

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh estakády z UHPFRC prefabrikovaných

segmentů

Autor: Bc. Lukáš Kaprálek

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

Rok obhajoby: 2021



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kaprálek** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **458945**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh estakády z UHPFRC prefabrikovaných segmentů

Název diplomové práce anglicky:

Design of a viaduct made of precast UHPFRC segments

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

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

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

Datum zadání diplomové práce: **23.09.2020** Termín odevzdání diplomové práce: **03.01.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Návrh estakády z UHPFRC prefabrikovaných segmentů“ jsem vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označil a uvedl v příloženém seznamu.

V Praze dne:

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Romanu Šafářovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce, dále bych chtěl poděkovat mé rodině, a především mé ženě Zuzaně, za neustálou podporu při studiích i v životě.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a statickým posouzením dálniční estakády o osmnácti polích rozpětí 30,0 + 16 x 51,0 + 30,0 m. Konstrukce je navržena z UHPFRC (fck = 161 MPa) prefabrikovaných segmentů komorového průřezu, příčníků tvaru I a mostovkových desek s podélníky tvaru π . Uvažuje se dodatečné předepnutí konstrukce volnými kabely. Obsahem této práce je technická zpráva, statický výpočet s návrhem předpětí a s ověřením nosné konstrukce jak během realizace, tak i po dokončení, a výkresová dokumentace mostu.

Klíčová slova: UHPFRC, most, segmentový most, předpínání, prefabrikace

Abstrakt:

This bachelor thesis is focused on a design and structural analysis of a highway viaduct of eighteen spans with span lengths of 36,0 + 16 x 51,0 + 36,0 m. The superstructure of the bridge is made of UHPFRC precast box segments, crossbeams of I-shaped cross section and deck slabs with π -shaped longitudinal stiffeners. The bridge is prestressed (post-tensioned) with unbonded prestressing tendons. The thesis contains technical report, detailed structural analysis with design of prestressing and with verification of the structure during construction as well as after completion, and technical drawings of the structure.

Keywords: UHPFRC, bridge, segmental bridge, precast, prestressing

Použitá literatura:

- 1) ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2 - cvičení: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001056905.
- 2) ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001055434.
- 3) PRAGOPROJEKT. *Rychlostní silnice R35 Opatovice – Časy SO 202 Estakáda přes inundační území Labe*. Projektová dokumentace pro stavební povolení. 2013
- 4) TOULEMONDE, François a Jacques RESPLENDINO. *Designing and Building with UHPFRC*. 2nd ed. Great Britain: John Wiley, 2013. ISBN 978-1-84821-271-8.
- 5) AFGC-SETRA. *Bétons Fibrés à Ultra-hautes Performances – Recommandation*. 2013
- 6) ČSN EN 1990 ed. 2, Eurokód. *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- 7) ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1. *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- 8) ČSN EN 1991-1-5, Eurokód 1. *Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- 9) ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1. *Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- 10) ČSN EN 1991-2 ed. 2, Eurokód 1. *Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- 11) ČSN EN 1992-1-1 ed 2, Eurokód 2. *Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- 12) ČSN EN 1992-2, Eurokód 2. *Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- 13) ČSN 73 6200. *Mostní názvosloví*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1975.
- 14) ČSN 73 6214. *Navrhování betonových mostních konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2014.

- 15) Standard NF P18-710 National addition to Eurocode 2 - Design of concrete structures: specific rules for ultra-high performance fibre-reinforced concrete (UHPFRC), Francie, duben 2016,
- 16) Standard NF P18-470 Concrete - Ultra-high performance fibre-reinforced concrete - Specifications, performance, production and conformity, Francie, červenec 2016.

Úvod

Předmětem této diplomové práce je návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce nového dálničního mostu z UHPFRC $f_{ck} = 161$ MPa předpjatého betonu. Most je součástí nově realizovaného úseku dálnice D35 v úseku Opatovice – Časy, staničení 4,480 – 5,927 D35, most dále navazuje na další most přes řeku Labe. Účelem mostu je převést komunikaci přes záplavové území řeky Labe.

Nosná konstrukce je navržena jako spojitý nosník o osmnácti polích, 2 x krajní pole délky 36,0 m a 16 x vnitřní pole délky 51,0 m. Konstrukce bude tvořena prefabrikovanými prvky z ultravysokohodnotného vláknobetonu UHPFRC $f_{ck} = 161$ MPa – komorových segmentů, příčnicků a mostovkových desek s podélníky. Příčný řez nosné konstrukce je dvoukomorový.

Konstrukce je posouzena z hlediska mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti podle platných evropských norem a podle francouzských norem pro navrhování konstrukcí z UHPFRC.

Seznam příloh

ČÁST A: TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČÁST B: STATICKÝ VÝPOČET

ČÁST C: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Návrh UHPFRC estakády na D35 u Opatovic

Část A: Technická zpráva

OBSAH

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU	3
2	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ.....	3
3	ZDŮVODNĚNÍ MOSTU A JEHO UMÍSTĚNÍ	4
3.1	NÁVAZNOST PROJEKTU MOSTNÍHO OBJEKTU NA PŘEDCHÁZEJÍCÍ STUPEŇ	4
3.2	CHARAKTER PŘEMOŠTOVANÉ PŘEKÁŽKY.....	4
3.3	CHARAKTER PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE	5
3.4	VZTAH K ÚZEMÍ.....	5
3.5	GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY	5
4	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU	6
4.1	POPIS KONSTRUKCE MOSTU.....	6
4.1.1	<i>Zakládání a zemní práce</i>	<i>7</i>
4.1.2	<i>Spodní stavba</i>	<i>7</i>
4.1.3	<i>Hlavní nosná konstrukce</i>	<i>8</i>
4.1.4	<i>Uložení nosné konstrukce.....</i>	<i>9</i>
4.2	VYBAVENÍ MOSTU	9
4.2.1	<i>Vozovka a izolace</i>	<i>9</i>
4.2.2	<i>Římsy.....</i>	<i>9</i>
4.2.3	<i>Mostní závěry</i>	<i>10</i>
4.2.4	<i>Zadržné systémy</i>	<i>10</i>
4.2.5	<i>Odvodnění</i>	<i>10</i>
5	POSTUP VÝSTAVBY.....	10

1 Identifikační údaje mostu

<i>Stavba:</i>	D35 Opatovice nad Labem – Časy
<i>Objekt:</i>	SO 202 – Most před inundační území Labe
<i>Kraj:</i>	Pardubický
<i>Okres:</i>	Pardubický
<i>Katastrální území:</i>	Opatovice Nad Labem, Bukovina Nad Labem
<i>Druh převáděné komunikace:</i>	Dálnice
<i>Kategorie převáděné komunikace:</i>	D 25,5/120
<i>Přemostovaná překážka:</i>	Inundační území Labe Služební sjezd SO 121 Polní cesta
<i>Úhel křížení:</i>	Služební sjezd 90,0 ° Polní cesta 60,0 ° Polní cesta 79,0 °
<i>Požadovaná podjezdná výška:</i>	4,20 + 0,15 = 4,35 m
<i>Volná výška pod mostem:</i>	min. 4,45 m

2 Základní údaje o mostě

<i>Charakteristika mostu:</i>	Přemostění tvoří dva trvalé, nezávislé trémové mosty, každý most s dvoukomorovým průřezem, s rozpětím polí: 30,0 + 16 x 51,0 m + 30,0 m, směrově v oblouku, v přechodnici a v přímé, výškově v přímé. Nosná konstrukce je masivní, prefabrikovaná, z UHPFRC (fck = 161 MPa), s normovanou zatížitelností. Mosty
-------------------------------	---

budou založeny hlubinně, na vrtaných velkopřůměrových pilotách.

<i>Délka přemostění:</i>	885,900 m
<i>Délka mostu:</i>	1096,36 m (včetně navazující nosné konstrukce)
<i>Délka nosné konstrukce:</i>	891,000 m
<i>Rozpětí jednotlivých polí:</i>	36,0 + 16 x 51,0 + 36,0
<i>Šikmost mostu:</i>	90°
<i>Volná šířka mostu:</i>	11,750 m
<i>Šířka mezi zábradlími:</i>	28,0 m
<i>Šířka průjezdního prostoru:</i>	11,750 m
<i>Šířka průchozího prostoru:</i>	0,750 m
<i>Šířka mostu:</i>	14,250 m
<i>Výška mostu nad terénem:</i>	proměnná od 4,000 m – 8,500 m
<i>Stavební výška:</i>	2,635 m
<i>Plocha nosné konstrukce mostu:</i>	12162,15 m ²
<i>Zatížení mostu:</i>	Skupina PK1 dle ČSN EN 1991-2

3 Zdůvodnění mostu a jeho umístění

3.1 Návaznost projektu mostního objektu na předcházející stupeň

Jedná se o první stupeň dokumentace.

3.2 Charakter přemostované překážky

Most převádí rychlostní komunikaci D35 přes záplavové území řeky Labe, přes polní cestu a služební sjezd.

3.3 Charakter převáděné komunikace

<i>Šírkové uspořádání:</i>	D25,5/120
<i>Směrové poměry:</i>	Most začíná v levostranném oblouku R = 1250,0 m, od staničení km 4,954 646 následuje levostranná přechodnice délky 200,0 m, od staničení km 5,154 646 pokračuje most v přímé až na konec přemostění
<i>Výškové poměry:</i>	Niveleta komunikace stoupá ve sklonu 0,5 %

3.4 Vztah k území

Mostní objekt se nachází na nově budované dálnici D35 a leží v katastrálním území Opatovice Nad Labem a Bukovina Nad Labem. Poloha je v extravilánu, v okolí mostu jsou pole a louky. Území okolo mostu není součástí chráněných přírodních a krajinných zón.

3.5 Geotechnické podmínky

Byl zpracován podrobný geotechnický průzkum této lokality – a to zejména vrtané sondy, statické a dynamické penetrační zkoušky. V geologickém profilu mostu před inundační území Labe se vyskytuje tento geologický profil:

Kvartér:

- GT 1a – tř. F6/F5 – povodňové hlíny, prachovité červenohnědé, s podružnou jemnozrnnou písčitou složkou, tuhé až pevné konzistencí, mocnost 0,4 – 2,7 m
- GT 1b – tř. F5/F3/S5 – povodňové písky jílovité, jemnozrnné bez štěrkové frakce, světlé béžové, středně ulehlé, místy vyšší obsah jemnozrnné složky – přechod do hlín a jílu jemnozrnně písčité tuhé konzistence, mocnost vrstvy 0,6 – 1,8 m
- GT 4a – tř. S2/S3 – písek fluvialní, proměnlivě zahliněný, střednězrnný, hnědošedý, středně ulehlý, směrem k bázi nárůst štěrkovité složky, mocnost vrstvy 0,8 - 5,6 m
- GT 4c - tř. G2/G3 - štěrky fluvialní, střední, středně ulehlé, hnědošedé, proměnlivě písčité, u báze hrubší a jílovitější, mocnost vrstvy 0,7 - 8,3 m

- GT 4d - tř. G5/F2 - štěrky fluviální, jílovité, středně ulehlé až ulehlé, hnědošedé až šedé, zrna do cca 30 mm, mocnost vrstvy 0,6 - 2,2 m

Křída:

- GT 5 - tř. F8 - eluviální slín šedý a zelenošedý, vysoce plastický, pevný, se střípky silně zvětralého slínovce, mocnost nesouvislé vrstvy na povrchu slínovců cca 1,0 ~ 1,4 m
- GT 6 - tř. R6 - slínovec silně až zcela zvětralý, zpravidla střípkovitě rozpadaný, šedý až hnědošedý, mocnost vrstvy do cca 0,25 - 2,8 m
- GT 7 - tř. R5 - slínovec šedý až hnědošedý, převážně zvětralý, méně s polohami navětralými, laminovitě a tence deskovitě odlučný, porušený zčásti zvodněnými puklinami, mocnost vrstvy více jak 10,0 m
- GT 8 - tř. R4 - slínovec šedý, mírně navětralý, místy silicifikovaný, obtížně vrtatelný, porušený lokálně zvodněnými puklinami

4 Technické řešení mostu

4.1 Popis konstrukce mostu

Konstrukce mostu je navržena jako spojitý trémový nosník dvoukomorového průřezu z ultravysokohodného vláknobetonu (UHPFRC $f_{ck} = 161$ MPa), předepjatý volnými kabely. Rozpětí jednotlivých polí činí 36,0 + 16 x 51,0 + 36,0 m. Most bude segmentový z prefabrikovaných dílců. Pro každý jízdní směr je navržena samostatná konstrukce. Deska mostovky bude příčné předpjatá.

Příčný sklon na vozovce je konstantní, a to 2,5 %. Směr sklonu je vždy k levému okraji mostu. Podélný sklon konstrukce je konstantní 0,5 % a ve směru staničení stoupá. Osa komunikace na mostě začíná v oblouku, navazuje přechodnice a následuje přímá až do konce mostu.

Nosná konstrukce mostu bude uložena na hrncových ložiskách, pevná ložiska se nacházejí na pilíři P10 a P11.

Součástí tohoto objektu je pouze jedna koncová opěra. Na druhém konci konstrukce je přechodový pilíř, na kterém komunikace přechází z této konstrukce na most přes Labe.

4.1.1 Zakládání a zemní práce

Je navrženo hlubinné založení na velkopřůměrových vrtaných pilotách, a to v souladu s doporučením geotechnického průzkumu.

Jako první musí být nasypán konsolidační násyp pod opěrou OP1, a to s ohledem na předpokládané velké sednutí náspu. Po dokončení náspu je nutné ponechat ho a sledovat jeho sedání po dobu minimálně 3 měsíců. Při dosažení sednutí alespoň 90 % očekávané hodnoty je možné na náspu dále pracovat a zhotovovat OP1.

Před konstrukcí samotného násypu je nutné sejmout ornici pod očekávaným náspem a v jeho blízkosti pro vytvoření pracovní plochy. Po sejmutí ornice bude vytvořena konstrukční vrstva z kamenné sypaniny, na ní bude zřízena drenážní a výztužná geotextilie a dále bude pokračovat násyp z vhodných zemin. Jednotlivé vrstvy náspu budou hutněny, a to maximálně po vrstvách tl. 300 mm.

Opěra OP1 je založena celkem na 14 kusech velkopřůměrových vrtaných pilot $\varnothing 1200$ mm dl. 19 m.

Pilíře jsou založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách $\varnothing 1200$ mm, vetknutých do poloskalního podloží. Délky jednotlivých pilot se mění v závislosti na geologických podmínkách v jejich místě a to od 8,0 – 19,0 m. Počet pilot na jeden pilíř se pohybuje v rozmezí 8 – 14 ks.

Výkopy pro založení spodní stavby jsou navrženy v otevřených stavebních jamách se sklonem svahů 1:1. Vzhledem k očekávané vysoké hladině podzemní vody, budou dle situace tvořeny čerpací jímky, ze kterých se bude voda po dobu výstavby základů odčerpávat.

4.1.2 Spodní stavba

Opěra mostu je navržena jako masivní dřík na základové desce, kdy rozměry základového pasu jsou – výška 1,2 m, a šířka 5,395 m. Dřík samotných opěr má tloušťku 3,0 m. Nosná konstrukce je uložena na hrcových ložiskách, pod kterými jsou železobetonové podložiskové bločky umístěné na úložném prahu. Po krajích opěry jsou navrženy plentovací

zídka tl. 0,3 m. Z dřívku opěry vystupuje závěrná zídka, na které jsou zakotveny dilatační závěry, a pomocí vrubového kloubu uložena přechodová deska, jejíž sklon je navržen 10,0 %. Křídla opěr jsou rovnoběžná s osou převáděné komunikace. Základy opěr jsou navrženy z betonu C 30/37 – XA2, XC2. Dřívky, úložné prahy, závěrné zídky, plentovací zídky a křídla jsou navrženy z betonu C 30/37 – XF4, XD3.

Pilíře mají obdélníkové základy, jejichž půdorysné rozměry i výška jsou proměnné, a to z důvodu různých výšek pilířů. Horní povrchy základů jsou v podélném směru navrženy jako střežovité, a to se sklonem 4,0 %. Samotné pilíře jsou obdélníkové, a to různých půdorysných i výškových rozměrů z důvodu stoupající nivelety mostu. Pro každou komoru je jeden pilíř. Základy pilířů jsou navrženy z betonu C 30/37 – XA2, XC2, pilíře z betonu C 30/37 – XF2, XD1.

Zасыpané plochy spodní stavby budou jednotně chráněny proti vodě a zemní vlhkosti, a to pomocí izolace AIP, která bude plnoplošně připevněna na penetračním nátěru a opatřena ochrannou a drenážní geotextílií.

4.1.3 Hlavní nosná konstrukce

Nosnou konstrukci mostu tvoří prefabrikovaná dvoukomorová segmentová spojitá konstrukce z předpjatého UHPFRC s $f_{ck} = 161$ MPa. Rozpětí jednotlivých polí je 30,0 m + 16 x 51,0 m + 30,0 m. Konstrukce má konstantní výšku průřezu 2,5 m. Šířka spodní desky komory je 2,5 m, její tloušťka v poli je 0,15 m. Horní deska komory jednoho segmentu je šířky 3,0 m a její tloušťka je 0,2 m. Vnější konzoly mají šířku 1,0 m a ztenčují se na konečnou výšku 0,15 m, vnitřní konzoly jsou široké 0,6 m a mají konstantní výšku 0,2 m. Stěny komory mají tloušťku 0,2 m. V krajních polích je na každém třetím segmentu uložen příčník tvaru I, na příčnicích jsou uloženy mostovkové desky s podélníky tvaru π . V typickém poli je příčník na každém třetím, resp. čtvrtém segmentu.

Celková šířka nosné konstrukce je 13,65 m. Konstrukce je v příčném sklonu 2,5 %, na vnější straně mostu je konzola v protispádu 4 %.

V podélném směru je nosná konstrukce předepnuta pomocí volných kabelů z Monostrandů $\varnothing 15,7$ mm, $f_{pk} = 1860$ MPa, třída relaxačního chování 2 (Y1860 S7-15,7).

Mostovková deska je v příčném směru předepnuta pomocí vnitřních kabelů se soudržností (případně je možno použít i kabely bez soudržnosti) ze tří lan v plochých kanálcích. Lana jsou o \varnothing 15,7 mm, $f_{pk} = 1860$ MPa, třída relaxačního chování 2 (Y1860 S7-15,7).

Nadpodporová ztužidla jsou příčně předepnuta pomocí předpínacích tyčí.

Lokálně je konstrukce vyztužena pomocí betonářské výztuže z oceli B500B.

4.1.4 Uložení nosné konstrukce

Uložení nosné konstrukce je navrženo pomocí hrncových ložisek.

Pevná ložiska jsou navržena na pilířích P10 a P11, na ostatních pilířích se nacházejí ložiska jednosměrně posuvná a všesměrné posuvná. Ložiska jsou uložena na podložiskové bloky.

4.2 Vybavení mostu

4.2.1 Vozovka a izolace

Vozovka na mostě je navržena třívrstvá, celkové tl. 135 mm včetně izolace, o složení:

- o brusná vrstva SMA 11 S PMB 40 mm
- spojovací postřík PS-EP
- ložná vrstva ACL 16 S PMB 50 mm
- ochrana izolace MA 11 IV 40 mm
- izolace natavovanými AIP na pečetící vrstvu 5 mm
- úprava povrchu NK s pečetící vrstvou

Pod římsami bude izolace zdvojená, a to položením ochranné vrstvy NAIP s ochrannou vložkou.

4.2.2 Římsy

Římsy jsou navrženy železobetonové monolitické z betonu C30/37- XF4+XD3, s ocelovou betonářskou výztuží B500 B. Výztuž bude provedena v souladu se VL4, det. 402.31. Šířka vnějších říms je 1,55 m, vnitřních 0,95 m. Horní povrchy římsy jsou vždy ve 4 % sklonu, a to směrem k vozovce. Výška obrubníků je navržena 0,15 m. Římsy jsou kotveny betonářskou

výztuží a talířovými kotvami, které jsou upevněny do nosné konstrukce pomocí chemických kotev.

4.2.3 Mostní závěry

Na opěře OP1, je navržen hřebenový mostní závěr pro posun 480 mm, na přechodovém pilíři je hřebenový mostní závěr pro posun 560 mm.

4.2.4 Zádržné systémy

Na vnějších i vnitřních římsách je navrženo zábradelní ocelové svodidlo s úrovní zadržetí H2. Na chodníkové římsě je dále navržen nouzový chodník, o šířce 750 mm, který je z vnější strany ohraničen ocelovým zábradlím o výšce 1,1 m nad horním povrchem římsy.

4.2.5 Odvodnění

Levý i pravý most je odvodněn podélným a příčným sklonem povrchu vozovky podél říms do obrubníkových odvodňovačů, z nichž je voda odvedena příčnými svody do podélného svodu odvodnění.

Podélné svody jsou zaústěny na pilíři P10 a v opěře OP1 do kanalizačního svodu.

Odvodnění povrchu izolace je řešeno nerezovými trubičkami DN 50, které jsou podélně propojeny pomocí drenáže z drenážního polymerbetonu.

5 Postup výstavby

Konstrukce bude realizována metodou letmé montáže. Pro montáž budou použity atypické lehké jeřáby, které budou přesouvány v průběhu výstavby vždy na konec konzoly daného vahadla. Hmotnost jeřábu je pro posouzení konstrukce ve stavebních fázích uvažována 2 000 Kg.

Během montáže bude vahadlo uloženo na čtveřici provizorních železobetonových podkladních blocích. Po dokončení letmé montáže bude vahadlo zdviženo pomocí hydraulických lisů, prostorově zrektifikováno a sousedící vahadla budou propojena pomocí monolitické uzavírací spáry a kladných kabelů. Poté bude konstrukce uložena na definitivní ložiska.

Jednotlivé segmenty budou v místě zárodku (u pilíře) zvedány autojeřáby na konstrukci, kde budou přímo naloženy na dopravní prostředek, který segmenty převezne na konec vahadla kde si jej převezme jeřáb. Hmotnost dopravního prostředku je uvažována 2 000 Kg.

Předpínací tyče budou vždy umístěny do otvorů pro definitivní kabely a podloženy provizorními ocelovými přípravky.

Jednotlivé fáze výstavby jsou podrobněji popsány níže:

- 1) Montáž koncové části krajního pole na pevné skruži a montáž zárodku na pilíři, segmenty provizorně sepnuty tyčemi. Vahadlo bude podepřeno v 1/3 segmentu směrem od pilíře na obou stranách. V místech provizorního podepření budou umístěny lisy, které umožní rektifikovat vahadlo do navrhované nivelety.
- 2) Montáž zvedacích zařízení – lehkých atypických jeřábů – na konce vahadla. Zvednutí dopravního prostředku na zárodek, jeho montáž a příprava na přepravu segmentů.
- 3) Zvednutí běžného segmentu pomocí autojeřábu na vahadlo, uchopení zvedacím zařízením, montáž segmentů a připnutí provizorními předpínacími tyčemi.
- 4) Připnutí namontované symetrické dvojice segmentů konzolovými kabely a posun jeřábu na konec vahadla.
- 5) Zvednutí běžného segmentu pomocí autojeřábu na dopravní prostředek na zárodek, přesun nad provizorní podporu, zvednutí symetrického segmentu vahadla na druhý dopravní prostředek a přesun nad provizorní podporu. Přejezd obou vozidel symetricky na konec vahadla, uchopení segmentů zvedacím zařízením, jejich montáž a připnutí předpínacími tyčemi.
- 6) Předepnutí vahadla konzolovými kabely, následné zvednutí příčníků na zárodek, symetrický přesun pomocí dopravních prostředků ke zvedacímu zařízení a montáž příčníku. Opakování stejného postupu s mostovkovými deskami s podélníky. Přesun jeřábu na konec vahadla.
- 7) Zvednutí běžného segmentu pomocí autojeřábu na dopravní prostředek na zárodek, přesun nad provizorní podporu, zvednutí symetrického segmentu vahadla na druhý dopravní prostředek a přesun nad provizorní podporu. Přejezd obou vozidel

symetricky na konec vahadla, uchopení segmentů zvedacím zařízením, jejich montáž a připnutí předpínacími tyčemi.

- 8) Předepnutí konzolovými kabeley a posun jeřábu na konec vahadla.
- 9) Opakování bodu 7 – 8 2x.
- 10) Zvednutí běžného segmentu pomocí autojeřábu na dopravní prostředek na zárodku, přesun nad provizorní podporu, zvednutí symetrického segmentu vahadla na druhý dopravní prostředek a přesun nad provizorní podporu. Přejezd obou vozidel symetricky na konec vahadla, uchopení segmentů zvedacím zařízením, jejich montáž a připnutí předpínacími tyčemi
- 11) Předepnutí vahadla konzolovými kabeley, následné zvednutí příčníků na zárodek, symetrický přesun pomocí dopravních prostředků ke zvedacímu zařízení a montáž příčnicku. Opakování stejného postupu s mostovkovými deskami s podélníky. Přesun jeřábu na konec vahadla.
- 12) Zvednutí běžného segmentu pomocí autojeřábu na dopravní prostředek na zárodku, přesun nad provizorní podporu, zvednutí symetrického segmentu vahadla na druhý dopravní prostředek a přesun nad provizorní podporu. Přejezd obou vozidel symetricky na konec vahadla, uchopení segmentů zvedacím zařízením, jejich montáž a připnutí předpínacími tyčemi
- 13) Předepnutí konzolovými kabeley – tímto se dokončí montáž vahadla. Dále se vahadlo přizdvihne na hydraulických lisech a zrektifikuje se.
- 14) Dobetonávka uzavírací monolitické spáry.
- 15) Montáž příčníků a mostovkových desek s podélníky – přesun od zárodku pomocí dopravních prostředků.
- 16) Předepnutí nosné konstrukce pomocí kabelů spojitosti a usazení na definitivní ložiska.
- 17) Opakování bodů 1-16
- 18) Průběžné předpínání mostovky v příčném směru.
- 19) Po dokončení montáže, aplikace ostatního stálého zatížení a předepnutí zbývajících kabeley spojitosti.

20) Uvedení do provozu

21) Konec životnosti

Návrh UHPFRC estakády na D35 u Opatovic

Část B: Statický výpočet

1	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	15
1.1	ÚVOD	15
1.2	POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA	15
1.3	POUŽITÉ PROGRAMY.....	15
2	KONSTRUKCE	16
2.1	SCHÉMA KONSTRUKCE.....	16
2.2	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	16
3	MATERIÁLY	17
3.1	UHPFRC.....	17
3.1.1	<i>Materiálové charakteristiky</i>	<i>17</i>
3.2	PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	18
3.2.1	<i>Předpínací kabely.....</i>	<i>18</i>
3.2.2	<i>Předpínací tyče</i>	<i>18</i>
4	ZATÍŽENÍ	19
4.1	ZATÍŽENÍ STÁLÉ	19
4.1.1	<i>Vlastní tíha konstrukce</i>	<i>19</i>
4.1.2	<i>Zatížení montážními mechanismy.....</i>	<i>19</i>
4.1.3	<i>Staveništní zatížení</i>	<i>19</i>
4.2	ZATÍŽENÍ DEFINITIVNÍ KONSTRUKCE	20
4.2.1	<i>Stálé zatížení</i>	<i>20</i>
4.2.1.1	<i>Vlastní tíha konstrukce</i>	<i>20</i>
4.2.1.2	<i>Ostatní stálé zatížení</i>	<i>20</i>
4.2.1.3	<i>Nerovnoměrné poklesy podpor</i>	<i>20</i>

4.3.1	<i>Zatížení dopravou</i>	21
4.2.1.4	Model zatížení 1 (LM1).....	21
4.2.1.5	Model zatížení LM 3.....	22
4.2.1.6	Model zatížení LM4.....	24
4.2.1.7	Zatížení chodníků.....	24
4.2.1.8	Zatížení od teploty.....	24
4.2.1.9	Zatížení větrem.....	25
4.3	ZATÍŽENÍ DESKOSTĚNOVÉHO MODELU	25
4.3.1	<i>Vlastní tíha</i>	25
4.3.2	<i>Ostatní stálé zatížení</i>	26
4.3.3	<i>Zatížení modelem LM 1</i>	26
4.3.4	<i>Zatížení modelem LM2</i>	30
4.3.5	<i>Model zatížení LM3</i>	31
4.3.6	<i>Roznášení sil od nápravových zatížení</i>	31
5	VNITŘNÍ SÍLY	34
5.1	VNITŘNÍ SÍLY – DOKONČENÝ MOST	34
5.1.1	<i>Úvod</i>	34
5.1.2	<i>Vnitřní síly od stálého zatížení</i>	35
5.1.1.1	Vnitřní síly od vlastní tíhy	35
5.1.1.2	Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení	36
5.1.1.3	Nerovnoměrné poklesy podpor	37
5.1.3	<i>Vnitřní síly od proměnného zatížení</i>	38
5.1.1.4	Model zatížení 1.....	38

5.1.1.5	Model zatížení 3	41
5.1.1.5.1	Model zatížení LM 3 1800/200 v pruhu 1 a Model zatížení LM 1 v ostatních pruzích.....	41
5.1.4	Model zatížení 4	42
5.1.5	Zatížení chodníků	43
5.1.3.1	Zatížení teplotou	44
5.1.3.2	Zatížení větrem.....	44
5.2	VNITŘNÍ SÍLY – STAVEBNÍ STÁDIA	45
5.2.1	Úvod.....	45
5.2.2	Statická schémata fáze výstavby.....	45
5.3	VNITŘNÍ SÍLY – DESKOSTĚNOVÝ MODEL	53
5.3.1	Návrhový ohybový moment $m_y D$	54
6	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	60
6.1	ÚVOD	60
6.1.1	Mezní stavy únosnosti.....	60
6.1.2	Mezní stavy použitelnosti.....	61
6.2	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL MSÚ - OHYB.....	62
6.2.1	Čas uvedení do provozu.....	63
6.2.2	Čas na konci životnosti.....	65
6.3	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL PRO MSP.....	67
6.3.1	Čas uvedení do provozu.....	67
6.3.2	Čas na konci životnosti.....	72
6.4	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL PRO POSOUZENÍ MSÚ V PŘÍČNÉM SMĚRU – BEZ PŘEDPĚTÍ.....	77
7	NÁVRH PŘEDPĚTÍ	82

7.1	ÚVOD	82
7.2	KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	82
7.2.1	<i>Krytí předpínací výztuže – podélné předpětí</i>	<i>82</i>
7.2.1	<i>Krytí předpínací výztuže – příčné předpětí</i>	<i>82</i>
7.2.2	<i>Rozmístění kabelových kanálků</i>	<i>83</i>
7.2.3	<i>Rozmístění kotev předpínací výztuže</i>	<i>83</i>
7.2.4	<i>Napětí v předpínací výztuži</i>	<i>83</i>
7.3	PŘEDPĚTÍ VAHADLA	84
7.3.1	<i>Předpínací tyče</i>	<i>84</i>
7.3.2	<i>Konzolové kabely</i>	<i>88</i>
7.4	KLADNÉ KABELY	91
7.5	PODÉLNÉ PŘEDPĚTÍ – ZÁVĚR	92
7.6	PŘÍČNÉ PŘEDPĚTÍ	94
8	POSOUZENÍ MSP	96
8.1	ÚVOD	96
8.2	STAVEBNÍ STÁDIA	96
8.3	DOKONČENÝ MOST	100
8.3.1	<i>Čas uvedení do provozu – horní vlákna</i>	<i>100</i>
8.3.2	<i>Čas uvedení do provozu – dolní vlákna</i>	<i>102</i>
8.3.3	<i>Čas na konci životnosti – horní vlákna</i>	<i>104</i>
8.3.4	<i>Čas na konci životnosti – dolní vlákna</i>	<i>106</i>
8.4	PŘÍČNÝ SMĚR – OMEZENÍ TRHLIN A NAPĚTÍ	108
9	POSOUZENÍ MSÚ	112

9.1	PODÉLNÝ SMĚR	112
9.1.1	Řez 117,2 v poli na uvedení do provozu	114
9.1.2	Řez 117,2 v poli na konci životnosti	116
9.1.3	Řez 81,5 nad podporou v čase uvedení do provozu.....	118
9.1.4	Řez 81,5 nad podporou na konci životnosti	120
9.2	PŘÍČNÝ SMĚR.....	122
9.2.1	Varianta 1 – soudržná předpínací výztuž.....	122
9.2.2	Varianta 2 – nesoudržná předpínací výztuž bez taženého betonu.....	123
9.2.2.1	Střed desky – uvedení do provozu.....	123
9.2.2.2	Střed desky – konec životnosti	124
9.2.2.3	Nad vnitřní stěnou – uvedení do provozu	125
9.2.2.4	Nad vnitřní stěnou – konec životnosti	126
9.2.3	Varianta 3 – nesoudržná předpínací výztuž s uvážením tahové pevnosti betonu	127
9.2.3.1	Střed desky – uvedení do provozu.....	127
9.2.3.2	Střed desky – konec životnosti	128
9.2.3.3	Nad vnitřní stěnou – uvedení do provozu	129
9.2.3.4	Nad vnitřní stěnou – konec životnosti	130
9.3	SOUHRN VÝSLEDKŮ MSÚ PŘÍČNÝ SMĚR.....	130
10	ZÁVĚR	132
	OBR. 1 PŘÍČNÝ SCHEMATICKÝ ŘEZ LEVÝM MOSTEM KONSTRUKCÍ	16
	OBR. 2 ROZDĚLENÍ ŠÍŘKY PRŮJEZDNÍHO PROSTORU NA ZATĚŽOVACÍ PRUHY	21

OBR. 3 MODEL ZATÍŽENÍ LM1	22
OBR. 4 SCHÉMA MODELU ZATÍŽENÍ LM3 – 1800/200	23
OBR. 5 SCHÉMA MODELU ZATÍŽENÍ LM3 – 3000/240	24
OBR. 6 SCHÉMA ZATÍŽENÍ TEPLOTOU PO VÝŠCE KONSTRUKCE.....	25
OBR. 7 SCHÉMA ZATÍŽENÍ OD OSTATNÍHO STÁLÉHO NA DESKOSTĚNOVÝ MODEL	26
OBR. 8 SCHÉMA ROZDĚLENÍ PRUHŮ A) B) C).....	27
OBR. 9 SCHÉMA ROZDĚLENÍ PRUHŮ D) E) F).....	28
OBR. 10 SCHÉMA ROZDĚLENÍ PRUHŮ G) H) I)	29
OBR. 11 SCHÉMA ROZDĚLENÍ PRUHŮ J).....	30
OBR. 12 ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ OD UDL V PODÉLNÉM SMĚRU	30
OBR. 13 SCHÉMA MODELU LM2	30
OBR. 14 SCHÉMA ZVLÁŠTNÍHO VOZIDLA 3000/240	31
OBR. 15 POLOHA ZVLÁŠTNÍHO VOZIDLA 3000/240 V PŘÍČNÉM ŘEZU	31
OBR. 16 SCHÉMA ROZNOSU NÁPRAVOVÉHO ZATÍŽENÍ LM1	32
OBR. 17 SCHÉMA ROZNOSU NÁPRAVOVÉHO ZATÍŽENÍ LM2	33
OBR. 18 SCHÉMA ROZNOSU NÁPRAVOVÉHO ZATÍŽENÍ LM3 - 3000/240.....	33
OBR. 19 3D PRUTOVÝ MODEL ZE SCIA ENGINEER.....	34
OBR. 20 ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKY PRVKŮ V PODÉLNÉM SMĚRU.....	35
OBR.	
21 MOMENTY M_Y OD VLASTNÍ TÍHY - JEDNA KOMORA	36
OBR. 22 MOMENT M_Y OD $(G-G_o)_{M.INF,SUP}$ – JEDNA KOMORA.....	37
OBR. 23 OBÁLKA MOMENTŮ M_Y OD POKLESŮ PODPOR – JEDNA KOMORA.....	37
OBR. 24 ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ NA JEDNOTLIVÉ PRUTY - TS	38

OBR. 25 ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ NA JEDNOTLIVÉ PRUTY – LM 1 – UDL	39
OBR. 26 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD MODELU ZATÍŽENÍ 1 – TS (JEDEN KOMOROVÝ NOSNÍK)	40
OBR. 27 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD MODELU ZATÍŽENÍ 1 – UDL (JEDEN KOMOROVÝ NOSNÍK).....	40
OBR. 28 ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ LM 3 1800/200 + LM 1 UDL	41
OBR. 29 OBÁLKA MOMENTU MY OD MODELU ZATÍŽENÍ 3 – 1800/200 (JEDEN KOMOROVÝ NOSNÍK)	42
OBR. 30 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD MODELU ZATÍŽENÍ 3 – UDL (JEDEN KOMOROVÝ NOSNÍK).....	42
OBR. 31 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD MODELU ZATÍŽENÍ LM4.....	43
OBR. 32 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD ZATÍŽENÍ CHODNÍKŮ (JEDNA KOMORA)	44
OBR. 33 OBÁLKA MOMENTŮ MY ZATÍŽENÍ TEPLOTOU.....	44
OBR. 34 SCHÉMA VÝPOČTU ZATÍŽENÍ OD VĚTRU	44
OBR. 35 OBÁLKA MOMENTŮ MY OD ZATÍŽENÍ VĚTREM (JEDNA KOMORA	45
OBR. 36 - 2D MODEL S FÁZEMI VÝSTAVBY	45
OBR. 37 SCHÉMA FÁZE 1	46
OBR. 38 SCHÉMA FÁZE 2.....	46
OBR. 39 SCHÉMA FÁZE 3.....	47
OBR. 40 SCHÉMA FÁZE 4	47
OBR. 41 SCHÉMA FÁZE 5	48
OBR. 42 SCHÉMA FÁZE 6	48
OBR. 43 PRŮBĚH OHYBOVÝCH MOMENTŮ MY NA VAHADLE V JEDNOTLIVÝCH FÁZÍCH VÝSTAVBY 1-18	49
OBR. 44 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH SIL NA VAHADLE V JEDNOTLIVÝCH FÁZÍCH VÝSTAVBY 1-18.....	50
OBR. 45 PRŮBĚH OHYBOVÝCH MOMENTŮ MY NA KONSTRUKCI VE FÁZÍCH SPOJENÍ 19,37,57 A PŘI APLIKACI OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ – CELÁ KONSTRUKCE.....	51

OBR. 46 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH SIL NA KONSTRUKCI VE FÁZÍCH SPOJENÍ 19,37,57 A PŘI APLIKACI OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ – CELÁ KONSTRUKCE	52
OBR. 47 DESKOSTĚNOVÝ MODEL PRO POSOUZENÍ KONSTRUKCE V PŘÍČNÉM SMĚRU.....	53
OBR. 48 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD VLASTNÍ TÍHY	54
OBR. 49 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD VLASTNÍ TÍHY.....	54
OBR. 50 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ SUP.....	55
OBR. 51 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ.....	55
OBR. 52 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD LM1 TS.....	56
OBR. 53 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD LM1 TS.....	56
OBR. 54 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD LM1 UDL	57
OBR. 55 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD LM1 UDL	57
OBR. 56 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD LM2.....	58
OBR. 57 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD LM2.....	58
OBR. 58 IZOPLOCHA MOMENTU MYD+ NA MOSTOVCE OD LM3 3000/240	59
OBR. 59 IZOPLOCHA MOMENTU MYD- NA MOSTOVCE OD LM3 3000/240	59
OBR. 60 PRŮBĚH OHYBOVÉHO MOMENTU MY OD EXTRÉMŮ KOMBINACÍ MSÚ – UP	64
OBR. 61 PRŮBĚH OHYBOVÉHO MOMENTU MY OD EXTRÉMŮ KOMBINACÍ MSÚ – KŽ	66
OBR. 62 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MAX UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	70
OBR. 63 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MIN UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU.....	70
OBR. 64 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MAX UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	71
OBR. 65 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MIN UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	71
OBR. 66 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MAX KŽ HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU.....	75
OBR. 67 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MIN UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	75

OBR. 68 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MAX UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	76
OBR. 69 PRŮBĚH KOMBINACÍ MOMENTŮ MSP MY,MIN UP HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	76
OBR. 70 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10A MOMENTU MYD+ LM1	77
OBR. 71 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10A MOMENTU MYD- LM1	78
OBR. 72 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD+ LM1	78
OBR. 73 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD- LM1	79
OBR. 74 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD+ LM2	79
OBR. 75 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD- LM2	80
OBR. 76 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD+ LM3 3000/240	80
OBR. 77 IZOPLOCHA KOMBINACE 6.10B MOMENTU MYD- LM3 3000/240	81
OBR. 78 DETAIL DEVIÁTORU	89
OBR. 79 SCHÉMA VEDENÍ KONZOLOVÝCH KABELŮ VAHADLA	90
OBR. 80 SCHÉMA VEDENÍ Kladných KABELŮ V HLAVNÍM POLI	91
OBR. 81 SCHÉMA VEDENÍ Kladných KABELŮ V KRAJNÍM POLI	92
OBR. 82 PRŮBĚH MOMENTU MY OD PŘEDPĚTÍ VAHADLA ZÁPORNÝMI KABELY V ČASE VNESENÍ PŘEDPĚTÍ	92
OBR. 83 PRŮBĚH NORMÁLOVÉ SÍLY OD PŘEDPĚTÍ VAHADLA ZÁPORNÝMI KABELY V ČASE VNESENÍ PŘEDPĚTÍ	93
OBR. 84 PRŮBĚH MOMENTU MY OD PŘEDPĚTÍ KONSTRUKCE VŠEMI KABELY	93
OBR. 85 PRŮBĚH NORMÁLOVÉ SÍLY OD PŘEDPĚTÍ KONSTRUKCE VŠEMI KABELY	94
OBR. 86 2D TDA MODEL PRO VÝPOČET ZTRÁT PŘÍČNÉHO PŘEDPĚTÍ	95
OBR. 87 SCHÉMA PŘÍČNÉHO PŘEDPĚTÍ	95
OBR. 88 VAHADLO - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE VE FÁZÍCH 1 - 19	97
OBR. 89 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH VE FÁZÍCH SPOJENÍ 19,38,57 A OST. STÁLÉ – CELÁ KONSTRUKCE	99

OBR. 90 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH VE FÁZÍCH SPOJENÍ 19,38,57 A OST. STÁLÉ – CELÁ KONSTRUKCE.....	99
OBR. 91 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	100
OBR. 92 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MIN UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	100
OBR. 93 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	101
OBR. 94 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MIN UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	101
OBR. 95 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	102
OBR. 96 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	102
OBR. 97 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	103
OBR. 98 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX UP, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	103
OBR. 99 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX KŽ, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	104
OBR. 100 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE MY,MAX KŽ, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	104

OBR. 101 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	105
OBR. 102 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V HORNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	105
OBR. 103 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	106
OBR. 104 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	106
OBR. 105 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	107
OBR. 106 PRŮBĚH NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH PŘI KOMBINACE $M_y, \text{MAX } K_{\check{Z}}$, HLAVNÍ ZATÍŽENÍ	
DOPRAVOU	107
OBR. 107 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V HORNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM1	108
OBR. 108 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V DOLNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM1	109
OBR. 109 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V HORNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD KVAZ. KOMBINACE LM1	109
OBR. 110 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V DOLNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD KVAZ. KOMBINACE LM1	110
OBR. 111 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V HORNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM2	110
OBR. 112 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V DOLNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM2	111
OBR. 113 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V HORNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM3 3000/240	
.....	111
OBR. 114 IZOPLOCHA NAPĚTÍ SIGMAY V DOLNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE OD CHAR. KOMBINACE LM3 3000/240	
.....	112

OBR. 115 SCHÉMA PRŮŘEZU, SIL, NAPĚTÍ A PŘETVOŘENÍ PŘI MEZI ÚNOSNOSTI V ŘEZU 117,2 V UVEDENÍ DO PROVOZU	115
OBRÁZEK 116 SCHÉMA PRŮŘEZU, SIL, NAPĚTÍ A PŘETVOŘENÍ PŘI MEZI ÚNOSNOSTI V ŘEZU 117,2 NA KONCI ŽIVOTNOSTI	117
OBRÁZEK 117 SCHÉMA PRŮŘEZU, SIL, NAPĚTÍ A PŘETVOŘENÍ PŘI MEZI ÚNOSNOSTI V ŘEZU 81,5 V DOBĚ UVEDENÍ DO PROVOZU.....	119
OBRÁZEK 118 SCHÉMA PRŮŘEZU, SIL, NAPĚTÍ A PŘETVOŘENÍ PŘI MEZI ÚNOSNOSTI V ŘEZU 81,5 V DOBĚ NA KONCI ŽIVOTNOSTI	121
OBR. 119 SCHÉMA ROZDĚLENÍ NAPĚTÍ, PŘETVOŘENÍ A SIL NA MEZI ÚNOSNOSTI PRO JEDNOTLIVÉ VARIANTY V POLI NA KONCI ŽIVOTNOSTI	131
TABULKA 1 HODNOTY ZATÍŽENÍ VLASTNÍ TÍHOU SEGMENTŮ, PŘÍČNÍKŮ A PODÉLNÍKŮ	19
TABULKA 2 – LM 1 CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ	22
TABULKA 3 – HODNOTY REGULAČNÍCH SOUČINITELŮ A PRO ČR (SKUPINA PK1).....	22
TABULKA 4 ROZDĚLENÍ OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	36
TABULKA 5 – SOUČinitele pro mezní stavy únosnosti STR a GEO – mosty pozemních komunikací.....	60
TABULKA 6 – HODNOTY SOUČINITELŮ Ψ PRO MOSTY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ	61
TABULKA 7 – EXTRÉMY KOMBINACÍ MSÚ – UP.....	63
TABULKA 8 EXTRÉMY KOMBINACÍ MSÚ – KŽ.....	65
TABULKA 9- KOMBINACE PRO MSP UP – HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU MMAX	67
TABULKA 10 KOMBINACE PRO MSP UP – HLAVNÍ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU MMIN	68
TABULKA 11 KOMBINACE PRO MSP UP – HLAVNÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	69
TABULKA 12 KOMBINACE MOMENTŮ MSP MMAX - KŽ.....	72

TABULKA 13 KOMBINACE MOMENTŮ MSP MMIN - KŽ	73
TABULKA 14 PŘEHLED EXTRÉMŮ KOMBINACÍ MSP KŽ	74
TABULKA 15 VAHADLO - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ V DOLNÍCH VLÁKNECH KONSTRUKCE VE FÁZÍCH 1 – 19	98

1 Průvodní zpráva

1.1 Úvod

Statický výpočet obsahuje návrh a posouzení hlavních konstrukčních prvků nosné konstrukce silničního mostu z prefabrikovaných dodatečně předpjatých prvků z ultra-vysokohodnotného vláknobetonu UHPFRC (fck = 161 MPa). Součástí je i posouzení horní desky (mostovky) nosné konstrukce v příčném směru.

Most převádí rychlostní komunikaci o volné šířce 11,75 m přes záplavové území řeky Labe u Opatovic nad Labem.

Nosná konstrukce je navržena jako spojitá o 18 polích rozpětí 30,0 + 16 x 51,0 + 30,0 m z dodatečně předpjatých prefabrikovaných prvků z UHPFRC o fck = 161 MPa. Příčný řez je dvoukomorový konstantní výšky 2,50 m. Celková šířka nosné konstrukce je 13,65 m, vyložení konzol je 1,00 metru, šířka komory je 3,00 m nahoře a 2,50 m dole.

Předpětí nosné konstrukce je řešeno pomocí volných kabelů uvnitř komorové konstrukce. Kabely jsou kotveny ve ztužidlech jednotlivých segmentů, změna směrového i výškového vedení kabelů je realizována v deviatorech, které jsou také umístěny ve ztužidlech. Mostovka je předepnuta i v příčném směru. Nadpodporová ztužidla jsou příčně předepnuta pomocí předpínacích tyčí.

1.2 Použitá a související literatura

Viz. začátek DP, Související literatura

1.3 Použité programy

SCIA Engineer 19.1 – SCIA CZ s.r.o. Prague

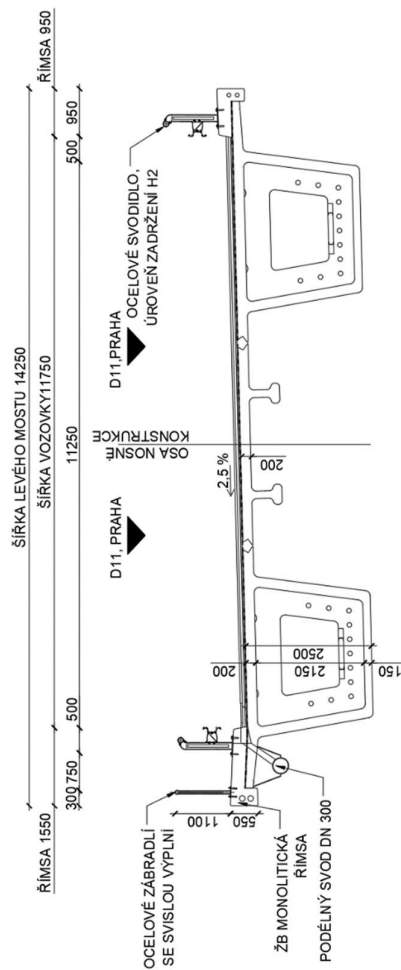
AutoCAD 2016 – studentská licence, Autodesk spol. s.r.o.

Microsoft Excel 2010, Microsoft, s.r.o.

Microsoft Word 2010, Microsoft, s.r.o.

2 Konstrukce

2.1 Schéma konstrukce



Obr. 1 Příčný schematický řez levým mostem konstrukcí

Hlavním nosným prvkem konstrukce jsou prefabrikované komorové segmenty. Na každém 3. resp. 4. segmentu je umístěn příčník tvaru I, který dále nese mostovku s podélníky. Přenos zatížení je tedy realizován z mostovky a podélníků do příčníků a z příčníků do hlavních komorových nosníků.

2.2 Průřezové charakteristiky

Výpočet průřezových charakteristik byl proveden v programu AutoCAD 2016, jednotlivé hodnoty jsou uvedeny níže:

Komora:

- výška průřezu $h = 2,50 \text{ m}$
- plocha $A = 2,012 \text{ m}^2$
- vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_{t,d} = 1,542 \text{ m}$
- vzdálenost těžiště od horních vláken $z_{t,h} = 0,958 \text{ m}$
- moment setrvačnosti $I_y = 1,691 \text{ m}^4$
- průřezový modul – horní vlákna $w_h = \frac{1,691}{-0,958} = -1,765 \text{ m}^3$
- průřezový modul – spodní vlákna $w_d = \frac{1,691}{1,542} = 1,096 \text{ m}^3$

3 Materiály

3.1 UHPFRC

Následné hodnoty byly odečteny ze studijních podkladů předmětu 133YVHB – Vysokohodnotné betony, kde byly vytvořeny vzorky UHPFRC $f_{ck} = 161 \text{ MPa}$ (dále jen jako UHPFRC) a z nich experimentálně stanoveny dané charakteristiky. Rovněž byly použity normy NF P18-470 a NF P18-710.

3.1.1 Materiálové charakteristiky

Pevnost v tlaku a v tahu (hodnoty z literatury a dostupných zkoušek)

$$f_{ck} = 161 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 169 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{161}{1,5} = 91,23 \text{ MPa}$$

$$f_{ctfk} = 7,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctfd} = \frac{f_{ctfk}}{\gamma_{cf} * K_{glob}} = \frac{7,0}{1,3 * 1,25} = 4,31 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,el} = 10,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctf,m} = 10,0 \text{ MPa}$$

Další hodnoty

Sečnový modul pružnosti: $E_{cm} = 48\,000$ MPa

Tečnový modul: $E_c = 1,05 \cdot E_{cm} = 1,05 \cdot 48\,000 = 50\,400$ MPa

Poissonův součinitel: $\nu = 0,2$

Součinitel orientace vláken $K = 1,25$ pro globální posouzení

3.2 Předpínací výztuž

Pro veškerou předpínací výztuž byl zvolen systém Freyssinet. Bylo nutné důkladně prověřit vedení a kotvení jednotlivých volných kabelů, a to z důvodu omezeného prostoru uvnitř komory.

3.2.1 Předpínací kabely

- Průměr lana $\varnothing = 15,7$ mm
- plocha jednoho lana $A_{pl} = 150$ mm²
- charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu $f_{pk} = 1860,00$ MPa
- charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli $f_{p0,1k} = 0,88 \cdot f_{pk} = 0,88 \cdot 1860 = 1636,8$ MPa
- modul pružnosti $E = 195\,000$ MPa

3.2.2 Předpínací tyče

Pro výpočet konstrukce byly použity tyče průměru 36 mm s následujícími vlastnostmi:

- plocha jedné tyče $A = 1018$ mm²
- charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu $F_{pk} = 1030$ MPa
- smluvní mez kluzu 0,1% $F_{p0,1} = 835$ MPa
- maximální napínací síla při opakovaném použití $F_{p,max} = 0,5 F_{pk} = 515$ MPa
- modul pružnosti $E = 170$ GPa

4 Zatížení

4.1 Zatížení stálé

4.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Objemová tíha UHPFRC je 27 kN/m³. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty zatížení jednotlivých prvků konstrukce, kterými je zatížený prutový model:

	plocha stěny + deska [mm ²]	délka prvku [m]	plocha ztužidla [mm ²]	délka ztužidla [m]	plocha celkem [m ²]	obj. tíha [kNm ³]	Plocha ozubu příčnicku [mm ²]	Plocha ozubu příčnicku - horní část [mm ²]	Délka horní části	Délka spodní části	Celková plocha	TÍHA [kN/m, kN]	
Běžný segment	2177068	3	3873169	0,25	7,499	27	-	-	-	-	-	67,49547	kN/m
Příčnickový segment	2177068	3	3873169	0,3	7,693	27	795707	240000	750	1430	0,974661	95,55424	kN/m
Pilířový segment	2946253	3	3364514	0,5	10,521	27	1250000	462500	750	1430	1,473	134,4601	kN/m
Příčnick	889750	5,6	Tíha příčnicků a podélníků spočtena na 1/2 konstrukce - 1 segment			27	-	-	-	-	-	67,2651	kN
Podélníky - 4 segm.	1187204	10,5				27	-	-	-	-	-	168,2862	kN
Podélníky - 3 segm.	1187204	7,5				27	-	-	-	-	-	120,2044	kN

Tabulka 1 Hodnoty zatížení vlastní tíhou segmentů, příčnicků a podélníků

4.1.2 Zatížení montážními mechanismy

Pro letnou montáž segmentů bude použit lehký atypický jeřáb, jehož hmotnost je uvažována 2 t. Segmenty, příčnický a podélníky budou k jeřábu dopravovány pomocí jednoduchého dopravního prostředku, jehož hmotnost je taktéž uvažována 2 t.

4.1.3 Staveništní zatížení

Kromě výše uvedených montážních mechanismů je v průběhu výstavby uvažováno zatížení 1,0 kN/m², šířka jednoho segmentu je 4,8 m, zatížení tedy bude 4,8 kN/m. Šířka poloviny mostu je 6,825 m, staveništní zatížení v místě namontovaných podélníků tedy bude 6,83 kN/m.

4.2 Zatížení definitivní konstrukce

4.2.1 Stálé zatížení

4.2.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce je přímo počítaná výpočetním programem. Zadaná objemová tíha UHPFRC je 27 kN/m³.

4.2.1.2 Ostatní stálé zatížení

1) Střední hodnota:

• železobetonové římsy	25,0 . (0,518 + 0,322) =	21,00 kN/m
• vodotěsná izolace	23,0 . 13,65 . 0,005 =	1,57 kN/m
• ochrana izolace – MA 16 IV	25,0 . 11,75 . 0,040 =	11,75 kN/m
• ložná vrstva	25,0 . 11,75 . 0,050 =	14,69 kN/m
• kryt SMA 11 S	25,0 . 11,75 . 0,040 =	11,75 kN/m
• 2x zábradelní svodidlo	odhad	2,00 kN/m
• 1x ocelové zábradlí	odhad	0,50 kN/m
• celkem:	(g-g ₀) _m =	63,26 kN/m

2) horní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,sup} = 21,00 + 1,4 \cdot (1,57 + 11,75 \cdot 2 + 14,69) + 2,00 + 0,50 = 79,16 \text{ kN/m}$$

3) dolní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,inf} = 21,00 + 0,8 \cdot (1,57 + 11,75 \cdot 2 + 14,69) + 2,00 + 1,00 = 55,308 \text{ kN/m}$$

4.2.1.3 Nerovnoměrné poklesy podpor

Nerovnoměrné poklesy jednotlivých podpor budou uvažovány hodnotou 10 mm. Vytvoříme celkem 5 zatěžovacích stavů, ze kterých vytvoříme obálku vnitřních sil.

4.3.1 Zatížení dopravou

Proměnné zatížení dopravou bude počítáno od modelů: LM1, LM3 a LM4. Zatěžovací šířka $w = 11,75 \text{ m}$ – uvažujeme tedy 3 pruhy po 3 m + zbývající plochu šířky celkem 2,75 m.

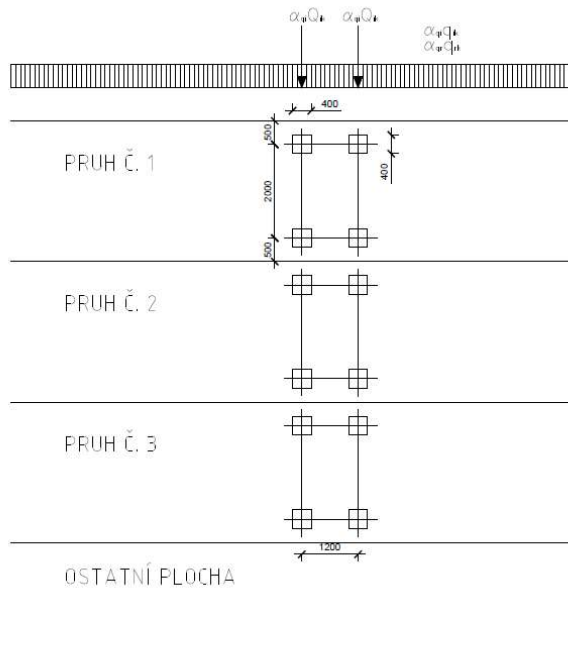


Obr. 2 Rozdělení šířky průjezdního prostoru na zatěžovací pruhy

4.2.1.4 Model zatížení 1 (LM1)

Model zatížení LM1 je tvořen ze dvou soustav:

- soustředěné zatížení od dvojnápravy - TS
- rovnoměrné zatížení – UDL



Obr. 3 Model zatížení LM1

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)
	nápravové síly Q_{ik} [kN]	q_{ik} (q_{rk}) [kN/m ²]
Pruh č. 1	300,0	9,0
Pruh č. 2	200,0	2,5
Pruh č. 3	100,0	2,5
Zbývající plocha	0,0	2,5

Tabulka 2 – LM 1 charakteristické hodnoty zatížení

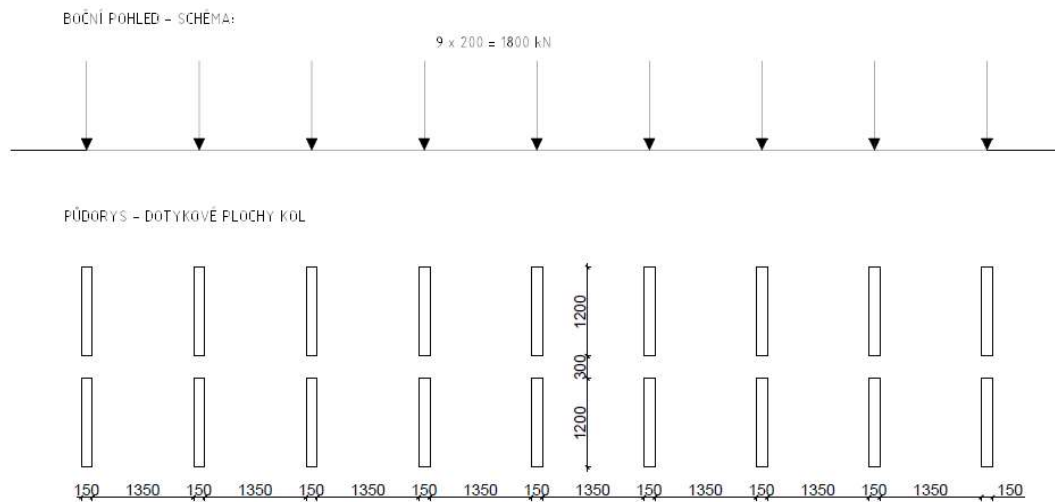
α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{q3,r}$
1,0	1,0	1,0	1,0	2,4	1,2

Tabulka 3 – Hodnoty regulačních součinitelů α pro ČR (skupina PK1)

4.2.1.5 Model zatížení LM 3

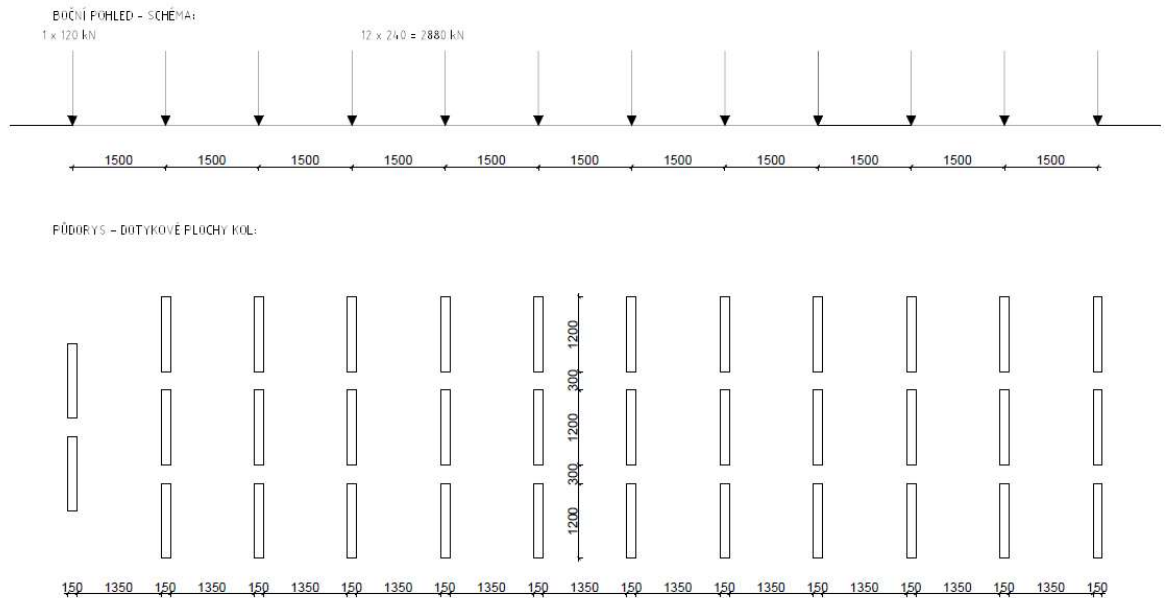
Model zatížení 3 zahrnuje speciální vozidla různých hmotností a vzdálenosti náprav. Pro tento výpočet budeme uvažovat s vozidly označení 1800/200 a 3000/240.

Vozidlo 1800/200 má celkovou tíhu 1800 kN, síla na nápravu se rovná 200 kN. Vozidlo se pohybuje v jednom pruhu, v dalších pruzích je uvažováno rovnoměrné zatížení UDL dle LM1 (od pruhu 2).



Obr. 4 Schéma modelu zatížení LM3 – 1800/200

Vozidlo 3000/240 má celkovou tíhu 3000 kN, maximální síla na nápravu se rovná 240 kN. Vozidlo má zvláštní šířku 4,5 m a pohybuje se v ideálním prostoru všech zatěžovacích pruhů, přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy +/-0,50 m.



Obr. 5 Schéma modelu zatížení LM3 – 3000/240

4.2.1.6 Model zatížení LM4

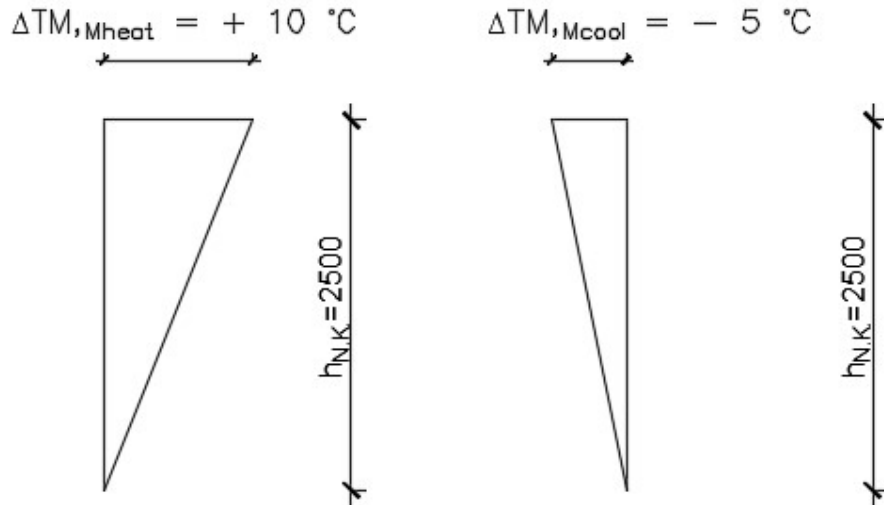
Model zatížení 4 se uvažuje jako rovnoměrné zatížení rovné 5 kN/m^2 . Zatížení se uvažuje pouze v částech konstrukce, kde vyvoluje nepříznivé účinky.

4.2.1.7 Zatížení chodníků

Na chodnících uvažujeme rovnoměrné spojitě zatížení $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$.

4.2.1.8 Zatížení od teploty

Uvažujeme lineární rozdílovou složku teploty, vyjádřenou rozdílem teploty horního a dolního povrchu nosné konstrukce.



Obr. 6 Schéma zatížení teplotou po výšce konstrukce

4.2.1.9 Zatížení větrem

Zatížení větrem je zde počítáno dle ČSN EN 1991-1-4. Stavba se nachází ve větrové oblasti II, kategorie terénu I. Výpočet byl proveden v externím excelovém souboru od doc. Ing. Romana Šafáře, Ph.D.

Výsledné hodnoty zatížení větrem ve směru y, tedy kolmo na most:

- nezatížený most $F_w = 6,438 \text{ kN/m}$
- zatížený most – $F_w = 8,210 \text{ kN/m}$

Hodnoty zatížení větrem ve směru x, tedy ve směru podélné osy mostu uvažujeme 25% hodnoty zatížení ve směru y, tedy:

- nezatížený most $F_w = 6,438 \cdot 880 \cdot 0,25 = 1416,36 \text{ kN}$
- zatížený most $F_w = 8,210 \cdot 880 \cdot 0,25 = 1806,16 \text{ kN}$

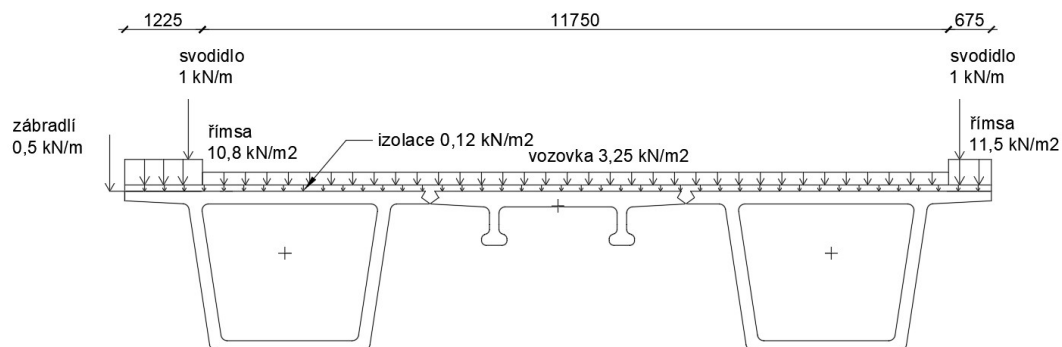
4.3 Zatížení deskostěnového modelu

4.3.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha byla přiřazena přímo jednotlivým deskovým a stěnovým prvkům. Objemová tíha UHPFRC je uvažována 27 kN/m^3 .

4.3.2 Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení bylo zadáno pomocí plošného zatížení na jednotlivé desky. Schéma zatížení je níže:



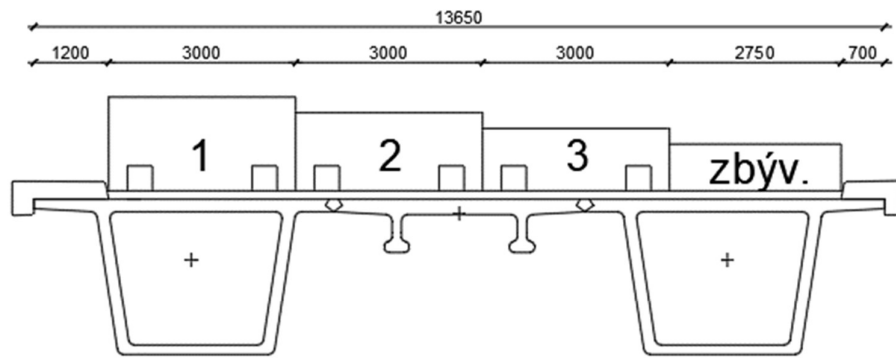
Obr. 7 Schéma zatížení od ostatního stálého na deskostěnový model

4.3.3 Zatížení modelem LM 1

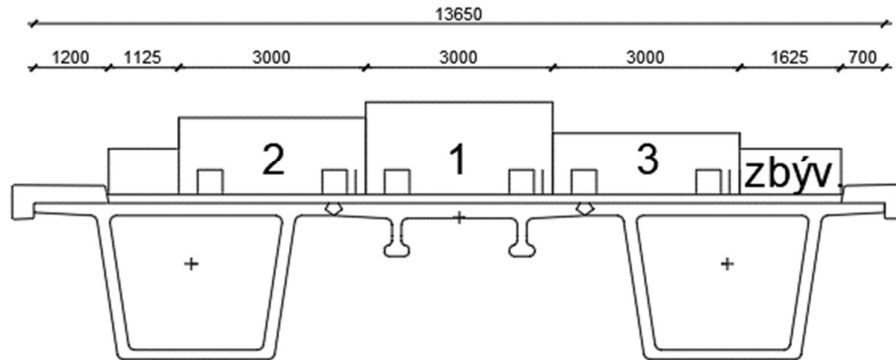
Velikosti zatížení viz. zatížení dopravou v přechozích kapitolách.

Z důvodu prověření chování konstrukce v příčném směru, bylo nutné zatížení od dopravy modelovat v mnoha polohách na konstrukci. Bylo vytvořeno celkem 10 poloh umístění pruhů značených a)-j). Schémata jednotlivých umístění pruhů na konstrukci jsou níže:

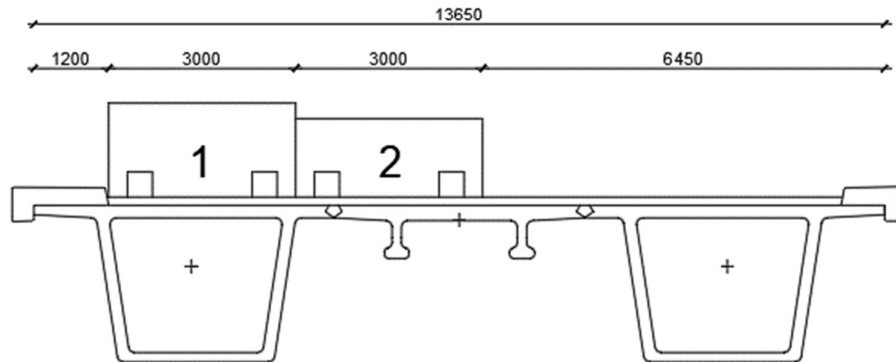
a)



b)

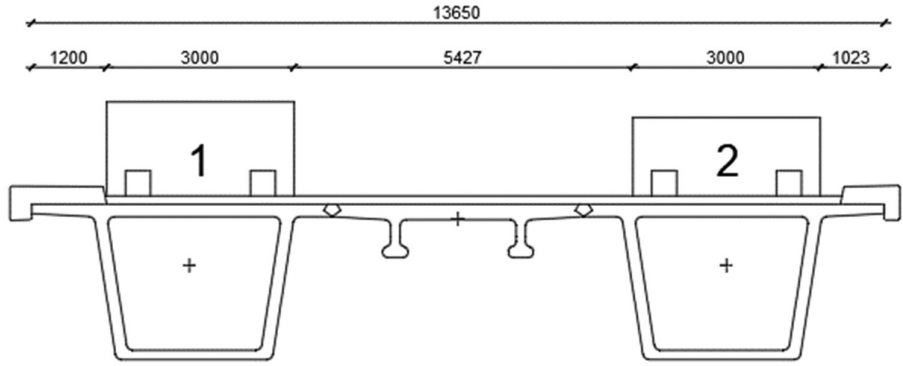


c)

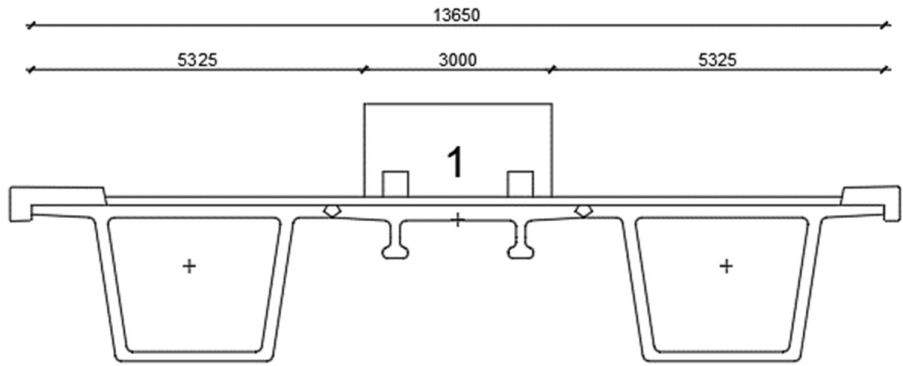


Obr. 8 Schéma rozdělení pruhů a) b) c)

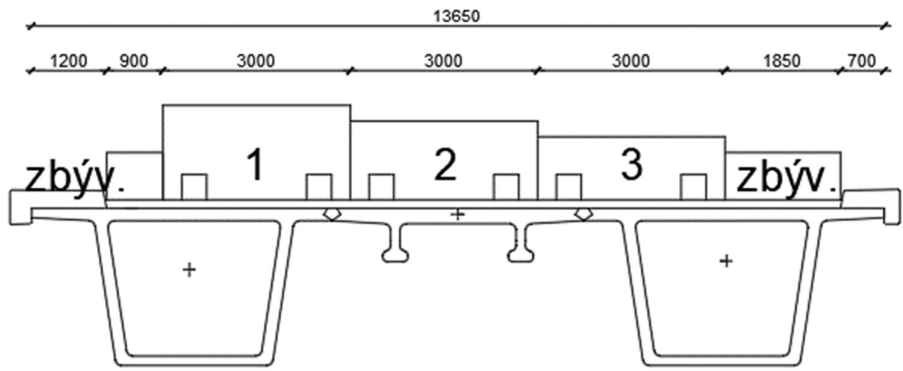
d)



e)

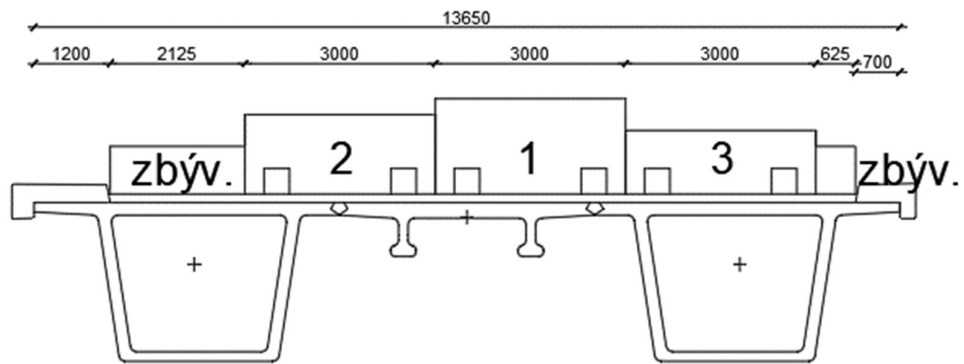


f)

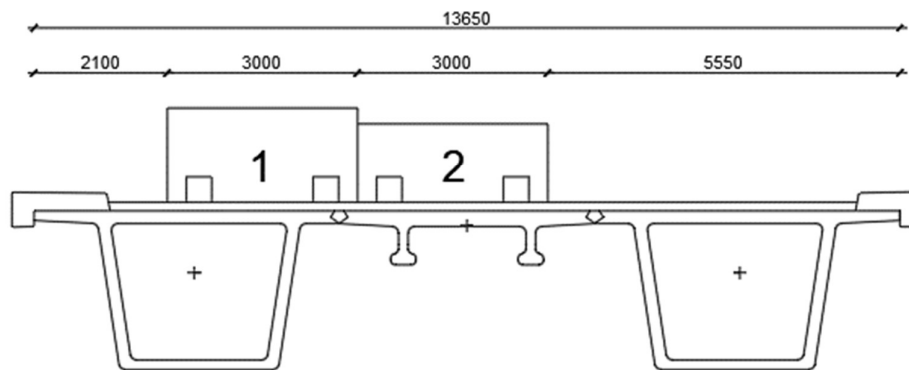


Obr. 9 Schéma rozdělení pruhů d) e) f)

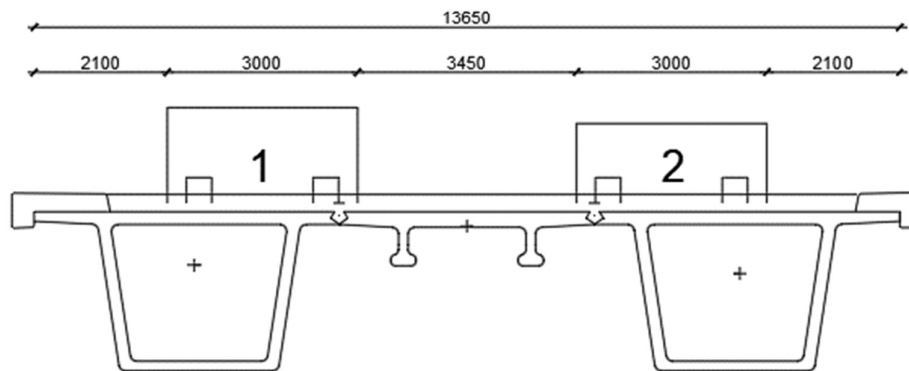
g)



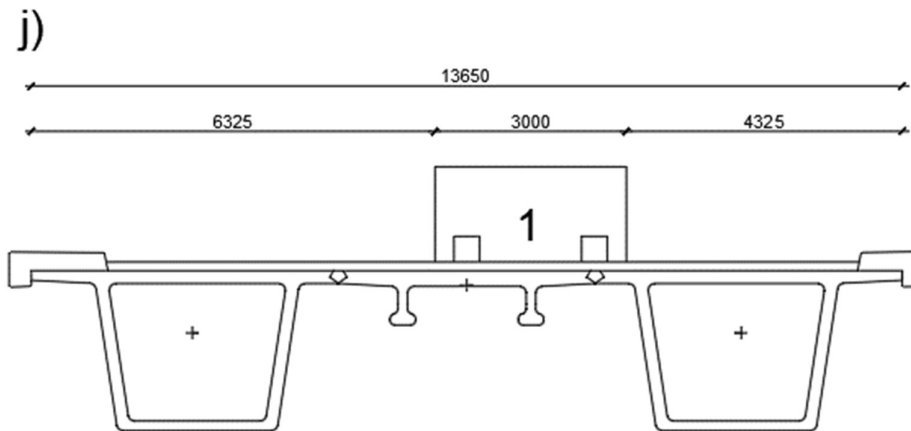
h)



i)

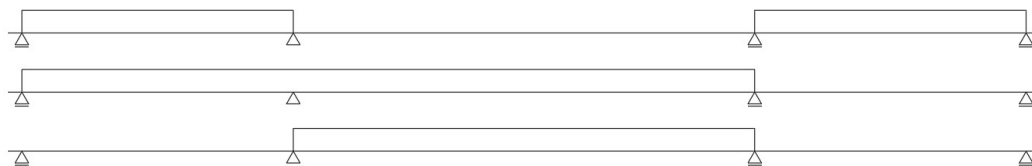


Obr. 10 Schéma rozdělení pruhů g) h) i)



Obr. 11 Schéma rozdělení pruhů j)

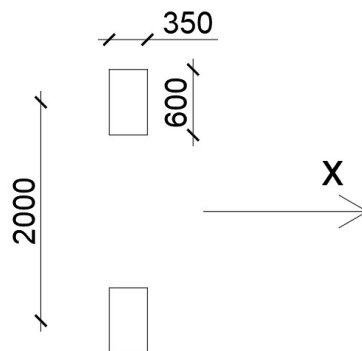
Rozdělení v podélném směru:



Obr. 12 Rozdělení zatížení od UDL v podélném směru

4.3.4 Zatížení modelem LM2

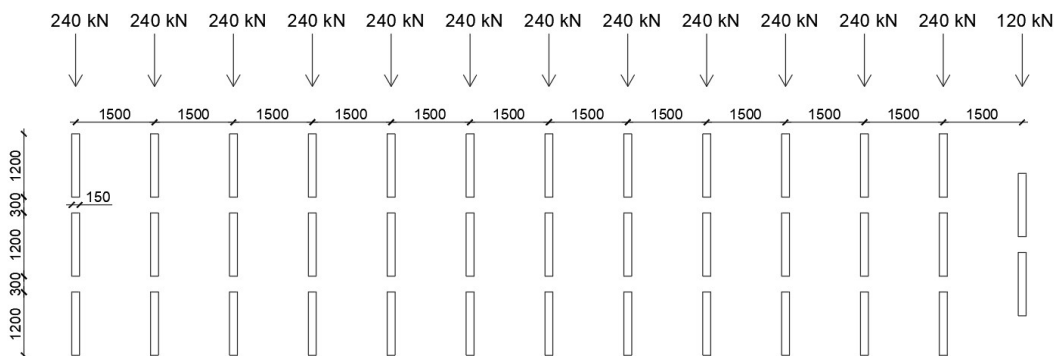
Zatížení modelem LM2 je tvořeno jednou nápravovou silou, která má celkovou hodnotu 400 kN, tedy každé kolo působí silou 200 kN. Tato náprava může působit kdekoliv na vozovce.



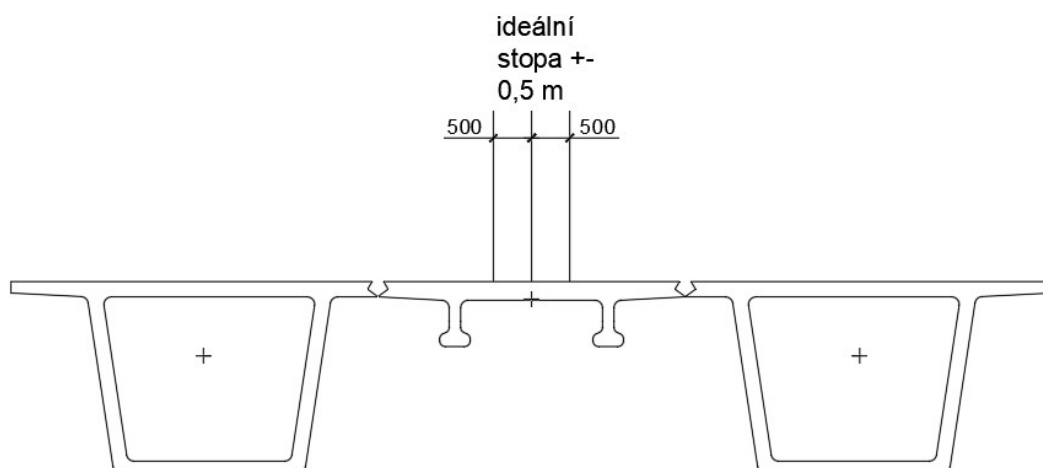
Obr. 13 Schéma modelu LM2

4.3.5 Model zatížení LM3

Pro posouzení konstrukce bylo uvažováno zvláštní vozidlo – 3000/240, toto vozidlo se pohybuje po konstrukci v ideální stopě, s vyloučením ostatní dopravy, s možnou odchylkou $\pm 0,5$ m od ideální stopy. Celková tíha vozidla je 3000 kN, zatížení je rozděleno do 13 – ti náprav, z nichž první náprava má 120 kN a ostatních 12 má 240 kN.



Obr. 14 Schéma zvláštního vozidla 3000/240



Obr. 15 Poloha zvláštního vozidla 3000/240 v příčném řezu

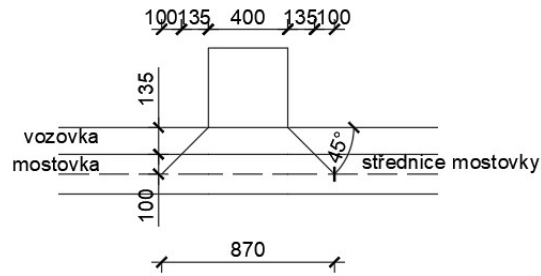
4.3.6 Roznášení sil od nápravových zatížení

Pro získání nejpřesnějších výsledků na deskostěnovém modelu je zohledněno roznášení kolových sil od vozovky do střednice mostovky. Zatížení se vozovkou i betonovou deskou

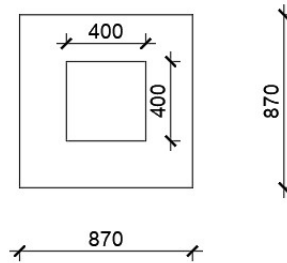
roznáší pod úhlem 45°. Schémata roznášení jednotlivých kolových tlaků jsou zobrazeny níže:

LM1

Příčný řez



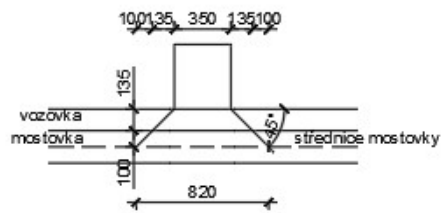
Půdorys



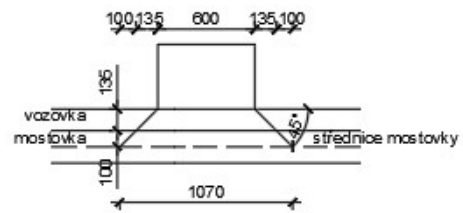
Obr. 16 Schéma roznosu nápravového zatížení LM1

LM2

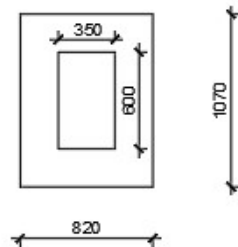
Příčný řez



Podélný řez



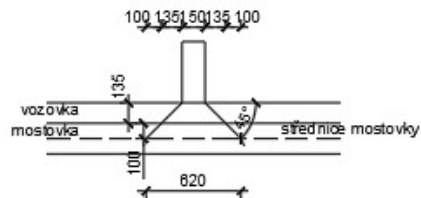
Půdorys



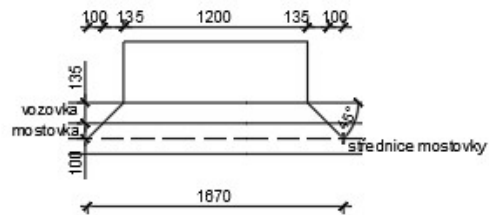
Obr. 17 Schéma roznosu nápravového zatížení LM2

LM3

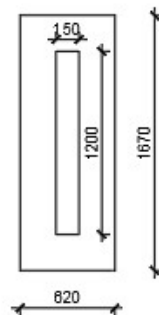
Příčný řez



Podélný řez



Půdorys



Obr. 18 Schéma roznosu nápravového zatížení LM3 - 3000/240

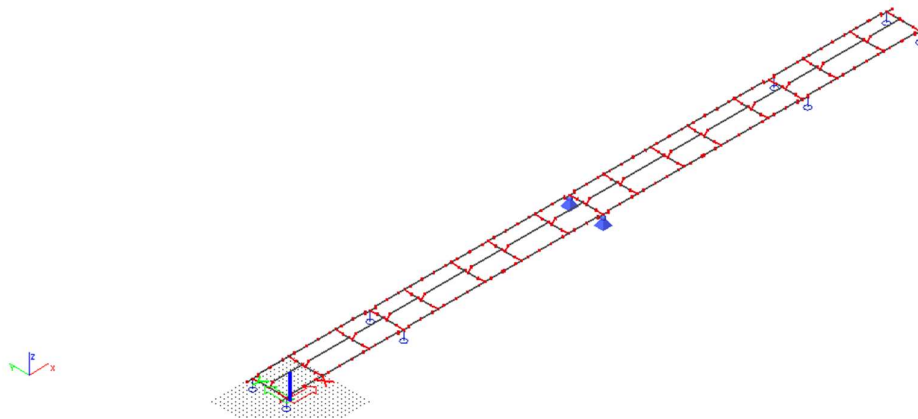
5 Vnitřní síly

5.1 Vnitřní síly – dokončený most

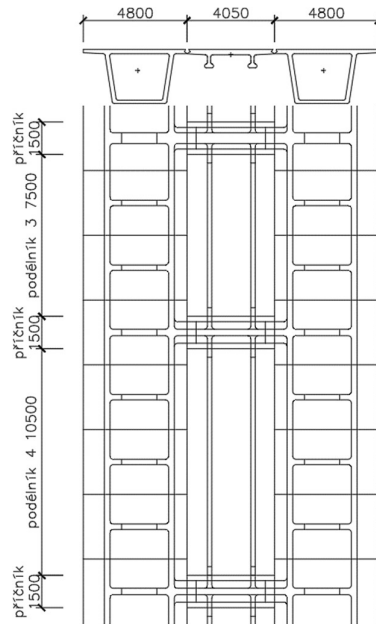
5.1.1 Úvod

Vnitřní síly použité pro posouzení konstrukce byly spočteny na 3D prutovém modelu, vytvořeném ve výpočetním programu Scia Eng. 19.1. Pro co nejpřesnější průběh vnitřních sil, bylo zatížení rozpočítáno na jednotlivé pruty dle skutečných zatěžovacích šířek.

Pro výpočet byl použit model o 4 polích, který omezuje pracnost výpočtu letmo montované konstrukce a zároveň je dostatečně výstižný.



Obr. 19 3D prutový model ze SCIA Engineer



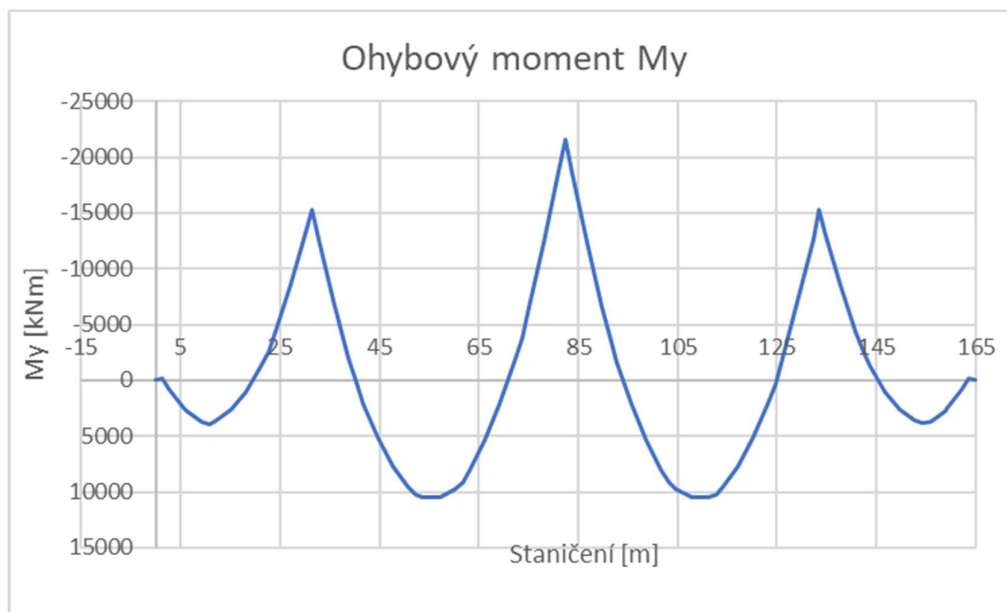
Obr. 20 Zatěžovací šířky prvků v podélném směru

5.1.2 Vnitřní síly od stálého zatížení

5.1.1.1 Vnitřní síly od vlastní tíhy

Vnitřní síly od vlastní tíhy nosné konstrukce byly spočteny především z informativního pohledu. Tyto vnitřní síly na konstrukci nikdy nenastanou, a to z důvodu nutnosti zohlednění stavebních stavů. Použité hodnoty vnitřních sil od vlastní tíhy byly vypočteny na 2D TDA modelu, kde je zohledněna redistribuce vnitřních sil, která nastává vlivem změny statického systému v rámci výstavby.

Pro výpočet vnitřních sil od vlastní tíhy byly jednotlivé pruty zatíženy výše vypočítanými hodnotami rovnoměrného zatížení.



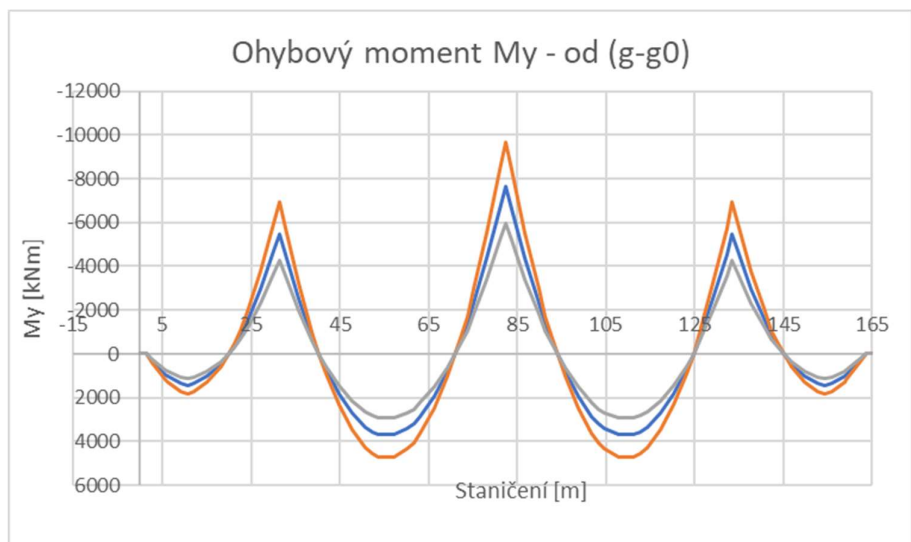
Obr. 21 Momenty M_y od vlastní tíhy - jedna komora

5.1.1.2 Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení

Zatížení od ŽB říms, svodidel a zábradlí přenesou přímo jednotlivé hlavní nosníky – komory, zbytek zatížení od vrstev komunikace a hydroizolace je rozpočítáno na jednotlivé pruty. Zatížení od říms, zábradlí a svodidel bylo zadáno s excentricitou.

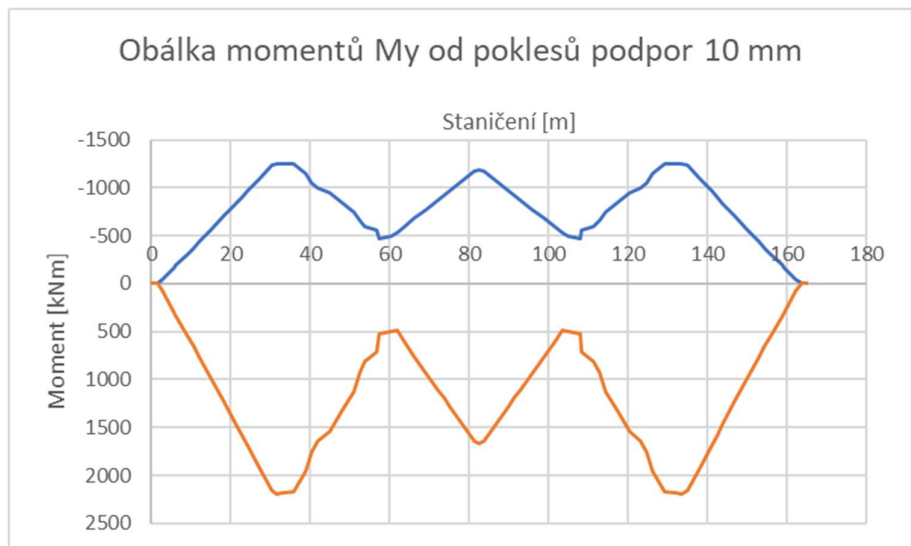
	Římsa		Svodilo		Zábradlí		Vozovka a izolace			Římsa, svodidlo a zábradlí	
	Zatížení [kN/m]	excentricita e [m]	Zatížení [kN/m]	excentricita e [m]	Zatížení [kN/m]	excentricita e [m]	$(g \cdot g_0)_m$	$(g \cdot g_0)_{k,sup}$	$(g \cdot g_0)_{k,inf}$	Zatížení [kN/m]	excentricita e [m]
							Zatížení [kN/m]				
Levá komora	12,95	2,20	1,00	1,62	0,50	2,61	12,09	16,93	9,67	14,45	2,17
Podélník	-	-	-	-	-	-	13,63	19,08	10,90	-	-
Pravá komora	12,95	2,37	1,00	2,12	-	-	13,88	19,43	11,10	13,95	2,35

Tabulka 4 Rozdělení ostatního stálého zatížení na jednotlivé prvky



Obr. 22 Moment M_y od $(g-g_0)_{m.inf,sup}$ – jedna komora.

5.1.1.3 Nerovnoměrné poklesy podpor



Obr. 23 Obálka momentů M_y od poklesů podpor – jedna komora.

5.1.3 Vnitřní síly od proměnného zatížení

5.1.1.4 Model zatížení 1

Síly od zatížení modelu 1 jsou rovnoměrně umístěny na celou šířku zatěžovací plochy w , pro získání maximálních účinků vnitřních sil.

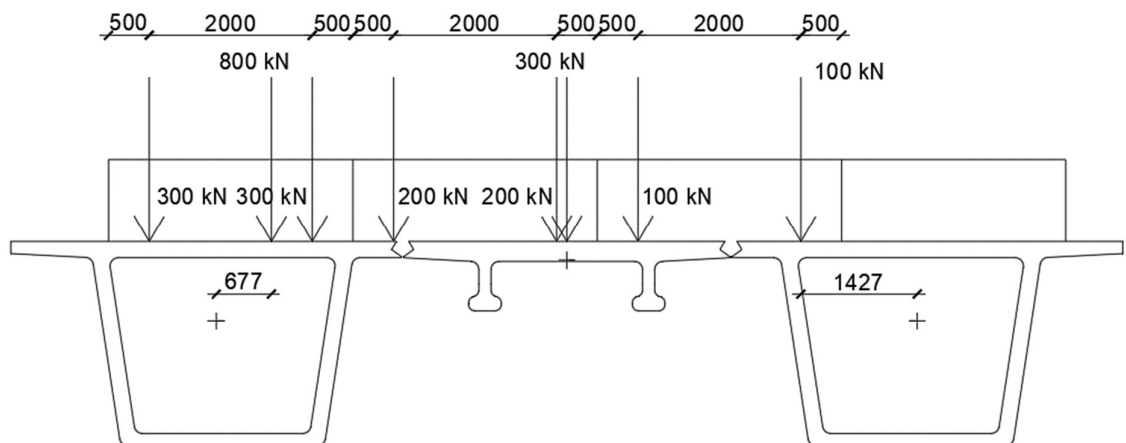
Velikosti jednotlivých sil a jejich rozmístění na jednotlivé pruty:

- nápravové síly TS – jsou rozmístěny do pruhů 1, 2 a 3:

$$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} + \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} + \alpha_{Q3} \cdot Q_{3k} = 1,0 \cdot 300,0 + 1,0 \cdot 200,0 + 1,0 \cdot 100,0 = 600,0 \text{ kN}$$

při rozpětí nosné konstrukce větší než 10 m, slučujeme pro globální analýzu všechny tři nápravové síly do jedné, která má celkovou hodnotu 1200 kN, rozdělení na pruty:

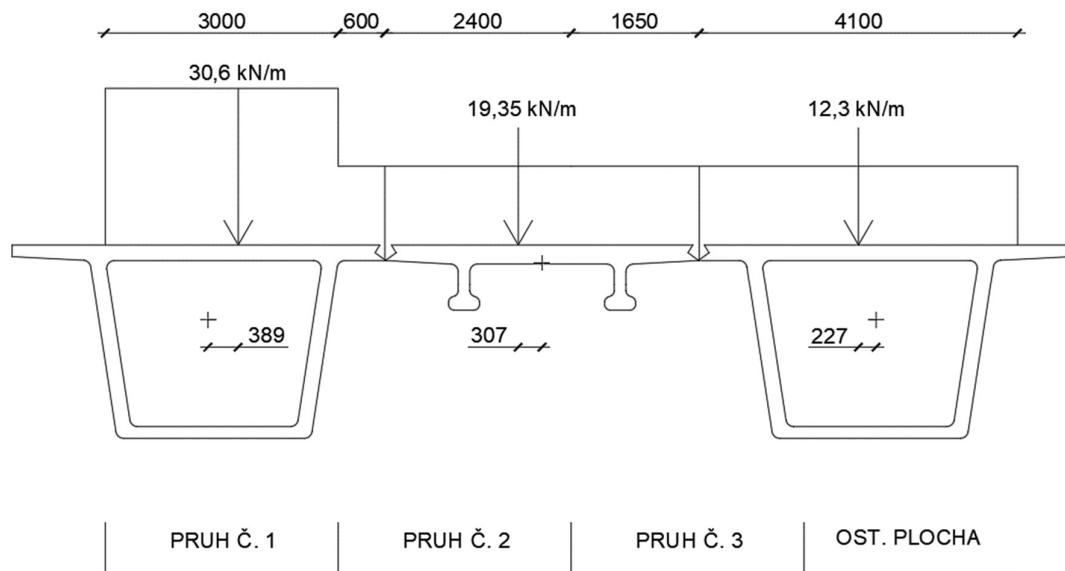
- pravá komora – 800 kN – excentricita $e = 0,677 \text{ m}$
- PI 2 – 300 kN – excentricita zanedbána
- levá komora – 100 kN – excentricita $e = 1,427 \text{ m}$
- bylo využito symetrie konstrukce, a tedy zatížení je zadáno pouze na jedné polovině konstrukce



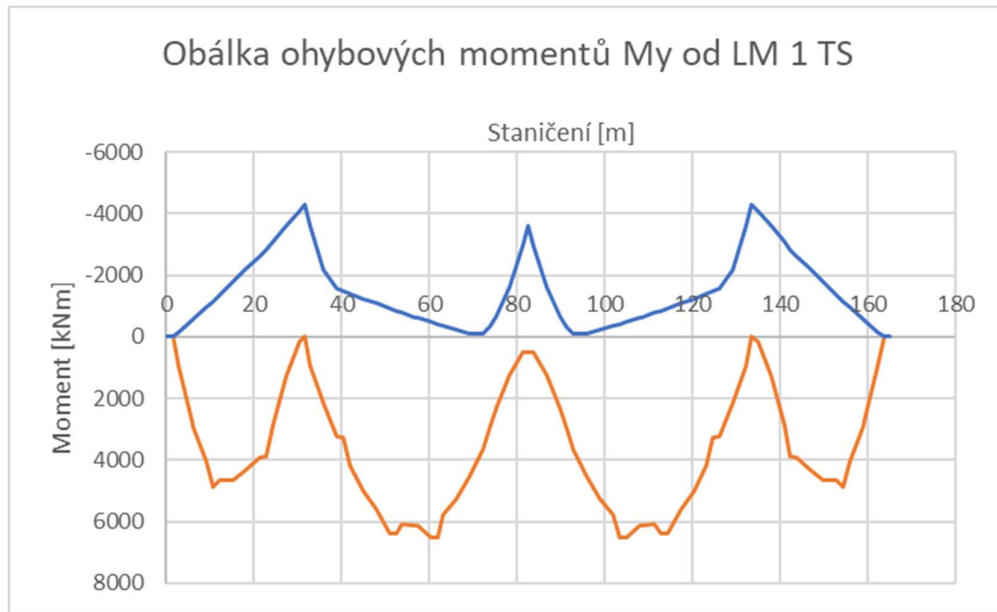
Obr. 24 Rozdělení zatížení na jednotlivé pruty - TS

- spojitě rovnoměrné zatížení (UDL) v zatěžovacím pruhu č. 1, 2, 3 a na zbývající ploše: $\sum \alpha_{qi} \cdot q_{ik} \cdot w_i = 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 + 2,4 \cdot 2,5 \cdot 3,0 + 1,2 \cdot 2,5 \cdot 3,0 + 1,2 \cdot 2,5 \cdot 2,75 = 62,25 \text{ kN/m}$

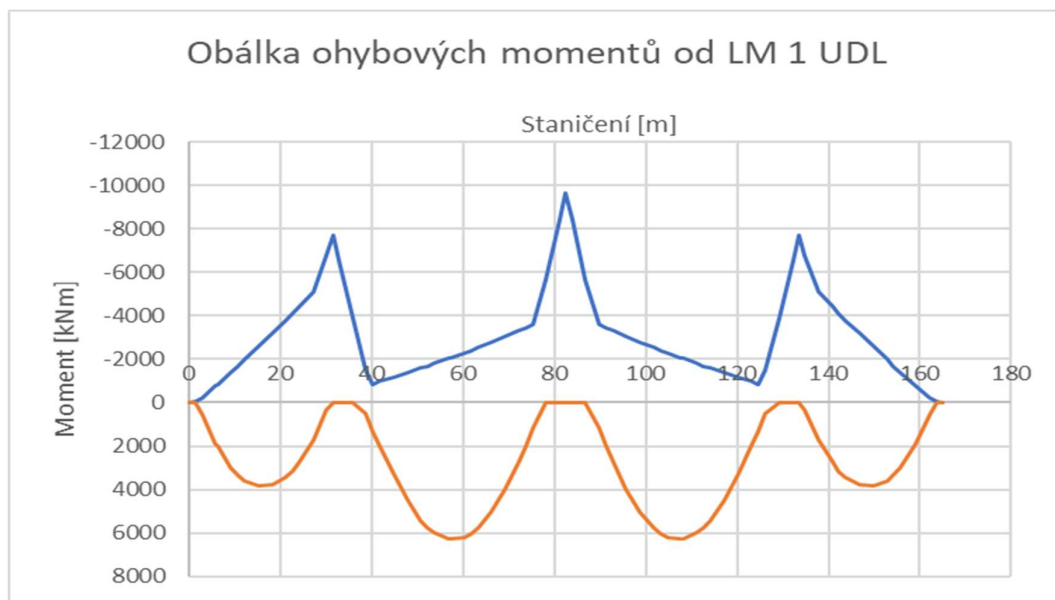
- levá komora – $\sum \alpha_{qi} \cdot q_{ik} \cdot w_i = 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 + 2,4 \cdot 2,5 \cdot 0,6 = 30,6 \text{ kN/m}$
 $e = 0,389 \text{ m}$
- podélník - $\sum \alpha_{qi} \cdot q_{ik} \cdot w_i = 2,4 \cdot 2,5 \cdot 2,4 + 1,2 \cdot 2,5 \cdot 1,65 = 19,35 \text{ kN/m}$
 $e = 0,307 \text{ m}$
- pravá komora- $\sum \alpha_{qi} \cdot q_{ik} \cdot w_i = 1,2 \cdot 2,5 \cdot 4,1 = 12,3 \text{ kN/m}$
 $e = 0,227 \text{ m}$



Obr. 25 Rozdělení zatížení na jednotlivé pruty – LM 1 – UDL



Obr. 26 Obálka momentů M_y od modelu zatížení 1 – TS (jeden komorový nosník)



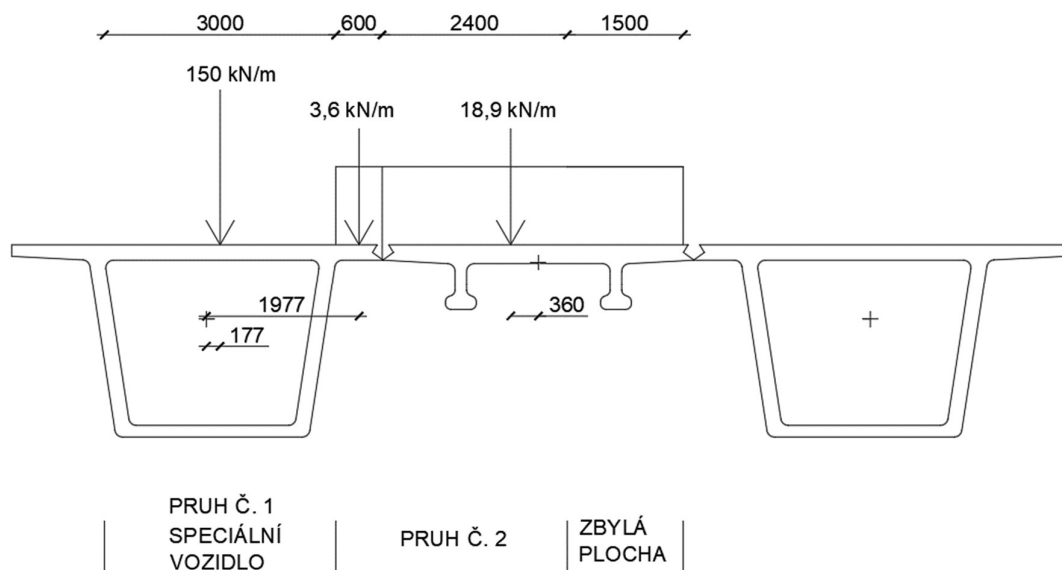
Obr. 27 Obálka momentů M_y od modelu zatížení 1 – UDL (jeden komorový nosník)

5.1.1.5 Model zatížení 3

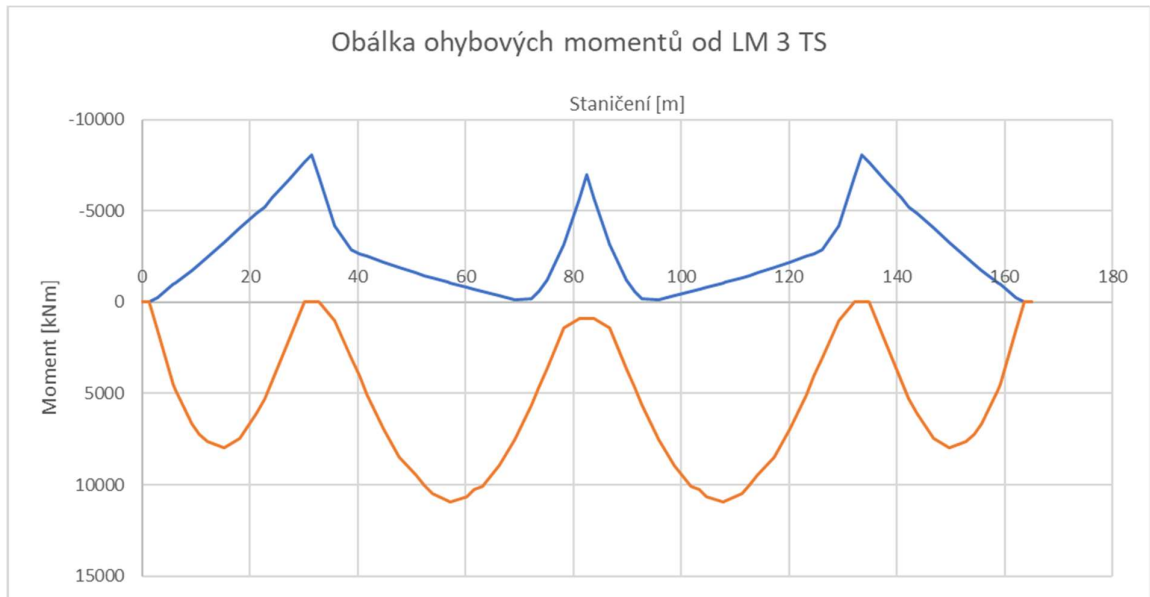
5.1.1.5.1 Model zatížení LM 3 1800/200 v pruhu 1 a Model zatížení LM 1 v ostatních pruzích

Pro tento model zatížení je vozovka uvažována bez vodících proužků, krajnic a nouzových pruhů. V tomto případě D25,5 jsou celkově 2 pruhy po 3 metrech a zbývající plocha 1,5 m, tedy $w = 2 \cdot 3 + 1,5 = 7,5$ m. Zatížení tedy rozdělíme celkem do 2 pruhů a ostatní plochy. Do pruhu 1 umístíme vozidlo LM 3 – 1800/200, do ostatních pruhů bude umístěno zatížení z LM 1 – UDL.

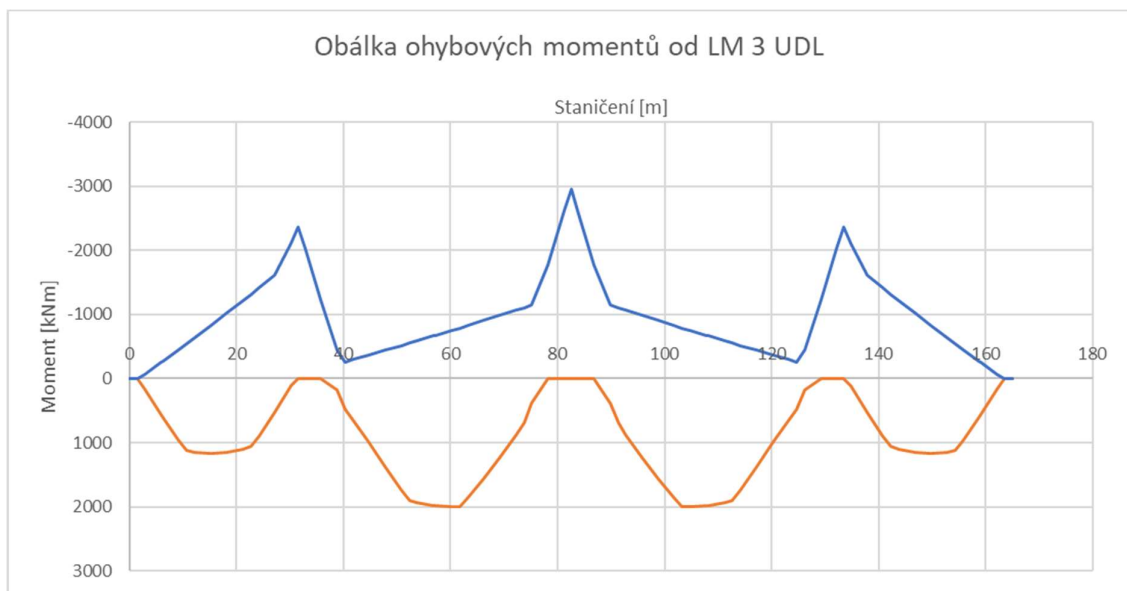
- Levá komora – 150 kN/m na délce 12 m, excentricita $e = 0,177$ m, dále zatížení od LM 1 – $2,4 \cdot 2,5 \cdot 0,6 = 3,6$ kN/m $e = 1,977$ m
- Podélník – $2,4 \cdot 2,5 \cdot 2,4 + 1,2 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 14,4 + 4,5 = 18,9$ kN/m $e = 0,276$ m
- bylo využito symetrie konstrukce, a tedy zatížení je zadáno pouze na jedné polovině konstrukce



Obr. 28 Rozdělení zatížení LM 3 1800/200 + LM 1 UDL



Obr. 29 Obálka momentu M_y od modelu zatížení 3 – 1800/200 (jeden komorový nosník)



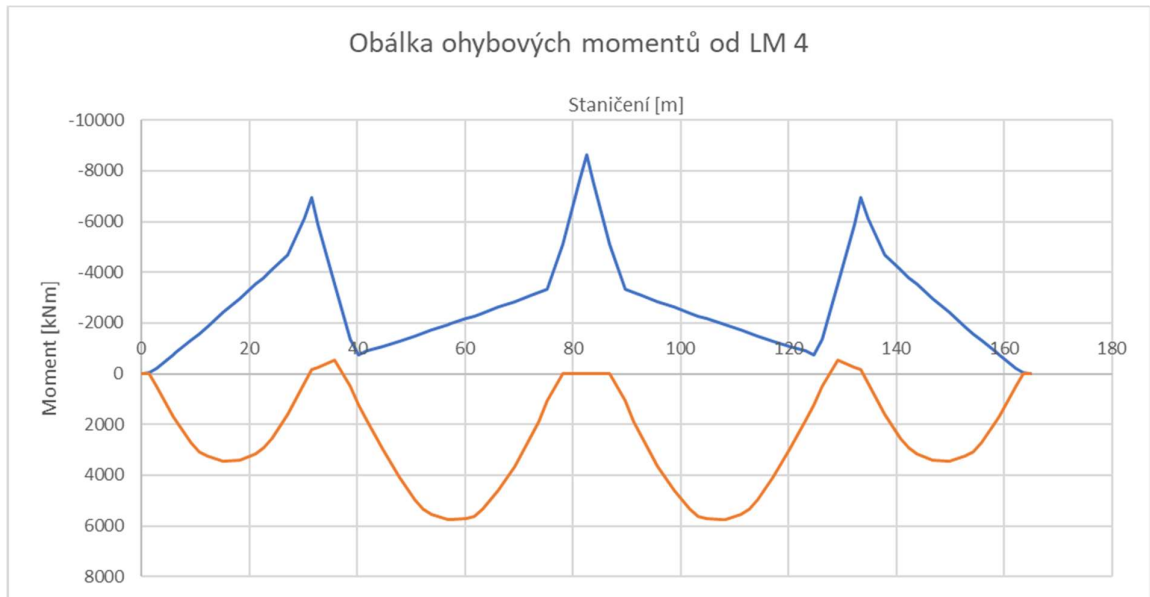
Obr. 30 Obálka momentů M_y od modelu zatížení 3 – UDL (jeden komorový nosník)

5.1.4 Model zatížení 4

Zatížení je rovnoměrné na celé šířce mostu, tedy $q_k = 13,650 \cdot 5,0 = 68,25 \text{ kN/m}$

Rozdělení na jednotlivé pruty:

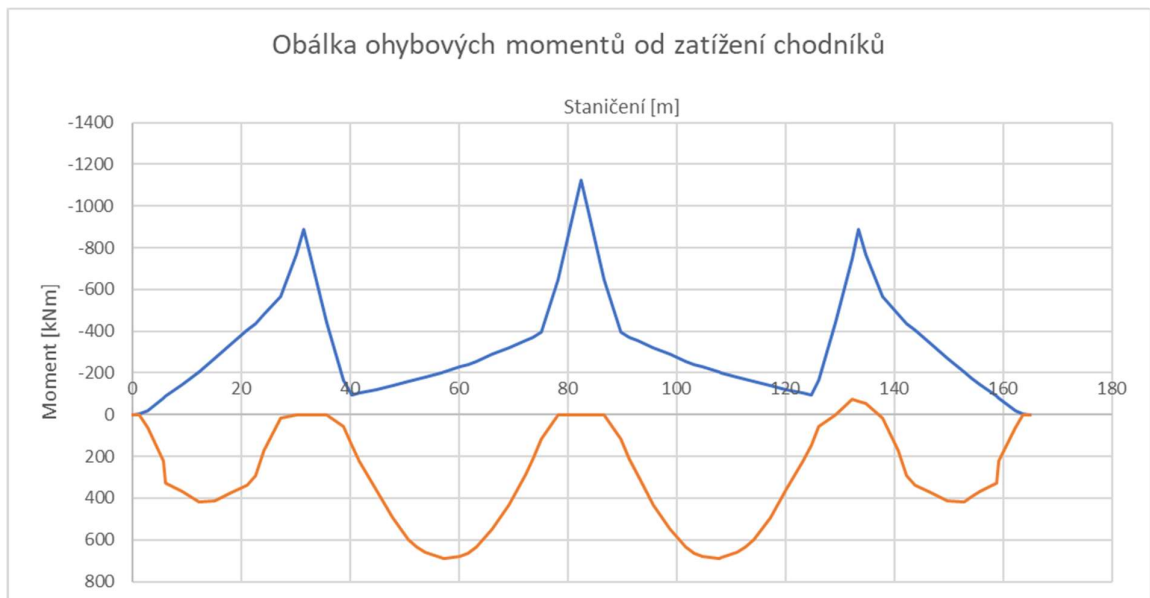
- pravá komora = levá komora – $4,8 \cdot 5,0 = 24 \text{ kN/m}$
- PI – $4,05 \cdot 5,0 = 20,25 \text{ kN/m}$



Obr. 31 Obálka momentů M_y od modelu zatížení LM4

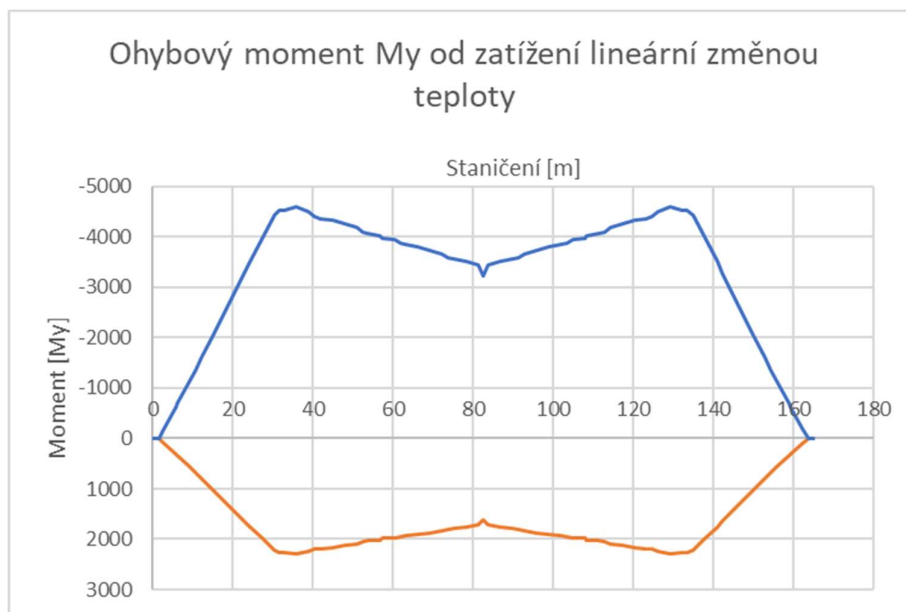
5.1.5 Zatížení chodníků

Na mostě se nachází nouzový chodník šíře 0,75 m, zatížení 3,5 kN/m bylo zadáno na prut reprezentující komoru pod chodníkem. Pro přesnější průběh vnitřních sil byla zadána excentricita $e = 2,20 \text{ m}$.



Obr. 32 Obálka momentů M_y od zatížení chodníků (jedna komora)

5.1.3.1 Zatížení teplotou

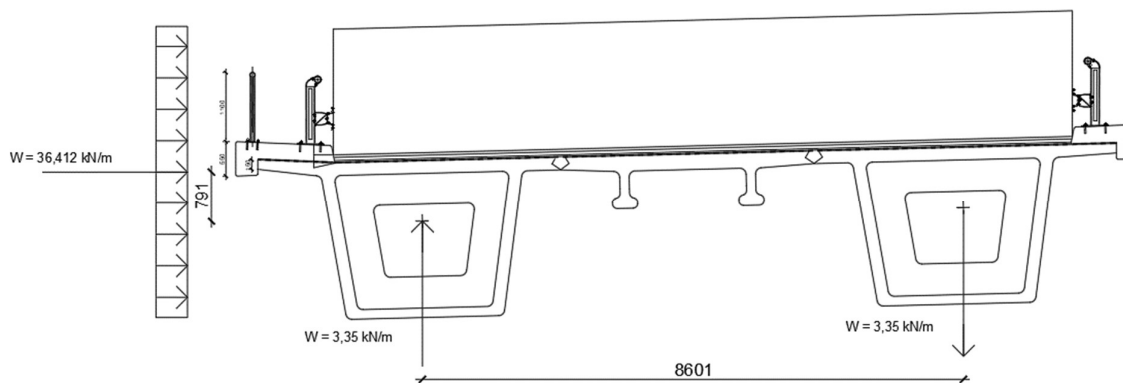


Obr. 33 Obálka momentů M_y zatížení teplotou

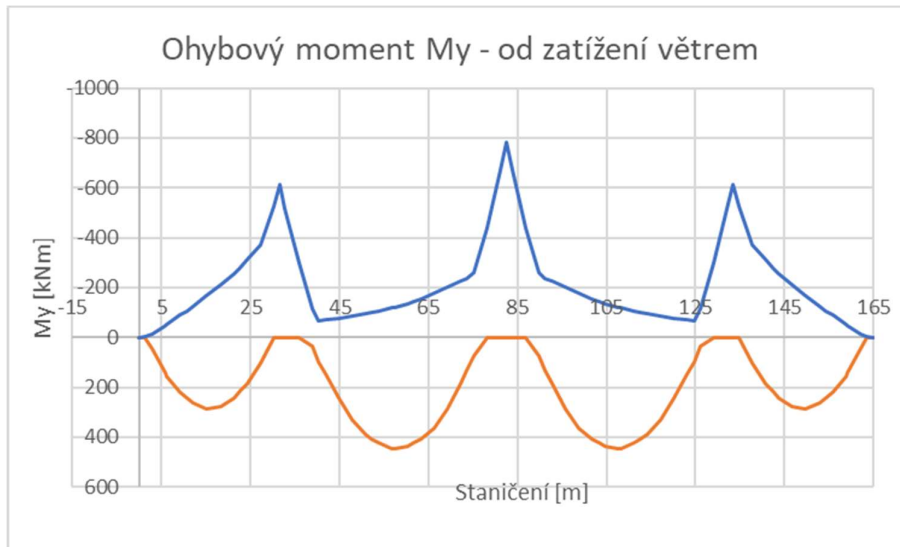
5.1.3.2 Zatížení větrem

Zatížení od větru bylo rozpočteno na jednotlivé komory:

$$F_w = 36,412 \cdot 0,791 / 8,601 = 0,69 \text{ kN/m}$$



Obr. 34 Schéma výpočtu zatížení od větru



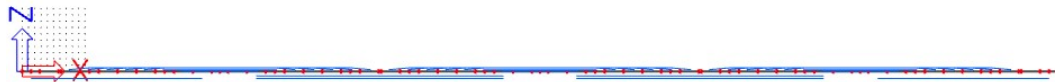
Obr. 35 Obálka momentů M_y od zatížení větrem (jedna komora)

5.2 Vnitřní síly – stavební stádia

5.2.1 Úvod

Pro výstavbu mostu byla uvažována technologie letmé montáže. Jednotlivé segmenty budou po již zhotovených částech vahadla přesouvány pomocí lehkých dopravních prostředků. Na konci vahadla bude umístěn lehký atypický jeřáb.

Pro výpočet vnitřních sil při jednotlivých fázích výstavby a pro dokončenou konstrukci byl použit 2D výpočetní model s funkcí časově závislé analýzy (TDA), která zohledňuje dotvarování a smršťování betonu i působení předpětí včetně vývoje v čase.

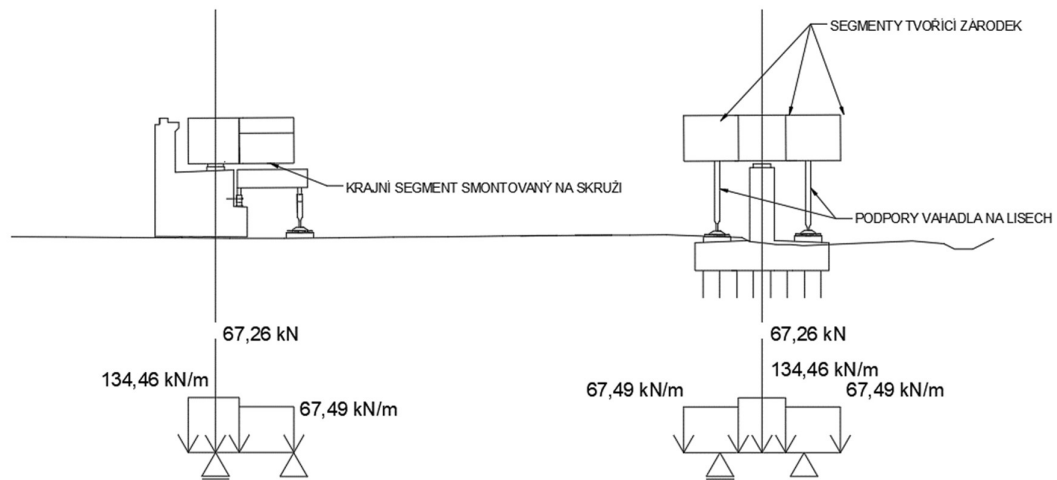


Obr. 36 - 2D model s fázemi výstavby

5.2.2 Statická schémata fáze výstavby

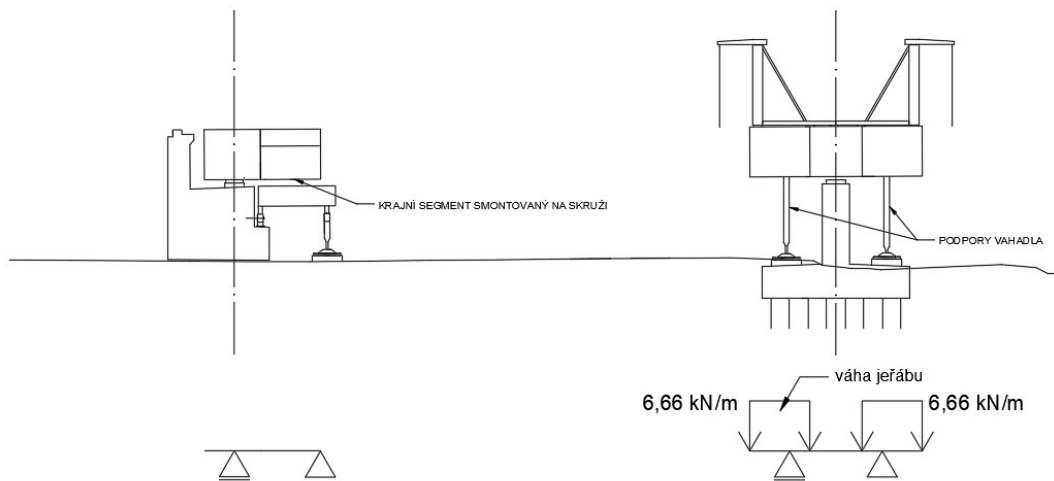
Zatížení modelu viz **kap. 4.1.1**

Fáze 1 – montáž krajního pole na pevné skruži a montáž vahadla, které je podepřeno provizorními podporami a lisy



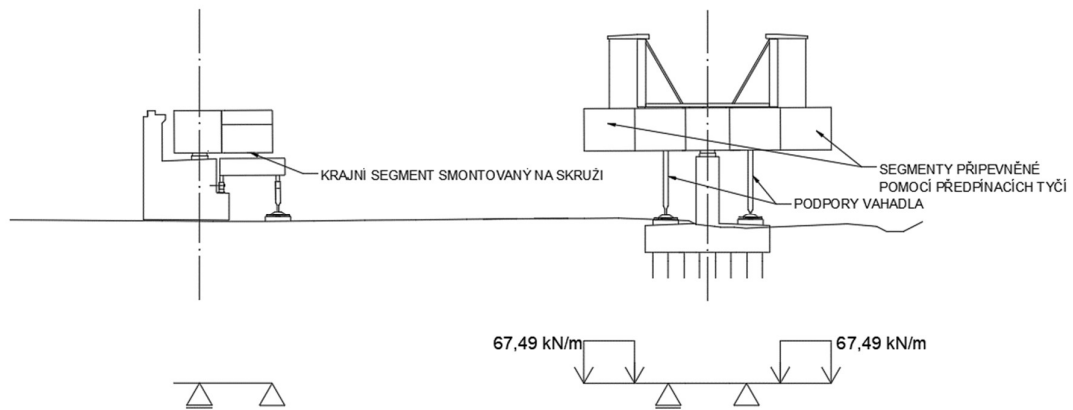
Obr. 37 Schéma fáze 1

Fáze 2 – montáž jeřábů na konec vahadla



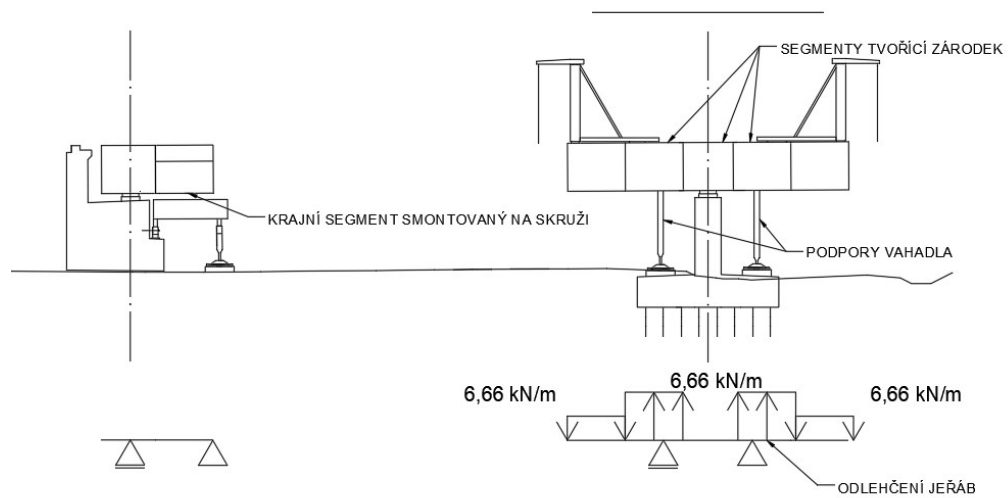
Obr. 38 Schéma fáze 2

Fáze 3 – zvednutí segmentů pomocí autojeřábu na zárodek, zvednutí jeřábem namontovaným na vahadle a montáž, upevnění segmentu je zajištěno pomocí předpínacích tyčí



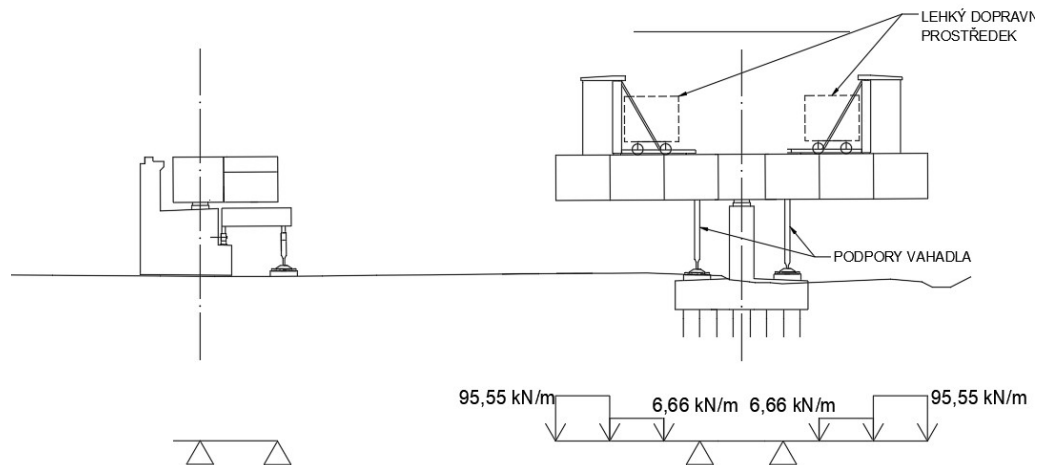
Obr. 39 Schéma fáze 3

Fáze 4 – připnutí segmentu pomocí konzolových kabelů, deaktivace předpínacích tyčí a přesun dopravního prostředku do nové polohy



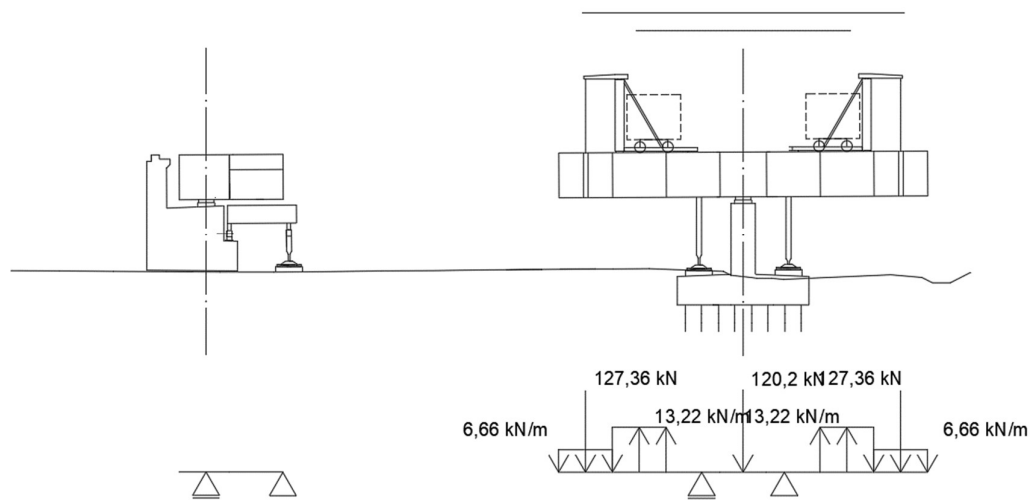
Obr. 40 Schéma fáze 4

Fáze 5 - zvednutí segmentů pomocí autojeřábu na zárodek, zvednutí jeřábem namontovaným na vahadle a montáž, upevnění segmentu je zajištěno pomocí předpínacích tyčí



Obr. 41 Schéma fáze 5

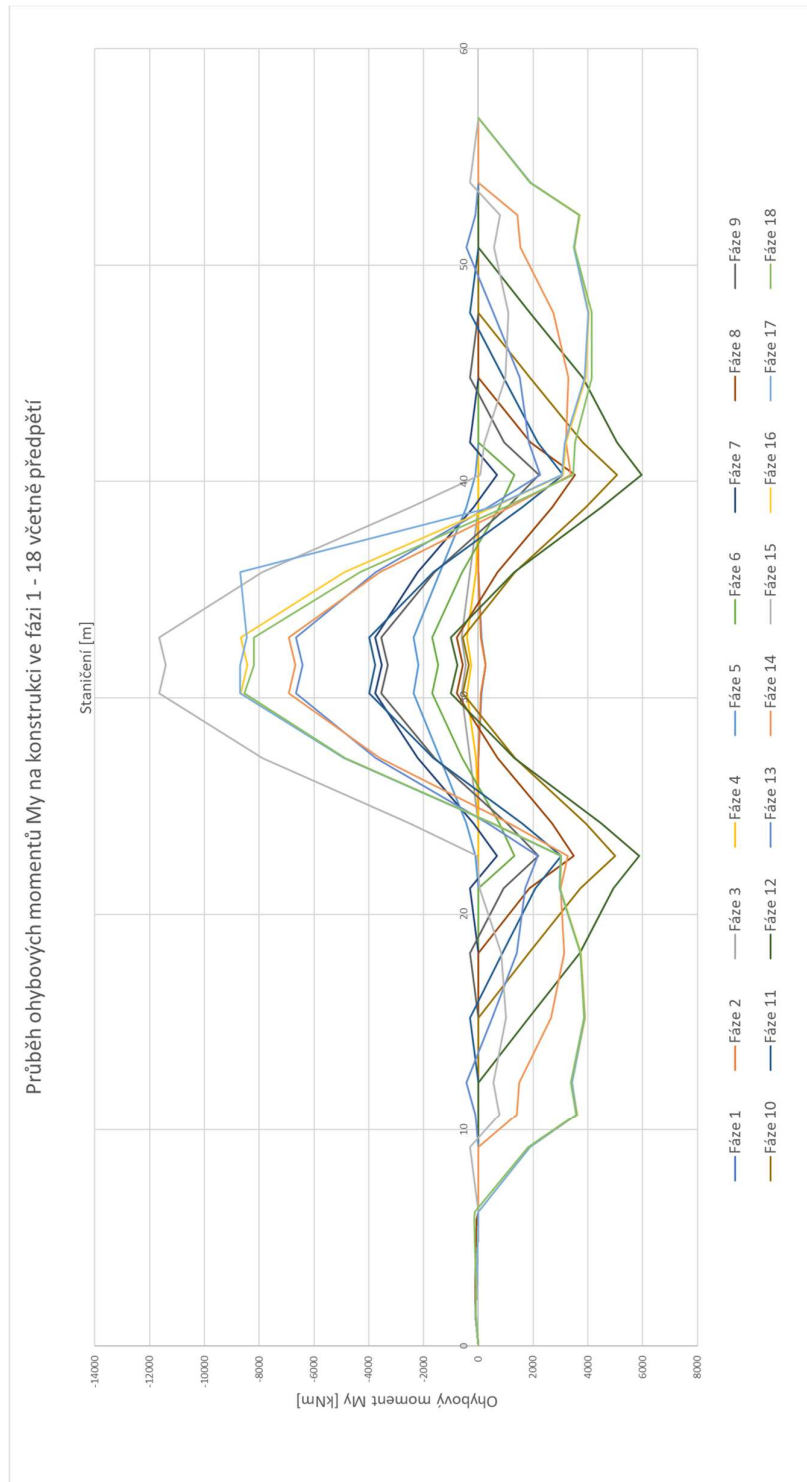
Fáze 6 – předepnutí vahadla pomocí konzolových kabelů, deaktivace předpínacích tyčí a montáž podélníků a příčniců



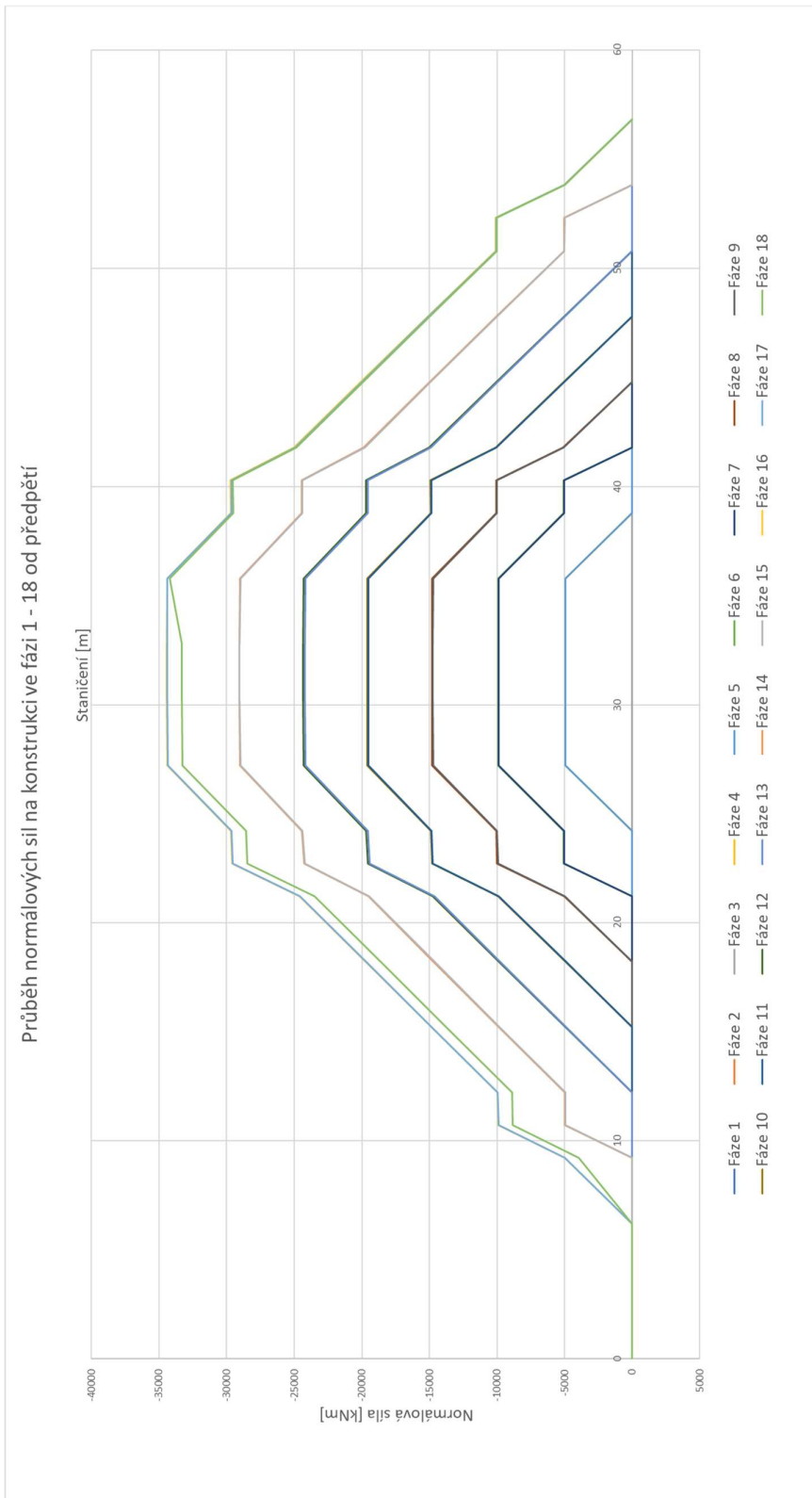
Obr. 42 Schéma fáze 6

Další montáž ve fázích 7-16 je shodná s postupem ve fázích předcházejících. Ve fázi 17 dojde k dobetonávce monolitické spáry mezi vahadlem a krajním polem, poté se ve fázi 18 namontují podélníky a příčnicíky a ve fázi 19 předepnou kabely spojitosti. Rozkreslení všech fází výstavby je na výkresu v samostatné příloze této diplomové práce.

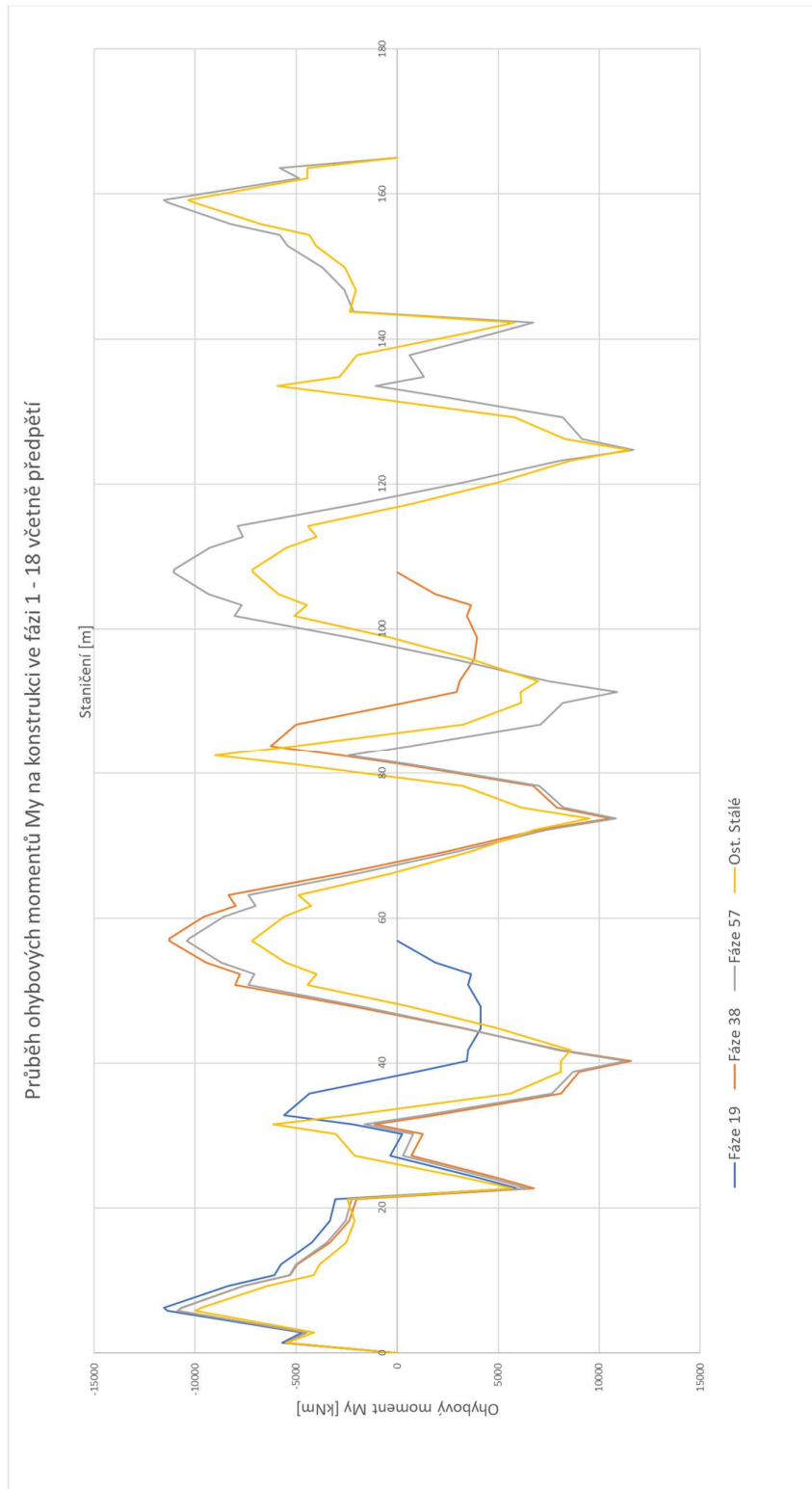
Vnitřní síly ve stavebních fázích jsou získány ze Scia eng. modulu TDA a obsahují i předpětí.



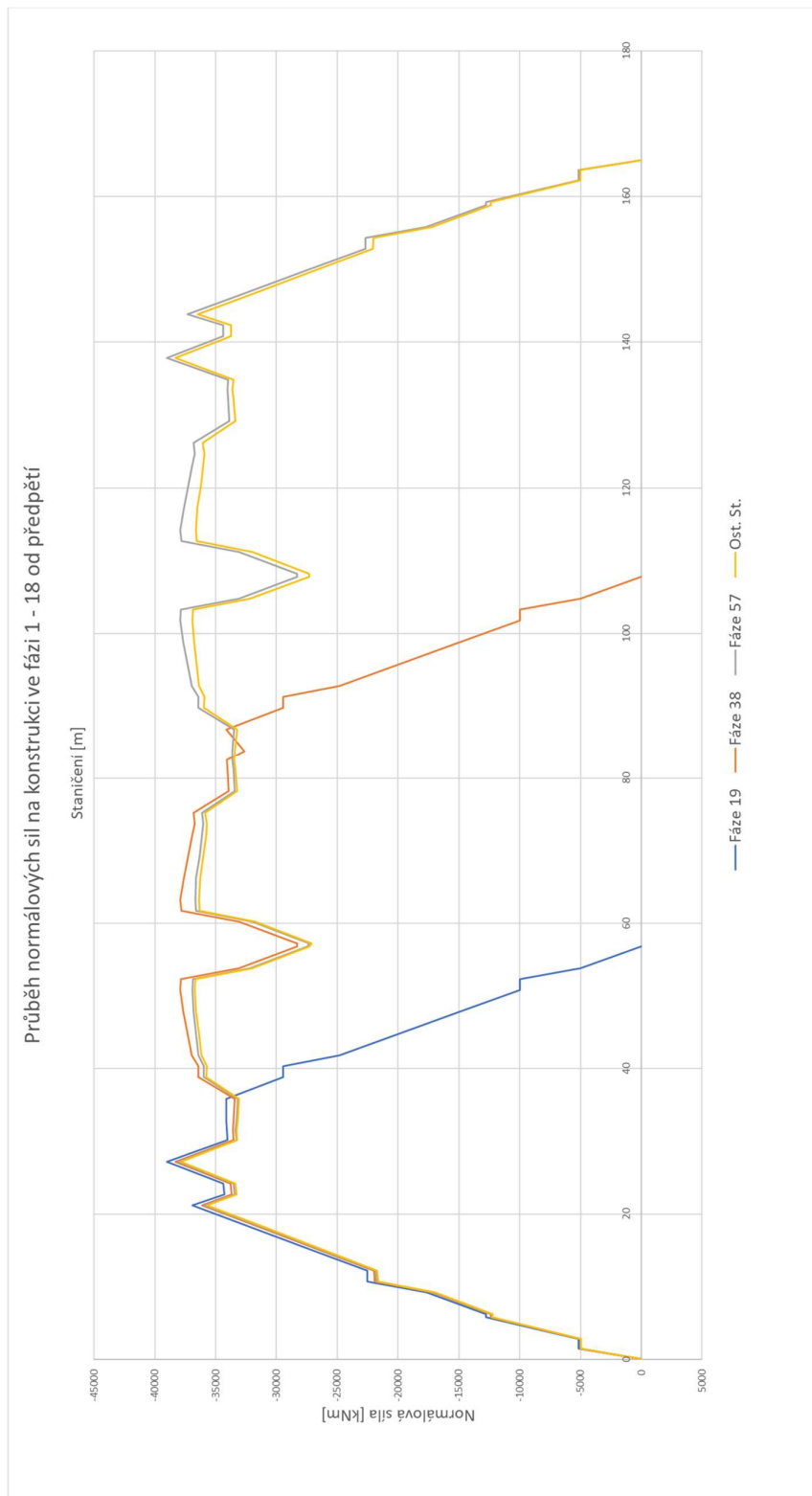
Obr. 43 Průběh ohybových momentů M_y na vahadle v jednotlivých fázích výstavby 1-18



Obr. 44 Průběh normálových sil na vahadle v jednotlivých fázích výstavby 1-18



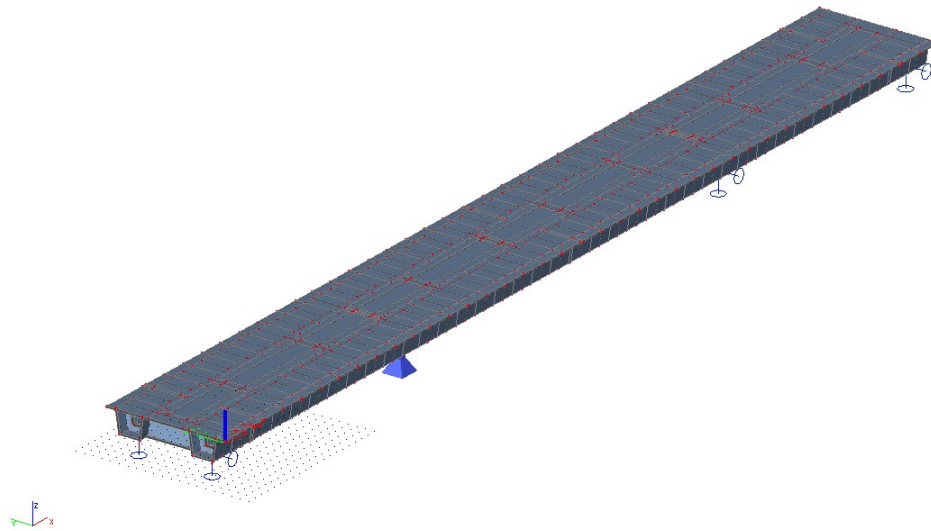
Obr. 45 Průběh ohybových momentů M_y na konstrukci ve fázích spojení 19,37,57 a při aplikaci ostatního stálého zatížení – celá konstrukce



Obr. 46 Průběh normálových sil na konstrukci ve fázích spojení 19,37,57 a při aplikaci ostatního stálého zatížení – celá konstrukce

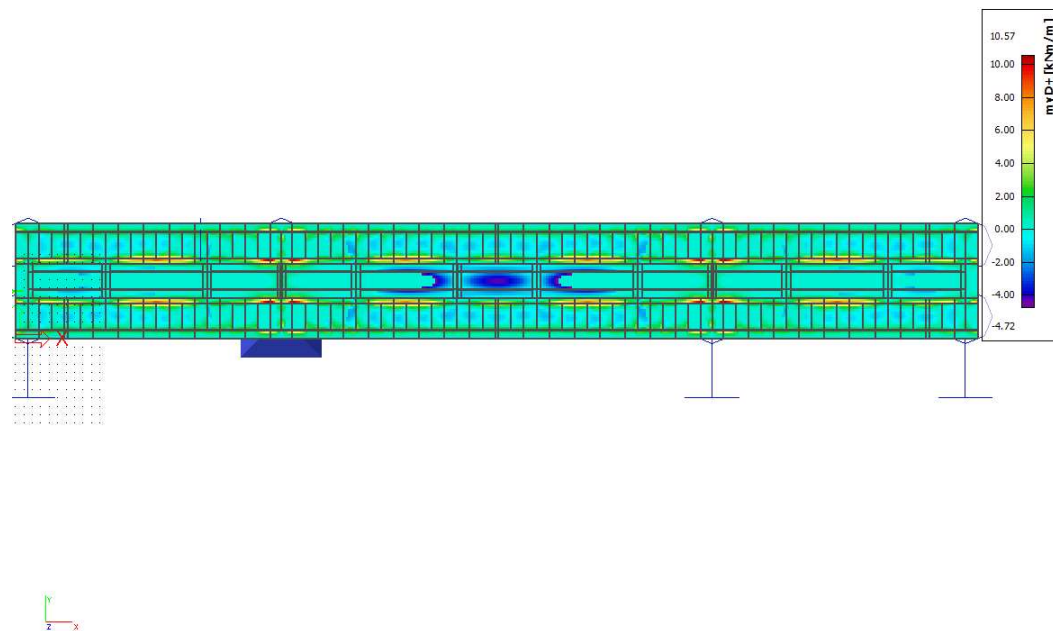
5.3 Vnitřní síly – deskostěnový model

Pro posouzení konstrukce v příčném směru byl vytvořen 3D deskostěnový model o 3 polích. Posouzena byla horní deska nosné konstrukce (mostovka). Konstrukce byla v příčném směru posouzena na MSP – omezení napětí a omezení trhlin a na MSÚ při působení ohybového momentu. Napětí pro posouzení MSP byla přímo vykreslována v programu SCIA Eng. a proto jsou níže uvedeny jen vnitřní síly myD, na které byla posouzena horní deska konstrukce v MSÚ.

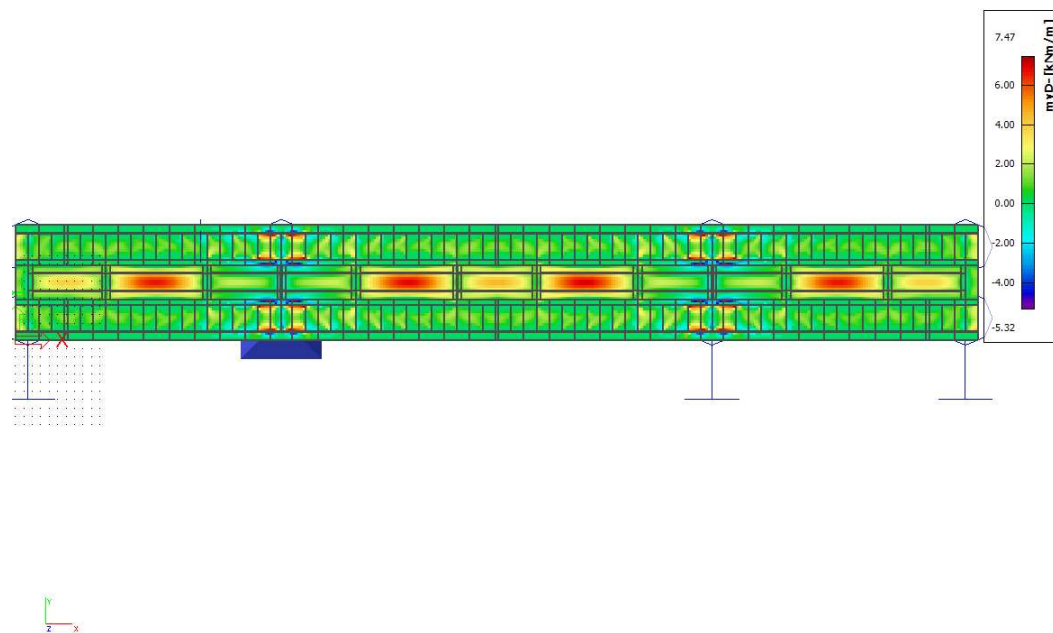


Obr. 47 Deskostěnový model pro posouzení konstrukce v příčném směru

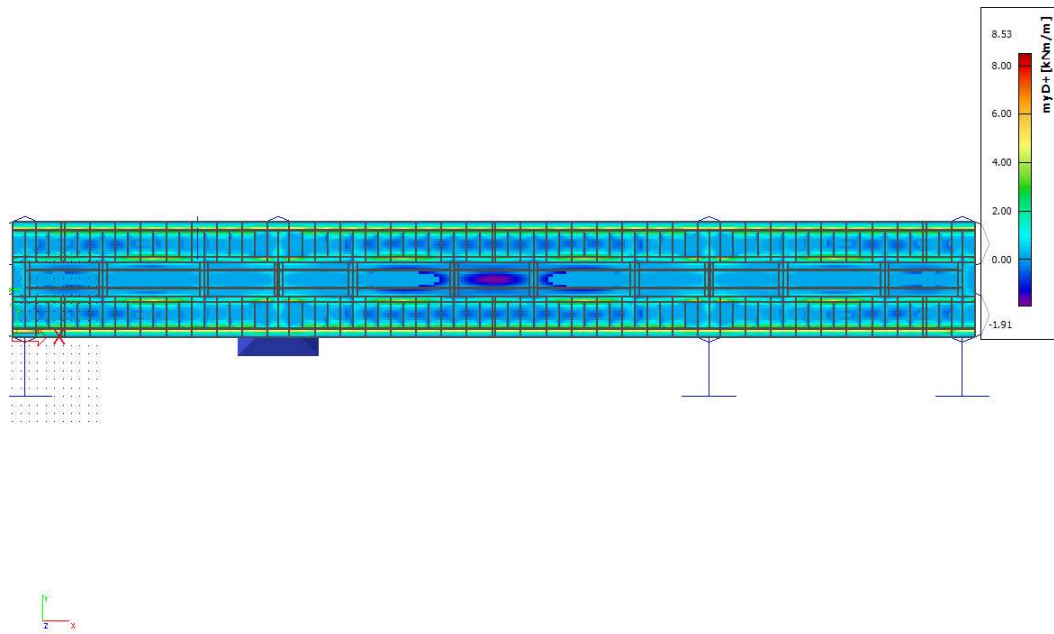
5.3.1 Návrhový ohybový moment m_{yD}



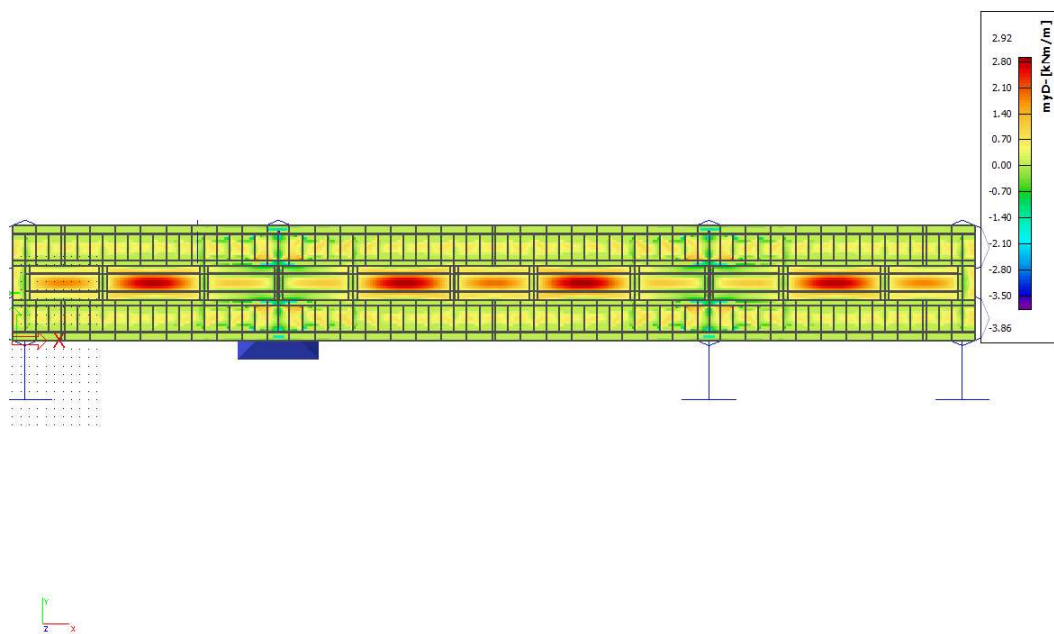
Obr. 48 Izoplocha momentu m_{yD+} na mostovce od vlastní tíhy



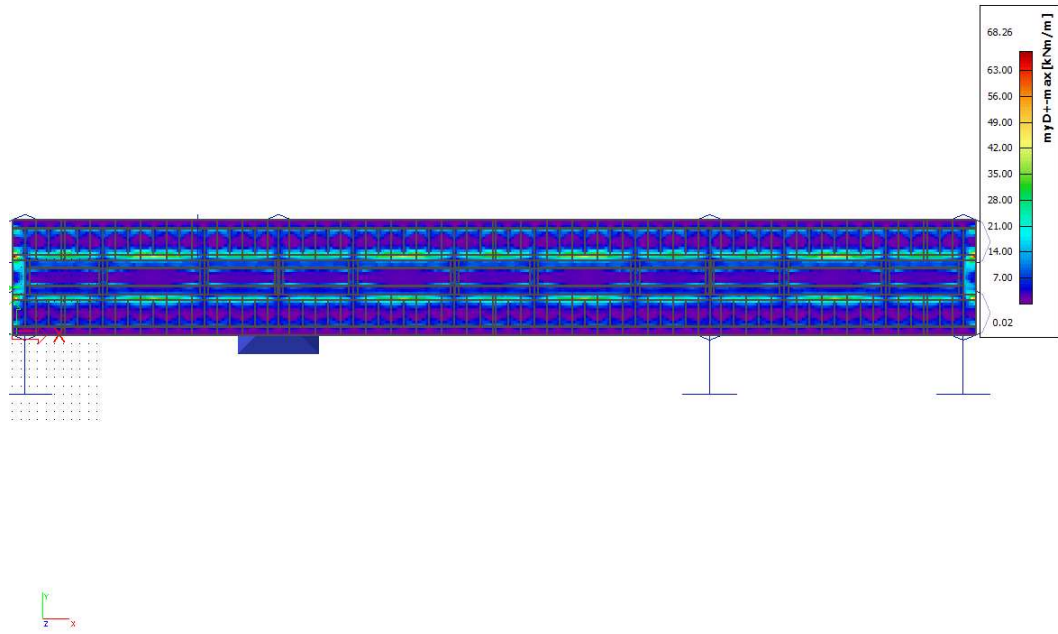
Obr. 49 Izoplocha momentu m_{yD-} na mostovce od vlastní tíhy



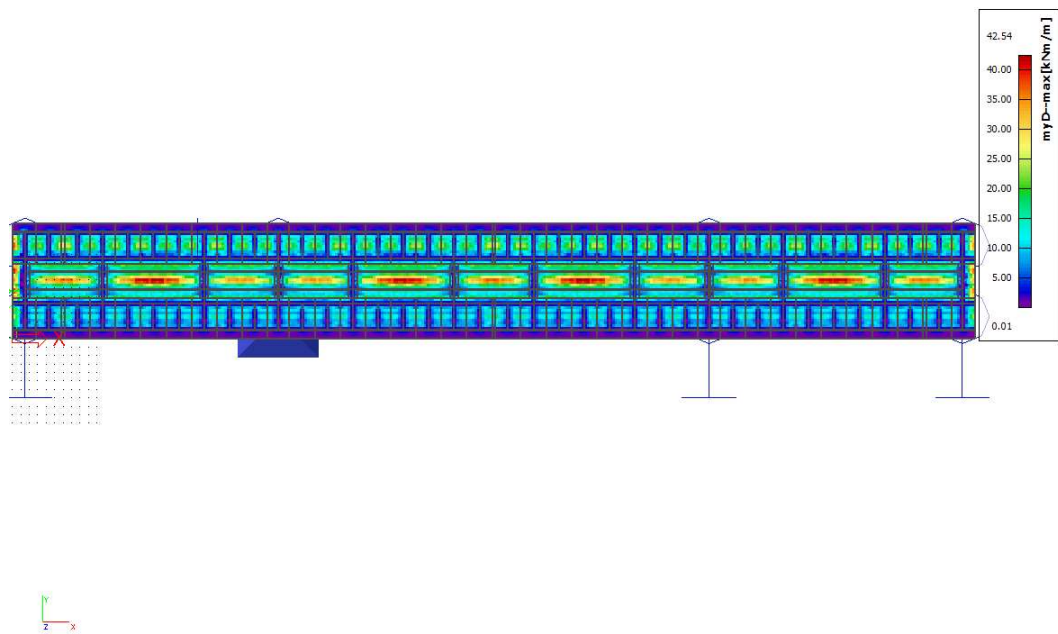
Obr. 50 Izoplocha momentu m_{yD+} na mostovce od ostatního stálého zatížení sup



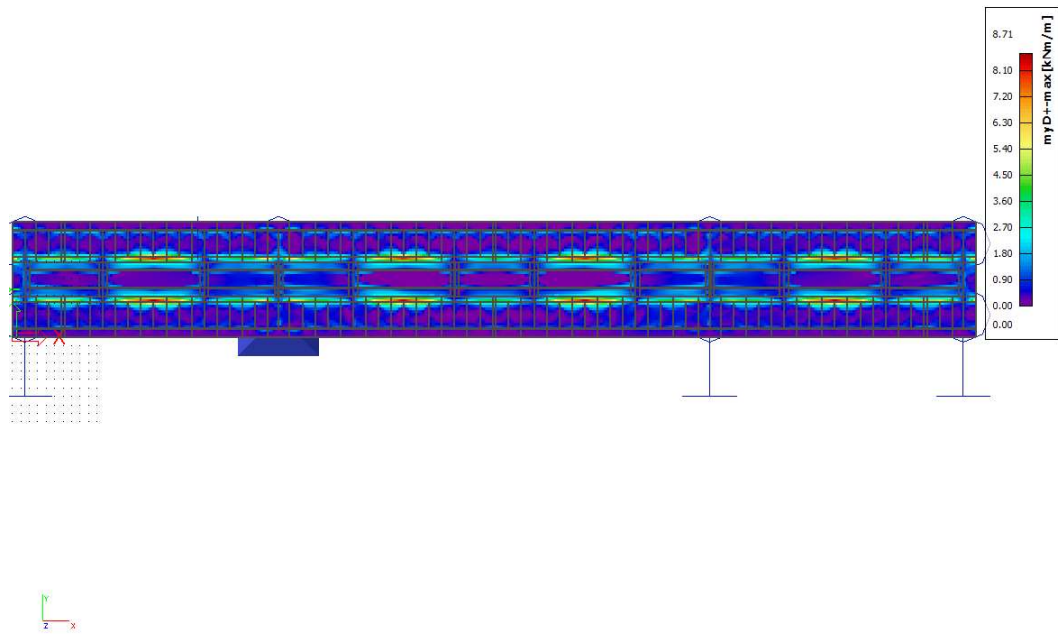
Obr. 51 Izoplocha momentu m_{yD-} na mostovce od ostatního stálého zatížení



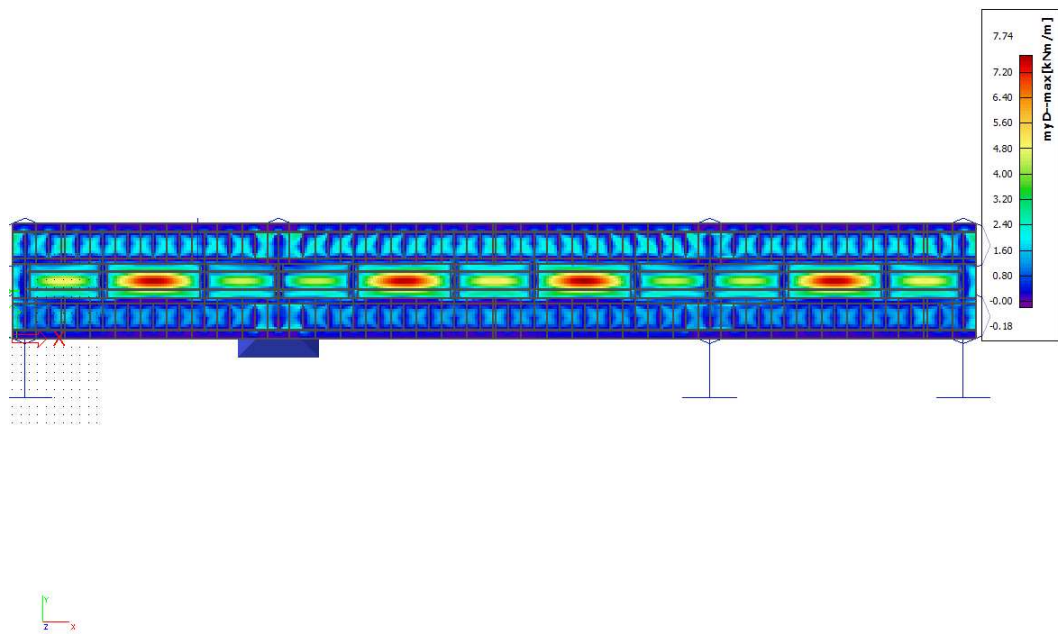
Obr. 52 Izoplocha momentu $myD+$ na mostovce od LM1 TS



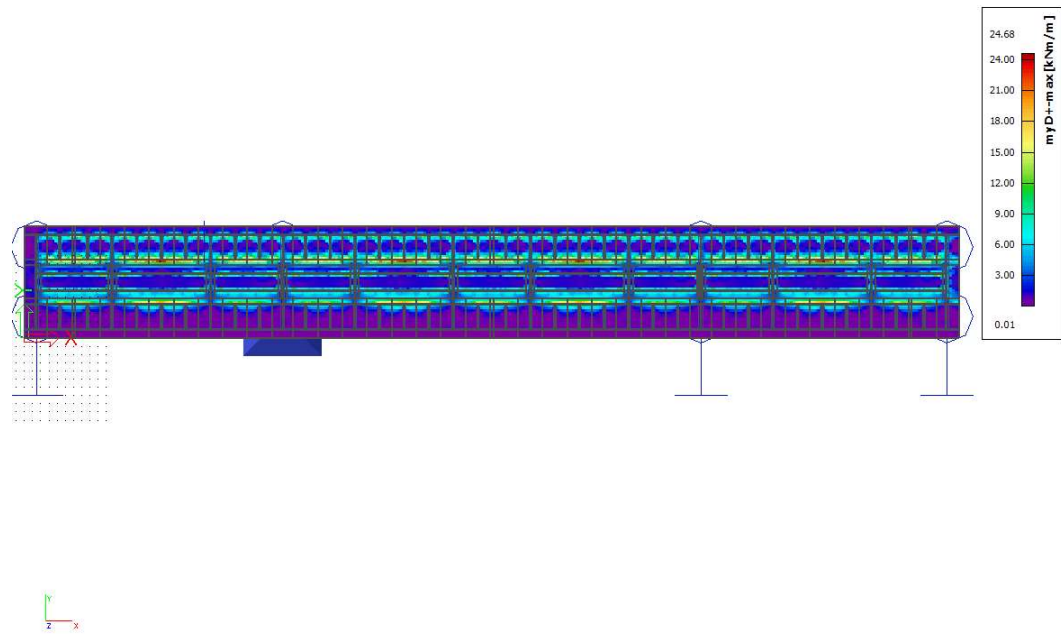
Obr. 53 Izoplocha momentu $myD-$ na mostovce od LM1 TS



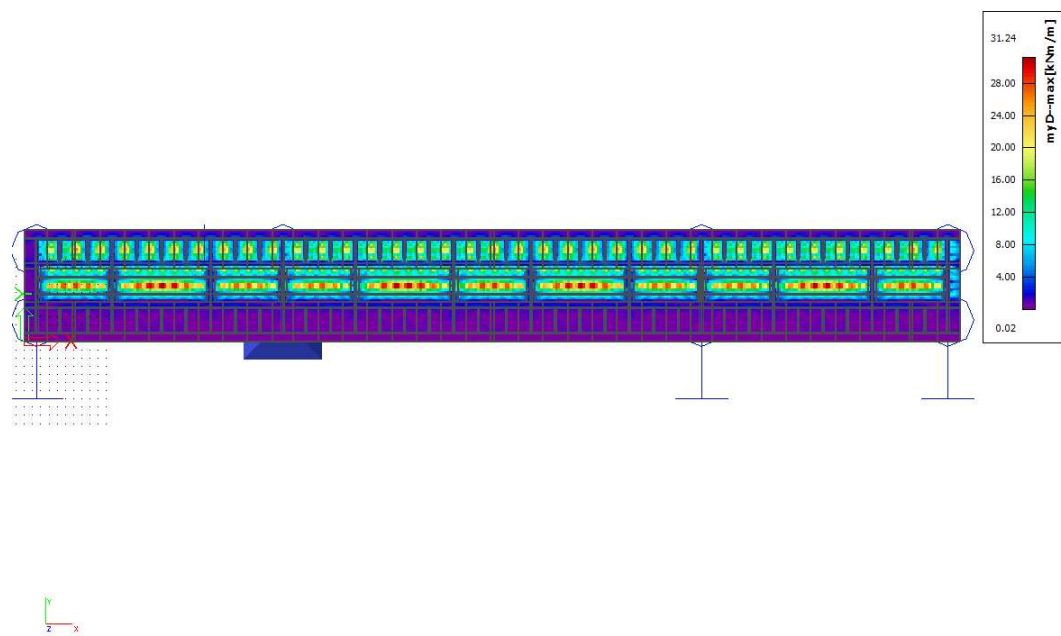
Obr. 54 Izoplocha momentu m_{yD+} na mostovce od LM1 UDL



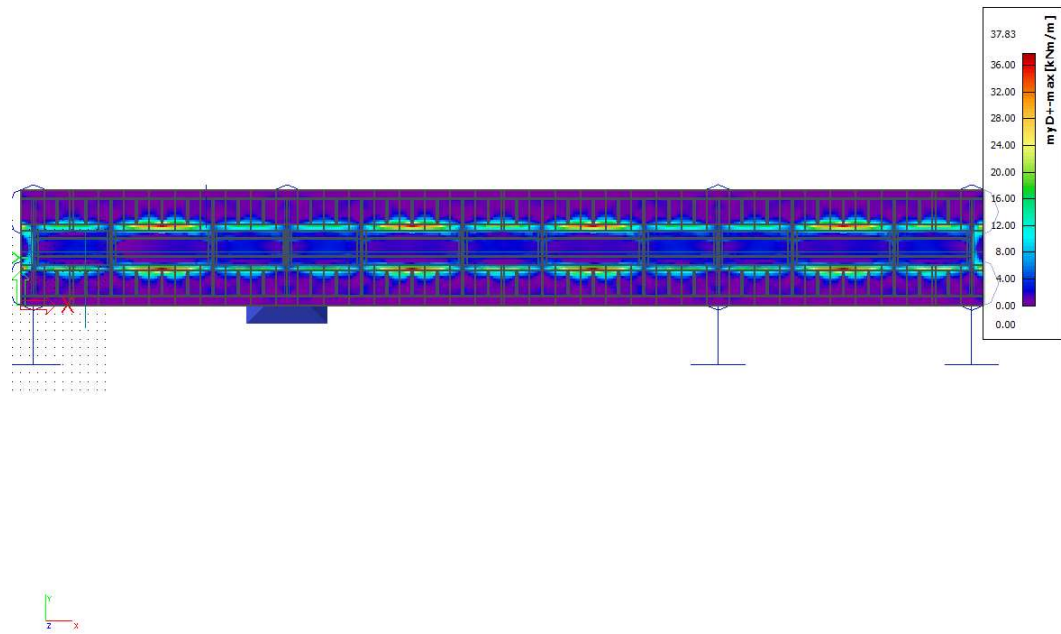
Obr. 55 Izoplocha momentu m_{yD-} na mostovce od LM1 UDL



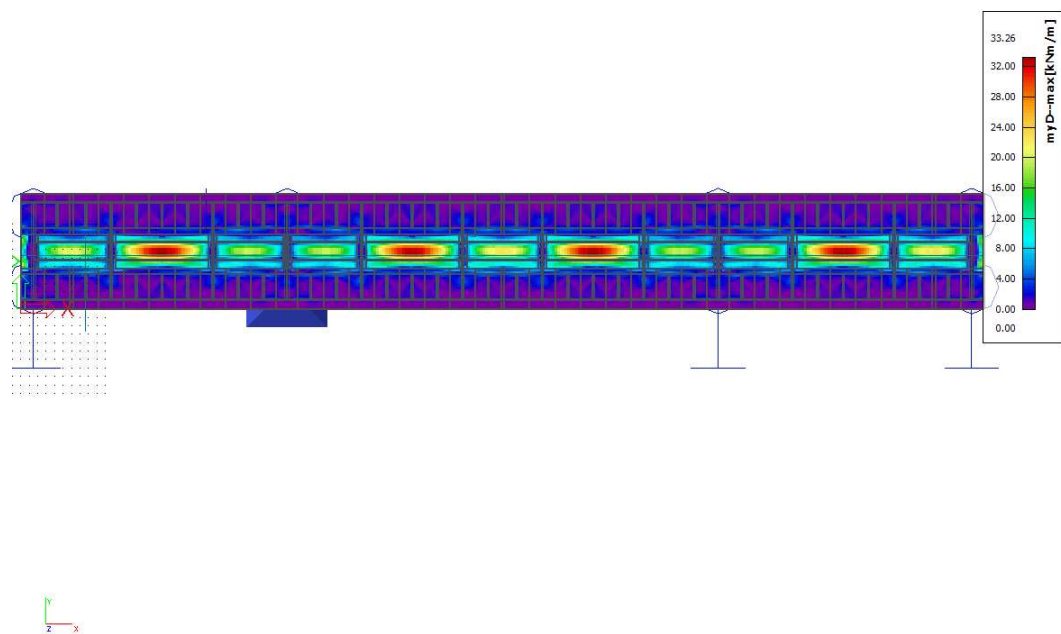
Obr. 56 Izoplocha momentu m_{yD+} na mostovce od LM2



Obr. 57 Izoplocha momentu m_{yD-} na mostovce od LM2



Obr. 58 Izoplocha momentu m_{yD+} na mostovce od LM3 3000/240



Obr. 59 Izoplocha momentu m_{yD-} na mostovce od LM3 3000/240

6 Kombinace zatížení

6.1 Úvod

Ve statickém výpočtu byly dále sestaveny jednotlivé kombinace zatížení, a to dle ČSN EN 1990–73 0002. Jednotlivé rovnice a součinitele pro výpočet jsou uvedeny níže.

Byly spočteny jednotlivé kombinace od všech zatěžovacích stavů. Jako hlavní proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení dopravou, resp. zatížení teplotou. U hlavního proměnného zatížení teplotou byly spočítány pouze kombinace od sestavy zatížení gr1a, ostatní sestavy zatížení nebudou rozhodovat, a to z důvodu nulových součinitelů ψ_0 . U zatížení teplotou bylo uvažováno s koeficientem mostního svršku k_{sur} , pro zatížení od zvláštních vozidel LM3 byly použity jednotlivé dynamické součinitele.

6.1.1 Mezní stavy únosnosti

Kombinace pro mezní stavy únosnosti sestavujeme dle následujících rovnic a součinitelů:

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

Zatížení	Nepříznivé účinky	Příznivé účinky
Stála zatížení	$\gamma_{G,sup} = 1,35$	$\gamma_{G,inf} = 1,00$
Předpětí -		
-MSÚ příznivé účinky	-	$\gamma_{P,fav} = 1,00$
-MSÚ stabilita tvaru s vnějším předpětím	$\gamma_{P,unfav} = 1,30$	-
-lokální účinky	$\gamma_{P,unfav} = 1,20$	-
Nerovnoměrné poklesy - pružná lin. analýza	$\gamma_{G,set} = 1,20$	$\gamma_{G,set} = 0,00$
Zatížení dopravou - mosty PK, chodci a cyklisti	$\gamma_Q = 1,35$	$\gamma_Q = 0,00$
Ostatní zatížení dopravou a další proměnná zatížení	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$
Redukční součinitel ξ	$\xi = 0,85$	

Tabulka 5 – součinitele pro mezní stavy únosnosti STR a GEO – mosty pozemních komunikací

6.1.2 Mezní stavy použitelnosti

Kombinace pro mezní stavy použitelnosti sestavujeme dle následujících rovnic a součinitelů:

- charakteristická kombinace zatížení

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

- častá kombinace zatížení

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

- kvazistálá kombinace zatížení

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

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\psi_{1,inf}$
Zatížení dopravou	TS (dvojnápravy)	0,75	0,75	0,00	0,80
	gr1a (LM1 + zatížení chodci nebo cyklisty)	0,40	0,40	0,00	0,80
	zatížení chodci + zatížení cyklisty	0,40	0,40	0,00	0,80
	gr1b (jednotlivá náprava)	0,00	0,75	0,00	0,80
	gr2 (vodorovné síly)	0,00	0,00	0,00	1,00
	gr3 (zatížení chodci)	0,00	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	1,00
Zatížení teplotou	T _k	0,60	0,60	0,50	0,80
Zatížení sněhem	Q _{sn,k}	0,80	-	-	1,00
Zatížení staveništní	Q _c	1,00	-	1,00	1,00

Tabulka 6 – hodnoty součinitelů ψ pro mosty pozemních komunikací

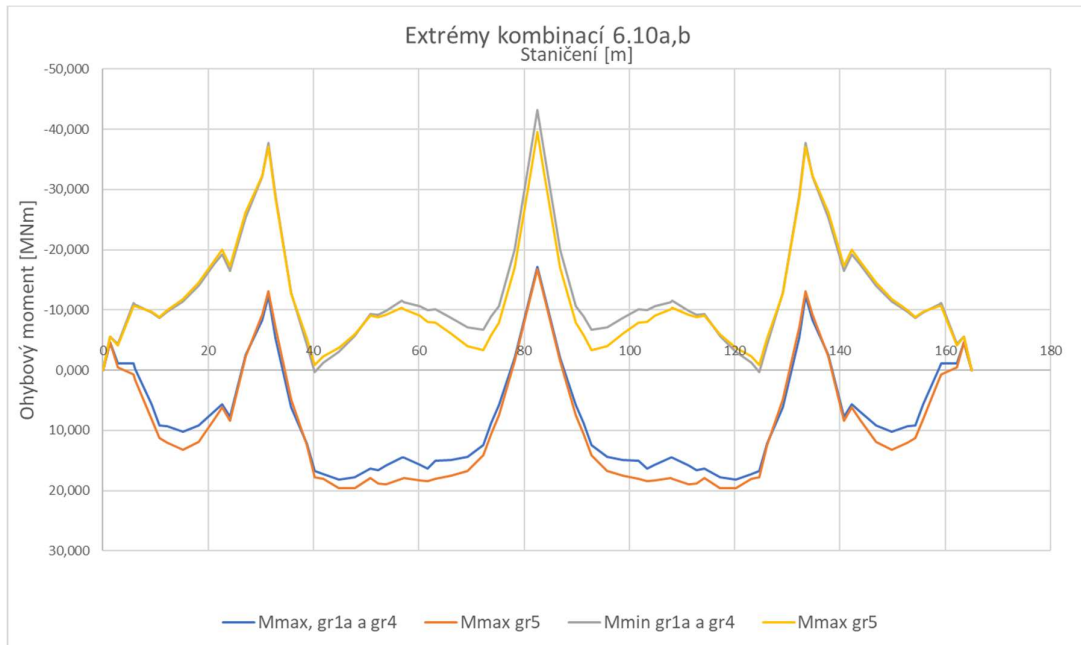
6.2 Kombinace vnitřních sil MSÚ - ohyb

Kombinace pro MSÚ byly tvořeny z rovnic (6.10a) a (6.10b). Přehled extrémů v jednotlivých staničcích je uveden v tabulkách níže.

6.2.1 Čas uvedení do provozu

Extrémny kombináci					
Sestava zatížení		Mmax		Mmin	
Staničení	Kombinace	gr1a, gr4 [MNm]	gr5 [MNm]	gr1a, gr4 [MNm]	gr5 [MNm]
0	čelo	0,004	0,004	0,004	0,004
1,4	ztužidlo	-4,669	-4,674	-5,512	-5,49541
2,8	spára	-1,122	-0,460	-4,331	-4,10598
5,8	dobet.	-1,167	0,730	-11,106	-10,6149
6,2	dobet.	-0,193	1,588	-10,929	-10,5968
9,2	spára	5,599	8,156	-9,562	-9,7421
10,7	ztužidlo	9,156	11,239	-8,619	-8,83787
12,2	spára	9,370	12,082	-9,683	-9,9422
15,2	spára	10,213	13,239	-11,357	-11,7309
18,2	spára	9,180	11,928	-14,007	-14,4944
21,2	spára	6,790	8,191	-17,597	-18,1987
22,7	ztužidlo	5,724	6,202	-19,283	-19,941
24,2	spára	7,688	8,391	-16,524	-17,2903
27,2	spára	-2,487	-2,278	-25,330	-26,2899
30,2	spára	-8,256	-9,221	-32,151	-32,1932
31,5	podpora	-12,268	-13,084	-37,712	-37,097
32,8	spára	-5,321	-7,085	-28,984	-28,6254
35,8	spára	6,196	4,894	-12,831	-12,7202
38,8	spára	12,156	12,416	-4,205	-5,25832
40,3	ztužidlo	16,798	17,794	0,326	-0,91071
41,8	spára	17,253	17,984	-1,229	-2,30104
44,8	spára	18,157	19,639	-3,007	-3,72964
47,8	spára	17,781	19,663	-5,660	-5,98226
50,8	spára	16,337	17,937	-9,293	-9,11682
52,3	ztužidlo	16,661	18,851	-9,192	-8,76864
53,8	spára	15,844	18,906	-9,849	-9,19075
56,8	dobet.	14,571	18,031	-11,492	-10,3691
57,2	dobet.	14,499	17,962	-11,258	-10,0736
60,2	spára	15,694	18,294	-10,648	-8,99927
61,7	ztužidlo	16,295	18,410	-9,910	-8,03693
63,2	spára	14,999	18,023	-10,040	-7,90722
66,2	spára	14,969	17,517	-8,695	-6,05681
69,2	spára	14,384	16,682	-7,158	-4,00646
72,2	spára	12,404	14,124	-6,677	-3,3025
73,7	ztužidlo	8,762	10,563	-8,922	-5,80584
75,2	spára	5,748	7,510	-10,601	-7,87289
78,2	spára	-2,004	-1,520	-20,048	-17,0388
81,2	spára	-12,421	-12,042	-35,920	-32,3553
82,5	ztužidlo	-17,096	-16,700	-43,196	-39,5082
83,8	spára	-12,421	-12,042	-35,920	-32,3553
86,8	spára	-2,004	-1,520	-20,048	-17,0388
89,8	spára	5,748	7,510	-10,601	-7,87289
91,3	ztužidlo	8,762	10,563	-8,922	-5,80584
92,8	spára	12,404	14,124	-6,677	-3,3025
95,8	spára	14,384	16,682	-7,158	-4,00646
98,8	spára	14,969	17,517	-8,695	-6,05681
101,8	spára	14,999	18,023	-10,040	-7,90722
103,3	ztužidlo	16,295	18,410	-9,910	-8,03693
104,8	spára	15,694	18,294	-10,648	-8,99927
107,8	spára	14,499	17,962	-11,258	-10,0736
108,2	dobet.	14,571	18,031	-11,492	-10,3691
111,2	dobet.	15,844	18,906	-9,849	-9,19075
112,7	spára	16,661	18,851	-9,192	-8,76864
114,2	ztužidlo	16,337	17,937	-9,293	-9,11682
117,2	spára	17,781	19,663	-5,660	-5,98226
120,2	spára	18,157	19,639	-3,007	-3,72964
123,2	spára	17,253	17,984	-1,229	-2,30104
124,7	ztužidlo	16,798	17,794	0,326	-0,91071
126,2	spára	12,156	12,416	-4,205	-5,25832
129,2	spára	6,196	4,894	-12,831	-12,7202
132,2	spára	-5,362	-7,085	-28,984	-28,6254
133,5	ztužidlo	-12,301	-13,084	-37,712	-37,097
134,8	spára	-8,286	-9,221	-32,151	-32,1932
137,8	spára	-2,487	-2,278	-25,330	-26,2899
140,8	spára	7,688	8,391	-16,524	-17,2903
142,3	ztužidlo	5,724	6,202	-19,283	-19,941
143,8	spára	6,790	8,191	-17,597	-18,1987
146,8	spára	9,180	11,928	-14,007	-14,4944
149,8	spára	10,213	13,239	-11,357	-11,7309
152,8	spára	9,370	12,082	-9,683	-9,9422
154,3	ztužidlo	9,156	11,239	-8,619	-8,83787
155,8	spára	5,599	8,156	-9,562	-9,7421
158,8	dobet.	-0,193	1,588	-10,929	-10,5968
159,2	dobet.	-1,167	0,730	-11,106	-10,6149
162,2	spára	-1,122	-0,460	-4,331	-4,10598
163,6	ztužidlo	-4,669	-4,674	-5,512	-5,49541
165	čelo	0,004	0,004	0,004	0,003808

Tabulka 7 – extrémny kombináci MSÚ – UP

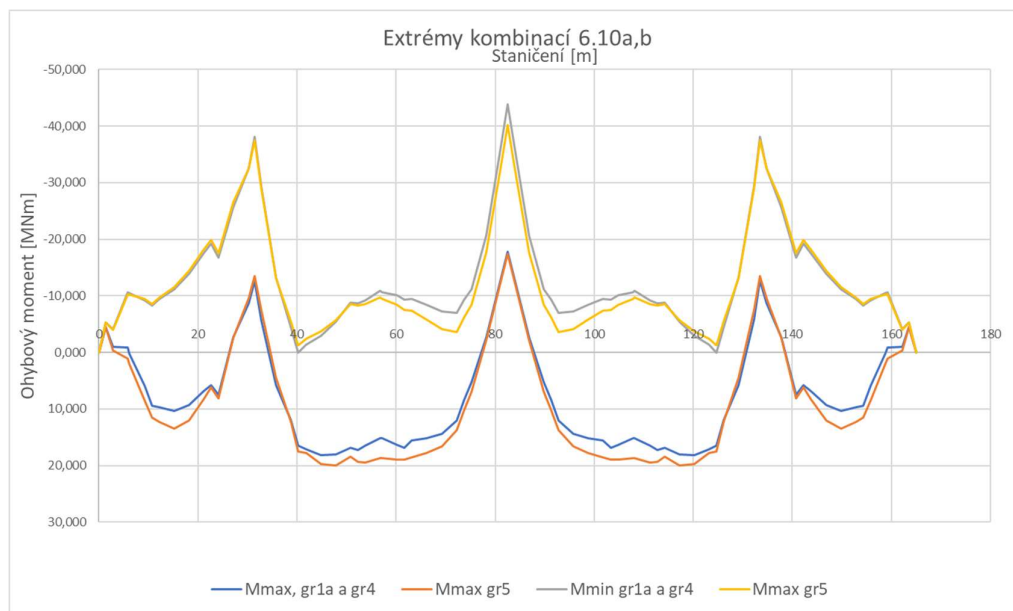


Obr. 60 Průběh ohybového momentu M_y od extrémů kombinací MSÚ – UP

6.2.2 Čas na konci životnosti

Extrémny kombináci					
Sestava zatížení		Mmax		Mmin	
Staničení	Kombinace	gr1a, gr4 [MNm]	gr5 [MNm]	gr1a, gr4 [MNm]	gr5 [MNm]
0	čelo	0,004	0,004	0,004	0,004
1,4	ztužidlo	-4,523	-4,528	-5,339	-5,32292
2,8	spára	-0,974	-0,313	-4,158	-3,93223
5,8	dobet.	-0,790	1,107	-10,663	-10,2381
6,2	dobet.	0,196	1,978	-10,471	-10,2072
9,2	spára	5,939	8,495	-9,223	-9,4027
10,7	ztužidlo	9,442	11,524	-8,333	-8,55212
12,2	spára	9,639	12,352	-9,413	-9,67246
15,2	spára	10,413	13,439	-11,157	-11,5309
18,2	spára	9,312	12,061	-13,875	-14,3621
21,2	spára	6,854	8,254	-17,534	-18,1355
22,7	ztužidlo	5,732	6,210	-19,274	-19,9326
24,2	spára	7,451	8,154	-16,761	-17,528
27,2	spára	-2,716	-2,507	-25,559	-26,5189
30,2	spára	-8,633	-9,598	-32,528	-32,5705
31,5	podpora	-12,639	-13,455	-38,083	-37,468
32,8	spára	-5,704	-7,468	-29,368	-29,0085
35,8	spára	5,784	4,481	-13,244	-13,1327
38,8	spára	11,854	12,115	-4,506	-5,55938
40,3	ztužidlo	16,479	17,474	0,007	-1,23032
41,8	spára	17,083	17,814	-1,399	-2,47116
44,8	spára	18,219	19,701	-2,944	-3,66718
47,8	spára	18,080	19,962	-5,361	-5,68379
50,8	spára	16,872	18,473	-8,758	-8,58152
52,3	ztužidlo	17,200	19,390	-8,654	-8,22995
53,8	spára	16,444	19,505	-9,250	-8,59135
56,8	dobet.	15,212	18,672	-10,851	-9,7283
57,2	dobet.	15,182	18,645	-10,575	-9,39063
60,2	spára	16,303	18,903	-10,039	-8,39043
61,7	ztužidlo	16,840	18,955	-9,365	-7,49208
63,2	spára	15,541	18,565	-9,497	-7,36474
66,2	spára	15,200	17,748	-8,464	-5,82596
69,2	spára	14,337	16,635	-7,205	-4,0536
72,2	spára	12,078	13,797	-7,003	-3,62919
73,7	ztužidlo	8,364	10,166	-9,319	-6,2034
75,2	spára	5,226	6,988	-11,123	-8,3945
78,2	spára	-2,673	-2,189	-20,717	-17,708
81,2	spára	-13,094	-12,714	-36,593	-33,0281
82,5	ztužidlo	-17,770	-17,374	-43,870	-40,1822
83,8	spára	-13,094	-12,714	-36,593	-33,0281
86,8	spára	-2,673	-2,189	-20,717	-17,708
89,8	spára	5,226	6,988	-11,123	-8,3945
91,3	ztužidlo	8,364	10,166	-9,319	-6,2034
92,8	spára	12,078	13,797	-7,003	-3,62919
95,8	spára	14,337	16,635	-7,205	-4,0536
98,8	spára	15,200	17,748	-8,464	-5,82596
101,8	spára	15,541	18,565	-9,497	-7,36474
103,3	ztužidlo	16,840	18,955	-9,365	-7,49208
104,8	spára	16,303	18,903	-10,039	-8,39043
107,8	spára	15,182	18,645	-10,575	-9,39063
108,2	dobet.	15,212	18,672	-10,851	-9,7283
111,2	dobet.	16,444	19,505	-9,250	-8,59135
112,7	spára	17,200	19,390	-8,654	-8,22995
114,2	ztužidlo	16,872	18,473	-8,758	-8,58152
117,2	spára	18,080	19,962	-5,361	-5,68379
120,2	spára	18,219	19,701	-2,944	-3,66718
123,2	spára	17,083	17,814	-1,399	-2,47116
124,7	ztužidlo	16,479	17,474	0,007	-1,23032
126,2	spára	11,854	12,115	-4,506	-5,55938
129,2	spára	5,784	4,481	-13,244	-13,1327
132,2	spára	-5,745	-7,468	-29,368	-29,0085
133,5	ztužidlo	-12,672	-13,455	-38,083	-37,468
134,8	spára	-8,664	-9,598	-32,528	-32,5705
137,8	spára	-2,716	-2,507	-25,559	-26,5189
140,8	spára	7,451	8,154	-16,761	-17,528
142,3	ztužidlo	5,732	6,210	-19,274	-19,9326
143,8	spára	6,854	8,254	-17,534	-18,1355
146,8	spára	9,312	12,061	-13,875	-14,3621
149,8	spára	10,413	13,439	-11,157	-11,5309
152,8	spára	9,639	12,352	-9,413	-9,67246
154,3	ztužidlo	9,442	11,524	-8,333	-8,55212
155,8	spára	5,939	8,495	-9,223	-9,4027
158,8	dobet.	0,196	1,978	-10,471	-10,2072
159,2	dobet.	-0,790	1,107	-10,663	-10,2381
162,2	spára	-0,974	-0,313	-4,158	-3,93223
163,6	ztužidlo	-4,523	-4,528	-5,339	-5,32292
165	čelo	0,004	0,004	0,004	0,003808

Tabulka 8 extrémny kombináci MSÚ – KŽ



Obr. 61 Průběh ohybového momentu M_y od extrémů kombinací MSÚ – KŽ

6.3 Kombinace vnitřních sil pro MSP

6.3.1 Čas uvedení do provozu

Hlavní zatížení dopravou Mmax UP								
Sestava zatížení		gr1a			gr4 LM 4		gr5 LM 3 1800/240	
Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]
	0čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,469	-5,469	-5,469	-5,469	-5,469	-5,472	-5,469
2,8	spára	-2,460	-3,070	-4,011	-3,502	-4,011	-1,969	-4,011
5,8	dobet.	-4,751	-6,702	-9,562	-7,858	-9,562	-3,345	-9,562
6,2	dobet.	-3,913	-6,080	-9,228	-7,387	-9,228	-2,593	-9,228
9,2	spára	1,729	-1,326	-5,706	-2,966	-5,706	3,622	-5,706
10,7	ztužidlo	5,369	1,871	-3,262	-0,153	-3,262	6,912	-3,262
12,2	spára	5,926	2,310	-2,790	0,520	-2,790	7,935	-2,790
15,2	spára	7,744	3,982	-1,206	2,302	-1,206	9,986	-1,206
18,2	spára	8,036	4,402	-0,480	3,009	-0,480	10,072	-0,480
21,2	spára	7,201	3,865	-0,572	2,682	-0,572	8,239	-0,572
22,7	ztužidlo	7,044	3,906	-0,372	2,662	-0,372	7,398	-0,372
24,2	spára	11,364	8,789	5,466	8,113	5,466	11,885	5,466
27,2	spára	3,490	2,028	0,397	2,107	0,397	3,645	0,397
30,2	spára	0,356	-0,012	-0,257	0,251	-0,257	-0,004	-0,257
31,5	podpora	-3,163	-3,299	-3,299	-3,332	-3,299	-3,163	-3,299
32,8	spára	1,524	1,154	0,450	0,321	0,450	0,586	0,450
35,8	spára	10,671	9,997	8,392	7,994	8,392	9,784	8,392
38,8	spára	14,651	13,365	10,707	11,317	10,707	14,844	10,707
40,3	ztužidlo	18,608	16,760	13,701	15,071	13,701	19,345	13,701
41,8	spára	17,414	14,889	10,854	12,833	10,854	17,956	10,854
44,8	spára	15,901	12,358	7,171	10,242	7,171	16,999	7,171
47,8	spára	13,322	8,816	2,632	6,824	2,632	14,716	2,632
50,8	spára	9,858	4,531	-2,654	2,443	-2,654	11,044	-2,654
52,3	ztužidlo	10,051	4,482	-2,864	2,603	-2,864	11,674	-2,864
53,8	spára	8,835	3,187	-4,050	1,609	-4,050	11,103	-4,050
56,8	dobet.	7,340	1,525	-5,836	0,029	-5,836	9,903	-5,836
57,2	dobet.	7,338	1,517	-5,849	0,025	-5,849	9,903	-5,849
60,2	spára	9,046	3,171	-4,468	1,367	-4,468	10,971	-4,468
61,7	ztužidlo	10,219	4,433	-3,151	2,580	-3,151	11,786	-3,151
63,2	spára	9,292	3,875	-3,033	2,413	-3,033	11,532	-3,033
66,2	spára	12,041	7,260	1,079	5,795	1,079	13,929	1,079
69,2	spára	14,166	10,266	5,106	8,875	5,106	15,869	5,106
72,2	spára	15,170	12,336	8,391	11,026	8,391	16,444	8,391
73,7	ztužidlo	12,864	10,679	7,559	9,538	7,559	14,198	7,559
75,2	spára	11,590	10,141	7,892	9,080	7,892	12,895	7,892
78,2	spára	6,496	6,078	5,144	5,249	5,144	7,011	5,144
81,2	spára	-2,412	-2,642	-3,024	-2,921	-3,024	-1,799	-3,024
82,5	ztužidlo	-6,334	-6,558	-6,940	-6,843	-6,940	-5,736	-6,940
83,8	spára	-2,400	-2,630	-3,012	-2,909	-3,012	-1,787	-3,012
86,8	spára	6,491	6,074	5,139	5,245	5,139	7,007	5,139
89,8	spára	11,561	10,112	7,863	9,051	7,863	12,866	7,863
91,3	ztužidlo	16,501	14,316	11,196	13,175	11,196	17,835	11,196
92,8	spára	15,340	12,506	8,561	11,196	8,561	16,614	8,561
95,8	spára	14,233	10,333	5,173	8,942	5,173	15,936	5,173
98,8	spára	11,995	7,214	1,033	5,749	1,033	13,882	1,033
101,8	spára	9,094	3,677	-3,232	2,215	-3,232	11,334	-3,232
103,3	ztužidlo	9,418	3,632	-3,952	1,779	-3,952	10,985	-3,952
104,8	spára	8,815	2,940	-4,699	1,136	-4,699	10,740	-4,699
107,8	spára	7,074	1,253	-6,113	-0,239	-6,113	9,639	-6,113
108,2	dobet.	7,465	1,650	-5,711	0,154	-5,711	10,028	-5,711
111,2	dobet.	8,944	3,296	-3,942	1,718	-3,942	11,212	-3,942
112,7	spára	10,576	5,007	-2,339	3,128	-2,339	12,199	-2,339
114,2	ztužidlo	10,415	5,088	-2,097	3,000	-2,097	11,601	-2,097
117,2	spára	13,347	8,841	2,657	6,849	2,657	14,741	2,657
120,2	spára	15,876	12,333	7,146	10,217	7,146	16,973	7,146
123,2	spára	17,350	14,824	10,790	12,769	10,790	17,892	10,790
124,7	ztužidlo	18,714	16,866	13,807	15,177	13,807	19,451	13,807
126,2	spára	14,809	13,523	10,865	11,475	10,865	15,003	10,865
129,2	spára	10,843	10,170	8,564	8,166	8,564	9,956	8,564
132,2	spára	1,603	1,278	0,604	0,475	0,604	0,740	0,604
133,5	ztužidlo	-3,067	-3,166	-3,141	-3,174	-3,141	-3,005	-3,141
134,8	spára	0,443	0,109	-0,113	0,395	-0,113	0,140	-0,113
137,8	spára	3,579	2,116	0,485	2,195	0,485	3,734	0,485
140,8	spára	13,873	11,298	7,974	10,621	7,974	14,393	7,974
142,3	ztužidlo	7,187	4,048	-0,230	2,804	-0,230	7,541	-0,230
143,8	spára	7,354	4,018	-0,420	2,834	-0,420	8,391	-0,420
146,8	spára	8,106	4,472	-0,409	3,080	-0,409	10,142	-0,409
149,8	spára	7,703	3,940	-1,247	2,280	-1,247	9,944	-1,247
152,8	spára	5,768	2,152	-2,949	0,362	-2,949	7,777	-2,949
154,3	ztužidlo	5,187	1,689	-3,444	-0,335	-3,444	6,730	-3,444
155,8	spára	1,476	-1,578	-5,958	-3,218	-5,958	3,370	-5,958
158,8	dobet.	-4,240	-6,407	-9,554	-7,714	-9,554	-2,920	-9,554
159,2	dobet.	-5,069	-7,020	-9,880	-8,176	-9,880	-3,663	-9,880
162,2	spára	-2,752	-3,363	-4,303	-3,794	-4,303	-2,262	-4,303
163,6	ztužidlo	-5,643	-5,643	-5,643	-5,643	-5,643	-5,646	-5,643
165	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

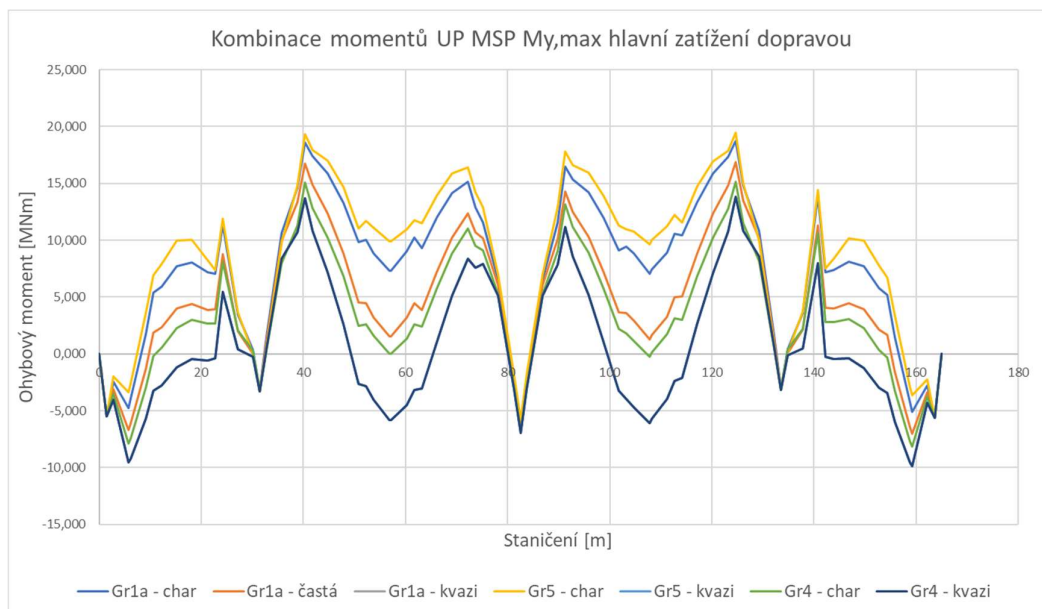
Tabulka 9- kombinace pro MSP UP – hlavní zatížení dopravou Mmax

Hlavní zatížení dopravou Mmin UP								
Staničení	Kombinace	gr1a			gr4 LM 4		gr5 LM 3 1800/240	
		char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]
0	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,503	-5,482	-5,469	-5,492	-5,469	-5,472	-5,469
2,8	spára	-4,582	-4,403	-4,209	-4,412	-4,209	-4,598	-4,209
5,8	dobet.	-11,760	-11,071	-10,324	-11,101	-10,324	-11,829	-10,324
6,2	dobet.	-11,606	-10,858	-10,060	-10,909	-10,060	-11,707	-10,060
9,2	spára	-9,642	-8,406	-7,067	-8,451	-7,067	-9,776	-7,067
10,7	ztužidlo	-7,965	-6,488	-4,887	-6,538	-4,887	-8,127	-4,887
12,2	spára	-8,388	-6,633	-4,731	-6,695	-4,731	-8,580	-4,731
15,2	spára	-8,494	-6,204	-3,719	-6,262	-3,719	-8,771	-3,719
18,2	spára	-9,459	-6,633	-3,564	-6,687	-3,564	-9,820	-3,564
21,2	spára	-11,243	-7,882	-4,229	-7,931	-4,229	-11,689	-4,229
22,7	ztužidlo	-11,889	-8,260	-4,315	-8,306	-4,315	-12,376	-4,315
24,2	spára	-7,012	-3,072	1,218	-3,083	1,218	-7,580	1,218
27,2	spára	-13,933	-9,388	-4,421	-9,335	-4,421	-14,644	-4,421
30,2	spára	-17,553	-11,733	-5,645	-12,031	-5,645	-17,585	-5,645
31,5	podpora	-21,975	-15,454	-8,778	-15,988	-8,778	-21,519	-8,778
32,8	spára	-16,205	-10,649	-5,018	-11,183	-5,018	-15,939	-5,018
35,8	spára	-3,905	-0,482	2,902	-0,889	2,902	-3,823	2,902
38,8	spára	2,043	3,709	5,570	3,950	5,570	1,262	5,570
40,3	ztužidlo	6,228	7,428	8,919	7,909	8,919	5,071	8,919
41,8	spára	3,508	4,769	6,256	5,107	6,256	2,548	6,256
44,8	spára	-0,050	1,291	2,741	1,404	2,741	-0,658	2,741
47,8	spára	-4,319	-2,884	-1,462	-3,005	-1,462	-4,558	-1,462
50,8	spára	-9,335	-7,806	-6,412	-8,160	-6,412	-9,205	-6,412
52,3	ztužidlo	-9,238	-7,666	-6,287	-8,136	-6,287	-8,924	-6,287
53,8	spára	-10,297	-8,667	-7,288	-9,250	-7,288	-9,809	-7,288
56,8	dobet.	-12,034	-10,292	-8,918	-11,086	-8,918	-11,202	-8,918
57,2	dobet.	-11,746	-9,993	-8,619	-10,810	-8,619	-10,868	-8,619
60,2	spára	-10,472	-8,606	-7,237	-9,636	-7,237	-9,251	-7,237
61,7	ztužidlo	-9,210	-7,292	-5,925	-8,424	-5,925	-7,823	-5,925
63,2	spára	-9,311	-7,318	-5,939	-8,558	-5,939	-7,731	-5,939
66,2	spára	-5,611	-3,476	-2,079	-4,926	-2,079	-3,657	-2,079
69,2	spára	-1,984	0,294	1,713	-1,361	1,713	0,350	1,713
72,2	spára	0,772	3,224	4,762	1,461	4,762	3,271	4,762
73,7	ztužidlo	-0,536	2,058	3,828	0,416	3,828	1,772	3,828
75,2	spára	-0,859	1,934	4,032	0,495	4,032	1,162	4,032
78,2	spára	-7,122	-2,721	1,022	-4,299	1,022	-4,893	1,022
81,2	spára	-19,969	-13,368	-7,389	-15,182	-7,389	-17,328	-7,389
82,5	ztužidlo	-25,868	-18,287	-11,253	-20,095	-11,253	-23,136	-11,253
83,8	spára	-19,957	-13,356	-7,377	-15,170	-7,377	-17,316	-7,377
86,8	spára	-7,126	-2,725	1,018	-4,304	1,018	-4,897	1,018
89,8	spára	-0,888	1,905	4,002	0,466	4,002	1,133	4,002
91,3	ztužidlo	3,101	5,695	7,465	4,053	7,465	5,409	7,465
92,8	spára	0,942	3,394	4,932	1,631	4,932	3,441	4,932
95,8	spára	-1,917	0,361	1,780	-1,295	1,780	0,417	1,780
98,8	spára	-5,658	-3,522	-2,125	-4,973	-2,125	-3,704	-2,125
101,8	spára	-9,509	-7,516	-6,137	-8,756	-6,137	-7,930	-6,137
103,3	ztužidlo	-10,011	-8,093	-6,726	-9,225	-6,726	-8,624	-6,726
104,8	spára	-10,703	-8,837	-7,468	-9,867	-7,468	-9,482	-7,468
107,8	spára	-12,010	-10,257	-8,883	-11,074	-8,883	-11,132	-8,883
108,2	dobet.	-11,909	-10,167	-8,792	-10,960	-8,792	-11,077	-8,792
111,2	dobet.	-10,188	-8,558	-7,179	-9,141	-7,179	-9,701	-7,179
112,7	spára	-8,713	-7,141	-5,762	-7,611	-5,762	-8,399	-5,762
114,2	ztužidlo	-8,778	-7,249	-5,855	-7,603	-5,855	-8,648	-5,855
117,2	spára	-4,294	-2,859	-1,437	-2,980	-1,437	-4,533	-1,437
120,2	spára	-0,075	1,266	2,716	1,379	2,716	-0,684	2,716
123,2	spára	3,444	4,704	6,192	5,043	6,192	2,484	6,192
124,7	ztužidlo	6,334	7,533	9,025	8,015	9,025	5,177	9,025
126,2	spára	2,201	3,867	5,729	4,108	5,729	1,421	5,729
129,2	spára	-3,733	-0,310	3,074	-0,717	3,074	-3,651	3,074
132,2	spára	-16,051	-10,495	-4,864	-11,029	-4,864	-15,785	-4,864
133,5	ztužidlo	-21,817	-15,296	-8,620	-15,829	-8,620	-21,361	-8,620
134,8	spára	-17,410	-11,590	-5,502	-11,887	-5,502	-17,441	-5,502
137,8	spára	-13,845	-9,300	-4,333	-9,247	-4,333	-14,556	-4,333
140,8	spára	-4,504	-0,564	3,726	-0,575	3,726	-5,072	3,726
142,3	ztužidlo	-11,746	-8,117	-4,172	-8,164	-4,172	-12,234	-4,172
143,8	spára	-11,091	-7,729	-4,077	-7,778	-4,077	-11,536	-4,077
146,8	spára	-9,389	-6,563	-3,494	-6,616	-3,494	-9,750	-3,494
149,8	spára	-8,536	-6,245	-3,760	-6,303	-3,760	-8,812	-3,760
152,8	spára	-8,546	-6,791	-4,890	-6,853	-4,890	-8,738	-4,890
154,3	ztužidlo	-8,147	-6,670	-5,069	-6,720	-5,069	-8,309	-5,069
155,8	spára	-9,895	-8,659	-7,319	-8,703	-7,319	-10,028	-7,319
158,8	dobet.	-11,932	-11,184	-10,387	-11,235	-10,387	-12,033	-10,387
159,2	dobet.	-12,078	-11,389	-10,642	-11,419	-10,642	-12,147	-10,642
162,2	spára	-4,875	-4,695	-4,502	-4,705	-4,502	-4,891	-4,502
163,6	ztužidlo	-5,677	-5,656	-5,643	-5,666	-5,643	-5,646	-5,643
165	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

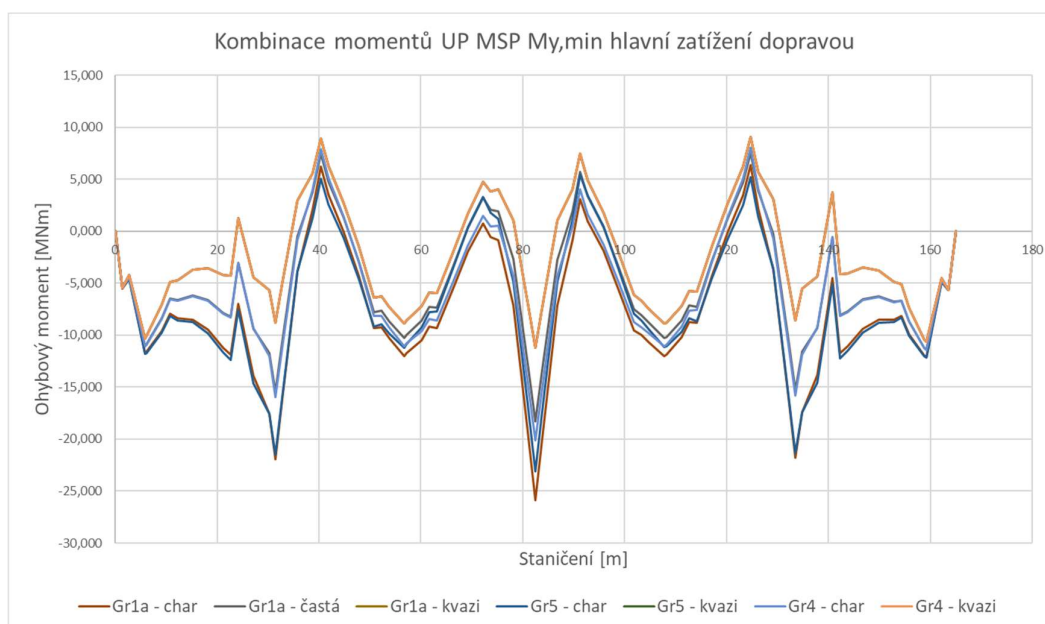
Tabulka 10 kombinace pro MSP UP – hlavní zatížení dopravou Mmin

Hlavní zatížení teplotou Mmax UP				Hlavní zatížení teplotou Mmin UP					
Sestava zatížení		gr1a			Sestava zatížení		gr1a		
Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]
0	čelo	0,003	0,003	0,003	0	čelo	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,469	-5,469	-5,469	1,4	ztužidlo	-5,482	-5,469	-5,469
2,8	spára	-3,043	-4,005	-4,011	2,8	spára	-4,457	-4,220	-4,209
5,8	dobet.	-6,608	-9,543	-9,562	5,8	dobet.	-11,259	-10,362	-10,324
6,2	dobet.	-5,978	-9,207	-9,228	6,2	dobet.	-11,064	-10,101	-10,060
9,2	spára	-1,157	-5,672	-5,706	9,2	spára	-8,745	-7,135	-7,067
10,7	ztužidlo	2,074	-3,221	-3,262	10,7	ztužidlo	-6,893	-4,968	-4,887
12,2	spára	2,552	-2,742	-2,790	12,2	spára	-7,115	-4,828	-4,731
15,2	spára	4,294	-1,143	-1,206	15,2	spára	-6,828	-3,844	-3,719
18,2	spára	4,785	-0,403	-0,480	18,2	spára	-7,400	-3,718	-3,564
21,2	spára	4,319	-0,482	-0,572	21,2	spára	-8,790	-4,411	-4,229
22,7	ztužidlo	4,395	-0,274	-0,372	22,7	ztužidlo	-9,238	-4,511	-4,315
24,2	spára	9,316	5,572	5,466	24,2	spára	-4,125	1,007	1,218
27,2	spára	2,623	0,516	0,397	27,2	spára	-10,579	-4,660	-4,421
30,2	spára	0,652	-0,124	-0,257	30,2	spára	-13,062	-5,911	-5,645
31,5	podpora	-2,619	-3,163	-3,299	31,5	podpora	-16,814	-9,050	-8,778
32,8	spára	1,832	0,586	0,450	32,8	spára	-12,004	-5,289	-5,018
35,8	spára	10,688	8,530	8,392	35,8	spára	-1,862	2,626	2,902
38,8	spára	14,041	10,842	10,707	38,8	spára	2,357	5,300	5,570
40,3	ztužidlo	17,422	13,834	13,701	40,3	ztužidlo	6,105	8,655	8,919
41,8	spára	15,544	10,985	10,854	41,8	spára	3,459	5,994	6,256
44,8	spára	13,007	7,301	7,171	44,8	spára	-0,007	2,481	2,741
47,8	spára	9,454	2,760	2,632	47,8	spára	-4,160	-1,717	-1,462
50,8	spára	5,158	-2,529	-2,654	50,8	spára	-9,060	-6,663	-6,412
52,3	ztužidlo	5,098	-2,741	-2,864	52,3	ztužidlo	-8,897	-6,533	-6,287
53,8	spára	3,797	-3,928	-4,050	53,8	spára	-9,887	-7,532	-7,288
56,8	dobet.	2,129	-5,715	-5,836	56,8	dobet.	-11,502	-9,160	-8,918
57,2	dobet.	2,111	-5,730	-5,849	57,2	dobet.	-11,181	-8,857	-8,619
60,2	spára	3,764	-4,349	-4,468	60,2	spára	-9,792	-7,474	-7,237
61,7	ztužidlo	5,016	-3,034	-3,151	61,7	ztužidlo	-8,457	-6,158	-5,925
63,2	spára	4,452	-2,918	-3,033	63,2	spára	-8,472	-6,170	-5,939
66,2	spára	7,832	1,193	1,079	66,2	spára	-4,619	-2,307	-2,079
69,2	spára	10,827	5,218	5,106	69,2	spára	-0,828	1,489	1,713
72,2	spára	12,886	8,501	8,391	72,2	spára	2,124	4,542	4,762
73,7	ztužidlo	11,219	7,666	7,559	73,7	ztužidlo	0,980	3,613	3,828
75,2	spára	10,675	7,999	7,892	75,2	spára	0,867	3,818	4,032
78,2	spára	6,606	5,249	5,144	78,2	spára	-3,777	0,811	1,022
81,2	spára	-2,126	-2,921	-3,024	81,2	spára	-14,400	-7,596	-7,389
82,5	ztužidlo	-6,073	-6,843	-6,940	82,5	ztužidlo	-19,257	-11,446	-11,253
83,8	spára	-2,114	-2,909	-3,012	83,8	spára	-14,388	-7,584	-7,377
86,8	spára	6,602	5,245	5,139	86,8	spára	-3,781	0,807	1,018
89,8	spára	10,646	7,970	7,863	89,8	spára	0,837	3,789	4,002
91,3	ztužidlo	14,855	11,303	11,196	91,3	ztužidlo	4,617	7,249	7,465
92,8	spára	13,056	8,671	8,561	92,8	spára	2,294	4,712	4,932
95,8	spára	10,894	5,285	5,173	95,8	spára	-0,761	1,556	1,780
98,8	spára	7,786	1,147	1,033	98,8	spára	-4,666	-2,354	-2,125
101,8	spára	4,254	-3,116	-3,232	101,8	spára	-8,671	-6,368	-6,137
103,3	ztužidlo	4,215	-3,835	-3,952	103,3	ztužidlo	-9,258	-6,959	-6,726
104,8	spára	3,533	-4,580	-4,699	104,8	spára	-10,023	-7,705	-7,468
107,8	spára	1,847	-5,994	-6,113	107,8	spára	-11,445	-9,121	-8,883
108,2	dobet.	2,255	-5,590	-5,711	108,2	dobet.	-11,376	-9,034	-8,792
111,2	dobet.	3,906	-3,820	-3,942	111,2	dobet.	-9,778	-7,423	-7,179
112,7	spára	5,623	-2,216	-2,339	112,7	spára	-8,372	-6,008	-5,762
114,2	ztužidlo	5,715	-1,972	-2,097	114,2	ztužidlo	-8,503	-6,106	-5,855
117,2	spára	9,479	2,785	2,657	117,2	spára	-4,135	-1,693	-1,437
120,2	spára	12,982	7,276	7,146	120,2	spára	-0,033	2,456	2,716
123,2	spára	15,479	10,921	10,790	123,2	spára	3,394	5,930	6,192
124,7	ztužidlo	17,528	13,940	13,807	124,7	ztužidlo	6,211	8,761	9,025
126,2	spára	14,199	11,000	10,865	126,2	spára	2,515	5,459	5,729
129,2	spára	10,860	8,702	8,564	129,2	spára	-1,690	2,798	3,074
132,2	spára	1,956	0,740	0,604	132,2	spára	-11,850	-5,135	-4,864
133,5	ztužidlo	-2,486	-3,005	-3,141	133,5	ztužidlo	-16,656	-8,892	-8,620
134,8	spára	0,773	0,020	-0,113	134,8	spára	-12,919	-5,767	-5,502
137,8	spára	2,711	0,604	0,485	137,8	spára	-10,491	-4,571	-4,333
140,8	spára	11,824	8,080	7,974	140,8	spára	-1,617	3,516	3,726
142,3	ztužidlo	4,538	-0,132	-0,230	142,3	ztužidlo	-9,096	-4,368	-4,172
143,8	spára	4,472	-0,329	-0,420	143,8	spára	-8,637	-4,258	-4,077
146,8	spára	4,855	-0,333	-0,409	146,8	spára	-7,329	-3,647	-3,494
149,8	spára	4,253	-1,185	-1,247	149,8	spára	-6,869	-3,885	-3,760
152,8	spára	2,394	-2,900	-2,949	152,8	spára	-7,274	-4,986	-4,890
154,3	ztužidlo	1,892	-3,403	-3,444	154,3	ztužidlo	-7,075	-5,150	-5,069
155,8	spára	-1,409	-5,925	-5,958	155,8	spára	-8,997	-7,387	-7,319
158,8	dobet.	-6,304	-9,534	-9,554	158,8	dobet.	-11,390	-10,428	-10,387
159,2	dobet.	-6,926	-9,861	-9,880	159,2	dobet.	-11,577	-10,680	-10,642
162,2	spára	-3,336	-4,298	-4,303	162,2	spára	-4,750	-4,513	-4,502
163,6	ztužidlo	-5,643	-5,643	-5,643	163,6	ztužidlo	-5,656	-5,643	-5,643
165	čelo	0,003	0,003	0,003	165	čelo	0,003	0,003	0,003

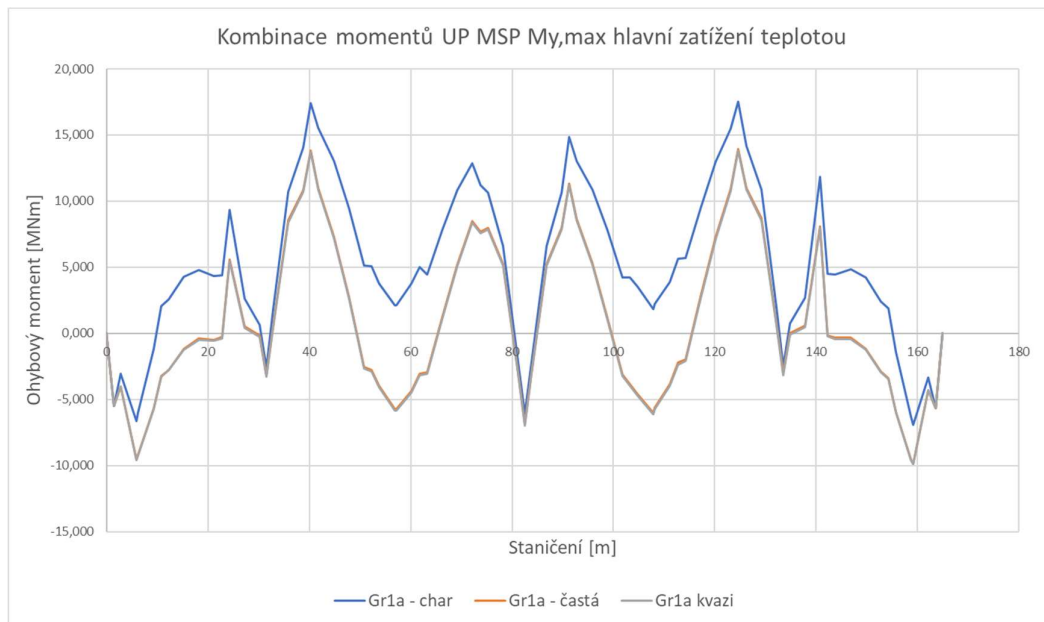
Tabulka 11 kombinace pro MSP UP – hlavní zatížení teplotou



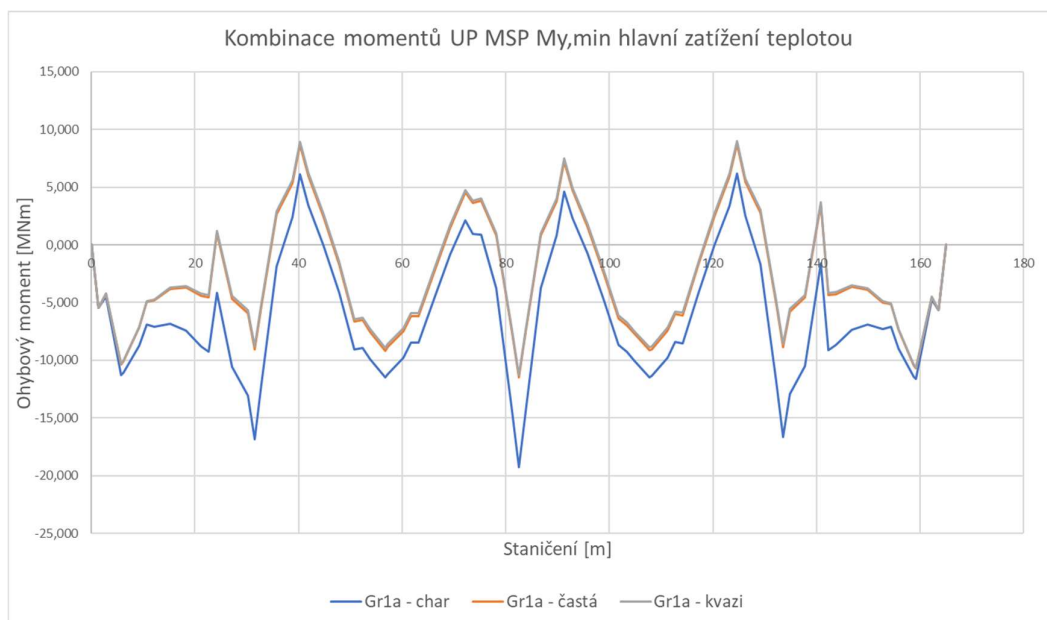
Obr. 62 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,max}$ UP hlavní zatížení dopravou



Obr. 63 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,min}$ UP hlavní zatížení dopravou



Obr. 64 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,max}$ UP hlavní zatížení teplotou



Obr. 65 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,min}$ UP hlavní zatížení teplotou

6.3.2 Čas na konci životnosti

Hlavní zatížení dopravou Mmax KŽ							
Sestava zatížení		gr1a			gr4 LM 4		gr5 LM 3 1800/240
Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]	char kvazistálá [MNm]
0	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,296	-5,296	-5,296	-5,296	-5,296	-5,300
2,8	spára	-2,286	-2,897	-3,837	-3,328	-3,837	-1,796
5,8	dobet.	-4,307	-6,259	-9,119	-7,415	-9,119	-2,902
6,2	dobet.	-3,455	-5,622	-8,769	-6,929	-8,769	-2,135
9,2	spára	2,128	-0,927	-5,307	-2,567	-5,307	4,022
10,7	ztužidlo	5,705	2,207	-2,926	0,183	-2,926	7,248
12,2	spára	6,243	2,628	-2,473	0,837	-2,473	8,253
15,2	spára	7,979	4,217	-0,971	2,537	-0,971	10,221
18,2	spára	8,192	4,558	-0,324	3,165	-0,324	10,228
21,2	spára	7,276	3,940	-0,498	2,756	-0,498	8,313
22,7	ztužidlo	7,054	3,916	-0,362	2,672	-0,362	7,408
24,2	spára	11,085	8,510	5,187	7,834	5,187	11,605
27,2	spára	3,221	1,758	0,128	1,837	0,128	3,376
30,2	spára	-0,088	-0,456	-0,700	-0,193	-0,700	-0,447
31,5	podpora	-3,600	-3,736	-3,736	-3,769	-3,736	-3,600
32,8	spára	1,073	0,703	-0,001	-0,130	-0,001	0,135
35,8	spára	10,185	9,512	7,907	7,509	7,907	9,299
38,8	spára	14,297	13,011	10,352	10,962	10,352	14,490
40,3	ztužidlo	18,232	16,384	13,325	14,695	13,325	18,969
41,8	spára	17,214	14,689	10,654	12,633	10,654	17,756
44,8	spára	15,974	12,432	7,244	10,315	7,244	17,072
47,8	spára	13,673	9,167	2,983	7,175	2,983	15,068
50,8	spára	10,488	5,161	-2,024	3,072	-2,024	11,673
52,3	ztužidlo	10,685	5,116	-2,231	3,236	-2,231	12,308
53,8	spára	9,540	3,892	-3,345	2,314	-3,345	11,808
56,8	dobet.	8,093	2,278	-5,082	0,782	-5,082	10,657
57,2	dobet.	8,141	2,320	-5,045	0,828	-5,045	10,706
60,2	spára	9,762	3,887	-3,752	2,083	-3,752	11,688
61,7	ztužidlo	10,860	5,074	-2,510	3,221	-2,510	12,427
63,2	spára	9,930	4,513	-2,395	3,051	-2,395	12,170
66,2	spára	12,313	7,532	1,351	6,067	1,351	14,200
69,2	spára	14,111	10,210	5,051	8,820	5,051	15,813
72,2	spára	14,786	11,952	8,007	10,642	8,007	16,059
73,7	ztužidlo	12,396	10,212	7,091	9,071	7,091	13,730
75,2	spára	10,976	9,528	7,279	8,466	7,279	12,281
78,2	spára	5,708	5,291	4,356	4,462	4,356	6,224
81,2	spára	-3,204	-3,434	-3,816	-3,712	-3,816	-2,591
82,5	ztužidlo	-7,127	-7,351	-7,733	-7,636	-7,733	-6,529
83,8	spára	-3,193	-3,424	-3,805	-3,702	-3,805	-2,580
86,8	spára	5,699	5,282	4,347	4,452	4,347	6,214
89,8	spára	10,950	9,502	7,252	8,440	7,252	12,255
91,3	ztužidlo	15,887	13,703	10,582	12,562	10,582	17,222
92,8	spára	14,940	12,107	8,162	10,796	8,162	16,214
95,8	spára	14,176	10,276	5,116	8,885	5,116	15,879
98,8	spára	12,285	7,504	1,322	6,039	1,322	14,172
101,8	spára	9,769	4,352	-2,557	2,890	-2,557	12,009
103,3	ztužidlo	10,062	4,276	-3,307	2,423	-3,307	11,629
104,8	spára	9,573	3,698	-3,941	1,894	-3,941	11,498
107,8	spára	7,922	2,102	-5,264	0,610	-5,264	10,488
108,2	dobet.	8,388	2,573	-4,788	1,077	-4,788	10,951
111,2	dobet.	9,805	4,157	-3,081	2,579	-3,081	12,073
112,7	spára	11,371	5,801	-1,545	3,922	-1,545	12,993
114,2	ztužidlo	11,207	5,879	-1,306	3,791	-1,306	12,392
117,2	spára	13,780	9,274	3,090	7,282	3,090	15,175
120,2	spára	15,976	12,434	7,246	10,317	7,246	17,074
123,2	spára	17,122	14,597	10,562	12,541	10,562	17,664
124,7	ztužidlo	18,255	16,407	13,348	14,718	13,348	18,992
126,2	spára	14,367	13,081	10,423	11,033	10,423	14,560
129,2	spára	10,251	9,578	7,973	7,575	7,973	9,364
132,2	spára	1,046	0,721	0,047	-0,083	0,047	0,182
133,5	ztužidlo	-3,609	-3,708	-3,683	-3,716	-3,683	-3,547
134,8	spára	-0,107	-0,442	-0,664	-0,156	-0,664	-0,411
137,8	spára	3,239	1,776	0,145	1,855	0,145	3,394
140,8	spára	13,506	10,931	7,608	10,255	7,608	14,026
142,3	ztužidlo	7,166	4,028	-0,250	2,783	-0,250	7,520
143,8	spára	7,406	4,070	-0,368	2,886	-0,368	8,443
146,8	spára	8,263	4,629	-0,252	3,237	-0,252	10,299
149,8	spára	7,968	4,206	-0,982	2,525	-0,982	10,209
152,8	spára	6,140	2,524	-2,577	0,734	-2,577	8,149
154,3	ztužidlo	5,588	2,090	-3,043	0,067	-3,043	7,131
155,8	spára	1,961	-1,094	-5,474	-2,734	-5,474	3,854
158,8	dobet.	-3,675	-5,842	-8,989	-7,149	-8,989	-2,355
159,2	dobet.	-4,531	-6,483	-9,343	-7,639	-9,343	-3,126
162,2	spára	-2,544	-3,155	-4,095	-3,587	-4,095	-2,054
163,6	ztužidlo	-5,436	-5,436	-5,436	-5,436	-5,436	-5,436
165	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

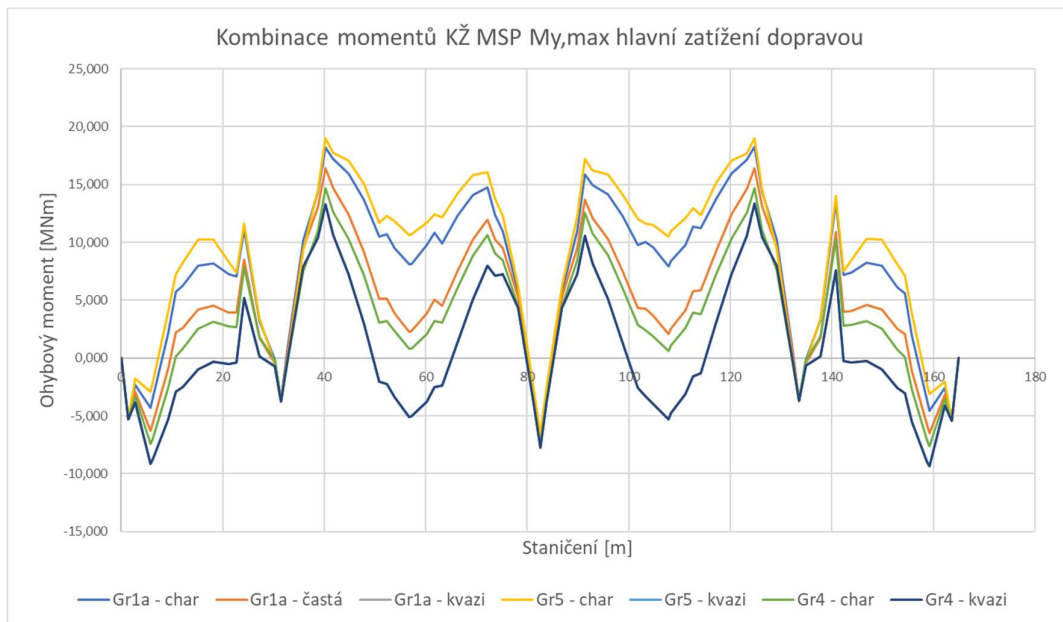
Tabulka 12 Kombinace momentů MSP Mmax - KŽ

Hlavní zatížení dopravou Mmin KŽ								
Staničení	Kombinace	gr1a			gr4 LM 4		gr5 LM 3 1800/240	
		char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]	char [MNm]	kvazistálá [MNm]
0	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,330	-5,310	-5,296	-5,320	-5,296	-5,300	-5,296
2,8	spára	-4,408	-4,229	-4,035	-4,238	-4,035	-4,424	-4,035
5,8	dobet.	-11,317	-10,627	-9,881	-10,658	-9,881	-11,385	-9,881
6,2	dobet.	-11,147	-10,399	-9,602	-10,450	-9,602	-11,248	-9,602
9,2	spára	-9,243	-8,007	-6,668	-8,051	-6,668	-9,377	-6,668
10,7	ztužidlo	-7,629	-6,152	-4,551	-6,202	-4,551	-7,791	-4,551
12,2	spára	-8,070	-6,315	-4,414	-6,377	-4,414	-8,263	-4,414
15,2	spára	-8,259	-5,969	-3,483	-6,026	-3,483	-8,536	-3,483
18,2	spára	-9,304	-6,478	-3,409	-6,531	-3,409	-9,665	-3,409
21,2	spára	-11,169	-7,808	-4,155	-7,856	-4,155	-11,614	-4,155
22,7	ztužidlo	-11,879	-8,250	-4,305	-8,296	-4,305	-12,366	-4,305
24,2	spára	-7,292	-3,352	0,938	-3,363	0,938	-7,860	0,938
27,2	spára	-14,203	-9,657	-4,691	-9,605	-4,691	-14,914	-4,691
30,2	spára	-17,997	-12,177	-6,089	-12,474	-6,089	-18,028	-6,089
31,5	podpora	-22,412	-15,890	-9,214	-16,424	-9,214	-21,956	-9,214
32,8	spára	-16,656	-11,099	-5,469	-11,634	-5,469	-16,390	-5,469
35,8	spára	-4,391	-0,967	2,416	-1,374	2,416	-4,308	2,416
38,8	spára	1,688	3,354	5,216	3,595	5,216	0,908	5,216
40,3	ztužidlo	5,852	7,052	8,543	7,533	8,543	4,695	8,543
41,8	spára	3,308	4,568	6,056	4,907	6,056	2,348	6,056
44,8	spára	0,023	1,365	2,815	1,478	2,815	-0,585	2,815
47,8	spára	-3,968	-2,533	-1,111	-2,654	-1,111	-4,207	-1,111
50,8	spára	-8,705	-7,177	-5,783	-7,531	-5,783	-8,575	-5,783
52,3	ztužidlo	-8,604	-7,032	-5,653	-7,502	-5,653	-8,290	-5,653
53,8	spára	-9,592	-7,962	-6,583	-8,545	-6,583	-9,104	-6,583
56,8	dobet.	-11,280	-9,538	-8,164	-10,332	-8,164	-10,449	-8,164
57,2	dobet.	-10,942	-9,189	-7,815	-10,007	-7,815	-10,064	-7,815
60,2	spára	-9,756	-7,890	-6,521	-8,919	-6,521	-8,534	-6,521
61,7	ztužidlo	-8,569	-6,651	-5,284	-7,783	-5,284	-7,182	-5,284
63,2	spára	-8,673	-6,680	-5,301	-7,920	-5,301	-7,093	-5,301
66,2	spára	-5,340	-3,204	-1,807	-4,655	-1,807	-3,386	-1,807
69,2	spára	-2,040	0,238	1,658	-1,417	1,658	0,295	1,658
72,2	spára	0,388	2,840	4,378	1,077	4,378	2,887	4,378
73,7	ztužidlo	-1,004	1,590	3,361	-0,052	3,361	1,304	3,361
75,2	spára	-1,473	1,321	3,418	-0,119	3,418	0,548	3,418
78,2	spára	-7,909	-3,508	0,235	-5,087	0,235	-5,680	0,235
81,2	spára	-20,760	-14,160	-8,181	-15,974	-8,181	-18,120	-8,181
82,5	ztužidlo	-26,661	-19,080	-12,045	-20,888	-12,045	-23,929	-12,045
83,8	spára	-20,750	-14,149	-8,170	-15,963	-8,170	-18,109	-8,170
86,8	spára	-7,919	-3,518	0,225	-5,096	0,225	-5,690	0,225
89,8	spára	-1,499	1,295	3,392	-0,145	3,392	0,522	3,392
91,3	ztužidlo	2,487	5,082	6,852	3,439	6,852	4,796	6,852
92,8	spára	0,542	2,994	4,533	1,231	4,533	3,042	4,533
95,8	spára	-1,974	0,303	1,723	-1,352	1,723	0,360	1,723
98,8	spára	-5,368	-3,232	-1,835	-4,683	-1,835	-3,414	-1,835
101,8	spára	-8,834	-6,841	-5,463	-8,081	-5,463	-7,255	-5,463
103,3	ztužidlo	-9,367	-7,449	-6,082	-8,580	-6,082	-7,980	-6,082
104,8	spára	-9,945	-8,079	-6,710	-9,109	-6,710	-8,724	-6,710
107,8	spára	-11,161	-9,408	-8,034	-10,226	-8,034	-10,283	-8,034
108,2	dobet.	-10,986	-9,244	-7,870	-10,037	-7,870	-10,154	-7,870
111,2	dobet.	-9,328	-7,697	-6,318	-8,281	-6,318	-8,840	-6,318
112,7	spára	-7,919	-6,346	-4,968	-6,816	-4,968	-7,605	-4,968
114,2	ztužidlo	-7,986	-6,458	-5,064	-6,812	-5,064	-7,856	-5,064
117,2	spára	-3,861	-2,426	-1,004	-2,546	-1,004	-4,100	-1,004
120,2	spára	0,025	1,367	2,817	1,480	2,817	-0,583	2,817
123,2	spára	3,216	4,477	5,964	4,815	5,964	2,256	5,964
124,7	ztužidlo	5,875	7,074	8,566	7,556	8,566	4,718	8,566
126,2	spára	1,759	3,425	5,287	3,666	5,287	0,978	5,287
129,2	spára	-4,325	-0,901	2,482	-1,308	2,482	-4,243	2,482
132,2	spára	-16,609	-11,052	-5,421	-11,586	-5,421	-16,343	-5,421
133,5	ztužidlo	-22,359	-15,838	-9,162	-16,371	-9,162	-21,903	-9,162
134,8	spára	-17,960	-12,141	-6,052	-12,438	-6,052	-17,992	-6,052
137,8	spára	-14,185	-9,640	-4,673	-9,587	-4,673	-14,896	-4,673
140,8	spára	-4,871	-0,931	3,359	-0,942	3,359	-5,439	3,359
142,3	ztužidlo	-11,767	-8,138	-4,193	-8,184	-4,193	-12,255	-4,193
143,8	spára	-11,039	-7,678	-4,025	-7,726	-4,025	-11,484	-4,025
146,8	spára	-9,232	-6,406	-3,337	-6,459	-3,337	-9,593	-3,337
149,8	spára	-8,271	-5,980	-3,495	-6,038	-3,495	-8,547	-3,495
152,8	spára	-8,174	-6,419	-4,518	-6,481	-4,518	-8,366	-4,518
154,3	ztužidlo	-7,745	-6,268	-4,668	-6,319	-4,668	-7,908	-4,668
155,8	spára	-9,410	-8,174	-6,835	-8,218	-6,835	-9,544	-6,835
158,8	dobet.	-11,367	-10,619	-9,822	-10,670	-9,822	-11,468	-9,822
159,2	dobet.	-11,541	-10,852	-10,105	-10,882	-10,105	-11,609	-10,105
162,2	spára	-4,667	-4,487	-4,294	-4,497	-4,294	-4,683	-4,294
163,6	ztužidlo	-5,469	-5,449	-5,436	-5,459	-5,436	-5,439	-5,436
165	čelo	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

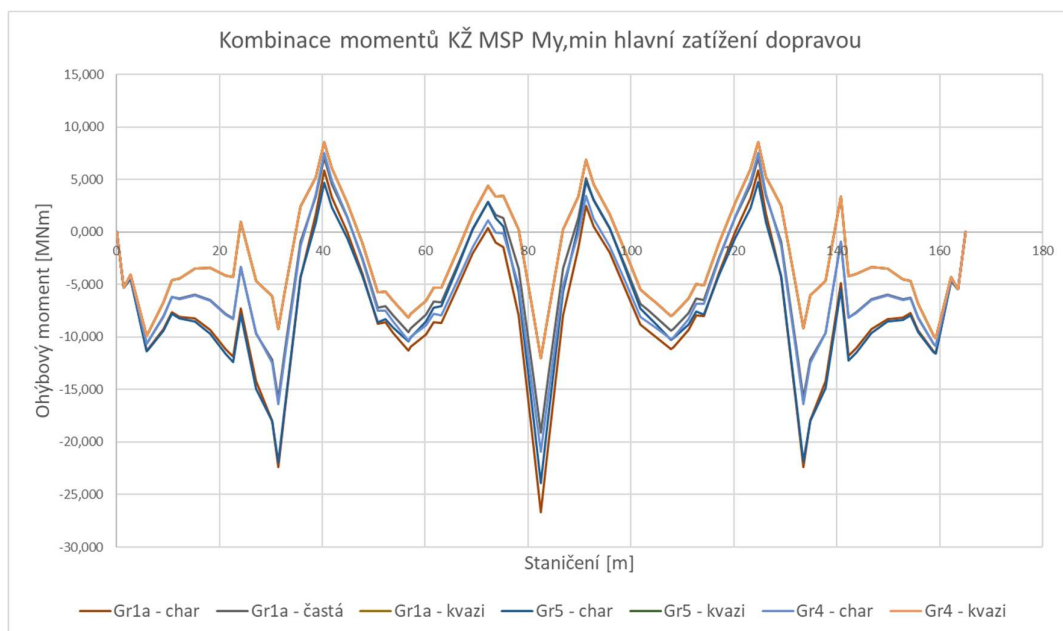
Tabulka 13 Kombinace momentů MSP Mmin - KŽ

Hlavní zatížení teplotou Mmax KŽ					Hlavní zatížení teplotou Mmin KŽ				
Sestava zatížení		gr1a			Sestava zatížení		gr1a		
Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]	Staničení	Kombinace	char [MNm]	častá [MNm]	kvazi [MNm]
0	čelo	0,003	0,003	0,003	0	čelo	0,003	0,003	0,003
1,4	ztužidlo	-5,296	-5,296	-5,296	1,4	ztužidlo	-5,310	-5,296	-5,296
2,8	spára	-2,869	-3,831	-3,837	2,8	spára	-4,283	-4,046	-4,035
5,8	dobet.	-6,165	-9,100	-9,119	5,8	dobet.	-10,815	-9,918	-9,881
6,2	dobet.	-5,519	-8,749	-8,769	6,2	dobet.	-10,605	-9,643	-9,602
9,2	spára	-0,757	-5,273	-5,307	9,2	spára	-8,346	-6,735	-6,668
10,7	ztužidlo	2,410	-2,885	-2,926	10,7	ztužidlo	-6,557	-4,632	-4,551
12,2	spára	2,869	-2,425	-2,473	12,2	spára	-6,798	-4,511	-4,414
15,2	spára	4,529	-0,908	-0,971	15,2	spára	-6,593	-3,608	-3,483
18,2	spára	4,941	-0,247	-0,324	18,2	spára	-7,244	-3,562	-3,409
21,2	spára	4,394	-0,407	-0,498	21,2	spára	-8,716	-4,336	-4,155
22,7	ztužidlo	4,405	-0,264	-0,362	22,7	ztužidlo	-9,228	-4,501	-4,305
24,2	spára	9,036	5,292	5,187	24,2	spára	-4,405	0,728	0,938
27,2	spára	2,354	0,247	0,128	27,2	spára	-10,848	-4,929	-4,691
30,2	spára	0,208	-0,568	-0,700	30,2	spára	-13,506	-6,355	-6,089
31,5	podpora	-3,056	-3,600	-3,736	31,5	podpora	-17,250	-9,486	-9,214
32,8	spára	1,381	0,135	-0,001	32,8	spára	-12,454	-5,740	-5,469
35,8	spára	10,202	8,045	7,907	35,8	spára	-2,348	2,140	2,416
38,8	spára	13,686	10,488	10,352	38,8	spára	2,003	4,946	5,216
40,3	ztužidlo	17,046	13,458	13,325	40,3	ztužidlo	5,729	8,279	8,543
41,8	spára	15,344	10,785	10,654	41,8	spára	3,258	5,794	6,056
44,8	spára	13,081	7,374	7,244	44,8	spára	0,066	2,555	2,815
47,8	spára	9,805	3,111	2,983	47,8	spára	-3,809	-1,366	-1,111
50,8	spára	5,788	-1,899	-2,024	50,8	spára	-8,431	-6,033	-5,783
52,3	ztužidlo	5,731	-2,108	-2,231	52,3	ztužidlo	-8,263	-5,900	-5,653
53,8	spára	4,502	-3,223	-3,345	53,8	spára	-9,181	-6,827	-6,583
56,8	dobet.	2,883	-4,961	-5,082	56,8	dobet.	-10,748	-8,406	-8,164
57,2	dobet.	2,915	-4,926	-5,045	57,2	dobet.	-10,378	-8,053	-7,815
60,2	spára	4,480	-3,633	-3,752	60,2	spára	-9,076	-6,758	-6,521
61,7	ztužidlo	5,657	-2,393	-2,510	61,7	ztužidlo	-7,816	-5,517	-5,284
63,2	spára	5,090	-2,280	-2,395	63,2	spára	-7,834	-5,532	-5,301
66,2	spára	8,104	1,465	1,351	66,2	spára	-4,348	-2,036	-1,807
69,2	spára	10,771	5,163	5,051	69,2	spára	-0,884	1,433	1,658
72,2	spára	12,502	8,117	8,007	72,2	spára	1,740	4,158	4,378
73,7	ztužidlo	10,751	7,199	7,091	73,7	ztužidlo	0,512	3,145	3,361
75,2	spára	10,061	7,385	7,279	75,2	spára	0,253	3,205	3,418
78,2	spára	5,819	4,462	4,356	78,2	spára	-4,564	0,024	0,235
81,2	spára	-2,918	-3,712	-3,816	81,2	spára	-15,192	-8,387	-8,181
82,5	ztužidlo	-6,866	-7,636	-7,733	82,5	ztužidlo	-20,050	-12,239	-12,045
83,8	spára	-2,907	-3,702	-3,805	83,8	spára	-15,182	-8,377	-8,170
86,8	spára	5,810	4,452	4,347	86,8	spára	-4,574	0,014	0,225
89,8	spára	10,035	7,359	7,252	89,8	spára	0,227	3,178	3,392
91,3	ztužidlo	14,242	10,690	10,582	91,3	ztužidlo	4,003	6,636	6,852
92,8	spára	12,657	8,272	8,162	92,8	spára	1,894	4,313	4,533
95,8	spára	10,837	5,228	5,116	95,8	spára	-0,818	1,498	1,723
98,8	spára	8,076	1,437	1,322	98,8	spára	-4,376	-2,064	-1,835
101,8	spára	4,929	-2,441	-2,557	101,8	spára	-7,996	-5,693	-5,463
103,3	ztužidlo	4,859	-3,191	-3,307	103,3	ztužidlo	-8,614	-6,315	-6,082
104,8	spára	4,291	-3,822	-3,941	104,8	spára	-9,265	-6,947	-6,710
107,8	spára	2,696	-5,145	-5,264	107,8	spára	-10,597	-8,272	-8,034
108,2	dobet.	3,178	-4,667	-4,788	108,2	dobet.	-10,453	-8,111	-7,870
111,2	dobet.	4,767	-2,959	-3,081	111,2	dobet.	-8,917	-6,562	-6,318
112,7	spára	6,417	-1,422	-1,545	112,7	spára	-7,577	-5,214	-4,968
114,2	ztužidlo	6,506	-1,180	-1,306	114,2	ztužidlo	-7,712	-5,315	-5,064
117,2	spára	9,912	3,218	3,090	117,2	spára	-3,702	-1,259	-1,004
120,2	spára	13,083	7,376	7,246	120,2	spára	0,068	2,557	2,817
123,2	spára	15,252	10,693	10,562	123,2	spára	3,167	5,702	5,964
124,7	ztužidlo	17,068	13,480	13,348	124,7	ztužidlo	5,751	8,302	8,566
126,2	spára	13,757	10,558	10,423	126,2	spára	2,073	5,016	5,287
129,2	spára	10,268	8,111	7,973	129,2	spára	-2,282	2,206	2,482
132,2	spára	1,398	0,182	0,047	132,2	spára	-12,407	-5,692	-5,421
133,5	ztužidlo	-3,028	-3,547	-3,683	133,5	ztužidlo	-17,198	-9,434	-9,162
134,8	spára	0,222	-0,531	-0,664	134,8	spára	-13,469	-6,318	-6,052
137,8	spára	2,372	0,264	0,145	137,8	spára	-10,830	-4,911	-4,673
140,8	spára	11,457	7,713	7,608	140,8	spára	-1,984	3,149	3,359
142,3	ztužidlo	4,517	-0,153	-0,250	142,3	ztužidlo	-9,117	-4,389	-4,193
143,8	spára	4,524	-0,277	-0,368	143,8	spára	-8,585	-4,206	-4,025
146,8	spára	5,012	-0,176	-0,252	146,8	spára	-7,172	-3,490	-3,337
149,8	spára	4,518	-0,920	-0,982	149,8	spára	-6,604	-3,620	-3,495
152,8	spára	2,766	-2,528	-2,577	152,8	spára	-6,902	-4,614	-4,518
154,3	ztužidlo	2,293	-3,002	-3,043	154,3	ztužidlo	-6,674	-4,749	-4,668
155,8	spára	-0,924	-5,440	-5,474	155,8	spára	-8,513	-6,903	-6,835
158,8	dobet.	-5,739	-8,969	-8,989	158,8	dobet.	-10,825	-9,863	-9,822
159,2	dobet.	-6,389	-9,324	-9,343	159,2	dobet.	-11,039	-10,142	-10,105
162,2	spára	-3,128	-4,090	-4,095	162,2	spára	-4,542	-4,305	-4,294
163,6	ztužidlo	-5,436	-5,436	-5,436	163,6	ztužidlo	-5,449	-5,436	-5,436
165	čelo	0,003	0,003	0,003	165	čelo	0,003	0,003	0,003

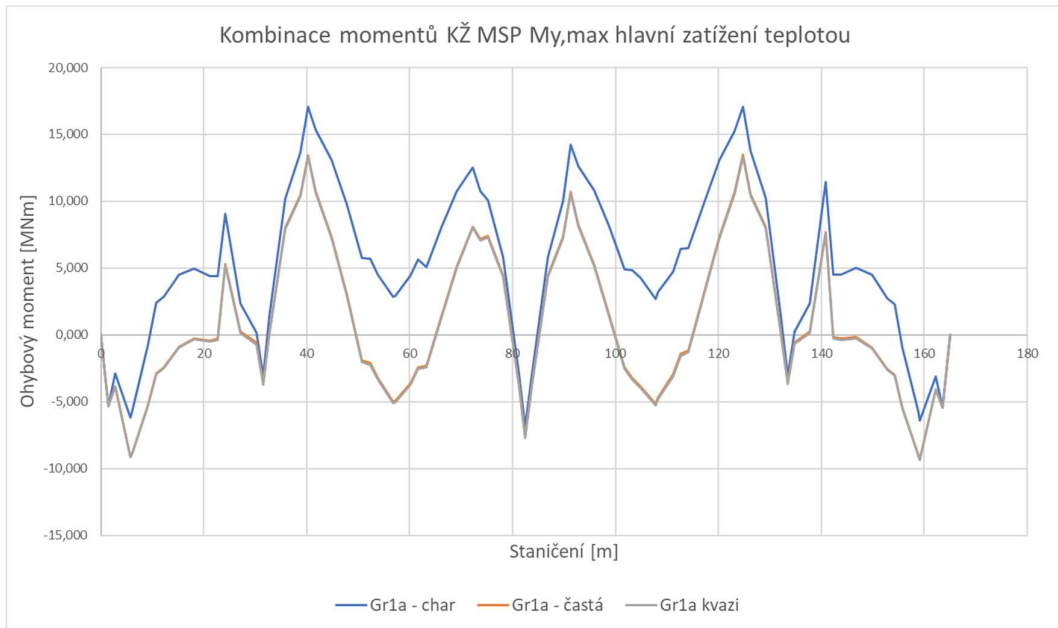
Tabulka 14 Přehled extrémů kombinací MSP KŽ



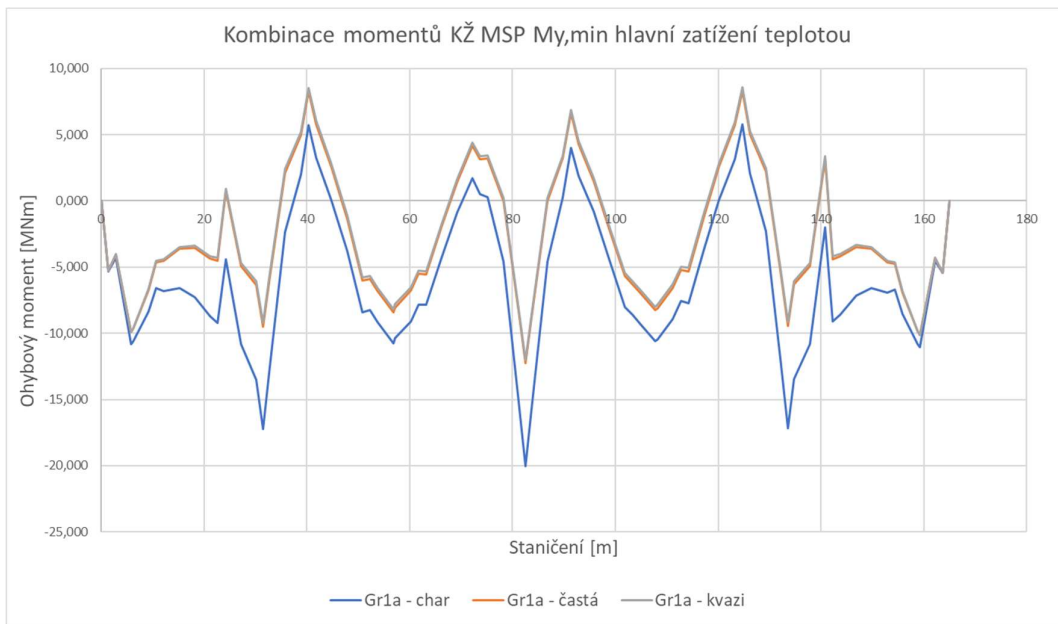
Obr. 66 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,max}$ KŽ hlavní zatížení dopravou



Obr. 67 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,min}$ UP hlavní zatížení dopravou



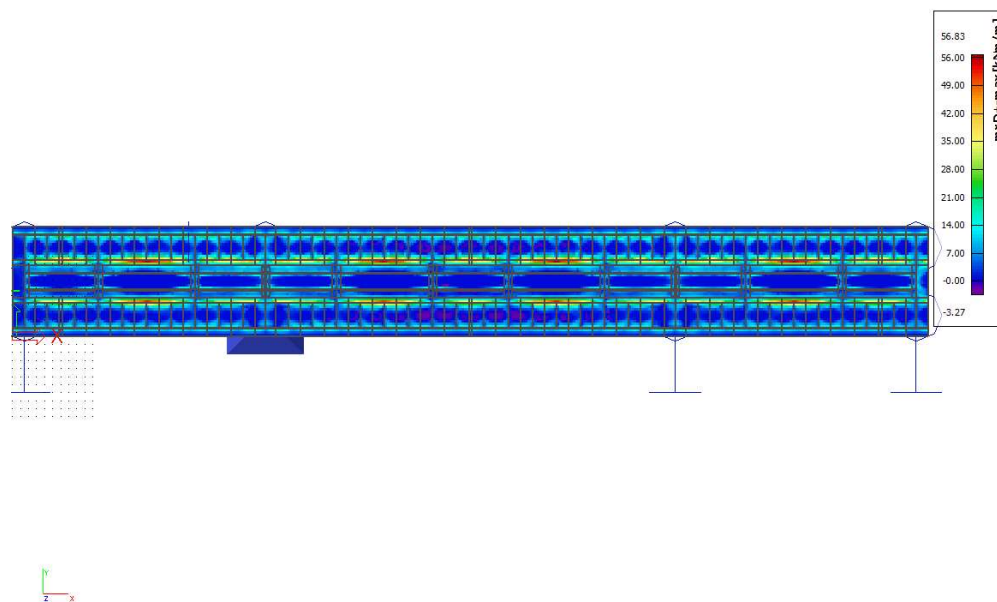
Obr. 68 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,max}$ UP hlavní zatížení teplotou



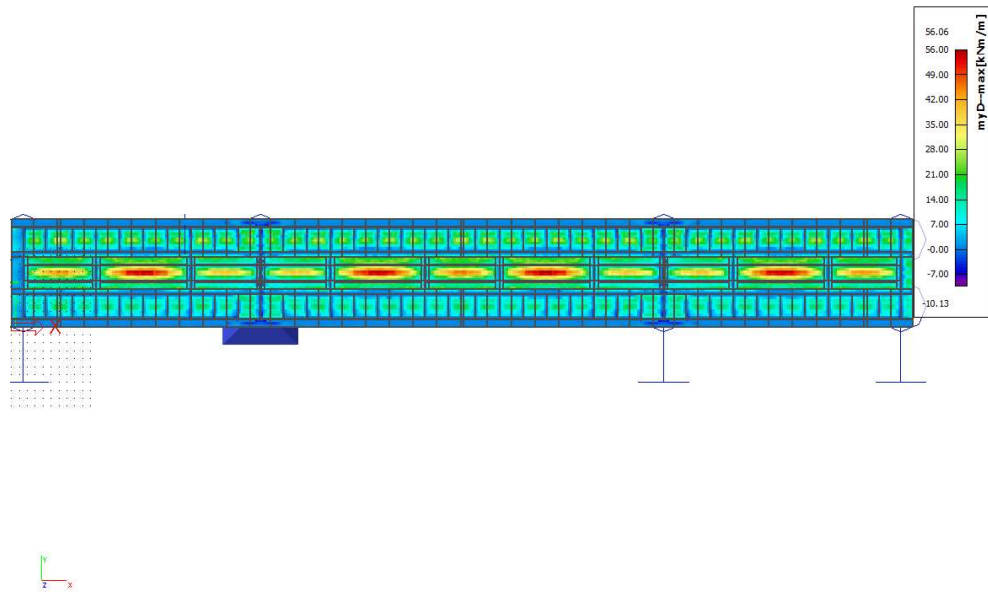
Obr. 69 Průběh kombinací momentů MSP $M_{y,min}$ UP hlavní zatížení teplotou

6.4 Kombinace vnitřních sil pro posouzení MSÚ v příčném směru – bez předpětí

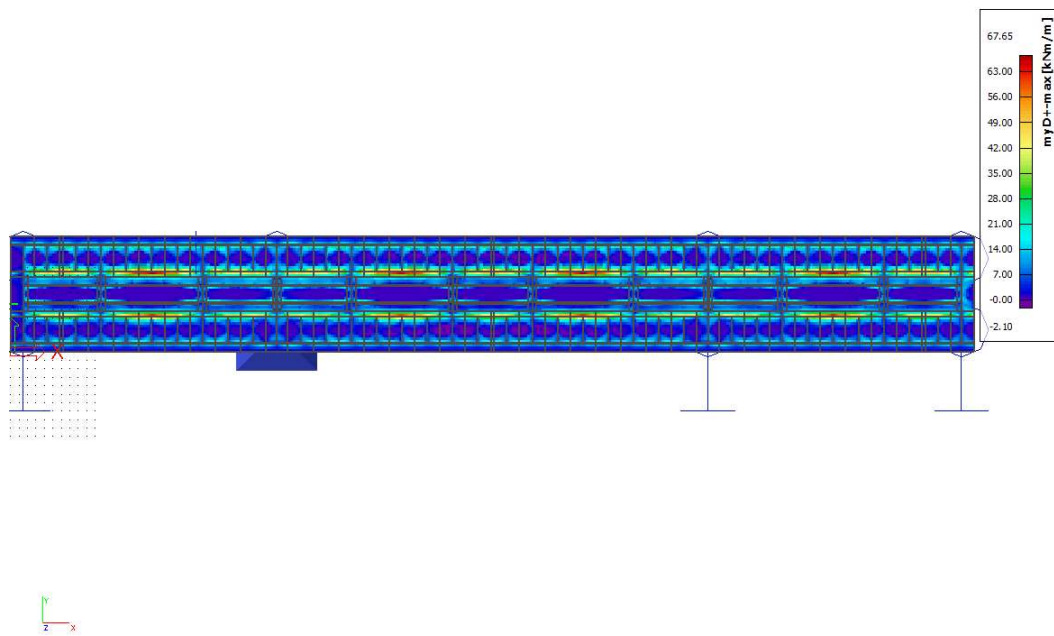
Konstrukce byla v příčném směru posouzena na mezní stav únosnosti – ohybovou únosnost horní desky na kombinace sil podle rovnic 6.10a a 6.10b. Dále jsou zobrazeny izoplochy jednotlivých kombinací přímo ze SCIA eng. (zatím bez předpětí).



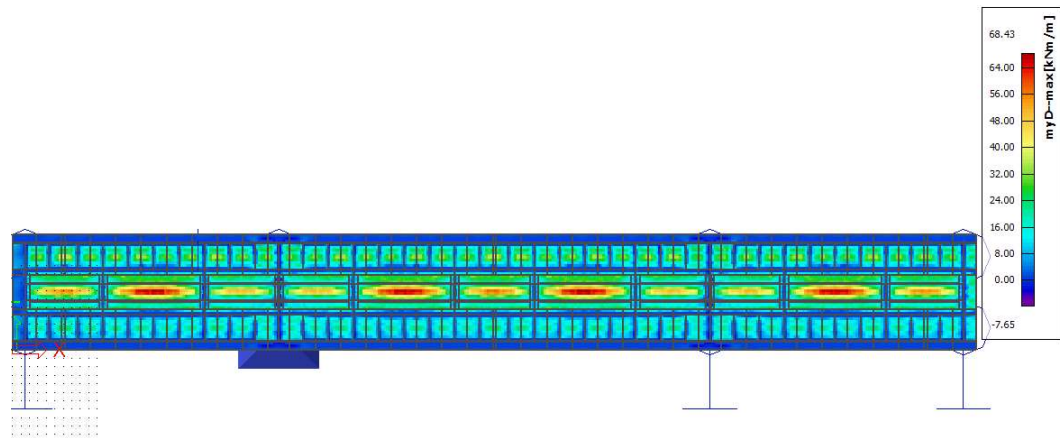
Obr. 70 Izoplocha kombinace 6.10a momentu m_{yD+} LM1



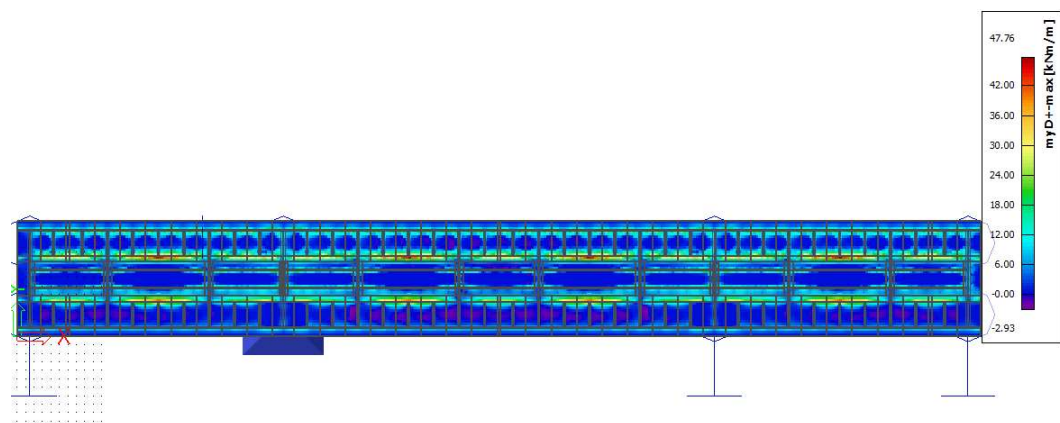
Obr. 71 Izoplocha kombinace 6.10a momentu $myD-$ LM1



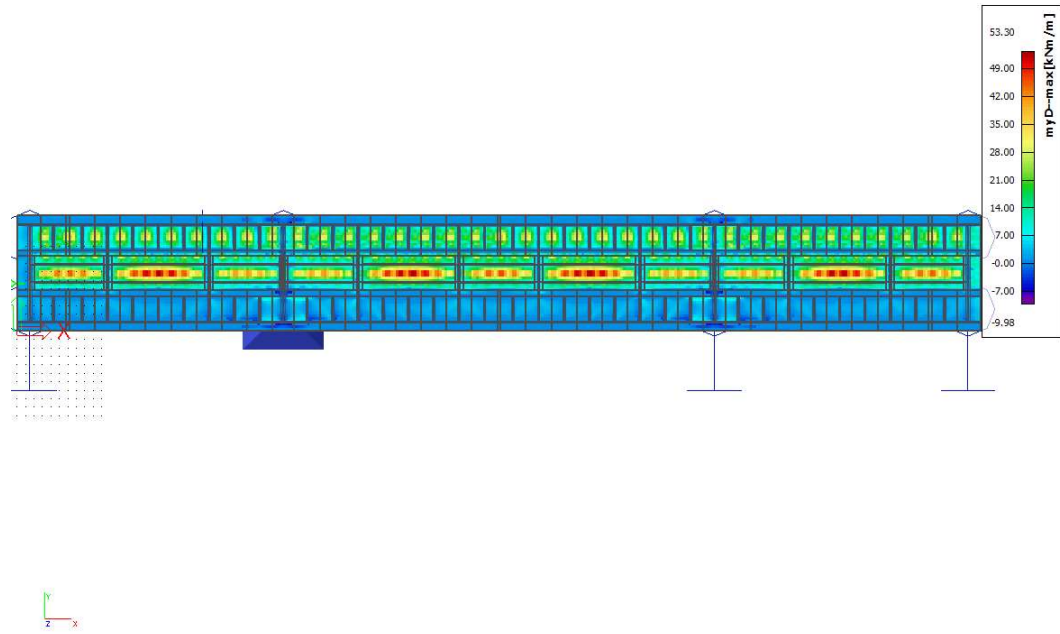
Obr. 72 Izoplocha kombinace 6.10b momentu $myD+$ LM1



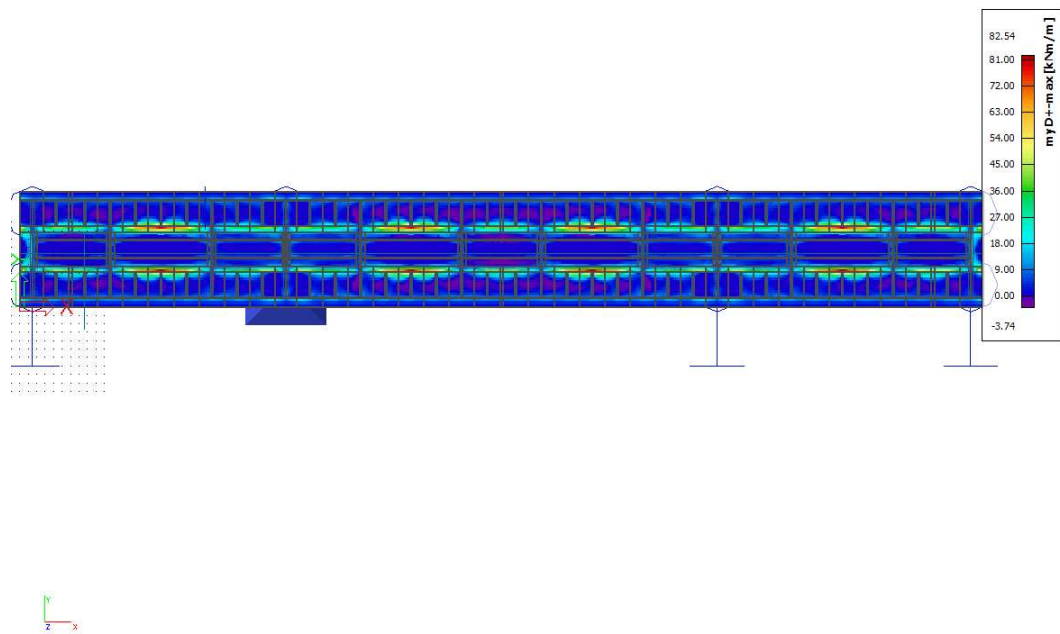
Obr. 73 Izoplocha kombinace 6.10b momentu $myD-$ LM1



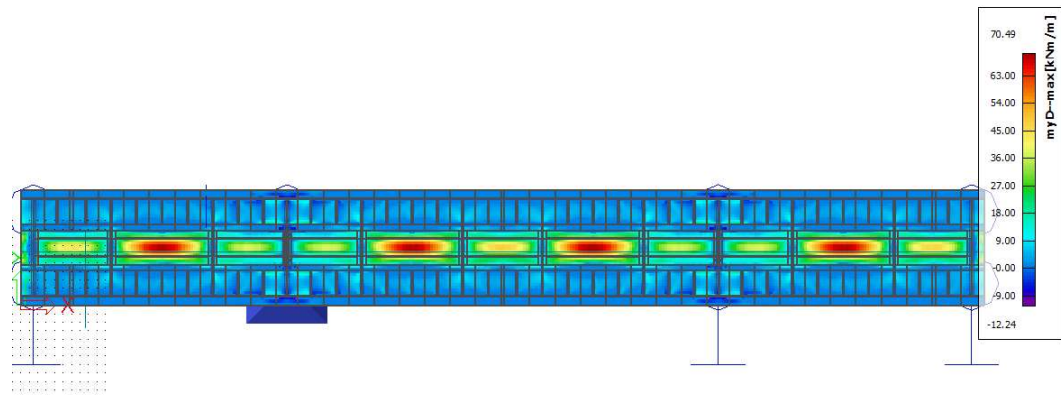
Obr. 74 Izoplocha kombinace 6.10b momentu $myD+$ LM2



Obr. 75 Izoplocha kombinace 6.10b momentu m_{yD} - LM2



Obr. 76 Izoplocha kombinace 6.10b momentu m_{yD+} LM3 3000/240



Obr. 77 Izoplocha kombinace 6.10b momentu m_{yD} - LM3 3000/240

7 Návrh předpětí

7.1 Úvod

Konstrukce je při stavebních stádiích předpínána pomocí předpínacích tyčí a konzolových kabelů. Po dokončení vahadla a spojení konstrukce s dalším vahadlem nebo krajním polem jsou napnuty kladné kabely. Veškeré kabely jsou navrženy jako externí předpětí, vedené vně betonového průřezu uvnitř komory. Jsou uvažovány kabely z lan typu Monostrand.

7.2 Konstrukční zásady

7.2.1 Krytí předpínací výztuže – podélné předpětí

U volných kabelů vedených uvnitř komorové nosné konstrukce je jejich umístění dáno konstrukčním řešením kotev a deviátorů.

7.2.1 Krytí předpínací výztuže – příčné předpětí

Krycí vrstva výztuže se stanoví ze vztahu (hodnoty podle NF P18-710):

$$c_{nom} = c_{min} + c_{dev}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

$$c_{min,b} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{20; 25; 10 \text{ mm}\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 25 + 5 = 30 \text{ mm}$$

Výsledná krycí vrstva předpínací výztuže je tedy min. 30 mm pro příčnou předpínací výztuž.

7.2.2 Rozmístění kabelových kanálků

Minimální mezery mezi jednotlivými kabely jsou:

- vodorovně $\geq \varnothing$ kanálku = 90 mm
 ≥ 50 mm
 $\geq d_g + 5$ mm = 0 + 5 = 5 mm
 d_g = největší rozměr zrn kameniva v našem případě u UHPFRC = 0
- svisle $\geq \varnothing$ kanálku = 90 mm
 ≥ 40 mm
 $\geq d_g = 0$ mm

7.2.3 Rozmístění kotev předpínací výztuže

Pro návrh konstrukce byli uvažovány kotvy systému Freyssinet řady C. V konstrukci jsou použity kabely s 12 lany.

Rozměry roznášecích podložek kotev jsou: výška A = 240 mm, šířka B = 200 mm

Minimální osová vzdálenost $x = \max(A + 30 \text{ mm}; 0,85 \cdot a) = \max(270; 255) = 255$ mm

$$y = \max(B + 30 \text{ mm}; 0,85 \cdot b) = \max(230; 255) = 255 \text{ mm}$$

Hodnoty **a=b** jsou závislé na válcové pevnosti betonu v tahu v době napínání, dle systému freyssinet budeme uvažovat $f_{cm,0} = 60$ MPa tedy **a=b=300 mm**

7.2.4 Napětí v předpínací výztuži

Maximální napětí v předpínací výztuži:

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{pk0,1}) = \min(0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1636,8) = \min(1488; 1473) \\ &= 1473 \text{ MPa}\end{aligned}$$

7.3 Předpětí vahadla

Při montáži vahadla bude vždy segment prvotně připnut pomocí předpínacích tyčí, je důležité, aby napětí ve spáře při předepnutí tyčí bylo víceméně rovnoměrné pro správné zatvrdnutí epoxidového tmelu. Po zatvrdnutí epoxidového tmelu je konstrukce předepnuta pomocí záporných kabelů.

7.3.1 Předpínací tyče

Pro návrh byly použity předpínací tyče systému Freyssibar průměru 36 mm.

$$Plocha A = 1017,88 \text{ mm}^2$$

$$f_{pk} = 1030 \text{ MPa}$$

Pro opakované použití tyčí se maximální předpínací síla redukuje na $0,5 \cdot f_{pk}$

$$f_{max} = f_{pk} \cdot 0,5 = 1030 \cdot 0,5 = 515 \text{ MPa}$$

$$P_{max} = A \cdot f_{max} = 1017,88 \cdot 515 = 524,21 \text{ kN}$$

Krátkodobé ztráty předpětí budou uvažovány 10 %.

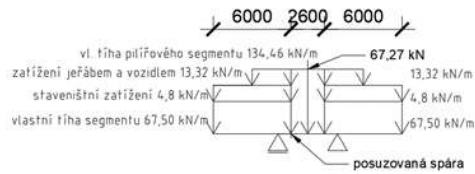
Návrh předpínacích tyčí byl proveden pro 3 různé stavy konstrukce:

- předpětí zárodku – v tomto stavu je namontován zárodek, který je předepnut pomocí tyčí, zároveň je přimontován další běžný segment – v této fázi je nejvíce namáhaná spára mezi pilířovým segmentem a běžným segmentem na ohyb, epoxidový tmel je zatvrdlý a proto zde není posouzen smyk
- připnutí prvního segmentu – běžného
- připnutí příčnickového segmentu

Fáze předepnutí předpínacími tyčemi jsou posouzeny na zachování tlakového rovnoměrného napětí ve spáře a na usmyknutí ve spáře při nezatvrdlém epoxidovém tmelu.

Návrh předpínacích tyčí

1) 3. fáze - předpínací tyče zárodku



Průřezové charakteristiky

$Z_{t,d}$	=	1,53 m
I_y	=	1,92 m ⁴
W_h	=	-1,98 m ³
W_d	=	1,26 m ³
A	=	2,18 m ²

Statické schéma se zatížením

Zatěžovací délka L=				6,00 m
Zatížení f=	67,5	+	4,8 =	72,30 kN/m
Zatížení f1=	13,32			13,32 kN/m
Zatížení f2=	134,46			134,46 kN/m
Zatížení f3=	67,27			67,27 kN
Vzdálenost spáry od kraje =				6,00 m
Vzdálenost spáry od podpory=				1,00 m
				2,6 m

1. Výpočet vnitřních sil

$M_{spára}$	=	-679,15 kN/m	$R1$	=	682,19 kN
-------------	---	--------------	------	---	-----------

Návrh celkem 4 ks předpínacích tyčí průměru 36 mm

2. Návrh předpětí

$\sigma_{d,g+q}$	=	-0,54 MPa
$\sigma_{h,g+q}$	=	0,34 MPa
$N_{p,req}$	=	747,82 kN

Předpínací tyče Freyssibar 36

Průměr	=	36,00 mm
Plocha	=	1017,88 mm ²
f_{pk}	=	1030,00 MPa
f_{max}	=	515,00 MPa
P_{max}	=	524,21 kN
$n_{thb,req}$	=	1,43 ks
n_{navrh}	=	4,00 ks

(Pro opakované použití se redukuje maximální předpínací síla na 0,5 f_{pk})

3. Posouzení ohyb

Zavedeme krátkodobé ztráty 10 %

excentricita $e = 0,426$ m

$N_p = -1,89$ MN 0,279

$M_p = 0,80$ MN/m

$\sigma_{d,p} = -0,23$ MPa

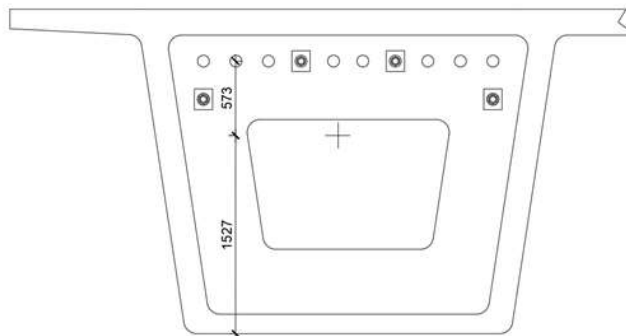
$\sigma_{h,p} = -1,27$ MPa

$\sigma_d = -0,77 <$

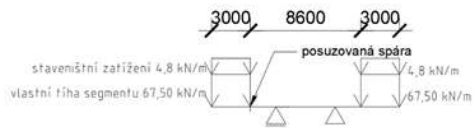
$\sigma_h = -0,93 <$

0 VYHOVÍ

0 VYHOVÍ



2) 3. fáze - běžný segment



Průřezové charakteristiky

$Z_{t,d}$	=	1,53 m
I, γ	=	1,92 m ⁴
W_h	=	-1,98 m ³
W_d	=	1,26 m ³
A	=	2,18 m ²

Statické schéma se zatížením

Zatěžovací délka L =					3,00 m
Zatížení f =	67,5	+	4,8	=	72,30 kN/m
Vzdálenost spáry od kraje =					3,00 m
					2,6 m

1. Výpočet vnitřních sil

$M_{spára}$	=	-325,35 kN/m
V_{ed}	=	216,9 kN

Návrh celkem 4 ks předpínacích tyčí průměru 36 mm

2. Návrh předpětí

$\sigma_{d,g+q}$	=	-0,26 MPa
$\sigma_{h,g+q}$	=	0,16 MPa
$N_{p,req}$	=	358,25 kN

3. Posouzení ohyb

Zavedeme krátkodobé ztráty 10 %		
excentricita e	=	0,2065 m
N_p	=	-1,89 MN
M_p	=	0,39 MN/m

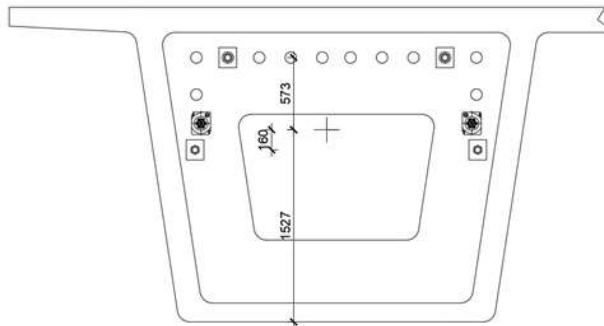
Předpínací tyče Freyssibar 36

Průměr	=	36,00 mm
Plocha	=	1017,88 mm ²
f_{pk}	=	1030,00 MPa
f_{max}	=	515,00 MPa
P_{max}	=	524,21 kN
$n_{thb,req}$	=	0,68 ks
n_{navrh}	=	4,00 ks

(Pro opakované použití se redukuje maximální předpínací síla na 0,5 f_{pk})

$\sigma_{d,p}$	=	-0,56 MPa
$\sigma_{h,p}$	=	-1,06 MPa
σ_d	=	-0,82 <
σ_h	=	-0,90 <

0 VYHOVÍ
0 VYHOVÍ



4. Posouzení smyk

Posuzujem dle: $V_{E,di} < V_{R,di}$ - v této fázi čerstvý epoxidový tmel $\mu = 0$

$V_{E,di}$	=	V_{ed}/Ac
v_{Ed}	=	0,100 MPa

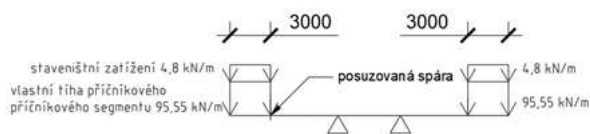
$V_{R,di} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$

c	=	pro zazubené povrchy	0,4
f_{ctd}	=	$f_{ctk0,05}/\gamma_c = 4,3 /$	1,5 = 2,866667 MPa
μ	=	nevytvrdlý tmel	0
σ_n	=	-0,82 MPa	

$V_{R,di}$	=	1,147 MPa	$V_{E,di} < V_{R,di}$	0,100 <	1,147 ...	VYHOVÍ
------------	---	-----------	-----------------------	---------	-----------	--------

3) 6. a ostatní fáze - příčnickový segment

Průřezové charakteristiky



$Z_{t,\sigma}$	=	1,53 m
I_y	=	1,92 m ⁴
W_h	=	-1,98 m ³
W_d	=	1,26 m ³
A	=	2,18 m ²

Statické schéma se zatížením

Zatěžovací délka L=				3,00 m
Zatížení f=	95,55	+	4,8 =	100,35 kN/m
Vzdálenost spáry od kraje =				3,00 m

1. Výpočet vnitřních sil

$M_{spára}$	=	-451,58 kN/m
V_{Ed}	=	301,05 kN

Návrh celkem 4 předpínacích tyčí průměru 36 mm

2. Návrh předpětí

$\sigma_{d,g}$	=	-0,36 MPa
$\sigma_{h,g}$	=	0,23 MPa
$N_{p,req}$	=	497,75 kN

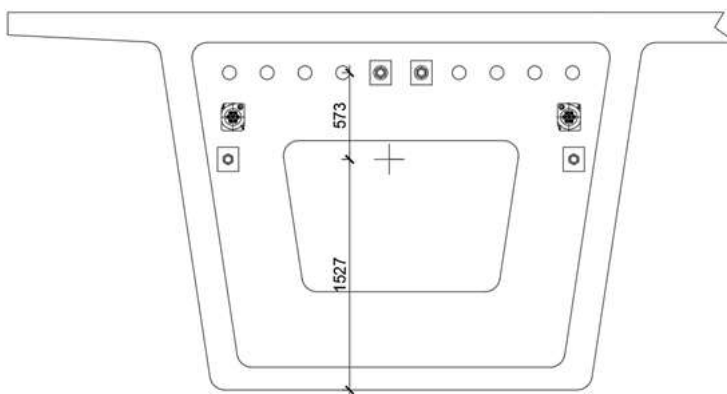
3. Posouzení ohyb

Zavedeme krátkodobé ztráty 10 %			
excentricita e =	0,2865 m		
N_p	=	-1,89 MN	
M_p	=	0,54 MN/m	
$\sigma_{d,p}$	=	-0,44 MPa	
$\sigma_{h,p}$	=	-1,14 MPa	
$\sigma_{d,p}$	=	-0,80 <	0 VYHOVÍ
$\sigma_{h,p}$	=	-0,91 <	0 VYHOVÍ

Předpínací tyče Freyssibar 36

Průměr =	36,00 mm
Plocha =	1017,88 mm ²
f_{pk} =	1030,00 MPa
f_{max} =	515,00 MPa
P_{max} =	524,21 kN
$n_{thb,req}$	1,00 ks
n_{navrh} =	4,00 ks

(Pro opakované použití se redukuje maximální předpínací síla na 0,5 f_{pk})



Toto rozvržení předpínacích tyčí bude použito ve všech fázích mimo první fáze - předepnutí segmentu k zárodku.

4. Posouzení smyk

Posuzujem dle: $V_{E,di} < V_{R,di}$ - v této fázi čerstvý epoxidový tmel $\mu = 0$

$V_{Ed,i}$	=	V_{ed}/Ac
V_{Ed}	=	0,138 MPa

$V_{Rd,i}$	=	$c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$
c=		pro zazubené povrchy 0,4
f_{ctd}	=	$f_{ctk0,05}/\gamma_c = 4,3 / 1,5 = 2,866667$ MPa
μ	=	nevytvrdlý tmel 0
σ_n	=	-1,14 MPa

V_{Rd}	=	1,147 MPa	$V_{E,di} < V_{R,di}$	0,138 <	1,147 ...	VYHOVÍ
----------	---	-----------	-----------------------	---------	-----------	--------

Z výpočtů je jasné, že takto navržené schéma předpínacích tyčí vyhoví na zachování tlakové rezervy ve spáře i na smyk při nevytvrdlém epoxidovém tmelu. Tyče byly rozvrženy tak, aby nebránily předpínacím kabelům v žádné fázi výstavby. Výkres rozvržení předpínacích tyčí je samotnou přílohou statického výpočtu.

7.3.2 Konzolové kabely

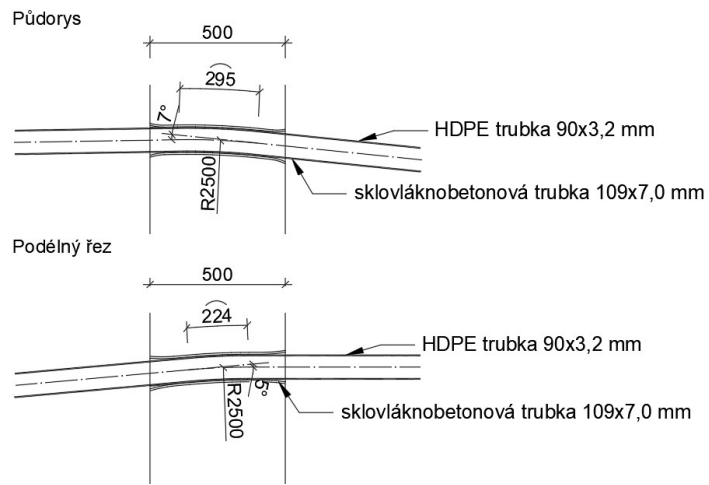
Konstrukce je postupně předpínána pomocí konzolových kabelů, umístěných pod horní deskou mostovky. Pro návrh byly použity kabely tvořené z 12 lan, pro každou fázi 2 kabely v každé komoře, umístěné symetricky. První 2 kabely vedou přímo, další kabely jsou horizontálně i vertikálně odkloněny, aby bylo v konstrukci co nejvíce místa a aby kotvy byly z důvodu namáhání příčných ztužidel umístěny co nejbližší u stěn a desek komorového průřezu.

Návrh kabelů byl v první fázi udělán ve zjednodušené excelové tabulce, výsledné odladění bylo iteračně odladěno přímo na TDA modelu ve Scia eng. Při návrhu bylo uvažováno použití těchto kabelů i pro definitivní stav konstrukce, bez nutnosti dopínání dalšími zápornými kabely.

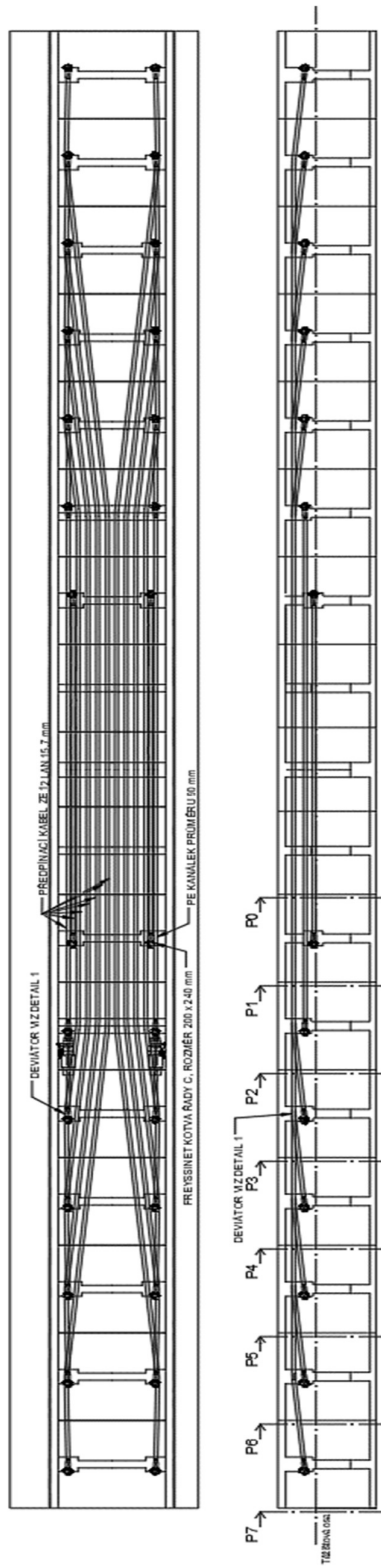
Změna směru kabelu je vždy realizována pomocí deviátoru, který je umístěn ve ztužidle uprostřed segmentu. Pro navržený typ kabelů je minimální poloměr zaoblení 2,5 m. Tento poloměr byl dodržen ve všech deviátorech.

Deviátor je vyroben ze sklovláknité trubky, která se na koncích rozšiřuje do tvaru „trumpety“. Schéma deviátoru je zobrazeno níže:

Detail 1 - deviátor



Obr. 78 Detail deviátoru

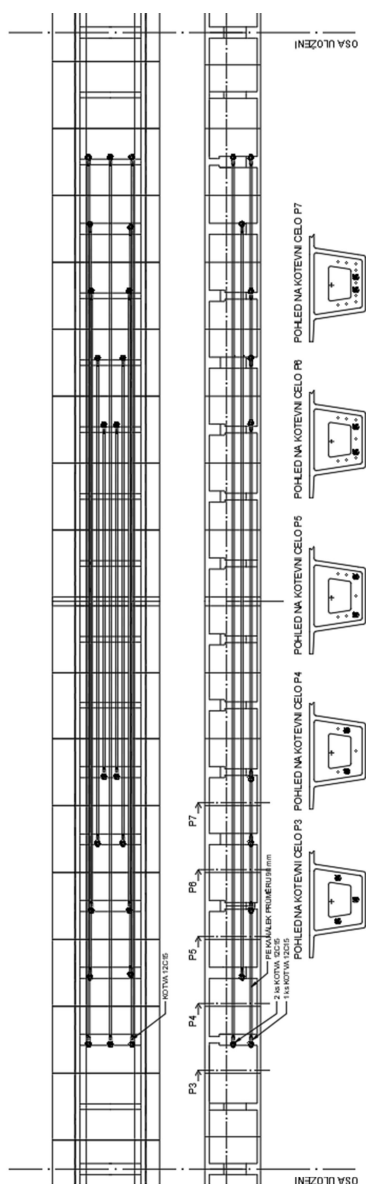


Obr. 79 Schéma vedení konzolových kabelů vahadla

7.4 Kladné kabely

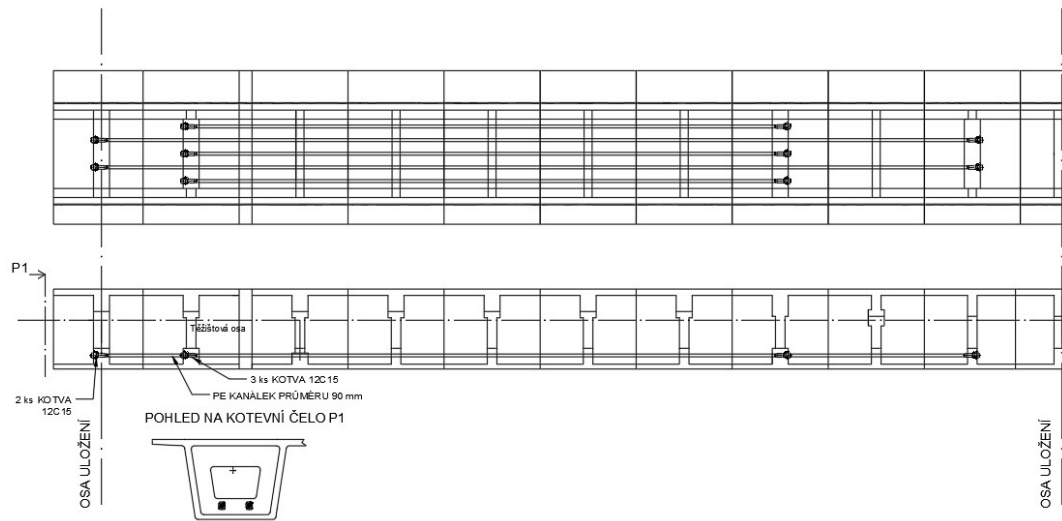
Po spojení konstrukce je nutno vahadla spojit pomocí kladných kabelů, vedených nad spodní deskou komory. Návrh kabelů probíhal iteračně, postupným zkoušením různých počtů kabelů a excentricit. Výsledkem jsou kabely tvořeny 12 lany, s excentricitou 300 mm, 700 mm a 1100 mm.

Pro hlavní pole je použito celkem 11 kabelů, které jsou kotveny po dvou, resp. třech, v každém ztužidle segmentu.



Obr. 80 Schéma vedení kladných kabelů v hlavním poli

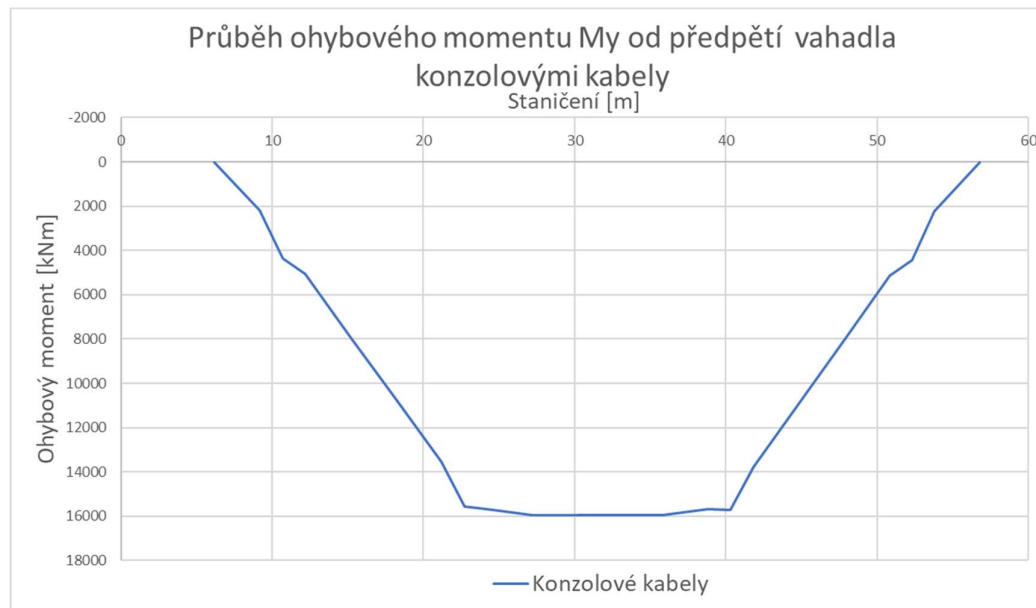
V krajním poli je navrženo 5 přímých kabelů o 12-ti lanech s excentricitou 1100 mm. Vedení kabelů je zobrazeno na schématu níže.



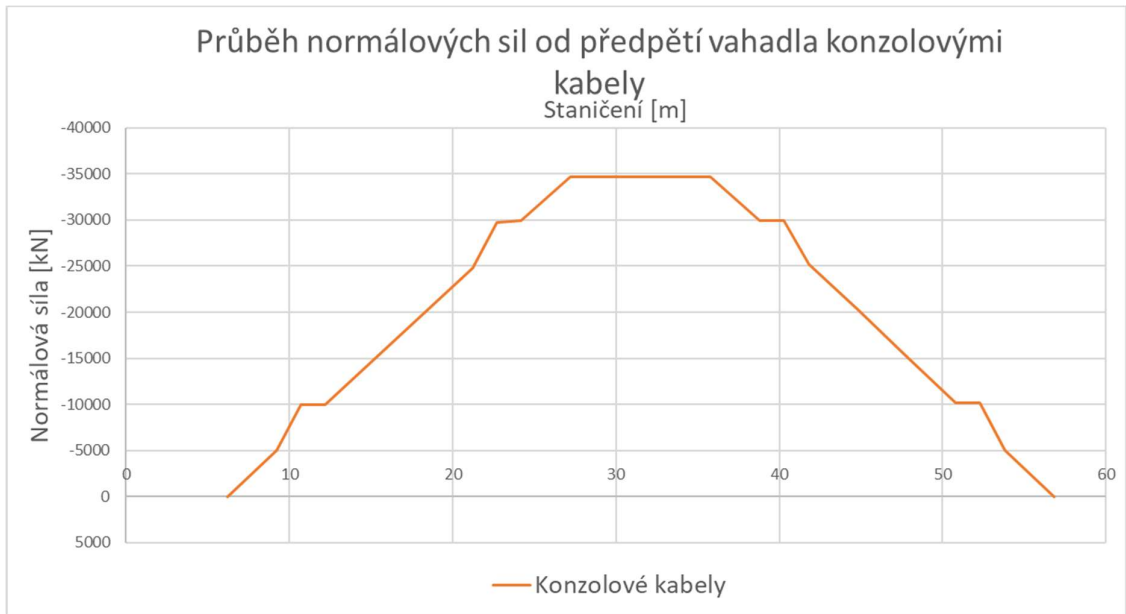
Obr. 81 Schéma vedení kladných kabelů v krajním poli

7.5 Podélné předpětí – závěr

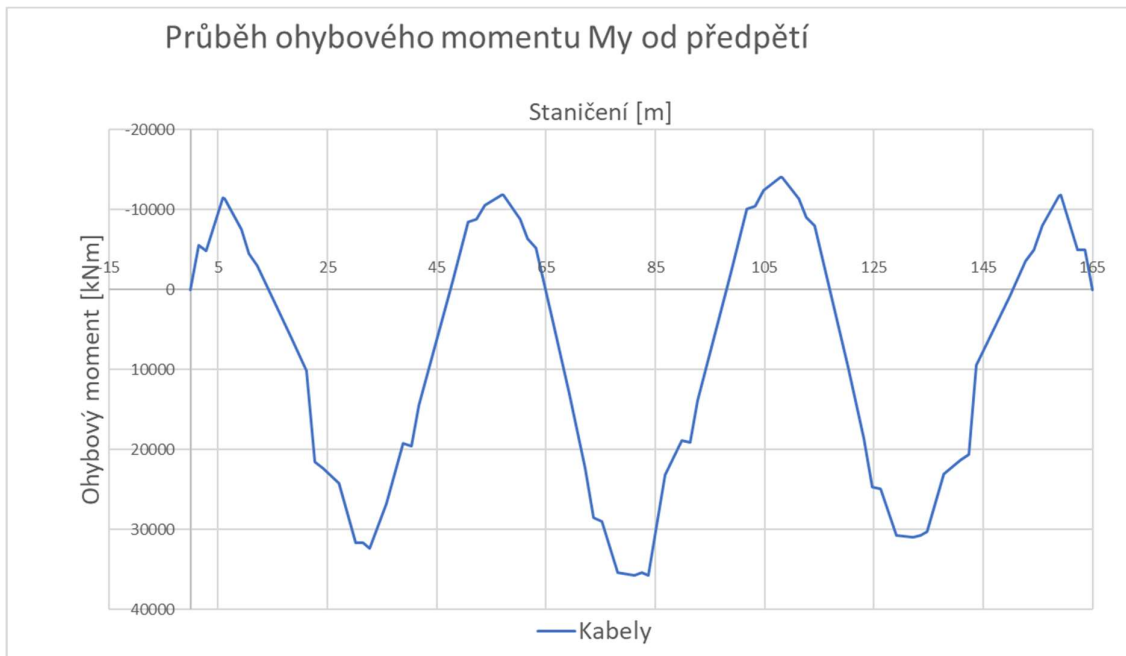
Navržené kabely pro stavební stádía konstrukce jsou použity i pro definitivní konstrukci a není potřeba doplňovat další kabely. Níže jsou uvedeny hodnoty momentů a normálových sil od předpětí.



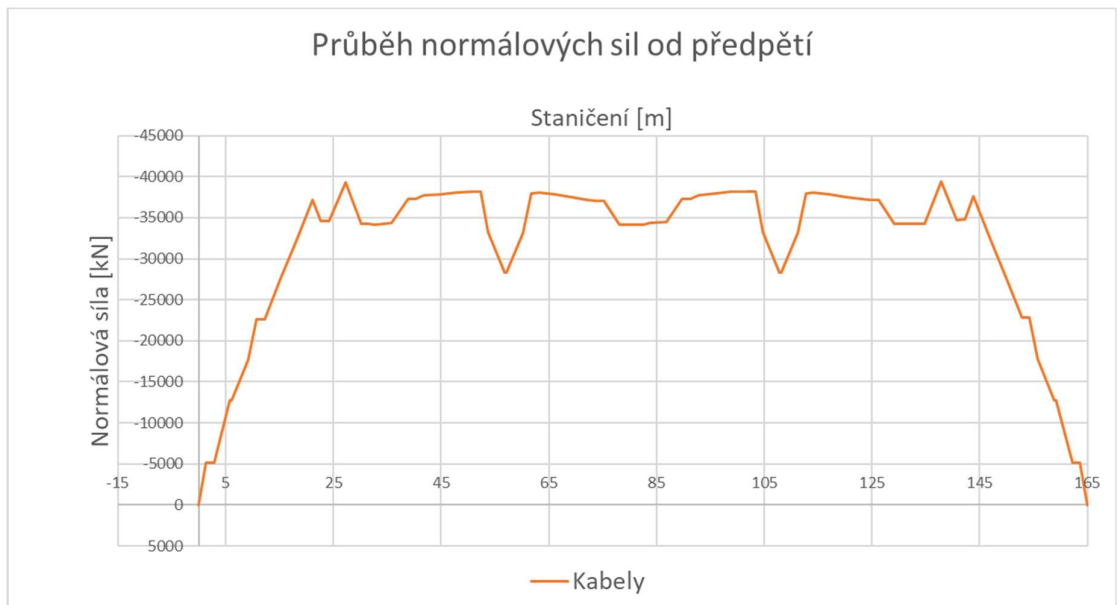
Obr. 82 Průběh momentu M_y od předpětí vahadla zápornými kabely v čase vnesení předpětí



Obr. 83 Průběh normálové síly od předpětí vahadla zápornými kabelemi v čase vnesení předpětí



Obr. 84 Průběh momentu M_y od předpětí konstrukce všemi kabelemi



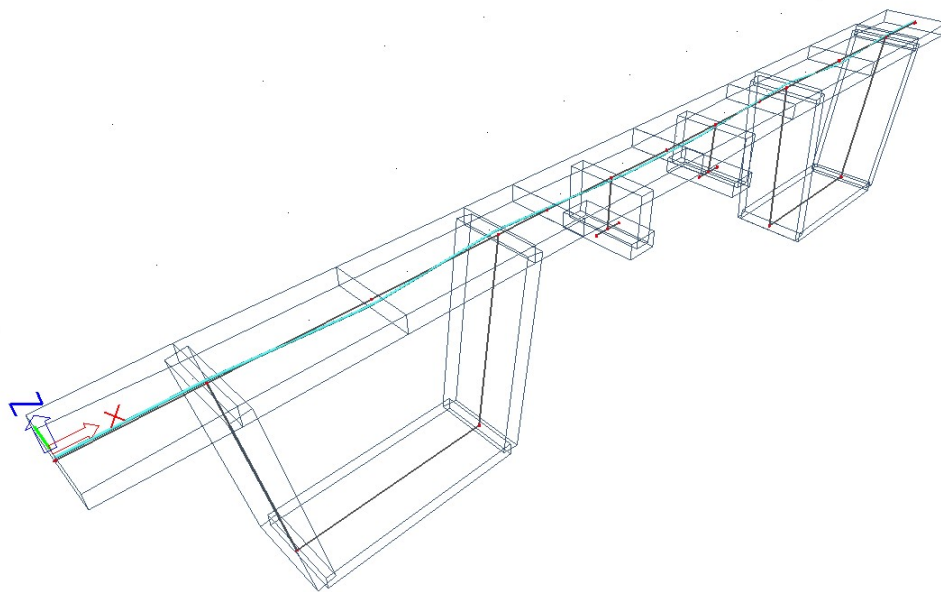
Obr. 85 Průběh normálové síly od předpětí konstrukce všemi kabely

7.6 Příčné předpětí

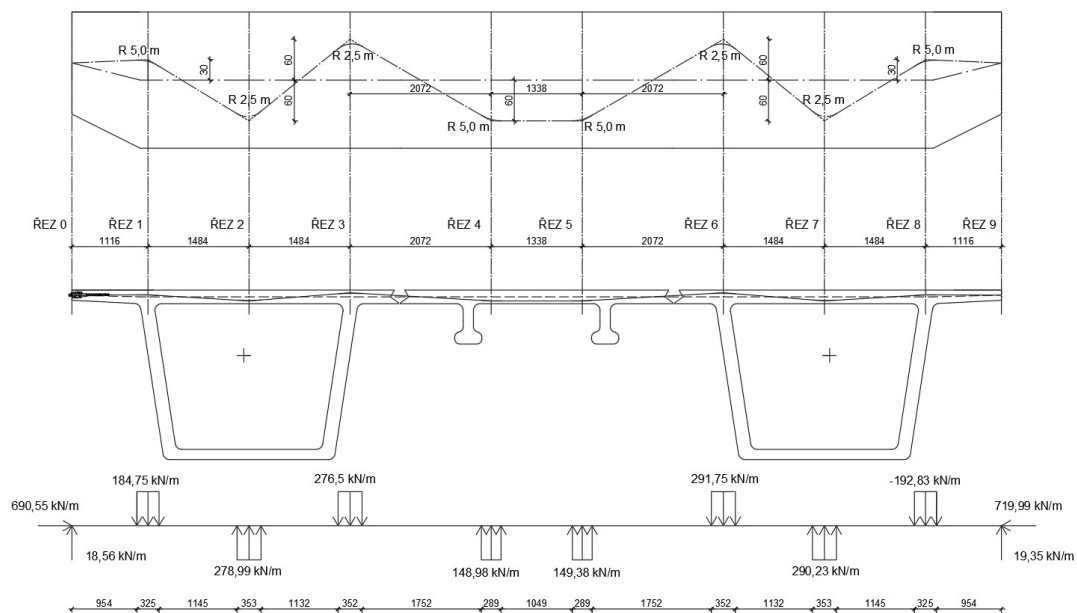
V dalším kroku bylo v konstrukci navrženo příčné předpětí. Pro návrh byly uvažovány soudržné kabely v plochých plastových kanálcích od firmy Freyssinet. Příčné předpětí prochází přes celou šířku horní mostovku.

První návrh byl proveden se 3 lany Y1860 S7-13,0 v podélném směru ve vzdálenosti 0,5 m a maximálními možnými excentricitami v polích a nad stěnami. Tento návrh fungoval ve vnitřních polích a stěnách, ale nad krajní stěnou a konzolou vycházely vysoké kladné i záporné hodnoty normálových napětí, proto byl návrh upraven a byla snížena excentricita nad vnější stěnou na polovinu.

Pro výpočet ztrát předpětí byl vytvořen 2D TDA prutový model, kde jednotlivé pruty reprezentovaly desky/stěny konstrukce v příčném směru. Z tohoto modelu byla použita napětí v předpínací výztuži pro výpočet příčných sil, kterými byl zatížen 3D deskostěnový model.



Obr. 86 2D TDA model pro výpočet ztrát příčného předpětí



Obr. 87 Schéma příčného předpětí

8 Posouzení MSP

8.1 Úvod

V této kapitole byla nosná konstrukce posouzena z hlediska stavu omezení napětí a omezení trhlin.

U segmentových konstrukcí je nutné zabránit vzniku tahových napětí mezi jednotlivými segmenty. Spáry tedy posuzujeme z hlediska dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení— nesmí zde vznikat tahové napětí. Tímto omezením je zabezpečena trvanlivost konstrukce – při rozevření spár mezi segmenty by popraskal epoxidový tmel, do spáry by mohla vnikat voda a tím by mohla být snížena životnost konstrukce.

Požadavky na omezení napětí

Tlakové napětí v betonu nesmí z důvodu vyloučení nadměrného dotvarování a vzniku podélných trhlin překročit hodnotu při charakteristické kombinaci:

$$0,6f_{ck} = 0,6 * 161 = 96,6 \text{ MPa}$$

Pro kvazistálou kombinaci při uvažování lineárního dotvarování nesmí překročit hodnotu:

$$0,45f_{ck} = 0,45 * 161 = 72,5 \text{ MPa}$$

8.2 Stavební stádia

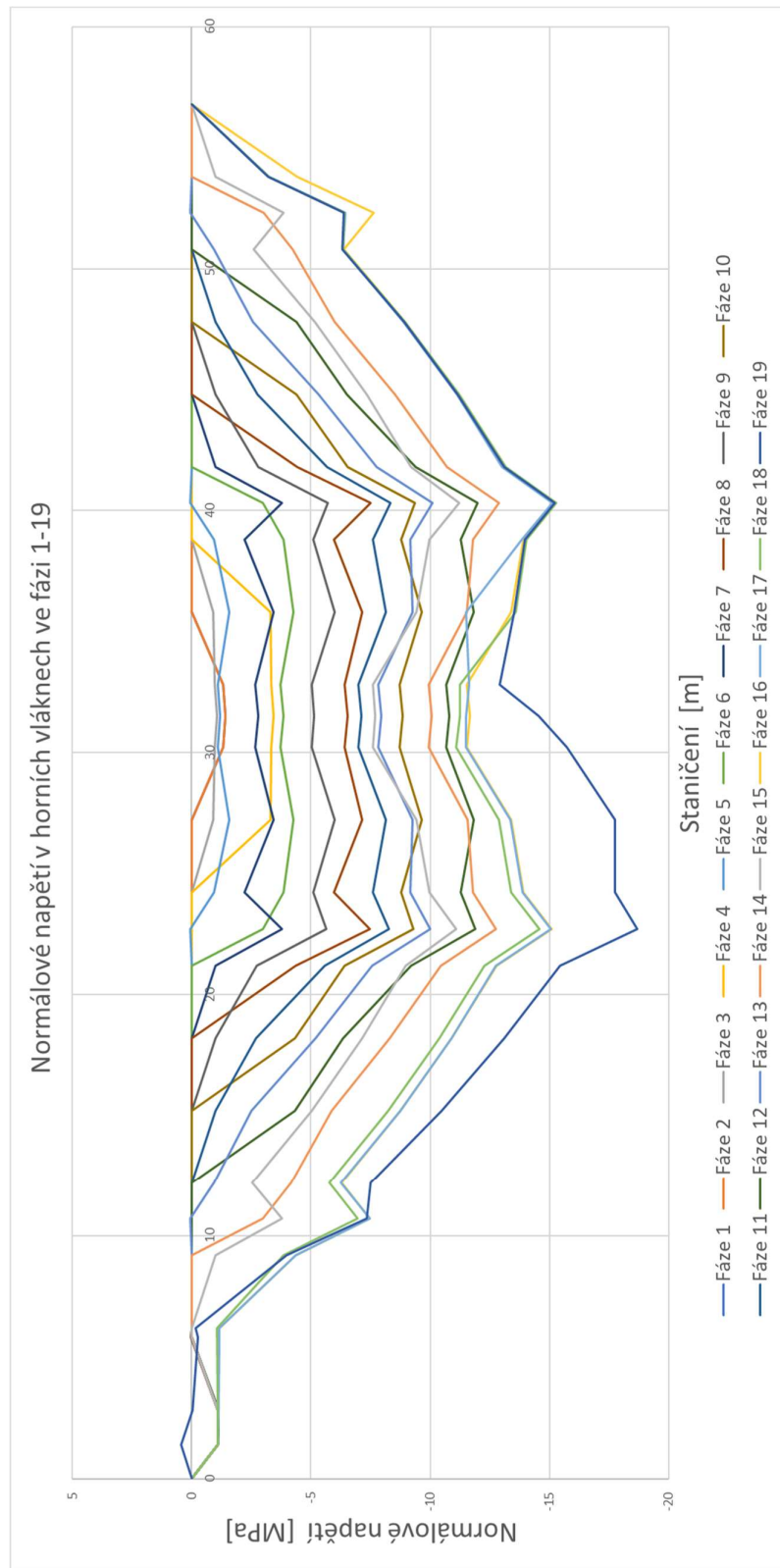
Výpočet byl proveden pomocí vztahů:

$$\sigma_d = \frac{M_{stav,x}}{W_d} + \frac{N_p}{A} + \frac{M_{p,x}}{W_d}$$

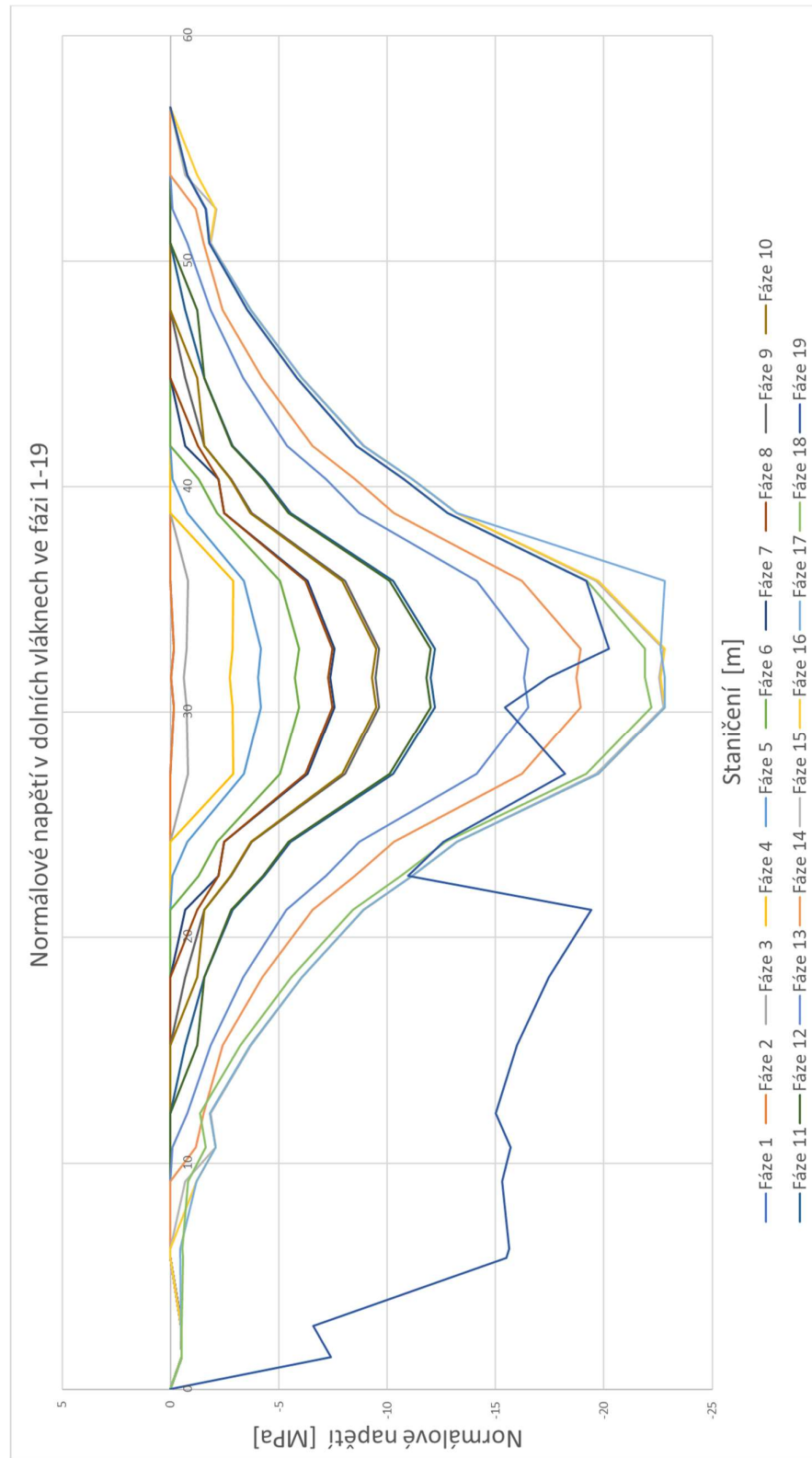
$$\sigma_h = \frac{M_{stav,x}}{W_h} + \frac{N_p}{A} + \frac{M_{p,x}}{W_h}$$

Dále budou uvedeny výsledky, které byly spočteny v tabulkovém procesoru MS Excel.

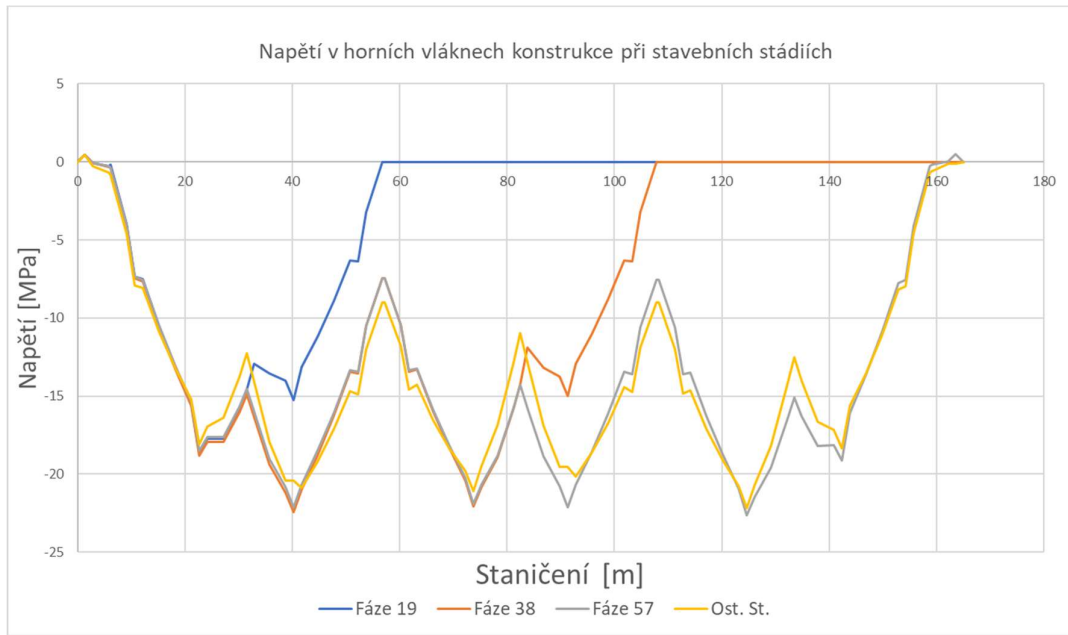
V jednotlivých fázích jsou započítána i napětí od předpínacích tyčí.



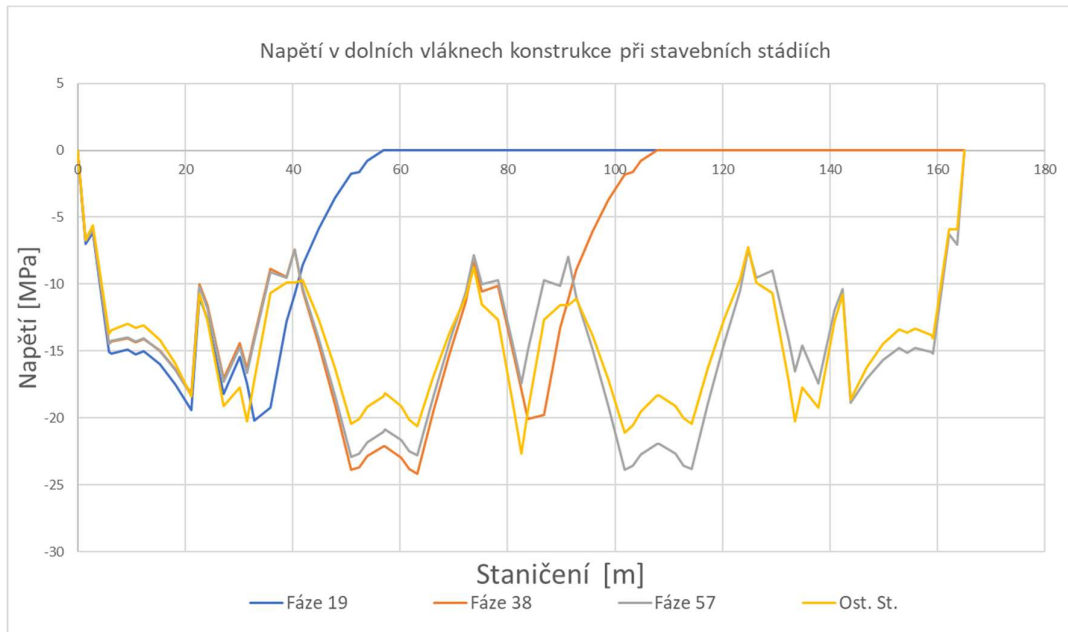
Obr. 88 Vahadlo - normálové napětí v horních vláknech konstrukce ve fázích 1 - 19



Tabulka 15 Vahadlo - normálové napětí v dolních vláknech konstrukce ve fázích 1 – 19



Obr. 89 Průběh normálových napětí v horních vláknech ve fázích spojení 19,38,57 a ost. stálé – celá konstrukce

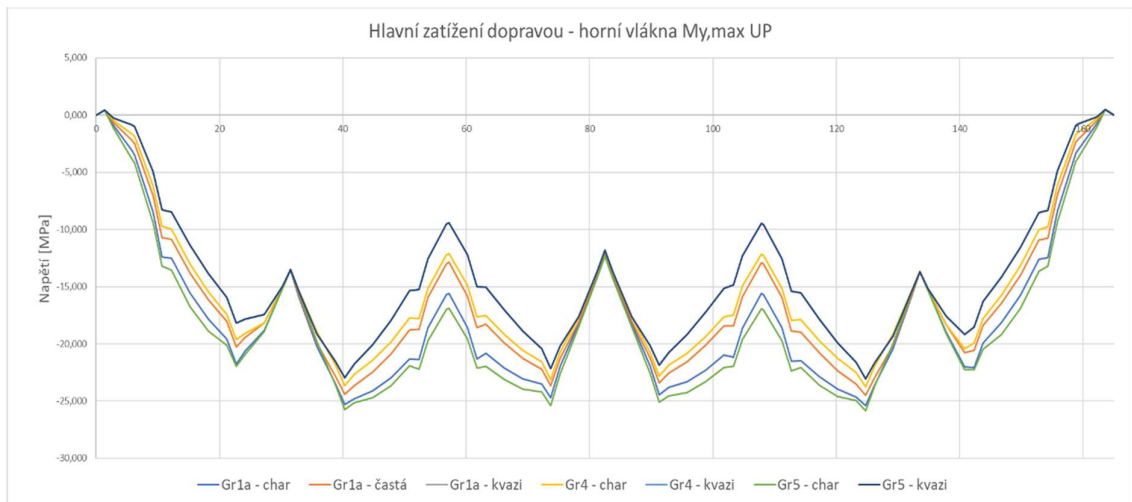


Obr. 90 Průběh normálových napětí v dolních vláknech ve fázích spojení 19,38,57 a ost. stálé – celá konstrukce

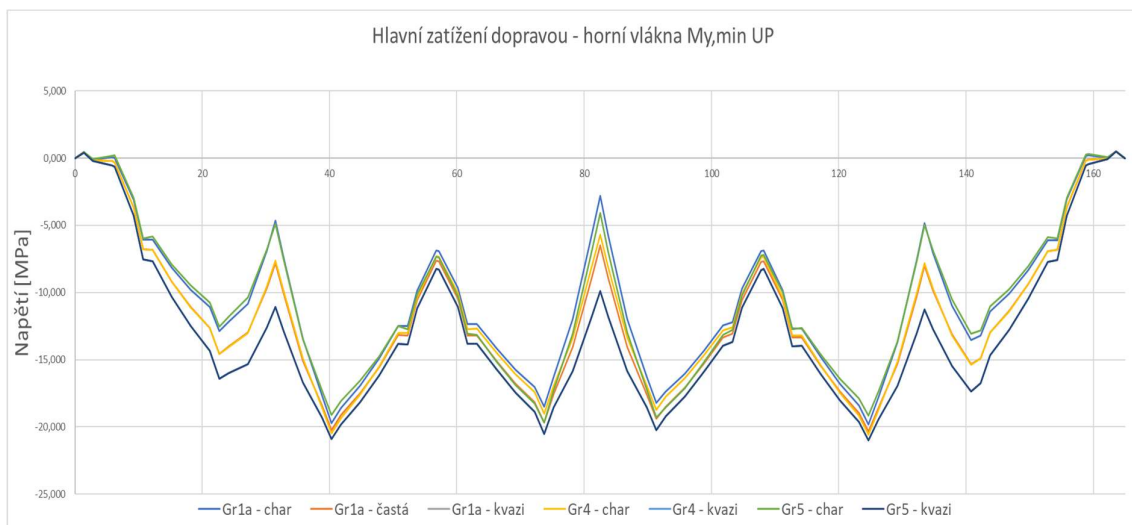
8.3 Dokončený most

Podmínkou je, aby nevznikala tahová napětí při charakteristické kombinaci MSP. Posudek byl proveden pro chvíli vnesení předpětí, uvedení do provozu UP a v době na konci životnosti KZ.

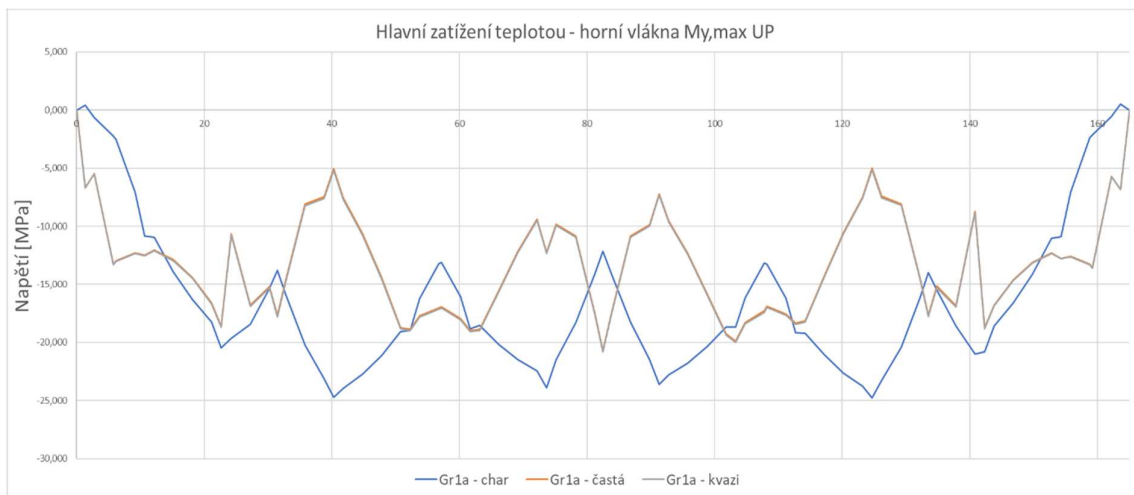
8.3.1 Čas uvedení do provozu – horní vlákna



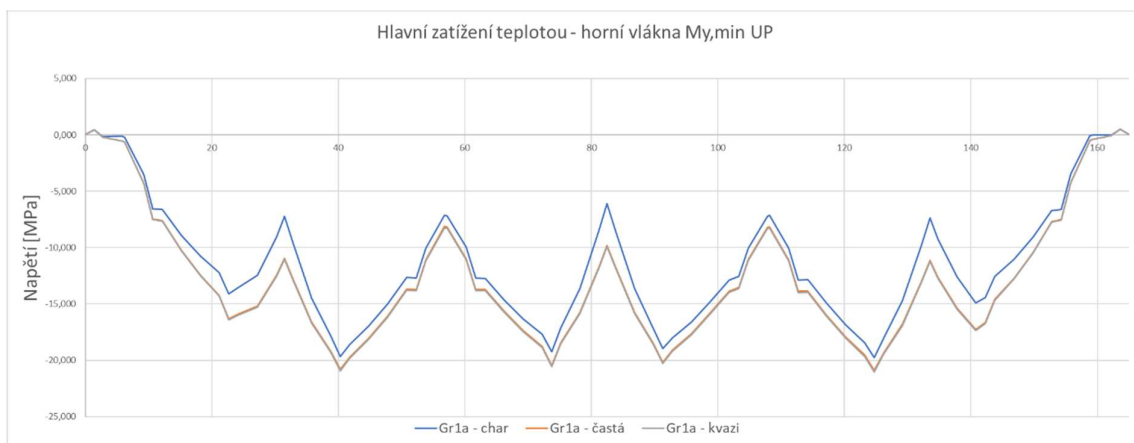
Obr. 91 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení dopravou



Obr. 92 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,min}$ UP, hlavní zatížení dopravou

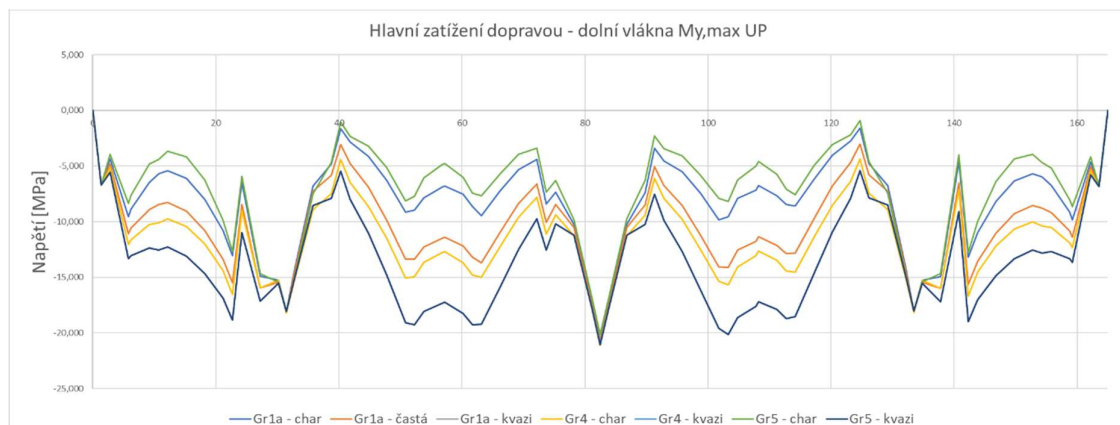


Obr. 93 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení teplotou

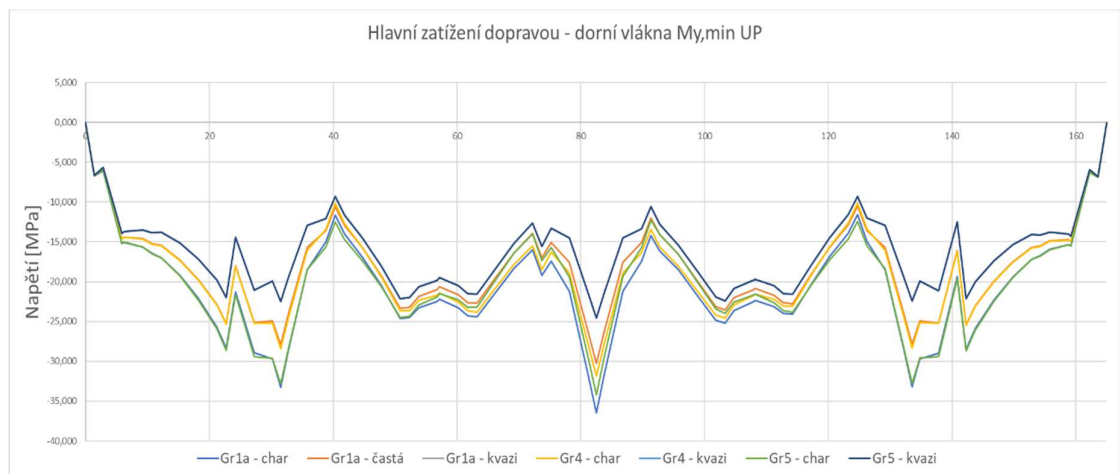


Obr. 94 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,min}$ UP, hlavní zatížení teplotou

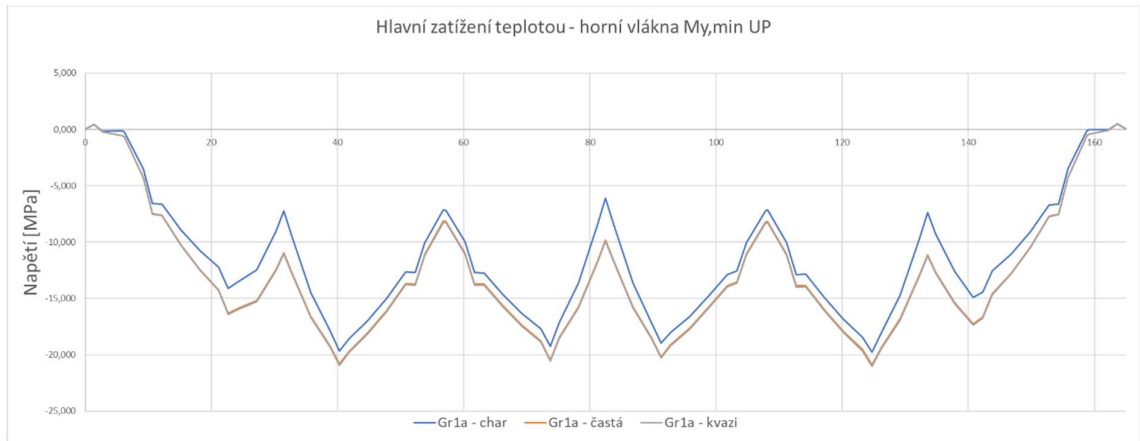
8.3.2 Čas uvedení do provozu – dolní vlákna



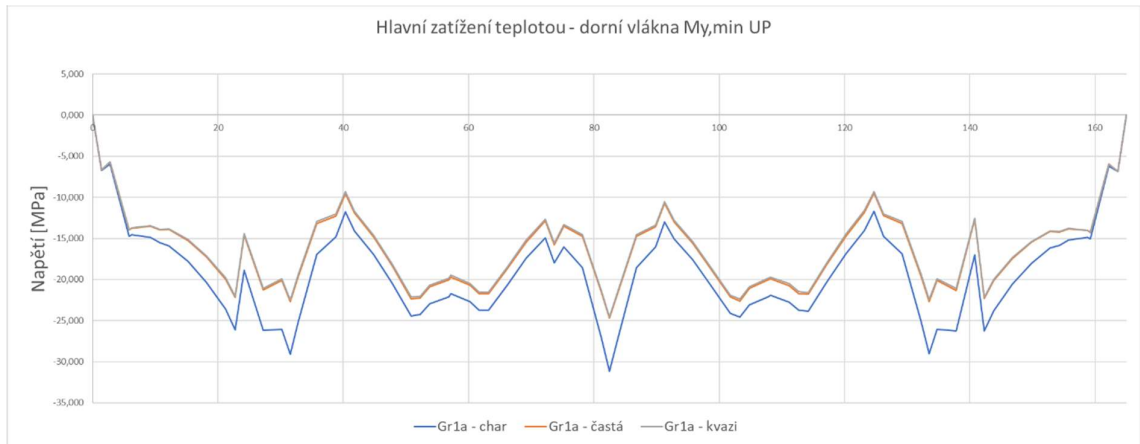
Obr. 95 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení dopravou



Obr. 96 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení dopravou

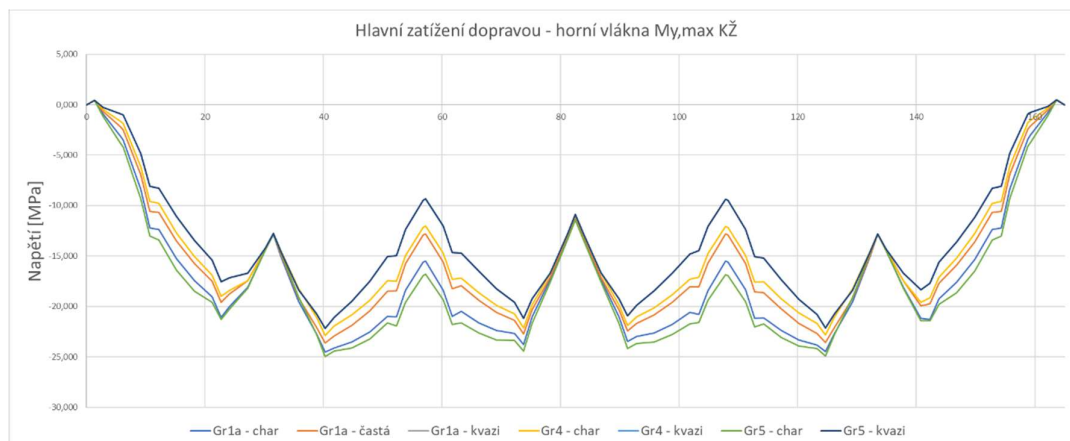


Obr. 97 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení dopravou

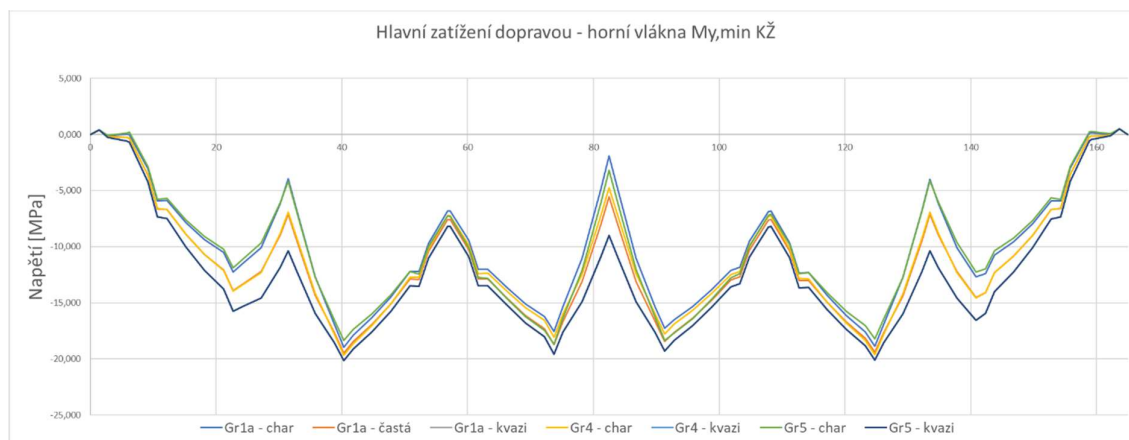


Obr. 98 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ UP, hlavní zatížení dopravou

8.3.3 Čas na konci životnosti – horní vlákna



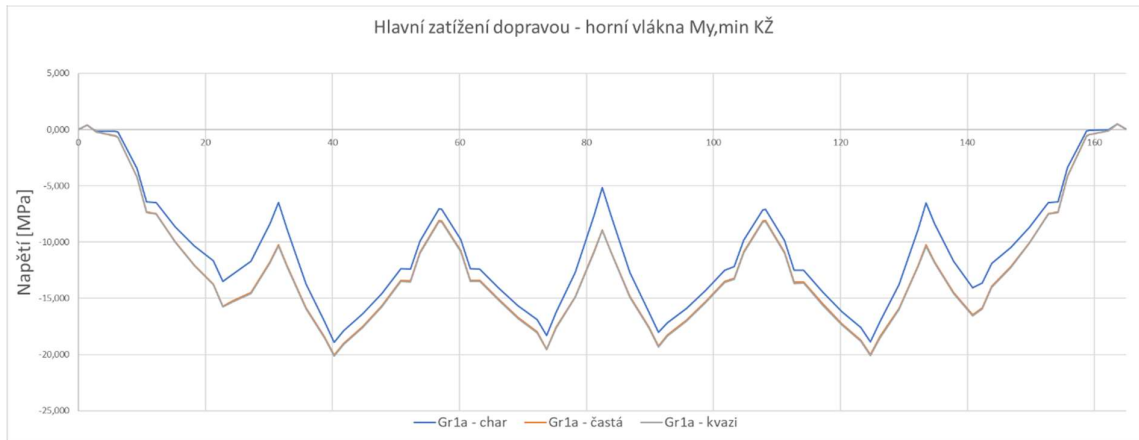
Obr. 99 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou



Obr. 100 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou

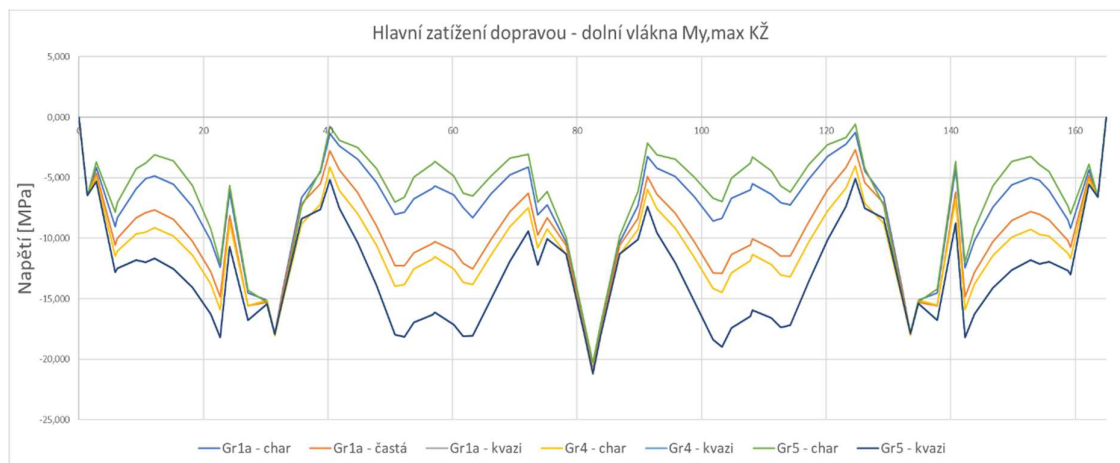


Obr. 101 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou

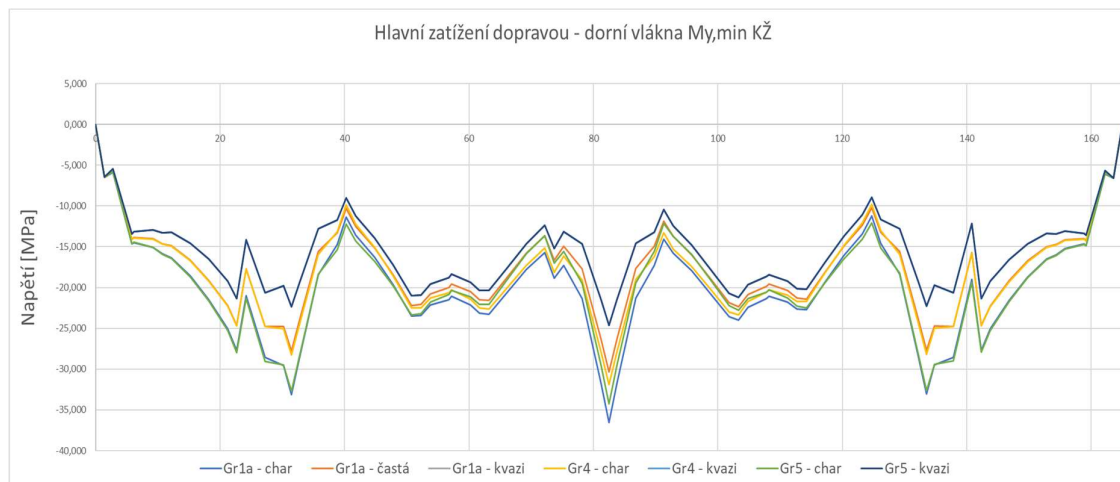


Obr. 102 Průběh normálových napětí v horních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou

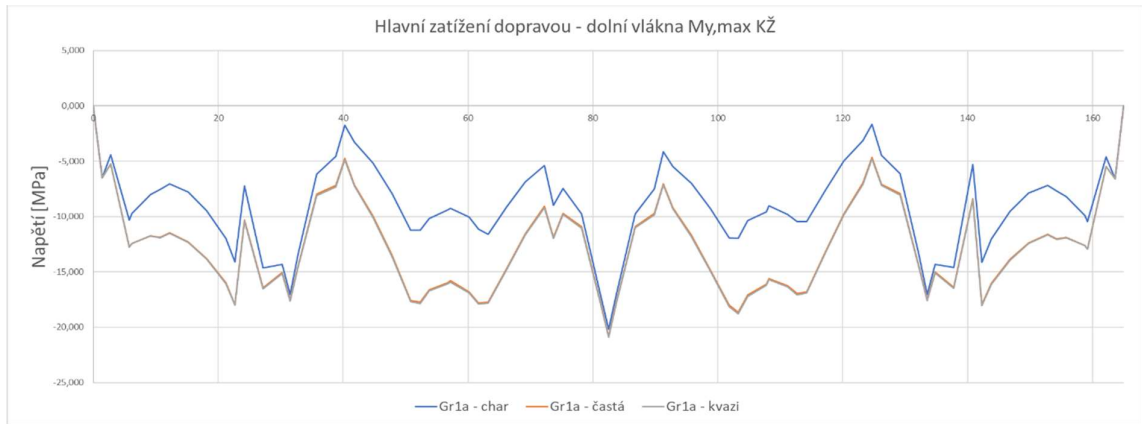
8.3.4 Čas na konci životnosti – dolní vlákna



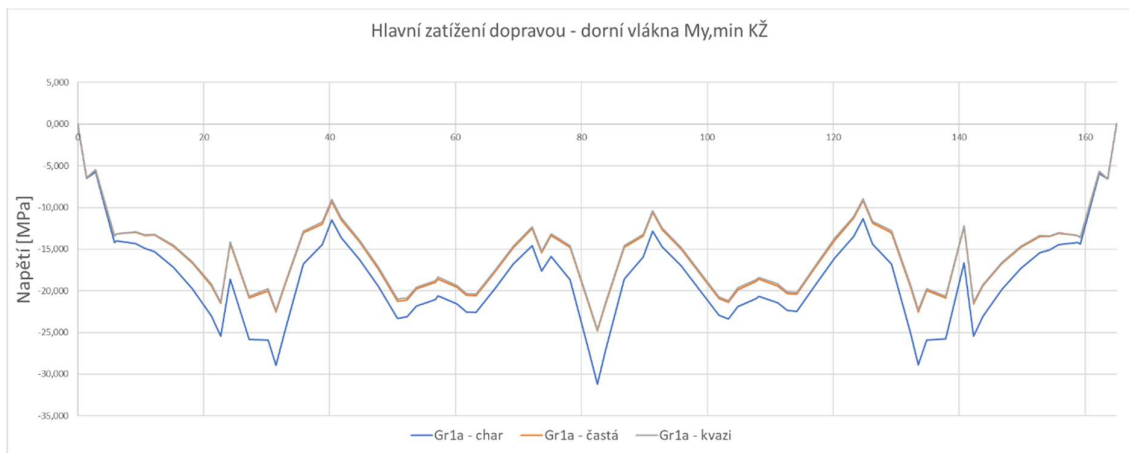
Obr. 103 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou



Obr. 104 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou



Obr. 105 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou



Obr. 106 Průběh normálových napětí v dolních vláknech při kombinace $M_{y,max}$ KŽ, hlavní zatížení dopravou

8.4 Příčný směr – omezení trhlin a napětí

Konstrukce byla v příčném směru posouzena na omezení tahových napětí:

$$\sigma \leq \frac{2}{3} \min \left\{ f_{ctm,el}; \frac{f_{ctfm}}{k_{glob}} \right\}$$

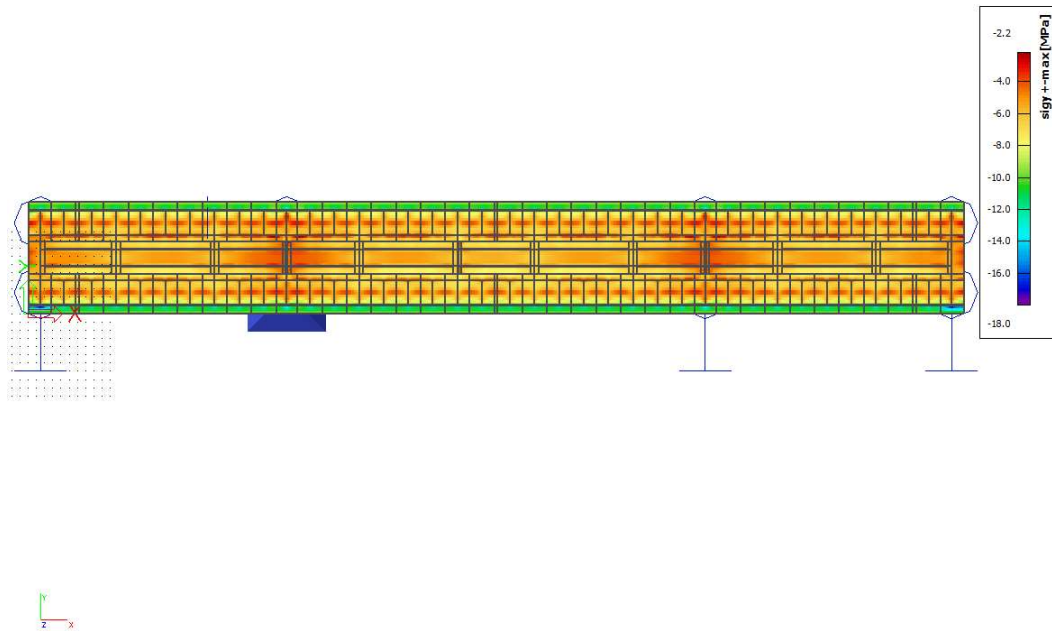
$$\sigma \leq \frac{2}{3} \min \left\{ 10; \frac{10}{1,25} \right\}$$

$$\sigma \leq 5,333 \text{ MPa}$$

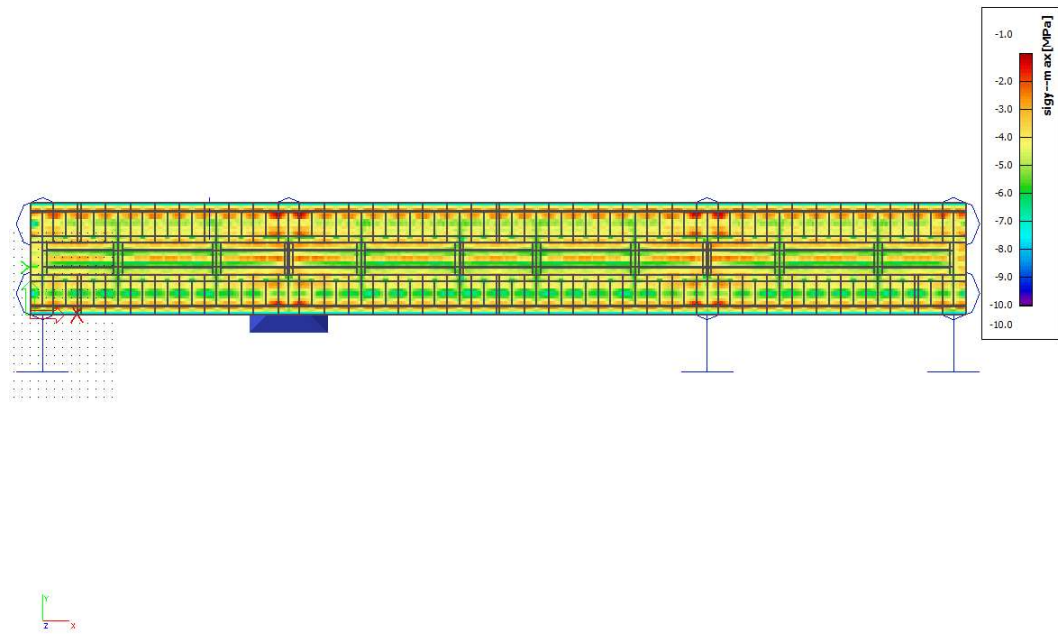
Omezení tlakových napětí je:

$$0,6f_{ck} = 0,6 * 161 = 96,6 \text{ MPa}$$

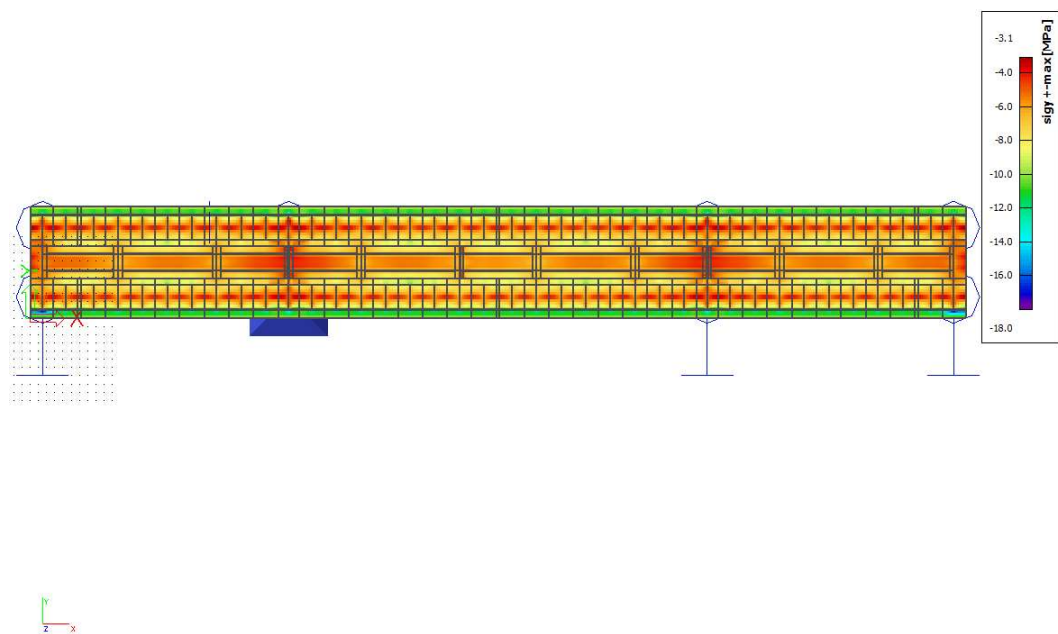
Posouzení bylo provedeno vykreslením izoploch na 3D deskostěnovém modelu od charakteristické a kvazistálé kombinace a porovnáním s limitní hodnotou.



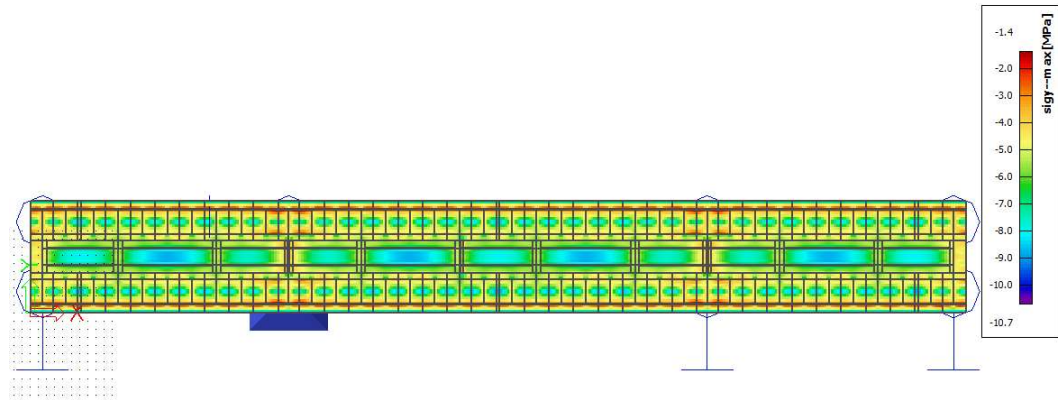
Obr. 107 Izoplocha napětí σ_{gy} v horních vláknech konstrukce od char. kombinace LM1



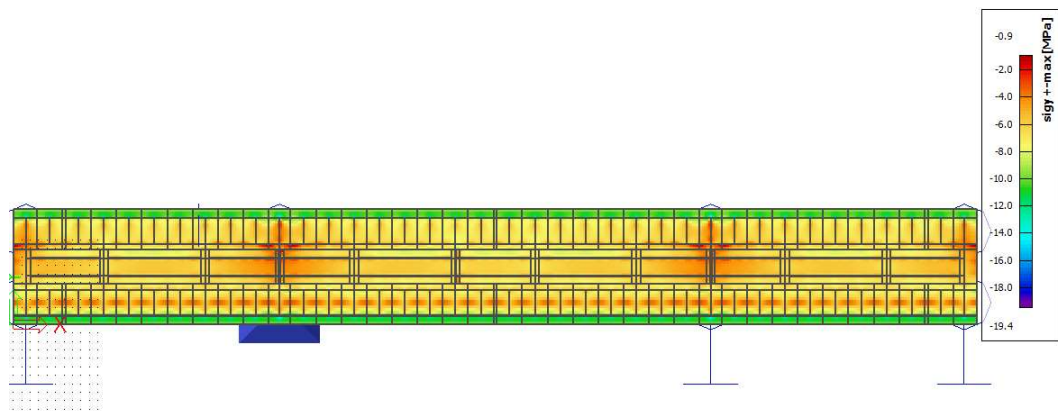
Obr. 108 Izoplocha napětí sigmay v dolních vláknech konstrukce od char. kombinace LM1



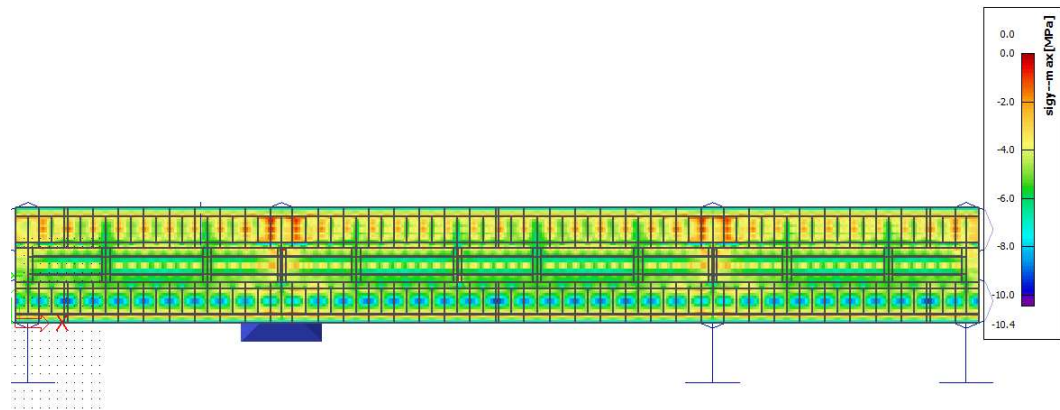
Obr. 109 Izoplocha napětí sigmay v horních vláknech konstrukce od kvaz. kombinace LM1



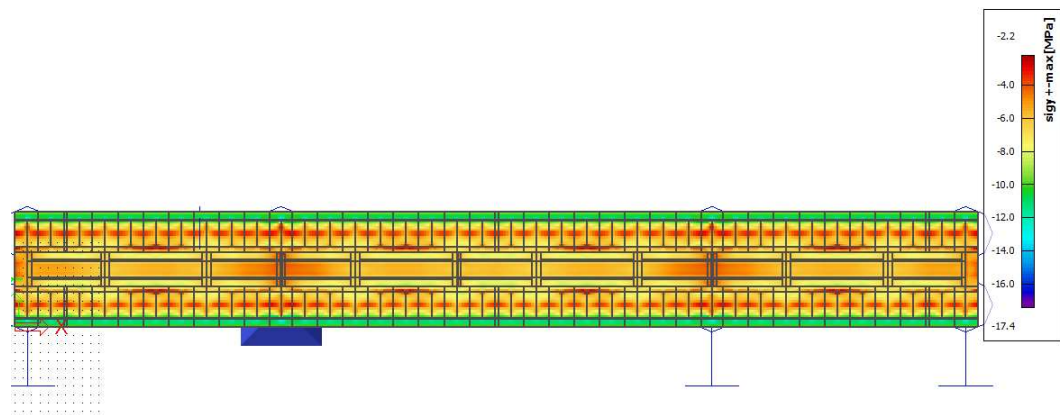
Obr. 110 Izoplocha napětí σ_{xy} v dolních vláknech konstrukce od kvaz. kombinace LM1



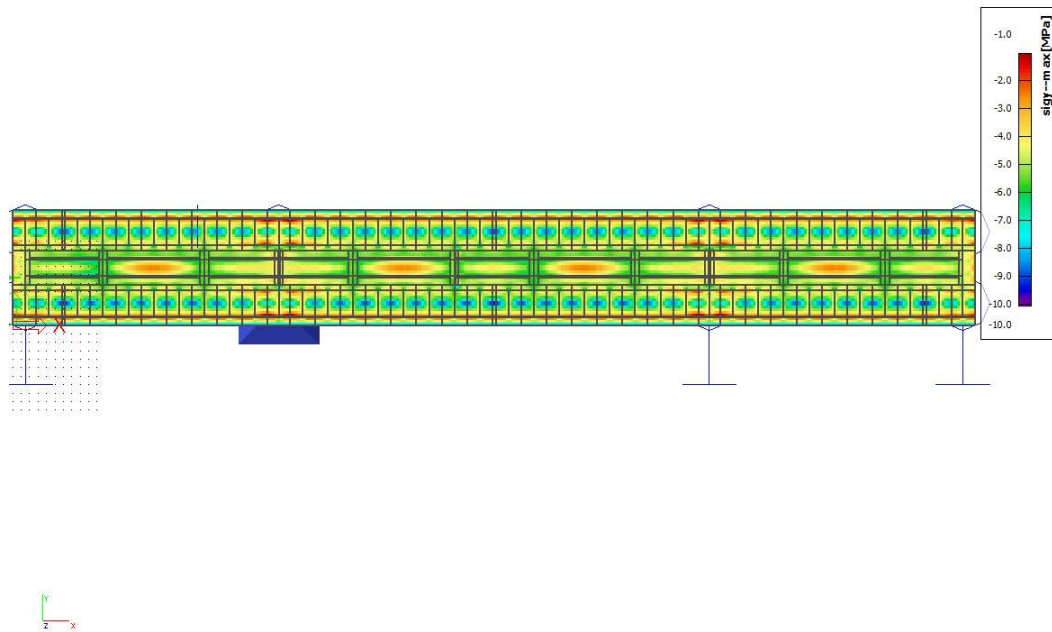
Obr. 111 Izoplocha napětí σ_{xy} v horních vláknech konstrukce od char. kombinace LM2



Obr. 112 Izoplocha napětí sigmay v dolních vláknech konstrukce od char. kombinace LM2



Obr. 113 Izoplocha napětí sigmay v horních vláknech konstrukce od char. kombinace LM3 3000/240



*Obr. 114 Izoplocha napětí sigmay v dolních vláknech konstrukce od char. kombinace LM3
3000/240*

Z výše uvedených průběhů napětí je zřejmé že konstrukce vyhoví na MSP – omezení trhlin i na MSP omezení napětí.

9 Posouzení MSÚ

9.1 Podélný směr

V této kapitole bude konstrukce posouzena na MSÚ – porušení ohybem.

Pro posouzení budou použity návrhové hodnoty vnitřních sil, které jsou spočteny pomocí rovnic (6.10a) a (6.10b). Pro výpočet momentu únosnosti průřezu budeme počítat s tlačeným betonem a nesoudržnou předpínací výztuží. V předpínací výztuži, která prochází taženou stranu průřezu, je napětí zvětšené dle doporučení Eurokódu o 100 MPa a to následkem deformací konstrukce na mezi únosnosti. U kabelů, které procházejí přes více polí se tento účinek redukuje, v tomto případě procházejí kabely pouze přes jedno pole, je tedy počítáno s plnou hodnotou 100 MPa.

Součinitel η je volen hodnotou 1,0, v konstrukci je sice použit vysokopevnostní beton, pro který se součinitel redukuje, ale v betonu jsou obsaženy ocelové drátky, díky kterým není materiál křehký.

Konstrukce musí splnit podmínku:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} + \gamma_{p, fav} \cdot \Delta M_p$$

M_{Rd} – návrhová hodnota momentu únosnosti posuzovaného průřezu

M_{Ed} – návrhová hodnota účinků zatížení působících na posuzovaný průřez

ΔM_p – staticky neurčité momenty od předpětí

Posouzení bylo provedeno v čase uvedení do provozu a na konci životnosti, pro maximální a minimální ohybový moment – celkem 4 posouzení.

9.1.1 Řez 117,2 v poli na uvedení do provozu

Řez: 117,2
Čas: UP
Průřez: h= 2500 mm
 těžiště= 1526 mm
 šířka horní desky= 4800 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	6	573	1300	150	12	10800	0	1300	14,04
Vrstva 2	2	-300	1387	150	12	3600	100	1487	4,9932
Vrstva 3	2	-700	1384	150	12	3600	100	1484	4,9824
Vrstva 4	5	-1100	1380	150	12	9000	100	1480	12,42

Beton: f_{cd} = 91,23 MPa
 M_{Ed} = 19,633 MNm

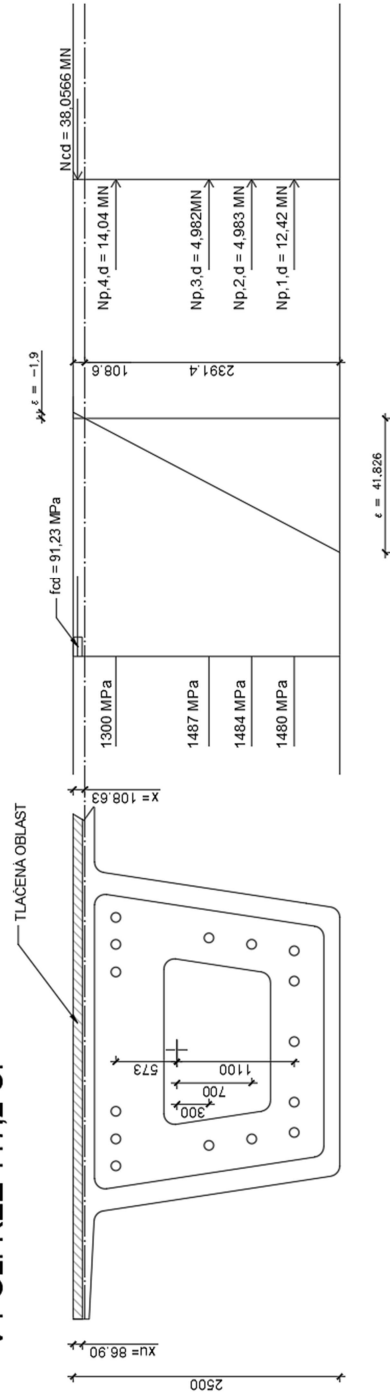
Celková síla od předpínací výtzuže v tlačené oblasti $N_{p,cd}$ = 14,040 MN
 Celková síla od předpínací výtzuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) $N_{p,td}$ = 24,016 MN
 Síla v betonu pro rovnováhu N_{cd} = 38,056 MN
 Výška tlačené oblasti x = 108,630 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku x_u = 86,904 mm
 Kontrola síla v betonu N_c = 38,056 MN

 Moment únosnosti M_{Rd} = 46,015 MNm

Posouzení:

$M_{Rd} \geq M_{Ed}$ = návrhový moment účinků všech vnějších sil včetně předpětí - staticky určené účinky kabelů, které procházejí posuzovaným řezem
 $46,015 \geq 30,236$ MNm
VYHOVÍ

V POLI ŘEZ 117,2 UP



Obr. 115 Schéma průřezu, sil, napětí a přetvoření při mezi únosnosti v řezu 117,2 v uvedení do provozu

9.1.2 Řez 117,2 v poli na konci životnosti

Řez: 117,2
 Čas: KŽ
 Průřez: h= 2500 mm
 těžiště= 1526 mm
 šířka horní desky= 4800 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	6	573	1260	150	12	10800	0	1260	13,608
Vrstva 2	2	-300	1326	150	12	3600	100	1426	4,7736
Vrstva 3	2	-700	1324	150	12	3600	100	1424	4,7664
Vrstva 4	5	-1100	1320	150	12	9000	100	1420	11,88

Beton: $f_{cd} = 91,23$ MPa
 $M_{Ed} = 19,922$ MNm

Celková síla od předpínací výtzuže v tlačené oblasti $N_{p,cd} = 13,608$ MN
 Celková síla od předpínací výtzuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) $N_{p,td} = 23,040$ MN
 Síla v betonu pro rovnováhu $N_{cd} = 36,648$ MN
 Výška tlačené oblasti $x = 104,612$ mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku $x_u = 83,690$ mm
 Kontrola síla v betonu $N_c = 36,648$ MN
 Moment únosnosti $M_{Rd} = 44,2008$ MNm

Posouzení:

$M_{Rd} \geq M_{Ed} = \text{návrhový moment účinků všech vnějších sil včetně předpětí - staticky určené účinky kabelů, které procházejí posuzovaným řezem}$
 $44,201 \geq 29,961$ MNm

VYHOVÍ

9.1.3 Řez 81,5 nad podporou v čase uvedení do provozu

Řez: 81,5
Čas: UP
Průřez: h= 2500 mm
 těžiště= 1526 mm
 šířka spodní desky= 2500 mm
 šířka stěn= 200 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	573	1322	150	12	3600	100	1422	4,7592
Vrstva 2	2	573	1328	150	12	3600	100	1428	4,7808
Vrstva 3	2	573	1343	150	12	3600	100	1443	4,8348
Vrstva 4	2	573	1353	150	12	3600	100	1453	4,8708
Vrstva 5	2	573	1366	150	12	3600	100	1466	4,9176
Vrstva 6	2	280	1303	150	12	3600	100	1403	4,6908
Vrstva 7	2	50	1258	150	12	3600	100	1358	4,5288

Beton: $f_{cd} = 91,23$ MPa
 $M_{Ed} = -43,196$ MNm

Celková síla od předpínací výtzuže v tlačené oblasti $N_{p,cd} = 0$ MN
 Celková síla od předpínací výtzuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) $N_{p,td} = 33,383$ MN
 Síla v betonu pro rovnováhu $N_{cd} = 33,383$ MN
 Výška tlačené oblasti $x = 182,960$ mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku $x_u = 146,368$ mm
 Kontrola síla v betonu $N_c = 33,383$ MN
 Moment únosnosti $M_{Rd} = 63,884$ MNm

Posouzení:

$M_{Rd} \geq M_{Ed} = \text{návrhový moment účinků všech vnějších sil včetně předpětí - staticky určité účinky kabelů, které procházejí posuzovaným řezem}$
 $63,884 \geq 58,581$ MNm
VYHOVÍ

9.1.4 Řez 81,5 nad podporou na konci životnosti

Řez: 81,5

Čas: UP

Průřez: h= 2500 mm
 těžiště= 1526 mm
 šířka spodní desky= 2500 mm
 šířka stěn= 200 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	573	1277	150	12	3600	100	1377	4,5972
Vrstva 2	2	573	1283	150	12	3600	100	1383	4,6188
Vrstva 3	2	573	1297	150	12	3600	100	1397	4,6692
Vrstva 4	2	573	1306	150	12	3600	100	1406	4,7016
Vrstva 5	2	573	1318	150	12	3600	100	1418	4,7448
Vrstva 6	2	280	1257	150	12	3600	100	1357	4,5252
Vrstva 7	2	50	1214	150	12	3600	100	1314	4,3704

Beton: $f_{cd} = 91,23$ MPa
 $M_{Ed} = -43,87$ MNm

Celková síla od předpínací výtzuže v tlačené oblasti	$N_{p,cd} = 0$ MN
Celková síla od předpínací výtzuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa)	$N_{p,td} = 32,227$ MN
Síla v betonu pro rovnováhu	$N_{cd} = 32,227$ MN
Výška tlačené oblasti	$x = 176,626$ mm
Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku	$x_u = 141,301$ mm
Kontrola síla v betonu	$N_c = 32,227$ MN
Moment únosnosti	$M_{Rd} = 61,756$ MNm

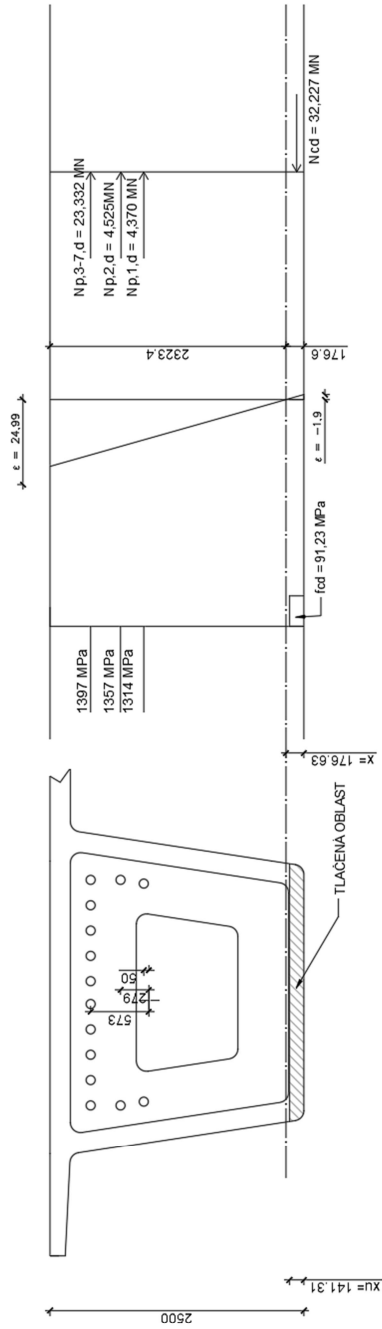
Posouzení:

$M_{Rd} \geq M_{Ed} = \text{návrhový moment účinků všech vnějších sil včetně předpětí - staticky určené účinky kabelů, které procházejí posuzovaným řezem}$

$61,756 \geq 58,725$ MNm

VYHOVÍ

NAD PODPOROU KŽ



Obrázek 118 Schéma průřezu, sil, napětí a přetvoření při mezi únosnosti v řezu 81,5 v době na konci životnosti

9.2 Příčný směr

V příčném směru byla posouzena mostovková deska. Pro zajímavost byly spočteny momenty únosnosti ve třech variantách:

1. Se soudržnou předpínací výztuží se zanedbáním tahové pevnosti betonu
2. S nesoudržnou předpínací výztuží se zanedbáním tahové pevnosti betonu
3. S nesoudržnou předpínací výztuží s uvážením tahové pevnosti betonu

9.2.1 Varianta 1 – soudržná předpínací výztuž

V této variantě je výsledek pro všechny řezy a časy stejný z důvodu stejného průřezu a excentricity předpínací výztuže (za předpokladu plného zplastizování).

Výška působícího betonového průřezu od tlačeného okraje: $x = 0,017$ m

Výpočet:

Síla v betonu:				-0,873	MN
Síla v předpínací výztuží -	vrstva č.	1	...	0,873	MN
		2	...	0,000	MN
		3	...	0,000	MN
		4	...	0,000	MN
		5	...	0,000	MN
		6	...	0,000	MN
		7	...	0,000	MN
		8	...	0,000	MN
		9	...	0,000	MN
		10	...	0,000	MN
Síla v betonářské výztuži - horní vrstva:				0,000	MN
Síla v betonářské výztuži - dolní vrstva:				0,000	MN
"Vnější" normálová síla působící na průřez:				- $N_{Ed} = 0,000$	MN
Součet normálových sil:				0,000	MN
Moment vnějších sil:				0,083	MNm
Moment od normálových sil v prouzcích:				0,134	MNm
Moment od normálové síly k dolním vláknům průřezu:				0,000	MNm
Posouzení:	$\Delta M_p =$	-0,018	MNm	$M_{Ed} =$	0,065 MNm
				$M_{Rd} =$	0,134 MNm

9.2.2 Varianta 2 – nesoudržná předpínací výztuž bez taženého betonu

V této variantě byl moment únosnosti spočítán s nesoudržnou předpínací výztuží. Toto posouzení vychází o něco málo hůře než s výztuží soudržnou.

9.2.2.1 Střed desky – uvedení do provozu

Řez: uprostřed desky
 Čas: UP
 Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu na mezi únosnosti [MN]
Vrstva 1	2	60	1146	102	3	612	100	1246	0,762552
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 MEd = 0,04209 MNm

Celková síla od předpínací výztuže v tlačené oblasti	Np,c,d=	0,763 MN
Celková síla od předpínací výztuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa)	Np,t,d=	0,000 MN
Síla v betonu pro rovnováhu	Ncd=	0,763 MN
Výška tlačené oblasti	x=	10,448 mm
Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku	xu=	8,359 mm
Kontrola síla v betonu	Nc=	0,763 MN
Moment únosnosti	MRd=	0,119 MNm
Statically určitý moment od předpětí	Mp,0=	0,046 MNm
Celkový moment od předpětí	Mp=	0,026 MNm
Statically neurčitý moment od př.	ΔMp=	0,020 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp \cdot \gamma_{p,fav}$$

$$0,119 \geq 0,062 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.2.2 Střed desky – konec životnosti

Řez: uprostřed desky
 Čas: KŽ
 Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu na mezi únosnosti [MN]
Vrstva 1	2	60	1111	102	3	612	100	1211	0,741132
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 MEd = 0,04209 MNm

Celková síla od předpínací výtzuže v tlačené oblasti Np,c,d= 0 MN
 Celková síla od předpínací výtzuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) Np,t,d= 0,741 MN
 Síla v betonu pro rovnováhu Ncd= 0,741 MN
 Výška tlačené oblasti x= 10,155 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku xu= 8,124 mm
 Kontrola síla v betonu Nc= 0,741 MN

Moment únosnosti MRd= 0,116 MNm
 Staticky určitý moment od předpětí Mp,0= 0,044 MNm
 Celkový moment od předpětí Mp= 0,022 MNm
 Staticky neurčitý moment od př. ΔMp= 0,022 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp * \gamma_{p,fav}$$

$$0,116 \geq 0,064 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.2.3 Nad vnitřní stěnou – uvedení do provozu

Řez: nad vnitřní stěnou

Čas: UP

Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka spodní desky= 1000 mm
 šířka stěn= 0 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu na mezi únosnosti [MN]
Vrstva 1	2	60	1187	102	3	612	100	1287	0,787644
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 MEd = 0,08254 MNm

Celková síla od předpínací výtuzě v tlačené oblasti Np,c,d= 0 MN

Celková síla od předpínací výtuzě v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) Np,t,d= 0,788 MN

Síla v betonu pro rovnováhu Ncd= 0,788 MN

Výška tlačené oblasti x= 10,792 mm

Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku xu= 8,634 mm

Kontrola síla v betonu Nc= 0,788 MN

Moment únosnosti MRd= 0,123 MNm

Staticky určitý moment od předpětí Mp,0= 0,047 MNm

Celkový moment od předpětí Mp= 0,029 MNm

Staticky neurčitý moment od př. ΔMp= -0,018 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp * \gamma_{p,fav}$$

$$0,123 \geq 0,064 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.2.4 Nad vnitřní stěnou – konec životnosti

Řez: nad vnitřní stěnou

Čas: KŽ

Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka spodní desky= 1000 mm
 šířka stěn= 0 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu na mezi únosnosti [MN]
Vrstva 1	2	60	1152	102	3	612	100	1252	0,766224
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 MEd = 0,08254 MNm

Celková síla od předpínací výtuzi v tlačené oblasti	Np,c,d=	0 MN
Celková síla od předpínací výtuzi v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa)	Np,t,d=	0,766 MN
Síla v betonu pro rovnováhu	Ncd=	0,766 MN
Výška tlačené oblasti	x=	10,499 mm
Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku	xu=	8,399 mm
Kontrola síla v betonu	Nc=	0,766 MN
Moment únosnosti	MRd=	0,119 MNm
Staticky určitý moment od předpětí	Mp,0=	0,046 MNm
Celkový moment od předpětí	Mp=	0,023 MNm
Staticky neurčitý moment od př.	ΔMp=	-0,023 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp * \gamma_{p,fav}$$

$$0,119 \geq 0,060 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.3 Varianta 3 – nesoudržná předpínací výztuž s uvážením tahové pevnosti betonu

9.2.3.1 Střed desky – uvedení do provozu

Řez: uprostřed desky
 Čas: UP
 Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	60	1146	102	3	612	100	1246	0,762552
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 fctd= 4,31 MPa
 MEd = 0,04209 MNm

Celková síla od předpínací výztuže v tlačené oblasti Np,c,d= 0 MN
 Celková síla od předpínací výztuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) Np,t,d= 0,763 MN
 Síla od tlačené části betonu Ncd= 1,386 MN
 Síla od tažené části betonu Nct,d= 0,624 MN

Výška tlačené oblasti x= 18,995 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku xcu= 15,196 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tahu xctu= 144,804 mm
 Kontrola rovnováha sil Nct+Np-Nc = 0 0,00 MN

Moment únosnosti MRd= 0,191 MNm
 Staticky určitý moment od předpětí Mp,0= 0,046 MNm
 Celkový moment od předpětí Mp= 0,023 MNm
 Staticky neurčitý moment od př. ΔMp= -0,023 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp * \gamma_{p,fav}$$

$$0,191 \geq 0,065 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.3.2 Střed desky – konec životnosti

Řez: uprostřed desky

Čas: KŽ

Průřez: h= 200 mm
těžiště= 100 mm
šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	60	1112	102	3	612	100	1212	0,741744
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: $f_{cd} = 91,23$ MPa
 $f_{ctd} = 4,31$ MPa
 $M_{Ed} = 0,04209$ MNm

Celková síla od předpínací výztuže v tlačené oblasti $N_{p,c,d} = 0$ MN
Celková síla od předpínací výztuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) $N_{p,t,d} = 0,742$ MN
Síla od tlačené části betonu $N_{cd} = 1,366$ MN
Síla od tažené části betonu $N_{ct,d} = 0,625$ MN

Výška tlačené oblasti $x = 18,723$ mm
Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku $x_{cu} = 14,978$ mm
Výška rovnoměrného napětí betonu v tahu $x_{ctu} = 145,022$ mm
Kontrola rovnováha sil $N_{ct} + N_p - N_c = 0$ 0,00 MN

Moment únosnosti $M_{Rd} = 0,188$ MNm
Statically určitý moment od předpětí $M_{p,0} = 0,045$ MNm
Celkový moment od předpětí $M_p = 0,023$ MNm
Statically neurčitý moment od př. $\Delta M_p = -0,021$ MNm

Posouzení:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} + \Delta M_p \cdot \gamma_{p,fav}$$

$$0,188 \geq 0,063 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.3.3 Nad vnitřní stěnou – uvedení do provozu

Řez: nad vnitřní stěnou
 Čas: UP
 Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírutek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	60	1187	102	3	612	100	1287	0,787644
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: fcd= 91,23 MPa
 fctd= 4,31 MPa
 MEd = 0,08254 MNm

Celková síla od předpínací výztuže v tlačené oblasti Np,c,d= 0 MN
 Celková síla od předpínací výztuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) Np,t,d= 0,788 MN
 Síla od tlačené části betonu Ncd= 1,410 MN
 Síla od tažené části betonu Nct,d= 0,623 MN

Výška tlačené oblasti x= 19,323 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku xcu= 15,459 mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tahu xctu= 144,541 mm
 Kontrola rovnováha sil Nct+Np-Nc = 0 0,00 MN

Moment únosnosti MRd= 0,195 MNm
 Staticky určitý moment od předpětí Mp,0= 0,047 MNm
 Celkový moment od předpětí Mp= 0,023 MNm
 Staticky neurčitý moment od př. ΔMp= -0,024 MNm

Posouzení:

$$MRd \geq MEd + \Delta Mp \cdot \gamma_{p,fav}$$

$$0,195 \geq 0,058 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.2.3.4 Nad vnitřní stěnou – konec životnosti

Řez: nad vnitřní stěnou
 Čas: KŽ
 Průřez: h= 200 mm
 těžiště= 100 mm
 šířka horní desky= 1000 mm

Kabely:

	Počet kabelů	Excentricita [mm]	Napětí [MPa]	Plocha jednoho lana [mm ²]	Počet lan [ks]	Celková plocha [mm ²]	Přírůstek napětí [MPa]	Výsledné napětí [MPa]	Síla v kabelu [MN]
Vrstva 1	2	60	1152	102	3	612	100	1252	0,766224
Vrstva 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vrstva 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Beton: $f_{cd} = 91,23$ MPa
 $f_{ctd} = 4,31$ MPa
 $M_{Ed} = 0,08254$ MNm

Celková síla od předpínací výztuže v tlačené oblasti $N_{p,c,d} = 0$ MN
 Celková síla od předpínací výztuže v tažené oblasti (napětí zvětšeno o 100 Mpa) $N_{p,t,d} = 0,766$ MN
 Síla od tlačené části betonu $N_{cd} = 1,390$ MN
 Síla od tažené části betonu $N_{ct,d} = 0,624$ MN

Výška tlačené oblasti $x = 19,043$ mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tlaku $x_{cu} = 15,234$ mm
 Výška rovnoměrného napětí betonu v tahu $x_{ctu} = 144,766$ mm
 Kontrola rovnováha sil $N_{ct} + N_p - N_c = 0$ MN

Moment únosnosti $M_{Rd} = 0,192$ MNm
 Staticky určitý moment od předpětí $M_{p,0} = 0,046$ MNm
 Celkový moment od předpětí $M_p = 0,023$ MNm
 Staticky neurčitý moment od př. $\Delta M_p = -0,023$ MNm

Posouzení:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} + \Delta M_p \cdot \gamma_{p,fav}$$

$$0,192 \geq 0,060 \text{ MNm}$$

VYHOVÍ

9.3 Souhrn výsledků MSÚ příčný směr

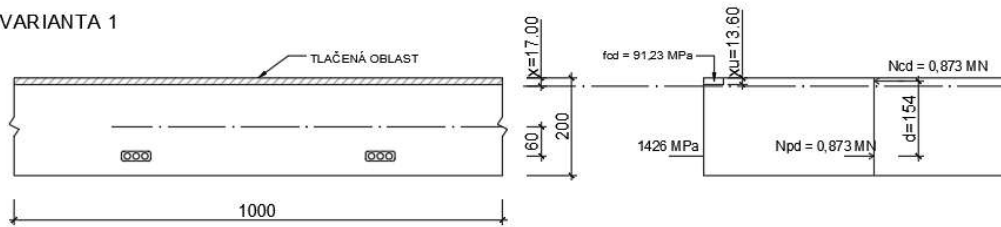
V tabulce níže jsou uvedeny souhrnné výsledky všech výše uvedených variant posouzení.

Všechny průřezy ve všech časech vyhovely na mezní stav únosnosti – ohyb.

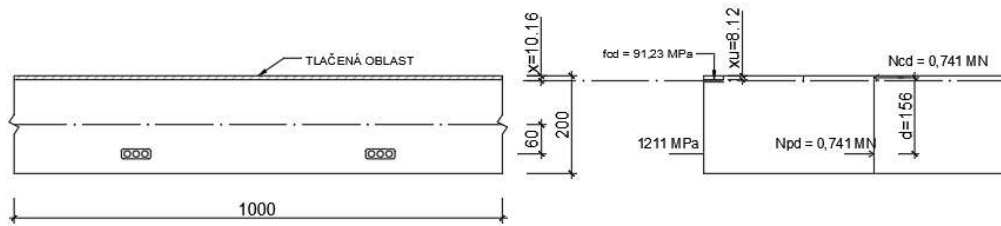
Řez	Vypočtené momenty únosnosti						Návrhové momenty působící v řezu - včetně stat. neurč. účinků předpětí		Posouzení	
	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		[kNm/m]			
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	UP	KŽ	UP	KŽ
Nad podporou	134	134	119	116	195	192	64	60	VYHOVÍ	VYHOVÍ
V poli	134	134	123	119	191	188	62	64	VYHOVÍ	VYHOVÍ

V POLI NA KONCI ŽIVOTNOSTI

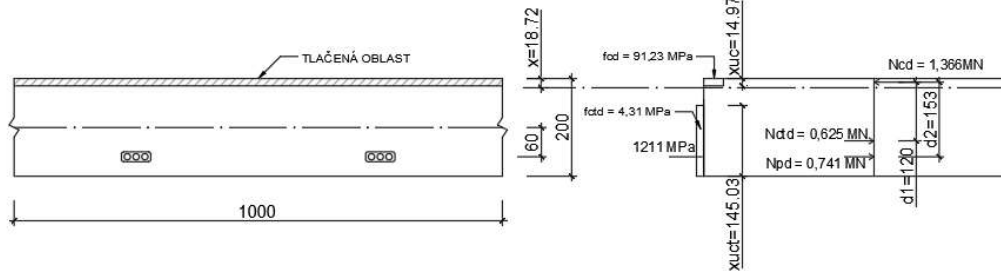
VARIANTA 1



VARIANTA 2



VARIANTA 3



Obr. 119 Schéma rozdělení napětí, přetvoření a sil na mezi únosnosti pro jednotlivé varianty v poli na konci životnosti

10 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce, bylo podrobněji navrhnout a posoudit konstrukci, která byla předmětem již bakalářské práce. Z původní práce bylo závěrem rozšíření komory z důvodu vhodnějšího rozvržení volných předpínacích kabelů. V této práci bylo mnohem více času věnováno rozvržení předpínacích kabelů v příčném řezu a jejich vedení v podélném směru. Oproti bakalářské práci byl navržen postup výstavby letmou montáží, která může být použita i pro překlenutí hlubokých údolí, vodních toků apod.

Konstrukce vyhověla ve všech posouzeních v podélném i příčném směru.

Spotřeba podélné a příčné předpínací výztuže pro tento typ konstrukce je na jedno hlavní pole dlouhé 51,0 m celkem 21,148 t, spotřeba UHPFRC je zhruba 410 m³, to je 414 kg/m předpínací výztuže a 8,03 m³/m UHPFRC. V případě aktuálně stavěné dvoutrámové estakády, je spotřeba předpínací výztuže na 45 m dlouhé pole 22 t, 510 m³ betonu a 60 t betonářské výztuže, to je 488 kg/m předpínací výztuže a 11,33 m³/m betonu. Při takto navržené variantě je tedy úspora 15 % předpínací výztuže a 30 % betonu. Musíme samozřejmě uvažovat vyšší pořizovací cenu materiálu – jak volné předpínací výztuže, tak i mnohem dražší beton – UHPFRC. Navržená předpínací výztuž – monostrand se vyznačuje svojí trvanlivostí, a především možností výměny jednotlivých lan. Materiál UHPFRC se dle zatím provedených pozorování postavených konstrukcí jeví jako velice odolný a trvanlivý materiál. Proto použití těchto materiálů zaručuje dlouhou životnost konstrukce a při kvalitní údržbě může být konstrukce téměř věčná.

Dalších úspor je možno dosáhnout pokračující optimalizací konstrukce i použitím postupu montáže, optimálního pro daný konkrétní případ (kromě letmé montáže je možno použít i montáž vpřed a montáž na skruži, v závislosti na místních podmínkách). Lze předpokládat, že úspor bude dosaženo i u spodní stavby a založení.

Dalším návrhům a vývoji této konstrukci se s doc. Ing. Romanem Šafářem Ph.D. hodlám věnovat v navazujícím doktorském studiu.

Návrh UHPFRC estakády na D35 u Opatovic

Část A: Výkresová dokumentace

Seznam výkresů

	Měřítko
1. Podélný řez	1:500
2. Půdorys	1:500
3. Vzorový příčný řez	1:50
4.1 Předpínací výztuž vahadla	1:100
4.2 Předpínací tyče	1:100
4.3 Kladné kabely – hlavní pole	1:100
4.4 Kladné kabely – krajní pole	1:100
4.5 Příčné předpětí	1:100
5. Detail deviátoru	1:10
6. Pohled na pilíř	1:100
7. Postup výstavby	1:100