

# VÝŠKOVÝ SYSTÉM: B.P.V



AQUATIS a.s.  
Botanická 834/56, 602 00 Brno

Tel: +420 541 554 111  
Fax: +420 541 211 205

E-mail: [info@aquatis.cz](mailto:info@aquatis.cz)  
<http://www.aquatis.cz>

Zodpovědný projektant  
ING. VIT RYBAK

Hlavní inženýr projektu  
ING. DANIEL BRAZDA

Vedoucí střediska  
ING. JIRÍ ŠVANCARA

Vypracoval  
ING. LADISLAV ŠKŮREK

Kontroloval  
ING. TOMÁŠ OHERA

Zakázkové číslo  
121095A

Datum  
ČERVEN, 2021

Stupeň dokumentace  
DPS

Název souboru  
TITULNÍ STRANA.dwg

Akce

02.060-OPATŘENÍ V ÚSEKU BRANTICE, OHO,  
DÍLČÍ STAVBA 02.061  
JEZ BRANTICE, STAVBA Č. 5882  
SO 04 SILNIČNÍ MOST

Příloha

STATICKÝ VÝPOČET

Měřítko

—

Číslo přílohy

04\_2

Objednatel

POVODÍ ODRY, státní podnik

## OBSAH

1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	3
1.1.	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA STAVBY.....	3
1.2.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O INVESTOROVÍ.....	3
1.3.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O ZPRACOVATELI DOKUMENTACE .....	3
2.	POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE .....	4
2.1.	ZÁKLADNÍ PARAMETRY MOSTU .....	4
2.2.	POSTUP VÝSTAVBY .....	4
3.	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ .....	6
3.1.	Příčný řez .....	6
3.2.	Podélný řez .....	7
3.3.	STATICKÝ MODEL.....	8
4.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE A JEHO ÚČINKY .....	9
4.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	9
4.2.	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	10
4.3.	Předpětí.....	12
4.3.1.	Parametry předpětí .....	12
4.3.2.	Schéma kabelů v konstrukci .....	12
4.4.	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ DORAVOU .....	13
4.4.1.	gr1a – LM1.....	14
4.4.2.	gr5 – LM3.....	15
4.5.	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ CHODCI .....	16
4.6.	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ TEPLITOU .....	17
	SVISLÁ LINEÁRNÍ SLOŽKA.....	17
5.	KOMBINACE zatížení .....	18
5.1.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (MSÚ) .....	19
6.	MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI .....	20
6.1.	BETON.....	20
6.2.	Betonářská ocel .....	20
6.3.	Předpínací ocel .....	21
6.4.	KRYTÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE .....	21
6.5.	Krytí předpínací výztuže .....	21
7.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (MSÚ) .....	22
7.1.	OHYB V PODÉLNÉM SMĚRU .....	22
7.1.1.	Nad středovým pilířem.....	22

7.1.2.	Uprostřed 2. pole .....	23
7.2.	OHYB V PŘÍČNÉM SMĚRU .....	24
7.3.	SMYK.....	25
8	NÁVRH A POSOUZENÍ KRAJNÍ OPĚRY SE ZALOŽENÍM .....	26
8.1.	Model .....	26
8.2.	Zatížení .....	26
8.3.	Zemina .....	27
8.4.	Posouzení základové spáry a pilot.....	28
8.5.	Návrh a posouzení výztuže opěry .....	29
9	ZÁVĚR .....	30

## 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

### 1.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA STAVBY

**Kraj:** Moravskoslezský  
**ORP:** Krnov  
**Dotčené obce:** Brantice  
**Dotčený vodní tok:** Opava  
**Správce vodního toku:** Povodí Odry, s.p., závod 1 Opava, Kolofíkovo nábř. 54, 747 05 Opava, tel: +420 596 657 511, email: [opa\\_reditel.sekretariat@pod.cz](mailto:opa_reditel.sekretariat@pod.cz),  
**Číslo hydrol. pořadí:** ČHP 2 – 02 – 01 – 035 (Opava)

### 1.2. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O INVESTOROVÍ

**Název objednatele :** Povodí Odry, státní podnik  
**Sídlo objednatele :** Varenská 3101/49, Moravská Ostrava, 702 00 Ostrava  
doručovací číslo: 701 26  
**Druh společnosti :** státní podnik  
**Kontaktní osoby :** Ing. Jiří Tkáč, generální ředitel  
Zástupce ve věcech technických: Ing. Eva Hrubá, vedoucí investičního odboru  
Ing. Petr Pröschl, DiS., investiční referent  
**Telefon:** 596 657 111  
**Fax:** 596 612 666  
**e-mail:** [info@pod.cz](mailto:info@pod.cz)  
**IČ:** 70890021  
**DIČ:** CZ 70890021

### 1.3. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O ZPRACOVATELI DOKUMENTACE

**Název zhotovitele :** AQUATIS a.s.  
**Sídlo zhotovitele :** Botanická 834/56, 602 00 Brno, okres Brno - město  
**Kontaktní osoby :** Ing. Jiří Švancara - vedoucí střediska Hydrotechnika I  
Ing. Daniel Brázda - hlavní inženýr projektu  
**Telefon :** 541 554 111  
**Fax :** 541 211 205  
**IČ :** 46 34 75 26  
**DIČ:** CZ46347526  
**Generální projektant:** AQUATIS a.s., Botanická 834/56, 602 00 Brno  
**Projektant části SO 04:** RYBÁK – PROJEKTOVÁNÍ STAVEB, spol. s r. o., Havlíčkova 25a, 602 00 Brno, tel. 00420 543 236 081, e-mail: [rybak@rybak.cz](mailto:rybak@rybak.cz). IČO 25325680, DIČ CZ23525680, organizace je zapsána v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Brně, oddíl C, vložka 25818

#### Hlavní inženýr projektu

**Ing. Daniel Brázda**, autorizovaný inženýr pro stavby vodního hospodářství a krajinného inženýrství, ČKAIT - 1006709.

Dokumentaci SO 04 Silniční most, ověřil **Ing. Vít Rybák**, autorizovaný inženýr v oboru dopravní stavby a mosty a inženýrské konstrukce, ČKAIT – 1000609.

Předkládanou práci zpracovala společnost AQUATIS a.s. na základě SOD ev. č. objednatele B 0017/21, ev. č. zhotovitele 121095A uzavřené mezi organizací Povodí Odry, s.p. a společností „AQUATIS a.s.“

Podkladem pro uzavření této smlouvy byla nabídka zhotovitele ze dne 13. 5. 2021 podaná na základě výzvy k podání nabídky na veřejnou zakázku malého rozsahu: Projektová dokumentace „02.060 Opatření v úseku Brantice, OHO, dílčí stavba 02.061 Jez Brantice, stavba č. 5882“

Společnost AQUATIS a.s., Botanická 834/56, 602 00 Brno, IČ 46347526 je oprávněna k projektové činnosti ve výstavbě na základě živnostenského oprávnění na dobu neurčitou.

## 2. POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE

Nový most je navržen jako dvoupólový s délkou přemostění cca 45,82 m. Most je kolmý a osa konstrukce s osou navrhované kynety svírá úhel  $L 81^\circ$ . Omezená stavební výška mostu vedla k návrhu pilíře, umístěného mimo kynetu koryta na místo původní opěry trémového mostu. Nosná konstrukce je předpjatá, monolitická, spojitá, betonová deska s náběhy. Založení mostu se předpokládá na velkopřůměrových vrtaných ŽB pilotách. Opěra 1 bude zakomponována do svahu koryta řeky a bude mít šikmá křídla navazující na plánovaný terén koryta. Nosná konstrukce bude uložena pomocí elastomerových ložisek a bude opatřena podpovrchovým mostním závěrem. Opěra 3 bude navazovat na opevnění levého břehu koryta. Nosná konstrukce na ni bude uložena pomocí elastomerových ložisek a bude opatřena povrchovým dilatačním závěrem nad levobřežní opěrou. Střední ŽB stěnový pilíř má obdélníkový průřez se zaoblenými hranami. Pilíř je spojen s mostovkou vrubovým kloubem. Základ pilíře je pod úrovní nivelety kynety koryta.

Nosná konstrukce se opatří celoplošnou izolací. Vozovka na mostě bude živičná, římsy monolitické, železobetonové, mostní zábradlí ocelové. Na mostě budou 2 mostní odvodňovače, příčný sklon vozovky je jednosměrný se spádem 2.5 %. Na mostě je navržen jednostranný chodník (na návodní straně) s celkovou šířkou římsy 2,05 m, na povodní straně je navržena římsa šířky 0,8 m.

Přechodové oblasti v předpolí mostu se zpevní betonovými klíny. Stávající vozovka se odfrézuje a vybourá a kompletně vymění. Navržená niveleta téměř kopíruje stávající stav tak, aby rozsah úprav terénu v předpolích byl co nejmenší. Krypt vozovky bude asfaltový.

### 2.1. ZÁKLADNÍ PARAMETRY MOSTU

#### Technické parametry:

#### Základní technické parametry:

délka přemostění	49,33 m	
délka nosné konstrukce	48.21 m	
úhel křížení	81,0 g	
šířka mostu	6,35 m	
volná šířka na mostě	5,75 m	
šířka vozovky mezi obrubami	4,00 m	
stavební výška uprostřed delšího pole	0.90 m	
výška náběhů	0.60 m	
rezerva mezi spodní hranou nosné konstrukce a hladinou Q100tr v ose kynety	0.29 m	
rezerva mezi spodní hranou nosné konstrukce a hladinou Q50 v ose kynety	0,79 m	
plocha mostu (délka n.k. x šířka mostu)	48.21 x 6,35 = 306,13 m2	
směrové poměry komunikace	most leží v přímé	
sklonové poměry komunikace	na mostě je vyduť zakružovací oblouk R = 550 m	
Zatížitelnost mostu	normální	32t
	Výhradní	80t
	Vyjmečná	196t

### 2.2. POSTUP VÝSTAVBY

Jako první proběhne odstranění stávající mostní konstrukce Demolice bude provedena ve čtyřech fázích:

**Fáze 0** – přípravné práce: identifikace a případné přeložení veškerých inženýrských sítí, kompletní odstranění mostního

svršku (zábradlí, římsy a vozovka), ato buď jednorázově v celé délce mostu nebo po jednotlivých polích dle postupu prací.

**Fáze 1** – vybourání nosné konstrukce 2. pole (mezi náhonem a korytem), nad suchou překážkou shora, přístup je po stávajících mostních konstrukcích z levého i pravého břehu.

**Fáze 1a** – zřízení přístupu do prostoru mezi náhonem a korytem Opavy pro mechanizaci. Je možné zasypání vybouraného 2. mostního pole a zřízení kolmého sjezdu (variantou je zřízení provizorního přemostění přes náhon vedle stávajícího mostu).

**Fáze 2** – odkopání a vybourání závěrné zídky krajní opěry pole 4 na pravém břehu a následné podélné rozřezání betonové konstrukce pole 4 a sejmutí jednotlivých dílů jeřábem. Následně vybourání krajní opěry na pravém břehu Opavy.

**Fáze 2a** – zřízení (dosypání) přístupu (plošiny) ke stávajícímu pilíři v korytě Opavy ze strany náhonu. Tato plocha bude využita též při bourání 3. pole pro pohyb mechanismů.

**Fáze 3** - podélné rozřezání betonové konstrukce pole 3 a sejmutí jednotlivých dílů jeřábem. Následně vybourání spodní stavby (pilíř a opěra pole 3).

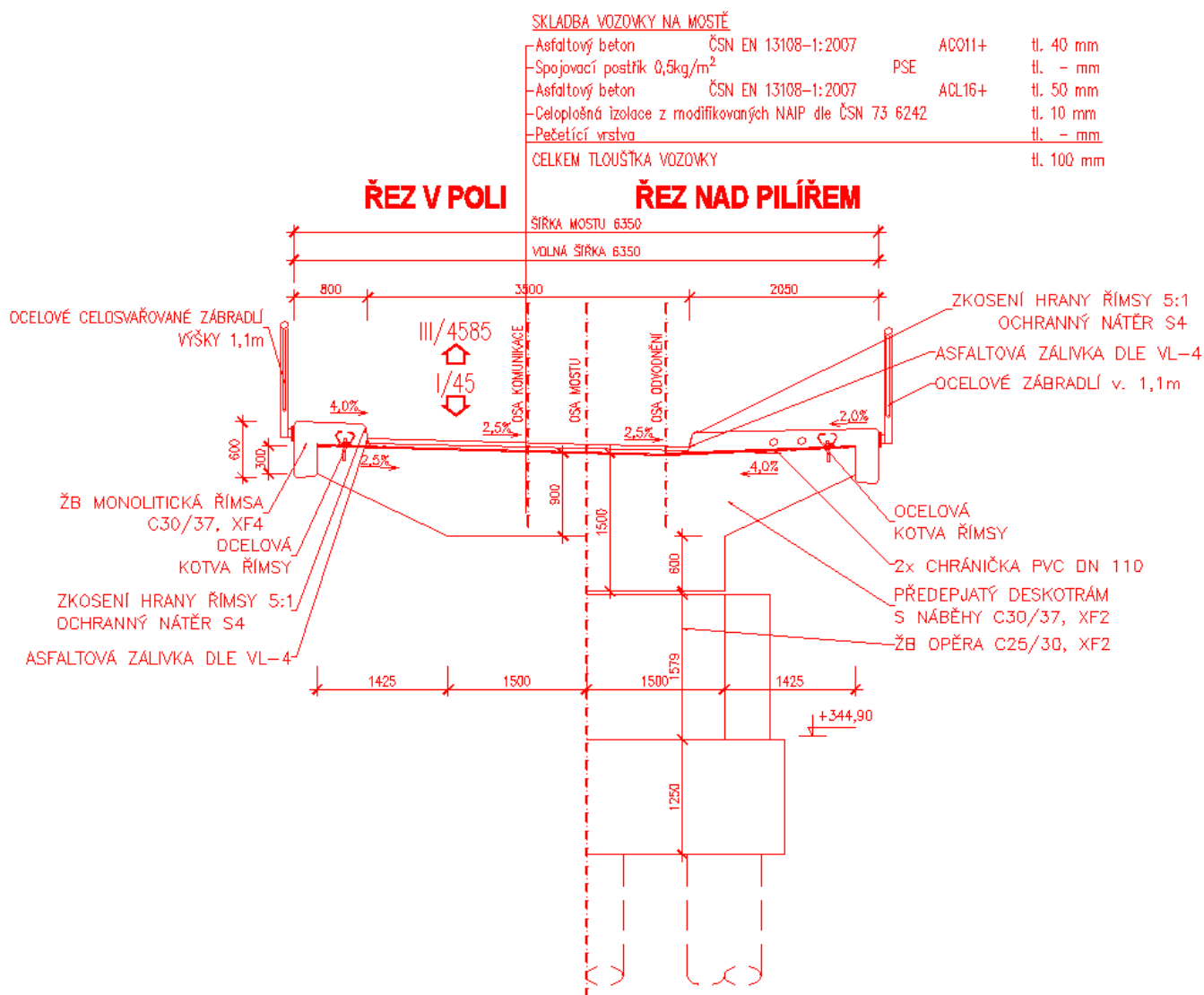
**Fáze 4** – rozřezání nosné konstrukce pole 1 nad náhonem a sejmutí jednotlivých dílů jeřábem. Přemostění náhonu ale může sloužit po určitou dobu pro přístup do prostoru mezi náhonem a Opavou. Postup prací je nutno koordinovat s ostatními objekty. Opěry u náhonu budou odbourány až po provedení nového koryta náhonu.

Následně bude provedeno založení pomocí velkopřůměrových pilot společně s krajními opěrami a středovým pilířem. Poté se provede betonáž nosné konstrukce. Konstrukce se předepne po dosažení 80% požadované pevnosti betonu. Následně bude proveden mostní svršek s předmostími.

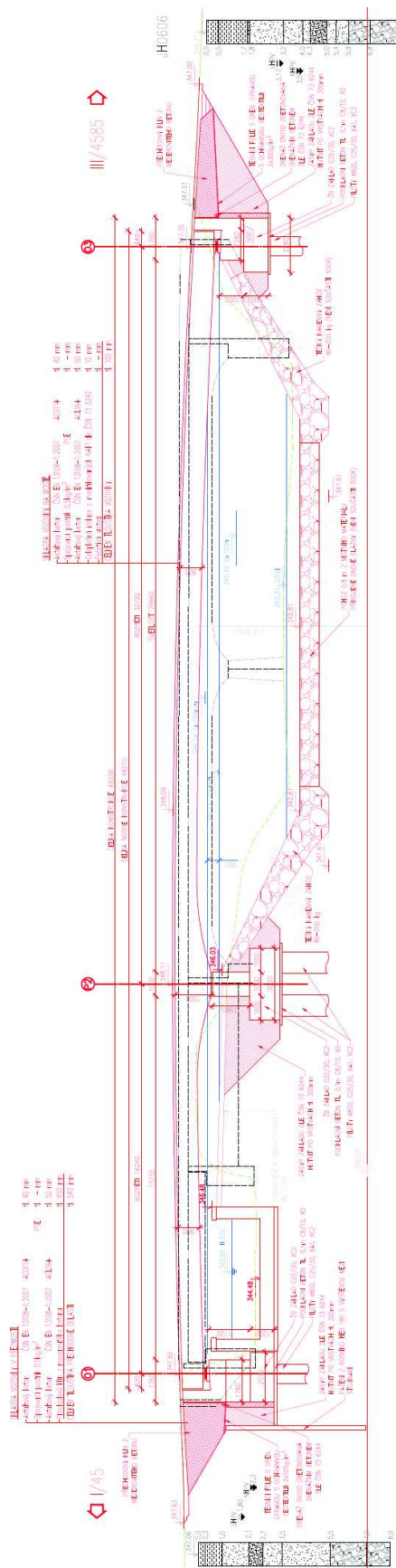
### 3. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Statický výpočet řeší návrh a posouzení dodatečně předepjatého deskotrámu. Jedná se o dvoupolovou dodatečně předepnutou konstrukci z betonu C30/37 XF2.

#### 3.1. Příčný řez



### 3.2. Podélný řez

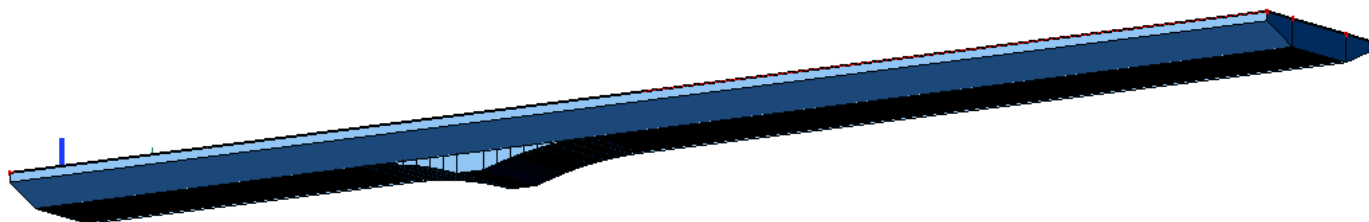




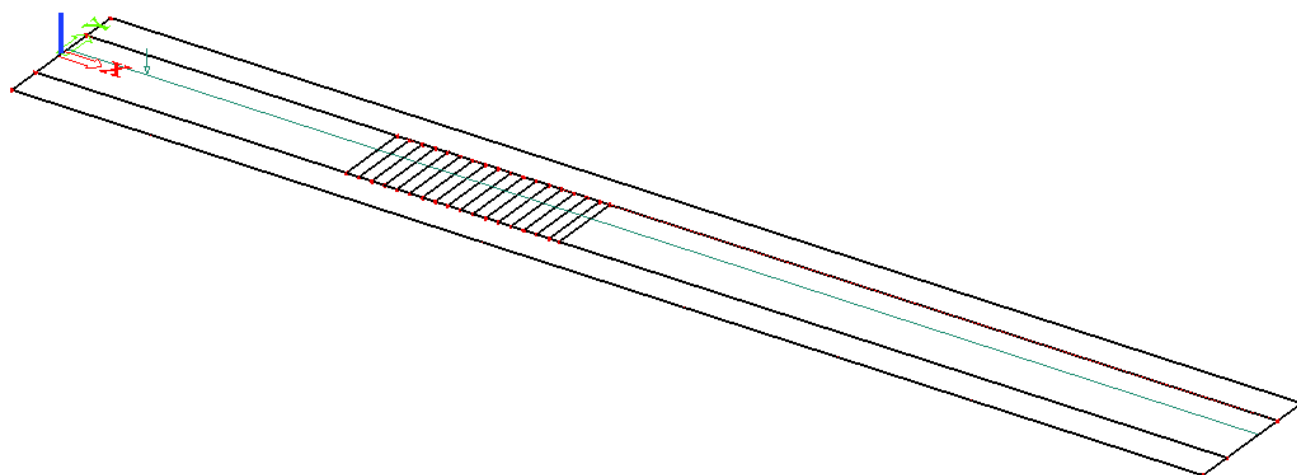
### 3.3. STATICKÝ MODEL

Výpočet byl proveden na programu SCIA ENGINEER. Pro stanovení účinků pohyblivého zatížení byl vytvořen prostorový model desky.

#### Prostorový model



#### Statické schéma

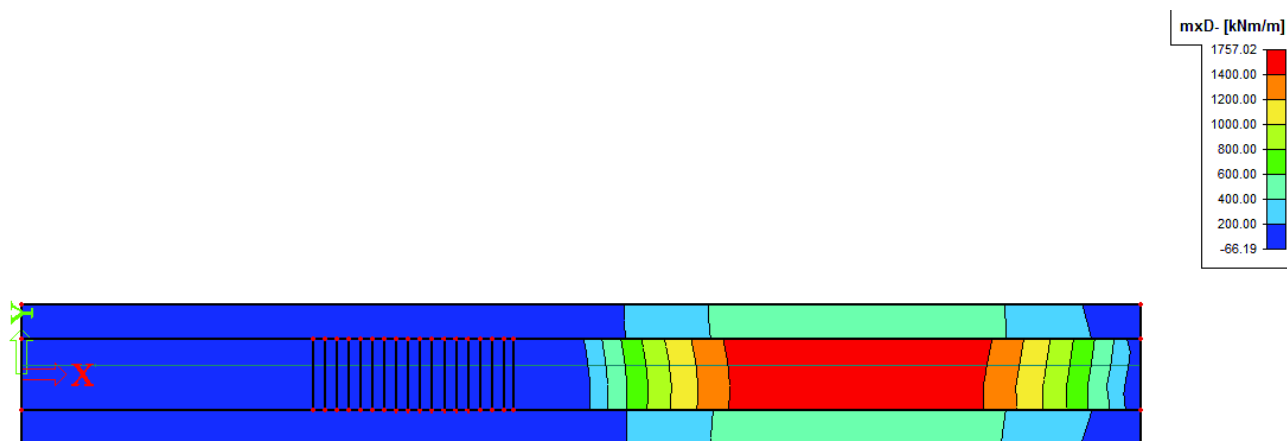


## 4. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE A JEHO ÚČINKY

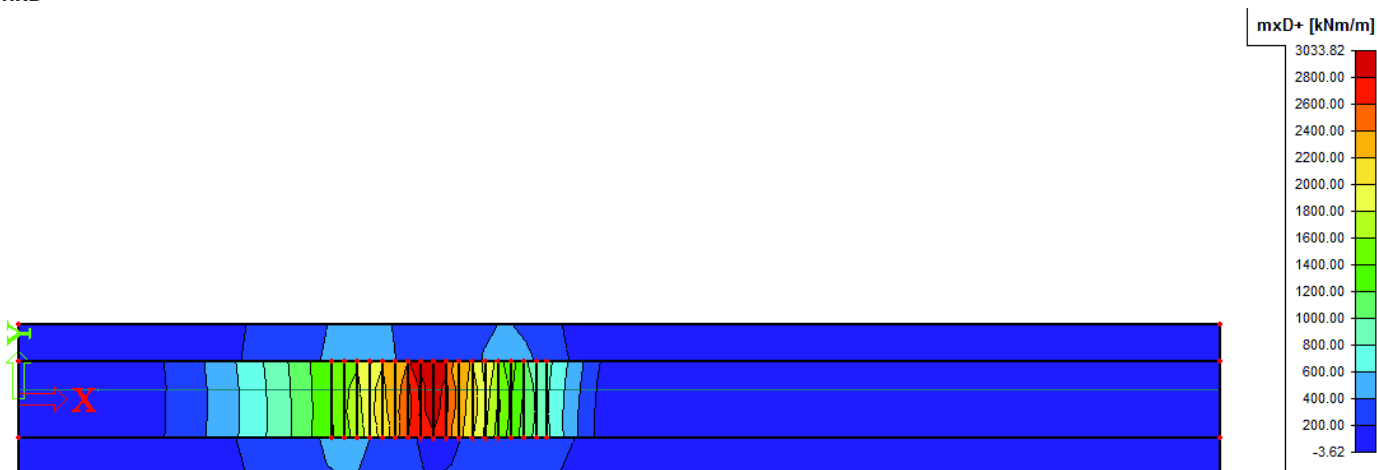
### 4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení je generováno programem.

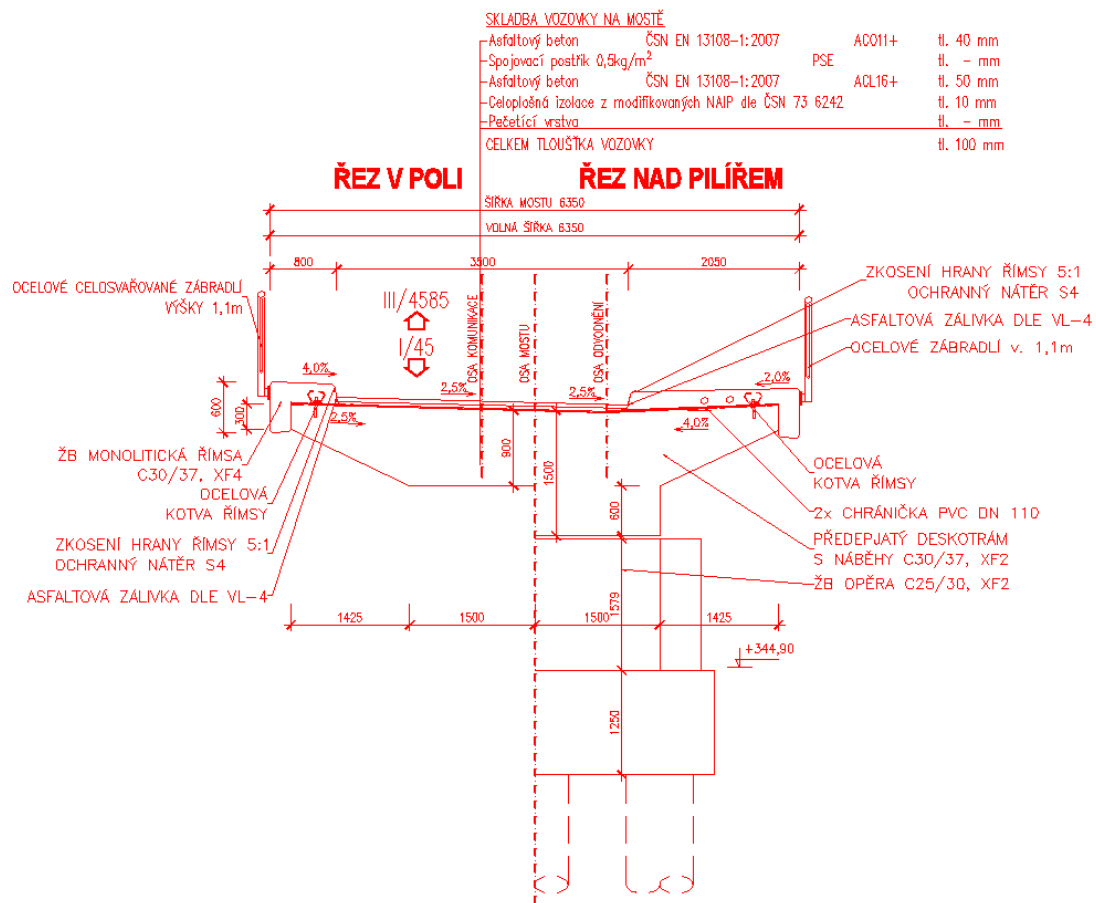
**mxD-**



**mxD+**



## 4.2. OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ



## Vozovkové vrstvy

-	Asfaltový beton obrusný	ACO 11	40 mm	0,04 * 24 = 0,96 kN/m <sup>2</sup>
-	Asfaltový beton obrusný	ACO 16	50 mm	0,05 * 24 = 1,20 kN/m <sup>2</sup>
-	Celoplošná izolace s pečetící vrstvou		10 mm	0,01 * 24 = 0,24 kN/m <sup>2</sup>
<b>Celkem</b>				<b>2,4 kN/m<sup>2</sup></b>

### Levá římsa

**11,84 kN/m<sup>2</sup>**

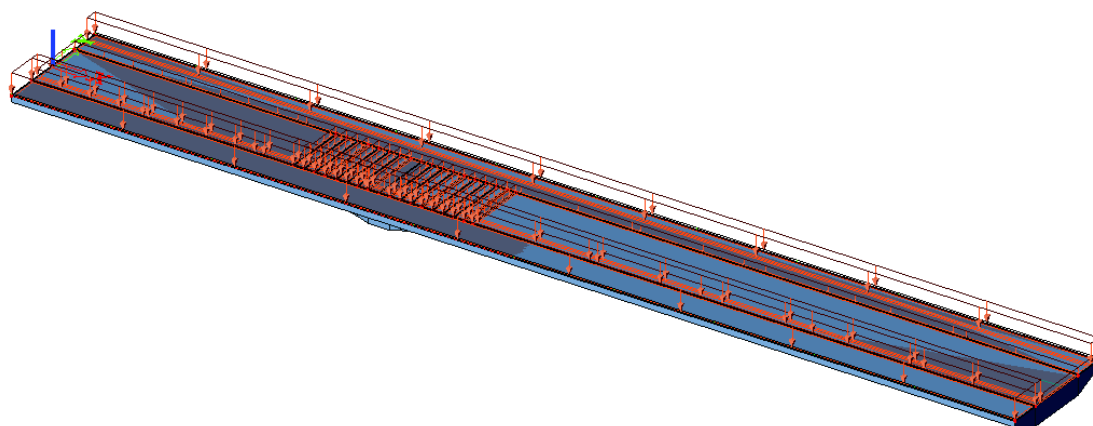
## Pravá římsa

7,04 kN/m<sup>2</sup>

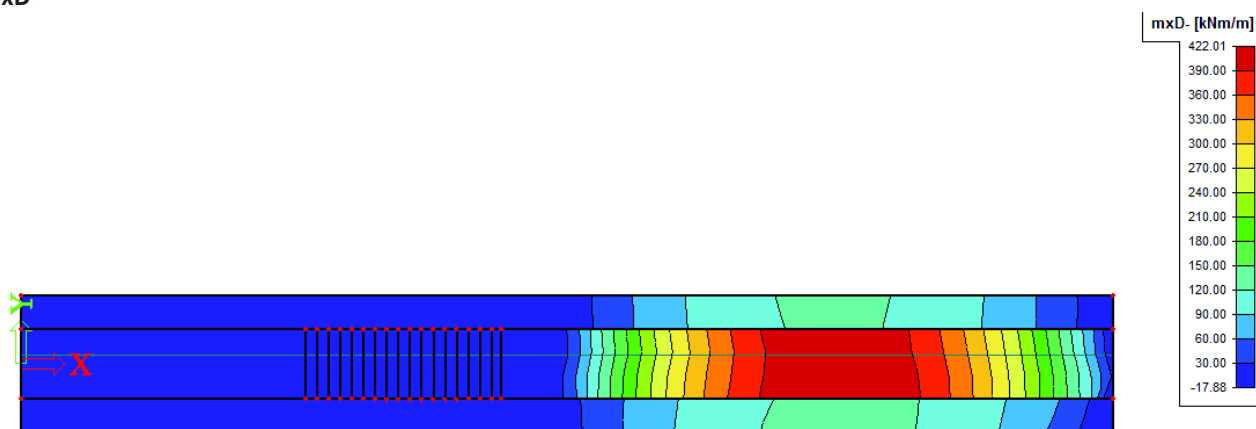
### Ocelové zábradlí (liniové zatížení na hraně desky)

**0,50 kN/m**

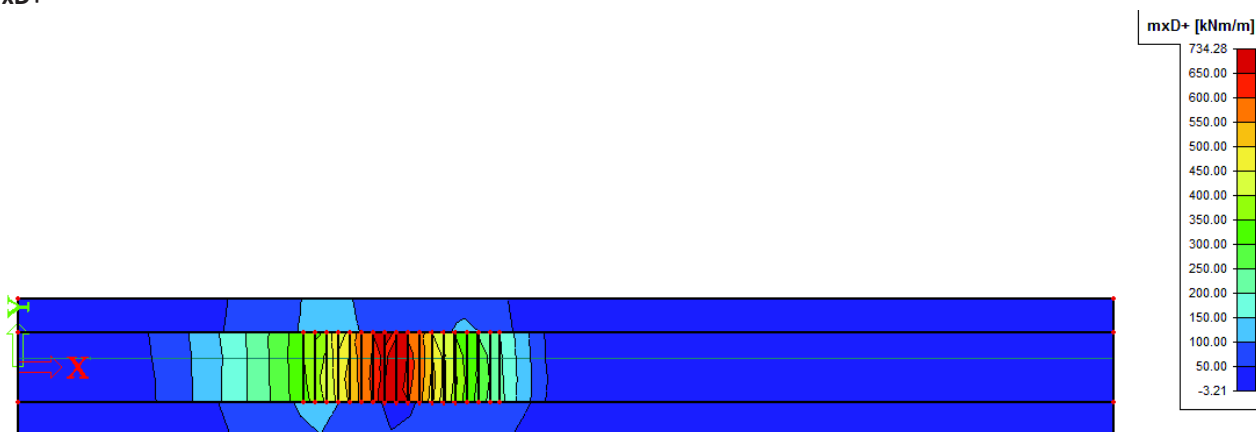
# Zatížení ostatním stálým zatížením



mxD-



mxD+



### 4.3. Předpětí

Byla použita metoda vyrovnávání stálého zatížení. Bylo vyrovnáno cca 100% stálého zatížení. Pro návrh byly krátkodobé ztráty spočítány programem Scia Engineer. Dlouhodobé ztráty byly odhadnuty na 10%.

#### 4.3.1. Parametry předpětí

Charakteristiky napínání kabelů:

Typ napínání:	typ 3
Předpínání z:	oba konce, kotveno na začátku, dopínáno na konci
Součinitel tření v oblouku:	$\mu = 0,2$
Pokluz začátek:	$w = 6 \text{ mm}$
Pokluz konec:	$w = 6 \text{ mm}$
Doba podržení napětí:	$t = 300 \text{ s}$
Průměr kanálku:	$\phi = 105 \text{ mm}$

Limity napětí:

Maximální možné kotevní napětí v předpínací výztuži:

$$\sigma_{pmax} = \min \{0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k}\} = \min \{1488; 1476\} = 1476 \text{ MPa}$$

$$0,8 \cdot f_{pk} = 0,8 \cdot 1860 = 1488 \text{ MPa}$$

$$0,9 \cdot f_{p0,1k} = 0,9 \cdot 1640 = 1476 \text{ MPa}$$

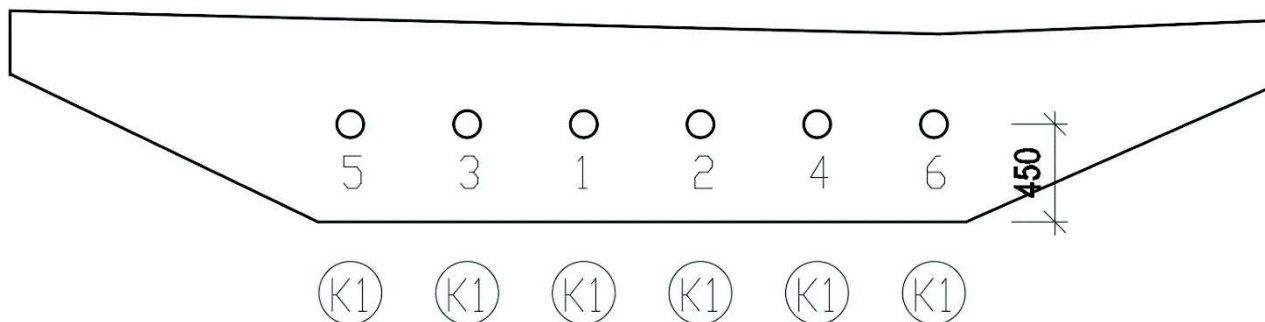
Maximální možné napětí v okamžiku po vnesení předpětí (po krátkodobých ztrátách):

$$\sigma_{pmax} = \min \{0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p0,1k}\} = \min \{1395; 1394\} = 1394 \text{ MPa}$$

$$0,75 \cdot f_{pk} = 0,75 \cdot 1860 = 1395 \text{ MPa}$$

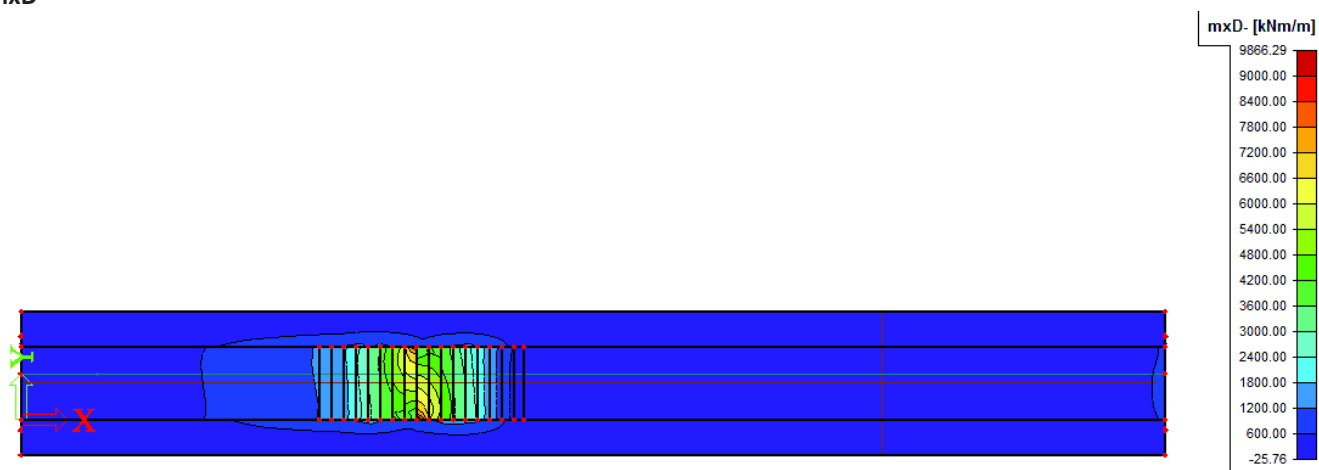
$$0,85 \cdot f_{p0,1k} = 0,85 \cdot 1640 = 1394 \text{ MPa}$$

#### 4.3.2. Schéma kabelů v konstrukci

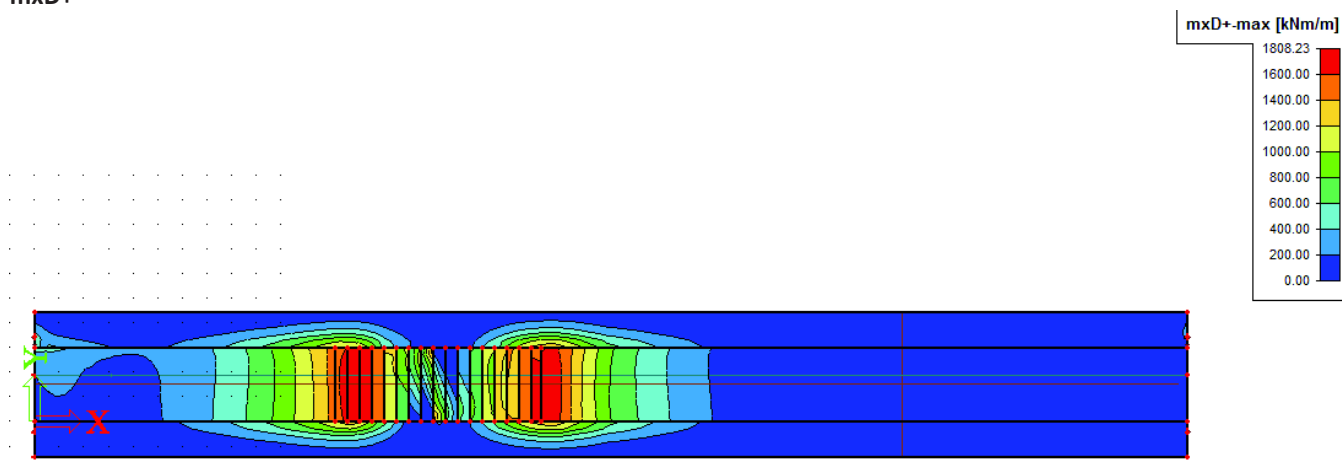


Návrh: - Předpínací lana – Y1860S7 – 15,7 a 750 mm – 1kabel 27 lan

mxD-



mxD+



#### 4.4. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ DORAVOU

Sestavy zatížení

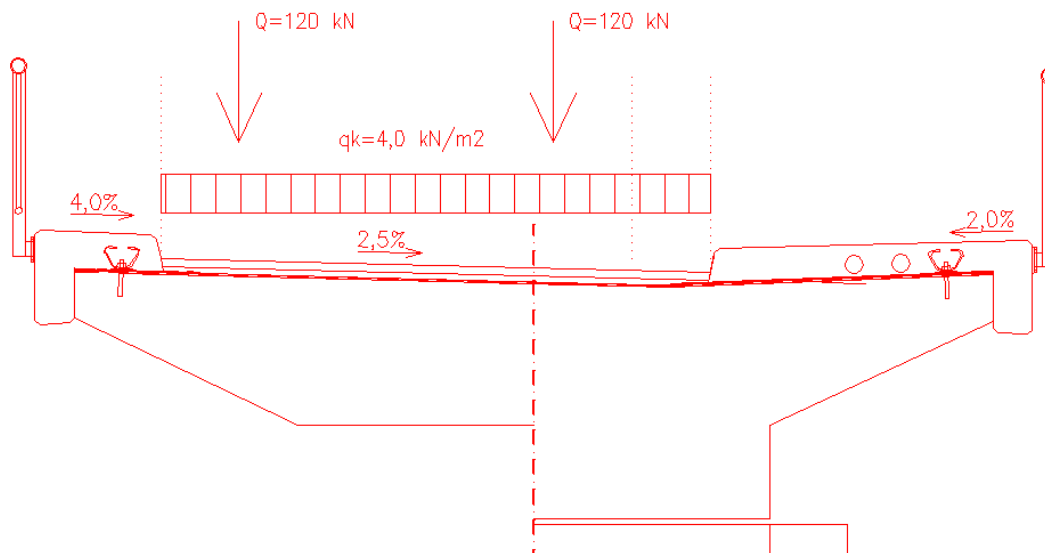
		VOZOVKA						CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY
Zatěžovací systém		svislé síly				vodorovné síly		pouze svislé zatížení
		dvojnáprava a rovn. zat. LM1	jednotlivá náprava LM2	zvláštní vozidla LM3	zatížení davem lidí LM4	brzdné a rozjezd. síly <sup>(a)</sup>	odstředivé síly a příčné síly <sup>(a)</sup>	rovnoměrné zatížení
SESTAVY ZATÍŽENÍ	gr1a	charakteristické hodnoty						3 kNm <sup>-2</sup>
	gr1b		charakteristická hodnota					
	gr2	časťe hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota	
	gr3							charakteristická hodnota <sup>(c)</sup>
	gr4				charakteristická hodnota			charakteristická hodnota
	gr5	charak. hod. rovn. zatížení		charakteristická hodnota				

#### 4.4.1.gr1a – LM1

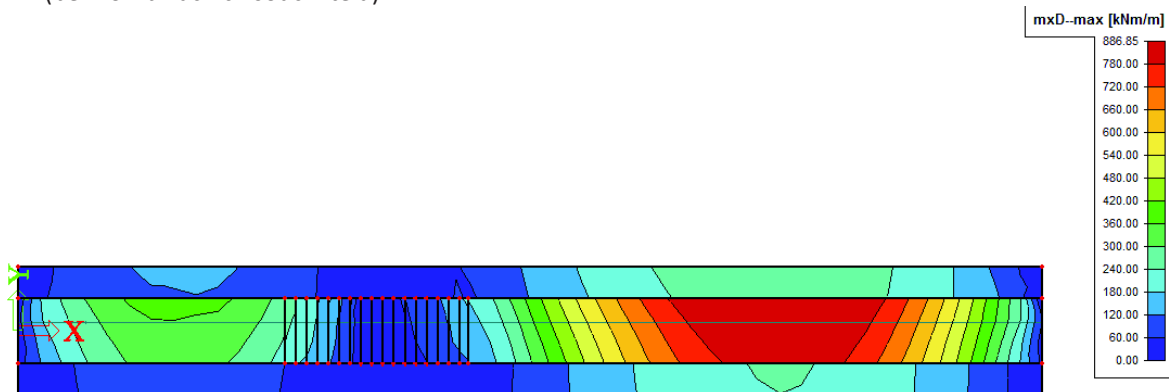
$Q_{ts1} = 240 \text{ kN}$  (zatížení na jednu nápravu)

$$q_{UDL1} = 4 \text{ kN/m}^2$$

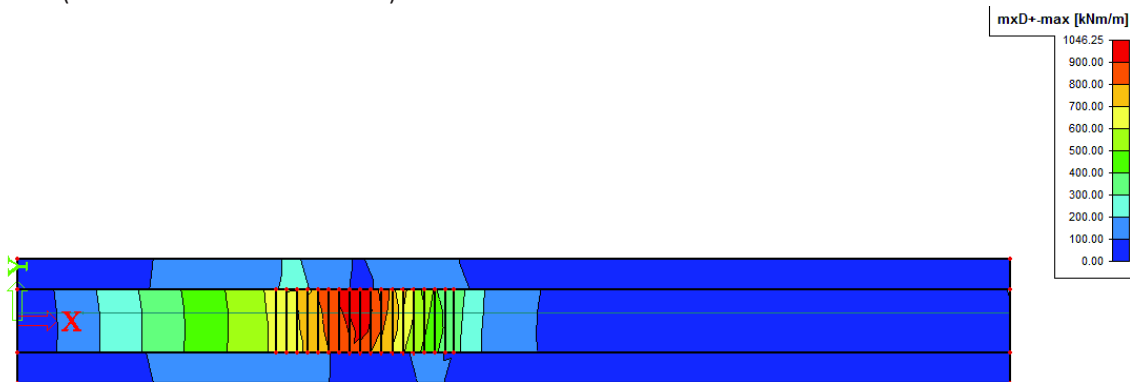
#### Zatížení



**mxD-** (bez kombinačních součinitelů)



**mxD+** (bez kombinačních součinitelů)



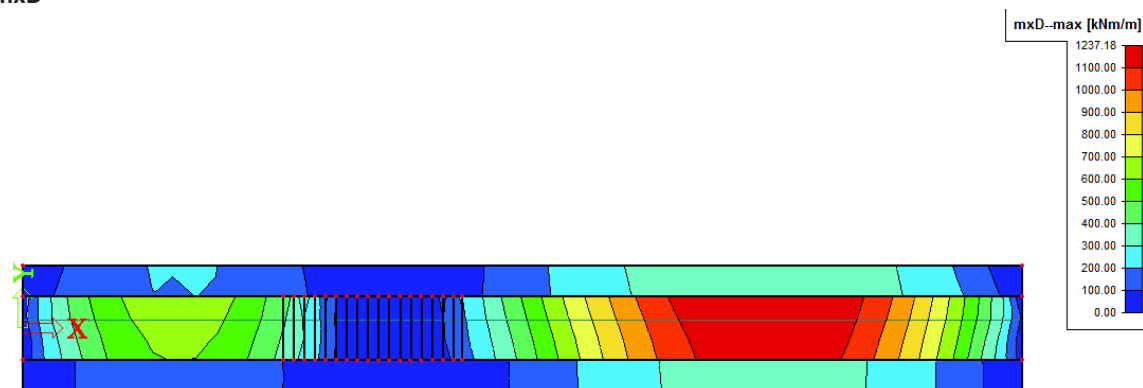
#### 4.4.2.gr5 – LM3

Zvláštní vozidlo pro silnice III. třídy:

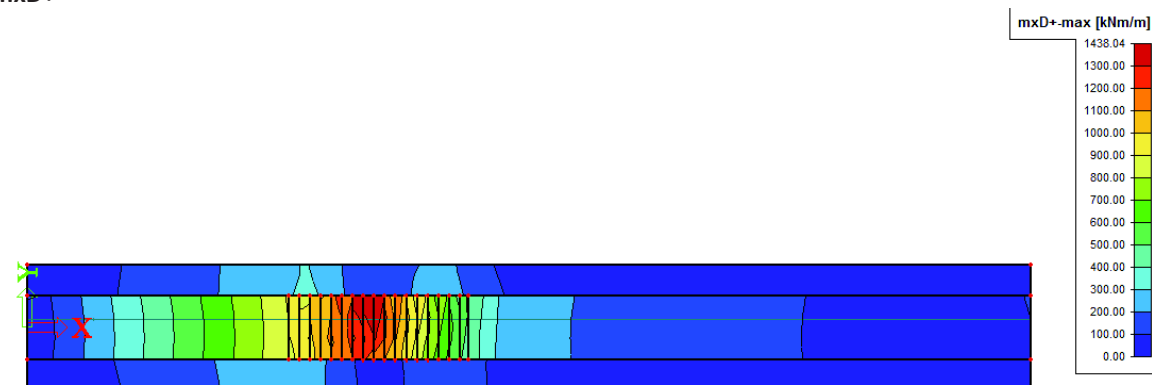
- 900/150n = 9 x 150 kN
- zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů, přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy  $\pm 0,5$  m
- rychlost  $\leq 70$  km/hod  $\Rightarrow$  dynamický součinitel  $\phi = 1,25$
- Jedná se o jediné vozidlo na mostě

$$Q_{TS} = 150 \cdot 1,25 = 187,5 \text{ kN}$$

**mxD-**



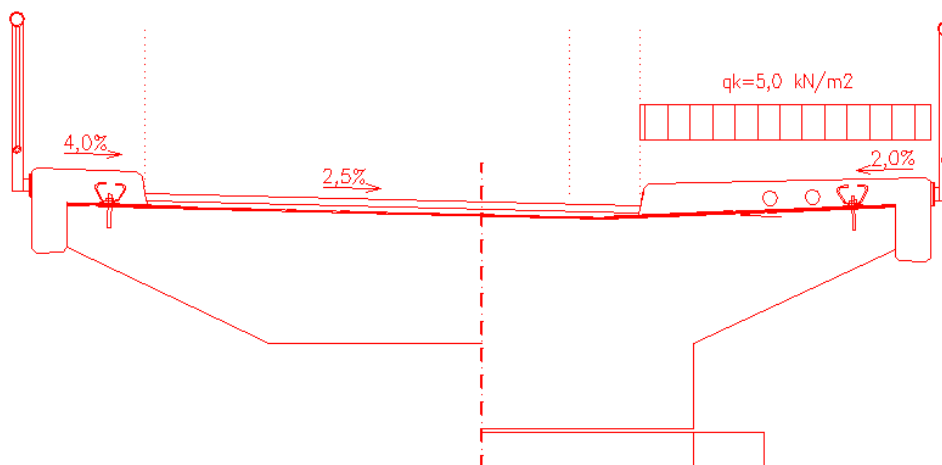
**mxD+**



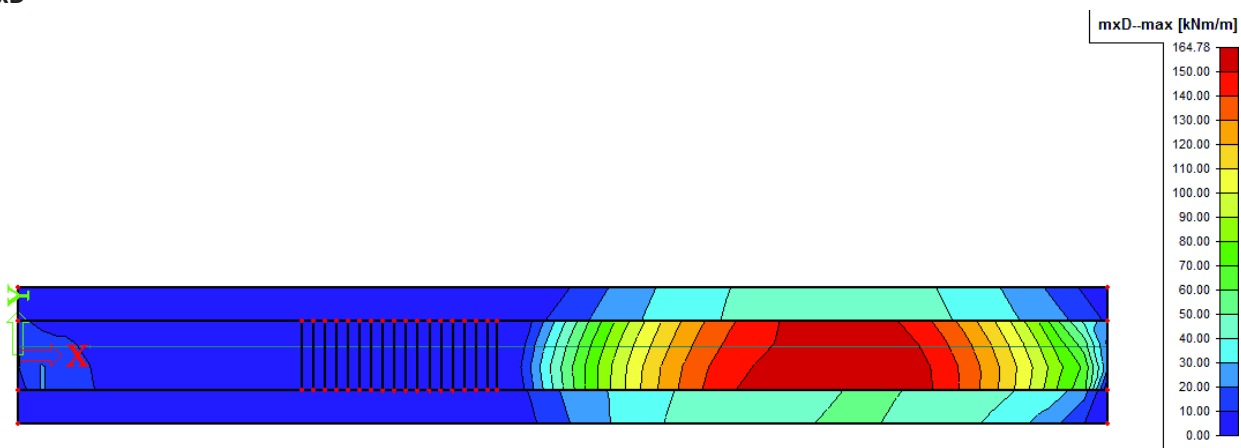


#### 4.5. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ CHODCI

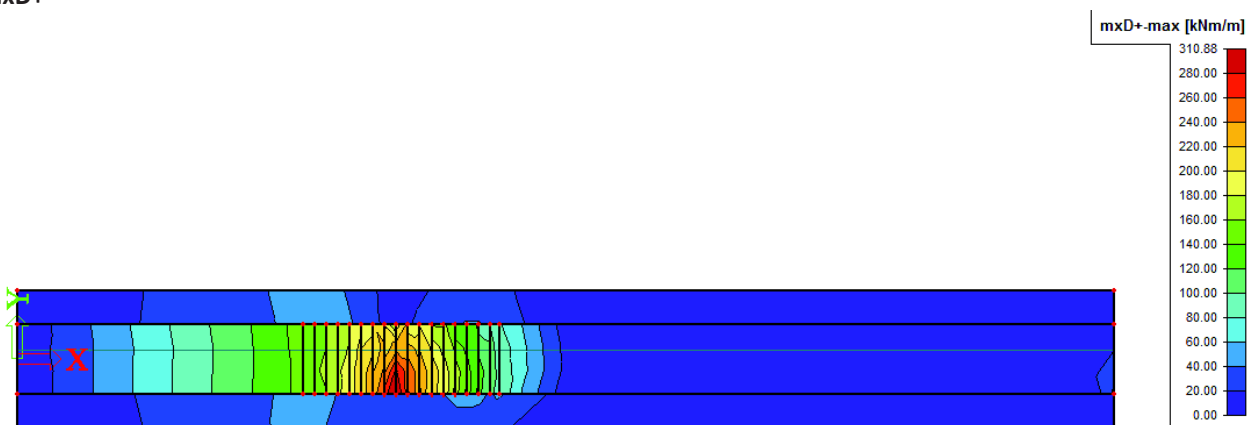
Zatížení chodci na chodníku –  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$



mxD-



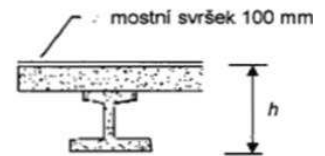
mxD+



#### 4.6. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

##### SVISLÁ LINEÁRNÍ SLOŽKA

- Je uvažován **Postup 1** a hodnoty dle normy ČSN EN 1991-1-5
- 3. typ: betonová nosná konstrukce – betonový nosník



Typ 3.b: betonový nosník

Horní povrch je teplejší než dolní

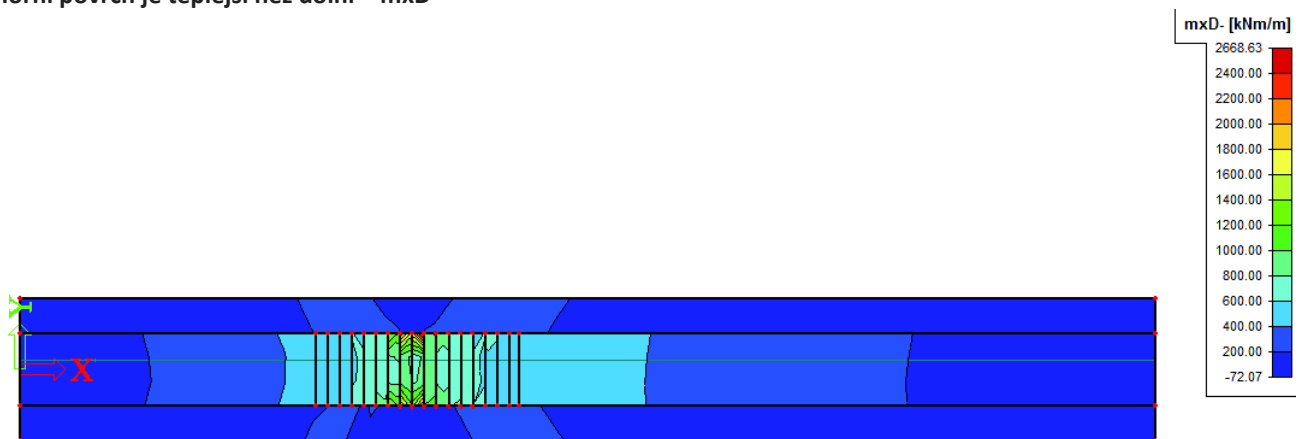
$$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C} \cdot k_{sur} = 15 \cdot 1 = 15,0^{\circ}\text{C}$$

Dolní povrch je teplejší než dolní

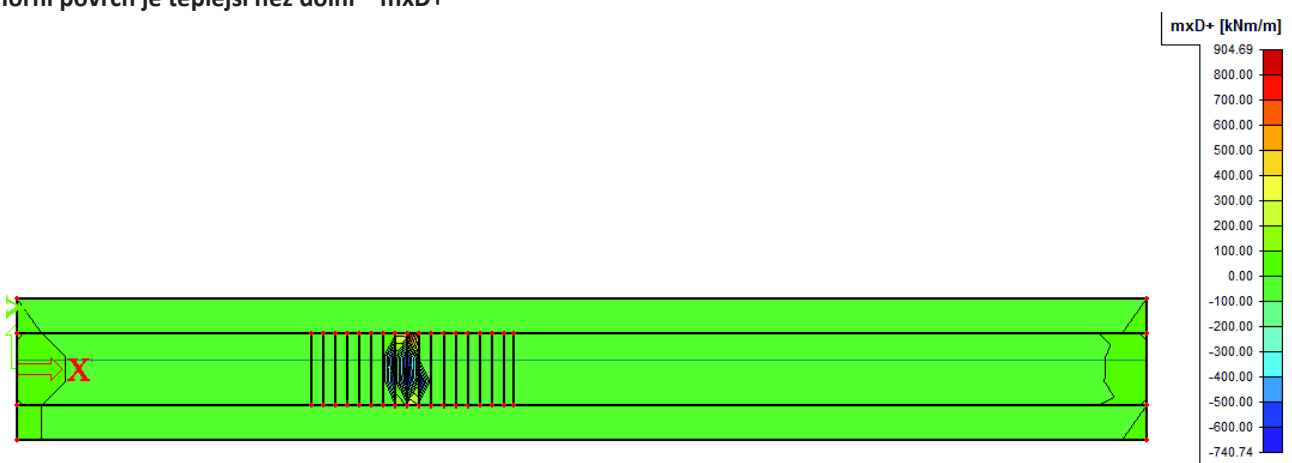
$$\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}\text{C} \cdot k_{sur} = 8 \cdot 1 = 8^{\circ}\text{C}$$

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce 6.1 pro mosty pozemních komunikací vycházejí z 50 mm tloušťky mostního svršku. Pro jiné tloušťky mostního svršku se mají tyto hodnoty vynásobit součinitelem  $k_{sur}$ . Doporučené hodnoty součinitele jsou uvedené v tabulce 6.2 normy ČSN EN 1991-1-5.

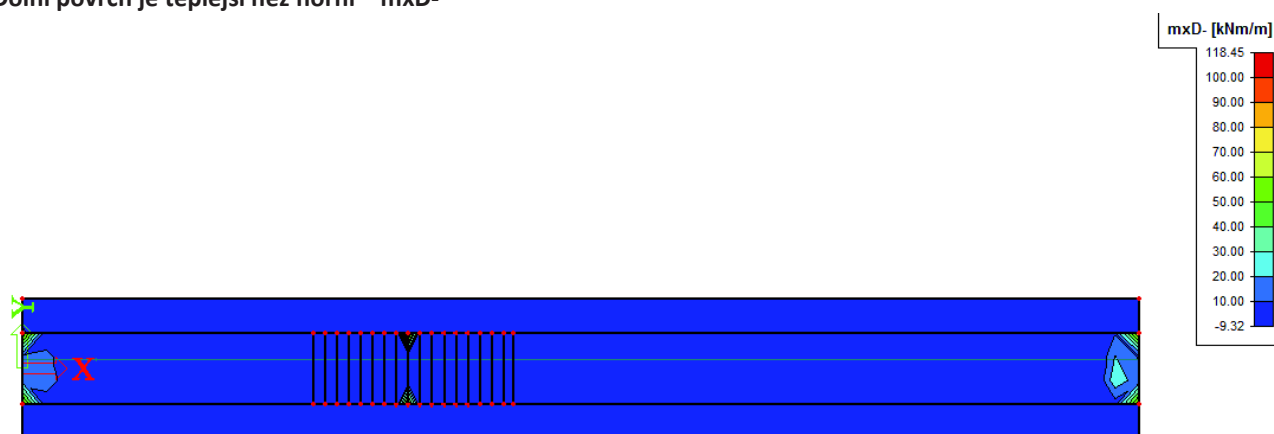
Horní povrch je teplejší než dolní – mxD-



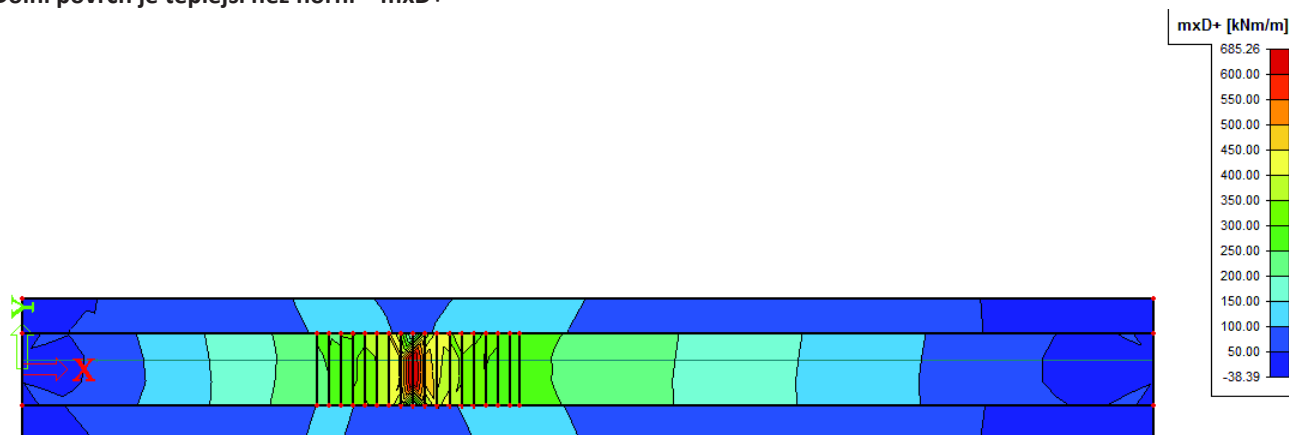
Horní povrch je teplejší než dolní – mxD+



Dolní povrch je teplejší než horní –  $mxD-$



Dolní povrch je teplejší než horní –  $mxD+$



## 5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Součinitele  $\psi$  pro mosty pozemních komunikací:

zatížení	značka		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
dopravou	gr1a	TS (dvounápravy)	0.75	0.75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0.40	0.40	0
		chodci a cyklisti	0.40	0.40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0.75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0.40	0
	gr4 (zatížení davem lidí)		0	-	0
větre	gr5 (zvláštní vozidla)		0	-	0
	$F_{wk}$ - trvalé návrhové situace		0.6	0.2	0
	- provádění		0.8	-	0
	$F_w^*$		1.0	-	0
teplotou	$T_k$		0.6	0.6	0.5
sněhem	$Q_{snk}$ (během provádění)		0.8	-	-
staveništní	$Q_c$		1.0	-	1.0

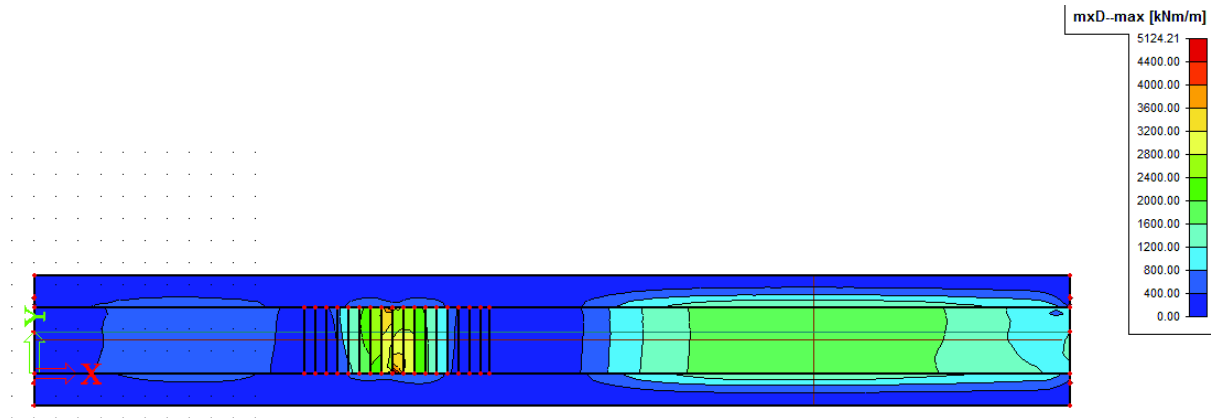
### 5.1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (MSÚ)

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

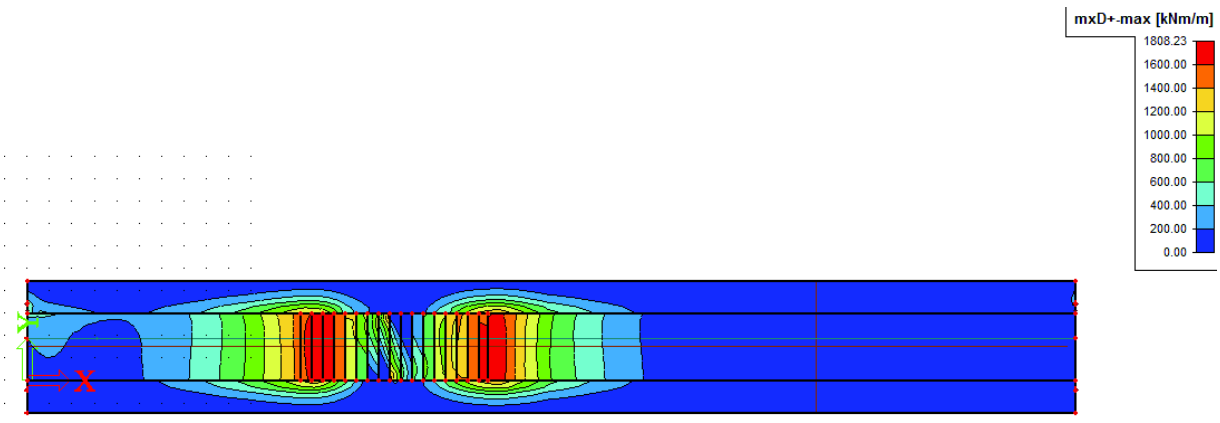
$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{ROVNICE 6.10b}$$

$$\gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35 \quad \gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,00 \quad \gamma_{Q,1} = 1,35 \quad \xi = 0,85$$

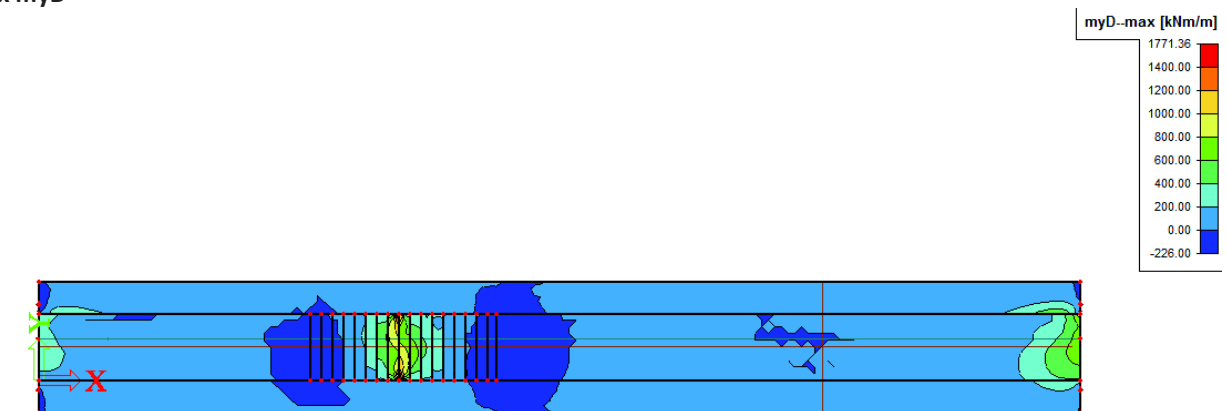
Max mxD-



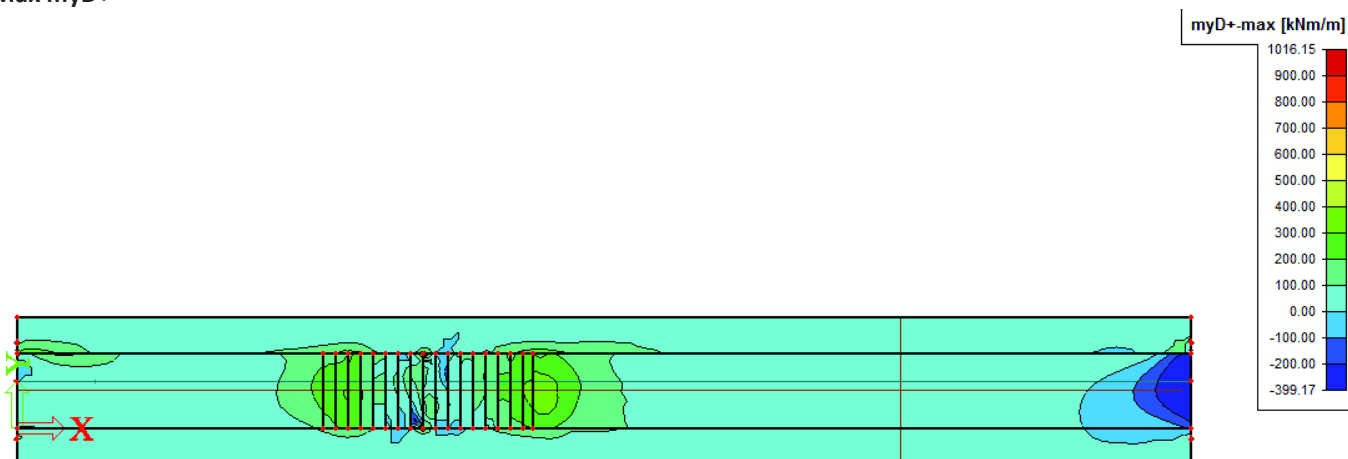
Max mxD+



Max myD-



Max myD+



## 6. MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

### 6.1. BETON

Pevnost v tlaku:

- Charakteristická válcová pevnost  $f_{ck,cyl} = 30 \text{ MPa}$
- Dlouhodobé účinky  $\alpha_{cc} = 0,9$
- Součinitel spolehlivosti betonu  $\gamma_c = 1,5$
- Návrhová pevnost v tlaku  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck,cyl} / \gamma_c$   
 $f_{cd} = 0,9 \cdot 30 / 1,5 = 18 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu:

- Střední pevnost v tahu  $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

Přetvoření betonu:

- Poměrné přetvoření při porušení  $\epsilon_{cu3} = 0,0035$
- Modul pružnosti  $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$

Objemová hmotnost a tíha:

- Objemová hmotnost  $\rho_c = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Objemová tíha  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

### 6.2. Betonářská ocel

Třída oceli B500B

- Charakteristická mez kluzu  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Součinitel spolehlivosti oceli  $\gamma_s = 1,15$
- Návrhová pevnost v tlaku  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$   
 $f_{yd} = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti  $E_s = 200 \text{ GPa}$

### 6.3. Předpínací ocel

Předpínací výztuž Y1860 S7 – 15,7-A

• Průměr lana	$\phi =$	15,7 mm
• Plocha jednoho lana	$A_p =$	150 mm
• Charakteristická pevnost v tahu	$f_{pk} =$	1860 MPa
• Charakteristické smluvní napětí 0,1%	$f_{p0,1k} =$	1640 MPa
• Návrhová mez kluzu	$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s$	
	$f_{yd} = 1640 / 1,15 =$	1426 MPa
• Modul pružnosti	$E_s =$	195 GPa
• Modul přetvoření	$\epsilon_{ud} =$	0,02

### 6.4. KRYTÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE

Stupeň vlivu prostředí:	XF2
Počáteční konstrukční třída:	S4
Návrhová životnost:	100 let +2 tř.
Zajištěna zvláštní kontrola kvality:	Ano -1 tř.
Desková konstrukce:	Ano -1 tř.
Pevnostní třída:	Ne 0 tř.
Výsledná konstrukční třída	S4
Odhadovaný průměr výztuže	$\phi = 18\text{mm}$
Nominální hodnota krycí vrstvy:	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
Minimální krycí vrstva:	$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$
Minimální krycí vrstva - požadavek soudržnosti:	$c_{min,b} \geq \phi \text{ nebo } \phi_n$
	$c_{min,b} \geq (\phi + 5\text{mm}) \text{ nebo } (\phi_n + 5\text{mm}) \text{ při } d_g > 32\text{mm}$
	$c_{min,b} = 20 + 5 = 25\text{mm}$
	$c_{min,dur} = 35\text{mm}$
Minimální krycí vrstva – podmínky prostředí:	$\Delta c_{dur,y} = 0$
Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti:	$\Delta c_{dur,st} = 0$
Redukce min. krycí vrstvy – nerezavějící ocel:	$\Delta c_{dur,add} = 0$
Redukce min. krycí vrstvy – dodatečná ochrana:	$\Delta c_{dev} = 10\text{ mm}$
Možná návrhová odchylka:	

$$c_{min} = \max \{23; 35 + 0 + 0 - 0; 10\} = 35\text{mm}$$

$$c_{nom} = 35 + 10 = 45\text{mm}$$

Navrhuji krytí  $c = 50\text{mm}$

$$c = 50\text{mm} > c_{nom} = 45\text{mm}$$

### 6.5. Krytí předpínací výztuže

Stupeň vlivu prostředí:	XD1
Počáteční konstrukční třída:	S4
Návrhová životnost:	100 let +2 tř.
Zajištěna zvláštní kontrola kvality:	Ano -1 tř.
Desková konstrukce:	Ano -1 tř.
Pevnostní třída:	Ne 0 tř.
Výsledná konstrukční třída	S4
Odhadovaný průměr výztuže	$\phi = 60\text{mm}$
Nominální hodnota krycí vrstvy:	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
Minimální krycí vrstva:	$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$
Minimální krycí vrstva - požadavek soudržnosti:	$c_{min,b} \geq \phi \text{ nebo } \phi_n \text{ max. } 80\text{mm}$

Minimální krycí vrstva – podmínky prostředí:

Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti:

Redukce min. krycí vrstvy – nerezavějící ocel:

Redukce min. krycí vrstvy – dodatečná ochrana:

Možná návrhová odchylka:

$$c_{\min,b} \geq (\phi+5\text{mm}) \text{ nebo } (\phi_n+5\text{mm}) \text{ při } d_g > 32\text{mm}$$

$$c_{\min,b} = 60 + 5 = 65\text{mm} > 80\text{mm}$$

$$c_{\min,b} = 80\text{mm}$$

$$c_{\min,dur} = 35\text{mm}$$

$$\Delta c_{dur,y} = 0$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0$$

$$\Delta c_{dev} = 10\text{ mm}$$

$$c_{\min} = \max \{80; 35+0+0-0; 10\} = 80\text{mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 80 + 10 = 90\text{mm}$$

Navrhuji krycí c = **90mm**

$$c = 90\text{mm} \geq c_{\text{nom}} = 90\text{mm}$$

## 7. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (MSÚ)

### 7.1. OHYB V PODÉLNÉM SMĚRU

#### 7.1.1. Nad středovým pilířem

$$M_{ed} = 3231 \cdot 1 = 3231 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -5498 \cdot 1 = -5498 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,\infty} = 1233 \text{ Mpa}$$

#### Geometrie a materiál

b	1 m	ep	0.53 m
h	1.5 m	d=	1.28 m
Ac	1.5 m <sup>2</sup>	Ap	0.0081 m <sup>2</sup>
Iy	0.28125 m <sup>4</sup>	Ep	195 Gpa
Ecm	32 Gpa	f <sub>pd</sub>	1426 Mpa
f <sub>ck</sub>	30 Mpa	ε <sub>cu3</sub>	0.0035
γ <sub>c</sub>	1.5		
α <sub>cc</sub>	0.9		
f <sub>cd</sub>	18 Mpa	f <sub>yd</sub>	434.783 Mpa

#### Základní napětí

napětí v předpínací výztuži z charakteristické kombinace:

$$\sigma_{p,\infty} = 1141.5 \text{ Mpa}$$

napětí v betonu v úrovni předpínací výztuže:

$$\sigma_{cp} = -5498 / 1.5 + 3231 / 0.281 \cdot 0.53 = 2.42331 \text{ Mpa}$$

základní napětí v předpínací výztuži:

$$\sigma_{p,\infty}^v = 1142 - 2.423 \cdot 195 / 32 = 1126.73 \text{ Mpa}$$

#### Parametry pracovního diagramu

$$\varepsilon_{yd} = 1426 / 195 = 0.007313$$

$$\varepsilon_{p,\infty}^v = 1127 / 195 = 0.005778$$

#### Využitelná síla v předpínací výztuži

$$\Delta \sigma_p = 1426 - 1127 = 299.267 \text{ Mpa}$$

$$\Delta F_p = 0.008 \cdot 299.3 = 2424.063 \text{ kN}$$

### Stanovení síly $F_{cc}$ v tlačeném betonu:

$$N_{Ed} = N_{Rd} = -5498 \text{ kN}$$

$$F_{cc} = -5498 + 2424.1 = 7922.06 \text{ kN}$$

$$A_{cc} = 7922 / 18 = 0.44011 \text{ m}^2$$

### Poloha neutrální osy

$$x = 0.44 / (0.8 \cdot 1) = 0.55014 \text{ m}$$

$$x_c = 1 \cdot 0.55 = 0.44011 \text{ m}$$

$$x_{bal,1} = 1.28 \cdot 0.0035 / (0.0035 - 0.00578 + 0.00731) = 0.88982$$

$$x \leq x_{bal,1} \quad \text{OK}$$

### Ramena vnitřních sil a výpočet momentu $M_{Rd}$

$$z_{cc} = 1.5 / 2 - 0.44 / 2 = 0.53 \text{ m}$$

$$z_p = 0.53 \text{ m}$$

$$7922 \cdot 0.53 + 2424.1 \cdot 0.53 = 5483$$

$$M_{Rd} = 5483 > M_{Ed} = 3231 \quad 59\% \quad \text{OK}$$

### 7.1.2. Uprostřed 2. pole

#### Vnitřní síly

$$M_{ed} = 1858 \cdot 1 = 1858 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -3074 \cdot 1 = -3074 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,\infty} = 1233 \text{ Mpa}$$

### Geometrie a materiál

b	1 m	ep	0.297 m
h	0.9 m	d	0.81 m
Ac	0.9 m <sup>2</sup>	Ap	0.0081 m <sup>2</sup>
Iy	0.06075 m <sup>4</sup>	Ep	195 Gpa
Ecm	32 Gpa	f <sub>pd</sub>	1426 Mpa
f <sub>ck</sub>	30 Mpa	ε <sub>cu3</sub>	0.0035
γ <sub>c</sub>	1.5		
α <sub>cc</sub>	0.9		
f <sub>cd</sub>	18 Mpa	f <sub>yd</sub>	434.783 Mpa

### Základní napětí

napětí v předpínací výztuži z charakteristické kombinace:

$$\sigma_{p,\infty} = 1168.75 \text{ Mpa}$$

napětí v betonu v úrovni předpínací výztuže:

$$\sigma_{cp} = -3074 / 0.9 + 1858 / 0.061 \cdot 0.297 = 5.668 \text{ Mpa}$$

základní napětí v předpínací výztuži:

$$\sigma_{p,\infty}^v = 1169 - 5.668 \cdot 195 / 32 = 1134.21 \text{ Mpa}$$

### Parametry pracovního diagramu

$$\varepsilon_{yd} = 1426 / 195 = 0.007313$$

$$\varepsilon_{p,\infty}^v = 1134 / 195 = 0.005816$$

### Využitelná síla v předpínací výztuži

$$\Delta\sigma_p = 1426 - 1134 = 291.7894 \text{ Mpa}$$

$$\Delta F_p = 0.008 \cdot 291.8 = 2363.494 \text{ kN}$$



### Stanovení síly $F_{cc}$ v tlačném betonu:

$$N_{Ed} = N_{Rd} = -3074 \text{ kN}$$

$$F_{cc} = -3074 + 2363.5 = 5437.49 \text{ kN}$$

$$A_{cc} = 5437 / 18 = 0.30208 \text{ m}^2$$

### Poloha neutrální osy

$$x = 0.302 / (0.8 \cdot 1) = 0.3776 \text{ m}$$

$$x_c = 1 \cdot 0.378 = 0.30208 \text{ m}$$

$$x_{bal,1} = 0.81 \cdot 0.0035 / (0.0035 - 0.00582 + 0.00731) = 0.56741$$

$$x \leq x_{bal,1} \quad \text{OK}$$

### Ramena vnitřních sil a výpočet momentu $M_{Rd}$

$$z_{cc} = 0.9 / 2 - 0.302 / 2 = 0.299 \text{ m}$$

$$z_p = 0.297 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 5437 \cdot 0.299 + 2363.5 \cdot 0.297 = 2328 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 2328 > M_{Ed} = 1858 \quad 80\% \quad \text{OK}$$

Navržená předpínací výztuž v poli vyhovuje z hlediska mezního stavu porušení.

## 7.2. OHYB V PŘÍČNÉM SMĚRU

$$M_{ed} = 472 \text{ kNm}$$

### Vnitřní síly

$$M_{ed} = 472$$

### Geometrie a materiál

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 1.5 \text{ m} \quad d = 1.44 \text{ m}$$

$$A_c = 1.5 \text{ m}^2 \quad f_{ctm} = 3.2 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 0.28125 \text{ m}^4 \quad E_p = 195 \text{ Gpa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ Gpa} \quad E_s = 200 \text{ Gpa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ Mpa} \quad \epsilon_{cu3} = 0.0035$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$\alpha_{cc} = 0.9 \quad \phi = 0.022 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = 18 \text{ Mpa} \quad f_{yd} = 434.783$$

### Požadovaná plocha výztuže

$$A_{st,req} = 0.00076 \text{ m}^2$$

$$n = 6.66$$

$$s = 0.15$$

$$A_{st} = 0.00253168 \text{ m}^2$$

### Poloha N.O

$$x = 0,07644 \text{ m}$$

$$x_c = 0,06115 \text{ m}$$

### Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_{st} = 0,06243$$

$$\varepsilon_{yd} = 0,002$$

$$\varepsilon_{st} \geq \varepsilon_{yd} \quad \text{OK}$$

### Rameno vnitřních sil

$$z = 1,409 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 1551 > M_{Ed} = 472 \quad 30\% \quad \text{OK}$$

$$A_{smin} = 0,002396 \text{ m}^2 < A_{st} \quad \text{OK}$$

$$A_{smax} = 0,06 \text{ m}^2 > A_{st} \quad \text{OK}$$

Výztuž ve zbylé části navržena dle konstrukčních zásad

- **ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽ - HORNÍ + SPODNÍ POVRCH - SMĚR X – Ø22/150  $A_s = 25,3 \cdot 10^{-4}$**
- **ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽ – HORNÍ + SPODNÍ POVRCH - SMĚR Y – Ø22/150  $A_s = 25,3 \cdot 10^{-4}$**

### 7.3. SMYK

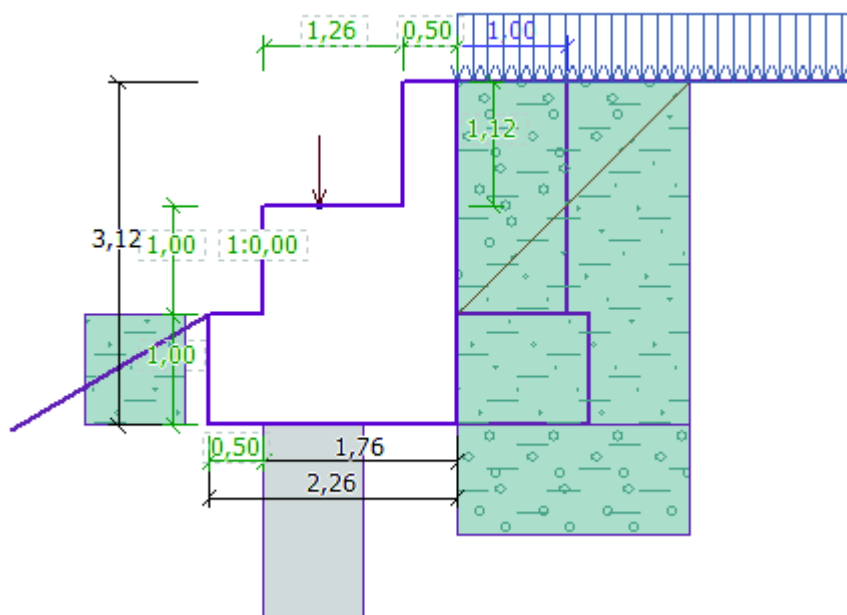
Vodorovná posouvající síla – krajní opěra = 670 kN/m

**NÁVRH VÝZTUŽE – SPONA Ø10 á 150 mm  $A_s = 5,23 \cdot 10^{-4}$**

$$V_{rd,sw} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = \frac{5,23 \cdot 10^{-4}}{0,150} \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 1 = 1146,05 \text{ kN} > F_{Ed} = 670 \text{ kN}$$

## 8 NÁVRH A POSOUZENÍ KRAJNÍ OPĚRY SE ZALOŽENÍM

### 8.1. Model

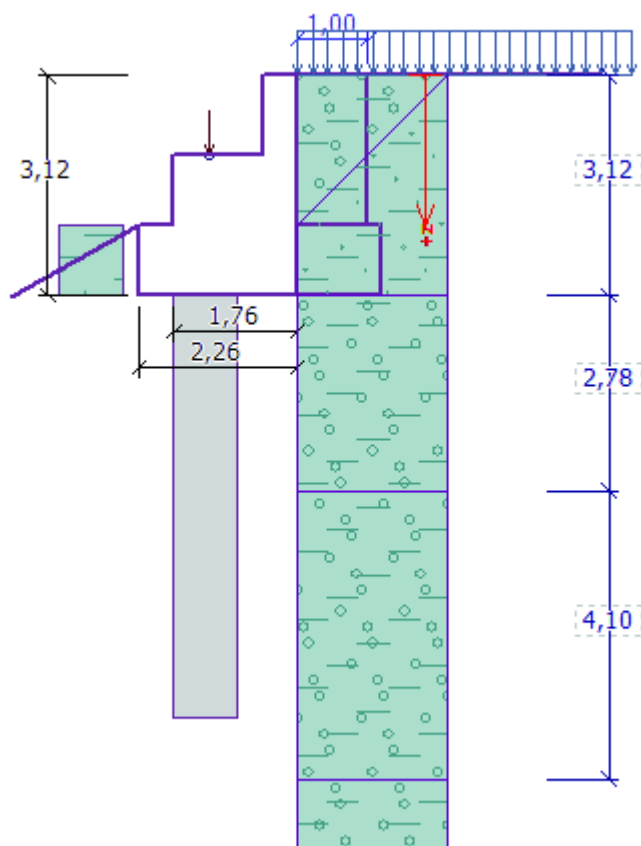


### 8.2. Zatížení

- Stálé zatížení – reakce do mostní opěry – 2279 kN
- Proměnné zatížení – 900 kN

Celková síla působící na opěru  $Q_d = 1,35 \times 2279 + 1,5 \times 900 = 4426,66 \text{ kN}$

### 8.3. Zemina



#### Třída F4, konzistence tuhá

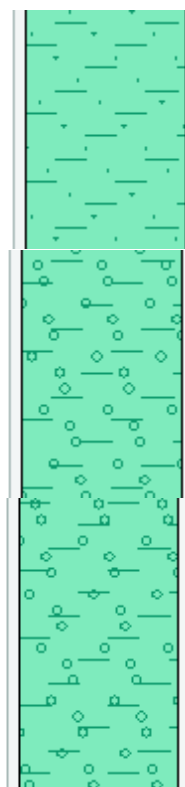
Objemová tíha :	$\gamma$ = 18,50 kN/m <sup>3</sup>
Poissonovo číslo :	$\nu$ = 0,35
Edometrický modul :	$E_{oed}$ = 8,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$ = 18,50 kN/m <sup>3</sup>
Úhel roznášení :	$\beta$ = 24,50 °
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef}$ = 24,50 °

#### Třída G5

Objemová tíha :	$\gamma$ = 19,50 kN/m <sup>3</sup>
Poissonovo číslo :	$\nu$ = 0,30
Edometrický modul :	$E_{oed}$ = 67,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$ = 19,50 kN/m <sup>3</sup>
Úhel roznášení :	$\beta$ = 30,00 °
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef}$ = 30,00 °

#### R5

Objemová tíha :	$\gamma$ = 24,00 kN/m <sup>3</sup>
Poissonovo číslo :	$\nu$ = 0,25
Modul přetvárnosti :	$E_{def}$ = 1000,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$ = 24,00 kN/m <sup>3</sup>
Úhel roznášení :	$\beta$ = 30,00 °
Soudržnost zeminy :	$c_u$ = 600,00 kPa
Součinitel adheze :	$\alpha$ = 0,75
Součinitel bočního tlaku zeminy :	$K$ = 1,00



#### 8.4. Posouzení základové spáry a pilot

##### Spočtené síly působící na konstrukci

Název	$F_{hor}$ [kN/m]	Působíště z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Působíště x [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zed'	0,00	-1,14	105,34	1,33	1,000	1,000	1,350
Odpor na líci	-3,51	-0,33	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Aktivní tlak	5,68	-0,87	0,00	2,26	1,350	1,350	1,000
Přítížení vozidlem	3,44	-1,03	0,00	2,26	1,500	1,500	1,500
Křídla opěry	0,00	-2,06	6,67	2,76	1,000	1,000	1,350
Reakce mostu	0,00	-2,00	756,58	1,00	-	-	-
Reakce přech.desky	0,00	-3,12	0,00	2,26	-	-	-

##### Posouzení mostní opěry

Šířka fiktivního základu opěry = 2,58 m

Posouzení na posunutí nebylo provedeno.

##### Posouzení na překlopení

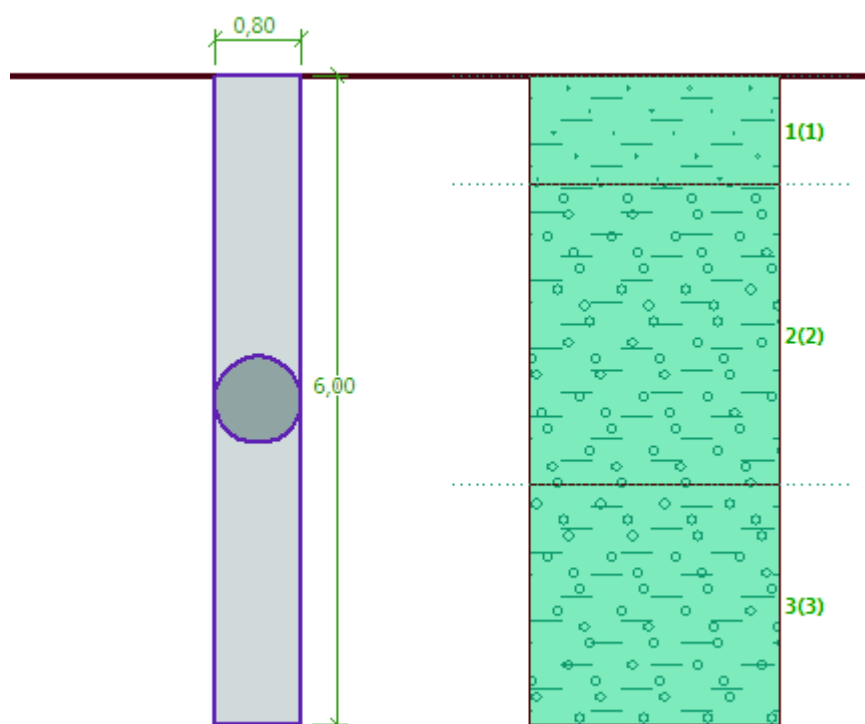
Moment vzdorující  $M_{res} = 632,29$  kNm/m

Moment klopící  $M_{ovr} = 10,51$  kNm/m

**Zed' na překlopení VYHOVUJE**

**Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE**

Maximální napětí v základové spáře : 414,18 kPa



### Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Účinnost skupiny pilot  $\eta_g = 1,00$

Součinitel výpočtu kritické hloubky  $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Nejpříznivější zatěžovací stav číslo 4. (Zatížení č. 1)

Únosnost piloty na plášti  $R_s = 2339,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě  $R_b = 2467,58 \text{ kN}$

Únosnost piloty  $R_c = 4807,52 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla  $V_d = 4426,00 \text{ kN}$

$$R_c = 4807,52 \text{ kN} > 4426,00 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

### 8.5. Návrh a posouzení výztuže opěry

#### Dimenzace závěrné zidky - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Vyztužení

6,66 ks profil 22,0 mm, krytí 40,0 mm

Vnitřní síly :  $M = 0,00 \text{ kNm/m}$ ;  $N = -12,88 \text{ kN/m}$ ;  $V = 0,00 \text{ kN/m}$

Výška průřezu  $h = 0,50 \text{ m}$

#### Dimenzace závěrné zidky - výsledky:

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,51 \% > 0,14 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy  $x = 0,50 \text{ m}$

Tlaková síla na mezi únosnosti  $N_{Rd} = 7666,29 \text{ kN/m} > 12,88 \text{ kN/m} = N_{Ed}$

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd} = 153,33 \text{ kNm/m} > 0,00 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

#### Dimenzace dříku opěry - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Vyztužení

6,66 ks profil 22,0 mm, krytí 40,0 mm

Vnitřní síly :  $M = 270,63 \text{ kNm/m}$ ;  $N = -816,60 \text{ kN/m}$ ;  $V = 0,45 \text{ kN/m}$

Výška průřezu  $h = 1,76 \text{ m}$

#### Dimenzace dříku opěry - výsledky:

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,14 \% > 0,14 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy  $x = 1,42 \text{ m}$

Posouvající síla na mezi únosnosti  $V_{Rd} = 587,49 \text{ kN/m} > 0,45 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Tlaková síla na mezi únosnosti  $N_{Rd} = 18642,21 \text{ kN/m} > 816,60 \text{ kN/m} = N_{Ed}$

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd} = 6178,25 \text{ kNm/m} > 270,63 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

**Dimenzace v pracovní spáře 0,10 m pod záv. zídou - vstupní data:**

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1 m.

Vyztužení

6,66 ks profil 22,0 mm, krytí 40,0 mm

Vnitřní síly :  $M = 270,18 \text{ kNm/m}$ ;  $N = -780,18 \text{ kN/m}$ ;  $V = 0,00 \text{ kN/m}$

Výška průřezu  $h = 1,76 \text{ m}$

**Dimenzace v pracovní spáře 0,10 m pod záv. zídou - výsledky:**

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,14 \% > 0,14 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálné osy  $x = 1,40 \text{ m}$

Tlaková síla na mezi únosnosti  $N_{Rd} = 18220,83 \text{ kN/m} > 780,18 \text{ kN/m} = N_{Ed}$

Moment na mezi únosnosti  $M_{Rd} = 6310,09 \text{ kNm/m} > 270,18 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

## 9 ZÁVĚR

Navržený mostní objekt byl posouzen z hlediska mezních stavů únosnosti a použitelnosti dle platných norem. Výpočtem byla ověřena únosnost a použitelnost navrženého řešení.

Ing. Ladislav Škůrek, červen 2022