navrhovanie podľa STN EN 1992-1-1*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2008. ISBN 978-80-227-2940-6.
- Ing. Martin Moravčík, PhD., Doc. Ing. Štefan Zemko, CSc.: *Betónové mosty 1.diel (I. Všeobecná časť; II. Mosty zo železobetónu)*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2002.
- Prof. Ing. Jiří Strásky, DSc., Ing. Radim Nečas, Ph.D.: *Betónové mosty II, Modul M02, Analýza betónových mostu*. Brno: 2007.

### 1.3 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie

Výpočet vnútorných síl od jednotlivých kombinácií zaťaženia je spracovaný programom STRAP v zmysle technických noriem uvedených v kap. 0. Posúdenie konštrukčných prvkov mostného objektu je spracované v programe Excel, Strap a Geo5.

Na zadaný výpočtový model sú aplikované jednotlivé uvažované zaťaženia, ktoré sú uvedené v kap. 4. Z daných zaťažovacích stavov sa vytvorili kombinácie, ktorých základné tvary sú uvedené nižšie.

#### Medzný stav únosnosti :

- Kombinácie zaťaženia pre trvalé a dočasné návrhové situácie :
  - EQU (súbor A)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- STR/GEO (súbor B)

$$a.) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Kombinácia zaťaženia pri mimoriadnych návrhových situáciách :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + (\psi_{1,1} \text{ alebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

#### Medzný stav použiteľnosti :

- Charakteristická kombinácia :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Častá kombinácia :

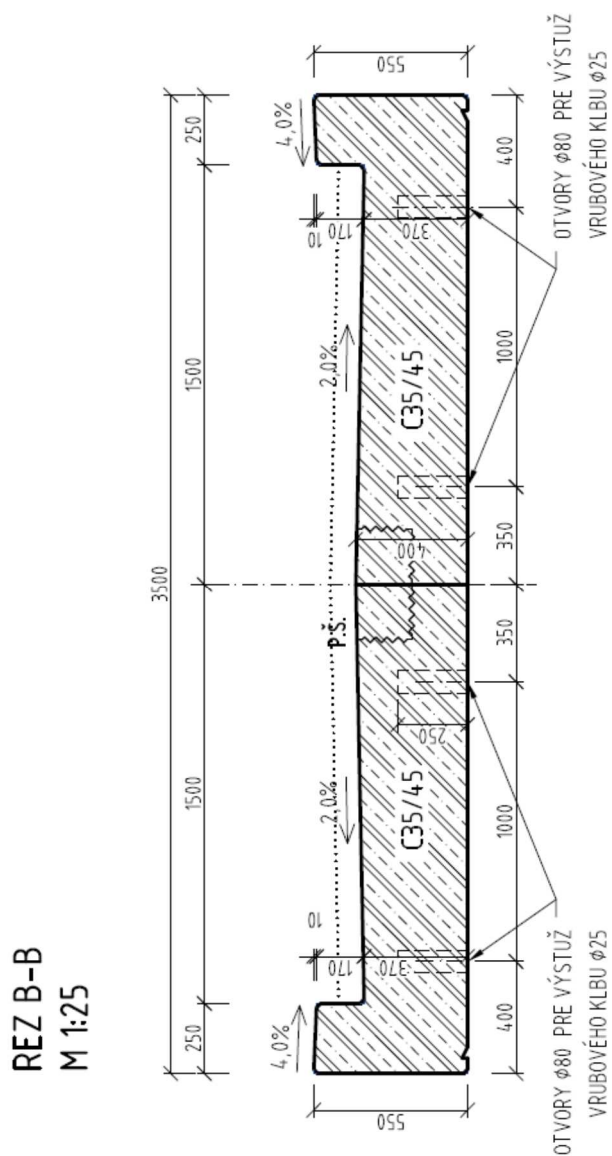
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Kvázi-stála kombinácia :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$



Obr. 2 Priečný rez



### 3. Použité materiály

#### 3.1 Druhy materiálov

Na konštrukcii sa uvažuje s týmito materiálmi a ich triedami :

- Betón
  - Nosná konštrukcia ..... C35/45
  - Opora ..... C30/37
  - Základ ..... C30/37
  - Krídlo ..... C30/37
- Oceľ
  - Betonárska výstuž ..... B 500B

#### 3.2 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)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Betón C35/45		
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)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

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



### 3.3 Krytie betonárskej výstuže

Minimálna hodnota z hľadiska súdržnosti:

- Pre maximálnu použitú betonársku výstuž s priemerom 25mm je :  $c_{min,b} = 25mm$

Minimálna hodnota krytia z hľadiska trvanlivosti:

- Návrhová životnosť 100 rokov – konštrukčná trieda S6
- Pre triedu prostredia XC4, XD2, XF1, XF2 a kvalitu betónu C35/45

Minimálna hodnota krytia betonárskej výstuže z hľadiska trvanlivosti podľa je :  $c_{min,dur} = 40mm$

Krytie betonárskej výstuže :  $c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10mm) = 40mm$

Hodnota tolerančného zväčšenia sa pre výrobu vo výrobnej hale stanovuje :  $\Delta c_{dev} = 5mm$

Hodnota nominálneho krytia betonárskej výstuže :  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 5 = 45mm$

## 4. Výpočet zaťaženia

### 4.1 Stále zaťaženia "G"

#### 4.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž všetkých betónových prvkov je pre :

- Železobetónové časti konštrukcie ..... 25,0 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka, hr. 90mm
  - Horná hranica „sup“ ..... 3,02 kN/m<sup>2</sup>
  - Spodná hranica „inf“ ..... 1,73 kN/m<sup>2</sup>
- Zábradlie ..... 1,20 kN/m<sup>2</sup>

#### 4.1.3 Zaťaženie zeminou

Zaťaženie pôsobí na spodnú stavbu t.j. opory, krídla a základy. Namodelovaný je zásyp ale taktiež aj odpor na líci opory, s rozlíšením pre zemný tlak v pokoji a pre zvýšený zemný tlak vyvolaný priťažením od dopravy. Na základy pôsobí len zvislá tiaž zeminou. Vstupné hodnoty pre výpočet účinkov :

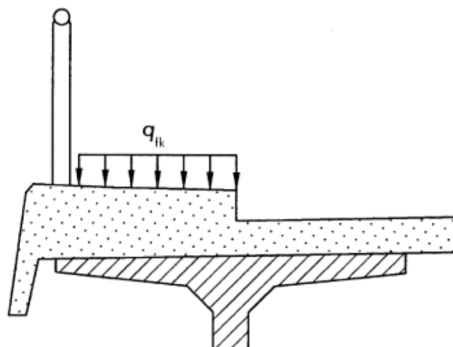
- tiaž zeminou : .....  $\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$
- súč. kludového tlaku : .....  $K_r = 0,50$

### 4.2 Premenné zaťaženia "Q"

#### 4.2.1 Zaťaženie lávkov pre chodcov a cyklistov

##### 4.2.1.1 Rovnomerné spojité zaťaženie (dav ľudí)

Pri návrhu lávkov pre chodcov, spojité rovnomerné zaťaženie " $q_{fk}$ " sa má definovať a aplikovať pozdĺžne, a priečne len v najnepriaznivejších častiach vplyvovej plochy.



Obr. 2 Charakteristické zaťaženie na chodník alebo cyklistický pás

##### Rovnomerné spojité zaťaženie :

$$2,5 \text{ kN/m}^2 \leq q_{fk} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$$

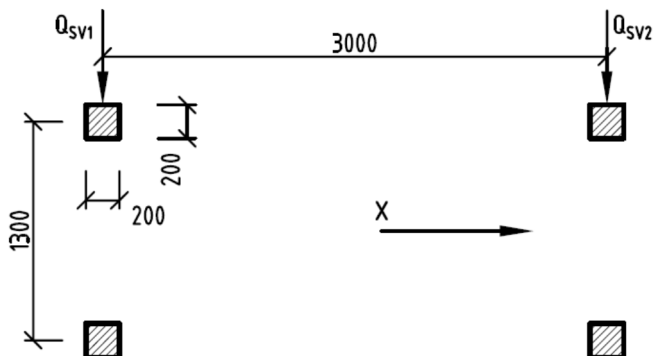
$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30} = 2,0 + \frac{120}{11,1 + 30} = 4,92 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 5,0 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.2.1.2 Služobné vozidlo

Keď je služobné vozidlo na lávke pre chodcov alebo chodníku, uvažuje sa len jedno služobné vozidlo " $Q_{serv}$ ". Daný zaťažovací stav vylučuje účinok „Sústredeného bremena“.

Pre túto situáciu sa použije zaťažovací model zložený z dvojnapravovej zaťažovacej skupiny 80 a 40 kN, s osovou vzdialenosťou náprav 3,0 m, s rázvorom 1,3 m a štvorcovými kontaktnými plochami strany 0,2 m na úrovni vozovky.

Vozidlo sa umiestnilo v priečnom smere excentricky pomocou aritmeticky stredného bremena.



Obr. 3 Schéma služobného vozidla

#### 4.2.1.3 Vodorovná sila (brzdňá / rozjazďová sila)

Vodorovná sila " $Q_{flk}$ " pôsobí pozdĺž osi nosnej konštrukcie v úrovni povrchu vozovky. Charakteristická hodnota vodorovnej sily sa má brať do úvahy väčšej z nasledujúcich dvoch hodnôt. :

- 10% celkového zaťaženia zodpovedajúceho rovnomernému spojitému zaťaženiu " $q_{flk}$ ":  
 $10\% \text{ z } 5 \text{ kN/m}^2 * L * b = 19,4 \text{ kN}$
- 60% celkovej hmotnosti služobného vozidla " $Q_{serv}$ ":  
 $60\% \text{ z } 120 \text{ kN} = 72 \text{ kN}$

Vodorovná sila :  $Q_{flk} = 72 \text{ kN}$

#### 4.2.1.4 Zaťaženia na zábradlia

Pri návrhu konštrukcie sa majú uvažovať sily, prenášajúce sa zo zábradlí do mostnej konštrukcie, ako premenné zaťaženie, ktoré sa určuje v závislosti od príslušnej zaťažovacej triedy pre zábradlia.

Minimálna hodnota pre lávky pre chodcov a chodníky mostov je premenné zaťaženie, pôsobiace v najvyššej časti zábradlia v smere vodorovnom alebo zvislom, ako zaťaženie priamkové s intenzitou 1,0 kN/m.

### 4.2.2 Zaťaženie účinkami teploty

#### 4.2.2.1 Rovnomerná zložka teploty mosta

Teploty vzduchu sa získali z máp s izotermami, ktoré sa nachádzajú v norme STN EN 1991-1-5/NA.

- Minimálna teplota vzduchu v tieni :  $T_{min} = -28^\circ\text{C}$
- Maximálna teplota vzduchu v tieni :  $T_{max} = 39^\circ\text{C}$
- Začiatková teplota mosta :  $T_0 = 10^\circ\text{C}$

Typ nosnej konštrukcie mosta : Typ 3 - Betónová nosná konštrukcia mosta

- Minimálna hodnota rovnomernej zložky teploty mosta :  $T_{e,min} = T_{min} + 8 = -20^\circ\text{C}$
- Maximálna hodnota rovnomernej zložky teploty mosta :  $T_{e,max} = T_{max} + 2 = 41^\circ\text{C}$

- Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teplota mosta pri skracovaní :  $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} + 10 = -40^\circ\text{C}$
- Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teplota mosta pri predlžovaní :  $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 + 10 = 41^\circ\text{C}$

#### 4.2.2.2 Zložka teplotného spádu

Uvažujeme so zvislou lineárnou zložkou (postup 1). Pri výpočte teplotného spádu na mostovke zohľadňujeme hrúbku povrchovej úpravy koeficientom "k<sub>sur</sub>".

- Horný povrch teplejší ako spodný :  $\Delta T_{M,heat} = k_{sur} \cdot 15 = 0,76 \cdot 15 = 11,4^\circ\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný :  $\Delta T_{M,cool} = k_{sur} \cdot (-8) = 1,0 \cdot (-8) = -8,0^\circ\text{C}$

#### 4.2.3 Zaťaženie vetrom

Vstupné údaje:

- Dĺžka mosta :  $L = 11,10 \text{ m}$
- Šírka mosta :  $b = 3,50 \text{ m}$
- Referenčná výška :  $z_e = 2,50 \text{ m}$
- Kategória terénu :  $k_t = \text{II}$
- Hustota vzduchu :  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Zákl. rýchlosť vetra bez dopravy :  $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$
- Zákl. rýchlosť vetra s dopravou :  $v_{b,0}^* = 23 \text{ m/s}$

$$q_p(z_e) = 0,6370 \text{ kPa}$$

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,4225 \text{ kPa}$$

$$q_b^* = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^{*2} = 0,3306 \text{ kPa}$$

##### 4.2.3.1 Zaťaženie vetrom v smere X (kolmo na os mosta)

bez dopravy :

s dopravou :

$$F_{w,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = \mathbf{9,19 \text{ kN}}$$

$$F_{w,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^{*2} \cdot C^* \cdot A_{ref,x,dp} = \mathbf{22,06 \text{ kN}}$$

$$q_{w,x} = F_{w,x}/L = 0,83 \text{ kN/m}$$

$$q_{w,x} = F_{w,x}/L = 1,99 \text{ kN/m}$$

##### 4.2.3.2 Zaťaženie vetrom v smere Z

$$F_{w,z} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} = \mathbf{22,27 \text{ kN}}$$

excentricita sily :

$$q_{w,z} = F_{w,z}/L = 2,01 \text{ kN/m}$$

$$e = b/4 = 0,875 \text{ m}$$



14	14	Ob. vozidlo #11	28	28	Ob. vozidlo #25	
----	----	-----------------	----	----	-----------------	--

Vysvetlivky :

- 1. stĺpec - číslo zaťažovacieho stavu
- 2. stĺpec - číslo zaťažovacieho stavu vo výsledkoch
- 3. stĺpec - názov zaťažovacieho stavu

➤ Zlúčenie zaťaženia do skupín

GROUP DEFINITION	
Obslužné vozidlo	4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ 10/ 11/ 12/ 13/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18/19/ 20/ 21/ 22/ 23/ 24/ 25// 26/ 27/28/ 29/ 30/ 31/ 32/ 33/ 34
Teplota	35/ 36/ 37/ 38/
Ostatné stále	2/ 41

Vysvetlivky :

- táto možnosť slúži na zlúčenie zaťaženia do skupiny z dôvodu uľahčenia tvorby kombinácií
- 1. stĺpec - názov skupiny
- 2. stĺpec - čísla zaťažovacích stavov, ktoré sa nachádzajú v danej skupine

➤ Vytvorené kombinácie

COMBINATIONS DEFINITION	
Comb.	
1	MSU-STR/GEO-Stále-BZ 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Ost. stále* 1.35
2	MSU-STR/GEO-Stále-SZ 1 * 1.35 +40 * 1.35 +Ost. stále* 1.35
3	MSU-STR/GEO-Stále-BZ-T 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
4	MSU-STR/GEO-Stále-SZ-T 1 * 1.35 +40 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
5	MSU-STR/GEO-LM4-T 1 * 1.35 + 3 * 1.35 +39 * 1.35 +Teplota* 0.90 +Ost. stále* 1.35
6	MSU-STR/GEO-T-LM4 1 * 1.35 + 3 * 0.60 +39 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
7	MSU-STR/GEO-A-T 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Služ. vozidlo* 1.35 +Teplota* 0.90 +Ost. stále* 1.35
8	MSU-STR/GEO-T-A 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Služ. vozidlo* 0.60 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
9	MSP-kvázi-stála 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Teplota* 0.50 +Ost. stále* 1.00
10	MSP-kvázi-stála 2 1 * 1.00 +40 * 1.00 +Teplota* 0.50 +Ost. stále* 1.00
11	MSP-charakteristická-LM4-T 1 * 1.00 + 3 * 1.00 +39 * 1.00 +Teplota* 0.60 +Ost. stále* 1.00
12	MSP-charakteristická-T-LM4 1 * 1.00 + 3 * 0.60 +39 * 1.00 +Teplota* 1.00 +Ost. stále* 1.00
13	MSP-charakteristická-A-T 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Služ. vozidlo* 1.00 +Teplota* 0.60 +Ost. stále* 1.00
14	MSP-charakteristická-T-A 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Služ. vozidlo* 0.40 +Teplota* 1.00 +Ost. stále* 1.00

Vysvetlivky :

- Ak v kombinácii je uvedený názov skupiny zaťažovacích stavov to znamená že daná kombinácia je vytvorená viac krát, kde sa zo skupiny zaťažovacích stavov obmieňajú zaťažovacie stavy.
- Popis skratiek : BZ – zemina bez priťaženia , SZ – zemina s priťažením dopravy, T – teplota, A – služobné vozidlo

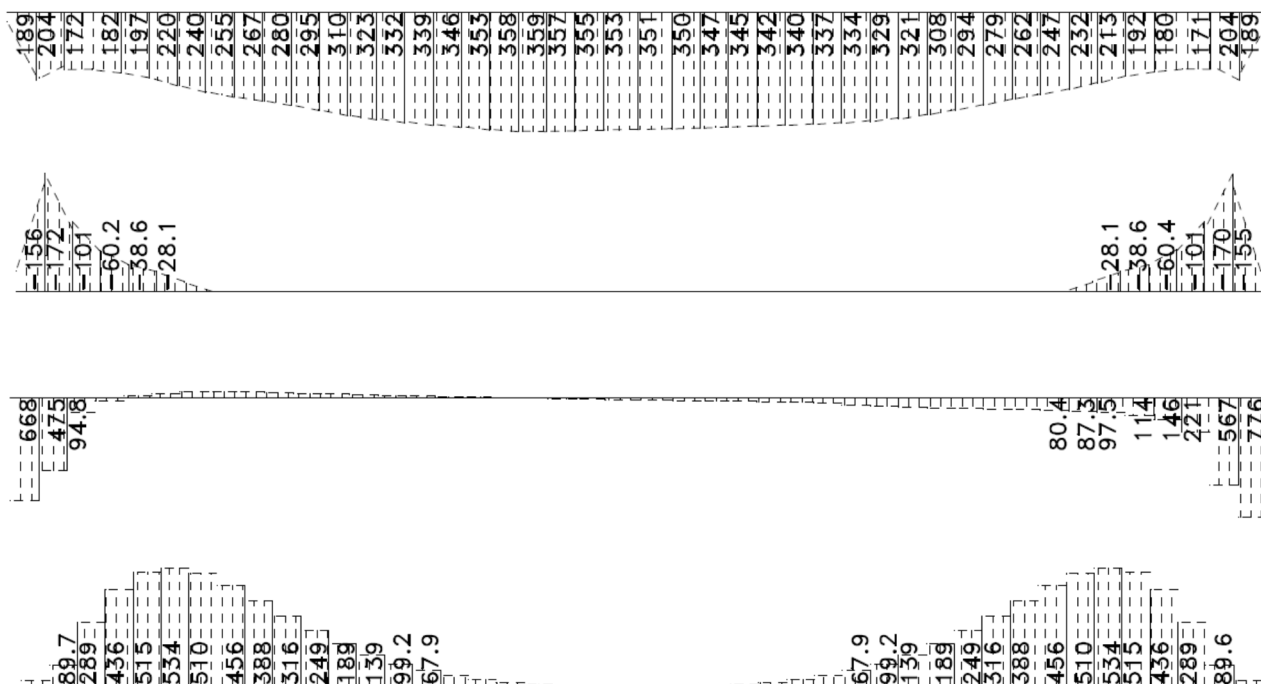




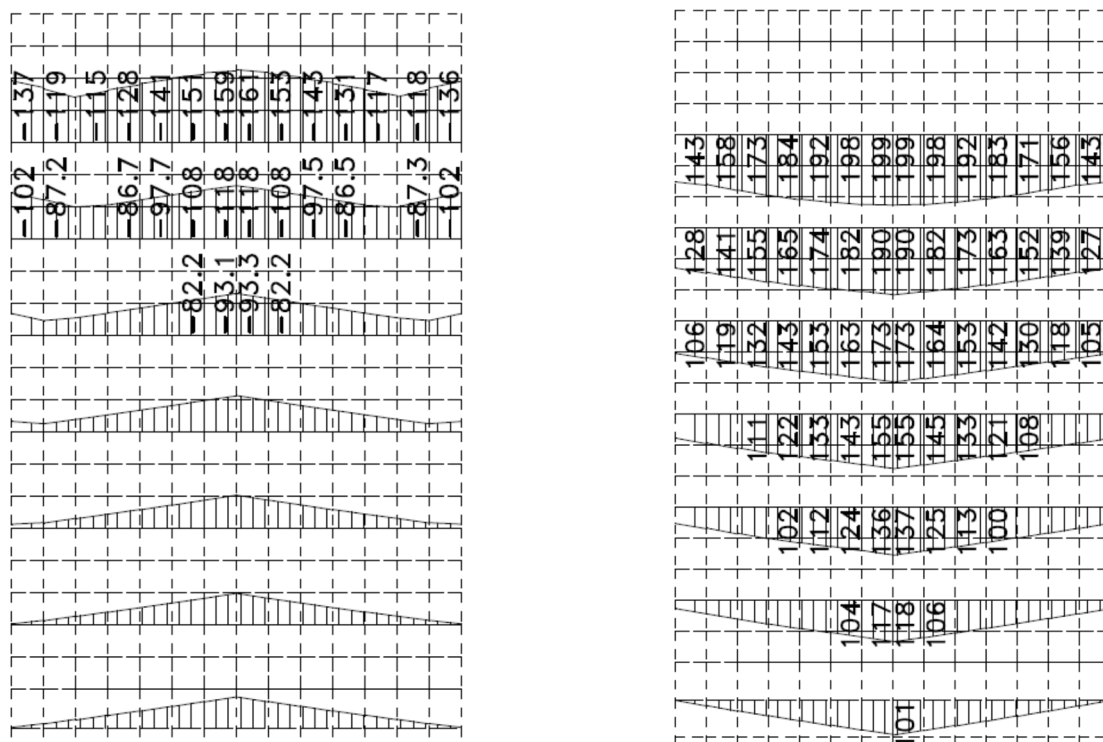
## 6. Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie

### 6.1 Vnútorne sily na nosnej konštrukcii

Vnútorne sily sú zobrazené na vytvorených rezoch cez elementy v príslušnom smere. Hodnoty tvoria obalovú krivku z kombinácií.

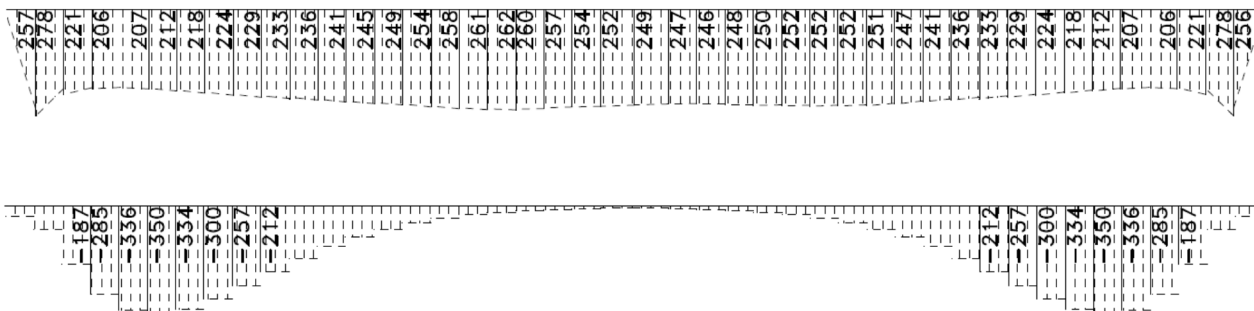


Obr. 5 MSÚ - Pozdĺžny smer, zhora :  $M_x +$ ,  $M_x -$ ,  $V_x$ ,  $N_x$

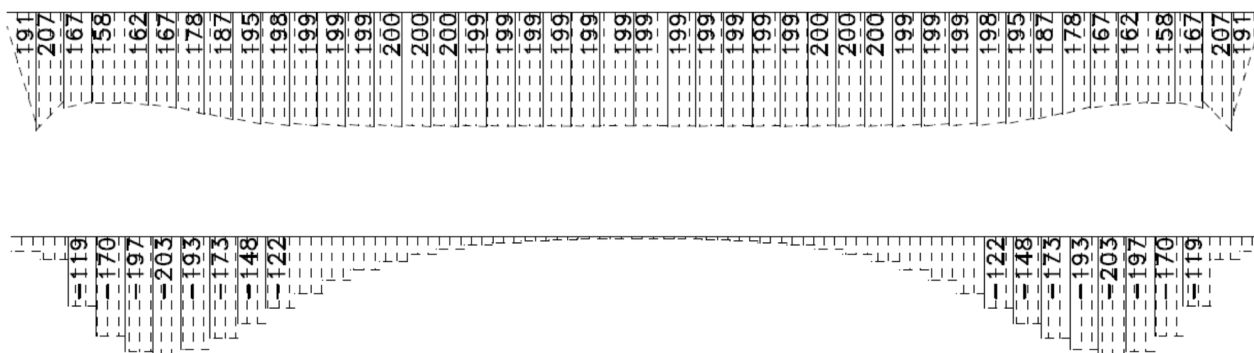




Obr. 6 MSÚ - Priechy smer, zľava : My -, My +



Obr. 7 MSP charakteristická - Pozdĺžny smer, zhora : Mx +, Nx



Obr. 8 MSP kvázi-stála - Pozdĺžny smer, zhora : Mx +, Nx

## 6.2 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSÚ

### 6.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer

#### 6.2.1.1 Posúdenie pri spodnom povrchu, v strede rozpätia

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,x,d} &= 25 \text{ mm} & h &= 380 \text{ mm} & m_{x,D,d} &= 373,0 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,x,d} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,x,d} &= 8,00 \text{ ks} & A_{sl,x,d} &= 3,93E+03 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

#### Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned}d_{1,x,d} &= c + \Phi_{sl,x,d}/2 = 57,5 \text{ mm} \\ d_{x,d} &= h - d_{1,x,d} = 322,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned}\xi_{lim} &= \epsilon_{cu3}/(\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,x} &= \xi_{lim} \cdot d_{x,d} = 198,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,x,d} = [A_{sl,x,d} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 86,09 \text{ mm}$$

$$x_{u,x,d} \leq x_{lim,x,d}$$

$$107,6 \text{ mm} < 198,9 \text{ mm} \text{ Spĺňa}$$

#### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,x,d} = x_{B,x,d} / \lambda = 107,6 \text{ mm}$$

$$m_{x,D,d} \leq m_{Rd,x,d}$$

$$373 \text{ kNm/m} < 477 \text{ kNm/m} \text{ Spĺňa}$$

#### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,x,d} = x_{B,x,d} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{x,d} - x_{B,x,d} \cdot 0,5) = 477,1 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 78,2%

Navrhujem :  $\Phi 25$  po 125 mm

### Posúdenie stupňa vystuženia :

$$A_{s,min,x,d} = 0,26 \cdot [f_{ctm}/f_{yk}] \cdot b \cdot d_{x,d} = 5,37E+02 \text{ mm}^2 \quad A_{s,min,x} / A_{sl,x} \leq 1 < A_{s,max,x} / A_{sl,x}$$

$$A_{sl,x,d} = 3,93E+03 \text{ mm}^2 \quad 0,14 < 1,0 < 3,87$$

$$A_{s,max,x,d} = 0,04 \cdot h \cdot b = 1,52E+04 \text{ mm}^2 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\mu = A_{sl,x,d} / [b \cdot d_{x,d}] = 1,22\%$$

### 6.2.1.2

### Posúdenie pri hornom povrchu, v oblasti uloženia

$$\Phi_{sl,x,h} = 12 \text{ mm} \quad h = 380 \text{ mm} \quad m_{x,D,h} = -100,0 \text{ kNm/m}$$

$$s_{sl,x,h} = 125 \text{ mm} \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$n_{sl,x,h} = 8,00 \text{ ks} \quad A_{sl,x,h} = 9,05E+02 \text{ mm}^2$$

### Účinná výška prierezu :

$$d_{1,x,h} = c + \Phi_{sl,x,h}/2 = 51 \text{ mm}$$

$$d_{x,h} = h - d_{1,x,h} = 329 \text{ mm}$$

### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,x} = \xi_{lim} \cdot d_{x,h} = 203 \text{ mm}$$

### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,x,h} = [A_{sl,x,h} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 19,83 \text{ mm}$$

$$x_{u,x,h} \leq x_{lim,x,h}$$

$$24,8 \text{ mm} < 203 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,x,h} = x_{B,x,h} / \lambda = 24,79 \text{ mm}$$

$$m_{x,D,h} \leq m_{Rd,x,h}$$

$$100 \text{ kNm/m} < 126 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,x,h} = x_{B,x,h} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{x,h} - x_{B,x,h} \cdot 0,5) = 125,5 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Využitie : } 79,7\%$$

$$\text{Navrhujem : } \Phi 12 \text{ po } 125 \text{ mm}$$

## **6.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer**

### 6.2.2.1

### Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$V_{Ed} = 210,00 \text{ kN/m} \quad \Phi_{sw} = 8 \text{ mm} \quad \theta = 38^\circ$$

$$z = 290 \text{ mm} \quad s_t = 250 \text{ mm} \quad n_{sw} = 4,00 \text{ ks}$$

$$d = 323 \text{ mm} \quad s = 250 \text{ mm} \quad A_{sw} = 2,01E+02 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$V_{Rd,max} = 1650 \text{ kN}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1,79$$

$$V_{Rd,c} = 241,6 \text{ kN}$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w \cdot d = 0,012$$

$$V_{Rd,cmin} = 159,6 \text{ kN}$$

$$A_{sl} = 3,93E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{tk}^{1/2} = 0,50 \text{ MPa}$$

$$210,0 \text{ kN} < 241,6 \text{ kN} < 1650 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska}$$

$$\text{Navrhujem : } \Phi 8, \text{ raster } 250 \times 250 \text{ mm}$$

### 6.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed} / (z \cdot b_w) \cdot [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 1,49 \text{ MPa} \quad \sigma_{cwd} / [\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}] \leq 1$$

$$v = v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,52 \quad 0,15 < 1,0 \quad \text{Spĺňa}$$

### 6.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer

#### 6.2.3.1 Posúdenie pri spodnom povrchu, od kraja do vzdialenosti 2,0m

$$\Phi_{sl,y,d} = 18 \text{ mm} \quad h = 380 \text{ mm} \quad m_{y,D,d} = 202,0 \text{ kNm/m}$$

$$s_{sl,y,d} = 125 \text{ mm} \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$n_{sl,y,d} = 8,00 \text{ ks} \quad A_{sl,y,d} = 2,04E+03 \text{ mm}^2$$

#### Účinná výška prierezu :

$$d_{1,y,d} = c + \Phi_{sl,x,d} + \Phi_{sl,y,d}/2 = 79 \text{ mm}$$

$$d_{y,d} = h - d_{1,y,d} = 301 \text{ mm}$$

#### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,y} = \xi_{lim} \cdot d_{y,d} = 185,7 \text{ mm}$$

#### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,d} = [A_{sl,y,d} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 44,6 \text{ mm}$$

$$x_{u,y,d} \leq x_{lim,y,d}$$

$$55,8 \text{ mm} < 185,7 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,d} = x_{B,y,d} / \lambda = 55,8 \text{ mm}$$

$$m_{y,D,d} \leq m_{Rd,y,d}$$

$$202 \text{ kNm/m} < 247 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,d} = x_{B,y,d} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{y,d} - x_{B,y,d} \cdot 0,5) = 246,7 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 81,9%

Navrhujem :  $\Phi 18$  po 125 mm

#### 6.2.3.2 Posúdenie pri spodnom povrchu, od 2,0m po stred

$$\Phi_{sl,y,d} = 16 \text{ mm} \quad h = 380 \text{ mm} \quad m_{y,D,d} = 150,0 \text{ kNm/m}$$

$$s_{sl,y,d} = 125 \text{ mm} \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$n_{sl,y,d} = 8,00 \quad A_{sl,y,d} = 1,23E+03 \text{ mm}^2$$

#### Účinná výška prierezu :

$$d_{1,y,d} = c + \Phi_{sl,x,d} + \Phi_{sl,y,d}/2 = 78 \text{ mm}$$

$$d_{y,d} = h - d_{1,y,d} = 302 \text{ mm}$$

#### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,y} = \xi_{lim} \cdot d_{y,d} = 186,3 \text{ mm}$$

#### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,d} = [A_{sl,y,d} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 35,3 \text{ mm}$$

$$x_{u,y,d} \leq x_{lim,y,d}$$

$$44,1 \text{ mm} < 186,3 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,d} = x_{B,y,d} / \lambda = 44,1 \text{ mm}$$

$$m_{y,D,d} \leq m_{Rd,y,d}$$

$$150 \text{ kNm/m} < 199 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,d} = x_{B,y,d} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{y,d} - x_{B,y,d} \cdot 0,5) = 198,9 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 75,4%

Navrhujem :  $\Phi 16$  po 125 mm

#### 6.2.3.3 Posúdenie pri hornom povrchu, v oblasti uloženia

$$\Phi_{sl,y,h} = 16 \text{ mm} \quad h = 380 \text{ mm} \quad m_{y,D,h} = -140,00 \text{ kNm/m}$$

$$\begin{aligned} s_{sl,y,h} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,y,h} &= 8,00 & A_{sl,y,h} &= 1,61E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned} d_{1,y,h} &= c + \Phi_{sl,x,h} + \Phi_{sl,y,h}/2 = 65 \text{ mm} \\ d_{y,h} &= h - d_{1,y,h} = 315 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,h} = [A_{sl,y,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 35,3 \text{ mm}$$

#### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned} \xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,y} &= \xi_{lim} * d_{y,h} = 194,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$x_{u,y,h} \leq x_{lim,y,h}$$

$$44,1 \text{ mm} < 194,3 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,h} = x_{B,y,h} / \lambda = 44,1 \text{ mm}$$

$$m_{y,D,h} \leq m_{Rd,y,h}$$

$$140,0 \text{ kNm/m} < 208,0 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,h} = x_{B,y,h} * b * f_{cd} * (d_{y,h} - x_{B,y,h} * 0,5) = 208 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 67,3%

Navrhujem :  $\Phi 16$  po 125 mm

### 6.3 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSP

#### 6.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťažení

$$M_{Ek} = 306,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Maximálne tlakové napätie v priereze : } \sigma_{c,max} = M_{Ek} * z_{i,H} / I_i = 12,35 \text{ MPa} \leq 0,6 f_{ck} \quad 21 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne ťahové napätie v priereze : } \sigma_{ct,max} = M_{Ek} * z_{i,D} / I_i = 11,54 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 3,2 \text{ MPa}$$

$$\text{Moment na medzi vzniku trhliny : } M_{cr} = f_{ctm} * I_i / z_{i,D} = 84,9 \text{ kNm}$$

**V priereze sa očakávajú trhliny**

- Výpočet maximálnych napätí

$$\text{Maximálne napätie v betóne : } \sigma_{c,max} = M_{Ek} * x / I_{ir} = 20,80 \text{ MPa} \leq 0,6 f_{ck} \quad 21 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne napätie vo výstuži : } \sigma_{s,1} = \alpha_e * M_{Ek} * (d_{s1} - x) / I_{ir} = 268,51 \text{ MPa} \leq 0,8 f_{yk} \quad 400 \text{ MPa}$$

**Napätie v betóne vyhovelo kontrole**

**Napätie vo výstuži vyhovelo kontrole**

#### 6.3.2 Kontrola vzniku a šírky trhlín

- Pri kontrole vzniku a šírky trhlín sa uvažuje s kvázi-stálou kombináciou zaťažení

$$M_{Eqp} = 237,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Napätie vo výstuži tesne pred vznikom trhliny : } \sigma_{sir} = \alpha_e * f_{ct,eff} = 18,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Napätie vo výstuži tesne po vzniku trhliny : } \sigma_{sr} = f_{ct,eff} (1 + \alpha_e * \rho_{s,eff}) / \rho_{s,eff} = 94,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Napätie vo výstuži od kvázi-stálej kombinácie : } \sigma_{s,1} = \alpha_e * M_{Ek} * (d_{s1} - x) / I_{ir} = 208,0 \text{ MPa}$$

Rozdiel priemerných pomerných pretvorení výstuže a betónu :

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \epsilon_s - k_t \cdot \epsilon_{sr} = 1,154E-03 > 0,6\epsilon_s = 8,055E-04$$

Maximálna vzdialenosť trhlín :

$$s_{r,max} = 3,4c + 0,425k_1 \cdot k_2 \cdot \sigma_1 / \rho_{s,eff} = 248,4 \text{ mm} > s_{sl} = 125 \text{ mm}$$

Maximálna šírka trhliny :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,287 \text{ mm} < w_{lim} = 0,300 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Šírka trhlín vyhovela kontrole

**6.3.3 K**  
**ontrola**  
**deformácií**

Pri výpočte priehybu sa zohľadnili reologické zmeny v nosnej konštrukcii. Navrhuje sa nadvýšenie nosnej konštrukcie pri zhotovení (viď výkres tvaru nosnej konštrukcie).

Pre charakteristickú kombináciu :  $f_{cal,k} = 5f_k \cdot L^4 / 384(EI)_m + (1/r_{cs})_m \cdot L^2 / 8 = 60,20 + 15,95 = 76,2 \text{ mm}$

Pre kvázi-stálu kombináciu :  $f_{cal,qp} = 5f_{qp} \cdot L^4 / 384(EI)_m + (1/r_{cs})_m \cdot L^2 / 8 = 44,74 + 15,06 = 59,8 \text{ mm}$

## 6.4 Zhrnutie návrhu nosnej konštrukcie

Pozdĺžna výstuž pri spodnom povrchu.....	Ø25/á125mm
Pozdĺžna výstuž pri hornom povrchu.....	Ø12/á125mm (do dĺžky 1,50m)
	Ø10/á125mm (od dĺžky 1,50m)
Priečna výstuž, je navrhnutá vo forme strmeňov.....	Ø18/á125mm (do vzdialenosti 2,0m)
	Ø16/á125mm (od vzdialenosti 2,0m)
Spony.....	Ø8, raster 250x250mm

Nosná konštrukcia sa vyhotoví s nadvýšením.

## 7. Návrh a posúdenie spodnej stavby

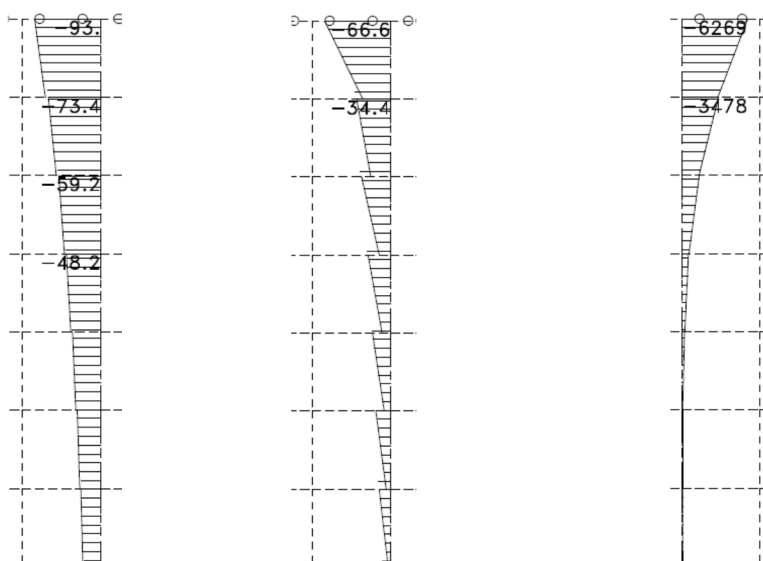
**Všetky výpočty a posúdenia pri návrhu vychádzajú z predpokladaných IG parametrov. Tieto predpoklady je bezpodmienečne nevyhnutné preveriť pri realizácii diela. Akákoľvek odlišnosť od predpokladaného si vyžaduje aktualizáciu riešenia na základe zistených skutočností!**

**Pri posúdení sa uvažuje so spätným zásypom za oporou, ktorý tvorí zemina G3. Zemina pod základom a zemina tvoriaca zemný odpor na líci sa predpokladá F5. Predpokladá sa únosnosť základovej pôdy 165kN!**

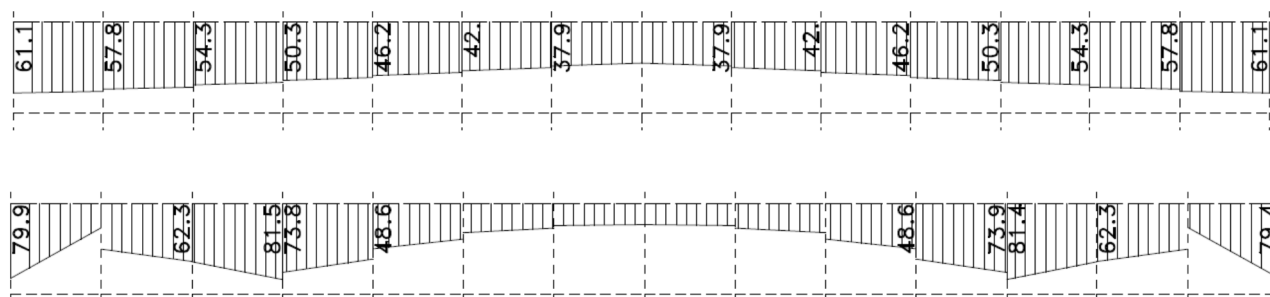
### 7.1 Návrh a posúdenie opôr

#### 7.1.1 Vnútrotné sily na opore

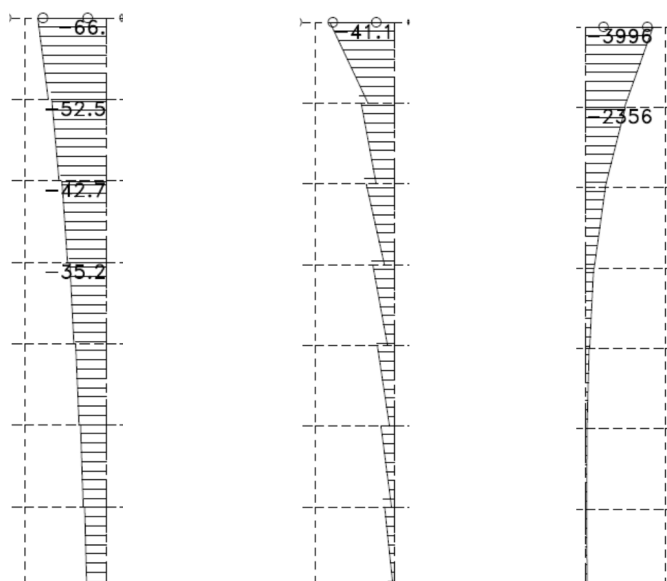
Vnútrotné sily sú zobrazené na vytvorených rezoch cez elementy v príslušnom smere. Hodnoty tvoria obalovú krivku z kombinácií.



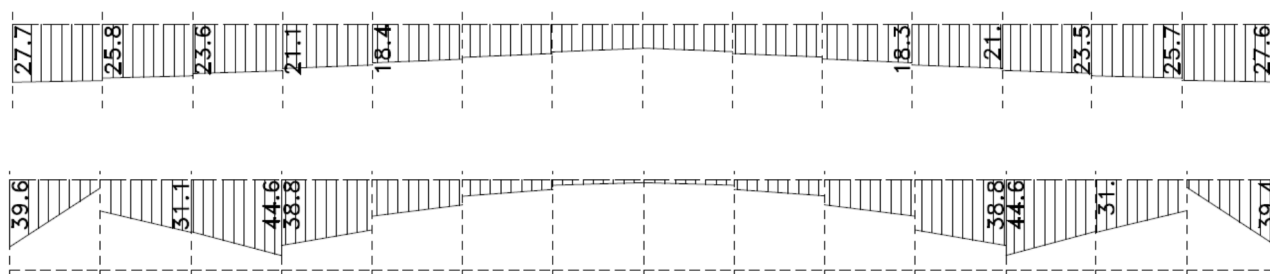
Obr. 9 MSÚ – Zvislý smer, Mz, Vz, Nz



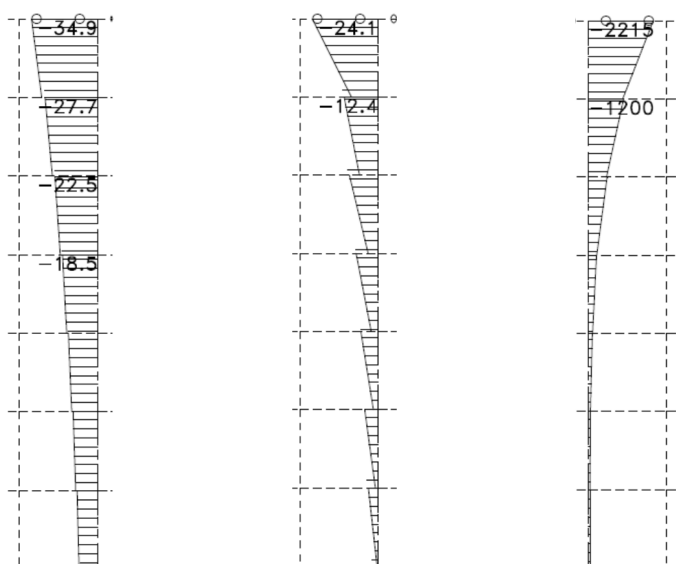
Obr. 10 MSÚ – Vodorovný smer, Mx, Vx



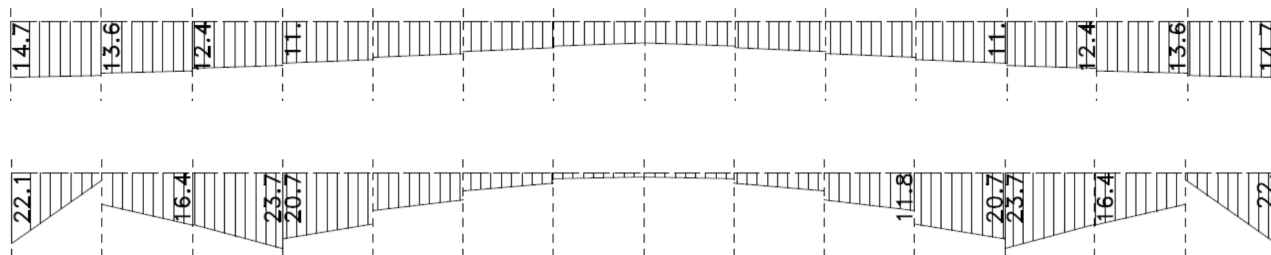
Obr. 11 MSP charakteristická – Zvislý smer, Mz, Vz, Nz



Obr. 12 MSP charakteristická – Vodorovný smer, Mx, Vx



Obr. 13 MSP kvázi-stála – Zvislý smer, Mz, Vz, Nz



Obr. 14 MSP kvázi-stála – Vodorovný smer, Mx, Vx

## 7.1.2 Posúdenie opory – MSÚ

### 7.1.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, zvislý smer

#### Ťahaný povrch :

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,v} &= 14 \text{ mm} & h &= 500 \text{ mm} & m_{Ed,v} &= 100,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,v} &= 150 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,v} &= 6,67 & A_{sl,v} &= 1,03E+03 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

#### Tlačený povrch :

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,v} &= 14 \text{ mm} & h &= 500 \text{ mm} \\ s_{sl,v} &= 150 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,v} &= 6,67 & A_{sl,v} &= 1,03E+03 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

#### Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned}d_{1,v} &= c + \Phi_{sl,v} + \Phi_{sl,v}/2 = 64 \text{ mm} \\ d_v &= h - d_{1,v} = 436 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned}\xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,v} &= \xi_{lim} \cdot d_v = 268,95 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,v} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 26,25 \text{ mm}$$

$$x_{u,v} \leq x_{lim,v}$$

$$32,81 \text{ mm} < 268,95 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,v} = x_{B,v} / \lambda = 32,81 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,v} \leq m_{Rd,v}$$

$$100,0 \text{ kNm/m} < 188,7 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

#### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,v} = x_{B,v} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_v - x_{B,v} \cdot 0,5) = 188,7 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 53,00%

Navrhujem :  $\Phi 14$  po 150 mm

#### Posúdenie stupňa vystuženia :

$$\begin{aligned}A_{s,vmin} &= 0,002A_c = 1,00E+03 \text{ mm}^2 & A_{s,vmin} / A_{sl,v} &\leq 1 & A_{sl,v} / A_{s,vmax} &\leq 1 \\ A_{sl,v} &= 2,05E+03 \text{ mm}^2 & 0,49 &< 1,0 & 0,10 &< 1,0 \\ A_{s,vmax} &= 0,04 \cdot h \cdot b = 2,00E+04 \text{ mm}^2 & \text{Vyhovuje} && \text{Vyhovuje} \\ \mu &= A_{sl,v} / [b \cdot d_v] = 0,47\%\end{aligned}$$

### 7.1.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer

#### 7.1.2.2.1 Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= 70,00 \text{ kN/m} & \Phi_{sw} &= 8 \text{ mm} & \theta &= 40^\circ \\ z &= 392,4 \text{ mm} & s_t &= 300 \text{ mm} & n_{sw} &= 3,33 \text{ ks}\end{aligned}$$



$$d = 436,0 \text{ mm} \quad s = 300 \text{ mm} \quad A_{sw} = 1,68E+02 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5b_w * d * v * f_{cd} \quad V_{Rd,max} = 1956,77 \text{ kN}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1,68 \quad V_{Rd,c} = 168,36 \text{ kN}$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w * d = 0,0024 \quad V_{Rd,cmin} = 181,56 \text{ kN}$$

$$A_{sl} = 1,03E+03 \text{ mm}^2 \quad V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,42 \text{ MPa} \quad 70,0 \text{ kN} < 181,6 \text{ kN} < 1957 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa} \quad \text{Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska}$$

**Navrhujem :  $\Phi 8$ , raster 300x300mm**

#### 7.1.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed}/(z * b_w) * [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 0,36 \text{ MPa} \quad \sigma_{cwd} / [\alpha_{cw} * v * f_{cd}] \leq 1$$

$$v = v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,53 \quad 0,04 < 1,0 \quad \text{Spĺňa}$$

#### 7.1.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, vodorovný smer

$$\Phi_{sl,h} = 12 \text{ mm} \quad h = 500 \text{ mm} \quad m_{Ed,h} = 70,00 \text{ kNm/m}$$

$$s_{sl,h} = 150 \text{ mm} \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$n_{sl,h} = 6,67 \quad A_{sl,h} = 7,54E+02 \text{ mm}^2$$

##### Účinná výška prierezu :

$$d_{1,h} = c + \Phi_{sl,h}/2 = 51 \text{ mm}$$

$$d_h = h - d_{1,h} = 449 \text{ mm}$$

##### Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3}/(\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,h} = \xi_{lim} * d_h = 276,97 \text{ mm}$$

##### Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,h} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 19,28 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$24,10 \text{ mm} < 276,97 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

##### Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h}/\lambda = 24,10 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$70,0 \text{ kNm/m} < 144,0 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

##### Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0,5) = 144,1 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 48,60%

Navrhujem :  $\Phi 12$  po 150 mm

##### Posúdenie stupňa vystuženia :

$$A_{s,hmin} = \max[25\%A_{sl,v}; 0,001A_c] = 5,13E+02 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,hmin} / A_{sl,h} \leq 1$$

$$A_{sl,h} = 7,54E+02 \text{ mm}^2$$

$$0,68 < 1,0$$

$$\mu = A_{sl,h} / [b * d_h] = 0,17\%$$

Vyhovuje

### 7.1.3 Posúdenie opory – MSP

#### 7.1.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťaženia

$$N_{Ek} = -800,00 \text{ kN} \quad M_{Ek} = 40,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Maximálne tlakové napätie v priereze : } \sigma_{c,max} = N_{Ek}/A_i - M_{Ek} * z_{i,H}/I_i = -2,53 \text{ MPa} \leq 0,6f_{ck} \quad 18 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne ťahové napätie v priereze : } \sigma_{ct,max} = N_{Ek}/A_i + M_{Ek} * z_{i,D}/I_i = -0,65 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 2,9 \text{ MPa}$$

Moment na medzi vzniku trhliny :  $M_{cr} = [f_{ctm} \cdot N_{Ek} / A_i] \cdot I_i / z_{i,D} = 92,5 \text{ kNm}$

**V priereze sa neočakávajú trhliny**

$N_{Ek} = 800,00 \text{ kN}$

$M_{Ek} = 40,00 \text{ kNm}$

Maximálne tlakové napätie v priereze :  $\sigma_{c,max} = N_{Ek} / A_i - M_{Ek} \cdot z_{i,H} / I_i = 0,63 \text{ MPa} \leq 0,6 f_{ck} \text{ } 18 \text{ MPa}$

Maximálne ťahové napätie v priereze :  $\sigma_{ct,max} = N_{Ek} / A_i + M_{Ek} \cdot z_{i,D} / I_i = 2,52 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \text{ } 2,9 \text{ MPa}$

Moment na medzi vzniku trhliny :  $M_{cr} = [f_{ctm} \cdot N_{Ek} / A_i] \cdot I_i / z_{i,D} = 191,4 \text{ kNm}$

**V priereze sa neočakávajú trhliny**

Nakoľko ohybový moment od charakteristickej kombinácie neprekročil kritický ohybový moment, nie je za potreby overovať šírku trhlín.

#### 7.1.4 Zhrnutie návrhu opory

Zvislá výstuž pri oboch povrchoch..... $\varnothing 14/\acute{a}150\text{mm}$

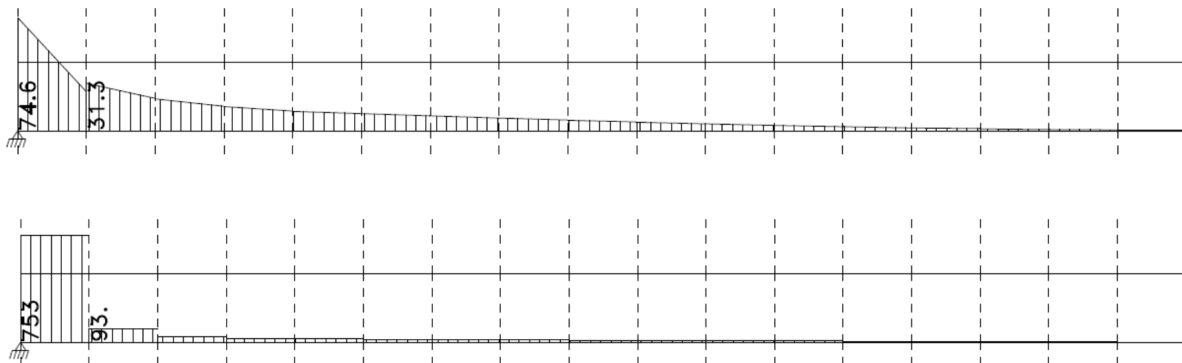
Vodorovná výstuž pri oboch povrchoch..... $\varnothing 12/\acute{a}150\text{mm}$

Spony..... $\varnothing 8$ , raster 250x250mm

### 7.2 Návrh a posúdenie krídla

#### 7.2.1 Vnútorne sily na krídle

Rez je zobrazený v mieste votknutia krídla do opory v najkritickejšom mieste, ktoré sa nachádza v hornej časti opory.



Obr. 15 MSÚ – Vodorovný smer,  $M_x$ ,  $V_x$

#### 7.2.2 Posúdenie krídla – MSÚ

##### 7.2.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, vodorovný smer

Posúdenie je v mieste votknutia krídla do opory v najkritickejšom mieste, ktoré sa nachádza v hornej časti opory.

$\Phi_{sl,h} = 16 \text{ mm}$        $h = 250 \text{ mm}$        $m_{Ed,h} = 70,00 \text{ kNm/m}$

$s_{sl,h} = 150 \text{ mm}$        $b = 1000 \text{ mm}$

$n_{sl,h} = 6,67$        $A_{sl,h} = 1,34E+03 \text{ mm}^2$

Účinná výška prierezu :

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$d_{1,h} = c + \Phi_{sl,h} + \Phi_{sl,h}/2 = 65 \text{ mm}$$

$$d_h = h - d_{1,v} = 185 \text{ mm}$$

$$\xi_{lim} = \varepsilon_{cu3} / (\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,h} = \xi_{lim} * d_h = 114,119 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 34,28 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$42,85 \text{ mm} < 114,12 \text{ mm} \text{ Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h} / \lambda = 42,85 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$70,0 \text{ kNm/m} < 97,8 \text{ kNm/m} \text{ Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

Využitie : 71,56%

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0.5) = 97,8 \text{ kNm/m}$$

Navrhujem :  $\Phi 16$  po 150 mm

### 7.2.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer

7.2.2.2.1 Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$V_{Ed} = 100,00 \text{ kN/m} \quad \Phi_{sw} = 8 \text{ mm} \quad \theta = 40^\circ$$

$$z = 166,5 \text{ mm} \quad s_t = 300 \text{ mm} \quad n_{sw} = 3,33 \text{ ks}$$

$$d = 185,0 \text{ mm} \quad s = 300 \text{ mm} \quad A_{sw} = 1,68E+02 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 b_w * d * v * f_{cd}$$

$$V_{Rd,max} = 830,3 \text{ kN}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2,04$$

$$V_{Rd,c} = 126,4 \text{ kN}$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w * d = 0,0072$$

$$V_{Rd,cmin} = 103,32 \text{ kN}$$

$$A_{sl} = 1,34E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,56 \text{ MPa}$$

$$100,0 \text{ kN} < 126,4 \text{ kN} < 830 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa}$$

Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska

Navrhujem :  $\Phi 8$ , raster 300x300mm

7.2.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed} / (z * b_w) * [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 1,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cwd} / [\alpha_{cw} * v * f_{cd}] \leq 1$$

$$v = v_1 = 0,6 [1 - f_{ck}/250] = 0,53$$

$$0,14 < 1,0 \text{ Spĺňa}$$

### 7.2.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, zvislý smer

$$A_{s,vmin} = \max[25\% A_{sl,v}; 0,001 A_c] = 6,70E+02 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,vmin} / A_{sl,v} \leq 1$$

$$A_{sl,v} = 7,54E+02 \text{ mm}^2$$

$$0,89 < 1,0$$

$$\mu = A_{sl,v} / [b * d_v] = 0,38\%$$

Vyhovuje

## 7.2.3 Posúdenie krídla – MSP

### 7.2.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťaženií

$$N_{Ek} = -20,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} = 20,00 \text{ kNm}$$

Maximálne tlakové napätie v priereze :  $\sigma_{c,max} = N_{Ek}/A_i - M_{Ek} \cdot z_{i,H}/I_i = -1,99 \text{ MPa} \leq 0,6f_{ck} \quad 18 \text{ MPa}$

Maximálne ťahové napätie v priereze :  $\sigma_{ct,max} = N_{Ek}/A_i + M_{Ek} \cdot z_{i,D}/I_i = 1,79 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 2,9 \text{ MPa}$

Moment na medzi vzniku trhliny :  $M_{cr} = [f_{ctm} \cdot N_{Ek}/A_i] \cdot I_i/z_{i,D} = 30,3 \text{ kNm}$

### V priereze sa neočakávajú trhliny

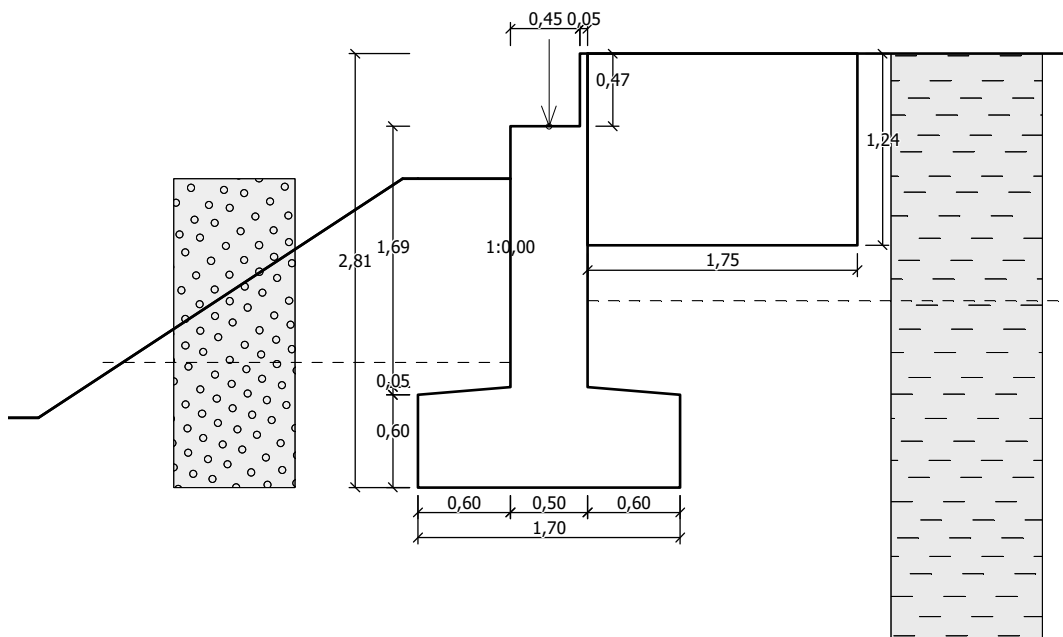
Nakoľko ohybový moment od charakteristickej kombinácie neprekročil kritický ohybový moment, nie je za potreby overovať šírku trhlín.

## 7.2.4 Zhrnutie návrhu krídla

Zvislá výstuž pri oboch povrchoch .....  $\varnothing 12/150\text{mm}$   
Vodorovná výstuž v kritickom mieste votknutia .....  $\varnothing 16/150\text{mm}$  (3rady po 3ks)  
Vodorovná výstuž v ostatných miestach .....  $\varnothing 12/150\text{mm}$   
Spony .....  $\varnothing 8$ , raster 250x250mm

## 7.3 Návrh a posúdenie základov

Posúdenie sa vytvorilo v programe „GEO“.



Obr. 16 Tvar celkovej opory

### 7.3.1 Posúdenie základovej škáry

Tab. 1 Sily pôsobiace v strede základovej škáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [-]	Napätí [kPa]
1	4,29	182,59	28,08	0,010	109,75
2	26,62	161,66	45,45	0,094	117,15

Tab. 2 Normové sily pôsobiace v strede základovej škáry (výpočet sadania)

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]
1	13,16	161,66	31,76

#### Posouzení excentricity :

Max. excentricita normálové síly  $e = 0,094$   
Maximální dovolená excentricita  $e_{alw} = 0,333$

**Excentricita normálové síly VYHOVUJE**

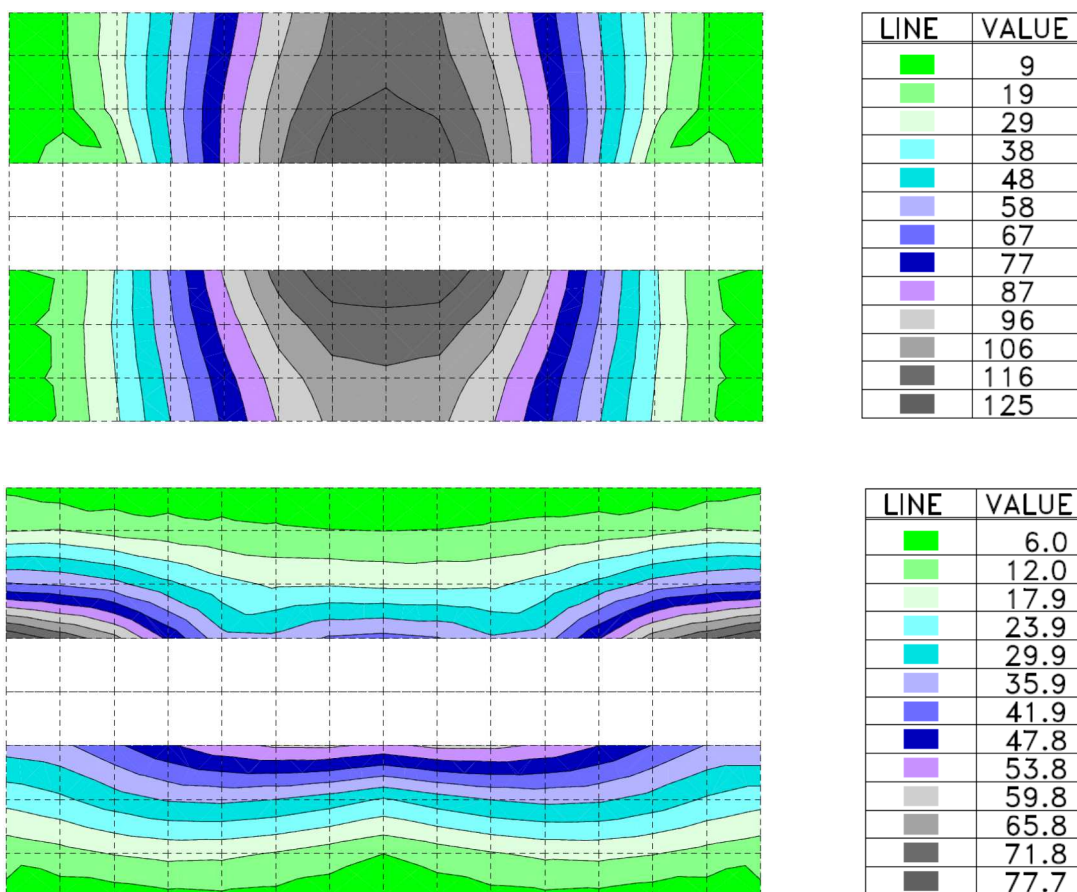
#### Posouzení únosnosti základové spáry :

Návrhová únosnost základové půdy  $R = 165,00 \text{ kPa}$   
Součinitel redukce odporu základové půdy  $\gamma_{RV} = 1,40$   
Max. napětí v základové spáře  $\sigma = 117,15 \text{ kPa}$   
Únosnost základové půdy  $R_d = 117,86 \text{ kPa}$

**Únosnost základové půdy VYHOVUJE**

### 7.3.2 Vnútorné sily na základe

Z výsledkov je vyrezaná oblasť, ktorá tvorí oporu.



Obr. 17 MSÚ – Ohybové momenty zhora : pozdĺžny, priečny

### 7.3.3 Posúdenie základu – MSÚ

#### 7.3.3.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer

$\Phi_{sl,v} = 12 \text{ mm}$        $h = 600 \text{ mm}$        $m_{Ed,v} = 120,00 \text{ kNm/m}$   
 $s_{sl,v} = 200 \text{ mm}$        $b = 1000 \text{ mm}$   
 $n_{sl,v} = 5,00$        $A_{sl,v} = 5,65E+02 \text{ mm}^2$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,v} = c + \Phi_{sl,v} + \Phi_{sl,v}/2 = 61 \text{ mm}$$

$$d_v = h - d_{1,v} = 539 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,v} = \xi_{lim} * d_v = 332,5 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,v} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 14,5 \text{ mm}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,v} = x_{B,v} / \lambda = 18,1 \text{ mm}$$

$$x_{u,v} \leq x_{lim,v}$$

$$18,1 \text{ mm} < 332,5 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

$$m_{Ed,v} \leq m_{Rd,v}$$

$$120,0 \text{ kNm/m} < 130,7 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,v} = x_{B,v} * b * f_{cd} * (d_v - x_{B,v} * 0.5) = 130,7 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 91,8%

Navrhujem :  $\Phi 12$  po 200 mm

7.3.3.2

Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,h} &= 10 \text{ mm} & h &= 600 \text{ mm} & m_{Ed,h} &= 50,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,h} &= 300 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,h} &= 3,33 & A_{sl,h} &= 2,62E+02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,h} = c + \Phi_{sl,h}/2 = 50 \text{ mm}$$

$$d_h = h - d_{1,h} = 550 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,62$$

$$x_{lim,h} = \xi_{lim} * d_h = 339,3 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,h} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 6,7 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$8,4 \text{ mm} < 339,3 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h} / \lambda = 8,4 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$50,0 \text{ kNm/m} < 62,2 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0.5) = 62,2 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 80,1%

Navrhujem :  $\Phi 10$  po 300 mm

**7.3.4 Zhrnutie návrhu základu**

Priečna výstuž..... $\Phi 10/\acute{a}300\text{mm}$   
Pozdĺžna výstuž..... $\Phi 12/\acute{a}200\text{mm}$

## 8. Záver statického výpočtu

Statickým výpočtom bola overená celková konštrukcia predmetného mostného objektu.

*Je nutné preveriť únosnosť základovej pôdy, ktorá bola uvažovaná hodnotou 165kN, z dôvodu neznámeho IG prieskumu. Akákoľvek odlišnosť od predpokladaného si vyžaduje aktualizáciu riešenia na základe zistených skutočností!*

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.

Prešov, 12/2020

Vypracoval: Ing. Jozef Antol  
Ing. Radoslav Fotta