

# VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv      SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Objednatel:



Správa železnic, s.o.  
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1  
IČO 70994234, DIČ CZ70994234  
organizační jednotka: Oblastní ředitelství Praha

Zhotovitel:

## Sdružení ČVUT/INSET - DaSP mosty Praha



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
JUGOSLÁVSKÝCH PARTYZÁNŮ 1580/3  
160 00 PRAHA 6



INSET S.R.O.  
LUCEMBURSKÁ 1170/7  
130 00, PRAHA 3

Zpracovatel:



Praha 4, Bezová 1658, 147 14  
tel: +420 244062215 fax: +420 244461038



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
THÁKUROVA 7  
166 29 PRAHA 6

Řešitel:

Ing. Marek Vokál, Ing. Petr Komanec, doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

HIP:

doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Název akce:

Diagnostika a statické posouzení mostů s předpjatou nosnou konstrukcí

Číslo akce ČVUT:

1900J322

Stupeň dokumentace:

TP

Název části:

Etapa B - Stanovení zatížitelnosti a přechodnosti mostů

Měřítko:

-

Datum:

06/2020

Název přílohy:

Přepoččet zatížitelnosti - železniční most v km 3,346  
TÚ 0791 Pha Libeň(mimo) - Pha Holešovice (vč.)

Číslo přílohy:

B.6

# **STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI, PŘECHODNOSTI A NÁVRH OPATŘENÍ**

## **ŽELEZNIČNÍ MOST V KM 3,346 TÚ 0791 PHA LIBEŇ (MIMO) – PHA HOLEŠOVICE (VČ.)**

**PONTEX 2020**



## **OBSAH**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
1.1. POPIS PRACÍ PROVEDENÝCH VE 2. ETAPĚ.....	3
1.2. ZÁKLADNÍ POPIS OBJEKTU.....	3
1.3. SCHÉMA ČÍSLOVÁNÍ OBJEKTU .....	7
<b>2. STATICKÝ VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI .....</b>	<b>8</b>
<b>3. NÁVRH DOPORUČENÝCH OPATŘENÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>4. ZÁVĚR.....</b>	<b>13</b>
<b>5. PŘÍLOHA Č. 1 – STATICKÝ VÝPOČET</b>	
<b>6. PŘÍLOHA Č. 2 – KONTROLNÍ STATICKÝ VÝPOČET</b>	

## **1. ÚVOD**

Na základě Smlouvy o dílo č. 208/19/31260/Hr s ČVUT v Praze, Kloknerův Ústav (dále jen objednatel) byl pracovníky firmy Pontex spol s r.o. (zhotovitel) na jaře 2020 proveden diagnostický průzkum železničního mostu v km 3,346 TÚ 0791 Pha Libeň (mimo) – Pha Holešovice (vč.). V souladu se smlouvou byly práce provedeny ve 2 etapách.

V rámci 1. etapy bylo provedeno zajištění dostupných podkladů k mostnímu objektu, provedení vizuální kontroly konstrukce mostu s návrhem podrobné diagnostiky a vlastní provedení diagnostického průzkumu.

V rámci 2. etapy, která je předmětem tohoto elaborátu, je provedeno stanovení zatížitelnosti a přechodnosti mostu a návrh opatření.

Následně bude provedeno shrnutí problematiky předjatých mostů včetně prezentování výsledků na semináři.

### **1.1. POPIS PRACÍ PROVEDENÝCH VE 2. ETAPĚ**

V rámci prací v 1. etapě byly zajištěny dostupné podklady, proběhla jejich analýza, byly provedeny vizuální kontroly mostu a byl proveden vlastní diagnostický průzkum. Zjištěné skutečnosti byly jedním z podkladů pro zpracování 2. etapy.

V rámci 2. etapy byly provedeny tyto práce:

- statický výpočet zatížitelnosti
- stanovení přechodnosti mostu
- zpracování návrhu doporučených opatření

V elaborátu bylo uvažováno staničení mostu v souladu s předanými podklady, tj. z Libně do Holešovic. Označení podpěr je zvoleno dle předchozí prohlídky: Opěra na libeňské straně – těleso opěry a šikmá rámová stojka O1, další podporu tvoří vždy dvojice stěnové rámové stojky P1 – P5 a šikmá rámová stojka a komorová opěra s kyvnou stojkou na holešovické straně je O6. V původní dokumentaci byly podpory značeny opěra č.0 až opěra č.5.

### **1.2. ZÁKLADNÍ POPIS OBJEKTU**

Mostní objekt se skládá z pěti samostatných dvoukloubových rámců se šikmými stojkami opírajícími se o kruhové pilíře průměru 8 m. Vzdálenost os pilířů je 77,50 m. Dva pilíře jsou umístěny v řece, ostatní na běžném terénu.

Krajní opěry jsou vytvořeny jako mohutné bloky na plošném základu doplněné lehkou krabicovou konstrukcí umožňující přechod do přilehlého násypu. Na této konstrukci jsou zavěšena rovnoběžná křídla. Beton bloku byl navržen B170, kloubu B500 a křídel B250. Konstrukce opěr jsou železobetonové.

Pilíře 1 a 4 jsou založeny na kruhovém betonovém základovém bloku o průměru 18 m, pilíře 2 a 3 na bloku o průměru 20 m. Vlastní založení je na navětralých břidlicích.

Na základových blocích jsou provedeny kruhové dříky pilířů o průměru 8 m, na kterých jsou umístěny zárodky kloubů rámových konstrukcí.

Předepjaté dvoukloubové rámy byly navrženy z betonu B400 mají rozpětí 37,30 m a vzepětí 10 m. Každý rám má šikmé stojky v úhlu cca 68,4°. Spojitost horních rámu zajišťují nad všemi podporami volné konzoly délky 3,02 m (podélné konzoly zasahující za rámové stojky). Konzoly jsou nad všemi podporami odděleny dilatační spárou, takže rámy působí staticky samostatně.

Niveleta horního povrchu u všech rámu klesá ve směru staničení ve sklonu 5,44%. Horní deska nesoucí šterkové lože má střeovitý sklon ve spádu 4%, voda je tedy sváděna ke krajům konstrukce.

Tloušťka horní desky je proměnná, v ose mostu je 0,55 m. Spodní líc je vodorovný, u stěn jsou náběhy, které zesilují horní desku na tl. 0,83 m. Na vnějších stranách je deska vykonzolována na dl. 1,5 m. Konstrukce má konstantní konstrukční výšku 0,48 m.

V polích 1, 4 a 5 byla konstrukce betonována zcela, nebo částečně na skruži. Ostatní části byly betonovány letmo ze základních zárodků vybudovaných na pilířích 2 a 3. Volné konzoly konstrukcí byly součástí těchto zárodků a byly profilovány tak, aby ponechávaly prostor pro napínání. Ocel pro kabely je z patentového drátu  $\varnothing 7$  mm s pevností 1400 MPa. Pro zvýšení odolnosti jsou dráty pozinkovány. Počet drátů v kabelu je 24.

Patní klouby dvoukloubových rámu z předpjatého betonu jsou vytvořeny jako Freyssinetovy vruby rozměrů 5,0 x 0,5 m. Beton kloubů byl navržen B500. Povrch kloubů byl natřen trojnásobným epoxidovým nátěrem a asfaltem. Klouby u opěr byly zakryty měděným plechem tl. 1 mm a zalit asfaltem.

Na mostě vede dvoukolejná trať. Mostní svršek je tvořen šterkovým ložem tl. 0,45 m. Izolace je provedena ze Sklobitu 2x tl. 0,4 cm. Izolace je položena na vyrovnávací beton, který vytváří příčné hřebeny pro odvodnění.

Monolitické římsy z betonu B330 jsou uloženy na koncích konzol příčného řezu a jsou zakotveny předpínacími šrouby. Zábradlí je ocelové prvkové z válcovaných profilů a plechu. Podél zábradlí vedou kabelové žlaby.

Přehledné fotografie uspořádání mostu:



*Pohled na pravou stranu mostu*



*Uspořádání šikmých rámových stojek na základovém pilířovém bloku*

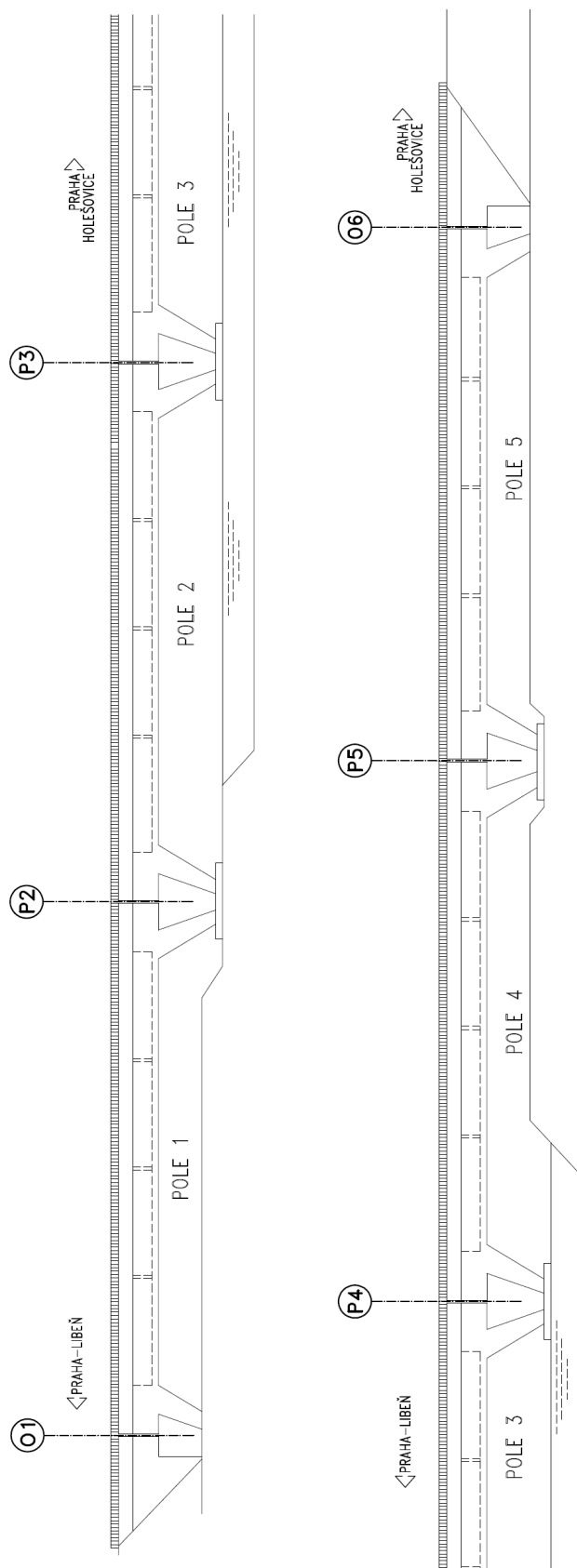


*Pohled na opěru navazující na krajní pole*



*Pohled na uspořádání mostního svršku*

### 1.3. SCHÉMA ČÍSLOVÁNÍ OBJEKTU





## 2. STATICKÝ VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

Statický výpočet zatížitelnosti a určení přechodnosti zpracoval Ing. Marek Vokál (Pontex s.r.o.) a kompletní výpočet je přiložen jako Příloha č. 1 této zprávy.

Vzhledem ke složitosti konstrukce byl po dohodě se zadavatelem zpracován ještě nezávislý kontrolní statický výpočet, který zpracoval doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D. Tento výpočet je přiložen jako Příloha č. 2 této zprávy. Tento kontrolní výpočet byl zpracován odlišným softwarem a rovněž vstupní údaje (zejména postup výstavby) byly tvořeny samostatně. Odlišnosti přístupu autora kontrolního výpočtu, ať už se jedná o vstupní údaje, detaily postupu výstavby, podrobnosti modelu či odhady neznámých veličin, umožňují porovnání těchto vlivů na výsledné hodnoty zatížitelnosti či přechodnosti konstrukce.

V rámci následného komentáře výsledků jsou výpočty označeny jako [A] – Ing. Marek Vokál (statický výpočet) a [B] – doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D. (kontrolní výpočet).

Výpočet [A] je z hlediska struktury výpočetního modelu a modelování postupu výstavby zadáván ve standardních podrobnostech (u ne zcela zřejmých dat byly vstupy uvažovány mírně konzervativní), z hlediska zatížení byly uvažovány základní zatěžovací stavy dle příslušných předpisů s přihlédnutím k předpokládanému reálnému chování konstrukce.

Autor výpočtu [B] se zaměřil na podrobnější modelování postupu výstavby, přičemž do výpočtu zavedl i další nestandardní vlivy stavby, které se na konstrukci mohly vyskytnout. Tyto vlivy jsou částečně zmíněny v dokladech stavby, nicméně přesné údaje v některých případech chybí. Vychází se proto z částečných údajů a z odborných odhadů. Výpočet prokázal, že tyto vlivy mohou mít na namáhání některých prvků konstrukce nezanedbatelný vliv.

Zatížení nahodilým zatížením pak uvažovaly oba výpočty shodně.

Porovnáním výsledků pro **mezní stav únosnosti (MSU)** došlo k poměrně dobré shodě. Pro ohybové namáhání je zatížitelnost podle [A] i [B]  $\gg 1$ , pro namáhání ve smyku, resp. smyku a kroucení je zatížitelnost 1,02-1,20 podle [A] a 1,06-1,47 podle [B].

Pro výpočet únavy oba autoři došli k výsledku, že není rozhodující a ověřili, že zatížitelnost je  $> 1$ .

Pro **mezní stav použitelnosti (MSP)** je zatížitelnost mostu ovlivněna nejvíce požadavkem na šířku trhlín. U nosné konstrukce vychází u obou výpočtů poměrně obdobné hodnoty, a sice 0,43 podle [A] a 0,59 podle [B].

Výsledky posouzení rámových stojek ale vykazují poměrně zásadní rozdíly, kdy je podle [A] je zatížitelnost 0,91, což nevypovídá o zásadním problému, ovšem podle výpočtu [B] je zatížitelnost 0,16, což signalizuje možnost vzniku významných tahových napětí na horní straně stojek. Tato napětí dosahují dle výpočtu [B] pevnosti v tahu. Bohužel šíře trhlín je jedním z určujících požadavků pro životnost mostu.

Při ověření deformací došli autoři obou výpočtů k velice podobným výsledkům, bylo prokázáno, že pootočení koncových průřezů, vodorovné deformace a zkroucení nosné konstrukce nejsou rozhodující.

Oba výpočty byly podrobně analyzovány a bylo zjištěno, že na rozdílné výsledky v rámových stojkách mají vliv zejména rozdílné přístupy ve vstupních údajích - zejména vliv smrštění a dotvarování betonu s ohledem na postupy výstavby, tuhost a nerovnoměrné sedání skruže apod.

Podrobnější analýzou byl zjištěn podíl jednotlivých složek na rozdílu výsledku obou výpočtů, a sice:

- cca 35% - časově závislé účinky veličin betonu (rozdíly jsou v podrobnostech uvažování stavebních postupů a etap výstavby, kdy v některých částech smrštění a dotvarování betonů vyvolá vyšší účinky). V některých částech ale nemusí být tyto uvažované účinky zcela relevantní.
- cca 18% - vliv bezстыkové koleje (v některých polích jsou výhybky, v některých je průběžná kolej – rozdílné uvažování vlivu koleje)
- cca 16% - rozdílné uvažování ostatního stálého zatížení (tvar a poloha šterkového lože v různých částech konstrukce, tj. uvažování průměrných, resp. maximálních hodnot)
- cca 16% - možné poklesy skruže v době výstavby (přesné informace o poklesech nejsou k dispozici, statický výpočet A nepočítal s podstatnými poklesy, naopak výpočet B uvažoval postupné poklesy při výstavbě).
- cca 15% - teplotní vlivy (rozdílný přístup v aplikaci normových schémat celkového a nerovnoměrného oteplení konstrukce).
- vliv bočního větru (v rozhodujících kombinacích se neuplatní)

Jak již bylo zmíněno, nelze přesně specifikovat, který přístup při zpracování vstupních údajů do výpočtu je bližší chování reálné konstrukce. Pokud by skutečně zatížení odpovídalo všem konzervativním přístupům, je pravděpodobné, že by se na konstrukci objevily viditelné poruchy, zejména trhliny. Nicméně naopak ale nelze tvrdit, že pokud se trhliny neobjevily, tato namáhání tam nejsou. Je jasné, že u reálné konstrukce kromě jisté redistribuce vnitřních sil spolupůsobí pozitivně i další skutečnosti, jako např. betonářská výztuž apod., která nesmí být do počtů zahrnuta.

Reálně lze tedy konstatovat, že skutečné výsledné hodnoty v MSP mohou ležet někde mezi výsledky obou výpočtů. Bez dalšího doplnění informací není možné provést bližší zpřesnění, proto je součástí doporučení i sledování konstrukce pro získání potřebných zpřesňujících údajů.

Traťová třída zatížení (TTZ) na základě statického posouzení MSU: D4/120 D2/160

V návrhu doporučených opatření v kap. 4 jsou zahrnuta dále doporučená opatření pro provoz a sledování konstrukce do doby její opravy.

Přehledné tabulky výsledků obou výpočtů jsou na následujících stranách.

Železniční most v km 3,346 TÚ 0791 Pha Libeň (mimo) – Pha Holešovice (vč.)  
– stanovení zatížitelnosti, přechodnosti mostu a návrh opatření

Statický výpočet [A] - Ing. Marek Vokál:

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	$k_i$	typ	$L_p$	$\Phi_i$	$L_\Phi$	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}^{E1)}$	Viz číslo strany přepočtu	$Z_{LM71}$	$Z_{LM71,E}^{2)}$	Poznámky <sup>3)</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	NK	5 průř., pod. směr	M+N, omez. napětí	1	s	-	1.003	65.012	-	-	58	2.796	-	MSP-ch
2	NK	5 průř., pod. směr	M+N, omez. š. trhlín	1	s	-	1.003	65.012	-	-	58	0.430	-	MSP-fr
3	Stojk a	5 průř., pod. směr	M+N, omez. napětí	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	1.591	-	MSP-ch
4	Stojk a	5 průř., pod. směr	M+N, omez. š. trhlín	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	0.913	-	MSP-fr
5	Stojk a	5 průř., pod. směr	M+N	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	88	3.731	-	MSU
6	NK	5 průř., pod. směr	Průhyb	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	6.934	-	MSP
7	NK	5 průř., pod. směr	M+N	1	s	-	1.05	65.012	1.3	-	58	2.660	-	MSU
8	NK	5 průř., pod. směr	Q	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	72	1.200	-	MSU
9	NK	5 průř., pod. směr	Q+T	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	87	1.024	-	MSU
10	NK	5 průř., pod. směr	Únava	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	>1	-	FAT

Statický výpočet kontrolní [B] Doc. Ing. Roman Šafář, PhD:

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	$k_i$	typ	$L_p$	$\Phi_i$	$L_\Phi$	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}$	Viz číslo strany přepočtu	$Z_{LM71}$	$Z_{LM71,E}$	Poznámky
1	Podél.směr	MSP	omezení napětí		M	-	1,00	66,9	1,00			2,135		Horní vlákna (mostovka i stojky celkem)
2	Podél.směr	MSP	omezení napětí		M	-	1,00	66,9	1,00			1,127		Dolní vlákna (mostovka i stojky celkem)
3	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlín		M	-	1,00	66,9	1,00			2,043		Horní vlákna - mostovka, viz pozn.pod tab.
4	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlín		M	-	1,00	66,9	1,00			0,166		Horní vlákna - stojky, viz pozn.pod tab.
5	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlín		M	-	1,00	66,9	1,00			0,596		Dolní vlákna - mostovka
6	Podél.směr	MSP	omez.smyk.trhlín		M,V,T	-	1,00	66,9	1,00			3,294		Mostovka
7	Podél.směr	MSP	omez.smyk.trhlín		M,V,T	-	0,00	0,0	1,00			<<1		Stojky
8	Podél.směr	MSP	svislý průhyb		M	-	1,00	66,9	1,00			6,799		
9	Podél.směr	MSP	pootoč.konc.průř.		M	-	1,00	66,9	1,00			8,750		
10	Podél.směr	MSP	zkroucení n.k.		M	-	1,00	66,9	1,00			9,821		
11	Podél.směr	MSP	vodorovné def.		M	-	-	66,9	1,00			6,667		
12	Podél.směr	MSÚ	ohyb		M	-	1,05	66,9	1,30			5,454		Celá konstrukce (mostovka i stojky celkem)
13	Podél.směr	MSÚ	smyk		V	-	1,05	66,9	1,30			1,064		Mostovka, viz pozn.pod tab.
14	Podél.směr	MSÚ	smyk+kroucení, svisle		V,T	-	1,05	66,9	1,30			1,475		Mostovka, viz pozn.pod tab.
15	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - NN		M	-	1,00	66,9	1,00			>1		
16	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - 6.8.7(1)		M	-	1,00	66,9	1,00			>1		

Poznámky autora k tabulce jsou na následující straně.

## Železniční most v km 3,346 TÚ 0791 Pha Libeň (mimo) – Pha Holešovice (vč.) – stanovení zatížitelnosti, přechodnosti mostu a návrh opatření

---

### Poznámky:

1) protože na konstrukci nebyly zjištěny poruchy, které by bezprostředně ovlivňovaly únosnost nebo tuhost konstrukce, nebyly při přepočtu poruchy uvažovány,

2) konstrukce nevyhověla z hlediska omezení ohybových trhlin v následujících oblastech:

- dolní vlákna hlavní nosné konstrukce (mostovky) v blízkosti vnitřního líce rámových stojek ( $Z_{LM71} = 0,573$ ). Jedná se o oblasti, kde byly zjištěny výrazné příčné trhliny. Kromě malé tlakové rezervy zde vzniku příčných trhlin napomáhá také mezilehlé kotvení předpínacích kabelů při dolním povrchu nosné konstrukce. Tato oblast nosné konstrukce je také rozhodující a na hranici plného využití z hlediska namáhání smykem,
- horní vlákna rámových stojek prakticky po celé délce ( $Z_{LM71} = 0,141$ ), přičemž nejnepríznivější situace je v dolní části rámových stojek v blízkosti prvních kotev nad dolními klouby ( $Z_{LM71} = -4,172$ ). V rámových stojkách výrazné trhliny zjištěny nebyly (na povrchu konstrukce včetně rámových stojek je ale nanesen ochranný povlak),

3) nepodařilo se zatím bohužel plně ověřit uspořádání smykové výztuže v rámových stojkách. Při uvažování pravděpodobné výztuže smyková únosnost stojek výrazněji nevyhověla. Existuje však možnost, že smyková výztuž stojek byla v průběhu realizace zesílena (viz kapitola 9.2.1.3). Tuto skutečnost je nutno ověřit. V každém případě však bude pravděpodobně omezena smyková únosnost v dolní části stojek nad klouby.

Rovněž není zcela jistá smyková výztuž v části hlavní nosné konstrukce s plným průřezem (na koncích konstrukce nad rámovými stojkami). Při posouzení smyku podle ČSN EN 1992 zde konstrukce nevyhověla, při posouzení podle Model Code 2010 vyhověla. Hodnoty zatížitelnosti ve smyku a kroucení (MSÚ) byly stanoveny na základě únosnosti spočítané podle Model Code 2010.

### 3. NÁVRH DOPORUČENÝCH OPATŘENÍ

Návrh doporučených opatření je vypracován na základě výsledků a zjištění diagnostického průzkumu a podrobné vizuální prohlídky mostu a výsledků podrobných statických výpočtů zatížitelnosti.

Objekt je starý cca 45 let a má tudíž již vyčerpanou významnou část své plánované životnosti. V současné době most vykazuje závady, které nemají přímý vliv na zatížitelnost objektu, ale mají podstatný vliv na zbytkovou životnost nosné konstrukce (intenzivní průsaky a zatékání do konstrukce a k chráničkám kabelů předpětí).

Statickým výpočtem bylo zjištěno, že se po délce předepjaté nosné konstrukce nalézají několik průřezů, kde není pro plnou zatížitelnost dopravou dodržena předepsaná rezerva tlakového napětí u betonu. Tato skutečnost v současnosti rozhoduje o snížené zatížitelnosti mostu dle MSP. S ohledem na výše uvedené skutečnosti doporučujeme neprodleně zahájit přípravu komplexní opravy a statického zesílení konstrukce. Provedení těchto prací je podle našeho názoru v současnosti ekonomicky efektivní a technicky smysluplné. Odkládání opravy může vést k rozvoji degradačních procesů, které mohou způsobit nevratné narušení konstrukce.

**Do doby celkové opravy** je nutno řádně provádět pravidelnou dohlédací činnost dle předpisu SŽDC S 5 Správa mostních objektů. Podrobněji je nutno sledovat oblasti, ve kterých lze na základě výsledků statického výpočtu očekávat vznik trhlin. Pro tyto prohlídky je nutno zajistit řádné zpřístupnění konstrukce včetně částí nad řekou.

Do doby opravy se doporučuje **snížit rychlost vlaků** na 60 km/h pro omezení dynamických účinků. (Důvodem je velmi nízká zatížitelnost dle MSP s rizikem zásadních poruch s významným vlivem na životnost konstrukce).

Dále doporučujeme co nejdříve navrhnout a zahájit **monitoring vybraných parametrů konstrukce** (měření deformací, poměrných přetvoření, pohybů na trhlínách a kloubech, měření teplot atd.) a provést **doplňující podrobný pasport trhlin a poruch** v rizikových oblastech (po odstranění povrchové úpravy konstrukce). Na základě průběžných výsledků rozhodnout o ponechání snížené rychlosti či o jejím zvýšení či dalším snížení a dalších případných opatřeních.

Data z monitoringu a doplňujícího pasportu závad budou rovněž důležitým podkladem pro zpřesnění návrhu celkové opravy. Sledování konstrukce zajistí přesné informace o chování a namáhání konstrukce tak, že do výpočtů pro návrh opravy již bude možné zahrnout upřesněné údaje a získat tak přesnější výsledky výpočtů. Zároveň sledování konstrukce zajistí průběžnou kontrolu nad konstrukcí, a pokud by mělo dojít ke vzniku či zhoršení některých poruch, bude možno okamžitě reagovat.

Sledování konstrukce by se mělo zaměřit na kontinuální měření průběhu teplotních polí jak v komoře, tak ve stojkách - minimálně 4 úrovně v NK a cca 3-4 úrovně ve stojkách. Dále by měly být sledovány deformace konstrukce a to jak vertikální deformace nad podporami a v polích (ideálně v systému XYZ), tak dilatační pohyby mezi rámy a případně i pohyby v kloubech. Součástí by měl být i monitoring oblastí s rizikem vzniku tahů, popř. rozevírání trhlin. Zde by mělo být prováděno sledování poměrných přetvoření a sledování vybraných trhlin.

Pro provedení doplňkové diagnostiky (pasportu závad) by měla být konstrukce zbavena povrchové úpravy. Pasport by měl být proveden minimálně v oblastech s rizikem vzniku tahových sil, nicméně doporučuji provést tento pasport na celé konstrukci a to nejen z hlediska trhlin, ale i pracovních spár, šterkových hnízd apod.

Následná **celková oprava mostu** bude navržena na základě výsledků provedeného diagnostického průzkumu a výsledků statických výpočtů upřesněných právě na základě výsledků navrženého sledování a doplňkové diagnostiky. Pro opravu mostu musí být zpracována podrobná projektová dokumentace. Oprava mostu musí zahrnovat zejména kompletní výměnu mostního svršku včetně říms, zřízení izolačního souvrství s dlouhou životností a výměnu mostního vybavení. Zvláštní důraz je nutno klást na výměnu systému odvodnění mostu a to jak svršku, tak komor nosné konstrukce. Dále je nutno uspokojivě vyřešit zatékání v oblasti mostních závěrů v místě dilatačních spár na styku mostních polí.

Dále bude nutno s ohledem na výsledky statických výpočtů provést statické zesílení konstrukce. Konkrétně se jedná průřezy nosné konstrukce do vzdálenosti cca 15-20 m od šikmých rámových stojek, kde je konstrukce na hranici plného využití z hlediska ohybu i smyku. Doporučujeme doplnění externí přídavné předpínací výztuže. Dále doporučujeme provést zesílení šikmých rámových stojek na namáhání ohybem i smykem – např. doplněním externí výztuže apod.

V rámci opravy by mělo být provedeno doinjektování podkotevních oblastí zdvihacích kabelů předpětí. Oprava mostu musí dále zahrnovat sanaci všech dílčích poruch a defektů betonu, jako jsou např. protékající pracovní spáry, šterková hnízda atd. Předpokládá se provedení injektáží, lokálních sanací apod. Po provedení výše uvedených oprav doporučujeme aplikaci systému vhodné povrchové ochrany (případně včetně aplikací inhibitoru koroze), která eliminuje současnou nedostatečnou ochranou funkci krycí vrstvy výztuže. Zesílenou ochranu je nutno aplikovat v oblasti nad silniční komunikací, kde může docházet ke kontaktu s chemickými rozmrazovacími látkami.

## 4. ZÁVĚR

Pro rozhodnutí o nejvhodnější způsobu a rozsahu opravy s ohledem na požadovanou zbytkovou životnost a zatížitelnost objektu a s ohledem na rozsah, náročnost i náklady na opravu a následnou údržbu doporučujeme provést technickou studii opravy a ekonomickou rozvalu, která zohlední všechny související skutečnosti.

Závěry tohoto elaborátu byly projednány se zástupci objednatele a připomínky byly následně zapracovány.

V Praze, říjen 2020

Zodpovědný zpracovatel zprávy:

Zodpovědní zpracovatelé statických výpočtů:

Kontroloval:

Ing. Petr Komanec

Ing. Marek Vokál

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Ing. Tomáš Míčka



## **5. PŘÍLOHA Č. 1 – STATICKÝ VÝPOČET**

Statický výpočet zatížitelnosti a určení přechodnosti zpracoval Ing. Marek Vokál (Pontex s.r.o.) a kompletní výpočet je přiložen jako samostatný elaborát na následujících stranách.

**OBSAH**

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>4</b>
1.1	Předmět výpočtu .....	4
1.2	Identifikační údaje .....	4
<b>2</b>	<b>Podklady, normy, literatura, programy .....</b>	<b>5</b>
2.1	Podklady .....	5
2.2	Normy .....	5
2.3	Programy .....	7
<b>3</b>	<b>Popis mostu, přehledné výkresy .....</b>	<b>7</b>
3.1	Založení .....	7
3.2	Spodní stavba .....	7
3.3	Nosná konstrukce .....	7
3.4	Uložení, ložiska .....	8
3.5	Mostní závěry .....	8
3.6	Mostní svršek .....	8
3.7	Odvodnění .....	8
3.8	Římsy .....	8
3.9	Zábradlí .....	8
3.10	Cizí zařízení .....	8
3.11	Území pod mostem .....	8
3.12	Přehledné výkresy .....	9
3.13	Stav a oslabení průřezů vlivem degradace .....	24
<b>4</b>	<b>Obecná část výpočtu .....</b>	<b>24</b>
4.1	Posuzované řezy .....	24
4.2	Popis modelu mostu .....	25
4.3	Předpoklady výpočtu .....	25
4.4	Uvažované fáze výstavby .....	26
4.4.1	Fáze výstavby – vysvětlivky .....	26
4.4.2	Fáze výstavby pole 2 a 3 graficky .....	28
4.4.3	Fáze výstavby pole 5 graficky .....	34
4.4.4	Fáze výstavby pole 2 – tabulka .....	36
4.4.5	Fáze výstavby pole 3 – tabulka .....	37
4.4.6	Fáze výstavby pole 5 – tabulka .....	38
4.5	Spodní stavba .....	39
4.6	Zatížení .....	39
4.6.1	Uvažované zatěžovací stavy a jejich zkratky .....	39

4.6.2	Zatížení nerovnoměrným poklesem podpor	39
4.6.3	Zatížení vlastní tíhou	40
4.6.4	Smršťování a dotvarování konstrukce	40
4.6.5	Výpočet zatížení	44
4.6.6	Zatížení nerovnoměrným průběhem teploty - nelineární průběh	47
4.6.7	Zatížení větrem	48
4.6.8	Rozpírání konstrukce lisy	50
4.7	Materiály	53
4.7.1	Průřezové charakteristiky prutů	55
<b>5</b>	<b>Statický výpočet zatížitelnosti</b>	<b>62</b>
5.1	Výpočetní model	62
5.2	Vnitřní síly – společná pro všechna pole	64
5.3	Vnitřní síly na konci životnosti – pole 2	73
5.4	Vnitřní síly konci životnosti – pole 3	79
5.5	Vnitřní síly konci životnosti – pole 5	85
5.6	Tabulka normálových sil – rámové stojky – pole 2	91
5.7	„Únosnost“ průřezů stojky podle požadavků MSP – pole 2	92
5.8	Únosnost průřezů stojky podle požadavků MSÚ - 1/5 výšky	94
5.9	Únosnost průřezů stojky podle požadavků MSÚ - hlava stojky (nejširší místo)	96
5.10	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti stojky – ohyb+normálová síla – Pole 2	98
5.11	Tabulka normálových sil – rámové stojky – pole 3	100
5.12	„Únosnost“ průřezů stojky podle požadavků MSP – pole 3	101
5.13	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti stojky – ohyb+normálová síla – Pole 3	103
5.14	Tabulka normálových sil – Pole 5	105
5.15	„Únosnost“ průřezů stojky podle požadavků MSP – pole 5	106
5.16	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti stojky – ohyb+normálová síla – Pole 5	108
5.17	„Únosnost“ průřezů NK podle požadavků MSP – pole 2	110
5.18	„Únosnost“ průřezů NK podle požadavků MSP – pole 3	112
5.19	„Únosnost“ průřezů NK podle požadavků MSP – pole 5	114
5.20	Únosnost průřezu NK podle požadavků MSÚ - P1	116
5.21	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – ohyb+normálová síla – Pole 2	118
5.22	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – ohyb+normálová síla – Pole 3	120
5.23	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – ohyb+normálová síla – Pole 5	122
5.24	Smyková únosnost průřezů a únosnost při interakci s kroucením – poznámky	124
5.25	Smyková únosnost průřezů	125
5.26	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – smyk – Pole 2	127
5.27	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – smyk – Pole 3	128
5.28	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – smyk – Pole 5	130
5.29	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK – smyk+kroucení – Pole 5	131
5.30	Ověření únavy NK – normálová napětí v betonu, výztuži	132
5.31	Zatížitelnost NK – mezní stav omezení deformací, přechodnost – Pole 2	134

5.32	Zatížitelnost NK – mezní stav omezení deformací, přechodnost – Pole 3 .....	135
5.33	Zatížitelnost NK – mezní stav omezení deformací, přechodnost – Pole 5 .....	136
<b>6</b>	<b>Přehled zatížitelnosti částí mostu dle přílohy E .....</b>	<b>137</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>138</b>
7.1	Výsledná zatížitelnost .....	138
7.2	Výsledná přechodnost .....	138

# 1 ÚVOD

## 1.1 PŘEDMĚT VÝPOČTU

Předmětem je statický výpočet zatížitelnosti železničního mostu přes řeku Vltavu. Traťový úsek je 0791, evidenční kilometr mostu je 3.346. Tento výpočet je prováděn lineární metodou výpočtu, nelineární je pouze výpočet časově závislých veličin charakterizující smršťování a dotvarování betonu.

Jako podklad pro vyhotovení sloužil diagnostický průzkum, prohlídky mostu, archivní dokumentace, viz dále.

## 1.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Objekt:	most v km 3.346 na trati Praha-Libeň – Praha-Holešovice
Traťový úsek:	0791 Praha-Libeň (mimo) – Praha-Holešovice (vč., bez st. Stromovka)
Definiční úsek:	04 Rokytka – Praha-Holešovice
Rychlost na mostě:	80 km/h
Rychlost traťová:	80 km/h
Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí:	D4 - 80
Obec:	Praha [554782]
Katastrální obec:	Libeň [730891], Holešovice [730122]
Kraj:	Hlavní město Praha
Stavebník/objednatel:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Zapsaná v obchodním rejstříku vedeném městským soudem v Praze pod sp. zn. A 48384 Praha 1 - Nové město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00 IČO: 709 94 234, DIČ: CZ 70994234 Ředitelství Praha
Zhotovitel výpočtu:	Pontex, spol. s r.o. Bezová 1658/1, 147 00 Praha 4 - Braník IČO: 40763439, DIČ: CZ40763439, zodpovědný projektant: Ing. Tomáš Míčka Nosná konstrukce, spodní stavba (není ověřeno založení)
Vymezení částí mostního objektu, které jsou předmětem přepočtu kategorie zatížitelnosti:	Nosná konstrukce - kategorie C (zatížitelnost stanovená přepočtem) Spodní stavba - kategorie A (zatížitelnost stanovená odhadem)
Délka mostu:	425.45 m
Šířka mostu:	11.85 m
Výška mostu (niveleta nad terénem):	15.1 m
Směrové vedení trať:	Přímá
Délka přemostění:	393.45 m
Počet kolejí:	2
Počet polí:	5

## **2 PODKLADY, NORMY, LITERATURA, PROGRAMY**

### **2.1 PODKLADY**

- [1] Diagnostický průzkum – Pontex, 7/2020,
- [2] archivní dokumentace: Most v km 3.24635 pře Vltavu, stavby silnic a železnic, n.p., červenec 1966 stupeň PP, označeno za dokumentace skutečného provedení stavby (neúplná),
- [3] archivní dokumentace: Změna kabelů v horní desce, (Holešovická přeložka - most v km 3.346, polorám betonovaný na skruži), září 1969,
- [4] statický výpočet v rámci výše uvedené akce (obsahuje však řadu nepřesností a odlišností od projektu),
- [5] statický výpočet upřesňující vypracovaný za výstavby (obsahuje však řadu nepřesností a odlišností od projektu), červenec 1968,
- [6] zpráva o stavebním postupu, SSŽ, n.p., 07/1972,
- [7] protokoly o provedeném předpětí, zkoušky betonu v průběhu stavby, hutní atesty výztuže,
- [8] expertisa ČVUT o změně výstavby opěr,
- [9] soubor VltavaHol\_Postupy\_Vse.xlsx, který obsahuje přepsaný stavební deník získaný od doc. Ing. Romana Šafáře, PhD.,
- [10] soubor 200618\_Bulovka\_Kabely.dwg, který obsahuje vedení předpínací výztuže získaný od doc. Ing. Romana Šafáře, PhD.,
- [11] soubor Bulovka\_rezy-1.dwg, který obsahuje příčné řezy mostem získaný od doc. Ing. Romana Šafáře, PhD.,
- [12] zpráva o rozpírání konstrukce pomocí lisů získaná od doc. Ing. Romana Šafáře, PhD.,
- [13] SŽDC: Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, č.j.: S 30135/2015-O13,
- [14] protokol o podrobné prohlídce, Ing. Luboš Dejmek, 24.4.2017.

### **2.2 NORMY**

- [A] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [B] ČSN EN 1991-1-1 – Zatížení konstrukcí  
Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení
- [C] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí  
Část 2: Zatížení mostů dopravou, včetně změn.
- [D] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí  
Část 2: Zatížení mostů dopravou, včetně změn.



- [E] ČSN EN 15528 – Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly
- [F] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí  
Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [G] ČSN EN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí  
Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [H] ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí  
Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [I] ČSN 73 0038 – Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení, 9/2019

## 2.3 PROGRAMY

- [a] **Midas Civil** v. 2018, © MIDAS Information Technology Co., Ltd.
- [b] **ConTeXt** – software for typesetting high-quality documents (nástroj pro sázení dokumentů)
- [c] **Excel** – tabulkový editor, © Microsoft
- [d] **IDEA StatiCa**
- [e] **BricsCAD** 2018 Bricsys NV
- [f] **GNU Octave** – Scientific Programming Language (programovací jazyk)
- [g] **CaS** Výpočetní program pro stanovení účinků a parametrů smršťování a dotvarování betonu dle modelu B3, 2006 Lukáš Vráblík

## 3 POPIS MOSTU, PŘEHLEDNÉ VÝKRESY

Mostní objekt se skládá z pěti samostatných dvoukloubových ráků se šikmými stojkami opírajícími se o kruhové pilíře průměru 8 m. Vzdálenost os pilířů je 77,50 m. V řece jsou umístěny 2 pilíře.

Popis je převzat z archivní dokumentace, byl doplněn o poznatky diagnostického průzkumu.

### 3.1 ZALOŽENÍ

Opěry: plošný základ. Pilíře 1 a 4 jsou založeny na kruhovém bloku o průměru 18 m, pilíře 2 a 3 na bloku o průměru 20 m. Vlastní založení je na navětralých břidlicích.

### 3.2 SPODNÍ STAVBA

Krajní opěry (libeňská i holešovická) jsou vytvořeny jako mohutné bloky doplněné lehkou krabicovou konstrukcí umožňující přechod do přilehlého násypu. Na této konstrukci jsou zavěšena rovnoběžná křídla. Beton bloku je B 170, kloubu B 500 a křídel B 250. Konstrukce opěr jsou železobetonové.

Na základech pilířů jsou provedeny kruhové dříky o průměru 8 m, na kterých jsou umístěny zárodky kloubů rákových konstrukcí.

### 3.3 NOSNÁ KONSTRUKCE

Předepjaté dvoukloubové ráky z betonu B400 mají rozpětí 37,30 m a vzepětí 10 m. Každý rám má šikmé stojky v úhlu cca 68,4 °. Spojitost horních ráků zajišťují nad všemi podporami volné konzoly délky 3,02 m (podélné konzola zasahující za rákové stojky). Konzoly jsou nad všemi podporami odděleny dilatační spárou, takže ráky působí staticky samostatně. Niveleta horního povrchu u všech ráků klesá ve směru staničení ve sklonu 5,44 %. Horní deska nesoucí šterkové lože má střeovitý sklon ve spádu 4 %, voda je tedy sváděna ke krajům konstrukce.

Tloušťka horní desky je proměnná, v ose mostu je 0,55 m. Spodní líc je vodorovný, u stěn jsou náběhy, které zesilují horní desku na tl. 0,83 m. Na vnějších stranách je deska vykonzolována na dl. 1,5 m. Konstrukce má konstatní konstrukční výšku 4,2 m. V polích 1, 4 byla konstrukce betonována z poloviny na skruži a z poloviny letmo. Pole 5 bylo celé betonováno na skruži. Ostatní části byly betonovány letmo ze základních zárodků vybudovaných na pilířích 1, 2 a 3. Volné konzoly konstrukcí byly součástí těchto zárodků a byly

profilovány tak, aby ponechávaly prostor pro napínání. Ocel pro kabely je z patentového drátu  $\varnothing 7$  mm s pevností 1400 MPa. Pro zvýšení odolnosti jsou dráty pozinkovány. Počet drátů v kabelu je 24.

### **3.4 ULOŽENÍ, LOŽISKA**

Patní klouby dvoukloubových ráků z předpjatého betonu jsou vytvořeny jako Freyssinetovy vruby rozměrů 5,0 x 0,5 m. Beton kloubů je B500. Povrch kloubů byl natřen trojnásobným epoxidovým nátěrem a asfaltem. Kloub u opěr byl zakryt měděným plechem tl. 1 mm a zalit asfaltem.

### **3.5 MOSTNÍ ZÁVĚRY**

Nejsou provedeny, volná spára.

### **3.6 MOSTNÍ SVRŠEK**

Mostní svršek je tvořen šterkovým ložem tl. 0,45 m. Izolace je provedena ze Sklobitu 2x tl. 0,4 cm. Izolace je položena na vyrovnávací beton, který vytváří příčné hřebeny pro odvodnění. Na mostě vede dvoukolejná trať.

### **3.7 ODVODNĚNÍ**

Odvodnění mostu je vyřešeno litinovými odvodňovači, které jsou osazené po 6 m. Voda je svedena litinovými rourami do konstrukce krajních opěr a odtud je voda svedena do kanalizačního řádu.

### **3.8 ŘÍMSY**

Monolitické římsy z betonu B 330 jsou uloženy na koncích konzol příčného řezu a jsou zakotveny předpínacími šrouby.

### **3.9 ZÁBRADLÍ**

Zábradlí je ocelové prvkové z válcovaných profilů a plechu. Podél zábradlí vedou kabelové žlaby.

### **3.10 CIZÍ ZAŘÍZENÍ**

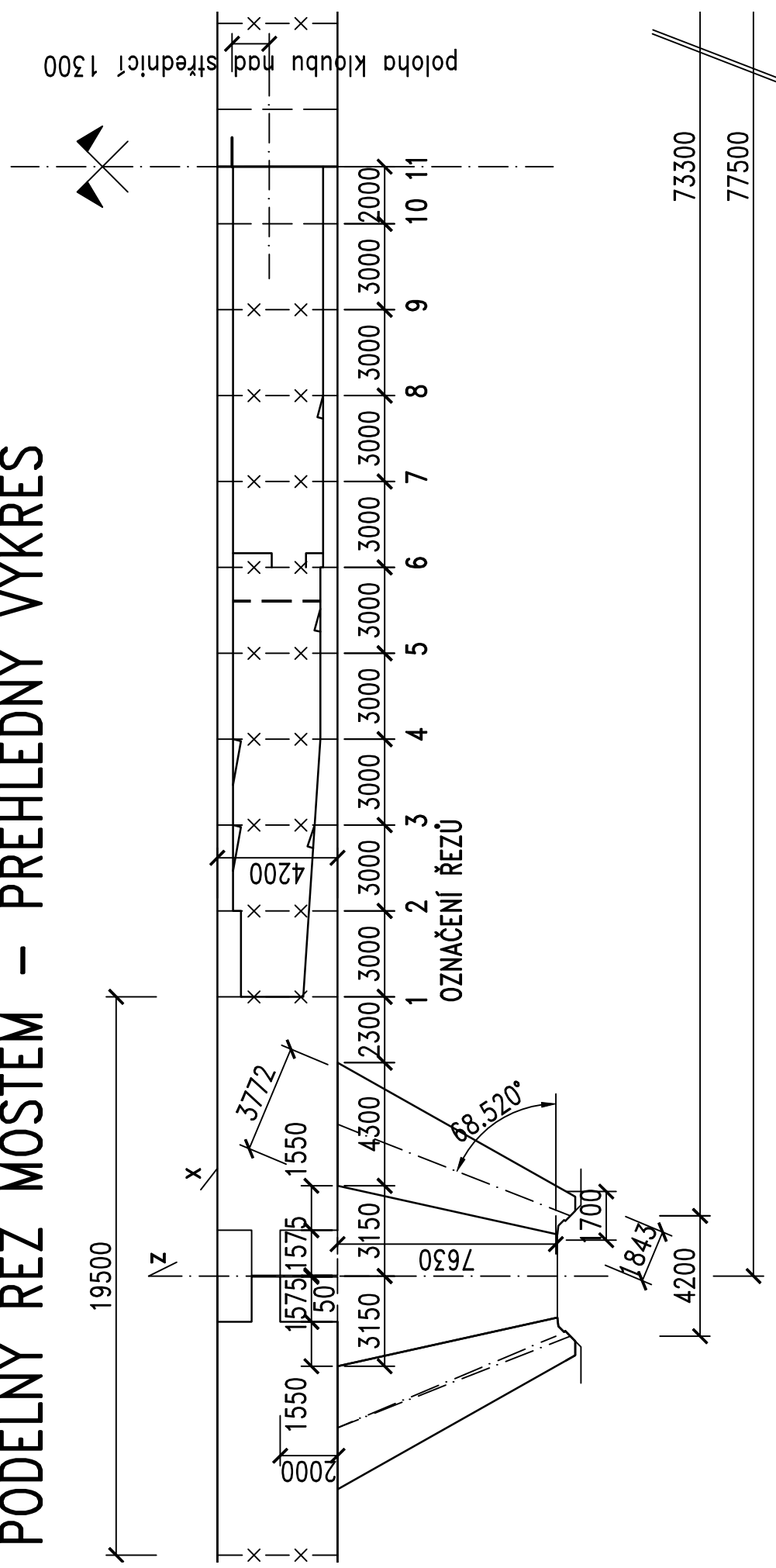
Na objektu, z boku, jsou patky pro sloupy trakčního vedení - vždy 4 ks pro každou nosnou konstrukci. Na sloupech trakčního vedení je osvětlení. V poli 2 jsou osazena jednostranná stožárová návěstidla (2x vlevo i vpravo). V poli 3 a 5 jsou trpasličí návěstidla. Pod chodníkem vlevo i vpravo jsou vedeny kabelové žlaby. Vstupy do šachet jsou zakryté poklopem z rýhovaného plechu tl. 6 mm.

### **3.11 ÚZEMÍ POD MOSTEM**

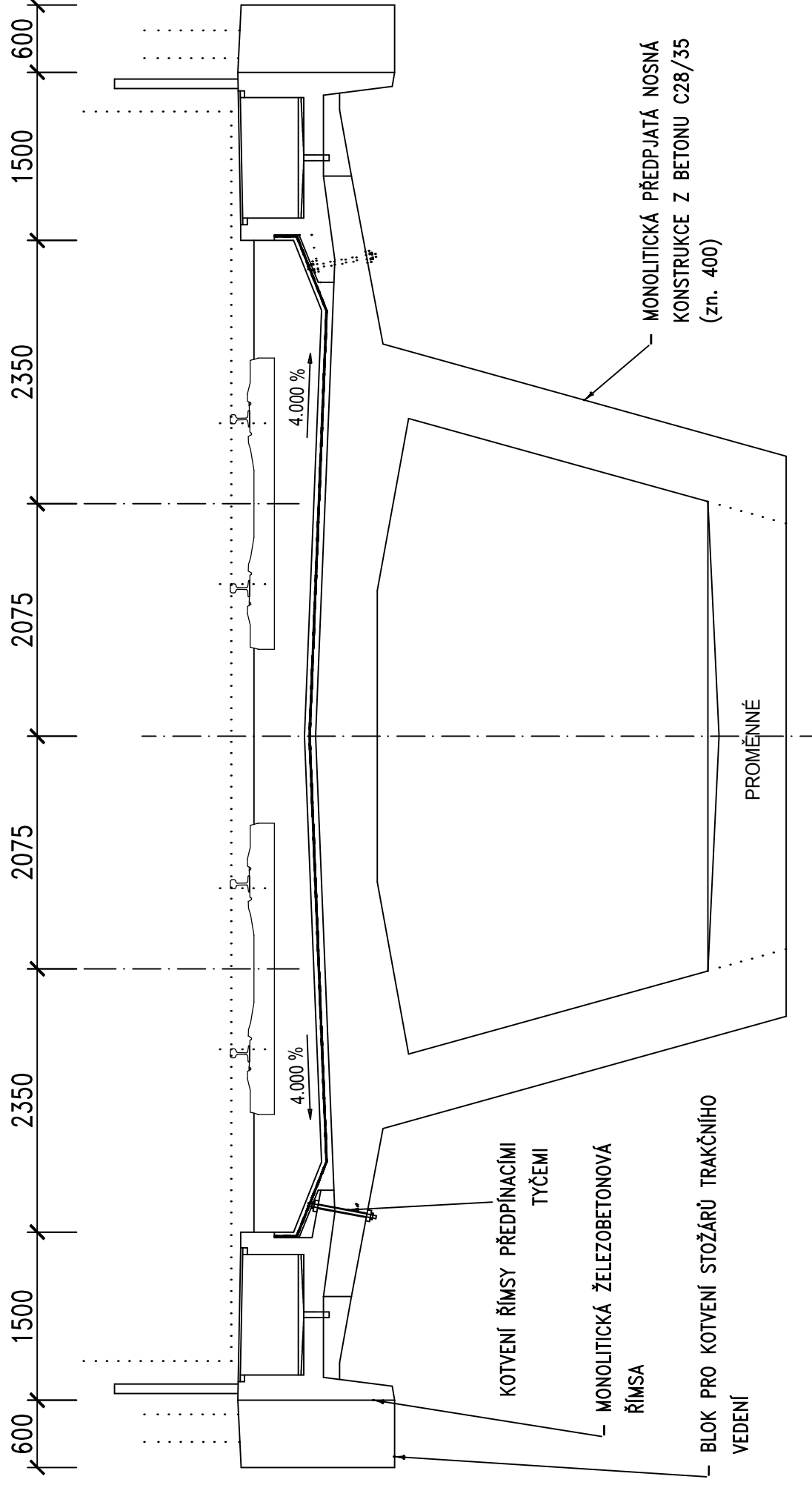
V poli 1 je volný terén a ulice Povltavská, terén kolem pilíře 1 je dlážděný. V poli 2 a 3 teče řeka Vltava. V poli 4 teče řeka Vltava + vlečka IPS. V poli 5 je volný terén.



# PODÉLNÝ ŘEZ MOSTEM – PŘEHLEDNÝ VÝKRES

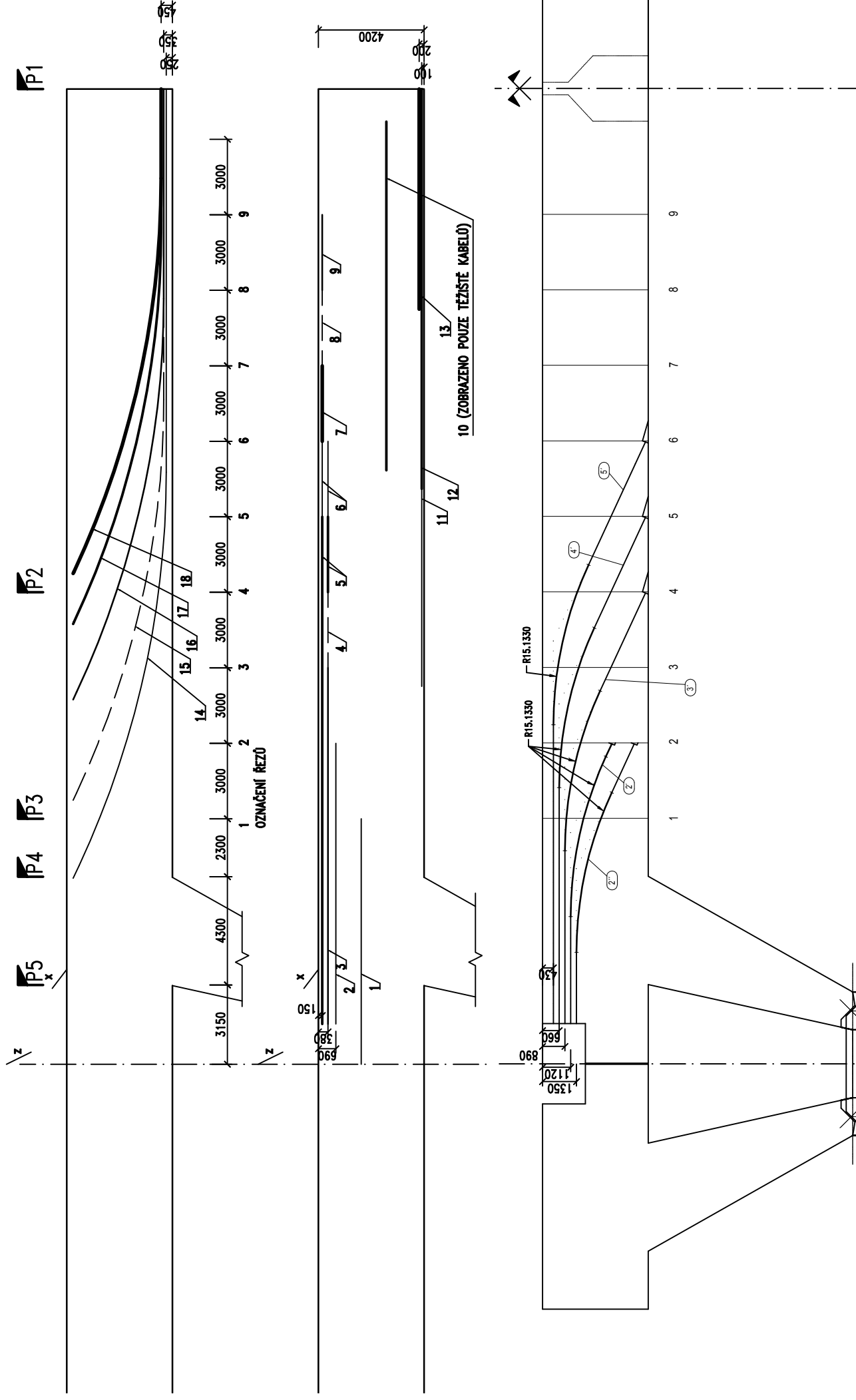


# PŘÍČNÝ ŘEZ



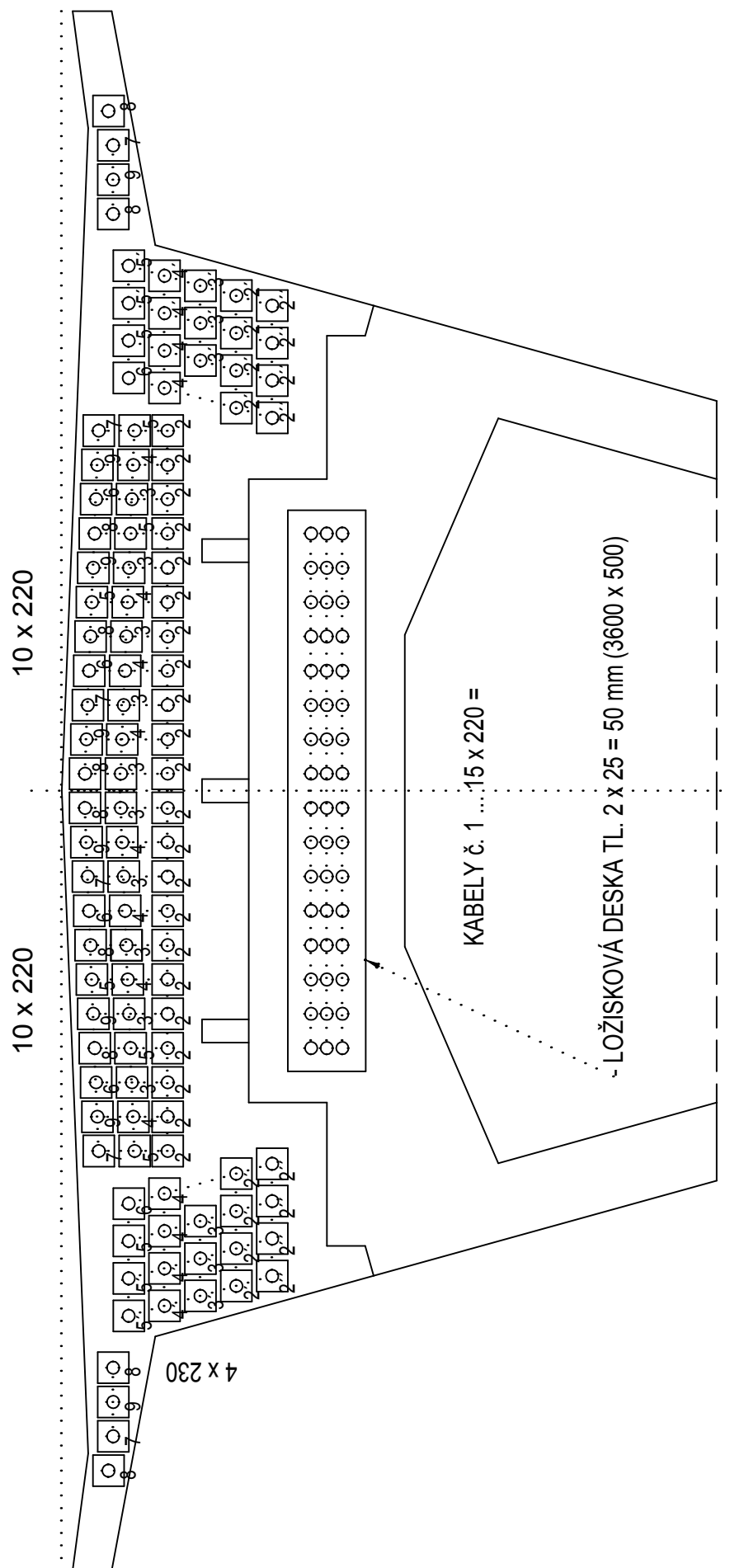


# PŘEDPĚTÍ – PODÉLNÝ ŘEZ MOSTEM



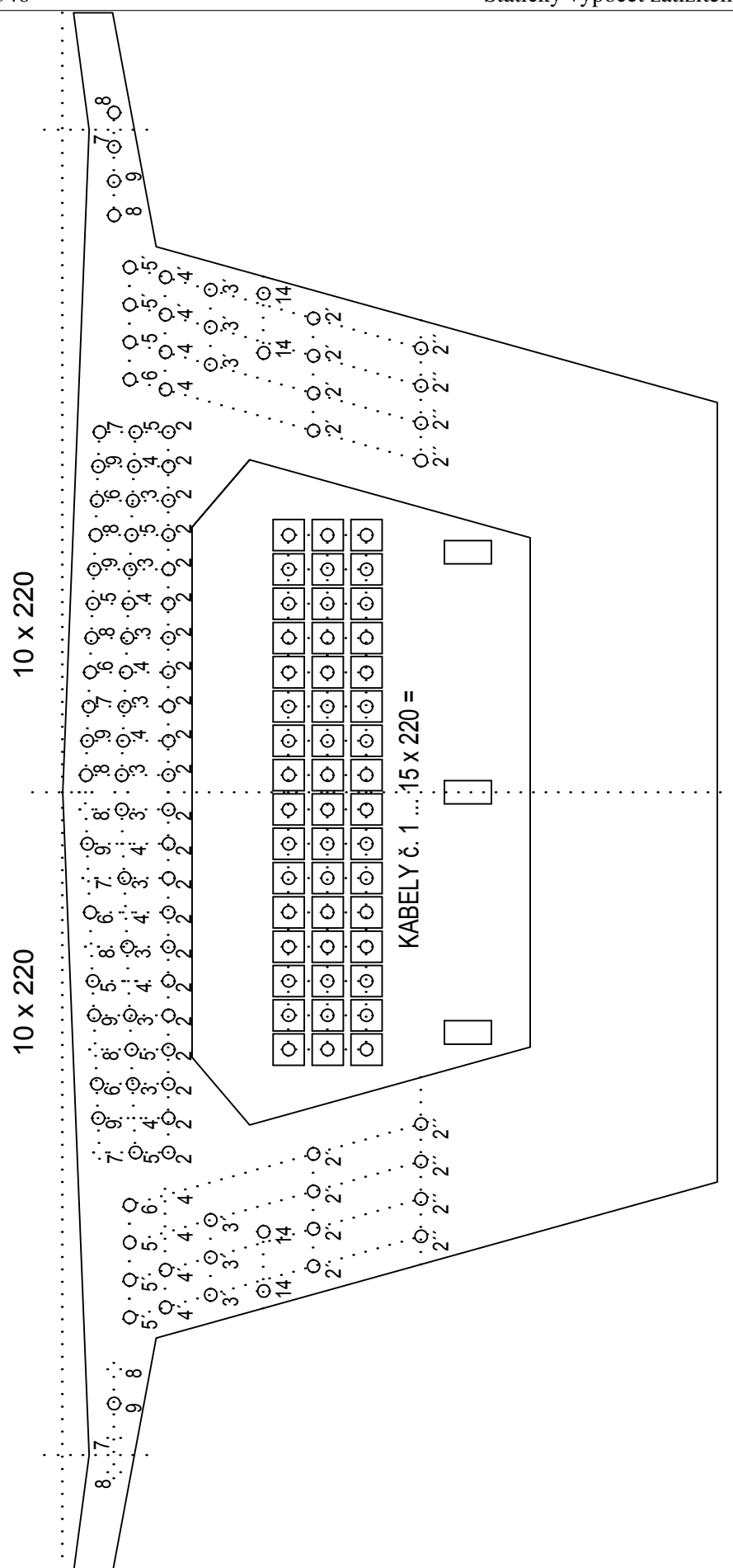
## PŘÍČNÝ ŘEZ

## ČELO KONSTRUKCE



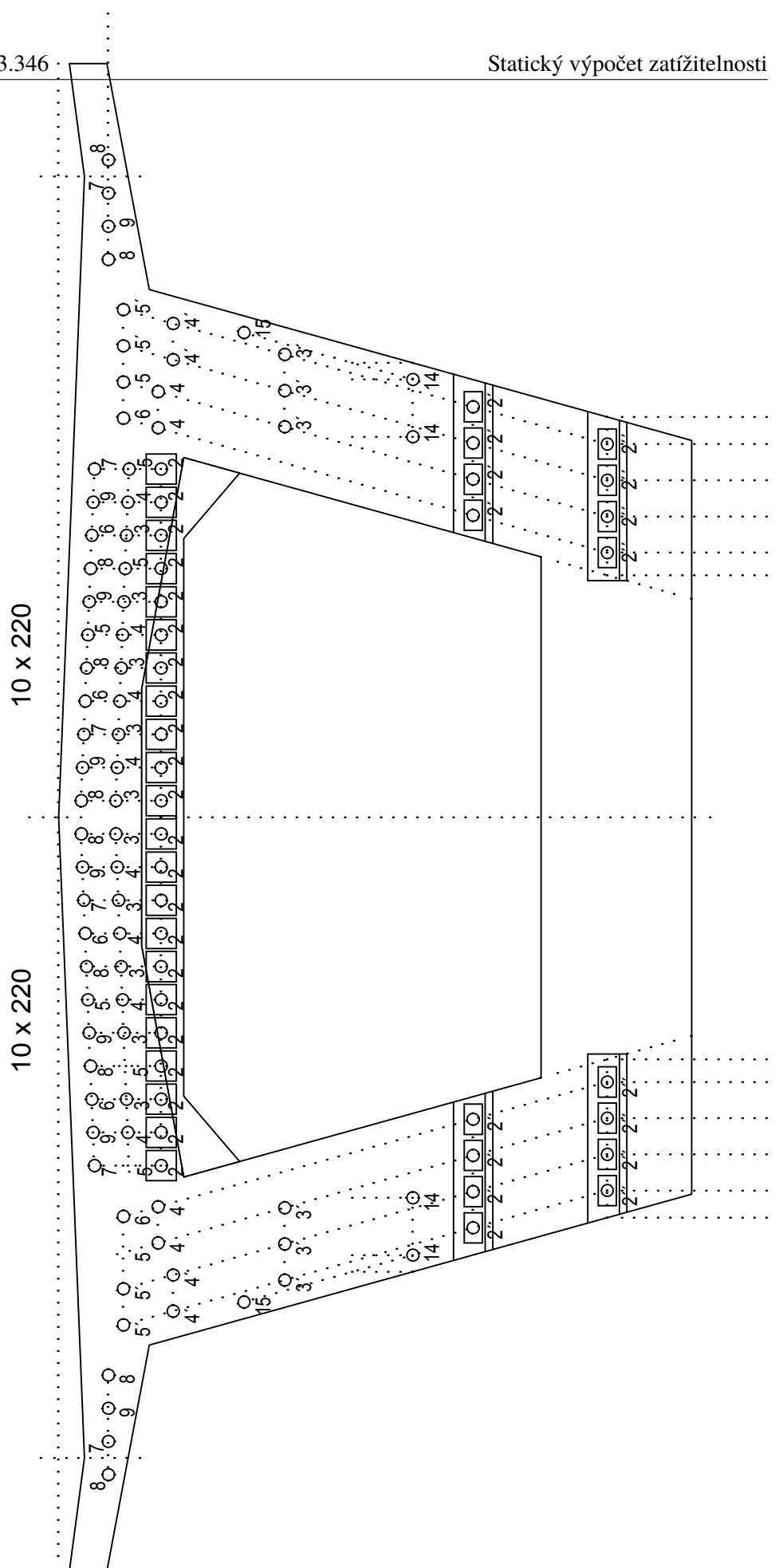
## PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 1



# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 2

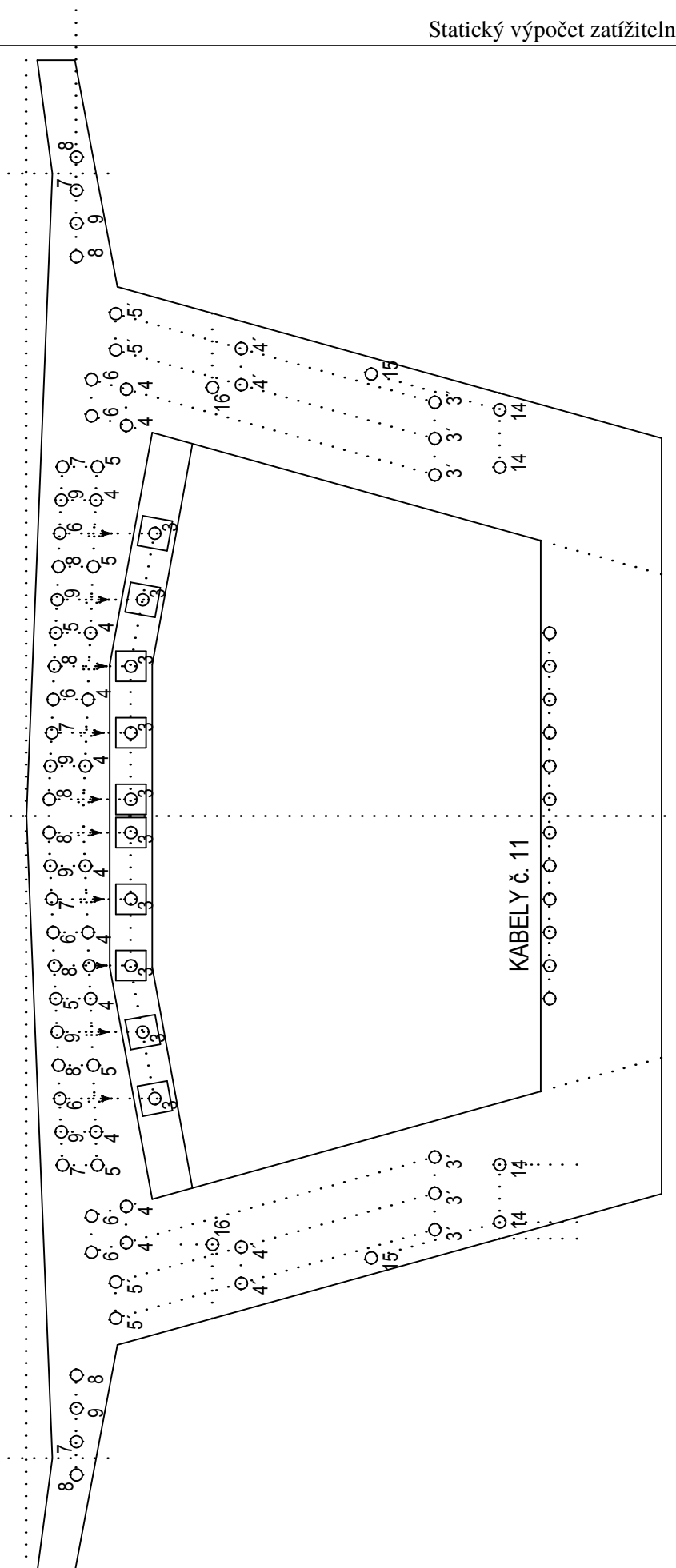


# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 3

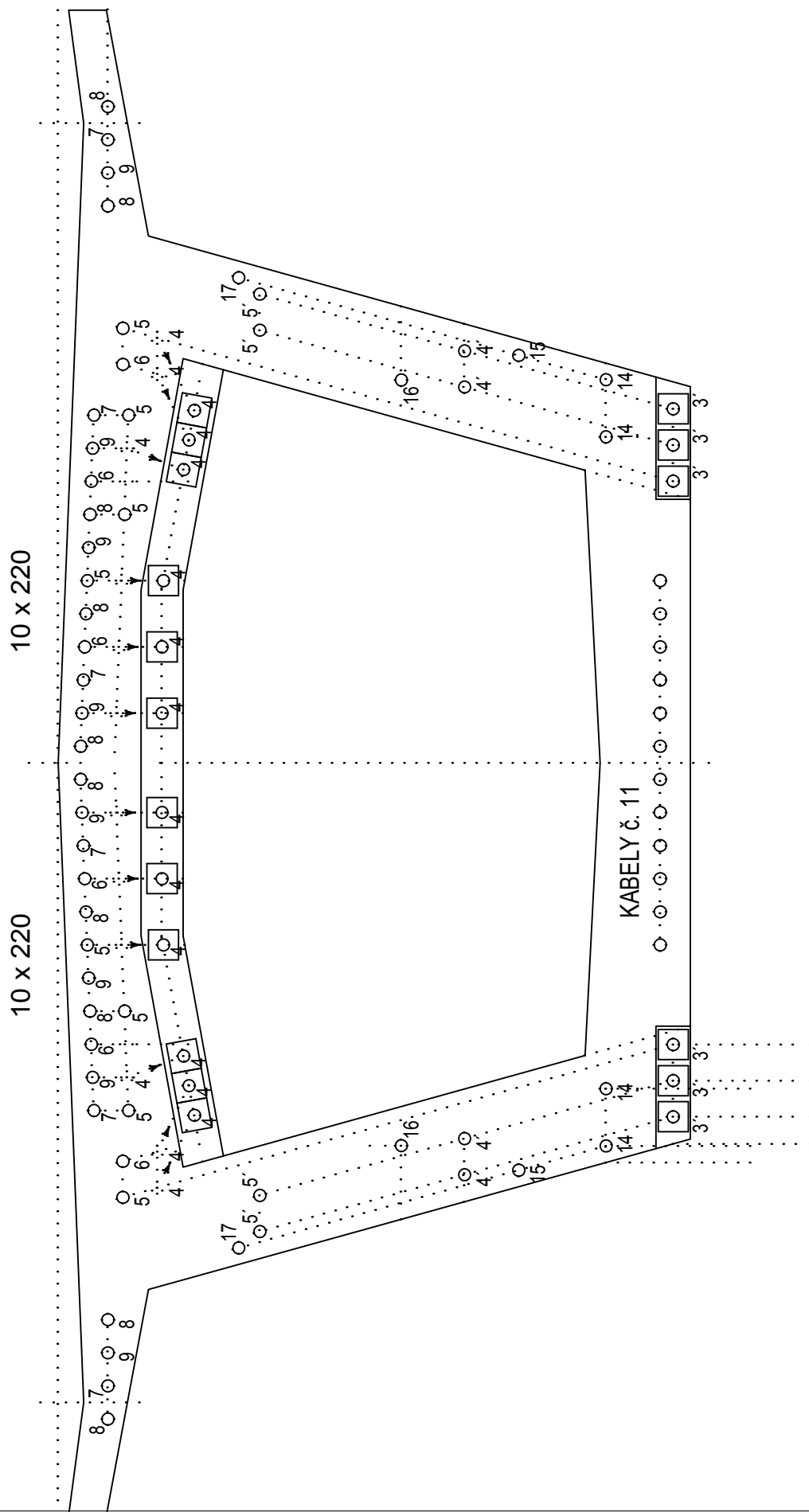
10 x 220

10 x 220



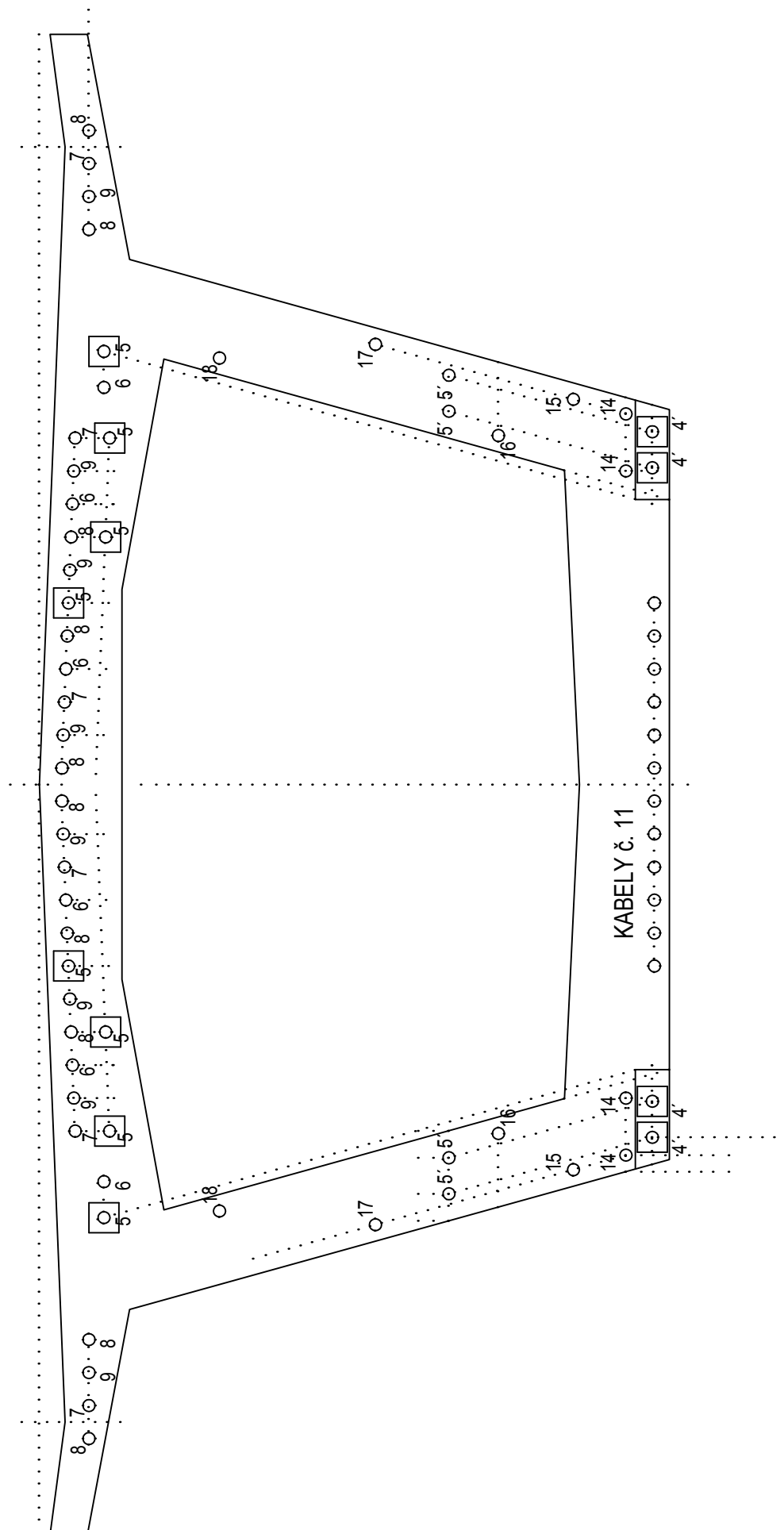
# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 4



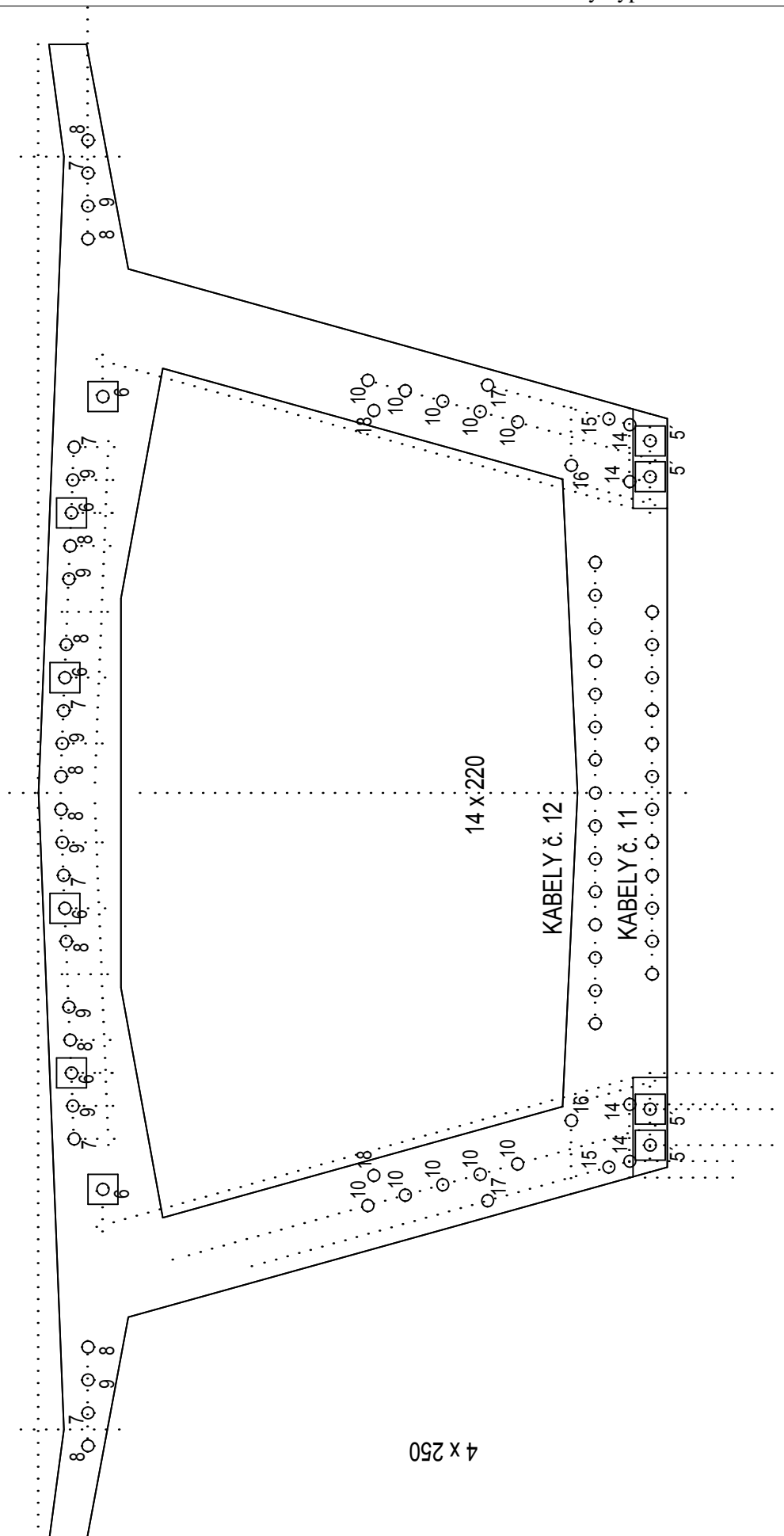
# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 5



## PŘÍČNÝ ŘEZ

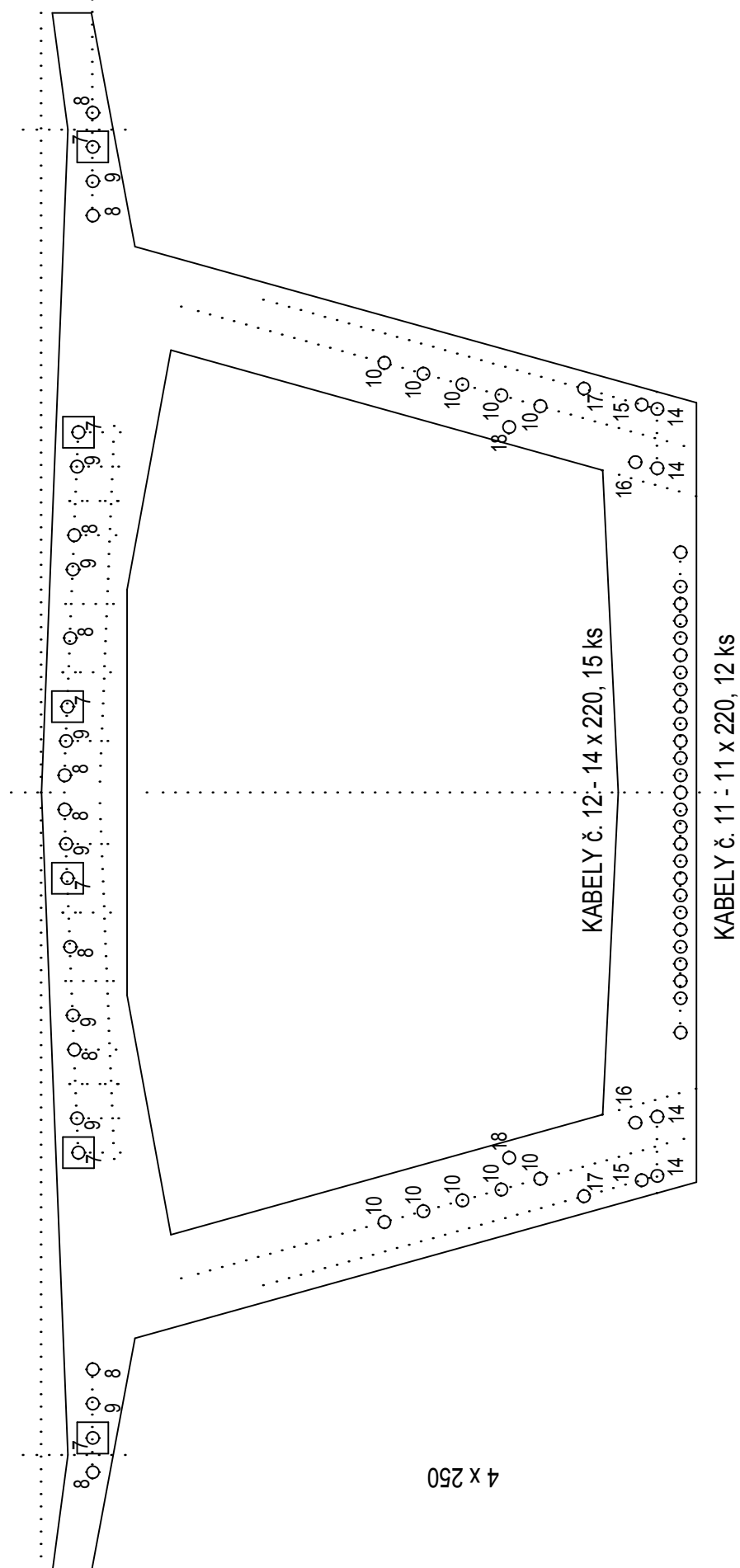
## ŘEZ 6





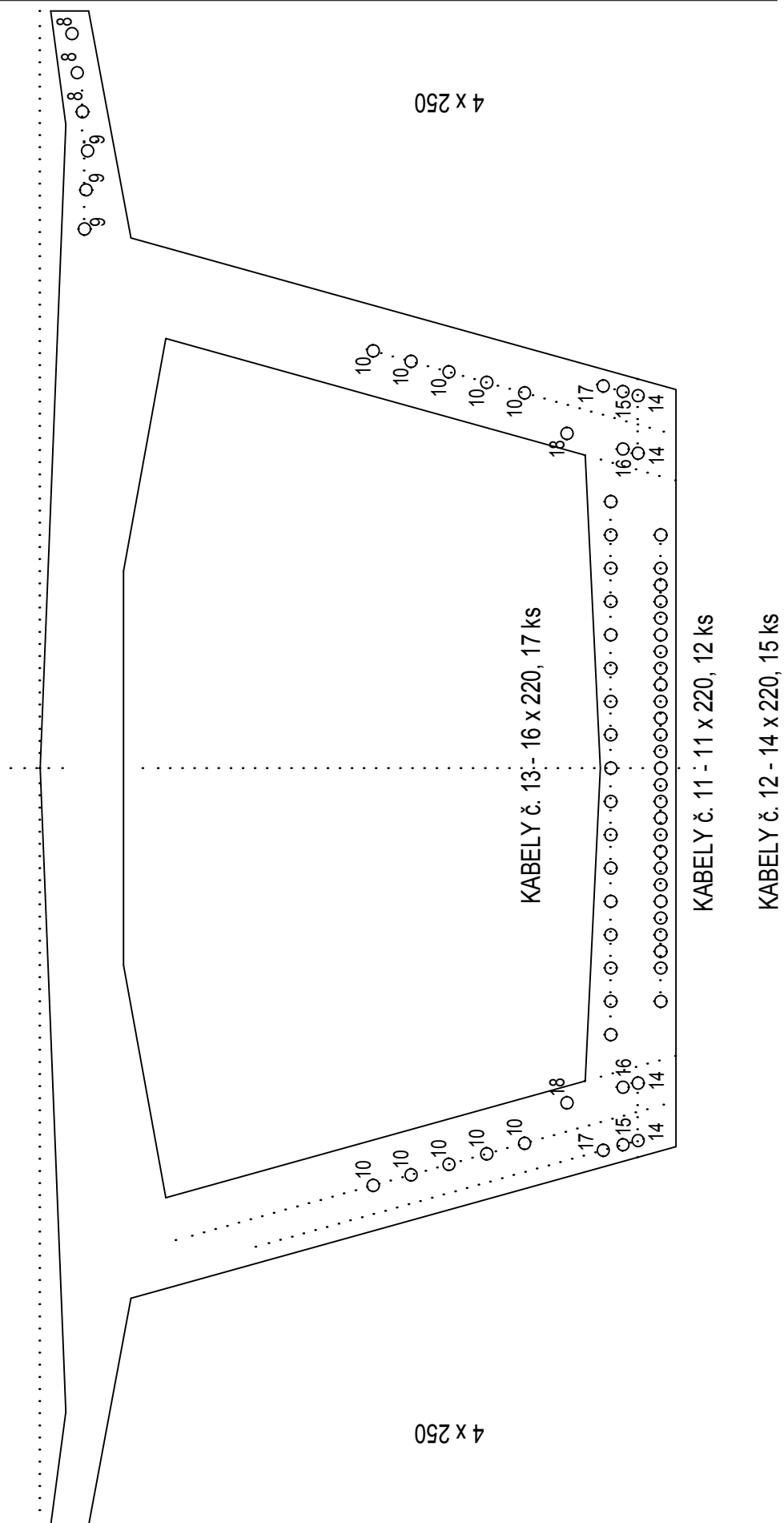
# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 7



## PŘÍČNÝ ŘEZ

ŘEZ 8

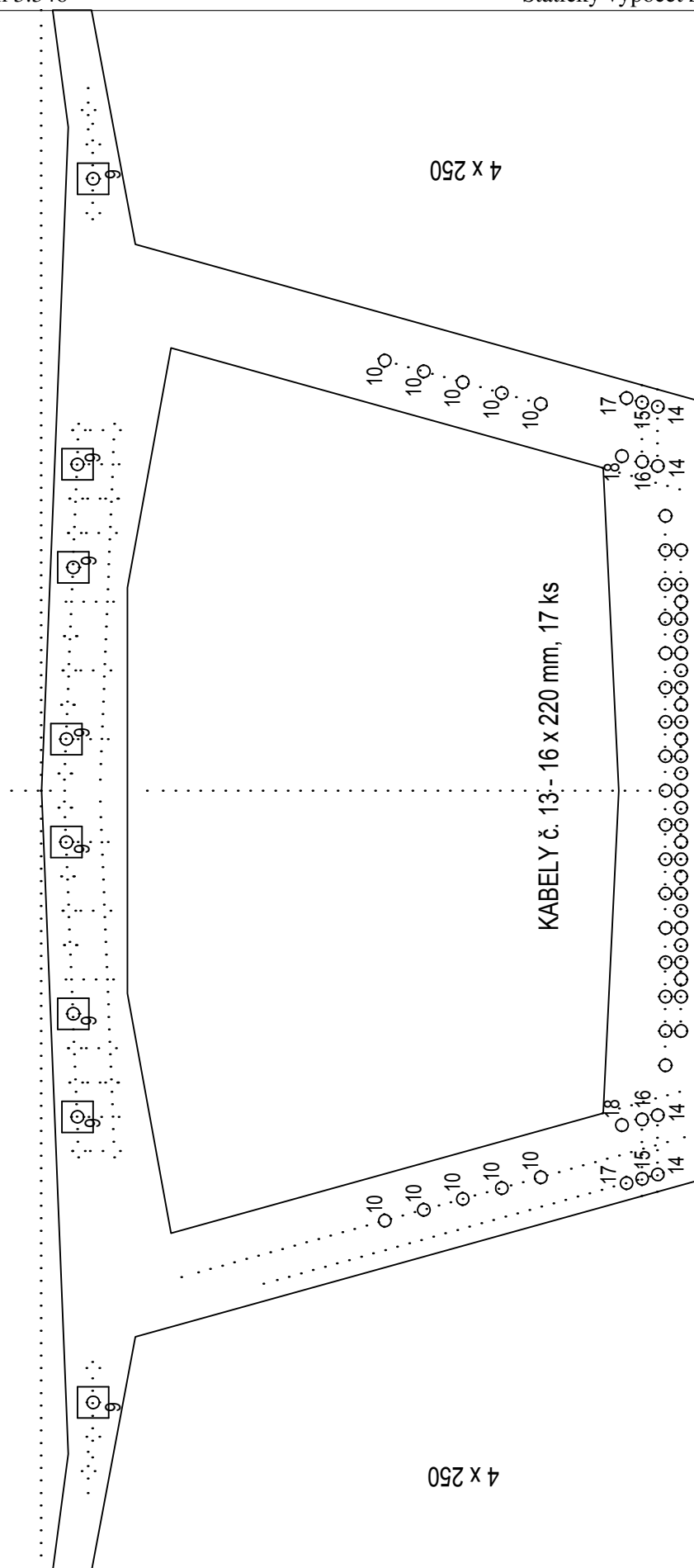


# PŘÍČNÝ ŘEZ

## ŘEZ 9

10 x 220 =

10 x 220 =

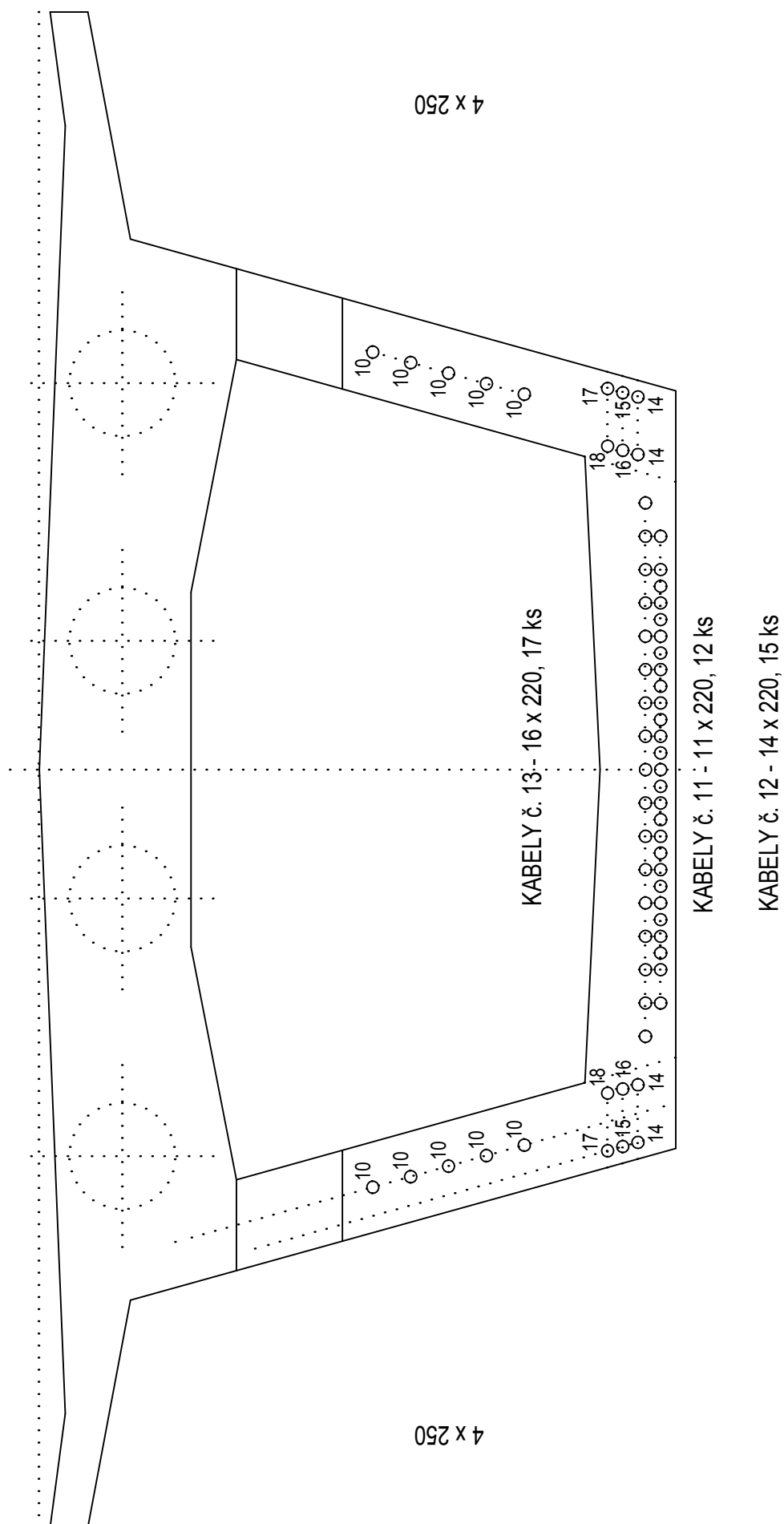


KABELY č. 13 - 16 x 220 mm, 17 ks

KABELY č. 11 - 11 x 220 mm, 12 ks

KABELY č. 12 - 14 x 220 mm, 15 ks

# ŘEZ 10



### **3.13 STAV A OSLABENÍ PRŮŘEZŮ VLIVEM DEGRADACE**

- do konstrukce mostu zatéká. Výraznější průsaky byly zjištěny v místě dilatačních spár, nicméně lokální aktivní průsaky do konstrukce byly zjištěny ve všech polích.

- v konstrukci je velké množství trhlin š. do 0,2 mm a to zejména v místech pracovních spár. Dále byly na konstrukci zjištěny příčné trhliny na spodním líci v oblastech poblíž podpor a dále podélné trhliny - lokální ojedinělé i skupiny podélných trhlin. V části trhlin se objevují průsaky.

- v místě kapes pro kotvy předpínací výztuže jsou na spodním líci šikmé trhliny

- na nosné konstrukci dochází k separaci ochranné omítky

- v místech nedostatečné tloušťky krycí vrstvy dochází k její separaci, obnažená výztuž koroduje (zpravidla konstrukční či podkladní výztuž)

- v komoře konstrukce bylo zjištěno, že v minulé době byly naplněny vodou do výšky desítek cm.

- na římsách dochází k separaci krycí vrstvy a degradaci betonu, obnažená výztuž koroduje

- systém odvodnění není řádně funkční

- dochází ke korozi zábradlí, některé části jsou zdeformované, ojediněle chybí prut výplně

- na šikmých rámových stojkách jsou trhliny š. do 0,2 mm, u stojky Pi 3 je v místě trhliny lokální separace betonu

- klouby stojek nevykazují vady s vlivem na funkci

#### **PRŮZKUM KONSTRUKCE V MÍSTĚ PORUCH**

- V místech průsaků s inkrustacemi byly vesměs zjištěny pod povrchem trhliny a nebo zabetonované konstrukční vložky výztuže (někdy dvojice prutů těsně u sebe). Trhlinami, pracovními spárami, popř. strukturou betonu podél výztuže či šterkovými hnízdy prosakuje (místy i protéká) voda a vyvěrá na povrch. V mnohých případech to může být poměrně daleko od místa, kde do konstrukce vnikla. Výše uvedený systém spár a poruch může vytvářet „drenážní“ systém, kterým se voda může dostávat i do velkých vzdáleností – bohužel i k předpínací výztuži.

- v oblastech u opěr byly zjištěny výrazné trhliny či otevřené spáry š. cca 2-3 mm. Průzkum prokázal, že v hloubce cca 10-20 mm jsou již jen vlasové trhliny a že se jedná o poruchy z doby výstavby, které byly původní omítkou přesanovány.

- v některých místech na spodním líci konstrukce byly zjištěny příčné trhliny š. 0,3 mm, které se směrem vzhůru zavírají. Ojediněle zasahují i na celou výšku spodní desky.

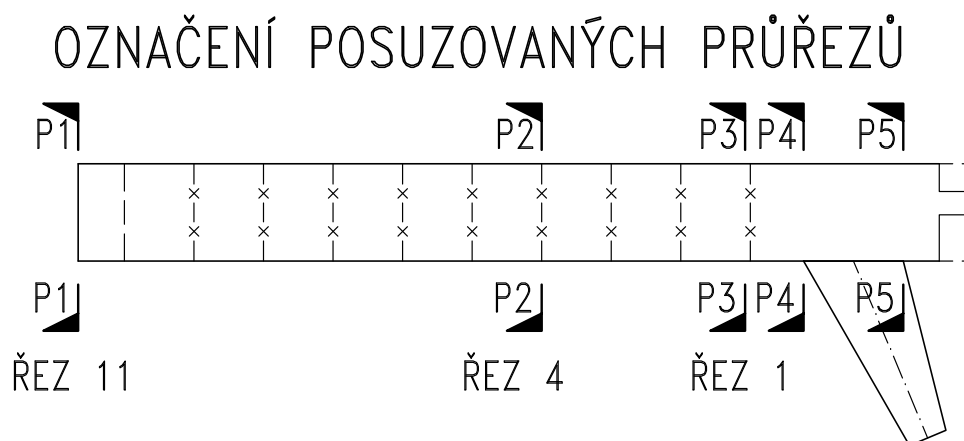
- dále byly zjištěny lokální poruchy plynoucí z technologické nekázně – ponechané dřevěné rozpěrky, nečistoty v bednění apod.

- kapsy pro kotvy kabelů 3', 4' a 5' nejsou plnohodnotně zabetonovány, ale jsou zakryty jen tenkými betonovými deskami provedenými na betonářskou výztuž s pletivem. Do dutin místy zatéká voda, kotvy nejsou dostatečně chráněny.

- Podélné trhliny v konstrukci jsou zpravidla pod kanálky předpínací výztuže či pod betonářskou výztuží. Masivní koroze těchto prvků se neprokázala, jedná se tedy většinou o trhliny smršťovací.

## **4 OBECNÁ ČÁST VÝPOČTU**

### **4.1 POSUZOVANÉ ŘEZY**



Obrázek 1 Posuzované řezy konstrukce

## 4.2 POPIS MODELU MOSTU

Konstrukce mostu byla modelována v programu Midas. Konstrukce je tvořena 5 stejnými poli, lišily se postupem výstavby. Byly sestaveny následující modely:

- Pole 3 jako letmo betonované; u pole 3 se uvažuje rozpírání, neboť má zásadní dlouhodobý vliv na napjatost konstrukce. Rozpírání viz kapitola 4.6.8.
- Pole 5 jako betonované na skruži,
- Model pole 2 se získal jako model pole 3, u kterého se neuvažovalo rozpírání, protože rozpírání bylo použito krátkodobě na celkové hotové konstrukci,
- Vzhledem k modelu pole 3 (podle kapitoly 4.4.2) a odděleným modelům polí se pro rozpírání připravil model pole 1 spojený s polovinou pole 2, který nahrazuje část chybějící v modelu pole 3, viz kapitola

Byl sestaven 2D model mostovky tvořený roštovými prvky podélnými a příčnými. V příčném řezu se použily dva pruty – vždy polovina komorového průřezu. Průřezové charakteristiky podélných prutů odpovídají polovině komorového nosníku, charakteristiky příčných prutů jsou dopočítány tak, aby příčné roznášení stanovené na modelu odpovídalo reálné konstrukci. Tím je částečně vyřešeno kroucení nosné konstrukce – jako přitížení jednoho podélného prutu a odlehčení druhého podélného prutu. Kroucení v kombinaci se smykem je posouzeno zvlášť.

## 4.3 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

Zatížení vlastní tíhou bylo vypočteno programem automaticky. Ostatní stálá zatížení viz kapitola 4.6.3. Zatížení svislými účinky proměnných zatížení - model LM71 - byla stavěno s nejnebezpečnější možnou excentricitou od osy nosné konstrukce.

Ztráty předpětí byly analyzovány výpočetním programem Midas s odhadnutými fázemi výstavby a provozu, postup výstavby je znám pouze částečně.

Uvažovaly se vstupy pro výpočet ztrát předpětí:

- Součinitel tření v oblouku 0.3 [-],
- nezamýšlená změna směru kabelu na jednotku délky 0.0015 [-/m],
- pokluz v kotvě 6 [mm],

- postupné napínání dle realizační dokumentace [2] a stavebního deníku [9],
- reologické modely betonu dle softwaru,
- třída relaxačního chování předpínací výztuže 1 podle ČSN 1992 (dráty s normální relaxací).

Stanovené celkové ztráty předpětí v polovině rozpětí jsou cca 30 %, mezi rámovými stojkami jsou ztráty ještě vyšší, neboť rámový styk brání volnému přenášení předpínací síly do konstrukce.

Pro tento typ konstrukcí je v globální analýze nosníku rozhodující mezní stav použitelnosti.

Postup výpočtu byl takový, že byla stanovena momentová „únosnost“ průřezu, resp. část momentu  $M_{Live}$ , která může být vyvozena účinky proměnného (referenčního) zatížení. Zatížitelnost byla určena tak, aby referenční zatížení vyrovnalo  $M_{Live}$ . Současně působení normálové síly na rámu je pomocí napětí započteno v momentu „únosnosti“ v MSP respektive MSÚ.

Výpočet  $M_{Live}$  - momentu, který vyčerpá kapacitu průřezu a je vymezen pro svislé účinky modelu LM71, byl proveden postupně pro MSÚ – kombinace 6.10a a 6.10b a pro MSP – charakteristickou a častou kombinaci. Výsledná zatížitelnost je tak stanovena podle vztahu 4.4 Metodického pokynu [13] pro MSÚ. V charakteristické kombinaci je posouzeno napětí v betonu, jež má být menší nebo rovno  $0.6 f_{ck}$ . Pro MSP - omezení napětí je tak užito vztahu C.19 Metodického pokynu [13].

Je vhodné posoudit šířku trhlin při časté kombinaci zatížení podle vztahu C.20 Metodického pokynu [13]. Normou 1992-1-1 je požadováno posouzení dekomprese (nulového napětí) v dolních vláknech průřezu v poli a horních vláknech nad podporou při časté kombinaci zatížení. Toto posouzení je provedeno, přestože podle pokynů zástupců investora není rozhodující o přechodnosti.

Je posouzena i únava vodorovné nosné konstrukce.

## 4.4 UVAŽOVANÉ FÁZE VÝSTAVBY

Postupovalo se podle stavebního deníku [9], fáze výstavby byly ale zjednodušeny, viz následující tabulky. Posouzení je provedeno na konci životnosti konstrukce, tedy po 100 letech jejího provozu.

Na následujících stranách je grafické zobrazení postupu výstavby z modelu a poté tabulka předpokládáných fází výstavby s konkrétními zadanými časy.

### 4.4.1 FÁZE VÝSTAVBY – VYSVĚTLIVKY

- pilire&zarodek – betonáž pilířů v zjednodušeně v jednom taktu i se „zárodkem“ nosné konstrukce (plný komorový průřez),
- predpetiZarodku – montážní dodatečné dočasné předpětí, které slouží ke spojení jednotlivých polí nad podporou,
- NK-meziRezy2a6 – betonáž nosné konstrukce mezi řezy 2 a 6, řezy viz kapitola přehledné výkresy 3.12,
- predpetiMezi2a6 – první fáze předpětí v horní desce,
- NK-meziRezy6a10 – betonáž nosné konstrukce mezi řezy 6 a 10,
- predpetiMezi6a10 – druhá fáze předpětí v horní desce,
- NK-stredniDobetonavkaSKloubem – dobetonávka ve středu mezi řezy 10, uvažuje se dokonalý kloub mezi polovinami polí,
- prerezaniKabluNadPodporou – odstranění dočasného předpětí nad podporou,

- zmonolitneniStredu – dobetonávka nosné konstrukce, odstranění kloubu,
- predpetiDodatocne+dolni – předpětí dodatečných (zvedaných) kabelů a kabelů v dolní desce, neboli napnutí všech zbývajících kabelů.
- NK-meziLamelou1a2 – betonáž nosné konstrukce mezi řezy 1 a 2,
- predpetiMezi1a2– předpětí v horní desce, lamela mezi řezy 1 a 2.



#### 4.4.2 FÁZE VÝSTAVBY POLE 2 A 3 GRAFICKY

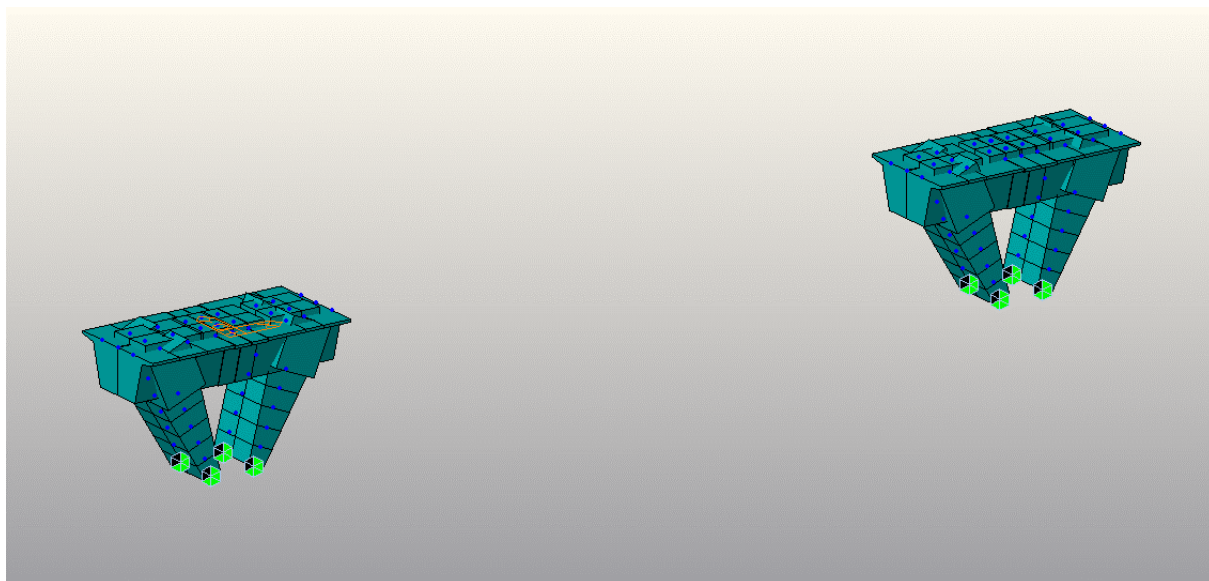


Figure 1 fazePířireAZarodek

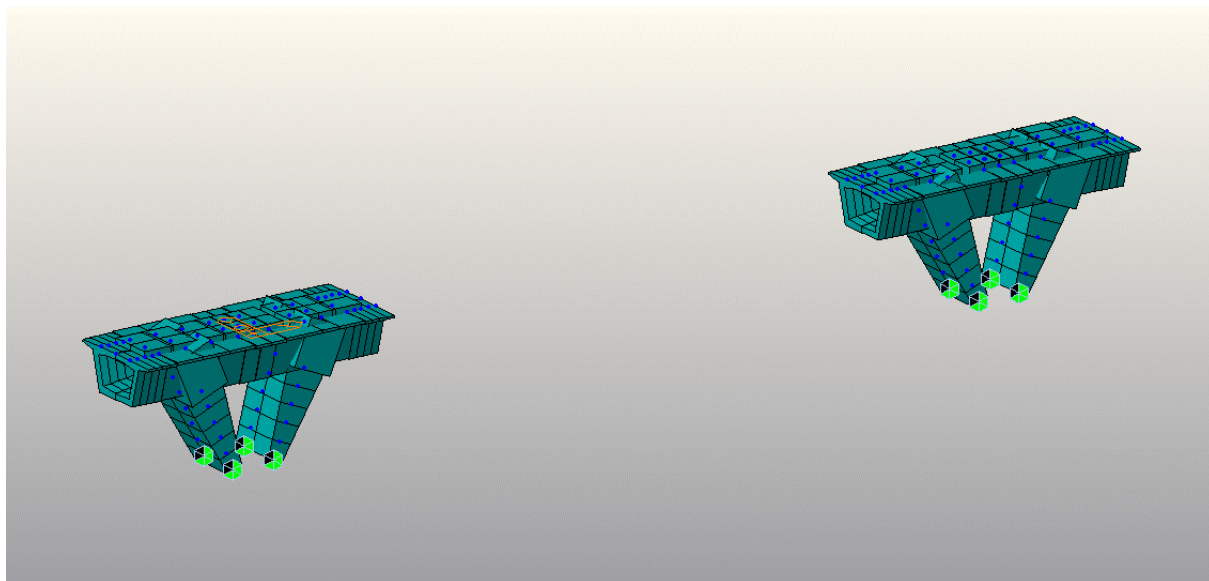


Figure 2 NK mezi 1a2

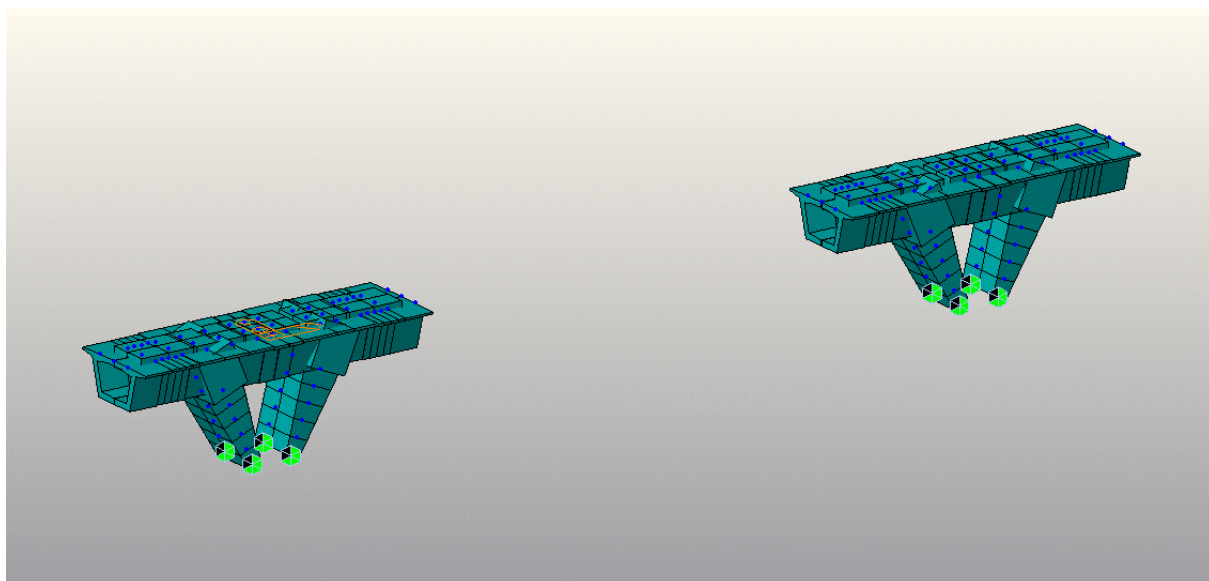


Figure 3 NK mezi 2a3

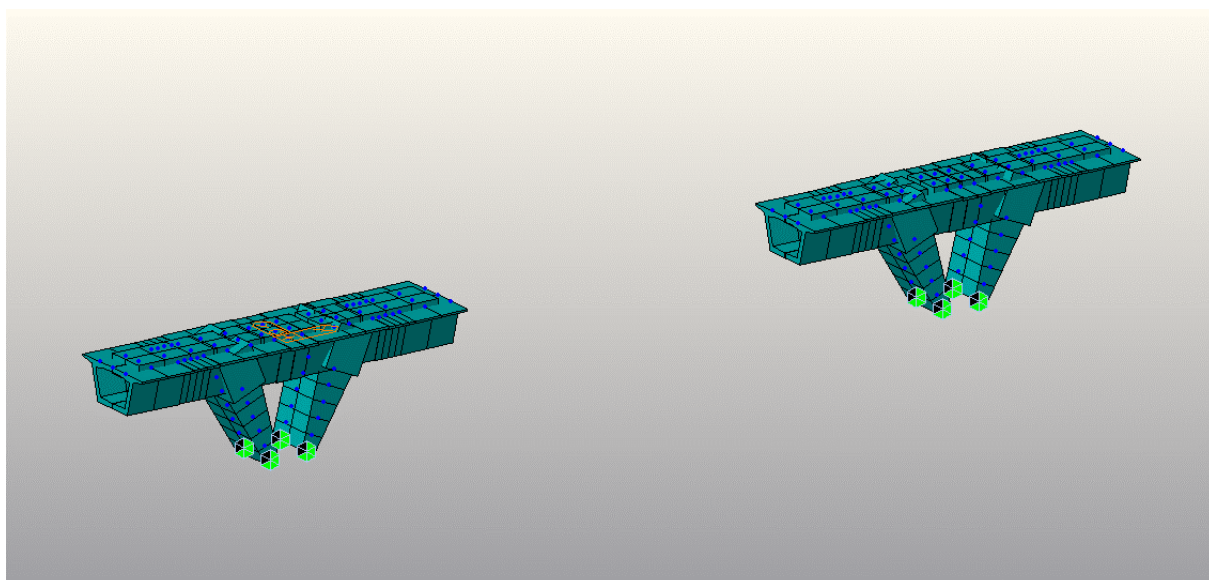


Figure 4 NK mezi 3a4



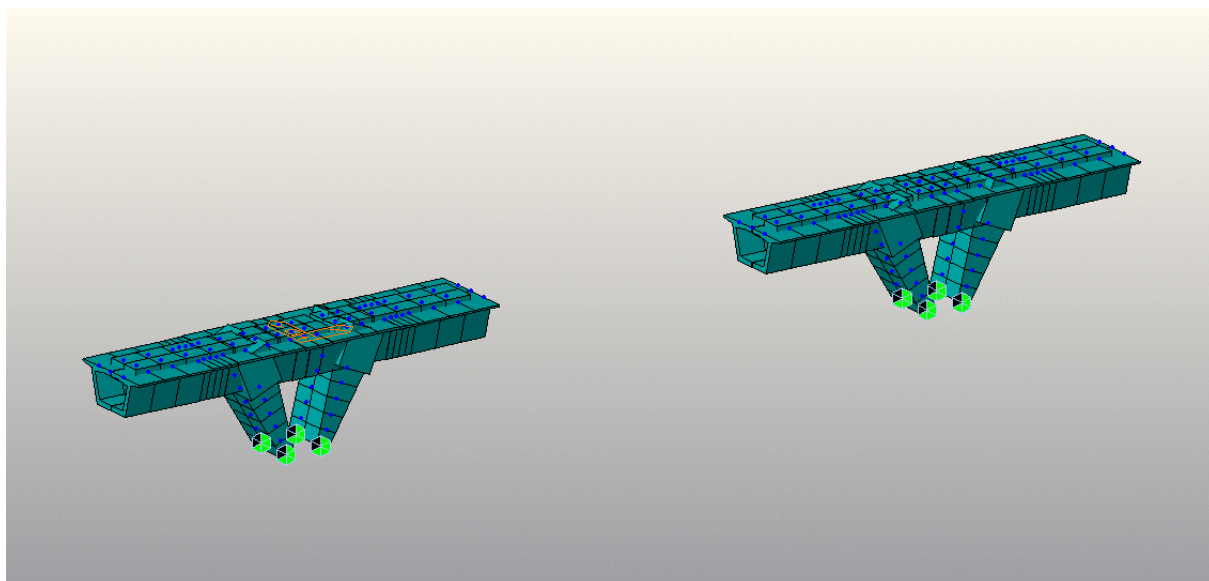


Figure 5 NK mezi 4a5

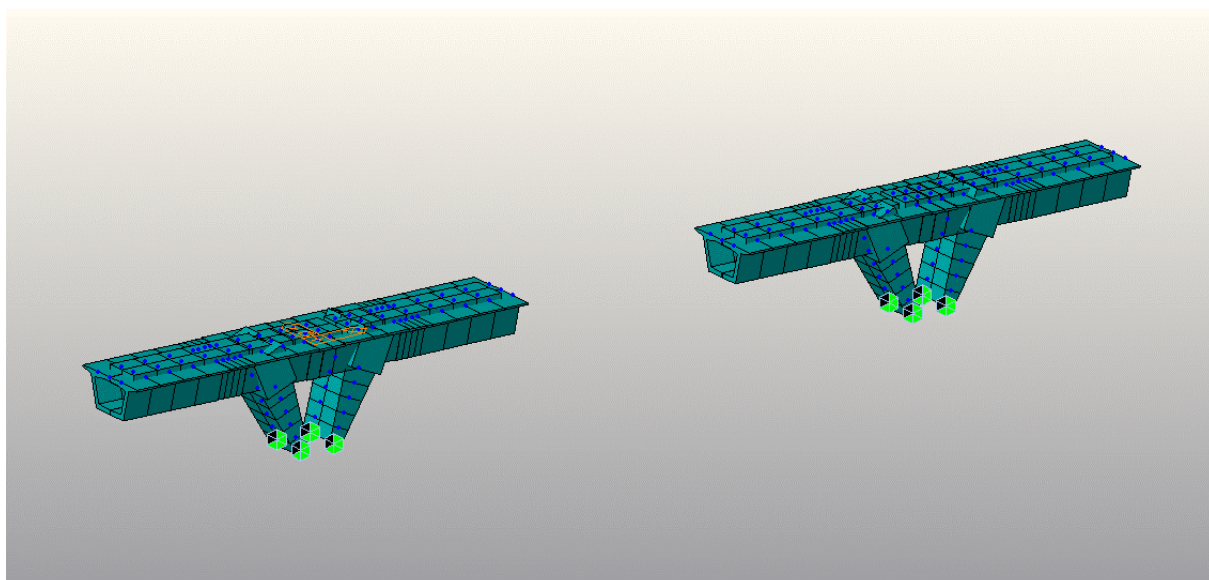


Figure 6 NK mezi 5a6

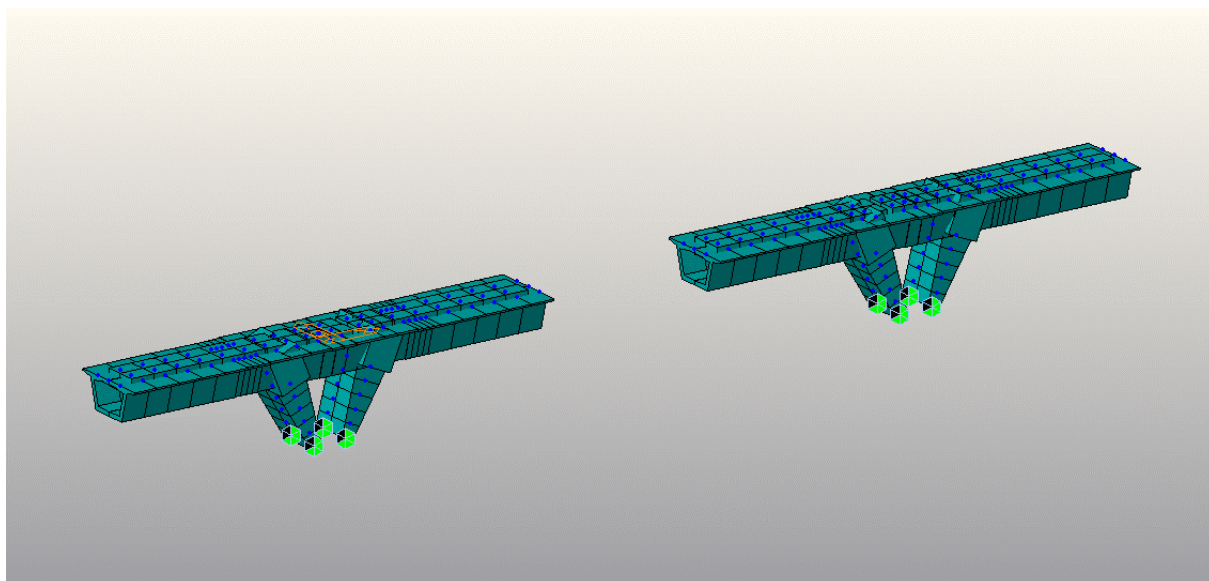


Figure 7 NK mezi 6a7

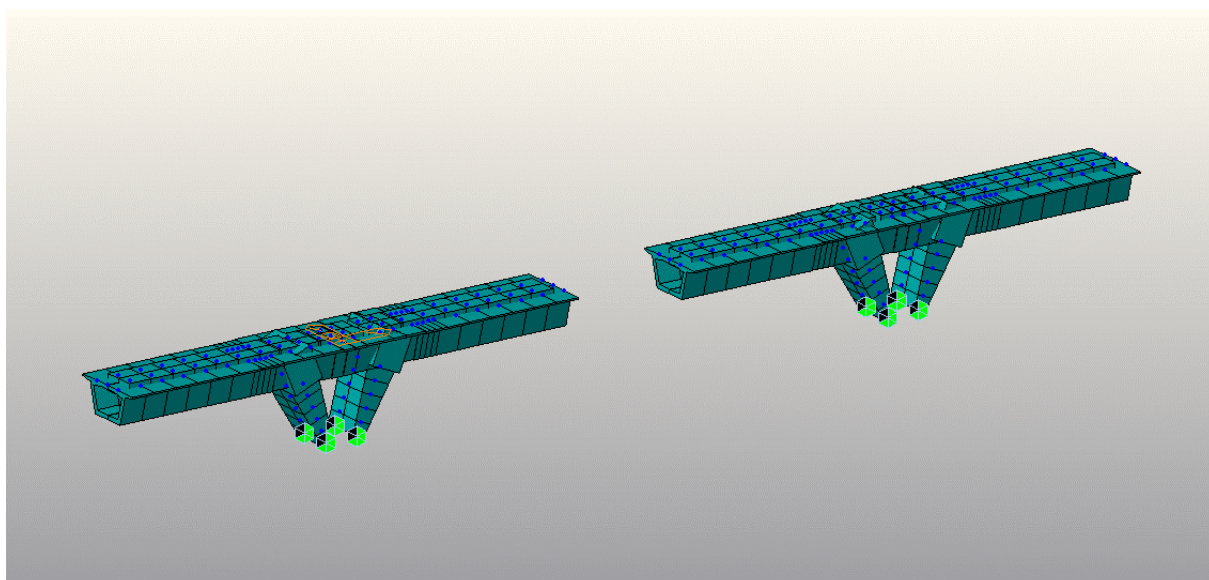


Figure 8 NK mezi 7a8



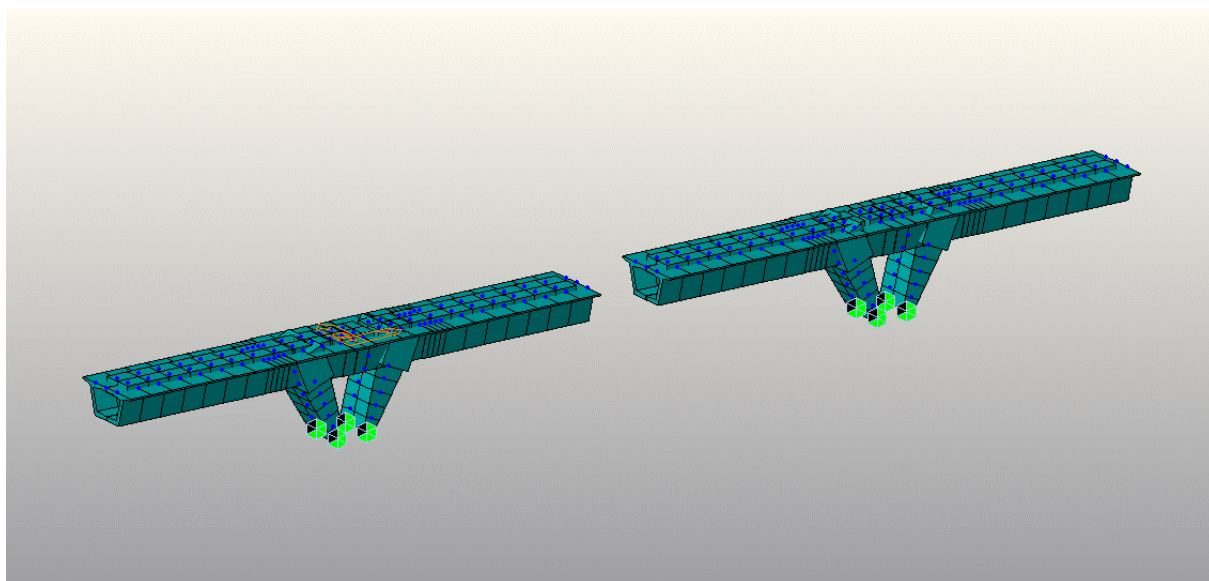


Figure 9 NK mezi 8a9

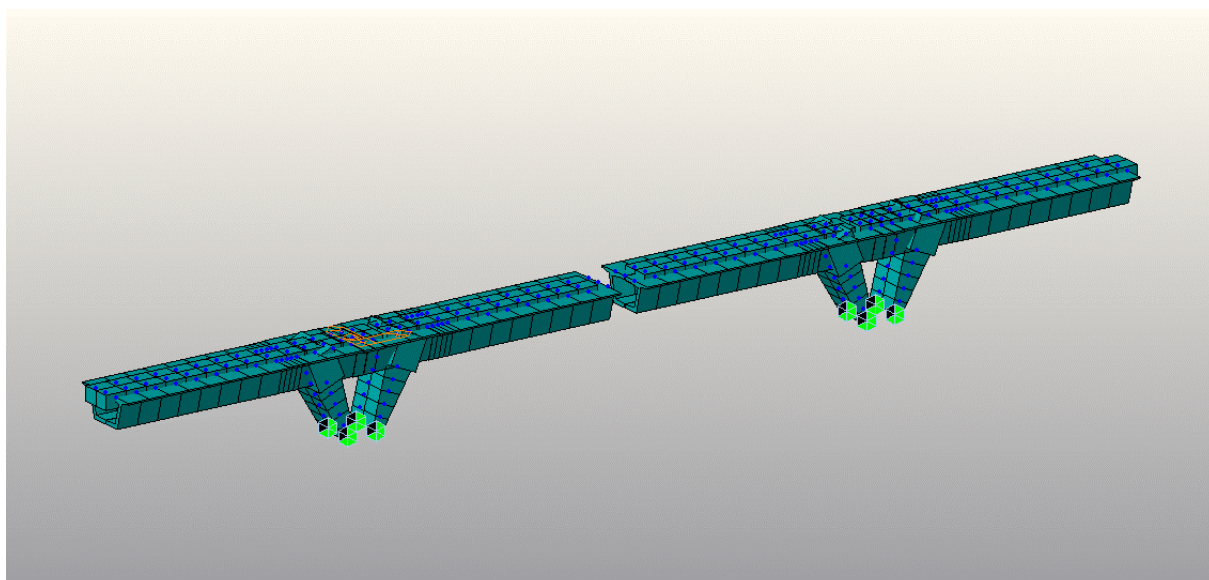


Figure 10 NK mezi 9a10

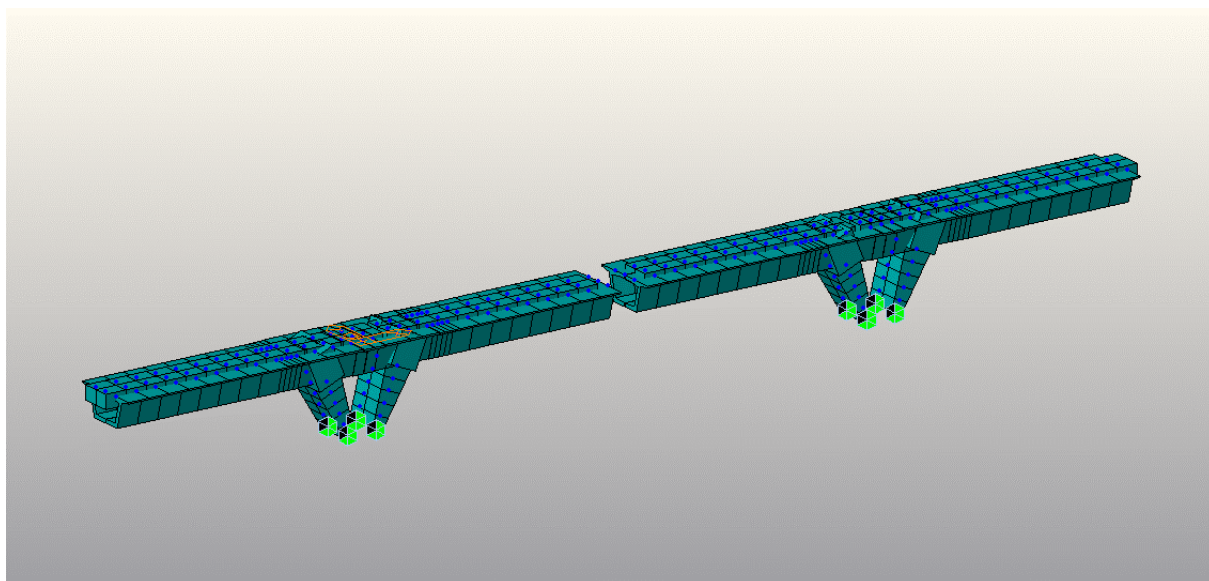


Figure 11 roztlačování

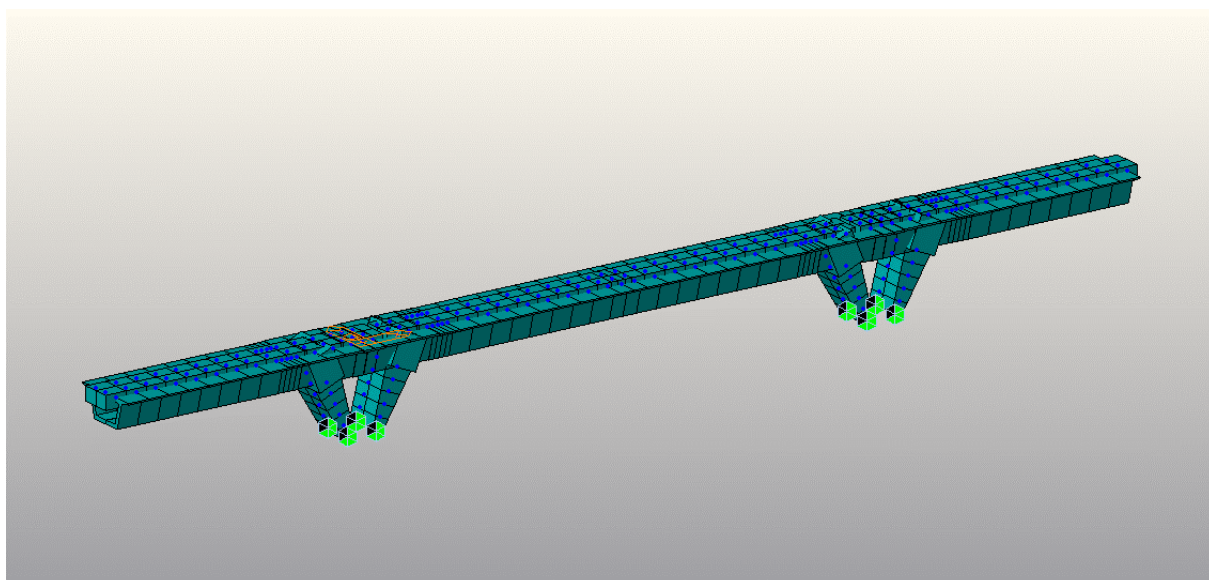


Figure 12 NK střední Dobetonavka



#### 4.4.3 FÁZE VÝSTAVBY POLE 5 GRAFICKY

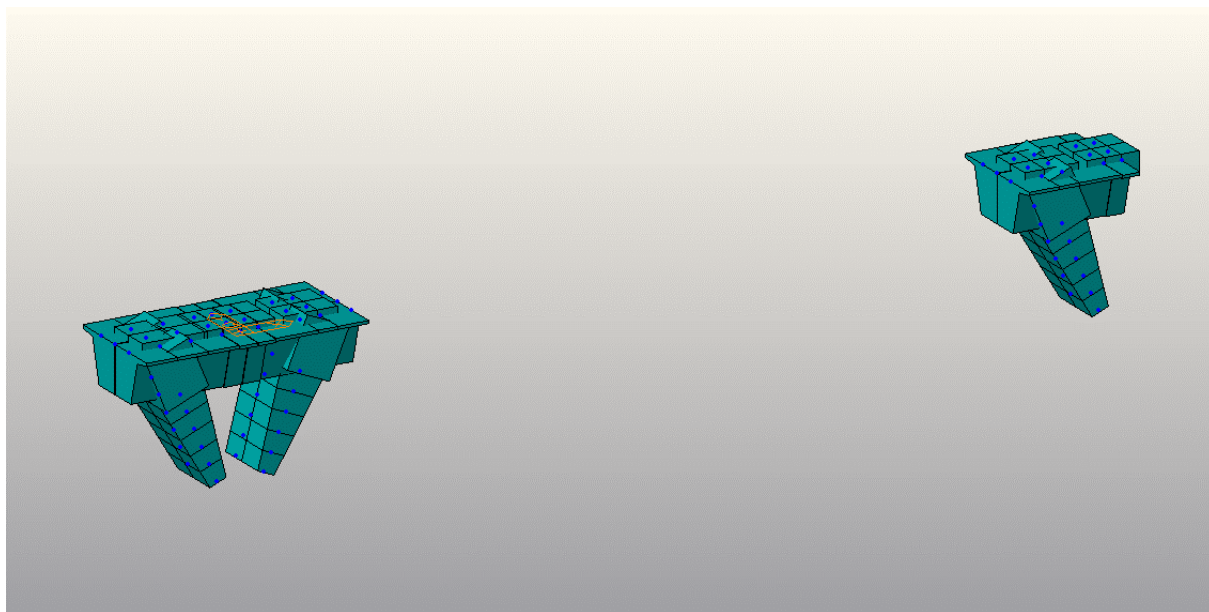


Figure 1 pilireAZarodek

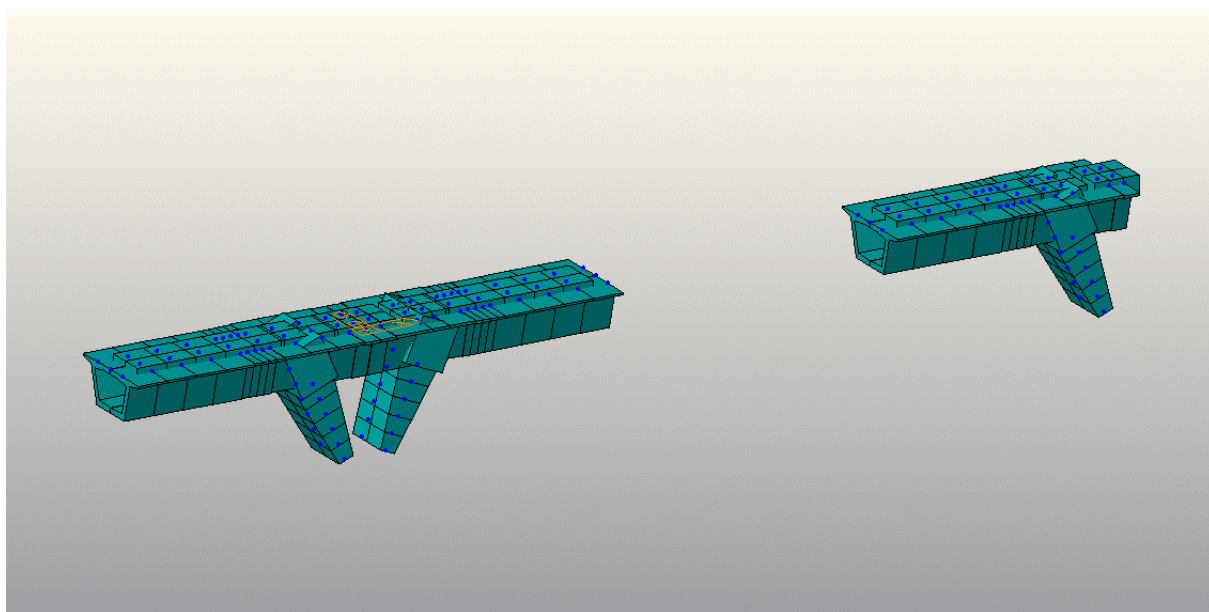


Figure 2 NK mezi 2a6

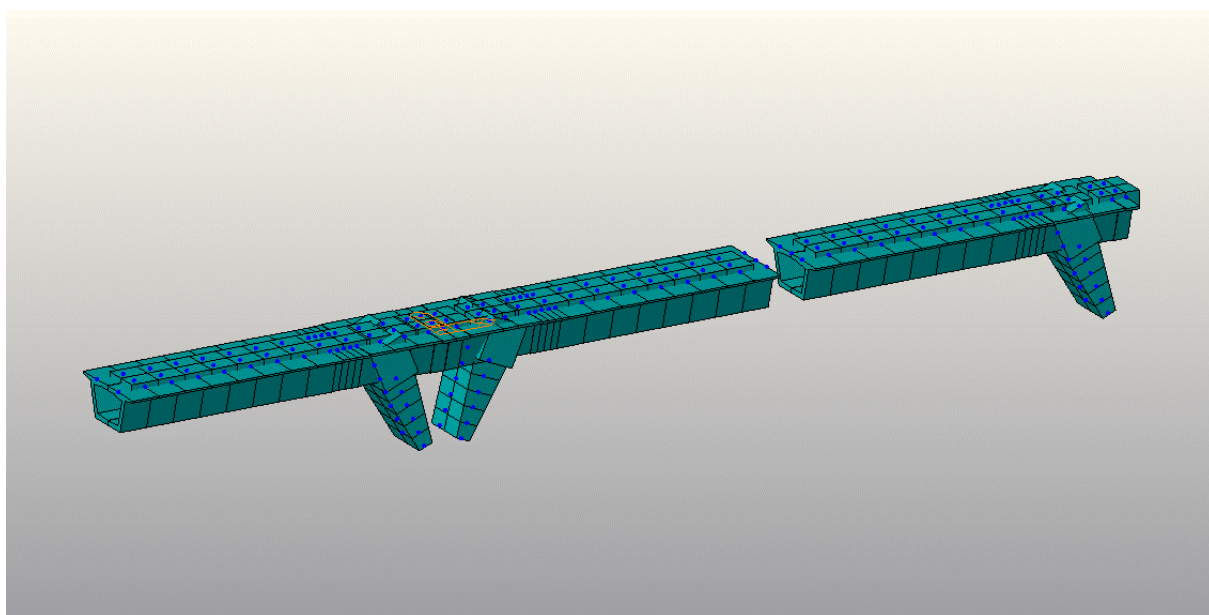


Figure 3 NK mezi 6a10

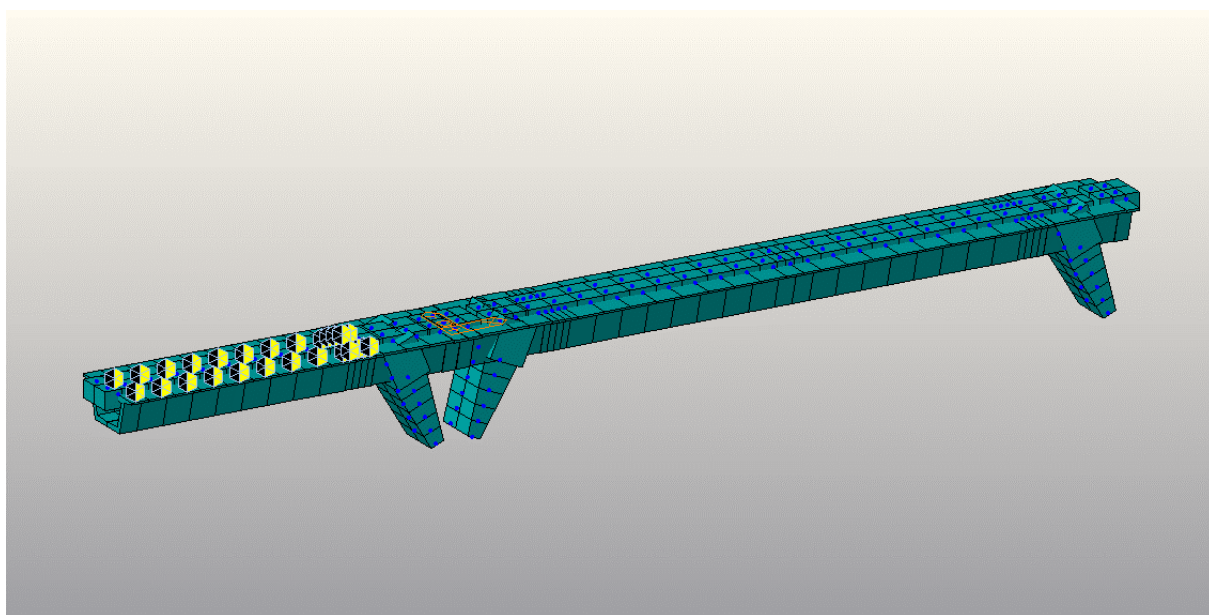


Figure 4 predpeti dodatecne a dolni



## 4.4.4 FÁZE VÝSTAVBY POLE 2 – TABULKA

Název fáze výstavby	Předpětí NK		Předpětí rámové stojky		trvání	datum zač.	datum konec	elementy	okraj. podm.	zatížení
	Kabel	Počet	Kabel	Počet						
pilíře&zarodek					600	0		spodstav, NK-zarodek, kloubNadPodp,		sw
predpetiZarodku					20	600	620	-	-	predpNK-zarodek
NK-mezilamelou1a2					20	620	640	NK-mez1a2	-	-
predpetiMezi1a2	2"	8	"Záporné" kabely ve stěnách	I-1	10	640	650	-	-	viz předpětí
	2"	8	"Záporné" kabely ve stěnách	III-1	10					viz předpětí
	2,1	12	Kabely v horní desce	II-1	10					viz předpětí
NK-mezilamelou2a3					20	650	670	NK-mez1a3	-	-
predpetiMezi2a3	3'	6	"Záporné" kabely ve stěnách	I-2	10	670	680			viz předpětí
	3	10	Kabely v horní desce							viz předpětí
NK-mezilamelou3a4					20	680	700	NK-mez1a4	-	-
predpetiMezi3a4	4	12	Kabely v horní desce	III-2	10	700	710			viz předpětí
	4'	4	"Záporné" kabely ve stěnách	II-2	10					viz předpětí
NK-mezilamelou4a5					20	710	730	NK-mez1a5	-	-
predpetiMezi4a5	5'	4	"Záporné" kabely ve stěnách		10	730	740			viz předpětí
	5	8	Kabely v horní desce							viz předpětí
NK-mezilamelou5a6					15	740	755	NK-mez1a6	-	-
predpetiMezi5a6	6.I		Kabely v horní desce	3*	8	755	765			viz předpětí
NK-mezilamelou6a7					10	765	775	NK-mez1a7	-	-
predpetiMezi6a7	6.II	5	Kabely v horní desce	4*	8	775	785			viz předpětí
	7	8	Kabely v horní desce	5*	8					viz předpětí
				6*	8					viz předpětí
NK-mezilamelou7a8					10	785	795	NK-mez1a8	-	-
predpetiMezi7a8	8	6	Kabely v horní desce		10	795	805			viz předpětí
NK-mezilamelou8a9					10	805	815	NK-mez1a9	-	-
predpetiMezi8a9	9	6	Kabely v horní desce		10	815	825			viz předpětí
NK-mezilamelou9a10					10	825	835	NK-mez1a10	-	-
predpetiMezi9a10	10.I	10	Přímé kabely ve stěnách		10	835	845			viz předpětí
NK-stredniDobetonSKloubem					20	845	865	NK-stredniDobeton	kloubVeStredu	
prerezaniKabuNadPodporou					10	865	875	sparaNadPodp	kloubNadPodp,	predpNK-zarodek
zmonolitneniStredu					400	875	1275	-	skruz trvala	-
predpetiDodatecne-dolni					200	1275	1475	-	-	predpNK-dodatecne,
ostiatniStale					100	1475	1575	-	-	predpNK-dolni
uvvedeniProvoz					100	1575	1675	-	-	os
konecZivotnosti					36500	1675	38175	-	-	-

skruz trvala - označuje fiktivní podepření mostu mimo studované pole 2

**Legenda:**  
■ zřízení  
■ odstranění

## 4.4.5 FÁZE VÝSTAVBY POLE 3 – TABULKA

Název fáze výstavby	Předpětí NK		Předpětí rámové stojky		trvání	datum zač.	datum konec	elementy	okraj. podm.	zatížení
	Kabel	Poč.	Kabel	Poč.						
pilíře&zarodek					600	0		spáraNadPodp,	podporyTrvale,	sw
predpetiZarodek					20	600	620	pricZarodek	kloubNadPodp, linky	predpNK-zarodek
NK-mezilamelou1a2					20	620	640	NK-mez11a2	-	-
predpetiMezi1a2	2'	8	"Záporné" kabely ve stěnách	I-1	10	640	650	-	-	viz předpětí
	2''	8	"Záporné" kabely ve stěnách	III-1	10					viz předpětí
	2.I	12	Kabely v horní desce	II-1	10					viz předpětí
NK-mezilamelou2a3					20	650	670	NK-mez12a3	-	-
predpetiMezi2a3	3'	6	"Záporné" kabely ve stěnách	I-2	10	670	680			viz předpětí
	3	10	Kabely v horní desce							viz předpětí
NK-mezilamelou3a4					20	680	700	NK-mez13a4	-	-
predpetiMezi3a4	4	12	Kabely v horní desce	III-2	10	700	710			viz předpětí
	4'	4	"Záporné" kabely ve stěnách	II-2	10					viz předpětí
NK-mezilamelou4a5					20	710	730	NK-mez14a5	-	-
predpetiMezi4a5	5'	4	"Záporné" kabely ve stěnách		10	730	740			viz předpětí
	5	8	Kabely v horní desce							viz předpětí
NK-mezilamelou5a6					15	740	755	NK-mez15a6	-	-
predpetiMezi5a6	6.I		Kabely v horní desce	3'	8	755	765			viz předpětí
NK-mezilamelou6a7					10	765	775	NK-mez16a7	-	-
predpetiMezi6a7	6.II	5	Kabely v horní desce	4'	8	775	785			viz předpětí
	7	8	Kabely v horní desce	5'	8					viz předpětí
				6'	8					viz předpětí
NK-mezilamelou7a8					10	785	795	NK-mez17a8	-	-
predpetiMezi7a8	8	6	Kabely v horní desce		10	795	805			viz předpětí
NK-mezilamelou8a9					10	805	815	NK-mez18a9	-	-
predpetiMezi8a9	9	6	Kabely v horní desce		10	815	825			viz předpětí
NK-mezilamelou9a10					10	825	835	NK-mez19a10	-	-
predpetiMezi9a10	10.I	10	Přímé kabely ve stěnách		10	835	845			viz předpětí
roztlačování									pruzinyNahrSousedPole	roztlačování
NK-středníDobetonSKloubem					20	845	865	NK-středníDobeton	kloubVeStredu	-
zmonolitněníStredu					400	865	1265	-	kloubVeStredu	-
predpetiDodatecne+dolní					200	1265	1465	-	-	dodatecne, predpNK-dolní
zrušeníLisu					10			-	-	roztlačování
prerezáníKablůNadPodporou					5	1465	1470	spáraNadPodp	skruz trvala	predpNK-zarodek
ostatníStále					100	1470	1570	-	-	os
uvedeníProvoz					100	1570	1670	-	-	-
konecŽivotnosti					36500	1670	38170	-	-	-

skruz trvala - označuje fiktivní podepření mostu mimo studované pole 3

**Legenda:**  
 zřízení  
 odstranění

## 4.4.6 FÁZE VÝSTAVBY POLE 5 – TABULKA

Název fáze výstavby	trvání	datum zač.	datum konec	elementy	okraj. podm.	zatížení
pilire&zarodek	300	0	300	spodStav, NK-zarodek, sparaNadPodp, pricZarodek	podporyTrvale, kloubNadPodp, linky	sw
predpetiZarodku	20	300	320	-	-	predpNK-zarodek
NK-mezirezy2a6	50	320	370	NK-mezia6	skruz2-6, skruz2-6-trvala	-
predpetiMezi2a6	50	370	420	-	-	predpNK-horni2-6
NK-mezirezy6a10	50	420	470	NK-mezia10	skruz6-10, skruz6-10-trvala	-
predpetiMezi6a10	50	470	520	-	-	predpNK-horni6-10
NK-stredniDobetonSKloubem	20	520	540	NK-stredniDobeton	kloubVeStredu	-
prerezaniKableNadPodporou	10	540	550	sparaNadPodp	kloubNadPodp	predpNK-zarodek, predpPil
zmonolitneniStredu	400	550	950	-	kloubVeStredu	-
predpetiDodatecne+dolni	200	950	1150	-	-	predpNK-stenTubusu, predpNK dolni
ostatniStale	100	1150	1250	-	skruz2-6, skruz6-10	os
uvadeniProvoz	100	1250	1350	-	-	-
konecZivotnosti	36500	1350	37850	-	-	-

skruz trvala - označuje fiktivní podepření mostu mimo studované pole 5

**Legenda:**

zřízení

odstranění

## 4.5 SPODNÍ STAVBA

Ověření záložení a spodní stavby bylo provedeno v kategorii A, nerozhoduje o celkové zatížitelnosti mostu.

## 4.6 ZATÍŽENÍ

### 4.6.1 UVAŽOVANÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY A JEJICH ZKRATKY

V závorkách je uvedený název v programu Midas, objevuje se např. ve výpisu vnitřních sil.

- $g_0$  – vlastní tíha konstrukce (sw),
- smršťování a dotvarování konstrukce,
- $g$  – ostatní stálé zatížení – vlastní tíha mostního svršku (např. římsy a kolejové lože) (oS),
- boční ráz (bocniRaz),
- brzdná síla (brzdna),
- model zatížení LM71 – sestava pro stanovení zatížitelnosti (kolej1, kolej2),
- model pro stanovení přechodnosti D4,
- (rovnoTepl+) – rovnoměrné ohřátí konstrukce,
- (rovnoTepl-) – rovnoměrné ochlazení konstrukce,
- (NErovnoTepl+) – nelineární ohřátí konstrukce,
- (NErovnoTepl-) – nelineární ochlazení konstrukce,
- vítr,
- rozpírání konstrukce lisy.

Dále se ve výpisu vnitřních sil objevují zkratky:

- dead – stálé zatížení (vlastní tíha a ostatní stálé zatížení),
- tendPrim – primární účinky předpětí,
- tendSec – sekundární účinky předpětí,
- summation – součet všech působících zařízení – smršťování, dotvarování, stálá zatížení vlastní tíhou a ostatní stálá zatížení, předpětí.

### 4.6.2 ZATÍŽENÍ NEROVNOMĚRNÝM POKLESEM PODPOR

Konstrukce nejví žádne známky nerovnoměrného sedání podpor. Zatížení poklesem nemá velký vliv v případě stávajícího mostu, u kterého nejsou patrné (ani v minulosti zaznamenané) žádné známky nerovnoměrného sedání. S ohledem na způsob výstavby lze říci, že případné nerovnoměrné poklesy z doby stavby by byly eliminovány. Zatížení nerovnoměrným poklesem podpor proto není uvažováno.

#### 4.6.3 ZATÍŽENÍ VLASTNÍ TÍHOU

Zatížení vlastní tíhou nosníků bylo vypočteno programem Midas automaticky.

#### 4.6.4 SMRŠŤOVÁNÍ A DOTVAROVÁNÍ KONSTRUKCE

Smršťování a dotvarování řeší program Midas. Vstupní parametry pro stanovení zatížení jsou následující:

**Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)**

Name :  Code :

European

Characteristic compressive cylinder strength of concrete at the age of 28 days ( $f_{ck}$ ) :  kN/m<sup>2</sup>

Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) :  %

Notional size of member :  m  
 $h = 2 * A_c / u$  ( $A_c$  : Section Area,  $u$  : Perimeter in contact with atmosphere)

Type of cement

☐ Class S ☒ Class N ☐ Class R

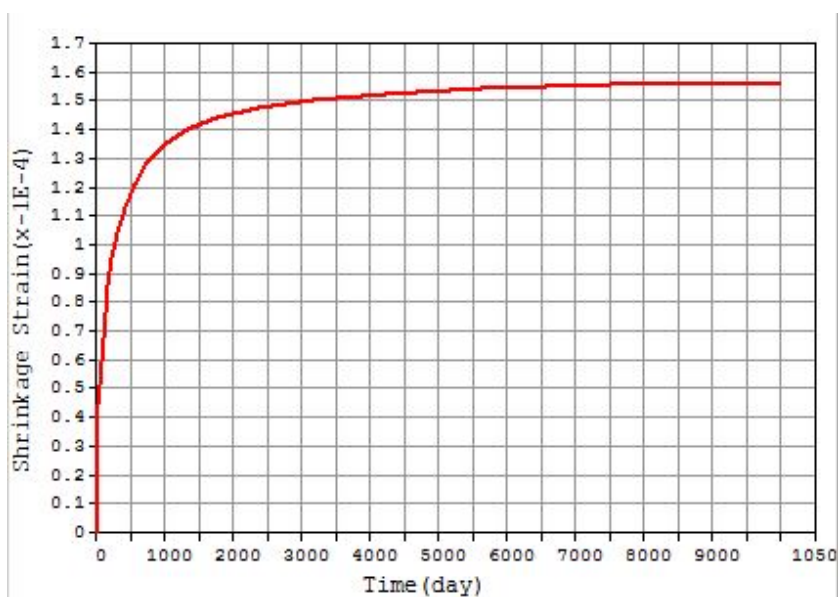
Type of code

☐ EN 1992-1 (General Structure) ☒ EN 1992-2 (Concrete Bridge) ☐ Use of silica-fume

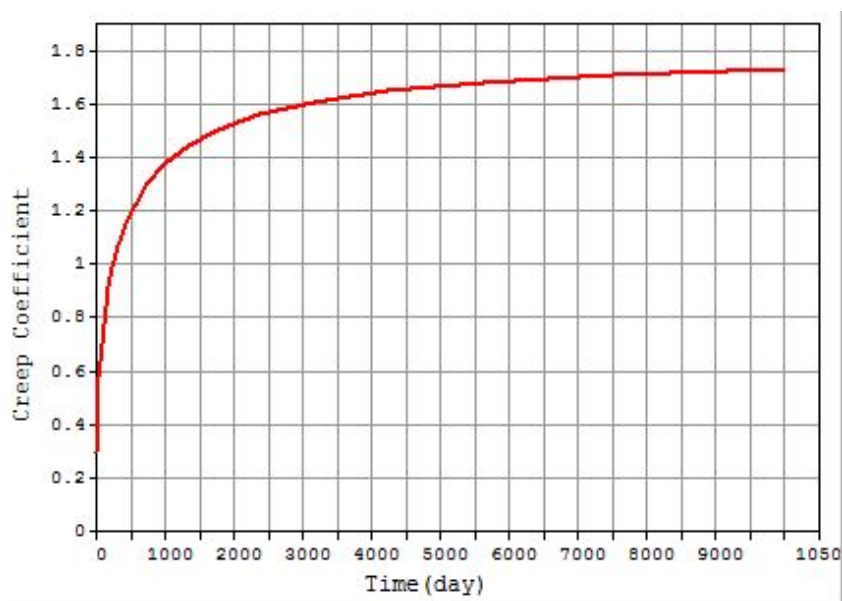
Age of concrete at the beginning of shrinkage :  day

Show Result... OK Cancel Apply

**Obrázek 2** Zadání vlastností rozhodujících pro velikost smršťování a dotvarování

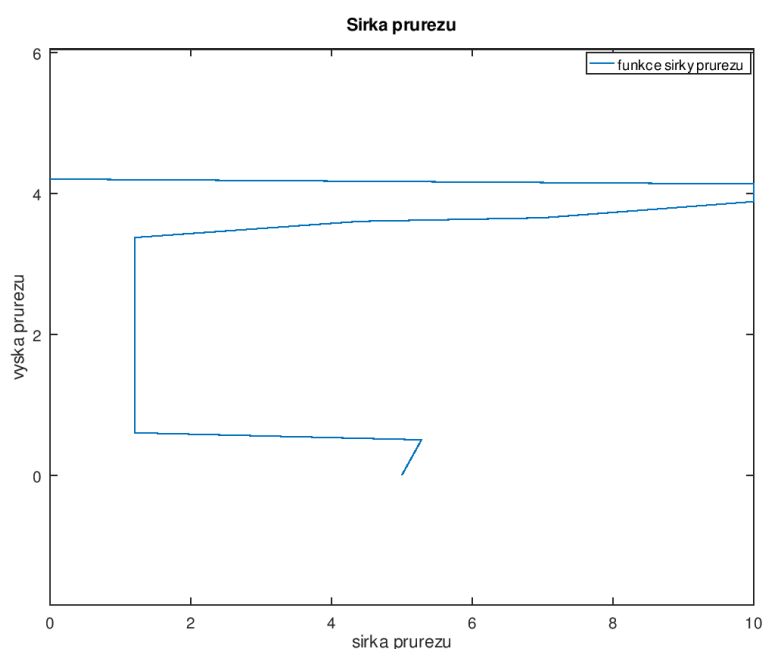


**Obrázek 3** Výsledná velikost přetvoření od smršťování



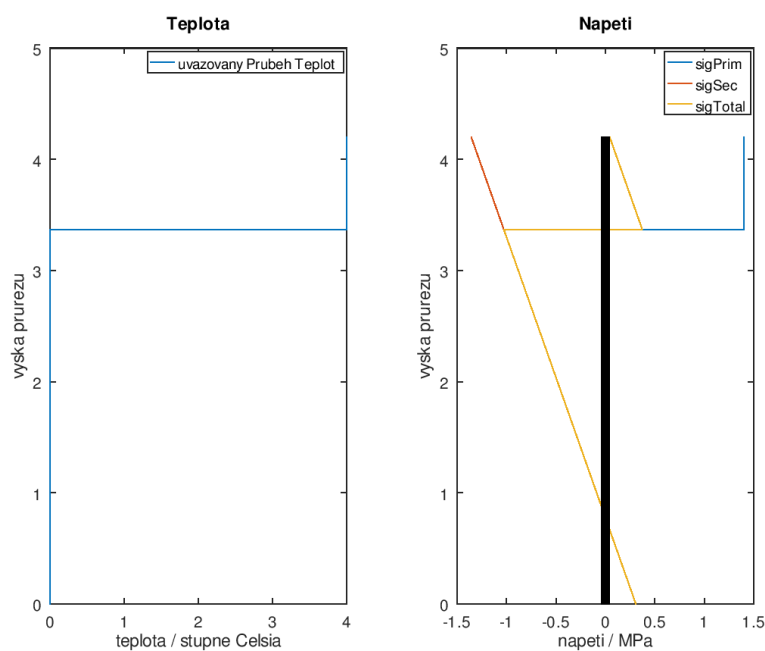
**Obrázek 4** Výsledná velikost součinitele dotvarování

Zatížení nosné konstrukce vlivem různého smršťování různých částí komorového průřezu při výstavbě (nejprve se betonovala deska a stěny komorového průřezu, poté horní deska) se řešilo následovně: průřez se zatížil nerovnoměrnou změnou přetvoření zadaného jako nerovnoměrná změna teploty po výšce průřezu. Uvažovala se velikost smrštění  $4 \cdot 10^{-5}$ , což odpovídá teplotě  $4^\circ\text{C}$ .



**Obrázek 5** Funkce šířky průřezu po výšce

Největší vzniklý tah je přibližně  $0.372\text{ MPa}$ , největší vzniklý tlak je přibližně  $-1.03\text{ MPa}$ . Dále se za pomoci modelu B3 spočítala relaxace napětí o velikosti  $1\text{ MPa}$  vneseného při výstavbě. Průběh relaxace napětí v čase viz obr. 8.



Obrázek 6 Výsledný průběh napětí

**Výpočet relaxace - vstupní parametry**

**Parametry betonového průřezu**

plocha betonu  $A_c$  [mm<sup>2</sup>]

obvod průřezu [mm]

součinitel tvaru průřezu  $k_s$

**Zatížení**

velikost napětí od zatížení [MPa]

**Časové údaje**

dobu ošetřování betonu  $t_0$  [dny]

stáří betonu při vnesení zatížení  $t'$  [dny]

stáří betonu při začátku relaxace  $t_r$  [dny]

konečné stáří betonu  $t$  [dny]

velikost kroku diskretizace  $\Delta t$  [dny]

**Materiálové charakteristiky**

válcová pevnost betonu v 28 dnech [MPa]

☒ konstantní modul pruž. betonu  $E$  v čase  $E$  [MPa]

☐ proměnný modul pruž. betonu  $E$  v čase

**Složení betonové směsi:**

obsah cementu  $c$  [kg/m<sup>3</sup>]

obsah vody  $w$  [kg/m<sup>3</sup>]

obsah kameniva  $a$  [kg/m<sup>3</sup>]

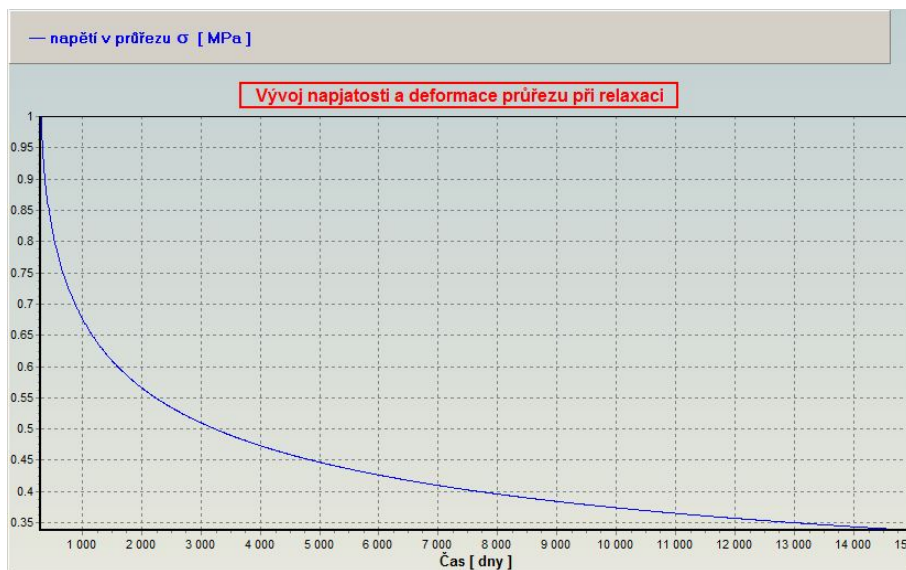
součinitel typu cementu  $\alpha_1$

**Vlhkost a ošetřování**

průměrná relativní vlhkost [%]

součinitel vlivu ošetřování  $\alpha_2$

Obrázek 7 Zadání do programu CaS



**Obrázek 8** Výsledné napětí v betonu při počátečním napětí 1 MPa v průběhu času

Výsledkem je, že napětí od rozdílného smršťování částí průřezu zrelaxují na 34 %, výsledný maximální tlak v současnosti je tak přibližně -0.35 MPa, tah 0.127 MPa. Hodnota rozdílného smrštění různých částí průřezů závisí na rychlosti nárůstu smrštění betonu, která byla u dříve používaných betonů pravděpodobně výrazně nižší, než v současnosti. Proto jsou reálná napětí od betonáže nosné konstrukce v různých časových intervalech minimální a ve výpočtu jsou zanedbána. Obdobně je uvažováno, že napětí v nosné konstrukci, které vzniklo spojením dvou polovin pole tvořenými dvěma různě starými betony již v současné době zrelaxovalo a může se zanedbat.



4.6.5 **VÝPOČET ZATÍŽENÍ****Výpočet ostatních stálých zatížení**

vyrovnávací beton a beton říms (polovina mostu)				zaměření: řezy kolej. ložem	
1.22					5.7043 m <sup>2</sup>
1.22	*	24	=	29.34 kN/m	5.0972 m <sup>2</sup>
					3.4259 m <sup>2</sup>
plocha kolejového lože (polovina)					3.9571 m <sup>2</sup>
2.25	*	20	=	44.94 kN/m	3.9695 m <sup>2</sup>
Zábradlí (polovina)				průměr	4.4308 m <sup>2</sup>
0.5	*	1	=	0.5 kN/m	min 3.4259 m <sup>2</sup>
					max 5.7043 m <sup>2</sup>
Kolejnice				0.6 kN/m	polovina
Pražce				4.8 kN/m	průměr 2.2154 m <sup>2</sup>
					min 1.71295 m <sup>2</sup>
		suma		<b>80.18 kN/m</b>	max 2.85215 m <sup>2</sup>

Při výpočtu ostatního stálého zatížení se uvažovaly rozměry konstrukce a svršku podle archivního projektu včetně statického výpočtu a zaměření.

**Boční ráz**

se uvažuje hodnotou 100 kN  
působí vodorovně v úrovni temene kolejnic  
nenásobí se dynamickým součinitelem  
musí se vždy kombinovat se zatížením svislým

výška nad osou nosníků 2.575 m  
M= 257.5 kNm

**Zatížení od rozjezdu a brždění**

působí vodorovně v úrovni temene kolejnic  
nenásobí se dynamickým součinitelem  
musí se vždy kombinovat se zatížením svislým

	fb / kN/m	$Q_{lbk}$ / kN	max / kN	výsledná - min / kN
Brzdná síla	20	1550	6000	1550
Rozjezdová síla	33	2557.5	1000	1000

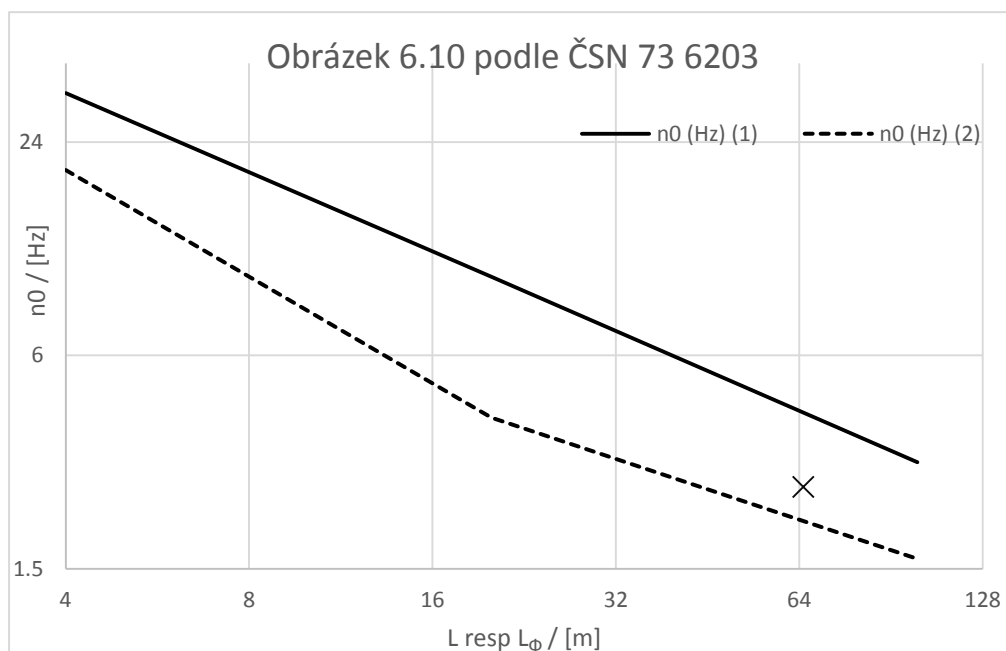
L = 77.5 m

výsledná = max(1550, 1000)= 1550 kN  
na 1 nosník 1550 kN

Bude uvažována pouze síla v hodnotě 20 kN/m

výška nad osou nosníků 2.575 m  
spojité zatížení m= 51.5 kNm/m

Posouzení nutnosti dynamické analýzy:



L (m)	n0 (Hz) (1)	n0 (Hz) (2)
4	33	20
20	10	4
100	3	1.6

Legenda:

- (1) horní mez vlastní frekvence  
(2) dolní mez vlastní frekvence

Vlastní frekvence mostu z modelu:

$n_0 = 2.551$  Hz

Poznámka 6

Pro mosty s první vlastní frekvencí  $n_0$  v rozmezí uvedeném na obrázku 6.10 a s maximální rychlostí v daném místě nepřekračující 200 km/h není dynamická analýza vyžadována

Pro tento most není vyžadována dynamická analýza

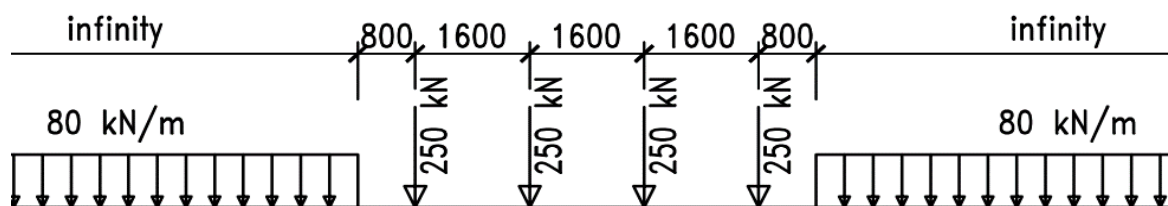
### Excentricita modelu LM 71

excentricita z náhodného uložení  
83.3 mm

těžiště vlaku  
1.8 m nad temenem kolejnice

**Zatížení LM 71, dynamický součinitel**

model zatížení 71:



$$L_m = 29.1233333 \text{ m}$$

$$L_\phi = 65.012 \text{ m} = \max L_i$$

Pro pečlivě udržovanou kolej:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82$$

$$\Phi_2 = 1.003 -$$

$$k = 1.3$$

$$L_1 = L_3 = 11.179 \text{ m}$$

$$L_2 = 65.012 \text{ m}$$

$$L_m = \text{průměr} = 29.12333$$

$$k \cdot L_m = 37.86 \text{ m}$$

$$\max L_i = 65.012 \text{ m}$$

Pro standardně udržovanou kolej:

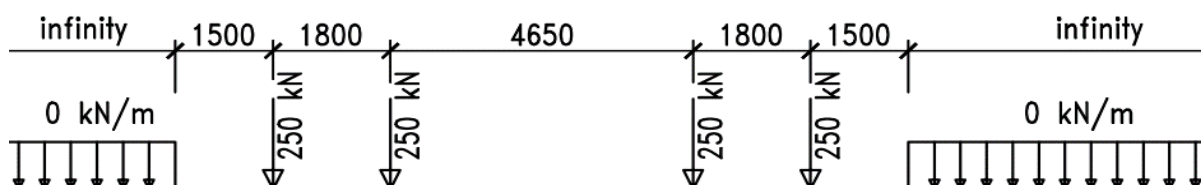
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73$$

v rozmezí:  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$  $\Phi_2$  - použije se pro MSP, únavu $\Phi_3$  - použije se pro MSÚ

$$\Phi_3 = 1.005 - \quad \text{výsledný: } \Phi_3 = 1.050 -$$

na mostě jsou výhybky, což působí obdobné chování vlaku jako kolejnicový styk

Model D4 pro stanovení přechodnosti

**Zatížení konstantní změnou teploty**

(podle ČSN EN 1991-1-5)

Teplota vzduchu ve stínu

Rovnoměrná složka teploty mostu

Výchozí teplota

$$T_{\max} = 38.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\max} = 39 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_0 =$$

$$T_{\min} = -30.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\min} = -23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Změna teploty od výchozí

$$\Delta T_{n,\exp} = T_{e,\max} - T_0 = 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

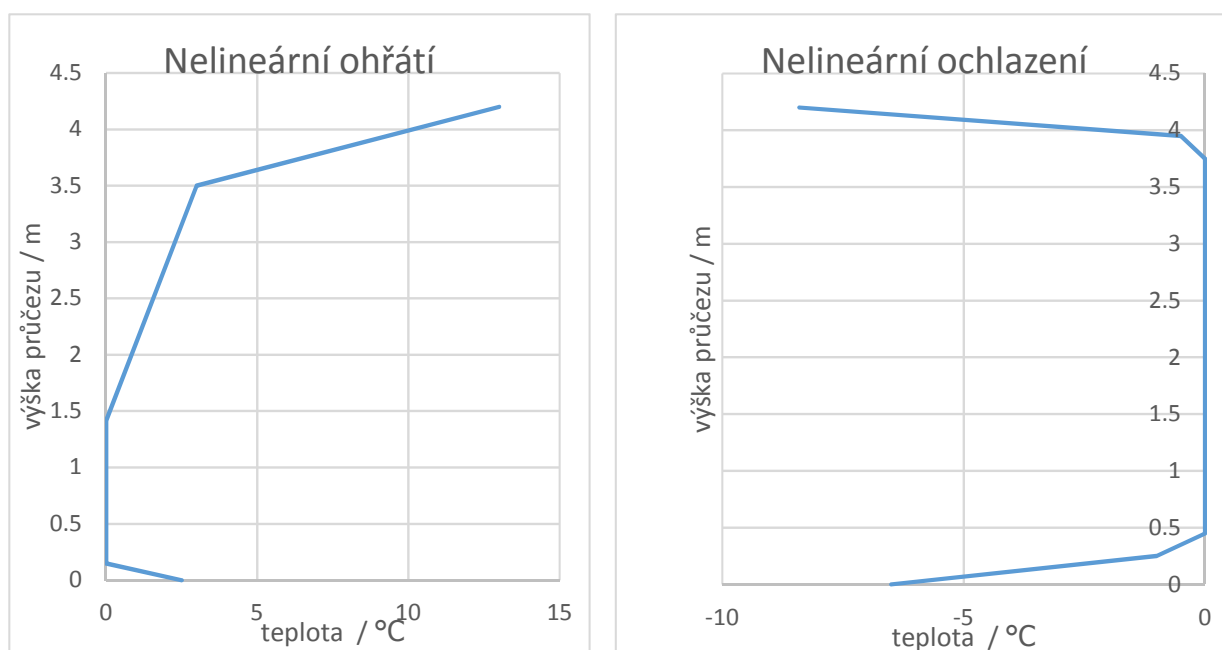
$$\Delta T_{n,\text{con}} = T_{e,\min} - T_0 = -33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 4.6.6 ZATÍŽENÍ NEROVNOMĚRNÝM PRŮBĚHEM TEPLOTY - NELINEÁRNÍ PRŮBĚH

Bylo uvažováno zatížení nelineárním průběhem teploty nosné konstrukce. Je uváženo ochlazení konstrukce, protože vyvolává tahy v dolních vláknech uprostřed rozpětí, respektive v horních vláknech nad podporou – toto zatížení snižuje absolutní hodnotu ohybového momentu, jímž je možné zatížit konstrukci pro stav dekomprese v časté kombinaci. Stav dekomprese bývá rozhodující pro stanovení zatížitelnosti.

Je uváženo ohřátí konstrukce, protože vyvolává tlaky v krajních vláknech průřezu – toto zatížení snižuje absolutní hodnotu ohybového momentu, jímž je možné zatížit konstrukci z hlediska mezního stavu použitelnosti – omezení napětí v charakteristické kombinaci.

Uvažovaný průběh teploty viz následující obrázky.



**Obrázek 9** Zatížení nerovnoměrnou změnou teploty

#### 4.6.7 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Viz ČSN EN 1991-1-4, ed. 2

##### LEGENDA

- x Ve vodorovném směru, kolmo na osu mostu
- y Ve vodorovném směru, ve směru osy mostu
- z Ve svislém směru

##### PARAMETRY KONSTRUKCE

Viz čl. 8.3.1

$d_{\text{supstr}}$	4.2	[m]	Výška nosné konstrukce
$d_{\text{veh}}$	3.6	[m]	Výška vozidel na mostě
$d_{\text{tot}}$	5.455	[m]	Výška konstrukce bez dopravy
$d_{\text{tot,traf}}$	7.81	[m]	Výška konstrukce s dopravou

##### PARAMETRY PROSTŘEDÍ

Uvažované parametry vzduchu

$\rho$	1.250	[kg/m <sup>3</sup> ]	Měrná hmotnost vzduchu; doporučená hodnota 1.25
--------	-------	----------------------	---

Drsnost terénu (čl. 4.3.2)

	II		Kategorie terénu
$z_0$	0.050	[m]	Parametr drsnosti terénu, tab. 4.1
$z_{0,II}$	0.050	[m]	Parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II
$z_{\text{min}}$	2	[m]	Minimální výška, tab. 4.1
$z_{\text{max}}$	200	[m]	Maximální výška, čl. 4.3.2 (1)
$z$	9.76	[m]	Zde výška nosné konstrukce mostu nad terénem
$k_r$	0.190	[ ]	Součinitel terénu
$c_r(z)$	1.002	[ ]	Součinitel drsnosti

##### ÚČINKY VĚTRU

Základní rychlost větru (čl. 4.2)

	II		Větrná oblast
$v_{b,0}$	25	[m/s]	Výchozí základní rychlost větru, dle mapy větrných oblastí
$C_{dir}$	1	[ ]	Součinitel směru větru, doporučená hodnota 1.0
$C_{season}$	1	[ ]	Součinitel ročního období, doporučená hodnota 1.0
$v_b$	25	[m/s]	Základní rychlost větru

Maximální dynamický tlak (čl. 4.5)

$\rho$	1.250	[kg/m <sup>3</sup> ]	Měrná hmotnost vzduchu
$v_b$	25.0	[m/s]	Základní rychlost větru
$v_m(z)$	25.1	[m/s]	Střední rychlost větru
$I_v(z)$	0.190	[ ]	Turbolence větru
$z$	9.8	[m]	Zde výška nosné konstrukce mostu nad terénem
$q_b$	390.6	[Pa]	Základní dynamický tlak větru
$q_p(z)$	912.8	[Pa]	Maximální dynamický tlak větru
$c_e(z)$	2.337	[ ]	Součinitel expozice

## Součinitel sil větru ve směru X (čl. 8.3.1)

$d_{tot}$	5.455	[m]	Výška konstrukce bez dopravy
$d_{tot,traf}$	7.810	[m]	Výška konstrukce s dopravou
$b$	3.700	[m]	Šířka mostu
$b/d_{tot}$	0.678	[ ]	
$b/d_{tot,traf}$	0.474	[ ]	
	1.020	[ ]	Součinitel vlivu příčného sklonu konstrukce
$C_{f,x}$	<b>2.343</b>	[ ]	Součinitel sil větru ve směru X bez dopravy
$C_{f,x,traf}$	<b>2.406</b>	[ ]	Součinitel sil větru ve směru X s dopravou

Síly ve směru X (čl. 8.3.2) (**kolmo** na most)

$\rho$	1.250	[kg/m <sup>3</sup> ]	Měrná hmotnost vzduchu
$v_b$	25	[m/s]	Základní rychlost větru
$A_{ref,x}$	169.1	[m <sup>2</sup> ]	Účinná plocha konstrukce bez dopravy
$A_{ref,x,traf}$	242.1	[m <sup>2</sup> ]	Účinná plocha konstrukce s dopravou
$c_e(z)$	2.337	[ ]	Součinitel expozice
$C_{f,x}$	2.343	[ ]	Součinitel sil větru ve směru X bez dopravy
$C_{f,x,traf}$	2.406	[ ]	Součinitel sil větru ve směru X s dopravou
$C$	5.476	[ ]	Součinitel zatížení větrem bez dopravy
$C_{traf}$	5.622	[ ]	Součinitel zatížení větrem s dopravou
$F_{wx}$	<b>361695</b>	[N]	Síla ve směru X bez dopravy
	<b>361.7</b>	[kN]	
$f_{wx}$	<b>11.668</b>	[kN/m]	Rovnoměrné zatížení ve směru X bez dopravy
$F_{wx,traf}$	<b>531680</b>	[N]	Síla ve směru X s dopravou
	<b>531.7</b>	[kN]	
$f_{wx,traf}$	<b>17.151</b>	[kN/m]	Rovnoměrné zatížení ve směru X s dopravou

## Spojité momentové zatížení s dopravou

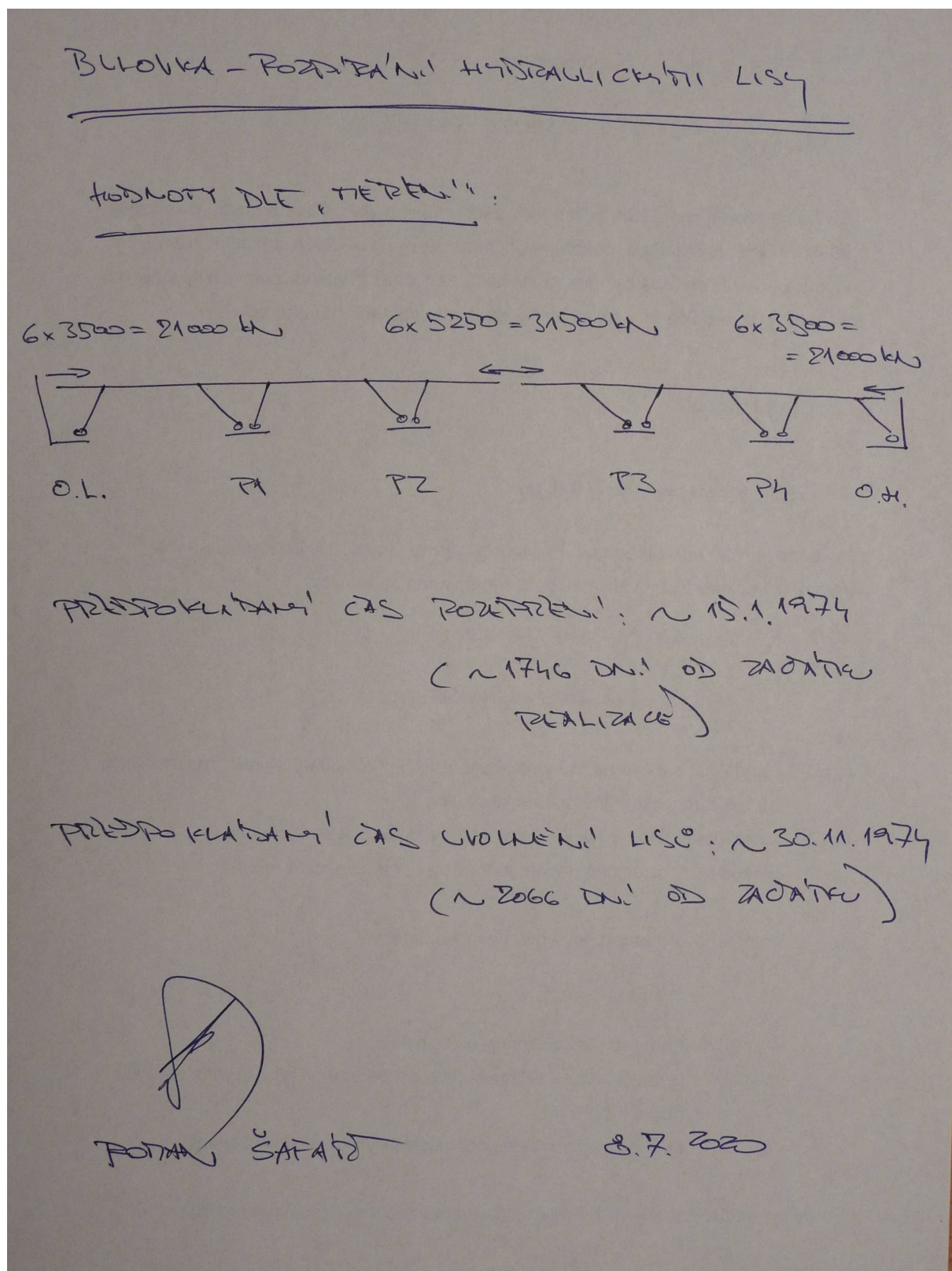
$$17.15097 \quad * \quad 1.894 = 32.48 \text{ kNm/m}$$

#### 4.6.8 ROZPÍRÁNÍ KONTRUKCE LISY

Roztlačování je pravděpodobně největší neznámou ve výpočtu. Probíhalo zcela jinak, než zamýšlel projektant. Jedinou dostupnou informací je schéma podle doc. Ing. Šafáře, PhD., které bylo v tomto statickém výpočtu uváženo (přestože podle autora tohoto výpočtu je vliv roztlačování na konstrukci negativní). Viz obr. 10.

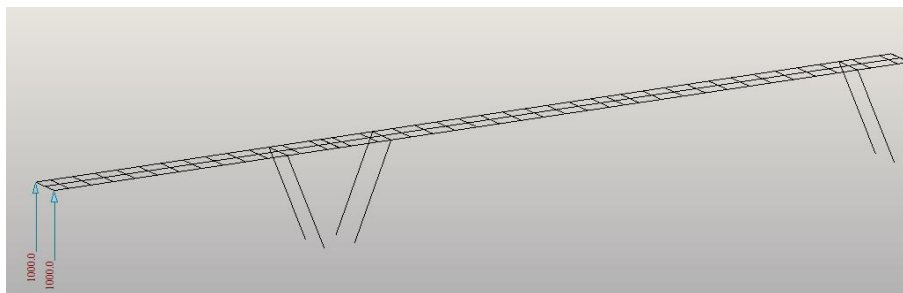
Vzhledem k tomu, že byla modelována pole jednotlivě, vliv rozpírání dvou a půl polí dohromady (pole 1 a 2 pevně spojeno, pole 4 a 5 pevně spojeno) jako jednoho tuhého celku nemohl být postihnout. Model pole 3 je tvořen polem 3 a z každé strany přilehlou polovinou sousedního pole (pole 2 a 4). Proto byl vytvořen ještě model, jež je tvořen v modelu pole 3 chybějící částí mostu, tedy polem 1 a polovinou pole 2. Z tohoto modelu pro rozpírání se stanovila tuhost pružiny, která nahrazuje chování chybějících polí v hlavním modelu pole 3. Na volném konci se model pole 1 a poloviny pole 2 zatížil jednotkovými silami a z výsledných deformací se stanovila tuhost pružin na volných koncích modelu pole 3.

Z výsledků modelování je patrné, že rozpírání lisy je nevhodné a nepřináší žádné statické výhody. Do konstrukce se sice vnese normálová síla, ale se značným momentem, který vytváří tahy v dolních vláknech průřezu. Po odřezání kabelů nad podporou a rozdělením mostu na 5 samostatných dvoukloubových polí se navíc většina "předpínací" normálové síly vytratí a zbyde pouze ohybový moment. Proto je sporné, zda bylo rozpírání konstrukce takovýmto způsobem provedeno. **Výsledně je rozpírání uvažováno v poli 3, v poli 2 je zanedbáno.**

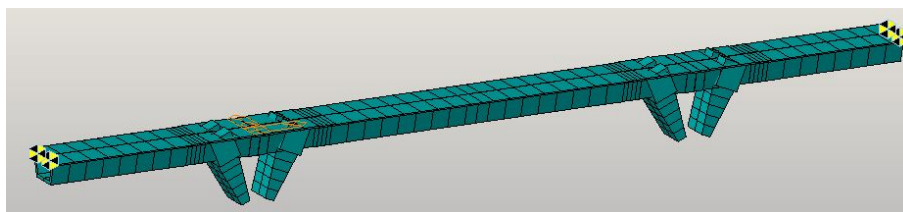


Obrázek 10 Schéma roztlačování



**Obrázek 11** Model lisování – pole 1 a polovina pole 3

svislá síla	1000 kN	$k = F/u$	
deformace	47.06 mm	21.25 kN/mm	SDz
vodorovná síla	1000 kN		
deformace	2.632 mm	379.94 kN/mm	SDx
moment	1000000 kN.mm		
deformace	1.735 mm		
	1.562 mm		
rozdíl	0.173 mm		
délka el.	2000 mm	$k = M/f_i$	
pootočení	8.65E-05 rad	11560693670 kN/mm	SRy

**Obrázek 12** Výsledné tuhosti pružin**Obrázek 13** Zadání získaných pružin na model pole 3

## 4.7 MATERIÁLY

Předpínací výztuž: dráty patentované zlepšované  $\varnothing 7$ .  $f_{pk} = 1400 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{0,2} = 1000 \text{ MPa}$  podle [13],  $f_{pd} = 935 \text{ MPa}$  podle ČSN 73 0038. Předpínací napětí předpínací výztuže, se uvažuje hodnotou  $1050 \text{ MPa}$  podle archivní dokumentace.

Betonářské výztuž je třídy 10 400 B,  $f_{yd} = 340 \text{ MPa}$ .

Beton je uvažován třídy C30/37, což je výsledkem diagnostického průzkumu. Příčné vazby mezi podélnými pruty jsou uvažovány s nulovou hmotností, neboť jsou fiktivní. Objemová hmotnost vychází z výsledků diagnostického průzkumu. Průměrná objemová hmotnost byla zjištěna  $23.74 \text{ kN/m}^3$ . Při běžném vyztužení se má přičíst  $1 \text{ kN/m}^3$ , pro předpjatý beton se má přičíst  $1 \text{ kN/m}^3$ . Výsledná uvažovaná objemová hmotnost je tak  $25.74 \text{ kN/m}^3$ . Zadáání uvažovaných materiálů do programu Midas:

☐ Concrete

Modulus of Elasticity :   $\text{kN/m}^2$

Poisson's Ratio :

Thermal Coefficient :   $1/[C]$

Weight Density :   $\text{kN/m}^3$

☐ Use Mass Density:   $\text{kN/m}^3/\text{g}$

nosná konstrukce a spodní stavba

Elasticity Data

Type of Design

User Defined

Standard

DB

Concrete

Standard

Code

DB

Type of Material

☒ Isotropic ☐ Orthotropic

User Defined

Modulus of Elasticity :   $\text{kN/m}^2$

Poisson's Ratio :

Thermal Coefficient :   $1/[C]$

Weight Density :   $\text{kN/m}^3$

☐ Use Mass Density:   $\text{kN/m}^3/\text{g}$

příčné vazby

Obrázek 14 Zadaný materiál

Tabulka předpínací výztuže NK

		L/2										skok u podp.				těsně u podp.				konzola			
kabely	N	eO										eO	nás.	eO	nás.	eO	nás.	eO	nás.	eO	nás.	eO	nás.
1	dočasné nad podp. (podle 33)	48	1.7				8.15																
2	horní deska (podle změny)	22	0.69				11.15																
3	horní deska (podle změny)	10	0.415				14.15																
4	horní deska (podle změny)	12	0.5				17.15																
5	horní deska (podle změny)	8	0.194	0.447			20.15																
6	horní deska (podle změny)	6	0.22	0.43			23.15																
7	horní deska (podle změny)	6	0.245				26.15																
8	horní deska (podle změny)	10	0.241				29.15																
9	horní deska (podle změny)	8	0.22				32.15																
10	jen od řezu 6-10 (podle změny)	10																					
11	dol. des. (podle 39)	12					4.1 řez3-10																
12	dol. des. (podle 39)	15					4.1 řez6-10																
13	dol. des. (podle 39)	17					4 řez8-10																
2'	horní deska (stěna)	8	1.12																				
2"	horní deska (stěna)	8	1.35																				
3'	horní deska (stěna)	6	0.89																				
4'	horní deska (stěna)	4	0.66																				
5'	horní deska (stěna)	4	0.43																				
14	doplňkové (zvedané)	4																					
15	doplňkové (zvedané)	2																					
16	doplňkové (zvedané)	2																					
17	doplňkové (zvedané)	2																					
18	doplňkové (zvedané)	2																					
		suma																					
		eOdshora / [m]	56	225	60	97.19						116	82.326	112	33.842	112	33.842	112	63.302				
				4.02		1.62							0.7097		0.3022								0.5652

N - počet/průřez

eO - vzdálenost kabelu od horního povrchu v m

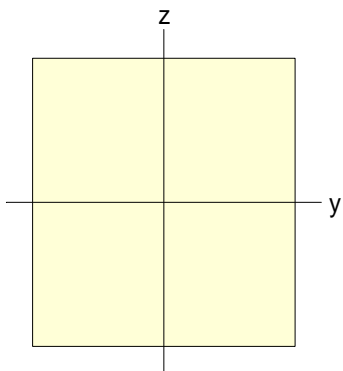
dl - délka od kot. čela (plný průřez)/m

nás. = eO\*N

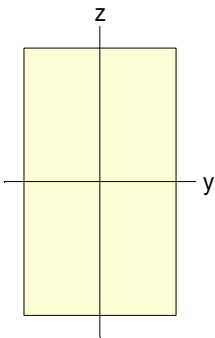
soS - součinitel sklonu kabelu v řezu (získá se tak vodorovná složka síly v kabelu)

4.7.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRUTŮ

Tabulka 1 1 : fiktStred

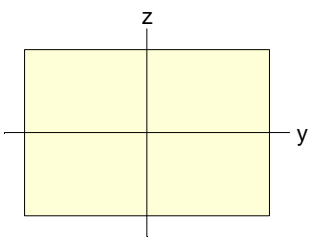
				
$A(m^2)$	$As_y(m^2)$	$As_z(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
$I_{xx}(m^4)$	$I_{yy}(m^4)$	$I_{zz}(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$
0.000	0.000	0.000	0.001	0.001

Tabulka 2 2 : tuheLinkoPruty

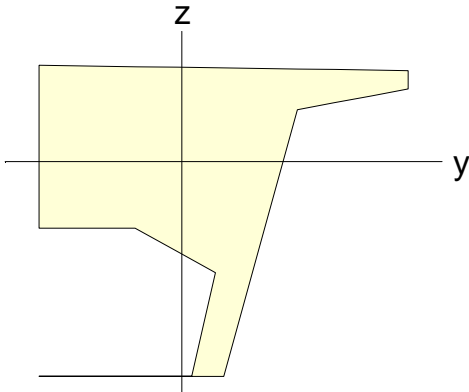
				
$A(m^2)$	$As_y(m^2)$	$As_z(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
10.000	8.333	8.333	2.000	2.000

$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
12.735	13.333	5.208	1.250	1.250

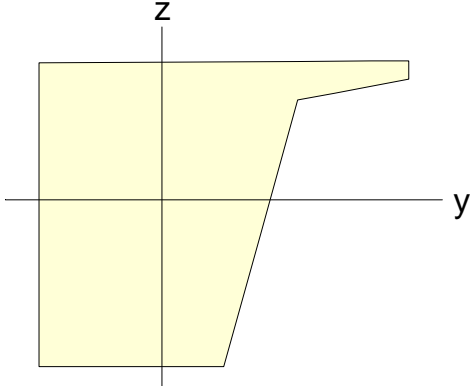
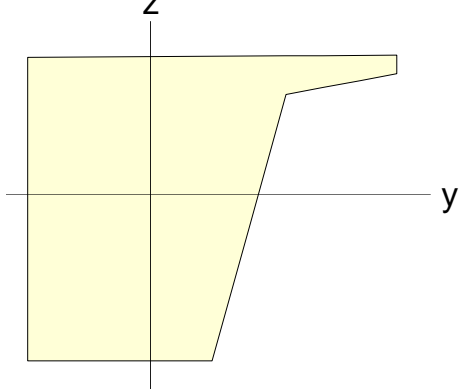
Tabulka 3 3 : pricPole-mala

				
$A(\text{m}^2)$	$A_{sy}(\text{m}^2)$	$A_{sz}(\text{m}^2)$	$z(+)(\text{m})$	$z(-)(\text{m})$
6.000	5.000	5.000	1.000	1.000
$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
4.695	2.000	4.500	1.500	1.500

Tabulka 4 6 : celonK

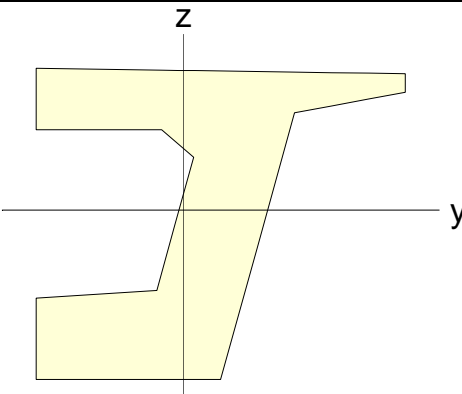
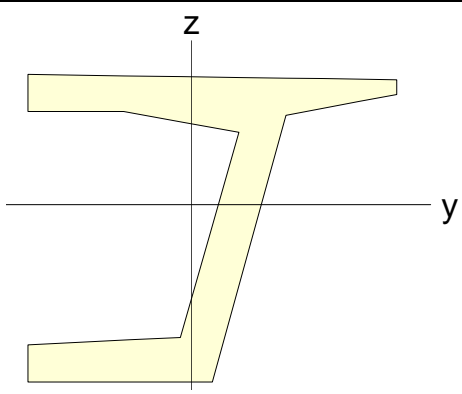
				
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
9.192	6.727	5.425	1.303	2.898
$I_{xx}(m^4)$	$I_{yy}(m^4)$	$I_{zz}(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$
8.266	7.968	10.842	3.064	1.936

Tabulka 5 7 : plnyPodpora

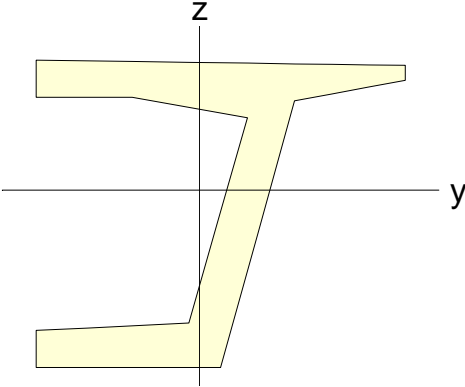
I-End					J-End				
									
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$	$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
13.165	10.071	10.384	1.876	2.254	13.165	10.071	10.384	1.876	2.254

$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$	$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
21.193	19.152	14.345	3.336	1.664	21.193	19.152	14.345	3.336	1.664

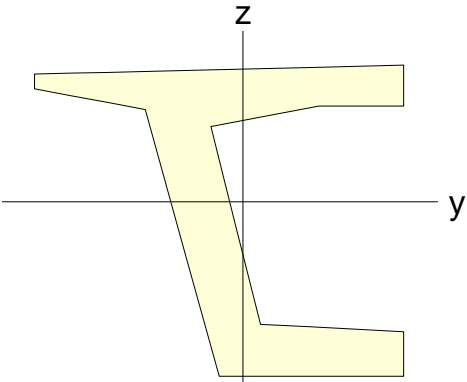
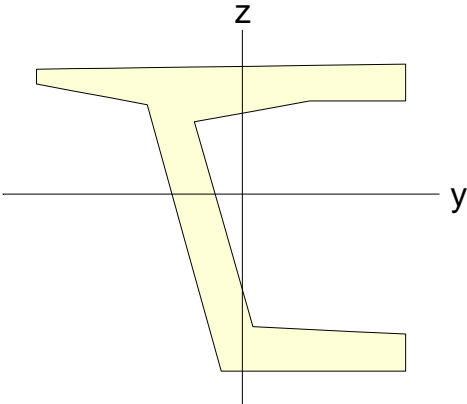
Tabulka 6 8 : poleProm\_P-uPodp

I-End					J-End				
									
$A(\text{m}^2)$	$A_{sy}(\text{m}^2)$	$A_{sz}(\text{m}^2)$	$z(+)(\text{m})$	$z(-)(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$A_{sy}(\text{m}^2)$	$A_{sz}(\text{m}^2)$	$z(+)(\text{m})$	$z(-)(\text{m})$
9.235	5.657	3.502	1.914	2.286	5.651	3.155	1.681	1.757	2.393
$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$	$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
3.550	18.371	10.240	3.009	1.991	0.613	13.268	6.868	2.788	2.212

Tabulka 7 9 : poleKonst\_PL

				
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
5.651	3.155	1.681	1.757	2.393
$I_{xx}(m^4)$	$I_{yy}(m^4)$	$I_{zz}(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$
0.613	13.268	6.868	2.788	2.212

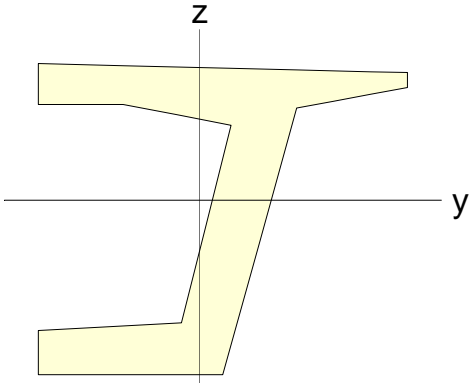
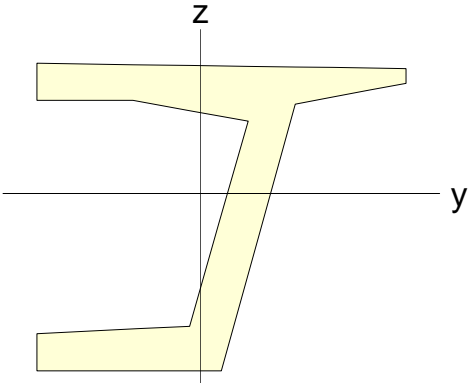
Tabulka 8 11 : PoleProm\_L

I-End					J-End				
									
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$	$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
6.589	3.617	2.246	1.844	2.356	5.651	3.155	1.681	1.757	2.393



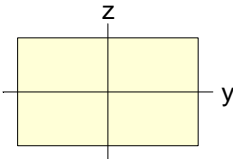
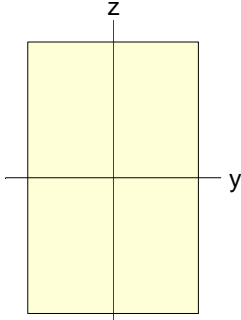
$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$	$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
1.069	14.751	7.496	2.179	2.821	0.613	13.268	6.868	2.212	2.788

Tabulka 9 12 : PoleProm\_P

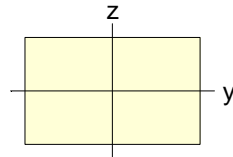
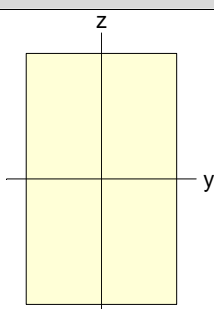
I-End					J-End				
									
$A(\text{m}^2)$	$A_{sy}(\text{m}^2)$	$A_{sz}(\text{m}^2)$	$z(+)(\text{m})$	$z(-)(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$A_{sy}(\text{m}^2)$	$A_{sz}(\text{m}^2)$	$z(+)(\text{m})$	$z(-)(\text{m})$
6.589	3.617	2.246	1.844	2.356	5.651	3.155	1.681	1.757	2.393
$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$	$I_{xx}(\text{m}^4)$	$I_{yy}(\text{m}^4)$	$I_{zz}(\text{m}^4)$	$y(+)(\text{m})$	$y(-)(\text{m})$
1.069	14.751	7.496	2.821	2.179	0.613	13.268	6.868	2.788	2.212

Tabulka 10 13 : pilir1

I-End	J-End
-------	-------

									
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$	$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
3.890	3.242	3.242	0.778	0.778	10.000	8.333	8.333	2.000	2.000
$Ixx(m^4)$	$Iyy(m^4)$	$Izz(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$	$Ixx(m^4)$	$Iyy(m^4)$	$Izz(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$
1.924	0.785	2.026	1.250	1.250	12.735	13.333	5.208	1.250	1.250

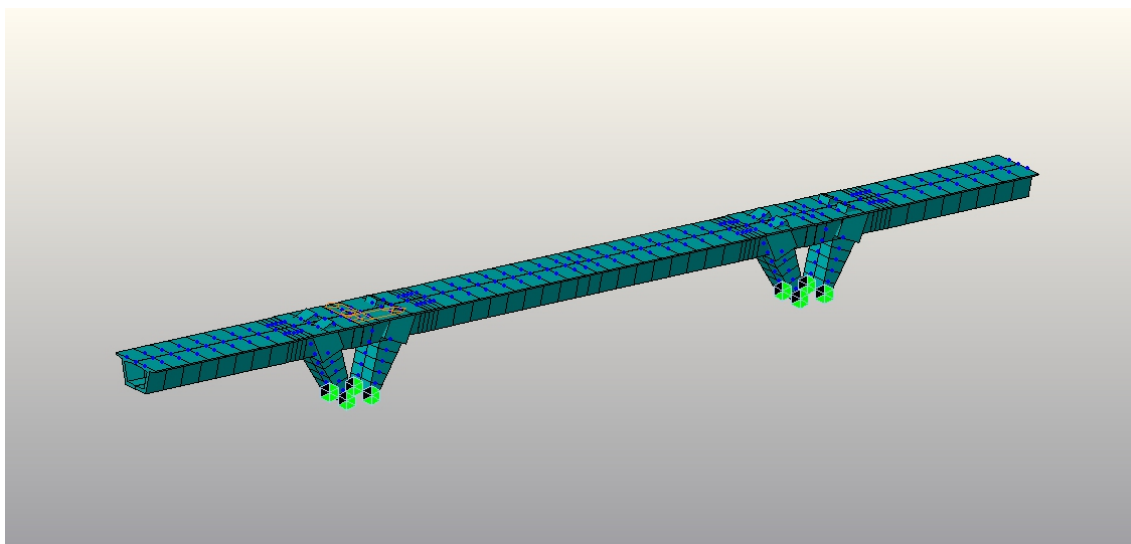
Tabulka 11 14 : pilir2

I-End					J-End				
									
$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$	$A(m^2)$	$Asy(m^2)$	$Asz(m^2)$	$z(+)(m)$	$z(-)(m)$
3.890	3.242	3.242	0.778	0.778	10.000	8.333	8.333	2.000	2.000
$Ixx(m^4)$	$Iyy(m^4)$	$Izz(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$	$Ixx(m^4)$	$Iyy(m^4)$	$Izz(m^4)$	$y(+)(m)$	$y(-)(m)$
1.924	0.785	2.026	1.250	1.250	12.735	13.333	5.208	1.250	1.250

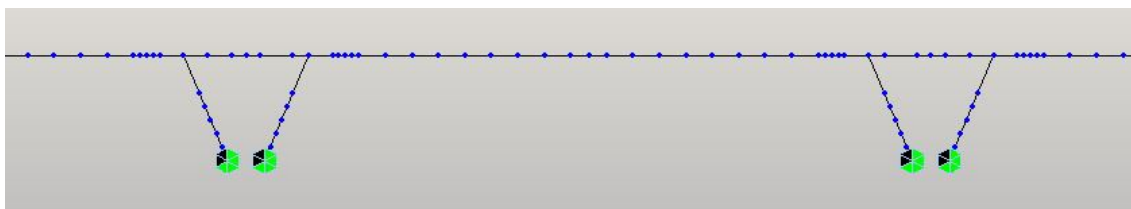
## 5 STATICKÝ VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

### 5.1 VÝPOČETNÍ MODEL

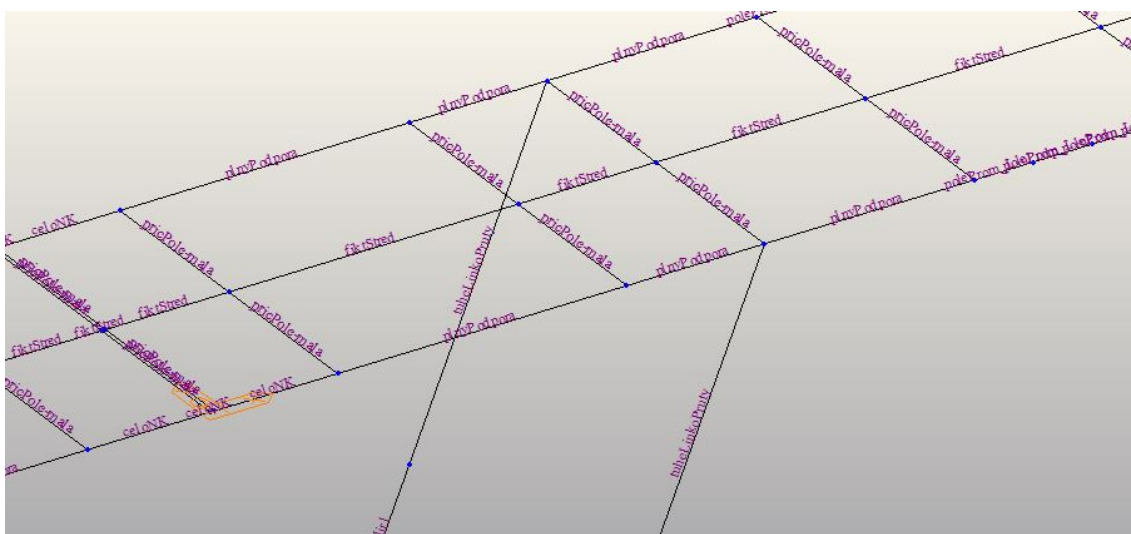
- Model konstrukce se vytvořil podle archivní dokumentace a zjištění diagnostického průzkumu, viz kap. 2.
- Byl použit výpočetní program Midas – viz program a.



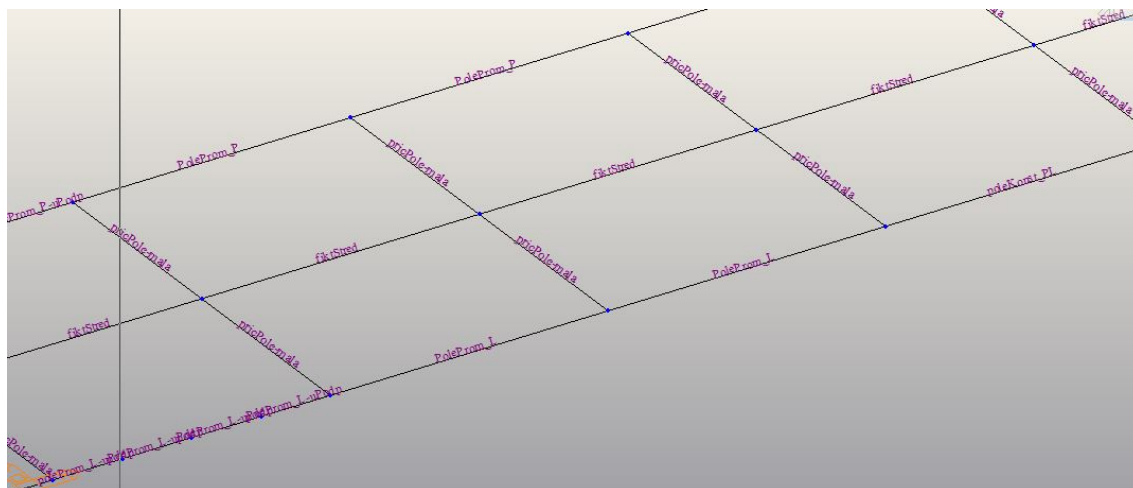
**Obrázek 15** Model konstrukce v axonometrii – skutečné tloušťky prvků



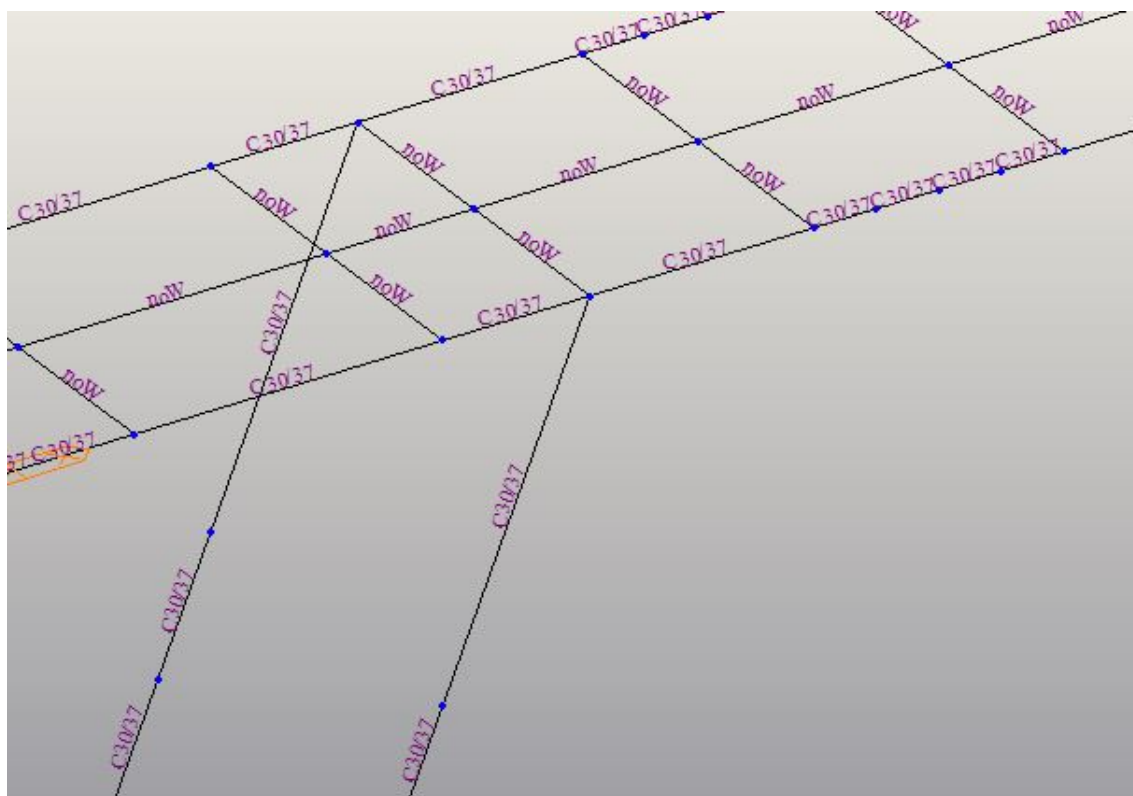
**Obrázek 16** Model konstrukce – prutové schéma, pohled z boku, tuhé vazby



**Obrázek 17** Model konstrukce – užití průřezů v modelu – u podpory



**Obrázek 18** Model konstrukce – užití průřezů v modelu – v poli poblíž podpory



**Obrázek 19** Model konstrukce – užití materiálů v modelu

## 5.2 VNITŘNÍ SÍLY – SPOLEČNÁ PRO VŠECHNA POLE

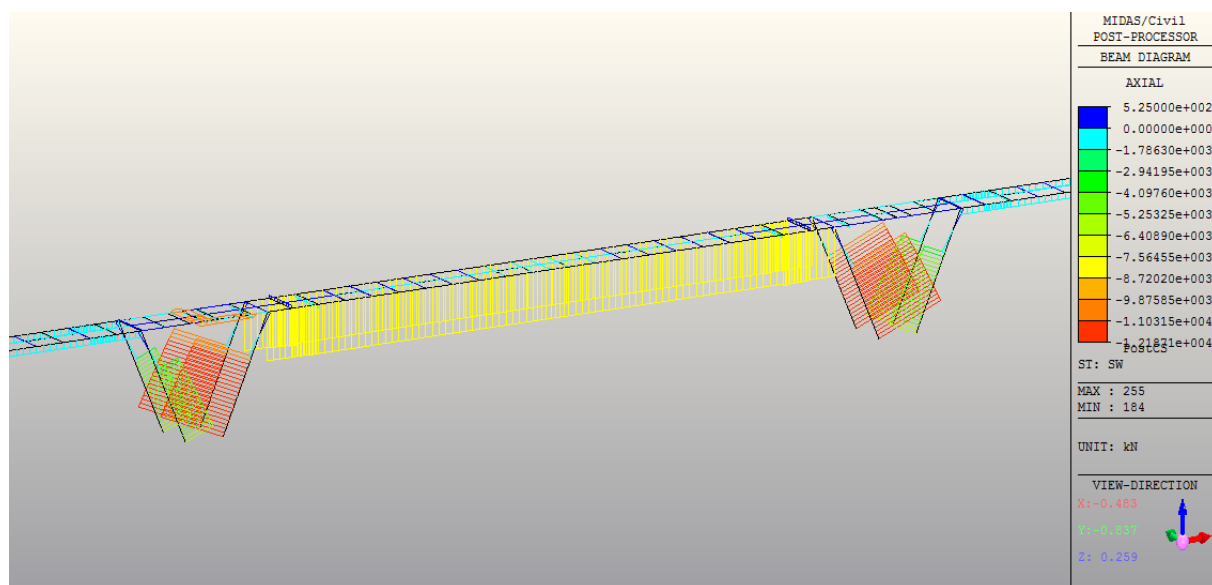


Figure 1 N sw

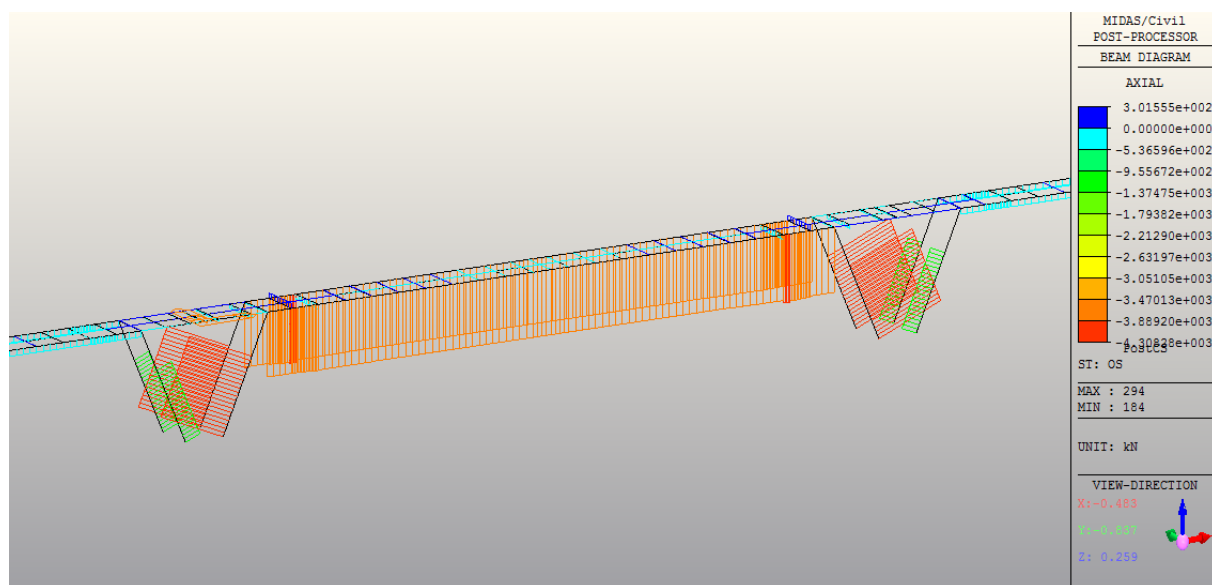


Figure 2 N os

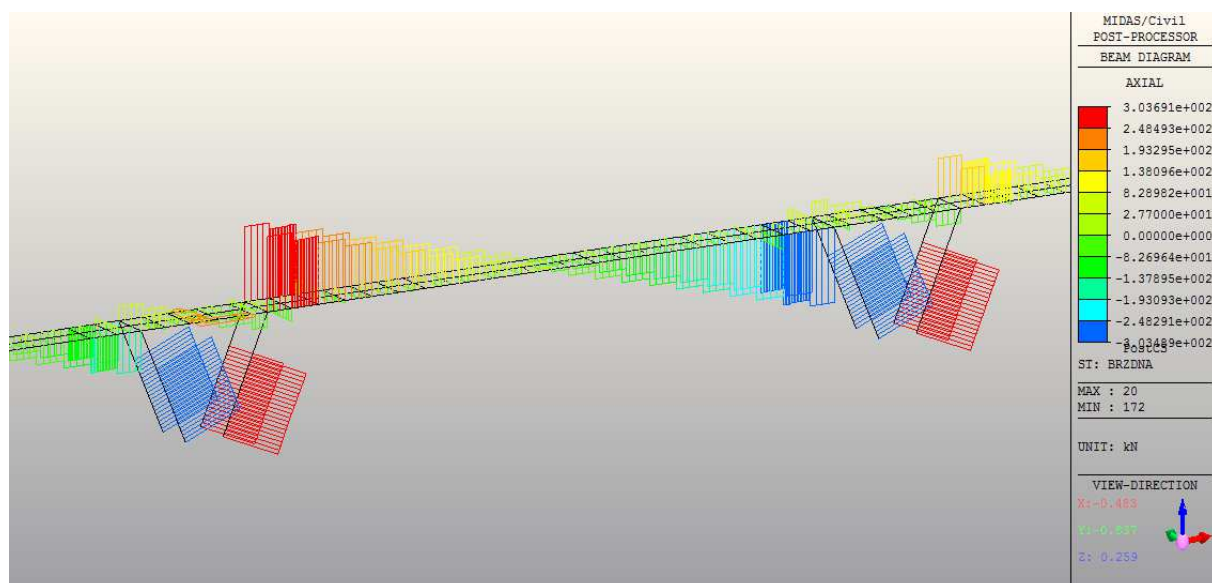


Figure 3 N brzdná

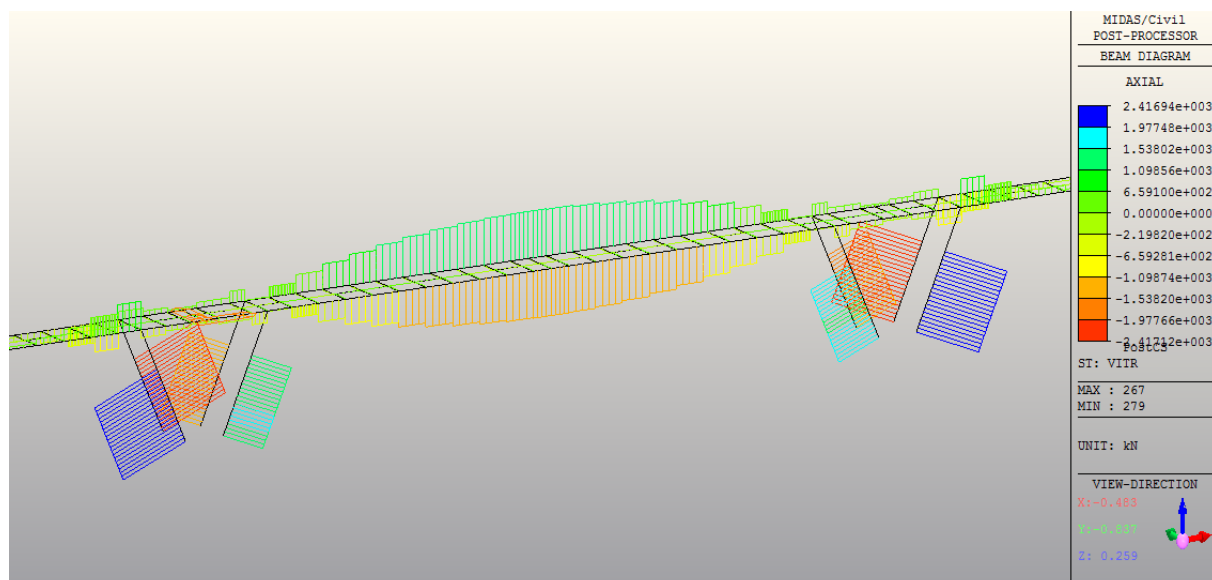


Figure 4 N vitr

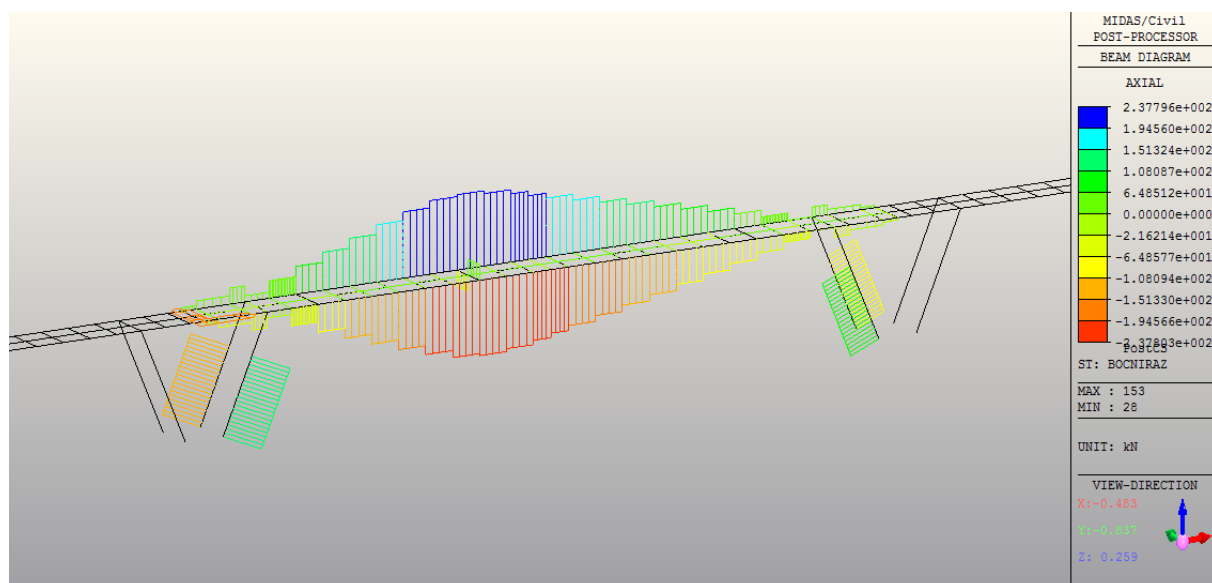


Figure 5 N bocniRaz

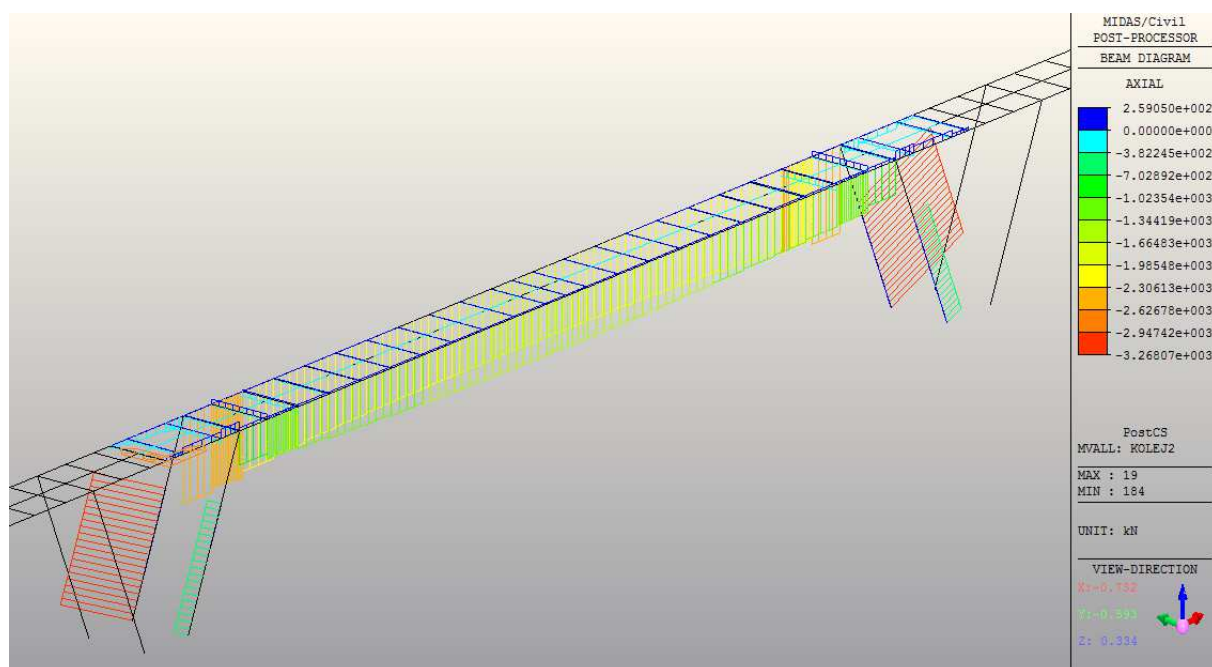


Figure 6 N LM71 kolej2

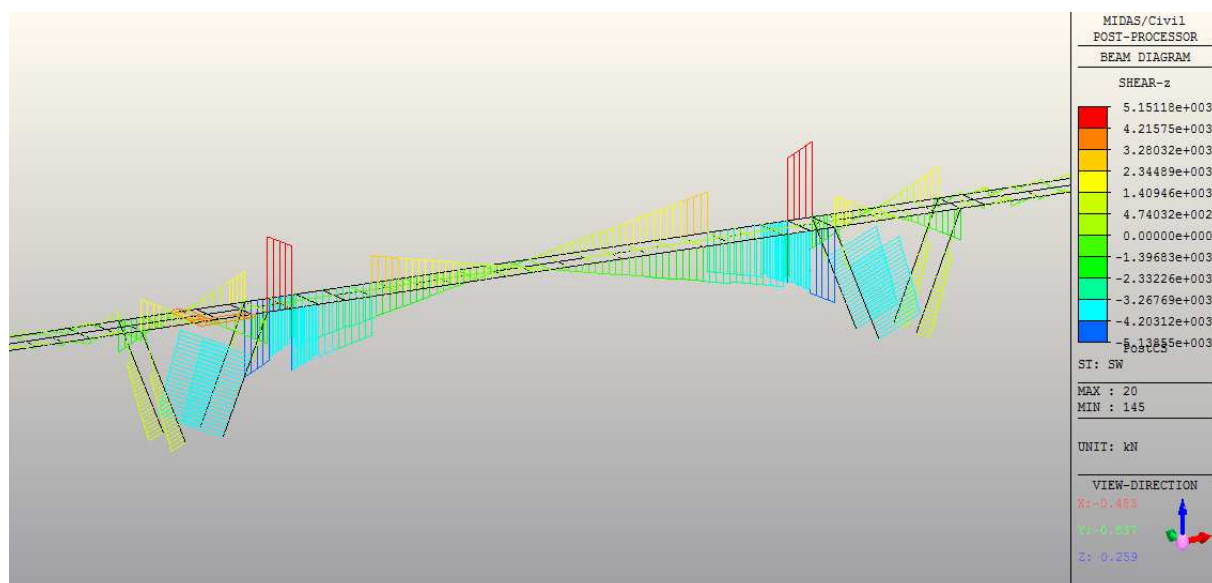


Figure 7 V sw

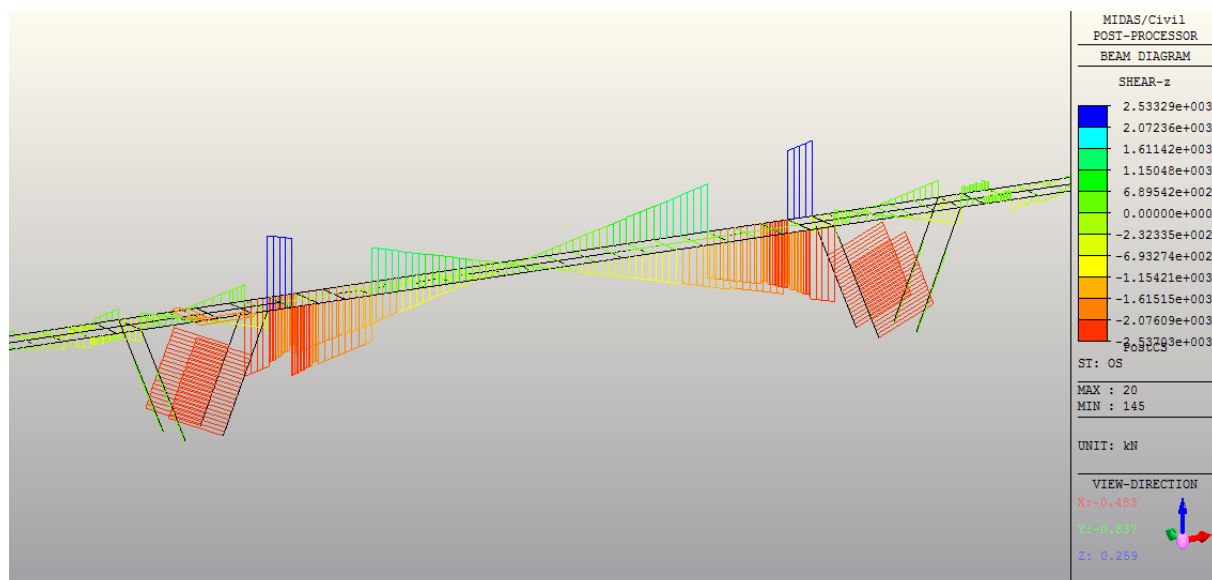


Figure 8 V os



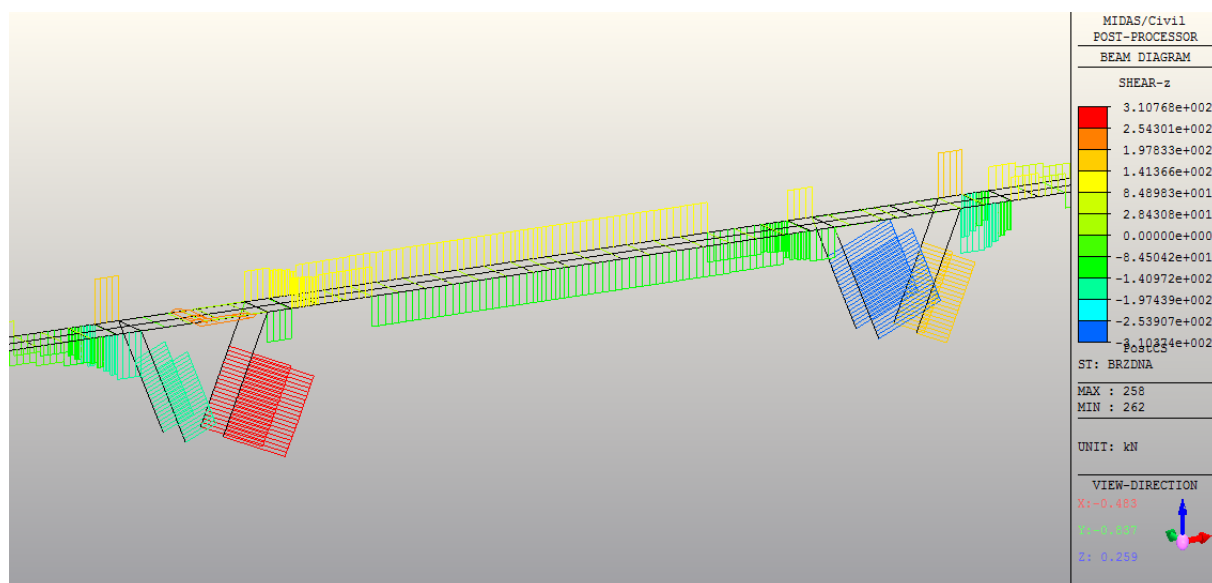


Figure 9 v brzdná

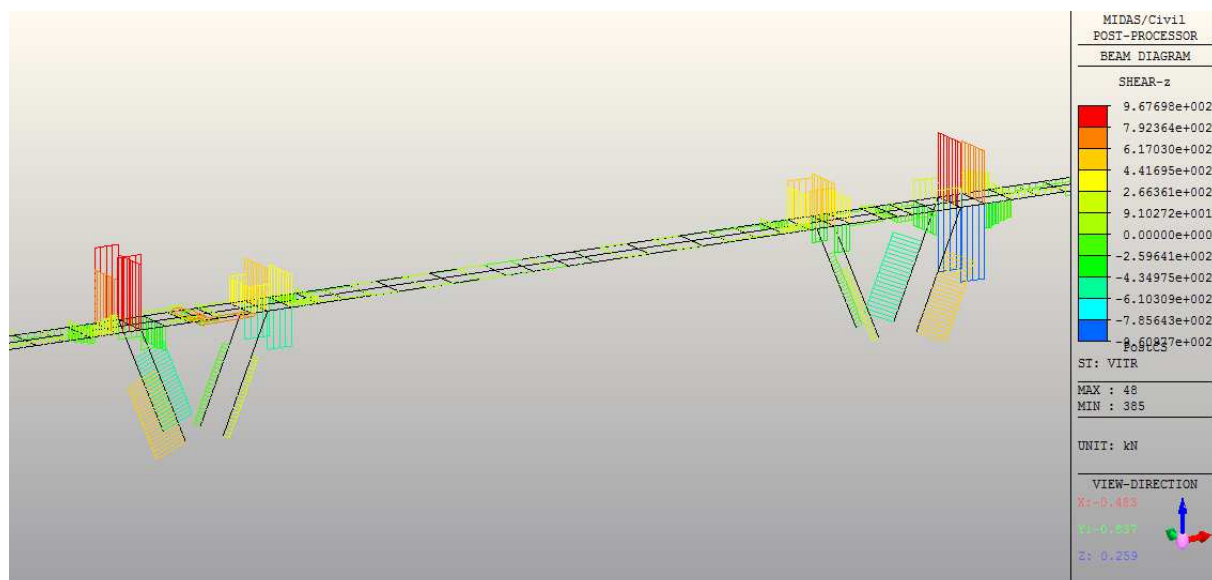


Figure 10 v vitr

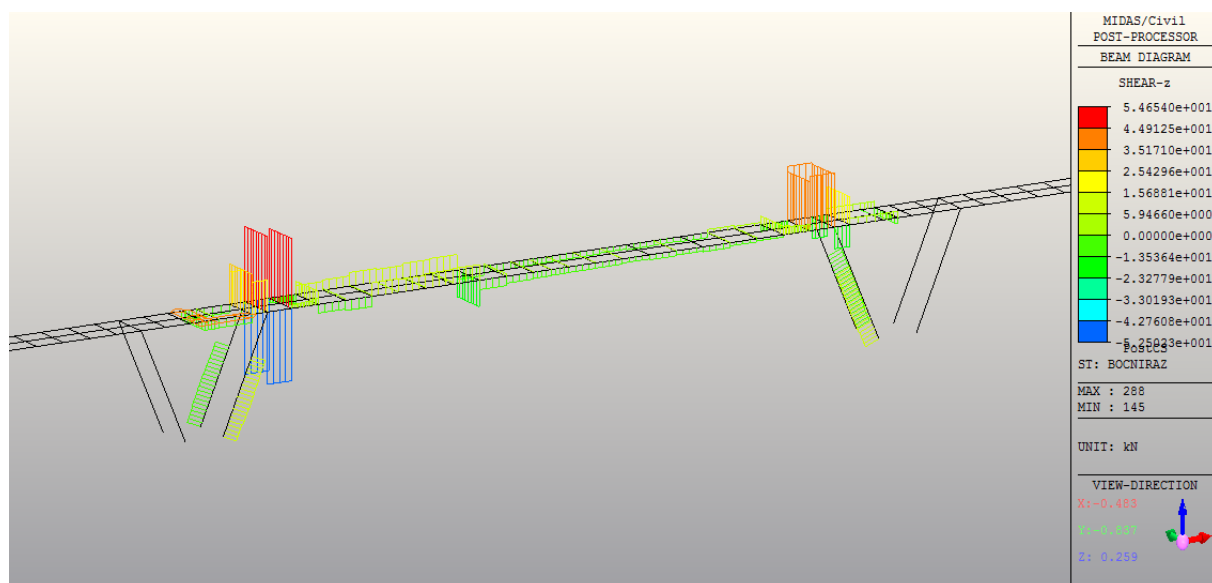


Figure 11 V bocni raz

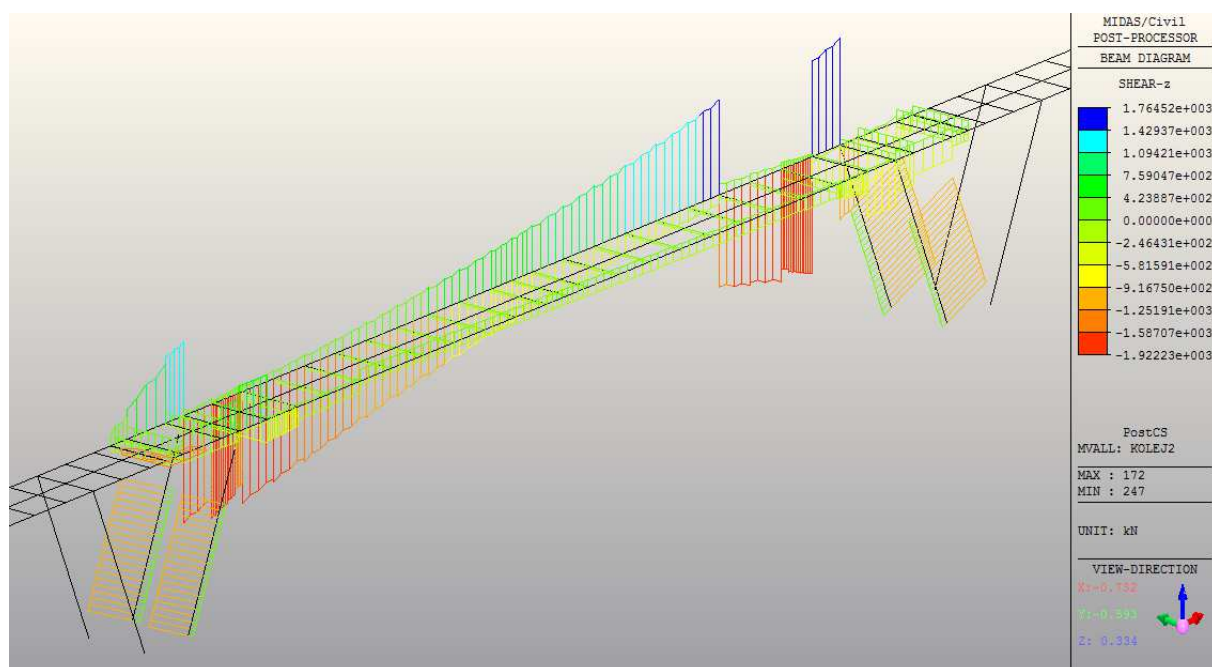


Figure 12 V LM71 kolej2

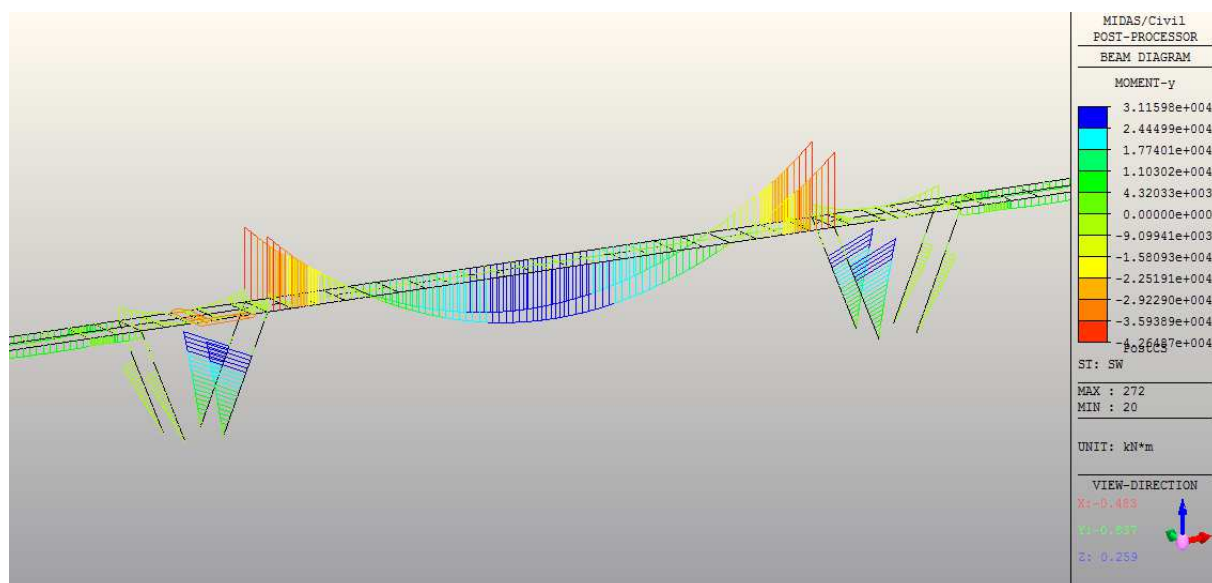


Figure 13 M sw

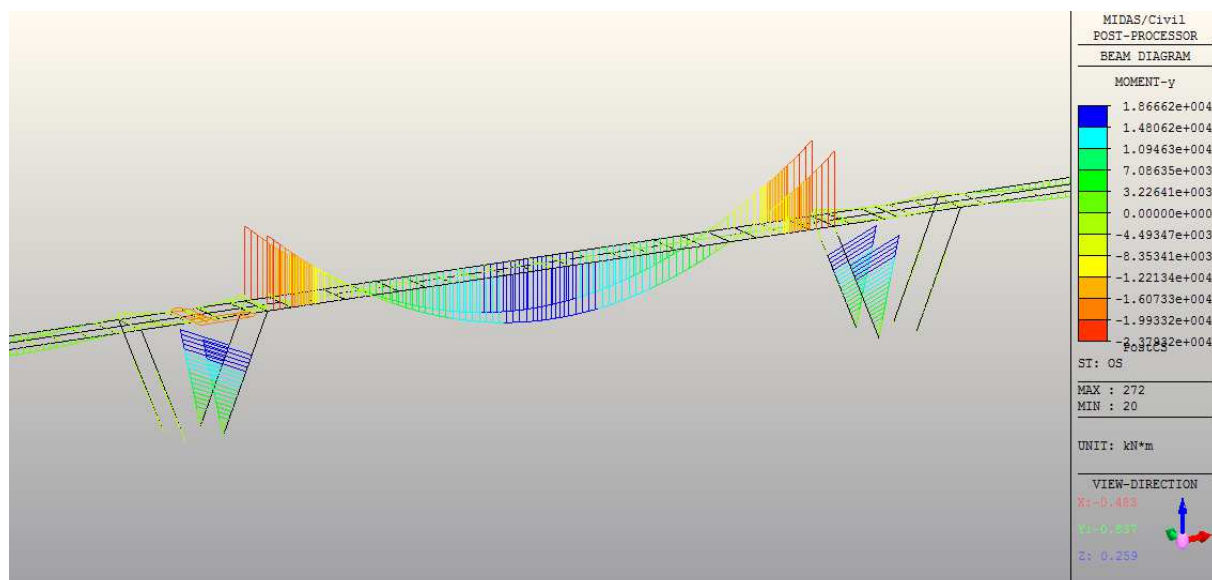


Figure 14 M os

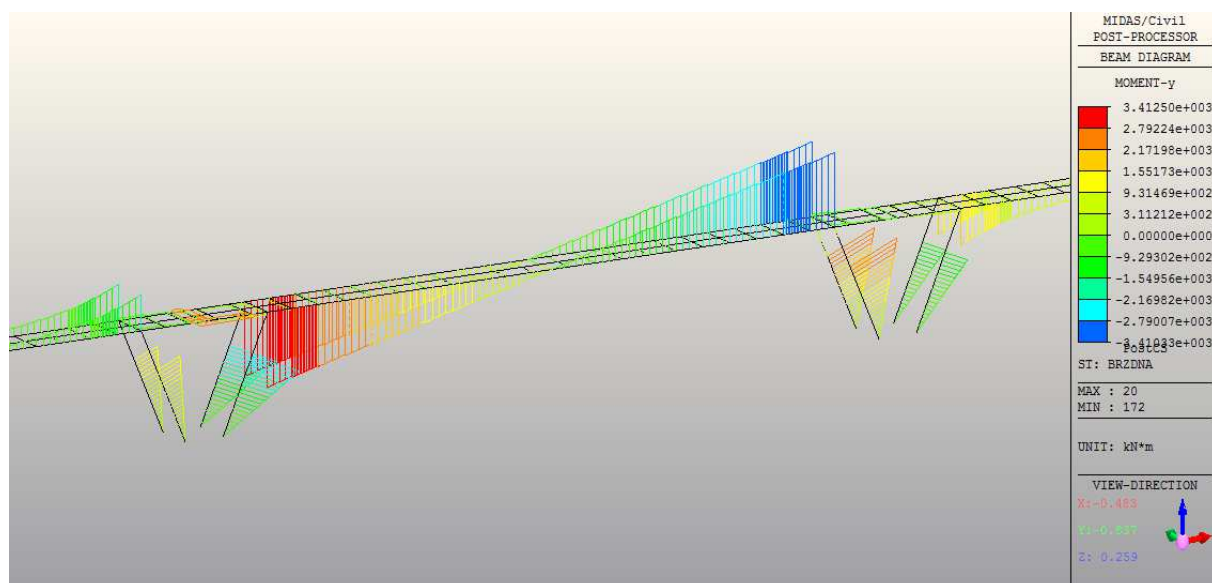


Figure 15 M brzdná

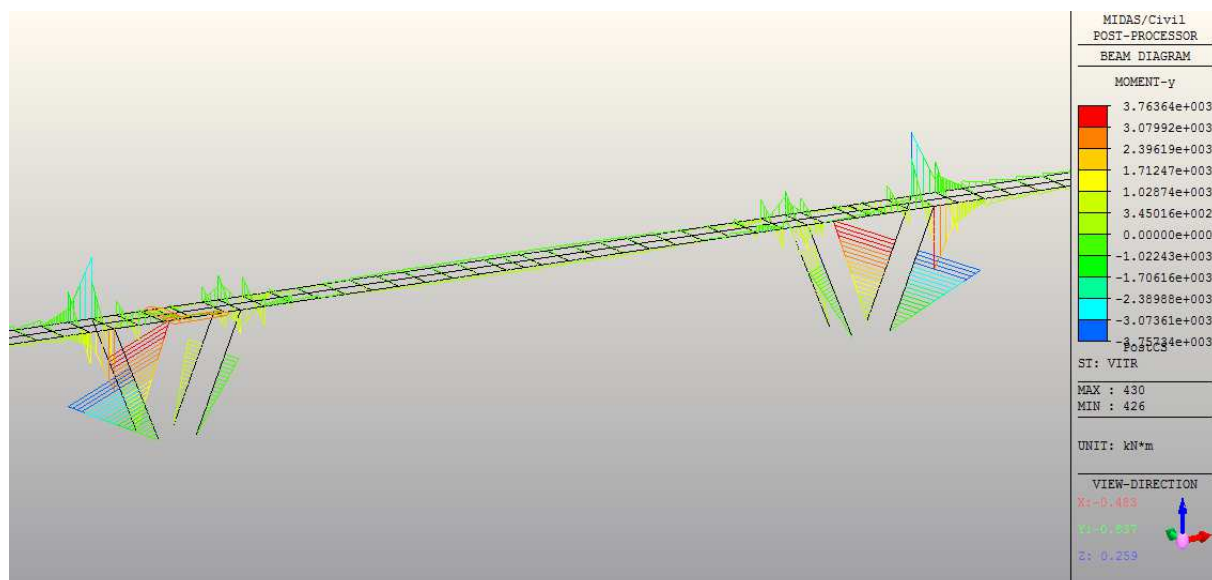


Figure 16 M vitr

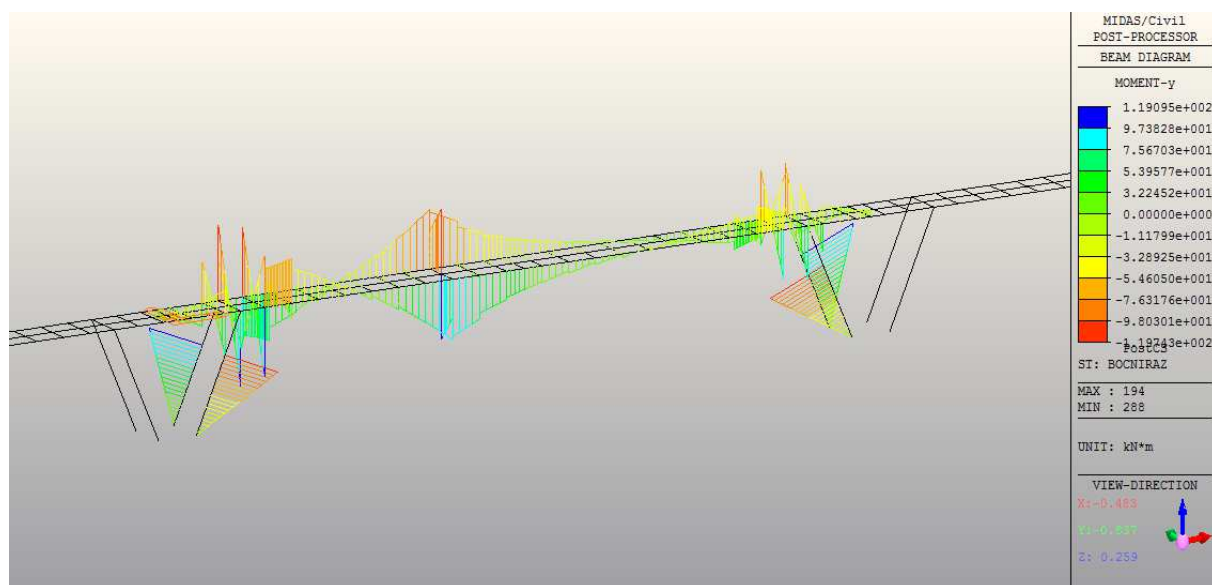


Figure 17 M bocni raz

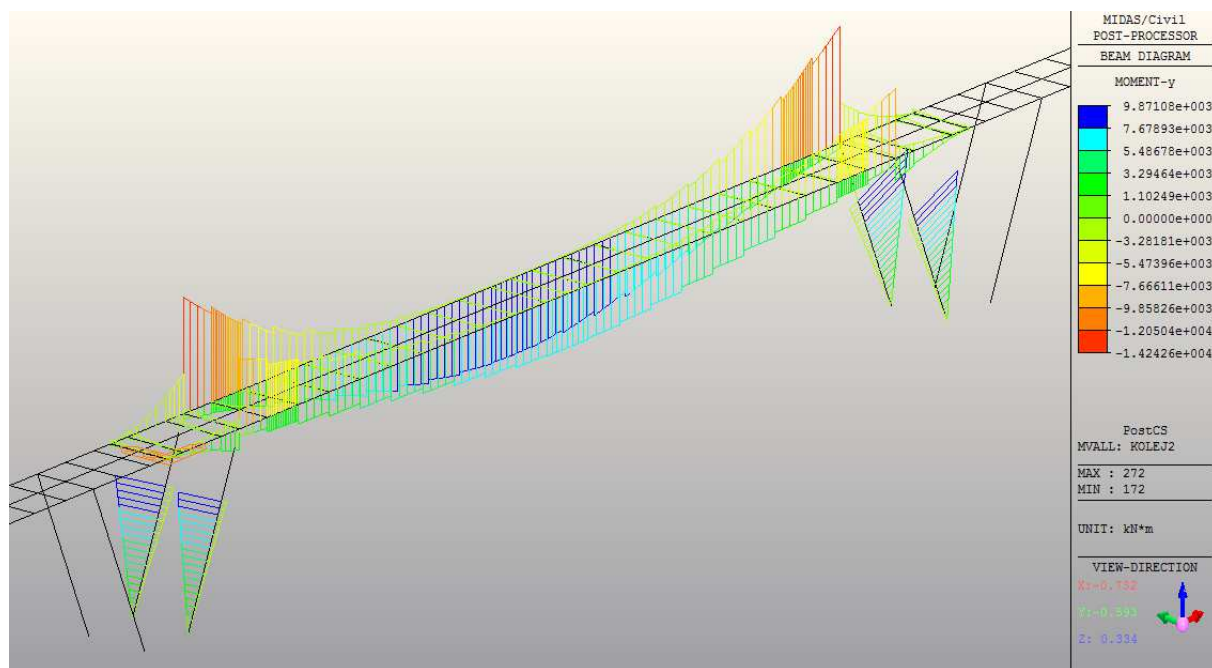


Figure 18 M LM71 kolej2

### 5.3 VNITŘNÍ SÍLY NA KONCI ŽIVOTNOSTI – POLE 2

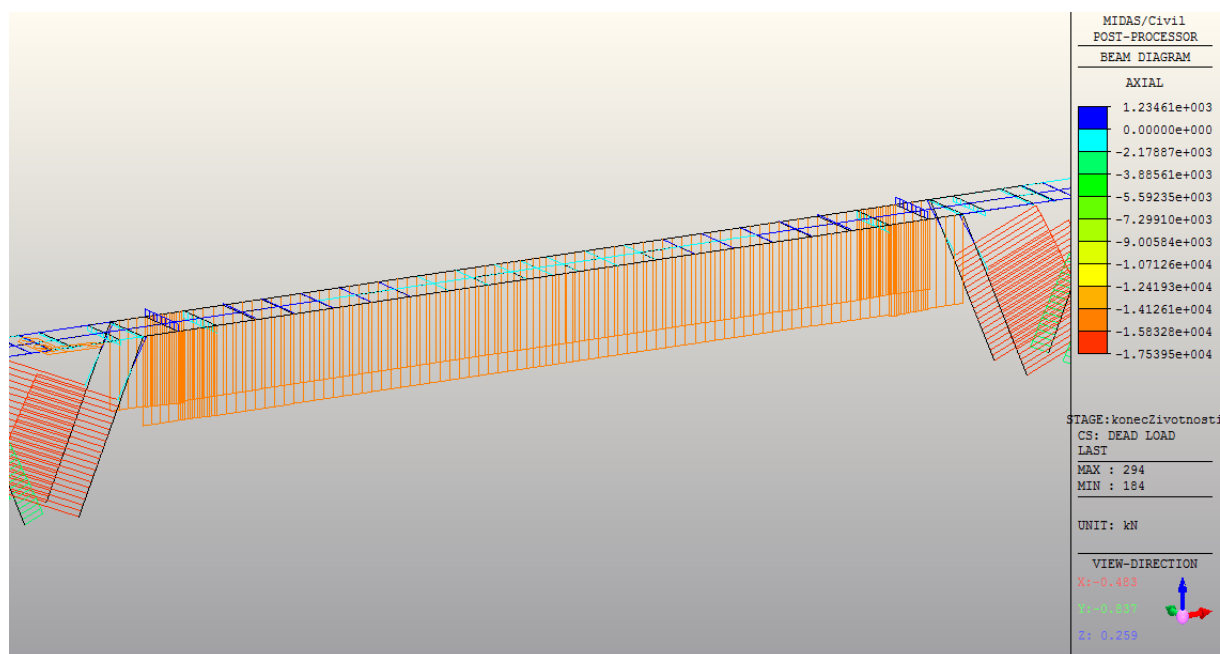


Figure 1 N dead

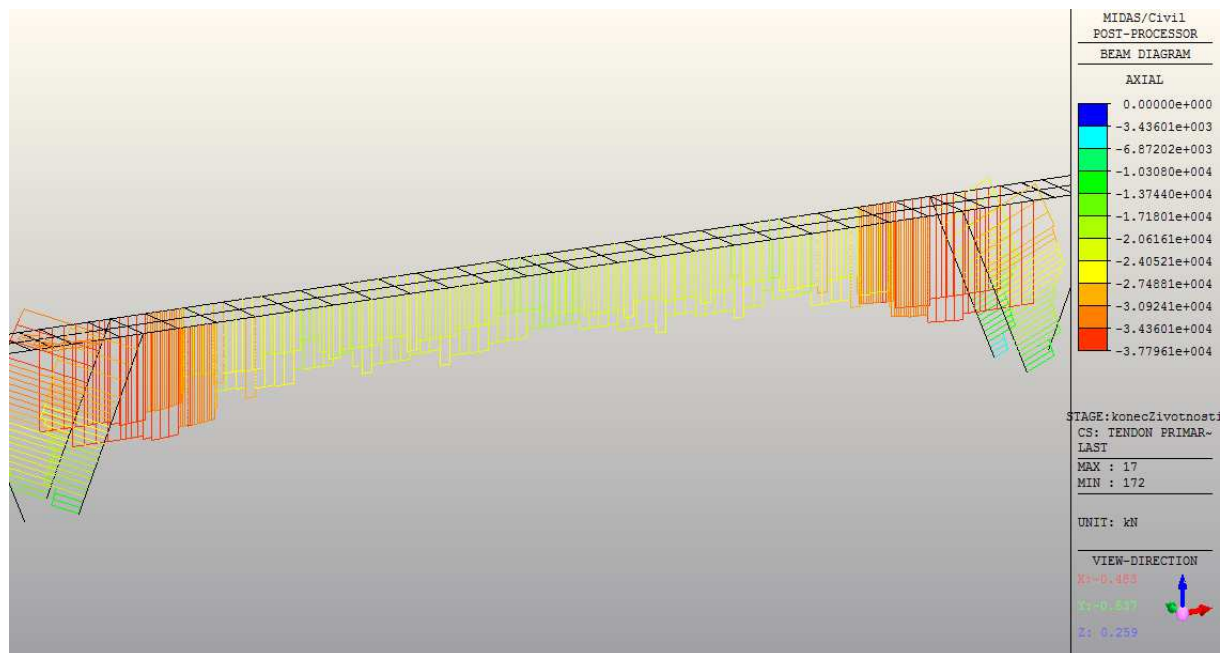


Figure 2 N tendPrim



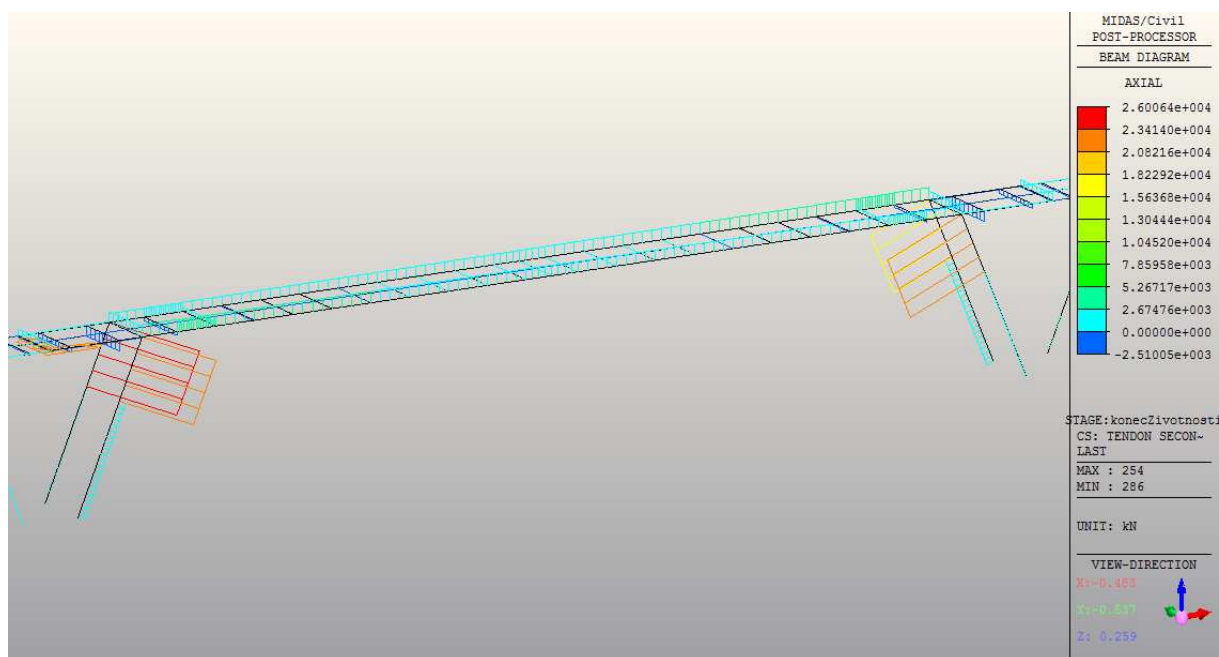


Figure 3 N tendSec

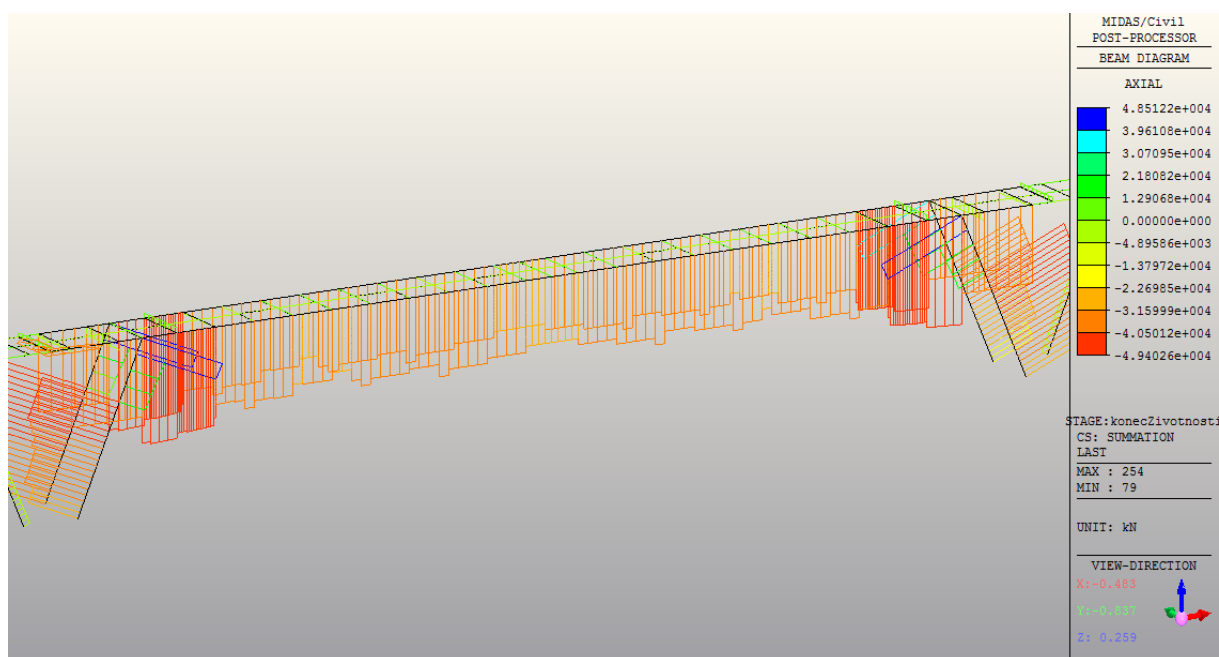


Figure 4 N summation

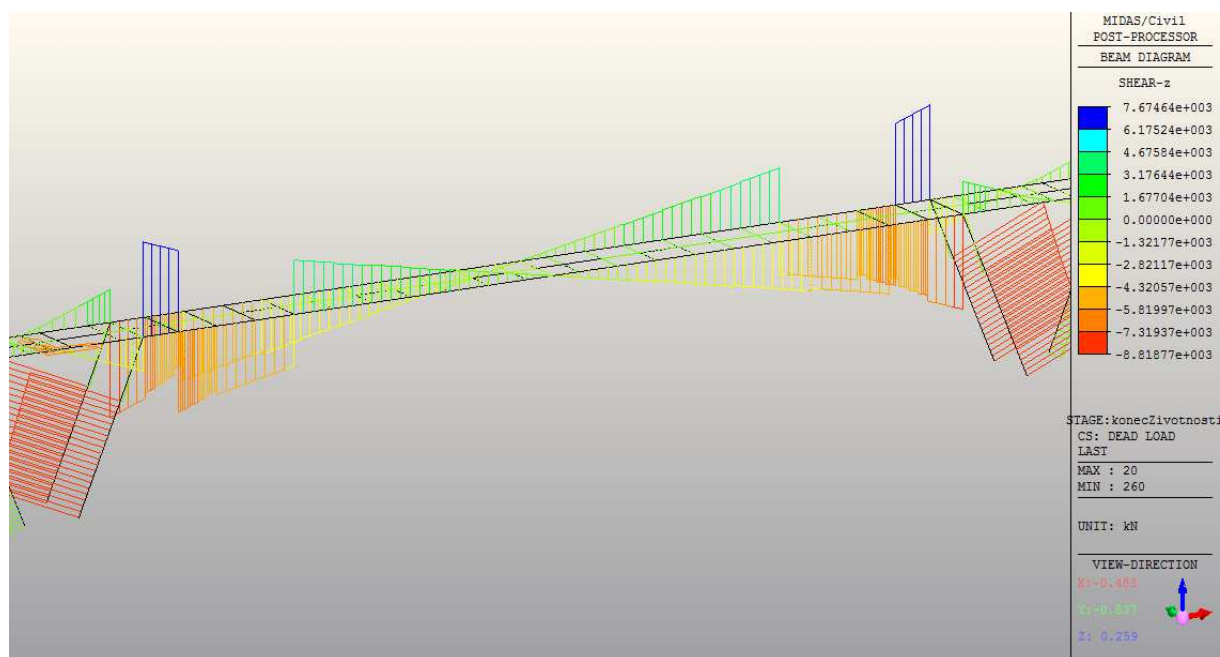


Figure 5 V dead

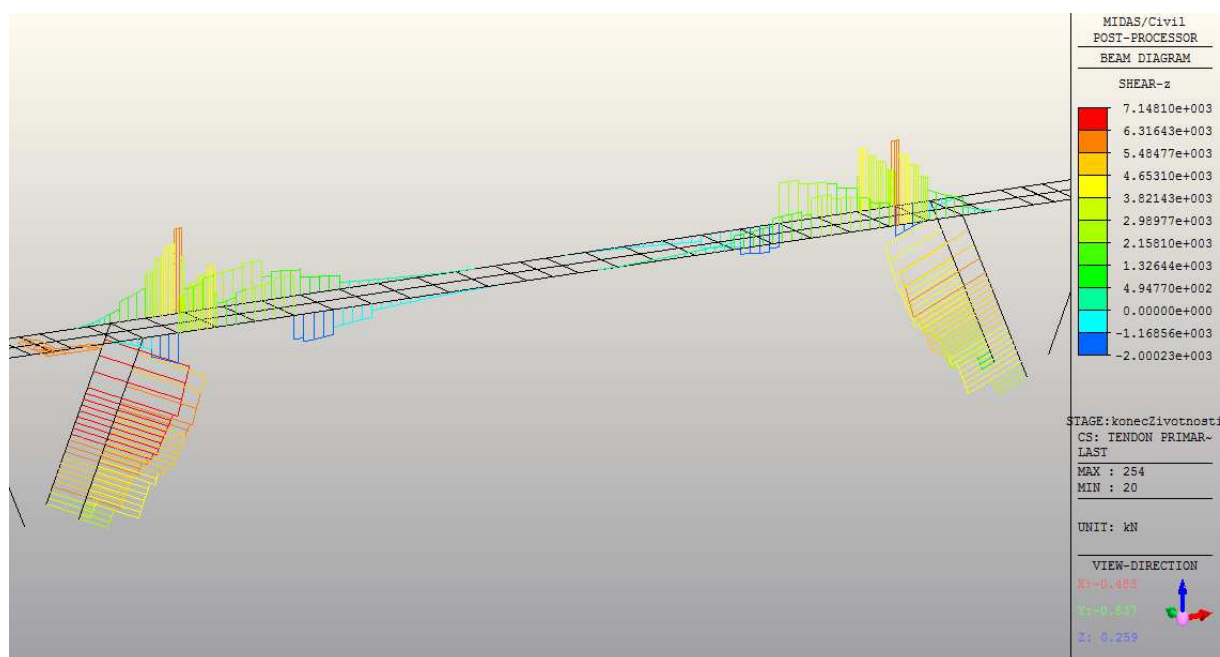


Figure 6 V tendPrim



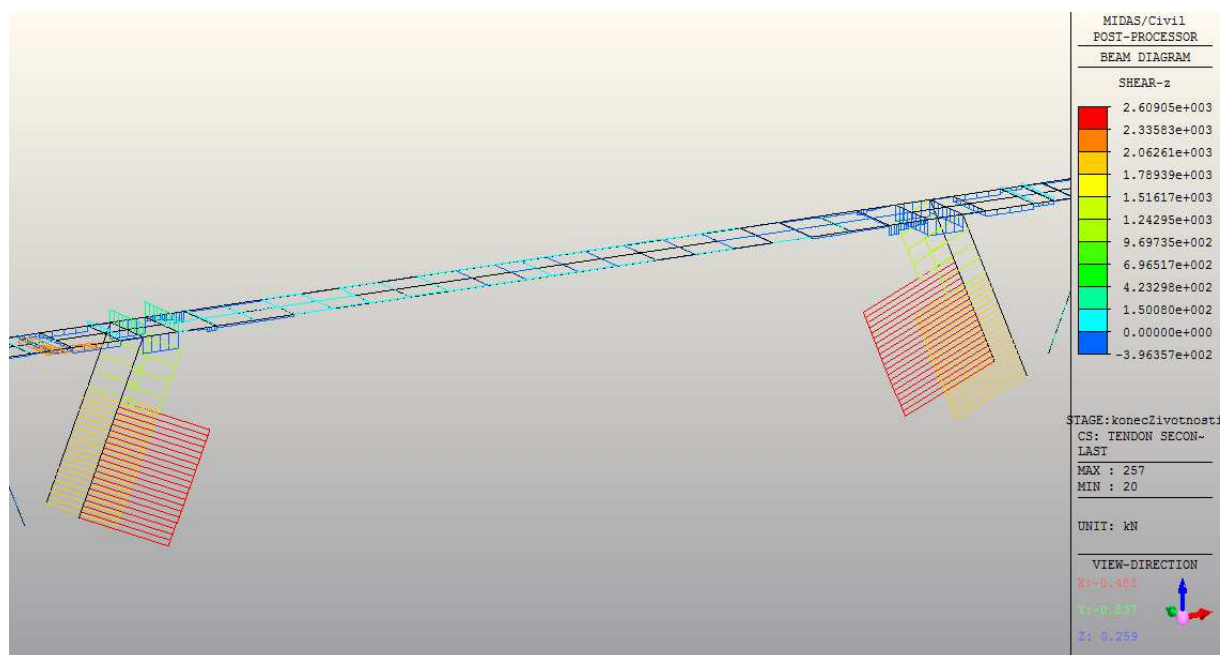


Figure 7 V tendSec

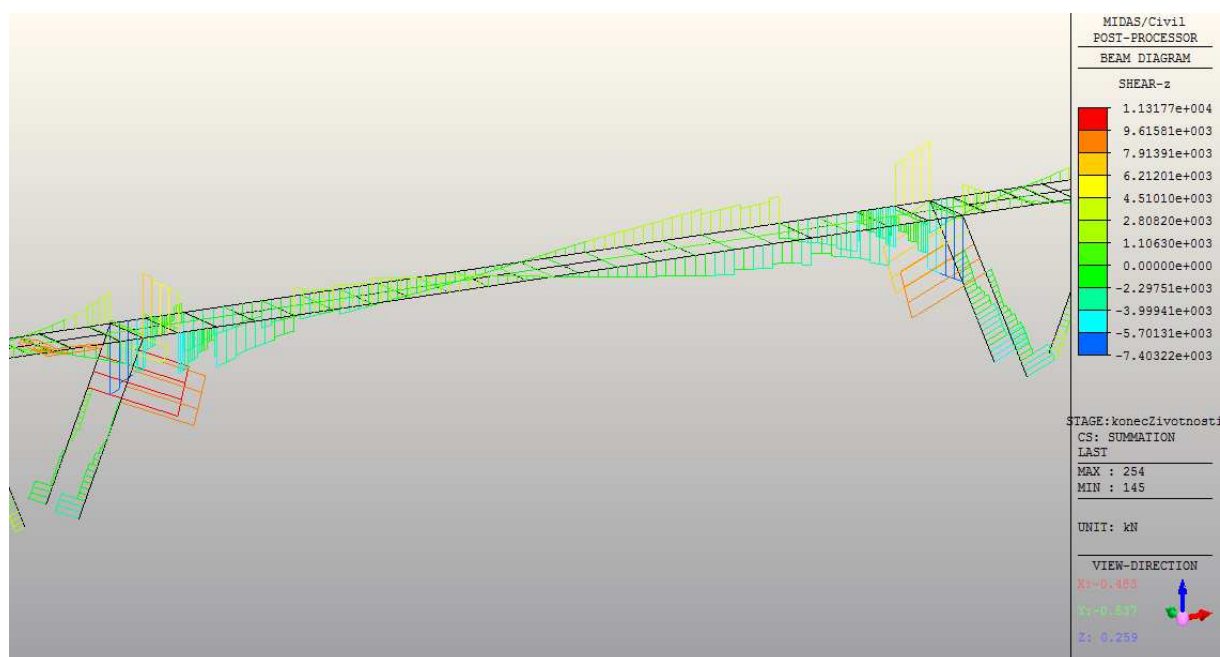


Figure 8 V summation

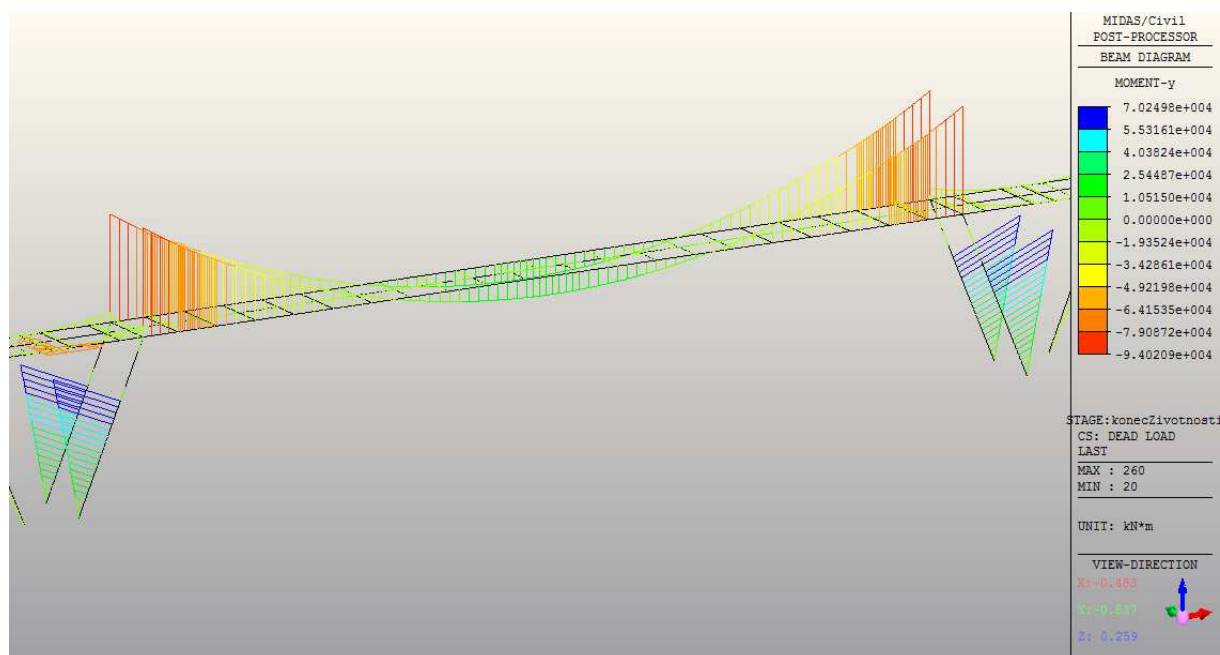


Figure 9 M dead

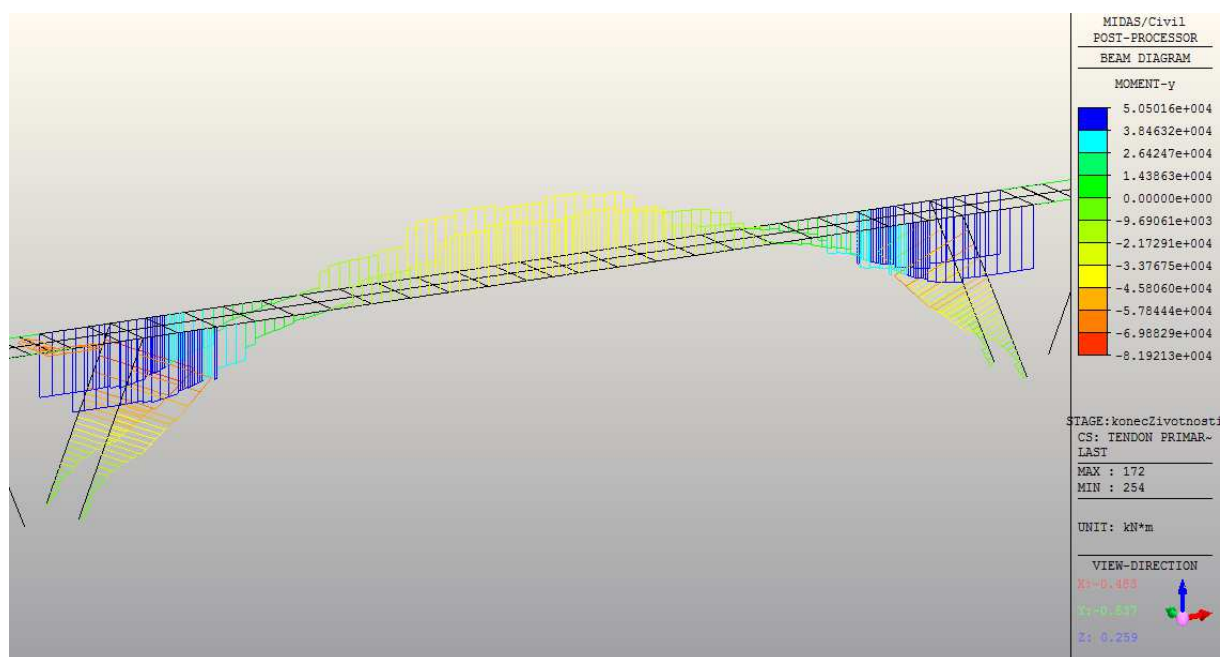


Figure 10 M tendPrim

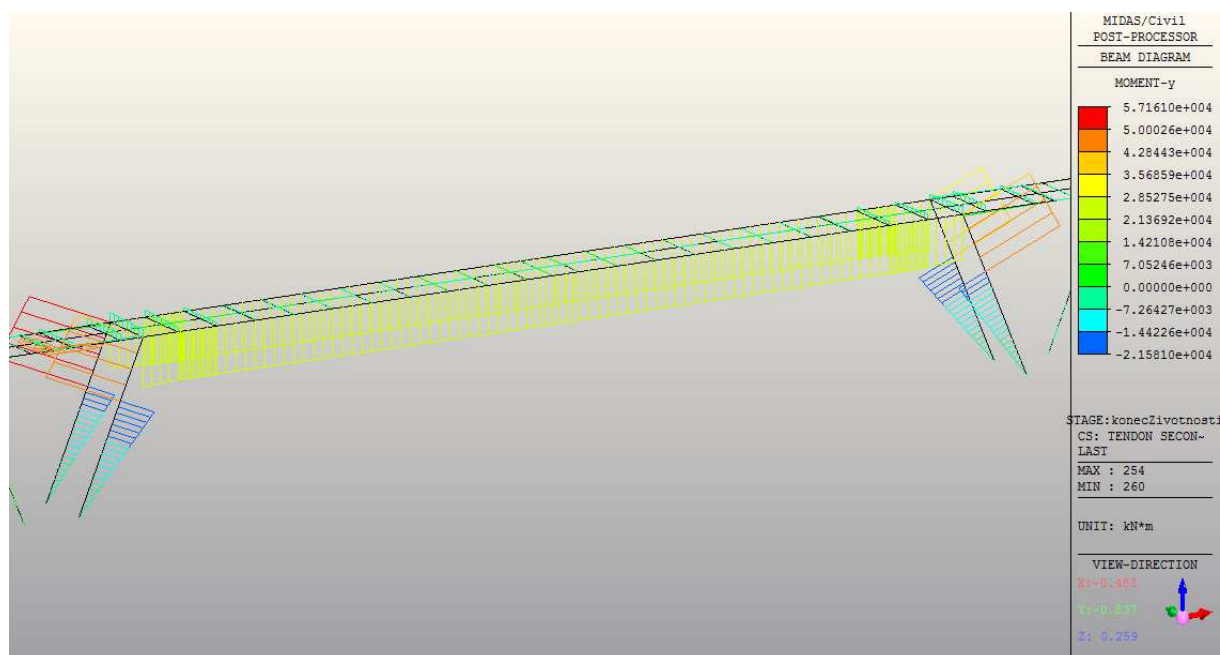


Figure 11 M tendSec

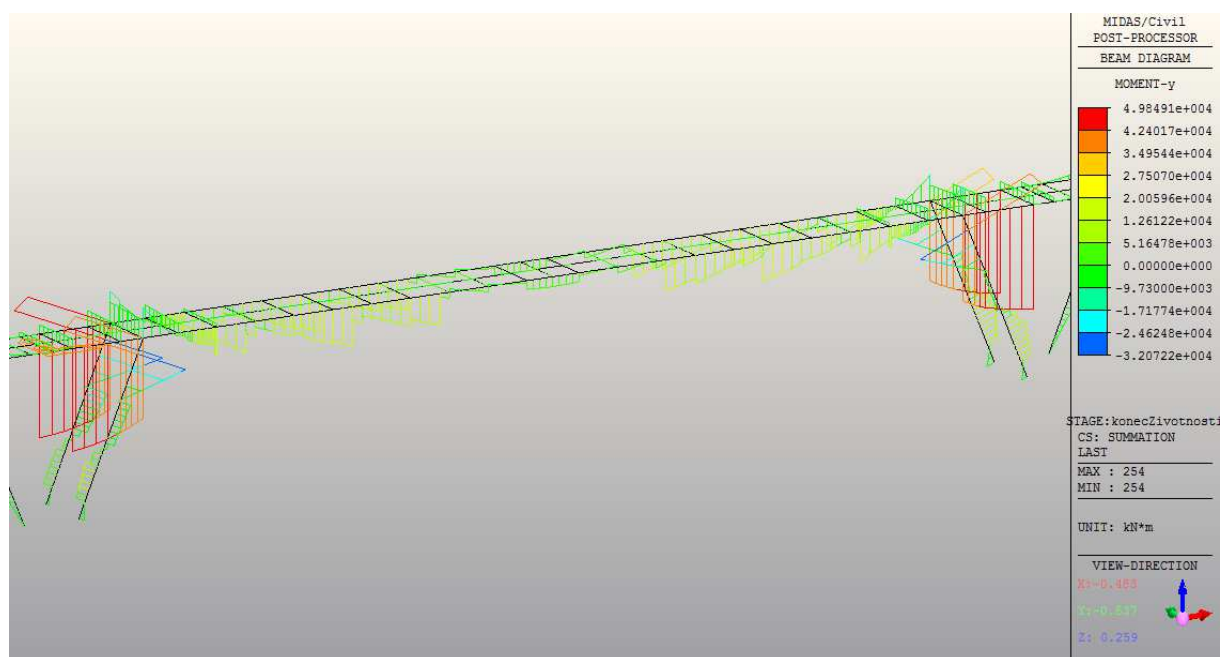


Figure 12 M summation

## 5.4 VNITŘNÍ SÍLY KONCI ŽIVOTNOSTI – POLE 3

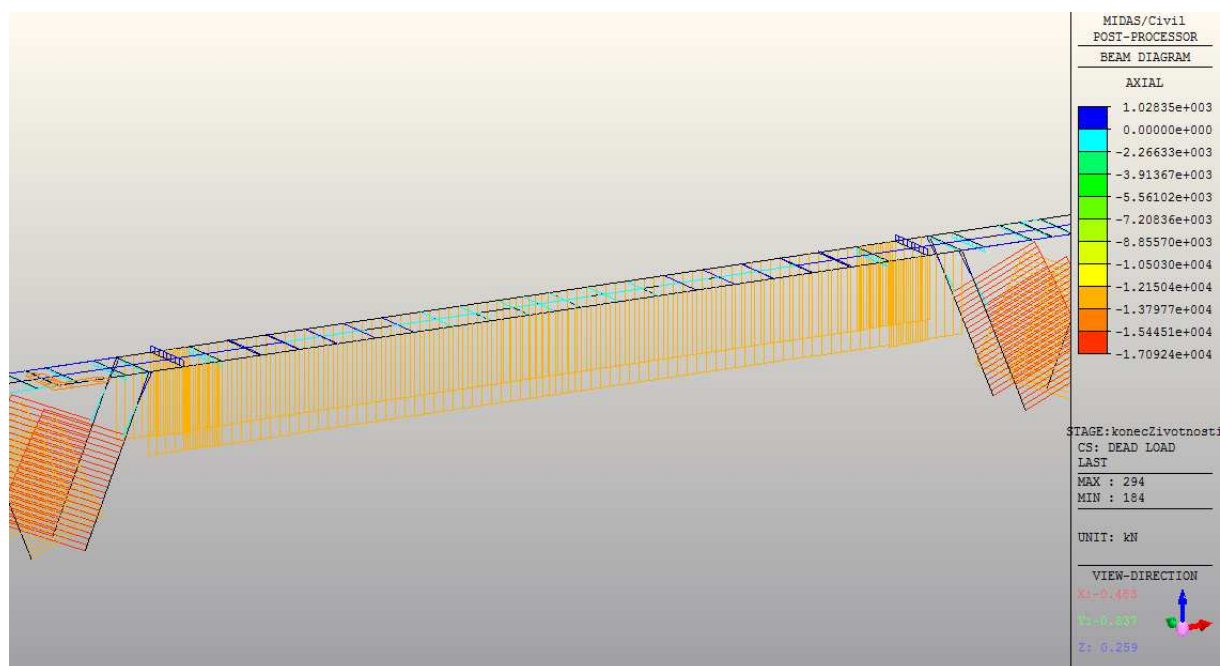


Figure 1 N dead

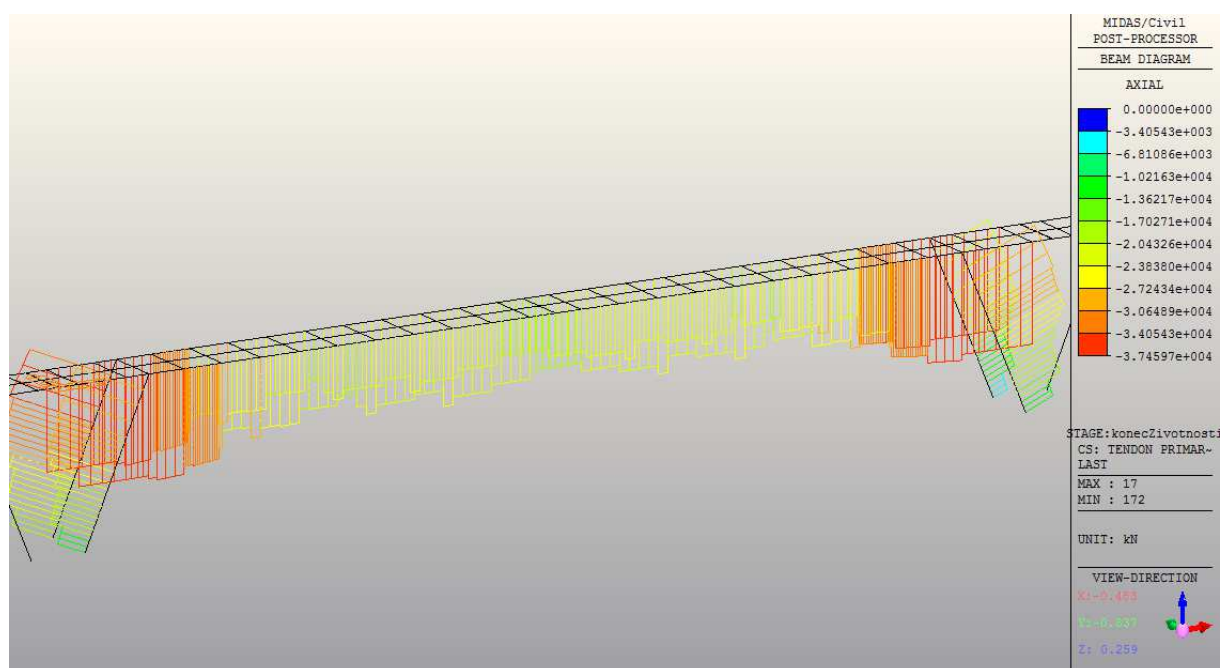


Figure 2 N tendPrim

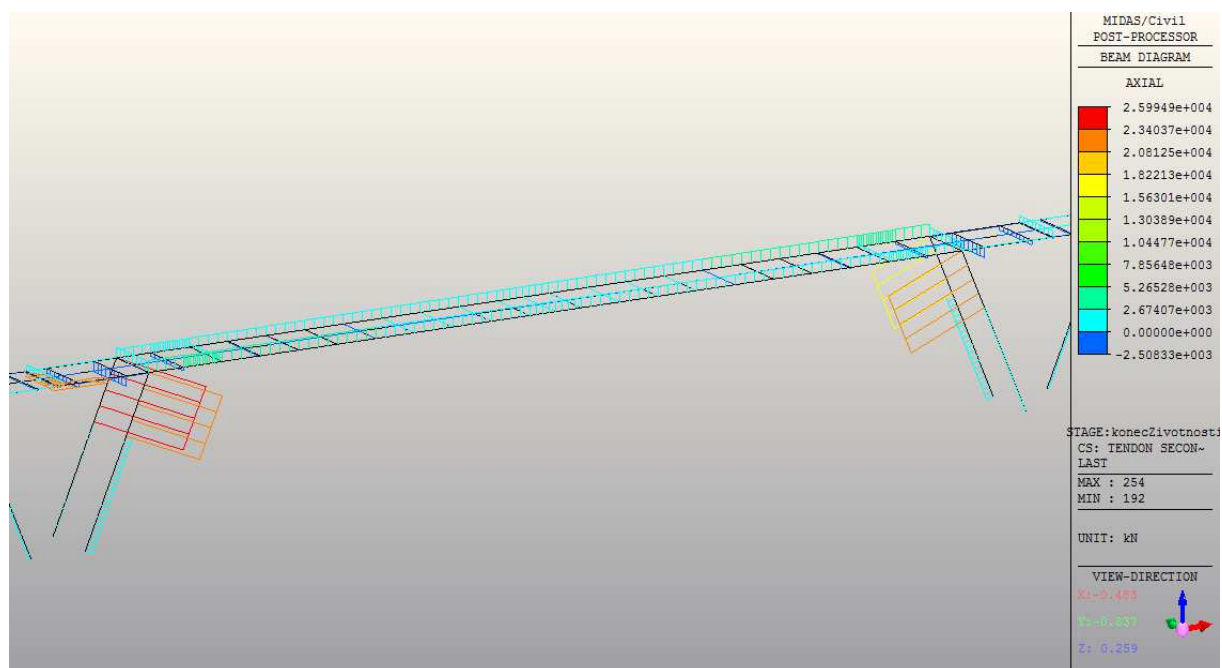


Figure 3 N tendSec

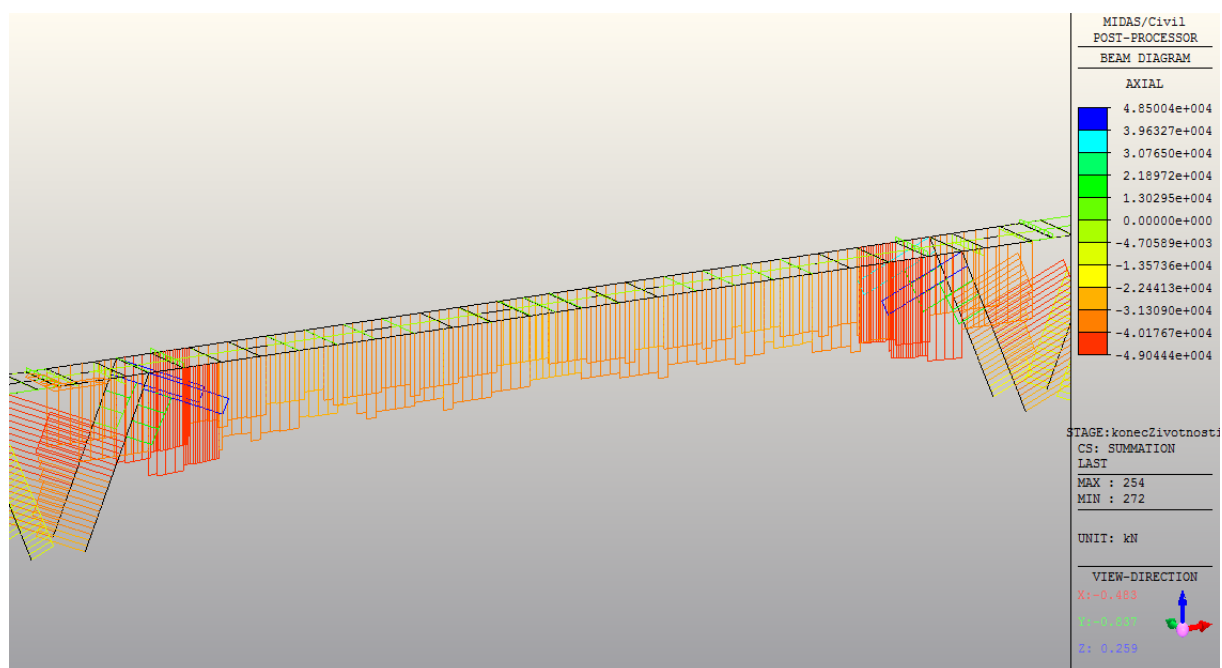


Figure 4 N summation



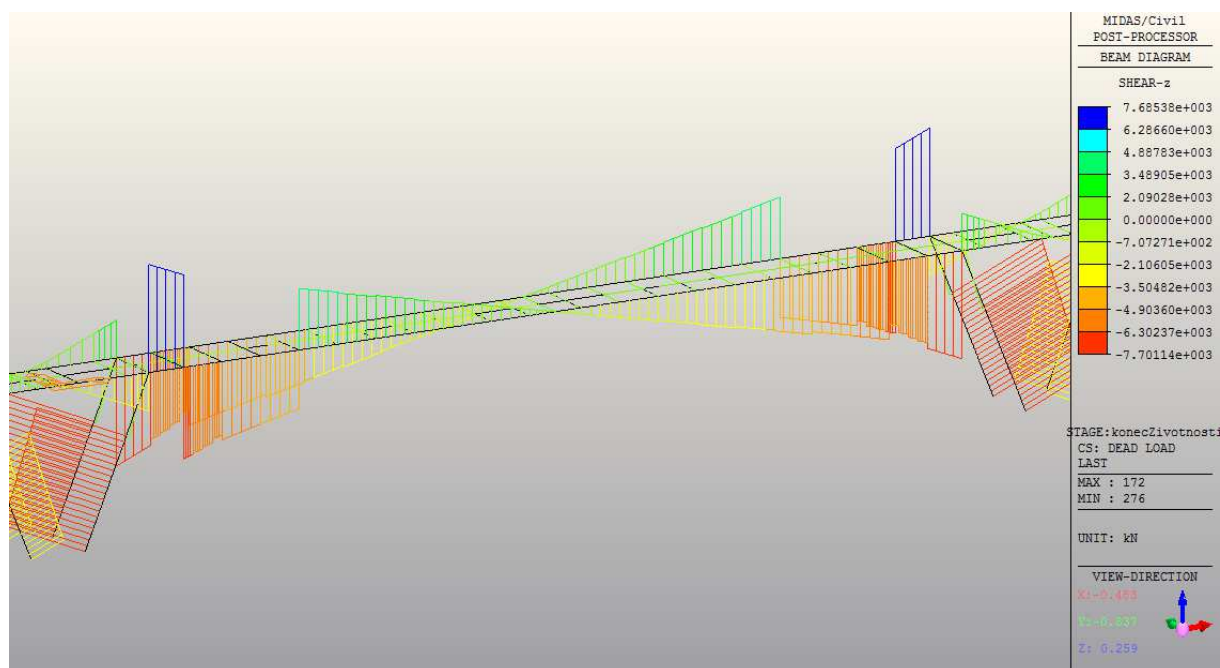


Figure 5 V dead

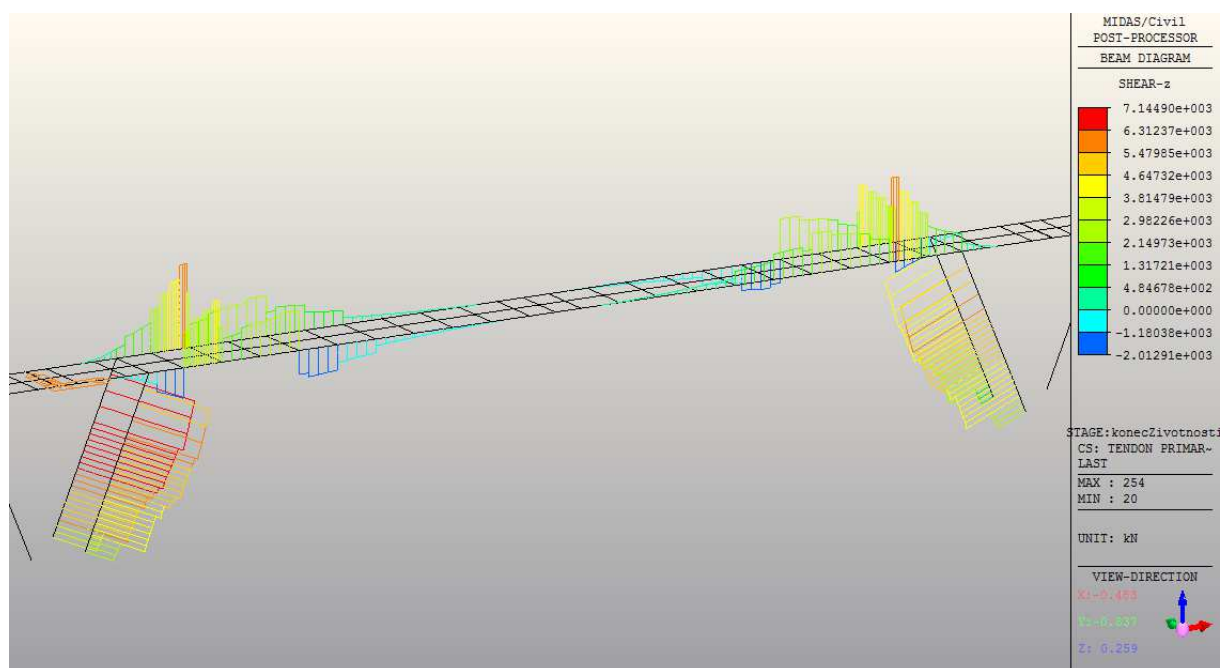


Figure 6 V tendPrim

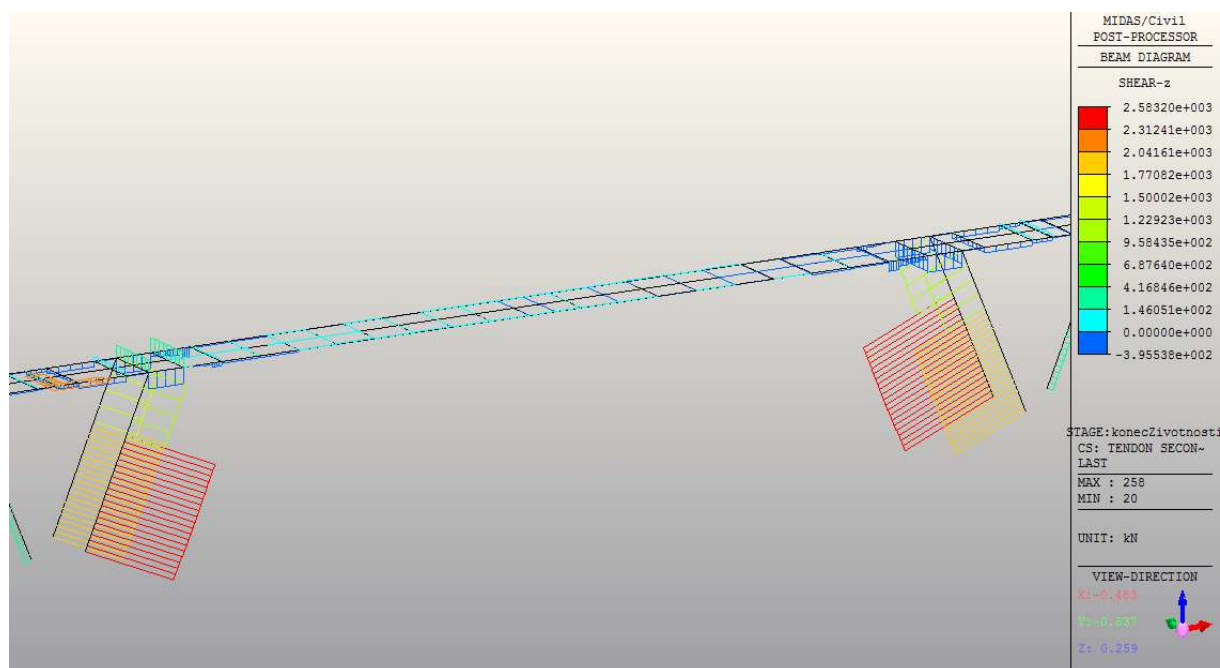


Figure 7 V tendSec

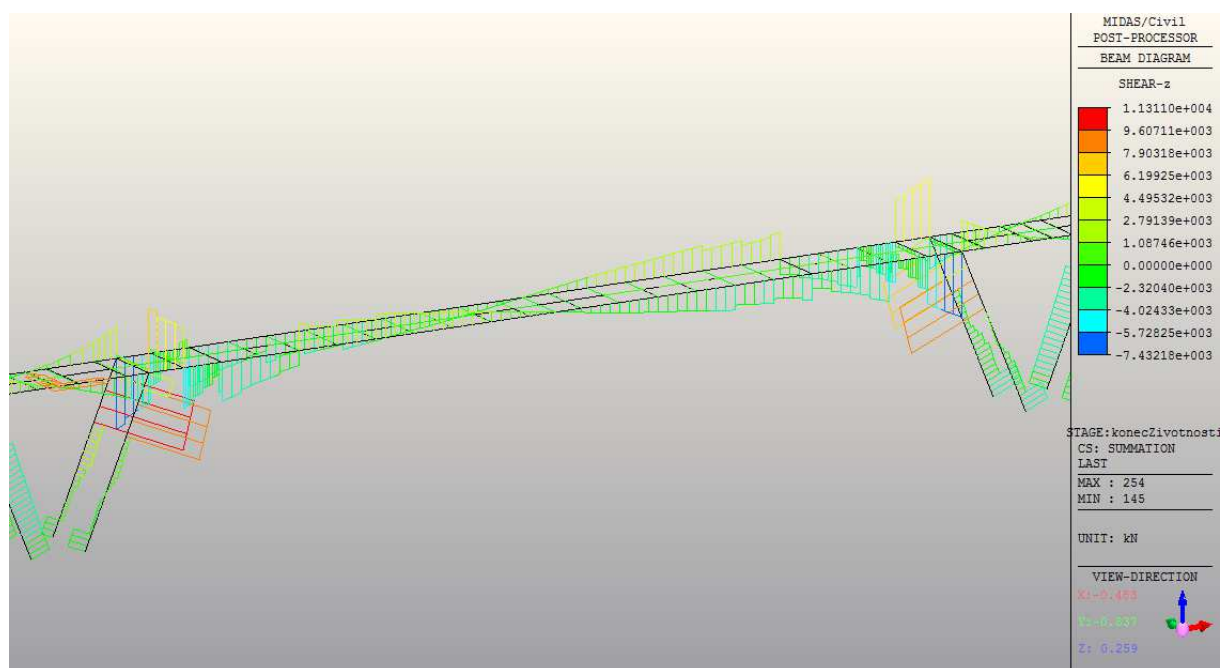


Figure 8 V summation

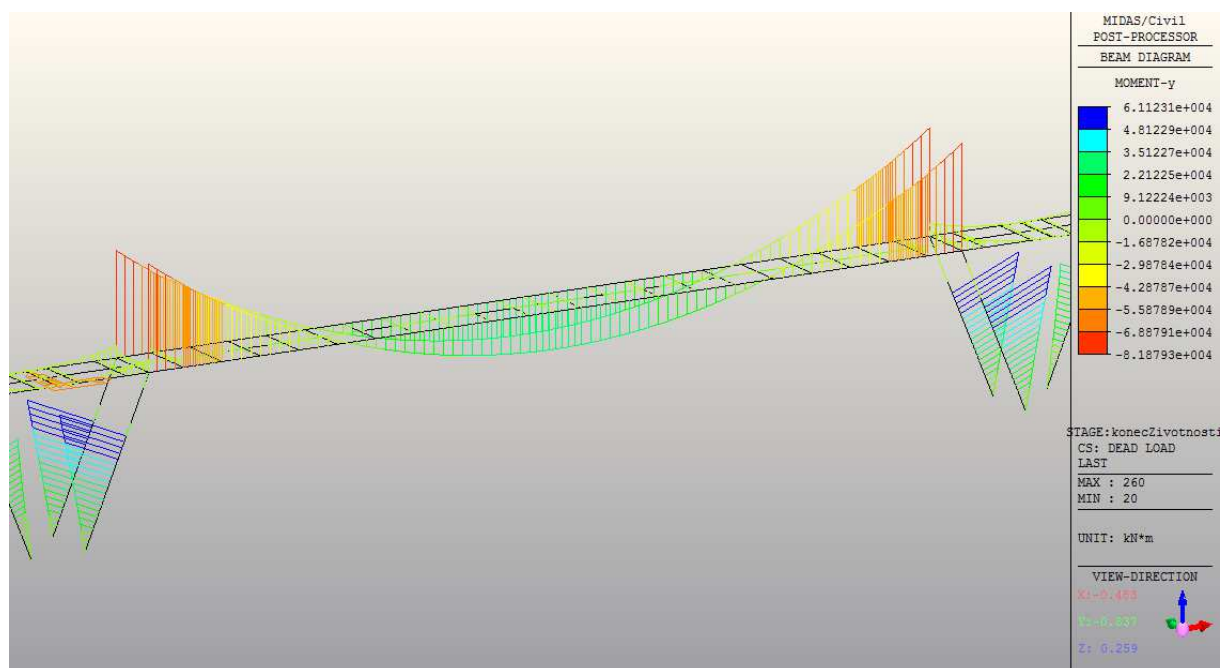


Figure 9 M dead

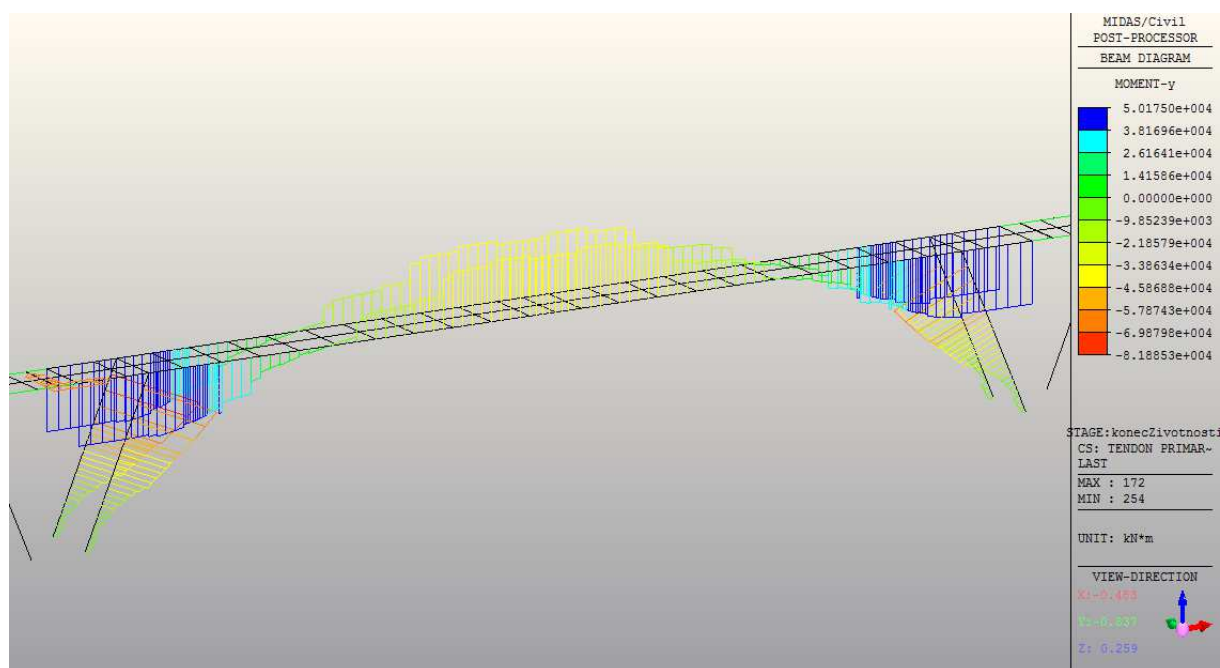


Figure 10 M tendPrim



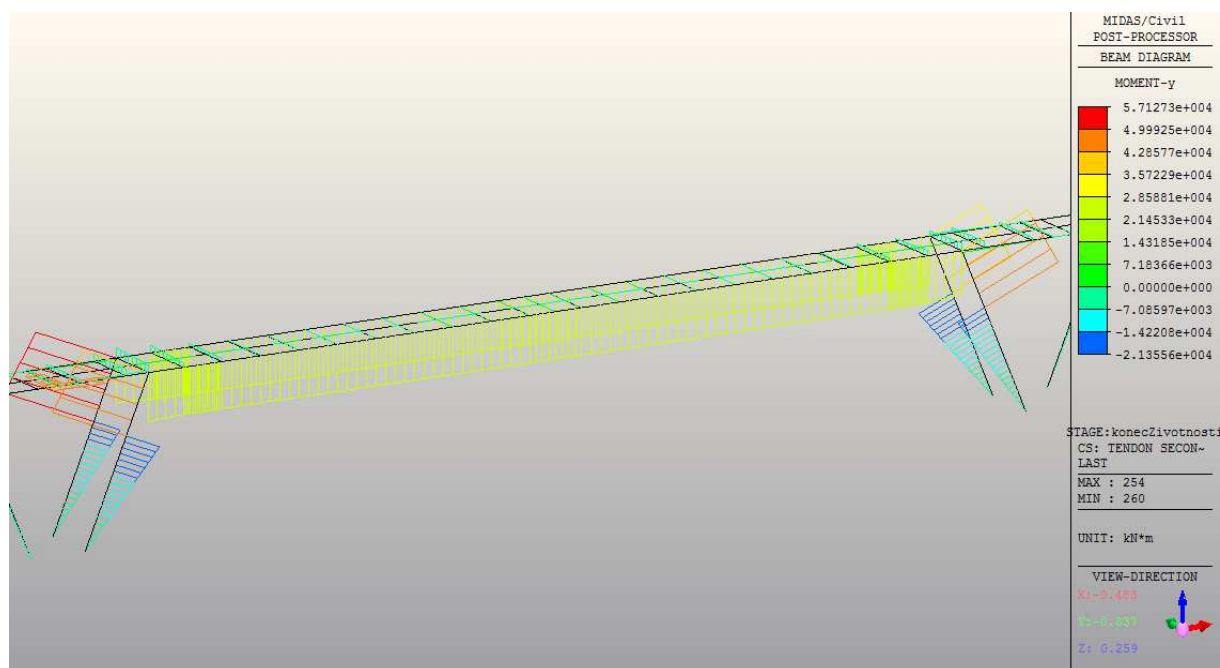


Figure 11 M tendSec

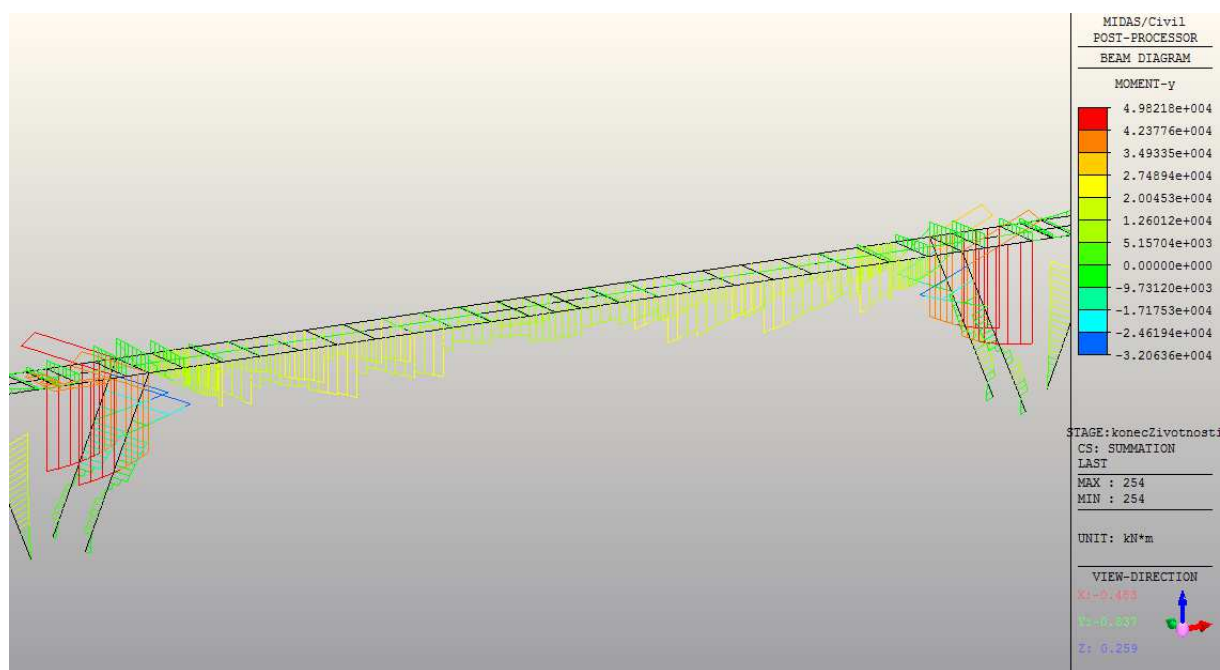


Figure 12 M summation

## 5.5 VNITŘNÍ SÍLY KONCI ŽIVOTNOSTI – POLE 5

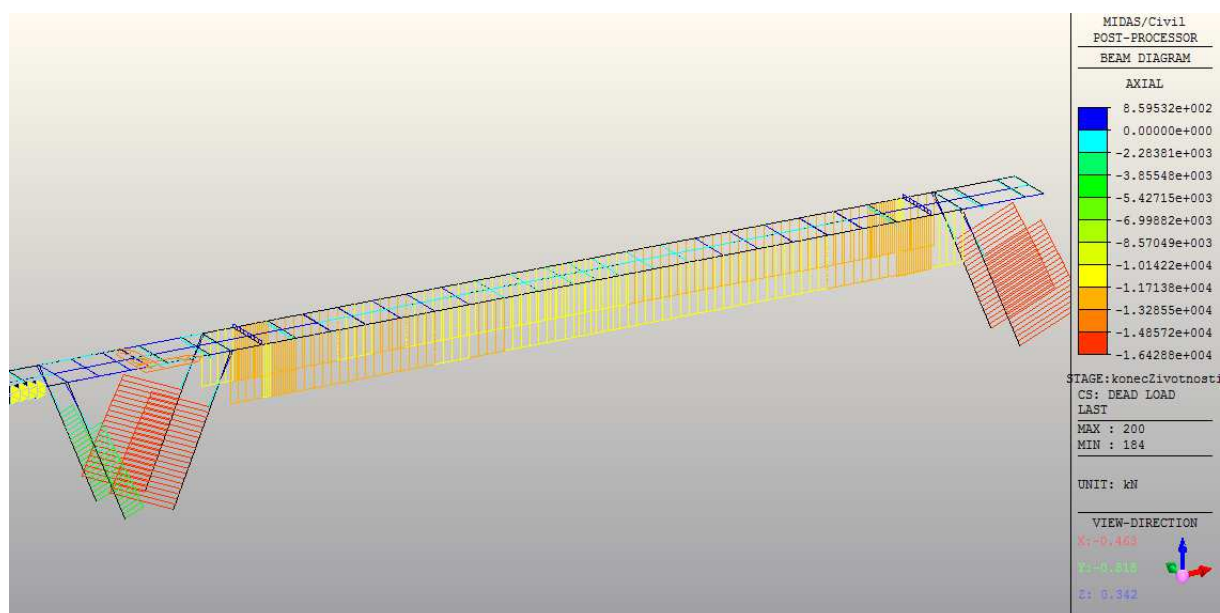


Figure 1 N dead

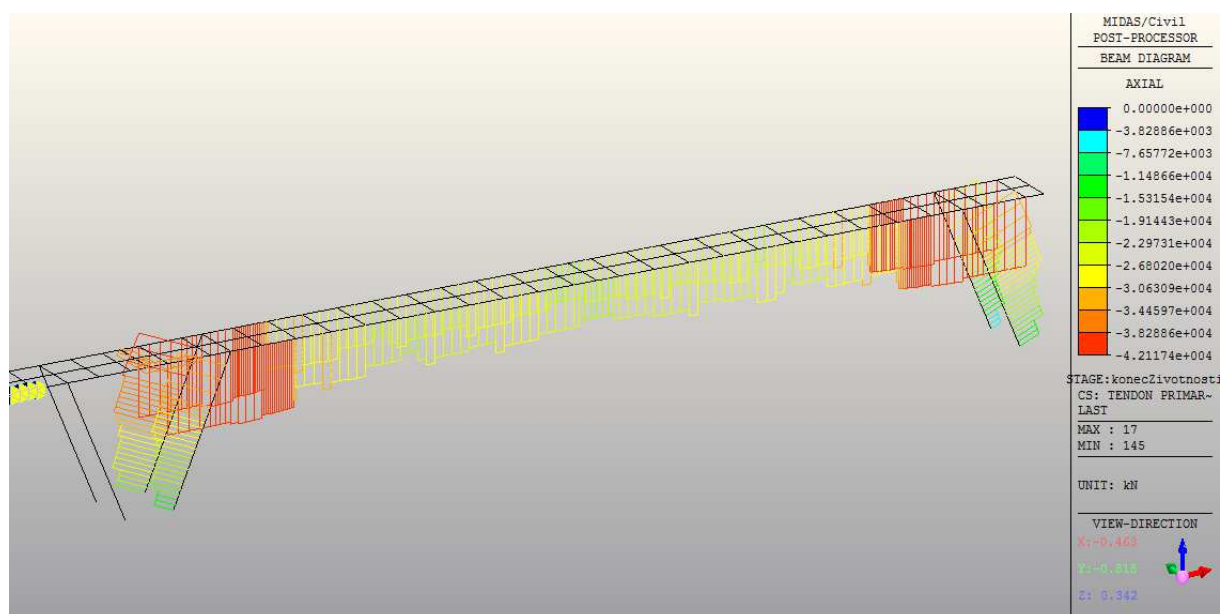


Figure 2 N tendPrim

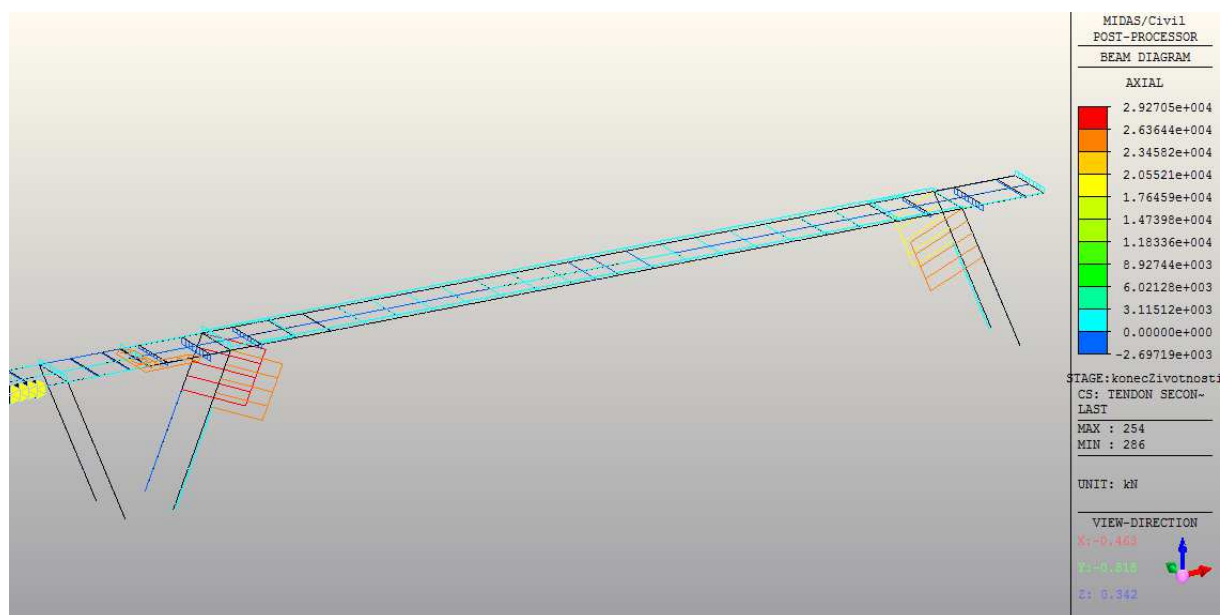


Figure 3 N tendSec

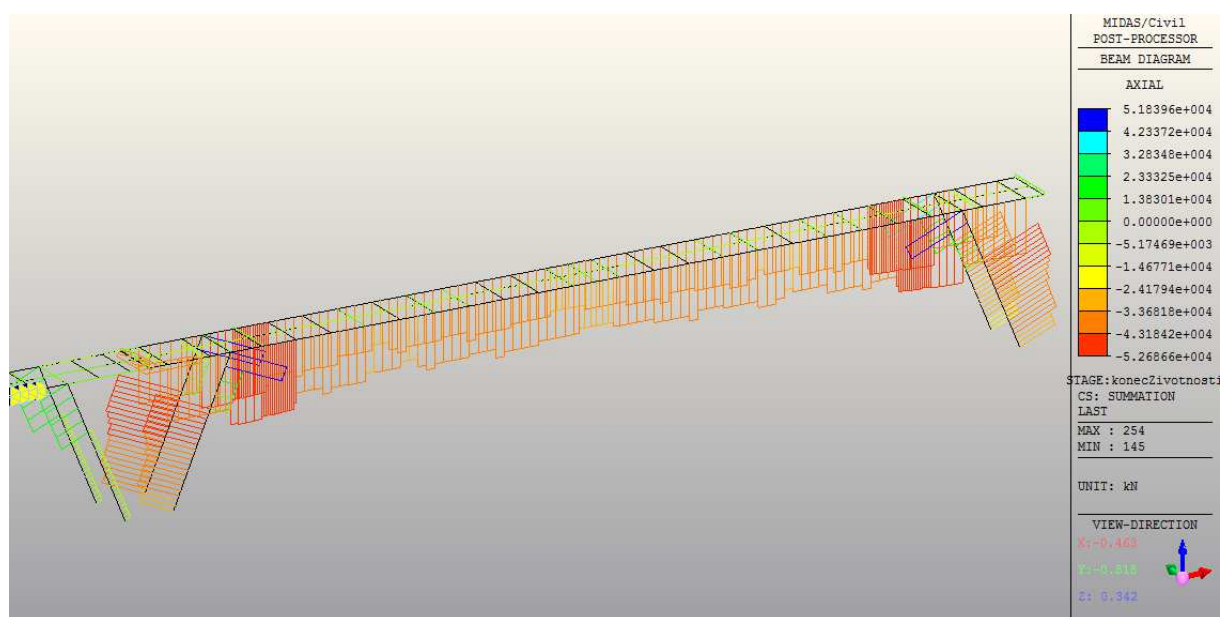


Figure 4 N summation

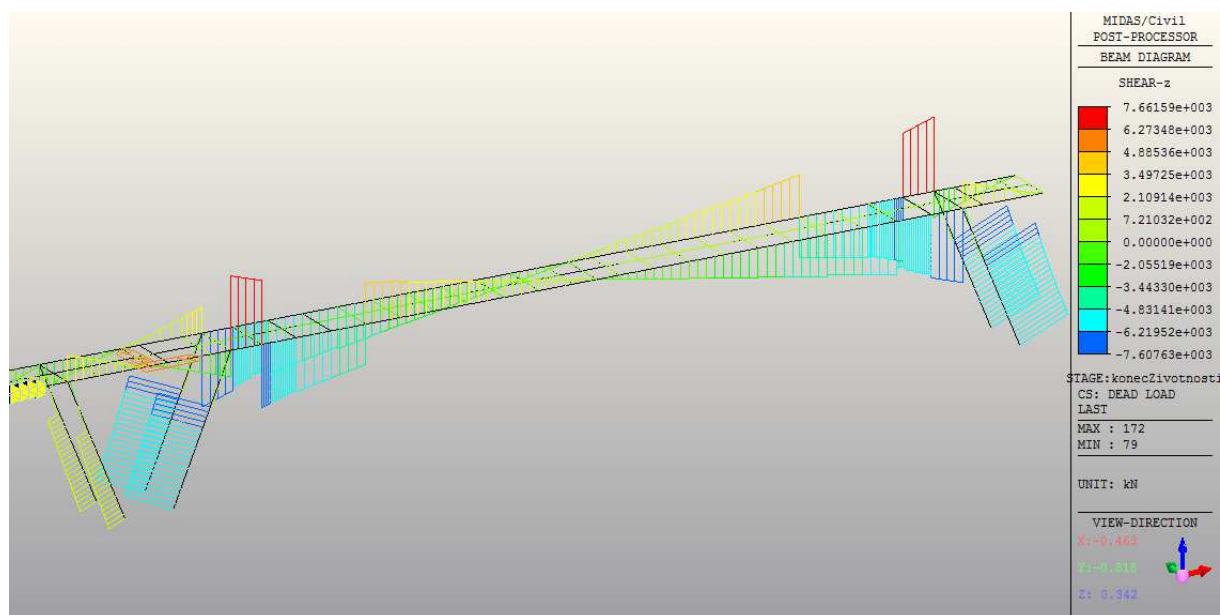


Figure 5 V dead

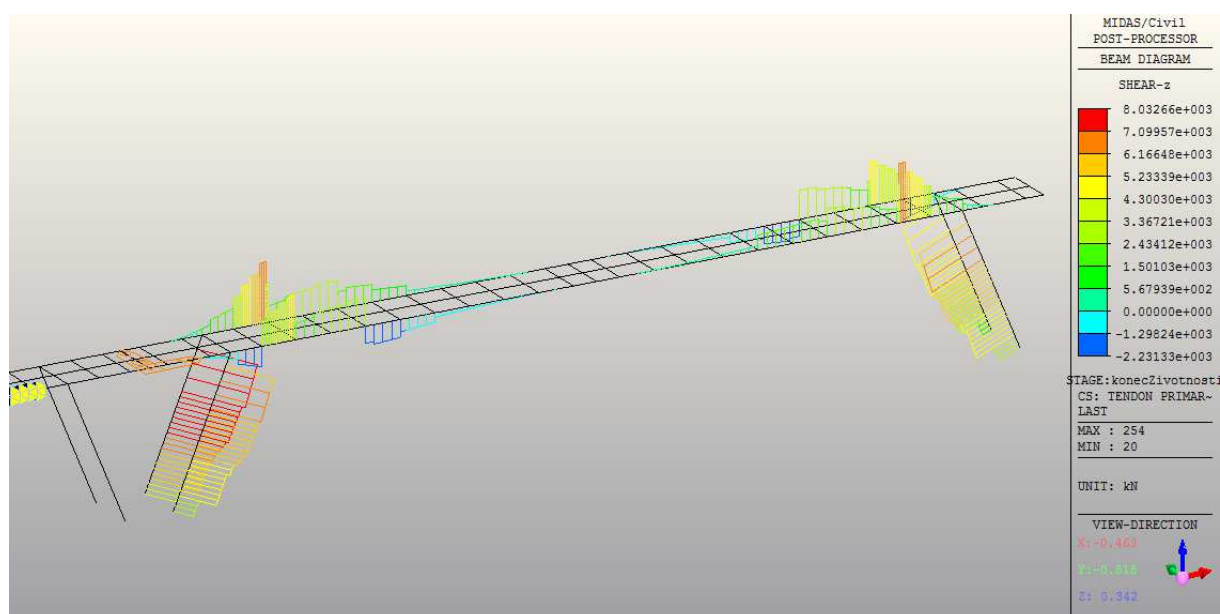


Figure 6 V tendPrim

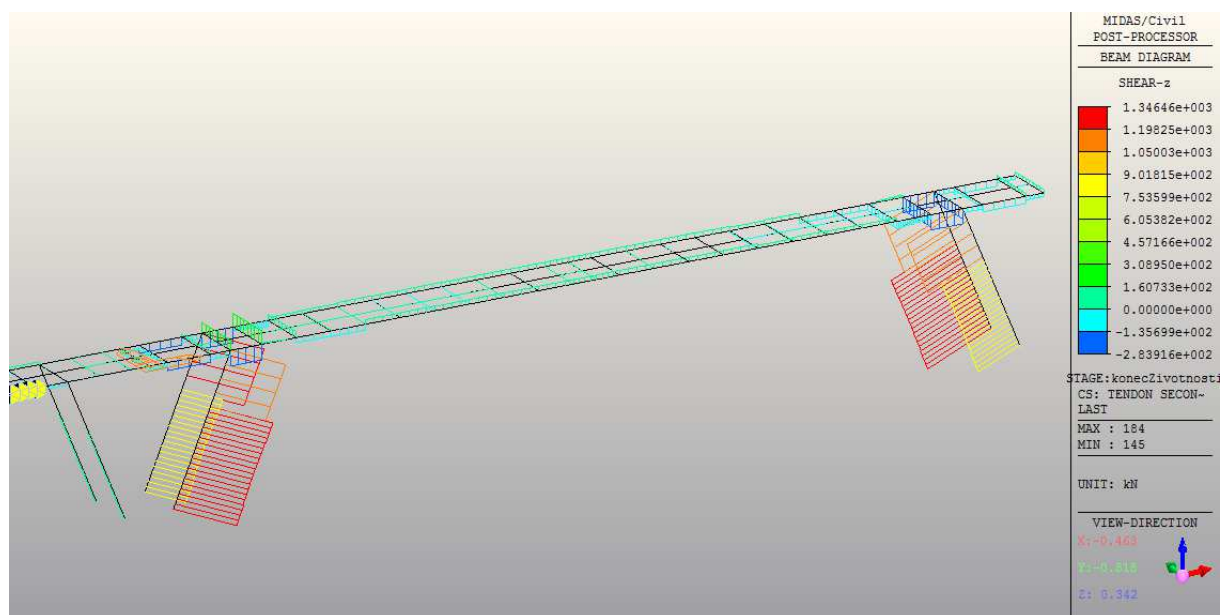


Figure 7 V tendSec

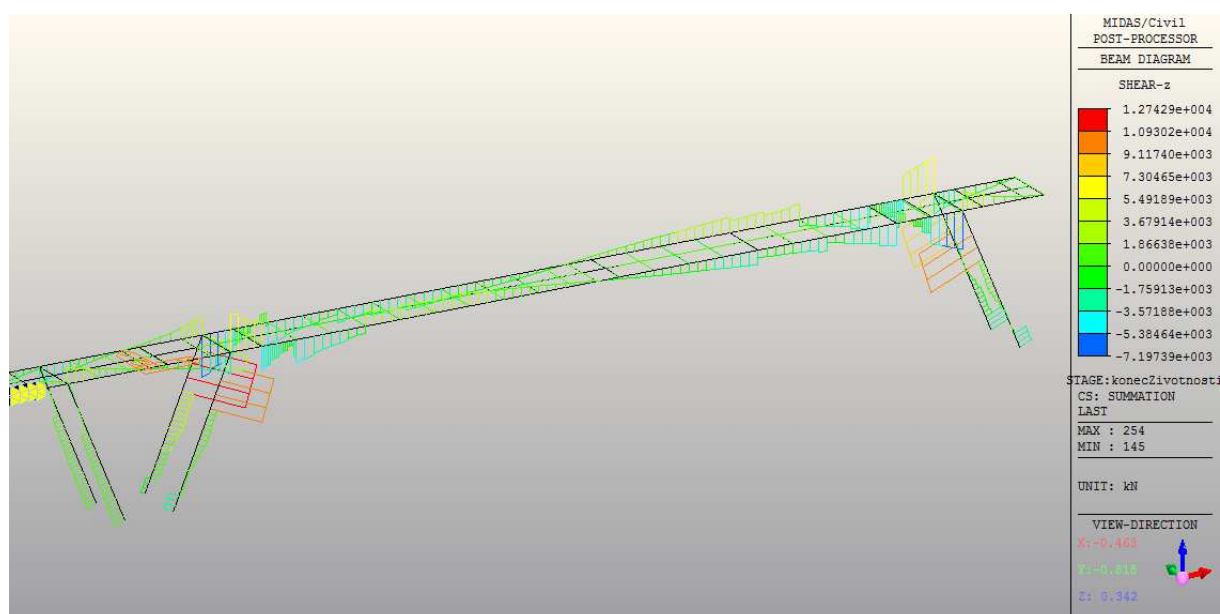


Figure 8 V summation



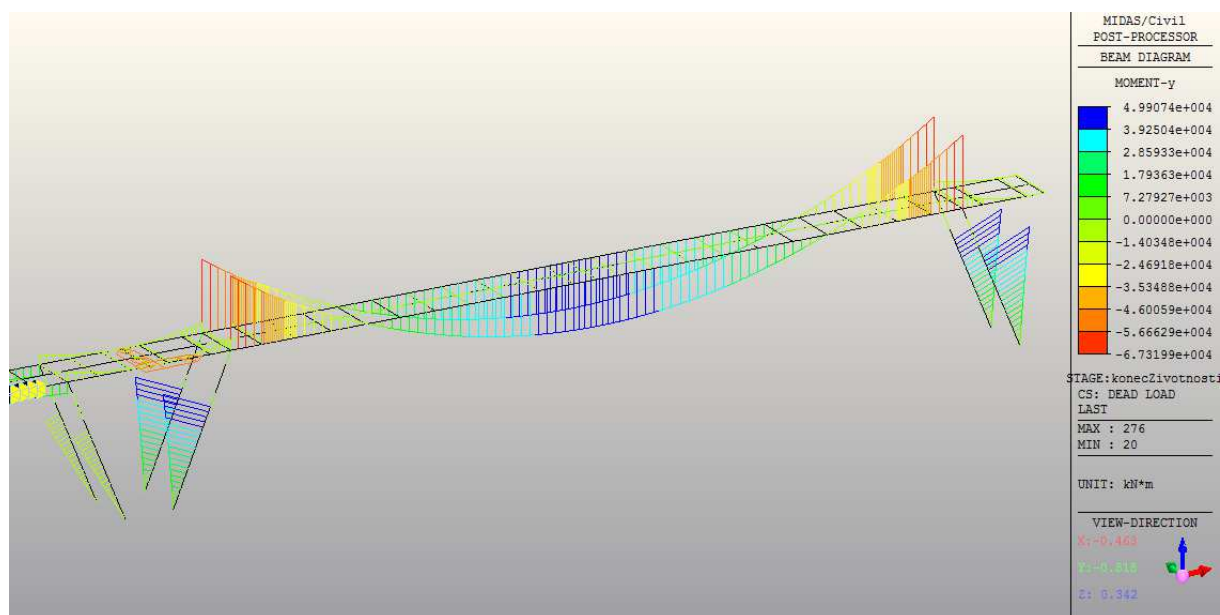


Figure 9 M dead

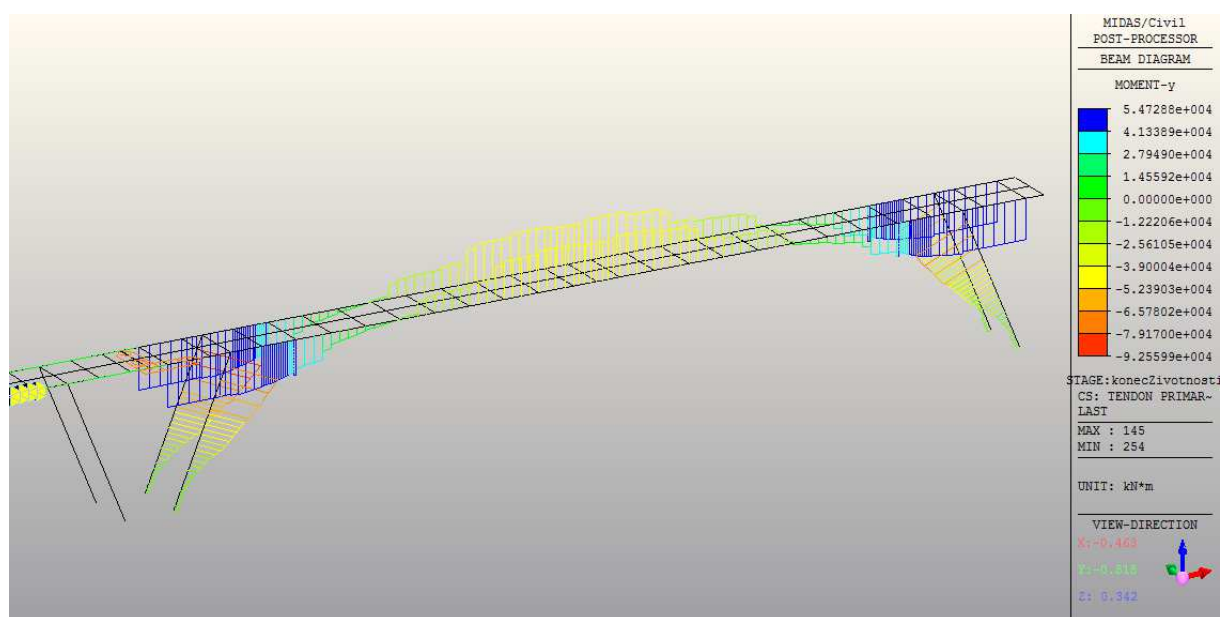


Figure 10 M tendPrim

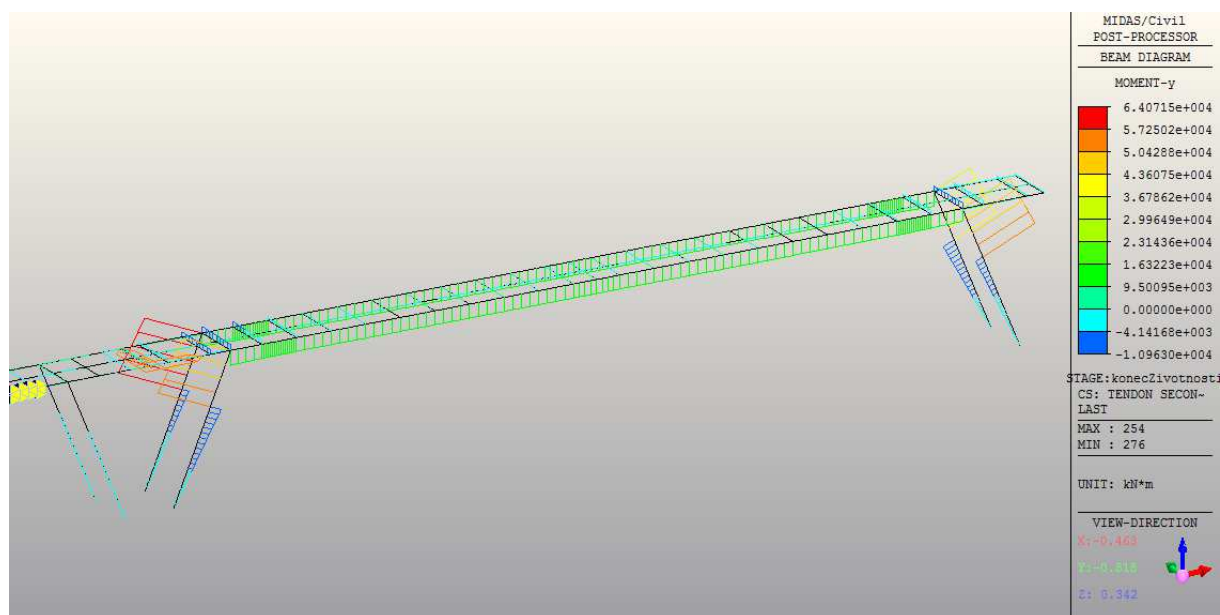


Figure 11 M tendSec

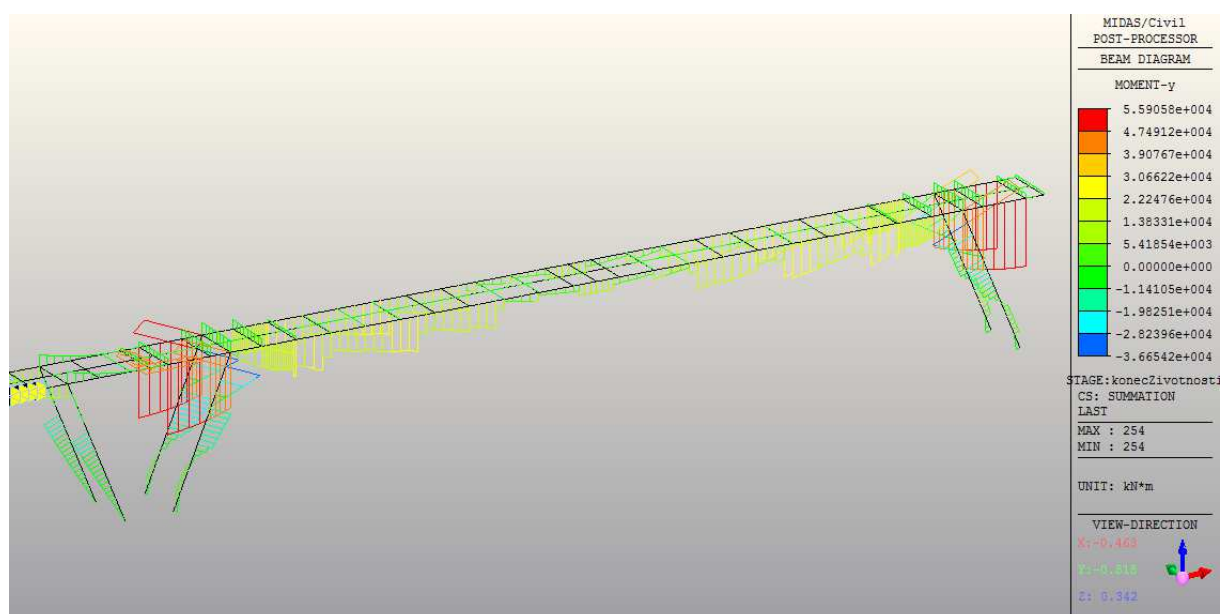


Figure 12 M summation

**5.6 TABULKA NORMÁLOVÝCH SIL – RÁMOVÉ STOJKY – POLE 2**

NK-stojka

el. no.		93	93	257	258	259	260	
Vnitřní síla		N	N	N	N	N	N	
Posuzovaný průřez		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	Název zat. stavu v Midasu
g0	[kNm]	-12166	-11994	-11758	-11483	-11182	-10833	sw
suma stálé	[kNm]	-27466	-34842	-37735	-40056	-41851	-41958	summation
prim. předp.	[kNm]	-11337	-18885	-21983	-24565	-26668	-27139	Tendon primary
CS, TD, Ps	[kNm]	341	341	299	279	293	313	=suma stálé-prim-g-g0
g	[kNm]	-4304	-4304	-4293	-4287	-4294	-4300	os
LM71+	[kNm]	10	10	10	10	10	10	kolej1(max) kolej2(max)
LM71-	[kNm]	-4884	-4884	-4873	-4867	-4874	-4879	kolej1(min) kolej2(min)
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0	odstrediva
Brzdná	[kNm]	266	266	265	264	265	265	brzdna
Vítr	[kNm]	1538	1538	1539	1538	1539	1539	vitř
Boční ráz	[kNm]	146	146	146	146	146	146	bocniRaz
T-rovno+	[kNm]	-436	-436	-430	-428	-431	-433	rovnoTepl+
T-rovno-	[kNm]	496	496	489	487	490	493	rovnoTepl-
T-Nerovno+	[kNm]	319	319	315	313	316	317	NErovnoTepl+
T-Nerovno-	[kNm]	-11	-11	-11	-11	-11	-11	NErovnoTepl-



## 5.7 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ STOJKY PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 2

nosník. č.		pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava					
A	[m <sup>2</sup> ]	3.678	4.942	6.207	7.471	8.736	10.000
I	[m <sup>4</sup> ]	0.663	1.609	3.188	5.560	8.888	13.333
z <sub>h</sub>	[m]	-0.736	-0.988	-1.241	-1.494	-1.747	-2.000
z <sub>d</sub>	[m]	0.736	0.988	1.241	1.494	1.747	2.000
f <sub>ck</sub> =	[MPa]	30	30	30	30	30	30
A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6
n	[-]	0	30	30	38	46	46
A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	0	27709	27709	35098	42487	42487
ztráty	%	0	39.20	33.10	33.30	40.20	39.20
σ <sub>napínací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050
σ <sub>p</sub>	[MPa]	1050	638	702	700	628	638
N <sub>p</sub>	[MN]	0	-17.689	-19.464	-24.581	-26.678	-27.124
N <sub>p</sub>	[MN]	0.266	-17.423	-19.198	-24.315	-26.412	-26.858
N <sub>G</sub>	[MN]	-16.129	-15.958	-15.752	-15.491	-15.183	-14.819
N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.884	-4.884	-4.873	-4.867	-4.874	-4.879
e <sub>p</sub>	[m]	0	-0.060	-0.634	-0.994	-1.382	-1.739
M <sub>p</sub>	[MNm]	0	-1.045	-12.174	-24.174	-36.511	-46.695
M	[MNm]	10.84	16.63	39.74	65.67	96.73	130.30
M <sub>tot</sub>	[MNm]	10.84	15.58	27.57	41.49	60.21	83.61
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-17.7	-17.3	-17.2	-17.1	-17.2	-17.2
σ <sub>d</sub>	[MPa]	6.4	1.8	4.3	5.2	6.5	7.9
0.6*f <sub>ck</sub> =	[MPa]	18	18	18	18	18	18
Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
M <sub>dek</sub>	[MNm]	5.02	12.70	26.41	43.03	59.03	72.04
M <sub>t</sub>	[MNm]	5.023	11.659	14.241	18.860	22.517	25.341
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-11.2	-14.9	-12.0	-11.0	-9.7	-8.5
σ <sub>d</sub>	[MPa]	-0.07	-0.58	-0.87	-0.91	-0.89	-0.85

$$= A_{p1} \cdot n$$

$$= \sigma_{napínací} \cdot (1 - ztráty)$$

$$= \sigma_p \cdot A_p$$

$$= \sigma_p \cdot A_p - Q_{blk}$$

N od všech stálých zatížení

N od LM71

$$= N_p \cdot A_p$$

$$= I / z_h \cdot (-0.6 \cdot f_{ck} \cdot N_p / A) - M_p$$

$$= M + M_p$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I \cdot z_h$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I \cdot z_d$$

$$= N_p \cdot I / z_d / A - M_p - M_{nt} \quad \#$$

$$= M_{dek} + M_p$$

$$= N_p / A + M_t / I \cdot z_h$$

$$= N_p / A + M_t / I \cdot z_d \quad \#$$

největší tahová brzdná síla

Q<sub>blk</sub> 266 kN

- A - plocha betonového průřezu  
 I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení  
 z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
 z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
 f<sub>ck</sub>= - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
 A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
 n - počet předpínacích drátů celkem  
 A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
 ztráty - uvažované ztráty předpětí  
 σ<sub>napínací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
 σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
 N<sub>p</sub> - předpínací síla  
 e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
 M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
 M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
 M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
 σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
 σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
 0.6\*f<sub>ck</sub>= - mezní přípustné napětí  
 M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
 M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
 σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
 σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

Výběr nejméně příznivého napětí / kPa

		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
max	$\sigma_H =$	136	1305	1609	1649	1601	1523 kPa
	$\sigma_D =$	512	970	1275	1335	1308	1252 kPa
min	$\sigma_H =$	-553	-1147	-1414	-1449	-1407	-1338 kPa
	$\sigma_D =$	-117	-1104	-1451	-1519	-1489	-1424 kPa

Moment pro vyrovnání tahu	kNm	(přenásobeno $\psi_{iT_0}$ )				
H	-74	-1275	-2479	-3681	-4887	-6091 kNm
D	-277	948	-1965	-2980	-3994	-5006 kNm
H	299	1120	2179	3235	4295	5352 kNm
D	63	-1079	2236	3390	4545	5696 kNm

pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

obracení? (viz pozn.) NE NE NE NE NE NE

## charakteristická kombinace

	pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
Mtot	299	1120	2179	3235	4295	5352 kNm

## častá kombinace

	pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
Mnt	63	948	2236	3390	4545	5696 kNm

Nsuma	-27466	-34842	-37735	-40056	-41851	-41958 kN
Nprim	-11337	-18885	-21983	-24565	-26668	-27139 kN
Nm=max(N <sub>suma</sub> , N <sub>prim</sub> )	-11337	-18885	-21983	-24565	-26668	-27139 kN
Nplné	0	-29094	-29094	-36853	-44611	-44611 kN
ztráty předpětí	0.000	0.351	0.244	0.333	0.402	0.392 -

Poznámka:

Napětí 0.6 fck v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

Poznámka #

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt. musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže). Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnání tahu - Mnt

obracení průřezu se nikde neprovedlo

## 5.8 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ STOJKY PODLE POŽADAVKŮ MSÚ - 1/5 VÝŠKY

výchozí vnitřní síly - konec životnosti

M	<b>5116.38</b> kNm	summation KZ		
N	<b>-32488.88</b> kN	summation KZ		
Nprim	<b>-17123.83</b> kN	primary KZ	Ecd	<b>9.714286</b> GPa

A	[m <sup>2</sup> ]	4.942	sigH	-9716.3	epsH	-0.001
I	[m <sup>4</sup> ]	1.6093369	sigD	-3431.7	epsD	-0.00035
zh	[m]	-0.9884				
zd	[m]	0.9884				

záporný  
kladný

Beton desky

$f_{ck}$	<b>30</b>	MPa
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17	MPa
$E_c$	9.714	GPa

Předpínací výztuž

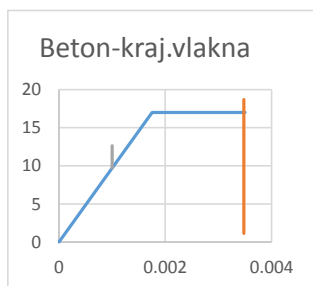
$f_{pk}$	<b>1221.88</b>	MPa
$f_{p0,1k}$	1075.25	MPa
$\gamma_s$	1.15	
$E_p$	195	GPa
$f_{pk}/\gamma_s$	1062.5	MPa
$f_{pd}$	935.0	MPa
A	<b>27708</b>	mm <sup>2</sup>
c	0.0758	m
$e_p$ , odspodu	<b>0.928</b>	m
Počáteční napětí	618.0	MPa
Počáteční přetvoření	0.00317	-
Zb. napětí ve výztuži	444.5	MPa
Zb. síla ve výztuži	12316	kN
Zb. přetvoření výztuže	0.01683	-

Betonářská výztuž

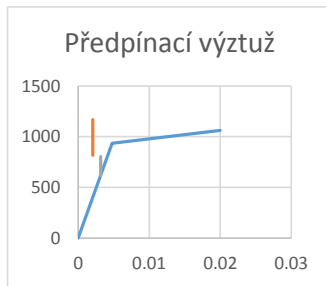
$f_{yk}$	<b>391</b>	MPa
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	340.0	MPa
$E_s$	200	GPa
$\epsilon_{uk}$	40	‰
$\epsilon_{ud}/\epsilon_{uk}$	0.9	
$k=f_t/f_y$	1.08	
Ø výztuže	<b>0</b>	mm
n	<b>10</b>	ks
A	0.0	mm <sup>2</sup>
$c_{nom}$	0.05	m
$e_s$	0.050	m odspod

Návrhové pracovní diagramy

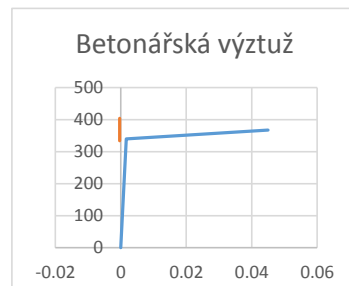
$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.00175	17
0.0035	17



$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.004795	935.0
2.00E-02	1062.5



$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.0017	340.0
4.50E-02	367.2



Výchozí přetvoření

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.001000212	9.7163415
0.001000212	12.631244

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.003169	618.0
0.003169	803.413

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0	0

Výsledná přetvoření

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.003478572	18.7
0.003478572	1.1333333

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.002058	1168.8
0.002058	817.308

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
-0.000335	403.92
-0.000335	333.81818

Beton		
$\epsilon_{\text{průměr}} =$		
$\sigma_{c, \text{max}, \text{res}} =$	17.00	MPa
$F_c =$	26.12	MN
$e_c =$	1.30	

0

Předpínací	
$F_p =$	-6.002 MN

 $\Delta F_{TD} =$  15 kN

iterace 2	-0.066
-----------	--------

Betonářská výztuž		
$\epsilon =$	-0.000335	-
$\sigma_s =$	-66.93433	MPa
	340.0	MPa
	340	MPa
max	340.0	MPa
$F_s =$	0.00	MN

x 1.9 m vzdálenost N.O. od horních vláken

		$\Delta \epsilon$	$\Delta \epsilon_{\text{ini}}$	$\epsilon_{\text{suma}}$		
horní vlákna	1.9768	-0.002478	-0.001	-0.00348	beton	OK
	0.0768	0		0		
	1.6	-0.001987	-0.000877	-0.00286		
tež.předp	0.928	-0.001111	0.003169	0.002058	předpín	OK
tež.výzt	0.050	3.496E-05	-0.00037	-0.00033	betonářs	OK
dolní vlákna	0	0.0001002	-0.000353	-0.00025		

$F_p + F_s$	-	$F_c =$	-32.12013 MN	
$F_p + F_s =$	-6.00	$F_c =$	26.12 MN	NEVYHOV (je v pořádku, ve stojce je tlaková síla)
$M_{Rd, \text{res}} =$	39.544			

ep, těžiště	0.060 m	vzdálenost těžiště předpínací výztuže od těžiště průřezu
$M_{p, \text{prim}} = e_p \cdot N_{\text{prim}}$	-1.027 MNm	primární účinky předpětí na konci životnosti (ohybový moment)
$M_g$ , vše $M_{\text{sumKZ}} - M_{p, \text{prim}}$	6.144 MNm	veškerá stálá zatížení kromě primárních účinků předpětí na konci životnosti (ohybový moment)

$M_{Rd} =$	$M_g$ , vše + $M_{Rd, \text{res}} + M_{\text{sumKZ}} =$	50.804 MNm	*
z =		-6.589 m	výsledné celkové rameno vnitřních sil

hledání řešení x, aby byla splněna podmínka  $F_c = F_s$ 

pokud se nedosáhne mezního přetvoření některého z materiálů, zvětšuje se součinitel iterace 2

\* protože zatížení stálá jsou brána jako zatížení v mezním stavu únosnosti s příslušnými součiniteli zatížení, musí se tato zatížení přičíst i zde na levou stranu rovnice se součiniteli zatížení rovnými 1

## 5.9 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ STÓJKA PODLE POŽADAVKŮ MSÚ - HLAVA STÓJKY (NEJŠIRŠÍ MÍSTO)

výchozí vnitřní síly - konec životnosti

M	-5515.98	kNm	summation KZ		
N	-42239	kN	summation KZ		
Nprim	-28027.95	kN	primary KZ	Ecd	9.714286 GPa

A	[m <sup>2</sup> ]	10	sigH	-3396.5	epsH	-0.00035
I	[m <sup>4</sup> ]	13.333333	sigD	-5051.3	epsD	-0.00052
zh	[m]	-2	záporný			
zd	[m]	2	kladný			

Beton desky

$f_{ck}$	30	MPa
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17	MPa
$E_c$	9.714	GPa

Předpínací výztuž

$f_{pk}$	1221.88	MPa
$f_{p0.1k}$	1075.25	MPa
$\gamma_s$	1.15	
$E_p$	195	GPa
$f_{pk}/\gamma_s$	1062.5	MPa
$f_{pd}$	935.0	MPa
A	42485.6	mm <sup>2</sup>
c	0.0758	m
$e_p$ , odspodu	0.261	m
Počáteční napětí	659.7	MPa
Počáteční přetvoření	0.00338	-
Zb. napětí ve výztuži	402.8	MPa
Zb. síla ve výztuži	17113	kN
Zb. přetvoření výztuže	0.01662	-

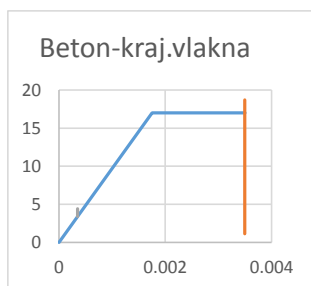
Betonářská výztuž

$f_{yk}$	391	MPa
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	340.0	MPa
$E_s$	200	GPa
$\epsilon_{uk}$	40	‰
$\epsilon_{ud}/\epsilon_{uk}$	0.9	
$k=f_t/f_y$	1.08	
$\varnothing$ výztuže	0	mm
n	10	ks
A	0.0	mm <sup>2</sup>
$c_{nom}$	0.05	m
$e_s$	0.050	m odspod

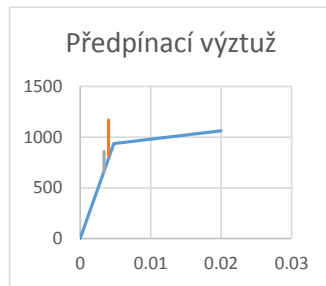
Počáteční přetvoření bet. Průřezu	z[m]	$\epsilon_{ini}$ [-]
	4	-0.00035
		0
		0
	0	-0.00052

Návrhové pracovní diagramy

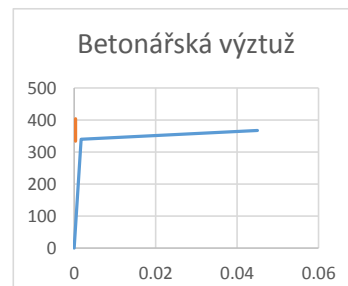
$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.00175	17
0.0035	17



$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.004795	935.0
2.00E-02	1062.5



$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0.0017	340.0
4.50E-02	367.2



Výchozí přetvoření

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.00034964	3.396503
0.00034964	4.4154539

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.003383	659.7
0.003383	857.616

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0	0
0	0

Výsledná přetvoření

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.003495515	18.7
0.003495515	1.1333333

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.004031	1168.8
0.004031	817.308

$\epsilon$ / -	$\sigma$ / MPa
0.0003447	403.92
0.0003447	333.81818

Beton		
$\varepsilon_{\text{průměr}} =$		
$\sigma_{c, \text{max}, \text{res}} =$	17.00	MPa
$F_c =$	47.55	MN
$e_c =$	2.83	

0

Předpínací	
$F_p =$	5.369 MN

 $\Delta F_{TD} =$  15 kN

iterace 2	0.039
-----------	-------

Betonářská výztuž	
$\varepsilon =$	0.0003447 -
$\sigma_s =$	68.944297 MPa
	340.0 MPa
	340 MPa
max	340.0 MPa
$F_s =$	0.00 MN

x 3.1 m vzdálenost N.O. od horních vláken

	$\Delta \varepsilon$	$\Delta \varepsilon_{\text{ini}}$	$\varepsilon_{\text{suma}}$	
horní vlákna	4 -0.003146	-0.00035	-0.0035	beton OK
	0.9 0		0	
	1.6 -0.00071	-0.000452	-0.00116	
tež.předp	0.261 0.0006481	0.003383	0.004031	předpín OK
tež.výzt	0.050 0.0008626	-0.000518	0.000345	betonářs OK
dolní vlákna	0 0.0009133	-0.00052	0.000393	

$F_p + F_s$	-	$F_c =$	-42.17917 MN	
$F_p + F_s =$	5.37	$F_c =$	47.55 MN	NEVYHOVUJE (je v pořádku, ve stojce je tlaková síla)
$M_{Rd, \text{res}} =$	132.956			

ep, těžiště	1.739 m	vzdálenost těžiště předpínací výztuže od těžiště průřezu
$M_{p, \text{prim}} = e_p \cdot N_{\text{prim}}$	-48.730 MNm	primární účinky předpětí na konci životnosti (ohybový moment)
$M_g, \text{vše } M_{\text{sumKZ}} - M_{p, \text{prim}}$	43.214 MNm	veškerá stálá zatížení kromě primárních účinků předpětí na konci životnosti (ohybový moment)

$M_{Rd} = M_{g, \text{vše}} + M_{Rd, \text{res}} + M_{\text{sumKZ}} =$	170.654 MNm	*
z=	24.764 m	výsledné celkové rameno vnitřních sil

hledání řešení x, aby byla splněna podmínka  $F_c = F_s$   
pokud se nedosáhne mezního přetvoření některého z materiálů, zvětšuje se součinitel iterace 2

\* protože zatížení stálá jsou brána jako zatížení v mezním stavu únosnosti s příslušnými součiniteli zatížení, musí se tato zatížení přičíst i zde na levou stranu rovnice se součiniteli zatížení rovnými 1

## 5.10 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI STOJKY – OHYB+NORMÁLOVÁ SÍLA – POLE 2

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M	
Posuzovaný průřez		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	Název zat. stavu v Midasu
g0	[kNm]	56	5827	11869	18076	24485	31046	sw
suma stálé	[kNm]	-235	5404	2186	-467	-3166	-4334	summation
prim. předp.	[kNm]	-276	-3606	-15695	-27485	-39497	-50252	Tendon primary
CS, TD, Ps	[kNm]	-34	-526	-1438	-2244	-3082	-3765	=suma stálé-prim-g-g0
g	[kNm]	19	3709	7450	11186	14927	18638	os
LM71+	[kNm]	21.8	4592.6	9217.5	13834.9	18458.7	23054.1	kolej1(max) kolej2(max)
LM71-	[kNm]	-0.1	-404.7	-804.4	-1200.2	-1598.0	-2003.8	kolej1(min) kolej2(min)
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0	odstrediva
Brzdná	[kNm]	1.0	511.9	1026.3	1539.7	2053.9	2566.1	brzdna
Vítr	[kNm]	-8.3	-162.5	-331.1	-505.1	-676.4	-837.3	vitr
Boční ráz	[kNm]	-0.8	-19.8	-40.3	-61.1	-81.8	-101.5	bocniRaz
T-rovno+	[kNm]	1.1	1723.5	3453.3	5178.8	6907.2	8632.1	rovnoTepl+
T-rovno-	[kNm]	-1.2	-1961.2	-3929.6	-5893.1	-7859.9	-9822.7	rovnoTepl-
T-Nerovno+	[kNm]	-0.8	-1246.9	-2498.3	-3746.6	-4997.0	-6244.9	NErovnoTepl+
T-Nerovno-	[kNm]	0.0	41.4	82.9	124.3	165.8	207.1	NErovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21	0.6	501.95	1006.19	1509.15	2013	2515.365
gr22	-0.27	236.125	472.89	708.72	945.135	1181.55
gr23	0.98	511.85	1026.32	1539.72	2053.91	2566.12
gr24	0.49	255.925	513.16	769.86	1026.955	1283.06
gr26	-0.38	-9.9	-20.135	-30.57	-40.91	-50.755
gr27	-0.76	-19.8	-40.27	-61.14	-81.82	-101.51

bez svislých účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003  
 $\Phi_3$  [-]: 1.050

Z <sub>LM71</sub> [-]:	0.913	MSP, MSU
	3.731	MSU

souč. kombinace:

$\Psi_{Q,LM71}$	0.8
-----------------	-----

$\xi$	0.85
-------	------

$\Psi_{t0}$	0.6	teplota
$\Psi_{t1}$	0.6	

rok výstavby

1978

2020 - 1978 =

42

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q,LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75	vítr
$\Psi_{w1}$	0.5	

pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

M <sub>Rd</sub> =	50804.4	80766.8	110729.2	140691.6	170653.9	
M <sub>Live 6.10a</sub> [kNm] =	38723.3	56789.5	74516.04	92010.3	109138.5	= MRd - $\gamma_G(g_0+g+s)$ - $\gamma_{Q,LM71} \cdot \max(\text{gr21:gr27}) \cdot \psi_{71}$ - $\gamma_{Qw} \cdot \text{vitr} \cdot \psi_W$
M <sub>Live 6.10b</sub> [kNm] =	40347.2	60009.4	79384.2	98560.8	117425.5	= MRd - $\xi \cdot \gamma_G(g_0+g+s)$ - $\gamma_{Q,LM71} \cdot \max(\text{gr21:gr27}) \cdot \psi_{71}$ - $\gamma_{Qw} \cdot \text{vitr} \cdot \psi_W$
M <sub>Vna</sub> [kNm] =	29787.1	43684.2	57320.0	70777.2	83952.7	= M <sub>Live 6.10a</sub> / $\gamma_{Q,LM71}$
M <sub>Vnb</sub> [kNm] =	31036.3	46161.1	61064.8	75816.0	90327.3	= M <sub>Live 6.10b</sub> / $\gamma_{Q,LM71}$
Z <sub>LM71, 6.10a</sub> [-] =	7.721	5.642	4.932	4.565	4.335	= M <sub>Vna</sub> / $\delta$ / M <sub>LM71</sub> / $\psi_{Q,LM71}$
Z <sub>LM71, 6.10b</sub> [-] =	6.436	4.770	4.204	3.912	3.731	= M <sub>Vnb</sub> / $\delta$ / M <sub>LM71</sub>

#### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

M <sub>Max</sub> =	16626.2	39742.4	65667.8	96725.6	130304.9	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.14b)
M <sub>Live</sub> =	7328.3	21288.8	37797.0	59258.9	82961.2	= M <sub>Max</sub> - (g <sub>0</sub> + g + s) - max(gr21:gr27) - vitr * $\psi_W$
Z <sub>LM71, 6.14b</sub> [-] =	1.591	2.302	2.723	3.200	3.587	= M <sub>Live</sub> / $\delta$ / M <sub>LM71</sub>
	D	E	G	I	L	

#### MSP - ČASTÁ KOMBINACE

M <sub>Max</sub> =	12704.5	26414.7	43033.7	59027.9	72036.0	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$ (6.15b)
M <sub>Live</sub> =	3366.0	7878.3	15036.6	21392.1	24482.9	= M <sub>Max</sub> - (g <sub>0</sub> + g + s) - max(gr21:gr27) * $\psi_{71}$ - vitr * $\psi_W$
M <sub>Vn</sub> =	4207.5	9847.9	18795.8	26740.2	30603.6	= M <sub>Live</sub> / $\psi_{Q,LM71}$
Z <sub>LM71, 6.15b</sub> [-] =	0.913	1.065	1.354	1.444	1.323	= M <sub>Vn</sub> / $\delta V_n$ / M <sub>LM71</sub>

## Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků

T-Nerovno+	$\sigma_H = \text{sec}$	87.625	830.33	1023.6	1048.8	1018.4	968.47	T-Nerovno+
	$\sigma_0 = \text{sec}$	85.895	-701.21	-922.06	-964.93	-946.14	-905	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H = \text{sec}$	-3.1359	-27.705	-34.087	-34.898	-33.874	-32.205	T-Nerovno-
	$\sigma_0 = \text{sec}$	-3.0694	23.087	30.452	31.895	31.289	29.935	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H = \text{prim}$	-4420	-4420	-4420	-4420	-4420	-4420	T-Nerovno+
	$\sigma_0 = \text{prim}$	-850	-850	-850	-850	-850	-850	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H = \text{prim}$	2856	2856	2856	<b>2856</b>	2856	2856	T-Nerovno-
	$\sigma_0 = \text{prim}$	2210	2210	2210	2210	2210	2210	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
T-rovno+	$\sigma_H =$	-119.59	-1146.6	-1414	-1449	-1407	-1338.1	T-rovno+
	$\sigma_0 =$	-117.26	970.39	1275.4	1334.5	1308.4	1251.5	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H =$	136.08	1304.8	1609	1648.8	1601.1	1522.7	T-rovno-
	$\sigma_0 =$	133.44	-1104.2	-1451.4	-1518.6	-1488.9	-1424.1	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H =$	-511	1070	1170	1160	1100	511	T-Nerovno+
	$\sigma_0 =$	512	-941	-1080	-1090	-1050	-512	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H =$	14.8	-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	-14.8	T-Nerovno-
	$\sigma_0 =$	-14.9	28.8	33.4	34	32.8	14.9	T-Nerovno-

StressMidas / [kPa]					
pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
-511	1070	1170	1160	1100	511
512	-941	-1080	-1090	-1050	-512
14.8	-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	-14.8
-14.9	28.8	33.4	34	32.8	14.9

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H =$	-552.86	668.68	675.1	652.86	607.54	42.659	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_0 =$	470.96	-601.36	-633.6	-622.92	-592.05	-73.975	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H =$	-502.84	-344.14	-536.51	-578.98	-582.03	-954.87	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_0 =$	266.74	264.64	465.43	517.02	520.94	867.5	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5                      1                      3                      2

Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H =$	136.08	1304.8	1609	<b>1648.8</b>	1601.1	1522.7
	$\sigma_0 =$	512	970.39	1275.4	1334.5	1308.4	1251.5
min	$\sigma_H =$	-552.86	-1146.6	-1414	-1449	-1407	-1338.1
	$\sigma_0 =$	-117.26	-1104.2	-1451.4	-1518.6	-1488.9	-1424.1





**5.11 TABULKA NORMÁLOVÝCH SIL – RÁMOVÉ STOJKY – POLE 3**

NK - stojka

Vnitřní síla		N	N	N	N	N	N	Název zat. stavu v Midasu
Posuzovaný průřez		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
g0	[kNm]	-12166	-11994	-11758	-11483	-11182	-10833	sw
suma stálé	[kNm]	-26798	-32192	-32703	-37340	-41741	-41829	summation
prim. předp.	[kNm]	-11598	-17163	-17897	-22759	-27490	-27953	Tendon primary
CS, TD, Ps	[kNm]	1270	1270	1245	1189	1225	1256	=suma stálé-prim-g-g0
g	[kNm]	-4304	-4304	-4293	-4287	-4294	-4300	os
LM71+	[kNm]	10	10	10	10	10	10	kolej1(max)      kolej2(max)
LM71-	[kNm]	-4884	-4884	-4873	-4867	-4874	-4879	kolej1(min)      kolej2(min)
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0	odstrediva
Brzdná	[kNm]	266	266	265	264	265	265	brzdna
Vítr	[kNm]	1538	1538	1539	1538	1539	1539	vitr
Boční ráz	[kNm]	146	146	146	146	146	146	bocniRaz
T-rovno+	[kNm]	-436	-436	-430	-428	-431	-433	rovnoTepl+
T-rovno-	[kNm]	496	496	489	487	490	493	rovnoTepl-
T-Nerovno+	[kNm]	319	319	315	313	316	317	NErovnoTepl+
T-Nerovno-	[kNm]	-11	-11	-11	-11	-11	-11	NErovnoTepl-

## 5.12 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ STOJKY PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 3

nosník. č.		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
A	[m <sup>2</sup> ]	3.678	4.942	6.207	7.471	8.736	10.000
I	[m <sup>4</sup> ]	0.663	1.609	3.188	5.560	8.888	13.333
z <sub>h</sub>	[m]	-0.736	-0.988	-1.241	-1.494	-1.747	-2.000
z <sub>d</sub>	[m]	0.736	0.988	1.241	1.494	1.747	2.000
f <sub>ck</sub>	[MPa]	30	30	30	30	30	30
A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6
n	[-]	0	30	30	38	46	46
A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	0	27709	27709	35098	42487	42487
ztráty	%	0	41.10	38.40	38.10	38.30	37.20
σ <sub>napínací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050
σ <sub>p</sub>	[MPa]	1050	618	647	650	648	659
N <sub>p</sub>	[MN]	0	-17.137	-17.922	-22.812	-27.525	-28.016
N <sub>p</sub>	[MN]	0.304	-16.833	-17.618	-22.508	-27.221	-27.712
N <sub>G</sub>	[MN]	-16.129	-15.958	-15.752	-15.491	-15.183	-14.819
N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.884	-4.884	-4.873	-4.867	-4.874	-4.879
e <sub>p</sub>	[m]	0	-0.060	-0.634	-0.994	-1.382	-1.739
M <sub>p</sub>	[MNm]	0	-1.010	-11.172	-22.378	-37.630	-48.180
M	[MNm]	10.53	17.29	40.19	65.77	98.53	131.32
M <sub>tot</sub>	[MNm]	10.53	16.28	29.02	43.40	60.90	83.14
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-17.3	-17.6	-17.5	-17.4	-17.4	-17.2
σ <sub>d</sub>	[MPa]	6.0	2.4	5.1	5.9	6.6	7.7
0.6*f <sub>ck</sub>	[MPa]	18	18	18	18	18	18
Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
M <sub>dek</sub>	[MNm]	5.08	12.83	25.58	41.39	61.84	75.44
M <sub>t</sub>	[MNm]	5.077	11.815	14.406	19.010	24.209	27.260
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-11.3	-14.9	-11.8	-10.8	-10.2	-8.8
σ <sub>d</sub>	[MPa]	0	-0.37	-0.55	-0.63	-0.65	-0.65

- A - plocha betonového průřezu  
I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení  
z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
f<sub>ck</sub> - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
n - počet předpínacích drátů celkem  
A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
ztráty - uvažované ztráty předpětí  
σ<sub>napínací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
N<sub>p</sub> - předpínací síla  
e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
0.6\*f<sub>ck</sub> - mezní přípustné napětí
- M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

$$= A_{p1} * n$$

$$= \sigma_{napínací} * (1 - ztráty)$$

$$= \sigma_p * A_p$$

$$= \sigma_p * A_p - Q_{blk}$$

N od všech stálých zatížení

$$= N_p * A_p$$

$$= I / z_h * (-0.6 * f_{ck} - N_p / A) - M_p$$

$$= M + M_p$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_d$$

$$= N_p * I / z_d / A - M_p - M_{nt} \quad \#$$

$$= M_{dek} + M_p$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_d \quad \#$$

největší tahová brzdná síla

$$Q_{blk} = 304 \text{ kN}$$

**Poznámky - viz následující strana**

Výběr nejméně příznivého napětí / kPa

		1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
max	$\sigma_H =$	1305	1609	1649	1601	1523 kPa
	$\sigma_D =$	970	1275	1335	1308	1636 kPa
min	$\sigma_H =$	-1147	-1414	-1449	-1407	-1721 kPa
	$\sigma_D =$	-1104	-1451	-1519	-1489	-1424 kPa

Moment pro vyrovnaní tahu kNm (přenásobeno  $\psi_{T_0}$ )

H	-706	-1572	-2541	-3575	-4648 kNm
D	-525	-1246	-2056	-2921	-4992 kNm
H	620	1381	2233	3141	5254 kNm
D	597	1418	2340	3324	4347 kNm

1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

obracení? (viz pozn.) NE NE NE NE NE

charakteristická kombinace

	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
M <sub>tot</sub>	620	1381	2233	3141	5254 kNm

častá kombinace

	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
M <sub>nt</sub>	597	1418	2340	3324	4347	0 kNm

N <sub>suma</sub>	-26798	-32192	-32703	-37340	-41741	-41829 kN
N <sub>prim</sub>	-11598	-17163	-17897	-22759	-27490	-27953 kN
N <sub>m</sub> =max(N <sub>suma</sub> , N <sub>prim</sub> )	-11598	-17163	-17897	-22759	-27490	-27953 kN
N <sub>plné</sub>	0	-29094	-29094	-36853	-44611	-44611 kN
ztráty předpětí		0.410	0.385	0.382	0.384	0.373 -

**Poznámka:**

Napětí  $0.6 f_{ck}$  v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

**Poznámka #**

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže). Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnaní tahu - M<sub>nt</sub>

obracení průřezu se nikde neprovedlo

## 5.13 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI STOJKY – OHYB+NORMÁLOVÁ SÍLA – POLE 3

Vnitřní síla	M	M	M	M	M	M
Posuzovaný průřez	pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
g0	[kNm]	56	5827	11869	18076	24485
suma stálé	[kNm]	-2812	3948	4007	-2019	-9626
prim. předp.	[kNm]	-2747	-3415	-10749	-24328	-39595
CS, TD, Ps	[kNm]	-140	-2174	-4563	-6952	-9444
g	[kNm]	18.7	3708.6	7449.7	11186.2	14927.4
LM71+	[kNm]	21.8	4592.6	9217.5	13834.9	18458.7
LM71-	[kNm]	-0.1	-652.1	-1298.5	-1941.2	-2585.7
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	1.0	-511.9	-1026.3	-1539.7	-2053.9
Vítr	[kNm]	-8.3	-162.5	-331.1	-505.1	-676.4
Boční ráz	[kNm]	-0.8	19.8	40.3	61.1	81.8
T-rovno+	[kNm]	1.1	1723.5	3453.3	5178.8	6907.2
T-rovno-	[kNm]	-1.2	-1961.2	-3929.6	-5893.1	-7859.9
T-Nerovno+	[kNm]	-0.8	-1246.9	-2498.3	-3746.6	-4997.0
T-Nerovno-	[kNm]	0.0	41.4	82.9	124.3	165.8

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation (vč. rozpírání)

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max)

kolej1(min)

odstředivá

brzdná

vitr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NerovnoTepl+

NerovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21	0.6	-501.95	-1006.19	-1509.15	-2013	-2515.37
gr22	-0.27	-236.125	-472.89	-708.72	-945.135	-1181.55
gr23	0.98	-511.85	-1026.32	-1539.72	-2053.91	-2566.12
gr24	0.49	-255.925	-513.16	-769.86	-1026.96	-1283.06
gr26	-0.38	9.9	20.135	30.57	40.91	50.755
gr27	-0.76	19.8	40.27	61.14	81.82	101.51

bez vlivných účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.050

$Z_{LM71}$ [-]:	1.481	MSP, MSU
	4.111	MSU

souč. kombinace:

$\psi_{Q, LM71}$	0.8
------------------	-----

$\xi$	0.85
-------	------

$\psi_{t0}$	0.6
$\psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1978

2020 - 1978 =

42

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q, LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\psi_{w0}$	0.75
$\psi_{w1}$	0.5

vítr

pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$M_{Rd}$	50804.4	80766.8	110729.2	140691.6	170653.9	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$
$M_{Live, 6.10a}$ [kNm]	41377.7	61877.31	82174.65	102332.3	121978.4	$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$
$M_{Live, 6.10b}$ [kNm]	42808.1	64744.3	86509.1	108154.8	129364.6	$= M_{Rd} - \gamma_G (g_0 + g + s) - \gamma_{Q,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1} \quad (6.14b)$
$M_{Vna}$ [kNm]	31829.0	47597.9	63211.3	78717.1	93829.5	$= M_{Live, 6.10a} / \psi_{Q, LM71}$
$M_{Vnb}$ [kNm]	32929.3	49803.3	66545.5	83196.0	99511.3	$= M_{Live, 6.10b} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-]	8.251	6.147	5.439	5.077	4.845	$= M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-]	6.829	5.146	4.581	4.293	4.111	$= M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$

#### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$M_{Max}$	17285.3	40191.6	65773.7	98526.6	131318.8	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$
$M_{Live}$	10029.3	25651.7	43794.2	69000.0	93851.9	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) - \psi_{0,1} Q_{k,1} - \psi_{0,1} Q_{k,1}$
$Z_{LM71, 6.14b}$ [-]	2.080	2.650	3.015	3.560	3.877	$= M_{Live} / \delta / M_{LM71}$

#### MSP - ČÁSTÁ KOMBINACE

$M_{Max}$	12825.0	25577.4	41387.8	61839.1	75440.2	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$
$M_{Live}$	5528.4	10954.7	19282.0	32143.3	37763.9	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) - \psi_{0,1} Q_{k,1} - \psi_{0,1} Q_{k,1}$
$M_{Vn}$	6910.5	13693.4	24102.5	40179.1	47204.9	$= M_{Live} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.15b}$ [-]	1.500	1.481	1.737	2.170	2.041	$= M_{Vn} / \delta Vn / M_{LM71}$

**Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků**

T-Nerovno+	$\sigma_H=sec$	830.33	1023.6	1048.8	1018.4	968.47	T-Nerovno+
	$\sigma_D=sec$	-701.21	-922.06	-964.93	-946.14	-905	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=sec$	-27.705	-34.087	-34.898	-33.874	-32.205	T-Nerovno-
	$\sigma_D=sec$	23.087	30.452	31.895	31.289	29.935	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=prim$	-4381	-4381	-4381	-4381	-4381	T-Nerovno+
	$\sigma_D=prim$	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=prim$	2830.8	2830.8	2830.8	2830.8	2830.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=prim$	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
T-rovno+	$\sigma_H=$	-1146.6	-1414	-1449	-1407	-1338.1	T-rovno+
	$\sigma_D=$	970.39	1275.4	1334.5	1308.4	1251.5	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H=$	1304.8	1609	1648.8	1601.1	1522.7	T-rovno-
	$\sigma_D=$	-1104.2	-1451.4	-1518.6	-1488.9	-1424.1	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=$	1070	1170	1160	1100	-511	T-Nerovno+
	$\sigma_D=$	-941	-1080	-1090	-1050	512	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=$	-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	14.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	28.8	33.4	34	32.8	-14.9	T-Nerovno-

StressMidas

1070	1170	1160	1100	-511	1020
-941	-1080	-1090	-1050	512	-985
-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	14.8	-32
28.8	33.4	34	32.8	-14.9	30.7
1/5 výš.	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H=$	668.68	675.1	652.86	607.54	-979.34	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-601.36	-633.6	-622.92	-592.05	950.03	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-344.14	-536.51	-578.98	-582.03	-1721.4	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	264.64	465.43	517.02	520.94	1635.5	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5 4 3 2 1

Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H=$	1304.8	1609	1648.8	1601.1	1522.7
	$\sigma_D=$	970.39	1275.4	1334.5	1308.4	1635.5
min	$\sigma_H=$	-1146.6	-1414	-1449	-1407	-1721.4
	$\sigma_D=$	-1104.2	-1451.4	-1518.6	-1488.9	-1424.1

**5.14 TABULKA NORMÁLOVÝCH SIL – POLE 5**

NK - stojka

Vnitřní síla		N	N	N	N	N	N	Název zat. stavu v Midasu
Posuzovaný průřez		pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
g0	[kN]	-12035	-11867	-11666	-11413	-11100	-10740	sw
suma stálé	[kN]	-28227	-34257	-34728	-39954	-44912	-45037	summation
prim. předp.	[kN]	-12874	-19071	-19738	-25214	-30488	-30975	Tendon primary
CS, TD, Ps	[kN]	976	976	977	980	977	976	=suma stálé-prim-g-g0
g	[kN]	-4294	-4294	-4302	-4307	-4301	-4297	os
LM71+	[kN]	9	9	9	9	9	9	kolej1(max) kolej2(max)
LM71-	[kN]	-4871	-4871	-4880	-4884	-4879	-4875	kolej1(min) kolej2(min)
Odstředivá	[kN]	0	0	0	0	0	0	odstrediva
Brzdná	[kN]	265	265	266	267	266	265	brzdna
Vítr	[kN]	1559	1559	1558	1559	1559	1558	vitř
Boční ráz	[kN]	148	148	148	148	148	148	bocniRaz
T-rovno+	[kN]	-427	-427	-431	-433	-431	-429	rovnoTepl+
T-rovno-	[kN]	486	486	491	493	490	488	rovnoTepl-
T-Nerovno+	[kN]	317	317	320	321	319	318	NErovnoTepl+
T-Nerovno-	[kN]	-11	-11	-11	-12	-11	-11	NErovnoTepl-

## 5.15 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ STOJKY PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 5

nosník. č.		pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava							
A	[m <sup>2</sup> ]	3.678	4.942	6.207	7.471	8.736	10.00		
I	[m <sup>4</sup> ]	0.663	1.609	3.188	5.560	8.888	13.33		
z <sub>h</sub>	[m]	-0.736	-0.988	-1.241	-1.494	-1.747	-2.000		
z <sub>d</sub>	[m]	0.736	0.988	1.241	1.494	1.747	2.000		
f <sub>ck</sub> =	[MPa]	30	30	30	30	30	30		
A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6		
n	[-]	0	30	30	38	46	46		
A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	0	27709	27709	35098	42487	42487	= A <sub>p1</sub> * n	
ztráty	%	0	35.90	33.10	33.30	32.00	31.00		
σ <sub>napínací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050		
σ <sub>p</sub>	[MPa]	1050	673	702	700	714	725	= σ <sub>napínací</sub> * (1 - ztráty)	
N <sub>p</sub>	[MN]	0	-18.65	-19.46	-24.58	-30.34	-30.78	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub>	
N <sub>p</sub>	[MN]	0.266	-18.38	-19.20	-24.31	-30.07	-30.52	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub> - Q <sub>blik</sub>	
N <sub>G</sub>	[MN]	-16.13	-15.96	-15.75	-15.49	-15.18	-14.82	N od všech stálých zatížení	
N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.884	-4.884	-4.873	-4.867	-4.874	-4.879		
e <sub>p</sub>	[m]	0	-0.060	-0.634	-0.994	-1.382	-1.739		
M <sub>p</sub>	[MNm]	0	-1.103	-12.17	-24.17	-41.57	-53.05	= N <sub>p</sub> * A <sub>p</sub>	
Charakteristická kombinace	M	[MNm]	9.90	16.24	39.60	65.51	99.47	134.5	= I/z <sub>h</sub> * (-0.6*f <sub>ck</sub> -N <sub>p</sub> /A)-M <sub>p</sub>
	M <sub>tot</sub>	[MNm]	9.90	15.14	27.43	41.33	57.91	81.42	= M + M <sub>p</sub>
	σ <sub>h</sub>	[MPa]	-16.6	-17.2	-17.1	-17.1	-17.1	-17.2	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>h</sub>
	σ <sub>d</sub>	[MPa]	5.3	1.4	4.3	5.1	5.6	7.2	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>d</sub>
	0.6*f <sub>ck</sub> =	[MPa]	18	18	18	18	18	18	
	OK?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO		
Častá kombinace	M <sub>dek</sub>	[MNm]	4.17	13.11	26.64	43.31	66.55	80.72	= N <sub>p</sub> * I / z <sub>d</sub> / A-M <sub>p</sub> - M <sub>nt</sub> #
	M <sub>t</sub>	[MNm]	4.167	12.004	14.468	19.140	24.984	27.663	= M <sub>dek</sub> + M <sub>p</sub>
	σ <sub>h</sub>	[MPa]	-10.3	-15.3	-12.1	-11.1	-10.6	-9.2	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>h</sub>
	σ <sub>d</sub>	[MPa]	-1.02	-0.56	-0.78	-0.84	-0.83	-0.87	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>d</sub> #

největší tahová brzdná síla

Q<sub>blik</sub> 266 kN

- A - plocha betonového průřezu  
 I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení  
 z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
 z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
 f<sub>ck</sub>= - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
 A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
 n - počet předpínacích drátů celkem  
 A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
 ztráty - uvažované ztráty předpětí  
 σ<sub>napínací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
 σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
 N<sub>p</sub> - předpínací síla  
 e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
 M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
 M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
 M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
 σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
 σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
 0.6\*f<sub>ck</sub>= - mezní přípustné napětí  
 M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
 M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
 σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
 σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

Výběr nejméně příznivého napětí / kPa

		1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
max	$\sigma_H =$	1449	1713	1731	1668	1453 kPa
	$\sigma_D =$	821	1146	1224	1212	1277 kPa
min	$\sigma_H =$	-1273	-1506	-1521	-1466	-1277 kPa
	$\sigma_D =$	-941	-1304	-1393	-1379	-1453 kPa

Moment pro vyrovnání tahu	kNm	(přenásobeno $\psi_{IT_0}$ )			
H	-1415	-2640	-3865	-5091	-5812 kNm
D	-802	-1766	-2733	-3698	-5109 kNm
H	1244	2320	3397	4474	5107 kNm
D	919	2009	3111	4208	5813 kNm

1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

obracení? (viz pozn.) NE NE NE NE NE

## charakteristická kombinace

	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
Mtot	1244	2320	3397	4474	5107 kNm

## častá kombinace

	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
Mnt	919	2009	3111	4208	5813 kNm

Nsuma	-28227	-34257	-34728	-39954	-44912	-45037 kN
Nprim	-12874	-19071	-19738	-25214	-30488	-30975 kN
Nm=max(N <sub>suma</sub> , N <sub>prim</sub> )	-12874	-19071	-19738	-25214	-30488	-30975 kN
Nplné	0	-29094	-29094	-36853	-44611	-44611 kN
ztráty předpětí		0.345	0.322	0.316	0.317	0.306 -

**Poznámka:**

Napětí 0.6 fck v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení, proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

**Poznámka #**

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže). Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnání tahu - Mnt

**P2+ a P2-**

označuje, že průřez je posouzen na kladný i záporný moment

**P3 a P3**

Označuje, že průřez je posouzen na záporný moment, u průřezů posouzených na záporný moment se průřez otočí (zh se zamění za zd) a posoudí se jako na kladný ohybový moment.

Hodnoty, které se nepoužijí, jsou v tabulce přeškrtnuty.

V tabulce vnitřních sil jsou vnitřní síly u průřezů posouzených na záporný ohybový moment otočena znaménka.



## 5.16 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI STOJKY – OHYB+NORMÁLOVÁ SÍLA – POLE 5

Vnitřní síla	M	M	M	M	M	M
Posuzovaný průřez	pata	1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava
g0	[kNm]	-41.2	5750.5	11572.2	17563.7	23746.8
suma stálé	[kNm]	-3168.2	3516.3	2492.2	-5545.6	-15403.7
prim. předp.	[kNm]	-2976.9	-3579.6	-11543.4	-26544.0	-43461.9
CS, TD, Ps	[kNm]	-136.3	-2333.7	-4869.3	-7556.3	-10333.4
g	[kNm]	-13.8	3679.2	7332.7	10991.0	14644.8
LM71+	[kNm]	0.3	4564.1	9102.6	13648.3	18188.1
LM71-	[kNm]	-14.8	660.5	-1225.5	-1993.2	-2659.7
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	-0.7	-512.5	-1022.8	-1534.2	-2044.8
Vítr	[kNm]	6.3	-152.6	-300.6	-444.4	-590.2
Boční ráz	[kNm]	0.6	18.8	37.1	55.1	73.3
T-rovno+	[kNm]	-0.7	1705.0	3404.9	5108.5	6809.6
T-rovno-	[kNm]	0.8	-1940.2	-3874.5	-5813.1	-7748.9
T-Nerovno+	[kNm]	0.5	-1247.1	-2490.5	-3736.5	-4980.8
T-Nerovno-	[kNm]	-0.0	41.2	82.2	123.4	164.5

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max) kolej2(max)

kolej1(min) kolej2(min)

odstředivá

brzdná

vítr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NERovnoTepl+

NERovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředí	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21		-0.41	-503.06	-1004.28	-1506.6	-2008.17	-2510.87
gr22		0.23	-237.415	-474.29	-711.95	-949.13	-1186.29
gr23		-0.7	-512.47	-1022.84	-1534.16	-2044.8	-2556.97
gr24		-0.35	-256.235	-511.42	-767.08	-1022.4	-1278.49
gr26		0.29	9.41	18.565	27.565	36.635	46.1
gr27		0.58	18.82	37.13	55.13	73.27	92.2

bez svislých účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]:

1.003

 $\Phi_3$  [-]:

1.050

 $Z_{LM71}$  [-]:

1.584 MSP, MSU

4.244 MSU

souč. kombinace:

 $\psi_{Q,LM71}$  0.8 $\xi$  0.85

pata 1/5 výš. 2/5 výš. 3/5 výš. 4/5 výš. hlava

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$M_{Rd}$	50804.4	80766.8	110729.2	140691.6	170653.9
$M_{Live\ 6.10a}$ [kNm]	41714.6	62786.2	83823.79	104737.3	124861.6
$M_{Live\ 6.10b}$ [kNm]	43093.4	65513.5	87904.2	110189.6	131805.1
$M_{Vna}$ [kNm]	32088.1	48297.1	64479.8	80567.2	96047.4
$M_{Vnb}$ [kNm]	33148.8	50395.0	67618.6	84761.2	101388.5
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-]	8.370	6.317	5.624	5.273	5.026
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-]	6.917	5.273	4.718	4.438	4.244

#### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$M_{Max}$	16243.9	39601.0	65506.2	99473.4	134471.3
$M_{Live}$	9247.4	25761.1	44796.9	71799.3	99224.9
$Z_{LM71, 6.14b}$ [-]	1.930	2.695	3.126	3.760	4.154

#### MSP - ČASTÁ KOMBINACE

$M_{Max}$	13107.1	26641.6	43313.7	66551.7	80717.9
$M_{Live}$	6072.4	12726.6	22493.3	38730.1	45285.4
$M_{Vn}$	7590.5	15908.3	28116.6	48412.6	56606.8
$Z_{LM71, 6.15b}$ [-]	1.584	1.664	1.962	2.535	2.370

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

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

$$= M_{Rd} - \gamma_G (g_0 + g_s) - \gamma_{Q,1} \max(\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}) - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Rd} - \xi \gamma_G (g_0 + g_s) - \gamma_{Q,1} \max(\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}) - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{Q\ LM71}$$

$$= M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

$$= M_{Max} - (g_0 + g_s) - \max(\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}) - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Live} / \delta / M_{LM71}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

$$= M_{Max} - (g_0 + g_s) - \max(\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}) - \gamma_{Qw} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Live} / \psi_{Q\ LM71}$$

$$= M_{Vn} / \delta V_n / M_{LM71}$$

**Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků**

T-Nerovno+	$\sigma_H=\text{sec}$	830	1021.3	1047.1	1015.6	965.85	T-Nerovno+
	$\sigma_D=\text{sec}$	-701.85	-918.3	-961.19	-942.52	-902.27	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=\text{sec}$	-27.598	-33.872	-34.702	-33.642	-31.986	T-Nerovno-
	$\sigma_D=\text{sec}$	22.997	30.176	31.618	31.018	29.704	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=\text{prim}$	-4381	-4381	-4381	-4381	-4381	T-Nerovno+
	$\sigma_D=\text{prim}$	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=\text{prim}$	2830.8	2830.8	2830.8	2830.8	2830.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=\text{prim}$	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava	
T-rovno+	$\sigma_H=$	-1273.1	-1505.8	-1521.4	-1465.6	-1276.9	T-rovno+
	$\sigma_D=$	821.22	1146	1224.3	1211.5	1277.2	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H=$	1448.7	1713.5	1731.2	1667.7	1453	T-rovno-
	$\sigma_D=$	-934.5	-1304	-1393.2	-1378.7	-1453.3	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=$	1070	1170	1160	1100	511	T-Nerovno+
	$\sigma_D=$	-941	-1080	-1090	-1050	-512	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=$	-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	-14.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	28.8	33.4	34	32.8	14.9	T-Nerovno-

StressMidas

1070	1170	1160	1100	511
-941	-1080	-1090	-1050	-512
-33.2	-36.6	-36.2	-34.4	-14.8
28.8	33.4	34	32.8	14.9
1/5 výš.	2/5 výš.	3/5 výš.	4/5 výš.	hlava

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H=$	624.43	642.98	627.52	587.04	64.098	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-653.57	-678.91	-661.48	-625.96	-64.987	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-470.56	-628.27	-651.38	-640.59	-893.61	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	115.47	335.98	406.84	424.04	893.18	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5 4 3 2 1

Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H=$	1448.7	<b>1713.5</b>	1731.2	1667.7	1453
	$\sigma_D=$	821.22	1146	1224.3	1211.5	1277.2
min	$\sigma_H=$	-1273.1	-1505.8	-1521.4	-1465.6	-1276.9
	$\sigma_D=$	-941	-1304	-1393.2	-1378.7	-1453.3

## 5.17 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 2

nosník. č.		P1	P2+	P2-	P3	P3	P4	P4	P5	P5			
Charakteristická kombinace	A	[m <sup>2</sup> ]	5.666	6.323	6.323	9.040	9.040	13.139	13.139	13.139	13.139		
	I	[m <sup>4</sup> ]	13.228	14.215	14.215	17.504	17.504	19.082	19.082	19.082	19.082		
	z <sub>h</sub>	[m]	-1.813	-1.888	-2.312	-1.980	-2.220	-1.949	-2.251	-1.949	-2.251		
	z <sub>d</sub>	[m]	2.387	2.312	1.888	2.220	1.980	2.251	1.949	2.251	1.949		
	f <sub>ck</sub> =	[MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
	A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6		
	n	[-]	28	34	34	58	58	56	56	56	56		
	A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	25862	31403	31403	53570	53570	51723	51723	51723	51723	= A <sub>p1</sub> * n	
	ztráty	%	31.90	38.60	38.60	34.40	34.40	32.30	32.30	32.30	32.30		
	σ <sub>napinací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050		
	σ <sub>p</sub>	[MPa]	715	645	645	689	688.8	711	710.9	711	710.9	= σ <sub>napinací</sub> * (1 - ztráty)	
	N <sub>p</sub>	[MN]	-18.492	-20.246	-20.246	-36.899	-36.899	-36.767	-36.767	-36.767	-36.767	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub>	
	N <sub>b</sub>	[MN]	-18.188	-19.942	-19.942	-36.595	-36.595	-36.463	-36.463	-36.463	-36.463	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub> - Q <sub>bik</sub>	
	N <sub>G</sub>	[MN]	-11.736	-11.503	-11.503	-11.378	-11.378	-11.378	-11.378	0	0	N od všech stálých zatížení	
	N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.229	-4.220	-4.220	-4.257	-4.257	-4.257	-4.257	0	0	N od LM71	
	e <sub>p</sub>	[m]	-2.203	0.394	-0.394	1.270	-1.270	1.647	-1.647	2.514	-2.514		
	M <sub>p</sub>	[MNm]	-40.070	7.854	-7.854	46.487	-46.487	60.049	-60.049	91.676	-91.676	= Np * Ap	
	Častá kombinace	M	[MNm]	111.97	74.63	76.33	76.85	135.47	89.01	169.35	57.38	220.23	=I/z <sub>h</sub> * (-0.6*f <sub>ck</sub> -N <sub>p</sub> /A)-M <sub>p</sub>
		M <sub>tot</sub>	[MNm]	71.90	71.91	60.97	123.34	81.61	149.06	99.62	153.61	128.04	= M + Mp
		σ <sub>h</sub>	[MPa]	-15.9	-15.2	-13.1	-18.0	-14.4	-18.0	-14.5	-16.4	-17.9	= Np / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>h</sub>
		σ <sub>d</sub>	[MPa]	6.9	6.1	2.5	11.6	3.5	14.8	6.2	13.0	10.3	= Np / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>d</sub>
		0.6*f <sub>ck</sub> =	[MPa]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Ok?			ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO		
	M <sub>dek</sub>	[MNm]	62.79	18.28	40.43	-14.57	88.27	-36.52	84.83	-78.83	107.71	= Np * I / z <sub>d</sub> / A - Mp - M <sub>nt</sub> #	
	M <sub>t</sub>	[MNm]	22.722	26.136	32.577	31.920	41.787	23.526	24.783	12.845	16.033	= M <sub>dek</sub> + Mp	
	σ <sub>h</sub>	[MPa]	-9.1	-6.6	-8.5	7.7	-9.3	5.2	-5.7	4.1	-4.7	= Np / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>h</sub>	
	σ <sub>d</sub>	[MPa]	-1.93	-1.39	-1.31	0	-1.05	0	-1.43	-1.26	-1.14	= Np / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>d</sub> #	

- A - plocha betonového průřezu  
I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení  
z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
f<sub>ck</sub>= - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
n - počet předpínacích drátů celkem  
A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
ztráty - uvažované ztráty předpětí  
σ<sub>napinací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
N<sub>p</sub> - předpínací síla  
e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
0.6\*f<sub>ck</sub>= - mezní přípustné napětí

- M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

největší tahová brzdící síla  
Q<sub>blík</sub> 304 kN

**Poznámky - viz následující strana**

Výběr nejmenší příznivého napětí / kPa

		P1	P2+	P3	P4	P5
max	$\sigma_H =$	2390	2190	2190	2390	2190 kPa
	$\sigma_D =$	2100	2317	1775	2100	1770 kPa
min	$\sigma_H =$	-2630	-2340	-2340	-2650	-2379 kPa
	$\sigma_D =$	-1957	-2036	-1560	-1903	-87 kPa

Moment pro vyrovnání tahu kNm (přenásobeno  $\psi_{IT_0}$ )

H	-14040	-9893	-11616	-14040	-11139 kNm
D	10681	8546	8399	10681	10398 kNm
H	15450	10571	12412	15567	12101 kNm
D	-9953	-7510	-7381	-9678	-513 kNm

P1 P2+ P2- P3 P4 P5

obracení? (viz pozn.) NE NE ANO ANO ANO ANO

## charakteristická kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
Mtot	15450	10571	7510	7381	9678	513 kNm

## častá kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
Mnt	10681	8546	9893	<b>9293</b>	14040	11139 kNm

Nsuma -30226 -31731 -31731 -48240 -48118 -35752 kN

Nprim -18490 -20228 -20228 -36862 -36740 -35706 kN

Nm=max(N<sub>suma</sub>, N<sub>prim</sub>) -18490 -20228 -20228 -36862 -36740 -35706 kN

Nplné -27155 -32974 -32974 -56249 -54309 -54309 kN

ztráty předpětí 0.319 0.387 0.387 0.345 0.324 0.343 -

Poznámka:

Napětí 0.6 fck v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

Poznámka #

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt. musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže).

Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnání tahu -

Mnt

P2+ a P2-

označuje, že průřez je posouzen na kladný i záporný moment

P3 a P3

Označuje, že průřez je posouzen na záporný moment, u průřezů posouzených na záporný moment

se průřez otočí (zh se zamění za zd) a posoudí se jako na kladný ohybový moment.

Hodnoty, které se nepoužijí, jsou v tabulce přeškrtnuty.

V tabulce vnitřních sil jsou vnitřní síly u průřezů posouzených na záporný ohybový moment

otočena znaménka.

## 5.18 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 3

nosník. č.		P1	P2+	P2-	P3	P3	P4	P4	P5	P5
A	[m <sup>2</sup> ]	5.666	6.323	6.323	9.040	9.040	13.139	13.139	13.139	13.139
I	[m <sup>4</sup> ]	13.228	14.215	14.215	17.504	17.504	19.082	19.082	19.082	19.082
z <sub>h</sub>	[m]	-1.813	-1.888	-2.312	-1.980	-2.220	-1.949	-2.251	-1.949	-2.251
z <sub>d</sub>	[m]	2.387	2.312	1.888	2.220	1.980	2.251	1.949	2.251	1.949
f <sub>ck</sub>	[MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	924	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6
n	[-]	28	34	34	58	58	56	56	56	56
A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	25862	31403	31403	53570	53570	51723	51723	51723	51723
ztráty	%	31.40	39.20	39.20	35.00	35.00	33.00	33.00	34.70	34.70
σ <sub>napínací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
σ <sub>p</sub>	[MPa]	720	638	638	683	682.5	704	703.5	686	685.7
N <sub>p</sub>	[MN]	-18.628	-20.048	-20.048	-36.562	-36.562	-36.387	-36.387	-35.464	-35.464
N <sub>p</sub>	[MN]	-18.324	-19.744	-19.744	-36.258	-36.258	-36.083	-36.083	-35.160	-35.160
N <sub>G</sub>	[MN]	-10.516	-10.312	-10.312	-10.139	-10.139	-10.139	-10.139	0	0
N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.229	-4.220	-4.220	-4.257	-4.257	-4.257	-4.257	0	0
e <sub>p</sub>	[m]	-2.203	0.394	-0.394	1.270	-1.270	1.647	-1.647	2.514	-2.514
M <sub>p</sub>	[MNm]	-40.369	7.776	-7.776	46.058	-46.058	59.423	-59.423	88.399	-88.399
M	[MNm]	113.66	76.36	77.60	77.61	136.42	89.92	169.76	61.63	217.79
M <sub>tot</sub>	[MNm]	73.295	73.565	62.319	123.67	82.98	149.34	100.66	134.58	128.88
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-15.9	-15.2	-13.3	-18.0	-14.5	-18.0	-14.6	-16.4	-17.9
σ <sub>d</sub>	[MPa]	7.4	6.5	2.9	11.7	3.8	14.9	6.4	13.2	10.5
0.6*f <sub>ck</sub>	[MPa]	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
M <sub>dek</sub>	[MNm]	62.03	17.01	38.70	-14.43	86.30	-36.14	83.00	-76.40	103.46
M <sub>t</sub>	[MNm]	21.661	24.785	30.923	31.626	40.245	23.281	23.576	12.004	15.061
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-8.8	-6.4	-8.2	7.6	-9.1	5.1	-5.5	3.9	-4.5
σ <sub>d</sub>	[MPa]	-1.93	-1.39	-1.31	0	-1.05	0	-1.43	-1.26	-1.14

$$= A_{p1} \cdot n$$

$$= \sigma_{napínací} \cdot (1 - ztráty)$$

$$= \sigma_p \cdot A_p$$

$$= \sigma_p \cdot A_p - Q_{bik}$$

N od všech stálých zatížení

$$= N_p \cdot A_p$$

$$= I / z_h \cdot (-0.6 \cdot f_{ck} \cdot N_p / A) - M_p$$

$$= M + M_p$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I \cdot z_h$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I \cdot z_d$$

$$= N_p \cdot I / z_d / A - M_p - M_{nt} \cdot \#$$

$$= M_{dek} + M_p$$

$$= N_p / A + M_t / I \cdot z_h$$

$$= N_p / A + M_t / I \cdot z_d \cdot \#$$

největší tahová brzdna síla

Q<sub>bik</sub> 304 kN

- A - plocha betonového průřezu  
I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení  
z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
f<sub>ck</sub> - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
n - počet předpínacích drátů celkem  
A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
ztráty - uvažované ztráty předpětí  
σ<sub>napínací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
N<sub>p</sub> - předpínací síla  
e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
0.6\*f<sub>ck</sub> - mezní přípustné napětí  
M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

**Poznámky - viz následující strana**

Výběr nejméně příznivého napětí / kPa

		P1	P2+	P3	P4	P5
max	$\sigma_H =$	2390	2190	2190	2390	2190 kPa
	$\sigma_D =$	2100	2317	1775	2100	1770 kPa
min	$\sigma_H =$	-2630	-2340	-2340	-2650	-2379 kPa
	$\sigma_D =$	-1957	-2036	-1560	-1903	-87 kPa

Moment pro vyrovnání tahu kNm (přenásobeno  $\psi_{IT_0}$ )

H	-14040	-9893	-11616	-14040	-11139 kNm
D	10681	8546	8399	10681	10398 kNm
H	15450	10571	12412	15567	12101 kNm
D	-9953	-7510	-7381	-9678	-513 kNm

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
obracení? (viz pozn.)	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO

charakteristická kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
M <sub>tot</sub>	15450	10571	7510	7381	9678	513 kNm

častá kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
M <sub>nt</sub>	10681	8546	9893	<b>9293</b>	14040	11139 kNm

N <sub>suma</sub>	-29154	-30354	-30354	-46708	-46524	-35581 kN
N <sub>prim</sub>	-18638	-20042	-20042	-36569	-36385	-35447 kN
N <sub>m</sub> =max(N <sub>suma</sub> , N <sub>prim</sub> )	-18638	-20042	-20042	-36569	-36385	-35447 kN
N <sub>plné</sub>	-27155	-32974	-32974	-56249	-54309	-54309 kN
ztráty předpětí	0.314	0.392	0.392	0.350	0.330	0.347 -

**Poznámka:**

Napětí 0.6 f<sub>ck</sub> v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

**Poznámka #**

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt. musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže). Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnání tahu - M<sub>nt</sub>

**P2+ a P2-**

označuje, že průřez je posouzen na kladný i záporný moment

**P3 a P3**

Označuje, že průřez je posouzen na záporný moment, u průřezů posouzených na záporný moment se průřez otočí (zh se zamění za zd) a posoudí se jako na kladný ohybový moment.

Hodnoty, které se nepoužijí, jsou v tabulce přeškrtnuty.

V tabulce vnitřních sil jsou vnitřní síly u průřezů posouzených na záporný ohybový moment otočena znaménka.

## 5.19 „ÚNOSNOST“ PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSP – POLE 5

nosník. č.		P1	P2+	P2-	P3	P3	P4	P4	P5	P5	
A	[m <sup>2</sup> ]	5.67	6.32	6.32	9.04	9.04	13.14	13.14	13.14	13.14	
I	[m <sup>4</sup> ]	13.23	14.21	14.21	17.50	17.50	19.08	19.08	19.08	19.08	
z <sub>h</sub>	[m]	-1.813	-1.888	-2.312	-1.980	-2.220	-1.949	-2.251	-1.949	-2.251	
z <sub>d</sub>	[m]	2.387	2.312	1.888	2.220	1.980	2.251	1.949	2.251	1.949	
f <sub>ck</sub> =	[MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
A <sub>p1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	923.6	
n	[-]	28	30	30	58	58	56	56	56	56	
A <sub>p</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	25862	27709	27709	53570	53570	51723	51723	51723	51723	= A <sub>p1</sub> * n
ztráty	%	23.40	29.50	29.50	26.50	26.50	23.90	23.90	25.80	25.80	
σ <sub>napínací</sub>	[MPa]	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	
σ <sub>p</sub>	[MPa]	804	740	740	772	771.8	799	799.1	779	779.1	= σ <sub>napínací</sub> * (1 - ztráty)
N <sub>p</sub>	[MN]	-20.80	-20.51	-20.51	-41.34	-41.34	-41.33	-41.33	-40.30	-40.30	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub>
N <sub>p</sub>	[MN]	-20.50	-20.21	-20.21	-41.04	-41.04	-41.03	-41.03	-39.99	-39.99	= σ <sub>p</sub> * A <sub>p</sub> - Q <sub>blk</sub>
N <sub>G</sub>	[MN]	-10.32	-10.21	-10.21	-9.81	-9.81	-9.81	-9.81	0	0	N od všech stálých zatížení
N <sub>LM71</sub>	[MN]	-4.211	-4.209	-4.209	-4.251	-4.251	-4.251	-4.251	0	0	
e <sub>p</sub>	[m]	-2.203	0.268	-0.268	1.270	-1.270	1.647	-1.647	2.514	-2.514	
M <sub>p</sub>	[MNm]	-45.16	5.42	-5.42	-52.13	-52.13	-67.56	-67.56	-100.55	-100.6	= N <sub>p</sub> * A <sub>p</sub>
M	[MNm]	115.9	78.3	75.0	66.9	138.7	78.1	175.0	45.9	226.8	= I/z <sub>h</sub> * (-0.6*f <sub>ck</sub> -N <sub>p</sub> /A)-M <sub>p</sub>
M <sub>tot</sub>	[MNm]	70.78	73.14	62.22	118.99	79.35	145.66	97.91	130.98	125.79	= M + M <sub>p</sub>
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-15.9	-15.2	-13.3	-18.0	-14.6	-18.0	-14.7	-16.4	-17.9	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>h</sub>
σ <sub>d</sub>	[MPa]	6.6	6.4	2.8	10.6	2.9	14.1	5.8	12.4	9.8	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>tot</sub> / I * z <sub>d</sub>
0.6*f <sub>ck</sub> =	[MPa]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	
M <sub>dek</sub>	[MNm]	68.73	19.85	36.76	-16.3	96.72	-41.1	94.57	-85.4	119.2	= N <sub>p</sub> * I / z <sub>d</sub> / A - M <sub>p</sub> - M <sub>nt</sub> #
M <sub>t</sub>	[MNm]	23.571	25.266	31.344	35.796	44.592	26.470	27.008	15.123	18.663	= M <sub>dek</sub> + M <sub>p</sub>
σ <sub>h</sub>	[MPa]	-9.4	-6.6	-8.3	8.6	-10.2	5.8	-6.3	4.6	-5.2	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>h</sub>
σ <sub>d</sub>	[MPa]	-1.93	-1.37	-1.31	0	-1.05	0	-1.43	-1.26	-1.14	= N <sub>p</sub> / A + M <sub>t</sub> / I * z <sub>d</sub> #

největší tahová brzdící síla

Q<sub>blk</sub> 304 kN

- A - plocha betonového průřezu  
I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého za 1.845  
z<sub>h</sub> - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu  
z<sub>d</sub> - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu  
f<sub>ck</sub>= - charakteristická pevnost betonu v tlaku  
A<sub>p1</sub> - plocha jednoho předpínacího drátu  
n - počet předpínacích drátů celkem  
A<sub>p</sub> - plocha předpínacích drátů celkem  
ztráty - uvažované ztráty předpětí  
σ<sub>napínací</sub> - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů  
σ<sub>p</sub> - uvažované napínací napětí po ztrátách  
N<sub>p</sub> - předpínací síla  
e<sub>p</sub> - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu  
M<sub>p</sub> - moment od předpínací síly  
M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu  
M<sub>tot</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu  
0.6\*f<sub>ck</sub>= - mezní přípustné napětí

- M<sub>dek</sub> - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)  
M<sub>t</sub> - součet působících momentů  
σ<sub>h</sub> - napětí v horních vláknech betonového průřezu  
σ<sub>d</sub> - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

Poznámky - viz následující strana

Výběr nejméně příznivého napětí / kPa

		P1	P2+	P3	P4	P5
max	$\sigma_H =$	2390	2190	2190	2390	2190 kPa
	$\sigma_D =$	2100	2279	1770	2100	1770 kPa
min	$\sigma_H =$	-2630	-2340	-2340	-2650	-2379 kPa
	$\sigma_D =$	-1936	-2003	-1535	-1881	-85 kPa

Moment pro vyrovnání tahu	kNm	(přenásobeno $\psi_{iT_0}$ )				
H	-14040	-9893	-11616	-14040	-11139	kNm
D	10681	8409	8374	10681	10398	kNm
H	15450	10571	12412	15567	12099	kNm
D	-9846	-7389	-7260	-9567	-498	kNm

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
obracení? (viz pozn.)	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO

## charakteristická kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
Mtot	15450	10571	7389	7260	9567	498 kNm

## častá kombinace

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
Mnt	10681	8409	9893	<b>9293</b>	14040	11139 kNm

Nsuma	-31105	-33464	-33464	-51150	-51002	-40149 kN
Nprim	-20789	-23251	-23251	-41341	-41192	-40277 kN
Nm=max(N <sub>suma</sub> , N <sub>prim</sub> )	-20789	-23251	-23251	-41341	-41192	-40149 kN
Nplné	-27155	-29094	-29094	-56249	-54309	-54309 kN
ztráty předpětí	0.234	0.201	0.201	0.265	0.242	0.258 -

**Poznámka:**

Napětí 0.6 fck v charakteristické kombinaci je zmenšeno, neboť část napětí vyčerpává teplotní zatížení, proto vychází výsledné možné napětí v char. kombinaci menší než 18 MPa, např. 15.9 MPa

**Poznámka #**

Obdobně se postupuje v časté kombinaci:

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - předp. výzt musí být v tlačené oblasti (nebo nulové napětí min 100 mm od předpínací výztuže). Vzhledem k tomu, že teplotní zatížení vytváří i tahová napětí, je moment pro vyvolání stavu dekomprese snížen o moment nutný pro vyrovnání tahu - Mnt

**P2+ a P2-**

označuje, že průřez je posouzen na kladný i záporný moment

**P3 a P3**

Označuje, že průřez je posouzen na záporný moment, u průřezů posouzených na záporný moment se průřez otočí (zh se zamění za zd) a posoudí se jako na kladný ohybový moment.

Hodnoty, které se nepoužijí, jsou v tabulce přeškrtnuty.

V tabulce vnitřních sil jsou vnitřní síly u průřezů posouzených na záporný ohybový moment otočena znaménka.



## 5.20 ÚNOSNOST PRŮŘEZU NK PODLE POŽADAVKŮ MSÚ - P1

výchozí vnitřní síly - konec životnosti

M	8418	kNm	summation KZ		
N	-31105	kN	summation KZ		
Nprim	-20789	kN	primary KZ	Ecd	8.99 GPa

A	[m2]	5.666	sigH	-6643.5	epsH	-0.00074
I	[m4]	13.23	sigD	-3970.6	epsD	-0.00044
zh	[m]	-1.813	záporný			
zd	[m]	2.387	kladný			

Beton		
f <sub>ck</sub> =	25	MPa
γ <sub>c</sub> =	1.35	
α <sub>cc</sub> =	0.85	
f <sub>cd</sub> =	15.741	MPa
EC=	8.995	GPa

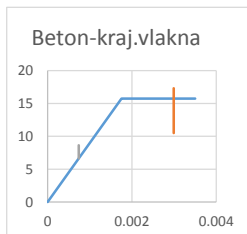
Počáteční		
í	z[m]	ε <sub>in</sub> [-]
přetvoře	4.2	-7E-04
ní bet.		0
Průřezu		0
	0	-4E-04

Předpínací výztuž		
f <sub>pk</sub> =	1221.88	MPa
f <sub>p0,1k</sub> =	1075.25	MPa
γ <sub>s</sub> =	1.15	
E <sub>p</sub> =	195	GPa
f <sub>pk</sub> /γ <sub>s</sub> =	1062.5	MPa
f <sub>pd</sub> =	935.0	MPa
A=	25860.8	mm <sup>2</sup>
c=	0.0758	m
e <sub>p, odpodu</sub>	0.184	m
Počáteční napětí	803.9	MPa
Počáteční přetvoře	0.00412	-
Zb. napětí ve výztuži	258.6	MPa
Zb. síla ve výztuži	6688	kN
Zb. přetvoření výztuži	0.01588	-

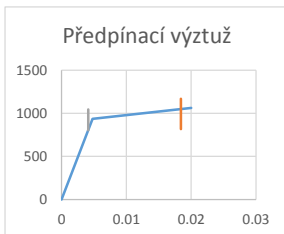
Betonářská výztuž		
f <sub>yk</sub> =	391	MPa
γ <sub>s</sub> =	1.15	
f <sub>yd</sub> =	340.0	MPa
E <sub>s</sub> =	200	GPa
ε <sub>uk</sub> =	40	‰
ε <sub>ud</sub> /ε <sub>uk</sub> =	0.9	
k=f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> =	1.08	
Ø výztuže	0	mm
n	10	ks
A	0.0	mm <sup>2</sup>
c <sub>nom</sub> =	0.05	m
e <sub>s</sub> =	0.050	m odpodu

Návrhové pracovní diagramy

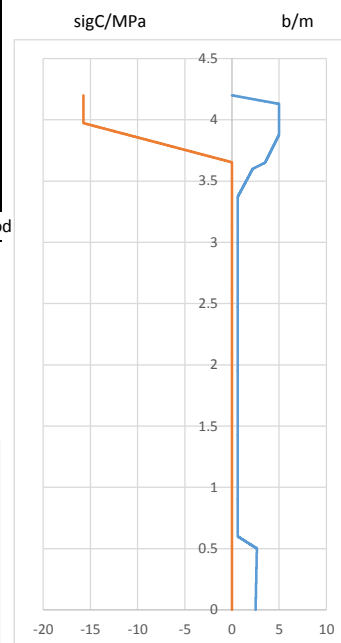
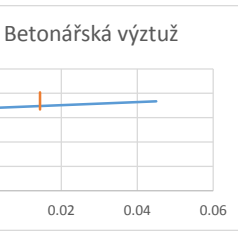
ε / - γ / MPa	
0	0
0.0018	15.74
0.0035	15.74



ε / - σ / MPa	
0	0
0.00479	935.0
2.0E-02	1062.5



ε / - σ / MPa	
0	0
0.0017	340.0
4.50E-02	367.2



Výchozí přetvoření (šedivě)

ε / - γ / MPa	
0.0007	6.643
0.0007	8.637

ε / - σ / MPa	
0.00412	803.9
0.00412	1045.06

ε / - σ / MPa	
0	0
0	0

Výsledná přetvoření (oranžová)

ε / - γ / MPa	
0.003	17.31
0.003	10.49

ε / - σ / MPa	
0.01841	1168.8
0.01841	817.308

ε / - σ / MPa	
0.0143964	403.92
0.0143964	333.82

Beton		
ε <sub>průměr</sub> =		
σ <sub>c,max,res</sub> =	15.74	MPa
F <sub>c</sub> =	27.06	MN
ec=	3.98	m

Předpínací		
F <sub>p</sub> =	6.343	MN
ΔF <sub>TD</sub> =	550	kN
iterace 2	0.9	

Betonářská výztuž		
ε=	0.0144	-
σ <sub>s</sub> =	340	MPa
	349.0	MPa
	340	MPa
max	349.0	MPa
F <sub>s</sub> =	0.00	MN

x = 0.5469 m vzdalenost N.O. od horních vláken

	$\Delta\epsilon$	$\Delta\epsilon_{ini}$	$\epsilon_{suma}$	kontrola přetvoření	
horní vlákna	4.2	-0.002	-0	-0.003	beton OK
	3.6531	0	0		
	1.6	0.008	-0	0.0079	
těž.předp	0.184	0.014	0.004	0.01841	předpín OK
těž.výzt	0.050	0.015	-0	0.0144	betonářs OK
dolní vlákna	0	0.015	-0	0.01461	
				požadovaná výsledná normálová síla	-
				-10.3153 MN	ZLM71= 0 -
				-4.2107 MN	ZLM71= 1 -
				-21.2631 MN	ZLM71= 2.6
$F_p+F_s-\Delta F_{TD}$	-	$F_c =$	-21.3 MN		
$F_p+F_s=$	5.79	$F_c=$	27.06 MN	NEVYHOVUJE	(je v pořádku, v NK je tlaková síla)
$M_{Rd,res}=$	106.5				
$e_p$ , těžiště	2.203 m	vzdálenost těžiště předpínací výztuže od těžiště průřezu			
$M_{p,prim}=e_p \cdot N_{prim}$	-45.8 MNm	primární účinky předpětí na konci životnosti (ohybový moment)			
$M_g$ , vše $M_{sumKZ}-M_{p,prim}$	54.2 MNm	veškerá stálá zatížení kromě primárních účinků předpětí na konci životnosti (ohybový moment)			
$M_{Rd}= M_{g,vše}+M_{Rd,res}+M_{su}$	169.1 MNm	*			
$z=$	18.4 m	výsledné celkové rameno vnitřních sil			

hledání řešení  $x$ , aby byla splněna podmínka  $F_c=F_s$

pokud se nedosáhne mezního přetvoření některého z materiálů, zvětšuje se součinitel iterace 2

\* protože zatížení stálá jsou brána jako zatížení v mezním stavu únosnosti s příslušnými součiniteli zatížení, musí se tato zatížení přičíst i zde na levou stranu rovnice se součiniteli zatížení rovnými 1

## 5.21 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – OHYB+NOR-MÁLOVÁ SÍLA – POLE 2

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M
Posuzovaný průřez		P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	27882	386	-386	29933	42576	3937
suma stálé	[kNm]	4577	8014	-8014	-1530	14355	-42466
prim. předp.	[kNm]	-42514	4307	-4307	-45572	-48688	-47783
CS, TD, Ps	[kNm]	3299	3327	-3327	-3163	-3328	222
g	[kNm]	15910	-6	6	17273	23795	1159
LM71+	[kNm]	19914.3	9811.9	-9811.9	-3466.1	832.6	-38.9
LM71-	[kNm]	-121.6	-8658.0	8658.0	22411.3	28510.2	4565.9
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	15.8	2181.7	2181.7	3077.0	3411.0	70.4
Vítr	[kNm]	144.0	29.9	29.9	403.3	-928.3	9.3
Boční ráz	[kNm]	32.5	15.9	15.9	81.1	-60.4	36.5
T-rovn+	[kNm]	-11433.0	-11416.4	-11416.4	-11314.9	-11288.9	-12.2
T-rovn-	[kNm]	13010.0	12991.1	12991.1	12875.6	12846.0	13.9
T-Nerovno+	[kNm]	8268.4	8248.3	8248.3	8133.4	8125.0	-4.0
T-Nerovno-	[kNm]	-280.1	-268.9	-268.9	-235.3	-241.4	11.2

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max)

kolej1(min)

odstředivá

brzdna

vítr

bocniRaz

rovnouTepl+

rovnouTepl-

NERovnouTepl+

NERovnouTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21		32.02	2189.62	2189.62	3117.495	3380.86	88.665
gr22		40.37	1106.74	1106.74	1619.565	1645.16	71.7
gr23		15.78	2181.66	2181.66	3076.95	3411.04	70.42
gr24		7.89	1090.83	1090.83	1538.475	1705.52	35.21
gr26		16.24	7.955	7.955	40.545	-30.18	18.245
gr27		32.48	15.91	15.91	81.09	-60.36	36.49

bez svislých účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.050

Z <sub>LM71</sub> [-]:	0.853	MSP, MSU
	3.386	MSU

souč. kombinace:

###

$\Psi_{Q, LM71}$	0.8
------------------	-----

$\xi$	0.85
-------	------

P1

P2+

P2-

P3

P4

P5

$\Psi_{t0}$	0.6	teplota
$\Psi_{t1}$	0.6	

rok výstavby

1978

2020 - 1978 =

42

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q, LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75	vítr
$\Psi_{w1}$	0.5	

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$M_{Rd} =$	169067.4	52318.3	53140.6	180657.4	228130.1	249799.3	
$M_{Live\ 6.10a}$ [kNm] =	107661.5	45191.2	55652.8	119751.7	143566.1	242784.8	$= M_{Rd} - \gamma_G \cdot (g_0 + g + s) - \gamma_{Q, LM71} \cdot \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{LM71} - \gamma_{Qw} \cdot \psi_{LM71}$
$M_{Live\ 6.10b}$ [kNm] =	116833.7	45344.8	54360.5	127529.4	154972.7	243798.7	$= M_{Rd} - \xi \cdot \gamma_G \cdot (g_0 + g + s) - \gamma_{Q, LM71} \cdot \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{LM71} - \gamma_{Qw} \cdot \psi_{LM71}$
$M_{Vna}$ [kNm] =	82816.5	34762.4	42809.8	92116.7	110435.5	186757.5	$= M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{Q, LM71}$
$M_{Vnb}$ [kNm] =	89872.1	34880.6	41815.8	98099.6	119209.8	187537.4	$= M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-] =	4.951	4.218	5.886	4.893	4.611	48.694	$= M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-] =	4.298	3.386	4.600	4.169	3.982	39.118	$= M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$

### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE - na straně kladného ohybového momentu

$M_{Max} =$	111968.8	74627.6	76331.5	135473.1	169346.1	220226	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot \psi_{1,j} \cdot P \cdot \psi_{1,j} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10a)$
$M_{Live} =$	64737.6	69146.1	78264.8	88634.2	104270.1	214830.8	$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \cdot \psi_{1,j} \cdot P \cdot \psi_{1,j} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b)$
$Z_{LM71, 6.14b}$ [-] =	3.241	7.025	9.011	3.943	3.646	46.904	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) - \psi_{LM71}$
							$= M_{Live} / \delta / M_{LM71} \quad (6.14b)$

### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE - na straně záporného ohybového momentu

$M_{Max} =$				76852.0	89011.6	57385	
$M_{Live} =$				30013.1	23935.6	51989.2	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) - \psi_{LM71}$
$Z_{LM71, 6.14b}$ [-] =				8.632	28.658	11.351	$= M_{Live} / \delta / M_{LM71}$

### MSP - ČASTÁ KOMBINACE

$M_{Max} =$	62792.0	18282.2	40431.0	88273.2	84832.1	107709.1	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot \psi_{1,j} \cdot P \cdot \psi_{1,j} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.15b)$
$M_{Live} =$	15596.8	12808.1	42371.7	41535.1	19524.0	102315.9	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{LM71} - \psi_{LM71}$
$M_{Vn} =$	19496.0	16010.2	52964.7	51918.9	24405.1	127894.9	$= M_{Live} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.15b}$ [-] =	0.976	1.627	6.098	2.309	0.853	27.923	$= M_{Vn} / \delta Vn / M_{LM71}$

**Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků**

T-Nerovno+	$\sigma_H=sec$	-966	-842.42	-767.72	-766.86	-913.16	T-Nerovno+
	$\sigma_0=sec$	1471.1	1136.7	1022.5	1021.5	906.72	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=sec$	31.413	<b>27.408</b>	21.504	22.123	30.943	T-Nerovno-
	$\sigma_0=sec$	-48.038	-37.113	-30.284	-30.999	-30.705	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=prim$	-4420	-4420	-4420	-4420	-4420	T-Nerovno+
	$\sigma_0=prim$	-850	-850	-850	-850	-850	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=prim$	2856	<b>2856</b>	2856	2856	2856	T-Nerovno-
	$\sigma_0=prim$	2210	2210	2210	2210	2210	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		P2+	P3	P4	P1	P5	
T-rovno+	$\sigma_H=$	1337.4	1154.8	1067.6	1263.3	-197.79	T-rovno+
	$\sigma_0=$	-2035.7	-1560.2	-1401	-1434.1	-87.264	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H=$	-1521.9	-1314.1	-1488	-1231.7	96.242	T-rovno-
	$\sigma_0=$	2316.5	1775.4	1594.3	1631.9	99.301	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	T-Nerovno+
	$\sigma_0=$	266	266	-669	-697	285	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=$	2190	2190	2390	2390	2190	T-Nerovno-
	$\sigma_0=$	1770	1770	2100	2100	1770	T-Nerovno-

StressMidas / [kPa]					
P2+	P2+	P3	P4	P1	P5
-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	-1920
266	266	-669	-697	285	-1680
2190	2190	2390	2390	2190	2370
1770	1770	2100	2100	1770	2130

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-1871.9	-1935.8	-2276.3	-2187.8	-2379.2	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_0=$	-446.5	-280.06	-1159.4	-1198.9	254.46	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-417.56	-600.21	-919.86	-709.19	-1930.3	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_0=$	-1836.2	-1360.7	-1902.8	-1956.8	126.49	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5 4 3 2 1

Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H=$	2190	<b>2190</b>	2390	2390	2190	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-
	$\sigma_0=$	2316.5	1775.4	2100	2100	1770	T-rovno-	99.30117098	1770	1770	1770
min	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2379.2	-2310	-2310	-2310	-2310	-2379.23
	$\sigma_0=$	-2035.7	-1560.2	-1902.8	-1956.8	-87.264	-87.26441601	-87.26441601	126.485584	126.485584	-87.2644
							P2+	P3	P4	P1	P5

## 5.22 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – OHYB+NOR-MÁLOVÁ SÍLA – POLE 3

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M
Posuzovaný průřez		P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	27882	386	-386	29933	42576	3937
suma stálé	[kNm]	12202	15689	-15689	-9036	6069	-41559
prim. předp.	[kNm]	-42857	3903	-3903	-45242	-48332	-47559
CS, TD, Ps	[kNm]	11266	11405	-11405	-10999	-11970	905
g	[kNm]	15909.8	-5.5	5.5	17273.0	23794.8	1158.5
LM71+	[kNm]	19914.3	9811.9	-9811.9	-3466.1	852.6	-38.9
LM71-	[kNm]	-121.6	-8658.0	8658.0	22411.3	28510.2	4565.9
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	15.8	2181.7	2181.7	3077.0	3411.0	70.4
Vítr	[kNm]	144.0	29.9	29.9	403.3	-928.3	9.3
Boční ráz	[kNm]	32.5	15.9	15.9	81.1	-60.4	36.5
T-rovno+	[kNm]	-11433.0	-11416.4	-11416.4	-11314.9	-11288.9	-12.2
T-rovno-	[kNm]	13010.0	12991.1	12991.1	12875.6	12846.0	13.9
T-Nerovno+	[kNm]	8268.4	8248.3	8248.3	8133.4	8125.0	-4.0
T-Nerovno-	[kNm]	-280.1	-268.9	-268.9	-235.3	-241.4	11.2

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation (vč. rozpírání)

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max)

kolej1(min)

odstředivá

brzdná

vitr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NerovnoTepl+

NerovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21	32.02	2189.62	2189.615	3117.495	3380.86	88.665
gr22	40.37	1106.74	1106.74	1619.565	1645.16	71.7
gr23	15.78	2181.66	2181.66	3076.95	3411.04	70.42
gr24	7.89	1090.83	1090.83	1538.475	1705.52	35.21
gr26	16.24	7.955	7.955	40.545	-30.18	18.245
gr27	32.48	15.91	15.91	81.09	-60.36	36.49

bez vislých účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.050

$Z_{LM71}$ [-]:	0.430	MSP, MSU
	2.719	MSU

souč. kombinace:

$\psi_{Q, LM71}$	0.8
------------------	-----

$\xi$	0.85
-------	------

$\psi_{t0}$	0.6
$\psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1978

2020 - 1978 =

42

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q, LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\psi_{w0}$	0.75
$\psi_{w1}$	0.5

vítr

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$M_{Rd} =$	169067.4	52318.3	53140.6	180657.4	228130.1	249799.3	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.10a)
$M_{Live, 6.10a}$ [kNm] =	97304.09	34689.5	66154.43	129938.9	154801.1	241897.3	$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.10b)
$M_{Live, 6.10b}$ [kNm] =	108029.9	36418.4	63286.9	136188.5	164522.4	243044.3	$= M_{Rd} - \gamma_G (g_0 + g + s) - \gamma_{Q71} \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{71} - \gamma_{Qw} \cdot \psi_{71} \cdot \psi_w$
$M_{Vna}$ [kNm] =	74849.3	26684.2	50888.0	99953.0	119077.7	186074.8	$= M_{Live, 6.10a} / \psi_{Q, LM71}$
$M_{Vnb}$ [kNm] =	83099.9	28014.2	48682.3	104760.4	126555.7	186957.1	$= M_{Live, 6.10b} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-] =	4.475	3.238	6.997	5.309	4.972	48.516	$= M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-] =	3.974	2.719	5.355	4.452	4.228	38.997	$= M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$

#### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$M_{Max} =$	113664.3	76360.1	77604.7	136419.5	169764.7	217790	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.14b)
$M_{Live} =$	58465.9	62800.4	87616.2	97416.9	113331.0	211712.0	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{71} - \psi_w$
$Z_{LM71, 6.14b}$ [-] =	2.796	6.096	9.638	4.140	3.786	44.160	$= M_{Live} / \delta / M_{LM71}$

#### MSP - ČASTÁ KOMBINACE

$M_{Max} =$	62030.5	17009.0	38698.5	86302.7	82999.4	103460.7	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$ (6.15b)
$M_{Live} =$	6868.1	3456.7	48717.4	47400.8	26333.6	97384.9	$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(gr21:gr27) \cdot \psi_{71} - \psi_w$
$M_{Vn} =$	8585.1	4320.9	60896.8	59251.1	32917.1	121731.1	$= M_{Live} / \psi_{Q, LM71}$
$Z_{LM71, 6.15b}$ [-] =	0.430	0.439	7.012	2.636	1.151	26.578	$= M_{Vn} / \delta Vn / M_{LM71}$

## Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků

T-Nerovno+	$\sigma_H=sec$	-966	-842.42	-767.72	-766.86	-913.16	T-Nerovno+
	$\sigma_D=sec$	1471.1	1136.7	1022.5	1021.5	906.72	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=sec$	31.413	<b>27.408</b>	21.504	22.123	30.943	T-Nerovno-
	$\sigma_D=sec$	-48.038	-37.113	-30.284	-30.999	-30.705	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=prim$	-4381	-4381	-4381	-4381	-4381	T-Nerovno+
	$\sigma_D=prim$	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=prim$	2830.8	<b>2830.8</b>	2830.8	2830.8	2830.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=prim$	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		P2+	P3	P4	P1	P5	
T-rovno+	$\sigma_H=$	1337.4	1154.8	1067.6	1263.3	-197.79	T-rovno+
	$\sigma_D=$	-2035.7	-1560.2	-1401	-1434.1	-87.264	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H=$	-1521.9	-1314.1	-1488	-1231.7	96.242	T-rovno-
	$\sigma_D=$	2316.5	1775.4	1594.3	1631.9	99.301	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	T-Nerovno+
	$\sigma_D=$	266	266	-669	-697	285	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=$	2190	2190	2390	2390	2190	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	1770	1770	2100	2100	1770	T-Nerovno-

StressMidas

-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	-1920
266	266	-669	-697	285	-1680
2190	2190	2390	2390	2190	2370
1770	1770	2100	2100	1770	2130
P2+	P2+	P3	P4	P1	P5

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-1871.9	-1935.8	-2276.3	-2187.8	-2379.2	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-446.5	-280.06	-1159.4	-1198.9	254.46	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-417.56	-600.21	-919.86	-709.19	-1930.3	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-1836.2	-1360.7	-1902.8	-1956.8	126.49	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5 4 3 2 1

Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H=$	2190	<b>2190</b>	2390	2390	2190	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	2316.5	1775.4	2100	2100	1770	T-rovno-	99.30117098	1770	1770	1770
min	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2379.2	-2310	-2310	-2310	-2310	-2379.23
	$\sigma_D=$	-2035.7	-1560.2	-1902.8	-1956.8	-87.264	-87.26441601	-87.26441601	126.485584	126.485584	-87.2644
							P2+	P3	P4	P1	P5

## 5.23 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – OHYB+NOR-MÁLOVÁ SÍLA – POLE 5

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M
Posuzovaný průřez		P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	28074.1	700.1	-700.1	29411.6	41988.3	3863.1
suma stálé	[kNm]	8418.0	17194.6	-17194.6	-13805.0	1145.7	-45285.4
prim. předp.	[kNm]	-47823.5	5007.5	-5007.5	-50396.0	-53756.4	-52922.4
CS, TD, Ps	[kNm]	12080.6	11265.2	-11265.2	-9838.7	-10642.5	2643.9
g	[kNm]	16086.8	221.7	-221.7	17018.2	23556.4	1130.1
LM71+	[kNm]	20132.5	9911.0	-9911.0	-3476.8	831.5	39.9
LM71-	[kNm]	130.1	-8487.6	8487.6	22122.6	28229.3	4545.6
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	17.8	2176.3	2176.3	3067.7	3403.3	67.6
Vítr	[kNm]	143.6	28.7	28.7	414.2	934.1	-0.2
Boční ráz	[kNm]	32.5	15.9	15.9	81.4	-61.6	34.9
T-rovno+	[kNm]	-11262.5	-11230.1	-11230.1	-11126.1	-11108.0	0.2
T-rovno-	[kNm]	12816.0	12779.0	12779.0	12660.7	12640.2	-0.3
T-Nerovno+	[kNm]	8235.4	8204.5	8204.5	8085.3	8082.1	-13.0
T-Nerovno-	[kNm]	-277.2	-265.9	-265.9	-231.8	-238.3	11.3

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max) kolej2(max)

kolej1(min) kolej2(min)

odstředivá

brzdná

vítr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NERovnoTepl+

NERovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1
gr21	1	1	0.5	0.5
gr22	1	0.5	1	1
gr23	1	1	0.5	0.5
gr24	1	0.5	1	1
gr26	1	1	0.5	0.5
gr27	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku není zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

gr21		34.055	2184.2	2184.2	3108.345	3372.46	85.025
gr22		41.38	1103.99	1103.99	1615.185	1640	68.68
gr23		17.82	2176.27	2176.27	3067.67	3403.28	67.58
gr24		8.91	1088.14	1088.14	1533.835	1701.64	33.79
gr26		16.235	7.925	7.925	40.675	-30.82	17.445
gr27		32.47	15.85	15.85	81.35	-61.64	34.89

bez svislých účinků LM71

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]:

1.003

 $\Phi_3$  [-]:

1.050

 $Z_{LM71}$  [-]:

0.708 MSP, MSU

2.660 MSU

souč. kombinace:

 $\Psi_{Q,LM71}$  0.8 $\xi$  0.85

P1

P2+

P2-

P3

P4

P5

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$M_{Rd}$ =	169067.4	52318.3	53140.6	180657.4	228130.1	249799.3
$M_{Live\ 6.10a}$ [kNm] =	95765.04	34174.6	66683.2	129437	152272.2	239782.9
$M_{Live\ 6.10b}$ [kNm] =	106721.4	35983.1	63738.8	135764.1	162093.2	241250.0
$M_{Vna}$ [kNm] =	73665.4	26288.1	51294.7	99566.9	117132.4	184448.4
$M_{Vnb}$ [kNm] =	82093.4	27679.3	49029.9	104433.9	124687.1	185576.9
$Z_{LM71,\ 6.10a}$ [-] =	4.356	3.158	7.195	5.358	4.940	48.307
$Z_{LM71,\ 6.10b}$ [-] =	3.883	2.660	5.502	4.496	4.207	38.882

#### MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$M_{Max}$ =	115935.1	78294.5	75024.3	138736.8	175042.7	226839
$M_{Live}$ =	59552.8	64338.6	85442.4	99348.4	116717.4	219133.7
$Z_{LM71,\ 6.14b}$ [-] =	2.817	6.182	9.587	4.277	3.938	45.913

#### MSP - ČASTÁ KOMBINACE

$M_{Max}$ =	68726.7	19846.5	36764.1	96723.2	94570.7	119215.0
$M_{Live}$ =	12380.3	5897.7	47189.4	57438.4	36478.9	111510.1
$M_{Vn}$ =	15475.4	7372.2	58986.8	71798.0	45598.6	139387.6
$Z_{LM71,\ 6.15b}$ [-] =	0.732	0.708	6.619	3.091	1.538	29.204

$\Psi_{t0}$	0.6
$\Psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1978

2020 - 1978 =

42

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q,LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75
$\Psi_{w1}$	0.5

vítr

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

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

$$= M_{Rd} - \gamma_G (g_0 + g + s) - \gamma_{Q,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Rd} - \xi \gamma_G (g_0 + g + s) - \gamma_{Q,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$= M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \Psi_{Q,LM71}$$

$$= M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

$$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(\gamma_{Q,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1})$$

$$= M_{Live} / \delta / M_{LM71}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

$$= M_{Max} - (g_0 + g + s) - \max(\gamma_{Q,1} Q_{k,1} - \gamma_{Qw} \Psi_{0,1} Q_{k,1})$$

$$= M_{Live} / \Psi_{Q,LM71}$$

$$= M_{Vn} / \delta V_n / M_{LM71}$$

**Napětí od teplotních zatížení a hledání nejhorších účinků**

T-Nerovno+	$\sigma_H=sec$	-960.44	-837.64	-762.76	-762.43	-909.5	T-Nerovno+
	$\sigma_D=sec$	1463.7	1131	1016.8	1016.4	903.12	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=sec$	31.052	<b>27.095</b>	21.131	21.795	30.63	T-Nerovno-
	$\sigma_D=sec$	-47.525	-36.715	-29.893	-30.66	-30.391	T-Nerovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=prim$	-4381	-4381	-4381	-4381	-4381	T-Nerovno+
	$\sigma_D=prim$	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	-842.5	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=prim$	2830.8	<b>2830.8</b>	2830.8	2830.8	2830.8	T-Nerovno-
	$\sigma_D=prim$	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	2190.5	T-Nerovno-

$\omega_N = 0.35$  konstantní teplota (rovno)  
 $\omega_M = 0.75$  proměnná teplota (nerovno)

		P2+	P3	P4	P1	P5	
T-rovno+	$\sigma_H=$	1315	1135	1050.1	1244.1	-196.69	T-rovno+
	$\sigma_D=$	-2003.1	-1534.6	-1379.3	-1413	-84.781	T-rovno+
T-rovno-	$\sigma_H=$	-1496.4	-1291.6	-1463.4	-1212.9	96.535	T-rovno-
	$\sigma_D=$	2279.4	1746.3	1569.5	1607.9	96.476	T-rovno-
T-Nerovno+	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	T-Nerovno+
	$\sigma_D=$	266	266	-669	-697	285	T-Nerovno+
T-Nerovno-	$\sigma_H=$	2190	2190	2390	2390	2190	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	1770	1770	2100	2100	1770	T-Nerovno-

StressMidas

-2340	-2340	-2650	-2630	-2310	-1920
266	266	-669	-697	285	-1680
2190	2190	2390	2390	2190	2370
1770	1770	2100	2100	1770	2130
P2+	P2+	P3	P4	P1	P5

$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-1879.8	-1942.7	-2282.5	-2194.6	-2378.8	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-435.1	-271.11	-1151.7	-1191.6	255.33	$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$
$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$	$\sigma_H=$	-440.02	-619.97	-937.41	-728.38	-1929.2	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$
	$\sigma_D=$	-1803.6	-1335.1	-1881	-1935.8	128.97	$\omega_M \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$

5 4 3 2 1

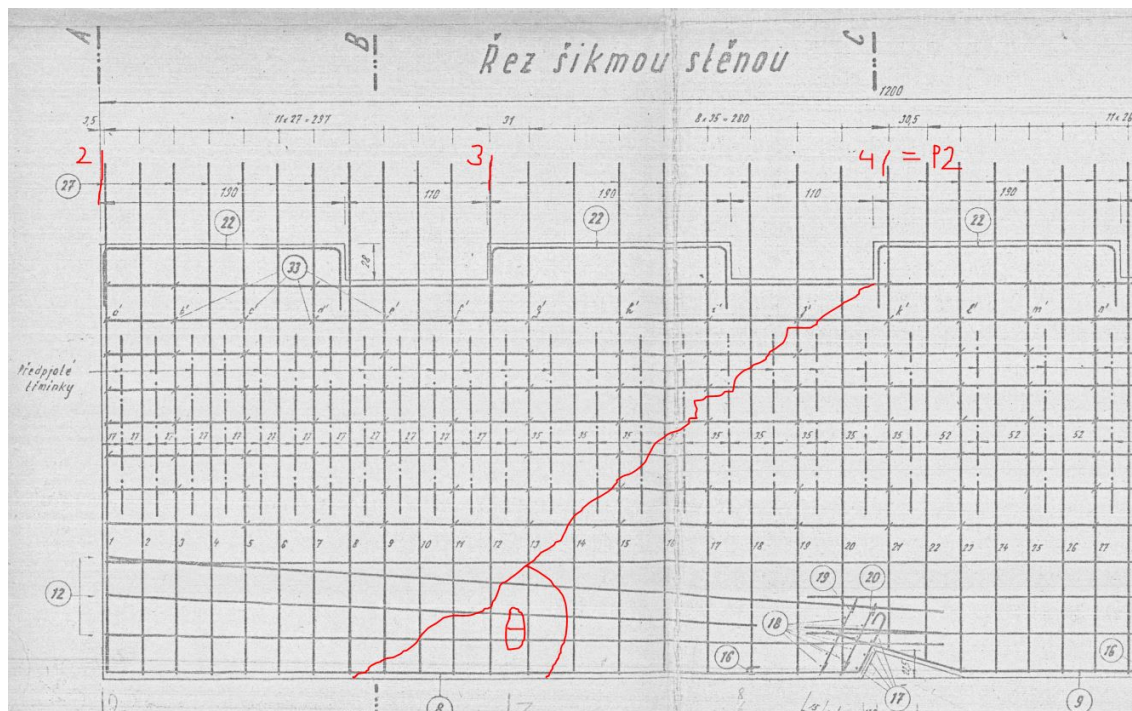
Výběr nejméně příznivého napětí a vypsání stavu, ve kterém vznikne

max	$\sigma_H=$	2190	<b>2190</b>	2390	2390	2190	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-	T-Nerovno-
	$\sigma_D=$	2279.4	1770	2100	2100	1770	T-rovno-	1770	1770	1770	1770
min	$\sigma_H=$	-2340	-2340	-2650	-2630	-2378.8	-2310	-2310	-2310	-2310	-2378.84013
	$\sigma_D=$	-2003.1	-1534.6	-1881	-1935.8	-84.781	-84.78111916	-84.78111916	128.968881	128.968881	-84.7811192
							P2+	P3	P4	P1	P5



## 5.24 SMYKOVÁ ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ A ÚNOSNOST PŘI INTERAKCI S KROUČENÍM – POZNÁMKY

Vyhodnocení smykové únosnosti bylo provedeno na základě vyztužení z archivní projektové dokumentace. Smyková únosnost je v mezním stavu rovna síle, při níž dojde k přetržení betonářské i předpínací výztuže (předpjaté třmínky), tedy k součtu síly na přetržení betonářské výztuže a síly na přetržení předpínací výztuže.



Obrázek 20 Příklad stanovení vyztužení oblasti průřezu P2

Výpočet únosnosti průřezu P4 nemá smysl, v tomto místě se nemůže konstrukce porušit smykem. Pro posouzení tohoto místa se bere únosnost sousedního průřezu P3.

Pro stanovení únosnosti ve smyku při interakci s kroucením se nejprve vypočetl krouticí moment na celý komorový průřez při zatížení modelem LM71 pouze na jedné koleji s příslušnými součiniteli, přičetl se moment vznikající bočním rázem a větrem. Předpokládá se, že vzhledem k symetrii konstrukce již nevzniká kroucení od žádného dalšího zatížení.

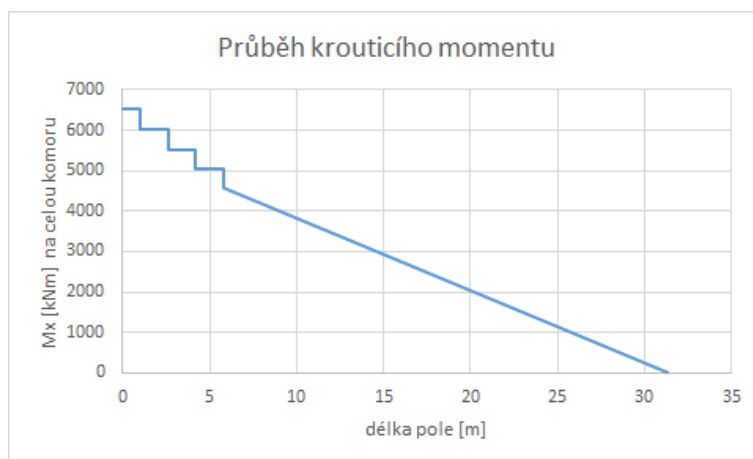
Interakce se počítala tak, že smyková únosnost průřezu byla snížena o sílu, která ve stojině vzniká kroucením. V kombinaci 6.10a a 6.10b jsou různé součinitele, proto je i únosnost stanovena dvakrát (vychází velmi podobné hodnoty výsledné smykové únosnosti).

Výpočet interakce se provedl ve všech posuzovaných polích, je přiložen pouze posudek pole 5, které má nejmenší zatížitelnost s ohledem na smyk.

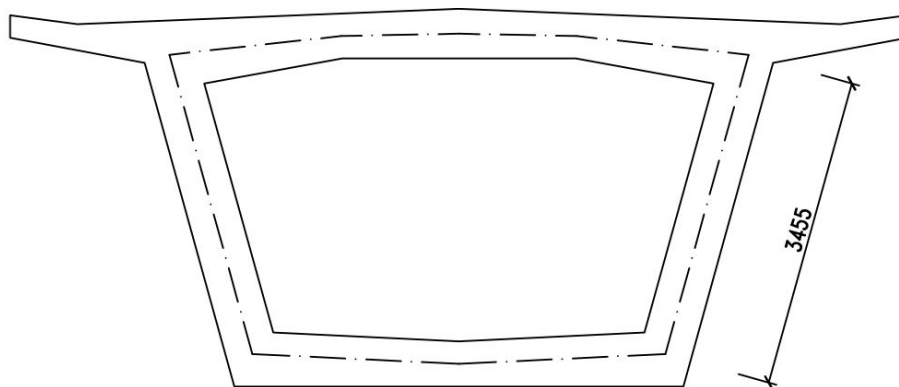
Při stanovení zatížitelnosti s ohledem na interakci se součinitel  $Z_{LM71}$  stanovil iterativně (neboť se jím násobí jak posouvající síla, tak krouticí moment).

## 5.25 SMYKOVÁ ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ

				Pole3					Pole5					
Poloha				P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	
Materiál	Beton	$\gamma_c$	[-]	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
		$\alpha_{cc}$	[-]	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
		$f_{ck}$	[MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		$f_{cd}$	[MPa]	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	18.889	
		$E_c$	[GPa]	33.0	33.0	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.0	33.0	33.0	
		$f_{ctk0.05}$	[MPa]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
		$f_{ctd}$	[MPa]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	Ocel	$\gamma_s$	[-]	1.15	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15	7.15	1.15	1.15	1.15	
		$f_{yk}$	[MPa]	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	
		$f_{yd}$	[MPa]	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	
		$\epsilon_{yd}$	[‰]	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	
		$\epsilon_{ud}$	[‰]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
	Průřez	B. prvek	b	[m]	0.600	0.750	1.050	1.200	0.500	0.600	0.750	1.050	1.200	0.500
			h	[m]	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
$d_1$	[m]		0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060		
d	[m]		4.140	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140		
Posouzení MSÚ - Kroucení	z <sub>Stoj</sub>	[m]	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455	3.455		
	$t_{ef,min}$	[m]	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500		
	A <sub>k</sub>	[m2]	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6		
	T <sub>Rd,s</sub>	[kNm]	41935	50322	125804	120772	50322	32206	32206	46594	120772	57031		
	T <sub>Rd,c</sub>	[kNm]	29081	29081	29081	29081	29081	29081	29081	29081	29081	29081		
	T <sub>Rd,max</sub>	[kNm]	90357	90357	90357	90357	90357	90357	90357	90357	90357	85557		
	T <sub>Ed</sub>	[kNm]	8493	8493	8493	8493	8493	8493	8493	8578	8578	944		
	$T_{Ed} / T_{Rd,s}$		20%	17%	7%	7%	17%	26%	26%	18%	7%	2%		
	$T_{Ed} / T_{Rd,max}$		9.4%	9.4%	9.4%	9.4%	9.4%	9.4%	9.4%	9.5%	9.5%	1.1%		
Posouzení MSÚ - Smyk	Betonářská výztuž	N <sub>s</sub>	[-]	2	2	4	6	2	2	2	2	6	2	
		Ø	[mm]	20	20	20	16	20	16	16	20	16	20	
		s	[m]	0.3	0.25	0.2	0.2	0.25	0.25	0.25	0.27	0.2	0.25	
		$s_l < s_{l,max}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
		$\rho_w$	[-]	0.0035	0.0034	0.006	0.005	0.005	0.0027	0.0021	0.0022	0.005	0.005	
	Předp. tříminky	N <sub>p</sub>			12	12			12	12	12			
		Ø	[mm]		7	7			7	7	7			
		f <sub>pd</sub>	[MPa]		935	935			935	935	935			
	Smyková únosnost	s	[m]	0.2	0.5	0.2	0.2	0.25	1	0.35	0.27	0.5	1	
		cotg θ	[-]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	
		V <sub>Rd,max</sub>	[kN]	7432	18580	26012	29729	12387	14864	18580	26012	29729	10930	
		σ <sub>cp</sub>	[MPa]	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
		V <sub>Rd,c</sub>	[kN]	2377.1	2957.9	4433.9	4959.8	2066.6	2310.1	2822.3	3964.3	4959.8	2066.6	
		V <sub>Rd,s</sub>	[kN]	3979.9	4775.9	11940	11462	4775.9	3056.6	3056.6	4422.1	11462	5412.7	
V <sub>Rd,p</sub>		[kN]	0.0	4826.6	12067	0.0	0.0	2413.3	6895.2	8938.2	0.0	0.0		
V <sub>Rd</sub>	[kN]	3980	9602	24006	24006	4776	5470	9952	13360	13360	5413			
MSÚ smyk + kroucení	V <sub>Ed,T</sub>	[kN]	747.4	747.4	747.4	747.4	747.4	747.4	747.4	754.9	754.9	83.0		
	V <sub>Rd, Max</sub>	[kN]	6734	16834	23567	26934	11223	13467	16834	23543	26906	10809		
	V <sub>Rd,s+p</sub>	[kN]	3232	8855	23259	10715	4028	4722	9204	12605	10707	5330		
	V <sub>Rd</sub>	[kN]	3232	8855	23259	10715	4028	4722	9204	12605	10707	5330		



**Obrázek 21** Výsledný krouticí moment (charakteristická hodnota)



**Obrázek 22** Uvažovaný kroucený průřez)

## 5.26 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – SMYK – POLE 2

Vnitřní síla		Q	Q	Q	Q	Q	Q
Posuzovaný průřez		P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	-1.2	2770.1		4264.4	5141.4	1585.4
suma stálé	[kNm]	16.2	2836.9		4522.4	6995.3	2160.5
prim. předp.	[kNm]	0	-1561.8		-1999.0	-618.2	134.1
CS, TD, Ps	[kNm]	16.8	27.9		-61.3	-61.3	9.8
g	[kNm]	0.6	1600.8		2318.3	2533.3	431.2
LM71+	[kNm]	1004.8	2197.9		2892.3	3127.2	429.1
LM71-	[kNm]	-1019.7	-265.2		-170.4	-80.3	1030.0
Odstředivá	[kNm]	0	0		0	0	0
Brzdná	[kNm]	-125.0	-125.1		124.3	-124.3	-1.4
Vítr	[kNm]	-0.4	1.3		495.3	-495.3	-25.2
Boční ráz	[kNm]	-4.5	9.8		52.6	-52.6	6.2
T-rovno+	[kNm]	-2.2	-1.8		9.7	-9.7	2.6
T-rovno-	[kNm]	2.5	2.0		-11.0	11.0	-3.0
T-Nerovno+	[kNm]	2.0	1.8		-3.1	3.1	-0.1
T-Nerovno-	[kNm]	-1.1	-1.2		-2.3	2.3	-2.0

gr11		-127.26	-120.19		150.565	-150.565	1.695
gr12		-66.99	-52.73		114.74	-114.74	5.46

bez svíslých účinků LM71

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

Kolej1(max)

Kolej1(min)

odstřediva

brzdná

vitr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

T-NerovnoTepl+

T-NerovnoTepl-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku je zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - SMYK NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.005 $Z_{LM71}$  [-]: 1.800

souč. kombinace:

 $\Psi_{Q,LM71}$  0.8 $\xi$  0.85

P1 P2+ P2- P3 P4 P5

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$Q_{Rd}$	3979.9	9602.49	24006.23	24006.23	4775.87
$Q_{Live\ 6.10a}$ [kN]	4028.94	5499.45	16869.4	15347.74	2027.4
$Q_{Live\ 6.10b}$ [kN]	4049.5	6370.9	18101.9	16862.2	2421.1
$Q_{Vna}$ [kN]	3099.2	4230.3	12976.5	11806.0	1559.5
$Q_{Vnb}$ [kN]	3115.0	4900.7	13924.5	12970.9	1862.4
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-]	3.837	2.395	5.582	4.697	1.884
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-]	3.086	2.219	4.792	4.128	1.800

$\Psi_{t0}$	0.6
$\Psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1969

2020 - 1969 =

51

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q,LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75
$\Psi_{w1}$	0.5

vitr

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

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

= MRd -  $\gamma_G(g_0+g+s)$  - gammaQ71\*max(gr11,gr12)\*psi\_71 -  $\gamma_{Qw}$ \*vitr\* $\psi W$  - P= MRd -  $\xi \gamma_G(g_0+g+s)$  - gammaQ71\*max(gr11,gr12) -  $\gamma_{Qw}$ \*vitr\* $\psi W$  - P $M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{Q,LM71}$  $M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{Q,LM71}$  $M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi Q_{LM71}$  $M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$

## 5.27 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – SMYK – POLE 3

Vnitřní síla	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Posuzovaný průřez	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	-1.2	2770.1	4264.4	5141.4	1585.4
suma stálé	[kNm]	15.7	2808.1	4208.1	6698.4	2300.6
prim. předp.	[kNm]	0	-1577.7	-2012.9	-615.9	133.5
CS, TD, Ps	[kNm]	16.4	15.0	-361.6	-360.5	150.6
g	[kNm]	0.6	1600.8	2318.3	2533.3	431.2
LM71+	[kNm]	1004.8	2197.9	2892.3	3127.2	429.1
LM71-	[kNm]	-1019.7	-265.2	77.9	-80.3	1030.0
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	-125.0	-125.1	124.3	-124.3	-1.4
Vítr	[kNm]	-0.4	1.3	495.3	-495.3	-25.2
Boční ráz	[kNm]	-4.5	9.8	52.6	-52.6	6.2
T-rovno+	[kNm]	-2.2	-1.8	9.7	-9.7	2.6
T-rovno-	[kNm]	2.5	2.0	-11.0	11.0	-3.0
T-Nerovno+	[kNm]	2.0	1.8	-3.1	3.1	-0.1
T-Nerovno-	[kNm]	-1.1	-1.2	-2.3	2.3	-2.0

gr11		-127.26	-120.19	150.565	-150.565	1.695
gr12		-66.99	-52.73	114.74	-114.74	5.46

bez svislých účinků LM71

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

Kolej1(max)

Kolej1(min)

odstředivá

brzdná

vitr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NerovnoTepl+

NerovnoTepl-

soustavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku je zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole Únosnost průřezu podle požadavků MSP

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - SMYK NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.050 $Z_{LM71}$  [-]: 1.612

souč. kombinace:

 $\psi_{Q,LM71}$  0.8 $\xi$  0.85

P1

P2+

P3

P4

P5

$\psi_{t0}$	0.6
$\psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1969

2020 - 1969 =

51

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q,LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\psi_{w0}$	0.75
$\psi_{w1}$	0.5

vitr

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$Q_{Rd} =$	3979.9	9602.49	24006.23	24006.23	4775.87
$Q_{Live\ 6.10a}$ [kN] =	4029.49	5532.13	17273.76	15734.41	1844.97
$Q_{Live\ 6.10b}$ [kN] =	4050.0	6401.1	18447.7	17190.5	2266.1
$Q_{Vna}$ [kN] =	3099.6	4255.5	13287.5	12103.4	1419.2
$Q_{Vnb}$ [kN] =	3115.4	4923.9	14190.5	13223.5	1743.2
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-] =	3.672	2.305	5.469	4.608	1.640
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-] =	2.953	2.134	4.673	4.027	1.612

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

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

= MRd -  $\gamma_G(g_0+g+s)$  -  $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$  -  $\gamma_{Qw} \psi_{0,w} Q_{k,w}$  - P= MRd -  $\xi \gamma_G(g_0+g+s)$  -  $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$  -  $\gamma_{Qw} \psi_{0,w} Q_{k,w}$  - P $M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{QLM71}$  $M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{QLM71}$  $M_{Vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_Q LM71$  $M_{Vnb} / \delta / M_{LM71}$



## 5.28 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – SMYK – POLE 5

Vnitřní síla	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Posuzovaný průřez	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kN]	15.0	2755.4	4244.6	5111.2	1560.6
suma stálé	[kN]	128.5	2632.6	4038.6	6652.8	2526.7
prim. předp.	[kN]	0	-1838.4	-2231.3	-699.0	154.2
CS, TD, Ps	[kN]	105.8	119.0	-299.0	-298.8	387.0
g	[kN]	7.7	1596.6	2324.3	2539.4	424.9
LM71+	[kN]	1009.1	2193.0	2899.4	3134.3	436.7
LM71-	[kN]	-1015.3	-266.2	-172.3	-81.8	1025.7
Odstředivá	[kN]	0	0	0	0	0
Brzdná	[kN]	-125.0	-124.8	-124.8	-124.8	0.5
Vítr	[kN]	2.8	-0.7	232.8	232.8	27.3
Boční ráz	[kN]	-4.0	9.5	-53.2	-53.2	-6.0
T-rovno+	[kN]	-0.3	-3.2	-6.7	-6.7	0.2
T-rovno-	[kN]	0.3	3.6	7.6	7.6	-0.2
T-Nerovno+	[kN]	0.6	2.8	1.2	1.2	-1.9
T-Nerovno-	[kN]	-1.0	-1.3	2.4	2.4	2.0

gr11		127.005	120.025	151.425	151.425	2.495
gr12		66.51	52.88	115.605	115.605	5.71

bez vislých účinků LM71

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max) kolej2(max)

kolej1(min) kolej2(min)

odstředivá

brzdná

vítr

bocniRaz

rovnoTepl+

rovnoTepl-

NErovnoTepl+

NErovnoTepl-

sestavby pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstředivá	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku je zanedbávána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole Únosnost průřezu podle požadavků MSP

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - SMYK NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]:

1.003

 $\Phi_3$  [-]:

1.05

 $Z_{LM71}$  [-]:

1.200

souč. kombinace:

 $\Psi_{Q, LM71}$ 

0.8

 $\xi$ 

0.85

P1

P2-

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$Q_{Rd}$	5469.87	9951.73	13360.29	13360.3	5412.66
$Q_{Live\ 6.10a}$ [kN]	5167.92	5853.7	7047.552	4108.82	2140.64
$Q_{Live\ 6.10b}$ [kN]	5160.0	6694.3	8230.8	5503.0	2601.8
$Q_{vna}$ [kN]	3975.3	4502.8	5421.2	3160.6	1646.6
$Q_{vnb}$ [kN]	3969.2	5149.5	6331.4	4233.1	2001.4
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-]	4.690	2.444	2.226	1.200	1.911
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-]	3.746	2.236	2.080	1.286	1.858

$\Psi_{t0}$	0.6
$\Psi_{t1}$	0.6

teplota

rok výstavby

1969

2020 - 1969 =

51

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q, LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75
$\Psi_{w1}$	0.5

vítr

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

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

 $= MRd - \gamma G * (g_0 + g + s) - \gamma_{LM71} * \max(gr11, gr12) * \psi_{LM71} - \gamma_{Qw} * \psi_W - P$  $= MRd - \xi * \gamma G * (g_0 + g + s) - \gamma_{LM71} * \max(gr11, gr12) - \gamma_{Qw} * \psi_W - P$  $= M_{Live\ 6.10a} / \gamma_{LM71}$  $= M_{Live\ 6.10b} / \gamma_{LM71}$  $= M_{vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{LM71}$  $= M_{vnb} / \delta / M_{LM71}$

## 5.29 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK – SMYK+KROU- CENÍ – POLE 5

Vnitřní síla	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Posuzovaný průřez	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5
g0	[kNm]	15.0	2755.4	4244.6	5111.2	1560.6
suma stálé	[kNm]	128.5	2632.6	4038.6	6652.8	2526.7
prim. předp.	[kNm]	0	-1838.4	-2231.3	-699.0	154.2
CS, TD, Ps	[kNm]	105.8	119.0	-299.0	-298.8	387.0
g	[kNm]	7.7	1596.6	2324.3	2539.4	424.9
LM71+	[kNm]	1009.1	2193.0	2899.4	3134.3	436.7
LM71-	[kNm]	-1015.3	-266.2	-172.3	-81.8	1025.7
Odstředivá	[kNm]	0	0	0	0	0
Brzdná	[kNm]	-125.0	-124.8	-124.8	-124.8	0.5
Vítr	[kNm]	2.8	-0.7	232.8	232.8	27.3
Boční ráz	[kNm]	-4.0	9.5	-53.2	-53.2	-6.0
T-rovn+	[kNm]	-0.3	-3.2	-6.7	-6.7	0.2
T-rovn-	[kNm]	0.3	3.6	7.6	7.6	-0.2
T-Nerov+	[kNm]	0.6	2.8	1.2	1.2	-1.9
T-Nerov-	[kNm]	-1.0	-1.3	2.4	2.4	2.0

gr11	127.005	120.025	151.425	151.425	2.495
gr12	66.51	52.88	115.605	115.605	5.71

bez svislých účinků LM71

Název zat. stavu v Midasu

sw

summation

Tendon primary

=suma stálé-prim-g-g0

os

kolej1(max) kolej2(max)

kolej1(min) kolej2(min)

odstředivá

brzdná

vitr

bocniRaz

rovn+Tep+

rovn+Tep-

NErovn+Tep+

NErovn+Tep-

sestavy pro stanovení zatížitelnosti				
	LM71	rozjezd	odstřediv	boční ráz
gr11	1	1	0.5	0.5
gr12	1	0.5	1	1
gr13	1	1	0.5	0.5
gr14	1	0.5	1	1

Pozn.:

normálová síla vznikající v NK při přejezdu vlaku je zanedbána

znaménka vnitřních sil viz poznámka v kapitole

Únosnost průřezu podle požadavků MSP

CS, TD, Ps - Smršťování, dotvarování, sekundární účinky předpětí

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

### ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - SMYK NOSNÍKŮ S KROUČENÍM

Součinitel stavu NK  $\alpha$  [1]:

1.0

 $\Phi_2$  [-]: 1.003 $\Phi_3$  [-]: 1.05 $Z_{LM71}$  [-]: 1.024

souč. kombinace:

 $\Psi_{Q, LM71}$ 

0.8

 $\xi$ 

0.85

P1

P2+

P3

P4

P5

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

$Q_{Rd,T,psi}$	4722.44	9204.3	12756.36	12756.4	5305.77
$Q_{Rd,T}$	4871.92	9353.78	12605.38	12605.4	5346.23
$Q_{Live, 6.10a}$ [kN]	4420.48	5106.27	6443.627	3504.9	2033.75
$Q_{Live, 6.10b}$ [kN]	4562.0	6096.4	7475.9	4748.1	2535.4
$Q_{vna}$ [kN]	3400.4	3927.9	4956.6	2696.1	1564.4
$Q_{vnb}$ [kN]	3509.2	4689.5	5750.7	3652.4	1950.3
$Z_{LM71, 6.10a}$ [-]	4.011	2.132	2.035	1.024	1.816
$Z_{LM71, 6.10b}$ [-]	3.312	2.037	1.889	1.110	1.811

$\Psi_{t0}$	0.6	teplota
$\Psi_{t1}$	0.6	

rok výstavby

1969

2020 - 1969 =

51

most starší 30 let

souč. zatížení	
$\gamma_G$	1.30
$\gamma_{Q, LM71}$	1.30
$\gamma_{Qw}$	1.35

$\Psi_{w0}$	0.75	vitr
$\Psi_{w1}$	0.5	

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 2} \gamma_{Q,j} \Psi_{0,j} Q_{k,j} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 2} \gamma_{Q,j} \Psi_{0,j} Q_{k,j} \quad (6.10b)$$

$$= MRd - \gamma G^*(g_0 + g + s) - \gamma_{max}(gr11, gr12) \cdot \psi_{71} - \gamma_{Qw} \cdot \psi_{w1} \cdot \psi_W - P$$

$$= MRd - \xi \cdot \gamma G^*(g_0 + g + s) - \gamma_{max}(gr11, gr12) - \gamma_{Qw} \cdot \psi_{w1} \cdot \psi_W - P$$

$$= M_{Live, 6.10a} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{Live, 6.10b} / \gamma_{QLM71}$$

$$= M_{vna} / \delta / M_{LM71} / \psi_{Q, LM71}$$

$$= M_{vnb} / \delta / M_{LM71}$$



## 5.30 OVĚŘENÍ ÚNAVY NK – NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ V BETONU, VÝZTUŽI

### Únava tlačného betonu

Výpočet podle 6.8.7(2) ČSN EN 1992-1-1

Tabulka napětí horní

	P1	P2+	P3	P4	P5
g0	-5213.9	-1299.7	-4258.6	-4949.1	-402.5
suma stálé	-6817.8	-6884.6	-4144.9	-4160.9	1536.6
prim. předp.	2584.6	-3688.3	1072.2	2167.2	2159.7
CS, TD, Ps	-1350.9	-1308.5	1406.7	1334.4	-102.1
g	-2837.6	-588.2	-2365.2	-2713.4	-118.5
LM71+	-2729.5	-1302.8	392.7	85.5	4.4
LM71-	-729.7	482.5	-3006.0	-3236.0	-484.6
Odstředivá	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Brzdná	-0.3	-260.4	-314.5	-325.3	-9.8
Vítr	-285.7	-160.5	-47.5	93.5	-14.6
Boční ráz	-42.4	-25.9	-11.3	4.7	-5.7
Tmax	2390.0	2190.0	2190.0	2390.0	2190.0
Tmin	-2630.0	-2340.0	-2340.0	-2650.0	-2379.2
grMax	5.5	290.8	352.6	348.4	9.1
geMin	-5.5	-290.8	-352.6	-348.4	-9.1

$\sigma$ bez LM71 m	-8615	-8642	-5867	-5959	91
$\sigma$ bez LM71 m	-5593.7	-5458.3	-2584.4	-2378.0	2846.9
uvažováno	-5593.7	-5458.3	-2584.4	-2378.0	0.0
$Z_{LM71}$	0.5	0.7	6.88018	1	1

$\sigma_{max}$	-9979	-9553.6	-3164.5	-5874.0	95.3
$0.45 \sigma_{min}$	-2681.3	-2304.3	-10470	-2526.3	-218.1
	-7297.9	-7249.3	7305.4	-3347.7	313.3

$f_{cd,fat}$	14611	14611	14611	14611	14611
$0.5 f_{cd,fat}$	7305.4	7305.4	7305.4	7305.4	7305.4
využití	0.99898	0.99233	1	0.45825	0.04289

Tabulka napětí dolní

P1	P2+	P3	P4	P5
3639.2	-1185.6	2923.6	4422.1	464.1
-2943.6	-2249.1	-6313.0	-2825.0	-7610.6
-11023	-2535.1	-9783.4	-8470.7	-8308.1
2226.4	2061.3	-1232.6	-1300.3	97.0
2214.1	-589.8	1779.3	2523.9	136.5
3593.7	1596.3	-438.9	-97.8	-4.2
-768.3	-2075.7	2371.4	3039.2	520.4
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.7	384.2	423.8	425.5	5.7
-239.9	-151.7	49.3	-110.8	-12.5
-32.1	-21.2	8.2	-8.6	2.3
2100.0	2316.5	1775.4	2100.0	1770.0
-1956.8	-2035.7	-1560.2	-1902.8	-87.3
-7.3	-356.1	-277.7	-367.8	-402.4
7.3	356.1	277.7	367.8	402.4

-4291.8	-3299.4	-6990.0	-3755.6	-7350.4
-1869.4	-1257.9	-5433.0	-1942.3	-6879.9
-1869.4	-1257.9	-5433.0	-1942.3	-6879.9
1	1	1.83272	3.01888	12.8001

-698.2	-1703.1	-7794.5	-4050.7	-7404.0
-1187.0	-1500.1	-489.1	3254.6	-98.6
488.8	-203.0	-7305.4	-7305.4	-7305.4

14611	14611	14611	14611	14611
7305.4	7305.4	7305.4	7305.4	7305.4
0.06691	0.02779	1	1	1

Výsledná zatížitelnost podle 6.8.7(2) ČSN EN 1992-1-1  $Z_{LM71}$  je 0.5.

Následuje však přesnější metoda:

Posouzení podle NN.3.2

$\Delta\sigma_{LM71,max}$	2729.5	1302.79	3006.02	3235.97	484.589
$\Delta\sigma_{LM71,min}$	0	0	0	0	0
$\sigma_{c,perm}$	-6822	-7117	-4427	-4440	1529
$\lambda_{c,0}$	1.03339	1.03743	1.0006	1.00077	1
$\lambda_{c,1}$	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65
$\lambda_{c,23}$	1	1	1	1	1
$\lambda_{c,4}$	1	1	1	1	1
$\lambda_c$	0.56836	0.67433	0.65039	0.6505	0.65

$\sigma_{cd,max,eq}$	8374	7996	6382	6545	1844
$\sigma_{cd,min,eq}$	6822.27	7117.28	4427	4439.61	1529.38

$\gamma_{sd}$	1	1	1	1	1
$E_{cd,max,eq}$	0.57311	0.54725	0.43681	0.44793	0.12623
$E_{cd,min,eq}$	0.46693	0.48713	0.303	0.30386	0.10467
$R_{eq}$	0.81473	0.89013	0.69366	0.67836	0.82922
	13.885	19.1224	14.2457	13.6282	29.6008
	> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK

3593.66	2075.67	2371.45	3039.17	520.366
0	0	0	0	0
-2938	-1964	-6091	-2531	-7289
1	1	1.02338	1	1.03977
0.65	0.65	0.55	0.55	0.65
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
0.65	0.65	0.56286	0.55	0.67585

5274	3313	7426	4202	7640
2937.79	1964.23	6090.87	2530.83	7288.65

1	1	1	1	1
0.36094	0.22678	0.50823	0.28762	0.52292
0.20107	0.13444	0.41688	0.17322	0.49885
0.55707	0.59281	0.82025	0.60224	0.95397
13.4431	16.9642	16.2387	15.8135	31.1309
> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK	> 6 - OK

**Napětí v podélné betonářské výztuži**

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5	
	dolní	dolní	horní	horní	horní	horní	
zC	2.387	2.312	-1.888	-1.98	-1.949	-1.949	[m]
zS	2.337	2.262	-1.838	-1.93	-1.899	-1.899	[m]

$\sigma_{C,71,max}$	4362	3672	1785	3399	3321	489	[kPa]
$\Delta\sigma_{s,LM71}$	25121	21133	10224	19488	19037	2802	[kPa]
k	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	[-]
$\Delta\sigma_{s,EC}$	35170	50719	34760	85747	102799	17936	[kPa]
$\lambda_{s,1}$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	[-]
$\lambda_{s,2}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\lambda_{s,3}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\lambda_{s,4}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\Phi_{FAT}$	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	[-]
$\Delta\sigma_{s,eqv}$	18464	26627	18249	45017	53969	9416	[kPa]
$\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)$	162.5	162.5	162.5	162.5	162.5	162.5	[kPa]
$\gamma_{s,fat}$	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	[-]

rozkmit napětí

využití	0.13067	0.18844	0.12915	0.31858	0.38194	0.06664	[-]
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----

**Napětí v předpínací výztuži**

	P1	P2+	P2-	P3	P4	P5	
	dolní	dolní	horní	horní	horní	horní	
zC	2.387	2.312	-1.888	-1.98	-1.949	-1.949	[m]
zS	2.307	2.232	-1.808	-1.9	-1.869	-1.869	[m]

sigC	3594	2076	1303	3006	3236	485	[kPa]
$\Delta\sigma_{s,LM71}$	20431	11787	7339	16968	18254	2734	[kPa]
k	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	[-]
$\Delta\sigma_{s,EC}$	28603	16502	10274	23755	25555	3827	[kPa]
$\lambda_{s,1}$	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	[-]
$\lambda_{s,2}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\lambda_{s,3}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\lambda_{s,4}$	1	1	1	1	1	1	[-]
$\Phi_{FAT}$	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	[-]
$\Delta\sigma_{s,eqv}$	16518	9530	5933	13719	14758	2210	[kPa]
$\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)$	185	185	185	185	185	185	[kPa]
$\gamma_{s,fat}$	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	[-]

využití	0.10268	0.05924	0.03688	0.08528	0.09174	0.01374	[-]
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----

**Napětí ve smykové betonářské výztuži**

	P1	P2+	P3	P4	P5	
$Q_{71}$	1004.8	2197.9	2892.3	3127.2	429.1	kN
s	0.3	0.25	0.2	0.2	0.25	m
cot $\theta$	1	1	1	1	1	[-]
$F_{wsFat}$	73.5	134.0	141.1	152.5	26.2	[kN]
As	628.3	1090.1	1718.5	1718.5	628.3	[mm <sup>2</sup> ]
$\Delta\sigma_{s,71}$	117.0	122.9	82.1	88.8	41.6	[MPa]
$\Delta\sigma_{s,eqv}$	94.6	99.4	66.4	71.8	33.7	[MPa]

využití	0.5881	0.61785	0.41263	0.44614	0.2093	[-]
---------	--------	---------	---------	---------	--------	-----

Touto metodou je potvrzena zatížitelnost  $Z_{LM71} \geq 1$

### 5.31 ZATÍŽITELNOST NK – MEZNÍ STAV OMEZENÍ DEFORMACÍ, PŘECHODNOST – POLE 2

#### Posouzení průhybů

##### Uprostřed hlavního pole

$$\begin{aligned} \text{průhyb LM71 } \delta_{LM71} &= 15.238 \text{ mm} \\ L &= 63.4 \text{ m} \\ \text{limitní } \delta_{lim} &= L / 600 = 105.666667 \text{ mm} \\ &\quad (\text{směrem dolů}) \end{aligned}$$

celková deformace na konci životnosti od všech stálých zatížení  
z výpočetního modelu je 56.1 mm  
(směrem dolů)

Vzhledem k neznámému nadvýšení a skutečným deformacím,  
ke kterým v průběhu let došlo se uvažuje  $\sum \delta_{rs,i} = 0$

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \sum \delta_{rs,i}) / \delta_{LM71} = 6.934 -$$

#### Přechodnost

$$\begin{aligned} \Phi_2 [-] &: 1.003 \\ \Phi_3 [-] &: 1.050 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{T,Ed} &= 25181.9 \text{ kNm} & M \text{ řez} & P4 \\ E_{LM71,Ed} &= 28510.21 \text{ kNm} \end{aligned}$$

TTZ		D2	D4	D4	
pro rychlost		160	120	80	km/h
$\Phi T1 =$		1.21	1.15	1.09	-
$\lambda_{LM71} =$	$E_{T,Ed} / E_{LM71,Ed} =$	0.707	0.883	0.883	-
$\psi_2 =$	$\Phi T1 / \Phi 2 =$	1.206	1.146	1.087	-
$\psi_3 =$	$\Phi T1 / \Phi 3 =$	1.152	1.095	1.038	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>0.853</b>	0.853	0.853	-
	MSP, MSU	>	<	<	
$\psi_2 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.852</b>	<b>1.013</b>	<b>0.960</b>	-
		vyhovuje	Nevyhovuje	Nevyhovuje	
poměr		1.001	0.843	0.889	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>3.386</b>	3.386	3.386	-
	MSU	>	>	>	
$\psi_3 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.814</b>	<b>0.967</b>	<b>0.917</b>	-
		vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	
poměr		4.158	3.500	3.692	-

### 5.32 ZATÍŽITELNOST NK – MEZNÍ STAV OMEZENÍ DEFORMACÍ, PŘECHOD-NOST – POLE 3

#### Posouzení průhybů

##### Uprostřed hlavního pole

průhyb LM71  $\delta_{LM71} = 15.238$  mm  
 $L = 63.4$  m  
 limitní  $\delta_{lim} = L / 600 = 105.666667$  mm  
 (směrem dolů)

celková deformace na konci životnosti od všech stálých zatížení  
 z výpočetního modelu je  $-94$  mm  
 (směrem nahoru)

Vzhledem k neznámému nadvýšení a skutečným deformacím,  
 ke kterým v průběhu let došlo se uvažuje  $\sum \delta_{rs,i} = 0$

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \sum \delta_{rs,i}) / \delta_{LM71} = 6.934 -$$

#### Přechodnost

$$\Phi_2 [-]: 1.003$$

$$\Phi_3 [-]: 1.050 -$$

$$E_{T,Ed} = 17043 \text{ kNm} \quad M \text{ řez} \quad P1$$

$$E_{LM71,Ed} = 19914.25 \text{ kNm}$$

TTZ		D2	D4	D4	
pro rychlost		160	120	80	km/h
$\Phi T1 =$		1.21	1.15	1.09	-
$\lambda_{LM71} =$	$E_{T,Ed} / E_{LM71,Ed} =$	0.685	0.856	0.856	-
$\Psi_2 =$	$\Phi T1 / \Phi 2 =$	1.206	1.146	1.087	
$\Psi_3 =$	$\Phi T1 / \Phi 3 =$	1.152	1.095	1.038	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>0.430</b>	0.430	0.430	-
	MSP, MSU	<	<	<	
$\Psi_2 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.826</b>	<b>0.981</b>	<b>0.930</b>	-
		Nevyhovuje	Nevyhovuje	Nevyhovuje	
poměr		0.520	0.438	0.462	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>2.719</b>	2.719	2.719	-
	MSU	>	>	>	
$\Psi_3 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.789</b>	<b>0.937</b>	<b>0.888</b>	-
		vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	
poměr		3.446	2.901	3.061	-

### 5.33 ZATÍŽITELNOST NK – MEZNÍ STAV OMEZENÍ DEFORMACÍ, PŘECHOD-NOST – POLE 5

#### Posouzení průhybů

##### Uprostřed hlavního pole

$$\begin{aligned} \text{průhyb LM71 } \delta_{LM71} &= 15.238 \text{ mm} \\ L &= 63.4 \text{ m} \\ \text{limitní } \delta_{lim} &= L / 600 = 105.6666667 \text{ mm} \\ &\quad \text{(směrem dolů)} \end{aligned}$$

celková deformace na konci životnosti od všech stálých zatížení  
z výpočetního modelu je 26 mm  
(směrem dolů)

Vzhledem k neznámému nadvýšení a skutečným deformacím,  
ke kterým v průběhu let došlo se uvažuje  $\sum \delta_{rs,i} = 0$

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \sum \delta_{rs,i}) / \delta_{LM71} = 6.934 -$$

#### Přechodnost

$$\begin{aligned} \Phi_2 [-] &: 1.003 - \\ \Phi_3 [-] &: 1.050 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{T,Ed} &= 7651.5 \text{ kNm} & M \text{ řez} & & P2+ \\ E_{LM71,Ed} &= 9911.03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

TTZ		D2	D4	D4	
pro rychlost		160	120	80	km/h
$\Phi T1 =$		1.21	1.15	1.09	-
$\lambda_{LM71} =$	$E_{T,Ed} / E_{LM71,Ed} =$	0.618	0.772	0.772	-
$\Psi_2 =$	$\Phi T1 / \Phi 2 =$	1.206	1.146	1.087	
$\Psi_3 =$	$\Phi T1 / \Phi 3 =$	1.152	1.095	1.038	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>0.708</b>	0.708	0.708	-
	MSP, MSU	<	<	<	
$\Psi_2 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.745</b>	<b>0.885</b>	<b>0.839</b>	-
		Nevyhovuje	Nevyhovuje	Nevyhovuje	
poměr		0.951	0.800	0.844	-
$Z_{LM71} =$	za základě požadavků	<b>2.660</b>	2.660	2.660	-
	MSU	>	>	>	
$\Psi_3 \cdot \lambda_{LM71} =$		<b>0.712</b>	<b>0.846</b>	<b>0.801</b>	-
		vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	
poměr		3.737	3.146	3.319	-

## 6 PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI ČÁSTÍ MOSTU DLE PŘÍLOHY E

### A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 0791 Praha-Libeň (mimo) – Praha Holešovice (vč., bez st. Stromovka)

DÚ: 4

km: 3.346

### B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř,

poř. číslo: K01 - K05, pod kolejí č. 1,2  
(ve směru staničení)

### C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: Prutový včetně fází výstavby

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

	na začátku		uprostřed		na konci	
poloměr oblouku	inf	[m]	inf	[m]	inf	[m]
převýšení koleje	0	[mm]	0	[mm]	0	[mm]
excentricita osy koleje	0.083	[m]	0.083	[m]	0.083	[m]

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

Nebyly zjištěny závady, které by měly přímý vliv na současnou zatížitelnost objektu.

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽDC, s.o.:

Zpracovatelem přepočtu 7/2020

Poznámka k části mostu:

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	$k_i$	typ	$L_p$	$\Phi_i$	$L_\Phi$	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E1}$	Viz číslo strany přepočtu	$Z_{LM71}$	$Z_{LM71,E}^{2)}$	Poznámky <sup>3)</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	NK	5 průř., pod. směr	M+N, omez. napětí	1	s	-	1.003	65.012	-	-	58	2.796	-	MSP-ch
2	NK	5 průř., pod. směr	M+N, omez. š. trhlin	1	s	-	1.003	65.012	-	-	58	0.430	-	MSP-fr
3	Stojka	5 průř., pod. směr	M+N, omez. napětí	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	1.591	-	MSP-ch
4	Stojka	5 průř., pod. směr	M+N, omez. š. trhlin	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	0.913	-	MSP-fr
5	Stojka	5 průř., pod. směr	M+N	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	88	3.731	-	MSU
6	NK	5 průř., pod. směr	Průhyb	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	6.934	-	MSP
7	NK	5 průř., pod. směr	M+N	1	s	-	1.05	65.012	1.3	-	58	2.660	-	MSU
8	NK	5 průř., pod. směr	Q	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	72	1.200	-	MSU
9	NK	5 průř., pod. směr	Q+T	1	S	-	1.05	65.012	1.3	-	87	1.024	-	MSU
10	NK	5 průř., pod. směr	Únava	1	S	-	1.003	65.012	-	-	88	>1	-	FAT

Dne: 20/8/2020, zatížitelnost určil: Ing. Marek Vokál

Přechodnost:

TTZ	D2	D4	D4
rychl.	160	120	80
MSP	0.520	0.438	0.462
MSU	3.446	2.901	3.061

## 7 ZÁVĚR

Předpis [13] upravuje hodnoty dílčích součinitelů oproti platné legislativě (Eurokódy). Tyto součinitele byly na přání investora použity, tím však přebírá investor část zodpovědnosti za případné škody vzniklé užitím upravených součinitelů. Stejně tak investor přebírá zodpovědnost za to, že mezní stav použitelnosti nepovažuje za relevantní a nesnižuje přechodnost s ohledem na tento mezní stav.

Vzhledem k nízké výsledné zatížitelnosti s ohledem na MSP je patrné, že při zatížení modelem 71 dojde k otevření trhlin v oblasti nad podporou, proto je nutné udržovat mostní izolaci v bezvadném stavu.

### 7.1 VÝSLEDNÁ ZATÍŽITENOST

Posouzení konstrukce bylo provedeno pro aktuální stav rozhodujících průřezů zjištěný diagnostickým průzkumem, tj. včetně uvažování oslabení, viz kap. 3.13.

**Výsledná zatížitelnost  $Z_{LM71}$  je minimálně 0.43**

Nejnižší zatížitelnost mostu vychází při posudku zatížení ohybovým momentem nad podporou, posudek MSP – mezní stav použitelnosti, častá kombinace.

### 7.2 VÝSLEDNÁ PŘECHODNOST

Byla prokázána traťová třída zatížení D2/160 a D4/120, ve výpočtu se však předpokládalo, že posudek MSP není rozhodující.

Výpočet obsahuje pouze nejdůležitější data a výstupy.

Vypracoval: Ing. Marek Vokál  
6.10.2020




## **6. PŘÍLOHA Č. 2 – KONTROLNÍ STATICKÝ VÝPOČET**

Kontrolní statický výpočet zatížitelnosti a určení přechodnosti zpracoval doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT Praha) a kompletní výpočet je přiložen jako samostatný elaborát na následujících stranách.



Investor: Správa železnic, s.o., Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

OBJEDNATEL: Pontex, s.r.o., Bezová 1658/1, 147 00 Praha 4				 <b>FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE</b>  Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6	
ODPOVĚDNÝ ZPRACOVATEL STAVBY	ODPOVĚDNÝ ZPRACOVATEL VÝPOČTU	VYPRACOVAL	KONTROLOVAL		
Ing. Petr Komanec, Pontex s.r.o.	doc. Ing. R. Šafář, Ph.D.	doc. Ing. R. Šafář, Ph.D.	doc. Ing. R. Šafář, Ph.D.		
<b>VZ č.j. 41644/2019-SŽDC-OŘ PHA-OVZ DIAGNOSTIKA A STATICKÉ POSOUZENÍ MOSTŮ S PŘEDPJATOU NOSNOU KONSTRUKCÍ</b>  <b>ŽELEZNIČNÍ MOST v km 3,346 TÚ 0791 Praha-Libeň (mimo) - Praha Holešovice (vč.)</b>				ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO	8302004A044
				STUPEŇ DOKUMENTACE	Výpočet zatížitelnosti
				DATUM	10/2020
				MĚŘÍTKO	
				ČÁST DOKUMENTACE	
<b>STATICKÝ VÝPOČET</b>				ČÍSLO PŘÍLOHY	ČÍSLO SOUPRAVY

## **OBSAH:**

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>1</b>
1.1.	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	1
1.2.	PŘEDPOKLÁDANÝ POSTUP VÝSTAVBY	2
1.3.	POUŽITÁ LITERATURA	3
1.4.	POUŽITÉ PROGRAMY	4
<b>2.</b>	<b>KONSTRUKCE</b>	<b>5</b>
2.1.	SCHÉMA A ZÁKLADNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE	5
2.2.	PRŮŘEZY	22
2.3.	USPOŘÁDÁNÍ PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	29
<b>3.</b>	<b>MATERIÁLY</b>	<b>37</b>
3.1.	BETON - HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE	37
3.1.1.	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI	37
3.1.1.1.	Přehled	37
3.1.1.2.	Vlastnosti použité pro výpočet	38
3.1.1.2.1.	Obecně	38
3.1.1.2.2.	Vývoj vlastností betonu v čase	38
3.1.2.	SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	40
3.1.2.1.	Podle ČSN EN 1992	40
3.1.2.2.	Podle původní normy	41
3.1.2.3.	Porovnání průběhu smršťování podle současné a původní normy	42
3.1.3.	DOTVAROVÁNÍ BETONU	43
3.1.3.1.	Podle ČSN EN 1992	43
3.1.3.2.	Podle původní normy	44
3.1.3.3.	Porovnání součinitele dotvarování podle současné a původní normy	45
3.3.	PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	45
3.3.1.	PŘEHLED VLASTNOSTÍ	45
3.3.2.	VLASTNOSTI POUŽITÉ PRO VÝPOČET	46
3.3.3.	RELAXACE PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	47
3.4.	BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	51
<b>4.</b>	<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>52</b>
4.1.	ZATÍŽENÍ STÁLÉ	52
4.1.1.	VLASTNÍ TÍHA NOSNÉ KONSTRUKCE	52
4.1.2.	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ	52
4.1.3.	SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	59
4.1.4.	NEROVNOMĚRNÉ POKLESY	59

<b>4.2.</b>	<b>ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ</b>	<b>59</b>
4.2.1.	ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	59
4.2.1.1.	Model zatížení LM71 (UIC-71)	59
4.2.1.2.	Dynamické účinky pohyblivého zatížení	60
4.2.1.3.	Odstředivé síly	62
4.2.1.4.	Brzdné a rozjezdové síly	63
4.2.1.5.	Spolupůsobení konstrukce s kolejí	65
4.2.1.6.	Boční rázy	66
4.2.1.7.	Traťová třída zatížení	66
4.2.2.	TEPLOTNÍ ZMĚNY	70
4.2.2.1.	Typ nosné konstrukce	70
4.2.2.2.	Rovnoměrná složka teploty	70
4.2.2.3.	Svislá proměnná složka teploty - lineární (postup 1)	71
4.2.2.4.	Svislá proměnná složka teploty - nelineární (postup 2)	72
4.2.2.5.	Proměnná složka teploty - ve vodorovném směru	72
4.2.3.	ZATÍŽENÍ VĚTREM	72
4.2.3.1.	Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$	72
4.2.3.2.	Zatížení nosné konstrukce ve směru x - obecná metoda	72
4.2.3.3.	Síly ve směru x - zjednodušená metoda	77
4.2.3.4.	Síly ve směru x - přehled hodnot	78
4.2.3.5.	Síly ve směru y	78
4.2.3.6.	Síly ve směru z	79
<b>4.3.</b>	<b>STAVENIŠTNÍ ZATÍŽENÍ</b>	<b>79</b>
<b>4.4.</b>	<b>KOMBINACE ZATÍŽENÍ</b>	<b>79</b>
4.4.1.	ZÁSADY	79
4.4.2.	POPIS KOMBINACÍ	81
4.4.2.1.	Kombinace zatížení pro mezní stavy únosnosti	81
4.4.2.2.	Kombinace pro mezní stavy použitelnosti	82
4.4.3.	DÍLČÍ SOUČinitele spolehlivosti zatížení	82
4.4.4.	SOUČinitele kombinace pro železniční mosty	83
<b>5.</b>	<b>VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A NAPĚTÍ</b>	<b>84</b>
5.1.	VÝPOČETNÍ MODEL Y	84
5.2.	VNITŘNÍ SÍLY	85
5.3.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ STÁLÉ	111
5.4.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	114
<b>6.</b>	<b>PŘEDPĚTÍ</b>	<b>120</b>
6.1.	MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ	120
6.2.	ZTRÁTY TŘENÍM	120
6.3.	ZTRÁTY POKLUZEM	120
6.4.	ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM	120
6.5.	DLOUHODOBÉ ZTRÁTY	121
6.6.	VÝPOČETNÍ MODEL Y	121
6.7.	VÝSLEDKY TDA	122
6.7.1.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ	122
6.7.1.1.	Normálová napětí v podrobných vláknech průřezů	122

6.7.1.2.	Normálová napětí v horních a v dolních vláknech n.k.	134
6.7.1.3.	Normálová napětí v horních a v dolních vláknech rámu 3 ve vybraných etapách	138
6.7.1.4.	Normálová napětí v horních a v dolních vláknech	139
6.7.2.	VNITŘNÍ SÍLY	144
<b>7.</b>	<b>POSOUZENÍ KONSTRUKCE</b>	<b>146</b>
7.1.	VÝPOČET PODLE ČSN EN	146
7.1.1.	NOSNÁ KONSTRUKCE - HORNÍ VLÁKNA	146
7.1.2.	NOSNÁ KONSTRUKCE - DOLNÍ VLÁKNA	147
<b>8.</b>	<b>ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSP</b>	<b>150</b>
8.1.1.	OMEZENÍ NAPĚTÍ - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE -	150
8.2.	OMEZENÍ TRHLIN - OHYB	163
8.3.	OMEZENÍ TRHLIN - SMYK	174
8.4.	OMEZENÍ SVISLÝCH PRŮHYBŮ	191
8.5.	POOTOČENÍ PODPOROVÝCH PRŮŘEZŮ	191
8.6.	ZKROUCENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	192
8.7.	VODOROVNÉ DEFORMACE NOSNÉ KONSTRUKCE	193
<b>9.</b>	<b>ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSÚ</b>	<b>195</b>
9.1.	OHYB	195
9.1.1.	STANOVENÍ MOMENTU ÚNOSNOSTI MRd	195
9.1.2.	PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTÍ	212
9.2.	SMYK	223
9.2.1.	STANOVENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI	223
9.2.1.1.	Uspořádání smykové výztuže	223
9.2.1.2.	Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky vyžadující návrh smykové výztuže výpočtem	231
9.3.	SMYK + KROUCENÍ	244
9.3.1.	STANOVENÍ ÚNOSNOSTI V KROUCENÍ - OBECNĚ	244
9.3.2.	KOMBINACE KROUTÍCÍCH MOMENTŮ PRO KOMBINACI S POSOUVAJÍCÍMI SILAMI	245
9.3.3.	KOMBINACE POSOUVAJÍCÍCH SIL PRO KOMBINACI S KROUTÍCÍMI MOMENTY	246
9.3.4.	PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SÍLY, $Q_{k1}$ = ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	247
9.3.5.	PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SÍLY, $Q_{k1}$ = ZATÍŽENÍ VĚTREM	247
9.3.6.	OVĚŘENÍ PLOCHY PODÉLNÉ VÝZTUŽE	247
9.3.7.	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI STĚN NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ	248
9.4.	ÚNAVA	250
9.4.1.	TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ OHYBEM A NORMÁL.SILOU	250
9.4.1.1.	Namáhání M+N - postup EN 1992-2, Příloha NN	250
9.4.1.1.1.	Úvod	250

9.4.1.1.2. <i>Kombinace normálových napětí - horní vlákna</i>	253
9.4.1.1.3. <i>Posouzení únavy betonu - horní vlákna</i>	254
9.4.1.1.4. <i>Kombinace normálových napětí - dolní vlákna</i>	255
9.4.1.1.5. <i>Posouzení únavy betonu - dolní vlákna</i>	256
9.4.1.2. Tlačený beton - namáhání M+N - podle EN 1992-1-1, čl. 6.8.7(1)	257
9.4.1.2.1. <i>Horní vlákna</i>	257
9.4.1.2.2. <i>Dolní vlákna</i>	259

<b>Přehled zatížitelností a přechodností, návrh opatření</b>	<b>262</b>
--	------------

# **1. ÚVOD**

## **1.1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA**

Předmětem tohoto výpočtu je stanovení zatížitelnosti nosné konstrukce železničního mostu, který převádí železniční trať Praha-Libeň (mimo) - Praha-Holešovice (vč., bez st. Stromovka) přes Vltavu mezi Libní a Holešovicemi v Praze.

Most je dvoukolejný, jedna nosná konstrukce v příčném směru převádí obě koleje dvoukolejně trati. Celková délka mostu je 417,500 m, celková šířka mostu je 11,850 m. Most kříží řeku šikmo, ale uložení nosné konstrukce na jednotlivých podpěrách je kolmé. Koleje na mostě i nosná konstrukce jsou převážně přímé, pouze část konstrukce v poli č. 1 u opěry Libeň je zakřivena do směrového oblouku o poloměru přibližně 675 m.

Nosná konstrukce je dvoukolejná, monolitická, z dodatečně předpjatého betonu, o pěti polích. V každém poli konstrukce působí jako samostatný rám se šikmými stojkami o rozpětí 73,300 m v patě šikmých stojek, resp. 66,900 m v místě vetknutí stojek do hlavní nosné konstrukce.

Šikmé stojky vždy dvou navazujících rámu jsou založeny na společném pilíři se společným základem. Osová vzdálenost těchto pilířů je 5 x 77,500 m. Hlavní nosná konstrukce je v ose každého pilíře rozdělena příčnou dilatační spárou a rámy v jednotlivých polích tedy působí samostatně.

Hlavní nosná konstrukce má komorový příčný řez o výšce 4,200 m a o šířce 10,000 m. Rámové stojky mají plný betonový příčný řez konstantní šířky 5,000 m a proměnné výšky - na horním konci stojky je výška jejího příčného řezu 4,000 m, směrem dolů se zmenšuje na 1,430 m. Rámové stojky jsou na jednotlivých podpěrách uloženy prostřednictvím vrubových kloubů.

Hlavní nosná konstrukce (mostovka) i rámové stojky jsou z betonu zn. 400 (C28/35), pro vrubové klouby v patách rámových stojek byl použit beton zn. 500 (C35/45).

Betonářská výztuž je z oceli 10 400 (B).

Hlavní nosná konstrukce je v podélném směru dodatečně předepnuta pomocí kabelů z 24 patentovaných drátů  $\phi$  P7 mm. Stejnými kabely jsou předepnuty i rámové stojky. Stěny komorové nosné konstrukce jsou svisle předepnuty dvoustřížnými třmínky z 12 patentovaných drátů  $\phi$  P7 mm.

Na mostě jsou monolitické železobetonové římsy s kabelovými žlaby, ocelové zábradlí a ocelové stožáry trakčního vedení. Kolej je převážně bezстыková a je uložena v uzavřeném kolejovém loži. Pražce jsou převážně betonové. Na mostě se ale nacházejí i výhybky a v jejich oblasti jsou pražce dřevěné.

Založení všech podpěr je plošné na poloskalním podloží (břidlice).

Vlastnosti materiálů a stav nosné konstrukce byly ověřeny diagnostickým průzkumem [13] v dubnu 2020 a vizuální prohlídkou v dubnu 2020 [14] a v červnu 2020.

Na konstrukci jsou viditelné především projevy zatékání, povrchové degradace betonu a koroze betonářské výztuže.

Na dolním povrchu komorové nosné konstrukce jsou prakticky ve všech polích ve vzdálenosti cca 5 až 8 m od vnitřního líce rámové stojky výrazné příčné trhliny. V místech kotev v dolní desce jsou ponechány malé dutiny překryté zdola pouze tenkou krycí deskou (z těchto dutin vycházejí šikmé trhliny do dolní desky). Svislé trhliny jsou rovněž v místě, kde jsou koncové železobetonové "dvoutrámové" konzoly vetknuty do předpjaté nosné konstrukce.

Na projektové dokumentaci je uveden rok 1966 až 1968, kdy byly železniční mosty navrhovány na účinky zatěžovacího vlaku A dle [15] ; konstrukce pak byla realizována asi v letech 1969 až 1975 .

Konstrukce zřejmě nebyla ověřena z hlediska účinků kolejového jeřábu GEPK-130.

V současné době je na mostě uvažována traťová třída s přidruženou rychlostí je D4/80. Kromě toho je posouzení přechodnosti provedeno i pro D4/120 a D/160.

Traťová rychlost v místě mostu je 100 km/h, rychlost přímo na mostě je 80 km/h.

Trať převáděná po mostě je zařazena do 2. třídy; pokud by se zde dnes navrhoval nový most, byl by navržen na zatížení 1,21.LM71 + SW/0.

Tento přepoččet je zpracován podle Metodického pokynu SŽDC [ 1 ] a podle evropských norem pro navrhování stavebních konstrukcí. Na úvod je ale provedeno i orientační posouzení konstrukce podle současných norem.

## **1.2. PŘEDPOKLÁDANÝ POSTUP VÝSTAVBY**

Pro výstavbu mostní konstrukce byla použita monolitická betonáž na skruži a letmá betonáž. Pole č. 1, 4 a 5 (číslováno od opěry Libeň) byla betonována na skruži, pole č. 2 a 3 (nad řekou) byla betonována letmo.

V průběhu výstavby byly navazující konstrukce nad pilíři dočasně v podélném směru sepnuty dohromady pomocí dočasných předpínacích kabelů. Na konci realizace byly do spár nad opěrou Libeň, opěrou Holešovice a uprostřed středního pole vloženy hydraulické lisy, konstrukce byla těmito lisy rozepřena, byla dobetonována uzavírací spára uprostřed středního pole (č. 3), pole bylo definitivně předepruto a následně byly lisy uvolněny.

Základní etapy výstavby (částečně zjištěné z dokumentace, částečně předpokládané) jsou uvedeny v následující tabulce. Podrobnosti jsou archivovány u zpracovatele výpočtu.

Etapa	Rok	$\Delta T$ [dny]	$T$ [dny]
Začátek realizace	1969		0,0
		1739,0	
Konec realizace mostní konstrukce	1974		1739,0
		7,0	
Rozepření pomocí lisů	1974		1746,0
		320,0	
Uvolnění lisů	1975		2066,0
		56,0	
Mezifáze	1975		2122,0
		78,0	
Mezifáze	1975		2200,0
		78,0	
Vnesení ostatního stálého zatížení	1975		2278,0
		280,0	
Mezifáze	1976		2558,0
		200,0	
Mezifáze	1976		2758,0
		54,0	
Uvedení do provozu	1977		2812,0
		15849	
Čas přepočtu	2020		18661,0
		17864	
Konec životnosti	2069		36500

### 1.3. POUŽITÁ LITERATURA

- [ 1 ] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC 2015,
- [ 2 ] ČSN EN 1990 ed. 2: 2015 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí,
- [ 3 ] ČSN EN 1991-1-1: 2004 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, vč. Opravy 1 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2010 a Změny Z2 – 03/2010,
- [ 4 ] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2: 2013, (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem,
- [ 5 ] ČSN EN 1991-1-5: 2005 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, vč. Opravy 1 – 02/2010, Opravy 2 – 06/2011, Změny Z1 – 02/2010 a Změny Z2 – 03/2010,
- [ 6 ] ČSN EN 1991-2: 2018 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou,
- [ 7 ] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: 2019 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- [ 8 ] ČSN EN 1992-2: 2007 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady, vč. Opravy 1 – 10/2009, Změny Z1 – 03/2010 a Změny Z2 – 01/2014,
- [ 9 ] ČSN EN 1994-1-1 ed. 2: 2011 (73 1470) Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- [ 10 ] ČSN EN 1994-2: 2007 (73 6210) Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty, vč. Opravy 1 – 02/2009,
- [ 11 ] ČSN EN 15528: 2016 (73 6330) Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly,



- [12] Most v km 3,346 přes Vltavu, Stavby silnic a železnic, 1966 až 1968, včetně změn a dodatků,
- [13] Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce: Železniční most v km 3,346 TÚ 0791 Praha-Libeň - Praha-Holešovice, Kloknerův ústav ČVUT v Praze, 07/2020,
- [14] Holešovický most přes Vltavu, protokol o podrobné prohlídce mostního objektu, SŽDC, 04/2020,
- [15] ČSN 73 6202: 1953 Jednotný mostní řád. Zatížení a statický výpočet mostů,
- [16] Směrnice pro navrhování mostů, 1951,
- [17] ČSN 73 2004: 1960 Směrnice pro konstrukce z předpjatého betonu , včetně Změny – 07/1962, Změny b-1/1965, Změny c-1/1970 a Změny d-7/1970,
- [18] ČSN 73 1251: 1969 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu, vč. Změny a) - 6/1982. Zrušena 10/1993,
- [19] ČSN 73 6207: 1993 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu, vč. Změny 1-01/1998 a Změny 2-01/2006. Zrušena 04/2010,
- [20] ČSN 73 6203: 1969 Zatížení mostů, včetně Změny a 4-5/1976. Zrušena 1.9.1987,
- [21] ČSN 73 6203: 1986 Zatížení mostů, vč. Změny a-8/1988, Změny b-11/1989 Opravy N1-07/1997,
- [22] ČSN 73 1001: 1987 Základová půda pod plošnými základy,
- [23] ČSN 73 6222: 2013 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, vč. Změny Z1 - 07/2015,
- [24] ČSN 73 6214: 2014 Navrhování betonových mostních konstrukcí,
- [25] ČSN P ENV 1992-2: 1998 (73 6208) Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty,
- [26] Hořejší, J., Šafka, J. a kol.: Statické tabulky - Technický průvodce TP 51, SNTL 1987,
- [27] Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, 1994,
- [28] Masopust, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí - příručka k ČSN EN 1997, ČKAIT 2012,
- [29] *fib* Model Code for Concrete Structures 2010, *fib* 2013,
- [30] Interakce koleje a mostů s velkými dilatačními délkami - závěrečná zpráva. FAST VÚT v Brně a FSv ČVUT v Praze, objednatel SŽDC, s.o., 12/2015,
- [31] Jiříkovský, T. a kol.: Most přes Vltavu v Holešovicích - geodetické zaměření, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 05/2020.

#### **1.4. POUŽITÉ PROGRAMY**

- [A] EXCEL (Microsoft) - tabulkový kalkulátor,
- [B] Autocad,
- [C] soubor programů pro navrhování pilot a pažicích konstrukcí, který je přílohou publikace [27] ,
- [D] Scia Engineer 19.

## 2. KONSTRUKCE

### 2.1. SCHÉMA A ZÁKLADNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE

Schéma konstrukce - viz původní výkresová dokumentace.

#### Základní parametry konstrukce:

Rozpětí pole:  $L = 66,900$  m

Délka levé stojky:  $L_l = 8,591$  m

Délka pravé stojky:  $L_p = 8,591$  m

Celková délka nosné konstrukce:  $L_{NK} = 77,450$  m

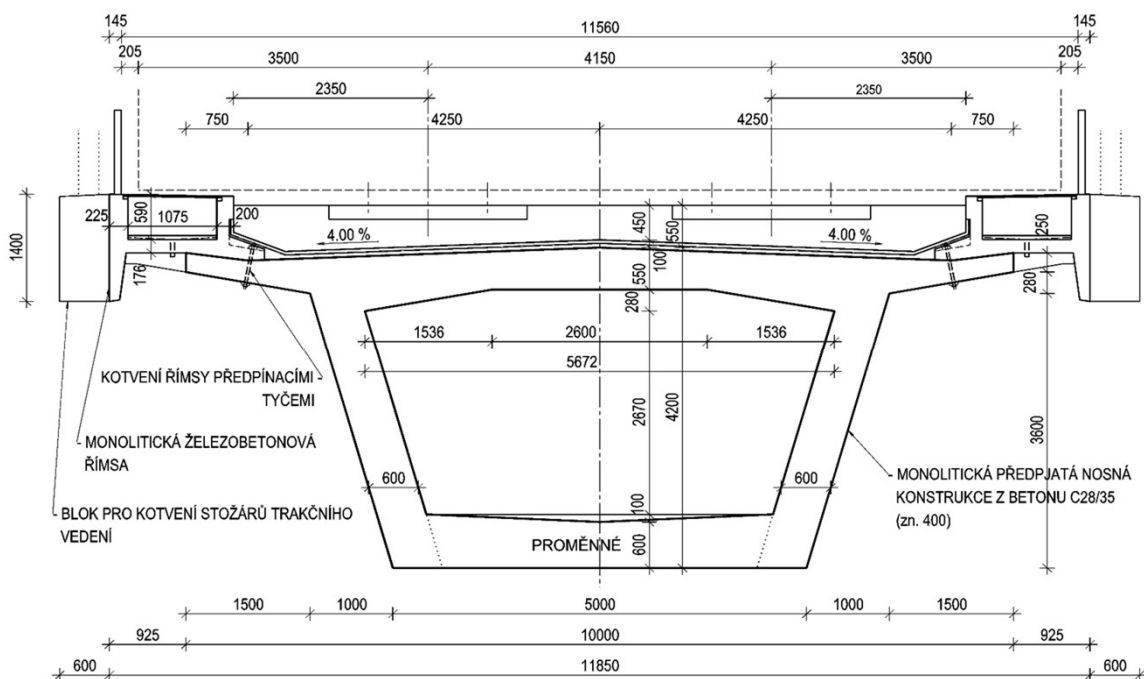
Poloměr směrového oblouku:  $r = 675,0$  m

Maximální převýšení:  $p = 50$  mm

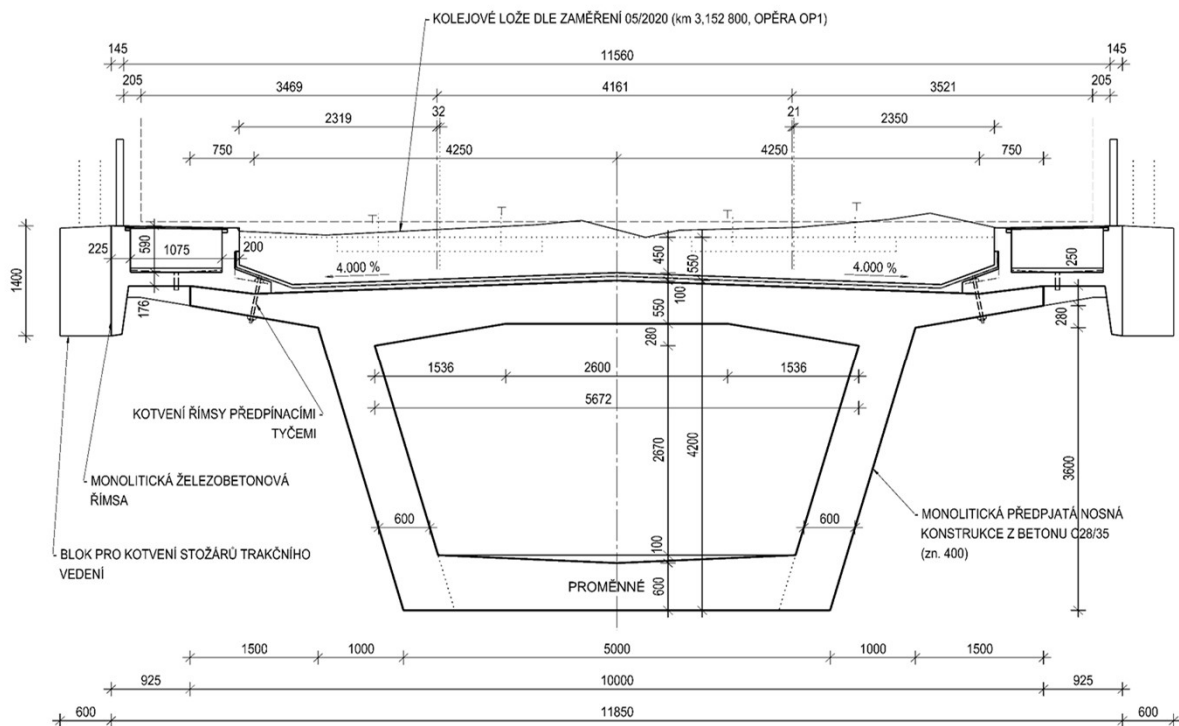
Tloušťka svršku:  $h_s = 0,630$  m

Rychlost na mostě:  $V = 80,0$  km/h

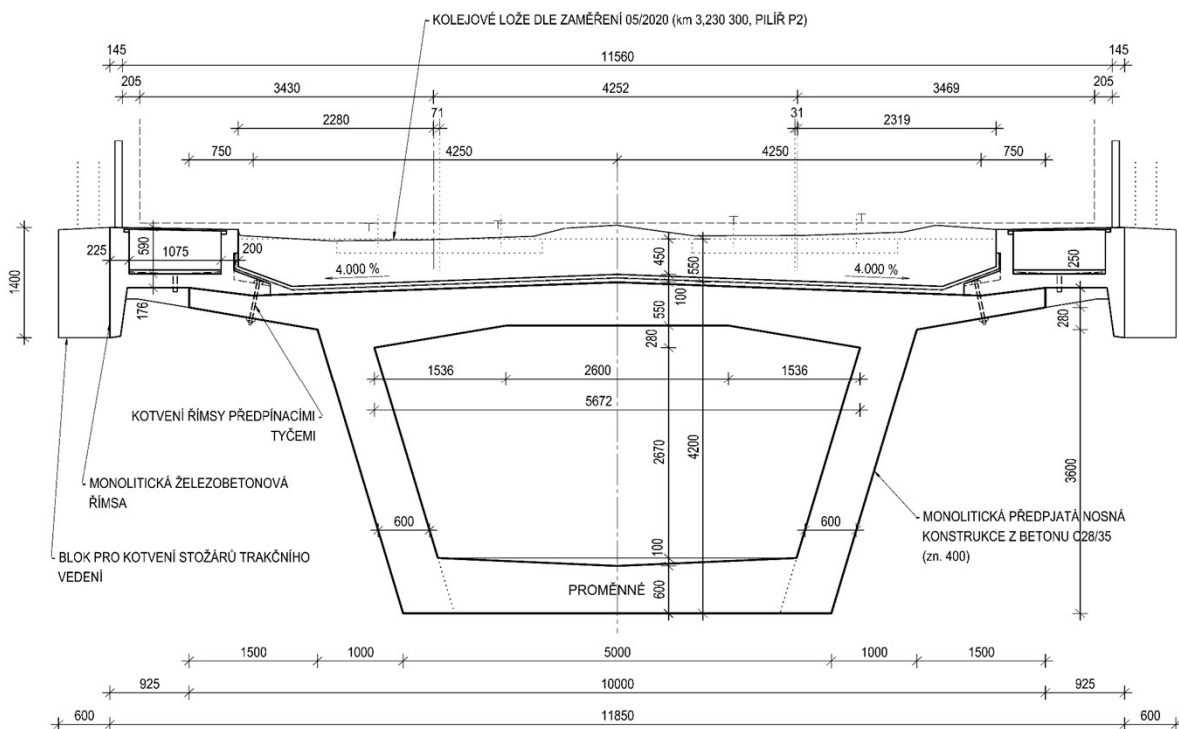
#### Vzorový příčný řez - podle původní dokumentace:



**Příčný řez - podle zaměření 05/2020 - km 3,152 800 - opěra OP1:**  
 (řezy podle zaměření [31] - pohled proti směru staničení)



**Příčný řez - podle zaměření 05/2020 - km 3,230 300 - pilíř P1:**



KOLEJOVÉ LOŽE DLE ZAMĚŘENÍ 05/2020 (km 3,381 700, U PILÍŘE P3)

145 205 3447 11560 4165 3539 205 145

2297 54 4250 39 2350 750

750 4250 750

1400

225 590 1075 200

176

4.000 %

450 550 100 550 280 100 260 4200 600 600

1536 2600 1536 5672

3600

280 250

KOTVENÍ ŘÍMSY PŘEDPÍNAČÍMI TYČEMI

MONOLITICKÁ ŽELEZOBETONOVÁ ŘÍMSA

BLOK PRO KOTVENÍ STOŽARŮ TRAKČNÍHO VEDENÍ

PROMĚNNÉ

MONOLITICKÁ PŘEDPJATÁ NOSNÁ KONSTRUKCE Z BETONU C28/35 (zn. 400)

1500 1000 5000 1000 1500

925 10000 925

600 11850 600

Technical drawing of a bridge cross-section, showing dimensions and structural details. The drawing includes a plan view at the top and a cross-section view below.

**Plan View Dimensions (Top):**

- Overall width: 11560
- Side offsets: 145, 205, 3495, 4170, 3485, 205, 145
- Internal offsets: 750, 2345, 5, 4250, 15, 2335, 750

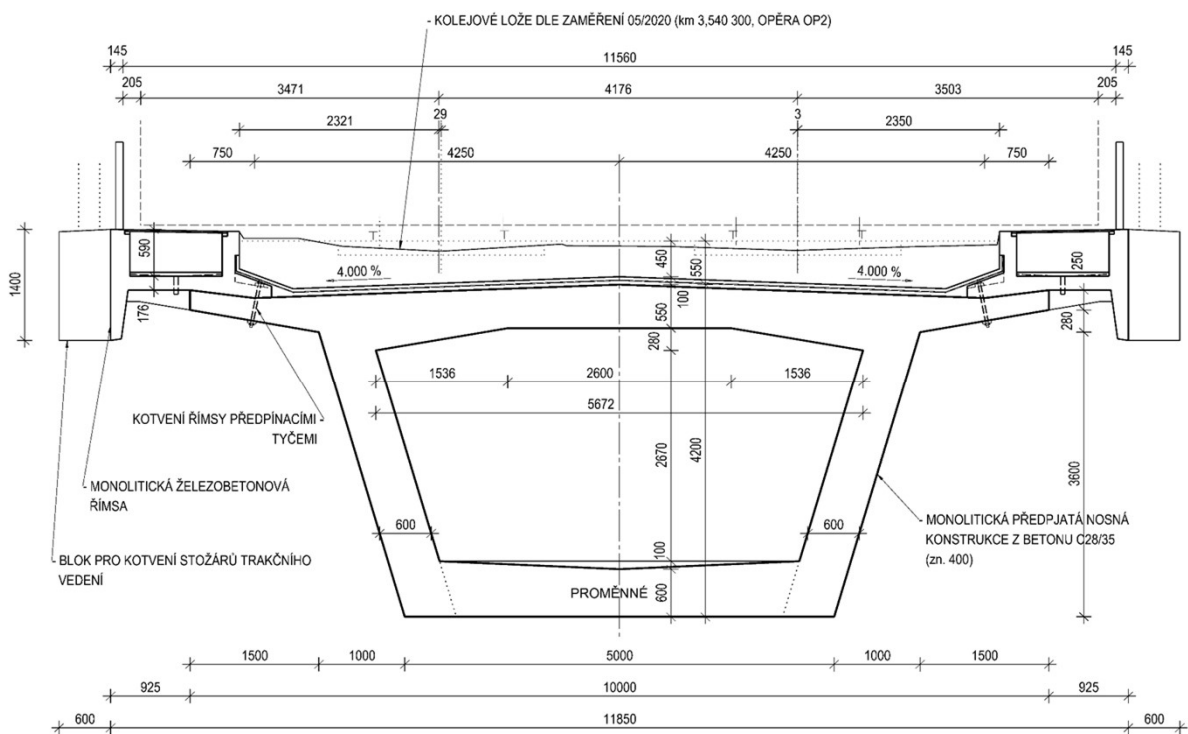
**Cross-section View Dimensions (Bottom):**

- Overall width: 11850
- Side offsets: 600, 925, 1500, 1000, 5000, 1000, 1500, 925, 600
- Internal offsets: 1536, 2600, 1536, 5672, 280, 550, 100, 450, 4200, 2670, 100, 600

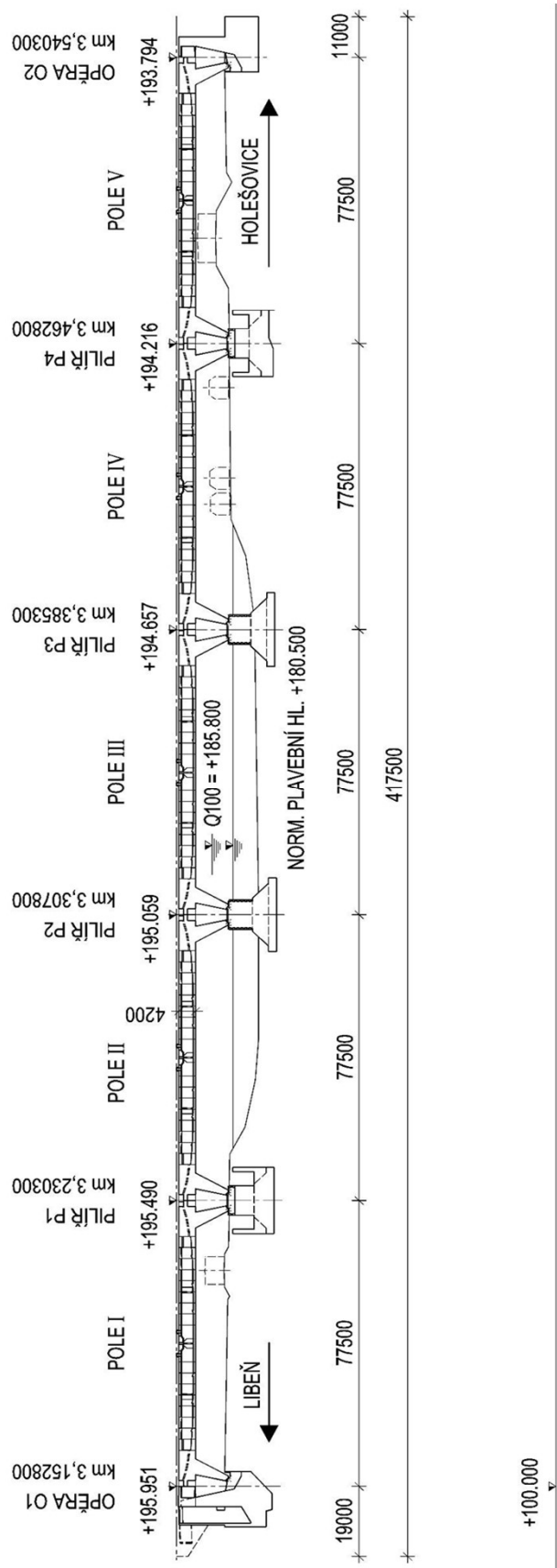
**Structural Details and Labels:**

- KOLEJOVÉ LOŽE DLE ZAMĚŘENÍ 05/2020 (km 3,462 800, PILÍŘ P4):** Track bed according to measurement 05/2020 (km 3,462 800, Pier P4).
- 4,000 %:** Slope percentage.
- KOTVENÍ ŘÍMSY PŘEDPÍNAČÍMI TYČEMI:** Anchoring of the curb with prestressing tendons.
- MONOLITICKÁ ŽELEZOBETONOVÁ ŘÍMSA:** Monolithic reinforced concrete curb.
- BLOK PRO KOTVENÍ STOŽARŮ TRAKČNÍHO VEDENÍ:** Block for anchoring the traction guide masts.
- PROMĚNNÉ:** Variable.
- MONOLITICKÁ PŘEDPJATÁ NOSNÁ KONSTRUKCE Z BETONU C28/35 (zn. 400):** Monolithic prestressed load-bearing structure made of concrete C28/35 (class 400).

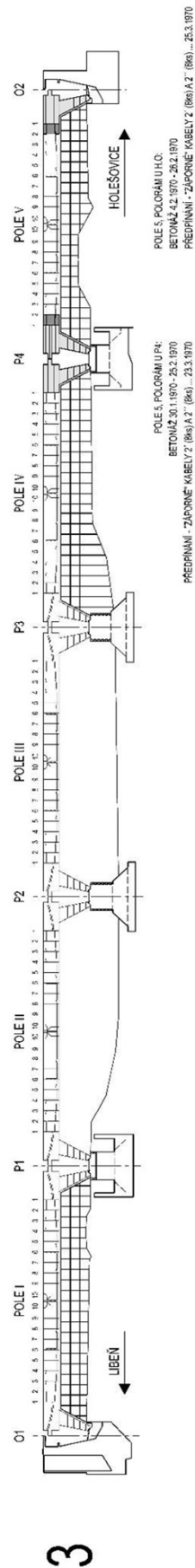
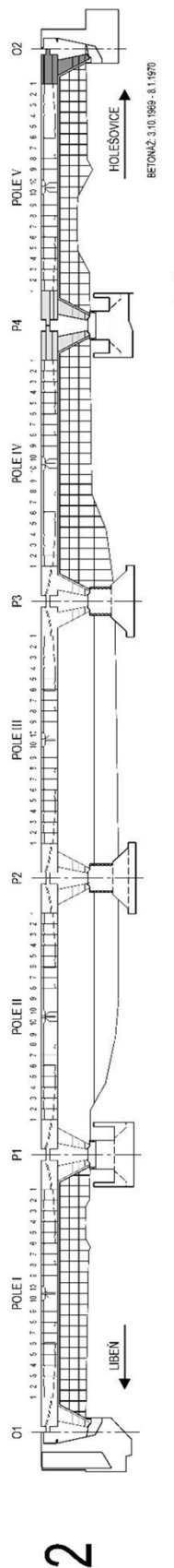
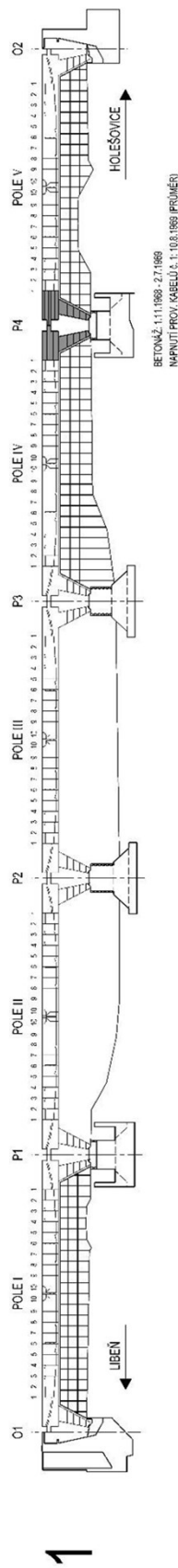
**Příčný řez - podle zaměření 05/2020 - km 3,540 300 - opěra OP2:**

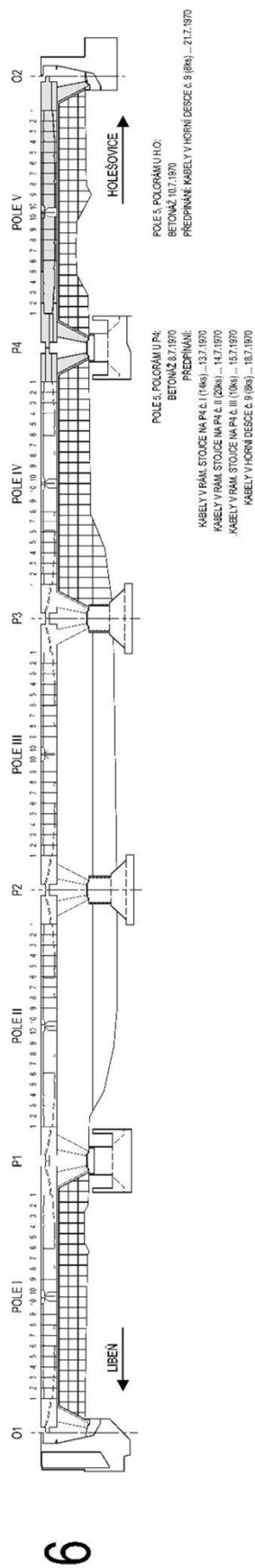
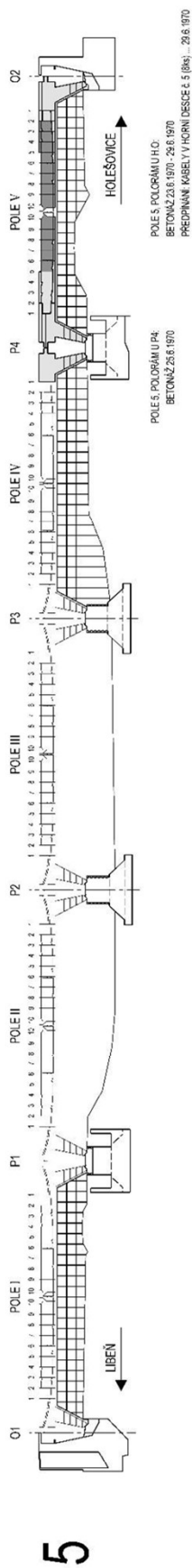
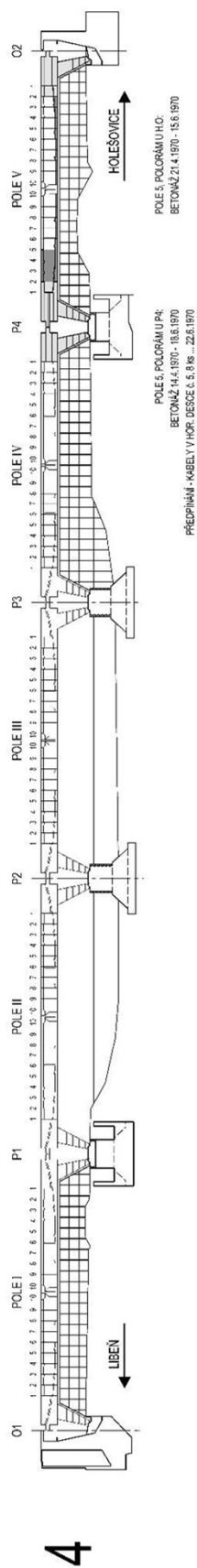


Podélný řez:



# Postup výstavby:

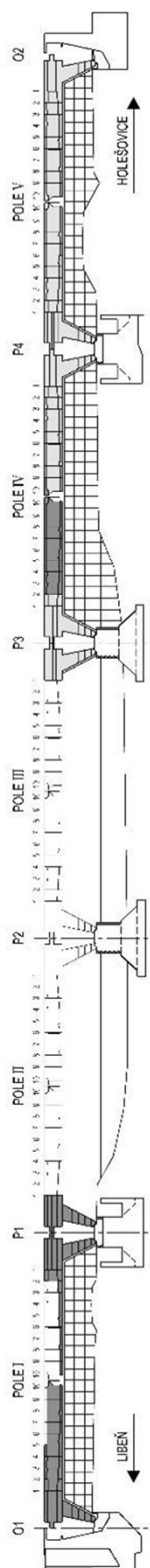








10



BETONÁŽ - POLE I, POLORAM UO.L.:  
7.5.1971 - 4.11.1971

BETONÁŽ - POLE I, POLORAM U.P.:  
22.8.1971 - 28.10.1971

BETONÁŽ - POLE I, POLORAM U.P.:  
28.8.1971 - 28.8.1971

PŘEDPÍNNÍ - 1. POLE POLORAM UO.L.:  
KABELE 2. 8 (8x) - 1.10.1971  
KABELE 2. 2. 8 (8x) - 3.10.1971

PŘEDPÍNNÍ - 1. POLE POLORAM U.P.:  
KABELE 2. 8 (8x) - 1.10.1971  
KABELE 2. 2. 8 (8x) - 3.10.1971

PŘEDPÍNNÍ - PRONZORNÍ KABELE 6. 1. PUL P1:  
9.11.1971

PŘEDPÍNNÍ - 4. POLE POLORAM U.P.:  
KABELE 6. 8 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 8 (8x) - 27.8.1971  
KABELE 6. 7 (8x) - 3.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 5.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 7.10.1971  
KABELE 6. 4 (12x) - 18.8.1971  
KABELE 6. 2 (4x) - 18.8.1971  
KABELE 6. 3 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 4 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 10.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 10.10.1971

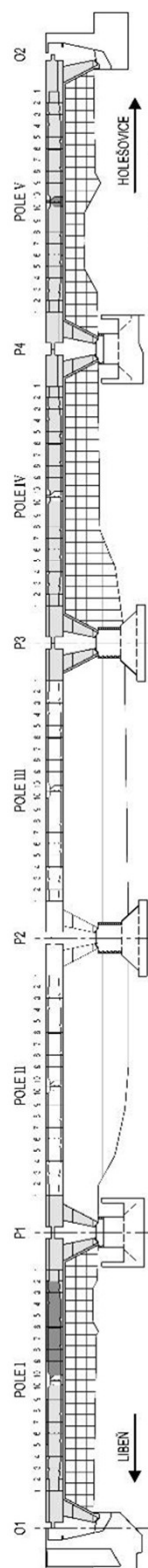
PŘEDPÍNNÍ - 3. POLE POLORAM U.P.:  
KABELE 6. 10 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 8 (8x) - 3.10.1971  
KABELE 6. 1 (10x) - 5.5.1971

PŘEDPÍNNÍ - 4. POLE STŘED:  
KABELE 6. 10 (20x) VE STĚNÁCH - 13.7.1971

BETONÁŽ - POLE 4, POLORAM U.P.:  
9.2.1971 - 18.3.1971

PŘEDPÍNNÍ - 4. POLE POLORAM U.P.:  
KABELE 6. 8 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 8 (8x) - 27.8.1971  
KABELE 6. 7 (8x) - 3.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 5.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 7.10.1971  
KABELE 6. 4 (12x) - 18.8.1971  
KABELE 6. 2 (4x) - 18.8.1971  
KABELE 6. 3 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 4 (8x) - 28.8.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 10.10.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 10.10.1971

11



BETONÁŽ - POLE I, POLORAM UO.L.:  
1.12.1971

BETONÁŽ - POLE I, POLORAM U.P.:  
12.11.1971 - 28.12.1971

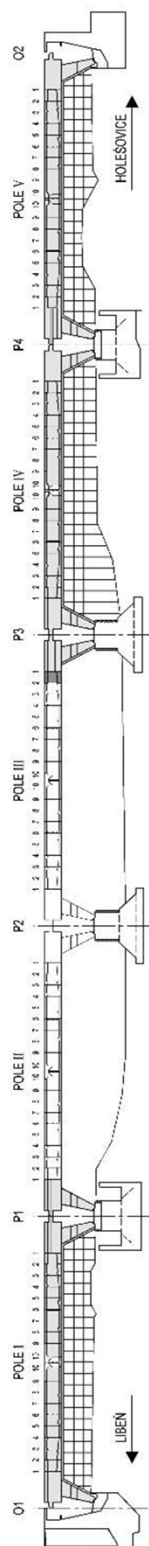
PŘEDPÍNNÍ - 1. POLE POLORAM UO.L.:  
KABELE 6. 5 (8x) - 18.11.1971  
KABELE 6. 1 (20x) - 8.12.1971  
KABELE 6. 5 (8x) - 2.2.1972  
KABELE 6. 7 (8x) - 21.2.1972  
KABELE 6. 5 (12x) - 22.2.1972  
KABELE 6. 9 (8x) - 22.2.1972  
KABELE 6. 1 (20x) - 24.2.1972  
KABELE 6. 1 (20x) - 1.3.1972  
KABELE 6. 8 (20x) - 9.2.1972

PŘEDPÍNNÍ - 1. POLE POLORAM U.P.:  
KABELE 6. 5 (8x) - 27.2.1971  
KABELE 6. 6 (8x) - 2.2.1972  
KABELE 6. 7 (8x) - 21.2.1972  
KABELE 6. 5 (12x) - 22.2.1972  
KABELE 6. 9 (8x) - 22.2.1972  
KABELE 6. 1 (20x) - 24.2.1972  
KABELE 6. 1 (20x) - 1.3.1972  
KABELE 6. 8 (20x) - 9.2.1972

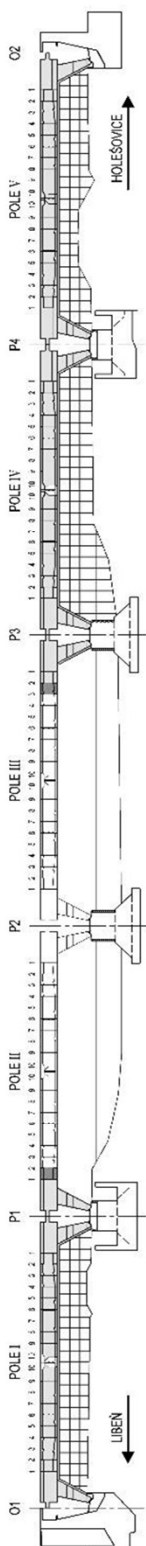
PŘEDPÍNNÍ - POLE I, STŘED:  
KABELE 6. 10 (20x) - 19.5.1972

BETONÁŽ - POLE 5, STŘED:  
19.11.1971 - 11.1.1972

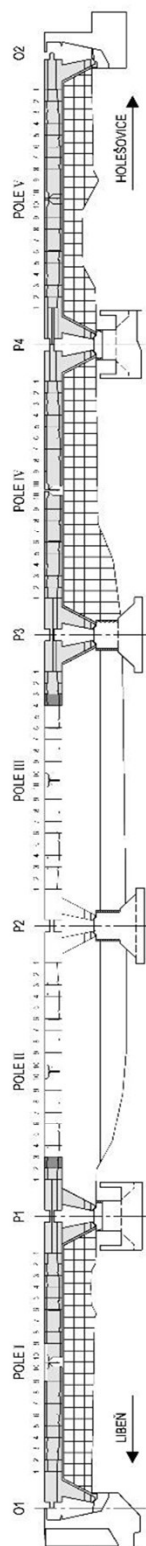
PŘEDPÍNNÍ - 5. POLE STŘED:  
KABELE 6. 8 (8x) - 30.2.1972  
KABELE 6. 15 (10x) - 31.3.1972  
KABELE 6. 17 (20x) - 9.4.1972  
KABELE 6. 18 (20x) - 7.4.1972  
KABELE 6. 11 (20x) - 22.4.1972  
KABELE 6. 15 (20x) - 4.5.1972  
KABELE 6. 18 (20x) - 5.5.1972



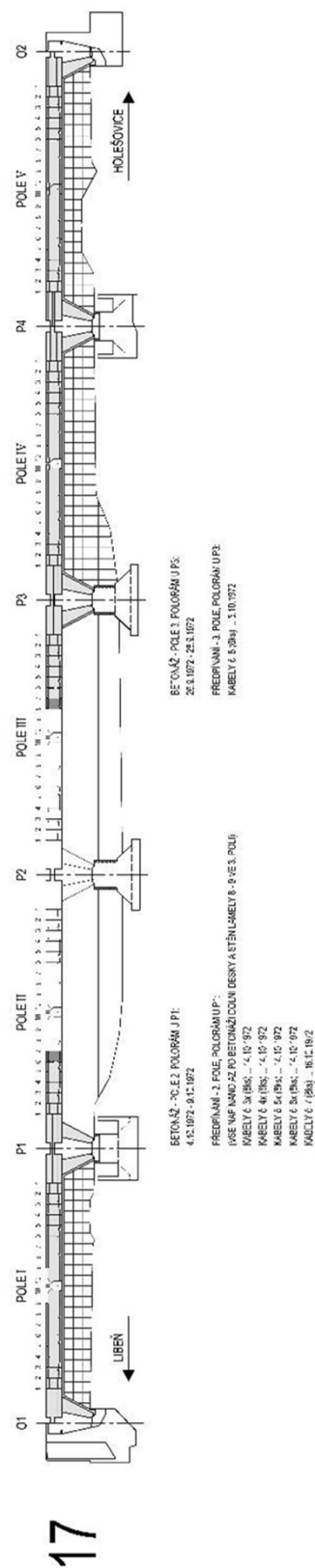
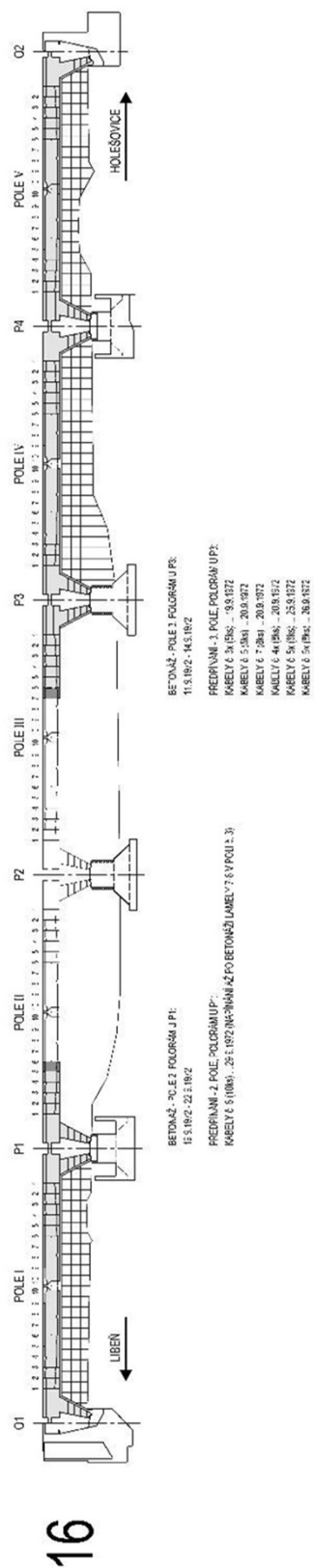
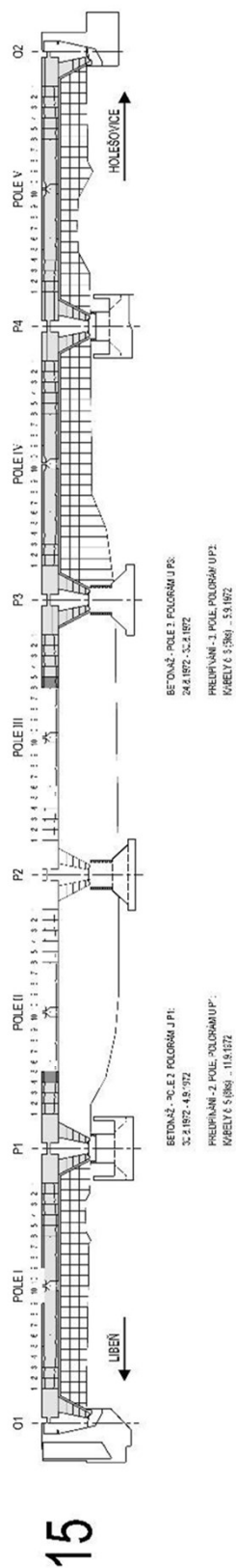
BETONÁŽ - POLE 3. POLORAMU P3  
 9.6.1972 - 9.6.1972  
 PŘEDPÍNAČI - 1. POLE. POLORAMU P1:  
 KABELY 6.2 (846) - 27.8.1972  
 KABELY 6.2 (846) - 22.5.1972  
 KABELY 6.2 (1005) - 27.6.1972



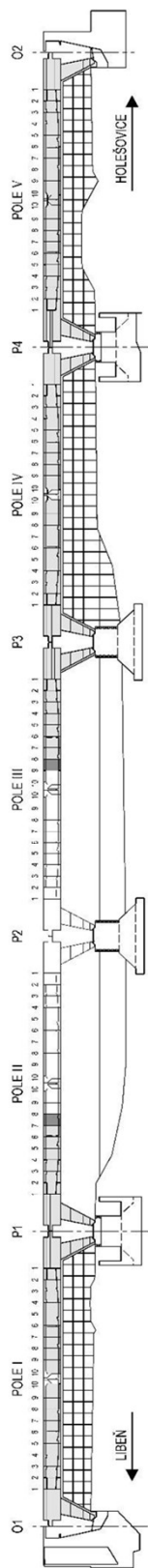
BETONÁŽ - POLE 3. POLORAMU P3  
 29.5.1972 - 6.7.1972  
 PŘEDPÍNAČI - 3. POLE. POLORAMU P3:  
 KABELY 5.3 (846) - 11.7.1972  
 KABELY 5.3 (1005) - 12.7.1972



BETONÁŽ - POLE 3. POLORAMU P3  
 - 9.7.1972 - 27.7.1972  
 PŘEDPÍNAČI - 3. POLE. POLORAMU P3:  
 KABELY 5.2 (1005) - 20.7.1972  
 KABELY 5.1 (1005) - 27.7.1972  
 KABELY 5.1 (1005) - 31.7.1972  
 KABELY 5.1 (1005) - 1.8.1972  
 KABELY 5.4 (1005) - 28.1972  
 KABELY 5.4 (440) - 38.1972



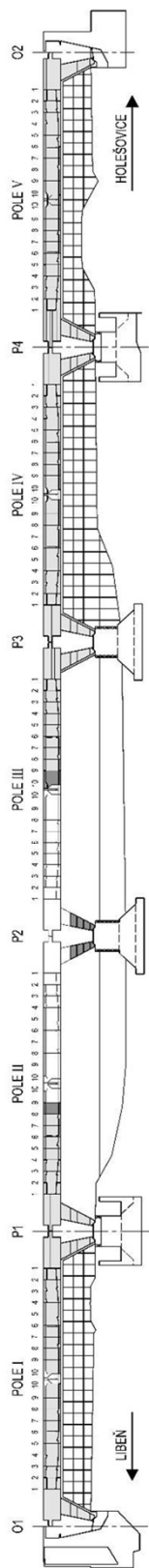
18



BETONÁŽ - POLE 2, POLOŽANÍ U P1:  
19.10.1972 - 26.10.1972  
PŘEDPÍNÁNÍ - 2 POLE POLOŽANÍ U P1:  
KABELY č. 8 (8ks) - 2.11.1972

BETONÁŽ - POLE 3, POLOŽANÍ U P3:  
11.10.1972 - 17.10.1972  
PŘEDPÍNÁNÍ - 3 POLE POLOŽANÍ U P3:  
KABELY č. 9 (8ks) - 24.10.1972

19



BETONÁŽ - POLE 2, POLOŽANÍ U P1:  
10.11.1972 - 17.11.1972  
PŘEDPÍNÁNÍ - 2 POLE POLOŽANÍ U P1:  
KABELY č. 8 (8ks) - 23.11.1972

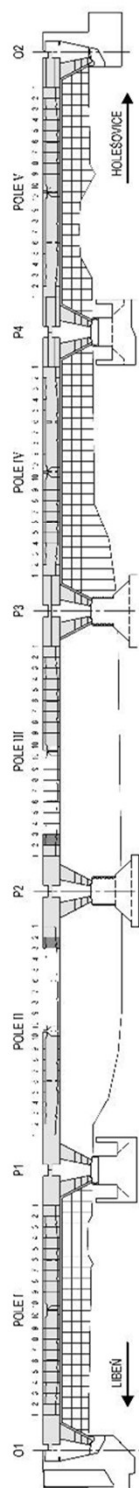
BETONÁŽ - POLE 3, POLOŽANÍ U P3:  
6.11.1972 - 10.11.1972  
PŘEDPÍNÁNÍ - 3 POLE POLOŽANÍ U P3:  
KABELY č. 10 (10ks) - 16.11.1972

BETONÁŽ - POLE 3, RAM. STOKA NA P2:  
30.10.1972 - 16.11.1972

BETONÁŽ - POLE 2, RAM. STOKA NA P2:  
30.10.1972 - 15.11.1972



22

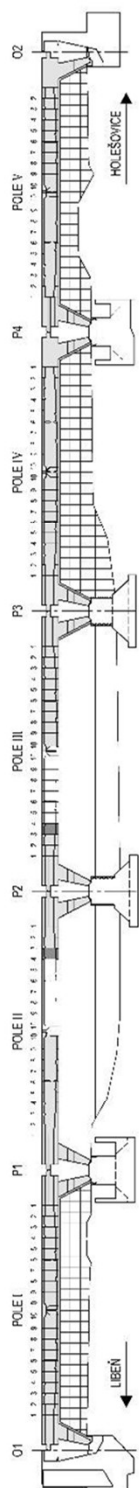


BETONÁŽ - POLE 2, POLOŽKA U P2:  
18,4 973 - 18,4 1073

PŘEDPÍNNÁ - 3. POLE POLOŽKA U P7  
KABEŤ 6 2 0206 - 24,5 1073  
KABEŤ 6 3 1006 - 35 903  
KABEŤ 6 5 990 - 8,6 973

PŘEDPÍNNÁ - 2. POLE POLOŽKA U P2  
KABEŤ 6 2 0206 - 18,4 1073  
KABEŤ 6 3 1006 - 25,4 1073  
KABEŤ 6 5 990 - 20,4 1073

23

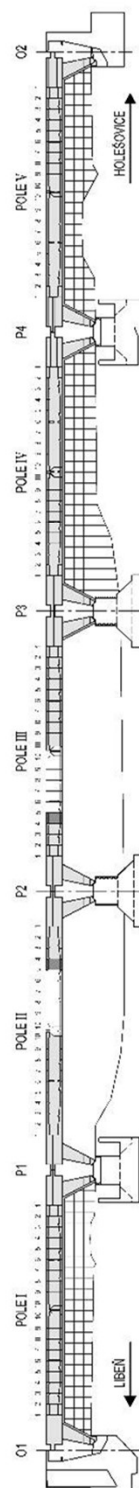


BETONÁŽ - POLE 3, POLOŽKA U P2:  
23,1 1073 - 23,1 1073

PŘEDPÍNNÁ - 3. POLE POLOŽKA U P2  
KABEŤ 6 2 0206 - 14,5 973  
KABEŤ 6 3 1006 - 14,5 1073  
KABEŤ 6 5 990 - 14,5 1073  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973

PŘEDPÍNNÁ - 2. POLE POLOŽKA U P2  
KABEŤ 6 2 0206 - 12,5 973  
KABEŤ 6 3 1006 - 12,5 973  
KABEŤ 6 5 990 - 12,5 973  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973

24



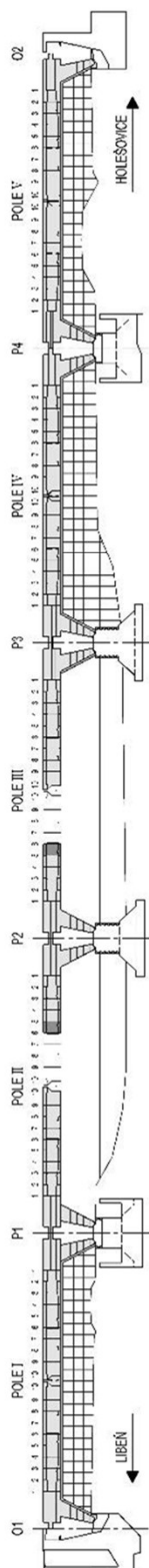
BETONÁŽ - POLE 2, POLOŽKA U P2:  
21,5 973 - 21,5 1073

PŘEDPÍNNÁ - 3. POLE POLOŽKA U P2  
KABEŤ 6 2 0206 - 24,5 1073  
KABEŤ 6 3 1006 - 20,4 973  
KABEŤ 6 5 990 - 3,5 1073

PŘEDPÍNNÁ - 2. POLE POLOŽKA U P2  
KABEŤ 6 2 0206 - 25,4 1073  
KABEŤ 6 3 1006 - 20,4 973  
KABEŤ 6 5 990 - 3,5 1073

PŘEDPÍNNÁ - POLE 5, POLOŽKA U P5:  
KABEŤ 6 2 0206 - 24,5 1073  
KABEŤ 6 3 1006 - 4,5 973  
KABEŤ 6 5 990 - 4,5 973  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973  
KABEŤ 6 4 1006 - 18,5 973

25

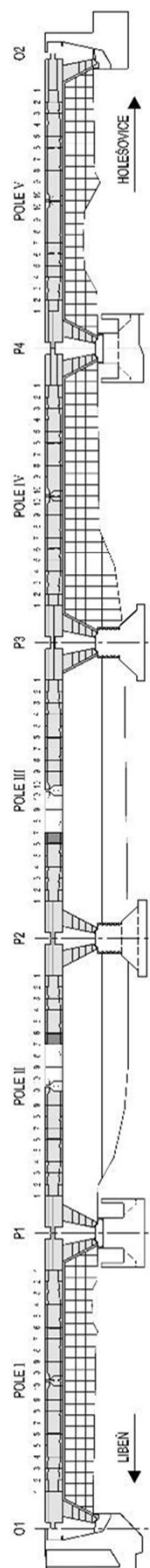


BETONÁŽ. POLE 2. POLOŽNÁ ÚP2  
113.1673 - 286.1673

PRŮPRAVA - POLE 2. STŘED  
KABE. V 6. 12.1.2003 - 12.5.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 15.6.1673

PRŮPRAVA - POLE 3. POLOŽNÁ ÚP2  
KABE. V 6. 12.1.2003 - 27.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 27.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 27.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 27.1.1673

26

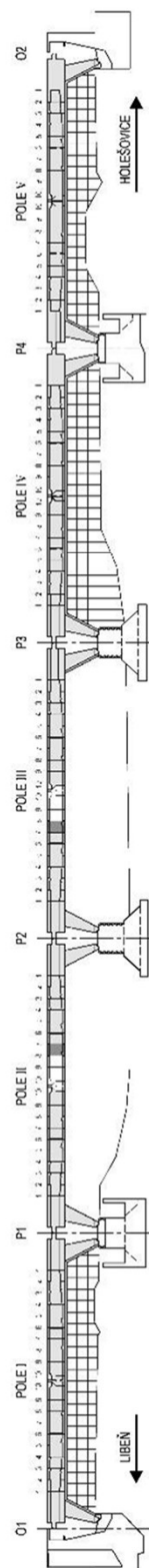


BETONÁŽ. POLE 2. POLOŽNÁ ÚP2  
92.1673 - 27.1.1673

PRŮPRAVA - POLE 2. STŘED  
KABE. V 6. 12.1.2003 - 17.7.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 17.7.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 17.7.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 17.7.1673

BETONÁŽ. POLE 3. POLOŽNÁ ÚP2  
KABE. V 6. 12.1.2003 - 32.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 32.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 32.1.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 18.7.1673

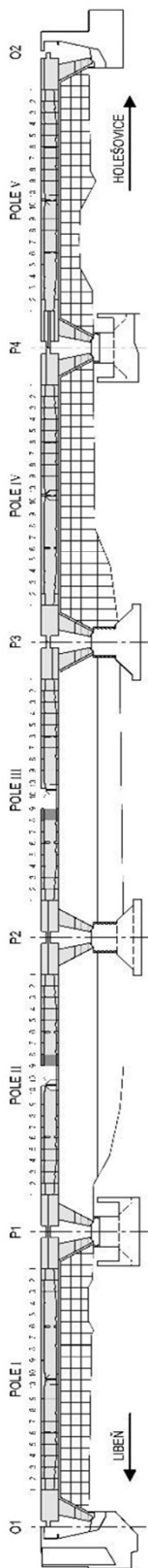
27



BETONÁŽ. POLE 2. POLOŽNÁ ÚP2  
27.1.1673 - 27.1.1673

PRŮPRAVA - POLE 3. POLOŽNÁ ÚP2  
KABE. V 6. 12.1.2003 - 4.5.1673  
KABE. V 6. 15. 2.2003 - 28.1.1673

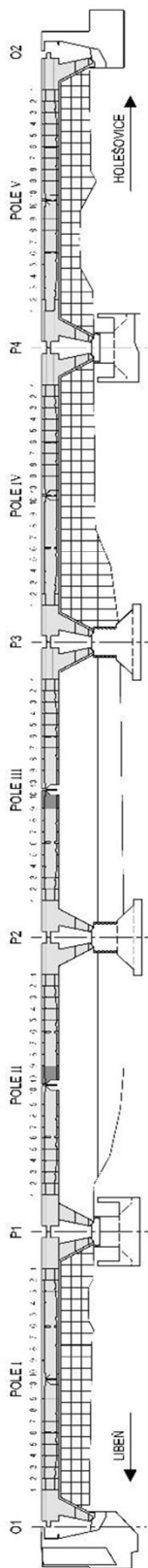




28

BETONÁŽ POLE 2, POLORAM U P2  
6.8. 973 - 26.1973

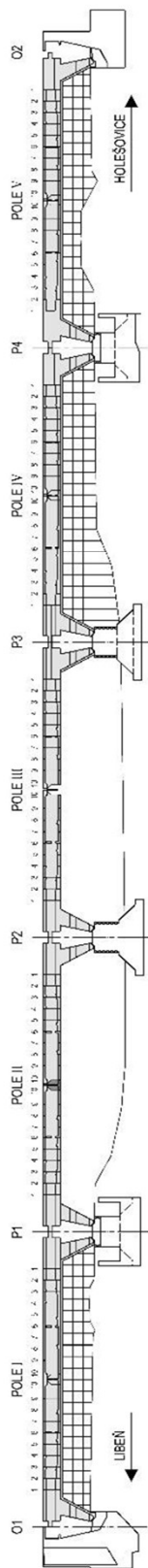
PŘEDPÍNAČI - 2 POLE - POLORAM U P2:  
KABELY 6 x 5 (8ks) - 15.5.1973



29

BETONÁŽ POLE 2, POLORAM U P2  
20.8. 973 - 23.8.1973

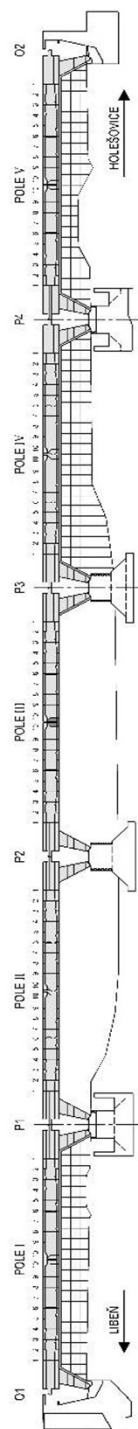
PŘEDPÍNAČI - 2 POLE - POLORAM U P2:  
KABELY 6 x 10 (10ks) - 20.8.1973



30

BETONÁŽ POLE 2, STŘED  
28.10.1973 - 5.11.1973

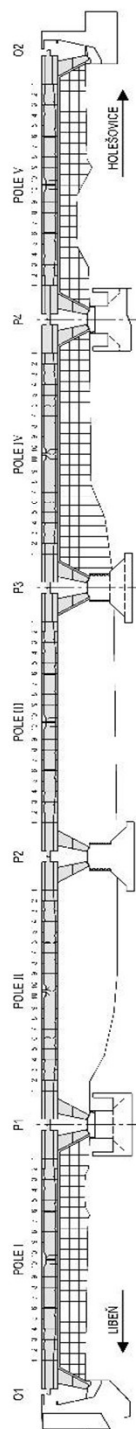
PŘEDPÍNAČI - 2 POLE STŘED:  
KABELY 6 x 15 (2ks) - 20.11.1973  
KABELY 6 x 14 (4ks) - 22.11.1973  
KABELY 6 x 16 (2ks) - 22.11.1973  
KABELY 6 x 17 (2ks) - 25.11.1973  
KABELY 6 x 18 (2ks) - 27.11.1973  
KABELY 6 x 11 (10ks) - 4.12.1973  
KABELY 6 x 12 (10ks) - 21.12. 973  
KABELY 6 x 15 (10ks) - 5.12. 973



31

BETONOVÉ POLE 3. STĚŽE:  
311.1274 - 28.2.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 3. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 14 (4x) - 4.3.1974  
KABELY 6. 15 (2x) - 5.3.1974



32

BETONOVÉ POLE 3. STĚŽE:  
32.1.1274

PŘEDPÍNÁNÍ 3. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 4.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 5.3.1974  
KABELY 6. 15 (2x) - 5.3.1974  
KABELY 6. 16 (2x) - 11.3.1974  
KABELY 6. 17 (2x) - 11.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 4. POLE PO OSMALUPU:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 5. POLE PO OSMALUPU:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 1. POLE PO OSMALUPU:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 1. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 1. POLE PO OSMALUPU:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 1. POLE PO OSMALUPU:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 4. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 3. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 1. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974

PŘEDPÍNÁNÍ 5. POLE STĚŽE:  
KABELY 6. 15 (2x) - 25.3.1974  
KABELY 6. 14 (4x) - 25.3.1974

Před definitivním propojením konstrukce č. 3 uprostřed rozpětí byl celý most rozepřen pomocí hydraulických lisů umístěných v uzavírací spáře konstrukce č. 3 a v dilatační mezeře opěry Libeň i opěry Holešovice.

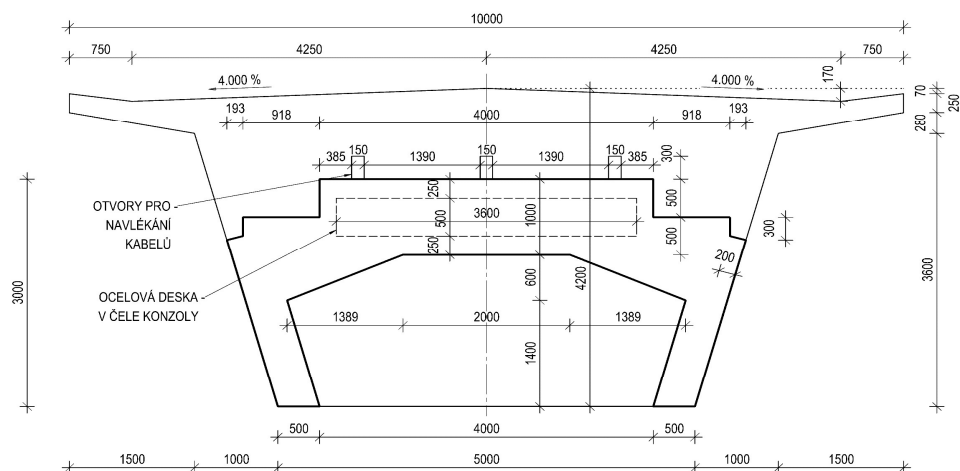
Síla v místě opěr byla podle původní dokumentace 21,0 MN, síla uprostřed pole konstrukce č. 3 byla 31,5 MN. K rozepření došlo pravděpodobně okolo 15.1.1974, k uvolnění lisů došlo po dokončení betonáže i napínání předpínací výztuže - předpokládáme cca 30.11.1974.

## 2.2. PRŮŘEZY

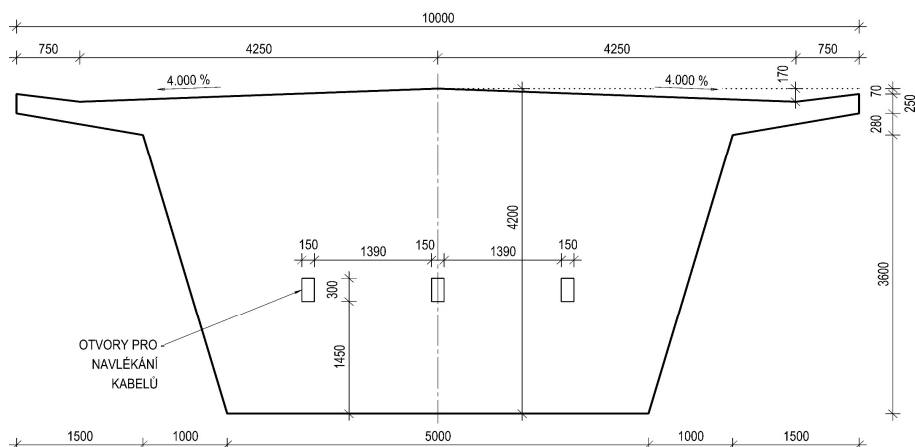
Průřezové charakteristiky byly spočítány programem

[D]

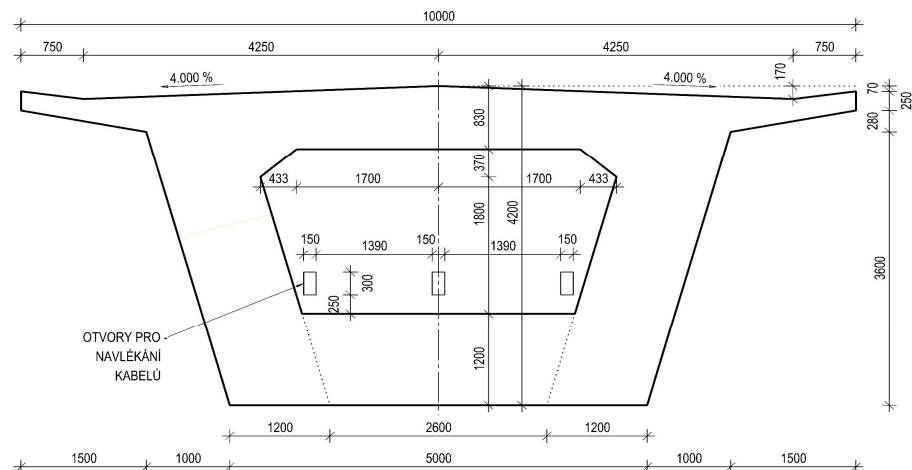
### 2.2.1. KONZOLA NA KONCI N.K.



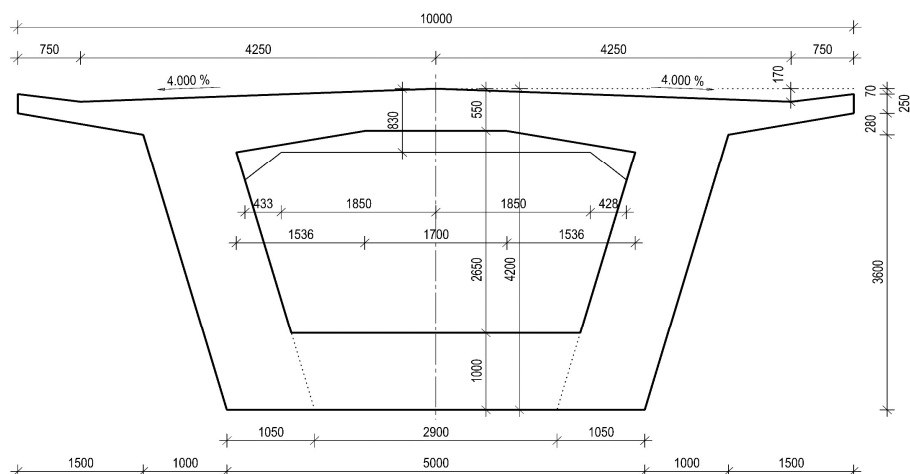
### 2.2.2. ZÁRODEK



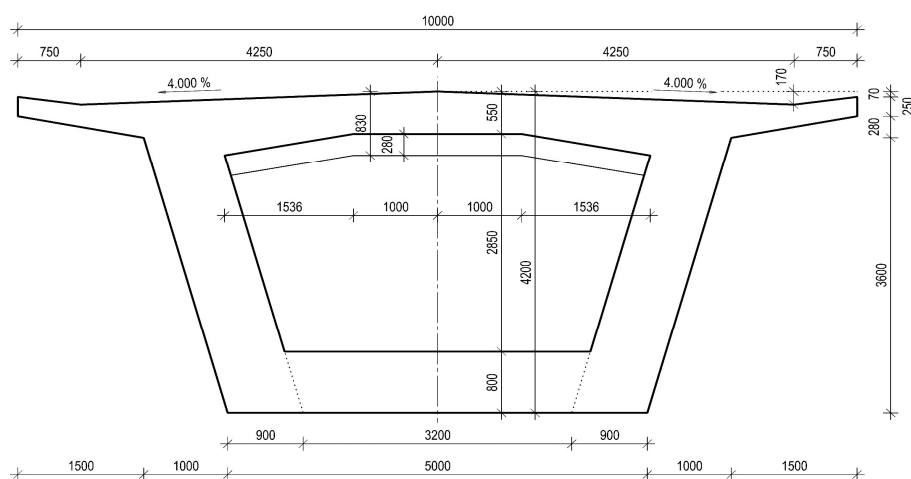
### 2.2.3. ŘEZ 1



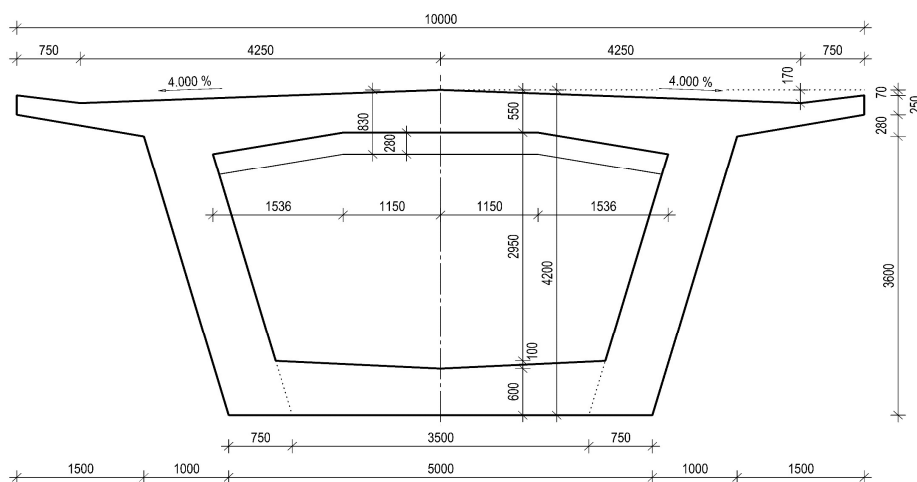
#### 2.2.4. ŘEZ 2



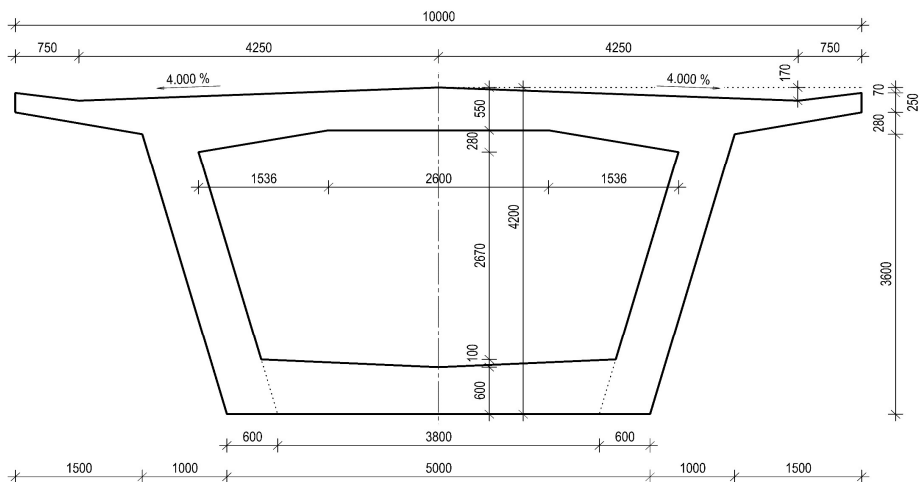
#### 2.2.5. ŘEZ 3



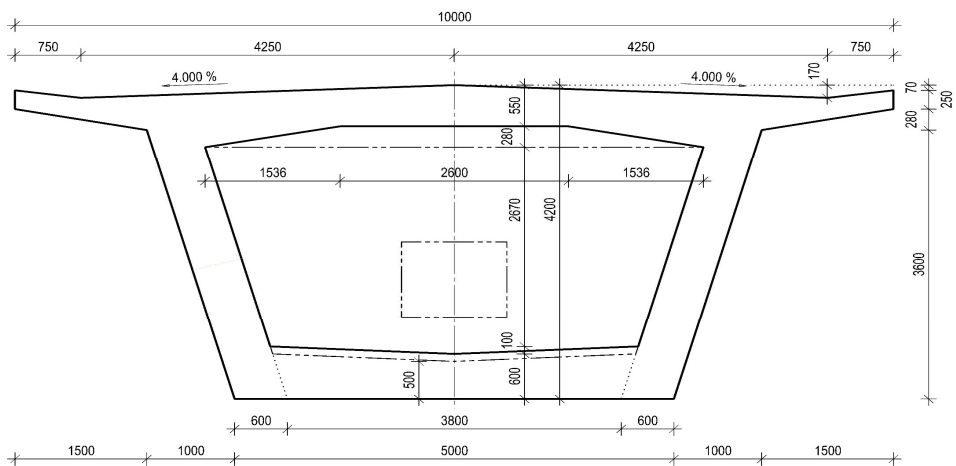
#### 2.2.6. ŘEZ 4



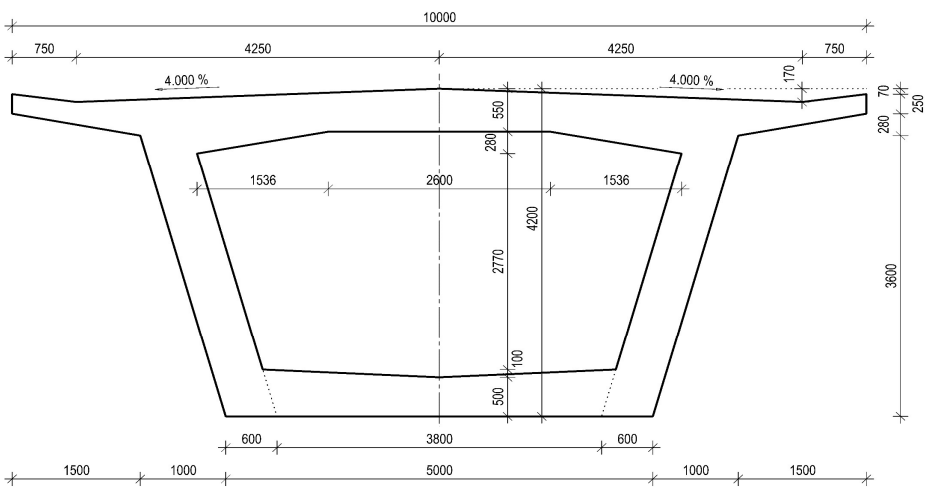
### 2.2.7. ŘEZ 5



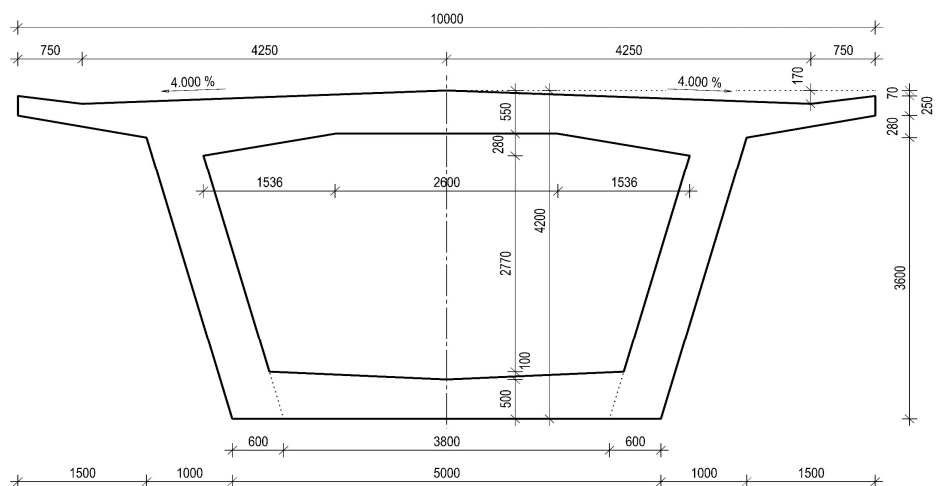
### 2.2.8. ŘEZ 6



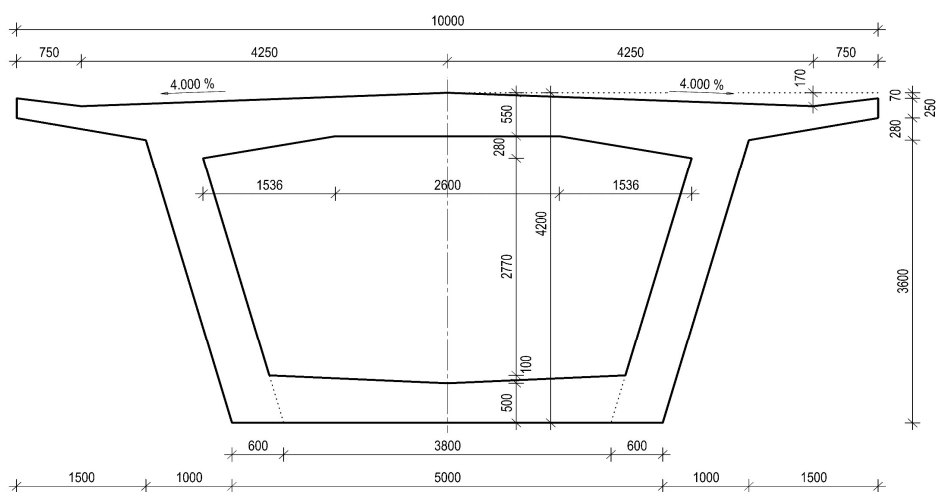
### 2.2.9. ŘEZ 7



### 2.2.10. ŘEZ 8

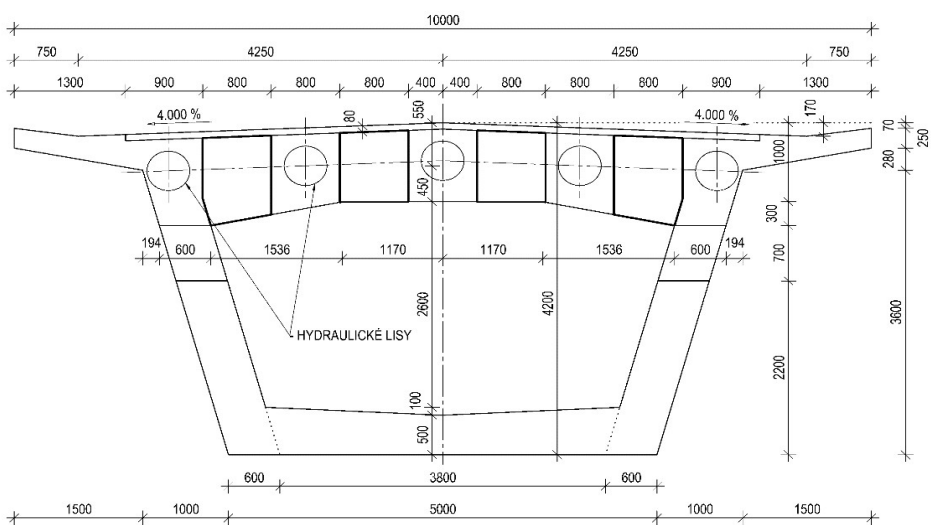
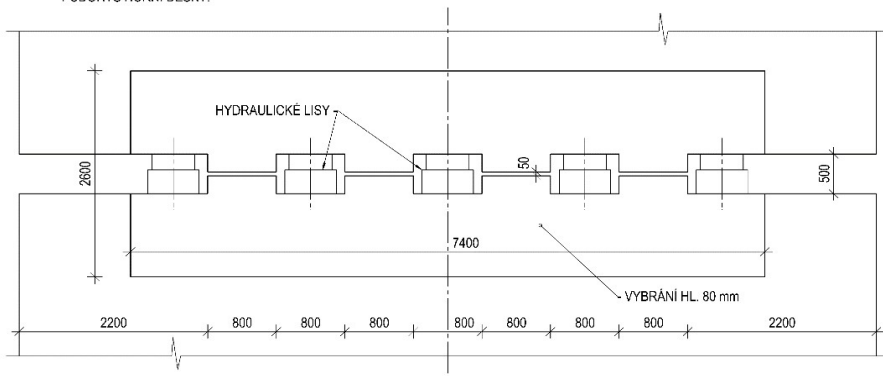


### 2.2.11. ŘEZ 9



### 2.2.12. STŘED POLE (S HYDRALICKÝMI LISY PRO ROZEPŘENÍ KONSTRUKCE)

PŮDORYS HORNÍ DESKY:

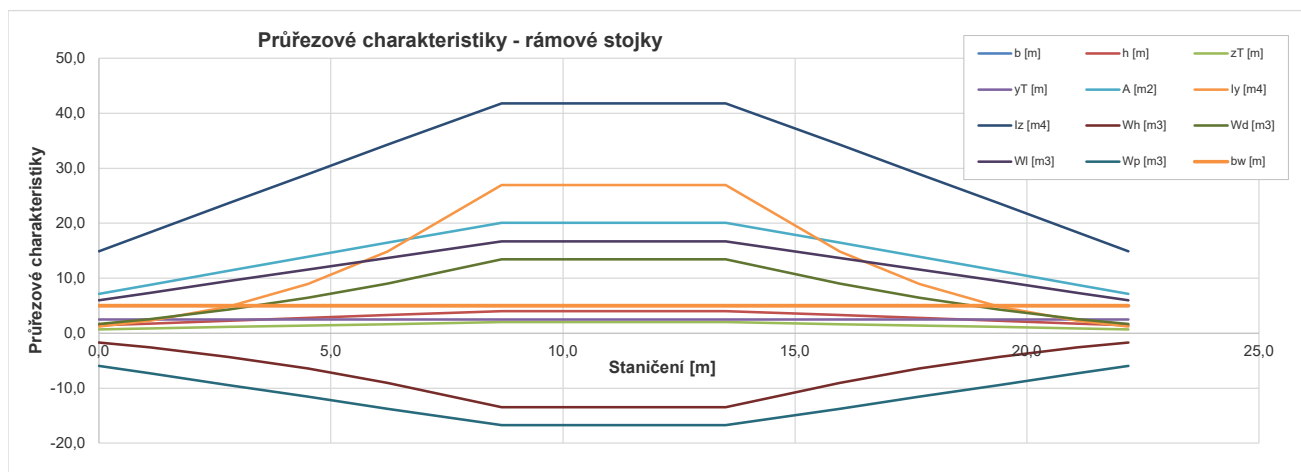
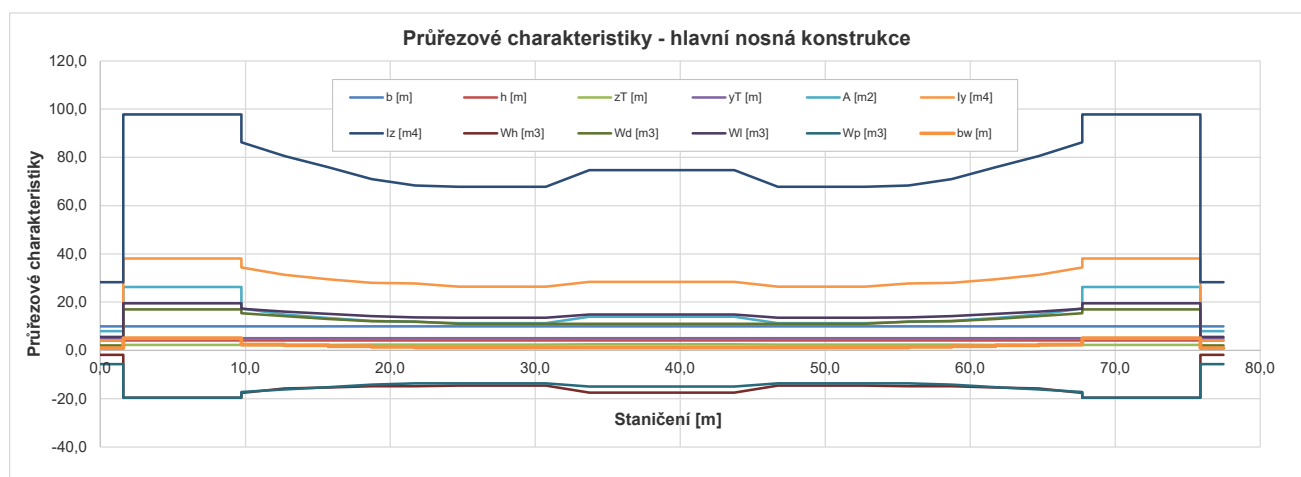


# 2.2.4. PŘEHLED PRŮŘEZOVÝCH CHARAKTERISTIK

Část kce	Poloha	Staničení [m]	b [m]	h [m]	z <sub>T</sub> [m]	y <sub>T</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	W <sup>y</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>z</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>xy</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>yz</sup> [m <sup>3</sup> ]	b <sub>w</sub> [m]
Hlavní nosná kon- strukce	Čelo	0,000	10,000	4,200	2,007	5,000	7,928	4,134	28,289	-1,885	2,060	5,658	-5,658	1,000
		1,575	10,000	4,200	2,007	5,000	7,928	4,134	28,289	-1,885	2,060	5,658	-5,658	1,000
		1,575	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		3,125	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		3,125	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
	Rámový roh	6,015	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		6,015	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		7,425	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		7,425	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
	Kon.zár.	9,725	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		9,725	10,000	4,200	2,240	5,000	17,415	34,484	86,290	-17,594	15,395	17,258	-17,258	2,400
		12,725	10,000	4,200	2,207	5,000	14,866	31,378	80,596	-15,744	14,217	16,119	-16,119	2,400
		12,725	10,000	4,200	2,207	5,000	14,866	31,378	80,596	-15,744	14,217	16,119	-16,119	2,100
		15,725	10,000	4,200	2,272	5,000	13,376	29,502	75,976	-15,302	12,985	15,195	-15,195	2,100
		15,725	10,000	4,200	2,272	5,000	13,376	29,502	75,976	-15,302	12,985	15,195	-15,195	1,800
		18,725	10,000	4,200	2,317	5,000	12,195	28,080	71,017	-14,912	12,119	14,203	-14,203	1,800
		18,725	10,000	4,200	2,317	5,000	12,195	28,080	71,017	-14,912	12,119	14,203	-14,203	1,500
		21,725	10,000	4,200	2,324	5,000	11,745	27,729	68,440	-14,781	11,932	13,688	-13,688	1,500
		21,725	10,000	4,200	2,324	5,000	11,745	27,729	68,440	-14,781	11,932	13,688	-13,688	1,200
		24,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		24,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		27,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		27,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		30,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		30,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		33,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		33,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		37,425	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		37,425	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		38,475	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		38,475	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
	Sříd rozpětí	38,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		38,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		38,975	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		38,975	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		40,025	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		40,025	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		43,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		43,725	10,000	4,200	2,565	5,000	13,932	28,459	74,710	-17,406	11,095	14,942	-14,942	1,200
		46,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		46,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		49,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		49,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		52,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		52,725	10,000	4,200	2,387	5,000	11,332	26,455	67,846	-14,592	11,083	13,569	-13,569	1,200
		55,725	10,000	4,200	2,324	5,000	11,745	27,729	68,440	-14,781	11,932	13,688	-13,688	1,200
		55,725	10,000	4,200	2,324	5,000	11,745	27,729	68,440	-14,781	11,932	13,688	-13,688	1,500
		58,725	10,000	4,200	2,317	5,000	12,195	28,080	71,017	-14,912	12,119	14,203	-14,203	1,500
		58,725	10,000	4,200	2,317	5,000	12,195	28,080	71,017	-14,912	12,119	14,203	-14,203	1,800
		61,725	10,000	4,200	2,272	5,000	13,376	29,502	75,976	-15,302	12,985	15,195	-15,195	1,800
		61,725	10,000	4,200	2,272	5,000	13,376	29,502	75,976	-15,302	12,985	15,195	-15,195	2,100
		64,725	10,000	4,200	2,207	5,000	14,866	31,378	80,596	-15,744	14,217	16,119	-16,119	2,100
		64,725	10,000	4,200	2,207	5,000	14,866	31,378	80,596	-15,744	14,217	16,119	-16,119	2,400
		67,725	10,000	4,200	2,240	5,000	17,415	34,484	86,290	-17,594	15,395	17,258	-17,258	2,400
	Kon.zár.	67,725	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		70,025	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		70,025	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
	Rámový roh	71,435	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		71,435	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		74,325	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		74,325	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		75,875	10,000	4,200	2,251	5,000	26,277	38,164	97,745	-19,581	16,954	19,549	-19,549	5,000
		75,875	10,000	4,200	2,007	5,000	7,928	4,134	28,289	-1,885	2,060	5,658	-5,658	1,000
	Čelo	77,450	10,000	4,200	2,007	5,000	7,928	4,134	28,289	-1,885	2,060	5,658	-5,658	1,000



Část kce	Poloha	Staničení [m]	b [m]	h [m]	z <sub>T</sub> [m]	y <sub>T</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	W <sup>n</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>n</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>n</sup> [m <sup>3</sup> ]	W <sup>n</sup> [m <sup>3</sup> ]	b <sub>w</sub> [m]
Levá stojka	Kloub	0,000	5,000	1,431	0,716	2,500	7,155	1,221	14,906	-1,706	1,706	5,963	-5,963	5,000
		1,094	5,000	1,758	0,879	2,500	8,790	2,264	18,313	-2,575	2,575	7,325	-7,325	5,000
		1,094	5,000	1,758	0,879	2,500	8,790	2,264	18,313	-2,575	2,575	7,325	-7,325	5,000
		2,789	5,000	2,266	1,133	2,500	11,330	4,848	23,604	-4,279	4,279	9,442	-9,442	5,000
		2,789	5,000	2,266	1,133	2,500	11,330	4,848	23,604	-4,279	4,279	9,442	-9,442	5,000
		4,503	5,000	2,778	1,389	2,500	13,890	8,933	28,938	-6,431	6,431	11,575	-11,575	5,000
		4,503	5,000	2,778	1,389	2,500	13,890	8,933	28,938	-6,431	6,431	11,575	-11,575	5,000
		6,217	5,000	3,291	1,646	2,500	16,455	14,852	34,281	-9,026	9,026	13,713	-13,713	5,000
		6,217	5,000	3,291	1,646	2,500	16,455	14,852	34,281	-9,026	9,026	13,713	-13,713	5,000
		8,681	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
Pravá stojka	Dolní líc n.k.	8,681	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
	Osa n.k.	11,092	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
	Osa n.k.	11,092	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
	Dolní líc n.k.	13,503	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
		13,503	5,000	4,015	2,008	2,500	20,075	26,968	41,823	-13,434	13,434	16,729	-16,729	5,000
		15,967	5,000	3,291	1,646	2,500	16,455	14,852	34,281	-9,026	9,026	13,713	-13,713	5,000
		15,967	5,000	3,291	1,646	2,500	16,455	14,852	34,281	-9,026	9,026	13,713	-13,713	5,000
		17,681	5,000	2,778	1,389	2,500	13,890	8,933	28,938	-6,431	6,431	11,575	-11,575	5,000
		17,681	5,000	2,778	1,389	2,500	13,890	8,933	28,938	-6,431	6,431	11,575	-11,575	5,000
		19,395	5,000	2,266	1,133	2,500	11,330	4,848	23,604	-4,279	4,279	9,442	-9,442	5,000
		19,395	5,000	2,266	1,133	2,500	11,330	4,848	23,604	-4,279	4,279	9,442	-9,442	5,000
		21,090	5,000	1,758	0,879	2,500	8,790	2,264	18,313	-2,575	2,575	7,325	-7,325	5,000
		21,090	5,000	1,758	0,879	2,500	8,790	2,264	18,313	-2,575	2,575	7,325	-7,325	5,000
	Kloub	22,184	5,000	1,431	0,716	2,500	7,155	1,221	14,906	-1,706	1,706	5,963	-5,963	5,000



Pozn.: levá stojka do staničení 11,092, pravá stojka od staničení 11,092.

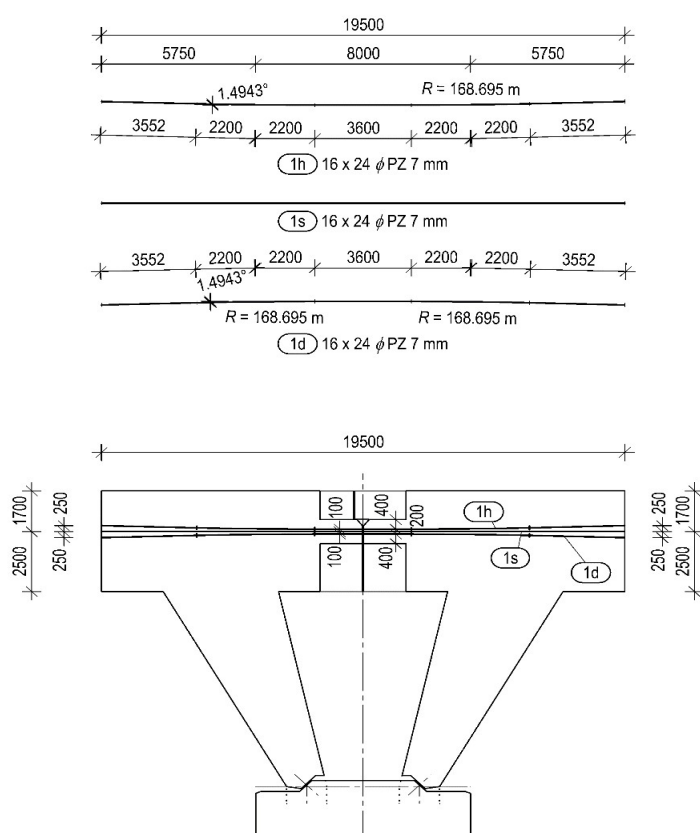
### 2.3. USPOŘÁDÁNÍ PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

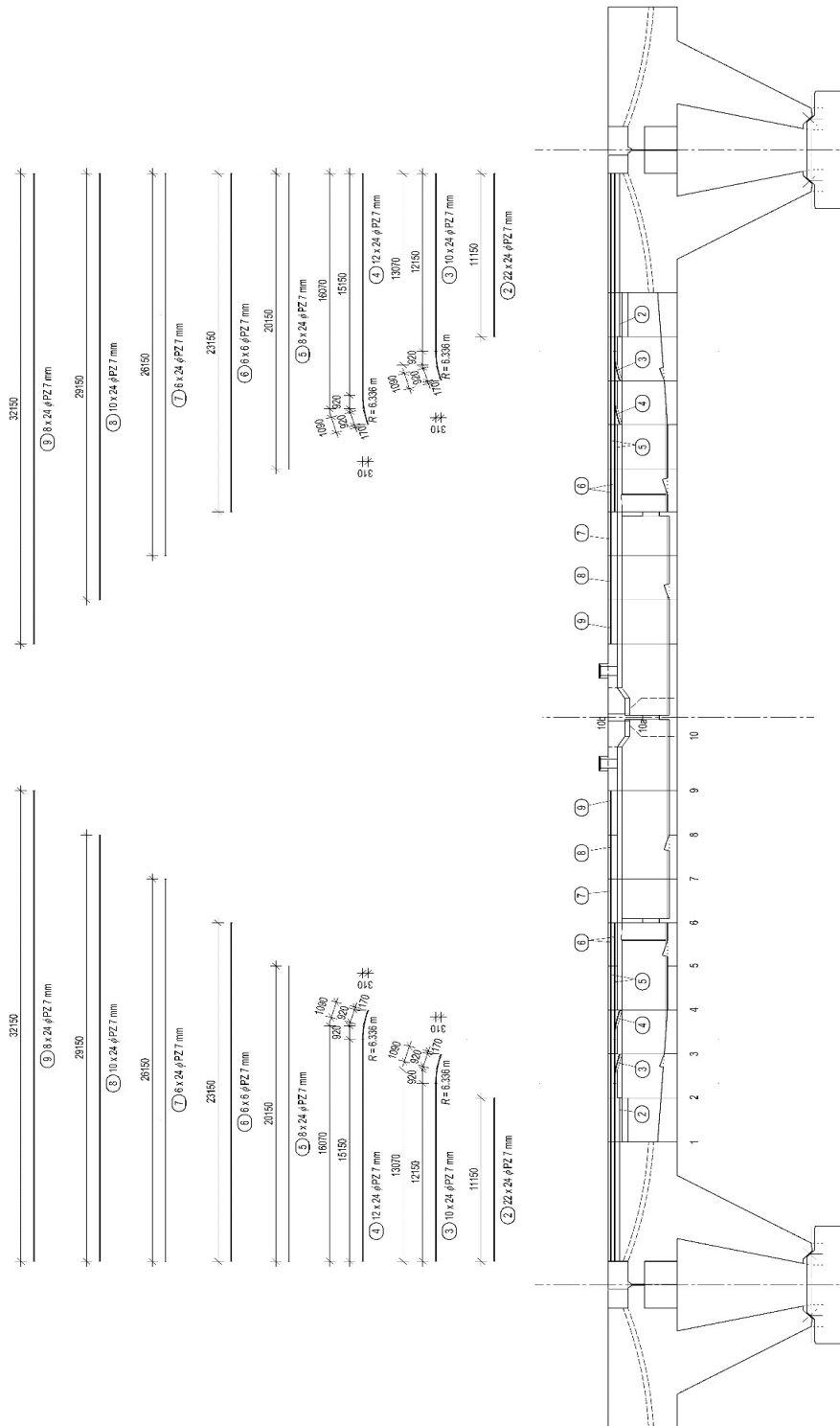
Hlavní nosná konstrukce i rámové stojky byly v podélném směru předepnuty pomocí kabelů z 24 patentovaných drátů  $\phi$  P7 mm. Pro zvýšení ochrany proti korozi byly dráty podle původní technické zprávy pozinkovány.

Stěny komorové nosné konstrukce byly ve svislém směru předepnuty pomocí dvoustřížných třmínek z 12 patentovaných drátů  $\phi$  P7 mm.

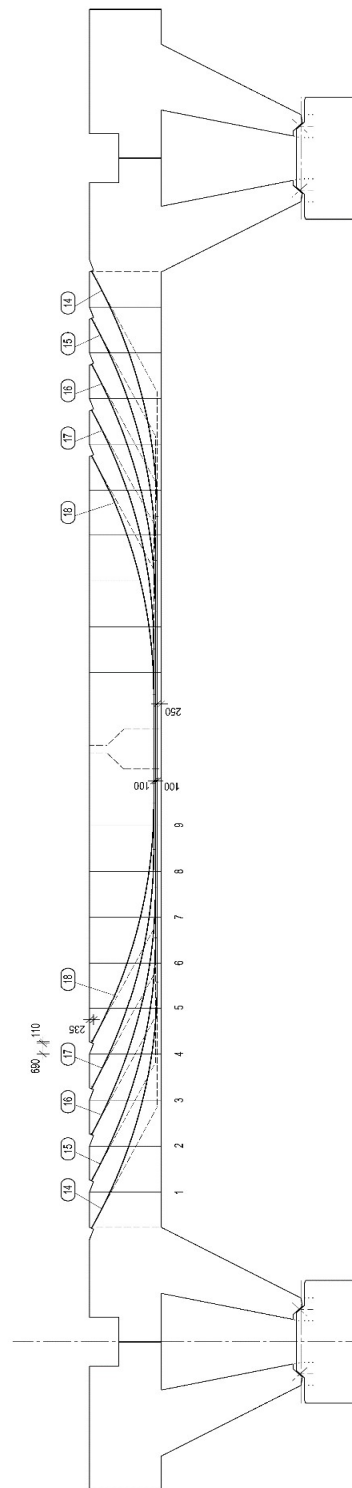
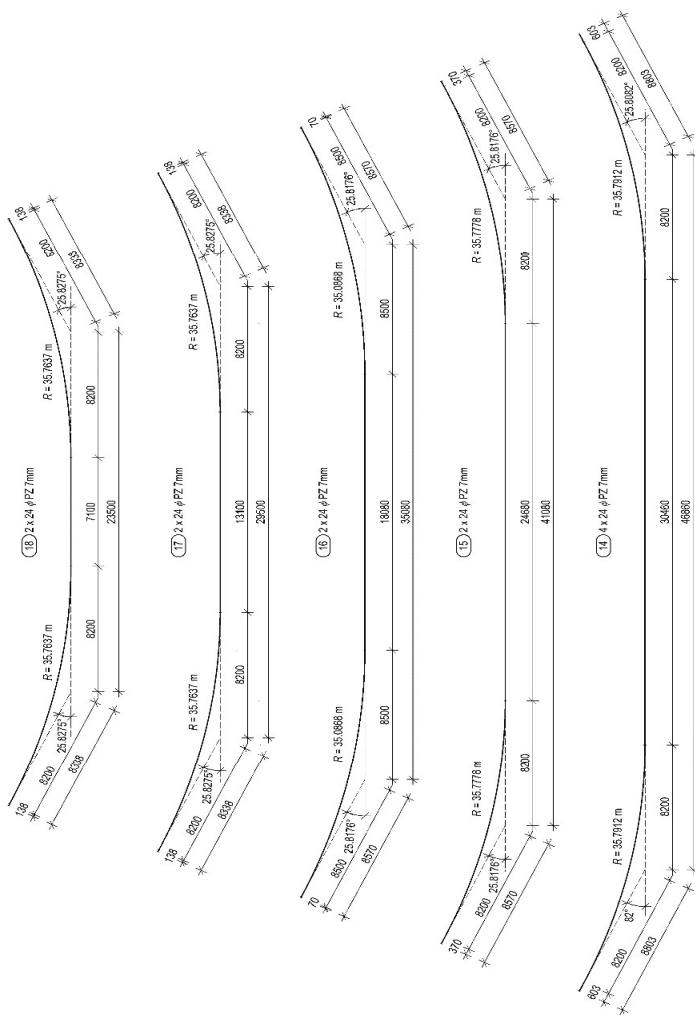
Podélné kabely byly napínány současně z obou konců. Třmínky z předpínací výztuže byly vzhledem k jejich malé délce konstrukčně upraveny tak, aby u nich byl eliminován pokluz v kotvě (pomocí distančních podložek).

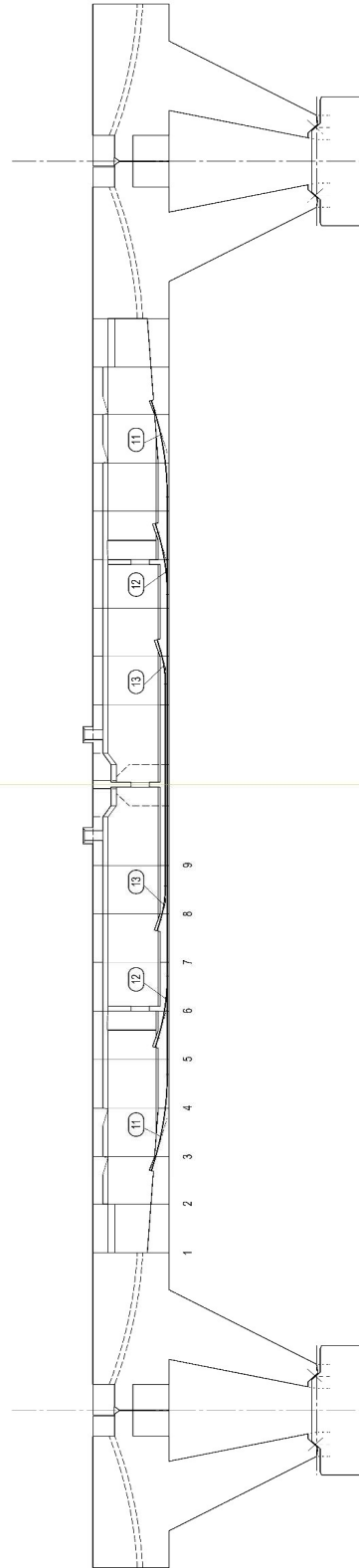
Předpínací výztuž v polích betonovaných na skruži i v polích betonovaných letmo je téměř shodná.

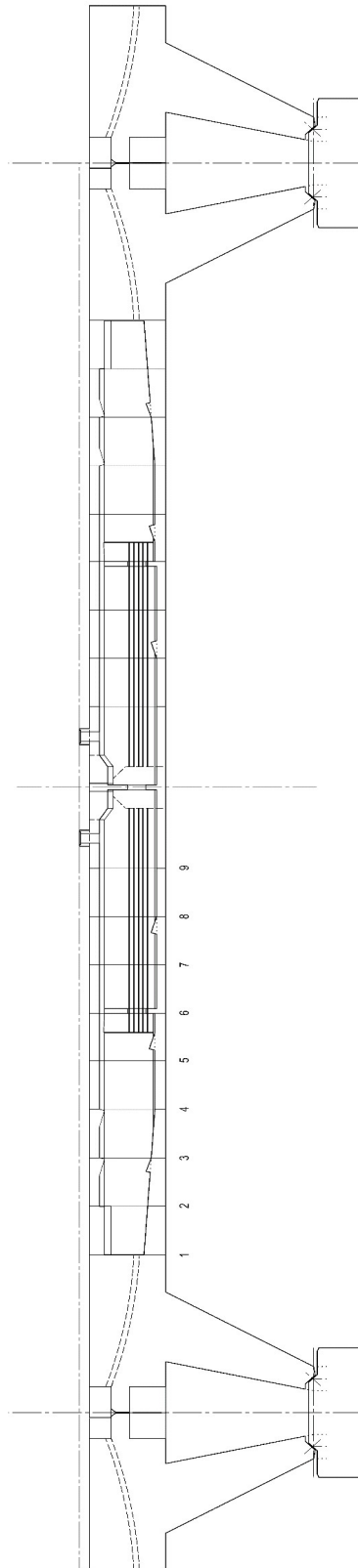


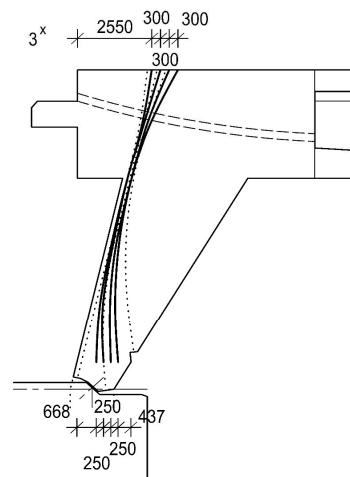
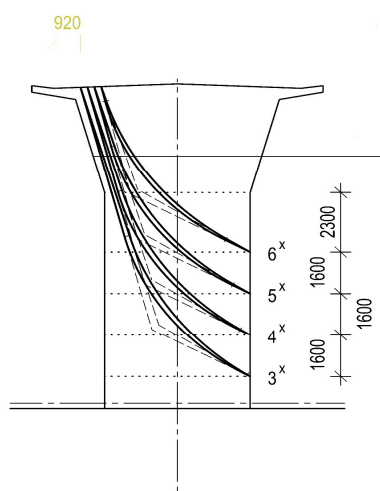
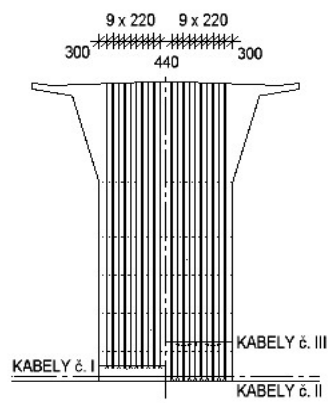
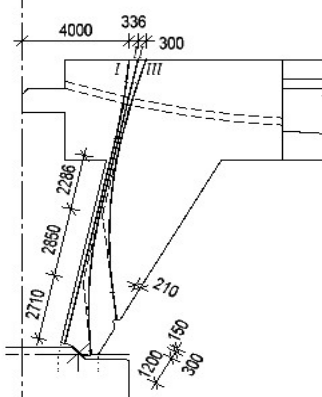
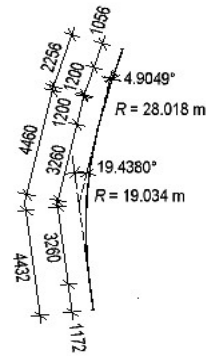
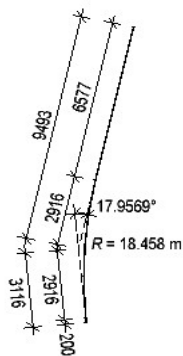
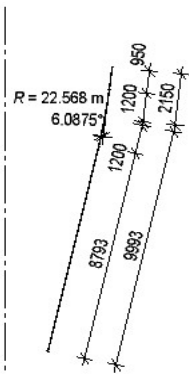
















### 3. MATERIÁLY

#### 3.1. BETON - HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

##### 3.1.1. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI

##### 3.1.1.1. Přehled

Hlavní trám nosné konstrukce, rámové stojky a kyvné stojky jsou z betonu druhu 400, který odpovídá současné (mezi)třídě C28/35.

**Vlastnosti použitého betonu jsou podle [ 7 ] následující:**

Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} =$	28,0	MPa		
Střední pevnost v tlaku:	$f_{cm} =$	36,0	MPa		
Střední pevnost v tahu:	$f_{ctm} =$	2,766	MPa	$\approx$	2,800 MPa
Dolní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,05} =$	1,960	MPa	$\approx$	2,000 MPa
Horní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,95} =$	3,640	MPa	$\approx$	3,600 MPa
Modul pružnosti:	$E_{cm} =$	32,308	GPa	$\approx$	32,000 GPa
Součinitel teplotní délkové roztažnosti ...					0,000010 K <sup>-1</sup>

V době návrhu mostu platila "Směrnice" [17]

**Vlastnosti betonu druhu 400 jsou podle [17] následující:**

Modul pružnosti ...	$E_c =$	36,00	GPa
Dovolené namáhání betonu v tlaku - v tlačené oblasti při hlavním zatížení ...	$\sigma_{b,dov} =$	13,50	MPa
Dovolené namáhání betonu v tlaku - v tažené oblasti při hlavním zatížení ...	$\sigma_{b,dov} =$	15,00	MPa
Dovolené namáhání betonu v tahu - v tlačené oblasti při hlavním zatížení -			
- před a po zavedení předpětí ...	$\sigma_{b,dov} =$	0,90	MPa
- po zavedení veškerých stálých zatížení ...	$\sigma_{b,dov} =$	0,00	MPa
Dovolené namáhání betonu v tahu - v tažené oblasti při hlavním zatížení -			
- při plném předpětí ...	$\sigma_{b,dov} =$	0,00	MPa

V roce 2020 byla provedena **diagnostika nosné konstrukce**. Pevnost betonu zjištěná na vývrtech se pohybovala v rozmezí  $f_{c,cube} = 57,1$  až 79,5 Mpa.

Objemová hmotnost betonu byla zjištěna v rozmezí 2360 až 2450 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.1.1.2. Vlastnosti použité pro výpočet

#### 3.1.1.2.1. Obecně

Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} =$	28,0	MPa		
Střední pevnost v tlaku:	$f_{cm} =$	36,0	MPa		
Střední pevnost v tahu:	$f_{ctm} =$	2,766	MPa	$\approx$	2,800 MPa
Dolní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,05} =$	1,960	MPa	$\approx$	2,000 MPa
Horní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,95} =$	3,640	MPa	$\approx$	3,600 MPa
Modul pružnost dle diagnostiky:	$E_{cm} =$	35,520	MPa	$\approx$	35,500 MPa
Součinitel teplotní délkové roztažnosti ...					0,000010 K <sup>-1</sup>

Rok realizace ...	1974	=>	stáří konstrukce při přepočtu v r.	2020	...
...	46 let	>	30 let		
				}	
Vlastnosti betonu stanoveny zkouškami ...				$\gamma_c =$	1,35

Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} =$	0,90	$\frac{28,0}{1,35}$	=	18,667 MPa
	$\eta =$	1,00			
	$\eta f_{cd} =$	1,00	18,67	=	18,667 MPa

#### 3.1.1.2.2. Vývoj vlastností betonu v čase

Vývoj vlastností v čase spočítáme pro následující tři stáří betonu..

**Vlastnosti v čase  $t = 7,0$  dní:**

Předpokládaná třída cementu (1 = R, 2 = N, 3 = S): 2 => s = 0,25

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\}$$

$$f_{cm} = 36,000 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t) = 0,779$$

$$f_{cm}(t) = 0,779 \cdot 36,0 = 28,037 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}(t) = 28,037 - 8,000 = 20,037 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1$$

$$f_{ctm} = 2,800 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm}(t) = 0,779^{1,00} \cdot 2,800 = 2,181 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 35,500 \text{ GPa}$$

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} E_{cm} =$$

$$= \left( \frac{28,037}{36,0} \right)^{0,3} 35,500 = 32,935 \text{ GPa}$$

**Vlastnosti v čase  $t = 14,0$  dní:**

Předpokládaná třída cementu ( $1 = R, 2 = N, 3 = S$ ): 2  $\Rightarrow s = 0,25$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\}$$

$$f_{cm} = 36,000 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t) = 0,902$$

$$f_{cm}(t) = 0,902 \cdot 36,0 = 32,459 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}(t) = 32,459 - 8,000 = 24,459 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1$$

$$f_{ctm} = 2,800 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm}(t) = 0,902^{1,00} \cdot 2,800 = 2,525 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 35,500 \text{ GPa}$$

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} E_{cm} =$$

$$= \left( \frac{32,459}{36,0} \right)^{0,3} 35,500 = 34,414 \text{ GPa}$$

**Vlastnosti v čase  $t = 21,0$  dní:**

Předpokládaná třída cementu ( $1 = R, 2 = N, 3 = S$ ): 2  $\Rightarrow s = 0,25$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\}$$

$$f_{cm} = 36,000 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t) = 0,962$$

$$f_{cm}(t) = 0,962 \cdot 36,0 = 34,634 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}(t) = 34,634 - 8,000 = 26,634 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1,0000$$

$$f_{ctm} = 2,800 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm}(t) = 0,962^{1,00} \cdot 2,800 = 2,694 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 35,500 \text{ GPa}$$

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} E_{cm} =$$

$$= \left( \frac{34,634}{36,0} \right)^{0,3} 35,500 = 35,090 \text{ GPa}$$

**Ověření konstrukce v MSP - beton starší než 28 dní:**

$$\text{charakteristická kombinace ...} \quad 0,60 \quad 28,0 \quad = \quad 16,800 \text{ MPa}$$

$$\text{kvazistálá kombinace ...} \quad 0,45 \quad 28,0 \quad = \quad 12,600 \text{ MPa}$$

### 3.1.2. SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

#### 3.1.2.1. Podle ČSN EN 1992

Smršťování betonu bylo pro uvažované časové etapy spočítáno dle normy [ 7 ] .

**Autogenní smršťování:**

Etapa	t [dny]	$\varepsilon_{ca}(\infty)$		$\beta_{as}(t)$	$\varepsilon_{ca}(t)$
		$f_{ck}$ [MPa]	$\varepsilon_{ca}(\infty)$		
Začátek realizace	0,0	28,0	0,000045	0,000000	0,000000
Konec realizace mostní konstrukce	1739,0	28,0	0,000045	0,999761	0,000045
Rozepření pomocí lisů	1746,0	28,0	0,000045	0,999765	0,000045
Uvolnění lisů	2066,0	28,0	0,000045	0,999887	0,000045
Mezifáze	2122,0	28,0	0,000045	0,999900	0,000045
Mezifáze	2200,0	28,0	0,000045	0,999916	0,000045
Vnesení ostatního stálého zatížení	2278,0	28,0	0,000045	0,999928	0,000045
Mezifáze	2558,0	28,0	0,000045	0,999960	0,000045
Mezifáze	2758,0	28,0	0,000045	0,999973	0,000045
Uvedení do provozu	2812,0	28,0	0,000045	0,999975	0,000045
Čas přepočtu	18661,0	28,0	0,000045	1,000000	0,000045
Konec životnosti	36500,0	28,0	0,000045	1,000000	0,000045

### Smršťování z vysychání:

$t$ [dny]	$t_s$ [dny]	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{cm0}$ [MPa]	$\alpha_{ds1}$	$\alpha_{ds2}$	$RH$ [=]	$RH_0$ [=]	$\beta_{RH}$	$\varepsilon_{cd,0}$
0,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
1739,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
1746,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2066,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2122,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2200,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2278,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2558,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2758,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
2812,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
18661,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371
36500,0	3,0	36,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000371

$t$ [dny]	$h_0$ [mm]	$k_h$	$\beta_{ds}(t, t_s)$	$\varepsilon_{cd}(t)$
0,0	672	0,70	0,000000	0,000000
1739,0	672	0,70	0,713711	0,000185
1746,0	672	0,70	0,714532	0,000186
2066,0	672	0,70	0,747638	0,000194
2122,0	672	0,70	0,752657	0,000195
2200,0	672	0,70	0,759325	0,000197
2278,0	672	0,70	0,765643	0,000199
2558,0	672	0,70	0,785826	0,000204
2758,0	672	0,70	0,798237	0,000207
2812,0	672	0,70	0,801345	0,000208
18661,0	672	0,70	0,964021	0,000250
36500,0	672	0,70	0,981277	0,000255

( $h_0$  pro průřez ve středu rozpětí)

### Smršťování podle EN1992-1-1, vše - prefabrikované nosníky:

$t$ [dny]	Název etapy	$\varepsilon_{ca}(t)$	$\varepsilon_{cd}(t)$	$\varepsilon_{cs}(t)$
0,0	Začátek realizace	0,000000	0,000000	0,000000
1739,0	Konec realizace mostní konstrukce	0,000045	0,000185	0,000230
1746,0	Rozepření pomocí lisů	0,000045	0,000186	0,000230
2066,0	Uvolnění lisů	0,000045	0,000194	0,000239
2122,0	Mezifáze	0,000045	0,000195	0,000240
2200,0	Mezifáze	0,000045	0,000197	0,000242
2278,0	Vnesení ostatního stálého zatížení	0,000045	0,000199	0,000244
2558,0	Mezifáze	0,000045	0,000204	0,000249
2758,0	Mezifáze	0,000045	0,000207	0,000252
2812,0	Uvedení do provozu	0,000045	0,000208	0,000253
18661,0	Čas přepočtu	0,000045	0,000250	0,000295
36500,0	Konec životnosti	0,000045	0,000255	0,000300

#### 3.1.2.2. Podle původní normy

Podle [17] se smršťování betonu spočítá pomocí vztahu:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} \cdot (1 - e^{-t^{1/2}})^{1/2}, \text{ kde:}$$

$\varepsilon_s$  je poměrné zkrácení způsobené smrštěním betonu v době od vybetonování do sledovaného okamžiku,

$\varepsilon_{s0}$  je poměrné zkrácení způsobené smrštěním betonu v době od vybetonování do ukončení smršťování.

pro uložení na volném prostranství se uvažuje hodnotou: 0,0003 ,

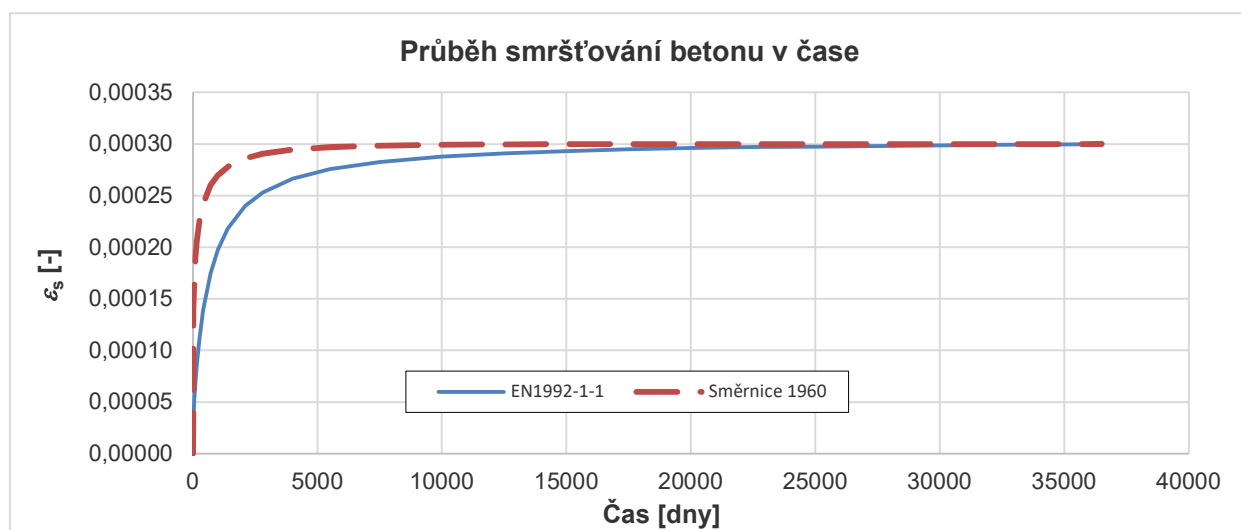
$e$  je základ přirozených logaritmů,

$t$  je stáří betonu v rocích od vybetonování do sledovaného okamžiku.

Etapa	$T$ [dny]	$T$ [roky]	$\varepsilon_{s0}$ [-]	"Odmoc- nina" [-]	$\varepsilon_s$ [-]
Začátek realizace	0,0	0,00	0,0003	0,00000	0,00000
Konec realizace mostní konstrukce	1739,0	4,76	0,0003	0,94195	0,00028
Rozepření pomocí lisů	1746,0	4,78	0,0003	0,94221	0,00028
Uvolnění lisů	2066,0	5,66	0,0003	0,95256	0,00029
Mezifáze	2122,0	5,81	0,0003	0,95409	0,00029
Mezifáze	2200,0	6,03	0,0003	0,95611	0,00029
Vnesení ostatního stálého zatížení	2278,0	6,24	0,0003	0,95800	0,00029
Mezifáze	2558,0	7,01	0,0003	0,96393	0,00029
Mezifáze	2758,0	7,56	0,0003	0,96747	0,00029
Uvedení do provozu	2812,0	7,70	0,0003	0,96834	0,00029
Čas přepočtu	18661,0	51,13	0,0003	0,99961	0,00030
Konec životnosti	36500,0	100,00	0,0003	0,99998	0,00030

### 3.1.2.3. Porovnání průběhu smršťování podle současné a původní normy

V následujícím grafu je vynesena průběh smršťování betonu, spočítaný podle současné i podle původní normy pro případ dané konstrukce.



### 3.1.3. DOTVAROVÁNÍ BETONU

#### 3.1.3.1. Podle ČSN EN 1992

Dotvarování betonu bylo pro vybrané časové etapy spočítáno dle normy

[ 7 ] .

$$t_0 = 7,00 \text{ dní}$$

$t$ [dny]	$t_{0,T}$ (platí pro 20°C)	$\alpha$	$t_0$ (vč. vlivu druhu cementu)	$f_{cm}$ [MPa]	$RH$ [=]	$h_0$ [mm]	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
0,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
1739,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
1746,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2066,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2122,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2200,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2278,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2558,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2758,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2812,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
18661,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
36500,0	7,00	0,00	7,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986

$t$ [dny]	$\phi_{RH}$	$\beta(f_{cm})$	$\beta(t_0)$	$\phi_0$	$\beta_H$ pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$	$\beta_H$ pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$	$\beta_H$	$\beta_c(t - t_0)$	$\phi(t, t_0)$
0,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,000	0,000
1739,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,846	1,996
1746,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,846	1,997
2066,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,864	2,038
2122,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,866	2,045
2200,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,870	2,053
2278,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,873	2,061
2558,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,884	2,086
2758,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,891	2,102
2812,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,892	2,106
18661,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,980	2,313
36500,0	1,328	2,800	0,635	2,360	1301,246	1297,750	1297,750	0,990	2,336

$$t_0 = 28,00 \text{ dní}$$

$t$ [dny]	$t_{0,T}$ (platí pro 20°C)	$\alpha$	$t_0$ (vč. vlivu druhu cementu)	$f_{cm}$ [MPa]	$RH$ [=]	$h_0$ [mm]	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
0,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
1739,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
1746,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2066,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2122,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2200,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2278,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2558,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2758,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
2812,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
18661,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986
36500,0	28,00	0,00	28,00	36,00	70,00	672	0,980	0,994	0,986



$t$ [dny]	$\phi_{RH}$	$\beta(f_{cm})$	$\beta(t_0)$	$\phi_0$	$\beta_H$ pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$	$\beta_H$ pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$	$\beta_H$	$\beta_c(t - t_0)$	$\phi(t, t_0)$
0,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,000	0,000
1739,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,844	1,534
1746,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,845	1,535
2066,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,863	1,567
2122,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,865	1,572
2200,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,869	1,579
2278,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,872	1,585
2558,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,883	1,605
2758,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,890	1,617
2812,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,892	1,620
18661,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,980	1,780
36500,0	1,328	2,800	0,488	1,817	1301,246	1297,750	1297,750	0,990	1,798

### 3.1.3.2. Podle původní normy

Dotvarování betonu bylo pro uvažované časové etapy spočítáno dle normy [17].

Stanoví se pomocí vztahu:

$$p = 5 \cdot \left[ \left( 1 - e^{-T^{1/2}} \right)^{1/2} - \left( 1 - e^{-T_0^{1/2}} \right)^{1/2} \right], \text{ kde:}$$

$T_0$  je stáří betonu v rocích od vybetonování až do začátku působení uvažovaného namáhání,

$T$  je stáří betonu v rocích od vybetonování až do sledovaného okamžiku.

$T_0 = 7,00$  dní

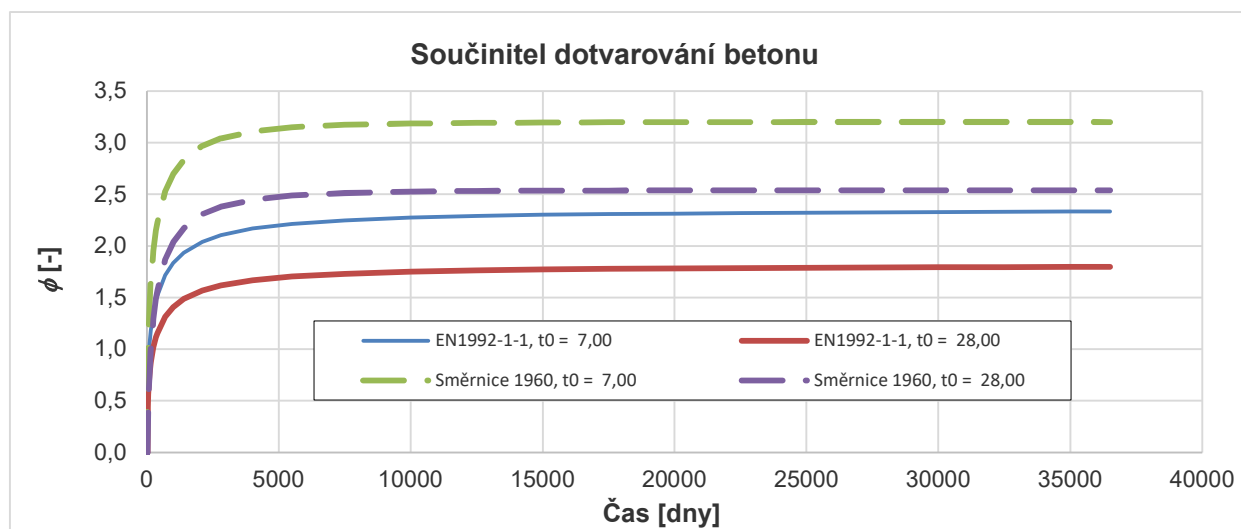
$T$ [dny]	$T$ [roky]	$T_0$ [dny]	$T_0$ [roky]	První "odmoc- nina"	Druhá "odmoc- nina"	$p_0$	$p$
0,0	0,0	7,0	0,019	0,00000	0,35962	5,0	0,000
1739,0	4,8	7,0	0,019	0,94195	0,35962	5,0	2,912
1746,0	4,8	7,0	0,019	0,94221	0,35962	5,0	2,913
2066,0	5,7	7,0	0,019	0,95256	0,35962	5,0	2,965
2122,0	5,8	7,0	0,019	0,95409	0,35962	5,0	2,972
2200,0	6,0	7,0	0,019	0,95611	0,35962	5,0	2,982
2278,0	6,2	7,0	0,019	0,95800	0,35962	5,0	2,992
2558,0	7,0	7,0	0,019	0,96393	0,35962	5,0	3,022
2758,0	7,6	7,0	0,019	0,96747	0,35962	5,0	3,039
2812,0	7,7	7,0	0,019	0,96834	0,35962	5,0	3,044
18661,0	51,1	7,0	0,019	0,99961	0,35962	5,0	3,200
36500,0	100,0	7,0	0,019	0,99998	0,35962	5,0	3,202

$T_0 = 28,00$  dní

$T$ [dny]	$T$ [roky]	$T_0$ [dny]	$T_0$ [roky]	První "odmoc- nina"	Druhá "odmoc- nina"	$p_0$	$p$
0,0	0,0	28,0	0,077	0,00000	0,49186	5,0	0,000
1739,0	4,8	28,0	0,077	0,94195	0,49186	5,0	2,250
1746,0	4,8	28,0	0,077	0,94221	0,49186	5,0	2,252
2066,0	5,7	28,0	0,077	0,95256	0,49186	5,0	2,304
2122,0	5,8	28,0	0,077	0,95409	0,49186	5,0	2,311
2200,0	6,0	28,0	0,077	0,95611	0,49186	5,0	2,321
2278,0	6,2	28,0	0,077	0,95800	0,49186	5,0	2,331
2558,0	7,0	28,0	0,077	0,96393	0,49186	5,0	2,360
2758,0	7,6	28,0	0,077	0,96747	0,49186	5,0	2,378
2812,0	7,7	28,0	0,077	0,96834	0,49186	5,0	2,382
18661,0	51,1	28,0	0,077	0,99961	0,49186	5,0	2,539
36500,0	100,0	28,0	0,077	0,99998	0,49186	5,0	2,541

### 3.1.3.3. Porovnání součinitele dotvarování podle současné a původní normy

V následujícím grafu je vynesena průběh součinitele dotvarování v čase, spočítaný podle současné i podle původní normy pro případ daného mostu a pro vybrané dvě varianty stáří betonu (7 dní a 28 dní).



## 3.3. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

### 3.3.1. PŘEHLED VLASTNOSTÍ

Hlavní nosná konstrukce byla předepnuta pomocí kabelů ze zlepšených patentovaných drátů Ø PZ 7,0 mm. Pro zvýšení ochrany proti korozi byly dráty podle původní technické zprávy pozinkovány.

V době zpracování projektové dokumentace mostu platila norma [17].

**Podle [ 1 ] jsou vlastnosti použité předpínací oceli následující:**

Charakteristická hodnota pevnosti předpínací výztuže v tahu:	$f_{pk} =$	1400,0	MPa
Smluvní mez průtažnosti:	$\sigma_{0,2} =$	1000,0	MPa
Modul pružnosti:	$E_p =$	195,0	GPa

**Podle [17] jsou vlastnosti použité předpínací oceli následující:**

Zaručená nejmenší pevnost v tahu:	$R_p =$	1400,0	MPa
Zaručená nemensší mez průtažnosti:	$\sigma_{0,2} =$	1000,0	MPa
Modul pružnosti:	$E_p =$	190,0	GPa

### **3.3.2. VLASTNOSTI POUŽITÉ PRO VÝPOČET**

Průměr drátu uvažovaný ve výpočtu:  $\phi = 7,0$  mm

Charakteristická pevnost v tahu:  $f_{pk} = 1400,0$  MPa

Modul pružnosti:  $E_p = 195,0$  GPa

Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1:

$$f_{p0,1k} = 0,88 \cdot 1400,0 = 1232,0 \text{ MPa}$$

Maximální napětí předpínací výztuže při napínání podle původní normy:

$$\begin{aligned} \sigma_{P,max} &= \min \{ 0,935 \cdot \sigma_{0,2} ; 0,80 \cdot R_p \} = \\ &= \min \{ 0,935 \cdot 1000,0 ; 0,8 \cdot 1400,0 \} = \\ &= \min \{ 935,0 ; 1120 \} = 935,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Pokud byla předpínací výztuž zlepšována a pokud byl udělen příslušný souhlas, bylo možno při stanovení maximálního napětí při napínání uvažovat i zvýšenou hodnotu meze průtažnosti.

Maximální napětí v předpínací výztuži při napínání podle projektové dokumentace mostu:

$$\sigma_{P,max} = 1052,0 \text{ MPa} \quad (\text{po zlepšení})$$

Pro některé výpočty je rovněž nutná hodnota  $\sigma_{0,2}$ , kterou uvažujeme podle původní normy takto:

$$\sigma_{0,2} = 1000,0 \text{ MPa}$$

Rok realizace ... 1974 => stáří konstrukce při přepočtu v r. 2020 ...

... 46 let > 30 let =>  $\gamma_s = 1,10$

$$\text{Návrhové napětí v předpínací výztuži: } f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_c} = \frac{1232,0}{1,10} = 1120,0 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti:  $E_p = 195,0 \text{ GPa}$

Ověření hodnoty maximálního napětí v předpínací výztuži podle současné normy ČSN EN 1992 - [ 7 ]  
a [ 8 ] :

$$\begin{aligned}\sigma_{p,\max} &= \min \{ 0,8 \cdot f_{pk} ; 0,9 \cdot f_{p0,1k} \} = \\ &= \min \{ 0,8 \cdot 1400,0 ; 0,9 \cdot 1232,0 \} = \\ &= \min \{ 1120,0 ; 1108,8 \} = 1108,8 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tato hodnota maximálního napětí při napínání je vyšší než hodnota uvažovaná v původní dokumentaci i než maximální přípustná hodnota podle původní normy => vyhoví.

#### Posouzení MSP:

střední hodnota předpínací síly ...  $0,75 \cdot 1400,000 = 1050,000 \text{ MPa}$

### 3.3.3. RELAXACE PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

#### 3.3.3.1. Podle ČSN EN 1992

Podle [ 7 ] mají výpočty ztrát relaxací předpínací oceli vycházet z hodnoty  $\rho_{1000}$ , tj. ztráty relaxací 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20°C.

Hodnota  $\rho_{1000}$  je vyjádřena procentním podílem počátečního napětí a stanovuje se pro počáteční napětí  $0,7f_p$ , kde  $f_p$  je skutečná pevnost v tahu vzorků předpínací oceli. Pro návrhové výpočty se používá charakteristická pevnost v tahu ( $f_{pk}$ ) a ta se uvažuje v následujících výrazech.

V normě [ 7 ] jsou definovány tři třídy relaxačního chování:

- třída 1: dráty nebo lana s normální relaxací,
- třída 2: dráty nebo lana s nízkou relaxací,
- třída 3: za tepla válcované a upravené tyče.

Ztráta relaxací může být získána z protokolů certifikačních zkoušek výrobce nebo definována procentním poměrem změny předpínacího napětí k počátečnímu předpínacímu napětí; má být stanovena z níže uvedených výrazů:

$$\begin{aligned}\text{- třída 1: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} &= 5,39 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{6,7\mu} \cdot (t/1000)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5} \\ \text{- třída 2: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} &= 0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \cdot (t/1000)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5} \\ \text{- třída 3: } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} &= 1,98 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{8\mu} \cdot (t/1000)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}, \text{ kde:}\end{aligned}$$

$\Delta\sigma_{pr}$  je absolutní hodnota relaxačních ztrát předpětí,  
 $\sigma_{pi}$  je (při dodatečném předpínání) absolutní hodnota počátečního předpětí ( $\sigma_{pi} = \sigma_{pm0}$ ),  
 $t$  je doba po napnutí v hodinách,

$$\mu = \frac{\sigma_{pi}}{f_{pk}},$$

$\rho_{1000}$  je hodnota relaxační ztráty ( $v =$ ) 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20°C.

Hodnoty  $\rho_{1000}$  se mohou předpokládat rovné: 8= pro třídu 1; 2,5= pro třídu 2 a 4= pro třídu 3; nebo se uvažují hodnoty podle certifikátu.

Dlouhodobé (konečné) hodnoty ztrát relaxací lze odhadnout pro  $t = 500\,000$  hodin (přibližně 57 let).

Ztráty relaxací jsou velmi citlivé na teplotu. Pokud je použito tepelné ošetřování (např. párou), je nutno výpočet relaxace upravit podle [ 7 ]. Pokud je teplota větší než 50°C, mají se ztráty relaxací ověřit.

Průběh relaxace v čase budeme uvažovat podle [ 7 ] - konkrétně podle vztahu pro třídu oceli 1 **(dráty a lana s normální relaxací)**.

Výsledná hodnota relaxace uvažovaná ve výpočtu:

- hodnota  $\rho_{1000}$  ... 0,080 = 8,00 %  
 - hodnota  $\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}}$  na konci relaxace (po 50 000 hodinách) ... 0,178 = 17,80 %

**Výpočet průběhu relaxace (podle [ 7 ] ) - vybrané etapy:**

$t$ [dny]	$t$ [hodiny]	$t$ [min]	$\rho_{1000}$ [%]	$\sigma_{pi}$ [MPa]	$f_{pk}$ [MPa]	$\mu$ [-]	$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ [-]	Uvažovaný konec relaxace [hodiny]
-	0,017	1,0	8,00	935,0	1400,0	0,667857	0,002	500000,0
2066,0	49584,0	-	8,00	935,0	1400	0,667857	0,100	500000,0
2812,0	67488,0	-	8,00	935,0	1400	0,667857	0,108	500000,0
18661,0	447864,0	-	8,00	935,0	1400	0,667857	0,173	500000,0
20833,3	500000,0	-	8,00	935,0	1400	0,667857	0,178	500000,0
36500,0	876000,0	-	8,00	935,0	1400	0,667857	0,178	500000,0

$t$ [dny]	$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ na konci rel. [-]	$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ uvažované [-]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	Redukce	$\Delta\sigma_{pr}$ redukované [MPa]
-	0,178	0,002	2,283	0,80	1,827
2066,0	0,178	0,100	93,567	0,80	74,854
2812,0	0,178	0,108	101,036	0,80	80,829
18661,0	0,178	0,173	161,891	0,80	129,513
20833,3	0,178	0,178	166,393	0,80	133,115
36500,0	0,178	0,178	166,393	0,80	133,115

### 3.3.3.2. Podle původní normy

Podle [17], tzn. normy platné v době návrhu konstrukce, se konečná hodnota relaxace uvažovala podle následující tabulky (pokud nebyly zkouškami stanoveny hodnoty přesnější):

Napětí předpínací výztuže jako násobek meze $\sigma_{0,2}$ , popř. $\sigma'_{0,2}$	Konečný úbytek napětí předpínací výztuže jako násobek tohoto napětí
0,50	0,00
0,60	0,02
0,70	0,05
0,80	0,08
0,90	0,11
1,00	0,15

Současně se předpokládalo, že relaxace dosáhne konečné hodnoty 1 rok po napnutí. Průběh relaxace v mezilehlých časech se uvažoval podle následující tabulky:

Doba působení napětí předpínací výztuže			Úbytek napětí předpínací výztuže jako násobek konečného úbytku
minut	hodin	dní	
2,000	0,033	0,001	0,20
3,000	0,050	0,002	0,23
5,000	0,083	0,003	0,26
10,000	0,167	0,007	0,31
20,000	0,333	0,014	0,36
	1,000	0,042	0,43
	2,000	0,083	0,48
	3,000	0,125	0,50
	6,000	0,250	0,55
	12,000	0,500	0,60
		1,000	0,64
		2,000	0,68
		3,000	0,71
		7,000	0,76
		14,000	0,80
		28,000	0,85
		91,000	0,96
		365,000	1,00

Uvažovanu mez průtažnosti bylo možno zvýšit tzv. zlepšením patentovaného drátu takto:

Poměr předběžného napětí k zaručené nejmenší mezi průtažnosti	Poměr zvýšené meze průtažnosti k zaručené nejmenší mezi průtažnosti
0,80	1,080
0,90	1,100
1,00	1,125

Napětí během zlepšování výztuže podle projektové dokumentace mostu: 1000,0 MPa

Poměr předběžného napětí k zaručené nejmenší mezi průtažnosti:

$$\frac{1000,0}{1000,0} = 1,00 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{zvýšená mez pružnosti} \dots 1,125 \cdot 1000,0 = 1125,0 \text{ MPa}$$

**V daném případě - konečná hodnota relaxace dle [17] (vč. vlivu zlepšení):**

$$\begin{aligned} - \text{napětí předpínací výztuže při napínání} \dots \sigma_{P,\max} &= 1052,0 \text{ MPa} \\ - \text{uvažovaná zvýšená mez pružnosti} \dots \sigma_{0,2} &= 1125,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{P,\max}}{\sigma_{0,2}} = \frac{1052,0}{1125,0} = 0,935 \Rightarrow \text{konečná relaxace} = 0,124$$

### 3.3.3.3. Porovnání průběhu relaxace podle současné a původní normy

Při přepočtu konstrukce budeme konečnou hodnotu i průběh relaxace v čase uvažovat podle [ 7 ]. Jedná se o **popouštěná lana**, kterým podle ČSN EN odpovídá nejlépe **třída relaxačního chování 1 (dráty a lana s normální relaxací)**.

V následujícím grafu je vynesena průběh relaxace předpínací oceli podle současné a podle původní normy pro následující případy:

1) podle EN, třída 1, hodnota  $\rho_{1000}$  podle normy ...

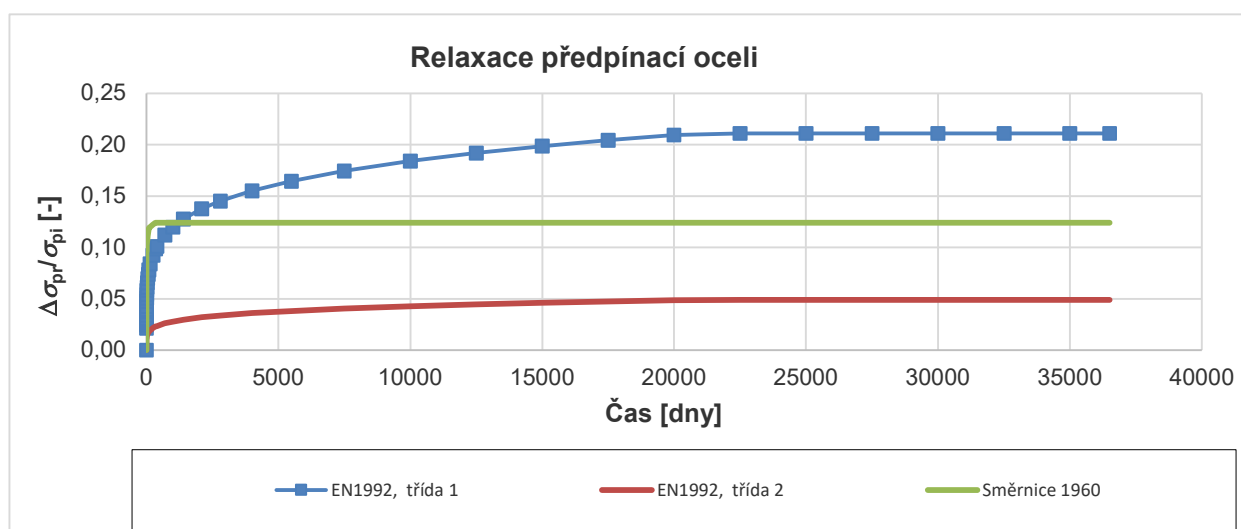
$$- \text{hodnota } \rho_{1000} \dots 0,080 = 8,0 \%$$

$$- \text{hodnota } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} \text{ na konci relaxace (po 50 000 hodinách)} \dots 0,211 = 21,1 \%$$

2) podle EN, třída 2, hodnota  $\rho_{1000}$  podle normy ...

$$- \text{hodnota } \rho_{1000} \dots 0,025 = 2,5 \%$$

$$- \text{hodnota } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} \text{ na konci relaxace (po 50 000 hodinách)} \dots 0,049 = 4,9 \%$$



### 3.4. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Třída výztuže podle původní dokumentace: 10400 (B)

**Vlastnosti oceli dle: [ 1 ] :**

Charakteristická mez kluzu:  $f_{yk} = 400,0$  MPa

Modul pružnosti:  $E_s = 200,0$  GPa

**V této verzi výpočtu uvažujeme vlastnosti materiálů podle [ 1 ] :**

Charakteristická mez kluzu:  $f_{yk} = 400,0$  MPa

Rok realizace ... 1974 => stáří konstrukce při přepočtu v r. 2020 ...

... 46 let > 30 let =>  $\gamma_c = 1,10$

Návrhová mez kluzu:  $f_{yd} = \frac{400,0}{1,10} = 363,636$  MPa

Modul pružnosti:  $E_s = 200,0$  GPa

**Posouzení MSP - omezení napětí:**

charakteristická kombinace ... 0,80 400,000 = 320,000 MPa



## 4. ZATÍŽENÍ

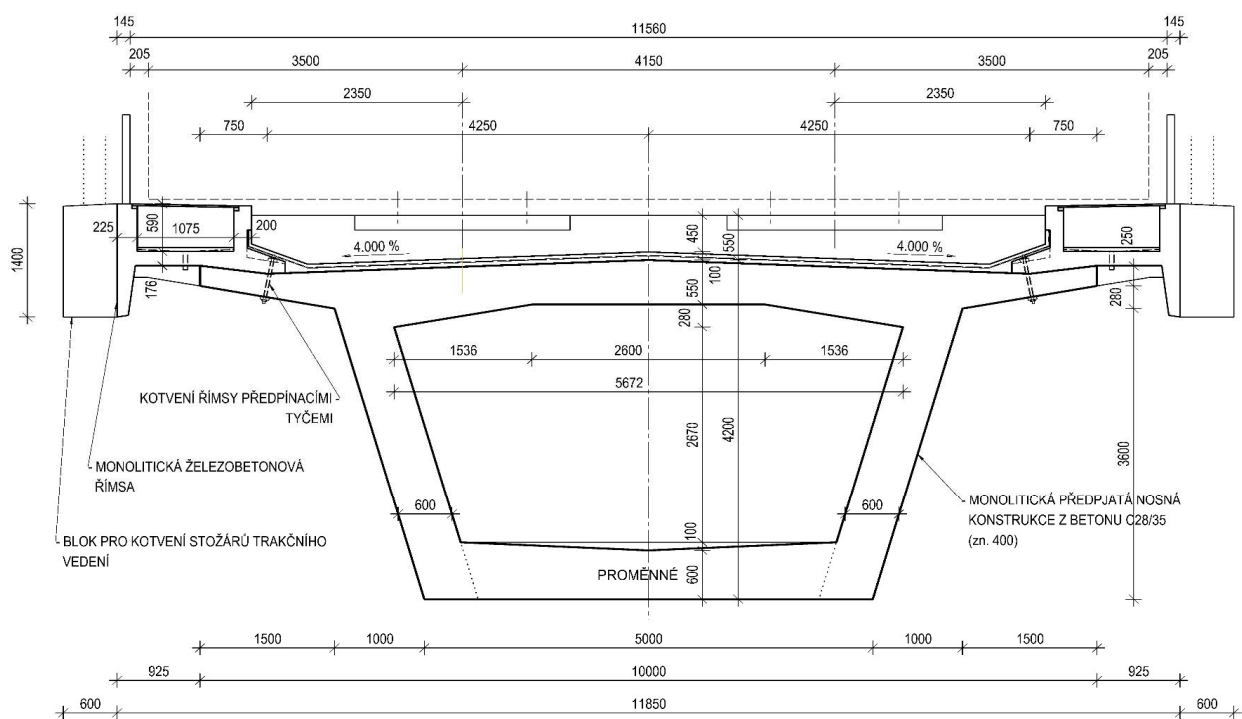
### 4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

#### 4.1.1. VLASTNÍ TÍHA NOSNÉ KONSTRUKCE

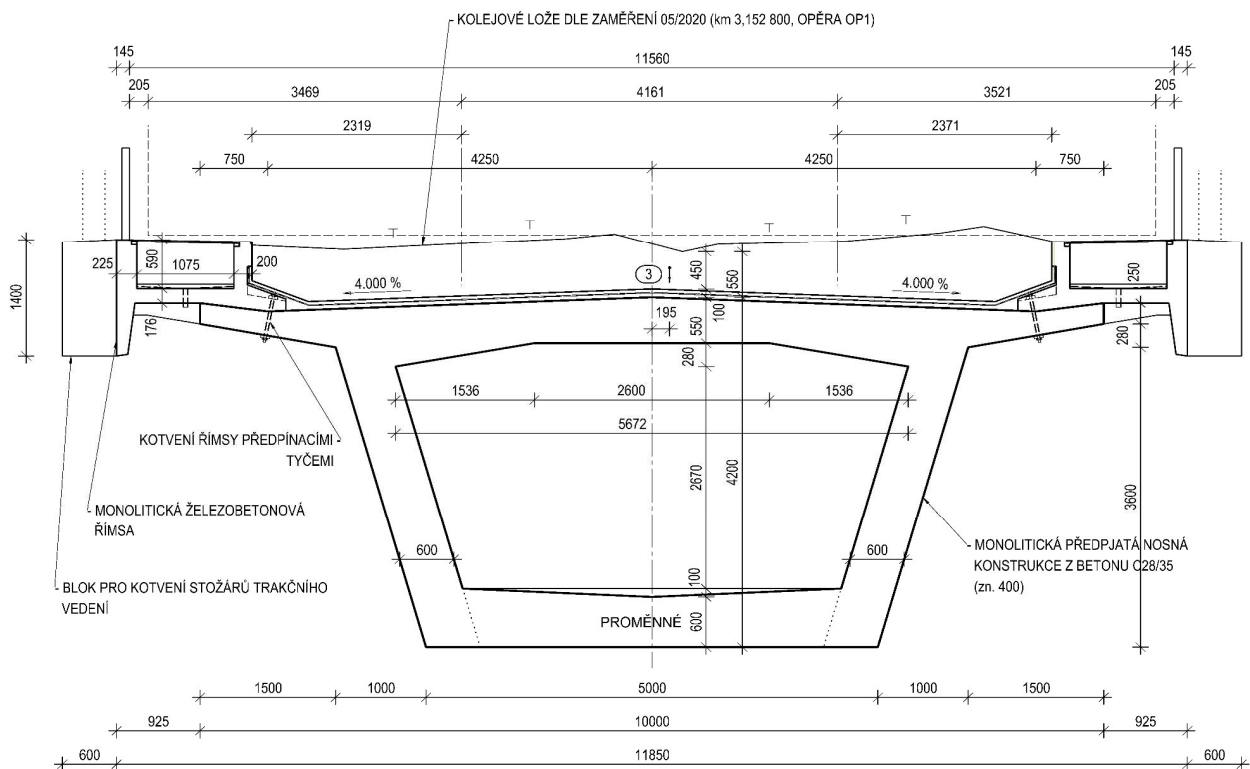
Objemová tíha předpjatého betonu: 26,0 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

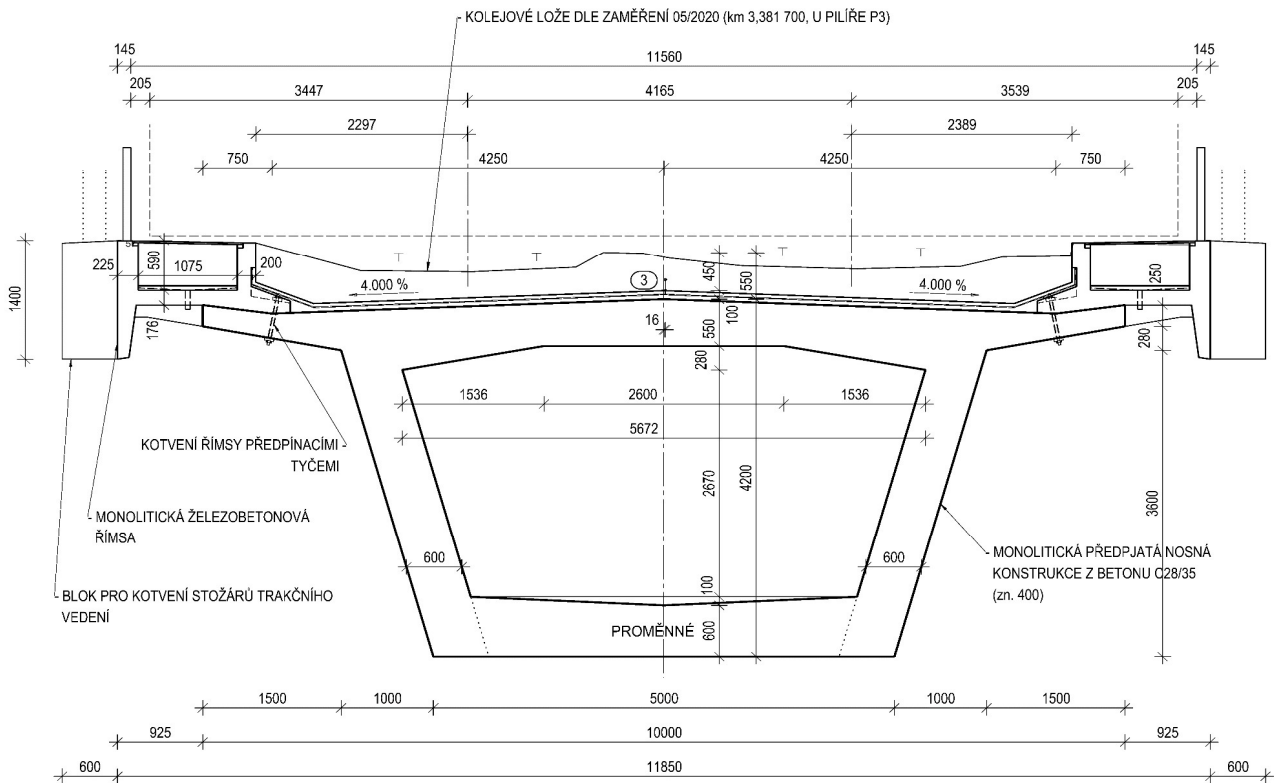
Příčný řez - podle původní dokumentace:



**Příčný řez - podle zaměření 05/2020 - maximální zatížení (km 3,152 800 - opěra OP1):**



**Příčný řez - podle zaměření 05/2020 - minimální zatížení (km 3,381 700 - u pilíře P3):**



### Uvažování ostatního stálého zatížení ve výpočtu:

- na většině délky mostu je dle zaměření z května 2020 menší tloušťka kolejového lože, než uvádí původní projektová dokumentace, pouze v prvním poli je tloušťka kolejového lože větší,
- vzhledem k této situaci budeme jako střední hodnotu ostatního stálého zatížení  $(g - g_0)_m$  uvažovat hodnotu odpovídající stavu podle původní projektové dokumentace,
- jako horní (charakteristickou) hodnotu  $(g - g_0)_{k,sup}$  budeme uvažovat hodnotu odpovídající maximální tloušťce kolejového lože podle geodetického zaměření,
- jako dolní (charakteristickou) hodnotu  $(g - g_0)_{k,inf}$  budeme uvažovat hodnotu odpovídající minimální tloušťce kolejového lože podle geodetického zaměření.
- další rozptyl hodnot kolejového lože nebude uvažován.

#### **a) Ostatní stálé zatížení - střední hodnota $(g - g_0)_m$ :**

plochy prvků a poloha těžiště a vzdálenosti od těžiště nosné konstrukce  $r$  byly odměřeny v grafickém programu:

1) Římsy ...	2	0,753	25,0	=	37,65	kN/m; $r =$	0,000	m
2) Izolace, ochrana izolace ...		0,914	25,0	=	22,850	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...		4,5940	20,0	=	91,880	kN/m; $r =$	0,000	m
4) Zábradlí (odhad) ...	2	0,500		=	1,000	kN/m; $r =$	0,000	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosné konstrukce:

$$V_{1-4} = 37,650 + 22,850 + 91,880 + 1,000 = 153,380 \text{ kN/m}$$
$$r = \frac{0,000}{153,380} = 0,000 \text{ m}$$

Vzhledem k možnému zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ...	0	20,0	=	0,000	kN/m; $l =$	0,000	m
6a) Kolejnice ...	2	1,20	=	2,400	kN/m; $l =$	0,000	m
6b) Předpjaté pražce s upevněním ...							
	2	4,80	=	9,600	kN/m; $l =$	0,000	m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$V_{5-6} = 0,000 + 2,400 + 9,600 = 12,000 \text{ kN/m}$$
$$r = \frac{0,000}{12,000} = 0,000 \text{ m}$$

**b) Ostatní stálé zatížení - horní charakteristická hodnota  $(g - g_0)_{k,sup}$ :**

1) Římsy ...	2	0,753	25,0	=	37,65	kN/m; $r =$	0,000	m
2) Izolace, ochrana izolace ...		0,914	25,0	=	22,850	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...		5,7025	20,0	=	114,050	kN/m; $r =$	0,195	m
4) Zábradlí (odhad) ...	2	0,500		=	1,000	kN/m; $r =$	0,000	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$v_{1-4} = 37,65 + 22,850 + 114,050 + 1,000 = 175,550 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{22,240}{175,550} = 0,127 \text{ m}$$

Vzhledem k možnému zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ...	0	20,0	=	0,000	kN/m; $l =$	0,000	m
6a) Kolejnice ...	2	1,20	=	2,400	kN/m; $l =$	0,000	m
6b) Předpjaté pražce s upevněním ...							
	2	4,80	=	9,600	kN/m; $l =$	0,000	m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$v_{5-6} = 0,000 + 2,400 + 9,600 = 12,000 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{12,000} = 0,000 \text{ m}$$

**c) Ostatní stálé zatížení - dolní charakteristická hodnota  $(g-g_0)_{k,inf}$ :**

1) Římsy ...	2	0,753	25,0	=	37,65	kN/m; $r =$	0,000	m
2) Izolace, ochrana izolace ...		0,914	25,0	=	22,850	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...		3,4259	20,0	=	68,519	kN/m; $r =$	0,016	m
4) Zábradlí (odhad) ...	2	0,500		=	1,000	kN/m; $r =$	0,000	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$v_{1-4} = 37,65 + 22,850 + 68,519 + 1,000 = 130,019 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{1,096}{130,019} = 0,008 \text{ m}$$

Vzhledem k zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ...	0	20,0	=	0,000	kN/m; $l =$	0,000	m
6a) Kolejnice ...	2	1,20	=	2,400	kN/m; $l =$	0,000	m
6b) Předpjaté pražce s upevněním ...							
	2	4,80	=	9,600	kN/m; $l =$	0,000	m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$v_{5-6} = 0,000 + 2,400 + 9,600 = 12,000 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{12,000} = 0,000 \text{ m}$$

**d) Ostatní stálé zatížení - podle původní normy  $(g-g_0)_{pův}$ :**

Pro porovnání stanovíme i původní hodnotu ostatního stálého zatížení.

1) Římsy ...	2	0,753	25,0	=	37,65	kN/m; $r =$	0,000	m
2) Izolace, ochrana izolace ...		0,914	25,0	=	22,850	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...		4,594	19,0	=	87,286	kN/m; $r =$	0,000	m
4) Zábradlí (odhad) ...					0,500	kN/m; $r =$	0,000	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$v_{1-4} = 37,65 + 22,850 + 87,286 + 0,500 = 148,286 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{148,286} = 0,000 \text{ m}$$

Vzhledem k možnému zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ...      0      19,0      =      0,000    kN/m;  $l$  =    0,000    m

6a) Kolejnice ...      2      1,50      =      3,000    kN/m;  $l$  =    0,000    m

6b) Předpjaté pražce s upevněním ...

2      0,00      =      0,000    kN/m;  $l$  =    0,000    m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$v_{5-6} = 0,000 + 3,000 + 0,000 = 3,000 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{3,000} = 0,000 \text{ m}$$

**Rekapitulace zatížení ( $g-g_0$ ) :**

Poloha	Staničení	Výslednice ( $g-g_0$ ) <sub>m</sub>		Výslednice ( $g-g_0$ ) <sub>k,sup</sub>		Výslednice ( $g-g_0$ ) <sub>inf</sub>		Výslednice ( $g-g_0$ ) <sub>pův</sub>	
		$V_{1-6}$	$r_{1-6}$	$V_{1-6}$	$r_{1-6}$	$V_{1-6}$	$r_{1-6}$	$V_{1-6}$	$r_{1-6}$
	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]
Celo	0,000	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	1,575	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	1,575	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	3,125	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	3,125	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Rámový roh	6,015	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
	6,015	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	7,425	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	7,425	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Kon.zár.	9,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
	9,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	12,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	12,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	15,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	15,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	18,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	18,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	21,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	21,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	24,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	24,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	27,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	27,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	30,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	30,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	33,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	33,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	37,425	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	37,425	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	38,475	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	38,475	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Střed	38,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
rozpětí	38,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	38,975	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	38,975	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	40,025	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	40,025	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	43,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	43,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	46,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	46,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	49,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	49,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	52,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	52,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	55,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	55,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002

Poloha	Staničení [m]	Výslednice $(g-g_0)_m$		Výslednice $(g-g_0)_{k,sup}$		Výslednice $(g-g_0)_{inf}$		Výslednice $(g-g_0)_{přv}$	
		$V_{1-6}$ [MN/m]	$r_{1-6}$ [m]	$V_{1-6}$ [MN/m]	$r_{1-6}$ [m]	$V_{1-6}$ [MN/m]	$r_{1-6}$ [m]	$V_{1-6}$ [MN/m]	$r_{1-6}$ [m]
0	58,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	58,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	61,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	61,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	64,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	64,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	67,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Kon.zár.	67,725	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	70,025	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	70,025	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Rámový	71,435	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
roh	71,435	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	74,325	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	74,325	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	75,875	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
0	75,875	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002
Čelo	77,450	0,165380	0,006	0,187550	0,124	0,142019	0,014	0,151286	0,002

#### **4.1.3. SMRŠŤOVÁNÍ BETONU**

Účinky smršťování betonu jsou započítány automaticky programem TDA.

#### **4.1.4. NEROVNOMĚRNÉ POKLESY**

Uvažujeme základní hodnotu nerovnoměrného poklesu podpor ... 5 mm

Vzhledem k postupu realizace, stáří konstrukce, pravděpodobnému časovému průběhu případných nerovnoměrných poklesů a snížení jejich účinku vlivem relaxace, uvažujeme také následující redukované hodnoty nerovnoměrných poklesů:

v době uvedení do provozu ...	5	mm
v době přepočtu ...	2	mm
v době na konci životnosti ...	2	mm.

Stejnými hodnotami uvažujeme i vodorovný jednoho patního kloubu jedné rámové stojky.

### **4.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ**

#### **4.2.1. ZATÍŽENÍ DOPRAVOU**

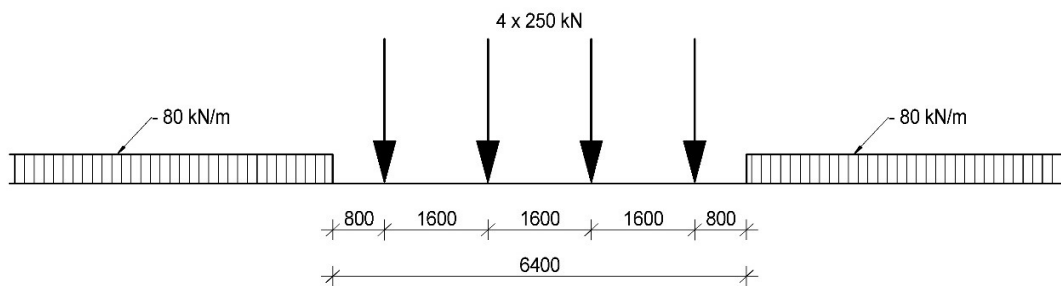
##### **4.2.1.1. Model zatížení LM71 (UIC-71)**

Traťová rychlost v daném traťovém úseku je 100 km/h, rychlost na mostě je 80 km/h.



Podle údajů SŽDC odpovídá přechodnost mostu traťové třídy D4 s přidruženou rychlostí 80 km/h.

**Zatížitelnost** mostu bude vyjádřena násobkem vlaku Model zatížení 71:



Nápravové síly budeme uvažovat roznesené na spojitě rovnoměrné zatížení na délce 6,400 m:

$$q_{NS} = \frac{4 \cdot 250,0}{6,400} = 156,250 \text{ kN/m}$$

Spojitě rovnoměrné zatížení mimo nápravové síly:

$$q_{SR} = 80,000 \text{ kN/m}$$

U zatěžovacích vlaků Model zatížení 71 a SW/0 je nutno uvažovat boční (příčné) posunutí koleje prostřednictvím excentricity  $e$ :

$$e = \frac{r}{18} = \frac{1,435}{18} = 0,080 \text{ m}, \text{ kde}$$

$r$  je rozchod koleje.

#### 4.2.1.2. Dynamické účinky pohyblivého zatížení

##### 4.2.1.2.1. Přibližné stanovení vlastních frekvencí

Dle ČSN EN 1992-1 [6]:

$$n_0 [\text{Hz}] = \frac{17,75}{\delta_0^{1/2}}, \text{ kde:}$$

$\delta_0$  je průhyb uprostřed rozpětí od stálých zatížení [mm], spočítaný s využitím krátkodobého modulu pružnosti pro betonové mosty:

$$\delta_0 = 28,5 + 13,8 = 42,3 \text{ mm}$$

$$n_0 = \frac{17,75}{42,3^{0,5}} = 2,729 \text{ Hz}$$

Podle ČSN 73 6222 [23] lze vlastní frekvenci nosné konstrukce (silničního) mostu nebo její části stanovit ze vzorce:

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923}, \text{ kde:}$$

$L_d$  je náhradní délka (v tomto případě se stanoví jako aritmetický průměr rozpětí polí):

$$L_d = 28,027 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot 28,027^{-0,923} = 4,178 \text{ Hz} \quad (\text{tento vzorec počítá s menší tíhou silničního mostu})$$

Pro další výpočet uvažujeme aritmetický průměr těchto dvou hodnot, tzn.:

$$n_0 = 3,454 \text{ Hz}$$

#### 4.2.1.2.2. Ověření požadavků na dynamickou analýzu

Podle ČSN EN 1991-2 [ 6 ] se případná potřeba dynamické analýzy posoudí podle vývojového diagramu na obr. 6.9:

1 ) rychlost  $V \leq 200 \text{ km/h}$  ... ANO  
 2 ) spojitý most ... ANO  
 (resp. staticky neurčitý)

} = > **je možno počítat s dynamickým součinitelem.**

#### 4.2.1.2.3. Dynamický součinitel

Náhradní délka  $L_\phi$  (spojité konstrukce):

*Průměrné rozpětí ...*

$$L_m = \frac{8,591 + 66,900 + 8,591}{3} = 28,027 \text{ m}$$

$$\text{Počet polí ... } n = 3 \Rightarrow k = 1,3$$

*Náhradní délka ...*

$$\begin{aligned} L_\phi &= k \cdot L_m = 1,3 \cdot 28,027 = \\ &= 36,436 \text{ m} < \max L_i = 66,900 \Rightarrow \\ &\Rightarrow L_\phi = 66,900 \text{ m} \end{aligned}$$

Podle ČSN EN 1991-2 [ 6 ] se rozeznává dynamický součinitel pro pečlivě udržovanou kolej a standardně udržovanou kolej.

a ) Dynamický součinitel pro pečlivě udržovanou kolej:

$$\begin{aligned} \phi_2 &= \frac{1,44}{L_\phi^{0,5} - 0,2} + 0,82 = \\ &= \frac{1,44}{66,9^{0,5} - 0,2} + 0,82 = \\ &= 1,00 > 1,00 \Rightarrow \phi_2 = 1,00 \\ &\quad < 1,67 \end{aligned}$$

b ) Dynamický součinitel pro standardně udržovanou kolej:

$$\begin{aligned}\phi_3 &= \frac{2,16}{L_{\phi}^{0,5} - 0,2} + 0,73 = \\ &= \frac{2,16}{66,9^{0,5} - 0,2} + 0,73 = \\ &= 1,00 < 1,05 \Rightarrow \phi_3 = 1,05 \\ &\quad < 2,00\end{aligned}$$

Podle [ 6 ] , Změny Z4, uvažujeme dynamický součinitel následujícím způsobem:

1) pro posouzení mezních stavů únosnosti STR ...  $\phi_3 = 1,05$  ,

2) pro posouzení mezních stavů použitelnosti včetně MS omezení přetvoření a kmitání, pro posouzení únavy (mezní stav únosnosti FAT) a pro posouzení kombinované odezvy konstrukce a koleje ...

$$\dots \quad \phi_2 = 1,00 .$$

#### 4.2.1.3. Odstředivé síly

Odstředivé síly se mají uvažovat tak, že působí vodorovně ven z oblouku ve výšce 1,80 m nad pojížděným povrchem. Odstředivá síla se musí vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou; nesmí se násobit dynamickým součinitelem  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$ .

Charakteristická hodnota odstředivé síly se určí podle následujících vztahů:

$$\begin{aligned}Q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 r} (f \times Q_{vk}) \\ q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127 r} (f \times q_{vk}) , \text{ kde:}\end{aligned}$$

$Q_{tk}$ ,  $q_{tk}$  jsou charakteristické hodnoty odstředivých sil,

$Q_{vk}$ ,  $q_{vk}$  jsou charakteristické hodnoty svislých zatížení (bez dynamických účinků) pro modely zatížení 71, SW/0, SW/2 a "nezatížený vlak",

$f$  je redukční součinitel:

pro model zatížení 71 (a, pokud se požaduje, pro model zatížení SW/0) je redukční součinitel  $f$  dán vztahem:

$$f = \left[ 1 - \frac{V - 120}{1000} \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \left( \frac{2,88}{L_f} \right)^{1/2} \right) \right] \geq 0,35$$

kde:

$L_f$  je přičiňující délka zatížené části koleje v oblouku na mostě, která je nejnepříznivější pro návrh uvažovaného nosného prvku:

$$L_f = 77,450 \text{ m}$$

$v$  je maximální rychlost v [m/s],  
 $V$  je maximální rychlost v [km/h],

$$V = 80,0 \text{ km/h} < 120,0 \Rightarrow \text{článek 6.5.1(7) z [ 6 ] se neuplatní}$$

$$f = 1,00 \quad \text{bud' pro: } V \leq 120,0 \text{ km/h} ,$$

$$\text{nebo pro: } L_f \leq 2,88 \text{ m},$$

$$f < 1,00 \quad \text{pro: } 120,0 \text{ km/h} < V \leq 300,0 \text{ km/h}$$

$$\text{a pro: } L_f > 2,88 \text{ m}.$$

Pro modely zatížení SW/2 a "nezatížený vlak" se hodnota redukčního součinitele má rovnat 1,0.

$$f = \left[ 1 - \frac{80,0}{1000} - \frac{120}{1000} \left( \frac{814}{80,0} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \left( \frac{2,88}{77,5} \right)^{1/2} \right) \right] =$$

$$= [1 - 0,040 - 11,925 \cdot 0,807] = 1,385$$

Hodnota  $f$  uvažovaná ve výpočtu:

$$\left. \begin{array}{l} V = 80,0 \text{ km/h} < 120,0 \\ L_f = 77,5 \text{ km/h} > 2,88 \end{array} \right\} f = 1,000$$

$$\begin{array}{ll} g & \text{je gravitační zrychlení [9,81 m/s}^2\text{],} \\ r & \text{je poloměr zakřivení oblouku [m],} \end{array} \quad r = 675,0 \text{ m}$$

Odtřediivá síla - nápravové síly Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,NS} = \frac{80,0}{127} \cdot \frac{1,000}{100,0} \cdot 250,000 = 1,575 \text{ kN}$$

Odtřediivá síla - roznesené nápravové síly Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,NS} = \frac{80,0}{127} \cdot \frac{1,000}{675,0} \cdot 156,250 = 0,146 \text{ kN/m}$$

Odtřediivá síla - spojitě rovnoměrné zatížení Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,SR} = \frac{80,0}{127} \cdot \frac{1,000}{675,0} \cdot 80,000 = 0,075 \text{ kN/m}$$

Výška působíště síly nad povrchem nosné konstrukce (svisle):

$$h_t = 0,630 + 0,150 + \frac{0,050}{2} + 1,800 = 2,605 \text{ m}$$

#### 4.2.1.4. Brzdné a rozjezdové síly

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje. Musí se uvažovat jako rovnoměrně rozložené po odpovídající příčijící délce  $L_{a,b}$  účinků rozjezdu a brzdění pro uvažovaný nosný prvek. Směr rozjezdových a brzdných sil musí souhlasit s dovoleným směrem (dovolenými směry) dopravy na každé koleji.

Charakteristické hodnoty rozjezdových a brzdných sil se musí uvažovat následovně:

$$\text{Rozjezdová síla: } Q_{lak} = 33,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 1000,0 \text{ [kN]}$$

pro modely zatížení 71, SW/0, SW/2 a HSLM.

$$\text{Brzdná síla: } Q_{lbk} = 20,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 6000,0 \text{ [kN]}$$

pro modely zatížení 71, SW/0 a HSLM a

$$Q_{lbk} = 35,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]}$$

pro model zatížení SW/2.

**V daném případě:**

$$\text{Rozjezdová síla: } Q_{lak} = 33,000 \cdot 77,450 = 2555,9 \text{ kN} >$$

$$> 1000,0 \text{ kN} \Rightarrow Q_{lak} = 1000,0 \text{ kN}$$

$$\text{Brzdná síla: } Q_{lbk} = 20,000 \cdot 77,450 = 1549,0 \text{ kN} <$$

$$< 6000,0 \text{ kN} \Rightarrow Q_{lbk} = 1549,0 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty rozjezdových a brzdných sil se nesmí násobit součinitelem  $\phi$  nebo  $f$ . Mají se ale násobit součinitelem  $\alpha$ .

Rozjezdové a brzdné síly lze zanedbat pro "nezatížený vlak".

U tratí určených pro speciální dopravu (např. vyhrazených pro vysokorychlostní dopravu) lze rozjezdové a brzdné síly stanovit upraveným postupem podle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.3(6).

Tyto charakteristické hodnoty platí pro všechny typy konstrukce koleje, tj. průběžně svařené kolejnice (bezстыková kolej) nebo na koleji se styky, bez dilatačních zařízení nebo s nimi.

Rozjezdové a brzdné síly se musí kombinovat s odpovídajícím svislým zatížením.

U modelů zatížení SW/0 a SW/2 působí rozjezdové a brzdné síly pouze na ty úseky, které jsou zatíženy svislým pohyblivým zatížením.

Pokud kolej probíhá nepřerušovaně na jednom nebo na obou koncích mostu, přenáší se nosnou konstrukcí do ložisek pouze část rozjezdové a brzdné síly, zatímco zbytek této síly se přenáší kolejí a je zadržován za opěrami. Část síly přenášená nosnou konstrukcí do ložisek se má stanovit s uvážením kombinované odezvy konstrukce a koleje podle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.4.

V daném případě použijeme pro rozdělení brzdných a rozjezdových sil mezi konstrukci a zemní těleso ustanovení bývalé normy [21], kterou zde použijeme obdobně jako odbornou literaturu:

z celkové brzdné nebo rozjezdové síly se do konstrukce přenáší část, která se označuje  $B_e$  a spočítá se z následujícího vztahu:

$$B_e = \mu_b \cdot V_b, \text{ kde:}$$

$\mu_b$  je součinitel podle [21], tab. 7, závislý na uspořádání kolejnicových styků a dilatačních zařízení, na typu ložisek, popř. na způsobu uložení a na délce zatížení mostu ...

uložení bez ložisek  
bezстыková kolej

}

=>

$$\mu_b = 0,08$$

zat. délka 77,450 m

Pokud je kolej oddělena na obou koncích mostu od koleje v širé trati kolejnicovým dilatačním zařízením, uvažuje se v daném případě následující hodnota součinitele:

$$\left. \begin{array}{l} \text{uložení bez ložisek} \\ \text{kolej oddělená KDZ} \\ \text{zat. délka 77,450 m} \end{array} \right\} \Rightarrow \mu_b = 0,16$$

Část brzdných a rozjezdových sil, které se přenášejí mostní konstrukcí, je pak v daném případě:

$$\frac{0,08}{0,16} = 0,50$$

Rozjezdová síla přenášená mostní konstrukcí v daném případě:

$$Q_{lak}' = 0,50 \cdot 1000,0 = 500,0 \text{ kN, tzn. } \frac{500,0}{77,450} = 6,456 \text{ kN/m}$$

Brzdná síla přenášená mostní konstrukcí v daném případě:

$$Q_{lak}' = 0,50 \cdot 1549,0 = 774,5 \text{ kN, tzn. } \frac{774,5}{77,450} = 10,000 \text{ kN/m}$$

Výška působíště brzdných a rozjezdových sil nad povrchem betonové nosné konstrukce:

$$h_{br} = \text{cca } 0,630 + 0,150 = 0,780 \text{ m}$$

#### 4.2.1.5. Spolupůsobení konstrukce s kolejí

Podrobným způsobem lze spolupůsobení mostní konstrukce s kolejí ověřit pomocí analýzy "kombinované odezvy" podle normy [ 6 ] ; v daném případě bude spolupůsobení s kolejí pro konstrukci do značné míry příznivé, ale konstrukce bude současně vystavena účinkům zatížení vyvozeným bezстыkovou kolejí. V daném případě budeme tyto účinky zatížení s dostatečnou výstižností uvažovat podle býv. normy [21] kterou zde použijeme jako odbornou literaturu. Podle této normy bylo nutno účinky bezстыkové koleje uvažovat při návrhu ložisek, opěr a pilířů, ale nebylo třeba je uvažovat při návrhu hlavní nosné konstrukce, pokud se do ní vnášely spojitě.

Bezстыková kolej působí při teplotních změnách na mostní konstrukci podélnou normálovou silou  $F_t$  a v případě koleje v oblouku i příčným vodorovným spojitým zatížením  $p_t$ . Velikosti těchto účinků závisí na dispozičním uspořádání a na dilatujících délkách nosné konstrukce.

Podélná normálová síla  $F_t$ , působící v dotykové ploše pevných ložisek, se stanoví ze vzorce:

$$F_t = f_t \cdot L_{dT}, \text{ kde:}$$

$f_t$  je jednotkové podélné vodorovné zatížení; u konstrukcí s průběžným kolejovým ložem se uvažuje hodnotou ...

$$f_t = 7,300 \text{ kN/m,}$$

$L_{dT}$  u konstrukcí s jednou dilatující délkou je rovno této dilatující délce ...

$$L_{dT} = 66,900 + 5,275 = 72,175 \text{ m}$$

$$F_t = 7,300 \cdot 72,175 = 526,8775 \text{ kN}$$

Příčné vodorovné spojitě zatížení  $p_t$ , působící v úrovni temene kolejnic, se stanoví ze vzorce:

$$p_t = \frac{2300}{r} = \frac{2300}{675,0} = 3,407 \text{ kN/m.}$$

Výška podélného i příčného zatížení nad horním povrchem betonové nosné konstrukce:

$$h_t = \text{cca } 0,630 + 0,150 = 0,780 \text{ m}$$

#### 4.2.1.6. Boční rázy

Boční ráz se musí uvažovat jako osamělá síla, působící vodorovně v úrovni temene kolejnic kolmo na osu koleje.

Charakteristická hodnota bočního rázu se uvažuje hodnotou  $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$ . Nesmí se násobit součinitelem  $\phi$  nebo  $f$ . Naopak se násobí součinitelem  $\alpha$ , pokud je  $\alpha \geq 1,0$ .

Boční ráz se musí vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou.

Výška působíště bočních rázů nad těžištěm betonového průřezu nosné konstrukce:

$$h_{labk} = \text{cca } 0,630 + 0,150 = 0,780 \text{ m}$$

Boční rázy jsou z hlediska namáhání nosné konstrukce zanedbatelné a nebudou při stanovení zatížitelnosti uvažovány.

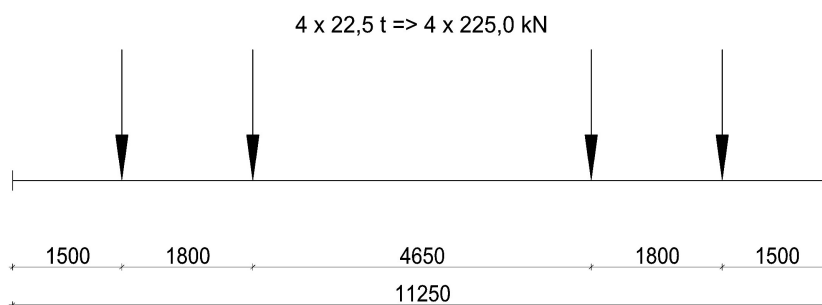
#### 4.2.1.7. Traťová třída zatížení

Na mostě je v současnosti uvažována traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí:

**D4/80**

**Schéma vozidla:**

(podle [11])



Účinky zatěžovacích vozidel třídy D4 lze nahradit spojitým rovnoměrným zatížením:

$$8,000 \text{ t/m} \Rightarrow 80,000 \text{ kN/m}$$

**Dynamické účinky:** (podle [11], čl. 5.2 a [6], Příloha C)

Uvažujeme dynamický součinitel  $\phi_{T1}$ , který se používá na mostních objektech se standardně udržovanou jízdní dráhou. Stanoví se ze vztahu:

$$\phi_{T1} = 1 + \phi' + \phi'' \quad , \text{ avšak } 1,05 \leq \phi_{T1} \leq 2,00 \quad , \text{ kde:}$$

$$v \quad \text{je maximální dovolená rychlost vozidla [m/s],}$$

$$v = 80,0 \text{ km/h} = 22,222 \text{ m/s}$$

$$L_{\phi} \quad \text{ke náhradní délka pro stanovení dynamického součinitele,}$$

$$L_{\phi} = 66,900 \text{ m} \quad (\text{pro spojitý nosník, rám})$$

$$n_0 \quad \text{je první vlastní ohybová frekvence mostu zatíženého stálými zatíženími:}$$

$$n_0 = 3,454 \text{ Hz} \quad (\text{dle kap. 4.2.1.2.1.})$$

$$K = \frac{v}{2L_{\phi} \times n_0} = \frac{22,222}{2 \times 66,900 \times 3,454} = 0,048 < 0,76$$

$$\Rightarrow \phi' = 0,051$$

$$\phi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad \text{pro } K < 0,76$$

$$\phi' = 1,325 \quad \text{pro } K \geq 0,76$$

$$\alpha = \frac{v}{22} \quad \text{pro } v \leq 22,0 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 1,0 \quad \text{pro } v > 22,0 \text{ m/s}$$

$$v = 22,222 \text{ m/s} > 22,0 \Rightarrow \alpha = 1,000$$

$$\phi'' = \frac{\alpha}{100} \left[ 56 \cdot e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{10}\right)^2} + 50 \cdot \left( \frac{L_{\phi} n_0}{80} - 1 \right) \cdot e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{20}\right)^2} \right] \geq 0,0$$

$$\phi'' = 0,000 > 0,0 \Rightarrow \phi'' = 0,000$$

$$\phi_{T1} = 1 + 0,051 + 0,000 = 1,051$$

Konstrukce je posouzena rovněž z hlediska přechodnosti D4/120 a D2/160.

#### 4.2.1.8. Traťová třída zatížení

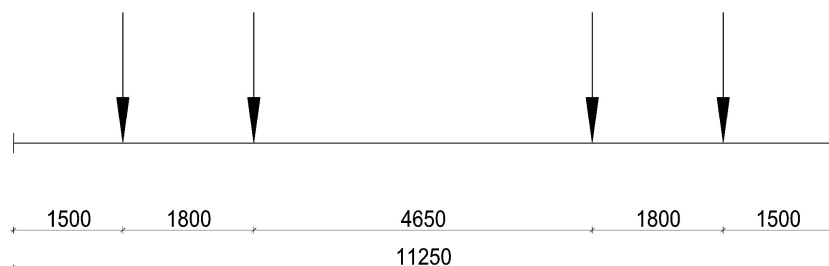
Na mostě je uvažována traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí:

**D4/120**

**Schéma vozidla:**

$$4 \times 22,5 \text{ t} \Rightarrow 4 \times 225,0 \text{ kN}$$

(podle [11])





Účinky zatěžovacích vozidel třídy D4 lze nahradit spojitým rovnoměrným zatížením:

$$8,000 \quad \text{t/m} \Rightarrow \quad 80,000 \quad \text{kN/m}$$

**Dynamické účinky:** (podle [11], čl. 5.2 a [6], Příloha C)

Uvažujeme dynamický součinitel  $\phi_{T1}$ , který se používá na mostních objektech se standardně udržovanou jízdni dráhou. Stanoví se ze vztahu:

$$\phi_{T1} = 1 + \phi' + \phi'', \quad \text{avšak} \quad 1,05 \leq \phi_{T1} \leq 2,00, \quad \text{kde:}$$

$$v \quad \text{je maximální dovolená rychlost vozidla [m/s],}$$

$$v = 120,0 \quad \text{km/h} = 33,333 \quad \text{m/s}$$

$$L_\phi \quad \text{ke náhradní délka pro stanovení dynamického součinitele,}$$

$$L_\phi = 66,900 \quad \text{m} \quad (\text{pro spojitý nosník, rám})$$

$$n_0 \quad \text{je první vlastní ohybová frekvence mostu zatíženého stálými zatíženími:}$$

$$n_0 = 3,454 \quad \text{Hz} \quad (\text{dle kap. 4.2.1.2.1.})$$

$$K = \frac{v}{2L_\phi \times n_0} = \frac{33,333}{2 \times 66,900 \times 3,454} = 0,072 < 0,76$$

$$\Rightarrow \phi' = 0,078$$

$$\phi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad \text{pro} \quad K < 0,76$$

$$\phi' = 1,325 \quad \text{pro} \quad K \geq 0,76$$

$$\alpha = \frac{v}{22} \quad \text{pro} \quad v \leq 22,0 \quad \text{m/s}$$

$$\alpha = 1,0 \quad \text{pro} \quad v > 22,0 \quad \text{m/s}$$

$$v = 33,333 \quad \text{m/s} > 22,0 \Rightarrow \alpha = 1,000$$

$$\phi'' = \frac{\alpha}{100} \cdot \left[ 56 \cdot e^{-\left(\frac{L_\phi}{10}\right)^2} + 50 \cdot \left( \frac{L_\phi n_0}{80} - 1 \right) \cdot e^{-\left(\frac{L_\phi}{20}\right)^2} \right] \geq 0,0$$

$$\phi'' = 0,000 > 0,0 \Rightarrow \phi'' = 0,000$$

$$\phi_{T1} = 1 + 0,078 + 0,000 = 1,078$$

#### 4.2.1.9. Traťová třída zatížení

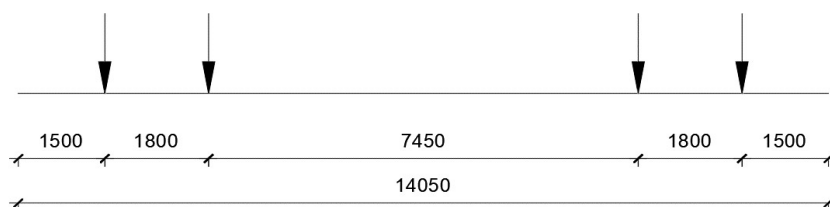
Na mostě je uvažována traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí:

**D2/160**

**Schéma vozidla:**

(podle [11])

$$4 \times 22,5 \text{ t} = 4 \times 225,0 \text{ kN}$$



Účinky zatěžovacích vozidel třídy D2 lze nahradit spojitým rovnoměrným zatížením:

$$6,400 \text{ t/m} \Rightarrow 64,000 \text{ kN/m}$$

**Dynamické účinky:**

(podle [11], čl. 5.2 a [6], Příloha C)

Uvažujeme dynamický součinitel  $\phi_{T1}$ , který se používá na mostních objektech se standardně udržovanou jízdni dráhou. Stanoví se ze vztahu:

$$\phi_{T1} = 1 + \phi' + \phi'', \text{ avšak } 1,05 \leq \phi_{T1} \leq 2,00, \text{ kde:}$$

$$v \text{ je maximální dovolená rychlost vozidla [m/s],}$$

$$v = 160,0 \text{ km/h} = 44,444 \text{ m/s}$$

$$L_{\phi} \text{ je náhradní délka pro stanovení dynamického součinitele,}$$

$$L_{\phi} = 66,900 \text{ m}$$

$$n_0 \text{ je první vlastní ohybová frekvence mostu zatíženého stálými zatíženími:}$$

$$n_0 = 3,454 \text{ Hz (dle kap. 4.2.1.2.1.)}$$

$$K = \frac{v}{2L_{\phi} \times n_0} = \frac{44,444}{2 \times 66,900 \times 3,454} = 0,096 < 0,76$$

$$\Rightarrow \phi' = 0,106$$

$$\phi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \text{ pro } K < 0,76$$

$$\phi' = 1,325 \text{ pro } K \geq 0,76$$

$$\alpha = \frac{v}{22} \text{ pro } v \leq 22,0 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 1,0 \text{ pro } v > 22,0 \text{ m/s}$$

$$v = 44,444 \text{ m/s} > 22,0 \Rightarrow \alpha = 1,000$$

$$\phi'' = \frac{\alpha}{100} \cdot \left[ 56 \cdot e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{10}\right)^2} + 50 \cdot \left( \frac{L_{\phi} n_0}{80} - 1 \right) \cdot e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{20}\right)^2} \right] \geq 0,0$$

$$\phi'' = 0,000 > 0,0 \Rightarrow \phi'' = 0,000$$

$$\phi_{T1} = 1 + 0,106 + 0,000 = 1,106$$

#### 4.2.2. TEPLITNÍ ZMĚNY

##### 4.2.2.1. Typ nosné konstrukce

Betonová konstrukce => typ 3 podle [ 5 ], čl. 6.1.1, str. 15.

##### 4.2.2.2. Rovnoměrná složka teploty

#### **Teplota vzduchu ve stínu**

Charakteristické hodnoty minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu se pro místo stavby určí z mapy izoterm - [ 5 ], obr. NA.1, NA.2:

$$T_{\max} = 40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

#### **Maximální a minimální rovnoměrné složky teploty mostu**

Pro typ konstrukce 3 se maximální a minimální rovnoměrná složka teploty stanoví ze vztahů:

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5 = 40,0 + 1,5 =$$

$$= 41,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{platí pro } 30^\circ\text{C} \leq T_{\max} \leq 50^\circ\text{C})$$

$$T_{e,\min} = T_{\min} + 8,0 = -32,0 + 8 =$$

$$= -24,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{platí pro } -50^\circ\text{C} \leq T_{\max} \leq 0^\circ\text{C})$$

#### **Rozsah rovnoměrné složky teploty mostu:**

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

Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodloužení mostu  $\Delta T_{N,\exp}$  se určí ze vztahu:

$$\Delta T_{N,\exp} = T_{e,\max} - T_0 = 41,5 - 10,0 =$$

$$= 31,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{oteplení})$$

Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení mostu  $\Delta T_{N,\text{con}}$  se určí ze vztahu:

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_{e,\min} - T_0 = -24,0 - 10,0 =$$

$$= -34,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{ochlazení})$$

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu je:

$$\Delta T_N = T_{e,\max} - T_{e,\min} = 41,5 - (-24,0) = 65,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Pro návrh ložisek a mostních dilatačních závěrů se používají následující hodnoty rovnoměrné složky teploty mostu:

1 ) oteplení ...

$$\Delta T_{N,\exp} + 20,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 31,5 + 20,0 = 51,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2 ) ochlazení ...

$$\Delta T_{N,\text{con}} - 20,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = -34,0 - 20,0 = -54,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Pokud by byla známa teplota, při které se budou ložiska a mostní závěry osazovat, pak by se použily hodnoty:

3 ) oteplení ...

$$\Delta T_{N,\exp} + 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 31,5 + 10,0 = 41,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4 ) ochlazení ...

$$\Delta T_{N,\text{con}} - 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = -34,0 - 10,0 = -44,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

**Rozsah dilatačních posunů pro stanovení namáhání nosné konstrukce (pevný bod předpokládáme uprostřed délky nosné konstrukce).**

$$\begin{aligned} \Delta L^+ &= 31,5 \cdot 0,000010 \cdot 42041 = 13,24 \text{ mm} \\ \Delta L^- &= -34,0 \cdot 0,000010 \cdot 42041 = -14,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.2.2.3. Svislá proměnná složka teploty - lineární (postup 1)

**Mostovka:**

Na mostovce s komorovým průřezem uvažujeme následující hodnoty teplotních změn:

$$\begin{aligned} \Delta T_{M,\text{heat}} &= 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \Delta T_{M,\text{cool}} &= 5,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Tyto základní hodnoty teplotních změn se v rámci sestavení kombinací přenásobí součinitelem  $k_{\text{sur}}$  v závislosti na parametrech mostního svršku:

Stavební stavy ...	horní povrch teplejší ...	$k_{\text{sur}} =$	1,5	
	dolní povrch teplejší ...	$k_{\text{sur}} =$	1,1	
Hotová konstrukce ...	horní povrch teplejší ...	$k_{\text{sur}} =$	0,6	(štěrkové lože)
	dolní povrch teplejší ...	$k_{\text{sur}} =$	1,0	

Protože se jedná o přepočít stávající mostní konstrukce, uvažujeme hodnoty součinitele  $k_{sur}$  platné pro hotovou konstrukci i pro orientační posouzení stavebních stavů.

#### Stojky:

U mezilehlých stojek P2, P3 uvažujeme v jednotlivých zatěžovacích stavech buď na levém, nebo pravém povrchu (při bočním pohledu) teplotu vyšší o 5° C.

#### Současné působení rovnoměrné a nerovnoměrné proměnné složky teploty:

Současné působení rovnoměrné a nerovnoměrné proměnné složky teploty uvažujeme podle následujících vztahů:

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (nebo } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \cdot \Delta T_{N,exp} \text{ (nebo } \Delta T_{N,con}) \quad , \text{ nebo}$$

$$\omega_M \cdot \Delta T_{M,heat} \text{ (nebo } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (nebo } \Delta T_{N,con}) \quad , \text{ kde:}$$

$$\omega_N = 0,35 \quad \text{a} \quad \omega_M = 0,75 \quad .$$

#### 4.2.2.4. Svislá proměnná složka teploty - nelineární (postup 2)

V tomto výpočtu se nepoužije.

#### 4.2.2.5. Proměnná složka teploty - ve vodorovném směru

Pro ověření deformací v příčném směru uvažujeme na protilehlých površích mostovky i rámových stojek teplotní rozdíl 5 °C.

#### 4.2.3. ZATÍŽENÍ VĚTREM

##### 4.2.3.1. Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$

Větrová oblast 1  $\Rightarrow v_{b,0} = 22,5$  m/s (podle [ 4 ] )

##### 4.2.3.2. Zatížení nosné konstrukce ve směru x - obecná metoda

Vítr působí na mostní objekt v následujících směrech:

*směr x* je směr rovnoběžný se šířkou nosné konstrukce, kolmý k rozpětí mostu,  
*směr y* je směr rovnoběžný s rozpětím mostu,  
*směr z* je směr kolmý k nosné konstrukci.

**Základní rychlost větru** se vypočte z výrazu:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad , \text{ kde:}$$

$v_b$  je základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II, definovaná jako funkce směru větru a ročního období,

$v_{b,0}$  je výchozí základní rychlost větru, definovaná jako charakteristická desetiminutová střední rychlost větru, nezávislá na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad zemí v terénu bez překážek s nízkou vegetací jako je tráva a izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe nejméně 20 násobek výšky překážek,

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s},$$

$c_{dir}$  je součinitel směru větru,  $c_{dir} = 1,00$  ,  
 $c_{season}$  je součinitel ročního období,  $c_{season} = 1,00$  .

$$v_b = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}.$$

**Střední rychlost větru  $v_m(z)$**  ve výšce  $z$  nad terénem závisí na drsnosti terénu, orografii a základní rychlosti větru  $v_b$ . Stanoví se podle výrazu:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \text{ kde:}$$

$c_r(z)$  je součinitel drsnosti terénu, který vyjadřuje změnu střední rychlosti větru v místě konstrukce způsobenou:

- výškou nad úrovní terénu,
- drsností povrchu terénu na návětrné straně konstrukce pro uvažovaný směr větru.

Součinitel  $c_r(z)$  se stanoví podle výrazu:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{min}, \text{ kde:}$$

$z_0$  je parametr drsnosti terénu:

mostní objekt se nachází v terénu **kategorie I** =>

$$\Rightarrow z_0 = 0,010 \text{ m} \quad (\text{podle [ 4 ] , tab. 4.1})$$

$k_r$  je součinitel terénu, který závisí na uvažovaném parametru drsnosti terénu  $z_0$  a vypočte se podle vztahu:

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0,07}, \text{ kde:}$$

$$z_{0,II} \text{ je } z_0 \text{ pro kategorii terénu II, tzn. } z_{0,I} = 0,050 \text{ m} \\ (\text{podle [ 4 ] , tab. 4.1})$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{0,010}{0,050} \right)^{0,07} = 0,17$$

$$z_{min} \text{ je minimální výška definovaná v [ 4 ] , tab.4.1, } z_{min} = 1,000 \text{ m}$$

$$z_{max} \text{ se uvažuje hodnotou } 200,0 \text{ m,}$$

$$z \text{ je výška nosné konstrukce nad terénem, } z = 14,000 \text{ m.}$$

Protože:

$$z_{min} = 1,000 \text{ m} < z = 14,000 \text{ m} < z_{max} = 200,0 \text{ m}$$

spočítá se

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,17 \cdot \ln \left( \frac{14,000}{0,010} \right) = 1,230$$

$c_0(z)$  je součinitel orografie,  $c_0(z) = 1,00$ ,

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,230 \cdot 1,00 \cdot 22,5 = 27,669 \text{ m/s.}$$

### Turbulence větru:

Intenzita turbulence  $I_v(z)$  ve výšce  $z$  je definována jako podíl směrodatné odchylky turbulence a střední rychlosti větru.

Směrodatnou odchylku turbulence  $\sigma_v$  lze stanovit ze vztahu:

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l, \text{ kde:}$$

$$\begin{aligned} k_r & \text{ je součinitel terénu,} & k_r &= 0,17, \\ v_b & \text{ je základní rychlost větru,} & v_b &= 22,5 \text{ m/s,} \\ k_l & \text{ je součinitel turbulence,} & k_l &= 1,00, \end{aligned}$$

$$\sigma_v = 0,17 \cdot 22,5 \cdot 1,00 = 3,820 \text{ m/s.}$$

Intenzita turbulence se stanoví ze vztahu:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{pro } z \leq z_{\min}$$

Po dosazení:

$$I_v(z) = \frac{3,820}{27,669} = 0,138$$

### Maximální dynamický tlak:

Maximální dynamický tlak  $q_p(z)$  ve výšce  $z$  zahrnuje střední a krátkodobé fluktuace větru a stanoví se ze vztahu:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b, \text{ kde:}$$

$\rho$  je měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici,

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$c_e(z)$  je součinitel expozice, definovaný výrazem:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}, \text{ kde:}$$

$q_b$  je základní dynamický tlak větru, definovaný výrazem:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,4063 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,138] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,669^2 = 940,865 \text{ N/m}^2$$

$$c_e(z) = \frac{940,865}{316,4063} = 2,974$$

### Tlak větru na povrchy

Tlak větru  $w_e$ , působící na vnější povrchy konstrukce, se získá z výrazu:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \text{ kde}$$

$q_p(z_e)$  je maximální dynamický tlak,  
 $z_e$  je referenční výška pro vnější tlak,  
 $c_{pe}$  je součinitel vnějšího tlaku.

### Síly od větru

Síly od větru na celou konstrukci nebo nosný prvek se mají stanovit:

a) výpočtem sil použitím součinitelů sil. Sílu  $F_w$  lze stanovit buď přímo použitím výrazu

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref},$$

nebo vektorovým součtem sil na jednotlivé nosné prvky použitím výrazu

$$F_w = c_s c_d \cdot \Sigma c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}, \text{ kde}$$

$c_s c_d$  je součinitel konstrukce,  
 $c_f$  je součinitel síly pro konstrukce nebo nosné prvky,  
 $q_p(z_e)$  je maximální dynamický tlak v referenční výšce  $z_e$ ,  
 $A_{ref}$  je referenční plocha konstrukce nebo nosného prvku,

b) výpočtem sil z povrchových tlaků. Sílu  $F_w$  lze stanovit vektorovým součtem sil  $F_{w,e}$ ,  $F_{w,i}$  a  $F_{fr}$ , vypočtených z vnějších a vnitřních tlaků a třecích sil.

Vnější síly:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \Sigma w_e \cdot A_{ref},$$

Vnitřní síly:

$$F_{w,i} = \Sigma w_i \cdot A_{ref},$$

třecí síly:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}, \text{ kde}$$

$c_s c_d$  je součinitel konstrukce,  
 $w_e$  je vnější tlak na dílčí povrch ve výšce  $z_e$ ,  
 $w_i$  je vnitřní tlak na dílčí povrch ve výšce  $z_i$ ,  
 $A_{ref}$  je referenční plocha dílčího povrchu,  
 $c_{fr}$  je součinitel tření,  
 $A_{fr}$  je plocha vnějšího povrchu rovnoběžná s větrem.

### Součinitel konstrukce $c_s c_d$

Součinitel konstrukce  $c_s c_d$  má vzít v úvahu účinek zatížení větrem při nesoučasném výskytu maximálních tlaků větru na povrchu konstrukce ( $c_s$ ), společně s účinkem kmitání konstrukce, vyvolaného turbulentí ( $c_d$ ).



Pokud není nutný dynamický výpočet, součin  $c_s c_d$  lze brát roven 1,00 (podle [ 4 ], čl. 8.2, str. 70).

### Součinitele sil ve směru $x$ (obecná metoda)

Součinitele sil pro zatížení nosné konstrukce mostu větrem ve směru  $x$  jsou dány vztahem:

$$c_{f,x} = c_{f,x,0}, \text{ kde}$$

$c_{f,x,0}$  je součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců. Pro běžné mosty lze brát

$$c_{f,x,0} = 1,30. \text{ Lze také brát } c_{f,x,0} \text{ podle [ 4 ], obr. 8.3.}$$

V tomto výpočtu počítáme dále s hodnotami stanovenými podle obr. 8.3.

a ) Hodnoty  $c_{f,x,0}$  - výpočet:

Nezatížený most:

$$\begin{aligned} d_{\text{tot}} &= 4,200 + 0,630 + 0,150 + 0,300 = 5,280 \text{ m} \\ b &= 11,850 \text{ m} \\ b/d_{\text{tot}} &= 2,244 \Rightarrow c_{f,x,0} = 1,83 \end{aligned}$$

Zatížený most:

$$\begin{aligned} d_{\text{tot}} &= 4,200 + 0,630 + 0,150 + 4,000 = 8,980 \text{ m} \\ b &= 11,850 \text{ m} \\ b/d_{\text{tot}} &= 1,320 \Rightarrow c_{f,x,0} = 2,10 \end{aligned}$$

b ) Součinitel  $c_{f,x,0}$  - rozhodující hodnoty

$$\text{Nezatížený most: } c_{f,x,0} = 1,827$$

$$\text{Zatížený most: } c_{f,x,0} = 2,104$$

Referenční plocha  $A_{\text{ref},x}$  bez zatížení dopravou se definuje jako součet (pro konstrukce s plnostěnnými nosníky):

- čelní plochy předního hlavního nosníku,
- čelní plochy těch částí průmětů ostatních hlavních nosníků, vyčnívajících pod prvním nosníkem,
- čelní plochy části jedné římsy nebo chodníku nebo koleje se štěrkovým ložem, převyšující čelo hlavního nosníku,
- čelní plochy neprodyšných svodidel nebo protihlukových stěn nad římsami, nebo při absenci takových zařízení, 0,3 m pro každé prodyšné zábradlí nebo svodidlo.

Pás pohyblivého zatížení na železničních mostech má výšku 4,0 m od temene kolejnic. Uvažuje se na nejméně příznivé délce, nezávisle na umístění svislých zatížení od dopravy.

V daném případě uvažujeme následující výšky referenční plochy (včetně vlivu příčného sklonu):

Nezatížený most:  $h_{\text{ref}} = 5,280 \text{ m}$

Zatížený most:  $h_{\text{ref}} = 8,980 \text{ m}$

Zatížení větrem na 1 m délky nosné konstrukce:

Nezatížený most:

$$f_{w,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}} = 1,00 \quad 1,827 \quad 0,941 \quad 5,280 = 9,075 \text{ kN/m}$$

Zatížený most:

$$f_{w,x} = 1,00 \quad 2,104 \quad 0,941 \quad 8,980 = 17,778 \text{ kN/m}$$

#### 4.2.3.3. Síly ve směru x - zjednodušená metoda

Pokud není nutný dynamický výpočet odezvy, sílu větru ve směru x lze získat pomocí výrazu:

$$F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{\text{ref},x}, \text{ kde:}$$

$v_b$  je základní rychlost větru,

$$v_b = 22,5 \text{ m/s,}$$

$C$  je součinitel zatížení větrem,  $C = c_e \cdot c_{f,x}$ , kde

$c_e$  je součinitel expozice,

$c_{f,x}$  je součinitel sil pro zatížení nosné konstrukce mostu větrem ve směru x

Doporučené hodnoty součinitele  $C$  jsou uvedeny v následující tabulce:

$b/d_{\text{tot}}$	$z_e \leq 20 \text{ m}$	$z_e = 50 \text{ m}$
$\leq 0,50$	6,7	8,3
$\geq 4,00$	3,6	4,5

Tabulka vychází z následujících předpokladů:

- kategorie terénu II,
- součinitel síly podle ČSN EN 1991-1-4, čl. 8.3.1(1),
- $c_0 = 1,0$ ,
- $k_1 = 1,0$ .

Pro mezilehlé hodnoty  $b/d_{\text{tot}}$  a  $z_e$  lze použít lineární interpolaci.

V daném případě:  $z_e = 14,000$

Nezatížený most:  $b/d_{\text{tot}} = 2,244 \Rightarrow C = 5,155$

Zatížený most:  $b/d_{\text{tot}} = 1,320 \Rightarrow C = 5,974$

$\rho$  je měrná hmotnost vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$A_{\text{ref},x}$  je referenční plocha pro zatížení větrem ve směru x.

Nezatížený most:

$$f_w = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5 \cdot \sqrt{5,155 \cdot 5,280} = 8612,126 \text{ N/m} = 8,612 \text{ kN/m}$$

Zatížený most:

$$f_w = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5 \cdot \sqrt{5,974 \cdot 8,980} = 16974,29 \text{ N/m} = 16,974 \text{ kN/m}$$

#### 4.2.3.4. Síly ve směru x - přehled hodnot

Most	$f_w$ [kN/m]	
	Obecná metoda	Zjednodušená met.
Nezatížený	9,075	8,612
Zatížený	17,778	16,974

Při výpočtu použijeme hodnoty získané obecnou metodou, které lze považovat za přesnější:

nezatížený most ...  $f_w = 9,075 \text{ kN/m}$

zatížený most ...  $f_w = 17,778 \text{ kN/m}$

Výška působiště zatížení větrem nad povrchem nosníku:

$$h_{labk} = (4,200 + 0,630 + 0,150 + 4,000) / 2 - 4,200 = 0,290 \text{ m}$$

#### 4.2.3.5. Síly ve směru y

Síly ve směru y (tj. ve směru podélné osy mostu) se mají pro plnostěnné mosty uvažovat jako 25% sil ve směru x.

Délka nosné konstrukce: 77,450 m

*Celková síla ve směru x:*

Nezatížený most ...  $F_{w,x} = 9,075 \cdot 77,450 = 702,8313 \text{ kN}$

Zatížený most ...  $F_{w,x} = 17,778 \cdot 77,450 = 1376,879 \text{ kN}$

*Síla od větru ve směru y:*

Nezatížený most ...  $F_{w,y} = 0,25 \cdot 702,831 = 175,708 \text{ kN}$

Zatížený most ...  $F_{w,y} = 0,25 \cdot 1376,879 = 344,220 \text{ kN}$

*Síla od větru ve směru y na 1 m délky nosné konstrukce:*

Nezatížený most ...  $F_{w,y} = 0,25 \cdot 9,075 = 2,269 \text{ kN/m}$

Zatížený most ...  $F_{w,y} = 0,25 \cdot 17,778 = 4,444 \text{ kN/m}$

#### 4.2.3.6. Síly ve směru z

Tato síla má významné účinky pouze tehdy, jestliže je stejného řádu jako stálé zatížení. To v tomto případě neplatí (stálé zatížení je podstatně větší), proto zatížení větrem ve svislém směru ve výpočtu neuvažujeme.

### 4.3. STAVENIŠTNÍ ZATÍŽENÍ

Pro orientační ověření konstrukce uvažujeme pro dobu realizace staveništní zatížení v hodnotě:

$$1,000 \text{ kN/m}^2, \quad \text{tzn.} \quad 10,000 \quad 1,000 \quad = \quad 10,000 \text{ kN/m}$$

### 4.4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

#### 4.4.1. ZÁSADY (podle [ 6 ], kap.6.8, str. 98)

Konstrukce se musí navrhnout na požadovaný počet a polohu kolejí podle stanovených poloh kolejí a tolerancí. Každá konstrukce se má také navrhnout na největší, geometricky a konstrukčně možný, počet kolejí v nejméně příznivé poloze, bez ohledu na polohu zamýšlených kolejí, přičemž se berou v úvahu stanovené minimální vzdálenosti kolejí a požadavky na průjezdní průřez.

Účinky všech zatížení se musí stanovit ze zatížení dopravou umístěných v nejnejpříznivějších polohách. Zatížení dopravou, která vyvolávají odlehčující účinek, se musí zanedbat.

Pro konstrukce převádějící dvě koleje se musí použít Model zatížení 71 na jedné nebo na obou kolejích. Pro konstrukce převádějící tři nebo více kolejí se musí použít Model zatížení 71 na jedné nebo na dvou libovolných kolejích nebo 0,75-násobek Modelu zatížení 71 na třech nebo více kolejích.

Všechny mosty navrhované jako spojitý nosníky na Model zatížení 71 musí být také posouzeny na Model zatížení SW/0. Součinitel  $\alpha$  (resp.  $\omega$ ) se použije pro Model zatížení 71 i pro Model zatížení SW/0.

Pro stanovení nejnejpříznivějších účinků zatížení od Modelu zatížení SW/0 -

- se musí na kolej použít jednou zatížení Modelem SW/0,
- pro konstrukce převádějící dvě koleje se musí použít Model zatížení SW/0 na jedné koleji nebo na obou kolejích,
- pro konstrukce převádějící tři nebo více kolejí se musí použít Model zatížení SW/0 na jedné koleji nebo na dvou libovolných kolejích nebo 0,75-násobek Modelu zatížení SW/0 na třech nebo více kolejích.

Pro stanovení nejnejpříznivějších účinků zatížení od zatěžovacího modelu "nezatížený vlak" -

- se musí na kolej použít jakýkoli počet délek rovnoměrně rozděleného zatížení  $q_{vk}$ ,
- obecně se musí Model zatížení "nezatížený vlak" uvažovat jen při návrhu konstrukce převádějící jednu kolej.

Při ověřování deformací a kmitání se musí použít následující svislá zatížení -

- Model zatížení 71 a, pokud se požadují, Modely zatížení SW/0 a SW/2,
- Model zatížení HSLM, pokud se požaduje dynamická analýza konstrukce,
- skutečné vlaky, pro stanovení dynamického chování v případě rezonance nebo nadměrných kmitání nosné konstrukce, pokud jsou požadovány podle [ 6 ] .

Pro nosné konstrukce mostu převádějící jednu nebo více kolejí se musí posoudit meze průhybu a kmitání, s počtem kolejí zatížených všemi souvisejícími příslušnými důležitými zatíženími dopravou podle tabulky v [ 6 ] tabulky. Klasifikovaná zatížení se uvažují včetně součinitele  $\alpha$ .

Sestavy zatížení - charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení:

Současné působení dopravních zatížení lze uvažovat sestavami zatížení dle [ 6 ], tab. 6.11. Každá z těchto sestav, které se navzájem vylučují, se má uvažovat jako jednotlivé proměnné charakteristické zatížení

pro kombinaci s nedopravními zatíženími. Každá sestava zatížení se má použít jako jednotlivé proměnné zatížení.

V tomto případě kombinujeme zatížení železniční dopravou podle tabulky A2.3 v normě [ 2 ] .

#### Současnost působení modelů zatížení s jinými zatíženími:

Zatížení sněhem se nemusí uvažovat v žádných kombinacích v trvalých ani dočasných návrhových situacích po dokončení mostu, pokud není stanoveno jinak pro konkrétní klimatické oblasti nebo určité typy železničních mostů.

Zatížení větrem se nemusí kombinovat se -

- sestavami zatížení gr13 nebo gr23,
- sestavami zatížení gr16, gr17, gr26, gr27 a s Modelem zatížení SW/2.

Se zatížením dopravou se nemá kombinovat zatížení větrem vyšší, než je nižší z hodnot  $F_w^{**}$  nebo  $\psi_0 F_{w,k}$ .

Tam, kde se pro zatížení kolejovou dopravou nepoužívají sestavy zatížení, má být zatížení kolejovou dopravou uvažováno jako jedno vícesměrné proměnné zatížení s jednotlivými složkami kolejové dopravy uvažovanými jako maximální nepříznivé a minimální příznivé hodnoty.

#### Úprava podle Metodického pokynu SŽDC - [ 1 ] :

Svislé proměnné zatížení železniční dopravou se při přepočtu mostního objektu zohledňuje Modelem zatížení 71 se součinitelem  $\alpha = 1,00$ . Odlehčujících účinků tohoto zatížení se nedbá.

Vliv excentricity svislého proměnného zatížení železniční dopravou se zohlední zaměřením skutečné polohy koleje na mostním objektu. Pokud odborný útvar zadavatele nestanoví jinak, uvažuje se při přepočtu stávajícího mostního objektu i excentricita podle [ 2 ] .

Dynamická analýza mostního objektu se provádí jen na základě dohody odborného útvaru zadavatele a zpracovatele přepočtu stávajícího mostního objektu.

Odstředivá síla se uvažuje se součinitelem  $\alpha = 1,00$  a bez dynamického součinitele.

Zatížení rozjezdovými a brzdnými silami se uvažuje se součinitelem  $\alpha = 1,00$ .

Proměnné zatížení železniční dopravou na dvoukolejných a víceukolejných mostech se stanoví dle [ 2 ] s tím, že se uvažuje případ zatížení jen Modelem zatížení 71 na jedné nebo na dvou kolejích, příp. zatížení v hodnotě 0,75-násobku Modelu zatížení 71 na třech a více kolejích. Ostatní modely zatížení železniční dopravou (SW/0, SW/2, HSLM apod.) se neuvažují.

Jednotlivá proměnná zatížení železniční dopravou, reprezentovaná Modelem zatížení 71 včetně zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou pro mostní objekty s kolejí v oblouku, se v přepočtech stávajících mostních objektů považují za skupinové vícesložkové zatížení železniční dopravou s pravidly tvoření skupin (sestav) podle tabulky 6.11 v [ 2 ] . Každá z těchto skupin (sestav) zatížení, vzájemně se vylučujících, představuje jedno charakteristické proměnné zatížení pro kombinaci s nedopravními zatíženími.

Kombinace zatížení současně se vyskytující spolu se zatížením železniční dopravou, včetně hodnot součinitelů  $\psi$ , se určí dle [ 2 ] . Při výběru kombinačních pravidel z hlediska mezních stavů únosnosti se používá méně příznivá kombinace z (6.10a) a (6.10b).

#### Dílicí součinitele zatížení se uvažují následovně:

##### - stálé zatížení

- prvky mladší než 30 let

- ocelové a prefabrikované prvky	1,25
- prvky z ostatních materiálů	1,30

- prvky starší než 30 let

- ocelové a prefabrikované prvky	
- při kontrole rozměrů měřením	1,20
- bez kontroly rozměrů měřením	<b>1,25</b>

- prvky z ostatních materiálů

- při kontrole rozměrů měřením	1,25
- bez kontroly rozměrů měřením	<b>1,30</b>

- hodnota uvažovaná ve výpočtu	$g_0$	1,25
	$g-g_0$	1,30

##### - zatížení železniční dopravou

- prvky mladší než 30 let	1,45
- prvky starší než 30 let	<b>1,30</b>

- hodnota uvažovaná ve výpočtu	1,30
--------------------------------	------

##### - ostatní proměnná zatížení

- prvky mladší než 30 let	1,50
- prvky starší než 30 let	<b>1,35</b>

- hodnota uvažovaná ve výpočtu	1,35
--------------------------------	------

#### **4.4.2. POPIS KOMBINACÍ**

##### **4.4.2.1. Kombinace zatížení pro mezní stavy únosnosti**

(podle [ 2 ] , čl. 6.4.3.2, str. 40)

a ) Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace a pro mezní stavy únosnosti kromě těch, které se vztahují k únavě:

$$\Sigma \gamma_{Gj} G_{kj} "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10})$$

nebo alternativně pro mezní stavy STR a GEO jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů:

$$\Sigma \gamma_{Gj} G_{kj} "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10a})$$

$$\Sigma \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10b})$$

b ) Kombinace pro mimořádné návrhové situace:

$$\Sigma G_{kj} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení pro mimořádné návrhové situace mají -

- buď přímo zahrnovat mimořádné zatížení  $A$  (požár nebo náraz), nebo
- být vztaženy k situaci po mimořádné události ( $A = 0$ ).

c ) Kombinace pro seizmické návrhové situace:

$$\Sigma G_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

#### 4.4.2.2. Kombinace pro mezní stavy použitelnosti

(podle [ 2 ] , čl. 6.5.3, str. 41)

a ) Charakteristická (výjimečná) kombinace:

$$\Sigma G_{k,j} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

b ) Častá kombinace:

$$\Sigma G_{k,j} "+" P_k "+" \psi_{1,1} Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

c ) Kvazistálá kombinace:

$$\Sigma G_{k,j} "+" P_k "+" \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

#### 4.4.3. DÍLČÍ SOUČinitele spolehlivosti zatížení

(podle [ 2 ] , tab. A2.3 a podle [ 1 ] , čl. 4.3, str. 20)

Zatížení	Značka	Situace	
		T / D	M
Stálá zatížení: vlastní tíha konstrukčních a nekonstrukčních částí, stálá zatížení od zeminy, podzemní a povrchová voda			
nepříznivá $g_0$	$\gamma_{Gsup}$	1,25	1,00
příznivá $g-g_0$		1,30	1,00
příznivá	$\gamma_{Ginf}$	1,00	1,00
Předpětí	$\gamma_P$	1,00	1,00
Sedání	$\gamma_{Gset}$	1,20	
Zatížení dopravou	$\gamma_Q$		
nepříznivá		1,30	1,00
příznivá		0,00	0,00
traťová třída zatížení	$\gamma_Q$		
nepříznivá		1,30	-
příznivá		0,00	-
Další nahodilá zatížení	$\gamma_Q$		
nepříznivá		1,35	1,00
příznivá		0,00	0,00
Mimořádná zatížení	$\gamma_A$		1,00

Poznámky:

- kurzívou psané hodnoty jsou uvedeny v [ 1 ] ,
- doplňující informace jsou uvedeny v [ 1 ] a [ 2 ] .

$$\xi_G = 0,85$$

#### 4.4.4. SOUČinitele kombinace pro železniční mosty

(podle [ 2 ] , tab.G.2, str.119)

Zatížení		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Jednotlivá zatížení dopravou	LM71	0,80	<sup>1)</sup>	0,00
	SW/0	0,80	<sup>1)</sup>	0,00
	SW/2	0,00	1,00	0,00
	Nezatížený vlak	1,00	-	-
	Rozjezd.a brzdné síly	stejně hodnoty $\psi$ jako pro vedlejší svislé zatížení		
	Odstředivé síly			
	Síly interakce vznikající od průhybu pod svislým zatížením dopravou			
	Boční ráz	1,00	0,80	0,00
	Zatížení neveřejných chodníků	0,80	0,50	0,00
	Zatížení násypů	0,80	<sup>1)</sup>	0,00
	Aerodynamické účinky	0,80	0,50	0,00
Sestavy zatížení	gr11	0,80	0,80	0,00
	gr12	0,80	0,80	0,00
	gr13	0,80	0,80	0,00
	gr14	0,80	0,80	0,00
	gr15	0,80	0,80	0,00
Síly od větru	$F_{wk}$ nebo $F_{wn}$	0,75	0,50	0,00
	$F_w^{**}$	1,00	0,00	0,00
Účinky teploty	$T_k^{3)}$	0,60	0,60	0,50 <sup>3)</sup>

- <sup>1)</sup> 0,80 při zatížení jedné koleje  
0,60 při zatížení dvou kolejí  
0,40 při současném zatížení tří nebo více kolejí

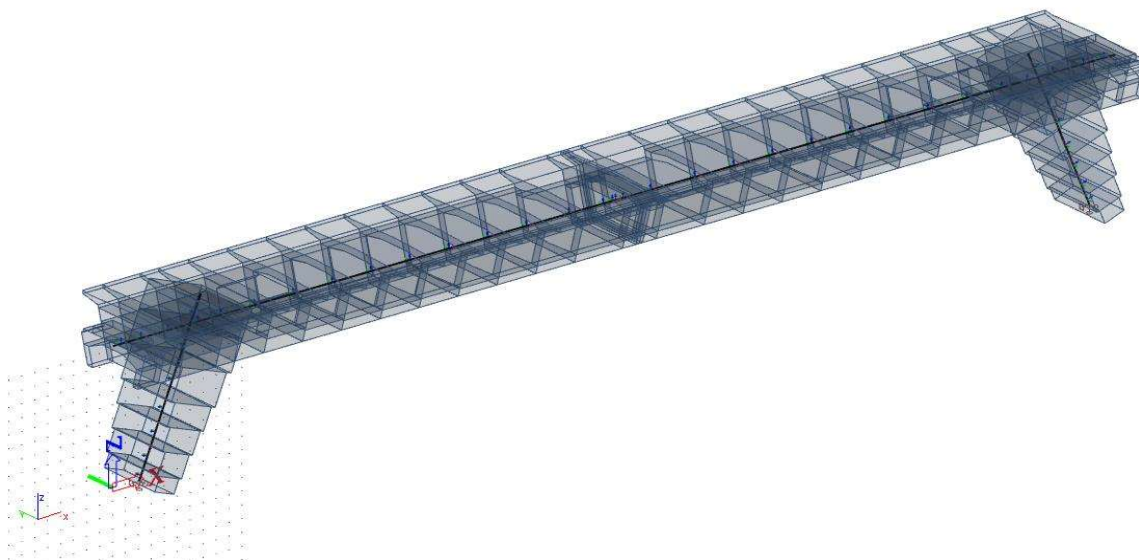
Doplňující informace jsou v [ 2 ] .



## **5. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A NAPĚTÍ**

### **5.1. VÝPOČETNÍ MODEL**

Pro výpočet vnitřních sil byl sestaven prostorový prutový model v programu Scia Engineer:



Podrobnosti jsou archivovány u zpracovatele výpočtu.

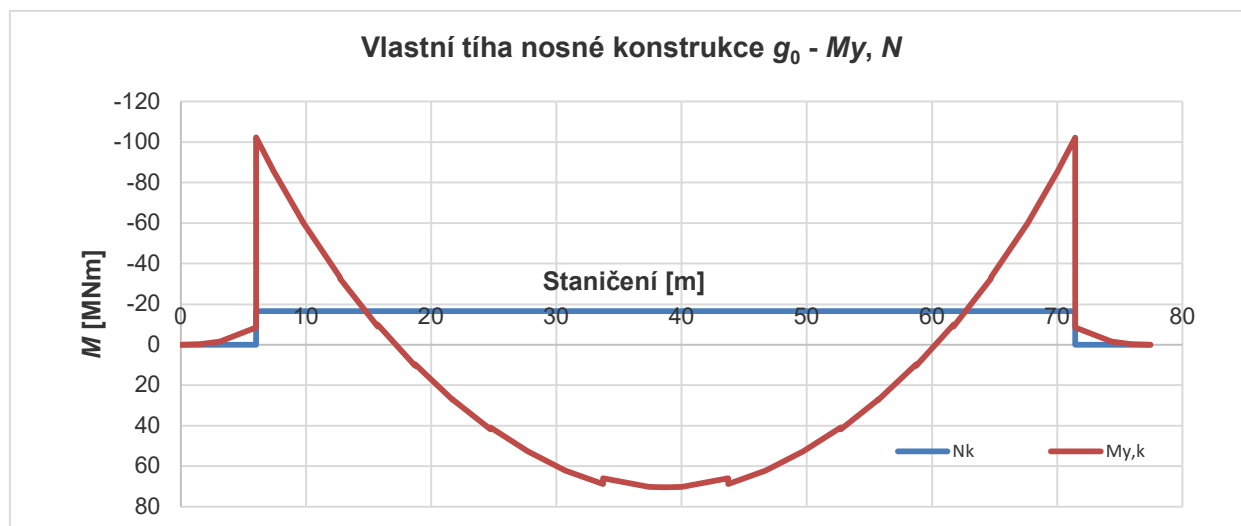
Pro výpočet účinků dlouhodobých zatížení včetně předpětí a vlivu postupu výstavby byl sestaven model řešený modulem TDA, který je uveden v kapitole 6.6.

## 5.2. VNITŘNÍ SÍLY

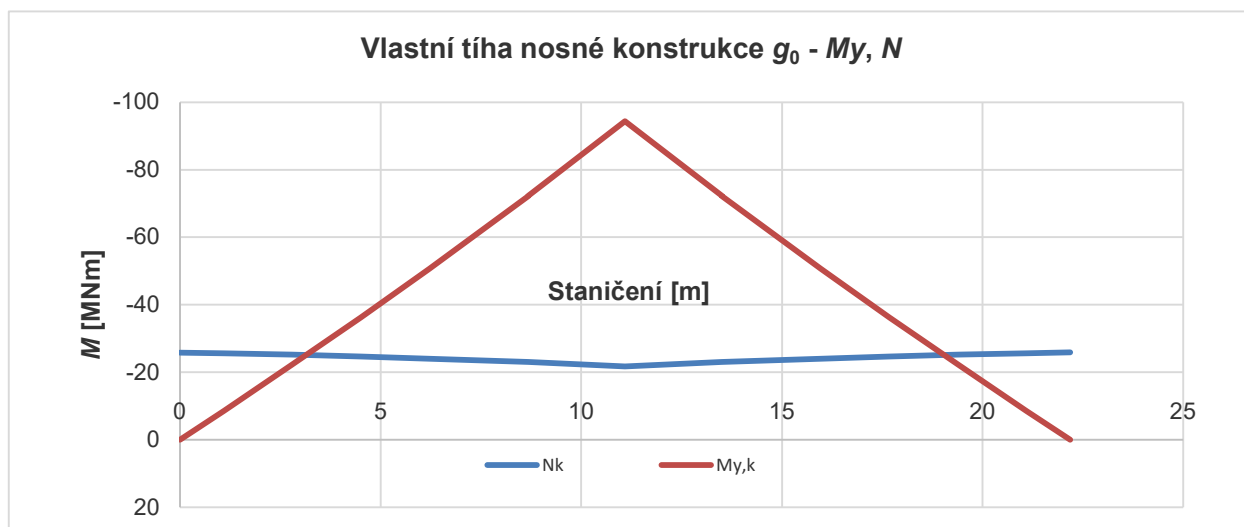
Na následujících grafech jsou vyneseny průběhy vnitřních sil na vodorovné nosné konstrukci (mostovce) a na rámových stojkách.

**Vlastní tíha nosné konstrukce  $g_0$  (za předpokladu betonáže vcelku na skruži):**

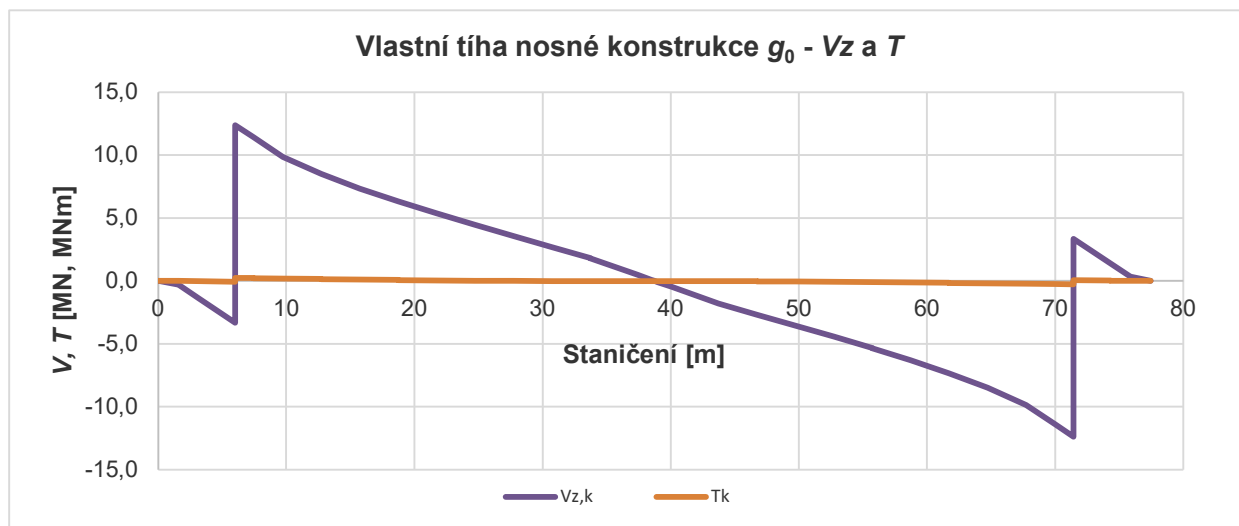
**Vnitřní síly v mostovce:**



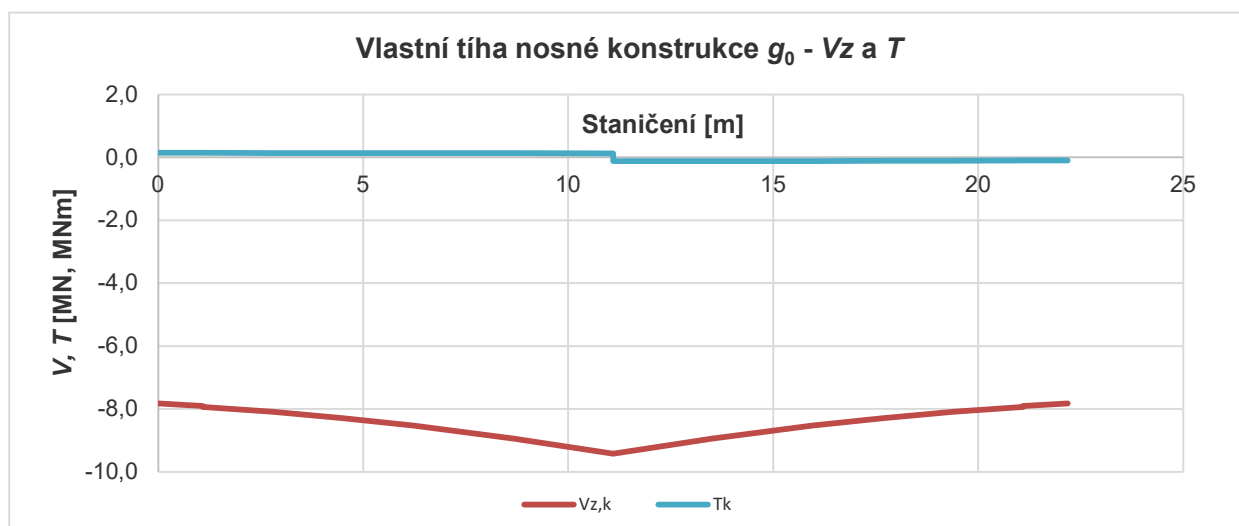
**Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):**



Vnitřní síly v mostovce:

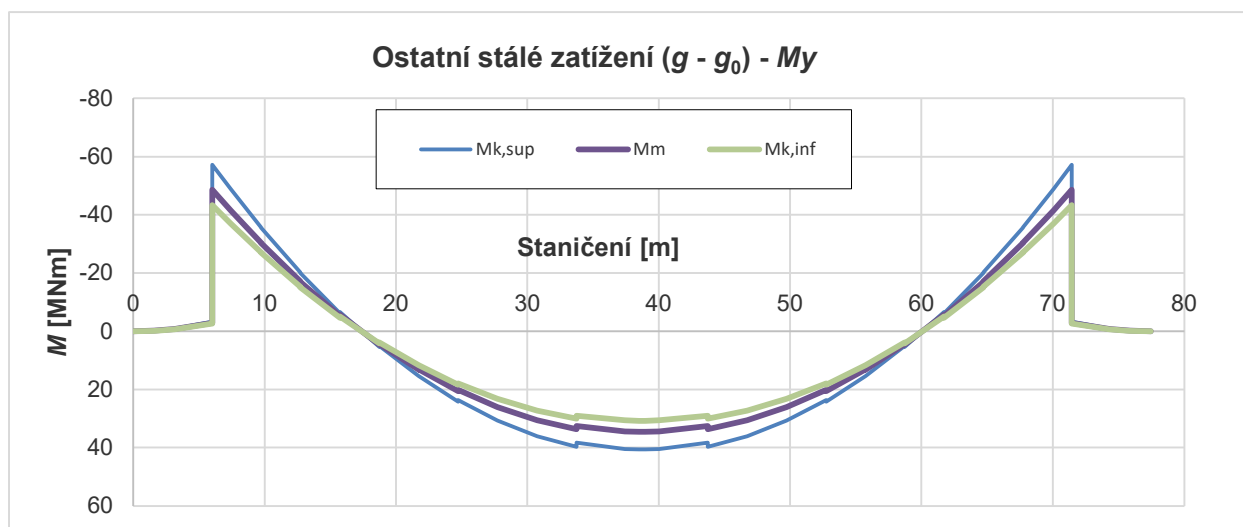


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

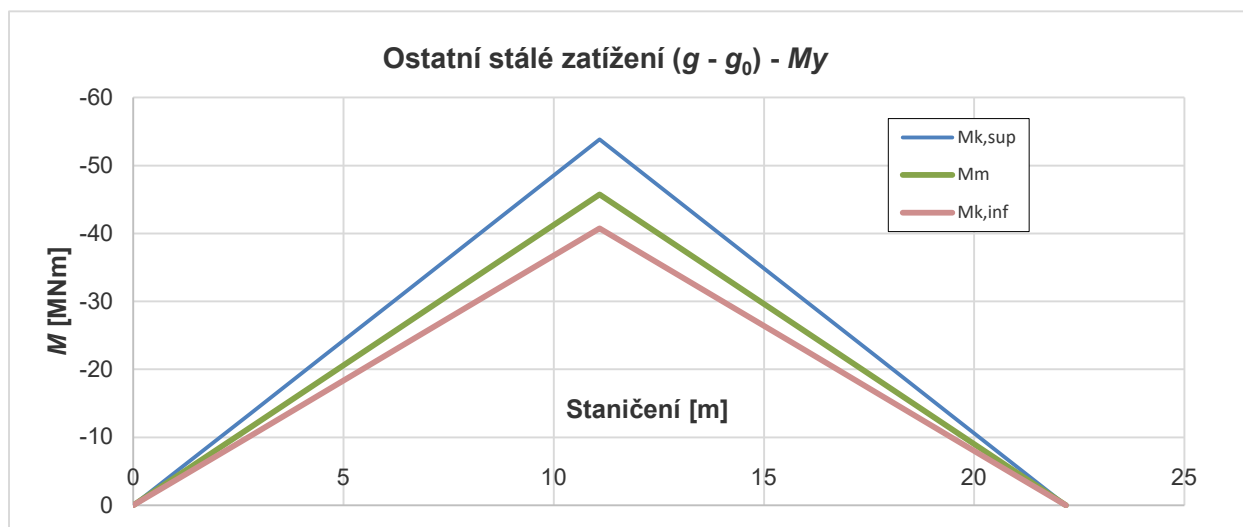


**Ostatní stálé zatížení ( $g - g_0$ ):**

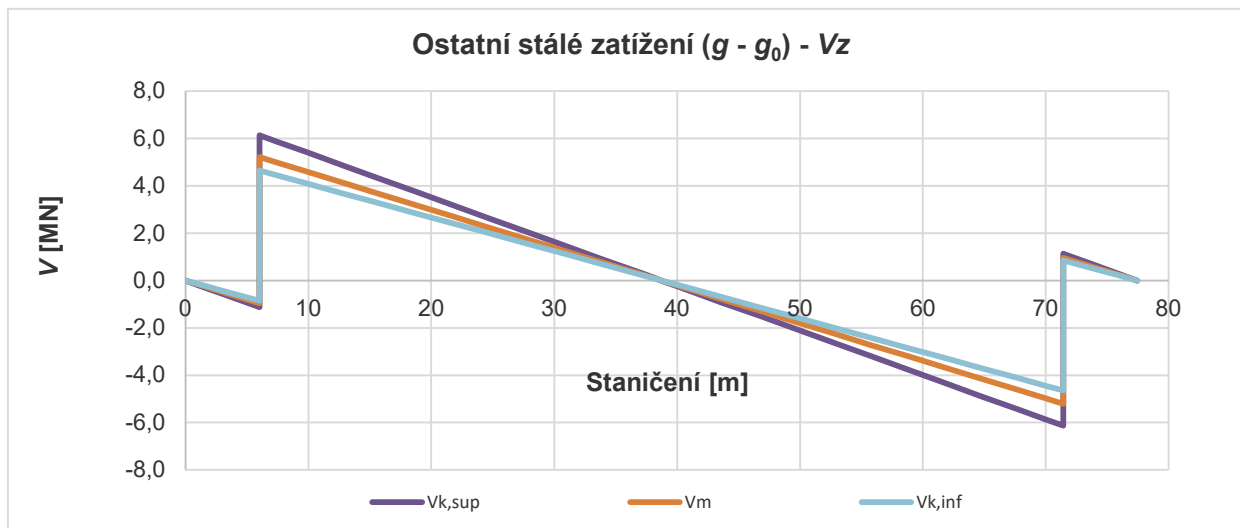
**Vnitřní síly v mostovce:**



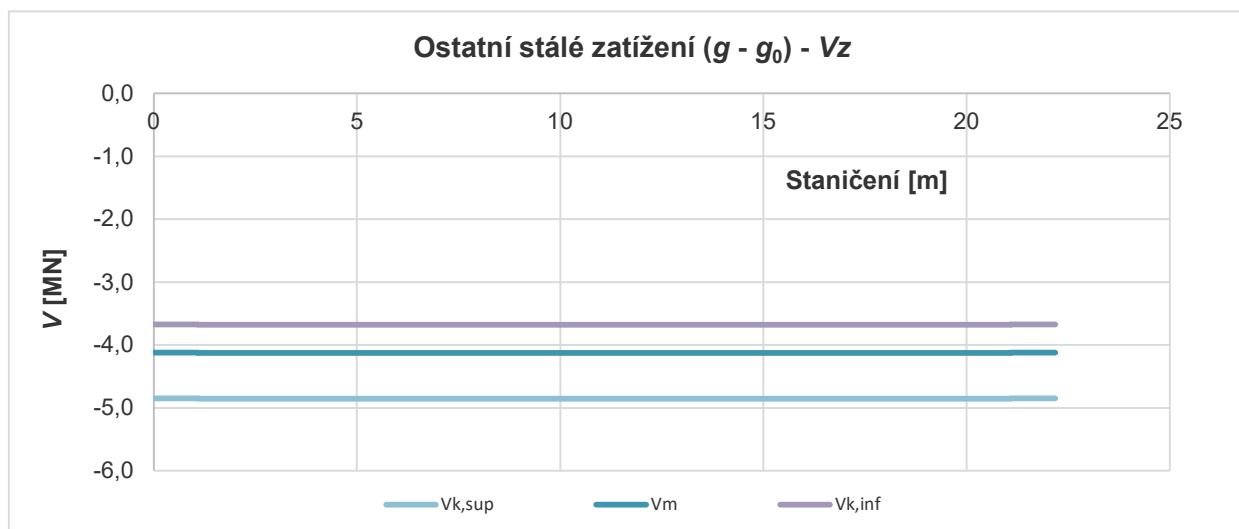
**Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):**



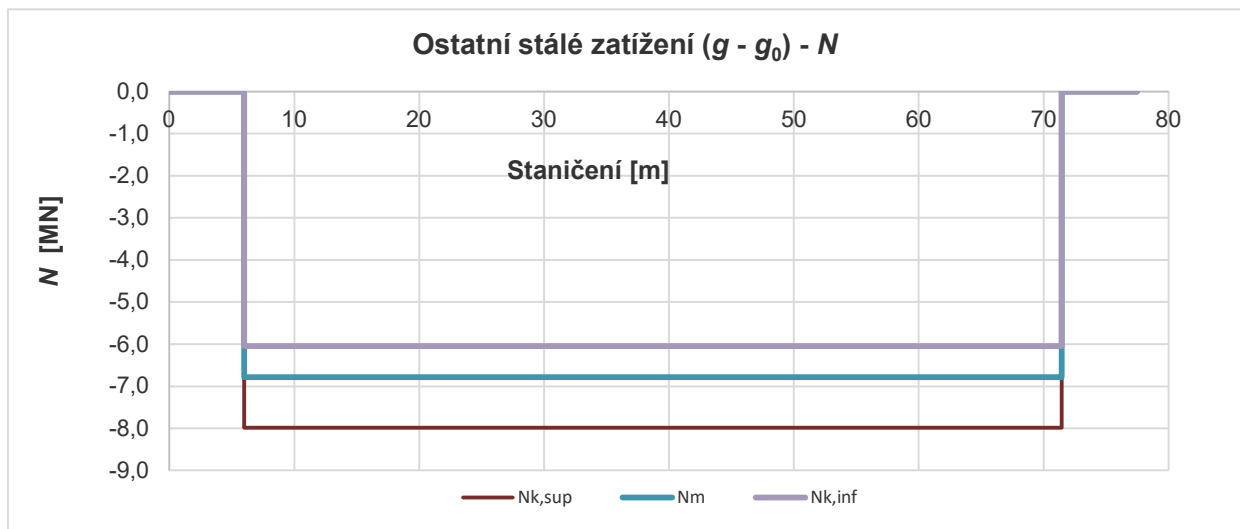
Vnitřní síly v mostovce:



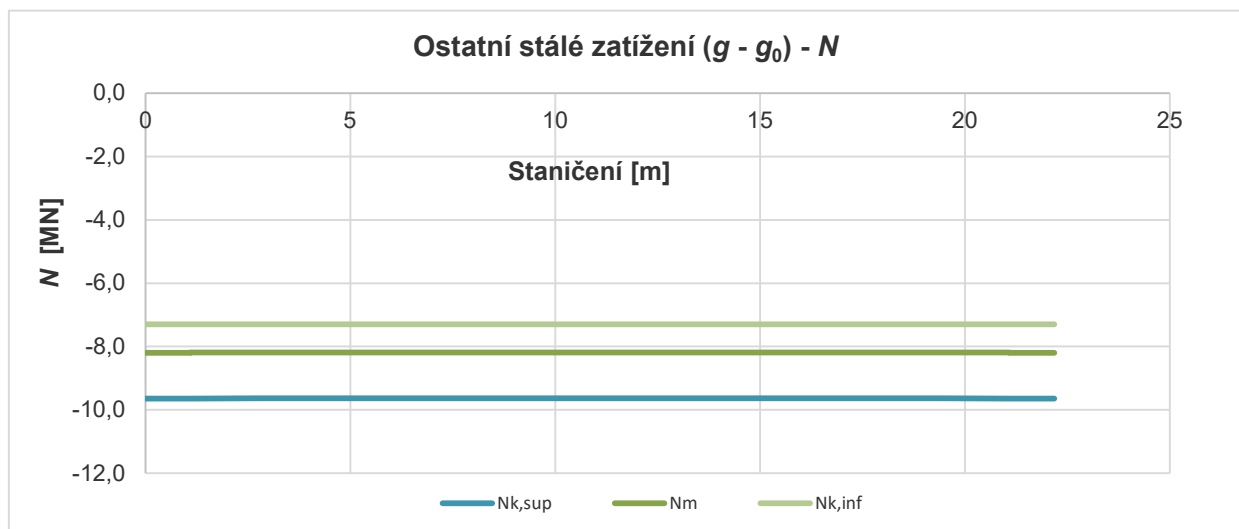
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



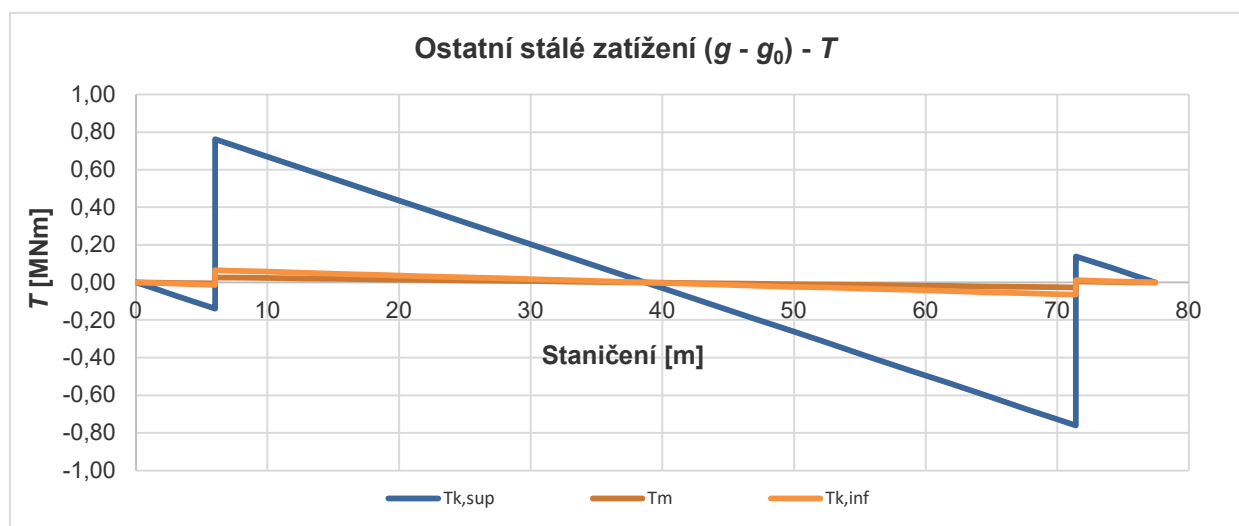
Vnitřní síly v mostovce:



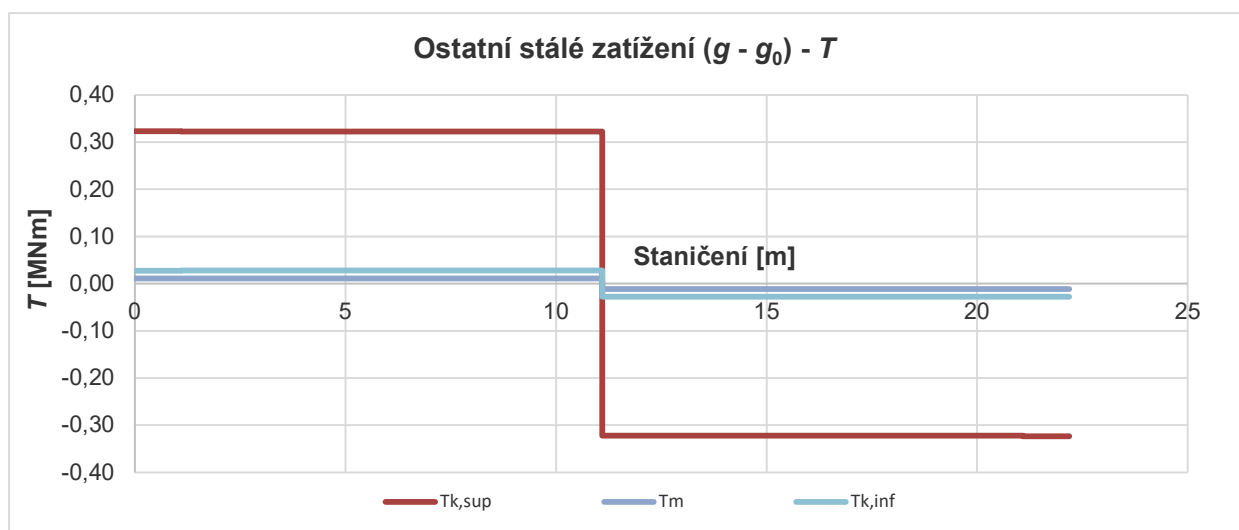
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

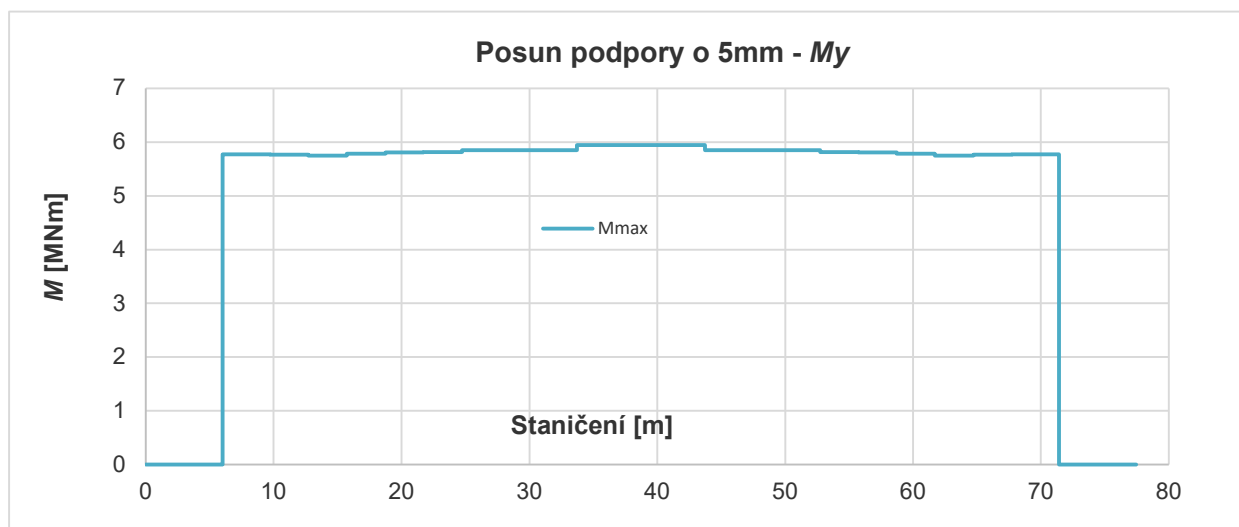


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

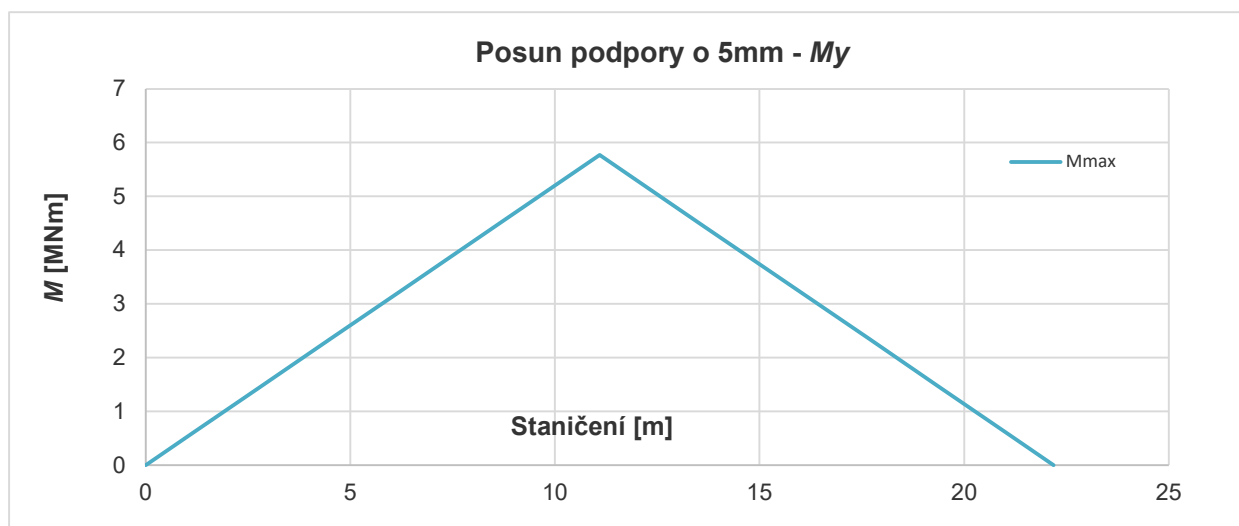


**Posun podpory o 5 mm:**

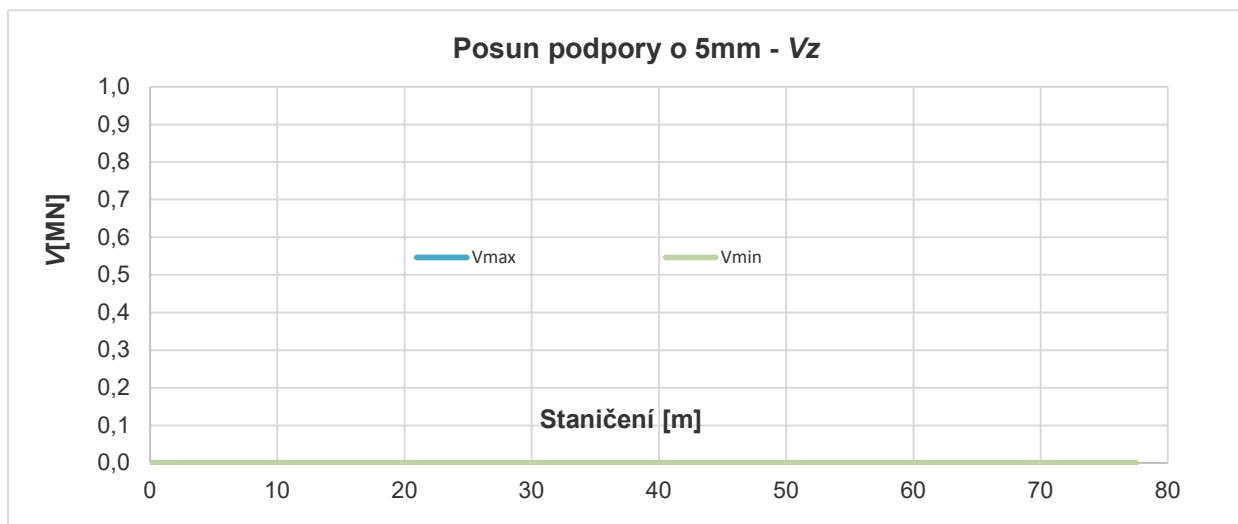
**Vnitřní síly v mostovce:**



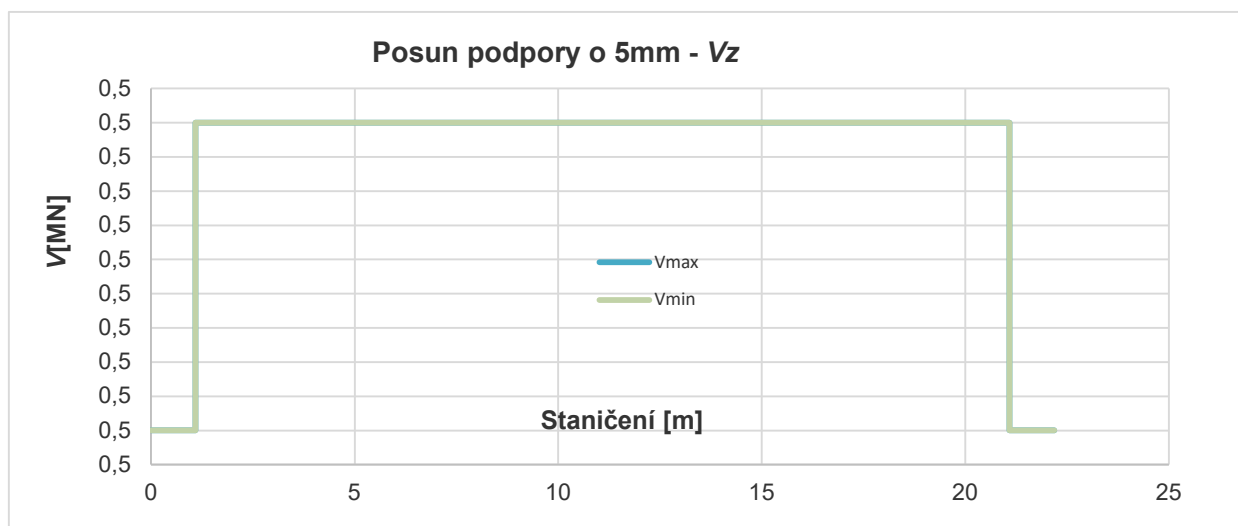
**Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):**



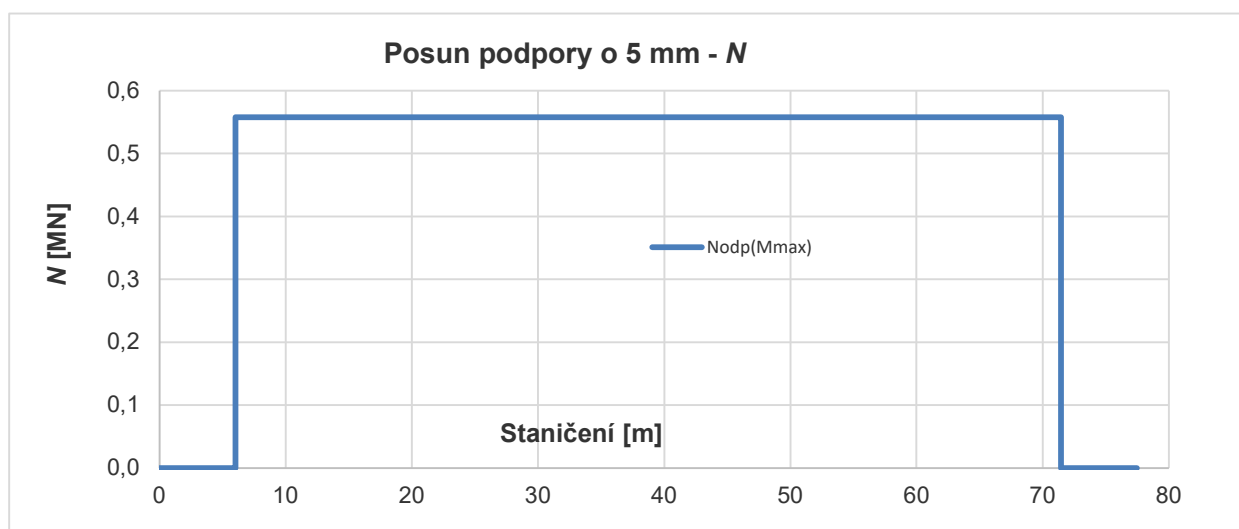
Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

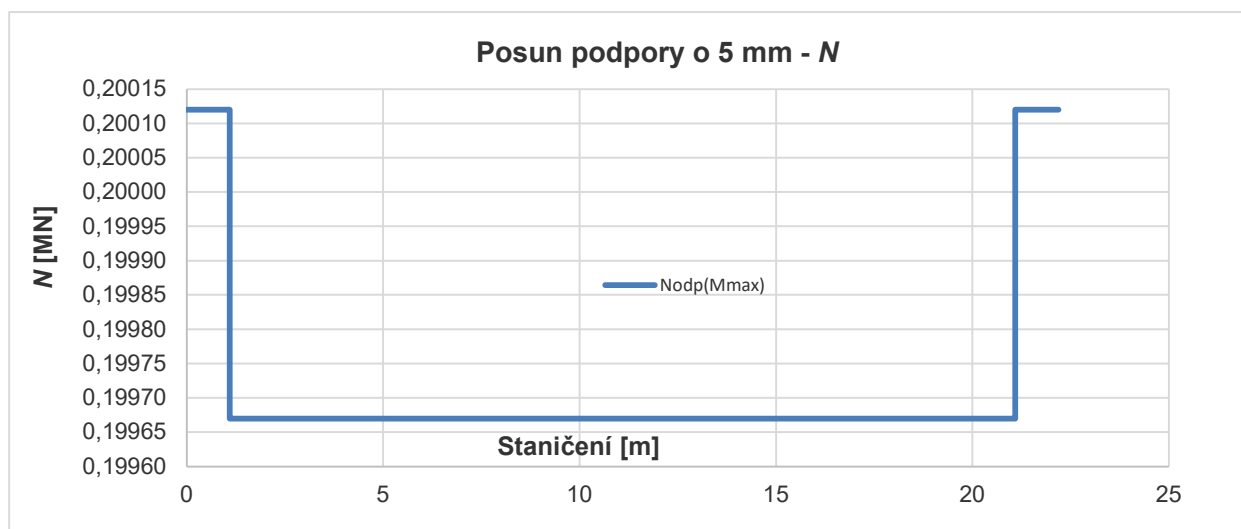


Vnitřní síly v mostovce:



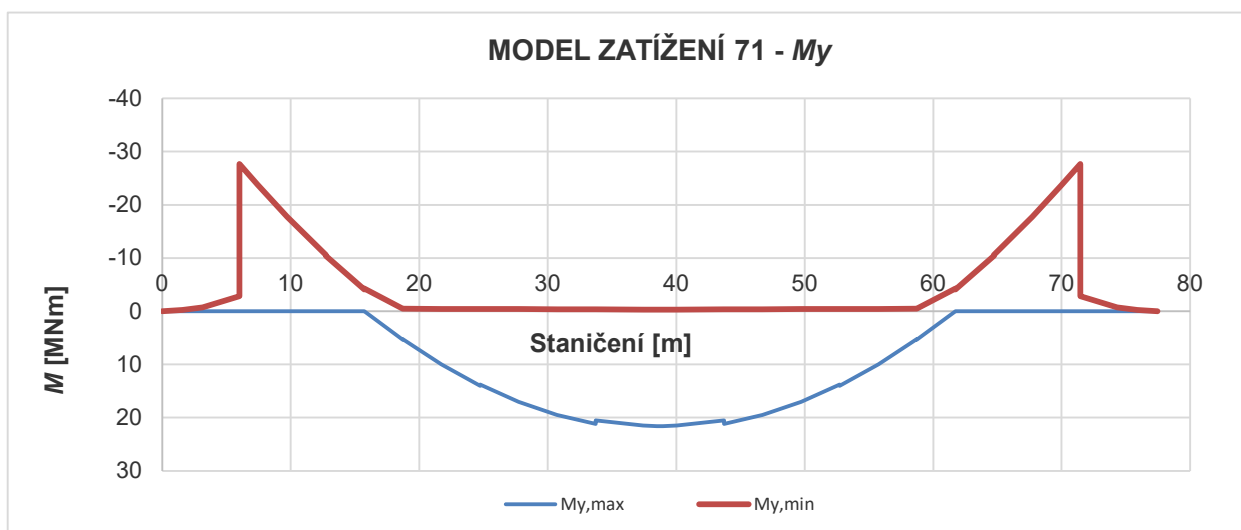


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

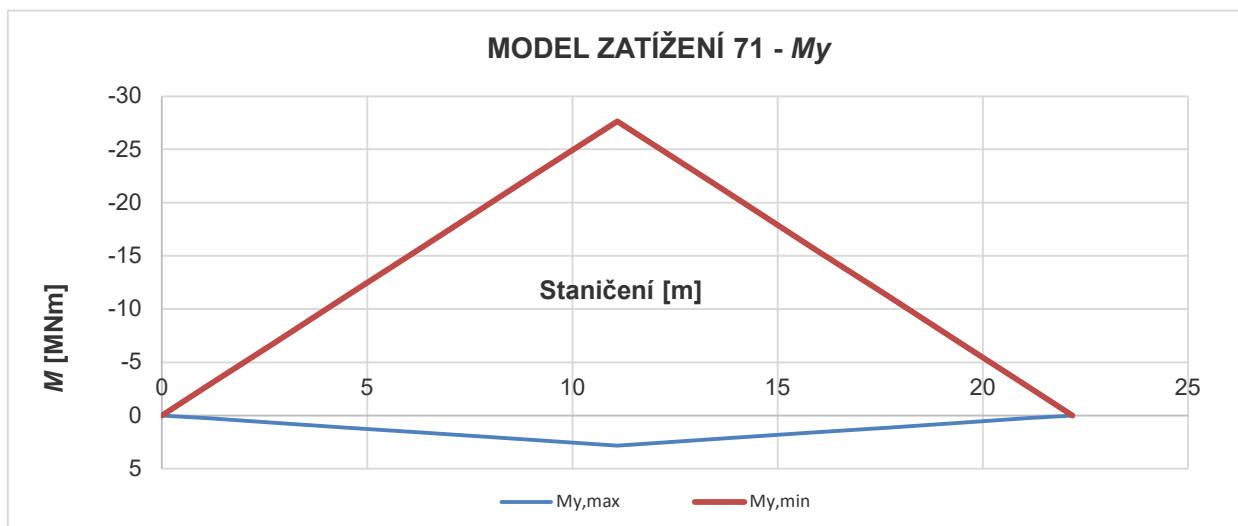


**Model zatížení 71 - jedna zatížená kolej:**

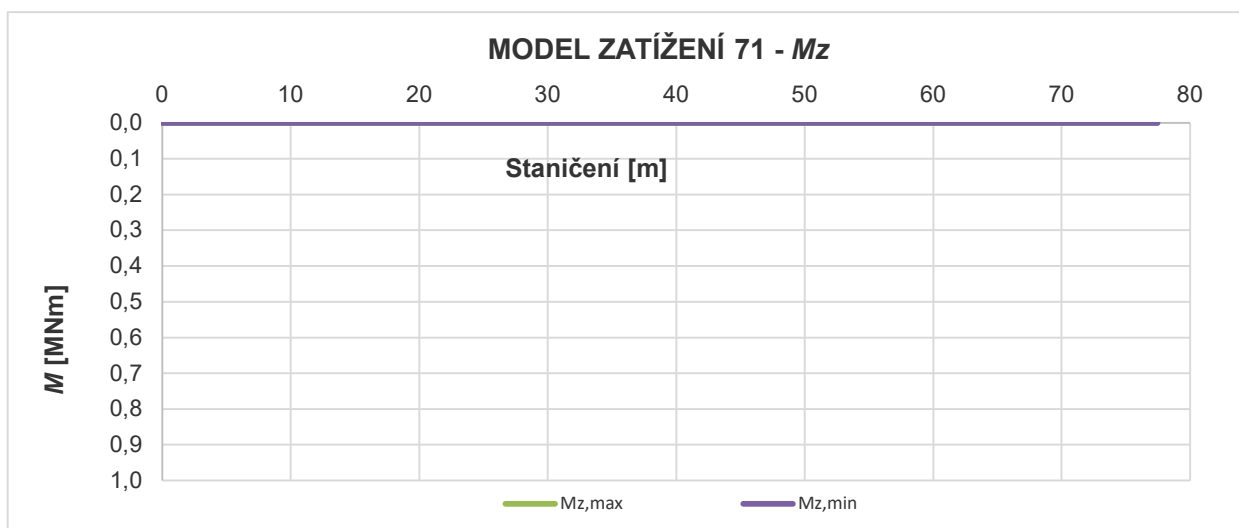
Vnitřní síly v mostovce:



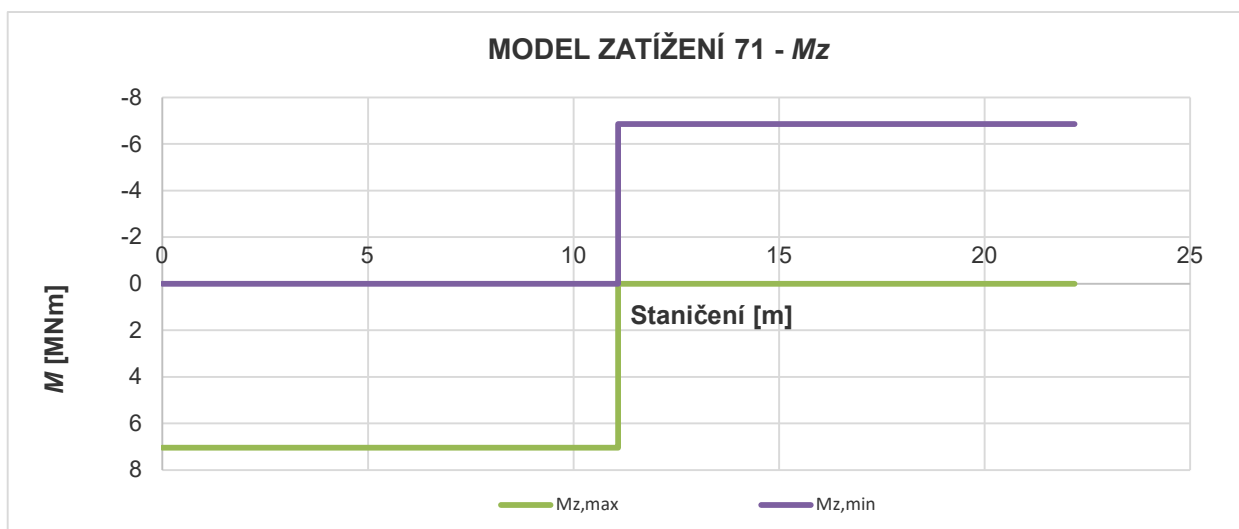
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



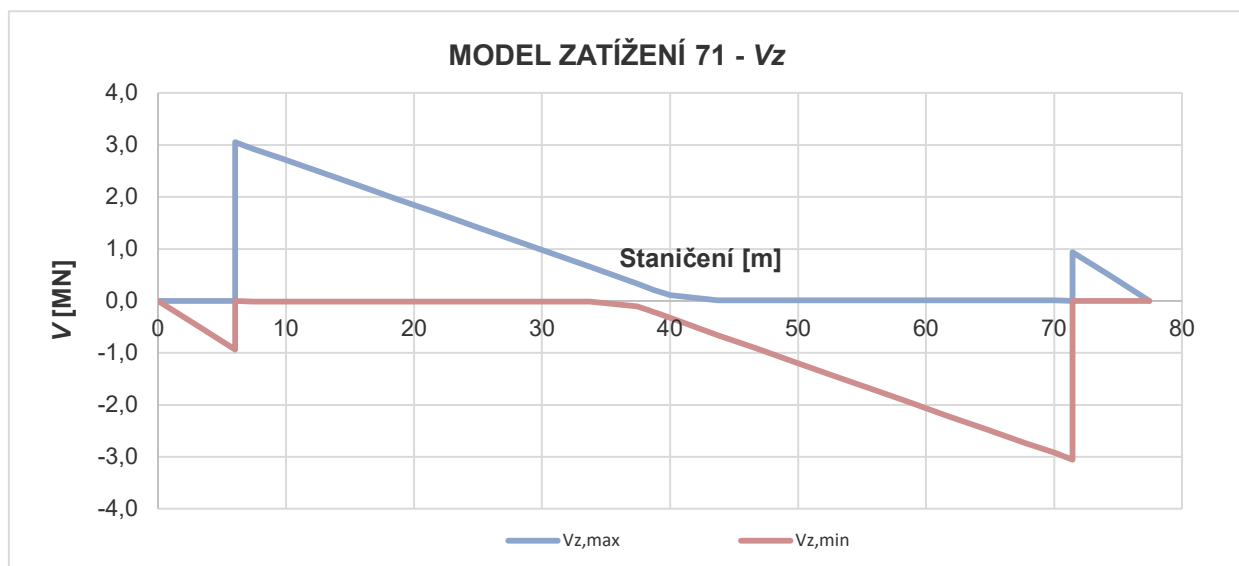
Vnitřní síly v mostovce:



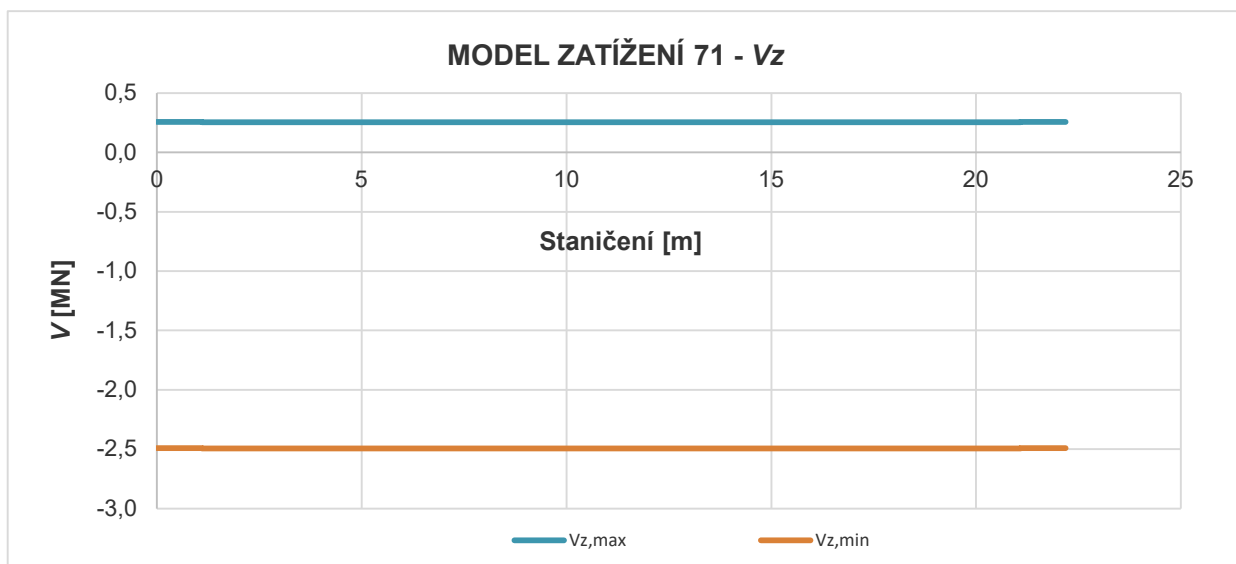
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



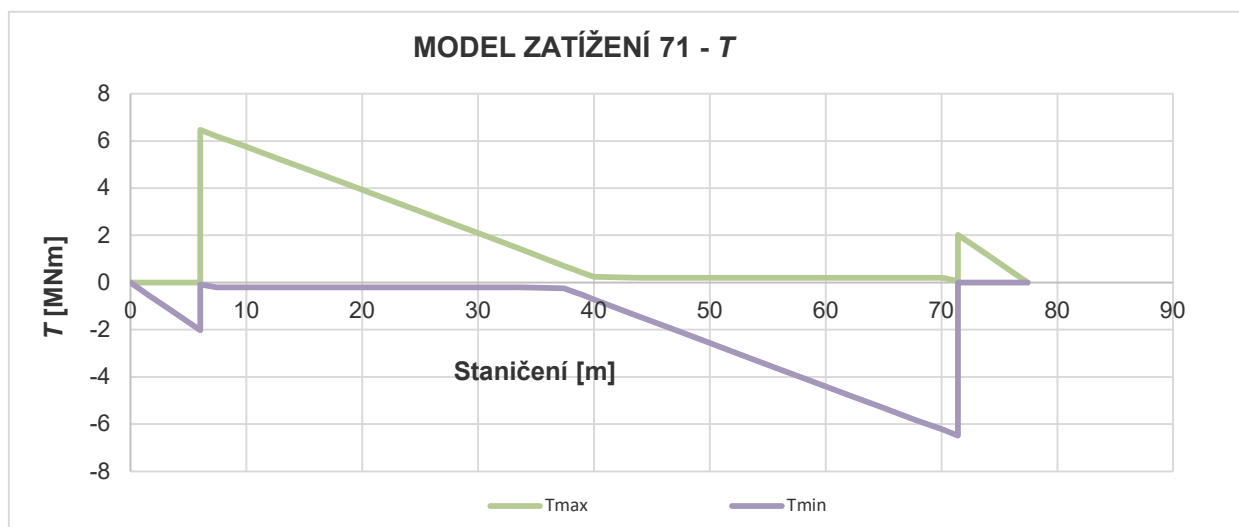
Vnitřní síly v mostovce:



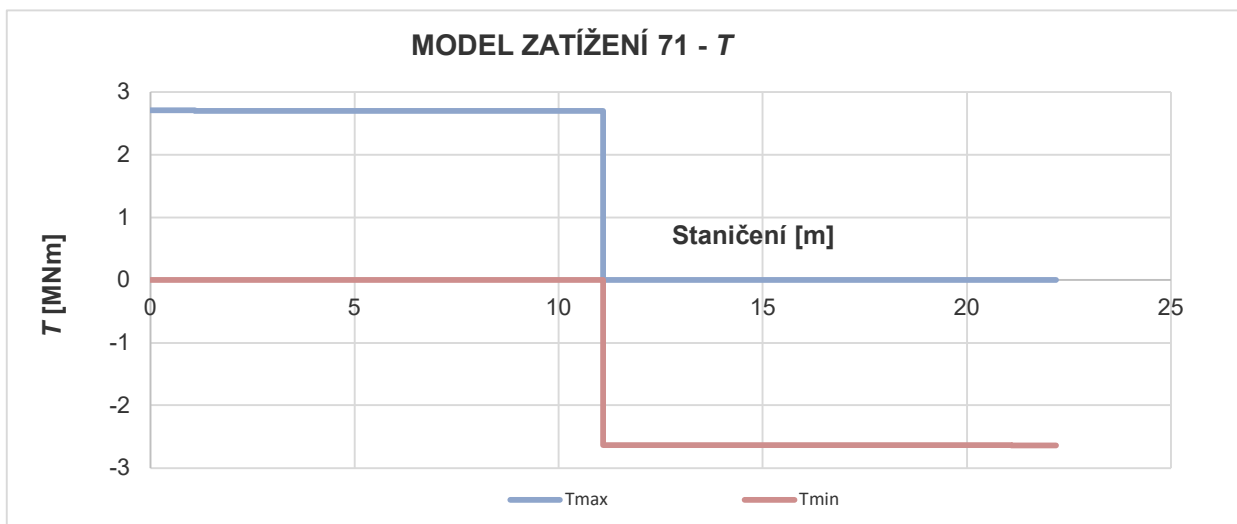
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



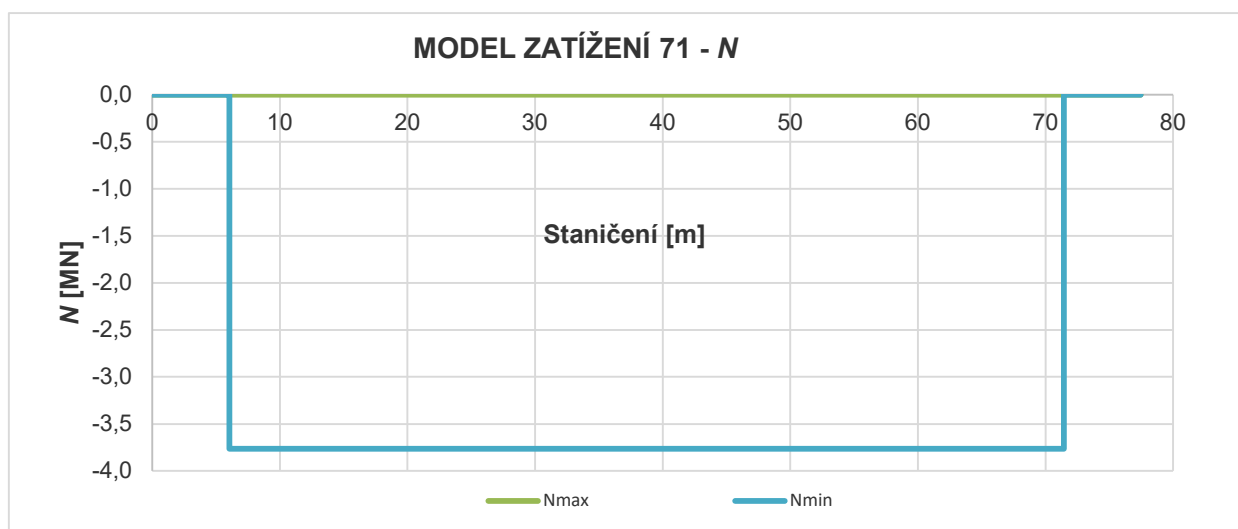
Vnitřní síly v mostovce:



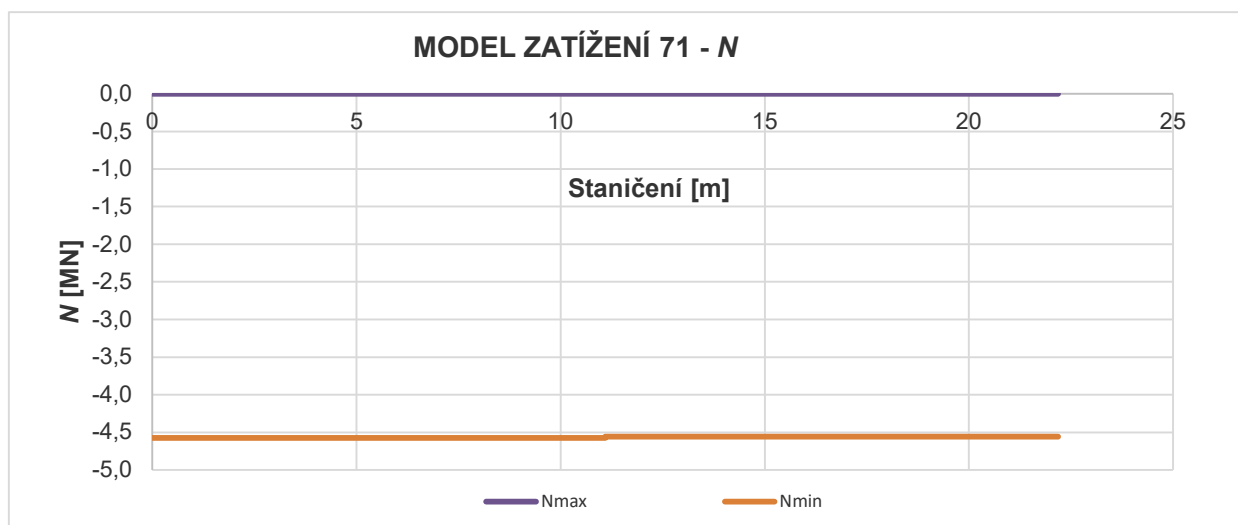
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

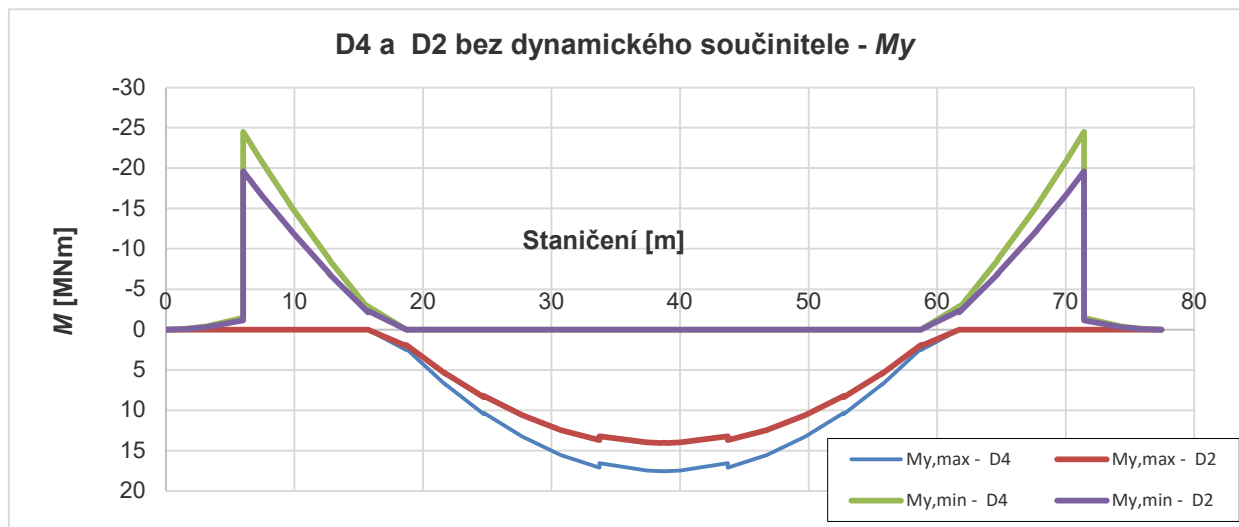


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

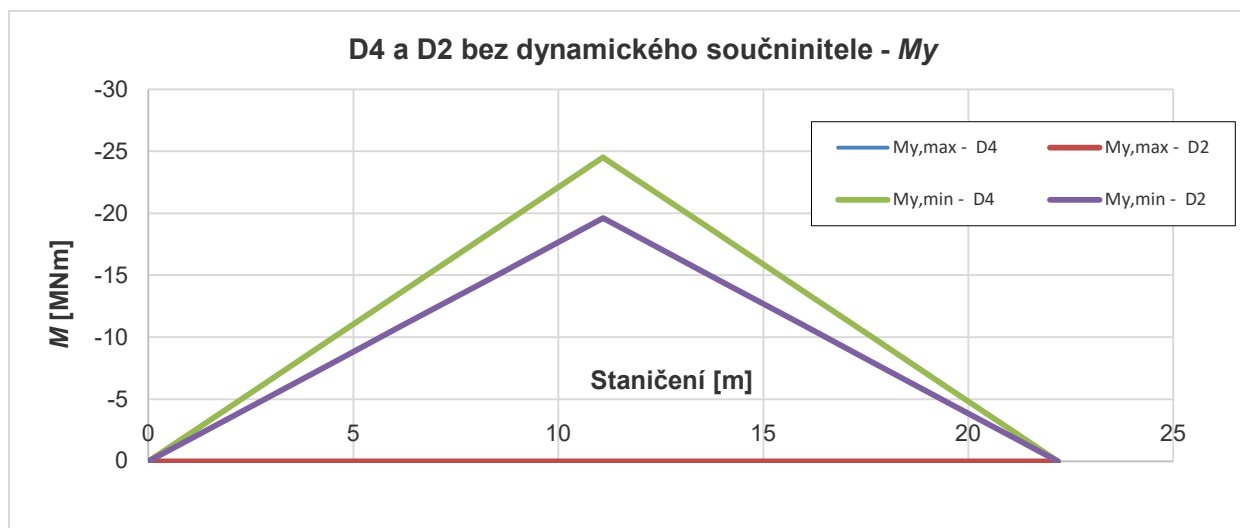


## Vozidla traťové třídy D2 a D4 - jedna zatížená kolej:

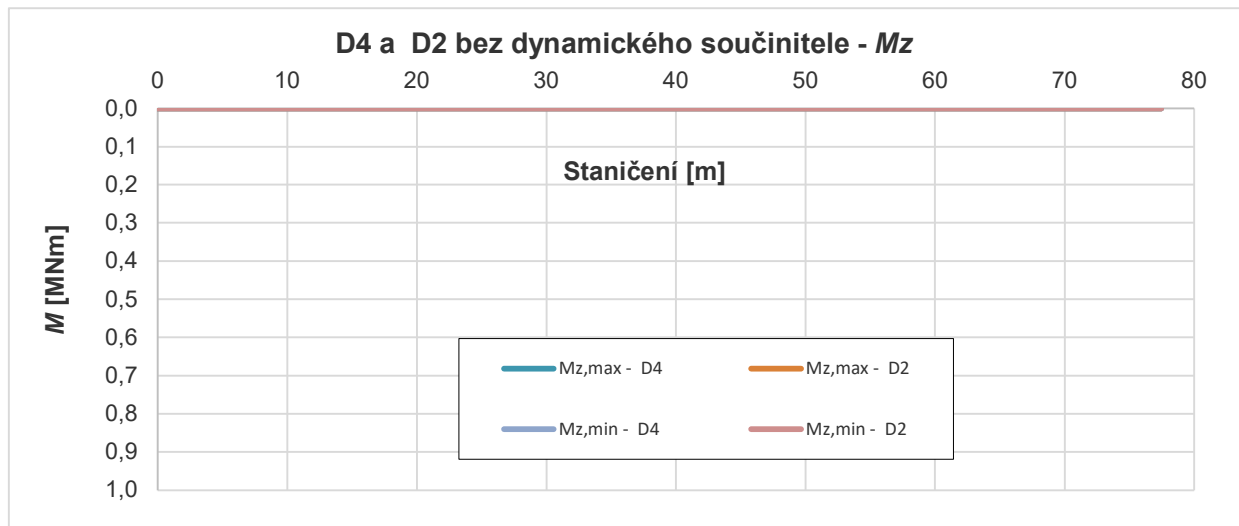
Vnitřní síly v mostovce:



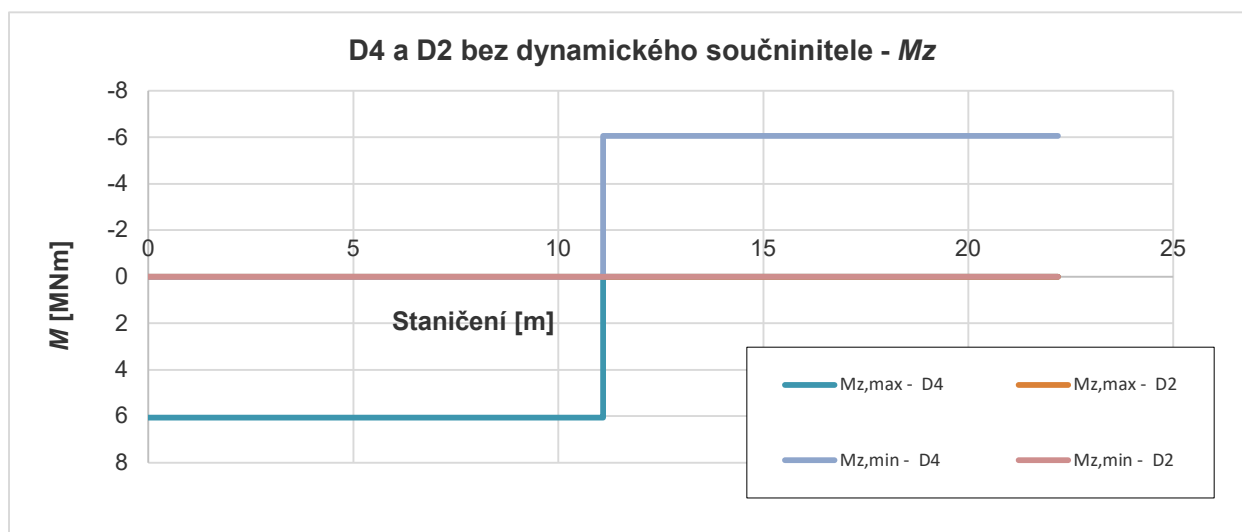
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



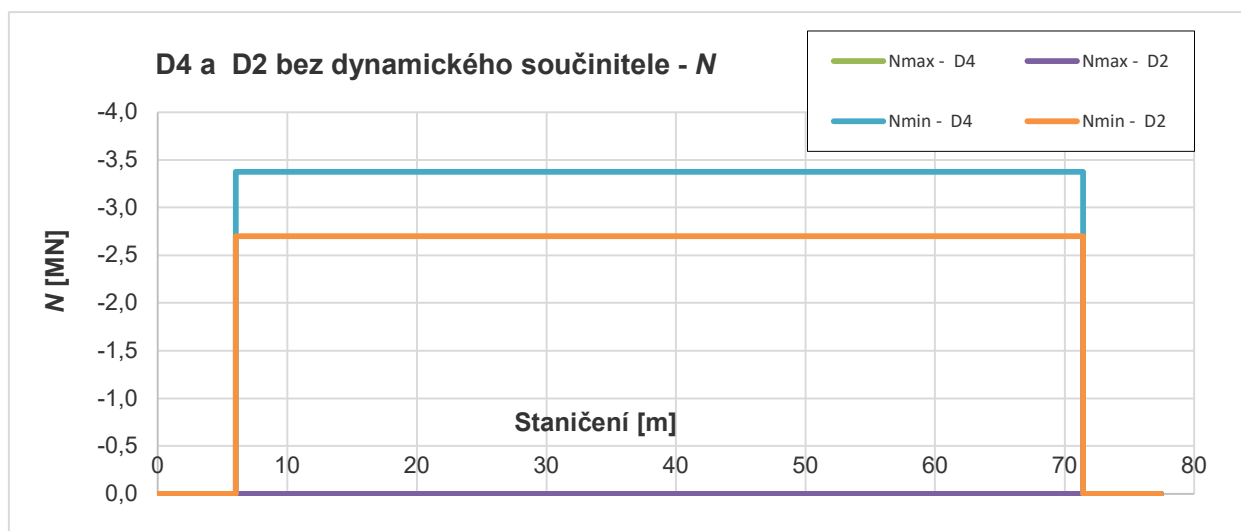
Vnitřní síly v mostovce:



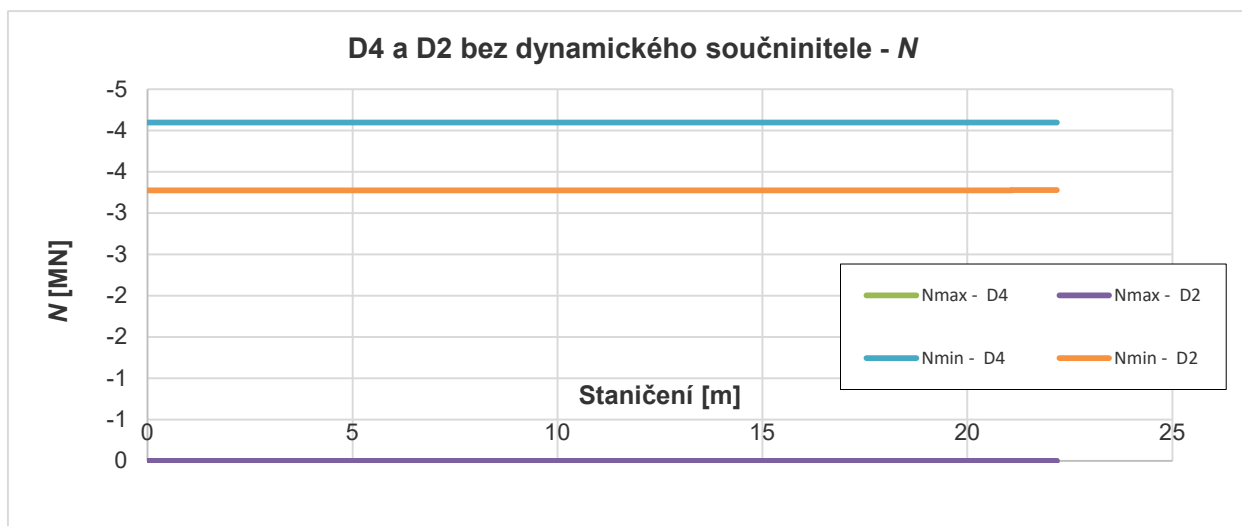
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



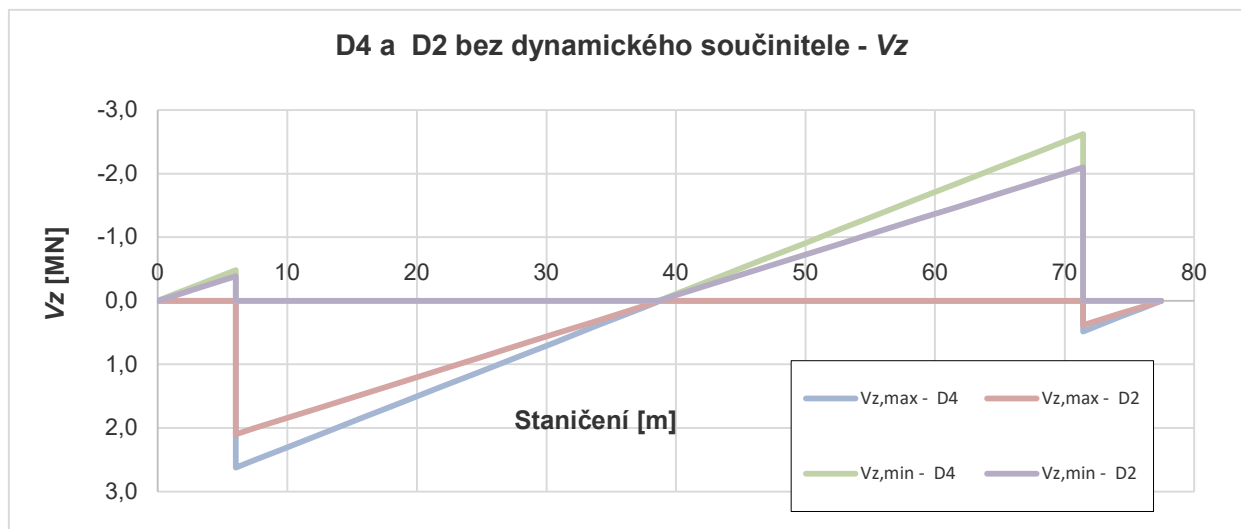
Vnitřní síly v mostovce:



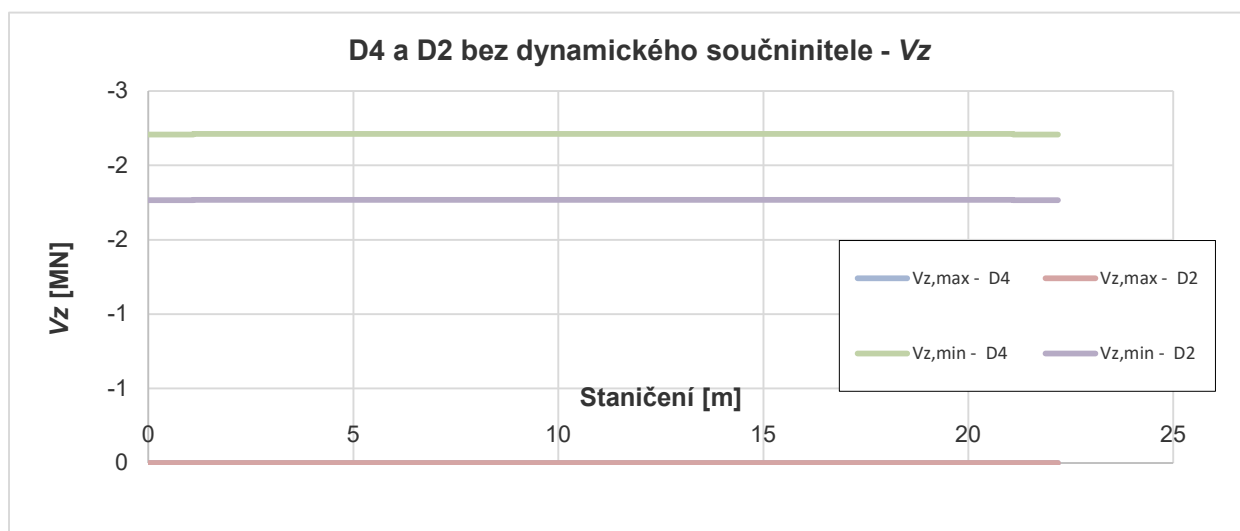
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



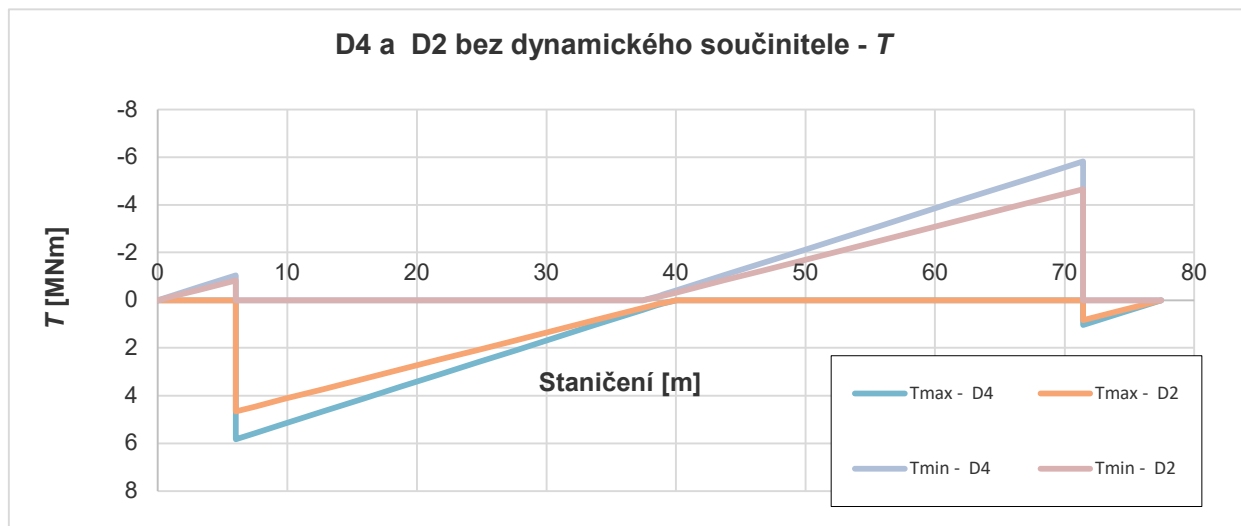
Vnitřní síly v mostovce:



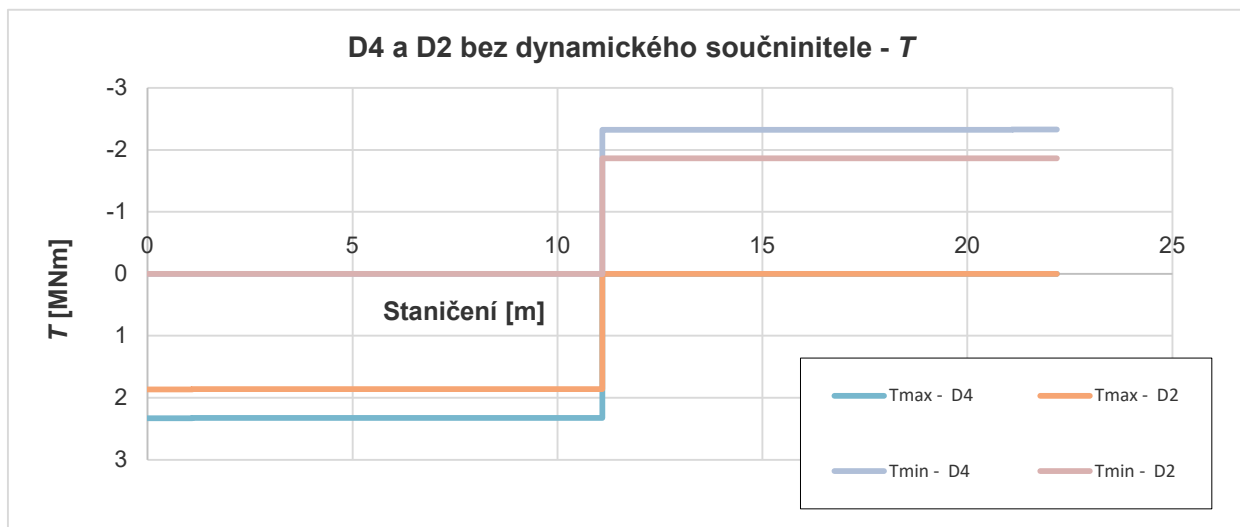
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

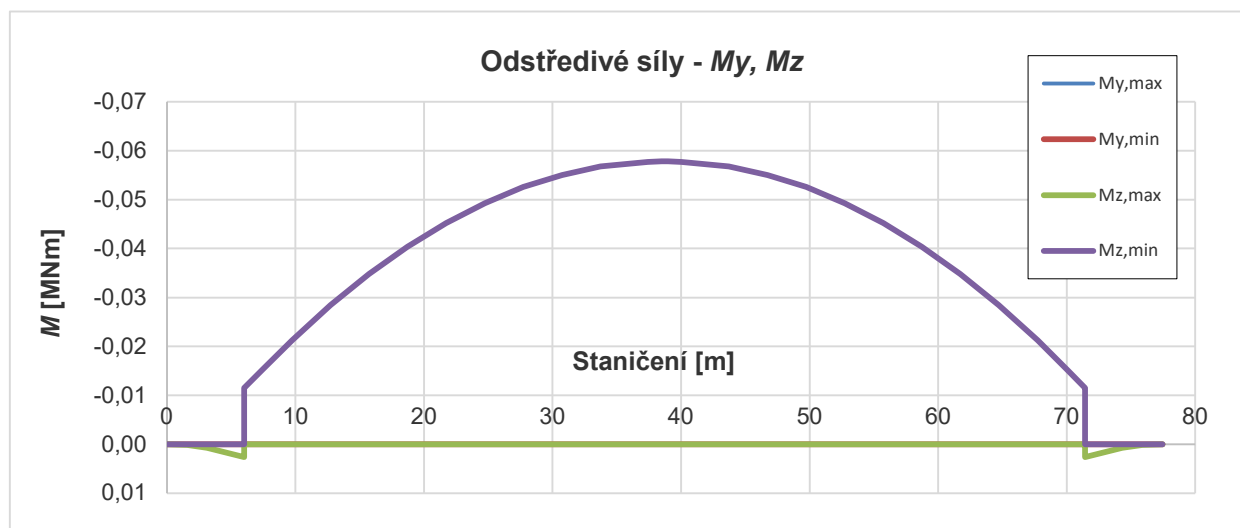


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

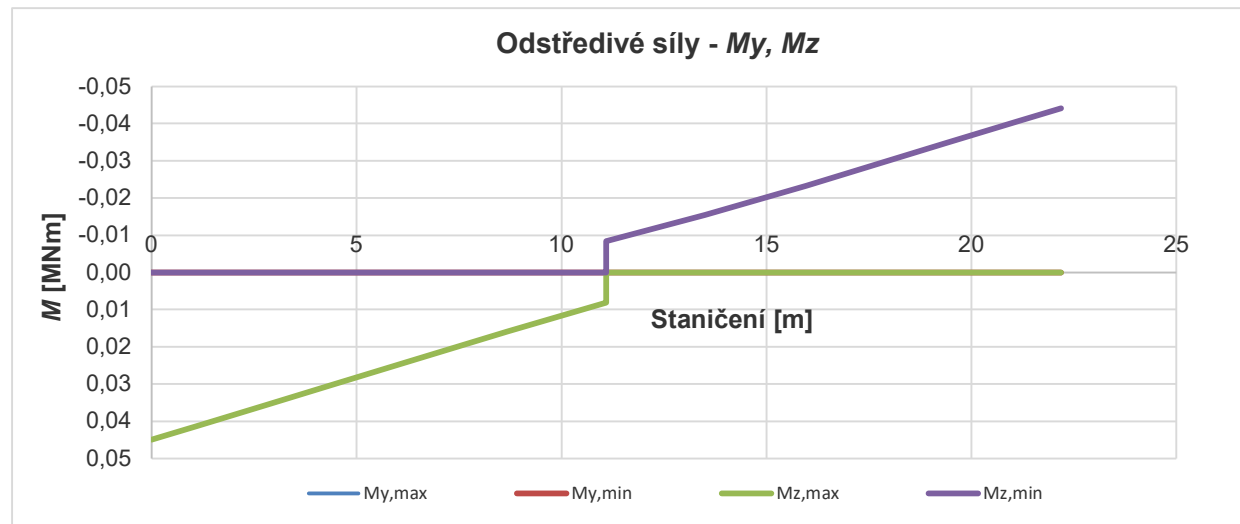


**Odštědivé síly - jedna zatížená kolej:**

Vnitřní síly v mostovce:

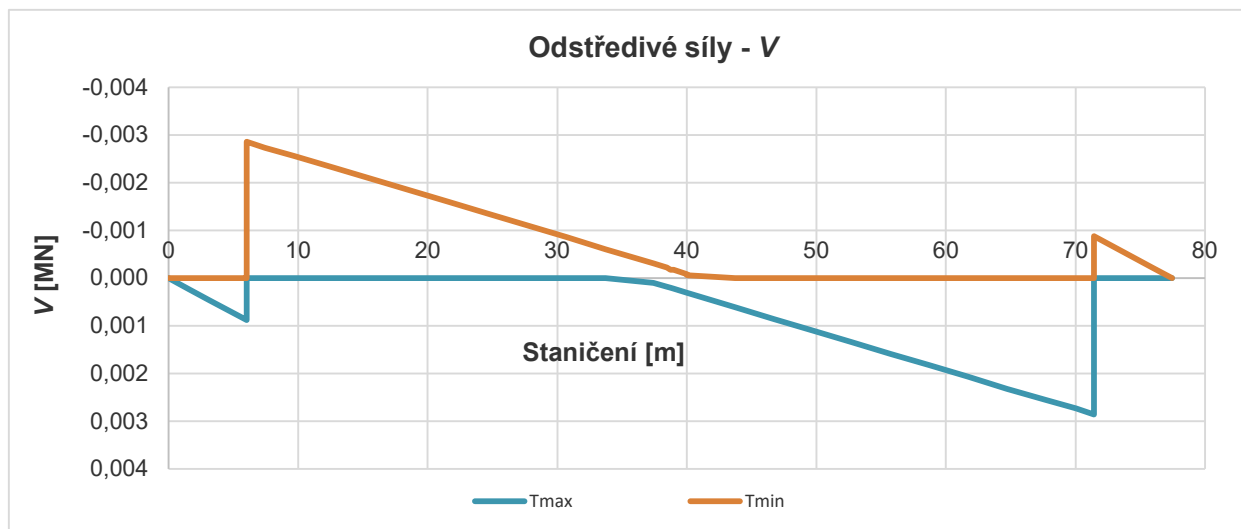


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

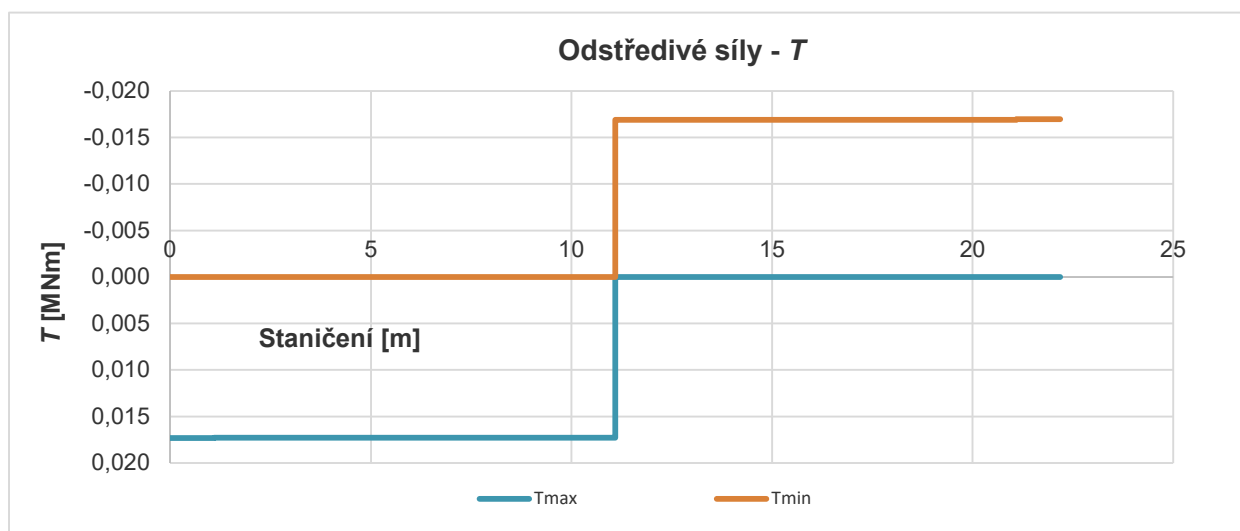




**Vnitřní síly v mostovce:**

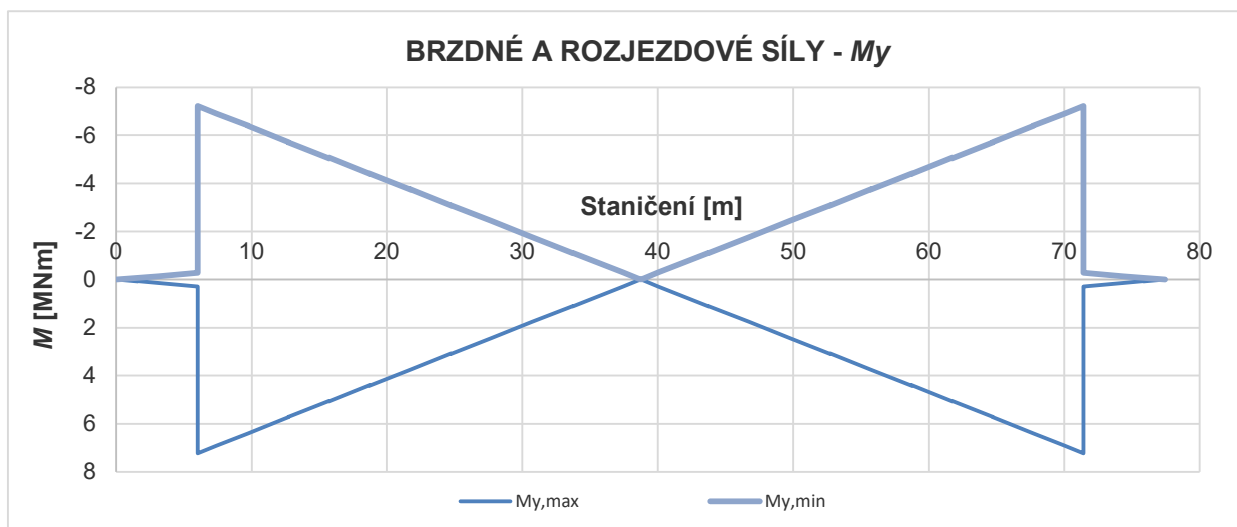


**Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):**

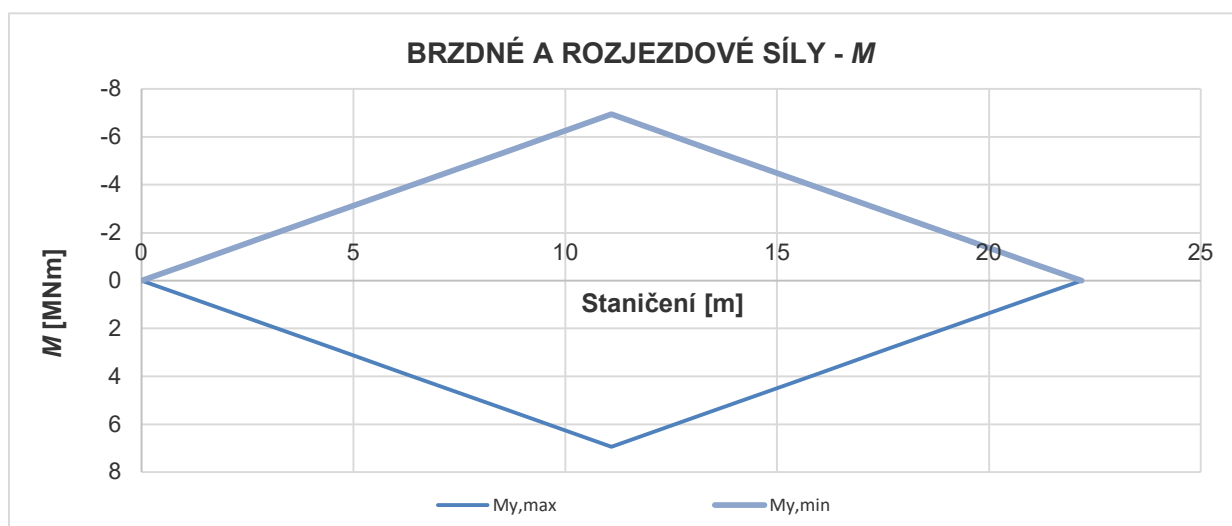


## Brzdné a rozjezdové síly - jedna až dvě zatížené koleje:

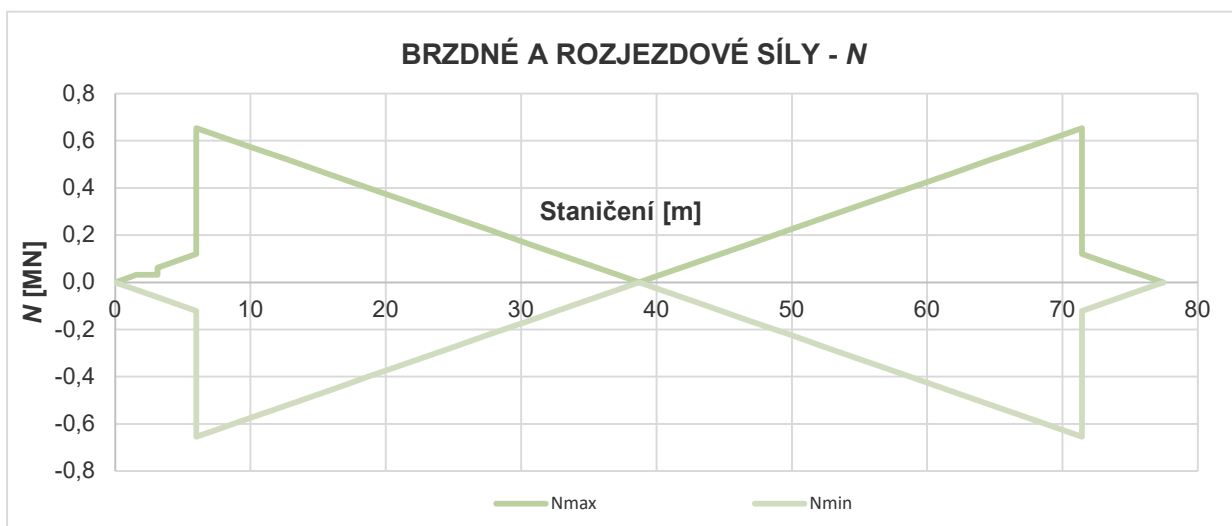
Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



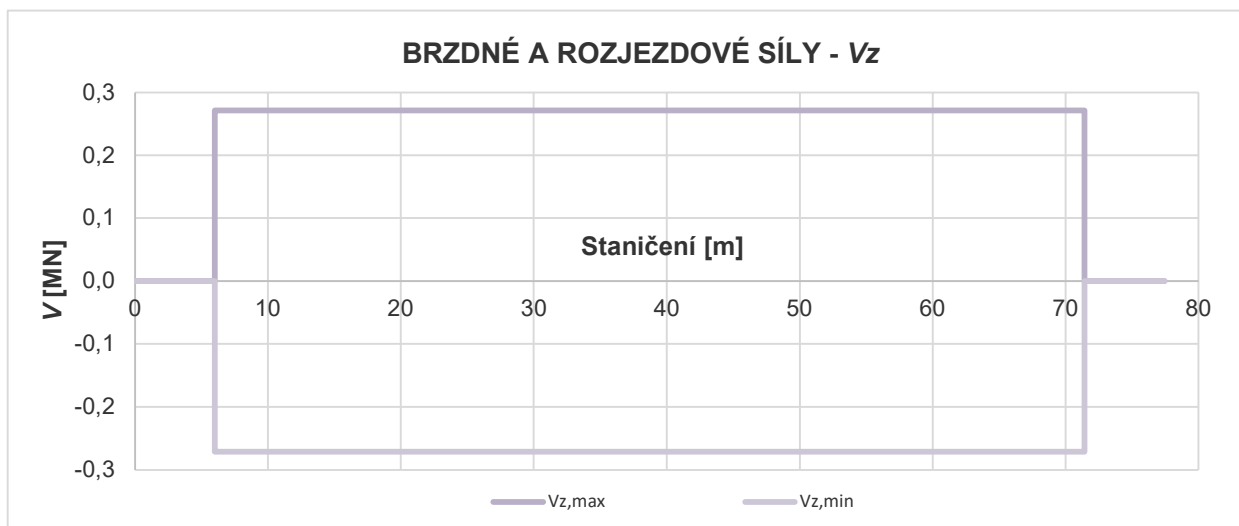
Vnitřní síly v mostovce:



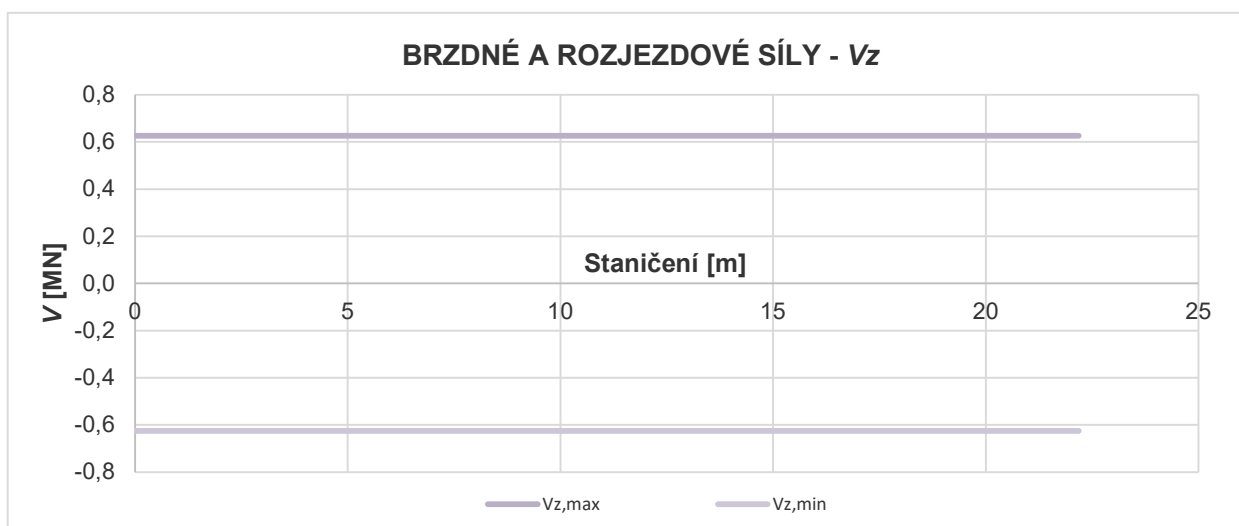
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

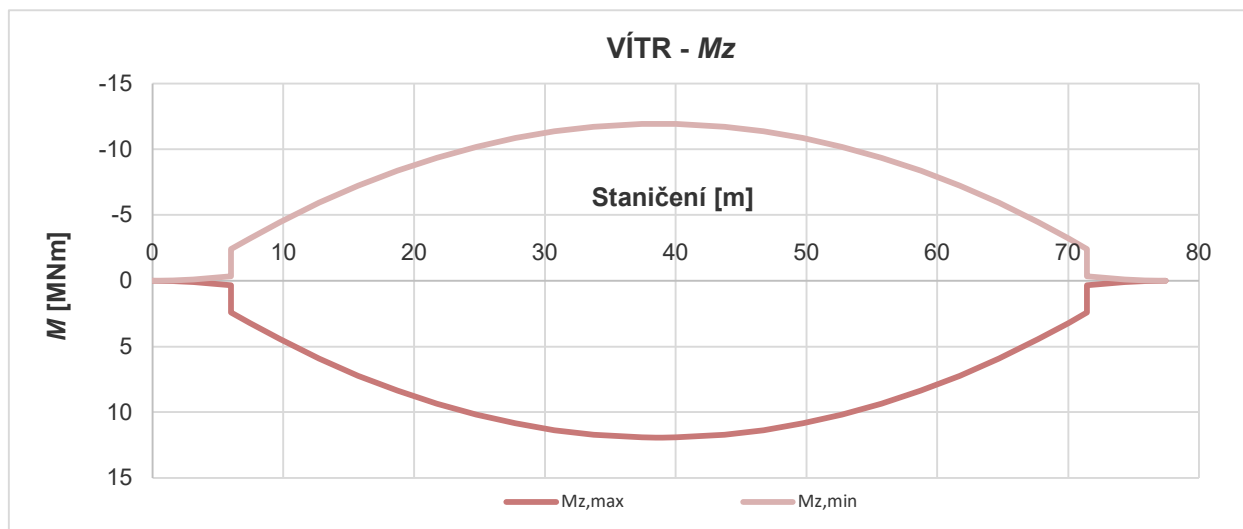


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

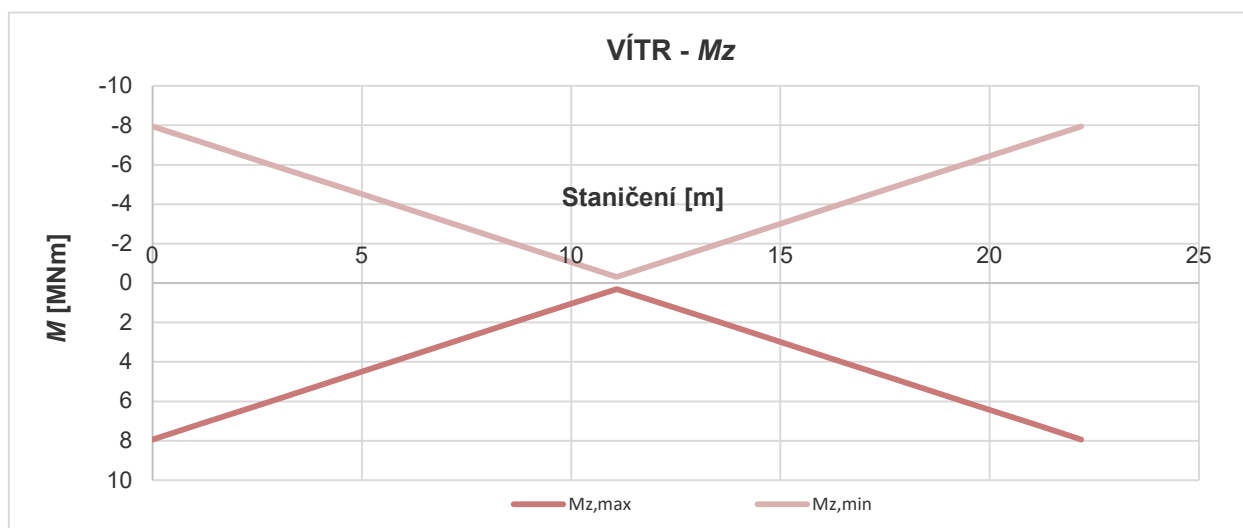


**Vítr:**

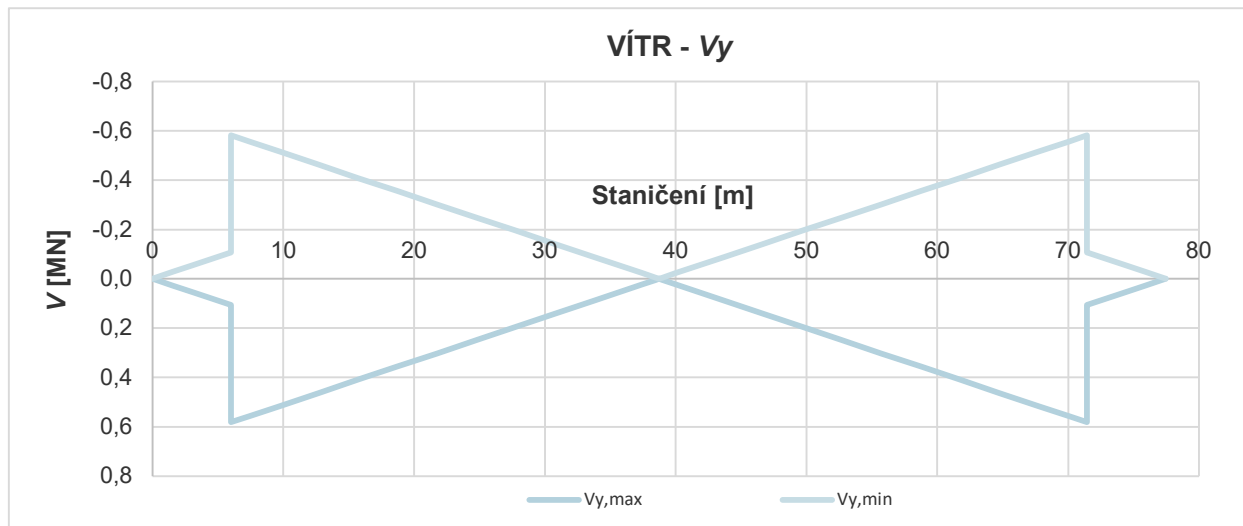
**Vnitřní síly v mostovce:**



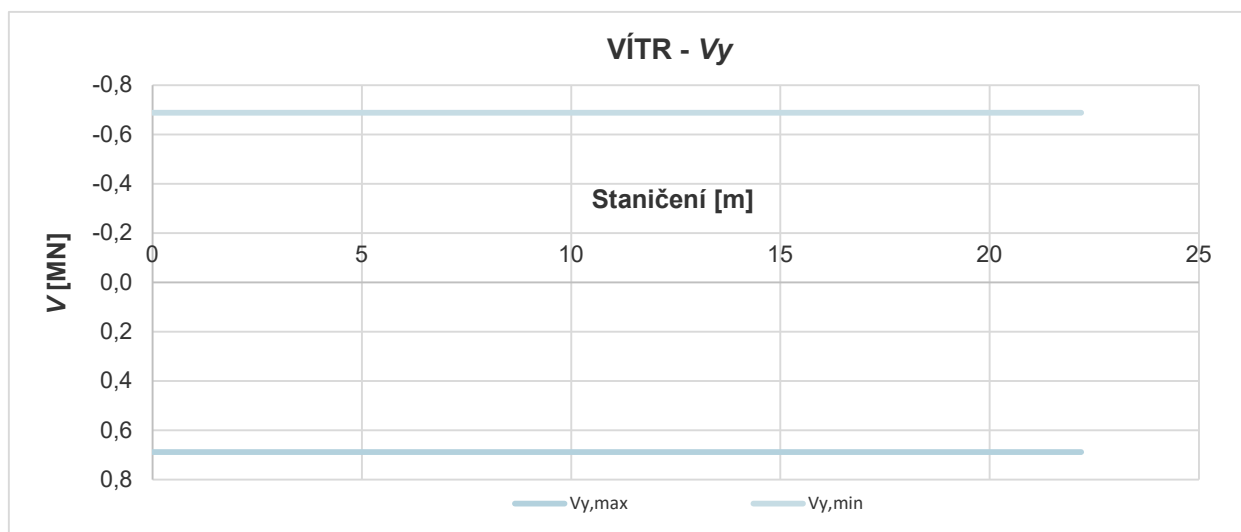
**Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):**



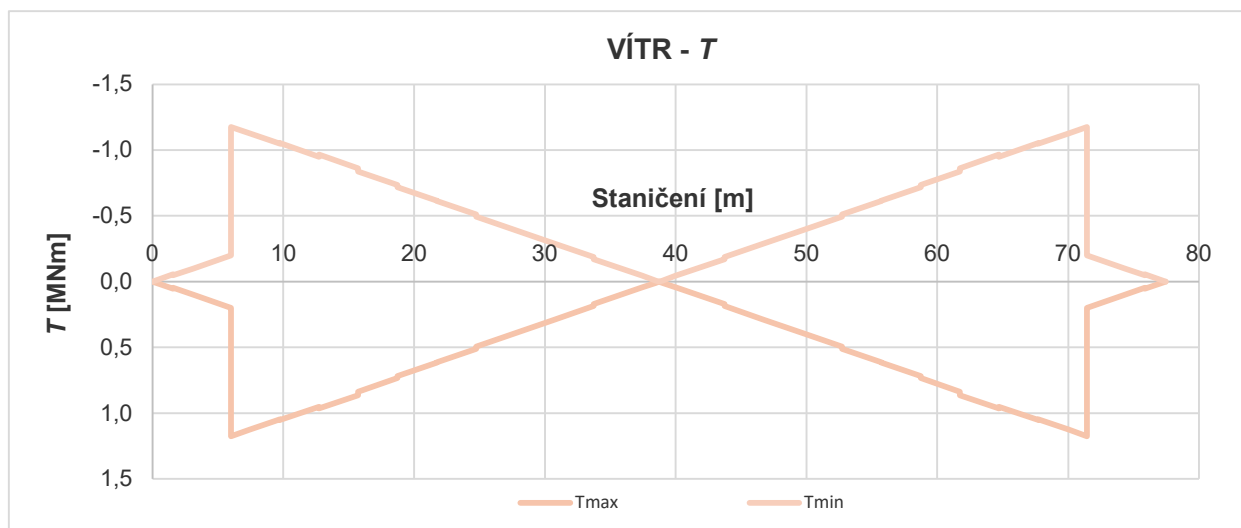
**Vnitřní síly v mostovce:**



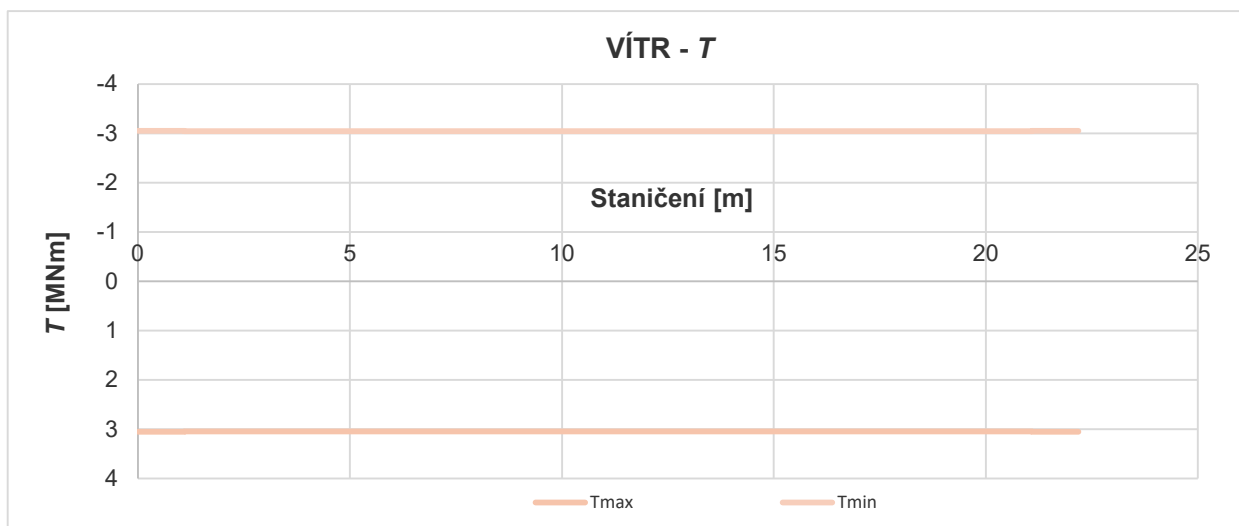
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

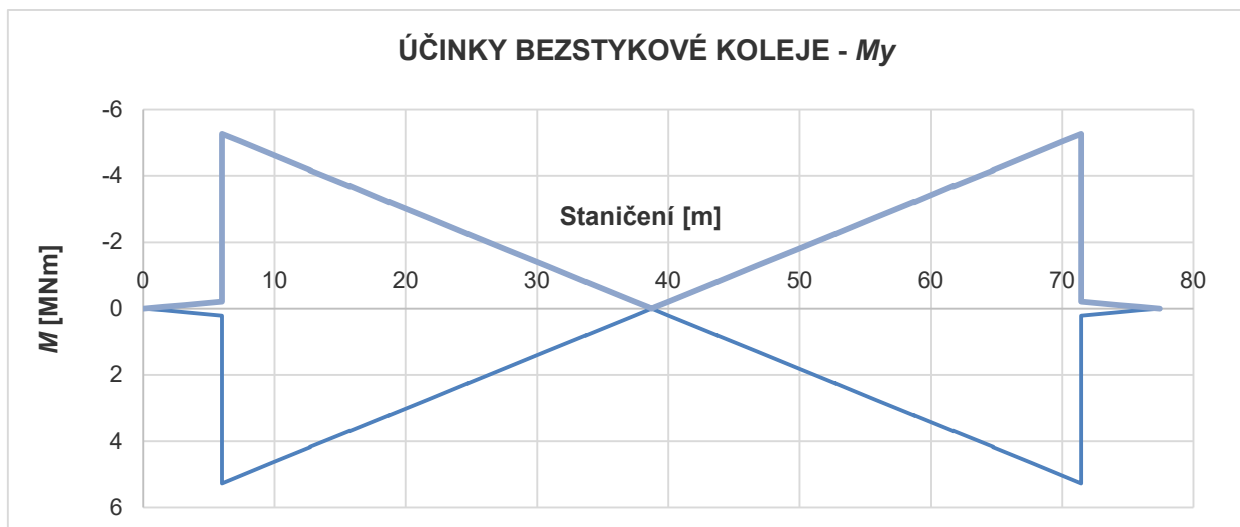


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

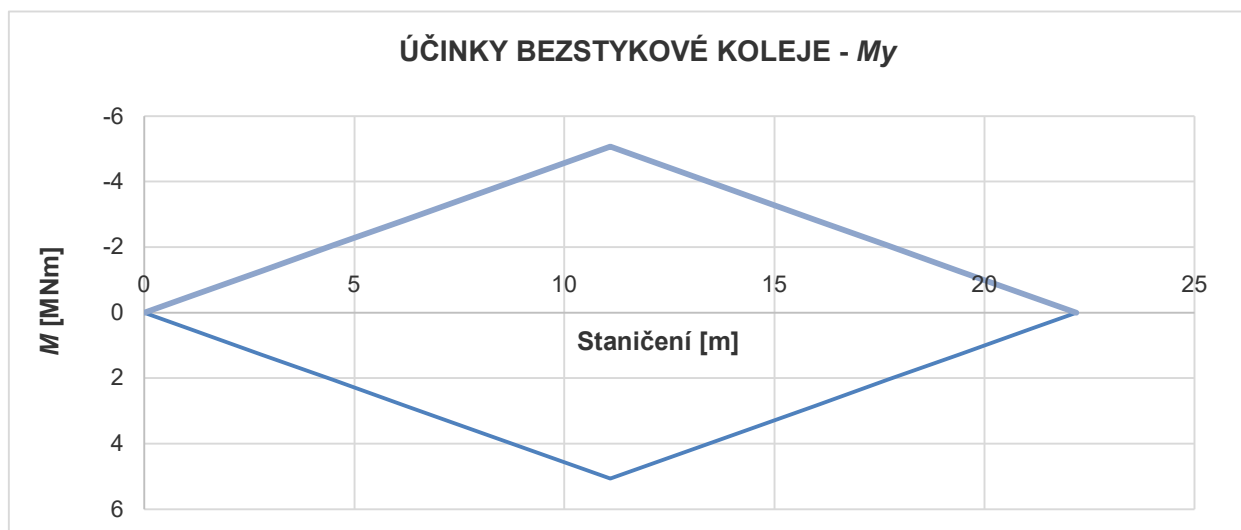


## Účinky bezстыkové koleje - účinky dvou kolejí:

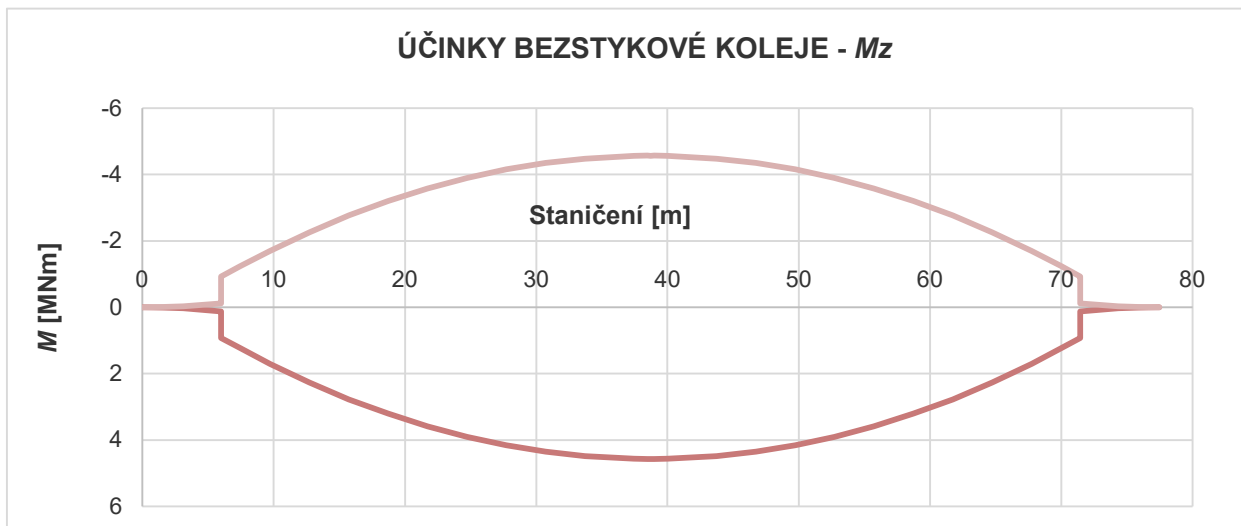
Vnitřní síly v mostovce:



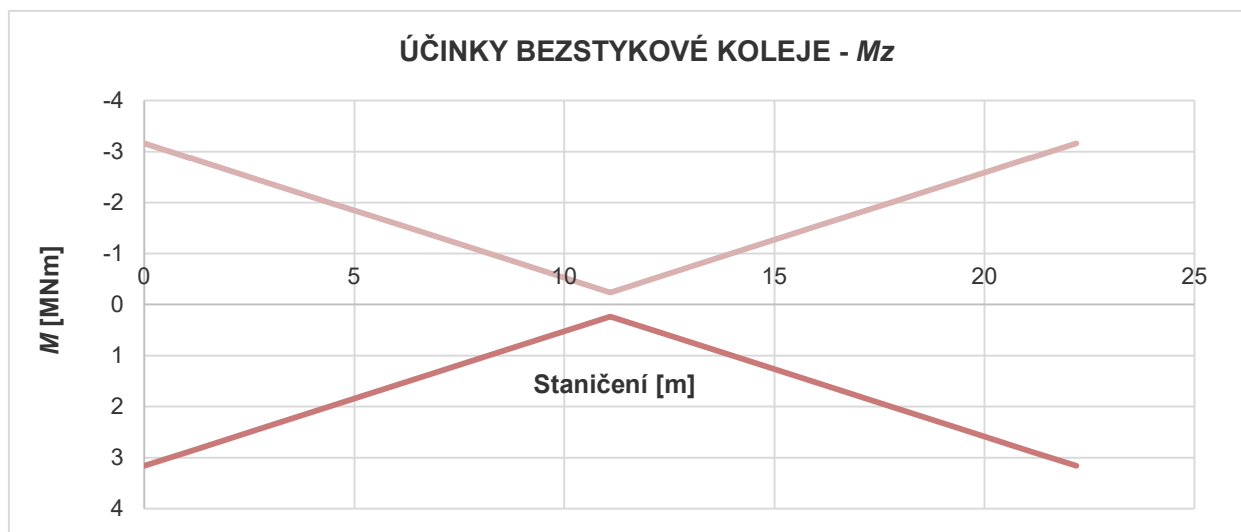
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



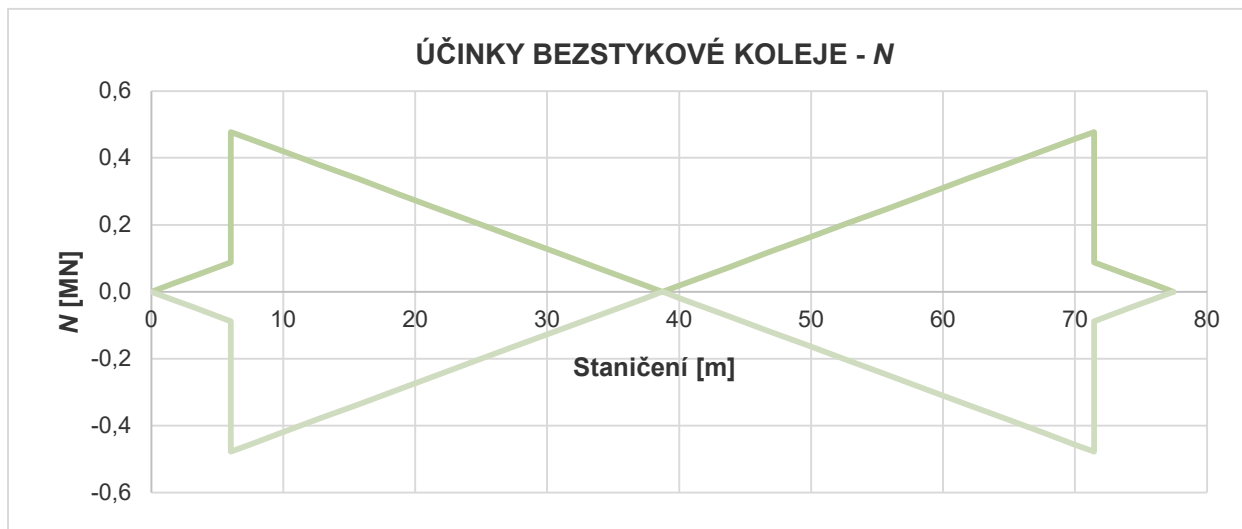
Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



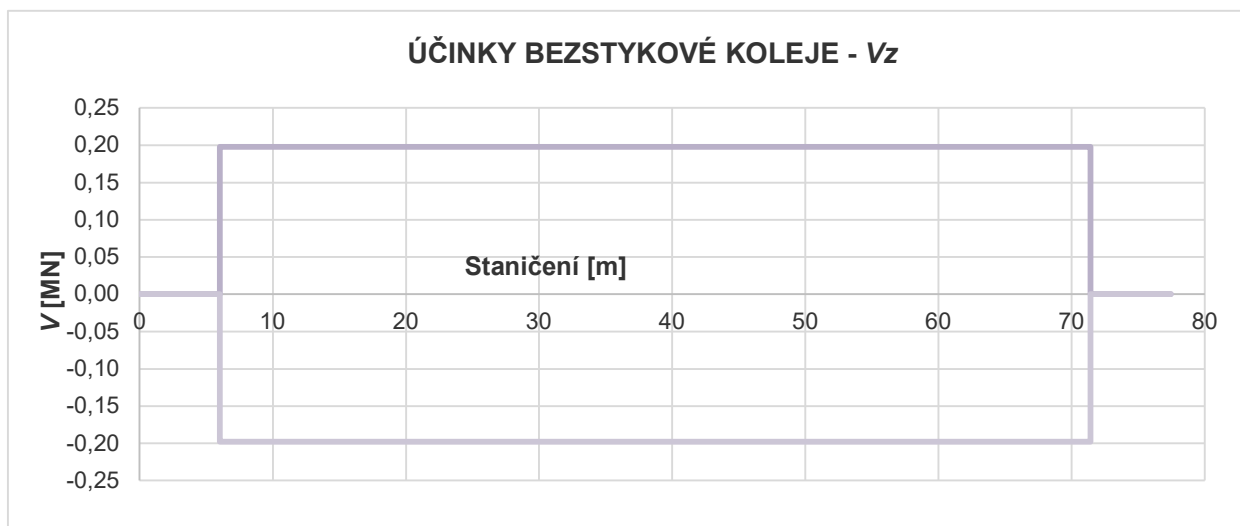
Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



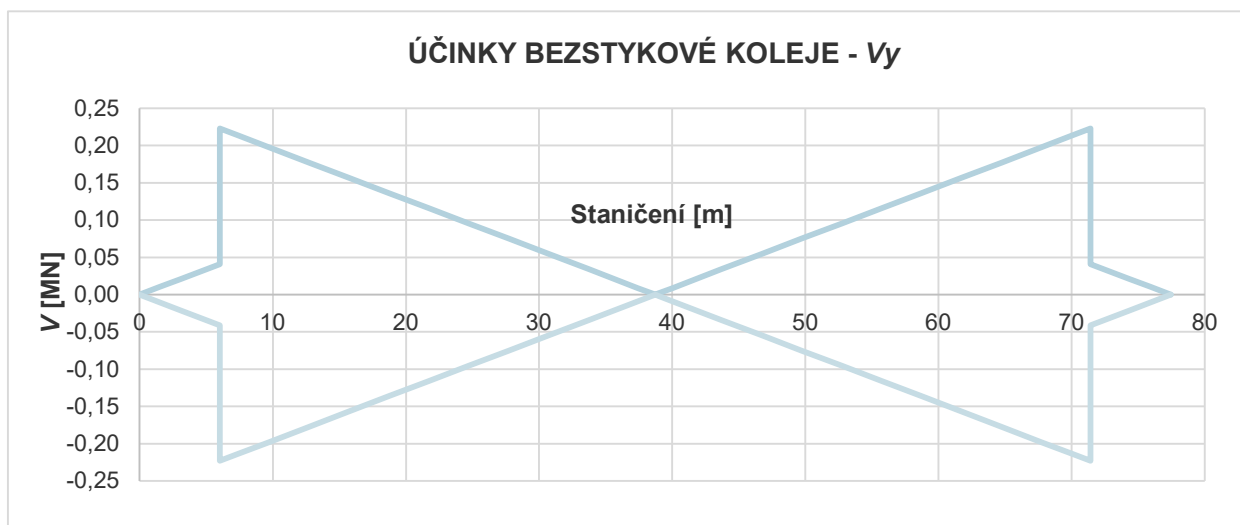
Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

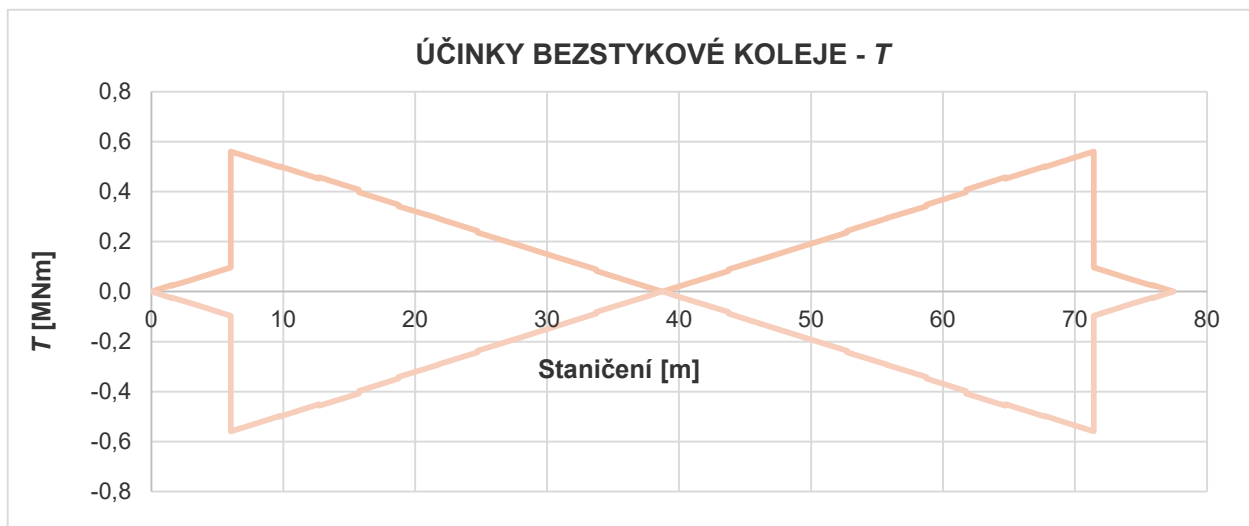




Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:

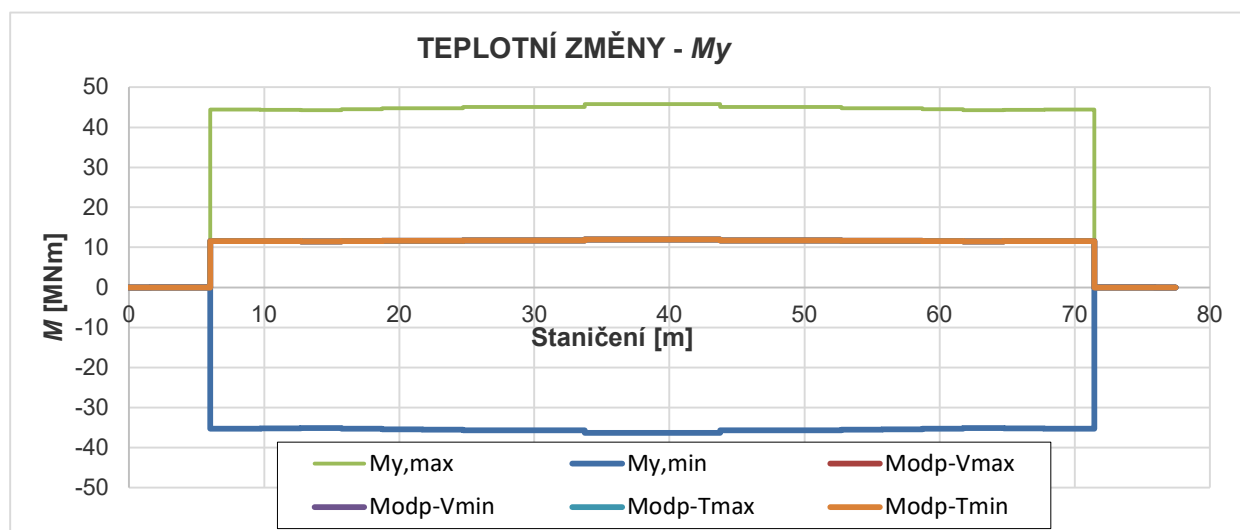


Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

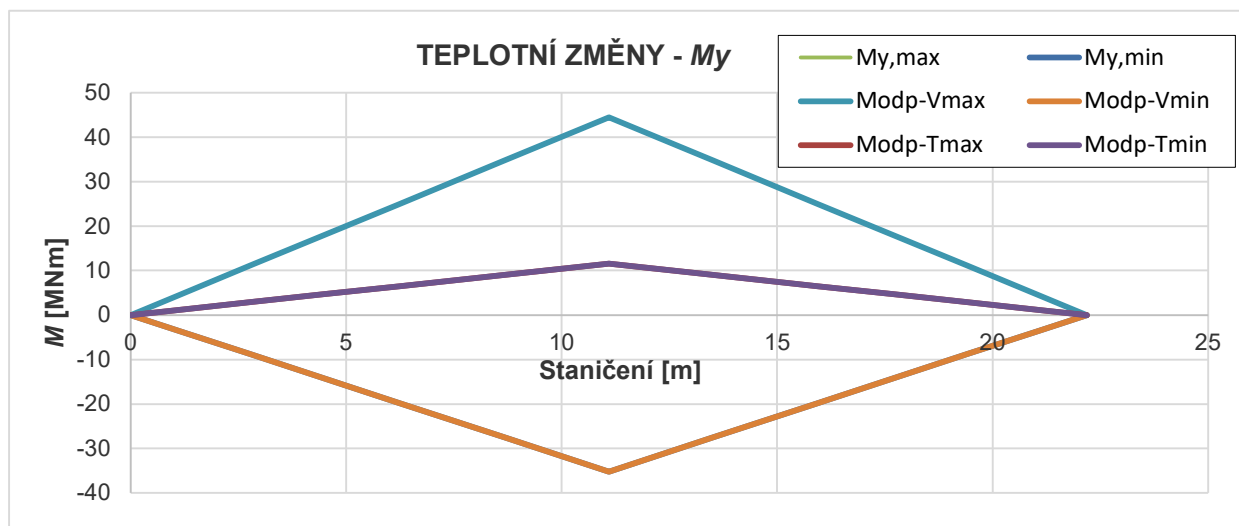


## Teplotní změny - celkové účinky:

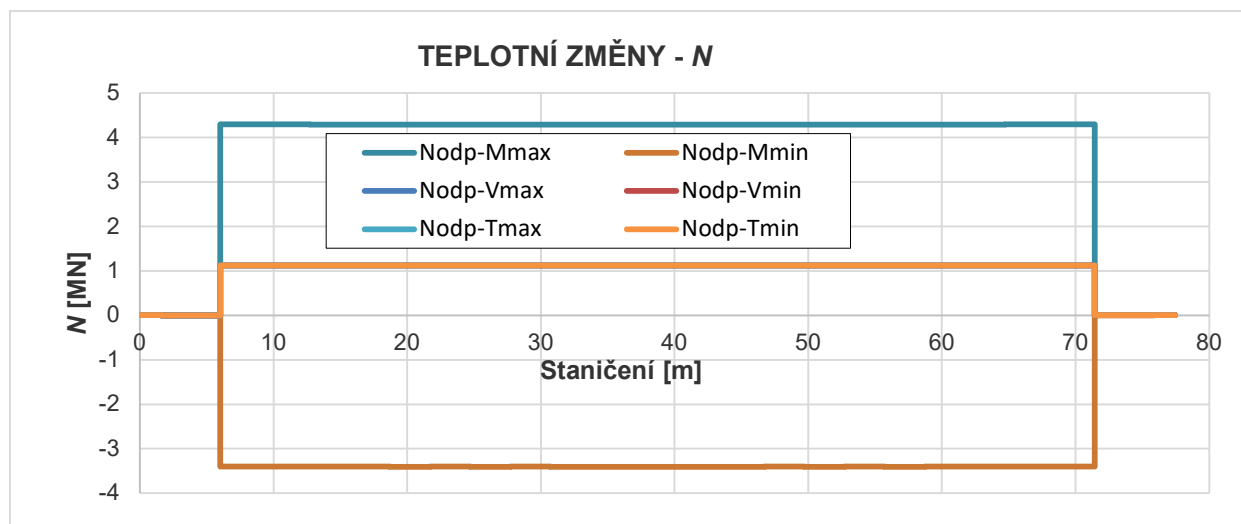
Vnitřní síly v mostovce:



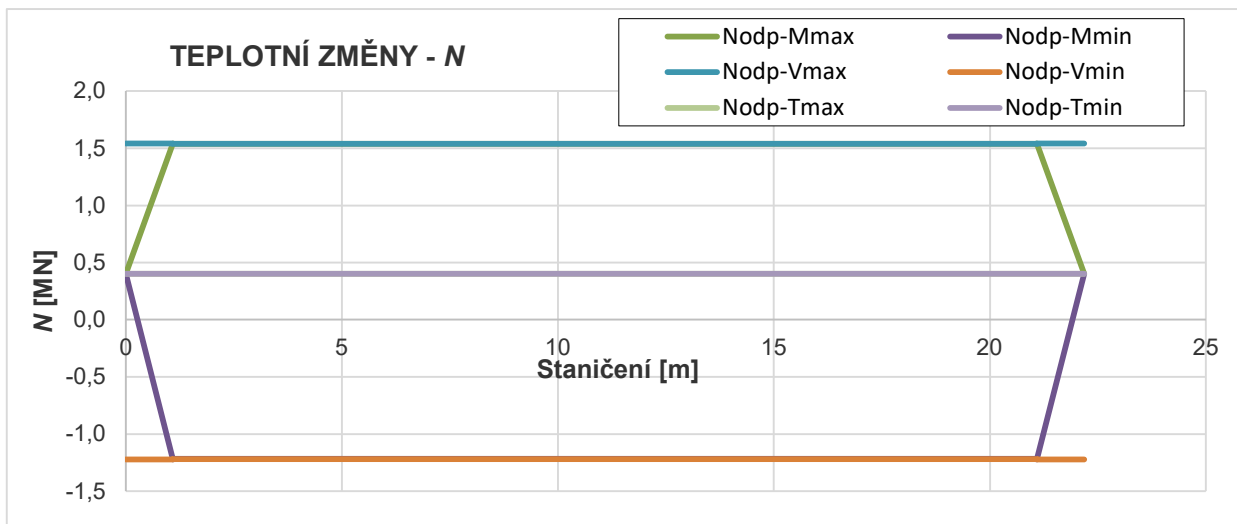
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



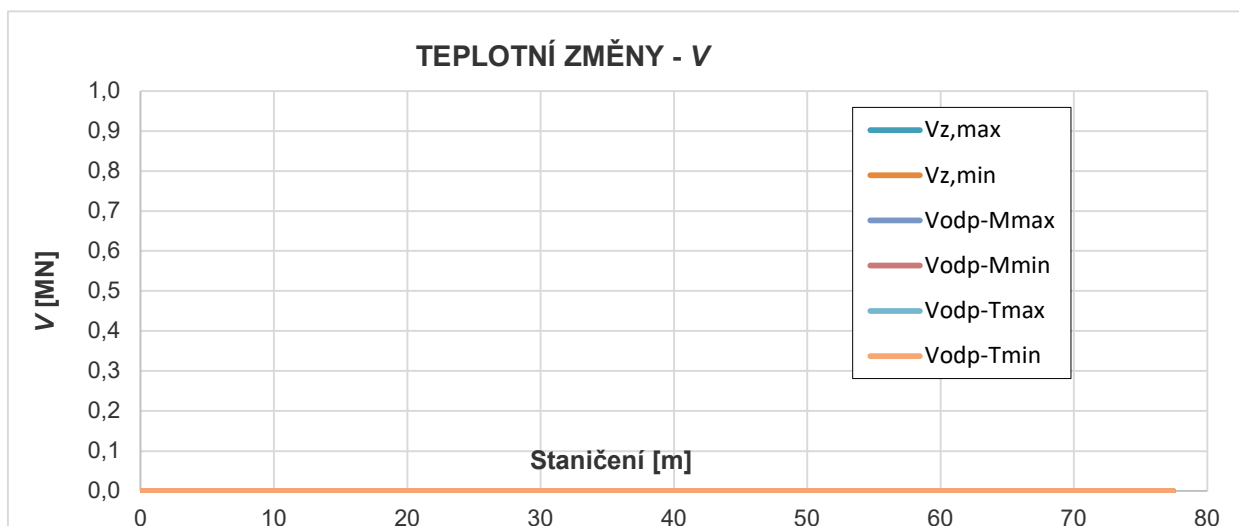
Vnitřní síly v mostovce:



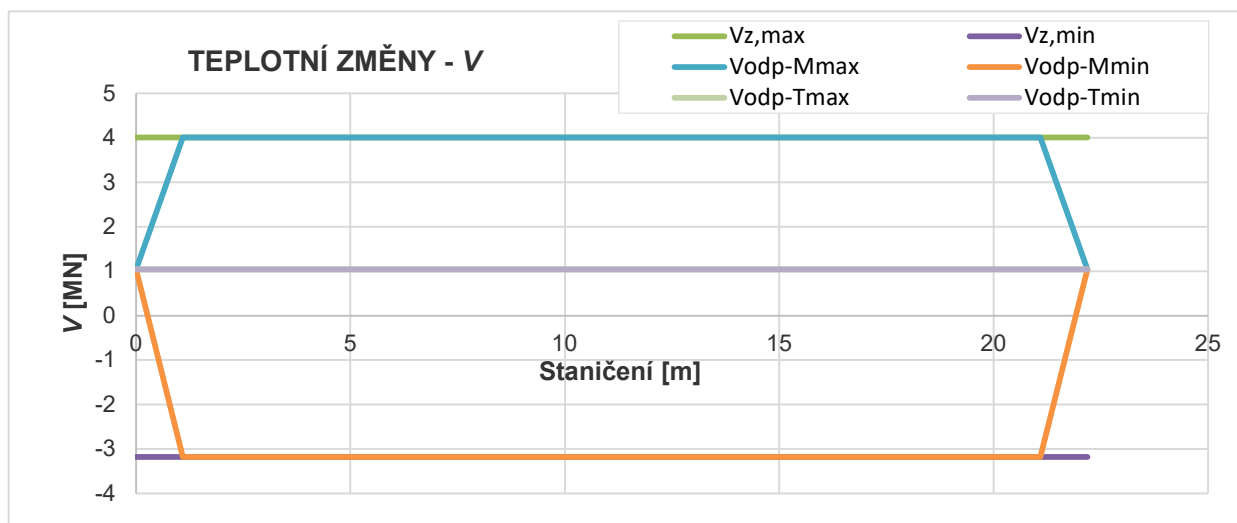
Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):



Vnitřní síly v mostovce:



Vnitřní síly ve stojkách (levá stojka v levé polovině grafu, pravá stojka v pravé polovině grafu):

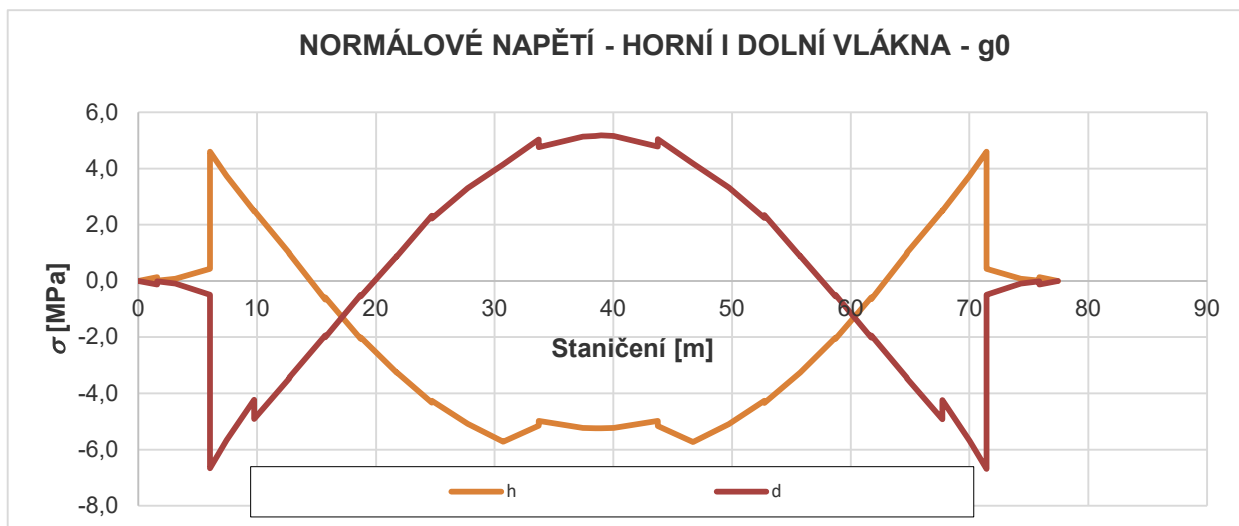


### 5.3. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ STÁLÉ

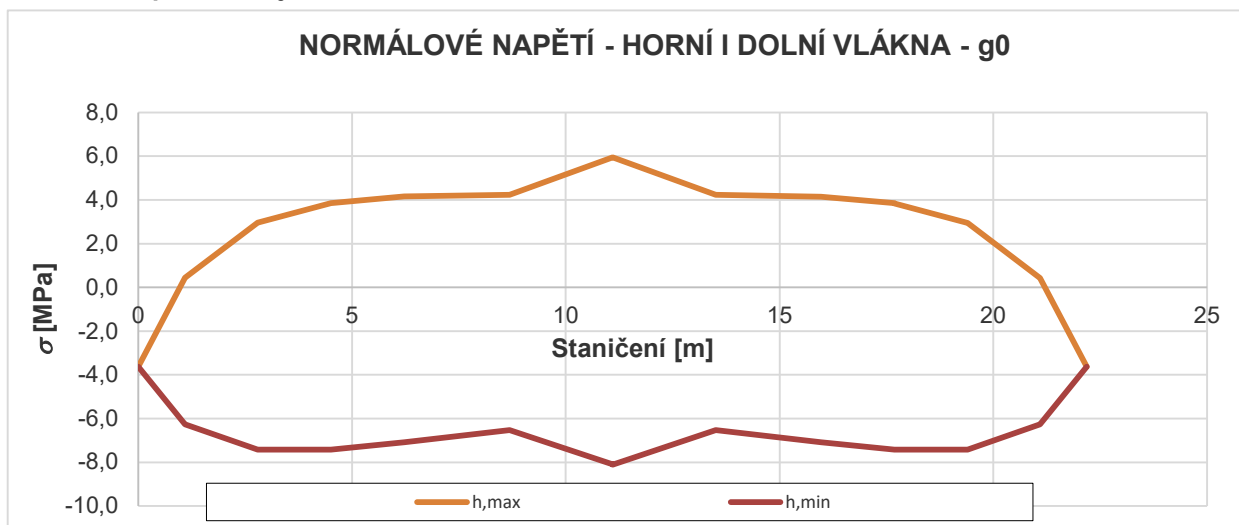
Účinky stálých zatížení jsou počítány automaticky programem TDA. Zde jsou uvedena samostatně spočítaná napětí pro porovnání a pro kontrolu.

#### VLASTNÍ TÍHA NOSNÉ KONSTRUKCE:

##### Normálová napětí v mostovce:

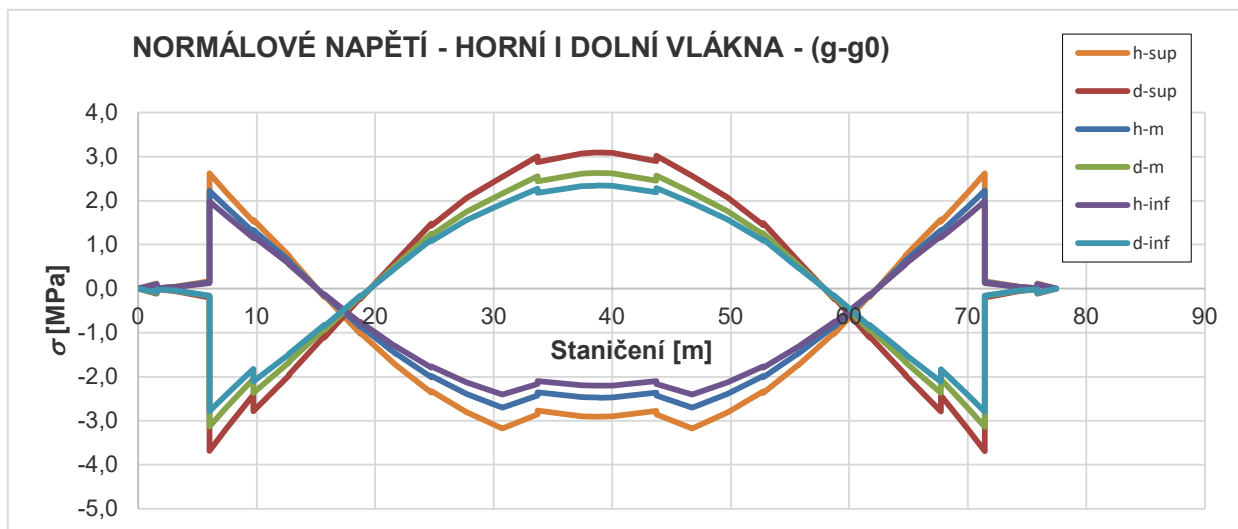


##### Normálová napětí ve stojkách:

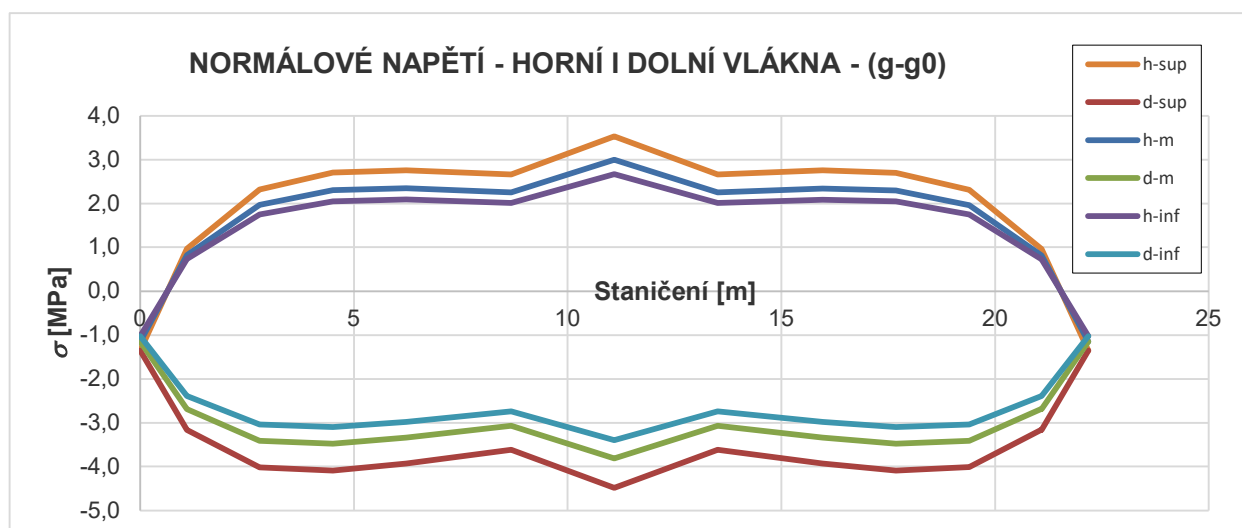


## OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ:

### Normálová napětí v mostovce:

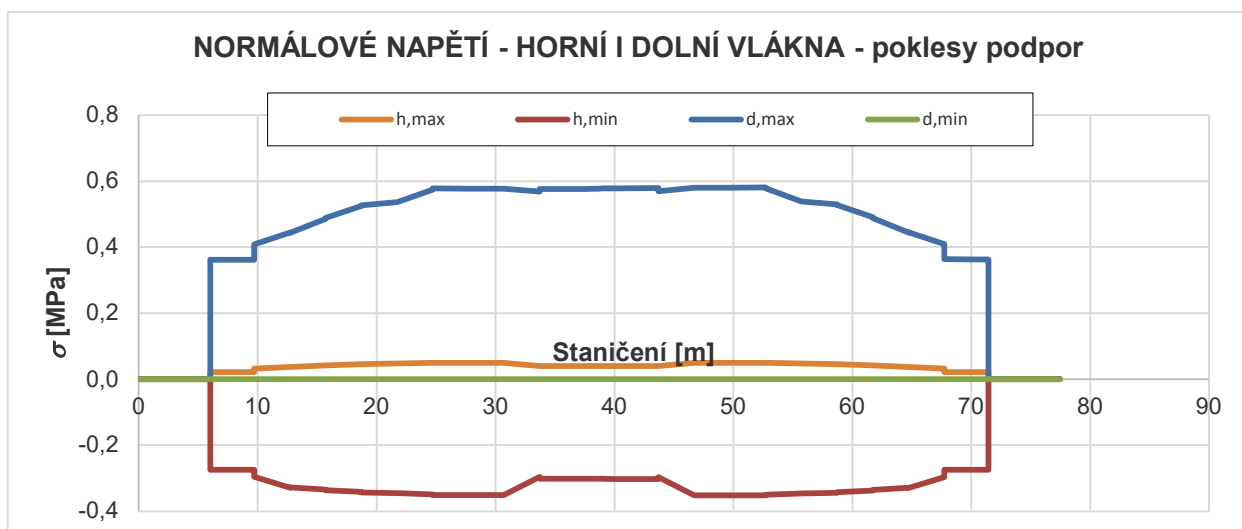


### Normálová napětí ve stojkách:

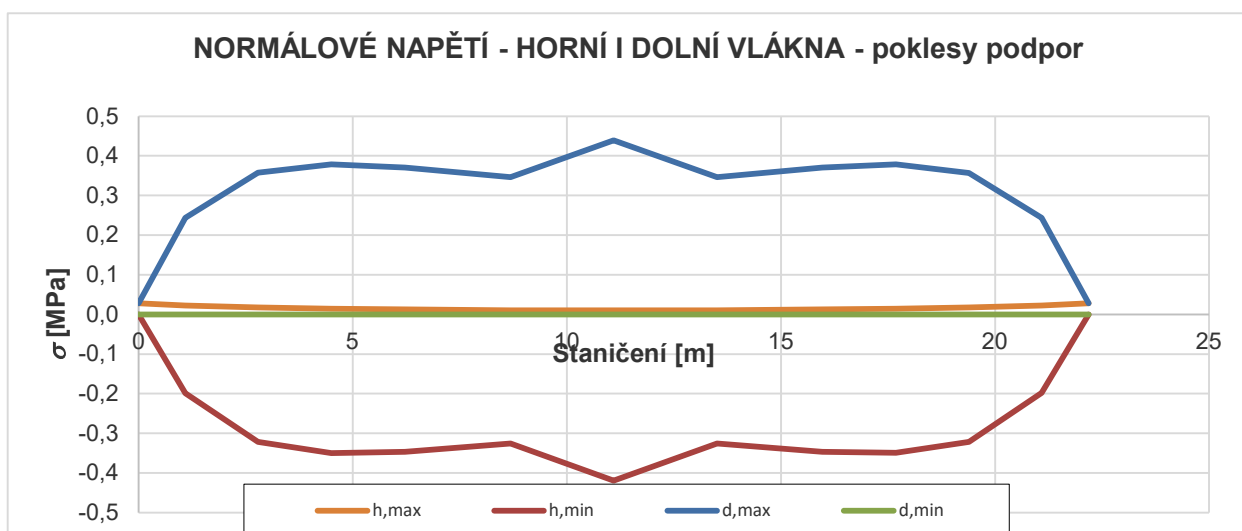


## POKLESY (POSUNY) PODPOR:

Normálová napětí v mostovce:



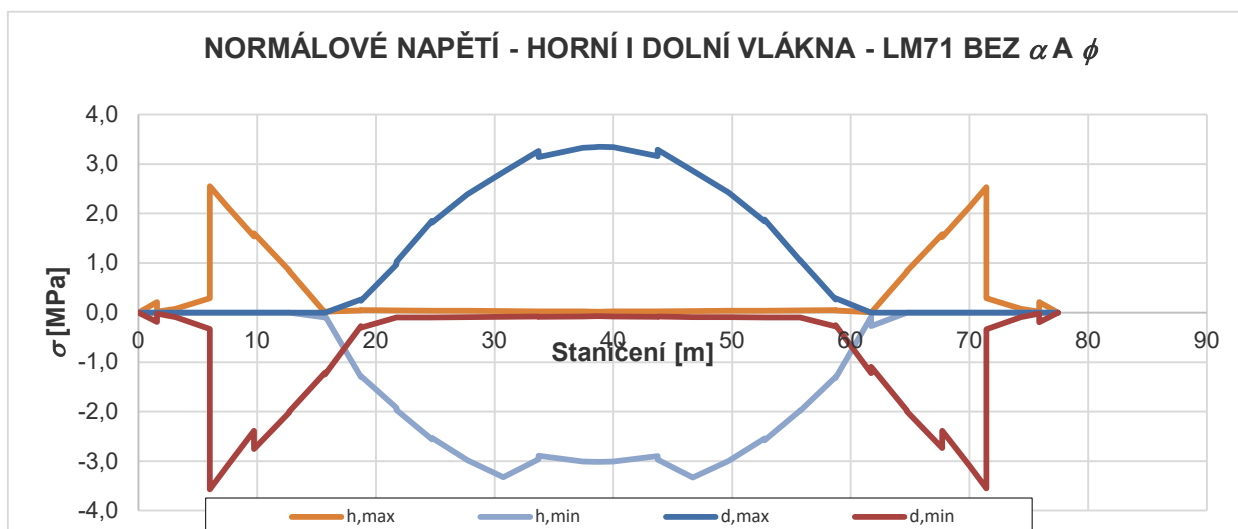
Normálová napětí ve stojkách:



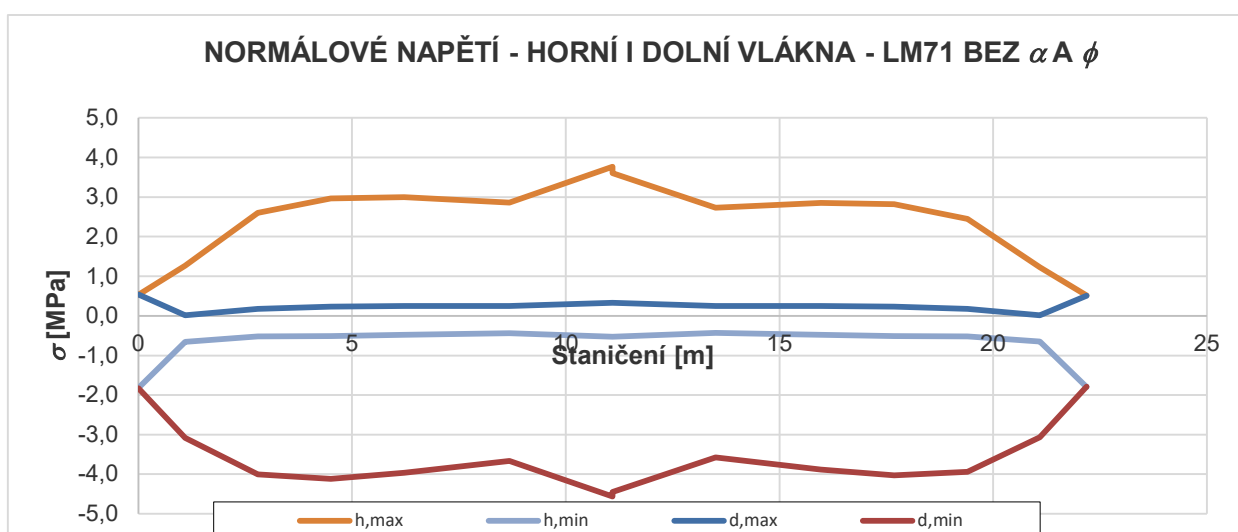
## 5.4. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

### MODEL ZATÍŽENÍ 71:

Normálová napětí v mostovce:

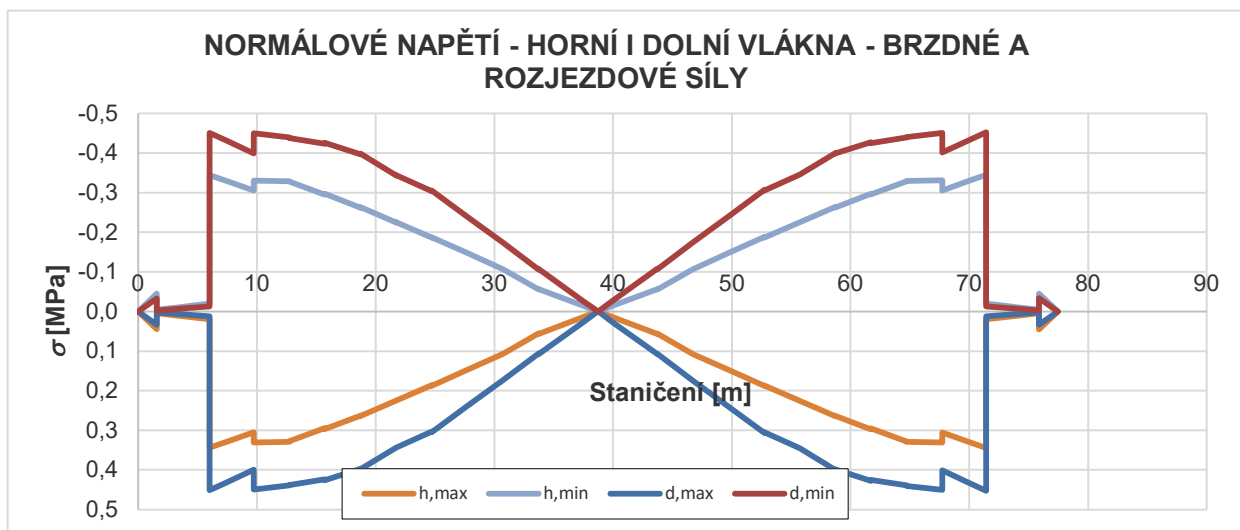


Normálová napětí ve stojkách:

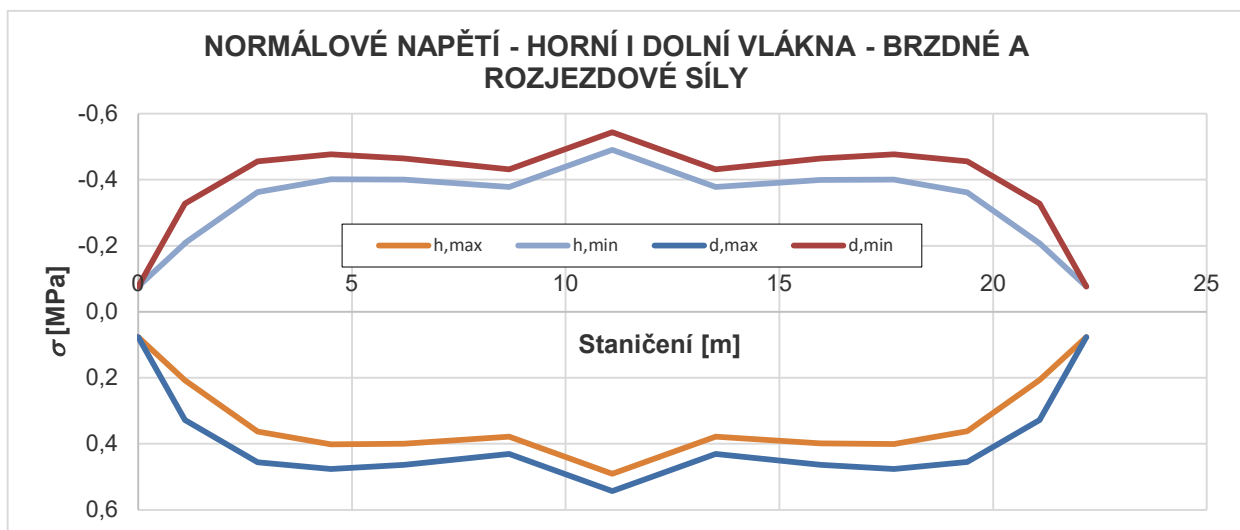


## MODEL ZATÍŽENÍ 71:

Normálová napětí v mostovce:



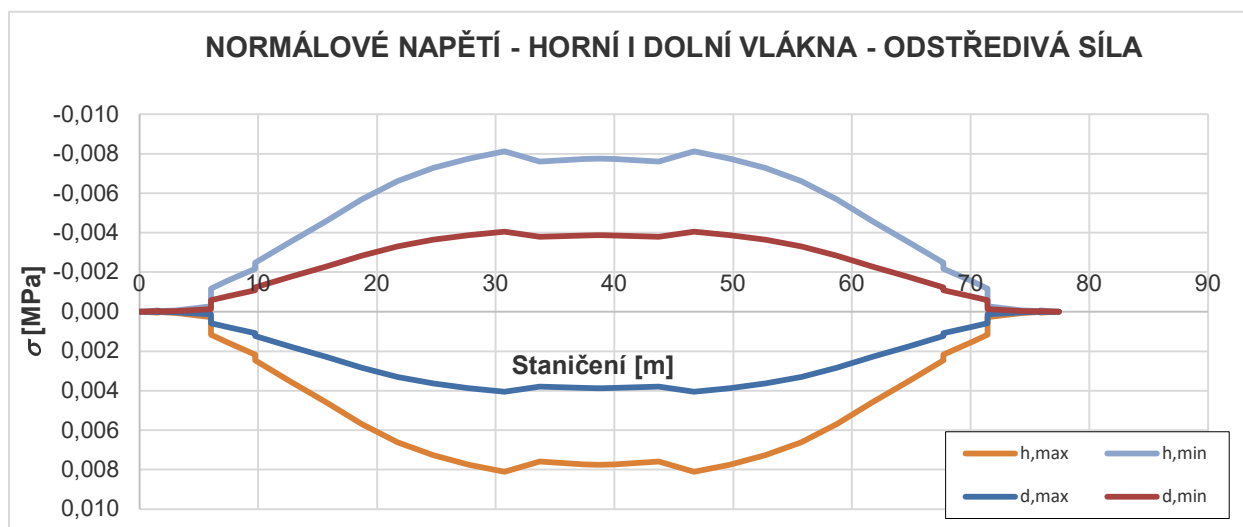
Normálová napětí ve stojkách:



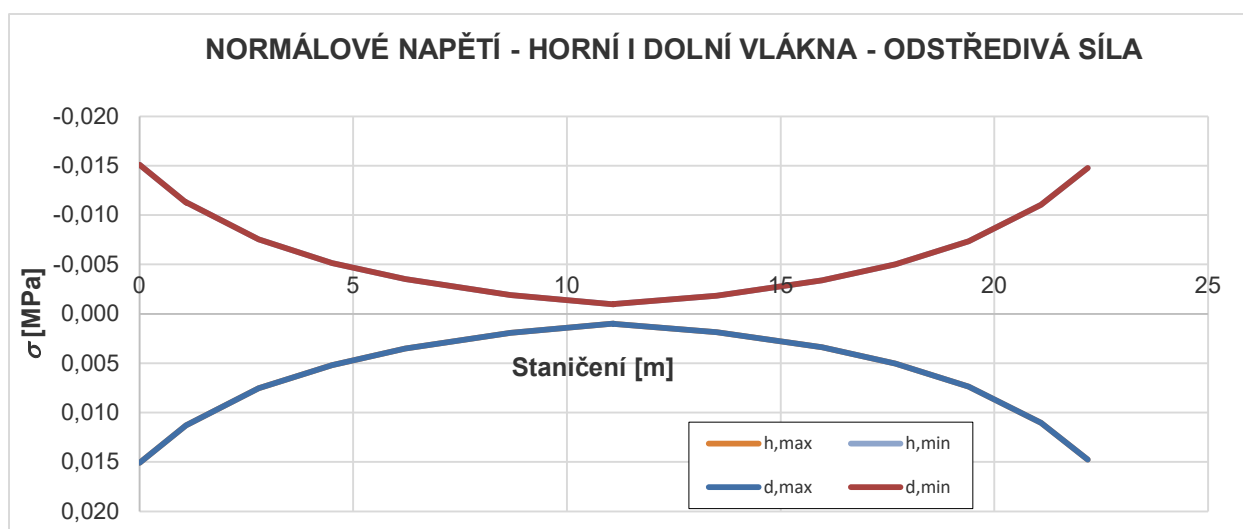


## ODSTŘEDIVÁ SÍLA:

### Normálová napětí v mostovce:

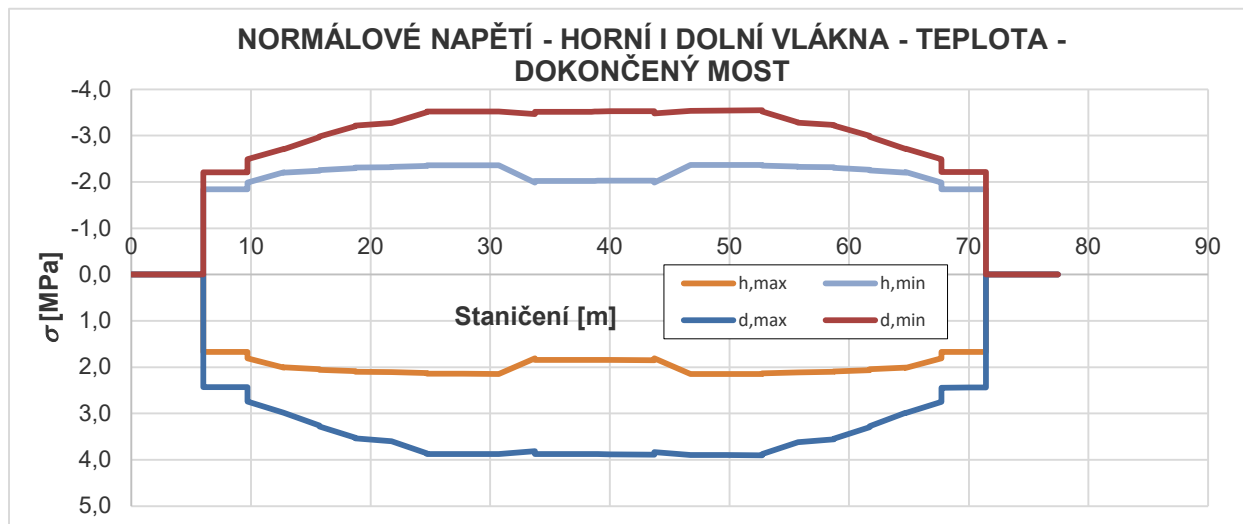


### Normálová napětí ve stojkách:

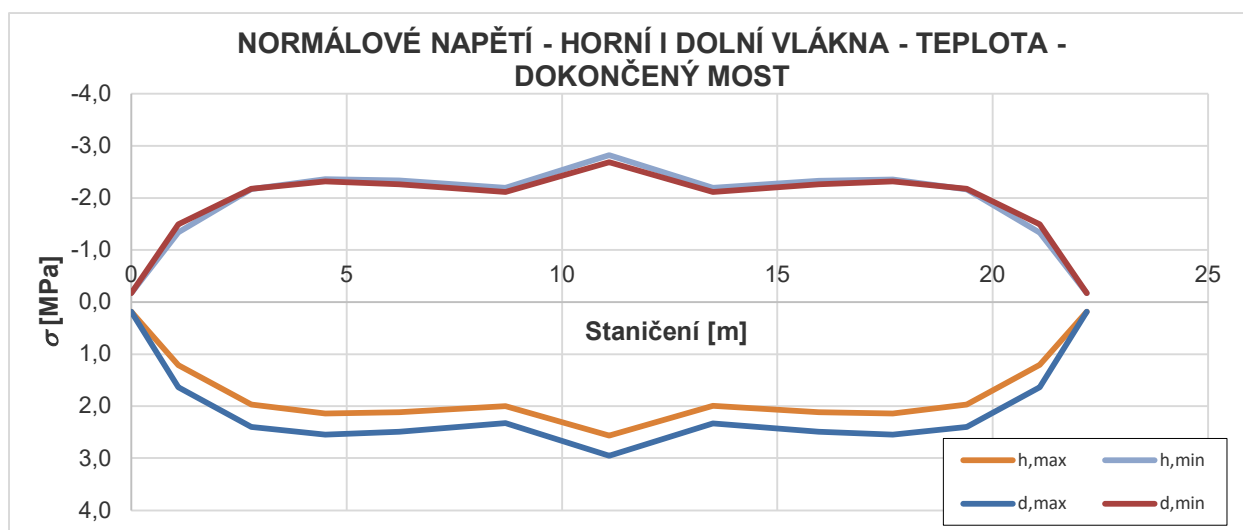


## TEPLOTA - DOKONČENÝ MOST:

Normálová napětí v mostovce:

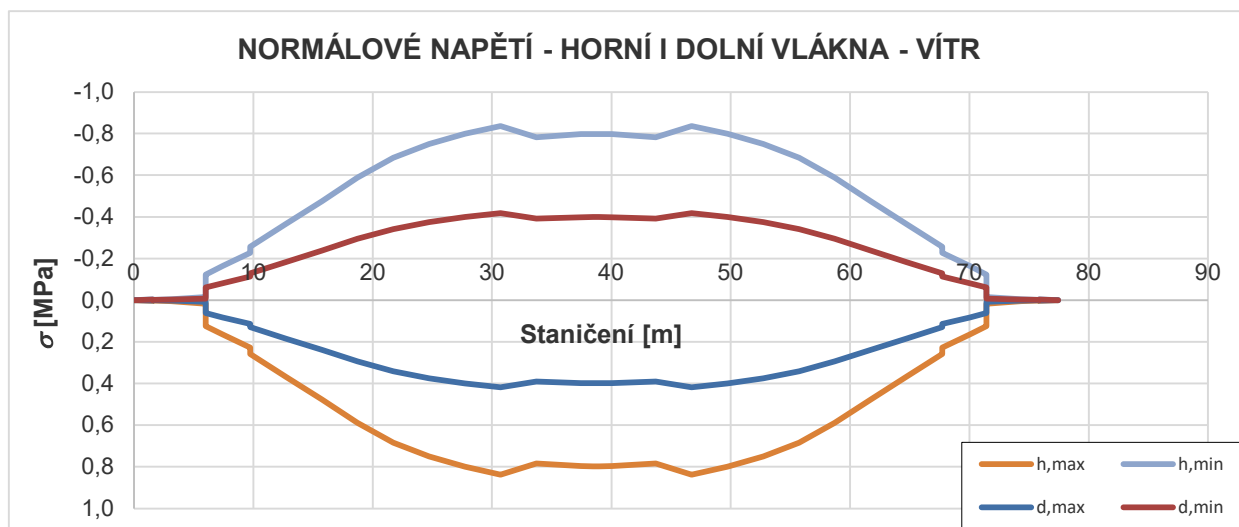


Normálová napětí ve stojkách:

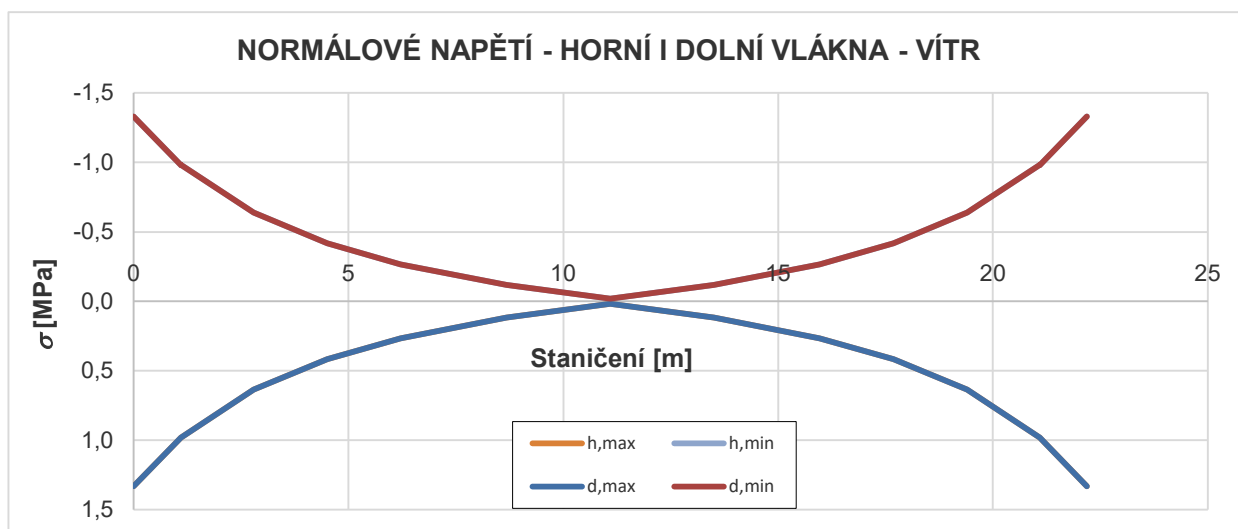


VÍTR:

Normálová napětí v mostovce:

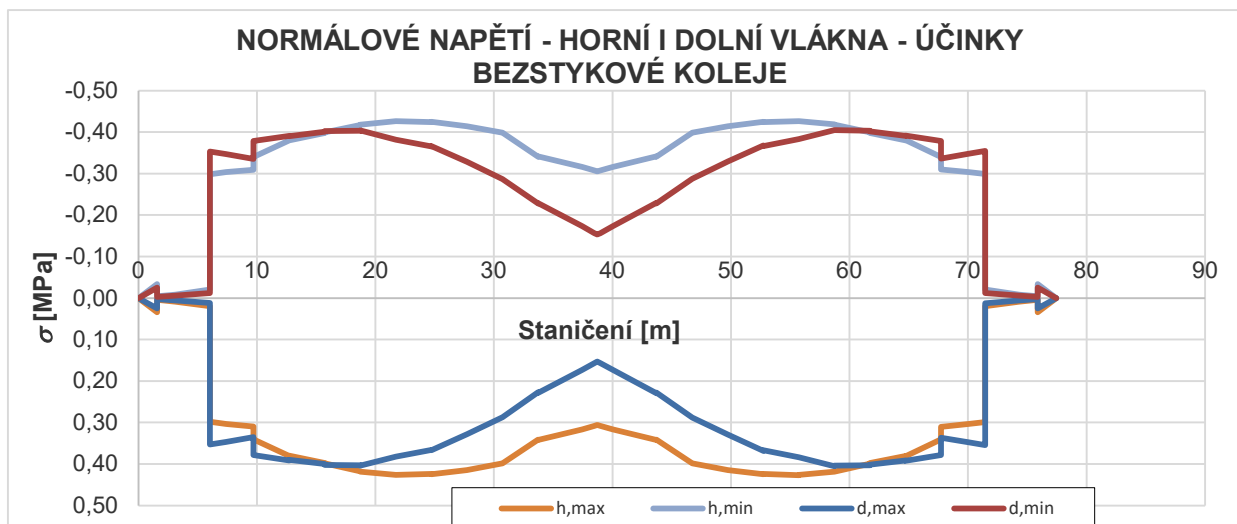


Normálová napětí ve stojkách:

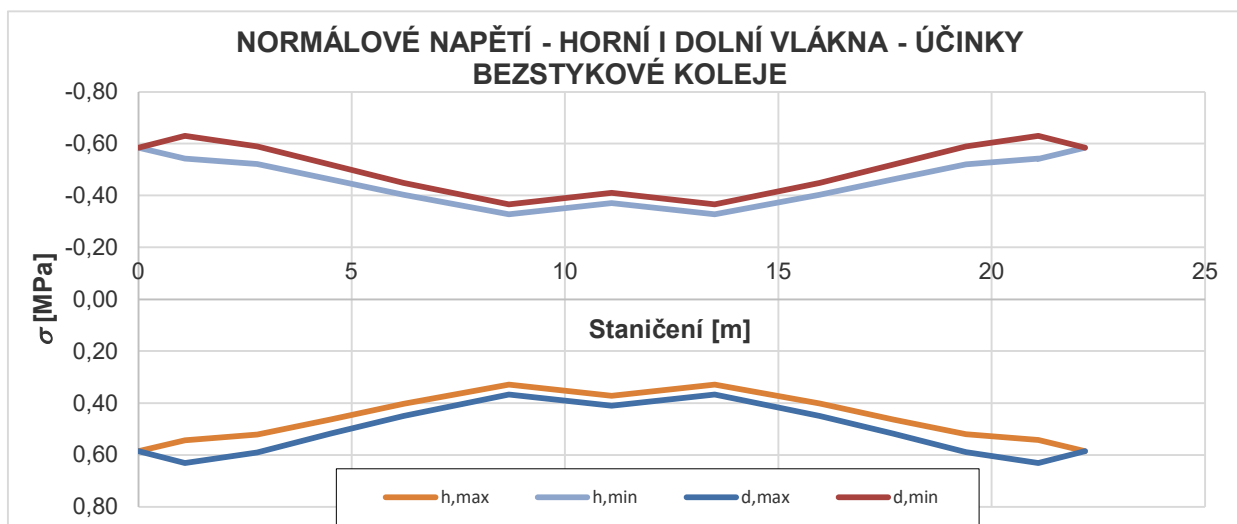


## ÚČINKY BEZSTYKOVÉ KOLEJE:

### Normálová napětí v mostovce:



### Normálová napětí ve stojkách:



## **6. PŘEDPĚTÍ**

### **6.1. MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ**

Uspořádání předpínací výztuže je v kapitole 2.3.

Údaje o předpínací oceli jsou v kapitole 3.3.

Průměr drátu uvažovaný ve výpočtu:  $\phi = 7,0$  mm

Maximální napětí předpínací výztuže při napínání:  $\sigma_{P,max} = 1052,0$  MPa

Předpokládaná doba podržení: 1,0 minuta

Podle původní dokumentace se jednotlivé kabely napínaly z obou stran současně.

### **6.2. ZTRÁTY TŘENÍM**

Ztráty vyvozené třením  $\Delta P_{\mu}(x)$  se u dodatečně napínaných kabelů stanoví ze vztahu:

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_{\max}(1 - e^{-\mu(\vartheta + kx)}) \quad , \text{ kde:}$$

- $\vartheta$  je součet úhlových posuvů na délce  $x$  (bez ohledu na směr a znaménko),
- $\mu$  je součinitel tření mezi předpínací vložkou a jejím kanálkem,
- $k$  je nezamýšlený uhlový posun vnitřní předpínací vložky (na jednotku délky),
- $x$  je vzdálenost měřená podél předpínací vložky od místa, kde se předpínací síla rovná  $P_{\max}$  (síla na napínaném konci při napínání).

Hodnoty tření uvažujeme podle [ 7 ] takto:

$\mu = 0,17$  (dráty tažené za studena, které vyplní asi polovinu kanálku),

$k = 0,005/\text{m}$  až  $0,01/\text{m}$  ... volíme:  $k = 0,0075$  /m

### **6.3. ZTRÁTY POKLUZEM**

Uvažovaný pokluz v kotvě:  $u = 5,0$  mm

### **6.4. ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM**

Ztrátu předpětí vlivem postupného napínání stanovíme pomocí následujícího vztahu:

$$\Delta P_{el} = A_P \cdot E_P \cdot \Sigma \left[ \frac{j \cdot \Delta \sigma_C(t)}{E_{cm}(t)} \right] \quad , \text{ kde:}$$

$\Delta\sigma_C$  je změna napětí v těžišti předpínacích vložek uvažovaná v okamžiku  $t$ ,  
 $j$  je koeficient rovný:

$j = (n - 1)/2n$  , kde  $n$  je počet stejných předpínacích vložek postupně napínaných; přibližně lze uvažovat  $j$  hodnotou 1/2:  
 $j = 1$  pro změny vyvzené stálými zatíženími působícími po předpínání.

$$n = 5$$

$$j = \frac{4}{10} = 0,400$$

## 6.5. DLOUHODOBÉ ZTRÁTY

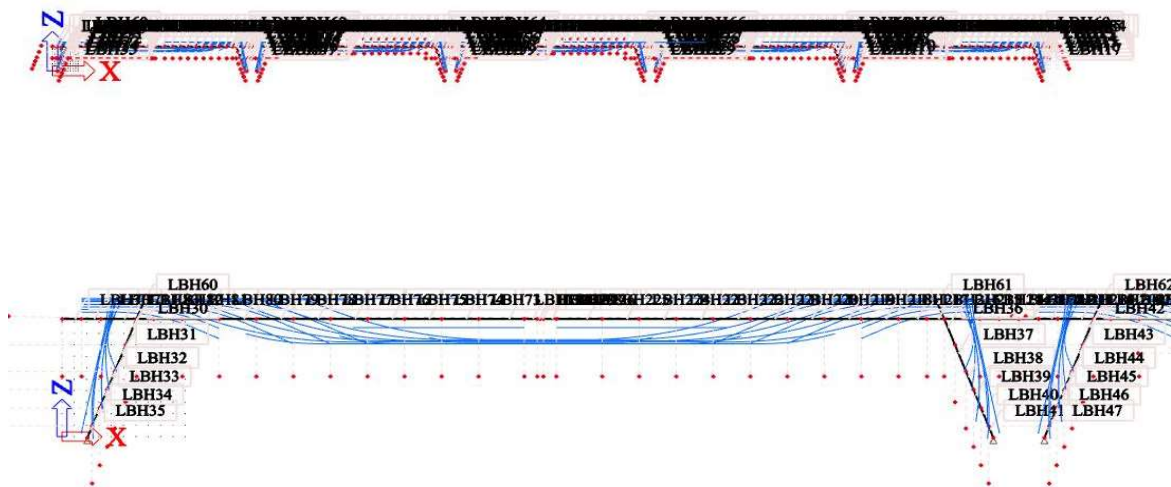
Relaxační třída předpínací výztuže: 1 (dráty a lana s normální relaxací)

## 6.6. VÝPOČETNÍ MODELY

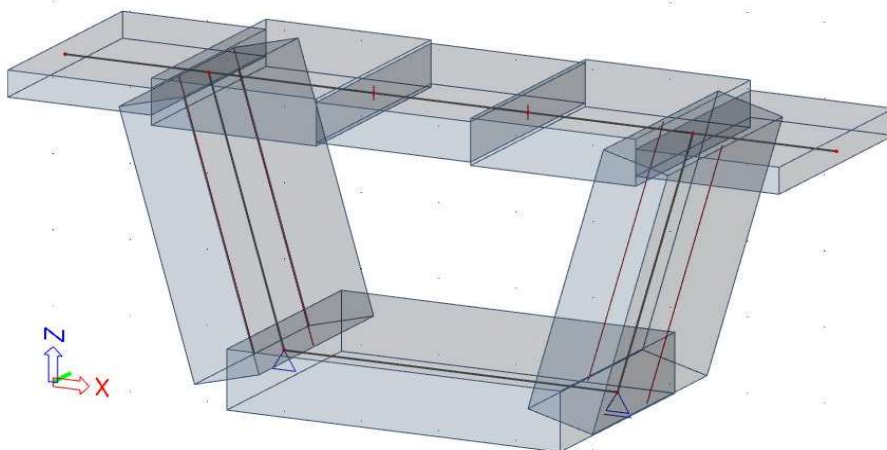
Pro výpočet účinků dlouhodobých zatížení včetně předpětí a postupu výstavby byl sestaven následující model řešený modulem TDA.

Model obsahuje celý most, tzn. Všech pět rámových konstrukcí. Ve výpočtu se v maximální možné míře uvažoval postup výstavby odvozený z dokumentace pořízené během realizace mostu (protokoly o zkouškách betonu, napínací protokoly). Uvažovala se postupná výstavba nejen v podélném směru, ale i po výšce příčného řezu (dolní deska, stěny, horní deska).

Podrobnosti jsou archivovány u zpracovatele výpočtu.



Stěny komorové nosné konstrukce jsou svisle předepruty pomocí dvoustřížných třmínků z 12  $\phi$  P7. Uspořádání předpínací výztuže v jednotlivých lamelách nosné konstrukce se liší; pro každý typ příčného řezu byl vytvořen jeden model řešený modulem TDA. Podrobnosti jsou archivovány u zpracovatele výpočtu.



## **6.7. VÝSLEDKY TDA**

### **6.7.1. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ**

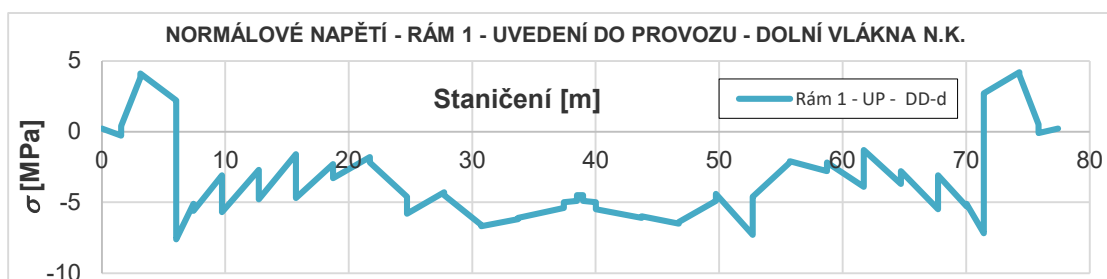
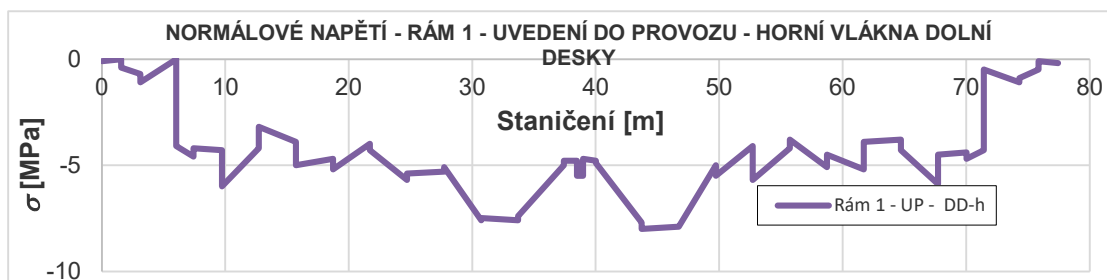
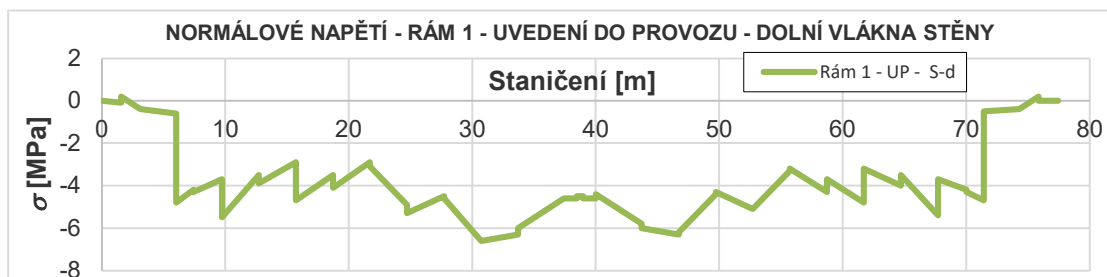
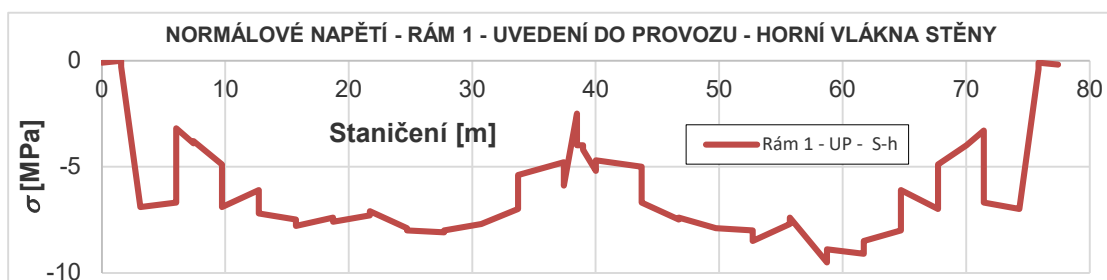
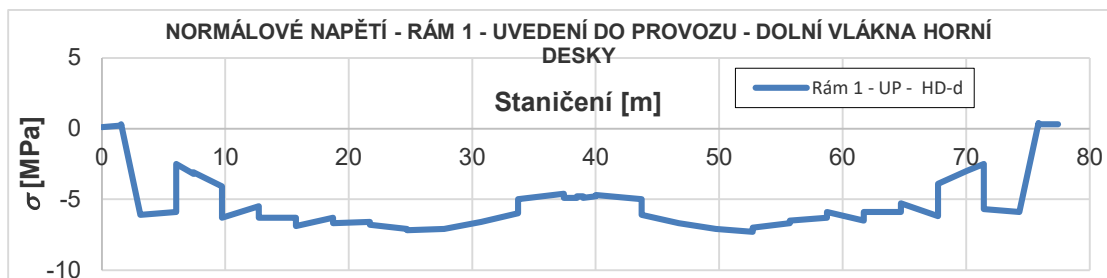
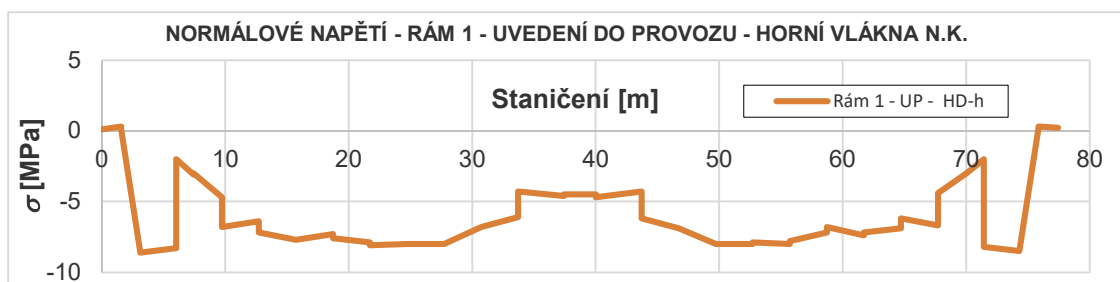
#### **6.7.1.1. Normálová napětí v podrobných vláknech průřezů**

V následujících grafech jsou vynesena normálová napětí pro jednotlivé rámové konstrukce (č. 1 až 5) a pro časy uvedení do provozu a na konci životnosti v následujících vláknech -

- horní vlákna nosné konstrukce,
- dolní vlákna horní desky,
- horní vlákna stěn,
- dolní vlákna stěn,
- horní vlákna dolní desky,
- dolní vlákna nosné konstrukce.

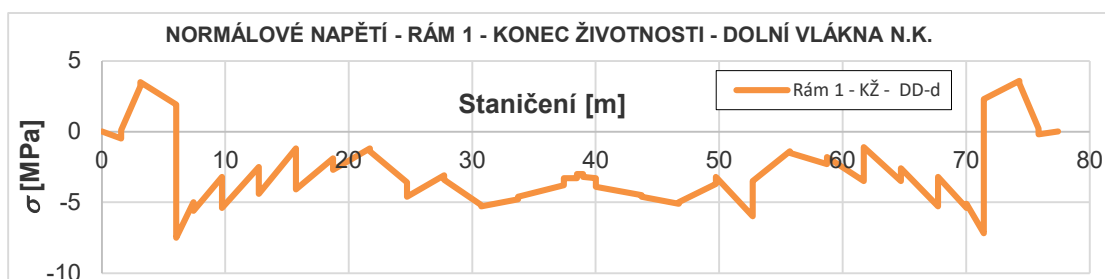
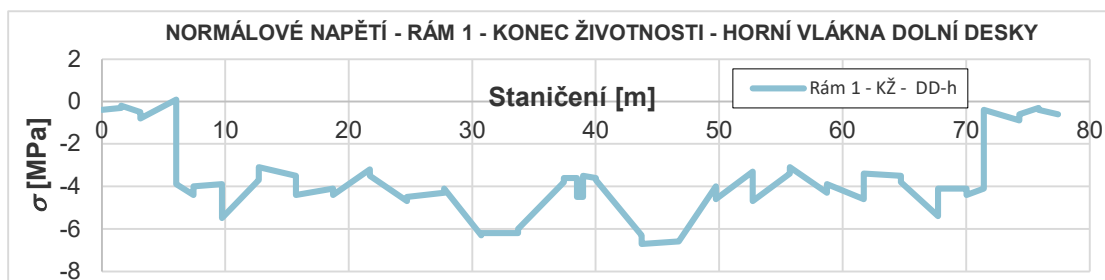
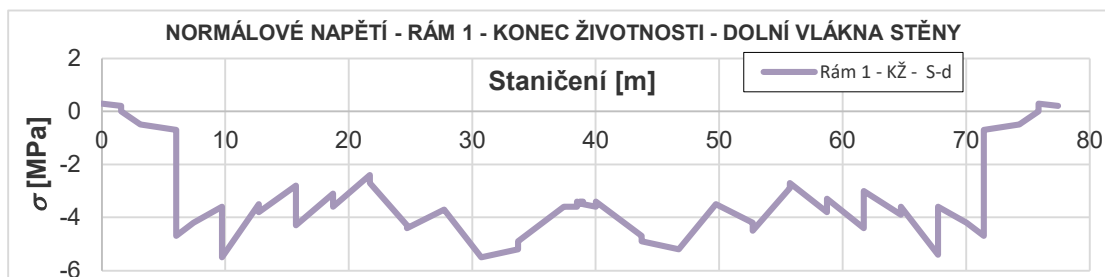
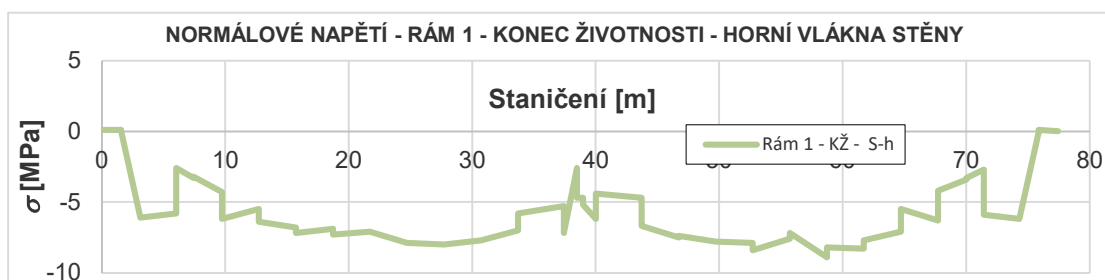
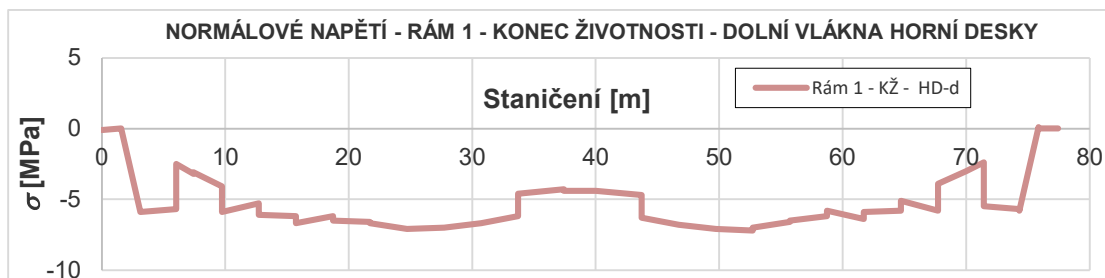
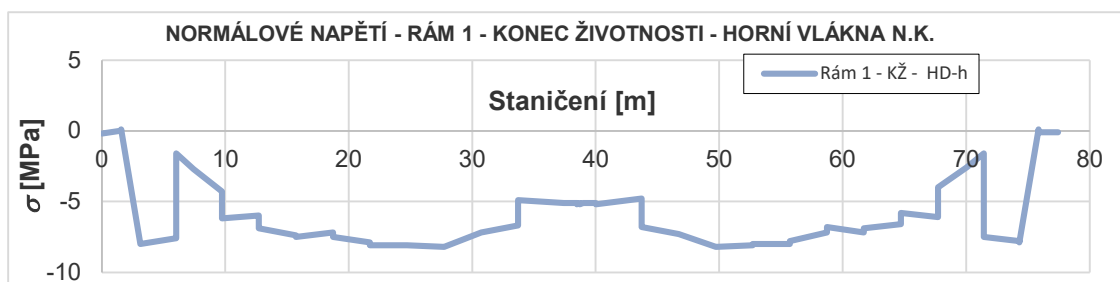
U rámu č. 3 jsou pro porovnání vynášena normálová napětí v horních a v dolních vláknech nosné konstrukce ještě i v čase přepočtu (rok 2020).

## Mostovka - rám 1 - uvedení do provozu

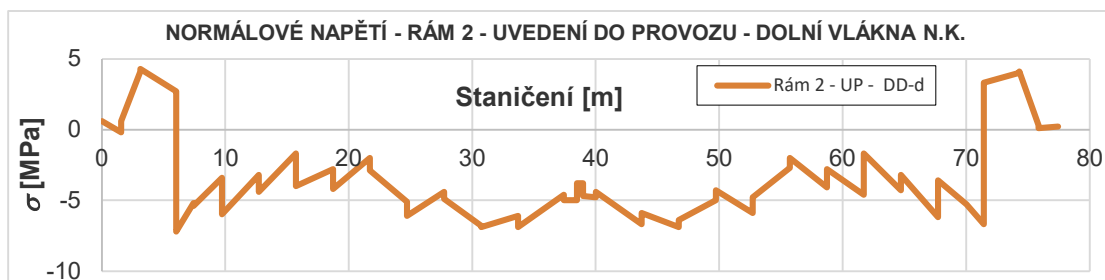
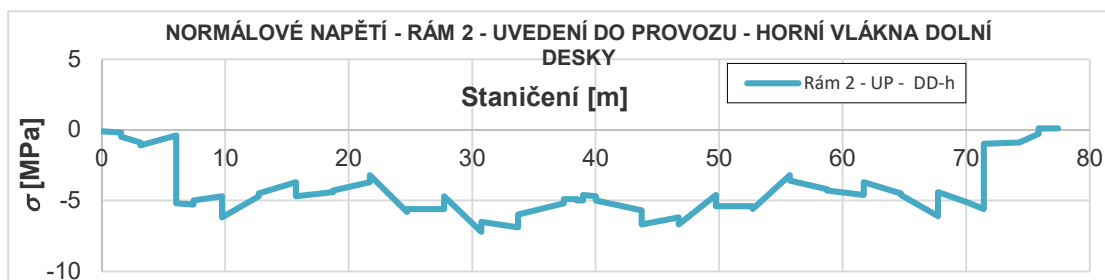
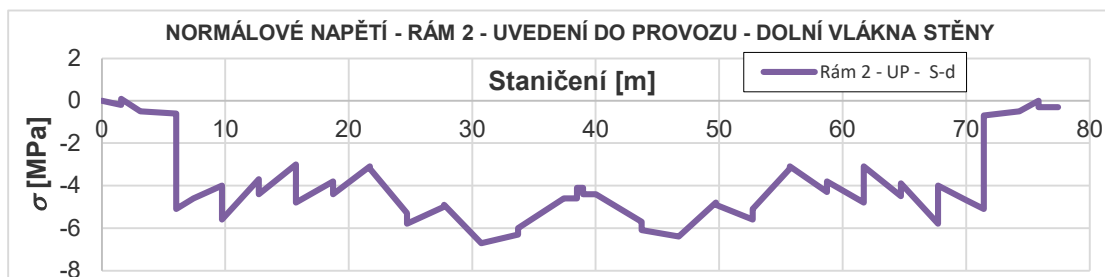
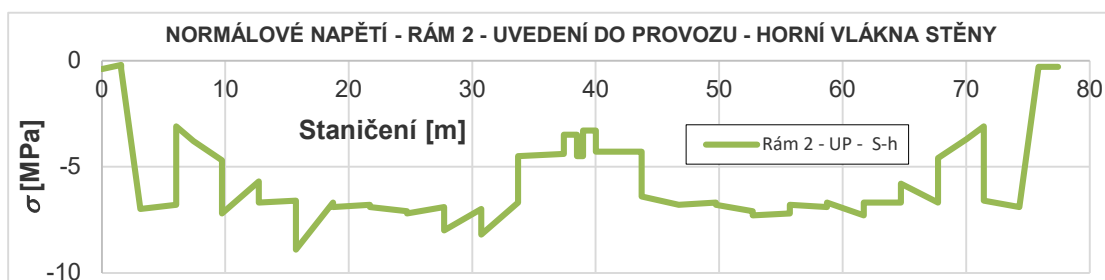
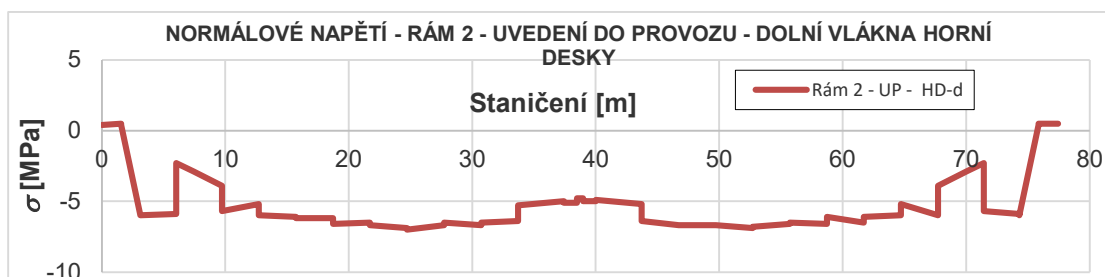
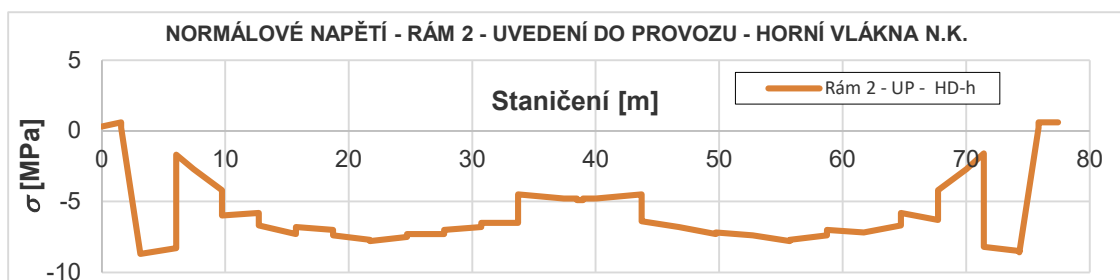




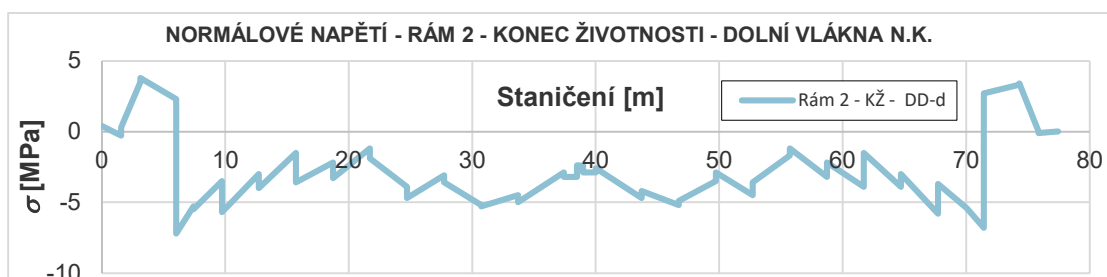
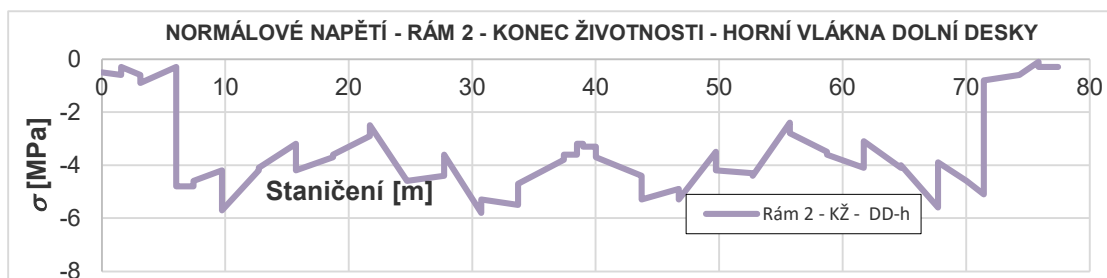
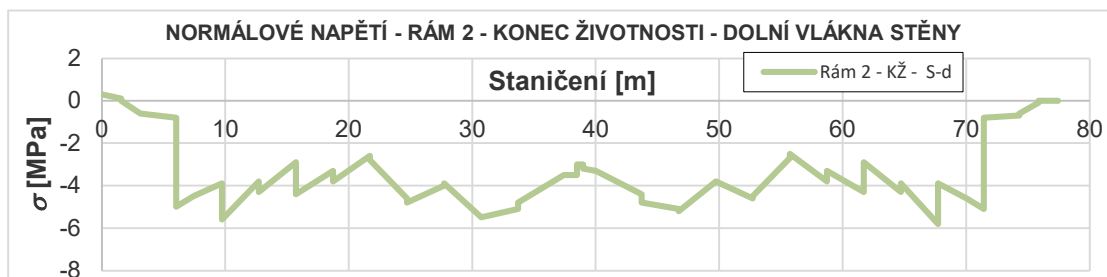
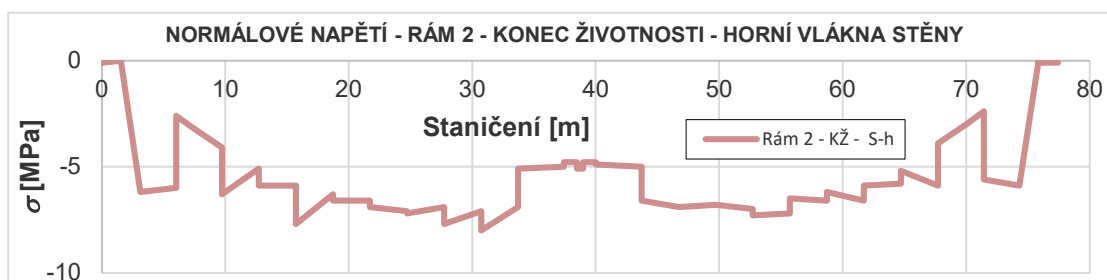
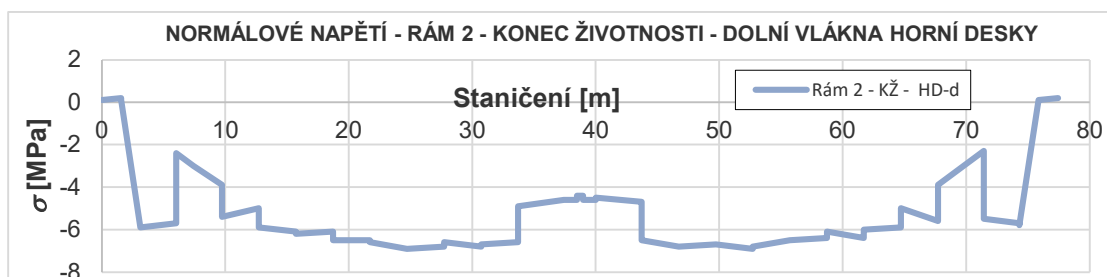
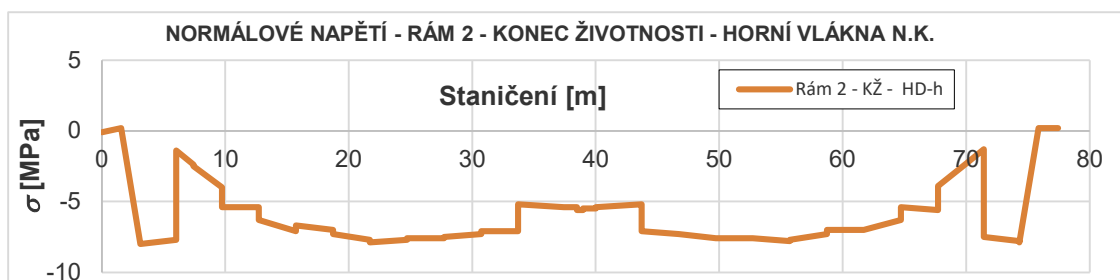
## Mostovka - rám 1 - konec životnosti



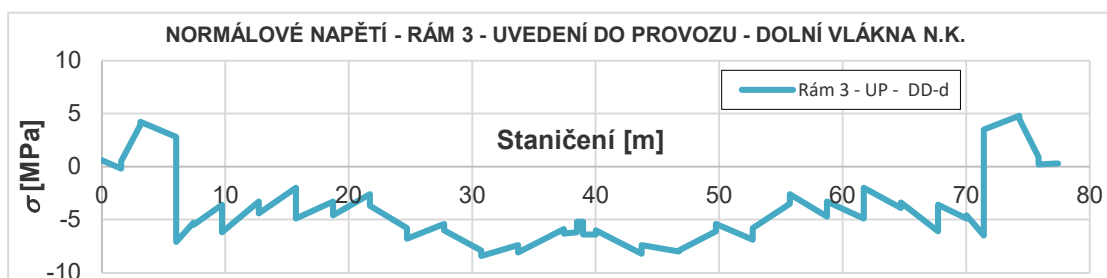
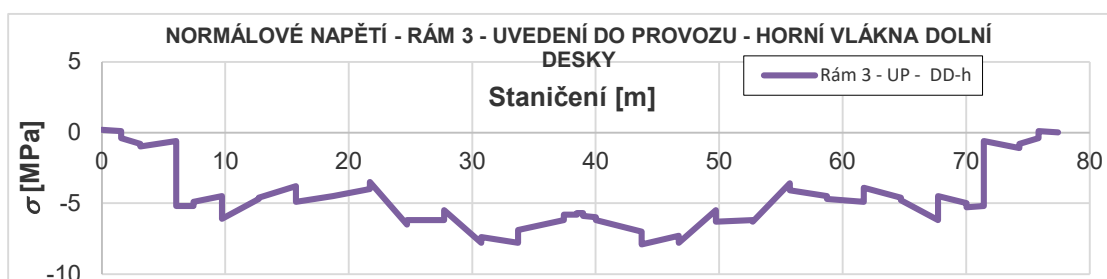
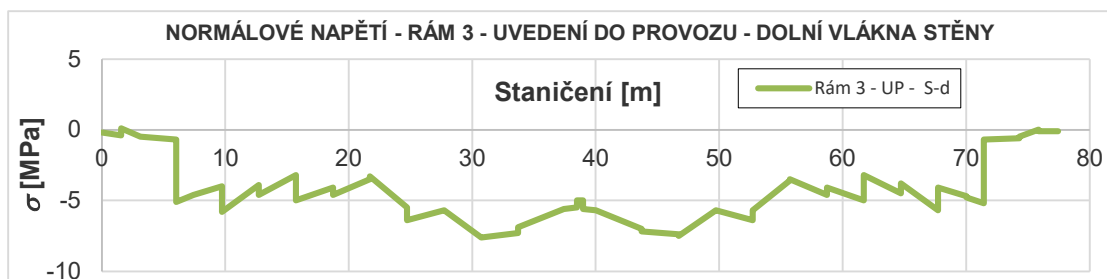
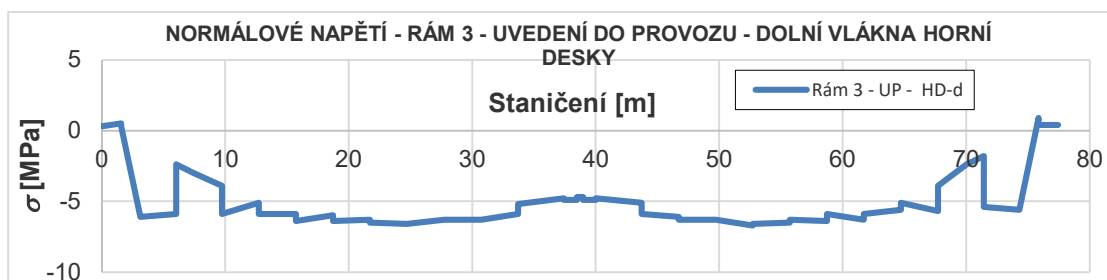
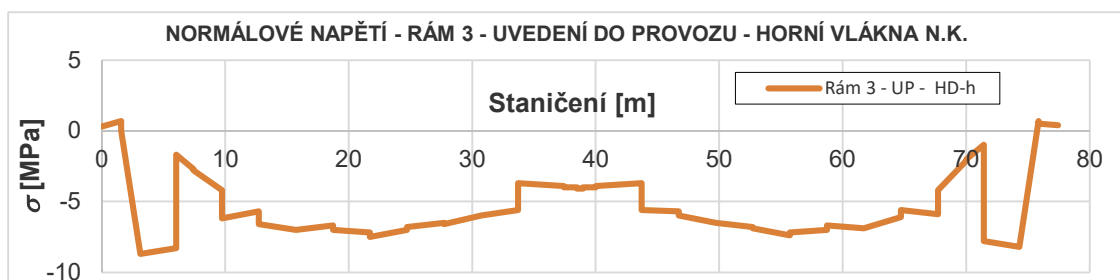
## Mostovka - rám 2 - uvedení do provozu



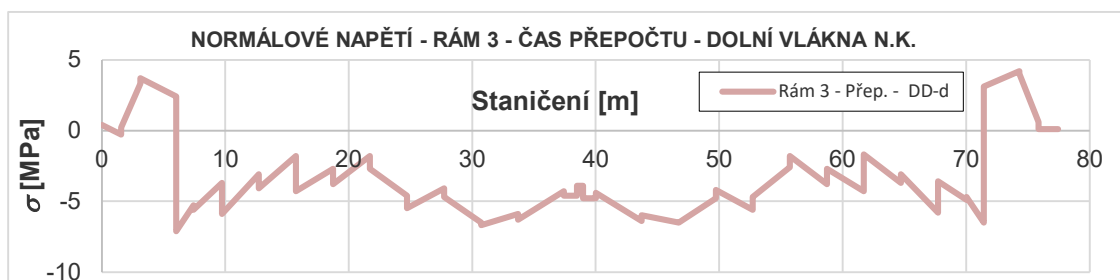
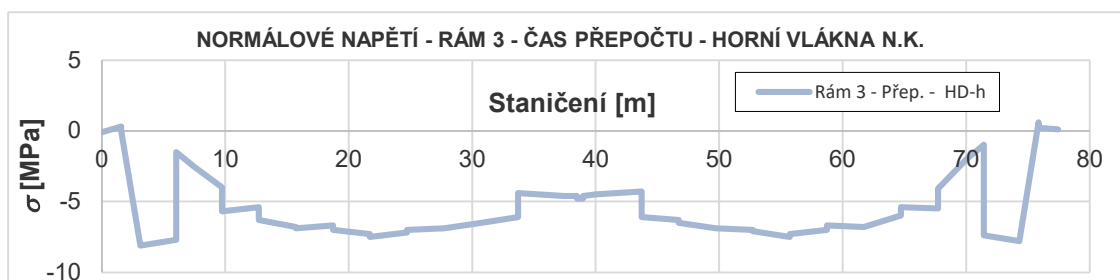
## Mostovka - rám 2 - konec životnosti



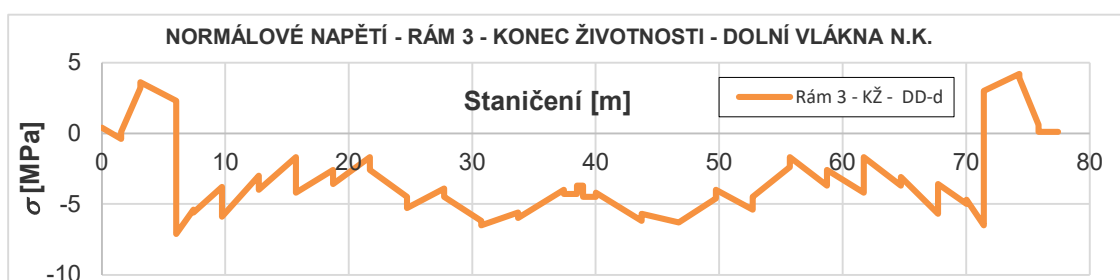
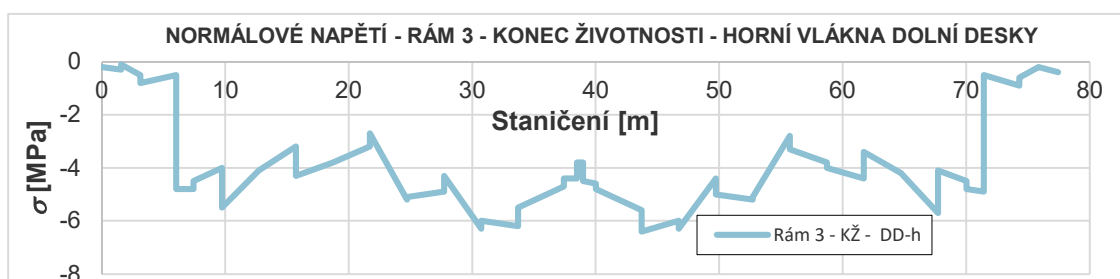
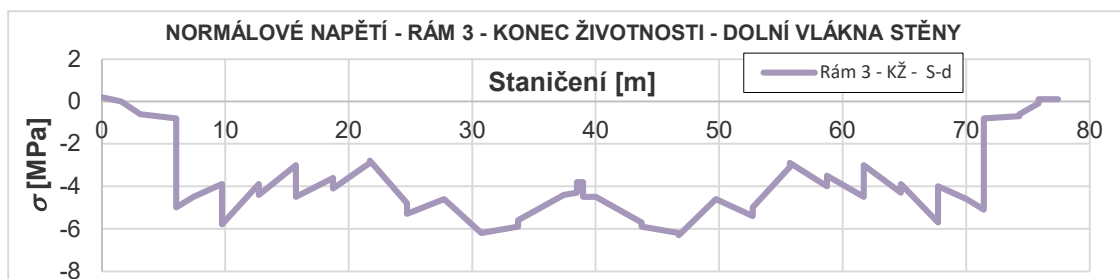
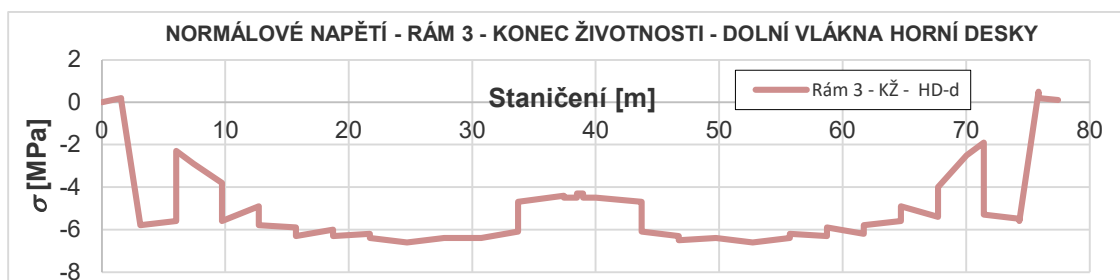
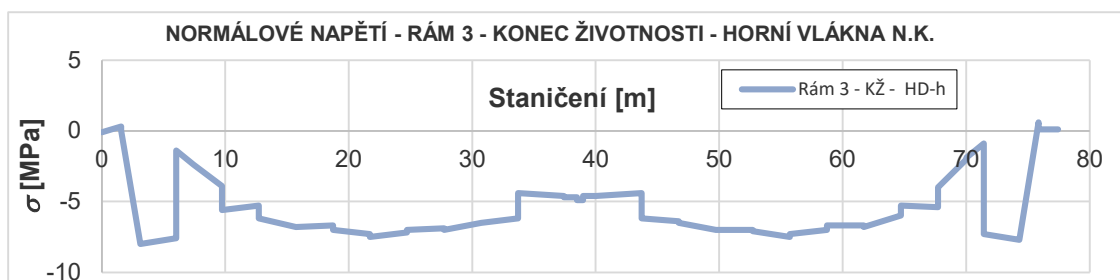
## Mostovka - rám 3 - uvedení do provozu



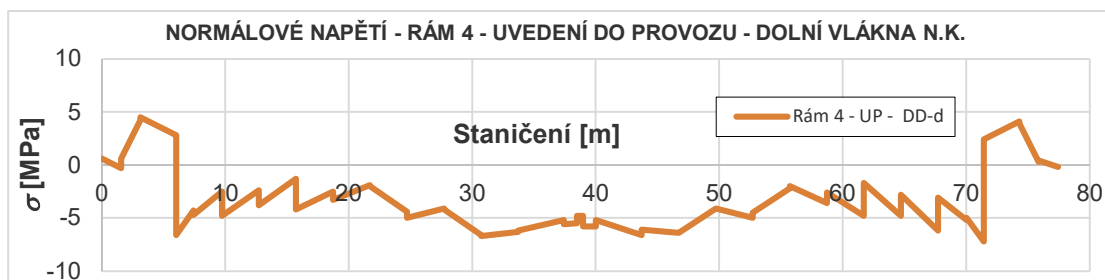
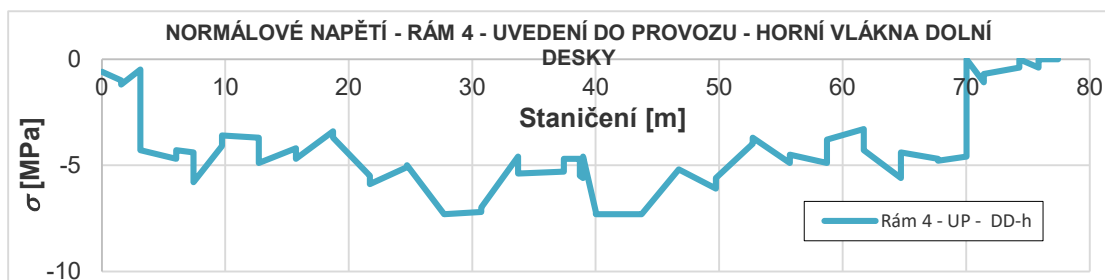
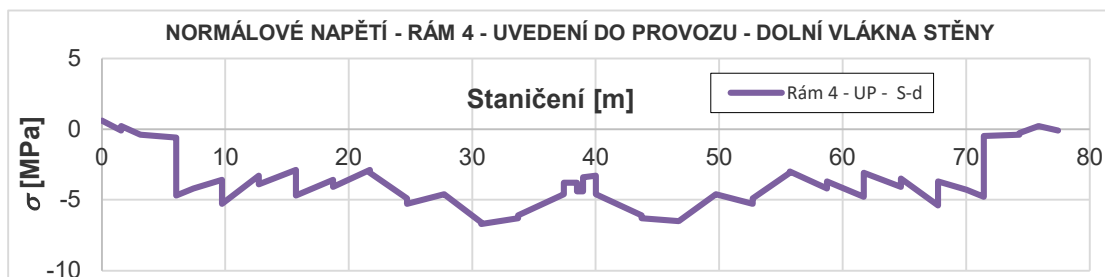
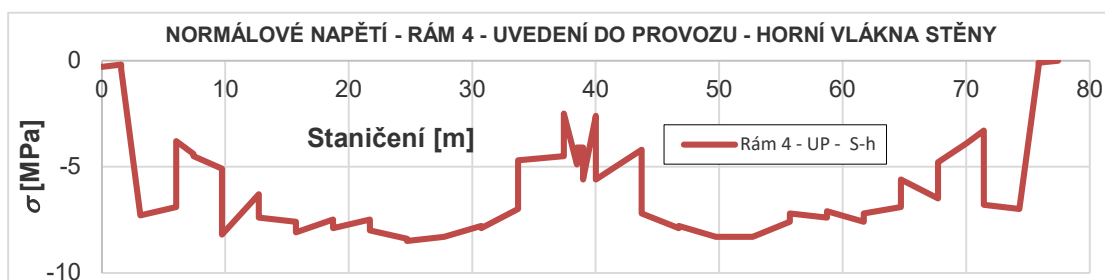
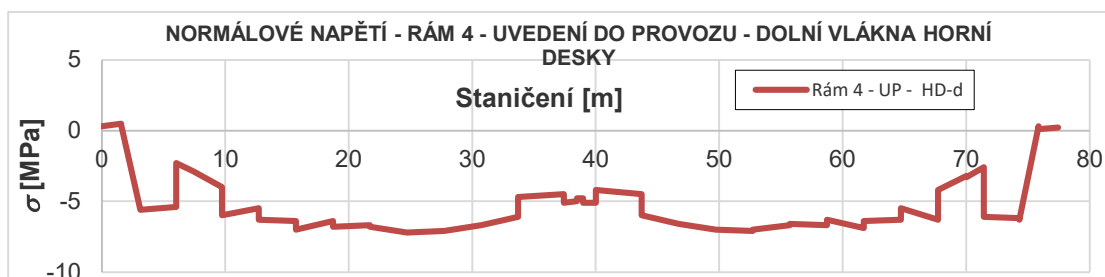
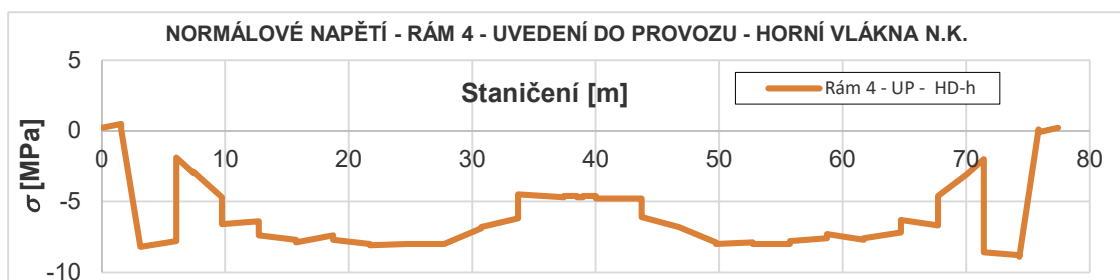
## Mostovka - rám 3 - čas přepočtu



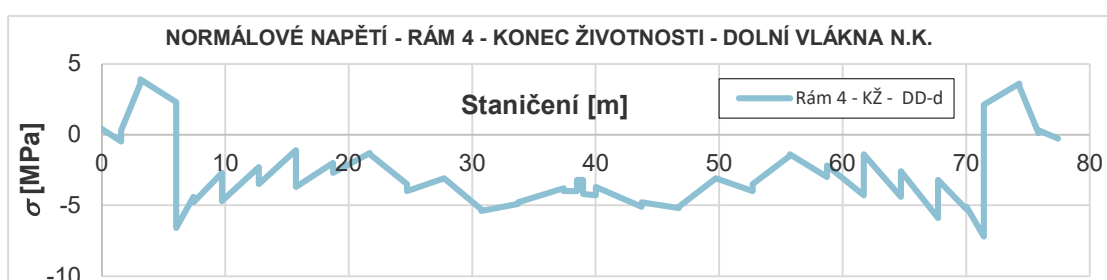
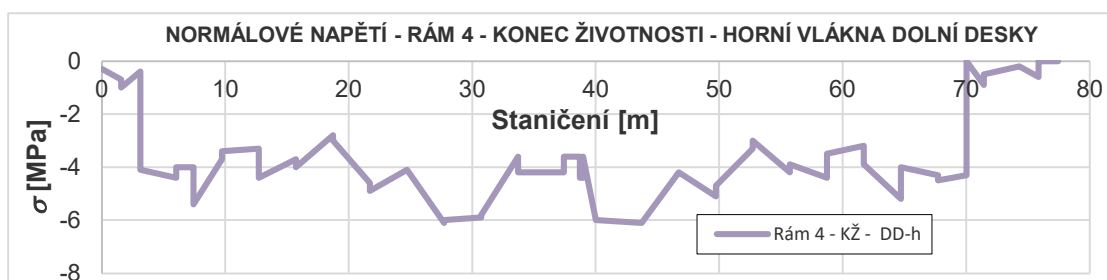
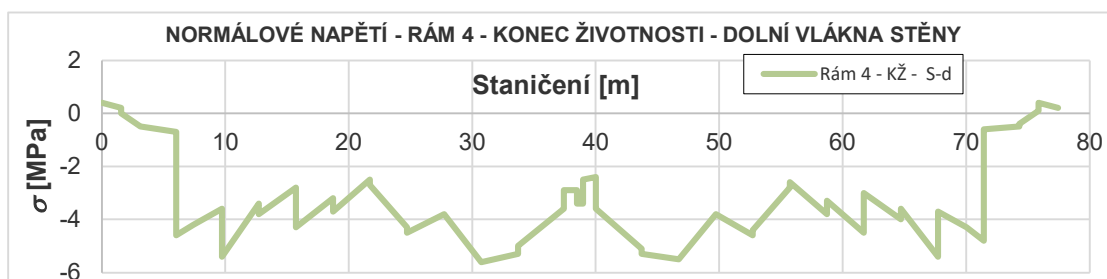
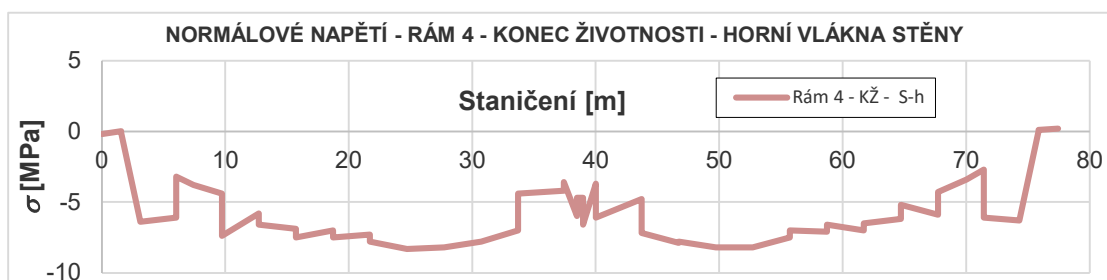
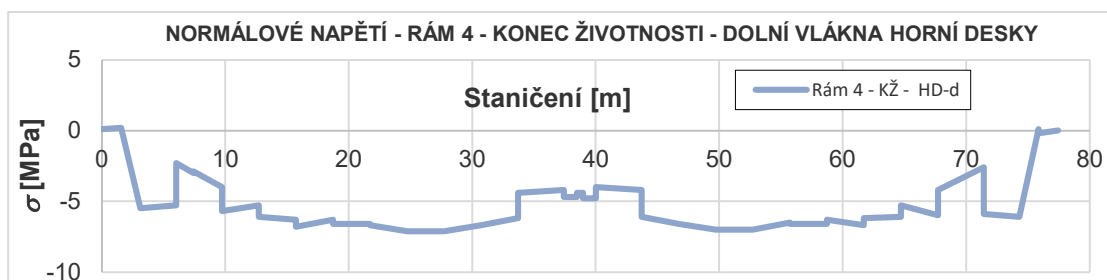
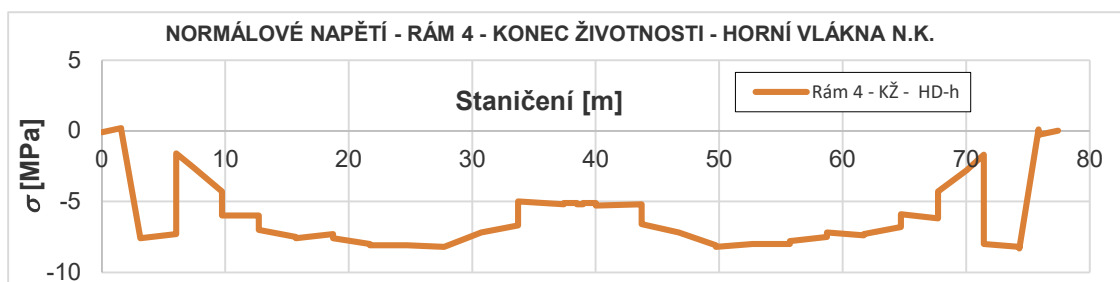
## Mostovka - rám 3 - konec životnosti



## Mostovka - rám 4 - uvedení do provozu

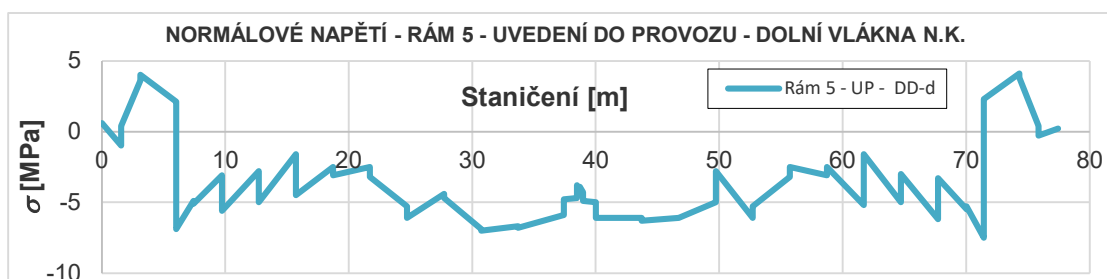
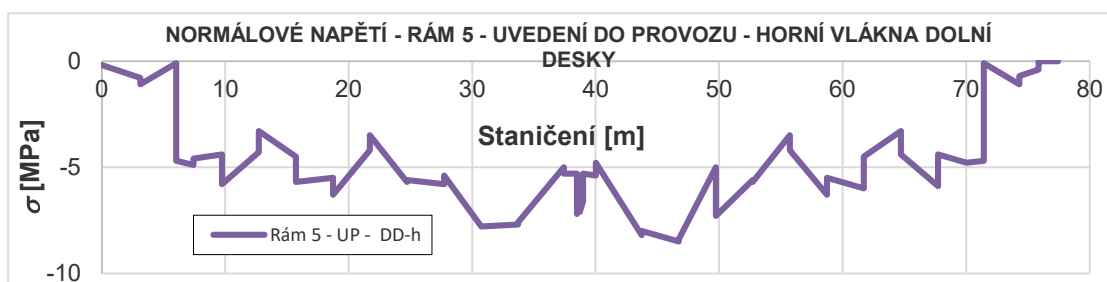
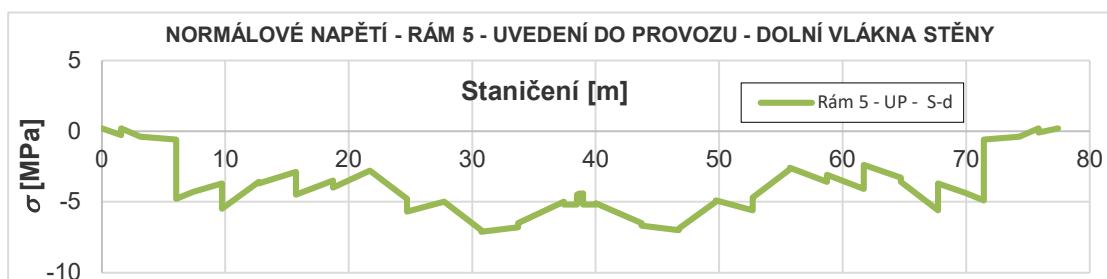
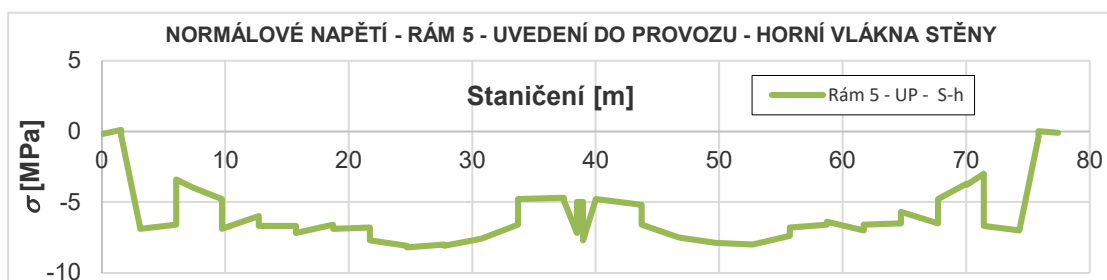
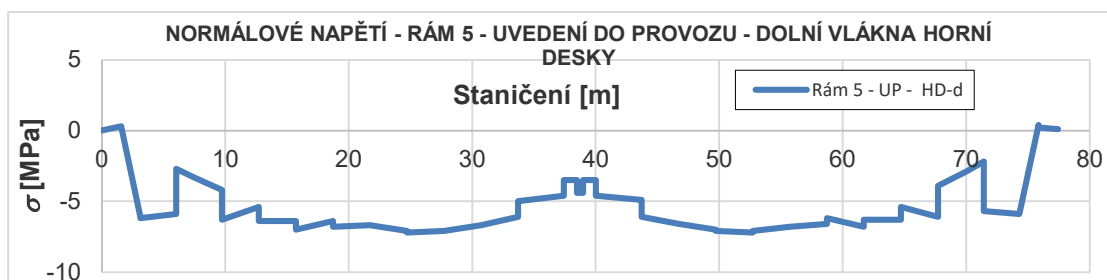
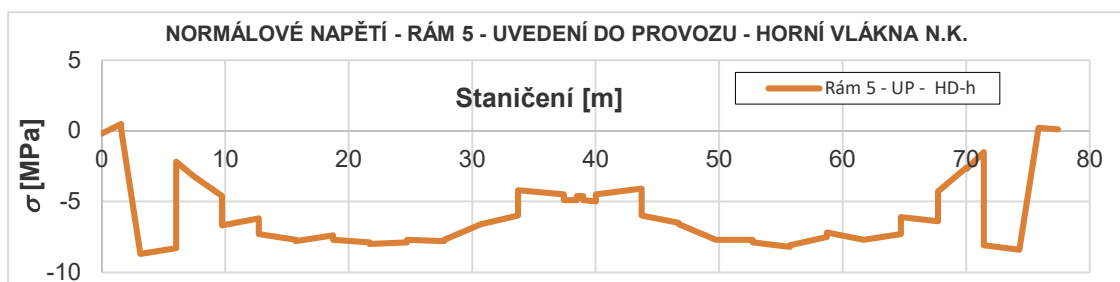


## Mostovka - rám 4 - konec životnosti

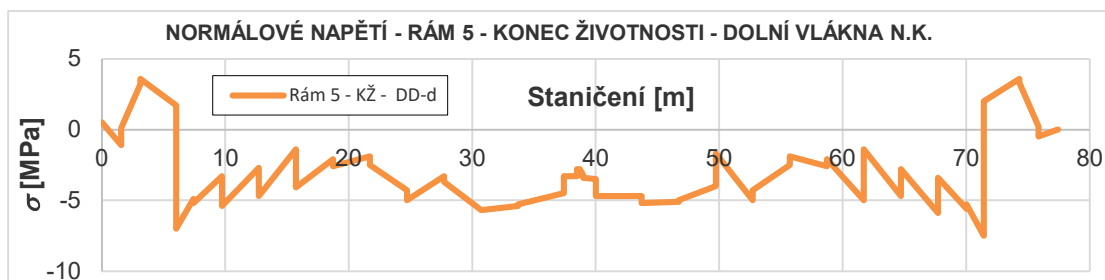
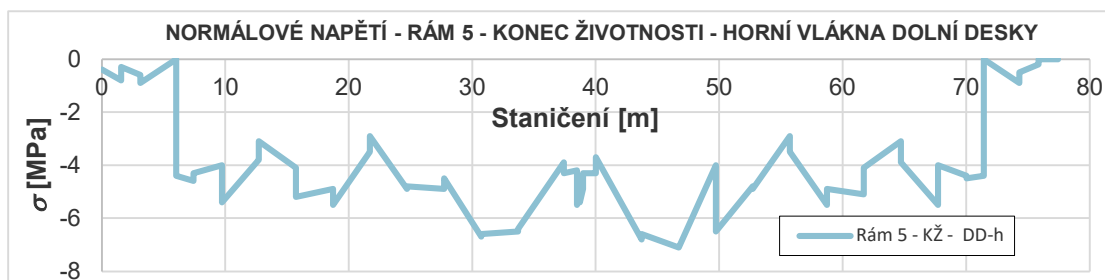
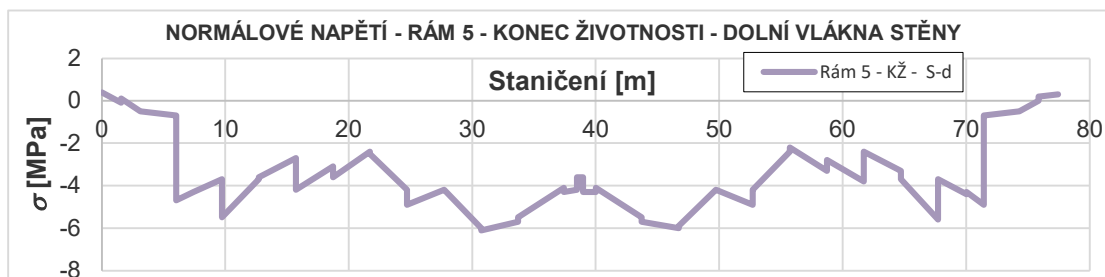
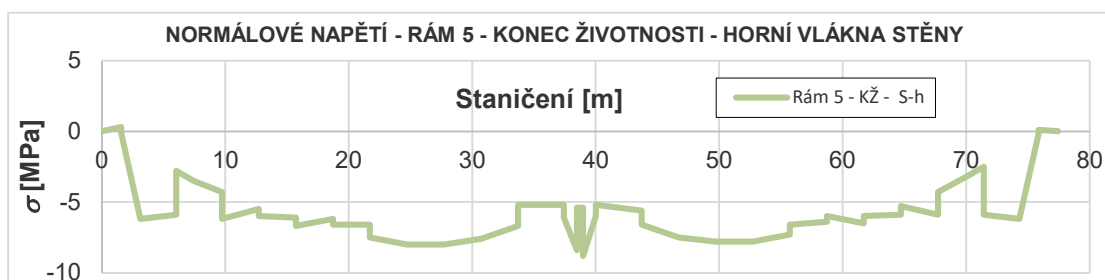
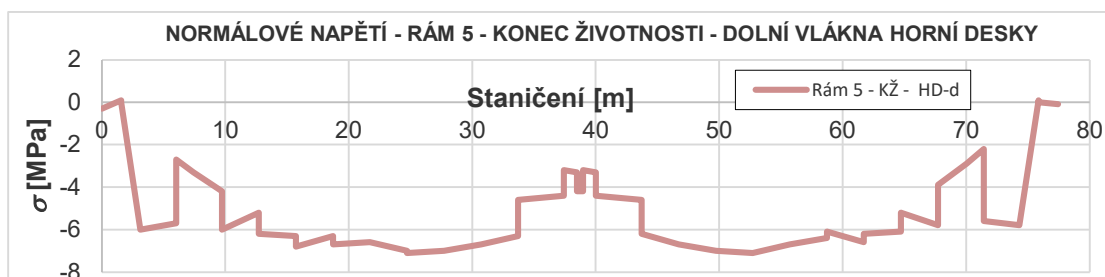
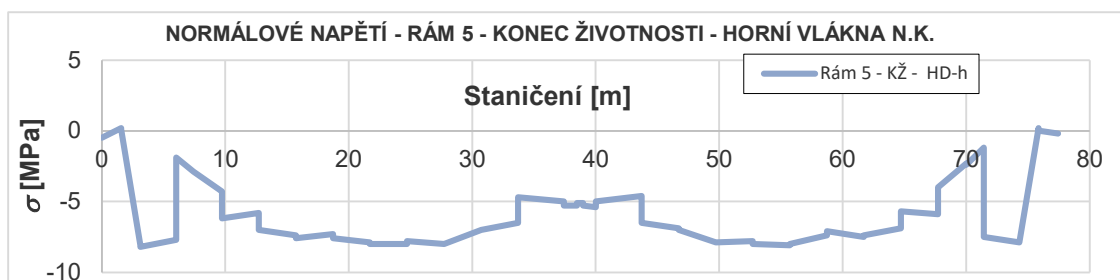




## Mostovka - rám 5 - uvedení do provozu

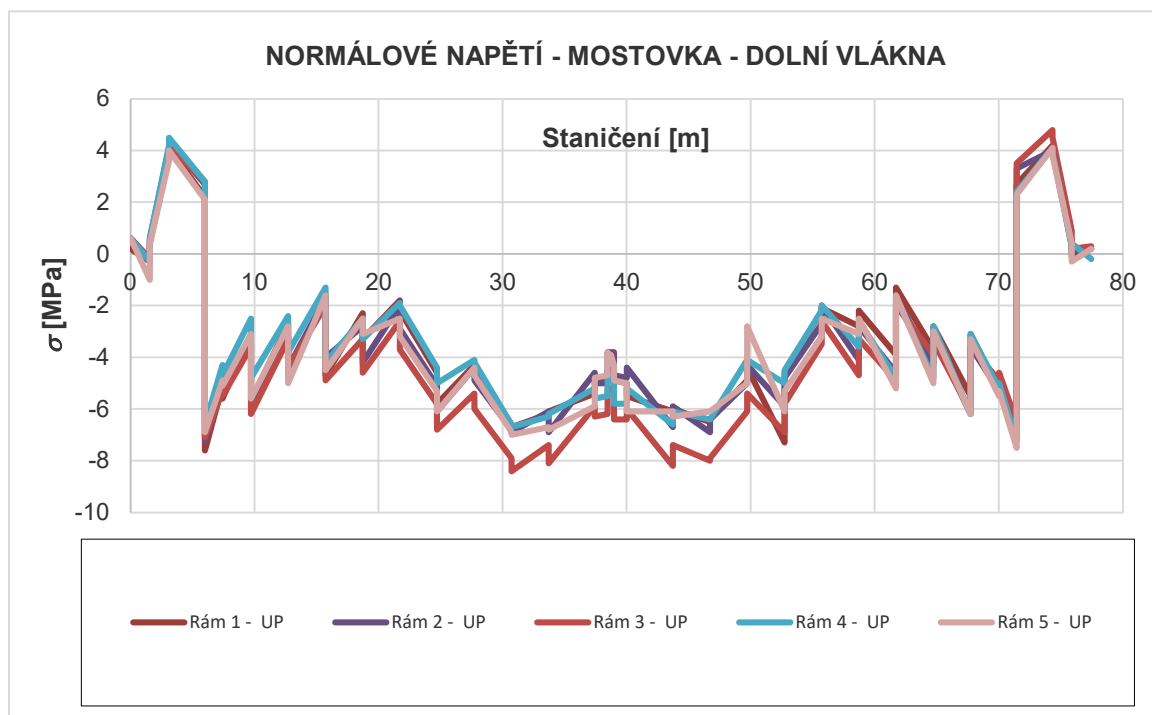
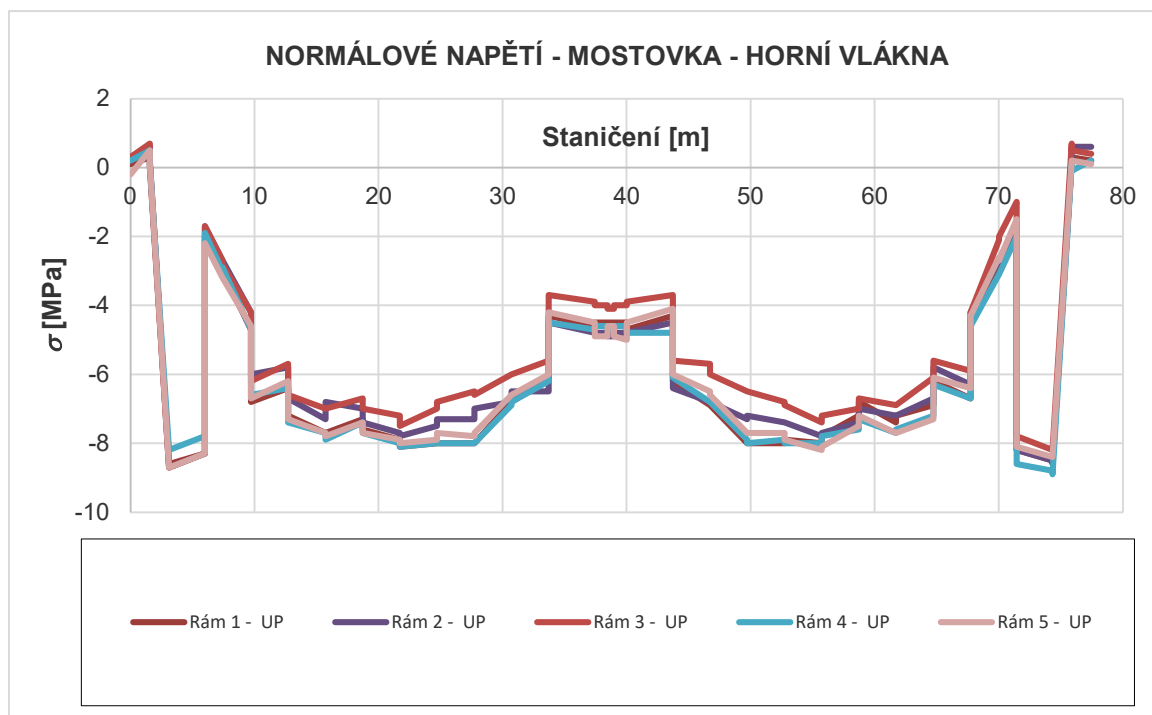


## Mostovka - rám 5 - konec životnosti

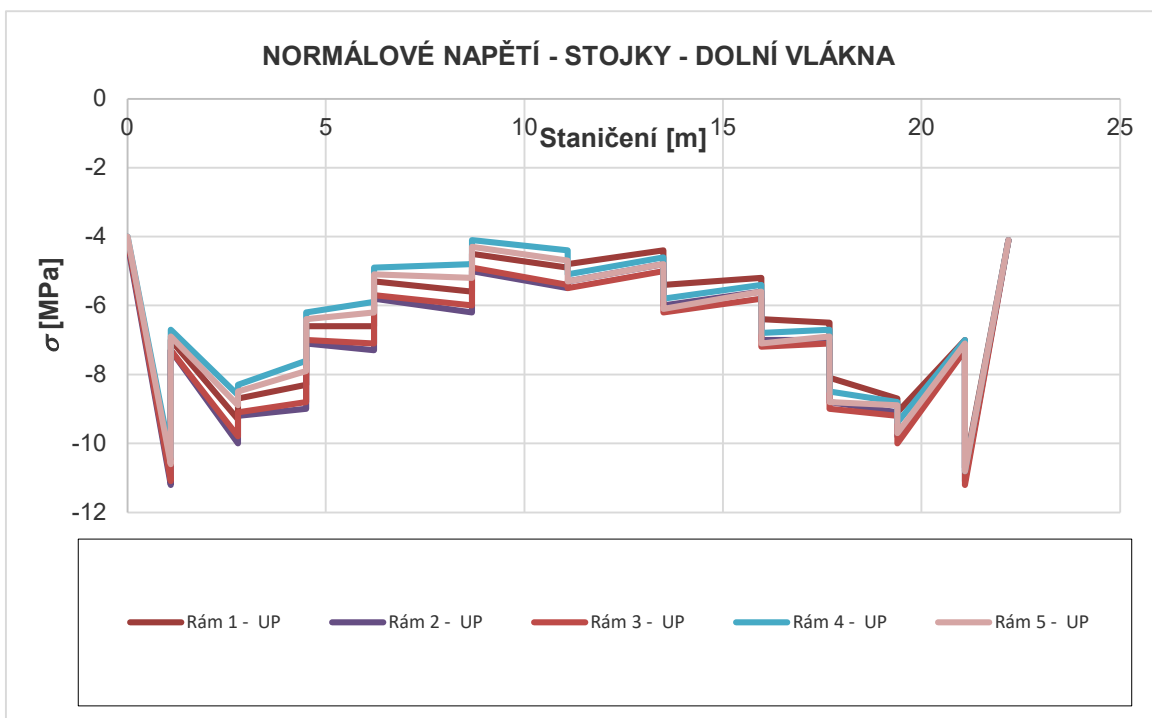
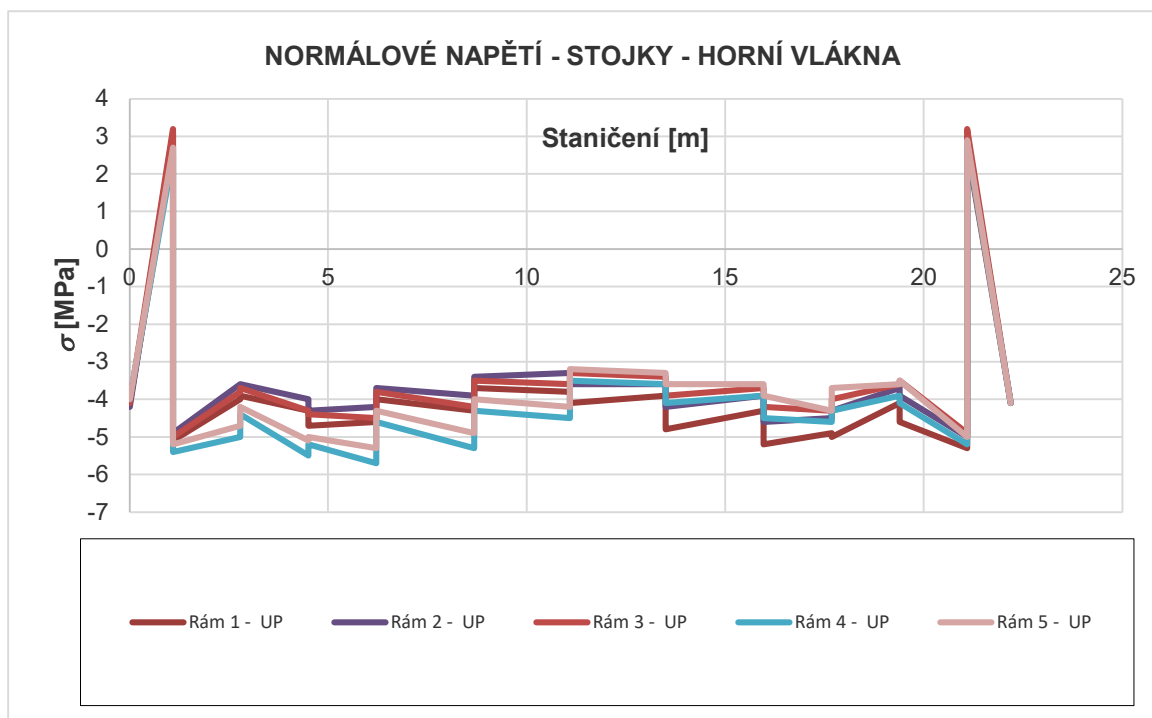


### 6.7.1.2. Normálová napětí v horních a v dolních vláknech n.k.

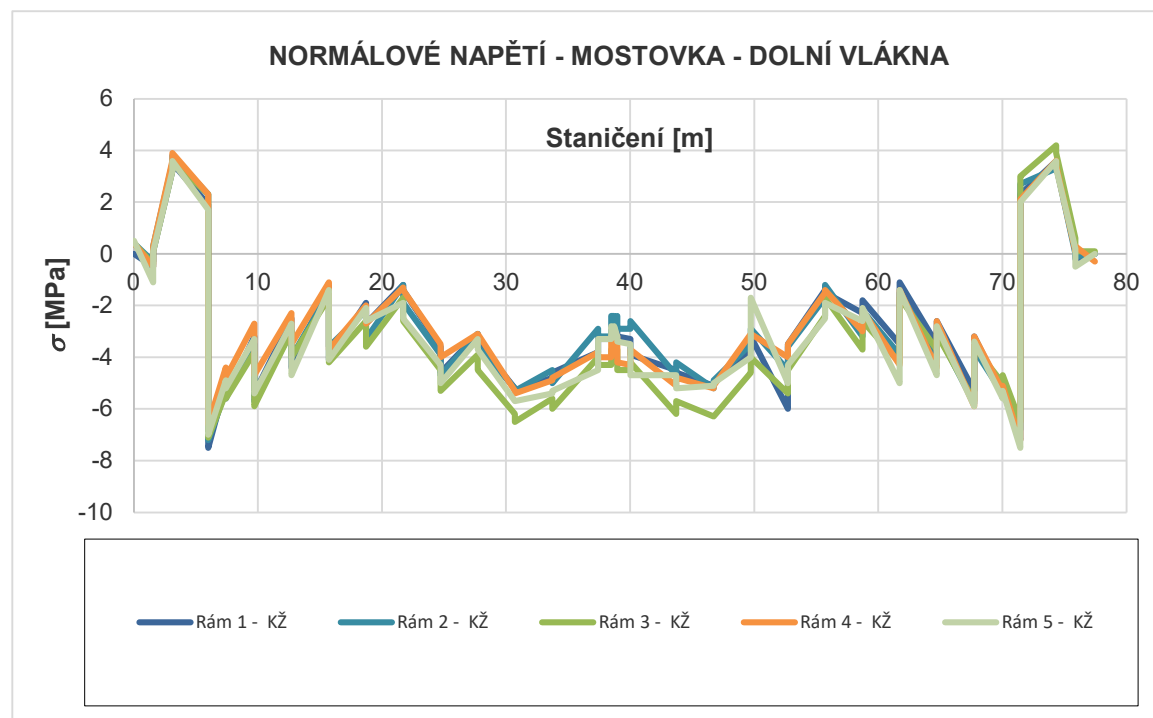
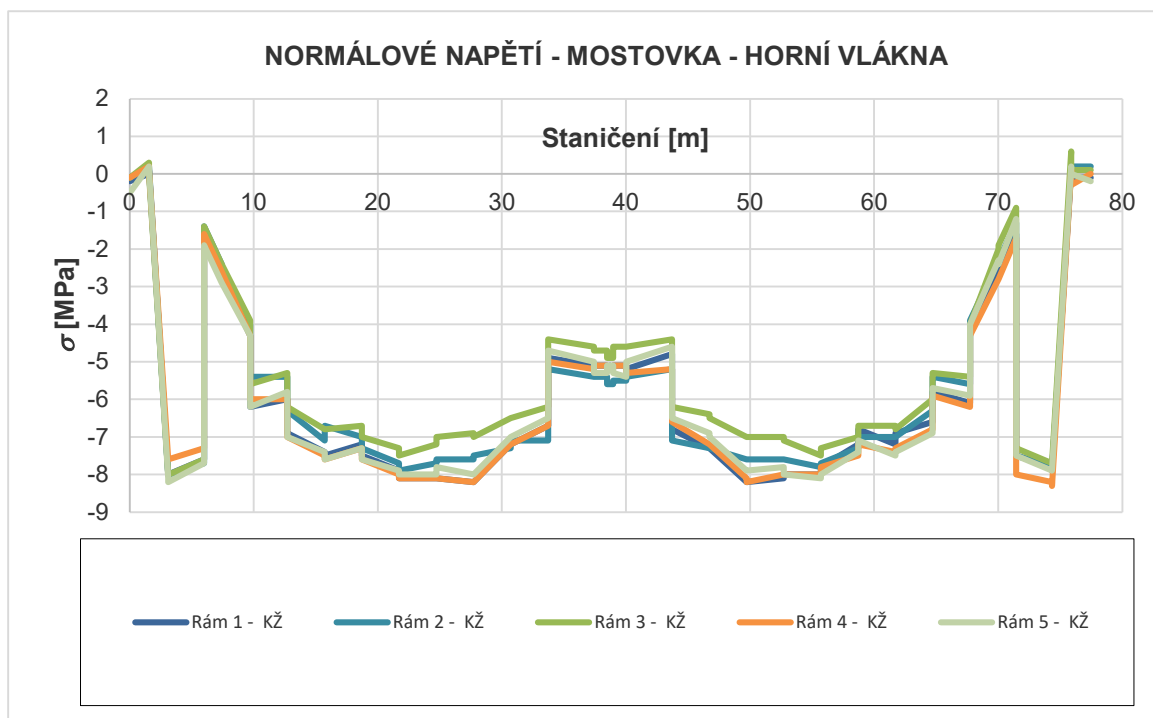
Horní a dolní vlákna mostovky - normálové napětí ve všech rámech v době uvedení do provozu:



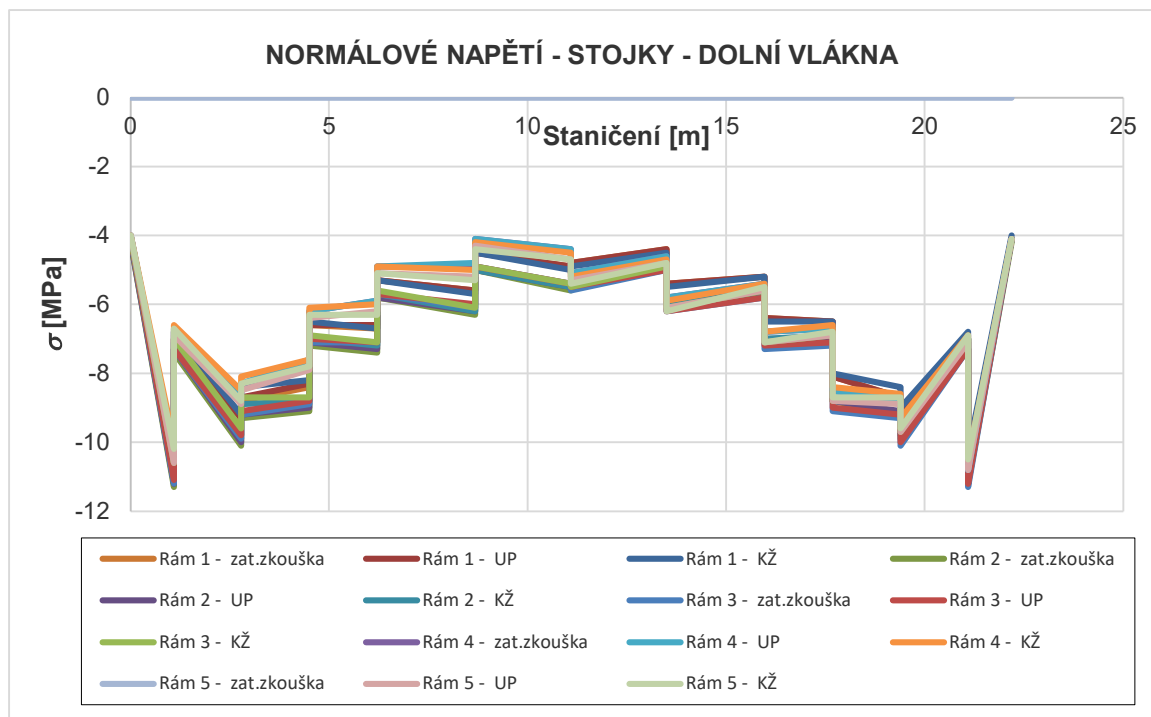
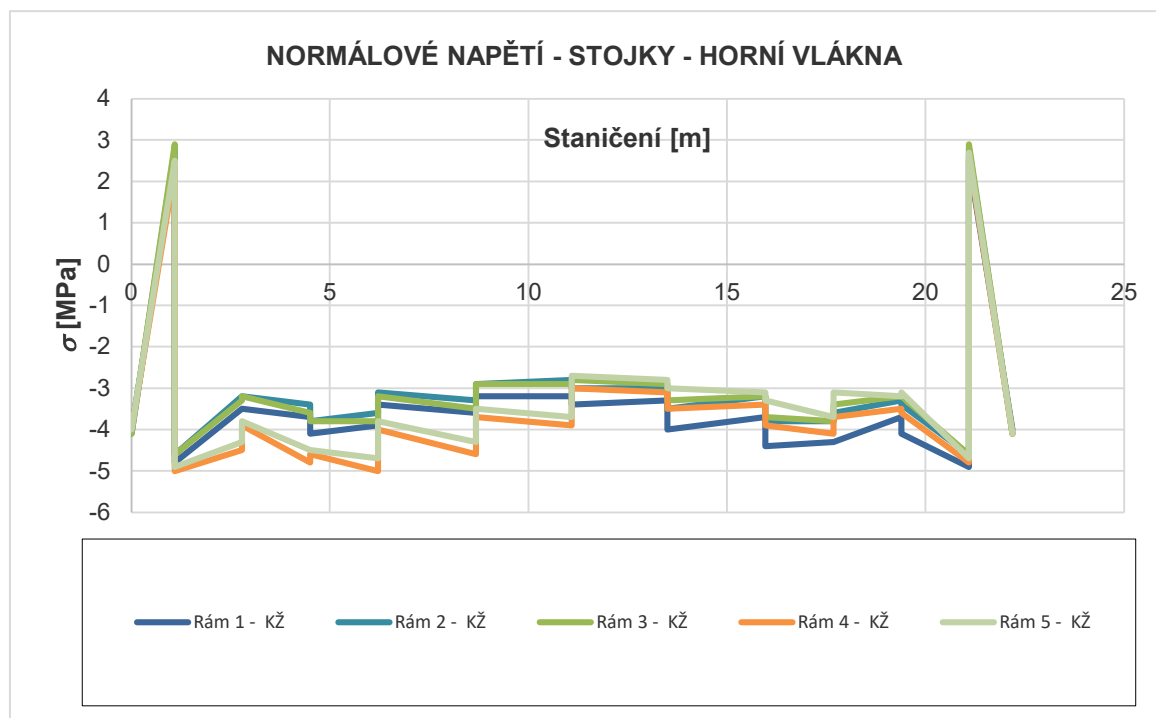
Horní a dolní vlákna rámových stojek - normálové napětí ve všech rámech v době uvedení do provozu:



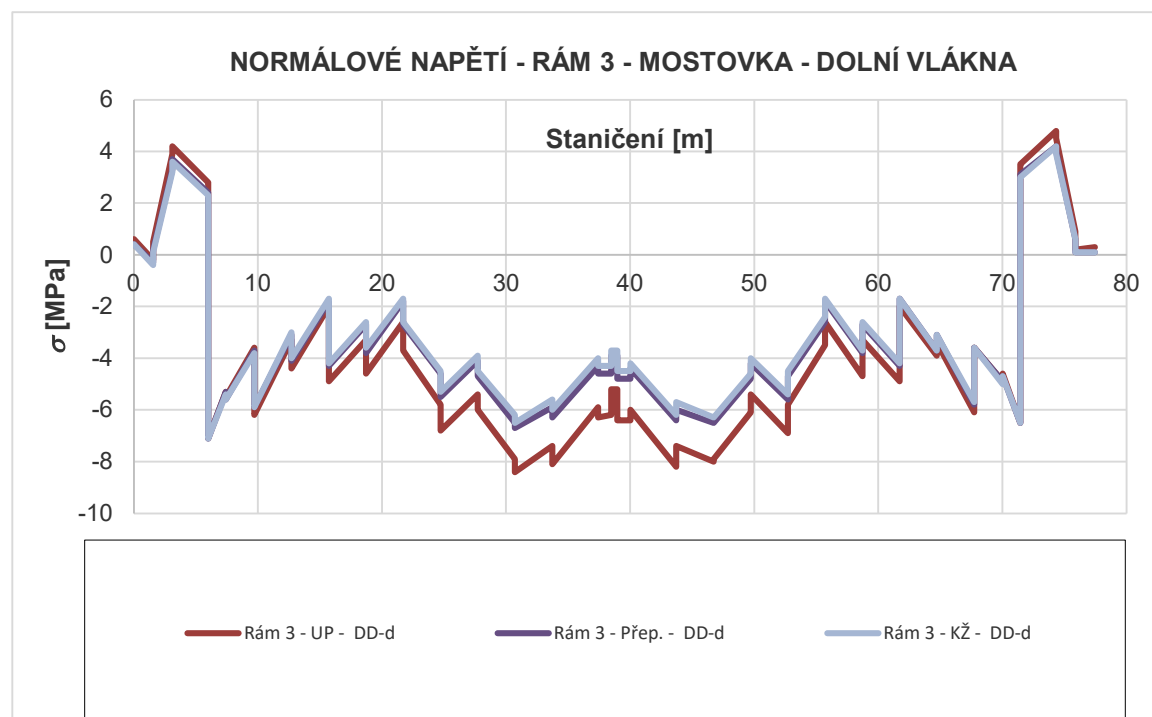
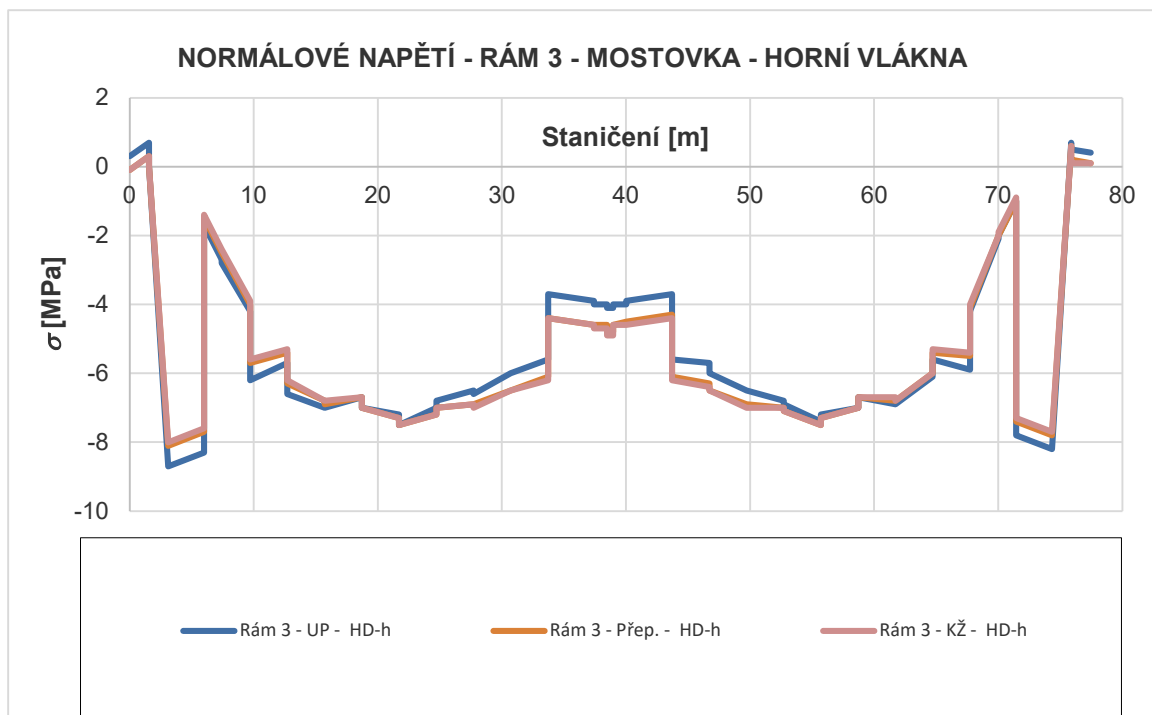
Horní a dolní vlákna mostovky - normálové napětí ve všech rámech v době na konci životnosti:



Horní a dolní vlákna rámových stojek - normálové napětí ve všech rámech v době na konci životnosti:



### 6.7.1.3. Normálová napětí v horních a v dolních vláknech rámu 3 ve vybraných etapách



#### **6.7.1.4. Normálová napětí v horních a v dolních vláknech**

Průběhy normálových napětí v jednotlivých rámových konstrukcích se výrazně neliší. Podobné průběhy mají rovněž napětí v konstrukcích betonovaných na skruži (č. 1, 4 a 5) i v konstrukcích betonovaných letmo (č. 2 a 3). Důvodem je, že i konstrukce betonované na skruži byly betonovány "konzolovým způsobem" - tzn. Na skruži byly nejdříve realizovány konzoly na délku poloviny rozpětí, které byly následně propjeny dobetonováním uzavíracích spár a sepnutím pomocí předpínací výztuže.

Všechny rámy mají stejné konstrukční uspořádání a proto lze uvažovat na všech rámech stejné účinky od proměnných zatížení.

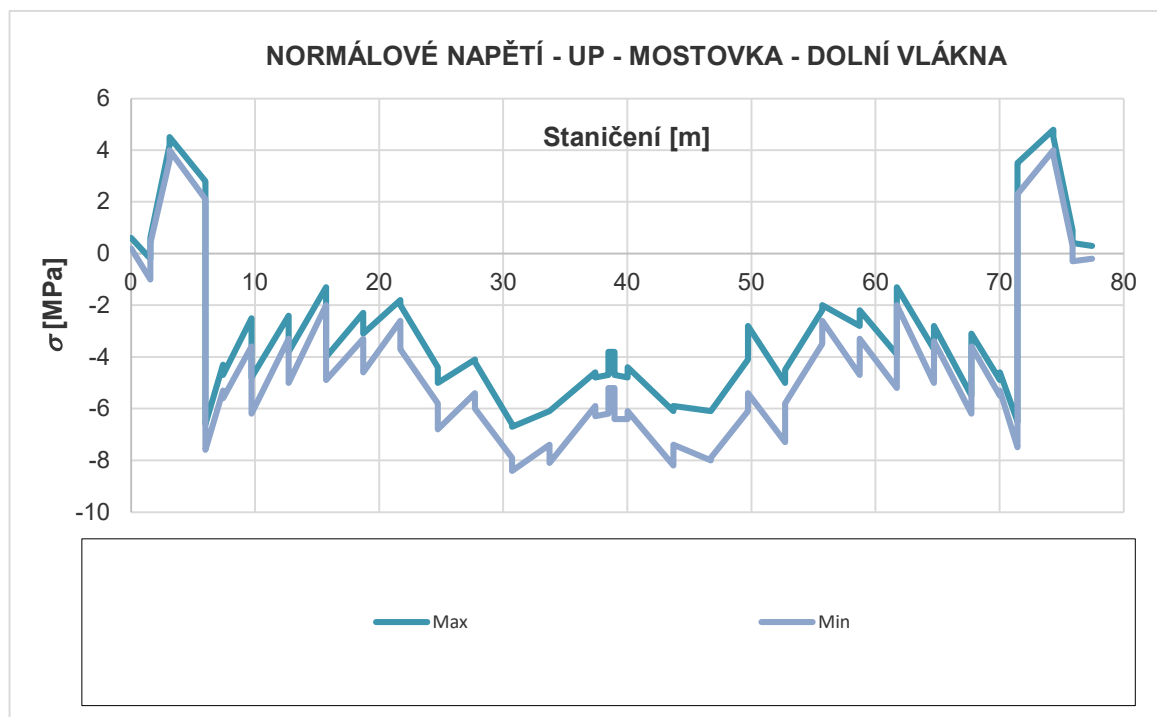
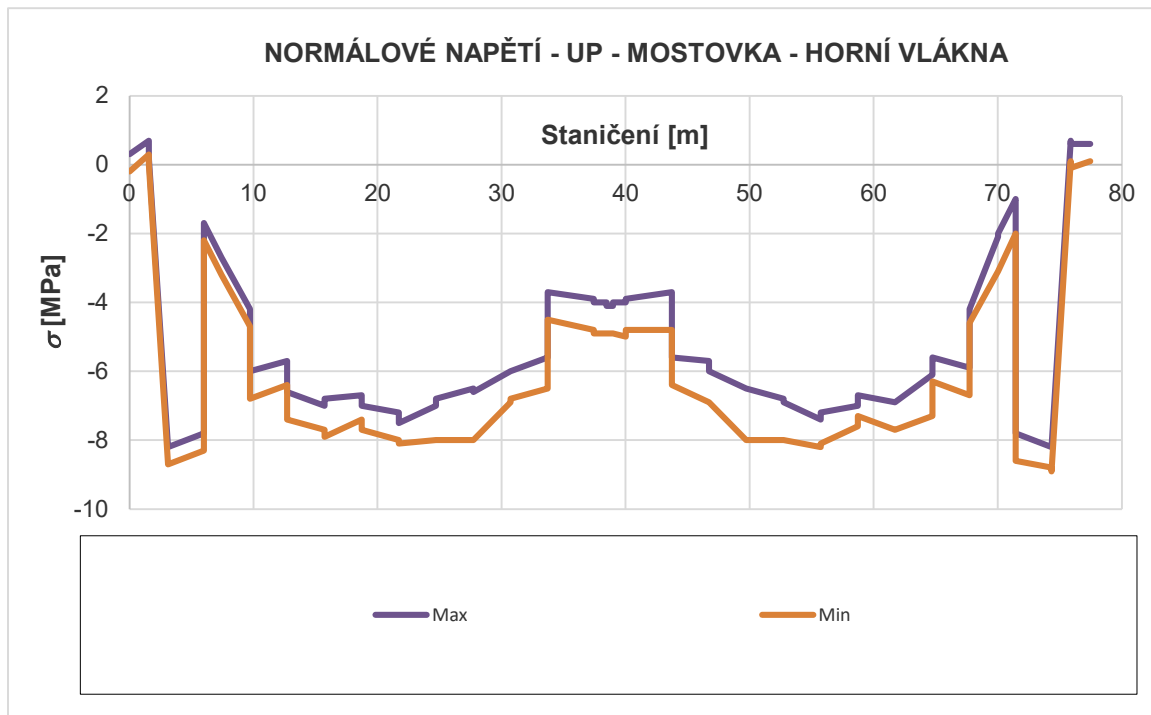
Minimální zatížitelnost celého mostu bude tedy odpovídat zatížitelnosti jednotlivé rámové konstrukce s nejmenší zatížitelností. Pro následující ověření konstrukce v dalších kapitolách proto vybereme ze všech ráků nejnepríznivější účinky - vytvoříme z hodnot napětí dosažených na jednotlivých rámech obálku. Protože pro působení předpjatých konstrukcí v provozním stavu bývá rozhodující namáhání v tahu, budeme pro další výpočty uvažovat obálky algebraicky největších (tzn. největších kladných, resp. nejmenších záporných) hodnot napětí dosažených na jednotlivých rámech.

Uvažujeme dobu na konci životnosti. Hodnoty v době přepočtu se od hodnot na konci životnosti výrazně neliší.

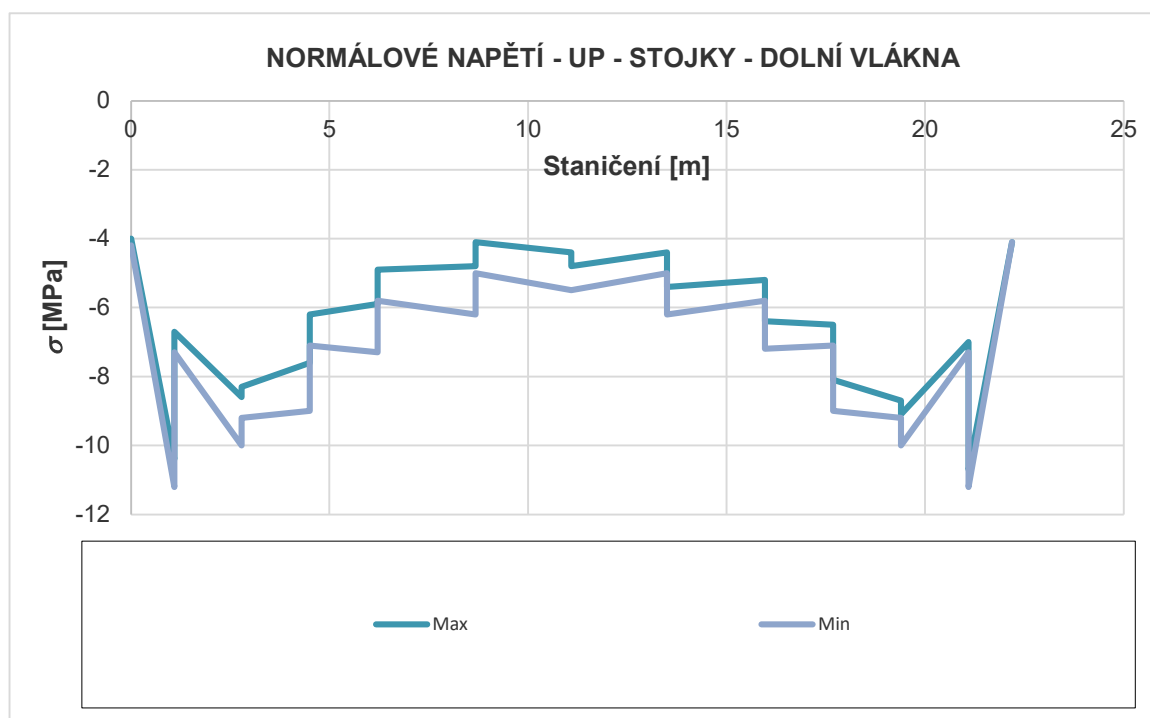
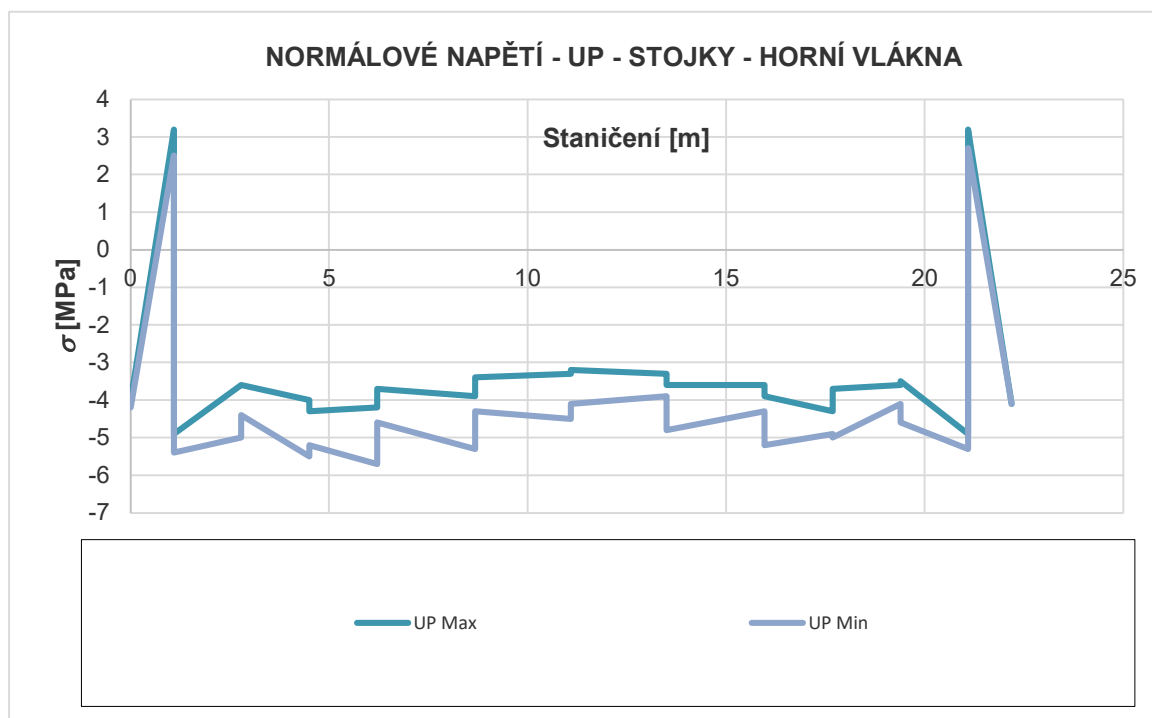


Čas uvedení do provozu - obálky maximálních a minimálních normálových napětí dosažených na jednotlivých rámech:

**Mostovky (rámové příčle):**

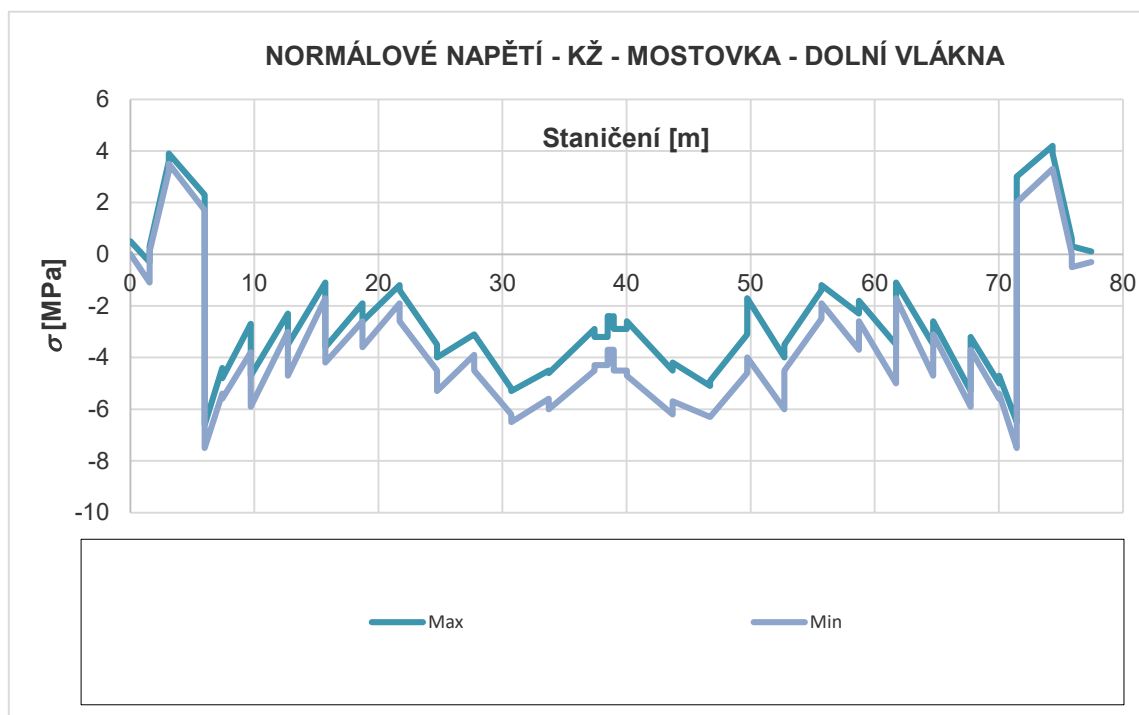
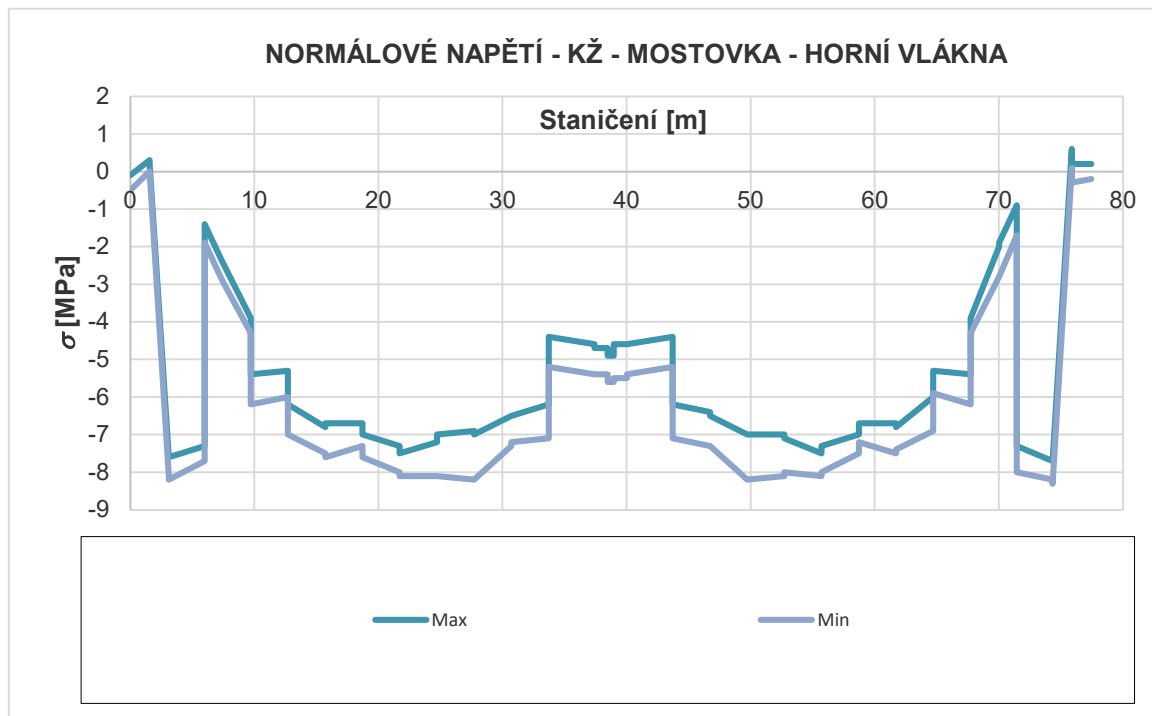


**Rámové stojky:**

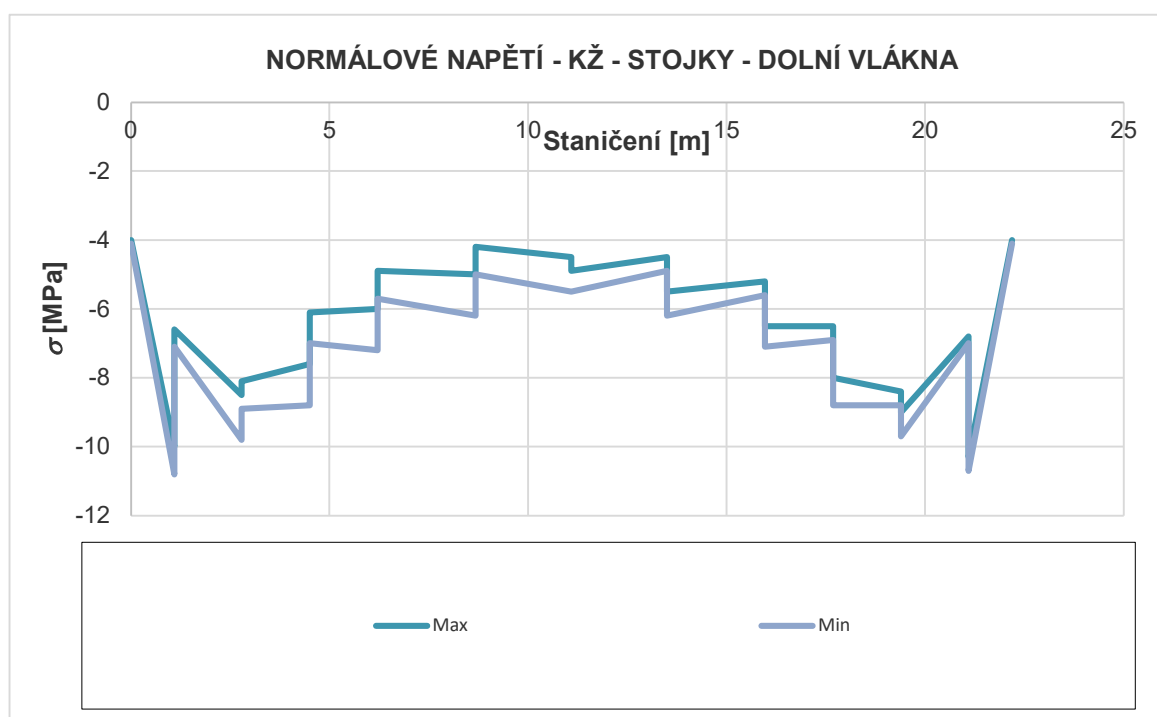
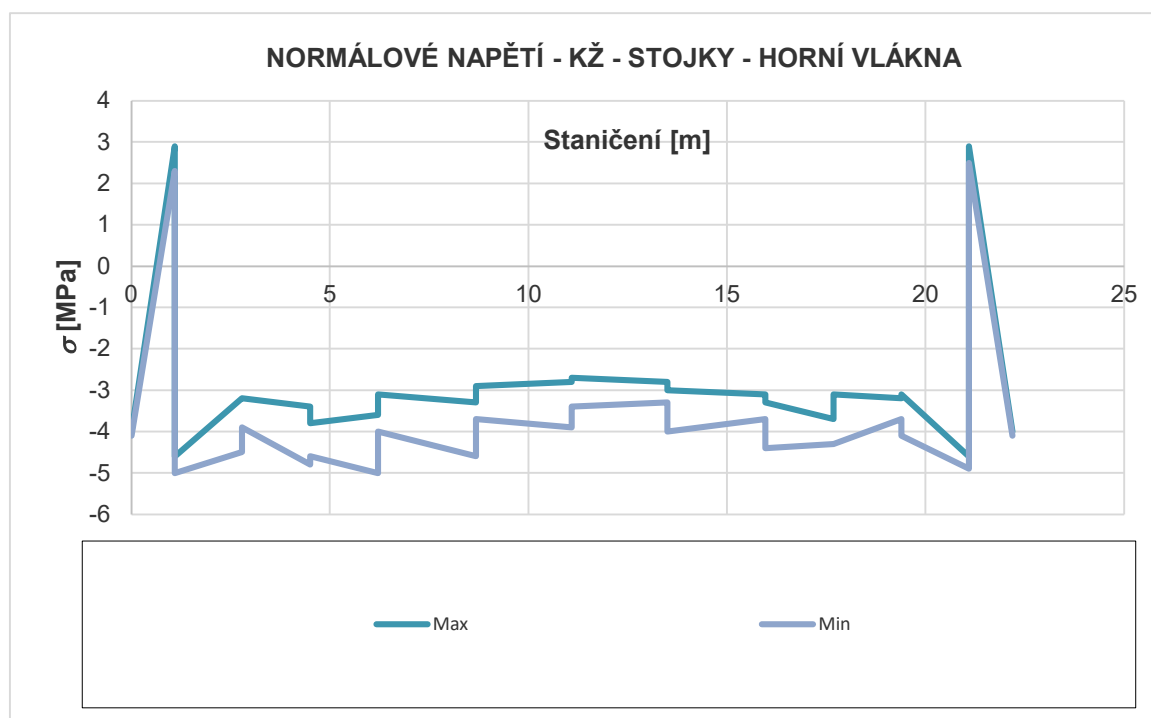


Čas na konci životnosti - obálky maximálních a minimálních normálových napětí dosažených na jednotlivých rámech:

**Mostovky (rámové příčle):**



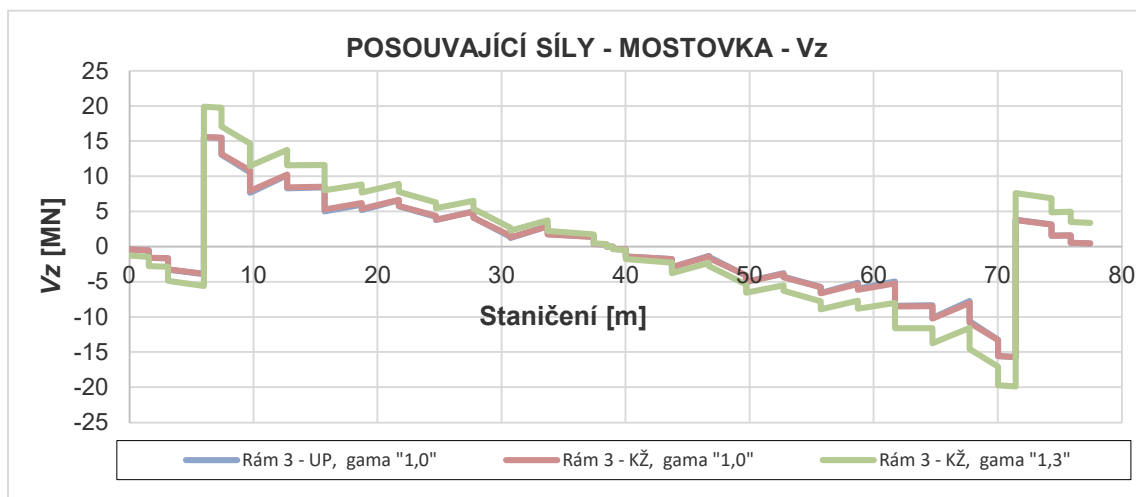
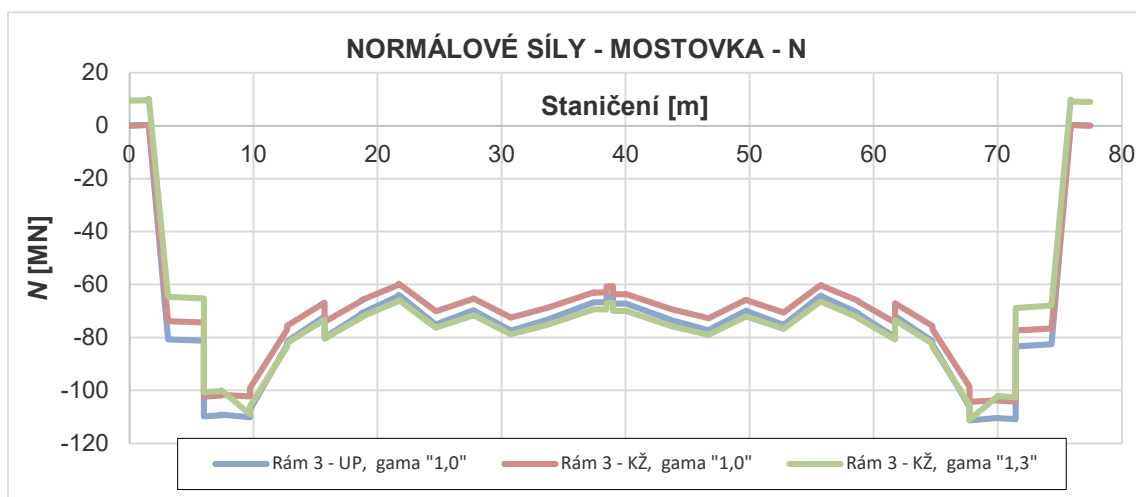
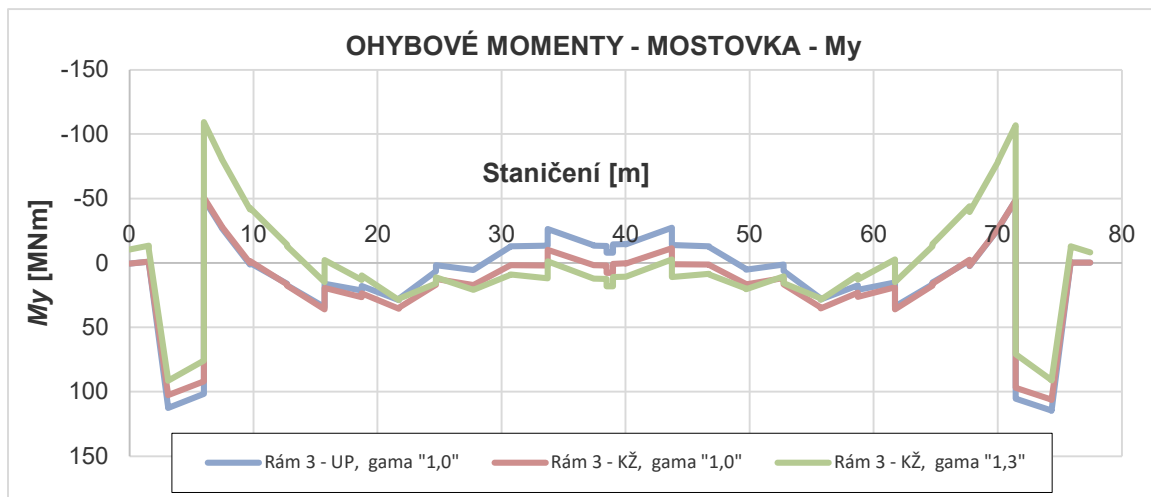
**Rámové stojky:**

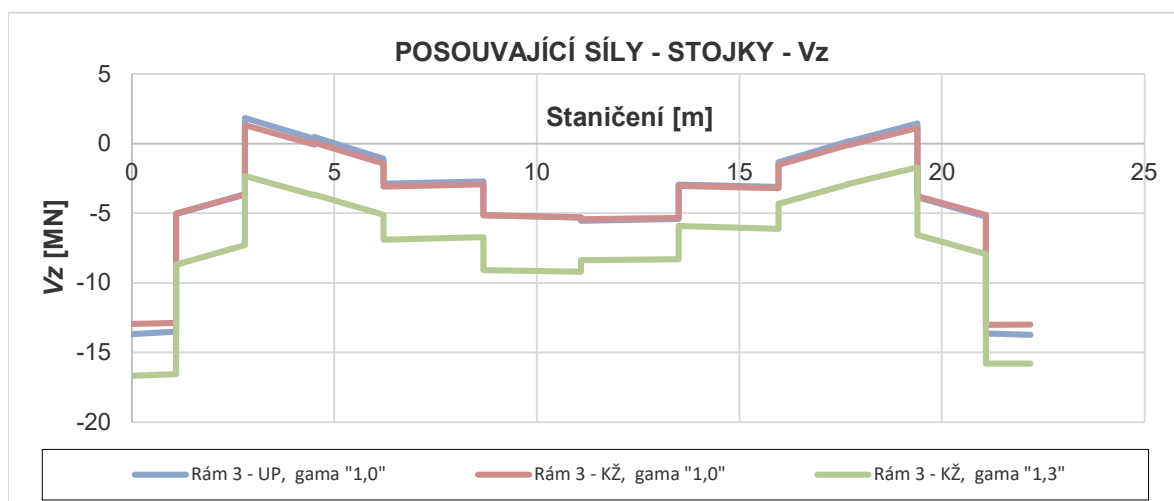
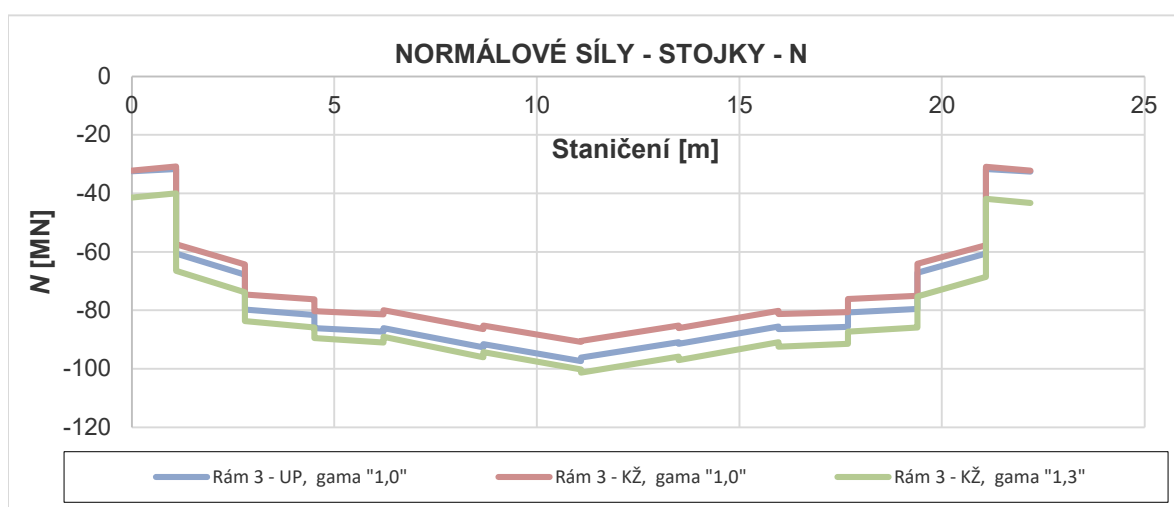
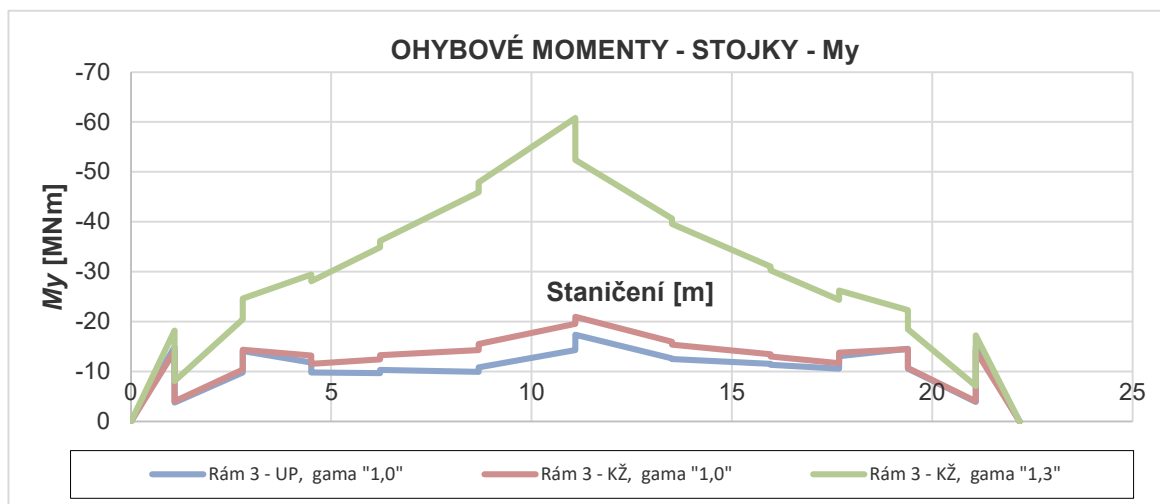


### 6.7.2. VNITŘNÍ SÍLY

V následujících grafech jsou vyneseny vnitřní síly od vlastní tíhy nosné konstrukce, střední hodnoty ostatního stálého zatížení a od předpětí ve vybraných časových etapách.

Jako reprezentativní jsou použity vnitřní síly spočítané na rámu č. 3.





## 7. POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Pro ověření působení konstrukce provedeme v této kapitole posouzení normálových napětí provedené stejným způsobem jako při návrhu nového mostu.

### 7.1. VÝPOČET PODLE ČSN EN

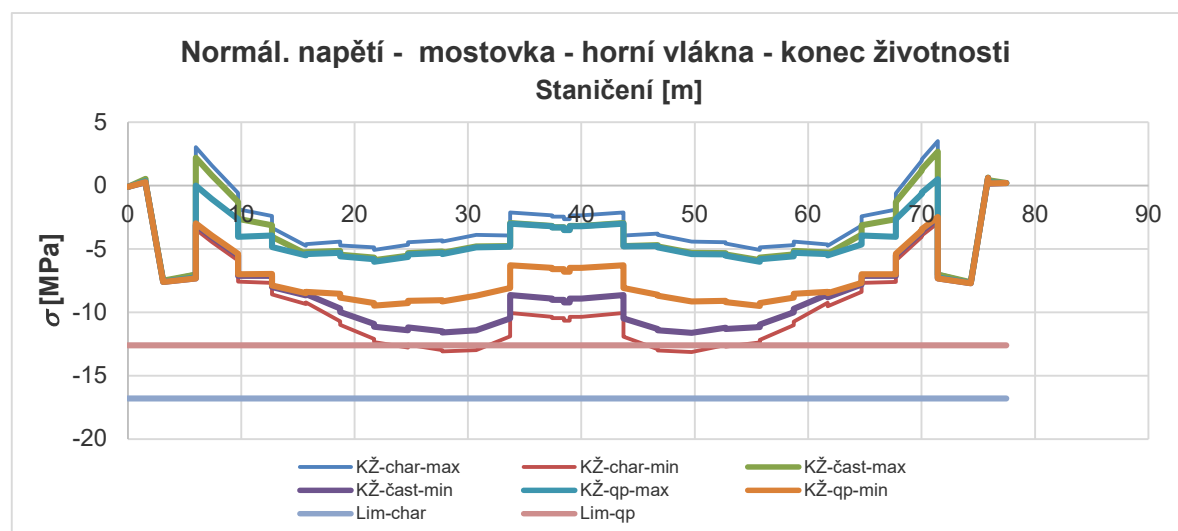
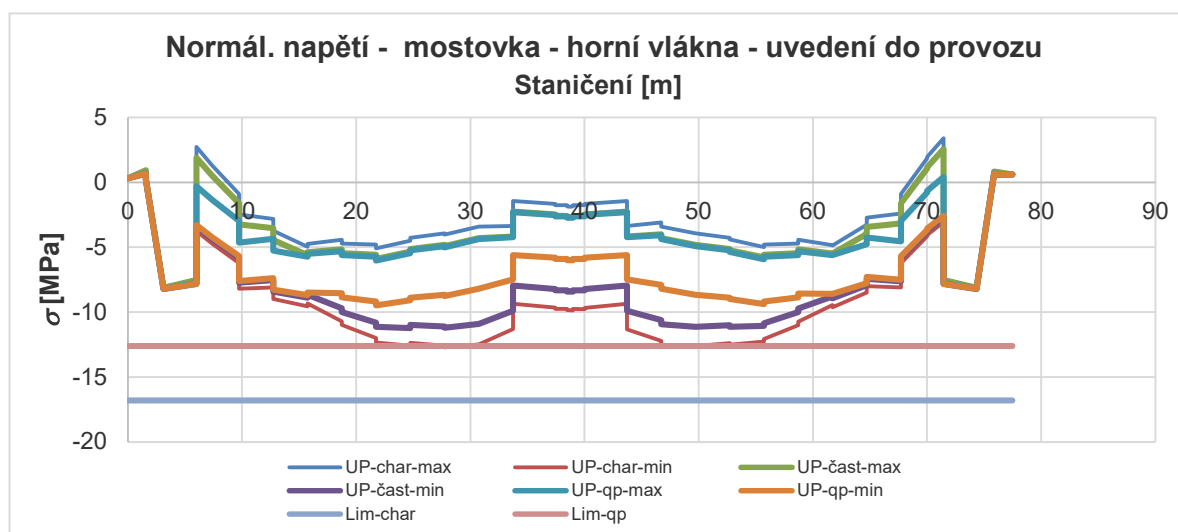
V této kapitole je provedeno posouzení konstrukce podle aktuálně platných norem řady ČSN EN. Jsou uvažována odpovídající zatížení, materiálové vlastnosti, výpočet ztrát a účinků předpětí i omezující podmínky při ověření uvažovaných mezních stavů.

Protože se při stanovení zatížitelnosti jedná o orientační posouzení, jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme pouze zatížení dopravou.

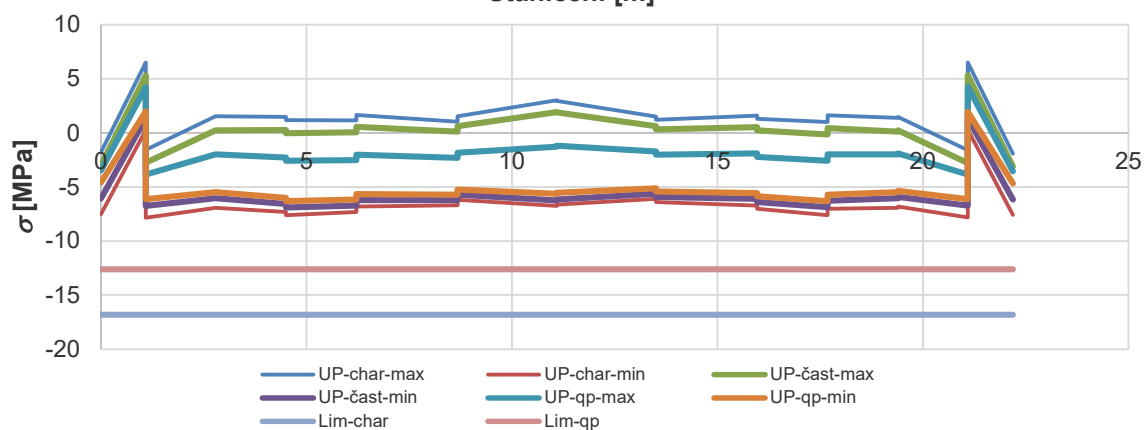
Posouzení provedeme pro svislé proměnné zatížení 1,000 x LM71.

V následujících grafech je vyneseno přehled výsledných hodnot normálových napětí.

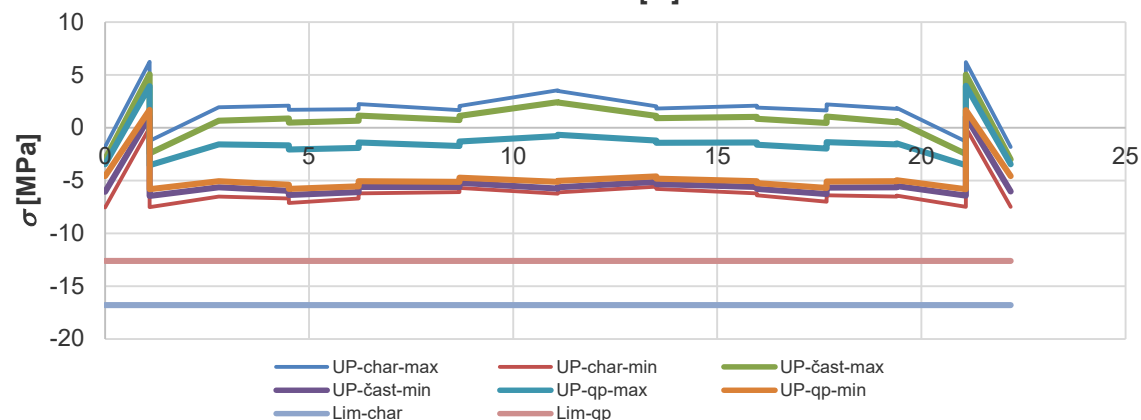
#### 7.1.1. NOSNÁ KONSTRUKCE - HORNÍ VLÁKNA



**Normál. napětí - stojky - horní vlákna - uvedení do provozu**  
**Staničení [m]**

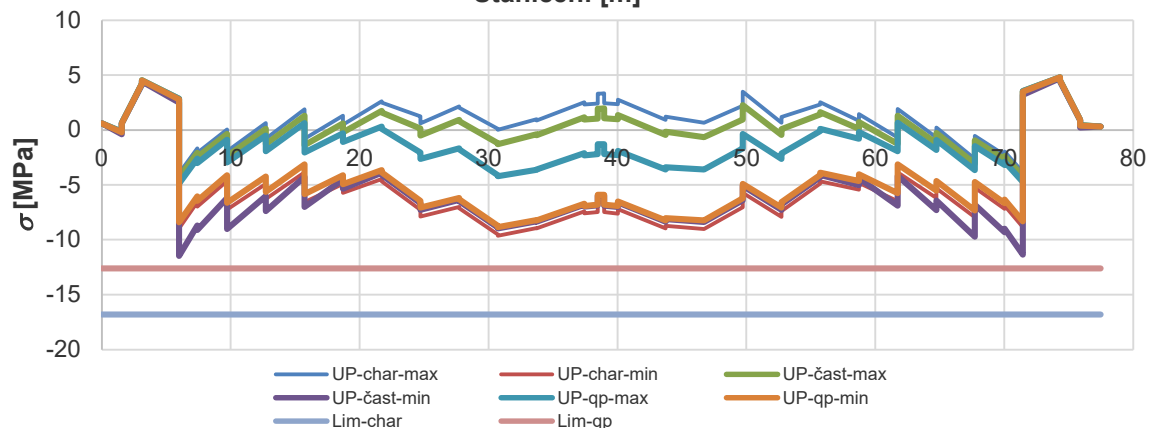


**Normál. napětí - stojky - horní vlákna - konec životnosti**  
**Staničení [m]**



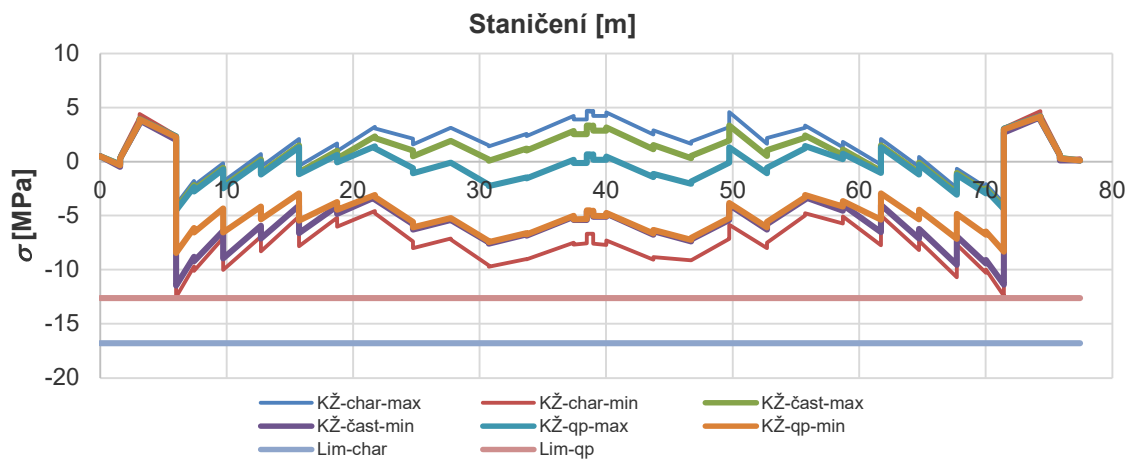
### **7.1.2. NOSNÁ KONSTRUKCE - DOLNÍ VLÁKNA**

**Normál. napětí - mostovka - dolní vlákna - uvedení do provozu**  
**Staničení [m]**

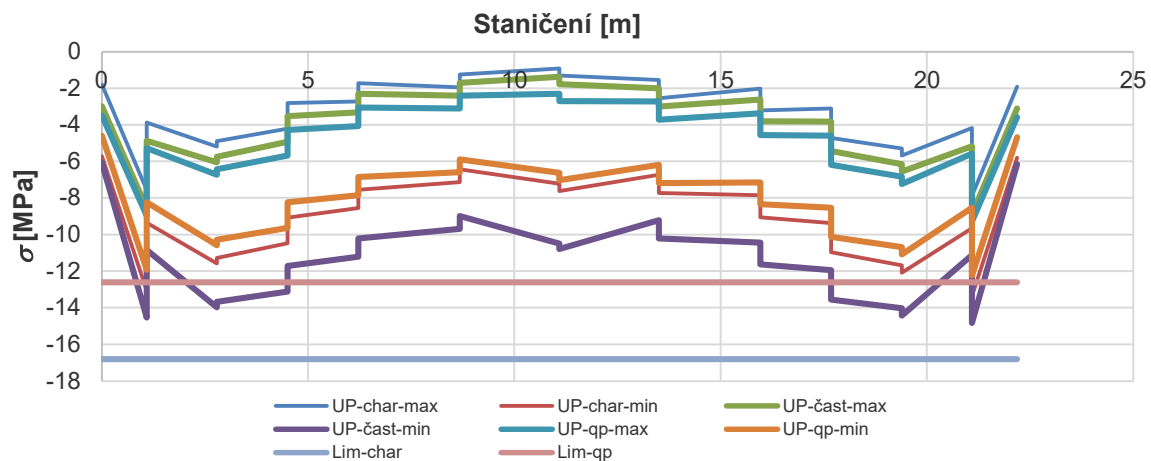




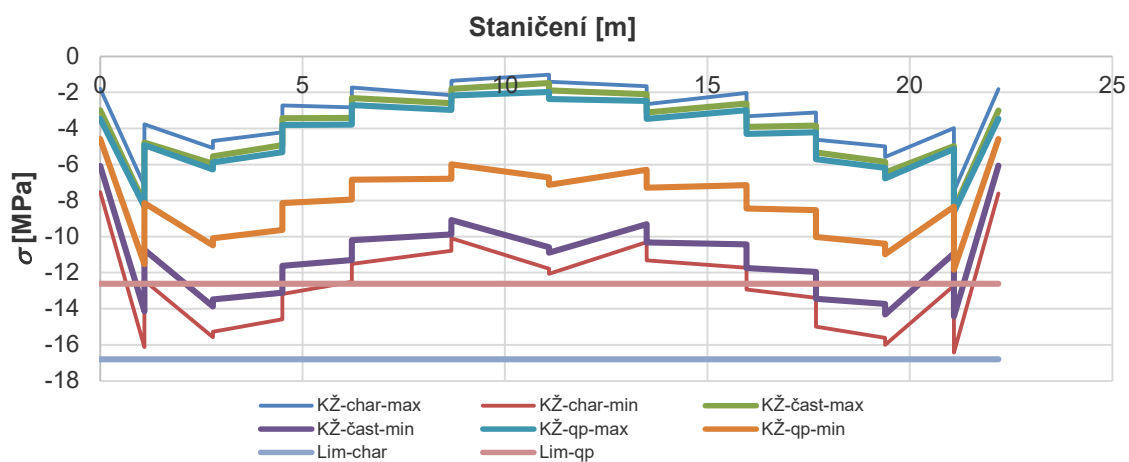
### Normálová napětí - mostovka - dolní vlákna - konec životnosti



### Normál. napětí - stojky - dolní vlákna - uvedení do provozu



### Normálová napětí - stojky - dolní vlákna - konec životnosti



Z důvodu lepší návaznosti na stanovení zatížitelnosti byl při posouzení jako zatížení dopravou uvažován 1,0-násobek Modelu zatížení 71. Protože se konstrukce nachází na trati první třídy, byl by při návrhu nového mostu uvažován 1,21-násobek Modelu zatížení 71 a model SW/2.

#### Omezení napětí betonu v tlaku:

- přípustná napětí betonu v tlaku jsou uvedena v kapitole 3.1.1.2. Hodnoty nejsou překročeny.

#### Omezení trhlin:

- podle [ 1 ] se pro daný případ uvažují následující omezující podmínky:

- mimo kontaktní spáru ... ověření dekomprese při časté kombinaci zatížení,
- v kontaktní spáře ... ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.

Kontaktní spáry na konstrukci nejsou.

Hodnoty mimo kontaktní spáru jsou teoreticky překročeny v horních vláknech mostovky nad rámovými stojkami. Jedná se však o oblast mostovky, která se nachází mezi lici rámových stojek => vyhoví.

V dolních vláknech mostovky jsou přípustné hodnoty překročeny v oblasti okolo středu rozpětí.

V horních vláknech rámových stojek jsou přípustné hodnoty překročeny prakticky po celé délce - převážně pouze mírně, nejvíce v oblasti prvních kotev předpínací výztuže stojek nad dolními klouby.

Překročení výše uvedených přípustných hodnoty v dolních vláknech mostovky na koncovém přesahu za rámovými stojkami není na závadu, protože se zde nenacházejí předpínací kabely při dolním povrchu a konstrukci je zde možno posuzovat jako železobetonovou.

- podle [ 8 ] se pro daný případ uvažují následující omezující podmínky:

- mimo kontaktní spáru ... ověření dekomprese při kvazistálé kombinaci zatížení a ověření šířky trhlin při časté kombinaci zatížení,
- v kontaktní spáře ... ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.

Kontaktní spáry na konstrukci nejsou.

Hodnoty mimo kontaktní spáru jsou poměrně mírně překročeny v dolních vláknech mostovky při okrajích hlavního pole poblíž rámových stojek. Hodnoty tahových napětí jsou zde poměrně nízké, současně se však jedná o oblasti, kde byly na konstrukci zjištěny příčné trhliny.

V horních vláknech rámových stojek jsou přípustné hodnoty překročeny v oblasti prvních kotev předpínací výztuže nad dolními klouby.

Překročení výše uvedených přípustných hodnoty v dolních vláknech mostovky na koncovém přesahu za rámovými stojkami není na závadu, protože se zde nenacházejí předpínací kabely při dolním povrchu a konstrukci je zde možno posuzovat jako železobetonovou.

## 8. ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSP

V rámci ověření konstrukce z hlediska mezních stavů použitelnosti se podle [ 1 ] při  
vájících konstrukcích uvažují následující mezní stavy:

- omezení napětí,
- omezení přetvoření z hlediska bezpečnosti dopravy:
  - svislé deformace nosné konstrukce mostního objektu,
  - zkroucení nosné konstrukce mostního objektu,
  - vodorovné deformace nosné konstrukce mostního objektu,
  - pootočení podporových průřezů nosné konstrukce mostního objektu,
- vznik nepříjemných kmitání:
  - dynamická analýza mostního objektu se provádí jen na základě dohody odborného útvaru zadavatele a zpracovatele přepočtu stávajícího mostního objektu a není předmětem metodického pokynu [ 1 ] ,
  - omezení trhlin.

### 8.1. OMEZENÍ NAPĚTÍ - BETON

#### 8.1.1. OMEZENÍ NAPĚTÍ - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE - HORNÍ VLÁKNA NOSNÉ KONSTRUKCE

Zatížitelnost stanovíme podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = \frac{\sigma_{c,lim} - \sigma_{c,p} - \sum \sigma_{c,rs,i}}{\sigma_{c,LM71}}, \text{ kde}$$

$\sigma_{c,lim}$  je přípustná hodnota normálového napětí; pro charakteristickou kombinaci zatížení:

$$\begin{aligned} \sigma_{lim} &= 0,60 \cdot f_{ck} = 0,60 \cdot 28,0 = \\ &= 16,800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$\sigma_{c,p}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu od předpětí ve vyšetřovaném vlákně průřezu v posuzovaném čase,

$\sum \sigma_{c,rs,i}$  jsou charakteristické, kombinační nebo skupinové hodnoty normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od ostatních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou,

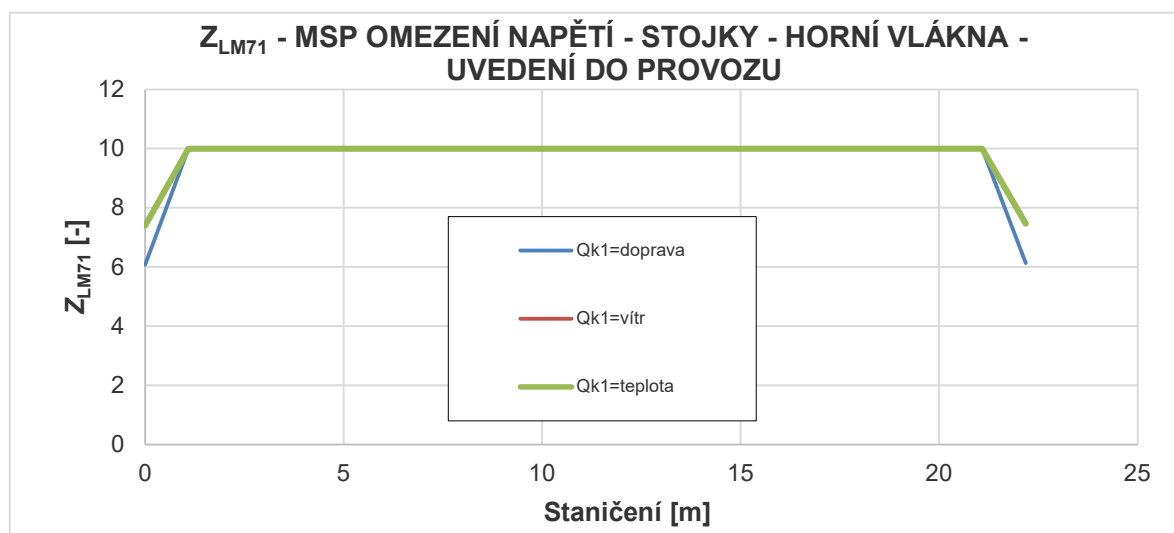
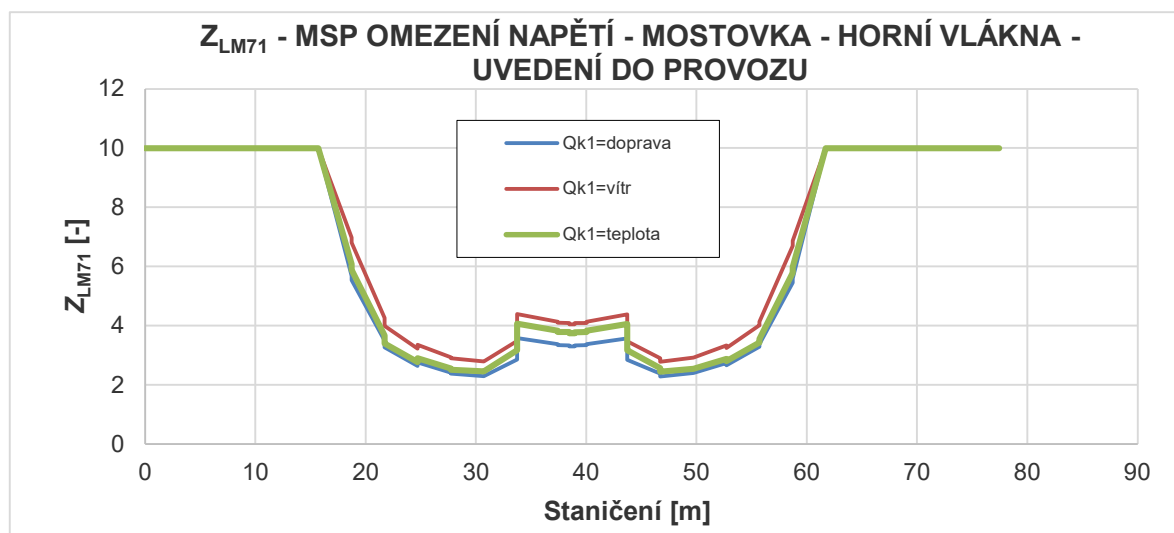
$\sigma_{LM71}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických účinků.

Zatížitelnost stanovíme pro horní i horní vlákna nosné konstrukce.

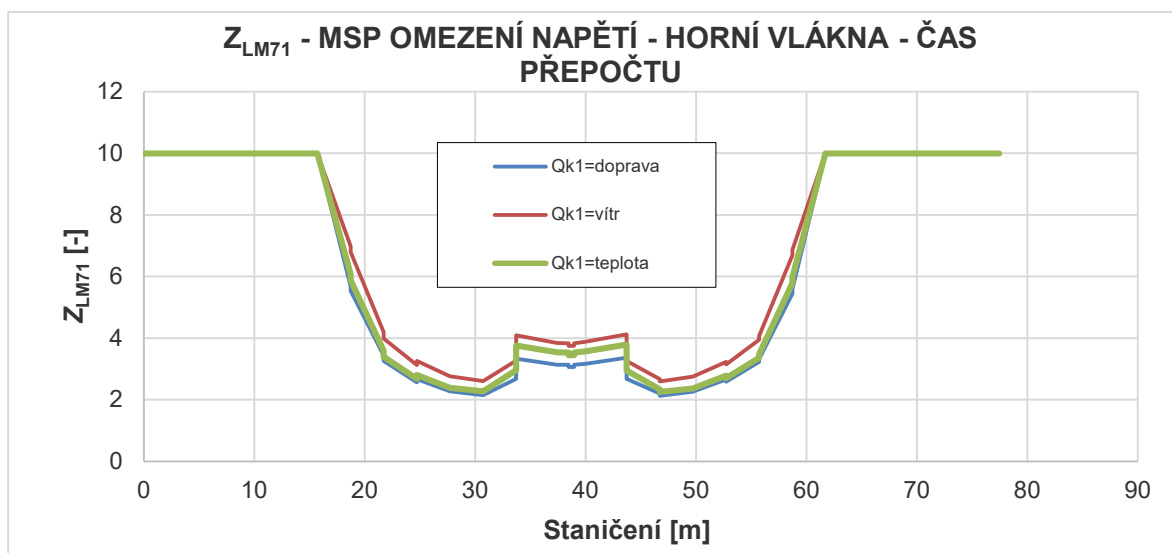
Uvažujeme sestavu zatížení gr12.

Podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu, zde je uveden přehled výsledků:

Čas	Z <sub>LM71</sub> pro Q <sub>k1</sub> uvažované jako			Minimum
	doprava	vítr	teplota	
Uvedení do provozu	2,285	2,783	2,447	2,285
Čas přepočtu	2,135	2,595	2,260	2,135
Konec životnosti	2,135	2,595	2,260	2,135
Celkové minimum				2,135

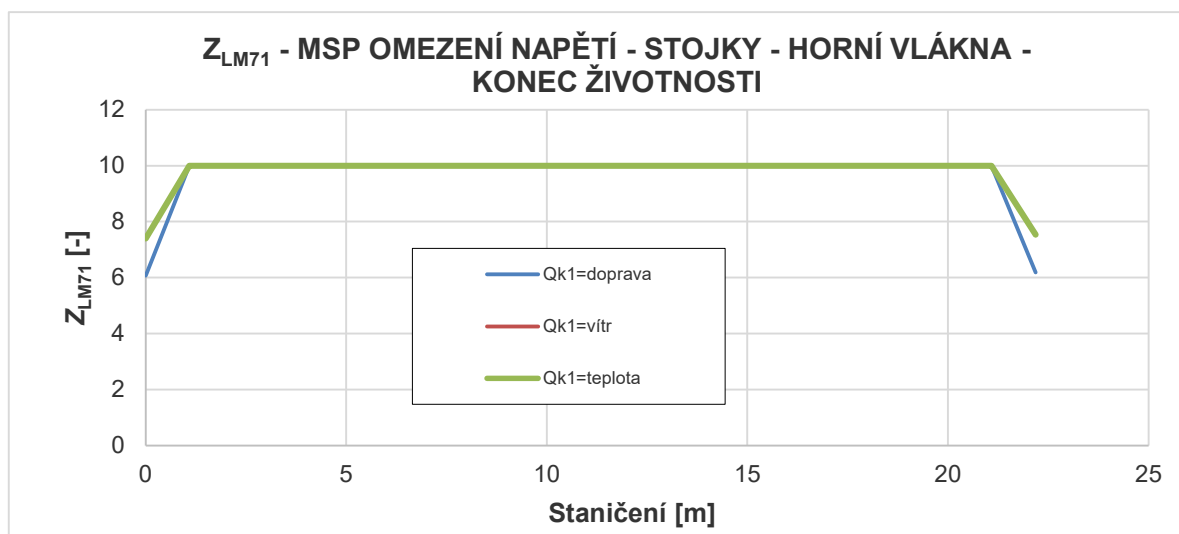
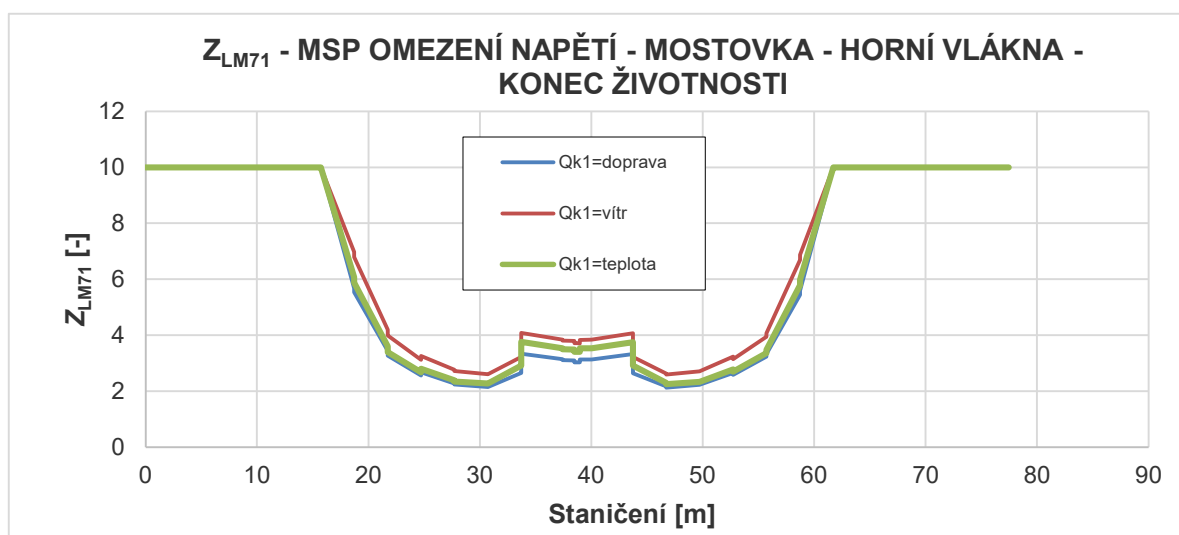


(zátížitelnost větší než "10" není kreslena)



(zatížitelnost větší než "10" není kreslena)

Zatížitelnost v době přepočtu je stanovena pro rám č. 3, zatížitelnost v ostatních časech je stanovena z extrémů hodnot dosažených na všech rámech.



(zatížitelnost větší než "10" není kreslena)

**Stanovení přechodnosti:** (podle [ 1 ] , kapitola 5)

**1) D4/80:**

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 46,725 m.

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem:

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,051,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: 46,725

$$M_{T,k} = 31,157 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 38,906 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$\begin{aligned} Z_{LM71} &= 2,135 > \frac{1,051}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{31,157}{38,906} = \\ &= 1,050 > 1,000 \cdot 0,801 = 0,841 \Rightarrow \text{VYHOVÍ} \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,135}{0,841} = 2,539$$

## 2) D4/120:

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 46,725 m.

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,078,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = 31,157 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 38,906 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$\begin{aligned} Z_{LM71} &= 2,135 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{31,157}{38,906} = \\ &= 1,077 > 1,000 \cdot 0,801 = 0,863 \Rightarrow \text{VYHOVÍ} \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,135}{0,863} = 2,475$$

### 3) D2/160:

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 46,725 m.

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,106,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = 24,925 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 38,906 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 2,135 > \frac{1,106}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{24,925}{38,906} =$$



$$= \frac{1,106}{1,000} \cdot 0,641 = 0,709 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,135}{0,709} = 3,014$$

### **8.1.2. OMEZENÍ NAPĚTÍ - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE - DOLNÍ VLÁKNA NOSNÉ KONSTRUKCE**

Zatížitelnost stanovíme podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = \frac{\sigma_{c,lim} - \sigma_{c,p} - \sum \sigma_{c,rs,i}}{\sigma_{c,LM71}}, \text{ kde}$$

$\sigma_{c,lim}$  je přípustná hodnota normálového napětí; pro charakteristickou kombinaci zatížení:

$$\sigma_{lim} = 0,60 \cdot f_{ck} = 0,60 \cdot 28,0 = 16,800 \text{ MPa}$$

$\sigma_{c,p}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu od předpětí ve vyšetřovaném vlákně průřezu v posuzovaném čase,

$\sum \sigma_{c,rs,i}$  jsou charakteristické, kombinační nebo skupinové hodnoty normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od ostatních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou,

$\sigma_{LM71}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických účinků.

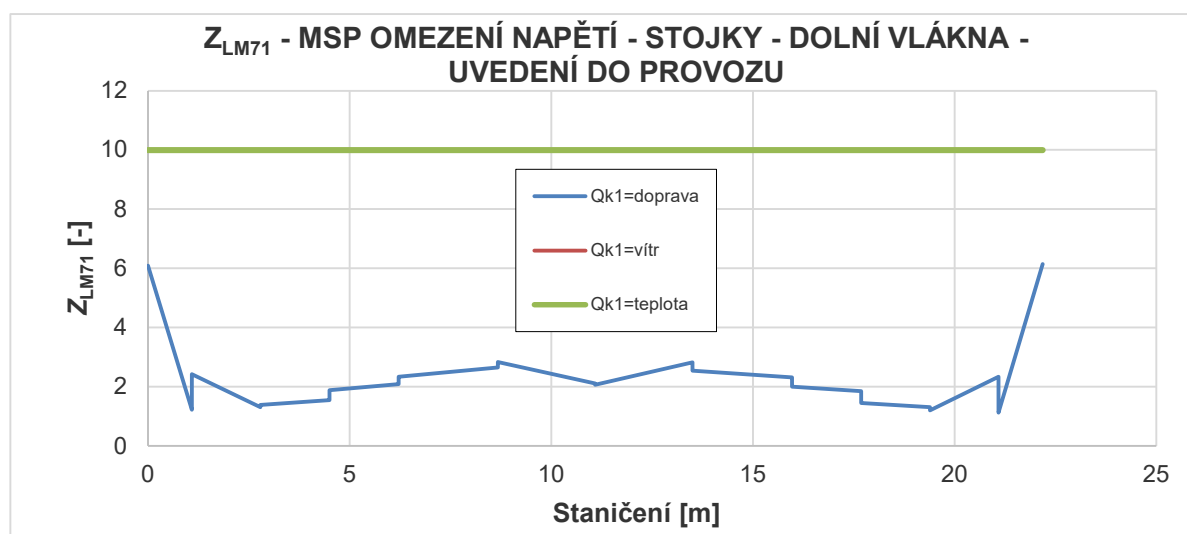
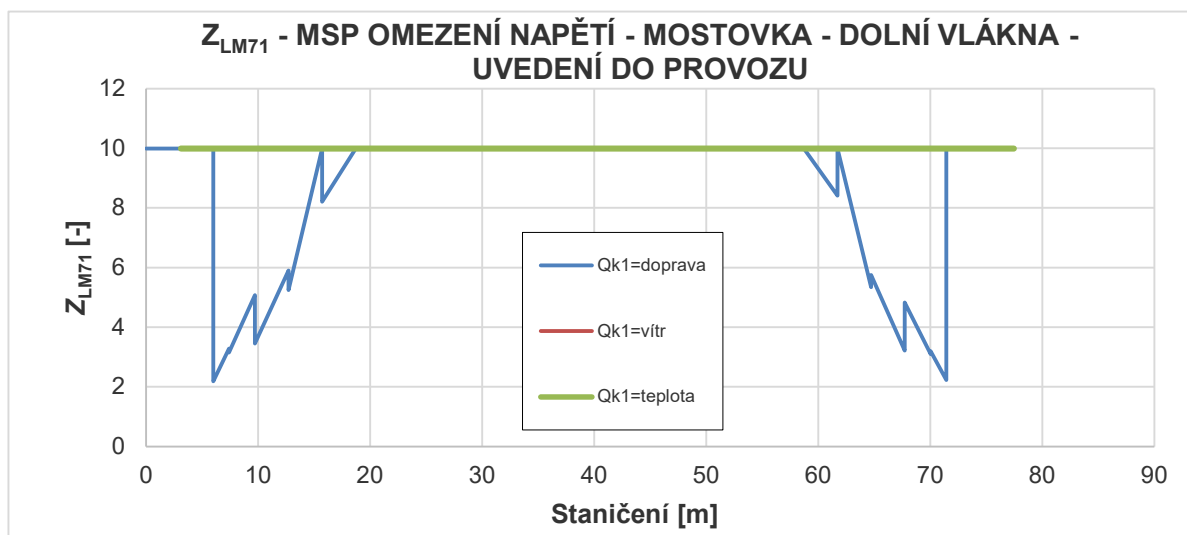
Zatížitelnost stanovíme pro dolní vlákna nosné konstrukce.

Uvažujeme sestavu zatížení gr12.

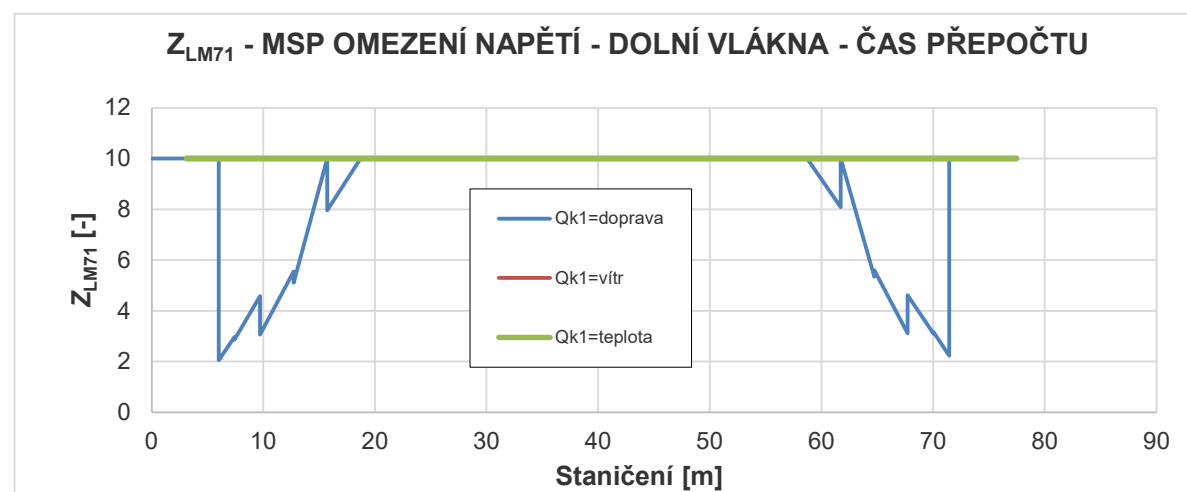
Podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu, zde je uveden přehled výsledků:

Čas	Z <sub>LM71</sub> pro Q <sub>k1</sub> uvažované jako			Minimum
	doprava	vítr	teplota	
Uvedení do provozu	1,127	10,000	10,000	1,127
Čas přepočtu	2,055	10,000	10,000	2,055
Konec životnosti	1,226	10,000	10,000	1,226
Celkové minimum				1,127

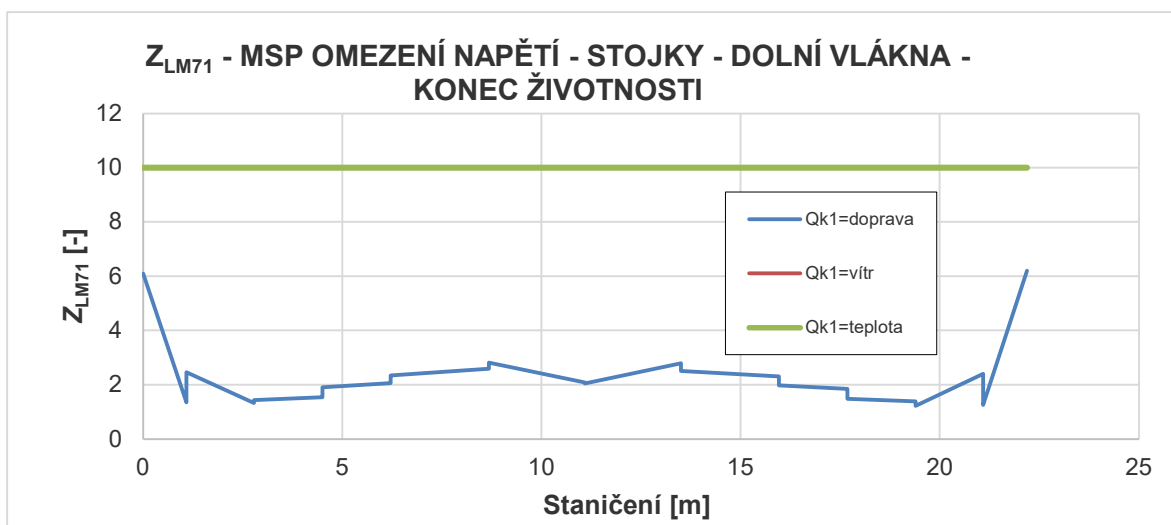
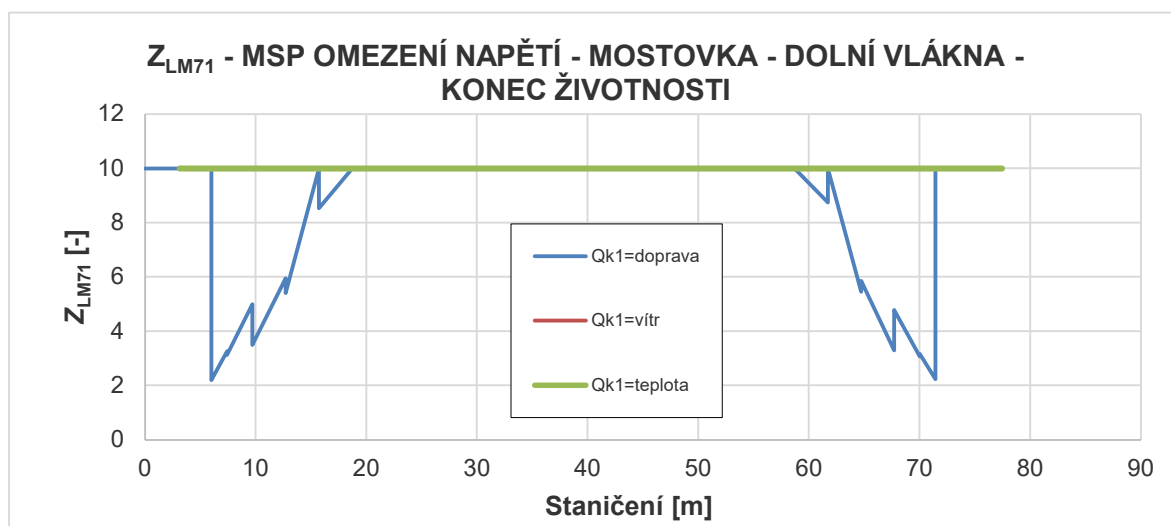
Zatížitelnost v době přepočtu je stanovena pro rám č. 3, zatížitelnost v ostatních časech je stanovena z extrémů hodnot dosažených na všech rámech.



(zatižitelnost větší než "10" není kreslena)



Zatižitelnost v době přepočtu je stanovena pro rám č. 3, zatižitelnost v ostatních časech je stanovena z extrémů hodnot dosažených na všech rámech.



(zatížitelnost větší než "10" není kreslena)

**Stanovení přechodnosti:** (podle [ 1 ], kapitola 5)

**1) D4/80:**

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 21,090 m (stojky).

Zatížitelnost:  $Z_{LM71} = 1,127$ .

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\Phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,051,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: 21,090 m,

$$M_{T,k} = -5,206 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -5,300 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 1,127 > \frac{1,051 \cdot 1,00 \cdot -5,206}{1,00 \cdot 1,00 \cdot -5,300} = 1,050$$

$$1,050 > 1,000 \quad 0,982 = 1,032 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{1,127}{1,032} = 1,093$$

## 2) D4/120:

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 21,090 m (stojky).

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,078 \quad ,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00 \quad ,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -5,206 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -5,300 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$\begin{aligned} Z_{LM71} &= 1,127 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{-5,206}{-5,300} = \\ &= 1,077 > 1,000 \cdot 0,982 = 1,058 \Rightarrow \text{VYHOVÍ} \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{1,127}{1,058} = 1,065$$

### 3) D2/160:

Staničení posuzovaného průřezu (minimální zatížitelnost): 21,090 m (stojky).

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,106$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -3,865 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -5,300 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 1,127 > \frac{1,106}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{-3,865}{-5,300} = 1,106 \cdot 1,000 \cdot 0,729 = 0,806 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{1,127}{0,806} = 1,398$$

### 8.1.3. VÝBĚR EXTRÉMŮ

Přehled zjištěných hodnot zatížitelnosti a výběr nejnižší hodnoty je v následující tabulce:

Vlákna	Čas	Z <sub>LM71</sub> pro Q <sub>k1</sub> uvažované jako			Minimum
		doprava	vítr	teplota	
Horní	Uvedení do provozu	2,285	2,783	2,447	2,285
	Konec životnosti	2,135	2,595	2,260	2,135
Dolní	Uvedení do provozu	1,127	10,000	10,000	1,127
	Konec životnosti	1,226	10,000	10,000	1,226
Celkové minimum					1,127

Přehled hodnot přechodnosti:

Vlákna	Trať. třída + přidruž. rychlost	Z <sub>LM71</sub>	"Zlomek"	Násobek vozidla trať. třídy	Posou- zení
Horní	D4/80	2,135	0,841	2,539	VYHOVÍ
	D4/120	2,135	0,863	2,475	VYHOVÍ
	D2/160	2,135	0,709	3,014	VYHOVÍ
Dolní	D4/80	1,127	1,032	1,093	VYHOVÍ
	D4/120	1,127	1,058	1,065	VYHOVÍ
	D2/160	1,127	0,806	1,398	VYHOVÍ

## 8.2. OMEZENÍ TRHLIN - OHYB

Omezující podmínky pro ověření - podle [ 1 ] , tab. C.5, str. 97:

Stupeň vlivu prostředí ...	XD3	}	=>
Předpínací výztuž ...	soudržná		
=> mimo kontaktní spáru ... v kontaktní spáře ...		ověření dekomprese při časté kombinaci zatížení, ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.	

Zatížitelnost stanovíme podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = \frac{\sigma_{c,lim} - \sigma_{c,p} - \sum \sigma_{c,rs,i}}{\sigma_{c,LM71}}, \text{ kde}$$

$\sigma_{c,lim}$  je přípustná hodnota normálového napětí; pro ověření dekomprese se uvažuje:

$$\sigma_{c,lim} = 0,000 \text{ MPa}$$

$\sigma_{c,p}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu od předpětí ve vyšetřovaném vlákně průřezu v posuzovaném čase,

$\sum \sigma_{c,rs,i}$  jsou charakteristické, kombinační nebo skupinové hodnoty normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od ostatních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou,

$\sigma_{LM71}$  je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických účinků.

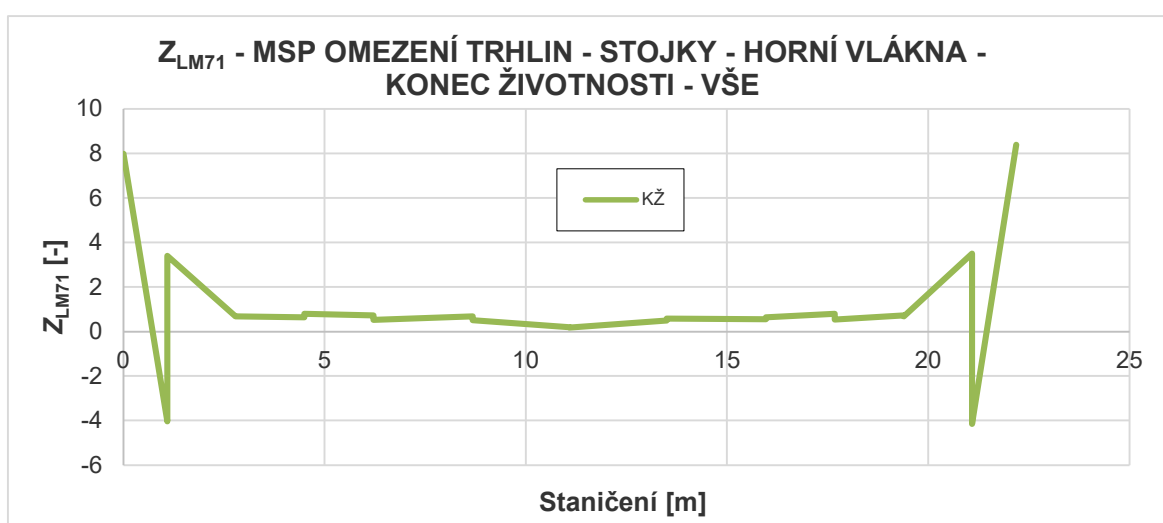
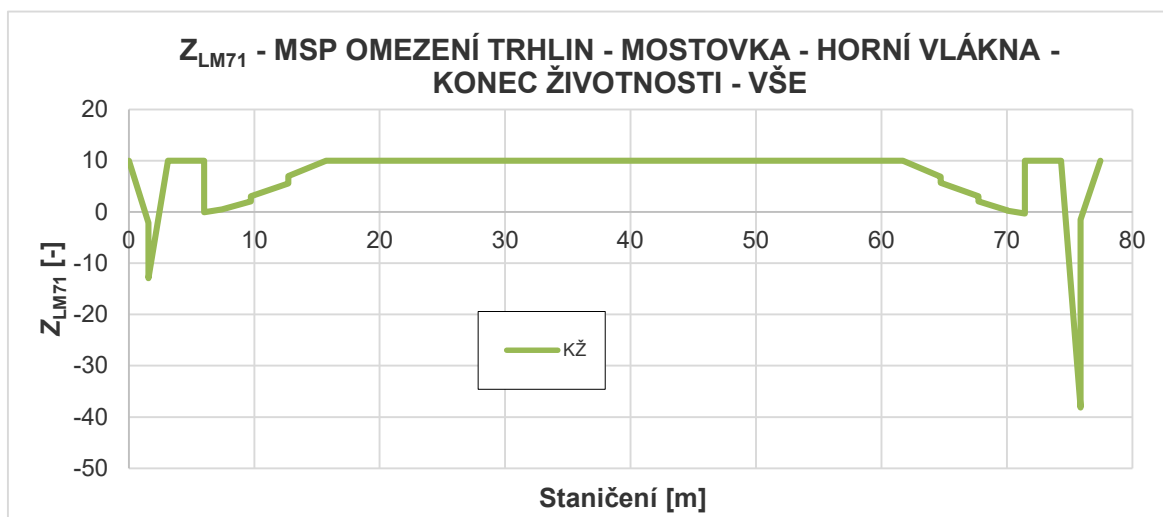
### 8.2.1. HORNÍ VLÁKNA

**Stanovení zatížitelnosti (vykresleny hodnoty maximálně "10"):**

Uvažujeme sestavu zatížení gr12. U charakteristické kombinace jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou, větrem a teplotními změnami. U časté kombinace uvažujeme jako Qk1 pouze zatížení dopravou, protože v ostatních dvou případech je součinitel kombinace u zatížení dopravou roven nule.

Podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu, zde je uveden přehled výsledků:





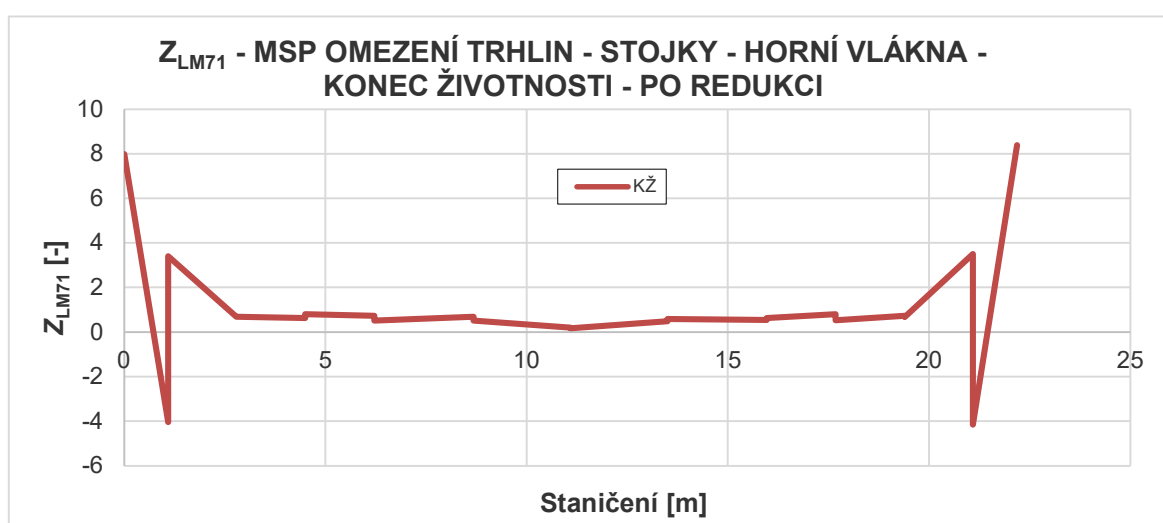
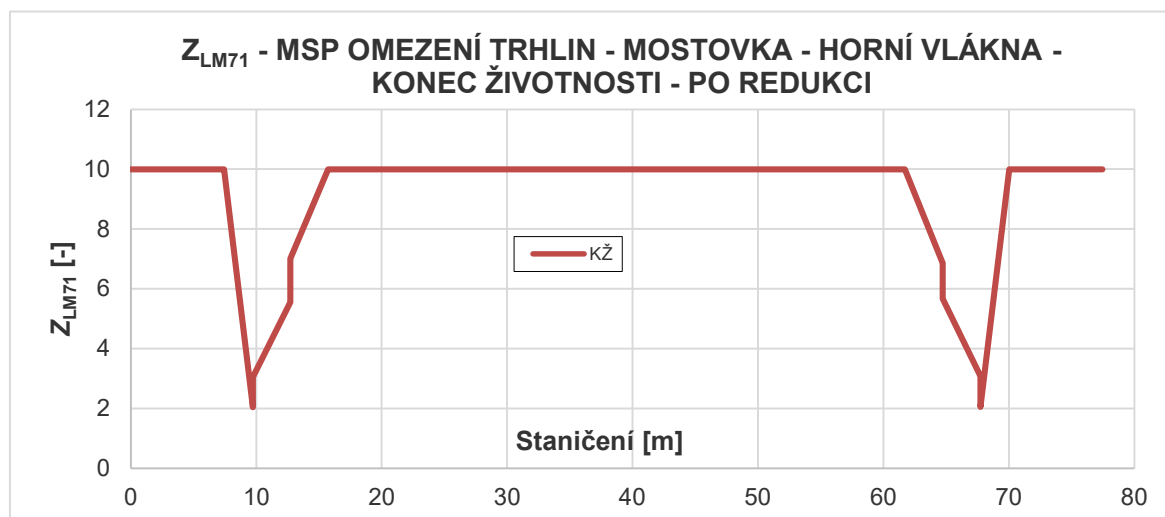
#### Poznámky:

V koncových oblastech mostovky není v délce cca 1,5 m umístěna žádná předpínací výztuž, tato část konstrukce působí jako železobetonová a je zde proto z dalšího posouzení vyloučena (jedná se o oblasti grafu se zatížitelností cca "-12" a "-38").

Prakticky nulové zatížitelnosti je teoreticky dosaženo v oblasti teoretické osy podepření rámovými stojkami. Z dalšího posouzení zde vyloučíme části konstrukce přímo nad rámovými stojkami (v délce mezi jejich líci).

Hodnoty zatížitelnosti upravené za těchto předpokladů jsou vyneseny na následujících grafech.

V rámových stojkách je však předpínací výztuž vedena při horním - taženém povrchu konstrukce a obdobnou redukci zde nelze provést.



Rozhodující hodnoty zatížitelností (konec životnosti):

mostovka ...  $Z_{LM71} = 2,043$

stojky celkem ...  $Z_{LM71} = -4,152$

stojky - volná délka (mimo úroveň prvních kotev nad dolním kloubem) ...

$Z_{LM71} = 0,166$

**Stanovení přechodnosti - pro mostovku:** (podle [ 1 ] , kapitola 5)

**1) D4/80:**

Průřez s minimální zatížitelností: 9,725 m

Zatížitelnost:  $Z_{LM71} = 2,043$

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,051$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **9,725**

$$M_{T,k} = -30,667 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -35,647 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 2,043 > \frac{1,051 \cdot 1,00 \cdot -30,667}{1,00 \cdot 1,00 \cdot -35,647} = 1,050 \cdot 1,000 \cdot 0,860 = 0,903 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,043}{0,903} = 2,262$$

## 2) D4/120:

přechodnost stanovíme pro průřez ve staničení 9,725 , kde byla dosažena minimální hodnota zatížitelnosti 2,043 .

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,078 ,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00 ,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **9,725**

$$M_{T,k} = -30,667 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -35,647 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 2,043 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{-30,667}{-35,647} = 1,077 \cdot 1,000 \cdot 0,860 = 0,927 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,043}{0,927} = 2,204$$

### 3) D2/160:

přechodnost stanovíme pro průřez ve staničení 9,725 , kde byla dosažena minimální hodnota zatížitelnosti 2,043 .

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71} , \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,106 ,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00 ,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **9,725**

$$M_{T,k} = -24,534 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -35,647 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

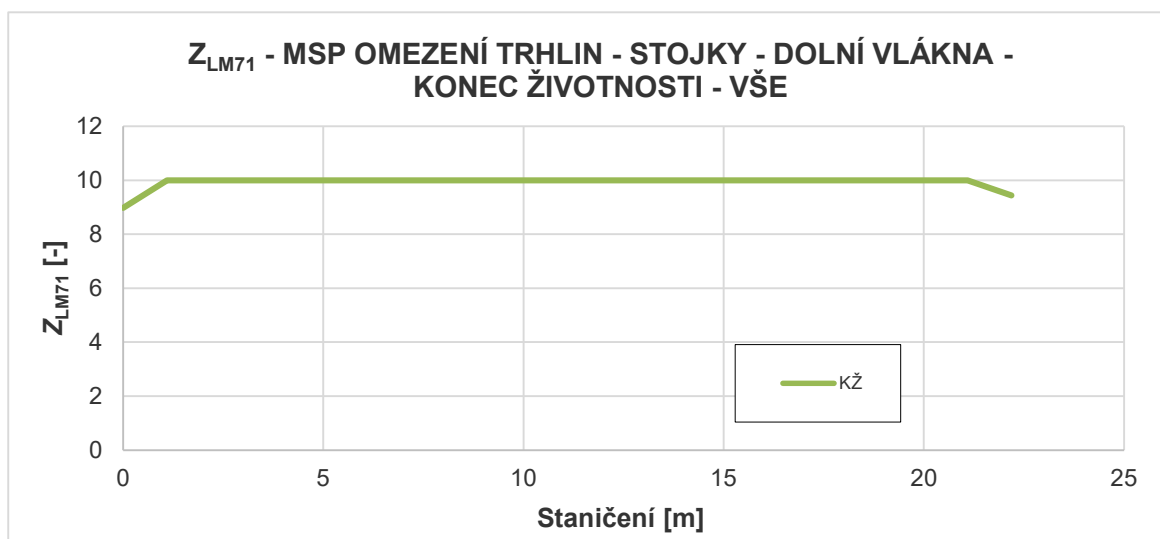
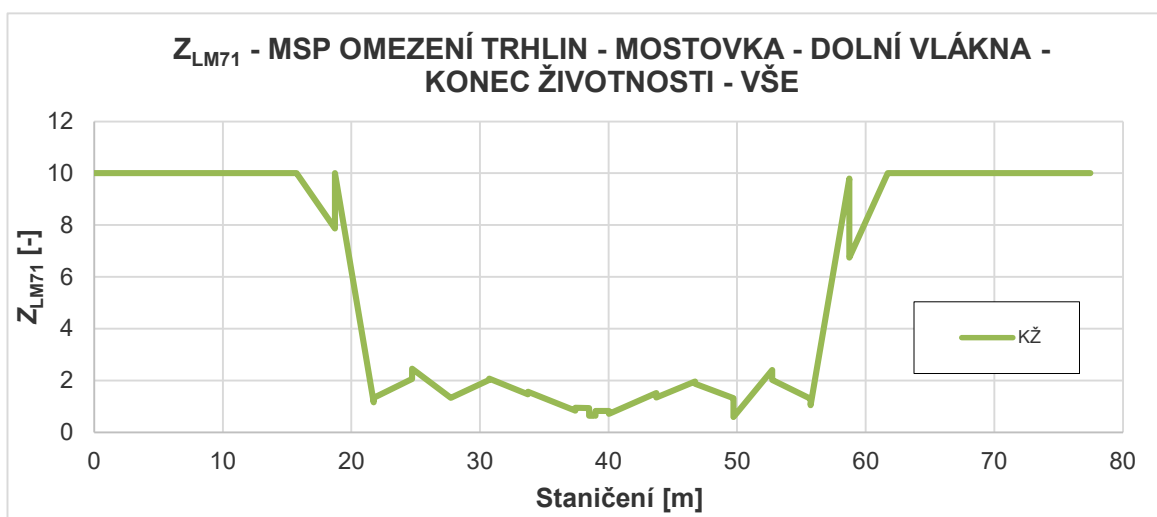
$$\begin{aligned}
 Z_{LM71} &= 2,043 > \frac{1,106}{1,00} \frac{1,00}{1,00} \frac{-24,534}{-35,647} = \\
 &= 1,106 \cdot 1,000 \cdot 0,688 = 0,761 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}
 \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{2,043}{0,761} = 2,684$$

### 8.2.2. DOLNÍ VLÁKNA

Stanovení zatížitelnosti (vykreslena hodnota maximálně "10"):



(zatížitelnost větší než "10" není kreslena)

Rozhodující hodnoty zatížitelností (konec životnosti):

mostovka ...  $Z_{LM71} = 0,596$

stojky ...  $Z_{LM71} = 8,975$

**Stanovení přechodnosti - mostovka:** (podle [ 1 ] , kapitola 5)

**1) D4/80:**

Průřez s minimální zatížitelností: 49,725 m,

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,051,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **49,725 m**

$$M_{T,k} = 26,597 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 33,988 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 0,596 < \frac{1,051}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{26,597}{33,988} =$$

$$= 1,050 \cdot 1,000 \cdot 0,783 = 0,822 \Rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{0,596}{0,822} = 0,725$$

## 2) D4/120:

přechodnost stanovíme pro průřez ve staničení 49,725 , kde byla dosažena minimální hodnota zatížitelnosti 0,596 .

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,078 ,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00 ,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **49,725**

$$M_{T,k} = 26,597 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$



$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 33,988 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 0,596 < \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{26,597}{33,988} = 0,843 \Rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{0,596}{0,843} = 0,707$$

### 3) D2/160:

přechodnost stanovíme pro průřez ve staničení 49,725 , kde byla dosažena minimální hodnota zatížitelnosti 0,596 .

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,

$$\phi_{Ti} = 1,106 ,$$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,

$$\phi_i = 1,00 ,$$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

Rozhodující průřez na základě stanovení zatížitelnosti: **49,725**

$$M_{T,k} = 21,277 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 33,988 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,00$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 0,596 < \frac{1,106}{1,00} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{21,277}{33,988} = 0,626 = 0,692 \Rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{0,596}{0,692} = 0,861$$

### 8.3. OMEZENÍ TRHLIN - SMYK

#### 8.3.1. ÚVOD

Vzhledem k povaze případu jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou. Pro stanovení zatížitelnosti použijeme častou kombinaci zatížení.

Posouzení provedeme v čase na konci životnosti.

Zatížitelnost stanovíme iteračním postupem z podmínky, že při časté kombinaci platí:

$$\sigma_1 = f_{ctb} \quad .$$

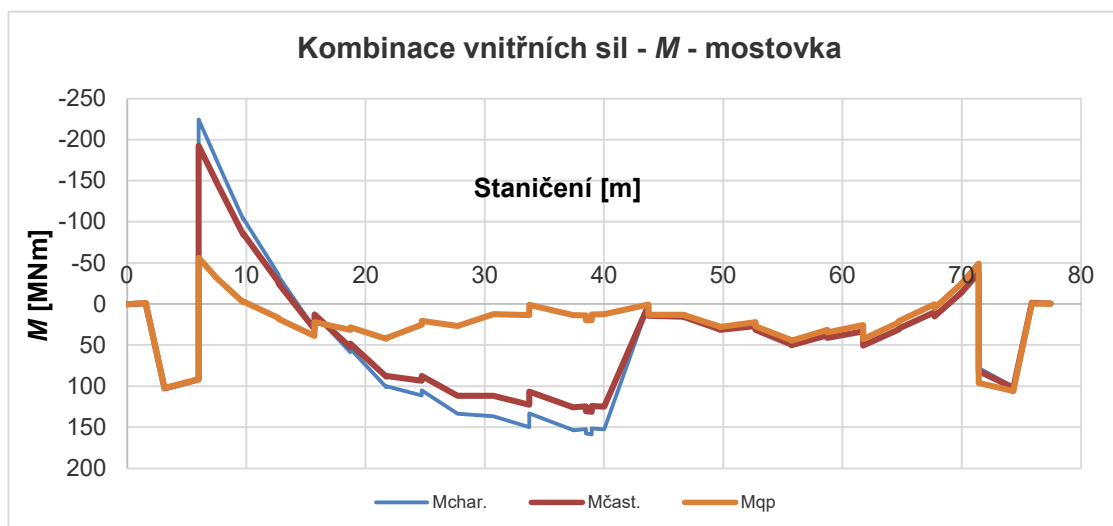
Zjištěná hodnota zatížitelnosti - mostovka ...  $Z_{UIC} = 3,29$  .

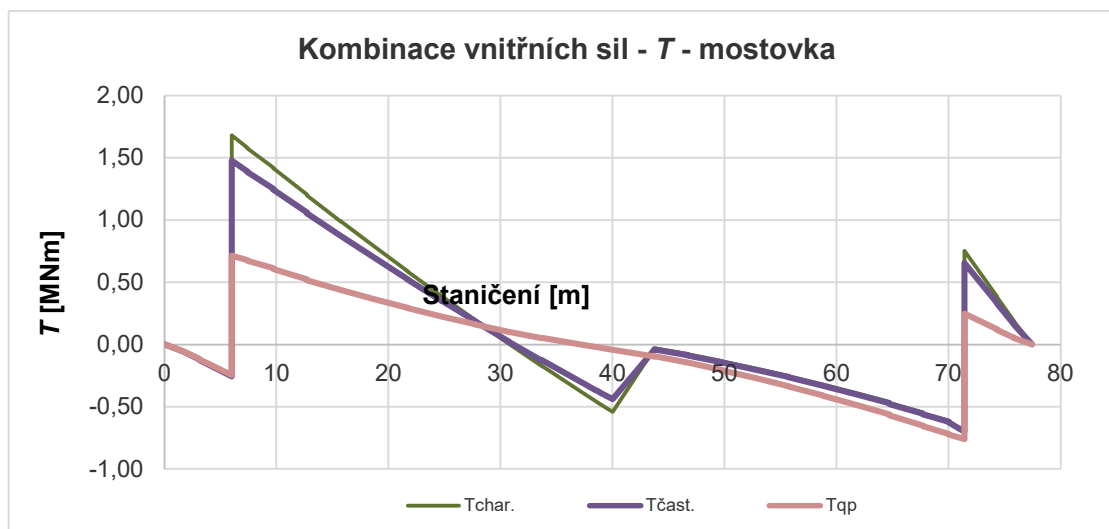
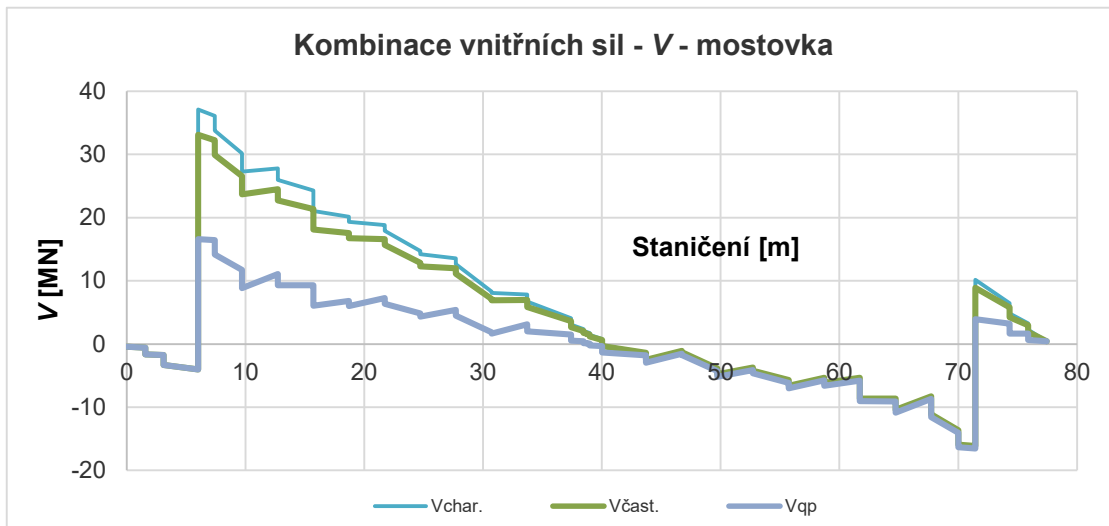
Při posouzení nevyhovují dolní části rámových stojek v délce cca 1,1 m (tzn. do staničení 1,094 a od staničení 21,090). Aby tyto oblasti neovlivňovaly výslednou hodnotu zatížitelnosti celé konstrukce, jsou ze závěrečných výpočtů vyloučeny. Tyto oblasti je nutno důkladně zkontrolovat z hlediska rozvoje trhlin a v případě potřeby ošetřit vhodným způsobem (injektáž trhlin a ochranný povlak). V rámci celkové opravy konstrukce (do cca 5 let) by tyto oblasti měly být zesíleny.

#### 8.3.2. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - EXTRÉMNÍ SMYK A KROUCENÍ - $V_{max}$ (KONEC ŽIVOTNOSTI)

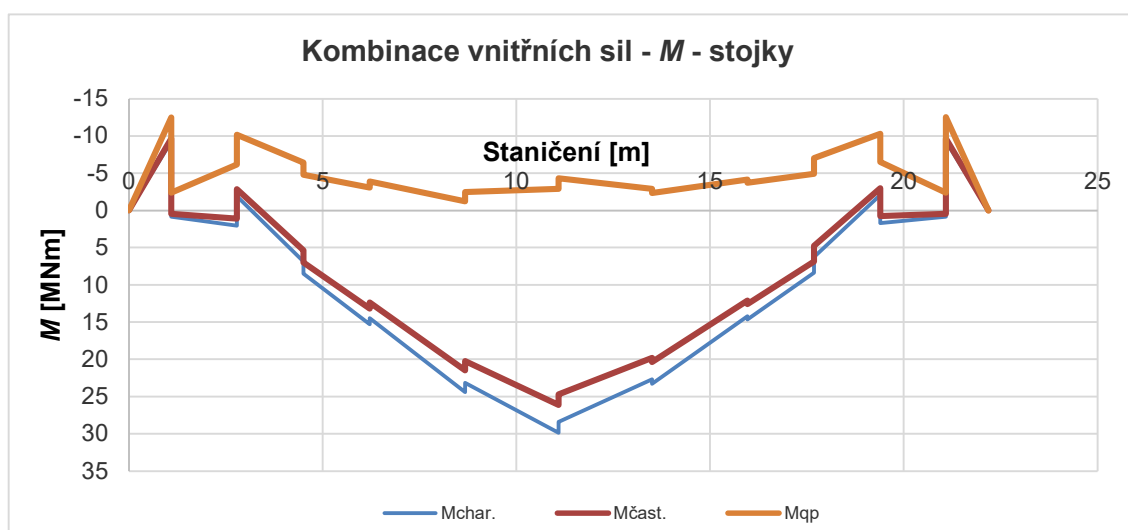
Ve všech kombinacích je uvažován  $Z_{UIC}$ -násobek Modelu zatížení 71.

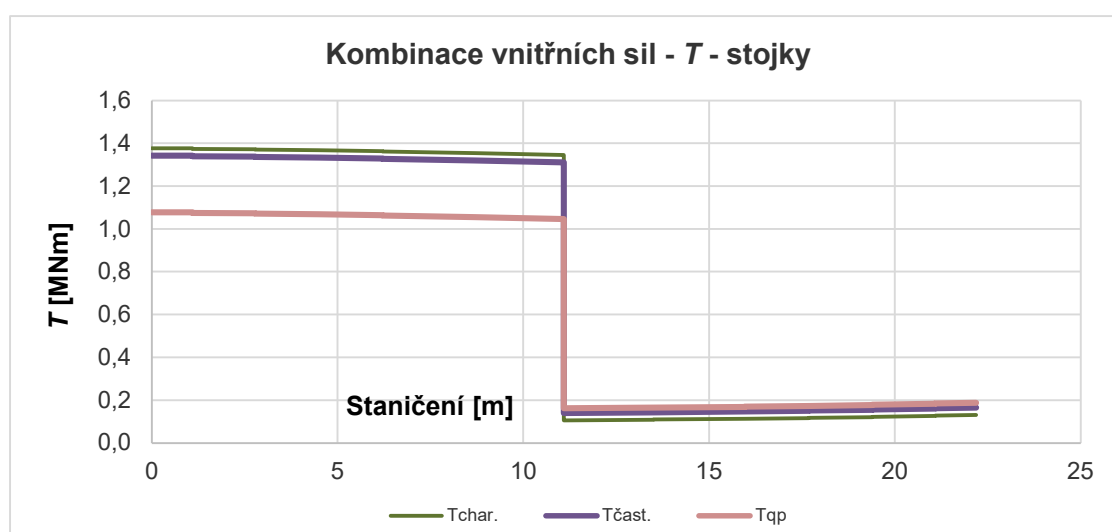
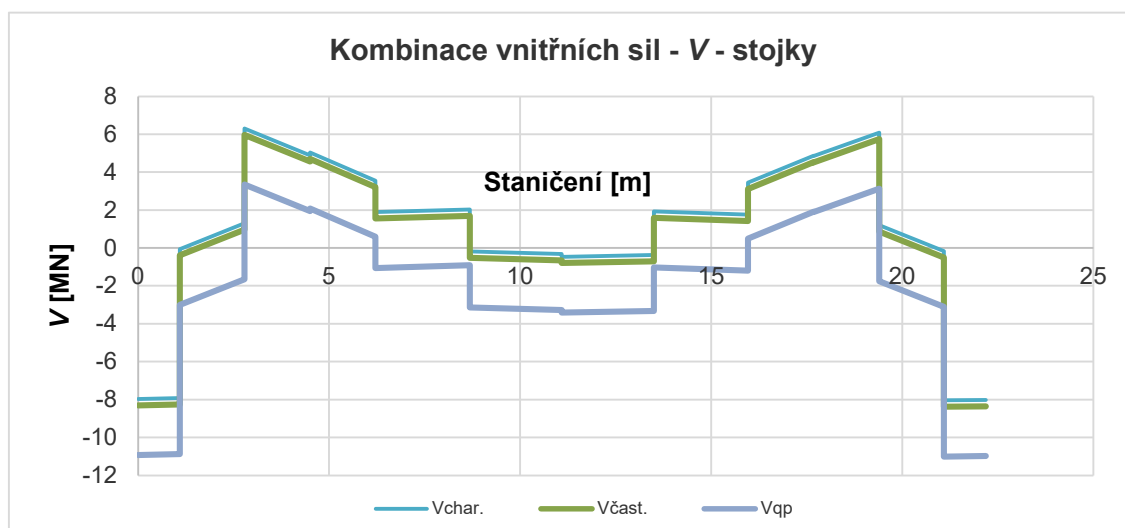
**Mostovka:**





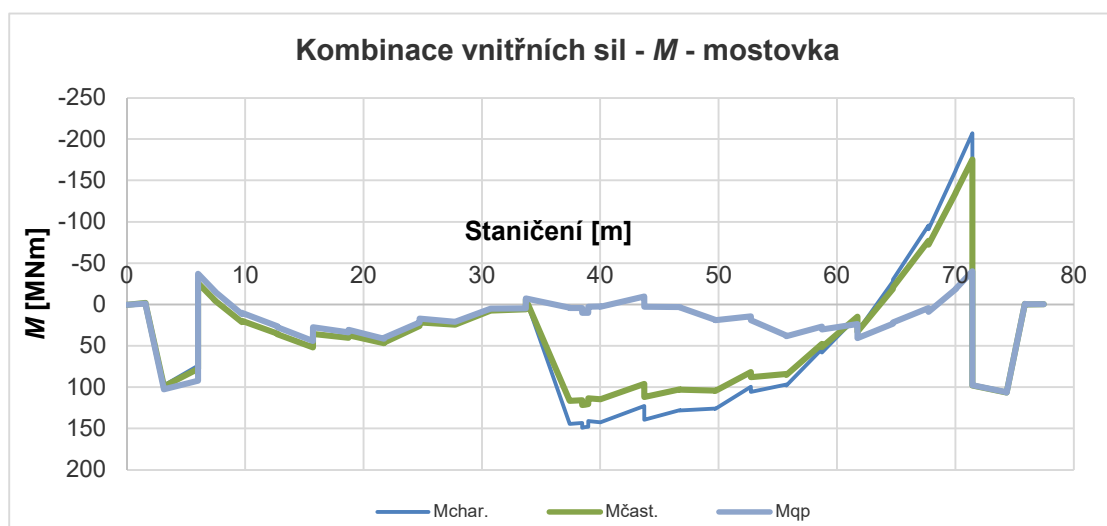
Stojky:

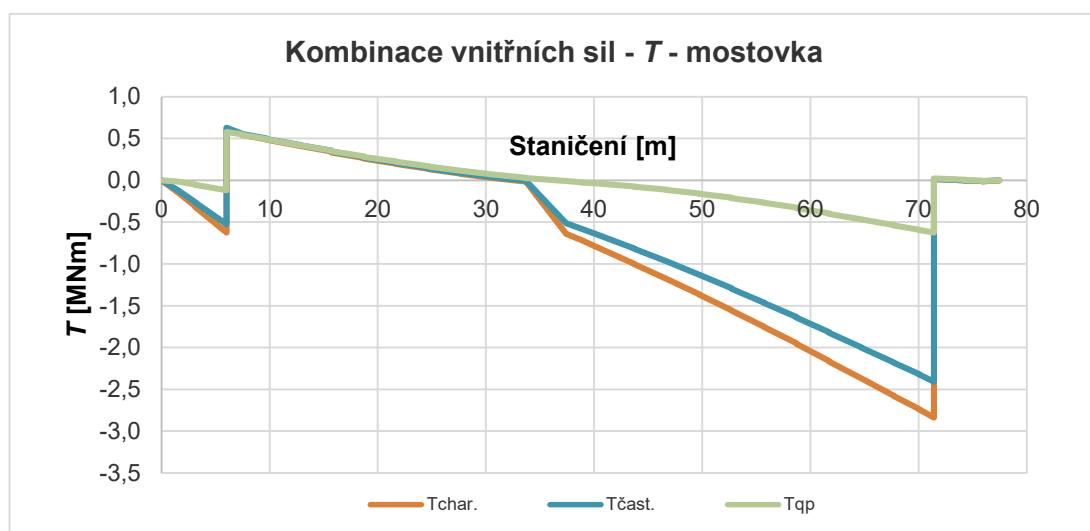
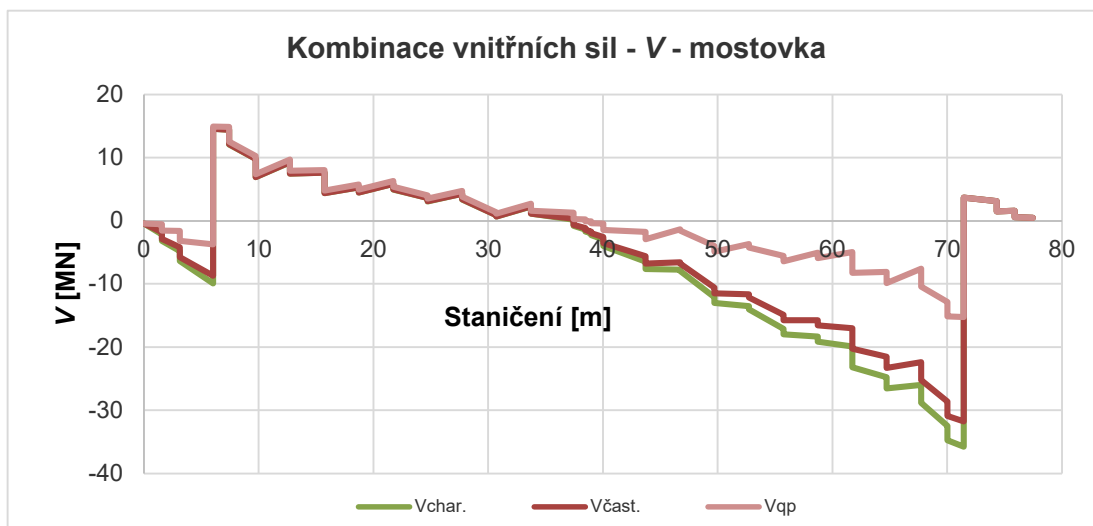




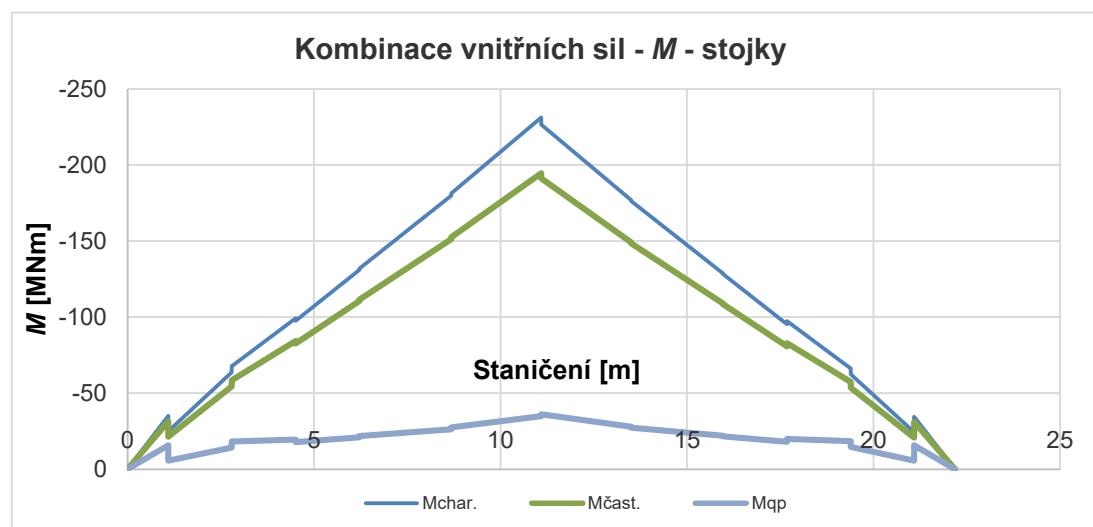
### 8.3.3. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - EXTRÉMNÍ SMYK A KROUCENÍ - V<sub>min</sub> (KONEC ŽIVOTNOSTI)

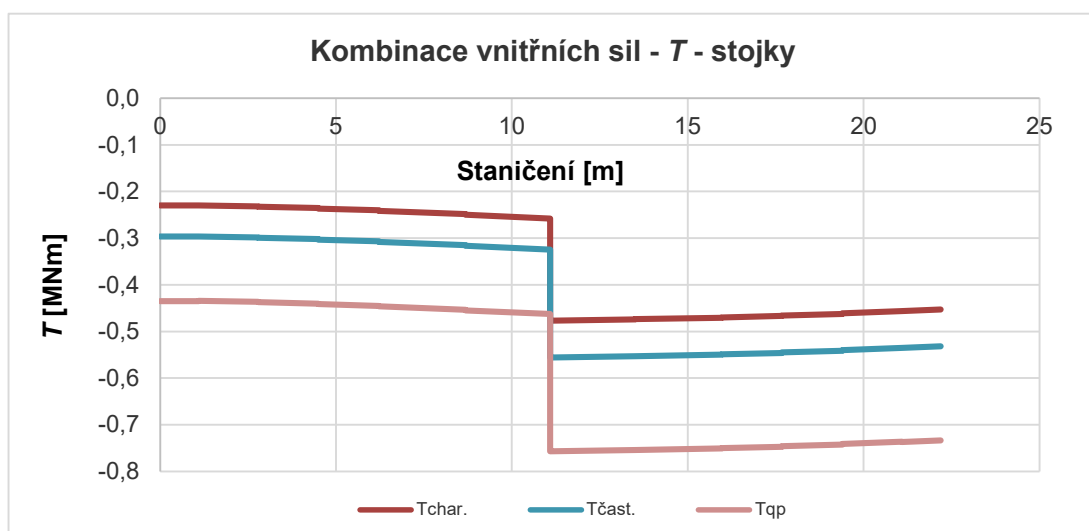
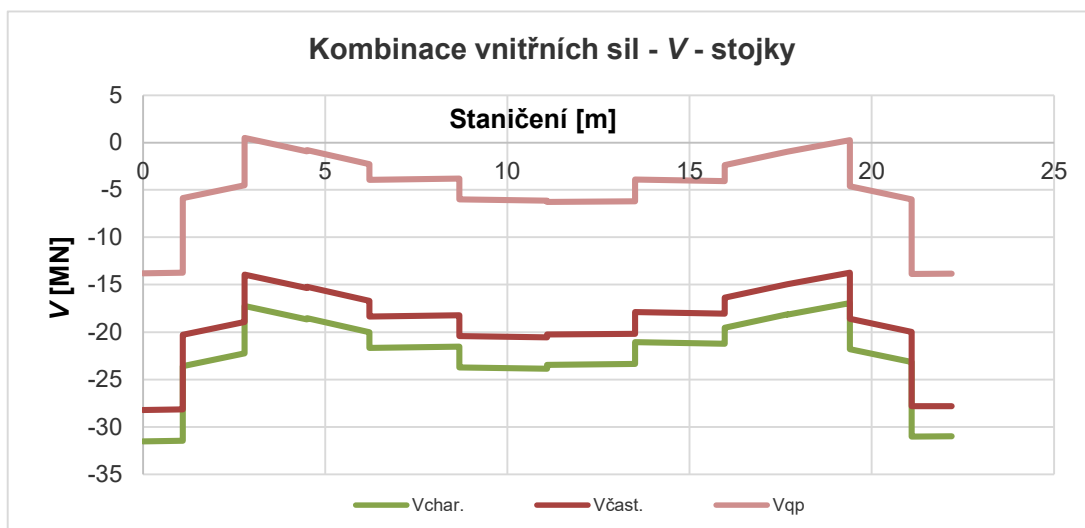
**Mostovka:**





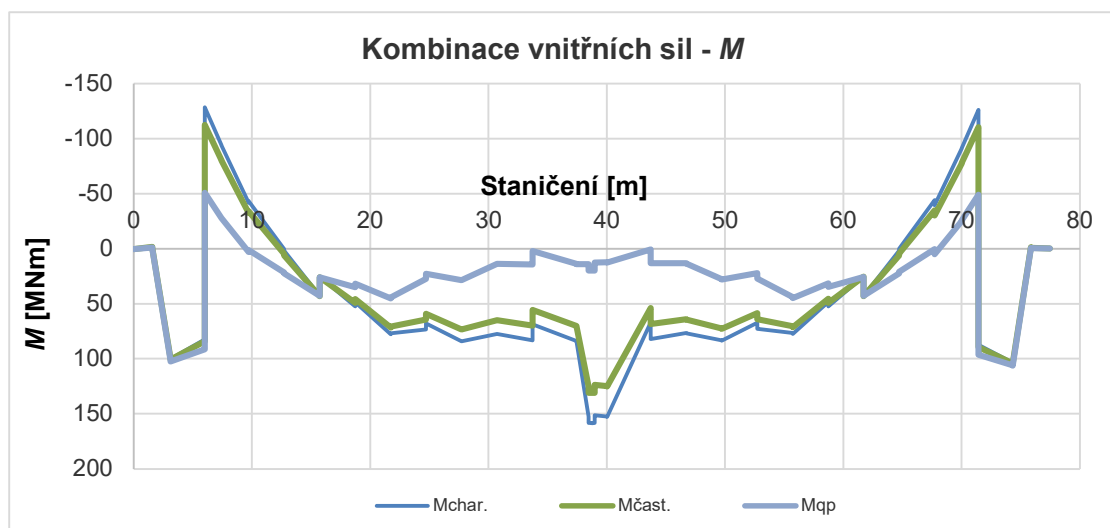
Stojky:

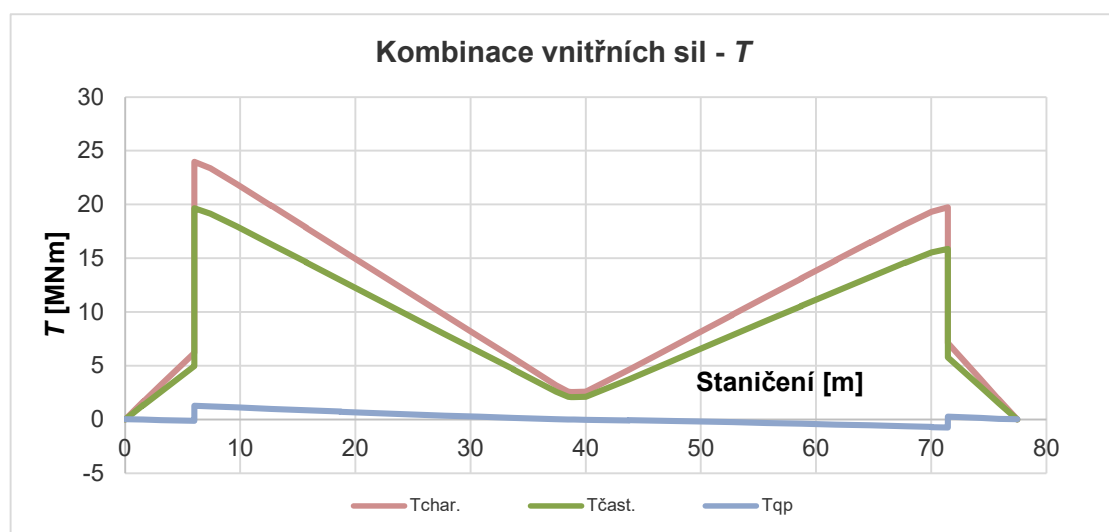
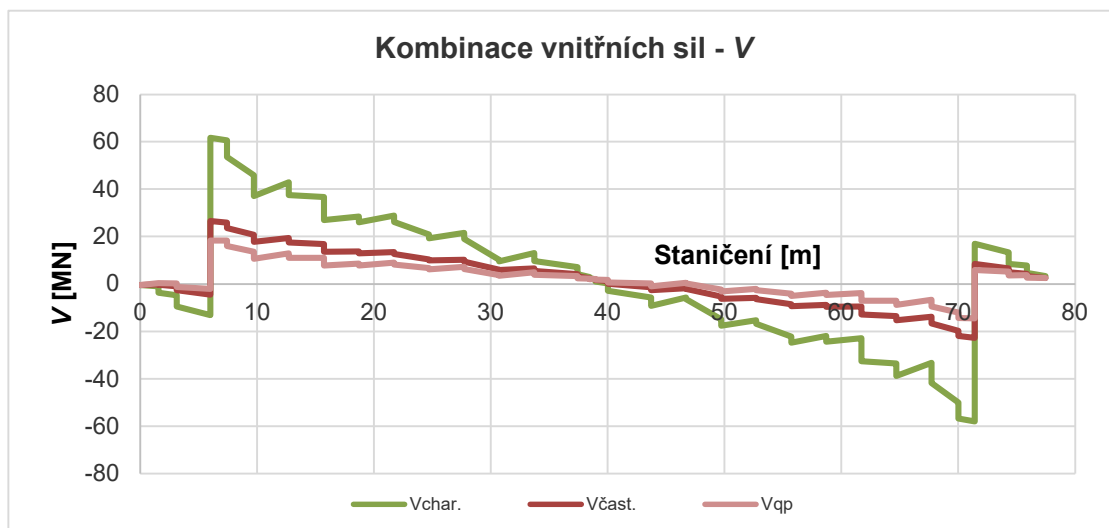




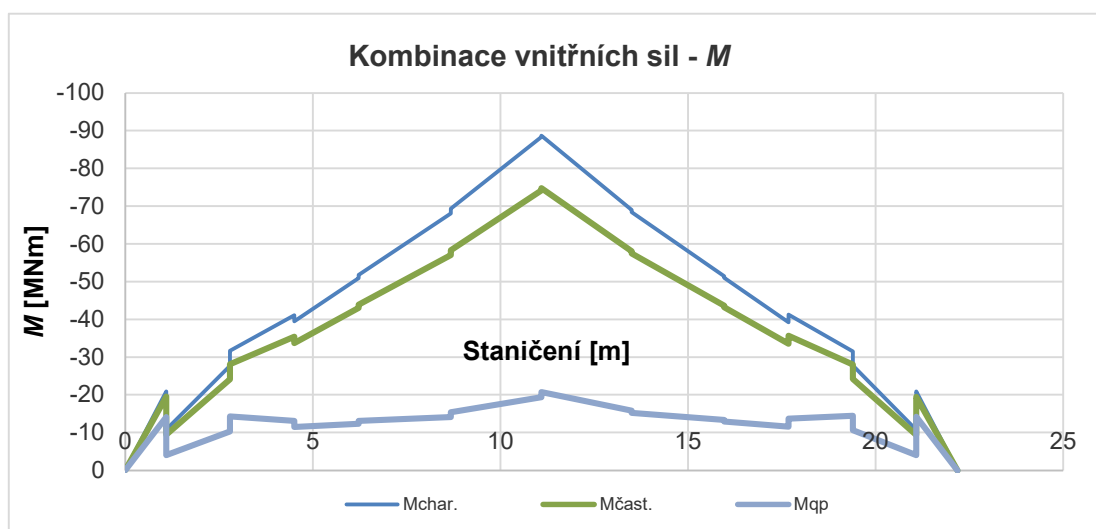
#### 8.3.4. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - EXTRÉMNÍ SMYK A KROUCENÍ - $T_{\max}$ (KONEC ŽIVOTNOSTI)

Mostovka:

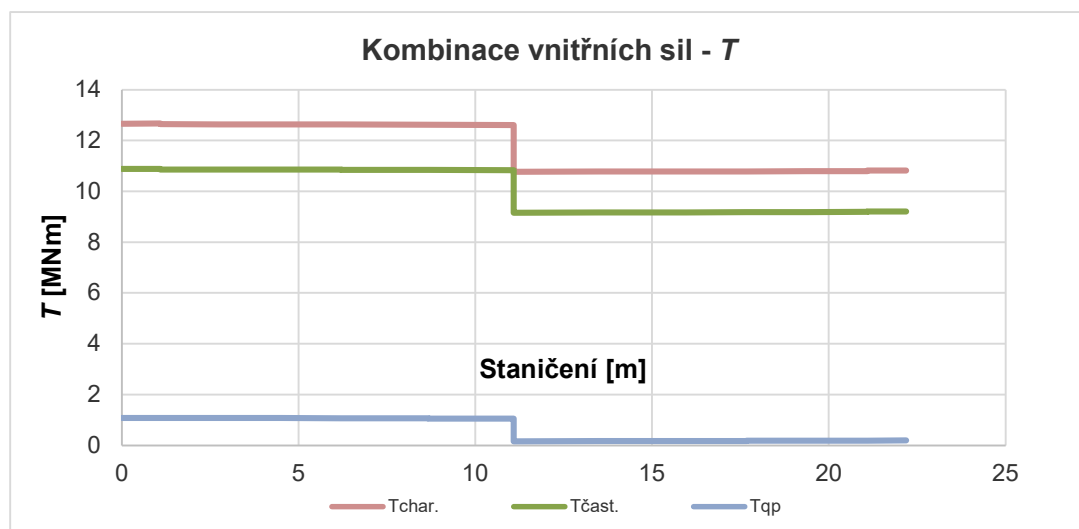
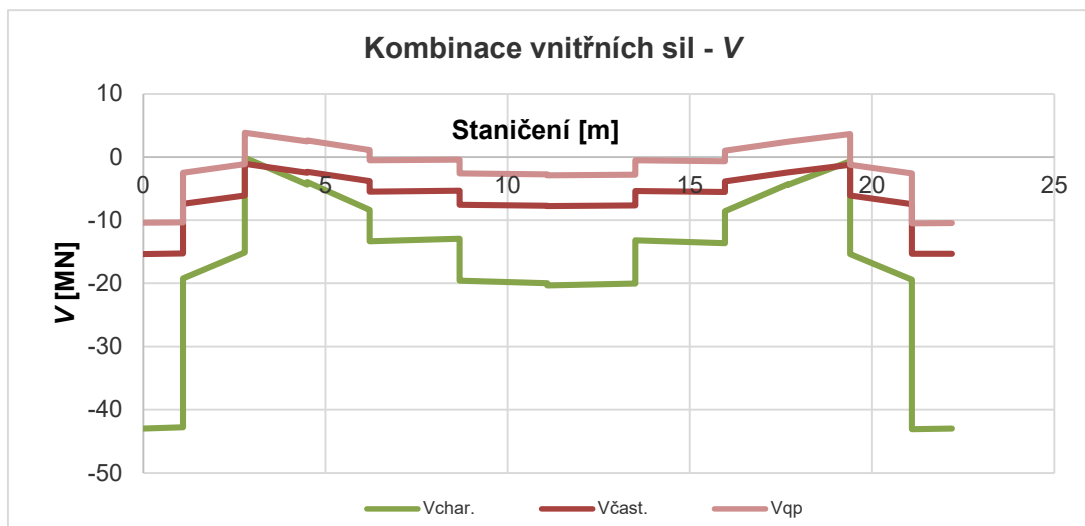




Stojky:

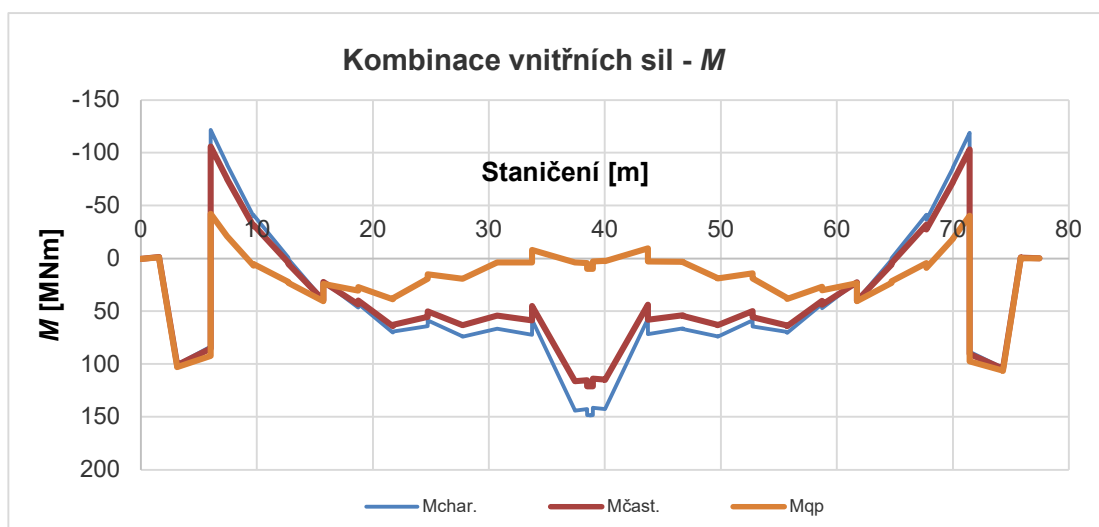


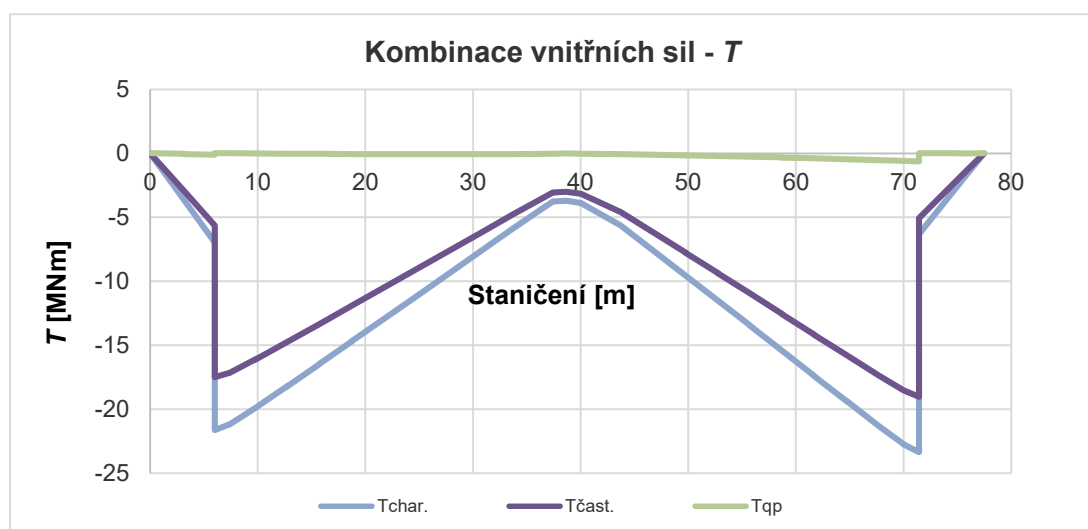
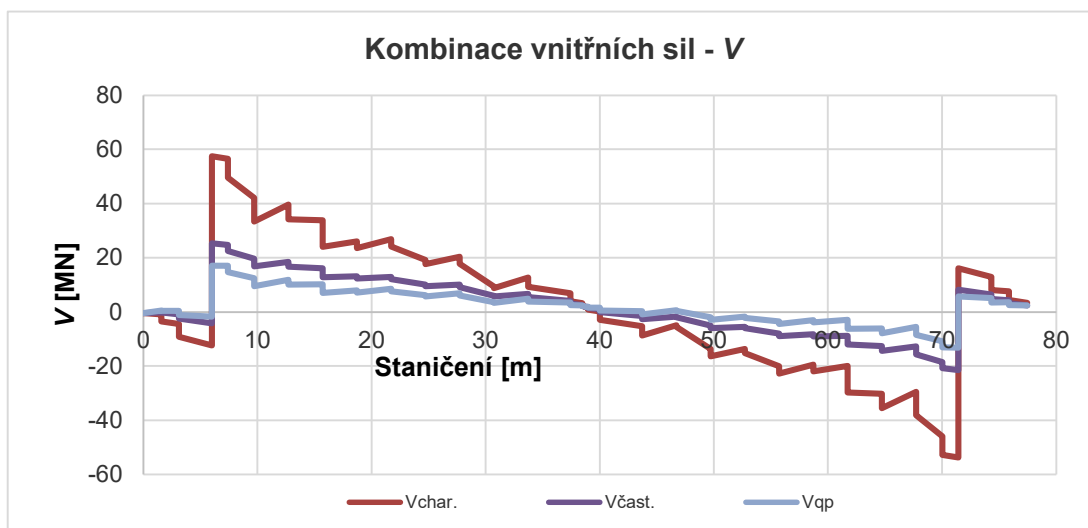




### 8.3.5. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - EXTRÉMNÍ SMYK A KROUCENÍ - T min (KONEC ŽIVOTNOSTI)

**Mostovka:**





### 8.3.6. POSOUZENÍ A STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

V rámci posouzení se porovná hodnota hlavního tahu s tzv. směrově závislou pevností betonu v tahu.

Hlavní napětí:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + (\tau_z + \tau_T)^2}$$

Směrově závislá pevnost betonu v tahu  $f_{ctb}$  se vypočte ze vztahu:

$$f_{ctb} = \left(1 - 0,8 \cdot \frac{\sigma_3}{f_{ck}}\right) \cdot f_{ctk;0,05} \quad , \text{ kde:}$$

$f_{ctb}$  je pevnost betonu v tahu před vznikem trhlin při dvouosé napjatosti,

$\sigma_3$  je větší hlavní napětí v tlaku, dosažené kladnou hodnotou,  $\sigma_3 < 0,6f_{ck}$ .

Větší hlavní napětí v tahu  $\sigma_1$  ve stěně se porovná s odpovídající pevností  $f_{ctb}$ .

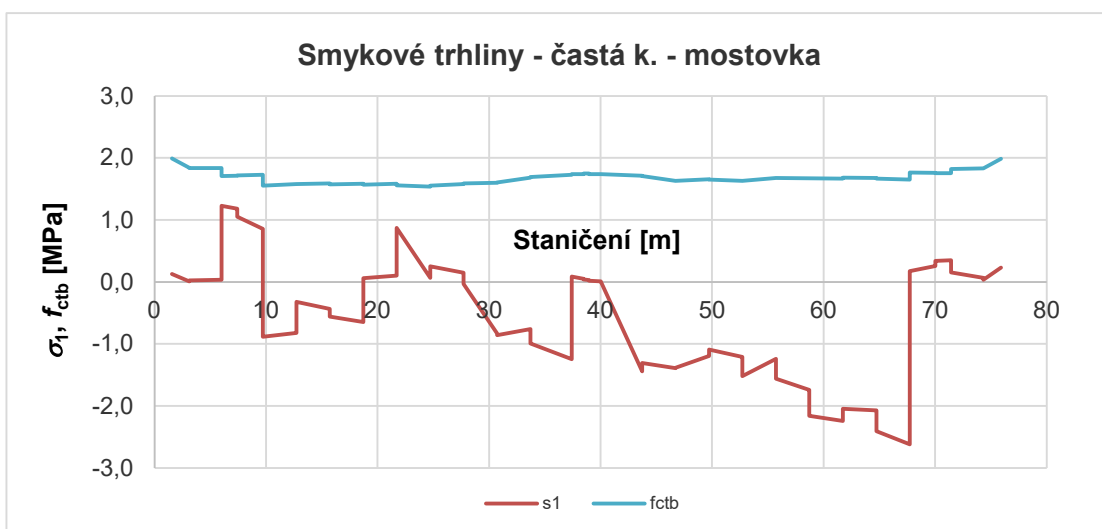
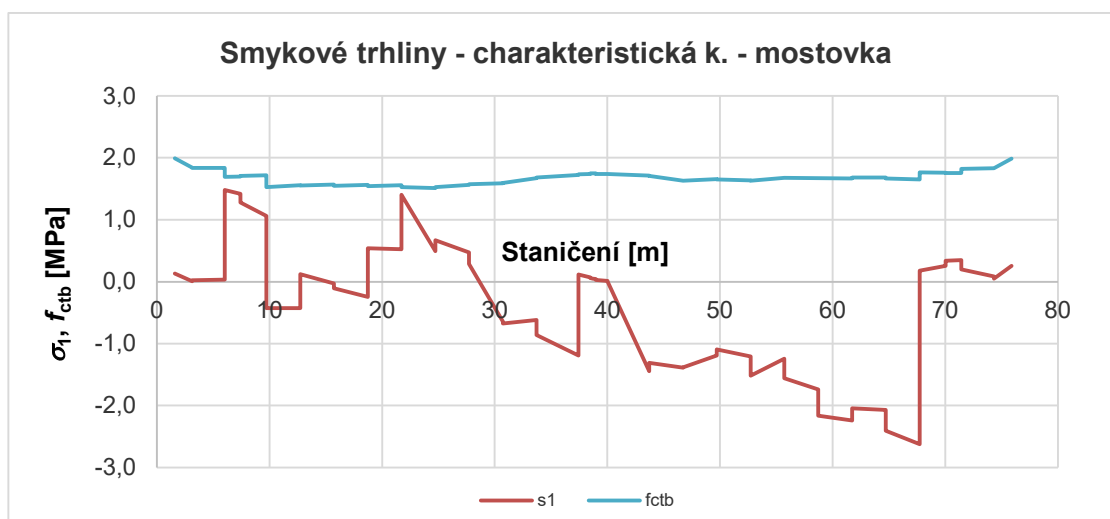
Pokud je  $\sigma_1 < f_{ctb}$ , má být při návrhu konstrukce navržena minimální výztuž podle [ 7 ]  
a [ 8 ] , čl. 7.3.2.

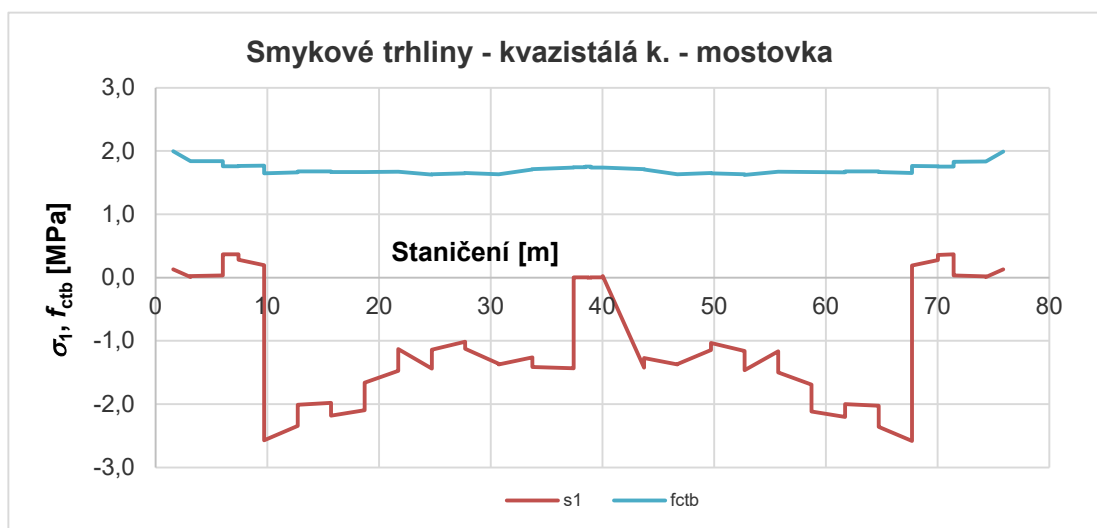
Pokud je  $\sigma_1 > f_{ctb}$ , má být šířka trhlin omezena podle [ 7 ] a [ 8 ] , čl. 7.3.3  
nebo se vypočte a ověří podle čl. 7.3.4 a 7.3.1 se zohledněním úhlu sevřeného směrem hlavního  
napětí se směrem výztuže.

V následujících grafech je uveden přehled hodnot pro kombinace s uvažováním  
 $Z_{UIC}$ -násobku Modelu zatížení 71.

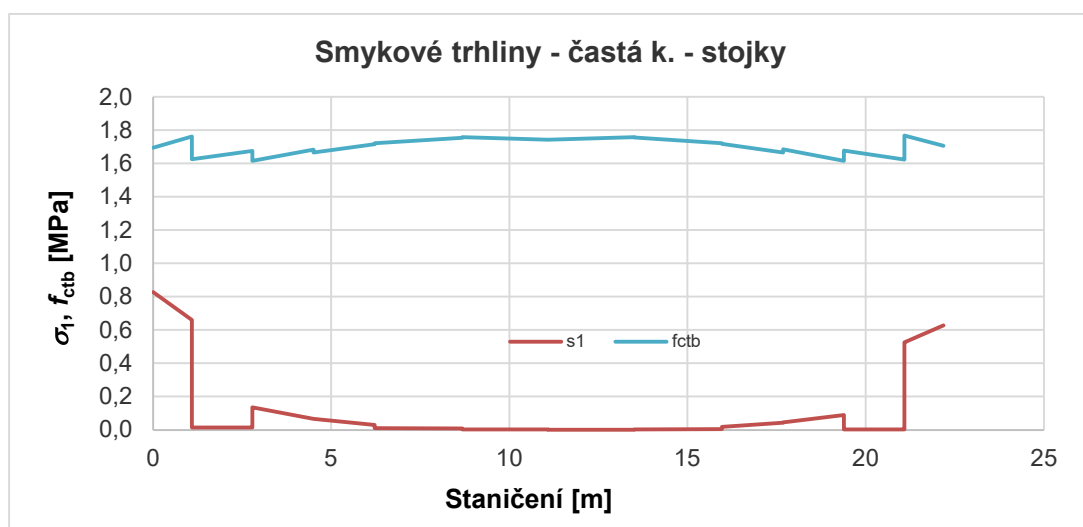
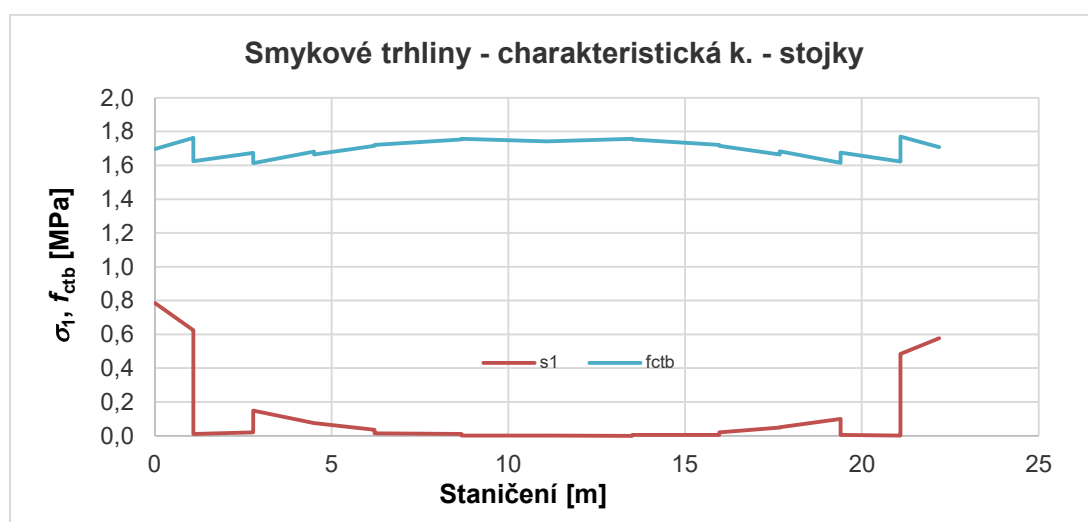
#### 8.3.6.1. Hodnoty pro Vmax

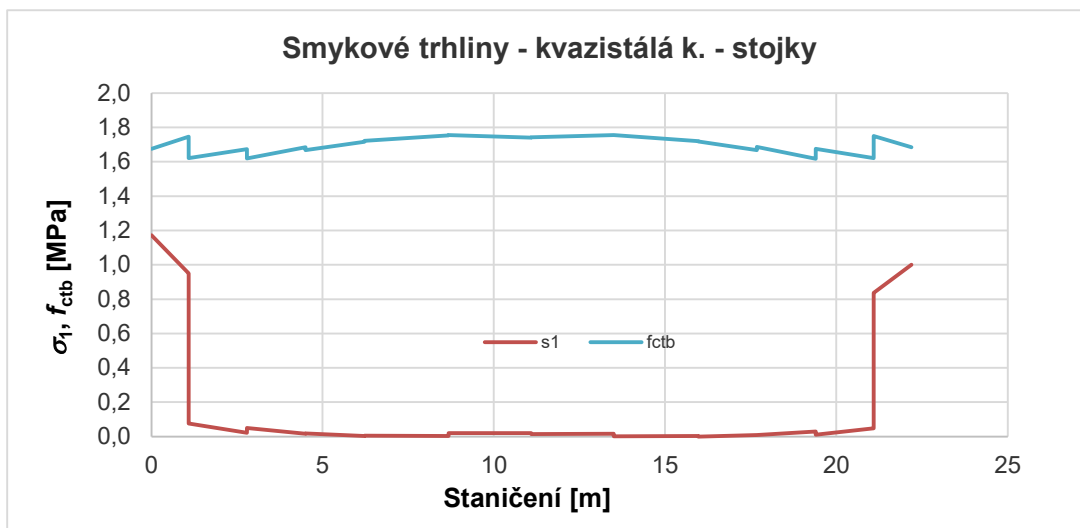
Mostovka:





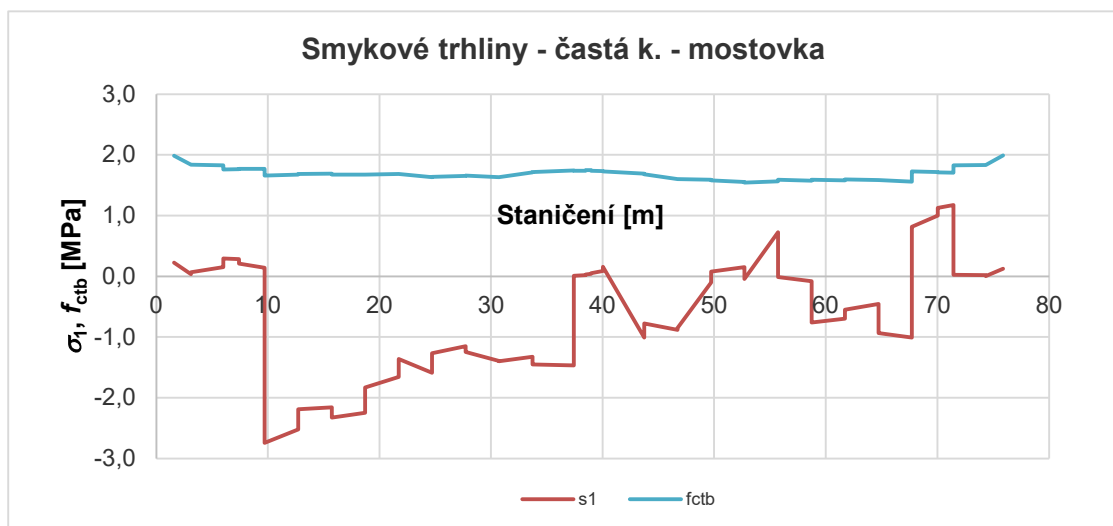
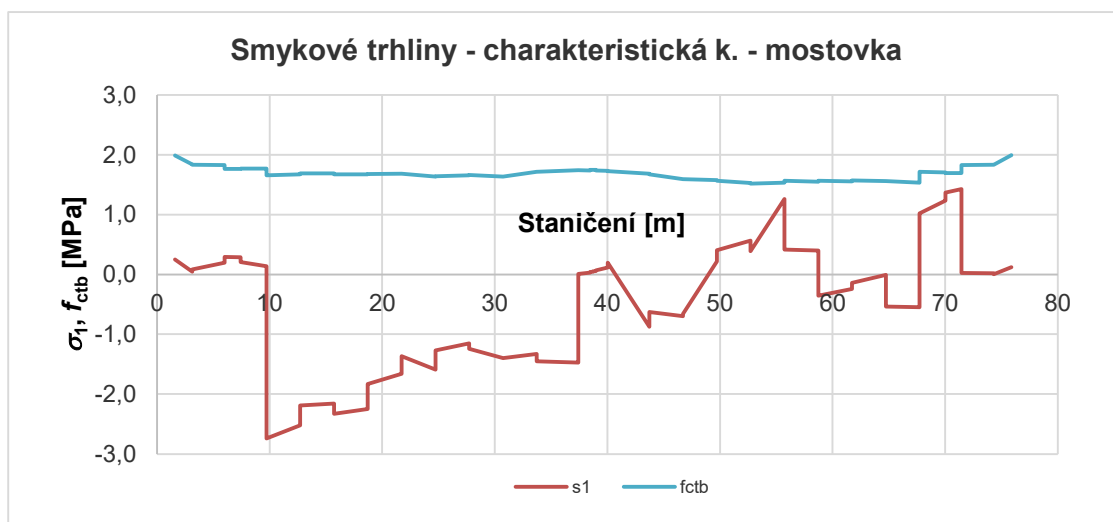
**Stojky:**

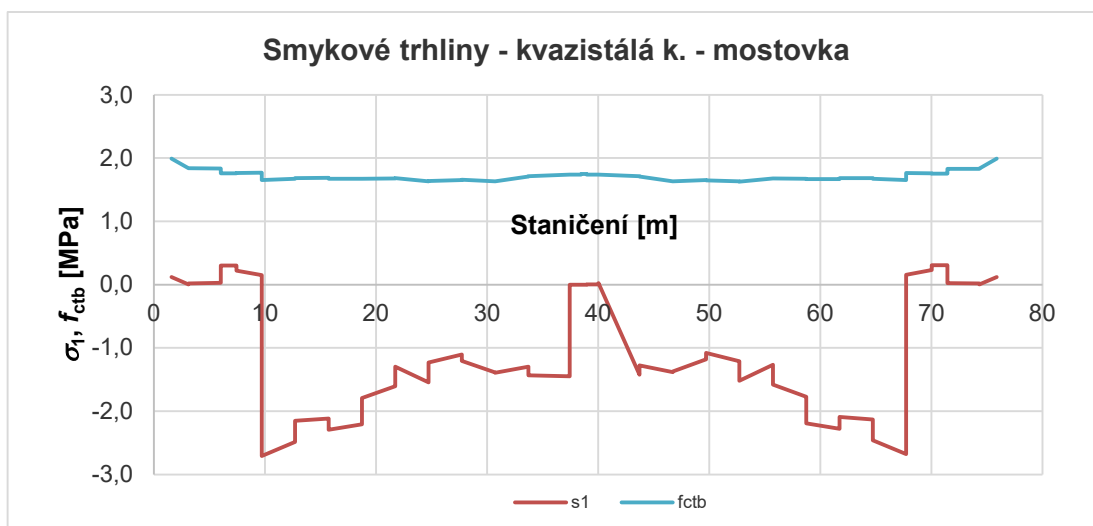




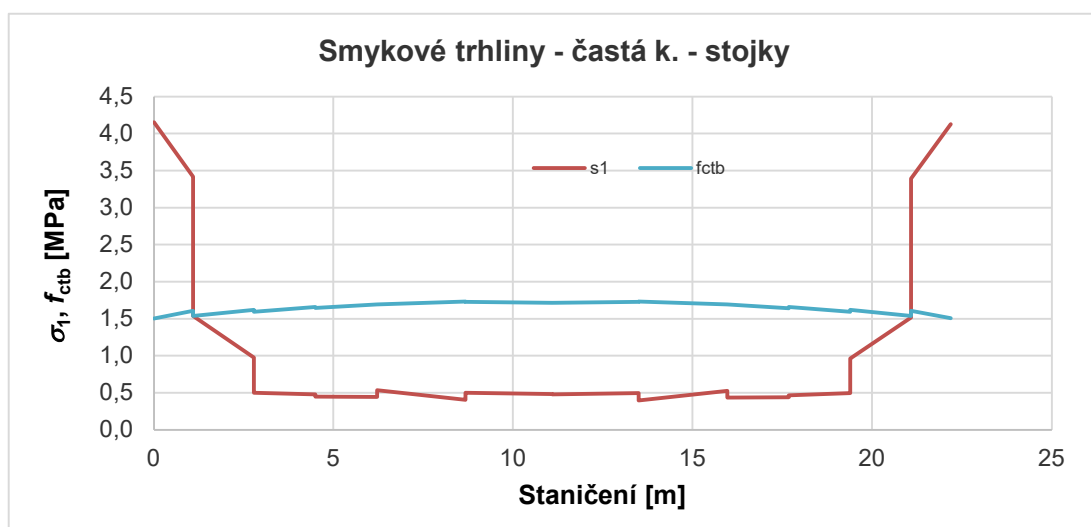
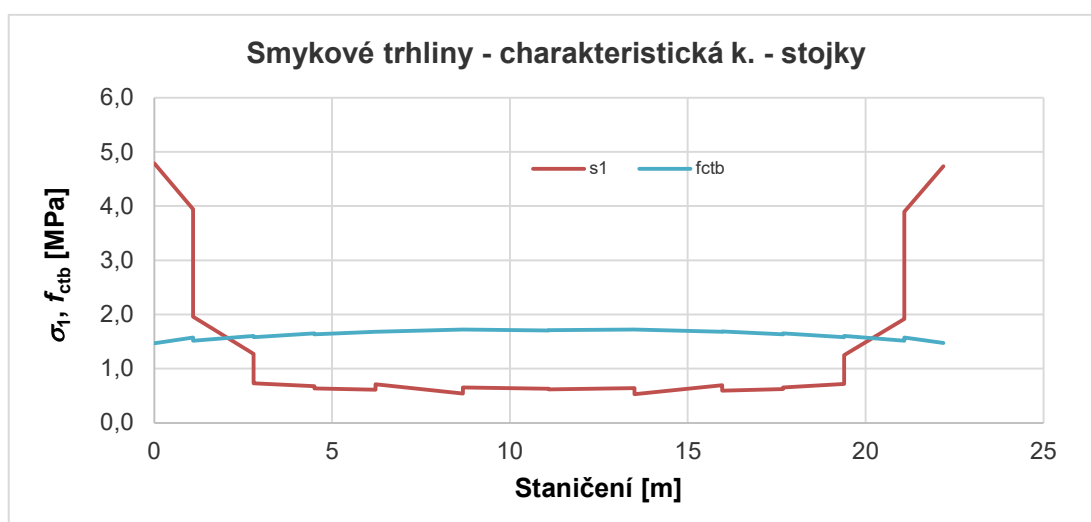
### 8.3.6.2. Hodnoty pro Vmin

**Mostovka:**





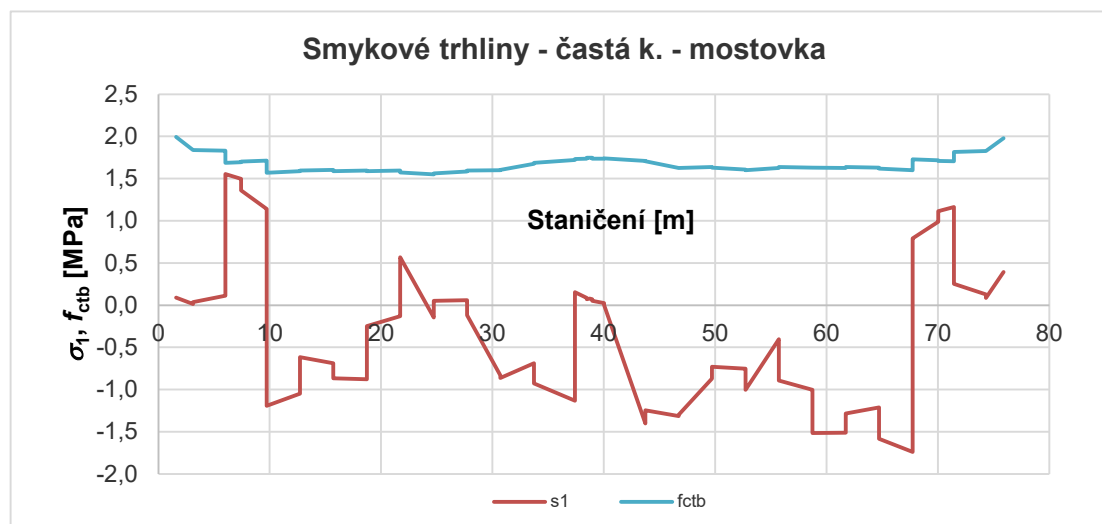
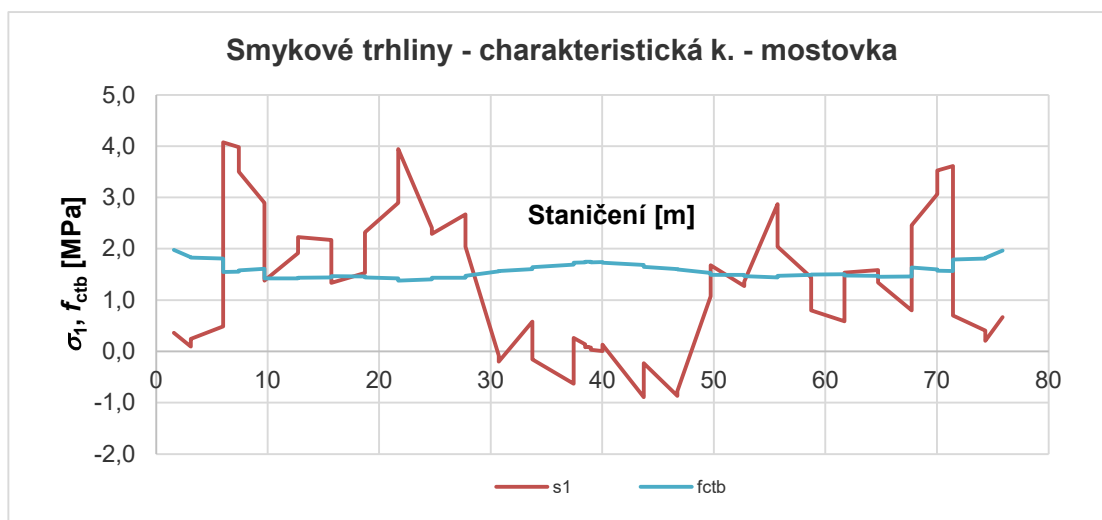
**Stojky:**





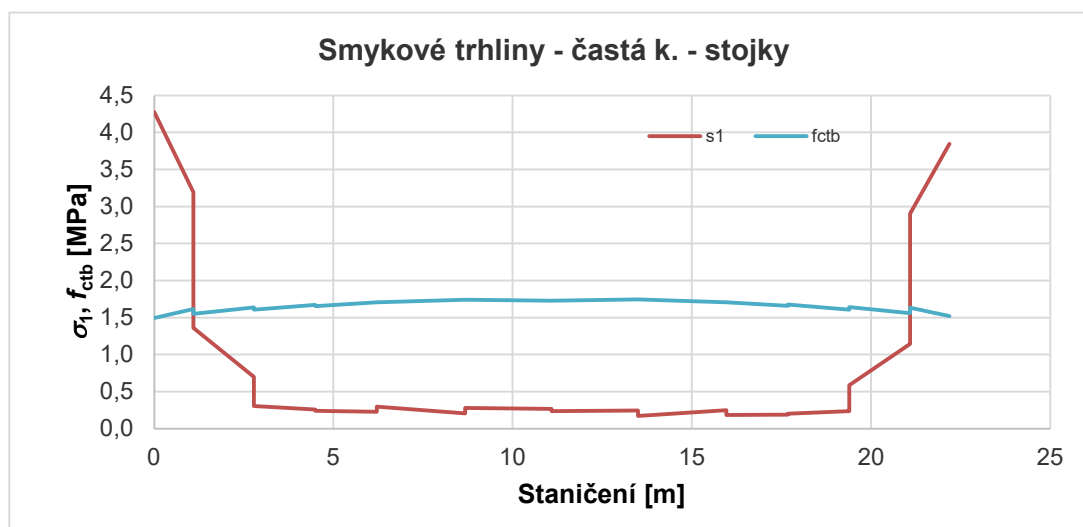
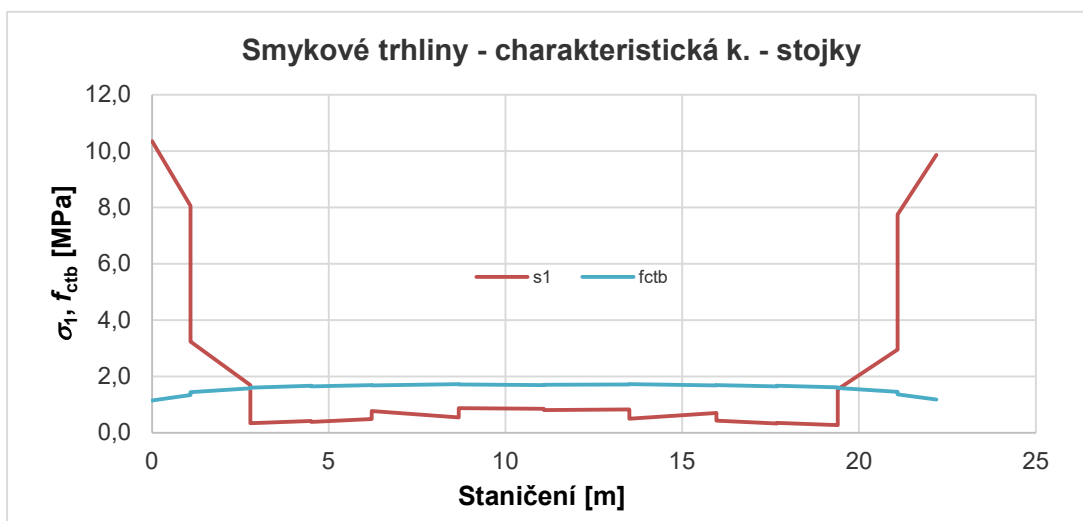
### 8.3.6.3. Hodnoty pro Tmax

Mostovka:

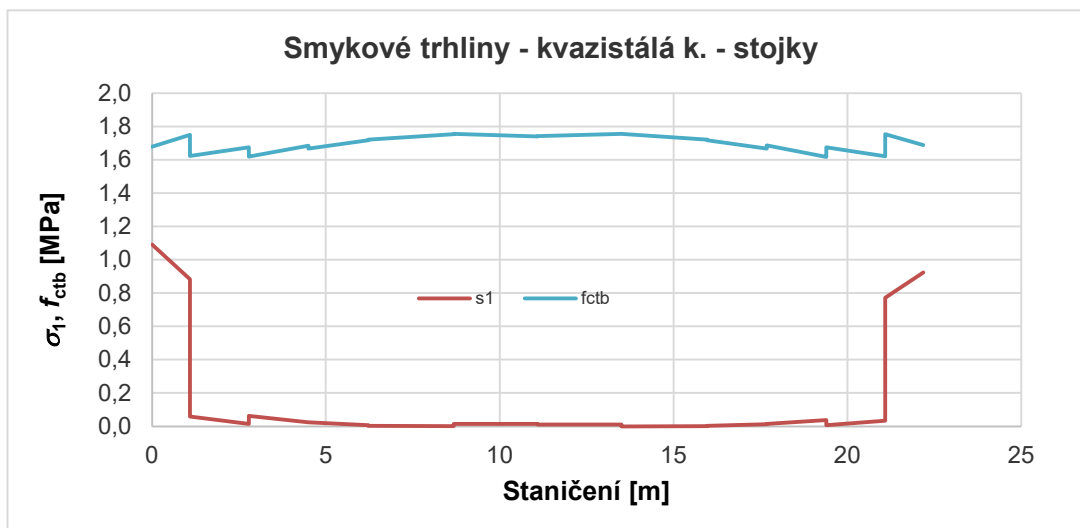




**Stojky:**

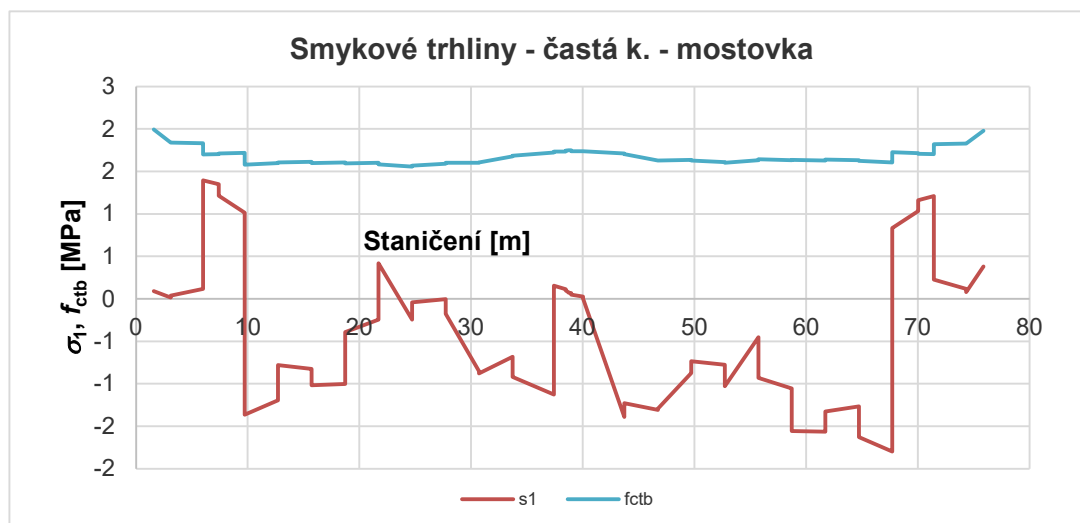
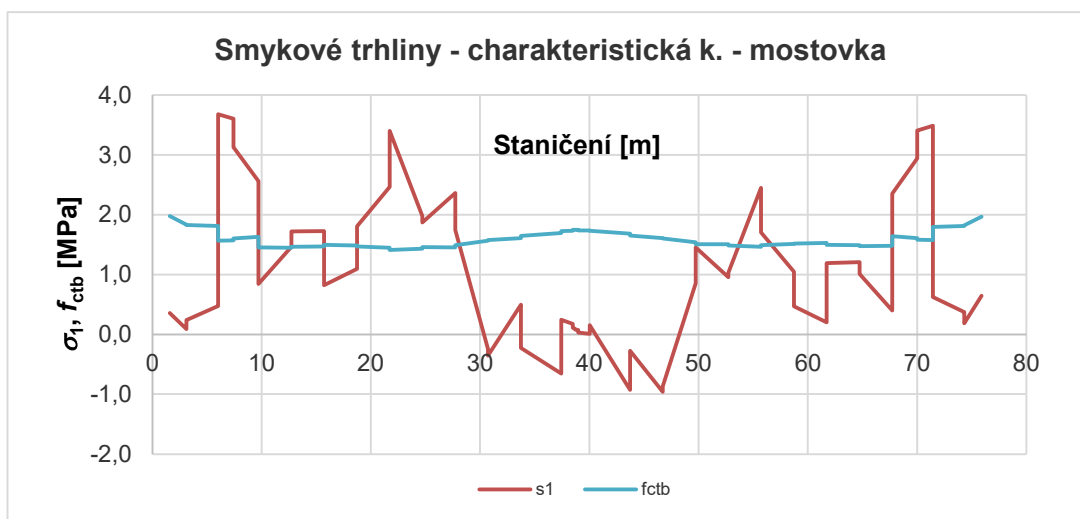






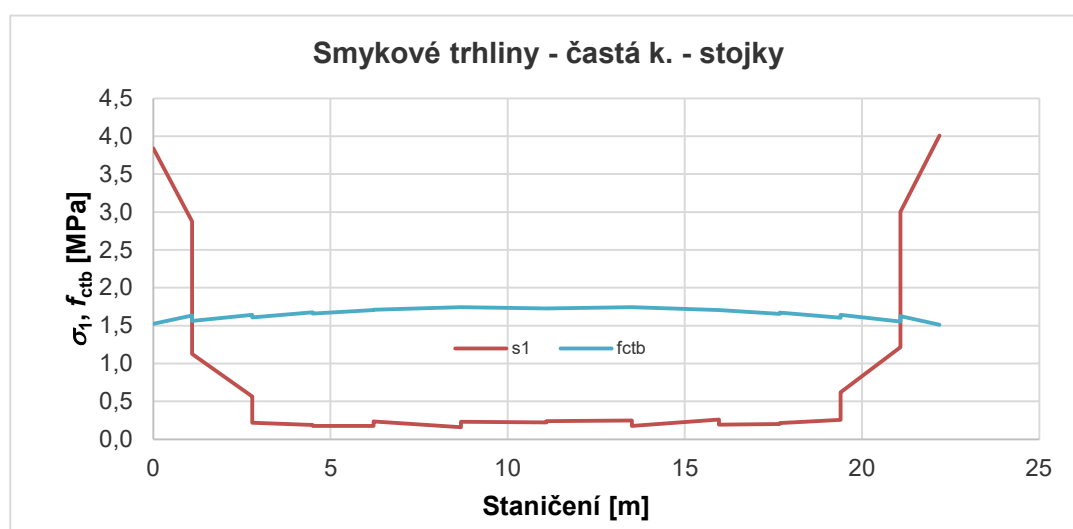
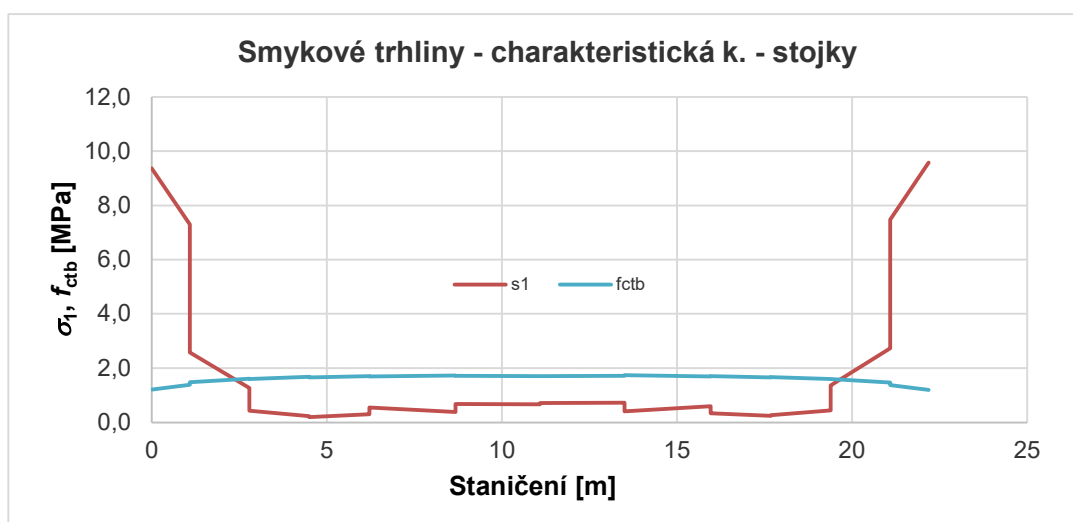
#### 8.3.6.4. Hodnoty pro T<sub>min</sub>

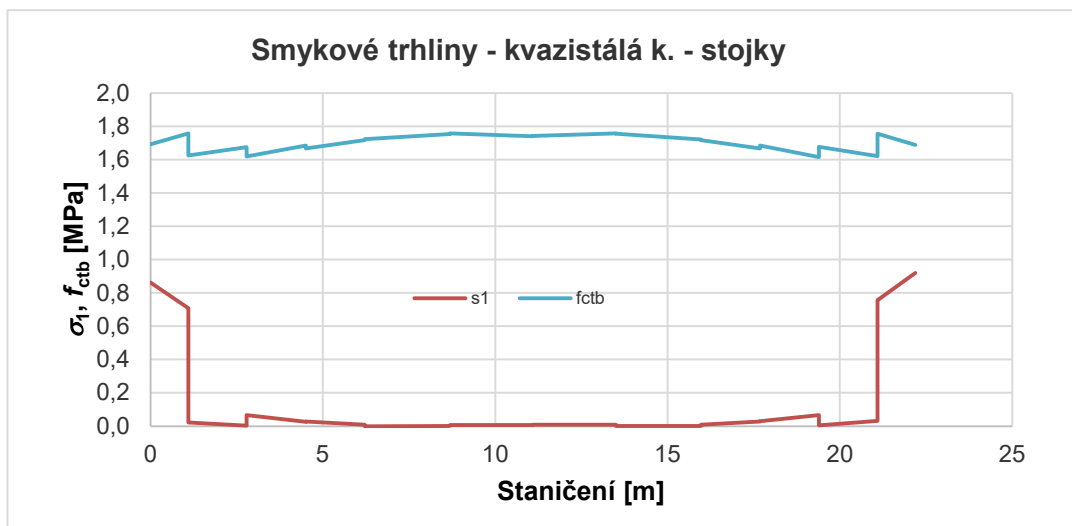
Mostovka:





**Stojky:**





## 8.4. OMEZENÍ SVISLÝCH PRŮHYBŮ

Z hlediska bezpečnosti dopravy nemá pro všechna uspořádání konstrukce, zatížené klasifikovaným charakteristickým svislým zatížením podle EN 1991-2 (a tam, kde se požaduje, klasifikovaným zatížením SW/0 a SW/2), maximální celkový průhyb od kolejového zatížení měřený podél libovolné koleje přesáhnout hodnotu:

$$\frac{L}{600} = \frac{66900}{600} = 111,50 \text{ mm} \quad (\text{podle [2], Příl. A2})$$

Zatížitelnost se stanoví podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \Sigma \delta_{rs,i}) / \delta_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\delta_{lim}$  je mezní hodnota přetvoření podle kritéria příslušného mezního stavu použitelnosti,

$\delta_{LM71}$  je hodnota přetvoření vyvolaná svislým proměnným zatížením železniční dopravou, reprezentovaným Modelem zatížení 71 (podle povahy kritéria i včetně dynamických vlivů),

$\Sigma \delta_{rs,i}$  jsou hodnoty přetvoření od ostatních relevantních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravu v případě, že nebyly eliminovány vnějším zásahem (například nadvýšením nosné konstrukce).

Průhyby konstrukce byly spočteny v programu Scia Engineer.

Spočítány byly zvláště deformace na modelu TDA a to od vlastní tíhy a ostaního stálého zatížení, na 3D prutovém modelu byly spočteny průhyby od proměnných zatížení.

Maximální průhyb od Modelu zatížení 71 v hlavním poli:

$$\text{- jedna zatížená kolej ...} \quad v_{LM71,max,1} = 8,2 \text{ mm}$$

$$\text{- dvě zatížené koleje ...} \quad v_{LM71,max,2} = 16,4 \text{ mm}$$

Zatížitelnost stanovená na základě svislého průhybu:

$$Z_{LM71} = \frac{111,50}{16,40} = 6,799$$

## 8.5. POOTOČENÍ PODPOROVÝCH PRŮŘEZŮ

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu od Modelu zatížení 71 (Scia):

$$\text{- jedna zatížená kolej ...} \quad \theta_{max,1} = 0,0002 \text{ rad}$$

$$\text{- dvě zatížené koleje ...} \quad \theta_{max,2} = 0,0004 \text{ rad}$$

Maximální přípustná hodnota koncového pootočení podle [ 1 ] :

$$\vartheta_{\text{lim}} = 0,0035 \text{ rad}$$

Uvažujeme limitní hodnotu pro doukolejné mosty; uvažujeme hodnotu pro přechod mezi zemním tělesem a nosnou konstrukcí, která je přísnější než hodnota pro přechod mezi dvěma nava-  
zujícími nosnými konstrukcemi.

Dle [ 2 ] , Příloha A2 uvažujeme klasifikované svislé zatížení železniční dopravou -  
Modelem zatížení 71.

Stanovení zatížitelnosti:

$$Z_{\text{LM71}} = \frac{0,0035}{0,00040} = 8,750$$

## **8.6. ZKROUCENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE**

Podle [ 2 ] se zkroucení hlavní nosné konstrukce stanoví na základě charakteris-  
tických hodnot Modelu zatížení 71, dále Modelu zatížení SW/0 nebo SW/2, které jsou násobeny  
součiniteli  $\Phi$  a  $\alpha$  a od Modelu zatížení HSLM včetně odstředivých sil podle [ 6 ] .

Zkroucení se stanoví v ose koleje na délce 3 m. Při rozchodu koleje  $s=1435$  mm a při rychlosti  
 $V \leq 120$  km/h je maximální přípustná hodnota relativního poklesu jednoho vrcholu takto získaného  
obdélníku:

- rychlost ...  $v \leq 120$  km/h ...  $t_{\text{lim}} = 4,5 \text{ mm},$

- rychlost ...  $120 < v \leq 200$  km/h ...  $t_{\text{lim}} = 3,0 \text{ mm}.$

### **Výpočet zkroucení koleje:**

Největší rozdíl pootočení okolo podélné osy nosné konstrukce mezi dvěma příčnými řezy,  
včetně dynamického součinitele a odstředivé síly

$$0,0001 \text{ rad}$$

Vzdálenost, na které k uvedené změně pootočení dochází ... 1,410 m

Rozchod koleje ... 1,435 m

Vzdálenost pro stanovení zkroucení koleje ... 3,000

Rozdíl v průhybu kolejnicových pásů na délce 3 m... 0,305 mm/3 m

### **Zatížitelnost stanovená na základě zkroucení koleje:**

$$\text{- rychlost ... } v \leq 120 \text{ km/h ... } Z_{\text{LM71}} = \frac{4,50}{0,305} = 14,732$$

$$\text{- rychlost ... } 120 < v \leq 200 \text{ km/h ... } Z_{\text{LM71}} = \frac{3,00}{0,305} = 9,821$$

## 8.7. VODOROVNÉ DEFORMACE NOSNÉ KONSTRUKCE

Příčné deformace jsou vyneseny v následujících tabulkách:

Poloha	Příčný posun [mm] od zatížení							
	LM71 - 1 kolej		Odstředivé síly		Vítr		Teplota příčně	
	max	min	max	min	max	min	max	min
Střed pole	1,1	-1,1	0,0	0,0	3,9	-3,9	3,3	-3,3
Uložení <sup>*)</sup>	1,1	-1,1	0,0	0,0	1,3	-1,3	0,6	-0,6
Konec n.k.	1,1	-1,1	0,0	0,0	0,7	-0,7	0,5	-0,5

Příčné posuny - součet:

Poloha	$v_y$	[mm]
	max	min
Střed pole	8,3	-8,3
Uložení <sup>*)</sup>	3,0	-3,0
Konec n.k.	2,3	-2,3

<sup>\*)</sup> osou uložení je průsečík osy hlavní nosné konstrukce (mostovky) s osou rámové stojky.

**Odpovídající poloměr zakřivení ve vodorovném směru:**

(uvažujeme rozdíl příčného posunu v ose uložení a uprostřed pole; výpočet z rovnice kružnice)

příčný posun středu pole vůči ose uložení ...

$$\Delta Y = 0,0083 - 0,0030 = 0,0053 \text{ m}$$

$$\text{délka rozpětí pole ... } L = 66,900 \text{ m}$$

$$\text{polovina rozpětí pole ... } X = L/2 = 33,450 \text{ m}$$

$$\text{poloměr kružnice ... } R = 105556,8 \text{ m}$$

**Příпустné hodnoty změny poloměru vodorovného zakřivení ...**

(uvažujeme hodnoty pro spojitě nosníky, které jsou přísnější)

$$\text{- rychlost ... } v \leq 120 \text{ km/h ... } r_4 = 3500,0 \text{ m}$$

$$\text{- rychlost ... } 120 < v \leq 200 \text{ km/h ... } r_5 = 9500,0 \text{ m}$$

**Zatížitelnost stanovená na základě změny poloměru vodorovného zakřivení ...**

$$\text{- rychlost ...} \quad v \leq 120 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \frac{105556,8}{3500,0} = 30,159$$

$$\text{- rychlost ...} \quad 120 < v \leq 200 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \frac{105556,8}{9500,0} = 11,111$$

**Pootočení koncového průřezu nosné konstrukce okolo svislé osy:**

vítr ...	0,0001	rad	
teplota příčně ...	0,0002	rad	
celkem ...	0,0003	rad	(pootočení od dalších vlivů jsou prakticky nulové)

**Přípustné hodnoty pootočení ...**

$$\text{- rychlost ...} \quad v \leq 120 \text{ km/h ...} \quad \alpha_1 = 0,0035 \text{ rad}$$

$$\text{- rychlost ...} \quad 120 < v \leq 200 \text{ km/h ...} \quad \alpha_2 = 0,0020 \text{ rad}$$

**Zatížitelnost stanovená na základě pootočení koncového průřezu okolo svislé osy ...**

$$\text{- rychlost ...} \quad v \leq 120 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \frac{0,00350}{0,00030} = 11,667$$

$$\text{- rychlost ...} \quad 120 < v \leq 200 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \frac{0,00200}{0,00030} = 6,667$$

**Rozhodující hodnoty zatížitelnosti stanovené na základě deformací v příčném směru:**

$$v \leq 120 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \min \{ 30,159 ; 11,667 \} = 11,667$$

$$120 < v \leq 200 \text{ km/h ...} \quad Z_{LM71} = \min \{ 11,111 ; 6,667 \} = 6,667$$

## 9. ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSÚ

---

Zatížitelnost  $Z_{LM71}$  se na základě mezních stavů únosnosti stanoví podle vztahu:

$$Z_{LM71} = (R_d - \Sigma E_{rs,Ed,i}) / E_{LM71,Ed}, \text{ kde:}$$

- $R_d$  je návrhová hodnota únosnosti průřezu nebo prvku mostního objektu,  
 $E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota účinků svislého proměnného zatížení železniční dopravou, reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických vlivů,  
 $\Sigma E_{rs,Ed,i}$  jsou návrhové, kombinační nebo skupinové hodnoty účinků ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou.

Pokud stanovená hodnota zatížitelnosti  $Z_{LM71} \leq 1,0$ , lze úměrně k této určené zatížitelnosti  $Z_{LM71}$  redukovat i ostatní účinky zatížení železniční dopravou, tj. účinky zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou. Výslednou hodnotu zatížitelnosti  $Z_{LM71}$  je třeba v tomto případě určit iterační formou výpočtu.

Stanovení zatížitelnosti provedeme pro čas na konci životnosti a s použitím vztahů pro sestavení kombinací (6.10a) a (6.10b) dle [ 2 ] .

Jako hlavní proměnné zatížení budeme postupně uvažovat zatížení železniční dopravou, zatížení větrem a zatížení teplotními změnami.

### 9.1. OHYB

---

#### 9.1.1. STANOVENÍ MOMENTU ÚNOSNOSTI $M_{Rd}$

---

Moment únosnosti jednotlivých průřezů byl stanoven pomocí vlastního programu v kalkulátoru Excel za následujících předpokladů:

- pro beton byl uvažován návrhový bilineární pracovní diagram dle [ 7 ] , obr. 3.4; protože se jedná o komorový průřez, jehož horní deska je při ohybu vystavena téměř prostému tlaku, bylo v krajních tlačných vláknech uvažováno mezní poměrné přetvoření 2,0 promile,
- pro betonářskou a předpínací výztuž byly uvažovány návrhové pracovní diagramy dle [ 7 ] , obr. 3.8 a 3.10; byly uvažovány pracovní diagramy s vodorovnou plastickou větví, proto nebylo omezeno maximální poměrné přetvoření,
- výpočet byl proveden v souladu s čl. 6.1 [ 7 ] a [ 8 ] .

Při stanovení mezní únosnosti v ohybu byl uvažován i vliv normálové síly.



**Staničení** 1,575 (obráceně)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,310	6	24	7,0	5,3728
7	2'	3,080	8	24	7,0	7,3853
8	2''	2,850	8	24	7,0	7,3853
9						0,0000
10						0,0000
103,006						

$$M_{p0} = 144,2349 \text{ MNm}$$

$$M_p = 42,9465 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -101,2884 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

**Staničení** 3,125 (obráceně)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,310	6	24	7,0	5,3728
7	2'	3,080	8	24	7,0	7,3853
8	2''	2,850	8	24	7,0	7,3853
9						0,0000
10						0,0000
103,006						

$$M_{p0} = 144,2349 \text{ MNm}$$

$$M_p = 178,2589 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 34,0240 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

**Staničení** 6,015 L (obráceně)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,310	6	24	7,0	5,3728
7	2'	3,080	8	24	7,0	7,3853
8	2''	2,766	8	24	7,0	7,3853
9						0,0000
10						0,0000
103,006						

$$M_{p0} = 143,6145 \text{ MNm}$$

$$M_p = 183,6017 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 39,9871 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

Staničení 6,015 P (obráceně)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákný [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,310	6	24	7,0	5,3728
7	2'	3,080	8	24	7,0	7,3853
8	2''	2,766	8	24	7,0	7,3853
9						0,0000
10						0,0000
						103,006

$$M_{p0} = 143,6145 \text{ MNm}$$

$$M_p = 191,6388 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 48,0243 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 520,521 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 2,860 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

Staničení 7,425 (obráceně)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákný [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,310	6	24	7,0	5,3728
7	2'	2,998	8	24	7,0	7,3853
8	2''	2,549	8	24	7,0	7,3853
9						0,0000
10						0,0000
						103,006

$$M_{p0} = 141,4063 \text{ MNm}$$

$$M_p = 190,7363 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,3300 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 520,521 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 2,860 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

Staničení 9,725 L (obráceně) 1

konec zárodku

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákný [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,255	6	24	7,0	5,3728
7	2'	2,569	8	24	7,0	7,3853
8	2''	1,882	8	24	7,0	7,3853
9	14	3,005	4	24	7,0	3,5819
10						0,0000
						106,5881

$$M_{p0} = 135,7173 \text{ MNm}$$

$$M_p = 177,2611 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 41,5438 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 512,986 \text{ MNm}$$

$$d = 3,550 \text{ m}$$

$$z = 2,734 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,06239 \text{ m}^3$$

**Staničení** 9,725 P (obráceně) 1  
konec zárodku

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	2, 4	3,520	26	24	7,0	24,0022
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,255	6	24	7,0	5,3728
7	2'	2,569	8	24	7,0	7,3853
8	2''	1,882	8	24	7,0	7,3853
9	14	3,005	4	24	7,0	3,5819
10						0,0000
						106,5881

$$M_{p0} = 136,8898 \text{ MNm}$$

$$M_p = 177,4384 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 40,5486 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 471,839 \text{ MNm}$$

$$d = 3,578 \text{ m}$$

$$z = 2,577 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 11,12344 \text{ m}^3$$

**Staničení** 12,725 (obráceně) 2

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,820	26	24	7,0	24,0022
3	4	3,520	4	24	7,0	3,6926
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,255	6	24	7,0	5,3728
7	14	1,909	4	24	7,0	3,5819
8	15	3,060	2	24	7,0	1,7909
9						0,0000
10						0,0000
						73,2989

$$M_{p0} = 111,0695 \text{ MNm}$$

$$M_p = 151,2886 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 40,2191 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,438 \text{ MNm}$$

$$d = 3,757 \text{ m}$$

$$z = 2,973 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 9,44460 \text{ m}^3$$

**Staničení** 15,725 3

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	4, 5, 6	3,820	16	24	7,0	14,7706
3	4	3,520	4	24	7,0	3,6926
4	5'	3,770	4	24	7,0	3,5819
5	4'	3,540	4	24	7,0	3,5819
6	3'	3,255	6	24	7,0	5,3728
7	14	1,104	4	24	7,0	3,5819
8	15	1,977	2	24	7,0	1,7909
9	16	3,078	2	24	7,0	1,7909
10	11	0,740	12	24	7,0	10,7456
						76,6038

$$M_{p0} = 72,1728 \text{ MNm}$$

$$M_p = 110,8012 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 38,6284 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 386,965 \text{ MNm}$$

$$d = 3,411 \text{ m}$$

$$z = 2,552 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 9,03719 \text{ m}^3$$

Staničení 18,725

4

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	4, 5, 6	3,820	10	24	7,0	9,2316
3	5'	2,819	4	24	7,0	3,6926
4	4'	1,481	4	24	7,0	3,5819
5	14	0,569	4	24	7,0	3,5819
6	15	1,180	2	24	7,0	1,7909
7	16	2,006	2	24	7,0	1,7909
8	17	3,076	2	24	7,0	1,7909
9	11	0,207	12	24	7,0	10,7456
10						0,0000
						63,9011

$$M_{p0} = 30,5612 \text{ MNm}$$

$$M_p = 77,6696 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 47,1083 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 293,266 \text{ MNm}$$

$$d = 1,792 \text{ m}$$

$$z = 1,413 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,52634 \text{ m}^3$$

Staničení 21,725

5

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30	24	7,0	27,6948
2	5'	1,481	4	24	7,0	3,6926
3	14	0,294	4	24	7,0	3,5819
4	15	0,655	2	24	7,0	1,7909
5	16	1,214	2	24	7,0	1,7909
6	17	2,011	2	24	7,0	1,7909
7	18	3,076	2	24	7,0	1,7909
8	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
9						0,0000
10						0,0000
						52,8786

$$M_{p0} = 9,3282 \text{ MNm}$$

$$M_p = 59,1978 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,8696 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 307,687 \text{ MNm}$$

$$d = 2,151 \text{ m}$$

$$z = 1,842 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,40340 \text{ m}^3$$

Staničení 24,725

6

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	20	24	7,0	18,4632
2	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
3	15	0,389	2	24	7,0	1,7909
4	16	0,683	2	24	7,0	1,7909
5	17	1,235	2	24	7,0	1,7909
6	18	2,011	2	24	7,0	1,7909
7	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
8	12	0,258	15	24	7,0	13,4320
9	10	1,500	8	24	7,0	7,0160
10						0,0000
						60,4024

$$M_{p0} = -45,7117 \text{ MNm}$$

$$M_p = 3,8419 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,5536 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 372,916 \text{ MNm}$$

$$d = 2,959 \text{ m}$$

$$z = 2,573 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,40340 \text{ m}^3$$

Staničení 27,725

7

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	12	24	7,0	11,0779
2	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
3	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	16	0,402	2	24	7,0	1,7909
5	17	0,728	2	24	7,0	1,7909
6	18	1,235	2	24	7,0	1,7909
7	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
8	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
9	10	1,500	8	24	7,0	7,0160
10						0,0000
						53,0171

$$M_{p0} = -62,9866 \text{ MNm}$$

$$M_p = -13,4766 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,5100 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 385,569 \text{ MNm}$$

$$d = 3,308 \text{ m}$$

$$z = 2,955 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 30,725

8

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	9	4,050	6	24	7,0	5,5390
2	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
3	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	16	0,350	2	24	7,0	1,7909
5	17	0,479	2	24	7,0	1,7909
6	18	0,728	2	24	7,0	1,7909
7	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
8	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
9	13	0,386	17	24	7,0	15,2229
10	10	1,500	8	24	7,0	7,0160
						62,7010

$$M_{p0} = -104,1060 \text{ MNm}$$

$$M_p = -51,9175 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 52,1885 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 435,750 \text{ MNm}$$

$$d = 3,637 \text{ m}$$

$$z = 3,172 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 33,725

9

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
2	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
3	16	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	17	0,450	2	24	7,0	1,7909
5	18	0,479	2	24	7,0	1,7909
6	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
7	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
8	13	0,200	17	24	7,0	15,2229
9	10	1,500	8	24	7,0	7,0160
10						0,0000
						57,1621

$$M_{p0} = -126,8214 \text{ MNm}$$

$$M_p = -64,4301 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 62,3913 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 444,811 \text{ MNm}$$

$$d = 3,877 \text{ m}$$

$$z = 3,444 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 37,425

10

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
2	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
3	16	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	17	0,450	2	24	7,0	1,7909
5	18	0,45	2	24	7,0	1,7909
6	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
7	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
8	13	0,200	17	24	7,0	15,2229
9						0,0000
10						0,0000
						50,1461

$$M_{p0} = -119,4013 \text{ MNm}$$

$$M_p = -67,7991 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 51,6023 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,554 \text{ MNm}$$

$$d = 4,037 \text{ m}$$

$$z = 3,668 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 38,475

10a

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
2	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
3	16	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	17	0,450	2	24	7,0	1,7909
5	18	0,45	2	24	7,0	1,7909
6	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
7	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
8	13	0,200	17	24	7,0	15,2229
9						0,0000
10						0,0000
						50,1461

$$M_{p0} = -119,4013 \text{ MNm}$$

$$M_p = -67,8337 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 51,5677 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,571 \text{ MNm}$$

$$d = 4,037 \text{ m}$$

$$z = 3,668 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 38,725 střed pole

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,250	4	24	7,0	3,5819
2	15	0,350	2	24	7,0	1,7909
3	16	0,350	2	24	7,0	1,7909
4	17	0,450	2	24	7,0	1,7909
5	18	0,45	2	24	7,0	1,7909
6	11	0,100	12	24	7,0	10,7456
7	12	0,100	15	24	7,0	13,4320
8	13	0,200	17	24	7,0	15,2229
9						0,0000
10						0,0000
						50,1461

$$M_{p0} = -119,4013 \text{ MNm}$$

$$M_p = -65,8059 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 53,5954 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,571 \text{ MNm}$$

$$d = 4,037 \text{ m}$$

$$z = 3,668 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,02414 \text{ m}^3$$

Staničení 38,975 10a 38,475

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,25	4	24	7	3,581861
2	15	0,35	2	24	7	1,79093
3	16	0,35	2	24	7	1,79093
4	17	0,45	2	24	7	1,79093
5	18	0,45	2	24	7	1,79093
6	11	0,1	12	24	7	10,74558
7	12	0,1	15	24	7	13,43198
8	13	0,2	17	24	7	15,22291
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						50,1461

$$M_{p0} = -119,4013 \text{ MNm}$$

$$M_p = -67,8337 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 51,5677 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,571 \text{ MNm}$$

$$d = 4,037 \text{ m}$$

$$z = 3,668 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,024 \text{ m}^3$$

Staničení 40,025 10 37,425

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,25	4	24	7	3,581861
2	15	0,35	2	24	7	1,79093
3	16	0,35	2	24	7	1,79093
4	17	0,45	2	24	7	1,79093
5	18	0,45	2	24	7	1,79093
6	11	0,1	12	24	7	10,74558
7	12	0,1	15	24	7	13,43198
8	13	0,2	17	24	7	15,22291
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						50,1461

$$M_{p0} = -119,4013 \text{ MNm}$$

$$M_p = -67,7991 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 51,6023 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,554 \text{ MNm}$$

$$d = 4,037 \text{ m}$$

$$z = 3,668 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,024 \text{ m}^3$$

Staničení 43,725 9 33,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	14	0,25	4	24	7	3,581861
2	15	0,35	2	24	7	1,79093
3	16	0,35	2	24	7	1,79093
4	17	0,45	2	24	7	1,79093
5	18	0,479	2	24	7	1,79093
6	11	0,1	12	24	7	10,74558
7	12	0,1	15	24	7	13,43198
8	13	0,2	17	24	7	15,22291
9	10	1,5	8	24	7	7,016016
10	0	0	0	0	0	0
						57,1621

$$M_{p0} = -126,8214 \text{ MNm}$$

$$M_p = -64,4301 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 62,3913 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 444,811 \text{ MNm}$$

$$d = 3,877 \text{ m}$$

$$z = 3,444 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,024 \text{ m}^3$$

Staničení 46,725 8 30,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	9	4,05	6	24	7	5,53896
2	14	0,25	4	24	7	3,581861
3	15	0,35	2	24	7	1,79093
4	16	0,35	2	24	7	1,79093
5	17	0,479	2	24	7	1,79093
6	18	0,728	2	24	7	1,79093
7	11	0,1	12	24	7	10,74558
8	12	0,1	15	24	7	13,43198
9	13	0,386	17	24	7	15,22291
10	10	1,5	8	24	7	7,016016
						62,7010

$$M_{p0} = -104,1060 \text{ MNm}$$

$$M_p = -51,9175 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 52,1885 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 435,750 \text{ MNm}$$

$$d = 3,637 \text{ m}$$

$$z = 3,172 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,024 \text{ m}^3$$

Staničení 49,725 7 27,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	12,000	24,000	7,000	11,078
2	14	0,250	4,000	24,000	7,000	3,582
3	15	0,350	2,000	24,000	7,000	1,791
4	16	0,402	2,000	24,000	7,000	1,791
5	17	0,728	2,000	24,000	7,000	1,791
6	18	1,235	2,000	24,000	7,000	1,791
7	11	0,100	12,000	24,000	7,000	10,746
8	12	0,100	15,000	24,000	7,000	13,432
9	10	1,500	8,000	24,000	7,000	7,016
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						53,0171

$$M_{p0} = -62,9866 \text{ MNm}$$

$$M_p = -13,4766 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,5100 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 385,569 \text{ MNm}$$

$$d = 3,308 \text{ m}$$

$$z = 2,955 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,024 \text{ m}^3$$

Staničení 52,725 6 24,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,05	20	24	7	18,4632
2	14	0,25	4	24	7	3,581861
3	15	0,389	2	24	7	1,79093
4	16	0,683	2	24	7	1,79093
5	17	1,235	2	24	7	1,79093
6	18	2,011	2	24	7	1,79093
7	11	0,1	12	24	7	10,74558
8	12	0,258	15	24	7	13,43198
9	10	1,5	8	24	7	7,016016
10	0	0	0	0	0	0
						60,4024

$$M_{p0} = -45,7117 \text{ MNm}$$

$$M_p = 3,8419 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,5536 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 372,916 \text{ MNm}$$

$$d = 2,959 \text{ m}$$

$$z = 2,573 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,403 \text{ m}^3$$



Staničení 55,725 5 21,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	5'	1,481	4,000	24,000	7,000	3,693
3	14	0,294	4,000	24,000	7,000	3,582
4	15	0,655	2,000	24,000	7,000	1,791
5	16	1,214	2,000	24,000	7,000	1,791
6	17	2,011	2,000	24,000	7,000	1,791
7	18	3,076	2,000	24,000	7,000	1,791
8	11	0,100	12,000	24,000	7,000	10,746
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						52,8786

$$M_{p0} = 9,3282 \text{ MNm}$$

$$M_p = 59,1978 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,8696 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 307,687 \text{ MNm}$$

$$d = 2,151 \text{ m}$$

$$z = 1,842 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,403 \text{ m}^3$$

Staničení 58,725 4 18,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,05	30	24	7	27,6948
2	4, 5, 6	3,82	10	24	7	9,2316
3	5'	2,819	4	24	7	3,69264
4	4'	1,481	4	24	7	3,581861
5	14	0,569	4	24	7	3,581861
6	15	1,18	2	24	7	1,79093
7	16	2,006	2	24	7	1,79093
8	17	3,076	2	24	7	1,79093
9	11	0,207	12	24	7	10,74558
10						
						63,9011

$$M_{p0} = 30,5612 \text{ MNm}$$

$$M_p = 77,6696 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 47,1083 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 293,266 \text{ MNm}$$

$$d = 1,792 \text{ m}$$

$$z = 1,413 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 8,526 \text{ m}^3$$

Staničení 61,725 3 15,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	4, 5, 6	3,820	16,000	24,000	7,000	14,771
3	4	3,520	4,000	24,000	7,000	3,693
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,255	6,000	24,000	7,000	5,373
7	14	1,104	4,000	24,000	7,000	3,582
8	15	1,977	2,000	24,000	7,000	1,791
9	16	3,078	2,000	24,000	7,000	1,791
10	11	0,740	12,000	24,000	7,000	10,746
						76,6038

$$M_{p0} = 72,1728 \text{ MNm}$$

$$M_p = 110,8012 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 38,6284 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 386,965 \text{ MNm}$$

$$d = 3,411 \text{ m}$$

$$z = 2,552 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 9,037 \text{ m}^3$$

Staničení 64,725 2 12,725

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,05	30	24	7	27,6948
2	3, 4, 5, 6	3,82	26	24	7	24,00216
3	4	3,52	4	24	7	3,69264
4	5'	3,77	4	24	7	3,581861
5	4'	3,54	4	24	7	3,581861
6	3'	3,255	6	24	7	5,372791
7	14	1,909	4	24	7	3,581861
8	15	3,06	2	24	7	1,79093
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						73,2989

$$M_{p0} = 111,0695 \text{ MNm}$$

$$M_p = 151,2886 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 40,2191 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 433,438 \text{ MNm}$$

$$d = 3,757 \text{ m}$$

$$z = 2,973 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 9,445 \text{ m}^3$$

Staničení 67,725 L 1 9,725 P

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,255	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	2,569	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	1,882	8,000	24,000	7,000	7,385
9	14	3,005	4,000	24,000	7,000	3,582
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						106,5881

$$M_{p0} = 136,8898 \text{ MNm}$$

$$M_p = 177,4384 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 40,5486 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 471,839 \text{ MNm}$$

$$d = 3,578 \text{ m}$$

$$z = 2,577 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 11,123 \text{ m}^3$$

Staničení 67,725 P 1 9,725 L

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,255	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	2,569	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	1,882	8,000	24,000	7,000	7,385
9	14	3,005	4,000	24,000	7,000	3,582
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						106,5881

$$M_{p0} = 135,7173 \text{ MNm}$$

$$M_p = 177,2611 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 41,5438 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 512,986 \text{ MNm}$$

$$d = 3,550 \text{ m}$$

$$z = 2,734 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 70,025

7,425

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,310	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	2,998	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	2,549	8,000	24,000	7,000	7,385
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						103,0062

$$M_{p0} = 141,4063 \text{ MNm}$$

$$M_p = 190,7363 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 49,3300 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 520,521 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 2,860 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 71,435 L

6,015 P

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,310	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	3,080	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	2,766	8,000	24,000	7,000	7,385
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						103,0062

$$M_{p0} = 143,6145 \text{ MNm}$$

$$M_p = 191,6388 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 48,0243 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 520,521 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 2,860 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 71,435 P

6,015 L

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,310	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	3,080	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	2,766	8,000	24,000	7,000	7,385
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						103,0062

$$M_{p0} = 143,6145 \text{ MNm}$$

$$M_p = 183,6017 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 39,9871 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 74,325

3,125

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,310	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	3,080	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	2,850	8,000	24,000	7,000	7,385
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						103,0062

$$M_{p0} = 144,2349 \text{ MNm}$$

$$M_p = 178,2589 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 34,0240 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 75,875

1,575

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	5, 6, 7, 8, 9	4,050	30,000	24,000	7,000	27,695
2	3, 4, 5, 6	3,820	26,000	24,000	7,000	24,002
3	2, 4	3,520	26,000	24,000	7,000	24,002
4	5'	3,770	4,000	24,000	7,000	3,582
5	4'	3,540	4,000	24,000	7,000	3,582
6	3'	3,310	6,000	24,000	7,000	5,373
7	2'	3,080	8,000	24,000	7,000	7,385
8	2''	2,850	8,000	24,000	7,000	7,385
9	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						103,0062

$$M_{p0} = 144,2349 \text{ MNm}$$

$$M_p = 42,9465 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -101,2884 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 352,279 \text{ MNm}$$

$$d = 3,661 \text{ m}$$

$$z = 3,042 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 14,062 \text{ m}^3$$

Staničení 77,450

Čelo (nulový ohybový moment)

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	-					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
						0,0000

$$M_{Rd} = \text{MNm}$$

$$d = \text{m}$$

$$z = \text{m}$$

$$S_{nadNO} = \text{m}^3$$

Staničení 1,094 a

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	1,612	20	24	7,0	17,5400
2	II	0,882	20	24	7,0	18,0939
3	3x	0,753	8	24	7,0	7,0899
4						0,0000
5						0,0000
6						0,0000
7						0,0000
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						42,7238

$$M_{p0} = 12,0178 \text{ MNm}$$

$$M_p = 13,3565 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 1,3387 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 139,683 \text{ MNm}$$

$$d = 1,250 \text{ m}$$

$$z = 0,739 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 1,93114 \text{ m}^3$$

Staničení 2,789 b

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	2,119	20	24	7,0	17,5400
2	II	1,775	20	24	7,0	18,0939
3	III	0,831	20	24	7,0	17,7247
4	3x	1,690	8	24	7,0	7,0899
5	4x	0,920	8	24	7,0	7,0160
6						0,0000
7						0,0000
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						67,4645

$$M_{p0} = 26,0126 \text{ MNm}$$

$$M_p = 28,6744 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 2,6618 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 205,842 \text{ MNm}$$

$$d = 1,643 \text{ m}$$

$$z = 0,997 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 3,20922 \text{ m}^3$$

Staničení 4,503 c

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	2,632	20	24	7,0	17,5400
2	II	2,491	20	24	7,0	18,0939
3	III	1,887	20	24	7,0	17,7247
4	3x	2,440	8	24	7,0	7,0899
5	4x	1,834	8	24	7,0	7,0160
6	5x	1,199	8	24	7,0	6,7575
7						0,0000
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						74,2221

$$M_{p0} = 59,8514 \text{ MNm}$$

$$M_p = 60,9186 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = 1,0672 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 296,262 \text{ MNm}$$

$$d = 2,245 \text{ m}$$

$$z = 1,516 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 4,82330 \text{ m}^3$$

Staničení 6,217 d

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	3,145	20	24	7,0	17,5400
2	II	3,043	20	24	7,0	18,0939
3	III	2,747	20	24	7,0	17,7247
4	3x	3,045	8	24	7,0	7,0899
5	4x	2,670	8	24	7,0	7,0160
6	5x	2,312	8	24	7,0	6,7575
7	6x	1,435	8	24	7,0	6,6468
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						80,8688

$$M_{p0} = 91,3160 \text{ MNm}$$

$$M_p = 87,6540 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -3,6620 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 392,735 \text{ MNm}$$

$$d = 2,812 \text{ m}$$

$$z = 2,025 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 6,76918 \text{ m}^3$$

Staničení 8,681 e Dolní líc n.k.

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	3,850	20	24	7,0	17,5400
2	II	3,749	20	24	7,0	18,0939
3	III	3,645	20	24	7,0	17,7247
4	3x	3,754	8	24	7,0	7,0899
5	4x	3,591	8	24	7,0	7,0160
6	5x	3,522	8	24	7,0	6,7575
7	6x	3,435	8	24	7,0	6,6468
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						80,8688

$$M_{p0} = 136,0603 \text{ MNm}$$

$$M_p = 127,0279 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -9,0324 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 528,637 \text{ MNm}$$

$$d = 3,687 \text{ m}$$

$$z = 2,887 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 10,07514 \text{ m}^3$$

Staničení 11,092 Osa n.k.

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	4,682	20	24	7,0	17,5400
2	II	4,470	20	24	7,0	18,0939
3	III	4,287	20	24	7,0	17,7247
4	3x	4,342	8	24	7,0	7,0899
5	4x	4,269	8	24	7,0	7,0160
6	5x	3,995	8	24	7,0	6,7575
7	6x	4,031	8	24	7,0	6,6468
8						0,0000
9						0,0000
10						0,0000
						80,8688

$$M_{p0} = 191,1586 \text{ MNm}$$

$$M_p = 160,2845 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -30,8741 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 528,637 \text{ MNm}$$

$$d = 3,687 \text{ m}$$

$$z = 2,887 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 10,075 \text{ m}^3$$

Staničení 11,092 Osa n.k.

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	4,682	20	24	7	17,54004
2	II	4,47	20	24	7	18,09394
3	III	4,287	20	24	7	17,72467
4	3x	4,342	8	24	7	7,089869
5	4x	4,2685	8	24	7	7,016016
6	5x	3,9945	8	24	7	6,757531
7	6x	4,0305	8	24	7	6,646752
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						80,8688

$$M_{p0} = 191,1586 \text{ MNm}$$

$$M_p = 94,5689 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -96,5897 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 528,637 \text{ MNm}$$

$$d = 3,687 \text{ m}$$

$$z = 2,887 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 10,075 \text{ m}^3$$

Staničení 13,503 e

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	3,85	20	24	7	17,54004
2	II	3,749	20	24	7	18,09394
3	III	3,645	20	24	7	17,72467
4	3x	3,754	8	24	7	7,089869
5	4x	3,5905	8	24	7	7,016016
6	5x	3,522	8	24	7	6,757531
7	6x	3,4345	8	24	7	6,646752
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						80,8688

$$M_{p0} = 136,0603 \text{ MNm}$$

$$M_p = 75,4022 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -60,6581 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 528,637 \text{ MNm}$$

$$d = 3,687 \text{ m}$$

$$z = 2,887 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 10,07514 \text{ m}^3$$

Staničení 15,967 d

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	3,145	20	24	7	17,54004
2	II	3,043	20	24	7	18,09394
3	III	2,747	20	24	7	17,72467
4	3x	3,045	8	24	7	7,089869
5	4x	2,6695	8	24	7	7,016016
6	5x	2,3115	8	24	7	6,757531
7	6x	1,4345	8	24	7	6,646752
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						80,8688

$$M_{p0} = 91,3160 \text{ MNm}$$

$$M_p = 50,7466 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -40,5694 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 392,735 \text{ MNm}$$

$$d = 2,812 \text{ m}$$

$$z = 2,025 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 6,769 \text{ m}^3$$

Staničení 17,681 c

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	2,632	20	24	7	17,54004
2	II	2,491	20	24	7	18,09394
3	III	1,887	20	24	7	17,72467
4	3x	2,4395	8	24	7	7,089869
5	4x	1,834	8	24	7	7,016016
6	5x	1,1985	8	24	7	6,757531
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						74,2221

$$M_{p0} = 59,8514 \text{ MNm}$$

$$M_p = 34,1579 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -25,6935 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 296,262 \text{ MNm}$$

$$d = 2,245 \text{ m}$$

$$z = 1,516 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 4,823 \text{ m}^3$$

Staničení 19,395 b

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	2,119	20	24	7	17,54004
2	II	1,775	20	24	7	18,09394
3	III	0,831	20	24	7	17,72467
4	3x	1,69	8	24	7	7,089869
5	4x	0,92	8	24	7	7,016016
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						67,4645

$$M_{p0} = 26,0126 \text{ MNm}$$

$$M_p = 11,9465 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -14,0660 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 205,842 \text{ MNm}$$

$$d = 1,643 \text{ m}$$

$$z = 0,997 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 3,209 \text{ m}^3$$

Staničení 21,090 a

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ)-TDA [MN]
1	I	1,612	20	24	7	17,54004
2	II	0,882	20	24	7	18,09394
3	3x	0,753	8	24	7	7,089869
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
						42,7238

$$M_{p0} = 12,0178 \text{ MNm}$$

$$M_p = 6,8629 \text{ MNm}$$

$$\Delta M_p = -5,1549 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 139,683 \text{ MNm}$$

$$d = 1,250 \text{ m}$$

$$z = 0,739 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 1,931 \text{ m}^3$$



### 9.1.2. PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTÍ

#### Kladné ohybové momenty:

Minimální hodnota zatížitelnosti - mostovka ...

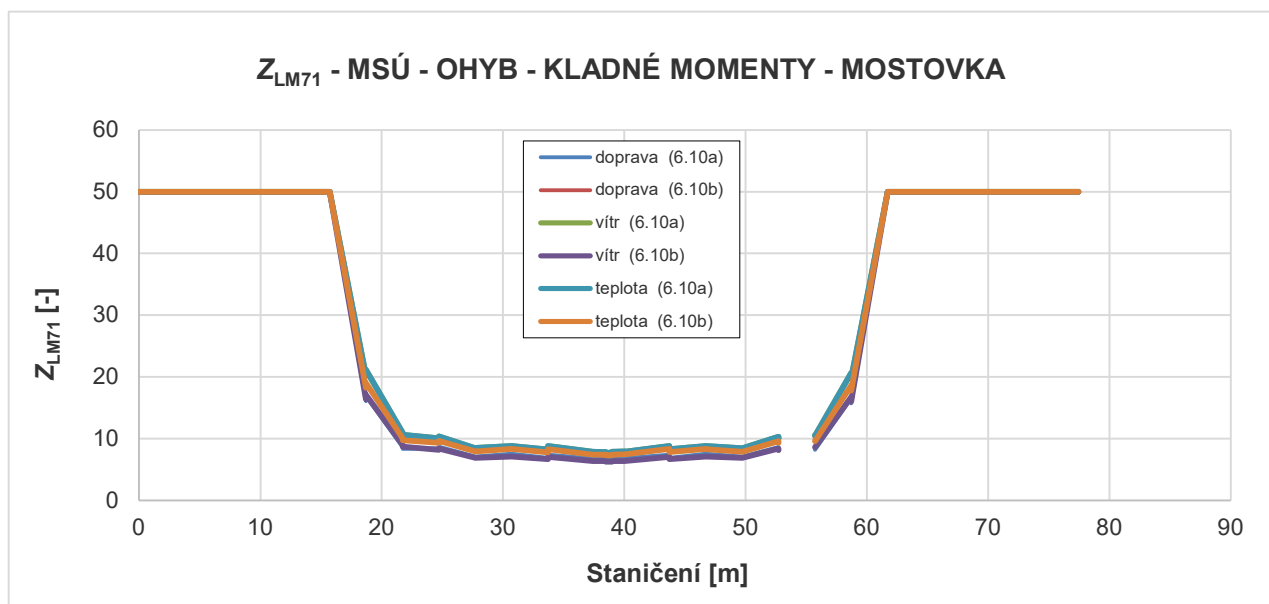
$$Z_{LM71} = 6,263$$

Minimální hodnota zatížitelnosti - stojky ...

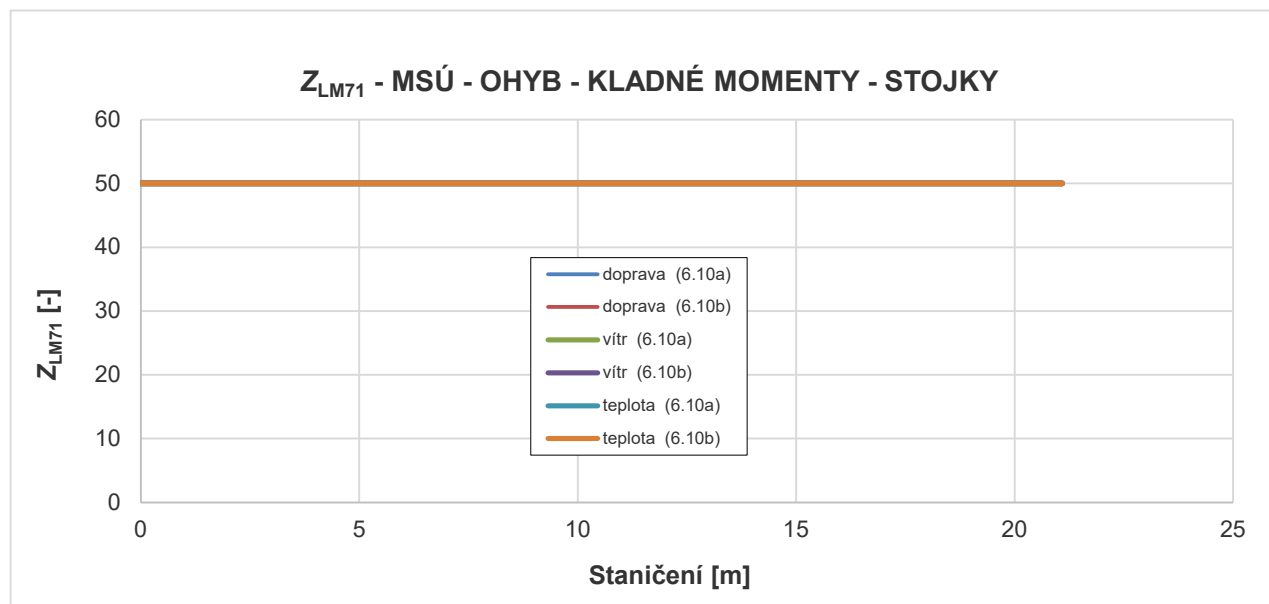
$$Z_{LM71} = 50,000$$

Minimální hodnota zatížitelnosti - celkem ...

$$Z_{LM71} = 6,263$$



(zatížitelnost větší než "50" není kreslena)



(při působení kladných ohybových momentů je zatížitelnost po celé délce stojek větší než "50")

### Záporné ohybové momenty:

Minimální hodnota zatížitelnosti - mostovka ...

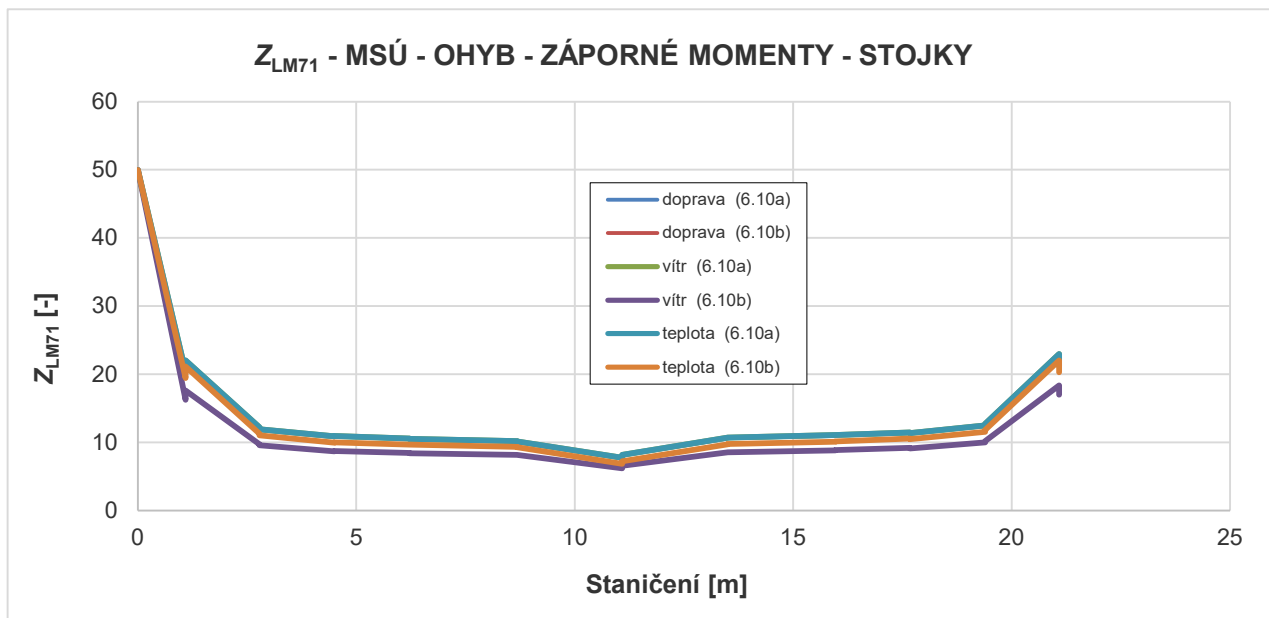
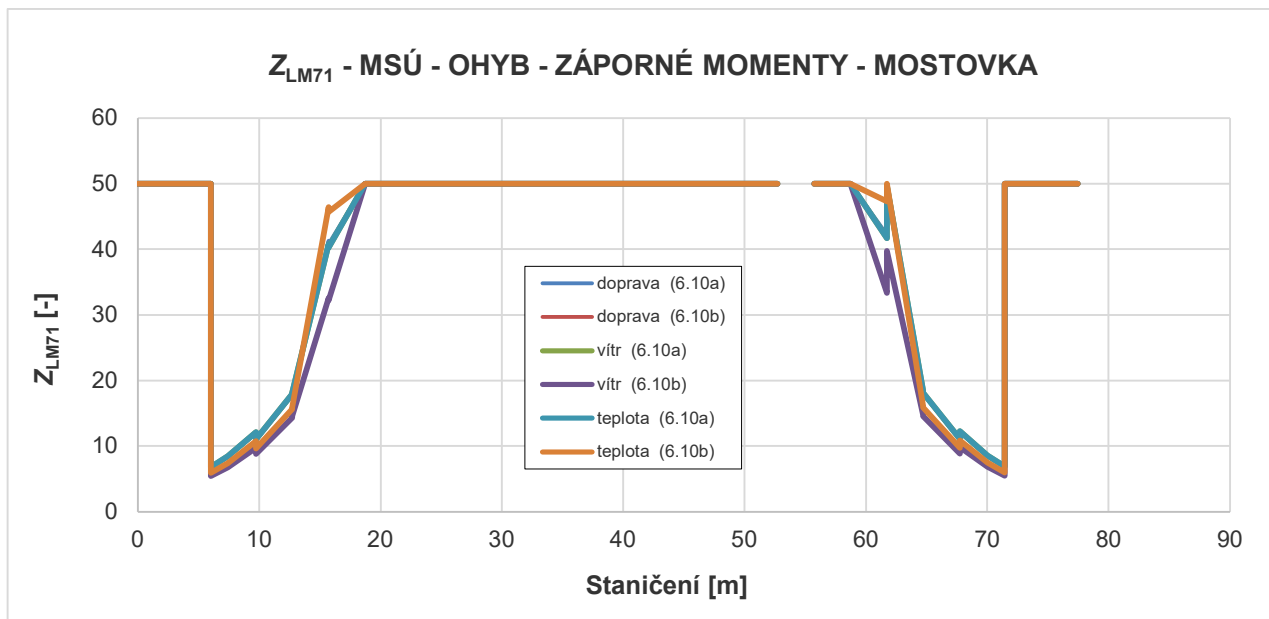
$$Z_{LM71} = 5,454$$

Minimální hodnota zatížitelnosti - stojky ...

$$Z_{LM71} = 6,196$$

Minimální hodnota zatížitelnosti - celkem ...

$$Z_{LM71} = 5,454$$



## Stanovení přechodnosti - mostovka - kladný moment:

(podle [ 1 ] , kapitola 5)

**Průřez: 38,725**

### 1) D4/80

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,051$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = 37,815 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 43,061 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 6,263 > \frac{1,051 \cdot 1,30 \cdot 37,815}{1,00 \cdot 1,30 \cdot 43,061} = 0,922 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,263}{0,922} = 6,792$$

## 2) D4/120

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je povolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,078$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = 37,815 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 43,061 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$\begin{aligned} Z_{LM71} &= 6,263 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{37,815}{43,061} = \\ &= 1,077 \cdot 1,000 \cdot 0,878 = 0,946 \Rightarrow \text{VYHOVÍ} \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,263}{0,946} = 6,621$$

## 3) D2/160

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je povolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,106$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = 28,070 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = 43,061 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 6,263 > \frac{1,106}{1,00} \cdot \frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{28,070}{43,061} = 1,106 \cdot 1,000 \cdot 0,652 = 0,721 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,263}{0,721} = 8,688$$

## Stanovení přechodnosti - mostovka - záporný moment:

(podle [ 1 ] , kapitola 5)

**Průřez: 6,015**

### 1) D4/80

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,051$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -52,840 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -55,652 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 5,454 > \frac{1,051 \cdot 1,30 \cdot (-52,840)}{1,00 \cdot 1,30 \cdot (-55,652)} = 0,949 = 0,997 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{5,454}{0,997} = 5,470$$

## 2) D4/120

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{T1}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{T1}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{T1} = 1,078$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -52,840 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -55,652 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 5,454 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{-52,840}{-55,652} = 1,077 \cdot 1,000 \cdot 0,949 = 1,023 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{5,454}{1,023} = 5,332$$

### 3) D2/160

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,106$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -39,223 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -55,652 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 5,454 > \frac{1,106}{1,00} \cdot \frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{-39,223}{-55,652} = 1,106 \cdot 1,000 \cdot 0,705 = 0,779 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{5,454}{0,779} = 6,998$$



## Stanovení přechodnosti - stojky - záporný moment:

(podle [ 1 ] , kapitola 5)

**Průřez:** 11,092

### 1) D4/80

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je dovolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,051$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -49,028 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -53,790 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 6,196 > \frac{1,051 \cdot 1,30 \cdot -49,028}{1,00 \cdot 1,30 \cdot -53,790} = 0,911 = 0,957 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,196}{0,957} = 6,474$$

## 2) D4/120

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je povolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,078$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -49,028 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -53,790 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$\begin{aligned} Z_{LM71} &= 6,196 > \frac{1,078}{1,00} \cdot \frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{-49,028}{-53,790} = \\ &= 1,077 \cdot 1,000 \cdot 0,911 = 0,982 \Rightarrow \text{VYHOVÍ} \end{aligned}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,196}{0,982} = 6,310$$

## 3) D2/160

Přechodnost provozního zatížení přes posuzovaný mostní objekt je povolena, jestliže všechny jeho prvky splňují následující podmínku:

$$Z_{LM71} \geq \psi \cdot \lambda_{LM71}, \text{ kde:}$$

$\psi$  je součinitel dynamické redukce daný vztahem:

$$\psi = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i}$$

$\lambda_{LM71}$  je účinnost provozního zatížení vyjádřená vztahem

$$\lambda_{LM71} = \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}}$$

$\phi_{Ti}$  je dynamický součinitel  $\phi_{T1}$  nebo  $\phi_{T2}$  pro provozní zatížení,  $\phi_{Ti} = 1,106$

$\phi_i$  je dynamický součinitel  $\phi_2$  nebo  $\phi_3$  pro Model zatížení 71,  $\phi_i = 1,00$

$E_{T,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku ověřovaného provozního zatížení v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{T,k} = -39,223 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota statického účinku Modelu zatížení 71 v posuzovaném místě prvku mostního objektu,

$$M_{LM71,k} = -53,790 \text{ MNm}, \quad \gamma_Q = 1,30$$

$Z_{LM71}$  je rozhodující zatížitelnost ve stejném místě posuzovaného prvku mostního objektu.

$$Z_{LM71} = 6,196 > \frac{1,106 \cdot 1,30 \cdot -39,223}{1,00 \cdot 1,30 \cdot -53,790} = 1,106 \cdot 1,000 \cdot 0,729 = 0,806 \Rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

Maximální násobek uvažované traťové třídy zatížení, který může po konstrukci přejet uvažovanou přidruženou rychlostí:

$$k = \frac{6,196}{0,806} = 7,684$$

### Stanovení přechodnosti - přehled výsledků:

	D4/80		D4/120		D2/160	
	"Zlomek"	Násobek vozidla	"Zlomek"	Násobek vozidla	"Zlomek"	Násobek vozidla
Mostovka - kladné momenty	0,922	6,792	0,946	6,621	0,721	8,688
Mostovka - záporné momenty	0,997	5,470	1,023	5,332	0,779	6,998
Stojky - záporné momenty	0,957	6,474	0,982	6,310	0,806	7,684
Minimum	0,922	5,470	0,946	5,332	0,721	6,998

## 9.2. SMYK

### 9.2.1. STANOVENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

#### 9.2.1.1. Uspořádání smykové výztuže

Poloha	Staničení [m]	Průřez			Materiály	
		$b_w$ (2 stěny) [m]	$h$ [m]	$d$ [m]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{yk}$ [MPa]
Čelo	0,000	1,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	1,575	1,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	1,575	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	3,125	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	3,125	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
Rámový roh	6,015	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
	6,015	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	7,425	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	7,425	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
Kon.zár.	9,725	5,000	4,200	3,550	28,0	400,0
	9,725	2,400	4,200	3,550	28,0	400,0
0	12,725	2,400	4,200	3,757	28,0	400,0
0	12,725	2,100	4,200	3,757	28,0	400,0
0	15,725	2,100	4,200	3,411	28,0	400,0
0	15,725	1,800	4,200	3,411	28,0	400,0
0	18,725	1,800	4,200	1,792	28,0	400,0
0	18,725	1,500	4,200	1,792	28,0	400,0
0	21,725	1,500	4,200	2,151	28,0	400,0
0	21,725	1,200	4,200	2,151	28,0	400,0
0	24,725	1,200	4,200	2,959	28,0	400,0
0	24,725	1,200	4,200	2,959	28,0	400,0
0	27,725	1,200	4,200	3,308	28,0	400,0
0	27,725	1,200	4,200	3,308	28,0	400,0
0	30,725	1,200	4,200	3,637	28,0	400,0
0	30,725	1,200	4,200	3,637	28,0	400,0
0	33,725	1,200	4,200	3,877	28,0	400,0
0	33,725	1,200	4,200	3,877	28,0	400,0
0	37,425	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	37,425	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	38,475	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	38,475	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
Střed rozpětí	38,725	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
	38,725	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	38,975	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	38,975	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	40,025	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	40,025	1,200	4,200	4,037	28,0	400,0
0	43,725	1,200	4,200	3,877	28,0	400,0
0	43,725	1,200	4,200	3,877	28,0	400,0
0	46,725	1,200	4,200	3,637	28,0	400,0
0	46,725	1,200	4,200	3,637	28,0	400,0
0	49,725	1,200	4,200	3,308	28,0	400,0
0	49,725	1,200	4,200	3,308	28,0	400,0

Poloha	Staničení [m]	Průřez			Materiály	
		$b_w$ (2 stěny) [m]	$h$ [m]	$d$ [m]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{yk}$ [MPa]
0	52,725	1,200	4,200	2,959	28,0	400,0
0	52,725	1,200	4,200	2,959	28,0	400,0
0	55,725	1,200	4,200	2,151	28,0	400,0
0	55,725	1,500	4,200	2,151	28,0	400,0
0	58,725	1,500	4,200	1,792	28,0	400,0
0	58,725	1,800	4,200	1,792	28,0	400,0
0	61,725	1,800	4,200	3,411	28,0	400,0
0	61,725	2,100	4,200	3,411	28,0	400,0
0	64,725	2,100	4,200	2,973	28,0	400,0
0	64,725	2,400	4,200	2,973	28,0	400,0
0	67,725	2,400	4,200	3,550	28,0	400,0
Kon.zár.	67,725	5,000	4,200	3,550	28,0	400,0
0	70,025	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	70,025	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
Rámový roh	71,435	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
	71,435	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	74,325	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	74,325	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	75,875	5,000	4,200	3,661	28,0	400,0
0	75,875	1,000	4,200	3,661	28,0	400,0
Čelo	77,450	1,000	4,200	0,000	28,0	400,0
Kloub	0,000	5,000	1,431	0,000	28,0	400,0
0	1,094	5,000	1,758	1,250	28,0	400,0
0	1,094	5,000	1,758	1,250	28,0	400,0
0	2,789	5,000	2,266	1,643	28,0	400,0
0	2,789	5,000	2,266	1,643	28,0	400,0
0	4,503	5,000	2,778	2,245	28,0	400,0
0	4,503	5,000	2,778	2,245	28,0	400,0
0	6,217	5,000	3,291	2,812	28,0	400,0
0	6,217	5,000	3,291	2,812	28,0	400,0
Dolní líc n.k.	8,681	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
	8,681	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
Osa n.k.	11,092	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
Osa n.k.	11,092	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
Dolní líc n.k.	13,503	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
	13,503	5,000	4,015	3,687	28,0	400,0
0	15,967	5,000	3,291	2,812	28,0	400,0
0	15,967	5,000	3,291	2,812	28,0	400,0
0	17,681	5,000	2,778	2,245	28,0	400,0
0	17,681	5,000	2,778	2,245	28,0	400,0
0	19,395	5,000	2,266	1,643	28,0	400,0
0	19,395	5,000	2,266	1,643	28,0	400,0
0	21,090	5,000	1,758	1,250	28,0	400,0
0	21,090	5,000	1,758	1,250	28,0	400,0
Kloub	22,184	5,000	1,431	0,000	28,0	400,0

**Přehled smykové výztuže - betonářská výztuž:**

Staničení	Smyková výztuž - třmínky (2 stěny)								
	Uspořádání smykové výztuže (2 stěny)					Podélná vzdálenost	Příčná vzdálenost	Uhel mezi osami prvku a výztuže	
	$\phi_w$	Počet stříhů	$\phi_w$	Počet stříhů	$A_{sw}$				
	[m]	[mm]	[ks]	[mm]	[ks]	[mm <sup>2</sup> ]	$s_l$ [m]	$s_t$ [m]	$\alpha$ [°]
0,000	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,400	90,0	1,57080
1,575	20	2	0	0	628,00	0,250	0,400	90,0	1,57080
1,575	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
3,125	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
3,125	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
6,015	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
6,015	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
7,425	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
7,425	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
9,725	16	16	0	0	3215,36	0	1	90,0	1,57080
9,725	20	8	0	0	2512,00	0,200	0,367	90,0	1,57080
12,725	20	8	0	0	2512,00	0,200	0,367	90,0	1,57080
12,725	20	8	0	0	2512,00	0,270	0,317	90,0	1,57080
15,725	20	8	0	0	2512,00	0,270	0,317	90,0	1,57080
15,725	20	8	0	0	2512,00	0,340	0,267	90,0	1,57080
18,725	20	8	0	0	2512,00	0,340	0,267	90,0	1,57080
18,725	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,650	90,0	1,57080
21,725	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,650	90,0	1,57080
21,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
24,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
24,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
27,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
27,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
30,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
30,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
33,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
33,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
37,425	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
37,425	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,475	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,475	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,975	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
38,975	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
40,025	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
40,025	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
43,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
43,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
46,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
46,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
49,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
49,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
52,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
52,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
55,725	16	4	0	0	803,84	0,250	0,500	90,0	1,57080
55,725	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,650	90,0	1,57080
58,725	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,650	90,0	1,57080
58,725	20	8	0	0	2512,00	0,340	0,267	90,0	1,57080

Staničení	Smyková výztuž - třmínky (2 stěny)								
	Uspořádání smykové výztuže (2 stěny)					Podélná vzdálenost $s_l$	Příčná vzdálenost $s_t$	Uhel mezi osami prvku a výztuže	
	$\phi_w$	Počet střihů	$\phi_w$	Počet střihů	$A_{sw}$			$\alpha$	$\alpha$
	[m]	[mm]	[mm]	[ks]	[mm <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[°]	[rad]
61,725	20	8	0	0	2512,00	0,340	0,267	90,0	1,57080
61,725	20	8	0	0	2512,00	0,270	0,317	90,0	1,57080
64,725	20	8	0	0	2512,00	0,270	0,317	90,0	1,57080
64,725	20	8	0	0	2512,00	0,200	0,367	90,0	1,57080
67,725	20	8	0	0	2512,00	0,200	0,367	90,0	1,57080
67,725	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
70,025	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
70,025	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
71,435	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
71,435	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
74,325	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
74,325	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
75,875	16	16	0	0	3215,36	0,250	0,500	90,0	1,57080
75,875	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,400	90,0	1,57080
77,450	20	4	0	0	1256,00	0,250	0,400	90,0	1,57080
0,000	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
1,094	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
1,094	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
2,789	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
2,789	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
4,503	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
4,503	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
6,217	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
6,217	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
8,681	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
8,681	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
11,092	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
11,092	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
13,503	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
13,503	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
15,967	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
15,967	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
17,681	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
17,681	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
19,395	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
19,395	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
21,090	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
21,090	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080
22,184	16	22	0	0	4421,12	0,250	0,114	90,0	1,57080

**Přehled smykové výztuže - předpínací výztuž:**

Poloha	Staničení [m]	Smyková výztuž - předpjaté třmínky (2 stěny)						
		Uspořádání smykové výztuže (2 stěny)				Podélná vzdálenost $s_l$ [m]	Úhel mezi osami prvku a výztuže	
		Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Počet střihů [ks]	$A_{pw}$ [mm <sup>2</sup> ]		$\alpha$ [°]	$\alpha$ [rad]
Celo	0,000	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	1,575	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	1,575	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	3,125	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	3,125	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Rámový roh	6,015	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	6,015	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	7,425	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	7,425	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Kon.zár.	9,725	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	9,725	7	12	4	1846,32	0,200	90,0	1,57080
0	12,725	7	12	4	1846,32	0,200	90,0	1,57080
0	12,725	7	12	4	1846,32	0,270	90,0	1,57080
0	15,725	7	12	4	1846,32	0,270	90,0	1,57080
0	15,725	7	12	4	1846,32	0,340	90,0	1,57080
0	18,725	7	12	4	1846,32	0,340	90,0	1,57080
0	18,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	21,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	21,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	24,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	24,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	27,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	27,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	30,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	30,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	33,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	33,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	37,425	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	37,425	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	38,475	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	38,475	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Střed rozpětí	38,725	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	38,725	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	38,975	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	38,975	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	40,025	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	40,025	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	43,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	43,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	46,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	46,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	49,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	49,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	52,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	52,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	55,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	55,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	58,725	7	12	4	1846,32	0,250	90,0	1,57080
0	58,725	7	12	4	1846,32	0,340	90,0	1,57080



Poloha	Staničení [m]	Smyková výztuž - předpjaté třmínky (2 stěny)						
		Uspořádání smykové výztuže (2 stěny)				Podélná vzdálenost $s_l$ [m]	Uhel mezi osami prvku a výztuže	
		Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Počet střihů [ks]	$A_{pw}$ [mm <sup>2</sup> ]		$\alpha$ [°]	$\alpha$ [rad]
0	61,725	7	12	4	1846,32	0,340	90,0	1,57080
0	61,725	7	12	4	1846,32	0,270	90,0	1,57080
0	64,725	7	12	4	1846,32	0,270	90,0	1,57080
0	64,725	7	12	4	1846,32	0,200	90,0	1,57080
0	67,725	7	12	4	1846,32	0,200	90,0	1,57080
Kon.zár.	67,725	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	70,025	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	70,025	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Rámový roh	71,435	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	71,435	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	74,325	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	74,325	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	75,875	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	75,875	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Čelo	77,450	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Kloub	0,000	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	1,094	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	1,094	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	2,789	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	2,789	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	4,503	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	4,503	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	6,217	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	6,217	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Dolní líc n.k.	8,681	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	8,681	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Osa n.k.	11,092	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Osa n.k.	11,092	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Dolní líc n.k.	13,503	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
	13,503	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	15,967	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	15,967	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	17,681	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	17,681	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	19,395	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	19,395	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	21,090	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
0	21,090	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080
Kloub	22,184	0	0	0	0,00	0,000	90,0	1,57080

**Smyková výztuž - ověření konstrukčních zásad (uvažována betonářská výztuž):**

Staničení [m]	Ověření podélné vzdálenosti			Ověření příčné vzdálenosti			Stupeň smykového vyztužení		
	$s_l$ [m]	$s_{l,max}$ [m]	Posou- zení	$s_t$ [m]	$s_{t,max}$ [m]	Posou- zení	$\rho_w$ [-]	$\rho_{w,min}$ [-]	Posou- zení
0,000	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,400	2,746	VYHOVÍ	0,005024	0,001058	VYHOVÍ
1,575	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,400	2,746	VYHOVÍ	0,002512	0,001058	VYHOVÍ
1,575	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
3,125	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
3,125	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
6,015	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
6,015	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
7,425	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
7,425	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
9,725	0,250	2,663	VYHOVÍ	0,500	2,663	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
9,725	0,200	2,663	VYHOVÍ	0,367	2,663	VYHOVÍ	0,005233	0,001058	VYHOVÍ
12,725	0,200	2,818	VYHOVÍ	0,367	2,818	VYHOVÍ	0,005233	0,001058	VYHOVÍ
12,725	0,270	2,818	VYHOVÍ	0,317	2,818	VYHOVÍ	0,004430	0,001058	VYHOVÍ
15,725	0,270	2,558	VYHOVÍ	0,317	2,558	VYHOVÍ	0,004430	0,001058	VYHOVÍ
15,725	0,340	2,558	VYHOVÍ	0,267	2,558	VYHOVÍ	0,004105	0,001058	VYHOVÍ
18,725	0,340	1,344	VYHOVÍ	0,267	1,344	VYHOVÍ	0,004105	0,001058	VYHOVÍ
18,725	0,250	1,344	VYHOVÍ	0,650	1,344	VYHOVÍ	0,003349	0,001058	VYHOVÍ
21,725	0,250	1,613	VYHOVÍ	0,650	1,613	VYHOVÍ	0,003349	0,001058	VYHOVÍ
21,725	0,250	1,613	VYHOVÍ	0,500	1,613	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
24,725	0,250	2,219	VYHOVÍ	0,500	2,219	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
24,725	0,250	2,219	VYHOVÍ	0,500	2,219	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
27,725	0,250	2,481	VYHOVÍ	0,500	2,481	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
27,725	0,250	2,481	VYHOVÍ	0,500	2,481	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
30,725	0,250	2,728	VYHOVÍ	0,500	2,728	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
30,725	0,250	2,728	VYHOVÍ	0,500	2,728	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
33,725	0,250	2,908	VYHOVÍ	0,500	2,908	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
33,725	0,250	2,908	VYHOVÍ	0,500	2,908	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
37,425	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
37,425	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,475	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,475	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,725	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,725	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,975	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
38,975	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
40,025	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
40,025	0,250	3,028	VYHOVÍ	0,500	3,028	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
43,725	0,250	2,908	VYHOVÍ	0,500	2,908	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
43,725	0,250	2,908	VYHOVÍ	0,500	2,908	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
46,725	0,250	2,728	VYHOVÍ	0,500	2,728	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
46,725	0,250	2,728	VYHOVÍ	0,500	2,728	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
49,725	0,250	2,481	VYHOVÍ	0,500	2,481	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
49,725	0,250	2,481	VYHOVÍ	0,500	2,481	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
52,725	0,250	2,219	VYHOVÍ	0,500	2,219	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
52,725	0,250	2,219	VYHOVÍ	0,500	2,219	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
55,725	0,250	1,613	VYHOVÍ	0,500	1,613	VYHOVÍ	0,002679	0,001058	VYHOVÍ
55,725	0,250	1,613	VYHOVÍ	0,650	1,613	VYHOVÍ	0,003349	0,001058	VYHOVÍ
58,725	0,250	1,344	VYHOVÍ	0,650	1,344	VYHOVÍ	0,003349	0,001058	VYHOVÍ
58,725	0,340	1,344	VYHOVÍ	0,267	1,344	VYHOVÍ	0,004105	0,001058	VYHOVÍ

Staničení [m]	Ověření podélné vzdálenosti			Ověření příčné vzdálenosti			Stupeň smykového vyztužení		
	$s_l$ [m]	$s_{l,max}$ [m]	Posou- zení	$s_t$ [m]	$s_{t,max}$ [m]	Posou- zení	$\rho_w$ [-]	$\rho_{w,min}$ [-]	Posou- zení
61,725	0,340	2,558	VYHOVÍ	0,267	2,558	VYHOVÍ	0,004105	0,001058	VYHOVÍ
61,725	0,270	2,558	VYHOVÍ	0,317	2,558	VYHOVÍ	0,004430	0,001058	VYHOVÍ
64,725	0,270	2,230	VYHOVÍ	0,317	2,230	VYHOVÍ	0,004430	0,001058	VYHOVÍ
64,725	0,200	2,230	VYHOVÍ	0,367	2,230	VYHOVÍ	0,005233	0,001058	VYHOVÍ
67,725	0,200	2,663	VYHOVÍ	0,367	2,663	VYHOVÍ	0,005233	0,001058	VYHOVÍ
67,725	0,250	2,663	VYHOVÍ	0,500	2,663	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
70,025	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
70,025	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
71,435	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
71,435	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
74,325	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
74,325	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
75,875	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,500	2,746	VYHOVÍ	0,002572	0,001058	VYHOVÍ
75,875	0,250	2,746	VYHOVÍ	0,400	2,746	VYHOVÍ	0,005024	0,001058	VYHOVÍ
77,450	0,250	0,000	NEVYHOVÍ	0,400	0,000	NEVYHOVÍ	0,005024	0,001058	VYHOVÍ
0,000	0,250	0,000	NEVYHOVÍ	0,114	0,000	NEVYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
1,094	0,250	0,938	VYHOVÍ	0,114	0,938	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
1,094	0,250	0,938	VYHOVÍ	0,114	0,938	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
2,789	0,250	1,232	VYHOVÍ	0,114	1,232	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
2,789	0,250	1,232	VYHOVÍ	0,114	1,232	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
4,503	0,250	1,684	VYHOVÍ	0,114	1,684	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
4,503	0,250	1,684	VYHOVÍ	0,114	1,684	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
6,217	0,250	2,109	VYHOVÍ	0,114	2,109	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
6,217	0,250	2,109	VYHOVÍ	0,114	2,109	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
8,681	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
8,681	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
11,092	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
11,092	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
13,503	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
13,503	0,250	2,765	VYHOVÍ	0,114	2,765	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
15,967	0,250	2,109	VYHOVÍ	0,114	2,109	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
15,967	0,250	2,109	VYHOVÍ	0,114	2,109	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
17,681	0,250	1,684	VYHOVÍ	0,114	1,684	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
17,681	0,250	1,684	VYHOVÍ	0,114	1,684	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
19,395	0,250	1,232	VYHOVÍ	0,114	1,232	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
19,395	0,250	1,232	VYHOVÍ	0,114	1,232	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
21,090	0,250	0,938	VYHOVÍ	0,114	0,938	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
21,090	0,250	0,938	VYHOVÍ	0,114	0,938	VYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ
22,184	0,250	0,000	NEVYHOVÍ	0,114	0,000	NEVYHOVÍ	0,003537	0,001058	VYHOVÍ

Maximální podélná osová vzdálenost sestav třmínkové výztuže:  $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha)$

Maximální příčná osová vzdálenost větví třmínků:  $s_{t,max} = 0,75 \cdot d$

Stupeň smykového vyztužení:  $\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) \geq$   
 $\geq \rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk}$

### 9.2.1.2. Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky vyžadující návrh smykové výztuže výpočtem

Pro prvky se svislou smykovou výztuží je smyková únosnost  $V_{Rd}$  menší z hodnot:

$$V_{Rd,s} = \left( \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_s} + \frac{A_{pw} \cdot f_{pzd}}{s_p} \right) \cdot z \cdot \cot \theta \quad a$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad , \text{ kde:}$$

$b_w$  je nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti; pokud jsou ve stěně prvku zainjektované kovové trubky s průměrem  $> b_w/8$ , má se únosnost ve smyku  $V_{Rd,max}$  vypočítat s uvažováním jmenovité šířky stěny dané vztahem:

$$b_{w,nom} = b_w - 0,5 \Sigma \phi \quad , \text{ kde}$$

$\phi$  je vnější průměr trubky a  $\Sigma \phi$  se stanoví pro nejnepříznivější úroveň průřezu.

Při zainjektovaných kovových trubkách s  $\phi \leq b_w/8$  je  $b_{w,nom} = b_w$ .

Při nezainjektovaných trubkách, zainjektovaných plastových trubkách a nesoudržné předpínací výztuži je jmenovitá šířka stěny:

$$b_{w,nom} = b_w - 1,2 \Sigma \phi$$

Hodnota "1,2" ve výše uvedeném vztahu vyjadřuje vliv příčných tahů na rozštěpení betonových tlakových diagonál. Pokud se navrhne odpovídající příčná výztuž, lze tuto hodnotu zmenšit na 1,0.

V tomto případě je vnější průměr trubky kabelového kanálku:  $\phi = 62,5 \text{ mm}$ ,

$\theta$  je úhel tlakových diagonál, (volíme v rozmezí  $1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \Rightarrow \text{cca } 22,5^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ )

v našem případě volíme ...  $\theta = 40,0^\circ$

$\nu_1$  je redukční součinitel pevnosti pro beton se smykovými trhlinami; doporučená hodnota je:

$$\nu_1 = \nu = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$\alpha_{cw}$  je součinitel, zohledňující stav napjatosti v tlačném pásu:

1)  $\alpha_{cw} = 1,00$  ... pro nepředpjaté konstrukce,

2)  $\alpha_{cw} = (1 + \sigma_{cp}/f_{cd})$  ... pro  $0 < \sigma_{cp} \leq 0,25f_{cd}$ ,

3)  $\alpha_{cw} = 1,25$  ... pro  $0,25f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,50f_{cd}$ ,

4)  $\alpha_{cw} = 2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$  ... pro  $0,50f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 1,00f_{cd}$ .

Maximální účinná průřezová plocha smykové výztuže pro  $\cotg \theta = 1,0$  (tzn. pro  $\theta = 45^\circ$ ):

$$A_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot s}{f_{ywd}}$$

**Výpočet únosnosti ve smyku:**

Poloha	Staničení [m]	$A_{sw}$ [m <sup>2</sup> ]	$s_s$ [m]	$b_w$ (2 stěny) [m]	Průměr kanálků $\phi$ [m]	Počet kanálků (2 stěny) [ks]	$b_{w,nom}$ (2 stěny) [m]	$z$ [m]
Čelo	0,000	0,001256	0,250	1,000	0,0625	0	1,000	3,042
0	1,575	0,000628	0,250	1,000	0,0625	0	1,000	3,042
0	1,575	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	3,125	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	3,125	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
Rámový roh	6,015	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
	6,015	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	7,425	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,860
0	7,425	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,860
Kon.zár. 0	9,725	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,734
	9,725	0,002512	0,200	2,400	0,0625	0	2,400	2,734
0	12,725	0,002512	0,200	2,400	0,0625	0	2,400	2,973
0	12,725	0,002512	0,270	2,100	0,0625	0	2,100	2,973
0	15,725	0,002512	0,270	2,100	0,0625	0	2,100	2,552
0	15,725	0,002512	0,340	1,800	0,0625	0	1,800	2,552
0	18,725	0,002512	0,340	1,800	0,0625	0	1,800	1,413
0	18,725	0,001256	0,250	1,500	0,0625	0	1,500	1,413
0	21,725	0,001256	0,250	1,500	0,0625	0	1,500	1,842
0	21,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	1,842
0	24,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,573
0	24,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,573
0	27,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,955
0	27,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,955
0	30,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,172
0	30,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,172
0	33,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,444
0	33,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,444
0	37,425	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	37,425	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	38,475	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	38,475	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
Střed rozpětí	38,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
	38,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	38,975	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	38,975	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	40,025	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	40,025	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,668
0	43,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,444
0	43,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,444
0	46,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,172
0	46,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	3,172
0	49,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,955
0	49,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,955
0	52,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,573
0	52,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	2,573
0	55,725	0,000804	0,250	1,200	0,0625	0	1,200	1,842
0	55,725	0,001256	0,250	1,500	0,0625	0	1,500	1,842
0	58,725	0,001256	0,250	1,500	0,0625	0	1,500	1,413
0	58,725	0,002512	0,340	1,800	0,0625	0	1,800	1,413
0	61,725	0,002512	0,340	1,800	0,0625	0	1,800	2,552
0	61,725	0,002512	0,270	2,100	0,0625	0	2,100	2,552
0	64,725	0,002512	0,270	2,100	0,0625	0	2,100	2,973
0	64,725	0,002512	0,200	2,400	0,0625	0	2,400	2,973
0	67,725	0,002512	0,200	2,400	0,0625	0	2,400	2,734
Kon.zár.	67,725	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,734

Poloha	Staničení [m]	$A_{sw}$ [m <sup>2</sup> ]	$s_s$ [m]	$b_w$ (2 stěny) [m]	Průměr kanálků $\phi$ [m]	Počet kanálků (2 stěny) [ks]	$b_{w,nom}$ (2 stěny) [m]	$z$ [m]
0	70,025	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,860
0	70,025	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,860
Rámový roh	71,435	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
	71,435	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	74,325	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	74,325	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	75,875	0,003215	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	3,042
0	75,875	0,001256	0,250	1,000	0,0625	0	1,000	3,042
Čelo	77,450	0,001256	0,250	1,000	0,0625	0	1,000	3,042
Kloub	0,000	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739
0	1,094	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739
0	1,094	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739
0	2,789	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,997
0	2,789	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,997
0	4,503	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	1,516
0	4,503	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	1,516
0	6,217	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,025
0	6,217	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,025
Dolní líc n.k.	8,681	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
	8,681	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
Osa n.k.	11,092	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
Osa n.k.	11,092	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
Dolní líc n.k.	13,503	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
	13,503	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,887
0	15,967	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,025
0	15,967	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	2,025
0	17,681	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	1,516
0	17,681	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	1,516
0	19,395	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,997
0	19,395	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,997
0	21,090	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739
0	21,090	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739
Kloub	22,184	0,004421	0,250	5,000	0,0625	0	5,000	0,739

Poloha	Staničení [m]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{cd}$ [MPa]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\Theta$ [°]	$\Theta$ [rad]	$\nu_1$ [-]
Čelo	0,000	-0,004	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	1,575	-0,024	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	1,575	-0,009	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	3,125	2,806	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	3,125	2,809	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Rámový roh	6,015	2,829	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	6,015	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	7,425	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	7,425	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Kon.zár. 0	9,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	9,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	12,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	12,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	15,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	15,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	18,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	18,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	21,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	21,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	24,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533

Poloha	Staničení [m]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{cd}$ [MPa]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\theta$ [rad]	$\nu_1$ [-]
0	24,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	27,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	27,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	30,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	30,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	33,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	33,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	37,425	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	37,425	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	38,475	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	38,475	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Střed rozpětí	38,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	38,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	38,975	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	38,975	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	40,025	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	40,025	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	43,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	43,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	46,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	46,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	49,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	49,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	52,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	52,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	55,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	55,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	58,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	58,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	61,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	61,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	64,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	64,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	67,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Kon.zár.	67,725	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	70,025	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	70,025	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Rámový roh	71,435	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	71,435	2,948	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	74,325	2,919	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	74,325	2,916	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	75,875	-0,010	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	75,875	-0,029	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Čelo	77,450	-0,003	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Kloub	0,000	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	1,094	3,513	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	1,094	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	2,789	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	2,789	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	4,503	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	4,503	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	6,217	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	6,217	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Dolní líc n.k.	8,681	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	8,681	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Osa n.k.	11,092	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Osa n.k.	11,092	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Dolní líc n.k.	13,503	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
	13,503	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533

Poloha	Staničení [m]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{cd}$ [MPa]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\theta$ [rad]	$\nu_1$ [-]
0	15,967	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	15,967	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	17,681	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	17,681	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	19,395	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	19,395	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	21,090	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
0	21,090	3,532	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533
Kloub	22,184	3,733	28,0	18,667	363,6	40,0	0,69813	0,533

#### Uspořádání příčné (smykové) předpínací výztuže:

Poloha	Staničení [m]	$A_{pw}$ [m <sup>2</sup> ]	$s_p$ [m]	$f_{pwd}$ [MPa]
Čelo	0,000	0,000000	0,000	1120,0
0	1,575	0,000000	0,000	1120,0
0	1,575	0,000000	0,000	1120,0
0	3,125	0,000000	0,000	1120,0
0	3,125	0,000000	0,000	1120,0
Rámový roh	6,015	0,000000	0,000	1120,0
	6,015	0,000000	0,000	1120,0
0	7,425	0,000000	0,000	1120,0
0	7,425	0,000000	0,000	1120,0
Kon.zár.	9,725	0,000000	0,000	1120,0
0	9,725	0,001846	0,200	1120,0
0	12,725	0,001846	0,200	1120,0
0	12,725	0,001846	0,270	1120,0
0	15,725	0,001846	0,270	1120,0
0	15,725	0,001846	0,340	1120,0
0	18,725	0,001846	0,340	1120,0
0	18,725	0,001846	0,250	1120,0
0	21,725	0,001846	0,250	1120,0
0	21,725	0,001846	0,250	1120,0
0	24,725	0,001846	0,250	1120,0
0	24,725	0,001846	0,250	1120,0
0	27,725	0,001846	0,250	1120,0
0	27,725	0,001846	0,250	1120,0
0	30,725	0,001846	0,250	1120,0
0	30,725	0,001846	0,250	1120,0
0	33,725	0,001846	0,250	1120,0
0	33,725	0,001846	0,250	1120,0
0	37,425	0,001846	0,250	1120,0
0	37,425	0,000000	0,000	1120,0
0	38,475	0,000000	0,000	1120,0
0	38,475	0,000000	0,000	1120,0
Střed rozpětí	38,725	0,000000	0,000	1120,0
	38,725	0,000000	0,000	1120,0
0	38,975	0,000000	0,000	1120,0
0	38,975	0,000000	0,000	1120,0
0	40,025	0,000000	0,000	1120,0
0	40,025	0,001846	0,250	1120,0
0	43,725	0,001846	0,250	1120,0
0	43,725	0,001846	0,250	1120,0
0	46,725	0,001846	0,250	1120,0
0	46,725	0,001846	0,250	1120,0
0	49,725	0,001846	0,250	1120,0
0	49,725	0,001846	0,250	1120,0



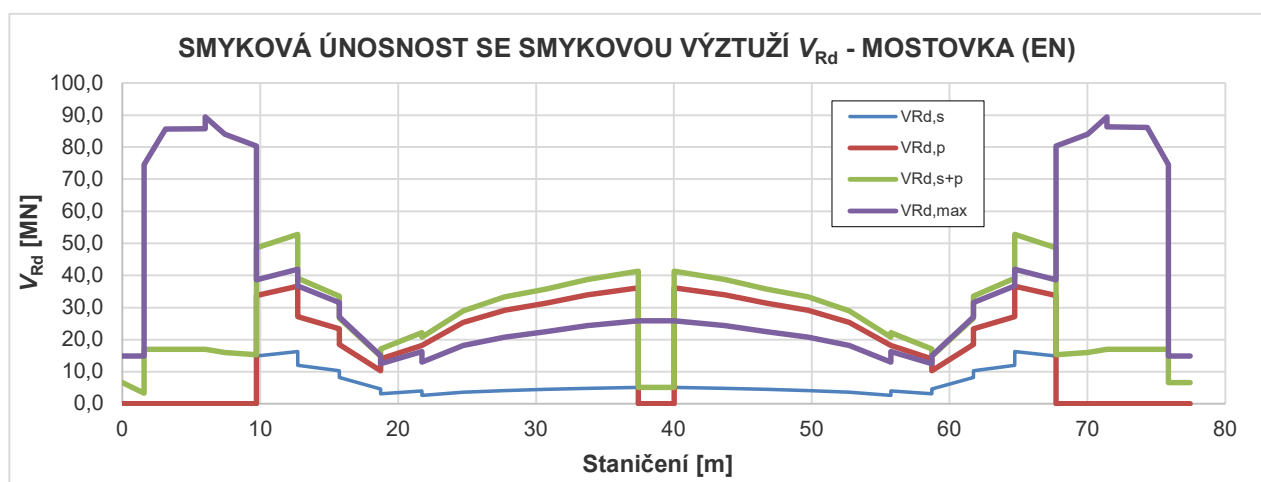
Poloha	Staničení [m]	$A_{pw}$ [m <sup>2</sup> ]	$s_p$ [m]	$f_{pwd}$ [MPa]
0	52,725	0,001846	0,250	1120,0
0	52,725	0,001846	0,250	1120,0
0	55,725	0,001846	0,250	1120,0
0	55,725	0,001846	0,250	1120,0
0	58,725	0,001846	0,250	1120,0
0	58,725	0,001846	0,340	1120,0
0	61,725	0,001846	0,340	1120,0
0	61,725	0,001846	0,270	1120,0
0	64,725	0,001846	0,270	1120,0
0	64,725	0,001846	0,200	1120,0
0	67,725	0,001846	0,200	1120,0
Kon.zár.	67,725	0,000000	0,000	1120,0
0	70,025	0,000000	0,000	1120,0
0	70,025	0,000000	0,000	1120,0
Rámový roh	71,435	0,000000	0,000	1120,0
	71,435	0,000000	0,000	1120,0
0	74,325	0,000000	0,000	1120,0
0	74,325	0,000000	0,000	1120,0
0	75,875	0,000000	0,000	1120,0
0	75,875	0,000000	0,000	1120,0
Čelo	77,450	0,000000	0,000	1120,0
Kloub	0,000	0,000000	0,000	1120,0
0	1,094	0,000000	0,000	1120,0
0	1,094	0,000000	0,000	1120,0
0	2,789	0,000000	0,000	1120,0
0	2,789	0,000000	0,000	1120,0
0	4,503	0,000000	0,000	1120,0
0	4,503	0,000000	0,000	1120,0
0	6,217	0,000000	0,000	1120,0
0	6,217	0,000000	0,000	1120,0
Dolní	8,681	0,000000	0,000	1120,0
líc n.k.	8,681	0,000000	0,000	1120,0
Osa n.k.	11,092	0,000000	0,000	1120,0
Osa n.k.	11,092	0,000000	0,000	1120,0
Dolní	13,503	0,000000	0,000	1120,0
líc n.k.	13,503	0,000000	0,000	1120,0
0	15,967	0,000000	0,000	1120,0
0	15,967	0,000000	0,000	1120,0
0	17,681	0,000000	0,000	1120,0
0	17,681	0,000000	0,000	1120,0
0	19,395	0,000000	0,000	1120,0
0	19,395	0,000000	0,000	1120,0
0	21,090	0,000000	0,000	1120,0
0	21,090	0,000000	0,000	1120,0
Kloub	22,184	0,000000	0,000	1120,0

Poloha	Staničení [m]	$\alpha_{cw}$					$V_{Rd,s+p}$ [MN]	$V_{Rd,max}$ [MN]	$V_{Rd}$ [MN]
		1) [-]	2) [-]	3) [-]	4) [-]	$\alpha_{cw}$ [-]			
Čelo	0,000	1,00	1,000	1,25	2,500	1,000	6,623120	14,897441	6,623120
0	1,575	1,00	0,999	1,25	2,503	1,000	3,311560	14,897441	3,311560
0	1,575	1,00	1,000	1,25	2,501	1,000	16,955187	74,487203	16,955187
0	3,125	1,00	1,150	1,25	2,124	1,150	16,955187	85,685720	16,955187
0	3,125	1,00	1,150	1,25	2,124	1,150	16,955187	85,695716	16,955187
Rámový roh	6,015	1,00	1,152	1,25	2,121	1,152	16,955187	85,775144	16,955187
	6,015	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	16,955187	89,384643	16,955187
0	7,425	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,940774	84,036844	15,940774
0	7,425	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,940774	84,036844	15,940774
Kon.zár.	9,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,238488	80,334522	15,238488
0	9,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	48,569705	38,560570	38,560570
0	12,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	52,815557	41,931447	41,931447
0	12,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	39,122635	36,690016	36,690016
0	15,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,582564	31,494423	31,494423
0	15,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	26,668507	26,995220	26,668507
0	18,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	14,765909	14,946805	14,765909
0	18,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	17,005217	12,455671	12,455671
0	21,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,168160	16,237329	16,237329
0	21,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	20,724398	12,989863	12,989863
0	24,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	28,948901	18,144906	18,144906
0	24,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	28,948901	18,144906	18,144906
0	27,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,246795	20,838787	20,838787
0	27,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,246795	20,838787	20,838787
0	30,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	35,688268	22,369080	22,369080
0	30,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	35,688268	22,369080	22,369080
0	33,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	38,748549	24,287236	24,287236
0	33,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	38,748549	24,287236	24,287236
0	37,425	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	41,268779	25,866893	25,866893
0	37,425	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	38,475	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	38,475	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
Střed rozpětí	38,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
	38,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	38,975	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	38,975	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	40,025	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,111080	25,866893	5,111080
0	40,025	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	41,268779	25,866893	25,866893
0	43,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	38,748549	24,287236	24,287236
0	43,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	38,748549	24,287236	24,287236
0	46,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	35,688268	22,369080	22,369080
0	46,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	35,688268	22,369080	22,369080
0	49,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,246795	20,838787	20,838787
0	49,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,246795	20,838787	20,838787
0	52,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	28,948901	18,144906	18,144906
0	52,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	28,948901	18,144906	18,144906
0	55,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	20,724398	12,989863	12,989863
0	55,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,168160	16,237329	16,237329
0	58,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	17,005217	12,455671	12,455671
0	58,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	14,765909	14,946805	14,765909
0	61,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	26,668507	26,995220	26,668507
0	61,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	33,582564	31,494423	31,494423
0	64,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	39,122635	36,690016	36,690016
0	64,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	52,815557	41,931447	41,931447
0	67,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	48,569705	38,560570	38,560570
Kon.zár.	67,725	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,238488	80,334522	15,238488
0	70,025	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,940774	84,036844	15,940774
0	70,025	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,940774	84,036844	15,940774
Rámový roh	71,435	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	16,955187	89,384643	16,955187
	71,435	1,00	1,158	1,25	2,105	1,158	16,955187	86,252535	16,955187

Poloha	Staničení [m]	$\alpha_{cw}$					$V_{Rd,s+p}$ [MN]	$V_{Rd,max}$ [MN]	$V_{Rd}$ [MN]
		40,025 [-]	43,725 [-]	46,725 [-]	49,725 [-]	$\alpha_{cw}$ [-]			
0	74,325	1,00	1,156	1,25	2,109	1,156	16,955187	86,136122	16,955187
0	74,325	1,00	1,156	1,25	2,110	1,156	16,955187	86,121399	16,955187
0	75,875	1,00	0,999	1,25	2,501	1,000	16,955187	74,487203	16,955187
0	75,875	1,00	0,998	1,25	2,504	1,000	6,623120	14,897441	6,623120
Čelo	77,450	1,00	1,000	1,25	2,500	1,000	6,623120	14,897441	6,623120
Kloub	0,000	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,663573	21,714415	5,663573
0	1,094	1,00	1,188	1,25	2,030	1,188	5,663573	21,500402	5,663573
0	1,094	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,663573	21,714415	5,663573
0	2,789	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	7,640842	29,295361	7,640842
0	2,789	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	7,640842	29,295361	7,640842
0	4,503	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	11,618372	44,545404	11,618372
0	4,503	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	11,618372	44,545404	11,618372
0	6,217	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,519263	59,501612	15,519263
0	6,217	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,519263	59,501612	15,519263
Dolní líc n.k.	8,681	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
	8,681	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
Osa n.k.	11,092	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
Osa n.k.	11,092	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
Dolní líc n.k.	13,503	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
	13,503	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	22,125488	84,830199	22,125488
0	15,967	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,519263	59,501612	15,519263
0	15,967	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	15,519263	59,501612	15,519263
0	17,681	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	11,618372	44,545404	11,618372
0	17,681	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	11,618372	44,545404	11,618372
0	19,395	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	7,640842	29,295361	7,640842
0	19,395	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	7,640842	29,295361	7,640842
0	21,090	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,663573	21,714415	5,663573
0	21,090	1,00	1,189	1,25	2,027	1,189	5,663573	21,518864	5,663573
Kloub	22,184	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	5,663573	21,714415	5,663573

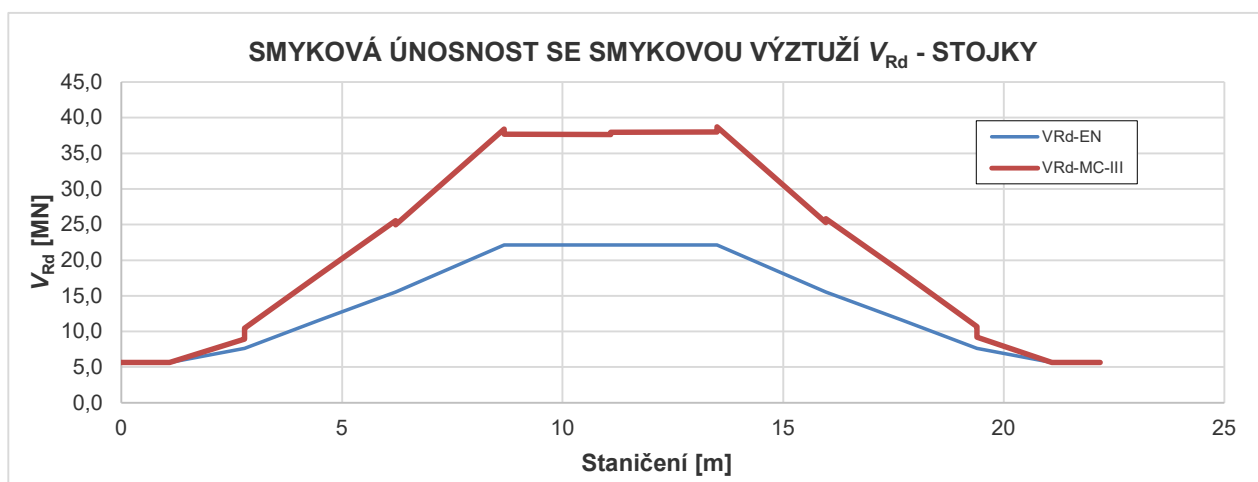
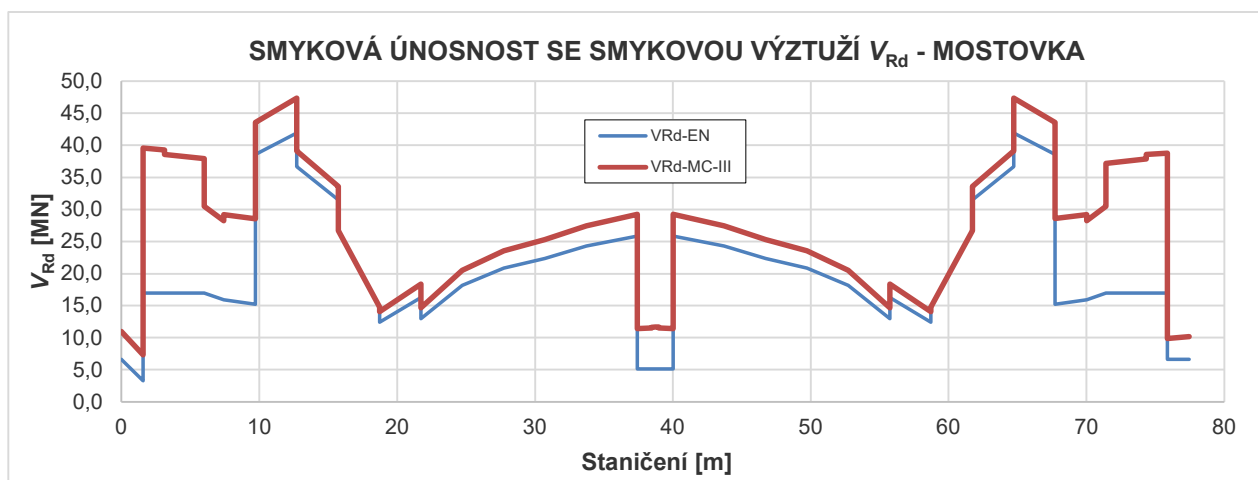
### Průběh $V_{Rd}$ po délce nosné konstrukce:

Na následujícím grafu je vynesena síla přenesená smykovou betonářskou výztuží  $V_{Rd,s}$ , síla přenesená smykovou předpínací výztuží  $V_{Rd,p}$ , celková síla přenesená smykovou výztuží betonářskou i předpínací  $V_{Rd,s+p}$  a síla na mezi rozdrčení tlačené betonové diagonály  $V_{Rd,max}$ :



Mezní únosnost ve smyku byla spočítána podle normy ČSN EN 1992 a podle Model Code 2010, vydaného organizací *fib* [29]. Uvažována byla tzv. úroveň (Level) III.

Norma ČSN EN 1992 umožňuje uvažovat při výpočtu smykové únosnosti samostatně buď beton, nebo výztuž. Model Code 2010 umožňuje uvažovat beton i výztuž současně a proto smyková únosnost vychází vyšší.



#### Stanovení zatížitelnosti:

zatížitelnost byla stanovena iteračním postupem tak, aby v rozhodujícím průřezu bylo právě dosaženo smykové únosnosti.

Bohužel se nepodařilo zcela zjistit smykovou výztuž v koncových plných částech vodorovných nosných konstrukcí a v rámových stojkách. Uvažována byla výztuž pravděpodobná, odpovídající dostupným údajům z původní dokumentace. Protože smyková únosnost rámových stojek za těchto předpokladů výrazněji nevychází, byla zatížitelnost stanovena pouze z výpočtu hlavní nosné konstrukce (mostovky). Podle částečných náznaků v dokumentaci je možné, že smyková únosnost stojek byla v průběhu realizace oproti původním výkresům zesilována - tuto otázku by bylo vhodné ověřit průzkumem konstrukce. V každém případě by bylo vhodné se zvláště zaměřit na dolní části stojek nad klouby.





Pravděpodobně upravené uspořádání smykové výztuže rámové stojky (podrobnosti nezjištěny):

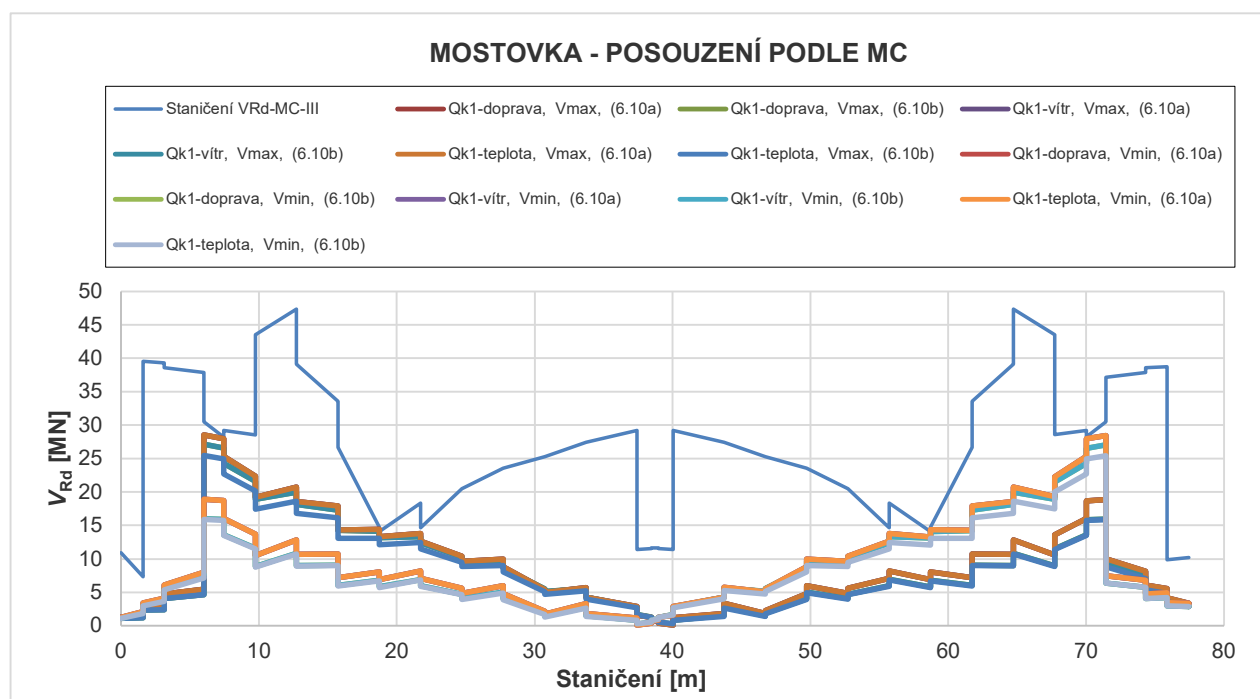
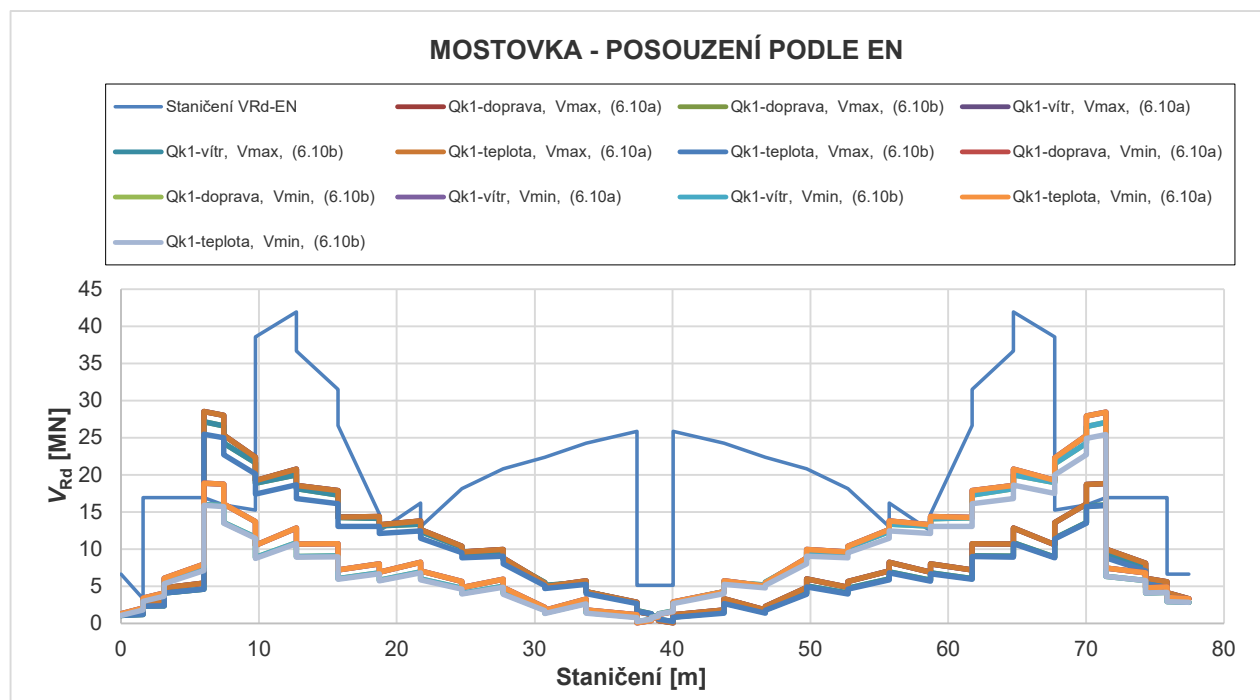


Zjištěná hodnota zatížitelnosti:

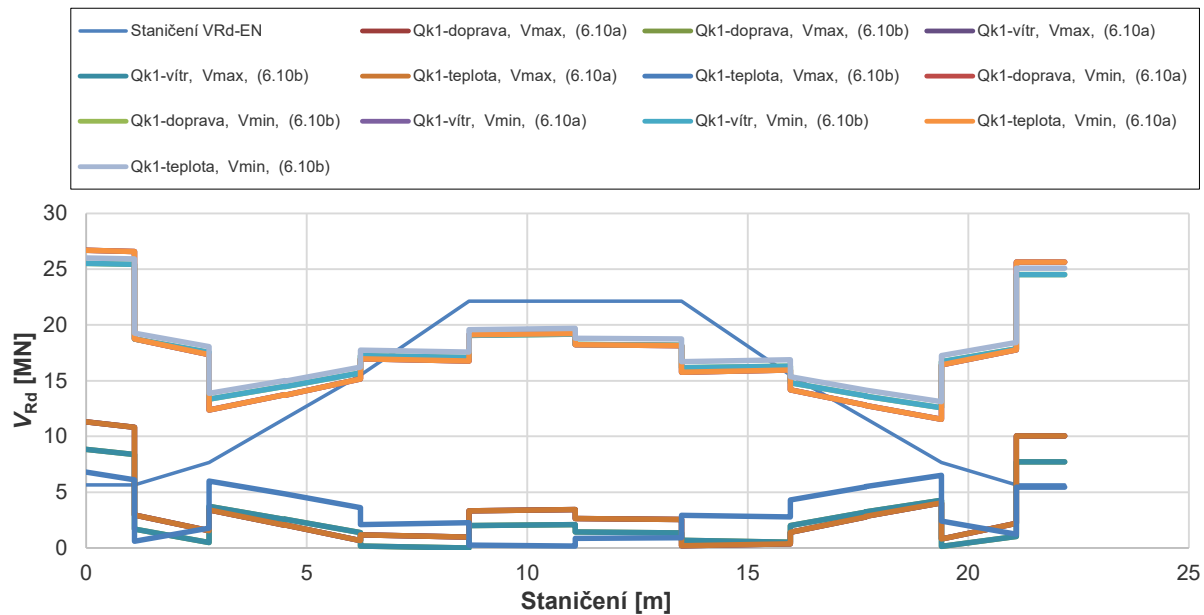
$$Z_{LM71} = 1,064 \quad (\text{mostovka})$$

Zatížitelnost byla stanovena na základě mezní smykové únosnosti spočítané podle Model Code 2010. Kladnou zatížitelnost pro stojky nelze ze současných informací o smykové výztuži stanovit, uvedená hodnota zatížitelnosti byla stanovena pro mostovku.

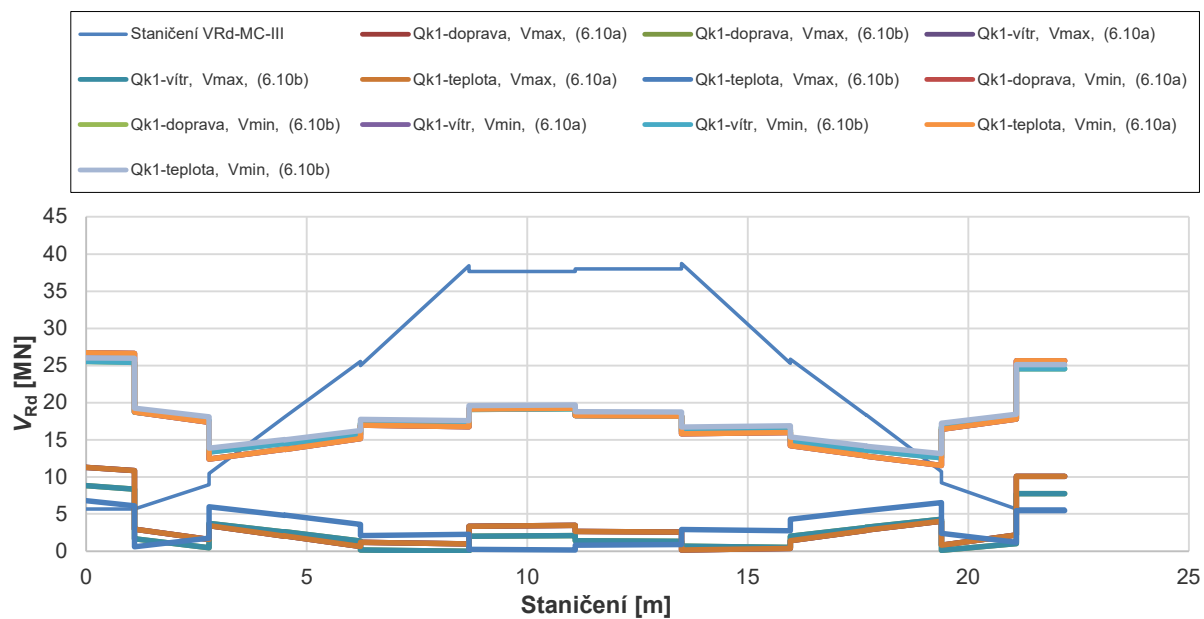
V následujících grafech jsou vyneseny kombinace posouvajících sil a smyková únosnost po délce hlavní nosné konstrukce i rámových stojek:



### STOJKY - POSOUZENÍ PODLE EN



### STOJKY - POSOUZENÍ PODLE MC

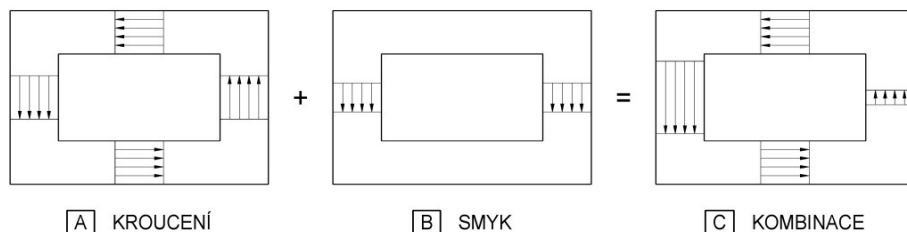




### 9.3. SMYK + KROUCENÍ

#### 9.3.1. STANOVENÍ ÚNOSNOSTI V KROUCENÍ - OBECNĚ

Únosnost průřezů v kroucení stanovíme dle [ 7 ] a [ 8 ]. Uvažujeme tenkostěnný uzavřený průřez, u kterého je rovnováha zabezpečena uzavřeným smykovým tokem. Účinky kroucení se přitom převedou na namáhání každé stěny (desky) průřezu náhradní posouvající silou podle následujícího obrázku:



Smykové napětí od čistého krouticího momentu ve stěně (desce) komorového průřezu lze vypočítat ze vztahu:

$$\tau_{t,i} t_{ef,i} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k} \Rightarrow \tau_{t,i} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k \cdot t_{ef,i}} .$$

Smyková síla  $V_{Ed,i}$  od kroucení v  $i$ -té stěně (desce) průřezu je pak dána vztahem:

$$V_{Ed,i} = \tau_{t,i} t_{ef,i} z_i , \text{ kde:}$$

$T_{Ed}$  je působící návrhový krouticí moment,

$A_k$  je plocha omezená střednicemi spojených stěn a desek průřezu, včetně plochy vnitřních otvorů,

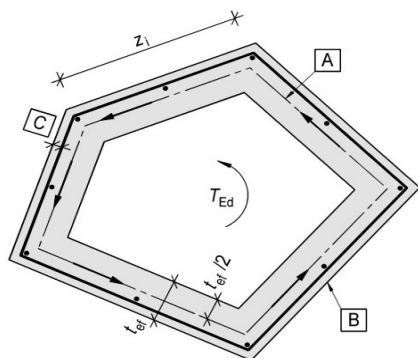
$\tau_{t,i}$  je smykové napětí od kroucení v  $i$ -té stěně,

$t_{ef,i}$  je účinná tloušťka stěny (desky), kterou lze uvažovat hodnotou  $A/u$ , ale nemá být menší než dvojnásobek vzdálenosti mezi okrajem a středem podélné výztuže. Pro duté průřezy je horní mezí skutečná tloušťka stěn;

$A$  je celková plocha průřezu uvnitř vnějšího okraje, včetně ploch vnitřních otvorů,

$u$  je vnější obvod průřezu,

$z_i$  je délka střednice  $i$ -té stěny (desky), definovaná jako vzdálenost mezi průsečíky se střednicemi sousedních stěn (desek).



- [A] STŘEDNICE
- [B] VNĚJŠÍ OKRAJ ÚČINNÉHO PRŮŘEZU, VNĚJŠÍ OBVOD  $u$
- [C] KRYCÍ VRSTVA

Nutnou průřezovou plochu podélné výztuže na kroucení  $\Sigma A_{sl}$  lze vypočítat ze vztahu:

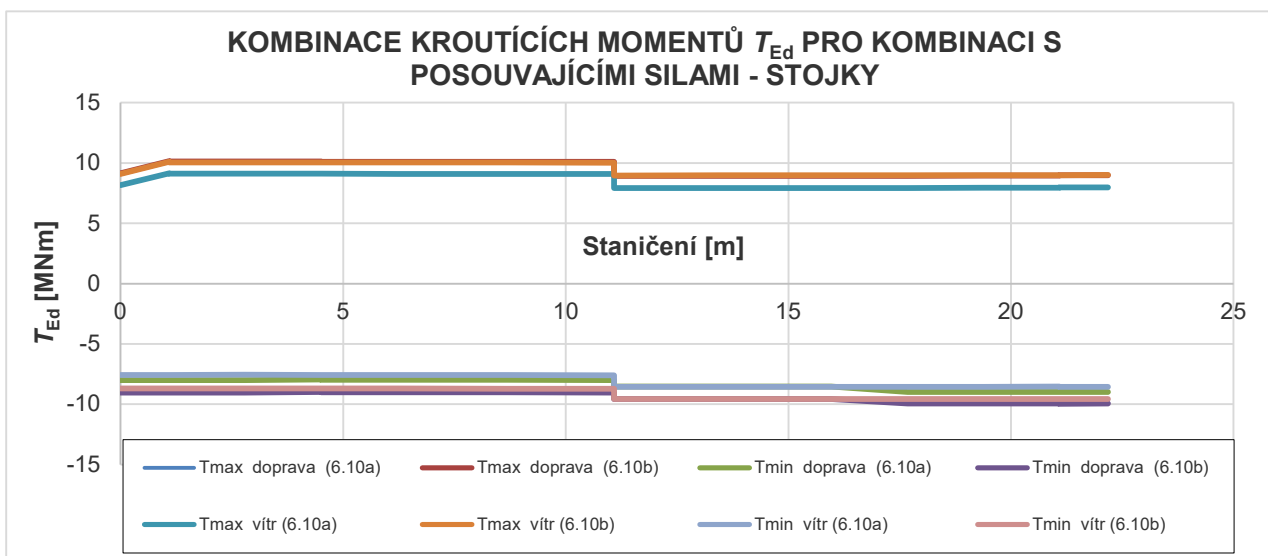
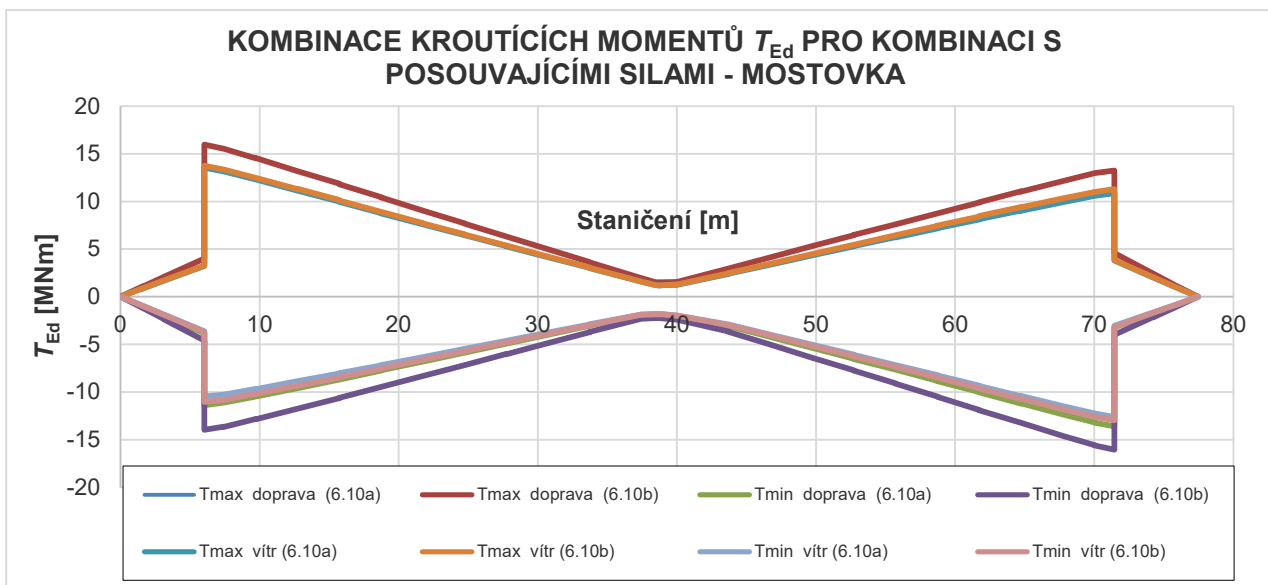
$$\frac{\Sigma A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k} \cot \theta \Rightarrow \Sigma A_{sl} = \frac{u_k}{f_{yd}} \frac{T_{Ed}}{2 A_k} \cot \theta$$

V tlačných pásech lze podélnou výztuž redukovat úměrně k příslušné tlakové síle. V tažených pásech se má podélná výztuž na kroucení přidat k ostatní výztuži. Podélná výztuž má být obecně rozdělena po délce  $z_i$ , ale u malých průřezů ji lze soustředit do konců této délky (do rohů průřezu).

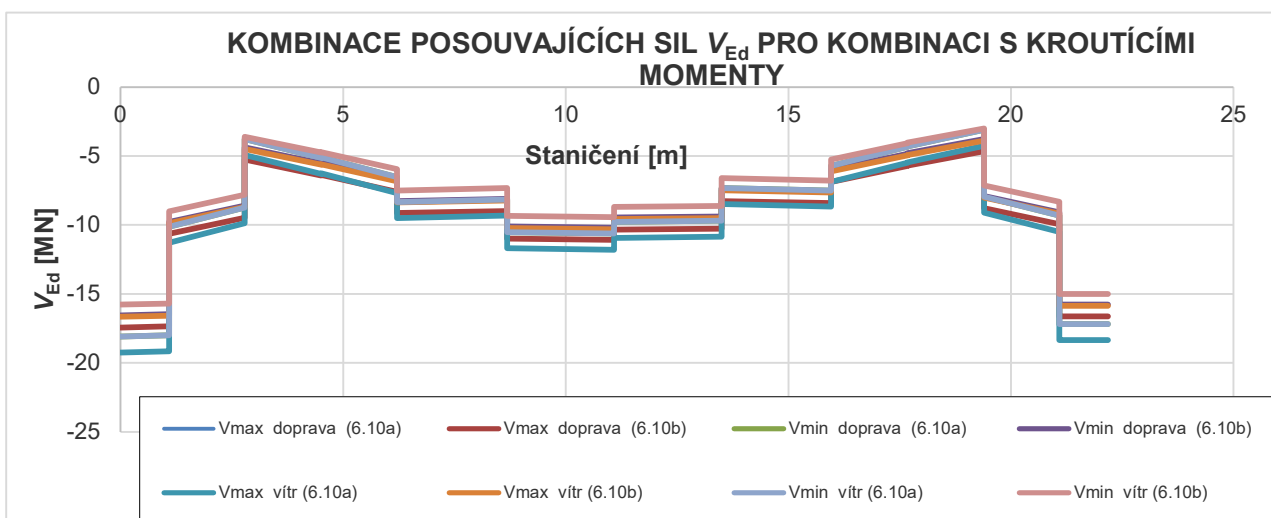
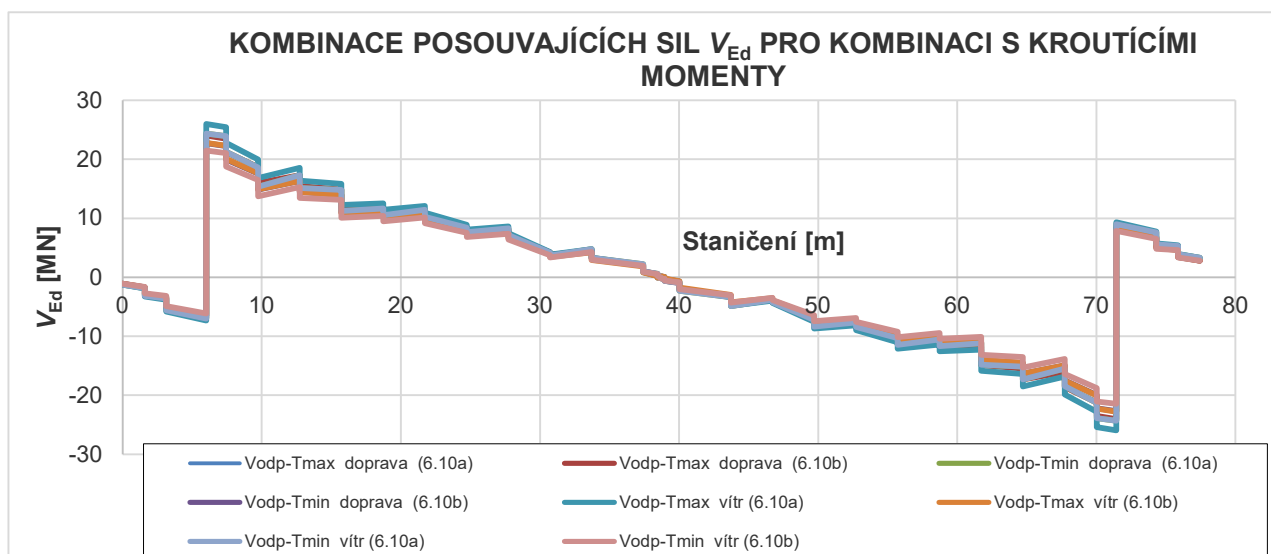
### 9.3.2. KOMBINACE KROUTÍCÍCH MOMENTŮ PRO KOMBINACI S POSOUVAJÍCÍMI SILAMI

Byly sestaveny návrhové kombinace maximálních i minimálních krouťících momentů podle vztahů (6.10a) i (6.10b).

Vzhledem k uspořádání konstrukce působí krouťící moment od svislého pohyblivého zatížení proti krouťícímu momentu od ostatního stálého zatížení. Proto jako hlavní proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení dopravou i zatížení větrem.



### 9.3.3. KOMBINACE POSOUVAJÍCÍCH SIL PRO KOMBINACI S KROUTÍCÍMI MOMENTY



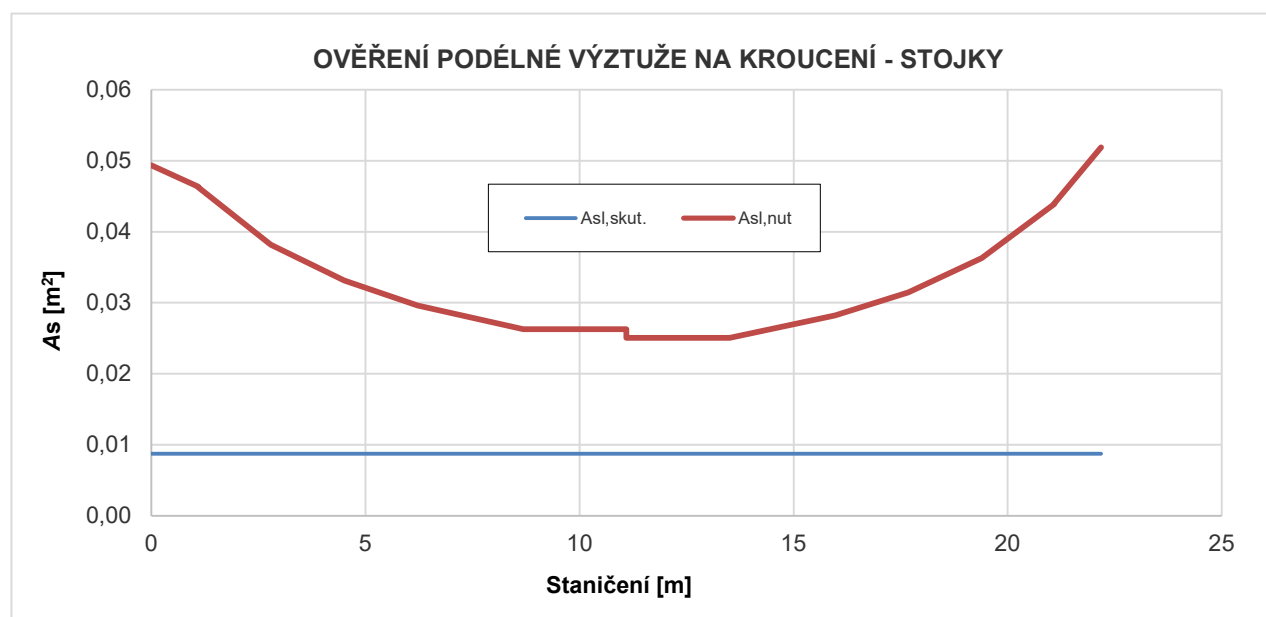
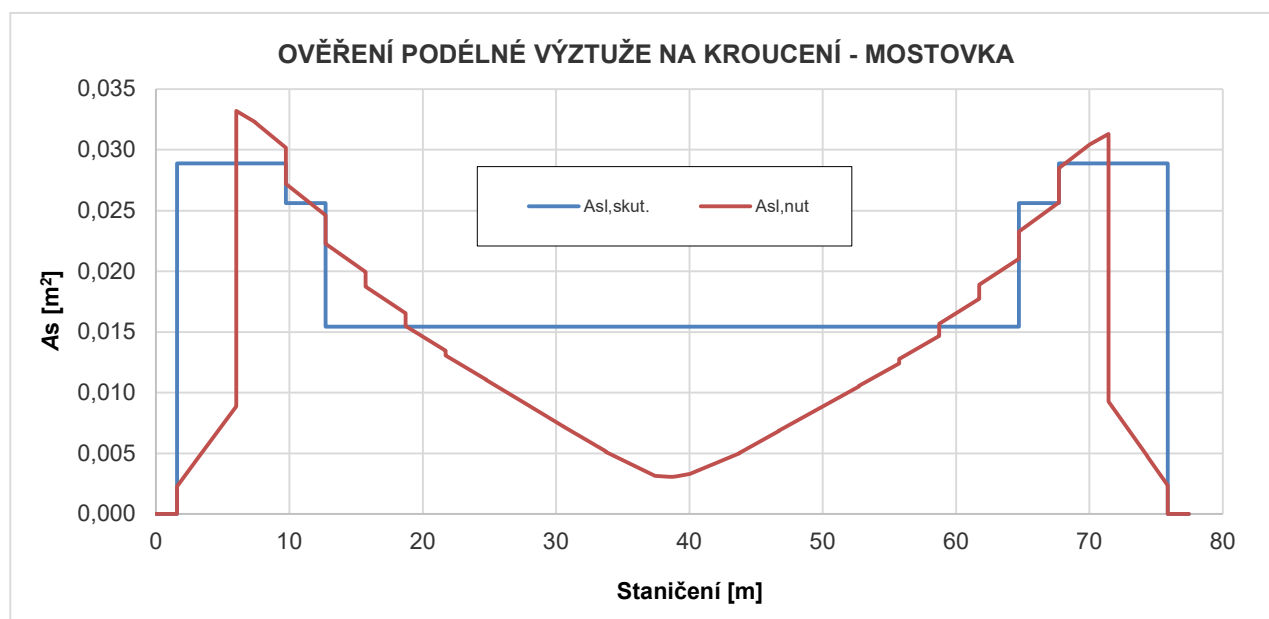
#### 9.3.4. PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SÍLY, $Q_{k1}$ = ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

Uloženo u zpracovatele výpočtu.

#### 9.3.5. PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SÍLY, $Q_{k1}$ = ZATÍŽENÍ VĚTREM

Uloženo u zpracovatele výpočtu.

#### 9.3.6. OVĚŘENÍ PLOCHY PODÉLNÉ VÝZTUŽE



Samotná podélná betonářská výztuž z hlediska kroucení nevyhoví. Lze ale předpokládat, že po započítání předpínací výztuže (odpovídající využitelné síle dané rozdílem mezi maximálním přípustným napětím a aktuálním napětím po ztrátách) konstrukce vyhoví.

### 9.3.7. STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI STĚN NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ

Interakce kroucení a smyku se u komorových konstrukcí posoudí tak, že každá stěna (deska) průřezu se samostatně posoudí na celkové účinky smyku a kroucení (převedeného na náhradní smykové síly).

Účinky kroucení a smyku u dutých a plných průřezů lze superponovat za předpokladu stejného sklonu  $\theta$  tlakových diagonál. Meze pro  $\theta$  platné pro namáhání smykem se uplatní i v případě kombinace smyku a kroucení.

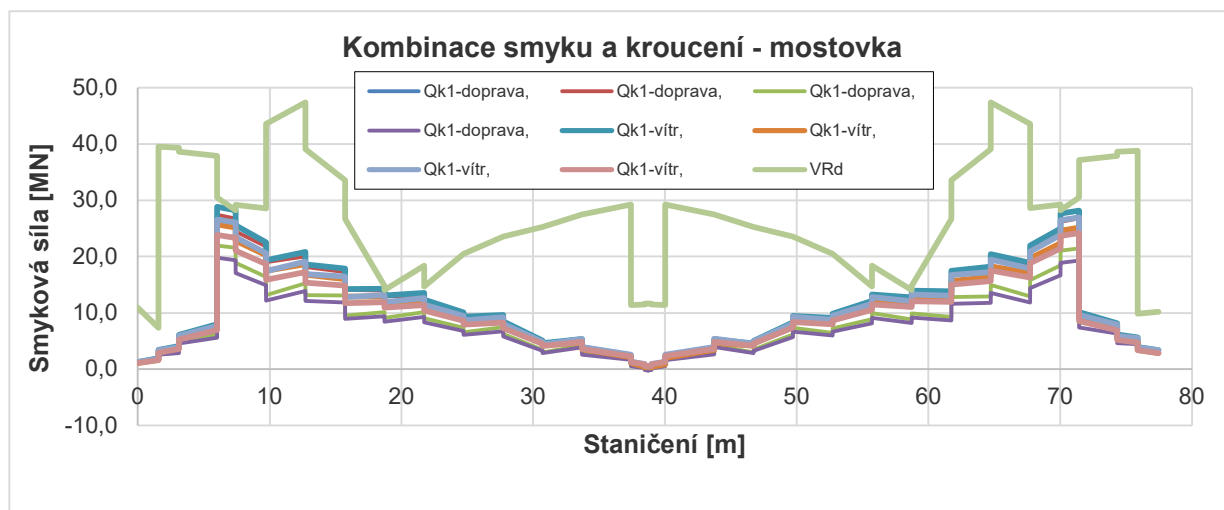
Protože zde posoudíme na smyk celý komorový průřez, připočítáme náhradní sílu od kroucení v jedné stěně dvakrát.

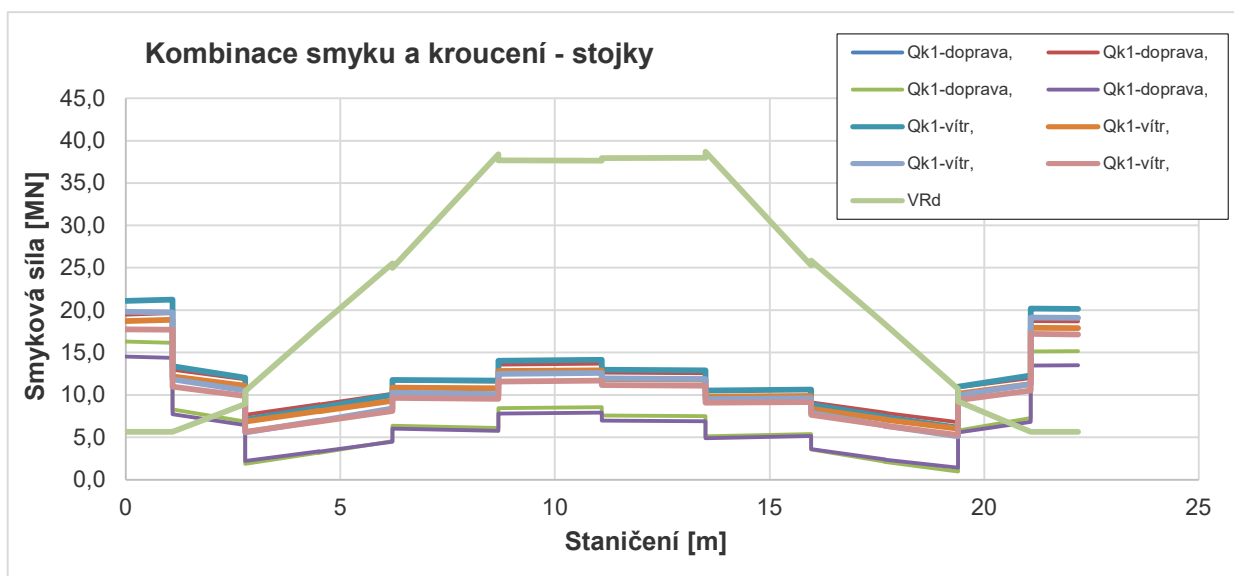
Při posouzení uvažujeme smykovou únosnost konstrukce se smykovou výztuží spočítanou v kap. 9.2.1.2. Toto ověření zahrnuje i posouzení tlacené betonové diagonály.

Návrhová únosnost ve smyku a kroucení je stanovena podle Model Code 2010.

Zatížitelnost je stanovena pouze na základě ověření hlavní nosné konstrukce, protože se zatím bohužel nepodařilo zcela ověřit množství a uspořádání smykové výztuže ve stojkách - viz též kap. 9.2.

Zatížitelnost je stanovena iteračním postupem. Výsledná hodnota zatížitelnosti je ...  **$Z_{UIC} = 1,475$**   
(smyk a kroucení se v rozhodujících průřezích projevují odlišně)





## 9.4. ÚNAVA

### 9.4.1. TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ OHYBEM A NORMÁL.SILOU

#### 9.4.1.1. Namáhání M+N - postup EN 1992-2, Příloha NN

##### 9.4.1.1.1. Úvod

Ověření únavové odolnosti betonu namáhaného tlakem provedeme podle [ 8 ], Příloha NN, čl. NN.3.2. Odolnost betonu lze podle tohoto postupu považovat za dostatečnou, pokud je splněna následující podmínka:

$$14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max, equ}}{\sqrt{1 - R_{equ}}} \geq 6, \text{ kde:}$$

$$R_{equ} = \frac{E_{cd,min, equ}}{E_{cd,max, equ}}; \quad E_{cd,min, equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,min, equ}}{f_{cd, fat}}; \quad E_{cd,max, equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,max, equ}}{f_{cd, fat}}$$

$\sigma_{cd,max, equ}$  a  $\sigma_{cd,min, equ}$  jsou horní a dolní napětí poškozujícího ekvivalentního napětového spektra pro počet cyklů  $N = 10^6$ . Vypočtou se z následujících vztahů:

$$\sigma_{cd,max, equ} = \sigma_{c, perm} + \lambda_c \cdot (\sigma_{c,max, 71} - \sigma_{c, perm})$$

$$\sigma_{cd,min, equ} = \sigma_{c, perm} - \lambda_c \cdot (\sigma_{c, perm} - \sigma_{c,min, 71}), \text{ kde:}$$

$\sigma_{c, perm}$  je tlakové napětí betonu vyvozené charakteristickou kombinací zatížení bez Modelu zatížení 71,

$\sigma_{c,max, 71}$  je maximální tlakové napětí vyvozené charakteristickou kombinací zatížení včetně Modelu zatížení 71 s dynamickým součinitelem  $\phi$ ,

$\sigma_{c,min, 71}$  je minimální tlakové napětí vyvozené charakteristickou kombinací zatížení včetně Modelu zatížení 71 s dynamickým součinitelem  $\phi$ ,

Při výpočtu normálových napětí uvažujeme průměrnou hodnotu mezi časem uvedení do provozu a časem na konci životnosti.

$f_{cd, fat}$  je návrhová hodnota únavové pevnosti betonu v tlaku, která se stanoví podle vzorce:

$$f_{cd, fat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right), \text{ kde:}$$

$$k_1 = 0,85 \quad (\text{doporučená hodnota pro } 10^6 \text{ cyklů}),$$

$\beta_{cc}(t_0)$  je součinitel pro stanovení pevnosti betonu v tlaku v okamžiku prvního zatížení:

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\}$$

Předpokládaná třída cementu (1 = R, 2 = N, 3 = S): 2 => s = 0,25

t = 2812,0 dní

$$\beta_{cc}(t) = 1,252$$

$$f_{ck} = 28,000 \text{ MPa,}$$

$$f_{cd} = 18,667 \text{ MPa,}$$

$$f_{cd,fat} = 17,646 \text{ MPa,}$$

$\gamma_{Sd}$  je dílčí součinitel modelové nejistoty pro zatížení a silové účinky určený pro ověření únavové odolnosti:

$$\gamma_{Sd} = 1,00 \quad \dots \text{ podle } [8], \text{ čl. 4.3.7.2,}$$

$\lambda_c$  je opravný součinitel pro výpočet horního a dolního napětí poškozujícího ekvivalentního napětového spektra z napětí vyvozeného Modelem zatížení 71, kterým se započítává vliv stálého napětí, rozpětí, objemu roční dopravy, návrhové životnosti a počtu kolejí. Lze ho vypočítat ze vztahu:

$$\lambda_c = \lambda_{c,0} \cdot \lambda_{c,1} \cdot \lambda_{c,2,3} \cdot \lambda_{c,4} \quad , \text{ kde:}$$

$\lambda_{c,0}$  je součinitel zohledňující vliv trvale působícího napětí; může být spočítán ze vztahů:

$$1) \text{ pro tlačnou oblast } \dots \quad \lambda_{c,0} = 0,94 + 0,2 \cdot \frac{\sigma_{c,perm}}{f_{cd,fat}} \geq 1,0$$

$$2) \text{ pro předtlačnou tahovou oblast (včetně vlivu předpětí) } \dots \quad \lambda_{c,0} = 1,00$$

$\lambda_{c,1}$  je součinitel zohledňující pro konstrukční prvek (např. prostý nosník) poškozující účinek dopravy v závislosti na rozhodující délce příčinkové čáry nebo plochy. Hodnoty pro běžnou i těžkou dopravu lze určit z [8], tab. NN.3.

**Hodnoty  $\lambda_{c,1}$  pro spojitě nosníky - nad mezilehlými podpěrami ...**

	$L$ [m]	$s^*$ (běžná smíšená doprava)	$h^*$ (těžká smíšená doprava)
[1] - tlačná oblast	$\leq 2$	0,75	0,75
	$\geq 20$	0,85	0,85
[2] - předtlačná tahová oblast	$\leq 2$	1,10	1,15
	$\geq 20$	0,80	0,85

Pro mezilehlé hodnoty je možno interpolovat podle vztahu:

$$\lambda_{c,1}(L) = \lambda_{c,1}(2m) + [\lambda_{c,1}(20m) - \lambda_{c,1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3)$$

*V našem případě ...*

... pro těžkou dopravu ...  
 ... spojitý nosník - nad pilíři ...  
 ...  $L = 77,450 \text{ m}$  ...

=> ... tlačná oblast (dolní vlákna nad pilíři) ...

$$\lambda_{c,1} = 0,850$$



=> ... předtlačená oblast (horní vlákna nad pilíři) ...

$$\lambda_{c,1} = 0,850$$

**Hodnoty  $\lambda_{c,1}$  pro spojitý nosníky - vnitřní pole ...**

	$L$ [m]	$s^*$ (běžná smíšená doprava)	$h^*$ (těžká smíšená doprava)
[1] - tlačovaná oblast	$\leq 2$	0,75	0,90
	$\geq 20$	0,55	0,55
[2] - předtlačovaná tahová oblast	$\leq 2$	1,05	1,15
	$\geq 20$	0,65	0,70

Pro mezilehlé hodnoty je možno interpolovat podle vztahu:

$$\lambda_{c,1}(L) = \lambda_{c,1}(2m) + [\lambda_{c,1}(20m) - \lambda_{c,1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3)$$

*V našem případě ...*

... pro těžkou dopravu ...  
 ... spojitý nosník - vnitřní pole ...  
 ...  $L = 77,450$  m ...

=> ... tlačovaná oblast (horní vlákna v poli) ...

$$\lambda_{c,1} = 0,550$$

=> ... předtlačovaná oblast (dolní vlákna v poli) ...

$$\lambda_{c,1} = 0,700$$

$\lambda_{c,2,3}$  je součinitel zohledňující roční objem dopravy a návrhové životnosti mostu a lze ho vypočítat ze vztahu:

$$\lambda_{c,2,3} = 1 + \frac{1}{8} \cdot \log \left[ \frac{Vol}{25 \cdot 10^6} \right] + \frac{1}{8} \cdot \log \left[ \frac{N_{years}}{100} \right], \text{ kde:}$$

$Vol$  je objem dopravy (tuny/rok/kolej), uvažujeme ...  $Vol = 5,00E+07$

$N_{years}$  je návrhová životnost mostu, uvažujeme ...  $N_{years} = 100,0$  let

$$\lambda_{c,2,3} = 1,038$$

$\lambda_{c,4}$  je součinitel, který se použije, pokud je konstrukční prvek zatěžován více než jednou kolejí;

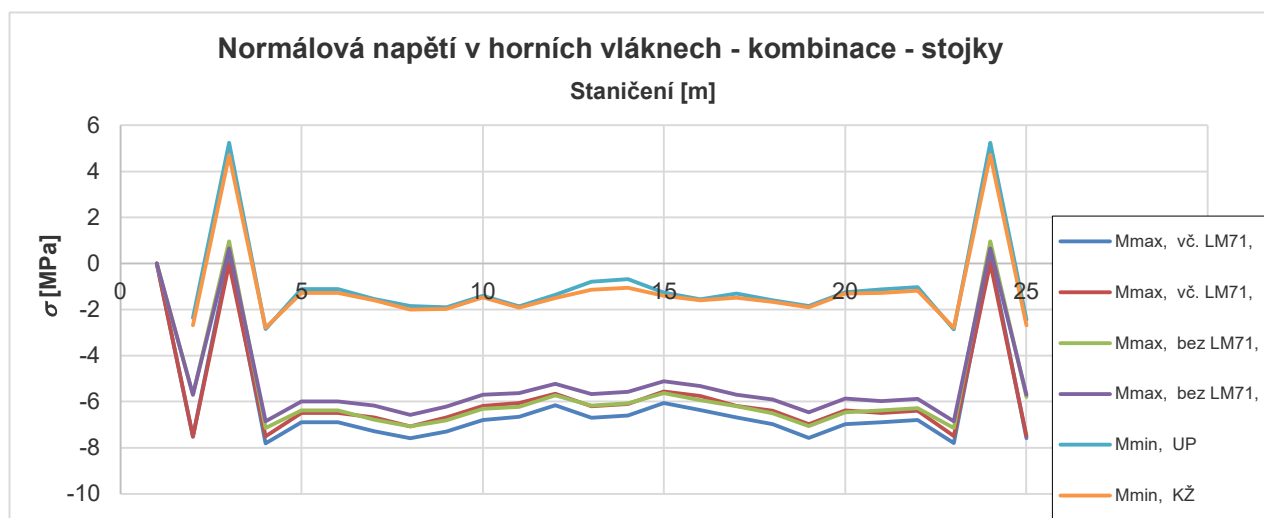
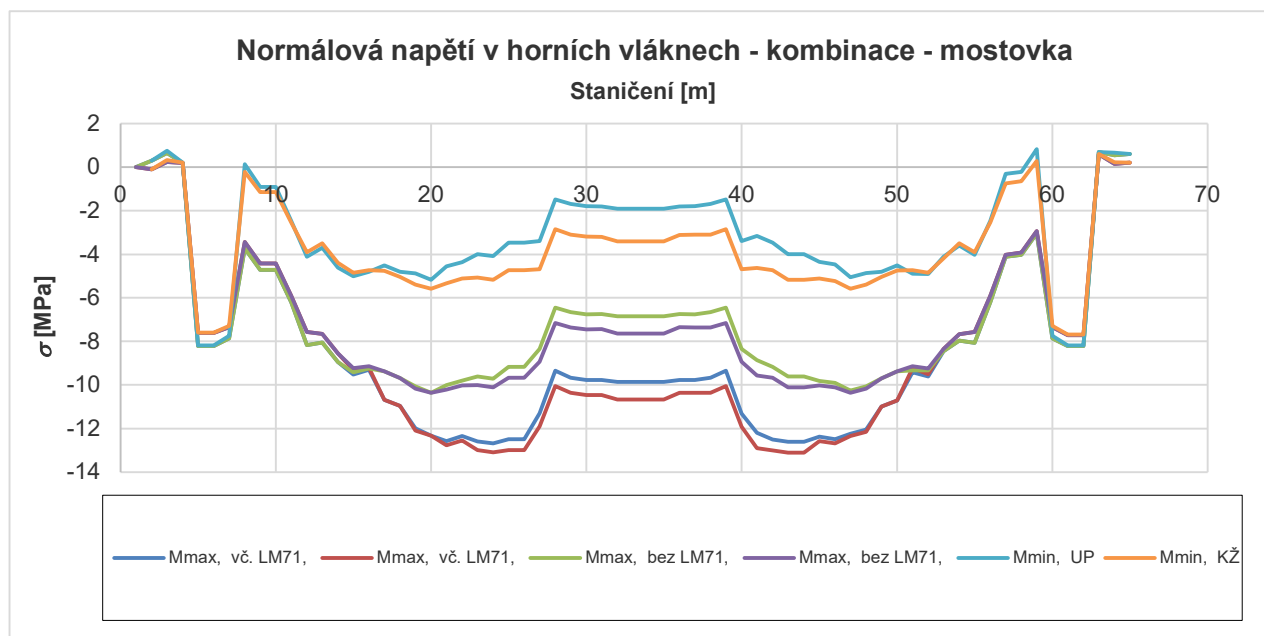
v našem případě je prefabrikovaný nosník vystaven účinkům zatížení pouze z jedné koleje =>

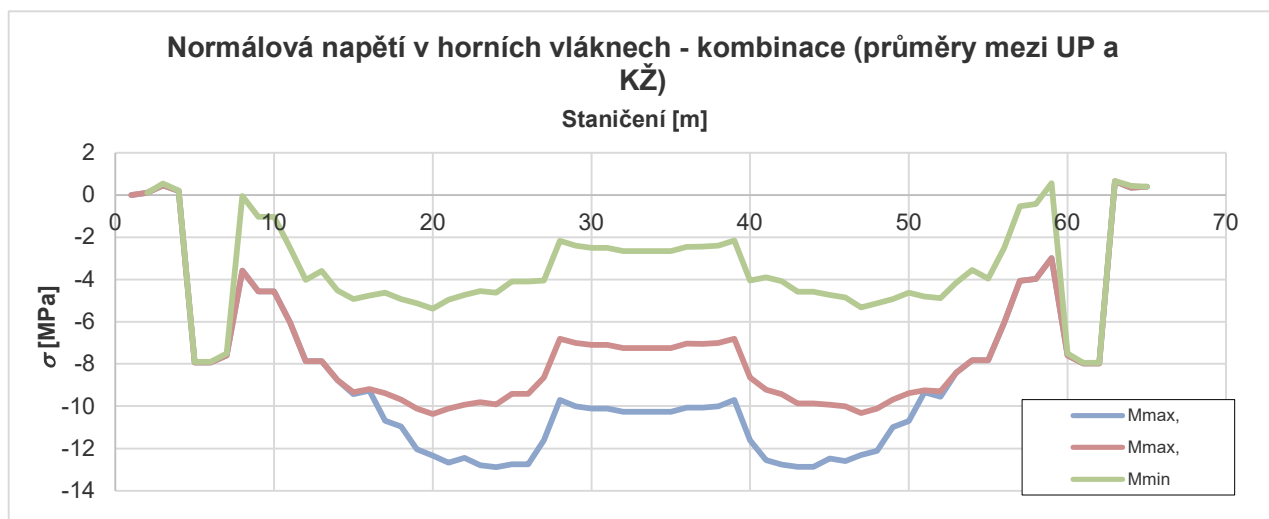
$$\lambda_{c,4} = 1,00$$

#### 9.4.1.1.2. Kombinace normálových napětí - horní vlákna

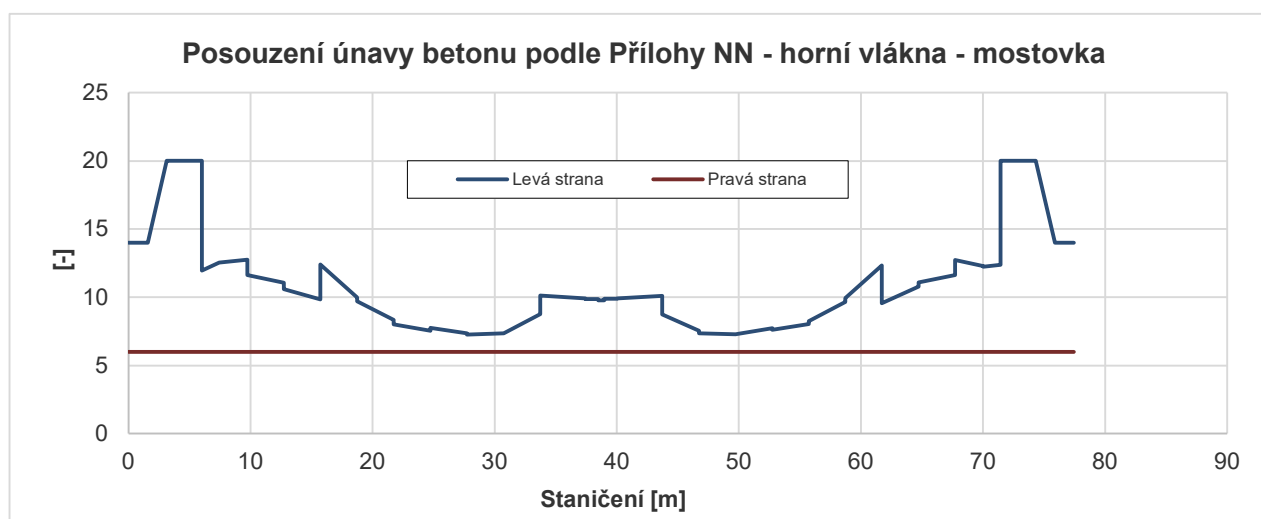
Jsou sestaveny kombinace pro maximální i pro minimální hodnotu normálových napětí. Pro posouzení únavy se uvažují průměrné hodnoty napětí mezi časem uvedení do provozu a časem na konci životnosti.

Jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou (1,0.LM71).

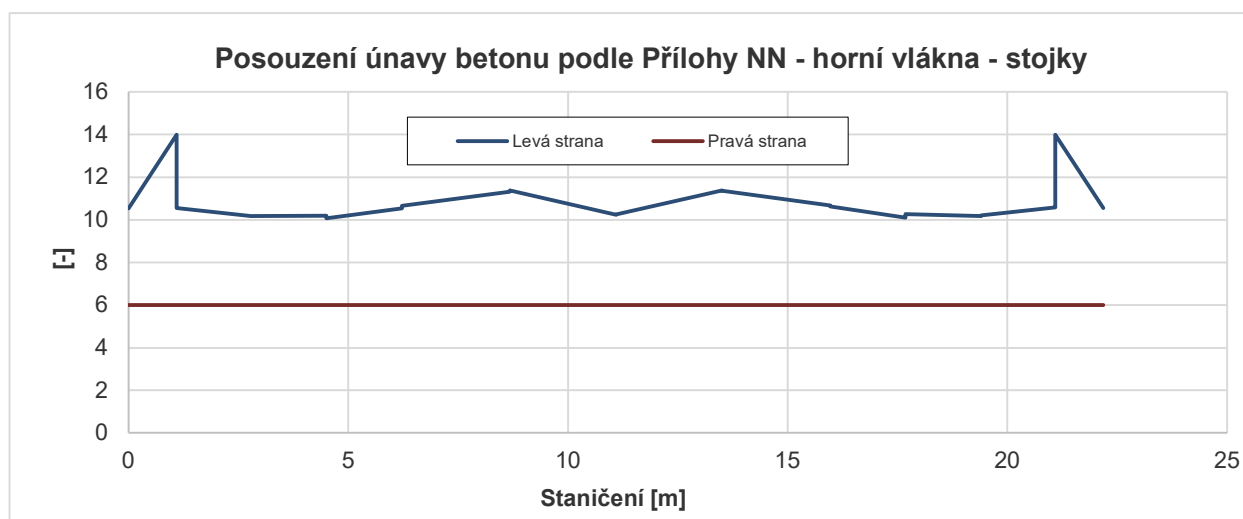




#### 9.4.1.1.3. Posouzení únavy betonu - horní vlákna

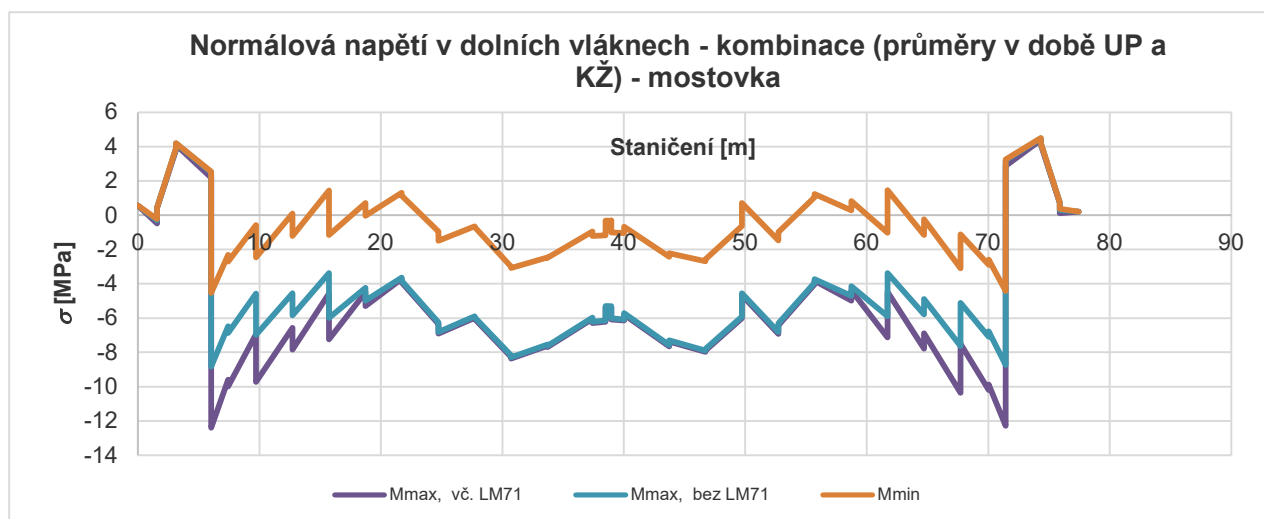
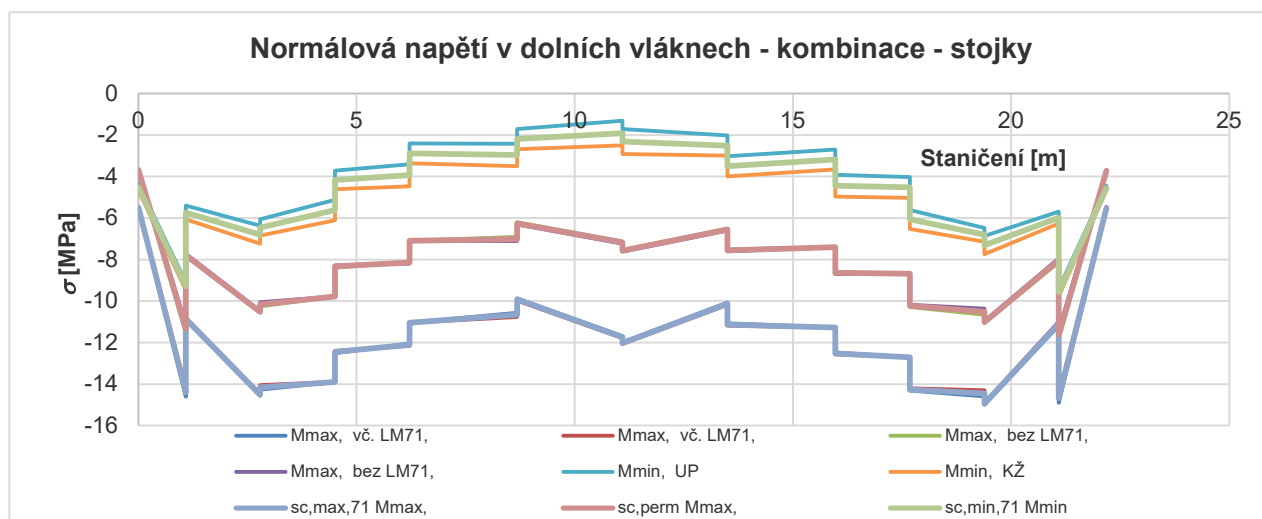
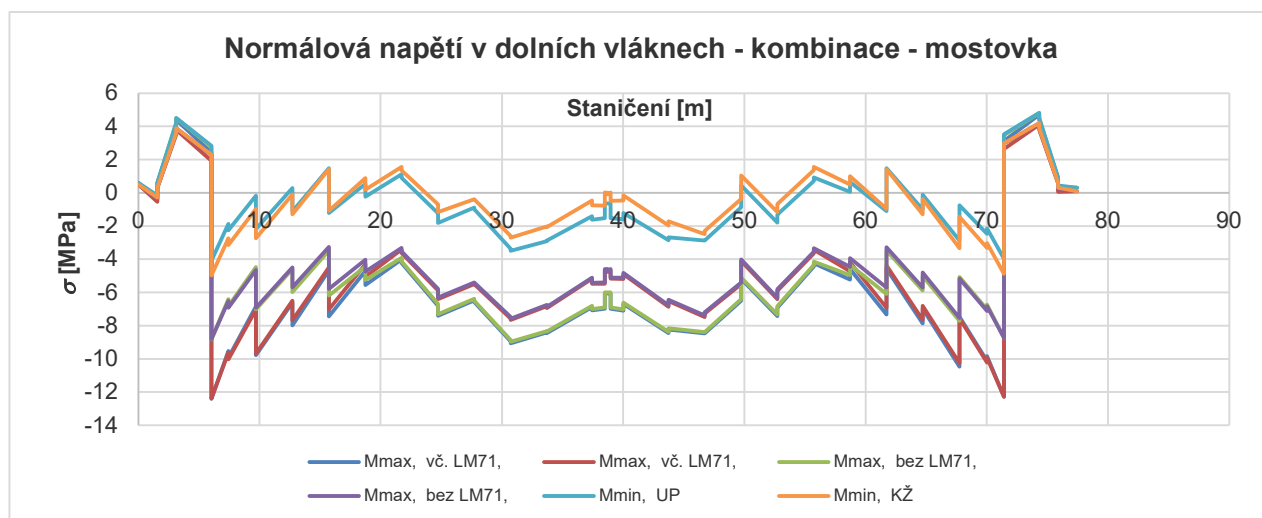


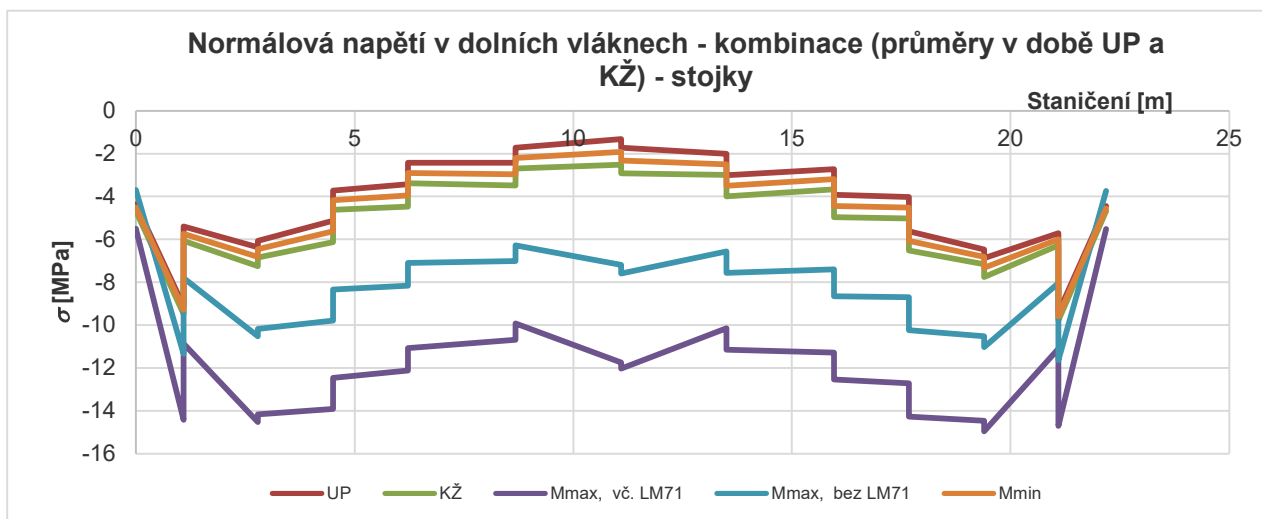
**Vyhoví (hodnoty vyšší než "20" nekresleny)**



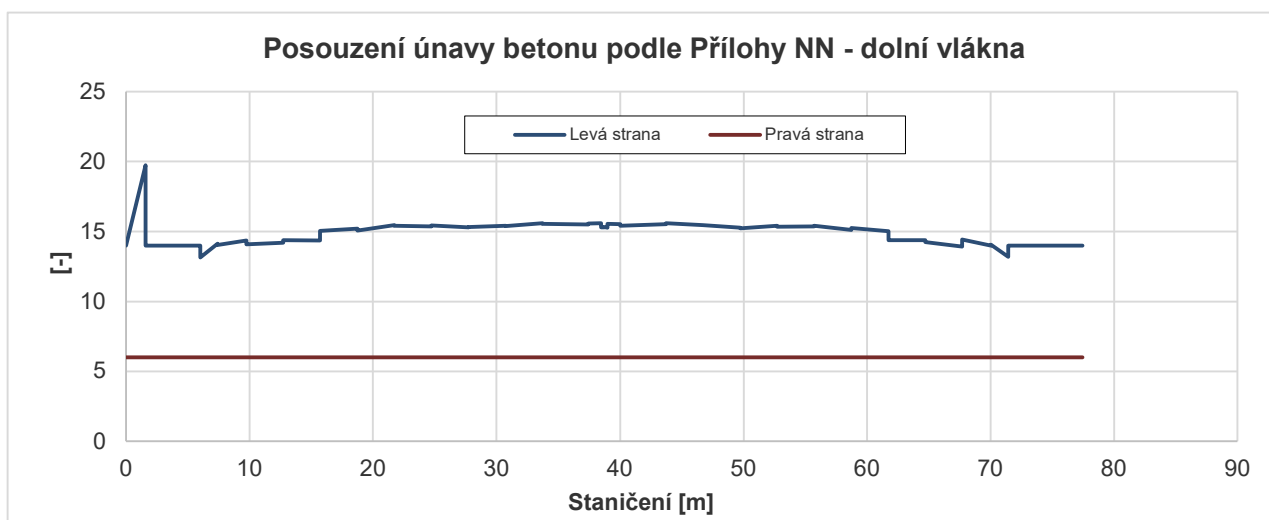
**Vyhoví**

#### 9.4.1.1.4. Kombinace normálových napětí - dolní vlákna

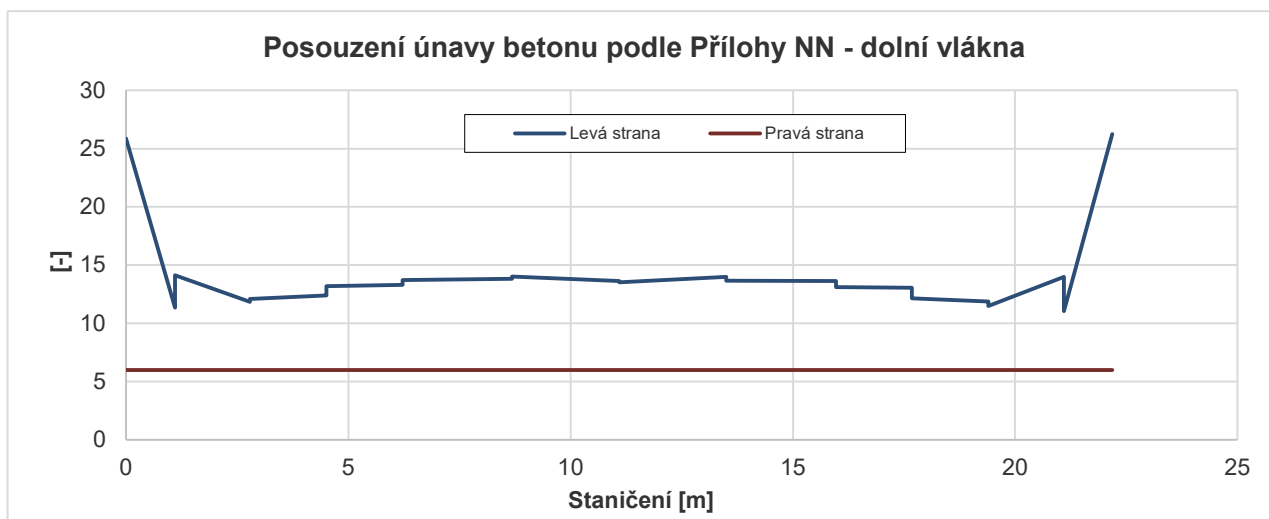




#### 9.4.1.1.5. Posouzení únavy betonu - dolní vlákna



**Vyhoví**



**Vyhoví**

#### 9.4.1.2. Tlačený beton - namáhání M+N - podle EN 1992-1-1, čl. 6.8.7(1)

##### 9.4.1.2.1. Horní vlákna

Tato metoda není výslovně určena pro ověření únavové odolnosti betonu železničních mostů, ale je zde použita pro porovnání s metodou použitou v kapitole 9.4.1.1.

Únavovou odolnost betonu lze v tomto případě považovat za dostatečnou, pokud jsou splněny následující podmínky:

$$E_{cd,max, equ} + 0,43 \cdot \sqrt{1 - R_{equ}} \leq 1,0 \quad , \text{ kde:}$$

$$R_{equ} = \frac{E_{cd,min, equ}}{E_{cd,max, equ}} \quad ; \quad E_{cd,min, equ} = \frac{\sigma_{cd,min, equ}}{f_{cd, fat}} \quad ; \quad E_{cd,max, equ} = \frac{\sigma_{cd,max, equ}}{f_{cd, fat}}$$

$R_{equ}$  je poměr napětí,

$E_{cd,min, equ}$  je nejmenší úroveň tlakových napětí,

$E_{cd,max, equ}$  je největší úroveň tlakových napětí,

$f_{cd, fat}$  je návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu,

$\sigma_{cd,max, equ}$  je horní napětí mezní amplitudy pro  $N$  cyklů,

$\sigma_{cd,min, equ}$  je dolní napětí mezní amplitudy pro  $N$  cyklů.

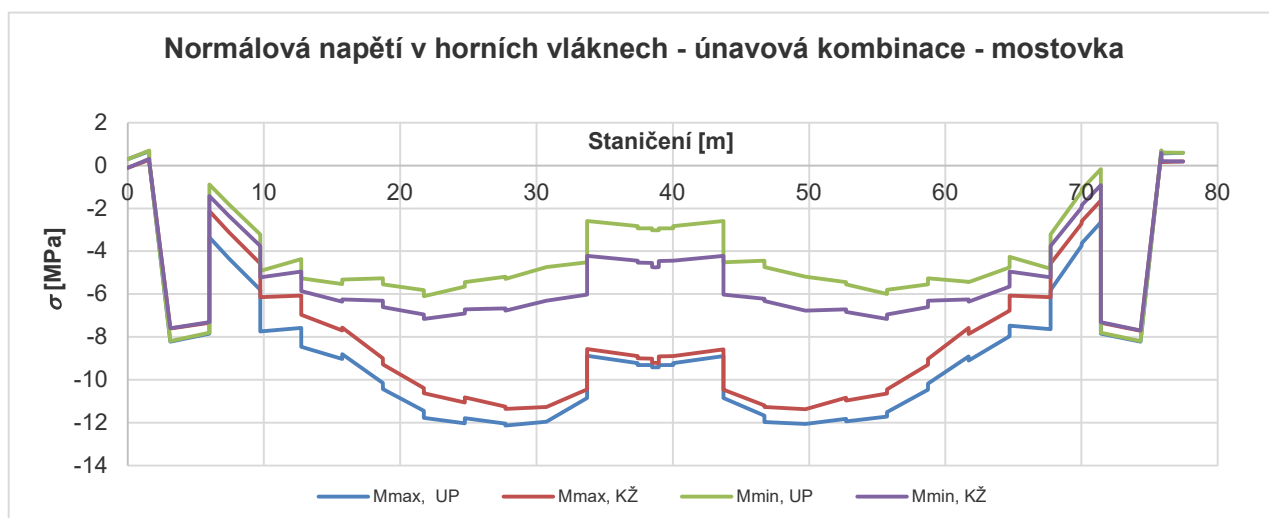
Doporučená hodnota počtu cyklů je  $N = 10^6$ .

Pro ověření použijeme kombinaci zatížení podle [ 7 ] , vztah (6.69):

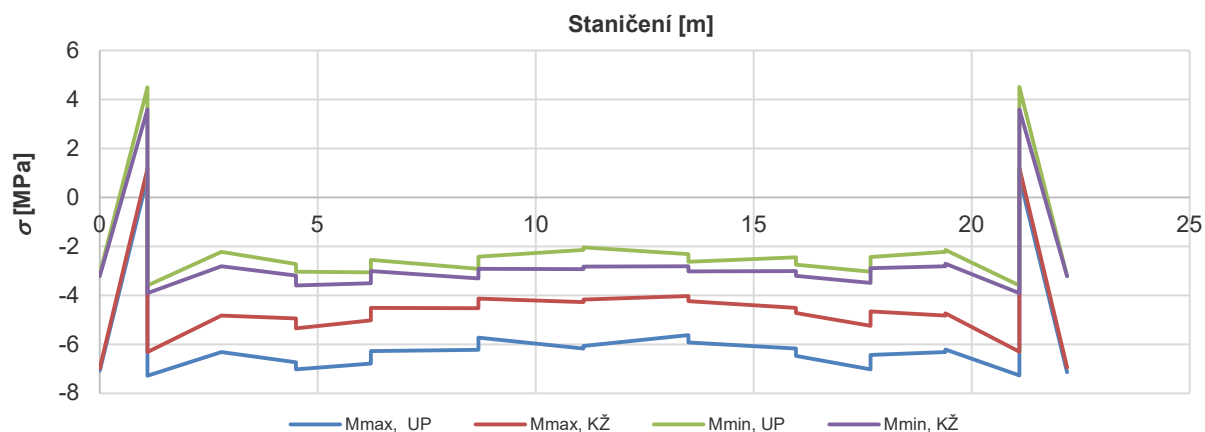
$$\left( \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot " + " P " + " \psi_{1,1} Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right) " + " Q_{fat} \quad , \text{ kde:}$$

$Q_{k,1}$  a  $Q_{k,i}$  jsou necyklická, ne-stálá zatížení (např. zatížení teplotními změnami a větrem),

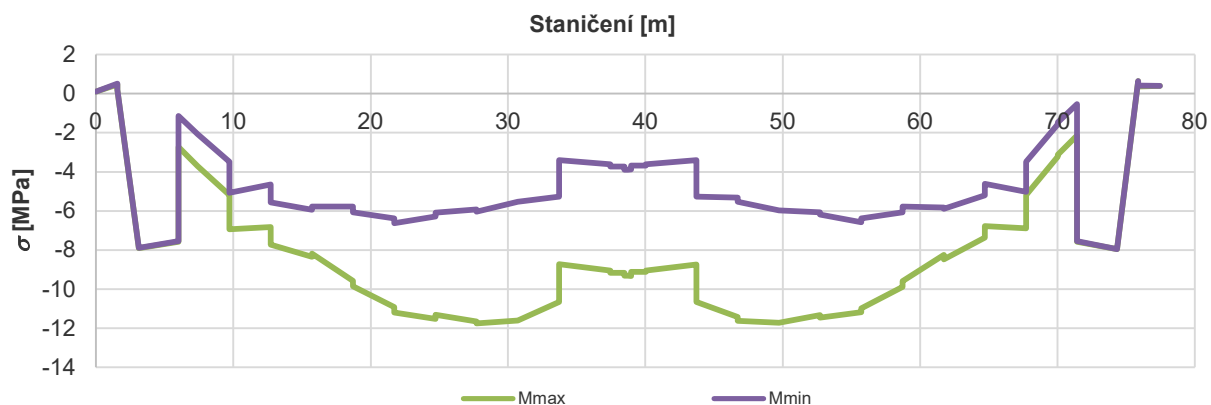
$Q_{fat}$  je příslušné únavové zatížení (např. zatížení dopravou).



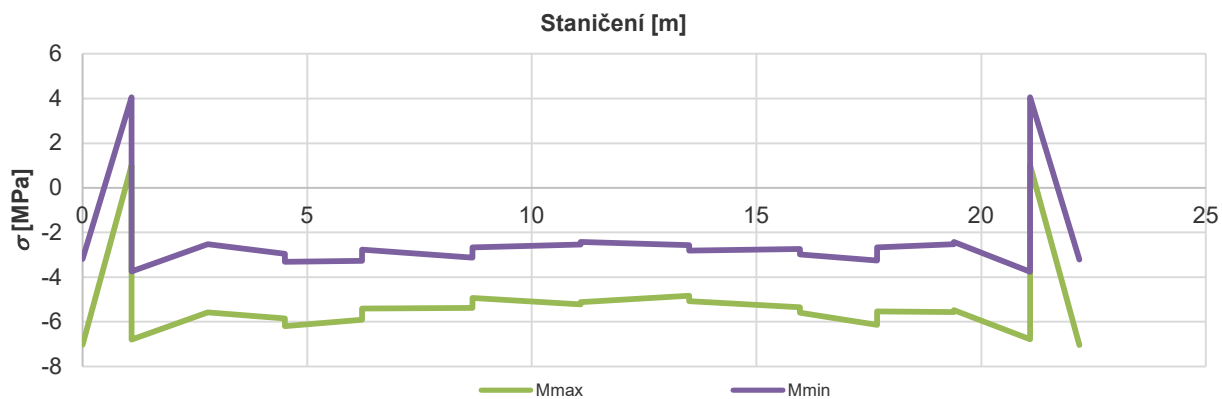
### Normálová napětí v horních vláknech - únavová kombinace - stojky

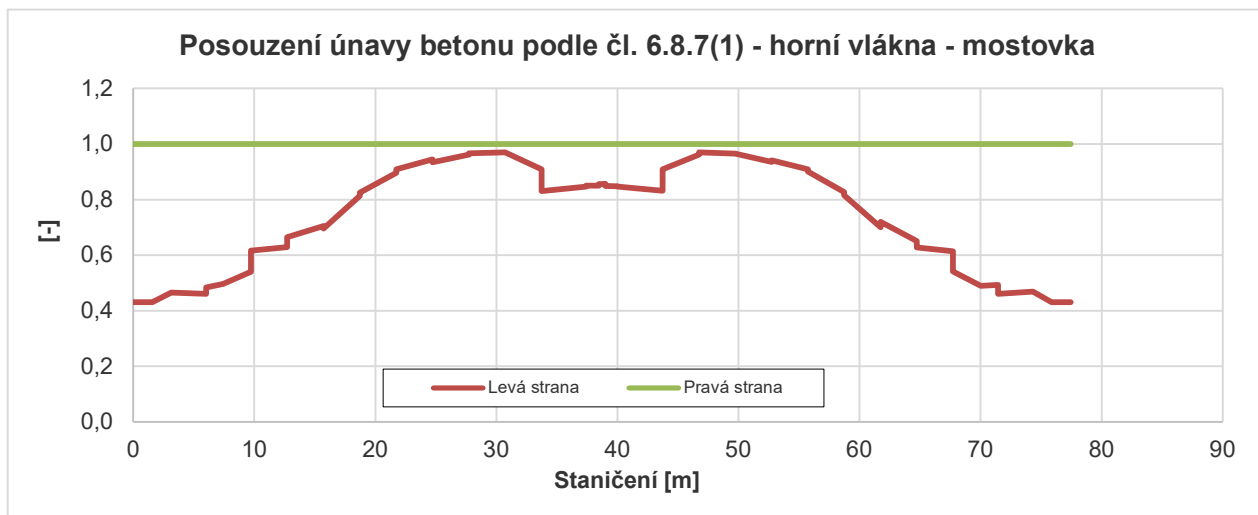


### Normálová napětí v horních vláknech - únavová kombinace (průměry mezi UP a KŽ) - mostovka

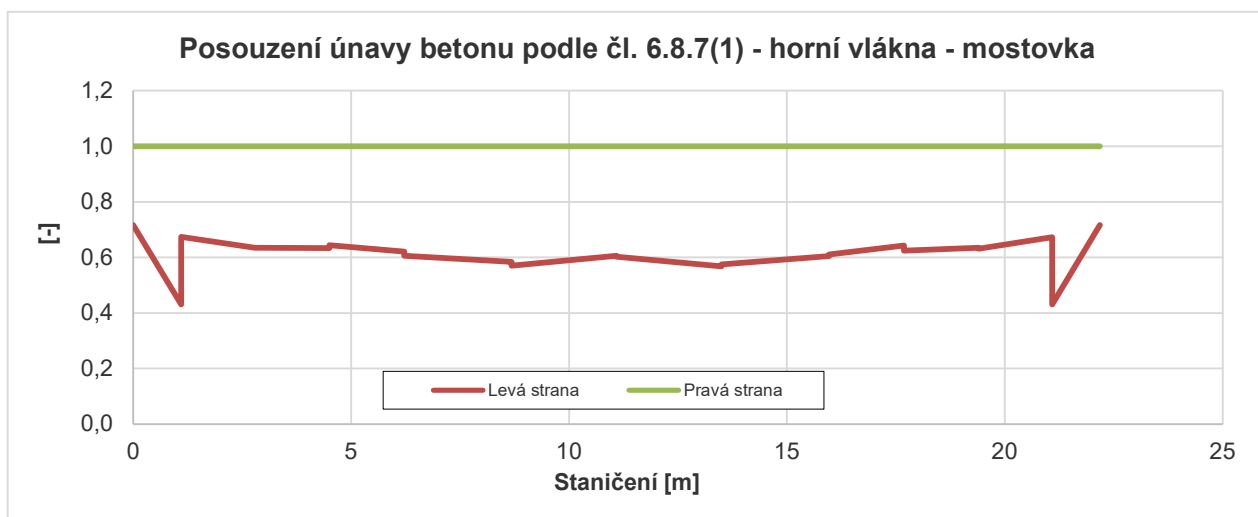


### Normálová napětí v horních vláknech - únavová kombinace (průměry mezi UP a KŽ) - stojky



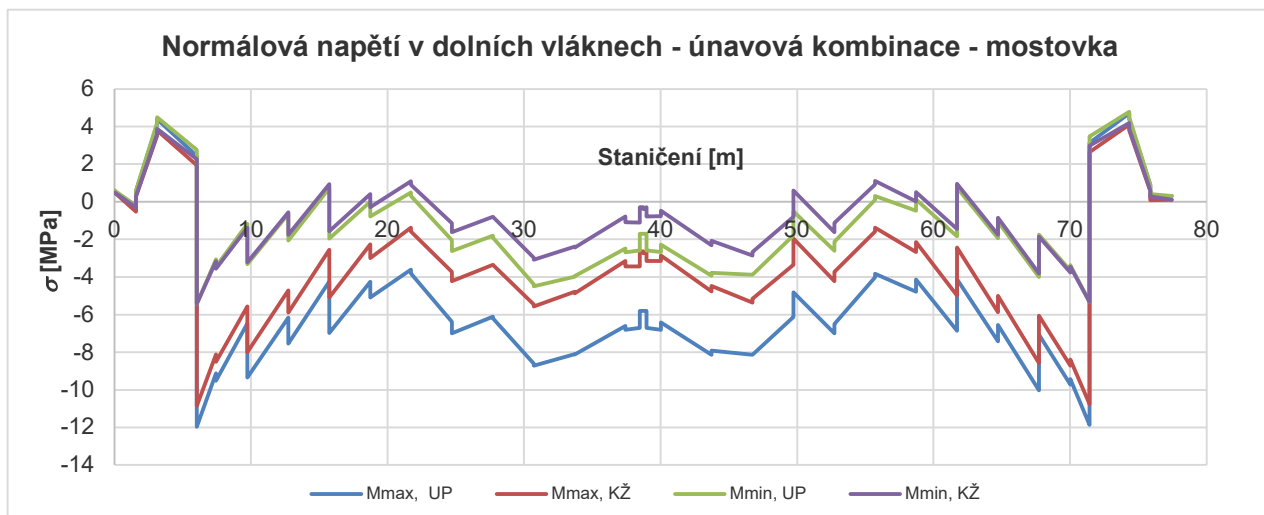


**Vyhoví**



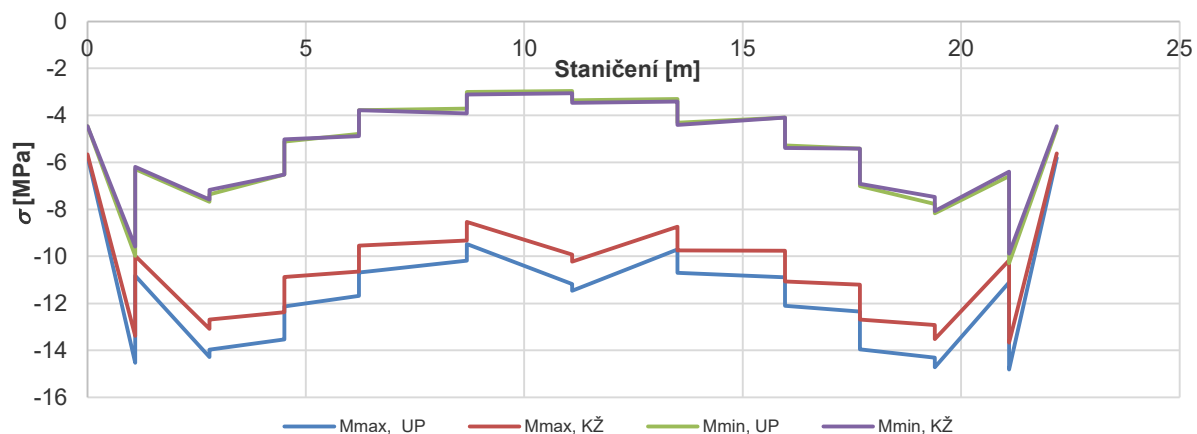
**Vyhoví**

#### 9.4.1.2.2. Dolní vlákna

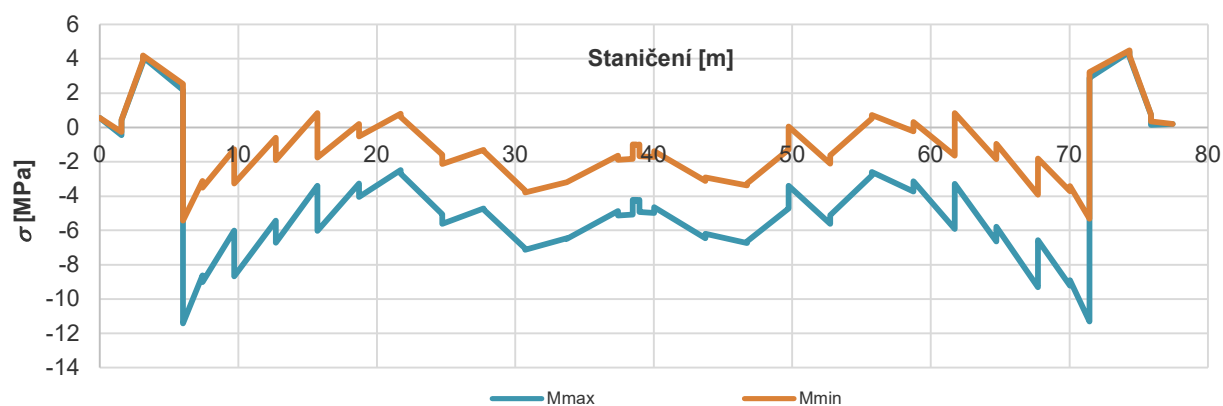




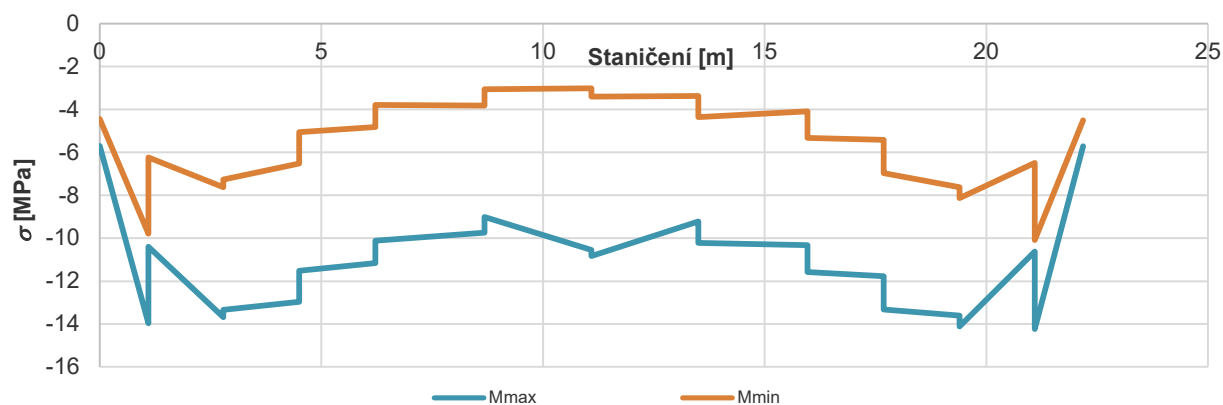
Normálová napětí v dolních vláknech - únavová kombinace - stojky

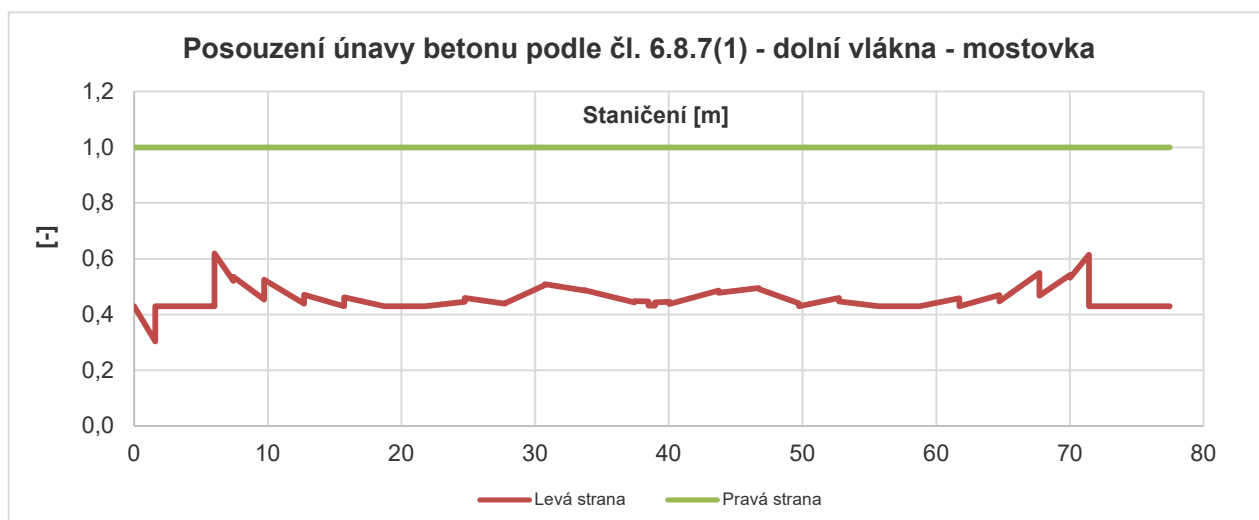


Normálová napětí v dolních vláknech - kombinace (průměry mezi dobou UP a KŽ) - mostovka

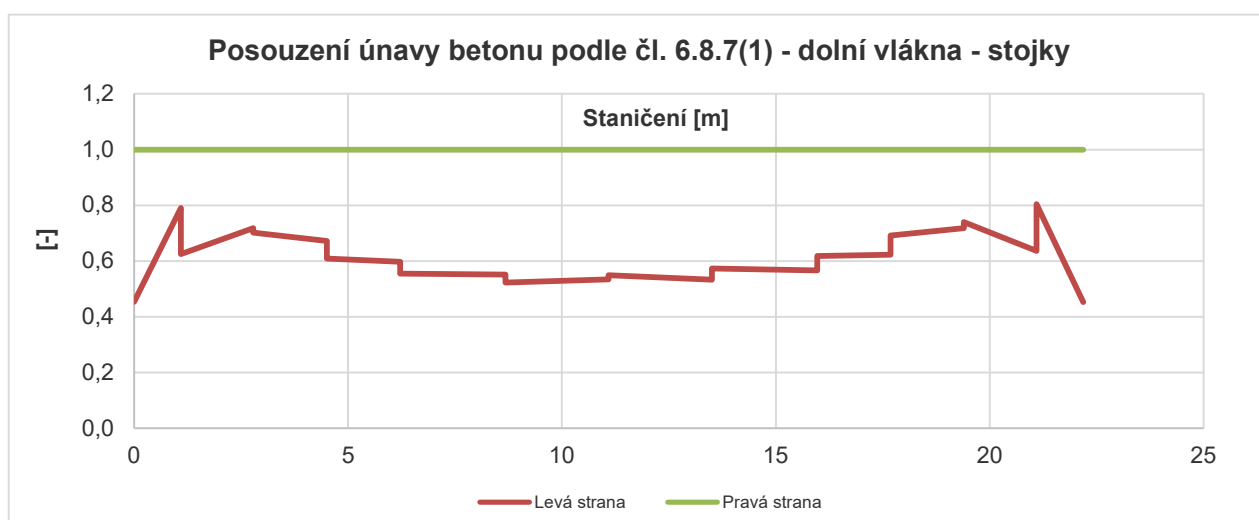


Normálová napětí v dolních vláknech - kombinace (průměry mezi dobou UP a KŽ) - stojky





**Vyhoví**



**Vyhoví**

## Přehled zatížitelností částí mostu

### A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): TÚ 0791 Praha-Libeň (mimo) - DÚ: 04 Rokytky - Praha-Holešovice km: 3,346  
Praha-Holešovice (vč., bez st. Stromovka)

### B. Identifikace části mostu:

Část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř, poř. číslo: 1, 2, 3, 4, 5 pod koleji č. 1, 2

### C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: 3D prutový + TDA

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	cca 675 [m]	přímá [m]	přímá [m]
převýšení koleje	0,000 [m]	0,000 [m]	0,000 [m]
excentricita koleje	0,08 [m]	0,08 [m]	0,08 [m]

Popis závad uvažovaných v přepočtu mostu: viz níže.

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽDC, s.o.:

zpracovatelem přepočtu: 21.5.2020, 13.6.2020

Poznámka k části mostu:

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	$k_i$	typ	$L_p$	$\phi_1$	$L_\phi$	$\gamma_{QM71}$	$\gamma_{QM71,E}$	Viz číslo strany přepočtu	$Z_{LM71}$	$Z_{LM71E}$	Poznámky
1	Podél.směr	MSP	omezení napětí		M	-	1,00	66,9	1,00			2,135		Horní vlákna (mostovka i stojky celkem)
2	Podél.směr	MSP	omezení napětí		M	-	1,00	66,9	1,00			1,127		Dolní vlákna (mostovka i stojky celkem)
3	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin		M	-	1,00	66,9	1,00			2,043		Horní vlákna - mostovka, viz pozn.pod tab.
4	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin		M	-	1,00	66,9	1,00			0,166		Horní vlákna - stojky, viz pozn.pod tab.
5	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin		M	-	1,00	66,9	1,00			0,596		Dolní vlákna - mostovka
6	Podél.směr	MSP	omez.smyk.trhlin		M,V,T	-	1,00	66,9	1,00			3,294		Mostovka
7	Podél.směr	MSP	omez.smyk.trhlin		M,V,T	-	0,00	0,0	1,00			<<1		Stojky
8	Podél.směr	MSP	svislý průhyb		M	-	1,00	66,9	1,00			6,799		
9	Podél.směr	MSP	pootoč.konc.průř.		M	-	1,00	66,9	1,00			8,750		
10	Podél.směr	MSP	zkroucení n.k.		M	-	1,00	66,9	1,00			9,821		
11	Podél.směr	MSP	vodorovné def.		M	-	-	66,9	1,00			6,667		
12	Podél.směr	MSÚ	ohyb		M	-	1,05	66,9	1,30			5,454		Celá konstrukce (mostovka i stojky celkem)
13	Podél.směr	MSÚ	smyk		V	-	1,05	66,9	1,30			1,064		Mostovka, viz pozn.pod tab.
14	Podél.směr	MSÚ	smyk+kroucení, svisle		V,T	-	1,05	66,9	1,30			1,475		Mostovka, viz pozn.pod tab.
15	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - NN		M	-	1,00	66,9	1,00			>1		
16	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - 6.8.7(1)		M	-	1,00	66,9	1,00			>1		

#### Poznámky:

- 1) protože na konstrukci nebyly zjištěny poruchy, které by bezprostředně ovlivňovaly únosnost nebo tuhost konstrukce, nebyly při přepočtu poruchy uvažovány,
- 2) konstrukce nevyhověla z hlediska omezení ohybových trhlin v následujících oblastech:
  - dolní vlákna hlavní nosné konstrukce (mostovky) v blízkosti vnitřního líce rámových stojek ( $Z_{LM71} = 0,573$ ). Jedná se o oblasti, kde byly zjištěny výrazné příčné trhliny. Kromě malé tlakové rezervy zde vzniku příčných trhlin napomáhá také mezilehlé kotvení předpínacích kabelů při dolním povrchu nosné konstrukce. Tato oblast nosné konstrukce je také rozhodující a na hranici plného využití z hlediska namáhání smykem,
  - horní vlákna rámových stojek prakticky po celé délce ( $Z_{LM71} = 0,141$ ), přičemž nejnepríznivější situace je v dolní části rámových stojek v blízkosti prvních kotev nad dolními klouby ( $Z_{LM71} = -4,172$ ). V rámových stojkách výrazné trhliny zjištěny nebyly (na povrchu konstrukce včetně rámových stojek je ale nanesen ochranný povlak),
- 3) nepodařilo se zatím bohužel plně ověřit uspořádání smykové výztuže v rámových stojkách. Při uvažování pravděpodobné výztuže smyková únosnost stojek výrazněji nevyhověla. Existuje však možnost, že smyková výztuž stojek byla v průběhu realizace zesílena (viz kapitola 9.2.1.3). Tuto skutečnost je nutno ověřit. V každém případě však bude pravděpodobně omezena smyková únosnost v dolní části stojek nad klouby.

Rovněž není zcela jistá smyková výztuž v části hlavní nosné konstrukce s plným průřezem (na koncích konstrukce nad rámovými stojkami). Při posouzení smyku podle ČSN EN 1992 zde konstrukce nevyhověla, při posouzení podle Model Code 2010 vyhověla. Hodnoty zatížitelnosti ve smyku a kroucení (MSÚ) byly stanoveny na základě únosnosti spočítané podle Model Code 2010.
- 4) zde uvedené hodnoty zatížitelnosti a přechodnosti byly stanoveny pro čas předpokládaného konce životnosti, tzn. 100 let po realizaci mostu. Hodnoty jsou platné za předpokladu, že se nezmění technický stav mostu.

#### Návrh opatření:

- 1) na konstrukci je nutno zajistit kvalitní vodotěsnou izolaci a zabránit zatékání do konstrukce. U vnitřních prostor je nutno zajistit jejich větrání a odvodnění,
- 2) je nutno sledovat výrazné příčné trhliny na dolním povrchu hlavní nosné konstrukce. Pokud v nich nedochází k pohybu ani k jiným nepříznivým jevům (například k extrémní degradaci stavebních materiálů), není nutno provádět okamžitá opatření, ale pouze sledování do doby celkové opravy konstrukce, která by ale neměla proběhnout později než přibližně do 5 let,
- 3) je nutno sledovat rámové stojky - zejména jejich horní povrch z hlediska rozvoje příčných (ohybových) trhlin a boční povrchy z hlediska rozvoje šikmých (smykových) trhlin. Nejnepríznivější jsou dolní části stojek v délce přibližně 2 m nad dolními klouby a v místě dolních kotev předpínací výztuže stojek. Pokud nebudou zjištěny trhliny nadměrné šířky a nebude v nich docházet k pohybu ani k jiným nepříznivým jevům, není nutno přijímat okamžitá opatření, ale provádět pouze sledování do doby celkové opravy konstrukce, která by ale neměla proběhnout později než přibližně do 5 let,
- 4) je nutno sledovat svislé trhliny mezi krátkými železobetonovými "dvourámovými" konzolami a nadpodporovou částí hlavní nosné konstrukce s plným průřezem. Pokud v nich nedochází k pohybu ani k jiným nepříznivým jevům (například k extrémní degradaci stavebních materiálů), není nutno provádět okamžitá opatření, ale pouze sledování do doby celkové opravy konstrukce, která by ale neměla proběhnout později než přibližně do 5 let.

Celková oprava konstrukce by měla proběhnout v době přibližně do 5 let. Tato oprava by měla zahrnovat především následující zásahy:

- 1) nový systém vodotěsné izolace hlavní nosné konstrukce,
- 2) odvodnění a větrání vnitřního prostoru hlavní nosné konstrukce, pokud nebude zajištěno v předstihu,
- 3) oprava poruch zjištěných během prohlídek a diagnostického průzkumu - opravy trhlin, degradace stavebních materiálů, opravy dutin na okrajích dolní desky hlavní nosné konstrukce apod.,
- 4) opatření povrchu rámových stojek ochranným povlakem,
- 5) mělo by dojít k zesílení hlavní nosné konstrukce v oblasti do vzdálenosti přibližně 15 - 20 m od vnitřního líce rámových stojek, kde je konstrukce na hranici plného využití z hlediska ohybu i smyku, je zde provedeno mezilehlé kotvení předpínací výztuže při dolním povrchu nosné konstrukce a na dolním povrchu nosné konstrukce jsou viditelné výrazné příčné trhliny. Nejvhodnější by bylo provést zesílení pomocí doplněné předpínací výztuže; případně by bylo možno uvažovat i o doplněné pasivní výztuži ocelové nebo vyrobené z uhlíkových vláken,

- 6) mělo by dojít k zesílení rámových stojek z hlediska smyku i ohybu a to zřejmě (podle toho, jaká bude zjištěna smyková výztuž) především v dolní části stojek nad klouby. K opravě je možno použít například "ovinutí" pomocí externí výztuže (např. nalepením uhlíkové tkaniny) nebo tenké obetonování z UHPFRC nebo použití předpínací výztuže včetně příčné,
- 7) oprava konstrukce v místě napojení koncových železobetonových ("dvoutrámových") konzol a dobetonávek na koncovou část hlavní nosné konstrukce s plným průřezem,
- 8) úprava tloušťky kolejového lože,
- 9) v maximální možné míře je nutno zajistit elektrické odizolování mostní konstrukce od okolí (kvalitní systém vodotěsné izolace, čisté kolejové lože, vzduchová mezera v zábradlí na dilatačních spárách, překrytí dilatačních spár z nevodivého materiálu apod.).

#### Přechodnost (násobek vozidla traťové třídy):

Přechodnost byla stanovena pro rozhodující případy namáhání s nejmenšími hodnotami zatížitelnosti.

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	typ	Přechodnost			Poznámky:
					D4/80	D4/120	D2/160	
1	Podél.směr	MSP	omezení napětí	M	2,539	2,475	3,014	Horní vlákna
2	Podél.směr	MSP	omezení napětí	M	1,093	1,065	1,398	Dolní vlákna
3	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin	M	2,262	2,204	2,684	Horní vlákna - mostovka
5	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin	M	0,725	0,707	0,861	Dolní vlákna - mostovka
12	Podél.směr	MSÚ	ohyb	M	5,470	5,332	6,998	

V Praze, září 2020

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.  
Fakulta stavební ČVUT v Praze