

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Obor: Konstrukce a dopravní stavby

Návrh mostu na SOKP u Suchdola

Design of motorway bridge at Praha – Suchdol

Bakalářská práce

Vypracoval: Michal Nejdl

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



2017

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

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 29.5.2017

Michal Nejdí

Poděkování

Rád bych poděkoval ing. Romanu Šafářovi, Ph.D, za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem silničního mostu na SOKP u Suchdola přes řeku Vltavu a chráněné přírodní památky, na levém břehu Sedlecké skály a na pravém břehu Zámky. První část práce řeší možnosti přemostění daného území s různými variantami mostu. V další části práce se řeší jedna z variant přemostění detailněji. Jedná se o visutý most z předpjatého, ultra-vysokohodnotného vláknobetonu. Osová vzdálenost pylonů je 520,0 m. Šířka mostu je 42,25 m.

Abstract

The thesis deals with a design of a motorway bridge over the Vltava river in Prague – Suchdol between natural reserves – Sedlecké skály on the left and Zámky on the right river bank. The first part of the thesis maps the possibilities of bridging the given areas with diverse variations of bridges. In the second part of the text one of the bridging possibilities is then analysed in detail, in particular a suspension bridge made of UHPFRC. The width of the pylones is 520.0 m. The latitude is 42.25 m.

Klíčová slova

Most, silniční most, betonový most, visutý most, beton, železobeton, UHPFRC, předpjatý beton

Key words

Bridge, motorway bridge, concrete bridge, suspension bridge, concrete, UHPFRC, prestressed concrete

1	Úvod	9
2	Varianty přemostění.....	10
2.1	Varianta 1 – Letmo betonovaný komorový most.....	10
2.1.1	Mimo přírodní památky.....	10
2.1.2	Se zásahem do přírodních památek	10
2.2	Varianta 2 - Zavěšený most	11
2.2.1	Mimo přírodní památky.....	11
2.2.1.1	Jeden pylon s jednou osou závěsů a jedním dříkem	11
2.2.1.2	Jeden pylon se dvěma osami závěsů a dvěma dříky	11
2.2.2	Se zásahem do přírodních památek	12
2.2.2.1	Dva pylony s jednou osou závěsů a jedním dříkem.....	12
2.2.2.2	Dva pylony se dvěma osami závěsů a dvěma dříky	12
2.3	Varianta 3 – Obloukový most	13
2.3.1	Mimo přírodní památky.....	13
2.3.2	Se zásahem do přírodních památek	13
2.3.2.1	Zasažení základy oblouku a vřpěrami.....	13
2.3.2.2	Zasažení základy oblouků	13
2.4	Varianta 4 – Visutý most	14
2.4.1	Mimo přírodní památky.....	15
2.4.2	Se zásahem do přírodních památek	15
3	Zvolená varianta	16
3.1	Úvod	16
3.1.1	Základní údaje o mostu	16
3.1.1.1	Charakteristika mostu	16
3.1.1.2	Rozměry.....	16
3.1.2	Umístění mostu	17
3.1.3	Spodní stavba	17
3.1.4	Ložiska	18
3.1.5	Mostní vybavení	18
3.1.5.1	Mostní závěr	18
3.1.5.2	Svodidla	18
3.1.5.3	Protihluková stěna.....	18
3.1.5.4	Odvodnění	18
3.1.6	Mostní svršek.....	19
3.1.6.1	Vozovka	19
3.1.6.2	Římsy	19

3.1.7	Postup výstavby.....	19
3.2	Statický výpočet.....	20
3.2.1	Úvod	20
3.2.2	Použité programy	20
3.2.3	Materiály	21
3.2.3.1	Beton	21
3.2.3.2	Předpínací výztuž.....	21
3.2.3.3	Betonářská výztuž.....	22
3.2.4	Zatížení	24
3.2.4.1	Zatížení stálé.....	24
3.2.4.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce	24
3.2.4.1.2	Ostatní stálé zatížení	25
3.2.4.1.3	Nerovnoměrné poklesy podpor	26
3.2.4.2	Zatížení proměnné.....	27
3.2.4.2.1	Zatížení dopravou.....	27
3.2.4.2.1.1	Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy	27
3.2.4.2.1.2	Model zatížení 1 (LM1).....	27
3.2.4.2.1.3	Model zatížení 3 (LM3) – 3000/240	30
3.2.4.2.1.4	Model zatížení 4 (LM4).....	31
3.2.4.2.1.5	Model zatížení na únavu 3	31
3.2.4.2.1.6	Zatížení chodníků	33
3.2.4.2.2	Zatížení od teploty.....	34
3.2.4.2.2.1	Rovnoměrné	34
3.2.4.2.2.2	Lineární změna	34
3.2.4.2.2.3	Rozdíly teplot mezi různými nosnými prvky konstrukce.....	34
3.2.4.2.3	Staveništní zatížení.....	35
3.2.4.2.4	Zatížení větrem.....	35
3.2.5	Zatěžovací stavy.....	36
3.2.5.1	Model 1.....	36
3.2.5.2	Model 2.....	36
3.2.6	Vnitřní síly.....	37
3.2.6.1	Průběhy vnitřních sil na konstrukci	37
3.2.7	Kombinace vnitřních sil	49
3.2.7.1	Přehled kombinací vnitřních sil	50
3.2.7.2	Výsledky kombinací vnitřních sil pro posuzované průřezy	56

3.2.8	Návrh předpětí	57
3.2.8.1	Komora	57
3.2.8.2	Příčnick	58
3.2.8.3	Podélník	59
3.2.9	Posouzení konstrukce – MSP	59
3.2.9.1	Mezní stav omezení napětí	60
3.2.9.2	Mezní stav omezení trhlin	60
3.2.9.3	Výpočet normálových napětí v betonu – stálé zatížení	60
3.2.9.4	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas vnesení předpětí:	63
3.2.9.5	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas uvedení do provozu, stavební stav (před vnesením (g-g ₀)):	66
3.2.9.6	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas uvedení do provozu, provozní stav	69
3.2.9.7	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – konec životnosti	73
3.2.9.8	Příčnick	78
3.2.9.9	Grafy normálových napětí	79
3.2.10	Posouzení konstrukce – MSÚ	82
3.2.10.1	Posouzení na ohyb	82
3.2.10.1.1	Posouzení řezu 1 (komora maximální kladný moment)	82
3.2.10.1.2	Posouzení řezu 2 (komora maximální záporný moment)	83
3.2.10.1.3	Posouzení řezu 3 (příčnick)	84
3.2.10.1.4	Posouzení řezu 4 (podélník)	84
4	Seznam použité literatury	86
5	Seznam obrázků	87
6	Seznam tabulek	90

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem silničního mostu přes řeku Vltavu na silničním okruhu kolem Prahy (SOKP) u Suchdola. V přemostovaném území se nachází dvě chráněné přírodní památky (na levém břehu Sedlecké skály, na pravém Zámky), silnice II/242, ulice V Zámcích a železniční trať Praha – Kralupy nad Vltavou.

Cílem první části práce je návrh několika variant přemostění daného území různými typy mostů (letmo betonovaný komorový most, zavěšený most, obloukový most a visutý most). Pro každý typ mostů byly vytvořeny varianty, které nezasahují do chráněných přírodních památek a varianty, které do nich zasahují některou svou částí. Následně byla vybrána pouze jedna z těchto variant.

V další části se detailněji řeší právě tato konkrétní varianta. Cílem je posoudit její hlavní nosné části.

Poslední částí bakalářské práce je zpracování základní výkresové dokumentace, u vybrané varianty je dokumentace detailnější.

2 Varianty přemostění

2.1 Varianta 1 – Letmo betonovaný komorový most

Ve všech variantách jsou navrženy dva mosty, každý pro jeden směr komunikace. Celková šířka mostů je 41,90 m. Obě varianty mají stejné následující parametry: šířka nosné konstrukce jednoho mostu je 19,85 m, vyložení konzol je 4,95 m, šířka komory je 9,95 m nahoře a 8,85 m v úrovni dolní desky. Tloušťka desky mostovky je 0,35m. Tloušťka dolní desky je 0,3 m v poli a 1,5 m nad pilíři, tloušťka stěn je 0,55 m v poli a 1,00 m nad pilíři. Horní deska je příčně předpjatá. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan $\varnothing 15,7$ mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

2.1.1 Mimo přírodní památky

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o 4 polích rozpětí 155,00 + 175,00 + 125,00 + 80,00 m z dodatečně předpjatého monolitického betonu. Příčný řez je komorový proměnné výšky od 6,00 do 12,00 m. Kvůli velkému rozpětí prvního pole je část mostu navržena z lehkého betonu LC 40/44, zbytek mostu pak z obyčejného betonu C 40/50

Výkresy k této variantě:

- Příloha 1: Podélný řez mostem
- Příloha 2: Příčný řez mostem (nad pilířem, v poli)

2.1.2 Se zásahem do přírodních památek

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o 3 polích rozpětí 145,00 + 205,00 + 145,00 m z dodatečně předpjatého monolitického betonu. Příčný řez je komorový proměnné výšky od 5,90 do 12,80 m. Konstrukce je celá navržena z betonu C 40/50.

Do chráněné přírodní památky Zámky zasahuje pravý pilíř. Díky tomu je možné navrhnout most s lepším poměrem polí a dosáhnout tak lepšího působení i estetického vzhledu celého mostu.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 3: Podélný řez mostem
- Příloha 4: Příčný řez mostem (nad pilířem, v poli)

2.2 Varianta 2 - Zavěšený most

2.2.1 Mimo přírodní památky

2.2.1.1 Jeden pylon s jednou osou závěsů a jedním dříkem

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o třech polích rozpětí 180,00 + 250,00 + 105,00 m z dodatečně předpjatého betonu. Příčný řez tvoří dvoukomora konstantní výšky 6,00 m. Celková šířka nosné konstrukce je 42,30 m, vyložení konzol je 10,00 m (konzoly jsou podepřeny vzpěrami), šířka komor je 22,30 m nahoře a 17,30 m v úrovni dolní desky. Komory jsou rozděleny stěnou tloušťky 0,80 m. Tloušťka dolní desky a desky mostovky je 0,35 m. Tloušťka stěn je 0,80 m. Závěsy jsou kotveny ve středu horní části komory a vzdáleny 10,00 m. Komory jsou vyztuženy ocelovou trubkou \varnothing 0,35 m, stejnou trubkou jsou podepřeny konzoly. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B. Pro realizaci se předpokládá letmá betonáž s postupným vyvěšováním.

Je navržen jeden pylon a celkové výšce 195,00 m. Výška pylonu nad mostovkou je 100,00 m, výška dříku pro ukotvení závěsů je 30,30 m, šířka pylonu je 62,70 m.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 5: Podélný řez mostem
- Příloha 6: Příčný řez mostem
- Příloha 7: Příčný řez pylonem
- Příloha 8: Situace

2.2.1.2 Jeden pylon se dvěma osami závěsů a dvěma dříky

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o třech polích rozpětí 180,00 + 250,00 + 105,00 m z dodatečně předpjatého betonu. Příčný řez tvoří dvoutrám konstantní výšky 2,00 m. Celková šířka nosné konstrukce je 41,75 m, šířka trámu je 5,7 m nahoře a 4,7 m dole. Tloušťka desky mostovky mezi trámy je 0,50 m. Mostovka je vyztužena příčníky v osách ukotvení závěsů. Závěsy jsou kotveny v dolní části trámu v podélných vzdálenostech 8,00 m. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B. Pro realizaci se předpokládá letmá betonáž s postupným vyvěšováním.

Je navržen jeden pylon a celkové výšce 189,70 m. Výška pylonu nad mostovkou je 100,00 m, výška dříků pro ukotvení závěsů je 42,10 m, šířka pylonu je 55,80 m.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 9: Podélný řez mostem
- Příloha 10: Příčný řez mostem
- Příloha 11: Příčný řez pylonem
- Příloha 12: Situace

2.2.2 Se zásahem do přírodních památek

2.2.2.1 Dva pylony s jednou osou závěsů a jedním dříkem

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o třech polích rozpětí 122,50 + 250,00 + 122,50 m z dodatečně předpjatého betonu. Příčný řez tvoří dvoukomora konstantní výšky 5,00 m. Celková šířka nosné konstrukce je 42,30 m, vyložení konzol je 10,00 m (konzoly jsou podepřeny vzpěrami), šířka komor je 22,30 m nahoře a 17,30 m v úrovni dolní desky. Komory jsou rozděleny stěnou tloušťky 0,80 m. Tloušťka dolní desky a desky mostovky je 0,35 m. Tloušťka stěn je 0,80 m. Závěsy jsou kotveny ve středu horní části komory a vzdáleny 10,00 m. Komory jsou vyztuženy ocelovou trubkou \varnothing 0,35 m, stejnou trubkou jsou podepřeny konzoly. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B. Pro realizaci se předpokládá letmá betonáž s postupným vyvěšováním.

Jsou navrženy dva pylony o celkových výškách 144,00 a 143,00. Výška pylonů nad mostovkou je 61,25 m, výška dříku pro ukotvení závěsů je 16,40 m, šířka pylonu je 63,98 m.

Do chráněných přírodních památek zasahují pylony svými základy.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 13: Podélný řez mostem
- Příloha 14: Příčný řez mostem
- Příloha 15: Příčný řez pylonem

2.2.2.2 Dva pylony se dvěma osami závěsů a dvěma dříky

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o třech polích rozpětí 122,50 + 250,00 + 122,50 m z dodatečně předpjatého betonu. Příčný řez tvoří doutrám konstantní výšky 2,00 m. Celková šířka nosné konstrukce je 41,75 m, šířka trámy je 5,7 m nahoře a 4,7 m dole. Tloušťka desky mostovky mezi trámy je 0,50 m. Mostovka je vyztužena příčníky v osách ukotvení závěsů. Závěsy jsou kotveny v dolní části trámy v podélných vzdálenostech 8,00 m. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B. Pro realizaci se předpokládá letmá betonáž s postupným vyvěšováním.

Jsou navrženy dva pylony o celkových výškách 144,00 a 143,00. Výška pylonů nad mostovkou je 61,25 m, výška dříků pro ukotvení závěsů je 23,20 m, šířka pylonu je 53,26 m.

Do chráněných přírodních památek zasahují pylony svými základy.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 16: Podélný řez mostem
- Příloha 17: Příčný řez mostem
- Příloha 18: Příčný řez pylonem

2.3 Varianta 3 – Obloukový most

Byla zvolena varianta s horní mostovkou, protože je vhodná pro přemostění hlubokých údolí. Ve všech variantách jsou navrženy dva mosty, každý pro jeden směr komunikace, celková šířka mostů je 41,90 m. Konstruktivní prvky jsou pro všechny varianty stejné. Oblouk má plný obdélníkový průřez šířky 12,85 m, o výšce 2,00 m ve vrcholu až 3,00 m v patkách. Mostovku šířky 19,85 m tvoří deska z předpjatého betonu o výšce průřezu 1,35 m a je na oblouku i mimo něj podpírána dvojicí vzpěr ve vzdálenostech po 25,00 m. Ve střední části oblouků jsou vzpěry výšky 2,00 m. Vzpěry jsou s obloukem i mostovkou spojeny rámově. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

Společné výkresy pro všechny varianty:

- Příloha 19: Příčný řez mostem v místě uložení vzpěry na oblouku
- Příloha 20: Příčný řez mostem v místě uložení vzpěry na patce

2.3.1 Mimo přírodní památky

Nosná konstrukce je složena ze tří oblouků, které překonávají chráněné přírodní památky a řeku Vltavu. Jejich rozpětí je 165,00 + 170,00 + 165,00 m a jsou vyrobeny z monolitického železobetonu.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 21: Podélný řez mostem

2.3.2 Se zásahem do přírodních památek

2.3.2.1 Zasažení základy oblouku a vzpěrami

Nosná konstrukce je složena z jednoho oblouku, který překonává řeku Vltavu. Jeho rozpětí je 250,00 m a je vyroben z monolitického železobetonu. Do chráněných přírodních památek zasahují základy oblouku a šest vzpěr.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 22: Podélný řez mostem

2.3.2.2 Zasažení základy oblouků

Nosná konstrukce je složena ze tří oblouků, které překonávají řeku Vltavu a chráněné přírodní památky, do kterých ale zasahují svými základy. Jejich rozpětí je 125,00 + 250,00 + 150,00 m a jsou vyrobeny z monolitického železobetonu.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 23: Podélný řez mostem

2.4 Varianta 4 – Visutý most

Pro tyto varianty byly navrženy tři typy mostovek:

Typ 1 - Spřažená mostovka

Mostovka je tvořena dvěma ocelovými komorami, které jsou spřaženy s betonovou deskou tloušťky 0,30 m. Šířka nosné konstrukce je 41,65 m, šířka komor je 3,90 m nahoře a 3,00 m v úrovni dolního plechu. Komorové nosníky jsou z oceli a jsou vyztuženy příčnými výztuhami tvaru obráceného "T" a podélnými trapézovými výztuhami. V osách kotvení závěsů má mostovka příhradové příčníky. Mostovka je ztužena i v podélném směru pomocí ocelových nosníků tvaru "I". Ocelová část konstrukce je navržena z oceli S 355, betonová deska z betonu C 30/37. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

Výkresy mostovky:

- Příloha 24: Příčný řez mostovkou

Typ 2 – Betonová mostovka z běžného betonu

Mostovka je tvořena dvojicí betonových komor spojených s betonovou deskou mostovky tloušťky 0,30 m. Šířka nosné konstrukce je 41,65 m, šířka komor je 4,00 m nahoře a 3,00 m v úrovni dolní desky. Tloušťka dolní desky a stěn komor je 0,40 m. V úrovni ukotvení závěsů je betonový příčník průřezu tvaru "I" (horní přírubu tvoří deska mostovky) proměnné výšky od 3,80 m do 4,20 m. Mostovka je podélně ztužena pomocí betonových nosníků lichoběžníkového průřezu. Konstrukce je navržena z betonu C 40/50. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

Výkresy mostovky:

- Příloha 25: Příčný řez mostovkou

Typ 3 – Betonová mostovka z UHPFRC

Mostovka je tvořena prefabrikovanými betonovými dílci (komory, příčníky, podélníky a desky). Šířka nosné konstrukce je 41,65 m, šířka komor je 5,20 m nahoře a 2,60 m v úrovni dolní desky. Tloušťka dolní desky a stěn komor je 0,20 m. V úrovni kotvení závěsů jsou betonové příčníky tvaru "I" proměnné výšky od 4,00 m do 4,45 m. Mostovka je podélně ztužena pomocí betonových podélníků tvaru "I" konstantní výšky 1,20 m. Deska mostovky má tloušťku 0,20 m. Mostovka je vyspádovaná příčným sklonem do středu mostu z důvodů zajištění odvodnění srážkové vody z povrchu vozovky (podélné odvodňovací svody jsou umístěny ve středu mostu, aby nebyly v blízkosti volných kabelů pro podélné předpětí hlavních komorových nosníků). Konstrukce je navržena z ultra-vysokohodnotného vláknobetonu s charakteristickou válcovou pevností v tlaku $f_{ck} = 161,00$ MPa. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan \varnothing 15,7 mm o charakteristické pevnosti $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

Výkresy mostovky:

- Příloha 26: Příčný řez mostovkou

2.4.1 Mimo přírodní památky

Tato varianta přemostuje řeku Vltavu bez omezení plavebního prostoru, chráněné přírodní památky na obou březích řeky (Sedlecké skály, Zámky), silnici II/242, ulici V Zámčích a železniční trať Praha – Kralupy nad Vltavou jedním polem o rozpětí 520,00 m mezi pylony, celková délka přemostění je 556,00 m, koncové části mostovky v délce 26,00 m jsou navrženy bez závěsů, aby se omezily tahové reakce na koncové opěry. Závěsy jsou kotveny jen v poli mezi pylony ve vzdálenostech po 6,50 m.

Pylony celkové výšky 83,00 a 86,00 m jsou tvořeny dvěma dříky proměnného průřezu o rozměrech 3,5 x 5 m (horní část dříků) a 4,5 x 5 m (dolní část dříků), rámovou příčlím s rozměry 4 x 2,5 m a dvěma základovými bloky o rozměrech 18,5 x 15 x 5 m, které jsou propojeny příčným předpjatým táhlem. Výška pylonů nad mostovkou je 64,00 m.

Tato varianta s mostovkou z UHPFRC byla vybrána jako výsledná pro podrobnější rozpracování.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 27: Podélný řez mostem
- Příloha 28: Příčný řez pylonem
- Příloha 29: Příčný řez příčnickem
- Příloha 30: Příčný řez podélníkem
- Příloha 31: Schéma uspořádání segmentů
- Příloha 32: Zjednodušená situace

2.4.2 Se zásahem do přírodních památek

V této variantě zasahuje do chráněné přírodní památky Sedlecké skály levý pylon. Rozpětí hlavního pole mezi pylony je 380,00 m, celková délka přemostění je 517,00 m. Závěsy jsou kotveny po celé délce mostovky ve vzdálenostech po 6,50 m.

Pylony celkové výšky 94,00 a 85,00 m jsou tvořeny dvěma dříky proměnného průřezu o rozměrech 3,0 x 5 m (horní část dříků) a 4,5 x 5 m (dolní část dříků), rámovou příčlím s rozměry 4 x 2,5 m a dvěma základovými bloky o rozměrech 18,5 x 15 x 5 m, které jsou propojeny příčným předpjatým táhlem. Výška pylonů nad mostovkou je 47,50 m.

Výkresy k této variantě:

- Příloha 33: Podélný řez mostem
- Příloha 34: Příčný řez pylonem

3 Zvolená varianta

3.1 Úvod

Byla vybrána varianta visutého mostu s mostovkou z UHPFRC. Tato varianta byla vybrána, protože překonává údolí jedním polem, nezasahuje do žádného chráněného území, neomezuje plavební prostor řeky Vltavy a v průběhu výstavby nebude omezovat provoz na přemostovaných komunikacích (silnice II/242, ulice V Zámčích a železniční trať Praha – Kralupy nad Vltavou). Mostovka z UHPFRC byla vybrána, protože díky ní je omezena tloušťka nosné konstrukce a redukuje se tak množství použitého materiálu (menší zátěž životního prostředí).

3.1.1 Základní údaje o mostu

3.1.1.1 Charakteristika mostu

Navržený visutý most se skládá ze dvou betonových pylonů, hlavních visutých kabelů, závěsů, betonové mostovky a dvou kotevních bloků. Mostovka je složena ze dvou komorových nosníků výšky 4,45 m, příčniců proměnné výšky od 4,0 m do 4,45 m, podélníků konstantní výšky 1,2 m a desek tloušťky 0,2 m. Nosníky a desky jsou prefabrikované dílce z ultra-vysokohodnotného vláknobetonu, které se zmonolitní v průběhu výstavby mostu. Mostovka je vyspádovaná příčným sklonem do středu mostu z důvodů zajištění odvodnění srážkové vody z povrchu vozovky (podélné odvodňovací svody jsou umístěny ve středu mostu, aby nebyly v blízkosti volných kabelů pro podélné předpětí hlavních komorových nosníků). Most přemostuje řeku Vltavu bez omezení plavebního prostoru, chráněné přírodní památky na obou březích řeky (Sedlecké skály, Zámky), do kterých nezasahuje, silnici II/242, ulici V Zámčích a železniční trať Praha – Kralupy nad Vltavou.

3.1.1.2 Rozměry

Délka přemostění	556,00 m
Délka mostu	586,95 m
Délka nosné konstrukce	562,25 m
Rozpětí hlavního pole	559,00 m
Šířka mostu	42,25 m
Volná šířka mostu	2 x 15,5 m
Šířka mezi zvýšenými obrubami	2 x 15,5 m
Šířka mezi zábradlími	41,35 m
Stavební výška	4,56 m
Plocha mostu	22 990,60 m ²

3.1.2 Umístění mostu

Stavba se nachází na plánované části silničního okruhu kolem Prahy v katastrech městských částí Prahy 6 (Suchdol, Sedlec) a Prahy 8 (Čimice, Bohnice). Trasa na levém břehu spadá do stavby 518 Ruzyně – Suchdol, přemostění Vltavy a pokračující trasa na pravém břehu pak do stavby 519 Suchdol – Březiněves.

3.1.3 Spodní stavba

Opěry jsou založeny na vrtaných velkopřůměrových pilotách o průměru 1,2 m. Piloty se opírají o skalní podloží. Každá opěra je tvořena úložným prahem, závěrnou zídka, dříkem, základovým blokem, rovnoběžnými křídly a přechodovou deskou. Mostovka je svisle přikotvena k opěrám pomocí volných předpínacích kabelů.

Pylony celkové výšky 83,00 a 86,00 m jsou tvořeny dvěma dříky proměnného průřezu o rozměrech 3,5 x 5 m (horní část dříků) a 4,5 x 5 m (dolní část dříků), rámovou příčlím s rozměry 4 x 2,5 m a dvěma základovými bloky o rozměrech 18,5 x 15 x 5 m, které jsou propojeny předpínacími tyčemi. Výška pylonů nad mostovkou je 64,00 m a osová vzdálenost 520,00 m.

Kotevní bloky z monolitického železobetonu budou založeny plošně na skalním podloží a budou přikotveny pomocí skalních kotev.

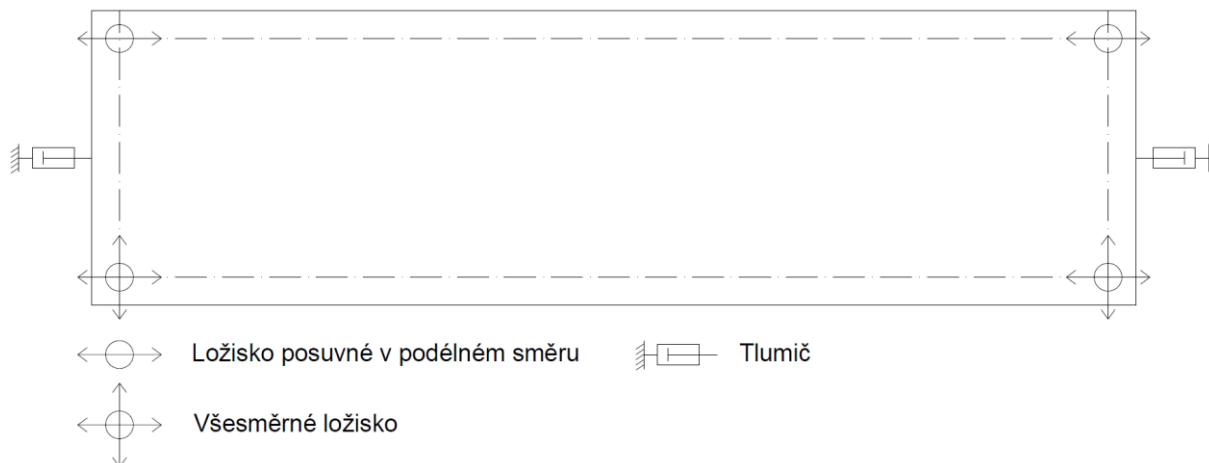
Parametry betonu jednotlivých konstrukčních částí spodní stavby:

Piloty	C25/30 – XA1 + XC2
Základové bloky	C30/37 – XF4 + XA1 + XC2
Dřík	C30/37 – XF4 + XD2 + XC4
Úložný práh	C30/37 – XF4 + XD2 + XC4
Závěrná zídka	C30/37 – XF4 + XD2 + XC4
Křídla	C30/37 – XF4 + XD2 + XC4
Přechodová deska	C25/30 – XF1 + XC3
Pylony	C70/82 – XF4 + XD2 + XC4
Kotevní bloky	C35/45 – XF4 + XD2 + XC4

3.1.4 Ložiska

Na mostě jsou použita hrncová ložiska. Na každé opěře je umístěno jedno ložisko všesměrně posuvné a jedno ložisko posuvné v podélném směru.

Dále jsou na mostě použity tlumiče pro přenos okamžitých podélných sil do opěr (brzdné a rozjezdové síly, zatížení větrem).



Obr. 1 Umístění ložisek a tlumičů na mostě

3.1.5 Mostní vybavení

3.1.5.1 Mostní závěr

Na každém konci mostu je navržen lamelový mostní závěr pro pohyb 500 mm.

3.1.5.2 Svodidla

Na mostě jsou navržena ocelová svodidla s úrovní zadržení H2.

3.1.5.3 Protihluková stěna

Na obou stranách mostu je navržena protihluková stěna výšky 3,0 m s transparentní výplní se siluetami dravých ptáků. Součástí protihlukové stěny je ocelové madlo.

3.1.5.4 Odvodnění

Z povrchu vozovky a chodníků je voda odváděna obrubníkovými mostními odvodňovači o rozměrech 300 x 500 mm umístěnými podél střední římsy v obou směrech (aby nebyly v blízkosti volných kabelů pro podélné předpětí hlavních komorových nosníků). Lapač splavenin je součástí odvodňovače. Voda je odvedena příčnými svody do podélného svodu a u dolní opěry do dálniční kanalizace.

Povrch izolace je odvodněn nerezovými odvodňovacími trubičkami.

Rub opěr je odvodněn pomocí drenážních perforovaných trubek DN 150 z HDPE.

3.1.6 Mostní svršek

3.1.6.1 Vozovka

Na mostě bude celoplošná izolace z asfaltových izolačních pásů a třívrstvá netuhá vozovka následující skladby:

Obrusná vrstva – asfaltový koberec mastixový	SMA 11 S	40 mm
Ložná vrstva – asfaltový beton pro ložné vrstvy	ACL 16 S	50 mm
Ochrana izolace – litý asfalt	MA 11 IV	40 mm
Izolační vrstva – natavované asfaltové izolační pásy	AIP	5 mm
Pečetící vrstva		
Celková tloušťka vozovky včetně izolace		135 mm

Příčný sklon vozovky je na celém mostu dostředný 2,5 %.

Podélný sklon vozovky je na celém mostu 1,3 %.

3.1.6.2 Římsy

Na obou stranách a uprostřed mostu jsou navrženy monolitické železobetonové římsy z betonu C30/37 – XF4 + XD3 +XC4 a výztuže z oceli B500B. Římsy jsou kotveny pomocí ocelových kotev říms umístěných ve vzdálenostech po 1 m. K římsám jsou pomocí kotev připevněna ocelová svodidla úrovně zadržení H2 a protihluková stěna výšky 3 m. Na vnějších římsách jsou veřejné chodníky šířky 2 x 2,5 m. Vnější římsy mají celkovou šířku 4,25 m a střední 2,75 m. Svislá plocha vnějších říms je 0,7 m. Příčný sklon povrchu říms je 2,5% pro vnější římsy s veřejným chodníkem a 4,0 % pro střední římsu.

3.1.7 Postup výstavby

Výstavba mostu začne výstavbou základových bloků pylonů a opěr. Ty budou založeny na vrtaných velkopřůměrových pilotách průměru 1,2m. Výstavba bude pokračovat zbylými částmi pylonů a úložných prahů opěr. Následně se přes údolí natáhnou hlavní visuté kabely, na které se poté osadí svislé závěsy s konkrétně definovanou délkou.

Montáž mostovky bude probíhat symetricky od středu rozpětí na obě strany (mezi segmenty budou kontaktní spáry vyplněné epoxidem, ostatní styčné spáry budou vyplněny UHPFRC). Po sestavení části délky mostovky se provede rektifikace dopnutím hlavních visutých kabelů. Dále se opět sestaví část mostovky a provede se rektifikace (tento postup se bude několikrát opakovat).

Po dokončení mostovky se bude pokládat izolace pod římsy, proběhne betonáž říms, budou dokončeny opěry, bude se instalovat mostní vybavení a nakonec bude položena vozovka.

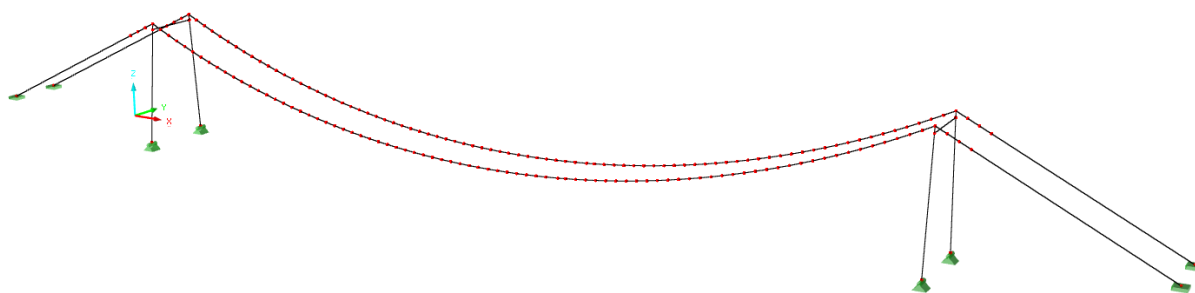
3.2 Statický výpočet

3.2.1 Úvod

Navržený silniční most se skládá ze dvou pylonů, hlavních visutých kabelů, svislých závěsů, dvou kotevnicích bloků na každé straně mostu, koncových opěr a mostovky z ultra-vysokohodnotného betonu. Mostovka je tvořena dvěma komorami, příčnicí, podélníky a deskou mostovky. Most přemostuje řeku Vltavu, dvě pozemní komunikace, železniční trať a chráněné přírodní památky. Předpínací výztuž tvoří kabely z lan $\varnothing 15,7$ mm s charakteristickou pevností $f_{pk} = 1860$ MPa. Betonářská výztuž je z oceli B500B.

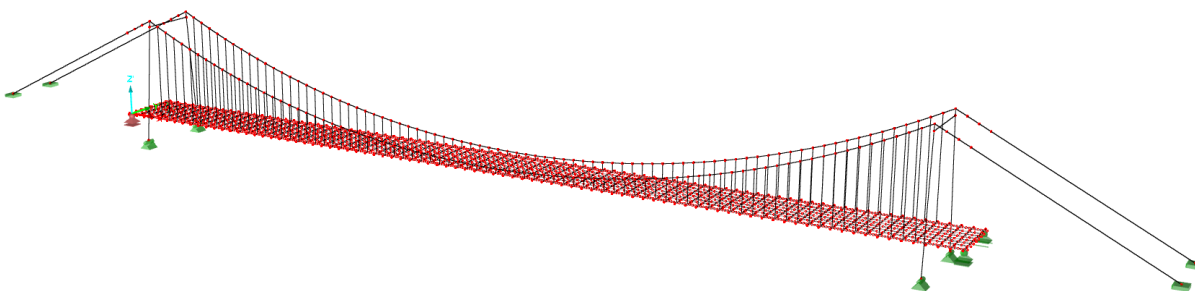
Pro výpočet byly v programu Dlubal RSTAB 8.08 připraveny dva výpočetní modely. Jedná se o 3D prutové modely, které jsou nejvhodnější pro základní analýzu konstrukce.

Model 1 (viz. Obr. X) představuje stav mostu před zmonolitněním mostovky a je tvořen pouze pylony a hlavními visutými kabely. V tomto je zadaná pouze vlastní tíha nosné konstrukce, pylonů a kabelů.



Obr. 2 Model 1

Model 2 (viz. Obr. Y) představuje kompletní most a je složen z pylonů, hlavních visutých kabelů, závěsů a mostovky. Na tomto modelu je zadané i veškeré ostatní zatížení.



Obr. 3 Model 2

3.2.2 Použité programy

- AutoCAD 2016
- Dlubal RSTAB 8.08
- Microsoft Office 2016 - Excel
- Word

3.2.3 Materiály

3.2.3.1 Beton

Nosná konstrukce je navržena z ultra-vysokohodnotného vláknobetonu (UHPFRC) s $f_{ck} = 161$ MPa, uvažuje se materiál s tahovým změkčením s parametry podle školních podkladů [14], AFGC [13], ČSN EN 1992-1-1 [8] a ČSN EN 1992-2 [9].

Vlastnosti této třídy betonu ve stáří 28 dní a více:

- Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku $f_{ck} = 161,00$ MPa
- Průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 161 + 8 = 169,00$ MPa
- Dílčí součinitel betonu pro mezní stavy únosnosti $\gamma_c = 1,5$ (platí pro trvalé a dočasné návrhové situace
- Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * 161,00 / 1,50 = 91,23$ MPa
 $\alpha_{cc} = 0,85$
- Charakteristická pevnost v tahu na mezi vzniku trhlin $f_{ctk,el} = 15,70$ MPa
- Charakteristická reziduální pevnost v tahu po vzniku trhlin $f_{ctfk} = 9,20$ MPa
- Charakteristická reziduální pevnost v tahu při šířce trhlin 1,5 mm $f_{ctf,1,5,k} = 6,70$ MPa
- Sečnový modul pružnosti betonu $E_{cm} = 50$ GPa
- Návrhové mezní přetvoření betonu v tlaku $\varepsilon_{cu} = 3$ ‰

Vlastnosti této třídy betonu pro stáří 7 dní (čas vnesení předpětí):

- součinitel $\beta_{cc}(t)$ – závisí na stáří betonu

$$\beta_{cc}(7) = \exp \left\{ s * \left[1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\} = \exp \left\{ 0,2 * \left[1 - \sqrt{\frac{28}{7}} \right] \right\} = 0,819$$

$S = 0,2$ pro rychle tvrdnoucí vysokopevnostní cementy CEM 42,5 R, CEM 52,5 N a CEM 52,5 R

- pevnost betonu v tlaku

$$f_{cm}(7) = \beta_{cc}(7) * f_{cm} = 0,819 * 169,00 = 138,41 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}(7) = f_{cm}(7) - 8,0 \text{ MPa} = 138,41 - 8 = 130,41 \text{ MPa}$$

- modul pružnosti

$$E_{cm}(7) = \left(\frac{f_{cm}(7)}{f_{cm}} \right)^{0,3} * E_{cm} = \left(\frac{138,41}{169} \right)^{0,3} * 50 = 47,09 \text{ GPa}$$

3.2.3.2 Předpínací výztuž

Bude použita předpínací výztuž tvořená kabely z lan $\varnothing 15,7$ mm o následujících vlastnostech [8]:

- Plocha jednoho lana $A_{p1} = 150$ mm²
- Charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu $f_{pk} = 1860$ MPa
- Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli
 $f_{p0,1k} = 0,88 * f_{pk} = 0,88 * 1860 = 1636,8$ MPa
- Dílčí součinitele předpínací výztuže $\gamma_s = 1,15$ (platí pro trvalé a dočasné návrhové situace)
- Maximální dovolené napětí ve výztuži
 $\sigma_{p,max} = \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{p0,1k}) = \min(0,8 * 1860; 0,9 * 1636,8) = 1473,12 \text{ MPa}$
- Návrhová hodnota napětí v předpínací výztuži
 $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1636,8 / 1,15 = 1423,304$ MPa
- Návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli $E_p = 195$ GPa
- Relaxační chování: třída 2: dráty nebo lana s nízkou relaxací

3.2.3.3 Betonářská výztuž

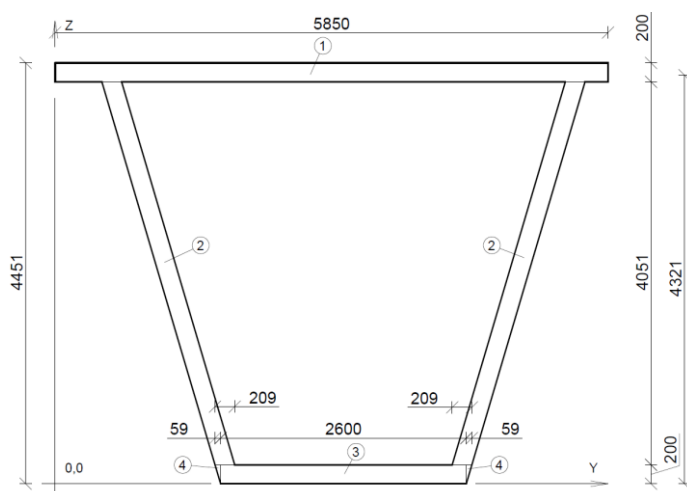
Bude použita betonářská výztuž B500B. Podle [8] jsou její vlastnosti:

- Charakteristická mez kluzu $f_{yk} = 500$ MPa
- Dílčí součinitel betonářské výztuže $\gamma_s = 1,15$ (platí pro trvalé a dočasné návrhové situace)
- Návrhová mez kluzu betonářské výztuže $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,783$ MPa
- Návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli $E_s = 200$ GPa

3.2.4 Výpočet průřezových charakteristik

Výpočet průřezových charakteristik bude proveden pro zjednodušené tvary segmentů mostu (komora, příčník, podélník).

Komora



Obr. 4 Zjednodušený tvar hlavního nosníku (komora)

Tab. 1 Průřezové charakteristiky hlavního nosníku (komora)

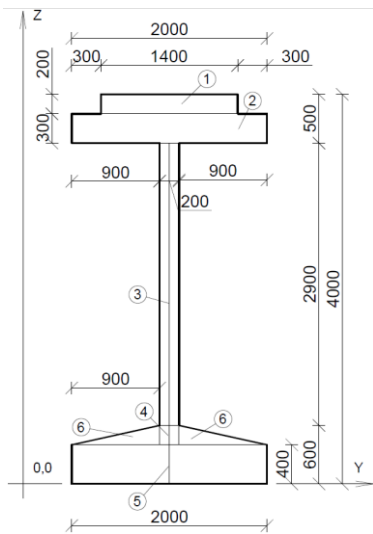
Č.	Tvar	b [m]	h [m]	z_{Ti} [m]	Počet n [ks]	$n \cdot A_i$ [m ²]	$n \cdot I_i$ [m ⁴]	$n \cdot A_i \cdot z_{Ti}$ [m ³]	z_T [m]	e_i [m]	$n \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	ΣI [m ⁴]
1	□	5,850	0,200	4,351	1	1,17000	0,00390	5,09067	2,625	1,726	3,48488	3,48878
2	□	0,209	4,051	2,226	2	1,69332	2,31570	3,76848	2,625	-0,400	0,27047	2,58617
3	□	2,600	0,200	0,100	1	0,52000	0,00173	0,05200	2,625	-2,525	3,31574	3,31747
4	Δ	0,059	0,200	0,133	2	0,01180	0,00003	0,00157	2,625	-2,492	0,07327	0,07329
						3,39512		8,91272				9,46571

Celková výška průřezu: $h_{kom} = 4,451$ m

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^h = \frac{I}{h_{kom} - z_t} = \frac{9,46571}{4,451 - 2,625} = 5,185 \text{ m}^3$$

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^d = \frac{I}{z_t} = \frac{9,46571}{2,625} = 3,603 \text{ m}^3$$

Příčnik



Obr. 5 Zjednodušený tvar příčniku

Tab. 2 Průřezové charakteristiky příčniku

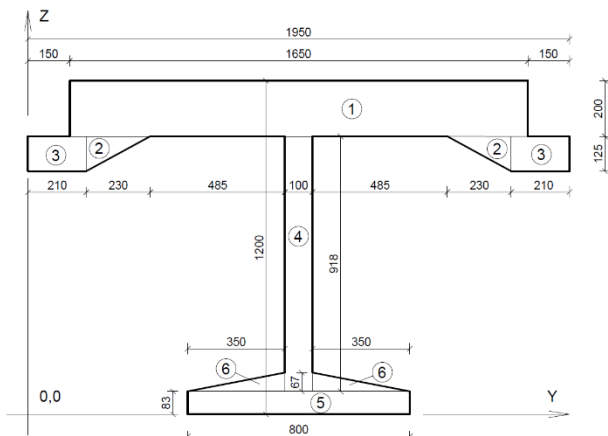
Č.	Tvar	b [m]	h [m]	z_{Ti} [m]	Počet n [ks]	$n \cdot A_i$ [m ²]	$n \cdot I_i$ [m ⁴]	$n \cdot A_i \cdot z_{Ti}$ [m ³]	z_T [m]	e_i [m]	$n \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	ΣI [m ⁴]
1	□	1,400	0,200	3,900	1	0,28000	0,00093	1,09200	1,914	1,986	1,10425	1,10518
2	□	2,000	0,300	3,650	1	0,60000	0,00450	2,19000	1,914	1,736	1,80798	1,81248
3	□	0,200	2,900	2,050	1	0,58000	0,40648	1,18900	1,914	0,136	0,01071	0,41719
4	□	0,200	0,200	0,500	1	0,04000	0,00013	0,02000	1,914	-1,414	0,07999	0,08012
5	□	2,000	0,400	0,200	1	0,80000	0,01067	0,16000	1,914	-1,714	2,35055	2,36121
6	Δ	0,900	0,200	0,533	2	0,18000	0,00040	0,09600	1,914	-1,381	0,34318	0,34358
						2,48000		4,74700				6,11977

Celková výška průřezu: $h_{příč} = 4,000$ m

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^h = \frac{I}{h_{kom} - z_t} = \frac{6,11977}{4,000 - 1,914} = 2,934 \text{ m}^3$$

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^d = \frac{I}{z_t} = \frac{6,11977}{1,914} = 3,197 \text{ m}^3$$

Podélník



Obr. 6 Zjednodušený tvar podélníku

Tab. 3 Průřezové charakteristiky podélníku

Č.	Tvar	b [m]	h [m]	z _{Ti} [m]	Počet n [ks]	n*A _i [m ²]	n [*] i _i [m ⁴]	n [*] A _i *z _{Ti} [m ³]	z _T [m]	e _i [m]	n [*] A _i *e _i ² [m ⁴]	ΣI [m ⁴]
1	□	1,650	0,200	1,100	1	0,33000	0,00110	0,36300	0,834	0,266	0,02327	0,02437
2	Δ	0,230	0,125	0,958	2	0,02875	0,00002	0,02755	0,834	0,124	0,00044	0,00047
3	□	0,210	0,125	0,938	2	0,05250	0,00007	0,04922	0,834	0,103	0,00056	0,00063
4	□	0,100	0,918	0,542	1	0,09180	0,00645	0,04976	0,834	-0,292	0,00785	0,01430
5	□	0,800	0,083	0,042	1	0,06640	0,00004	0,00276	0,834	-0,793	0,04175	0,04179
6	Δ	0,350	0,067	0,105	2	0,02345	0,00001	0,00247	0,834	-0,729	0,01247	0,01247
						0,59290		0,49475				0,09402

Celková výška průřezu: h_{pod} = 1,200 m

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^h = \frac{I}{h_{\text{kom}} - z_t} = \frac{0,09402}{1,200 - 0,834} = 0,256 \text{ m}^3$$

$$\text{Průřezový modul – horní vlákna: } W^d = \frac{I}{z_t} = \frac{0,09402}{0,834} = 0,112 \text{ m}^3$$

3.2.5 Zatížení

3.2.5.1 Zatížení stálé

3.2.5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha nosné konstrukce není počítána automaticky programem, ale je zadaná jako jeden zatěžovací stav. Tíha nosné konstrukce byla vypočítána jako součet jednotlivých tíh segmentů (viz. Tab. 4), které jsou na mostě použity: deska malá, deska velká, podélník, příčník, komora se závěsem a komora bez závěsu. Objemovou tíhu betonu jsem uvažoval 27,0 kN/m³.

Tab. 4 Tíhy jednotlivých segmentů

č	Díl	Část	S [mm ²]	l [mm]	V [m ³]	ks	ρ [kN/m ³]	F [kN]
1	Deska malá	-	308750	5000	1,544	1	27,0	41,68
2	Deska velká	-	570000	5000	2,85	1	27,0	76,95
3	Podélník	-	626951	4460	2,796	1	27,0	75,50
4	Příčník	hl. průřez	2560296	28100	71,94	1	27,0	1942,50
		nálitky	162863	1070	0,174	12	27,0	56,46
		celkem	-	-	-	-	-	1998,96
5	Komora se závěsem	komora - příčník	3903554	2000	7,807	1	27,0	210,79
		komora - bez příčníku	3605707	1250	4,507	1	27,0	121,69
		příčník vně	1791755	2112	3,784	1	27,0	102,17
		příčník uvnitř	12620284	300	3,786	1	27,0	102,22
		celkem	-	-	-	-	-	536,88
6	Komora bez závěsu	-	3605707	3250	11,72	1	27,0	316,40

Vlastní tíha celého mostu:

$$F_G = 86 * (2 * 41,68 + 5 * 76,95 + 6 * 75,50 + 1998,96 + 2 * 536,88 + 2 * 316,40) = 397 889,35 \text{ kN}$$

Zatížení závěsů v modelu 1

Zatížení bylo vypočítáno jako součet tíh segmentů, které přenáší jeden závěs (viz. Tab. 5).

Tab. 5 Zatížení závěsů v modelu 1 od vlastní tíhy nosné konstrukce

díl	1	2	3	4	5	6
ks	1	2,5	3	0,5	1	1
tíha	41,68	192,38	226,50	999,48	536,88	316,40

Síla v závěsu:

$$G_0 = 41,68 + 192,38 + 226,50 + 999,48 + 536,88 + 316,40 = 2313,31 \text{ kN}$$

Zatížení prutů v modelu 2

Tab. 6 Zatížení prutů v modelu 2 od vlastní tíhy konstrukce

	F [kN]	l [mm]	f [kN/m]
podélník střední	152,45	6500	23,45
podélník krajní	155,65	6500	23,95
příčník	1998,96	28100	71,14
příčník v komoře	102,22	6775	15,09
komora závěs	434,66	3250	133,74
komora bez	316,40	3250	97,35

3.2.5.1.2 Ostatní stálé zatížení

Zahrnuje tíhu ostatních částí mostu (římasy, vrstvy vozovky, svodidla a protihlukové stěny). U vozovkových vrstev se musí uvažovat odchylky od navrhovaných tloušťek + 40% a - 20% [2]. Ve výpočtu se poté uvažuje střední hodnota, horní charakteristická hodnota a dolní charakteristická hodnota.

Tab. 7 Ostatní stálé zatížení

	Tloušťka [m]	Šířka [m]	S [mm ²]	ks	g [kN/m ³]	f [kN/m]
Železobetonové římasy - krajní	-	-	1330580	2	27	71,85
Železobetonová římsa - střední	-	-	899047	1	27	24,27
Vodotěsná izolace	0,005	41,65	208250	1	23	4,79
Ochrana izolace	0,04	31	1240000	1	25	31,00
Ložná vrstva	0,05	31	1550000	1	25	38,75
Obrusná vrstva	0,04	31	1240000	1	25	31,00
Svodidlo - 1kN/m (odhad)	-	-	-	4	-	4,00
Protihluková stěna	-	-	300375	2	11,9	7,15

1) Střední hodnota:

$$(g-g_0)_m = 71,85 + 24,27 + 4,79 + 31,00 + 38,75 + 31,00 + 4,00 + 7,15 = 212,81 \text{ kN/m}$$

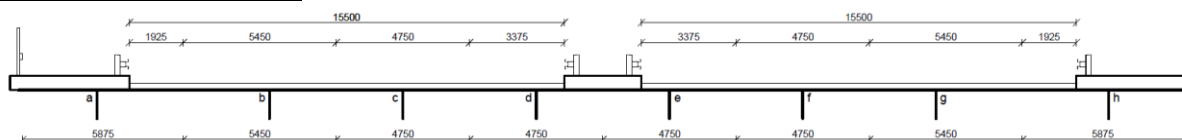
2) Horní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,sup} = 71,85 + 24,27 + 1,4 * (4,79 + 31,00 + 38,75 + 31,00) + 4,00 + 7,15 = 255,03 \text{ kN/m}$$

3) Dolní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,inf} = 71,85 + 24,27 + 0,8 * (4,79 + 31,00 + 38,75 + 31,00) + 4,00 + 7,15 = 191,71 \text{ kN/m}$$

Zatížení prutů v modelu 2



Obr. 7 Zatěžovací šířky prutů v modelu 2 pro ostatní stálé zatížení

Tab. 8 Zatížení prutů v modelu 2 od ostatního stálého zatížení

	šířka voz. [m]	f_{voz} [kN/m]	šířka iz. [m]	f_{iz} [kN/m]	f_{rimsa} [kN/m]	f_{sv} [kN/m]	$f_{stěna}$ [kN/m]
pruty a, h	1,925	6,26	5,875	0,68	35,93	1	3,57
pruty b, g	5,45	17,71	5,45	0,63	-	-	-
pruty c, f	4,75	15,44	4,75	0,55	-	-	-
pruty d,e	3,375	10,97	4,75	0,55	12,14	1	-

1) Střední hodnota:

$$\begin{aligned} \text{Pruty a, h } (g-g_0)_m &= 6,26 + 0,68 + 35,93 + 3,57 + 1 = 47,43 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty b, g } (g-g_0)_m &= 17,71 + 0,63 = 18,34 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty c, f } (g-g_0)_m &= 15,44 + 0,55 = 15,98 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty d, e } (g-g_0)_m &= 10,97 + 0,55 + 12,14 + 1,00 = 24,65 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) Horní charakteristická hodnota:

$$\begin{aligned} \text{Pruty a, h } (g-g_0)_{k, sup} &= 1,4 * (6,26 + 0,68) + 35,93 + 1 + 3,57 = 50,20 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty b, g } (g-g_0)_{k, sup} &= 1,4 * (17,71 + 0,63) = 25,67 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty c, f } (g-g_0)_{k, sup} &= 1,4 * (15,44 + 0,55) = 22,38 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty d, e } (g-g_0)_{k, sup} &= 1,4 * (10,97 + 0,55) + 12,14 + 1 = 29,26 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3) Dolní charakteristická hodnota:

$$\begin{aligned} \text{Pruty a, h } (g-g_0)_{k, inf} &= 0,8 * (6,26 + 0,68) + 35,93 + 1 + 3,57 = 46,05 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty b, g } (g-g_0)_{k, inf} &= 0,8 * (17,71 + 0,63) = 14,67 \text{ kN/m} \\ \text{Pruty c, f } (g-g_0)_{k, inf} &= 0,8 * (15,44 + 0,55) = 12,79 \text{ kN/m} \\ \text{Prut d, e } (g-g_0)_{k, inf} &= 0,8 * (10,97 + 0,55) + 12,14 + 1 = 22,35 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3.2.5.1.3 Nerovnoměrné poklesy podpor

Mostní objekt je založen na vrtaných velkopřůměrových pilotách opřených o skalní podloží. Uvažují nerovnoměrné poklesy jednotlivých opěr, pylonů a ukotvení hlavních visutých kabelů hodnotou 10 mm, u kotvení hlavních visutých kabelů uvažují i nerovnoměrné nadzvednutí hodnotou 10 mm. Celkem je zadáno 8 zatěžovacích stavů, každý představuje pokles (nadzvednutí) jednoho pylonu, opěry či ukotvení hlavních visutých kabelů o 10 mm.

3.2.5.2 Zatížení proměnné

3.2.5.2.1 Zatížení dopravou

Jako zatížení dopravou jsou uvažovány modely dle ČSN EN 1991-2 [7].

3.2.5.2.1.1 Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy

V jednom směru je na mostě vozovka šířky $w = 15,5 \text{ m}$ => vozovku rozdělím na pět zatěžovacích pruhů šířky po 3,0 m a zbývající plochu šířky 0,5 m.

3.2.5.2.1.2 Model zatížení 1 (LM1)

Model zatížení 1 je složen ze zatížení od dvounápravy (TS) a rovnoměrného spojitého zatížení (UDL) na zatěžovací pruh. V posouzení uvažuji dvě varianty rozložení zatěžovacích pruhů v příčném směru. Pro maximální namáhání levé komory a levé roviny závěsů (viz. Obr. 8) a pro maximální namáhání příčníků (viz. Obr. 9)

Tab. 9 Charakteristické hodnoty zatížení pruhů dopravou a regulačních součinitelů α

Umístění	Dvounáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)	Regulační součinitele	
	nápravové síly Q_{ik} [kN]	q_{ik} (nebo q_{rk}) [kN/m ²]	α_{Qi}	$\alpha_{qi(rk)}$
Pruhy č. 1,6	300,0	9,0	1,0	1,0
Pruhy č. 2,7	200,0	2,5	1,0	2,4
Pruhy č. 3,8	100,0	2,5	1,0	1,2
Pruhy č. 4,5,9,10	0,0	2,5	-	1,2
Zbývající plocha (q_{rk})	0,0	2,5	-	1,2

Velikosti sil Q_i a q_i

$$Q_{1,6} = (300,0 / 2) * 2 * 1,0 = 300,0 \text{ kN}$$

$$Q_{2,7} = (200,0 / 2) * 2 * 1,0 = 200,0 \text{ kN}$$

$$Q_{3,8} = (100,0 / 2) * 2 * 1,0 = 100,0 \text{ kN}$$

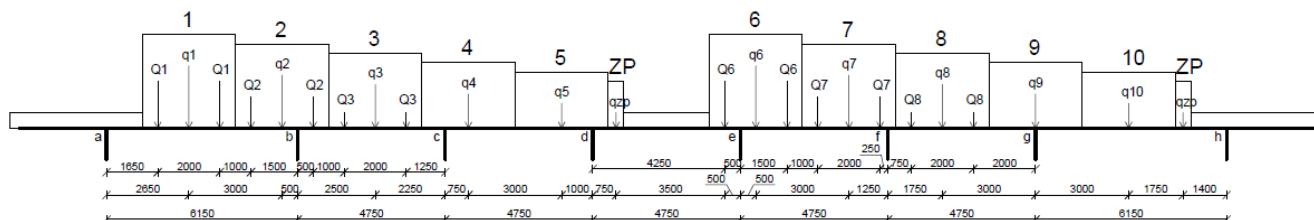
$$q_{1,6} = 9,0 * 1,0 * 3 = 27,0 \text{ kN/m}$$

$$q_{2,7} = 2,5 * 2,4 * 3 = 18,0 \text{ kN/m}$$

$$q_{3,4,5,8,9,10} = 2,5 * 1,2 * 3 = 9 \text{ kN/m}$$

$$q_{zp} = 2,5 * 1,2 * 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}$$

a) Největší namáhání levé komory



Obr. 8 Rozložení zatěžovacích pruhů pro největší namáhání komory

Přepočet zatížení na pruty modelu 2

Prut a

$$Q_a = Q_1 * (4,50 / 6,15) + Q_1 * (2,50 / 6,15) + Q_2 * (1,50 / 6,15) = \\ = 300,0 * 0,732 + 300,0 * 0,407 + 200,0 * 0,244 = 390,2 \text{ kN}$$

$$q_a = q_1 * (3,50 / 6,15) + q_2 * (0,50 / 6,15) = \\ = 27,0 * 0,569 + 18,0 * 0,081 = 16,83 \text{ kN/m}$$

Prut b

$$Q_b = Q_1 * (1,65 / 6,15) + Q_1 * (3,65 / 6,15) + Q_2 * (4,65 / 6,15) + \\ + Q_2 * (4,25 / 4,75) + Q_3 * (3,25 / 4,75) + Q_3 * (1,25 / 4,75) = \\ = 300,0 * 0,268 + 300,0 * 0,593 + 200,0 * 0,756 + 200,0 * 0,895 + \\ + 100,0 * 0,684 + 100,0 * 0,263 = 683,4 \text{ kN}$$

$$q_b = q_1 * (2,65 / 6,15) + q_2 * (5,65 / 6,15) + q_3 * (2,25 / 4,75) = \\ = 27,0 * 0,431 + 18,0 * 0,919 + 9,0 * 0,474 = 32,43 \text{ kN/m}$$

Prut c

$$Q_c = Q_2 * (0,50 / 4,75) + Q_3 * (1,50 / 4,75) + Q_3 * (3,50 / 4,75) = \\ = 200,0 * 0,105 + 100,0 * 0,316 + 100,0 * 0,737 = 126,3 \text{ kN}$$

$$q_c = q_3 * (2,50 / 4,75) + q_4 * (4,00 / 4,75) + q_5 * (1,00 / 4,75) = \\ = 9,0 * 0,526 + 9,0 * 0,842 + 9,0 * 0,211 = 14,21 \text{ kN/m}$$

Prut d

$$Q_d = Q_6 * (0,50 / 4,75) = 300,0 * 0,105 = 31,58 \text{ kN}$$

$$q_d = q_4 * (0,75 / 4,75) + q_5 * (3,75 / 4,75) + q_{zp} * (4,00 / 4,75) = \\ = 9,0 * 0,158 + 9,0 * 0,789 + 1,5 * 0,842 = 9,789 \text{ kN/m}$$

Prut e

$$Q_e = Q_6 * (4,25 / 4,75) + Q_6 * (3,25 / 4,75) + Q_7 * (2,25 / 4,75) + \\ + Q_7 * (0,25 / 4,75) = 300,0 * 0,895 + 300,0 * 0,684 + \\ + 200,0 * 0,474 + 200,0 * 0,053 = 578,9 \text{ kN}$$

$$q_e = q_{zp} * (0,75 / 4,75) + q_6 * (4,25 / 4,75) + q_7 * (1,25 / 4,75) = \\ = 1,5 * 0,158 + 27,0 * 0,895 + 18,0 * 0,263 = 29,13 \text{ kN/m}$$

Prut f

$$Q_f = Q_6 * (1,50 / 4,75) + Q_7 * (2,50 / 4,75) + Q_7 * (4,50 / 4,75) + \\ + Q_8 * (4,00 / 4,75) + Q_8 * (2,00 / 4,75) = \\ = 300,0 * 0,316 + 200,0 * 0,526 + 200,0 * 0,947 + 100,0 * 0,842 + \\ + 100,0 * 0,421 = 515,8 \text{ kN}$$

$$q_f = q_6 * (0,50 / 4,75) + q_7 * (3,50 / 4,75) + q_8 * (3,00 / 4,75) = \\ = 27,0 * 0,105 + 18,0 * 0,737 + 9,0 * 0,632 = 21,79 \text{ kN/m}$$

Prut g

$$Q_g = Q_8 * (0,75 / 4,75) + Q_8 * (2,75 / 4,75) = \\ = 100,0 * 0,158 + 100,0 * 0,579 = 73,68 \text{ kN}$$

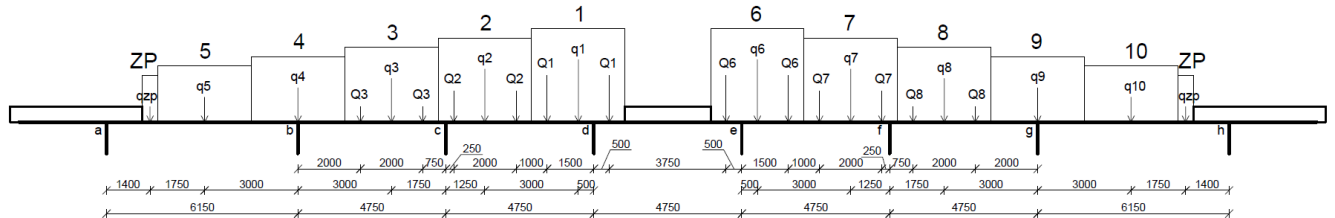
$$q_g = q_8 * (1,75 / 4,75) + q_9 * 1 + q_{10} * (3,15 / 6,15) + \\ + q_{zp} * (1,40 / 6,15) = 9,0 * 0,368 + 9,0 * 1 + 9,0 * 0,512 + \\ + 1,5 * 0,228 = 17,27 \text{ kN/m}$$

Prut h

$$q_h = q_{10} * (3,00 / 6,15) + q_{zp} * (4,75 / 6,15) =$$

$$= 9,0 * 0,488 + 1,5 * 0,772 = 5,549 \text{ kN/m}$$

b) Největší namáhání příčnicku a levé roviny závěsů



Obr. 9 Rozložení zatěžovacích pruhů pro největší namáhání příčnicků

Přepočet zatížení na pruty modelu 2

Pruty a,h

$$q_{a,h} = q_{zp} * (4,75 / 6,15) + q_5 * (3,00 / 6,15) =$$

$$= 1,5 * 0,772 + 9,0 * 0,488 = 5,549 \text{ kN/m}$$

Pruty b,g

$$Q_{b,g} = Q_3 * (2,75 / 4,75) + Q_3 * (0,75 / 4,75) =$$

$$= 100,0 * 0,579 + 100,0 * 0,158 = 73,68 \text{ kN}$$

$$q_{b,g} = q_{zp} * (1,40 / 6,15) + q_5 * (3,15 / 6,15) + q_4 * 1 +$$

$$+ q_3 * (1,75 / 4,75) = 1,5 * 0,228 + 9,0 * 0,512 +$$

$$+ 9,0 * 1 + 9,0 * 0,368 = 17,27 \text{ kN/m}$$

Prut c,f

$$Q_{c,f} = Q_3 * (2,00 / 4,75) + Q_3 * (4,00 / 4,75) + Q_2 * (4,50 / 4,75) +$$

$$+ Q_2 * (2,50 / 4,75) + Q_1 * (1,50 / 4,75) =$$

$$= 100,0 * 0,421 + 100,0 * 0,842 + 200,0 * 0,947 +$$

$$+ 200,0 * 0,526 + 300,0 * 0,316 = 515,8 \text{ kN}$$

$$q_{c,f} = q_3 * (3,00 / 4,75) + q_2 * (3,50 / 4,75) + q_1 * (0,50 / 4,75) =$$

$$= 9,0 * 0,632 + 18,0 * 0,737 + 27,0 * 0,105 = 21,79 \text{ kN/m}$$

Prut d,e

$$Q_{d,e} =$$

$$= Q_2 * (0,25 / 4,75) + Q_2 * (2,25 / 4,75) + Q_1 * (3,25 / 4,75) +$$

$$+ Q_1 * (4,25 / 4,75) + Q_6 * (0,50 / 4,75) =$$

$$= 200,0 * 0,053 + 200,0 * 0,474 + 300,0 * 0,684 +$$

$$+ 300,0 * 0,895 + 300,0 * 0,105 = 610,5 \text{ kN}$$

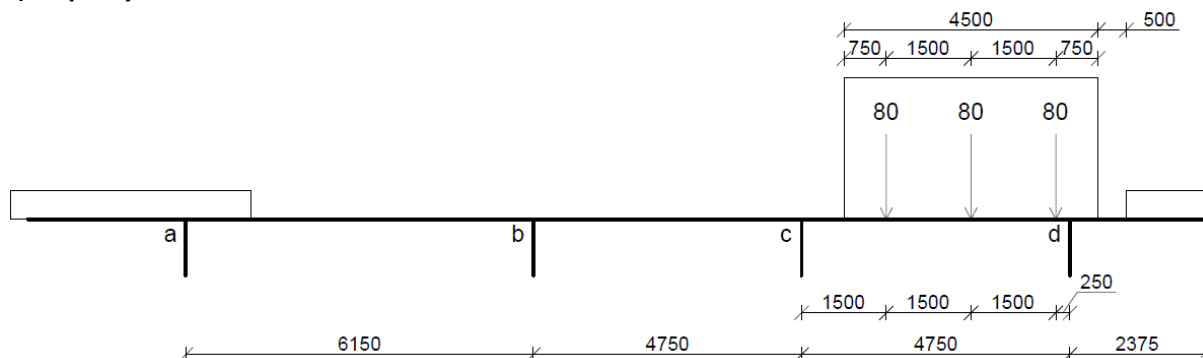
$$q_{d,e} = q_2 * (1,25 / 4,75) + q_1 * (4,25 / 4,75) =$$

$$= 18,0 * 0,263 + 27,0 * 0,895 = 28,89 \text{ kN/m}$$

3.2.5.2.1.3 Model zatížení 3 (LM3) – 3000/240

Zvláštní vozidlo s označením 3000/240 představuje třináctinápravové vozidlo o osové vzdálenosti náprav 1,5 m, šířce 4,5 m a celkové tíze 3000 kN. Zadní náprava má tíhu 120 kN (viz. Obr. 11), ostatní nápravy 240 kN (viz. Obr. 10). Vozidlo se pohybuje v ideální stopě s možnou odchylkou $\pm 0,5$ m, po celé délce mostu musí být vyloučena ostatní doprava a může se pohybovat maximální rychlostí 5 km/hod.

a) Nápravy 240 kN



Obr. 10 Umístění vozidla na mostovce, náprava 240 kN

Přepočet zatížení na pruty modelu 2

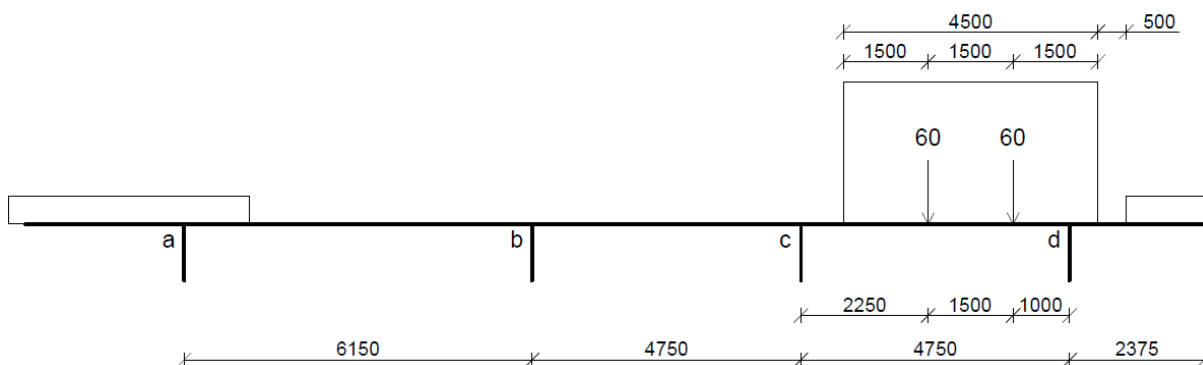
Prut c

$$Q_c = 80 * (3,25 / 4,75) + 80 * (1,75 / 4,75) + 80 * (0,25 / 4,75) = \\ = 80,0 * 0,684 + 80,0 * 0,368 + 80,0 * 0,053 = 88,42 \text{ kN}$$

Prut d

$$Q_d = 80 * (1,50 / 4,75) + 80 * (3,00 / 4,75) + 80 * (4,50 / 4,75) = \\ = 80,0 * 0,316 + 80,0 * 0,632 + 80,0 * 0,947 = 151,58 \text{ kN}$$

b) Náprava 120 kN



Obr. 11 Umístění vozidla na mostovce, náprava 120 kN

Přepočet zatížení na pruty modelu 2

Pruty c

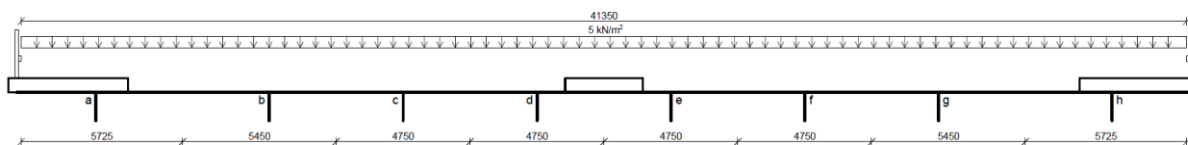
$$Q_c = 60 * (2,50 / 4,75) + 60 * (1,00 / 4,75) = \\ = 60,0 * 0,526 + 60,0 * 0,211 = 44,21 \text{ kN}$$

Pruty d

$$Q_d = 60 * (2,25 / 4,75) + 60 * (3,75 / 4,75) = \\ = 60,0 * 0,474 + 60,0 * 0,789 = 75,79 \text{ kN}$$

3.2.5.2.1.4 Model zatížení 4 (LM4)

Rovnoměrné zatížení davem lidí 5 kN/m²



Obr. 12 Schéma zatížení modelem LM4

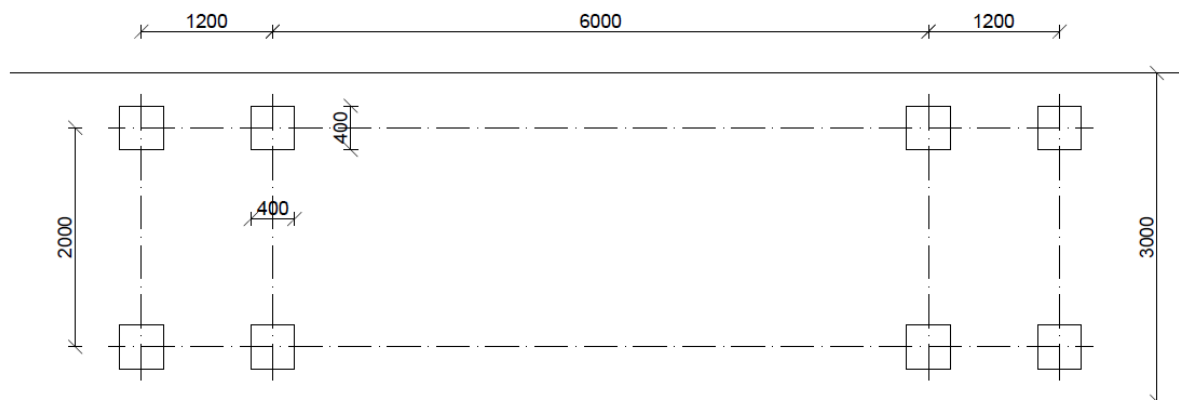
Liniové rovnoměrné zatížení $q_{LM4} = 5 \cdot 41,35 = 206,75 \text{ kN/m}$

Tab. 10 Zatížení prutů v modelu 2 od modelu zatížení 4

	šířka [m]	f [kN/m]
Pruty c, d, e, f	4,75	23,75
Pruty b, g	5,45	27,25
Pruty a, h	5,725	28,625

3.2.5.2.1.5 Model zatížení na únavu 3

Jedná se o dvě stejná čtyřnápravová vozidla, každá z náprav má dvě stejná kola (viz. Obr. 13). Síla na každou nápravu pro první vozidlo je rovno 120 kN, pro druhé 36 kN. Osová vzdálenost vozidel je 40 m. V posouzení uvažují 3 možnosti umístění vozidel. Pro největší namáhání komory – pohyblivé zatížení zadané na celé délce mostu (viz. Obr. 14); největší namáhání příčnicku – síly ze dvou náprav zadané na příčnicku uprostřed rozpětí mostu (viz. Obr. 15); největší zatížení podélníku – síly ze dvou náprav zadány na jeden podélník (viz. Obr. 16).

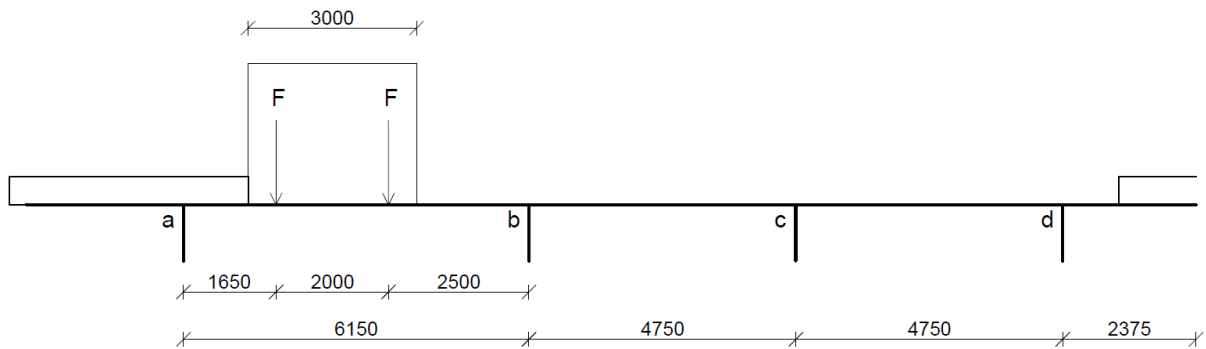


Obr. 13 Schéma modelu zatížení na únavu 3

a) Komora

První vozidlo: $F = 120 / 2 = 60 \text{ kN}$

Druhé vozidlo: $F = 36 / 2 = 18 \text{ kN}$



Obr. 14 Umístění vozidla pro největší zatížení komory

Přepočet zatížení na pruty modelu 2

První vozidlo:

Prut a

$$Q_a = F * \left(\frac{4,50}{6,15} \right) + F * \left(\frac{2,50}{6,15} \right) \\ 60,0 * 0,732 + 60,0 * 0,407 = 68,29 \text{ kN}$$

Prut b

$$Q_b = F * \left(\frac{1,65}{6,15} \right) + F * \left(\frac{3,65}{6,15} \right) = \\ = 60,0 * 0,268 + 60,0 * 0,593 = 51,71 \text{ kN}$$

Druhé vozidlo:

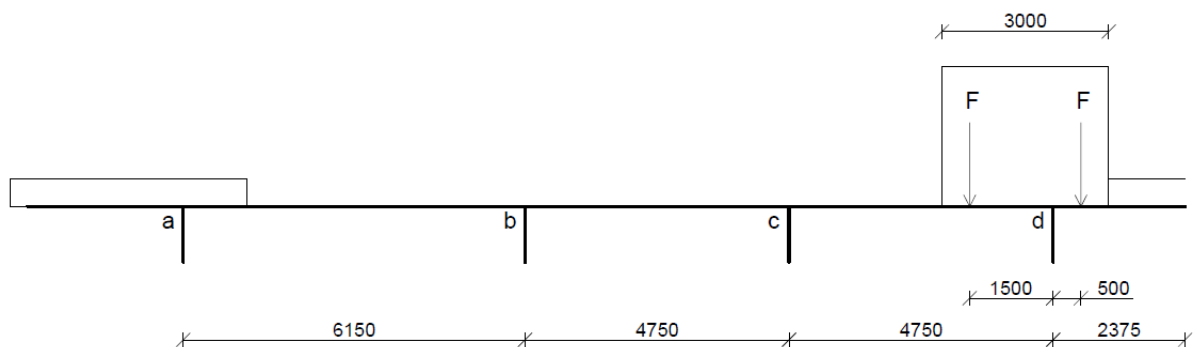
Prut a

$$Q_a = F * \left(\frac{4,50}{6,15} \right) + F * \left(\frac{2,50}{6,15} \right) \\ 18,0 * 0,732 + 18,0 * 0,407 = 20,49 \text{ kN}$$

Prut b

$$Q_b = F * \left(\frac{1,65}{6,15} \right) + F * \left(\frac{3,65}{6,15} \right) = \\ = 18,0 * 0,268 + 18,0 * 0,593 = 15,51 \text{ kN}$$

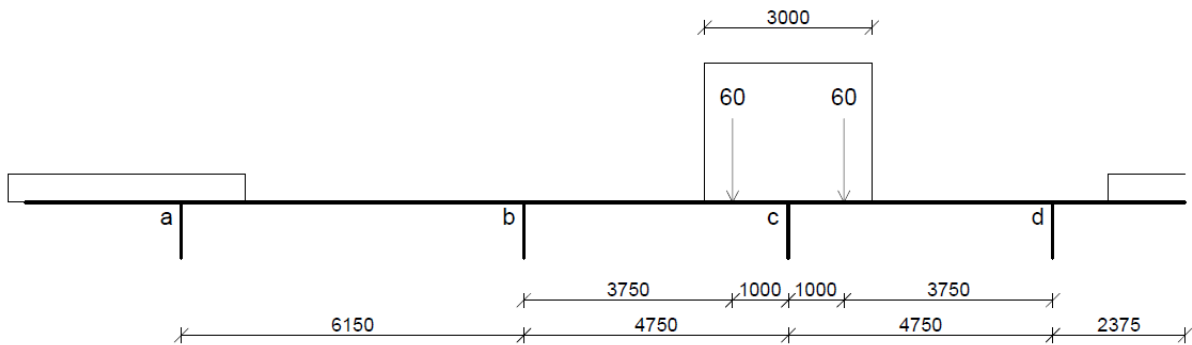
b) Příklad



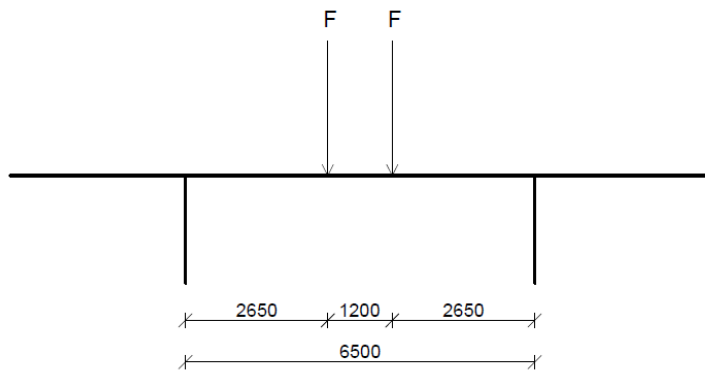
Obr. 15 Umístění vozidla pro největší zatížení příčniku

$$F = 2 * 60 = 120 \text{ kN}$$

c) Podélník



Obr. 16 Umístění vozidla v příčném směru pro největší zatížení podélníku



Obr. 17 Umístění vozidla v podélném směru pro největší zatížení podélníku

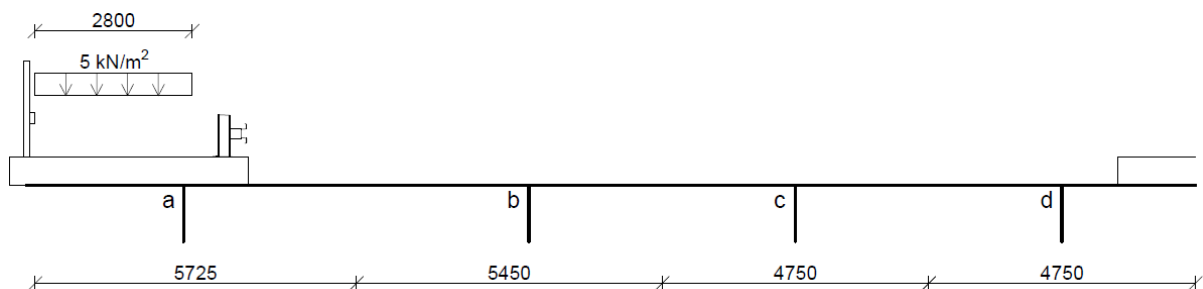
Přepočet zatížení na pruty modelu 2

Prut c

$$F = 60 \cdot \left(\frac{3,75}{4,75} \right) + 60 \cdot \left(\frac{3,75}{4,75} \right) \\ 60,0 \cdot 0,789 + 60,0 \cdot 0,789 = 94,74 \text{ kN}$$

3.2.5.2.1.6 Zatížení chodníků

Spojité rovnoměrné zatížení na chodnících $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$



Obr. 18 Schéma zatížení chodníků

Tab. 11 Zatížení prutů v modelu 2 od zatížení chodníků

	šířka [m]	f [kN/m]
Prut a	2,8	14

3.2.5.2.2 Zatížení od teploty

3.2.5.2.2.1 Rovnoměrné

Z mapy izoterm z ČSN EN 1991-1-5 [4] platí pro Prahu hodnoty teploty vzduchu ve stínu:

$$T_{\max} = 40 \text{ °C}$$

$$T_{\min} = -32 \text{ °C}$$

Základní teplota při výstavbě konstrukce je 10 °C.

Rovnoměrné složky teploty pro betonovou nosnou konstrukci jsou:

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

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

Rozsahy rovnoměrné složky teploty:

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

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_{e,\min} - T_0 = -24 - 10 = -34 \text{ °C}$$

3.2.5.2.2.2 Lineární změna

Uvažuji postup 1 dle [4]

a) Komora – betonová nosná konstrukce – betonový komorový nosník

$$\text{Horní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Heat}} = 10 \text{ °C}$$

$$\text{Dolní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Cool}} = 5 \text{ °C}$$

b) Příčnick – betonová nosná konstrukce – betonový nosník

$$\text{Horní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Heat}} = 15 \text{ °C}$$

$$\text{Dolní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Cool}} = 8 \text{ °C}$$

c) Podélník - betonová nosná konstrukce – betonový nosník

1.

$$\text{Horní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Heat}} = 15 \text{ °C}$$

$$\text{Dolní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Cool}} = 8 \text{ °C}$$

2. Teplota podle komory

$$\text{Horní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Heat}} = 10 \text{ °C}$$

Teplota při dolním povrchu podélníku:

$$T_{M1,\text{Heat}} = (h_{\text{kom}} - h_{\text{pod}}) * \left(\frac{\Delta T_{M,\text{Heat}}}{h_{\text{kom}}} \right) = (4,448 - 1,2) * \left(\frac{10}{4,448} \right) = 7,30 \text{ °C}$$

$$\text{Dolní povrch teplejší: } \Delta T_{M,\text{Cool}} = 5 \text{ °C}$$

Teplota při dolním povrchu podélníku:

$$T_{M1,\text{Cool}} = h_{\text{pod}} * \left(\frac{\Delta T_{M,\text{Cool}}}{h_{\text{kom}}} \right) = 1,2 * \left(\frac{5}{4,448} \right) = 1,35 \text{ °C}$$

Tab. 12 Součinitel k_{sur}

	Horní povrch teplejší	Dolní povrch teplejší
Stavební stavy	1,50	1,10
Dokončený most	0,56	1,00

3.2.5.2.2.3 Rozdíly teplot mezi různými nosnými prvky konstrukce

Mezi pylony a ostatními prvky: $\pm 15 \text{ °C}$

Mezi mostovkou a ostatními prvky: $\pm 15 \text{ °C}$

Mezi závěsy, hlavními visutými lany světlé barvy a ostatními prvky: $\pm 10 \text{ °C}$

3.2.5.2.3 Staveništní zatížení

Spojité rovnoměrné zatížení $q_{ca,k} = 1 \text{ kN/m}^2$ nosné konstrukce, které zahrnuje účinky tíhy osob a ručního nářadí. Šířka nosné konstrukce je 41,65 m.

Liniové rovnoměrné zatížení $q_{LM4} = 5 * 41,35 = 206,75 \text{ kN/m}$

Tab. 13 Zatížení prutů v modelu 2 od staveništního zatížení

	šířka [m]	f [kN/m]
Podélník střed	4,75	4,75
Podélník kraj	4,925	4,925
Komora	6,4	6,4

3.2.5.2.4 Zatížení větrem

Podle ČSN EN 199-1-4 [3] vychází zatížení větrem z těchto parametrů:

Kategorie terénu:	II
Větrová oblast:	I
Výchozí základní rychlost větru:	$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$

Základní rychlost větru:

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 22,5 = 22,5 \text{ m/s},$$
$$C_{dir} = 1,$$
$$C_{season} = 1,$$

Střední rychlost větru:

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 * (0,05 / 0,05)^{0,07} = 0,19,$$
$$z_0 = 0,05 \text{ m (kategorie terénu II)},$$
$$z_{0,II} = 0,005 \text{ m},$$
$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,19 * \ln(80 / 0,05) = 1,402,$$
$$z = 80 \text{ m},$$
$$z_0 = 0,05 \text{ m},$$
$$V_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 1,402 * 1 * 22,5 = 31,54 \text{ m/s},$$

Turbulence větru:

$$\sigma_v = k_r * v_b * k_I = 0,19 * 22,5 * 1 = 4,275 \text{ m/s},$$
$$k_I = 1,$$
$$I_v(z) = \sigma_v / v_m(z) = 4,275 / 31,54 = 0,136,$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2 = 0,5 * 1,25 * 22,5^2 = 316,406 \text{ N/m}^2$$
$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$
$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2(z) = [1 + 7 * 0,136] * 0,5 * 1,25 * 31,54^2 = 1211,624 \text{ N/m}^2$$
$$C_e(z) = q_p(z) / q_b = 1211,624 / 316,406 = 3,829$$

Součinitele sil ve směru y (kolmo na podélný směr mostu):

Nezatížený most	$d_{tot} = 7,56 \text{ m} = A_{ref}$
	$C_{fx,0} = 1,3$
Zatížený most	$d_{tot} = 7,56 \text{ m} = A_{ref}$
	$C_{fx,0} = 1,0$

Zatížení větrem na 1 m délky nosné konstrukce:

$$f_{w,y} = c_s * c_d * c_f * q_p(z_e) * A_{ref}$$

$$c_s = 1,00,$$

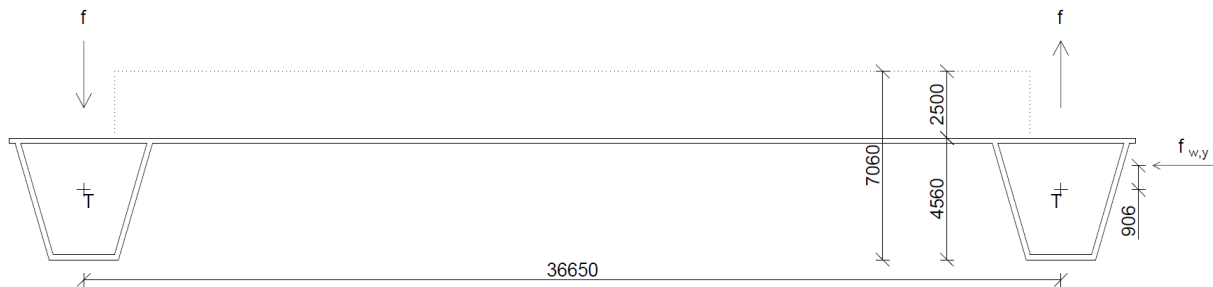
$$c_d = 1,00,$$

$$\text{Nezatížený most} \quad f_{w,y} = 1,00 * 1,00 * 1,30 * 1,212 * 7,56 = 9,163 \text{ kN/m}$$

$$\text{Zatížený most} \quad f_{w,y} = 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,212 * 7,56 = 11,912 \text{ kN/m}$$

Rozhodující zatížení větrem je v případě nezatíženého mostu => $f_{w,x} = 11,908 \text{ kN/m}$.

Zatížení větrem se rozloží na svislé a vodorovné spojitě rovnoměrné zatížení komory. Svislé zatížení vznikne v důsledku převedení příčného momentu na dvojici sil, z nichž každá působí v ose jedné komory (viz. Obr. 19).



Obr. 19 Zatížení větrem

$$M_w = f_{w,x} * r_w = 11,908 * 1,156 = 13,76 \text{ kNm/m}$$

$$f = M_w / b = 13,76 / 36,65 = 0,376 \text{ kN/m}$$

3.2.6 Zatěžovací stavy

3.2.6.1 Model 1

Model 1 slouží pro ověření stavebního stavu. Uvažují se následující zatížení:

- vlastní tíha nosné konstrukce
- vlastní tíha hlavního visutého kabelu a pylonu

3.2.6.2 Model 2

Model 2 slouží pro ověření kompletní konstrukce. Uvažují se následující zatížení:

- vlastní tíha nosné konstrukce (pro porovnání s modelem 1)
- ostatní stálé zatížení (střední hodnota, dolní a horní charakteristická hodnota)
- nerovnoměrné poklesy podpor
- zatížení dopravou
 - model zatížení 1 (LM1)
 - model zatížení 3 (LM3) – 3000/240
 - model zatížení 4 (LM4)
 - model zatížení na únavu 3
 - zatížení chodníků
- zatížení od teploty
 - rovnoměrné
 - lineární změna
 - Rozdíly teplot mezi různými nosnými prvky konstrukce
- staveništní zatížení
- zatížení větrem

3.2.7 Vnitřní síly

Pro výpočet zatížení od vlastní tíhy byl model 2 doplněn podporami v místech závěsů (zjednodušení, které představuje rektifikaci závěsů).

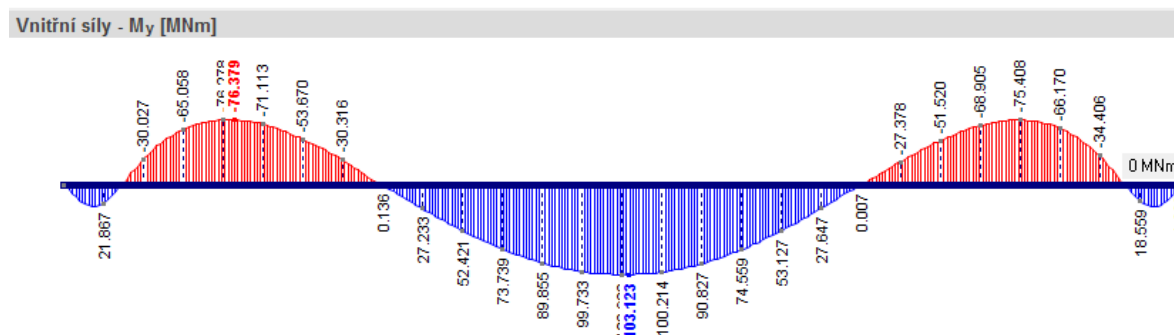
Vnitřní síly byly vypočteny pomocí výpočetního programu Dlubal RSTAB8.08. Do programu byly zadány zatěžovací stavy vyjmenované v kapitole 3.2.5.

Průběh momentů na podélnicích je přibližný – lomený, protože zatížení bylo zadáno prostřednictvím lokálních sil.

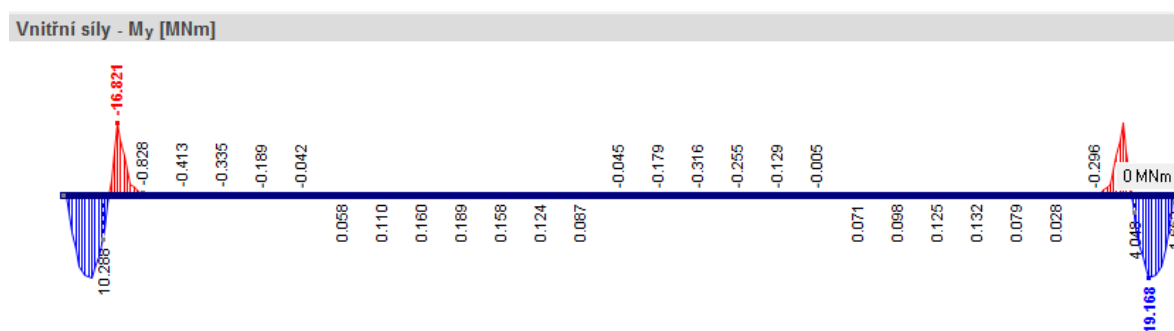
V rámci dalšího zpracování se předpokládá podrobné rozpracování rektifikace.

3.2.7.1 Průběhy vnitřních sil na konstrukci

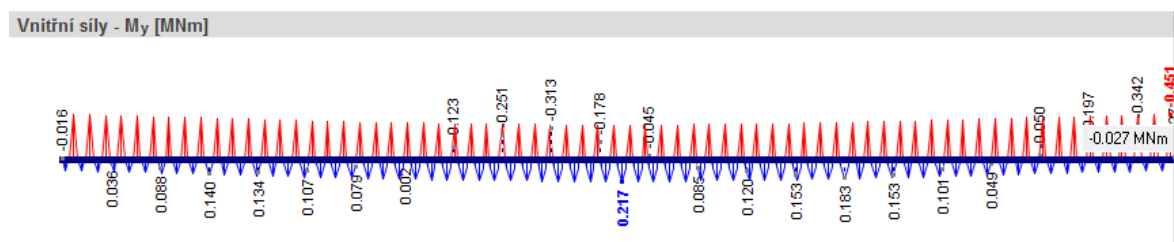
Komora – Obr. 20 -38



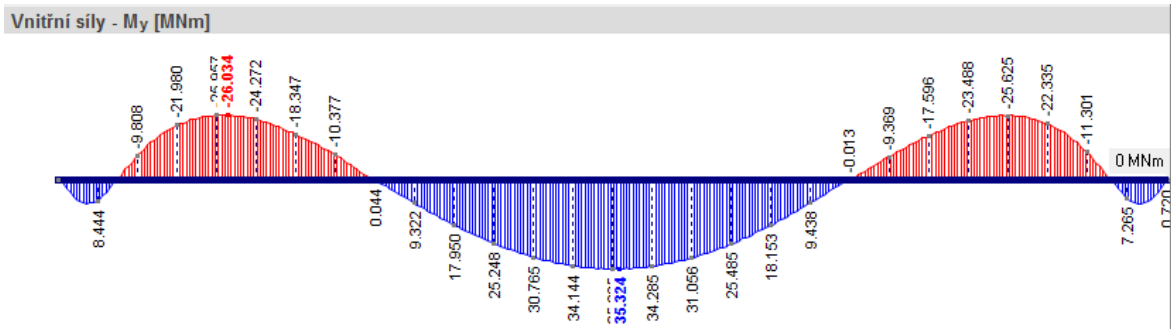
Obr. 20 Komora - g_0 (průběh momentů na spojitě konstrukci bez rektifikace)



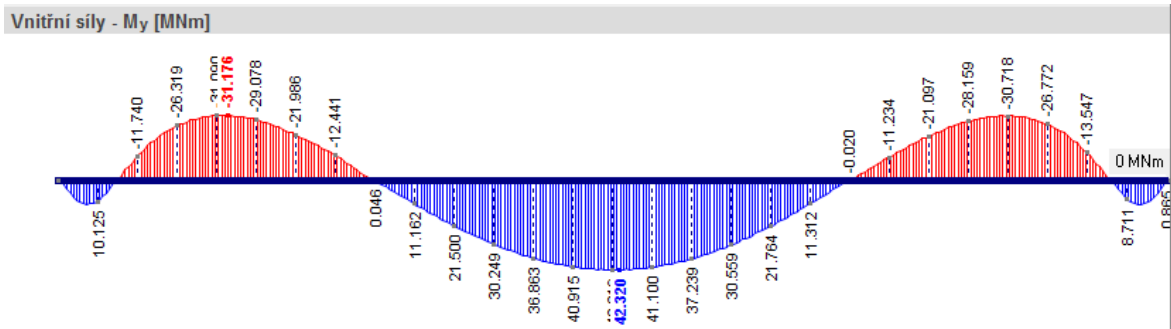
Obr. 21 Komora - g_0 (uvažované přibližné momenty ve výpočtu)



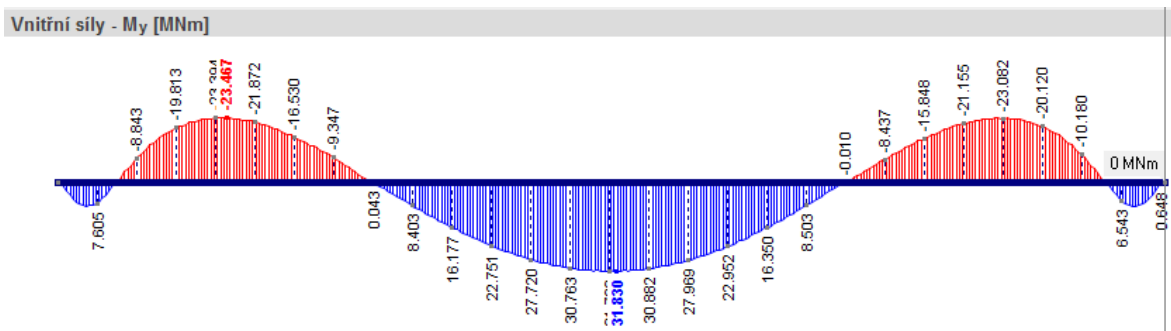
Obr. 22 Komora - g_0 (vnitřní pole)



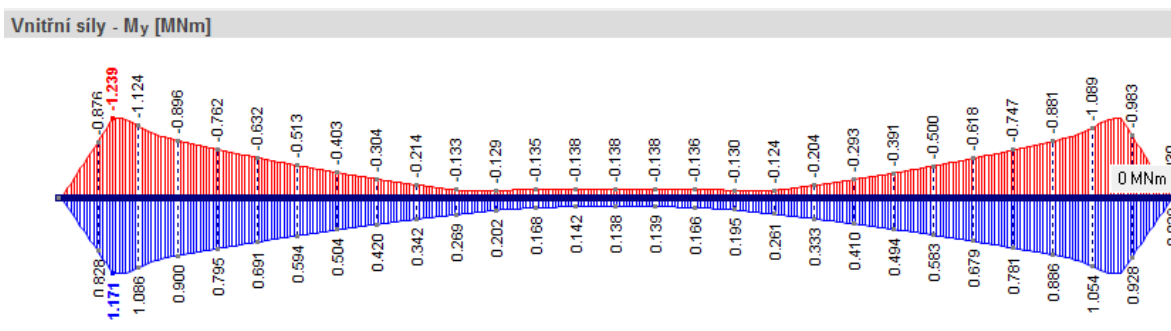
Obr. 23 Komora - $(g-g_0)_m$



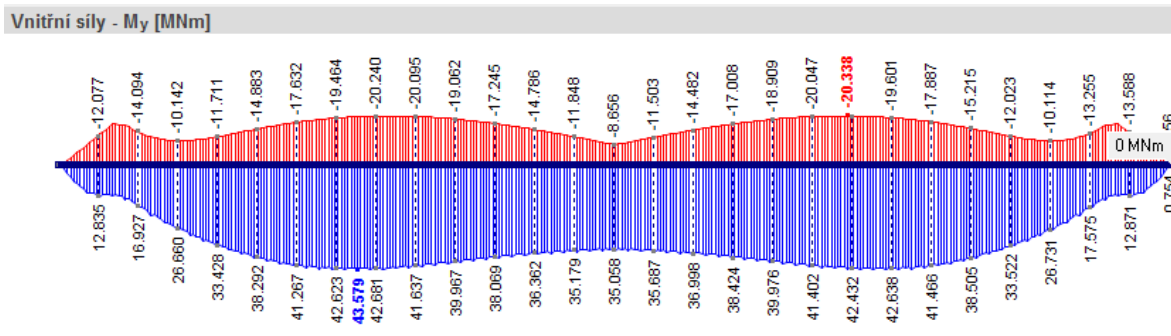
Obr. 24 Komora - $(g-g_0)_{k,sup}$



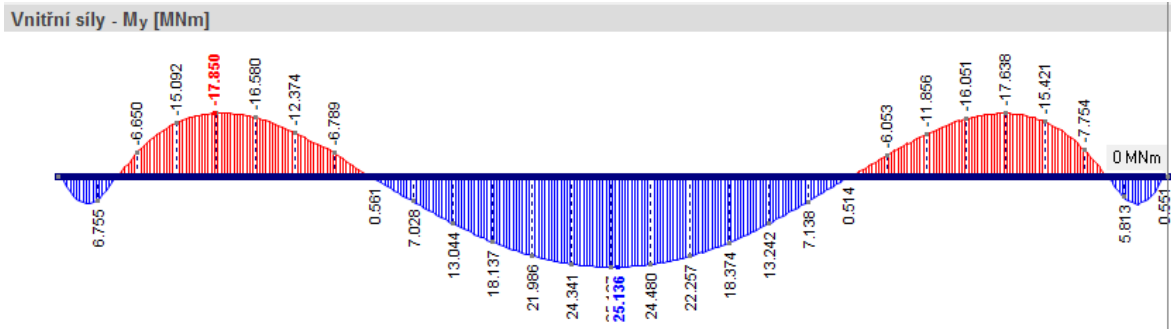
Obr. 25 Komora - $(g-g_0)_{k,inf}$



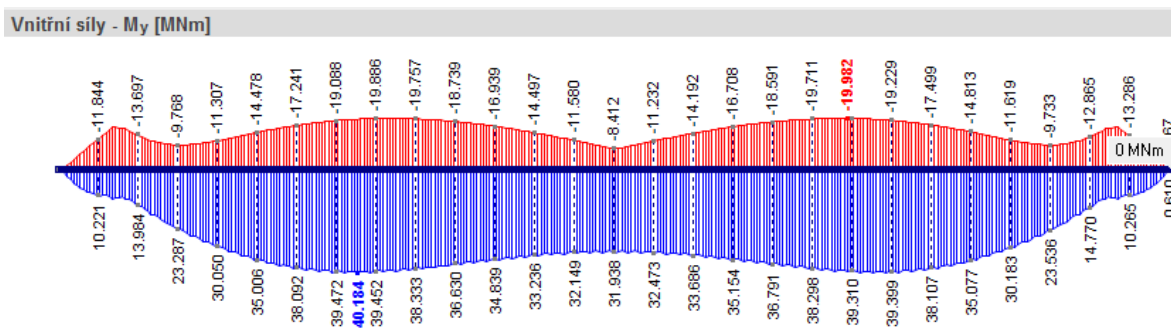
Obr. 26 Komora - Nerovnoměrné poklesy podpor



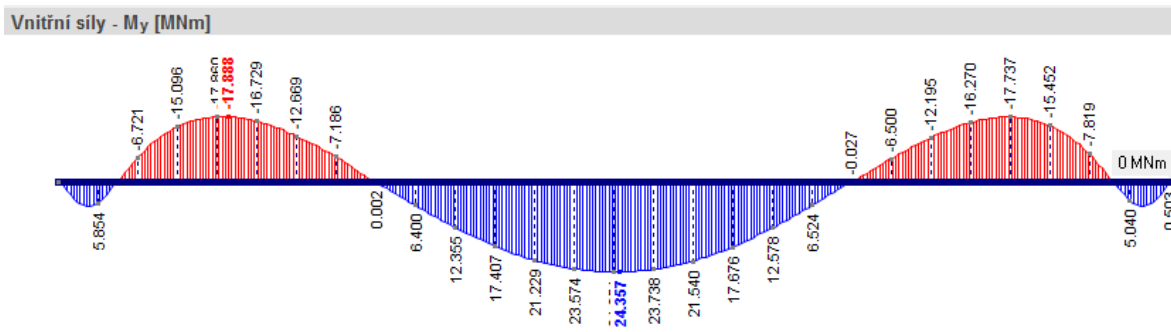
Obr. 27 Komora - LM1a - TS



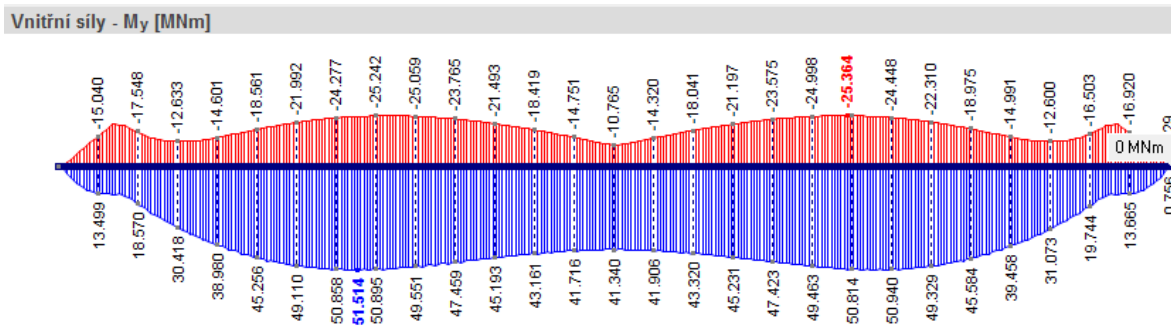
Obr. 28 Komora - LM1a - UDL



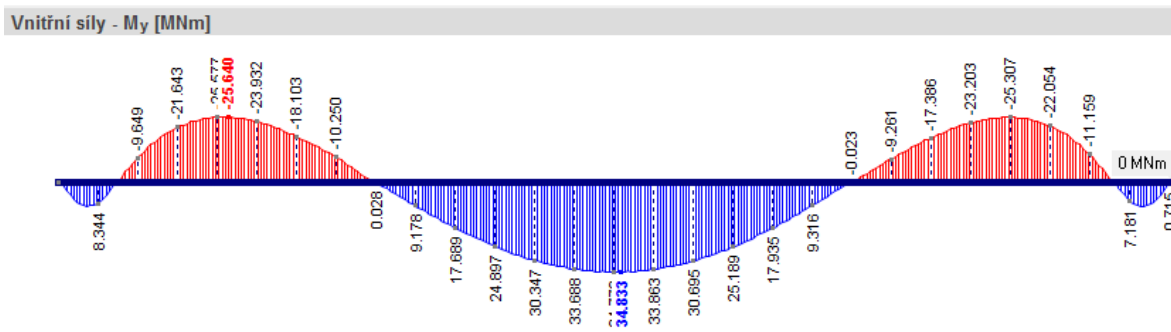
Obr. 29 Komora - LM1b - TS



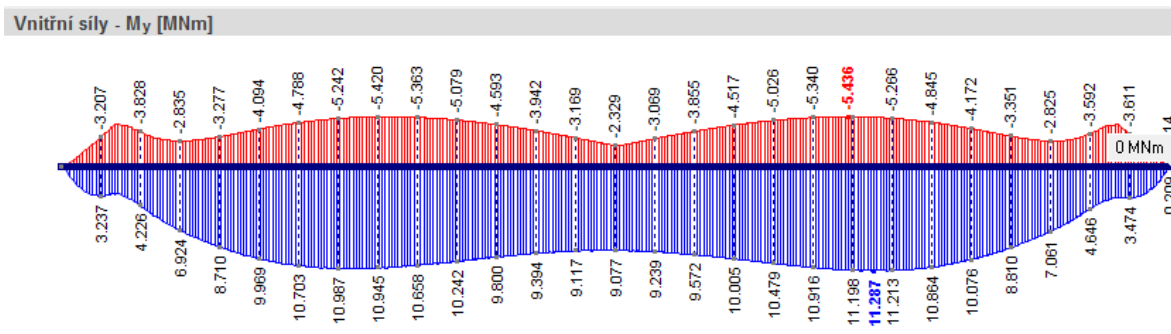
Obr. 30 Komora - LM1b - UDL



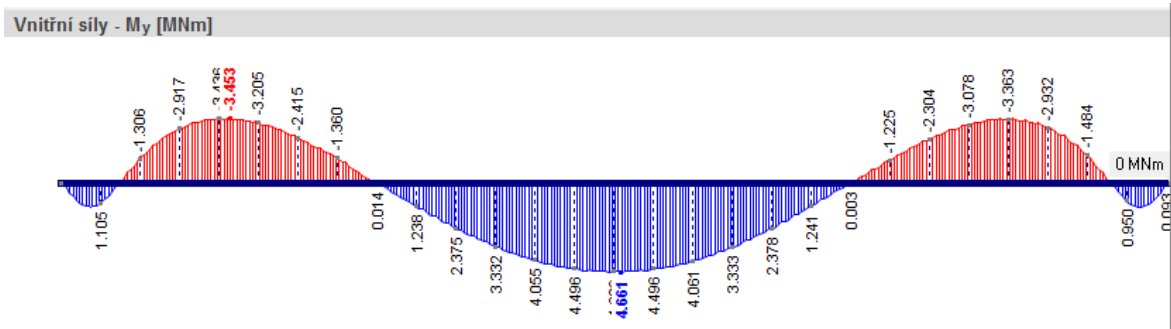
Obr. 31 Komora - LM3



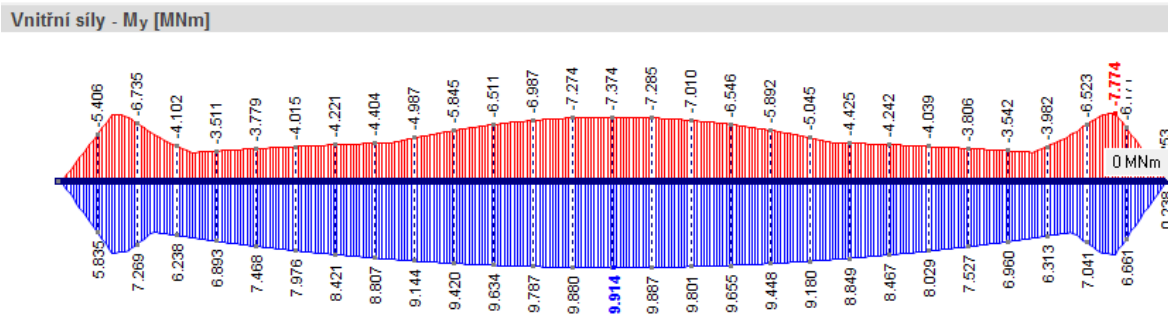
Obr. 32 Komora - LM4



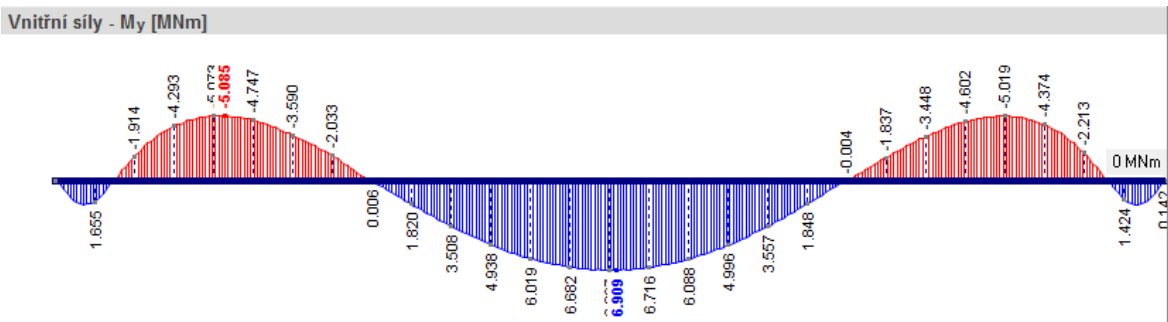
Obr. 33 Komora - LM3 - únava



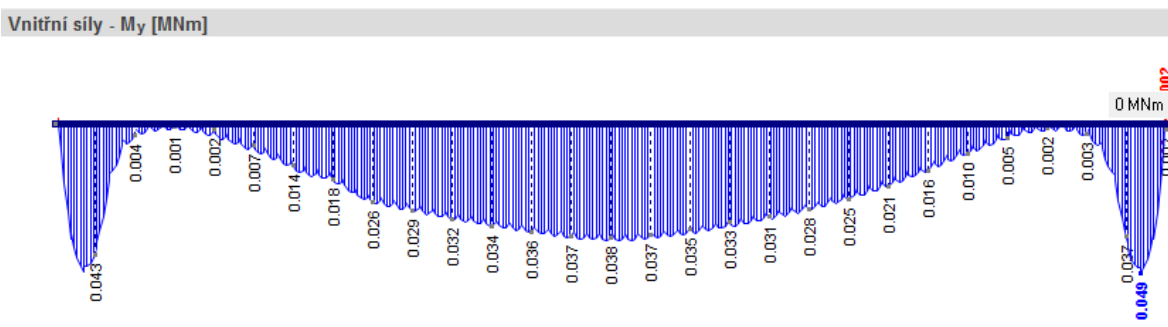
Obr. 34 Komora - Zatížení chodníků



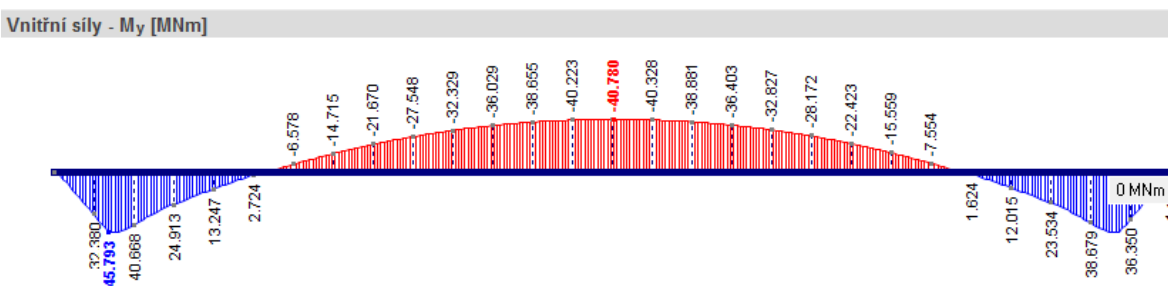
Obr. 35 Komora - Zatížení od teploty



Obr. 36 Komora - Staveništní zatížení

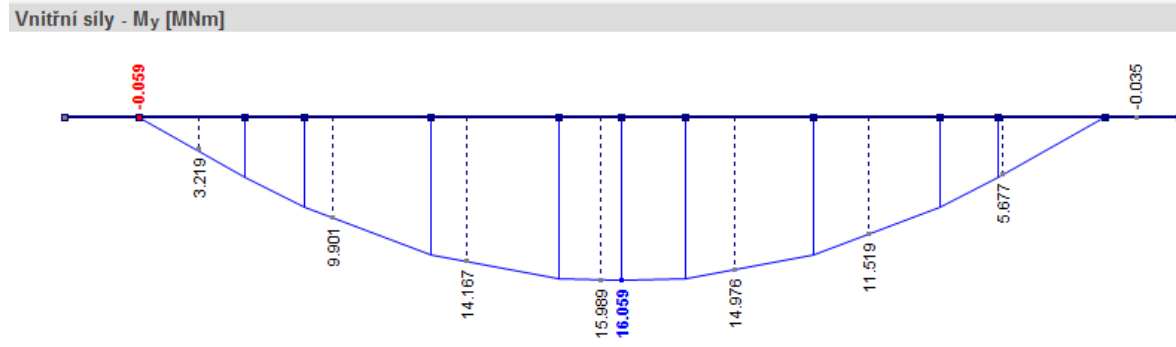


Obr. 37 Komora - Zatížení větrem

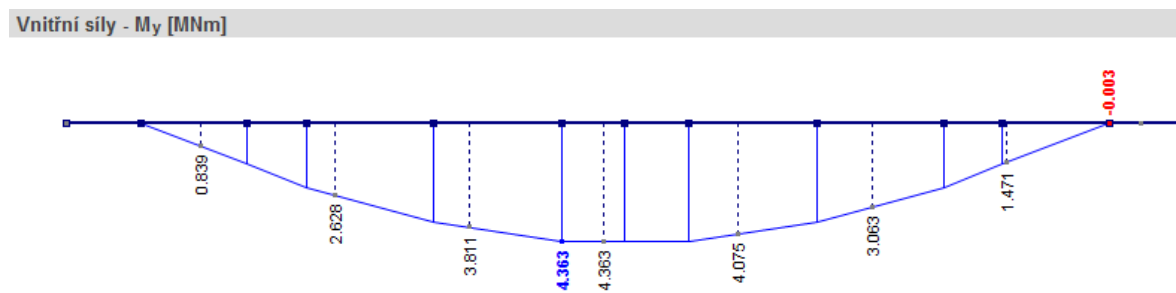


Obr. 38 Komora - rektifikace hlavního visutého kabelu

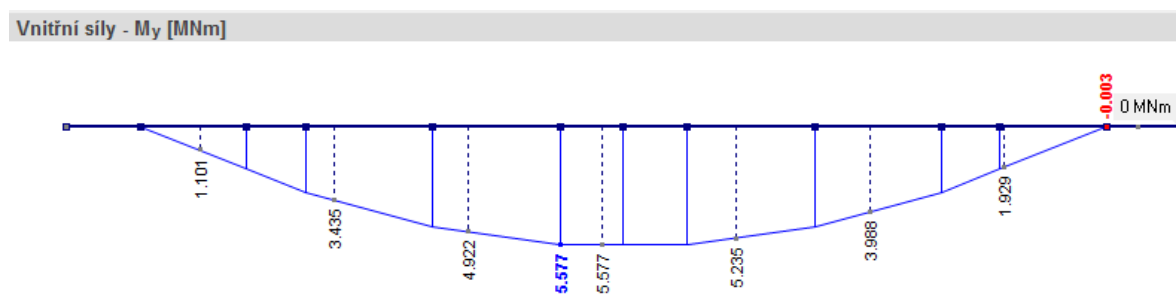
Příčník – obr. 39 -53



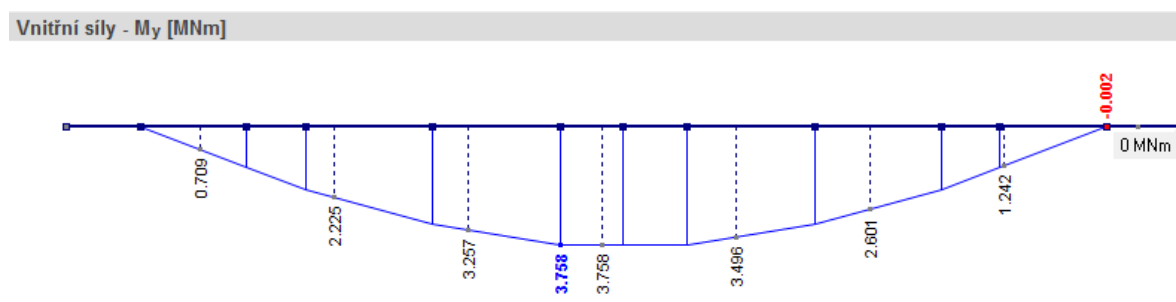
Obr. 39 Příčník - g_0



Obr. 40 Příčník - $(g-g_0)_m$

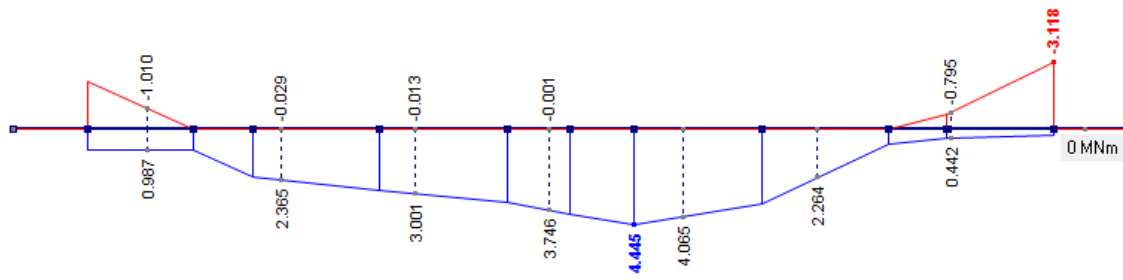


Obr. 41 Příčník - $(g-g_0)_{k,sup}$



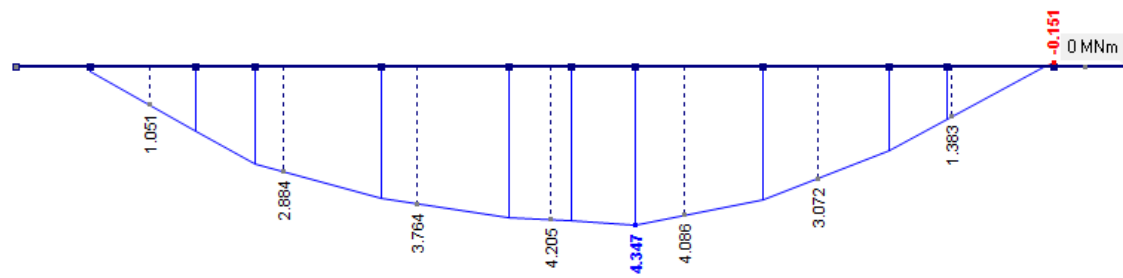
Obr. 42 Příčník - $(g-g_0)_{k,inf}$

Vnitřní síly - M_y [MNm]



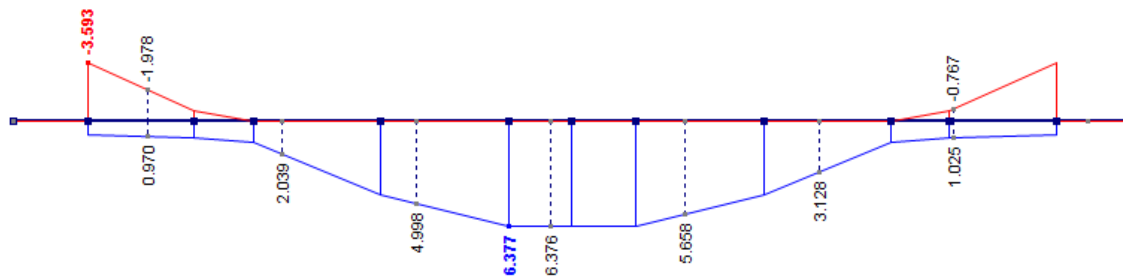
Obr. 43 Příklad - LM1a - TS

Vnitřní síly - M_y [MNm]



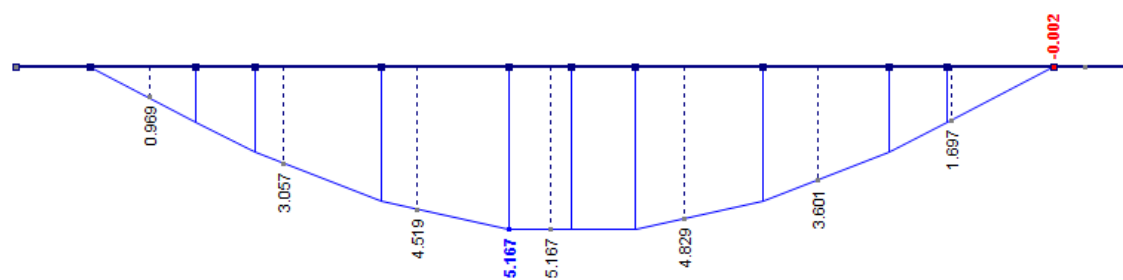
Obr. 44 Příklad - LM1a - UDL

Vnitřní síly - M_y [MNm]



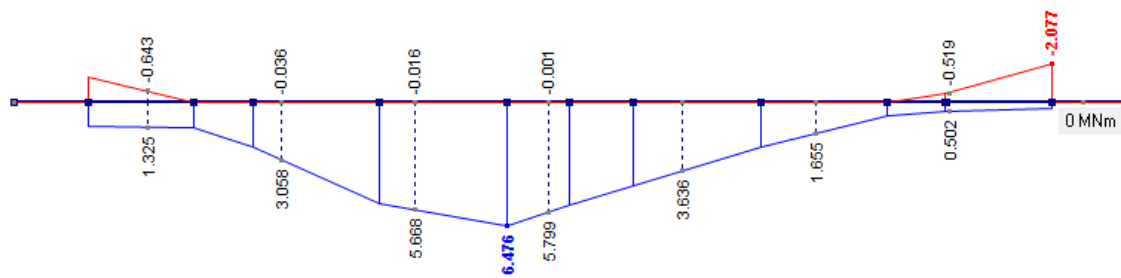
Obr. 45 Příklad - LM1b - TS

Vnitřní síly - M_y [MNm]



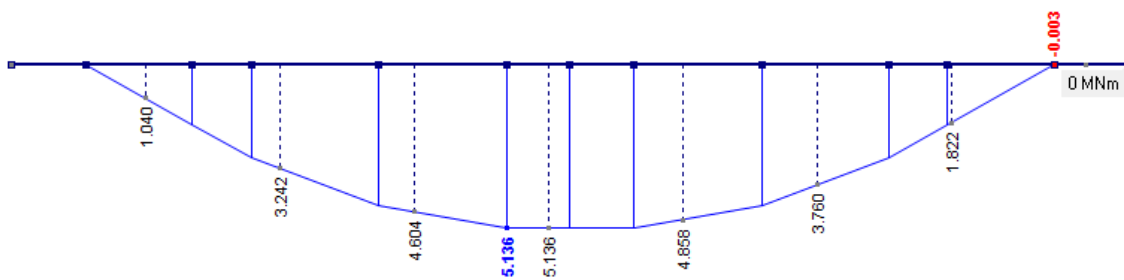
Obr. 46 Příklad - LM1b - UDL

Vnitřní síly - M_y [MNm]



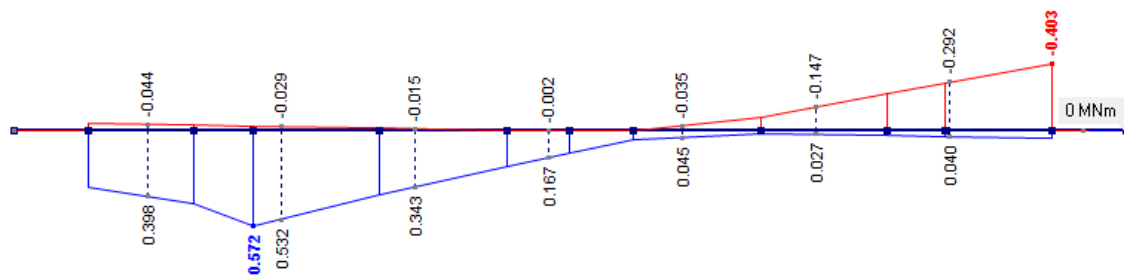
Obr. 47 Příklad - LM3

Vnitřní síly - M_y [MNm]



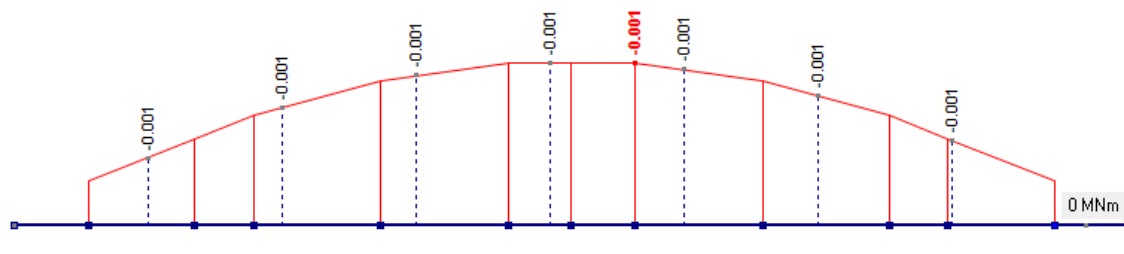
Obr. 48 Příklad - LM4

Vnitřní síly - M_y [MNm]



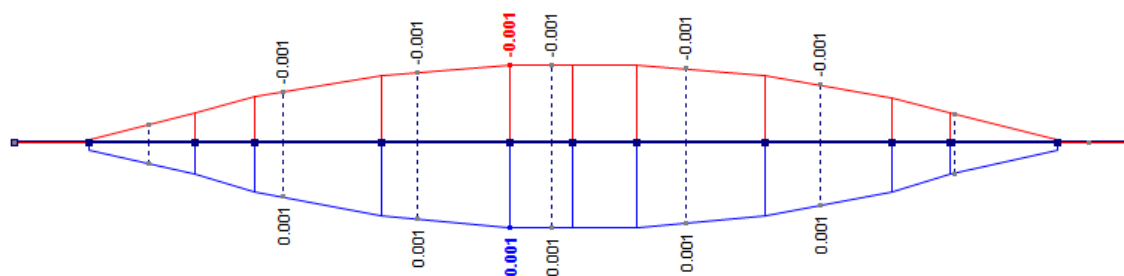
Obr. 49 Příklad - LM3 - úrava

Vnitřní síly - M_y [MNm]



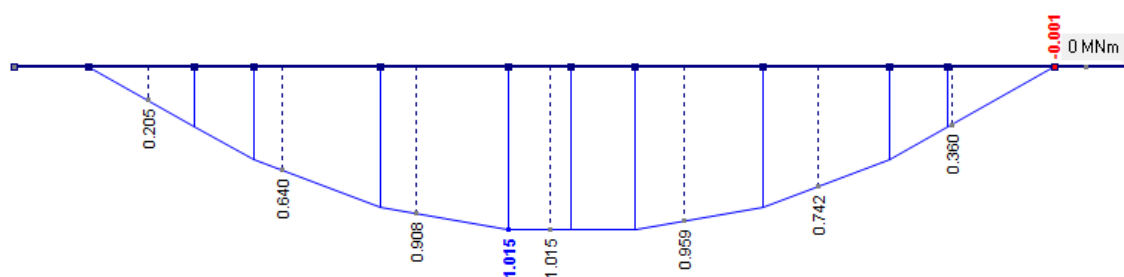
Obr. 50 Příklad - Zatížení chodníků

Vnitřní síly - M_y [MNm]



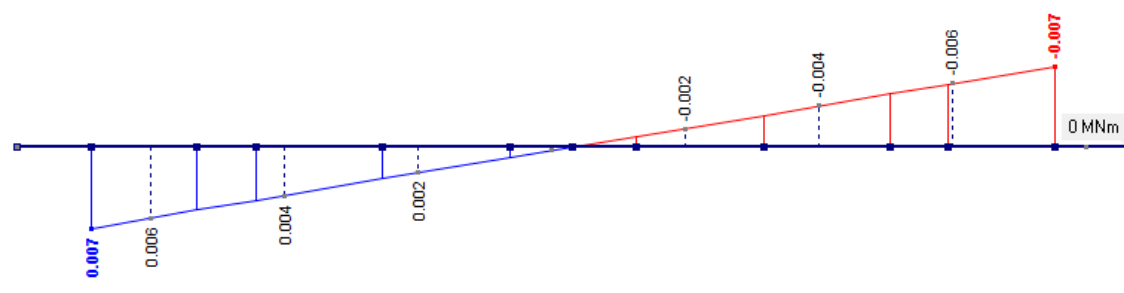
Obr. 51 Příklad – Zatížení teplotou

Vnitřní síly - M_y [MNm]



Obr. 52 Příklad - Staveništní zatížení

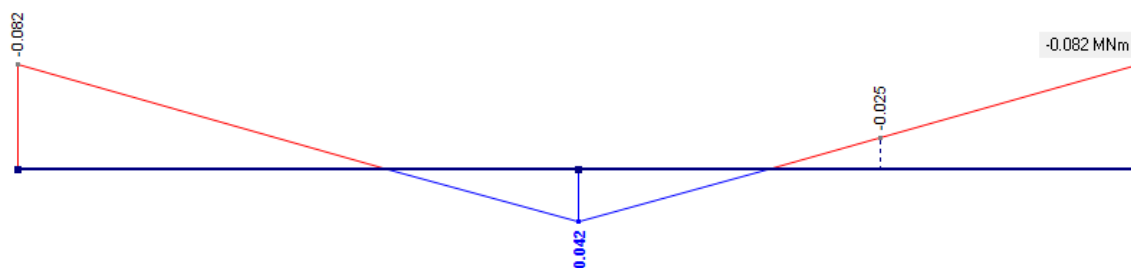
Vnitřní síly - M_y [MNm]



Obr. 53 Příklad - Zatížení větrem

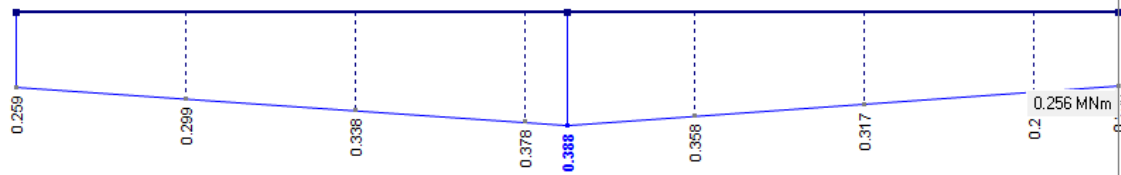
Podélník – Obr. 54 - 68

Vnitřní síly - M_y [MNm]



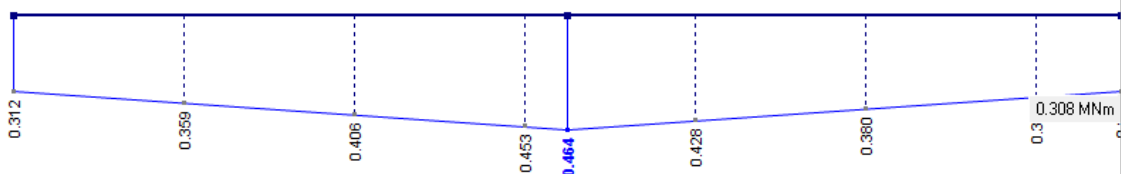
Obr. 54 Podélník - g_0

Vnitřní síly - M_y [MNm]



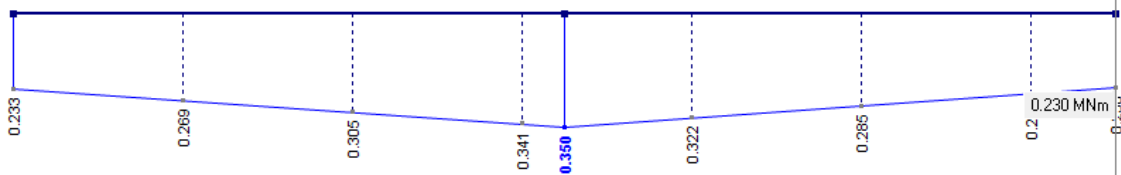
Obr. 55 Podélník - $(g-go)_m$

Vnitřní síly - M_y [MNm]



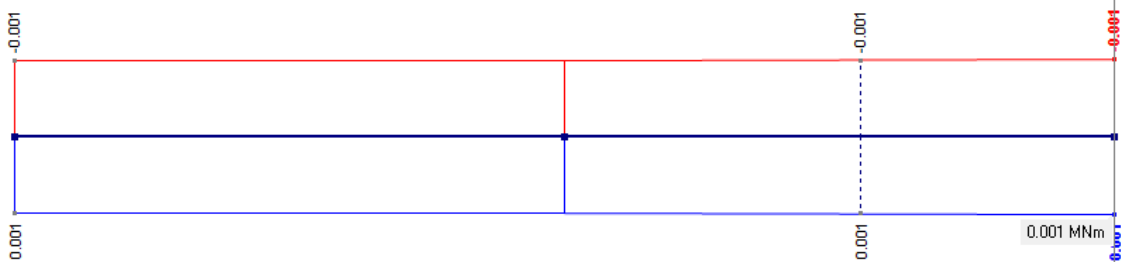
Obr. 56 Podélník - $(g-go)_{k,sup}$

Vnitřní síly - M_y [MNm]



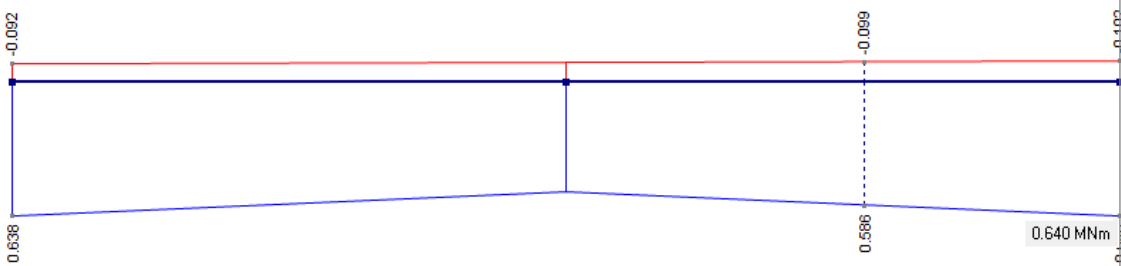
Obr. 57 Podélník - $(g-go)_{k,inf}$

Vnitřní síly - M_y [MNm]



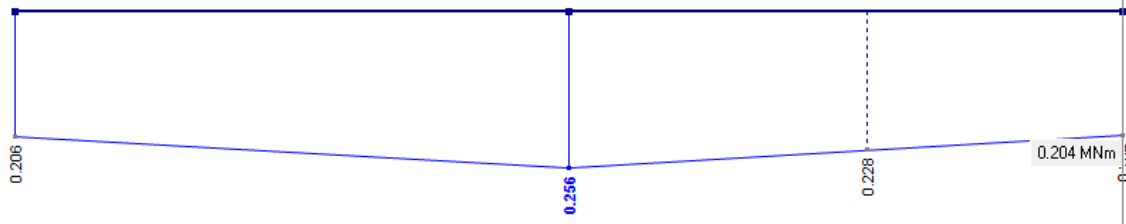
Obr. 58 Podélník - Nerovnoměrné poklesy podpor

Vnitřní síly - M_y [MNm]



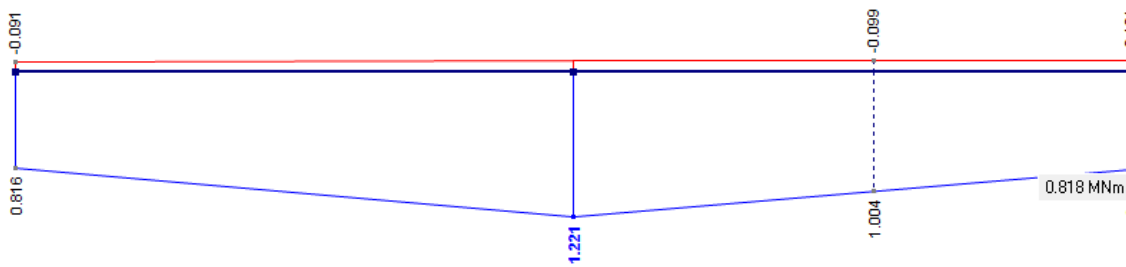
Obr. 59 Podélník - LM1a - TS

Vnitřní síly - M_y [MNm]



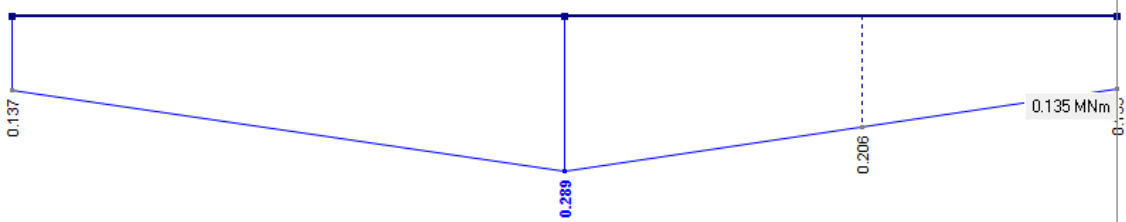
Obr. 60 Podélník - LM1a - UDL

Vnitřní síly - M_y [MNm]



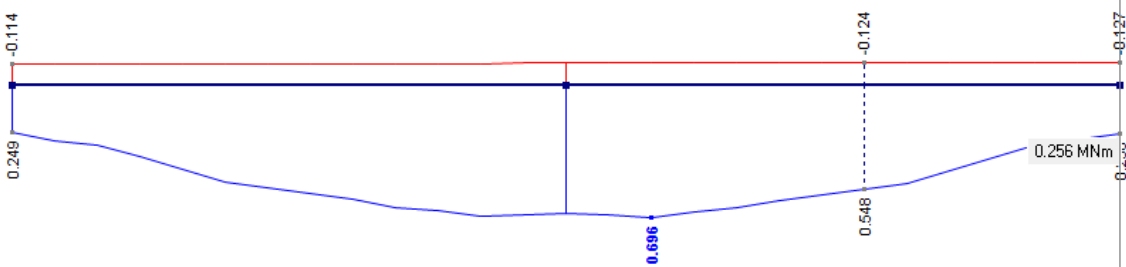
Obr. 61 Podélník - LM1b - TS

Vnitřní síly - M_y [MNm]

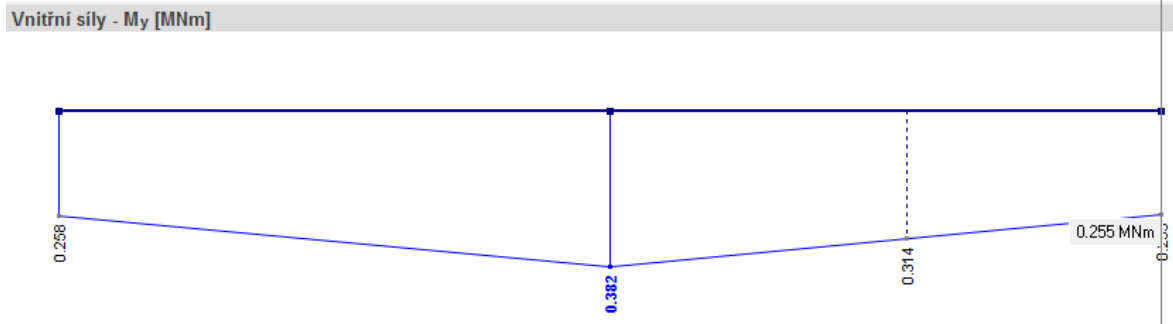


Obr. 62 Podélník - LM1b - UDL

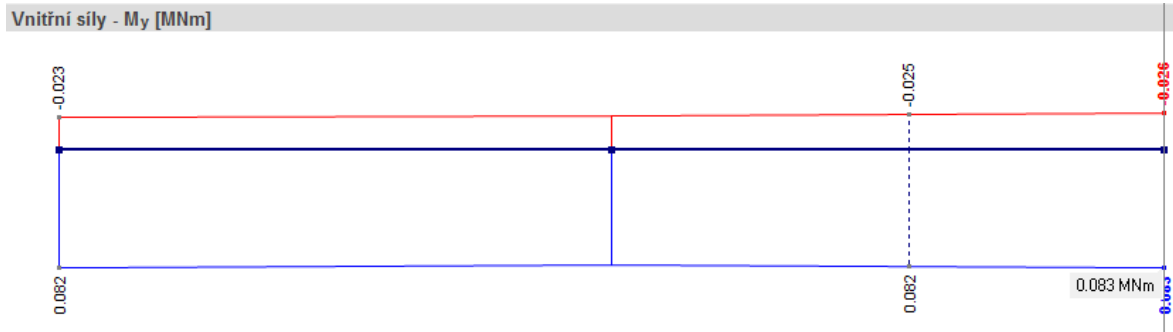
Vnitřní síly - M_y [MNm]



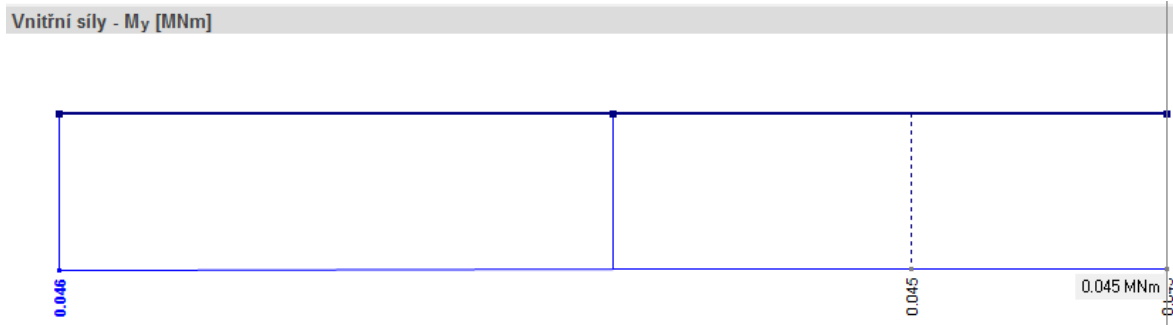
Obr. 63 Podélník - LM3



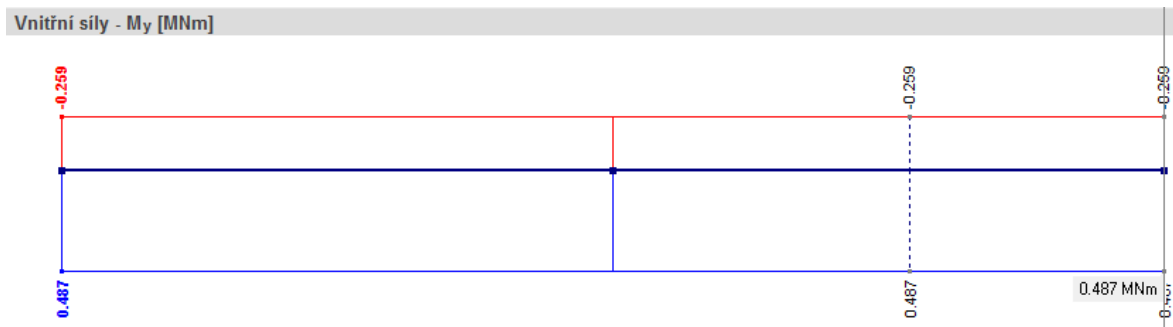
Obr. 64 Podélník - LM4



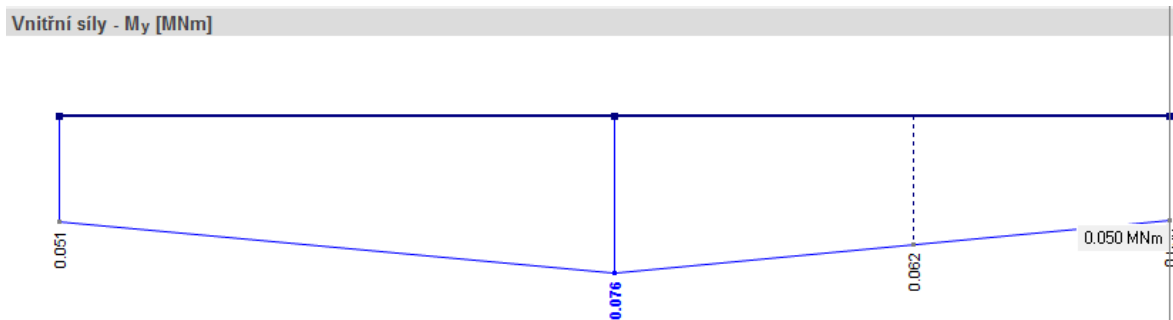
Obr. 65 Podélník – LM3 - únava



Obr. 66 Podélník - Zatížení chodníků



Obr. 67 Podélník - Zatížení teplotou



Obr. 68 Podélník - Staveništní zatížení

3.2.8 Kombinace vnitřních sil

Kombinace zatížení pro MSÚ byly uvažovány dle ČSN EN 1990 [1]

$$6.10a - \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b - \sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení pro MSP byly uvažovány dle [1]

$$\text{charakteristická} - \sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{častá} - \sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$$\text{kvazistálá} - \sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Tab. 14 Součinitele spolehlivosti zatížení

Zatížení	Značka	Situace		
		T / D	M	
Stálé zatížení působící nepříznivě	γ_{Gsup}	1,35	1,00	
	γ_{Ginf}	1,00	1,00	
Poklesy - pružná lineární analýza	γ_{Gset}	1,20	1,00	
Zatížení silniční dopravou a chodci	γ_Q	nepříznivé	1,35	1,00
		příznivé	0,00	0,00
Ostatní proměnná zatížení	γ_Q	nepříznivá	1,50	1,00
		příznivá	0,00	0,00

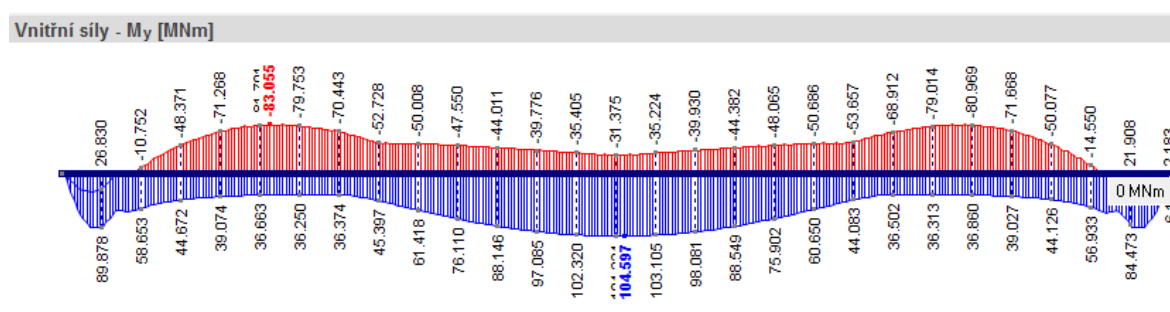
Tab. 15 Součinitele kombinace ψ pro silniční mosty

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\psi_{1,infq}$	
Zatížení dopravou	gr1a (LM1)	TS	0,75	0,75	0,00	0,80
		UDL	0,40	0,40	0,00	0,80
		zat.chodci+cyklisty	0,40	0,40	0,00	0,80
	gr4 (LM4 - zatížení davem lidí)		0,00	-	0,00	0,80
	gr5 (LM3 - zvláštní vozidla)		0,00	-	0,00	1,00
Zatížení větrem	F_{wk} : trvalé návrhové situace provádění		0,60	0,20	0,00	0,60
			0,80	-	0,00	-
Zatížení teplotou	T_k	0,60	0,60	0,50	0,80	
Stavební zat.	Q_c	1,00	-	1,00	1,00	

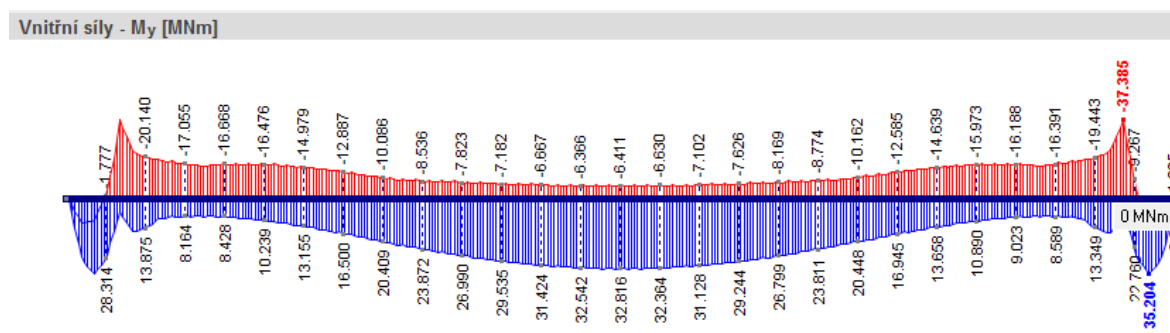
$$\zeta_G = 0,85$$

3.2.8.1 Přehled kombinací vnitřních sil

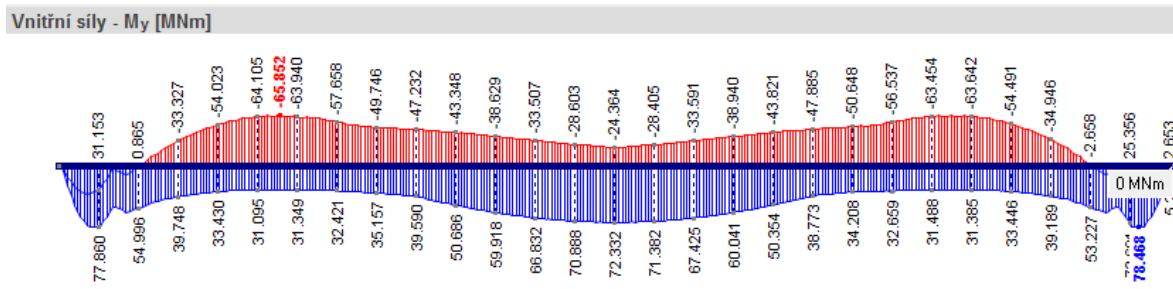
Komora – Obr. 69 - 76



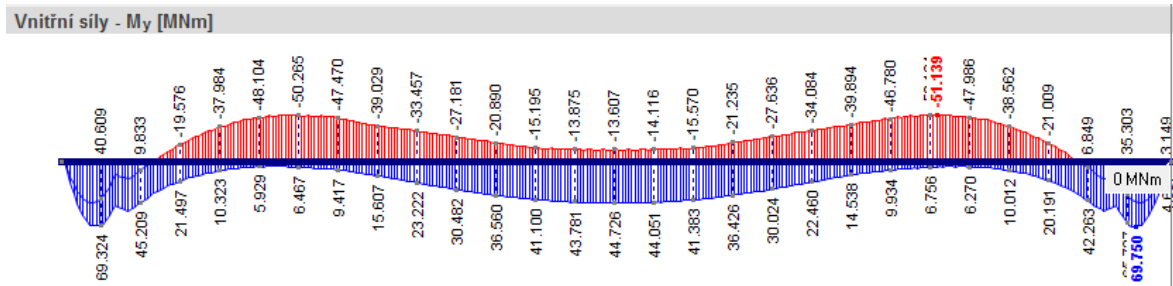
Obr. 69 Komora - MSÚ - Dokončený most



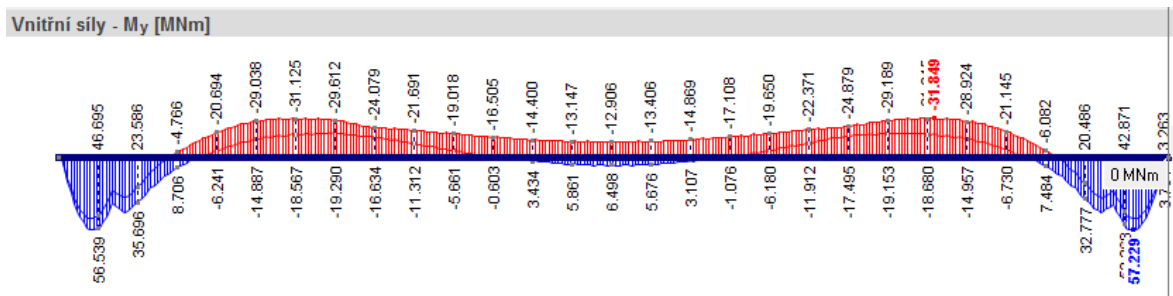
Obr. 70 Komora - MSÚ - Stavební stav



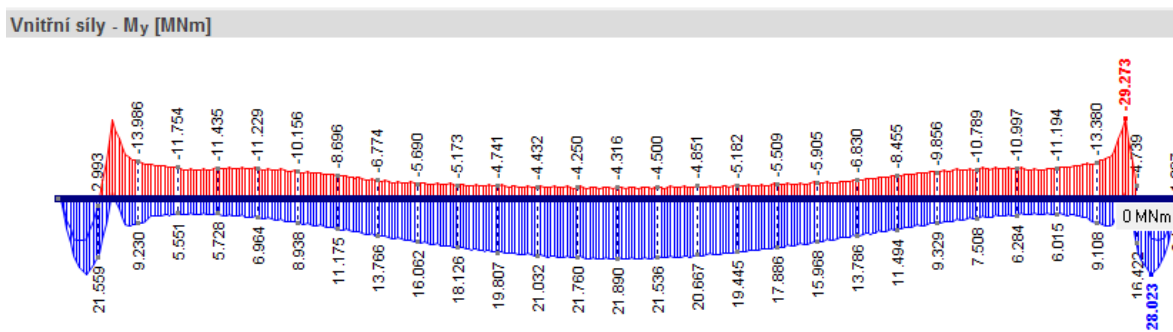
Obr. 71 Komora - Charakteristická kombinace - Dokončený most



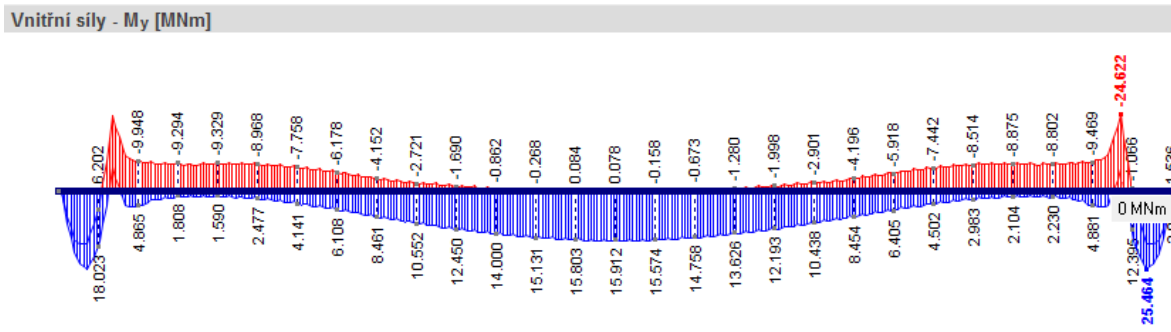
Obr. 72 Komora - Častá kombinace - Dokončený most



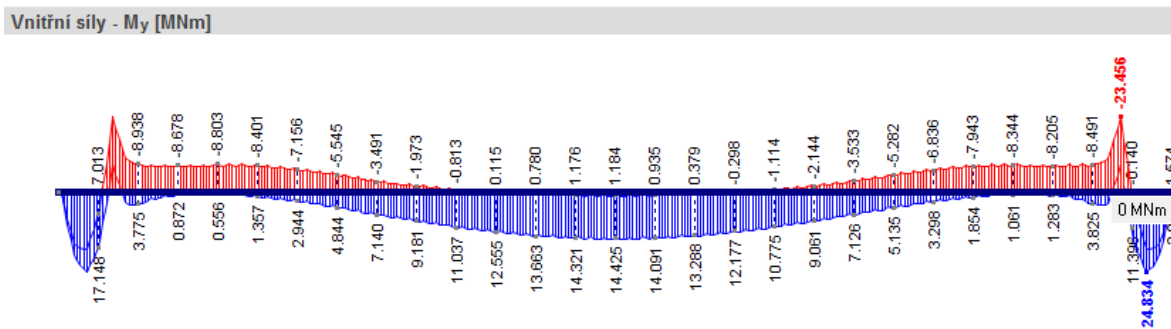
Obr. 73 Komora - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most



Obr. 74 Komora - Charakteristická kombinace - Stavební stav

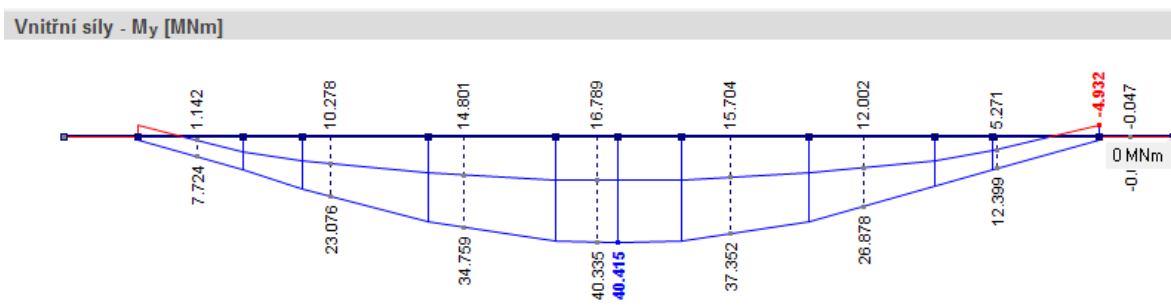


Obr. 75 Komora - Častá kombinace - Stavební stav

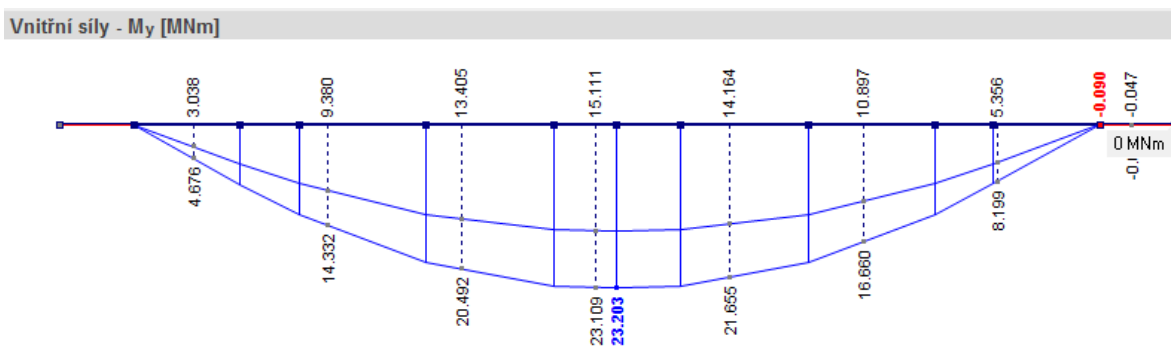


Obr. 76 Komora - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav

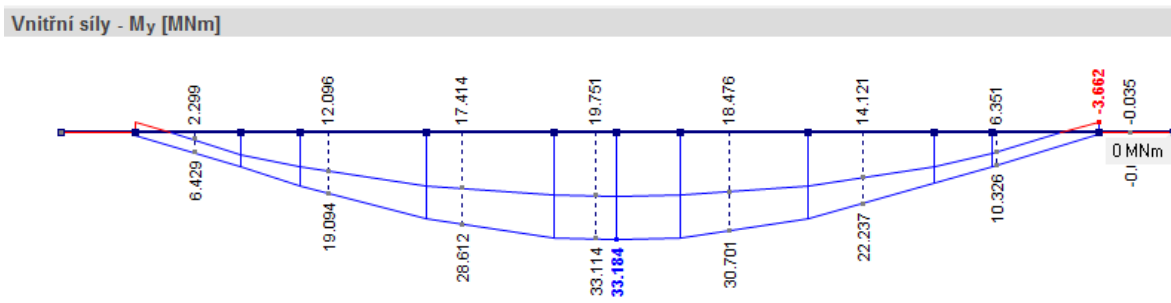
Příčnik – obr. 77 - 84



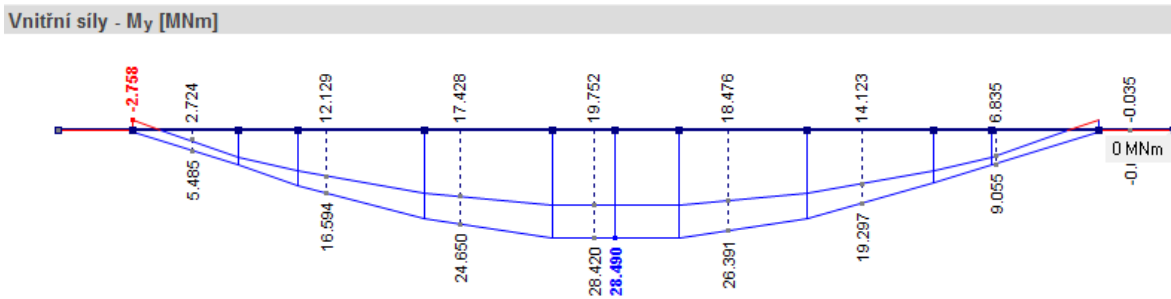
Obr. 77 Příčnik - MSÚ - Dokončený most



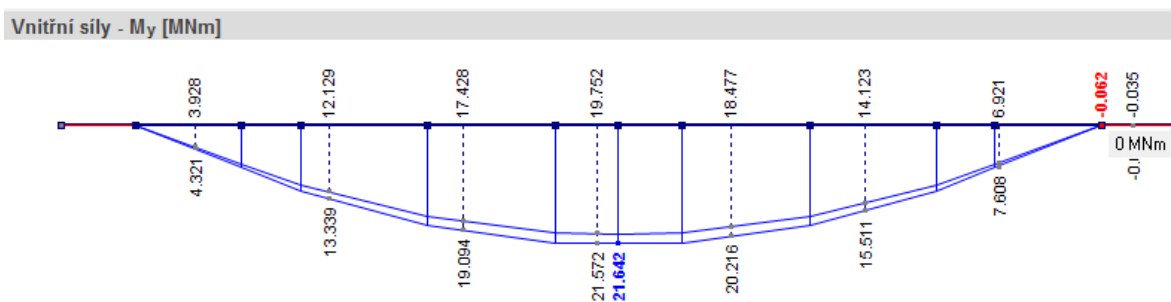
Obr. 78 Příčnik - MSÚ - Stavební stav



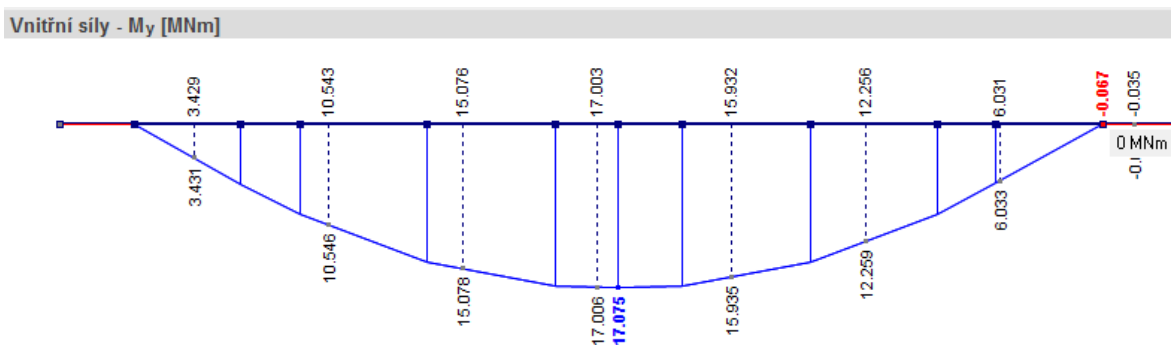
Obr. 79 Příklad - Charakteristická kombinace - Dokončený most



Obr. 80 Příklad - Částečná kombinace - Dokončený most

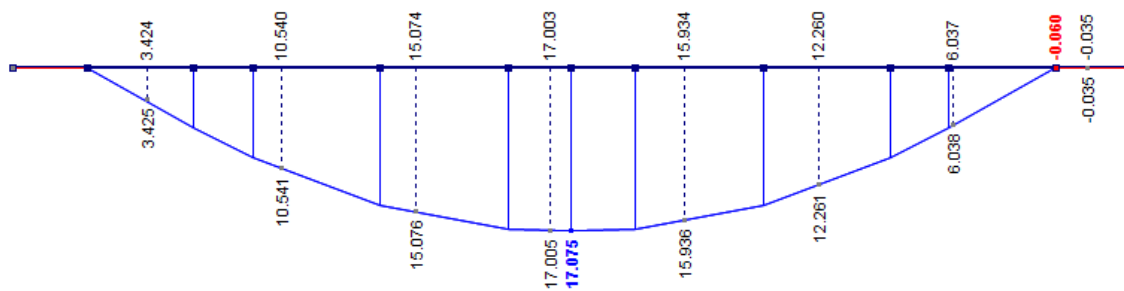


Obr. 81 Příklad - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most



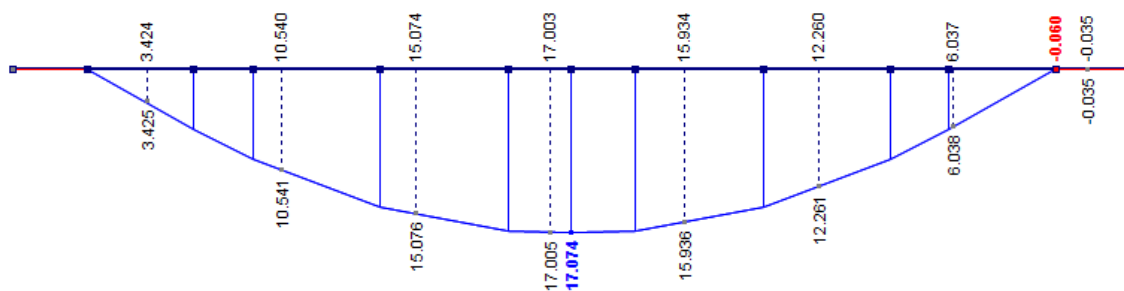
Obr. 82 Příklad - Charakteristická kombinace - Stavební stav

Vnitřní síly - M_y [MNm]



Obr. 83 Příklad - Častá kombinace - Stavební stav

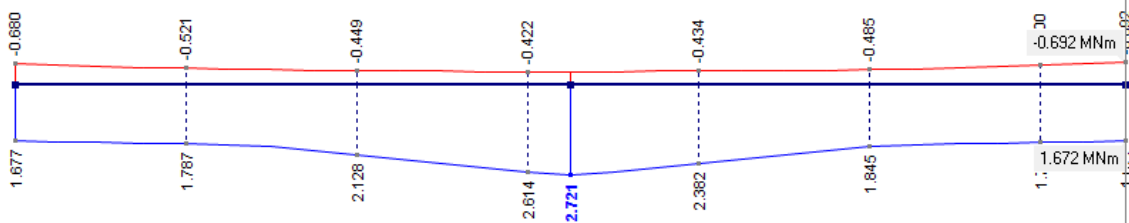
Vnitřní síly - M_y [MNm]



Obr. 84 Příklad - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav

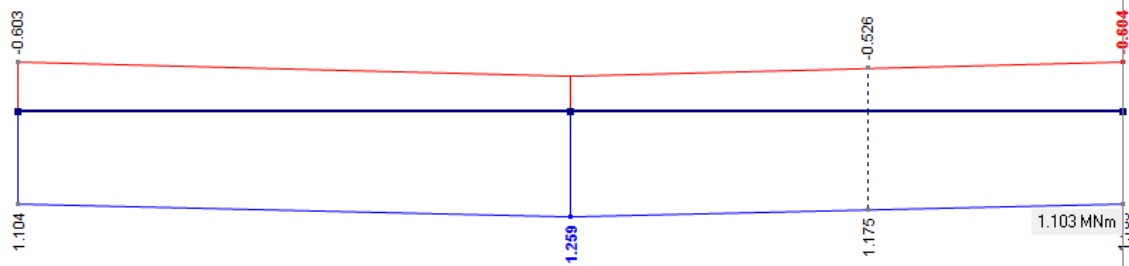
Podélník – Obr. 85 - 92

Vnitřní síly - M_y [MNm]

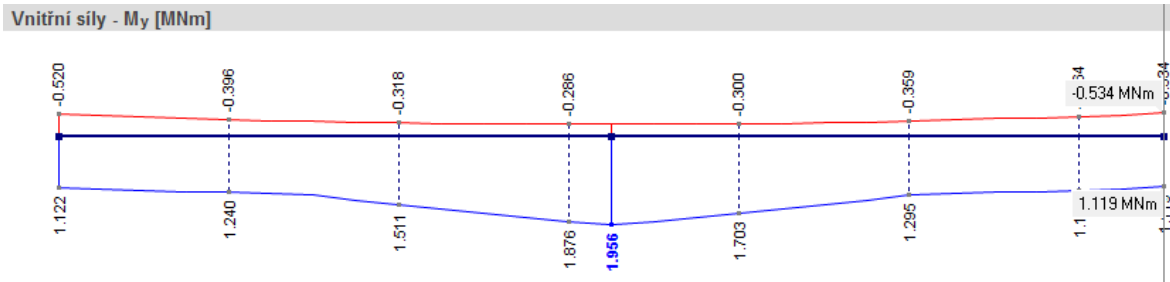


Obr. 85 Podélník - MSÚ - Dokončený most

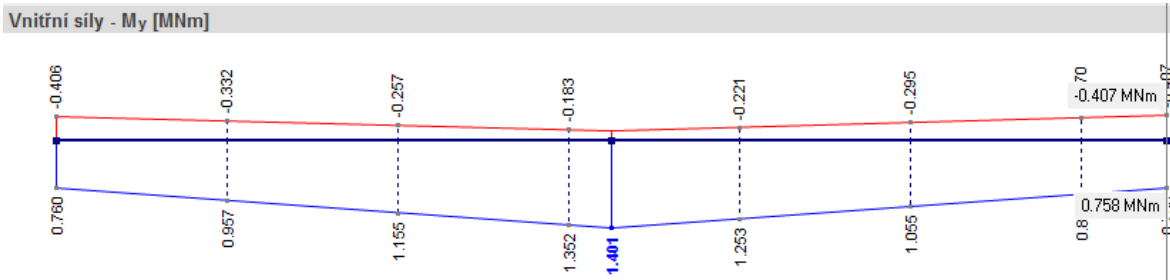
Vnitřní síly - M_y [MNm]



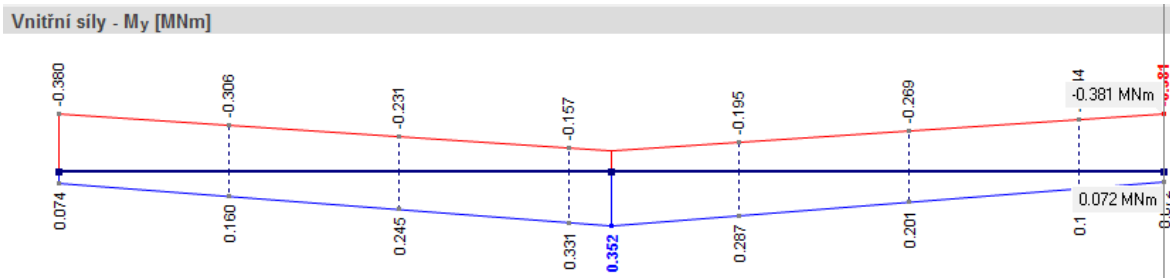
Obr. 86 Podélník - MSÚ - Stavební stav



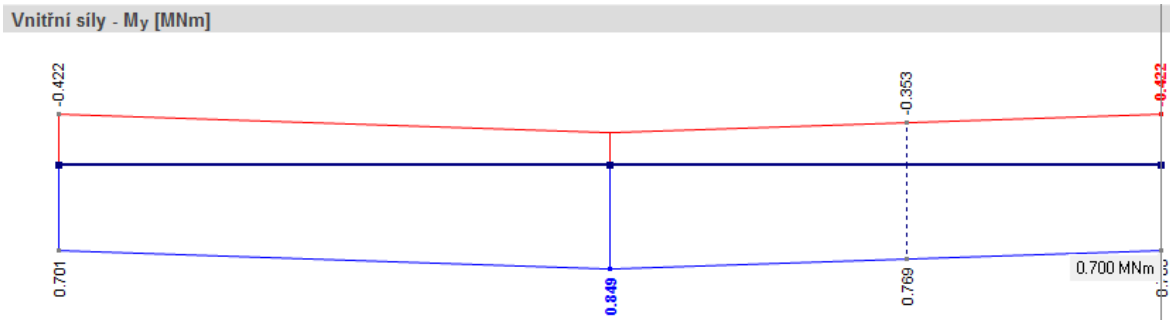
Obr. 87 Podélník - Charakteristická kombinace - Dokončený most



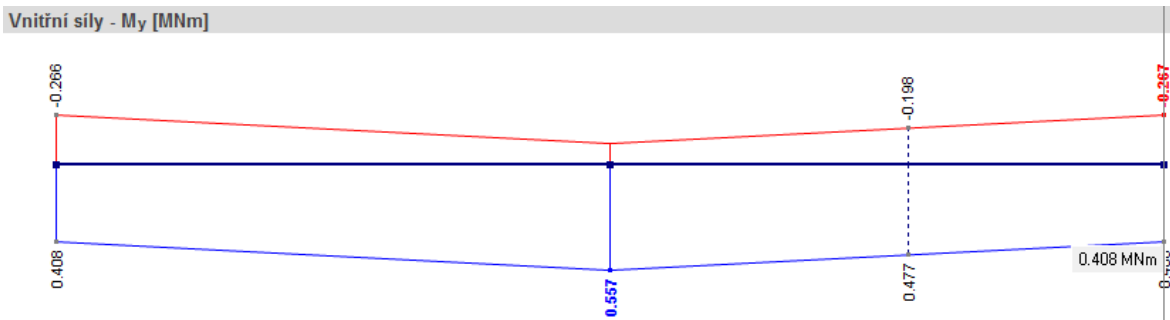
Obr. 88 Podélník - Častá kombinace - Dokončený most



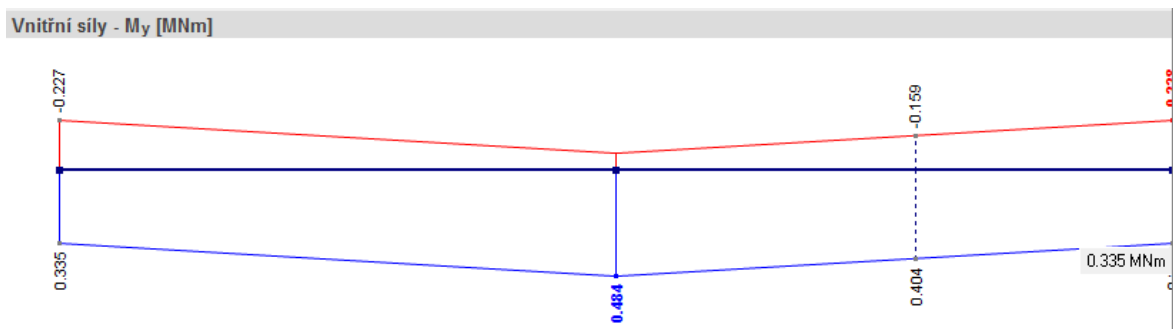
Obr. 89 Podélník - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most



Obr. 90 Podélník - Charakteristická kombinace - Stavební stav



Obr. 91 Podélník - Častá kombinace - Stavební stav



Obr. 92 Podélník - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav

3.2.8.2 Výsledky kombinací vnitřních sil pro posuzované průřezy

Přehled výsledků kombinací vnitřních sil posuzovaných průřezů jsou uvedeny v tab. 16 - 20

Tab. 16 Dokončený most - MSÚ

Řez	M_{\max}	M_{\min}
1	104,597	-31,436
2	-83,003	36,273
3	40,415	16,849
4	2,721	-0,421

Tab. 17 Dokončený most - MSP

Řez	M_{\max}			M_{\min}		
	Charakt.	Častá	Kvazist.	Charakt.	Častá	Kvazist.
1	72,665	45,029	6,879	-24,427	-13,265	-12,528
2	30,777	5,546	-16,844	-65,640	-50,014	-30,690
3	33,184	28,490	21,642	19,821	19,821	19,821
4	1,956	1,401	0,352	-0,285	-0,165	-0,139

Tab. 18 Stavební stavy - MSÚ

Řez	M_{\max}	M_{\min}
1	33,095	-6,134
2	10,773	-16,521
3	23,203	15,170
4	1,259	-0,436

Tab. 19 Stavební stavy - MSP

Řez	M_{\max}			M_{\min}		
	Charakt.	Častá	Kvazist.	Charakt.	Častá	Kvazist.
1	22,163	16,185	14,692	-4,036	0,355	1,454
2	7,157	2,580	1,437	-11,303	-11,302	-8,424
3	17,075	17,075	17,074	17,072	17,073	17,073
4	0,849	0,557	0,484	-0,273	-0,117	-0,078

Tab. 20 Stálé zatížení

řez	g_0	$g-g_0$
1	0,217	35,323
2	-0,418	-23,22
3	16,059	4,363
4	0,042	0,388

3.2.9 Návrh předpětí

Návrh předpětí bude proveden ve čtyřech rozhodujících průřezech:

- Průřez 1: Největší kladný moment v komoře – vzdálenost od začátku mostu: 284,375 m
- Průřez 2: Největší záporný moment v komoře – vzdálenost od začátku mostu: 534,625 m
- Průřez 3: Největší moment v příčniku – uprostřed příčniku
- Průřez 4: Největší moment v podélníku – uprostřed podélníku

Ztráty předpětí jsou odhadnuty následujícími hodnotami:

- V době vnesení předpětí 5%
- V době uvedení do provozu 15%
- V době na konci životnosti (100 let) 25%

3.2.9.1 Komora

V komoře se uvažuje rozložení předpínacích kabelů pro dané řezy dle tab. 21. V tabulce 22 jsou sečteny účinky předpětí a dopočítány ztráty předpětí.

Tab. 21 Rozložení předpínací výztuže v řezech komory

Řez	Ø Lana	Plocha lana	Počet lan v kabelu	Počet kabelů	Kotevní napětí	Kotevní síla	e	M_p
	[mm]	[mm ²]	[ks]	[ks]	[Mpa]	[MN]	[mm]	[MNm]
Horní výztuž								
1	15,7	150	30	4	1423,30	25,62	300	7,69
2	15,7	150	30	4	1423,30	25,62	876	22,44
Dolní výztuž								
1	15,7	150	30	4	1423,30	25,62	-2149	-55,06
2	15,7	150	30	4	1423,30	25,62	-600	-15,37

Tab. 22 Ztráty předpětí v řezech komory

Řez	Max účinky		TR			UP			KŽ		
	N_p	M_p	ΔP	N_p	M_p	ΔP	N_p	M_p	ΔP	N_p	M_p
	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]
1	51,24	-47,37	5	48,68	-45,00	15	43,55	-40,26	25	38,43	-35,53
2	51,24	7,07	5	48,68	6,72	15	43,55	6,01	25	38,43	5,30

3.2.9.2 Příčník

V příčníku jsou předem předpjatá lana umístěna v dolní části (na koncích část z nich separovaná). Tyto lana slouží pro vyrovnání momentů od vlastní tíhy ve stavebních stavech. Účinky předpětí a jejich ztráty viz tab. 23 a 24.

Tab. 23 Předem předpjatá lana v dolní části příčníku

Ø Lana	Plocha lana	Počet lan	Kotevní napětí	Kotevní síla	e	M _{p,d}
[mm]	[mm ²]	[ks]	[Mpa]	[MN]	[mm]	[MNm]
Dolní výztuž						
15,7	150	30	1423,30	6,40	-1816	-11,63

Tab. 24 Ztráty předpětí lan příčníků

TR			UP			KŽ		
ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p
[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]
5	6,08	-11,05	15	5,44	-9,89	25	4,80	-8,72

Pro provozní stavy se příčník doplní ještě třemi dodatečně předpínanými kabely. Dva z nich jsou vedeny přímo (každý u jednoho povrchu), třetí je navržený jako průběžně zvedaný. Účinky předpětí od těchto kabelů a jejich ztráty jsou uvedeny v tab. 25 – 27.

Tab. 25 Dodatečně předpínané kabely v příčníku

Ø Lana	Plocha lana	Počet lan v kabelu	Počet kabelů	Kotevní napětí	Kotevní síla	e	M _p
[mm]	[mm ²]	[ks]	[ks]	[Mpa]	[MN]	[mm]	[MNm]
Horní výztuž							
15,7	150	18	1	1423,30	3,84	1641	6,31
Dolní výztuž							
15,7	150	11	1	1423,30	2,35	1439	3,38
15,7	150	18	1	1423,30	3,84	1619	6,22

Tab. 26 Účinky předpětí kabelů v příčníku

P _h	M _h	P _d	M _d	Σ P _{max}	Σ M _{max}
[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]
3,84	6,31	6,19	9,60	10,03	-3,29

Tab. 27 Ztráty předpětí kabelů příčníků

TR			UP			KŽ		
ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p
[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]
5	9,53	-3,13	15	8,53	-2,80	25	7,53	-2,47

Pro posouzení příčnicku se sečtou účinky předem předpínaných lan a dodatečně předpínaných kabelů. (viz. Tab. 28).

Tab. 28 Součet účinků předpětí lan a kabelů použitých pro posouzení příčnicků

TR		UP		KŽ	
N _p	M _p	N _p	M _p	N _p	M _p
[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]
14,98	-13,02	13,97	-12,69	12,33	-11,19

3.2.9.3 Podélník

V případě podélníků jsou navrženy volné předpínací kabely, aby bylo dosaženo navrhované tenkosti průřezů. V tabulkách 29 a 30 jsou uvedeny účinky předpětí a jejich ztráty.

Tab. 29 Předpínací výztuž v podélnících

∅ Lana	Plocha lana	Počet lan v kabelu	Počet kabelů	Kotevní napětí	Kotevní síla	e _d	M _{p,d}
[mm]	[mm ²]	[ks]	[ks]	[Mpa]	[MN]	[mm]	[MNm]
Dolní výztuž							
15,7	150	10	2	1423,30	4,27	-350	-1,49

Tab. 30 Ztráty předpětím v podélníku

TR			UP			KŽ		
ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p	ΔP	N _p	M _p
[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]	[%]	[MN]	[MNm]
5	4,06	-1,42	15	3,63	-1,27	25	3,20	-1,12

3.2.10 Posouzení konstrukce – MSP

Konstrukce bude posouzena v následujících rozhodujících průřezech:

- Průřez 1: Největší kladný moment v komoře – vzdálenost od začátku mostu: 284,375 m
 - ve výpočtech značeno: σ_1^h – napětí v horních vláknech
 - σ_1^d – napětí v dolních vláknech
- Průřez 2: Největší záporný moment v komoře – vzdálenost od začátku mostu: 534,625 m
 - ve výpočtech značeno: σ_2^h – napětí v horních vláknech
 - σ_2^d – napětí v dolních vláknech
- Průřez 3: Největší moment v příčnicku – uprostřed příčnicku
 - ve výpočtech značeno: σ_3^h – napětí v horních vláknech
 - σ_3^d – napětí v dolních vláknech

- Průřez 4: Největší moment v podélníku – uprostřed podélníku
- ve výpočtech značeno: σ_4^h – napětí v horních vláknech
- σ_4^d – napětí v dolních vláknech

3.2.10.1 Mezní stav omezení napětí

Napětí v betonu (provozní stav):

- Charakteristická kombinace - $\sigma = 0,6 * f_{ck} = 0,6 * 161,00 = 96,60$ MPa
- Kvazi-stálá kombinace – $\sigma = 0,45 * f_{ck} = 0,45 * 161,00 = 72,45$ MPa

Napětí v betonu (čas vnesení předpětí):

- Charakteristická kombinace - $\sigma = 0,6 * f_{ck}(7) = 0,6 * 130,41 = 78,246$ MPa
- Kvazi-stálá kombinace – $\sigma = 0,45 * f_{ck}(7) = 0,45 * 130,41 = 58,68$ MPa

Napětí ve výztuži:

- Charakteristická kombinace – $\sigma = 0,8 * f_{yk} = 0,8 * 500,00 = 400,00$ MPa
- Střední hodnota napětí – $\sigma = 0,75 * f_{pk} = 0,75 * 1860,00 = 1395,00$ MPa

3.2.10.2 Mezní stav omezení trhlin

Napětí v betonu:

- Charakteristická kombinace – komora – dekomprese ($\sigma < 0$ MPa)
- ostatní - $\sigma = 15,7$ MPa
- Častá kombinace - $\sigma = 2/3 * 9,2/1,25 = 4,91$ MPa
- Kvazi-stálá kombinace – dekomprese ($\sigma < 0$ MPa)

3.2.10.3 Výpočet normálových napětí v betonu – stálé zatížení

Čas vnesení předpětí

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{-5,185} + \frac{0,217}{-5,185} = -6,588 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{3,603} + \frac{0,217}{3,603} = -27,656 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{-5,185} + \frac{-0,418}{-5,185} = -16,440 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{3,603} + \frac{-0,418}{3,603} = -13,476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{-2,934} + \frac{16,059}{-2,934} = -7,076 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{3,197} + \frac{16,059}{3,197} = -5,087 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{-0,256} + \frac{0,042}{-0,256} = -1,455 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{0,112} + \frac{0,042}{0,112} = -19,181 \text{ MPa}$$

Čas uvedení do provozu, před vnesením ostatního stálého zatížení (g-g0)

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{0,217}{-5,185} = -5,899 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{0,217}{3,603} = -24,738 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-0,418}{-5,185} = -14,701 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-0,418}{3,603} = -12,070 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{16,059}{-2,934} = -6,784 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{3,197} + \frac{16,059}{3,197} = -4,580 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g0}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{0,042}{-0,256} = -1,319 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g0}}{W^d} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{0,112} + \frac{0,042}{0,112} = -17,122 \text{ MPa}$$

čas uvedení do provozu, po vnesení ostatního stálého zatížení (g-g0)

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{35,540}{-5,185} = -12,711 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{35,540}{3,603} = -14,934 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-23,638}{-5,185} = -10,223 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-23,638}{3,603} = -18,515 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{20,422}{-2,934} = -8,271 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{3,197} + \frac{20,422}{3,197} = -3,215 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{0,430}{-0,256} = -2,836 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{0,112} + \frac{0,430}{0,112} = -13,647 \text{ MPa}$$

Konec životnosti

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{35,540}{-5,185} = -12,022 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{35,540}{3,603} = -12,016 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{-23,638}{-5,185} = -8,484 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{-23,638}{3,603} = -17,109 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{20,422}{-2,934} = -8,117 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{3,197} + \frac{20,422}{3,197} = -2,085 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{g+g0}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{0,430}{-0,256} = -2,700 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{g+g0}}{W^d} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{0,112} + \frac{0,430}{0,112} = -11,589 \text{ MPa}$$

3.2.10.4 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas vnesení předpětí:

Kvazistálá kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{-5,185} + \frac{14,692}{-5,185} = \left| -9,379 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{3,603} + \frac{14,692}{3,603} = \left| -23,638 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{-5,185} + \frac{1,437}{-5,185} = \left| -16,798 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{3,603} + \frac{1,437}{3,603} = \left| -12,962 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{-2,934} + \frac{17,074}{-2,934} = \left| -7,422 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-14,98}{2,480} + \frac{-13,017}{3,20} + \frac{17,074}{3,20} = \left| -4,770 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{-0,256} + \frac{0,484}{-0,256} = \left| -3,183 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-4,06}{0,593} + \frac{-1,420}{0,11} + \frac{0,484}{0,11} = \left| -15,222 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Kvazistálá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{-5,185} + \frac{1,454}{-5,185} = \left| -6,826 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{3,603} + \frac{1,454}{3,603} = \left| -27,313 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{-5,185} + \frac{-8,424}{-5,185} = \left| -14,896 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{3,603} + \frac{-8,424}{3,603} = \left| -15,699 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{-2,934} + \frac{17,073}{-2,934} = \left| -7,422 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-14,98}{2,480} + \frac{-13,017}{3,20} + \frac{17,073}{3,20} = \left| -4,770 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{-0,256} + \frac{-0,078}{-0,256} = \left| -0,986 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-4,06}{0,593} + \frac{-1,420}{0,11} + \frac{-0,078}{0,11} = \left| -20,256 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{-5,185} + \frac{22,163}{-5,185} = \left| -10,820 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{3,603} + \frac{22,163}{3,603} = \left| -21,564 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{-5,185} + \frac{7,157}{-5,185} = \left| -17,901 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{3,603} + \frac{7,157}{3,603} = \left| -11,374 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{-2,934} + \frac{17,075}{-2,934} = \left| -7,422 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-14,98}{2,480} + \frac{-13,017}{3,20} + \frac{17,075}{3,20} = \left| -4,770 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{-0,256} + \frac{0,849}{-0,256} = \left| -4,610 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-4,06}{0,593} + \frac{-1,420}{0,11} + \frac{0,849}{0,11} = \left| -11,953 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{-5,185} + \frac{-4,036}{-5,185} = \left| -5,768 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{-45,002}{3,603} + \frac{-4,036}{3,603} = \left| -28,836 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{-5,185} + \frac{-11,303}{-5,185} = \left| -14,341 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-48,677}{3,197} + \frac{6,717}{3,603} + \frac{-11,303}{3,603} = \left| -16,498 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-14,977}{2,480} + \frac{-13,017}{-2,934} + \frac{17,072}{-2,934} = -7,421 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-14,98}{2,480} + \frac{-13,017}{3,20} + \frac{17,072}{3,20} = -4,771 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-4,056}{0,593} + \frac{-1,420}{-0,256} + \frac{-0,273}{-0,256} = -0,223 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-4,06}{0,593} + \frac{-1,420}{0,11} + \frac{-0,273}{0,11} = -22,002 < 96,600 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

3.2.10.5 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas uvedení do provozu, stavební stav (před vnesením (g-g₀)):

Kvazistálá kombinace, M_{max}:

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{14,692}{-5,185} = -8,690 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{14,692}{3,603} = -20,721 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{1,437}{-5,185} = -15,059 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{1,437}{3,603} = -11,555 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{17,074}{-2,934} = -7,130 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{17,074}{3,20} = -4,262 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{0,484}{-0,256} = \left| -3,047 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{0,484}{0,11} = \left| -13,164 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Kvazistálá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{1,454}{-5,185} = \left| -6,137 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{1,454}{3,603} = \left| -24,395 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-8,424}{-5,185} = \left| -13,157 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-8,424}{3,603} = \left| -14,292 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{17,073}{-2,934} = \left| -7,129 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{17,073}{3,20} = \left| -4,263 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{-0,078}{-0,256} = \left| -0,850 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{-0,078}{0,11} = \left| -18,197 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{22,163}{-5,185} = \left| -10,131 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{22,163}{3,603} = \left| -18,647 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{7,157}{-5,185} = \left| -16,162 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{7,157}{3,603} = \left| -9,967 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{17,075}{-2,934} = \left| -7,130 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{17,075}{3,20} = \left| -4,262 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{0,849}{-0,256} = \left| -4,474 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{0,849}{0,11} = \left| -9,895 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{-4,036}{-5,185} = \left| -5,078 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{-4,036}{3,603} = \left| -25,919 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-11,303}{-5,185} = \left| -12,602 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-11,303}{3,603} = \left| -15,091 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{17,072}{-2,934} = -7,129 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{17,072}{3,20} = -4,263 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{-0,273}{-0,256} = -0,088 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{-0,273}{0,11} = -19,944 < 96,600 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

3.2.10.6 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – čas uvedení do provozu, provozní stav

Kvazistálá kombinace, M_{max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{6,879}{-5,185} = -7,184 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{6,879}{3,603} = -22,889 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-16,844}{-5,185} = -11,533 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-16,844}{3,603} = -16,629 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{21,642}{-2,934} = -8,687 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{21,642}{3,20} = -2,834 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{0,352}{-0,256} = -2,531 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{0,352}{0,11} = \left| -14,346 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Kvazistálá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{-12,528}{-5,185} = \left| -3,441 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{-12,528}{3,603} = \left| -28,276 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-30,690}{-5,185} = \left| -8,863 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-30,690}{3,603} = \left| -20,473 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = \left| -8,066 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = \left| -3,403 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{-0,139}{-0,256} = \left| -0,612 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{-0,139}{0,11} = \left| -18,744 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Častá kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{45,029}{-5,185} = -14,541 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{45,029}{3,603} = -12,300 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{5,546}{-5,185} = -15,851 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{5,546}{3,603} = -10,415 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{28,490}{-2,934} = -11,021 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{28,490}{3,20} = -0,692 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{1,401}{-0,256} = -6,632 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{1,401}{0,11} = -4,951 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Častá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{-13,265}{-5,185} = -3,299 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{-13,265}{3,603} = -28,481 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-50,014}{-5,185} = -5,136 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-50,014}{3,603} = -25,836 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = -8,066 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = -3,403 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{-0,165}{-0,256} = -0,510 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{-0,165}{0,11} = -18,976 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{72,665}{-5,185} = \left| -19,871 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{72,665}{3,603} = \left| -4,629 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{30,777}{-5,185} = \left| -20,717 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{30,777}{3,603} = \left| -3,411 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{33,184}{-2,934} = \left| -12,621 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{33,184}{3,20} = 0,776 < 15,700 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{1,956}{-0,256} = \left| -8,802 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{1,956}{0,11} = 0,020 < 15,700 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{-5,185} + \frac{-24,427}{-5,185} = -1,146 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{-40,265}{3,603} + \frac{-24,427}{3,603} = -31,579 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{-5,185} + \frac{-65,640}{-5,185} = -2,122 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-43,553}{3,197} + \frac{6,010}{3,603} + \frac{-65,640}{3,603} = -30,174 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-13,973}{2,480} + \frac{-12,687}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = -8,066 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-13,97}{2,480} + \frac{-12,687}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = -3,403 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,629}{0,593} + \frac{-1,270}{-0,256} + \frac{-0,285}{-0,256} = -0,041 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,63}{0,593} + \frac{-1,270}{0,11} + \frac{-0,285}{0,11} = -20,051 < 96,600 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

3.2.10.7 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu – konec životnosti

Kvazistálá kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{6,879}{-5,185} = -6,495 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{6,879}{3,603} = -19,972 < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{-16,844}{-5,185} = \left| -9,794 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{-16,844}{3,603} = \left| -15,223 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{21,642}{-2,934} = \left| -8,532 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{21,642}{3,20} = \left| -1,704 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{0,352}{-0,256} = \left| -2,395 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{0,352}{0,11} = \left| -12,287 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Kvazistálá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{-12,528}{-5,185} = \left| -2,752 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{-12,528}{3,603} = \left| -25,359 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{-30,690}{-5,185} = \left| -7,124 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{-30,690}{3,603} = \left| -19,066 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = \left| -7,912 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = \left| -2,273 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{-0,139}{-0,256} = \left| -0,476 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{-0,139}{0,11} = \left| -16,685 \right| < 72,450 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Častá kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{45,029}{-5,185} = -13,852 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{45,029}{3,603} = -9,382 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{5,546}{-5,185} = -14,112 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{5,546}{3,603} = -9,008 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{28,490}{-2,934} = -10,867 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{28,490}{3,20} = 0,438 < 4,910 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{1,401}{-0,256} = -6,497 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{1,401}{0,11} = -2,892 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Častá kombinace, M_{\min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{-13,265}{-5,185} = -2,610 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{-13,265}{3,603} = -25,563 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{-50,014}{-5,185} = -3,397 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{-50,014}{3,603} = -24,430 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = -7,912 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = -2,273 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{\xi}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{-0,165}{-0,256} = -0,374 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{\xi}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{-0,165}{0,11} = -16,918 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{\max} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{72,665}{-5,185} = \left| -19,182 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{72,665}{3,603} = \left| -1,712 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{30,777}{-5,185} = \left| -18,978 \right| < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{30,777}{3,603} = -2,005 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{33,184}{-2,934} = -12,466 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{33,184}{3,20} = 1,906 < 15,700 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{1,956}{-0,256} = -8,667 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{1,956}{0,11} = 2,079 < 15,700 \text{ MPa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

Charakteristická kombinace, M_{min} :

$$\sigma_1^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{-5,185} + \frac{-24,427}{-5,185} = -0,457 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{-35,528}{3,603} + \frac{-24,427}{3,603} = -28,661 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{-5,185} + \frac{-65,640}{-5,185} = -0,383 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-38,429}{3,197} + \frac{5,303}{3,603} + \frac{-65,640}{3,603} = -28,767 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-12,329}{2,480} + \frac{-11,195}{-2,934} + \frac{19,821}{-2,934} = -7,912 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-12,33}{2,480} + \frac{-11,195}{3,20} + \frac{19,821}{3,20} = -2,273 < 96,600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{ch}}{W^h} = \frac{-3,202}{0,593} + \frac{-1,121}{-0,256} + \frac{-0,285}{-0,256} = 0,095 < 15,700 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{ch}}{W^d} = \frac{-3,20}{0,593} + \frac{-1,121}{0,11} + \frac{-0,285}{0,11} = \left| -17,993 \right| < 96,600 \text{ Mpa}$$

Konstrukce vyhoví ve všech posuzovaných případech.

3.2.10.8 Příčník

Pro posouzení příčníků jsou oproti ostatním prvkům navíc dva časy. Jedná se o čas těsně po vnesení předpětí předem napínanými lany a o čas těsně před přitížením a vnesením předpětí dodatečně napínanými lany. Tyto časy představují stavy před vnesením konečného předpětí.

Čas těsně po vnesení předpětí předem napínanými lany

$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-6,085}{2,480} + \frac{-11,050}{-2,934} + \frac{16,059}{-2,934} = \left| -4,161 \right| < 58,680 \text{ MPa}$$

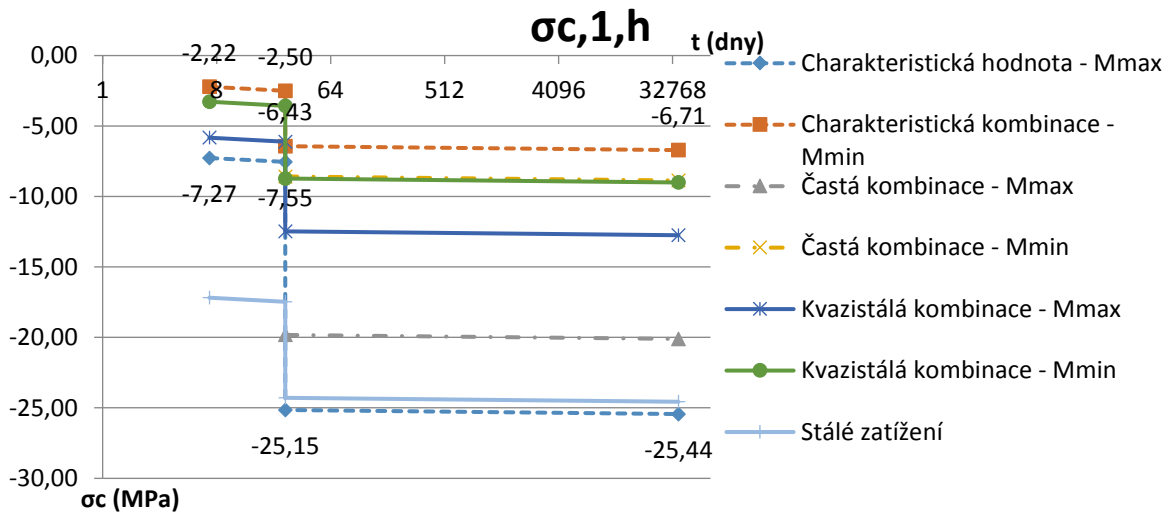
$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-6,08}{2,480} + \frac{-11,050}{3,20} + \frac{16,059}{3,20} = \left| -0,887 \right| < 58,680 \text{ MPa}$$

Čas těsně před přitížením a vnesením předpětí dodatečně napínanými lany

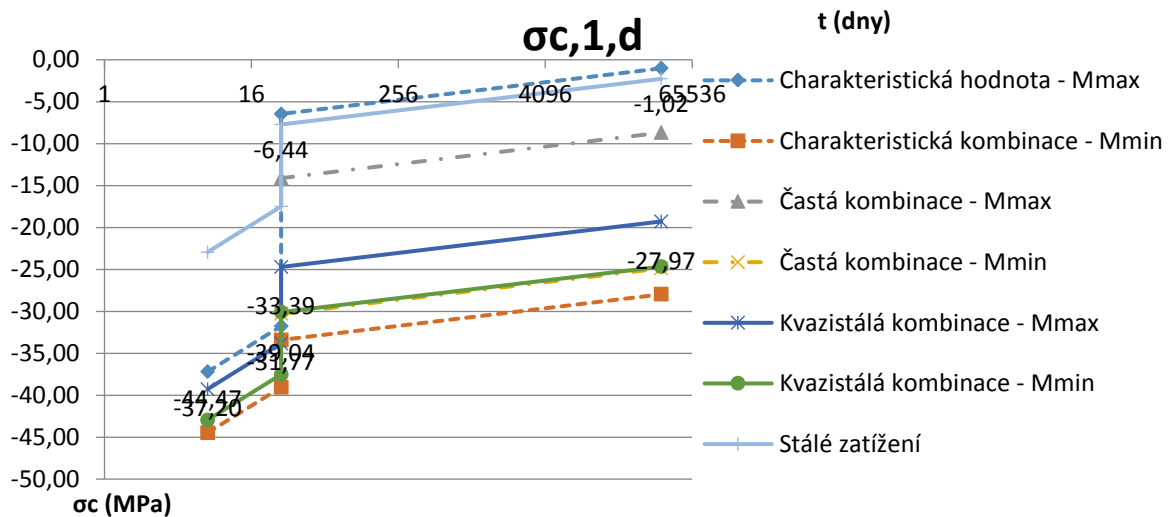
$$\sigma_3^h = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^h} + \frac{M_{kv}}{W^h} = \frac{-5,444}{2,480} + \frac{-9,887}{-2,934} + \frac{16,059}{-2,934} = \left| -4,299 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^d = \frac{N_p}{A} + \frac{M_p}{W^d} + \frac{M_{kv}}{W^d} = \frac{-5,44}{2,480} + \frac{-9,887}{3,20} + \frac{16,059}{3,20} = \left| -0,265 \right| < 72,450 \text{ MPa}$$

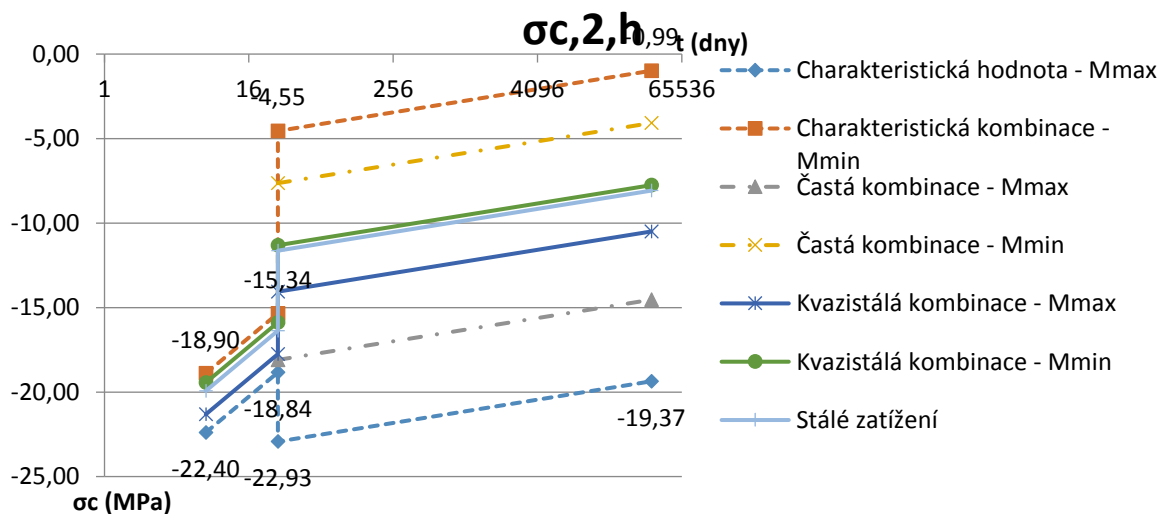
3.2.10.9 Grafy normálových napětí



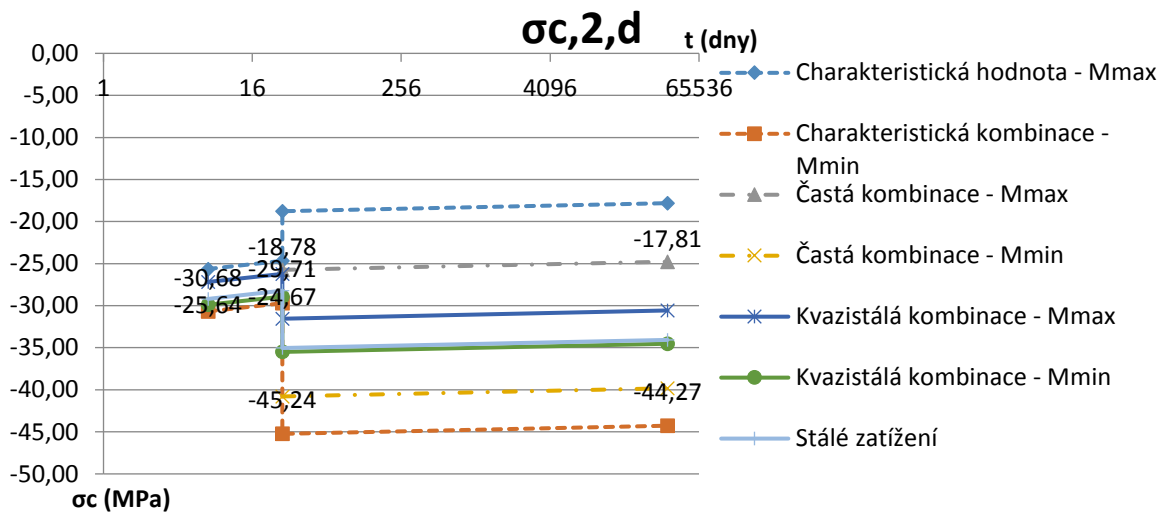
Obr. 93 Průběh normálových napětí v řezu 1 (největší kladný moment v komoře) v čase - horní vlákna



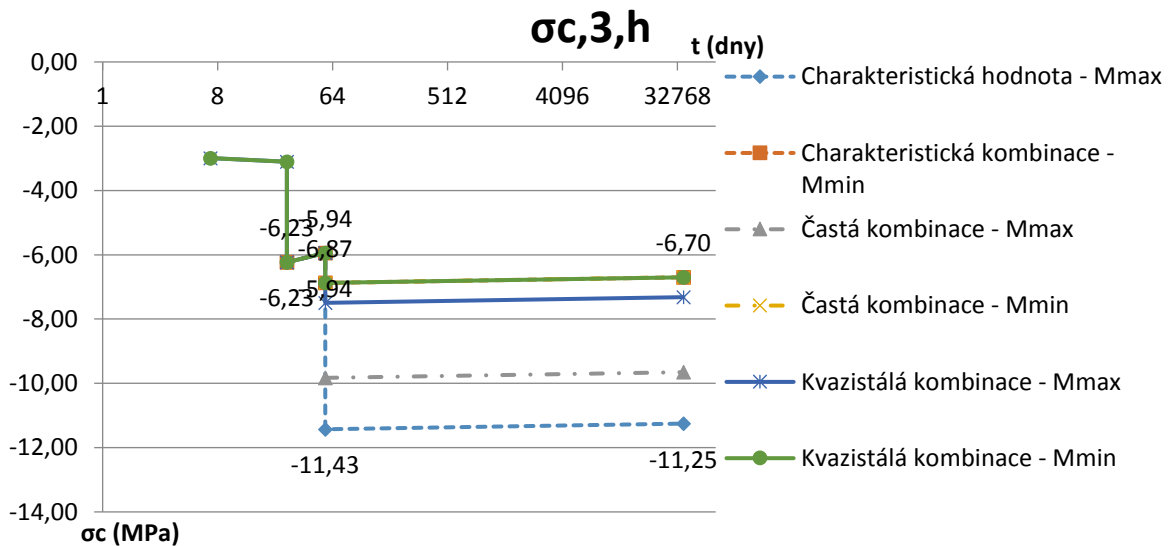
Obr. 94 Průběh normálových napětí v řezu 1 (největší kladný moment v komoře) v čase - dolní vlákna



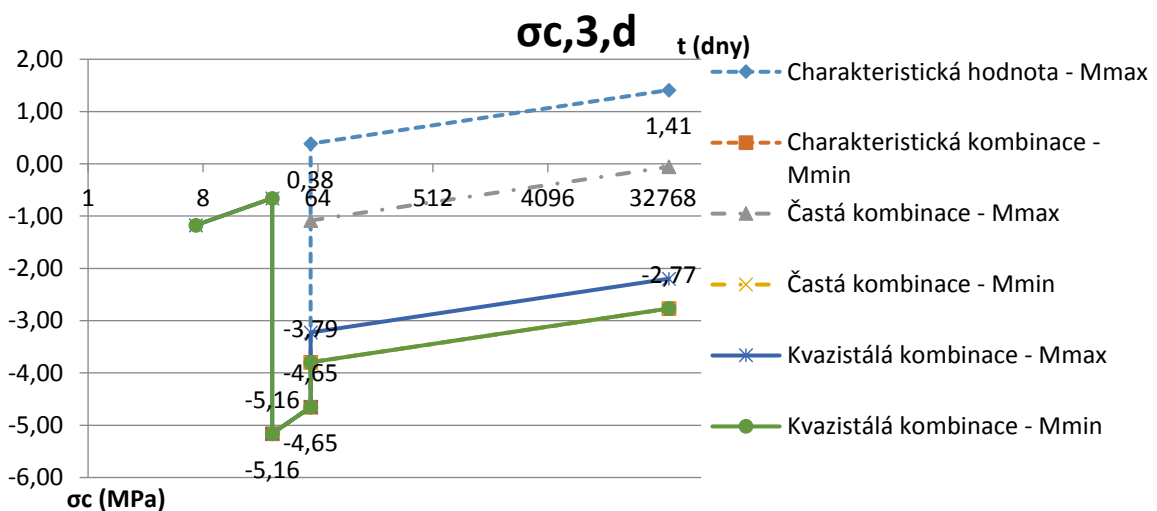
Obr. 95 Průběh normálových napětí v řezu 2 (největší záporný moment v komoře) v čase - horní vlákna



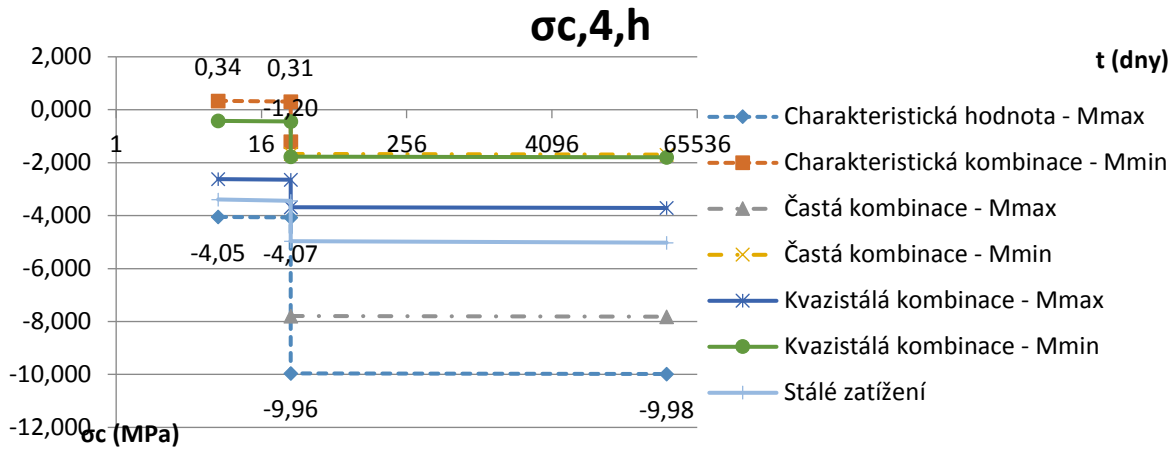
Obr. 96 Průběh normálových napětí v řezu 2 (největší záporný moment v komoře) v čase - dolní vlákna



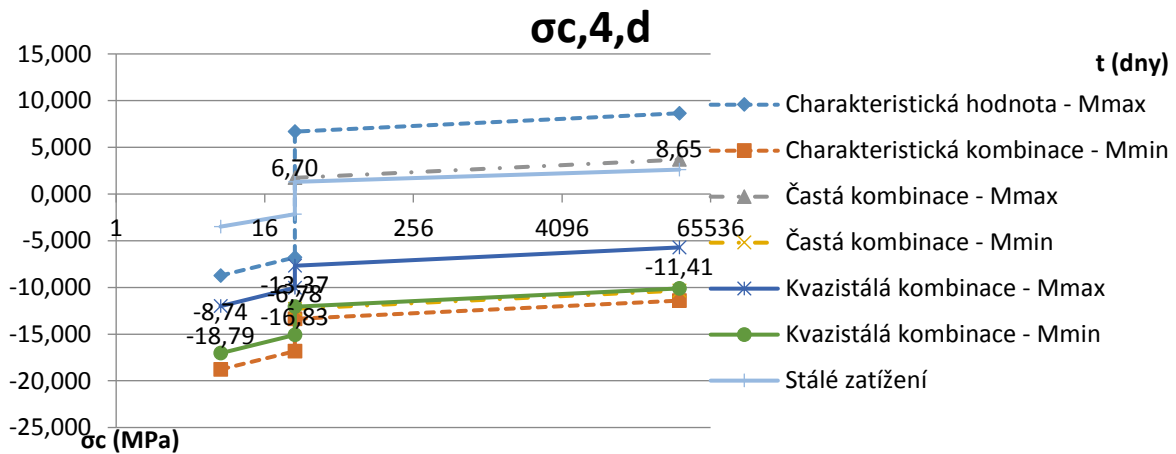
Obr. 97 Průběh normálových napětí v řezu 3 (největší kladný moment v příčnici) v čase - horní vlákna



Obr. 98 Průběh normálových napětí v řezu 3 (největší kladný moment v příčnici) v čase - dolní vlákna



Obr. 99 Průběh normálových napětí v řezu 4 (největší kladný moment v podélníku) v čase - horní vlákna



Obr. 100 Průběh normálových napětí v řezu 4 (největší kladný moment v podélníku) v čase - dolní vlákna

3.2.11 Posouzení konstrukce – MSÚ

3.2.11.1 Posouzení na ohyb

Pro posouzení se bude uvažovat následné napětí v předpínací výztuži:

$$\text{- Volné kabely – napětí na konci životnosti: } \sigma_{p,\text{volne}} = 0,75 * \sigma_{p,\text{max}} = 0,75 * 1473,12 = 1104,84 \text{ MPa}$$

$$\text{- Soudržná výztuž – } f_{pd} = 1423,304 \text{ MPa}$$

Součinitel $\lambda = 0,8$

3.2.11.1.1 Posouzení řezu 1 (komora maximální kladný moment)

Výpočet momentu únosnosti:

Plocha předpínací výztuže:

$$A_{pd,\text{horní}} = 4 * 30 * A_{p1} = 120 * 150 = 0,018 \text{ m}^2$$

$$A_{pd,\text{dolní}} = 4 * 30 * A_{p1} = 120 * 150 = 0,018 \text{ m}^2$$

Síla v předpínací výztuži:

$$N_{pd,\text{horní}} = A_{pd,\text{horní}} * \sigma_p(\infty) = 0,018 * 1104,84 = 19,887 \text{ MPa}$$

$$N_{pd,\text{dolní}} = A_{pd,\text{dolní}} * \sigma_p(\infty) = 0,018 * 1104,84 = 19,887 \text{ MPa}$$

$$N_{pd,c} = N_{pd,\text{horní}} + N_{pd,\text{dolní}} = 19,887 + 19,887 = 39,774 \text{ MPa}$$

Plocha tlačeneho betonu:

$$A_{cc} = \frac{N_{pd,c}}{f_{cd}} = \frac{39,774}{91,233} = 0,421 \text{ m}^2$$

Výška tlačene oblasti:

$$x = \frac{A_{cc}}{5,85} = \frac{0,421}{5,85} = 0,0720 \text{ m}$$

$$x_u = \lambda * x = 0,80 * 0,0720 = 0,0576 \text{ m}$$

$$z_{cc} = \frac{x_u}{2} = \frac{0,0576}{2} = 0,0288 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = -N_{pd,c} * z_{cc} + N_{pd,\text{horní}} * 1,526 + N_{pd,\text{dolní}} * 3,974 = -39,774 * 0,0288 + 19,887 * 1,526 + 19,887 * 3,974 = 108,233 \text{ MPa}$$

Posouzení:

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

$$108,233 \geq 104,597 \text{ [MNm]}$$

=> Vyhovuje

3.2.11.1.2 Posouzení řezu 2 (komora maximální záporný moment)

Výpočet momentu únosnosti:

Plocha předpínací výztuže:

$$A_{pd,horní} = 4 * 30 * A_{p1} = 120 * 150 = 0,018 \text{ m}^2$$

$$A_{pd,dolní} = 4 * 30 * A_{p1} = 120 * 150 = 0,018 \text{ m}^2$$

Síla v předpínací výztuži:

$$N_{pd,horní} = A_{pd,horní} * \sigma_p(\infty) = 0,018 * 1104,84 = 19,887 \text{ MPa}$$

$$N_{pd,dolní} = A_{pd,dolní} * \sigma_p(\infty) = 0,018 * 1104,84 = 19,887 \text{ MPa}$$

$$N_{pd,c} = N_{pd,horní} + N_{pd,dolní} = 19,887 + 19,887 = 39,774 \text{ MPa}$$

Plocha tlačného betonu:

$$A_{cc} = \frac{N_{pd,c}}{f_{cd}} = \frac{39,774}{91,233} = 0,421 \text{ m}^2$$

Výška tlačné oblasti:

$$x = \frac{A_{cc}}{2,60} = \frac{0,421}{2,60} = 0,1619 \text{ m}$$

$$x_u = \lambda * x = 0,80 * 0,1619 = 0,0846 \text{ m}$$

$$z_{cc} = \frac{x_u}{2} = \frac{0,0846}{2} = 0,0423 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = N_{pd,c} * z_{cc} - N_{pd,horní} * 3,501 - N_{pd,dolní} * 2,025 = 39,774 * 0,0423 - 19,887 * 3,501 - 19,887 * 2,025 = -108,21 \text{ MPa}$$

Posouzení:

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

$$-108,233 \leq -83,003 [\text{MNm}]$$

=> Vyhovuje

3.2.11.1.3 Posouzení řezu 3 (příčník)

Výpočet momentu únosnosti:

Síla ve výztuži a vyvozující moment (viz. Tab 31).

Tab. 31 Působení předpínací výztuže v příčniku

	Počet lan	Počet kabelů	Plocha [m ²]	$\sigma_{\text{výztuž}}$ [MPa]	$N_{\text{výztuž}}$ [MN]	$Z_{\text{pd,horní,i}}$ [m]	$M_{\text{pd,i}}$ [MNm]
Horní	18	1	0,0027	1423,304	3,843	0,445	1,710
Dolní1	11	1	0,00165	1423,304	2,350	3,525	8,278
Dolní2	18	1	0,0027	1423,304	3,848	3,705	14,238
Předem	30	-	0,0045	1423,304	6,418	3,902	24,992

Výška tlacené a tažené oblasti byla stanovena iteračním postupem. Vycházelo se z podmínky rovnováhy vnitřních sil v průřezu.

$$x_{\text{tlak}} = 0,3887 \text{ m}, x_{u,\text{tlak}} = 0,8 * 0,3887 = 0,311 \text{ m}$$

$$x_{\text{tah}} = 3,6113 \text{ m}, x_{u,\text{tah}} = 0,8 * 3,6113 = 2,889 \text{ m}$$

Síla v betonu:

$$N_{c,\text{tah}} = x_u * \frac{f_{ct}}{\gamma_{cf} k_{\text{global}}} = 2,889 * \frac{6,7}{1,3 * 1,25} = 11,912 \text{ MN}$$

$$N_{c,\text{tlak}} = 28,371 \text{ MN}$$

Ramena:

$$z_{c,\text{tlak}} = \frac{x_{u,\text{tlak}}}{2} = \frac{0,311}{2} = 0,1555 \text{ m}$$

$$z_{c,\text{tah}} = h - \frac{x_{u,\text{tah}}}{2} = 4,000 - \frac{2,889}{2} = 2,556 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{\text{Rd}} = -N_{c,\text{tlak}} * z_{c,\text{tlak}} + N_{c,\text{tah}} * z_{c,\text{tah}} + M_{\text{pd,horní}} + M_{\text{pd,dolní1}} + M_{\text{pd,dolní2}} + M_{\text{pd,předem}} = -28,371 * 0,1555 + 11,912 * 2,556 + 1,710 + 8,278 + 14,238 + 24,992 = 75,253 \text{ MNm}$$

Posouzení:

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

$$75,253 \geq 40,415 \text{ [MNm]}$$

=> Vyhovuje

3.2.11.1.4 Posouzení řezu 4 (podélník)

Výpočet momentu únosnosti:

Síla ve výztuži a vyvozující moment (viz. Tab 32).

Tab. 32 Působení předpínací výztuže v podélníku

	Počet lan	Počet kabelů	Plocha [m ²]	$\sigma_{\text{výztuž}}$ [MPa]	$N_{\text{výztuž}}$ [MN]	$Z_{\text{pd,horní,i}}$ [m]	$M_{\text{horní,i}}$ [MNm]
Dolní	10	2	0,0015	1473,120	2,210	0,715	1,580

Výška tlačené a tažené oblasti byla stanovena iteračním postupem. Vycházelo se z podmínky rovnováhy vnitřních sil v průřezu.

$$x_{\text{tlak}} = 0,0809 \text{ m}, x_{u,\text{tlak}} = 0,8 * 0,0809 = 0,0647 \text{ m}$$

$$x_{\text{tah}} = 1,1192 \text{ m}, x_{u,\text{tah}} = 0,8 * 1,1192 = 0,8954 \text{ m}$$

Síla v betonu:

$$N_{c,\text{tah}} = x_u * \frac{f_{ct}}{\gamma_{cfk_{\text{global}}}} = 0,8954 * \frac{6,7}{1,3 * 1,25} = 3,692 \text{ MN}$$

$$N_{c,\text{tlak}} = 5,902 \text{ MN}$$

Ramena:

$$z_{c,\text{tlak}} = \frac{x_{u,\text{tlak}}}{2} = \frac{0,0647}{2} = 0,0324 \text{ m}$$

$$z_{c,\text{tah}} = h - \frac{x_{u,\text{tah}}}{2} = 1,200 - \frac{0,8954}{2} = 0,752 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{\text{Rd}} = -N_{c,\text{tlak}} * z_{c,\text{tlak}} + N_{c,\text{tah}} * z_{c,\text{tah}} + M_{\text{pd,dolní}} = -5,902 * 0,0324 + 3,692 * 0,752 + 1,580 = 4,165 \text{ MNm}$$

Posouzení:

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

$$4,165 \geq 2,721 \text{ [MNm]}$$

=> Vyhovuje

4 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1990 ed. 2: 2015 (73 0002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*,
- [2] ČSN EN 1991-1-1: 2004 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*,
- [3] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2: 2013 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*,
- [4] ČSN EN 1991-1-5: 2005 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*,
- [5] ČSN EN 1991-1-6: 2006 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění*,
- [6] ČSN EN 1991-1-7: 2007 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení*,
- [7] ČSN EN 1991-2 ed. 2: 2015 (73 6203) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*,
- [8] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: 2011 (73 1201) *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*,
- [9] ČSN EN 1992-2: 2007 (73 6208) *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*,
- [10] ČSN 73 6214: 2014 *Navrhování betonových mostních konstrukcí*,
- [11] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: Přednášky*. Praha : ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-05543-4,
- [12] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2 – cvičení: Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. Praha : ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05690-5,
- [13] AFGC. *Documents scientifiques et techniques ULTRA HIGH PERFORMANCE FIBRE-REINFORCED: Recommandations*. 2013,
- [14] Školní materiály.

5 Seznam obrázků

Obr. 1 Umístění ložisek a tlumičů na mostě.....	18
Obr. 2 Model 1	20
Obr. 3 Model 2	20
Obr. 4 Zatěžovací šířky prutů v modelu 2 pro ostatní stálé zatížení	26
Obr. 5 Rozložení zatěžovacích pruhů pro největší namáhání komory	27
Obr. 6 Rozložení zatěžovacích pruhů pro největší namáhání příčnicků	29
Obr. 7 Umístění vozidla na mostovce, náprava 240 kN	30
Obr. 8 Umístění vozidla na mostovce, náprava 120 kN	30
Obr. 9 Schéma zatížení modelem LM4.....	31
Obr. 10 Schéma modelu zatížení na únavu 3	31
Obr. 11 Umístění vozidla pro největší zatížení komory.....	32
Obr. 12 Umístění vozidla pro největší zatížení příčnicku	32
Obr. 13 Umístění vozidla v příčném směru pro největší zatížení podélníku	33
Obr. 14 Umístění vozidla v podélném směru pro největší zatížení podélníku.....	33
Obr. 15 Schéma zatížení chodníků	33
Obr. 16 Zatížení větrem.....	36
Obr. 17 Komora - g_0 (průběh momentů na spojitě konstrukci bez rektifikace)	37
Obr. 18 Komora - g_0 (uvažované přibližné momenty ve výpočtu)	37
Obr. 19 Komora - g_0 (vnitřní pole)	37
Obr. 20 Komora - $(g-g_0)_m$	38
Obr. 21 Komora - $(g-g_0)_{k,sup}$	38
Obr. 22 Komora - $(g-g_0)_{k,inf}$	38
Obr. 23 Komora - Nerovnoměrné poklesy podpor.....	38
Obr. 24 Komora - LM1a - TS	39
Obr. 25 Komora - LM1a - UDL	39
Obr. 26 Komora - LM1b - TS	39
Obr. 27 Komora - LM1b – UDL	39
Obr. 28 Komora - LM3	40
Obr. 29 Komora - LM4	40
Obr. 30 Komora – LM3 - únava	40
Obr. 31 Komora - Zatížení chodníků.....	40
Obr. 32 Komora - Zatížení od teploty	41
Obr. 33 Komora - Staveništní zatížení	41
Obr. 34 Komora - Zatížení větrem	41
Obr. 35 Komora - rektifikace hlavního visutého kabelu	41
Obr. 36 Příčnick - g_0	42
Obr. 37 Příčnick - $(g-g_0)_m$	42
Obr. 38 Příčnick - $(g-g_0)_{k,sup}$	42
Obr. 39 Příčnick - $(g-g_0)_{k,inf}$	42
Obr. 40 Příčnick - LM1a - TS	43
Obr. 41 Příčnick - LM1a - UDL	43
Obr. 42 Příčnick - LM1b - TS.....	43
Obr. 43 Příčnick - LM1b - UDL	43

Obr. 44 Příčnick - LM3	44
Obr. 45 Příčnick - LM4	44
Obr. 46 Příčnick - LM3 - únava	44
Obr. 47 Příčnick - Zatížení chodníků.....	44
Obr. 48 Příčnick – Zatížení teplotou.....	45
Obr. 49 Příčnick - Staveništní zatížení	45
Obr. 50 Příčnick - Zatížení větrem	45
Obr. 51 Podélník - g_0	45
Obr. 52 Podélník - $(g-g_0)_m$	46
Obr. 53 Podélník - $(g-g_0)_{k,sup}$	46
Obr. 54 Podélník - $(g-g_0)_{k,inf}$	46
Obr. 55 Podélník - Nerovnoměrné poklesy podpor	46
Obr. 56 Podélník - LM1a - TS	46
Obr. 57 Podélník - LM1a - UDL	47
Obr. 58 Podélník - LM1b - TS.....	47
Obr. 59 Podélník - LM1b - UDL	47
Obr. 60 Podélník - LM3.....	47
Obr. 61 Podélník - LM4.....	48
Obr. 62 Podélník – LM3 - únava	48
Obr. 63 Podélník - Zatížení chodníků.....	48
Obr. 64 Podélník - Zatížení teplotou	48
Obr. 65 Podélník - Staveništní zatížení	49
Obr. 66 Komora - MSÚ - Dokončený most	50
Obr. 67 Komora - MSÚ - Stavební stav.....	50
Obr. 68 Komora - Charakteristická kombinace - Dokončený most	51
Obr. 69 Komora - Častá kombinace - Dokončený most	51
Obr. 70 Komora - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most	51
Obr. 71 Komora - Charakteristická kombinace - Stavební stav	51
Obr. 72 Komora - Častá kombinace - Stavební stav	52
Obr. 73 Komora - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav	52
Obr. 74 Příčnick - MSÚ - Dokončený most	52
Obr. 75 Příčnick - MSÚ - Stavební stav.....	52
Obr. 76 Příčnick - Charakteristická kombinace - Dokončený most	53
Obr. 77 Příčnick - Častá kombinace - Dokončený most	53
Obr. 78 Příčnick - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most.....	53
Obr. 79 Příčnick - Charakteristická kombinace - Stavební stav.....	53
Obr. 80 Příčnick - Častá kombinace - Stavební stav	54
Obr. 81 Příčnick - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav.....	54
Obr. 82 Podélník - MSÚ - Dokončený most.....	54
Obr. 83 Podélník - MSÚ - Stavební stav.....	54
Obr. 84 Podélník - Charakteristická kombinace - Dokončený most	55
Obr. 85 Podélník - Častá kombinace - Dokončený most	55
Obr. 86 Podélník - Kvazi-stálá kombinace - Dokončený most.....	55
Obr. 87 Podélník - Charakteristická kombinace - Stavební stav.....	55
Obr. 88 Podélník - Častá kombinace - Stavební stav.....	55
Obr. 89 Podélník - Kvazi-stálá kombinace - Stavební stav.....	56
Obr. 90 Průběh normálových napětí v řezu 1 v čase - horní vlákna.....	79
Obr. 91 Průběh normálových napětí v řezu 1 v čase - dolní vlákna	79

Obr. 92 Průběh normálových napětí v řezu 2 v čase - horní vlákna.....	80
Obr. 93 Průběh normálových napětí v řezu 2 v čase - dolní vlákna	80
Obr. 94 Průběh normálových napětí v řezu 3 v čase - horní vlákna.....	80
Obr. 95 Průběh normálových napětí v řezu 3 v čase - dolní vlákna	80
Obr. 96 Průběh normálových napětí v řezu 4 v čase - horní vlákna	81
Obr. 97 Průběh normálových napětí v řezu 4 v čase - dolní vlákna	81

6 Seznam tabulek

Tab. 1 Tíhy jednotlivých segmentů.....	24
Tab. 2 Zatížení závěsů v modelu 1 od vlastní tíhy nosné konstrukce.....	25
Tab. 3 Zatížení prutů v modelu 2 od vlastní tíhy konstrukce	25
Tab. 4 Ostatní stálé zatížení.....	25
Tab. 5 Zatížení prutů v modelu 2 od ostatního stálého zatížení	26
Tab. 6 Charakteristické hodnoty zatížení pruhů dopravou a regulačních součinitelů α	27
Tab. 7 Zatížení prutů v modelu 2 od modelu zatížení 4	31
Tab. 8 Zatížení prutů v modelu 2 od zatížení chodníků.....	33
Tab. 9 Součinitel k_{sur}	34
Tab. 10 Zatížení prutů v modelu 2 od staveništního zatížení.....	35
Tab. 11 Součinitele spolehlivosti zatížení.....	49
Tab. 12 Součinitele kombinace ψ pro silniční mosty.....	50
Tab. 13 Dokončený most - MSÚ	56
Tab. 14 Dokončený most - MSP.....	56
Tab. 15 Stavební stavy - MSÚ	56
Tab. 16 Stavební stavy - MSP	56
Tab. 17 Stálé zatížení	57
Tab. 18 Rozložení předpínací výztuže v řezech komory	57
Tab. 19 Ztráty předpětí v řezech komory	57
Tab. 20 Předem předpjatá lana v dolní části příčnicku	58
Tab. 21 Ztráty předpětí lan příčnicků	58
Tab. 22 Dodatečně předpínané kabely v příčnicku	58
Tab. 23 Účinky předpětí kabelů v příčnicku	58
Tab. 24 Ztráty předpětí kabelů příčnicků	58
Tab. 25 Součet účinků předpětí lan a kabelů použitých pro posouzení příčnicků	59
Tab. 26 Předpínací výztuž v podélnících.....	59
Tab. 27 Ztráty předpětím v podélníku	59