

# TASUM

Technical Assessment  
of Structures and Maintenance

TASUM, s.r.o., Štrková 10, SK-010 09 Žilina

## Prepočet zaťažiteľnosti cestného mosta na Vodnej ulici v meste Nitra



December 2020



## Obsah

1. Úvod .....	2
2. Popis nosnej konštrukcie.....	2
2.1 Popis súčasného stavu.....	2
3. Diagnostika materiálov konštrukčných prvkov .....	3
3.1 Betón nosnej konštrukcie.....	3
3.1.1 Pevnosť betónu v tlaku.....	3
3.1.2 Karbonatácia betónu.....	3
3.1.3 Obsah chloridov v betóne.....	3
3.2 Výstuž konštrukcie.....	3
4. Statický prepočet konštrukcie.....	4
5. Záver.....	4
 Literatúra .....	 5

## 1. ÚVOD

Na podklade objednávky č. 20201872 zo dňa 12.11.2020 bola firma TASUM požiadaná určiť aktualizáciou prepočtu zaťažiteľnosť mostného objektu na Vodnej ul. v meste Nitra.

Ako podklady k statickému prepočtu slúžila vykonaná prehliadka spolu s výkonom zjednodušenej diagnostiky a prepočet zaťažiteľnosti [8]. Počasie počas prehliadky bolo zamračené, hmlisté s drobným dažďom a teplotou + 3°C.

## 2. POPIS NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Mostný objekt premostňuje rieku Nitru na ulici Vodná, premostenie je kolmé, uhol kríženia je 100°. Mostný objekt bol postavený podľa [8] v roku 1950.

Mostný objekt je trojpoľová spojitá, železobetónová, dosková konštrukcia s premennou tuhosťou. Hrúbka nosnej konštrukcie  $H_d=650$  mm, nad piliermi priamymi nábehmi sa zvyšuje na  $H_d=900$  mm. Rozpätia mostných polí sú 16,6 + 22,00 + 16,6m, svetlosti mostných polí sú 15,70+21,28+15,70 m. Dĺžka premostenia je 54,120m a dĺžka nosnej konštrukcie je 56,120m

Šírkové usporiadanie na moste: voľná šírka vozovky medzi obrubníkmi 4 000 mm. Celková voľná šírka medzi bezpečnostným zariadením je 5 030 mm. Na moste sú navrhnuté obojstranne odrazné pruhy 2 x 830 mm. Celková šírka nosnej konštrukcie je 5 440 mm.

Bezpečnostné zariadenie na moste je oceľové z valcovaných I profilov. Výška zábradlia je 1 100 mm. Odvodnenie mostu zabezpečujú naprojektované obrubníkové odvodňovače. V dvoch krajných poliach sú obojstranne po dva odvodňovače a v strednom poli sú obojstranne po tri odvodňovače.

Spodná stavba je navrhnutá z dvoch gravitačných pobrežných opôr a dvoch medziľahlých pilierov. Na pobrežné opory naväzujú rovnobežné krídla v dĺžkach 2 100 mm. Mostovka je uložená na dve pobrežné opory na kyvných betónových stienkach. Uloženie na piliere je prostredníctvom vrúbkových kĺbov.

Celková dĺžka mostu je 60 400 mm.

### 2.1 Popis súčasného stavu

Nosná konštrukcia, doska je v dobrom stave. Na bočných stenách sa diagnostikovali zvislé, povrchové trhliny v omietkovej povrchovej úprave (pozri obr. 5 a 10) a menšieho rozsahu priesaky s vápenatými výluhmi. Tieto poruchy boli diagnostikované hlavne v okolí odvodňovačov spôsobené aj ich malým vyustením. Omietka na bočných stenách je narušená, miestne zvetralá. Vozovka má poruchy vyjazdených koľají v čase prehliadky v nich stála voda, tiež pri obrubníkoch, čo spôsobili upchatia vtokov odvodňovačov napadaným a naplaveným listím (pozri obr. 2,4 a 7). Betónové ložiská majú zvetralú omietku, plošne chýbajúcu (pozri obr. 5 a 10). Betónové ložisko na strane smer Pasienky má v strede na celú výšku zvislú trhlinu v šírke  $a_t=0,3$ mm (pozri obr.11). Úložné prahy sú znečistené napadanými nečistotami a úlomkami omietky (pozri obr.10). Bezpečnostné zariadenie je na krídlach poškodené od nárazu vozidiel (pozri obr. 12), má zvetralý náter. Na strane do Centra je krídlo proti vode po náraze posunuté z pôvodnej polohy, posun je takmer 80 mm (pozri obr.8). Dilatácie na oboch stranách majú pozdĺžne trhliny na celej šírke vozovky (pozri obr. 3 a 4), v okolí je sieťový rozpad živice vozovkového krytu.

### 3. DIAGNOSTIKA MATERIÁLOV KONŠTRUKČNÝCH PRVKOV

Diagnostika mostného objektu vychádzala pre potrebu a zabezpečenia podkladov prepočtu zaťažiteľnosti. Na tomto základe bol vypracovaný program skúšania, ktorý vychádzal zo získaných informácií a dostupných údajov o mostnej konštrukcii. Ďalej zahrňoval účel skúšania, použité skúšobné metódy, druh skúšok, počet, rozmiestnenie a prípravu skúšobných miest, použité prístroje a spôsob vyhodnotenia.

#### 3.1 Betón nosnej konštrukcie

##### 3.1.1 Pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu v tlaku nosnej konštrukcie mostovky a spodnej stavby sa zisťovala Schmidovým tvrdomerom N, výrobné číslo N – 17 – 43762 podľa [6]. Skúšané miesta sa rozdelili na oblasti a to na oblasť nosnej konštrukcie a jej uloženia na spodnú stavbu. Na každom konštrukčnom prvku sa vykonali po 3 skúšané miesta.

Z vypočítaných hodnôt pevnosti betónu v tlaku  $R_{bei}$  s nezaručenou presnosťou v MPa sa stanovila podľa [6] zaručená pevnosť betónu v tlaku  $R_{bg}$ . Prehľad nameraných hodnôt pevností betónu na vybraných miestach nosnej konštrukcie a konštrukčných prvkov uloženia objektu sú uvedené v protokoloch vykonaných skúšok v prílohovej časti posudku.

##### 3.1.2 Karbonatácia betónu

Stupeň karbonatácie betónu sa určoval z dôvodu ohrozenia výstuže koróziou kyslým prostredím. Karbonatácia betónu sa určovala na stanovených miestach nosnej konštrukcie a spodnej stavby na odobratých vzorkách súpravou German Instruments – Rainbow Indikátor. Na krajných, dostupných častiach bol zistený stupeň karbonatácie kyslosti od pH 7 do pH 8. Na stenách ložísk bol zistený stupeň karbonatácie kyslosti pH 10.

Hĺbka skarbonátovanej vrstvy betónu mostovky je len povrchová t.j. nedosahuje úroveň hlavnej výstuže.

##### 3.1.3 Obsah chloridov v betóne

Na odobratých vzorkách betónu nebolo skúškami zistené napadnutie betónu difundovanými chloridmi.

#### 3.2 Výstuž nosnej konštrukcie

Prítomnosť výstuže v betóne sa zisťovala jednak z dôvodu určenia skúšobných miest Schmidovým tvrdomerom N, overenia hrúbky krycej vrstvy, osovej vzdialenosti a priemeru hlavnej a konštrukčnej výstuže. Na skúšku sa použila pachometrická metóda – prístrojom PROFOMETER 4 s využitím bodovej a hĺbkovej sondy.

Diagnostickým meraním boli zistené nasledovné polohy, profily a počty betonárskej a konštrukčnej výstuže v nosnej konštrukcii. V tabuľke 3 sú uvedené hodnoty zistených profilov.

Tab.3

Konštrukčný prvok	Výstuž hlavná Ø	Výstuž konštrukčná Ø	Krytie [mm]
Doska	5 Ø C 25/m	Ø C 12	50

#### 4. STATICKÝ PREPOČET KONŠTRUKCIE

Prepočet je urobený programom SCIA Engineer, Metódou konečných prvkov licenčné číslo SCIA 7029. Výsledky, zaťažiteľnosť normálna, výhradná a výnimočná sú uvedené v tab.1. Podrobný a úplný prepočet je uvedený v prílohovej časti č. 3 tejto správy. Výpočet je urobený pre zistené parametre nosnej konštrukcie normy platnej v dobe výstavby [2] a [1] pre zaťaženie LM1, LM2 a LM3. Rozhodujúcim prvkom bol pilier č.1.

Po prehliadke mostného objektu stanovujeme stavebný stav na:

#### IV. Stav uspokojivý

#### REKAPITULÁCIA VÝSLEDKOV - Zaťažiteľnosť mostného objektu je:

tab.1

Zaťažiteľnosť	Výpočtová	Výsledná
Normálna	24 t	24 t
Výhradná	42 t	42 t
Výnimočná	101 t	101 t

**Výsledné hodnoty zaťažiteľnosti sú stanovené na základe celkového súčasného stavebného stavu a výsledkov prepočtu.**

#### 5. ZÁVER

V zmysle prehliadky mostného objektu, prepočtu zaťažiteľnosti ponechať zaťažiteľnosť na súčasných hodnotách

**Vzhľadom na stavebný stav mosta sa odporúča na mostnom objekte vykonať pravidelné prehliadky a mostný objekt projektovo pripraviť na opravu.**

- v projektovej príprave sa zamerať na výmenu mostného zvršku aj izolácie
- po oprave na mostnom objekte upraviť zaťažiteľnosť podľa prepočtu a [5]
- pre evidenciu správcu odporúčam správcovi objektu zaviesť mostný zošit. Po pravidelne robených prehliadkách a zistených zmenách tieto aktualizovať do mostného zošita

V Žiline 08.12.2020

Ing. Peter Slašťan





## LITERATÚRA

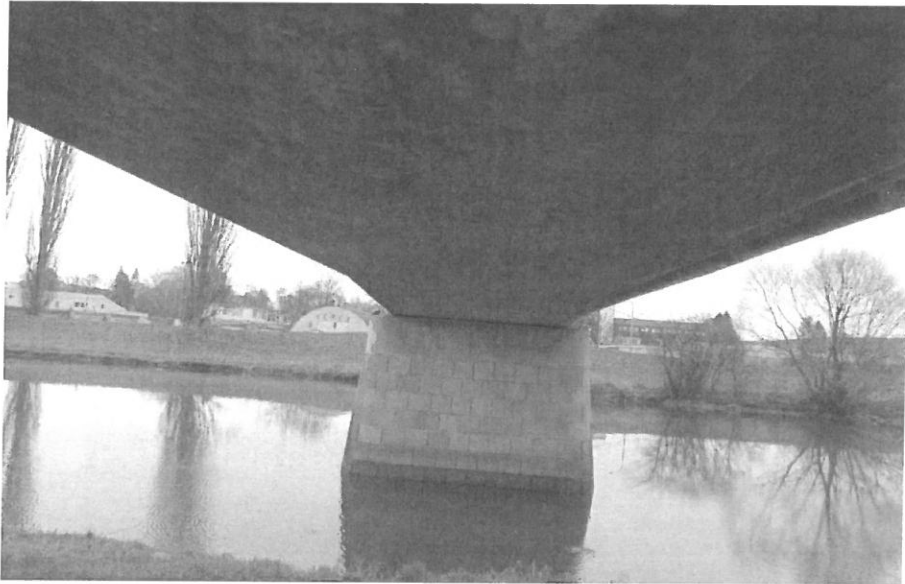
- [1] STN EN 1991-2 - Zaťaženia konštrukcii, časť 2. - Zaťaženie mostov dopravou
- [2] Výnos Ministerstva dopravy, verejná správa technická – 1945 - 1950
- [3] TP 104 Slovenskej správy ciest - Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok
- [4] P. Slašťan, A. Sokolík, Š. Zemko : Betónové mosty. Prepočet zaťažiteľnosti cestných mostov.
- [5] Vyhláška č. 30 Ministerstva vnútra Slovenskej republiky o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov ustanovuje od 01.04.2020 doplnenia do zákona č.9/2009 Z.z.
- [6] STN 73 1373: 1983 Tvrdomerné metódy skúšania betónu, 1983
- [7] GERMANN INSTRUMENTS - meracia technika
- [8] PSK Bratislava Ing. L. Bača, Bratislava
- [9] Pomôcka pre určovanie zaťažiteľnosti starších mostov - MD Bratislava 1989

## **Obrázková príloha**

- Obr. 1 Celkový pohľad na nosnú konštrukciu zospodu
- Obr. 2 Celkový pohľad na most zhora
- Obr. 3 Súčasný stav vozovky, detail v oblasti dilatácie na strane smer Centrum
- Obr. 4 Detail prechodu na most zo strany smer Pasienky
- Obr. 5 Detail uloženia mostovky na spodnú stavbu
- Obr. 6 Pohľad na konzolovú časť mostovky spolu s odvodňovačom
- Obr. 7 Pohľad na znefunkčnený stav odvodňovača
- Obr. 8 Pohľad na stav, posun krídla na strane proti vode na strane smer Centrum
- Obr. 9 Pohľad na úložný prah piliera spolu so zvláštnym zariadením
- Obr.10 Pohľad na súčasný stav úložného prahu na strane do Centra
- Obr.11 Pohľad zvislú trhlinu ložiska strana smer Pasienky
- Obr.12 Pohľad na deformované zábradlie strana smer Pasienky







Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10



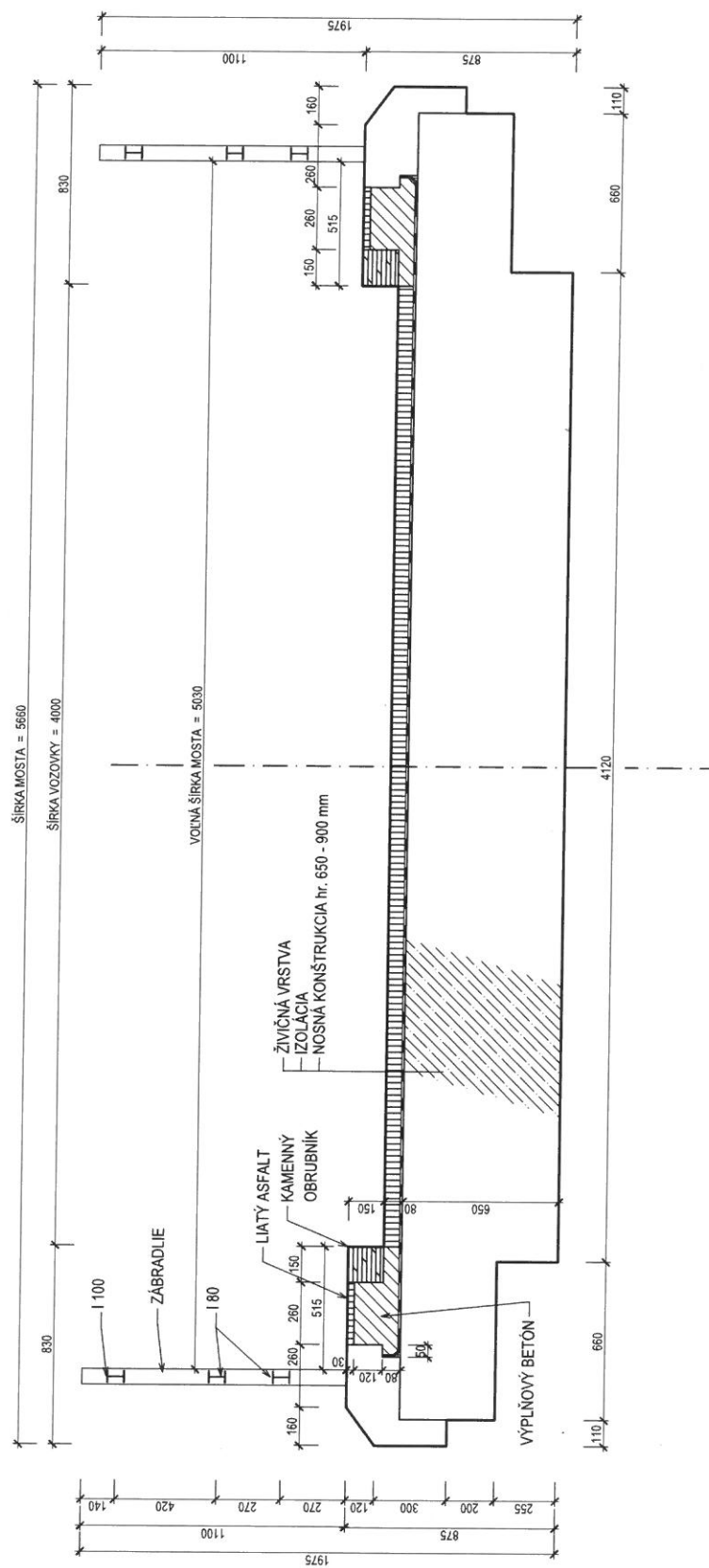
Obr.11



Obr.12









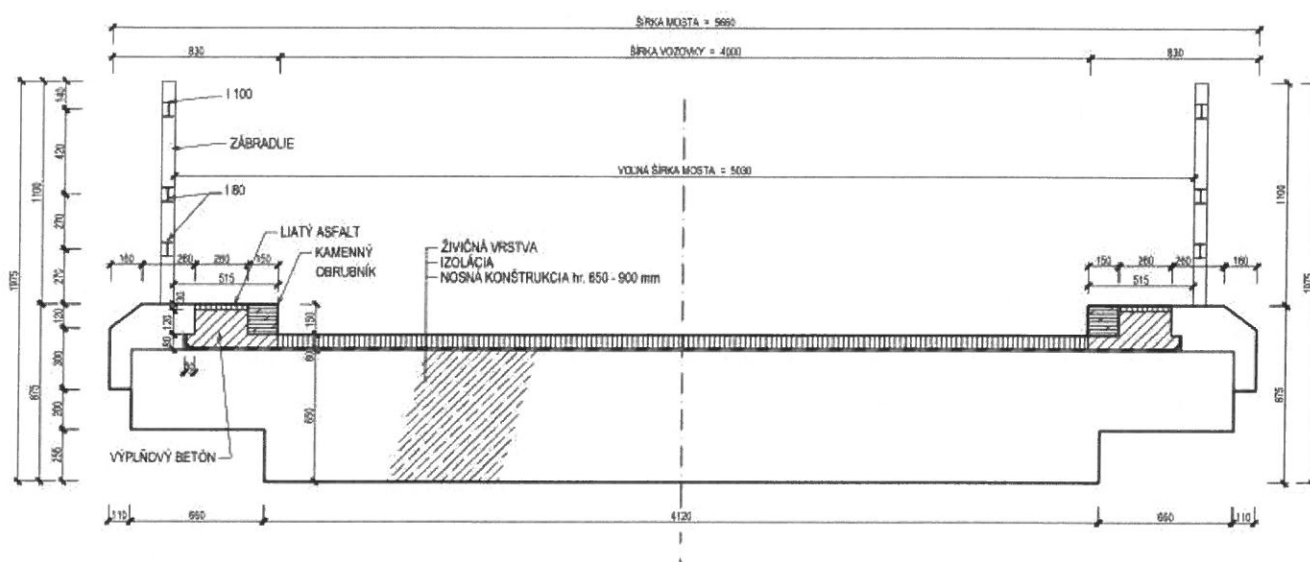


## PODROBNÝ STATICKÝ PREPOČET ZAŤAŽITEĽNOSTI

## 1. Charakteristika mostného objektu

Mostný objekt sa nachádza na ulici Vodná. Podľa dostupných informácií bol naprojektovaný v roku 1950. Prekenuje rieku Nitru. Jedná sa o železobetónovú doskovú konštrukciu s nábehmi. Zo statického hľadiska sa jedná o spojitý nosník. Na pilieroch je most podpretý vrúbkovým kĺbom, na oporách sa nachádzajú posuvné podpery.

- rozpätia polí :  $l_1 := 16.6 \text{ m}$  ,  $l_2 := 22.0 \text{ m}$  ,  $l_3 := 16.6 \text{ m}$
- šírka mostu :  $b := 5.66 \text{ m}$
- šírka vozovky :  $b_v := 4.00 \text{ m}$
- šírka rímsy :  $b_r := 0.83 \text{ m}$
- šírka chodníka :  $b_{ch} := 0.515 \text{ m}$
- hrúbka nosnej konštrukcie nad pilierom :  $h_{NK, pil} := 900 \text{ mm}$
- hrúbka nosnej konštrukcie v poli :  $h_{NK, pole} := 635 \text{ mm}$

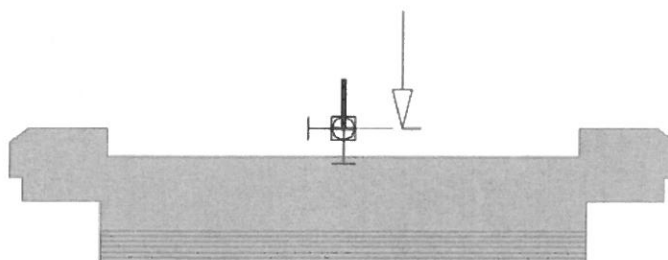


## 2. Metodika prepočtu

### 2.1 Všeobecný opis

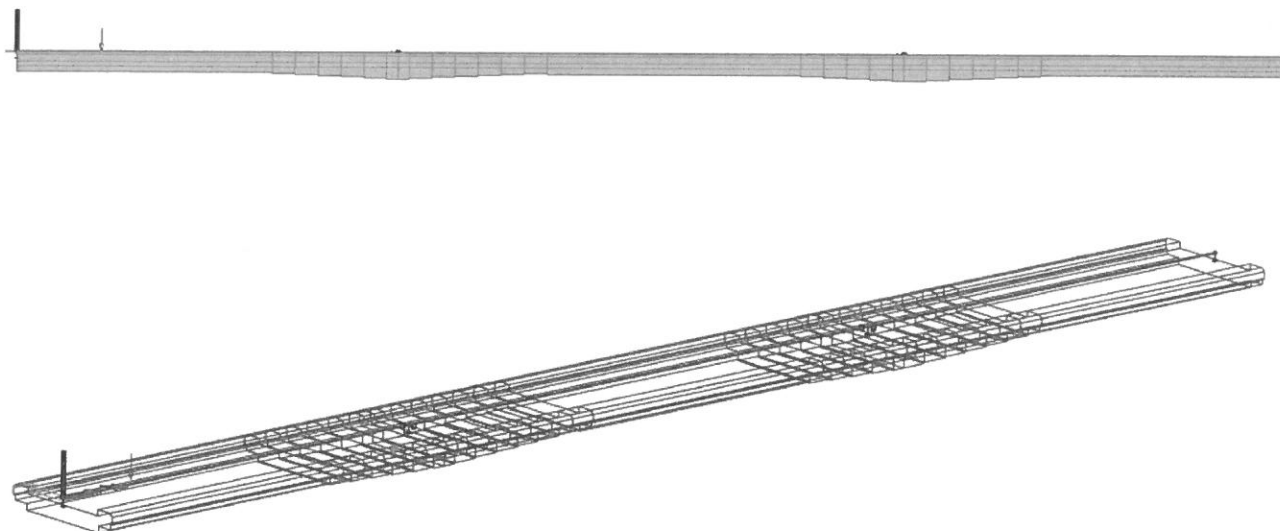
Prepočet bol vyhotovený na základe vnútorných síl vyhodnotených pomocou programu SCIA Engineer (ďalej len MKP program). Nosná konštrukcia bude vyšetrovaná na základe ohybovej a šmykovej odolnosti v strede polí a nad pilierom.

Pri prepočte nebolo potrebné zohľadňovať poruchy, nakoľko nosná konštrukcia je vo vyhovujúcom stave. Profil nosnej výstuže sme zistili pri diagnostike mostného objektu. Na určenie množstva výstuže v posudzovaných miestach bol vyhotovený samostatný statický výpočet, v ktorom je konštrukcia zaťažená zaťažovacím modelom predstavujúci vozidlo s kolesovými silami  $4 \times 75 \text{ kN}$  a spojitým zaťažením na chodníkoch. Výpočet bol založený na metóde dovolených namáhání. Boli zohľadnené materiálové charakteristiky ocele a betónu podľa normy platnej v období projektovania mostu.



## 2.2 Model

V MKP programe namodelujeme mostný objekt prútovo, pričom zohľadníme skutočný tvar konštrukcie pomocou viacerých prierezov, ktoré budú reprezentovať meniacu sa hrúbku dosky v miestach nábehov. Využijeme funkcionality pohyblivého zaťaženia, ktorá počítá maximálne hodnoty vn. síl na základe vygenerovaných vplyvových čiar.



## 3. Zaťaženie

### 3.1 Stále zaťaženie

Stále zaťaženie je tvorené vlastnou tiažou mostného objektu, vozovky, rímsoy a zábradlia z profilov IPE 100 a IPE 80.

Objemová tiaž materiálov :

- asfaltový mastix :

$$\gamma_A := 22.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

- IPE 100 :

$$g_{I100} := 0.081 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

- IPE 80 :

$$g_{I80} := 0.060 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

- tiaž vozovky :

$$g_V := \gamma_A \cdot 90 \text{ mm} \cdot 4 \text{ m} = 7.92 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

- tiaž zábradlia :

$$g_Z := g_{I80} \cdot 2 + g_{I100} = 0.201 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

### 3.2 Premenné zaťaženie

Podľa TP 104 sa na prepočet normálnej zaťažiteľnosti použije zaťažovací model LM1, na prepočet výhradnej zaťažiteľnosti zaťažovací model LM3 900/150 a na prepočet výnimočnej zaťažiteľnosti zaťažovací model LM3 3000/240. Vzhľadom na šírkové usporiadanie vozovky nie je možné umiestniť na most model LM3 3000/240, preto ho nahradíme modelom LM3 3000/200.

#### 3.2.1 Zaťažovací model LM1

Vzhľadom na šírkové usporiadanie mosta je možné most zaťažiť len prvým zaťažovacím pruhom s hodnotou zaťaženia -  $Q_{1k} := 300 \text{ kN}$ ,  $q_{1k} := 9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $q_{rk} := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Zaťaženie je nutné prenásobiť kategorizačným súčiniteľom  $\alpha$  - miestne komunikácie :

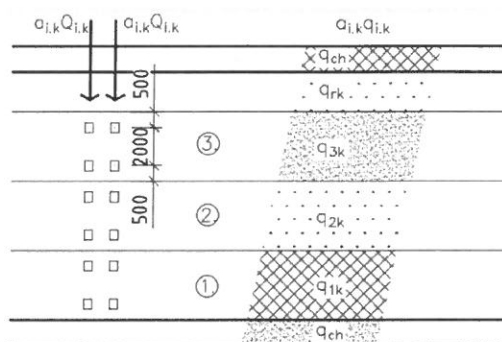
$$\alpha_{Q1} := 0.9, \alpha_{q1} := 0.6, \alpha_r := 1.0$$

$$Q_1 := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \text{ kN}$$

$$q_1 := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 5.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$q_r := q_{rk} \cdot \alpha_r = 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{Rozmery kola} - 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} : Q_{LM1} := \frac{0,5 \cdot 270 \text{ kN}}{0,4 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m}} = 843,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



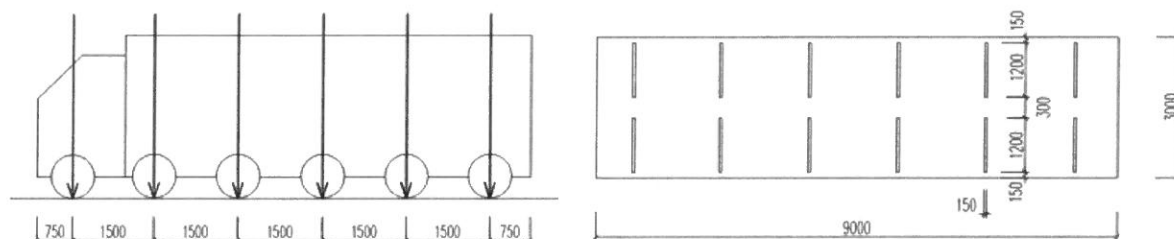
### 3.2.2 Zaťažovací model LM3 900/150

Zvláštne vozidlo reprezentujúce model LM3 900/150 má 6 náprav, osovo vzdialených 1,5 m. Vozidlo uvažujeme v jazdnom pruhu širokom 3,0 m, podľa TP 104 zvyšnú časť mosta nezaťažíme spojitým zaťažením reprezentujúcich zaťaženie chodníkov a cyklopruhov, keďže norma toto zaťaženie káže len v prípade ak je tento pruh oddelený od vozovky bezpečnostným zariadením.

Norma STN EN 1991-2 káže redukovať hodnotu reprezentatívnej hodnoty zaťaženia 900 kN pomocou dynamického súčiniteľa, ktorý určíme pri prepočte zaťažiteľnosti nižšie v dokumente.

$$Q_{900} := 150 \text{ kN}$$

$$\text{Rozmery kola} - 1,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} : Q_{900} := \frac{0,5 \cdot 150 \text{ kN}}{1,2 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}} = 416,667 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



### 3.2.3 Zaťažovací model LM3 3000/200

Zvláštne vozidlo reprezentujúce model LM3 3000/200 má 15 náprav, osovo vzdialených 1,5 m. Norma STN EN 1991-2/NA káže umiestniť zvláštne vozidlo do si jazdného pruhu.

$$Q_{3000} := 200 \text{ kN}$$

$$\text{Rozmery kola} - 1,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} : Q_{3000} := \frac{0,5 \cdot 200 \text{ kN}}{1,2 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}} = 555,556 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### 3.2.3 Ostatné premenné zaťaženia

Podľa TP 104, nie je potrebné uvažovať zaťaženie vetrom, snehom a teplotou pre stanovenie normálnej, výnimočnej a výhradnej zaťažiteľnosti.

## 4. Vnútorne sily

### 4.1 Charakteristické vnútorné sily

#### 4.1.1 Vlastná tiaž, ostatné stále zaťaženie

$M_{y.Ek.vt.1pod} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.vt.1pod} := 522.45 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.vt.1pil} := -3916.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.vt.1pil} := 1094.40 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.vt.1pole} := 1510.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.vt.1pole} := 21.82 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.vt.2pole} := 1548.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.vt.2pole} := 1.00 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.ot.1pod} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.ot.1pod} := 48.05 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.ot.1pil} := -360.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.ot.1pil} := 91.57 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.ot.1pole} := 138.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.ot.1pole} := 1.86 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.ot.2pole} := 136.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.ot.2pole} := 0.03 \text{ kN}$

#### 4.1.2 Premenné - LM1 , zaťaženie chodcami

$M_{y.Ek.LM1.1pod} := 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM1.1pod} := 616.30 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM1.1pil} := -2584.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM1.1pil} := 697.73 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM1.1pole} := 1573.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM1.1pole} := 258.56 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM1.2pole} := 1447.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM1.2pole} := 273.25 \text{ kN}$

#### 4.1.3 Premenné - LM3 900/150

$M_{y.Ek.LM3.900.1pod} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.900.1pod} := 583.31 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.900.1pil} := -2971.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.900.1pil} := 817.90 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.900.1pole} := 1490.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.900.1pole} := 206.47 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.900.2pole} := 1359.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.900.2pole} := 229.33 \text{ kN}$

#### 4.1.4 Premenné - LM3 3000/200

$M_{y.Ek.LM3.3000.1pod} := 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.3000.1pod} := 872.58 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.3000.1pil} := -5790.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.3000.1pil} := 1567.64 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.3000.1pole} := 2248.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.3000.1pole} := 278.32 \text{ kN}$
$M_{y.Ek.LM3.3000.2pole} := 2209.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z.Ek.LM3.3000.2pole} := 309.47 \text{ kN}$

## 4.2 Súčinitele zaťaženia

Jednotlivé súčinitele zaťaženia majú hodnotu :

$$Y_{G.sup} := 1.35$$

$$Y_{Q.1} := 1.35$$

$$\Sigma Y_{G.sup} \cdot G_{k.sup} + Y_{Q.1} \cdot Q_{k.1}$$

## 5. Zaťažiteľnosť mosta uprostred 1.pola

### 5.1 Ohybová odolnosť

- posudzovaná šírka nosnej konštrukcie :

$$b := 4.12 \text{ m}$$

- účinná výška :

$$d := 0.55 \text{ m}$$

- charakteristiky betonárskej ocele :  $f_{yk} := 400 \text{ MPa}$  , súč. spoľahlivosti  $\gamma_S := 1.15 \rightarrow f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 347.826 \text{ MPa}$

- charakteristiky betónu :  $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$  , súč. spoľahlivosti  $\gamma_C := 1.50$  ,  $\alpha_{cc} := 0.85 \rightarrow f_{cd} := \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_C} = 14.167 \text{ MPa}$

- diagnostikou sa pomocou prístrojov zistil priemer výstuže  $\phi := 25 \text{ mm}$  , na základe výpočtu vn. síl podľa vtedajších noriem sa stanovila plocha výstuže prierezu  $A_s := 25526.8 \text{ mm}^2$

- výpočet sily vo výstuži :

$$F_{s.d} := A_s \cdot f_{yd} = 8878.887 \text{ kN}$$

- poloha neutrálnej osi :  $x := \frac{\left( \frac{F_{s,d}}{b \cdot f_{cd}} \right)}{0.8} = 190.153 \text{ mm}$
- kontrola duktility :  $x_{lim} := \frac{(700 \cdot d)}{700 + f_{yd}} = 367.427 \text{ mm} > x \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$
- rameno vn. síl :  $z := d - (0.4 \cdot x) = 473.939 \text{ mm}$
- ohybová odolnosť :  $M_{Rd,1pole} := F_{s,d} \cdot z = 4208.048 \text{ kN} \cdot \text{m}$

## 5.2 Šmyková odolnosť

- empirický súčiniteľ :  $C_{Rd,c} := 0.12 \text{ MPa}$
- parameter vplyvu výšky prierezu :  $k := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.603 < 2.0 \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$
- stupeň vystuženia pozdĺž. výstužou :  $\rho_1 := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.0102$
- šmyková odolnosť :  $V_{Rd,1pole} := (C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}}) \cdot b \cdot d = 1728.523 \text{ kN}$

## 5.3 Posúdenie normálnej zaťažiteľnosti

$$w_{n,rep} := 320 \text{ kN}$$

$$F_{z,n,M} := \frac{M_{Rd,1pole} - (M_{y,Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot M_{y,Ek.LM1.1pole}} = 0.933$$

$$F_{z,n,V} := \frac{V_{Rd,1pole} - (V_{z,Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM1.1pole}} = 4.86$$

$$W_{n,M} := F_{z,n,M} \cdot w_{n,rep} = 298.512 \text{ kN}$$

$$W_{n,V} := F_{z,n,V} \cdot w_{n,rep} = 1555.331 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_n := 29 \text{ ton}$$

## 5.4 Posúdenie výhradnej zaťažiteľnosti

$$\text{Dynamický súčiniteľ : } \varphi := 1.4 - \frac{l_3}{500} = 1.367$$

$$w_{r,rep} := \frac{900 \text{ kN}}{\varphi} = 658.472 \text{ kN}$$

$$F_{z,r,M} := \frac{M_{Rd,1pole} - (M_{y,Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot M_{y,Ek.LM3.900.1pole}} = 0.985$$

$$F_{z,r,V} := \frac{V_{Rd,1pole} - (V_{z,Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM3.900.1pole}} = 6.087$$

$$W_{r,M} := F_{z,r,M} \cdot w_{r,rep} = 648.692 \text{ kN}$$

$$W_{r,V} := F_{z,r,V} \cdot w_{r,rep} = 4007.881 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_r := 64 \text{ ton}$$



## 5.5 Posúdenie výnimočnej zaťažiteľnosti

$$w_{e.rep} := 3000 \text{ kN} = 3000 \text{ kN}$$

$$F_{z.e.M} := \frac{M_{Rd.1pole} - (M_{y.Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G.sup} + M_{y.Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G.sup})}{Y_{Q.1} \cdot M_{y.Ek.LM3.3000.1pole}} = 0.653$$

$$F_{z.e.V} := \frac{V_{Rd.1pole} - (V_{z.Ek.vt.1pole} \cdot Y_{G.sup} + V_{z.Ek.ot.1pole} \cdot Y_{G.sup})}{Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.LM3.3000.1pole}} = 4.515$$

$$W_{e.M} := F_{z.e.M} \cdot w_{e.rep} = 1958.897 \text{ kN}$$

$$W_{e.V} := F_{z.e.V} \cdot w_{e.rep} = 13546.001 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_e := 195 \text{ ton}$$

## 6. Zaťažiteľnosť mosta uprostred 2.pola

### 6.1 Ohybová odolnosť

- posudzovaná šírka nosnej konštrukcie :  $b := 4.12 \text{ m}$
- účinná výška :  $d := 0.55 \text{ m}$
- charakteristiky betonárskej ocele a betónu sú rovnaké ako v poli č.1
- diagnostikou sa pomocou prístrojov zistil priemer výstuže  $\phi := 25 \text{ mm}$ , na základe výpočtu vn. síl podľa vtedajších noriem sa stanovila plocha výstuže  $A_s := 25526.8 \text{ mm}^2$
- výpočet sily vo výstuži :  $F_{s.d} := A_s \cdot f_{yd} = 8878.887 \text{ kN}$
- poloha neutrálnej osi :  $x := \frac{\left( \frac{F_{s.d}}{b \cdot f_{cd}} \right)}{0.8} = 190.153 \text{ mm}$
- kontrola duktility :  $x_{lim} := \frac{(700 \cdot d)}{700 + f_{yd}} = 367.427 \text{ mm} > x \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$
- rameno vn. síl :  $z := d - (0.4 \cdot x) = 473.939 \text{ mm}$
- ohybová odolnosť :  $M_{Rd.2pole} := F_{s.d} \cdot z = 4208.048 \text{ kN} \cdot \text{m}$

### 6.2 Šmyková odolnosť

- empirický súčiniteľ :  $C_{Rd.c} := 0.12 \text{ MPa}$
- parameter vplyvu výšky prierezu :  $k := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.603 < 2.0 \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$
- stupeň vystuženia pozdĺž. výstužou :  $\rho_1 := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.0157$
- šmyková odolnosť :  $V_{Rd.2pole} := (C_{Rd.c} \cdot k \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}}) \cdot b \cdot d = 2000.357 \text{ kN}$

### 6.3 Posúdenie normálnej zaťažiteľnosti

$$w_{n.rep} := 320 \text{ kN}$$

$$F_{z.n.M} := \frac{M_{Rd.2pole} - (M_{y.Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G.sup} + M_{y.Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G.sup})}{Y_{Q.1} \cdot M_{y.Ek.LM1.2pole}} = 0.99$$

$$F_{z.n.V} := \frac{V_{Rd.2pole} - (V_{z.Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G.sup} + V_{z.Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G.sup})}{Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.LM1.2pole}} = 5.419$$

$$W_{n.M} := F_{z.n.M} \cdot w_{n.rep} = 316.649 \text{ kN}$$

$$W_{n,V} := F_{z,n,V} \cdot w_{n,rep} = 1555.331 \text{ kN}$$

↓

$$V_n := 31 \text{ ton}$$

## 6.4 Posúdenie výhradnej zaťažiteľnosti

Dynamický súčiniteľ :  $\varphi := 1.4 - \frac{l_2}{500} = 1.356$

$$w_{r,rep} := \frac{900 \text{ kN}}{\varphi} = 663.717 \text{ kN}$$

$$F_{z,r,M} := \frac{M_{Rd,2pole} - (M_{y,Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot M_{y,Ek.LM3.900.2pole}} = 1.053$$

$$F_{z,r,V} := \frac{V_{Rd,2pole} - (V_{z,Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM3.900.2pole}} = 6.457$$

$$W_{r,M} := F_{z,r,M} \cdot w_{r,rep} = 698.939 \text{ kN}$$

$$W_{r,V} := F_{z,r,V} \cdot w_{r,rep} = 4285.424 \text{ kN}$$

↓

$$V_r := 69 \text{ ton}$$

## 6.5 Posúdenie výnimočnej zaťažiteľnosti

$$w_{e,rep} := 3000 \text{ kN} = 3000 \text{ kN}$$

$$F_{z,e,M} := \frac{M_{Rd,2pole} - (M_{y,Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot M_{y,Ek.LM3.3000.2pole}} = 0.648$$

$$F_{z,e,V} := \frac{V_{Rd,2pole} - (V_{z,Ek.vt.2pole} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.2pole} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM3.3000.2pole}} = 4.785$$

$$W_{e,M} := F_{z,e,M} \cdot w_{e,rep} = 1944.816 \text{ kN}$$

$$W_{e,V} := F_{z,e,V} \cdot w_{e,rep} = 14354.052 \text{ kN}$$

↓

$$V_e := 194 \text{ ton}$$

## 7. Zaťažiteľnosť mosta nad 1. pilierom

### 7.1 Ohybová odolnosť

- posudzovaná šírka nosnej konštrukcie :  $b := 4.12 \text{ m}$
- účinná výška :  $d := 0.78 \text{ m}$
- charakteristiky betonárskej ocele a betónu sú rovnaké ako v poli č. 1
- diagnostikou sa pomocou prístrojov zistil priemer výstuže  $\phi := 25 \text{ mm}$ , na základe výpočtu vn. síl podľa vtedajších noriem sa stanovila plocha výstuže  $A_s := 37308.4 \text{ mm}^2$

- výpočet sily vo výstuži :  $F_{s,d} := A_s \cdot f_{yd} = 12976.835 \text{ kN}$

- poloha neutrálnej osi :  $x := \frac{\left( \frac{F_{s,d}}{b \cdot f_{cd}} \right)}{0.8} = 277.916 \text{ mm}$

- kontrola duktility :  $x_{lim} := \frac{(700 \cdot d)}{700 + f_{yd}} = 521.079 \text{ mm} > x \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$

- rameno vn. síl :  $z := d - (0.4 \cdot x) = 668.834 \text{ mm}$

- ohybová odolnosť :  $M_{Rd,1pil} := F_{s,d} \cdot z = 8679.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$

## 7.2 Šmyková odolnosť

- empirický súčiniteľ :  $C_{Rd,c} := 0.12 \text{ MPa}$
- parameter vplyvu výšky prierezu :  $k := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.506 < 2.0 \rightarrow \text{Podmienka vyhovuje}$
- stupeň vystuženia :  $\rho_1 := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.0294$
- šmyková odolnosť :  $V_{Rd,1pil} := (C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}}) \cdot b \cdot d = 2313.986 \text{ kN}$

## 7.3 Posúdenie normálnej zaťažiteľnosti

$$w_{n,rep} := 320 \text{ kN}$$

$$F_{z,n,M} := \frac{M_{Rd,1pil} - (|M_{y,Ek.vt.1pil}| \cdot Y_{G,sup} + |M_{y,Ek.ot.1pil}| \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot |M_{y,Ek.LM1.1pil}|} = 0.833$$

$$F_{z,n,V} := \frac{V_{Rd,1pil} - (V_{z,Ek.vt.1pil} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.1pil} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM1.1pil}} = 0.757$$

$$W_{n,M} := F_{z,n,M} \cdot w_{n,rep} = 266.416 \text{ kN}$$

$$W_{n,V} := F_{z,n,V} \cdot w_{n,rep} = 242.2 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_n := 24 \text{ ton}$$

## 7.4 Posúdenie výhradnej zaťažiteľnosti

$$\text{Dynamický súčiniteľ : } \varphi := 1.4 - \frac{l_2}{500} = 1.356$$

$$w_{r,rep} := \frac{900 \text{ kN}}{\varphi} = 663.717 \text{ kN}$$

$$F_{z,r,M} := \frac{M_{Rd,1pil} - (|M_{y,Ek.vt.1pil}| \cdot Y_{G,sup} + |M_{y,Ek.ot.1pil}| \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot |M_{y,Ek.LM3.900.1pil}|} = 0.724$$

$$F_{z,r,V} := \frac{V_{Rd,1pil} - (V_{z,Ek.vt.1pil} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.1pil} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM3.900.1pil}} = 0.646$$

$$W_{r,M} := F_{z,r,M} \cdot w_{r,rep} = 480.578 \text{ kN}$$

$$W_{r,V} := F_{z,r,V} \cdot w_{r,rep} = 428.542 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_r := 42 \text{ ton}$$

## 7.5 Posúdenie výnimočnej zaťažiteľnosti

$$w_{e,rep} := 3000 \text{ kN} = 3000 \text{ kN}$$

$$F_{z,e,M} := \frac{M_{Rd,1pil} - (|M_{y,Ek.vt.1pil}| \cdot Y_{G,sup} + |M_{y,Ek.ot.1pil}| \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot |M_{y,Ek.LM3.3000.1pil}|} = 0.372$$

$$F_{z,e,V} := \frac{V_{Rd,1pil} - (V_{z,Ek.vt.1pil} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek.ot.1pil} \cdot Y_{G,sup})}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek.LM3.3000.1pil}} = 0.337$$

$$W_{e,M} := F_{z,e,M} \cdot w_{e,rep} = 1114.657 \text{ kN}$$

$$W_{e,V} := F_{z,e,V} \cdot w_{e,rep} = 1010.615 \text{ kN}$$

$$\downarrow$$

$$V_e := 101 \text{ ton}$$

## 8. Výsledná zaťažiteľnosť

Zaťažiteľnosť [t]			
Miesto	Normálna	Výhradná	Výnimočná
1.Pole	29	64	195
1.Pilier	24	42	101
2.Pole	31	69	194

Normálna zaťažiteľnosť - 24 t

Výhradná zaťažiteľnosť - 42 t

Výnimočná zaťažiteľnosť - 101 t



Vypracoval :

Ing. Jakub Lojdl

Kontroloval :

Ing. Peter Slašťan

## PRÍLOHY VYKONANÝCH SKÚŠOK



## SKÚŠOBNÝ PROTOKOL č. 1

**Stavebný objekt:** Mostný objekt na Vodnej ul. v Nitre  
**Skúšaná konštrukcia:** Nosná konštrukcia  
**Skúšaný materiál:** Betón  
**Skúšobná metóda:** SCHMIDT - N  
**Norma:** STN 73 1373  
**Dátum merania:** 04.12.2020  
**Miesto merania:** Doska pole č.1  
**Skúšku vykonal:** Ing. Peter Slašťan

### Tabuľka nameraných hodnôt:

Meranie i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hodnota a	48	45	47	50	52	46	48	54	52	48

### Vyhodnotenie nameraných hodnôt:

- Výpočet priemernej hodnoty odrazu a:  
 $a = S(a_i/N) = 396/10 = 40$
- Určenie intervalu prípustných hodnôt rozptylu nameraných hodnôt:  
 $0,8.a = 0,8.40 = 32$   
 $1,2.a = 1,2.40 = 48$   
Všetky namerané hodnoty sa nachádzajú v uvedenom intervale, teda sú všetky platné.
- Stanovenie pevnosti betónu v tlaku s nezaručenou pevnosťou  $R_{be}$  podľa STN 73 1373:  
Hodnota  $R_{be}$  sa odčítava z STN 73 1373 pre vypočítanú hodnotu odrazu a podľa smeru úderu tvrdomeru so zaokrúhlením na celé číslo.

Poloha Schmidtovho tvrdomeru: *vodorovná*

Hodnote  $a = 40$  zodpovedá hodnota  $R_{be} = 41$  MPa

- Určenie pevnosti betónu v tlaku s ohľadom na jeho vlhkosť a vek:

Súčiniteľ zohľadňujúci vlhkosť betónu:  $a_w = 0,85$

Súčiniteľ zohľadňujúci vek betónu:  $a_t = 0,90$

$$R_b = a_w \cdot a_t \cdot R_{be}$$

$$R_b = 0,85 \cdot 0,90 \cdot 41$$

$$R_b = 31,3 \text{ MPa}$$

Hodnote  $R_b = 31,3$  MPa zodpovedá **trieda pevnosti betónu B 30 (C25/30)**.



## SKÚŠOBNÝ PROTOKOL č. 2

**Stavebný objekt:** Mostný objekt na Vodnej ul. v Nitre  
**Skúšaná konštrukcia:** Betónové ložisko  
**Skúšaný materiál:** Betón  
**Skúšobná metóda:** SCHMIDT - N  
**Norma:** STN 73 1373  
**Dátum merania:** 04.12.2020  
**Miesto merania:** Betónové ložisko  
**Skúšku vykonal:** Ing. Peter Slašťan

### Tabuľka nameraných hodnôt:

Meranie i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hodnota a	32	36	36	34	35	39	32	33	32	37
Hodnota a	38	35	33	37	36	35	34	36	35	34

### Vyhodnotenie nameraných hodnôt:

- Výpočet priemernej hodnoty odrazu a:

$$a = S(a_i/N) = a_1 = 346/10 = 34,6, a_2 = 353/10 = 35,3$$

- Určenie intervalu prípustných hodnôt rozptylu nameraných hodnôt:

$$0,8 \cdot a = 0,8 \cdot 34,95 = 27,96$$

$$1,2 \cdot a = 1,2 \cdot 34,95 = 41,354$$

Všetky namerané hodnoty sa nachádzajú v uvedenom intervale, teda sú všetky platné.

- Stanovenie pevnosti betónu v tlaku s nezaručenou pevnosťou  $R_{be}$  podľa STN 73 1373:

Hodnota  $R_{be}$  sa odčítava z STN 73 1373 pre vypočítanú hodnotu odrazu a podľa smeru úderu tvrdomeru so zaokrúhlením na celé číslo.

Poloha Schmidtovho tvrdomeru: *vodorovne*

Hodnote  $a = 44$  zodpovedá hodnota  $R_{be} = 42,5$  MPa

- Určenie pevnosti betónu v tlaku s ohľadom na jeho vlhkosť a vek:

Súčiniteľ zohľadňujúci vlhkosť betónu:  $a_w = 0,85$

Súčiniteľ zohľadňujúci vek betónu:  $a_t = 0,90$

$$R_b = a_w \cdot a_t \cdot R_{be}$$

$$R_b = 0,85 \cdot 0,90 \cdot 42,5$$

$$R_b = 32,51 \text{ MPa}$$

Hodnote  $R_b = 32,31$  MPa zodpovedá **trieda pevnosti betónu B 30 (C25/30)**.