

## II/233 PLZEŇ, MOST EV. Č. 233–031

### Statický výpočet zesílení mostu



.....  
Ing. Adam Svoboda  
*projektant*

.....  
doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.  
*odpovědný projektant*  
*(autorizovaný inženýr pro obor*  
*mosty a inženýrské konstrukce)*

**Zakázka:** II/233 Plzeň, most ev. č. 233-031

**Dokument:** Statický výpočet zesílení mostu

**Objednatel:** **RYBÁK – PROJEKTOVÁNÍ STAVEB, spol. s r.o.**

Ulice: Havlíčkova 139/25a

Město: Brno

PSČ: 602 00

IČO: 253 25 680

DIČ: CZ25325680

Tel.: +420 543 236 081

E-mail: rybak@rybak.cz

**Zhotovitel:** **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT**

Ulice: Ochoz u Brna 120

Město: Ochoz u Brna

PSČ: 664 02

IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730

Tel.: +420 608 714 603

E-mail: klusacek.l@fce.vutbr.cz

**Odpovědný řešitel:** doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

**Dokument vypracoval:** Ing. Adam Svoboda

**Kontrola a schválení zprávy:** doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

## OBSAH:

1.	Úvod .....	6
1.1	Identifikační údaje .....	6
1.2	Účel a vymezení zakázky .....	6
1.3	Použitá literatura, podklady výpočtu a software .....	7
2.	Identifikace objektu.....	8
2.1	Základní údaje o mostní konstrukci.....	9
3.	Diagnostický průzkum konstrukce .....	11
3.1	Diagnostický průzkum mostu – INSET s.r.o. ....	11
3.2	Zpřesňující diagnostický průzkum mostu – INSET s.r.o. ....	12
3.3	Doplňkový diagnostický průzkum mostu a ověření základních rozměrů – doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc. – KL-PROJEKT .....	12
4.	Ověřovací přepoččet (1934).....	14
4.1	Geometrie výpočtového modelu .....	14
4.2	Zatěžovací stavy .....	15
4.2.1	Stálá zatížení.....	15
4.2.2	Proměnná zatížení.....	16
4.3	Kombinace zatížení a výsledků .....	22
4.4	Vnitřní síly.....	23
4.4.1	KV1: max. $M_y$ (L1) .....	23
4.4.2	KV2: min. $M_y$ (P2) .....	23
4.4.3	KV3: max. $M_y$ (L2) .....	23
4.5	Únosnost průřezů.....	24
4.5.1	Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m, hladká výztuž podle [11]) .....	24
4.5.2	Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m, hladká výztuž typu Cb [12]) .....	26
4.5.3	Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30$ m, hladká výztuž typu Cb [12]) .....	27
4.5.4	Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85$ m, hladká výztuž typu Cb [12]).....	29
5.	Stávající zatížitelnost mostu .....	31
5.1	Geometrie výpočtového modelu .....	31
5.2	Materiálové charakteristiky .....	33
5.3	Průřezové charakteristiky.....	34
5.4	Zatěžovací stavy .....	41
5.4.1	Stálá zatížení.....	41
5.4.2	Proměnná zatížení.....	43
5.5	Kombinace zatížení a výsledků .....	57
5.6	Vnitřní síly.....	58

5.6.1	KV1: 6.10a ( $V_n$ , $V_r$ ).....	59
5.6.2	KV2: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) .....	59
5.6.3	KV3: 6.10b ( $V_e$ ).....	60
5.6.4	KV4: 6.10b ( $V_e$ ).....	60
5.6.5	KV5: Max/Min $M_y$ .....	61
5.6.6	KV6: $V_n$ 6.10a .....	61
5.6.7	KV7: $V_n$ 6.10b.....	62
5.6.8	KV8: $V_r$ 6.10a .....	62
5.6.9	KV9: $V_r$ 6.10b .....	63
5.6.10	KV10: $V_e$ 6.10a .....	63
5.6.11	KV11: $V_e$ 6.10b.....	64
5.7	Únosnost průřezů dle EN.....	65
5.7.1	Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m; hladká výztuž typu Cb) .....	65
5.7.2	Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30$ m; hladká výztuž typu Cb) .....	66
5.7.3	Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85$ m; hladká výztuž typu Cb) .....	67
5.8	Zatížitelnost mostu.....	69
5.8.1	Výpočet normální zatížitelnosti $V_n$ .....	69
5.8.2	Výpočet výhradní zatížitelnosti $V_r$ .....	70
5.8.3	Výpočet výjimečné zatížitelnosti $V_e$ .....	71
5.8.4	Výsledná zatížitelnost mostu.....	71
6.	Statický výpočet zesílení.....	72
6.1	Materiálové charakteristiky předpínací výztuže typu monostrand .....	72
6.2	Návrh dodatečně vložené předpínací soustavy .....	72
6.2.1	Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy .....	73
6.2.2	Ztráty předpětí .....	75
6.3	Zatěžovací stavy .....	76
6.4	Kombinace zatížení a výsledků .....	76
6.5	Vnitřní síly.....	77
6.5.1	KZ3: Předpětí P .....	77
6.5.2	KV12: 6.10a ( $V_n$ , $V_r$ ) + P.....	77
6.5.3	KV13: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) + P.....	78
6.5.4	KV14: 6.10a ( $V_e$ ) + P .....	79
6.5.5	KV15: 6.10b ( $V_e$ ) + P.....	79
6.5.6	KV16: Max/Min $M_y$ (P) .....	80
6.6	Únosnost průřezů po zesílení dle EN.....	81
6.6.1	Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m; hladká výztuž typu Cb; předpínací výztuž Y1860-S7-15,7) ...	81
6.6.2	Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30$ m; hladká výztuž typu Cb, předpínací výztuž Y1860-S7-15,7) ...	82

6.6.3	Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85$ m; hladká výztuž typu Cb; předpínací výztuž Y1860-S7-15,7)...	84
7.	Zatížitelnost mostu po zesílení .....	86
7.1.1	Výpočet normální zatížitelnosti $V_n$ po zesílení .....	86
7.1.2	Výpočet výhradní zatížitelnosti $V_r$ .....	87
7.1.3	Výpočet výjimečné zatížitelnosti $V_e$ .....	88
7.1.4	Výsledná zatížitelnost mostu po zesílení .....	88
8.	Závěr .....	89
9.	Seznam obrázků a tabulek .....	90

PŘÍLOHOVÁ ČÁST:

- B2.2 Výkres tvaru předpínací výztuže
- B2.3 Výkres vrtání náhradních kabelových kanálků
- B2.4 Výkres deviátorů

# 1. ÚVOD

## 1.1 Identifikační údaje

Objednatel: **RYBÁK – PROJEKTOVÁNÍ STAVEB, spol. s r.o.**

Ulice: Havlíčkova 139/25a

Město: Brno

PSČ: 602 00

IČO: 253 25 680

DIČ: CZ25325680

Zhotovitel: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT

Ulice: Ochoz u Brna 120

Město: Ochoz u Brna

PSČ: 664 02

IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730

Předmět objednávky: Statický výpočet zesílení mostu ev. č. 233–031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. v Plzni

## 1.2 Účel a vymezení zakázky

Cílem statického výpočtu mostu ev. č. 233 – 031 (Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul.) je výpočtové ověření stávající zatížitelnosti a výpočet zesílení nosné konstrukce metodou dodatečného předeptnutí předpínacími lany (monostrandy) v náhradních kabelových kanálech tak, aby zatížitelnost mostu po zesílení vyhovovala minimálním doporučeným hodnotám zatížitelnosti mostů na pozemních komunikacích II. třídy (skupina pozemních komunikací 1 podle ČSN EN 1991-2) dle tab. 4.1 – Minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti pro mosty po obnově uvedené v ČSN EN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací.

### 1.3 Použitá literatura, podklady výpočtu a software

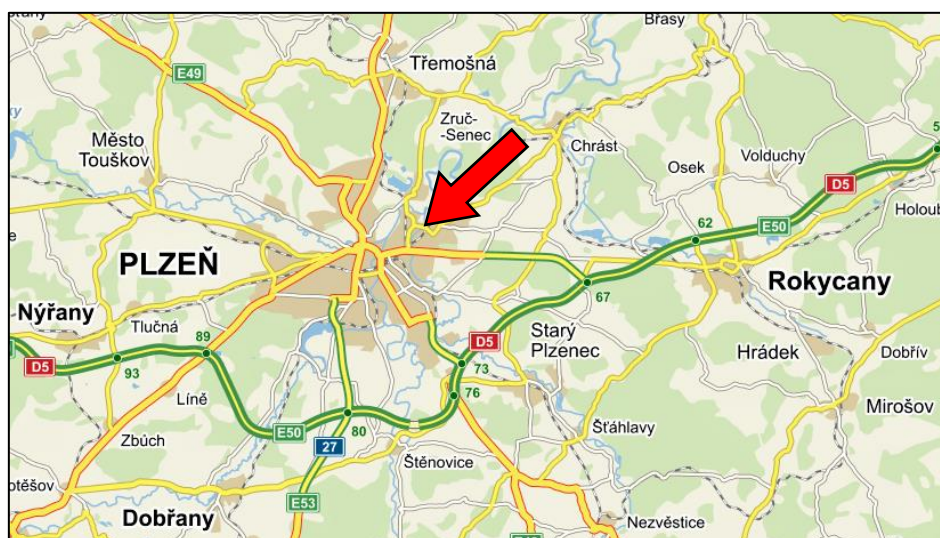
- [1] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, 2005
- [2] ČSN 73 6222: Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, 2013
- [3] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, 2005
- [4] ČSN ISO 13822: Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, 2011
- [5] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, 2011
- [6] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [7] ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění, 2011
- [8] ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [9] Závěrečná zpráva: Rekonstrukce mostu ev. č. 233-031 přes Úslavu, Chrástecká. Diagnostika mostu, INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3 – Vinohrady. 2015
- [10] Závěrečná zpráva: Rekonstrukce mostu ev. č. 233-031 přes Úslavu, Chrástecká. Zpřesňující diagnostika mostu, INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3 – Vinohrady. 2016
- [11] Zprávy veřejné služby technické. Návrh čs. mostního řádu 1923
- [12] ČSN 1090-1931 Předpisy o betonových stavbách. Část I. Navrhování betonových staveb. 1931
- [13] Systém pro hospodaření s mosty (BMS): 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul., 2016
- [14] Mapové podklady ze serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- [15] Mapové podklady ze serveru [www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps)
- [16] Dlubal RFEM 5 ver. 5.07 – software pro analýzu stavebních konstrukcí; FEM Consulting s.r.o., Veveří 331/95, 602 00 Brno
- [17] Autodesk AutoCAD 2016 – software pro tvorbu dokumentace a přesných výkresů; Autodesk spol. s.r.o., Karolinská 650/1, 186 00 Praha 8
- [18] Microsoft Office – kancelářský balík pro zpracování dat; Microsoft s.r.o., Vyskočilova 1561/4a, 140 00 Praha 4
- [19] II/233 Plzeň, most ev. č. 233-031. Doplnkový diagnostický průzkum mostu. KL-PROJEKT, září 2017.

## 2. IDENTIFIKACE OBJEKTU

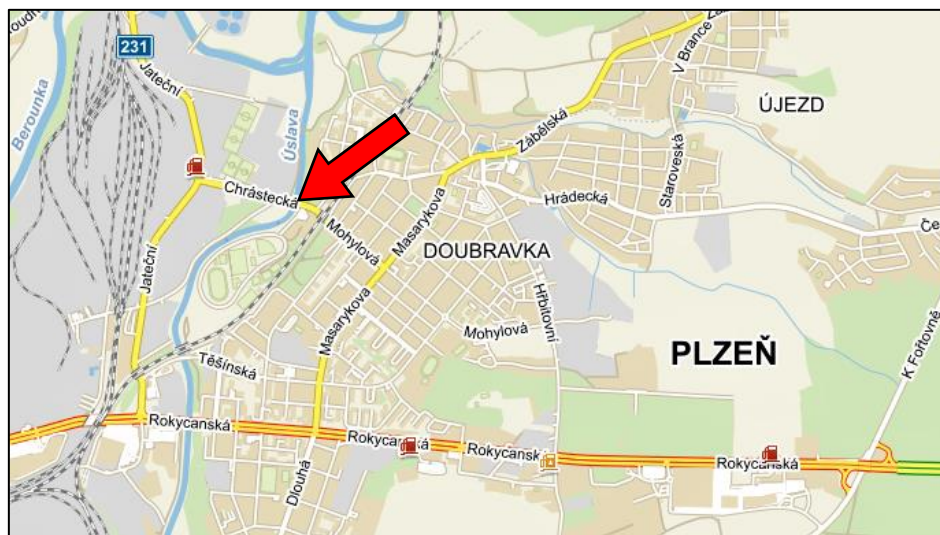
Zkoumaný silniční most ev. č. 233-031 se nachází v Plzni v Chrástecké ulici (městská část Plzeň-město). Most převádí silnici II/233 přes stálou vodoteč, řeku Úslavu.

Původní nosná konstrukce mostu z roku 1934 je tvořena pěti spojitými železobetonovými trámy o třech polích, které jsou uloženy na ocelová ložiska. Trámy mají u vnitřních pilířů nesymetrické parabolické náběhy. Spodní stavbu tvoří monolitické opěry a pilíře (povrch obložen kamenným kvádrovým zdivem).

Původní projektová dokumentace není k dispozici.



Obr. 1 Zeměpisná poloha mostu ev. č. 233 - 031 v Plzni přes řeku Úslavu



Obr. 2 Zeměpisná poloha mostu ev. č. 233 - 031 v Plzni přes řeku Úslavu – detail



## 2.1 Základní údaje o mostní konstrukci

Název:	Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul.
Evidenční číslo:	233-031
Rok postavení:	1934
Předmět přemostění:	vodoteč (stálý průtok) – řeka Úslava
Komunikace:	silnice II/233
Staničení:	1,168 km
Kraj:	Plzeňský
Okres:	Plzeň-město
Obec:	Plzeň
Katastrální území:	Doubravka
Správce:	Plzeňský kraj, KSÚS Plzeňského kraje, SÚS Kralovice, Cestmistrovství Plzeň město
Délka mostu:	67,75 m
Délka přemostění:	58,25 m
Délka nosné konstrukce:	59,75 m
Rozpětí:	1. pole: 16,35 m 2. pole: 25,55 m 3. pole: 16,35m
Výška nad terénem:	7,00 m
Stavební výška:	1,47 m
Volná šířka:	8,80 m
Šířka mezi obrubami:	6,00 m
Plocha mostu:	525,80 m <sup>2</sup>
Plocha vozovky:	358,5 m <sup>2</sup>
Plocha chodníku:	167,30 m <sup>2</sup>
Šikmost:	100 <sup>0</sup> (kolmý)
Stavební dokumentace:	není k dispozici
Nosná konstrukce:	Železobetonový trámový most o třech polích s parabolickými náběhy.
Spodní stavba:	Opěry a pilíře z kamenného zdiva.
Chodník:	Levý a pravý chodník šířky 1,40 m.
Vozovka:	Drobná žulová dlažba 100/100 mm, překrytá vrstvou živice tl. 165 mm
Ložiska:	Ocelová ložiska.
Záchytná zařízení:	Ocelové zábradlí.
Odvodňovací zařízení:	Mostní trubkové odvodňovače.
Cizí zařízení:	Lampy veřejného osvětlení.



Obr. 3 Pohled na most ve 3D



Obr. 4 Pohled na most ev. č. 233-031

## 3. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM KONSTRUKCE

### 3.1 Diagnostický průzkum mostu – INSET s.r.o.

Výsledky průzkumných prací jsou převzaty ze závěrečné zprávy firmy INSET s.r.o. [9].

Diagnostický průzkum mostního objektu ev. č. 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. byl proveden ve dnech 27. 8. a 10. 9. 2015. Výsledky lze shrnout do následujících bodů.

#### Spodní stavba

- upřesněná krychelná pevnost betonu v tlaku je 20,0 MPa, beton je dle klasifikace různých norem třídy B250/ B25 / C20/25;
- objemová hmotnost betonu je 2210 kg/m<sup>3</sup>;
- na povrchu betonu malta, pod ní není beton zasažen karbonatací;
- na úložném prahu opěry O4 dosahuje zvýšený obsah chloridových iontů minimálně do hloubky 40 mm;
- v úložném prahu opěr byla vodorovně zastižena hladká výztuž  $\phi$  18 mm (krytí 30 mm) à 200mm, svisle výztuž  $\phi$  10 mm (krytí 60 mm) à 240 mm ve dvou vrstvách;
- v úložném prahu pilířů se vodorovnou výztuž nepodařilo zachytit, svisle je výztuž kroucená  $\phi$  10 mm ve dvou vrstvách (krytí 65 mm a 110 mm) à 190mm.

#### Nosná konstrukce

- upřesněná krychelná pevnost betonu v tlaku je 33,0 MPa, beton je dle klasifikace různých norem třídy B500 / B45 / C35/45;
- objemová hmotnost betonu je 2340 kg/m<sup>3</sup>;
- na povrchu betonu nátěr, pod ním není beton zasažen karbonatací;
- v místech odebraných vzorků (nad O4 a nad P3) není konstrukce napadena působením chloridových iontů;
- v trámech je hladká výztuž  $\phi$  30 mm (krytí 35 mm), a to ve středu rozpětí 6 ks, u opěry 4 ks, třmínky  $\phi$  10 mm (krytí 20 mm) u opěry po 160 mm, ve středu pole po 310 mm;
- mezitrámová deska je vyztužena hladkými pruty  $\phi$  8 mm, krytí 30 mm. V krajním poli
- podélně à 160 mm, příčně à 180 mm, ve středním poli podélně à 140 mm, příčně à 220 mm;
- příčníky v polích nejsou vyztužené, nad podpěrami mají vodorovnou výztuž à 300 mm;
- pravděpodobně se jedná o ocel C34, příp. C38. Ve všech částech konstrukce byly hladké pruty zasažené pouze mírnou povrchovou korozí do 5 %.

#### Skladba vozovky

- třemi vývrty (v každém poli jeden u levého chodníku) byla po izolaci zastižena jediná živичná vrstva tloušťky 100 – 108 mm

### 3.2 Zpřesňující diagnostický průzkum mostu – INSET s.r.o.

Výsledky ze zpřesňujícího diagnostického průzkumu jsou převzaty ze závěrečné zprávy firmy INSET s.r.o. [10].

Výsledky zpřesňujícího průzkumu provedeného dne 27. 1. 2016 na mostním objektu ev. č. 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. dle požadavků projektanta opravy mostu:

- Ověření výztuže v trámech NK – podélná hladká výztuž  $\phi$  30 mm se nachází pouze v jedné vrstvě;
- Ověření vyztužení mezilehlého příčníku - v hloubce 100 mm od dolního líce dvojice prutů  $\phi$  18 mm v jedné vrstvě;
- Tahová (trhací) zkouška dvou vzorků oceli - pevnost na mezi kluzu je 360 MPa.

### 3.3 Doplnkový diagnostický průzkum mostu a ověření základních rozměrů – doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc. – KL-PROJEKT

Základním předpokladem spolehlivého statického výpočtu mostu je znalost přesné geometrie mostu, skutečných materiálových charakteristik a v neposlední řadě také znalost skutečného vyztužení kritických rozhodujících průřezů nosné konstrukce.

Ve dnech 21. 3. 2017 a 1. 6. 2017 byla provedena doplňková diagnostika vyztužení středního pole mostu pod vedením doc. Klusáčka, viz [19].

Doplňková diagnostika mostu byla provedena z důvodu nezbytnosti získání hodnověrných údajů o vyztužení středního pole mostu. Dostupné údaje od firmy INSET s.r.o. totiž zkoumaly vyztužení krajního pole, které je ale pro výslednou zatížitelnost mostu nerelevantní., viz [19]



Obr. 5 Zaměřovač HILTI PX 10 s hodnotou tloušťky mostovkové desky vč. vozovkového souvrství





Obr. 6 Sekaná sonda ve středním poli mostu a odhalená betonářská výztuž  $5\phi 34$  mm



Obr. 7 Sekaná sonda ve středním poli mostu odhalila druhou vrstvu betonářské výztuže  $4\phi 34$  mm



Obr. 8 Pohled na sekanou sondu ve středním poli mostu s potvrzovací sondou druhé řady výztuže (třetí řada nebyla potvrzena)

## 4. OVĚŘOVACÍ PŘEPOČET (1934)

Z velikosti vyztužení mostu uprostřed středního pole (viz [19]) mohlo být ověřovacím přepočtem dle tehdejších norem (z doby výstavby) odvozeno vyztužení nad pilířem, kterýžto průřez je druhým rozhodujícím pro zatížitelnost mostu.

Most je v ověřovacím přepočtu řešen ve třech rozhodujících řezech:

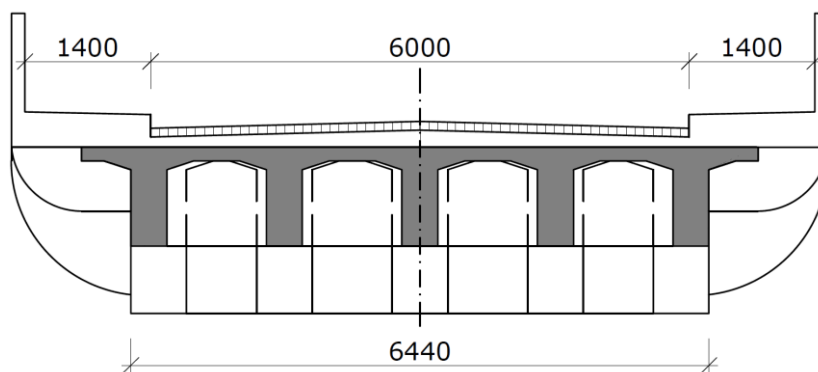
Označení řezu:	Umístění řezu:
L1	krajní pole v $L/3$
P2	vnitřní pilíř
L2	střední pole v $L/2$

Tab. 1 Označení řešených řezů

### 4.1 Geometrie výpočtového modelu

Geometrie příčného řezu mostu ev. č. 233 – 031 pro účely statického přepočtu byla převzata ze schematického dobového náčrtu konstrukce, který je součástí mostního listu.

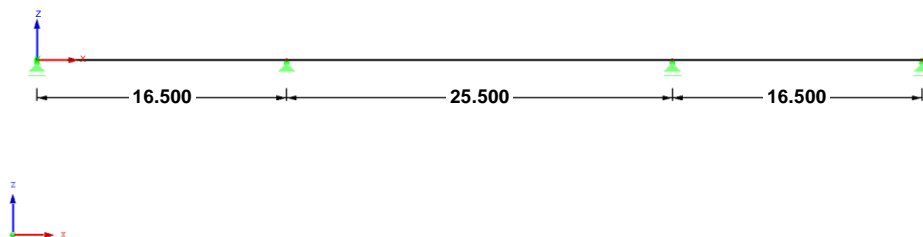
Železobetonový trámový most o třech polích. Rozpětí jednotlivých polí je uvažováno dle skutečného geodetického zaměření, tedy 16,50 m, 25,50 m a 16,50 m. Most je kolmý a v prostorové přímé.



Obr. 9 Schematický původní příčný řez mostu dle mostního listu (1934)

V podélném směru je most řešen jako prutový spojitý nosník o třech polích s rozpětími 16,50 m, 25,50 m a 16,50 m. Tento výpočtový model nepostihuje roznos zatížení v příčném směru, který v době výstavby také nebyl pravděpodobně uvažován. Namáhání jednoho trámu získáme podělením celkového namáhání počtem trámů.

Ve směru Y



Obr. 10 Jednoduchý výpočtový model - spojitý nosník o třech polích

## 4.2 Zatěžovací stavy

Přehled uvažovaných zatěžovacích stavů ve statickém přepočtu je uveden v Tab. 2.

	Název	Typ
<b>ZS1</b>	Stálé zatížení	stálé
<b>ZS2</b>	II. tř. – strojní válec 14 t (L1)	proměnné - doprava
<b>ZS3</b>	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (L1)	proměnné - doprava
<b>ZS4</b>	II. tř. – nákladní vlak 26 t (L1)	proměnné - doprava
<b>ZS5</b>	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (L1)	proměnné - doprava
<b>ZS6</b>	II. tř. – strojní válec 14 t (P2)	proměnné - doprava
<b>ZS7</b>	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (P2)	proměnné - doprava
<b>ZS8</b>	II. tř. – nákladní vlak 26 t (P2)	proměnné - doprava
<b>ZS9</b>	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (P2)	proměnné - doprava
<b>ZS10</b>	II. tř. – strojní válec 14 t (L2)	proměnné - doprava
<b>ZS11</b>	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (L2)	proměnné - doprava
<b>ZS12</b>	II. tř. – nákladní vlak 26 t (L2)	proměnné - doprava
<b>ZS13</b>	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (L2)	proměnné - doprava

Tab. 2 Přehled zatěžovacích stavů

### 4.2.1 Stálá zatížení

#### ZS1: STÁLÉ ZATÍŽENÍ

V rámci zatěžovacího stavu ZS1 bylo uvažováno zatížení od vlastní tíhy nosné konstrukce a ostatní stálé zatížení od vozovkového souvrství, chodníkových říms (vč. podpurných konstrukcí) a zábradlí. Parabolické náběhy trámů v místech vnitřních podpěr byly zanedbány – vycházíme z předpokladu, že v době projektování mostu nebyly pokročilé výpočetní postupy řešení náběhované konstrukce odborné veřejnosti známy.

Objemová hmotnost železobetonu je uvažována hodnotou 24 kN/m<sup>3</sup> a objemová hmotnost žuly hodnotou 25 kN/m<sup>3</sup>.

	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$\gamma_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$g_i$ [kN/m]
Vlastní tíha ( $L_1, L_3$ )	3,18	24,00	76,32
Vlastní tíha ( $L_2$ )	3,58	24,00	85,92
Ostatní stálé (vyrovnávací vrstva, monolitické chodníkové římsy + zábradlí)	2,42	24,00	58,08
Žulové kostky tl. 100 mm	0,60	25,00	15,00
Celkem ( $L_1, L_3$ )			149,40
Celkem ( $L_2$ )			159,00

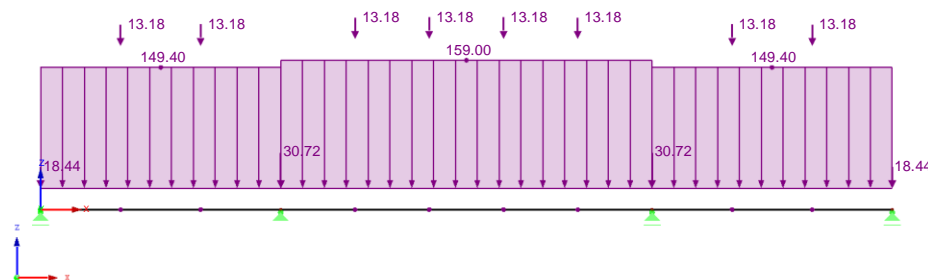
Tab. 3 ZS1: Stálé zatížení

	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$t_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$G_i$ [kN]
Monolitická podpora římsy – pole	1,054	0,25	25,00	6,59
Monolitická podpora římsy – opěry	1,054	0,35	25,00	9,22
Monolitická podpora římsy – pilíře	2,048	0,30	25,00	15,36

Tab. 4 ZS1: Stálé zatížení - podpůrné konstrukce říms

ZS1: stálé\_zatížení  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y



Obr. 11 ZS1 – Stálé zatížení - schéma zatížení

#### 4.2.2 Proměnná zatížení

Proměnná zatížení jsou uvažována podle technické normy pro navrhování mostních konstrukcí z roku 1923 [11]. Ve výpočtu jsou použity sestavy dopravního zatížení pro pozemní komunikace II. třídy. Podle [11] je současně se zatížením od dopravy uvažováno i zatížení chodníků rovnoměrným obtížením příslušné třídy (tedy 4 kN/m<sup>2</sup>).

	$b_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$g_i$ [kN/m]
Levý chodník	1,40	4,00	5,60
Pravý chodník	1,40	4,00	5,60
Celkem			11,20

Tab. 5 Rovnoměrné obtížení chodníků

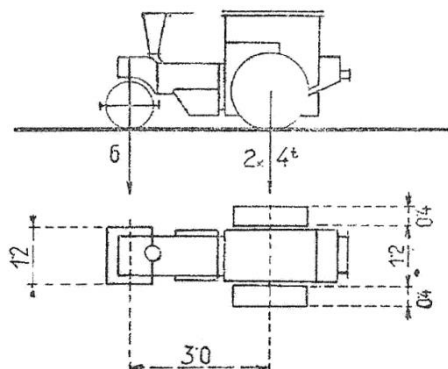
Příslušné zatěžovací sestavy jsou na konstrukci umístěny vždy do nejúčinnějších poloh. Příznivé účinky zatížení nejsou ve výpočtu uvažovány.



Pozn. v názvu zatěžovacího stavu je v závorce vždy uveden řez, ve kterém dané zatížení vyvolává maximální napjatost (zatížení je tedy na konstrukci umístěno v nejnepříznivější poloze vzhledem k danému řezu) → L1 = krajní pole, P2 = vnitřní pilíř, L2 = střední pole.

ZS2: II. TŘ. – STROJNÍ VÁLEC 14 t (L1)

Strojní válec silniční těžký 14 t (Obr. 12) + rovnoměrné obtížení chodníků.



Obr. 12 Strojní válec silniční těžký 14 t

ZS2: II.t\_strojni\_valec\_14t\_L1  
Zatížení [kN/m], [kN]

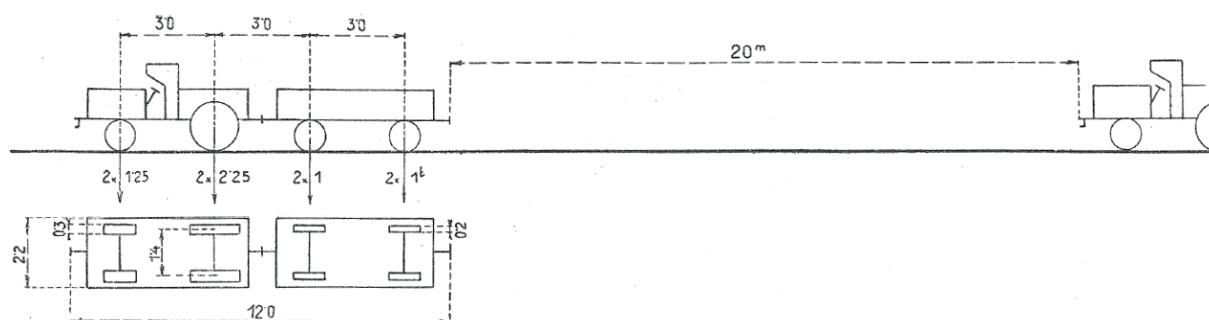
Ve směru Y



Obr. 13 ZS2 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (L1)

ZS3: II. TŘ. – DVĚ ŘADY NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ 22 t (L1)

Dvě řady vedle sebe jedoucích nákladních automobilů těžkých i s nákladem vždy 7 t a vlekovcích vždy jeden vůz těžký i s nákladem 4 t, jednotlivé vlaky ve vzdálenostech po 20 m (I) + rovnoměrné obtížení chodníků.



Obr. 14 Dvě řady za sebou jedoucích nákladních automobilů

ZS3: II.t\_dve\_rady\_nakladnich\_automobilu\_22t\_L1  
Zatížení [kN/m], [kN]

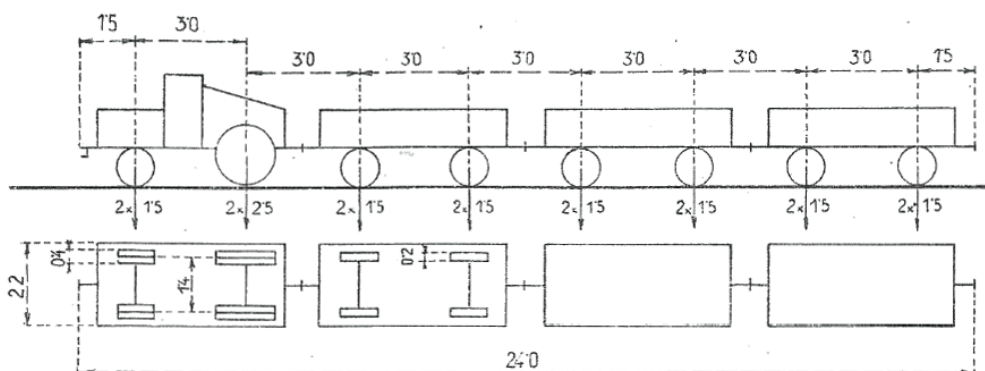
Ve směru Y



Obr. 15 ZS2 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (L1)

ZS4: II. TŘ. – NÁKLADNÍ VLAK 26 t (L1)

Nákladní vlak složený z jednoho motorového vozu těžkého i s nákladem 8 t a ze tří vlečených vozů těžkých i s nákladem vždy 6 t (+rovnoměrné obtížení chodníků).



Obr. 16 Nákladní vlak složený z jednoho motorového vozu 8 t a ze tří vlečených vozů 18 t

ZS4: II.t\_nakladni\_vlak\_26t\_L1  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y



Obr. 17 ZS4 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (L1)

ZS5: II. TŘ. – ROVNOMĚRNÉ OBTÍŽENÍ 4 kN/m<sup>2</sup> (L1)

Rovnoměrné obtížení 400 kg na m<sup>2</sup> volné plochy půdorysné + rovnoměrné obtížení chodníků.

	$b_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$g_i$ [kN/m]
Levý chodník	1,40	4,00	5,60
Vozovka	6,00	4,00	24,00
Pravý chodník	1,40	4,00	5,60
Celkem			35,20

Tab. 6 Rovnoměrné obtížení volné půdorysné plochy

ZS5: II.t\_rovnomerne\_obtizeni\_4kN/m2  
Zatížení [kN/m]

Ve směru Y

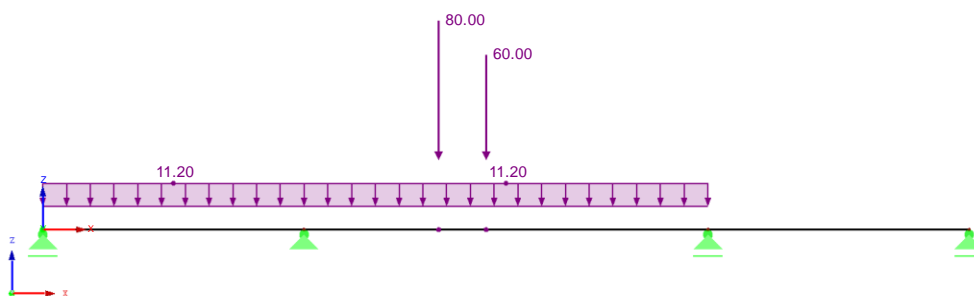


Obr. 18 ZS5 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (L1)

ZS6: II. TŘ. – STROJNÍ VÁLEC 14 t (P2)

ZS6: II.t\_strojni\_valec\_14t\_P2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

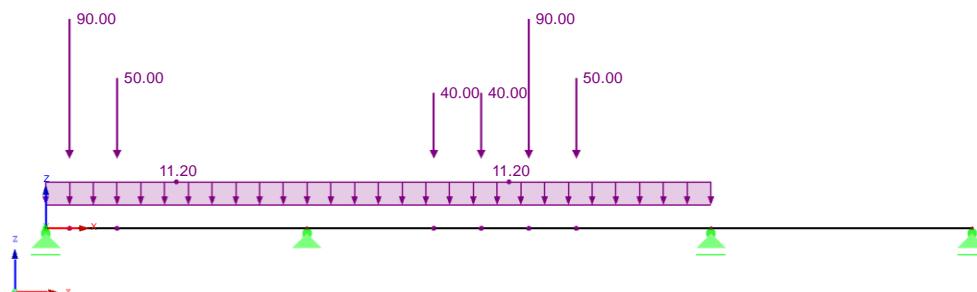


Obr. 19 ZS6 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (P2)

ZS7: II. TŘ. – DVĚ ŘADY NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ 22 t (P2)

ZS7: II.t\_dve\_rady\_nakladnich\_automobilu\_22t\_P2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

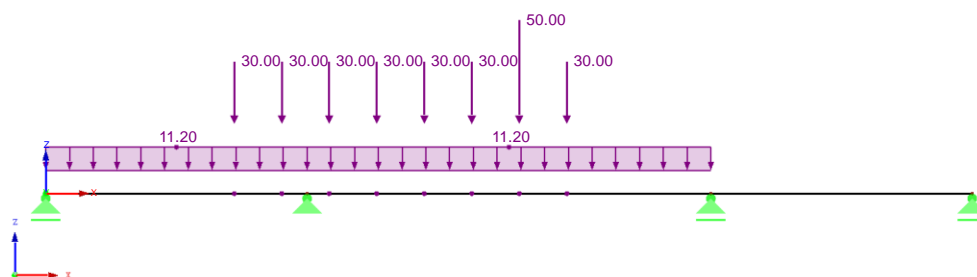


Obr. 20 ZS7 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (P2)

ZS8: II. TŘ. – NÁKLADNÍ VLAK 26 t (P2)

ZS8: II.t\_nakladni\_vlak\_26t\_P2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

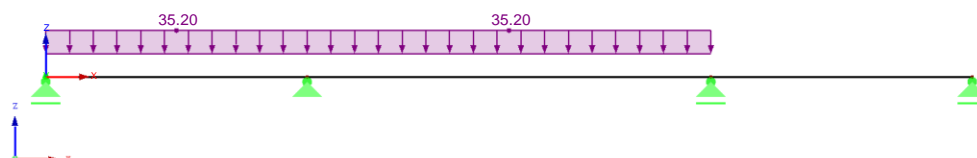


Obr. 21 ZS8 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (P2)

ZS9: II. TŘ. – ROVNOMĚRNÉ OBTÍŽENÍ 4 kN/m<sup>2</sup> (P2)

ZS9: II.t\_rovnomerne\_obtizeni\_4kN/m2\_P2  
Zatížení [kN/m]

Ve směru Y

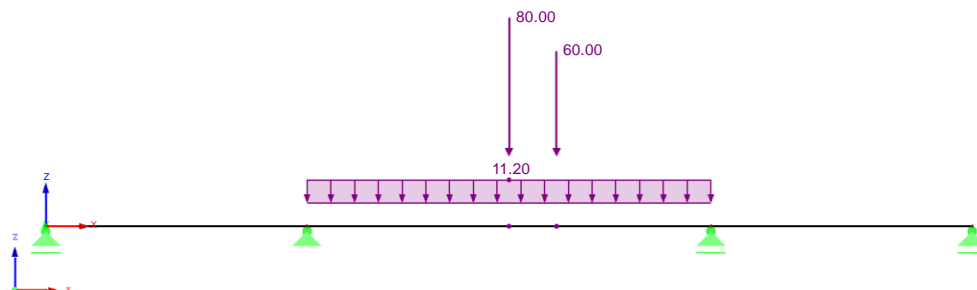


Obr. 22 ZS9 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (P2)

## ZS10: II. TŘ. – STROJNÍ VÁLEC 14 t (L2)

ZS10: II.t\_strojni\_valec\_14t\_L2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

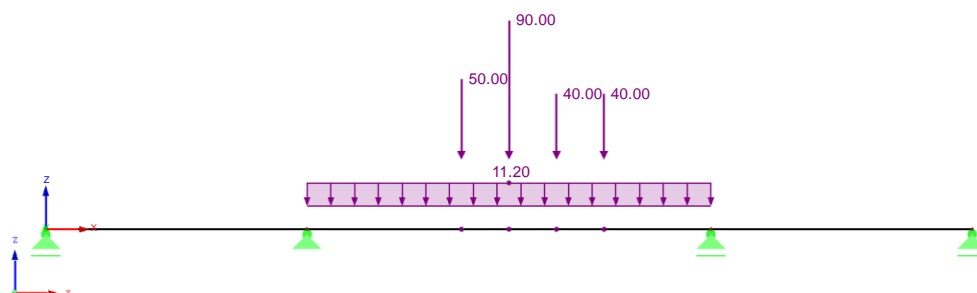


Obr. 23 ZS10 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (L2)

## ZS11: II. TŘ. – DVĚ ŘADY NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ 22 t (L2)

ZS11: II.t\_dve\_rady\_nakladnich\_automobilu\_22t\_L2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

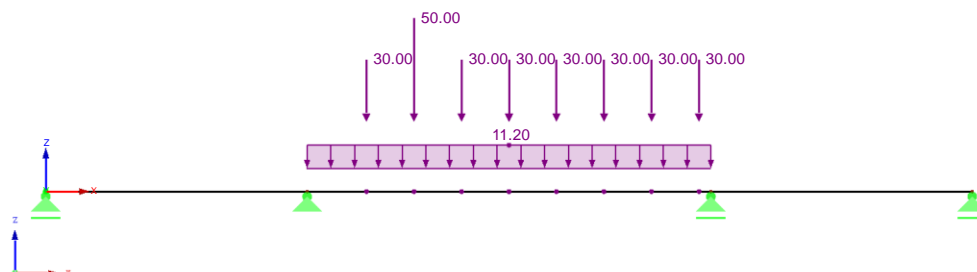


Obr. 24 ZS11 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (L2)

## ZS12: II. TŘ. – NÁKLADNÍ VLAK 26 t (L2)

ZS12: II.t\_nakladni\_vlak\_26t\_L2  
Zatížení [kN/m], [kN]

Ve směru Y

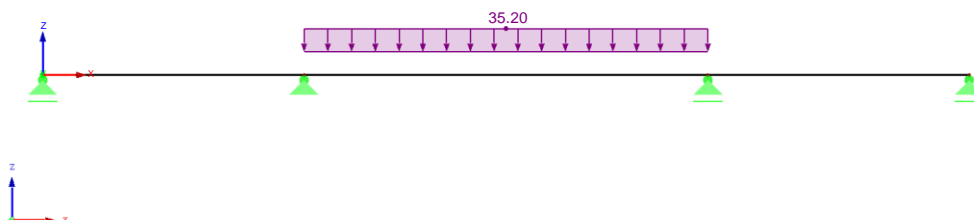


Obr. 25 ZS12 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (L2)

## ZS13: II. TŘ. – ROVNOMĚRNÉ OBTÍŽENÍ 4 kN/m<sup>2</sup> (L2)

ZS13: II.t.rovnomerne\_obtizeni\_4kN/m2\_L2  
Zatížení [kN/m]

Ve směru Y



Obr. 26 ZS13 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (L2)

## 4.3 Kombinace zatížení a výsledků

Přehled uvažovaných kombinací zatížení je uveden v Tab. 7 :

	Název	Zatěžovací stavy v kombinaci
KZ1	II. tř. – strojní válec 14 t (L1)	ZS1 + ZS2
KZ2	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (L1)	ZS1 + ZS3
KZ3	II. tř. – nákladní vlak 26 t (L1)	ZS1 + ZS4
KZ4	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (L1)	ZS1 + ZS5
KZ5	II. tř. – strojní válec 14 t (P2)	ZS1 + ZS6
KZ6	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (P2)	ZS1 + ZS7
KZ7	II. tř. – nákladní vlak 26 t (P2)	ZS1 + ZS8
KZ8	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (P2)	ZS1 + ZS9
KZ9	II. tř. – strojní válec 14 t (L2)	ZS1 + ZS10
KZ10	II. tř. – dvě řady nákladních automobilů 22 t (L2)	ZS1 + ZS11
KZ11	II. tř. – nákladní vlak 26 t (L2)	ZS1 + ZS12
KZ12	II. tř. – rovnoměrné obtížení 4 kN/m <sup>2</sup> (L2)	ZS1 + ZS13

Tab. 7 Přehled kombinací zatížení

Přehled uvažovaných kombinací výsledků je uveden v Tab. 8 :

	Název	Kombinace zatížení
KV1	max. M <sub>y</sub> (L1)	KZ1, KZ2, KZ3, KZ4
KV2	min. M <sub>y</sub> (P2)	KZ5, KZ6, KZ7, KZ8
KV3	max. M <sub>y</sub> (L2)	KZ9, KZ10, KZ11, KZ12

Tab. 8 Přehled kombinací výsledků

## 4.4 Vnitřní síly

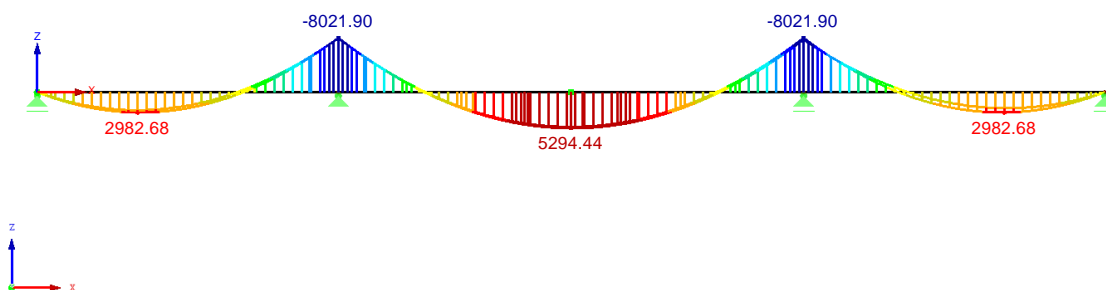
Kombinace výsledků:		Max./Min. $M_y$ (celkový):	Max./Min. $M_y$ (na 1 trám):
KV1	max. $M_y$ (L1)	2982,68 kNm	596,54 kNm
KV2	min. $M_y$ (P2)	-9509,76 kNm	-1901,95 kNm
KV3	max. $M_y$ (L2)	6993,79 kNm	1398,76 kNm

Tab. 9 Souhrn max./min. ohybových momentů od zatížení (1934)

### 4.4.1 KV1: max. $M_y$ (L1)

KV1: max\_My\_L1  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Y



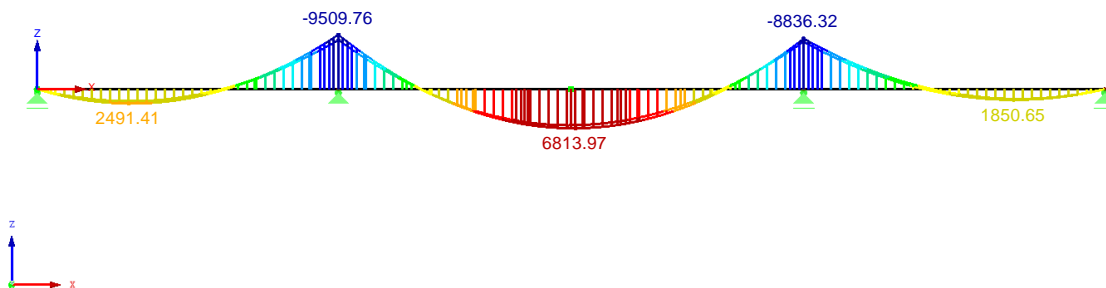
Max M-y: 5294.44, Min M-y: -8021.90 kNm

Obr. 27 KV1: max.  $M_y$  (L1) - obálka ohybových momentů

### 4.4.2 KV2: min. $M_y$ (P2)

KV2: min\_My\_P2  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Y



Max M-y: 6813.97, Min M-y: -9509.76 kNm

Obr. 28 KV2: max.  $M_y$  (P2) - obálka ohybových momentů

### 4.4.3 KV3: max. $M_y$ (L2)

#### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603

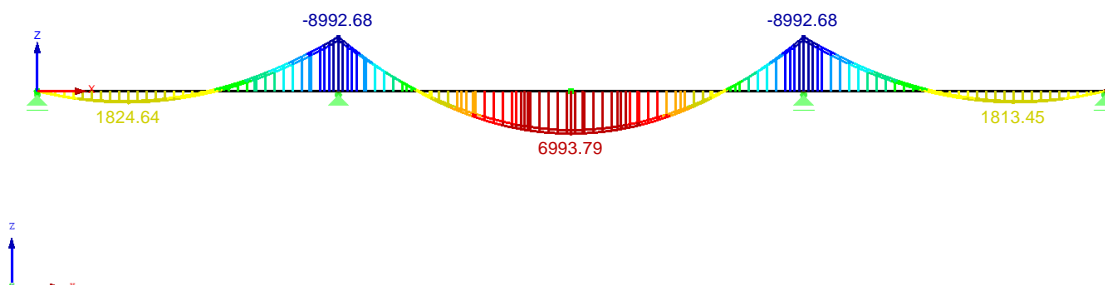
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730

KV3: max\_My\_L2  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Ve směru Y



Max M-y: 6993.79, Min M-y: -8992.68 kNm

Obr. 29 KV3: max.  $M_y$  (L2) - obálka ohybových momentů

## 4.5 Únosnost průřezů

Nosnou konstrukci mostu tvoří v podélném směru 5 trámů průřezu tvaru T s parabolickými náběhy v místech vnitřních podpor (proměnlivá výška trámů 1,10 – 1,85 m).

Únosnost průřezů je v ověřovacím přepočtu stanovena metodou dovoleného namáhání, tedy metodou, která byla používána při projektování mostu v roce 1934. Únosnost průřezů je stanovena ve třech rozhodujících řezech:

- řez L1 (v krajním poli L1) – T-průřez výšky 1,10 m
- řez P2 (nad střední podpěrou P2) – T-průřez výšky 1,85 m
- řez L2 (ve středním poli L2) – T-průřez výšky 1,30 m

Nejdříve byla stanovena únosnost průřezu krajního pole (L1), protože diagnostický průzkum betonářské výztuže trámů byl proveden pouze v krajním poli. Ovšem z pohledu namáhání není toto pole rozhodující.

### 4.5.1 Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m, hladká výztuž podle [11])

Dovolené namáhání:

$I$ [m]	16.50
$n$ ( $E_a/E_b$ ) [-]	15
Materiál:	plátkové železo
Druh napětí:	v tahu, tlaku a ohybu
$\sigma_{a,dov}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	919.50
$\sigma_{a,dov}$ [MPa]	90.17

Materiál:	železový beton
Druh napětí:	v tlaku za ohybu a mimostředního tlaku

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730



Krychelná pevnost betonu po 6týdenním tvrdnutí [ $\text{kg/cm}^2$ ]: min. 300

$\sigma_{b,dov}$  [ $\text{kg/cm}^2$ ] 52.95

$\sigma_{b,dov}$  [MPa] 5.19

Geometrické charakteristiky průřezu:

h [m]	1.100	b [m]	1.510
h <sub>d</sub> [m]	0.150	b <sub>0</sub> [m]	0.400
h-h <sub>d</sub> [m]	0.950	b <sub>eff</sub> [m]	1.510

Vyztužení průřezu (plátkové železo):

i [-]	$\phi_i$ [m]	n <sub>i</sub> [ks]	A <sub>a,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	c <sub>i</sub> [m]	d <sub>i</sub> [m]	U <sub>a,i</sub> [m <sup>3</sup> ]	n·U <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> ]
1	0.030	6	0.00424	0.035	1.050	0.0033	0.0491

Beton:

i [-]	b <sub>i</sub> [m]	x <sub>i</sub> [m]	A <sub>b,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>b,i</sub> [m <sup>3</sup> ]	U <sub>b</sub> [m <sup>3</sup> ]
1	1.510	0.150	0.227	0.0459	0.0491
2	0.400	0.128	0.051	0.0033	

Rovnost statických momentů:

U<sub>b</sub>·n·U<sub>a</sub> [m<sup>3</sup>] 0.00

VYHOVUJE

Výška tlačené oblasti:

x [m]

0.278

Rozhoduje únosnost výztuže v tahu →  $\sigma_a = \sigma_{a,dov}$ :

$\sigma_a$  [MPa] 90.17

$\sigma_{b(a)}$  [MPa] 2.16

VYHOVUJE

Rozhoduje únosnost betonu v tlaku →  $\sigma_b = \sigma_{b,dov}$ :

$\sigma_b$  [MPa] 5.19

$\sigma_{a(b)}$  [MPa] 216.74

NEVYHOVUJE

Řešení betonu:

i [-]	$\sigma_{b,i}$ [MPa]	N <sub>b,i</sub> [kN]	N <sub>b</sub> [kN]	z <sub>b,i</sub> [m]	M <sub>ú,i</sub> [kNm]
1	0.99	224.89	382.43	0.203	45.56
2	1.17	132.21		0.228	30.09
3	0.99	25.33		0.085	2.15

Řešení výztuže:

i [-]	$\sigma_{a,i}$ [MPa]	N <sub>a,i</sub> [kN]	N <sub>a</sub> [kN]	z <sub>a,i</sub> [m]	M <sub>ú,i</sub> [kNm]
1	90.17	382.43	382.43	0.772	295.40

Podmínka rovnováhy:

N<sub>b</sub> - N<sub>a</sub> [kN] 0.00

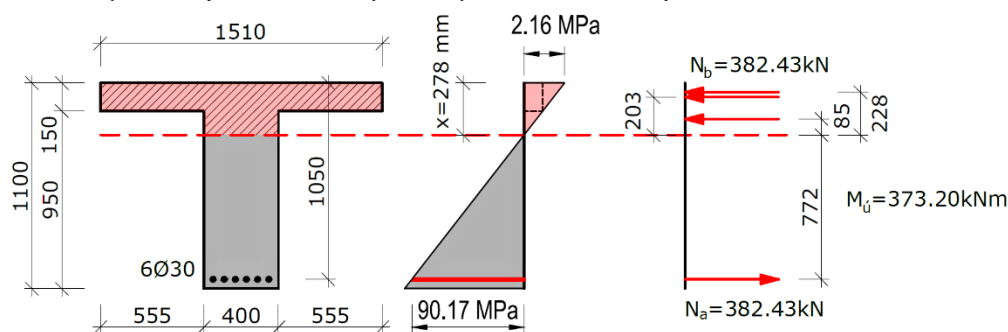
VYHOVUJE

Moment na mezi únosnosti:

M<sub>ú</sub> [kNm]

373.20

Řez L1: T-průřez ( $h=1,10\text{m}$ ; výztuž: plátkové železo)



POSOUZENÍ: ŘEZ L1

Max. dovolený moment $M_u$ :	Max. ohybový moment $M_y$ :
$M_{u,L1} = 373.20 \text{ kNm}$	$M_{y,L1} = 596.54 \text{ kNm}$
NEVYHOVUJE (využití 159.84 %)	

#### 4.5.2 Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10 \text{ m}$ , hladká výztuž typu Cb [12])

Dovolené namáhání:

$l$ [m]	16.50
$n$ ( $E_a/E_b$ ) [-]	15
Materiál:	hladká výztuž typu Cb
Druh napětí:	v tahu, tlaku a ohybu
$\sigma_{a,dov}$ [MPa]	150.00 Cb

Materiál:	železový beton
Druh napětí:	v tlaku za ohybu a mimostředního tlaku
Krychelná pevnost betonu po 6týdenním tvrdnutí [ $\text{kg/cm}^2$ ]:	min. 300
$\sigma_{b,dov}$ [MPa]	7.00

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.100	$b$ [m]	1.510
$h_d$ [m]	0.150	$b_0$ [m]	0.400
$h-h_d$ [m]	0.950	$b_{eff}$ [m]	1.510

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [ $\text{m}^2$ ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]	$U_{a,i}$ [ $\text{m}^3$ ]	$n \cdot U_a$ [ $\text{m}^3$ ]
1	0.030	6	0.00424	0.035	1.050	0.0033	0.0491

Beton:

$i$ [-]	$b_i$ [m]	$x_i$ [m]	$A_{b,i}$ [ $\text{m}^2$ ]	$U_{b,i}$ [ $\text{m}^3$ ]	$U_b$ [ $\text{m}^3$ ]
1	1.510	0.150	0.227	0.0459	0.0491
2	0.400	0.128	0.051	0.0033	

Rovnost statických momentů:

Výška tlačené oblasti:

$U_b \cdot n \cdot U_a$ [m <sup>3</sup> ]	0.00	VYHOVUJE	$x$ [m]	0.278
---	------	----------	---------	-------

Rozhoduje únosnost výztuže v tahu  $\rightarrow \sigma_a = \sigma_{a,dov}$ : Rozhoduje únosnost betonu v tlaku  $\rightarrow \sigma_b = \sigma_{b,dov}$ :

$\sigma_a$ [MPa]	180.00		$\sigma_b$ [MPa]	7.00	
$\sigma_{b(a)}$ [MPa]	4.31	VYHOVUJE	$\sigma_{a(b)}$ [MPa]	292.18	NEVYHOVUJE

Řešení betonu:

$i$ [-]	$\sigma_{b,i}$ [MPa]	$N_{b,i}$ [kN]	$N_b$ [kN]	$z_{b,i}$ [m]	$M_{ú,i}$ [kNm]
1	1.98	448.92		0.203	90.94
2	2.33	263.91	763.41	0.228	60.06
3	1.98	50.57		0.085	4.30

Řešení výztuže:

$i$ [-]	$\sigma_{a,i}$ [MPa]	$N_{a,i}$ [kN]	$N_a$ [kN]	$z_{a,i}$ [m]	$M_{ú,i}$ [kNm]
1	180.00	763.41	763.41	0.772	589.67

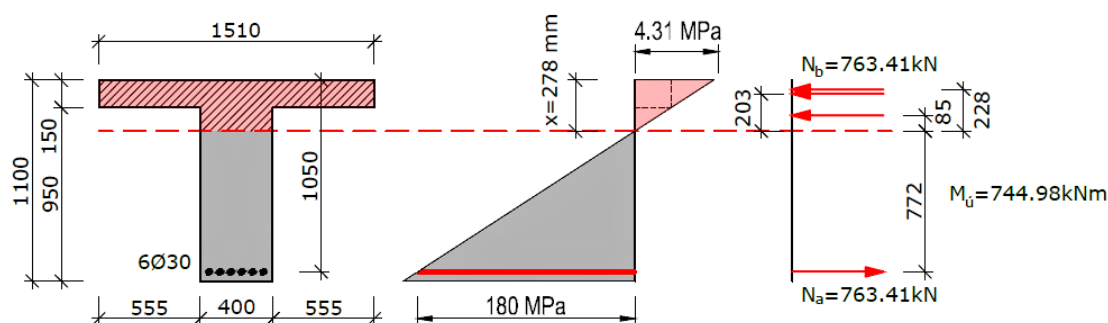
Podmínka rovnováhy:

$N_b - N_a$ [kN]	0.00	VYHOVUJE
------------------	------	----------

Moment na mezi únosnosti:

$M_{ú}$ [kNm]	744.98
---------------	--------

Řez L1: T-průřez ( $h=1,10$ m; výztuž: Cb)



Obr. 30 Řez L1: Max. dovolený moment T-průřezu

POSOUZENÍ: ŘEZ L1

Max. dovolený moment $M_u$ :		Max. ohybový moment $M_y$ :
$M_{u,L1} = 744.98$ kNm	>	$M_{y,L1} = 596,54$ kNm
VYHOVUJE (využití 80.07 %)		

#### 4.5.3 Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30$ m, hladká výztuž typu Cb [12])

Dovolené namáhání:

$l$ [m]	25.50
$n (E_a/E_b)$ [-]	15
Materiál:	hladká výztuž typu Cb
Druh napětí:	v tahu, tlaku a ohybu
$\sigma_{a,dov}$ [MPa]	180.00 Cb

Materiál:	železový beton
Druh napětí:	v tlaku za ohybu a mimostředného tlaku
Krychelná pevnost betonu po 6týdenním tvrdnutí [kg/cm <sup>2</sup> ]:	min. 300
$\sigma_{b,dov}$ [MPa]	7.00

Geometrické charakteristiky průřezu:

h [m]	1.300	b [m]	1.510
h <sub>d</sub> [m]	0.150	b <sub>0</sub> [m]	0.400
h-h <sub>d</sub> [m]	1.150	b <sub>eff</sub> [m]	1.510

Vyztužení průřezu (typ Cb):

i [-]	$\phi_i$ [m]	n <sub>i</sub> [ks]	A <sub>a,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	c <sub>i</sub> [m]	d <sub>i</sub> [m]	U <sub>a,i</sub> [m <sup>3</sup> ]	n·U <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> ]
1	0.034	5	0.00454	0.035	1.248	0.0037	0.0964
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.179	0.0027	

Beton:

i [-]	b <sub>i</sub> [m]	x <sub>i</sub> [m]	A <sub>b,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>b,i</sub> [m <sup>3</sup> ]	U <sub>b</sub> [m <sup>3</sup> ]
1	1.510	0.150	0.227	0.0806	0.0964
2	0.400	0.281	0.112	0.0158	

Rovnost statických momentů:

U <sub>b</sub> ·n·U <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> ]	0.00	VYHOVUJE
--	------	----------

Výška tlačené oblasti:

x [m]	0.431
-------	-------

Rozhoduje únosnost výztuže v tahu →  $\sigma_a = \sigma_{a,dov}$ : Rozhoduje únosnost betonu v tlaku →  $\sigma_b = \sigma_{b,dov}$ :

$\sigma_a$ [MPa]	180.00	$\sigma_b$ [MPa]	7.00
$\sigma_{b(a)}$ [MPa]	6.33	$\sigma_{a(b)}$ [MPa]	199.11
	VYHOVUJE		NEVYHOVUJE

Řešení betonu:

i [-]	$\sigma_{b,i}$ [MPa]	N <sub>b,i</sub> [kN]	N <sub>b</sub> [kN]	z <sub>b,i</sub> [m]	M <sub>ú,i</sub> [kNm]
1	4.13	934.39	1415.63	0.356	332.55
2	2.20	249.48		0.381	95.03
3	4.13	231.76		0.187	43.40

Řešení výztuže:

i [-]	$\sigma_{a,i}$ [MPa]	N <sub>a,i</sub> [kN]	N <sub>a</sub> [kN]	z <sub>a,i</sub> [m]	M <sub>ú,i</sub> [kNm]
1	180.00	817.13	1415.63	0.817	667.68
2	164.80	598.50		0.748	447.74

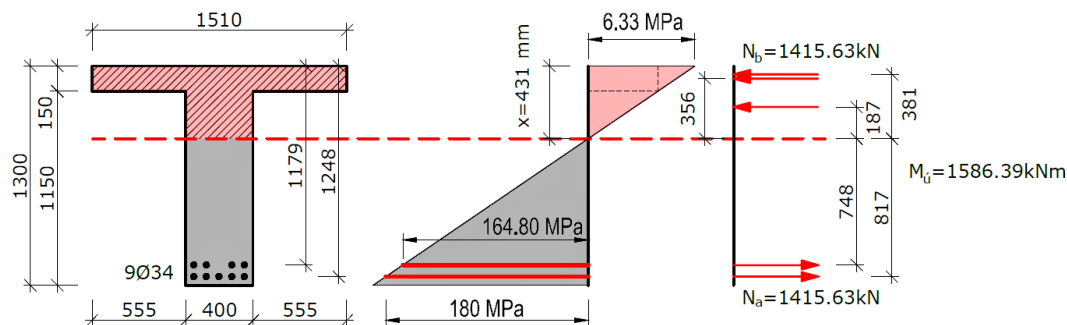
Podmínka rovnováhy:

N <sub>b</sub> - N <sub>a</sub> [kN]	0.00	VYHOVUJE
--------------------------------------	------	----------

Moment na mezi únosnosti:

M <sub>ú</sub> [kNm]	1586.39
----------------------	---------

Řez L2: T-průřez ( $h=1,30\text{m}$ ; výztuž: Cb)



Obr. 31 Řez L2: Max. dovolený moment T-průřezu

POSOUZENÍ: ŘEZ L2

Max. dovolený moment  $M_u$ :

Max. ohybový moment  $M_y$ :

$M_{u,L2} = 1586.39 \text{ kNm}$

>

$M_{y,L2} = 1398.76 \text{ kNm}$

VYHOVUJE (využití 88.17 %)

#### 4.5.4 Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85 \text{ m}$ , hladká výztuž typu Cb [12])

Dovolené namáhání:

$l$ [m]	21.00
$n$ ( $E_a/E_b$ ) [-]	15
Materiál:	hladká výztuž typu Cb
Druh napětí:	v tahu, tlaku a ohybu
$\sigma_{a,dov}$ [MPa]	180.00 Cb

Materiál:	železový beton
Druh napětí:	v tlaku za ohybu a mimostředného tlaku
Krychelná pevnost betonu po 6týdenním tvrdnutí [ $\text{kg/cm}^2$ ]:	min. 300
$\sigma_{b,dov}$ [MPa]	7.00

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.850	$b$ [m]	0.620
$h_d$ [m]	0.150	$b_0$ [m]	0.620
$h-h_d$ [m]	1.650	$b_{eff}$ [m]	0.620

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [ $\text{m}^2$ ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]	$U_{a,i}$ [ $\text{m}^3$ ]	$n \cdot U_a$ [ $\text{m}^3$ ]
1	0.034	5	0.00454	0.040	1.793	0.0051	0.1351
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.724	0.0039	

Beton:

$i$ [-]	$b_i$ [m]	$x_i$ [m]	$A_{b,i}$ [ $\text{m}^2$ ]	$U_{b,i}$ [ $\text{m}^3$ ]	$U_b$ [ $\text{m}^3$ ]
1	0.620	0.660	0.409	0.1351	0.1351

Rovnost statických momentů:

$U_b \cdot n \cdot U_a$  [m<sup>3</sup>] 0.00

VYHOVUJE

Výška tlačené oblasti:

$x$  [m]

0.660

Rozhoduje únosnost výztuže v tahu  $\rightarrow \sigma_a = \sigma_{a,dov}$ : Rozhoduje únosnost betonu v tlaku  $\rightarrow \sigma_b = \sigma_{b,dov}$ :

$\sigma_a$  [MPa] 180.00

$\sigma_b$  [MPa] 7.00

$\sigma_{b(a)}$  [MPa] 6.99

VYHOVUJE

$\sigma_{a(b)}$  [MPa] 180.19

NEVYHOVUJE

Řešení betonu:

i [-]	$\sigma_{b,i}$ [MPa]	$N_{b,i}$ [kN]	$N_b$ [kN]	$z_{b,i}$ [m]	$M_{ú,i}$ [kNm]
1	6.99	1431.02	1431.02	0.440	629.78

Řešení výztuže:

i [-]	$\sigma_{a,i}$ [MPa]	$N_{a,i}$ [kN]	$N_a$ [kN]	$z_{a,i}$ [m]	$M_{ú,i}$ [kNm]
1	180.00	817.13	1431.02	1.133	925.69
2	169.04	613.89		1.064	653.09

Podmínka rovnováhy:

$N_b - N_a$  [kN] 0.00

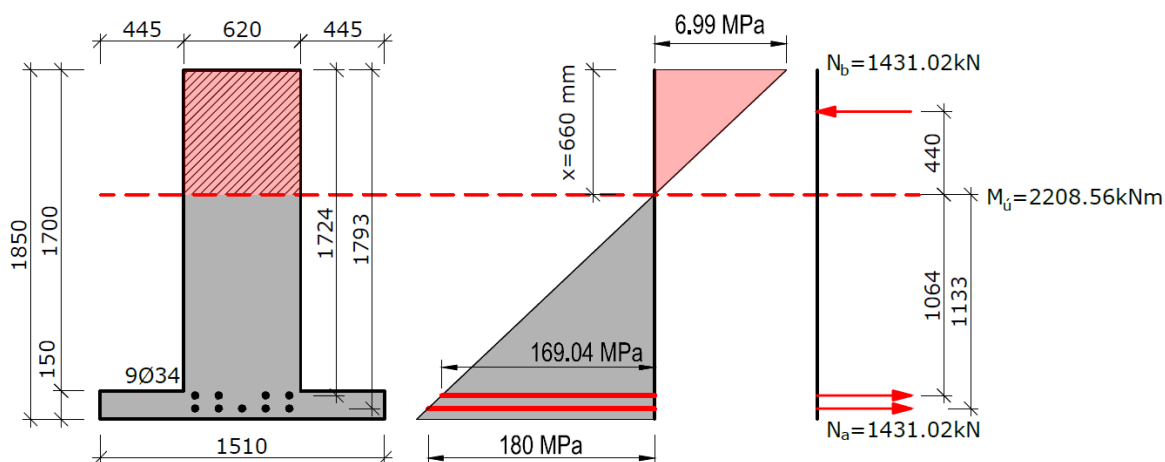
VYHOVUJE

Moment na mezi únosnosti:

$M_u$  [kNm]

2208.56

Řez P2: T-průřez ( $h=1,85m$ ; výztuž: Cb)



Obr. 32 Řez P2: Max. dovolený moment T-průřezu

POSOUZENÍ: ŘEZ P2

Max. dovolený moment  $M_u$ :

Max. ohybový moment  $M_y$ :

$M_{u,P2} = 2208.56$  kNm

>

$M_{y,P2} = 1901.95$  kNm

VYHOVUJE (využití 86.12 %)

## 5. STÁVAJÍCÍ ZATÍŽITELNOST MOSTU

Jedná se o staticky neurčitou spojitou trámovou konstrukci o třech polích s rozpětími  $L_1 = 16,50$  m,  $L_2 = 25,50$  m a  $L_3 = 16,50$  m. Na základě statické analýzy konstrukce lze určit řezy konstrukce, ve kterých dochází k maximální koncentraci napětí, a tedy jsou rozhodující z hlediska zatížitelnosti. Rozhodující řezy jsou:

Označení řezu:	Umístění řezu:
L1	krajní pole v $L/3$
P2	vnitřní pilíř
L2	střední pole v $L/2$

Obr. 33 Označení řešených řezů

Most je ve výpočtu zatížitelnosti posuzován pouze v těchto kritických řezech.

### 5.1 Geometrie výpočtového modelu

Na základě skutečné geometrie mostu a za použití přípustných zjednodušení, byl vytvořen výpočtový prostorový prutový model. Model byl tvořen jednotlivými pruty s přiřazenými příslušnými průřezovými charakteristikami = prutový rošt pro analýzu konstrukce, který respektuje příčný roznos zatížení na jednotlivé podélné trámy.

Pro modelování prutového roštu a následného výpočtu vnitřních sil byl použit software pro analýzu stavebních konstrukcí Dlubal RFEM 5.

ZS1: vlastní tíha

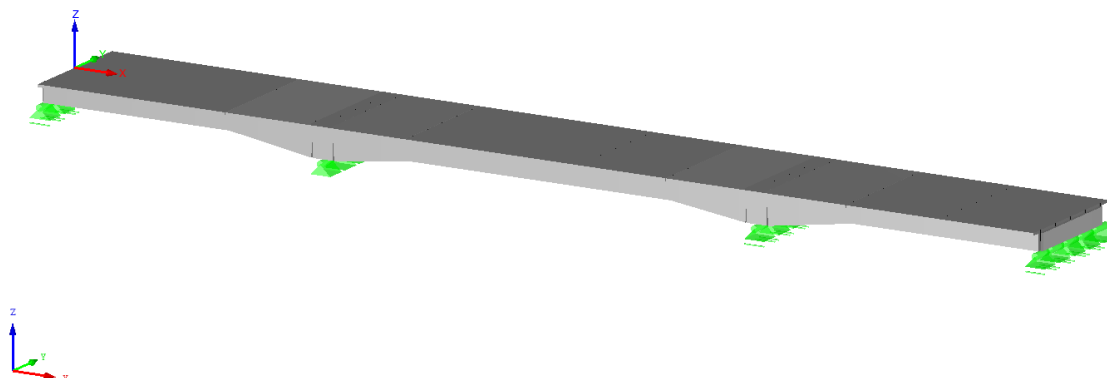
Ve směru Y



Obr. 34 Pohled na výpočetní model ve směru osy Y

ZS1: vlastní\_tíha

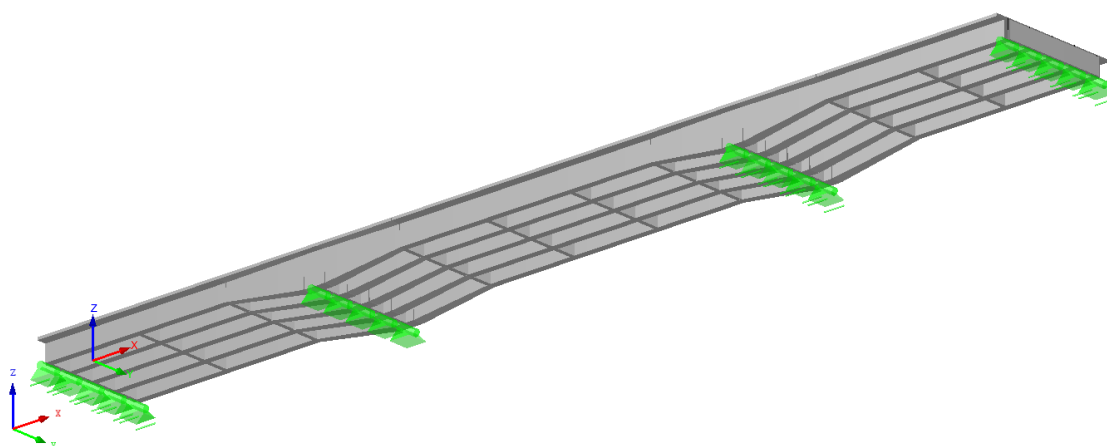
Izometrie



Obr. 35 Izometrický pohled na výpočetní model shora

ZS1: vlastní\_tíha

Izometrie

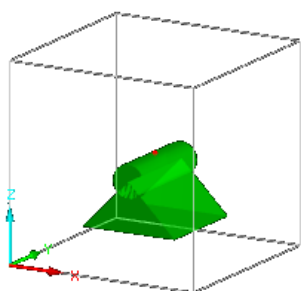


Obr. 36 Izometrický pohled na výpočetní model zespoda

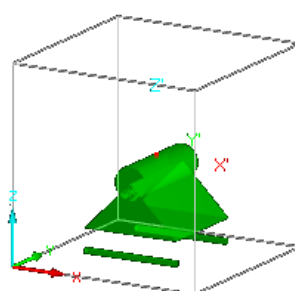
Most je na obou krajních stranách opěrách OP1 a OP4 podepřen na ocelových ložiskách, které přenášejí zatížení z nosné konstrukce do spodní stavby a umožňují podélný dilatační pohyb konstrukce.

Výpočtové podepření modelu respektuje skutečné působení nosné konstrukce. Pohyblivá ocelová ložiska na OP1, P3 a OP4 jsou modelována jako bodové podpory (pod každým trámem) se čtyřmi odebranými stupni volnosti - posun ve směru globálních os Y, Z, a pootočení kolem globálních os X, Z. Pevná ložiska pod trámy na pilíři P2 jsou modelována jako bodové podpory s pěti odebranými stupni volnosti – posun ve směru globálních os X, Y, Z a pootočení kolem globálních os X, Z.





Obr. 37 Pevná podpora na P2



Obr. 38 Posuvná podpora na OP1, P3 a OP4

## 5.2 Materiálové charakteristiky

### C 30/37

Modul pružnosti	E	28300	N/mm <sup>2</sup>
Smykový modul	G	11791,70	N/mm <sup>2</sup>
Poissonův součinitel	$\mu$	0,200	
Objemová tíha	$\gamma$	25,00	kN/m <sup>3</sup>
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha$	1,00E-05	°C <sup>-1</sup>
Parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_M$	1,50	
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck}$	30,00	N/mm <sup>2</sup>
Charakteristická krychelná pevnost v tlaku	$f_{ck,cube}$	37,00	N/mm <sup>2</sup>
Střední válcová pevnost v tlaku	$f_{cm}$	38,00	N/mm <sup>2</sup>
Střední osová pevnost v tahu	$f_{ctm}$	2,90	N/mm <sup>2</sup>
Char. 5%-ní kvantil osově pevnosti v tahu	$f_{ctk;0,05}$	2,00	N/mm <sup>2</sup>
Char. 95%-ní kvantil osově pevnosti v tahu	$f_{ctk;0,95}$	3,80	N/mm <sup>2</sup>
Střední sečný modul pružnosti	$E_{cm}$	28300	N/mm <sup>2</sup>
Mezní přetvoření pro prostý tlak	$\epsilon_{c1}$	-2,20	‰
Mezní přetvoření při porušení	$\epsilon_{c1u}$	-3,50	‰
Exponent paraboly	n	2,00	
Mezní přetvoření pro prostý tlak	$\epsilon_{c2}$	-2,00	‰
Mezní přetvoření při porušení	$\epsilon_{c2u}$	-3,50	‰
Mezní přetvoření pro prostý tlak	$\epsilon_{c3}$	-1,75	‰
Mezní přetvoření při porušení	$\epsilon_{c3u}$	-3,50	‰

Tab. 10 Specifikace betonu C 30/37

### Cb

Modul pružnosti	E	200000	N/mm <sup>2</sup>
Smykový modul	G	77000	N/mm <sup>2</sup>
Poissonův součinitel	$\mu$	0,30	
Objemová tíha	$\gamma$	78,50	kN/m <sup>3</sup>
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha$	1,00E-05	°C <sup>-1</sup>
Parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_M$	1,15	
Modul pružnosti	$E_s$	200000	N/mm <sup>2</sup>
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{tk}$	469,00	N/mm <sup>2</sup>
Mezní přetvoření	$\epsilon_{uk}$	50,00	‰
Charakteristická mez kluzu	$f_{yk}$	360,00	N/mm <sup>2</sup>

Tab. 11 Specifikace betonářské výztuže Cb

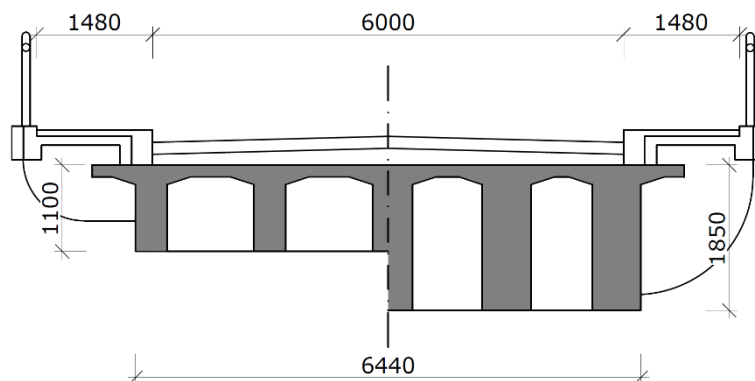
#### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

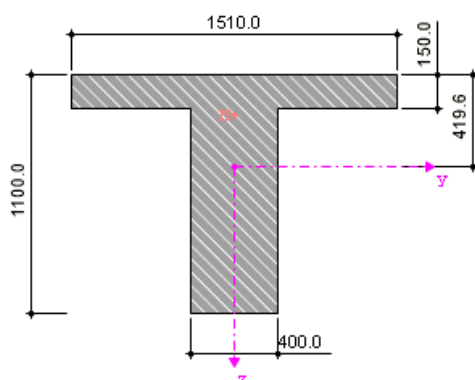
IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

### 5.3 Průřezové charakteristiky

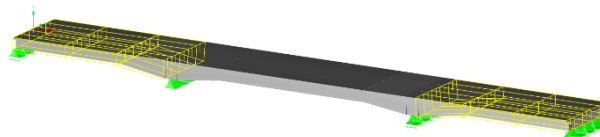


Obr. 39 Příčný řez mostem

T-PRŮŘEZ L1 ( $h = 1,10$  m)



Obr. 40 T-průřez L1



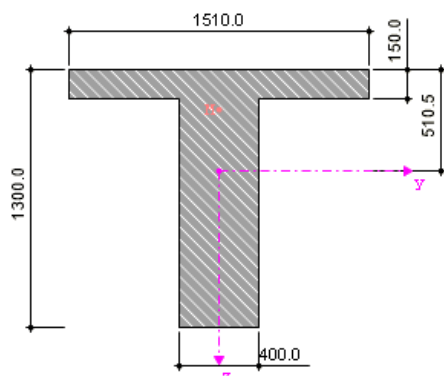
Obr. 41 Umístění T-průřezu L1 v modelu

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	1100	mm
Šířka pásnice	$b$	1510	mm
Tloušťka pásnice	$t$	150	mm
Tloušťka stěny	$s$	400	mm
Plocha průřezu	$A$	606500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	275260	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	318502	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	419,60	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	7,193E+10	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	4,810E+10	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	344,44	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	281,60	mm
Hmotnost průřezu	$G$	1516,30	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	1,976E+10	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	4,177E+08	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	1,057E+08	mm <sup>3</sup>

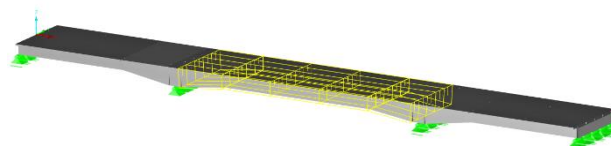
Elastický průřezový modul	$W_z$	6,371E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	9.259E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	6.175E+07	mm <sup>3</sup>

Tab. 12 Průřezové charakteristiky T-průřezu L1

T-PRŮŘEZ L2 (h = 1,30 m)



Obr. 42 T-průřez L2

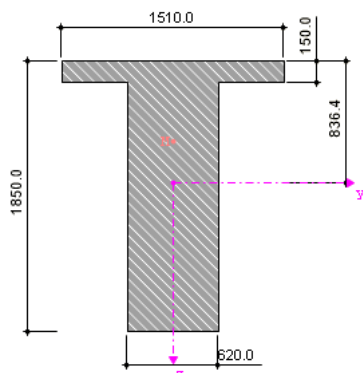


Obr. 43 Umístění T-průřezu L2 v modelu

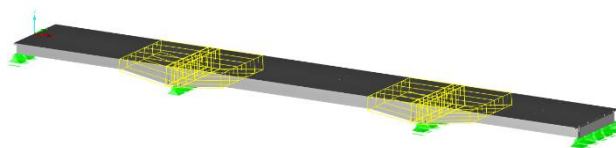
Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	1300	mm
Šířka pásnice	$b$	1510	mm
Tloušťka pásnice	$t$	150	mm
Tloušťka stěny	$s$	400	mm
Plocha průřezu	$A$	686500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	287022	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	393575	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	541,50	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	1,152E+11	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	4,917E+10	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	409,7	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	267,6	mm
Hmotnost průřezu	$G$	1716,3	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	2,403E+10	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	2,036E+08	mm <sup>3</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	5,076E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	1,460E+08	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	6,513E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	1,246E+08	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	6,575E+07	mm <sup>3</sup>

Tab. 13 Průřezové charakteristiky T-průřezu L2

T-PRŮŘEZ P2 ( $h = 1,85 \text{ m}$ )



Obr. 44 T-průřez P2

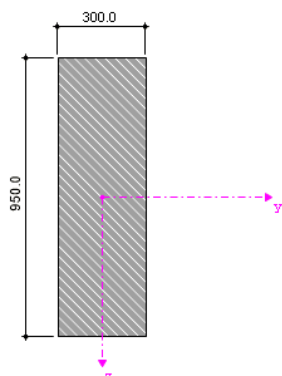


Obr. 45 Umístění T-průřezu P2 v modelu

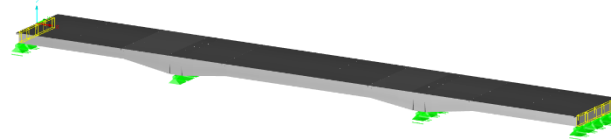
Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	1850	mm
Šířka pásnice	$b$	1510	mm
Tloušťka pásnice	$t$	150	mm
Tloušťka stěny	$s$	620	mm
Plocha průřezu	$A$	1280500	$\text{mm}^2$
Smyková plocha	$A_y$	679414	$\text{mm}^2$
Smyková plocha	$A_z$	946547	$\text{mm}^2$
Poloha těžiště	$z_s$	836,40	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	4,138E+11	$\text{mm}^4$
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	7,680E+10	$\text{mm}^4$
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	568,50	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	244,90	mm
Hmotnost průřezu	$G$	3201,3	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	1,176E+11	$\text{mm}^4$
Elastický průřezový modul	$W_y$	4,082E+08	$\text{mm}^3$
Elastický průřezový modul	$W_z$	1,017E+08	$\text{mm}^3$
Statický moment	$S_{y,\max}$	3,185E+08	$\text{mm}^3$
Statický moment	$S_{z,\max}$	1,244E+08	$\text{mm}^3$

Tab. 14 Průřezové charakteristiky T-průřezu P2

OBDÉLNÍKOVÝ PRŮŘEZ 300/950



Obr. 46 Obdélníkový průřez 300/950

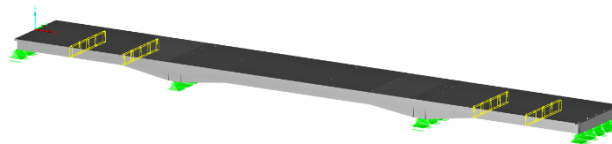
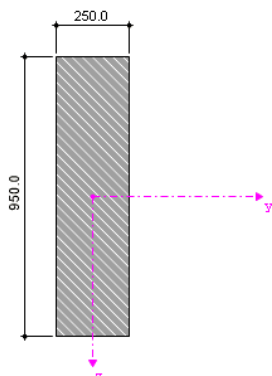


Obr. 47 Umístění obdélníkového průřezu 300/950 v modelu

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	950	mm
Šířka pásnice	$b$	300	mm
Plocha průřezu	$A$	285000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	237500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	237500	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	475	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	2,143E+10	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	2,138E+09	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	274,20	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	86,60	mm
Hmotnost průřezu	$G$	712,50	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	6,850E+09	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	2,303E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	4,512E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	1,425E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	3,384E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	1,069E+07	mm <sup>3</sup>

Tab. 15 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 300/950

## OBDÉLNÍKOVÝ PRŮŘEZ 250/950



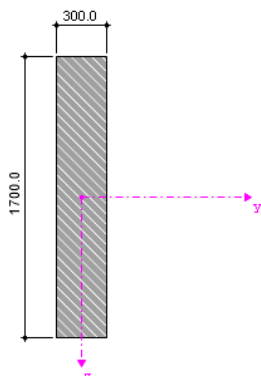
Obr. 49 Umístění obdélníkového průřezu 250/950 v modelu

Obr. 48 Obdélníkový průřez 250/950

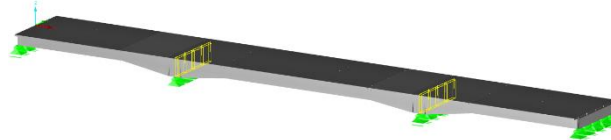
Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	950	mm
Šířka pásnice	$b$	250	mm
Plocha průřezu	$A$	237500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	197917	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	197917	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	475	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	1,786E+10	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	1,237E+09	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	274,20	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	72,20	mm
Hmotnost průřezu	$G$	593,80	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	4,128E+09	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	1,652E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	3,760E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	9,896E+06	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	2,820E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	7,422E+06	mm <sup>3</sup>

Tab. 16 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 250/950

## OBDÉLNÍKOVÝ PRŮŘEZ 300/1700



Obr. 50 Obdélníkový průřez 300/1700

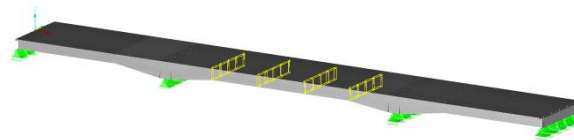
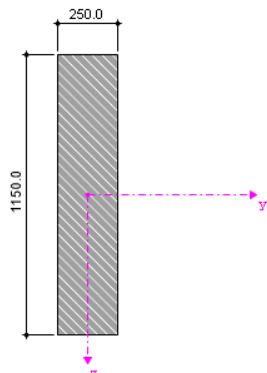


Obr. 51 Umístění obdélníkového průřezu 300/1700  
v modelu

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	1700	mm
Šířka pásnice	$b$	300	mm
Plocha průřezu	$A$	510000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	425000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	425000	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	850	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	1,228E+11	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	3,825E+09	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	490,70	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	86,60	mm
Hmotnost průřezu	$G$	1275,00	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	1,360E+10	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	4,529E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	1,445E+08	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	2,550E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	1,084E+08	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	1,913E+07	mm <sup>3</sup>

Tab. 17 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 300/1700

## OBDÉLNÍKOVÝ PRŮŘEZ 250/1150



Obr. 53 Umístění obdélníkového průřezu 250/1150 v modelu

Obr. 52 Obdélníkový průřez 250/1150

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	$h$	1150	mm
Šířka pásnice	$b$	250	mm
Plocha průřezu	$A$	287500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	239583	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	239583	mm <sup>2</sup>
Poloha těžiště	$z_s$	575	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	3,168E+10	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	1,497E+09	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	332,00	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	72,20	mm
Hmotnost průřezu	$G$	718,80	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	5,169E+09	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	2,059E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	5,510E+07	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	1,198E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	4,133E+07	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	8,984E+06	mm <sup>3</sup>

Tab. 18 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 250/1150



## 5.4 Zatěžovací stavy

Přehled uvažovaných zatěžovacích stavů ve výpočtu zatížitelnosti stávajícího mostu je uveden v Tab. 19.

*Zkratky: Vn = sestava dopravního zatížení pro určení normální zatížitelnosti; Vr = sestava dopravního zatížení pro určení výhradní zatížitelnosti; Ve = sestava dopravního zatížení pro určení výjimečné zatížitelnosti.*

	Název	Typ
ZS1	Vlastní tíha	stálé
ZS2	Ostatní stálé - římsy	stálé
ZS3	Ostatní stálé - vozovka	stálé
ZS4	Vn, Vr – chodník L1	proměnné - doprava
ZS5	Vn, Vr – chodník P2	proměnné - doprava
ZS6	Vn, Vr – chodník L2	proměnné - doprava
ZS7	Vn L1	proměnné - doprava
ZS8	Vn P2	proměnné - doprava
ZS9	Vn L2	proměnné - doprava
ZS10	Vr L1	proměnné - doprava
ZS11	Vr P2	proměnné - doprava
ZS12	Vr L2	proměnné - doprava
ZS13	Ve L1	proměnné - doprava
ZS14	Ve P2	proměnné - doprava
ZS15	Ve L2	proměnné - doprava
ZS16	Oteplení – konstantní	proměnné – teplota
ZS17	Ochlazení – konstantní	proměnné – teplota
ZS18	Oteplení – lineární	proměnné – teplota
ZS19	Ochlazení – lineární	proměnné – teplota

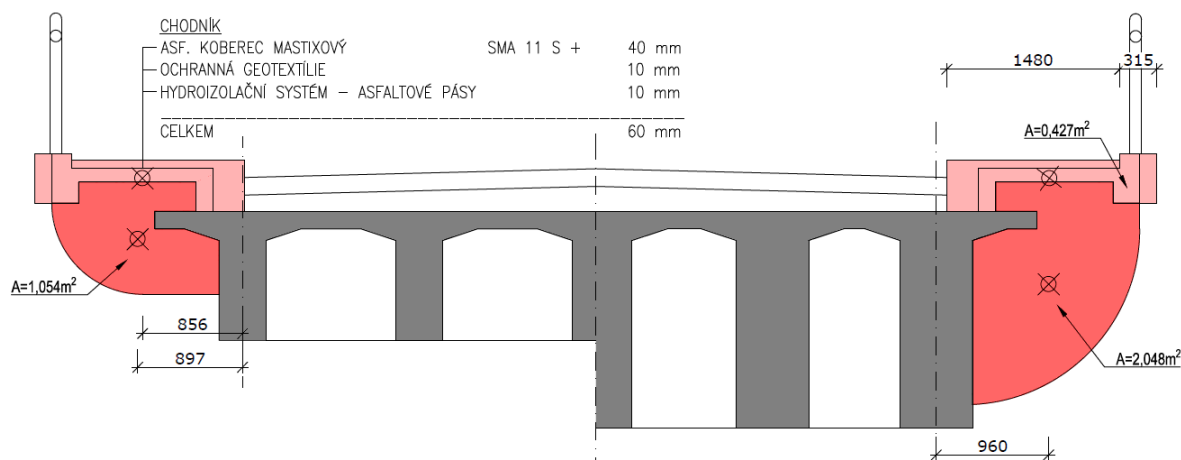
Tab. 19 Přehled zatěžovacích stavů

### 5.4.1 Stálá zatížení

#### ZS1: VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha nosné konstrukce byla generována přímo programem Dlubal RFEM 5.

## ZS2: OSTATNÍ STÁLÉ – ŘÍMSY



Obr. 54 ZS2: Příčný řez

	$h_i$ [m]	$b_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m³]	$g_i$ [kN/m]	$r_i$ [m]	$M_{xi}$ [kNm]
Asfaltový koberec mastixový SMA 11 S +	0,040	1,48	24,00	1,42	0,856	
Ochranná geotextilie	0,010	1,48	15,00	0,22	0,856	
Hydroizolační systém – asfaltové pásy	0,010	1,48	14,00	0,21	0,856	
Betonová římsa (0,427m²)			25,00	10,68	0,856	
Celkem				12,53	0,856	10,73

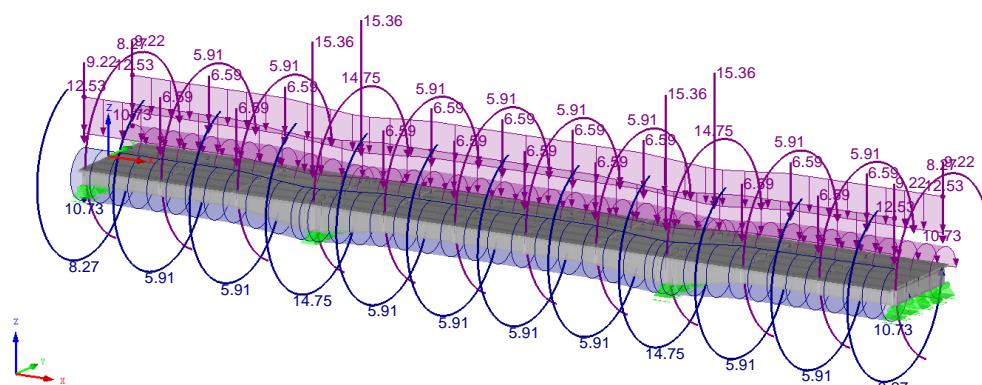
Tab. 20 ZS2: Ostatní stálé - chodníkové římsy

	$A_i$ [m²]	$t_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m³]	$G_i$ [kN]	$r_i$ [m]	$M_{xi}$ [kNm]
Monolitická podpora římsy – pole	1,054	0,25	25,00	6,59	0,897	5,91
Monolitická podpora římsy – opěry	1,054	0,35	25,00	9,22	0,897	8,27
Monolitická podpora římsy – pilíře	2,048	0,30	25,00	15,36	0,960	14,75

Tab. 21 ZS2: Ostatní stálé - podpůrné konstrukce říms

ZS2: ostatni\_stale\_rimsy  
Zatížení [kN/m], [kN], [kNm/m], [kNm]

Izometrie



Obr. 55 ZS2: Umístění zatížení na modelu

## ZS3: OSTATNÍ STÁLÉ – VOZOVKA

Sídlo a fakturační adresa:

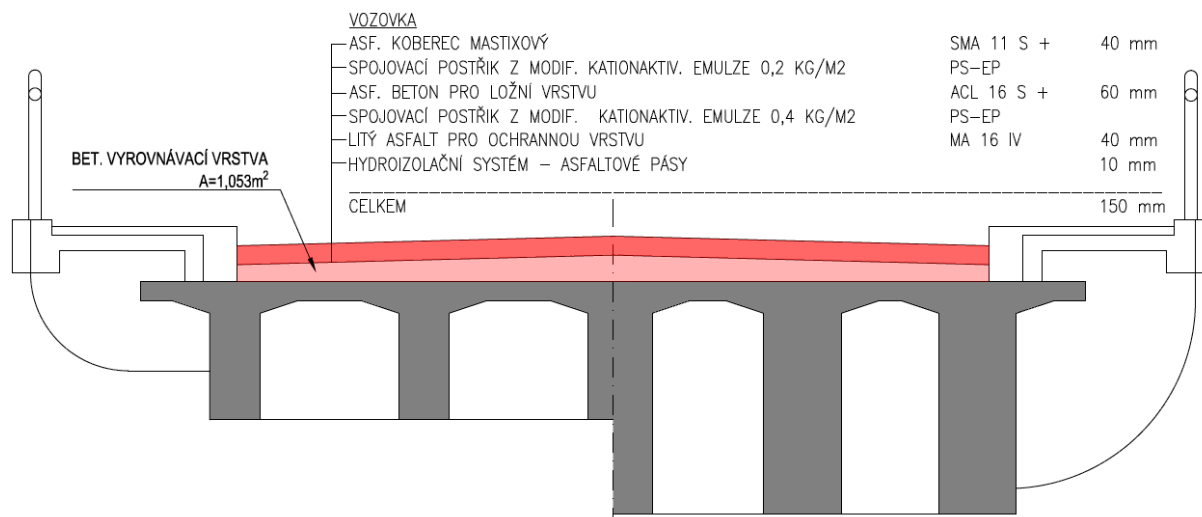
doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603

E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730



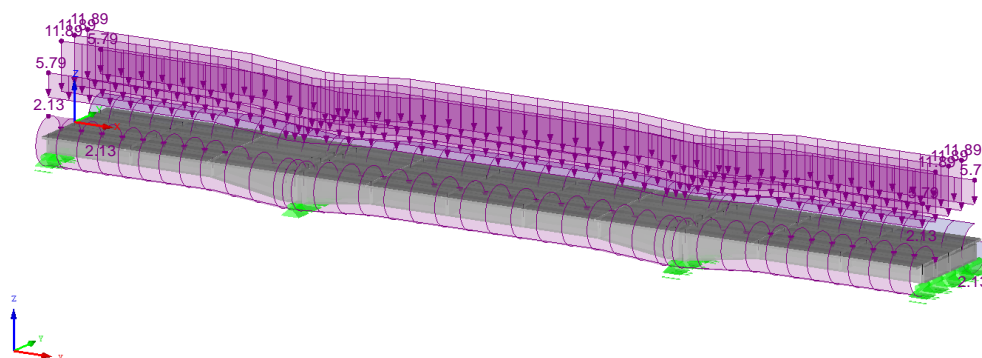
Obr. 56 ZS3: Příčný řez

	$h_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m³]	$g_i$ [kN/m²]
Asfaltový koberec mastixový SMA 11 S +	0,040	24,00	0,96
Asfaltový beton pro ložní vrstvu ACL 16 S +	0,060	24,00	1,44
Litý asfalt pro ochrannou vrstvu MA 16 IV	0,040	24,00	0,96
Hydroizolační systém – asfaltové pásy	0,010	14,00	0,14
Betonová vyrovnávací vrstva (1,053m²/6m)	0,175	25,00	4,39
Celkem			7,88

Tab. 22 ZS3: Ostatní stálé - vozovka

ZS3: ostatni\_stale\_vozovka  
Zatížení [kN/m], [kNm/m]

Izometrie



Obr. 57 ZS3: Umístění zatížení na modelu

## 5.4.2 Proměnná zatížení

Proměnná zatížení (zatížení od dopravy) se při výpočtu zatížitelnosti uvažují dle zatěžovacích schémat podle ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací.

Byly použity zatěžovací sestavy pro stanovení normální zatížitelnosti  $V_n$ , výhradní zatížitelnosti  $V_r$  a výjimečné zatížitelnosti  $V_e$ .

V příčném směru byly sestavy dopravních zatížení umístěny tak, aby jejich účinek na konstrukci byl co největší. Stejně tak v podélném směru byly zatěžovací sestavy  $V_n$ ,  $V_r$  a  $V_e$  umístěny do nejméně příznivé pozice dle vyhodnocení příčinkových čar tak, aby v řešených rozhodujících řezech konstrukce vznikly od zatížení maximální účinky.

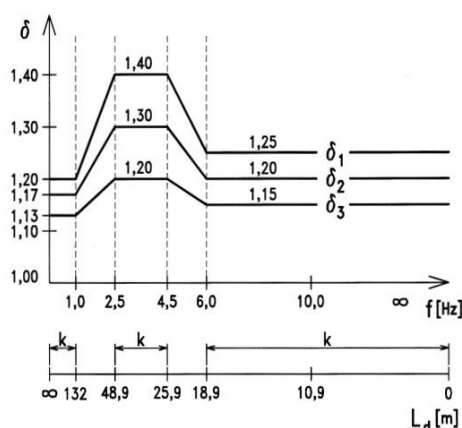
#### DYNAMICKÉ ÚČINKY ZATÍŽENÍ OD DOPRAVY:

Dynamické účinky od zatížení dopravou se při výpočtu zatížitelnosti zohledňují dynamickým součinitelem  $\delta$ , kterým se násobí statické účinky příslušného zatížení. Hodnoty dynamických součinitelů se stanoví v závislosti na typu zatížení a vlastní frekvenci nosné konstrukce mostu.

Jedná se o most běžného statického působení, tedy není třeba stanovit dynamické účinky zatížení dopravou přesnějším výpočtem.

Náhradní délka  $L_D$  pro výpočet dynamického součinitele  $\delta$  se pro spojitě trémové konstrukce určí jako aritmetický průměr rozpětí všech polí:

$L_1$ [m]	16,50	$L_2$ [m]	25,50	$L_3$ [m]	16,50
$L_D$ [m] = 19,500					
$f$ [Hz] = $90,6 L_D^{-0,923} = 5,840$					



Obr. 58 Dynamické součinitele v závislosti na vlastní frekvenci

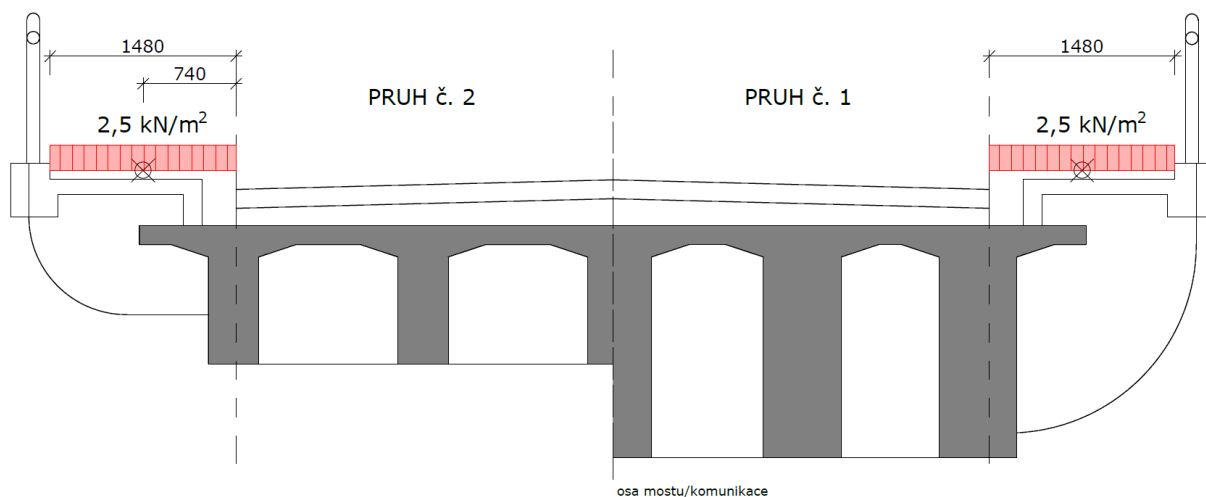
Normální zatížitelnost  $V_n$ :  $\delta = \delta_2 = 1,21$

Výhradní zatížitelnost  $V_r$ :  $\delta = \delta_1 = 1,27$

Výjimečná zatížitelnost  $V_e$ :  $\delta = 1,05$

ZS4:  $V_n$ ,  $V_r$  – CHODNÍK L1

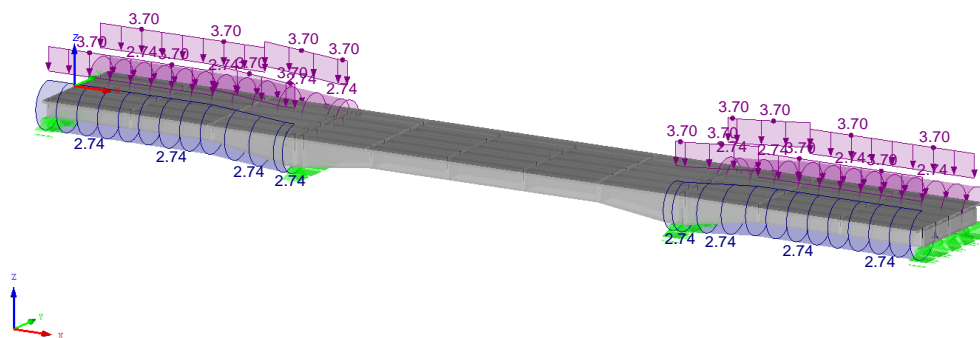
Dle tab. 7.1 a tab. 7.2 v [2] se spolu s dopravním zatížením uvažuje také současné rovnoměrné zatížení chodníků a cyklistických ploch hodnotou  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .



Obr. 59 ZS4: Příčný řez

ZS4: Vn\_Vr\_chodnik\_L1  
Zatížení [kN/m], [kNm/m]

Izometrie

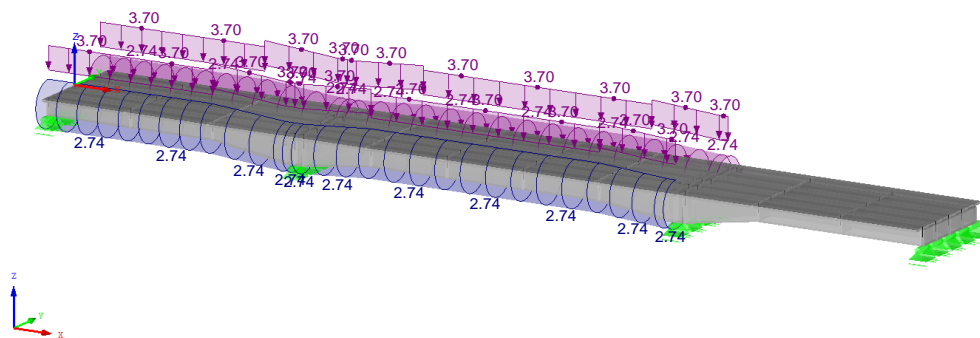


Obr. 60 ZS4: Umístění zatížení na modelu

## ZS5: Vn, Vr – CHODNÍK P2

ZS5: Vn\_Vr\_chodnik\_P2  
Zatížení [kN/m], [kNm/m]

Izometrie



Obr. 61 ZS5: Umístění zatížení na modelu

### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603

E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

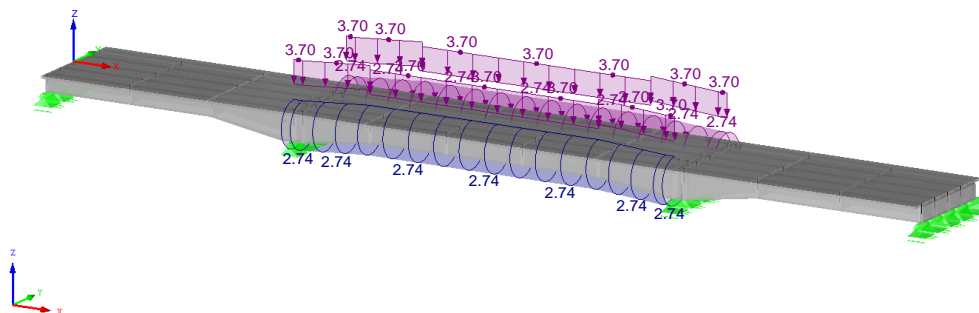
IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730

ZS6:  $V_n$ ,  $V_r$  – CHODNÍK L2

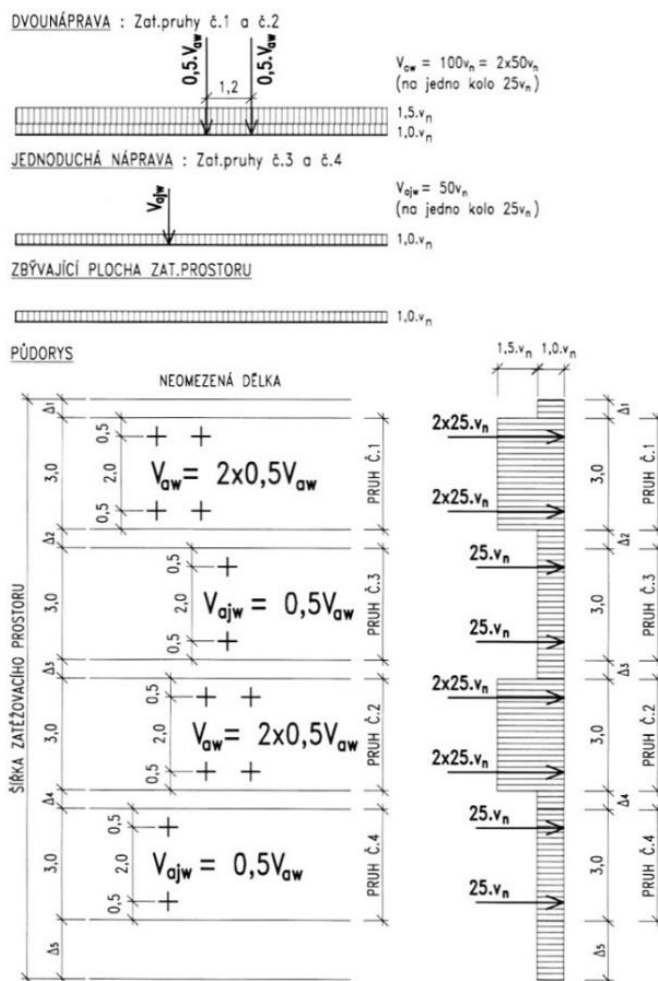
ZS6:  $V_n$ ,  $V_r$  chodník L2  
Zatížení [kN/m], [kNm/m]

Izometrie

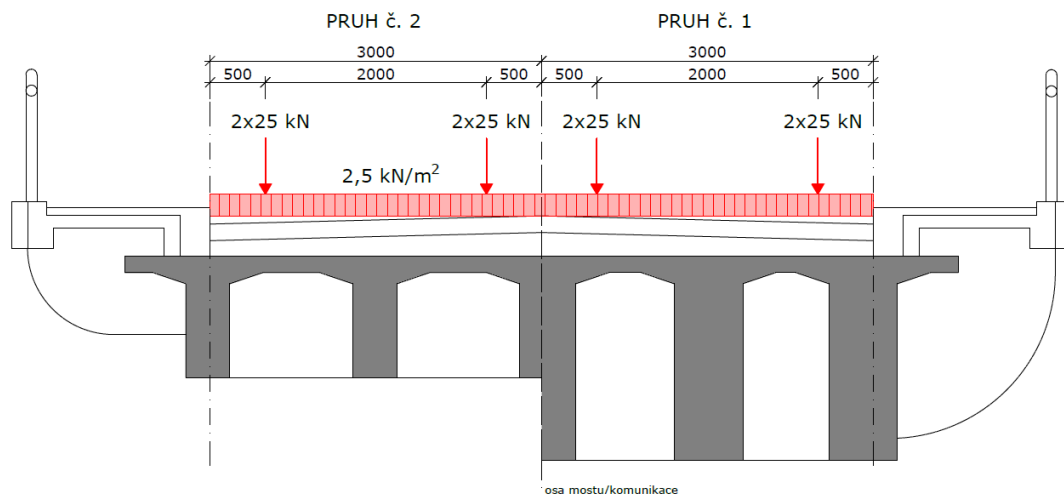


Obr. 62 ZS6: Umístění zatížení na modelu

ZS7:  $V_n$  L1



Obr. 63 Zatěžovací schéma pro stanovení normální zatížitelnosti dle [2]



Obr. 64 Umístění zatěžovací sestavy  $V_n$  v příčném směru

ZS1: pruh\_1\_1  
Zatížení [kN]  
Podporové reakce[kN]

Ve směru Y



Obr. 65 Roznos kolového zatížení od  $V_n$  na jednotlivé trámy – pravé kolo

ZS2: pruh\_1\_2  
Zatížení [kN]  
Podporové reakce[kN]

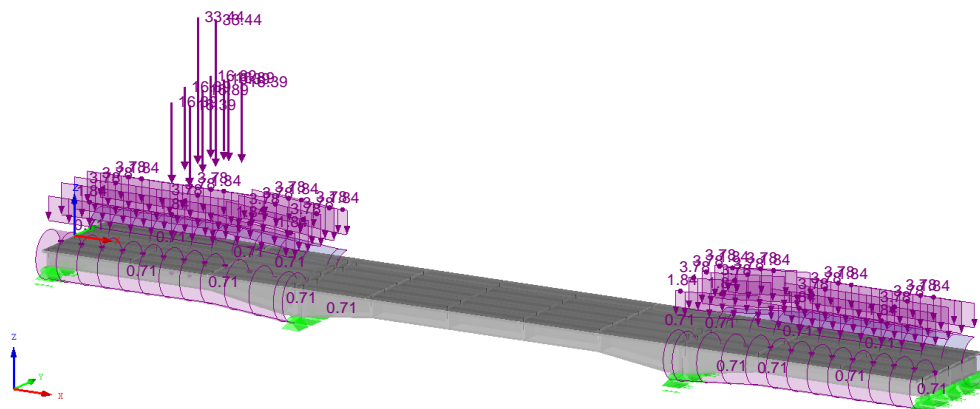
Ve směru Y



Obr. 66 Roznos kolového zatížení od  $V_n$  na jednotlivé trámy – levé kolo

ZS7: Vn\_L1  
Zatížení [kN/m], [kN], [kNm/m]

Izometrie

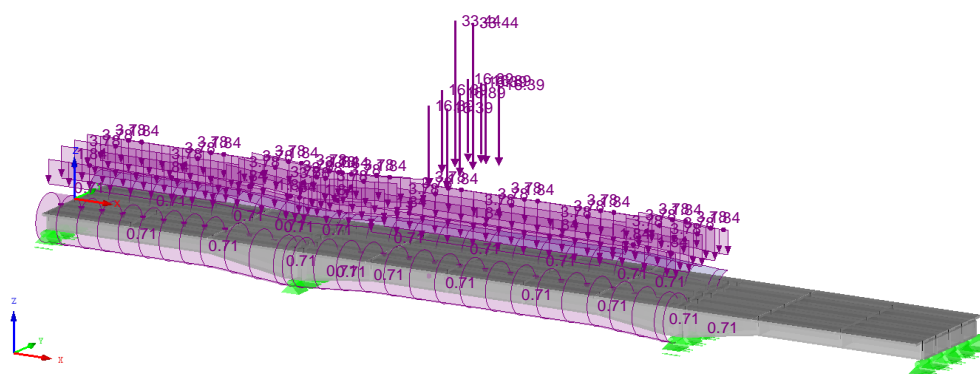


Obr. 67 ZS7: Umístění zatížení na modelu

ZS8: Vn\_P2

ZS8: Vn\_P2  
Zatížení [kN/m], [kN], [kNm/m]

Izometrie



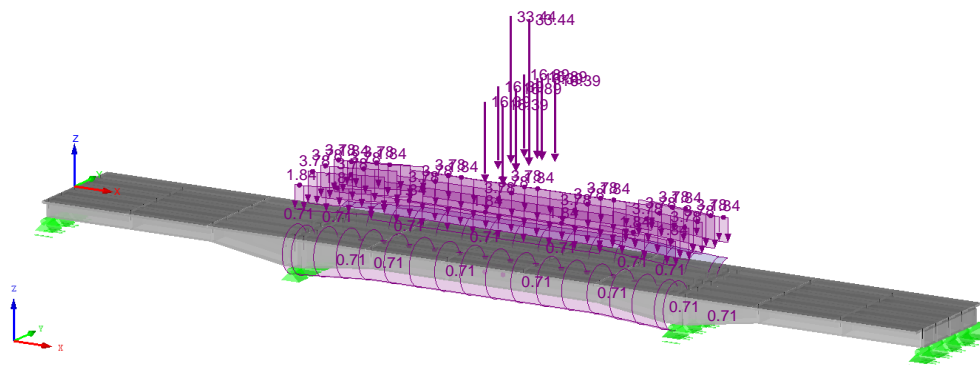
Obr. 68 ZS8: Umístění zatížení na modelu



## ZS9: Vn L2

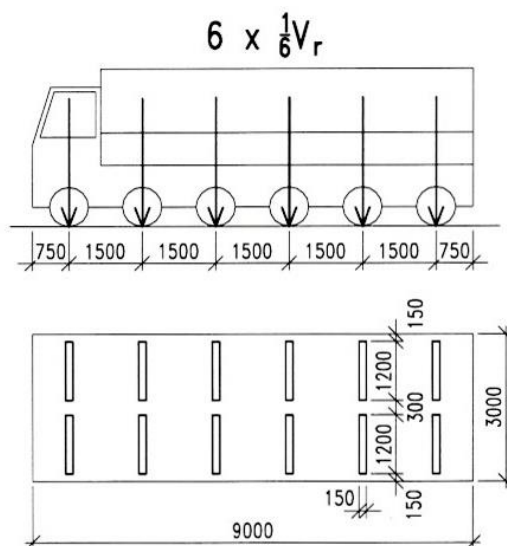
ZS9: Vn\_L2  
Zatížení [kN/m], [kN], [kNm/m]

## Izometrie

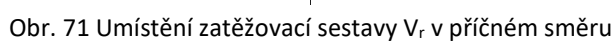


Obr. 69 ZS9: Umístění zatížení na modelu

## ZS10: Vr L1

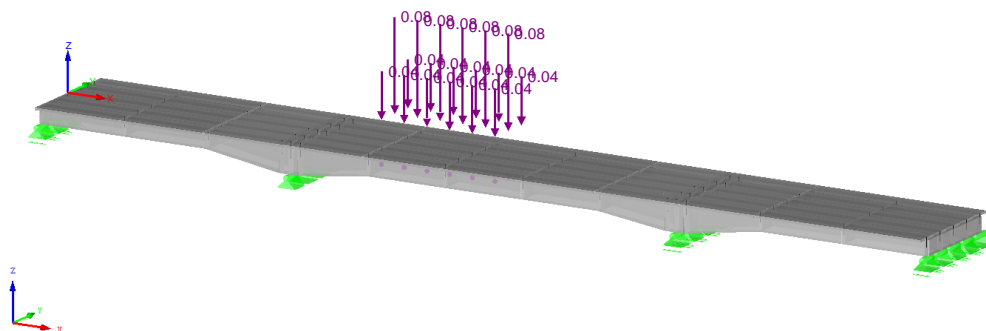


Obr. 70 Zatěžovací schéma pro stanovení výhradní zatížitelnosti dle [2]



ZS11: Vr\_P2  
Zatížení [kN]

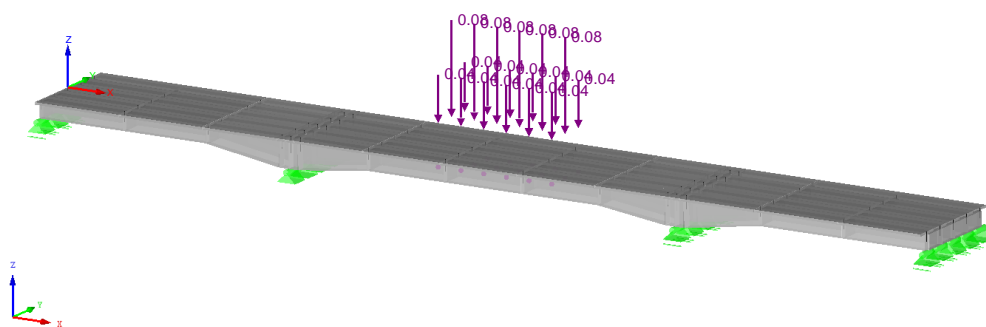
## Izometrie



ZS12: Vr L2

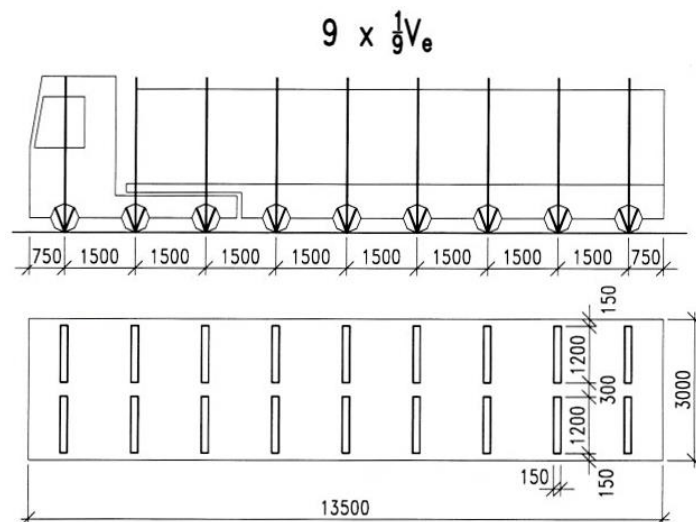
ZS12: Vr\_L2  
Zatížení [kN]

## Izometrie

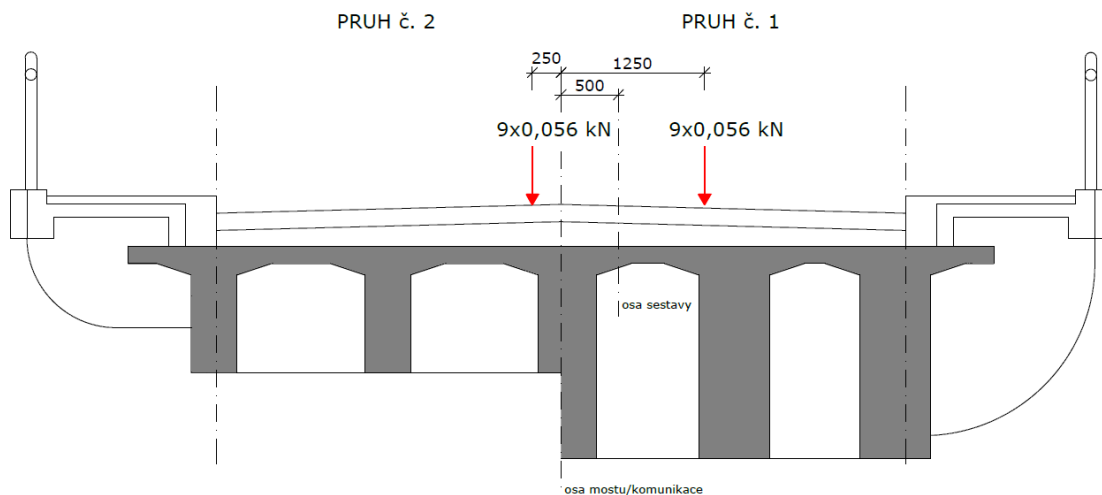


Obr. 75 ZS12: Umístění zatížení na modelu

ZS13: Ve L1



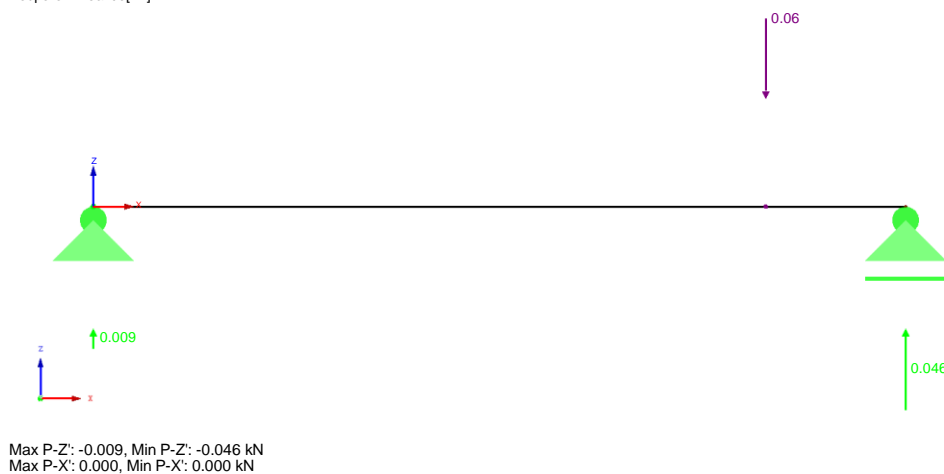
Obr. 76 Zatěžovací schéma pro stanovení výjimečné zatížitelnosti dle [2]



Obr. 77 Umístění zatěžovací sestavy  $V_e$  v příčném směru

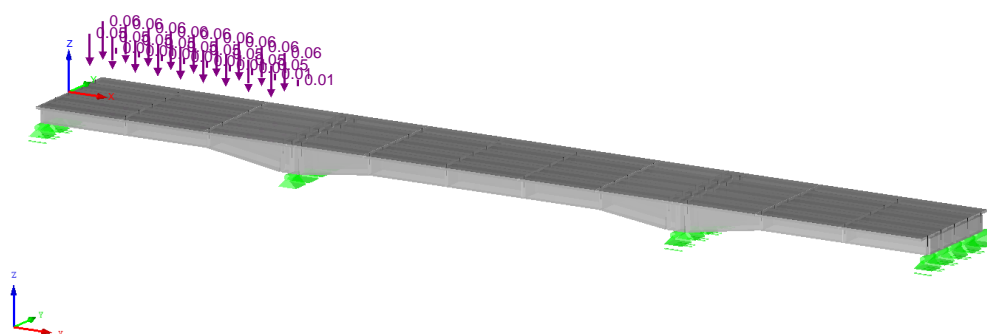
ZS4: Ve pruh\_1\_1  
Zatížení [kN]  
Podporové reakce[kN]

Ve směru Y



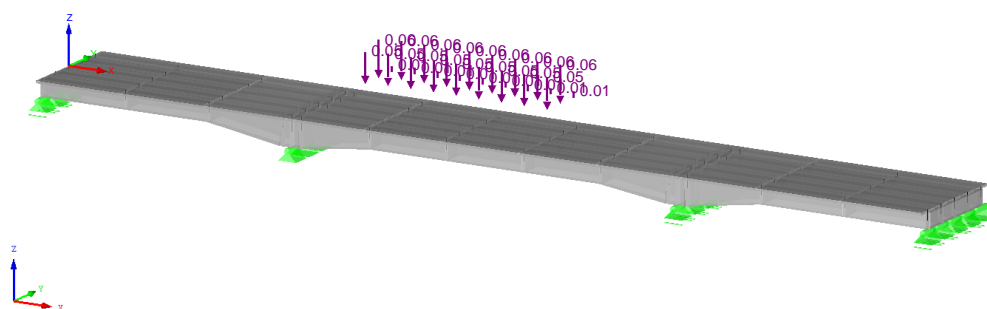
Obr. 78 Roznos kolového zatížení od  $V_e$  na jednotlivé trávy

## Izometrie



ZS14: Ve P2

## Izometrie

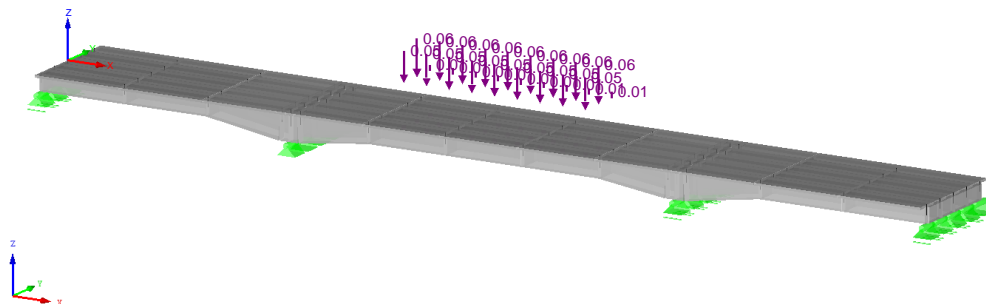


Obr. 80 ZS14: Umístění zatížení na modelu

## ZS15: Ve L2

ZS15: Ve\_L2  
Zatížení [kN]

Izometrie

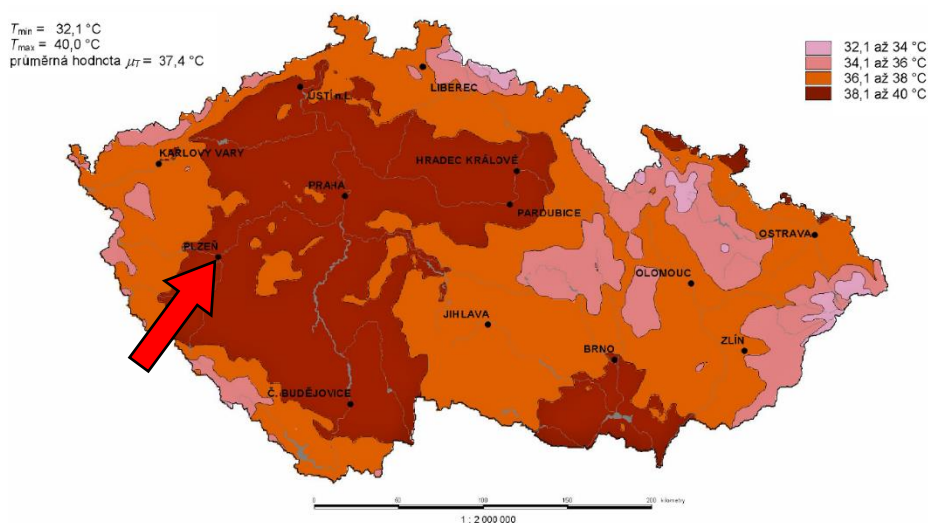


Obr. 81 ZS15: Umístění zatížení na modelu

## ZS16: OTEPLENÍ – KONSTANTNÍ

Zatížení konstrukce teplotou je uvažováno dle [3].

Charakteristické hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu pro lokalitu mostu ev. č. 233-031 jsou určeny z národní mapy izoterm, viz Obr. 82.



Obr. 82 Mapa maximálních teplot vzduchu ve stínu

### Teplota vzduchu ve stínu

Maximální teplota:	$T_{max} =$	40,0 °C
Výchozí teplota mostu:	$T_0 =$	10,0 °C

### Rozsah rovnoměrné složky teploty mostu

Pro 3. typ: betonová nosná konstrukce:

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5\text{ °C} = 40,0 + 1,5 = 41,5\text{ °C}$$

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min} = 41,5 - (-32,0) = 73,5\text{ °C}$$

### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

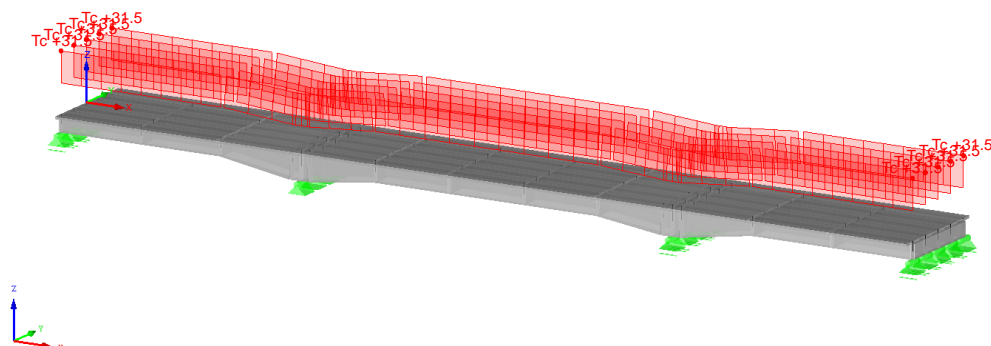
Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 41,5 - 10 = 31,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ZS16: oteplení\_konstantní  
Zatížení [°C]

Izometrie

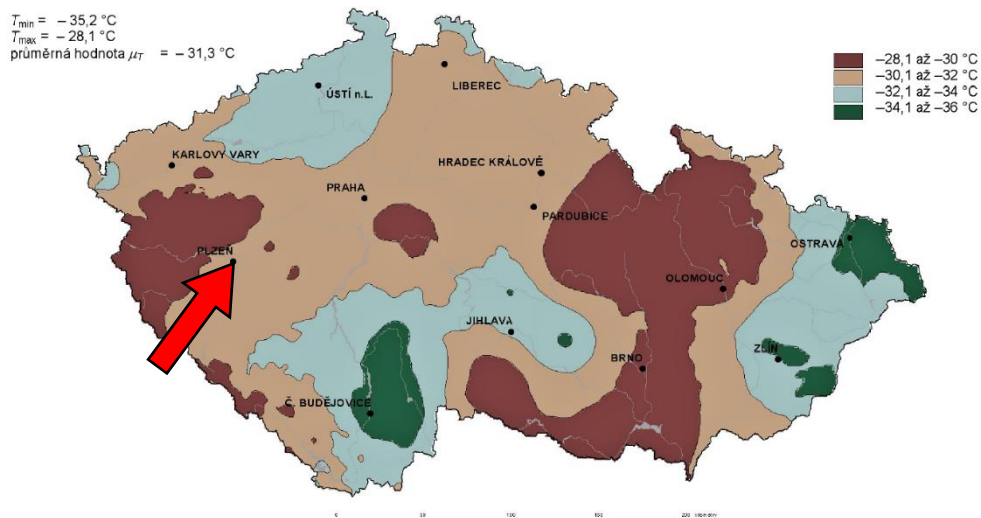


Obr. 83 ZS16: Zatížení konstantní teplotou - oteplení

#### ZS17: OCHLAZENÍ – KONSTANTNÍ

Zatížení konstrukce teplotou je uvažováno dle [3].

Charakteristické hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu pro lokalitu mostu ev. č. 233-031 jsou určeny z národní mapy izoterm, viz Obr. 84.



Obr. 84 Mapa minimálních teplot vzduchu ve stínu

#### Teplota vzduchu ve stínu

Minimální teplota:  $T_{min} = -32,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Výchozí teplota mostu:  $T_0 = 10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

#### Rozsah rovnoměrné složky teploty mostu

Pro 3. typ: betonová nosná konstrukce:

$T_{e,min} = T_{min} + 8 \text{ } ^\circ\text{C} = -32,0 + 8 = -24,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min} = 41,5 - (-32,0) = 73,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

#### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

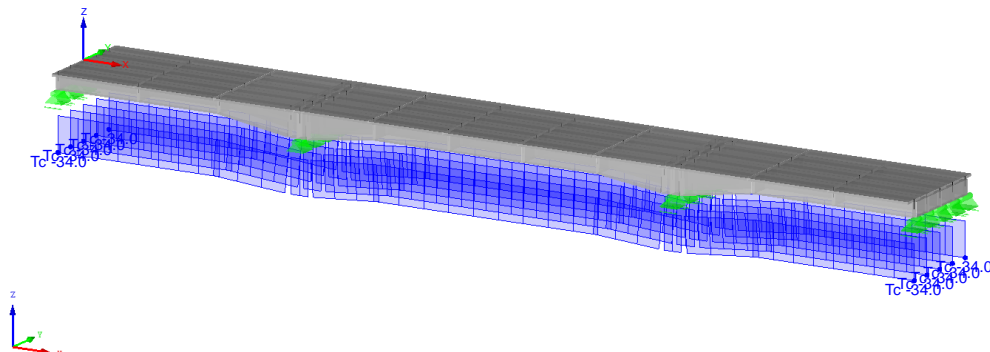
Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10 - (-24,0) = 34,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ZS17: ochlazení\_konstantní  
Zatížení [°C]

Izometrie



Obr. 85 ZS17: Zatížení konstantní teplotou - ochlazení

#### ZS18: OTEPLENÍ – LINEÁRNÍ

##### Svislá lineární složka teploty

Horní povrch teplejší než dolní.

Pro 3. typ: betonová nosná konstrukce – betonový nosník:

$$\Delta T_{M,heat} = 15 \cdot k_{sur} \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

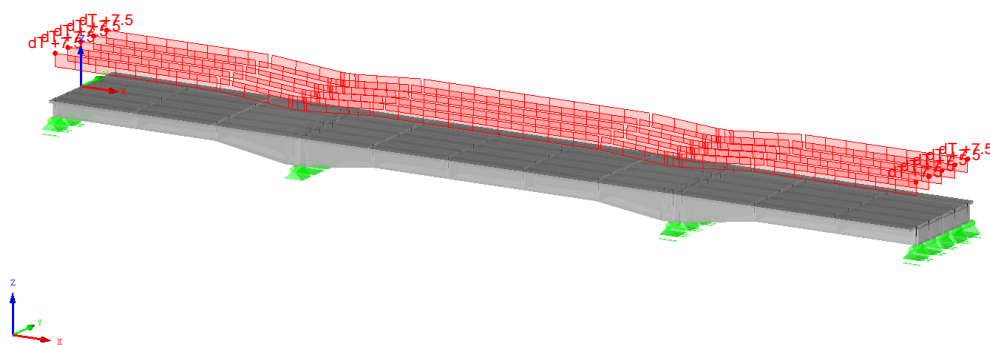
Hodnota součinitele pro tloušťku mostního svršku 150 mm:

$$k_{sur} = 0,5$$

$$\Delta T_{M,heat} = 15 \cdot 0,5 = 7,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ZS18: otepleni\_linearni  
Zatížení [°C]

Izometrie



Obr. 86 ZS18: Zatížení lineární složkou teploty – horní povrch teplejší než dolní

#### ZS19: OCHLAZENÍ – LINEÁRNÍ

##### Svislá lineární složka teploty

Dolní povrch teplejší než horní.

Pro 3. typ: betonová nosná konstrukce – betonový nosník:

##### Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSC., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730



$$\Delta T_{M,cool} = 8 \cdot k_{sur} [^{\circ}C]$$

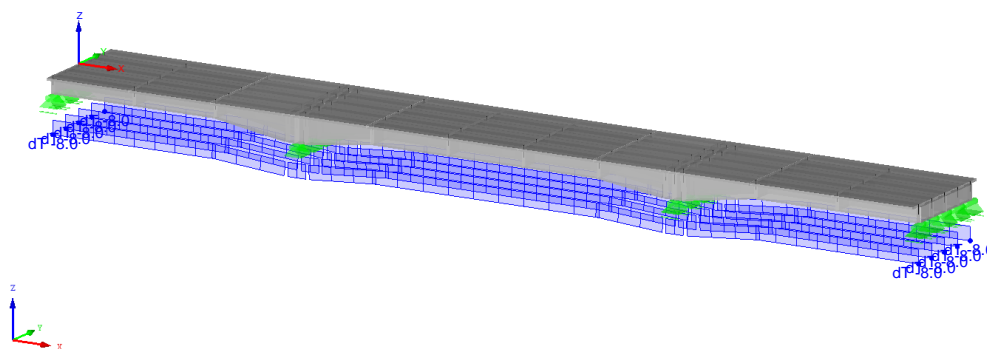
Hodnota součinitele pro tloušťku mostního svršku 150 mm:

$$k_{sur} = 1,0$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8 \cdot 1,0 = 8,0 ^{\circ}C$$

ZS19: ochlazení\_lineární  
Zatížení [ $^{\circ}C$ ]

Izometrie



Obr. 87 ZS19: Zatížení lineární složkou teploty – dolní povrch teplejší než horní

## ZATÍŽENÍ VĚTREM

Při stanovení zatížitelnost mostu lze zatížení větrem zanedbat, viz [2]. Ve výpočtu zatížení větrem není uvažováno.

## ZATÍŽENÍ ÚNAVOU

Vzhledem k malému rozkmitu napětí zatížení únavou nerozhoduje a ve výpočtu není uvažováno.

## 5.5 Kombinace zatížení a výsledků

Přehled uvažovaných kombinací zatížení je uveden v Tab. 23:

Název kombinace zatížení:	Typ	Zatěžovací stavy v kombinaci
<b>KZ1</b>	Vlastní tíha + římsy	charakteristická $1,00 \cdot (ZS1 + ZS2)$
<b>KZ2</b>	Stálé zatížení	charakteristická $1,00 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3)$

Tab. 23 Přehled kombinací zatížení

Kombinace zatížení byly ve výpočtu uvažovány dle [1] a [5]. Pro stanovení nejnepříznivějších účinků zatížení byly uvažovány kombinační rovnice 6.10a a 6.10b s příslušnými součiniteli podle Tab. 24.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

kde "+" značí „kombinovaný s“;

$\sum$  značí „kombinovaný účinek“;

$\xi$  je redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G

$\gamma_{G,j}$ [-]	1,35		$\xi_{G,j}$ [-]	0,85	
$\gamma_{Q,j}$ [-]	1,35	zatížení silniční dopravou	$\psi_{0,1}$ [-]	0,75	zatížení silniční dopravou
$\gamma_{Q,t}$ [-]	1,50	další proměnná zatížení (teplota)	$\psi_{0,t}$ [-]	0,60	zatížení teplotou

Tab. 24 Návrhové kombinační součinitelé

Název kombinace výsledků:		Zatěžovací stavy a kombinace zatížení v kombinaci výsledků
<b>KV1</b>	6.10a ( $V_n, V_r$ )	$1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,35 \cdot 0,75 \cdot \max(ZS4, ZS5, ZS6) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19)$
<b>KV2</b>	6.10b ( $V_n, V_r$ )	$0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,35 \cdot \max(ZS4, ZS5, ZS6) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19)$
<b>KV3</b>	6.10a ( $V_e$ )	$1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19)$
<b>KV4</b>	6.10b ( $V_e$ )	$0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19)$
<b>KV5</b>	Max/Min $M_y$	$1,00 \cdot \max(KV1, KV2)$
<b>KV6</b>	$V_n$ 6.10a	$1,35 \cdot 0,75 \cdot 1,21 \cdot \max(ZS7, ZS8, ZS9)$
<b>KV7</b>	$V_n$ 6.10b	$1,35 \cdot 1,21 \cdot \max(ZS7, ZS8, ZS9)$
<b>KV8</b>	$V_r$ 6.10a	$1,35 \cdot 0,75 \cdot 1,27 \cdot \max(ZS10, ZS11, ZS12)$
<b>KV9</b>	$V_r$ 6.10b	$1,35 \cdot 1,27 \cdot \max(ZS10, ZS11, ZS12)$
<b>KV10</b>	$V_e$ 6.10a	$1,35 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot \max(ZS13, ZS14, ZS15)$
<b>KV11</b>	$V_e$ 6.10b	$1,35 \cdot 1,05 \cdot \max(ZS13, ZS14, ZS15)$

Tab. 25 Přehled kombinací výsledků

## 5.6 Vnitřní síly

Hodnoty ohybových momentů  $M_y$  z příslušných kombinací výsledků podle Tab. 25 jsou uvedeny Tab. 26.

Kombinace výsledků:		Max. $M_y$ (L1):	Min. $M_y$ (P2):	Max. $M_y$ (L2):
<b>KV1</b>	6.10a ( $V_n, V_r$ )	584,04 kNm	-3228,94 kNm	1433,23 kNm
<b>KV2</b>	6.10b ( $V_n, V_r$ )	528,85 kNm	-2857,79 kNm	1286,30 kNm
<b>KV3</b>	6.10a ( $V_e$ )	540,45 kNm	-3082,20 kNm	1368,13 kNm
<b>KV4</b>	6.10b ( $V_e$ )	470,57 kNm	-2661,64 kNm	1199,29 kNm
<b>KV5</b>	Max/Min $M_y$	584,04 kNm	-3228,94 kNm	1433,23 kNm
<b>KV6</b>	$V_n$ 6.10a	258,80 kNm	-407,37 kNm	347,74 kNm
<b>KV7</b>	$V_n$ 6.10b	342,96 kNm	-539,85 kNm	460,83 kNm
<b>KV8</b>	$V_r$ 6.10a	0,76 kNm	-1,23 kNm	1,10 kNm

<b>KV9</b>	$V_r$ 6.10b	1,01 kNm	-1,63 kNm	1,45 kNm
<b>KV10</b>	$V_e$ 6.10a	0,41 kNm	-0,63 kNm	0,59 kNm
<b>KV11</b>	$V_e$ 6.10b	0,55 kNm	-0,84 kNm	0,79 kNm

Tab. 26 Přehled max./min. hodnot ohybového momentu  $M_y$  v řešených řezech

Dále v kap. 5.6.1 až 5.6.11 jsou zobrazeny průběhy ohybových momentů  $M_y$  ze softwaru pro analýzu konstrukcí Dlubal RFEM 5.

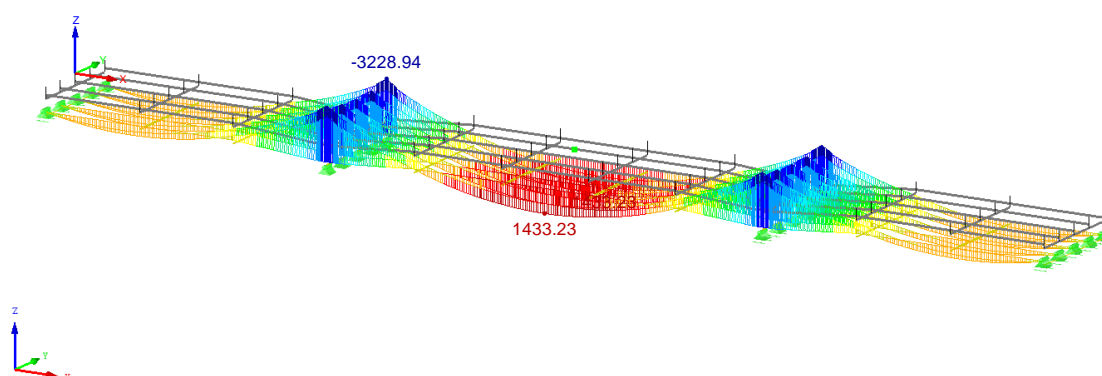
### 5.6.1 KV1: 6.10a ( $V_n$ , $V_r$ )

KV1: 6.10a ( $V_n$ ,  $V_r$ )

Vnitřní síly M-y

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max M-y: 1433.23, Min M-y: -3228.94 kNm

Obr. 88 KV1: 6.10a ( $V_n$ ,  $V_r$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

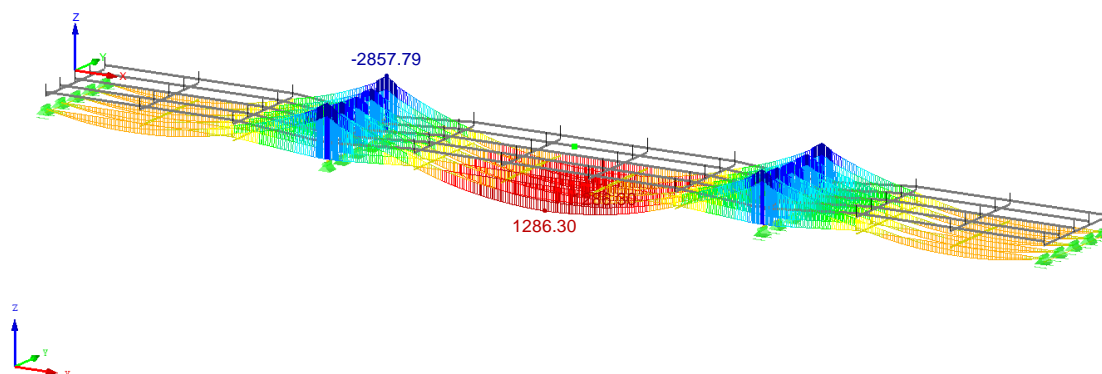
### 5.6.2 KV2: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ )

KV2: 6.10b ( $V_n$ ,  $V_r$ )

Vnitřní síly M-y

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



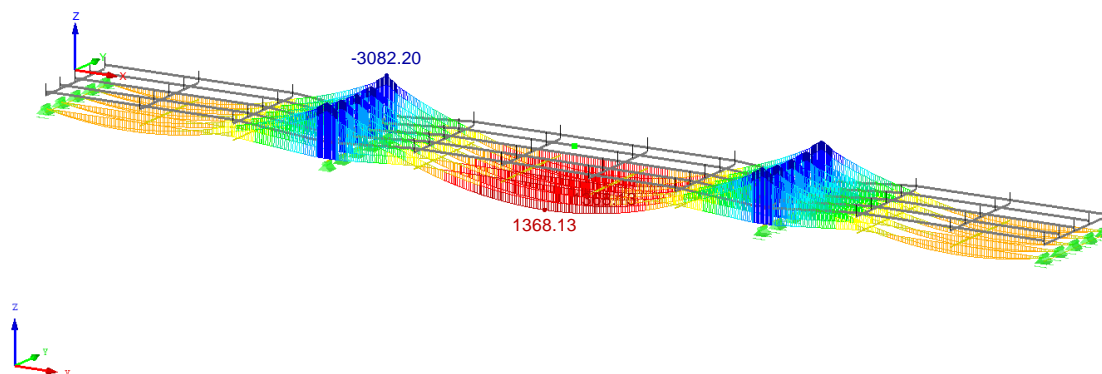
Max M-y: 1286.30, Min M-y: -2857.79 kNm

Obr. 89 KV2: 6.10b ( $V_n$ ,  $V_r$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.3 KV3: 6.10b ( $V_e$ )

KV3: 6.10a ( $V_e$ )  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



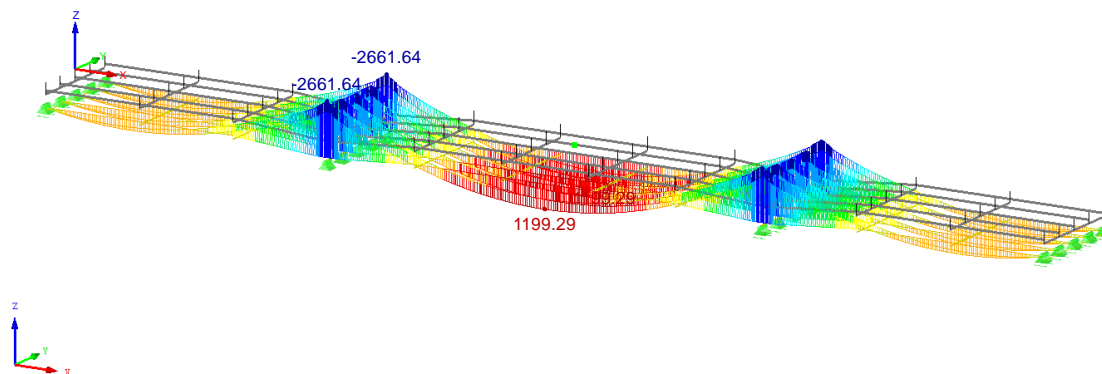
Max M-y: 1368.13, Min M-y: -3082.20 kNm

Obr. 90 KV3: 6.10a ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.4 KV4: 6.10b ( $V_e$ )

KV4: 6.10b ( $V_e$ )  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



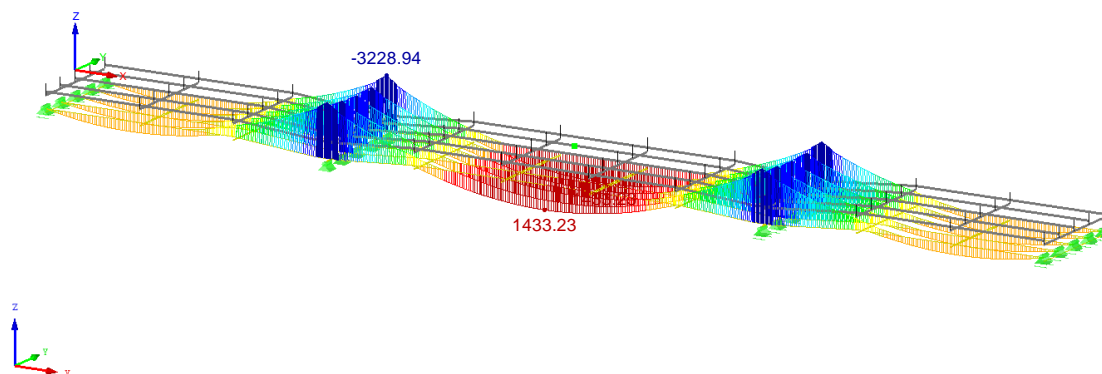
Max M-y: 1199.29, Min M-y: -2661.64 kNm

Obr. 91 KV4: 6.10b ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.5 KV5: Max/Min $M_y$

KV5: Max/Min  $M_y$   
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



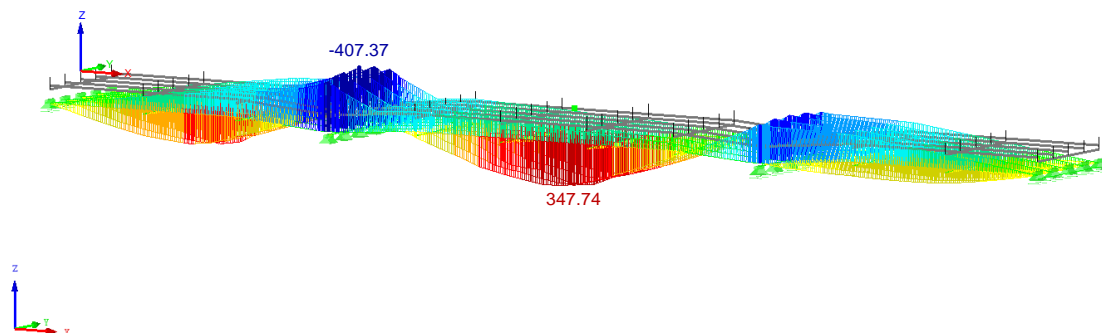
Max M-y: 1433.23, Min M-y: -3228.94 kNm

Obr. 92 KV3: Max/Min  $M_y$  - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.6 KV6: $V_n$ 6.10a

KV6:  $V_n$  6.10a  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



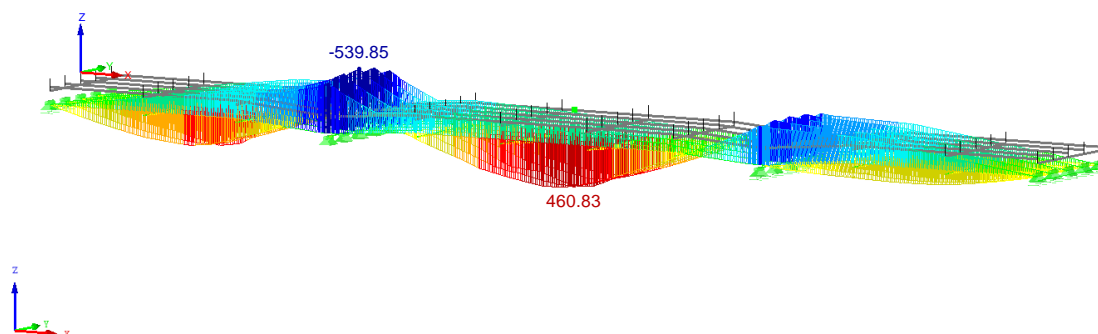
Max M-y: 347.74, Min M-y: -407.37 kNm

Obr. 93 KV6:  $V_n$  6.10a - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.7 KV7:V<sub>n</sub> 6.10b

KV7: V<sub>n</sub>\_6.10b  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



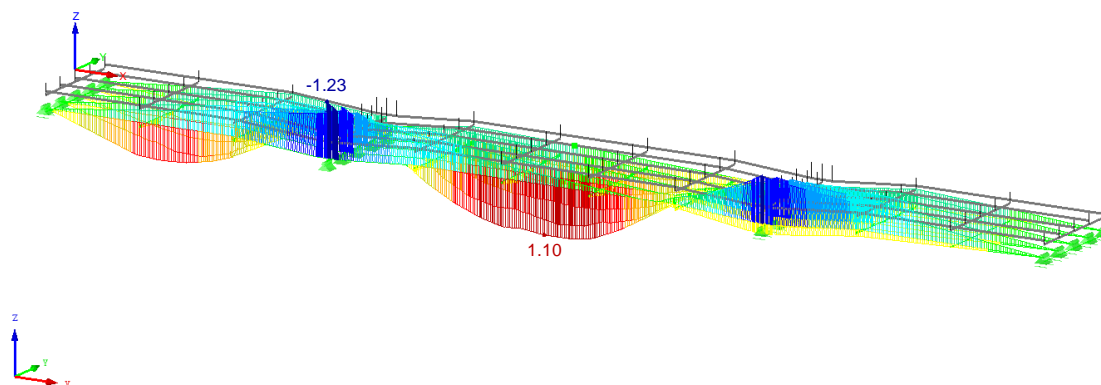
Max M-y: 460.83, Min M-y: -539.85 kNm

Obr. 94 KV7: V<sub>n</sub> 6.10b - obálka ohybového momentu M<sub>y</sub>

### 5.6.8 KV8:V<sub>r</sub> 6.10a

KV8: V<sub>r</sub>\_6.10a  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



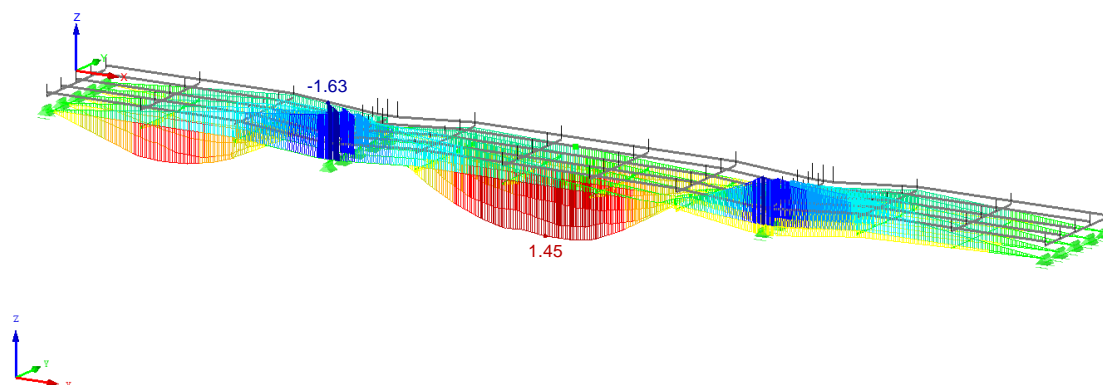
Max M-y: 1.10, Min M-y: -1.23 kNm

Obr. 95 KV8: V<sub>r</sub> 6.10a - obálka ohybového momentu M<sub>y</sub>

### 5.6.9 KV9:V<sub>r</sub> 6.10b

KV9: Vr\_6.10b  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



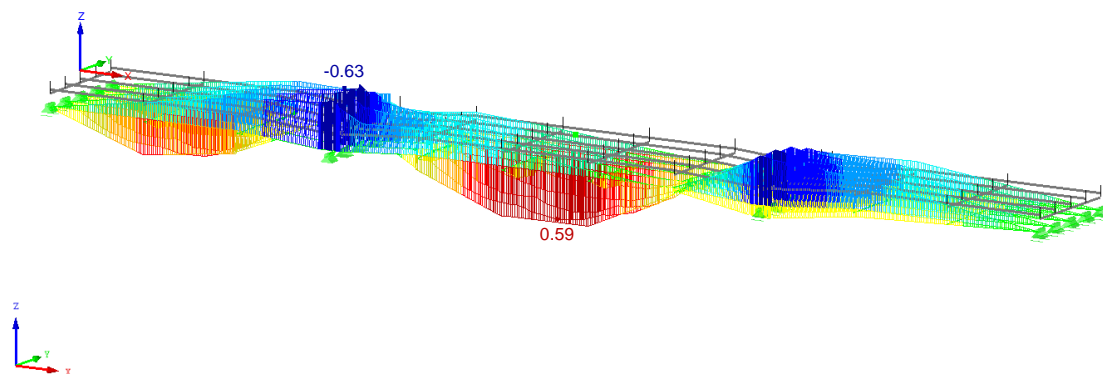
Max M-y: 1.45, Min M-y: -1.63 kNm

Obr. 96 KV9: Vr\_6.10b - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.10 KV10:V<sub>e</sub> 6.10a

KV10: Ve\_6.10a  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



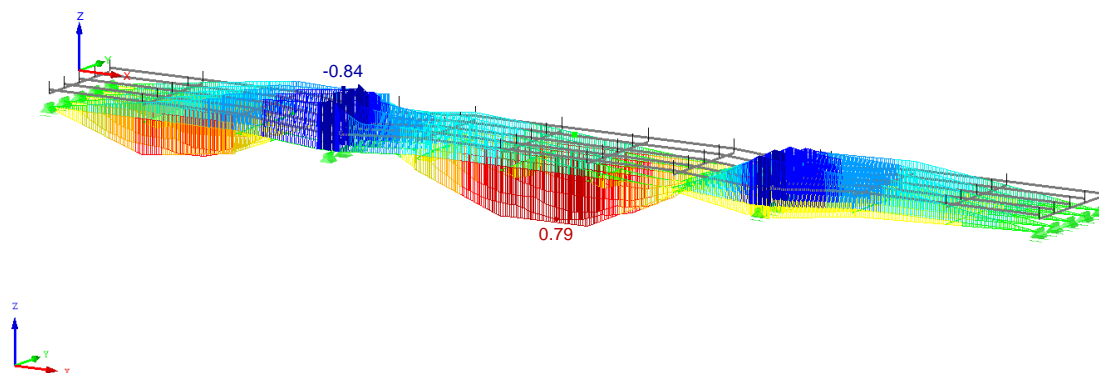
Max M-y: 0.59, Min M-y: -0.63 kNm

Obr. 97 KV10: V<sub>e</sub> 6.10a - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 5.6.11 KV11:Ve 6.10b

KV11: Ve\_6.10b  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max  $M_y$ : 0.79, Min  $M_y$ : -0.84 kNm

Obr. 98 KV11: Ve 6.10b - obálka ohybového momentu  $M_y$



## 5.7 Únosnost průřezů dle EN

### 5.7.1 Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m; hladká výztuž typu Cb)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37	Materiál:	výztuž typu Cb
$f_{ck}$ [MPa]	30.00	$f_{yk}$ [MPa]	360
$E_c$ [GPa]	33.00	$E_s$ [GPa]	200
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9	$\gamma_s$ [-]	1.15
$\gamma_c$ [-]	1.5	$f_{yd}$ [MPa]	313.04
$f_{cd}$ [MPa]	18.00	$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018		
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035		
$\lambda$	0.8		

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.100	$l_0$ [m]	14.025	$b_{1,2}$ [m]	0.555
$h_d$ [m]	0.150	$b$ [m]	1.510	$b_{eff,1,2}$ [m]	0.555
$h-h_d$ [m]	0.950	$b_w$ [m]	0.400	$b_{eff}$ [m]	1.510
$z_{cg,h}$ [m]	0.420				
$z_{cg,d}$ [m]	0.680				

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]
1	0.030	6	0.00424	0.035	1.050

Podmínka rovnováhy:

$F_s - F_c$ [kN]	0.00	VYHOVUJE
------------------	------	----------

Výška tlačené oblasti:

$x$ [m]	0.061
---------	-------

Řešení výztuže:

$i$ [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	$F_s$ [kN]	$z_{s,i}$ [m]	$M_{Rd,s,i}$ [kNm]
1	0.0567	313.04	1327.66	0.630	836.96

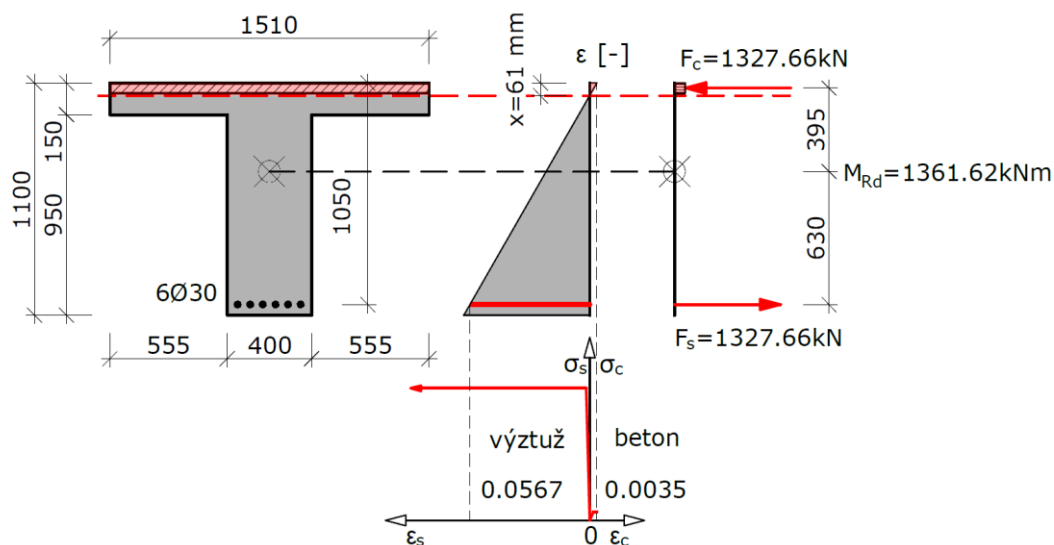
Řešení betonu:

$i$ [-]	$b_i$ [m]	$\lambda x$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$F_c$ [kN]	$z_{c,i}$ [m]	$M_{Rd,c,i}$ [kNm]
1	1.510	0.0488	0.074	1327.66	0.395	524.66

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$ :

$M_{Rd,L1} = 1361.62$  kNm

Řez L1: T-průřez ( $h=1,10\text{m}$ ; výztuž: Cb)



Obr. 99 Řez L1: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN

5.7.2 Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30\text{ m}$ ; hladká výztuž typu Cb)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37
$f_{ck}$ [MPa]	30.00
$E_c$ [GPa]	33.00
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9
$\gamma_c$ [-]	1.5
$f_{cd}$ [MPa]	18.00
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035
$\lambda$	0.8

Materiál:	výztuž typu Cb
$f_{yk}$ [MPa]	360
$E_s$ [GPa]	200
$\gamma_s$ [-]	1.15
$f_{yd}$ [MPa]	313.04
$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.300	$l_0$ [m]	17.850	$b_{1,2}$ [m]	0.555
$h_d$ [m]	0.150	$b$ [m]	1.510	$b_{eff,1,2}$ [m]	0.555
$h-h_d$ [m]	1.150	$b_w$ [m]	0.400	$b_{eff}$ [m]	1.510
$z_{cg,h}$ [m]	0.511				
$z_{cg,d}$ [m]	0.789				

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]
1	0.034	5	0.00454	0.035	1.248
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.179

Podmínka rovnováhy:

$F_s - F_c$ [kN]	0.00	VYHOVUJE
------------------	------	----------

Výška tlačené oblasti:

$x$ [m]	0.118
---------	-------

Řešení výztuže:

i [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	$F_{s,i}$ [kN]	$F_s$ [kN]	$z_{s,i}$ [m]	$M_{Rd,s,i}$ [kNm]
1	0.0336	313.04	1421.09	2557.97	0.737	1048.00
2	0.0316	313.04	1136.87		0.668	759.95

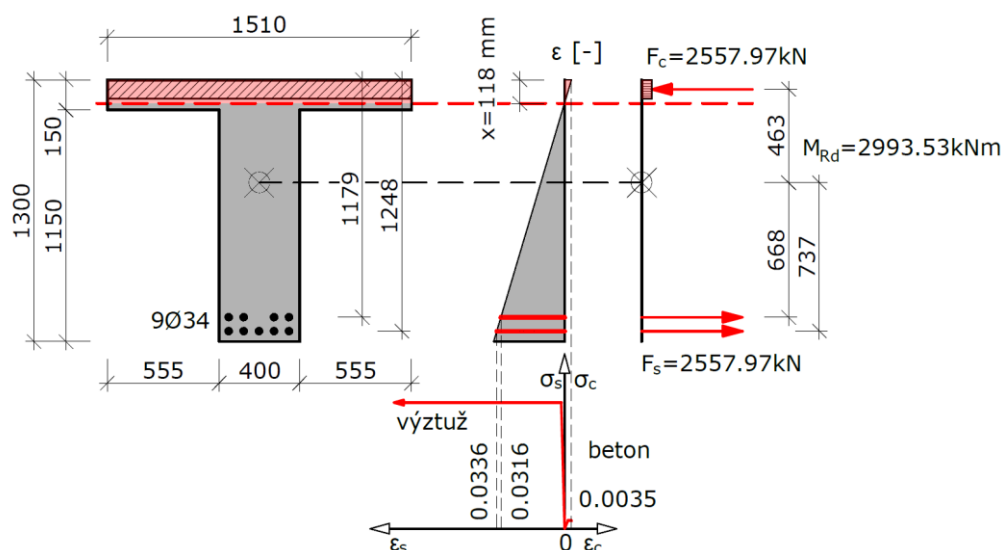
Řešení betonu:

i [-]	$b_i$ [m]	$\lambda x$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$F_c$ [kN]	$z_{c,i}$ [m]	$M_{Rd,c,i}$ [kNm]
1	1.510	0.0941	0.142	2557.97	0.463	1185.58

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$ :

$M_{Rd,L2} = 2993.53$  kNm

Řez L2: T-průřez ( $h=1,30$ m; výztuž: Cb)



Obr. 100 Řez L2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN

### 5.7.3 Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85$ m; hladká výztuž typu Cb)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37
$f_{ck}$ [MPa]	30.00
$E_c$ [GPa]	33.00
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9
$\gamma_c$ [-]	1.5
$f_{cd}$ [MPa]	18.00
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035
$\lambda$	0.8

Materiál:	výztuž typu Cb
$f_{yk}$ [MPa]	360
$E_s$ [GPa]	200
$\nu_s$ [-]	1.15
$f_{yd}$ [MPa]	313.04
$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.850	$l_0$ [m]	6.300	$b_{1,2}$ [m]	0.445
$h_d$ [m]	0.150	$b$ [m]	1.510	$b_{eff,1,2}$ [m]	0.445
$h-h_d$ [m]	1.700	$b_w$ [m]	0.620	$b_{eff}$ [m]	1.510

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSC., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

$z_{cg,h}$ [m]	0.836
$z_{cg,d}$ [m]	1.014

Vyztužení průřezu (typ Cb):

i [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]
1	0.034	5	0.00454	0.040	1.793
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.724

Podmínka rovnováhy:

$F_s - F_c$ [kN]	0.00	VYHOVUJE
------------------	------	----------

Výška tlačené oblasti:

$x$ [m]	0.287
---------	-------

Řešení výztuže:

i [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	$F_{s,i}$ [kN]	$F_s$ [kN]	$z_{s,i}$ [m]	$M_{Rd,s,i}$ [kNm]
1	0.0184	313.04	1421.09	2557.97	0.779	1107.57
2	0.0176	313.04	1136.87		0.710	807.62

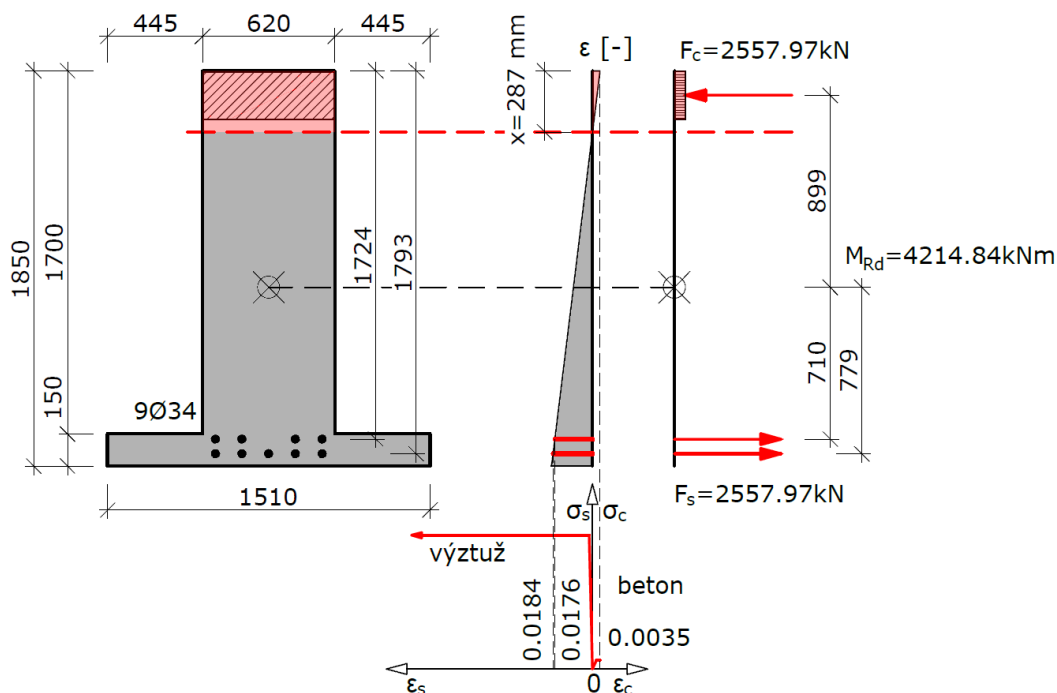
Řešení betonu

i [-]	$b$ [m]	$\lambda x$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$F_c$ [kN]	$z_{c,i}$ [m]	$M_{Rd,c,i}$ [kNm]
1	0.620	0.229	0.142	2557.97	0.899	2299.65

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$ :

$M_{Rd,P2} = 4214.84$  kNm

Řez P2: T-průřez ( $h=1,85$ m; výztuž: Cb)



Obr. 101 Řez P2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN

## 5.8 Zatížitelnost mostu

Zatížitelnost mostu byla stanovena dle [2] pro kombinace zatížení 6.10a a 6.10b podle [3].

Stupeň stavu konstrukce dle [4] je stanoven na základě rozhodnutí o stavebním stavu mostu, které je výstupem z hlavní prohlídky mostu. Poslední prohlídka mostu byla provedena v květnu 2016 (Ing. Josef Hlavnička). Dle této HPM [13] je stavební stav nosná konstrukce mostu zhodnocen klasifikačním stupněm IV (uspokojivý) se součinitelem stavu uvažovaným ve statickém výpočtu zatížitelnosti hodnotou  $\alpha = 0,8$ , viz Tab. 27.

Klasifikační stupeň	I	II	III	IV	V	VI	VII
Součinitel stavu konstrukce $\alpha[-]$	1,0			0,8	0,6	0,4	0,2

Tab. 27 Součinitel stavu konstrukce podle jejího stavebního stavu

Limitní hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy dle [2] jsou shrnuty v Tab. 28.

1Skupina pozemní komunikace podle [2]: 1	
Normální zatížitelnost $V_{n,lim}$ [t]	32
Výhradní zatížitelnost $V_{r,lim}$ [t]	80
Výjimečná zatížitelnost $V_{e,lim}$ [t]	180

Tab. 28 Minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy.

### 5.8.1 Výpočet normální zatížitelnosti $V_n$

Vzorový výpočet normální zatížitelnosti  $V_n$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 5.7, ohybové momenty od stálých zatížení, zatížení teplotou a zatížení chodníků  $M_{Ed,g+q}$  a od zatížení dopravou  $M_{Ed,Vn}$  viz kap. 5.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Celkové výsledky jsou uvedeny v Tab. 29.

#### Řez L1

$$M_{Rd} = 1361,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q} = 584,04 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Vn} = 258,80 \text{ kNm}$$

$$v_n = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q}}{M_{Ed,Vn}} = \frac{1361,62 - 584,04}{258,80} = 3,00$$

$$V_{aw} = 100 \cdot v_n = 100 \cdot 3,00 = 300,46 \text{ kN}$$

$$V_{nw} = \frac{4}{3} \cdot V_{aw} = \frac{4}{3} \cdot 300,46 = 400,61 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_{nw}}{10} = \frac{400,61}{10} = 40,06 \text{ t}$$

Výsledná **NORMÁLNÍ** zatížitelnost mostu

$$V_n = 40,06 \cdot \alpha = 40,06 \cdot 0,8 = \mathbf{32 \text{ t}}$$

### Normální zatížitelnost $V_n$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Vn}$ [kNm]	$M_{Ed,Vn}$ [kNm]	$v_n$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$V_{aw}$ [kN]	$V_{nw}$ [kN]	$V_n$ [t]	
pole L1	1361.62	584.04	210.40	258.80	3.00	300.46	400.61	<b>32.0</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4214.84	3228.94	331.20	407.37	2.42	242.02	322.69	<b>25.8</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1433.23	282.72	347.74	4.49	448.70	598.26	<b>47.9</b>	VYHOVUJE

### Normální zatížitelnost $V_n$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Vn}$ [kNm]	$M_{Ed,Vn}$ [kNm]	$v_n$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$V_{aw}$ [kN]	$V_{nw}$ [kN]	$V_n$ [t]	
pole L1	1361.62	528.85	210.40	342.96	2.43	242.82	323.76	<b>25.9</b>	NEVYHOVUJE
podpora P2	4214.84	2857.79	331.20	539.85	2.51	251.38	335.17	<b>26.8</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1286.30	282.72	460.83	3.70	370.47	493.96	<b>39.5</b>	VYHOVUJE

Tab. 29 Normální zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b)

## 5.8.2 Výpočet výhradní zatížitelnosti $V_r$

Vzorový výpočet výhradní zatížitelnosti  $V_r$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 5.7, ohybové momenty od stálých zatížení, zatížení teplotou a zatížení chodníků  $M_{Ed,g+q}$  a od zatížení dopravou  $M_{Ed,Vn}$  viz kap. 5.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Celkové výsledky jsou uvedeny v Tab. 30.

### Řez L1

$$M_{Rd} = 1361,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q} = 584,04 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Vr} = 0,760 \text{ kNm}$$

$$V_{rw} = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q}}{M_{Ed,Vr}} = \frac{1361,62 - 584,04}{0,760} = 1023,13$$

$$V_r = \frac{1}{10} \cdot V_{rw} = \frac{1}{10} \cdot 1023,13 = 102,31 \text{ t}$$

Výsledná **VÝHRADNÍ** zatížitelnost mostu

$$V_r = 102,31 \cdot \alpha = 102,31 \cdot 0,8 = \mathbf{81 \text{ t}}$$

### Výhradní zatížitelnost $V_r$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Vr}$ [kNm]	$M_{Ed,Vr}$ [kNm]	$V_{rw}$ [kN]	$V_r$ [t]	
pole L1	1361.62	584.04	0.590	0.760	1023.13	<b>81.9</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4214.84	3228.94	0.950	1.230	801.54	<b>64.1</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1433.23	0.850	1.100	1418.45	<b>113.5</b>	VYHOVUJE

### Výhradní zatížitelnost $V_r$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Vr}$ [kNm]	$M_{Ed,Vr}$ [kNm]	$V_{rw}$ [kN]	$V_r$ [t]	
pole L1	1361.62	528.85	0.590	1.010	824.52	<b>66.0</b>	NEVYHOVUJE
podpora P2	4214.84	2857.79	0.950	1.630	832.55	<b>66.6</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1286.30	0.850	1.450	1177.40	<b>94.2</b>	VYHOVUJE

Tab. 30 Výhradní zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b)

### 5.8.3 Výpočet výjimečné zatížitelnosti $V_e$

Vzorový výpočet výjimečné zatížitelnosti  $V_e$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 5.7, ohybové momenty od stálých zatížení a zatížení teplotou  $M_{Ed,g+q}$  a od zatížení dopravou  $M_{Ed,Vr}$  viz kap. 5.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Celkové výsledky jsou uvedeny v Tab. 31.

#### Řez L1

$$M_{Rd} = 1361,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q} = 540,45 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Ve} = 0,410 \text{ kNm}$$

$$V_{ew} = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q}}{M_{Ed}} = \frac{1361,62 - 540,45}{0,410} = 2002,85$$

$$V_e = \frac{1}{10} \cdot V_{ew} = \frac{1}{10} \cdot 2002,85 = 200,29 \text{ t}$$

Výsledná **VÝJIMEČNÁ** zatížitelnost mostu

$$V_e = 200,29 \cdot \alpha = 200,29 \cdot 0,8 = \mathbf{160 \text{ t}}$$

#### Výjimečná zatížitelnost $V_e$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Ve}$ [kNm]	$M_{Ed,Ve}$ [kNm]	$V_{ew}$ [kN]	$V_e$ [t]	
pole L1	1361.62	540.45	0.390	0.410	2002.85	<b>160.2</b>	NEVYHOVUJE
podpora P2	4214.84	3082.20	0.590	0.630	1797.84	<b>143.8</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1368.13	0.550	0.590	2754.92	<b>220.4</b>	VYHOVUJE

#### Výjimečná zatížitelnost $V_e$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q}$ [kNm]	$M_{Ek,Ve}$ [kNm]	$M_{Ed,Ve}$ [kNm]	$V_{ew}$ [kN]	$V_e$ [t]	
pole L1	1361.62	470.57	0.390	0.550	1620.09	<b>121.1</b>	NEVYHOVUJE
podpora P2	4214.84	2661.64	0.590	0.840	1849.05	<b>129.2</b>	NEVYHOVUJE
pole L2	2993.53	1199.29	0.550	0.790	2271.19	<b>181.7</b>	VYHOVUJE

Tab. 31 Výjimečná zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b)

### 5.8.4 Výsledná zatížitelnost mostu

Statickým výpočtem podle platných technických norem ([1], [2], [5] a [6]) byla stanovena normální, výhradní a výjimečná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. Výsledná zatížitelnost mostu je uvedena v Tab. 32.

#### Druh zatížitelnosti dle [2]:

Normální ( $V_n$ )	Výhradní ( $V_r$ )	Výjimečná ( $V_e$ )
<b>26 t</b>	<b>64 t</b>	<b>130 t</b>

Tab. 32 Výsledná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul.

Výsledná zatížitelnost mostu nesplňuje minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti mostů na pozemních komunikacích II. třídy podle [2] (viz Tab. 28).

## 6. STATICKÝ VÝPOČET ZESÍLENÍ

Zesílení mostu ev. č. 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. v Plzni je navrženo dodatečným předpětím předpínacími lany typu monostrand Y1860-S7-15,7 vedenými ve stávajících trámech původní konstrukce.

V 1. a 3. poli jsou předpínací kabely vedeny ve vyvrtaných kabelových kanálcích  $\phi 52$  mm ( $\phi 35$ mm). Ve středím 2. poli jsou kabely vedeny na bočních lících trámů v ocelových trubkách TR60/2. Podrobné schéma trasování předpínacích kabelů je uvedeno v příloze 1.

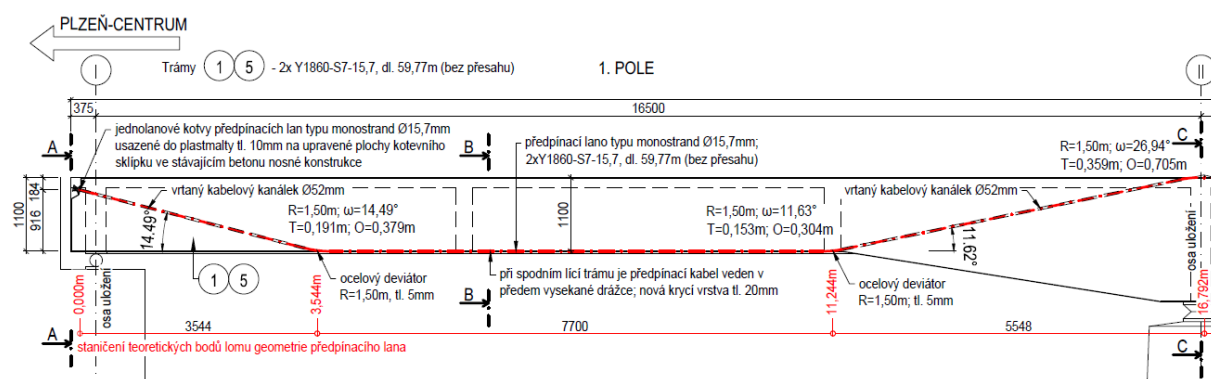
### 6.1 Materiálové charakteristiky předpínací výztuže typu monostrand

#### Y1860-S7-15,7 (výrobce: Austria Draht)

Modul pružnosti	E	195000	N/mm <sup>2</sup>
Smykový modul	G	79000	N/mm <sup>2</sup>
Poissonův součinitel	$\mu$	0,30	
Objemová tíha	$\gamma$	78,50	kN/m <sup>3</sup>
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha$	1,00E-05	°C <sup>-1</sup>
Parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_M$	1,00	
Modul pružnosti	$E_p$	195 000	N/mm <sup>2</sup>
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{pk}$	1860,00	N/mm <sup>2</sup>
Mezní přetvoření při max. zatížení (stejněměrné prodlužování)	$\epsilon_{uk}$	60,00	‰
Charakt. napětí v oceli při 0,1% trvalého prodloužení	$f_{p0,1k}$	1640,00	N/mm <sup>2</sup>

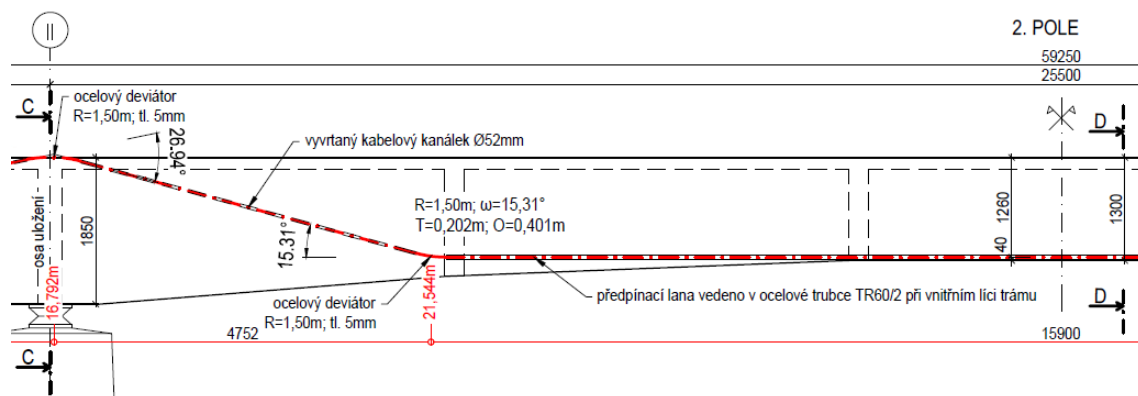
Tab. 33 Specifikace předpínací výztuže Y1860-S7-15,7 (Austria Draht)

### 6.2 Návrh dodatečně vložené předpínací soustavy



Obr. 102 Schéma trasování předpínací výztuže trávu v 1. poli (2xY1860-S7-15,7) – viz příloha 1





Obr. 103 Schéma trasování předpínací výztuže trámu v 2. poli (2xY1860-S7-15,7) – viz příloha 1

### 6.2.1 Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy

Každý trám je předepnut 2 lany Y1860-S7-15,7.

Materiálové charakteristiky:

$\phi_p$ [mm]	15.7
$A_{p,1}$ [mm <sup>2</sup> ]	150
$f_{pk}$ [MPa]	1860.0
$f_{p0,1k}$ [MPa]	1640.0
$F_{pk}$ [kN]	279.0
$E_p$ [GPa]	195.0
$\mu$ [-]	0.05

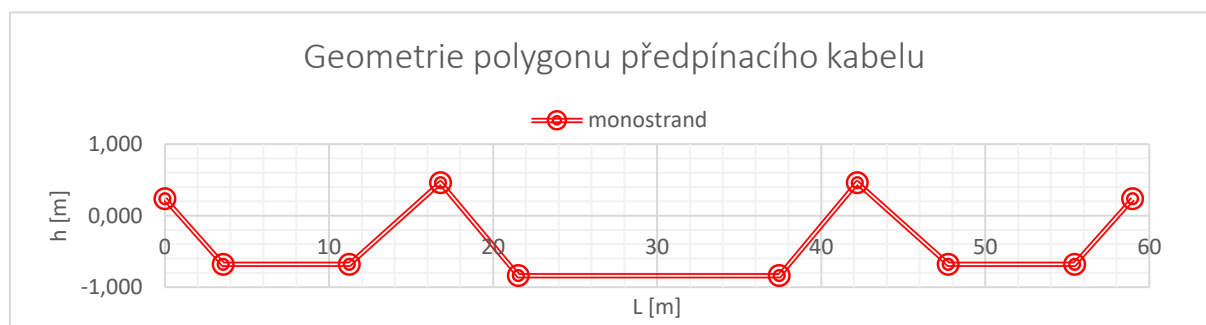
Maximální namáhání:

$\sigma_{p,max}$ [MPa]	1476.00
$\sigma_{pm0,max}$ [MPa]	1394.00
$P_{m0,1,max}$ [kN]	209.10

Napínací síla:

$A_p$ [mm <sup>2</sup> ]	300
$P_0$ [kN]	418.20
ztráty [%]	10
$P_{00}$ [kN]	376.38

$n_i$ [-]	$x_i$ [m]	$y_i$ [m]	$\tan \alpha_i$ [-]	$\alpha_i$ [°]	$\Delta \alpha_i$ [°]	$P_{H,i}$ [kN]	$P_{V,i}$ [kN]	$M_{e,i}$ [kNm]
1	0.000	0.236			14.49	364.40	-94.19 ↓	85.88
2	3.544	-0.680	-0.2585	-14.49	14.49		94.19 ↑	
3	11.244	-0.680	0.0000	0.00	11.62		75.84 ↑	
4	16.792	0.461	0.2057	11.62	26.94		-175.25 ↓	
5	21.544	-0.840	-0.2738	-15.31	15.31		99.41 ↑	
6	37.444	-0.840	0.0000	0.00	15.31		99.41 ↑	
7	42.196	0.461	0.2738	15.31	26.94		-175.25 ↓	
8	47.744	-0.680	-0.2057	-11.62	11.62		75.84 ↑	
9	55.444	-0.680	0.0000	0.00	14.49		94.19 ↑	
10	58.988	0.236	0.2585	14.49	14.49	-364.40	-94.19 ↓	-85.88



Obr. 104 Geometrie polygonu předpínacího kabelu

Sídlo a fakturační adresa:

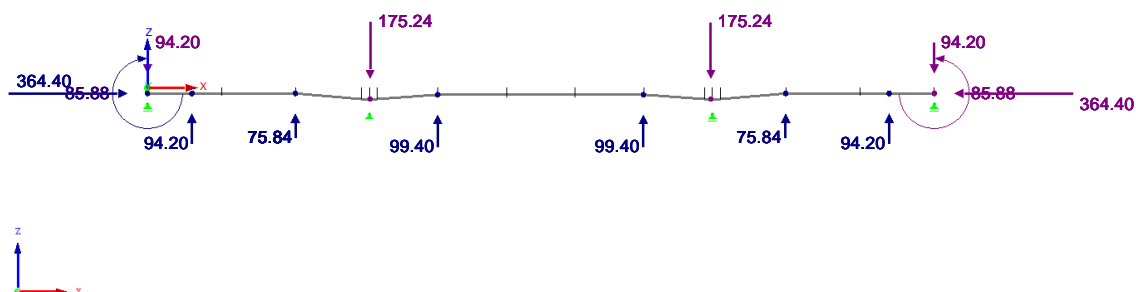
doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

KZ3: predpeti\_P  
Zatížení [kN], [kNm]

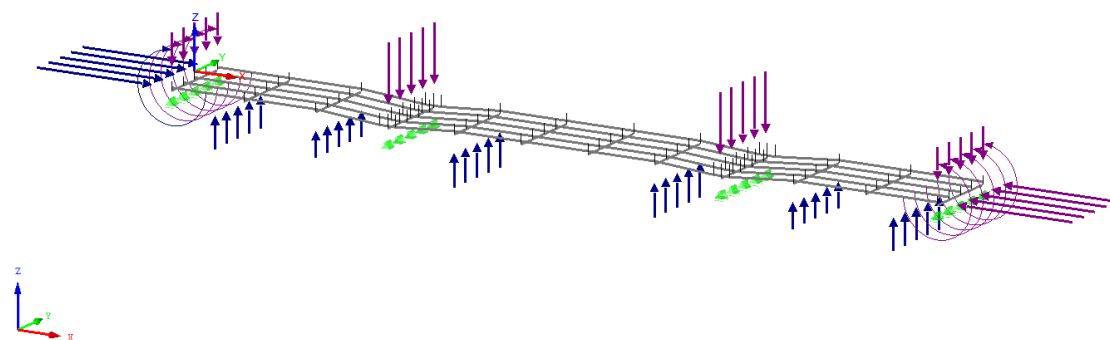
Ve směru Y



Obr. 105 Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy (KZ3: Předpětí P) – podélný řez

KZ3: predpeti\_P

Izometrie

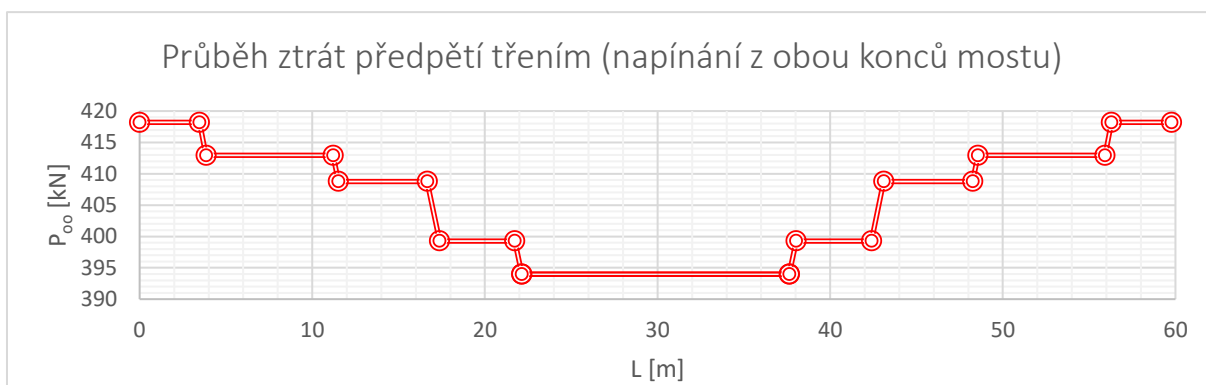


Obr. 106 Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy (KZ3: Předpětí P) - axonometrie

## 6.2.2 Ztráty předpětí

Okamžité ztráty předpětí třením:

$\theta$ [°]	$\theta$ [rad]	$\Delta P$ [kN]	$\Delta P$ [%]	$P_{00}$ [kN]
0.00	0.000	0.00	0.00	418.20
14.49	0.253	5.26	1.40	412.94
26.12	0.456	9.42	2.50	408.78
53.06	0.926	18.92	5.03	399.28
68.37	1.193	24.22	6.44	393.98
83.69	1.461	29.45	7.83	388.75
110.62	1.931	38.48	10.22	379.72
122.25	2.134	42.32	11.24	375.88
136.74	2.387	47.04	12.50	371.16
136.74	2.387	47.041	12.50	371.16



Obr. 107 Průběh ztrát předpětí třením (napínání z obou konců mostu)

## 6.3 Zatěžovací stavy

Přehled zatěžovacích stavů použitých ve výpočtu je uveden v Tab. 19. Při návrhu zesílení nosné konstrukce jsou navíc uvažovány další zatěžovací stavy podle Tab. 34. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

	Název	Typ	Pozn:
ZS20	1T předpětí P	stálé - předpětí	dodatečné předpětí 1. trámu
ZS21	2T předpětí P	stálé - předpětí	dodatečné předpětí 2. trámu
ZS22	3T předpětí P	stálé - předpětí	dodatečné předpětí 3. trámu
ZS23	4T předpětí P	stálé - předpětí	dodatečné předpětí 4. trámu
ZS24	5T předpětí P	stálé - předpětí	dodatečné předpětí 5. trámu
ZS25	Ostatní stálé - krytí	stálé	nová krycí vrstva v 1. a 3. poli

Tab. 34 Zatěžovací stavy uvažované při výpočtu zesílení nosné konstrukce

## 6.4 Kombinace zatížení a výsledků

Přehled uvažovaných kombinací ve výpočtu je uveden v Tab. 23. Při návrhu zesílení nosné konstrukce je uvažována nová kombinace zatížení dle Tab. 35.

Název kombinace zatížení:	Typ	Zatěžovací stavy v kombinaci
KZ3	Předpětí P	charakteristická 1,00 · (ZS20 + ZS21 + ZS22 + ZS23 + ZS24 )

Tab. 35 Kombinace zatížení pro výpočet účinků předpětí při zesílení nosné konstrukce

Kombinace zatížení byly ve výpočtu zesílení uvažovány dle [1] a [5]. Pro stanovení nejnepríznivějších účinků zatížení byly opět uvažovány kombinační rovnice 6.10a a 6.10b s příslušnými součiniteli podle Tab. 36.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \quad (6.10b)$$

kde "+" značí „kombinovaný s“;

$\sum$  značí „kombinovaný účinek“;

$\xi$  je redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G

$\gamma_{G,j}$ [-]	1,35		$\xi_{G,j}$ [-]	0,85	
$\gamma_{Q,j}$ [-]	1,35	zatížení silniční dopravou	$\psi_{0,1}$ [-]	0,75	zatížení silniční dopravou
$\gamma_{Q,t}$ [-]	1,50	další proměnná zatížení (teplota)	$\psi_{0,t}$ [-]	0,60	zatížení teplotou
$\gamma_P$ [-]	1,00	předpětí			

Tab. 36 Návrhové kombinační součinitelé

Název kombinace výsledků:	Zatěžovací stavy a kombinace zatížení v kombinaci výsledků
KV12	6.10a ( $V_n, V_r$ ) + P 1,35 · (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,35 · 0,75 · max(ZS4, ZS5, ZS6) + 1,50 · 0,60 · max(ZS16, ZS17) + 1,50 · 0,60 · max(ZS18, ZS19) + 1,35 · ZS25 + 1,00 · KZ3

<b>KV13</b>	6.10b ( $V_n, V_r$ ) + P	$0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,35 \cdot \max(ZS4, ZS5, ZS6) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19) + 0,085 \cdot 1,35 \cdot ZS25 + 1,00 \cdot KZ3$
<b>KV14</b>	6.10a ( $V_e$ ) + P	$1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19) + 1,35 \cdot ZS25 + 1,00 \cdot KZ3$
<b>KV15</b>	6.10b ( $V_e$ ) + P	$0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS16, ZS17) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot \max(ZS18, ZS19) + 0,085 \cdot 1,35 \cdot ZS25 + 1,00 \cdot KZ3$

Tab. 37 Přehled kombinací výsledků

## 6.5 Vnitřní síly

Hodnoty ohybových momentů  $M_y$  z příslušných kombinací zatížení a kombinací výsledků podle Tab. 35 a Tab. 37 jsou uvedeny v Tab. 38.

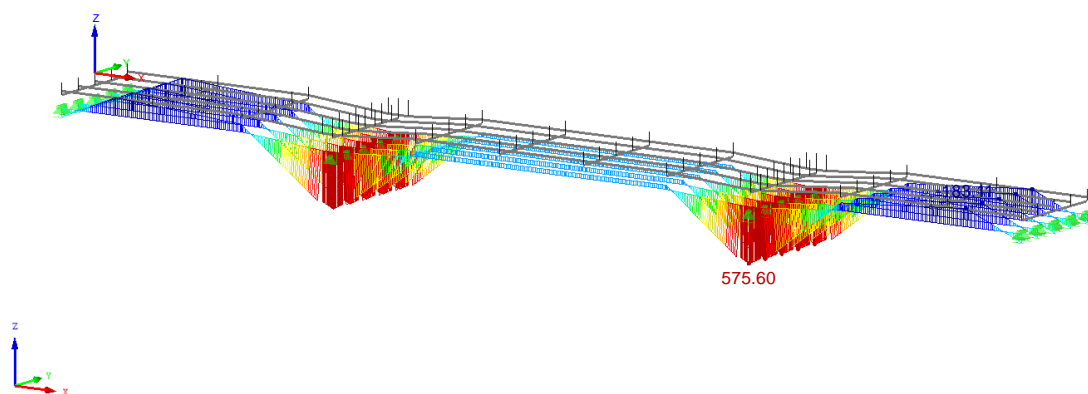
Kombinace výsledků:		Max. $M_y$ (L1):	Min. $M_y$ (P2):	Max. $M_y$ (L2):
<b>KZ3</b>	Předpětí P	-183,11 kNm	575,60 kNm	-42,98 kNm
<b>KV12</b>	6.10a ( $V_n, V_r$ ) + P	442,27 kNm	-2667,98 kNm	1382,48 kNm
<b>KV13</b>	6.10b ( $V_n, V_r$ ) + P	385,85 kNm	-2295,67 kNm	1236,70 kNm
<b>KV14</b>	6.10a ( $V_e$ ) + P	398,81 kNm	-2521,85 kNm	1317,38 kNm
<b>KV15</b>	6.10b ( $V_e$ ) + P	327,94 kNm	-2100,14 kNm	1149,69 kNm
<b>KV16</b>	Max/Min $M_y$ (P)	442,27 kNm	-2667,98 kNm	1382,48 kNm

Tab. 38 Přehled max./min. hodnot ohybového momentu  $M_y$  v řešených řezech

### 6.5.1 KZ3: Předpětí P

KZ3: predpeti\_P  
Vnitřní síly M-y

Izometrie



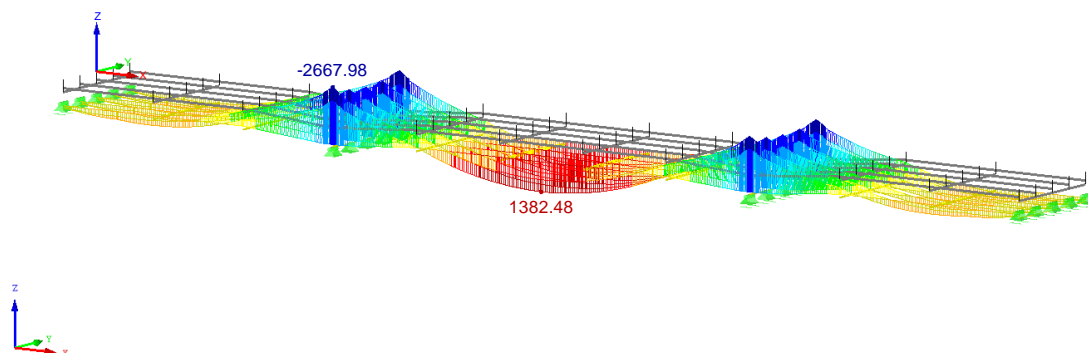
Max  $M_y$ : 575.60, Min  $M_y$ : -183.11 kNm

Obr. 108 KZ3: Předpětí P - průběh ohybového momentu  $M_y$

### 6.5.2 KV12: 6.10a ( $V_n, V_r$ ) + P

KV12: 6.10a ( $V_n$ ,  $V_r$ ) + P  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



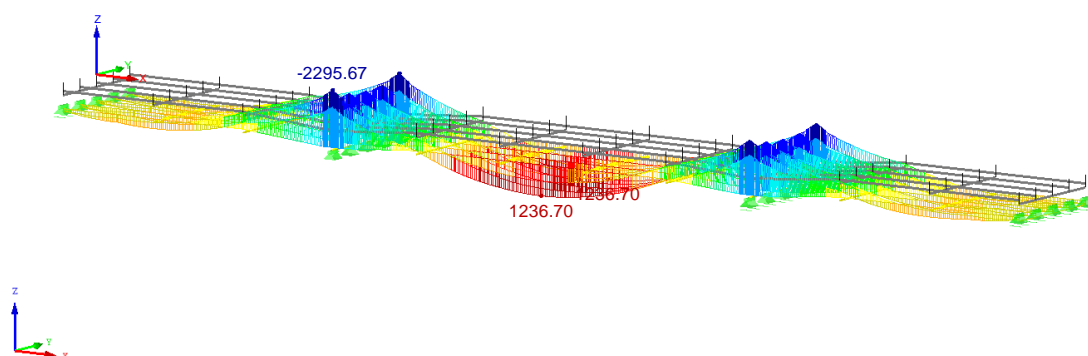
Max M-y: 1382.48, Min M-y: -2667.98 kNm

Obr. 109 KV12: 6.10b ( $V_n$ ,  $V_r$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 6.5.3 KV13: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) + P

KV13: 6.10b ( $V_n$ ,  $V_r$ ) + P  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



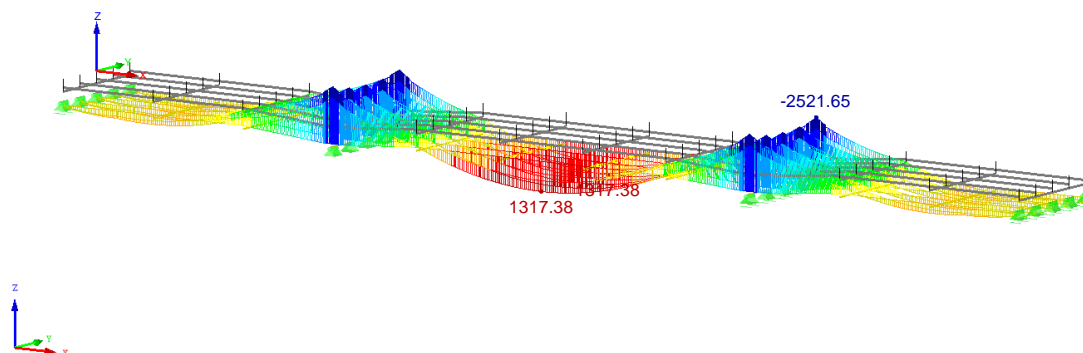
Max M-y: 1236.70, Min M-y: -2295.67 kNm

Obr. 110 KV13: 6.10b ( $V_n$ ,  $V_r$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 6.5.4 KV14: 6.10a ( $V_e$ ) + P

KV14: 6.10a ( $V_e$ ) + P  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



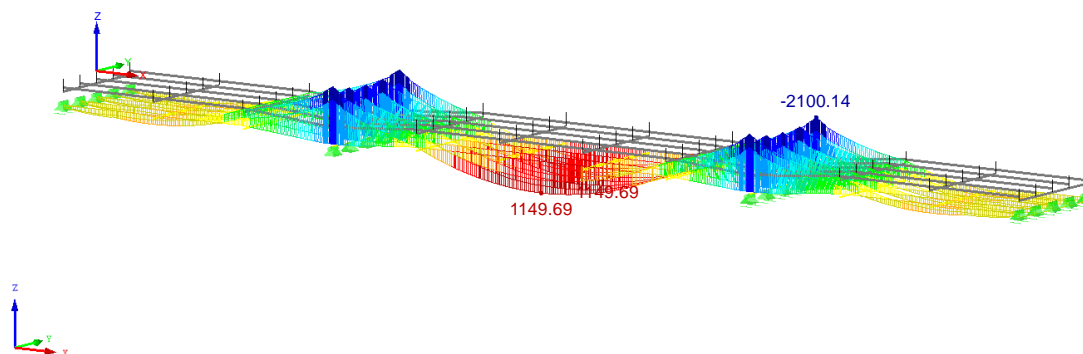
Max M-y: 1317.38, Min M-y: -2521.65 kNm

Obr. 111 KV14: 6.10a ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 6.5.5 KV15: 6.10b ( $V_e$ ) + P

KV15: 6.10b ( $V_e$ ) + P  
Vnitřní síly M-y  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



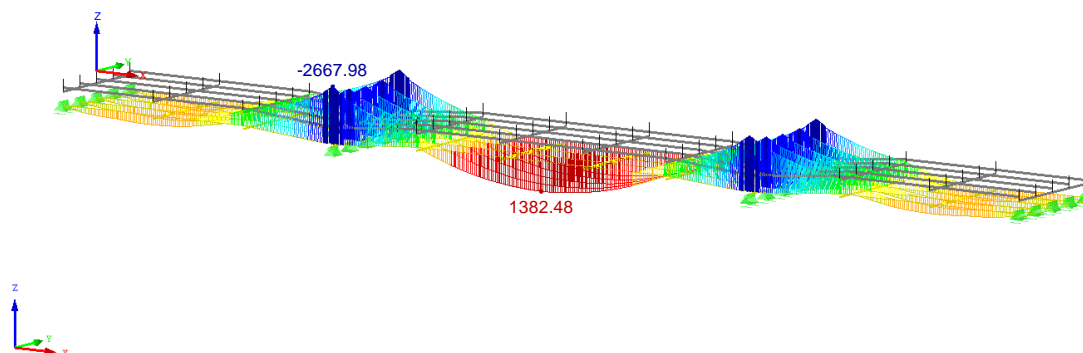
Max M-y: 1149.69, Min M-y: -2100.14 kNm

Obr. 112 KV15: 6.10b ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu  $M_y$

### 6.5.6 KV16: Max/Min $M_y$ (P)

KV16: Max/Min  $M_y$  (P)  
Vnitřní síly  $M_y$   
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Izometrie



Max  $M_y$ : 1382.48, Min  $M_y$ : -2667.98 kNm

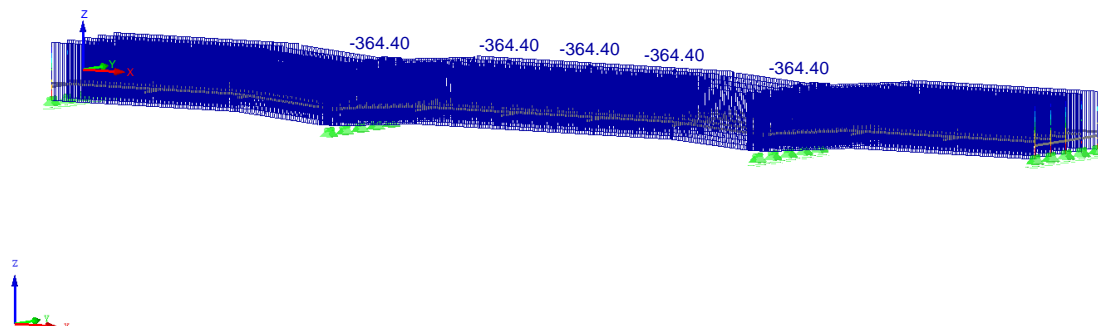
Obr. 113 KV16: Max/Min  $M_y$  (P)



## 6.6 Únosnost průřezů po zesílení dle EN

KZ3: předpětí\_P  
Vnitřní síly N

Izometrie



Max N: 0.00, Min N: -364.40 kN

Obr. 114 Průběh normálové síly N od dodatečného předpětí (KZ3: Předpětí P)

### 6.6.1 Řez L1: T-průřez ( $h = 1,10$ m; hladká výztuž typu Cb; předpínací výztuž Y1860-S7-15,7)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37
$f_{ck}$ [MPa]	30.00
$E_c$ [GPa]	33.00
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9
$\gamma_c$ [-]	1.5
$f_{cd}$ [MPa]	18.00
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035
$\lambda$	0.8

Materiál:	výztuž typu Cb
$f_{yk}$ [MPa]	360
$E_s$ [GPa]	200
$\gamma_s$ [-]	1.15
$f_{yd}$ [MPa]	313.04
$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016

Materiál:	Y1860-S7-15,7
$f_{pk}$ [MPa]	1860
$f_{p0,1k}$ [MPa]	1640
$E_p$ [GPa]	195

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.100
$h_d$ [m]	0.150
$h-h_d$ [m]	0.950
$z_{cg,h}$ [m]	0.420
$z_{cg,d}$ [m]	0.680

$l_0$ [m]	14.025
$b$ [m]	1.510
$b_w$ [m]	0.400

$b_{1,2}$ [m]	0.555
$b_{eff,1,2}$ [m]	0.555
$b_{eff}$ [m]	1.510

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]
1	0.030	6	0.00424	0.035	1.050

Předpínací výztuž (Y1860-S7-15,7):

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

i [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{p,1}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	$N_p$ [kN]
1	0,0157	2	0,00015	0.00030	364.40

Podmínka rovnováhy:

$F_s - F_c + N_p$  [kN]

0.00

VYHOVUJE

Výška tlačené oblasti:

x [m]

0.078

Řešení výztuže:

i [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	$F_s$ [kN]	$z_{s,i}$ [m]	$M_{Rd,s,i}$ [kNm]
1	0.0437	313.04	1327.66	0.630	836.96

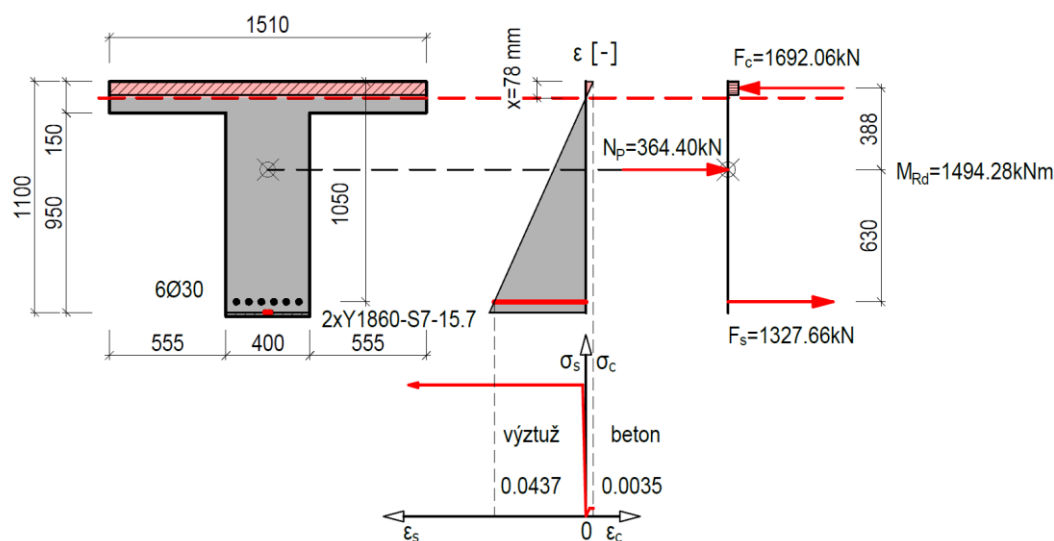
Řešení betonu:

i [-]	$b_i$ [m]	$\lambda x$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$F_c$ [kN]	$z_{c,i}$ [m]	$M_{Rd,c,i}$ [kNm]
1	1.510	0.06223	0.094	1692.06	0.388	657.32

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$ :

$M_{Rd,L1} = 1494.28$  kNm

Řez L1: T-průřez ( $h=1,10$ m; výztuž: Cb; předpínací výztuž: Y1860-S7-15,7)



Obr. 115 Řez L1: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN

## 6.6.2 Řez L2: T-průřez ( $h = 1,30$ m; hladká výztuž typu Cb, předpínací výztuž Y1860-S7-15,7)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37	Materiál:	výztuž typu Cb	Materiál:	Y1860-S7-15,7
$f_{ck}$ [MPa]	30.00	$f_{yk}$ [MPa]	360	$f_{pk}$ [MPa]	1860
$E_c$ [GPa]	33.00	$E_s$ [GPa]	200	$f_{p0,1k}$ [MPa]	1640
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9	$\gamma_s$ [-]	1.15	$E_p$ [GPa]	195
$\gamma_c$ [-]	1.5	$f_{yd}$ [MPa]	313.04		
$f_{cd}$ [MPa]	18.00	$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016		
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018				
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035				

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSC., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

$\lambda$  0.8

Geometrické charakteristiky průřezu:

h [m]	1.300	l <sub>o</sub> [m]	17.850	b <sub>1,2</sub> [m]	0.555
h <sub>d</sub> [m]	0.150	b [m]	1.510	b <sub>eff,1,2</sub> [m]	0.555
h-h <sub>d</sub> [m]	1.150	b <sub>w</sub> [m]	0.400	b <sub>eff</sub> [m]	1.510
z <sub>cg,h</sub> [m]	0.511				
z <sub>cg,d</sub> [m]	0.789				

Vyztužení průřezu (typ Cb):

i [-]	$\phi_i$ [m]	n <sub>i</sub> [ks]	A <sub>a,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	c <sub>i</sub> [m]	d <sub>i</sub> [m]
1	0.034	5	0.00454	0.035	1.248
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.179

Předpínací výztuž (Y1860-S7-15,7):

i [-]	$\phi_i$ [m]	n <sub>i</sub> [ks]	A <sub>p,1</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]	N <sub>p</sub> [kN]
1	0,0157	2	0,00015	0.00030	364.40

Podmínka rovnováhy:

F<sub>s</sub> - F<sub>c</sub> + N<sub>p</sub> [kN] 0.00 VYHOVUJE

Výška tlačené oblasti:

x [m] 0.134

Řešení výztuže:

i [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	F <sub>s,i</sub> [kN]	F <sub>s</sub> [kN]	z <sub>s,i</sub> [m]	M <sub>Rd,s,i</sub> [kNm]
1	0.0290	313.04	1421.09	2557.97	0.737	1048.00
2	0.0272	313.04	1136.87		0.668	759.95

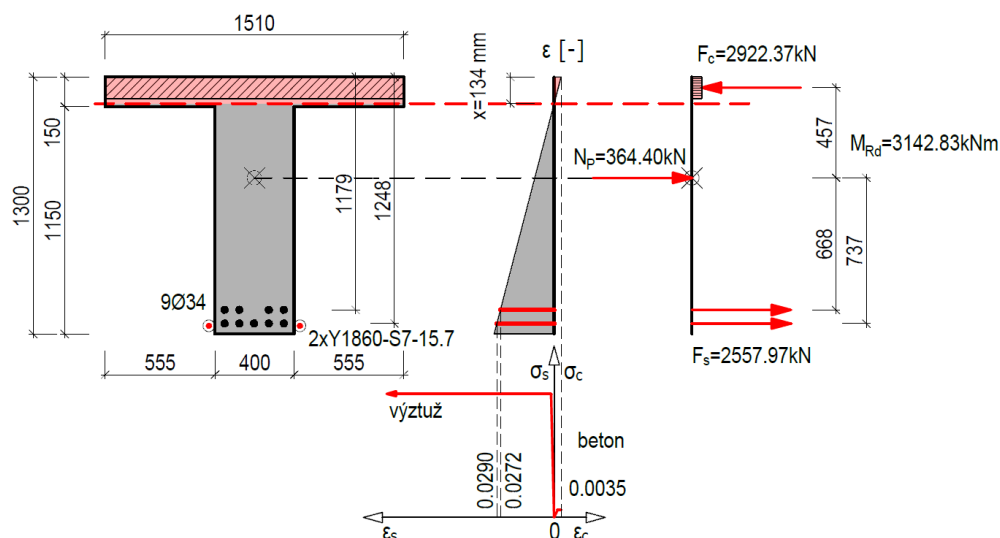
Řešení betonu:

i [-]	b <sub>i</sub> [m]	$\lambda x$ [m]	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	F <sub>c</sub> [kN]	z <sub>c,i</sub> [m]	M <sub>Rd,c,i</sub> [kNm]
1	1.510	0.108	0.162	2922.37	0.457	1334.89

Moment na mezi únosnosti M<sub>Rd</sub>:

M<sub>Rd,L2</sub> = 3142.83 kNm

Řez L2: T-průřez ( $h=1,30\text{m}$ ; výztuž: Cb; předpínací výztuž: Y1860-S7-15,7)



Obr. 116 Řez L2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN

### 6.6.3 Řez P2: T-průřez ( $h = 1,85 \text{ m}$ ; hladká výztuž typu Cb; předpínací výztuž Y1860-S7-15,7)

Materiálové charakteristiky:

Materiál:	Beton C 30/37
$f_{ck}$ [MPa]	30.00
$E_c$ [GPa]	33.00
$\alpha_{cc}$ [-]	0.9
$\gamma_c$ [-]	1.5
$f_{cd}$ [MPa]	18.00
$\epsilon_{c3}$ [-]	0.0018
$\epsilon_{cu3}$ [-]	0.0035
$\lambda$	0.8

Materiál:	výztuž typu Cb
$f_{yk}$ [MPa]	360
$E_s$ [GPa]	200
$\gamma_s$ [-]	1.15
$f_{yd}$ [MPa]	313.04
$\epsilon_{yd}$ [-]	0.0016

Materiál:	Y1860-S7-15,7
$f_{pk}$ [MPa]	1860
$f_{p0,1k}$ [MPa]	1640
$E_p$ [GPa]	195

Geometrické charakteristiky průřezu:

$h$ [m]	1.850
$h_d$ [m]	0.150
$h-h_d$ [m]	1.700
$z_{cg,h}$ [m]	0.836
$z_{cg,d}$ [m]	1.014

$l_0$ [m]	6.300
$b$ [m]	1.510
$b_w$ [m]	0.620

$b_{1,2}$ [m]	0.445
$b_{eff,1,2}$ [m]	0.445
$b_{eff}$ [m]	1.510

Vyztužení průřezu (typ Cb):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{a,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$c_i$ [m]	$d_i$ [m]
1	0.034	5	0.00454	0.040	1.793
2	0.034	4	0.00363	0.035	1.724

Předpínací výztuž (Y1860-S7-15,7):

$i$ [-]	$\phi_i$ [m]	$n_i$ [ks]	$A_{p,1}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	$N_p$ [kN]
---------	--------------	------------	-----------------------------	-------------------------	------------

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT  
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603  
E-mail: [klusacek.l@fce.vutbr.cz](mailto:klusacek.l@fce.vutbr.cz)

IČO: 130 24 868  
DIČ: CZ5803142730

1	0,0157	2	0,00015	0.00030	364.40
---	--------	---	---------	---------	--------

Podmínka rovnováhy:

$F_s - F_c + N_p$  [kN]

0.00

VYHOVUJE

Výška tlačené oblasti:

$x$  [m]

0.327

Řešení výztuže:

i [-]	$\epsilon_{s,i}$ [-]	$\sigma_{s,i}$ [MPa]	$F_{s,i}$ [kN]	$F_s$ [kN]	$z_{s,i}$ [m]	$M_{Rd,s,i}$ [kNm]
1	0.0157	313.04	1421.09	2557.97	0.779	1107.57
2	0.0149	313.04	1136.87		0.710	807.62

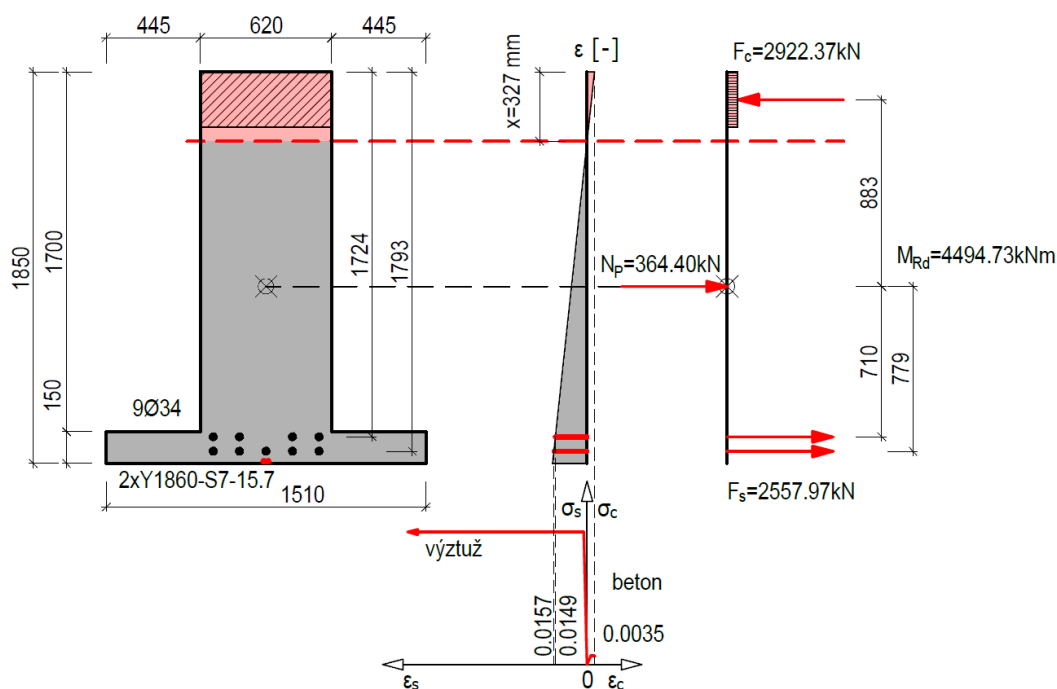
Řešení betonu

i [-]	$b$ [m]	$\lambda x$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$F_c$ [kN]	$z_{c,i}$ [m]	$M_{Rd,c,i}$ [kNm]
1	0.620	0.262	0.162	2922.37	0.883	2579.54

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd}$ :

$M_{Rd,P2} = 4494.73$  kNm

Řez P2: T-průřez ( $h=1,85$ m; výztuž: Cb; předpínací výztuž: Y1860-S7-15,7)



Obr. 117 Řez P2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN

## 7. ZATÍŽITELNOST MOSTU PO ZESÍLENÍ

Zatížitelnost mostu po zesílení je stanovena dle [2] pro kombinace zatížení 6.10a a 6.10b podle [3].

Stavební stav nosné konstrukce mostu po rekonstrukci (sanace poškozených částí mostu, zamezení zatékání atd.) je ve výpočtu zhodnocen klasifikačním stupněm II (velmi dobrý) se součinitelem stavu uvažovaným hodnotou  $\alpha = 1,0$ , viz Tab. 39.

Klasifikační stupeň	I	II	III	IV	V	VI	VII
Součinitel stavu konstrukce $\alpha[-]$		1,0		0,8	0,6	0,4	0,2

Tab. 39 Součinitel stavu konstrukce podle jejího stavebního stavu

Limitní hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy dle [2] jsou shrnuty v Tab. 40.

1Skupina pozemní komunikace podle [2]: 1	
Normální zatížitelnost $V_{n,lim}$ [t]	32
Výhradní zatížitelnost $V_{r,lim}$ [t]	80
Výjimečná zatížitelnost $V_{e,lim}$ [t]	180

Tab. 40 Minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy.

### 7.1.1 Výpočet normální zatížitelnosti $V_n$ po zesílení

Vzorový výpočet normální zatížitelnosti mostu po zesílení  $V_n$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 6.6, ohybové momenty vč. účinků předpětí  $M_{Ed,g+q,P}$  viz kap. 6.55.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Ohybové momenty  $M_{Ed,Vn}$  od zatížení dopravou viz 5.6. Celkové výsledky normální zatížitelnosti mostu po zesílení jsou uvedeny v Tab. 41.

#### Řez L1

$$M_{Rd} = 1494,28 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q,P} = 442,27 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Vn} = 258,80 \text{ kNm}$$

$$v_n = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q,P}}{M_{Ed,Vn}} = \frac{1494,28 - 442,27}{258,80} = 4,06$$

$$V_{aw} = 100 \cdot v_n = 100 \cdot 4,06 = 406,50 \text{ kN}$$

$$V_{nw} = \frac{4}{3} \cdot V_{aw} = \frac{4}{3} \cdot 406,50 = 541,99 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_{nw}}{10} = \frac{541,99}{10} = 54,20 \text{ t}$$

Výsledná **NORMÁLNÍ** zatížitelnost mostu

$$V_n = 54,20 \cdot \alpha = 54,20 \cdot 1,0 = \mathbf{54 \text{ t}}$$

#### Normální zatížitelnost $V_n$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Vn}$ [kNm]	$M_{Ed,Vn}$ [kNm]	$v_n$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$V_{aw}$ [kN]	$V_{nw}$ [kN]	$V_n$ [t]	
pole L1	1494.28	442.27	210.40	258.80	4.06	406.50	541.99	<b>54.2</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2667.98	331.20	407.37	4.48	448.43	597.90	<b>59.8</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1382.48	282.72	347.74	5.06	506.23	674.97	<b>67.5</b>	VYHOVUJE

#### Normální zatížitelnost $V_n$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Vn}$ [kNm]	$M_{Ed,Vn}$ [kNm]	$v_n$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$V_{aw}$ [kN]	$V_{nw}$ [kN]	$V_n$ [t]	
pole L1	1494.28	385.85	210.40	342.96	3.23	323.20	430.93	<b>43.1</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2295.67	331.20	539.85	4.07	407.35	543.13	<b>54.3</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1236.70	282.72	460.83	4.14	413.63	551.51	<b>55.2</b>	VYHOVUJE

Tab. 41 Normální zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b)

### 7.1.2 Výpočet výhradní zatížitelnosti $V_r$

Vzorový výpočet výhradní zatížitelnosti mostu po zesílení  $V_r$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 6.6, ohybové momenty vč. účinků předpětí  $M_{Ed,g+q,P}$  viz kap. 6.55.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Celkové výsledky výhradní zatížitelnosti mostu po zesílení jsou uvedeny v Tab. 42 Tab. 30.

#### Řez L1

$$M_{Rd} = 1494,28 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q,P} = 442,27 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Vr} = 0,760 \text{ kNm}$$

$$V_{rw} = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q}}{M_{Ed,Vr}} = \frac{1494,28 - 442,27}{0,760} = 1384,22$$

$$V_r = \frac{1}{10} \cdot V_{rw} = \frac{1}{10} \cdot 1384,22 = 138,42 \text{ t}$$

Výsledná **VÝHRADNÍ** zatížitelnost mostu

$$V_r = 138,42 \cdot \alpha = 138,42 \cdot 1,0 = \mathbf{138 \text{ t}}$$

#### Výhradní zatížitelnost $V_r$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Vr}$ [kNm]	$M_{Ed,Vr}$ [kNm]	$V_{rw}$ [kN]	$V_r$ [t]	
pole L1	1494.28	442.27	0.590	0.760	1384.22	<b>138.4</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2667.98	0.950	1.230	1485.16	<b>148.5</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1382.48	0.850	1.100	1600.32	<b>160.0</b>	VYHOVUJE

#### Výhradní zatížitelnost $V_r$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Vr}$ [kNm]	$M_{Ed,Vr}$ [kNm]	$V_{rw}$ [kN]	$V_r$ [t]	
pole L1	1494.28	385.85	0.590	1.010	1097.46	<b>109.7</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2295.67	0.950	1.630	1349.12	<b>134.9</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1236.70	0.850	1.450	1314.57	<b>131.5</b>	VYHOVUJE

Tab. 42 Výhradní zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b)

### 7.1.3 Výpočet výjimečné zatížitelnosti $V_e$

Vzorový výpočet výjimečné zatížitelnosti  $V_e$  podle [2] s uvažováním kombinací zatížení 6.10a 6.10b podle [5]. Únosnost průřezu  $M_{Rd}$  viz kap. 6.6, ohybové momenty vč. účinků předpětí  $M_{Ed,g+q,P}$  viz kap. 6.55.6 (výstupy ze softwaru Dlubal RFEM 5). Celkové výsledky výjimečné zatížitelnosti jsou uvedeny v Tab. 31 Tab. 43.

#### Řez L1

$$M_{Rd} = 1494,28 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,g+q,P} = 398,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,Ve} = 0,410 \text{ kNm}$$

$$V_{ew} = \frac{M_{Rd} - M_{Ed,g+q,P}}{M_{Ed}} = \frac{1494,28 - 398,81}{0,410} = 2671,88$$

$$V_e = \frac{1}{10} \cdot V_{ew} = \frac{1}{10} \cdot 2671,88 = 267,19 \text{ t}$$

Výsledná **VÝJIMEČNÁ** zatížitelnost mostu

$$V_e = 267,19 \cdot \alpha = 267,19 \cdot 1,0 = \mathbf{267 \text{ t}}$$

#### Výjimečná zatížitelnost $V_e$ (6.10a)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Ve}$ [kNm]	$M_{Ed,Ve}$ [kNm]	$V_{ew}$ [kN]	$V_e$ [t]	
pole L1	1494.28	398.81	0.390	0.410	2671.88	<b>267.2</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2521.65	0.590	0.630	3131.87	<b>313.2</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1317.38	0.550	0.590	3093.98	<b>309.4</b>	VYHOVUJE

#### Výjimečná zatížitelnost $V_e$ (6.10b)

Řez:	$M_{Rd}$ [kNm]	$M_{Ed,g+q,P}$ [kNm]	$M_{Ek,Ve}$ [kNm]	$M_{Ed,Ve}$ [kNm]	$V_{ew}$ [kN]	$V_e$ [t]	
pole L1	1494.28	327.94	0.390	0.550	2120.62	<b>212.1</b>	VYHOVUJE
podpora P2	4494.73	2100.14	0.590	0.840	2850.70	<b>285.1</b>	VYHOVUJE
pole L2	3142.83	1149.69	0.550	0.790	2522.96	<b>252.3</b>	VYHOVUJE

Tab. 43 Výjimečná zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b)

### 7.1.4 Výsledná zatížitelnost mostu po zesílení

Statickým výpočtem podle platných technických norem ([1], [2], [5] a [6]) byla stanovena normální, výhradní a výjimečná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. Výsledná zatížitelnost mostu po aplikaci výše navrhované předpínací soustavy je uvedena v Tab. 44.

#### Druh zatížitelnosti dle [2]:

Normální ( $V_n$ )	Výhradní ( $V_r$ )	Výjimečná ( $V_e$ )
<b>43 t</b>	<b>109 t</b>	<b>212 t</b>

Tab. 44 Výsledná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. po zesílení

Výsledná zatížitelnost mostu splňuje minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti mostů na pozemních komunikacích II. třídy podle [2].



## 8. ZÁVĚR

Zatížitelnost mostu ev. č. 233 – 031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. byla stanovena podrobným statickým výpočtem dle platných normových usnesení a s přihlédnutím ke skutečnému stavu nosné konstrukce.

Výsledné hodnoty stávající zatížitelnosti jsou:

<b>Normální zatížitelnost <math>V_n</math> [t]</b>	<b>26</b>
<b>Výhradní zatížitelnost <math>V_r</math> [t]</b>	<b>64</b>
<b>Výjimečná zatížitelnost <math>V_e</math> [t]</b>	<b>130</b>

Stávající zatížitelnost mostu nesplňuje minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti mostů na pozemních komunikacích II. třídy podle [2].

Zesílení mostu ev. č. 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. v Plzni je navrženo systémem dodatečného předpětí předpínacími lany typu monostrand Y1860-S7-15,7 vedenými ve stávajících trámech původní konstrukce.

Výsledné hodnoty zatížitelnosti mostu po zesílení jsou:

<b>Normální zatížitelnost <math>V_n</math> [t]</b>	<b>43</b>
<b>Výhradní zatížitelnost <math>V_r</math> [t]</b>	<b>109</b>
<b>Výjimečná zatížitelnost <math>V_e</math> [t]</b>	<b>212</b>

Výsledné posouzení konstrukce po aplikaci navrženého zesílení splňuje požadavky zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy dle ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací v plném rozsahu.

V Brně dne 14. 3. 2018

Ing. Adam Svoboda

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

## 9. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1 Zeměpisná poloha mostu ev. č. 233 - 031 v Plzni přes řeku Úslavu .....	8
Obr. 2 Zeměpisná poloha mostu ev. č. 233 - 031 v Plzni přes řeku Úslavu – detail .....	8
Obr. 3 Pohled na most ve 3D .....	10
Obr. 4 Pohled na most ev. č. 233-031.....	10
Obr. 5 Schematický původní příčný řez mostu dle mostního listu (1934) .....	14
Obr. 6 Jednoduchý výpočtový model - spojitý nosník o třech polích .....	15
Obr. 7 ZS1 – Stálé zatížení - schéma zatížení .....	16
Obr. 8 Strojní válec silniční těžký 14 t .....	17
Obr. 9 ZS2 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (L1).....	17
Obr. 10 Dvě řady za sebou jedoucích nákladních automobilů .....	17
Obr. 11 ZS2 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (L1) .....	18
Obr. 12 Nákladní vlak složený z jednoho motorového vozu 8 t a ze tří vlečených vozů 18 t .....	18
Obr. 13 ZS4 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (L1) .....	18
Obr. 14 ZS5 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (L1) .....	19
Obr. 15 ZS6 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (P2) .....	19
Obr. 16 ZS7 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (P2).....	20
Obr. 17 ZS8 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (P2).....	20
Obr. 18 ZS9 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (P2) .....	20
Obr. 19 ZS10 – Strojní válec silniční těžký 14 t - schéma zatížení (L2).....	21
Obr. 20 ZS11 – Dvě řady jedoucích nákladních automobilů 22 t - schéma zatížení (L2) .....	21
Obr. 21 ZS12 - Nákladní vlak 26 t - schéma zatížení (L2) .....	21
Obr. 22 ZS13 – Rovnoměrné obtížení - schéma zatížení (L2) .....	22
Obr. 23 KV1: max. $M_y$ (L1) - obálka ohybových momentů.....	23
Obr. 24 KV2: max. $M_y$ (P2) - obálka ohybových momentů .....	23
Obr. 25 KV3: max. $M_y$ (L2) - obálka ohybových momentů.....	24
Obr. 26 Řez L1: Max. dovolený moment T-průřezu.....	27
Obr. 27 Řez L2: Max. dovolený moment T-průřezu.....	29
Obr. 28 Řez P2: Max. dovolený moment T-průřezu .....	30
Obr. 29 Pohled na výpočetní model ve směru osy Y .....	31
Obr. 30 Izometrický pohled na výpočetní model shora.....	32
Obr. 31 Izometrický pohled na výpočetní model zespoda .....	32
Obr. 32 Pevná podpora na P2.....	33
Obr. 33 Posuvná podpora na OP1, P3 a OP4 .....	33
Obr. 34 Příčný řez mostem .....	34
Obr. 35 T-průřez L1 .....	34
Obr. 36 Umístění T-průřezu L1 v modelu.....	34
Obr. 37 T-průřez L2 .....	35
Obr. 38 Umístění T-průřezu L2 v modelu.....	35
Obr. 39 T-průřez P2.....	36
Obr. 40 Umístění T-průřezu P2 v modelu .....	36
Obr. 41 Obdélníkový průřez 300/950 .....	37

Obr. 42 Umístění obdélníkového průřezu 300/950 v modelu.....	37
Obr. 43 Obdélníkový průřez 250/950 .....	38
Obr. 44 Umístění obdélníkového průřezu 250/950 v modelu.....	38
Obr. 45 Obdélníkový průřez 300/1700 .....	39
Obr. 46 Umístění obdélníkového průřezu 300/1700 v modelu.....	39
Obr. 47 Obdélníkový průřez 250/1150 .....	40
Obr. 48 Umístění obdélníkového průřezu 250/1150 v modelu.....	40
Obr. 49 ZS2: Příčný řez.....	42
Obr. 50 ZS2: Umístění zatížení na modelu.....	42
Obr. 51 ZS3: Příčný řez.....	43
Obr. 52 ZS3: Umístění zatížení na modelu.....	43
Obr. 53 Dynamické součinitele v závislosti na vlastní frekvenci.....	44
Obr. 54 ZS4: Příčný řez.....	45
Obr. 55 ZS4: Umístění zatížení na modelu.....	45
Obr. 56 ZS5: Umístění zatížení na modelu.....	45
Obr. 57 ZS6: Umístění zatížení na modelu.....	46
Obr. 58 Zatěžovací schéma pro stanovení normální zatížitelnosti dle [2].....	46
Obr. 59 Umístění zatěžovací sestavy $V_n$ v příčném směru.....	47
Obr. 60 Roznos kolového zatížení od $V_n$ na jednotlivé trámy – pravé kolo.....	47
Obr. 61 Roznos kolového zatížení od $V_n$ na jednotlivé trámy – levé kolo .....	47
Obr. 62 ZS7: Umístění zatížení na modelu.....	48
Obr. 63 ZS8: Umístění zatížení na modelu.....	48
Obr. 64 ZS9: Umístění zatížení na modelu.....	49
Obr. 65 Zatěžovací schéma pro stanovení výhradní zatížitelnosti dle [2] .....	49
Obr. 66 Umístění zatěžovací sestavy $V_r$ v příčném směru .....	50
Obr. 67 Roznos kolového zatížení od $V_r$ na jednotlivé trámy .....	50
Obr. 68 ZS10: Umístění zatížení na modelu.....	50
Obr. 69 ZS11: Umístění zatížení na modelu.....	51
Obr. 70 ZS12: Umístění zatížení na modelu.....	51
Obr. 71 Zatěžovací schéma pro stanovení výjimečné zatížitelnosti dle [2].....	52
Obr. 72 Umístění zatěžovací sestavy $V_e$ v příčném směru.....	52
Obr. 73 Roznos kolového zatížení od $V_e$ na jednotlivé trámy.....	52
Obr. 74 ZS13: Umístění zatížení na modelu.....	53
Obr. 75 ZS14: Umístění zatížení na modelu.....	53
Obr. 76 ZS15: Umístění zatížení na modelu .....	54
Obr. 77 Mapa maximálních teplot vzduchu ve stínu .....	54
Obr. 78 ZS16: Zatížení konstantní teplotou - oteplení.....	55
Obr. 79 Mapa minimálních teplot vzduchu ve stínu.....	55
Obr. 80 ZS17: Zatížení konstantní teplotou - ochlazení.....	56
Obr. 81 ZS18: Zatížení lineární složkou teploty – horní povrch teplejší než dolní.....	56
Obr. 82 ZS19: Zatížení lineární složkou teploty – dolní povrch teplejší než horní.....	57
Obr. 83 KV1: 6.10a ( $V_n$ , $V_r$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	59
Obr. 84 KV2: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	59
Obr. 85 KV3: 6.10a ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	60

Obr. 86 KV4: 6.10b ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	60
Obr. 87 KV3: Max/Min $M_y$ - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	61
Obr. 88 KV6: $V_n$ 6.10a - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	61
Obr. 89 KV7: $V_n$ 6.10b - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	62
Obr. 90 KV8: $V_r$ 6.10a - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	62
Obr. 91 KV9: $V_r$ 6.10b - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	63
Obr. 92 KV10: $V_e$ 6.10a - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	63
Obr. 93 KV11: $V_e$ 6.10b - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	64
Obr. 94 Řez L1: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN .....	66
Obr. 95 Řez L2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN .....	67
Obr. 96 Řez P2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu dle EN .....	68
Obr. 97 Schéma trasování předpínací výztuže trámu v 1. poli (2xY1860-S7-15,7) – viz příloha 1 ....	72
Obr. 98 Schéma trasování předpínací výztuže trámu v 2. poli (2xY1860-S7-15,7) – viz příloha 1 ....	73
Obr. 99 Geometrie polygonu předpínacího kabelu .....	73
Obr. 100 Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy (KZ3: Předpětí P) – podélný řez.....	74
Obr. 101 Ekvivalentní zatížení od dodatečně vložené předpínací soustavy (KZ3: Předpětí P) - axonometrie .....	74
Obr. 102 Průběh ztrát předpětí třením (napínání z obou konců mostu).....	75
Obr. 103 KZ3: Předpětí P - průběh ohybového momentu $M_y$ .....	77
Obr. 104 KV12: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	78
Obr. 105 KV13: 6.10b ( $V_n$ , $V_r$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	78
Obr. 106 KV14: 6.10a ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	79
Obr. 107 KV15: 6.10b ( $V_e$ ) - obálka ohybového momentu $M_y$ .....	79
Obr. 108 KV16: Max/Min $M_y$ (P) .....	80
Obr. 109 Průběh normálové síly N od dodatečného předpětí (KZ3: Předpětí P) .....	81
Obr. 110 Řez L1: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN.....	82
Obr. 111 Řez L2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN.....	84
Obr. 112 Řez P2: Moment na mezi únosnosti T-průřezu po zesílení dle EN .....	85
Tab. 1 Označení řešených řezů .....	14
Tab. 2 Přehled zatěžovacích stavů .....	15
Tab. 3 ZS1: Stálé zatížení.....	16
Tab. 4 ZS1: Stálé zatížení - podpůrné konstrukce žíms .....	16
Tab. 5 Rovnoměrné obtížení chodníků .....	16
Tab. 6 Rovnoměrné obtížení volné půdorysné plochy .....	19
Tab. 7 Přehled kombinací zatížení .....	22
Tab. 8 Přehled kombinací výsledků .....	22
Tab. 9 Souhrn max./min. ohybových momentů od zatížení (1934) .....	23
Tab. 10 Specifikace betonu C 30/37 .....	33
Tab. 11 Specifikace betonářské výztuže $C_b$ .....	33
Tab. 12 Průřezové charakteristiky T-průřezu L1 .....	35
Tab. 13 Průřezové charakteristiky T-průřezu L2 .....	35
Tab. 14 Průřezové charakteristiky T-průřezu P2.....	36

Tab. 15 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 300/950 .....	37
Tab. 16 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 250/950 .....	38
Tab. 17 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 300/1700 .....	39
Tab. 18 Průřezové charakteristiky obdélníkového průřezu 250/1150 .....	40
Tab. 19 Přehled zatěžovacích stavů .....	41
Tab. 20 ZS2: Ostatní stálé - chodníkové římsy .....	42
Tab. 21 ZS2: Ostatní stálé - podpůrné konstrukce říms .....	42
Tab. 22 ZS3: Ostatní stálé - vozovka .....	43
Tab. 23 Přehled kombinací zatížení .....	57
Tab. 24 Návrhové kombinační součinitelé.....	58
Tab. 25 Přehled kombinací výsledků .....	58
Tab. 26 Přehled max./min. hodnot ohybového momentu $M_y$ v řešených řezech.....	59
Tab. 27 Součinitel stavu konstrukce podle jejího stavebního stavu .....	69
Tab. 28 Minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy.	69
Tab. 29 Normální zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b) .....	70
Tab. 30 Výhradní zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b) .....	70
Tab. 31 Výjimečná zatížitelnost mostu (6.10a, 6.10b).....	71
Tab. 32 Výsledná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. ....	71
Tab. 33 Specifikace předpínací výztuže Y1860-S7-15,7 (Austria Draht) .....	72
Tab. 34 Zatěžovací stavy uvažované při výpočtu zesílení nosné konstrukce .....	76
Tab. 35 Kombinace zatížení pro výpočet účinků předpětí při zesílení nosné konstrukce .....	76
Tab. 36 Návrhové kombinační součinitelé.....	76
Tab. 37 Přehled kombinací výsledků .....	77
Tab. 38 Přehled max./min. hodnot ohybového momentu $M_y$ v řešených řezech.....	77
Tab. 39 Součinitel stavu konstrukce podle jejího stavebního stavu .....	86
Tab. 40 Minimální doporučené hodnoty zatížitelnosti pro mosty na pozemních komunikacích II. třídy.	86
Tab. 41 Normální zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b) .....	87
Tab. 42 Výhradní zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b) .....	87
Tab. 43 Výjimečná zatížitelnost mostu po zesílení (6.10a, 6.10b) .....	88
Tab. 44 Výsledná zatížitelnost mostu 233-031 Most přes řeku Úslavu v Chrástecké ul. po zesílení.	88