Objednávateľ: Slovenská správa ciest

Zhotoviteľ: Združenie pre diagnostiku mostov

CONSTRUMAT, s.r.o.
INSET s.r.o.

Diagnostika vybraných mostov v správe SSC

Záverečná správa

mostný objekt:

M4118, 18-389a Most cez inundačný otvor v meste Poprad

Obsah:

1 Všeobecná časť ... 3
1.1 Identifikačné údaje ... 3
1.2 Základné údaje o moste ... 4
1.3 Účel vypracovania diagnostiky ... 4
1.4 Popis konštrukcie mostného objektu ... 5
2 Diagnostika mostného objektu ... 8
2.1 Podklady poskytnuté objednávateľom ... 8
2.2 Použitá literatúra a normy ... 8
2.3 Metodika merania ... 9
2.3.1 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže ... 9
2.3.2 Pevnosť betónu v tlaku ... 9
2.3.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu ... 9
2.3.4 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov ... 10
2.3.5 Zistenie skladby mostného zvršku ... 10
2.3.6 Podrobná prehliadka mosta ... 10
2.3.7 Rozmiestnenie meracích miest ... 10
2.4 Merací a vyhodnocovací reťazec ... 11
2.4.1 Pevnosť betónu v tlaku ... 11
2.4.2 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže ... 12
2.4.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu ... 13
2.4.4 Overenie stavu predpínacích káblov ... 13
2.4.5 Zistenie skladby mostného zvršku ... 14
2.5 Prehľad nameraných veličín ... 14
2.5.1 Pevnosť betónu v tlaku ... 14
2.5.2 Hĺbka karbonatizácie betónu ... 15
2.5.3 Vystuženie ... 15
2.5.4 Kontrola predpínacej výstuže ... 20
2.5.5 Mostný zvršok ... 20
2.6 Podrobná prehliadka mosta ... 21
3 Prepočet zaťažiteľnosti ... 29
3.1 Metodika statického prepočtu ... 29
3.2 Analýza konštrukcie ... 29
3.3 Výpočtový model ... 30
3.4 Zaťaženie ... 33
3.5 Rozhodujúce vnútorné sily ... 40
3.6 Únosnosť nosníkov „Vloššák“ ... 40
3.7 Normálna zaťažiteľnosť W_n, faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z ... 41
3.8 Výhradná zaťažiteľnosť W_r ... 42
3.9 Výnimočná zaťažiteľnosť W_e ... 43
3.10 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti ... 44
4 Určenie stavebno-technického stavu mosta ... 45
5 Určenie zostatkovej životnosti ... 48
6 Návrh opatrení ... 50
7 Záver ... 52
Príloha: Dispozičné usporiadanie mostného objektu - schémy

1 Všeobecná časť

1.1 Identifikačné údaje

Zákazka: Diagnostika vybraných mostov v správe SSC
Číslo zmluvy: 2473/2000/2017

Dokument: M4118, 18-389a Most cez inundačný otvor v meste Poprad

Objednávateľ: **Slovenská správa ciest**
Miletičova 19, 826 19 Bratislava

Zhotoviteľ: **Združenie pre diagnostiku mostov**

CONSTRUMAT, s.r.o.,
Hlinská 2589/20, 010 01 Žilina, +421 908969981, de-test@construmat.sk

INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3, Česká republika
INSET s.r.o., organizačná zložka podniku zahraničnej osoby,
Bytčická 72, 010 01 Žilina, +421 41 7632394, zilina@inset.com

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Ivan Drevený, PhD.
Ing. Marián Sýkora, PhD.

Dokument vypracovali: Ing. Martin Korenko, PhD.
Ing. Peter Litvík

Merali a vyhodnotili: Ing. Adrián Čelko
Marián Blažek
Ing. Peter Kotek, PhD.
Ing. Martin Korenko, PhD.

Kontroloval: Ing. Marián Sýkora, PhD.
Ing. Ivan Drevený, PhD.

1.2 Základné údaje o moste

Druh prevádzanej komunikácie	**cesta prvej triedy I/18**
Kategória cesty	**C 11,5/80**
Staničenie na ceste	km 604,080
Prekážka	inundačné územia, cyklochodník
Počet mostovkových podlaží	jednopodlažný most
Výšková poloha mostovky	horná mostovka
Meniteľnosť základnej polohy	nepohyblivý most
Doba trvania	most trvalý
Priebeh trasy na moste	smerovo v priamej
Situatívne usporiadanie	kolmý
Hmotná podstata	masívny
Členitosť hlavnej nosnej konštrukcie	jednopoľový, predpätý betón, nosníky „Vloššák“ 0,7 m x 13,3 m
Východzia charakteristika	trámový
Konštrukčné usporiadanie priečneho rezu	otvorene usporiadaný
Obmedzenie voľnej výšky na moste	voľna výška neobmedzená
Rok postavenia mosta	1973 (vek mosta je 45 rokov), oprava 2002
Počet dil. celkov	1
Dĺžka premostenia	11,85 m (namerané), 12,0 m v mostnom liste
Rozpätia polí	12,50 m (namerané), 12,65 m v mostnom liste
Dĺžka mosta	20,9 m (namerané)
Šikmosť mosta	šikmý, pravý
Šírka spevnenej časti vozovky	10,5 m (namerané)
Šírka medzi zábradliami	9,5 m (namerané)
Šírka ríms na moste	ľavá 1,60 m, pravá 1,60 m
Šírka chodníka	2x 0,70 revízne
Celková šírka	10,8 m (namerané)
Výška mosta nad terénom	až 3,3 m (nameraná)
Stavebná výška mosta	0,82 m
Plocha NK mosta	179 m^2
Dôležité upozornenia	nie sú

1.3 Účel vypracovania diagnostiky

Účelom vypracovania diagnostického prieskumu a statického prepočtu je zistenie skutkového stavu mostného objektu ev. č. 18-389a „Most cez inundačný otvor v meste Poprad“ (IDM M4118) v k.ú. Poprad, na ceste I/18 v Poprade.

V záverečnej správe je prezentovaný diagnostický prieskum, zhodnotený stav mostného objektu a statický prepočet, ktorého výsledkom je stanovenie zaťažiteľnosti mosta. V závere správy je zhodnotený stavebno-technický stav, stanovená zostatková životnosť a navrhnuté opatrenia na sanáciu zistených porúch mostného objektu.

1.4 Popis konštrukcie mostného objektu

Hodnotený mostný objekt sa nachádza na št. ceste I/18. Objekt premosťuje inundačné územie (bývalý Teplický Potok) a cyklochodník. Mostný objekt bol postavený v roku 1973.

Cestná komunikácia na moste je smerovo v priamej, výškovo v klesaní cca 0,5% (v smere na Centrum). Uhol kríženia je približne P 82° (mostný list). Priečny sklon vozovky na moste je jednostranný cca 2,7% (mostný list). Šírka vozovky na moste je 10,50 m. Na moste sú obojstranné chodníky šírky 1,25 m. Kategória cesty je C 11,5/80. Minimálna svetlá výška mostného otvoru je 2,15 m. Okolie mosta je rovinaté.

Mostný objekt má jedno pole. Priečny rez nosnej konštrukcie je tvorený 13-timi predpätými nosníkmi „Vloššák“, dĺžky 13,30 m. Rozpätie mosta je 12,50 m, dĺžka premostenia 11,85 m. Výška nosníkov „Vloššák“ je 0,63 m, na nosníkoch bola počas rekonštrukcie v roku 2002 vyhotovená spriahajúca doska hrúbky 100 mm. Spolupôsobenie nosníkov nosnej konštrukcie v priečnom reze je zabezpečené okrem spriahujúcej dosky aj dobetonávkami medzi nosníkmi vystuženými betonárskou výstužou. Okrem spriahujúcej dosky bolo počas rekonštrukcie v roku 2002 realizované zosilnenie nosníkov uhlíkovými lamelami v ťahanej oblasti a priečne prepojenie krajných 3-och nosníkov pomocou pásovej ocele (táto úprava mala pravdepodobne zvýšiť tuhosť v priečnom smere na okrajoch nosnej konštrukcie). Pásová oceľ je prichytená na spodnú plochu nosníkov pomocou oceľových závitových tyčí ø 32 mm (cez celú výšku prierezu nosníkov).

Spodná stavba mosta je tvorená dvojicou opôr a rovnobežnými krídlami. Opory sú gravitačné z monolitického betónu. Líce opôr je zvislé, opatrené ochrannou omietkou, ktorá bola realizovaná počas rekonštrukcie v roku 2002. Založenie opôr je plošné, drieky opôr sú ukončené železobetónovými úložnými prahmi a závernými stienkami, na ktorých sú uložené prechodové dosky. Na opory nadväzujú bez dilatačnej škáry, obojstranné rovnobežné krídla, premenlivej dĺžky od 4,30 do 5,00 m.

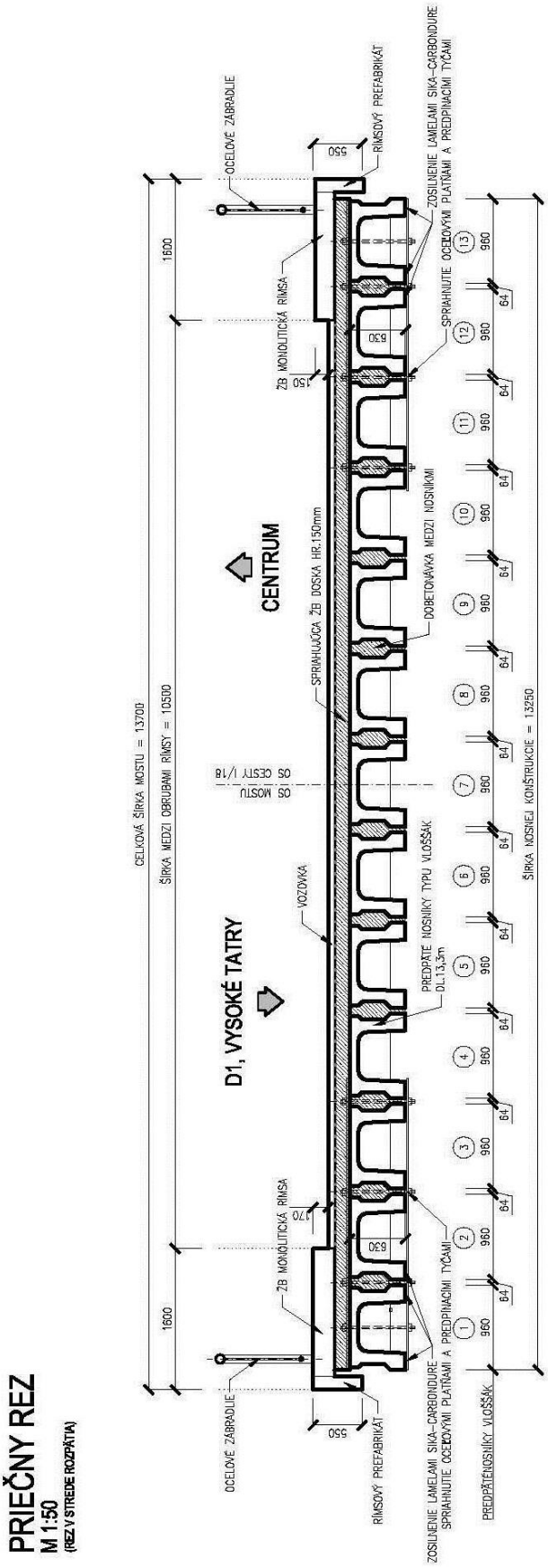
Pôvodný mostný zvršok mosta bol počas rekonštrukcie v roku 2002 nahradený novým zvrškom. Vozovka na mostnom objekte je realizovaná z asfaltového betónu celkovej hrúbky od 95 do 100 mm. Obojstranné rímsy jednotnej šírky 1,60 m a hrúbky 0,24 m sú realizované z monolitického železobetónu. Zvislé časti ríms sú tvorené rímsovým prefabrikátom výšky 0,55 m. Zábradlie mestského typu je zvárané, dvojmadlové výšky 1,10 m. Stĺpiky zábradlia sú ukotvené v kapsách ríms.

Na moste sa nenachádzajú odvodňovače, odvodnenie je zabezpečené priečnymi a pozdĺžnymi sklonmi vozovky voľne do terénu. Most nemá mostné závery ani dilatačnú škáru medzi nosníkmi a závernou stienkou.

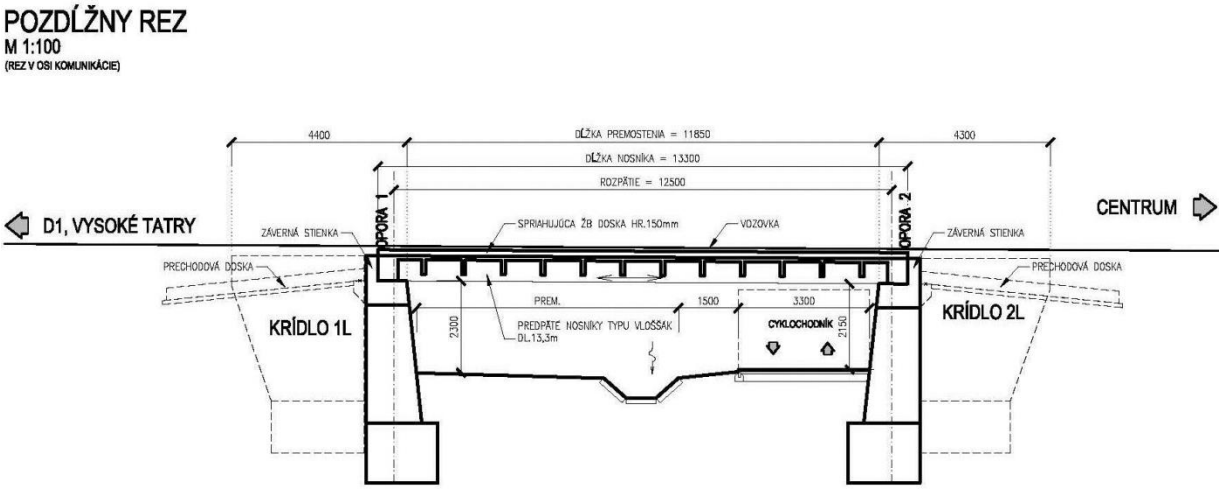
Nosníky nosnej konštrukcie sú uložené na úložných prahoch opôr na vrstve lepenky.

Na mostnom objekte sa nenachádzajú žiadne cudzie zariadenia (inžinierske siete, verejné osvetlenie apod.).

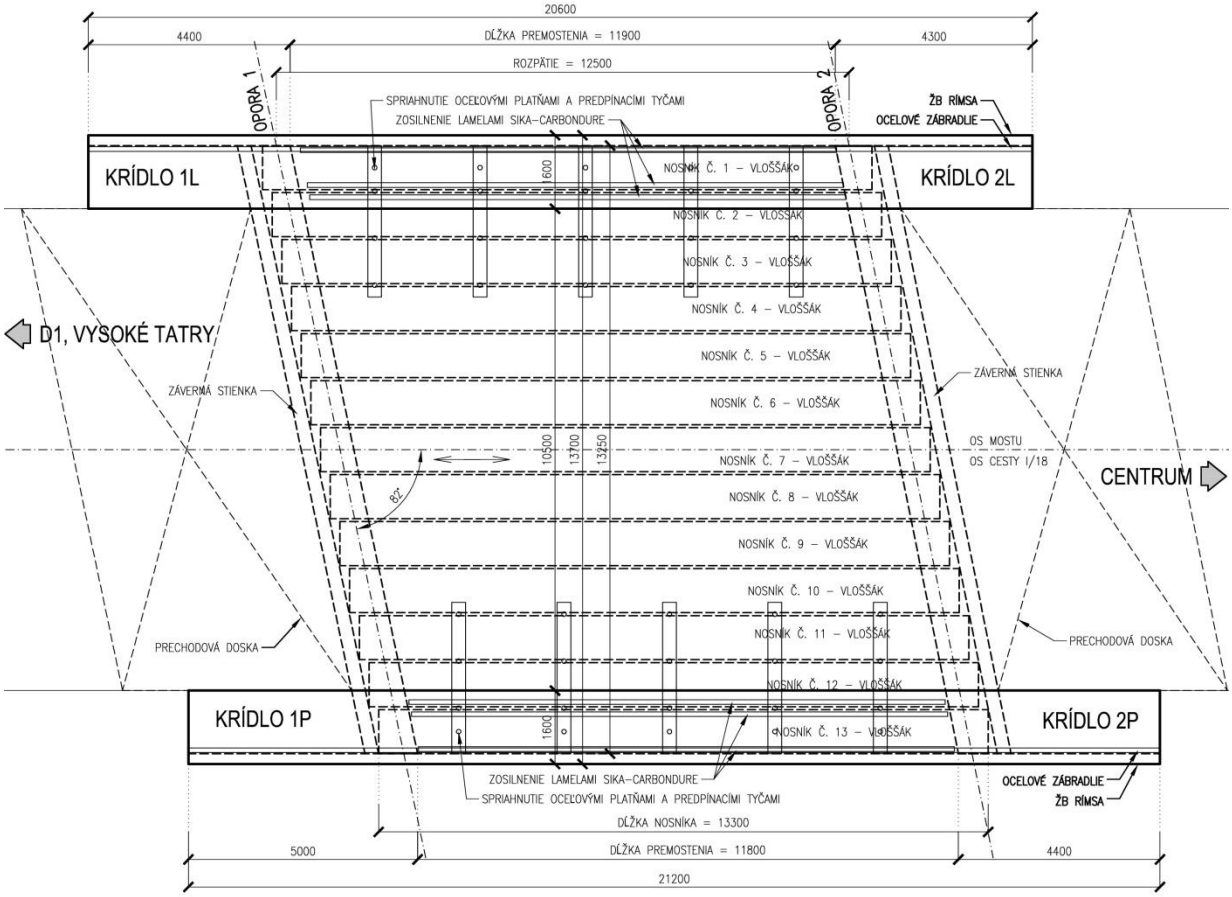
Dispozičné a priestorové usporiadanie mostného objektu je zrejmé z obrázkov 1 až 3.



Obr.1 Schéma mosta – priečny rez



Obr.2 Schéma mosta – pozdĺžny rez



Obr.3 Schéma mosta – pôdorys

2 Diagnostika mostného objektu

Diagnostické práce na mostnom objekte boli zamerané na podrobnú prehliadku, zistenie kvality betónu, zistenie vystuženia konštrukcie, kontrolu stavu predpínacích kanálikov a zistenie vrstiev mostného zvršku. Prieskum slúži ako podklad pre statický prepočet nosnej konštrukcie.

2.1 Podklady poskytnuté objednávateľom

- Pôvodná projektová dokumentácia mostu „OPRAVA MOSTA NA CESTE I/18 ev. č. 018-389A“ 12/2001, vypracovaná spoločnosťou TASUM, s.r.o. Žilina.

2.2 Použitá literatúra a normy

[1] STN 73 6201 Projektovanie mostných objektov, SÚTN Bratislava, 09/1999 vrátane O1,11/1999 a zmeny Z1, 10/2001;

[2] STN 73 2011 Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií, SÚTN Bratislava, 12/1986 vrátane zmeny a, 09/1988;

[3] STN 73 1373 Tvrdomerné metódy skúšania betónu, SÚTN Bratislava, 12/1981;

[4] STN 73 1371 Ultrazvuková impulzová metóda skúšania betónu, SÚTN Bratislava, 12/1981;

[5] STN EN 12390-1 Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 1: Tvar, rozmery a iné požiadavky na skúšobné telesá a formy, SÚTN Bratislava, 6/2013, vrátane opravy O1, 01/2014;

[6] STN EN 12390-3 Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 3: Pevnosť v tlaku skúšobných telies, SÚTN Bratislava, 4/2010, vrátane opravy AC, 07/2012;

[7] STN EN 206+A1 Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda, SÚTN Bratislava, 05/2017;

STN EN 206/NA Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda, SÚTN Bratislava, 12/2015,vrátane opravy O1, 12/2016 a zmeny Z1, 07/2017;

[8] STN EN 1991-1-5 Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia účinkami teploty, SÚTN Bratislava, 03/2008, vrátane AC 06/2009,

STN EN 1991-1-5/NA Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia účinkami teploty, SÚTN Bratislava, 10/2008

[9] STN EN 1991-2 Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou, SÚTN Bratislava, 05/2006, vrátane AC 05/2010

STN EN 1991-2/NA Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou, SÚTN Bratislava, 12/2007, vrátane O1 03/2011

[10] STN EN 1990 Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií, SÚTN Bratislava, 08/2009, vrátane zmien;

[11] STN EN 1992 Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií;

[12] STN EN 1997 Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií;

[13] TP 003 Prognózovanie vplyvu porúch na zaťažiteľnosť mostov a stanovenie zostatkovej životnosti mostov, GR SSC: 2002;

[14] TP 006: Hodnotenia statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov Vloššák, GR SSC: 2003;
[15] TP 059 Zadávanie a výkon diagnostiky mostov, MDVRR SR: 2012;
[16] TP 060 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012;
[17] TP 061 Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II., a III. triedy, MDVRR SR: 2012 + Dodatok č. 1 (2014);
[18] TP 077 Systém hospodárenia s mostami, MDVRR SR: 2013;
[19] TP 104 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2016;
[20] Manuál systému SCIA ENGINEER.

2.3 Metodika merania

2.3.1 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže

Pre stanovenie polohy výstuže, jej priemeru a hrúbky krycej betónovej vrstvy boli použité nedeštruktívne i deštruktívne metódy.

Pri nedeštruktívnej metóde boli použité prístroje vysielajúce elektromagnetické impulzy. Z meraní je možné zistiť približnú polohu prvej vrstvy výstuže a hrúbku krycej betónovej vrstvy. Pri ďalších vrstvách výstuže dochádza k mnohým obmedzeniam a presnosť metód klesá. V prípade potreby hlbšej analýzy konštrukcie by bolo nutné použiť špeciálne geofyzikálne metódy (seizmika, ultrazvukové presvecovanie, tomografiu). U objektov, kde nie je známa žiadna projektová dokumentácia, slúži táto metóda k určeniu niektorých parametrov, tam kde je dokumentácia k dispozícii, slúži k overeniu projektovaného stavu.

Okrem nedeštruktívneho zisťovania polohy výstuže boli na stanovených miestach vykonané aj deštruktívne odkrytie výstuže za účelom kontroly nedeštruktívneho merania a zistenia priemeru a druhu resp. typu výstuže.

2.3.2 Pevnosť betónu v tlaku

Nedeštruktívne bola pevnosť betónu v tlaku skúšaná pomocou Schmidtovho tvrdomeru. Skúšky a ich vyhodnotenia boli uskutočnené v súlade s STN 73 2011 [2], STN 73 1373 [3]. Z tejto skúšky možno odvodiť nielen pevnosť betónu v tlaku, ale tiež nemenej významný parameter, ktorým je rovnorodosť betónu analyzovaných konštrukcií. Rozmiestnenie skúšobných miest je znázornené na obr. 4 a 5.

Deštruktívne bola pevnosť betónu skúšaná na odobratých jadrových vývrtoch. Vývrty boli odobrané pomocou diamantovej korunky za stáleho chladenia vodou a odsávania nečistôt. Miesta odberu vývrtov boli vopred vytypované na základe profometrického a radarového prieskumu tak, aby konštrukčná výstuž bola zasiahnutá v najmenšej možnej miere. Rozmiestnenie miest odberu vývrtov je znázornené na obr. 4 a 5.

2.3.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu

Na zistenie hĺbky karbonatizácie (zníženie hodnoty pH) povrchu betónu bol použitý 1% liehový roztok fenolftaleínu. Ak sa povrch betónu po nástreku roztokom fenolftaleínu sfarbí na červenofialovo, betón má hodnotu pH vyššiu ako 9,5 a plní funkciu ochrannej krycej vrstvy výstuže proti korózii.

2.3.4 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov

Na nosníkoch bola vykonaná kontrola stavu predpínacej výstuže. Pre stanovenie polohy výstuže boli najprv použité vyhľadávacie prístroje pracujúce na princípe elektromagnetického žiarenia resp. na princípe vysielania vysokofrekvenčných elektromagnetických impulzov. Z meraní bola stanovená poloha výstuže, ktorá bola následne odkrytá pre overenie stavu káblových kanálikov. Rozmiestnenie miest odkrytí je znázornené na obr. 4.

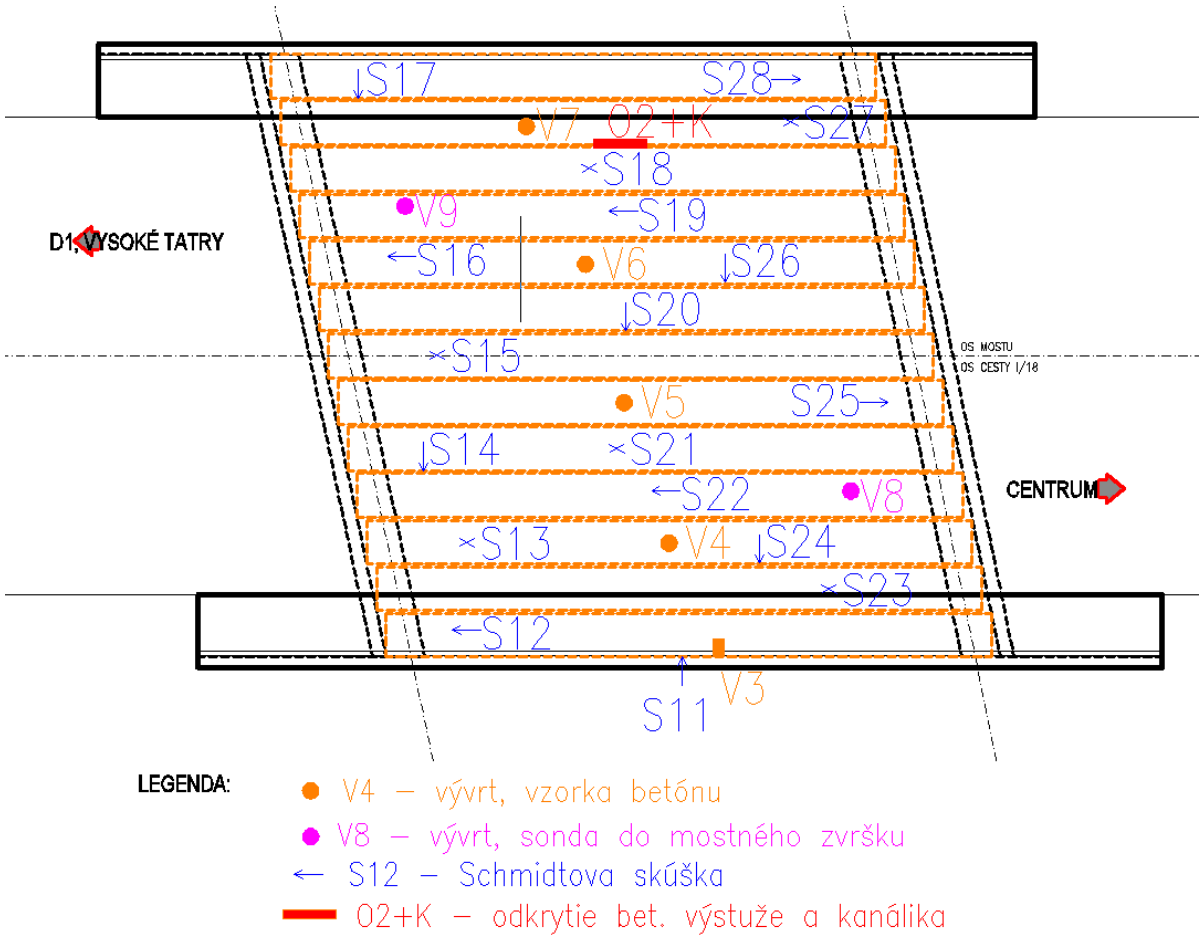
2.3.5 Zistenie skladby mostného zvršku

Zistenie skladby mostného zvršku vozovky bolo realizované jadrovými vývrtmi z povrchu vozovky po nosníky. Vývrty boli odobrané pomocou diamantovej korunky za stáleho chladenia vodou a odsávania nečistôt. Rozmiestnenie miest sond na určenie skladby vozovky je znázornené na obr. 4.

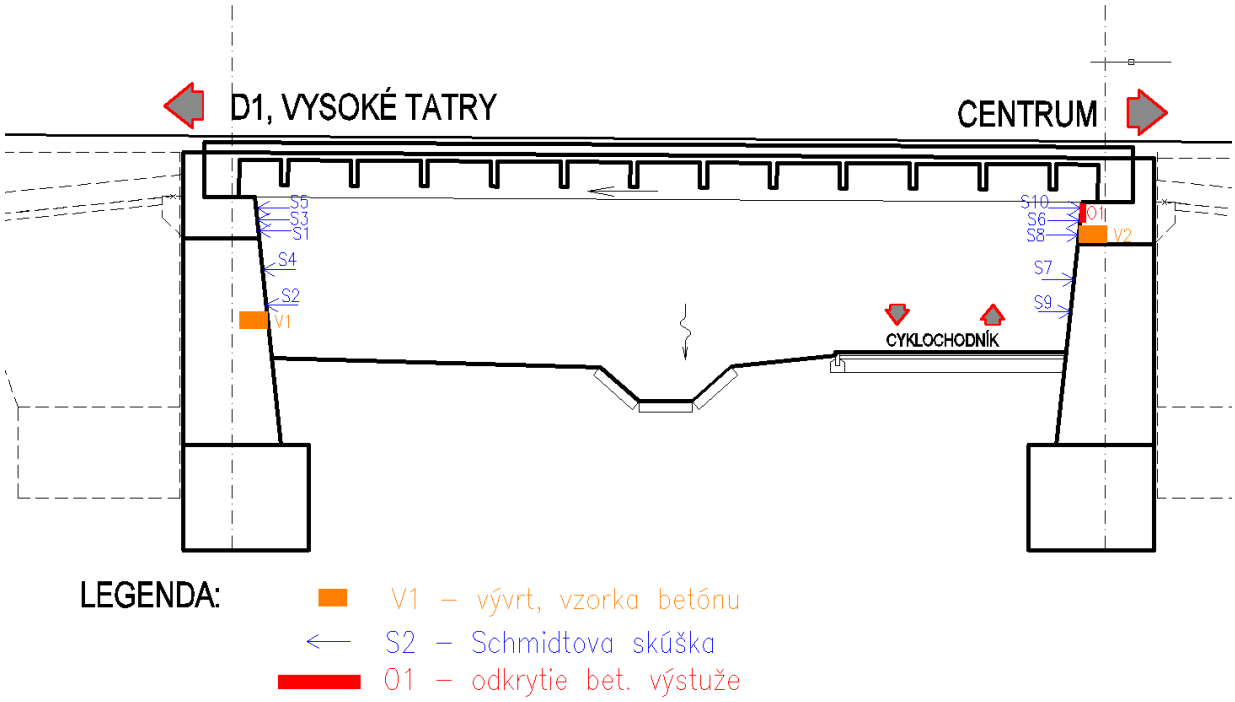
2.3.6 Podrobná prehliadka mosta

Na predmetnom mostnom objekte bola v rámci diagnostického prieskumu vykonaná podrobná prehliadka. Dokumentácia konštrukcie bola realizovaná pomocou digitálneho fotoaparátu Canon PowerShot SX60 HS.

2.3.7 Rozmiestnenie meracích miest



Obr. 4 Rozmiestnenie meracích miest – nosná konštrukcia

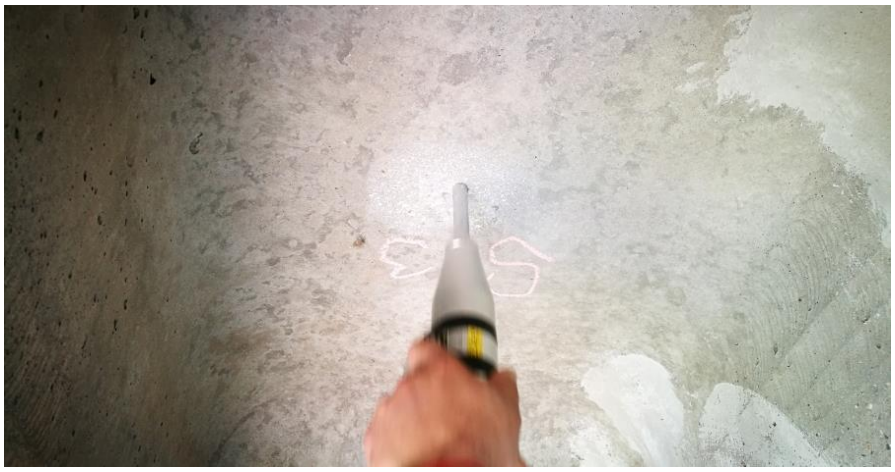


Obr. 5 Rozmiestnenie meracích miest – spodná stavba

2.4 Merací a vyhodnocovací reťazec

2.4.1 Pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu v tlaku bola skúšaná jednak pomocou prístroja DigiSchmidt typ ND-1, výrobné číslo 4285/86-2620 (DIGIS01) od výrobcu PROCEQ. Skúšky sa vykonali na vopred vytypovaných miestach s prihliadnutím na STN 73 2011 [2]. Skúšobné miesta o veľkosti cca 10 x 10 cm boli vybrúsené brúskou tak, aby skúška prebiehala na celistvej štruktúre betónu. Na každom skúšobnom mieste bolo realizovaných 10 platných meraní. Skúšanie prebiehalo v súlade s ustanoveniami normy STN 73 1373 [3], na suchom povrchu betónu.



Obr. 6 Skúška betónu Schmidtovým kladivkom

Pevnosť betónu v tlaku bola zisťovaná aj laboratórne na vzorkách odobratých jadrových vývrtov. Na odber jadrových vývrtov bola použitá vŕtačka HILTI DD 160 pevne ukotvená s vodným chladením. Celkovo bolo odobratých 7 ks jadrových vývrtov. Zo spodnej stavby spolu 2 ks a z nosnej konštrukcie 5 ks. Vývrty boli následne popísané, upravené na skúšobné telesá v zmysle normy STN EN 12390-1 [5] a odskúšané.

Obr. 7 Odber vzoriek betónu jadrovou vŕtačkou

Skúška pevnosti v tlaku prebiehala v súlade s STN EN 12390-3 [6]. Pre skúšku pevnosti betónu v tlaku bolo použité prístrojové vybavenie:
- silomerný stroj EDT 1600 VEB WPM Leipzig, ev. karta č. M/11/001, rozsah (20-1600) kN,
- elektronická váha A&D HV 15 KGL, ev. karta č. M/11/036, rozsah (20-15000) g,
- posuvné meradlo elektronické Sylvac, ev. karta č. M/11/201, rozsah (0,01-200) mm.

Neistota merania je daná chybou merania skúšobných prístrojov a úpravou vzoriek. Pri dodržaní kalibračných zásad skúšobných strojov, zásad zakoncovania a výpočtu charakteristických hodnôt pomocou päťpercentného kvantilu je neistota merania zanedbateľná.

2.4.2 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže

Poloha výstuže, jej priemer a hrúbka krycej betónovej vrstvy boli zisťované kombináciou nedeštruktívnej a deštruktívnej metódy.

Pre určenie parametrov výstuže nedeštruktívne boli použité meracie prístroje CPR Radar PS 1000 X-Scan a Ferroscan PS 200 od spoločnosti HILTI.

Neistota merania je u nedeštruktívnych metód značná, ale vzhľadom na to, že výstuž bola na viacerých miestach aj odkrytá, je možné konštatovať, že kombinácia metód poskytla dobré výsledky a informácie o vystužení konštrukcie.

Obr. 8 Odkrytie výstuže

2.4.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu

Hĺbka prieniku karbonatizácie do betónu bola zisťovaná na odobratých jadrových vývrtoch a na miestach realizácie Schmidtových skúšok. Ukážka stanovenia hĺbky karbonatizácie betónu na odobratom jadrovom vývrte č. 7 je zobrazená na obr. 9.

Obr. 9 Určenie hĺbky karbonatizácie roztokom fenolftaleínu – na vývrte č. 7

2.4.4 Overenie stavu predpínacích káblov

Pre približné určenie polohy výstuže pre potreby odhalenia káblových kanálikov boli použité meracie prístroje Ferroscan PS 200 S a CPR Radar PS 100 X-Scan od firmy HILTI. Po vyhľadaní boli predpínacie káble na nosnej konštrukcii odkryté búracím kladivom (obr. 8).

2.4.5 Zistenie skladby mostného zvršku

Sondy do mostného zvršku boli realizované jadrovou vŕtačkou HILTI DD 160 pevne ukotvenou s vodným chladením. Spolu boli zrealizované 2 sondy.

Obr. 10 Realizácia sondy do mostného zvršku

2.5 Prehľad nameraných veličín

2.5.1 Pevnosť betónu v tlaku

Spolu bolo odobratých 7 ks jadrových vývrtov, z toho 2 zo spodnej stavby a 5 z nosnej konštrukcie. Prehľad pevností betónu odobratých vývrtov je uvedený v tab. 1 a 2. Niektoré odobraté jadrové vývrty sú zobrazené na obr. 11.

Tab. 1 Vývrty/vzorky betónu spodnej stavby – geometria a výsledky skúšky v tlaku

Označenie vrtu	Umiestnenie v konštrukcii	Priemer vrtu	Dĺžka vrtu	Hmotnosť vrtu	Objem. hmotn.	Pevnosť vzorky v tlaku
		d	L	m	ρ	f_c
		[mm]	[mm]	[g]	[kg.m^{-3}]	[MPa]
V1	*opora*	*100,14*	*98,99*	*1837*	*2356*	*36,4*
V2	*úl. prah*	*98,98*	*99,64*	*1823*	*2378*	*25,7*

Tab. 2 Vývrty/vzorky betónu nosnej konštrukcie – geometria a výsledky skúšky v tlaku

Označenie vrtu	Umiestnenie v konštrukcii	Priemer vrtu	Dĺžka vrtu	Hmotnosť vrtu	Objem. hmotn.	Pevnosť vzorky v tlaku
		d	L	m	ρ	f_c
		[mm]	[mm]	[g]	[kg.m^{-3}]	[MPa]
V3	*NK*	*99,71*	*102,14*	*1927*	*2416*	*57,1*
V4	*NK*	*99,56*	*98,71*	*1886*	*2454*	*68,6*
V5	*NK*	*100,11*	*97,83*	*1851*	*2404*	*58,2*
V6	*NK*	*98,89*	*98,89*	*1912*	*2517*	*85,1*
V7	*NK*	*99,66*	*101,5*	*1814*	*2291*	*46,5*

Obr. 11 Niektoré odobraté jadrové vývrty

Prehľad nameraných hodnôt a vyhodnotenie nedeštruktívnych skúšok spresnených vývrtmi je uvedené v tabuľkách 3 až 6.

2.5.2 HÍbka karbonatizácie betónu

Max. hodnota zistená na spodnej stavbe:	40 mm (na vývrte V1)
Max. hodnota zistená na nosnej konštrukcii	10 mm (na vývrte V7)

2.5.3 Vystuženie

Úložný prah

- 1. Vrstva výstuž (viď. obr. 12)

Tab. 3 Výsledky skúšok Schmidtom spresnené vývrtmi – spodná stavba

Identifikácia miesta			Odraz	Nezaručená pevnosť		Koef.	Pevnosť upresnená podľa vývrtov		Výsledky vrtov	
označ.	**popis**	**smer**	**Φ**	**Φ R_{ben}**	**R_{be}**	**α**	**R_b**	**Φ α**	**vrt**	**f_c**
[-]	**[-]**	**[-]**	**[R]**	**[MPa]**	**[MPa]**	**[-]**	**[MPa]**	**[-]**	**[-]**	**[MPa]**
S1	úl.prah	→	26,7	19,9	17,9		15,0	1,6		
S2	opora	→	35,6	34,6	31,1	1,2	26,2		V1	36,4
S3	úl.prah	→	22,9	14,1	12,7		10,7			
S4	opora	→	39,9	42,2	38,0		32,0			
S5	úl.prah	→	29,1	23,7	21,3		17,9			
S6	úl.prah	→	33,1	30,3	27,2		22,9			
S7	opora	→	19,8	9,7	8,7		7,3			
S8	úl.prah	→	23,1	14,4	13,0	2,0	10,9		V2	25,7
S9	opora	→	17,9	7,0	6,3		5,3			
S10	úl.prah	→	24,0	15,8	14,2		11,9			

Tab. 4 Vyhodnotenie triedy betónu – spodná stavba

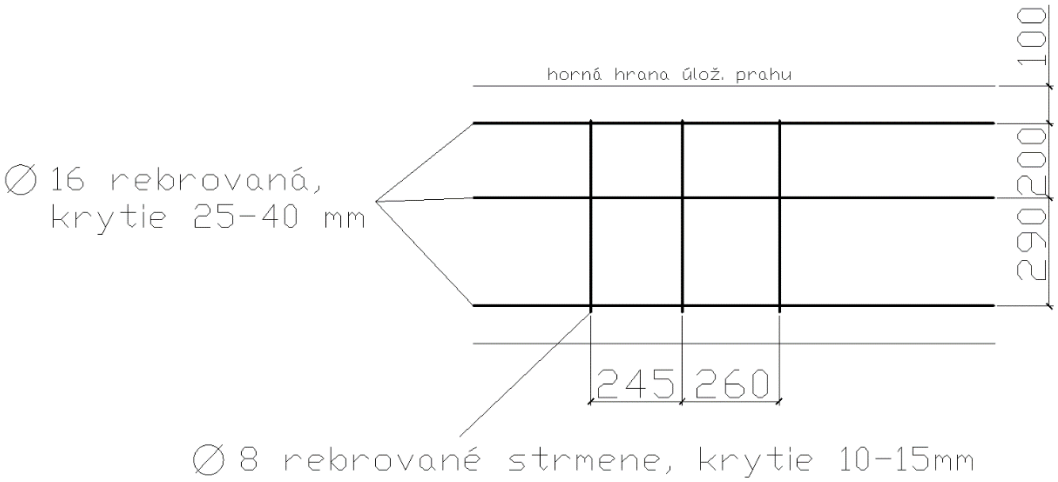
Priemerná pevnosť betónu v tlaku	$f_{m(n),is}$	16,0	**[MPa]**
Najmenšia zistená pevnosť betónu	$f_{is,min}$	5,3	**[MPa]**
Smerodajná odchýlka	**k**	7,0	**[-]**
Charakteristická pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck,is,1}$	9,0	**[MPa]**
	$f_{ck,is,2}$	9,3	**[MPa]**
	$f_{ck,is}$	9,0	**[MPa]**
Vyhodnotenie			
Trieda betónu podľa STN EN 206+A1	**C8/10**		

Tab. 5 Výsledky skúšok Schmidtom spresnené vývrtmi – nosná konštrukcia

Identifikácia miesta			Odraz	Nezaručená pevnosť		Koef.	Pevnosť upresnená podľa vývrtov		Výsledky vrtov	
označ.	**popis**	**smer**	**Φ**	**Φ R_{ben}**	**R_{be}**	**α**	**R_b**	**Φ α**	**vrt**	**f_c**
[-]	**[-]**	**[-]**	**[R]**	**[MPa]**	**[MPa]**	**[-]**	**[MPa]**	**[-]**	**[-]**	**[MPa]**
S11	nosník	→	52,8	67,7	60,9	0,9	73,7	1,2	V3	57,1
S12	nosník	→	48,3	58,4	52,6		63,6			
S13	nosník	↑	52,7	67,5	60,7		73,5			
S14	nosník	→	49,4	60,6	54,6		66,0			
S15	nosník	↑	52	66,0	59,4		71,9			
S16	nosník	→	43,3	48,6	43,7		52,9			
S17	nosník	→	46,8	55,4	49,9		60,3			
S18	nosník	↑	52,7	67,5	60,7	0,8	73,5		V7	46,5
S19	nosník	→	48,7	59,2	53,3	1,6	64,5		V6	85,1
S20	nosník	→	47,5	56,8	51,1		61,9			
S21	nosník	↑	45	51,9	46,7	1,2	56,5		V5	58,2
S22	nosník	→	44,4	50,7	45,6	1,5	55,2		V4	68,6
S23	nosník	↑	52,4	66,8	60,2		72,8			
S24	nosník	→	42	46,1	41,5		50,2			
S25	nosník	→	35,3	34,0	30,6		37,1			
S26	nosník	→	45	51,9	46,7		56,5			
S27	nosník	↑	49,5	60,8	54,8		66,2			
S28	nosník	→	46,6	55,0	49,5		59,9			

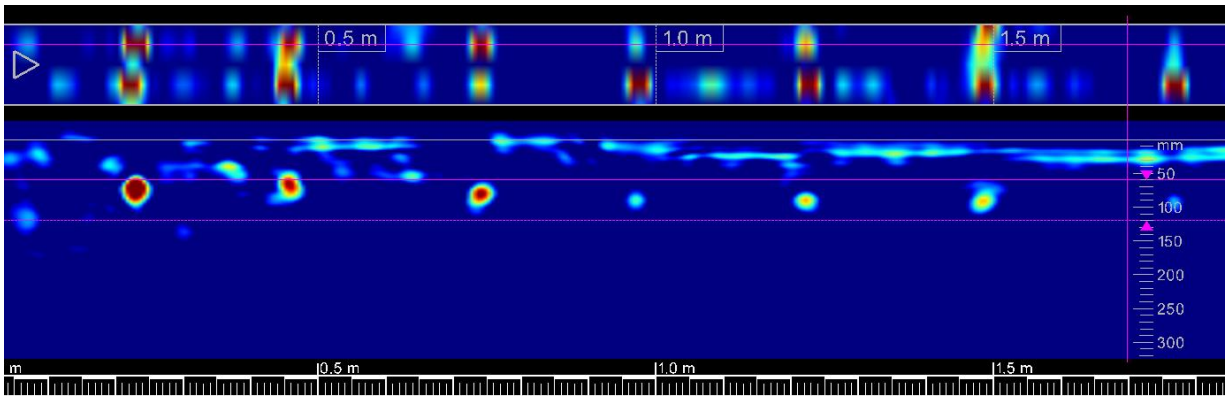
Tab. 6 Vyhodnotenie triedy betónu – nosná konštrukcia

Priemerná pevnosť betónu v tlaku	$f_{m(n),is}$	62,0	**[MPa]**
Najmenšia zistená pevnosť betónu	$f_{is,min}$	37,1	**[MPa]**
Smerodajná odchýlka	**k**	7,00	**[-]**
Charakteristická pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck,is,1}$	55,0	**[MPa]**
	$f_{ck,is,2}$	41,1	**[MPa]**
	$f_{ck,is}$	41,1	**[MPa]**
Vyhodnotenie			
Trieda betónu podľa STN EN 206+A1		**C35/45**	



Obr. 12 Prvá vrstva výstuže v úložnom prahu v mieste odkrytia O1

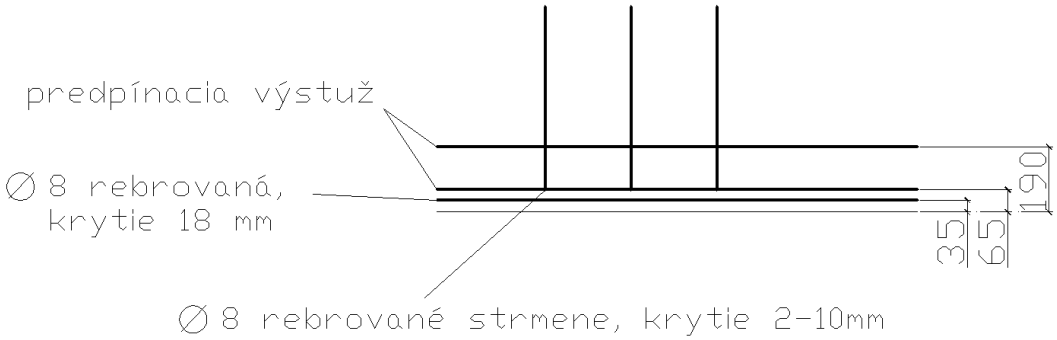
- 2. vrstva výstuže – pravdepodobne zvislá výstuž v hĺbke cca 65 - 80 mm, vo vzájomných vzdialenostiach 230 – 300 mm



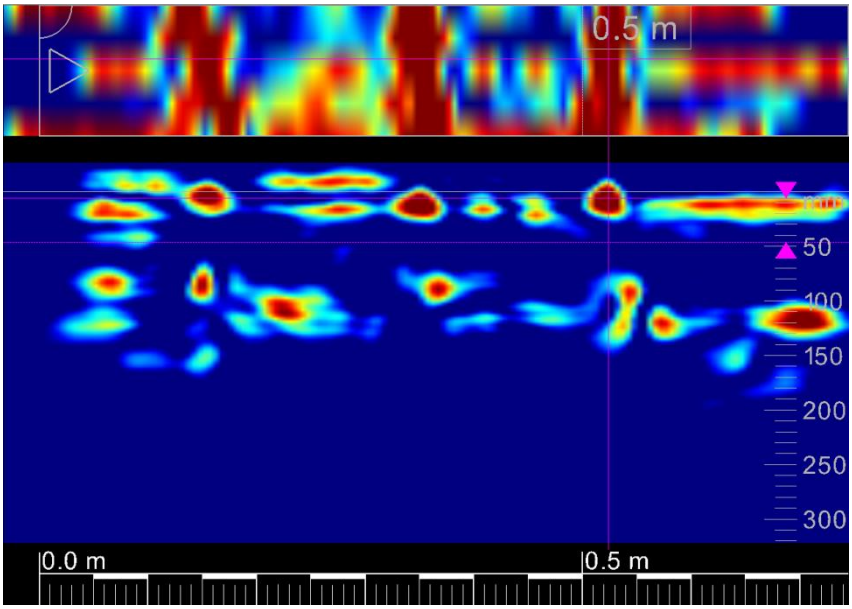
Obr. 13 Pravdepodobná 2. vrstva zvislej výstuže v úložnom prahu

Driek opory – bez vystuženia

Nosná konštrukcia – nosníky „Vloššák“



Obr. 14 Výstuž v spodnej časti nosníka, v mieste odkrytia O2



Obr. 15 Strmene v nosníkoch – vzájomné vzdialenosti cca 200 mm

2.5.4 Kontrola predpínacej výstuže

Na miestach, kde je degradácia spodnej časti nosníkov v pokročilom štádiu, predpínacia výstuž v najspodnejšej úrovni je celkom prekorodovaná. Na miestach, kde je krycia betónová vrstva ešte funkčná sú chráničky a predpínacia výstuž (vo vnútri chráničiek) napadnuté koróziou (obr. 16).

Obr. 16 Príklad stavu kanálika v mieste s funkčnou krycou vrstvou

Rozsah miest s funkčnou a nefunkčnou krycou betónovou vrstvou je podrobne popísaný v kap. 2.5

2.5.5 Mostný zvršok

Pre zistenie skladby mostného zvršku boli realizované spolu 2 vŕtané sondy. Poloha jednotlivých sond je zrejmá z obr. 4. Sondy boli realizované až po nosníky nosnej konštrukcie.

Sonda „V8“:	-	asfaltové súvrstvie	100 mm
	-	izolácia	
	-	železobetónová doska	200 mm
		Spolu:	300 mm

Obr. 17 Sonda „V8“

Sonda „V9“:	-	asfaltové súvrstvie	95 mm
	-	izolácia	
	-	železobetónová doska	155 mm
		Spolu:	250 mm

Obr. 18 Sonda „V9“

2.6 Podrobná prehliadka mosta

Na mostnom objekte bolo identifikovaných niekoľko miest vád a porúch, ktoré sú zdokumentované v prílohe: prehliadka – fotodokumentácia. Niektoré z nich sú zdokumentované na obr. 19 až 22.

Schémy – „mapy porúch“, na ktorých sú zaznamenané vady a poruchy mostného objektu sú znázornené na obr. 23 až 25.

V tab. 7 až 9 je uvedený podrobný prehľad a popis jednotlivých zistených vád a porúch mostného objektu zisteného počas diagnostického prieskumu.

Obr. 19 Porucha/foto č. 196 – korózia betonárskej výstuže v nosníku, odpadnutá krycia vrstva

Obr. 20 Porucha/foto č. 254 – odlúpnutá krycia vrstva na nosníku

Obr. 21 Porucha/foto č. 309 – krajný nosník – korózia, odhalená výstuž, odlepenie zosilnenia

Obr. 22 Porucha/foto č. 306 – odlepenie zosilnenia spodku nosníka

Tab. 7 Poruchy na mostnom zvršku

Číslo poruchy	Typ poruchy	Umiestnenie	Poznámka
167	trhlina	mostný záver, vozovka	čiastočne zaliata
168,169	ošúchaný povrchový náter	zábradlie	celoplošne
170	trhliny	krajnica	
171,172	nefunkčné odvodnenie	krajnica	mláka
173	trhlina	Mostný záver, vozovka	čiastočne zaliata
174, 175	pozdĺžna trhlina/ škára	vozovka	
176	priečna trhlina	vozovka	

Tab. 8 Poruchy na spodnej stavbe

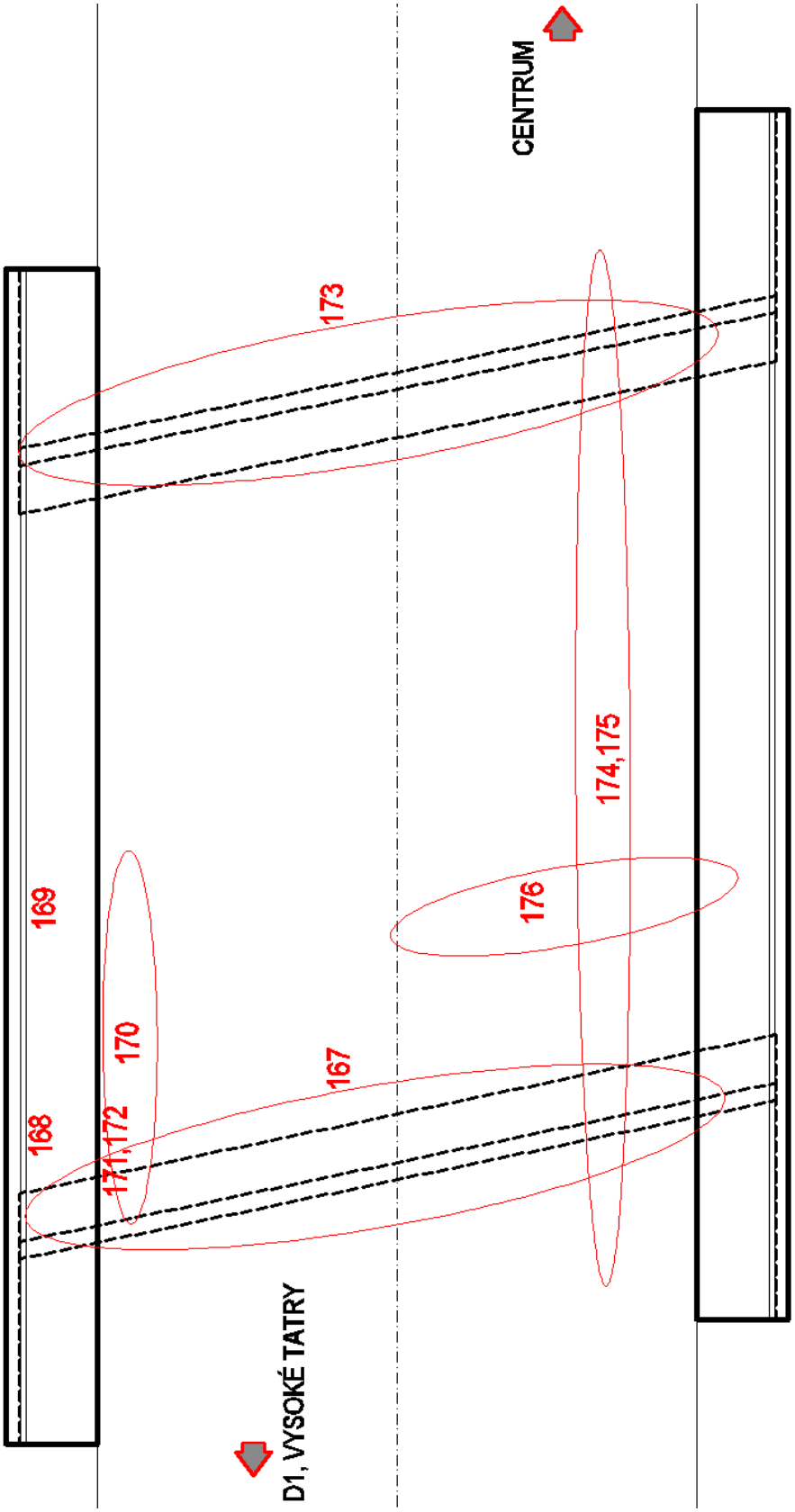
Číslo poruchy	Typ poruchy	Umiestnenie	Poznámka
180,181	celoplošné sieťové trhliny	krídlo	v omietke aj v betóne
182,183	vodorovná trhlina	krajný nosník – spodná časť	
184-190	celoplošné sieťové trhliny	líc opory „centrum“	v omietke aj v betóne
191-193	celoplošné sieťové trhliny	krídlo	v omietke aj v betóne
194-199	odhalená a prekorodovaná výstuž	Krajný nosník – spodná časť	
200-205, 208	odhalená a prekorodovaná výstuž	Krajný nosník – spodná časť	
209-212	celoplošné sieťové trhliny	krídlo	v omietke aj v betóne
213-216	celoplošné sieťové trhliny	líc opory „Vysoké Tatry“	v omietke aj v betóne
217-221	celoplošné sieťové trhliny	krídlo	v omietke aj v betóne

Tab. 9 Poruchy na nosnej konštrukcii

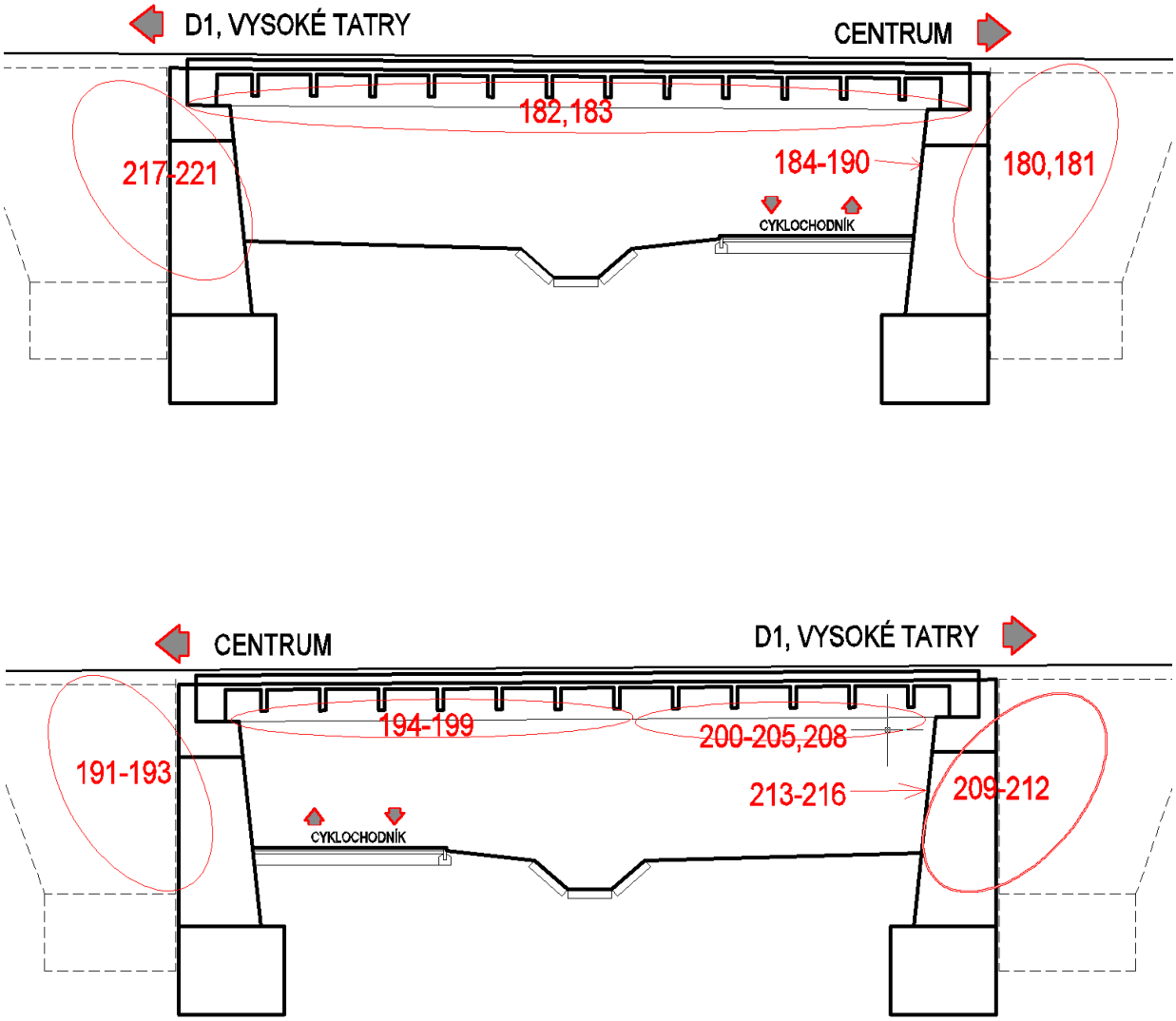
Číslo poruchy	Typ poruchy	Umiestnenie	Poznámka
222-227		tri krajné nosníky	Dodatočné spriahnutie
228	zavlhnutie	Uloženie krajného nosníka	
229	zavlhnutie	Uloženie nosníka	
230-232		Tri krajné nosníky	Spodné pásnice „zamazané“, zrejme omietkou
233	trhliny	Spodná pásnica	
234	trhliny	Spodná pásnica, zboku	
235-237	Odpadnutá krycia vrstva, prekorodovaná výstuž	Spodná pásnica	Vrátane predpínacej výstuže
238	Trhliny v krycej vrstve, prekorodovaná výstuž	Spodná pásnica	
239	trhliny	Spodná pásnica	
240-241	Trhliny v krycej vrstve	Spodná pásnica	
242-252	Trhliny, odpadnutá krycia vrstva, prekorodovaná výstuž	Spodná pásnica	Vrátane predpínacej výstuže
253	Trhliny v krycej vrstve	Spodná pásnica	
254,255	Odlúpená krycia vrstva, korózia výstuže	Spodná pásnica	
256	Trhlinky	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
257	trhliny	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
258	trhliny	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
259	trhliny	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
260,261	trhliny	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
262	trhliny	Spodná pásnica	V sanačnej vrstve
263	trhliny	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
264,265	trhliny	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
266-269	Trhliny, olúpená krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi

Tab. 9 Poruchy na nosnej konštrukcii - pokračovanie

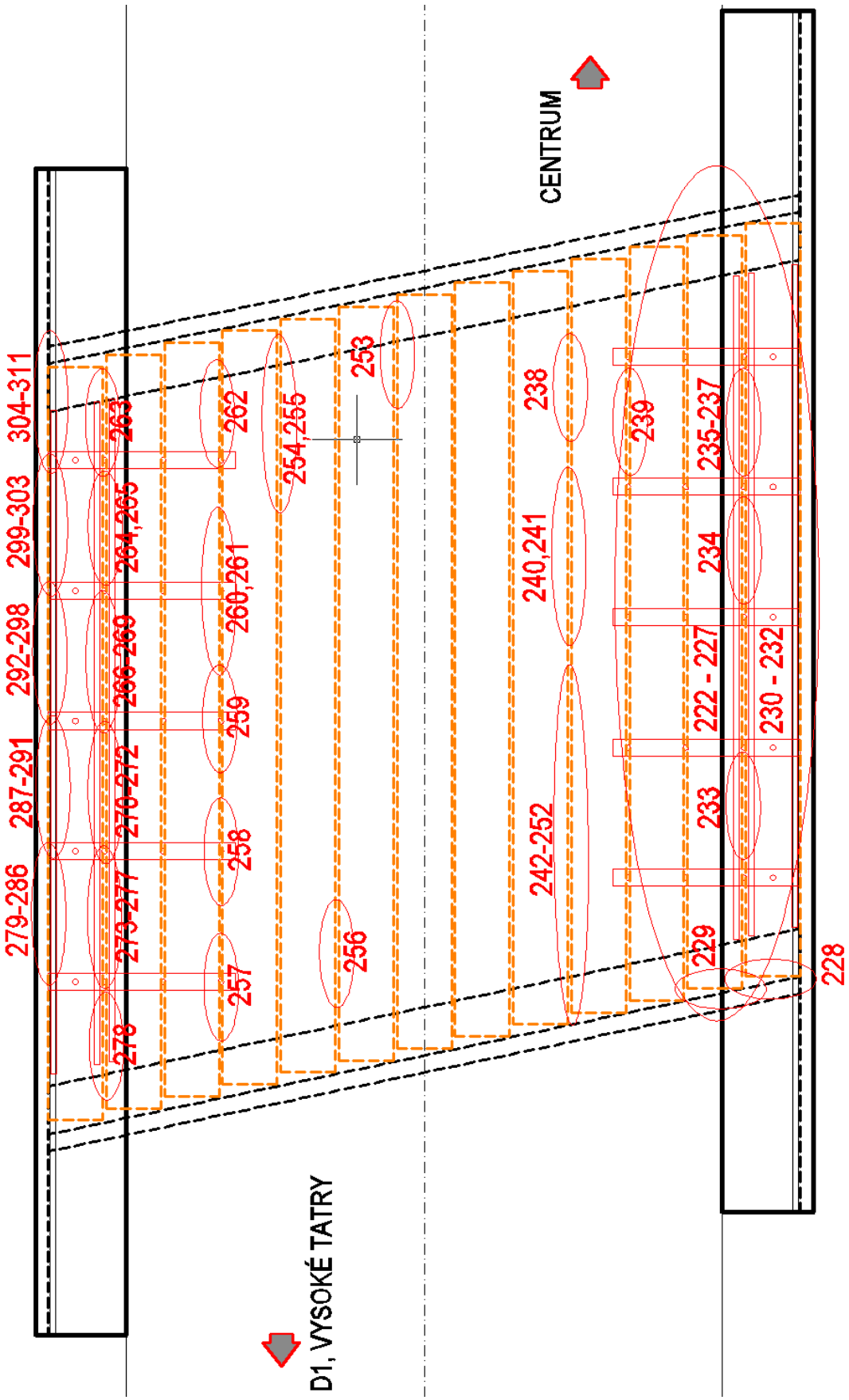
Číslo poruchy	Typ poruchy	Umiestnenie	Poznámka
270-272	Trhliny, olúpená krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
273-277	Trhliny, olúpená krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
278	trhliny	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
279-286	Prekorodovaná predpínacia výstuž, odpadnutá krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
287-291	Prekorodovaná výstuž, odpadnutá krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
292-298	Prekorodovaná predpínacia výstuž, odpadnutá krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
299-303	Prekorodovaná výstuž, odlúpnutá krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
304-311	Prekorodovaná výstuž, odlúpnutá krycia vrstva	Spodná pásnica	V sanácii pod nalepenými zosilňujúcimi pásmi
312	Zavlhnutie	Chodník pre cyklistov	
313-315		Stav toku	



Obr. 23 Schéma porúch – mostný zvršok



Obr. 24 Schéma porúch – spodná stavba



Obr. 25 Schéma porúch – nosná konštrukcia

3 Prepočet zaťažiteľnosti

3.1 Metodika statického prepočtu

Pre potreby statického prepočtu bolo najskôr potrebné stanoviť mechanické vlastnosti materiálov nosnej konštrukcie, zistiť rozmery jednotlivých nosných prvkov a ich súčasný stavebno – technický stav. Na získanie týchto vstupných informácií slúžila diagnostika mostného objektu (viď kap. 2) a podrobná obhliadka mostného objektu, ale aj mostný list a pôvodná projektová dokumentácia - rekonštrukcia.

Po analýze vstupných údajov o mostnom objekte sa pristúpilo k modelovaniu mostnej konštrukcie v prostredí výpočtového programu Scia Engineer za účelom zistenia odozvy konštrukcie na jednotlivé druhy zaťaženia a tým získania podkladu pre statický prepočet. Posledným vstupom pre určenie zaťažiteľnosti mosta bolo určenie únosnosti nosnej konštrukcie.

Nosná konštrukcia je tvorená prefabrikovanými nosníkmi „Vloššák“, ktorých únosnosť v závislosti od rozpätia je uvedená v technickom predpise (TP 006). Pri prepočte zaťažiteľnosti bol zohľadnený ich súčasný stavebno-technický stav ako i zásahy do nosnej konštrukcie pri jej rekonštrukcii.

3.2 Analýza konštrukcie

Mostný objekt ev. č. 18-389a je 1-poľový most, ktorého nosná konštrukcia je tvorená v priečnom reze celkovo 13-timi predpätými nosníkmi „Vloššák“. Dĺžka nosníkov je 13,30 m. Rozpätie mosta je 12,50 m. Nosníky sú v priečnom smere prepojené dobetonávkami a previazané betonárskou výstužou v rámci dobetonávok, čím nosná konštrukcia v priečnom smere pôsobí ako tzv. „žalúziová doska“. V pozdĺžnom smere je nosná konštrukcia predpätá.

Množstvo, geometria a stav napätosti predpínacej výstuže nie je známy. Nakoľko tieto charakteristiky nebolo možné určiť počas diagnostického prieskumu mostného objektu z dôvodu nutnosti vykonania pomerne veľkého množstva deštruktívnych zásahov do nosnej konštrukcie, v nasledujúcom sa bude pri určení únosnosti nosníkov vychádzať z informácií uvedených v metodickom pokyne TP 006 (predtým TP SSC 03/2003) so zohľadnením ich aktuálneho stavebno-technického stavu. Nakoľko tieto únosnosti boli v minulosti vypočítané podľa metódy dovolených namáhaní neboli pri výpočte uvažované parciálne súčinitele zaťažení.

Nosná konštrukcia bola zosilňovaná počas rekonštrukcie v roku 2002. Počas rekonštrukcie bolo realizované zosilnenie pomocou uhlíkových lamiel (v rozsahu podľa obrázkovej schémy mosta). Zároveň bolo realizované priečne prepojenie krajných 3-och nosníkov pomocou pásovej ocele a bola vybudovaná spriahajúca doska na hornom povrchu nosníkov. Z uvedených úprav má na zvýšenie únosnosti pravdepodobne len spriahajúca železobetónová doska, ktorá zlepšuje priečny roznos. Zosilnenie uhlíkovými lamelami je v súčasnosti pravdepodobne účinné iba minimálne, nakoľko počas obhliadky mosta bola pozorovaná nesúdržnosť medzi lamelami a nosníkmi (odpadnutie krycej vrstvy betónu aj s lamelami). Prepojenie krajných nosníkov pomocou pásovej ocele a oceľových tyčí je realizované neefektívne a nemá prakticky žiaden vplyv na priečny roznos zaťaženia do nosníkov a únosnosť mosta (v priečnom smere je tuhosť plechov minimálna). Navyše výpočtový model preukázal, že najviac je zaťažený tretí nosník od kraja, pričom oceľovým

plechmi a uhlíkovými lamelami boli zosilnené iba krajné dva nosníky. Z týchto dôvodov bolo zosilnenie lamelami vo výpočtovom modeli zanedbané.

Obr. 26 Pohľad na mostnú konštrukciu

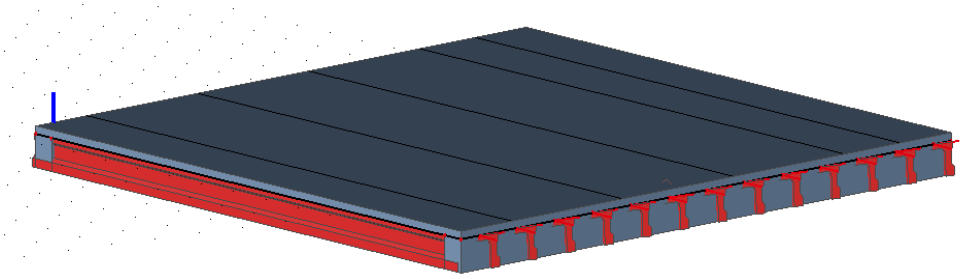
Obr. 27 Pohľad na nefunkčné zosilnenie uhlíkovými lamelami

3.3 Výpočtový model

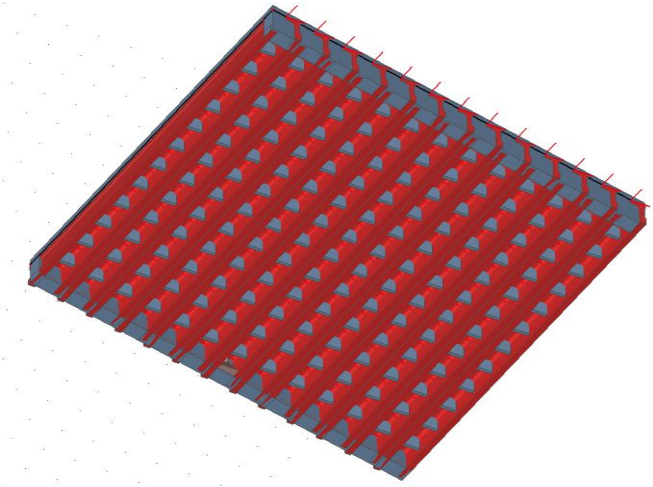
Na vystihnutie priestorového správania sa konštrukcie bol vytvorený v prostredí výpočtového programu Scia Engineer celkový dosko – prútový model mostu vrátane nadepodperových priečnikov. Tento model slúži na určenie rozhodujúcich hodnôt vnútorných síl pre určenie zaťažiteľnosti jednotlivých limitujúcich prierezov danej nosnej konštrukcie. Konštrukcia sa skladá z 13 prútových prvkov – predpätých nosníkov Vloššák dĺžky 13,30 m, ktoré sú v priečnom smere prepojené monolitickými koncovými priečnikmi – modelovanými ako doskové prvky. Jednotlivé nosníky sú prepojené v skutočnosti dobetonávkami. V modeli sú namodelované tieto dobetonávky nekonečne tuhým číselným prutom s nulovou tiažou a na ich konce boli namodelované kĺby na zohľadnenie skutočného pôsobenia nosnej konštrukcie umožňujúce vzájomné pootočenie. Aby bolo možné ich prepojenie s prútovými prvkami boli medzi tieto nekonečne tuhé prúty a systémové osi prútov nosníkov zriadené tuhé väzby vo vzdialenosti á = 1,0 m. Na hornej ploche nosníkov je modelovaná spriahajúca doska konštantnej (priemernej) hrúbky a jednotlivé hlavné nosníky sú k nej pripojené ako rebrá dosky.

Nosná konštrukcia je uložená kĺbovo a posuvne na krajných oporách čo zodpovedá celkovému rámovému pôsobeniu mosta.

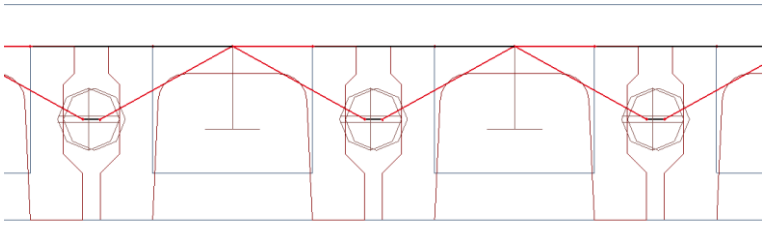
Vo výpočtovom modeli boli modelované zaťaženia podľa TP 104 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok. Keďže sa jedná o jednopoľový most nebolo nutné zriadenie vplyvových plôch (rozhoduje prierez v strede rozpätia).



Obr. 28 Pohľad zhora na výpočtový model



Obr. 29 Pohľad zospodu na výpočtový model



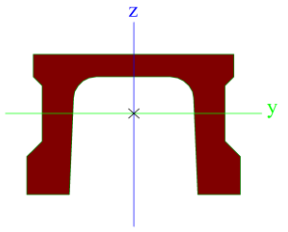
Obr. 30 Detail priečneho prepojenia vo výpočtovom modeli

Tab. 10 Materiály použité vo výpočtovom modeli

Názov	**Typ**	**Merná hmotnosť [kg/m3]**	**E modul [MPa]**	**Poisson - nu**	**G modul [MPa]**	**Tepel. rozťažnosť [m/mK]**	**Charakteristická valcová pevnosť v tlaku fck(28) [MPa]**
C30/37	Betón	2500,0	3,2800e+04	0,2	1,3667e+04	0,00	30,00
C35/45	Betón	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00
C40/50 - NULOVA TIAZ	Betón	1,0	3,5200e+04	0,2	1,4667e+04	0,00	40,00

Tab. 11 Prierezy použité vo výpočtovom modeli

Názov	HLAVNÝ NOSNÍK „VLOŠŠÁK“
Typ	Všeobecný prierez
Materiálová položka	C35/45
Výroba	všeobecný
Použiť 2D výpočet MKP	☐



A [m_2]	2,6435e-01	
A y, z [m_2]	9,8191e-02	1,6679e-01
I y, z [m_4]	1,0876e-02	2,9005e-02
I w [m_6], t [m_4]	0,0000e+00	3,9409e-03
Wel y, z [m_3]	2,9866e-02	6,0427e-02
Wpl y, z [m_3]	0,0000e+00	0,0000e+00
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	480	364
\alfa [deg]	0,00	
A L, D [m_2/m]	4,1461e+00	4,1461e+00
Mply +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00

Názov, Detailný	Pomocny prut	Číselný
Materiál	C40/50 - NULOVA TIAZ	
Rovinný vzper y-y, z-z	d	d
A [m_2]	1,0000e+00	
A y, z [m_2]	1,0000e+00	1,0000e+00
A L, D [m_2/m]	2,0000e+00	2,0000e+00
c YUSS, ZUSS [mm]	25000	25000
\alfa [deg]	0,00	
I y, z [m_4]	5,0000e+08	5,0000e+08
i y, z [mm]	22360680	22360680
Wel y, z [m_3]	5,0000e+08	5,0000e+08
Wpl y, z [m_3]	0,0000e+00	0,0000e+00
Mply +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d y, z [mm]	0	0
I t [m_4], w [m_6]	5,0000e+08	0,0000e+00

3.4 Zaťaženie

Stále zaťaženie - Vlastná tiaž nosnej konštrukcie (G_0)

Je vygenerovaná výpočtovým programom. Program počíta pri použití betónu s objemovou tiažou betónu 26,0kN/m3.

Stále zaťaženie - Nemodelované súčasti konštrukcie (G_{11})

►Predpoklady výpočtu: Zaťaženie tiažou vozovky a dalších vodorovných konštrukcií uvažujem ako plošné rovnomerné vždy s intenzitou vyplývajúcou z priemernej hrúbky daného prvku. V prípade existujúcich ríms je celá konštrukcia rímsy uvažovaná z betónu.

Výpočet hodnoty spojitých plošných zaťaženi:

Objemové tieže jednotlivých materiálov:

- betón $\gamma_b := 26\ kN \cdot m^{-3}$
- vozovka $\gamma_{voz} := 24\ kN \cdot m^{-3}$

Dimenzie jednotlivých prvkov konštrukcie:

►**Hrúbka:** Vozovka $h_{voz} := 90\ mm$
Betón $h_{bet} := 150\ mm$
ŽB. rímsy $h_{rim} := 240\ mm$

►**Zaťažovacia šírka:** Vozovka $b_{voz} := 10.50\ m$
Betón $b_{bet} := 13.25\ m$
ŽB. rímsy $b_{rim.L} := 1.45\ m$
$b_{rim.P} := 1.45\ m$

►**Roznášacia šírka zaťaženia:** Vozovka $s_{voz} := 10.5\ m$
Betón $s_{bet} := 13.25\ m$
ŽB. rímsy $s_{rim.L} := 1.375\ m$
$s_{rim.P} := 1.375\ m$

Prierezová plocha bet. prefabrikátu rímsy: $A_{pref} := 0.0825\ m^2$

Celková prierezová plocha bet. dobetonávok: $A_{dob} := 1.0836\ m^2$

Oceľová pásovina: $G_{pas} := 10 \cdot 0.3\ m \cdot 0.02\ m \cdot 3.3\ m \cdot 7850 \cdot kg \cdot m^{-3} \cdot g = 15.242\ kN$

Oceľové predpínacie tyče: $G_{svor} := \frac{\pi \cdot (0.032\ m)^2}{4} \cdot 0.85\ m \cdot 20 \cdot 7850 \cdot kg \cdot m^{-3} \cdot g = 1.053\ kN$

Hodnoty plošných zaťažení: $g_{voz} := \frac{h_{voz} \cdot b_{voz} \cdot \gamma_{voz}}{s_{voz}} = 2.16\ kN \cdot m^{-2}$

$$g_{rim.L} := \frac{h_{rim} \cdot b_{rim.L} \cdot \gamma_b + A_{pref} \cdot \gamma_b}{s_{rim.L}} = 8.14\ kN \cdot m^{-2}$$

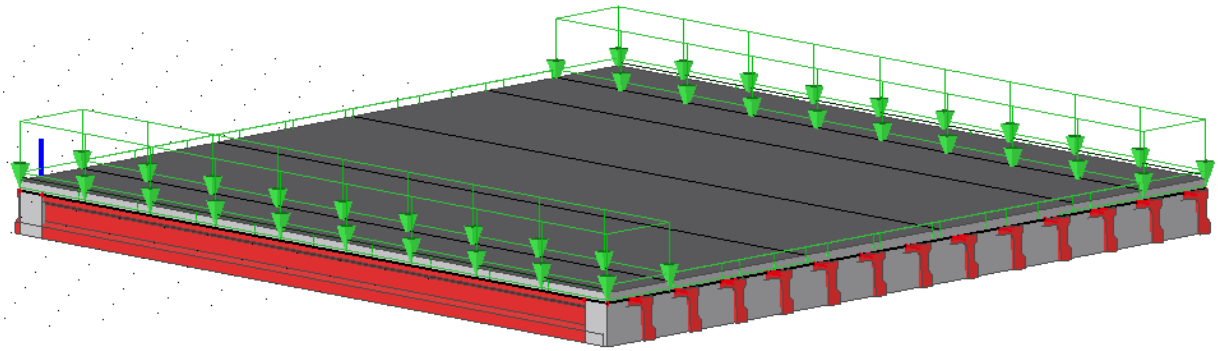
$$g_{rim.P} := \frac{h_{rim} \cdot b_{rim.P} \cdot \gamma_b + A_{pref} \cdot \gamma_b}{s_{rim.P}} = 8.14\ kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{beton.doska} := \frac{h_{bet} \cdot b_{bet} \cdot \gamma_b}{s_{bet}} = 3.9\ kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{beton.dobetonavky} := \frac{A_{dob} \cdot \gamma_b}{s_{bet}} = 2.126\ kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{ocel.zosilenie} := \frac{G_{pas} + G_{svor}}{3.3\ m \cdot 13.3\ m} = 0.371\ kN \cdot m^{-2}$$

Zábradlove zvodidlo: $g_z := 1.2\ kN \cdot m^{-1}$



Obr. 31 Poloha stáleho zaťaženia s namodelovanými súčasťami konštrukcie (rímsy, vozovka, dobetonávky, záchytné bezpečnostné zariadenia)

Premenné zaťaženie - Teplotné účinky

Počiatočná teplota mosta - predpokladaná: $T_0 := 10$ *...STN EN 1991-1-5, príloha A, str. 26*

Súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti: $\alpha_t := 0.00001$ *...STN EN 1991-1-5, tabulka C1, str. 30*

Hodnota maximálnej rovnomernej zložky teploty mosta: $T_{max} := 40$ *...STN EN 1991-1-5/NA, mapy s izotermami, str. 6*

Hodnota minimálnej rovnomernej zložky teploty mosta: $T_{min} := -32$ *...STN EN 1991-1-5/NA, mapy s izotermami, str. 6*

Zložka rovnomernej teploty (T_N)

Typ nosnej konštrukcie - 3 *...STN EN 1991-1-5, obrázok. 6.2, str. 21*

Maximálna teplota vzduchu: $T_{e.max} := T_{max} + 2 = 42$ *...STN EN 1991-1-5/AC, obrázok. 6.1, str. 4*

Minimálna teplota vzduchu: $T_{e.min} := T_{min} + 8 = -24$

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri skracovaní: $\Delta T_{N.con} := T_0 - T_{e.min} = 34$ *...STN EN 1991-1-5, (6.1), str. 17*

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri predlžovaní: $\Delta T_{N.exp} := T_{e.max} - T_0 = 32$ *...STN EN 1991-1-5, (6.1), str. 17*

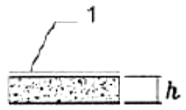
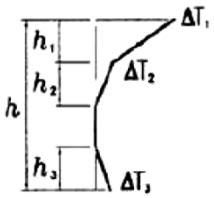
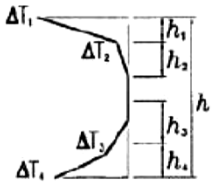
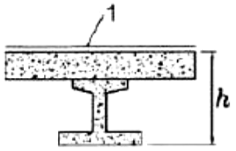
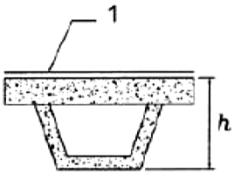
Teplotný spád (T_M)

Vertikálny lineárny teplotný spád bol uvažovaný pre typ nosnej konštrukcie Typ 3, Betónová doska a kryt vozovky hrúbky 90mm.

Pre betónovú konštrukciu s vozovkou: $\Delta T_{M.heat} := 0.7 \cdot 15 = 10.5$ a $\Delta T_{M.cool} := 1.0 \cdot 8 = 8$

Pre betónovú konštrukciu bez vozovky: $\Delta T_{M.heat.v} := 0.8 \cdot 15 = 12$ a $\Delta T_{M.cool.v} := 1.1 \cdot 8 = 8.8$

...STN EN 1991-1-5, str. 18

Typ konštrukcie	Teplotný spád ΔT	
	a) ohrievanie	b) ochladzovanie
 3a. Betónová doska		
 3b. Betónový nosník	$h_1 = 0{,}3h$ ale $\leq 0{,}15$ m $h_2 = 0{,}3h$ ale $\geq 0{,}10$ m ale $\leq 0{,}25$ m $h_3 = 0{,}3h$ ale $\leq$ (0,10 m + hrúbka povrchovej úpravy v m) (pre tenké dosky je h_3 limitované hodnotou $h - h_1 - h_2$)	$h_1 = h_4 = 0{,}20h$ ale $\leq 0{,}25$ m $h_1 = h_4 = 0{,}20h$ ale $\leq 0{,}25$ m
 3c. Betónový komorový nosník		
Legenda 1 Hrúbka povrchovej úpravy 100 mm		

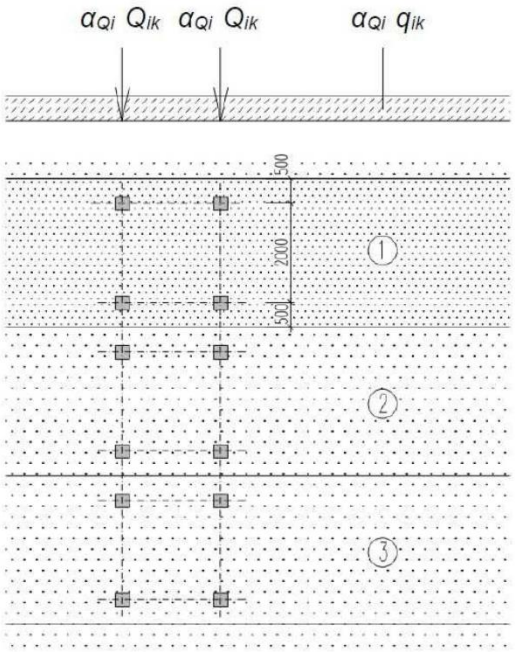
h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]
≤0,2	8,5	3,5	0,5
0,4	12,0	3,0	1,5
0,6	13,0	3,0	2,0
≥0,8	13,0	3,0	2,5

h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	ΔT_4 [°C]
≤0,2	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3
≥1,5	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5

Obr. 32 Teplotné spády pre nosné konštrukcie mostov, Typ 3 – betónové nosné konštrukcie

Premenné zaťaženie na určenie zaťažitelnosti mosta

Zaťažovací model LM1 (Normálna zaťažitelnosť):



Obr. 33 Schéma zaťažovacieho modelu LM1

Na moste bude aplikovaný zaťažovací pruh 1, 2 a 3 s príslušným plošným zaťažením.

Pruh č. 1 bude zaťažený plošným zaťažením 9,0kN $kN \cdot m^2$
ostatná časť bude zaťažená plošným zaťažením 2,5 $kN \cdot m^2$

Sily na jednu nápravu od LM1 podľa zaťažovacích pruhov:

$Q_{1k} := 300\ kN$ $\alpha_{Q1} := 0.9$

$Q_{2k} := 200\ kN$ $\alpha_{Q2} := 0.9$

$Q_{2k} := 100\ kN$ $\alpha_{Q2} := 0.9$

Plošné zaťaženia podľa zaťažovacích pruhov:

$q_{1k} := 9\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q1} := 0.9$

$q_{2k} := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q2} := 1.0$

$q_{3k} := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q3} := 1.0$

$q_r := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{qr} := 1.0$

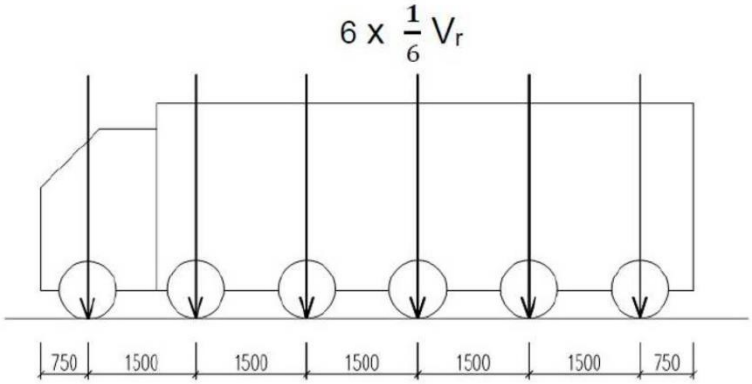
Zaťažovací model pre Výhradné zaťaženie (Výhradná zaťažitelnosť):

Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1).

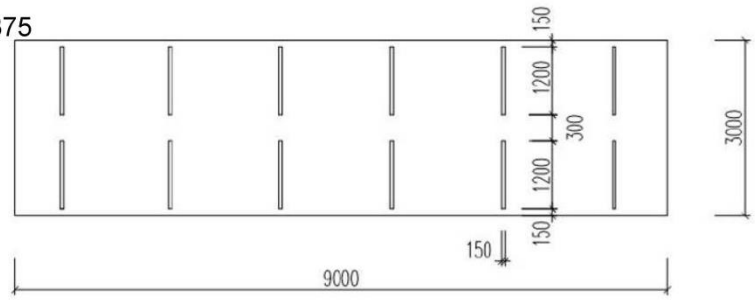
Rozmer kolesa: $F_r := 75\ kN$

Rozmer kolesa : 1,2m x 0,15m
=> intenzita $Q_{k.r} := 416.67\ kN \cdot m^{-2}$

Ovplyvnená dlžka zaťažením pre výpočet dynamického súčinitela: $L_{m.k} := 12.5$ [m]

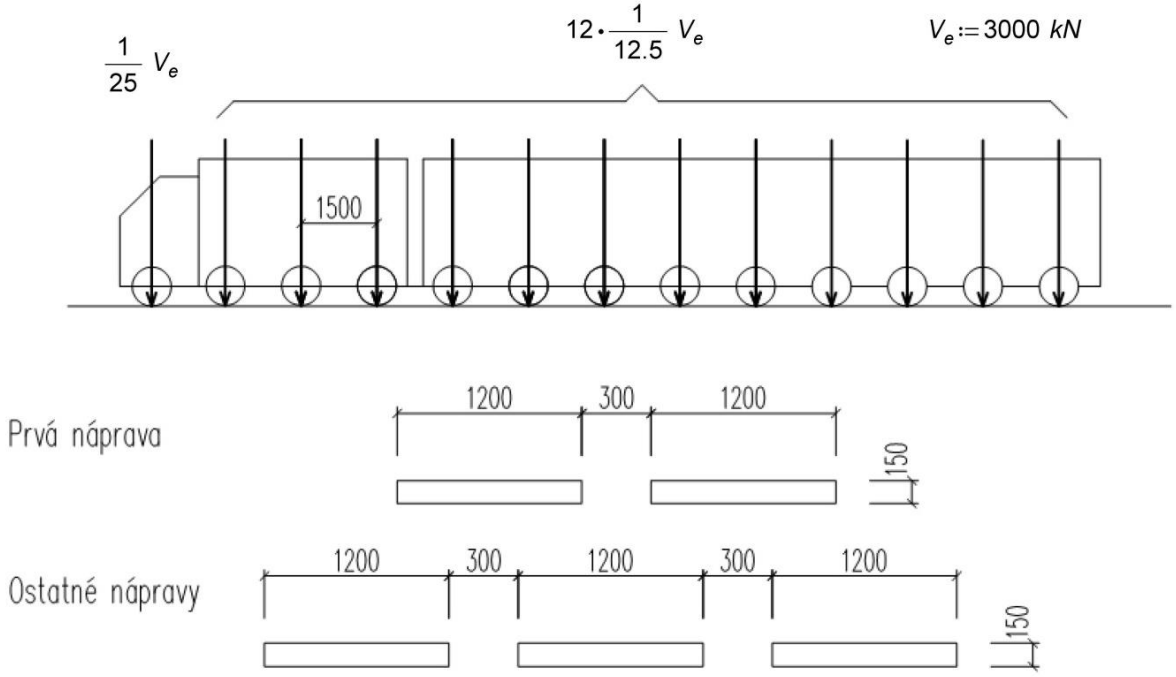


Dynamický súčiniteľ: $\varphi := 1.4 - \frac{L_{m.k}}{500} = 1.375$



Obr. 34 Schéma zaťažovacieho modelu pre výhradné zaťaženie

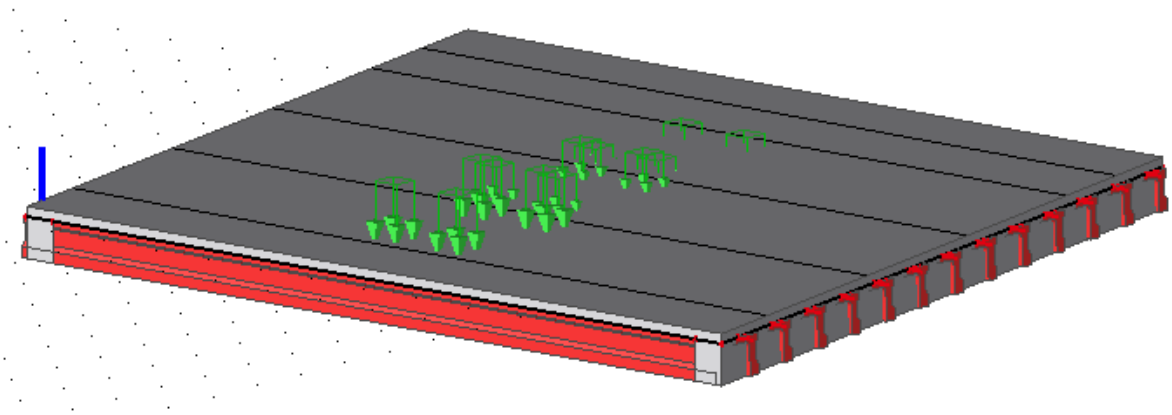
Zaťažovací model pre Výnimočné zaťaženie (Výnimočná zaťažitelnosť):
=>Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Schéma vozidla je na obrázku 4. Pre umiestnenie vozidla na moste platí čl. 2.16 STN EN 1991-2/NA.



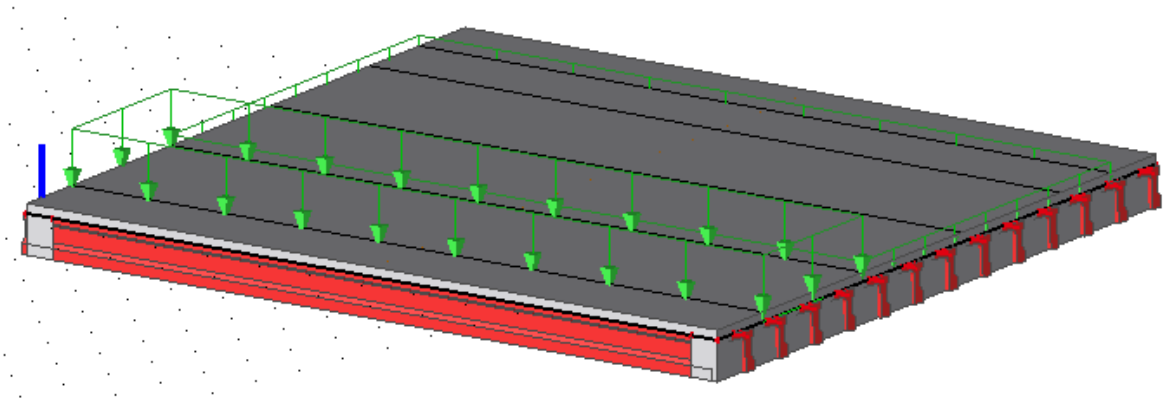
Zaťaženie na jedno koleso: $V_{1.e} := \frac{\frac{1}{12.5}}{3} \cdot V_e = 80\ kN$ $\quad Q_{1k.e} := \frac{V_{1.e}}{1.2\ m \cdot 0.15\ m} = 444.444\ kN \cdot m^{-2}$

$V_{2.e} := \frac{\frac{1}{25}}{2} V_e = 60\ kN$ $\quad Q_{2k.e} := \frac{V_{2.e}}{1.2\ m \cdot 0.15\ m} = 333.333\ kN \cdot m^{-2}$

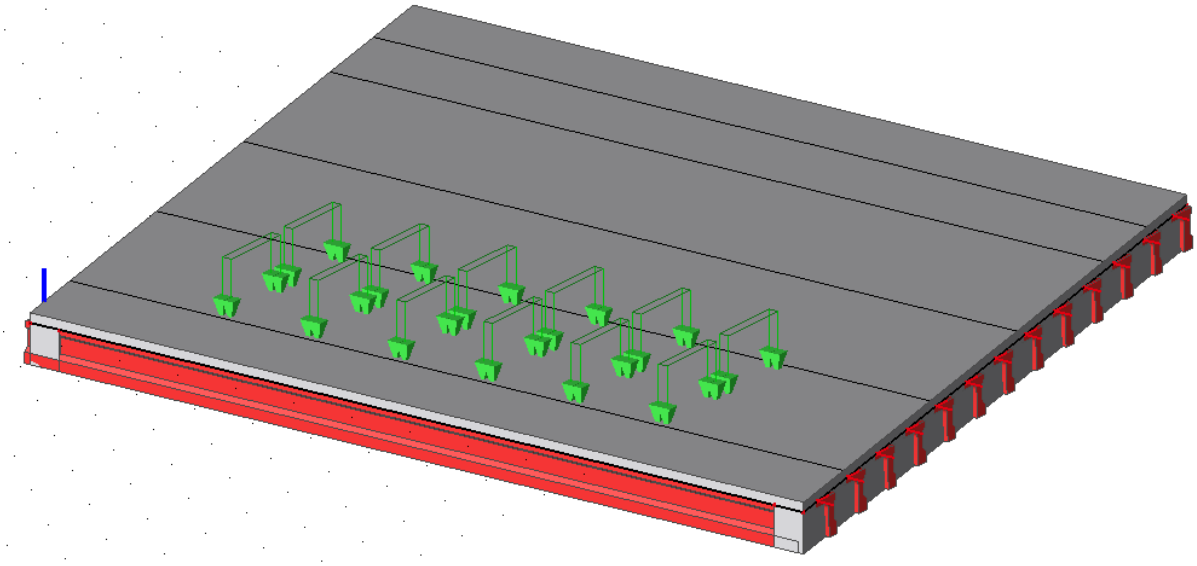
Obr. 35 Schéma zaťažovacieho modelu pre výnimočné zaťaženie



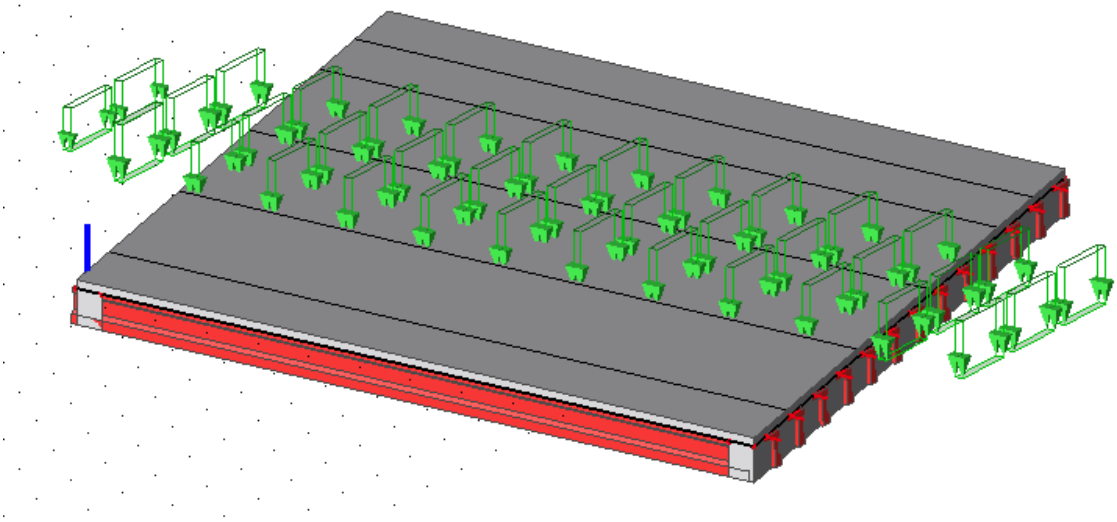
Obr. 36 Najúčinnejšia poloha zaťažovacieho modelu LM1 - TS



Obr. 37 Najúčinnejšia poloha zaťažovacieho modelu LM1 - UDL



Obr. 38 Poloha stálého zaťaženia snamodelovanými súčasťami konštrukcie (rímsy, vozovka, dobetonávky, záchytné bezpečnostné zariadenia)



Obr. 39 Najúčinnejšia poloha zaťažovacieho modelu pre výnimočnú zaťažiteľnosť

Tab. 12 Zaťažovacie stavy vo výpočtovom modeli

Názov	Popis	Typ pôsobenia	Zaťažovacia skupina	Typ zaťaženia	Spec	Smer	Dĺžka trvania	Vzorový zaťažovací stav
Vlastná tiaž		Stále	LG1	Vlastná tiaž		-Z		
Vlastná tiaž - spriahujúca doska		Stále	LG2-DOSKA	Štandard				
Vlastná tiaž - nemodelované súčasti		Stále	LG3-OSTATNE STALE	Štandard				
Normálna zaťažiteľnosť - LM1 TS		Premenné	LG5-GR1a TS	Statické	Štandard		Krátkodobé	Žiadny
Normálna zaťažiteľnosť - LM1 UDL		Premenné	LG6-GR1a UDL	Statické	Štandard		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť - MAX M		Premenné	LG7-GR5 ZVLASTNE VOZIDLA	Statické	Štandard		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť - MAX M		Premenné	LG7-GR5 ZVLASTNE VOZIDLA	Statické	Štandard		Krátkodobé	Žiadny
Teplota - Oteplenie		Premenné	LG4-TEPLOTA	Statické	Teplota			Žiadny
Teplota - Ochladenie		Premenné	LG4-TEPLOTA	Statické	Teplota			Žiadny

Tab. 13 Skupiny zaťažení vo výpočtovom modeli

Názov	Zaťaženie	Špecifikácia	Typ
LG1	Stále		
LG2-DOSKA	Stále		
LG3-OSTATNE STALE	Stále		
LG4-TEPLOTA	Premenné	Štandard	Účinky teploty - Tk
LG5-GR1a TS	Premenné	Štandard	Zaťaženie dopravou - gr1a - TS
LG6-GR1a UDL	Premenné	Štandard	Zaťaženie dopravou - gr1a - UDL
LG7-GR5 ZVLASTNE VOZIDLA	Premenné	Štandard	Zaťaženie dopravou - gr5 - zvláštne vozidlá

3.5 Rozhodujúce vnútorné sily

Tab. 14 Hodnoty ohybových momentov My od jednotlivých zložiek zaťažení

Nosník(číslo)	Vlastná tiaž	Vlastná tiaž-spriah. doska	Ostatné stále zaťaženie	V_n - TS	V_n-UDL	V_r	V_e
B1	208,29	76,28	50,72	244,25	75,09	261,53	84,35
B2	208,14	76,26	47,26	315,89	86,31	296,63	120,34
B3	208,18	76,38	45,05	338,33	94,39	313,62	170,66
B4	208,68	76,66	43,91	367,3	93,66	287,85	244,66
B5	209,15	76,89	43,33	365,26	84,8	224,69	335,68
B6	209,45	77,03	43,06	307,43	73,54	152,95	415,36
B7	209,55	77,08	42,97	284,21	64,29	99,39	453,08
B8	209,44	77,02	43,06	243,49	57,38	63,79	432,04
B9	209,13	76,88	43,34	183,61	51,81	40,45	361,07
B10	208,64	76,64	43,91	149,44	46,52	24,8	264,34
B11	208,1	76,35	45,04	104,61	40,6	13,83	183,52
B12	207,97	76,2	47,22	68,91	33,72	5,55	129,19
B13	207,95	76,15	50,59	45,18	26,84	-1,49	90,9

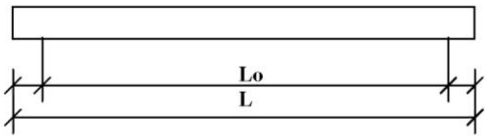
3.6 Únosnosť nosníkov „Vloššák“

Tab. 15 Hodnotenie statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov Vloššák. (Zdroj: TP 006)

ZÁKLADNÁ SVETLOSŤ	ZÁKLADNÉ ROZMERY												PRIPUSTNE ODCHÝLKY	** MENOVITÁ SVETLOSŤ	Lo	DIELEC	ZNAČKA	DĽŽKA	Počet priečnych káblov	HMOTNOSŤ 1.10^5 kg	ROZPÄTIE m	MAXIMÁLNY MOMENT kNm ***
	h	s	u	t_1	t_2	t_3	t_4	k_1	k_2	k_3	k_4	b						L				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm						m				
12m	630	2100	450	100	90	60	30	400	90	90	180	960	Db = 10 mm , Dh = 5 mm , DL = 20 mm	10 m		KRAJNÝ	MPT6-10	11,30	3x12	8,9	11	439
																VNÚTORNÝ	MPT7-10					
														11 m		KRAJNÝ	MPT6-11	12,30	3x13	9,6	12	476
																VNÚTORNÝ	MPT7-11					
														12 m		KRAJNÝ	MPT6-12	13,30	3x14	10,9	13	514
																VNÚTORNÝ	MPT7-12					
15m	700	1200	520	170	70	40	40	450	160	80	170	960		13 m		KRAJNÝ	MPT6-13	14,40	3x15	12,5	13,80	572
																VNÚTORNÝ	MPT7-13					
														14 m		KRAJNÝ	MPT6-14	15,40	3x16	13,3	14,80	639
																VNÚTORNÝ	MPT7-14					
														15 m		KRAJNÝ	MPT6-15	16,40	3x17	14,1	15,60	707
																VNÚTORNÝ	MPT7-15					
18m	850	1200	520	170	70	40	30	450	90	90	260	960		16 m		KRAJNÝ	MPT6-16	17,40	3x18	17,4	16,80	831
																VNÚTORNÝ	MPT7-16					
														17 m		KRAJNÝ	MPT6-17	18,40	3x19	18,3	17,80	900
																VNÚTORNÝ	MPT7-17					
														18 m		KRAJNÝ	MPT6-18	19,40	3x20	19,3	18,80	964
																VNÚTORNÝ	MPT7-18					

Tab. 1 Základné údaje o nosníkoch Vloššák

** ODVODENÁ ZO ZÁKLADNEJ SVETLOSTI
*** PRE HLAVNÉ ZAŤAŽENIE BEZ VLASTNEJ VÁHY V PRIEREZE L/2



3.7 Normálna zaťažiteľnosť W_n, faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z

Faktor normálnej zaťažitelnosti F_z a faktor výhradnej zaťažitelnosti F_v vyjadrujú schopnosť mostu prenášať základné premenné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou LM1 a schémou pre výhradnú zaťažitelnosť podľa STN EN 1991-2 ktoré sa používa pre celkové a lokálne overenie konštrukcie.

$$F_z = \frac{R_{dW.c}}{E_{d.WLM1}}$$

$R_{dW.c}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.WLM1}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia LM1.

Normálna zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_n = F_z \cdot W_{n.rep}$

Pričom $W_{n.rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 320kN

Tab. 16 Tabulkový výpočet hodnôt normálnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník (číslo)	Únosnosť nosníka (TP 006) [kN*m]	Red. súčiniteľ únosnosti nosníka	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť W_n [kN]	Zaťažiteľnosť W_n [t]
B1	514	0,5	320	0,407	130,3	13,0
B2	514	0,6	320	0,460	147,1	14,7
B3	514	0,7	320	0,551	176,3	17,6
B4	514	0,8	320	0,630	201,8	20,2
B5	514	0,8	320	0,647	206,9	20,7
B6	514	0,8	320	0,764	244,5	24,4
B7	514	0,8	320	0,835	267,3	26,7
B8	514	0,8	320	0,968	309,6	30,9
B9	514	0,8	320	1,236	395,5	39,6
B10	514	0,8	320	1,483	474,6	47,5
B11	514	0,7	320	1,642	525,4	52,5
B12	514	0,6	320	1,802	576,8	57,7
B13	514	0,5	320	1,809	578,8	57,9
Výsledná normálna zaťažitelnosť nosníka W_n [t]:						13,0

Poznámky:

1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakoľko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.
2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej predpínacej výstuže.
3) Výsledná normálna zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.8 Výhradná zaťažiteľnosť W_r

Faktor výhradnej zaťažitelnosti $K_{z.r}$ vyjadruje schopnosť mostu prenášať výhradné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 900/150 podľa STN 1991-2

$$K_{z.r} = \frac{R_{d.Wc}}{E_{d.W900.150}}$$

$R_{dW.c}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.W900.150}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 900/150

Výhradná zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_r = K_{z.r} \cdot W_{r.rep}$

Pričom $W_{n.rep.v}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 900kN

$W_{r.rep} := 900\ kN$

Dĺžka mostu (ovplyvnená dlžka): $L_{M.o} := 12.5$

Dynamický súčiniteľ: $\varphi := 1.4 - \frac{L_{M.o}}{500} = 1.375$

Tab. 17 Tabulkový výpočet hodnôt výhradnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník (číslo)	Únosnosť nosníka (TP 006) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nosníka	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z.r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
B1	514	0,5	900	0,362	325,4	32,5
B2	514	0,6	900	0,453	408,0	40,8
B3	514	0,7	900	0,553	497,5	49,7
B4	514	0,8	900	0,734	660,9	66,1
B5	514	0,8	900	0,942	847,7	84,8
B6	514	0,8	900	1,384	1245,8	124,6
B7	514	0,8	900	2,130	1917,4	191,7
B8	514	0,8	900	3,319	2987,2	298,7
B9	514	0,8	900	5,232	4708,5	470,9
B10	514	0,8	900	8,523	7671,1	767,1
B11	514	0,7	900	12,537	11283,5	1128,3
B12	514	0,6	900	24,240	21815,8	2181,6
B13	514	0,5	900	40,659	36592,7	3659,3
Dynamický súčiniteľ:	1,375	Výsledná výhradná zaťažitelnosť W_r [t]:				32,5

Poznámky:

1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakoľko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.
2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej predpínacej výstuže.

3) Výsledná výhradná zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.9 Výnimočná zaťažiteľnosť W_e

Faktor výhradnej zaťažitelnosti $K_{z.e}$ vyjadruje schopnosť mostu prenášať výnimočné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 3000/240 podľa STN 1991-2.

$$K_{z.e} = \frac{R_{d.We}}{E_{d.We}}$$

$R_{d.We}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.We}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 3000/240.
Výhradná zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_e = K_{z.e} \cdot W_{e.rep}$
Pričom $W_{e.rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 3000kN

Tab. 18 Tabulkový výpočet hodnôt výnimočnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník (číslo)	Únosnosť nosníka (TP 006) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z.e}$	Zaťažiteľnosť W_e [kN]	Zaťažiteľnosť W_e [t]
B1	514	0,5	3000	1,541	4623,6	462,4
B2	514	0,6	3000	1,536	4608,9	460,9
B3	514	0,7	3000	1,397	4190,3	419,0
B4	514	0,8	3000	1,188	3563,7	356,4
B5	514	0,8	3000	0,867	2600,5	260,1
B6	514	0,8	3000	0,701	2102,6	210,3
B7	514	0,8	3000	0,643	1927,8	192,8
B8	514	0,8	3000	0,674	2021,5	202,1
B9	514	0,8	3000	0,806	2417,6	241,8
B10	514	0,8	3000	1,100	3298,6	329,9
B11	514	0,7	3000	1,299	3897,3	389,7
B12	514	0,6	3000	1,432	4295,5	429,6
B13	514	0,5	3000	1,433	4299,0	429,9
					Výsledná výnimočná zaťažitelnosť W_e [t]:	192,8

Poznámky:

1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakoľko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.

2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej predpínacej výstuže.
3) Výsledná výnimočná zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.10 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti

Pri statickom prepočte zaťažiteľnosti bol použitý priestorový výpočtový model pre zistenie čo najpresnejšej odozvy konštrukcie na jednotlivé druhy zaťažení. Pri analýze konštrukcie a zásahov do nej (realizovaných počas rekonštrukcie) bolo zistené, že zosilnenie uhlíkovými lamelami a prepojenie pásovou oceľou s predpínacími tyčami vzhľadom na to v akom stavebno-technickom stave sa nachádzajú (odpadávajúce nalepené lamely, nedotiahnuté predpínacie tyče..) **nemajú vplyv na zvýšenie zaťažiteľnosti**. Navyše pre zaťažiteľnosť rozhoduje tretí nosník od kraja a zosilnené boli iba krajné dva nosníky. Roznosu zaťaženia a tým zvýšeniu zaťažiteľnosti napomáha spriahujúca doska (realizovaná počas rekonštrukcie).

Pri prepočte zaťažiteľnosti bol zanedbaný vplyv zmeny teploty, keďže sa jedná o jednopoľovú prosto uloženú konštrukciu a toto zaťaženie nemá zásadný vplyv. Zaťaženie vetrom a snehom bolo vzhľadom na hodnoty iných zaťažení zanedbateľné a vo výpočte neboli uvažované.

Na základe statického prepočtu bola stanovená zaťažiteľnosť konštrukcie a to:

Tab. 19 Prehľad výslednej zaťažiteľnosti mosta

Prierez	Normálna W_n [t]	Výhradná W_r [t]	Výnimočná W_e [t]
Stred nosníka „Vloššák“	**13,0 t**	**32,5 t**	**192,8 t**

4 Určenie stavebno-technického stavu mosta

Stavebnotechnický stav bol určená na základe vyhodnotenia porúch mostného objektu a ich závažnosti. V nižšie uvedených tabuľkách sú uvedené vybraté poruchy zistené pri podrobnej prehliadke mostného objektu. Ku každej poruche je uvedené číslo skupiny porúch podľa zoznamu porúch z TP 061, jej názov a hodnotiaci stupeň. Hodnotiaci stupeň môže dosahovať hodnoty od II do VII, pričom čím vyššia hodnota, tým je porucha závažnejšia. Výsledne hodnotenie – stavebnotechnický stav mosta zodpovedá najvyššiemu hodnoteniu zo všetkých hodnotení porúch.

A. Celkové pôsobenie		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
111	Zablokovanie v dilatačnej škáre	V
Celkové hodnotenie za časť A		**V**

B. Spodná stavba		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
304	Betón - záclony	III
321	Povrchové sieťové trhlinky	IV
322	Pozdĺžne trhliny	IV
328	Betón - kaverny v betónovom povrchu	V
Celkové hodnotenie za časť B		**V**

C. Nosná konštrukcia		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
301	Betón - výkvety	IV
302	Betón - inkrustácie	V
304	Betón - záclony	V
312	Betón - odlamovanie betónu	IV
322	Betón - pozdĺžne trhliny	VI
325	Betón - Trhliny nad výstužou	VI
342	Betón - Poškodenie ochrannej vrstvy	IV-V
501	Výstuž - nedostatočné krytie	V
502	Výstuž - obnažená betonárska výstuž	V
511	Výstuž - korózia betonárskej výstuže	V
522	Výstuž - obnažená vopred predpínaná vystuž	VI
523	Výstuž - Nedostatočne chránená kotva	V
531	Výstuž - korózia predpínaciej výstuže	VI
532	Výstuž - porušená predpínacia výstuž	VI
533	Výstuž - Korózia kotiev	V
Celkové hodnotenie za časť C		**VI**

D. Mostný zvršok		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
312	Betón - odlamovanie betónu	III
314	Betón - obrusovanie	IV
342	Betón - Poškodenie ochrannej vrstvy	IV
421	Oceľ - povrchová korózia na zvodidle	III
501	Výstuž - nedostatočné krytie	IV
511	Výstuž - korózia betonárskej výstuže	IV
601	Vozovka - vyhladenie vozovky na moste	IV
604	Vozovka - obrusovanie vozovky na moste	IV
605	Vozovka - vypieranie povrchu vozovky	IV
610	Vozovka - zvlnenie vozovky na moste (koľaje)	IV
613	Vozovka - pozdĺžne trhliny	IV
614	Vozovka - sieťové trhliny	IV
618	Vozovka - Trhlina nad pod povrchovou dilatáciou	III
Celkové hodnotenie za časť D		**IV**

E. Ložiská kĺby a iné uloženie		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
706	Obmedzenie voľného pohybu NK v oblasti ložiska	V
Celkové hodnotenie za časť E		**V**

F. Mostné závery		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
810	Uzavretie dilatačnej medzery	VI
Celkové hodnotenie za časť F		**VI**

G. Odvodnenie mosta		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
906	Voda na vozovke	IV
913	Nefunkčné alebo poškodené odvodňovacie rigoly	IV
Celkové hodnotenie za časť G		**IV**

H. Ostatné príslušenstvo mosta, J. Okolie mosta		
č. poruchy	názov poruchy	hodnotenie
1001	Poškodenie protikoróznej ochrany kovových prvkov	III
1009	Chýbajúce označenie mostného objektu a dopravnej značky	III

1008	Nefunkčná dilatácia zvodidla	III
1101	Erózia svahov pod mostom	III
1121	Znečistenie okolia mostu	II
Celkové hodnotenie za časť H a J		**III**

I. Cudzie zariadenie
nebolo hodnotené, na moste sa nenachádzajú

Z uvedených výsledkov prehliadky mostného objektu vyplýva že most je v súčasnom stave zatriedený do stupňa **VI - Veľmi zlý,** čo podľa TP 060 znamená, že stav porúch ovplyvňuje zaťažiteľnosť mosta. Limitujúca (rozhodujúca) je nosná konštrukcia z nosníkov „Vloššák“. Náprava je možná odstránením a výmenou alebo doplnením poškodených a chýbajúcich častí.

5 Určenie zostatkovej životnosti

Pri hodnotení jednotlivých častí mostného objektu možno označiť rozhodujúce časti pre hodnotenie celkového stavu nasledujúcimi stupňami stavebno-technického stavu:

Časť mosta	Stavebno-technický stav	Váhové súčinitele a_y
A – Celkové pôsobenie	V	0,14286
B – Spodná stavba	V	0,23810
C – Nosná konštrukcia	VI	0,23810
D – Mostný zvršok	IV	0,11905
E – Ložiská, kĺby a iné uloženie	V	0,07143
F – Mostné závery	V	0,04762
G – Odvodnenie mosta	IV	0,04762
H – Ostatné vybavenie	III	0,04762
I – Cudzie zariadenie	-	-
J – okolie mosta	III	0,02380
	spolu: 40	spolu: 0,9762

Index bezpečnosti IBM = 6
Index stavebno-technického stavu ISTS = (5+5+6+4+5+5+4+3+3) / 9 = 4,44
Vek mosta – 45 rokov

Výpočet zostatkovej životnosti mosta podľa TP 077 Systém hospodárenia s mostami:

Metóda č. 1

Zadané veličiny							
IBM	6	ISTS	4,44	t (roky)	45	t_t (roky)	100

Podmienka: IBM ≥ ISTS	IBM ≥	6
Koeficient adekvátnosti hodnotenia IBM		
príloha 3, tab. 6, TP 14/2013	A_t^{IBM} =	0
Koeficient adekvátnosti hodnotenia ISTS		
príloha 3, tab. 6, TP 14/2013	A_t^{ISTS} =	0,5
Úroveň degradácie podľa IBM		
príloha 3, tab. 7, TP 14/2013	t_k^{IBM} =	100
Úroveň degradácie podľa ISTS		
príloha 3, tab. 7, TP 14/2013	t_k^{ISTS} =	90
Zostatková životnosť mosta		
Ak A_t^{IBM} = 1,0 -> $\mathbf{D}_t^{IBM}$ = 100 - t		
Ak A_t^{IBM} = 0,5 -> $\mathbf{D}_t^{IBM}$ = 100 - t_k^{IBM}		
Ak A_t^{IBM} = 0,0 -> $\mathbf{D}_t^{IBM}$ = t.(ln (7)/ln (IBM) - 1)		

▼

	$\mathbf{D}_t^{IBM}$ =	6,45

▼

Ak A_t^{ISTS} = 1,0 -> $\mathbf{D}_t^{ISTS}$ = 100 - t
Ak A_t^{ISTS} = 0,5 -> $\mathbf{D}_t^{ISTS}$ = 100 - t_k^{ISTS}
Ak A_t^{ISTS} = 0,0 -> $\mathbf{D}_t^{ISTS}$ = t.(ln (7)/ln (ISTS) - 1)

▼

	$\mathbf{D}_t^{ISTS}$ =	13,74

▼

$\mathbf{D}T_{z,t}$ = min ($\mathbf{D}_t^{IBM}$; $\mathbf{D}_t^{ISTS}$)	$\mathbf{D}T_{z,t}$ =	6,45

Metóda č. 2

Zadané veličiny							
IBM	6	ISTS	4,44	t (roky)	45	t_t (roky)	100

Podmienka: IBM ≥ ISTS	IBM ≥	6
<u>Zostatková životnosť mosta</u>		
A_{IBM} = 1/[(8 - IBM)^2.(8 - ISTS).0,1]	A_{IBM} =	0,2296
A_{IBM} = 1/[(8 - ISTS)^2.(8 - IBM).0,1]	A_{ISTS} =	0,3945

▼

$\mathbf{D}t_{IBM}$ = (t_t - t).[1/(1+t)^{AIBM}]	$\mathbf{D}t_{IBM}$ =	22,84
$\mathbf{D}t_{ISTS}$ = (t_t - t).[1/(1+t)^{AISTS}]	$\mathbf{D}t_{ISTS}$ =	12,14

▼

$\mathbf{D}$t = min ($\mathbf{D}t_{IBM}$; $\mathbf{D}t_{ISTS}$)	$\mathbf{D}$t =	12,14

Zostatková životnosť podľa metódy výpočtu 1 TP 077 Systém hospodárenia s mostami je 6,45 rokov.

<u>Poznámka k vypočítanej zostatkovej životnosti:</u>

Vypočítaná zostatková životnosť je 6,45 roka. V súvislosti s uvedenou životnosťou (a princípom výpočtu) je potrebné uvedomiť si, že zostatková životnosť neuvádza čas, po uplynutí ktorého dôjde ku zrútenia mosta, ale uvádza čisto „teoretický“ čas, ktorý pravdepodobne ostáva mostu do dosiahnutia stupňa technického stavu označeného „VII“, kedy most prestáva slúžiť a bude nevyhnutná jeho komplexná rekonštrukcia prípadne prestavba s výmenou poškodených nosných častí mostného objektu.

6 Návrh opatrení

Na predmetnom mostnom objekte navrhujeme vykonať nasledovné opatrenia, prípadne stavebné opatrenia na zlepšenie existujúce stavebno-technického stavu:

Okamžité opatrenia

Osadiť aktuálne dopravné značenie informujúce o zaťažiteľnosti. Nezanedbávať údržbu mostného objektu.

Dlhodobé opatrenia

S ohľadom na stavebno-technický stav mostného objektu odporúčame začať s prípravou komplexnej rekonštrukcie mostného objektu. Nakoľko sa jedná o most vo veľmi zlom technickom stave pričom možno predpokladať, že charakter a rozsah porúch umožňuje postupné zrýchľovanie degradácie konštrukcií. O tom svedčí aj pomerne nízka zostatková životnosť. Limitujúcim prvkom mosta je nosná konštrukcia z nosníkov „Vloššák“. Páve tieto historické nosníky v súčasnosti dosluhujú na viacerých mostných objektoch. Vo väčšine prípadov sa projektanti tieto nosníky nesnažia opravovať, ale navrhujú ich výmenu. To by mal byť odporúčaný prístup aj k predmetnému mostu M4118.

Návrh riešenia a odhad nákladov

Na moste bude potrebné v rámci komplexnej rekonštrukcie realizovať nasledujúce práce spojené s:

- Vybúraním vozovky a podkladných vrstiev vozovky až na nosnú konštrukciu,
- Vybúraním ríms (zvislé a vodorovné časti), odstránením zábradlí;
- Vybúraním spriahujúcej dosky,
- Odstránením nosníkov „Vloššák“,
- Vybúraním mostných záverov,
- Vybúraní záverných stienok a prechodových oblastí mosta,
- Sanáciou úložných prahov a prípravou pre osadenie nových nosníkov,
- Realizáciou nosnej konštrukcie z nových nosníkov spojených spriahujúcou doskou,
- Realizáciou nových záverných stienok a dobetonávkou povrchu krídiel na obidvoch oporách,
- Realizáciou nových mostných záverov,
- Realizáciou izolácie nosnej konštrukcie
- Realizáciou odvodnenia rubu opôr a prechodových dosiek,
- realizáciou ríms, vrstiev vozovky, osadením schválených záchytných bezpečnostných zariadení,
- Kompletnou sanáciou všetkých pohľadových plôch spodnej stavby mostného objektu (opory a krídla mosta),
- Úpravou terénu pod mostom a okolia mosta.

Predpokladaná cena za popísané práce bude nasledovná:

Búracie práce:	*51 tis. €*
Nové nosníky:	*41 tis. €*
Spriahujúca doska:	*28 tis. €*
Dobetonávkyspodnej stavby (záverné stienky, krídla):	*16 tis. €*
Rímsy a záchytné bezpečnostné zariadenia:	*25 tis. €*
Prechodová oblasť mosta:	*12 tis. €*
Vozovky na moste a v napojení:	*19 tis. €*
Sanácia spodnej stavby	*10 tis. €*
Ostatné nestavebné práce (10%)	*20 tis. €*
Spolu s DPH:	*222 tis. €*

Organizácia dopravy počas stavby

Vzhľadom ku charakteru stavby je predpoklad, že projektant rekonštrukcie mosta navrhne realizáciu stavebných prác po polovičkách so striedavým riadením dopravy. Šírkové usporiadanie komunikácie na moste umožňuje vedenie dopravy počas prác v jednom jazdnom pruhu šírky min. 3,25 m.

7 Záver

Vyhodnotenie výsledkov diagnostiky:

- Zistenie základných fyzikálnych charakteristík betónu mostnej konštrukcie (pevnosť v tlaku, karbonatizáciu, obsah chloridov, dynamický modul pružnosti),
- Zistenie vystuženia jednotlivých častí konštrukcie (betonárska aj predpínacia výstuž),
- Vykonanie podrobnej prehliadky mostnej konštrukcie zo zdokumentovaných všetkých vád a porúch,
- Zistenie skladby mostného zvršku (vrstvy vozovky),
- Dosiahnuté výsledky meraní a diagnostických prác sú podrobne uvedené v kapitolách 2.4 a 2.5.

Vyhodnotenie z hľadiska bezpečnosti cestnej premávky:

Mostný objekt je zatriedený do stavu „VI“, čo zodpovedá veľmi zlému technickému stavu. Nosná konštrukcia mostného objektu v súčasnom stave spĺňa iba čiastočne základné podmienky kladené v súčasnosti platnými normami a predpismi ohľadne bezpečnosti premávky na mostných objektoch. Premávka po mostnom objekt je však pri dodržiavaní stanovenej zaťažiteľnosti možná bez ďalších obmedzení.

Vyhodnotenie z hľadiska zaťažiteľnosti:

Zaťažiteľnosť mostného objektu je nasledovná:

Normálna zaťažiteľnosť:	W_n = 13,0 t	(znížená hodnota)
Výhradná zaťažiteľnosť:	W_r = 32,5 t	(znížená hodnota)
Výnimočná zaťažiteľnosť:	W_e = 192,80 t	(znížená hodnota)

Zaťažiteľnosť bola stanovená pre nosnú konštrukciu mosta. Prepočet zaťažiteľnosti bol vypracovaný na základe zamerania mosta a údajov z diagnostického prieskumu.

Ako vyplýva z prepočtu normálna zaťažiteľnosť je 13,0 t, ktorá stanovuje najvyššiu prípustnú hmotnosť jedného vozidla pohybujúceho sa po vozovke na mostnom objekte, bez obmedzenia počtu a polohy vozidiel.

Výhradná zaťažiteľnosť je 32,5 t, táto hodnota stanovuje najvyššiu prípustnú hmotnosť jediného vozidla na moste. Nakoľko sa most nachádza na ceste I. triedy bežne sa na moste vyskytujú aj ťažšie vozidlá ako 30 t.

Vzhľadom na súčasný technický stav nosnej konštrukcie mostného objektu spracovateľ diagnostiky odporúča pravidelne sledovať stav predpätých nosníkov „Vloššák“, ktoré sú značne poškodené koróziou predpínaciej výstuže. Monitorovanie je potrebné zamerať najmä na rozvoj trhlín, prípadne vznik nových ťahových trhlín kolmých na os nosníka, ktoré by mohli vzniknúť uprostred rozpätia nosníka pri jeho spodnom okraji.

Zostatková životnosť bola vypočítaná na 6,45 roka.

V Žiline, dňa 13.09.2018

Ing. Ivan Drevený, PhD.

Ing. Marián Sýkora, PhD.