

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Holub** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **370897**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Stanovení zatížitelnosti nosné konstrukce mostu přes Vltavu u Zvíkova**

Název diplomové práce anglicky:

**Determination of load bearing capacity of superstructure of the bridge over Vltava river at Zvíkov**

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Roman Šafář Ph.D., katedra betonových a zděných konstrukcí FSV**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **05.10.2016** Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2017**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Podrobné stanovení zatížitelnosti mostu přes  
Vltavu u Zvíkova

Vyhotovil: Bc. Marek Holub

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Praha 2016

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce Ing. Romana Šafáře, Ph.D..

Dále prohlašuji, že veškerá použitá literatura, jiné prameny a jména konzultantů jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze .....

.....

**Bc. Marek Holub**

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych především rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Romanu Šafářovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, sdílené zkušenosti a čas věnovaný konzultacím. V neposlední řadě děkuji Mgr. Václavu Škopkovi, ze Správy a údržby silnic Jihočeského kraje, za poskytnutí podkladů v podobě projektové dokumentace mostu.

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá detailnějším přepočtem zatížitelnosti Zvíkovského Vltavského mostu. Konstrukce je posouzena z hlediska původní normy a pro srovnání dle Eurokódu. Dále je vypočtena zatížitelnost podle aktuální normy. Do výpočtu je zahrnut vliv výstavby letmou betonáží, dotvarování a smršťování a dlouhodobé i krátkodobé ztráty předpětí.

V druhé části je posouzena spodní stavba pro nejnižší získanou zatížitelnost.

## **ABSTRACT**

The subject of the diploma thesis is more detailed calculation of the load bearing capacity of the bridge, which leads over the Vltava River valley. Structure is calculated according to original codes and compared to valid EN codes. Calculation takes into account the process of free cantilever method, creep and shrinkage and long-term losses in prestressed tendons.

Second part contains verification of the substructure using the smallest calculated load bearing capacity of the bridge.

## **KLÍČOVÁ SLOVA/KEYWORDS**

MOST / BRIDGE

PŘEDPJATÝ BETON / PRESTRESSED CONCRETE

RÁMOVÁ KONSTRUKCE / FRAME STRUCTURE

LETMÁ BETONÁŽ / FREE CANTILEVER METHOD

# OBSAH

<b>ČÁST I. - TECHNICKÁ ZPRÁVA .....</b>	<b>7</b>
1 TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	8
1.1 Charakteristika konstrukce .....	8
1.2 Technické řešení mostního objektu – původní stav z r.1963 .....	8
1.3 Postup výstavby.....	11
1.4 Rekonstrukce mostu v roce 1996.....	13
1.5 Podklady pro získání informací o stavbě .....	14
1.6 Zásady přepočtu.....	15
<b>ČÁST II. – STATICKÝ VÝPOČET.....</b>	<b>16</b>
2 KONSTRUKCE.....	17
2.1 Schéma nosné konstrukce.....	17
2.2 Průřezové charakteristiky .....	18
3 MODEL Y PRO VÝPOČET KONSTRUKCE .....	19
3.1 Prostorový prutový model.....	19
3.2 Deskostěnový model.....	19
3.3 Prutový 2D model pro účely TDA a fázi výstavby.....	20
4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	20
4.1 Beton .....	20
4.2 Předpínací výztuž .....	22
4.3 Betonářská výztuž.....	24
5 ZATÍŽENÍ .....	25
5.1 Stálá zatížení .....	25
5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce .....	25
5.1.2 Ostatní stálé zatížení (g-g <sub>0</sub> ).....	25
5.1.3 Zatížení poklesem podpor.....	26
5.2 Proměnná zatížení.....	26
5.2.1 Zatížení teplotou .....	26
5.2.1.1 Zatížení rovnoměrnou složkou teploty .....	26
5.2.1.2 Zatížení svislou lineární složkou teploty.....	27
5.2.1.3 Zatížení svislou nelineární složkou teploty.....	28
5.2.2 Zatížení větrem .....	29
5.2.2.1 Zatížení ve směru x(směr kolmý k ose mostu), bez vlivu dopravy na mostě:.....	30
5.2.2.2 Zatížení ve směru z (ve svislém směru):.....	31
5.2.2.3 Zatížení ve směru y (s osou mostu): .....	31
5.2.2.4 Zatížení pilířů .....	33
5.2.3 Zatížení chodníků.....	34
5.2.4 Zatížení dopravou .....	34
5.2.5 Zatížení dle normy ČSN 73 6202 z roku 1953.....	36
5.2.6 Zatížitelnost mostní konstrukce dle ČSN 73 6222 – 2013 .....	36

5.2.6.1	Normální zatížitelnost.....	36
5.2.6.2	Výhradní zatížitelnost.....	38
5.2.6.3	Výjimečná zatížitelnost.....	38
5.2.7	Dynamické účinky pro určení zatížitelnosti.....	39
5.2.7.1	Vlastní frekvence mostní konstrukce.....	39
5.2.7.2	Dynamické součinitele.....	40
6	FÁZE VÝSTAVBY A ČASOVĚ ZÁVISLÁ ANALÝZA TDA.....	41
6.1	Fáze výstavby mostu.....	41
6.1.1	Popis průběhu 2.fáze.....	48
6.2	Předpětí v kabelech – srovnání s realitou.....	51
7	VNITŘNÍ SÍLY NA KONSTRUKCI.....	53
7.1	Výpočet vnitřních sil.....	53
7.2	Vnitřní síly.....	54
7.2.1	Vnitřní síly - původní konstrukce s klouby uprostřed polí.....	54
7.2.2	Vnitřní síly – rekonstruovaná konstrukce (1996 – KZ).....	78
7.2.3	Přehled vnitřních sil.....	104
7.2.4	Zohlednění příčného roznášení na konstrukci.....	105
7.2.5	Zohlednění zatížení v příčném směru.....	106
7.3	Kombinace vnitřních sil.....	106
7.3.1	Kombinace pro MSP s výpočtem zatížitelnosti.....	107
7.3.2	Kombinace pro MSP s ověřením jinými zatěžovacími stavy.....	107
7.3.3	Použité hodnoty kombinačních součinitelů $\psi$ .....	107
7.3.4	Kombinace pro mezní stav únosnosti.....	109
8	PŘEDBĚŽNÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE.....	111
8.1	Předběžné posouzení ke podle původní normy ČSN 73 6202.....	111
8.2	Předběžné posouzení ke podle Eurokódu ČSN EN 1991-2.....	113
9	VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI.....	116
9.1	Stanovení zatížitelnosti s ohledem na MSP.....	116
9.1.1	Mezní stav omezení napětí hodnotou 0,6.f <sub>ck</sub> .....	117
9.1.2	Mezní stav omezení napětí hodnotou 0,0 MPa (dekomprese).....	123
9.1.3	Omezení šířky trhlin.....	125
9.1.4	Posouzení pilířů z hlediska MSP.....	128
9.2	Stanovení zatížitelnosti s ohledem na MSÚ – M+N.....	130
9.2.1	Moment únosnosti průřezu.....	130
9.2.2	Návrhový moment M <sub>Ed</sub> .....	142
9.3	Smyk.....	149
9.4	Posouzení pilířů z hlediska MSÚ.....	151
10	ZÁVĚR.....	156
11	SEZNAM TABULEK.....	157
12	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	157
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	161

# **ČÁST I. - TECHNICKÁ ZPRÁVA**



# 1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

## 1.1 Charakteristika konstrukce

Komunikace:	II/121 24,106 km
Rok uvedení do provozu:	1963
Okres:	Písek
Charakteristika mostu:	rámový letmo betonovaný most
Původní statický systém konstrukce:	čtyřpolová rámová konstrukce s klouby ve středních polích
Nynější statický systém konstrukce:	sružený rám o čtyřech polích s klouby ve spodních částech krajních pilířů
Rozpětí polí:	42,00 + 84,00 + 84,00 + 42,00 m
Celková délka nosné konstrukce:	252,00 m
Šířka mezi zábradlím:	10,00 m
Výška NK u podpory:	5,1 m
Výška NK uprostřed pole:	1,9 m
Materiál:	beton druh 400 (odpovídající C28/35)
Předpínací výztuž:	kabely z 24 $\varnothing$ P7mm (jakost 100/140)
Betonářská výztuž:	10512 Roxor (38/50)

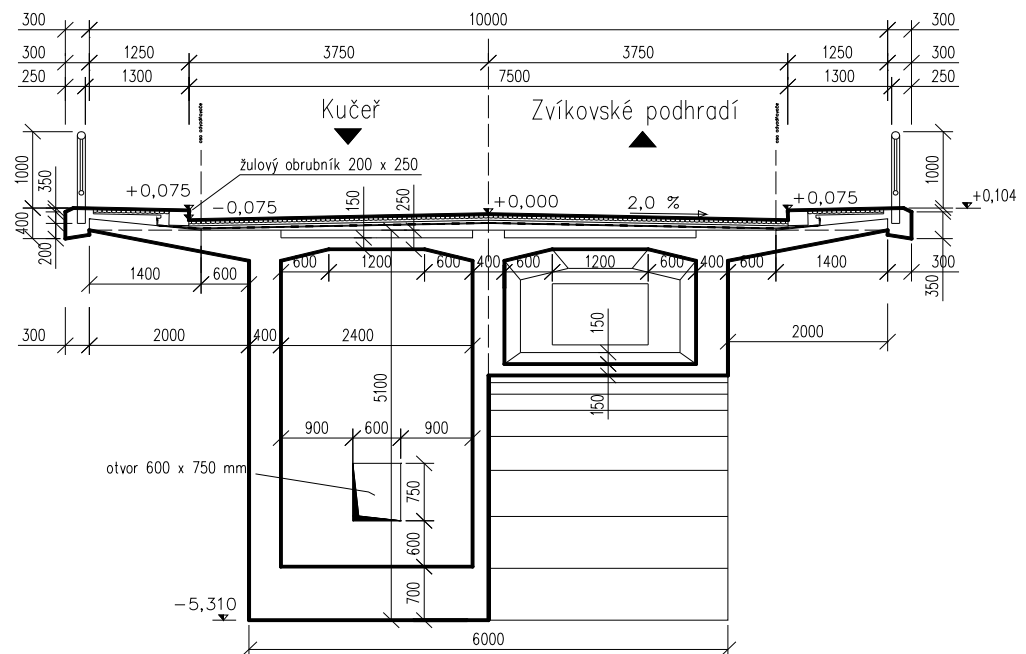
Most byl uveden do provozu v roce 1963 jako konstrukce s klouby uprostřed rozpětí. V roce 1996 byla provedena rekonstrukce, během které byly zrušeny klouby v nosné konstrukci, doplněny klouby v krajních pilířích a volné kabely.

## 1.2 Technické řešení mostního objektu – původní stav z r.1963

Nosnou konstrukci mostu přes řeku Vltavu tvořil sružený rám o čtyřech polích s rozpětími 42 + 2x84 + 42 m, s vodorovně posuvnými klouby uprostřed vnitřních polí a s velkými náběhy. Střední pilíř byl neobvykle vysoký, od základové spáry do horní hrany NK 79,78m, a byl navržen velmi štíhlý.

Základovou půdu tvoří v celém údolí skála (gabrodiorit), vybíhající blízko k povrchu území. Oba pobřežní pilíře jsou založeny v hloubce 1,5 až 4,0m pod povrchem. Střední pilíř byl založen na železobetonovém kesonu, spouštěném z nasypaného ostrůvku. Stavba ostrůvku v řečišti s balvanitým dnem, s hloubkou vody 2 až 4m s rychlým proudem tvořícím přeje je velmi obtížná. Obvod ostrůvku se sestavil z připravených dřevných srubů, které se zatížily kameny a potopily. K nim se postavil pomocný most pro dopravu kamene a šterku pro nasypání vnitřku ostrůvku. Materiál pro stavbu kesonu a základového bloku se dopravoval na ostrůvek kabelovým jeřábem o nosnosti 3t, který se používal během stavby celého mostu.

ŘEZ A-A' NAD PILÍŘEM      ŘEZ B-B' NA KONCI LAMELY II'-I'



obr.1: Příčný řez mostu

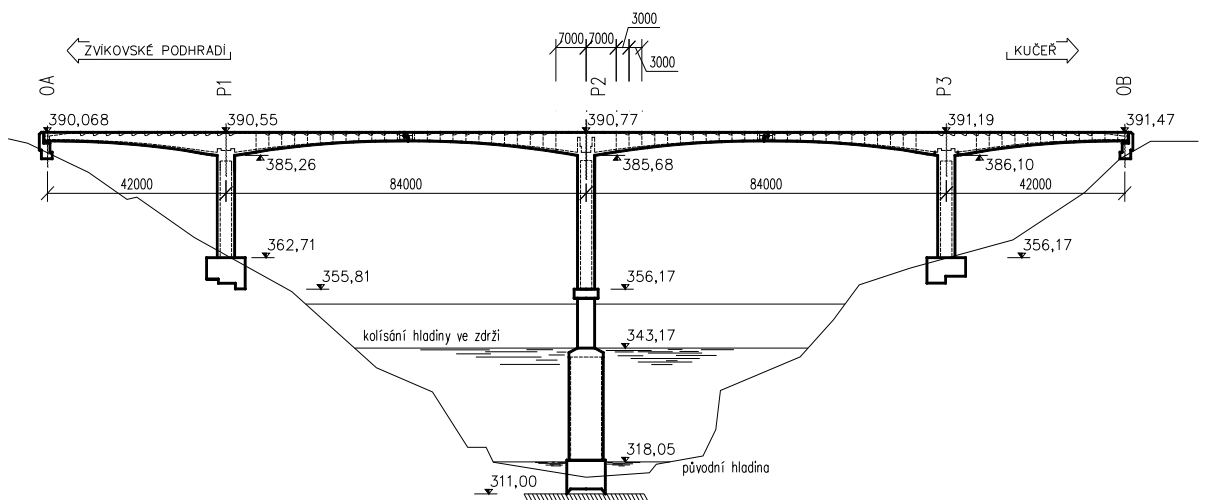
Dřík pilíře se skládá ze tří částí, dolní část obdélníkového průřezu se zaoblenými rohy, která zůstává trvale pod hladinou vody, má 40cm tlustý železobetonový plášť, který je vyplněn prostým betonem. Vnější povrch pláště byl zatřen cementovou omítkou. Střední část oválného průřezu je v oblasti kolísání hladiny, proto je obložena žulovými kvádry, vnitřek je vyplněn betonem s minimální výztuží po obvodě. Horní část nad hladinou jezera má dutý oválný průřez s železobetonovými stěnami tloušťky 700mm. Výztuž o ploše 0,6% betonové plochy je souměrně rozdělena při obou površích. Dolní a horní část pilíře byly vybetonovány

v posuvném bednění, při stavbě střední části bylo použito přestavované pracovní plošiny. Krajiní pilíře jsou stejné jako horní část středního pilíře.

Rámová příčel z betonu druhu 400 (odp. C28/35) má v příčném řezu dvě komory s proměnnou výškou po délce od 1,9m uprostřed do 5,1m v lici pilířů. Tloušťka stěn komory a desky mostovky je stálá, tloušťka spodní desky je proměnlivá, v rozsahu od 150mm uprostřed vnitřních polí do 700mm v oblasti pilířů.

Konzolové kabely byly tvořeny 24 patentovanými dráty P7 ( $\varnothing 7\text{mm}$ ) z oceli 100/140, tzn. s mezí  $\sigma_{0,2} = 1000\text{MPa}$  a pevností  $R_p = 1400\text{MPa}$ . Stejně kabely byly použity i na zvedané kabely v krajních polích. V některých podkladech se objevuje značení kabelů PZ7. Tyto kabely byly zlepšené napnutím před definitivním předpínáním konstrukce. To umožňovalo u nich uvažovat vyšší smluvní mez kluzu. Pro tento výpočet jsme použili kabely bez zlepšení, abychom zůstali na straně bezpečné.

Předpínací kabely se ukládaly do otevřených žlabů hlubokých 100mm v horní desce mostovky a byly kotveny na koncích betonovaných lamel v prazích vzniklých postupným zvětšováním tloušťky horní desky. Žlab se po skončení prací zabetonoval. Výhodou tohoto postupu je snadné ukládání kabelů a možnost kontroly. Nevýhodou je fakt, že beton žlabu není předepnut (je proto vyztužen sítěmi). Nastává vyšší riziko mechanického poškození a koroze kabelů během výstavby i během celé životnosti konstrukce.



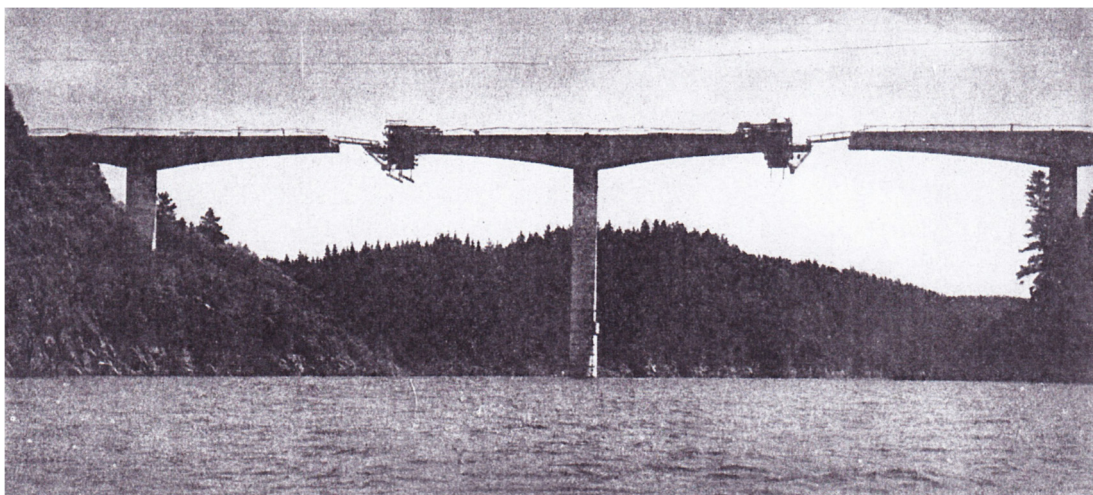
obr.2: Podélný řez mostním objektem

### 1.3 Postup výstavby

Krajní pole na levém břehu bylo postaveno na ocelové skruži, ostatní pole se stavěla betonováním letmo. Pro zachycení kladných momentů v krajních polích byly uloženy do stěn kladné kabely spojitosti kotvené smyčkovými kotvami.

V levobřežním krajním poli betonovaném na skruži byl plný počet zvedaných kabelů spojitosti, v pravobřežním poli betonovaném letmo byl jejich počet snížen na polovinu. Při betonáži každé lamely byly do stěn komor umístovány svislé předpínací kabely, které byly tvořeny 12 patentovanými dráty P7 ( $\text{Ø}7\text{mm}$ ) ze stejného materiálu jako konzolové a zvedané kabely. V každé lamele bylo rozmístěno 9 svislých kabelů.

Konstrukce, vybetonovaná na skruži, přečnívala do sousedního pole konzolou vyloženou 7m, která sloužila pro sestavení betonážního vozíku pro započetí letmého betonování. Na ostatních pilířích byla pro tyto účely vybetonována a předepnuta část konstrukce 14m dlouhá na podpěrném lešení z příhradové ocelové konzoly. Na tuto začáteční část (zárodek) se sestavily dva betonážní vozíky z ocelové příhradové konstrukce. Hmotnost tohoto lehkého, snadno montovatelného vozíku byla 15t. Ve vozíku se v plechovém bednění tloušťky 4mm betonovaly díly dlouhé 3,0 až 3,3m s maximální hmotností 75t. Vozík se posunoval vrátkem pojíždějícím po hotové části mostu.

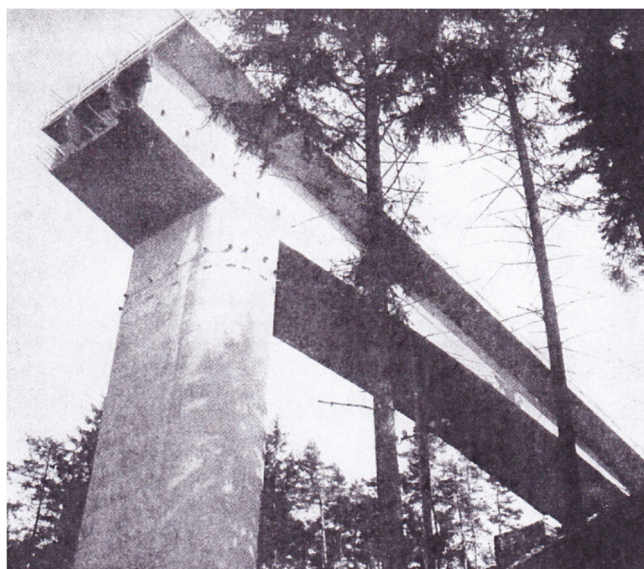


obr.3: Dobová fotografie prací na Zvíkovském Vltavském mostě – podle [8]

Postupné budování lamel probíhalo v následujícím týdenním cyklu:

- Pondělí: Dokončení napínání kabelů. Přesunutí jednoho betonážního vozíku a úprava povrchu vnějších stěn.
- Úterý: Přesunutí druhého betonážního vozíku. Očištění bednění a osazení betonářské výztuže společně se svislými kabely. Betonáž dolní desky.
- Středa: Osazení vnitřního bednění dílů, výztuže desky mostovky a kotevních prahů. Betonáž stěn do poloviny jejich výšky.
- Čtvrtek: Dobetonování stěn a desky mostovky.
- Pátek: Odbednění stěn a ošetření betonu. Uložení konzolových kabelů a jejich protažení kanálky do kotevních prahů.
- Sobota: Ošetřování betonu.
- Neděle: Souměrné napínání kabelů (vždy dva z jedné strany a střídavě z obou konců oboustranné konzoly)

Na opěrách byla konstrukce osazena na ocelová pohyblivá ložiska. Kvůli vzniku záporných reakcí od nahodilého zatížení byly síly zachyceny předpjatými kabely zainjektovanými v ocelových trubkách umístěnými mezi ložisky.



obr.4: Krajní levobřežní pole betonované na skruži – podle [8]

Kabely v otevřeném žlabu byly zabetonovány betonem druhu 400. Aby se dosáhlo dobrého spojení a zamezilo se vzniku trhlin od smršťování a dotvarování, byla vložena ocelová síť, přivařená ke kotvám svislé předpínací výztuže a drátům

přečnávající betonářské výztuže. Kabely vedené v trubkách byly zainjektovány koloidní cementovou maltou pod tlakem 3 až 8 at.

Jako izolace proti vlhkosti byla použita dielektricky svařená PVC fólie vložená mezi dvě asfaltové lepenky. Vozovka byla tvořena dvěma vrstvami litého asfaltu tloušťky 30mm. Spodní vrstva byla vyztužena kovovou vložkou.

Odvodňovače byly umístěny po 14m, dilatační spáry byly kryty zazubenými ocelovými plechy tloušťky 20mm. Voda z nich byla odváděna příčnými žlábkami z měděného plechu.

Toto provedení odpovídalo původnímu stavu konstrukce.

## **1.4 Rekonstrukce mostu v roce 1996**

Důvodem pro provedení rekonstrukce a změnu statického působení celé konstrukce byly vysoké deformace v oblasti středních kloubů vnitřních polí, které bránily v plynulosti a bezpečnosti provozu.

Po letech provozu konstrukci poznamenalo několik nepříznivých vlivů. V první řadě účinky vody pronikající do konstrukce v oblasti opěr, kloubů, v místech původních mostních dilatačních závěrů a vadné izolace. Kvůli těmto aspektům bylo i velké podezření na korozi předpínací výztuže, vedené v dodatečně zabetonovaných žlábkách mostovky.

Z těchto důvodů byla provedena následující opatření:

- Zmonolitnění kloubů, vybetonování revizních komor, závěrných zídek a přechodových desek
- Zavedení volných kabelů a rozepření kloubů ve středech vnitřních polí, dále s tím spojené vyztužení a zmohutnění konstrukcí u opěr a v hlavách pilířů, kvůli kotvení přidaných předpínacích kabelů.
- Vytvoření vrubových kloubů v patách pobřežních podpěr P1 a P3
- Výměna ocelových ložisek za hrncová ložiska
- Rekonstrukce mostního svršku a vybavení (vozovka, chodníky, římsy zábradlí)
- Sanace trhlin v místech zatékání do nosné konstrukce

## 1.5 Podklady pro získání informací o stavbě

Příslušnými podklady pro posouzení zatížitelnosti mostu byla dochovaná část projektové dokumentace, poskytnutá Správou a údržbou silnic Jihočeského kraje.

Použité materiály:

- původní realizační dokumentace stavby „Most přes Vltavu u Zvíkova“ ; srpen 1960 – zpracovaná podnikem STAVBY SILNIC A ŽELEZNIC, Národní Třída 10, Praha 2
- dokumentace stávajícího stavu mostu „Rekonstrukce mostů přes Otavu a Vltavu u Zvíkova“; prosinec 1981 – zpracovaná podnikem STAVBY SILNIC A ŽELEZNIC, Národní Třída 10, Praha 2
- realizační dokumentace stavby „Rekonstrukce mostu přes Vltavu u Zvíkova“; srpen 1995  
- PROMO spol. s.r.o, projektování inženýrských staveb, Žirovnická 2389, Praha 10

Protože tyto podklady nebyly zcela kompletní, chyběly statické výpočty, průvodní a technické zprávy, byly některé informace o použitých materiálech a průběhu stavby převzaty z odborných článků, kterých bylo o této konstrukci napsáno několik.

Kvůli velkému množství použitých zdrojů došlo k několika nejasnostem způsobeným rozporů mezi publikovanými články a skutečnou projektovou dokumentací mostu. Jedná se zejména o množství a kotvení předpínací výztuže v levobřežním krajním poli mostu, které bylo betonováno na skruži. Ostatní části mostovky byly betonovány letmo.

Pro ověření správnosti pro další pokračování by bylo vhodné provést diagnostiku mostní konstrukce přímo na místě.

## 1.6 Zásady přepočtu

Výpočet zatížitelnosti mostní konstrukce je proveden dle ČSN 73 6222-2013. Zatížení, objemové a vlastní tíhy jsou brány podle norem řady ČSN EN 1990 až 1992 uvedených v seznamu literatury.

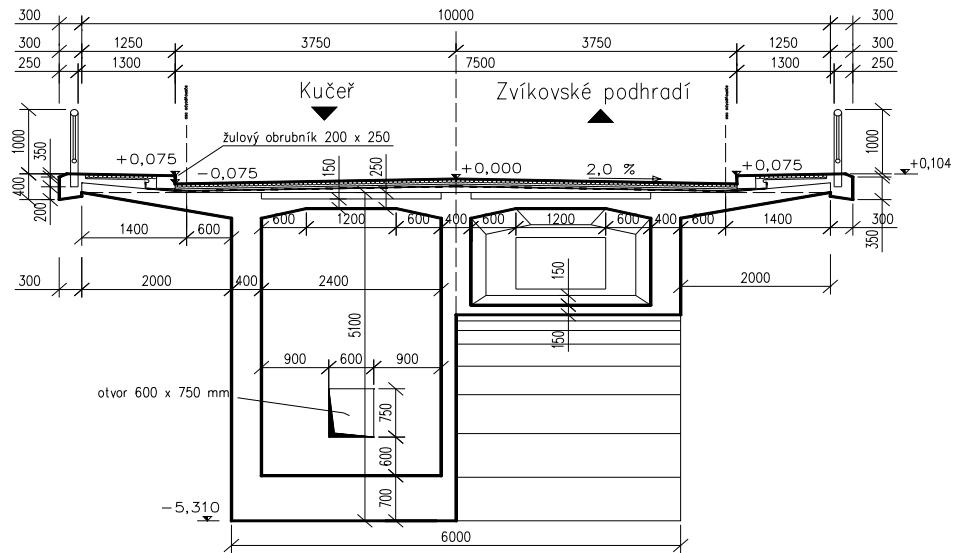
Diplomová práce se zabývá podrobnějším posouzením konstrukce, které zahrnuje ověření současnými i minulými, už neplatnými zatěžovacími modely. Dále pak ověřením únosnosti pilířů a roznášením v příčném i podélném směru na mostovce.



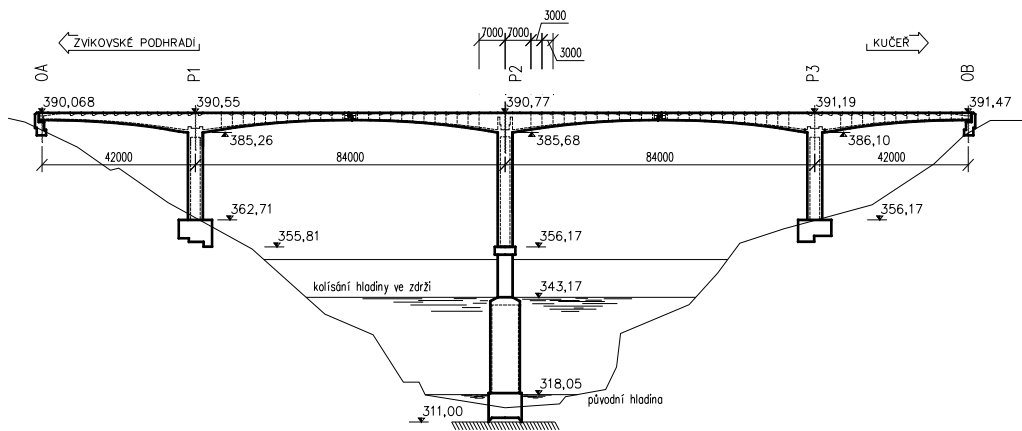
# **ČÁST II. – STATICKÝ VÝPOČET**

## 2 KONSTRUKCE

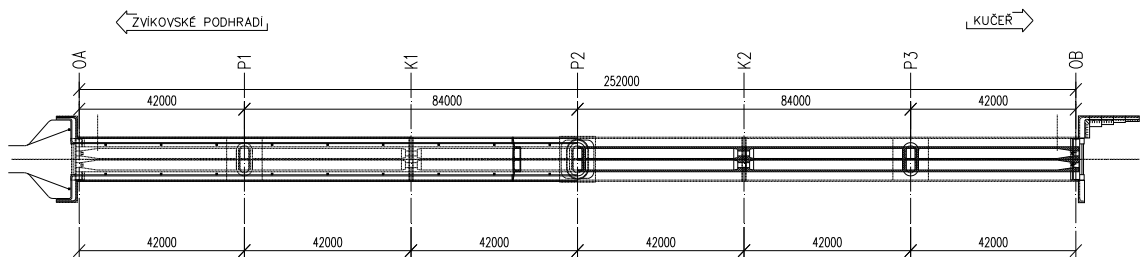
### 2.1 Schéma nosné konstrukce



obr.5: Příčný řez mostovkou



obr.6: Podélný řez mostem



obr.7: Vodorovný řez mostovkou

## 2.2 Průřezové charakteristiky

Pro účely výpočtu je třeba vypočítat průřezové charakteristiky jednotlivých lamel, tyto byly získány programem Scia Engineer. Průřezy odpovídají průřezům na začátku a na konci lamely. V tabulce je zanesena výška průřezu ( $h$ ), tloušťka spodní desky, plocha průřezu ( $A$ ), souřadnice těžiště ( $e_h$ ,  $e_d$ ) a moment setrvačnosti ( $I_y$ ).

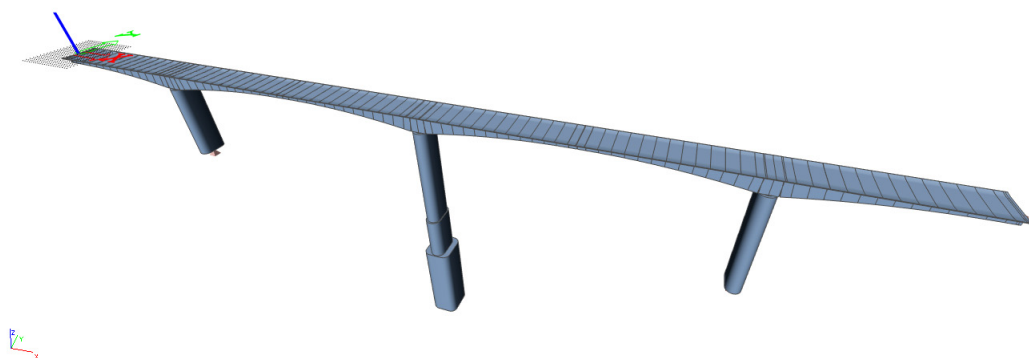
Schéma Řezů	Průřezové charakteristiky					
	$h$ [m]	$d$ [m]	$A$ [m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$e_h$ [m]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]
krajní pole						
<b>0</b>	1,90	0,30	10,440	1,080	-0,820	3,7756
<b>I</b>	1,90	0,30	9,404	1,099	-0,801	3,6510
<b>II</b>	1,92	0,30	6,134	1,095	-0,825	3,2415
<b>III</b>	1,98	0,30	6,206	1,128	-0,852	3,4966
<b>IV</b>	2,08	0,30	6,326	1,183	-0,897	3,9464
<b>V</b>	2,22	0,30	6,494	1,259	-0,961	4,6289
<b>VI</b>	2,40	0,34	6,902	1,328	-1,072	5,8003
<b>VII</b>	2,62	0,38	7,358	1,417	-1,203	7,4027
<b>VIII</b>	2,88	0,42	7,862	1,524	-1,356	9,5677
<b>IX</b>	3,18	0,44	8,318	1,663	-1,517	12,3210
<b>X</b>	3,52	0,46	8,822	1,820	-1,700	15,9480
<b>XI</b>	3,89	0,49	9,410	1,982	-1,908	20,6550
<b>XII</b>	4,31	0,57	10,298	2,129	-2,181	27,5100
<b>XIII</b>	4,77	0,65	11,234	2,294	-2,476	36,3360
<b>XIV</b>	5,10	0,70	11,870	2,415	-2,685	43,5230
<b>XV</b>	5,10	1,9	25,179	2,438	-2,662	64,935
vnitřní pole						
<b>XV'</b>	5,10	1,9	29,434	2,617	-2,483	71,652
<b>XIV'</b>	5,10	0,70	11,870	2,415	-2,685	43,5230
<b>XIII'</b>	4,77	0,65	11,234	2,294	-2,476	36,3360
<b>XII'</b>	4,31	0,57	10,298	2,129	-2,181	27,5100
<b>XI'</b>	3,89	0,49	9,410	1,982	-1,908	20,6550
<b>X'</b>	3,52	0,43	8,678	1,843	-1,677	15,6710
<b>IX'</b>	3,18	0,37	7,982	1,716	-1,464	11,7670
<b>VIII'</b>	2,88	0,32	7,382	1,599	-1,281	8,8863
<b>VII'</b>	2,62	0,27	6,830	1,501	-1,119	6,7238
<b>VI'</b>	2,40	0,24	6,422	1,406	-0,994	5,2435
<b>V'</b>	2,22	0,21	6,062	1,331	-0,889	4,1617
<b>IV'</b>	2,08	0,18	5,750	1,277	-0,803	3,3823
<b>III'</b>	1,98	0,17	5,582	1,228	-0,752	2,9425
<b>II'</b>	1,92	0,16	5,462	1,201	-0,719	2,6758
<b>I'</b>	1,90	0,15	5,390	1,199	-0,701	2,5554
<b>0'</b>	1,90	0,40	10,490	1,060	-0,840	3,9085

Tab. 1: Průřezové charakteristiky

## 3 MODEL Y PRO VYPOČET KONSTRUKCE

### 3.1 Prostorový prutový model

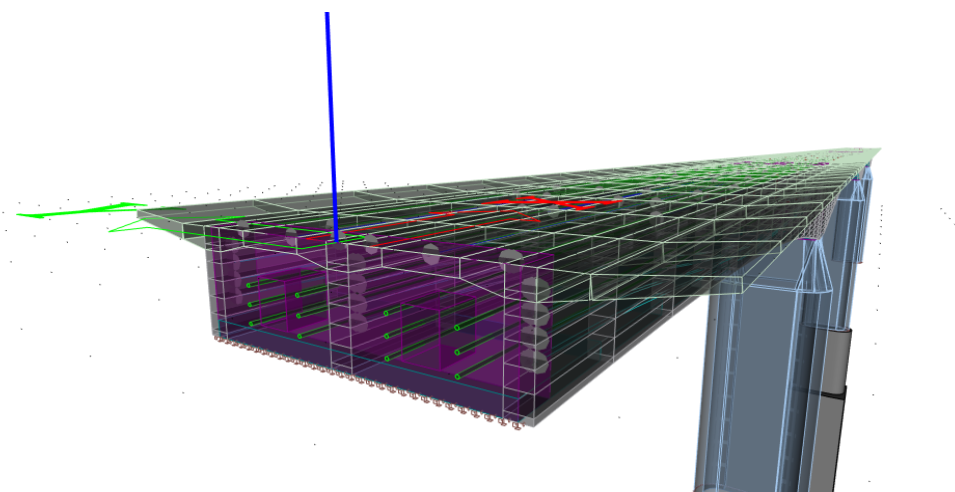
Model je vytvořen v programu SCIA Engineer, typ konstrukce *rám XYZ*. Sem byla zadána všechna zatížení nesouvisející s časovou analýzou. Pro zjištění vnitřních sil před a po rekonstrukci byl model přizpůsoben. Podoba je popsána dále.

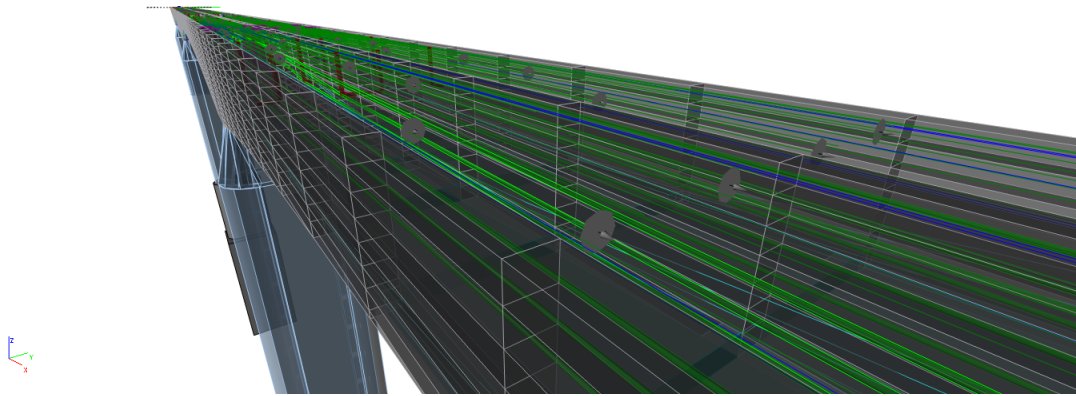


obr.8: Prutový model typu rám XYZ

### 3.2 Deskostěnový model

Dále byl vytvořen prostorový deskostěnový model pro výpočet příčného roznosu na konstrukci a ochabnutí smykem.

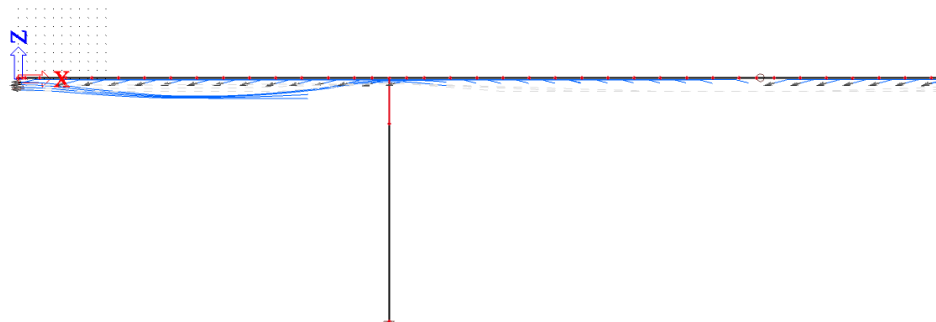




obr.9: Deskostěnový model konstrukce

### 3.3 Prutový 2D model pro účely TDA a fází výstavby

Pro časovou analýzu a fáze výstavby mostu slouží model typu Rám XZ na který je zadána předpínací výztuž pro zjištění krátkodobých a dlouhodobých ztrát relaxací.



obr.10: Prutový 2D model pro účely TDA

## 4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

### 4.1 Beton

druh 400 (použitý na mostovku, zabetonování otevřených žlabů pro konzolové kabely)  
odpovídá (C28/35)

kvůli absenci odpovídající třídy betonu v platné normě je dle TP 200 dovoleno odvodit chybějící parametry lineární interpolací hodnot pro betony zavedené v příslušné normě.

- charakteristická válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 28,5 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot \frac{28,5}{1,5} = 17,1 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota krychelné pevnosti betonu

$$f_{ck,cube} = 35,0 \text{ MPa}$$

- Průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku

$$f_{cm} = 28,5 + 8,0 = 36,5 \text{ MPa}$$

- průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu

$$f_{ctm} = 2,7 \text{ MPa}$$

- dolní a horní charakteristická hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,89 \text{ MPa} \quad f_{ctk;0,95} = 1,3 \cdot f_{ctm} = 3,51 \text{ MPa}$$

- sečnový modul pružnosti betonu

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$$

druh 330

(použitý na opěry a rámové stojky konstrukce)  
odpovídá (C23/28)

- charakteristická válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 23,0 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot \frac{23,0}{1,5} = 13,8 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota krychelné pevnosti betonu

$$f_{ck,cube} = 28,0 \text{ MPa}$$

- Průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku

$$f_{cm} = 23,0 + 8,0 = 31,0 \text{ MPa}$$

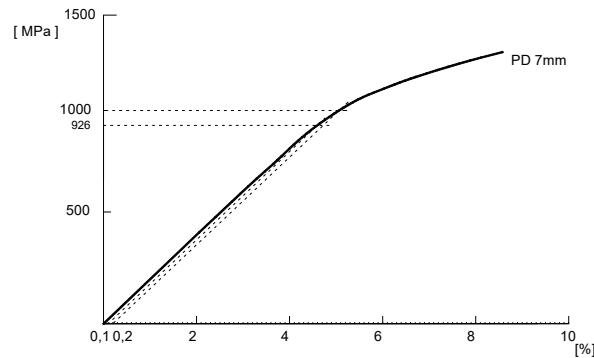
- průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu  
 $f_{cm} = 2,45MPa$
- dolní a horní charakteristická hodnota pevnosti v tahu  
 $f_{ctk;0,05} = 0,7 \cdot f_{cm} = 1,715MPa$     $f_{ctk;0,95} = 1,3 \cdot f_{cm} = 3,185MPa$
- sečnový modul pružnosti betonu  
 $E_{cm} = 30,5GPa$

## 4.2 Předpínací výztuž

Vzhledem k nedostatku podrobnějších údajů a vzhledem k relativně malému rozptylu hodnot materiálových vlastností oceli přibližně předpokládáme, že charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet podle EN odpovídají středním hodnotám podle předcházejících norem.

P7                                      Kabely z patentovaných drátů 24 x Ø 7mm  
    Třída relaxace – tř. 1                    => T1=8,0%

- Pracovní diagram patentovaných drátů PD 7mm



obr.11: Pracovní diagram oceli pro dráty PD 7mm

$$f_{p0,1k} = 926MPa \quad f_{p0,2k} = 1000MPa$$

- plocha jednoho drátu

$$A_{p1} = 38,48mm^2$$

- Počet drátů v kabelu

12, 24

- Charakteristická pevnost v tahu

$$f_{pk} = 1400 \text{ MPa}$$

- Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1%

$$f_{p0,1k} = 926 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota napětí ve výztuži

$$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{926}{1,15} = 805,217 \text{ MPa} \Rightarrow 805,0 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota počátečního napětí ve výztuži  
( ČSN ISO 13822)

$$\sigma_{p,m,0} = 935,0 \text{ Mpa}$$

- Návrhová hodnota modulu pružnosti výztuže

$$E_p = 195,0 \text{ GPa}$$

Lp 15,5/1800

Kabely z lan 12 x 15,5 mm

Třída relaxace – tř.2                   => T2=4,5%

- Jmenovitá plocha jednoho lana

$$A_{p1} = 141,5 \text{ mm}^2$$

- Charakteristická pevnost předpínací oceli

$$f_{pk} = 1800 \text{ MPa}$$

- Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1%

$$f_{p0,1k} = 1620 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota napětí ve výztuži

$$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{1620}{1,15} = 1408,7 \text{ MPa} \Rightarrow 1408,0 \text{ MPa}$$

- Maximální napětí v předpínací výztuži po zakotvení



$$\sigma_{p,m,0} = \min\{k_7 \cdot f_{pk}; k_8 \cdot f_{p0,1k}\} = \min\{0,75 \cdot 1800; 0,85 \cdot 1620\}$$

$$\sigma_{p,m,0} = 1377,0 \text{ MPa}$$

- Maximální napětí v předpínací výztuži

$$\sigma_{p,max} = \min\{k_1 \cdot f_{pk}; k_2 \cdot f_{p0,1k}\} = \min\{0,8 \cdot 1800; 0,9 \cdot 1620\}$$

$$\sigma_{p,max} = 1440,0 \text{ MPa}$$

- Hodnota modulu pružnosti předpínací výztuže

$$E_p = 195,0 \text{ GPa}$$

### 4.3 Betonářská výztuž

10512 Roxor

ČSN ISO 13822

- Charakteristická mez pevnosti

$$f_{uk} = 500 \text{ MPa}$$

- Charakteristická mez kluzu

$$f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

- Návrhová mez kluzu (dle TP 200)

$$f_{yd} = \frac{400}{1,15} = 340 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti betonářské oceli

$$E_s = 200,0 \text{ GPa}$$

## 5 ZATÍŽENÍ

### 5.1 Stálá zatížení

#### 5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemovou tíhu zatvrdlého betonu budeme uvažovat  $25 \text{ kN/m}^2$  (počítáme s objemovou tíhou betonu, zvětšenou pouze o  $1 \text{ kN/m}^2$ , kvůli menšímu vyztužení betonářskou a předpínací výztuží plynoucí z původní dokumentace. Vlastní tíha komorového průřezu je po délce průřezu proměnná a závisí na průřezech jednotlivých lamel, bude proto počítána pouze v programu.

#### 5.1.2 Ostatní stálé zatížení ( $g-g_0$ )

Ostatní stálé zatížení představuje vlastní tíhu ostatních částí mostu, tj. vozovky, železobetonových mostních říms, chodníků a mostního vybavení. Objemové tíhy budeme uvažovat dle ČSN EN 1991-1-1, s přihlédnutím k dostupné RDS. Předpokládáme stejné zatížení ( $g-g_0$ ) ve všech stavech konstrukce (před i po rekonstrukci v roce 1996)

##### 1) Střední hodnota

Kryt vozovky (asfaltový beton)	$7,5 \cdot 0,08 \cdot 25,0 =$	15,0 kN/m'
Ochranná omítka	$7,5 \cdot 0,03 \cdot 25,0 =$	5,625 kN/m'
Izolace	$8,5 \cdot 0,01 \cdot 23,0 =$	1,955 kN/m'
Vyrovnávací beton	$0,325 \cdot 24,0 =$	7,800 kN/m'
2x ocelové zábradlí		1,000 kN/m'
ŽB mostní římsy	$2 \cdot 0,245 \cdot 25,0 =$	12,25 kN/m'
Žulové obrubníky kN/m'		2,500 kN/m'
<hr/>		
Celkem	$(g-g_0)_m =$	46,130 kN/m'

2) horní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,sup} = 12,25 + 1,4 \cdot (15,0 + 5,625 + 1,955 + 7,800) + 1,000 + 2,500$$

$$(g-g_0)_{k,sup} = 58,282 \text{ kN/m'}$$

3) dolní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,inf} = 12,25 + 0,8 \cdot (15,0 + 5,625 + 1,955 + 7,800) + 1,000 + 2,500$$

$$(g-g_0)_{k,inf} = 40,054 \text{ kN/m'}$$

### 5.1.3 Zatížení poklesem podpor

Zatížení je reprezentováno poklesem jednotlivých podpor o velikosti  $w = 2\text{mm}$ . Tato relativně malá hodnota byla zvolena z následujících důvodů:

- most je založen granodioritu
- po dobu 30 let konstrukce působila jako staticky určitá

Poklesy byly zadávány zvlášť, tzn. nepočítá se s vícenásobným poklesem podpor najednou.

## 5.2 Proměnná zatížení

### 5.2.1 Zatížení teplotou

#### 5.2.1.1 Zatížení rovnoměrnou složkou teploty

Analyzovaná konstrukce spadá do 3. typu konstrukcí (betonová nosná konstrukce). Základní charakteristické hodnoty minimální a maximální teploty vzduchu ve stínu v místě stavby se určí z map teplot v ČSN 73 1991 - 1 - 5.

Minimální a maximální teplota vzduchu v místě stavby (soutok řek Otavy a Vltavy) :

$$T_{\max} = +39,1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = -33,2^{\circ}\text{C}$$

Odpovídající maximální a minimální teplota konstrukce z grafu v ČSN 73 1991-1-5, graf zachycuje závislost okolní teploty  $T_{\max}/T_{\min}$  na teplotě konstrukce  $T_{e,\max}$ ,  $T_{e,\min}$ . V grafu se zohledňuje i typ posuzované konstrukce.

$$T_{e,\max} = +40,0^{\circ}\text{C} \qquad T_{e,\min} = -24,0^{\circ}\text{C}$$

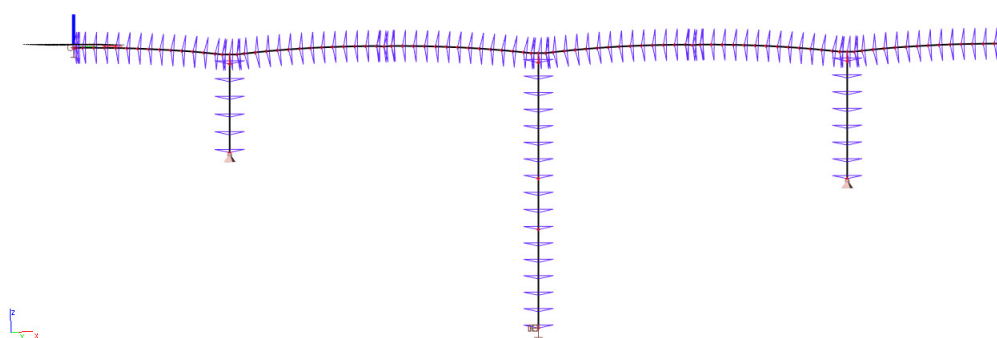
Základní teplotu konstrukce uvažujeme  $T_0 = +10,0^{\circ}\text{C}$

Rozsah rovnoměrného oteplení, resp. ochlazení konstrukce:

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 = 40,0 - 10,0 = \mathbf{30,0^{\circ}\text{C}}$$

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

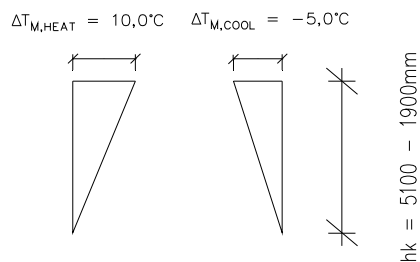
Rovnoměrná složka teplot byla zadána na celou konstrukci – mostovku i podpěry jako rovnoměrné oteplení respektive ochlazení konstrukce. Zatěžovací stavy jsou zobrazeny níže.



obr.12: Zatěžovací stavy - rovnoměrná složka teploty

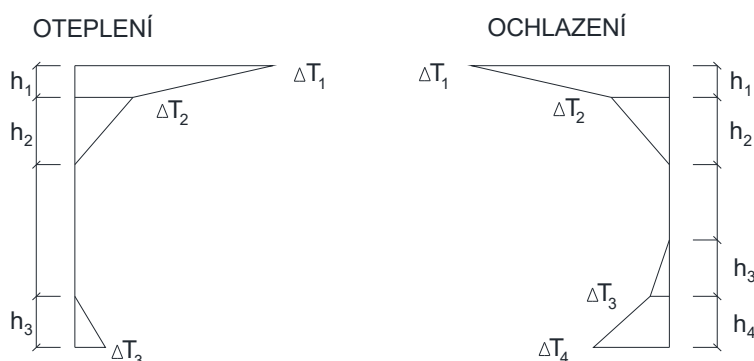
### 5.2.1.2 Zatížení svislou lineární složkou teploty

Ploušťka vozovky je 80mm (tedy  $<100\text{mm}$ ), proto budeme počítat bez redukčního součinitele  $k_{\text{sur}}$ . (jsme na straně bezpečné). Svislá lineární složka teploty byla aplikována na mostovku i na rámové stojky. Průběhy teplot na obrázku níže byly použity na konstrukci mostovky. Pro rámové stojky byl rozdíl teplot na protilehlých površích zvolen  $5,0^{\circ}\text{C}$ .



obr.13: Průběh lineární rozdílové složky teploty

### 5.2.1.3 Zatížení svislou nelineární složkou teploty



obr.14: Schéma nelineární rozdílové složky teploty

$$h_1 = 0,3h \cap \leq 0,15m \Rightarrow \mathbf{0,15m}$$

$$h_2 = 0,3h \cap \leq 0,25m \Rightarrow \mathbf{0,25m}$$

$$h_3 = 0,3h \cap \leq 0,1 + 0,1 \Rightarrow \mathbf{0,2m}$$

$$h_1 = h_4 = \mathbf{0,25m}$$

$$h_2 = h_3 = \mathbf{0,20m}$$

pokud  $h \geq 0,8$  pak:

$$\Delta T_1 = 13^{\circ}C$$

$$\Delta T_2 = 3^{\circ}C$$

$$\Delta T_3 = 2,5^{\circ}C$$

pokud  $h \geq 1,5$  pak:

$$\Delta T_1 = -8,4^{\circ}C$$

$$\Delta T_2 = -0,5^{\circ}C$$

$$\Delta T_3 = -1,0^{\circ}C$$

$$\Delta T_4 = -6,5^{\circ}C$$

Stěny komory v deskostěnovém modelu konstrukce byly po výšce rozděleny na pruhy po 300mm. Těm pak byla přiřazena adekvátní teplota odpovídající příslušné ploše teplotního trojúhelníku dle schématu výše. Pro zadání účinků nelineárního působení teplot na prutový model byl použit přepočít proužkovou metodou. Výstupní hodnoty momentu a normálové síly byly zadány na jednotlivé pruhy modelu. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Průřez	H	t <sub>deska</sub>	Oteplení		Ochlazení	
			N <sub>sec</sub> [MN]	M <sub>sec</sub> [MNm]	N <sub>sec</sub> [MN]	M <sub>sec</sub> [MNm]
krajní pole						
0	1,9	0,3	5,102	-3,150	-5,374	0,954
I	1,9	0,3	5,073	-2,785	-5,282	0,636
II	1,92	0,3	5,071	-2,818	-5,281	0,645
III	1,98	0,3	5,071	-2,927	-5,283	0,677
IV	2,08	0,3	5,071	-3,097	-5,281	0,721
V	2,22	0,3	5,073	-3,344	-5,282	0,790
VI	2,4	0,34	5,071	-3,813	-5,320	0,998
VII	2,62	0,38	5,070	-4,359	-5,346	1,241
VIII	2,88	0,42	5,073	-5,000	-5,361	1,534
IX	3,18	0,44	5,073	-5,657	-5,364	1,800
X	3,52	0,46	5,072	-6,419	-5,364	2,127
XI	3,89	0,49	5,070	-7,281	-5,364	2,516
XII	4,31	0,57	5,072	-8,451	-5,364	3,157
XIII	4,77	0,65	5,069	-9,720	-5,363	3,854
XIV	5,1	0,7	5,071	-10,614	-5,364	4,329
XV	5,1	1,25	5,071	-11,970	-5,364	5,763
vnitřní pole						
XIV'	5,1	0,7	5,071	-10,614	-5,364	4,329
XIII'	4,77	0,65	5,069	-9,720	-5,363	3,854
XII'	4,31	0,57	5,072	-8,451	-5,364	3,157
XI'	3,89	0,49	5,070	-7,281	-5,364	2,516
X'	3,52	0,43	5,072	-6,297	-5,363	2,000
IX'	3,18	0,37	5,073	-5,389	-5,340	1,549
VIII'	2,88	0,32	5,073	-4,620	-5,302	1,207
VII'	2,62	0,27	5,070	-3,937	-5,245	0,918
VI'	2,4	0,24	5,071	-3,424	-5,201	0,726
V'	2,22	0,21	5,073	-2,994	-5,136	0,586
IV'	2,08	0,18	5,068	-2,640	-5,040	0,499
III'	1,98	0,17	5,063	-2,442	-4,998	0,453
II'	1,92	0,16	5,056	-2,308	-4,953	0,428
I'	1,9	0,15	5,050	-2,244	-4,911	0,422
0'	1,9	0,4	5,073	-3,053	-5,356	0,863

Tab. 2: Účinky nelineární složky teplot na konstrukci

## 5.2.2 Zatížení větrem

Zatížení větrem je provedeno zjednodušenou metodou v souladu s ČSN EN 1991-1-4. Pro účely přepočtu nebylo počítáno s dynamickou odezvou konstrukce. Kategorie terénu I (Jezera nebo vodorovné plochy se zanedbatelnou vegetací a bez překážek).

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,44 \cdot 1,0 \cdot 25 = 36,0 \text{ m/s}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,17 \cdot \ln\left(\frac{47,9}{0,01}\right) = 1,44 \quad \text{pro } z_{\min} < z < z_{\max}$$

$$c_0(z) = 0$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,01}{0,05}\right)^{0,07} = 0,170$$

Intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{4,25}{36} = 0,118 \quad \text{pro } z_{\min} < z < z_{\max}$$

Směrodatná odchylka turbulence:

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l = 0,17 \cdot 25 \cdot 1,0 = 4,25$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,118] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 36^2 = 1479,06 \text{ Pa}$$

Základní dynamický tlak:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390,625 \text{ Pa}$$

Součinitel expozice:

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{1479,06}{390,63} = 3,786$$

### 5.2.2.1 Zatížení ve směru x (směr kolmý k ose mostu),

*bez vlivu dopravy na mostě:*

Součinitel sil ve směru x:

$$b/d_{\text{tot}} = 10/2,66 = 3,759$$

$$c_{f,x,0} = 1,37$$

(viz graf 8.3[10])

$$c_{f,x} = c_{f,x,0}$$

$$c_{f,x} = 1,37$$

Součinitel zatížení větrem:

$$C = c_e \cdot c_{f,x} = 3,786 \cdot 1,37 = 5,187$$

Síla větru na mostní konstrukci ve směru x na metr délky (pro střední část):

$$d_{\text{tot}} = 2,06 + 0,6 = 2,66 \text{ m}$$

$$b = 10,0 \text{ m}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

$$z_e = 47,6 \text{ m}$$

$$A_{\text{ref},x} = b \cdot d_{\text{tot}} = 1,0 \cdot 2,66 = 2,66 \text{ m}^2$$

$$f_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{\text{ref},x}$$

$$f_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 5,187 \cdot 2,66$$

$$f_{w,x} = 5388,42 \text{ N / m} = 5,388 \text{ kN / m}$$

$\rho$  - měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici.

$v_b$  - základní rychlost větru

$C$  - součinitel zatížení větrem - hodnoty viz tab. 8.2 [10]

$A_{\text{ref},x}$  - referenční plocha

$z_e$  - referenční výška mostu nad terénem

$d_{\text{tot}}$  - výška mostní konstrukce zprůměrovaná pro několik různých průřezů – viz tabulka č.3, zvýšená o 0,6m (přírůstek z prodyšného zábradlí po obou stranách mostu), nebo o 2m (v případě započtení pásu od dopravy)

$b$  - referenční šířka mostní konstrukce

$c_{f_x,0}$  - součinitel sil bez vlivu volných konců

### 5.2.2.2 Zatížení ve směru z (ve svislém směru):

Zatížení větrem v tomto případě zanedbáno, protože jeho účinky jsou řádově menší než vlastní tíha konstrukce. Jeho uvažování má smysl pouze u lehkých a subtilních konstrukcí.

### 5.2.2.3 Zatížení ve směru y (s osou mostu):

Hodnoty sil ve směru y jsou uvažovány hodnotou rovnající se 25% sil ve směru x.

Tyto hodnoty jsou doporučeny normou pro plnostěnné mosty.

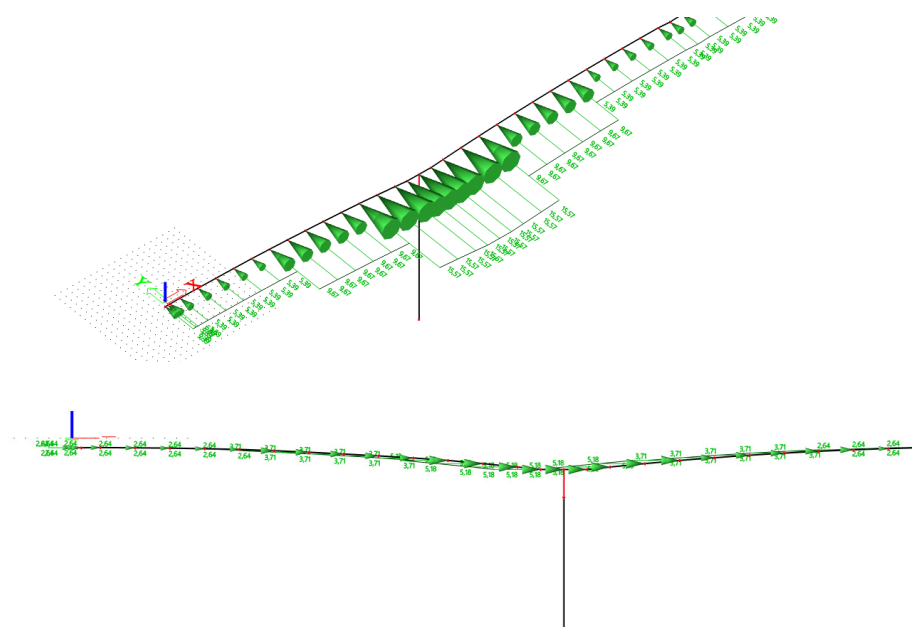
$$f_{w,y} = 0,25 \cdot f_{w,x}$$

$$f_{w,y} = 0,25 \cdot 5,388 = 1,347 \text{ kN / m}$$



Řez	Zatížení větrem ve směru x a y														
	h [m]	d[m]	d <sub>tot</sub> [m] bez dopravy	d <sub>tot</sub> [m] vč. dopravy	f <sub>w,x</sub> [kN/m'] bez dopravy	f <sub>w,x</sub> [kN/m'] vč. dopravy	f <sub>w,y</sub> [kN/m'] bez dopravy	f <sub>w,y</sub> [kN/m'] vč. dopravy							
krajní pole															
0	1,90	2,06	2,66	4,06	5,388	10,554	1,347	2,6385							
I	1,90														
II	1,92														
III	1,98														
IV	2,08														
V	2,22														
VI	2,40														
VII	2,62	3,22	3,82	5,22	9,669	14,835	2,417	3,709							
VIII	2,88														
IX	3,18														
X	3,52														
XI	3,89														
XII	4,31														
XIII	4,77														
XIV	5,10	4,82	5,42	6,82	15,573	20,740	3,893	5,185							
XV	5,10														
vnitřní pole															
XIV'	5,10								4,82	5,42	6,82	15,573	20,740	3,893	5,185
XIII'	4,77														
XII'	4,31														
XI'	3,89														
X'	3,52														
IX'	3,18														
VIII'	2,88														
VII'	2,62	3,22	3,82	5,22	9,669	14,835	2,417	3,709							
VI'	2,40														
V'	2,22														
IV'	2,08														
III'	1,98														
II'	1,92														
I'	1,90														
0'	1,90	2,06	2,66	4,06	5,388	10,554	1,347	2,6385							

Tab. 3: Zatížení větrem po délce konstrukce



obr.15: Zatížení větrem v kolmém a podélném směru

### 5.2.2.4 Zatížení pilířů

#### **Směr kolmo k mostu:**

Součinitele konstrukce pro mostní pilíře:

$$c_s c_d = 1,0$$

Součinitel síly pro svislé nosné konstrukce:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

$$c_f = 1,65 \cdot 0,5 \cdot 0,92$$

$$c_f = 0,759$$

$c_{f,0}$  - součinitel síly pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy a bez uvažování vlivu koncových vírů

$\psi_r$  - redukční součinitel pro čtvercové průřezy se zaoblenými rohy

$\psi_\lambda$  - součinitel koncového efektu pro prvky s volnými konci

Poměr stran pilíře:

$$d / b = 8 / 4 = 2$$

$$c_{f,0} = 1,65$$

viz graf 7.23 [10]

$$r/b = 2/4 = 0,5$$

$$\psi_r = 0,5$$

viz graf 7.24 [10]

Referenční plocha na metr délky pilíře:

$$A_{ref,x} = b \cdot \ell$$

$$A_{ref,z} = 4 \cdot 1,0 = 4,0 m^2$$

$$\psi_\lambda = 0,92$$

- s ohledem na štíhlost pilířů

Maximální dynamický tlak (viz 4.2.2)

$$q_p(z) = 1479,06 Pa$$

Působící maximální síla na metr délky:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref}$$

$$F_w = 1,0 \cdot 0,759 \cdot 1479,06 \cdot 4,0$$

$$F_w = 4490,43 N / m' = 4,49 kN / m'$$

### **Směr rovnoběžný s mostem:**

$$c_s c_d = 1,0$$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

$$c_f = 2,3 \cdot 0,5 \cdot 0,92$$

$$c_f = 1,06$$

$$A_{ref,x} = b \cdot \ell$$

$$A_{ref,z} = 8 \cdot 1,0 = 8,0 m^2$$

$$q_p(z) = 1479,06 Pa$$

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref}$$

$$F_w = 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1479,06 \cdot 8,0$$

$$F_w = 12542,4 N / m' = 12,54 kN / m'$$

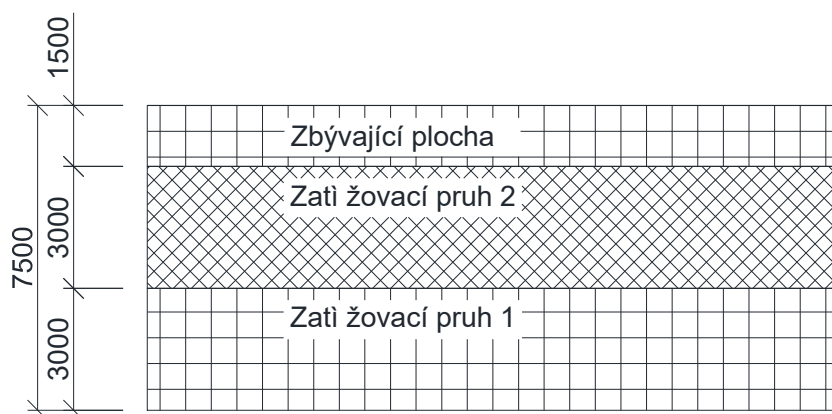
### **5.2.3 Zatížení chodníků**

Chodníky jsou dle normy ČSN 73 6222 – 2013 zatíženy redukováným zatížením  $w_f = 2,5 kN/m^2$ . Šířka chodníků na mostě je 1,25m, proto je zatížení v podélném směru modelováno jako liniové zatížení o velikosti 6,25 kN/m'. Na deskostěnovém modelu je zadáno plošně do vzdálenosti 1,25m od krajů nosné konstrukce.

### **5.2.4 Zatížení dopravou**

Pro ověření chování konstrukce použijeme zatěžovací model LM1 používaný ČSN EN 1991-2 – Zatížení mostů dopravou u nově vybudovaných mostů. Pro předběžné posouzení dále aplikujeme zatížení nahodilé podle normy ČSN 73 6202 z roku 1953. Tyto zatížení budou aplikována na starou podobu konstrukce s klouby uprostřed. Dále pro zjištění vlastní zatížitelnosti mostu použijeme standartní modely z ČSN 73 6222-2013 pro normální, výhradní a výjimečnou zatížitelnost. Tyto budou použity již na dnešní podobu konstrukce se zmonolitněnými klouby a volnými kably.

Zatěžovací šířka na mostě je 7,5m, to odpovídá dvěma zatěžovacími pruhům po třech metrech a zbývající ploše 1,5m. Zatěžovací pruhy se přitom mohou prohazovat tak, aby vyvodily co největší účinky. V tomto případě je nejúčinnějším umístěním krajní poloha zatěžovacího pruhu 1. Zatížení je stanoveno dle normy ČSN EN 1991-2 – Zatížení mostů dopravou.

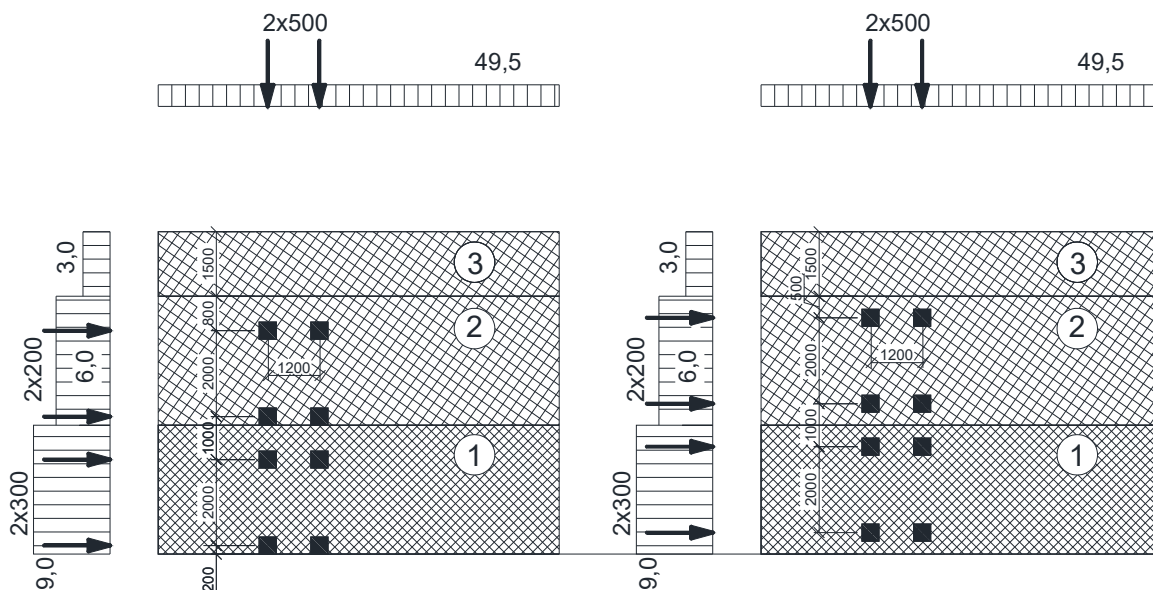


obr.16: Schéma zatěžovacích pruhů

Umístění	Dvojnáprava (TS)			Rovnoměrné zatížení (UDL)		
	$Q_{ik}$ [kN]	$\alpha_{Qi}$	$\alpha_{Qi} \cdot Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_{qi}$	$\alpha_{qi} \cdot q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č.1	300	1,0	300	9	1,0	9,0
Pruh č.2	200	1,0	200	2,5	2,4	6,0
Zbývající plocha	0	0	0	2,5	1,2	3,0

Tab. 4: Síly od LMI

V tabulce jsou uvedeny jak osamělé síly od náprav, tak rovnoměrné zatížení. Redukční součinitele odpovídají 1. skupině pozemních komunikací dle národní přílohy k ČSN EN 1991-2. Zatěžovací schéma je na dalším obrázku.



obr.17: Zatěžovací schéma LM1

### 5.2.5 Zatížení dle normy ČSN 73 6202 z roku 1953

Pro rozpětí pole 84m je dle ČSN 73 6202 použito rovnoměrné zatížení v celé šířce mostu o velikosti 660-2L kg/m<sup>2</sup>, to odpovídá 4,92 kN/m<sup>2</sup> a liniovému zatížení 49,2 kN/m'. Dále pak v místě nejnepříznivější pořadnice příčinkové čáry má být umístěno příčné přímkové zatížení o velikosti 30 kN/m'.

### 5.2.6 Zatížitelnost mostní konstrukce dle ČSN 73 6222 – 2013

#### 5.2.6.1 Normální zatížitelnost

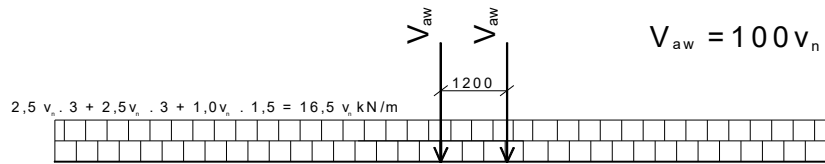
Pro stanovení normální zatížitelnosti  $V_n$  bylo použito zatěžovací schéma podle obr. 18. Počet a šířka zatěžovacích pruhů byla určena v závislosti na šířce zatěžovacího prostoru  $w$ , a to:

$w > 6,0\text{m}$                        $w/3$  zatěžovacích pruhů (zaokrouhлено na celé číslo dolů) šířky 3,0m.

Zatížení obsahuje po jedné dvounápravě v zatěžovacích pruzích č.1 a č.2. Pak rovnoměrné zatížení 2,5 .  $v_n$  neomezené délky v obou pruzích č.1 a č.2. a 1,0 .  $v_n$  na zbývající ploše. Dvounápravu lze považovat za zadní dvounápravu skutečných vozidel, přední náprava je nahrazena rovnoměrným zatížením. Proto působí i na

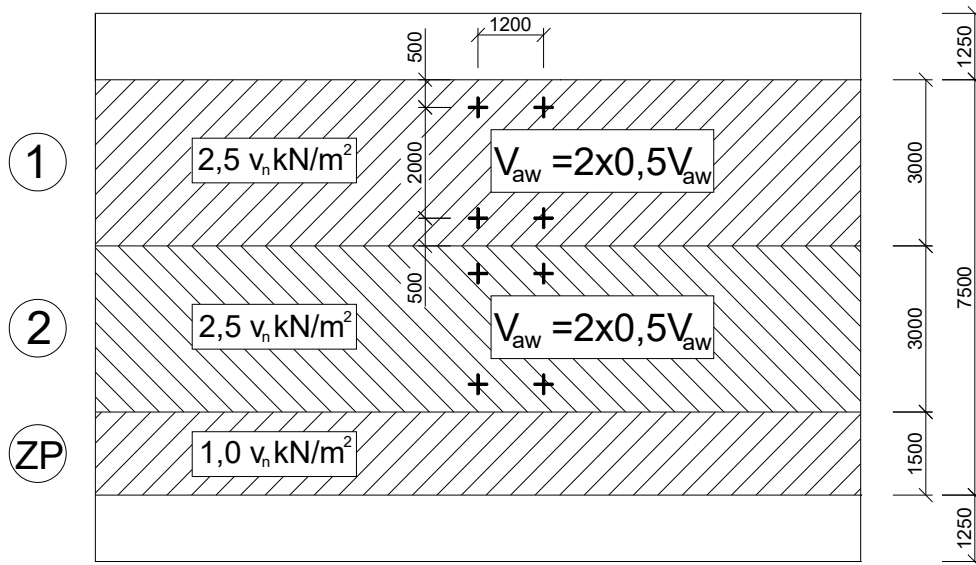
ploše pod vozidly. Kvůli předpokladu vyšší zatížitelnosti ( $>16t$ ) je použit model 3NV.

Dynamický součinitel  $\delta = \delta_2$  (pro zatížení dvěma zatěžovacími pruhy)

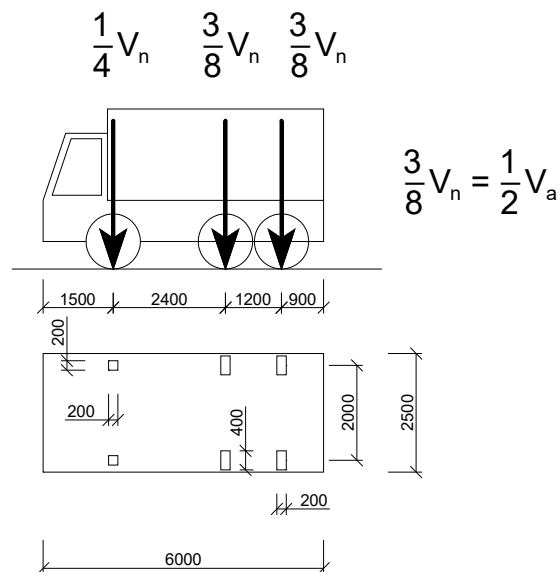


**3NV**

( $>16t$ )



obr.18: Zatěžovací schéma normální zatížitelnosti  $V_n$

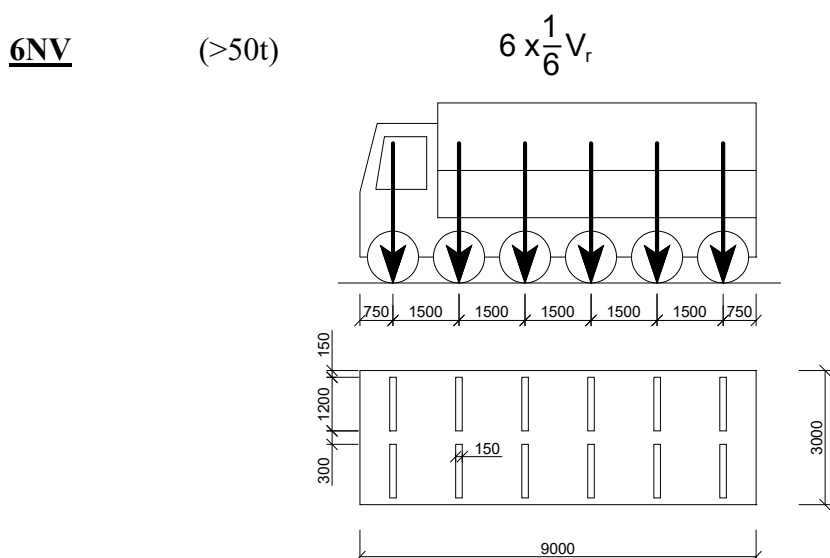


obr.19: Schéma vozidla pro stanovení normální zatížitelnosti  $V_n$

### 5.2.6.2 Výhradní zatížitelnost

Kvůli předpokladu vyšší výhradní zatížitelnosti než 50t, použijeme pro posouzení schéma šestinápravového vozidla. Předpoklad je podložen původní výhradní zatížitelností 60t. Vozidlo je třeba umístit tak, aby vyvozovalo co nejnepříznivější účinky na konstrukci. V našem případě

Dynamický součinitel  $\delta = \delta_1$  (pro zatížení celým vozidlem)



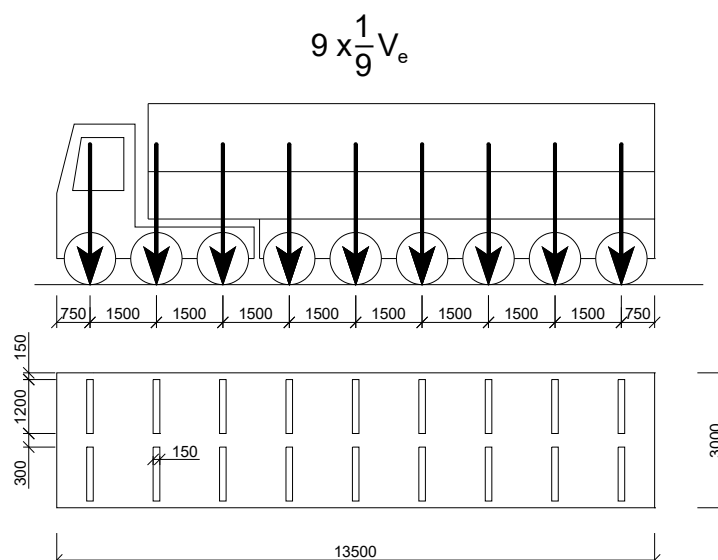
obr.20: Schéma vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti  $V_r$

### 5.2.6.3 Výjimečná zatížitelnost

Na obr.18 je schéma zvláštní soupravy pro stanovení výjimečné zatížitelnosti. Zatížitelnost se stanoví jako největší přípustná hmotnost devítinápravového vozidla, které se po mostě pohybuje nízkou rychlostí v předepsané ideální stopě ,tj. s největší přípustnou odchylkou 0,5m. Ideální trajektorie je dána osou mostu, v tomto případě shodnou s osou převáděné komunikace.

$\delta = 1,05$  (pro zatížení celou soupravou)

Jediný normou přípustný dynamický součinitel pro výjimečnou zatížitelnost.



obr.21: Schéma zvláštní soupravy pro stanovení výjimečné zatížitelnosti

## 5.2.7 Dynamické účinky pro určení zatížitelnosti

### 5.2.7.1 Vlastní frekvence mostní konstrukce

Vlastní frekvence mostní konstrukce pro účely stanovení zatížitelnosti byla získána z programu SCIA Engineer. Modální analýza byla provedena jak na prutovém modelu, tak na modelu deskostěnovém. Zjištěny byly první čtyři vlastní tvary, z nichž byl vybrán tvar s druhou nejnižší vlastní frekvencí. První v.t. předpokládá směr kmitání v podélné ose mostu, ten by ale s největší pravděpodobností nevznikl, kvůli tuhosti mostních ložisek ve směru kmitání. U druhého v.t. je kmitání kolmo na osu mostu, viz obrázek 22.

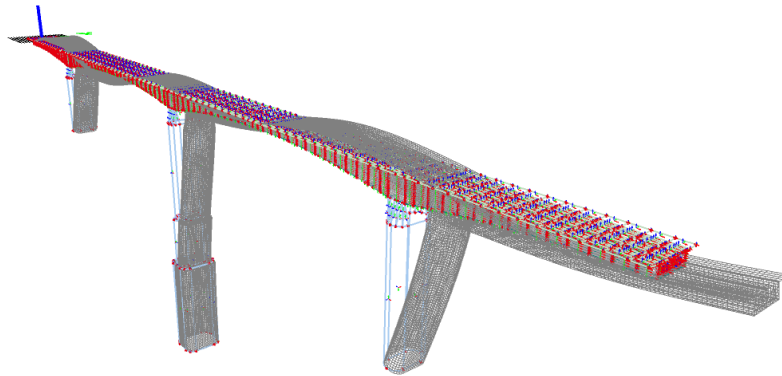
Rozdíl vypočtených frekvencí:

$$f_{SCIA, 1D} = 1,13 \text{ Hz}$$

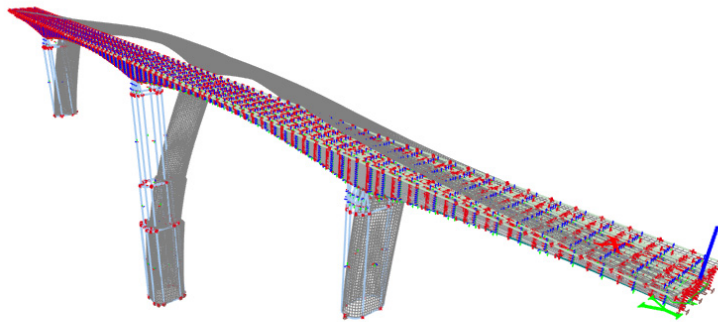
$$f_{SCIA, 2D} = 0,96 \text{ Hz}$$

Pro výpočet byla brána přibližná hodnota  $f = 1,0 \text{ Hz}$





obr.22: 1. vlastní tvar kmitání s frekvencí 0,7 Hz



obr.23: 2. vlastní tvar kmitání s frekvencí 0,96 Hz

### 5.2.7.2 Dynamické součinitele

Hodnoty dynamických součinitelů byly určeny v závislosti na vlastní frekvenci konstrukce dle grafu v ČSN 73 6222-2013. Tyto hodnoty jsou stejné pro interval vlastní frekvence (0,1). První a druhý vlastní tvar má tedy stejné dynamické součinitele.

$$\delta_1 = 1,20$$

$$\delta_2 = 1,17$$

$$\delta_3 = 1,13$$

## 6 Fáze výstavby a časově závislá analýza TDA

Pro výpočet fází výstavby a časově závislé analýzy dotvarování a smršťování betonu byl vytvořen model typu Rám XZ v programu Scia Engineer. Účinky dotvarování a smršťování se provádí podle normy EN 1992-2 přílohy B. Podle dostupných informací o stavbě mostu byla vytvořena časová osa postupu letmé betonáže. Podrobnosti o časových fázích, zatěžovacích stavech a předpětí jsou v tabulkách níže.

### 6.1 Fáze výstavby mostu

Fáze výstavby	Betonované prvky	Popis	Vlhkost [%]	Zatěžovací stav stálého zatížení	Zatěžovací stav pro předpětí	Čas fáze [dny]
ST1	B95-B99	betonáž pilířů	80	ZS62	-	0
ST2		tech. přestávka	80	ZS63	-	14
ST3	B1-B20, B45-B50, B75-B80	1.fáze - betonáž zárodků	80	ZS20	-	74
ST4		1.fáze - předpínání zárodků	80	ZS21	ZS5 - I. fáze předpětí	78
ST5		1.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS22	-	80
ST6	B21, B44, B51, B74	2.fáze - betonáž	80	ZS23	-	81
ST7		2.fáze - předpínání	80	ZS24	ZS6 - II. fáze předpětí	85
ST8		2.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS25	-	87
ST9	B22, B43, B52, B73	3.fáze - betonáž	80	ZS26	-	88
ST10		3.fáze - předpínání	80	ZS27	ZS7 - III. fáze předpětí	92
ST11		3.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS28	-	94
ST12	B23, B42, B53, B72, B81	4.fáze - betonáž	80	ZS29	-	95
ST13		4.fáze - předpínání	80	ZS30	ZS8 - IV. fáze předpětí	99
ST14		4.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS31	-	101
ST15	B24, B41, B54, B71	5.fáze - betonáž	80	ZS32	-	102
ST16		5.fáze - předpínání	80	ZS33	ZS9 - V. fáze předpětí	106
ST17		5.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS34	-	108
ST18	B25, B40, B55, B70, B82	6.fáze - betonáž	80	ZS35	-	109
ST19		6.fáze - předpínání	80	ZS36	ZS10 - VI. fáze předpětí	113
ST20		6.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS37	-	115
ST21	B26, B39, B56, B83	7.fáze - betonáž	80	ZS38	-	116
ST22		7.fáze - předpínání	80	ZS39	ZS11 - VII. fáze předpětí	120
ST23		7.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS40	-	122
ST24	B27, B38, B57, B69, B84	8.fáze - betonáž	80	ZS41	-	123
ST25		8.fáze - předpínání	80	ZS42	ZS12 - VIII. fáze předpětí	127
ST26		8.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS43	-	129
ST27	B28, B37, B58, B85	9.fáze - betonáž	80	ZS44	-	130
ST28		9.fáze - předpínání	80	ZS45	ZS13 - IX. fáze předpětí	134
ST29		9.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS46	-	136
ST30	B29, B36, B59, B68, B86	10.fáze - betonáž	80	ZS47	-	137
ST31		10.fáze - předpínání	80	ZS48	ZS14 - X. fáze předpětí	141
ST32		10.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS49	-	143
ST33	B30, B35, B60, B87	11.fáze - betonáž	80	ZS50	-	144
ST34		11.fáze - předpínání	80	ZS51	ZS15 - XI. fáze předpětí	148
ST35		11.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS52	-	150

ST36	B31, B34, B61, B67, B88	12.fáze - betonáž	80	ZS53	-	151
ST37		12.fáze - předpinání	80	ZS54	ZS16 - XII. fáze předpětí	155
ST38		12.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS55	-	157
ST39	B32, B66, B89	13.fáze - betonáž	80	ZS56	-	158
ST40		13.fáze - předpinání	80	ZS57	ZS17 - XIII. fáze předpětí	162
ST41		13.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS58	-	164
ST42	B65, B90	14.fáze - betonáž	80	ZS59	-	165
ST43		14.fáze - předpinání	80	ZS60	ZS18 - XIV. fáze předpětí	169
ST44		14.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS61	-	171
ST45	B64, B91	15.fáze - betonáž	80	ZS64	-	172
ST46		15.fáze - předpinání	80	ZS65	-	176
ST47		15.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS66	-	178
ST48	B63, B92, B93, B94	16.fáze - betonáž	80	ZS67	-	179
ST49		16.fáze - předpinání	80	ZS68	ZS19 - XV. fáze předpětí	183
ST50		16.fáze - přestavení bet. vozíku	80	ZS69	-	185
ST51	B62, B33	17.fáze - betonáž	80	ZS70	-	200
ST52		17.fáze - demontáž vozíků	80	ZS75	-	204
ST53		UP	80	ZS71	-	260
ST54	-B62,-B33, +B100, +B101	REK 1996	80	ZS72	ZS4 - 1996 - předpětí VK	12265
ST55		SS 2016	80	ZS73	-	19565
ST56		KŽ 2063	80	ZS74	-	36500

Tab. 5: Podrobnosti o fázích výstavby

Prvek	Průřezy	Délka prutu [m]	Zatížení [kN/m]	Hmotnost lamely [t]	Zatížení včetně 15t vozíku [kN]	Síla v předním podepření vč. vozíku [kN]	Síla v zadním závěsu vč. vozíku [kN]	Síla v předním podepření [kN]	Síla v zadním závěsu [kN]
B1	kraj_pr0	0,45	254,4	11,449	264,494	396,740	132,247	171,740	57,247
	kraj_pr0		254,4						
B2	kraj_pr0	0,35	254,4	8,905	239,051	358,576	119,525	133,576	44,525
	kraj_pr0		254,4						
B3	kraj_pr0	1,65	254,4	38,590	535,895	803,843	267,948	578,843	192,948
	kraj_pr1		213,3						
B4	kraj_pr1	3,00	213,3	58,134	731,337	1097,006	365,669	872,006	290,669
	kraj_pr2		174,2						
B5	kraj_pr2	3,00	174,2	49,453	644,529	966,794	322,265	741,794	247,265
	kraj_pr3		155,5						
B6	kraj_pr3	3,00	155,5	47,085	620,850	931,275	310,425	706,275	235,425
	kraj_pr4		158,5						
B7	kraj_pr4	3,00	158,5	48,345	633,450	950,175	316,725	725,175	241,725
	kraj_pr5		163,9						
B8	kraj_pr5	3,00	163,9	50,505	655,050	982,575	327,525	757,575	252,525
	kraj_pr6		172,9						
B9	kraj_pr6	3,00	172,9	53,565	685,650	1028,475	342,825	803,475	267,825
	kraj_pr7		184,3						
B10	kraj_pr7	3,00	184,3	57,075	720,750	1081,125	360,375	856,125	285,375
	kraj_pr8		196,3						
B11	kraj_pr8	3,00	196,3	60,675	756,750	1135,125	378,375	910,125	303,375
	kraj_pr9		208,3						
B12	kraj_pr9	3,00	208,3	64,399	793,988	1190,981	396,994	965,981	321,994
	kraj_pr10		221,1						
B13	kraj_pr10	3,00	221,1	68,730	837,300	1255,950	418,650	1030,950	343,650
	kraj_pr11		237,1						
B14	kraj_pr11	3,00	237,1	74,231	892,313	1338,469	446,156	1113,469	371,156
	kraj_pr12		257,8						

B15	kraj_pr12		257,8						
	kraj_pr13	3,00	277,0	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B16	kraj_pr13		277,0						
	kraj_pr14	2,00	294,8	57,177	721,773	1082,660	360,887	857,660	285,887
B17	kraj_pr14		294,8						
	kraj_pr15	2,00	329,8	62,451	774,513	1161,770	387,257	936,770	312,257
B18	kraj_pr15		329,8						
	stred_pr14	2,00	309,3	63,905	789,050	1183,575	394,525	958,575	319,525
B19	stred_pr14		309,3						
	stred_pr13	2,00	277,0	58,629	736,285	1104,428	368,143	879,428	293,143
B20	stred_pr13		277,0						
	stred_pr12	3,00	257,8	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B21	stred_pr12		257,8						
	stred_pr11	3,00	236,2	74,096	890,963	1336,444	445,481	1111,444	370,481
B22	stred_pr11		236,2						
	stred_pr10	3,00	217,2	68,010	830,100	1245,150	415,050	1020,150	340,050
B23	stred_pr10		217,2						
	stred_pr9	3,00	200,2	62,599	775,988	1163,981	387,994	938,981	312,994
B24	stred_pr9		200,2						
	stred_pr8	3,00	184,9	57,750	727,500	1091,250	363,750	866,250	288,750
B25	stred_pr8		184,9						
	stred_pr7	3,00	171,7	53,475	684,750	1027,125	342,375	802,125	267,375
B26	stred_pr7		171,7						
	stred_pr6	3,00	160,9	49,875	648,750	973,125	324,375	748,125	249,375
B27	stred_pr6		160,9						
	stred_pr5	3,00	151,9	46,905	619,050	928,575	309,525	703,575	234,525
B28	stred_pr5		151,9						
	stred_pr4	3,00	144,7	44,475	594,750	892,125	297,375	667,125	222,375
B29	stred_pr4		144,7						
	stred_pr3	3,00	139,9	42,675	576,750	865,125	288,375	640,125	213,375
B30	stred_pr3		139,9						
	stred_pr2	3,00	136,9	41,505	565,050	847,575	282,525	622,575	207,525
B31	stred_pr2		136,9						
	stred_pr1	3,00	160,8	44,646	596,460	894,690	298,230	669,690	223,230
B32	stred_pr1		160,8						
	stred_pr0	2,00	198,5	35,929	509,290	763,935	254,645	538,935	179,645
B33	stred_pr0		198,5						
	stred_pr1	2,00	160,8	35,929	509,290	763,935	254,645	538,935	179,645
B34	stred_pr1		160,8						
	stred_pr2	3,00	136,9	44,646	596,460	894,690	298,230	669,690	223,230
B35	stred_pr2		136,9						
	stred_pr3	3,00	139,9	41,505	565,050	847,575	282,525	622,575	207,525
B36	stred_pr3		139,9						
	stred_pr4	3,00	144,7	42,675	576,750	865,125	288,375	640,125	213,375
B37	stred_pr4		144,7						
	stred_pr5	3,00	151,9	44,475	594,750	892,125	297,375	667,125	222,375
B38	stred_pr5		151,9						
	stred_pr6	3,00	160,9	46,905	619,050	928,575	309,525	703,575	234,525
B39	stred_pr6		160,9						
	stred_pr7	3,00	171,7	49,875	648,750	973,125	324,375	748,125	249,375
B40	stred_pr7		171,7						
	stred_pr8	3,00	184,9	53,475	684,750	1027,125	342,375	802,125	267,375
B41	stred_pr8		184,9						
	stred_pr9	3,00	200,2	57,750	727,500	1091,250	363,750	866,250	288,750
B42	stred_pr9		200,2						
	stred_pr10	3,00	217,2	62,599	775,988	1163,981	387,994	938,981	312,994
B43	stred_pr10		217,2						
	stred_pr11	3,00	236,2	68,010	830,100	1245,150	415,050	1020,150	340,050
B44	stred_pr11	3,00	236,2	74,096	890,963	1336,444	445,481	1111,444	370,481

	stred_pr12		257,8						
B45	stred_pr12		257,8						
	stred_pr13	3,00	277,0	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B46	stred_pr13		277,0						
	stred_pr14	2,00	309,3	58,629	736,285	1104,428	368,143	879,428	293,143
B47	stred_pr14		309,3						
	stred_pr15	2,00	329,8	63,903	789,025	1183,538	394,513	958,538	319,513
B48	stred_pr15		329,8						
	stred_pr14	2,00	309,3	63,903	789,025	1183,538	394,513	958,538	319,513
B49	stred_pr14		309,3						
	stred_pr13	2,00	277,0	58,629	736,285	1104,428	368,143	879,428	293,143
B50	stred_pr13		277,0						
	stred_pr12	3,00	257,8	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B51	stred_pr12		257,8						
	stred_pr11	3,00	236,2	74,096	890,963	1336,444	445,481	1111,444	370,481
B52	stred_pr11		236,2						
	stred_pr10	3,00	217,2	68,010	830,100	1245,150	415,050	1020,150	340,050
B53	stred_pr10		217,2						
	stred_pr9	3,00	200,2	62,599	775,988	1163,981	387,994	938,981	312,994
B54	stred_pr9		200,2						
	stred_pr8	3,00	184,9	57,750	727,500	1091,250	363,750	866,250	288,750
B55	stred_pr8		184,9						
	stred_pr7	3,00	171,7	53,475	684,750	1027,125	342,375	802,125	267,375
B56	stred_pr7		171,7						
	stred_pr6	3,00	160,9	49,875	648,750	973,125	324,375	748,125	249,375
B57	stred_pr6		160,9						
	stred_pr5	3,00	151,9	46,905	619,050	928,575	309,525	703,575	234,525
B58	stred_pr5		151,9						
	stred_pr4	3,00	144,7	44,475	594,750	892,125	297,375	667,125	222,375
B59	stred_pr4		144,7						
	stred_pr3	3,00	139,9	42,675	576,750	865,125	288,375	640,125	213,375
B60	stred_pr3		139,9						
	stred_pr2	3,00	136,9	41,505	565,050	847,575	282,525	622,575	207,525
B61	stred_pr2		136,9						
	stred_pr1	3,00	160,8	44,646	596,460	894,690	298,230	669,690	223,230
B62	stred_pr1		160,8						
	stred_pr0	2,00	198,5	35,929	509,290	763,935	254,645	538,935	179,645
B63	stred_pr0		198,5						
	stred_pr1	2,00	160,8	35,929	509,290	763,935	254,645	538,935	179,645
B64	stred_pr1		160,8						
	stred_pr2	3,00	136,9	44,646	596,460	894,690	298,230	669,690	223,230
B65	stred_pr2		136,9						
	stred_pr3	3,00	139,9	41,505	565,050	847,575	282,525	622,575	207,525
B66	stred_pr3		139,9						
	stred_pr4	3,00	144,7	42,675	576,750	865,125	288,375	640,125	213,375
B67	stred_pr4		144,7						
	stred_pr5	3,00	151,9	44,475	594,750	892,125	297,375	667,125	222,375
B68	stred_pr5		151,9						
	stred_pr6	3,00	160,9	46,905	619,050	928,575	309,525	703,575	234,525
B69	stred_pr6		160,9						
	stred_pr7	3,00	171,7	49,875	648,750	973,125	324,375	748,125	249,375
B70	stred_pr7		171,7						
	stred_pr8	3,00	184,9	53,475	684,750	1027,125	342,375	802,125	267,375
B71	stred_pr8		184,9						
	stred_pr9	3,00	200,2	57,750	727,500	1091,250	363,750	866,250	288,750
B72	stred_pr9		200,2						
	stred_pr10	3,00	217,2	62,599	775,988	1163,981	387,994	938,981	312,994
B73	stred_pr10		217,2						
	stred_pr11	3,00	236,2	68,010	830,100	1245,150	415,050	1020,150	340,050

B74	stred_pr11		236,2						
	stred_pr12	3,00	257,8	74,096	890,963	1336,444	445,481	1111,444	370,481
B75	stred_pr12		257,8						
	stred_pr13	3,00	277,0	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B76	stred_pr13		277,0						
	stred_pr14	2,00	309,3	58,629	736,285	1104,428	368,143	879,428	293,143
B77	stred_pr14		309,3						
	kraj_pr15	2,00	329,8	63,903	789,025	1183,538	394,513	958,538	319,513
B78	kraj_pr15		329,8						
	kraj_pr14	2,00	294,8	62,451	774,513	1161,770	387,257	936,770	312,257
B79	kraj_pr14		294,8						
	kraj_pr13	2,00	277,0	57,177	721,773	1082,660	360,887	857,660	285,887
B80	kraj_pr13		277,0						
	kraj_pr12	3,00	257,8	80,214	952,140	1428,210	476,070	1203,210	401,070
B81	kraj_pr12		257,8						
	kraj_pr11	3,00	237,1	74,231	892,313	1338,469	446,156	1113,469	371,156
B82	kraj_pr11		237,1						
	kraj_pr10	3,00	221,1	68,730	837,300	1255,950	418,650	1030,950	343,650
B83	kraj_pr10		221,1						
	kraj_pr9	3,00	208,3	64,399	793,988	1190,981	396,994	965,981	321,994
B84	kraj_pr9		208,3						
	kraj_pr8	3,00	196,3	60,675	756,750	1135,125	378,375	910,125	303,375
B85	kraj_pr8		196,3						
	kraj_pr7	3,00	184,3	57,075	720,750	1081,125	360,375	856,125	285,375
B86	kraj_pr7		184,3						
	kraj_pr6	3,00	172,9	53,565	685,650	1028,475	342,825	803,475	267,825
B87	kraj_pr6		172,9						
	kraj_pr5	3,00	163,9	50,505	655,050	982,575	327,525	757,575	252,525
B88	kraj_pr5		163,9						
	kraj_pr4	3,00	158,5	48,345	633,450	950,175	316,725	725,175	241,725
B89	kraj_pr4		158,5						
	kraj_pr3	3,00	155,5	47,085	620,850	931,275	310,425	706,275	235,425
B90	kraj_pr3		155,5						
	kraj_pr2	3,00	174,2	49,453	644,529	966,794	322,265	741,794	247,265
B91	kraj_pr2		174,2						
	kraj_pr1	3,00	213,3	58,134	731,337	1097,006	365,669	872,006	290,669
B92	kraj_pr1		213,3						
	kraj_pr0	1,65	254,4	38,590	535,895	803,843	267,948	578,843	192,948
B93	kraj_pr0		254,4						
	kraj_pr0	0,35	254,4	8,905	239,051	358,576	119,525	133,576	44,525
B94	kraj_pr0		254,4						
	kraj_pr0	0,45	254,4	11,449	264,494	396,740	132,247	171,740	57,247
B95	pilir duty		294,6						
	pilir duty	29,51	294,6	869,474	8844,738	-	-	-	-
B96	pilir duty		294,6						
	pilir duty	22,55	294,6	664,406	6794,064	-	-	-	-
B97	pilir duty		294,6						
	pilir duty	29,93	294,6	881,849	8968,485	-	-	-	-
B98	pilir plny		903,8						
	pilir plny	13,00	903,8	1174,940	11899,400	-	-	-	-
B99	pilir plny sp.		1814,1						
	pilir plny sp.	25,12	1814,1	4557,019	45720,192	-	-	-	-

Tab. 6: Zatížení použítá v jednotlivých fázích

Prvek	Jméno	Lokální čas betonáže	Doba ošetřování	Liniová podpora	Čas instalace bednění	Čas uvolnění v X	Čas uvolnění v Z	Čas uvolnění rotace
B1	LBH23	0	5	ANO	0	3	3	3
B2	LBH22	0	5	ANO	0	3	3	3
B3	LBH21	0	5	ANO	0	3	3	3
B4	LBH4	0	5	ANO	0	3	3	3
B5	LBH5	0	5	ANO	0	3	3	3
B6	LBH6	0	5	ANO	0	3	3	3
B7	LBH7	0	5	ANO	0	3	3	3
B8	LBH8	0	5	ANO	0	3	3	3
B9	LBH9	0	5	ANO	0	3	3	3
B10	LBH10	0	5	ANO	0	3	3	3
B11	LBH11	0	5	ANO	0	3	3	3
B12	LBH12	0	5	ANO	0	3	3	3
B13	LBH13	0	5	ANO	0	3	3	3
B14	LBH14	0	5	ANO	0	3	3	3
B15	LBH15	0	5	ANO	0	3	3	3
B16	LBH16	0	5	ANO	0	3	3	3
B17	LBH17	0	5	ANO	0	3	3	3
B18	LBH18	0	5	ANO	0	3	3	3
B19	LBH19	0	5	ANO	0	3	3	3
B20	LBH20	0	5	ANO	0	3	3	3
B21	LBH36	-4	5	NE	-	-	-	-
B22	LBH40	-4	5	NE	-	-	-	-
B23	LBH41	-4	5	NE	-	-	-	-
B24	LBH42	-4	5	NE	-	-	-	-
B25	LBH43	-4	5	NE	-	-	-	-
B26	LBH44	-4	5	NE	-	-	-	-
B27	LBH45	-4	5	NE	-	-	-	-
B28	LBH46	-4	5	NE	-	-	-	-
B29	LBH47	-4	5	NE	-	-	-	-
B30	LBH48	-4	5	NE	-	-	-	-
B31	LBH49	-4	5	NE	-	-	-	-
B32	LBH50	-4	5	NE	-	-	-	-
B33	LBH96	-4	3	NE	-	-	-	-
B34	LBH51	-4	5	NE	-	-	-	-
B35	LBH52	-4	5	NE	-	-	-	-
B36	LBH53	-4	5	NE	-	-	-	-
B37	LBH54	-4	5	NE	-	-	-	-
B38	LBH55	-4	5	NE	-	-	-	-
B39	LBH56	-4	5	NE	-	-	-	-
B40	LBH57	-4	5	NE	-	-	-	-
B41	LBH58	-4	5	NE	-	-	-	-
B42	LBH59	-4	5	NE	-	-	-	-
B43	LBH60	-4	5	NE	-	-	-	-
B44	LBH37	-4	5	NE	-	-	-	-
B45	LBH29	0	5	ANO	0	3	3	3
B46	LBH28	0	5	ANO	0	3	3	3
B47	LBH27	0	5	ANO	0	3	3	3
B48	LBH26	0	5	ANO	0	3	3	3
B49	LBH25	0	5	ANO	0	3	3	3
B50	LBH24	0	5	ANO	0	3	3	3
B51	LBH38	-4	5	NE	-	-	-	-
B52	LBH61	-4	5	NE	-	-	-	-
B53	LBH62	-4	5	NE	-	-	-	-
B54	LBH63	-4	5	NE	-	-	-	-
B55	LBH64	-4	5	NE	-	-	-	-
B56	LBH65	-4	5	NE	-	-	-	-

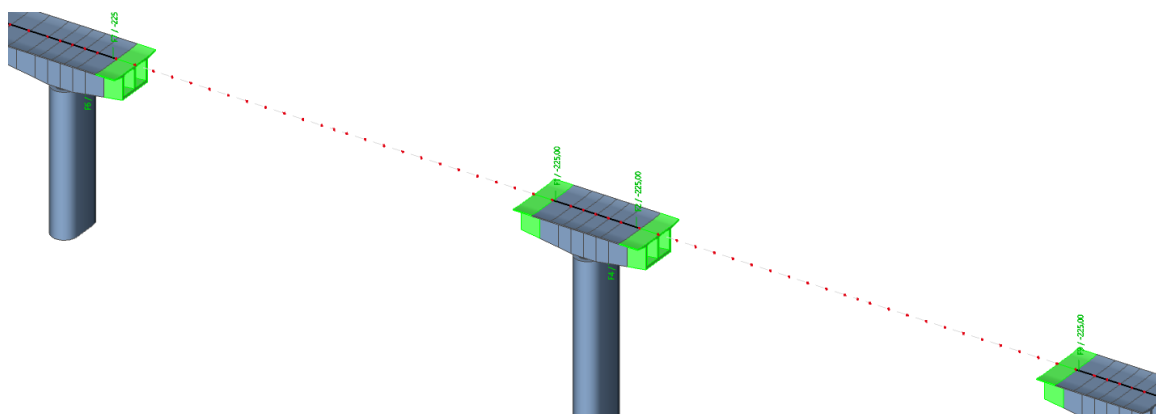
B57	LBH66	-4	5	NE	-	-	-	-
B58	LBH67	-4	5	NE	-	-	-	-
B59	LBH68	-4	5	NE	-	-	-	-
B60	LBH69	-4	5	NE	-	-	-	-
B61	LBH70	-4	5	NE	-	-	-	-
B62	LBH97	-4	3	NE	-	-	-	-
B63	LBH71	-4	5	NE	-	-	-	-
B64	LBH72	-4	5	NE	-	-	-	-
B65	LBH73	-4	5	NE	-	-	-	-
B66	LBH74	-4	5	NE	-	-	-	-
B67	LBH75	-4	5	NE	-	-	-	-
B68	LBH76	-4	5	NE	-	-	-	-
B69	LBH77	-4	5	NE	-	-	-	-
B70	LBH78	-4	5	NE	-	-	-	-
B71	LBH79	-4	5	NE	-	-	-	-
B72	LBH80	-4	5	NE	-	-	-	-
B73	LBH81	-4	5	NE	-	-	-	-
B74	LBH39	-4	5	NE	-	-	-	-
B75	LBH35	0	5	ANO	0	3	3	3
B76	LBH34	0	5	ANO	0	3	3	3
B77	LBH33	0	5	ANO	0	3	3	3
B78	LBH32	0	5	ANO	0	3	3	3
B79	LBH31	0	5	ANO	0	3	3	3
B80	LBH30	0	5	ANO	0	3	3	3
B81	LBH82	-4	5	NE	-	-	-	-
B82	LBH83	-4	5	NE	-	-	-	-
B83	LBH84	-4	5	NE	-	-	-	-
B84	LBH85	-4	5	NE	-	-	-	-
B85	LBH86	-4	5	NE	-	-	-	-
B86	LBH87	-4	5	NE	-	-	-	-
B87	LBH88	-4	5	NE	-	-	-	-
B88	LBH89	-4	5	NE	-	-	-	-
B89	LBH90	-4	5	NE	-	-	-	-
B90	LBH91	-4	5	NE	-	-	-	-
B91	LBH92	-4	5	NE	-	-	-	-
B92	LBH93	-4	5	NE	-	-	-	-
B93	LBH94	-4	5	NE	-	-	-	-
B94	LBH95	-4	5	NE	-	-	-	-
B95	LBH0	0	14	ANO	0	8	1	8
B96	LBH3	0	14	ANO	0	8	1	8
B97	LBH	0	14	ANO	0	8	1	8
B98	LBH1	0	14	ANO	0	8	1	8
B99	LBH2	0	14	ANO	0	8	1	8

Tab. 7: tabulka držení a lokálních časů jednotlivých lamel

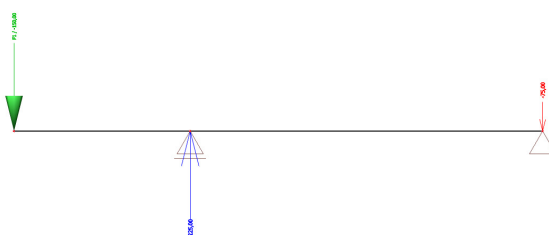


## 6.1.1 Popis průběhu 2.fáze

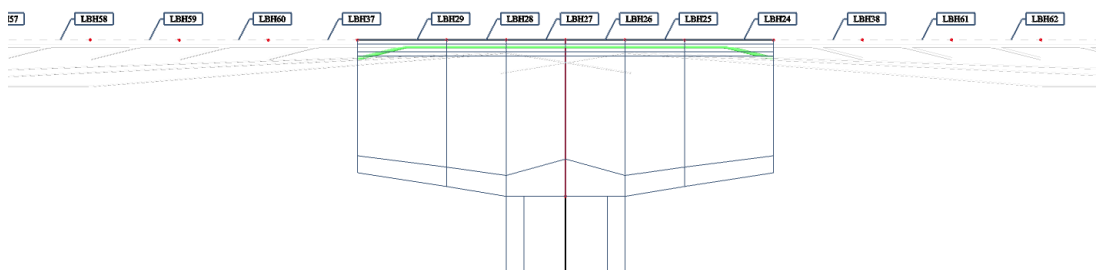
Na následujících obrázcích je rozebrán průběh 2. a 3. fáze letmé betonáže.



obr.24: Celkové schéma 2. fáze výstavby mostu

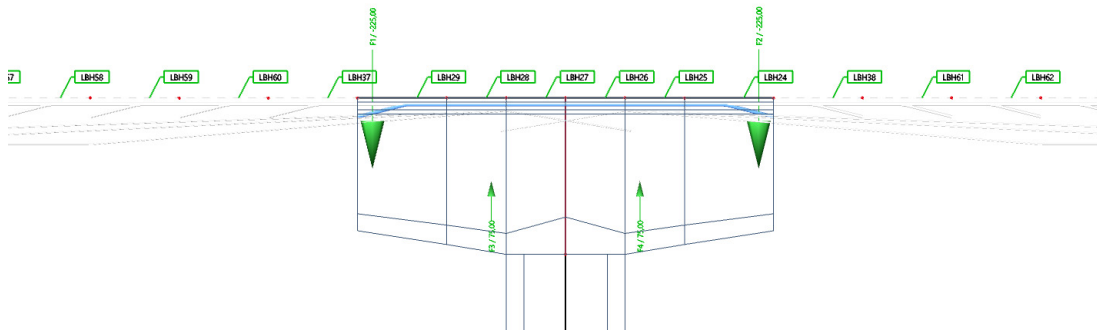


obr.25: Rozdělení sil v závěsích betonážního vozíku



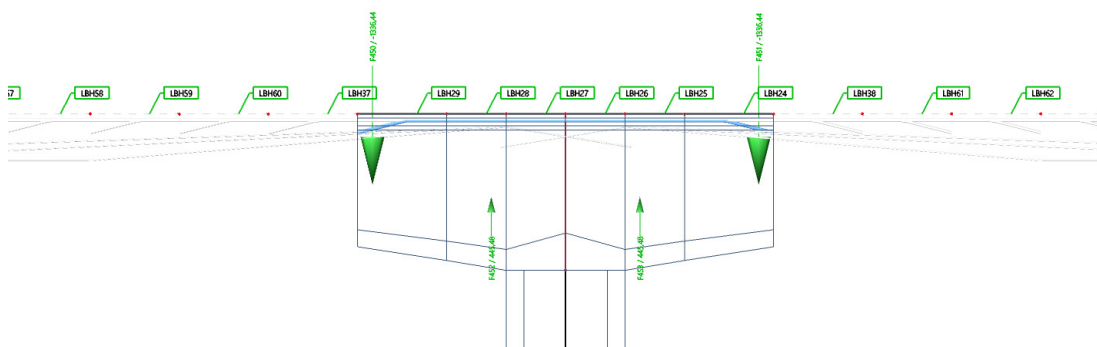
obr.26: 1. fáze – předpínání zárodků – 78 dní

Na počátku letné betonáže je předepjatý zárodek o šířce 14m, ten byl vybudován na bednění drženém lešením. V modelu tomuto času odpovídá 1.fáze – předpínání zárodků v 78 dnech.



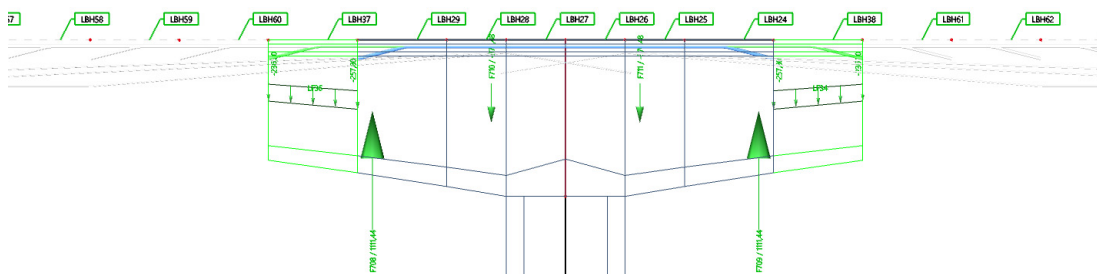
obr.27: 1.fáze - přístavení bet. vozíku – 80 dní

Montáž betonážního vozíku. Uspořádání viz výkres v příloze. Síly odpovídají hmotnosti vozíku 15t.



obr.28: 2. fáze betonáž – 81 dní

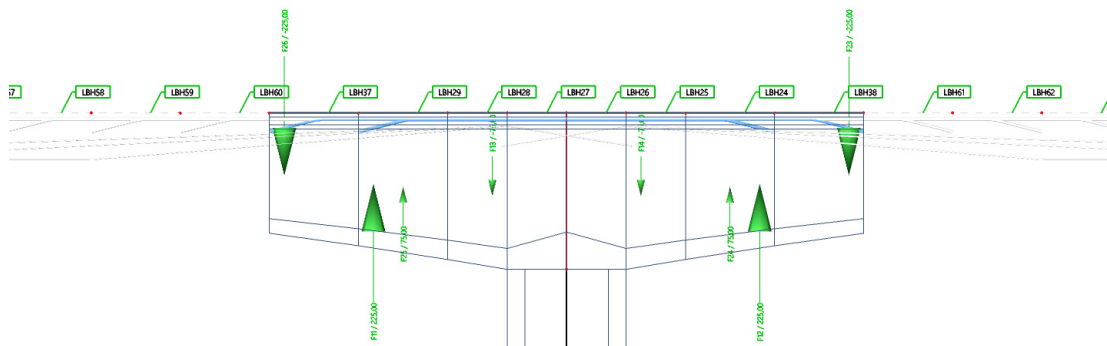
Do schématu vložíme síly odpovídající tíze čerstvého betonu.



obr.29: 2.fáze předpínání – 85 dní

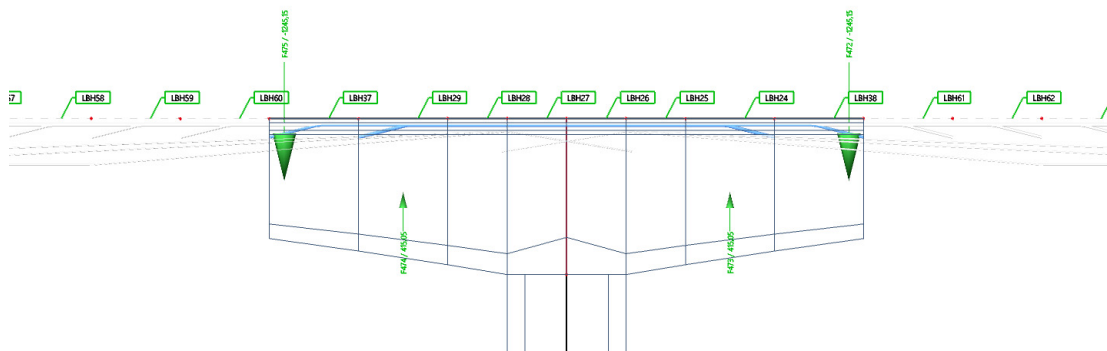
Další krok odpovídá 2.fáze předpínání v 85 dnech. Zde jsou síly zadány ve stejných působistiích, ale v opačném směru o velikosti pouze tíhy lamely. Ta je v tuto

chvíli reprezentována jako spojitě zatížené ve skutečné poloze lamely. Betonážní vozík zůstává na místě.

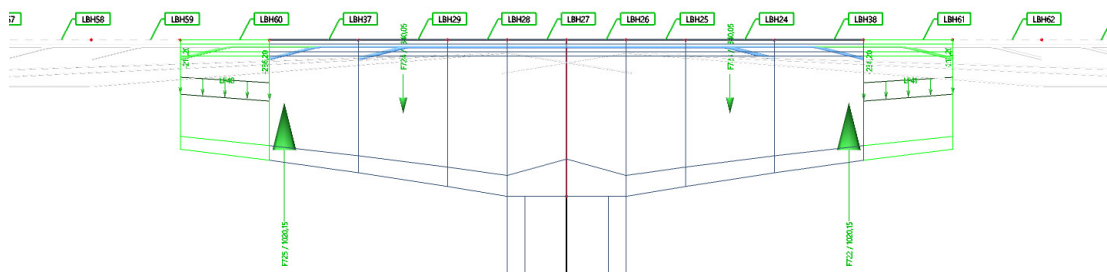


obr.30: 2. fáze – přestavení bet. vozíku – 87 dní

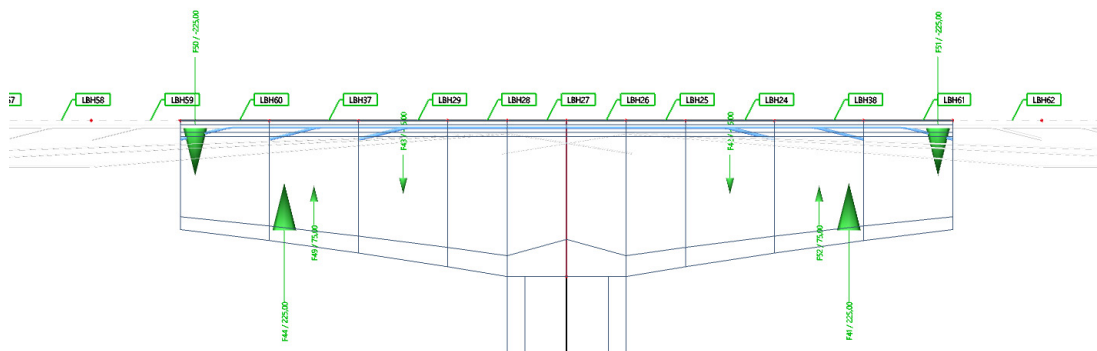
V následující fázi dochází k přemístění vozíku pro betonáž nové lamely. Na staré pozici jsou síly zadány tak aby odlehčily konstrukci, na nové pozici naopak zatěžují.



obr.31: 3.fáze betonáž – 88 dní



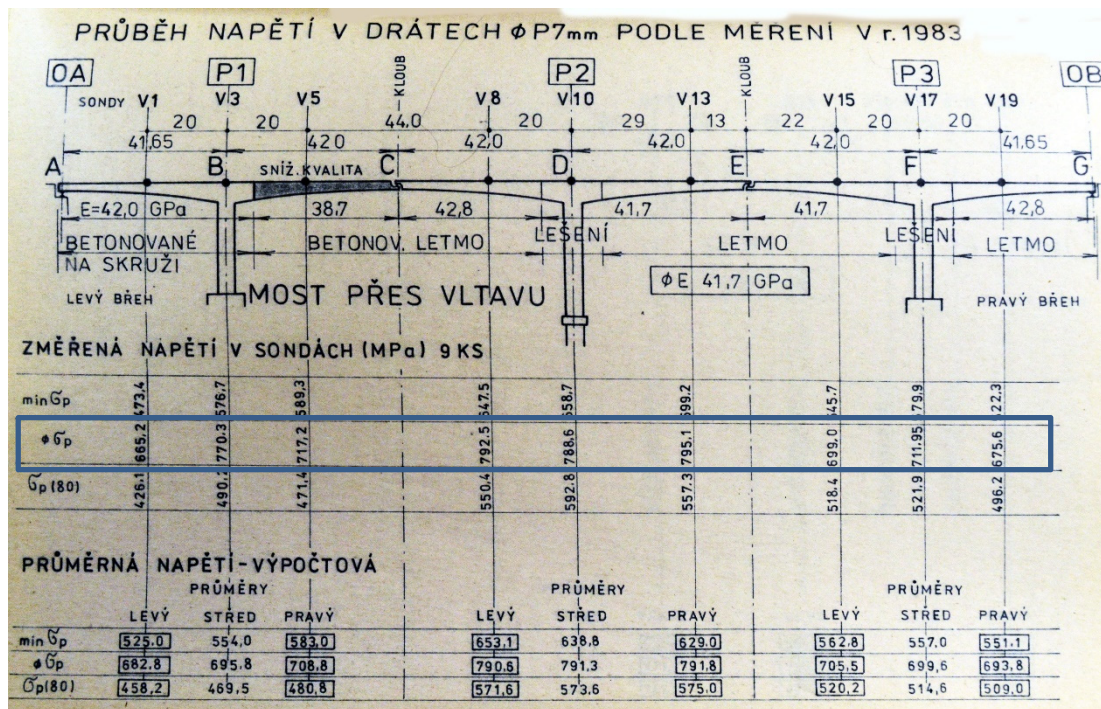
obr.32: 3.fáze předpínání – 92 dní



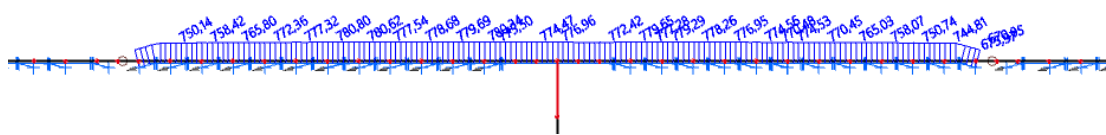
obr.33: 3.fáze přestavení bet. vozíku – 94 dní

## 6.2 Předpětí v kabelech – srovnání s realitou

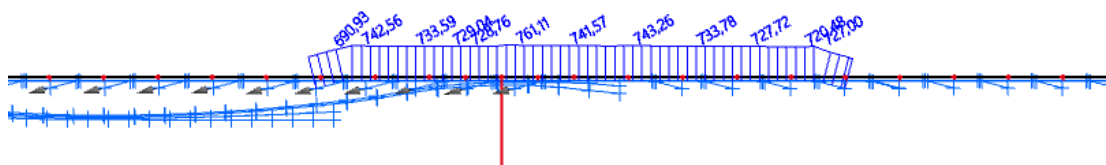
V roce 1983 byly prováděny sondy pro zjištění napětí v konzolových kabelech. Pro zajímavost byla vytvořena fáze výstavby pro okamžik v roce 1983 a srovnány hodnoty napětí v předpínací výztuži s naměřenými hodnotami in-situ. Na obrázku níže jsou hodnoty napětí  $\sigma_p$ ,



obr.34: Naměřené hodnoty napětí v konzolových kabelech



obr.35: Hodnoty napětí v kabelech z TDA – rok 1983(střední konzola)



obr.36: Napětí v kabelech z TDA – rok 1983 (krajní levobřežní konzola)

Jak je vidět z obrázků, hodnoty jsou srovnatelné. Kdybychom chtěli hodnoty ještě více přiblížit realitě, mohli bychom dále upravovat relaxační křivku předpínací výztuže, krátkodobé ztráty jako pokluz v kotvě, tření v kabelových kanálcích atd.

## 7 Vnitřní síly na konstrukci

### 7.1 Výpočet vnitřních sil

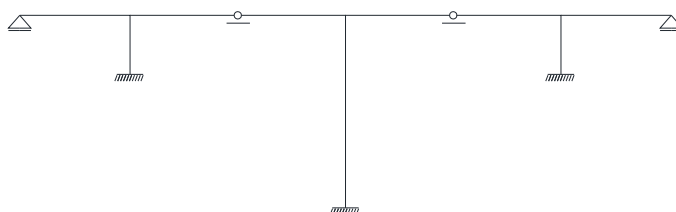
Vnitřní síly byly zjišťovány na prutovém modelu druhu Rám XYZ a na prutovém modelu druhu Rám XZ. Na obou modelech byly zohledněny tři fáze statického působení konstrukce a to:

1. Samostatná vahadla těsně po letmé betonáži.
2. Konstrukce s klouby uprostřed polí a vetknutými pilíři – od 1963
3. Zmonolitněná konstrukce s klouby v pilířích a volnými kabely – od 1996

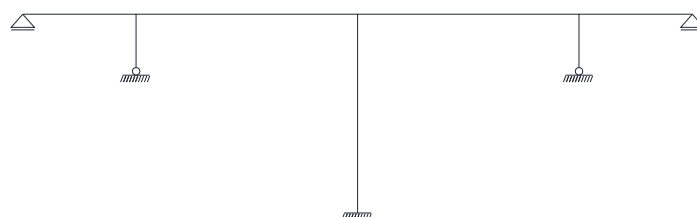
Jednotlivé vnitřní síly jsou rozděleny následovně.

- Rám XYZ – ostatní stálé zatížení, vítr, teplota, poklesy podpor, pohyblivé zatížení
- Rám XZ pro TDA – vlastní tíha konstrukce, předpínací kabely, staveništní zatížení

Konstrukce je po délce rozdělena řezy po 1m délky. V těchto řezech jsou zjišťovány vnitřní síly.



obr.37: Schéma konstrukce s klouby v polích vzniklé k roku 1963

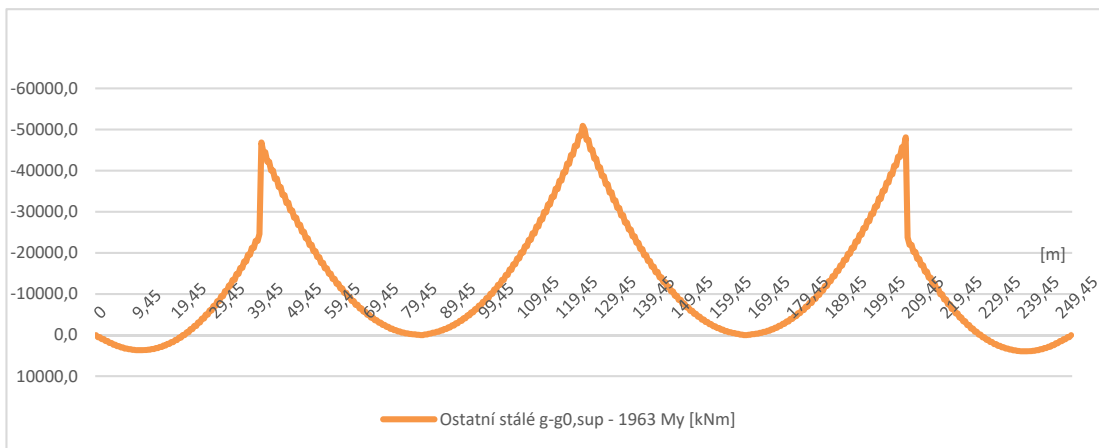
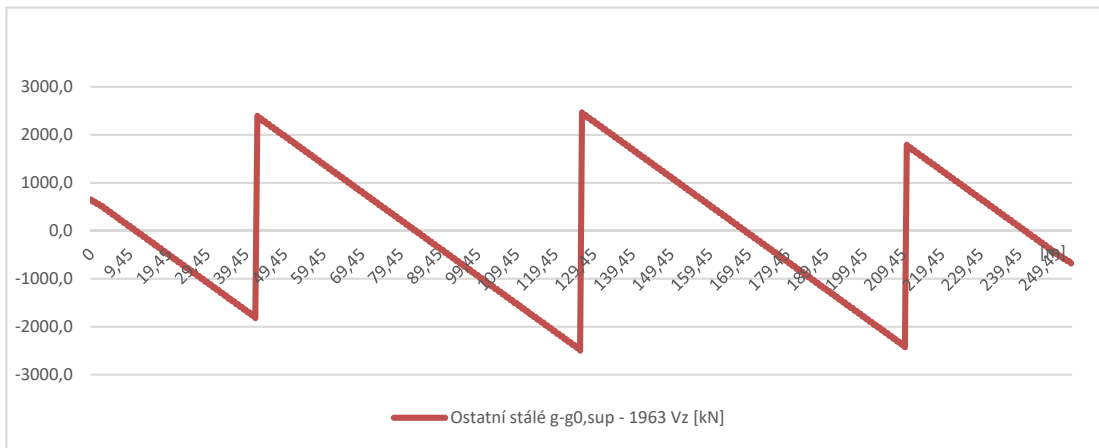
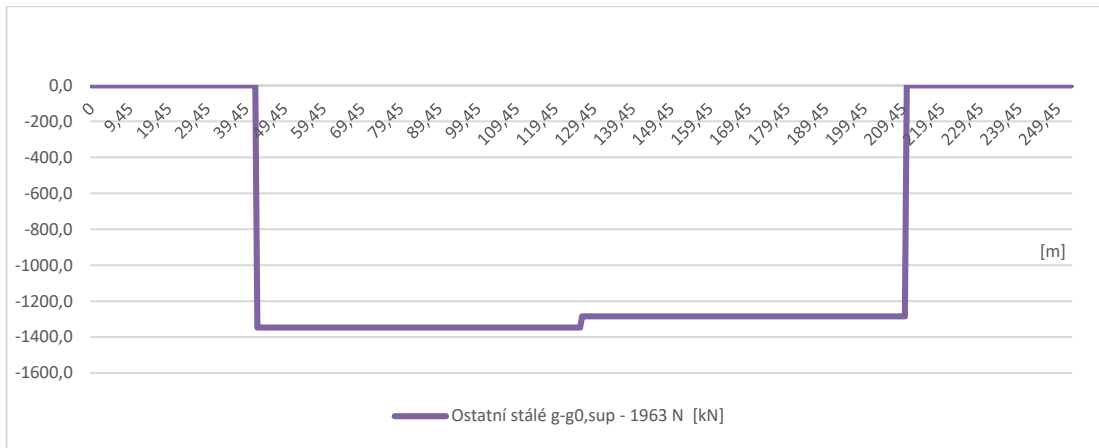


obr.38: Schéma zmonolitněné kce s klouby v pilířích – rok 1996

## **7.2 Vnitřní síly**

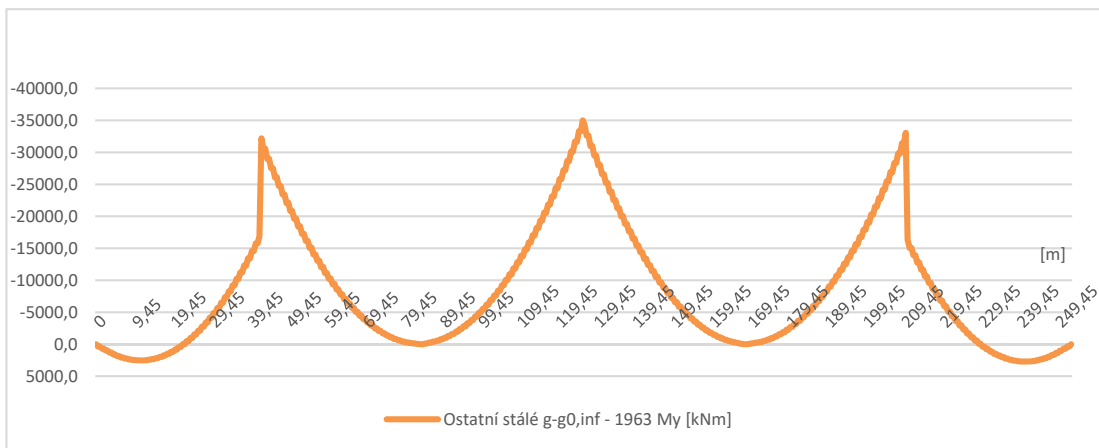
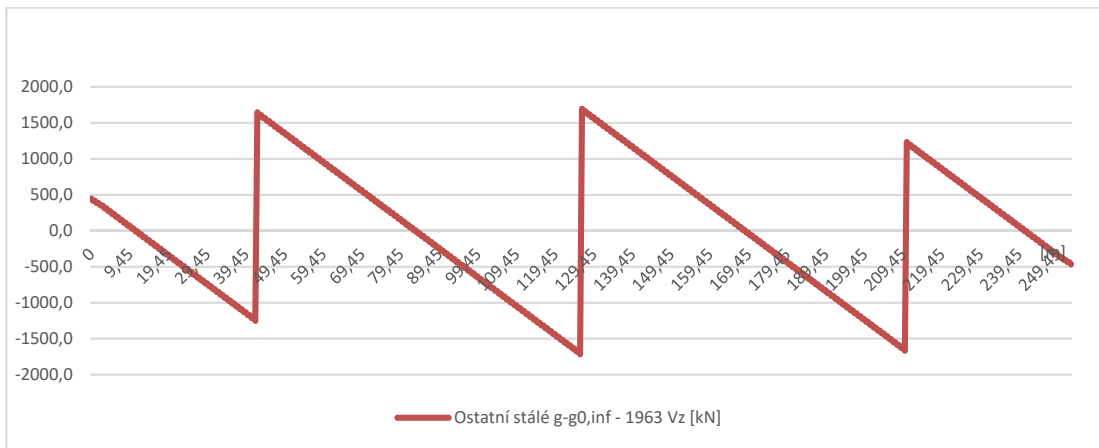
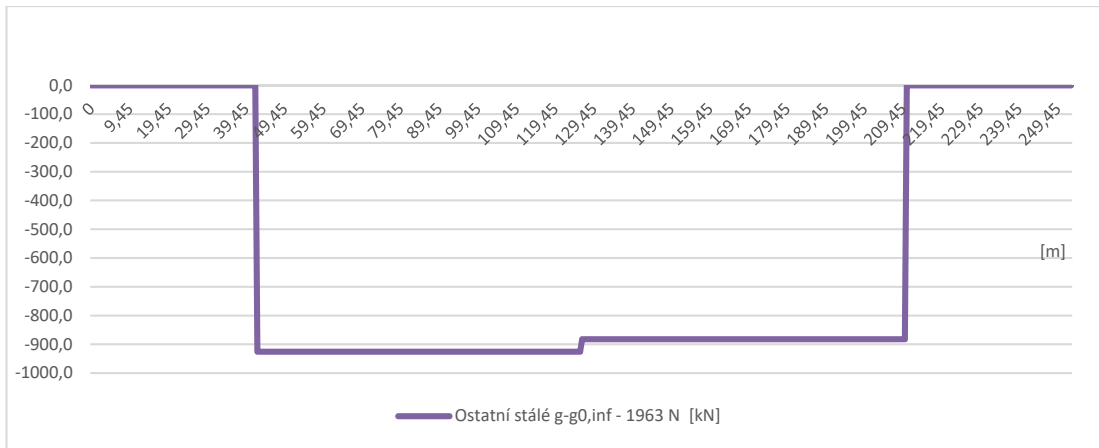
### **7.2.1 Vnitřní síly - původní konstrukce s klouby uprostřed polí**

Konstrukce byla navržena s nutnými konzolovými kabely, dále pak se zvedanými stěnovými kabely, které byly pouze v krajních polích. Svislé kabely v lamelách v tomto výpočtu zanedbáváme, nemají na podélný průběh vnitřních sil velký význam, sloužily pro zvýšení únosnosti ve smyku a k provázání s betonářskou výztuží v kabelových žlabech – sítě se před vybetonováním přivařily ke kotvám svislých předpínacích kabelů.

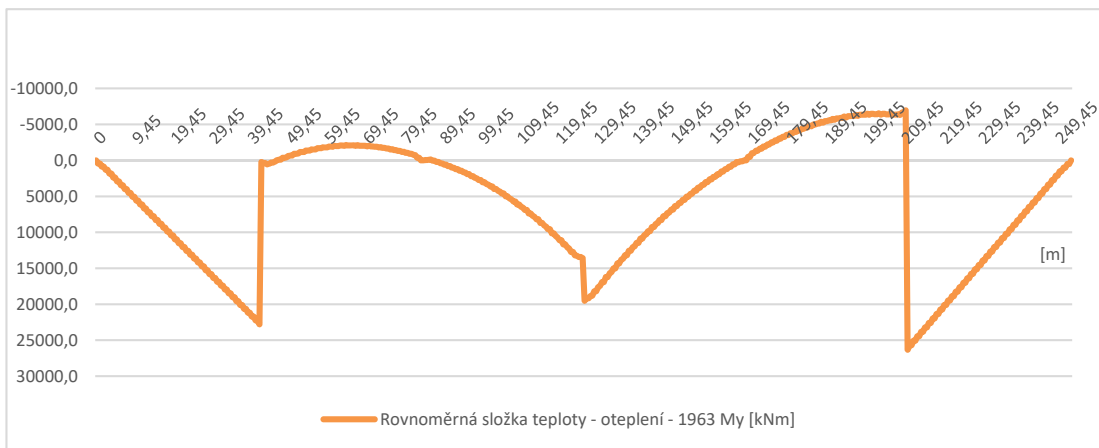
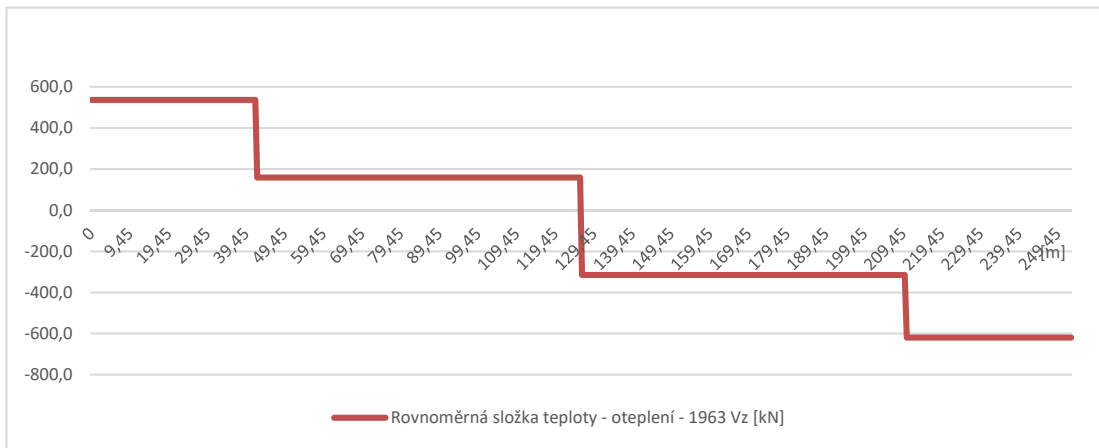
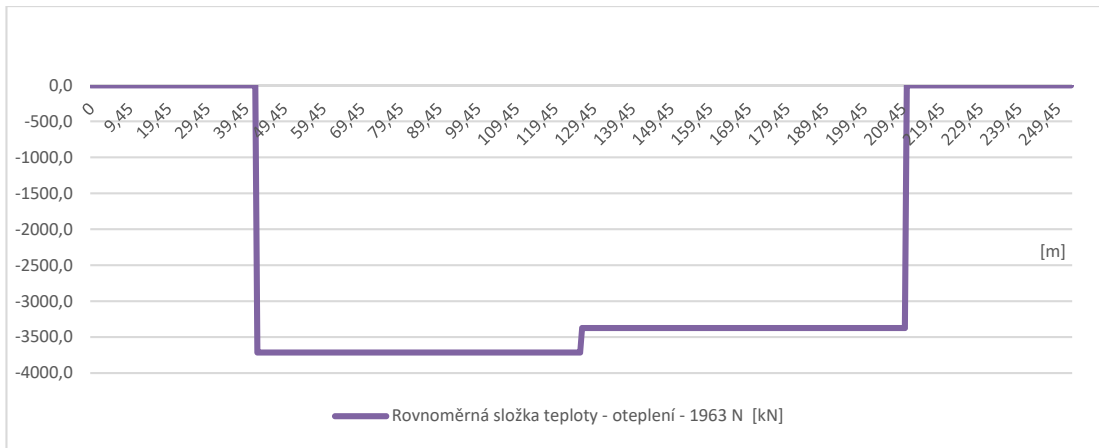


obr.39: Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení (g-g<sub>0</sub>)<sub>k, sup</sub>

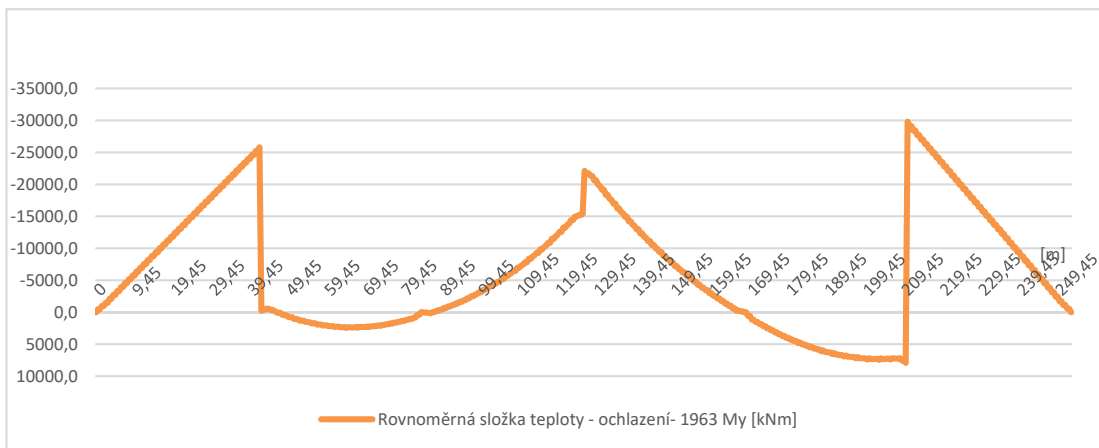
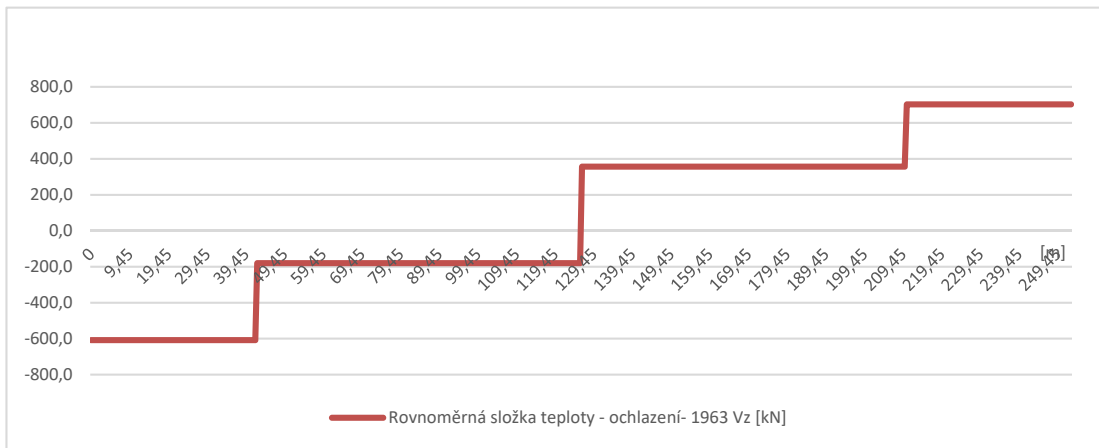
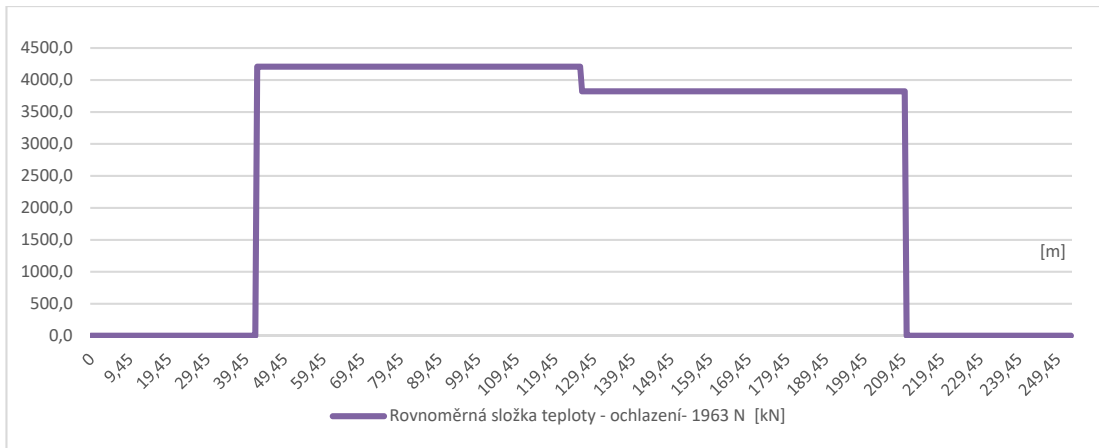




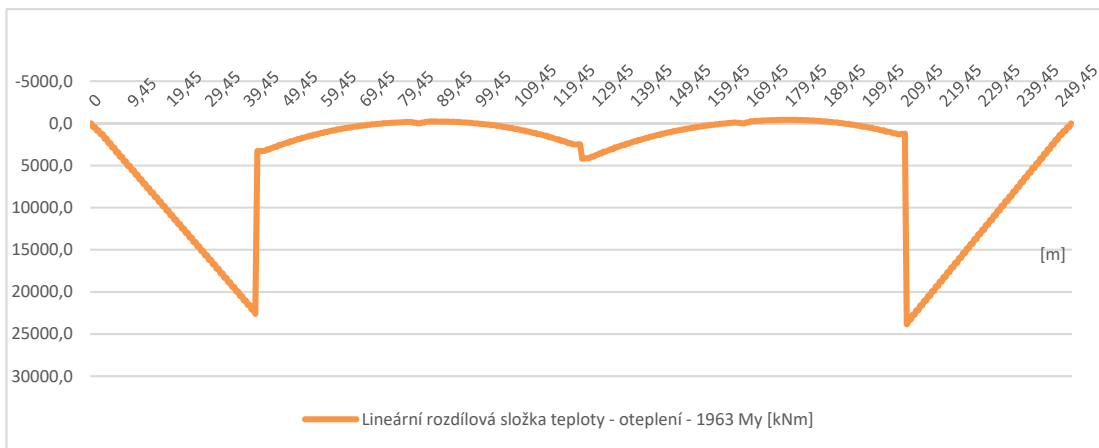
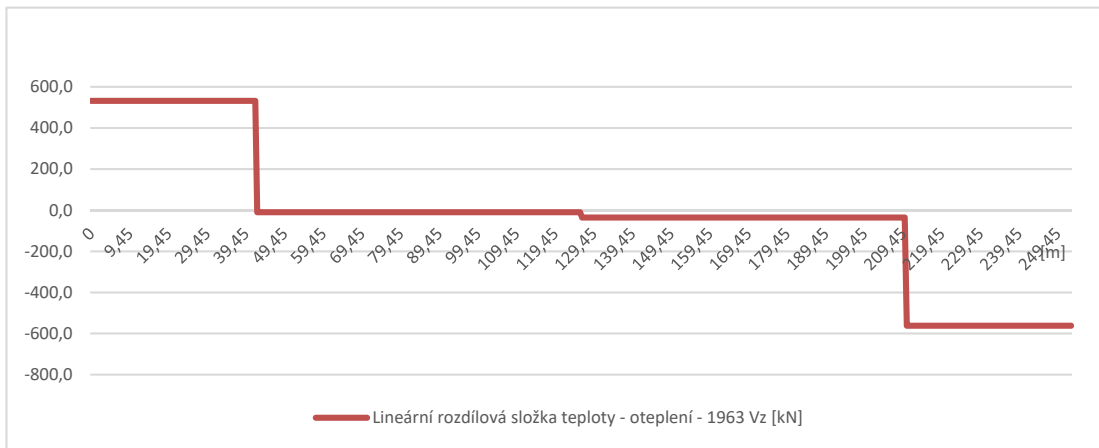
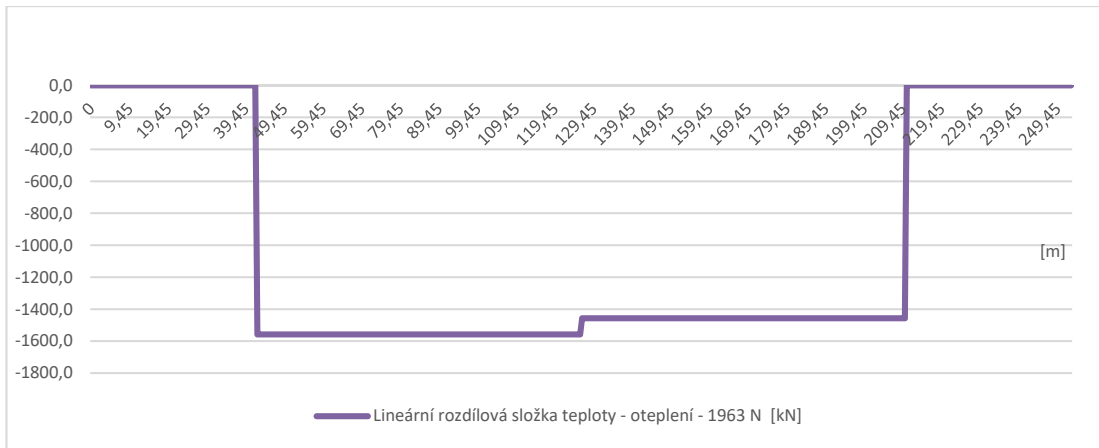
obr.40: Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení (g-g<sub>0</sub>)k, inf



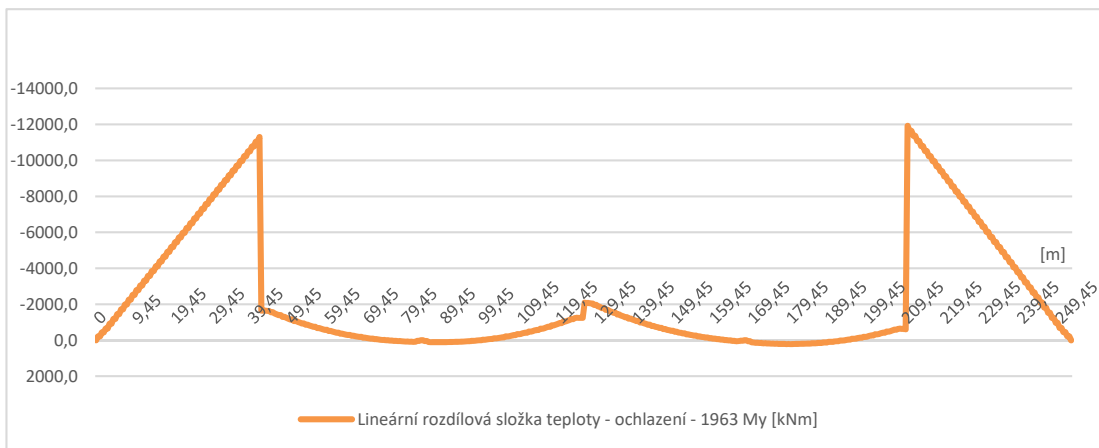
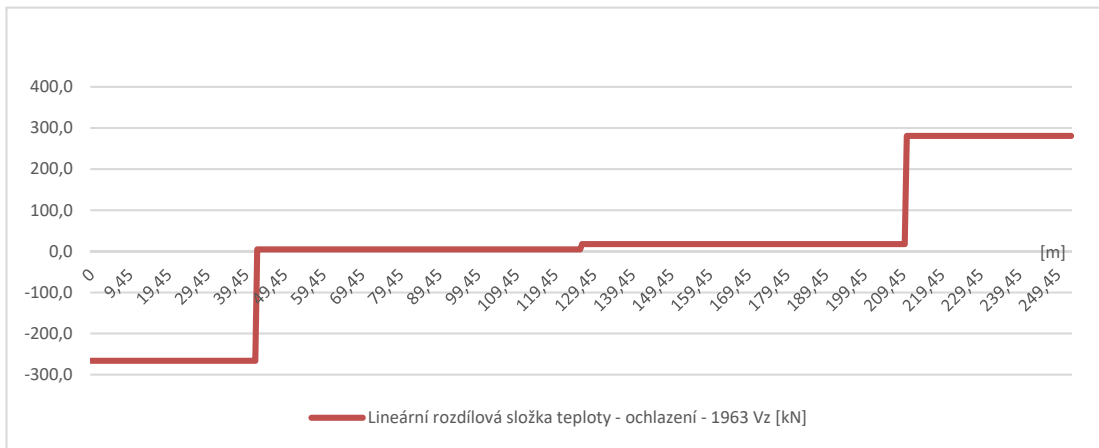
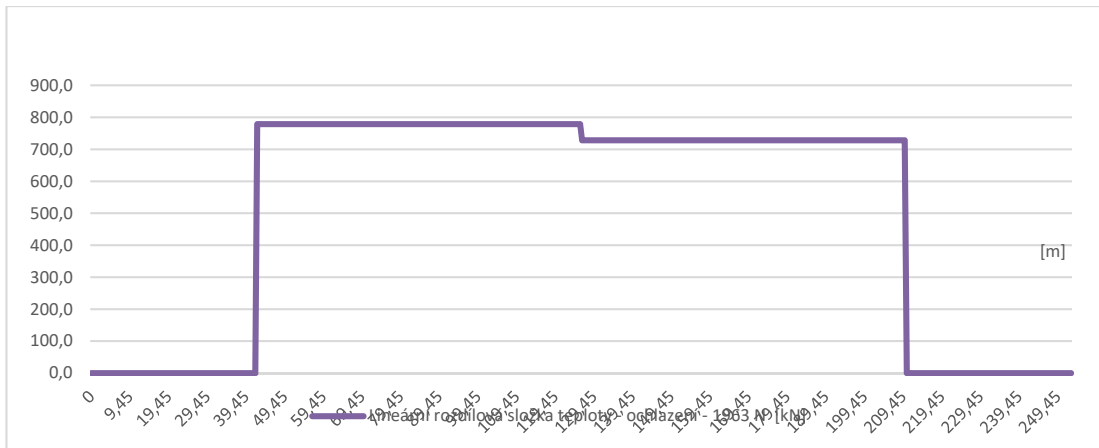
obr.41: Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - oteplení



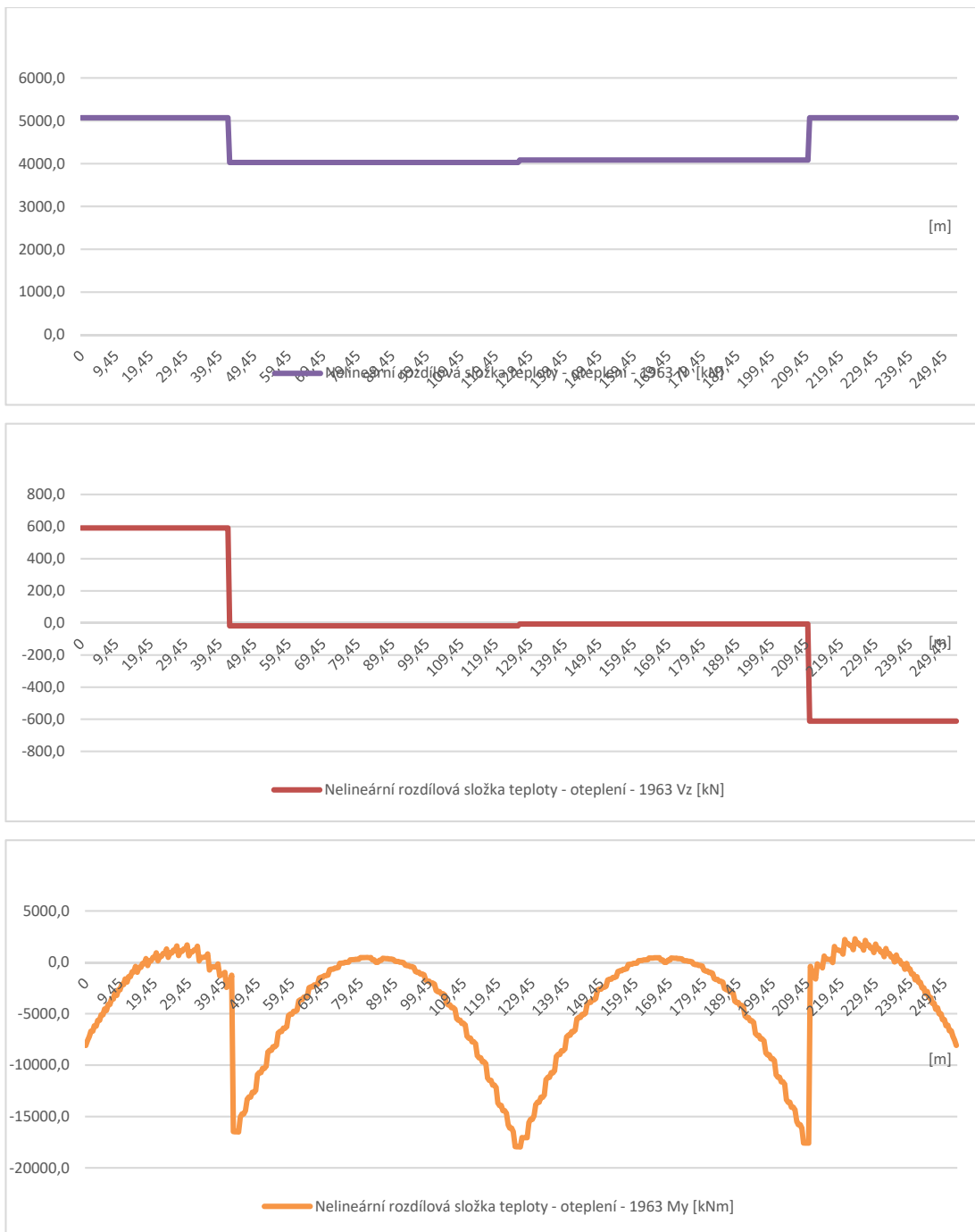
obr.42: Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - ochlazení



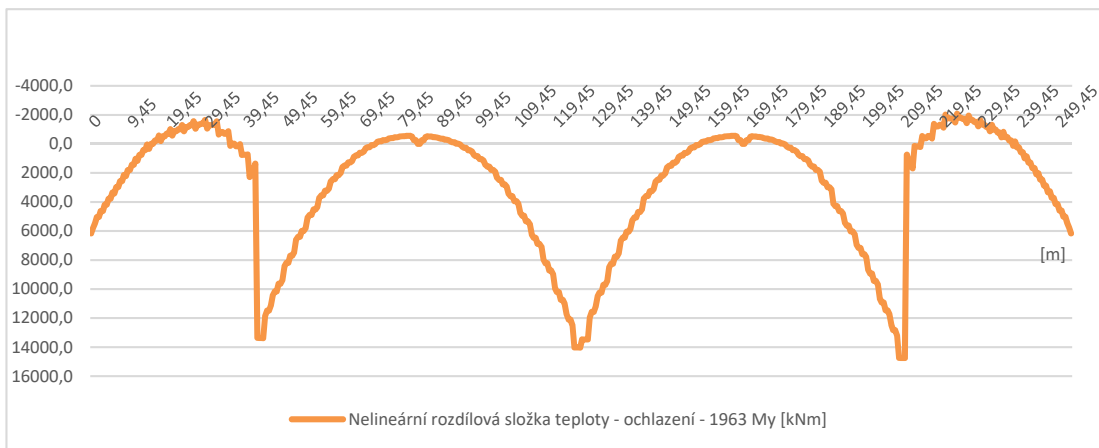
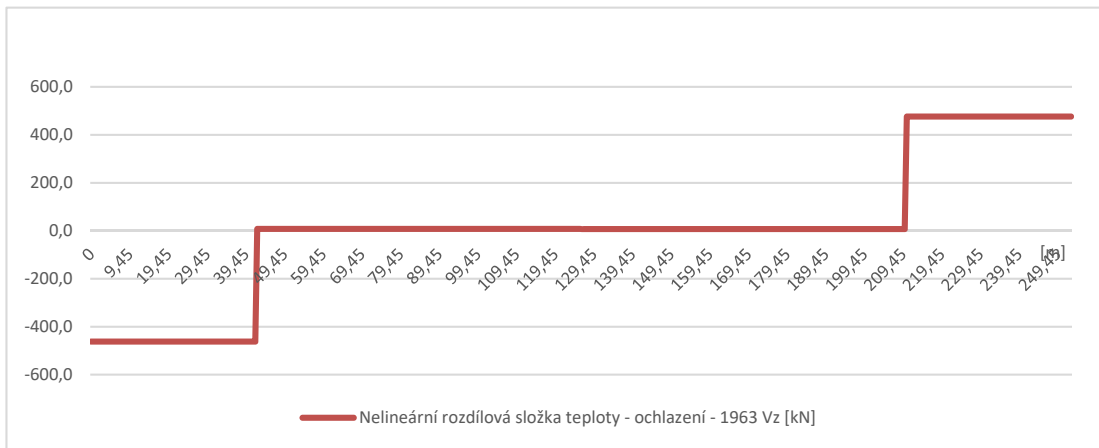
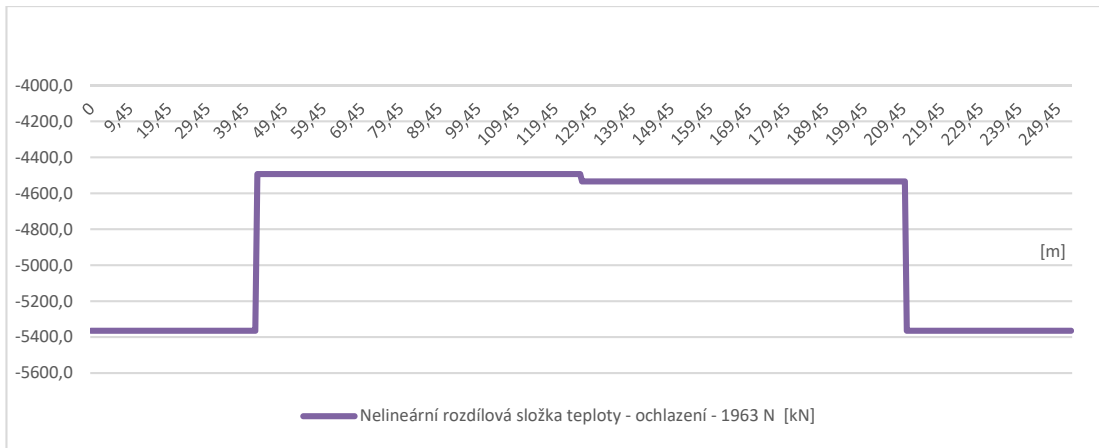
obr.43: Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - oteplení



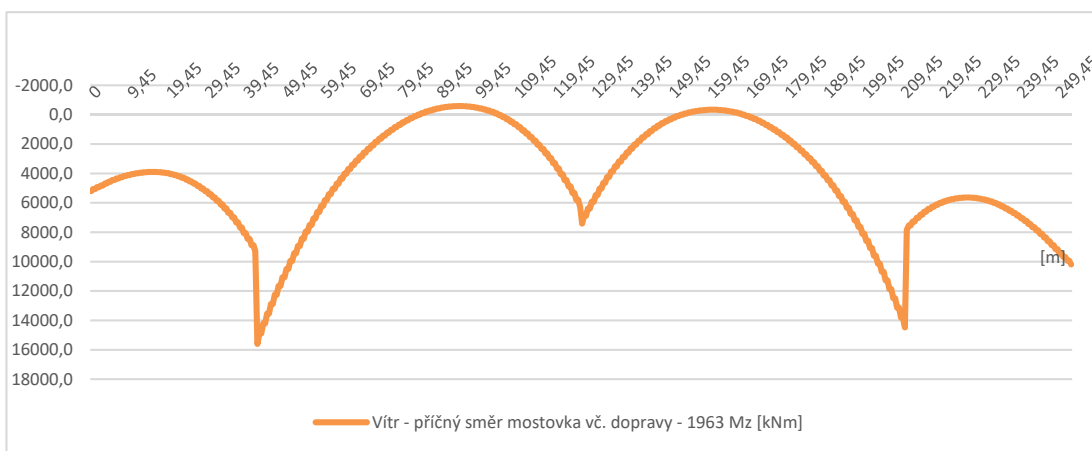
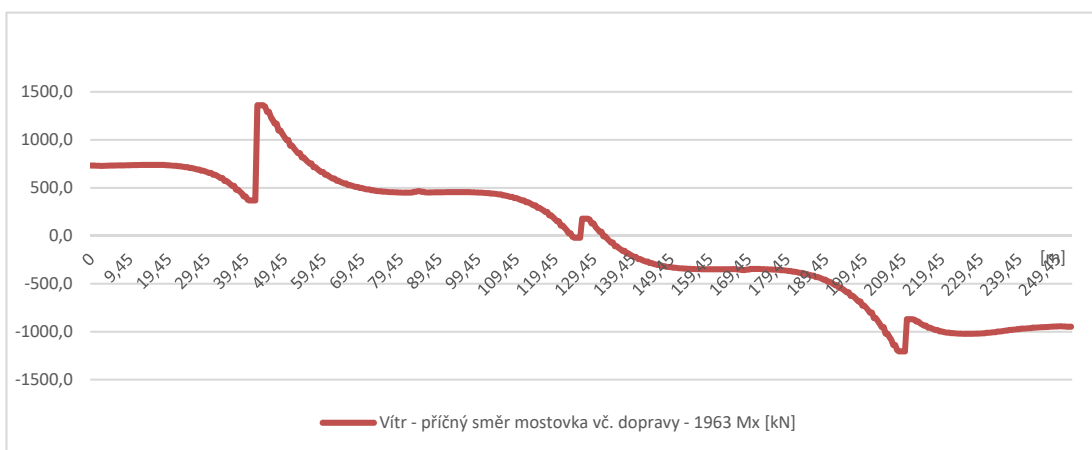
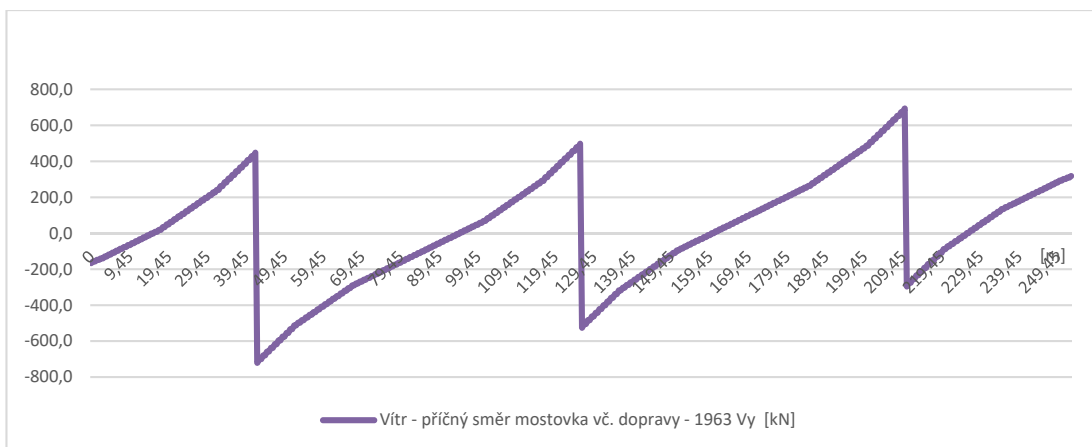
obr.44: Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - ochlazení



obr.45: Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty - oteplení

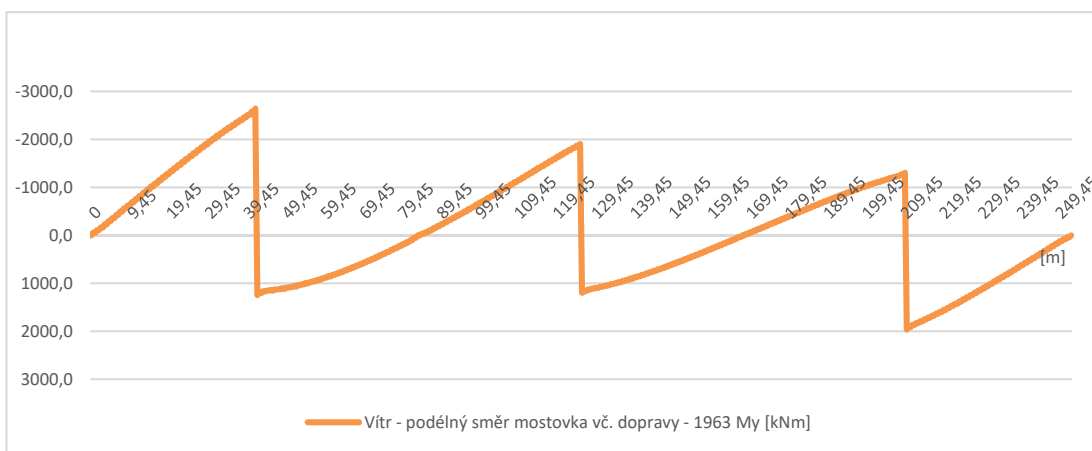
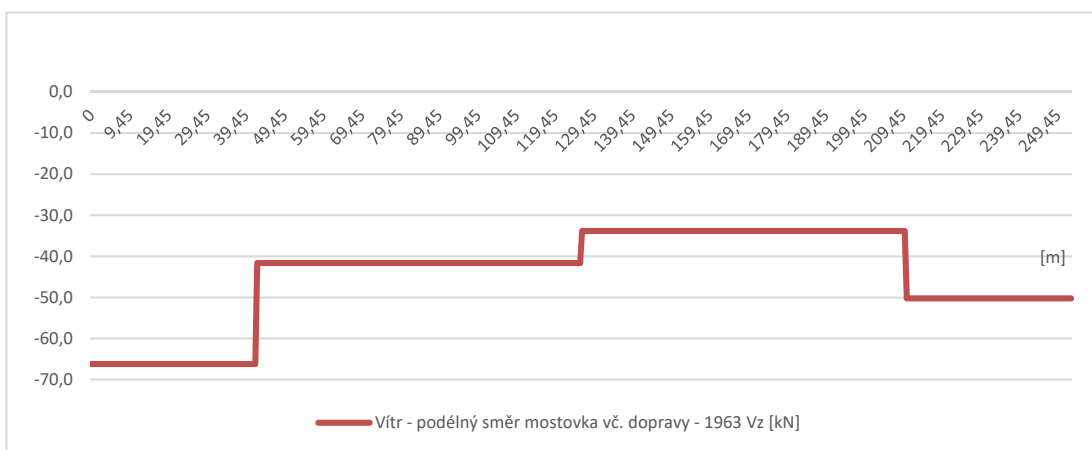
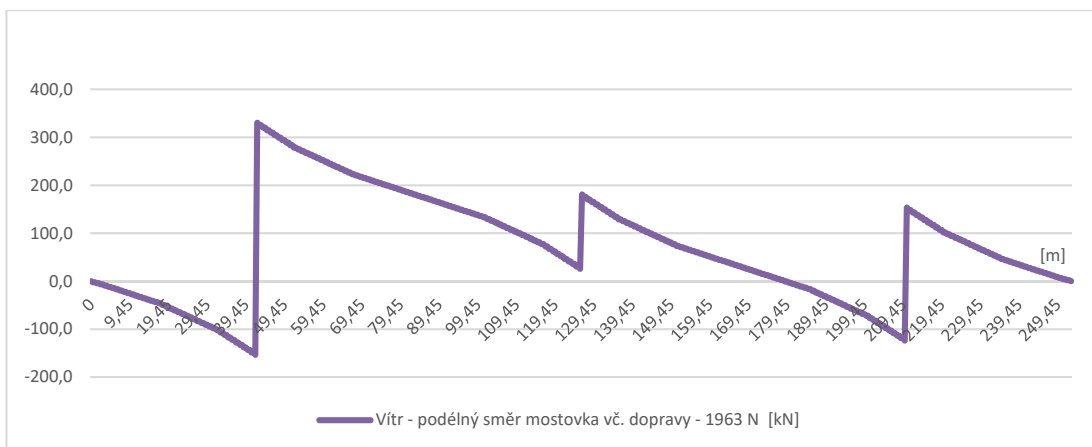


obr.46: Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty – ochlazení

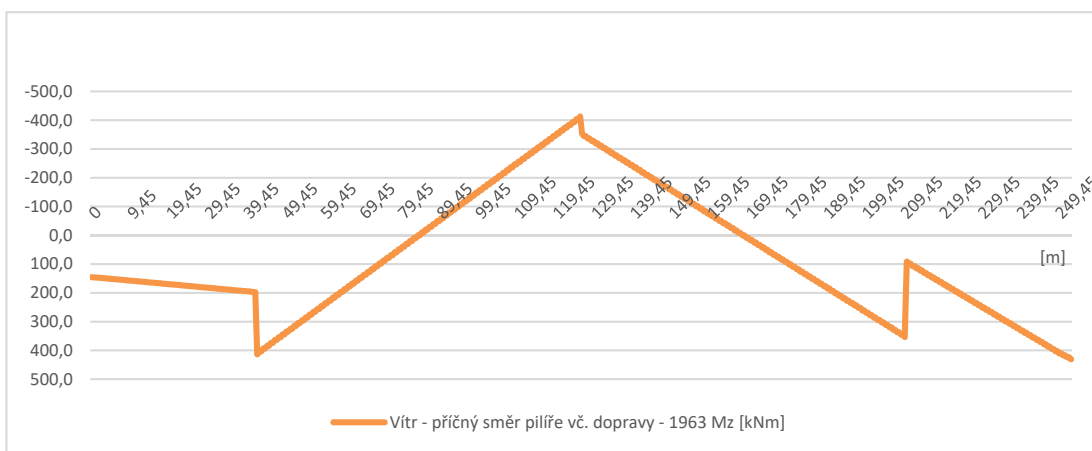
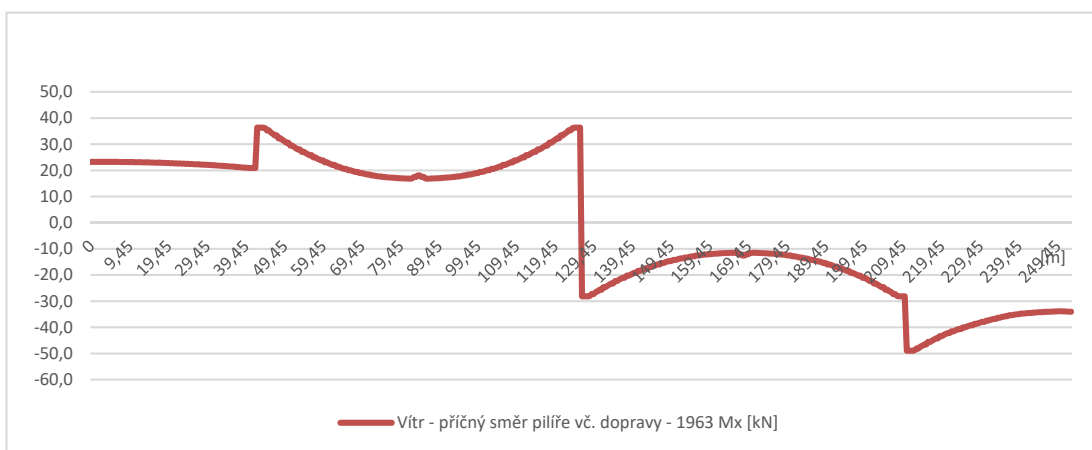
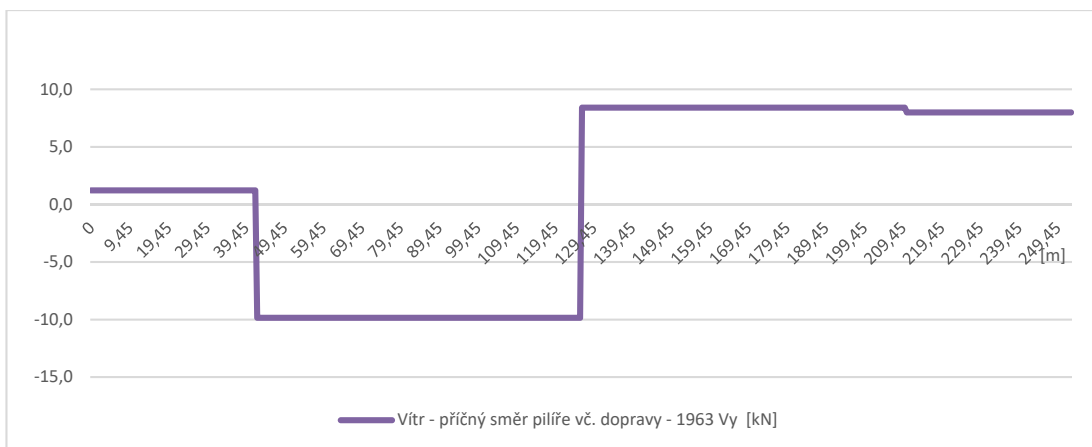


obr.47: Vnitřní síly od větru v příčném směru mostovka

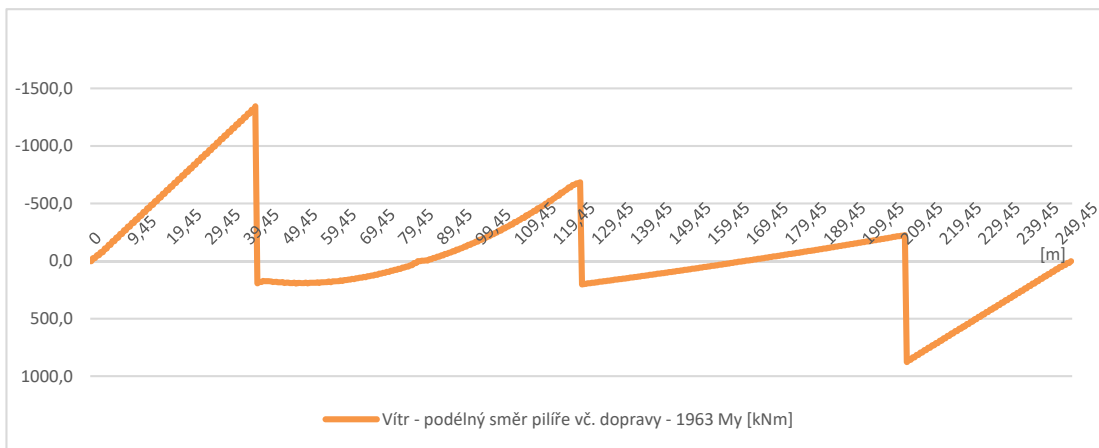
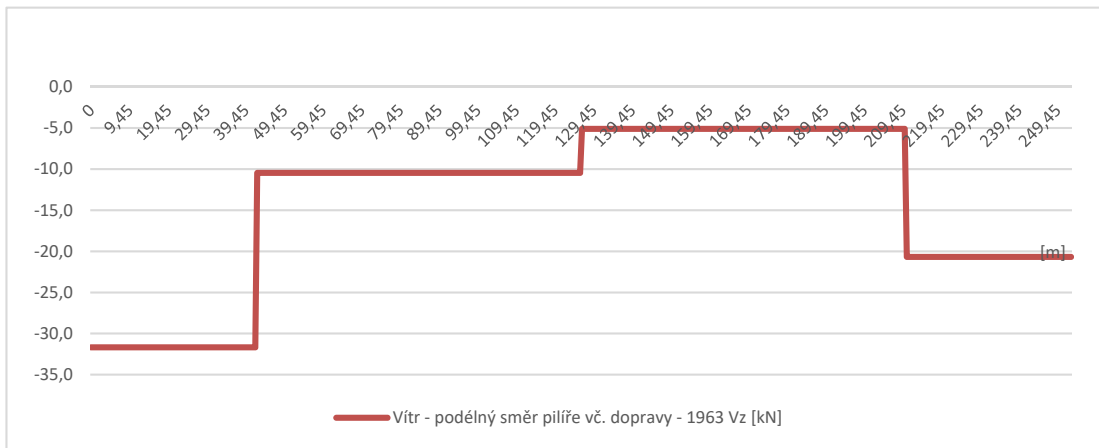
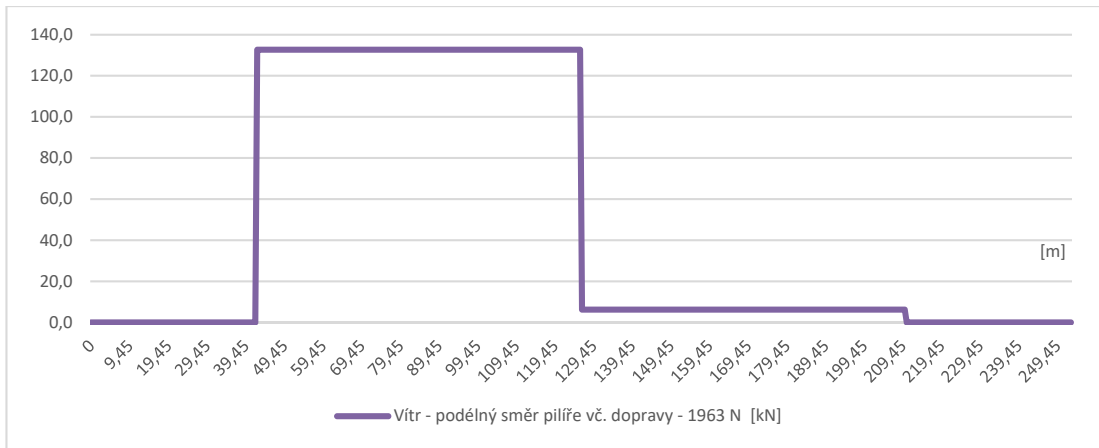




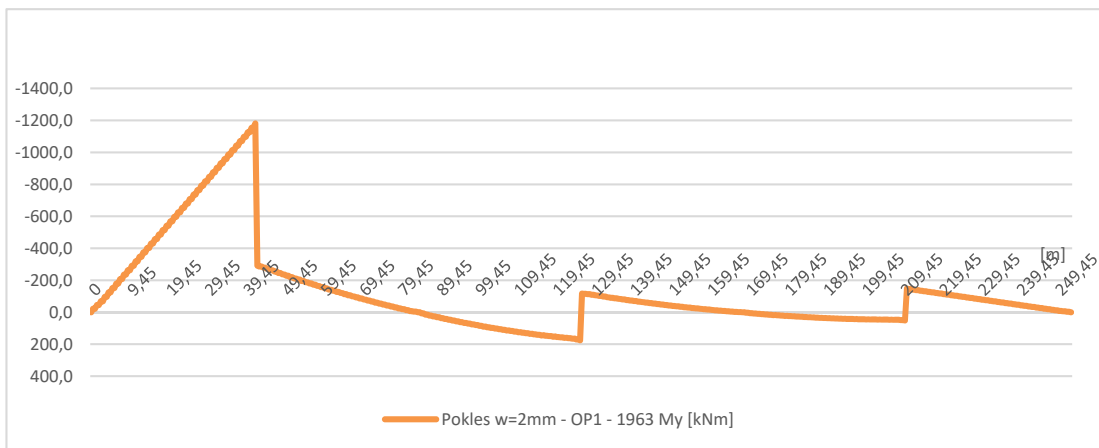
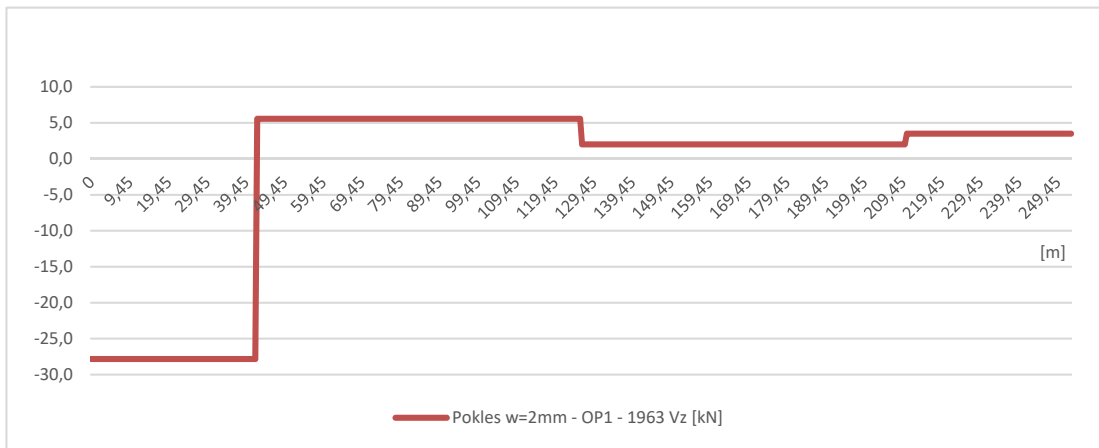
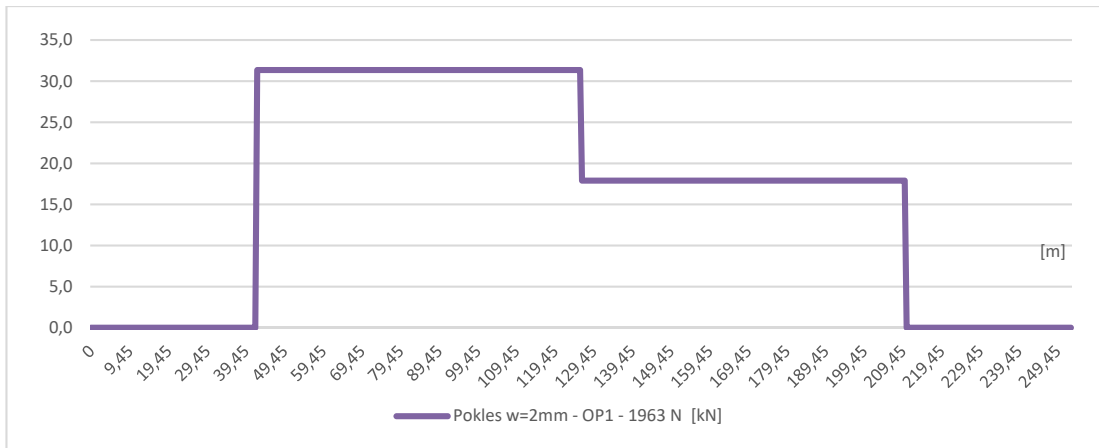
obr.48: Vnitřní síly od větru v podélném směru mostovka



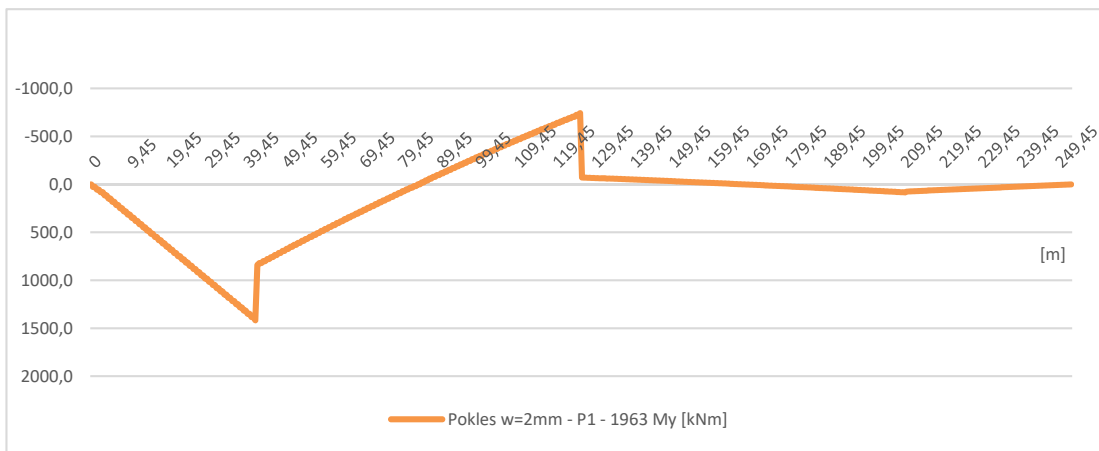
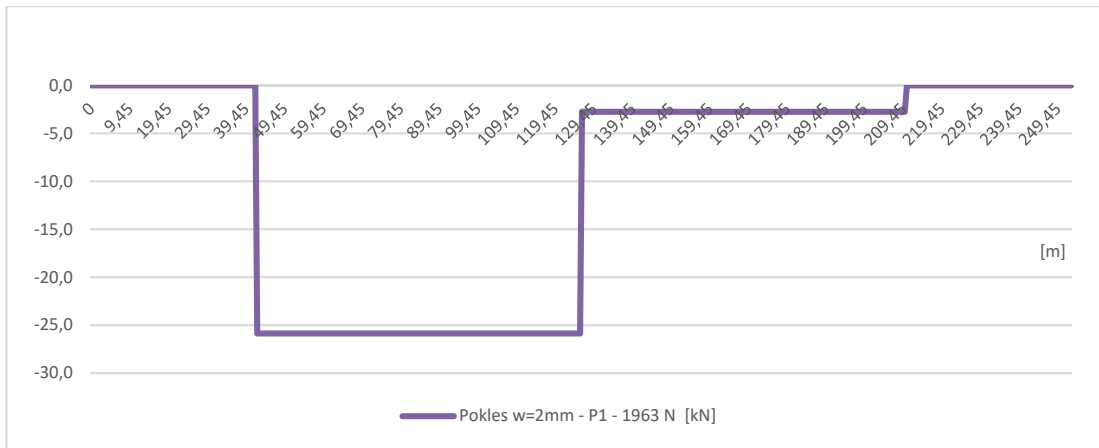
obr.49: Vnitřní síly od větru v příčném směru pilíře



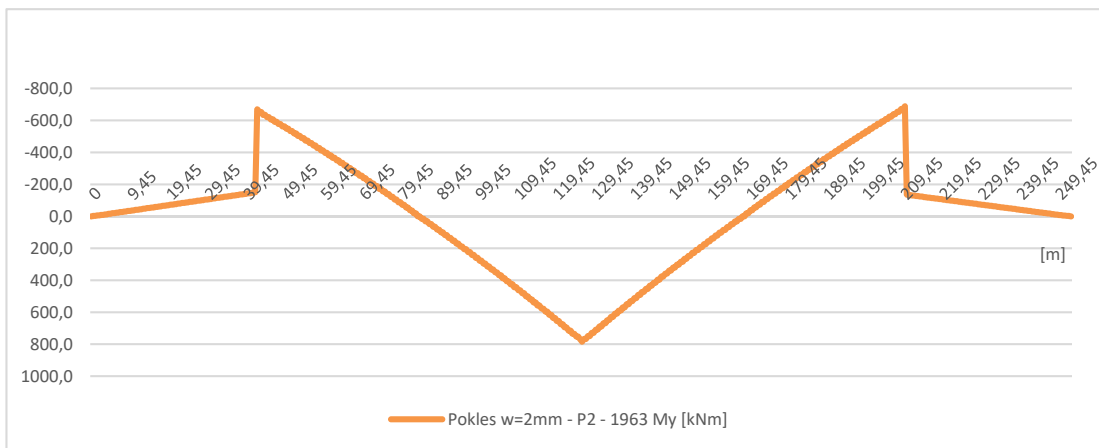
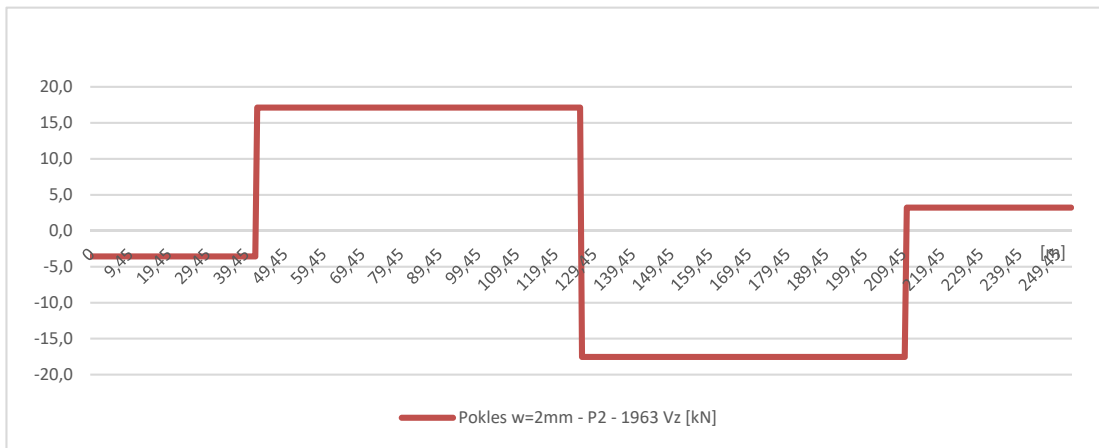
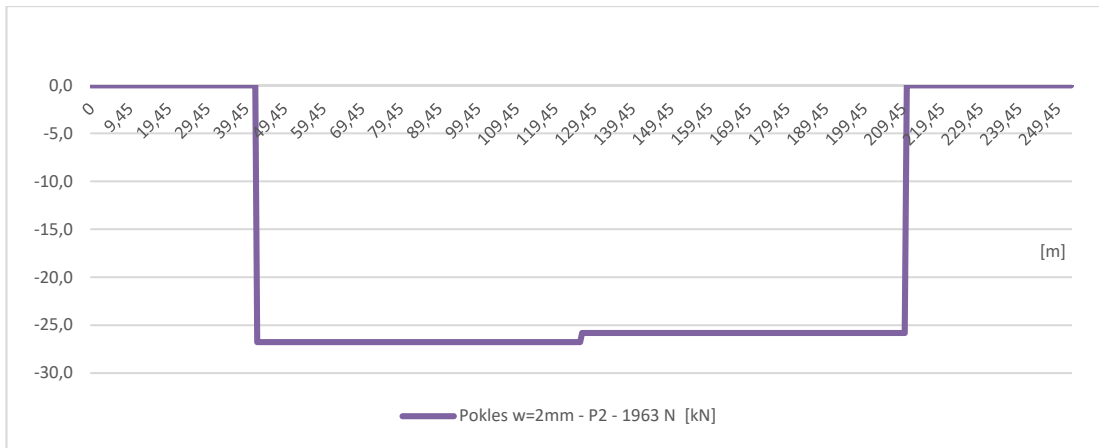
obr.50: Vnitřní síly od větru v podélném směru pilíře



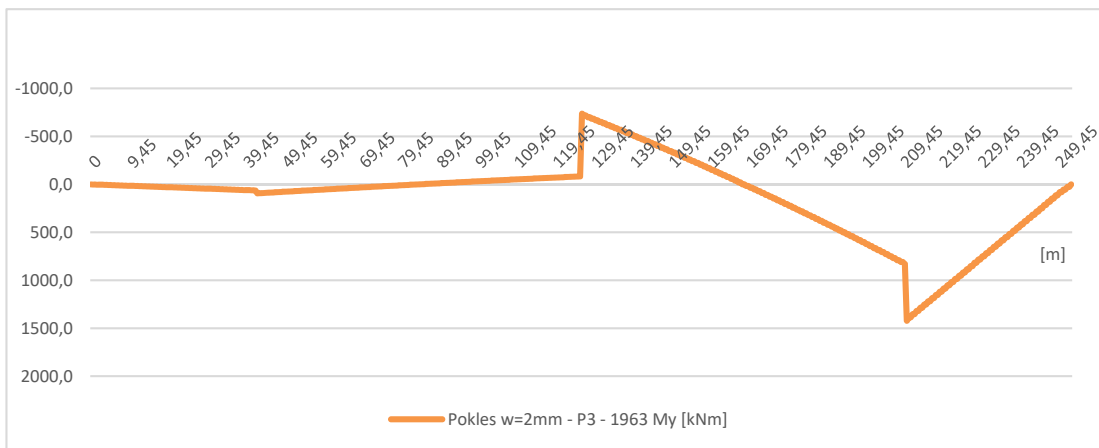
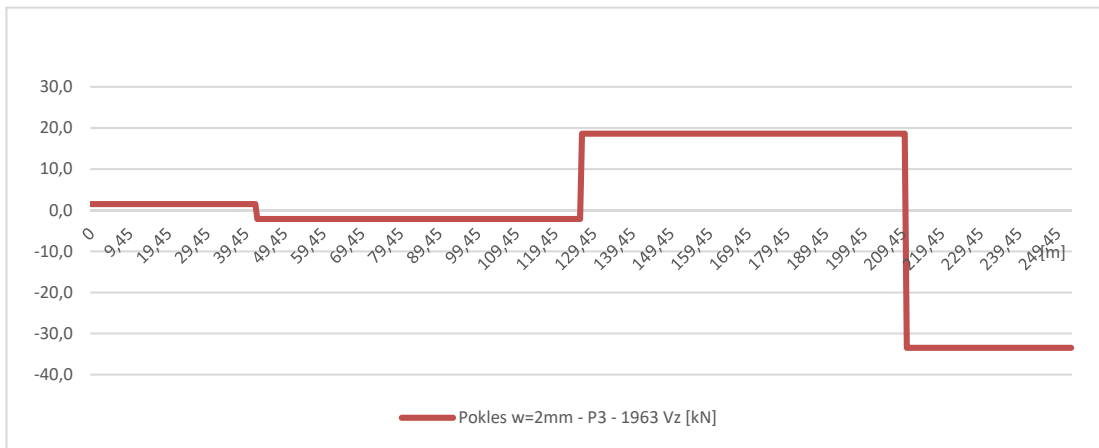
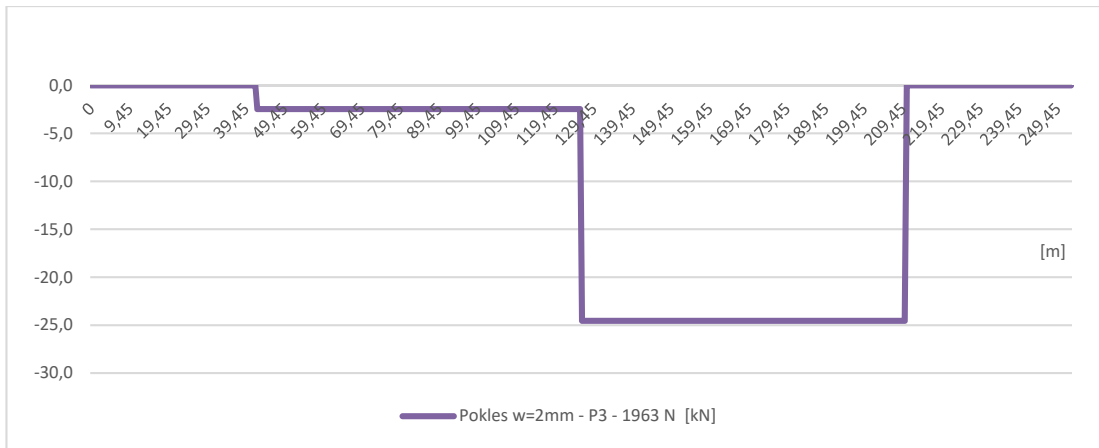
obr.51: Vnitřní síly od poklesu OP1



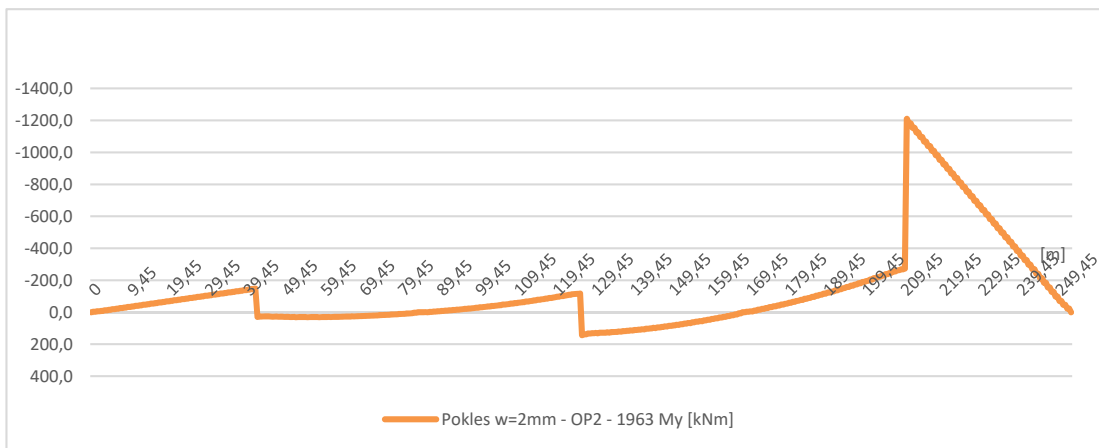
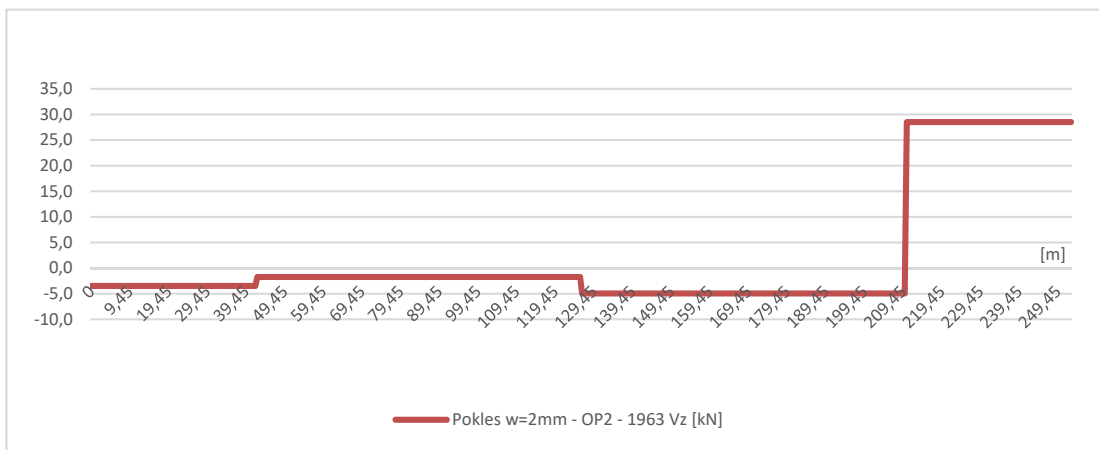
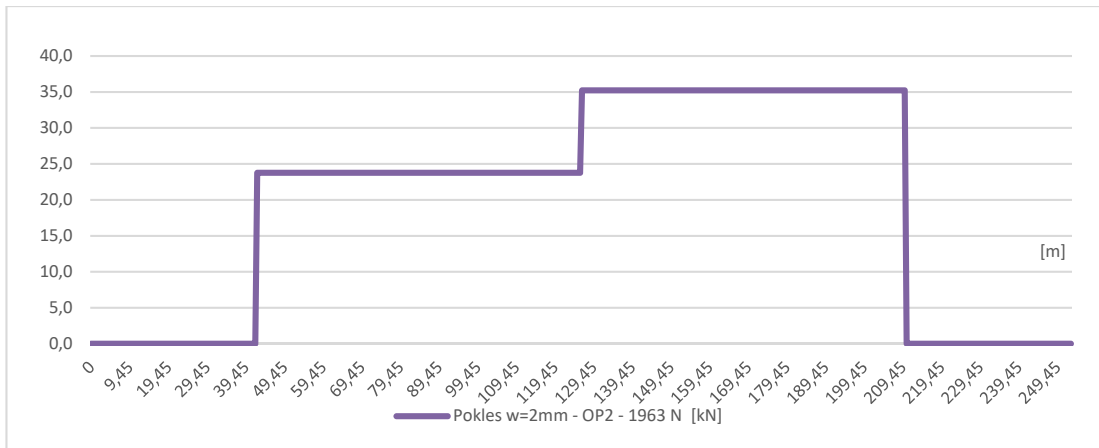
obr.52: Vnitřní síly od poklesu P1



obr.53: Vnitřní síly od poklesu P2

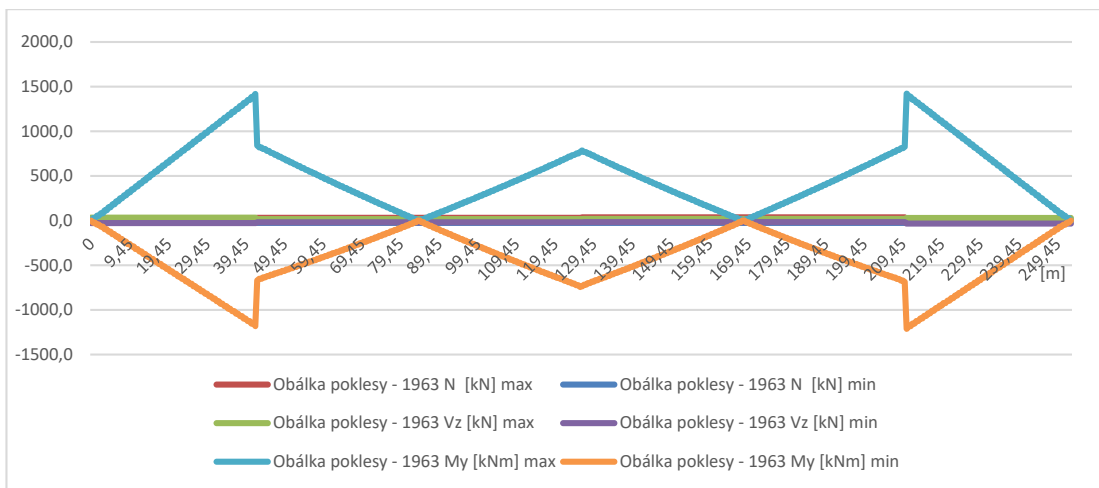
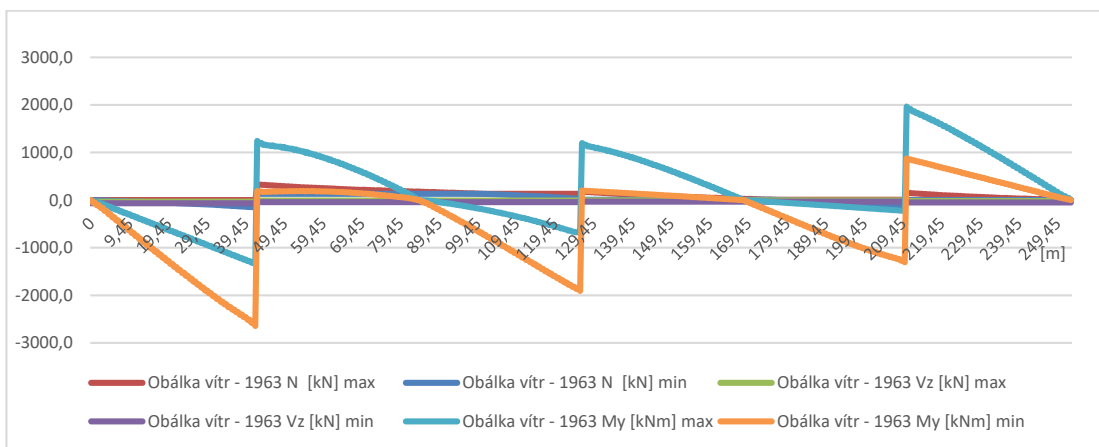
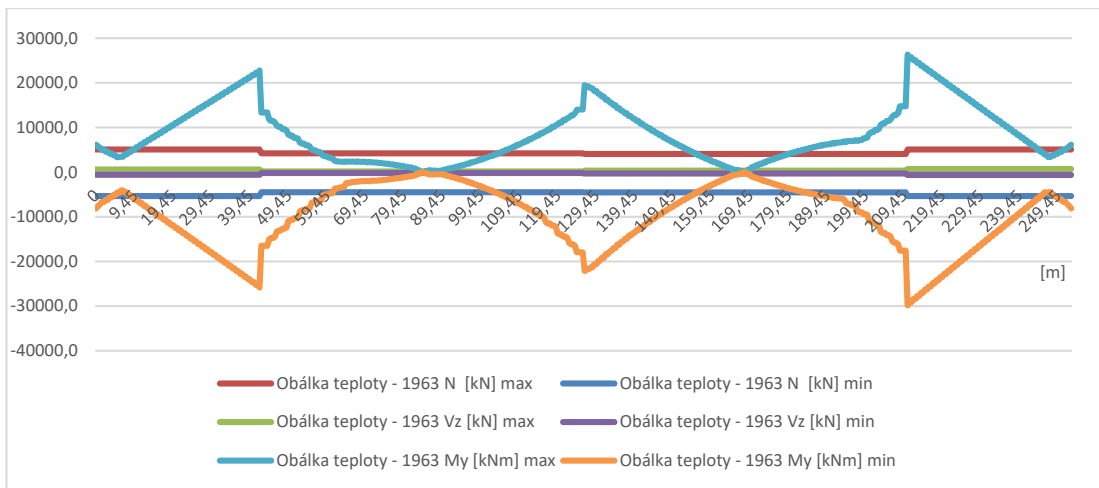


obr.54: Vnitřní síly od poklesu P3

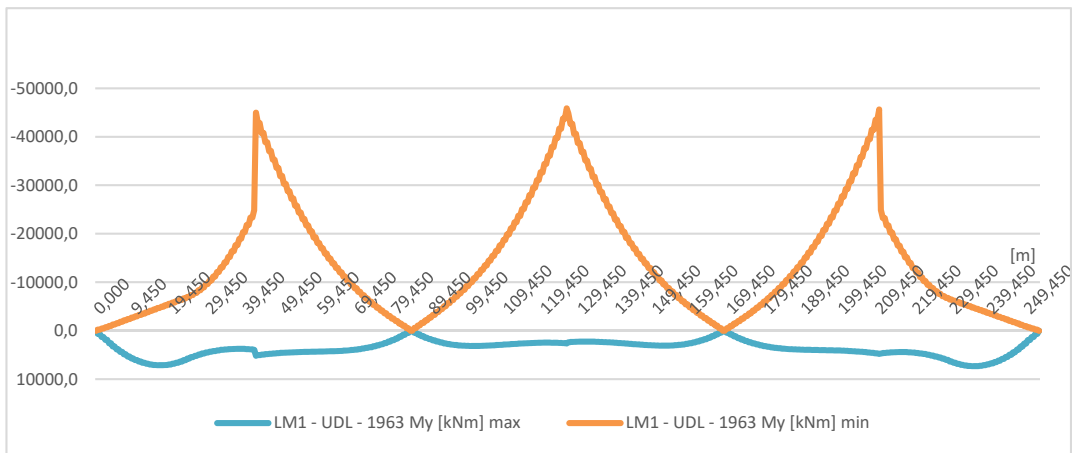
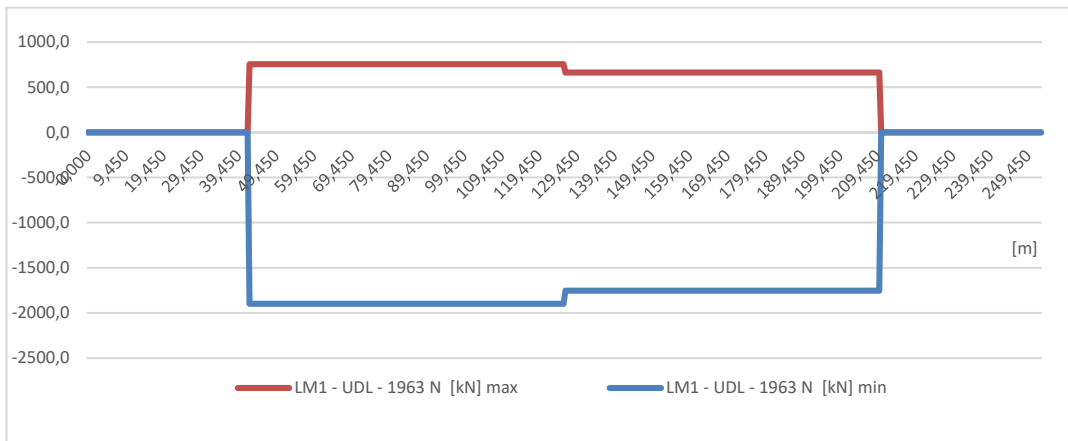


obr.55: Vnitřní síly od poklesu OP2

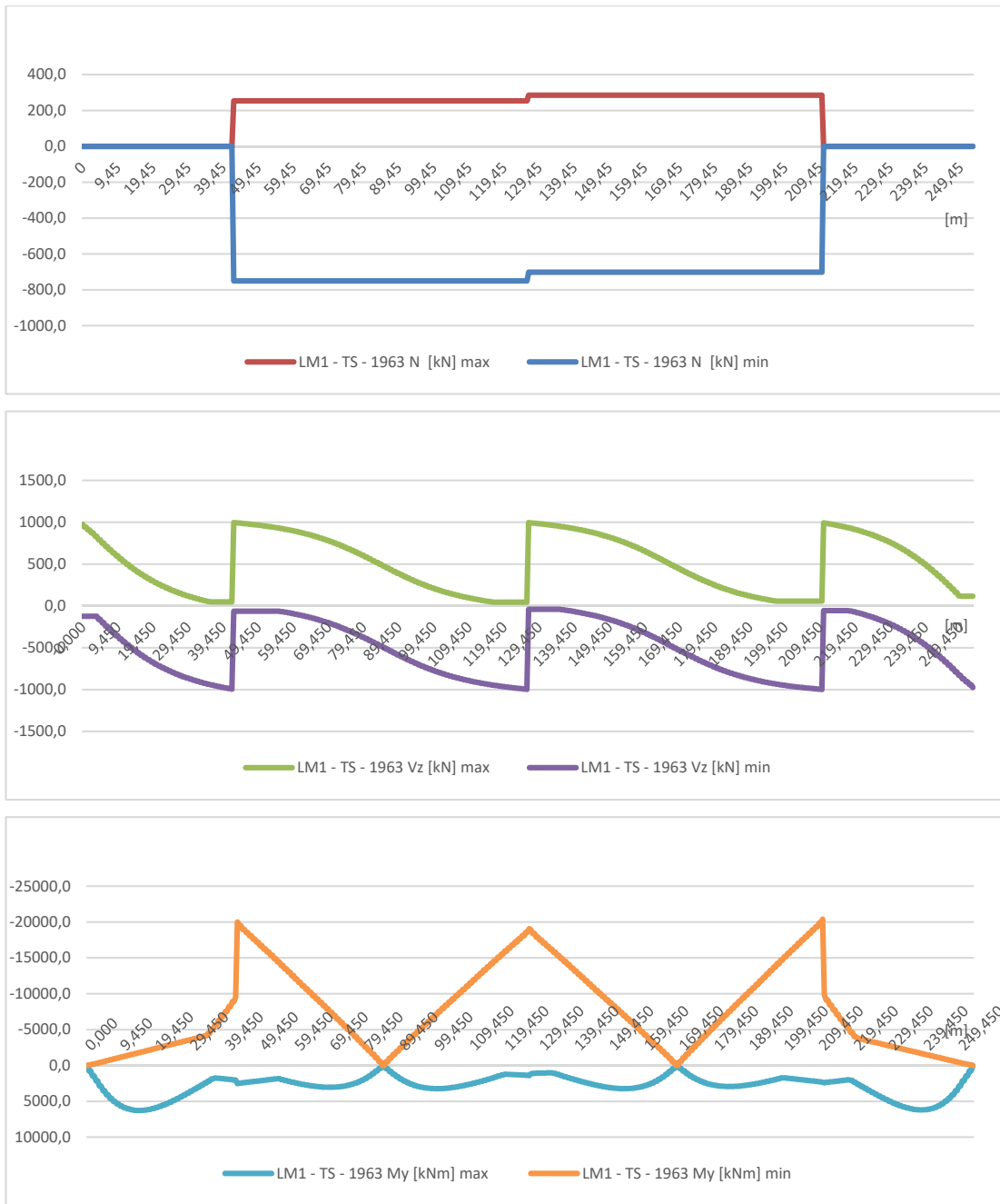




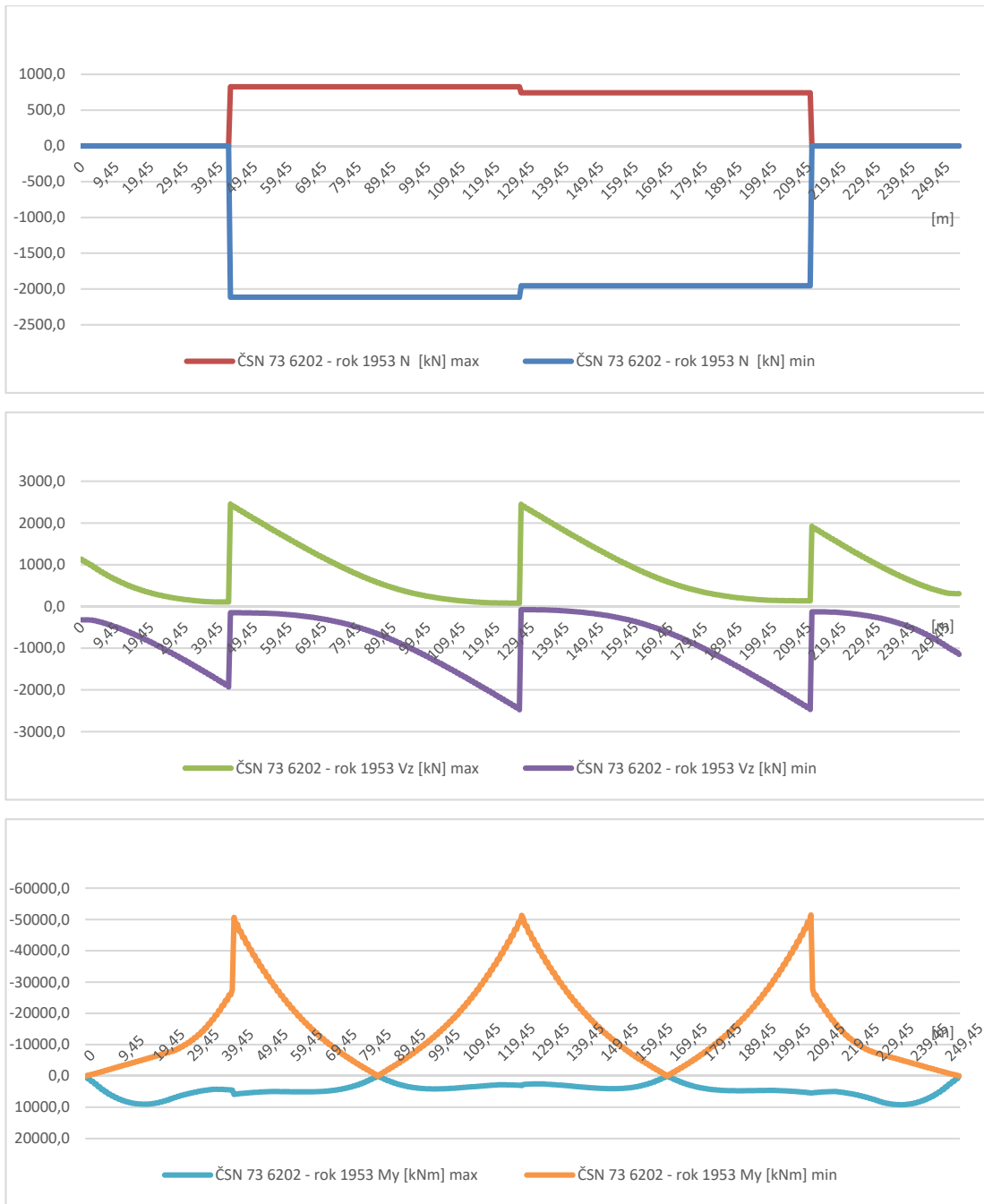
obr.56: Obálky vnitřních sil – rok 1963



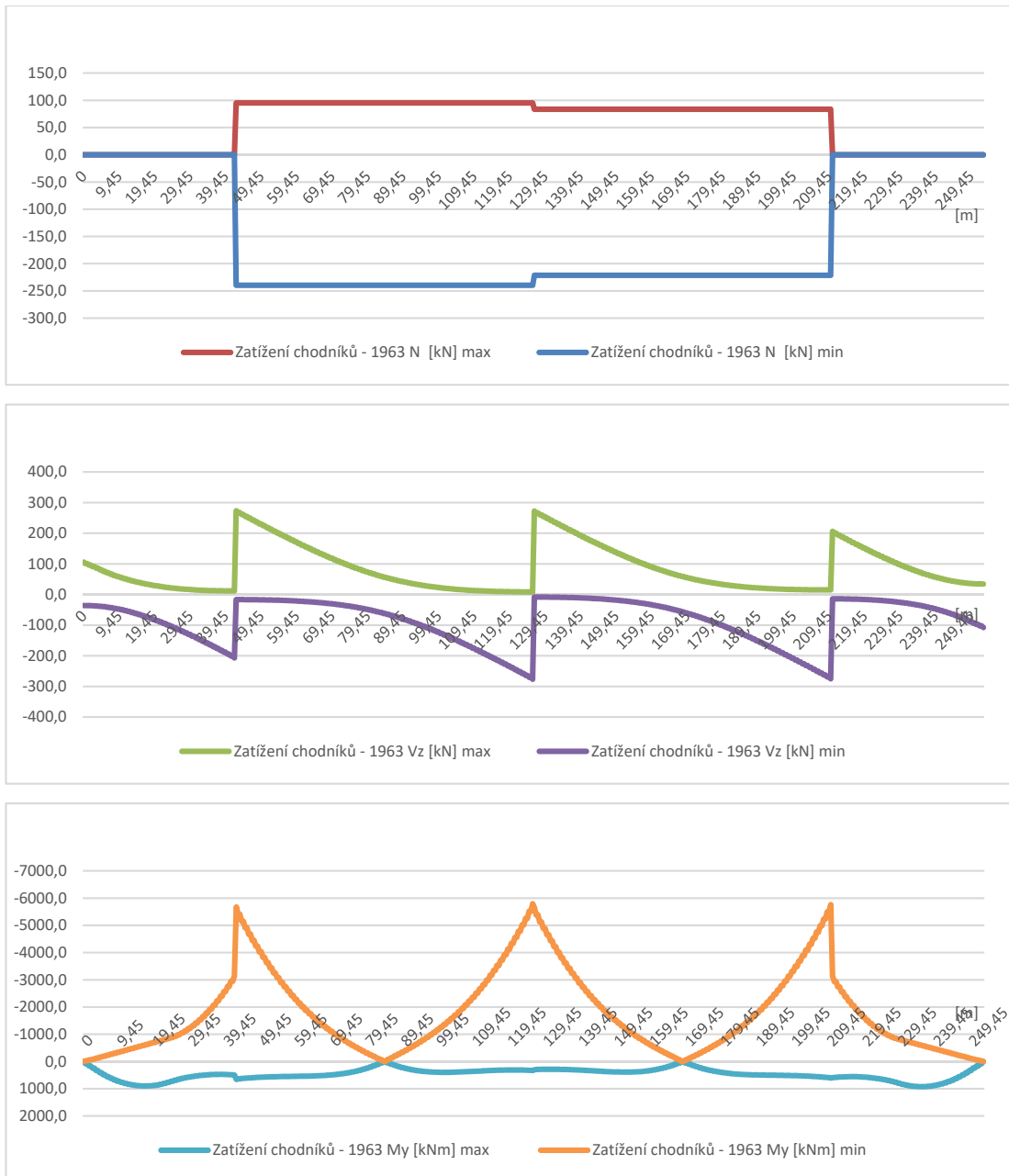
obr.57: Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - UDL



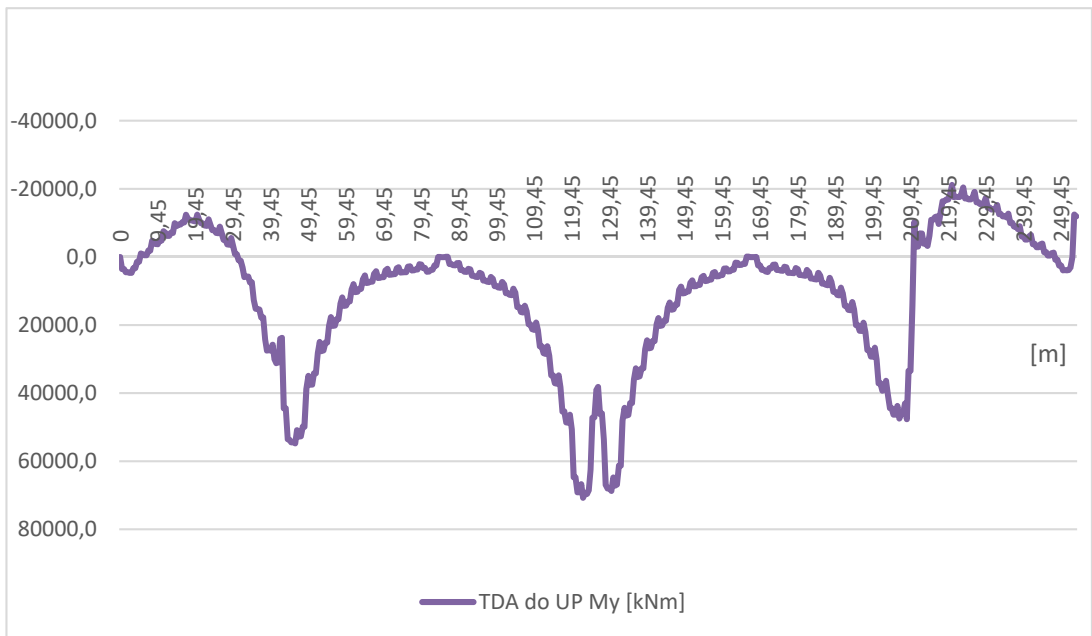
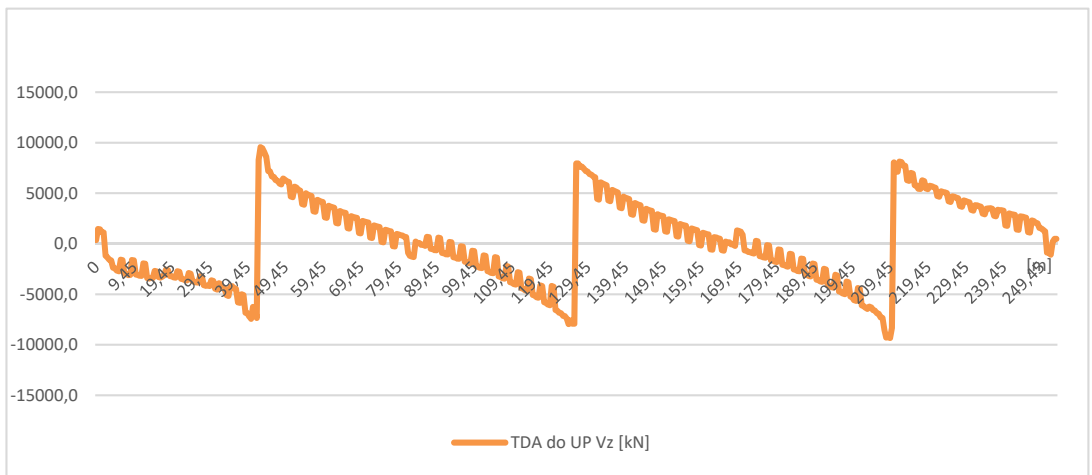
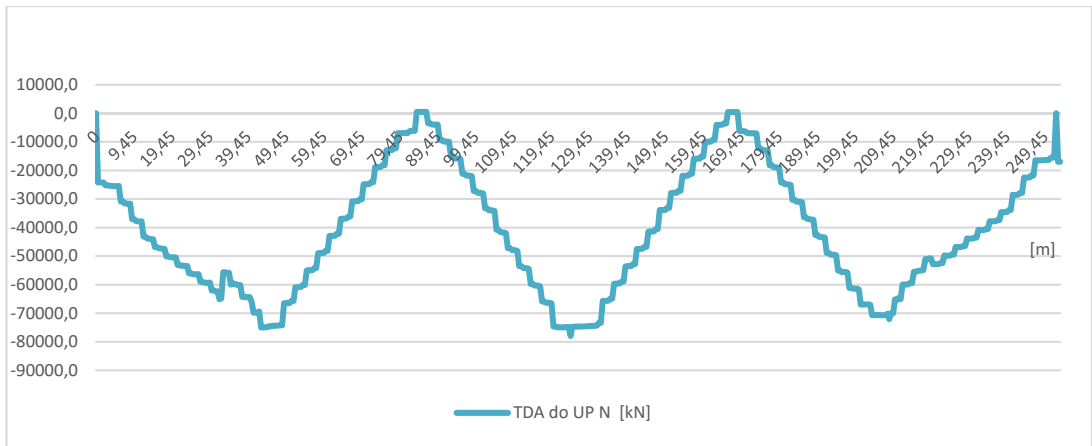
obr.58: Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - TS



obr.59: Vnitřní síly od dopravy - souprava dle ČSN 73 6202 – ROK 1953



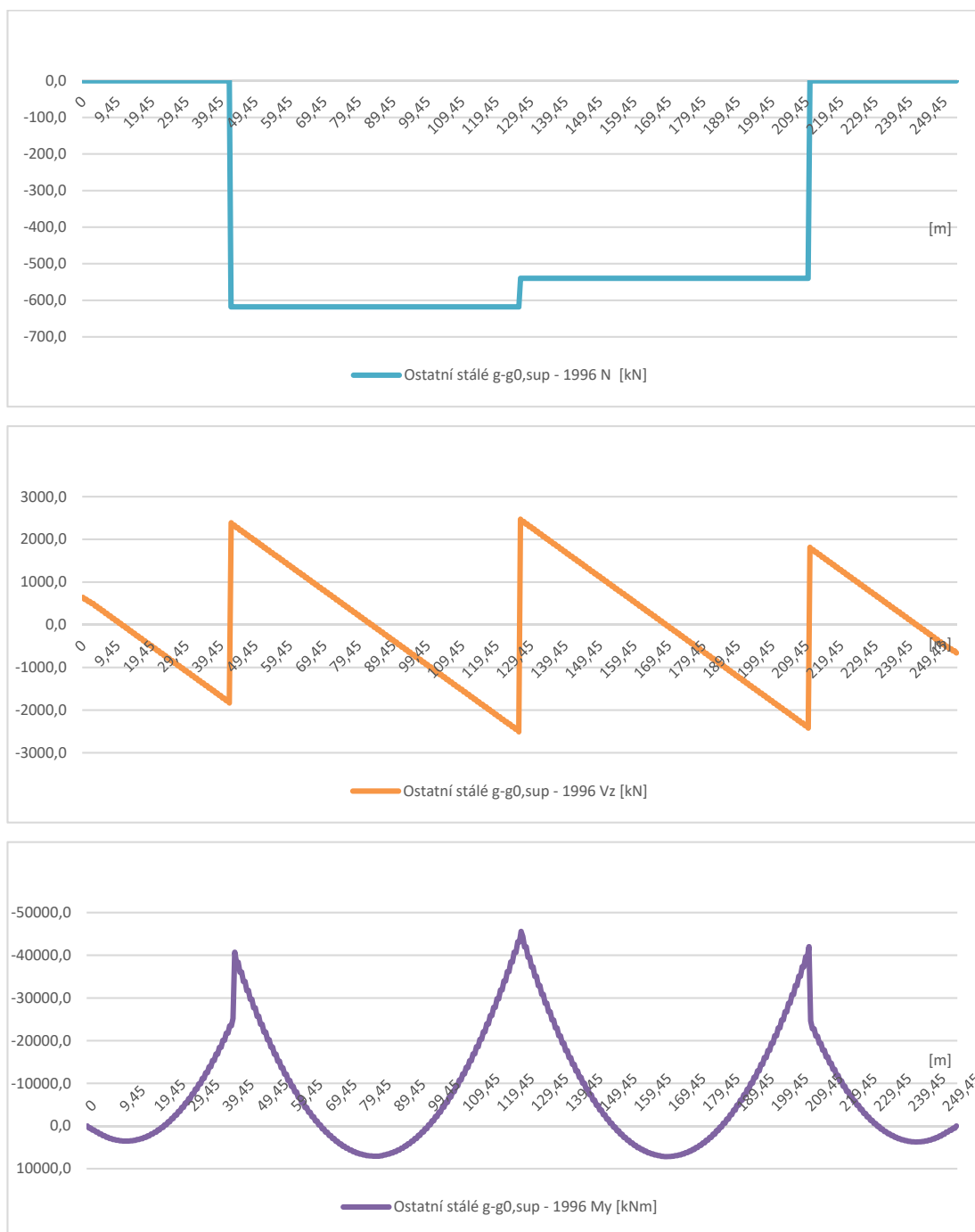
obr.60: Vnitřní síly od dopravy - zatížení chodníků



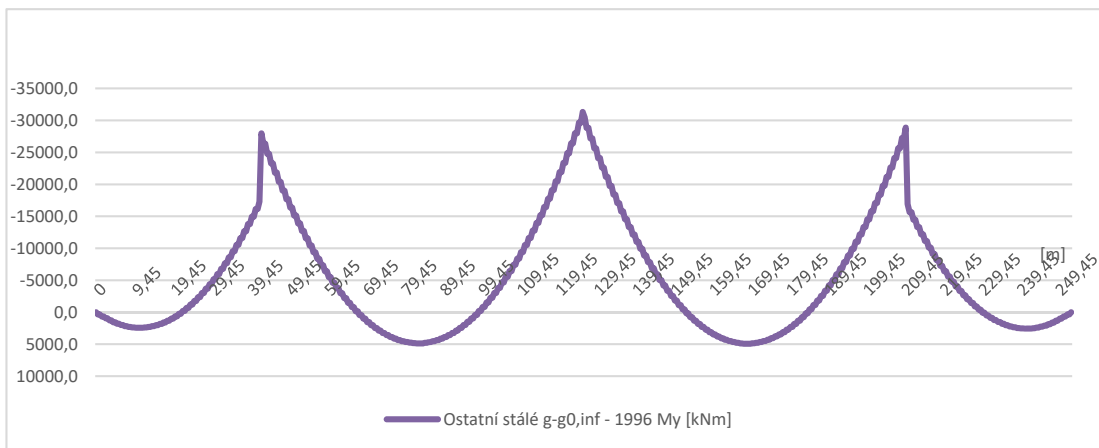
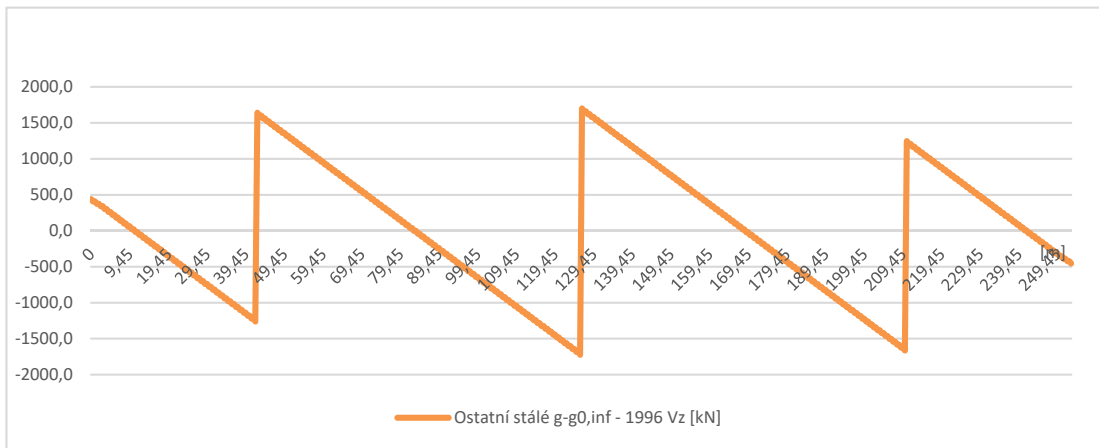
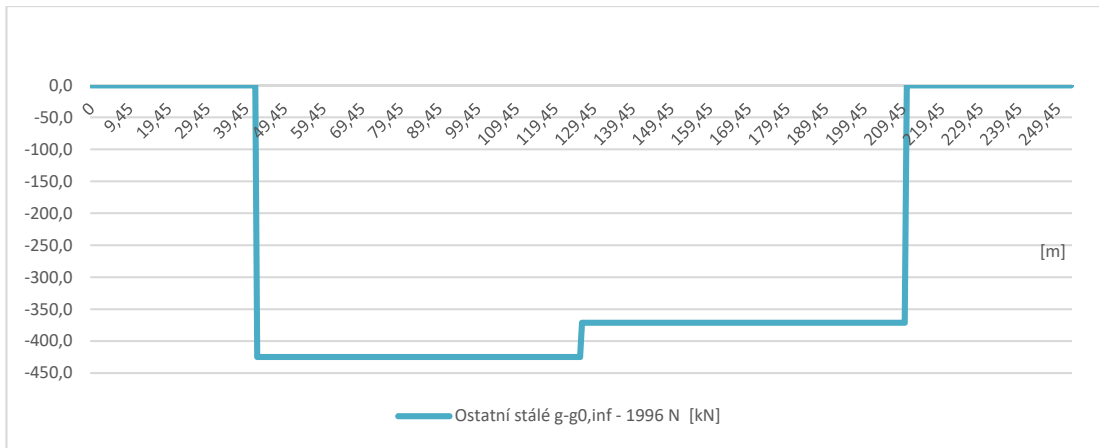
obr.61: Vnitřní síly z TDA (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha)

## 7.2.2 Vnitřní síly – rekonstruovaná konstrukce (1996 – KZ)

Průběhy vnitřních sil na zmonolitněné konstrukci s klouby v patách pilířů

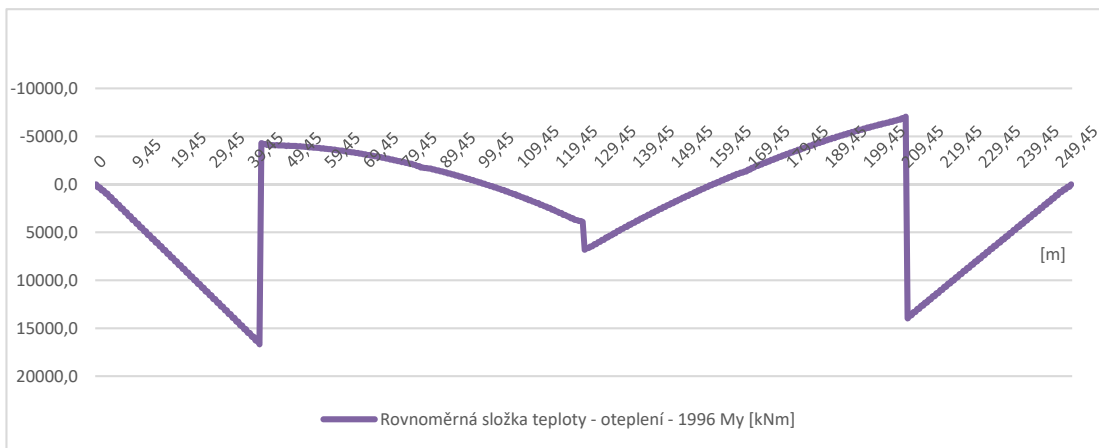
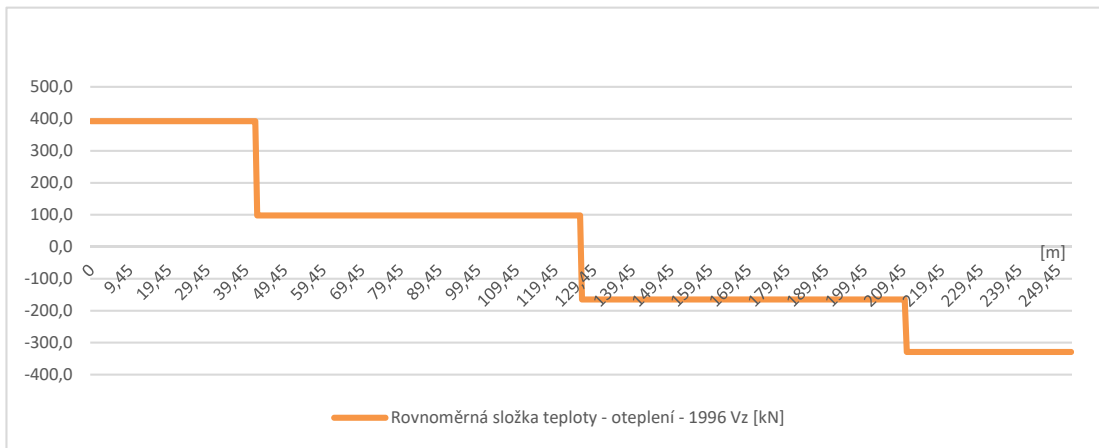
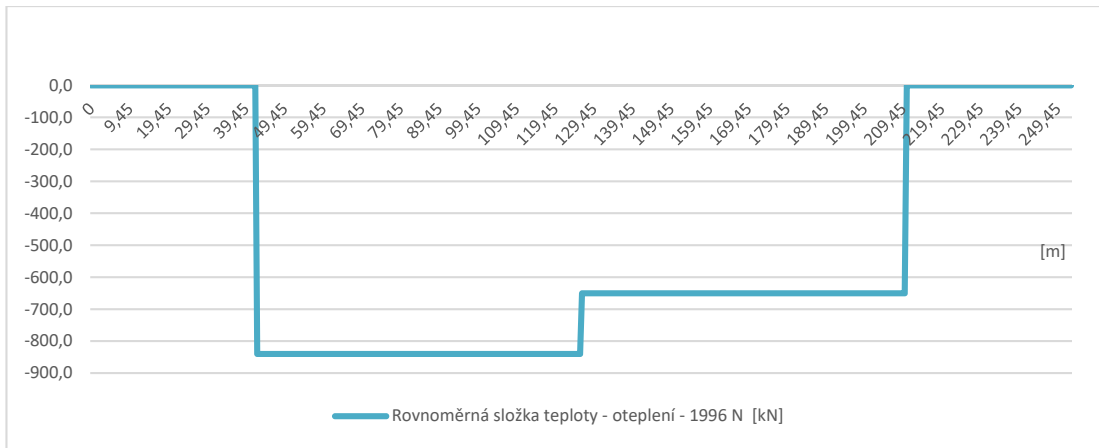


obr.62: Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení ( $g-g_0$ )k, sup

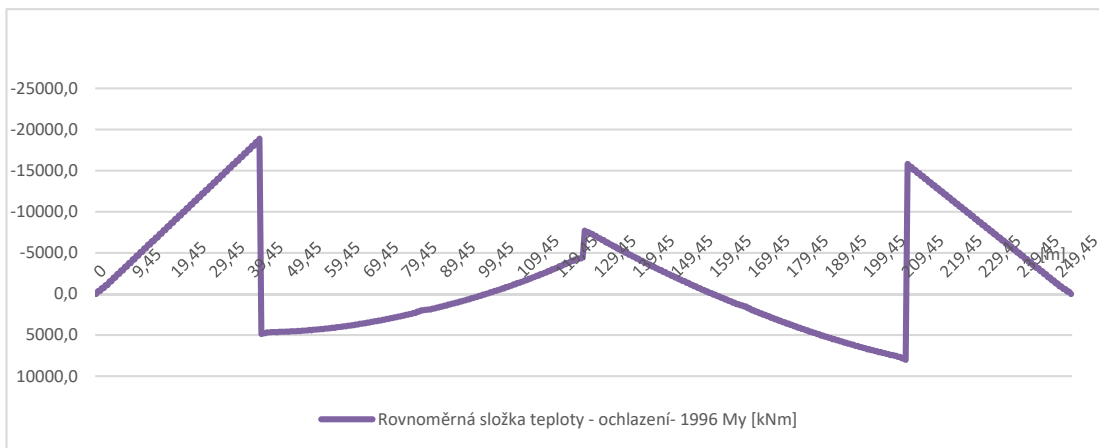
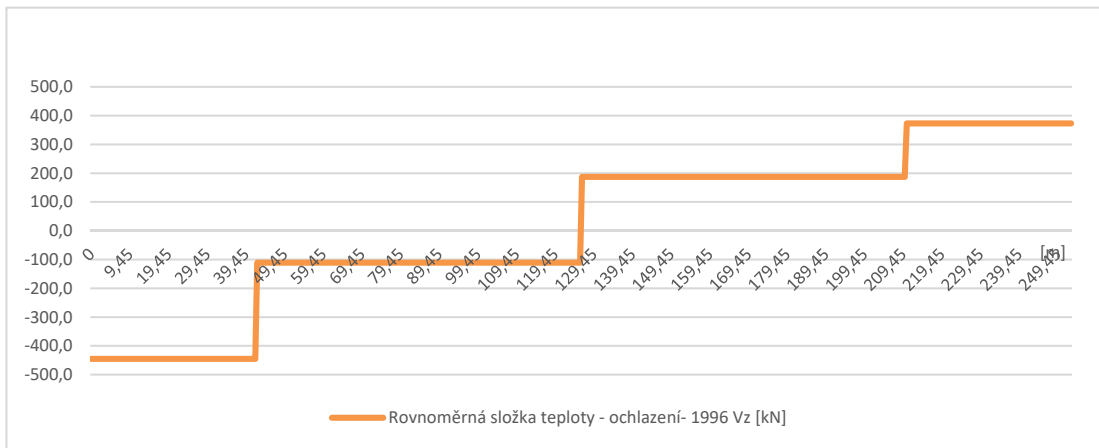
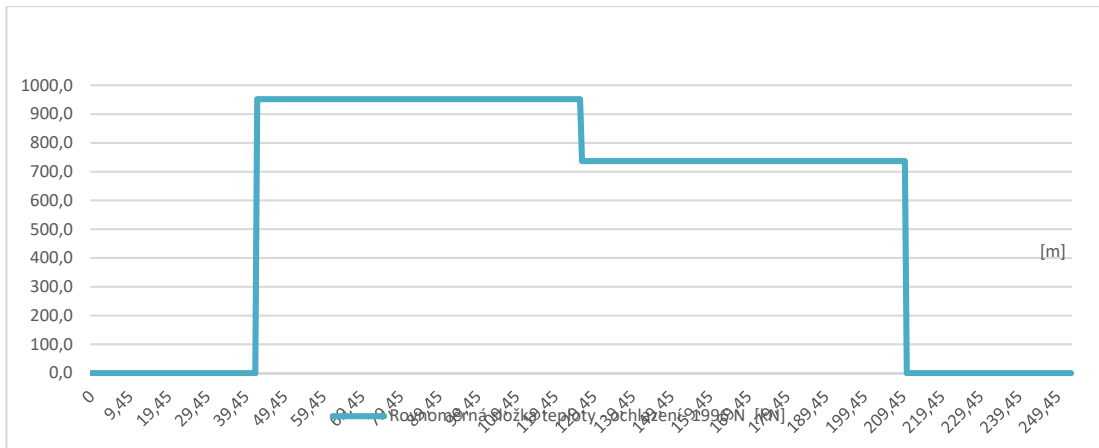


obr.63: Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení (g-g<sub>0</sub>)<sub>k, inf</sub>

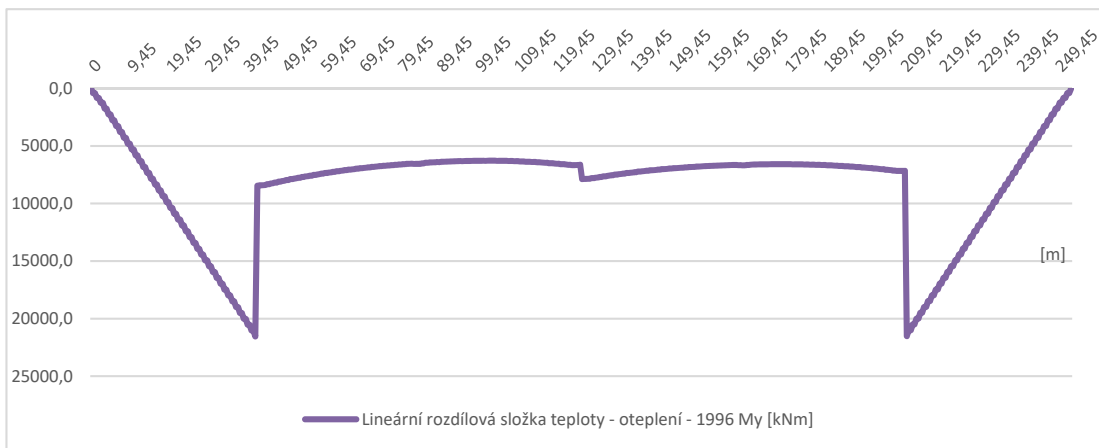
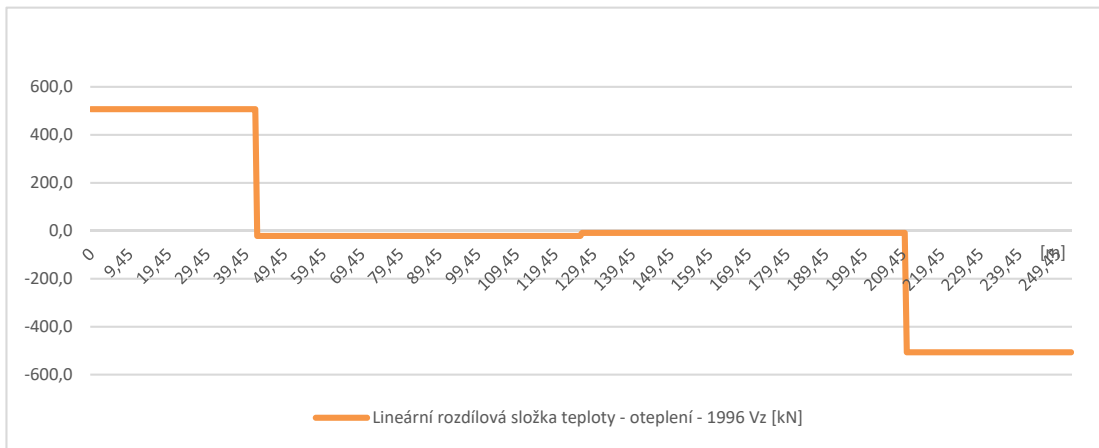
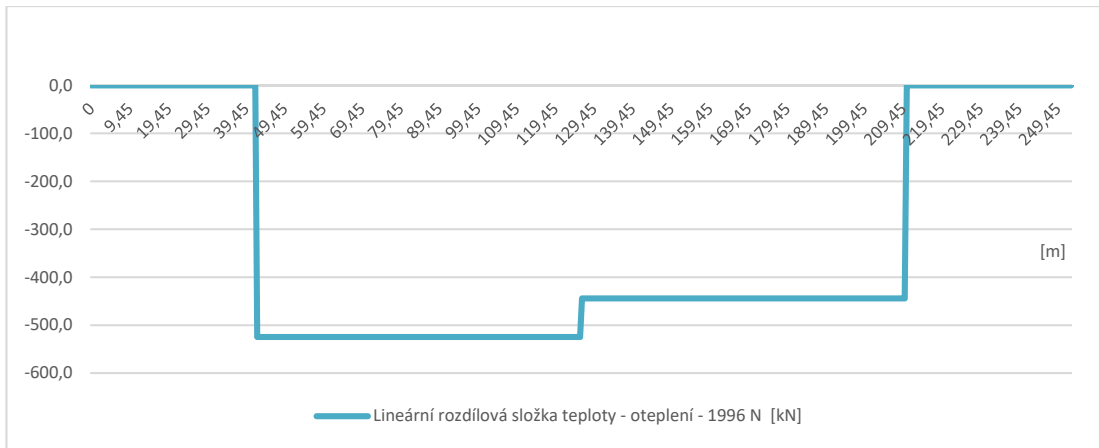




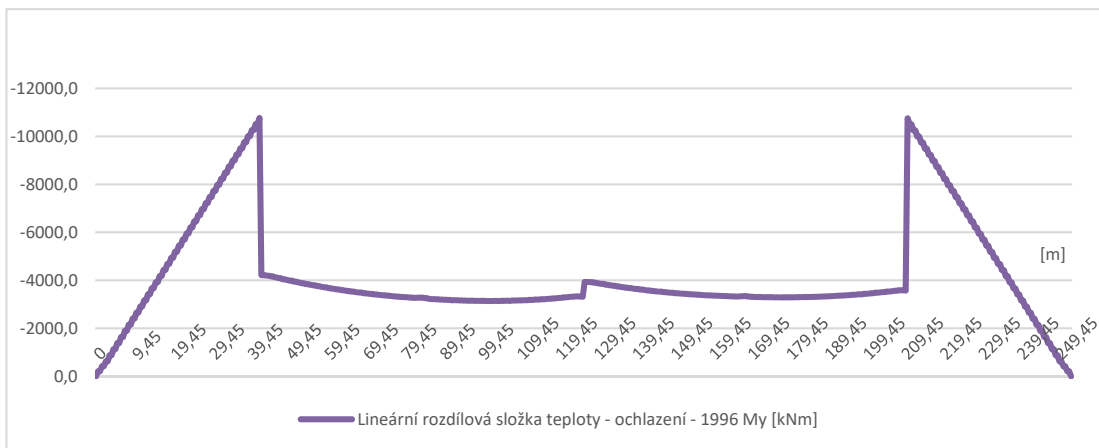
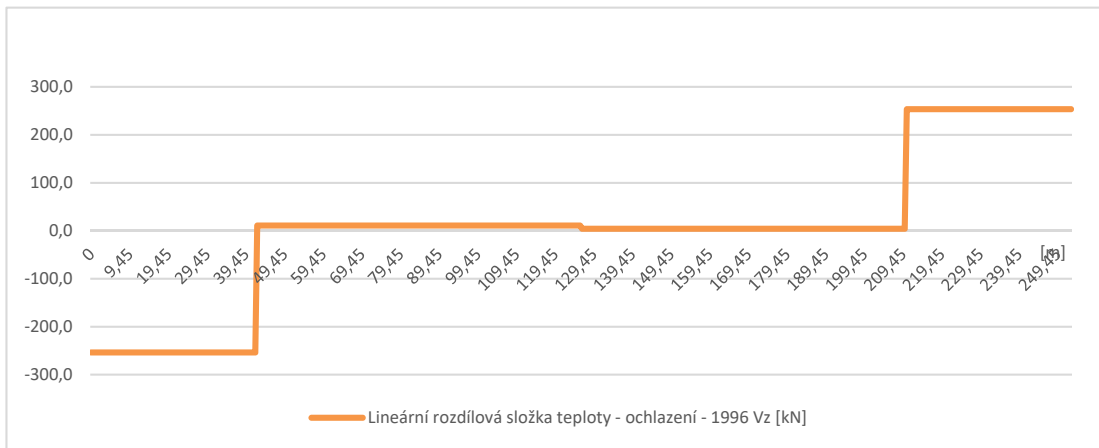
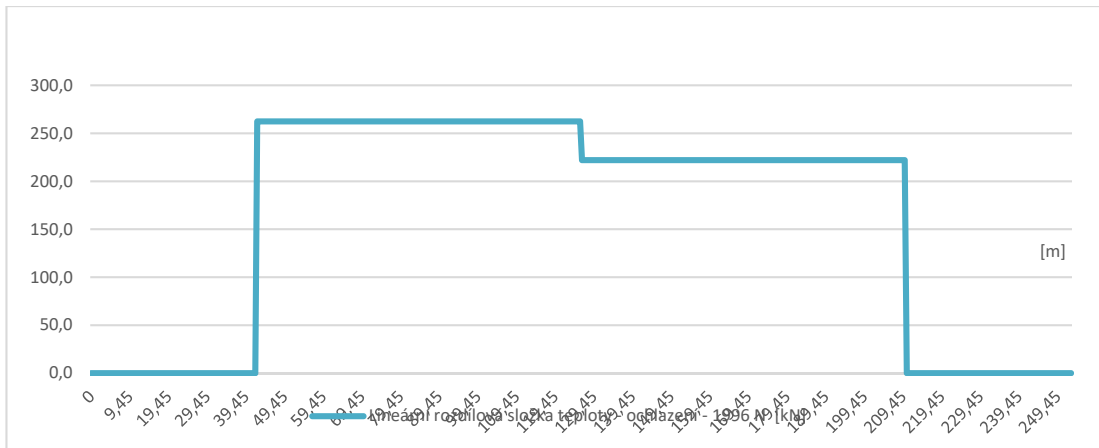
obr.64: Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - oteplení



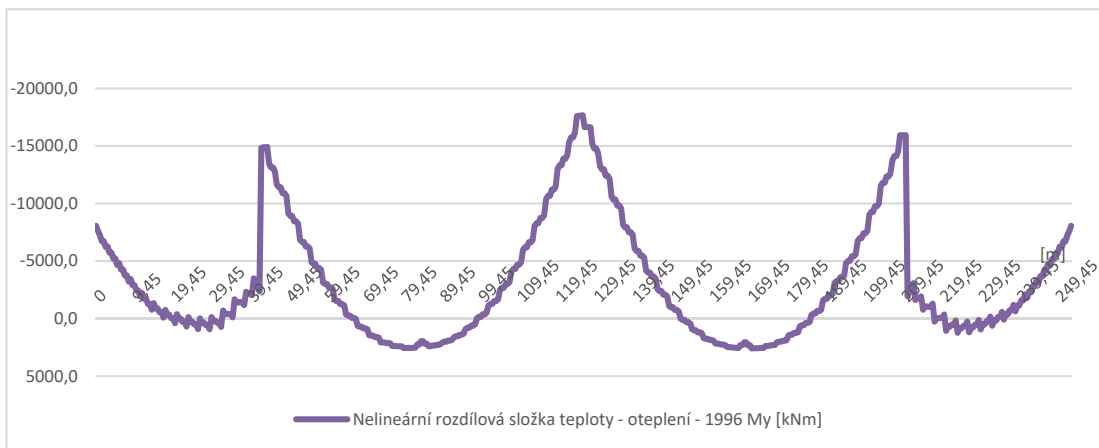
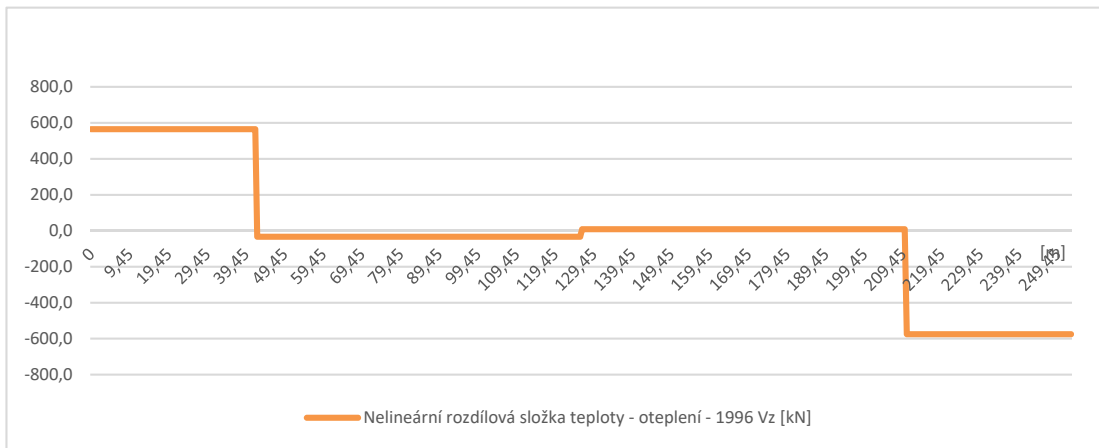
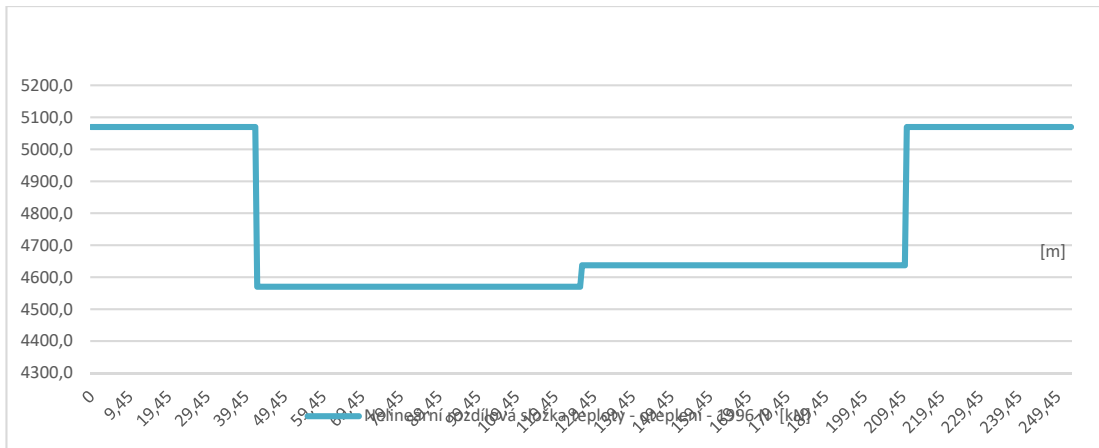
obr.65: Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - ochlazení



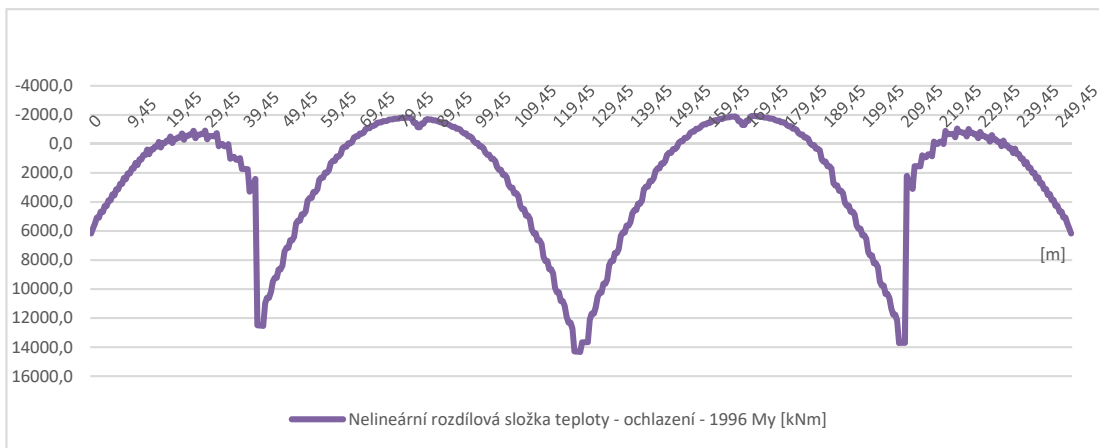
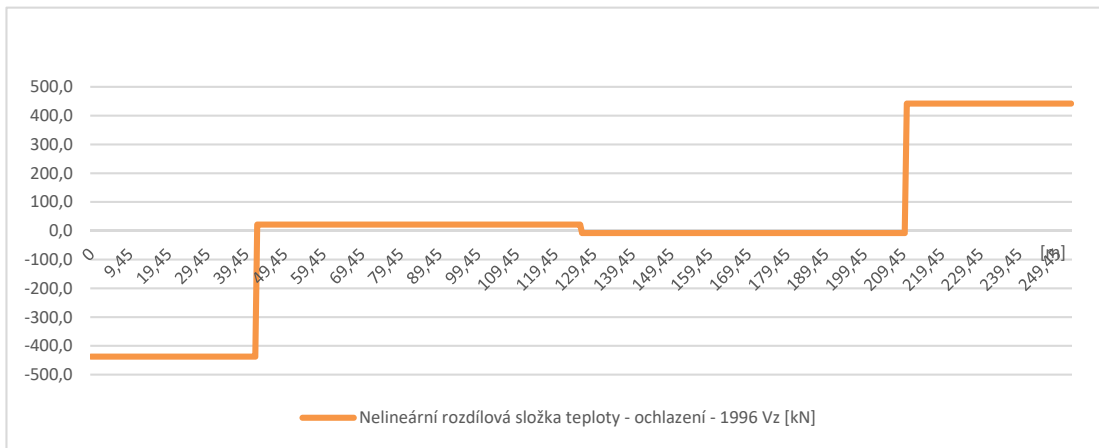
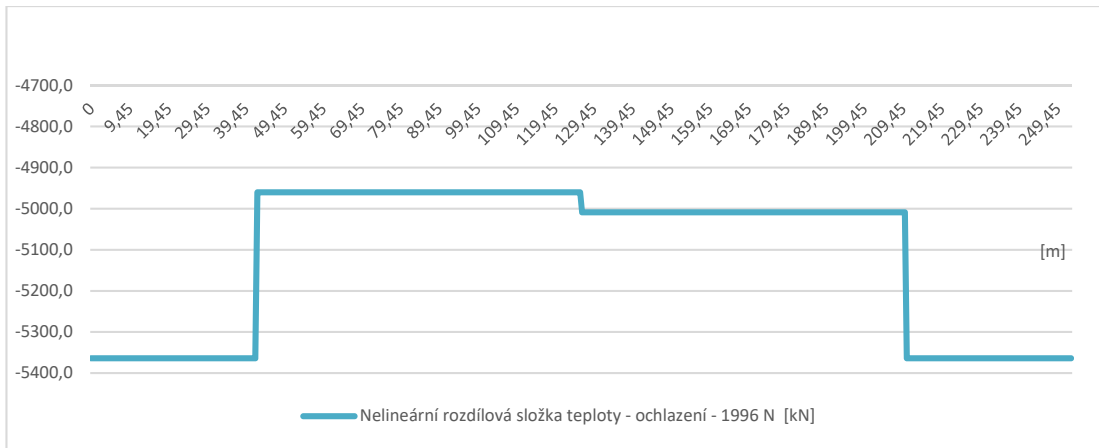
obr.66: Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - oteplení



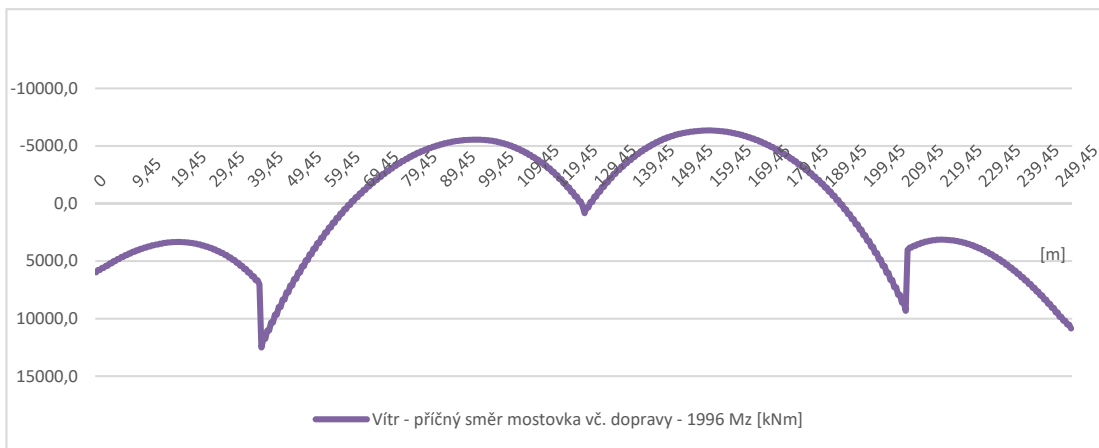
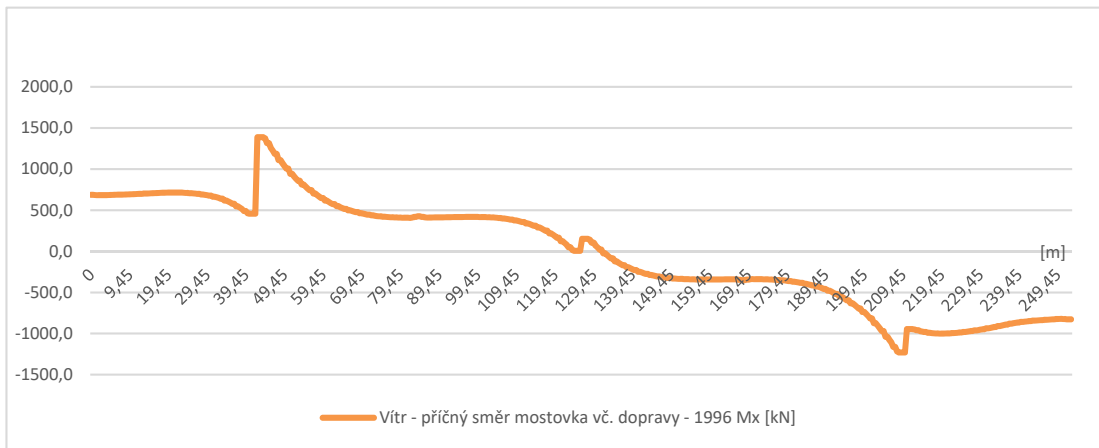
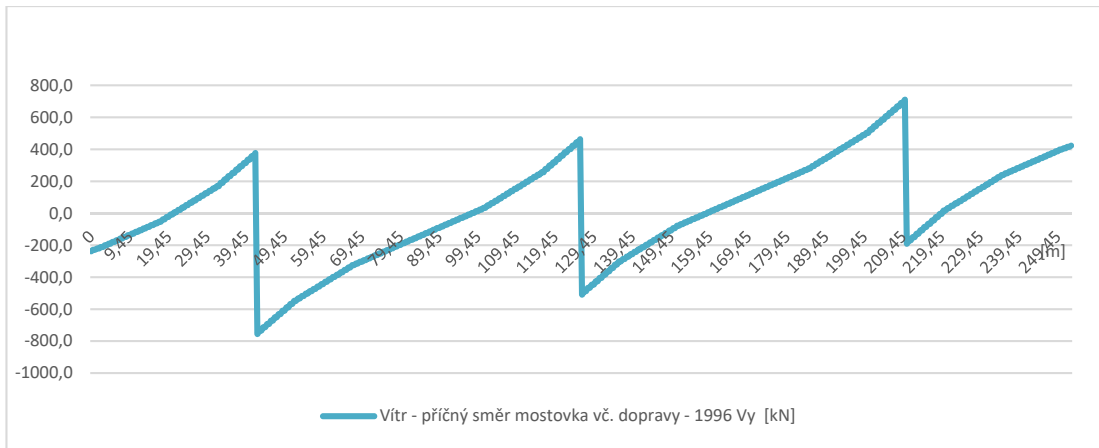
obr.67: Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - ochlazení



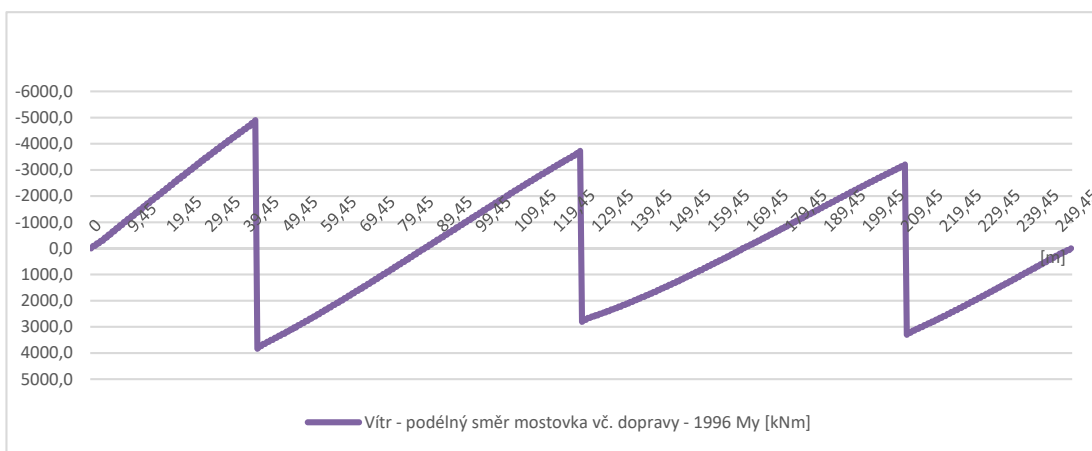
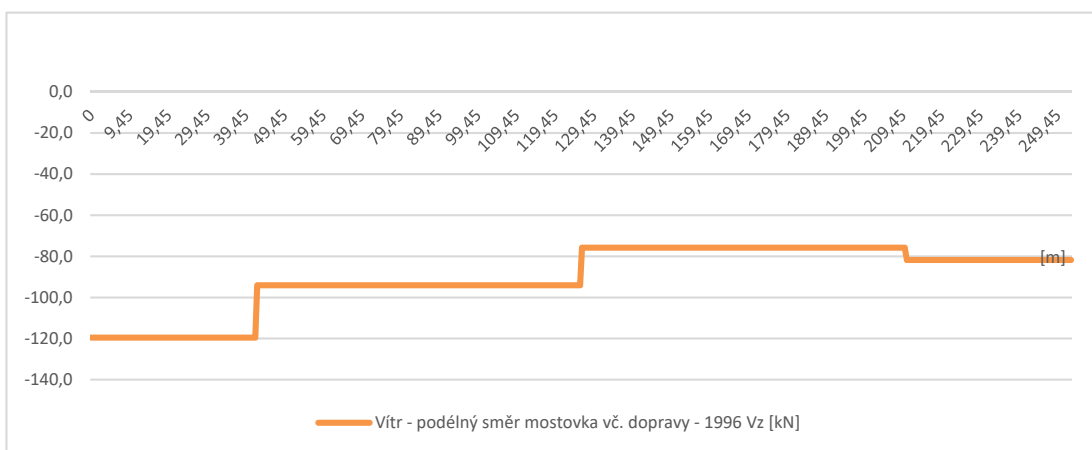
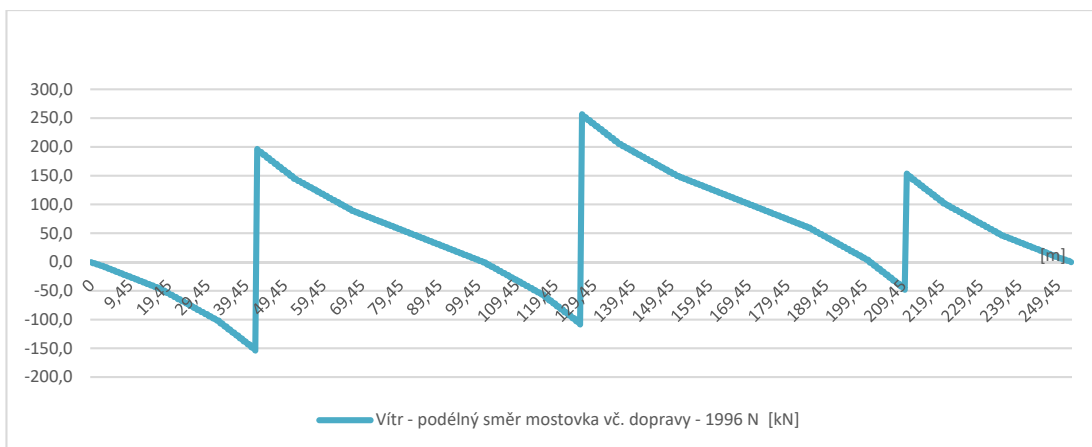
obr.68: Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty - oteplení



obr.69: Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty – ochlazení

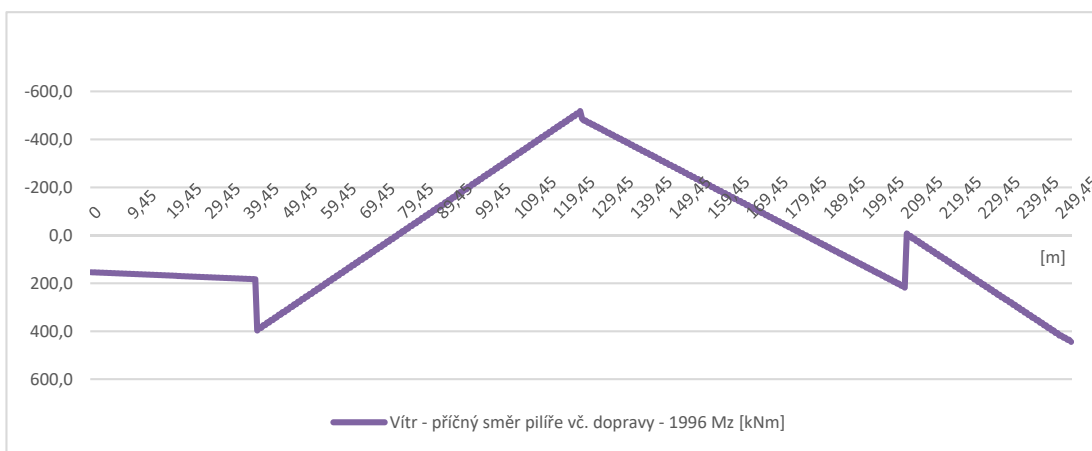
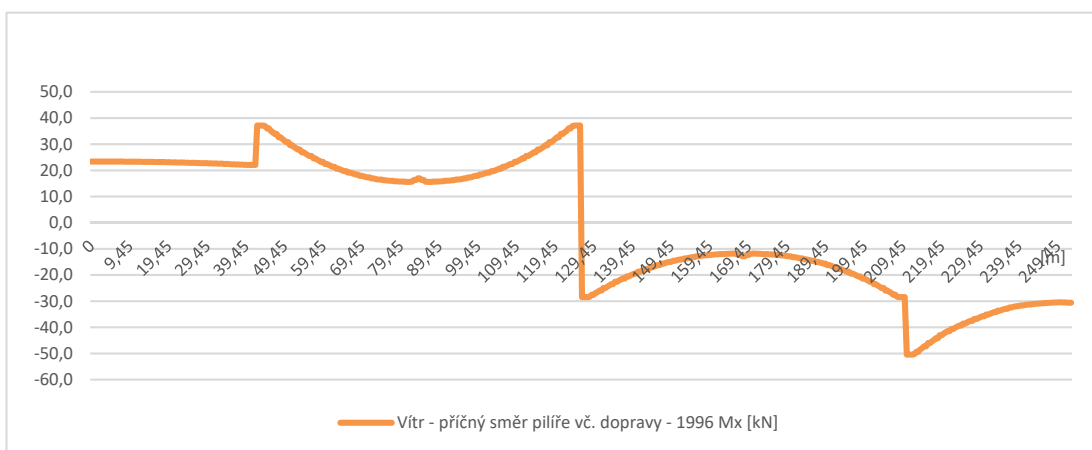
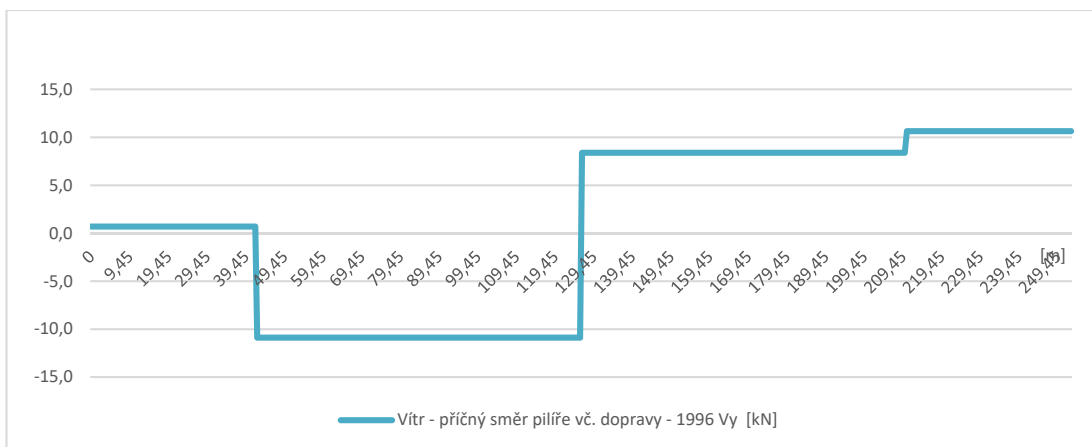


obr.70: Vnitřní síly od větru v příčném směru mostovka

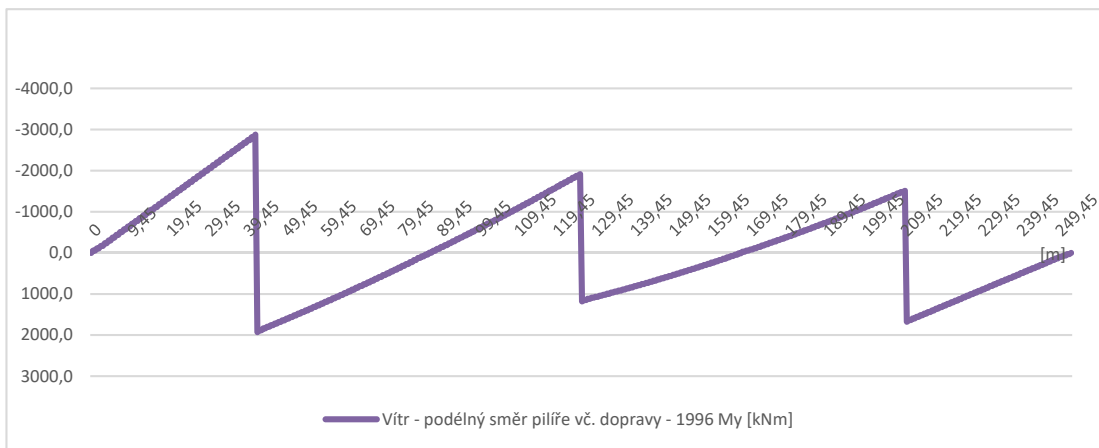
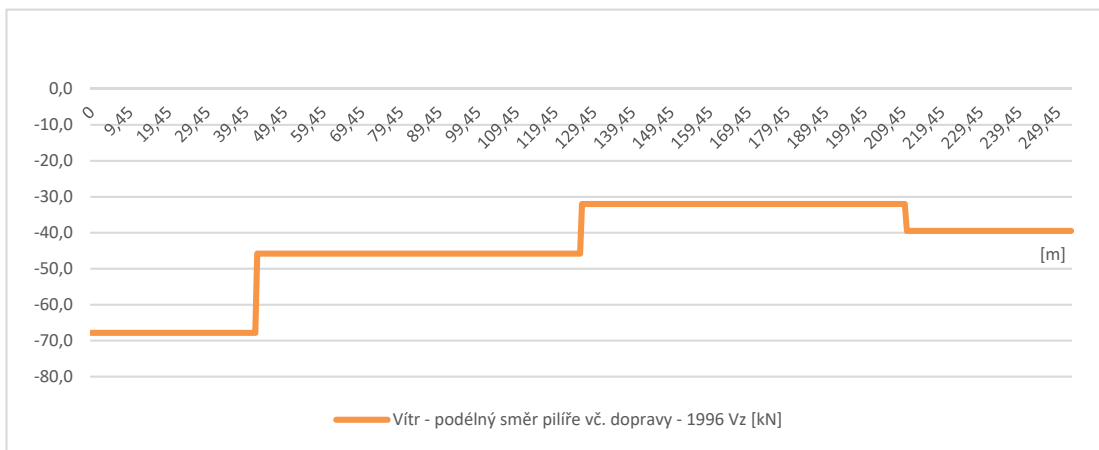
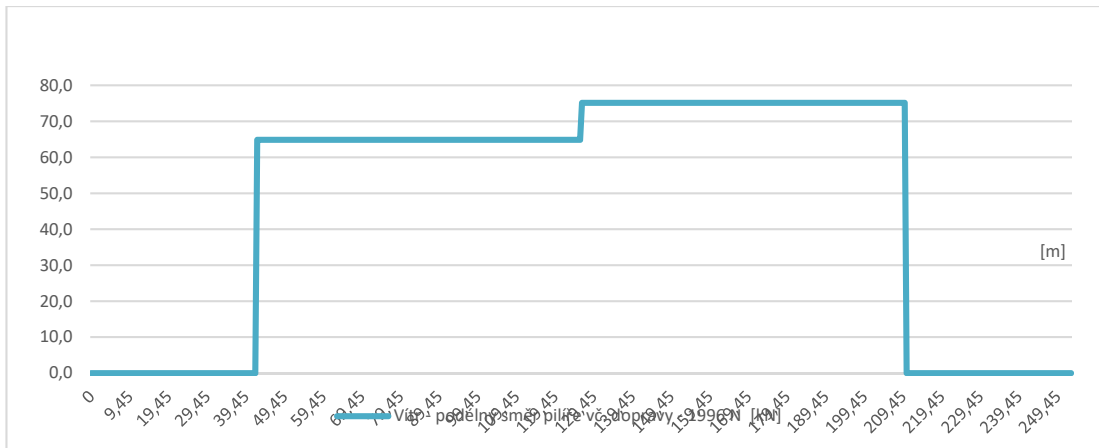


obr.71: Vnitřní síly od větru v podélném směru mostovka

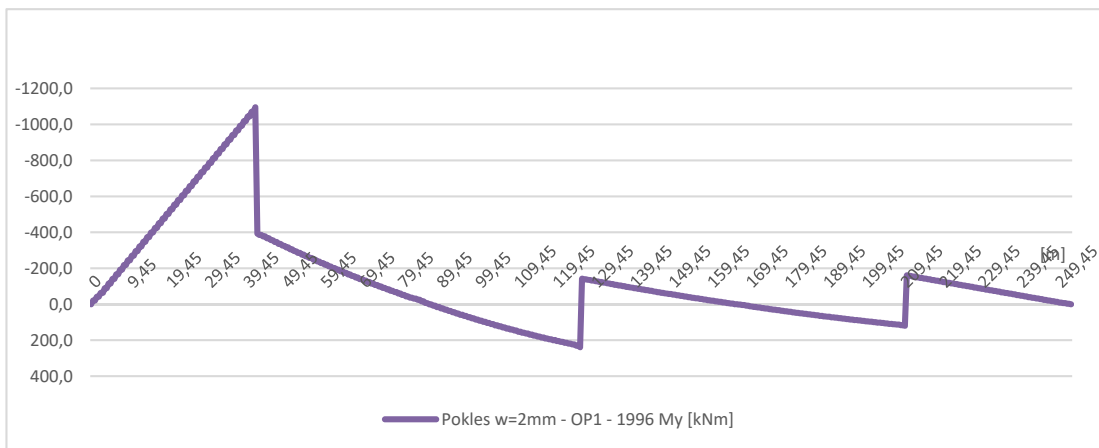
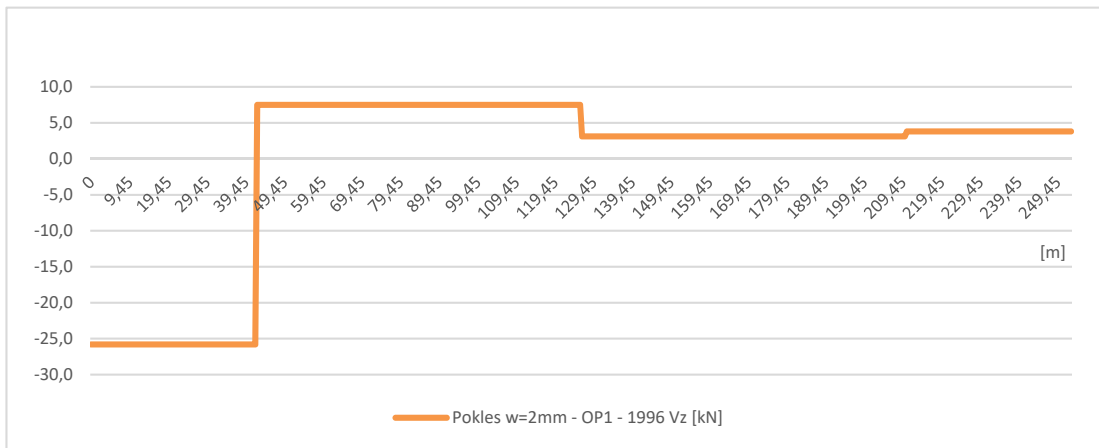
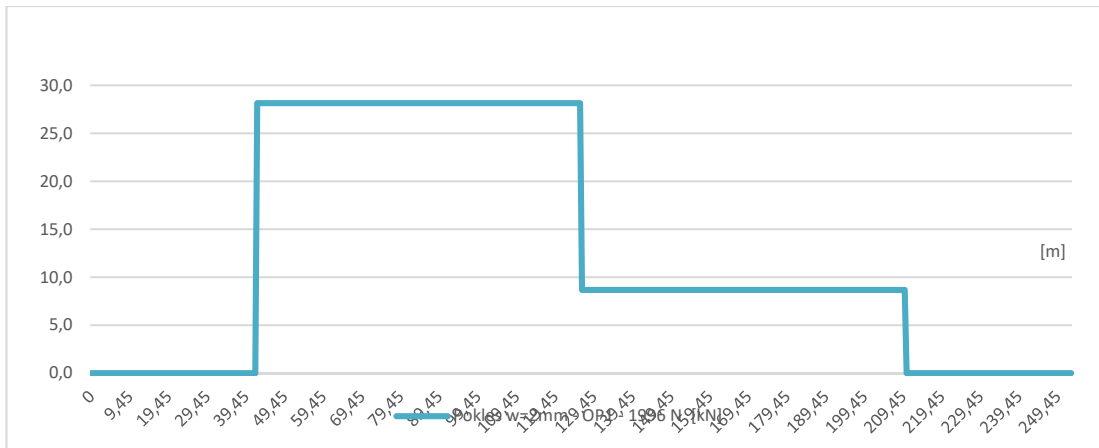




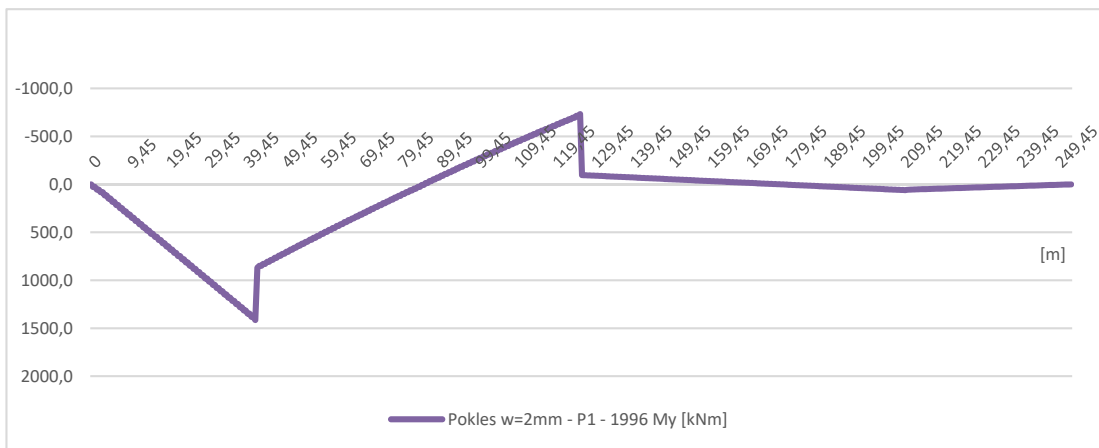
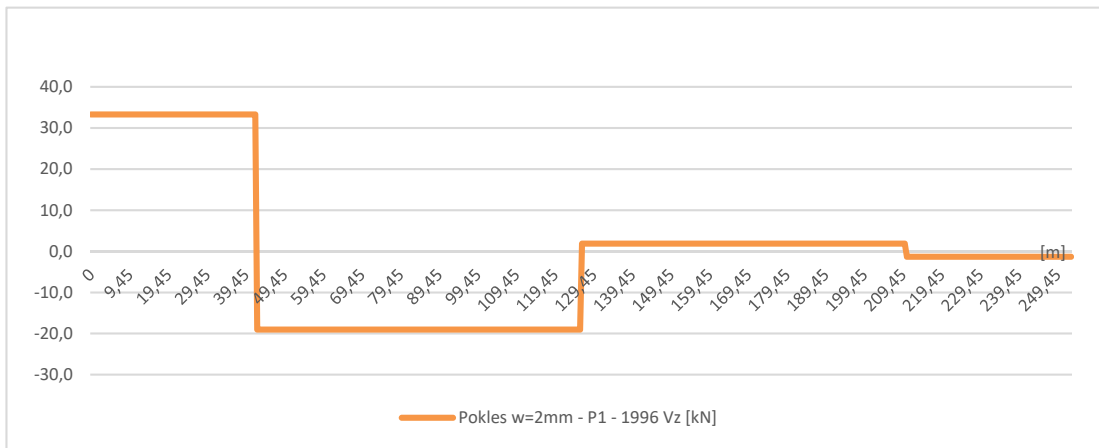
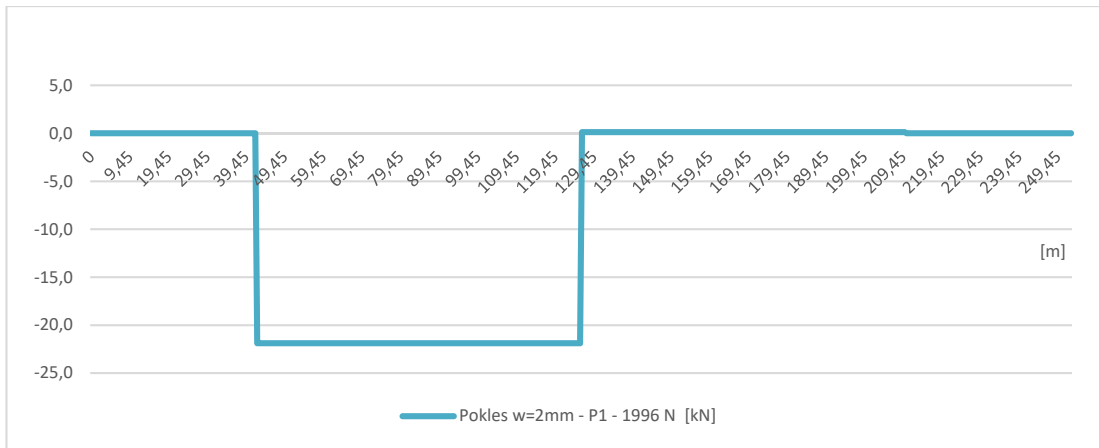
obr.72: Vnitřní síly od větru v příčném směru pilíře



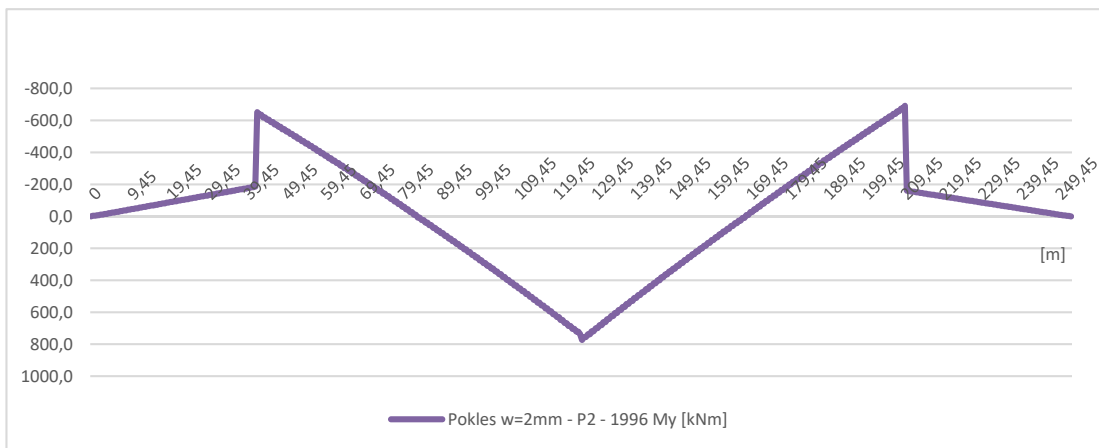
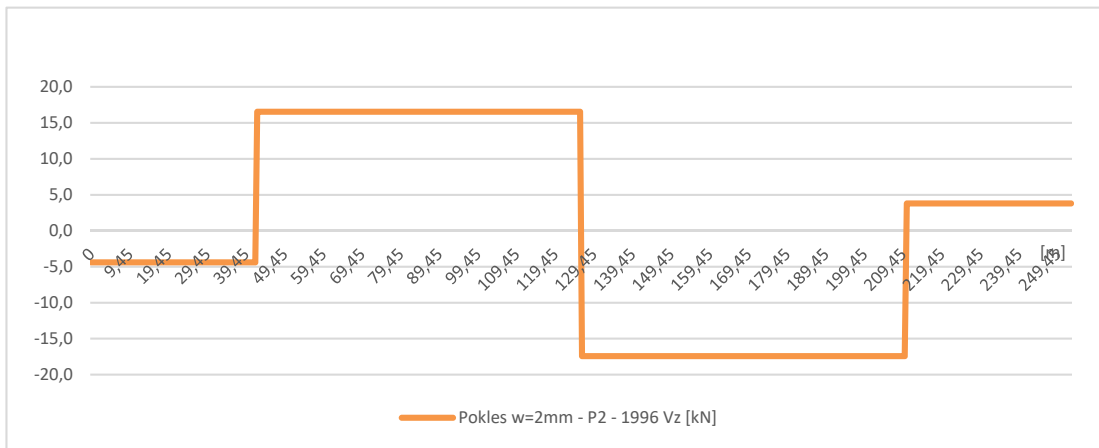
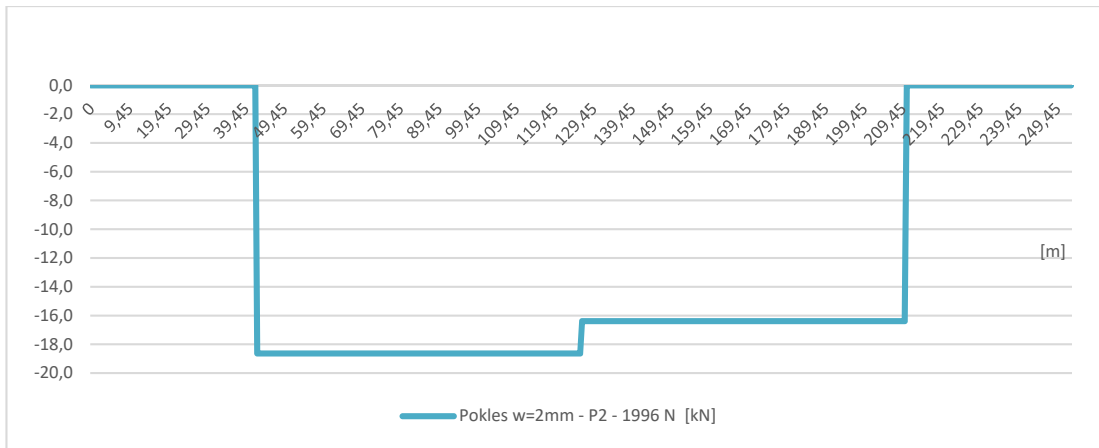
obr.73: Vnitřní síly od větru v podélném směru pilíře



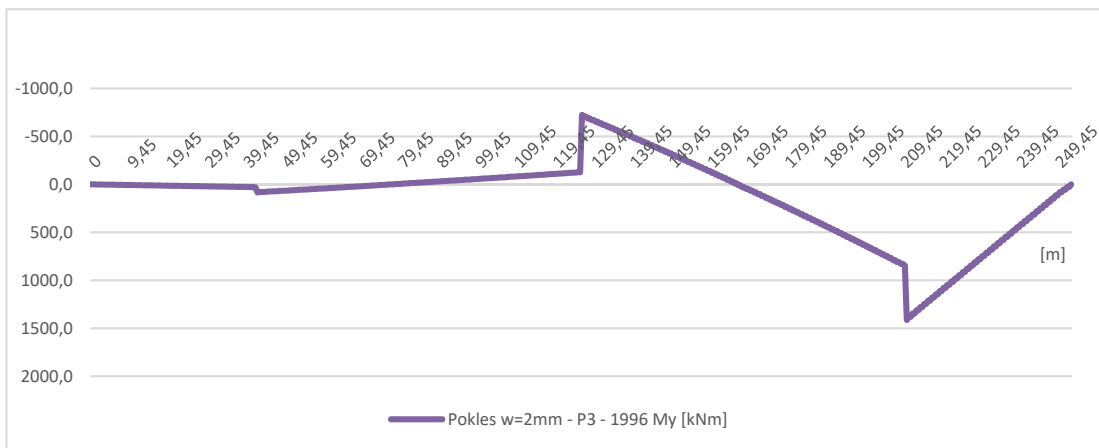
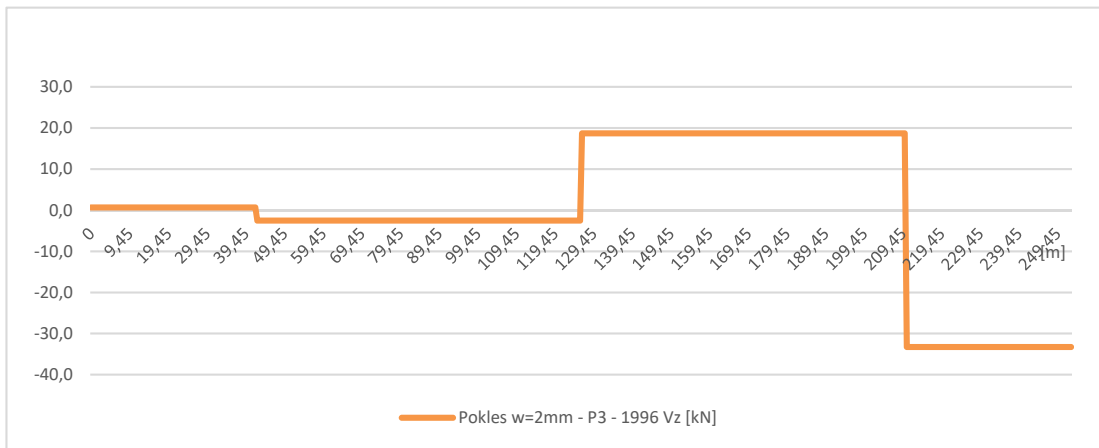
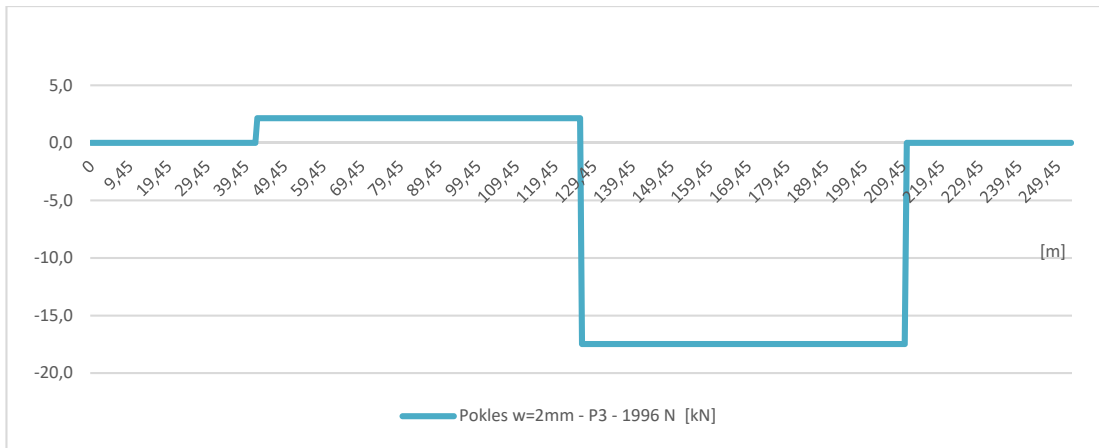
obr.74: Vnitřní síly od poklesu OP1



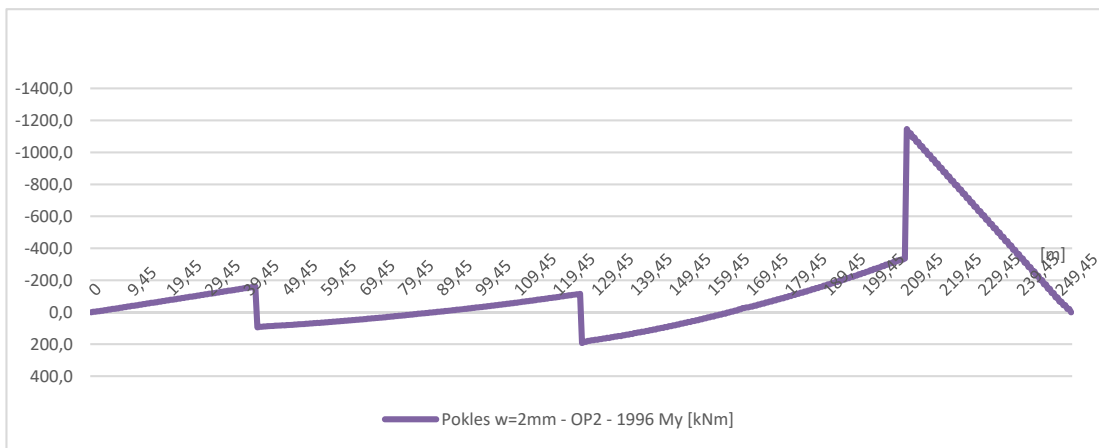
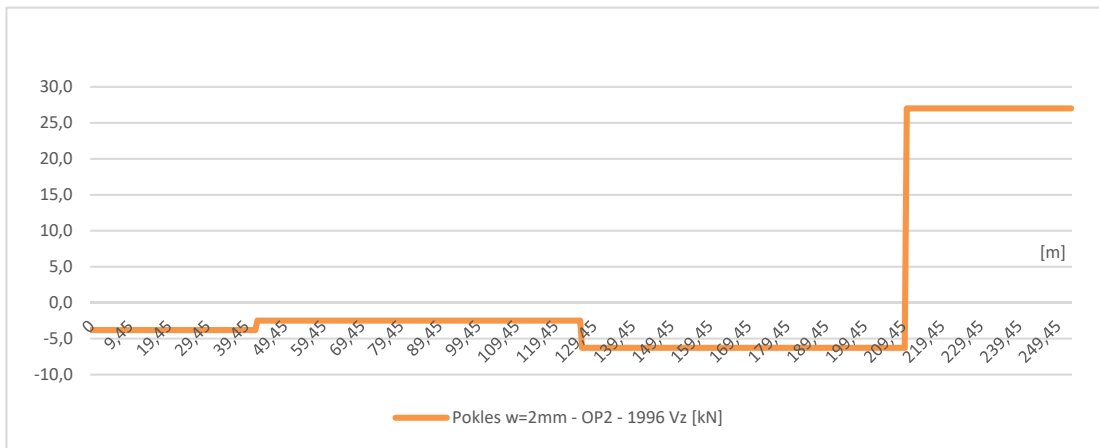
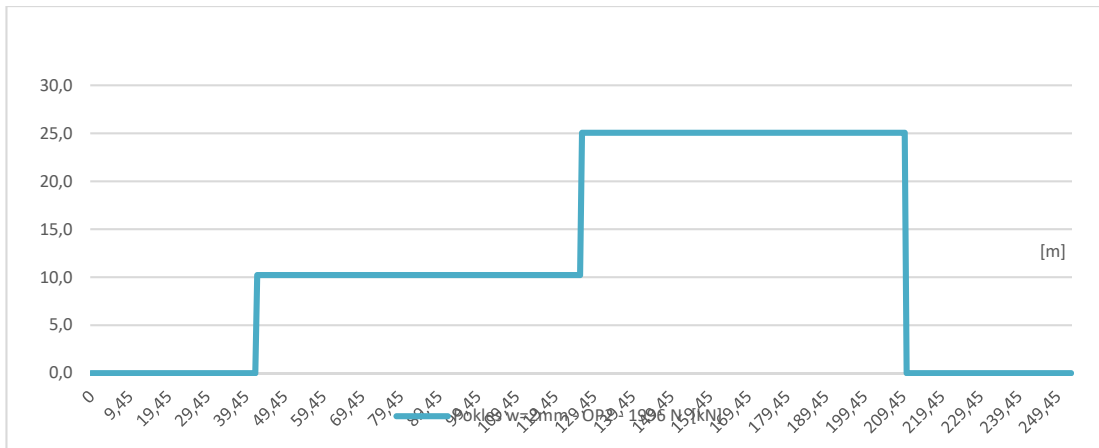
obr.75: Vnitřní síly od poklesu P1



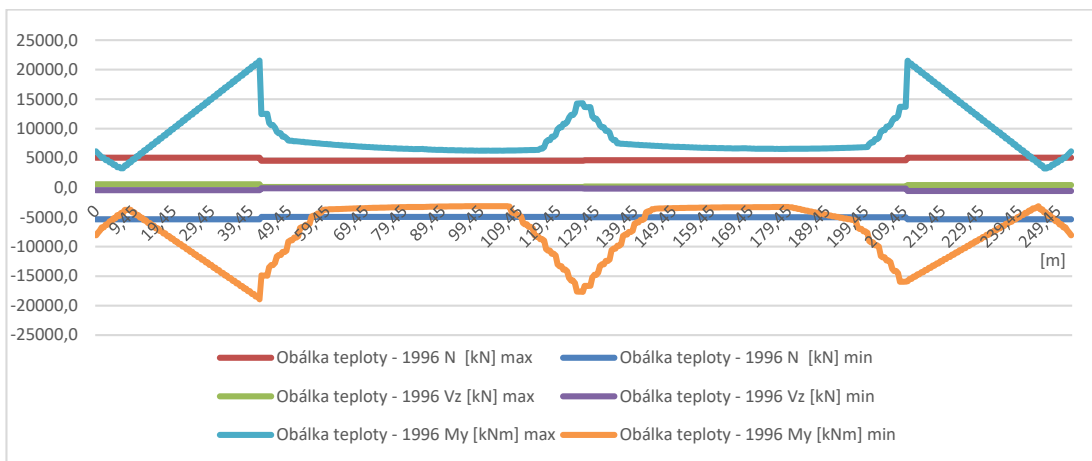
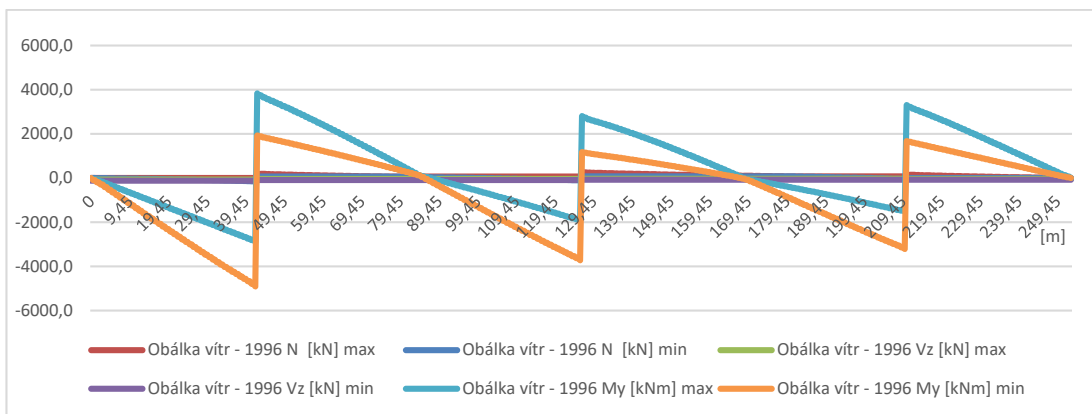
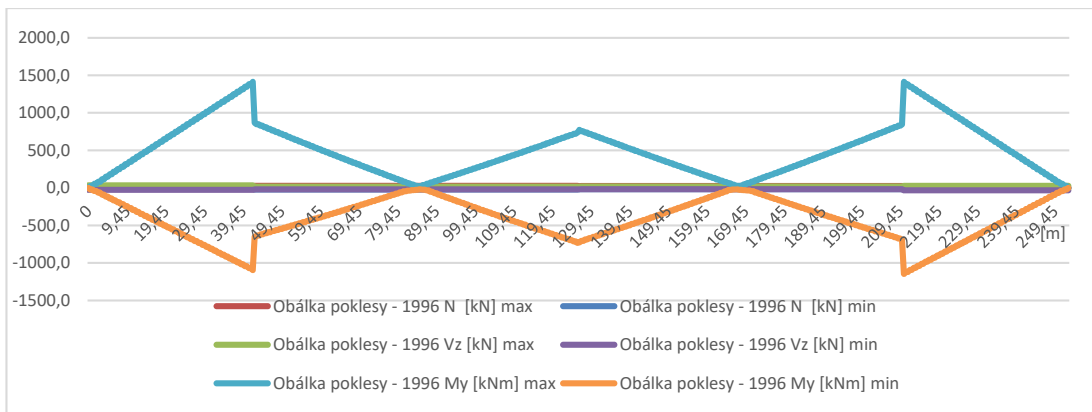
obr.76: Vnitřní síly od poklesu P2



obr.77: Vnitřní síly od poklesu P3

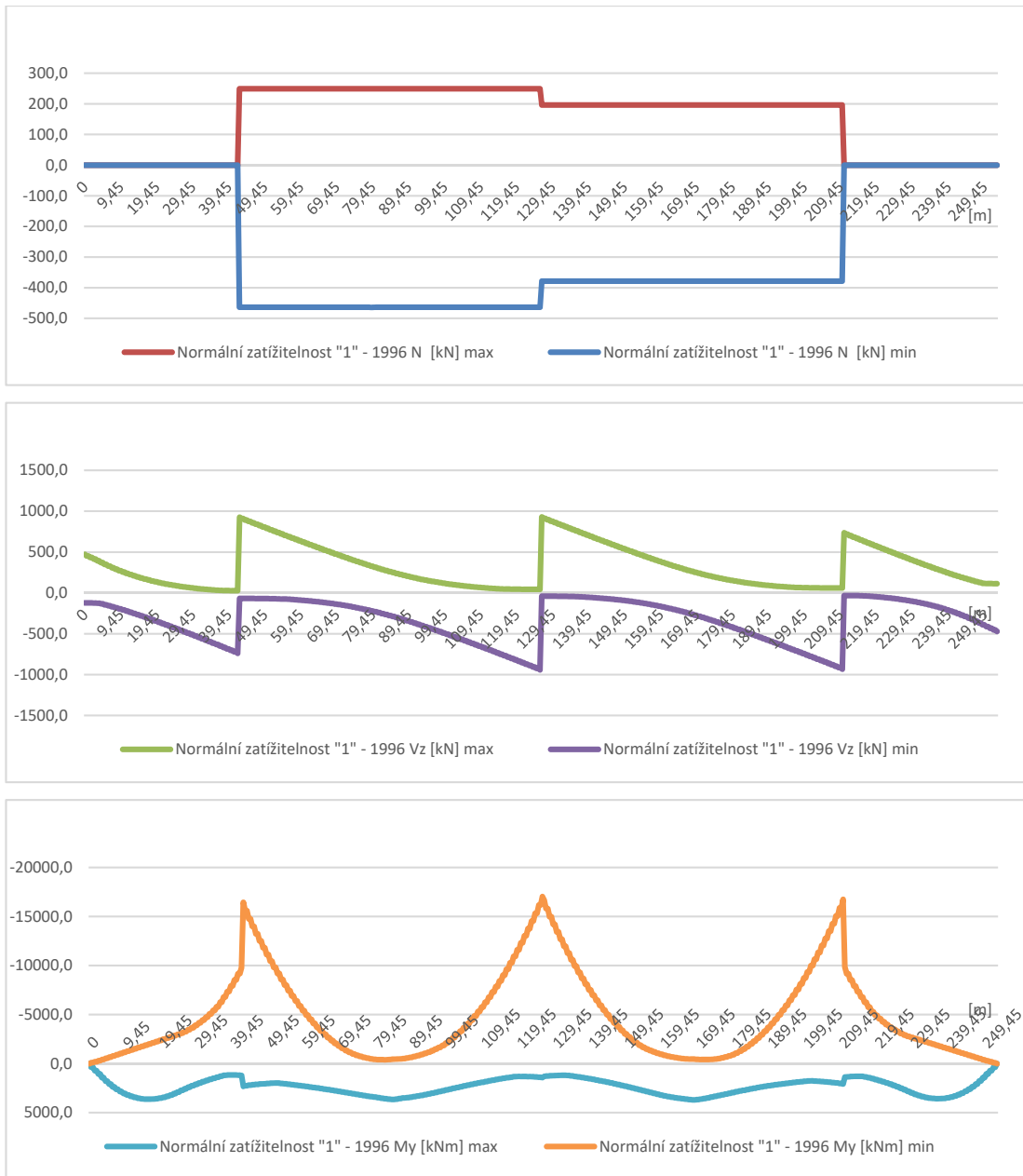


obr.78: Vnitřní síly od poklesu OP2

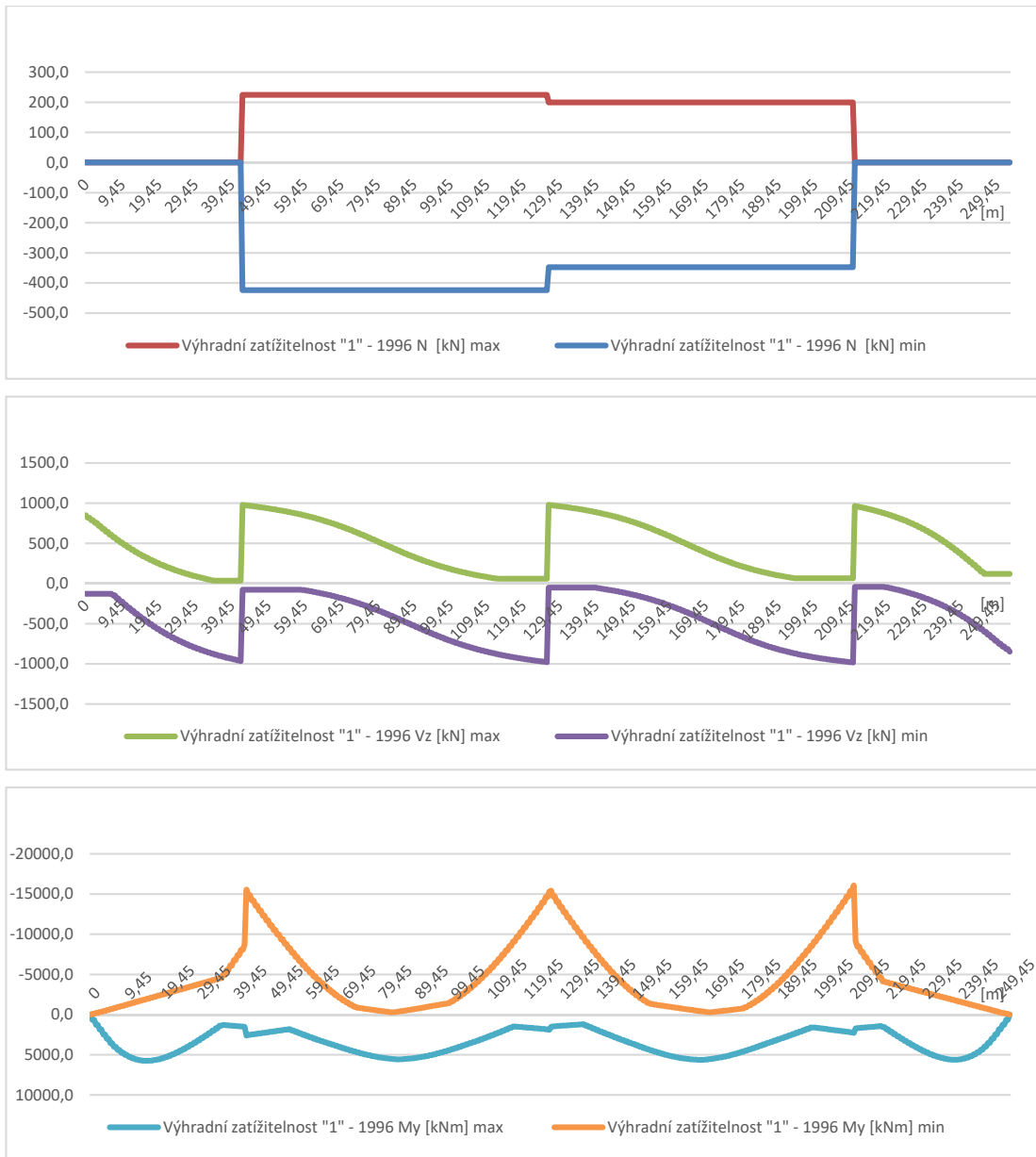


obr.79: Obálky vnitřních sil – k roku 1996

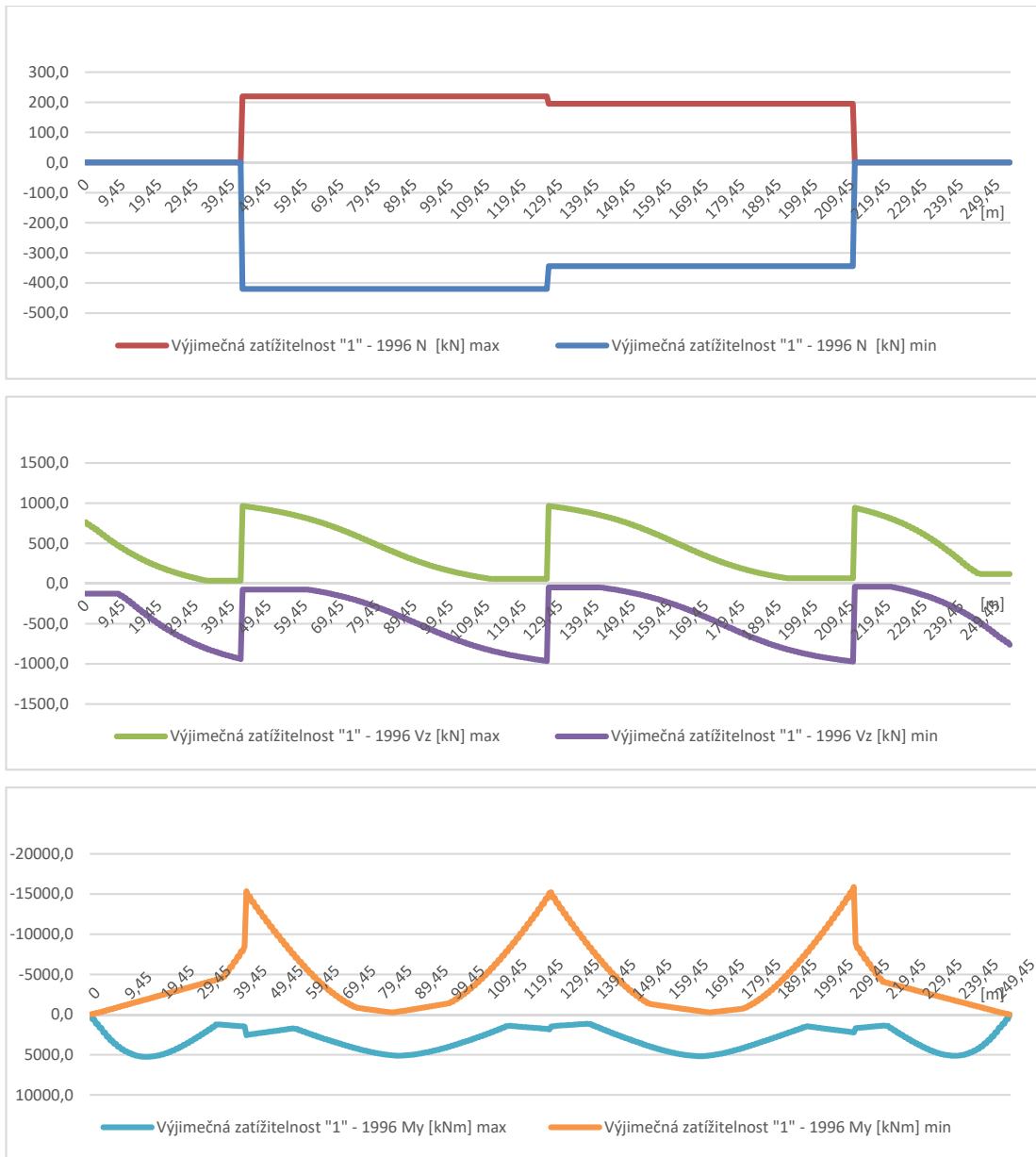




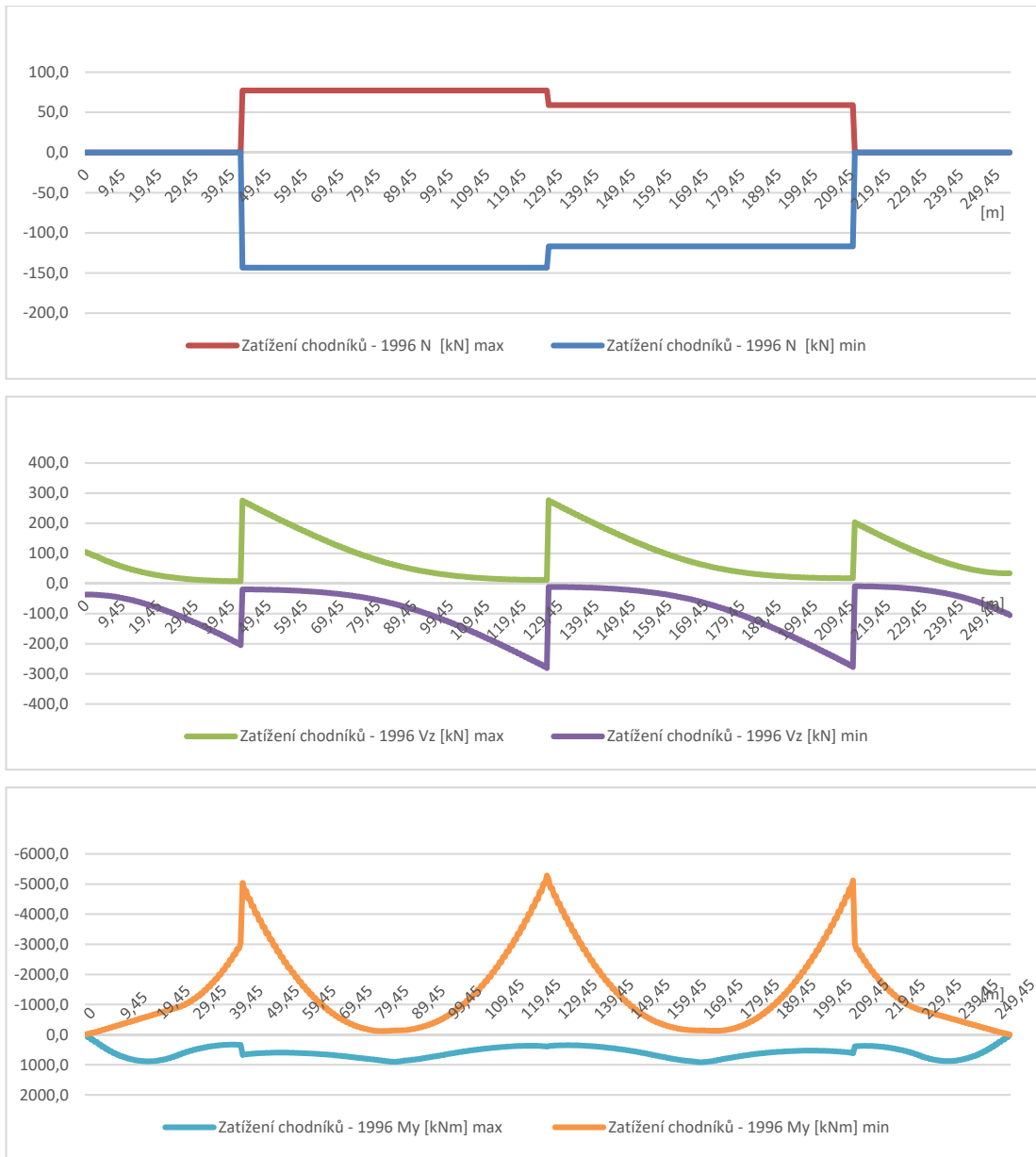
obr.80: Vnitřní síly od dopravy – Normální zatížitelnost



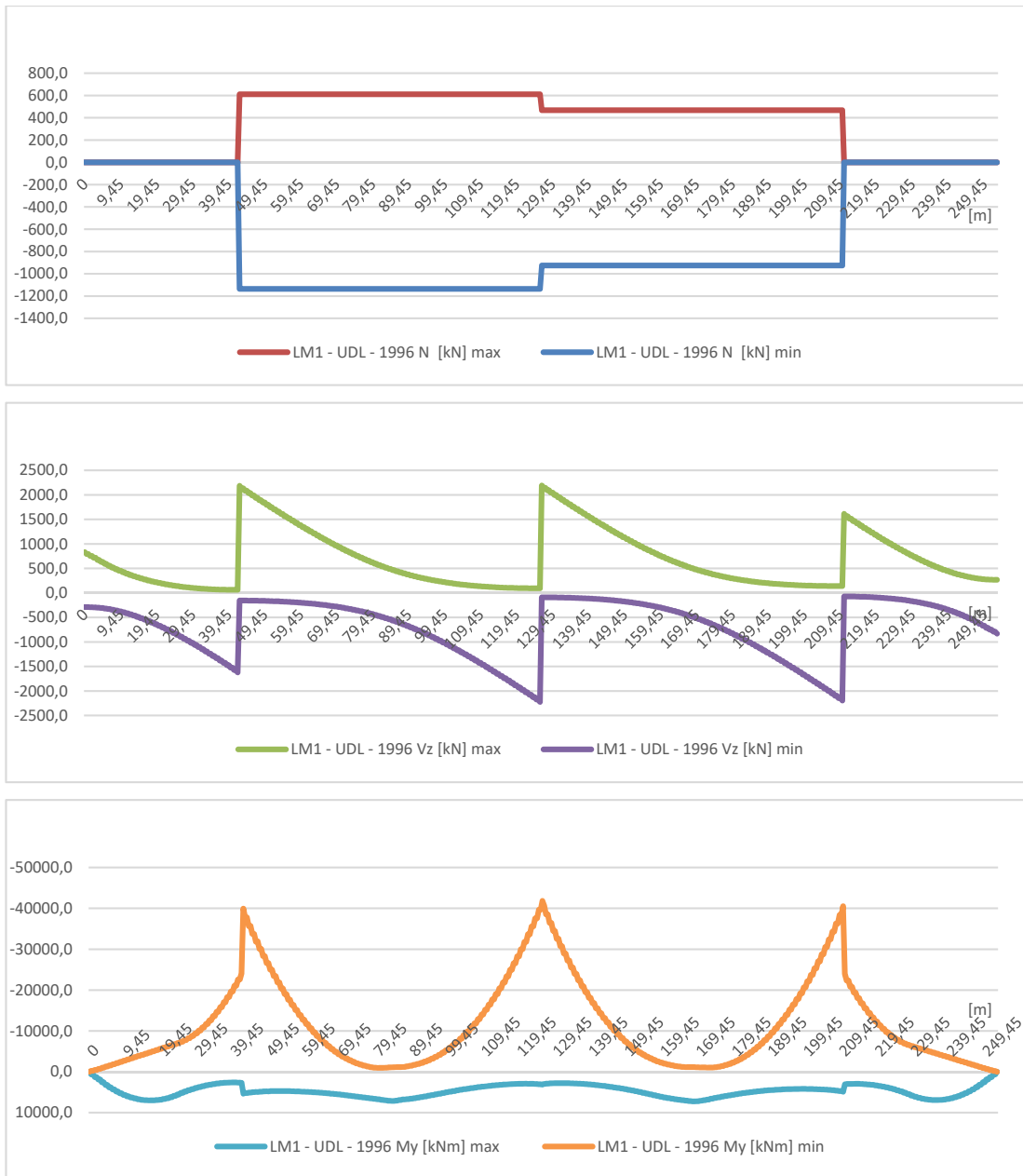
obr.81: Vnitřní síly od dopravy – Výhradní zatížitelnost



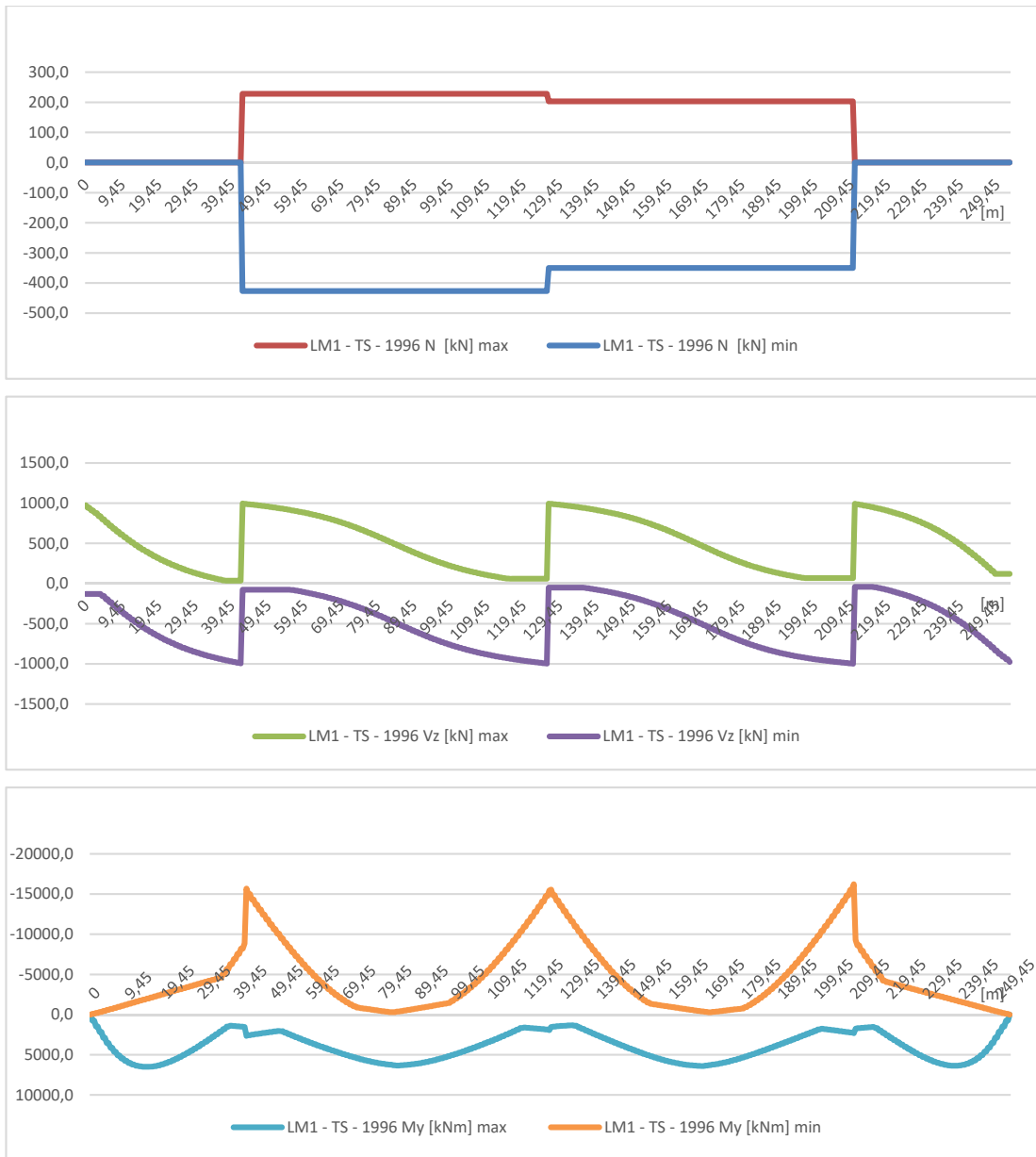
obr.82: Vnitřní síly od dopravy - Výjimečná zatížitelnost



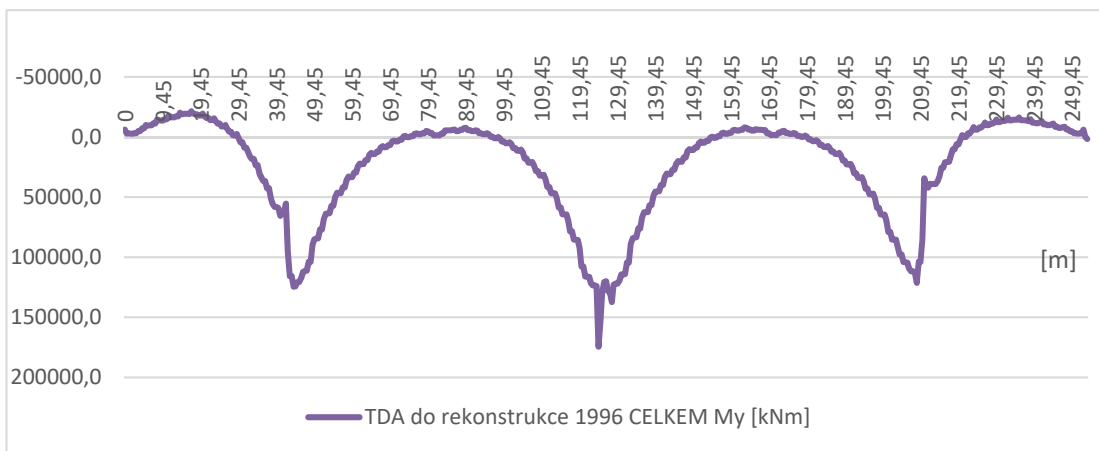
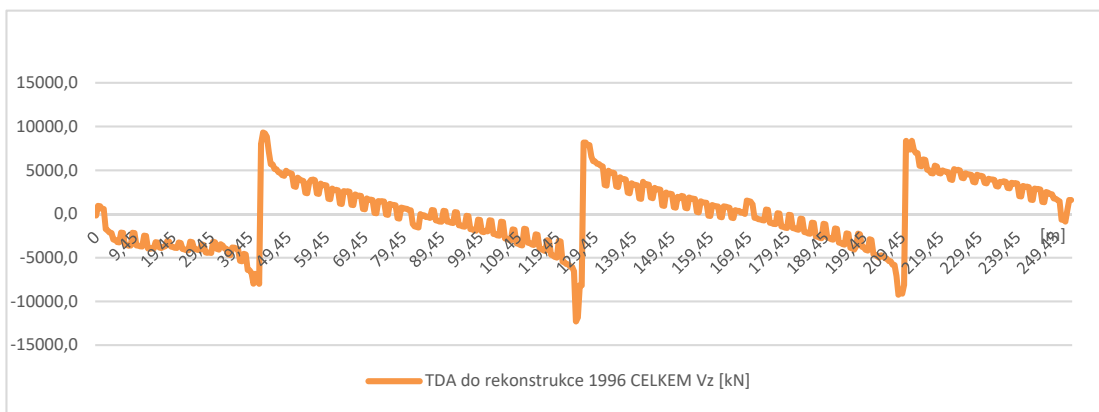
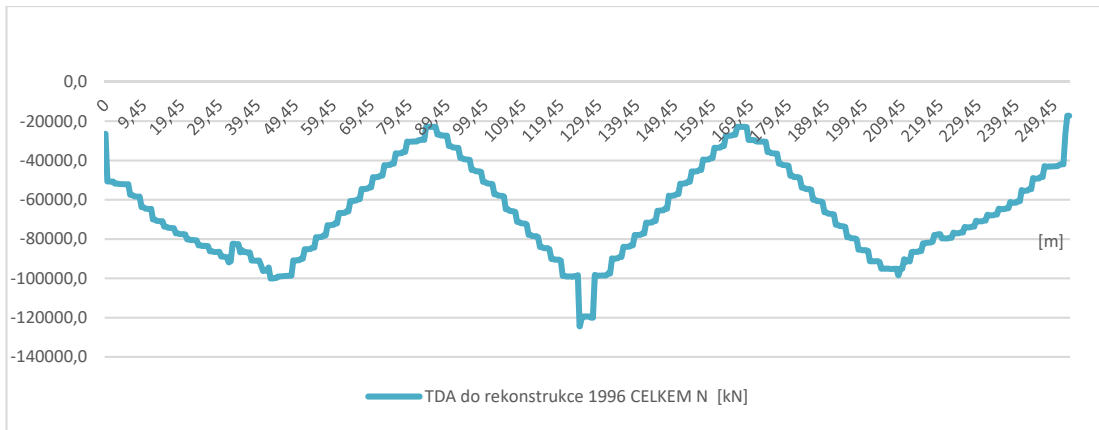
obr.83: Vnitřní síly od dopravy - zatížení chodníků



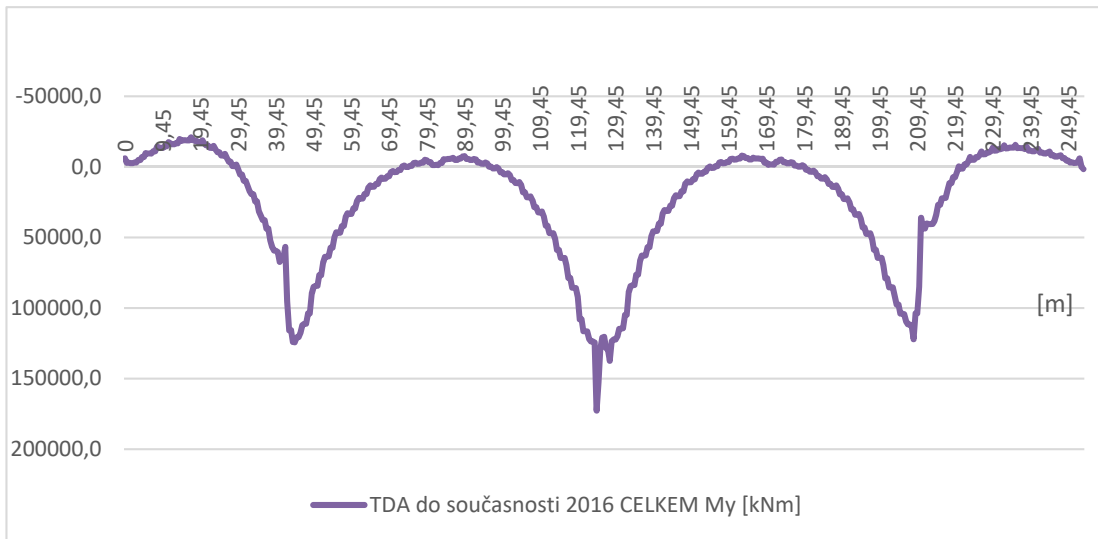
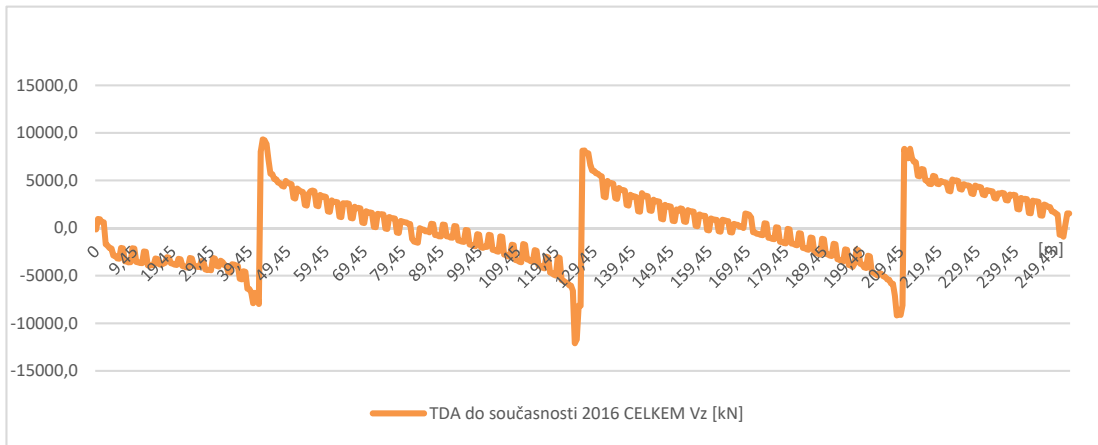
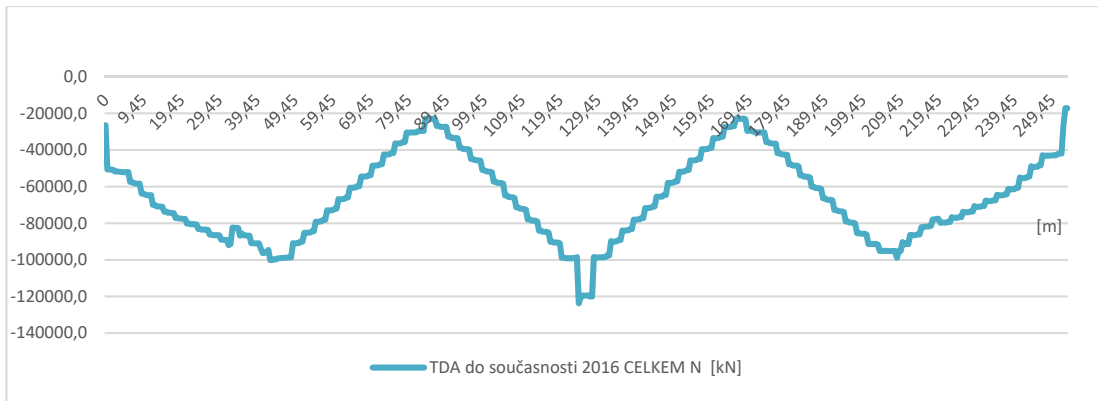
obr.84: Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - UDL



obr.85: Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - TS

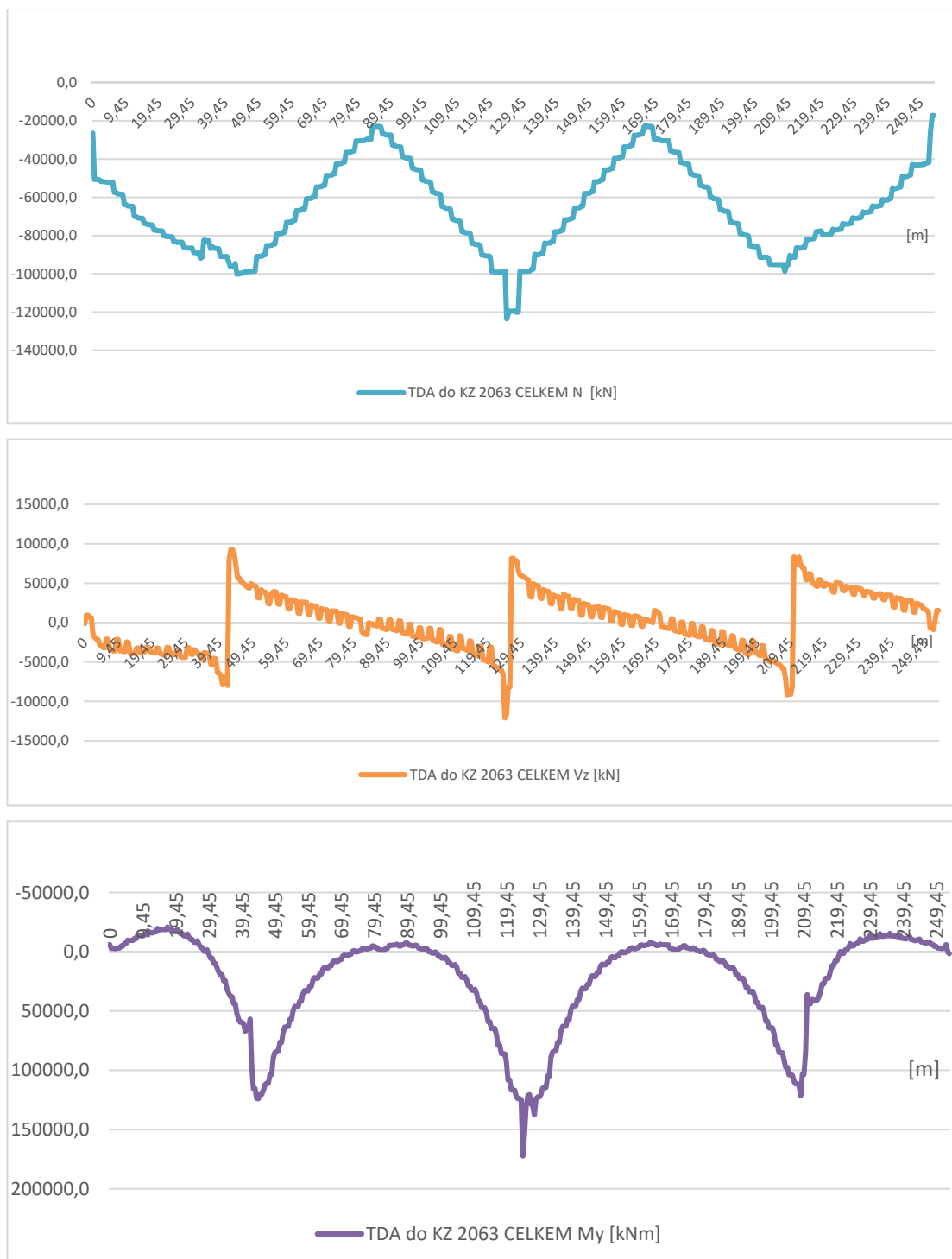


obr.86: Vnitřní síly z TDA 1996 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha)



obr.87: Vnitřní síly z TDA 2016 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha)





obr.88: Vnitřní síly z TDA 2063 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha)

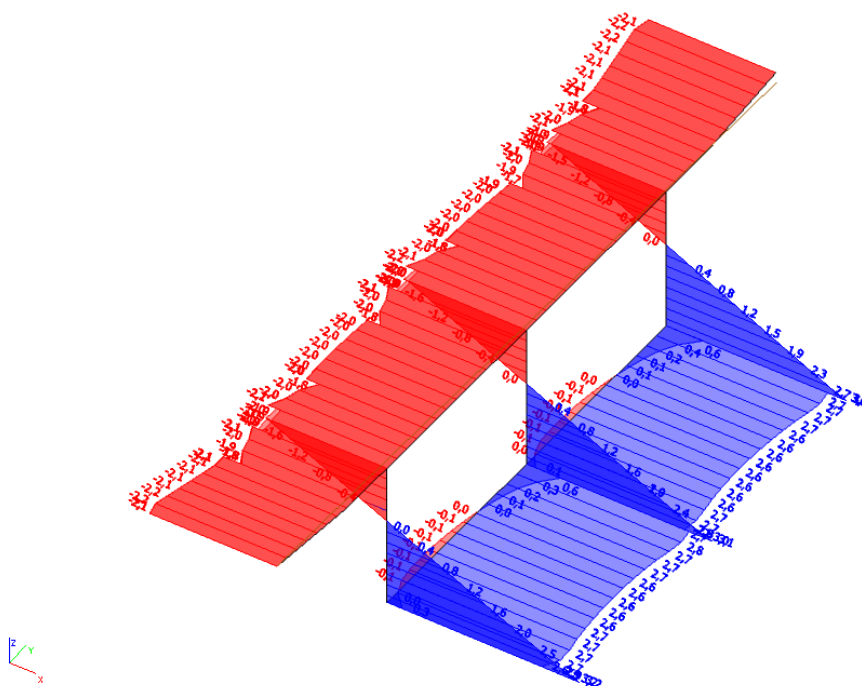
### 7.2.3 Přehled vnitřních sil

Protože vyšetřujeme konstrukci v řezech po metru délky, jsou vnitřní síly v tabulkové podobě přiloženy pouze v digitální podobě.

## 7.2.4 Zohlednění příčného roznášení na konstrukci

Na deskostěnovém modelu konstrukce byl umístěn model zatížení LM1 do krajní pozice vyvolující nejnepříznivější účinky. Tzn. LM1-TS do krajního pruhu k obrubě, LM1-UDL pruh č. 1 na kraj a zatížení chodníků pouze na pravé straně. To vše s uvažováním příčkových čar v podélném směru a umístění zatížení pouze tam kde nevyvolují odlehčující účinky. Na obrázku je graf napětí  $\sigma_x$  od zatížení dopravou. Jak je patrné, napětí se na stranách liší v řádu procent, nebudeme proto roznos uvažovat.

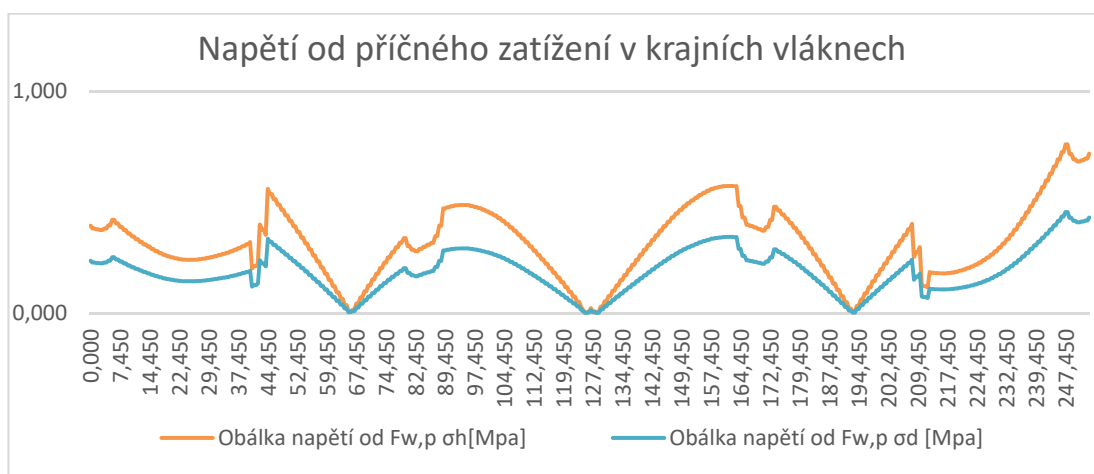
Neprojevení příčného působení je pravděpodobně způsobeno malým poměrem rozpětí pole ku šířce mostovky. Poměr se blíží jedné desetinně, což způsobí, že mostovka se i po asymetrickém zatížení chová jako prut, ne jako deska.



obr.89: Napětí  $\sigma_x$  od krajní polohy modelu LM1 [MPa]

### 7.2.5 Zohlednění zatížení v příčném směru

Zatížení působící v příčném směru na konstrukci mostu jsou započtena přes napětí v krajních vláknech získaná z momentu  $M_z$ . Hodnoty příslušných napětí v pravých a levých vláknech jsou jejich kombinační hodnotou připočtena k získaným hodnotám v horních a dolních vláknech. Získané extrémy se vyskytují pouze v rozích (hranách) konstrukce. Hodnoty jsou uvedeny v grafu níže.



### 7.3 Kombinace vnitřních sil

Pro výpočet zatížitelnosti mostu, který byl podle kritérií a zbytkové životnosti zařazen do kategorie C, se použijí následující kombinace vnitřních sil:

Pro MSP:

- Charakteristická kombinace
- Kvazistálá kombinace
- Častá kombinace

Pro MSÚ:

- (6.10a)
- (6.10b)

Pro zjištění únosnosti staré konstrukce s klouby uprostřed rozpětí vzhledem k dnešním normám

### 7.3.1 Kombinace pro MSP s výpočtem zatížitelnosti

Častá kombinace zatížení:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot \delta \cdot V_{k,c} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

Charakteristická kombinace zatížení:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} + \delta \cdot V_{k,c} \right)$$

Kvazistálá kombinace:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

### 7.3.2 Kombinace pro MSP s ověřením jinými zatěžovacími stavy

Častá kombinace zatížení:

$$\sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Charakteristická kombinace zatížení:

$$\sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace:

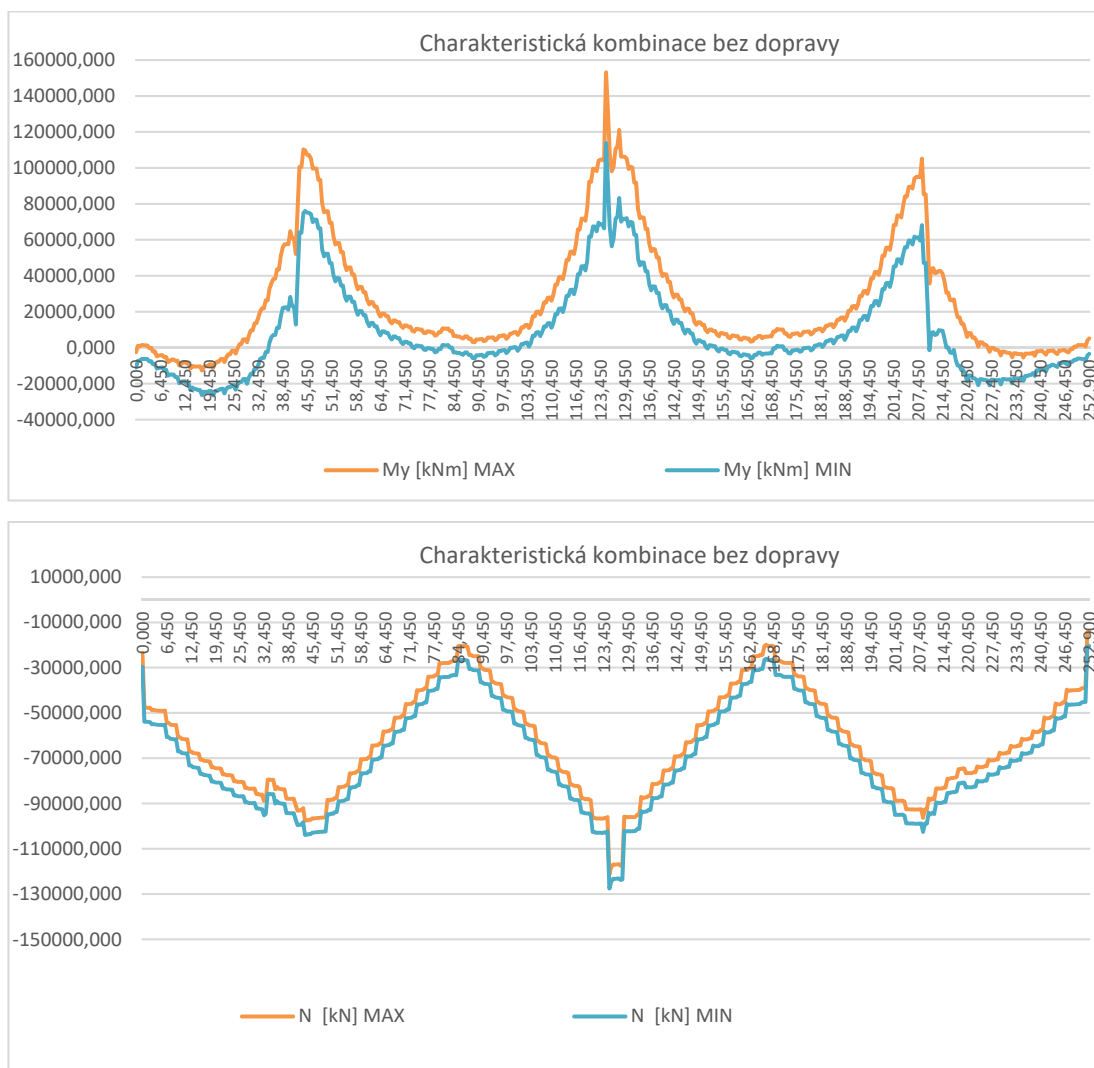
$$\sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

### 7.3.3 Použité hodnoty kombinačních součinitelů $\psi$

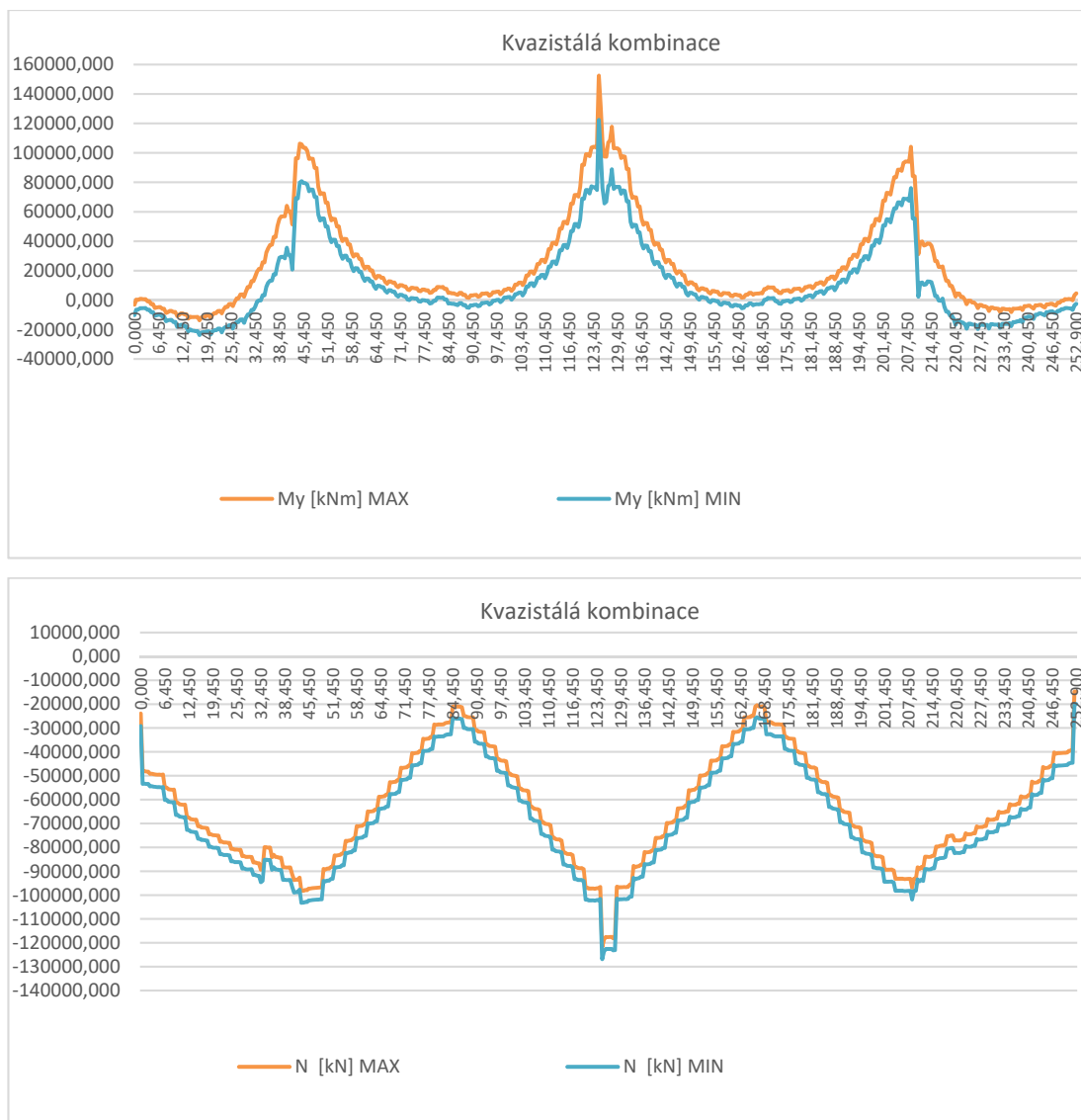
Použité hodnoty součinitelů odpovídají ČSN EN 1990 Tab. A2.1

	Zatížení	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Zatížení	LM1 – TS	0,75	0,75	0
Dopravou	LM1 – UDL	0,4	0,4	0
	Zatížení chodníků	0,4	0,4	0
Vítr	Zatížení větrem, trvalé - $F_w$	0,6	0,2	0
Teplota	Zatížení teplotou - $T_k$	0,6	0,6	0,5

Tyto hodnoty součinitelů jsou použity pro ověření konstrukce, při samotném určování zatížitelnosti musí být dle ČSN 73 6222 použita jednotná hodnota  $\psi_0 = 0,75$ .



obr.90: Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická



obr.91: Kombinace vnitřních sil – MSP Kvazistálá

### 7.3.4 Kombinace pro mezní stav únosnosti

Pro kombinace byly použity vztahy podle ČSN EN 1990 [7]

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

$$\sum_{j \geq 1} \zeta_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P \cdot P \text{ "+" } \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

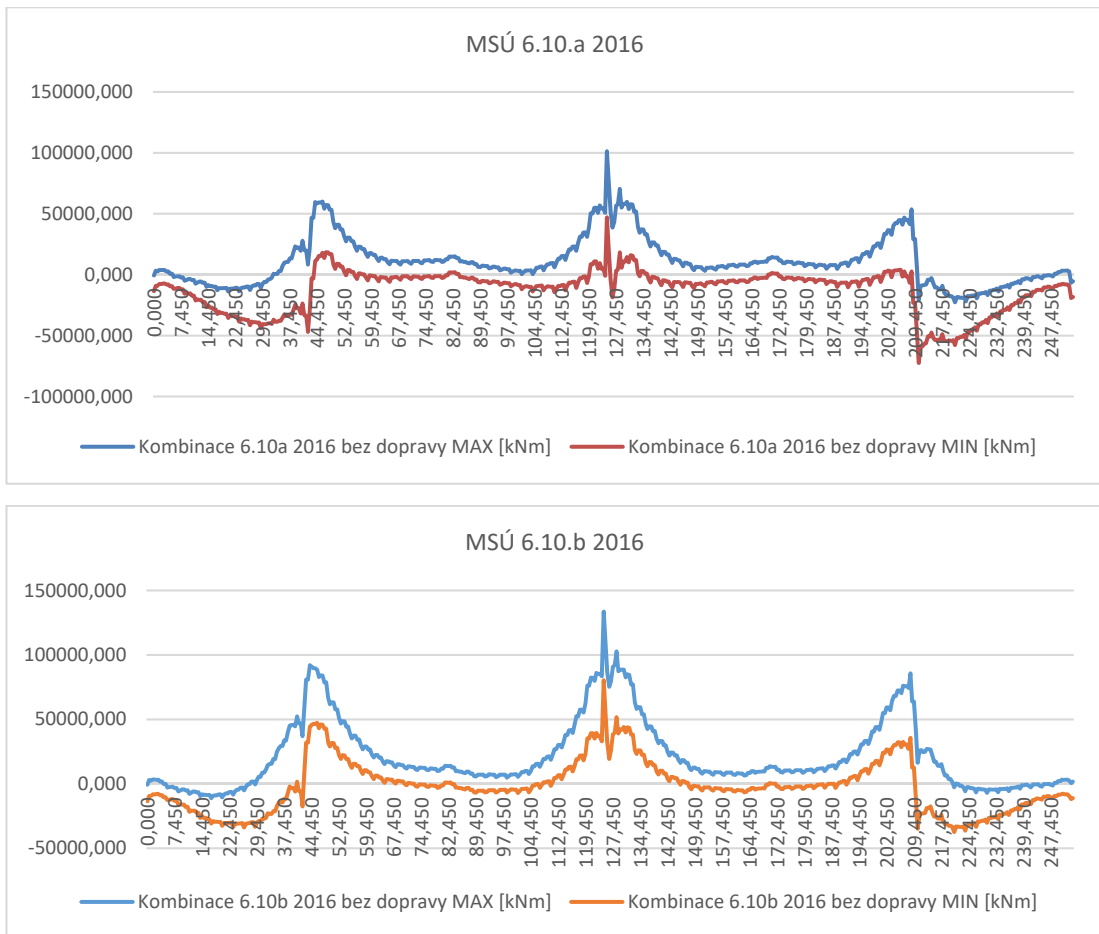
$\gamma_{G,j}$  dílčí součinitel j-tého stálého zatížení

$G_{k,j}$  charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení

- $\gamma_P$  dílčí součinitel zatížení od předpětí
- $P$  příslušná reprezentativní hodnota zatížení od předpětí
- $\gamma_{Q,1}$  dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
- $Q_{k,1}$  charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
- $\gamma_{Q,i}$  dílčí součinitel vedlejšího i-tého proměnného zatížení
- $Q_{k,i}$  charakteristická hodnota vedlejšího i-tého proměnného zatížení
- $\psi_0$  součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
- $\psi_1$  součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
- $\psi_2$  součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení
- $\xi$  redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení  $G$

Za předpokladu lineární analýzy vycházíme z podmínky:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$



obr.92: Kombinace vnitřních sil pro MSÚ

## 8 Předběžné posouzení konstrukce

### 8.1 Předběžné posouzení kce podle původní normy ČSN 73 6202

Předběžné ověření konstrukce provedeme podle ČSN 73 6202 – 1953.

Použijeme pouze hlavní zatížení, to zahrnuje pouze stálé a nahodilé zatížení v podobě dopravy. Model zatížení je popsán v 5.2.6. Do posudku je zahrnuta pouze hlavní nosná konstrukce bez spodní stavby.

Omezující podmínky:

$$C_d = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 28,5 = 17,1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$C_d = 0,0 \text{ MPa (dekomprese)}$$

Jako zatížení stálé a předpětí jsou brány vnitřní síly převzaty z modulu TDA k roku 1963, zahrnující účinky předpětí, vlastní tíhy, dotvarování a smršťování, staveništního zatížení a ostatního stálého zatížení. Kombinační součinitele jsou rovny jedné, proto účinky mohou zůstat nerozděleny.

Napětí v horních vláknech průřezu při uvažování hlavních zatížení:

$$\sigma_{\max}^h = + \frac{N_{TDA}}{A_c} + \frac{M_{TDA}}{W_h} + \frac{N_{(g-g_0)k,\text{inf}}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)k,\text{sup}}}{W_h} + \frac{N_{Q_{k1};1953}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};1953}}{W_h}$$
$$\sigma_{\max}^h = + \frac{N_{TDA} + N_{(g-g_0)k,\text{inf}} + N_{Q_{k1};1953}}{A_c} + \frac{M_{TDA} + M_{(g-g_0)k,\text{sup}} + M_{Q_{k1};1953}}{W_h}$$
$$\sigma_{\max(19,45m)}^h = \frac{-50359,600 \cdot 10^3 + 0,0 + 0,0}{7206000,0} + \frac{(-10544,38 + 1708,250 + 8773,650) \cdot 10^6}{-5227531433,0}$$
$$\sigma_{\max(19,45m)}^h = -6,977 \text{ MPa}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu při uvažování hlavních zatížení:



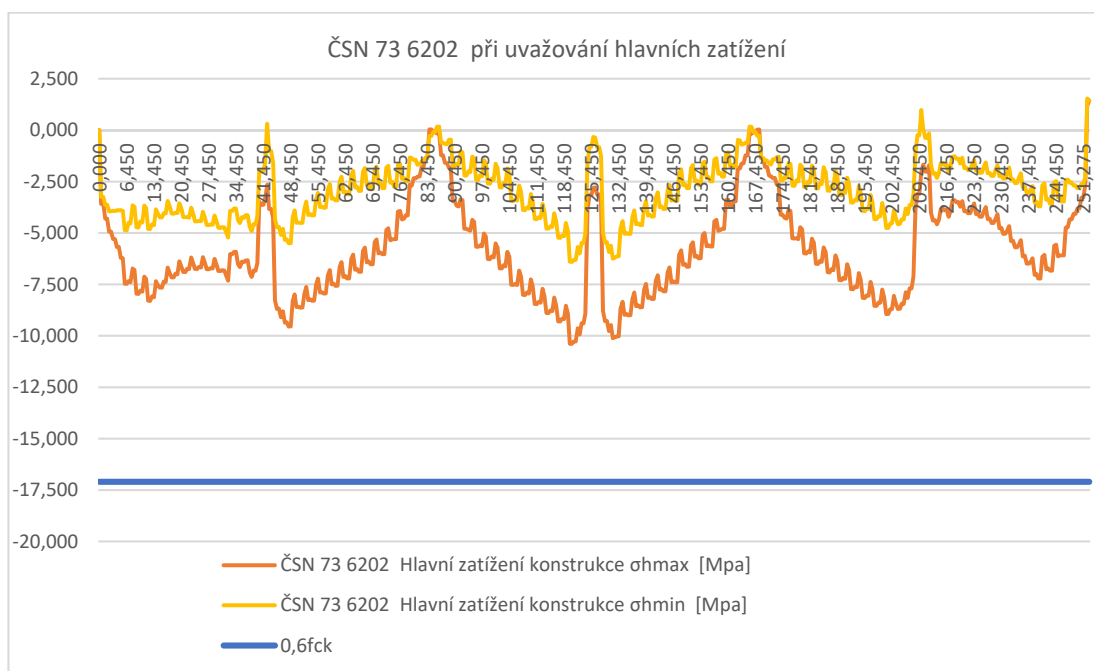
$$\sigma_{\max}^d = + \frac{N_{TDA}}{A_c} + \frac{M_{TDA}}{W_d} + \frac{N_{(g-g_0)k,inf}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)k,sup}}{W_d} + \frac{N_{Q_{k1};1953}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};1953}}{W_d}$$

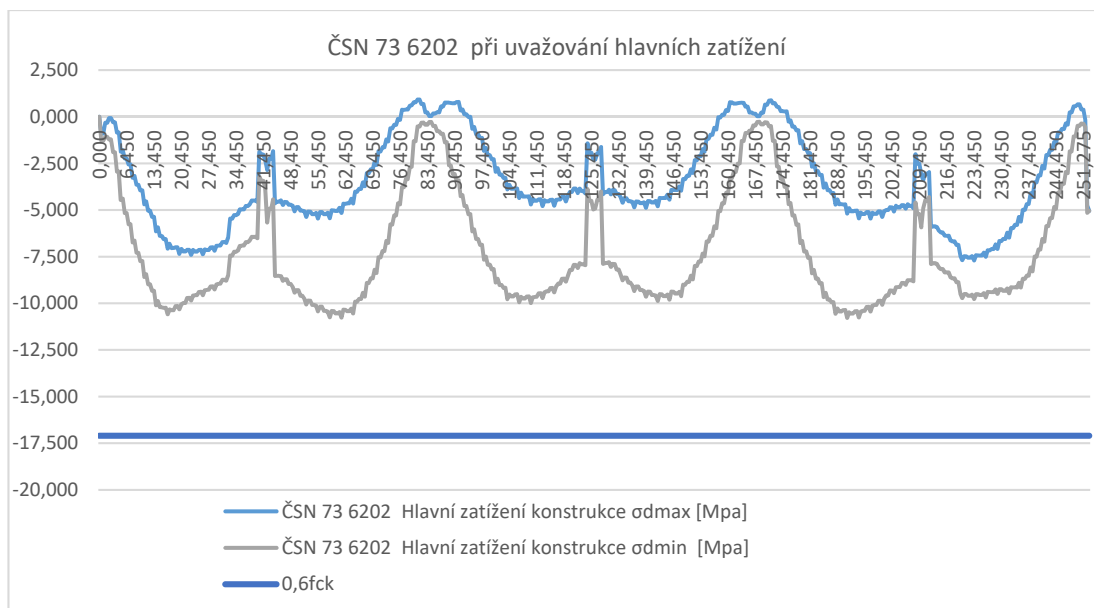
$$\sigma_{\max}^d = + \frac{N_{TDA} + N_{(g-g_0)k,inf} + N_{Q_{k1};1953}}{A_c} + \frac{M_{TDA} + M_{(g-g_0)k,sup} + M_{Q_{k1};1953}}{W_d}$$

$$\sigma_{\max(19,45m)}^d = \frac{-50359,600 \cdot 10^3 + 0,0 + 0,0}{7206000,0} + \frac{(-10544,38 + 1708,250 + 8773,650) \cdot 10^6}{4930356026,0}$$

$$\sigma_{\max(19,45m)}^d = -7,001 \text{ MPa}$$

V grafu níže jsou ukázány průběhy minimálních a maximálních napětí při horním i spodním povrchu konstrukce. Hodnoty jsou zjišťovány v řezech po 1m délky konstrukce.





obr.93: ČSN 73 6202 při uvažování hlavních zatížení

Z grafu je patrné, že na omezení tlaku  $0,6f_{ck}$  konstrukce vyhoví. Kladná tahová napětí pak vycházejí pouze ve spodních vláknech průřezu v těsném okolí kloubů uprostřed polí, nedosahují však  $f_{ctm} = 2,7\text{MPa}$ , jsou proto zanedbatelná.

## 8.2 Předběžné posouzení kce podle Eurokódu ČSN EN 1991-2

Zde je posouzení provedeno podle dnešní normy soustavou zatížení gr1a podle ČSN EN 1991-2. Tato soustava obsahuje model zatížení LM1 a zatížení cyklisty a chodci. Modely zatížení jsou popsány v 5.2.4 a 5.2.5. Do posudku je zahrnuta pouze hlavní nosná konstrukce bez spodní stavby.

Omezující podmínky:

$$C_d = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 28,5 = 17,1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$C_d = 0,0 \text{ MPa (dekomprese)}$$

Charakteristická kombinace zatížení:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d$$

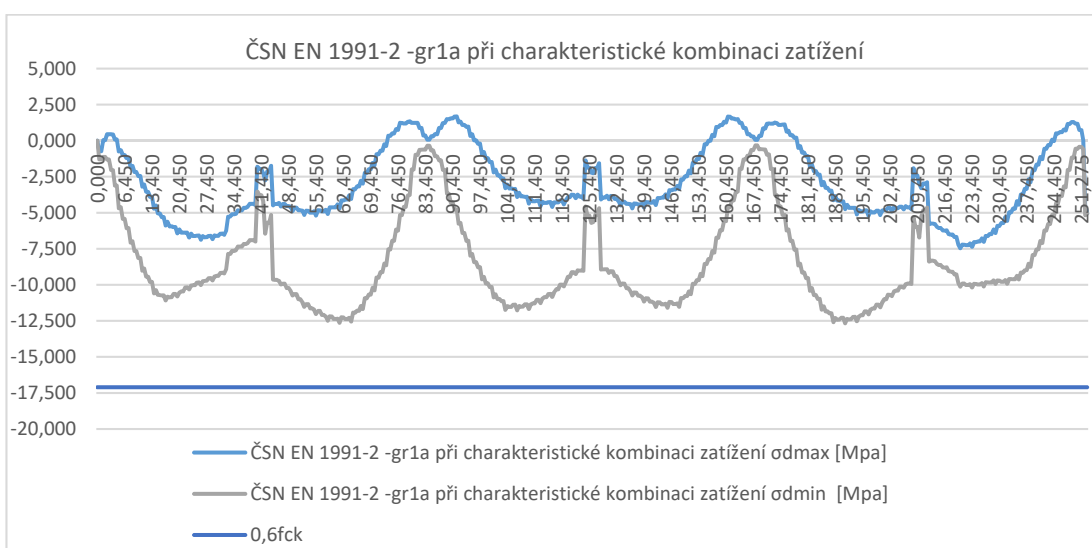
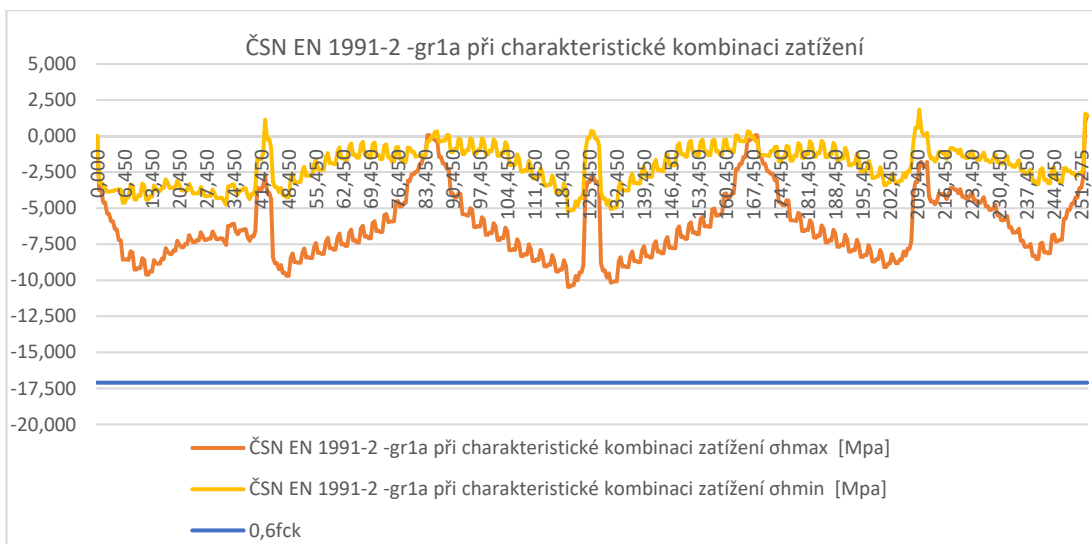
Napětí v horních vláknech průřezu při charakteristické kombinaci zatížení:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max}^h &= + \frac{N_{TDA}}{A_c} + \frac{M_{TDA}}{W_h} + \frac{N_{(g-g_0)_{k,\text{inf}}}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)_{k,\text{sup}}}}{W_h} + \frac{N_{Q_{k1};LM1-TS}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};LM1-TS}}{W_h} \\ &+ \frac{N_{Q_{k1};LM1-UDL}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};LM1-UDL}}{W_h} + \frac{N_{Q_{k1};CH}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};CH}}{W_h} \\ \sigma_{\max(19,45m)}^h &= \frac{-50359,600 \cdot 10^3}{7206000,0} + \frac{(-10544,380 + 1708,250 + 6971,11 + 5878,02 + 880,2) \cdot 10^6}{-5227531433,0} \\ \sigma_{\max(19,45m)}^h &= \mathbf{-7,925MPa} \end{aligned}$$

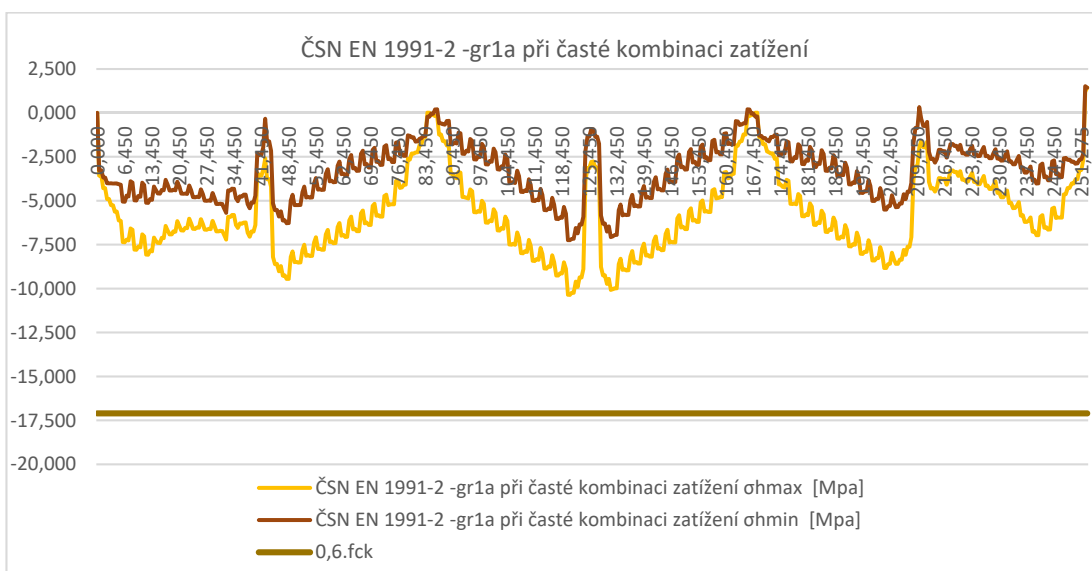
Napětí v dolních vláknech průřezu při charakteristické kombinaci zatížení:

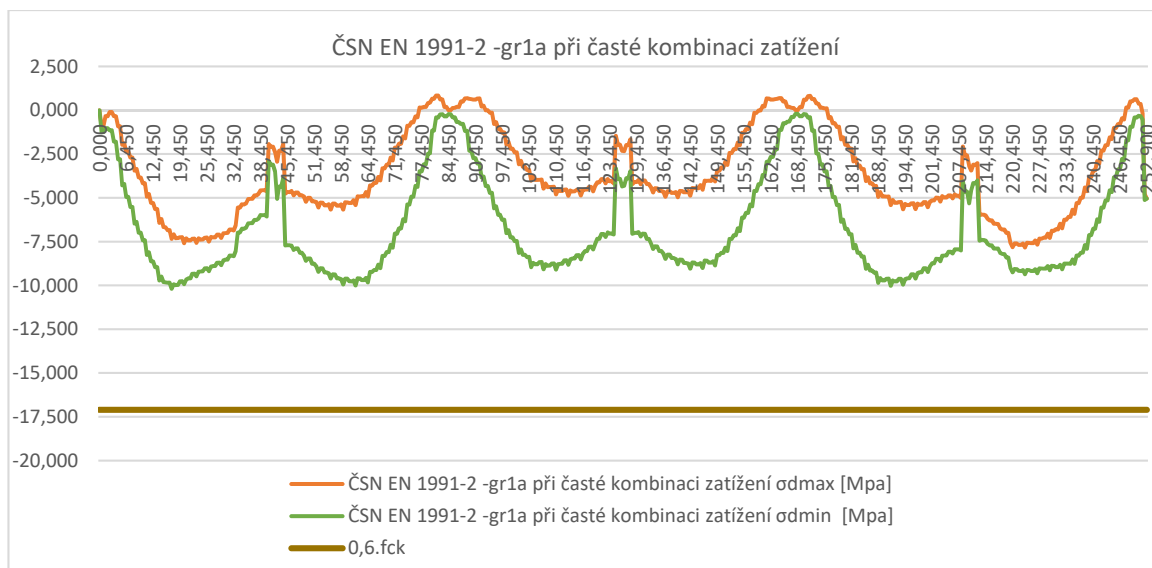
$$\begin{aligned} \sigma_{\max}^d &= + \frac{N_{TDA}}{A_c} + \frac{M_{TDA}}{W_d} + \frac{N_{(g-g_0)_{k,\text{inf}}}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)_{k,\text{sup}}}}{W_d} + \frac{N_{Q_{k1};LM1-TS}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};LM1-TS}}{W_d} \\ &+ \frac{N_{Q_{k1};LM1-UDL}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};LM1-UDL}}{W_d} + \frac{N_{Q_{k1};CH}}{A_c} + \frac{M_{Q_{k1};CH}}{W_d} \\ \sigma_{\max(19,45m)}^d &= \frac{-50359,600 \cdot 10^3}{7206000,0} + \frac{(-10544,380 + 1708,250 + 6971,11 + 5878,02 + 880,2) \cdot 10^6}{4930356026,0} \\ \sigma_{\max(19,45m)}^d &= \mathbf{-5,996MPa} \end{aligned}$$

V grafu níže jsou ukázány průběhy minimálních a maximálních napětí při horním i spodním povrchu konstrukce. Hodnoty jsou zjišťovány v řezech po 1m délky konstrukce.



obr.94: ČSN EN 1991-2 -gr1a při charakteristické kombinaci zatížení





obr.95: ČSN EN 1991-2 -gr1a při časté kombinaci zatížení

Výsledky jsou obdobné jako v předchozím případě, na tlakové omezení vyhoví celá konstrukce, na dekompresi pouze lokálně nevyhoví okolí kloubů při dolních vláknech průřezu.

## 9 Výpočet zatížitelnosti

### 9.1 Stanovení zatížitelnosti s ohledem na MSP

Pro správné určení požadovaných posouzení konstrukce jsme zařadili konstrukci do kategorie C - předpjaté železobetonové konstrukce se zbytkovou životností 50 let (dle ČSN EN 73 6222).

Stanovení zatížitelnosti provedeme s ohledem na mezní stav omezení napětí. Kritériem pro ověření tohoto mezního stavu je dodržení hodnoty maximálního napětí v betonu v tlaku a dekomprese. Pro hodnotu omezení  $0,6 \cdot f_{ck}$  použijeme charakteristickou kombinaci zatížení.

Dále dle ČSN EN 73 6222 posoudíme konstrukci na hodnotu omezení  $0,45 \cdot f_{ck}$  při kvazistále kombinaci zatížení. Protože kvazistálá kombinace nezahrnuje dopravní

zatížení, je toto posouzení pouze kontrolní, nezjistíme z něj hodnoty zatížitelnosti konstrukce.

Jako poslední provedeme ověření pro šířku trhlin pro nejnamáhanější průřez. Pro tento posudek použijeme častou kombinaci (dle ČSN EN 73 6222).

### 9.1.1 Mezní stav omezení napětí hodnotou $0,6 \cdot f_{ck}$

Omezující podmínky:

$$C_d = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 28,5 = 17,1 \text{ MPa (tlak)}$$

Charakteristická kombinace zatížení:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} + \delta \cdot V_{k,c} \right) = C_d$$

**Normální zatížitelnost** (určená pro horní vlákna průřezu)

$$\begin{aligned} \sigma_{c,84,45m,\max}^h = & + \frac{N_{TDA_{g0}}}{A_c} + \frac{M_{TDA_{g0}}}{W_h} + \frac{N_{(g-g_0)_{k,\inf}}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)_{k,\sup}}}{W_h} + \frac{N_{set;\max}}{A_c} + \frac{M_{set;\max}}{W_h} \\ & + \frac{N_{TDA_{CaS}}}{A_c} + \frac{M_{TDA_{CaS}}}{W_h} + \frac{N_P}{A_c} + \frac{M_P}{W_h} + \psi_{0,1} \cdot \frac{N_{Tep,\max}}{A_c} + \psi_{0,1} \cdot \frac{M_{Tep,\max}}{W_h} + \psi_{0,1} \cdot \frac{N_{Fw,\max}}{A_c} + \psi_{0,1} \cdot \frac{M_{Fw,\max}}{W_h} \\ & + \frac{N_{CH,\max}}{A_c} + \frac{M_{CH,\max}}{W_h} + \frac{N_{Vk,c,\max}}{A_c} + \frac{M_{Vk,c,\max}}{W_h} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c,84,45m,\max}^h = + \frac{N_{TDA_{g0}} + N_{(g-g_0)_{k,\text{inf}}} + N_{set;\max} + N_{TDA_{CaS}} + N_P + \psi_{0,1} \cdot N_{Tep,\max} + \psi_{0,1} \cdot N_{Fw,\max} + N_{CH,\max}}{A_c}$$

$$+ \frac{M_{TDA_{g0}} + M_{(g-g_0)_{k,\text{sup}}} + M_{set;\max} + M_{TDA_{CaS}} + M_P + \psi_{0,1} \cdot M_{Tep,\max} + \psi_{0,1} \cdot M_{Fw,\max} + M_{CH,\max}}{W_h}$$

$$+ \frac{N_{Vn;1}}{A_c} \cdot M_{V_{k,c,\max}} + \frac{M_{V_{k,c,\max}}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,84,45m,\max}^h = + \frac{-22947,36 - 424,770 + 28,140 + 0,6 \cdot 4570,35 + 0,6 \cdot 64,86 + 77,130}{10,490}$$

$$+ \frac{-5484,92 + 7088,60 + 26,790 + 0,6 \cdot 6556,54 + 0,6 \cdot 134,710 + 902,66}{-3,946}$$

$$+ \frac{249,26}{3650,94} \cdot M_{V_{k,c,\max}} + \frac{M_{V_{k,c,\max}}}{-3,946} = -17,100 \text{ MPa}$$

$$M_{V_{k,c,\max}} = 54640,946 \text{ kNm}$$

### Normální zatížitelnost

$$v_n = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,1,1}}} = \frac{54640,946}{1,17 \cdot 3650,94} = 12,792 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$V_{a,w} = 100 \cdot v_n = 1279,2 \text{ kN} \quad V_{nw} = \frac{4}{3} \cdot V_{a,w} = 1705,56 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_{nw}}{10} = 170,55 \text{ t}$$

### Výhradní zatížitelnost

$$\sigma_{c,84,45m,\max}^h = + \frac{-22947,36 - 424,770 + 28,140 + 0,6 \cdot 4570,35 + 0,6 \cdot 64,86 + 77,130}{10,490}$$

$$+ \frac{-5484,92 + 7088,60 + 26,790 + 0,6 \cdot 6556,54 + 0,6 \cdot 134,710 + 902,66}{-3,946}$$

$$+ \frac{224,46}{5583,32} \cdot M_{V_{k,c,\max}} + \frac{M_{V_{k,c,\max}}}{-3,946} = -17,100 \text{ MPa}$$

$$M_{V_{k,c},\max} = 54054,966 \text{ kNm}$$

$$V_{2,w} = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,2,1}}} = \frac{54054,966 \cdot 1000}{1,20 \cdot 5583,32} = 8067,92 \text{ kN}$$

$$V_r = \frac{V_{2,w}}{10} = 806,792 \text{ t}$$

### Výjimečná zatížitelnost

$$\sigma_{c,84,45m,\max}^h = + \frac{-22947,36 - 424,770 + 28,140 + 0,6 \cdot 4570,35 + 0,6 \cdot 64,86 + 77,130}{10,490}$$

$$+ \frac{-5484,92 + 7088,60 + 26,790 + 0,6 \cdot 6556,54 + 0,6 \cdot 134,710 + 902,66}{-3,946}$$

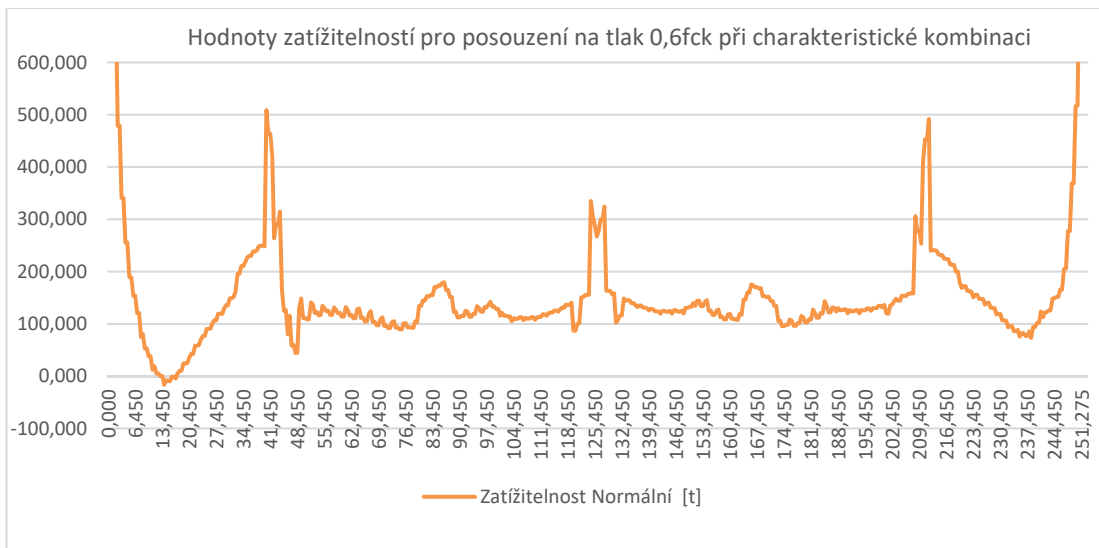
$$+ \frac{219,410}{5132,04} \cdot M_{V_{k,c},\max} + \frac{M_{V_{k,c},\max}}{-3,946} = -17,100 \text{ MPa}$$

$$M_{V_{k,c},\max} = 54107,700 \text{ kNm}$$

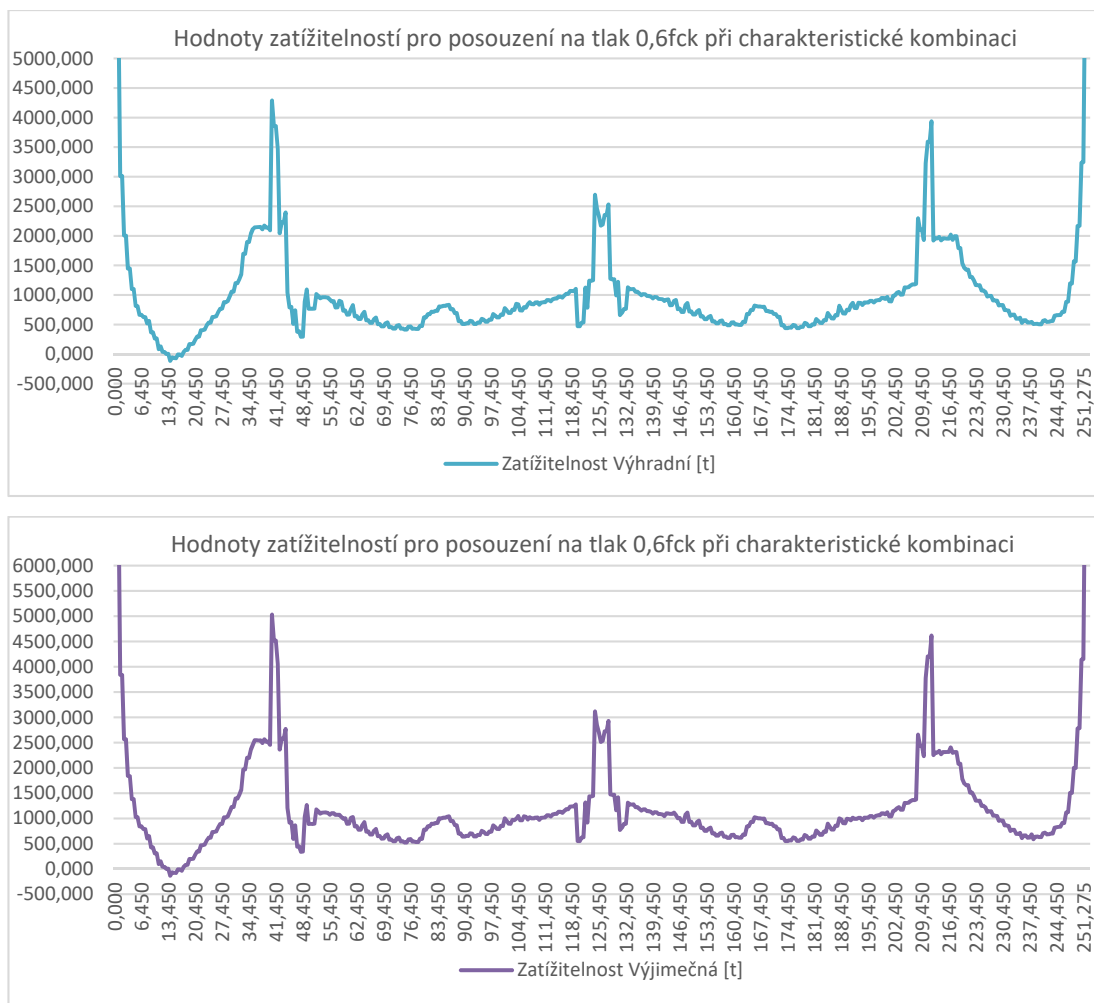
$$V_{3,w} = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,3,1}}} = \frac{54107,7 \cdot 1000}{1,05 \cdot 5132,04} = 10041,1 \text{ kN}$$

$$V_e = \frac{V_{3,w}}{10} = 1004,1 \text{ t}$$

Výsledné zatížitelnosti jsou uvedeny v následujících grafech





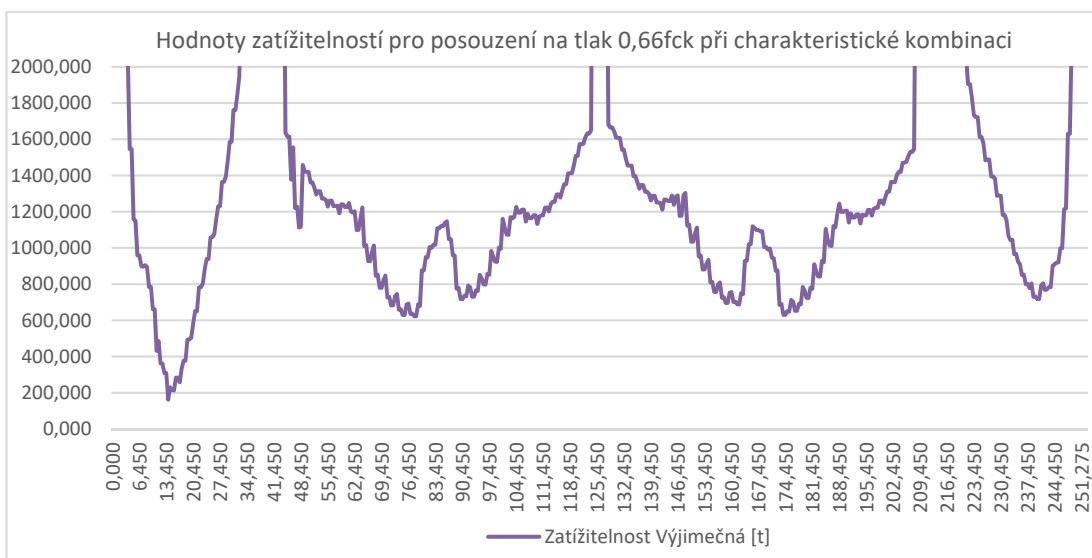
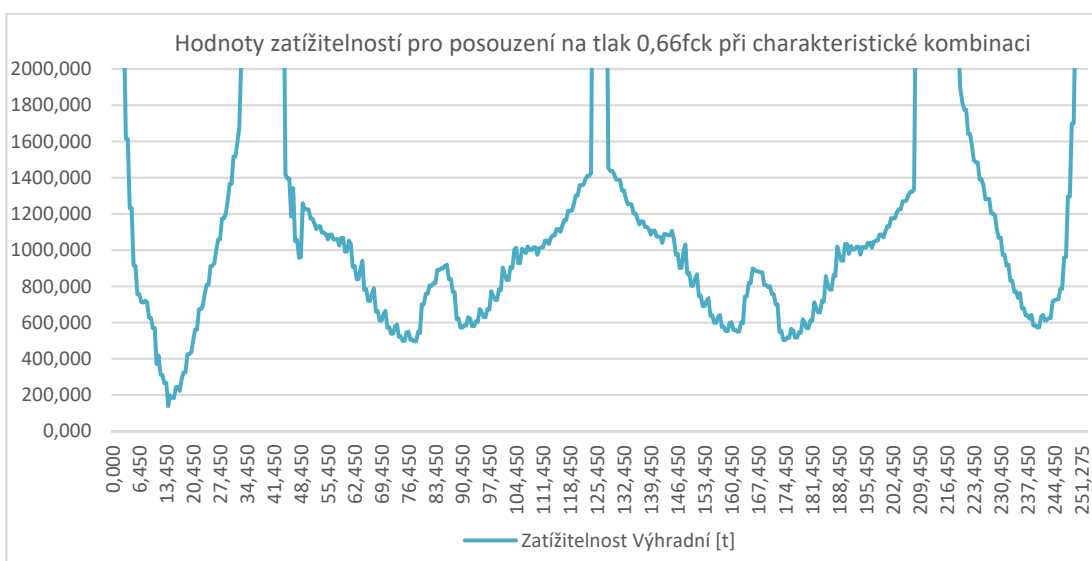
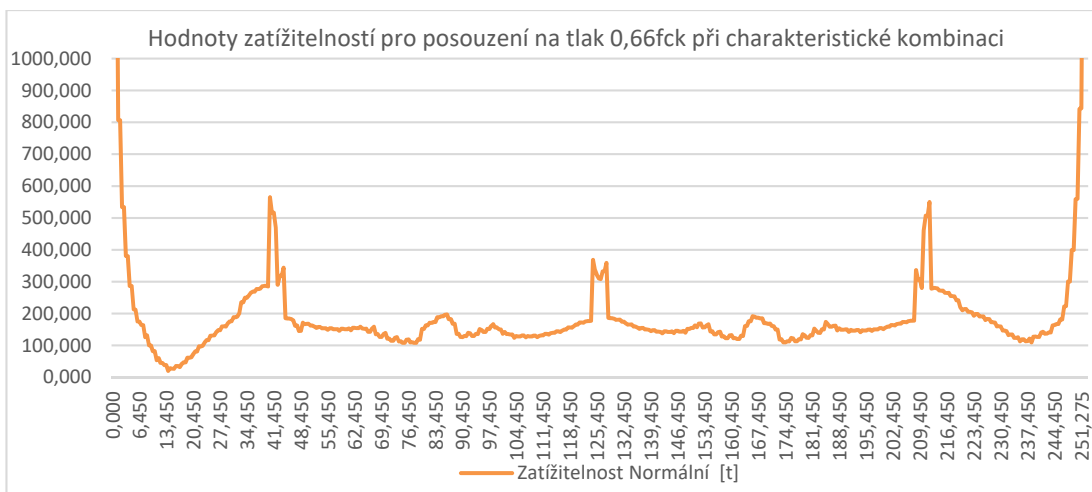


obr.96: Hodnoty zatížitelností vyplývajících z  $0,6f_{ck}$

Minimální zatížitelnosti při $0,6f_{ck}$ :	$V_n$ [t]	$V_r$ [t]	$V_e$ [t]
		-16,304	-113,412

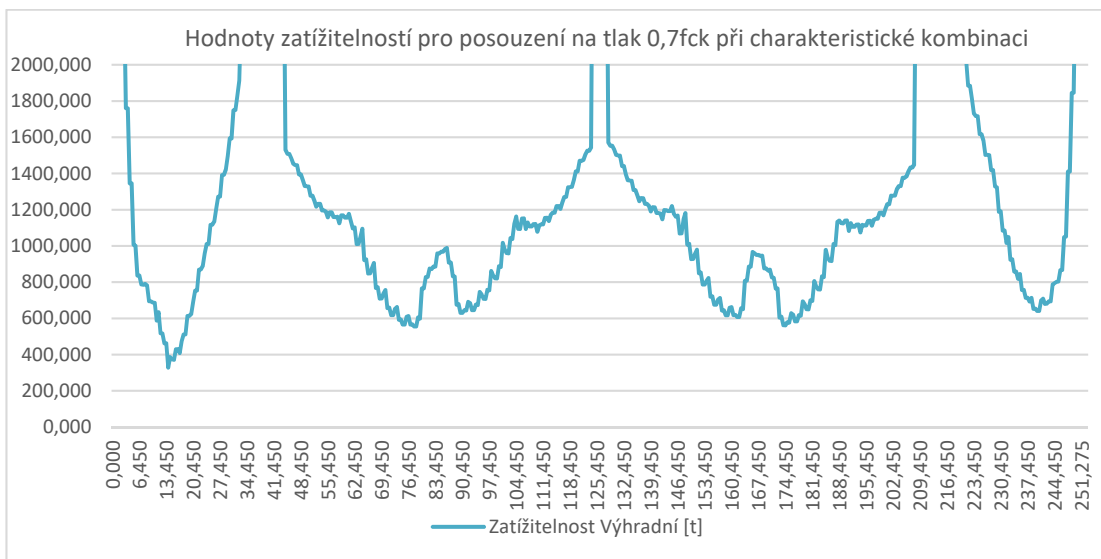
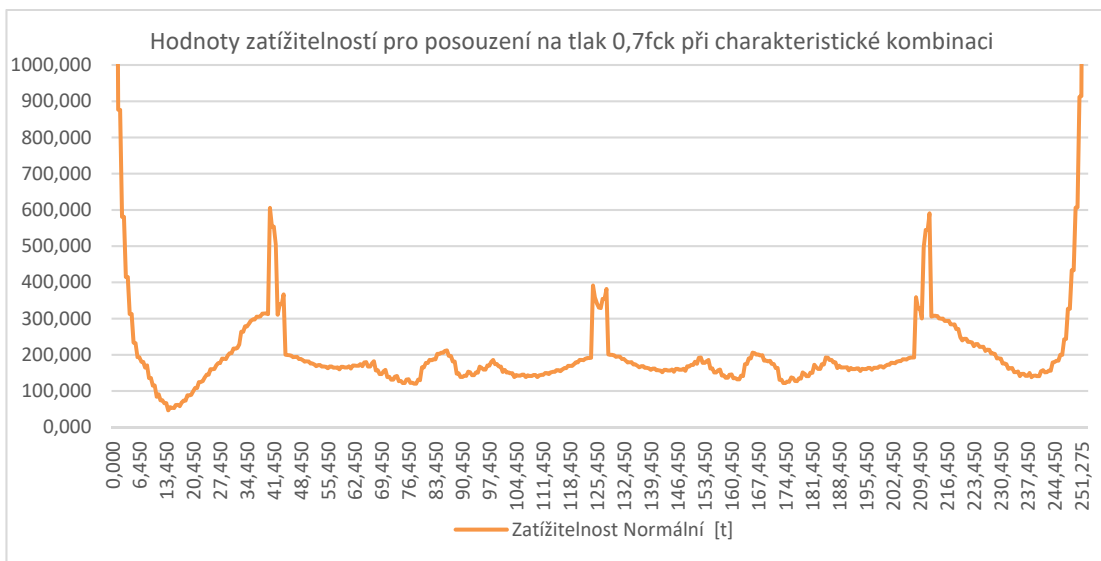
Konstrukce na tlak nevyhovuje v místě  $x=13,45\text{m}$  a okolí, na ostatních místech jsou zatížitelnosti dostačující. Proto zvýšíme hranici tlakového omezení na  $0,66f_{ck}$ . Dle Eurokódu je možno tuto hranici zvýšit v případě, že je v místě vysokých tlaků dostatečná příčná výztuž, která zamezí vzniku podélných trhlin při vznikajících příčných tazích. Tento předpoklad je u této konstrukce splněn.

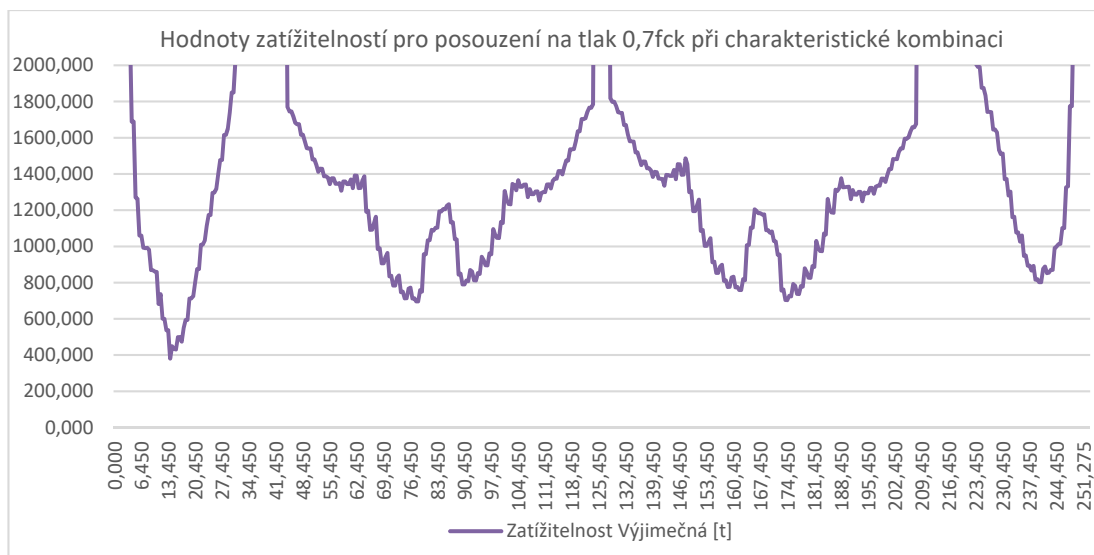
Pro názornost jsou v dalších grafech uvedeny zatížitelnosti i pro tlak  $0,7f_{ck}$ . Z porovnání je patrné, že zatížitelnost násobně stoupá už při malém zvýšení hranice tlakového omezení.



obr.97: Hodnoty zatížitelností vyplývajících z 0,66f<sub>ck</sub>

Minimální zatížitelnosti při 0,66f <sub>ck</sub> :	V <sub>n</sub> [t]	V <sub>r</sub> [t]	V <sub>e</sub> [t]
		<b>20,090</b>	<b>139,744</b>





obr.98: Hodnoty zatížitelností vyplývajících z 0,7f<sub>ck</sub>

Minimální zatížitelnosti při 0,7f <sub>ck</sub> :	V <sub>n</sub> [t]	V <sub>r</sub> [t]	V <sub>e</sub> [t]
		47,219	328,449

### 9.1.2 Mezní stav omezení napětí hodnotou 0,0 MPa (dekomprese)

Omezující podmínky:

$$C_d = 0,0 \text{ MPa (dekomprese)}$$

Kvazistálá kombinace:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d$$

$$\sigma_{c,84,45m,max}^d = + \frac{N_{TDA_{g0}}}{A_c} + \frac{M_{TDA_{g0}}}{W_h} + \frac{N_{(g-g_0)_{k,inf}}}{A_c} + \frac{M_{(g-g_0)_{k,sup}}}{W_h} + \frac{N_{set,max}}{A_c} + \frac{M_{set,max}}{W_h}$$

$$+ \frac{N_{TDA_{cas}}}{A_c} + \frac{M_{TDA_{cas}}}{W_h} + \frac{N_P}{A_c} + \frac{M_P}{W_h} + \psi_{2,1} \cdot \frac{N_{Tep,max}}{A_c} + \psi_{2,1} \cdot \frac{M_{Tep,max}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,84,45m,max}^d = + \frac{N_{TDA_{g0}} + N_{(g-g_0)k,inf} + N_{set,max} + N_{TDA_{CaS}} + N_P + \psi_{2,1} \cdot N_{Tep,max}}{A_c}$$

$$+ \frac{M_{TDA_{g0}} + M_{(g-g_0)k,sup} + M_{set,max} + M_{TDA_{CaS}} + M_P + \psi_{2,1} \cdot M_{Tep,max}}{W_h}$$

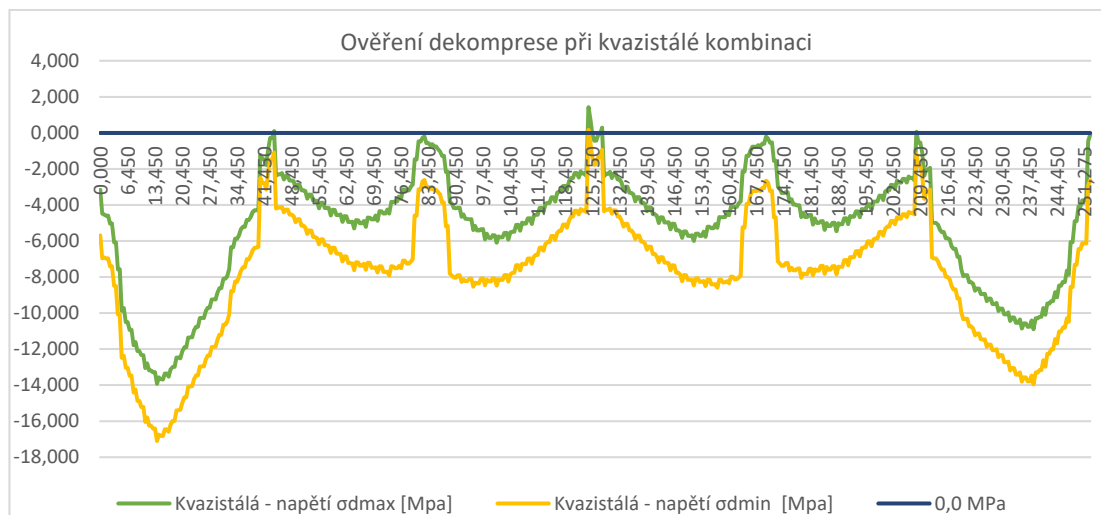
$$\sigma_{c,84,45m,max}^d = + \frac{-22947,360 - 424,770 + 28,140 + 0,5 \cdot 4570,35}{10,490}$$

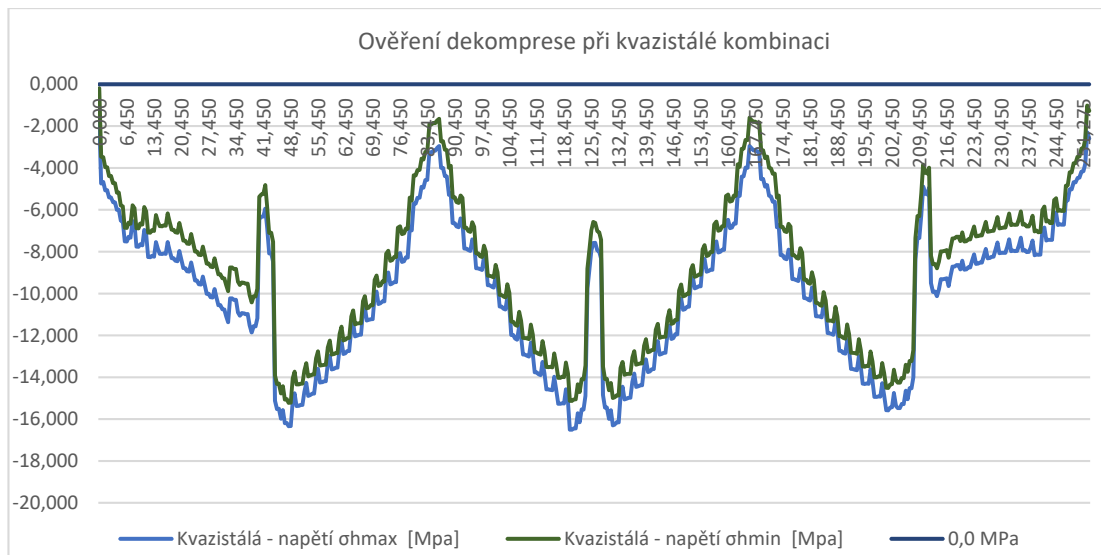
$$+ \frac{-5484,920 + 7088,6 + 26,79 + 0,5 \cdot 6556,540}{3,6881} = -0,677 MPa$$

$$\sigma_{c,84,45m,max}^d \leq C_d$$

...vyhovuje

$$-0,677 MPa \leq 0,0 MPa$$





obr.99: Ověření dekomprese na konstrukci při kvazistálé kombinaci

Konstrukce lokálně nevyhoví v dolních vláknech na rozhraní příčniku a komory, kde dochází ke skokové změně průřezu, tahy jsou ovšem minimální.

### 9.1.3 Omezení šířky trhlin

Omezující šířka trhlin dle [3] pro kategorii C je rovna 0,2mm. Ověření provedeme názorně pro průřez v  $x=84,45\text{m}$ , kde by mělo docházet k největším tahům v dolních vláknech. Ověření provedeme pro nejnižší zjištěnou zatížitelnost.

Častá kombinace zatížení:

$$E_{d,s} = f \left( \sum_{i \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot \delta \cdot V_{k,c} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

Maximální momenty od časté kombinace v současnosti

$$M_{TDA} = -5484,92 \text{ kNm}$$

$$M_{g0} = 7088,60 \text{ kNm}$$

$$M_{set} = 26,79 \text{ kNm}$$

$$M_{Vk} = \psi_{1,1} \cdot M_{Vk,c} = 0,75 \cdot 8742,048 = 6556,54 \text{ kNm}$$

$$M_{tep} = \psi_{2,1} \cdot 7332,4 = 0,5 \cdot 7332,4 = 3666,2 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{cast}} = 11853,2 \text{ kNm}$$

Maximální normálové síly od časté kombinace v současnosti

$$N_{TD1} = -22947,36 \text{ kN}$$

$$N_{g0} = -424,77 \text{ kN}$$

$$N_{\text{set}} = 28,140 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tep}} = \psi_{2,1} \cdot 4570,350 = 2285,18 \text{ kN}$$

$$N_{\text{cast}} = -21058,8 \text{ kMN}$$

Moment a normálová síla od zatížení dopravou jsou získány přenásobením nejnižší dosažené zatížitelnosti dynamickým součinitelem a jednotkovou zatížitelností.

Napětí v horních vláknech betonového průřezu

$$\sigma_c^h = \frac{N_{\text{cast}}}{A_c} + \frac{M_{\text{cast}}}{W_c^h} =$$

$$\sigma_c^h = \frac{-21058,8}{10,490} + \frac{11853,2}{-3,948} =$$

$$-2007,51 - 3002,33 = -5009,84 \text{ kPa} = -5,01 \text{ MPa}$$

Napětí v dolních vláknech betonového průřezu

$$\sigma_c^d = \frac{N_{\text{cast}}}{A_c} + \frac{M_{\text{cast}}}{W_c^d} =$$

$$\sigma_c^d = \frac{-21058,8}{10,490} + \frac{11853,2}{3,688} =$$

$$1206,48 = +1,206 \text{ MPa}$$

Poloha neutrálné osy (od horních vláken)

$$x = 1,531 \text{ m}$$

Vzdálenost težiště betonářské výztuže od povrchu konstrukce

$$(h-d) = 0,06 \text{ m}$$

Napětí v úrovni betonářské výztuže

$$\sigma_c = \frac{1,206}{(1,9 - 1,531)} \cdot (0,369 - 0,06) = 1,00 \text{ MPa}$$

Napětí v betonářské výztuži po vzniku trhlin, výztuž přebírá veškerou tahovou sílu.

Tahová síla pro přenesení

$$(h - x) < d_d$$

$$0,369 < 0,400$$

=> tažená plocha vychází do spodní desky

$$A_{ct} = 6,0 \cdot (h - x) = 6,0 \cdot 0,369 = 2,208 m^2$$

$$N_{ct} = \frac{A_{ct} \cdot \sigma_c}{2} = \frac{2,208 \cdot 1000,0}{2} = 1104,0 kN$$

Množství a plocha tažené výztuže

Ø 16 á 190mm

$$A_s = 32 \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 6433,98 mm^2$$

Výsledné napětí ve výztuži

$$\sigma_s = \frac{N_{ct}}{A_s} = \frac{1104000}{6433,98} = 171,589 MPa$$

Šířka trhliny stanovena dle ČSN EN 1992 [4]

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{171,589 - 0,6 \cdot \frac{2,7}{0,007149} \cdot (1 + 6,393 \cdot 0,007149)}{195000} = -0,000335 \leq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,6 \cdot \frac{171,589}{195000} = 0,000388$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c} = \frac{195000}{30500} = 6,393$$

$$x \geq 0,25 \cdot h \Rightarrow \text{rozhoduje } 2,5 \cdot (h - d)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6433,98}{2,5 \cdot (1900 - 1840) \cdot 6000} = 0,008149$$

Součinitel pro krátkodobé trvání zatížení

$$k_t = 0,6 \quad f_{ct,eff} = f_{cm} = 2,7 MPa$$



Maximální vzdálenost trhlin

$$s_{r,\max} = k_3 c + \frac{k_1 k_2 k_4 \phi}{\rho_{p,\text{eff}}}$$

Krytí a průměr výztuže

$$\phi = 16 \text{ mm}$$

$$c = 52 \text{ mm}$$

Součinitel pro pruty s velkou soudržností

$$k_1 = 0,8$$

Součinitel pro působení tah/ohyb (neutrálná osa vychází do průřezu)

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,\max} = k_3 c + \frac{k_1 k_2 k_4 \phi}{\rho_{p,\text{eff}}} = 3,4 \cdot 52 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 16}{0,008149} = 510,583 \text{ mm}$$

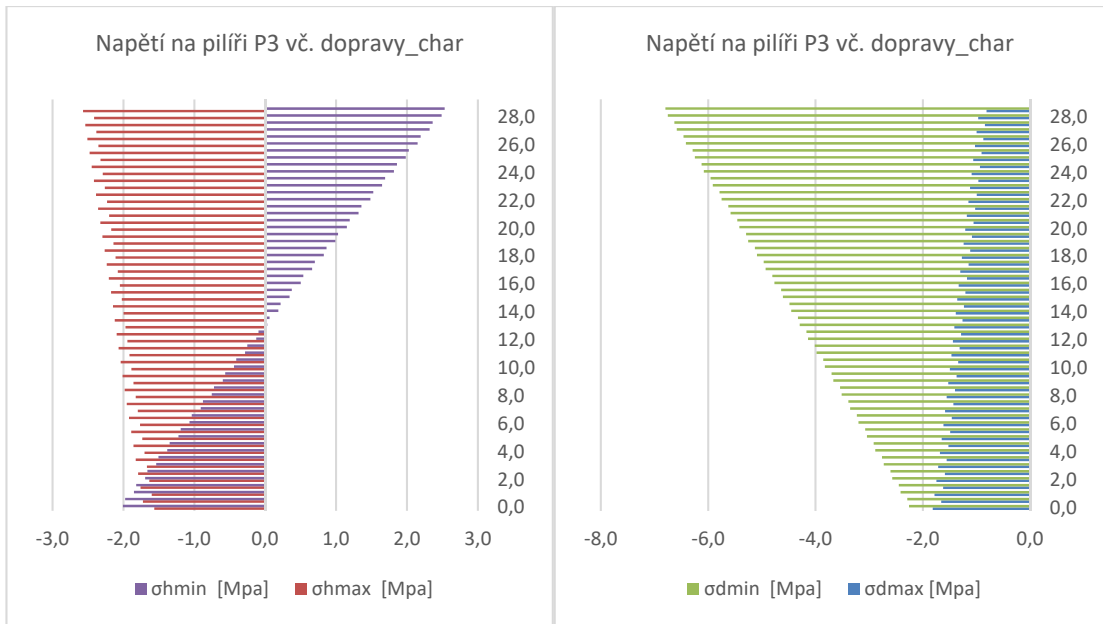
$$w_k = s_{r,\max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 510,583 \cdot 0,000388 = 0,198 \text{ mm} \leq 0,2 \text{ mm}$$

**...vyhovuje**

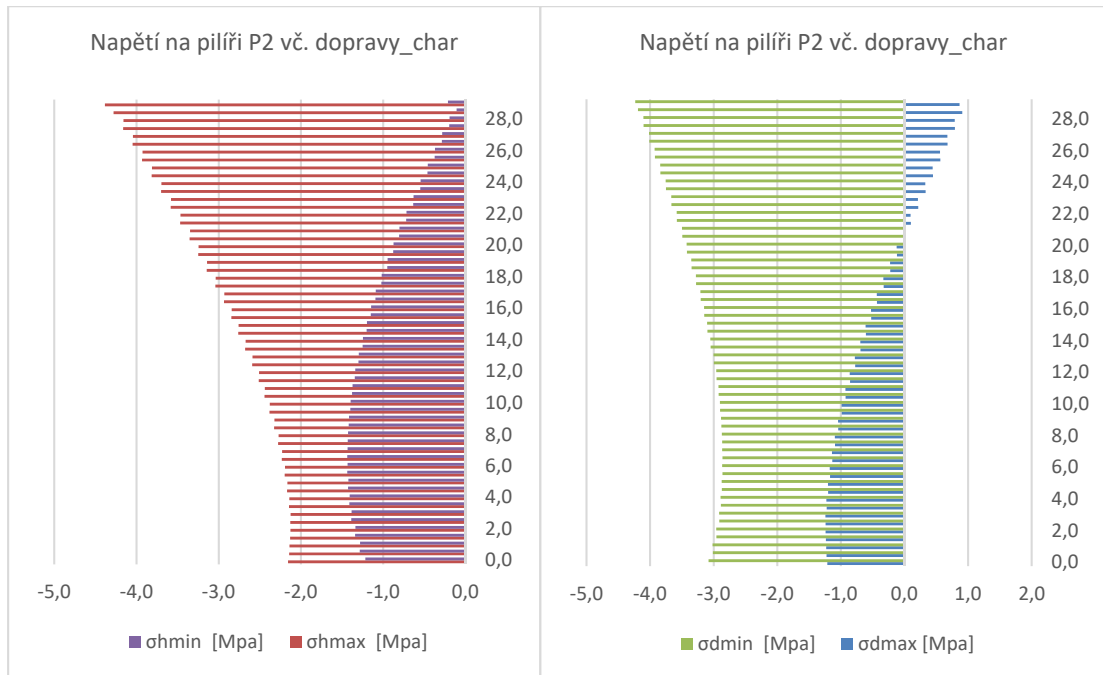
Průřez  $x = 84,45$ , kde na konstrukci dochází k největším tahům vyhoví při časté kombinaci na omezení šířky trhlin  $w_k = 0,2 \text{ mm}$

#### 9.1.4 Posouzení pilířů z hlediska MSP

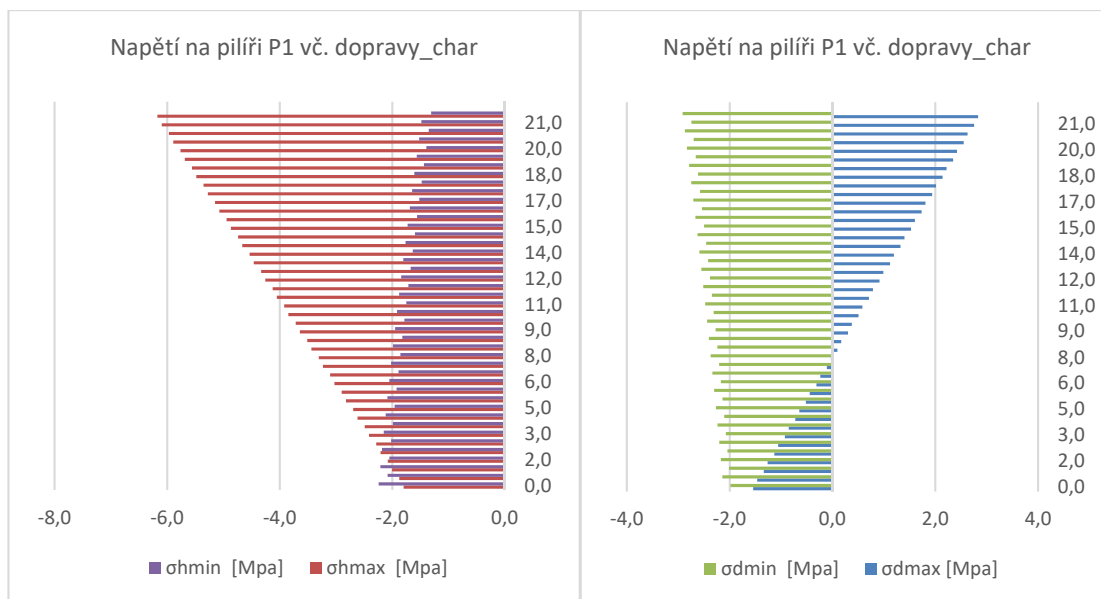
Na pilířích byly vnitřní síly ,včetně zatížení dopravou o velikosti nejmenší zjištěné zatížitelnosti, přepočteny na napětí v krajních vláknech průřezu. Byla použita charakteristická kombinace zatížení. Napětí jsou pro všechny tři pilíře uvedena v grafech níže. U pilíře P2 je brána pouze vrchní část.



obr.100: Normálová napětí na P3\_char



obr.101: Normálová napětí na P2\_char



obr.102: Normálová napětí na P1\_char

Podmínka  $0,6 f_{ck}$  je splněna ve všech průřezích, dekomprese pro charakteristickou kombinaci není vyžadována.

## 9.2 Stanovení zatížitelnosti s ohledem na MSÚ – M+N

### 9.2.1 Moment únosnosti průřezu

Průřez je namáhán kombinací ohybu a normálové síly. Nejdříve tedy byla vypočtena síla v předpínací výztuži a vzdálenosti výztuže k horním a dolním vláknům. Vycházíme z předpokladu, že síla ve výztuži je stejná jako v betonu, pro přenesení této síly je vypočtena odpovídající plocha betonu. Poté byla vypočtena vzdálenost těžiště tlačенého betonu. Vzdálenost těžišť je rameno sil, z něj byl nakonec získán moment únosnosti průřezu. Pro stanovení výchozích napětí po průřezu byla použita charakteristická kombinace zatížení bez dopravy. Momenty únosnosti jsou počítány v současnosti, tomu odpovídají ztráty napětí v kabelech a síly od dotvarování a smršťování konstrukce.

### **$M_{Rd}$ - průřez v poli – $x=17,45m$**

Momenty od charakteristické kombinace v současnosti Získány z TDA a rozděleny.  
Se započtením dotvarování a smršťování.

$$M_p = -11423,78kNm$$

$$M_g = -29793,27kNm$$

$$M_q = 4955,528kNm$$

Normálové síly od charakteristické kombinace v současnosti

$$N_p = -74348,86kN$$

$$N_g = -2,02kN$$

$$N_q = +3042,0kN$$

Napětí v horních vláknech betonového průřezu

$$\sigma_c^h = \frac{N_p + N_g + N_q}{A_{c;17,45m}} + \frac{M_p + M_g + M_q}{W_{c;17,45m}^h} =$$
$$\sigma_c^h = \frac{-74348,86 - 2,02 + 3042,00}{6,902} + \frac{-11423,78 - 29793,27 + 4955,528}{-4,748} =$$
$$= -3,065MPa$$

Napětí v dolních vláknech betonového průřezu

$$\sigma_c^d = \frac{N_p + N_g + N_q}{A_{c;17,45m}} + \frac{M_p + M_g + M_q}{W_{c;17,45m}^d} =$$
$$\sigma_c^d = \frac{-74348,86 - 2,02 + 3042,00}{6,902} + \frac{-11423,78 - 29793,27 + 4955,528}{4,366} =$$
$$= -18,235MPa$$

Pozice těžišť předpínací výztuže (viz obr. 89)

$$e_{p,ZK} = e_d - 0,362 = 1,329 - 0,362 = 0,967m$$

$$e_{p,KK} = e_h - \left( 0,045 + 0,038 \cdot \frac{8}{34} \right) = -1,072 + 0,054 = -1,018m$$

$$e_{p,VK} = 0,108m$$

$$W_c^{p,ZK} = \frac{I_c}{e_{p,ZK}} = \frac{5,800}{0,967} = 5,998m^3$$

$$W_c^{p,KK} = \frac{I_c}{e_{p,KK}} = \frac{5,800}{-1,018} = -5,697m^3$$

Napětí v úrovni těžišť předpínací výztuže

$$\sigma_c^{p,ZK} = \frac{-74348,86 - 2,02 + 3042,00}{6,902} + \frac{-11423,78 - 29793,27 + 4955,528}{5,998} = -16,080MPa$$

$$\sigma_c^{p,KK} = \frac{-74348,86 - 2,02 + 3042,00}{6,902} + \frac{-11423,78 - 29793,27 + 4955,528}{-5,698} = -4,280MPa$$

Výchozí napětí ve výztuži se ztrátami

$$\sigma_{pm,ZK} = 680,0MPa$$

$$\sigma_{pm,KK} = 715,0MPa$$

$$\sigma_{pm,VK} = 0,925 \cdot 1377,0 = 1274,0MPa$$

Odpovídající poměrná přetvoření průřezu betonu

$$\varepsilon_c^h = \frac{\sigma_c^h}{E_{cm}} = \frac{-3,065}{30500} = -0,100\text{‰}$$

$$\varepsilon_c^d = \frac{\sigma_c^d}{E_{cm}} = \frac{-18,235}{30500} = -0,598\text{‰}$$

$$\varepsilon_c^{p,ZK} = \frac{\sigma_c^{p,ZK}}{E_{cm}} = \frac{-16,080}{30500} = -0,527\text{‰}$$

$$\varepsilon_c^{p,KK} = \frac{\sigma_c^{p,KK}}{E_{cm}} = \frac{-4,280}{30500} = -0,140\text{‰}$$

Odpovídající poměrné přetvoření předpínací výztuže

$$\varepsilon_{p,KK} = \frac{\sigma_{pm,KK}}{E_p} = \frac{715}{195000} = 3,667\text{‰}$$

$$\varepsilon_{p,ZK} = \frac{\sigma_{pm,ZK}}{E_p} = \frac{680}{195000} = 3,487\text{‰}$$

$$\varepsilon_{p,VK} = \frac{\sigma_{pm,VK}}{E_p} = \frac{1274,0}{195000} = 6,533\text{‰}$$

Celková poměrná přetvoření předpínací výztuže

$$\varepsilon_{p,KK,celk.} = 3,667 + 0,140 - 1,945 = 1,861\text{‰}$$

$$\varepsilon_{p,ZK,celk.} = 3,487 + 0,527 + 0,059 = 4,073\%$$

$$\varepsilon_{p,VK,celk.} = 6,533\%$$

Na základě rovnosti předpínacích sil a síly v betonu určíme moment únosnosti, předpokládáme přitom zplastizování výztuže. Betonářskou výztuž ve výpočtu zanedbáme

$$N_{pd,KK} = f_{pd} \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = 805 \cdot 42 \cdot 24 \cdot 0,00003848 \cdot 1,0 = 31,224 MN$$

$$N_{pd,ZK} = f_{pd} \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = 805 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 0,00003848 \cdot 1,0 = 17,842 MN$$

$$N_{pd,VK} = (\sigma_{pm,VK} + \Delta\sigma_{ULS}) \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = (1274 + 100 \cdot \frac{42}{126}) \cdot 12 \cdot 12 \cdot 0,0001415 \cdot 1,0 = 26,638 MN$$

$$N_{cd} = N_{pd} = 75,704 MN$$

V tlačeném betonu předpokládáme rovnoměrné rozdělení napětí po průřezu

$$\sigma_c = \eta \cdot f_{cd} = 1,0 \cdot 17,1 = 17,1 MPa$$

Bereme neredukovanou šířku horní desky

$$b \cdot 0,8x \cdot \eta \cdot f_{cd} = N_{pd}$$

$$0,8x = \frac{N_{pd}}{b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{31,224 + 17,842 + 26,638}{10,0 \cdot 1,0 \cdot 17,1} = 0,443 m \geq 0,250 m$$

Tlačená plocha betonu:

$$A_{cc} = 4,427 m^2$$

Tlačená plocha vychází mimo horní desku, výška tlačené plochy:

$$x_u = 0,8x = 1,585 m \Rightarrow x = 1,981 m$$

Vzdálenost těžiště tlačené plochy od těžiště průřezu:

$$e_{cc} = -0,649 m$$

$$\sum \varepsilon_{p,kk} = 3,667 + 0,140 - 1,945 = +1,861\% \leq f_{pd} / E_p = 805,0 / 195000 \cdot 10^3 = 4,128\%$$

$$\sum \varepsilon_{p,zk} = 3,487 + 0,527 + 0,059 = +4,073\% \leq f_{pd} / E_p = 805,0 / 195000 \cdot 10^3 = 4,128\%$$

Předpoklad zplastizování předpínací výztuže není splněn, musíme dopočítat skutečná napětí v předpínací výztuži, to provedeme iteračním výpočtem. Výsledky jsou uvedeny níže:

$$N_{pd,KK} = \sigma_{p,kk} \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = 374,60 \cdot 42 \cdot 24 \cdot 0,00003848 \cdot 1,0 = 14,530 \text{ MN}$$

$$N_{pd,ZK} = \sigma_{p,zk} \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = 794,30 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 0,00003848 \cdot 1,0 = 17,605 \text{ MN}$$

$$N_{pd,VK} = (\sigma_{pm,VK} + \Delta\sigma_{ULS}) \cdot A_p \cdot \gamma_{p,fav} = (1274,0 + 33,3) \cdot 12 \cdot 12 \cdot 0,0001415 \cdot 1,0 = 26,638 \text{ MN}$$

$$0,8x = \frac{N_{pd}}{b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{14,530 + 17,605 + 26,638}{10 \cdot 1,0 \cdot 17,1} = 0,3437 \text{ m} \geq 0,250 \text{ m}$$

Tlačená oblast nevychází do horní desky, skutečná výška tlačené oblasti:

$$0,8x = 0,759 \text{ m} \Rightarrow x = 0,949 \text{ m}$$

$$\sum \varepsilon_{p,kk} = 3,667 + 0,140 - 1,886 = +1,921\%$$

$$\sum \varepsilon_{p,zk} = 3,487 + 0,527 + 2,296 = +6,310\% \geq f_{pd} / E_p = 4,128\% \quad \dots \text{vyhovuje}$$

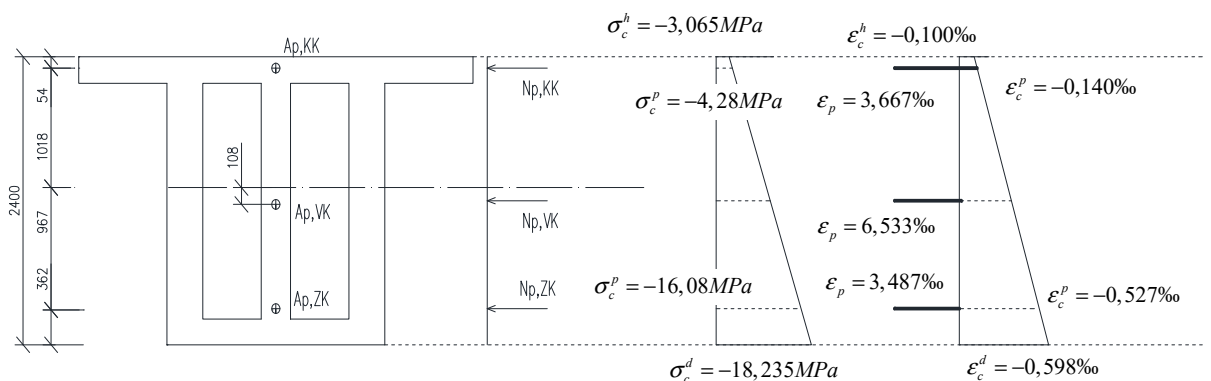
$$\sigma_{p,kk} = \varepsilon_{p,kk} \cdot E_p = 2,023 \cdot 195,0 = 374,595 \text{ MPa}$$

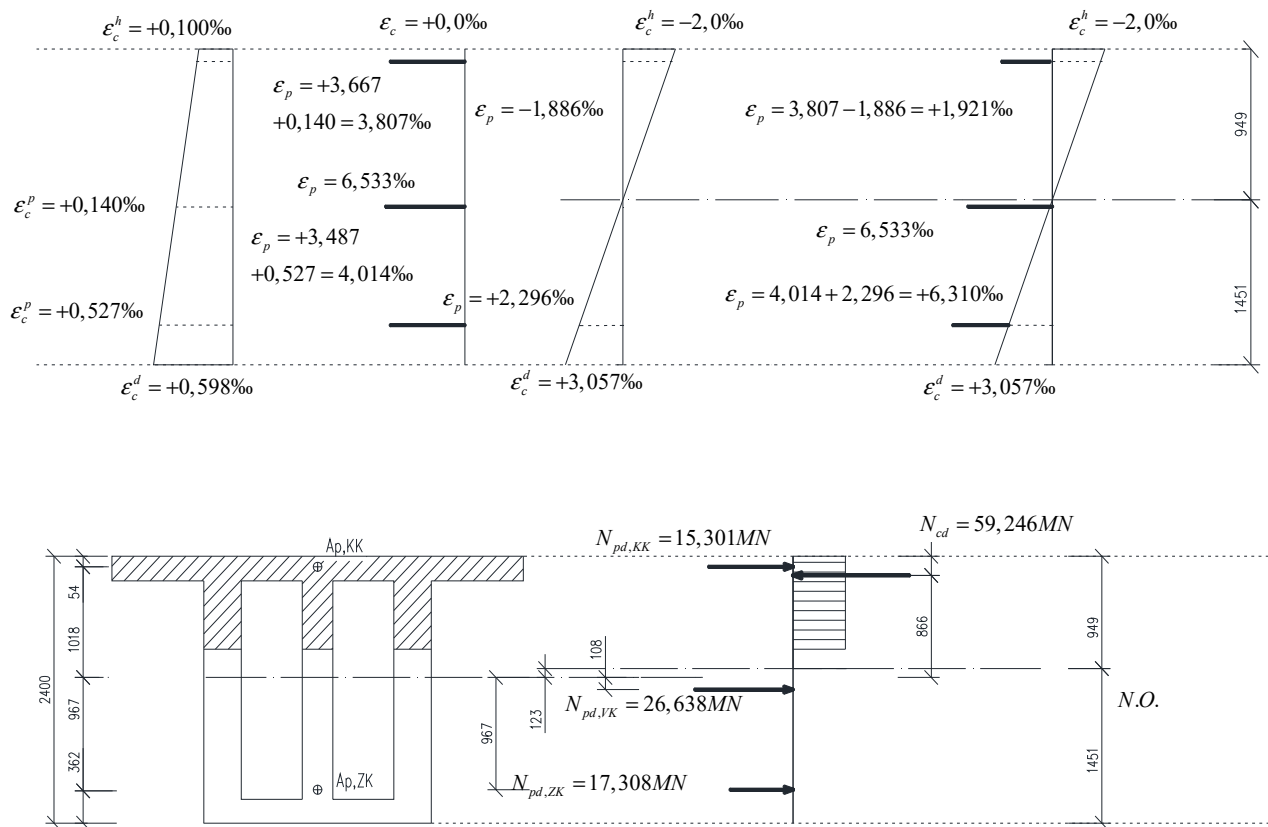
Moment únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} = N_{pd,KK} \cdot e_{p,KK} + N_{pd,ZK} \cdot e_{p,ZK} + N_{pd,VK} \cdot e_{p,VK} + N_{cd} \cdot e_{cc}$$

$$M_{Rd} = -14,530 \cdot 1,018 + 17,605 \cdot 0,967 + 26,638 \cdot 0,108 + 58,772 \cdot 0,949$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 55,998 \text{ MNm}}$$





obr.103:Přehled napětí, a přetvoření při MSÚ – průřez  $x=17,45\text{m}$

Výpočty ostatních posuzovaných průřezů jsou uvedeny v následujících tabulkách.  
Posuzovány byly průřezy přibližně ve třetinách jednotlivých konzol.



Pozice GSS	Prvek	Pozice LSS	Základní průřezové charakteristiky				
			Z <sub>c</sub> [mm]	A <sub>c</sub> [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>cy</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>cy;h</sub> [mm <sup>3</sup> ]	W <sub>cy;d</sub> [mm <sup>3</sup> ]
14,450	B7	3,000	1259,00	6493994,00	4628891944885,00	-4168003559,00	3675423384,00
17,450	B8	3,000	1328,00	6901989,00	5800258159637,00	-4748466015,00	4366044044,00
29,450	B12	3,000	1820,00	8821983,00	15947553634644,00	-8619627953,00	8763141632,00
40,450	B17	0,000	2438,00	25179199,00	64935409545898,00	-23091720581,00	26635408401,00
44,450	B19	0,000	2415,00	11869967,00	43522937774658,00	-15354248047,00	18018957138,00
55,450	B22	3,000	1843,00	8678026,00	15671122550964,00	-8575900078,00	8504583359,00
70,450	B27	3,000	1331,00	6062012,00	4161772727966,00	-4005537033,00	3126798868,00
84,450	B32	2,000	1060,00	10490000,00	3908463954926,00	-3946968079,00	3688081503,00
86,450	B33	2,000	1060,00	10490000,00	3908463954926,00	-3946968079,00	3688081503,00
98,450	B37	3,000	1331,00	6061989,00	4161710262299,00	-4005502224,00	3126761913,00
113,450	B42	3,000	1843,00	8677977,00	15670824050903,00	-8575807571,00	8504461288,00
124,450	B47	0,000	2617,00	29434000,00	71652488708496,00	-27215631485,00	27377222061,00
128,450	B49	0,000	2415,00	11869967,00	43522937774658,00	-15354248047,00	18018957138,00
139,450	B52	3,000	1843,00	8678026,00	15671122550964,00	-8575900078,00	8504583359,00
154,450	B57	3,000	1331,00	6062012,00	4161772727966,00	-4005537033,00	3126798868,00
168,450	B62	2,000	1060,00	10490000,00	3908463954926,00	-3946968079,00	3688081503,00
182,450	B67	3,000	1331,00	6061989,00	4161710262299,00	-4005502224,00	3126761913,00
197,450	B72	3,000	1843,00	8677977,00	15670824050903,00	-8575807571,00	8504461288,00
208,450	B77	0,000	2438,00	25179199,00	64935409545898,00	-23091720581,00	26635408401,00
212,450	B79	0,000	2415,00	11869967,00	43522937774658,00	-15354248047,00	18018957138,00
223,450	B82	3,000	1820,00	8822021,00	15947831153870,00	-8619716644,00	8763241768,00
238,450	B87	3,000	1259,00	6494014,00	4628952980042,00	-4168035984,00	3675457716,00

Momenty a normálové síly od charakteristické kombinace zatížení pro stanovení výchozích napětí										Napětí v betonu v horních a dolních vláknech	
M <sub>p</sub> [kNm]	M <sub>g</sub> [kNm]		M <sub>q</sub> [kNm]		N <sub>p</sub> [kN]	N <sub>g</sub> [kN]		N <sub>q</sub> [kN]		σ <sup>h</sup> <sub>c</sub> [Mpa]	σ <sup>d</sup> <sub>c</sub> [Mpa]
	MAX	MIN	MAX	MIN		MAX	MIN	MAX	MIN		
-15508,57	-21956,06	-23804,49	4157,764	-5103,198	-70911	-6,03	-6,03	3042	-3241,278	-2,46088606	-19,51401871
-11423,78	-28038,21	-29793,27	4955,528	-6160,514	-74348,86	-2,02	-2,02	3042	-3246,03	-3,064776974	-18,23501219
45387,14	-55615,03	-59355,51	7968,242	-10421,382	-86498,3	0,57	0,57	3042	-3272,736	-9,197822568	-9,71783223
173938,74	-86043,81	-95236,67	10801,104	-14667,822	-92528,9	256,63	256,63	3042	-3304,302	-7,817896407	0,161635822
258352,24	-159583,16	-172314,98	9043,56	-8783,342	-100209,53	-1915,18	-2158,51	2884,722	-2994,49	-15,38227664	-2,377305441
115976,9	-80564,85	-86370,6	6483,774	-3714,016	-79604,78	-1905,21	-2148,54	2853,162	-2994,49	-13,94920544	-4,137643715
19173,54	-15761,52	-16977,82	5289,958	-1801,322	-48928,76	-1906,17	-2149,5	2821,704	-2994,49	-10,09283215	-5,137313986
-5167,22	6780,86	4511,98	4375,814	-1948,524	-23380,24	-1903,98	-2147,31	2811,978	-3006,928	-3,659736015	-0,518251152
-5284,19	6123,48	3938,68	4247,022	-2023,896	-23361,18	89,88	-153,45	2811,978	-3010,096	-3,239027417	-0,571242981
15513,78	-11560,03	-12226,16	3720,312	-2829,734	-46045,81	-1904,08	-2147,41	2811,978	-3029,098	-9,361936501	-4,991740335
113236,49	-70795,93	-77620,87	3230,714	-6623,628	-79036,28	-1904,61	-2147,94	2811,978	-3060,556	-14,32871958	-3,632852606
304002,34	-148161,5	-162293,1	7623,348	-14580,206	-122976,11	-1118,21	-1361,54	2811,978	-3092,116	-10,12674562	1,850325339
255493,23	-140093,8	-153899,05	9008,094	-10280,06	-98805,42	-1549,19	-1760,61	2953,778	-3006,958	-16,3081355	-1,301395417
113797,28	-66238,48	-72794,52	5770,536	-4783,686	-78520,95	-1536,28	-1747,7	2922,212	-3006,958	-15,10705606	-2,617885965
15306,45	-9058,39	-9894,42	4985,032	-2012,77	-46185,61	-1549,3	-1760,72	2890,754	-3006,958	-10,20196065	-3,805048203
-5423,02	6845,65	4543,28	4371,082	-2078,446	-23518,68	251,33	39,91	2868,59	-3006,958	-3,412480286	-0,373662632
18812,12	-18156,67	-19276,45	3928,046	-2993,372	-49091,62	-1552,55	-1763,97	2850,974	-3011,512	-9,028378263	-6,418186079
114874,54	-85627,28	-91715,19	3684,362	-5604,516	-80266,93	-1554,42	-1765,84	2850,974	-3042,964	-12,94015124	-5,227814416
254997,78	-168346,45	-181479,16	7590,664	-13239,316	-97994,27	-921,91	-1133,33	2850,974	-3074,53	-7,896463375	-0,277038379
189503,38	-165307,26	-174326,42	14336,518	-9146,188	-86481,9	-2,75	-2,75	3127,902	-3218,4	-9,532067037	-4,884042024
71505,65	-83533,47	-87147,48	10572,372	-6349,096	-76927,54	-19,6	-19,6	3096,336	-3218,4	-8,202337843	-8,537274439
5271,24	-16742,42	-18687,17	5444,148	-3087,646	-61476,31	-11,24	-11,24	3064,878	-3218,4	-7,550375898	-10,63619284

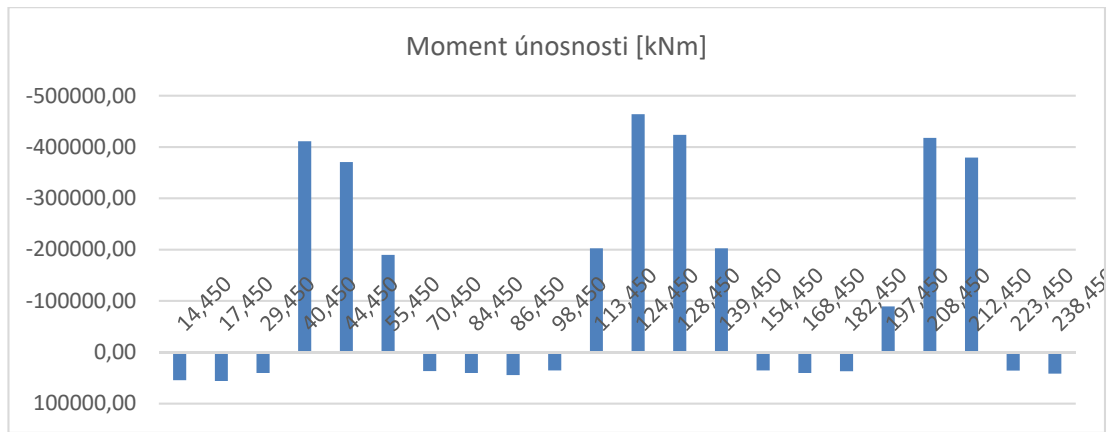
Počty kabelů v průřezu								Napětí v betonu v úrovni předpínací výztuže	
ZK	KK	VK	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>3</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[Mpa]	[Mpa]
			$e_{p,ZK}$	$e_{p,KK}$	$e_{p,VK}$	$W^{p,ZK}_c$	$W^{p,KK}_c$	$\sigma^{p,ZK}_c$	$\sigma^{p,KK}_c$
24	40	12	943	-907	222	4908687110,164	-5103519233,611	-17,237	-3,926
24	42	12	967	-1018	108	5998198717,308	-5697699567,423	-16,084	-4,275
24	60	12	153	-1646	-588	104232376697,020	-9688671709,990	-9,482	-9,227
12	92	12	-2381	-2622	-1968	-27272326562,746	-24765602420,251	-7,163	-7,529
12	84	12	-2450	-2622	-1968	-17764464397,820	-16599137213,828	-14,430	-14,856
0	73	12		-1617	-415	0,000	-9691479623,354	0,000	-13,387
0	44	12		-835	644	0,000	-4984158955,648	0,000	-9,666
0	0	12			720	0,000	0,000	0,000	0,000
0	10	12		-641	859	0,000	-6097447667,591	0,000	-2,785
0	42	12		-835	585	0,000	-4984084146,466	0,000	-8,986
0	82	12		-1613	-643	0,000	-9715327991,880	0,000	-13,704
0	98	12		-2608	-2221	0,000	-27474113768,595	0,000	-10,070
0	96	12		-2608	-2221	0,000	-16688243011,755	0,000	-15,660
0	82	12		-1613	-643	0,000	-9715513050,815	0,000	-14,378
0	42	12		-835	585	0,000	-4984158955,648	0,000	-9,651
0	0	12			720	0,000	0,000	0,000	0,000
0	44	12		-835	644	0,000	-4984084146,466	0,000	-8,804
0	76	12		-1617	-415	0,000	-9691295022,203	0,000	-12,498
6	92	12	-2381	-2622	-1968	-27272326562,746	-24765602420,251	-7,271	-7,621
6	84	12	-2450	-2622	-1968	-17764464397,820	-16599137213,828	-9,192	-9,344
12	56	12	153	-1646	-588	104234190548,170	-9688840312,193	-8,385	-8,221
12	40	12	943	-907	222	4908751834,615	-5103586527,058	-10,224	-7,815

Napětí v kabelech v čase 2016			Odpovídající poměrná přetvoření betonu				Odpovídající poměrná přetvoření výztuže			Předpínací síly a napětí					
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[kN]	[kN]	[kN]
$\sigma_{pm,ZK}$	$\sigma_{pm,KK}$	$\sigma_{pm,VK}$	$\epsilon_c^h$	$\epsilon_c^d$	$\epsilon_c^{p,ZK}$	$\epsilon_c^{p,KK}$	$\epsilon_p,ZK$	$\epsilon_p,KK$	$\epsilon_p,VK$	$\sigma_{pd,ZK}$	$\sigma_{pd,KK}$	$\sigma_{pd,VK}$	$N_{pd,ZK}$	$N_{pd,KK}$	$N_{pd,VK}$
700,00	715,00	1274,00	-0,081	-0,640	-0,565	-0,129	3,590	3,667	6,533	805,0	805,0	1307,3	17842,41	29737,34	26637,54
680,00	715,00	1274,00	-0,100	-0,598	-0,527	-0,140	3,487	3,667	6,533	805,0	805,0	1307,3	17842,41	31224,21	26637,54
680,00	718,00	1274,00	-0,302	-0,319	-0,311	-0,303	3,487	3,682	6,533	805,0	805,0	1307,3	17842,41	44606,02	26637,54
610,00	725,00	1274,00	-0,256	0,005	-0,235	-0,247	3,128	3,718	6,533	805,0	805,0	1307,3	8921,203	68395,89	26637,54
520,00	725,00	1274,00	-0,504	-0,078	-0,473	-0,487	2,667	3,718	6,533	805,0	805,0	1307,3	8921,203	62448,42	26637,54
0,00	712,00	1274,00	-0,457	-0,136	0,000	-0,439	0,000	3,651	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	54270,65	27316,07
0,00	712,00	1274,00	-0,331	-0,168	0,000	-0,317	0,000	3,651	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	32711,08	27316,07
0,00	705,00	1274,00	-0,120	-0,017	0,000	0,000	0,000	3,615	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	0	27316,07
0,00	705,00	1274,00	-0,106	-0,019	0,000	-0,091	0,000	3,615	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	7434,336	27316,07
0,00	705,00	1274,00	-0,307	-0,164	0,000	-0,295	0,000	3,615	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	31224,21	27316,07
0,00	712,00	1274,00	-0,470	-0,119	0,000	-0,449	0,000	3,651	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	60961,56	27316,07
0,00	725,00	1274,00	-0,332	0,061	0,000	-0,330	0,000	3,718	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	72856,49	27316,07
0,00	725,00	1274,00	-0,535	-0,043	0,000	-0,513	0,000	3,718	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	71369,63	27316,07
0,00	712,00	1274,00	-0,495	-0,086	0,000	-0,471	0,000	3,651	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	60961,56	27316,07
0,00	705,00	1274,00	-0,334	-0,125	0,000	-0,316	0,000	3,615	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	31224,21	27316,07
0,00	695,00	1274,00	-0,112	-0,012	0,000	0,000	0,000	3,564	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	0	27316,07
0,00	698,00	1274,00	-0,296	-0,210	0,000	-0,289	0,000	3,579	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	32711,08	27316,07
0,00	698,00	1274,00	-0,424	-0,171	0,000	-0,410	0,000	3,579	6,533	0,0	805,0	1340,6	0	56500,95	27316,07
580,00	725,00	1274,00	-0,259	-0,009	-0,238	-0,250	2,974	3,718	6,533	805,0	805,0	1340,7	4460,602	68395,89	27317,29
640,00	725,00	1274,00	-0,313	-0,160	-0,301	-0,306	3,282	3,718	6,533	805,0	805,0	1307,3	4460,602	62448,42	26638,16
730,00	718,00	1274,00	-0,269	-0,280	-0,275	-0,270	3,744	3,682	6,533	805,0	805,0	1307,3	8921,203	41632,28	26637,54
750,00	718,00	1274,00	-0,248	-0,349	-0,335	-0,256	3,846	3,682	6,533	805,0	805,0	1307,3	8921,203	29737,34	26637,54

Síla v betonu	Tlačená plocha	Výška tlačené oblasti	Vzdálenost N.O.	Poloha těž. Tlač. betonu	Přírůstek v kabelech při $\epsilon_c = -2\text{‰}$		Zplastizování výztuže		Doiterované hodnoty přetvoření		Zplastizování Splněno Ano/Ne	
					[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]		
$N_{cd}$	$A_{cc}$	$0,8 \cdot x$	$x$	$e_{cc}$	$\epsilon_{p,ZK}$	$\epsilon_{p,KK}$	$\Sigma \epsilon_{ZK}$	$\Sigma \epsilon_{KK}$	$\Sigma \epsilon_{ZK}$	$\Sigma \epsilon_{KK}$		
74217,3	4340192,7	1512,2	1890,2	-561,4	0,015	-1,943	4,170	1,853	4,170	1,913	Ano	Ne
75704,16	4427144,0	1584,6	1980,8	-649,8	0,059	-1,945	4,073	1,861	4,073	1,921	Ne	Ne
89085,97	5209705,7	2236,8	2795,9	-1054,2	-0,675	-1,961	3,124	2,023	3,124	2,076	Ne	Ne
103954,6	6079218,7	1013,2	1266,5	1931,4	5,610	5,991	8,973	9,955	8,973	9,955	Ano	Ano
98007,17	5731413,5	1976,2	2470,2	1801,0	1,939	2,078	5,079	6,283	5,079	6,283	Ano	Ano
81586,72	4771153,1	2256,0	2820,0	1110,0	0,000	0,454	0,000	4,544	0,000	4,544	-	Ano
60027,14	3510359,3	820,6	1025,8	-670,7	0,000	-1,895	0,000	2,073	0,000	2,293	-	Ne
27316,07	1597430,7	159,7	199,7	-760,1	0,000	6,414	0,000	10,029	0,000	10,029	-	Ano
34750,4	2032187,2	203,2	254,0	-738,4	0,000	-0,433	0,000	3,273	0,000	3,340	-	Ne
58540,28	3423408,0	748,2	935,2	-685,0	0,000	-1,885	0,000	2,025	0,000	2,244	-	Ne
88277,62	5162434,0	2582,0	3227,5	982,2	0,000	0,142	0,000	4,242	0,000	4,242	-	Ano
100172,6	5858044,4	976,3	1220,4	2128,8	0,000	6,563	0,000	10,611	0,000	10,611	-	Ano
98685,69	5771093,1	2009,2	2511,6	1791,5	0,000	2,000	0,000	6,231	0,000	6,231	-	Ano
88277,62	5162434,0	2582,0	3227,5	982,2	0,000	0,142	0,000	4,264	0,000	4,264	-	Ano
58540,28	3423408,0	748,2	935,2	-685,0	0,000	-1,885	0,000	2,047	0,000	2,264	-	Ne
27316,07	1597430,7	159,7	199,7	-760,1	0,000	6,414	0,000	9,978	0,000	9,978	-	Ano
60027,14	3510359,3	820,6	1025,8	-670,7	0,000	-1,895	0,000	1,973	0,000	2,198	-	Ne
83817,02	4901580,1	4084,7	5105,8	-199,3	0,000	-1,367	0,000	2,623	0,000	2,798	-	Ne
100173,8	5858115,8	976,4	1220,4	1949,8	5,897	6,292	9,110	10,260	9,110	10,260	Ano	Ano
93547,18	5470595,3	1758,8	2198,5	1860,7	2,426	2,582	6,009	6,606	6,009	6,606	Ano	Ano
77191,03	4514095,3	1657,1	2071,3	-1254,7	-0,211	-1,948	3,808	2,004	3,808	2,090	Ne	Ne
65296,09	3818484,9	1077,4	1346,8	-683,7	0,828	-1,920	5,009	2,018	5,009	2,162	Ano	Ne

Skutečná napětí			Předpínací síly			Síla v betonu	Tlačená plocha	Výška tlačené oblasti	Vzdálenost N.O.	Poloha těž. Tlač. betonu	Přírůstek v kabelech při $\epsilon_C = -2\text{‰}$		Zplastizování výztuže		Moment únosnosti
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[‰]	[‰]	[‰]	[‰]	[kNm]
$\sigma_{pd,ZK}$	$\sigma_{pd,KK}$	$\sigma_{pd,VK}$	$N_{pd,ZK}$	$N_{pd,KK}$	$N_{pd,VK}$	$N_{cd}$	$A_{cc}$	$0,8 \cdot x$	$x$	$e_{cc}$	$\epsilon_{p,ZK}$	$\epsilon_{p,KK}$	$\Sigma \epsilon_{ZK}$	$\Sigma \epsilon_{KK}$	$M_{Rd}$
805,00	373,04	1307,3	17842,41	13780,21	26637,54	58260,16	3407027,05	734,5	918,2	-759,6	2,147	-1,882	6,302	1,913	<b>54495,34</b>
794,30	374,60	1307,3	17605,23	14529,73	26637,54	58772,50	3436988,38	759,5	949,4	-865,9	2,296	-1,886	6,310	1,921	<b>55998,29</b>
609,09	404,82	1307,3	13500,19	22431,56	26637,54	62569,30	3659023,32	944,5	1180,6	-1454,7	1,139	-1,909	4,937	2,076	<b>40497,55</b>
805,00	805,00	1307,3	8921,20	68395,89	26637,54	103954,64	6079218,67	1013,2	1266,5	1931,4	5,610	5,991	8,973	9,955	<b>-411293,16</b>
805,00	805,00	1307,3	8921,20	62448,42	26637,54	98007,17	5731413,47	1976,2	2470,2	1801,0	1,939	2,078	5,079	6,283	<b>-370815,06</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	54270,65	27316,07	81586,72	4771153,12	2256,0	2820,0	1110,0	0,000	0,454	0,000	4,544	<b>-189651,01</b>
0,00	447,14	1340,6	0,00	18169,28	27316,07	45485,34	2659961,56	266,0	332,5	-756,0	0,000	-1,675	0,000	2,293	<b>36807,21</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	0,00	27316,07	27316,07	1597430,74	159,7	199,7	-760,1	0,000	6,414	0,000	10,029	<b>40431,29</b>
0,00	651,30	1340,6	0,00	6014,89	27316,07	33330,95	1949178,44	194,9	243,6	-742,5	0,000	-0,366	0,000	3,340	<b>44358,56</b>
0,00	437,58	1340,6	0,00	16972,78	27316,07	44288,85	2589991,15	259,0	323,7	-759,5	0,000	-1,666	0,000	2,244	<b>35445,02</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	60961,56	27316,07	88277,62	5162433,96	2582,0	3227,5	982,2	0,000	0,142	0,000	4,242	<b>-202600,49</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	72856,49	27316,07	100172,56	5858044,35	976,3	1220,4	2128,8	0,000	6,563	0,000	10,611	<b>-463929,03</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	71369,63	27316,07	98685,69	5771093,05	2009,2	2511,6	1791,5	0,000	2,000	0,000	6,231	<b>-423597,05</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	60961,56	27316,07	88277,62	5162433,96	2582,0	3227,5	982,2	0,000	0,142	0,000	4,264	<b>-202600,49</b>
0,00	441,48	1340,6	0,00	17124,06	27316,07	44440,12	2598837,50	259,9	324,9	-759,1	0,000	-1,668	0,000	2,264	<b>35413,95</b>
0,00	805,00	1340,6	0,00	0,00	27316,07	27316,07	1597430,74	159,7	199,7	-760,1	0,000	6,414	0,000	9,978	<b>40431,29</b>
0,00	428,61	1340,6	0,00	17416,52	27316,07	44732,58	2615940,44	261,6	327,0	-758,2	0,000	-1,670	0,000	2,198	<b>36965,13</b>
0,00	545,61	1340,6	0,00	38295,01	27316,07	65611,08	3836905,17	3197,4	3996,8	244,3	0,000	-1,191	0,000	2,798	<b>-89287,30</b>
805,00	805,00	1340,7	4460,60	68395,89	27317,29	100173,78	5858115,85	976,4	1220,4	1949,8	5,897	6,292	9,110	10,260	<b>-417794,97</b>
805,00	805,00	1307,3	4460,60	62448,42	26638,16	93547,18	5470595,33	1758,8	2198,5	1860,7	2,426	2,582	6,009	6,606	<b>-379302,91</b>
742,50	407,55	1307,3	8228,55	21077,31	26637,54	55943,40	3271544,08	621,6	777,0	-1518,4	2,769	-1,861	6,788	2,091	<b>35844,60</b>
805,00	421,59	1307,3	8921,20	15573,87	26637,54	51132,62	2990211,69	387,2	484,0	-809,7	5,868	-1,777	10,050	2,161	<b>41603,70</b>

Tab. 8: Tabulka výpočtu  $M_{Rd}$



obr.104: Graf  $M_{Rd}$  konstrukce ve vyšetřovaných průřezích

## 9.2.2 Návrhový moment $M_{Ed}$

$M_{Ed}$  - průřez v poli –  $x=17,45m$

Ohybový moment  $M_{17,45m; \max}$

(6.10a)

$$\begin{aligned} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} &= 1,35 \cdot (-30933,10 + 21421,50) \\ &+ 1,35 \cdot 2313,62 + 1,2 \cdot 581,23 - 1,0 \cdot 11423,780 + 1,35 \cdot 0,75 \cdot M_{vk,c,a} \\ &+ 1,35 \cdot 0,75 \cdot 882,08 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 8854,7 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 1183,54 \\ &= -12646,40 kNm + 1,35 \cdot 0,75 \cdot M_{vk,c} \end{aligned}$$

(6.10b)

$$\begin{aligned} \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} &= 0,85 \cdot 1,35 \cdot (-30933,1 + 21421,50) \\ &+ 0,85 \cdot 1,35 \cdot 2313,62 + 0,85 \cdot 1,2 \cdot 581,23 - 1,00 \cdot 11423,780 + 1,35 \cdot M_{vk,c} \\ &+ 1,35 \cdot 882,08 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 8854,7 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 1183,54 \\ &= -10995,8 kNm + 1,35 \cdot M_{vk,c} \end{aligned}$$

$$M_{vk,c,a} = \frac{M_{Rd} - \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\}}{\gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1}} = \frac{55998,29 + 12646,4}{1,35 \cdot 0,75} = 67797,211 kNm$$

$$M_{vk,c,b} = \frac{M_{Rd} - \left\{ \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\}}{\gamma_{Q,1}} = \frac{55998,29 + 10995,8}{1,35} = 49625,193 kNm$$

Rozhodující je menší z momentů získaných kombinací podle 6.10a, 6.10b

Normální zatížitelnost

$$v_n = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,1,1}}} = \frac{49625,193}{1,17 \cdot 4875,201} = 8,700 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$V_{a,w} = 100 \cdot v_n = 870,01 \text{ kN} \quad V_{nw} = \frac{4}{3} \cdot V_{a,w} = 1160,01 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_{nw}}{10} = 116,0 \text{ t}$$

Výhradní zatížitelnost

$$V_{2,w} = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,2,1}}} = \frac{49625,193 \cdot 1000}{1,20 \cdot 7639,785} = 5413,02 \text{ kN}$$

$$V_r = \frac{V_{2,w}}{10} = 541,3 \text{ t}$$

Výjimečná zatížitelnost

$$V_{3,w} = \frac{M_{V_{k,c}}}{\delta \cdot M_{V_{k,3,1}}} = \frac{49625,193 \cdot 1000}{1,05 \cdot 6976,341} = 6774,62 \text{ kN}$$

$$V_e = \frac{V_{3,w}}{10} = 677,5 \text{ t}$$

Pozice GSS	Zatížitelnosti 6.10a			Zatížitelnosti 6.10b		
	Normální	Výhradní	Výjimečná	Normální	Výhradní	Výjimečná
	1,17	1,2	1,05	1,17	1,2	1,05
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
14,450	199,4	911,0	1137,8	111,4	509,0	635,8
17,450	211,3	986,0	1234,1	116,0	541,3	677,5
29,450	269,7	1300,2	1744,3	120,9	582,8	781,8
40,450	516,8	4356,7	5112,1	308,2	2598,3	3048,7
44,450	300,1	2284,4	2642,6	181,9	1384,1	1601,1
55,450	291,5	2056,4	2387,5	176,4	1244,9	1445,3
70,450	103,3	505,4	641,8	51,9	254,0	322,6
84,450	89,8	429,3	533,8	52,3	250,3	311,2
86,450	108,1	509,4	634,4	62,5	294,4	366,7
98,450	135,8	618,0	783,2	69,2	315,0	399,1
113,450	279,5	2154,8	2503,0	169,4	1305,7	1516,7
124,450	383,0	3079,8	3563,8	228,0	1833,4	2121,5
128,450	330,8	2581,0	2987,6	198,9	1552,0	1796,6
139,450	301,1	2250,3	2616,6	181,7	1358,4	1579,6
154,450	122,8	553,7	701,7	62,4	281,5	356,7
168,450	89,0	426,2	529,5	51,9	248,6	308,9
182,450	126,5	600,9	765,7	64,1	304,5	388,1
197,450	129,1	895,4	1040,1	85,3	591,4	687,1
208,450	322,0	2413,5	2792,5	193,8	1453,1	1681,3
212,450	432,6	3465,3	4065,5	267,1	2139,7	2510,2
223,450	289,8	1478,9	1997,0	114,8	586,2	791,5
238,450	147,1	678,6	849,1	77,2	356,1	445,6

obr.105: Výsledné minimální zatížitelnosti dle MSÚ



Pozice GSS	Prvek	Pozice LSS	TDA stálé zatížení	TDA CaS	g-g0,sup	g-g0,inf	Poklesy podpor		TDA předpětí	Teplota		Vítr	
			$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_G$		$\gamma_P$	$\gamma_Q$	$\psi_0$	$\gamma_Q$	$\psi_0$
			1,35	1,35	1,35	1,35	1,2		1,0	1,5	0,6	1,5	0,6
			[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]
14,450	B7	3,000	-34582,275	28809,608	4291,826	2949,534	577,572	-447,396	-15508,570	6599,160	-5788,638	-882,054	-1551,213
17,450	B8	3,000	-41759,631	28919,012	3123,387	2146,527	697,476	-540,276	-11423,780	7969,230	-6990,435	-1065,186	-1870,002
29,450	B12	3,000	-70472,538	6909,179	-8631,603	-5932,022	1177,128	-911,820	45387,140	13449,510	-11797,623	-1797,687	-3122,604
40,450	B17	0,000	-97800,453	-46103,877	-29360,111	-20177,586	1616,796	-1252,392	173938,740	18473,094	-16204,212	-2469,150	-4200,579
44,450	B19	0,000	-183084,003	1992,101	-48705,368	-33472,508	994,884	-742,980	258352,240	9897,696	-12123,045	3282,678	1654,272
55,450	B22	3,000	-95473,364	6013,211	-20512,427	-14097,051	718,104	-546,240	115976,900	6877,530	-5492,295	2489,805	1257,183
70,450	B27	3,000	-24694,133	3844,895	3017,682	2073,884	354,132	-266,496	19173,540	6207,624	-3103,803	1299,483	685,764
84,450	B32	2,000	-451,616	22,707	9569,610	6576,660	32,148	-30,108	-5167,220	5900,886	-2950,434	121,239	113,076
86,450	B33	2,000	-948,740	33,683	9162,693	6297,021	46,884	-27,612	-5284,190	5809,509	-2904,750	37,134	-43,974
98,450	B37	3,000	-16737,057	-4060,422	806,220	554,067	288,708	-286,512	15513,780	5654,205	-2827,098	-467,037	-1062,693
113,450	B42	3,000	-79005,713	-10355,297	-25097,256	-17247,965	603,708	-609,072	113236,490	5728,914	-6173,163	-1130,481	-2318,553
124,450	B47	0,000	-163197,086	-14175,189	-54960,849	-37771,556	844,992	-833,556	304002,340	12853,746	-15841,431	-1643,850	-3184,308
128,450	B49	0,000	-153396,963	-24738,251	-53438,657	-36725,427	885,120	-824,976	255493,230	10902,474	-13662,234	2394,117	1004,580
139,450	B52	3,000	-73740,078	-13809,596	-23859,711	-16397,465	636,084	-598,056	113797,280	6587,100	-6557,625	1835,190	752,742
154,450	B57	3,000	-14080,095	-5805,851	1506,357	1035,234	306,588	-277,872	15306,450	6151,770	-3075,885	936,018	374,634
168,450	B62	2,000	-498,690	116,978	9700,817	6666,840	35,112	-30,864	-5423,020	6015,033	-3007,512	-7,128	-23,859
182,450	B67	3,000	-27472,676	5638,316	2566,566	1763,856	350,760	-279,456	18812,120	5929,119	-3255,687	-430,956	-962,865
197,450	B72	3,000	-101498,292	9912,578	-21667,014	-14890,541	704,004	-577,956	114874,540	6123,996	-5042,727	-915,669	-2013,237
208,450	B77	0,000	-193756,145	14289,993	-50354,447	-34605,833	972,684	-787,800	254997,780	12339,306	-14356,908	-1302,210	-2753,280
212,450	B79	0,000	-205462,629	4205,804	-28403,271	-19520,001	1615,848	-1310,904	189503,380	18452,520	-13578,660	2828,367	1436,886
223,450	B82	3,000	-108640,413	6629,499	-7934,963	-5453,258	1176,432	-954,420	71505,650	13434,534	-9886,068	2118,420	1046,142
238,450	B87	3,000	-27885,290	3659,175	4633,632	3184,448	577,236	-468,300	5271,240	6591,816	-4850,712	1059,462	513,297

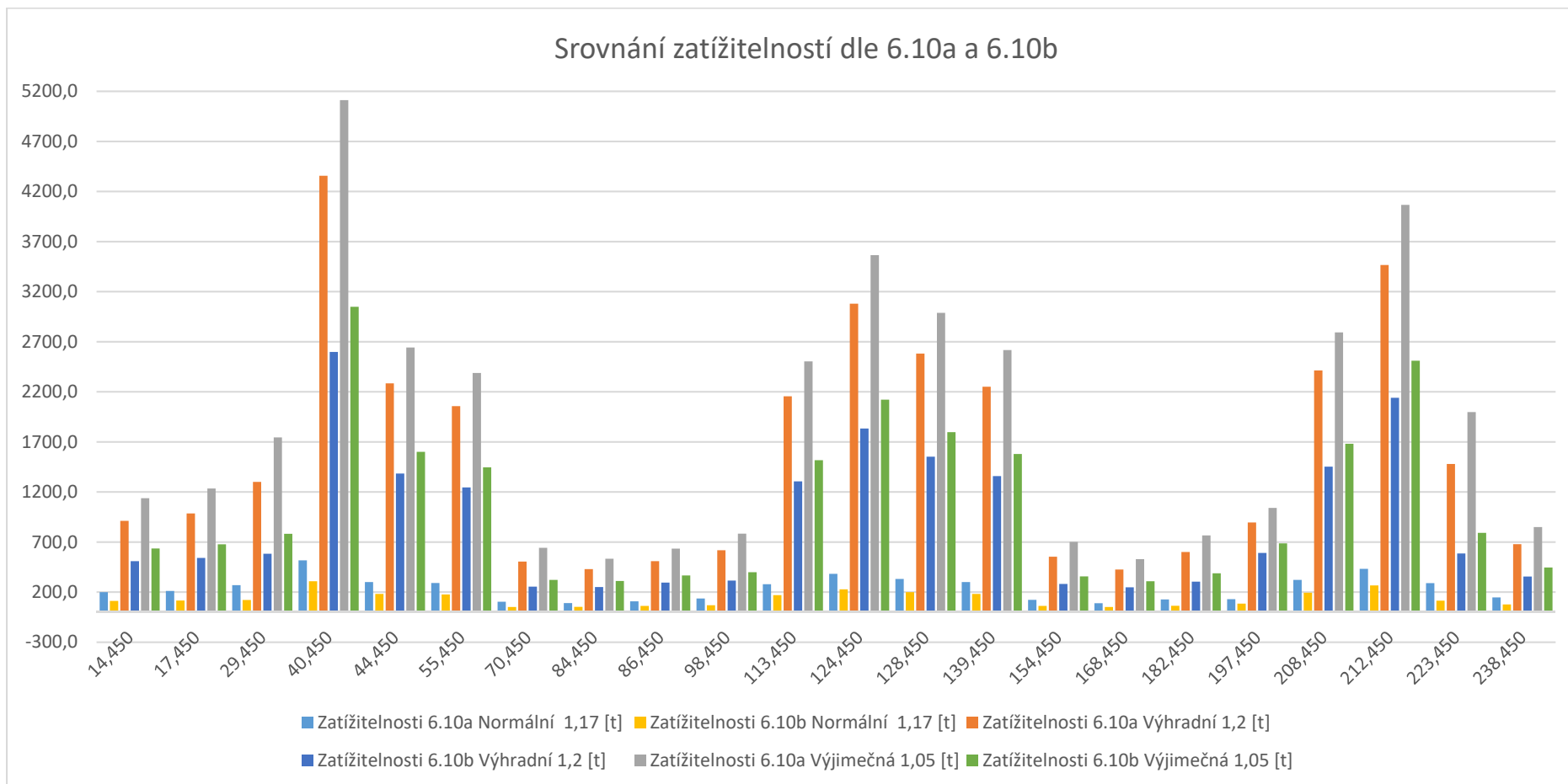
Zatížení chodníků		Normální zatížitelnost		Výhradní zatížitelnost		Výjimečná zatížitelnost		M <sub>Rd</sub>	M <sub>Vk,c,a</sub>		Zatížitelnosti		
γ <sub>Q</sub>	ψ <sub>0</sub>	γ <sub>Q,vk</sub>	ψ <sub>0,1</sub>	γ <sub>Q,vk</sub>	ψ <sub>0,1</sub>	γ <sub>Q,vk</sub>	ψ <sub>0,1</sub>		γ <sub>Q,vk</sub>	ψ <sub>0,1</sub>	Normální	Výhradní	Výjimečná
1,35	0,75	1,35	0,75	1,35	0,75	1,35	0,75		1,35	0,75	1,17	1,2	1,05
MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[t]	[t]	[t]
876,724	-531,471	3630,218	-1782,091	5810,241	-1873,449	5316,739	-1844,309	54495,335	63519,354	78818,238	199,4	911,0	1137,8
893,106	-641,814	3656,401	-2152,079	5729,839	-2262,401	5232,256	-2227,206	55998,289	67797,211	86105,510	211,3	986,0	1234,1
507,161	-1201,240	2139,544	-3943,708	3245,528	-3818,208	2764,814	-3758,825	40497,546	50636,716	80631,185	269,7	1300,2	1744,3
333,639	-2694,840	1177,386	-8642,609	1462,222	-7496,094	1434,287	-7301,107	-411293,160	-433683,320	-391899,220	516,8	4356,7	5112,1
649,630	-4566,780	2219,603	-14955,911	2491,752	-14368,985	2449,825	-14196,212	-370815,060	-424126,198	-393900,597	300,1	2284,4	2642,6
604,675	-2254,352	2130,087	-7531,826	2014,754	-7805,838	1739,617	-7683,964	-189651,010	-210134,141	-192627,161	291,5	2056,4	2387,5
721,963	-479,156	2930,003	-1575,339	4378,020	-1516,928	3939,972	-1472,135	36807,206	26550,143	38152,013	103,3	505,4	641,8
913,943	-144,160	3696,577	-455,473	5653,112	-371,476	5196,191	-367,517	40431,286	29125,519	38982,154	89,8	429,3	533,8
884,064	-147,015	3603,285	-490,070	5593,202	-505,076	5132,433	-498,889	44358,559	34190,145	43968,853	108,1	509,4	634,4
663,694	-598,742	2800,595	-1872,335	4498,862	-1441,992	4057,280	-1420,001	35445,024	33365,861	44145,727	135,8	618,0	783,2
417,889	-2436,288	1644,077	-7961,186	2044,622	-7551,063	1647,692	-7429,320	-202600,490	-212195,592	-195250,302	279,5	2154,8	2503,0
379,900	-4800,212	1367,574	-15521,271	1792,905	-14113,521	1752,354	-13939,401	-463929,030	-558244,271	-521607,930	383,0	3079,8	3563,8
363,741	-4661,611	1252,999	-15178,863	1439,269	-14225,230	1406,545	-14044,499	-423597,050	-472864,288	-440578,172	330,8	2581,0	2987,6
394,055	-2312,965	1561,002	-7616,774	1954,530	-7451,514	1564,707	-7323,828	-202600,490	-219163,517	-201219,484	301,1	2250,3	2616,6
657,720	-536,463	2789,762	-1685,337	4524,022	-1329,149	4079,930	-1307,411	35413,947	30059,249	41484,120	122,8	553,7	701,7
925,962	-145,628	3739,760	-464,768	5710,166	-397,923	5251,817	-393,144	40431,286	29201,208	39252,410	89,0	426,2	529,5
664,716	-458,166	2749,525	-1506,509	4233,425	-1449,384	3796,997	-1404,115	36965,132	30525,597	41853,808	126,5	600,9	765,7
536,990	-2279,492	1901,374	-7652,202	1795,638	-8068,289	1479,404	-7937,393	-89287,301	-102849,291	-86688,567	129,1	895,4	1040,1
588,769	-4638,576	1994,514	-15248,169	2171,185	-14874,870	2131,221	-14692,448	-417794,970	-465500,555	-430799,209	322,0	2413,5	2792,5
377,814	-2662,045	1332,096	-8634,843	1653,726	-7883,244	1627,270	-7679,448	-379302,910	-366720,008	-327817,024	432,6	3465,3	4065,5
515,707	-1153,774	2119,244	-3767,016	3036,336	-3566,379	2569,745	-3514,398	35844,596	53884,469	81729,618	289,8	1478,9	1997,0
868,968	-496,216	3583,238	-1663,811	5679,821	-1749,894	5187,240	-1724,389	41603,700	46249,344	60470,987	147,1	678,6	849,1

obr.106: Výpočet zatížitelnosti dle MSÚ kombinace 6.10a

Pozice GSS	Prvek	Pozice LSS	TDA stálé zatížení	TDA CaS	g-g0,sup	g-g0,inf	Poklesy podpor		TDA předpětí	Teplota		Vítr	
			ξ .γG	ξ .γG	ξ .γG	ξ .γG	ξ .γG		γP	γQ	ψ0	γQ	ψ0
			0,85 . 1,35	0,85 . 1,35	0,85 . 1,35	0,85 . 1,35	0,85 . 1,2		1,0	1,5	0,6	1,5	0,6
			[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]
14,450	B7	3,000	-29394,934	24488,166	3648,052	2507,104	490,936	-380,287	-15508,570	6599,160	-5788,638	-882,054	-1551,213
17,450	B8	3,000	-35495,686	24581,160	2654,879	1824,548	592,855	-459,235	-11423,780	7969,230	-6990,435	-1065,186	-1870,002
29,450	B12	3,000	-59901,657	5872,802	-7336,863	-5042,218	1000,559	-775,047	45387,140	13449,510	-11797,623	-1797,687	-3122,604
40,450	B17	0,000	-83130,385	-39188,295	-24956,094	-17150,948	1374,277	-1064,533	173938,740	18473,094	-16204,212	-2469,150	-4200,579
44,450	B19	0,000	-155621,403	1693,285	-41399,562	-28451,631	845,651	-631,533	258352,240	9897,696	-12123,045	3282,678	1654,272
55,450	B22	3,000	-81152,359	5111,229	-17435,563	-11982,493	610,388	-464,304	115976,900	6877,530	-5492,295	2489,805	1257,183
70,450	B27	3,000	-20990,013	3268,160	2565,030	1762,801	301,012	-226,522	19173,540	6207,624	-3103,803	1299,483	685,764
84,450	B32	2,000	-383,873	19,301	8134,169	5590,161	27,326	-25,592	-5167,220	5900,886	-2950,434	121,239	113,076
86,450	B33	2,000	-806,429	28,630	7788,289	5352,468	39,851	-23,470	-5284,190	5809,509	-2904,750	37,134	-43,974
98,450	B37	3,000	-14226,498	-3451,359	685,287	470,957	245,402	-243,535	15513,780	5654,205	-2827,098	-467,037	-1062,693
113,450	B42	3,000	-67154,856	-8802,002	-21332,668	-14660,770	513,152	-517,711	113236,490	5728,914	-6173,163	-1130,481	-2318,553
124,450	B47	0,000	-138717,523	-12048,911	-46716,722	-32105,822	718,243	-708,523	304002,340	12853,746	-15841,431	-1643,850	-3184,308
128,450	B49	0,000	-130387,419	-21027,513	-45422,858	-31216,613	752,352	-701,230	255493,230	10902,474	-13662,234	2394,117	1004,580
139,450	B52	3,000	-62679,066	-11738,156	-20280,754	-13937,845	540,671	-508,348	113797,280	6587,100	-6557,625	1835,190	752,742
154,450	B57	3,000	-11968,081	-4934,973	1280,403	879,949	260,600	-236,191	15306,450	6151,770	-3075,885	936,018	374,634
168,450	B62	2,000	-423,887	99,431	8245,694	5666,814	29,845	-26,234	-5423,020	6015,033	-3007,512	-7,128	-23,859
182,450	B67	3,000	-23351,774	4792,568	2181,581	1499,278	298,146	-237,538	18812,120	5929,119	-3255,687	-430,956	-962,865
197,450	B72	3,000	-86273,548	8425,691	-18416,962	-12656,959	598,403	-491,263	114874,540	6123,996	-5042,727	-915,669	-2013,237
208,450	B77	0,000	-164692,723	12146,494	-42801,280	-29414,958	826,781	-669,630	254997,780	12339,306	-14356,908	-1302,210	-2753,280
212,450	B79	0,000	-174643,235	3574,933	-24142,780	-16592,001	1373,471	-1114,268	189503,380	18452,520	-13578,660	2828,367	1436,886
223,450	B82	3,000	-92344,351	5635,074	-6744,718	-4635,269	999,967	-811,257	71505,650	13434,534	-9886,068	2118,420	1046,142
238,450	B87	3,000	-23702,496	3110,299	3938,587	2706,780	490,651	-398,055	5271,240	6591,816	-4850,712	1059,462	513,297

Zatížení chodníků		Normální zatížitelnost		Výhradní zatížitelnost		Výjimečná zatížitelnost		M <sub>Rd</sub>	M <sub>Vk,c,b</sub>		Zatížitelnosti			
γ <sub>Q</sub>		γ <sub>Q,vk</sub>		γ <sub>Q,vk</sub>		γ <sub>Q,vk</sub>			[kNm]	γ <sub>Q,vk</sub>		Normální	Výhradní	Výjimečná
1,35		1,35		1,35		1,35				MAX [kNm]	MIN [kNm]	1,17	1,2	1,05
MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[kNm]	MAX [kNm]	MIN [kNm]	[t]	[t]	[t]	
1168,965	-708,629	4840,290	-2376,122	7746,989	-2497,932	7088,985	-2459,079	54495,335	47322,677	59030,657	111,4	509,0	635,8	
1190,808	-855,752	4875,201	-2869,439	7639,785	-3016,535	6976,341	-2969,609	55998,289	49625,193	63597,882	116,0	541,3	677,5	
676,215	-1601,654	2852,726	-5258,277	4327,371	-5090,945	3686,418	-5011,767	40497,546	30261,395	52946,969	120,9	582,8	781,8	
444,852	-3593,120	1569,848	-11523,479	1949,630	-9994,793	1912,383	-9734,810	-411293,160	-343396,550	-311629,501	308,2	2598,3	3048,7	
866,174	-6089,040	2959,470	-19941,215	3322,337	-19158,647	3266,433	-18928,283	-370815,060	-341984,998	-318220,891	181,9	1384,1	1601,1	
806,234	-3005,802	2840,117	-10042,434	2686,338	-10407,785	2319,489	-10245,285	-189651,010	-169176,475	-155480,790	176,4	1244,9	1445,3	
962,618	-638,874	3906,671	-2100,452	5837,360	-2022,570	5253,296	-1962,846	36807,206	17792,409	26721,425	51,9	254,0	322,6	
1218,591	-192,213	4928,769	-607,298	7537,482	-495,302	6928,254	-490,023	40431,286	22637,680	30284,498	52,3	250,3	311,2	
1178,753	-196,020	4804,380	-653,427	7457,603	-673,434	6843,245	-665,186	44358,559	26345,935	33926,276	62,5	294,4	366,7	
884,925	-798,323	3734,127	-2496,447	5998,482	-1922,657	5409,707	-1893,335	35445,024	22671,348	31004,047	69,2	315,0	399,1	
557,186	-3248,384	2192,103	-10614,915	2726,163	-10068,084	2196,923	-9905,760	-202600,490	-171028,239	-157749,290	169,4	1305,7	1516,7	
506,534	-6400,283	1823,432	-20695,028	2390,540	-18818,028	2336,472	-18585,869	-463929,030	-442587,988	-414018,197	228,0	1833,4	2121,5	
484,988	-6215,481	1670,666	-20238,485	1919,025	-18966,974	1875,393	-18725,999	-423597,050	-378513,086	-353247,682	198,9	1552,0	1796,6	
525,407	-3083,954	2081,336	-10155,699	2606,040	-9935,352	2086,277	-9765,104	-202600,490	-175948,941	-161959,643	181,7	1358,4	1579,6	
876,960	-715,284	3719,682	-2247,116	6032,030	-1772,199	5439,906	-1743,215	35413,947	20373,926	29172,499	62,4	281,5	356,7	
1234,616	-194,171	4986,347	-619,691	7613,555	-530,564	7002,423	-524,192	40431,286	22711,631	30507,292	51,9	248,6	308,9	
886,289	-610,889	3666,033	-2008,679	5644,566	-1932,512	5062,662	-1872,153	36965,132	20628,177	29331,567	64,1	304,5	388,1	
715,986	-3039,323	2535,165	-10202,936	2394,185	-10757,718	1972,539	-10583,190	-89287,301	-89022,030	-76348,500	85,3	591,4	687,1	
785,025	-6184,769	2659,352	-20330,892	2894,913	-19833,161	2841,629	-19589,931	-417794,970	-372948,492	-345827,389	193,8	1453,1	1681,3	
503,753	-3549,393	1776,128	-11513,124	2204,969	-10510,992	2169,693	-10239,264	-379302,910	-299484,514	-269881,887	267,1	2139,7	2510,2	
687,609	-1538,366	2825,658	-5022,689	4048,448	-4755,173	3426,327	-4685,864	35844,596	28476,268	49535,586	114,8	586,2	791,5	
1158,624	-661,622	4777,650	-2218,415	7573,095	-2333,192	6916,320	-2299,185	41603,700	32359,643	43246,787	77,2	356,1	445,6	

obr.107: Výpočet zatížitelnosti dle MSÚ kombinace 6.10b



obr.108: Srovnání zatížitelností vyplynulých z MSÚ

### 9.3 Smyk

Posudek provedeme pro průřez  $x = 40,45\text{m}$ , tj. průřez sousedící s pilířem, kde vzniká největší posouvající síla a průřez je skokově oslaben ve srovnání s podporovým průřezem. Hodnoty jsou však brány z průřezu uprostřed pilíře, kde vznikají extrémy. Množství smykové výstuže přejaté z původní projektové dokumentace.

Posouvající síla  $V_{42,45\text{m,L}; \max}$

(6.10a)

$$\begin{aligned} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} &= 1,35 \cdot (-1753,16 - 5955,67) \\ -1,35 \cdot 1832,97 - 1,2 \cdot 25,8 - 1,0 \cdot 256,44 + 1,35 \cdot 0,75 \cdot (-738,78 \cdot 20,09 \cdot \frac{3}{40} \cdot 1,17) \\ -1,35 \cdot 0,75 \cdot 204,53 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 445,110 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 119,54 \\ &= \mathbf{-15202,8\text{kN}} \end{aligned}$$

(6.10b)

$$\begin{aligned} \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} &= 0,85 \cdot 1,35 \cdot (-1753,16 - 5955,67) \\ -0,85 \cdot 1,35 \cdot 1832,97 - 0,85 \cdot 1,2 \cdot 25,8 - 1,00 \cdot 256,44 - 1,35 \cdot (738,78 \cdot 20,09 \cdot \frac{3}{40} \cdot 1,17) \\ -1,35 \cdot 204,53 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 445,110 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 119,54 \\ &= \mathbf{-13774,5\text{kN}} \end{aligned}$$

Rozhodující posouvající síla plyne z kombinace 6.10a. Prvek posoudíme jako průřez se vznikajícími trhlinami na mezi únosnosti vyžadující smykovou výztuž.

Smyková únosnost  $V_{Rd}$  je menší z hodnot

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot u_1 \cdot f_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_s}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

#### Rozměry průřezu:

Výška	$h =$	5,10	m
Min. šířka (všechny tři stěny)	$b_w =$	1,2	m

### **Ohybová výztuž:**

Krytí výztuže	$c =$	0,050	m
Profil výztuže	$\Phi =$	14	mm
Statická výška	$d =$	5,043	m
Rameno vnitřních sil	$z = 0,9 \cdot d =$	4,539	m

### **Beton:**

Char. pevnost	$f_{ck} =$	28,5	MPa
Souč. materiálu	$\gamma_C =$	1,50	-
Redukční souč.	$\alpha_{CC} =$	0,9	-
Návrh. pevnost	$f_{cd} =$	17,10	MPa
Red. souč. smyk. pev.	$v_1 = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) =$	0,5316	-

### **Sklon tlačené diagonály:**

Normálové napětí od $N_{Ed}$	$\cotg \theta =$	1,25	-
------------------------------	------------------	------	---

### **Smyková výztuž:**

Mez kluzu	$f_{ywk} =$	400	MPa
Souč. materiálu	$\gamma_C =$	1,15	-
Návrh. mez kluzu	$f_{ywd} =$	347,82609	MPa

### **Třmeny:**

Profil třmenů	$\Phi =$	10,0	mm
Střížnost		6	-
Vzdálenost	$s =$	0,170	m

### **Únosnost tlačené diagonály**

$N_{Ed}$  – návrhová hodnota normálové síly v průřezu z char. kombinace

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot \frac{E_s}{E_c}} = \frac{-93027,62}{11,870 + 0,0004712 \cdot \frac{200 \cdot 10^6}{30,5 \cdot 10^6}}$$
$$\sigma_{cp} = 7835,17 \text{ kPa} = -7,835 \text{ MPa}$$

Normálové napětí

$$\begin{array}{lll} \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd} & \sigma_{cp} \geq 0,5 f_{cd} & \sigma_{cp} \in \langle 0,25 f_{cd}; 0,5 f_{cd} \rangle \\ \alpha_{cw} = \frac{\sigma_{cp} \leq 0,25 f_{cd}}{1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}} & \alpha_{cw} = 2,5 \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) & \alpha_{cw} = 1,25 \end{array}$$

$$\sigma_{cp} \in \langle 0,25 f_{cd}; 0,5 f_{cd} \rangle$$

⇒

$$\alpha_{cw} = 1,25$$

### Únosnost smykové výztuže

Třmeny

$$\begin{array}{ll} A_{sw} = 0,0006786 + 0,0009236 = 0,0016022 \text{ m}^2 & \\ \rho_{w,s} = 0,00834 & - \end{array}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} = 1,25 \cdot 1,2 \cdot 4,539 \cdot 0,5316 \cdot 17100 \cdot 1,25 / (1 + 1,25^2)$$

$$V_{Rd,max} = 30191 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_s}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,0016022}{0,170} \cdot 4,539 \cdot 347826 \cdot 1,25$$

$$V_{Rd,s} = 18599,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 30191 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 15202,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = 18599,4 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 15202,8 \text{ kN}$$

...vyhovuje

## 9.4 Posouzení pilířů z hlediska MSÚ

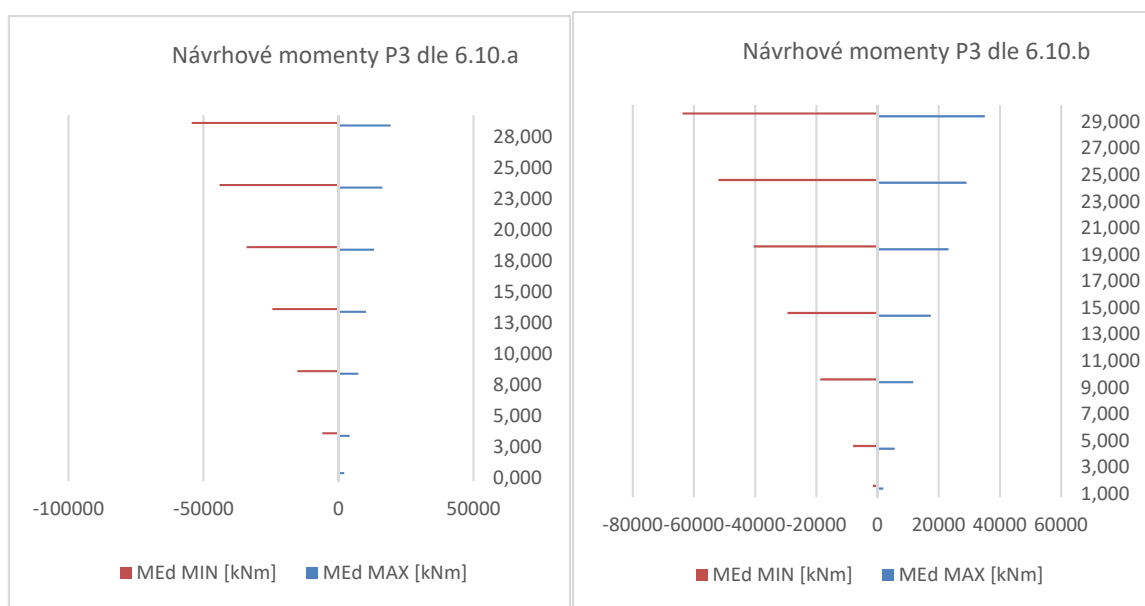
Na pilířích byly zjištěny návrhové momenty  $M_{Ed}$  nutné pro přenesení vnitřních sil včetně dopravy. Opět bylo počítáno s nejmenší získanou zatížitelností. Na grafech níže jsou uvedeny návrhové momenty v jednotlivých částech pilířů.



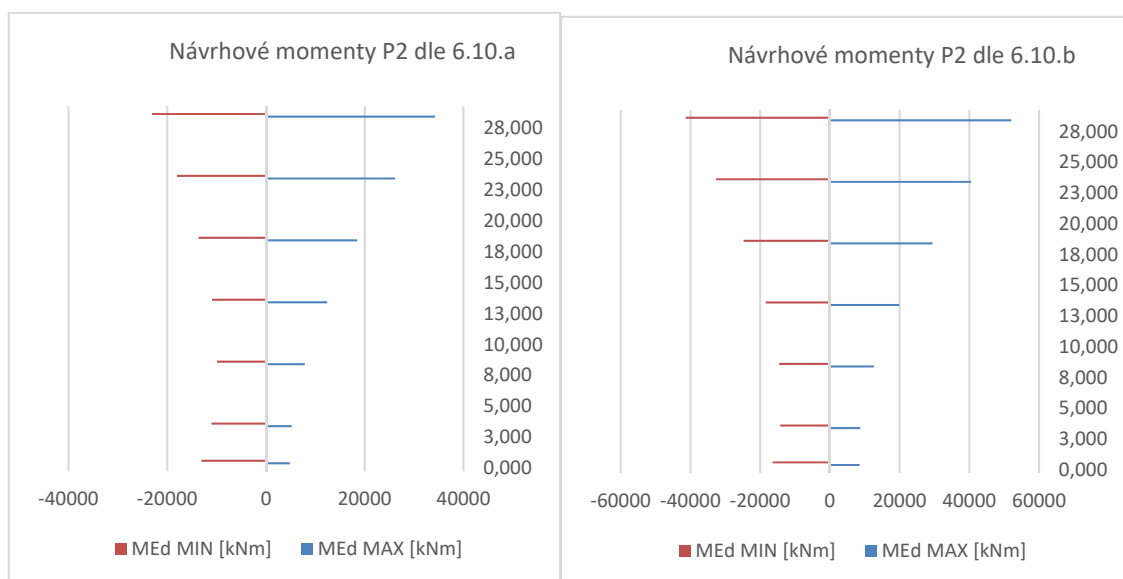
$$M_{Ed} \geq M_{Rd}$$

Jejich hodnoty odpovídají maximálním a minimálním vnitřním silám. Pro srovnání kombinace 6.10a, 6.10b.

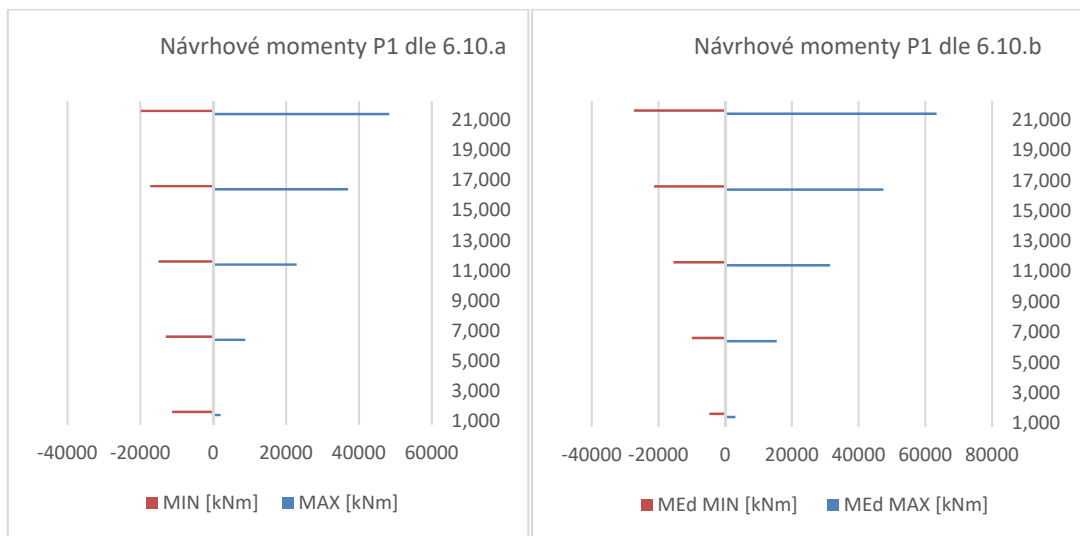
Dle dostupné dokumentace jsou pilíře stejného průřezu po celé své délce. V patě a místě napojení pilíře s mostovkou jsou pilíře masivní, proto výpočet omezíme pouze na průřez po délce prvku.



obr.109:Návrhové momenty na pilíři P3



obr.110:Návrhové momenty na pilíři P2



obr.111:Návrhové momenty pro pilíř P1

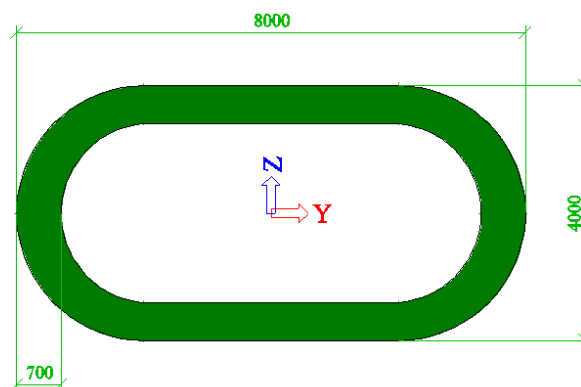
Průřez pilíře posoudíme na kombinaci ohybu a normálové síly v místě s nejnepříznivějšími hodnotami. Tato hodnota vzniká v hlavě krajních pilířů. Použijeme kombinaci 6.10b. Hodnota  $M_z$  odpovídá hodnotě momentu  $M_x$  od příčného zatížení.

Hodnoty z kombinace 6.10b

$$M_{Ed,y} = 63401,26kNm$$

$$M_{Ed,z} = 4921,97kNm$$

$$N_{Ed} = -29024,6kN$$



obr.112:Tvar průřezu pilířů P1-P3

Únosnost  $N+M_y+M_z$  byla vypočtena pomocí programu Scia Concrete Section.

Podélná a příčná výztuž byla odvozena z dostupné dokumentace takto:

Podélná výztuž  $\varnothing 16\text{mm}$  á 250mm při obou površích

Příčná výztuž  $\varnothing 10\text{mm}$  á 250mm při obou površích

### Shrnutí výpočtu

Posouzení	Kombinace	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$V_{Edz}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$M_{Edy,rec}$ [kNm]	$M_{Edz,rec}$ [kNm]	Jednotkový posudek	Stav
N+My+Mz - Diagram	MSÚ / 1	-29025	0	0	0	63401	4922	0,46	OK,*
N+My+Mz - Odezva	MSÚ / 1	-29025	0	0	0	63401	4922	0,64	OK

### Výpočet únosnosti

Únosnost v kladném směru  $N_{Rd+} = 8371\text{ kN}$   $M_{Rdy+} = 137230\text{ kNm}$   $M_{Rdz+} = 10653\text{ kNm}$

Únosnost v záporném směru  $N_{Rd-} = -62823\text{ kN}$   $M_{Rdy-} = -18285\text{ kNm}$   $M_{Rdz-} = -1419\text{ kNm}$

### Shrnutí posudku

Síly:  $N_{Ed} = -29025\text{ kN}$   $M_{Edy} = 63401\text{ kNm}$   $M_{Edz} = 4922\text{ kNm}$

Odolnost:  $N_{Rd} = -62823\text{ kNm}$   $M_{Rdy} = 137230\text{ kNm}$   $M_{Rdz} = 10653\text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku.

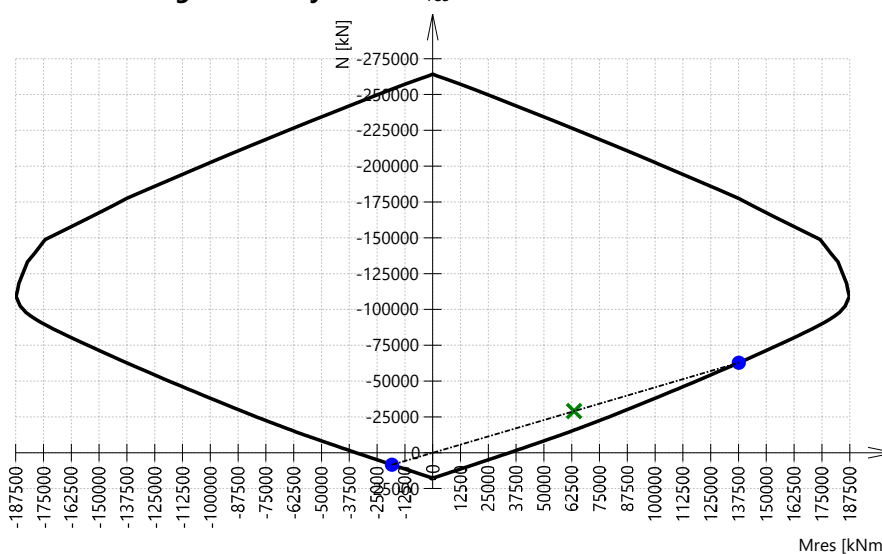
$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-29 \cdot 10^6}{-62.8 \cdot 10^6} = 0.462$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{63.4 \cdot 10^6}{137 \cdot 10^6} = 0.462$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{4.92 \cdot 10^6}{10.7 \cdot 10^6} = 0.462$$

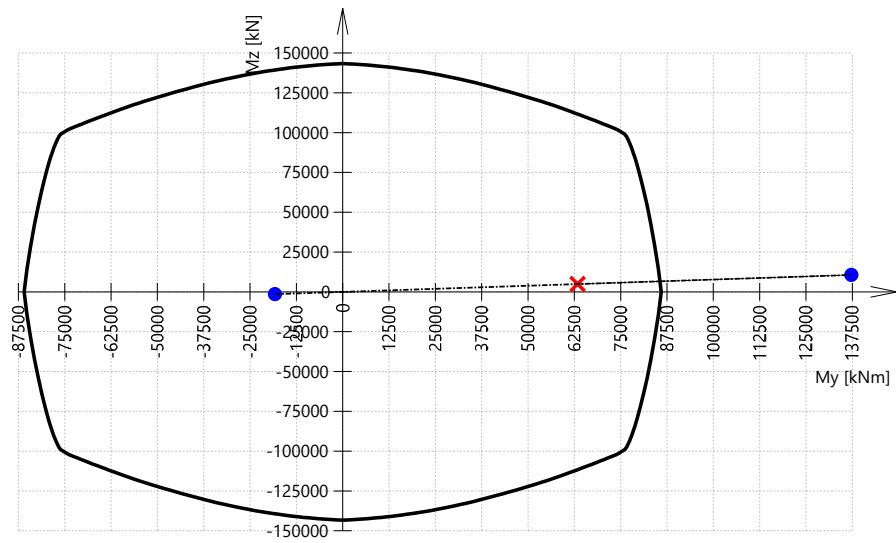
$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.462; 0.462; 0.462) = 0.462 \leq 1 \quad \text{OK}$$

### 3D interakční diagram - svislý řez N-M<sub>res</sub>



obr.113: Interakční diagram N-M pilíře

### 3D interakční diagram - vodorovný řez $M_y$ - $M_z$



obr.114: Iterační diagram pilíře  $M_y$ - $M_z$

Body odpovídající návrhovým vnitřním silám na konstrukci leží uvnitř interakčního diagramu, průřez vyhoví.

*...vyhovuje*

## 10 Závěr

Předmětem diplomové práce bylo zjištění zatížitelnosti Zvíkovského Vltavského mostu k dnešnímu dni. Zjištěné minimální zatížitelnosti jsou uvedeny v tabulce. Rozhodující minimální zatížitelnost plyne z omezení betonu v tlaku, které má v našem případě hodnotu  $0,66 \cdot f_{ck}$ .

U všech dalších posudků vyšla zatížitelnost vyšší. Ověření smykové únosnosti zvoleného průřezu, mezní únosnosti pilířů a ověření na mezní šířku trhlin s uvažovanou nejnižší zatížitelností ve zvolených průřezích rovněž vyhovělo.

Dále bylo pro představu provedeno ověření dle Eurokódu a původní normy bez určování zatížitelnosti. I zde konstrukce vyhověla kromě lokálního porušení omezení dekomprese betonu.

<b>Minimální zatížitelnosti</b>	<b>Normální [t]</b>	<b>Výhradní [t]</b>	<b>Výjimečná [t]</b>
<b>dle MSP</b>			
Charakteristická 0,6.fck	-16,304	-113,412	-131,661
Charakteristická 0,66.fck	<b>20,090</b>	<b>139,744</b>	<b>162,231</b>
Charakteristická 0,7.fck	47,219	328,449	381,301
Kvazistálá Dekomprese	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>dle MSÚ</b>			
M+N 6.10.a	89,0	426,2	529,5
M+N 6.10.b	51,9	248,6	308,9
SMYK	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

## 11 Seznam tabulek

Tab. 1:	Průřezové charakteristiky.....	18
Tab. 2:	Účinky nelineární složky teplot na konstrukci.....	29
Tab. 3:	Zatížení větrem po délce konstrukce.....	32
Tab. 4:	Síly od LM1 .....	35
Tab. 5:	Podrobnosti o fázích výstavby .....	42
Tab. 6:	Zatížení použita v jednotlivých fázích .....	45
Tab. 7:	tabulka držení a lokálních časů jednotlivých lamel .....	47
Tab. 8:	Tabulka výpočtu $M_{Rd}$ .....	141

## 12 Seznam obrázků

obr.1:	Příčný řez mostu.....	9
obr.2:	Podélný řez mostním objektem.....	10
obr.3:	Dobová fotografie prací na Zvíkovském Vltavském mostě – podle [8] ....	11
obr.4:	Krajní levobřežní pole betonované na skruži – podle [8] .....	12
obr.5:	Příčný řez mostovkou.....	17
obr.6:	Podélný řez mostem .....	17
obr.7:	Vodorovný řez mostovkou.....	17
obr.8:	Prutový model typu rám XYZ .....	19
obr.9:	Deskostěnový model konstrukce .....	20
obr.10:	Prutový 2D model pro účely TDA.....	20
obr.11:	Pracovní diagram oceli pro dráty PD 7mm.....	22
obr.12:	Zatěžovací stavy - rovnoměrná složka teploty.....	27
obr.13:	Průběh lineární rozdílové složky teploty .....	28
obr.14:	Schéma nelineární rozdílové složky teploty .....	28
obr.15:	Zatížení větrem v kolmém a podélném směru .....	32
obr.16:	Schéma zatěžovacích pruhů .....	35
obr.17:	Zatěžovací schéma LM1 .....	36

obr.18:	Zatěžovací schéma normální zatížitelnosti $V_n$ .....	37
obr.19:	Schéma vozidla pro stanovení normální zatížitelnosti $V_n$ .....	37
obr.20:	Schéma vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti $V_f$ .....	38
obr.21:	Schéma zvláštní soupravy pro stanovení výjimečné zatížitelnosti .....	39
obr.22:	1. vlastní tvar kmitání s frekvencí 0,7 Hz .....	40
obr.23:	2. vlastní tvar kmitání s frekvencí 0,96 Hz .....	40
obr.24:	Celkové schéma 2. fáze výstavby mostu.....	48
obr.25:	Rozdělení sil v závěsech betonážního vozíku.....	48
obr.26:	1. fáze – předpínání zárodků – 78 dní.....	48
obr.27:	1.fáze - přistavení bet. vozíku – 80 dní .....	49
obr.28:	2. fáze betonáž – 81 dní.....	49
obr.29:	2.fáze předpínání – 85 dní.....	49
obr.30:	2. fáze – přestavení bet. vozíku – 87 dní.....	50
obr.31:	3.fáze betonáž – 88 dní.....	50
obr.32:	3.fáze předpínání – 92 dní.....	50
obr.33:	3.fáze přestavení bet. vozíku – 94 dní.....	51
obr.34:	Naměřené hodnoty napětí v konzolových kabelech.....	52
obr.35:	Hodnoty napětí v kabelech z TDA – rok 1983(střední konzola).....	52
obr.36:	Napětí v kabelech z TDA – rok 1983 (krajní levobřežní konzola).....	52
obr.37:	Schéma konstrukce s klouby v polích vzniklé k roku 1963.....	53
obr.38:	Schéma zmonolitněné kce s klouby v pilířích – rok 1996 .....	53
obr.39:	Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení $(g-g_0)_k$ , sup .....	55
obr.40:	Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení $(g-g_0)_k$ , inf.....	56
obr.41:	Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - oteplení .....	57
obr.42:	Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - ochlazení.....	58
obr.43:	Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - oteplení .....	59
obr.44:	Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - ochlazení.....	60
obr.45:	Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty - oteplení .....	61
obr.46:	Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty – ochlazení .....	62
obr.47:	Vnitřní síly od větru v příčném směru mostovka.....	63
obr.48:	Vnitřní síly od větru v podélném směru mostovka .....	64
obr.49:	Vnitřní síly od větru v příčném směru pilíře.....	65
obr.50:	Vnitřní síly od větru v podélném směru pilíře .....	66
obr.51:	Vnitřní síly od poklesu OP1 .....	67

obr.52:	Vnitřní síly od poklesu P1 .....	68
obr.53:	Vnitřní síly od poklesu P2.....	69
obr.54:	Vnitřní síly od poklesu P3.....	70
obr.55:	Vnitřní síly od poklesu OP2.....	71
obr.56:	Obálky vnitřních sil – rok 1963 .....	72
obr.57:	Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - UDL.....	73
obr.58:	Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - TS .....	74
obr.59:	Vnitřní síly od dopravy - souprava dle ČSN 73 6202 – ROK 1953 .....	75
obr.60:	Vnitřní síly od dopravy - zatížení chodníků.....	76
obr.61:	Vnitřní síly z TDA (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha) .....	77
obr.62:	Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení (g-g <sub>0</sub> )k, sup .....	78
obr.63:	Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení (g-g <sub>0</sub> )k, inf.....	79
obr.64:	Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - oteplení .....	80
obr.65:	Vnitřní síly od rovnoměrné složky teploty - ochlazení.....	81
obr.66:	Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - oteplení .....	82
obr.67:	Vnitřní síly od lineární rozdílové složky teploty - ochlazení.....	83
obr.68:	Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty - oteplení .....	84
obr.69:	Vnitřní síly od nelineární rozdílové složky teploty – ochlazení .....	85
obr.70:	Vnitřní síly od větru v příčném směru mostovka.....	86
obr.71:	Vnitřní síly od větru v podélném směru mostovka .....	87
obr.72:	Vnitřní síly od větru v příčném směru pilíře.....	88
obr.73:	Vnitřní síly od větru v podélném směru pilíře .....	89
obr.74:	Vnitřní síly od poklesu OP1 .....	90
obr.75:	Vnitřní síly od poklesu P1 .....	91
obr.76:	Vnitřní síly od poklesu P2.....	92
obr.77:	Vnitřní síly od poklesu P3.....	93
obr.78:	Vnitřní síly od poklesu OP2.....	94
obr.79:	Obálky vnitřních sil – k roku 1996 .....	95
obr.80:	Vnitřní síly od dopravy – Normální zatížitelnost.....	96
obr.81:	Vnitřní síly od dopravy – Výhradní zatížitelnost.....	97
obr.82:	Vnitřní síly od dopravy - Výjimečná zatížitelnost .....	98
obr.83:	Vnitřní síly od dopravy - zatížení chodníků.....	99
obr.84:	Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - UDL.....	100
obr.85:	Vnitřní síly od dopravy – model LM1 - TS .....	101



obr.86:	Vnitřní síly z TDA 1996 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha) .....	102
obr.87:	Vnitřní síly z TDA 2016 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha) .....	103
obr.88:	Vnitřní síly z TDA 2063 (předpětí, stavební zatížení, vlastní tíha) .....	104
obr.89:	Napětí $\sigma_x$ od krajní polohy modelu LM1 [MPa] .....	105
obr.90:	Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická .....	108
obr.91:	Kombinace vnitřních sil – MSP Kvazistálá .....	109
obr.92:	Kombinace vnitřních sil pro MSÚ .....	110
obr.93:	ČSN 73 6202 při uvažování hlavních zatížení .....	113
obr.94:	ČSN EN 1991-2 -gr1a při charakteristické kombinaci zatížení .....	115
obr.95:	ČSN EN 1991-2 -gr1a při časté kombinaci zatížení .....	116
obr.96:	Hodnoty zatížitelností vyplývajících z $0,6f_{ck}$ .....	120
obr.97:	Hodnoty zatížitelností vyplývajících z $0,66f_{ck}$ .....	121
obr.98:	Hodnoty zatížitelností vyplývajících z $0,7f_{ck}$ .....	123
obr.99:	Ověření dekomprese na konstrukci při kvazistálé kombinaci .....	125
obr.100:	Normálová napětí na P3_char .....	129
obr.101:	Normálová napětí na P2_char .....	129
obr.102:	Normálová napětí na P1_char .....	130
obr.103:	Přehled napětí, a přetvoření při MSÚ – průřez $x=17,45m$ .....	135
obr.104:	Graf $M_{Rd}$ konstrukce ve vyšetřovaných průřezích .....	142
obr.105:	Výsledné minimální zatížitelnosti dle MSÚ .....	143
obr.106:	Výpočet zatížitelnosti dle MSÚ kombinace 6.10a .....	145
obr.107:	Výpočet zatížitelnosti dle MSÚ kombinace 6.10b .....	147
obr.108:	Srovnání zatížitelností vplynulých z MSÚ .....	148
obr.109:	Návrhové momenty na pilíři P3 .....	152
obr.110:	Návrhové momenty na pilíři P2 .....	152
obr.111:	Návrhové momenty pro pilíř P1 .....	153
obr.112:	Tvar průřezu pilířů P1-P3 .....	153
obr.113:	Interakční diagram N-M pilíře .....	154
obr.114:	Iterační diagram pilíře $M_y-M_z$ .....	155

## 13 Seznam použité literatury

- [1] ŠAFÁŘ, Roman. Betonové mosty 2: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů : cvičení. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009
- [2] Voves B.: Technologie přepjatého betonu, SNTL Praha, 1976
- [3] ČSN 73 6222 – Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, Praha: ÚNMZ, 2013
- [4] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady, Praha: ČNI, 2007
- [5] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná a zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI 2004
- [6] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí Část 1-5: Obecná zatížení - zatížení teplotou, Praha: ČNI, 2005
- [7] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004
- [8] PREDPĚTÝ BETÓN V ČESKOSLOVENSKU  
- Příloha časopisu INŽENÝRSKÉ STAVBY  
Praha : SNTL, 1953-1993
- [9] J. Klimeš, K. Zůda Betonové mosty II – Mosty z předpjatého betonu, Praha: SNTL/ALFA, 1969