

PŘÍLOHA A1

STATICKÝ VÝPOČET

Obsah

1	Úvod	3
1.1	Identifikační údaje mostu	3
1.2	Stručný technický popis	3
1.3	Podklady a normy	4
2	Vstupní údaje	5
2.1	Časové předpoklady	6
2.2	Materiály	6
2.3	Průřezové charakteristiky	10
2.4	Spolupůsobící šířka desky	11
2.5	Zatížení	12
3	Výpočtový model	20
3.1	Všeobecně	20
3.2	Zatížení	22
4	Nosná konstrukce - podélný směr	25
4.1	Všeobecně	25
4.2	Vnitřní síly od zatížení	25
4.3	Výsledné kombinace	51
4.4	Návrh předpětí	57
4.5	Podrobné stanovení účinků předpětí	62
4.6	Posouzení na MPS	65
4.7	Posouzení MSÚ	81
5	Nosná konstrukce – příčný směr	85
5.1	Všeobecně	85
5.2	Vnitřní síly od zatížení	86
5.3	Výsledné kombinace	86
5.4	Návrh předpětí	87
5.5	Podrobné účinky předpětí	88
5.6	Posouzení MSP	88
5.7	Posouzení MSÚ	99

1 Úvod

1.1 Identifikační údaje mostu

Název stavby:	D1 Modernizace – úsek 22, Exit 162 Velká Bíteš – Exit 168 Devět křížů
Objekt č.:	SO 22-203
Název objektu:	Nadjezd ev. č. D1 - 203
Místo stavby:	Velká Bíteš
Katastrální území:	Velká Bíteš, Košíkov
Kraj:	Vysočina
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic České republiky Na Pankráci 546/56 145 05 Praha 4
Převáděná komunikace:	lesní cesta kategorie P4/25
Přemostovaná překážka:	dálnice D1
Staničení na D1:	km 164,483 417
Staničení na lesní cestě:	km 0,174 214
Úhel křížení	99,9320g

1.2 Stručný technický popis

Řešeným mostem je třípolové vzpěradlo s nosnou konstrukcí z UHPFRC, která je uložena na železobetonové vzpěry. Rozpětí hlavního pole je 29,0 m, rozpětí krajních polí je 11,5 m. Nosná konstrukce je rozdělena na tři díly, dva krajní o délce 17 m a jeden střední o délce 20 m, které budou vyrobeny v předstihu a následně uloženy na již hotovou konstrukci spodní stavby. Předpokládá se předepnutí prefabrikátů vnitřní nesoudržnou výztuží a po uložení dopnutí vnějšími volnými kabely. V místě napojení vzpěr na nosnou konstrukci je konstrukce zesílena monolitickými příčnickami.

Jedná se o kolmý most, průběh trasy na mostě je směrově v přímé, výškově ve vrcholovém oblouku 500 m. Příčný sklon je jednostranný 2,5 %. Celková šířka mostu je 6,60 m, na mostě nejsou umístěny chodníky. Volná šířka na mostě je 5,0 m. Na mostě jsou osazeny betonové římsy o šířce 800 mm a výšce 550 mm. Na obě římsy jsou osazena zábradelní svodidla s úrovní zadržetí H2 o výšce 1,1 m se svislou výplní.

Šířkové uspořádání:

jízdní pruh	2 x 2,00 + 2 x 0,25 m
-------------	-----------------------

římsa	0,80 m
-------	--------

celková šířka	6,60 m
---------------	--------

Skladba vozovky:

ACO 11	tl. 40 mm
--------	-----------

MA 11 IV	tl. 40 mm
----------	-----------

Izolace NAIP	tl. 5 mm
--------------	----------

Penetrační nátěr	
------------------	--

Vozovka celkem	tl. 85 mm
----------------	-----------

1.3 Podklady a normy**1.3.1 Podklady**

[1] Projektová dokumentace PDPS vytvořená firmou Viapont-CS s.r.o.

[2] Roman Šafář: Betonové mosty 2 – přednášky

[3] Ultra high performance fibre-reinforced - Recommendations

[4] Parametry UHPFRC

1.3.2 Normy

[5] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

[6] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

[7] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou.

[8] ČSN EN 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění

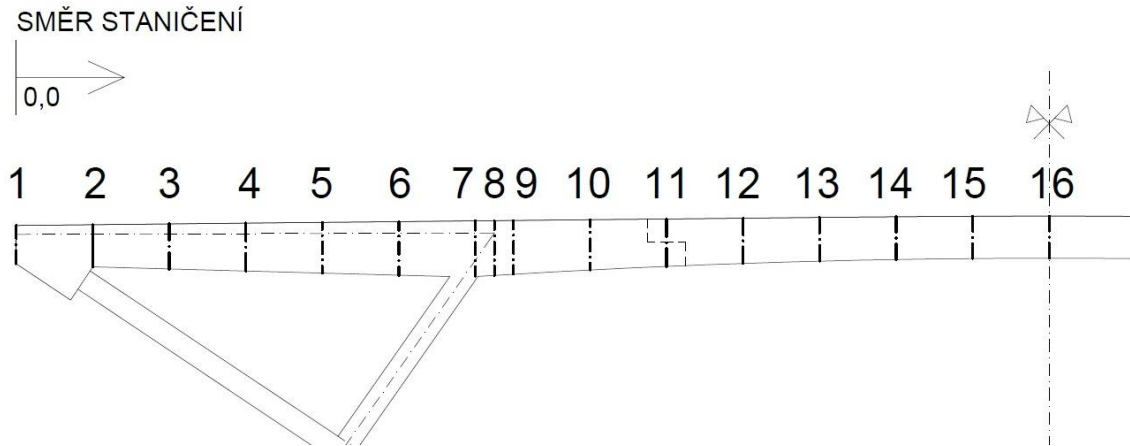
[9] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou

[10] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[11] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

2 Vstupní údaje

Konstrukce mostu je posuzována v řezech, podle kterých je vytvořen model. Rozmístění řezů je schématicky naznačeno na obrázku, přesné staničení řezů je v tabulce.



Obr. 1 - Schéma rozmístění řezů na konstrukci

Číslo řezu	Odovídající staničení
	[m]
1	0,0
2	2,0
3	4,0
4	6,0
5	8,0
6	10,0
7	12,0
8	12,5
9	13,0
10	15,0
11	17,0
12	19,0
13	21,0
14	23,0
15	25,0
16	27,0

Tab. 1 – Čísla řezů a jejich staničení

2.1 Časové předpoklady

Předpokládá se monolitická betonáž spodní stavby a prefabrikace nosné konstrukce. Předepnutí prefabrikátu se předpokládá 7 dní po betonáži.

Časová osa:

Etapa	Čas (dny)
Spodní stavba, betonáž prefabrikátů	0
Vnesení Předpětí	7
Osazení krajních prefabrikátů	30
Změna statického systému (vybetonování koncových příčníků)	35
Osazení středního prefabrikátu	40
Předepnutí konstrukce	45
Vnesení ostatního stálého zatížení	70
Uvedení do provozu	100
Konec životnosti	36 500

2.2 Materiály

2.2.1 Beton

2.2.1.1 Beton nosné konstrukce - UHPFRC

Charakteristická pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní $f_{ck} = 161$ MPa

Průměrná pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní $f_{cm} = 169$ MPa

Charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu ve stáří 28 dní $f_{ctk,0,05} = 4,3$ MPa

Průměrná pevnost betonu v dostředném tahu ve stáří 28 dní $f_{ctm} = 6,1$ MPa

Reziduální pevnost betonu v dostředném tahu ve stáří 28 dní $f_{ctfk} = 9,2$ MPa

Návrhové mezní přetvoření betonu v tlaku $\varepsilon_{c2u} = 3$ ‰

Návrhové přetvoření betonu na mezi pevnosti v tlaku $\varepsilon_{c2} = 2,1$ ‰

Sečnový modul pružnosti betonu $E_{cm} = 50\,000$ MPa

Tečnový modul pružnosti $E_c = 1,05 \cdot E_{cm} = 1,05 \cdot 50\,000 = 52\,500$ MPa

Poissonův součinitel $\nu = 0,2$

Dílčí součinitel (beton v tlaku) $\gamma_c = 1,5$

Dílčí součinitel (beton v tahu) $\gamma_{cf} = 1,3$

Součinitel zohledňující dlouhodobé účinky $\alpha_{cc} = 0,85$

Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 161 / 1,5 = 91,23$ MPa

Průměrná pevnost v tlaku v čase vnesení předpětí (7 dní) $f_{cm}(t=7) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$

$\beta_{cc} = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$, pro cementy třídy R je koeficient s (koeficient závislý na

druhu cementu) roven 0,2

$$\beta_{cc}(7) = 0,818731$$

$$f_{cm}(t=7) = 147,4 \text{ MPa}$$

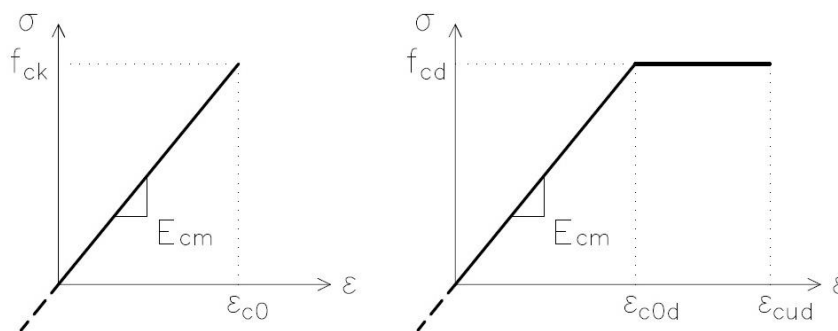
$$f_{ck}(t=7) = 139,4 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu v čase 7 dní $f_{ctm}(t=7) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} \cdot f_{ctm}$; $\alpha = 1$ pro $t < 28$ dní

$$f_{ctm}(t=7) = 4,99 \text{ MPa}$$

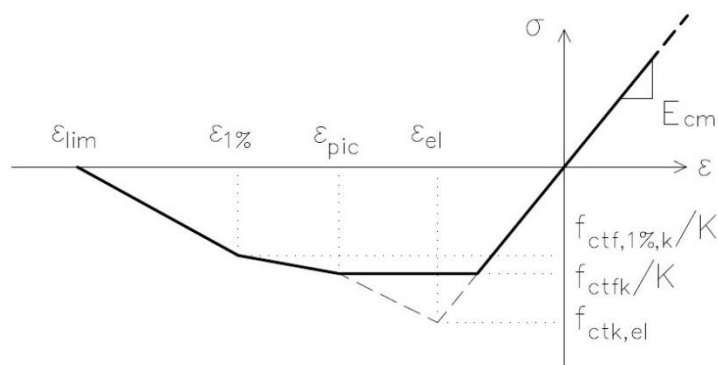
Veškeré smršťování UHPFRC se uvažuje během ošetřování, v pozdějších časech se zanedbává.

Chování UHPFRC v tlaku se předpokládá podle obrázku, kde vlevo je pracovní diagram pro posuzování mezních stavů použitelnosti a vpravo diagram pro posuzování chování na mezi únosnosti.

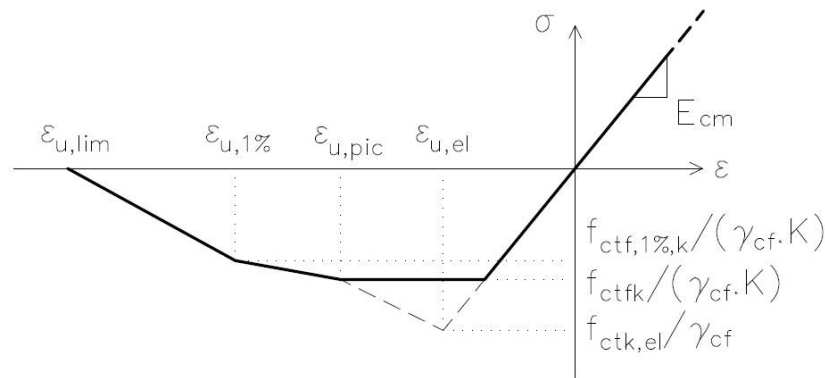


Obr. 2 - Pracovní diagram UHPFRC v tlaku

Chování UHPFRC v tahu se uvažuje jako materiál se změkčením podle obrázků.



Obr. 3 - Pracovní diagram pro UHPFRC v tahu při MSP



Obr. 4 - Pracovní diagram pro UHPFRC v tahu při MSÚ

Součinitel K pro globální analýzu je roven 1,25, pro lokální analýzu 1,75.

2.2.1.2 Beton spodní stavby

Beton C35/45

Charakteristická pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní $f_{ck} = 35$ MPa

Průměrná pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní $f_{cm} = 43$ MPa

Charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu ve stáří 28 dní $f_{ctk,0,05} = 2,2$ MPa

Průměrná pevnost betonu v dostředném tahu ve stáří 28 dní $f_{ctm} = 3,2$ MPa

Návrhové mezní přetvoření betonu v tlaku $\epsilon_{c2u} = 3,5$ ‰

Návrhové přetvoření betonu na mezi pevnosti v tlaku $\epsilon_{c2} = 2,0$ ‰

Sečnový modul pružnosti betonu $E_{cm} = 34\,000$ MPa

Tečnový modul pružnosti $E_c = 1,05 \cdot E_{cm} = 1,05 \cdot 34\,000 = 35\,700$ MPa

Poissonův součinitel $\nu = 0,2$

Dílčí součinitel $\gamma_c = 1,5$

Součinitel zohledňující dlouhodobé účinky $\alpha_{cc} = 0,85$

Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 35 / 1,5 = 19,83$ MPa

2.2.2 Předpínací výztuž

2.2.2.1 Předpínací výztuž prefabrikátů

Sedmidrátová lana Y1860S7-15,7

Jmenovitý průměr 15,7 mm

Jmenovitá průřezová plocha jednoho lana $A_{p1} = 150$ mm².

Charakteristická pevnost v tahu $f_{pk} = 1860$ MPa

Smluvní mez kluzu $f_{p0,1k} = 1636,8$ MPa

Modul pružnosti $E_p = 195$ GPa

Dílčí součinitel předpínací výztuže $\gamma_s = 1,15$

Návrhová mez kluzu $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1423,3 \text{ MPa}$

2.2.2.2 *Volná předpínací výztuž*

Sedmidrátová lana Y1860S7-15,7

Jmenovitý průměr 15,7 mm

Jmenovitá průřezová plocha jednoho lana $A_{p1} = 150 \text{ mm}^2$.

Charakteristická pevnost v tahu $f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$

Smluvní mez kluzu $f_{p0,1k} = 1636,8 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_p = 195 \text{ GPa}$

Dílčí součinitel předpínací výztuže $\gamma_s = 1,15$

Návrhová mez kluzu $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1423,3 \text{ MPa}$

2.2.2.3 *Krytí předpínací výztuže*

Krytí předpínací výztuže se stanoví jako:

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

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

$c_{min,b}$ – dle průměru kabelu (pro vnitřní nesoudržnou výztuž se uvažuje menší než 30 mm)

$c_{min,dur} = 30 \text{ mm}$ podle [3] pro třídu konstrukce S6 a stupeň vlivu prostředí XD2

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

$\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm}$ (uvažuje se řádná kontrola polohy výztuže)

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 30 + 5 = 35 \text{ mm}$$

S ohledem na použití nesoudržné předpínací výztuže, která má vlastní ochranu lze uvažovat, že hodnota $c_{min,dur} = 0$ a výsledné krytí bude z důvodu zamezení trhlin a tedy závislé na vnějším průměru kanálku předpínací výztuže.

2.3 Průřezové charakteristiky

Průřezové charakteristiky pro celý průřez mostu:

číslo řezu	h [mm]	A [m ²]	t [mm]	h-t [mm]	I [m ⁴]	W _d [m ³]	W _h [m ³]
1	1000	1,694	756,0	244,0	0,125364	0,165825	0,513787
2	1100	1,734	832,4	267,6	0,162803	0,195576	0,608450
3	1175	1,764	889,0	286,0	0,195030	0,219391	0,681828
4	1250	1,794	944,9	305,2	0,230981	0,244463	0,756942
5	1325	1,824	1000,1	324,9	0,270803	0,270768	0,833573
6	1400	1,854	1054,8	345,2	0,314636	0,298278	0,911566
7	1450	1,874	1091,0	359,0	0,346181	0,317295	0,964400
8	1427,5	1,865	1074,8	352,7	0,331750	0,308671	0,940521
9	1402,1	1,855	1056,4	345,7	0,315955	0,299087	0,913957
10	1311,4	1,818	990,2	321,3	0,263286	0,265905	0,819567
11	1237,7	1,789	935,7	302,0	0,224833	0,240273	0,744579
12	1181,1	1,766	893,5	287,6	0,197813	0,221384	0,687878
13	1141,5	1,750	863,8	277,7	0,180195	0,208605	0,648907
14	1118	1,741	846,0	272,0	0,170200	0,201173	0,625827
15	1104,5	1,736	835,8	268,7	0,164621	0,196960	0,612680
16	1100	1,734	832,4	267,6	0,162787	0,195563	0,608322

Tab. 2 - Průřezové charakteristiky - celý průřez

Průřezové charakteristiky pro polovinu průřezu:

číslo řezu	h [mm]	A [m ²]	t [mm]	h-t [mm]	I [m ⁴]	W _d [m ³]	W _h [m ³]
1	1000	0,847	756,0	244,0	0,062682	0,082913	0,256893
2	1100	0,867	832,4	267,6	0,081402	0,097788	0,304225
3	1175	0,882	889,0	286,0	0,097515	0,109696	0,340914
4	1250	0,897	944,9	305,2	0,115491	0,122232	0,378471
5	1325	0,912	1000,1	324,9	0,135402	0,135384	0,416787
6	1400	0,927	1054,8	345,2	0,157318	0,149139	0,455783
7	1450	0,937	1091,0	359,0	0,173091	0,158647	0,482200
8	1427,5	0,932	1074,8	352,7	0,165875	0,154335	0,470261
9	1402,1	0,927	1056,4	345,7	0,157978	0,149543	0,456979
10	1311,4	0,909	990,2	321,3	0,131643	0,132953	0,409784
11	1237,7	0,894	935,7	302,0	0,112417	0,120136	0,372289
12	1181,1	0,883	893,5	287,6	0,098907	0,110692	0,343939
13	1141,5	0,875	863,8	277,7	0,090098	0,104302	0,324454
14	1118	0,871	846,0	272,0	0,085100	0,100586	0,312914
15	1104,5	0,868	835,8	268,7	0,082311	0,098480	0,306340
16	1100	0,867	832,4	267,6	0,081394	0,097782	0,304161

Tab. 3 - Průřezové charakteristiky - polovina průřezu

2.4 Spolupůsobící šířka desky

Stanoví se podle ČSN EN 1992-1-1, pro T průřez platí:

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b, \text{ kde}$$

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

Spolupůsobící šířka desky bude stanovena jen pro průřezy nad vnitřní vzpěrou, jinde je deska tažená.

$$b_w = 0,2 \text{ m}, l_0 = 13 \text{ m}$$

Krajní konzola:

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot 1,4 + 0,1 \cdot 13 \leq 0,2 \cdot 13$$

$$b_{eff,1} = 1,58 \text{ m} \leq 2,6 \text{ m}$$

$$b_{eff,1} > b_1 \rightarrow b_{eff,1} = 1,4 \text{ m}$$

Deska mezi stěnami:

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot 1,45 + 0,1 \cdot 13 \leq 0,2 \cdot 13$$

$$b_{eff,2} = 1,59 \text{ m} \leq 2,6 \text{ m}$$

$$b_{eff,2} > b_2 \rightarrow b_{eff,2} = 1,45 \text{ m}$$

Celková spolupůsobící deska:

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 1,4 + 2 \cdot 1,45 + 2 \cdot 0,2 = 6,1 \text{ m} = b$$

Působí celá šířka desky

2.5 Zatížení

2.5.1 Stálé

2.5.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Tíha UHPFRC se uvažuje hodnotou 28 kN/m^3 , hodnoty zatížení vlastní tíhou celého průřezu a rozdělení zatížení na stojinu a desku jsou uvedeny v tab. 3.

číslo řezu	Liniová zatížení		Plošné zatížení
	Celý průřez	Stojina	Deska
	kN/m	kN/m	kN/m ²
1	47,477	5,152	6,094
2	48,597	5,712	6,094
3	49,437	6,132	6,094
4	50,277	6,552	6,094
5	51,117	6,972	6,094
6	51,957	7,392	6,094
7	52,517	7,672	6,094
8	52,270	7,549	6,094
9	51,990	7,409	6,094
10	50,971	6,899	6,094
11	50,142	6,485	6,094
12	49,515	6,171	6,094
13	49,067	5,947	6,094
14	48,798	5,813	6,094
15	48,653	5,740	6,094
16	48,597	5,712	6,094

Tab. 4 - Zatížení vlastní tíhou

Příčnick nad vnitřní vzpěrou $g_p = 16,772 \text{ kN/m}$

Koncový příčnick $g_{kp} = 83,720 \text{ kN/m}$

Konstrukce z betonu B35/45 – tíha betonu 25 kN/m^3 :

Vnitřní vzpěra dělená $g_{v1} = 32,25 \text{ kN/m}$

Vnější vzpěra $g_{v2} = 52,5 \text{ kN/m}$

2.5.1.2 Ostatní stálé

Římsy:

Veličina	Hodnota
Plocha římsy	0,264 m ²
Zatížení od římsy (25kN/m ³)	6,6 kN/m
Liniové zatížení na hranu	3,375 kN/m
Plošné zatížení na desku	5,682 kN/m ²

Tab. 5 – Zatížení od říms

Vozovka tl. 85 mm:

Veličina	Hodnota
ACO 11 (0,04*25kN/m ³)	1 kN/m ²
MA11 IV (0,04*25kN/m ³)	1 kN/m ²
Izolace NAIP (0,005*23 kN/m ³)	0,115 kN/m ²
Plošné zatížení na desku	2,115 kN/m ²
Plošné zatížení na desku (+20 %)	2,5 kN/m ²

Tab. 6 – Zatížení od říms

Zábradelní svodidlo: 1kN/m

2.5.1.3 Posuny podpor

Jsou uvažovány vodorovné a svislé posuny podpor o velikosti 5 mm.

2.5.2 Nahodilé**2.5.2.1 Zatížení dopravou**

Uvažují se modely zatížení silniční dopravou dle ČSN EN 1992-1

Rozdělení vozovky do pruhů:Šířka vozovky $w = 5$ mZatěžovací pruh o šířce $w_1 = 3$ m

Zbývající plocha o šířce 2 m

LM1

Umístění a rozměry zatěžovací soustavy jsou na obrázku.

Nápravové síly, rovnoměrné zatížení a součinitele α se uvažují takto:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}; \alpha_{Q1k} = 1,0$$

$$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2; \alpha_{q1k} = 1,0$$

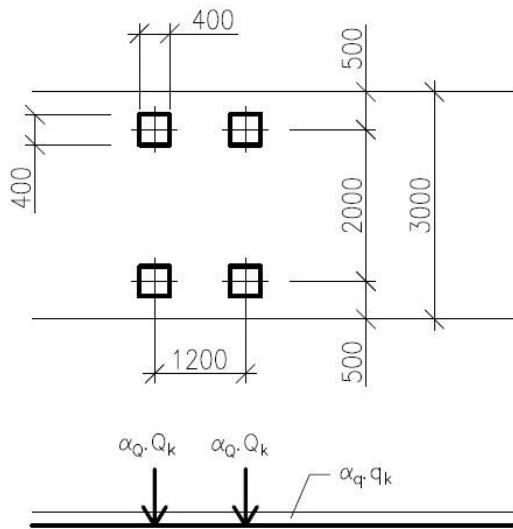
$$q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2; \alpha_{qrk} = 1,2$$

Výsledná nápravná síly a rovnoměrné zatížení je:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{rk} = 3,0 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 5 - Schéma zatěžovací soustavy LM1

LM2

Umístění a rozměry zatěžovací soustavy jsou na obrázku,

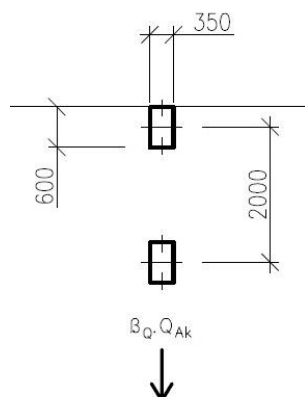
Nápravná síla a součinitele se uvažují takto:

$$Q_{AK} = 400 \text{ kN (včetně dynamického součinitele)}$$

$$\beta_Q = \alpha_{Q1k} = 1,0$$

Výsledné nápravné zatížení je:

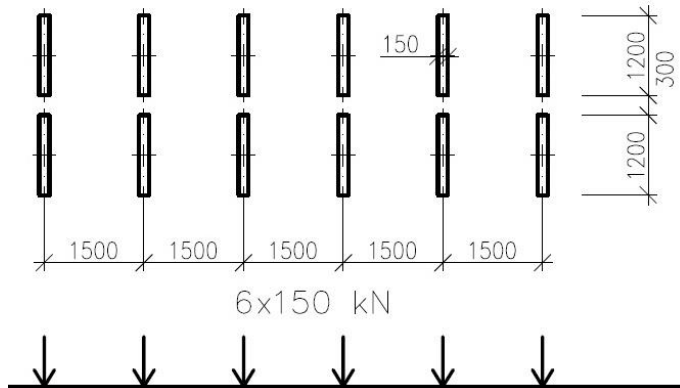
$$Q_{AK} = 400 \text{ kN}$$



Obr. 6 – Schéma zatěžovací nápravy LM2

LM3

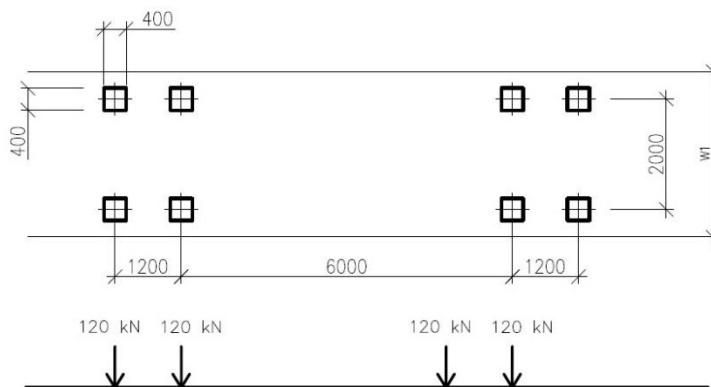
Uvažuje se 6-ti nápravové zvláštní vozidlo s nápravovými silami 150 kN. Předpokládají se malé jízdní rychlosti vozidla, proto se neuvažuje dynamický součinitel. Schéma zvláštního vozidla je na obrázku.



Obr. 7 - 6-ti nápravové vozidlo modelu LM3

FLM3

Zatížení na únavu FLM3 představuje vozidlo na obrázku – soustava dvou dvounáprav s nápravovými silami 120 kN. Pokud to lze, mají se uvažovat dvě vozidla ve stejném pruhu, druhé z vozidel má nápravové síly 36 kN. Vzdálenost mezi středy vozidel je 40 m.



Obr. 8 - Model zatížení FLM3

2.5.2.2 Zatížení teplotou

Most uvažován dle ČSN EN 1991-5 jako typ konstrukce 3. Pro umístění mostu platí tyto hodnoty teploty vzduchu:

Maximální teplota vzduchu $T_{max} = 38^{\circ}\text{C}$

Minimální teplota vzduchu $T_{min} = -34^{\circ}\text{C}$

Rovnoměrná složka teploty

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5 \text{ °C} = 38 + 1,5 = 39,5 \text{ °C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 \text{ °C} = -34 + 8 = -26 \text{ °C}$$

Výchozí teplota mostu T_0 se uvažuje rovna 10 °C

Charakteristické hodnoty maximálního rozsahu rovnoměrné složky

- pro výpočet prodloužení mostu $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 39,5 - 10 = 29,5 \text{ °C}$
- pro výpočet zkrácení mostu $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10 - (-26) = 36 \text{ °C}$

Svislá lineární složka teploty

Účinky svislých rozdílů teplot se uvažují pomocí ekvivalentních lineárních rozdílových složek teploty $\Delta T_{M,heat}$ a $\Delta T_{M,cool}$, uvažují se hodnoty pro betonový nosník

$$\Delta T_{M,heat} = 15 \text{ °C} * k_{sur} = 15 * 0,79 = 11,85 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8 \text{ °C} * k_{sur} = 8 * 1,0 = 8 \text{ °C}$$

(k_{sur} pro tl. vozovky 85 mm)

Vodorovná lineární složka teploty

Podélná osa mostu je orientována ve směru od severu k jihu, proto se uvažují i vodorovná lineární složka teploty. Uvažuje se lineární rozložení 0 až 5 °C mezi vnějšími hranami nosné konstrukce, pro toto působení jsou stanoveny účinky teploty na stojiny.

$$T_{s1} = 1,23 \text{ °C}$$

$$T_{s2} = 3,77 \text{ °C}$$

Rozdíly v rovnoměrné složce teploty

Uvažují se ohřátí jednotlivých částí konstrukce oproti ostatním částem o 10 °C

Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty

Pro současné působení rozdílové a rovnoměrné složky teploty se uvažují tyto kombinace zatížení:

$$\Delta T_{M,heat} (\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} (\text{nebo } \Delta T_{M,con}) \text{ nebo}$$

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} (\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} (\text{nebo } \Delta T_{M,con}),$$

kde $\omega_N = 0,35$ a $\omega_M = 0,75$

2.5.2.3 Zatížení větrem

Zatížení větrem se uvažuje podle ČSN EN 1991-1-4, pro lokalitu mostu platí větrová oblast III a základní rychlost větru $27,5 \text{ m/s}$. Výpočet zatížení na most je shrnut v tabulce.

Zatížení větrem ve směru x			
Veličina	Označení	Jednotky	Hodnota
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0}$	m/s	27,5
Parametr drsnosti terénu	z_0	m	0,3
Parametr drsnosti terénu	z_{min}	m	5,0
Výška nosné konstrukce nad terémem	z	m	6,5
Součinitel směru větru	C_{dir}	-	1,0
Součinitel ročního období	C_{season}	-	1,0
Základní rychlost větru	v_b	m/s	27,5
Součinitel terénu	k_r	-	0,22
Součinitel drsnosti terénu	$c_r(z_e)$	-	0,662
Součinitel ortografie	$c_o(z_e)$	-	1,0
Střední rychlost větru	$v_m(z_e)$	m/s	18,218
Součinitel turbulence	k_t	-	1,0
Intenzita turbulence	l_v	-	0,325
Součinitel expozice	$c_e(z_e)$	-	1,438
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	kg/m ³	1,25
Maximální dynamický tlak větru	$q_p(z_e)$	kN/m ²	0,679
Tlak větru na nezatížený most			
Šířka mostu	b	m	6,1
Výška vystavená tlaku větru	d_{tot}	m	2,12
Referenční výška	z_e	m	6,5
Součinitel zatížení větrem	C	-	4,594
Síly na konstrukci ve směru x	f_w	kN/m	4,604
Tlak větru na zatížený most			
Šířka mostu	b	m	6,1
Výška vystavená tlaku větru	d_{tot}	m	3,64
Referenční výška	z_e	m	6,5
Součinitel zatížení větrem	C	-	5,659
Síly na konstrukci ve směru x	f_w	kN/m	9,735

Tab. 7 – Výpočet sil od větru ve směru x

Zatížení větrem ve směru y			
Veličina	Označení	Jednotky	Hodnota
Délka mosné konstrukce	L	m	54,0
Síla ve směru x - nezatížený most	$F_{w,x}$	kN	248,59
Síla ve směru x - zatížený most	$F_{w,x}$	kN	525,71
Síly od větru ve směru y – 25 % sil ve směru x			
Síla - nezatížený most	$F_{w,y}$	kN	62,15
Síla - zatížený most	$F_{w,y}$	kN	131,43

Tab. 8 – Výpočet sil od větru ve směru y

Síly ve směru z se uvažují jako kroutící síly od účinků zatížení ve směru y na zatížený most. Zatížení se uvažuje jako dvojice sil od působícího větru ve směru y na excentricitě.

2.5.2.4 Staveništní zatížení

Staveništní zatížení se uvažuje během výstavby hodnotou $0,5 \text{ kN/m}^2$

2.5.3 Kombinace

Kombinace zatížení se uvažují podle ČSN EN 1990.

2.5.3.1 Součinitele zatížení

Součinitele spolehlivosti zatížení

Zatížení	Označení	Součinitel
Stálé - nepříznivé	γ_{Gsup}	1,35
Stálé - příznivé	γ_{Ginf}	1,00
Poklesy podpor	γ_{Gset}	1,20
Předpětí	γ_P	1,00
Silniční doprava - nepříznivé	γ_Q	1,35
Silniční doprava - příznivé	γ_Q	0,00
Ostatní proměnná - nepříznivá	γ_Q	1,50
Ostatní proměnná - příznivá	γ_Q	0,00

Tab. 9 – Součinitele spolehlivosti zatížení

Součinitele kombinace pro silniční mosty

Tabulka A2.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro mosty pozemních komunikací

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Zatížení dopravou (viz EN 1991-2, Tabulka 4.4)	gr1a (LM1+ zatížení chodci nebo cyklisty) ¹⁾	TS (dvojnápravy)	0,75	0,75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0,40	0,40	0
		Zatížení chodci + zatížení cyklisty ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0,75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0,40	0
	gr4 (LM4 (zatížení davem lidí))		0	–	0
	gr5 (LM3 (zvláštní vozidla))		0	–	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$				
	– Trvalé návrhové situace	0,6	0,2	0	
	– Provádění	0,8	–	0	
	F_w^*	1,0	–	–	
Zatížení teplotou	T_k	0,6 ³⁾	0,6	0,5	
Zatížení sněhem	$Q_{sn,k}$ (během provádění)	0,8	–	–	
Staveništní zatížení	Q_c	1,0	–	1,0	

¹⁾ Doporučené hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům α_{Q_i} , α_{Q_j} , α_{Q_r} a β_Q rovným 1. Ty, které se vztahují k UDL (rovnoměrné zatížení), odpovídají běžným scénářům dopravy, ve kterých se může zřídka vyskytnout kumulace nákladních vozidel. Jiné hodnoty lze předpokládat pro jiné třídy komunikací nebo očekávanou dopravu, které se vztahují k výběru odpovídajících součinitelů α . Např. hodnota ψ_2 jiná než nula se může předpokládat pouze pro rovnoměrné zatížení (UDL) modelu zatížení 1 (LM1) pro mosty převádějící silnou nepřetržitou dopravu. Viz také EN 1998.

²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů, zmíněná v tabulce 4.4 EN 1991-2, je redukována hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě.

³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.

Obr. 9 - Součinitele kombinace

Součinitel $\xi = 0,85$

2.5.3.2 Kombinace pro MSP

V mezním stavu použitelnosti se pro výpočet použijí tyto kombinace:

Charakteristická kombinace

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

Častá kombinace

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

Kvazistálá kombinace

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

2.5.3.3 Kombinace pro MSÚ – kombinace pro trvalé a dočasné situace

V mezním stavu únosnosti se pro výpočet použijí tyto kombinace:

Výraz 6.10

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + "\gamma_P P" + "\gamma_{Q,1} Q_{k,1}" + " \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Výraz 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + "\gamma_P P" + "\gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1}" + " \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Výraz 6.10b

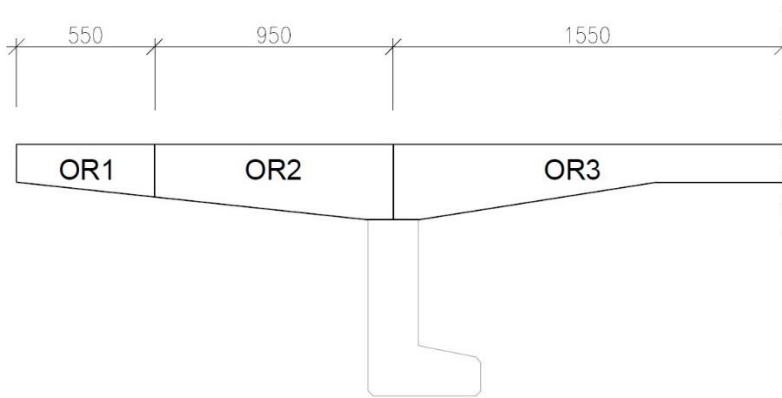
$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + "\gamma_P P" + "\gamma_{Q,1} Q_{k,1}" + " \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

3 Výpočtový model

3.1 Všeobecně

3.1.1 Popis modelu

Model mostu je vytvořen v programu Scia Engineer 16.1, v 3D obecném prostoru. Model respektuje zakřivenou niveletu konstrukce a je rozdělen na řezy po 2 m s výjimkou oblasti napojení vnitřní vzpěry na nosnou konstrukci, kde jsou řezy ve vzdálenosti 0,5 m. Model je vytvořen jako 3D prutový s ortotropní mostovkou. Mostovka je příčně rozdělena na 6 desek s uzly na kraji nosné konstrukce, pod vnitřní hranou říms, v ose trámů a v ose konstrukce. Rozdělení na desky je zobrazeno na obrázku. Pro každou desku je uvažována průměrná výška.



Obr. 10 - Rozdělení mostovky na desky

Pro všechny desky jsou vypočteny prvky matice tuhosti podle [2]:

1. Ohybová tuhost EI:

$$D_{11} = \frac{E \cdot h_1^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} = I_x \cdot E = cca 2$$

$$D_{22} = \frac{E \cdot h_2^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} = I_y \cdot E$$

$$D_{12} = \nu \cdot \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}} = cca 0$$

$$D_{33} = \frac{1 - \nu}{2} \cdot \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}}$$

$$D_{44} = G \cdot h_1 = cca 2$$

$$D_{55} = G \cdot h_2$$

2. Normálová tuhost EA

$$d_{11} = \frac{E \cdot h_1}{1 - \nu^2} = A_x \cdot E = \text{cca } 2$$

$$d_{22} = \frac{E \cdot h_2}{1 - \nu^2} = A_y \cdot E$$

$$d_{12} = \nu \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$$

$$d_{33} = \frac{1 - \nu}{2} \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$$

kde h_1 je výška průřezu ve směru osy x

a h_2 je výška průřezu ve směru osy y

Výsledné tuhosti jsou shrnuty v tabulkách:

	h_1	h_2	D_{11}	D_{22}	D_{12}	D_{33}	D_{44}	D_{55}
	mm	mm	MNm	MNm	MNm	MNm	MN/m	MN/m
OR1	0	180	2	25,313	0	2,846	2	3750,00
OR2	0	260	2	76,285	0	4,941	2	5416,70
OR3	0	206	2	37,942	0	3,484	2	4291,70

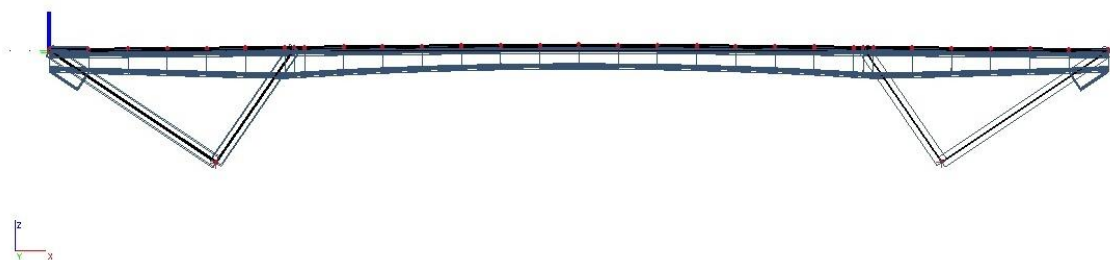
Tab. 10 – Tabulka ohybových tuhostí

	h_1	h_2	d_{11}	d_{22}	d_{12}	d_{33}
	mm	mm	MN/m	MN/m	MN/m	MN/m
OR1	0	180	2	9375	0	54,772
OR2	0	260	2	13542	0	65,828
OR3	0	206	2	10729	0	58,595

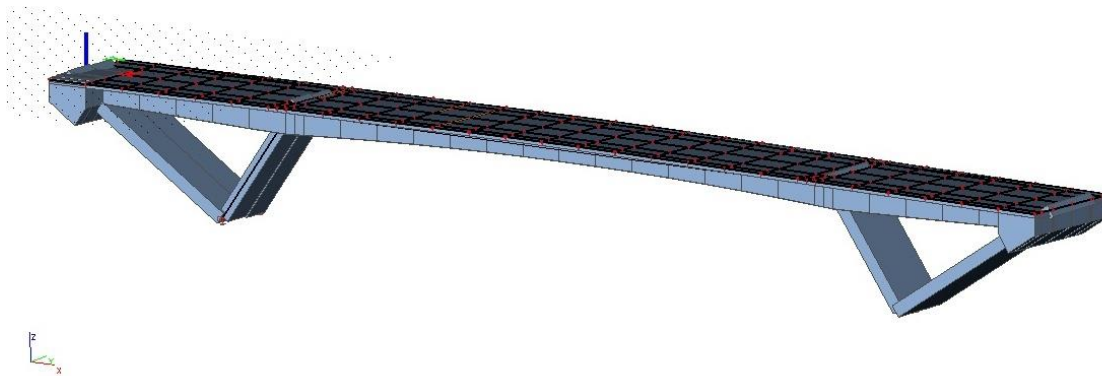
Tab. 11 – Tabulka normálových tuhostí

Podélné pruty jsou zadány v ose trámů jako prvky s proměnným průřezem, proměnnost průřezu je lineární, zadaná pomocí funkce Scia Engineer proměnný průřez. V oblastech nad vzpěrami jsou modelovány příčníky jako prutové prvky spojující podélné trámy. Vzpěry jsou modelovány se skutečnými příčnými řezy, pouze jsou rozděleny na půl a každá polovina podporuje jeden podélný trám

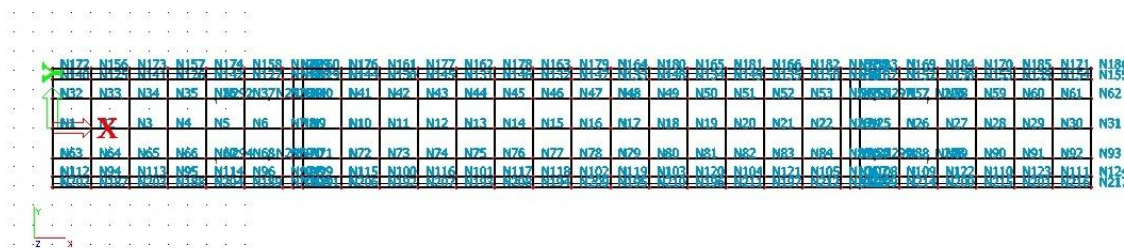
3.1.2 Znázornění modelu



Obr. 11 – Pohled ve směru osy y na drátový model konstrukce



Obr. 12 - Pohled na model s rendrovanými povrchy



Obr. 13 - Půdorys drátového modelu s označením jednotlivých uzlů

3.2 Zatížení

Zatížení vlastní tíhou je na konstrukci naneseno jako plošné zatížení na desku a liniové zatížení na nosník. Stejně i zatížení příčnický je naneseno jako liniové zatížení. Ostatní stálé zatížení je naneseno v místě skutečného působení. Zatížení od vozovky je plošné mezi vnitřními hranami říms. Zatížení od říms je rozděleno na plošné v místě, kde leží římsa na konstrukci a liniové na hranu konstrukce od vnější části římsy. Zábradelní svodidlo je naneseno také jako liniové zatížení.

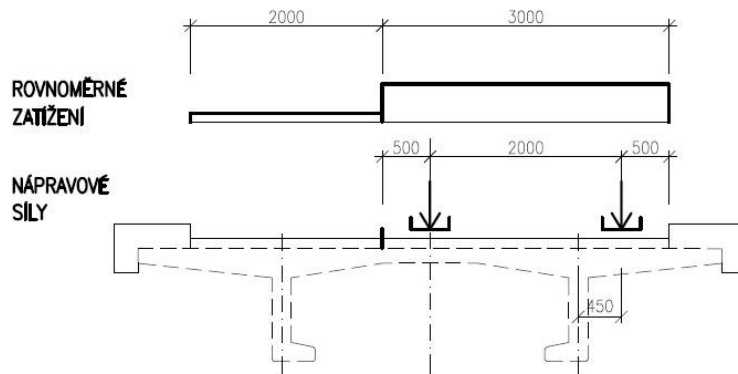
Uvažují se 4 druhy zatížení od teploty – rovnoměrná složka, lineární složka ve svislém a vodorovném směru a rozdílové zatížení rovnoměrnou složkou. Rovnoměrná složka zatížení je na konstrukci zadána jako oteplení a ochlazení celé konstrukce. Svislá lineární složka je zadávána zvlášť na nosnou konstrukci a zvlášť na jednotlivé vzpěry, stejně tak rozdíly v rovnoměrné složce teploty jsou zadávány jako změna teploty jednotlivých prvků konstrukce. Vodorovná lineární složka je zadána jako rozdílné oteplení podélných prutů.

Zatížení větrem je zadáváno ve třech různých směrech. Ve směru y, tedy kolmo na podélnou osu mostu, ve směru x, tedy ve směru osy mostu a ve směru z, tedy ve svislém směru.

Pohyblivé zatížení je na konstrukci naneseno s ohledem na průběhy příčinkových čar pro jednotlivé řezy. Příčinkové čáry jsou zobrazeny v příloze A2 Příčinkové čáry.

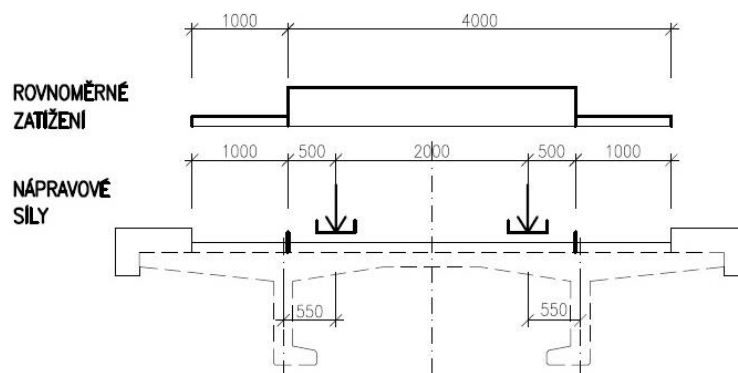
V příčném směru je pohyblivé zatížení umístěno ve více polohách pro využití při posouzení desky v příčném směru. Zatížení je na konstrukci umístěno takto:

LM1 – poloha 1



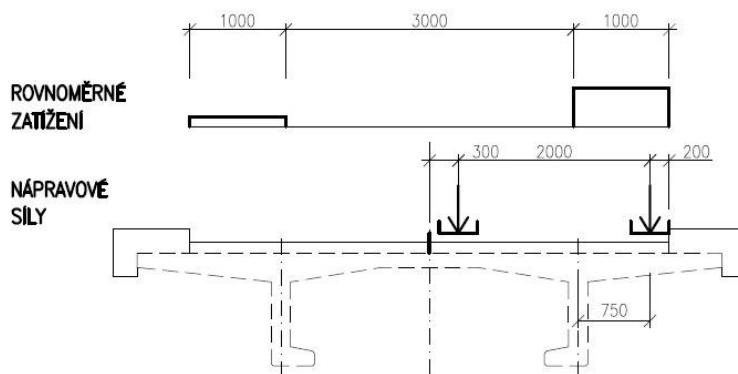
Obr. 14 - LM1 - Poloha 1

LM1 – poloha 2

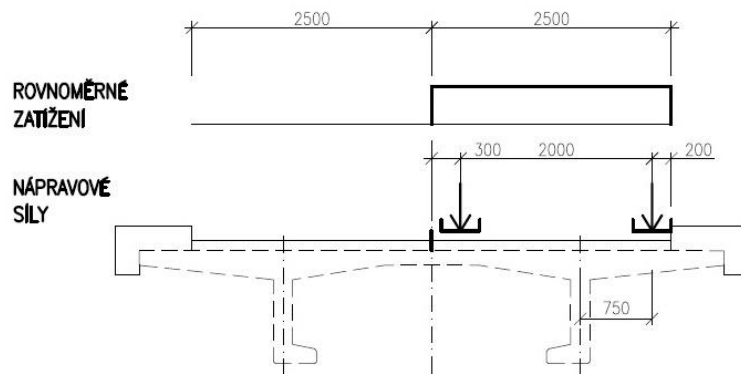


Obr. 15 - LM1 - poloha 2

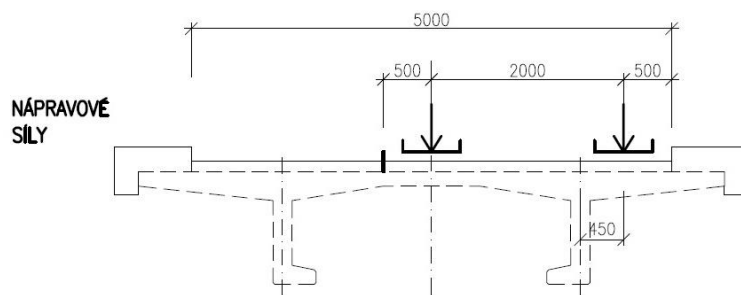
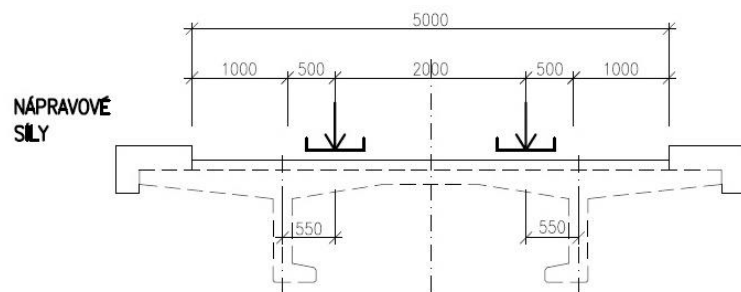
LM1 – poloha 3



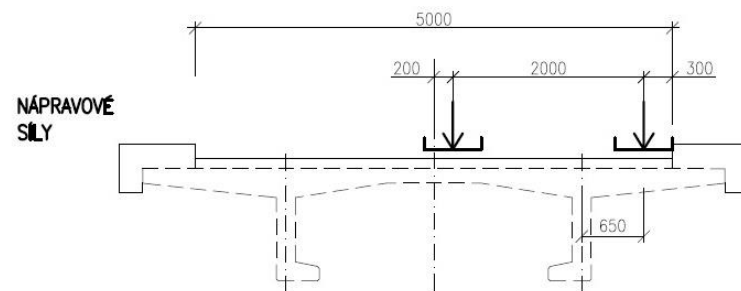
Obr. 16 - LM1 - poloha 3

LM1 – poloha 4

Obr. 17 - LM1 - poloha 4

LM2 – poloha 1**LM2 – poloha 2**

Obr. 18 - LM2 - poloha 2

LM2 – poloha 3

Obr. 19 - LM2 - poloha 3

4 Nosná konstrukce - podélný směr

4.1 Všeobecně

V této části bude řešen návrh nosné konstrukce v podélném směru. Grafy zobrazující průběhy vnitřních sil jsou v příloze A3 Průběhy vnitřních sil.

4.2 Vnitřní síly od zatížení

4.2.1 Vlastní tíha

S ohledem na jednotlivé fáze výstavby se účinky zatížení od vlastní tíhy mění, proto je toto zatížení řešeno zvlášť bez účinků dalších stálých zatížení, které působí až na finální konstrukci.

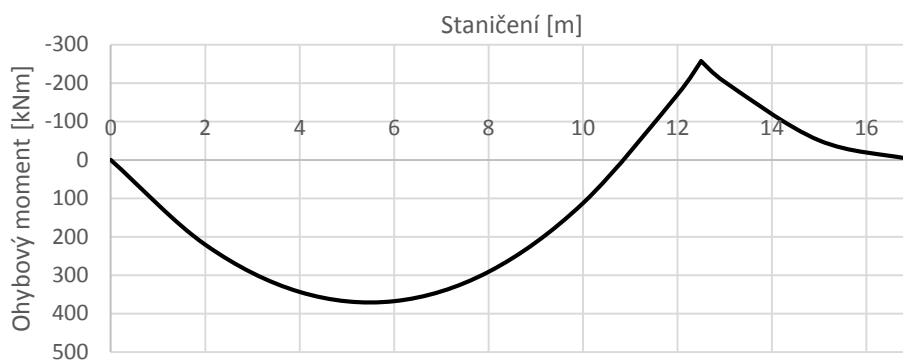
4.2.1.1 Zatížení na prefabrikáty

Ve stádiu před osazením prefabrikátů na spodní stavbu působí tyto konstrukce jako prostý nosník (střední prefabrikát) resp. jako nosník s převislým koncem (krajní prefabrikát). Hodnoty ohybových momentů v jednotlivých řezech jsou shrnuty v tabulce, průběhy jsou zobrazeny na grafu.

Řez	Staničení	My
	m	kNm
1	0,0	0,00
2	2,0	220,94
3	4,0	343,99
4	6,0	368,13
5	8,0	291,69
6	10,0	112,96
7	12,0	-169,64
8	12,5	-257,19
9	13,0	-202,90
10	15,0	-50,43
11	17,0	0,00

Tab. 12 – Hodnoty ohybových momentů od vlastní tíhy na krajním prefabrikátu

Krajní prefabrikát - My



Obr. 20 - Průběh ohybových momentů na krajním prefabrikátu

Řez	Staničení	My
	m	kNm
11	17,0	0,00
12	19,0	441,73
13	21,0	783,53
14	23,0	1027,13
15	25,0	1172,89
16	27,0	1221,5
15	29,0	1172,94
14	31,0	1027,13
13	33,0	783,53
12	35,0	441,73
11	37,0	0,00

Tab. 13 – Hodnoty ohybových momentů od vlastní tíhy na středním prefabrikátu



Obr. 21 - Průběh ohybových momentů na středním prefabrikátu

4.2.1.2 Zatížení na celou konstrukci

Při změně statického systému se začnou účinky zatížení na konstrukci měnit. Účinky zatížení před zmonolitněním směřují ke stavu, který odpovídá výslednému statickému schématu, který by ale nastal pouze tehdy, když by byla konstrukce betonována vcelku na pevné skruži. V případě změny statického systému se účinky k této hodnotě blíží, ale nikdy jí zcela nedosáhnou. [2] Tato redistribuce sil v čase je pro návrh zohledněna pomocí zjednodušené metody součinitele stárnutí podle [11].

Průběh vnitřních sil v čase lze touto metodou stanovit jako:

$$S_{\infty} = S_0 + (S_1 - S_0) \cdot \frac{E_c(t_1)}{E_c(t_0)} \cdot \left[\frac{\varphi(\infty, t_0) - \varphi(t_1, t_0)}{1 + \chi \cdot \varphi(\infty, t_1)} \right]$$

Kde S_0 představuje vnitřní síly ihned po ukončení výstavby

S_1 představuje vnitřní síly na definitivní statické soustavě

t_0 je stáří betonu při vyvození konstantního stálého zatížení

t_1 je stáří betonu, kdy dochází ke změně statického systému

Součinitel dotvarování $\varphi(t_i)$ je pro dané časové body pro UHPFRC určen dle [11] jako základní součinitel dotvarování $\varphi_b(t, t_0)$, který se vypočte podle vztahu:

$$\varphi_b(t, t_0) = \varphi_{b0} \cdot \frac{\sqrt{t - t_0}}{[\sqrt{t - t_0} + \beta_{bc}]}$$

$$\text{kde } \varphi_{b0} = \frac{3,6}{f_{cm}(t_0)^{0,37}}$$

$$\text{a } \beta_{bc} = 0,37 \cdot \exp\left(2,8 \cdot \frac{f_{cm}(t_0)}{f_{ck}}\right)$$

Součinitel dotvarování podle těchto vztahů pro $t_0 = 7$ dní, $t_1 = 35$ dní pak vychází takto:

$$\varphi(\infty, t_0) = 0,553619$$

$$\varphi(\infty, t_1) = 0,502950$$

$$\varphi(t_1, t_0) = 0,297570$$

Modul pružnosti je uvažován jako:

$$E_c(t_1) \approx E_c(28) = 1,05 \cdot E_{cm} = 52\,500 \text{ MPa}$$

$$E_c(t_0) = (f_{cm}(t_0)/f_{cm})^{0,3} \cdot E_c = 49\,443 \text{ MPa}$$

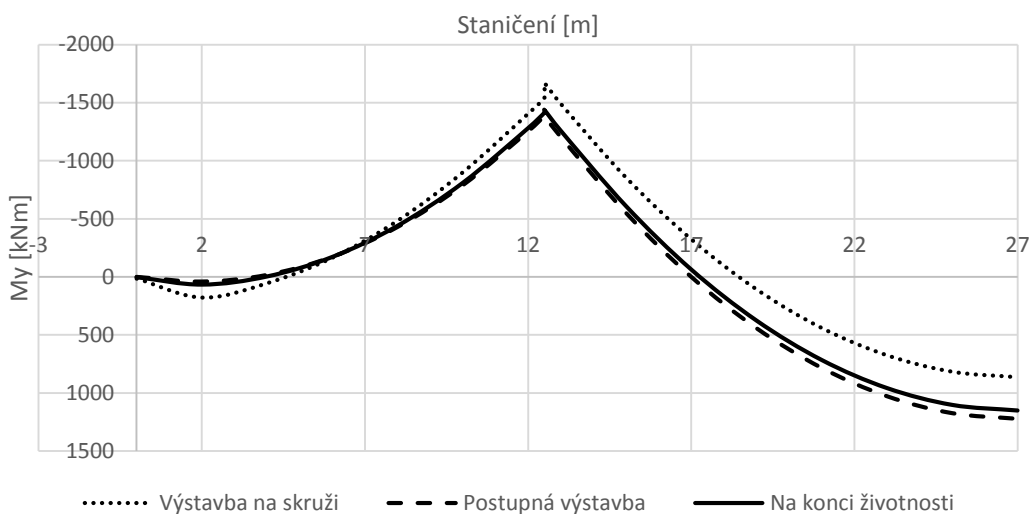
Hodnoty výsledných ohybových momentů jsou uvedeny v tabulce:

Řez	Staničení	My při výstavbě vcelku	My při postupné výstavbě	My na konci životnosti
	m	kNm	kNm	KNm
1	0,0	16	0,13	3,21
2	2,0	179,29	40,35	67,29
3	4,0	55,69	-16,94	-2,86
4	6,0	-163,96	-173,13	-171,35
5	8,0	-482,57	-429,9	-440,11
6	10,0	-899,88	-788,97	-810,47
7	12,0	-1404,72	-1251,9	-1281,53
8L	12,5	-1542,5	-1383,99	-1414,72
8P	12,5	-1666	-1383,2	-1438,03
9	13,0	-1490,53	-1203,71	-1259,32
10	15,0	-854,67	-550,42	-609,41
11	17,0	-323,28	0	-62,68
12	19,0	108,28	441,73	377,08
13	21,0	441,34	783,53	717,19
14	23,0	676,36	1027,13	959,12
15	25,0	818,08	1172,89	1104,10
16	27,0	865,35	1221,5	1152,45

Tab. 14 – Ohybové momenty od zatížení vlastní tíhou

Na následujícím grafu jsou znázorněny průběhy ohybových momentů na polovině mostu od postupné výstavby, při uvažování betonáže vcelku a předpokládaný výsledný průběh na konci životnosti.

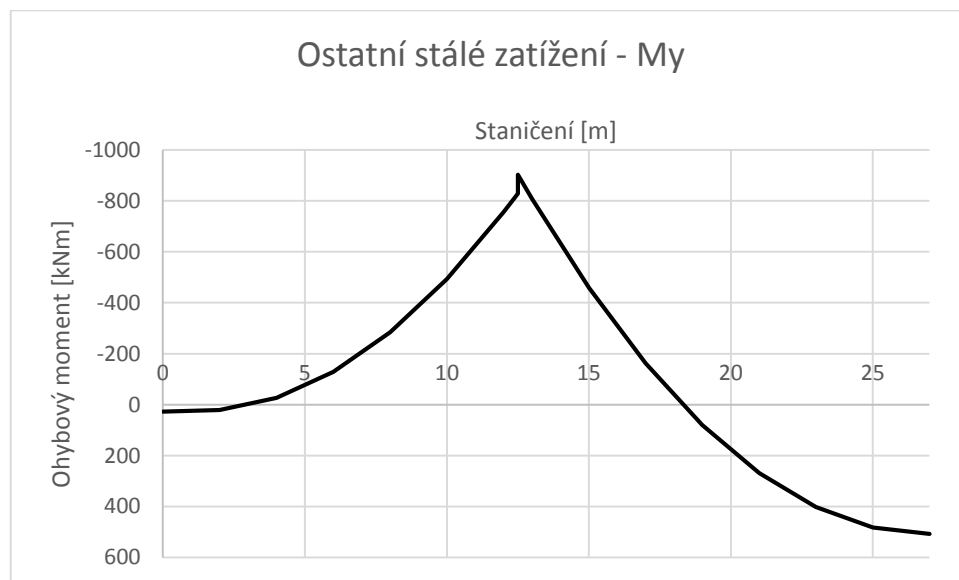
Vlastní tíha - fáze



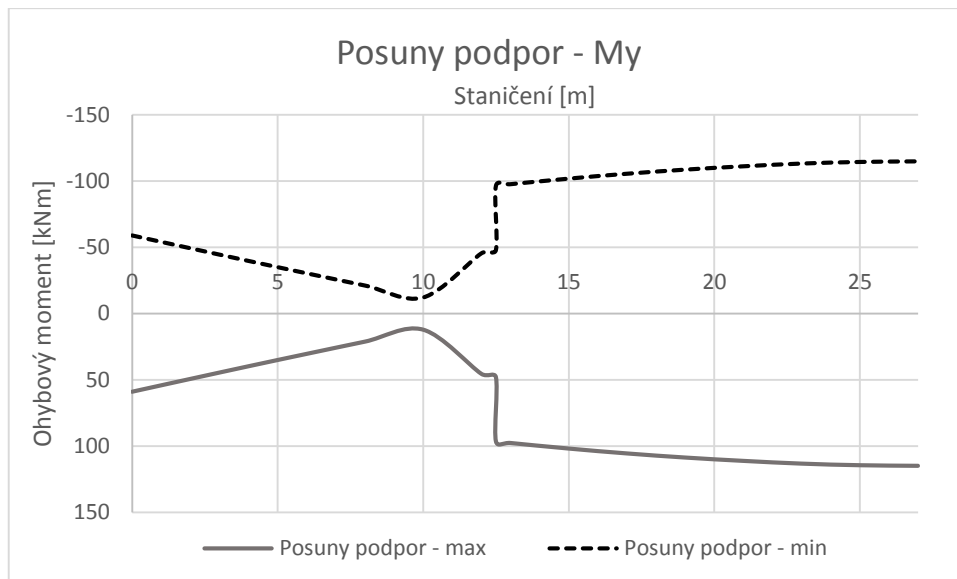
Obr. 22 - Momenty od zatížení vlastní tíhou konstrukce

4.2.2 Stálá zatížení bez vlastní tíhy

Jak už bylo zmíněno, zatížení od vlastní tíhy je řešeno v samostatném bodě. Ostatní stálé zatížení a zatížení od poklesů podpor působí na finální konstrukci, výsledné vnitřní síly (momenty a k nim příslušné normálové síly) jsou shrnuty v následujících grafech a tabulkách:



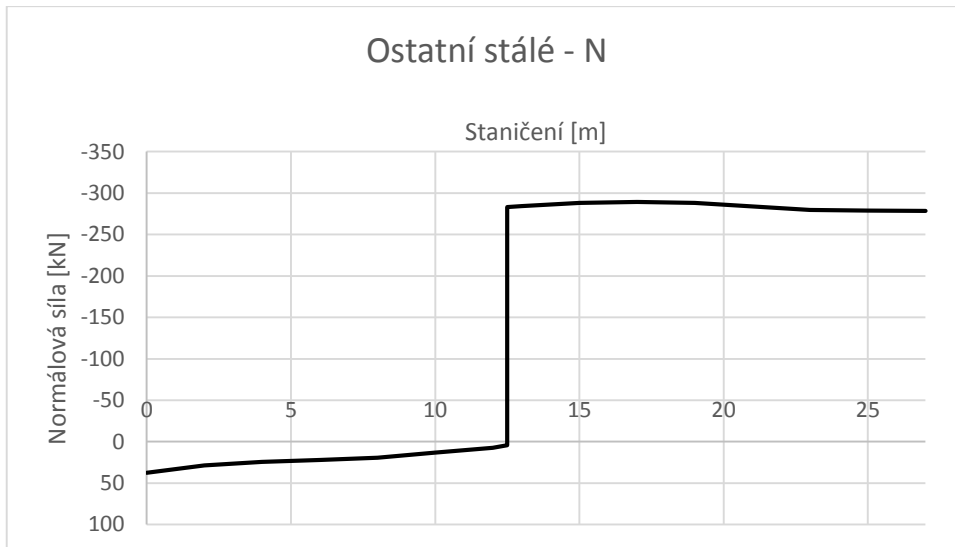
Obr. 23 - Průběh ohybových momentů od zatížení ostatním stálým zatížením



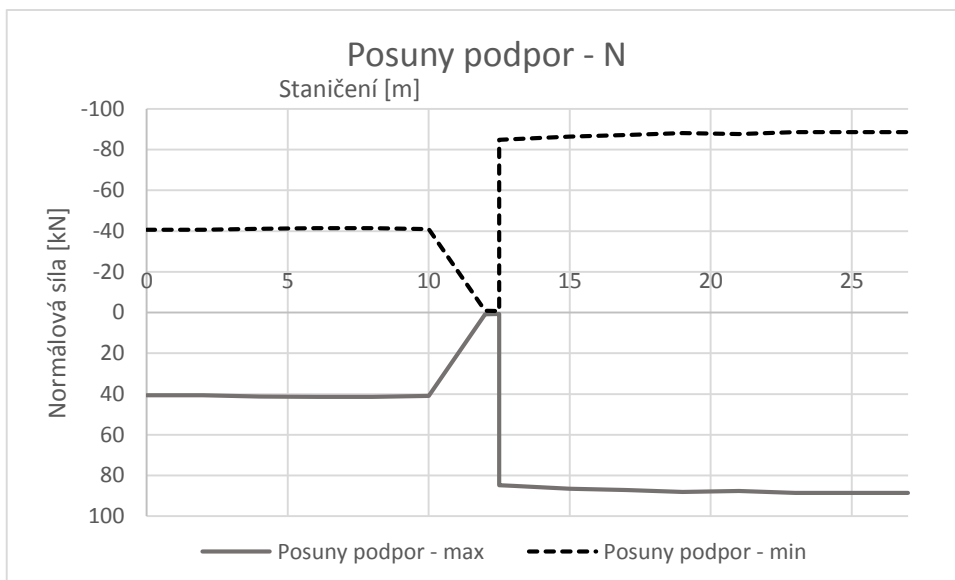
Obr. 24 - Průběh ohybových momentů od zatížení posunem podpor

Ohybové momenty – ostatní stálé zatížení				
Řez	Staničení	Ostatní stálé zatížení	Posuny podpor	
		My	My - max	My - min
	m	kNm	kNm	kNm
1	0,0	27,53	59,02	-59,02
2	2,0	21,5	49,35	-49,35
3	4,0	-26,87	39,79	-39,79
4	6,0	-128,55	30,43	-30,43
5	8,0	-284,11	21,21	-21,21
6	10,0	-493,21	12,18	-12,18
7	12,0	-756,25	45,51	-45,51
8	12,5	-829,33	48,07	-48,07
8	12,5	-903,28	96,46	-96,46
9	13,0	-808,6	97,71	-97,71
10	15,0	-458,6	101,92	-101,92
11	17,0	-162,06	105,61	-105,61
12	19,0	80,66	108,7	-108,7
13	21,0	269,05	111,22	-111,22
14	23,0	402,17	113,29	-113,29
15	25,0	482,39	114,51	-114,51
16	27,0	508,38	114,95	-114,95

Tab. 15 – Momenty od zatížení stálým zatížením bez vlastní tíhy



Obr. 25 - Průběh normálových sil od ostatního stálého zatížení



Obr. 26 - Průběh normálových sil od posunu podpor

Normálové síly – ostatní stálé zatížení				
Řez	Staničení	Ostatní stálé zatížení	Posuny podpor	
		N	N - max	N - min
	m	kNm	kNm	kNm
0	0,0	37,69	40,64	-40,64
2	2,0	28,77	40,64	-40,64
4	4,0	24,37	41,18	-41,18
6	6,0	22,1	41,41	-41,41
8	8,0	19,3	41,39	-41,39
10	10,0	13,24	40,94	-40,94
12	12,0	7,31	0,81	-0,81
12,5	12,5	4,23	0,72	-0,72
12,5	12,5	-283,16	84,76	-84,76
13	13,0	-284,35	85,14	-85,14
15	15,0	-288,1	86,44	-86,44
17	17,0	-289,41	87,18	-87,18
19	19,0	-288,05	88,06	-88,06
21	21,0	-283,86	87,61	-87,61
23	23,0	-279,53	88,49	-88,49
25	25,0	-278,86	88,55	-88,55
27	27,0	-278,55	88,59	-88,59

Tab. 16 – Normálové síly od zatížení stálým zatížením bez vlastní tíhy

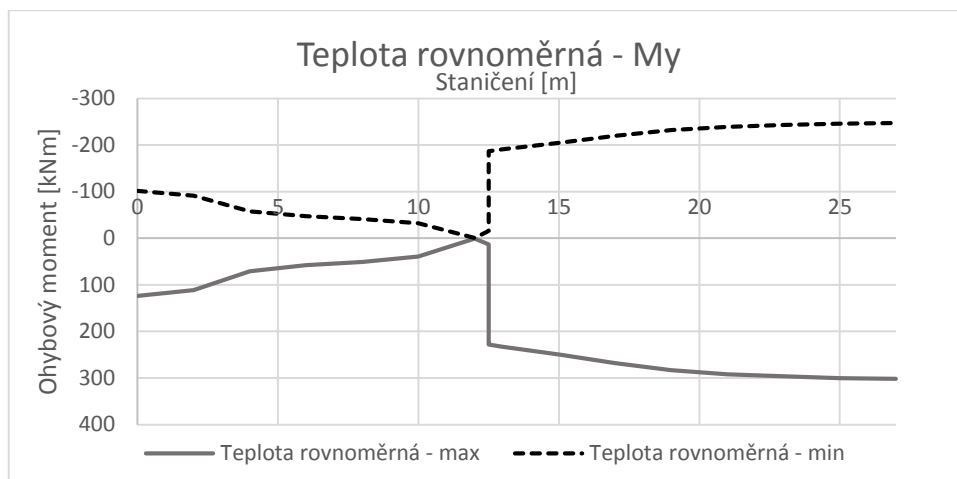
4.2.3 Teplota

Průběhy vnitřních sil od teploty byly vyhodnoceny pro jednotlivé typy zatížení a následně stanoveny výsledné vnitřní síly, které se získali jako současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty s redukcí pomocí součinitelů ω_N a ω_M jako nepříznivějších z hodnot kombinací:

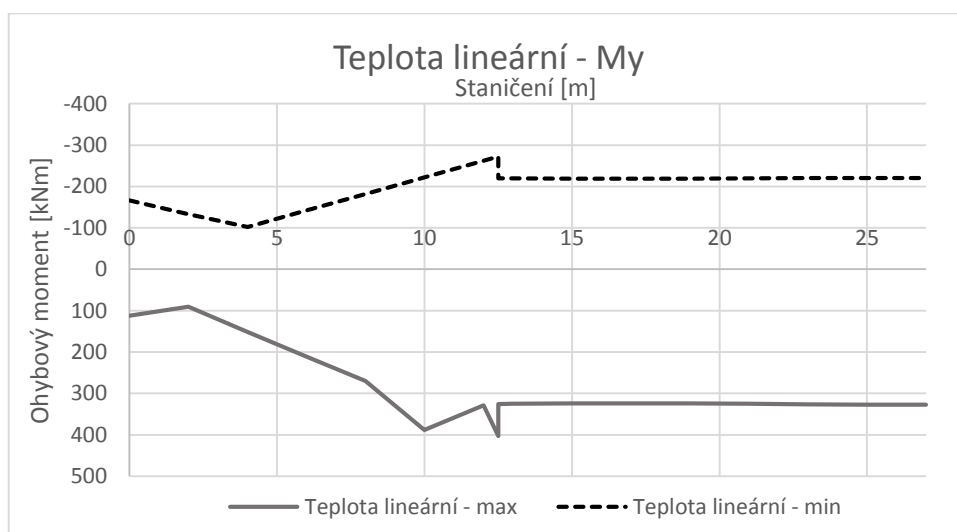
$$\Delta T_{M,heat}(\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \cdot \Delta T_{N,exp}(\text{nebo } \Delta T_{N,con})$$

$$\omega_M \cdot \Delta T_{M,heat}(\text{nebo } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp}(\text{nebo } \Delta T_{N,con})$$

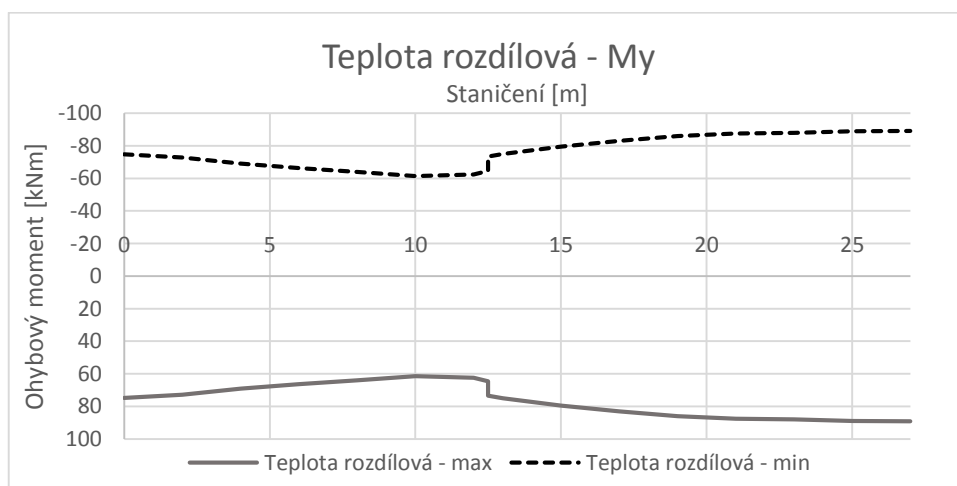
Výsledky jsou zobrazeny na grafech a v tabulkách:



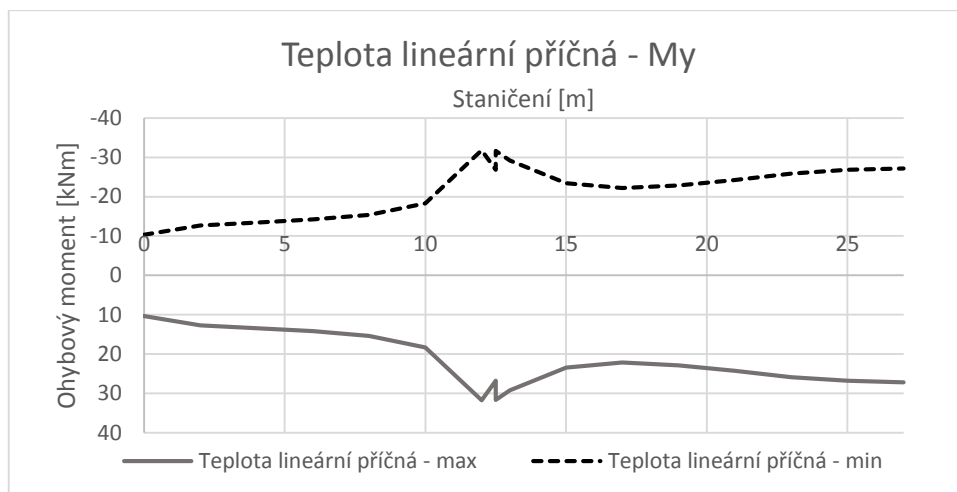
Obr. 27 - Průběh ohybových momentů od zatížení rovnoměrnou teplotou



Obr. 28 - Průběh ohybových momentů od zatížení lineární teplotou



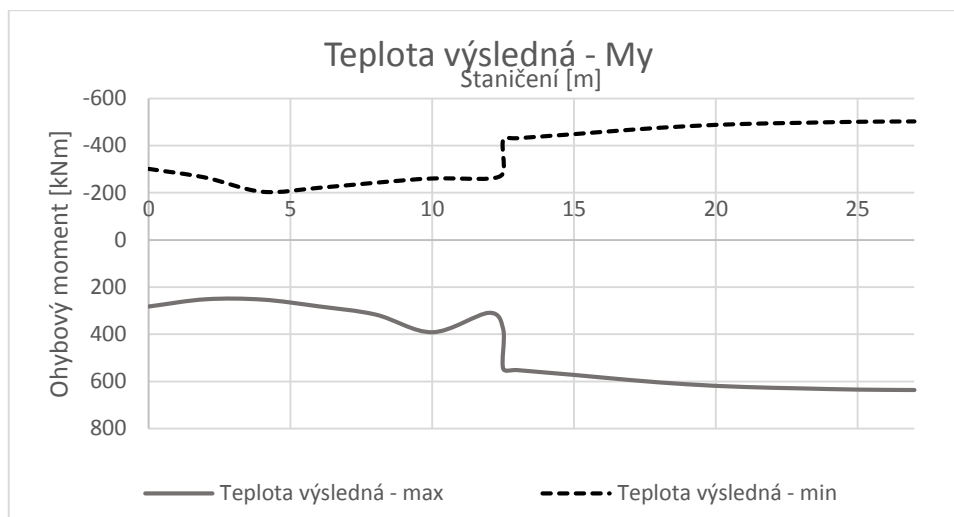
Obr. 29 - Průběh ohybových momentů od zatížení rozdílovou teplotou



Obr. 30 - Průběh ohybových momentů od zatížení příčnou teplotou

Ohybové momenty – zatížení teplotou								
Řez	rovnoměrná		lineární		rozdílová		příčná	
	max	min	max	min	max	min	max	min
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
1	123,72	-101,38	112,07	-166	74,88	-74,88	10,3	-10,3
2	111,35	-91,25	90,65	-133,01	72,81	-72,81	12,66	-12,66
3	70,72	-57,95	151,48	-102,27	69,02	-69,02	13,44	-13,44
4	57,71	-47,29	210,8	-142,32	66,41	-66,41	14,19	-14,19
5	50,55	-41,42	269,7	-182,08	64,03	-64,03	15,37	-15,37
6	39,35	-32,25	388,09	-221,89	61,37	-61,37	18,3	-18,3
7	0,61	-0,74	328,67	-262	62,32	-62,32	31,77	-31,77
8L	12,75	-15,56	403,35	-272,3	64,58	-64,58	26,81	-26,81
8P	228,15	-186,96	325,63	-219,83	73,43	-73,43	31,63	-31,63
9	233,29	-191,17	325,09	-219,47	75,08	-75,08	29,19	-29,19
10	249,71	-204,62	324,39	-219	79,49	-79,49	23,41	-23,41
11	268,13	-219,72	324,27	-218,92	83,05	-83,05	22,16	-22,16
12	283,01	-231,91	324,4	-219,01	85,93	-85,93	22,87	-22,87
13	292,13	-239,39	325,22	-219,56	87,54	-87,54	24,23	-24,23
14	296,55	-243,01	326,6	-220,49	88,02	-88,02	25,88	-25,88
15	300,59	-246,32	326,9	-220,69	88,91	-88,91	26,81	-26,81
16	301,97	-247,45	327,02	-220,77	89,22	-89,22	27,2	-27,2

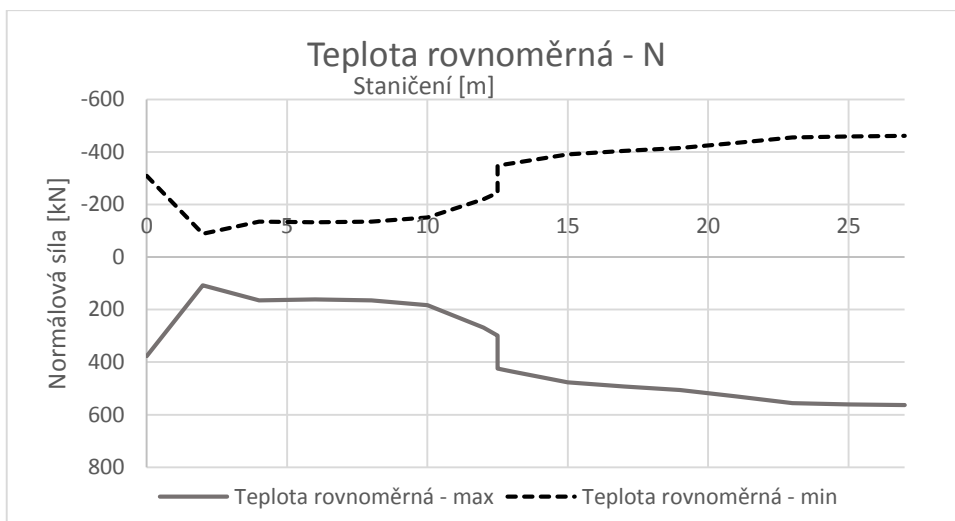
Tab. 17 – Ohybové momenty od teploty



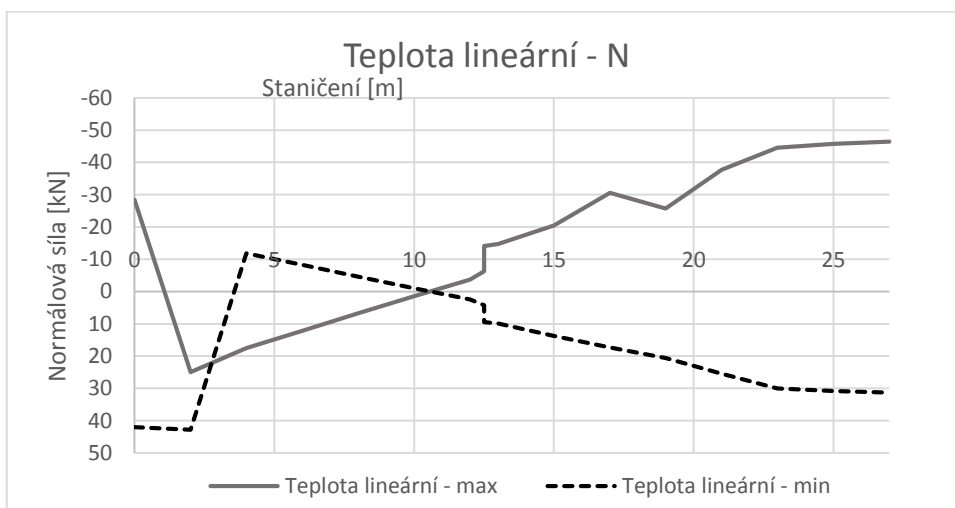
Obr. 31 - Průběh ohybových momentů od zatížení výslednou teplotou

Výsledné ohybové momenty - zatížení teplotou						
Řez	Kombinace s ω_N		Kombinace s ω_M		Výsledná kombinace	
	max	min	max	min	max	min
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
1	181,58	-227,691	282,6525	-300,76	282,6525	-300,76
2	155,106	-190,431	252,1475	-263,818	252,1475	-263,818
3	200,389	-146,71	253,35	-203,673	253,35	-203,673
4	254,242	-182,115	282,22	-220,44	282,22	-220,44
5	309,803	-218,988	316,855	-242,01	316,855	-242,01
6	423,342	-254,657	391,7875	-260,038	391,7875	-260,038
7	350,6955	-284,071	309,4325	-259,56	309,4325	-259,56
8L	430,4155	-300,349	379,8425	-284,365	379,8425	-284,365
8P	431,183	-310,967	545,8025	-425,263	545,8025	-425,263
9	433,0195	-312,658	552,1875	-430,853	552,1875	-430,853
10	439,61	-318,439	572,4925	-448,36	572,4925	-448,36
11	447,183	-324,89	594,3825	-466,96	594,3825	-466,96
12	453,529	-330,254	612,24	-482,098	612,24	-482,098
13	458,1045	-333,986	623,585	-491,6	623,585	-491,6
14	461,1995	-336,351	629,52	-496,398	629,52	-496,398
15	463,225	-338,021	634,675	-500,748	634,675	-500,748
16	463,9365	-338,605	636,455	-502,248	636,455	-502,248

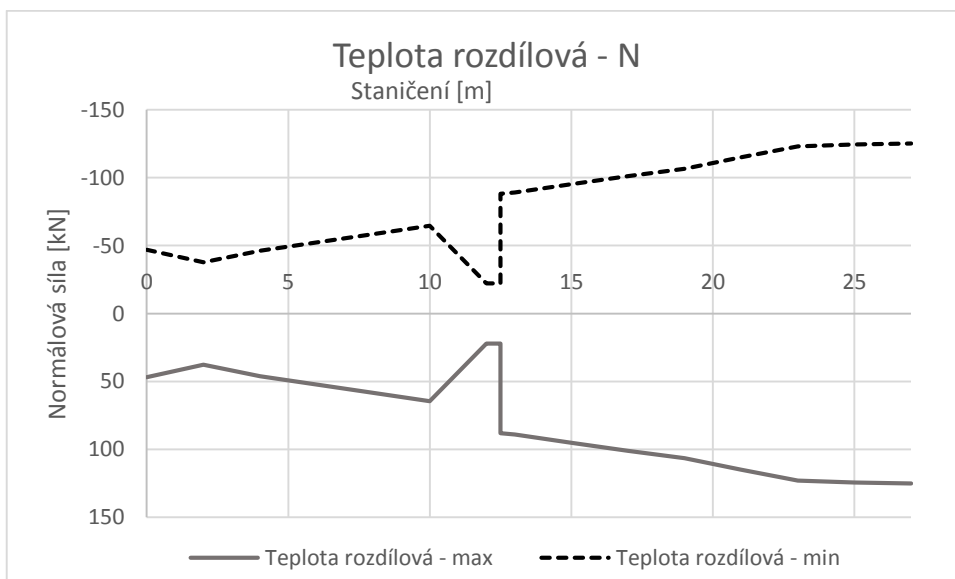
Tab. 18 – Výsledné ohybové momenty od teploty



Obr. 32 - Průběh normálových sil od zatížení rovnoměrnou teplotou



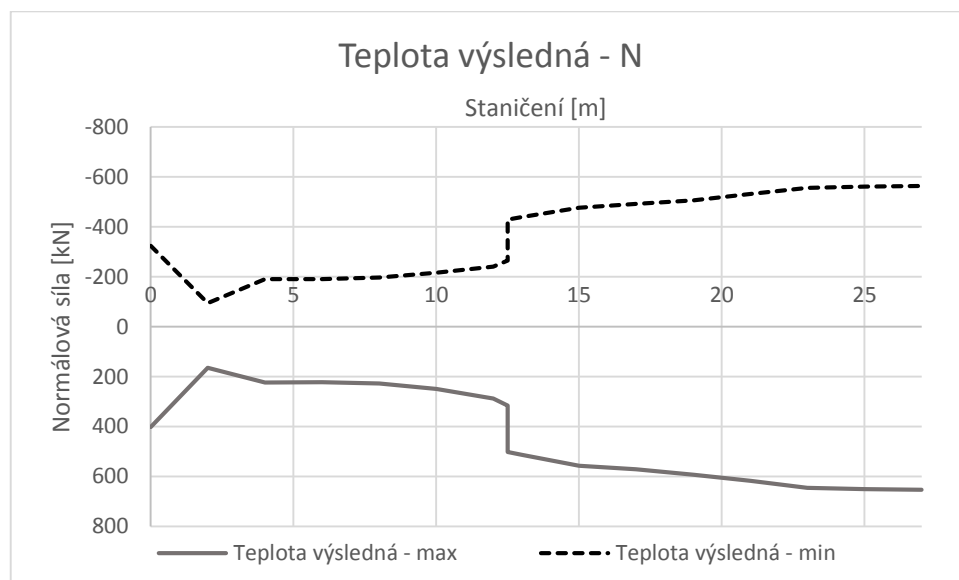
Obr. 33 - Průběh normálových sil od zatížení lineární teplotou



Obr. 34 - Průběh normálových sil od zatížení rozdílovou teplotou

Normálové síly - zatížení teplotou						
Řez	rovnoměrná		lineární		rozdílová	
	max	min	max	min	max	min
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	376,63	-308,63	-28,41	42,08	46,86	-46,86
2	107,99	-88,49	25,02	42,82	37,71	-37,71
3	164,31	-134,64	17,55	-11,85	46,21	-46,21
4	161,35	-132,22	12,17	-8,22	52,36	-52,36
5	164,57	-134,85	6,76	-4,57	58,41	-58,41
6	183,57	-150,42	1,45	-0,98	64,56	-64,56
7	268,22	-219,79	-3,65	2,46	22,12	-22,12
8L	299,14	-245,13	-6,3	4,25	22,2	-22,2
8P	424,42	-347,79	-14,09	9,51	88,27	-88,27
9	435,92	-357,22	-14,73	9,94	89,08	-89,08
10	477,07	-390,94	-20,44	13,8	95,33	-95,33
11	492,68	-403,72	-30,55	17,36	101,14	-101,14
12	506,28	-414,87	-25,71	20,63	106,61	-106,61
13	530,87	-435,02	-37,75	25,49	115	-115
14	555,95	-455,57	-44,52	30,06	123,06	-123,06
15	560,48	-459,28	-45,73	30,87	124,47	-124,47
16	563,2	-461,51	-46,44	31,35	125,29	-125,29

Tab. 19 – Normálové síly od teploty

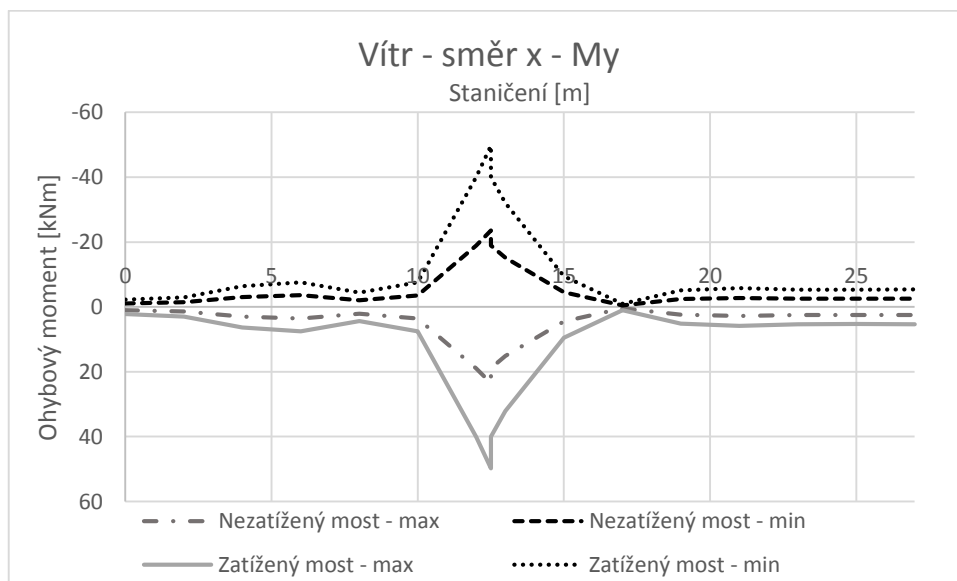


Obr. 35 - Průběh normálových sil od zatížení výslednou teplotou

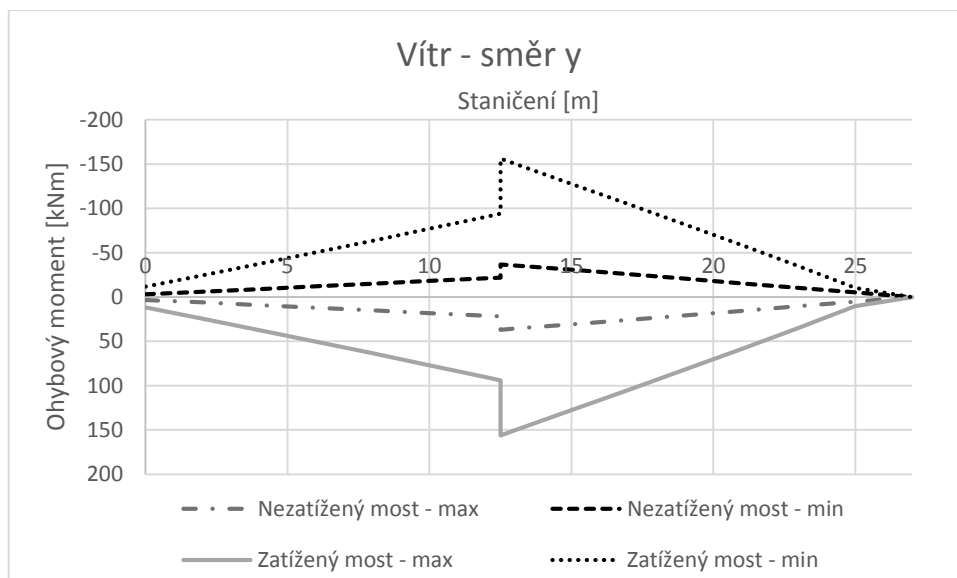
Výsledné normálové síly - zatížení teplotou						
Řez	Kombinace s ω_N		Kombinace s ω_M		Výsledná kombinace	
	max	min	max	min	max	min
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	119,8115	-82,3415	402,1825	-323,93	402,1825	-323,93
2	76,015	-1,35	164,465	-94,085	164,465	-94,085
3	91,232	-75,1475	223,6825	-189,738	223,6825	-189,738
4	86,9685	-72,823	222,8375	-190,745	222,8375	-190,745
5	84,803	-72,211	228,05	-196,688	228,05	-196,688
6	88,2955	-76,223	249,2175	-215,715	249,2175	-215,715
7	97,969	-82,2085	287,6025	-240,065	287,6025	-240,065
8L	106,169	-89,3155	316,615	-264,143	316,615	-264,143
8P	165,3515	-143,111	502,1225	-428,928	502,1225	-428,928
9	169,02	-146,265	513,9525	-438,845	513,9525	-438,845
10	179,9	-156,395	557,07	-475,92	557,07	-475,92
11	177,287	-159,341	570,9075	-491,84	570,9075	-491,84
12	188,8015	-161,888	593,6075	-506,008	593,6075	-506,008
13	188,3045	-167,017	617,5575	-530,903	617,5575	-530,903
14	193,1335	-172,461	645,62	-556,085	645,62	-556,085
15	194,0025	-173,443	650,6525	-560,598	650,6525	-560,598
16	194,5315	-174,03	653,66	-563,288	653,66	-563,288

Tab. 20 – Výsledné normálové síly od teploty

4.2.4 Vítř



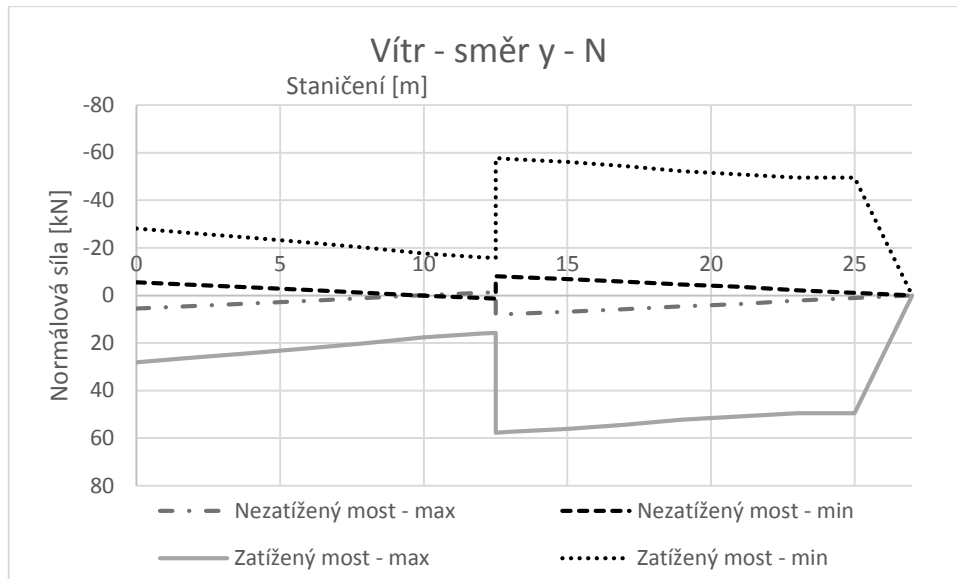
Obr. 36 - Průběh ohybových momentů od zatížení větrem ve směru x



Obr. 37 - Průběh ohybových momentů od zatížení větrem ve směru y

Nezatížený most – zatížení větrem								
Řez	My				N			
	směr x		směr y		směr x		směr y	
	max	min	max	min	max	min	max	min
	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
1	1,04	-1,04	3,24	-3,24	29,9	-29,9	5,51	-5,51
2	1,4	-1,4	6,1	-6,1	32,26	-32,26	4,42	-4,42
3	3,01	-3,01	9,02	-9,02	36,75	-36,75	3,35	-3,35
4	3,58	-3,58	12	-12	40,82	-40,82	2,23	-2,23
5	2,07	-2,07	15,02	-15,02	44,68	-44,68	1,07	-1,07
6	3,56	-3,56	18,1	-18,1	49,3	-49,3	-0,16	0,16
7	18,96	-18,96	21,11	-21,11	62,28	-62,28	-1,14	1,14
8L	23,52	-23,52	21,83	-21,83	64,05	-64,05	-1,34	1,34
8P	18,91	-18,91	36,83	-36,83	51,49	-51,49	8,14	-8,14
9	15,18	-15,18	35,65	-35,65	55,83	-55,83	7,82	-7,82
10	4,48	-4,48	30,72	-30,72	65,17	-65,17	6,86	-6,86
11	0,47	-0,47	25,75	-25,75	73,06	-73,06	5,76	-5,76
12	2,42	-2,42	20,69	-20,69	79,94	-79,94	4,62	-4,62
13	2,76	-2,76	15,53	-15,53	87,25	-87,25	3,57	-3,57
14	2,53	-2,53	10,43	-10,43	92,77	-92,77	2,18	-2,18
15	2,5	-2,5	5,23	-5,23	94,18	-94,18	1,11	-1,11
16	2,53	-2,53	0	0	94,71	-94,71	0	0

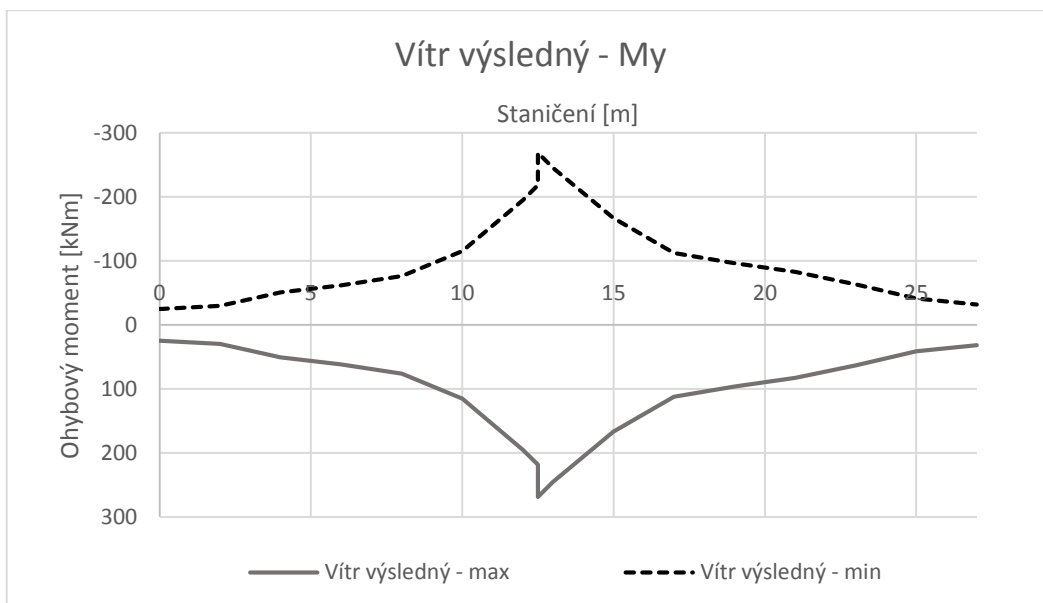
Tab. 21 – Vnitřní síly působící na nezatížený most



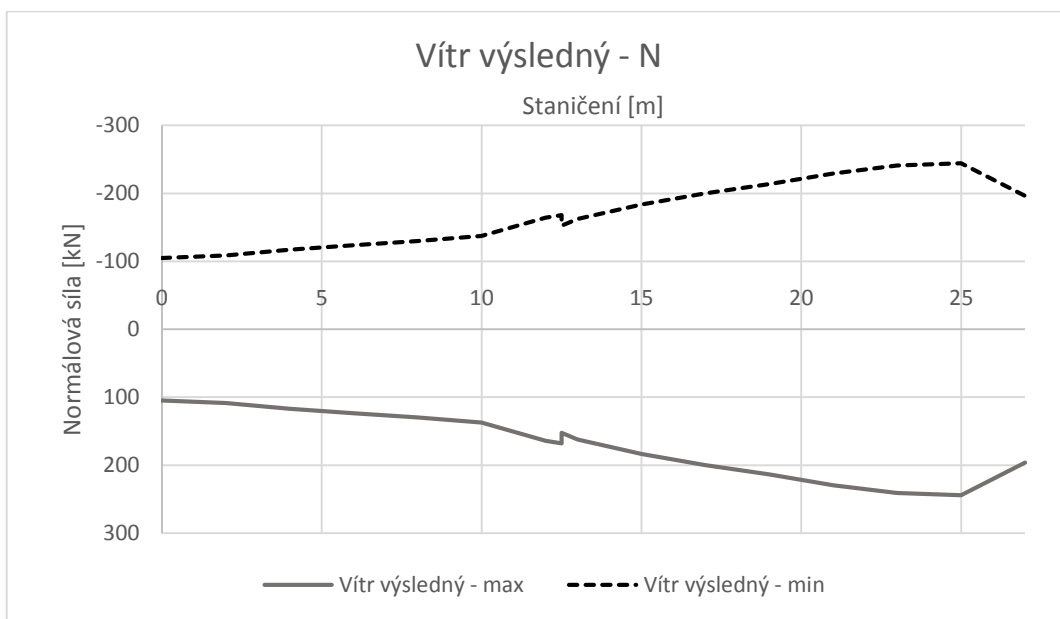
Obr. 39 - Průběh normálových sil od zatížení větrem ve směru y

Zatížený most – zatížení větrem - N						
Řez	směr x		směr y		směr z	
	max	min	max	min	max	min
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	63,23	-63,23	28,09	-28,09	13,69	-13,69
2	68,22	-68,22	26,05	-26,05	14,43	-14,43
3	77,72	-77,72	24,21	-24,21	15,04	-15,04
4	86,32	-86,32	22,17	-22,17	15,34	-15,34
5	94,47	-94,47	19,99	-19,99	15,53	-15,53
6	104,24	-104,24	17,6	-17,6	15,62	-15,62
7	131,7	-131,7	16,05	-16,05	16,45	-16,45
8L	135,43	-135,43	15,76	-15,76	16,74	-16,74
8P	108,87	-108,87	57,68	-57,68	-14,21	14,21
9	118,05	-118,05	57,37	-57,37	-13,13	13,13
10	137,8	-137,8	56,15	-56,15	-10,47	10,47
11	154,49	-154,49	54,3	-54,3	-8,84	8,84
12	169,03	-169,03	52,25	-52,25	-7,43	7,43
13	184,49	-184,49	50,83	-50,83	-5,86	5,86
14	196,17	-196,17	49,54	-49,54	-4,56	4,56
15	199,14	-199,14	49,45	-49,45	-4,33	4,33
16	200,27	-200,27	0	0	-4,23	4,23

Tab. 23 – Normálové síly působící na zatížený most



Obr. 40 - Průběh ohybových momentů od zatížení výsledným větrem

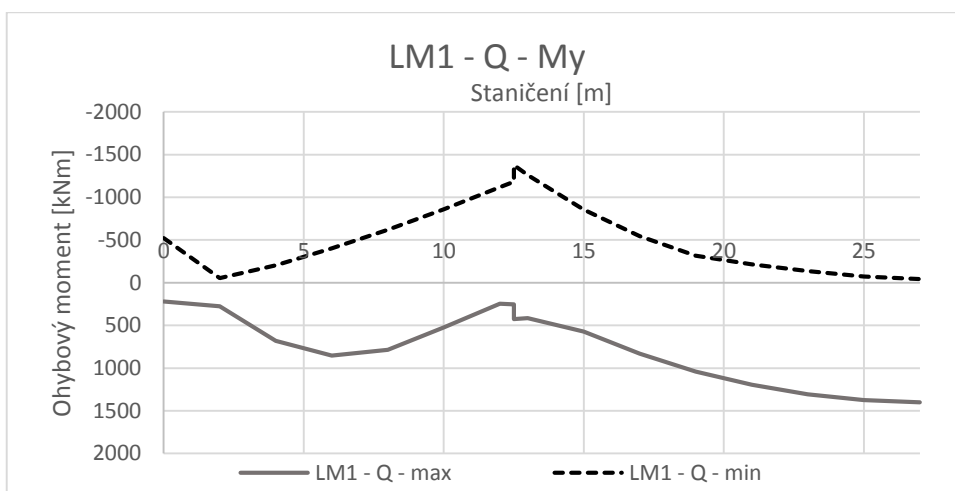


Obr. 41 - Průběh normálových sil od zatížení výsledným větrem

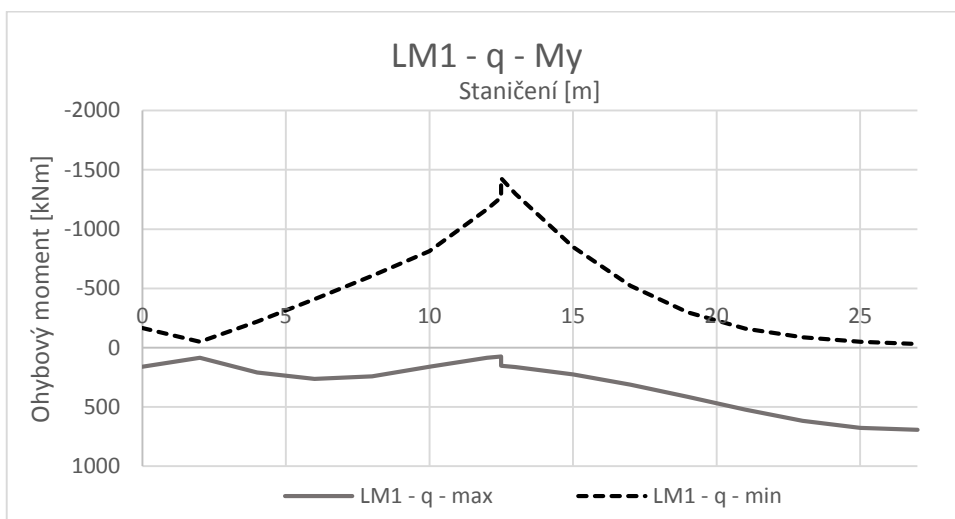
Výsledné nejnepříznivější zatížení od větru				
Řez	M _y		N	
	max	min	max	min
	kNm	kNm	kN	kN
1	24,63	-24,63	105,01	-105,01
2	29,76	-29,76	108,7	-108,7
3	50,85	-50,85	116,97	-116,97
4	61,69	-61,69	123,83	-123,83
5	76,21	-76,21	129,99	-129,99
6	115,04	-115,04	137,46	-137,46
7	194,97	-194,97	164,2	-164,2
8L	218,29	-218,29	167,93	-167,93
8P	268,86	-268,86	152,34	-152,34
9	245,45	-245,45	162,29	-162,29
10	166,69	-166,69	183,48	-183,48
11	112,11	-112,11	199,95	-199,95
12	96,12	-96,12	213,85	-213,85
13	82,73	-82,73	229,46	-229,46
14	63,41	-63,41	241,15	-241,15
15	41,25	-41,25	244,26	-244,26
16	31,83	-31,83	196,04	-196,04

Tab. 24 – Výsledné kombinace od větru

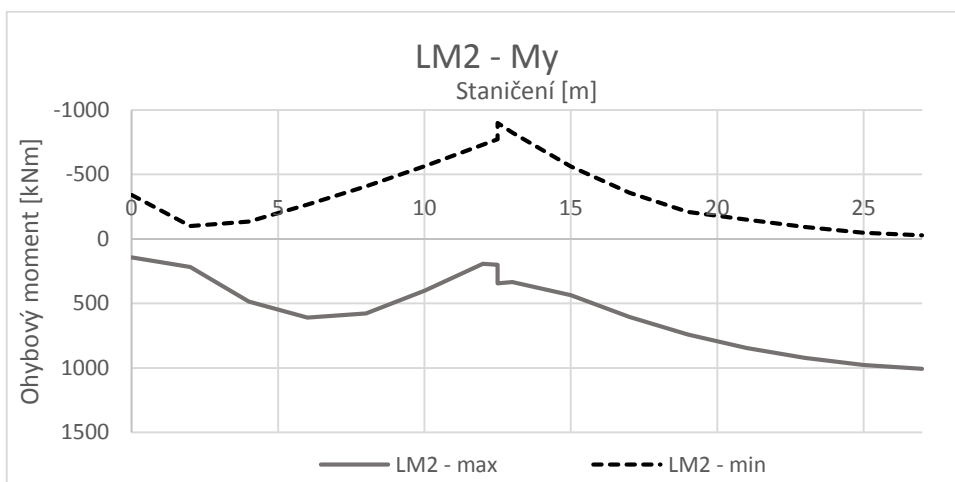
4.2.5 Doprava



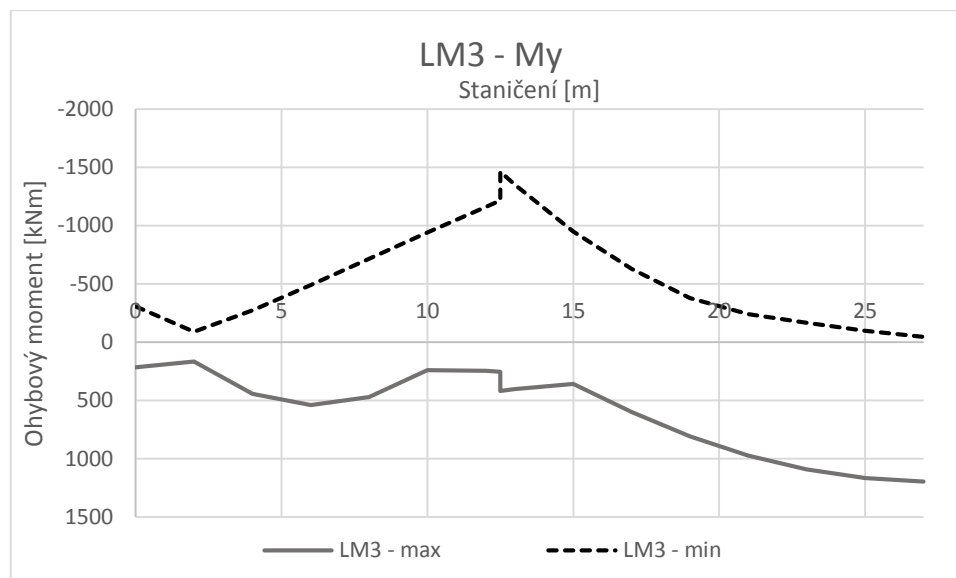
Obr. 42 - Průběh ohybových momentů od zatížení LM1-Q



Obr. 43 - Průběh ohybových momentů od zatížení LM1-q



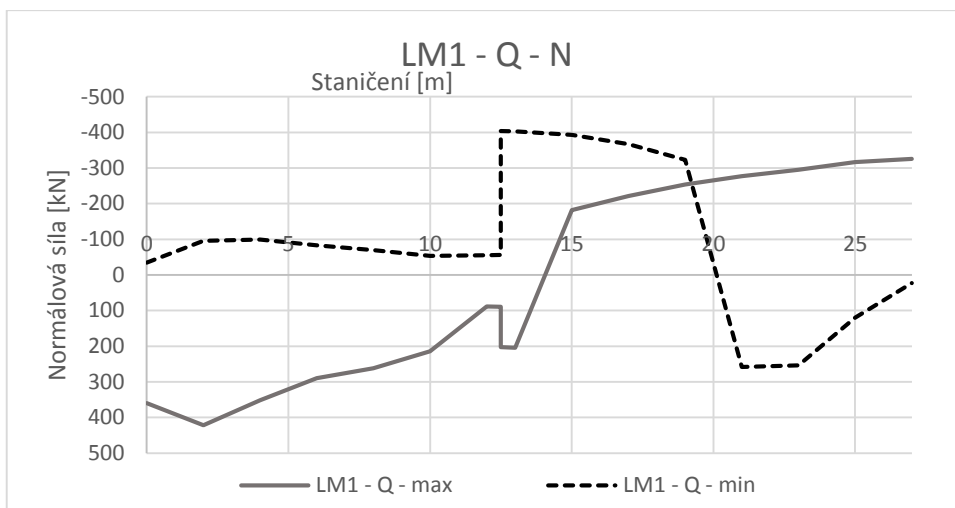
Obr. 44 - Ohybový moment od zatížení LM2



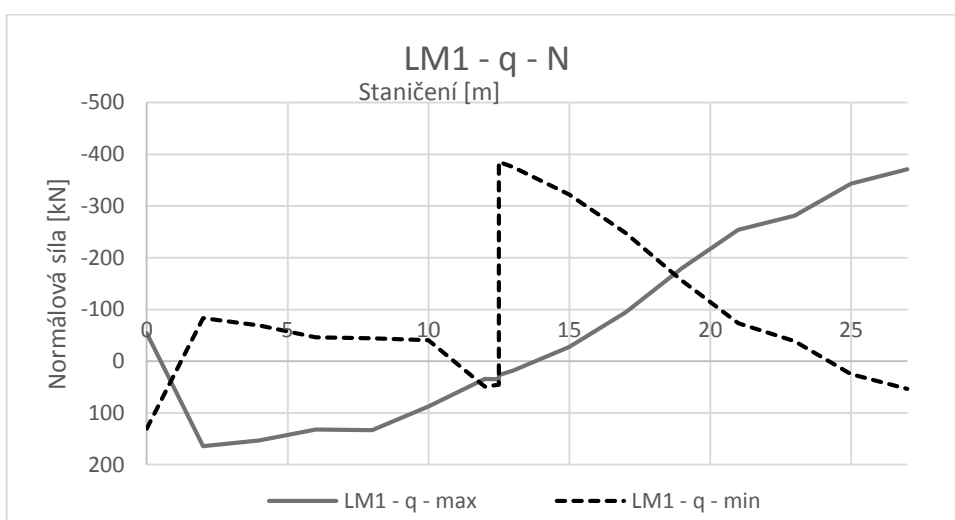
Obr. 45 - Ohybový moment od zatížení LM3

Ohybové momenty - doprava								
Řez	LM1-Q		LM1-q		LM2		LM3	
	max	min	max	min	max	min	max	min
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
1	221	-522,82	159,56	-166,32	143,96	-341,06	214,23	-307,22
2	277,94	-54,35	84,56	-50,25	217,04	-100,07	166,02	-90,15
3	681,07	-201,59	209,43	-221	484,62	-134,02	442,15	-272,28
4	852,05	-401,96	263,6	-408,12	610,39	-265,56	538,89	-491,2
5	785,02	-620,97	240,72	-607,25	578,17	-407,77	471,22	-715,54
6	523,47	-858,91	159,39	-814,51	401,94	-563,25	240,72	-940,73
7	244,95	-1116,41	85,97	-1167,48	193,97	-729,19	245,36	-1161,55
8L	253,79	-1182,85	73,57	-1266,78	200,84	-771,92	254,36	-1215,48
8P	427,26	-1375,37	153,42	-1428,83	343,84	-900,01	417,44	-1463,17
9	413,49	-1261,17	163,25	-1296,6	333,12	-824,95	403,46	-1351,05
10	573,81	-856,2	225,22	-848,52	435,1	-561,57	358,5	-950,36
11	832,24	-542,76	312,64	-521,7	605,72	-356,87	599,2	-627,27
12	1039,2	-316,63	414,84	-297,42	742,46	-209,16	807,59	-377,99
13	1195,85	-214,44	522,43	-160,92	846,27	-148,94	974,19	-240,84
14	1305,99	-135,89	616,3	-88,66	923,27	-93,25	1091,42	-167,55
15	1373,51	-70,74	675,8	-48,69	977,58	-47,21	1165,59	-96,63
16	1401,87	-41,25	692,27	-32,31	1008,04	-27,6	1196,28	-46,75

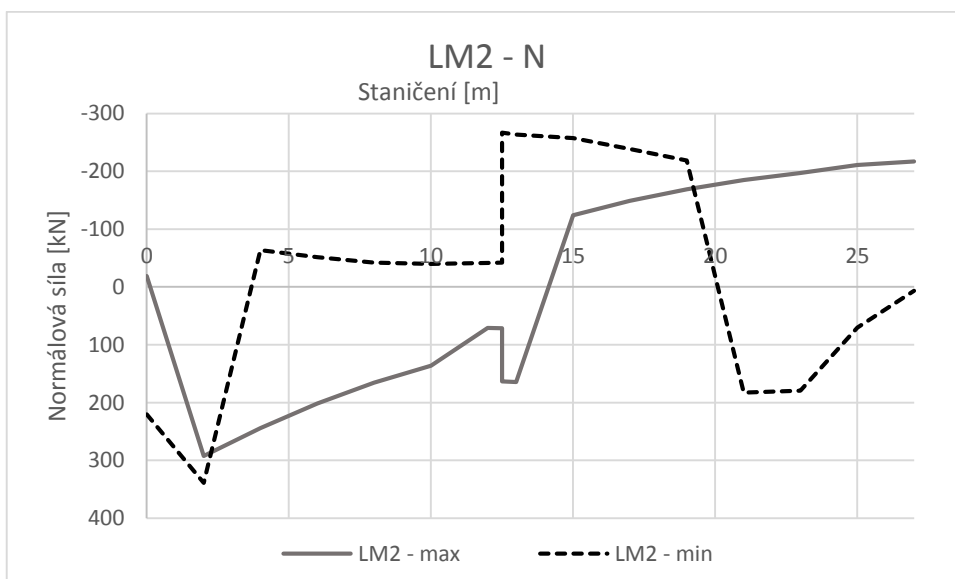
Tab. 25 – Ohybové momenty od dopravního zatížení



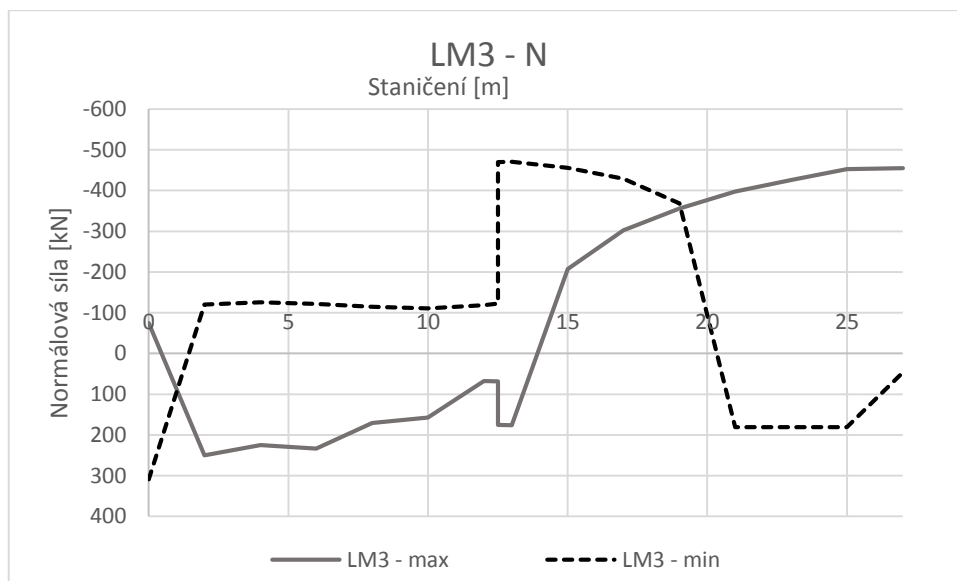
Obr. 46 - Normálová síla od zatížení LM1-Q



Obr. 47 - Normálová síla od LM1-q



Obr. 48 - Normálová síla od LM2

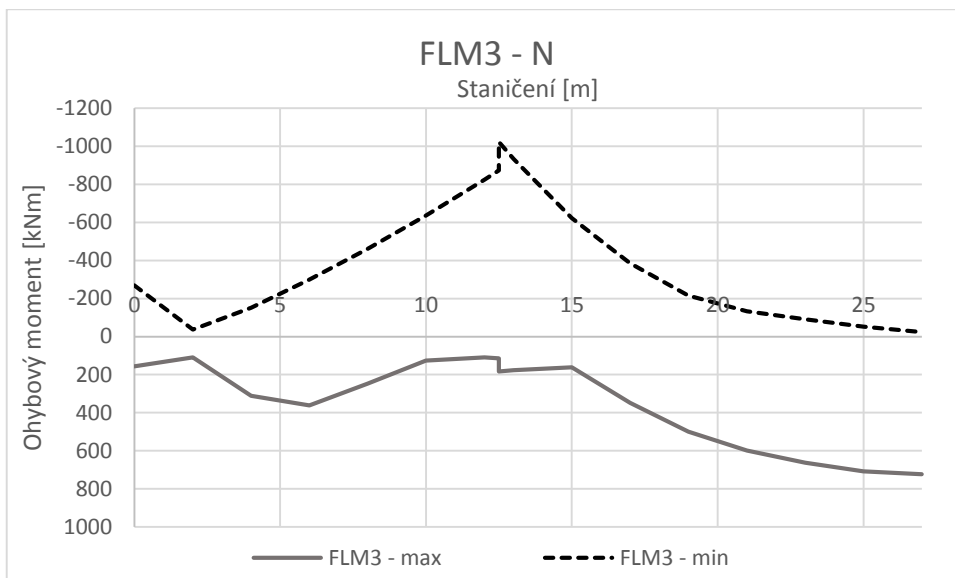


Obr. 49 - Normálová síla od LM3

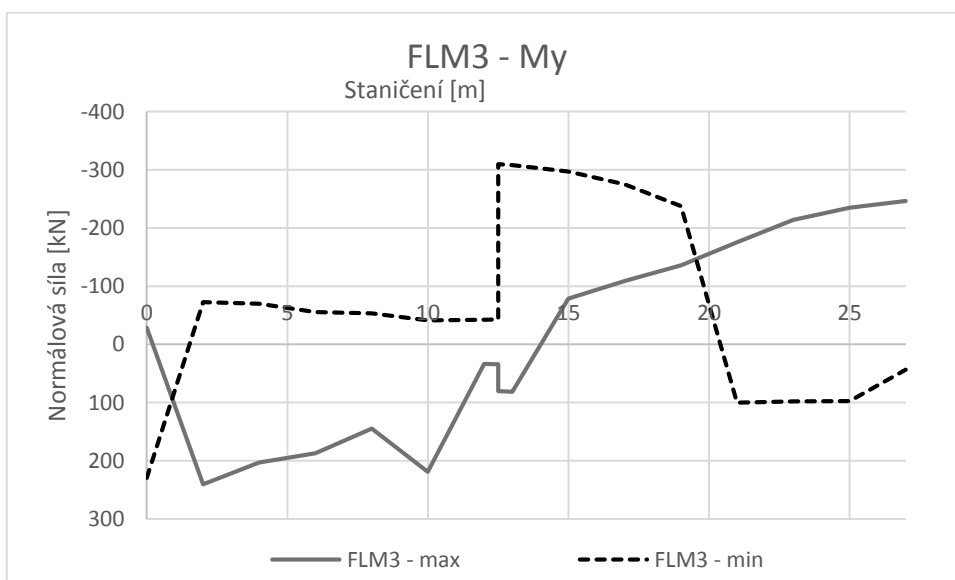
Normálové síly - doprava								
Řez	LM1-Q		LM1-q		LM2		LM3	
	max	min	max	min	max	min	max	min
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	359,98	-34,97	-54,34	130,3	-18,54	220,39	-74,77	308,77
2	421,82	-95,94	164,05	-83,15	292,48	338,89	250,11	-120,36
3	351,58	-99,5	152,97	-68,97	244,38	-63,33	224,78	-125,94
4	289,57	-83,11	131,88	-46,27	201,53	-51,54	233,21	-122,08
5	261,8	-70,02	133,06	-44,38	165,49	-42,23	170,49	-114,47
6	214,37	-53,86	87,8	-40,75	136,06	-39,81	157,1	-110,51
7	88,61	-55,47	34,4	49,19	70,79	-41,28	67,36	-118,53
8L	89,58	-56,27	34,86	45,44	71,53	-41,93	68,14	-122,37
8P	202,47	-404,05	26,71	-385,6	163,31	-266,57	175,57	-469,62
9	204,34	-403,11	18,35	-375,44	164,64	-263,5	176,13	-470,55
10	-182,12	-392,6	-27,77	-322,32	-123,78	-257,67	-207,21	-455,61
11	-221,8	-367,02	-94,27	-247,67	-148,73	-238,83	-302,78	-428,76
12	-253,39	-322,44	-179,65	-155,96	-168,99	-218,64	-356,1	-368,28
13	-277,48	258,45	-254,38	-73,43	-184,63	182,58	-397,73	180,85
14	-295,34	253,43	-281,15	-38,7	-197,27	179,45	-425,81	180,47
15	-316,53	119,79	-343,36	24,87	-211,1	70,23	-452,78	181,11
16	-325,24	22,77	-371,34	53,32	-216,72	6,96	-455,1	46,19

Tab. 26 – Normálové síly od dopravního zatížení

4.2.6 Zatížení na únavu



Obr. 50 - Ohybový moment od FLM3



Obr. 51 - Normálová síla od FLM3

Řez	My		N	
	max	min	max	min
	kNm	kNm	kN	kN
1	157,07	-269,21	-28,63	229,61
2	108,9	-37,56	240,22	-72,69
3	311,08	-151,5	202,83	-69,61
4	362,18	-299,71	187,27	-55,5
5	246,3	-461,19	144,95	-53,39
6	126,72	-635,86	219,27	-41,17
7	109,55	-825,39	33,78	-42,03
8L	113,57	-874,24	34,25	-42,66
8P	182,42	-1022,45	80,41	-309,74
9	176,07	-934,67	81,31	-307,87
10	161,39	-622,93	-78,69	-296,98
11	347,71	-385,51	-108,88	-274,96
12	498,81	-214,93	-135,7	-237,27
13	598,11	-133,32	-175,55	100,12
14	662,24	-91,04	-213,73	98,02
15	708,74	-51,86	-234,62	97,3
16	723,68	-23,11	-246,49	43,57

Tab. 27 – Vnitřní síly od zatížení na únavu

4.2.7 Zatížení při výstavbě

Během výstavby se uvažuje staveništní zatížení na jednotlivé prefabrikáty a přitížení krajních prefabrikátů od středního pole, hodnoty ohybových momentů od těchto zatížení jsou uvedené v tabulce:

Řez	Staničení	Staveništní zatížení	Přítížení od středního pole
	m	kNm	kNm
1	0,0	0,02	-0,25
2	2,0	13,57	-180,59
3	4,0	21,01	-360,93
4	6,0	22,36	-541,26
5	8,0	17,6	-721,59
6	10,0	6,74	-901,93
7	12,0	-10,22	-1082,26
8L	12,5	-15,41	-1127,33
8P	12,5	-15,44	-1126,01
9	13,0	-12,2	-1000,81
10	15,0	-3,05	-499,99
11L	17,0	0	0
11P	17,0	0,05	-
12	19,0	27,5	-
13	21,0	48,85	-
14	23,0	64,09	-
15	25,0	73,23	-
16	27,0	76,28	-
15	29,0	73,23	-
14	31,0	64,09	-
13	33,0	48,85	-
12	35,0	27,5	-
11	37,0	0,05	-

Tab. 28 – Ohybové momenty od zatížení během výstavby

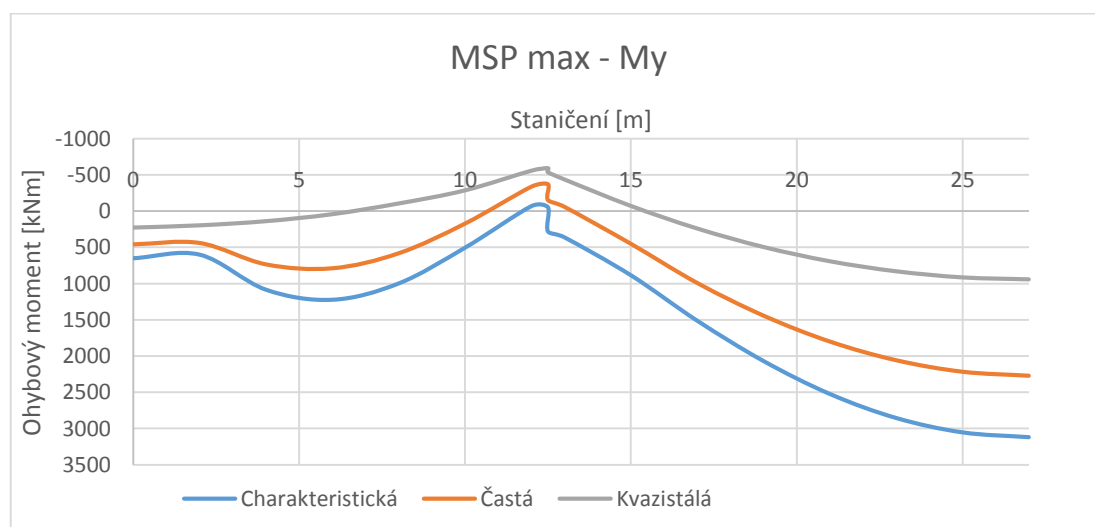
4.3 Výsledné kombinace

Výsledné kombinace jsou bez zatížení vlastní tíhou a zatížení od předpětí. Hodnoty vnitřních sil od těchto zatížení jsou zadávány zvlášť

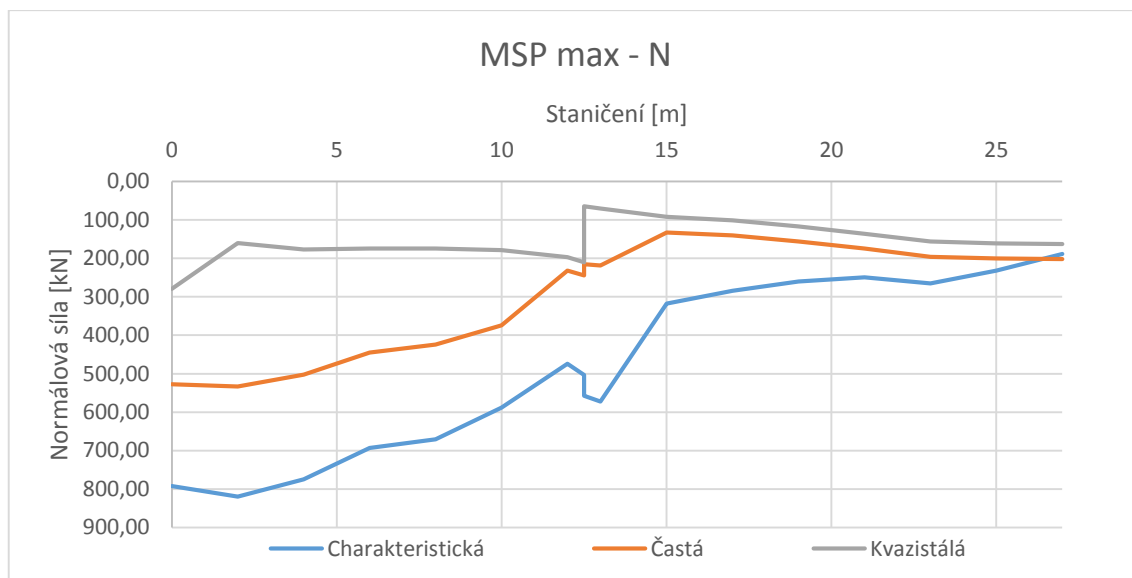
4.3.1 MSP max

Řez	M _y			N		
	Char.	Častá	Kvaz.	Char.	Častá	Kvaz.
	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
1	651,48	457,45	227,88	791,77	527,67	279,42
2	602,49	439,20	196,92	819,18	533,63	160,35
3	1085,94	734,17	139,60	774,49	502,26	177,39
4	1223,88	787,47	42,99	692,96	444,86	174,93
5	998,68	580,58	-104,47	670,37	424,29	174,72
6	505,93	171,22	-285,14	588,36	374,69	178,79
7	-66,23	-337,92	-556,02	474,46	232,14	196,62
8L	-50,67	-371,57	-591,34	503,45	244,39	210,61
8P	282,11	-152,11	-533,92	557,66	215,20	64,36
9	363,99	-59,38	-434,80	572,71	218,36	70,34
10	885,86	450,01	-70,43	317,80	132,58	92,36
11	1512,33	989,98	240,74	284,59	140,31	101,65
12	2068,42	1440,82	495,48	260,03	156,17	117,45
13	2522,34	1797,92	692,06	249,12	174,28	136,14
14	2853,51	2056,23	830,22	265,31	196,33	156,57
15	3051,77	2214,69	914,24	232,16	200,08	160,98
16	3118,44	2269,87	941,56	188,86	202,24	163,23

Tab. 29 – Hodnoty kombinací MSP max



Obr. 52 - MSP max - My

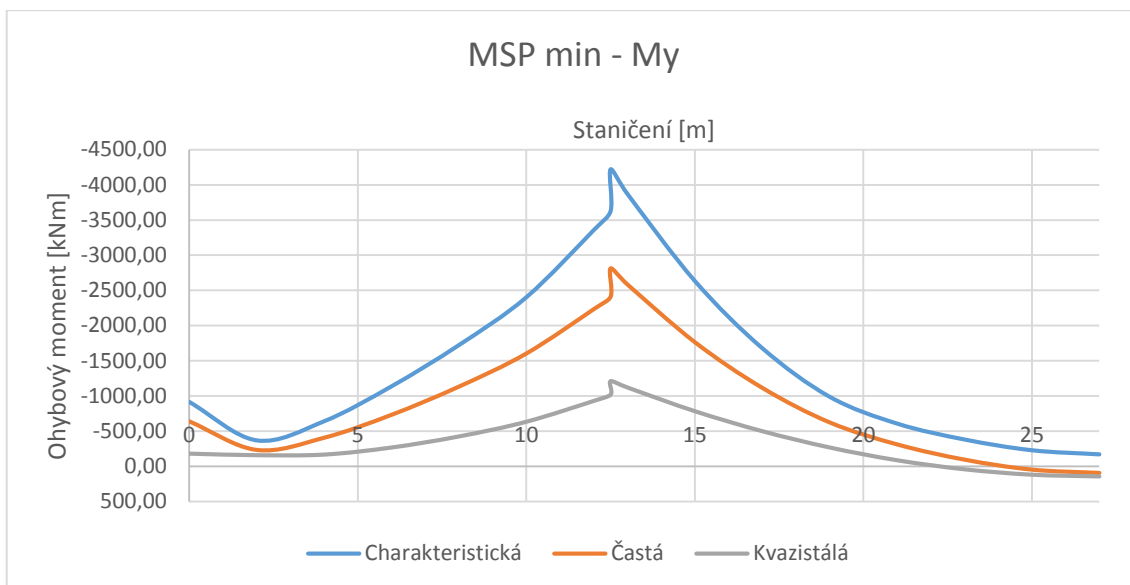


Obr. 53 - MSP max - N

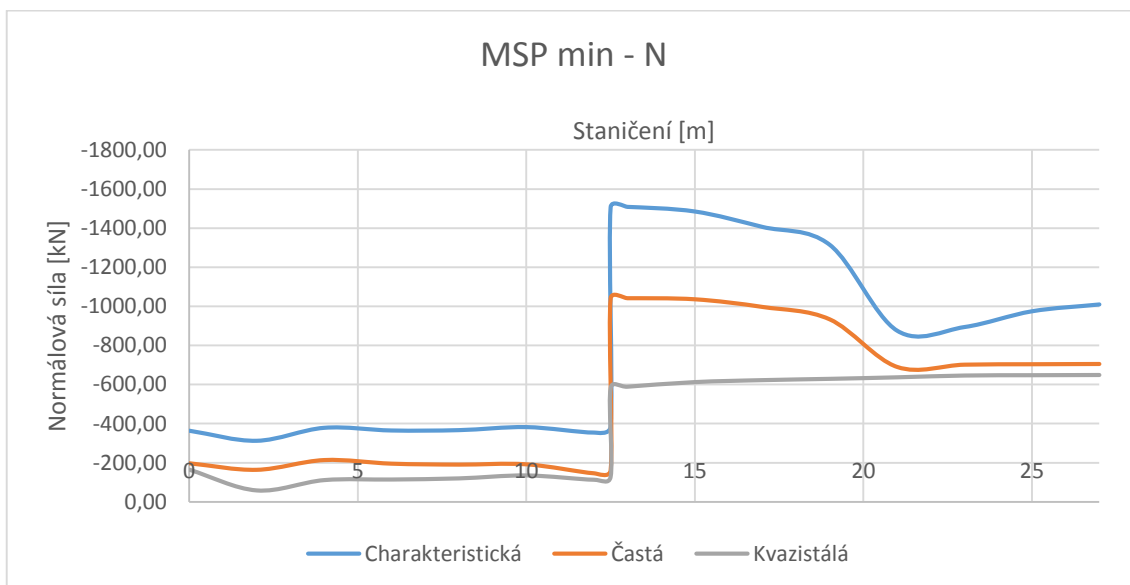
4.3.2 MSP min

Řez	M _y			N		
	Char.	Častá	Kvaz.	Char.	Častá	Kvaz.
	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
1	-915,86	-640,51	-181,87	-363,99	-197,31	-164,92
2	-370,39	-234,81	-159,76	-312,63	-164,13	-58,91
3	-641,96	-408,09	-168,50	-378,94	-213,89	-111,68
4	-1138,34	-733,92	-269,20	-365,19	-195,52	-114,68
5	-1724,47	-1134,95	-426,33	-367,04	-190,70	-120,43
6	-2403,86	-1605,40	-635,41	-382,59	-192,25	-135,56
7	-3358,37	-2235,84	-931,54	-354,59	-146,37	-113,53
8L	-3628,62	-2413,43	-1019,58	-385,42	-162,15	-128,56
8P	-4220,41	-2815,43	-1212,37	-1506,33	-1039,66	-582,38
9	-3869,86	-2586,25	-1121,74	-1508,72	-1041,42	-588,91
10	-2634,27	-1766,26	-784,70	-1485,10	-1035,88	-612,50
11	-1679,57	-1116,90	-501,15	-1406,35	-996,84	-622,51
12	-989,02	-625,53	-269,09	-1314,64	-933,33	-629,11
13	-608,61	-313,17	-87,97	-875,58	-690,01	-636,92
14	-382,95	-96,70	40,68	-894,20	-701,67	-646,06
15	-230,15	44,98	117,51	-974,77	-703,77	-647,71
16	-171,78	92,08	142,31	-1009,65	-705,11	-648,78

Tab. 30 – Hodnoty kombinací MSP min



Obr. 54 - MSP min - My

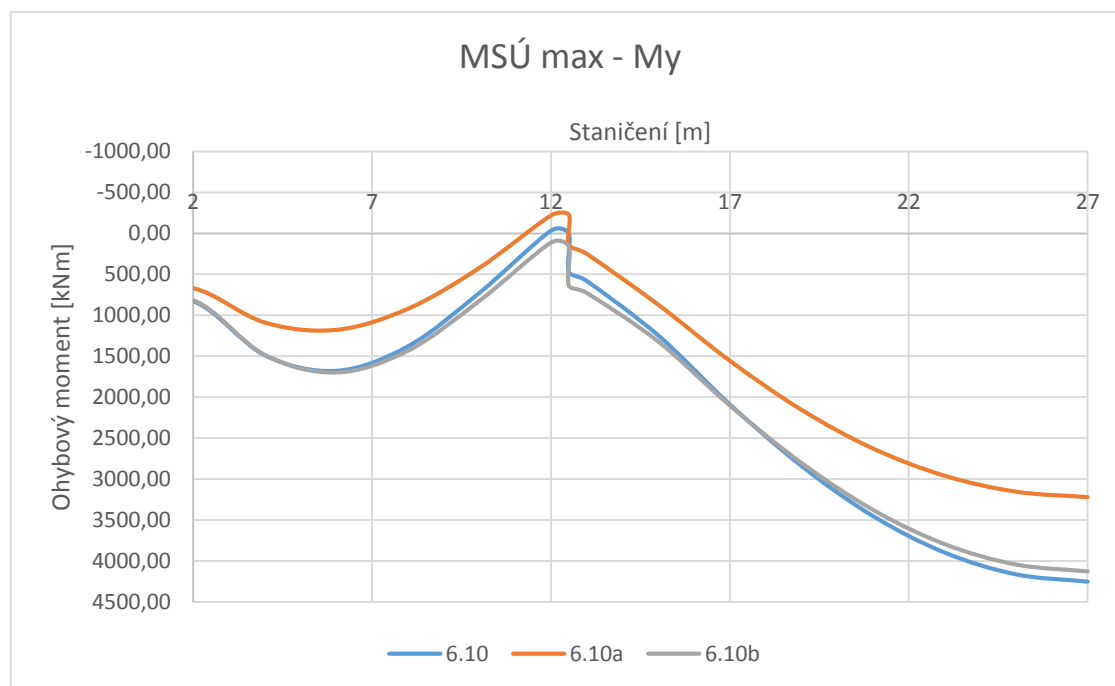


Obr. 55 - MSP min - N

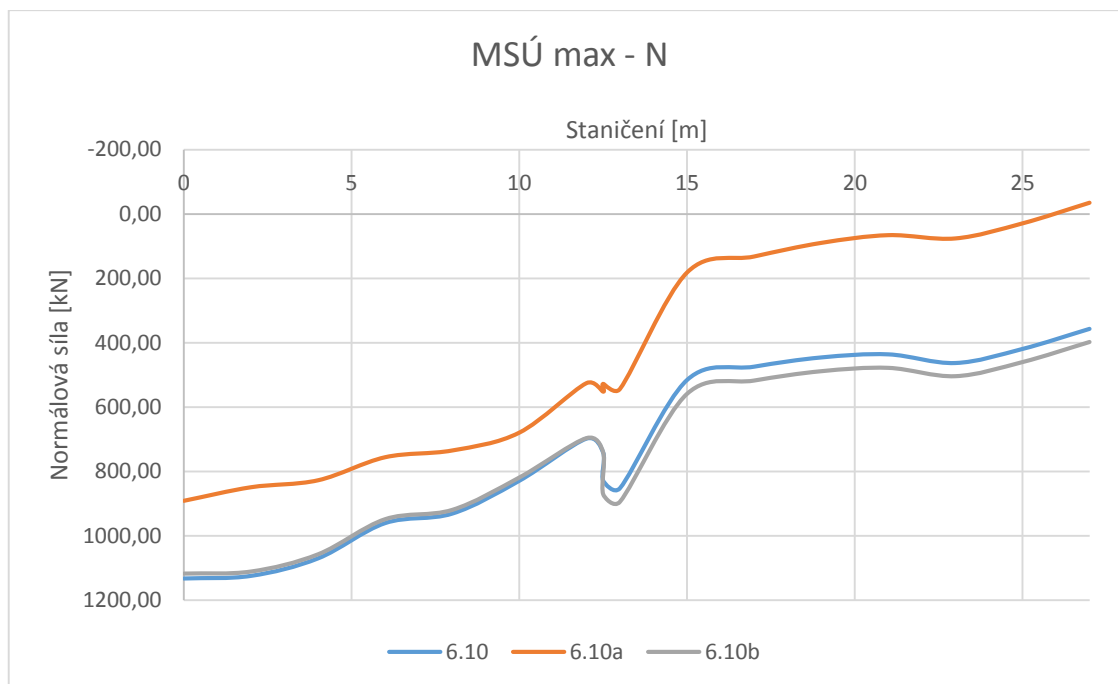
4.3.3 MSÚ max

Řez	M _y			N		
	6.10	6.10a	6.10b	6.10	6.10a	6.10b
	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
1	898,30	694,47	882,10	1132,57	891,26	1117,62
2	831,34	669,04	818,10	1124,38	849,14	1111,24
3	1487,43	1087,93	1485,71	1070,05	827,48	1057,70
4	1678,62	1177,54	1699,17	960,49	755,93	948,56
5	1380,41	920,48	1434,13	931,02	734,88	919,66
6	726,79	421,01	824,47	829,00	679,47	818,95
7	-32,27	-217,93	112,68	698,32	525,76	696,69
8L	1,00	-226,90	160,29	742,16	552,19	741,17
8P	472,45	144,97	638,00	829,16	527,89	871,24
9	581,64	250,33	727,80	852,09	543,72	894,34
10	1247,15	871,06	1321,67	516,14	181,90	558,92
11	2089,38	1555,26	2103,19	474,75	132,21	517,66
12	2839,81	2153,06	2803,91	446,11	89,95	488,59
13	3452,04	2625,28	3377,54	436,46	65,92	478,17
14	3897,61	2957,63	3795,77	463,43	76,06	504,11
15	4163,54	3152,58	4045,24	419,71	29,32	460,24
16	4252,80	3218,93	4129,16	357,36	-34,83	397,82

Tab. 31 – Hodnoty kombinací MSÚ max



Obr. 56 - MSÚ max - My

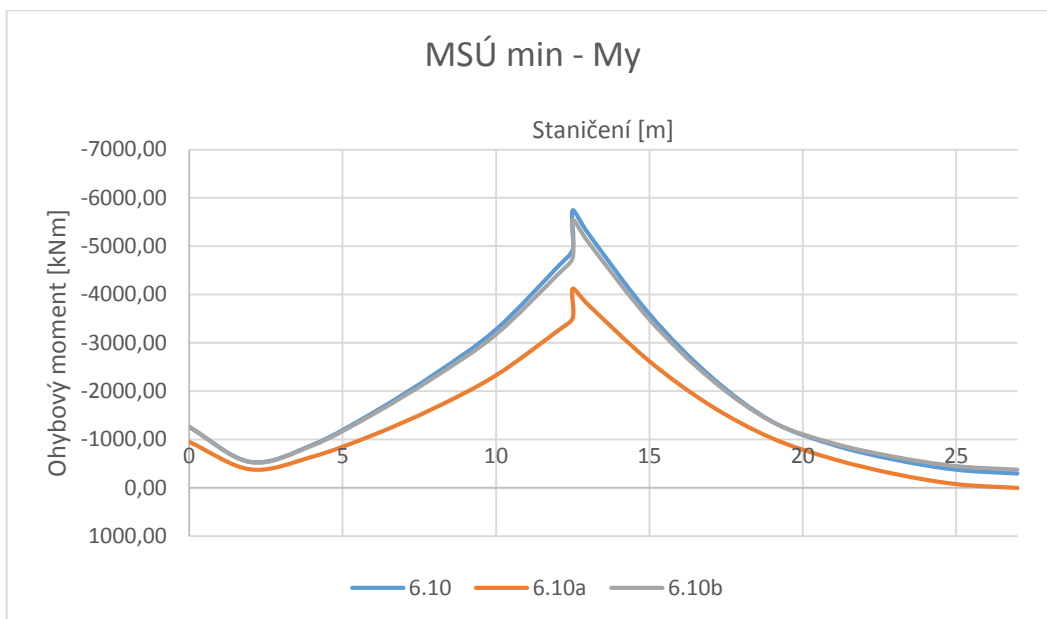


Obr. 57 - MSÚ max - N

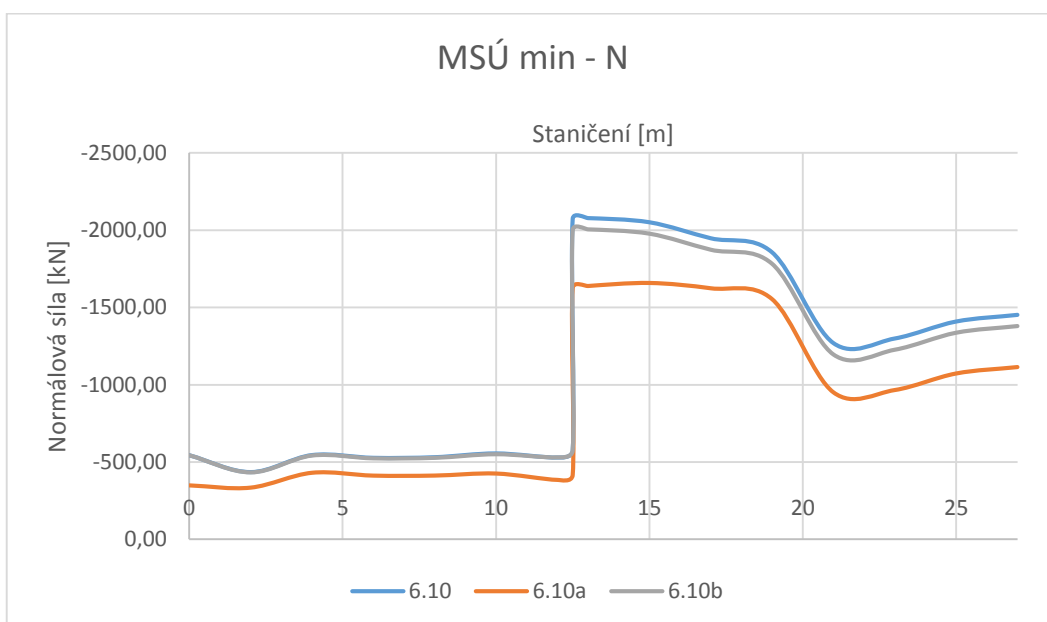
4.3.4 MSÚ min

Řez	M _y			N		
	6.10	6.10a	6.10b	6.10	6.10a	6.10b
	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
1	-1256,85	-945,68	-1251,80	-543,34	-348,98	-543,65
2	-534,87	-376,58	-530,34	-434,21	-334,48	-432,72
3	-883,59	-636,54	-870,99	-544,38	-430,54	-541,91
4	-1557,58	-1091,34	-1526,07	-526,56	-412,11	-523,58
5	-2353,50	-1652,05	-2292,15	-530,50	-412,48	-526,95
6	-3277,14	-2327,50	-3175,07	-555,08	-425,65	-550,39
7	-4567,88	-3245,43	-4406,55	-528,58	-384,54	-529,92
8L	-4936,67	-3511,37	-4760,08	-574,94	-416,45	-575,67
8P	-5745,56	-4124,02	-5545,28	-2073,15	-1624,44	-2000,55
9	-5270,52	-3794,63	-5089,19	-2078,10	-1637,95	-2005,20
10	-3596,33	-2620,06	-3485,12	-2051,27	-1657,68	-1977,37
11	-2303,70	-1697,94	-2251,87	-1947,76	-1623,28	-1873,46
12	-1370,91	-1023,14	-1367,68	-1856,70	-1553,10	-1782,52
13	-886,12	-591,16	-920,58	-1269,18	-950,64	-1195,93
14	-580,15	-282,31	-641,20	-1299,02	-965,37	-1226,48
15	-372,35	-71,90	-449,42	-1408,73	-1072,38	-1336,33
16	-292,86	8,49	-375,11	-1451,87	-1113,90	-1379,52

Tab. 32 – Hodnoty kombinací MSÚ min



Obr. 58 - MSÚ min - My



Obr. 59 - MSÚ min - N

4.4 Návrh předpětí

4.4.1 Montážní předpětí prefabrikátů

Montážní předpínací výztuž je navržena na účinky vlastní tíhy prefabrikátů, přitížení krajního prefabrikátu od středního pole a staveništní zatížení. Do zatížení vlastní tíhou je zahrnutý dynamický součinitel zohledňující manipulaci s prefabrikáty a jejich dopravu na stavbu. Dynamický součinitel má hodnotu 1,15. Hodnoty pro návrh jsou shrnuty v tabulce.

Ohybové momenty – zatížení prefabrikátů						
Řez	Staničení	Vlastní tíha	VI. tíha včetně dyn. součinitele	Staveništní zatížení	Přítížení od středního pole	Celkem
	m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
1	0,0	0,38	0,44	0,02	-0,25	0,21
2	2,0	220,94	254,08	13,57	-180,59	87,06
3	4,0	343,99	395,59	21,01	-360,93	55,67
4	6,0	368,13	423,35	22,36	-541,26	-95,55
5	8,0	291,69	335,44	17,6	-721,59	-368,55
6	10,0	112,96	129,90	6,74	-901,93	-765,29
7	12,0	-169,64	-195,09	-10,22	-1082,26	-1287,57
8	12,5	-256,66	-295,16	-15,41	-1127,33	-1437,90
8	12,5	-257,19	-295,77	-15,44	-1126,01	-1437,22
9	13,0	-202,90	-233,34	-12,2	-1000,81	-1246,35
10	15,0	-50,43	-57,99	-3,05	-499,99	-561,03
11	17,0	0,00	0,00	0	0	0,00
11	17,0	0,83	0,95	0,05	-	1,00
12	19,0	441,73	507,99	27,5	-	535,49
13	21,0	783,53	901,06	48,85	-	949,91
14	23,0	1027,13	1181,20	64,09	-	1245,29
15	25,0	1172,89	1348,82	73,23	-	1422,05
16	27,0	1221,5	1404,73	76,28	-	1481,01
15	29,0	1172,94	1348,88	73,23	-	1422,11
14	31,0	1027,13	1181,20	64,09	-	1245,29
13	33,0	783,53	901,06	48,85	-	949,91
12	35,0	441,73	507,99	27,5	-	535,49
11	37,0	0,83	0,95	0,05	-	1,00

Tab. 33 – Montážní zatížení prefabrikátů

4.4.1.1 Navržená výztuž v krajním prefabrikátu

V krajním prefabrikátu byla navržena výztuž monostrandy ve 3 řadách. Výztuž je vedena s ohledem na vyrovnání působících momentů, rovnoměrné předepnutí konstrukce a také respektuje polohu a velikost kotev. V 1. řadě je 5 přímých lan, v druhé řadě jsou 4 přímá lana a ve 3. řadě jsou 2 x 4 přímá lana. Podélné vedení lan, příčné řezy a rozmístění kotev je podrobně zobrazeno na výkrese B2.6 – Předpínací výztuž prefabrikátů. V následující tabulce jsou zobrazeny souřadnice polohy kabelů a účinky předpětí na konstrukci.

řez.	h	t	Poloha lan od spodního povrchu			Síly od předpětí	
			řada 1	řada 2	řada 3	N	M
			mm	mm	mm	kN	kNm
1	1000	756,0	300,0	750	900	3,75	-254,02
2	1100	832,4	352,9	850	1000	3,75	-217,55
3	1175	889,0	380,9	925	1075	3,75	-200,20
4	1250	944,9	408,8	1000	1150	3,75	-180,45
5	1325	1000,1	436,8	1075	1225	3,75	-158,41
6	1400	1054,8	464,7	1150	1300	3,75	-134,22
7	1450	1091,0	467,7	1200	1350	3,75	-134,38
8	1427,5	1074,8	433,4	1177,5	1327,5	3,75	-170,71
9	1402,1	1056,4	396,2	1152,1	1302,1	3,75	-170,71
10	1311,4	990,2	258,5	1061,4	1211,4	3,75	-210,03
11	1237,7	935,7	137,7	987,7	1137,7	3,75	-353,56

Tab. 34 – Poloha lan v krajním prefabrikátu

řez	Beze ztrát		Ztráty 10 %		Ztráty 15 %		Ztráty 25 %	
	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	-7,49	-3,44	-6,74	-3,09	-6,36	-2,92	-5,61	-2,58
2	-5,66	-3,89	-5,00	-3,53	-4,68	-3,35	-4,02	-2,99
3	-5,57	-3,83	-4,96	-3,46	-4,66	-3,28	-4,05	-2,91
4	-6,44	-3,45	-5,87	-3,08	-5,59	-2,89	-5,02	-2,52
5	-8,00	-2,85	-7,47	-2,47	-7,21	-2,29	-6,68	-1,91
6	-10,08	-2,07	-9,58	-1,70	-9,33	-1,51	-8,84	-1,13
7	-12,96	-1,05	-12,48	-0,68	-12,24	-0,49	-11,75	-0,12
8	-14,44	-0,60	-13,93	-0,24	-13,68	-0,05	-13,16	0,31
8	-14,44	-0,60	-13,93	-0,24	-13,67	-0,05	-13,16	0,31
9	-13,78	-0,86	-13,24	-0,50	-12,97	-0,32	-12,42	0,04
10	-11,00	-1,89	-10,32	-1,57	-9,99	-1,40	-9,31	-1,08
11	-8,17	-2,91	-7,35	-2,62	-6,94	-2,47	-6,13	-2,18

Tab. 35 – Napětí v krajních vláknech krajního prefabrikátu od zatížení a předpětí s vlivem ztrát

Ztráty 10 % jsou uvažovány v čase po vnesení předpětí, ztráty 15 % jsou v čase osazení prefabrikátu a ztráty 25 % jsou v čase na konci životnosti. Předpětí je navrženo tak, aby do předepnutí konstrukce volnými kabely nevznikaly v krajních vláknech prefabrikátu tahy, v pozdějším čase se již uvažuje s působením předpětí od volných kabelů.

4.4.1.2 Navržená výztuž ve středním prefabrikátu

Ve středním prefabrikátu byla navržena výztuž monostrandy ve 4 řadách. Výztuž je vedena s ohledem na vyrovnání působících momentů, rovnoměrné předepnutí konstrukce a také respektuje polohu a velikost kotev. V 1. řadě je 5 přímých lan, ve 2. a 3. řadě je 5 lan s obloukovou střední částí a ve 4. řadě je 4 x 1 lano s obloukovou střední částí. Podélné vedení lan, příčné řezy a rozmístění kotev je podrobně zobrazeno na výkrese B2.6 – Předpínací výztuž prefabrikátů. V následující tabulce jsou zobrazeny souřadnice polohy kabelů a účinky předpětí na konstrukci.

řez	h	t	Poloha lan od spodního povrchu				Síly od předpětí	
			řada 1	řada 2	řada 3	Řada 4	N	M
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kNm
11	1237,7	935,7	332,7	642,7	952,7	1107,7	4,19	-817,56
12	1181,1	893,5	256,1	546,1	856,1	1051,1	4,19	-988,10
13	1141,5	863,8	196,5	471,5	781,5	1011,5	4,19	-1128,72
14	1118	846,0	153	413	723	988	4,19	-1251,95
15	1104,5	835,8	128,5	373,5	683,5	974,5	4,19	-1335,10
16	1100	832,4	120	360	670	970	4,19	-1363,92

Tab. 36 – Poloha lan ve středním prefabrikátu

řez	Beze ztrát		Ztráty 10 %		Ztráty 15 %		Ztráty 25 %	
	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h	σ_d	σ_h
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
11	-11,48	-2,49	-10,33	-2,24	-9,76	-2,12	-8,61	-1,87
12	-8,83	-3,43	-7,47	-3,24	-6,78	-3,15	-5,42	-2,96
13	-6,50	-4,24	-4,94	-4,11	-4,16	-4,04	-2,60	-3,91
14	-4,88	-4,79	-3,15	-4,71	-2,29	-4,67	-0,56	-4,59
15	-3,94	-5,11	-2,11	-5,06	-1,19	-5,04	0,65	-4,99
16	-3,63	-5,22	-1,76	-5,18	-0,82	-5,16	1,06	-5,13

Tab. 37 - Napětí v krajních vláknech středního prefabrikátu od zatížení a předpětí s vlivem ztrát

Ztráty 10 % jsou uvažovány v čase po vnesení předpětí, ztráty 15 % jsou v čase osazení prefabrikátu a ztráty 25 % jsou v čase na konci životnosti. Předpětí je navrženo tak, aby do předepnutí konstrukce volnými kabely nevznikaly v krajních vláknech prefabrikátu tahy, v pozdějším čase se již uvažuje s působením předpětí od volných kabelů.

4.4.2 Předpětí volnými kabely

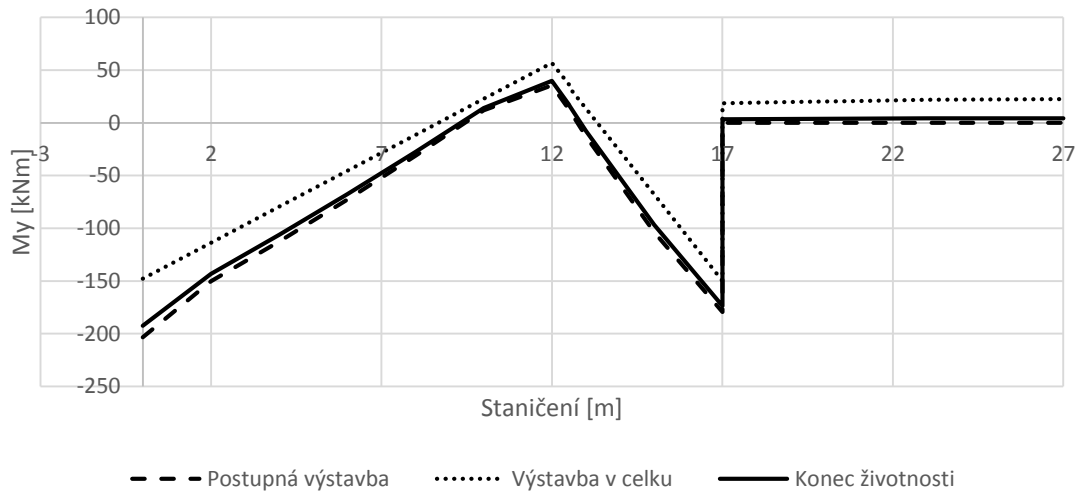
4.4.2.1 Obecně

Předpětí volnými kabely je navrženo na předpokládané hodnoty napětí na konci životnosti. V mezním stavu omezení trhlin je pro UHPFRC podmínka na šířku trhlin 0,1 mm při kvazistálé kombinaci [3]. Aby mohl materiál působit v tahu, je třeba, aby drátky nezkorodovaly, proto se při kvazistálé kombinaci uvažuje s dekompresí, v časté kombinaci jsou tahy v konstrukci omezeny hodnotou charakteristické pevnosti v tahu $f_{ctk0,05} = 4,2$ MPa a v charakteristické kombinaci hodnotou reziduální pevnosti v tahu $f_{ctfk} = 9,1$ MPa.

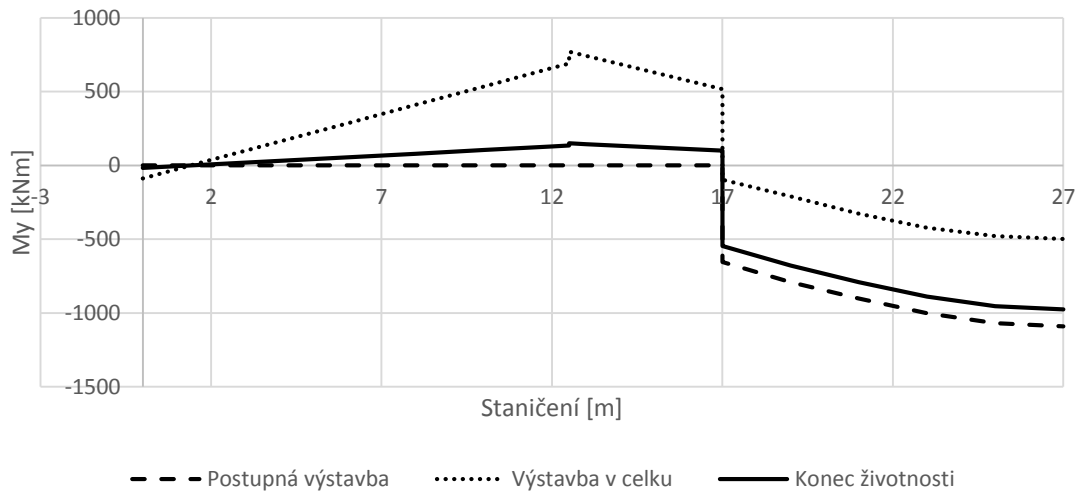
Působení vlastní tíhy se uvažuje dle kap. 4.2.1.2, stejným způsobem je přepočteno i momentové zatížení od montážního předpětí (včetně ztrát 25 %). Uvažované hodnoty a průběh ohybových momentů je zobrazen v tabulce a grafu.

řez	Krajní prefabrikát			Střední prefabrikát		
	Postup.	Vcelku	KŽ	Postup.	Vcelku	KŽ
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
1	-203,213	-147,63	-192,44	0	-87,68	-17,00
2	-150,171	-113,68	-143,10	0	36,45	7,07
3	-112,423	-79,55	-106,05	0	160,92	31,20
4	-72,7562	-45,44	-67,46	0	285,34	55,32
5	-31,2598	-11,36	-27,40	0	409,72	79,43
6	11,94581	22,73	14,04	0	534,11	103,55
7	35,68925	56,88	39,80	0	659,09	127,78
8L	12,59672	36,32	17,20	0	690,93	133,95
8P	12,59672	33,81	16,71	0	770,01	149,29
9	-12,8948	13,53	-7,77	0	742,43	143,94
10	-103,856	-68,02	-96,91	0	629,99	122,14
11L	-179,342	-149,9	-173,63	0	515,9	100,02
11P	0,00	18,5	3,59	-654,05	-96,62	-545,98
12	0,00	19,79	3,84	-790,48	-210,99	-678,13
13	0,00	20,9	4,05	-902,97	-326,23	-791,16
14	0,00	21,87	4,24	-1001,56	-422,02	-889,20
15	0,00	22,4	4,34	-1068,08	-479,75	-954,02
16	0,00	22,58	4,38	-1091,14	-498,96	-976,33

Tab. 38 – Ohybové momenty od montážního předpětí s vlivem redistribuce



Obr. 60 - Průběhy ohybových momentů od předpětí krajního prefabrikátu s vlivem redistribuce



Obr. 61 - Průběhy ohybových momentů od předpětí středního prefabrikátu s vlivem redistribuce

Normálové síly od předpětí jsou uvažovány také se ztrátami 25 % a zároveň se uvažuje redistribuce těchto sil pomocí výpočtu relaxace napětí. Výpočet relaxace je proveden přírůstkovou metodou s uvažováním 8 časových podintervalů. Výsledná normálová síla od předpětí v krajním prefabrikátu je $N_{pk} = -2,364 \text{ MN}$ a ve středním prefabrikátu $N_{ps} = -2,642 \text{ MN}$

S ohledem na předpínání staticky neurčité konstrukce je uvažován také staticky neurčitý moment od předpětí hodnotou 10 až 15 % z absolutní hodnoty maximálního momentu při kvazistálé kombinaci. Tj. $0,1 - 0,15 \cdot (2815 + 1441) = 425,6 - 638,4 \text{ kNm}$. Výsledný účinek od staticky neurčitého momentu od předpětí je uvažován jako lichoběžníkový s hodnotou 600 kN ve středním poli a odpovídajícími hodnotami v krajních polích.

4.4.2.2 Navržená předpínací výztuž

S ohledem na uvažované účinky zatížení a montážního předpětí je navrženo předpětí volnými kabely z 2x19 lan (platí pro 1 trám, celkem tedy 4 kabely). Dráha kabelu a jeho poloha je zobrazena na výkrese B2.7 – Předpínací výztuž z volných kabelů, poloha kabelu v řezech a předpokládané účinky na konci životnosti (bez vlivu staticky neurčitého momentu a s vlivem odhadnutých ztrát 25%) jsou uvedeny v tabulce.

řez	h	t	Poloha kabelu	e	σ_{p0}	A_p	N_p	M_p
	mm	mm	mm	mm	MPa	mm ²	kN	kNm
1	1000	756,0	760	4	1102,5	5700	6284,3	25,137
2	1100	832,4	800	-32,43	1102,5	5700	6284,3	-203,798
3	1175	889,0	815	-73,96	1102,5	5700	6284,3	-464,783
4	1250	944,9	867,5	-77,35	1102,5	5700	6284,3	-486,087
5	1325	1000,1	957,5	-42,63	1102,5	5700	6284,3	-267,898
6	1400	1054,8	1048	-6,84	1102,5	5700	6284,3	-42,9843
7	1450	1091,0	1105	13,96	1102,5	5700	6284,3	87,72813
8	1427,5	1074,8	1047,8125	-26,9575	1102,5	5700	6284,3	-169,408
8	1427,5	1074,8	1047,8125	-26,9575	1102,5	5700	6284,3	-169,408
9	1402,1	1056,4	987,725	-68,675	1102,5	5700	6284,3	-431,571
10	1311,4	990,2	758,275	-231,875	1102,5	5700	6284,3	-1457,16
11	1237,7	935,7	545,825	-389,915	1102,5	5700	6284,3	-2450,32
11	1237,7	935,7	545,825	-389,915	1102,5	5700	6284,3	-2450,32
12	1181,1	893,5	350,475	-543,055	1102,5	5700	6284,3	-3412,69
13	1141,5	863,8	231,5	-632,31	1102,5	5700	6284,3	-3973,59
14	1118	846,0	188	-658,04	1102,5	5700	6284,31	-4135,29
15	1104,5	835,8	163,5	-672,31	1102,5	5700	6284,3	-4224,96
16	1100	832,4	155	-677,4	1102,5	5700	6284,3	-4256,95

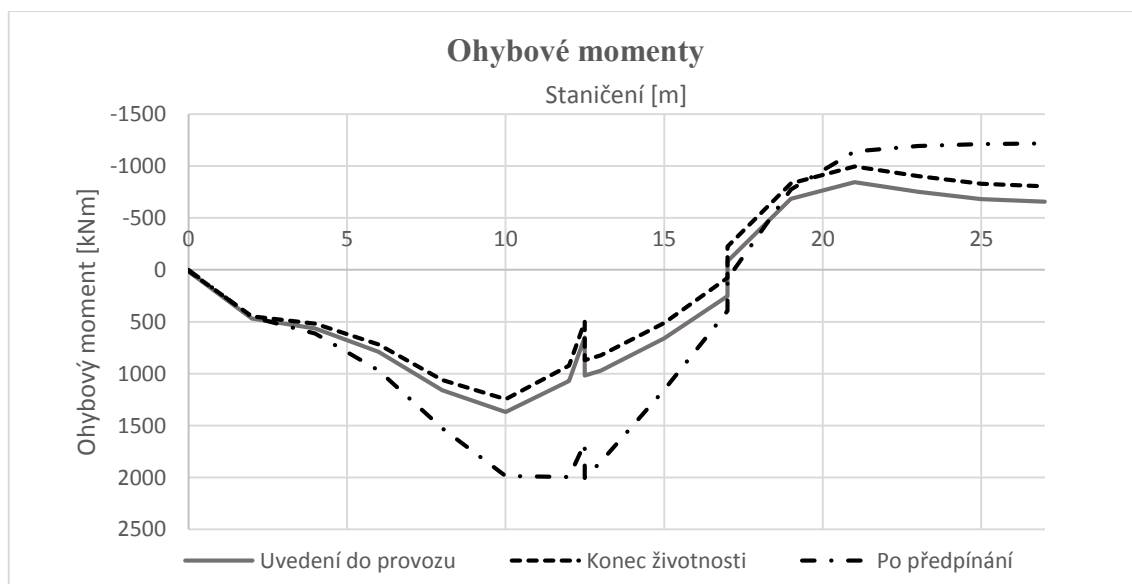
Tab. 39 – Poloha kabelu a jeho účinky na konstrukci bez vlivu staticky neurčitého momentu a ztrát předpětí

4.5 Podrobné stanovení účinků předpětí

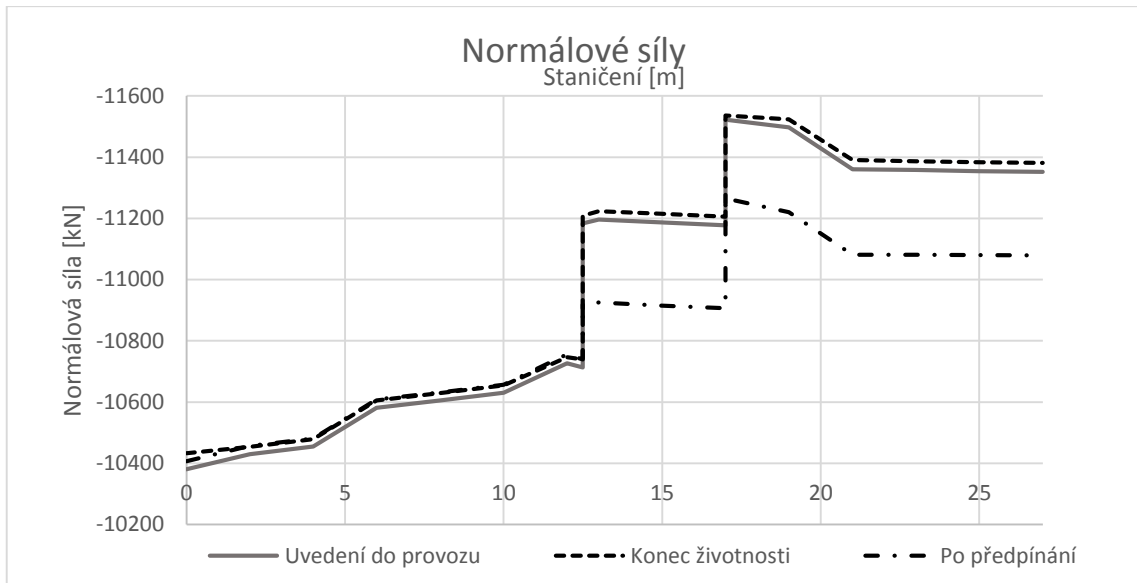
Výsledné působení předpjeté konstrukce v jednotlivých fázích je řešeno pomocí modulu TDA, tedy časovou analýzou. Pro posouzení je konstrukce řešena v čase po vnesení předpětí volnými kabely do konstrukce, v čase uvedení do provozu a na konci životnosti. Výsledky získané pomocí TDA v sobě zahrnují vliv vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení, účinky předpětí a reologické účinky. Výsledky pro jednotlivé fáze jsou shrnuty v tabulce a znázorněny na obrázcích.

řez	Uvedení do provozu		Konec životnosti	
	M	N	M	N
	kNm	kN	kNm	kN
1	17,37	-10380,2	8,66	-10433
2	468,58	-10430,1	447,34	-10454,2
3	563,76	-10454,7	517,4	-10479
4	789,97	-10581,6	718,25	-10605,6
5	1159,05	-10605,9	1062,21	-10629,6
6	1368,87	-10630,8	1246,84	-10654,2
7	1069,5	-10727,1	922,5	-10746,7
8L	652,42	-10713,4	498,44	-10739,5
8P	1019,09	-11183,9	871,3	-11208,3
9	970,82	-11196	824,35	-11223,2
10	660,71	-11186,6	513,62	-11215,2
11L	253,83	-11177,6	77,04	-11205,5
11P	-82,32	-11522,6	-224,58	-11536,3
12	-684,46	-11497,6	-831,35	-11523,3
13	-845,15	-11360,7	-995,05	-11390,8
14	-751,9	-11357,8	-901,43	-11386,6
15	-681,15	-11354,5	-830,19	-11383,3
16	-657,73	-11352,1	-805,79	-11381,2

Tab. 40 – Vnitřní síly na konstrukci v jednotlivých fázích



Obr. 62 - Průběhy ohybových momentů od účinků předpětí, vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení



Obr. 63 - Průběhy normálových sil od účinků předpětí, vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení

4.6 Posouzení na MPS

4.6.1 Mezní stav omezení napětí

Tlakové napětí v betonu je třeba omezit, aby se zabránilo vzniku podélných trhlin, rozvoji mikrotrhlin nebo nadměrnému dotvarování.

Při charakteristické kombinaci by neměla hodnota tlakového napětí na konstrukci přesáhnout hodnotu $0,6f_{ck}$, aby se zamezilo vzniku podélných trhlin.

$$0,6f_{ck} = 0,6 \cdot 161 = 96,6 \text{ MPa (tlak)}$$

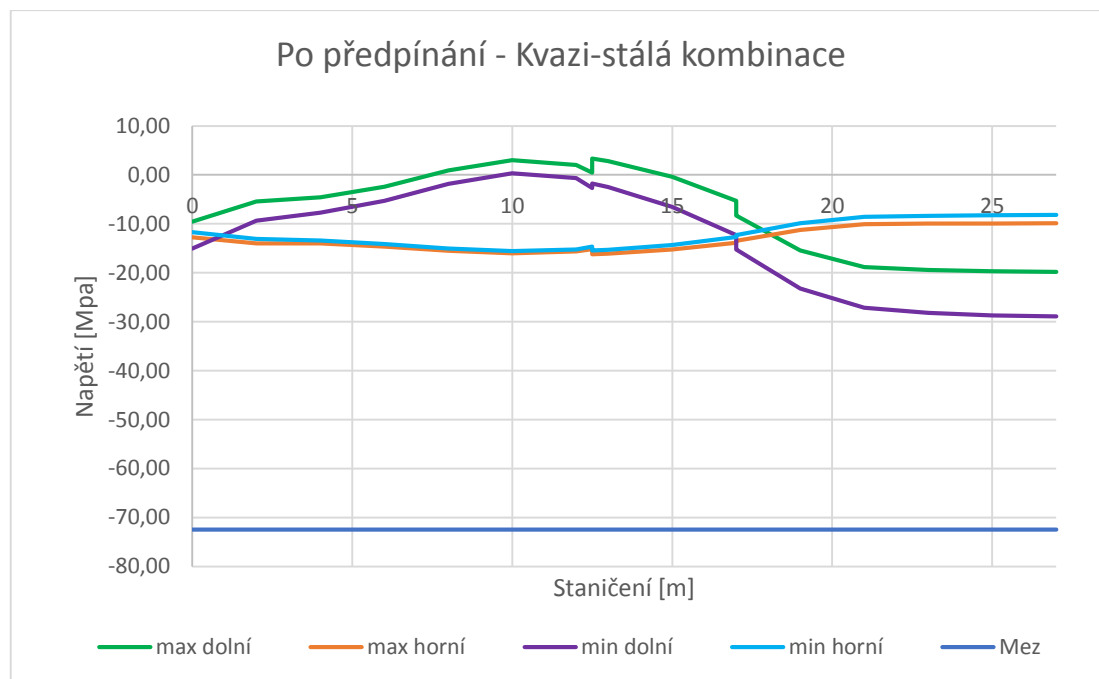
Při kvazi-stálé kombinaci by neměla hodnota tlakového napětí na konstrukci přesáhnout hodnotu $0,45f_{ck}$, aby se zamezilo nelineárnímu dotvarování konstrukce.

$$0,45f_{ck} = 0,45 \cdot 161 = 72,45 \text{ MPa (tlak)}$$

Hodnoty napětí v krajních vláknech a jejich posouzení je pro jednotlivé fáze vyhodnoceno v tabulkách.

řez	Fáze: Po vnesení předpětí – stavební stav							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,78	Vyhovuje	-9,55	Vyhovuje	-11,71	Vyhovuje	-15,02	Vyhovuje
2	-13,98	Vyhovuje	-5,45	Vyhovuje	-13,06	Vyhovuje	-9,35	Vyhovuje
3	-13,99	Vyhovuje	-4,61	Vyhovuje	-13,41	Vyhovuje	-7,74	Vyhovuje
4	-14,63	Vyhovuje	-2,44	Vyhovuje	-14,13	Vyhovuje	-5,31	Vyhovuje
5	-15,50	Vyhovuje	0,89	Vyhovuje	-15,05	Vyhovuje	-1,81	Vyhovuje
6	-16,01	Vyhovuje	3,03	Vyhovuje	-15,58	Vyhovuje	0,34	Vyhovuje
7	-15,66	Vyhovuje	2,04	Vyhovuje	-15,21	Vyhovuje	-0,66	Vyhovuje
8L	-15,19	Vyhovuje	0,43	Vyhovuje	-14,65	Vyhovuje	-2,71	Vyhovuje
8P	-16,21	Vyhovuje	3,35	Vyhovuje	-15,46	Vyhovuje	-1,74	Vyhovuje
9	-16,10	Vyhovuje	2,83	Vyhovuje	-15,31	Vyhovuje	-2,47	Vyhovuje
10	-15,27	Vyhovuje	-0,39	Vyhovuje	-14,30	Vyhovuje	-6,54	Vyhovuje
11L	-13,89	Vyhovuje	-5,30	Vyhovuje	-12,71	Vyhovuje	-12,29	Vyhovuje
11P	-13,46	Vyhovuje	-8,28	Vyhovuje	-12,28	Vyhovuje	-15,26	Vyhovuje
12	-11,26	Vyhovuje	-15,46	Vyhovuje	-9,88	Vyhovuje	-23,21	Vyhovuje
13	-10,10	Vyhovuje	-18,81	Vyhovuje	-8,58	Vyhovuje	-27,17	Vyhovuje
14	-9,95	Vyhovuje	-19,42	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-28,19	Vyhovuje
15	-9,92	Vyhovuje	-19,67	Vyhovuje	-8,25	Vyhovuje	-28,69	Vyhovuje
16	-9,89	Vyhovuje	-19,80	Vyhovuje	-8,20	Vyhovuje	-28,91	Vyhovuje

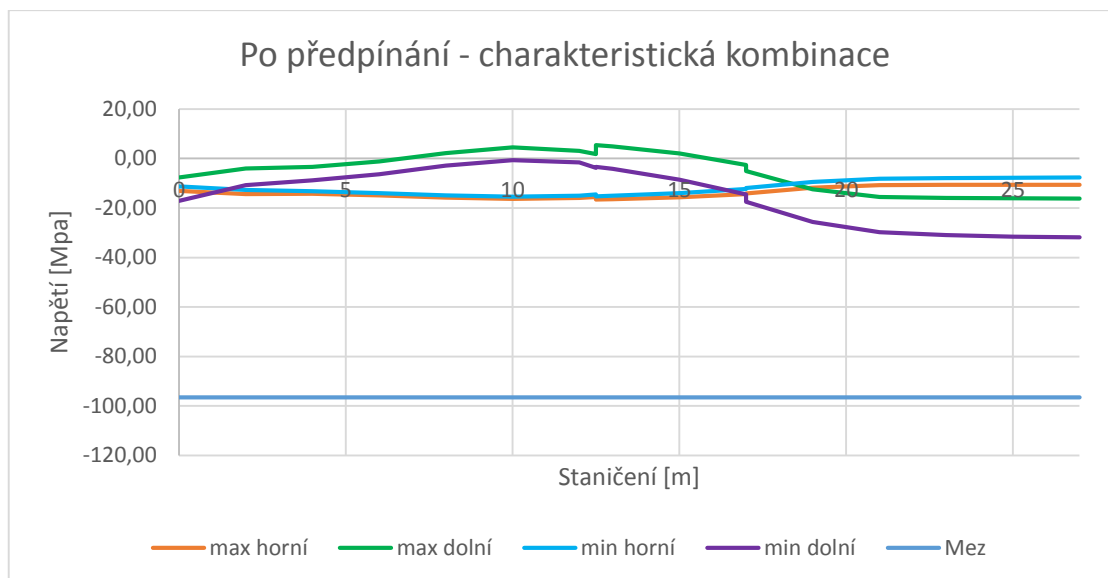
Tab. 41 – Posouzení mezních napětí v betonu – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace



Obr. 64 - MSP posouzení - Po předpínání - Kvazi-stálá kombinace

řez	Fáze: Po vnesení předpětí – stavební stav							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,10	Vyhovuje	-7,61	Vyhovuje	-11,32	Vyhovuje	-17,02	Vyhovuje
2	-14,31	Vyhovuje	-4,07	Vyhovuje	-12,68	Vyhovuje	-10,75	Vyhovuje
3	-14,24	Vyhovuje	-3,32	Vyhovuje	-13,22	Vyhovuje	-8,78	Vyhovuje
4	-14,88	Vyhovuje	-1,16	Vyhovuje	-13,94	Vyhovuje	-6,32	Vyhovuje
5	-15,76	Vyhovuje	2,18	Vyhovuje	-14,87	Vyhovuje	-2,82	Vyhovuje
6	-16,30	Vyhovuje	4,48	Vyhovuje	-15,41	Vyhovuje	-0,65	Vyhovuje
7	-15,87	Vyhovuje	3,12	Vyhovuje	-15,07	Vyhovuje	-1,60	Vyhovuje
8L	-15,48	Vyhovuje	1,78	Vyhovuje	-14,49	Vyhovuje	-3,77	Vyhovuje
8P	-16,53	Vyhovuje	5,38	Vyhovuje	-15,24	Vyhovuje	-3,35	Vyhovuje
9	-16,45	Vyhovuje	4,94	Vyhovuje	-15,08	Vyhovuje	-4,15	Vyhovuje
10	-15,67	Vyhovuje	2,05	Vyhovuje	-14,01	Vyhovuje	-8,49	Vyhovuje
11L	-14,39	Vyhovuje	-2,53	Vyhovuje	-12,36	Vyhovuje	-14,51	Vyhovuje
11P	-14,09	Vyhovuje	-5,11	Vyhovuje	-11,95	Vyhovuje	-17,41	Vyhovuje
12	-11,84	Vyhovuje	-12,38	Vyhovuje	-9,47	Vyhovuje	-25,67	Vyhovuje
13	-10,73	Vyhovuje	-15,49	Vyhovuje	-8,12	Vyhovuje	-29,83	Vyhovuje
14	-10,61	Vyhovuje	-15,95	Vyhovuje	-7,88	Vyhovuje	-30,98	Vyhovuje
15	-10,61	Vyhovuje	-16,10	Vyhovuje	-7,76	Vyhovuje	-31,56	Vyhovuje
16	-10,59	Vyhovuje	-16,20	Vyhovuje	-7,70	Vyhovuje	-31,81	Vyhovuje

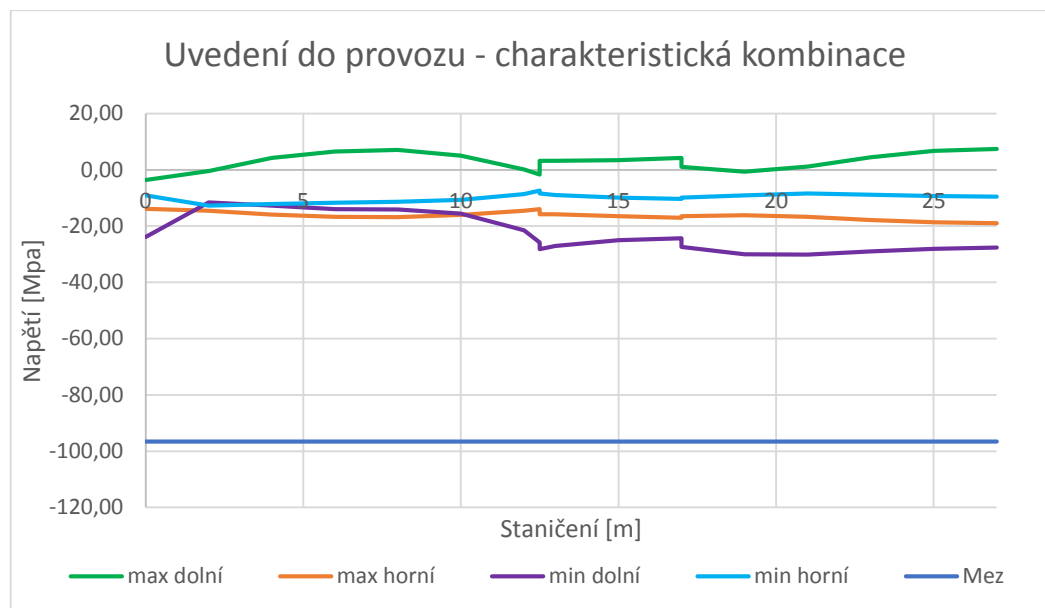
Tab. 42 – Posouzení mezních napětí v betonu – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace



Obr. 65 - MSP posouzení - Po předpínání - charakteristická kombinace

řez	Fáze: Uvedení do provozu							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,86	Vyhovuje	-3,63	Vyhovuje	-9,12	Vyhovuje	-23,90	Vyhovuje
2	-14,57	Vyhovuje	-0,39	Vyhovuje	-12,68	Vyhovuje	-11,64	Vyhovuje
3	-15,92	Vyhovuje	4,28	Vyhovuje	-12,16	Vyhovuje	-12,78	Vyhovuje
4	-16,71	Vyhovuje	6,48	Vyhovuje	-11,65	Vyhovuje	-14,03	Vyhovuje
5	-16,77	Vyhovuje	7,12	Vyhovuje	-11,38	Vyhovuje	-14,13	Vyhovuje
6	-16,04	Vyhovuje	5,03	Vyhovuje	-10,71	Vyhovuje	-15,53	Vyhovuje
7	-14,60	Vyhovuje	0,14	Vyhovuje	-8,66	Vyhovuje	-21,50	Vyhovuje
8L	-14,00	Vyhovuje	-1,69	Vyhovuje	-7,35	Vyhovuje	-25,82	Vyhovuje
8P	-15,79	Vyhovuje	3,19	Vyhovuje	-8,43	Vyhovuje	-28,20	Vyhovuje
9	-15,84	Vyhovuje	3,18	Vyhovuje	-8,92	Vyhovuje	-27,08	Vyhovuje
10	-16,53	Vyhovuje	3,44	Vyhovuje	-9,93	Vyhovuje	-25,02	Vyhovuje
11L	-17,04	Vyhovuje	4,19	Vyhovuje	-10,36	Vyhovuje	-24,27	Vyhovuje
11P	-16,52	Vyhovuje	1,01	Vyhovuje	-9,84	Vyhovuje	-27,45	Vyhovuje
12	-16,19	Vyhovuje	-0,63	Vyhovuje	-9,08	Vyhovuje	-30,03	Vyhovuje
13	-16,71	Vyhovuje	1,13	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-30,18	Vyhovuje
14	-17,85	Vyhovuje	4,48	Vyhovuje	-8,83	Vyhovuje	-29,03	Vyhovuje
15	-18,66	Vyhovuje	6,68	Vyhovuje	-9,33	Vyhovuje	-28,03	Vyhovuje
16	-18,97	Vyhovuje	7,41	Vyhovuje	-9,54	Vyhovuje	-27,62	Vyhovuje

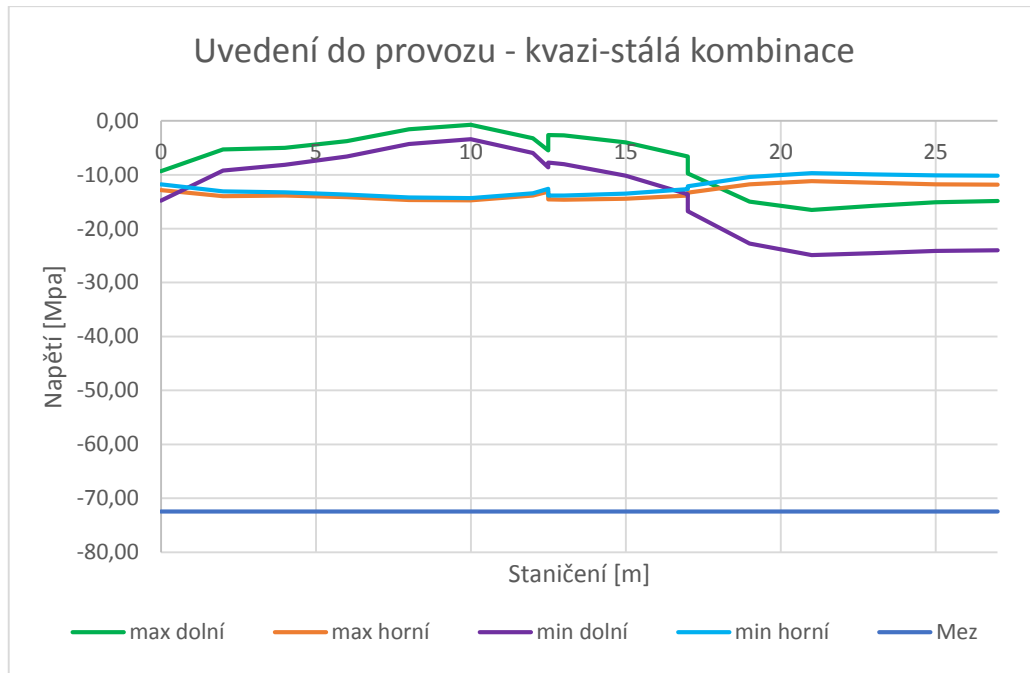
Tab. 43 – Posouzení mezních napětí v betonu – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace



Obr. 66 - MSP posouzení - Uvedení do provozu - charakteristická kombinace

řez	Fáze: Uvedení do provozu							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,82	Vyhovuje	-9,34	Vyhovuje	-11,75	Vyhovuje	-14,81	Vyhovuje
2	-14,00	Vyhovuje	-5,29	Vyhovuje	-13,08	Vyhovuje	-9,19	Vyhovuje
3	-13,82	Vyhovuje	-5,02	Vyhovuje	-13,25	Vyhovuje	-8,16	Vyhovuje
4	-14,17	Vyhovuje	-3,76	Vyhovuje	-13,66	Vyhovuje	-6,64	Vyhovuje
5	-14,67	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-14,22	Vyhovuje	-4,27	Vyhovuje
6	-14,75	Vyhovuje	-0,72	Vyhovuje	-14,32	Vyhovuje	-3,40	Vyhovuje
7	-13,88	Vyhovuje	-3,24	Vyhovuje	-13,43	Vyhovuje	-5,94	Vyhovuje
8L	-13,17	Vyhovuje	-5,50	Vyhovuje	-12,62	Vyhovuje	-8,64	Vyhovuje
8P	-14,58	Vyhovuje	-2,63	Vyhovuje	-13,83	Vyhovuje	-7,72	Vyhovuje
9	-14,64	Vyhovuje	-2,70	Vyhovuje	-13,85	Vyhovuje	-8,01	Vyhovuje
10	-14,45	Vyhovuje	-4,00	Vyhovuje	-13,48	Vyhovuje	-10,15	Vyhovuje
11L	-13,83	Vyhovuje	-6,60	Vyhovuje	-12,65	Vyhovuje	-13,59	Vyhovuje
11P	-13,31	Vyhovuje	-9,78	Vyhovuje	-12,13	Vyhovuje	-16,77	Vyhovuje
12	-11,78	Vyhovuje	-15,00	Vyhovuje	-10,40	Vyhovuje	-22,75	Vyhovuje
13	-11,20	Vyhovuje	-16,55	Vyhovuje	-9,68	Vyhovuje	-24,91	Vyhovuje
14	-11,50	Vyhovuje	-15,76	Vyhovuje	-9,90	Vyhovuje	-24,53	Vyhovuje
15	-11,76	Vyhovuje	-15,11	Vyhovuje	-10,09	Vyhovuje	-24,13	Vyhovuje
16	-11,85	Vyhovuje	-14,88	Vyhovuje	-10,15	Vyhovuje	-23,99	Vyhovuje

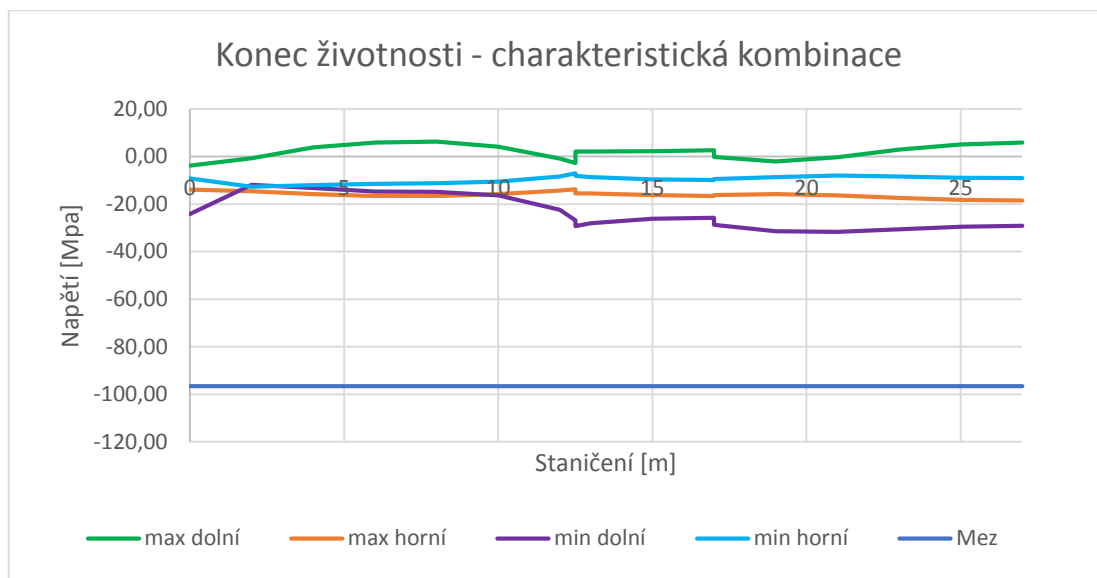
Tab. 44 - Posouzení mezních napětí v betonu – Uvedení do provozu – kvazi-stálá kombinace



Obr. 67 - MSP posouzení - Uvedení do provozu - kvazi-stálá kombinace

řez	Fáze: konec životnosti							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,89	Vyhovuje	-3,80	Vyhovuje	-9,15	Vyhovuje	-24,07	Vyhovuje
2	-14,53	Vyhovuje	-0,63	Vyhovuje	-12,63	Vyhovuje	-11,88	Vyhovuje
3	-15,81	Vyhovuje	3,83	Vyhovuje	-12,05	Vyhovuje	-13,23	Vyhovuje
4	-16,55	Vyhovuje	5,87	Vyhovuje	-11,48	Vyhovuje	-14,64	Vyhovuje
5	-16,57	Vyhovuje	6,38	Vyhovuje	-11,17	Vyhovuje	-14,87	Vyhovuje
6	-15,80	Vyhovuje	4,19	Vyhovuje	-10,46	Vyhovuje	-16,37	Vyhovuje
7	-14,31	Vyhovuje	-0,81	Vyhovuje	-8,37	Vyhovuje	-22,44	Vyhovuje
8L	-13,70	Vyhovuje	-2,71	Vyhovuje	-7,05	Vyhovuje	-26,85	Vyhovuje
8P	-15,50	Vyhovuje	2,20	Vyhovuje	-8,14	Vyhovuje	-29,19	Vyhovuje
9	-15,55	Vyhovuje	2,17	Vyhovuje	-8,63	Vyhovuje	-28,09	Vyhovuje
10	-16,21	Vyhovuje	2,30	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje	-26,16	Vyhovuje
11L	-16,60	Vyhovuje	2,69	Vyhovuje	-9,91	Vyhovuje	-25,77	Vyhovuje
11P	-16,16	Vyhovuje	-0,19	Vyhovuje	-9,47	Vyhovuje	-28,65	Vyhovuje
12	-15,79	Vyhovuje	-1,98	Vyhovuje	-8,69	Vyhovuje	-31,39	Vyhovuje
13	-16,29	Vyhovuje	-0,35	Vyhovuje	-7,92	Vyhovuje	-31,65	Vyhovuje
14	-17,40	Vyhovuje	2,96	Vyhovuje	-8,39	Vyhovuje	-30,55	Vyhovuje
15	-18,20	Vyhovuje	5,13	Vyhovuje	-8,88	Vyhovuje	-29,58	Vyhovuje
16	-18,52	Vyhovuje	5,86	Vyhovuje	-9,08	Vyhovuje	-29,17	Vyhovuje

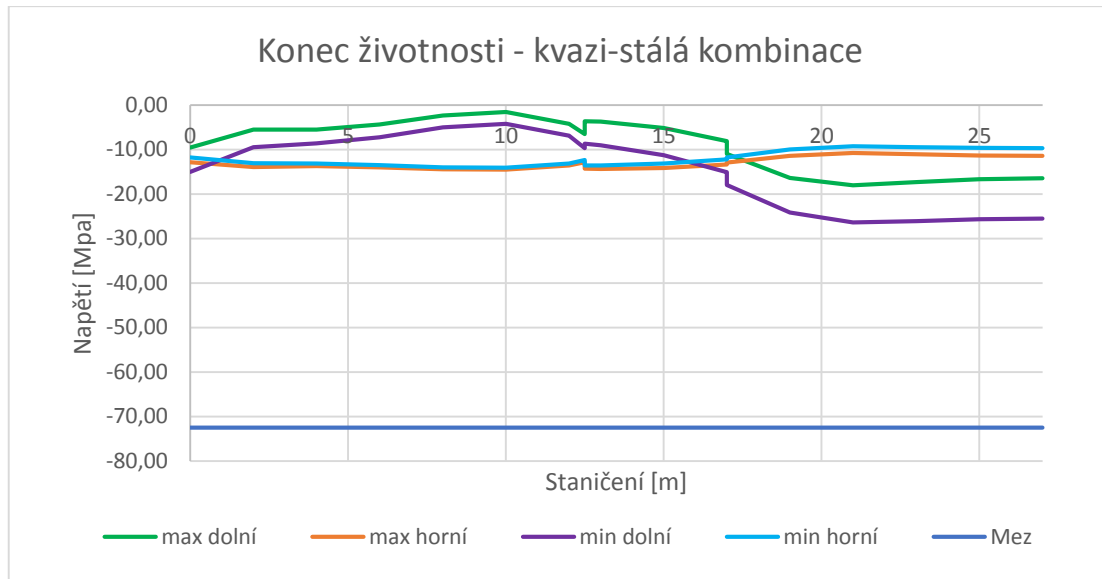
Tab. 45 - Posouzení mezních napětí v betonu – Konec životnosti – charakteristická kombinace



Obr. 68 - MSP posouzení - Konec životnosti - charakteristická kombinace

řez	Fáze: konec životnosti							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,85	Vyhovuje	-9,51	Vyhovuje	-11,78	Vyhovuje	-14,98	Vyhovuje
2	-13,95	Vyhovuje	-5,54	Vyhovuje	-13,03	Vyhovuje	-9,44	Vyhovuje
3	-13,71	Vyhovuje	-5,47	Vyhovuje	-13,14	Vyhovuje	-8,61	Vyhovuje
4	-14,00	Vyhovuje	-4,37	Vyhovuje	-13,50	Vyhovuje	-7,25	Vyhovuje
5	-14,46	Vyhovuje	-2,31	Vyhovuje	-14,02	Vyhovuje	-5,01	Vyhovuje
6	-14,51	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-14,08	Vyhovuje	-4,25	Vyhovuje
7	-13,60	Vyhovuje	-4,19	Vyhovuje	-13,15	Vyhovuje	-6,89	Vyhovuje
8L	-12,87	Vyhovuje	-6,53	Vyhovuje	-12,32	Vyhovuje	-9,67	Vyhovuje
8P	-14,29	Vyhovuje	-3,61	Vyhovuje	-13,54	Vyhovuje	-8,70	Vyhovuje
9	-14,35	Vyhovuje	-3,71	Vyhovuje	-13,55	Vyhovuje	-9,02	Vyhovuje
10	-14,12	Vyhovuje	-5,14	Vyhovuje	-13,15	Vyhovuje	-11,28	Vyhovuje
11L	-13,39	Vyhovuje	-8,10	Vyhovuje	-12,20	Vyhovuje	-15,09	Vyhovuje
11P	-12,95	Vyhovuje	-10,98	Vyhovuje	-11,76	Vyhovuje	-17,97	Vyhovuje
12	-11,38	Vyhovuje	-16,35	Vyhovuje	-10,00	Vyhovuje	-24,11	Vyhovuje
13	-10,77	Vyhovuje	-18,02	Vyhovuje	-9,25	Vyhovuje	-26,38	Vyhovuje
14	-11,06	Vyhovuje	-17,28	Vyhovuje	-9,46	Vyhovuje	-26,05	Vyhovuje
15	-11,31	Vyhovuje	-16,65	Vyhovuje	-9,64	Vyhovuje	-25,67	Vyhovuje
16	-11,39	Vyhovuje	-16,43	Vyhovuje	-9,70	Vyhovuje	-25,54	Vyhovuje

Tab. 46 - Posouzení mezních napětí v betonu – Konec životnosti – kvazi-stálá kombinace



Obr. 69 - MSP posouzení - Konec životnosti - kvazi-stálá kombinace

Z výše uvedených posouzení vyplývá, že v konstrukci při žádné z kombinací nevznikají nadměrná tlaková namáhání a je tak zaručeno lineární dotvarování.

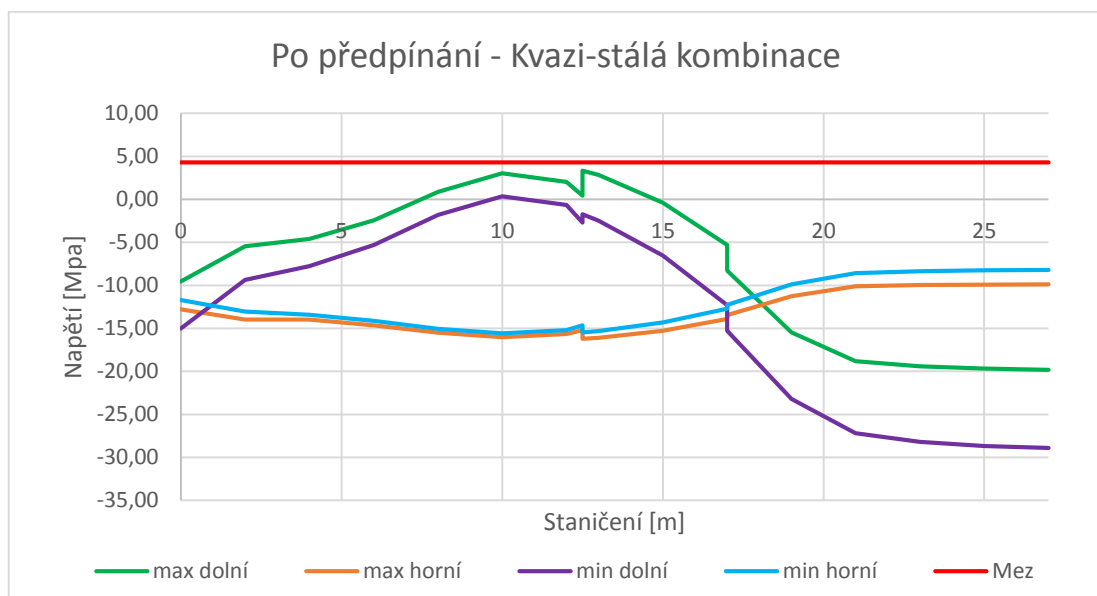
4.6.2 Mezní stav omezení trhlin

Z hlediska trvanlivosti konstrukce je třeba omezit vznik trhlin v betonu. Podle [3] je pro UHPFRC s nesoudržnou předpínací výztuží a třídou prostředí XD2 limitní hodnota šířky trhlin 0,1 mm při kvazi-stálé kombinaci. V případě velkého nahodilého zatížení je ale doporučeno zamezit vzniku trhlin pro třídy prostředí XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XS1, XS2 a XS3.

Proto je při kvazi-stálé kombinaci omezeno napětí na dekompresi, při časté kombinaci jsou povolena tahová napětí do velikosti $f_{ctf,k}/K = 9,2/1,25 = 7,36$ MPa a při charakteristické kombinaci jsou povolena tahová napětí do velikosti $f_{ctfk} = 9,2$ MPa. Ve stavebním stádiu po předepnutí se při kvazi-stálé kombinaci povolují tahy do velikosti $f_{ctk0,05} = 4,3$ MPa, u kterých se uvažuje, že po nanesení ostatního stálého zatížení vymizí. Posudky pro jednotlivé řezy jsou provedeny v tabulkách a grafech.

řez	Fáze: Po vnesení předpětí							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 4,3 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 4,3 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,78	Vyhovuje	-9,55	Vyhovuje	-11,71	Vyhovuje	-15,02	Vyhovuje
2	-13,98	Vyhovuje	-5,45	Vyhovuje	-13,06	Vyhovuje	-9,35	Vyhovuje
3	-13,99	Vyhovuje	-4,61	Vyhovuje	-13,41	Vyhovuje	-7,74	Vyhovuje
4	-14,63	Vyhovuje	-2,44	Vyhovuje	-14,13	Vyhovuje	-5,31	Vyhovuje
5	-15,50	Vyhovuje	0,89	Vyhovuje	-15,05	Vyhovuje	-1,81	Vyhovuje
6	-16,01	Vyhovuje	3,03	Vyhovuje	-15,58	Vyhovuje	0,34	Vyhovuje
7	-15,66	Vyhovuje	2,04	Vyhovuje	-15,21	Vyhovuje	-0,66	Vyhovuje
8L	-15,19	Vyhovuje	0,43	Vyhovuje	-14,65	Vyhovuje	-2,71	Vyhovuje
8P	-16,21	Vyhovuje	3,35	Vyhovuje	-15,46	Vyhovuje	-1,74	Vyhovuje
9	-16,10	Vyhovuje	2,83	Vyhovuje	-15,31	Vyhovuje	-2,47	Vyhovuje
10	-15,27	Vyhovuje	-0,39	Vyhovuje	-14,30	Vyhovuje	-6,54	Vyhovuje
11L	-13,89	Vyhovuje	-5,30	Vyhovuje	-12,71	Vyhovuje	-12,29	Vyhovuje
11P	-13,46	Vyhovuje	-8,28	Vyhovuje	-12,28	Vyhovuje	-15,26	Vyhovuje
12	-11,26	Vyhovuje	-15,46	Vyhovuje	-9,88	Vyhovuje	-23,21	Vyhovuje
13	-10,10	Vyhovuje	-18,81	Vyhovuje	-8,58	Vyhovuje	-27,17	Vyhovuje
14	-9,95	Vyhovuje	-19,42	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-28,19	Vyhovuje
15	-9,92	Vyhovuje	-19,67	Vyhovuje	-8,25	Vyhovuje	-28,69	Vyhovuje
16	-9,89	Vyhovuje	-19,80	Vyhovuje	-8,20	Vyhovuje	-28,91	Vyhovuje

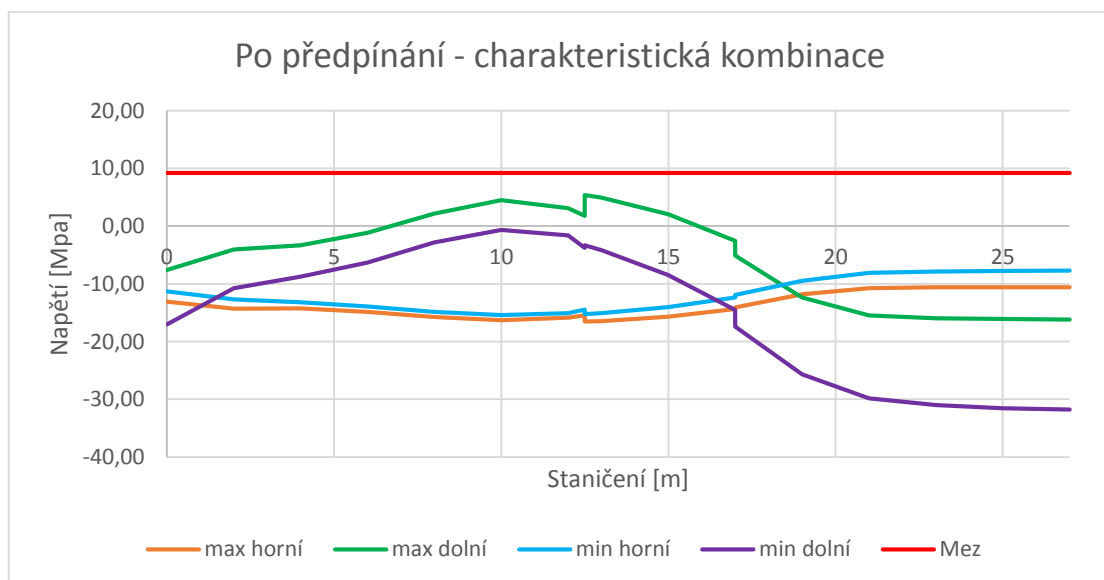
Tab. 47 – Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Po vnesení předpětí – kvazi-stálá kombinace



Obr. 70 - MSP posouzení - Po předpínání - Kvazi-stálá kombinace

řez	Fáze: Po vnesení předpětí – stavební stav							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,10	Vyhovuje	-7,61	Vyhovuje	-11,32	Vyhovuje	-17,02	Vyhovuje
2	-14,31	Vyhovuje	-4,07	Vyhovuje	-12,68	Vyhovuje	-10,75	Vyhovuje
3	-14,24	Vyhovuje	-3,32	Vyhovuje	-13,22	Vyhovuje	-8,78	Vyhovuje
4	-14,88	Vyhovuje	-1,16	Vyhovuje	-13,94	Vyhovuje	-6,32	Vyhovuje
5	-15,76	Vyhovuje	2,18	Vyhovuje	-14,87	Vyhovuje	-2,82	Vyhovuje
6	-16,30	Vyhovuje	4,48	Vyhovuje	-15,41	Vyhovuje	-0,65	Vyhovuje
7	-15,87	Vyhovuje	3,12	Vyhovuje	-15,07	Vyhovuje	-1,60	Vyhovuje
8L	-15,48	Vyhovuje	1,78	Vyhovuje	-14,49	Vyhovuje	-3,77	Vyhovuje
8P	-16,53	Vyhovuje	5,38	Vyhovuje	-15,24	Vyhovuje	-3,35	Vyhovuje
9	-16,45	Vyhovuje	4,94	Vyhovuje	-15,08	Vyhovuje	-4,15	Vyhovuje
10	-15,67	Vyhovuje	2,05	Vyhovuje	-14,01	Vyhovuje	-8,49	Vyhovuje
11L	-14,39	Vyhovuje	-2,53	Vyhovuje	-12,36	Vyhovuje	-14,51	Vyhovuje
11P	-14,09	Vyhovuje	-5,11	Vyhovuje	-11,95	Vyhovuje	-17,41	Vyhovuje
12	-11,84	Vyhovuje	-12,38	Vyhovuje	-9,47	Vyhovuje	-25,67	Vyhovuje
13	-10,73	Vyhovuje	-15,49	Vyhovuje	-8,12	Vyhovuje	-29,83	Vyhovuje
14	-10,61	Vyhovuje	-15,95	Vyhovuje	-7,88	Vyhovuje	-30,98	Vyhovuje
15	-10,61	Vyhovuje	-16,10	Vyhovuje	-7,76	Vyhovuje	-31,56	Vyhovuje
16	-10,59	Vyhovuje	-16,20	Vyhovuje	-7,70	Vyhovuje	-31,81	Vyhovuje

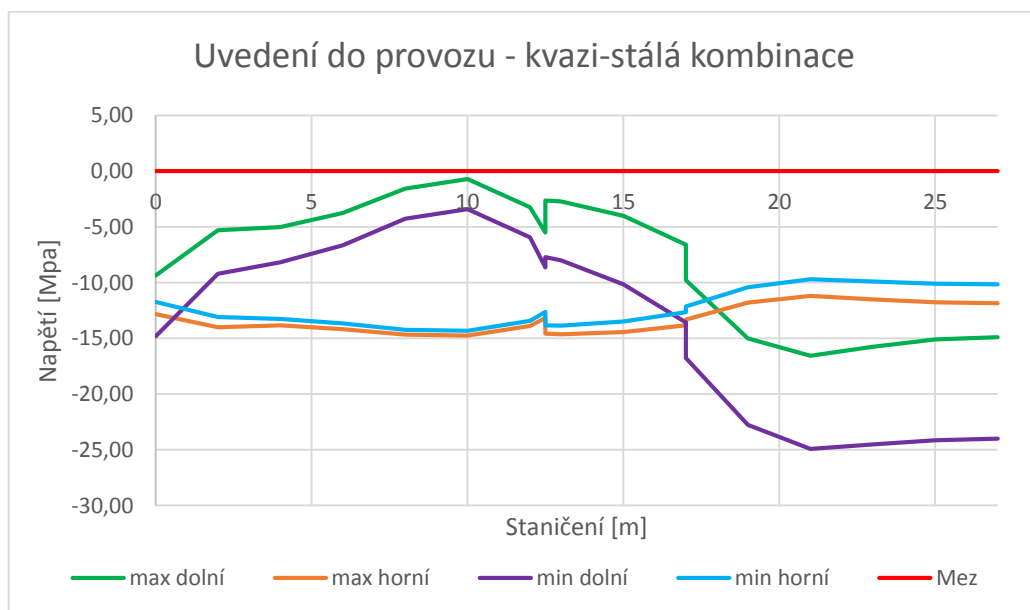
Tab. 48 – Posouzení mezních napětí v betonu – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace



Obr. 71 - MSP posouzení - Po předpínání - charakteristická kombinace

řez	Fáze: uvedení do provozu							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota - dekomprese)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota - dekomprese)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,82	Vyhovuje	-9,34	Vyhovuje	-11,75	Vyhovuje	-14,81	Vyhovuje
2	-14,00	Vyhovuje	-5,29	Vyhovuje	-13,08	Vyhovuje	-9,19	Vyhovuje
3	-13,82	Vyhovuje	-5,02	Vyhovuje	-13,25	Vyhovuje	-8,16	Vyhovuje
4	-14,17	Vyhovuje	-3,76	Vyhovuje	-13,66	Vyhovuje	-6,64	Vyhovuje
5	-14,67	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-14,22	Vyhovuje	-4,27	Vyhovuje
6	-14,75	Vyhovuje	-0,72	Vyhovuje	-14,32	Vyhovuje	-3,40	Vyhovuje
7	-13,88	Vyhovuje	-3,24	Vyhovuje	-13,43	Vyhovuje	-5,94	Vyhovuje
8L	-13,17	Vyhovuje	-5,50	Vyhovuje	-12,62	Vyhovuje	-8,64	Vyhovuje
8P	-14,58	Vyhovuje	-2,63	Vyhovuje	-13,83	Vyhovuje	-7,72	Vyhovuje
9	-14,64	Vyhovuje	-2,70	Vyhovuje	-13,85	Vyhovuje	-8,01	Vyhovuje
10	-14,45	Vyhovuje	-4,00	Vyhovuje	-13,48	Vyhovuje	-10,15	Vyhovuje
11L	-13,83	Vyhovuje	-6,60	Vyhovuje	-12,65	Vyhovuje	-13,59	Vyhovuje
11P	-13,31	Vyhovuje	-9,78	Vyhovuje	-12,13	Vyhovuje	-16,77	Vyhovuje
12	-11,78	Vyhovuje	-15,00	Vyhovuje	-10,40	Vyhovuje	-22,75	Vyhovuje
13	-11,20	Vyhovuje	-16,55	Vyhovuje	-9,68	Vyhovuje	-24,91	Vyhovuje
14	-11,50	Vyhovuje	-15,76	Vyhovuje	-9,90	Vyhovuje	-24,53	Vyhovuje
15	-11,76	Vyhovuje	-15,11	Vyhovuje	-10,09	Vyhovuje	-24,13	Vyhovuje
16	-11,85	Vyhovuje	-14,88	Vyhovuje	-10,15	Vyhovuje	-23,99	Vyhovuje

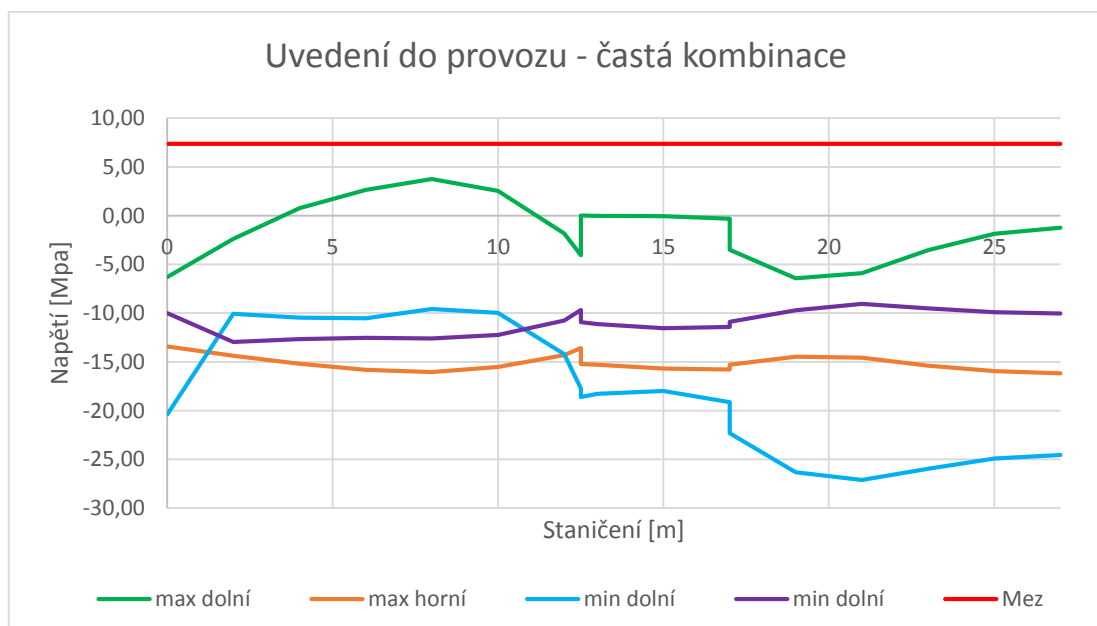
Tab. 49 – Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Uvedení do provozu – kvazi-stálá kombinace



Obr. 72 - MSP posudek - Uvedení do provozu - kvazi-stálá kombinace

řez	Fáze: uvedení do provozu							
	Častá kombinace - max (limitní hodnota = 7,36 MPa)				Častá kombinace - min (limitní hodnota = 7,36 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,42	Vyhovuje	-6,28	Vyhovuje	-10,00	Vyhovuje	-20,38	Vyhovuje
2	-14,36	Vyhovuje	-2,38	Vyhovuje	-12,95	Vyhovuje	-10,08	Vyhovuje
3	-15,20	Vyhovuje	0,77	Vyhovuje	-12,66	Vyhovuje	-10,46	Vyhovuje
4	-15,83	Vyhovuje	2,63	Vyhovuje	-12,53	Vyhovuje	-10,53	Vyhovuje
5	-16,04	Vyhovuje	3,76	Vyhovuje	-12,60	Vyhovuje	-9,58	Vyhovuje
6	-15,54	Vyhovuje	2,56	Vyhovuje	-12,25	Vyhovuje	-9,97	Vyhovuje
7	-14,29	Vyhovuje	-1,83	Vyhovuje	-10,76	Vyhovuje	-14,20	Vyhovuje
8L	-13,60	Vyhovuje	-4,04	Vyhovuje	-9,69	Vyhovuje	-17,71	Vyhovuje
8P	-15,23	Vyhovuje	0,01	Vyhovuje	-10,91	Vyhovuje	-18,60	Vyhovuje
9	-15,30	Vyhovuje	-0,03	Vyhovuje	-11,13	Vyhovuje	-18,29	Vyhovuje
10	-15,67	Vyhovuje	-0,04	Vyhovuje	-11,55	Vyhovuje	-18,00	Vyhovuje
11L	-15,80	Vyhovuje	-0,32	Vyhovuje	-11,41	Vyhovuje	-19,13	Vyhovuje
11P	-15,28	Vyhovuje	-3,50	Vyhovuje	-10,89	Vyhovuje	-22,31	Vyhovuje
12	-14,48	Vyhovuje	-6,41	Vyhovuje	-9,71	Vyhovuje	-26,32	Vyhovuje
13	-14,56	Vyhovuje	-5,91	Vyhovuje	-9,05	Vyhovuje	-27,13	Vyhovuje
14	-15,38	Vyhovuje	-3,52	Vyhovuje	-9,53	Vyhovuje	-25,96	Vyhovuje
15	-15,96	Vyhovuje	-1,86	Vyhovuje	-9,92	Vyhovuje	-24,93	Vyhovuje
16	-16,17	Vyhovuje	-1,25	Vyhovuje	-10,05	Vyhovuje	-24,57	Vyhovuje

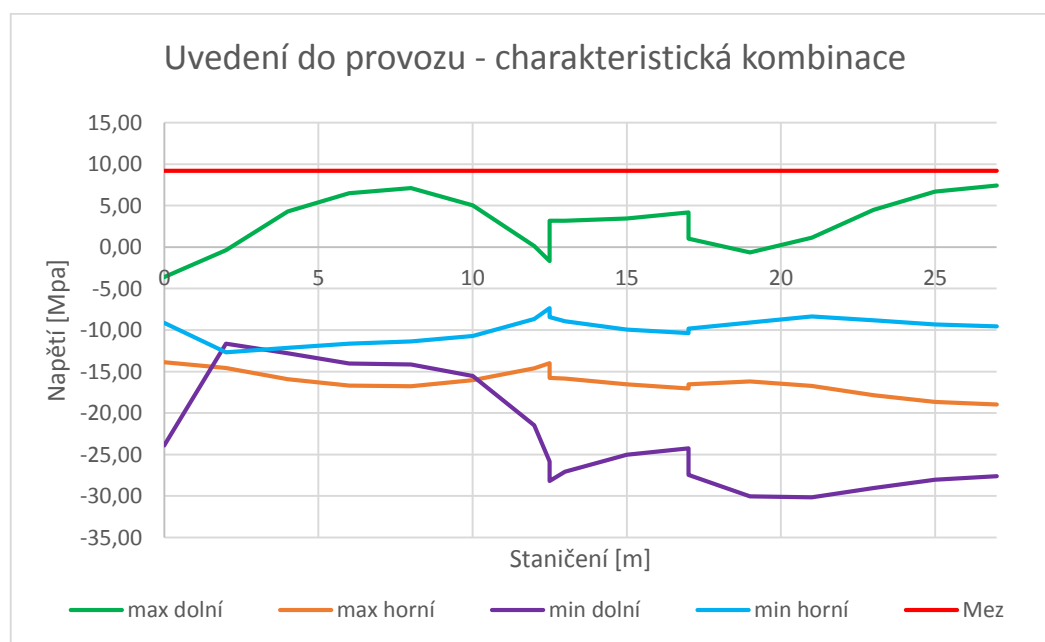
Tab. 50 - Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Uvedení do provozu – častá kombinace



Obr. 73 - MSP posouzení - Uvedení do provozu - častá kombinace

řez	Fáze: uvedení do provozu							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,86	Vyhovuje	-3,63	Vyhovuje	-9,12	Vyhovuje	-23,90	Vyhovuje
2	-14,57	Vyhovuje	-0,39	Vyhovuje	-12,68	Vyhovuje	-11,64	Vyhovuje
3	-15,92	Vyhovuje	4,28	Vyhovuje	-12,16	Vyhovuje	-12,78	Vyhovuje
4	-16,71	Vyhovuje	6,48	Vyhovuje	-11,65	Vyhovuje	-14,03	Vyhovuje
5	-16,77	Vyhovuje	7,12	Vyhovuje	-11,38	Vyhovuje	-14,13	Vyhovuje
6	-16,04	Vyhovuje	5,03	Vyhovuje	-10,71	Vyhovuje	-15,53	Vyhovuje
7	-14,60	Vyhovuje	0,14	Vyhovuje	-8,66	Vyhovuje	-21,50	Vyhovuje
8L	-14,00	Vyhovuje	-1,69	Vyhovuje	-7,35	Vyhovuje	-25,82	Vyhovuje
8P	-15,79	Vyhovuje	3,19	Vyhovuje	-8,43	Vyhovuje	-28,20	Vyhovuje
9	-15,84	Vyhovuje	3,18	Vyhovuje	-8,92	Vyhovuje	-27,08	Vyhovuje
10	-16,53	Vyhovuje	3,44	Vyhovuje	-9,93	Vyhovuje	-25,02	Vyhovuje
11L	-17,04	Vyhovuje	4,19	Vyhovuje	-10,36	Vyhovuje	-24,27	Vyhovuje
11P	-16,52	Vyhovuje	1,01	Vyhovuje	-9,84	Vyhovuje	-27,45	Vyhovuje
12	-16,19	Vyhovuje	-0,63	Vyhovuje	-9,08	Vyhovuje	-30,03	Vyhovuje
13	-16,71	Vyhovuje	1,13	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-30,18	Vyhovuje
14	-17,85	Vyhovuje	4,48	Vyhovuje	-8,83	Vyhovuje	-29,03	Vyhovuje
15	-18,66	Vyhovuje	6,68	Vyhovuje	-9,33	Vyhovuje	-28,03	Vyhovuje
16	-18,97	Vyhovuje	7,41	Vyhovuje	-9,54	Vyhovuje	-27,62	Vyhovuje

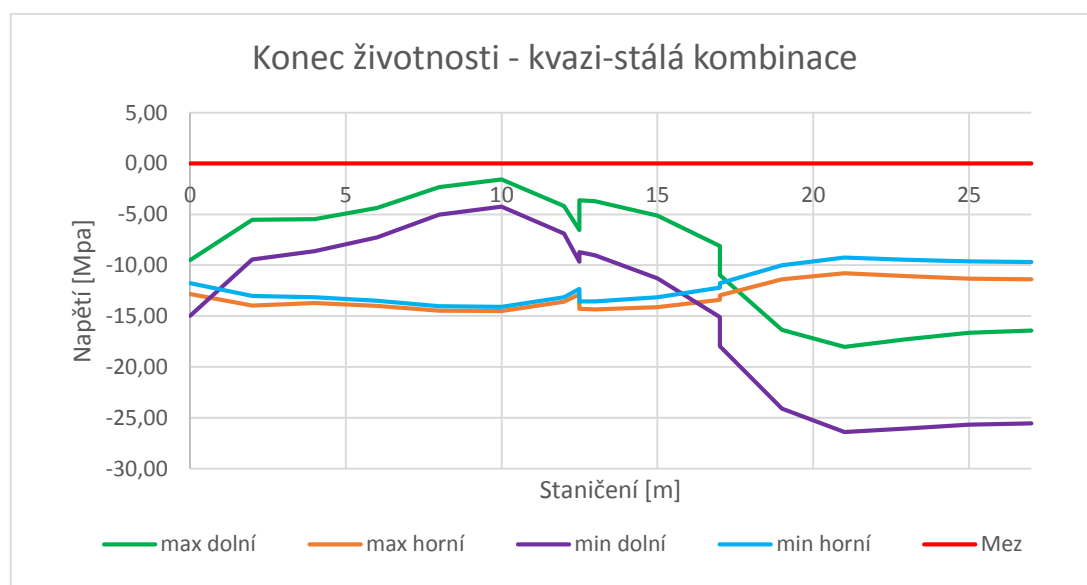
Tab. 51 - Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace



Obr. 74 - MSP posudek - Uvedení do provozu - charakteristická kombinace

řez	Fáze: konec životnosti							
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota - dekomprese)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota - dekomprese)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-12,85	Vyhovuje	-9,51	Vyhovuje	-11,78	Vyhovuje	-14,98	Vyhovuje
2	-13,95	Vyhovuje	-5,54	Vyhovuje	-13,03	Vyhovuje	-9,44	Vyhovuje
3	-13,71	Vyhovuje	-5,47	Vyhovuje	-13,14	Vyhovuje	-8,61	Vyhovuje
4	-14,00	Vyhovuje	-4,37	Vyhovuje	-13,50	Vyhovuje	-7,25	Vyhovuje
5	-14,46	Vyhovuje	-2,31	Vyhovuje	-14,02	Vyhovuje	-5,01	Vyhovuje
6	-14,51	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-14,08	Vyhovuje	-4,25	Vyhovuje
7	-13,60	Vyhovuje	-4,19	Vyhovuje	-13,15	Vyhovuje	-6,89	Vyhovuje
8L	-12,87	Vyhovuje	-6,53	Vyhovuje	-12,32	Vyhovuje	-9,67	Vyhovuje
8P	-14,29	Vyhovuje	-3,61	Vyhovuje	-13,54	Vyhovuje	-8,70	Vyhovuje
9	-14,35	Vyhovuje	-3,71	Vyhovuje	-13,55	Vyhovuje	-9,02	Vyhovuje
10	-14,12	Vyhovuje	-5,14	Vyhovuje	-13,15	Vyhovuje	-11,28	Vyhovuje
11L	-13,39	Vyhovuje	-8,10	Vyhovuje	-12,20	Vyhovuje	-15,09	Vyhovuje
11P	-12,95	Vyhovuje	-10,98	Vyhovuje	-11,76	Vyhovuje	-17,97	Vyhovuje
12	-11,38	Vyhovuje	-16,35	Vyhovuje	-10,00	Vyhovuje	-24,11	Vyhovuje
13	-10,77	Vyhovuje	-18,02	Vyhovuje	-9,25	Vyhovuje	-26,38	Vyhovuje
14	-11,06	Vyhovuje	-17,28	Vyhovuje	-9,46	Vyhovuje	-26,05	Vyhovuje
15	-11,31	Vyhovuje	-16,65	Vyhovuje	-9,64	Vyhovuje	-25,67	Vyhovuje
16	-11,39	Vyhovuje	-16,43	Vyhovuje	-9,70	Vyhovuje	-25,54	Vyhovuje

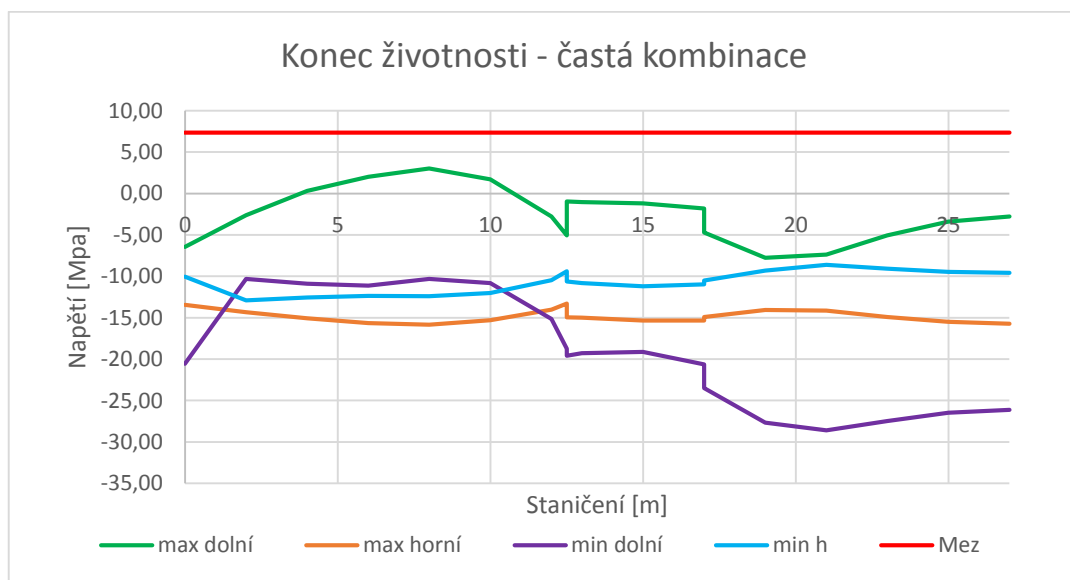
Tab. 52 – Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Konec životnosti – kvazi-stálá kombinace



Obr. 75 - MPS posudek - Konec životnosti - kvazi-stálá kombinace

řez	Fáze: konec životnosti							
	Častá kombinace - max (limitní hodnota = 7,36 MPa)				Častá kombinace - min (limitní hodnota = 7,36 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,45	Vyhovuje	-6,45	Vyhovuje	-10,03	Vyhovuje	-20,55	Vyhovuje
2	-14,32	Vyhovuje	-2,63	Vyhovuje	-12,91	Vyhovuje	-10,33	Vyhovuje
3	-15,09	Vyhovuje	0,32	Vyhovuje	-12,55	Vyhovuje	-10,91	Vyhovuje
4	-15,67	Vyhovuje	2,02	Vyhovuje	-12,36	Vyhovuje	-11,14	Vyhovuje
5	-15,83	Vyhovuje	3,02	Vyhovuje	-12,39	Vyhovuje	-10,32	Vyhovuje
6	-15,30	Vyhovuje	1,71	Vyhovuje	-12,01	Vyhovuje	-10,81	Vyhovuje
7	-14,01	Vyhovuje	-2,78	Vyhovuje	-10,48	Vyhovuje	-15,14	Vyhovuje
8L	-13,30	Vyhovuje	-5,07	Vyhovuje	-9,39	Vyhovuje	-18,74	Vyhovuje
8P	-14,94	Vyhovuje	-0,98	Vyhovuje	-10,62	Vyhovuje	-19,58	Vyhovuje
9	-15,01	Vyhovuje	-1,04	Vyhovuje	-10,84	Vyhovuje	-19,30	Vyhovuje
10	-15,35	Vyhovuje	-1,18	Vyhovuje	-11,22	Vyhovuje	-19,13	Vyhovuje
11L	-15,35	Vyhovuje	-1,82	Vyhovuje	-10,97	Vyhovuje	-20,63	Vyhovuje
11P	-14,91	Vyhovuje	-4,70	Vyhovuje	-10,53	Vyhovuje	-23,51	Vyhovuje
12	-14,08	Vyhovuje	-7,77	Vyhovuje	-9,31	Vyhovuje	-27,67	Vyhovuje
13	-14,14	Vyhovuje	-7,39	Vyhovuje	-8,62	Vyhovuje	-28,60	Vyhovuje
14	-14,93	Vyhovuje	-5,04	Vyhovuje	-9,08	Vyhovuje	-27,48	Vyhovuje
15	-15,51	Vyhovuje	-3,40	Vyhovuje	-9,47	Vyhovuje	-26,48	Vyhovuje
16	-15,71	Vyhovuje	-2,80	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje	-26,12	Vyhovuje

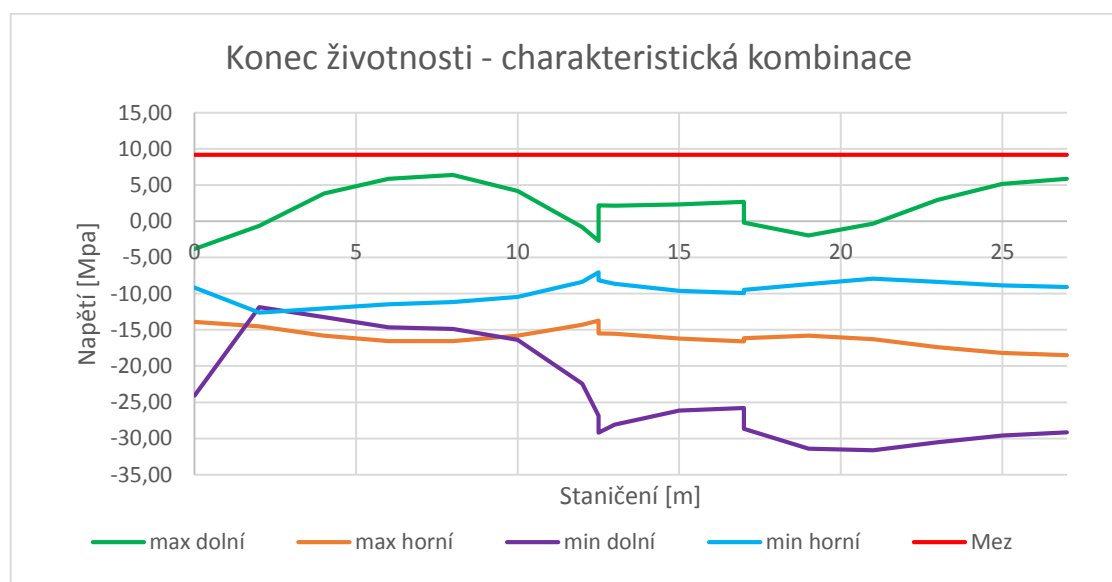
Tab. 53 - Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Konec životnosti – častá kombinace



Obr. 76 - MSP posouzení - Konec životnosti - častá kombinace

řez	Fáze: konec životnosti							
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-13,89	Vyhovuje	-3,80	Vyhovuje	-9,15	Vyhovuje	-24,07	Vyhovuje
2	-14,53	Vyhovuje	-0,63	Vyhovuje	-12,63	Vyhovuje	-11,88	Vyhovuje
3	-15,81	Vyhovuje	3,83	Vyhovuje	-12,05	Vyhovuje	-13,23	Vyhovuje
4	-16,55	Vyhovuje	5,87	Vyhovuje	-11,48	Vyhovuje	-14,64	Vyhovuje
5	-16,57	Vyhovuje	6,38	Vyhovuje	-11,17	Vyhovuje	-14,87	Vyhovuje
6	-15,80	Vyhovuje	4,19	Vyhovuje	-10,46	Vyhovuje	-16,37	Vyhovuje
7	-14,31	Vyhovuje	-0,81	Vyhovuje	-8,37	Vyhovuje	-22,44	Vyhovuje
8L	-13,70	Vyhovuje	-2,71	Vyhovuje	-7,05	Vyhovuje	-26,85	Vyhovuje
8P	-15,50	Vyhovuje	2,20	Vyhovuje	-8,14	Vyhovuje	-29,19	Vyhovuje
9	-15,55	Vyhovuje	2,17	Vyhovuje	-8,63	Vyhovuje	-28,09	Vyhovuje
10	-16,21	Vyhovuje	2,30	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje	-26,16	Vyhovuje
11L	-16,60	Vyhovuje	2,69	Vyhovuje	-9,91	Vyhovuje	-25,77	Vyhovuje
11P	-16,16	Vyhovuje	-0,19	Vyhovuje	-9,47	Vyhovuje	-28,65	Vyhovuje
12	-15,79	Vyhovuje	-1,98	Vyhovuje	-8,69	Vyhovuje	-31,39	Vyhovuje
13	-16,29	Vyhovuje	-0,35	Vyhovuje	-7,92	Vyhovuje	-31,65	Vyhovuje
14	-17,40	Vyhovuje	2,96	Vyhovuje	-8,39	Vyhovuje	-30,55	Vyhovuje
15	-18,20	Vyhovuje	5,13	Vyhovuje	-8,88	Vyhovuje	-29,58	Vyhovuje
16	-18,52	Vyhovuje	5,86	Vyhovuje	-9,08	Vyhovuje	-29,17	Vyhovuje

Tab. 54 - Posouzení omezení šířky trhlin v betonu – Konec životnosti – charakteristická kombinace



Obr. 77 - MSP posudek - Konec životnosti - charakteristická kombinace

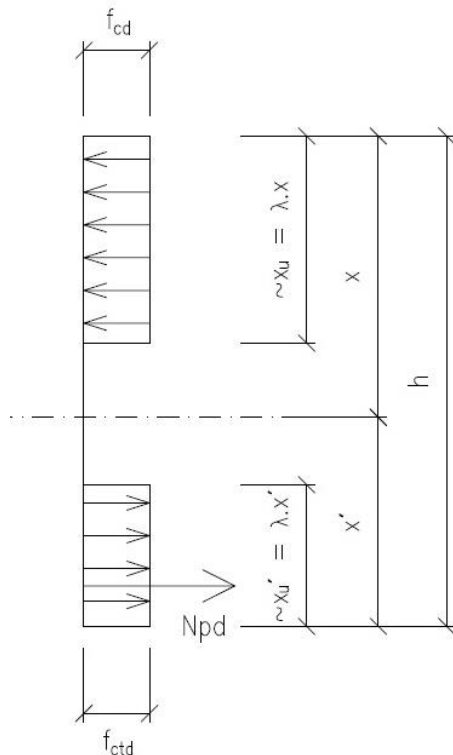
Jak je z výše uvedených údajů patrné, na konstrukci dochází v provozním stavu k tahovým napětím, která s rezervou vyhovují limitním hodnotám. Ve stavebním stádiu po předepnutí konstrukce dochází k tahům max 3,35 MPa, což je nižší hodnota než charakteristická pevnost UHPFRC v prostém tahu ($f_{ctk0,05} = 4,3$ MPa) a konstrukce i v tomto bodě vyhoví.

4.7 Posouzení MSÚ

4.7.1 Obecně

Při stanovení mezního momentu únosnosti průřezu z UHPFRC se vychází z těchto předpokladů:

- rovinné průřezy zůstávají rovinné
- uvažuje se pevnost UHPFRC v tlaku i tahu
- zjednodušeně se uvažuje lineární průběh napětí v tahu i tlaku



Obr. 78 - Schéma působení průřezu na mezi únosnosti

- působení na mezi únosnosti se uvažuje podle obrázku, kde

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

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctfk}}{\gamma_{cf} \cdot K_{global}} = \frac{9,2}{1,3 \cdot 1,25} = 5,66 \text{ MPa}$$

$$N_{pd} = A_p \cdot [\gamma_p \cdot \sigma_p(t) + \gamma_{\Delta p} \cdot \Delta \sigma]$$

λ se uvažuje hodnotou 0,8

Zjednodušeně se uvažuje, že $\Delta \sigma = 0 \text{ MPa}$

Předpokládá se, že účinky staticky určitého i neurčitého momentu od předpětí jsou zahrnuty v průběhu momentů z TDA analýzy (společně s účinky vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a účinků dotvarování a reologie). Celkový moment od zatížení se pak uvažuje jako součet momentu z nejneprůznivější kombinace M_{kom} (bez vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení) a momentu od účinků vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a předpětí na konci životnosti $M_{kž}$.

$$M_{Ed} = M_{kom} + M_{kž}$$

Pro výpočet momentu únosnosti se použije normálová síla v průřezu N_{Ed} , která zahrnuje normálovou sílu N_{kom} a $N_{kž}$ příslušné ke zmíněným ohybovým momentům.

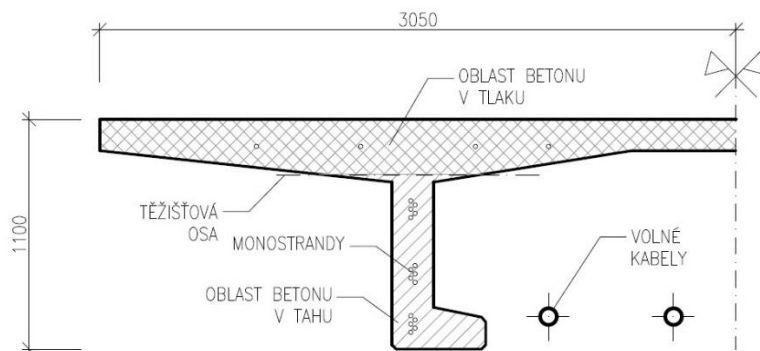
$$N_{Ed} = N_{kom} + N_{kž}$$

Na průřezu pak musí platit rovnováha

$$N_{cd} = N_{ctd} + N_{Ed}$$

Mezní únosnost bude stanovena pro průřez v poli v řezu 16 a nad podporou v řezu 8P, pro oba řezy je rozhodující kombinace 6.10b.

4.7.2 Řez 16 - průřez v poli



$$M_{kom} = 3545,79 \text{ kNm}, N_{kom} = 397,82 \text{ kN}$$

$$M_{kž} = -718,94 \text{ kNm}, N_{kž} = -11428,97 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{kom} + M_{kž} = 2826,85 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = N_{kom} + N_{kž} = -11031,15 \text{ kN}$$

Podmínka rovnováhy sil na průřezu:

$$N_{cd} = N_{ctd} + N_{Ed}$$

$$N_{cd} = 0,8x * b * f_{cd}$$

$$N_{ctd} = 0,8x' * b * f_{ctd}$$

A dále platí že $x' = h - x$

Protože se jedná o nepravidelný průřez, hodnota x byla stanovena iterativní metodou v tabulkovém editoru.

$$x = 0,0546 \text{ m}, x' = 1,0454 \text{ m}$$

Síly působící na průřez pak mají hodnotu:

$$N_{cd} = 12,157 \text{ MN}, N_{ctd} = 1,125 \text{ MN}, N_{Ed} = 11,031 \text{ MN}$$

a rameno sil k těžišti je:

$$r_{Ncd} = 0,2458 \text{ m}, r_{Nctd} = 0,460 \text{ m}, r_{NEd} = 0 \text{ m}$$

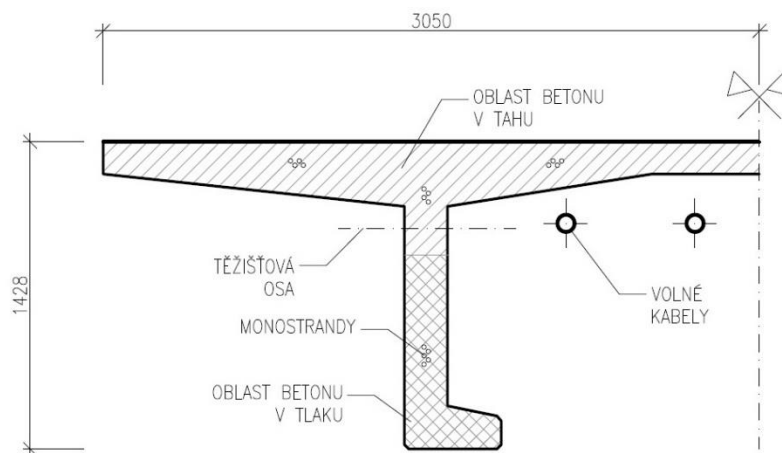
Moment únosnosti průřezu se stanoví jako

$$\begin{aligned} |M_{Rd}| &= N_{cd} * r_{Ncd} - N_{ctd} * r_{Nctd} - N_{Ed} * r_{NEd} = 11,031 * 0,2458 - 1,125 * 0,460 - 11,031 * 0 \\ &= |3,506| \text{ MN} \end{aligned}$$

$$M_{Rd} = 3506 \text{ kNm} > M_{Ed} = 2826,85 \text{ kNm}$$

Průřez na mezi únosnosti vyhoví.

4.7.3 Řez 8P - nad podporou



Obr. 79 - Schéma posuzovaného řezu 8P

$$M_{kom} = -4508,77 \text{ kNm}, N_{kom} = -2000,55 \text{ kN}$$

$$M_{kz} = 728,38 \text{ kNm}, N_{kz} = -11247,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{kom} + M_{kz} = -3780,39 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = N_{kom} + N_{kz} = -13247,55 \text{ kN}$$

Podmínka rovnováhy sil na průřezu:

$$N_{cd} = N_{ctd} + N_{Ed}$$

$$N_{cd} = 0,8x * b * f_{cd}$$

$$N_{ctd} = 0,8x' * b * f_{ctd}$$

A dále platí že $x' = h - x$

Protože se jedná o nepravidelný průřez, hodnota x byla stanovena iterativní metodou v tabulkovém editoru.

$$x = 0,901 \text{ m}, x' = 0,527 \text{ m}$$

Síly působící na průřez pak mají hodnotu:

$$N_{cd} = 17,142 \text{ MN}, N_{ctd} = 3,895 \text{ MN}, N_{Ed} = 13,248 \text{ MN}$$

a rameno sil k těžišti je:

$$r_{Ncd} = 0,777 \text{ m}, r_{Nctd} = 0,229 \text{ m}, r_{NEd} = 0 \text{ m}$$

Moment únosnosti průřezu se stanoví jako

$$\begin{aligned} |M_{Rd}| &= N_{cd} * r_{Ncd} - N_{ctd} * r_{Nctd} - N_{Ed} * r_{NEd} = 17,142 * 0,777 - 3,895 * 0,229 - 11,031 * 0 \\ &= |12,427| \text{ MN} \end{aligned}$$

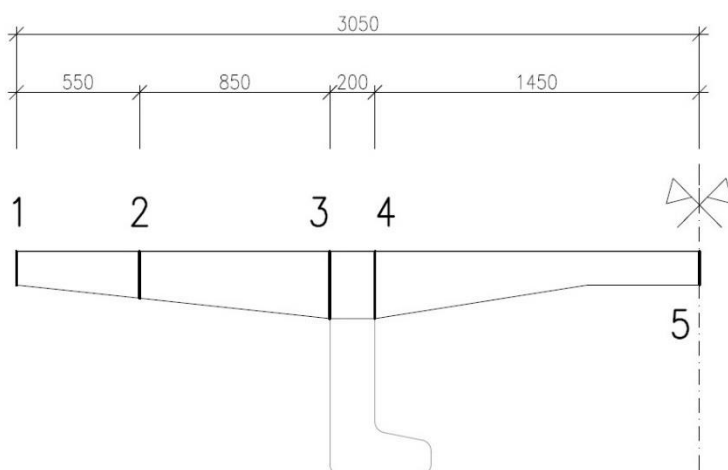
$$M_{Rd} = -12\,427 \text{ kNm} > M_{Ed} = -3780,39 \text{ kNm}$$

Průřez na mezi únosnosti vyhoví.

5 Nosná konstrukce – příčný směr

5.1 Všeobecně

S ohledem na subtilní rozměry průřezu je posuzováno chování konstrukce v příčném směru. Účinky zatížení se vyhodnocují pro polovinu průřezu ve 4 bodech vycházejících z modelu konstrukce (vnější hrana konstrukce, pod vnitřní hranou římsy, v ose nosníku zleva a zprava a ve středu průřezu), poloha bodů je na obrázku.



Obr. 80 - Poloha bodů pro příčný směr

Průřezové charakteristiky v jednotlivých bodech jsou shrnuty v tabulce.

Řez		1	2	3	4	5
Staničení	m	0	0,55	1,4	1,6	3,05
h	m	0,15	0,208	0,3	0,3	0,15
A	m ²	0,15	0,208	0,3	0,3	0,15
t	m	0,075	0,1045	0,15	0,15	0,075
I	m ⁴	0,000281	0,000761	0,00225	0,00225	0,000281
W _h	m ³	-0,00375	-0,00728	-0,015	-0,015	-0,00375
W _d	m ³	0,00375	0,00728	0,015	0,015	0,00375

Tab. 55 – průřezové charakteristiky desky mostovky

5.2 Vnitřní síly od zatížení

Uvažují se stejná zatížení jako v případě podélného směru, projeví se poloha dopravního zatížení vůči ose nosníku. Účinky zatížení na desku mostovky jsou shrnuty v tabulce.

Ohybové momenty [kNm]					
Řez	1	2	3	4	5
VLT	-0,33	-1,26	-7,41	-9,59	1,71
OST	-0,52	-4,23	-13,08	-10,73	-8,82
Teplota max	0	-0,01	-0,03	0	0
Teplota min	0	0,01	0,03	0	0
Vítr	0	0,08	0,32	-3,63	0,37
Staveništní	0	-0,12	-0,48	-0,44	0,14
LM1-Q -poloha 1	1,64	4,51	-79,11	-34,47	55,13
LM1-q-poloha 1	0	-0,05	-4,75	-7,37	5,04
LM1-Q – poloha 2	-0,28	-0,86	-1,22	-65,28	30,32
LM1-q-poloha 2	0	-0,18	-2,07	-7,87	6,37
LM1-Q – poloha 3	0,83	10,61	-117,66	-44,6	41,51
LM1-q-poloha 3	0	-0,05	-4,68	-1,08	-0,92
LM1-q-poloha 4	0	-0,13	-4,78	-6,13	0
LM2-poloha 1	0	7,53	-87,59	-54,92	66,33
LM2-poloha 2	0	-0,54	-1,46	-71,61	33,69
LM2-poloha 3	0	-0,17	-131,92	-63,52	61,18

Tab. 56 – Průběhy ohybových momentů v příčném směru

5.3 Výsledné kombinace

Pro posouzení jsou sestaveny standardní kombinace dle kap. 2.5.3.2 a 2.5.3.3, jako hlavní proměnné zatížení se uvažuje zatížení dopravou, ostatní proměnná zatížení mají na konstrukci v příčném směru minimální účinek. Výsledné hodnoty kombinací jsou shrnuty v tabulce.

řez		1	2	3	4	5
		kNm				
MAX	char	0,79	5,11	-21,78	-64,34	59,44
	čas	0,38	2,44	-21,60	-49,12	42,64
	kvaz	-0,85	-5,50	-20,51	-20,32	-7,11
MIN	char	-1,13	-6,49	-152,24	-95,65	26,80
	čas	-1,06	-6,21	-119,45	-74,03	18,16
	kvaz	-0,85	-5,50	-20,51	-20,32	-7,11

Tab. 57 – Kombinace pro posouzení MSP - provoz

řez		1	2	3	4	5
		kNm				
MAX	6.10	1,07	6,91	-29,37	-87,18	80,28
	6.10a	0,51	3,37	-28,88	-69,58	57,89
	6.10b	1,24	8,02	-25,22	-83,07	81,72
MIN	6.10	-1,53	-8,75	-205,49	-129,45	36,22
	6.10a	-1,43	-8,32	-160,97	-103,20	24,85
	6.10b	-1,35	-7,64	-201,34	-125,34	37,66

Tab. 58 – Kombinace pro posouzení MSÚ - provoz

řez		1	2	3	4	5
		kNm				
MAX	char	-0,33	-1,37	-7,86	-10,03	1,85
	kvaz	-0,33	-1,375	-7,875	-10,03	1,85
MIN	char	-0,33	-1,39	-7,92	-10,03	1,85
	kvaz	-0,33	-1,385	-7,905	-10,03	1,85

Tab. 59 – Kombinace pro MSP – výstavba

řez		1	2	3	4	5
		kNm				
MAX	6.10	-0,45	-1,87	-10,68	-13,61	2,52
	6.10a	-0,45	-1,87	-10,70	-13,61	2,52
	6.10b	-0,38	-1,61	-9,18	-11,66	2,17
MIN	6.10	-0,45	-1,90	-10,77	-13,61	2,52
	6.10a	-0,45	-1,89	-10,75	-13,61	2,52
	6.10b	-0,38	-1,64	-9,27	-11,66	2,17

Tab. 60 – Kombinace pro posouzení MSÚ - výstavba

5.4 Návrh předpětí

Předpětí je navrženo tak, aby vyrovnávalo působící ohybové momenty, zároveň respektuje polohu podélné předpínací výztuže. Pro příčné předpětí jsou navrženy 3-lanové monostrandy po 0,4 m. Monostrand je tvořen lanem Y1860S7-15,7. Tvar dráhy předpínacího kabelu je dvakrát zalomený, celkové excentricity ke střednici jsou ale velmi malé. Poloha lan a jejich účinky bez vlivu ztrát předpětí jsou shrnuty v tabulce a znázorněny na výkrese B2.8 – Příčná předpínací výztuž mostovky.

řez		1	2	3	4	5
x	m	0,075	0,104	0,150	0,150	0,058
t	m	0,075	0,104	0,15	0,15	0,075
e	m	0,000	0,019	0,049	0,045	-0,013
N _p	kN	1653,75	1653,75	1653,75	1653,75	1653,75
M _p	kN	0,00	31,42	81,03	74,42	-21,50

Tab. 61 – Uvažované účinky příčného předpětí

5.5 Podrobné účinky předpětí

Velikost ztrát je odhadnutá takto: po předpětí se uvažují ztráty 10 %, při uvedení do provozu 15 % a na konci životnosti 25 %. Výsledné působení předpětí na průřez je stanoveno z působení příčných sil od předpětí na model konstrukce, výsledky jsou shrnuty v tabulce.

Fáze: po předepnutí (ztráty 10 %)						
řez		1	2	3	4	5
M	kNm	0	0	0	12,02	-29,04
N	kN	1488,38	1488,38	1488,38	1488,38	1488,38
Fáze: uvedení do provozu (ztráty 15 %)						
Řez		1	2	3	4	5
M	kNm	0	0	0	10,21	-24,69
N	kN	1405,69	1405,69	1405,69	1405,69	1405,69
Fáze: konec životnosti (ztráty 25 %)						
řez		1	2	3	4	5
M	kNm	0	0	0	6,69	-22,59
N	kN	1240,31	1240,31	1240,31	1240,31	1240,31

Tab. 62 – Podrobné účinky předpětí v příčném směru

5.6 Posouzení MSP

5.6.1 Mezní stav omezení napětí

Tlakové napětí v betonu se omezuje stejně jako při posouzení podélného směru, tedy při charakteristické kombinaci by neměla hodnota tlakového napětí na konstrukci přesáhnout hodnotu $0,6f_{ck}$, aby se zamezilo vzniku podélných trhlin.

$$0,6f_{ck} = 0,6 \cdot 161 = 96,6 \text{ MPa (tlak)}$$

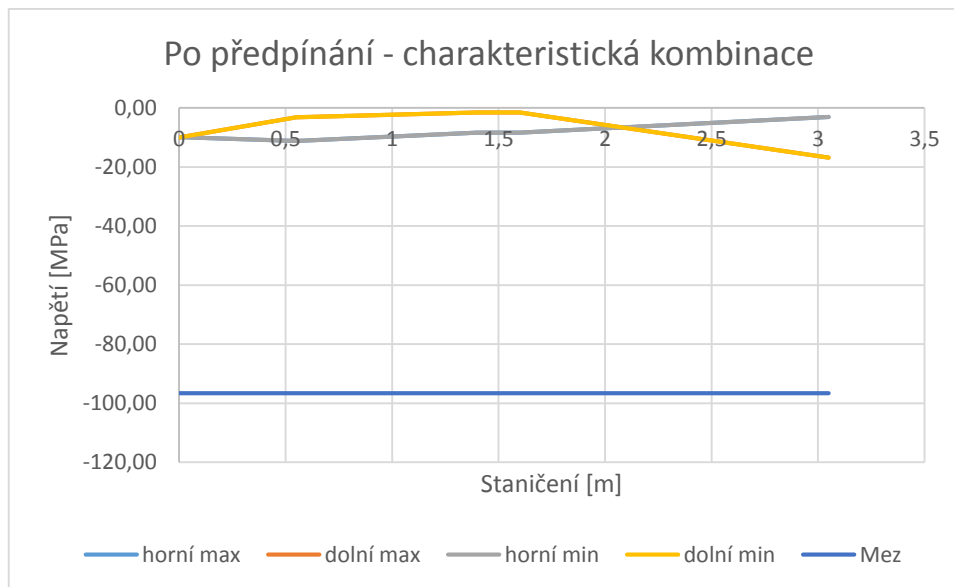
Při kvazi-stálé kombinaci by neměla hodnota tlakového napětí na konstrukci přesáhnout hodnotu $0,45f_{ck}$, aby se zamezilo nelineárnímu dotvarování konstrukce.

$$0,45f_{ck} = 0,45 \cdot 161 = 72,45 \text{ MPa (tlak)}$$

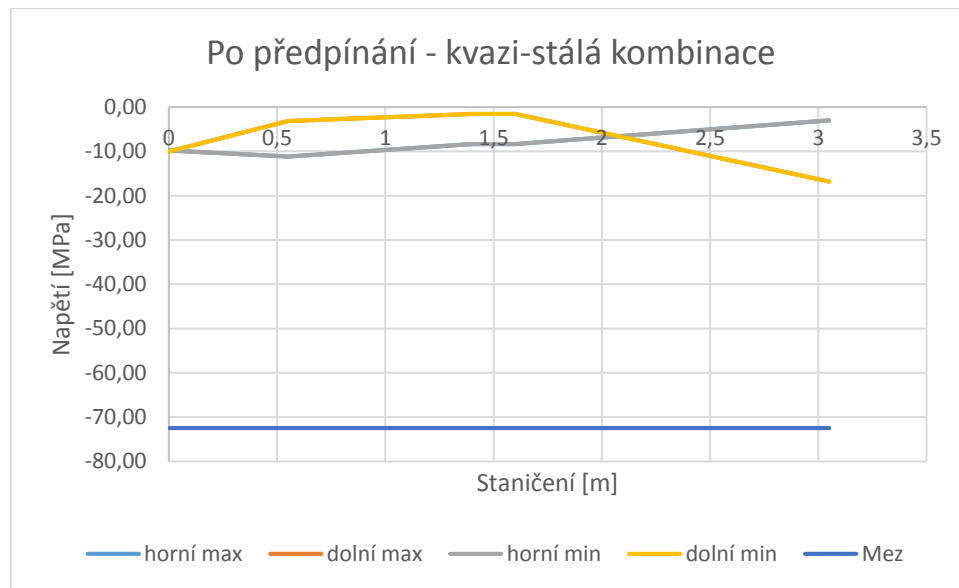
Hodnoty napětí v krajních vláknech a jejich posouzení je pro jednotlivé fáze vyhodnoceno v tabulkách a grafech.

Fáze: po předepnutí (ztráty 10 %) - stavební stav								
řez	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje
2	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje
3	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-1,58	Vyhovuje
4	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje
5	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje
řez	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje
2	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje
3	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje
4	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje
5	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje

Tab. 63 Posudek na MS omezení napětí – po předepnutí



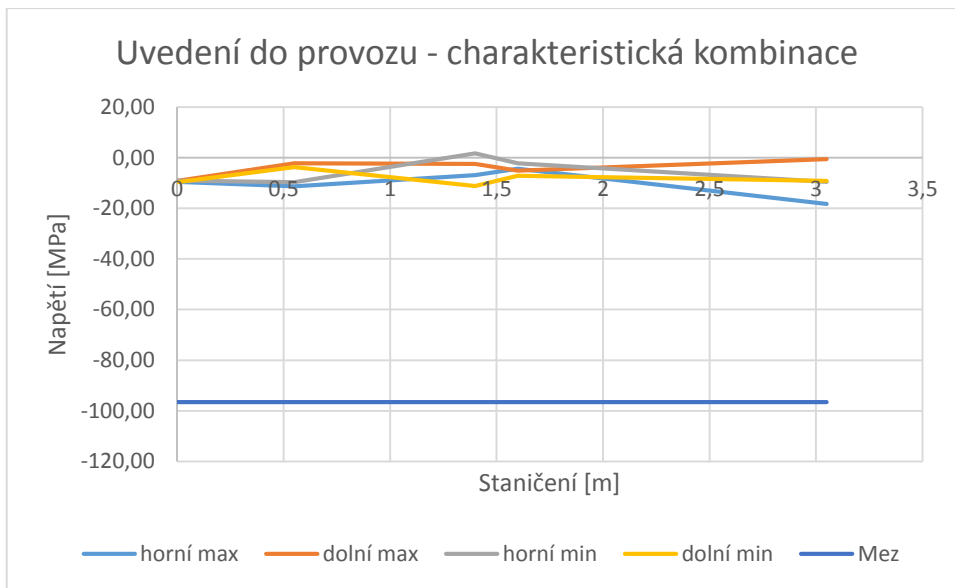
Obr. 81 - MSP posouzení - Po předepnutí - charakteristická kombinace



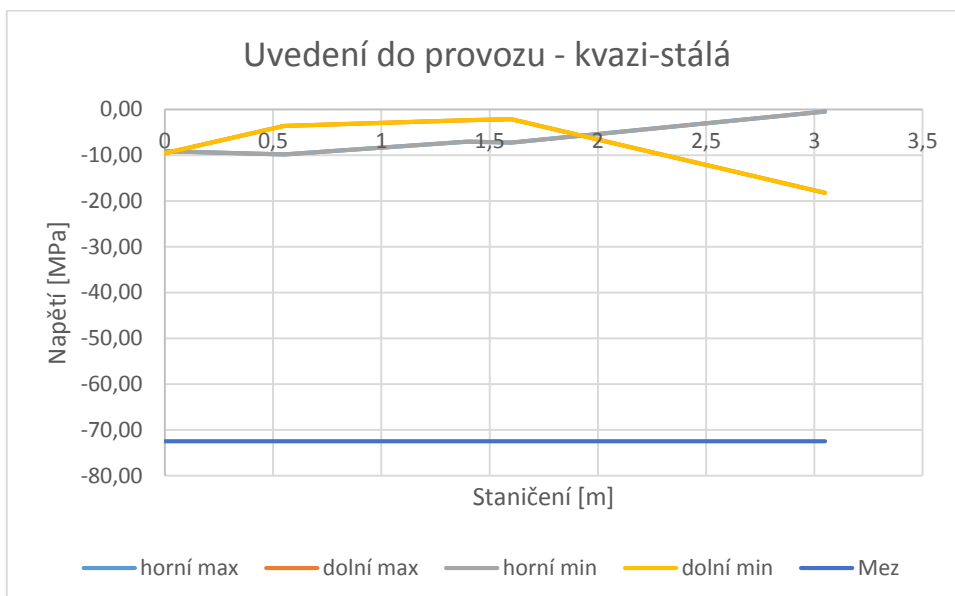
Obr. 82 - MSP posudek - Po předpínání - kvazi-stálá kombinace

Fáze: uvedení do provozu (ztráty 15 %) - provozní stav								
řez	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,58	Vyhovuje	-9,16	Vyhovuje	-9,07	Vyhovuje	-9,67	Vyhovuje
2	-11,34	Vyhovuje	-2,18	Vyhovuje	-9,73	Vyhovuje	-3,78	Vyhovuje
3	-6,93	Vyhovuje	-2,44	Vyhovuje	1,77	Vyhovuje	-11,14	Vyhovuje
4	-4,30	Vyhovuje	-5,08	Vyhovuje	-2,21	Vyhovuje	-7,16	Vyhovuje
5	-18,24	Vyhovuje	-0,50	Vyhovuje	-9,54	Vyhovuje	-9,21	Vyhovuje
řez	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,14	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje	-9,14	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje
2	-9,87	Vyhovuje	-3,65	Vyhovuje	-9,87	Vyhovuje	-3,65	Vyhovuje
3	-7,02	Vyhovuje	-2,36	Vyhovuje	-7,02	Vyhovuje	-2,36	Vyhovuje
4	-7,23	Vyhovuje	-2,14	Vyhovuje	-7,23	Vyhovuje	-2,14	Vyhovuje
5	-0,49	Vyhovuje	-18,25	Vyhovuje	-0,49	Vyhovuje	-18,25	Vyhovuje

Tab. 64 Posudek na MS omezení napětí – uvedení do provozu



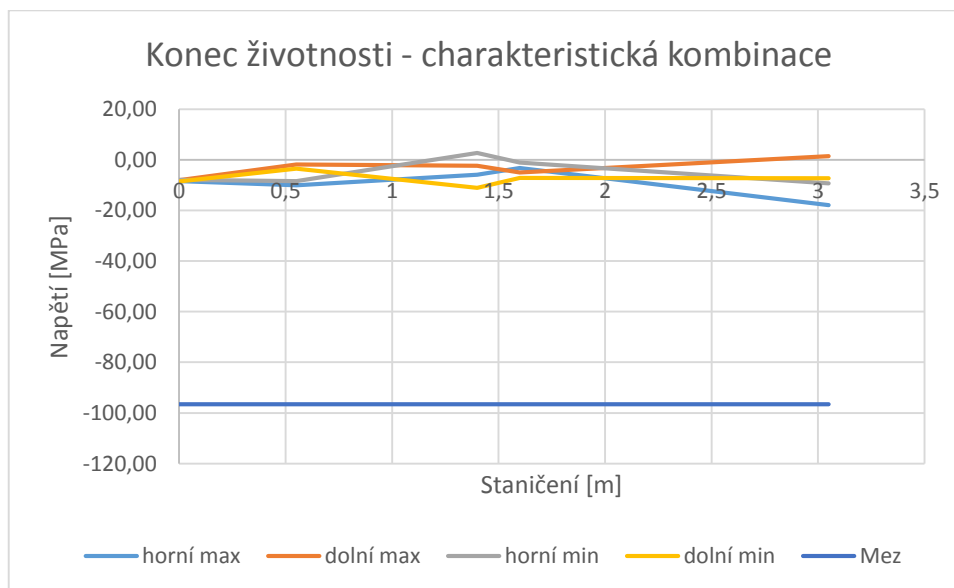
Obr. 83 - MSP posudek - Uvedení do provozu - charakteristická kombinace



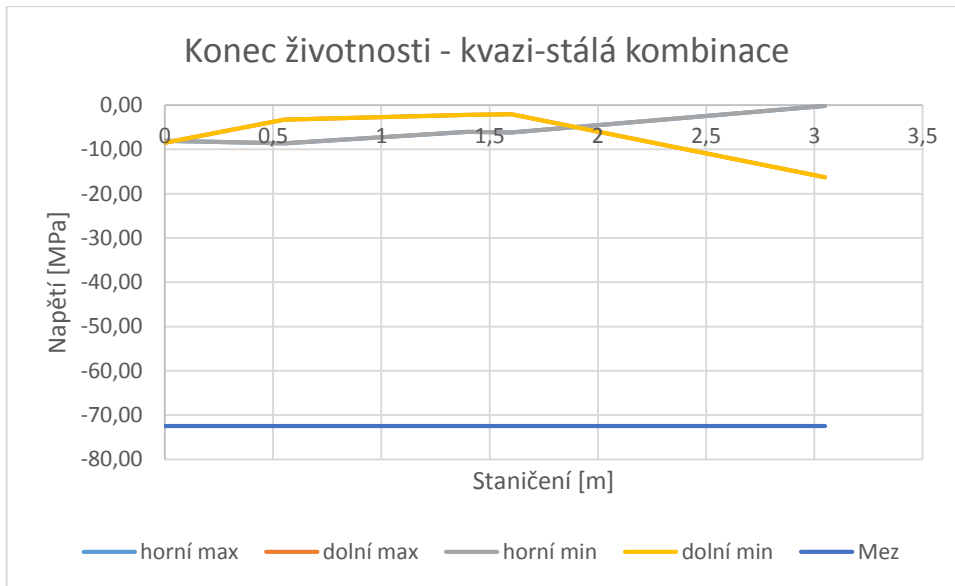
Obr. 84 - MSP posudek - Uvedení do provozu - kvazi-stálá kombinace

Fáze: konec životnosti (ztráty 25 %) - provozní stav								
řez	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 96,6 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 96,6 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-8,48	Vyhovuje	-8,06	Vyhovuje	-7,97	Vyhovuje	-8,57	Vyhovuje
2	-10,09	Vyhovuje	-1,84	Vyhovuje	-8,48	Vyhovuje	-3,45	Vyhovuje
3	-5,94	Vyhovuje	-2,33	Vyhovuje	2,75	Vyhovuje	-11,02	Vyhovuje
4	-3,24	Vyhovuje	-5,03	Vyhovuje	-1,15	Vyhovuje	-7,12	Vyhovuje
5	-17,96	Vyhovuje	1,42	Vyhovuje	-9,26	Vyhovuje	-7,28	Vyhovuje
řez	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 72,45 MPa)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 72,45 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-8,04	Vyhovuje	-8,50	Vyhovuje	-8,04	Vyhovuje	-8,50	Vyhovuje
2	-8,62	Vyhovuje	-3,31	Vyhovuje	-8,62	Vyhovuje	-3,31	Vyhovuje
3	-6,03	Vyhovuje	-2,24	Vyhovuje	-6,03	Vyhovuje	-2,24	Vyhovuje
4	-6,17	Vyhovuje	-2,10	Vyhovuje	-6,17	Vyhovuje	-2,10	Vyhovuje
5	-0,21	Vyhovuje	-16,32	Vyhovuje	-0,21	Vyhovuje	-16,32	Vyhovuje

Tab. 65 – Posudek na MS omezení napětí – konec životnosti



Obr. 85 - MSP posudek - Konec životnosti - charakteristická kombinace



Obr. 86 - MSP posudek - Konec životnosti - kvazi-stálá kombinace

Konstrukce vyhoví na mezní stav omezení napětí.

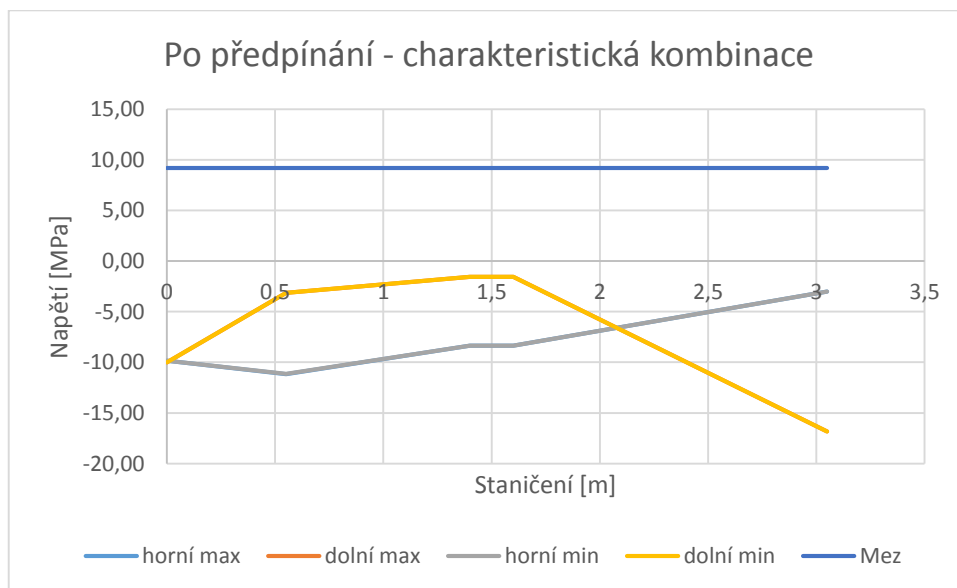
5.6.2 Mezní stav omezení trhlin

Uvažují se stejná pravidla jako pro podélný směr: při kvazi-stálé kombinaci omezeno napětí na dekompresi, při časté kombinaci jsou povolena tahová napětí do velikosti $f_{ctf,k}/K = 9,2/1,25 = 7,36$ MPa a při charakteristické kombinaci jsou povolena tahová napětí do velikosti $f_{ctfk} = 9,2$ MPa. Ve stavebním stádiu po předepnutí se při kvazi-stálé kombinaci povolují tahy do velikosti $f_{ctk0,05} = 4,3$ MPa, u kterých se uvažuje, že po nanesení ostatního stálého zatížení vymizí.

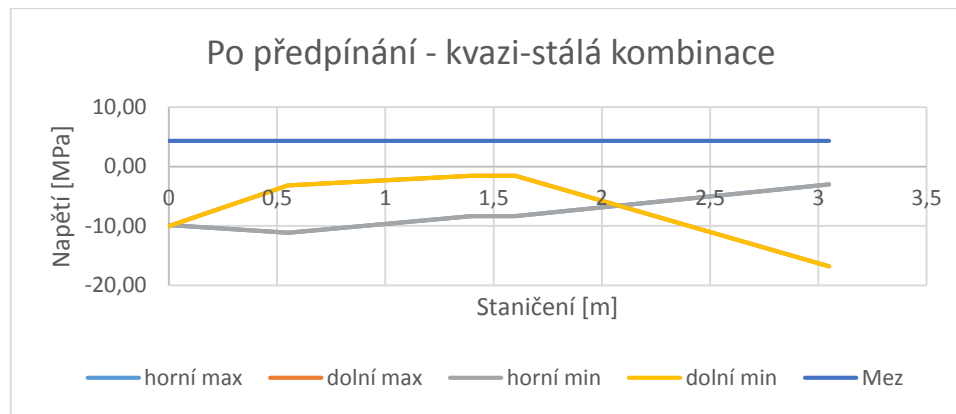
Posudky pro jednotlivé řezy jsou provedeny v tabulkách.

Fáze: po předepnutí (ztráty 10 %) - stavební stav								
Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)					Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
řez	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje
2	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje
3	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-1,58	Vyhovuje
4	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje
5	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje
Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = 4,3 MPa)					Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = 4,3 MPa)			
řez	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje	-9,83	Vyhovuje	-10,01	Vyhovuje
2	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje	-11,16	Vyhovuje	-3,15	Vyhovuje
3	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje	-8,35	Vyhovuje	-1,57	Vyhovuje
4	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje	-8,36	Vyhovuje	-1,56	Vyhovuje
5	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje	-3,02	Vyhovuje	-16,83	Vyhovuje

Tab. 66 - Posudek na MS omezení trhlin – po předepnutí



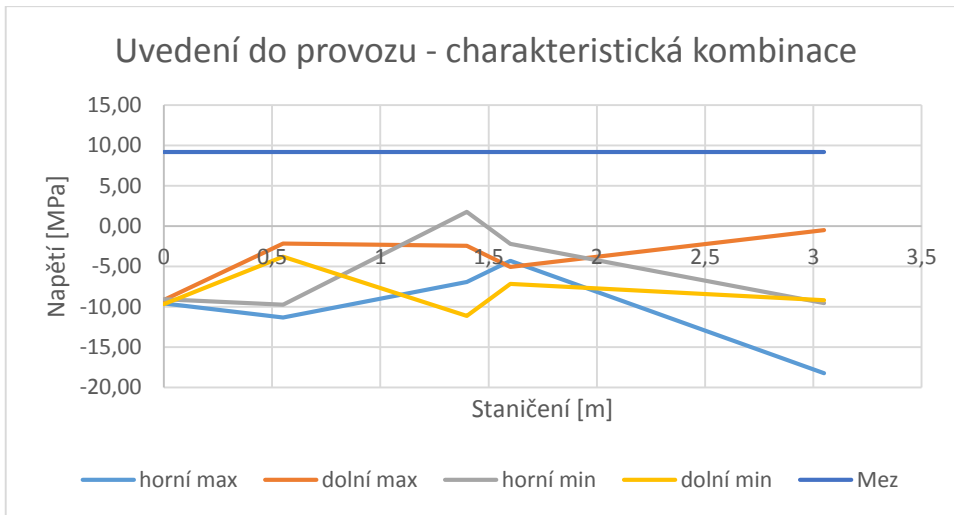
Obr. 87 - MSP posudek - Po předpínání - charakteristická kombinace



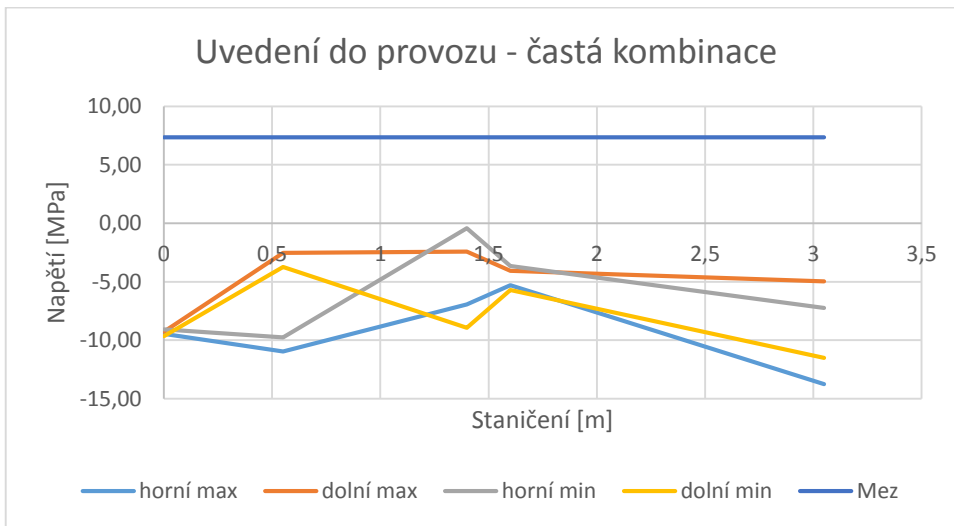
Obr. 88 - MPS posudek - Po předpínání - kvazi-stálá kombinace

Fáze: uvedení do provozu (ztráty 15 %) - provozní stav								
	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
řez	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,58	Vyhovuje	-9,16	Vyhovuje	-9,07	Vyhovuje	-9,67	Vyhovuje
2	-11,34	Vyhovuje	-2,18	Vyhovuje	-9,73	Vyhovuje	-3,78	Vyhovuje
3	-6,93	Vyhovuje	-2,44	Vyhovuje	1,77	Vyhovuje	-11,14	Vyhovuje
4	-4,30	Vyhovuje	-5,08	Vyhovuje	-2,21	Vyhovuje	-7,16	Vyhovuje
5	-18,24	Vyhovuje	-0,50	Vyhovuje	-9,54	Vyhovuje	-9,21	Vyhovuje
	Častá kombinace - max (limitní hodnota = 7,36 MPa)				Častá kombinace - min (limitní hodnota = 7,36 MPa)			
řez	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,47	Vyhovuje	-9,27	Vyhovuje	-9,09	Vyhovuje	-9,65	Vyhovuje
2	-10,97	Vyhovuje	-2,55	Vyhovuje	-9,77	Vyhovuje	-3,75	Vyhovuje
3	-6,94	Vyhovuje	-2,43	Vyhovuje	-0,42	Vyhovuje	-8,95	Vyhovuje
4	-5,31	Vyhovuje	-4,06	Vyhovuje	-3,65	Vyhovuje	-5,72	Vyhovuje
5	-13,76	Vyhovuje	-4,98	Vyhovuje	-7,23	Vyhovuje	-11,51	Vyhovuje
	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = dekomprese)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = dekomprese)			
řez	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-9,14	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje	-9,14	Vyhovuje	-9,60	Vyhovuje
2	-9,87	Vyhovuje	-3,65	Vyhovuje	-9,87	Vyhovuje	-3,65	Vyhovuje
3	-7,02	Vyhovuje	-2,36	Vyhovuje	-7,02	Vyhovuje	-2,36	Vyhovuje
4	-7,23	Vyhovuje	-2,14	Vyhovuje	-7,23	Vyhovuje	-2,14	Vyhovuje
5	-0,49	Vyhovuje	-18,25	Vyhovuje	-0,49	Vyhovuje	-18,25	Vyhovuje

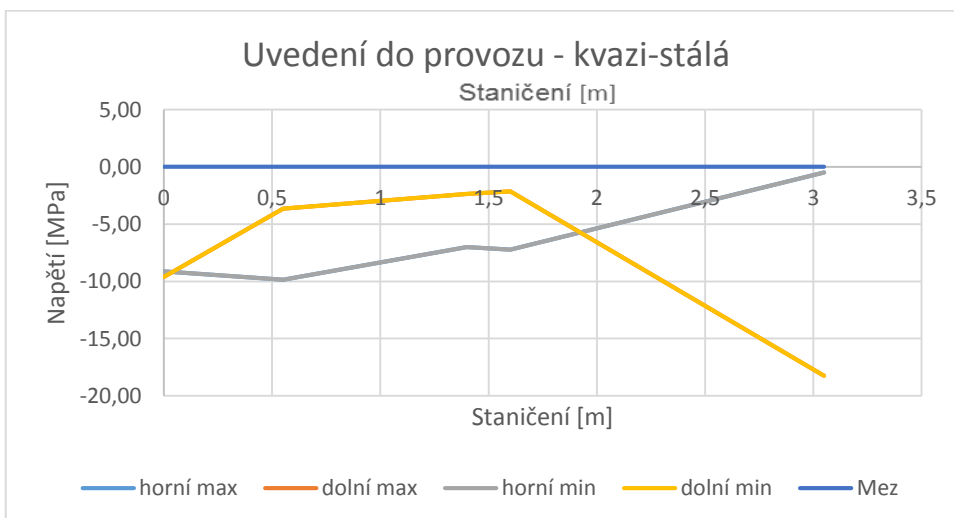
Tab. 67 Posudek na MS omezení trhlin – uvedení do provozu



Obr. 89 - MSP posudek - Uvedení do provozu - charakteristická kombinace



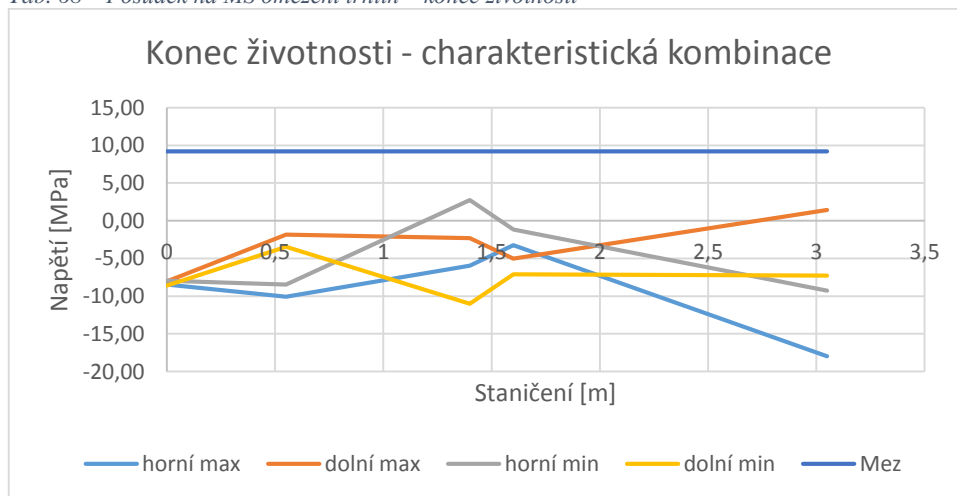
Obr. 90 - MSP posudek - Uvedení do provozu - častá kombinace



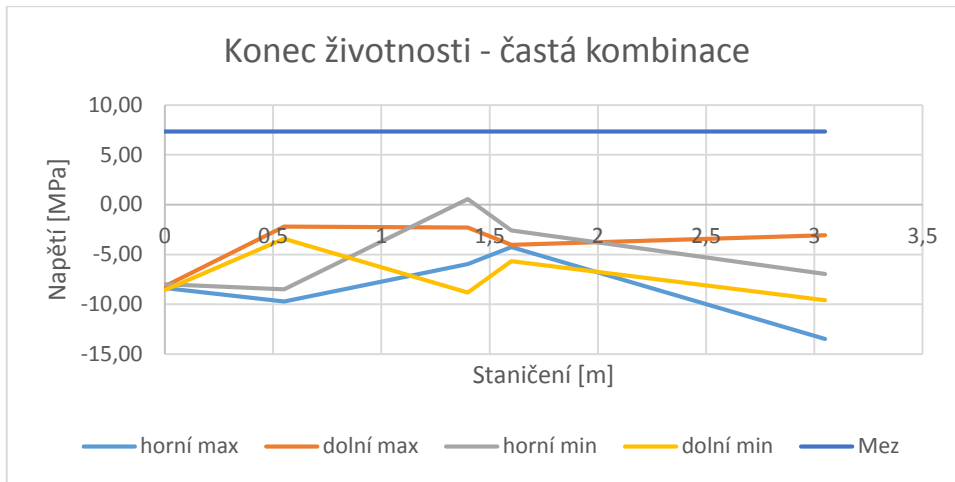
Obr. 91 - MSP posudek - Uvedení do provozu - kvazi-stálá

Fáze: konec životnosti (ztráty 25 %) - provozní stav								
řez	Charakteristická kombinace - max (limitní hodnota = 9,2 MPa)				Charakteristická kombinace - min (limitní hodnota = 9,2 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-8,48	Vyhovuje	-8,06	Vyhovuje	-7,97	Vyhovuje	-8,57	Vyhovuje
2	-10,09	Vyhovuje	-1,84	Vyhovuje	-8,48	Vyhovuje	-3,45	Vyhovuje
3	-5,94	Vyhovuje	-2,33	Vyhovuje	2,75	Vyhovuje	-11,02	Vyhovuje
4	-3,24	Vyhovuje	-5,03	Vyhovuje	-1,15	Vyhovuje	-7,12	Vyhovuje
5	-17,96	Vyhovuje	1,42	Vyhovuje	-9,26	Vyhovuje	-7,28	Vyhovuje
řez	Častá kombinace - max (limitní hodnota = 7,36 MPa)				Častá kombinace - min (limitní hodnota = 7,36 MPa)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-8,37	Vyhovuje	-8,17	Vyhovuje	-7,99	Vyhovuje	-8,55	Vyhovuje
2	-9,72	Vyhovuje	-2,21	Vyhovuje	-8,52	Vyhovuje	-3,41	Vyhovuje
3	-5,96	Vyhovuje	-2,31	Vyhovuje	0,57	Vyhovuje	-8,84	Vyhovuje
4	-4,25	Vyhovuje	-4,02	Vyhovuje	-2,59	Vyhovuje	-5,68	Vyhovuje
5	-13,48	Vyhovuje	-3,06	Vyhovuje	-6,95	Vyhovuje	-9,59	Vyhovuje
řez	Kvazi-stálá kombinace - max (limitní hodnota = dekomprese)				Kvazi-stálá kombinace - min (limitní hodnota = dekomprese)			
	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek	Horní vlákna	Posudek	Dolní vlákna	Posudek
1	-8,04	Vyhovuje	-8,50	Vyhovuje	-8,04	Vyhovuje	-8,50	Vyhovuje
2	-8,62	Vyhovuje	-3,31	Vyhovuje	-8,62	Vyhovuje	-3,31	Vyhovuje
3	-6,03	Vyhovuje	-2,24	Vyhovuje	-6,03	Vyhovuje	-2,24	Vyhovuje
4	-6,17	Vyhovuje	-2,10	Vyhovuje	-6,17	Vyhovuje	-2,10	Vyhovuje
5	-0,21	Vyhovuje	-16,32	Vyhovuje	-0,21	Vyhovuje	-16,32	Vyhovuje

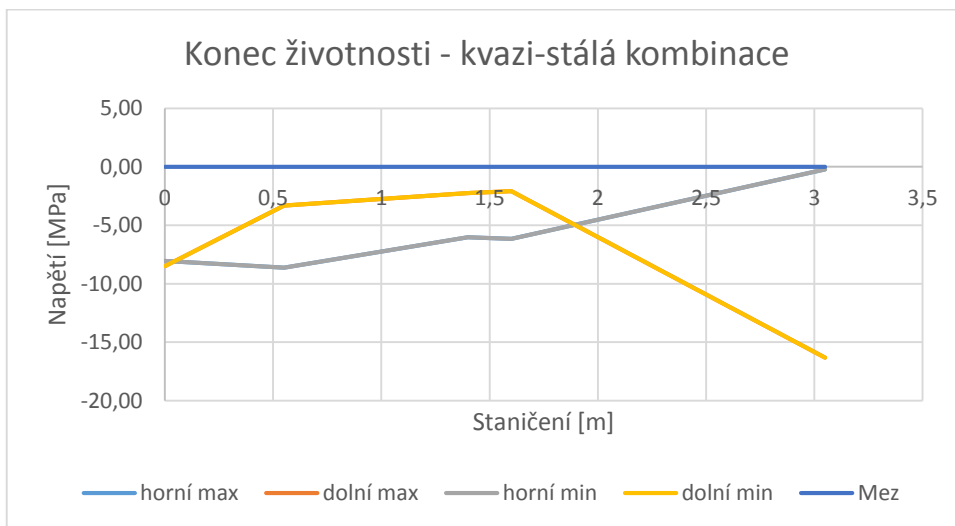
Tab. 68 – Posudek na MS omezení trhlin – konec životnosti



Obr. 92 - MSP posudek - Konec životnosti - charakteristická kombinace



Obr. 93 - MSP posudek - Konec životnosti - častá kombinace



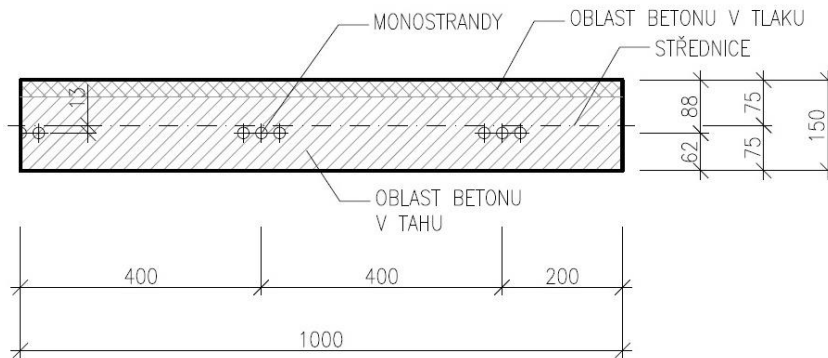
Obr. 94 - MSP posudek - Konec životnosti - kvazi-stálá kombinace

Konstrukce vyhoví na mezní stav omezení trhlin.

5.7 Posouzení MSÚ

Posouzení mostovky na MSÚ vychází ze stejných podmínek jako posouzení v podélném směru, kdy se uvažuje s tahovým působením UHPFRC. Posouzení bude provedeno v čase na konci životnosti pro řez 5 ve středu rozpětí mostovky a v řezu 3 na vnějším líci trámu.

5.7.1 Řez 5 – ve středu rozpětí



Obr. 95 - Schéma posuzovaného řezu 5

$M_{Ed} = 81,72 \text{ kNm}$ (max kombinace podle 6.10b)

Výška průřezu $h = 0,15 \text{ m}$, šířka $b = 1,0 \text{ m}$

Plocha předpínací výztuže $A_p = 2,5 \cdot 3 \cdot 0,00015 = 0,00125 \text{ m}^2$

Poloha předpínací výztuže od spodního povrchu je $0,062 \text{ m}$

Napětí ve výztuži na konci životnosti $\sigma_{p(K\check{Z})} = 1102,5 \text{ MPa}$, přírůstek napětí se zanedbává

Návrhová pevnost betonu v tlaku $f_{cd} = 91,23 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost betonu v tahu $f_{ctd} = 5,66 \text{ MPa}$

Podmínka rovnováhy na průřezu:

$$N_{cd} = N_{ctd} + N_{pd}$$

Podmínka rozložení napětí na průřezu:

$$x' = h - x = 0,15 - x$$

$$N_{pd} = A_p \cdot \sigma_{p(K\check{Z})} = 0,00125 \cdot 1102,5 = 1,378 \text{ MN}$$

$$N_{cd} = 0,8x \cdot b \cdot f_{cd} = 0,8x \cdot 1,0 \cdot 91,23 = 72,984 x$$

$$N_{ctd} = 0,8x' \cdot b \cdot f_{ctd} = 0,8(0,15 - x) \cdot 1,0 \cdot 5,66 = 0,679 - 4,528 x$$

Z podmínky rovnováhy sil na průřezu se získá hodnota x

$$72,984x = 0,679 - 4,528 x + 1,378$$

$$x = 0,027 \text{ m}, x' = 0,123 \text{ m}$$

$$\text{pak } N_{cd} = 1,971 \text{ MN na rameni } r_{Ncd} = h - z_t - 0,8x/2 = 0,0642 \text{ m}$$

$$N_{ctd} = 0,557 \text{ MN na rameni } r_{Nctd} = z_t - 0,8x'/2 = 0,0258 \text{ m}$$

$$N_{pd} \text{ působí na rameni } r_{Npd} = z_t - 0,062 = 0,013 \text{ m}$$

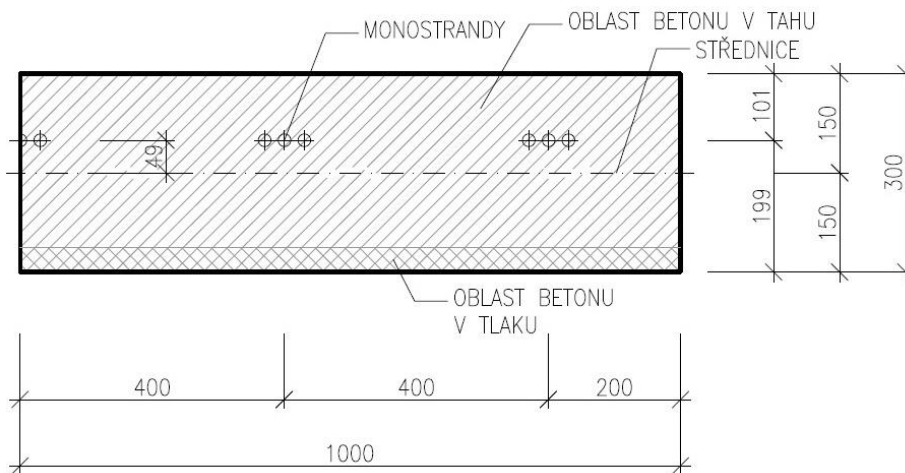
Výsledný mezní moment únosnosti je:

$$|M_{Rd}| = N_{cd} * r_{Ncd} - N_{ctd} * r_{Nctd} - N_{pd} * r_{Npd} = 1,971 * 0,0642 - 0,557 * 0,0258 - 1,378 * 0,013 = 0,0943 \text{ MNm} = |94,3| \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 94,3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 81,72 \text{ kNm}$$

Průřez na mezi únosnosti vyhoví.

5.7.2 Řez 3 – líc trámu



Obr. 96 - Schéma posuzovaného řezu 3

$$M_{Ed} = -205,49 \text{ kNm (max kombinace podle 6.10b)}$$

Výška průřezu $h = 0,30 \text{ m}$, šířka $b = 1,0 \text{ m}$

$$\text{Plocha předpínací výztuže } A_p = 2,5 * 3 * 0,00015 = 0,00125 \text{ m}^2$$

Poloha předpínací výztuže od spodního povrchu je $0,198 \text{ m}$

Napětí ve výztuži na konci životnosti $\sigma_{p(K\check{Z})} = 1102,5 \text{ MPa}$, přírůstek napětí se zanedbává

Návrhová pevnost betonu v tlaku $f_{cd} = 91,23 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost betonu v tahu $f_{ctd} = 5,66 \text{ MPa}$

Podmínka rovnováhy na průřezu:

$$N_{cd} = N_{ctd} + N_{pd}$$

Podmínka rozložení napětí na průřezu:

$$x' = h - x = 0,30 - x$$

$$N_{pd} = A_p * \sigma_{p(K\check{Z})} = 0,00125 * 1102,5 = 1,378 \text{ MN}$$

$$N_{cd} = 0,8x * b * f_{cd} = 0,8x * 1,0 * 91,23 = 72,984 x$$

$$N_{ctd} = 0,8x' * b * f_{ctd} = 0,8*(0,3 - x)* 1,0 * 5,66 = 1,358 - 4,528 x$$

Z podmínky rovnováhy sil na průřezu se získá hodnota x

$$72,984 x = 1,358 - 4,528 x + 1,378$$

$$x = 0,0353 \text{ m}, x' = 0,2647 \text{ m}$$

$$\text{pak } N_{cd} = 2,576 \text{ MN na rameni } r_{N_{cd}} = h - z_t - 0,8x/2 = 0,1359 \text{ m}$$

$$N_{ctd} = 1,198 \text{ MN na rameni } r_{N_{ctd}} = z_t - 0,8x'/2 = 0,0441 \text{ m}$$

$$N_{pd} \text{ působí na rameni } r_{N_{pd}} = 0,049 \text{ m}$$

Výsledný mezní moment únosnosti je:

$$|M_{Rd}| = N_{cd} * r_{N_{cd}} - N_{ctd} * r_{N_{ctd}} - N_{pd} * r_{N_{pd}} = 2,576 * 0,1359 - 1,198 * 0,0441 - 1,378 * 0,049 = 0,2297 \text{ MNm} = |229,7| \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = - 229,7 \text{ kNm} > M_{Ed} = - 205,49 \text{ kNm}$$

Průřez na mezi únosnosti vyhoví.