



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tomáš Vaníček

Lávka přes Labe v Nymburce

Footbridge over the Labe River in Nymburk

Bakalářská práce

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Katedra: K133 – Katedra betonových a zděných konstrukcí

Vedoucí práce: Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc.

Praha, letní semestr 2018/2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vaniček Jméno: Tomáš Osobní číslo: 460438

Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Lávka přes Labe v Nymburce

Název bakalářské práce anglicky: Footbridge over the Labe River in Nymburk

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude obsahovat:

Alternativy přemostění

Pro zvolenou alternativu: Technická zpráva, Statický výpočet hlavních částí konstrukce, Přehledné výkresy, Postup výstavby

Seznam doporučené literatury:

Podklady o projektu

Skripta s tematikou Betonové mosty

Platné normy

Jméno vedoucího bakalářské práce: Prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 18.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou prací s názvem „Návrh lávky přes Labe v Nymburku“ napsal samostatně a výhradně s použitím uvedených zdrojů dle Metodického pokynu č. 1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 22. května 2019

.....

Tomáš Vaníček

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem lávky pro pěší a cyklistickou dopravu přes řeku Labe. Lávka se nachází ve městě Nymburk a spojuje městskou část Zálabí s centrem města. Je vypracováno několik alternativ přemostění a následně podrobněji zpracována varianta obloukového mostu s délkou přemostění 208,5 metrů. Oblouk o rozpětí 96 metrů má mezilehlou prefabrikovanou mostovku z předpjatého betonu, na obou březích pokračuje monolitickým trémovým mostem o dvou polích na levém břehu a o čtyřech polích na pravém břehu řeky. Celá lávka je navržena pro bezbariérový provoz

Klíčová slova

Lávka, obloukový most, předpjatý beton, ocelový oblouk

Abstract

The bachelor thesis presents a design of a pedestrian and cycle bridge over the Labe River. The footbridge is located in the town of Nymburk and connects the town district Zálabí and town centre. There are several alternatives of overbridging and then there is thoroughly designed the variant of the arch bridge. The arch with a span of 96 metres has a trough arch prefabricated deck of prestressed concrete, on both banks continues with monolithic beam bridges with two spans on the left bank and four spans on the right bank. The whole footbridge is designed barrier-free.

Keywords

Footbridge, arch bridge, prestressed concrete, steel arch

Poděkování

Tímto chci poděkovat mému vedoucímu práce Prof. Ing. Janu L. Vítkovi Csc. za čas, který mi věnoval během konzultací a za odborné rady a zkušenosti z praxe, které směřovaly mou práci k reálně proveditelnému návrhu.

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 8 |
| 2 | Alternativy návrhu..... | 8 |
| 2.1 | Základní informace..... | 8 |
| 2.2 | Architektonicko-konstrukční podmínky soutěže | 8 |
| 2.3 | Alternativní návrhy..... | 9 |
| 2.3.1 | Oblouková konstrukce | 9 |
| 2.3.2 | Zavěšená konstrukce | 10 |
| 2.3.3 | Visutá konstrukce | 11 |
| 3 | Technická zpráva | 12 |
| 3.1 | Identifikační údaje o lávce..... | 12 |
| 3.2 | Základní údaje o lávce | 12 |
| 3.3 | Zdůvodnění stavby lávky | 12 |
| 3.4 | Technické řešení lávky | 12 |
| 3.4.1 | Všeobecné informace..... | 12 |
| 3.4.2 | Spodní stavba | 13 |
| 3.4.3 | Mostovka..... | 13 |
| 3.4.4 | Táhla | 13 |
| 3.4.5 | Ocelové oblouky..... | 13 |
| 3.5 | Postup výstavby | 14 |
| 4 | Statický výpočet | 15 |
| 4.1 | Úvod | 15 |
| 4.2 | 3D model | 15 |
| 4.2.1 | Schéma konstrukce | 15 |
| 4.2.2 | Sestavení modelu | 15 |
| 4.2.3 | Výpočetní průřezy | 16 |
| 4.3 | Materiály | 16 |
| 4.3.1 | Beton mostovky | 16 |
| 4.3.2 | Předpínací výztuž | 16 |
| 4.3.3 | Betonářská výztuž | 17 |
| 4.3.4 | Ocel | 17 |
| 4.3.5 | Táhla | 17 |
| 4.4 | Průřezové charakteristiky..... | 17 |
| 4.4.1 | Plný betonový průřez | 17 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.4.2 | Spolupůsobící šířka desky..... | 18 |
| 4.4.3 | Souhrn průřezových charakteristik trámů | 24 |
| 4.5 | Zatížení | 25 |
| 4.5.1 | Zatížení stálé..... | 25 |
| 4.5.2 | Zatížení proměnné | 27 |
| 4.6 | Výpočet vnitřních sil | 29 |
| 4.6.1 | Příčinkové čáry | 29 |
| 4.6.2 | Výpočet vnitřních sil od stálých zatížení | 52 |
| 4.6.3 | Výpočet vnitřních sil od proměnného zatížení..... | 55 |
| 4.6.4 | Přehled vypočtených vnitřních sil | 60 |
| 4.7 | Kombinace zatížení | 64 |
| 4.8 | Předběžný návrh předpětí..... | 64 |
| 4.8.1 | Předběžný návrh předpínací výztuže v monolitických úsecích | 64 |
| 4.8.2 | Návrh předpínací výztuže v segmentové části ve stavební fázi | 68 |
| 4.8.3 | Návrh předpínací výztuže v segmentové části v provozní fázi..... | 70 |
| 4.9 | Podrobné stanovení účinků předpětí..... | 72 |
| 4.9.1 | Monolitická oblast (směr Zálabí)..... | 72 |
| 4.9.2 | Monolitická oblast (směr centrum)..... | 77 |
| 4.9.3 | Segmentová část | 80 |
| 4.10 | MSP – mezní stav omezení napětí | 82 |
| 4.10.1 | Materiální hodnoty | 82 |
| 4.10.2 | Posouzení jednotlivých napětí:..... | 82 |
| 4.11 | Výsledky napětí | 83 |
| 4.11.1 | Výsledky napětí na monolitickém úseku (směr Zálabí): | 83 |
| 4.12 | MSÚ – Ohyb | 93 |
| 4.12.1 | Stanovení MSÚ pro maximální moment – průřez 15 | 93 |
| 4.12.2 | Stanovení MSÚ pro minimální moment – průřez 130 | 94 |
| 4.13 | Návrh průřezu oblouku | 96 |
| 4.13.1 | Přehled vnitřních sil a kombinací..... | 96 |
| 4.13.2 | Návrh a posouzení průřezu..... | 97 |
| 4.14 | Návrh a posouzení táhel..... | 98 |
| 4.14.1 | Přehled vnitřních sil a kombinací..... | 98 |
| 4.14.2 | Návrh a posouzení průřezu..... | 100 |
| 5 | Citace..... | 101 |

1 Úvod

Lávka, kterou se zabývá tato bakalářská práce, se nachází v Nymburku v místech původní lávky pro pěší z roku 1984. Jedná se o přemostění řeky Labe, jejíž koryto má zde šířku téměř 100 metrů. Lávka slouží pro pěší a cyklistickou dopravu, zároveň je po ní možné projet na vozíčku i obslužným vozidlem. Nachází se na ní dva jízdní pruhy o šířce 2 metry. Pod lávkou je umožněno průjezdu lodní dopravy, na břehu městské části Zálabí je pod mostovkou silnice, na druhém břehu je pod mostovkou parkoviště. Lávka je navržena na průtok stoleté vody.

2 Alternativy návrhu

2.1 Základní informace

Pro novou lávku se vypracovaly tři alternativy: oblouková, zavěšená a visutá konstrukce podle architektonicko-konstrukčních podmínek, které byly zpracovány pro soutěž.

2.2 Architektonicko-konstrukční podmínky soutěže

Nový most je situován ve stejných místech, kde se nacházel původní. Má být projektován jako most trvalý, tudíž jeho životnost bude 100 let. Do říčního profilu nesmí zasahovat žádná podpěra, minimální rozpětí je 102 metrů. Na pravém břehu se nachází parkoviště o šířce 30 metrů. Mohou se zde nacházet podpěry, ale musí být zachována volná výška 2,5 metru pro zaparkování auta a bezpečný průchod chodce. Stejně tak musí být umožněn průjezd větších aut s volným průjezdným profilem 3,5 metru na šířku a 4,1 metru na výšku. Na levém břehu se zachová průjezdný profil 3,0 metru na šířku a 3,5 metru na výšku. Lze využít základů od původních pilířů.

Nejvyšší bod stavby nesmí přesáhnout nadmořskou výšku 206 m. n. m.. Je požadováno, aby lávka vyhověla požadavkům pro bezbariérový provoz, tudíž sklon mostovky má být co nejnižší, maximálně však 8,3 %. Na obou koncích mostu bude umožněn bezbariérový přístup na most.

Požadovaná šířka mezi zvýšenými obrubami je 4 metry. Bude umožněn průjezd lehčího vozidla (např. obslužního vozu nebo sanitky), tudíž průjezdná výška je minimálně 4,5 metru.

Pod mostem se nachází plavební profil o minimální šířce 50 metrů a o výšce 7 metrů. Do něj by neměla zasahovat spodní hrana lávky, stejně jako by měla být minimálně o půl metru výše než hladina stoleté vody.



Obr. 1: Původní lávka ^[12]

2.3 Alternativní návrhy

2.3.1 Oblouková konstrukce

2.3.1.1 Popis

Hlavním nosným systémem jsou dvě ocelové obloukové konstrukce o rozpětí 102 metrů. Jejich profil je uzavřený s konstantní šířkou 800 mm a s proměnnou výškou u základů 1 200 mm a uprostřed rozpětí 800 mm. Tyto obloukové konstrukce jsou kloubově připojeny k základům. Vzepětí je 13,7 metru, což odpovídá 1:7,5 rozpětí.

Tyto oblouky jsou ztuženy 12,5 metrů od levého základu a 15,5 metrů od pravého I profilem o výšce 700 mm a šířce přírub 500 mm. Ve střední části jsou ztuženy čtyřmi uzavřenými profily o výšce 700 mm a šířce 500 mm. Příčle jsou umístěny 7,5 metrů od sebe.

Spodní stavba je celá z železobetonu. Pilíře jsou mimo říční profil umístěny 18 metrů od sebe. Pilíř uložený na původních základech je dvakrát větší než ostatní. Půdorys pilířů má tvar písmene H, pod ložisky je v podélném směru mostu dvojnásobně delší než uprostřed.

Mostovka je trámová o výšce trámů 950 mm. Jejich horní část je využita jako obrubník. Deska mostovky má střešovitý sklon 2,5 %. Uprostřed má tloušťku 200 mm, u trámů 160 mm. Za trámy přesahuje konzola o délce 600 mm. V místech uložení je v prostoru mezi trámy žebro o výšce 400 mm.

Mostovka je sprážená s pilíři a s I profily, které ztužují oblouk. Oblouková konstrukce ji pružně podpírá ocelovými táhly ve vzdálenosti 7,5 m od sebe. Ty jsou nahoře spojeny čepem s plechem přivařeným na ocelovém oblouku, dole jsou přišroubovány k plechové konstrukci tvořené čtyřmi plechy (jeden zadní, dva boční a jeden horní plech).

Na straně k centru je maximální podélný sklon 2,5 %, na druhé 5,7 %. Z podpory u Zálábí sbíhají dvě rampy do ulice Na Bělidlech, kratší má sklon 8,3 %, delší má sklon 5,7 %. Ve směru centra se most napojuje na chodník směrem k ulici Tyršova.

Zábradlí je otevřené o výšce 1 300 mm s podélnou trubkou ve výšce 650 mm. Podélná vzdálenost sloupků je 3 m.

Pod mostovkou je zachován volný říční průjezdný profil o šířce 50 metrů ve staničení 55 m až 105 m. Silniční průjezdný profil je zachován na obou březích, na straně Zálábí je jeho bližší hrana vzdálena 7,25 m od osy původního základu, na straně centra se nachází mezi větším pilířem uloženým na původních základech a následujícím pilířem tak, že tento následující pilíř s ním hraničí.

2.3.1.2 Návrh

Výška obloukového profilu je u základu 1/85 rozpětí: $h_{oblouk,z} = \frac{102\ 000}{85} = 1\ 200\ \text{mm}$

Uprostřed oblouku je výška profilu 1/127,5 rozpětí: $h_{oblouk,s} = \frac{102\ 000}{127,5} = 800\ \text{mm}$

Vzepětí oblouku je 1/7,5 rozpětí: $vz = \frac{102\ 000}{7,5} = 13,6\ \text{m}$

Výška trámů je rovna 1/19 rozpětí pilířů: $h_t = \frac{18\ 000}{19} = 947\ \text{mm} \rightarrow 950\ \text{mm}$

2.3.2 Zavěšená konstrukce

2.3.2.1 Popis

Hlavním nosným systémem jsou závěsy uložené na betonových pylonech. Pylony mají v příčném řezu mostu tvar písmene H, na příčli tohoto písmene je na ložiscích uložena mostovka. Výška pylonů je 18,5 m, spodní hranice příčle je ve výšce 6,5 m, horní ve výšce 8,1 m nad základem. Šířka sloupů pylonu je 1 200 mm, světlá výška mezi sloupy je 4,7 m.

Závěsy jsou na mostovce uloženy 6 m od sebe, nad podporou jsou vždy zdvojené. Jedná se o poloharfovitý systém. V prostoru pylonu jsou průběžně zaoblené a kabely probíhají podporou 250 mm pod sebou. K mostovce jsou připojeny pomocí šroubu a závitu.

Spodní stavba je celá z železobetonu. Rozpětí mezi pylony je 102 m. Pilíře jsou mimo říční profil umístěny 18 metrů od sebe. Oba pylony stojí na původních základech. Půdorys pilířů má tvar písmene H, pod ložisky je v podélném směru mostu dvojnásobně delší než uprostřed.

Mostovka je trámová o výšce trámů 950 mm. Jejich horní část je využita jako obrubník. Deska mostovky má střešovitý sklon 2,5 %. Uprostřed má tloušťku 200 mm, u trámů 160 mm. Za trámy přesahuje konzola o délce 600 mm. V místech uložení je v prostoru mezi trámy žebro o výšce 400 mm.

Na straně k centru je maximální podélný sklon 2,5 %, na druhé 5,7 %. Z podpory u Zálabí sbíhají dvě rampy do ulice Na Bělidlech, kratší má sklon 8,3 %, delší má sklon 5,7 %. Ve směru centra se most napojuje u konce ulice Pod Eliškou.

Zábradlí je otevřené o výšce 1 300 mm s podélnou trubkou ve výšce 650 mm. Podélná vzdálenost sloupků je 3 m.

Pod mostovkou je zachován volný říční průjezdný profil o šířce 50 metrů ve staničení 55 m až 105 m. Silniční průjezdný profil je zachován na obou březích, na straně Zálabí je jeho bližší hrana vzdálena 7,25 m od osy původního základu, na straně centra se nachází mezi větším pilířem uloženým na původních základech a následujícím pilířem tak, že tento následující pilíř s tímto průjezdným profilem hraničí.

2.3.2.2 Návrh

Výška pylonu je 1/5,5 rozpětí:

$$h_{\text{pylon}} = \frac{102\,000}{5,5} = 18\,545 \text{ mm} \rightarrow 18,5 \text{ m}$$

Celkový počet závěsů o vzájemné vzdálenosti 6 m:

$$n = \frac{102\,000 - 6\,000}{6\,000} = 16$$

Výška trámů je rovna 1/19 rozpětí pilířů:

$$h_t = \frac{18\,000}{19} = 947 \text{ mm} \rightarrow 950 \text{ mm}$$

2.3.3 Visutá konstrukce

2.3.3.1 Popis

Hlavním nosným systémem je visuté lano uložené na betonových pylonech. Pylony mají v příčném řezu mostu tvar písmene H, na příčli tohoto písmene je na ložiscích uložena mostovka. Výška pylonů je 20,5 m, spodní hranice příčle je ve výšce 6,5 m, horní ve výšce 8,1 m nad základem. Šířka sloupů pylonu je 1 200 mm, světlá výška mezi sloupy je 4,7 m.

Lano je uloženo tak, že probíhá oběma pylony ve výšce 500 mm pod horní hranou pylonů. Uprostřed rozpětí se lano dostává na úroveň mostovky. Z lana sbíhají závěsy ve vzdálenosti 3 m od sebe. K mostovce jsou připojeny pomocí šroubu a závitů.

Spodní stavba je tvořena pouze dvěma pylony o rozpětí 129 m.

Mostovka je trémová o výšce trámů 950 mm. Jejich horní část je využita jako obrubník. Deska mostovky má střešovitý sklon 2,5 %. Uprostřed má tloušťku 200 mm, u trámů 160 mm. Za trámy přesahuje konzola o délce 600 mm. V místech uložení je v prostoru mezi trámy žebro o výšce 400 mm.

Mostovka má na straně centra maximální sklon 7,3 %, na straně Zálabí má maximální sklon 8,0 %. Mostovka je uprostřed rozpětí zaoblena směrem nahoru. Z podpory u Zálabí sbíhají dvě rampy do ulice Na Bělidlech, kratší má sklon 8,3 %, delší má sklon 5,7 %. Ve směru centra se most napojuje u konce ulice Pod Eliškou.

Zábradlí je otevřené o výšce 1 300 mm s podélnou trubkou ve výšce 650 mm. Podélná vzdálenost sloupků je 3 m.

Pod mostovkou je zachován volný říční průjezdný profil o šířce 50 metrů ve staničení 55 m až 105 m. Silniční průjezdný profil je zachován na obou březích, na straně Zálabí je jeho bližší hrana vzdálena 7,25 m od osy původního základu, na straně centra se nachází v původní pozici.

2.3.3.2 Návrh

Výška pylonu je 1/5 rozpětí:
$$h_{\text{pylon}} = \frac{102}{5} = 20,4 \text{ m} \rightarrow 20,5 \text{ m}$$

Celkový počet závěsů o vzájemné vzdálenosti 3 m:
$$n = \frac{216}{3} - 2 = 70$$

Výška trámů je rovna 1/19 rozpětí pilířů:
$$h_t = \frac{18\,000}{19} = 947 \text{ mm} \rightarrow 950 \text{ mm}$$

Z těchto variant je dále zpracovaná ta první, tudíž obloukový most. Tato stavba se svým vzhledem hodí k silničnímu mostu, který se nachází 75 metrů proti proudu řeky. Dalším důvodem je ekonomické hledisko, které by zde vyšlo nejvýhodněji.

3 Technická zpráva

3.1 Identifikační údaje o lávce

Lávka se nachází v katastrálním území města Nymburk v místech, kde stála původní lávka z roku 1984. Připojuje se k ulicím Na Bělidlech a Tyršova. Lávka slouží jako propojení městské části Zálabí s centrem města pro pěší a cyklisty. Je na ní umožněn bezbariérový provoz, stejně jako průjezd vozidla do 3,5 t. Vede přes řeku Labe, kterou kříží na kilometrůžce řeky 895,9 km, přes cyklostezku 0019 na straně městské části Zálabí a přes parkoviště na straně centra města.

Pod mostovkou je zachován volný průjezdný profil pro lodní dopravu šířky 50 metrů a výšky 7 metrů nad maximální plavební hladinou. Na levém břehu je pod mostovkou mezi pilíři zachován volný průjezdný profil pro silniční dopravu šířky 3,5 a výšky 3 metry. Na pravém břehu je dodržen pod mostem mezi krajními pilíři volný průjezdný profil pro silniční dopravu šířky 3,5 a výšky 4,1 metru. Stejně tak i podjezdová výška 2,5 metru v místech parkoviště. Do něj pouze zasahují dva pilíře, jinak je plocha i nadále použitelná pro parkování.

3.2 Základní údaje o lávce

| | |
|--|-------------------------|
| Typ mostu: | Trvalá kolmá lávka |
| Hlavní nosný systém na břehu městské části Zálabí: | Trámový |
| Hlavní nosný systém nad řekou: | Obloukový |
| Hlavní nosný systém na břehu městského centra: | Trámový |
| Délka přemostění: | 208,50 m |
| Délka mostu: | 228,00 m |
| Šikmost mostu: | 100 g |
| Šířka mostu: | 5,63 m |
| Volná šířka: | 4,00 m |
| Maximální sklon ve směru městské části Zálabí: | 5,7 % |
| Maximální sklon ve směru centra města: | 2,5 % |
| Rozpětí na břehu městské části Zálabí: | 2x 18,00 m |
| Rozpětí oblouku: | 102,00 m |
| Rozpětí na břehu centra města: | 3x 18,00m + 1x 16,50 m |
| Plocha konstrukce: | 1 283,64 m ² |

3.3 Zdůvodnění stavby lávky

Po pádu lávky v Praze v Tróji se provedla diagnostika lávky v Nymburku, neboť měla stejný nosný systém a byla do provozu uvedena ve stejný rok. Diagnostika ukázala nepřizpůsobivý stav, a tudíž bylo rozhodnuto o demolici. Tato nová lávka má nahradit původní, již zbouranou.

3.4 Technické řešení lávky

3.4.1 Všeobecné informace

V kapitole 2 jsou zpracovány tři alternativní návrhy přemostění, z nichž byla vybrána pro podrobnější zpracování varianta obloukového mostu. Tato varianta nejlépe souzní s okolní krajinou a se silničním mostem vzdáleným 75 metrů proti proudu řeky.

Lávka je rozdělena na tři části. Na břehu městské čtvrti Zálabí se vyskytuje trámový monolitický most o dvou polích s rozpětím 18 metrů a s převislým koncem délky 4,7 metru

zasahující nad řeku. Nad řekou je segmentová oblast. Hlavním nosným prvkem jsou zde dva ocelové oblouky. Mezilehlá mostovka je tvořena prefabrikovanými segmenty a na oblouk je připojena uložením na ztužení v místě křížení oblouku s mostovkou a dále pomocí osmi táhel. Na břehu centra města je opět trémový monolitický most o čtyřech polích s rozpětím 3x 18 metrů a 1x 16,5 metru u opěry. Směrem k segmentové části je také převislý konec délky 4,7 metru.

3.4.2 Spodní stavba

Základy jsou tvořeny hlubinným uložením na pilotách, pro založení oblouku jsou použity větší rozměry než pro založení zbylých pilířů.

Jednotlivé podpory jsou označeny číslem dělitelným desíti postupně od městské části Zálabí po centrum města.

Jižní opěra se nachází v místech původní opěry, z ní sbíhají dvě nájezdné rampy, západní se sklonem 8 %, východní se sklonem 5,7 %. Tato opěra je označena číslem nula. Dále stojí dva pilíře s označením 10 a 20. Jejich půdorysný profil má tvar „kosti“. Uprostřed má obdélníkový tvar o šířce 500 mm a pod ložisky osmiúhelníkový tvar šířky 1 000 mm. Pilíř 20 stojí v místech původního pilíře.

Na pravém břehu je pilíř 130 taktéž v místě původního. další dva, 140 a 150, se nachází v ploše parkoviště a poslední pilíř 160 je v mírném svahu v nezpevněné ploše. Tyto pilíře mají stejný tvar jako pilíře na levém břehu. Na opěru označenou číslem 170 navazuje původní chodník směřující k ulici Tyršova.

3.4.3 Mostovka

Tvar mostovky je trémový. Trémy mají výšku 800 mm a šířku 330 mm. Jejich osová vzdálenost je 4,33 metru. Trémy jsou spojeny deskou tloušťky 160 mm. Tato deska má střešovitý tvar s příčným sklonem 2 %. Na vnější straně trámů deska pokračuje konzolou délky 485 mm.

Mostovka je v prostoru oblouku mezilehlá, leží na krajních příčlích oblouku a dále je k oblouku připojena pomocí svislých táhel vzdálených 7,5 metrů od sebe. V prostoru nad řekou se skládá z prefabrikovaných segmentů, jejichž celková délka je 92,6 metru. Následně plynule navazuje monolitickými částmi o stejném profilu.

Na mostovce je uložena vodotěsná izolace tloušťky 5 mm a vozovkové vrstvy tloušťky 45 mm. Na obou stranách mostovky stojí zábradlí výšky 1 300 mm. Volná průjezdná šířka mezi zábradlími je 4 metry.

Mostovka je uložena na dvou ložiscích nad každým pilířem a nad ztužením oblouku. Na východní straně jsou ložiska bránící příčnému posunu. Nad každým pilířem a ztužením jsou v podélném směru posuvná ložiska, jen nad pilířem 130 jsou ložiska bránící podélnému posunu. V místech podpor je mostovka ztužena žebry o výšce 400 mm a šířce 300 mm.

3.4.4 Táhla

Na každém oblouku je zavěšeno 8 táhel. Tato táhla jsou tvořena kruhovým průřezem a na obou koncích jsou pomocí čepů připojena k plechům. Plechy jsou k ocelovému oblouku přivařeny, s betonovou mostovkou jsou spojeny pomocí zabetonovaných lišt. Táhla umožňují rektifikaci délky.

3.4.5 Ocelové oblouky

Dva ocelové oblouky jsou překlenuty přes řeku Labe a kloubově uloženy do základů na březích řeky v místech původních základů. Rozpětí mezi základy činí 102 metrů, rozpětí

mezi kloubovými uloženími je 96 metrů a vzepětí je rovno 13,4 metrům, což přibližně odpovídá 1:7,15 rozpětí. V podélném řezu má oblouk kruhový tvar.

Průřez oblouku je obdélníkový, ve vrcholu je jeho výška nejnižší s hodnotou 800 mm, postupně směrem k základům jeho výška lineárně narůstá až na hodnotu 1 200 mm. Šířka je po celém oblouku konstantní 600 mm. Tloušťka desek průřezu je 25 mm. Oblouky jsou propojeny čtyřmi příčlemi průřezu IPE 600 v místě křížení s mostovkou a u připojení 3. a 6. táhla.

3.5 Postup výstavby

- Fáze 1: Zatlučení štětovicových stěn uprostřed říčního profilu. Výkop pro základy oblouku a dočasné podpory v řece. Následně jejich betonáž.
- Fáze 2: Uložení dočasné podpory pomocí mobilního jeřábu a kloubových zakončení na základy, na každém břehu montáž poloviny oblouků se ztužením na břehu.
- Fáze 3: Posazení jednoho konce oblouku na loď, druhého na pojízdný stroj s pneumatickými koly. Dopravení polovin oblouku na své místo po řece a po zpevněné ploše, připojení na základ a na dočasné podpoře vyzdvihnutí do požadované výšky. Nahoře svaření polovin k sobě.
- Fáze 4: Sundání dočasné podpory v řece a postavení ji u krajních ztužení. a uložení krajních segmentů na dočasné podpory a na ztužení.
- Fáze 5: Dovezení dalších segmentů po řece na požadované místo a vyzdvihnutí pomocí dočasných závěsů. Pomazání stykových stěn lepidlem a pomocí předpínacích tyčí připnutí segmentů k sobě. Připnutí mostovky k oblouku pomocí táhla umožňující rektifikaci.
- Fáze 6: Po uložení posledního segmentu a předepnutí posledních tyčí dobetonování 1,5 metru široké spáry. Následně napnutí předpínacích lan průběžně procházejících všemi segmenty.
- Fáze 7: Výkop pro zbylé pilíře a opěry. Postavení základů, pilířů a opěr.
- Fáze 8: Pomocí skruže vybetonování mostovky na obou březích.
- Fáze 9: Předepnutí mostovky v monolitických oblastech.
- Fáze 10: Uložení mostního svršku a vybavení. Dokončovací práce.

4 Statický výpočet

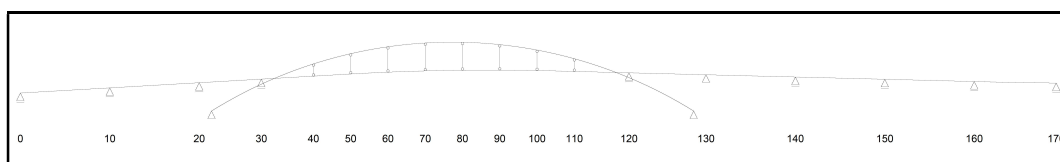
4.1 Úvod

Statický výpočet je věnován převážně návrhu a posouzení mostovky, a to v MSP na mezní stav napětí a v MSÚ na ohyb. Pro podrobný výpočet by byly potřeba ještě posoudit v MSP mezní stavy omezení trhlin, průhybů a vibrací. V MSÚ by bylo ještě potřeba posoudit smyk a únavu. Dále byly navrženy průřezy ocelového oblouku a táhel a následně předběžně posouzeny.

4.2 3D model

4.2.1 Schéma konstrukce

Statické schéma konstrukce je zobrazeno na obrázku 2. Pro přehlednost jsou jednotlivé podpory očíslovány násobky desíti od podpory 0 (podpora na břehu městské části Zálabí) po podporu 170 (podpora na straně centra města).



Obr. 2: Statické schéma

4.2.2 Sestavení modelu

Pro 3D model se využil program SCIA Engineer 18.1. Hlavní nosná konstrukce se skládá ze dvou ocelových oblouků, které mají proměnný profil, uprostřed mají výšku 800 mm a u základů 1 200 mm. Tento proměnný profil se vyměnil za po úsecích konstantní průřez. Každý oblouk je rozdělen přibližně na šestiny. Prostřední dvě části se modelovaly s průřezem výšky 800 mm, druhá a pátá šestina měla průřez výšky 1 000 mm a části u základů je výška průřezu 1 200 mm. Šířku i tloušťky stěn měly všechny části stejné jako v návrhu, tudíž 600 mm a 25 mm. Podpory se modelovaly jako kloubové.

Pro ztužení se použily profily IPE 600. K ocelovým obloukům se příčně připojily centricky s tuhým uložením. Ocelová táhla jsou modelována kruhovým profilem o průřezu 34 mm. Na obou koncích jsou kloubově uložena s možným pootočením v rovině XZ (kde osa X je v podélném směru mostu, osa Y v příčném a osa Z směřuje nahoru).

Mostovka se skládá z trámů, desky a deskových konzol. Trámy jsou prutové prvky o průřezu 800x330 mm. Mezi jednotlivými podporami jsou modelovány jako lineární s vrchní systémovou osou. Desky mezi trámy jsou modelovány jako desky s žebry. Desky mají tloušťku 160 mm, žebra mají průřez výšky 340 mm a šířky 300 mm. Žebra leží v místech podpor. Konzoly jsou modelovány jako desky o tloušťce 160 mm a sahají do vzdálenosti 650 mm od osy trámu.

Táhla se k mostovce připojila pomocí tuhé destičky o maximálním možném modulu pružnosti. Tyto destičky mají délku 400 mm, aby táhla mohla být svislá.

Propojení mostovky a ocelového oblouku je zařízení pomocí tyčí o vysokém modulu pružnosti. Jedna tyč je umístěna na krajním ztužení oblouku, druhá vede směrem dolů z mostovky. Tyto tyče jsou propojeny kloubem umožňujícím pootočení v rovině XZ a posun v podélném směru mostu. Západní kloub navíc umožňuje i příčný posun.

Podpory na východní straně umožňují pootočení v rovině XZ a podélný posun. Podpory na západní straně umožňují pootočení v rovině XZ, podélný a příčný posun. Jen podpory v místě pilíře 130 brání posunu i v podélném směru.

4.2.3 Výpočetní průřezy

Pro výpočet jsou použity průřezy nad podporami (označené číslem s poslední cifrou 0) a průřezy uprostřed polí (označené číslem s poslední cifrou 5). Jen v krajních polích se počítá s průřezem ve dvou pětínách blíže krajní podpoře (označené čísla 4 a 166).

4.3 Materiály

4.3.1 Beton mostovky

Třída betonu: C35/45-XF2-XD1-XC4

4.3.1.1 Pevnost v tlaku:

Charakteristická pevnost v tlaku: $f_{ck} = 35,0$ MPa

Střední pevnost v tlaku: $f_{cm} = 43,0$ MPa

Návrhová pevnost v tlaku: $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,90 * \frac{35,0}{1,5} = 21,0$ MPa

4.3.1.2 Pevnost v osovém tahu:

Střední: $f_{ctm} = 3,2$ MPa

Horní: $f_{ctk,0,95} = 4,2$ MPa

Dolní: $f_{ctk,0,05} = 2,2$ MPa

4.3.1.3 Modul pružnosti

$E_{cm} = 34,0$ GPa

$E_c = 1,05 * E_{cm} = 35,7$ GPa

4.3.1.4 Pevnost v tlaku, $t = 7$ dní

$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8,0$

$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm}$

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

$f_{cm}(7) = 0,819 * 43 = 35,205$ MPa

$f_{ck}(7) = 35,205 - 8,0 = 27,205$ MPa

4.3.1.5 Střední pevnost v tahu

$f_{ctm}(t) = [\beta_{cc}(t)]^\alpha * f_{ctm} = 0,819^1 * 3,2 = 2,62$ MPa

4.3.2 Předpínací výztuž

Kabely z lan $\varnothing 15,7$ mm ($A_{p1} = 150$ mm²) - Třída relax. chování: 2 – dráty a lana s nízkou relaxací

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

Smluvní mez kluzu: $f_{p0,1k} = 0,88 * f_{pk} = 1636,8$ MPa

Návrhové napětí: $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = \frac{1636,8}{1,15} = 1423,304$ MPa

Návrhová hodnota modulu pružnosti: $E_p = 195,0$ GPa

4.3.3 Betonářská výztuž

Třída: B500B

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

$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$

$E_s = 200 \text{ GPa}$

4.3.4 Ocel

Třída oceli: S235

$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$

$f_{yd} = \frac{235}{1,15} = 204,348 \text{ MPa}$

$E_s = 210 \text{ GPa}$

4.3.5 Táhla

Třída oceli: S460

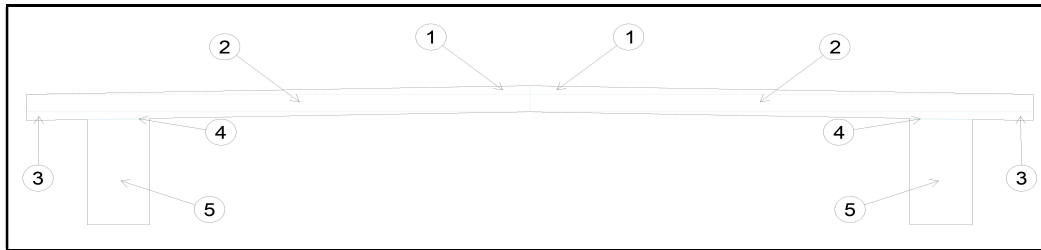
$f_{yk} = 460 \text{ MPa}$

$f_{yd} = \frac{460}{1,15} = 400 \text{ MPa}$

$E_s = 210 \text{ GPa}$

4.4 Průřezové charakteristiky

4.4.1 Plný betonový průřez



Obr. 3: Rozdělení průřezu pro výpočet průřezových charakteristik

Tab. 1: Přehled průřezových charakteristik plného betonového průřezu

| Č. | Tvar | b [m] | h [m] | $z_{T,i}$ [m] | Počet n [ks] | $n \cdot A_i$ [m ²] | $n \cdot l_i$ [m ⁴] | $n \cdot A_i \cdot z_{T,i}$ [m ³] | z_T [m] | e_i [m] | $n \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴] | ΣI [m ⁴] |
|----|------|----------|----------|------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|--|--------------|--------------|--|---------------------------------|
| 1 | Δ | 2,815 | 0,056 | 0,816 | 2 | 0,158 | 0,000 | 0,129 | 0,610 | 0,206 | 0,007 | 0,007 |
| 2 | □ | 2,815 | 0,104 | 0,745 | 2 | 0,584 | 0,001 | 0,435 | 0,610 | 0,136 | 0,011 | 0,011 |
| 3 | Δ | 2,815 | 0,056 | 0,675 | 2 | 0,158 | 0,000 | 0,107 | 0,610 | 0,065 | 0,001 | 0,001 |
| 4 | Δ | 0,330 | 0,007 | 0,646 | 2 | 0,002 | 0,000 | 0,001 | 0,610 | 0,036 | 0,000 | 0,000 |
| 5 | □ | 0,330 | 0,643 | 0,322 | 2 | 0,425 | 0,015 | 0,137 | 0,610 | -0,288 | 0,035 | 0,050 |
| | | | | | | 1,275 | | 0,809 | | | | 0,069 |

$$W_h = \frac{0,069}{0,800 - 0,610} = 0,36316 \text{ m}^3$$

$$W_d = \frac{0,069}{0,610} = 0,11311 \text{ m}^3$$

4.4.2 Spolupůsobící šířka desky

4.4.2.1 Řez 0 a řez 4

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

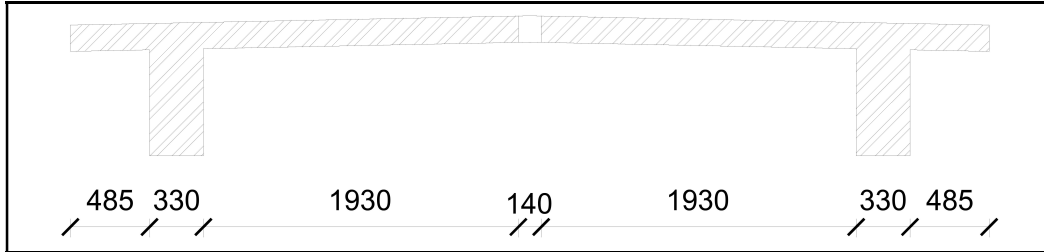
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,85 * 18000 ; 0,2 * 0,85 * 18000 ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(1594 ; 3060 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,85 * 18000 ; 0,2 * 0,85 * 18000 ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1930} ; 3060 ; 2000)$$



Obr. 4: Vyznačení efektivních šířek horní desky v řezu 0 a 4

4.4.2.2 Řez 10, 140, 150

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

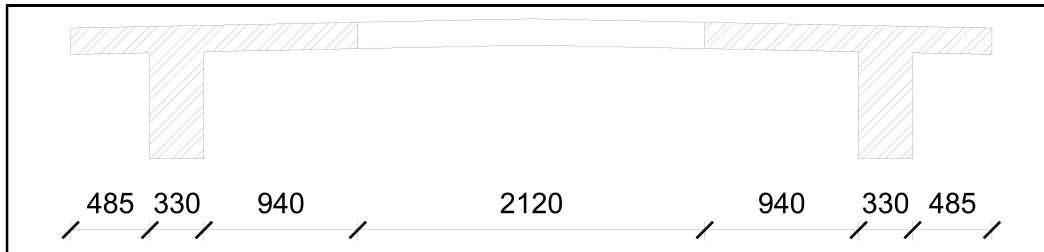
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (18000 + 18000) ; 0,2 * 0,15 * (18000 + 18000) ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(604 ; 1080 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (18000 + 18000) ; 0,2 * 0,15 * (18000 + 18000) ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{940} ; 1080 ; 2000)$$



Obr. 5: Vyznačení efektivních šířek v řezu 10

4.4.2.3 Řezy 15, 135, 145, 155

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

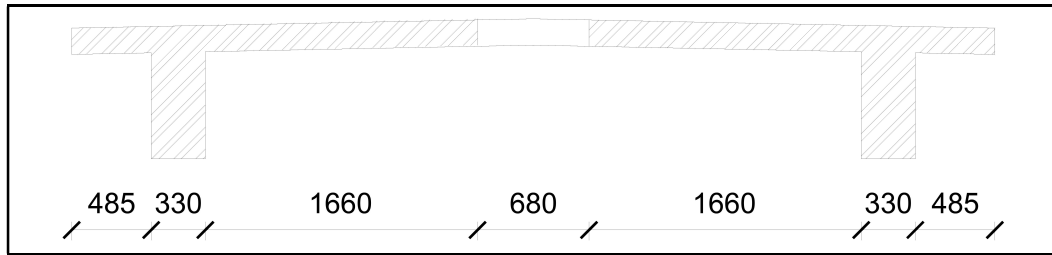
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 18000 ; 0,2 * 0,7 * 18000 ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(1324 ; 2520 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 18000 ; 0,2 * 0,7 * 18000 ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1660} ; 2520 ; 2000)$$



Obr. 6: Vyznačení efektivních šířek v řezech 15, 135, 145 a 155

4.4.2.4 Řez 20

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

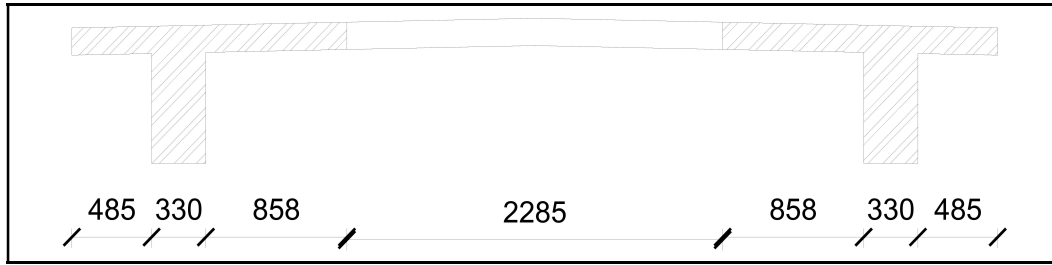
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (18000 + 12500); 0,2 * 0,15 * (18000 + 12500); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(521,5; 915; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (18000 + 12500); 0,2 * 0,15 * (18000 + 12500); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{857,5}; 915; 2000)$$



Obr. 7: Vyznačení efektivních šířek v řezu 20

4.4.2.5 Řez 25

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

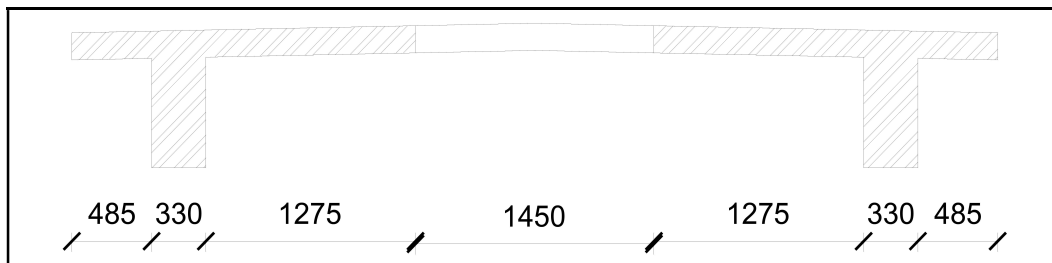
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 12500; 0,2 * 0,7 * 12500; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(939; 1750; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 12500; 0,2 * 0,7 * 12500; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1275}; 1750; 2000)$$



Obr. 8: Vyznačení efektivních šířek v řezu 25

4.4.2.6 Řez 30

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

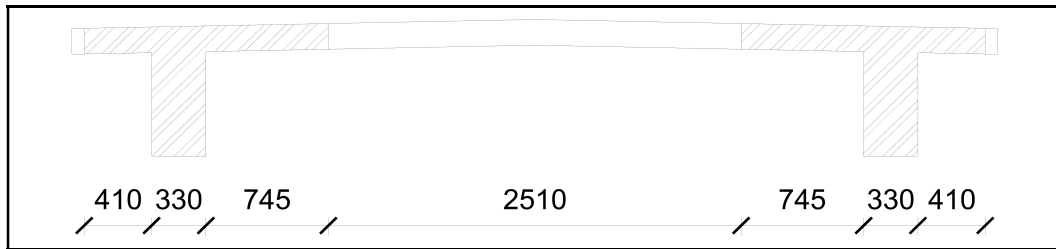
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (12500 + 10500); 0,2 * 0,15 * (12500 + 10500); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(\underline{409,5}; 690; 485)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (12500 + 10500); 0,2 * 0,15 * (12500 + 10500); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{745}; 690; 2000)$$



Obr. 9: Vyznačení efektivních šířek v řezu 30

4.4.2.7 Řez 35

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

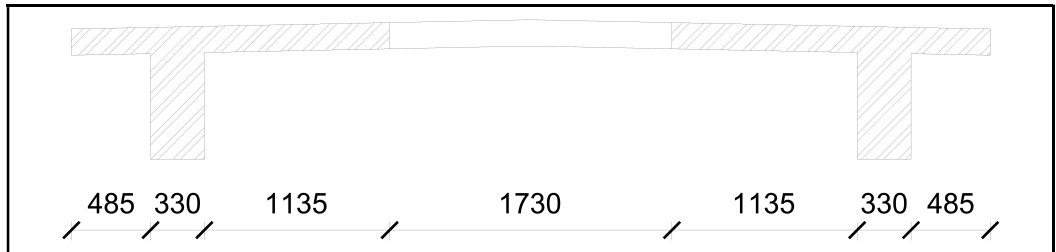
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 10500; 0,2 * 0,7 * 10500; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(799; 1470; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 10500; 0,2 * 0,7 * 10500; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1135}; 1470; 2000)$$



Obr. 10: Vyznačení efektivních šířek v řezu 35

4.4.2.8 Řez 40

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

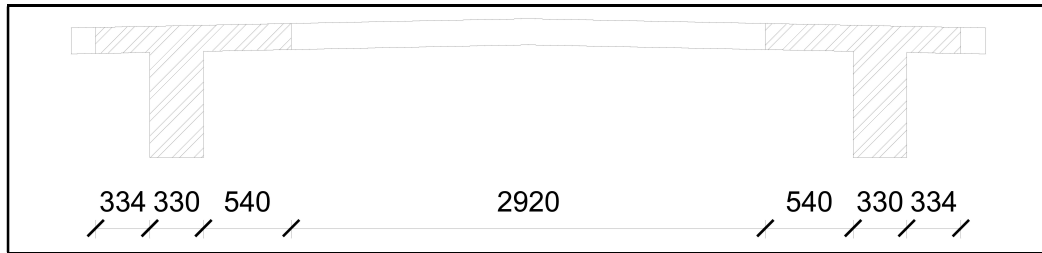
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (10500 + 7500); 0,2 * 0,15 * (10500 + 7500); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(\underline{334}; 540; 485)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (10500 + 7500); 0,2 * 0,15 * (10500 + 7500); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(940; \underline{540}; 2000)$$



Obr.11: Vyznačení efektivních šířek v řezu 40

4.4.2.9 Řezy 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

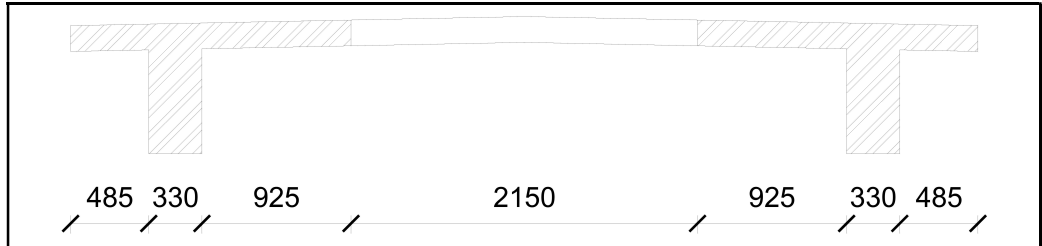
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 7500 ; 0,2 * 0,7 * 7500 ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(589 ; 1050 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 7500 ; 0,2 * 0,7 * 7500 ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{925} ; 1050 ; 2000)$$



Obr. 12: Vyznačení efektivních šířek v řezu 45

4.4.2.10 Řezy 50, 60, 70, 80, 90, 100

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

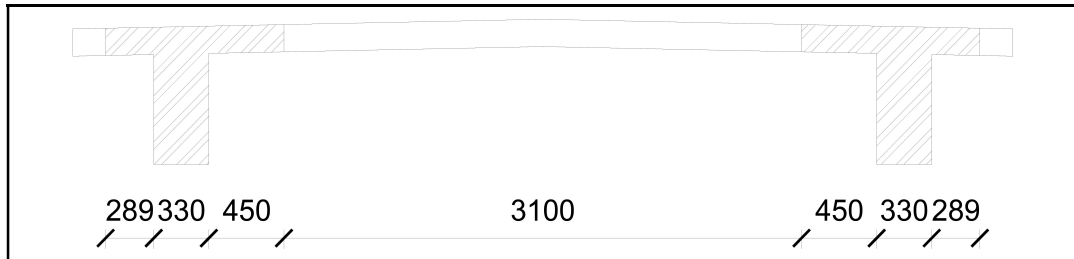
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 7500) ; 0,2 * 0,15 * (7500 + 7500) ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(\underline{289} ; 450 ; 485)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 7500) ; 0,2 * 0,15 * (7500 + 7500) ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(625 ; \underline{450} ; 2000)$$



Obr. 13: Vyznačení efektivních šířek v řezu 50

4.4.2.11 Řez 110

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

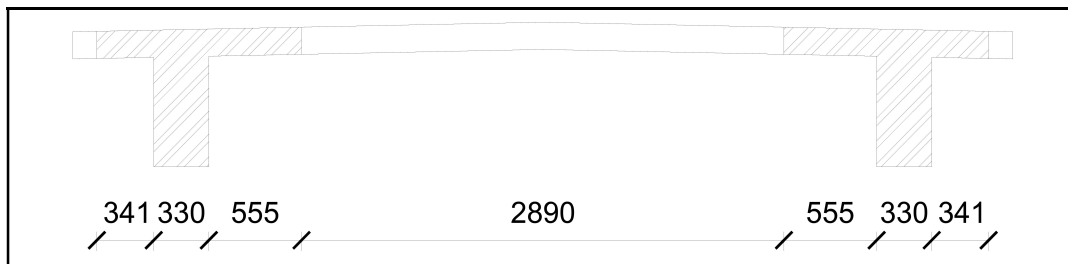
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 11000); 0,2 * 0,15 * (7500 + 11000); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(\underline{341,5}; 555; 485)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 11000); 0,2 * 0,15 * (7500 + 11000); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(677,5; \underline{555}; 2000)$$



Obr. 14: Vyznačení efektivních šířek v řezu 110

4.4.2.12 Řez 115

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

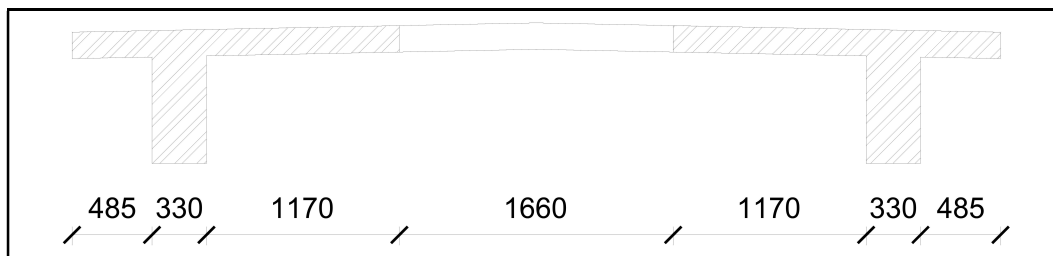
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 11000; 0,2 * 0,7 * 11000; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(834; 1540; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 10500; 0,2 * 0,7 * 10500; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1170}; 1540; 2000)$$



Obr. 15: Vyznačení efektivních šířek v řezu 115

4.4.2.13 Řez 120

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

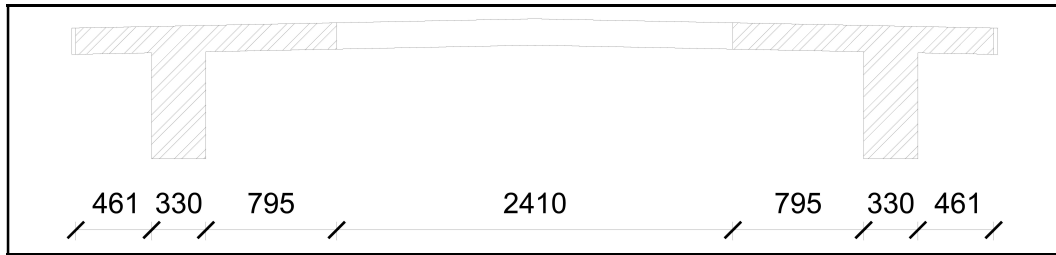
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (11000 + 15500); 0,2 * 0,15 * (11000 + 15500); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(\underline{461,5}; 795; 485)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (11000 + 15500); 0,2 * 0,15 * (11000 + 15500); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(797,5; \underline{795}; 2000)$$



Obr. 16: Vyznačení efektivních šířek v řezu 120

4.4.2.14 Řez 125

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

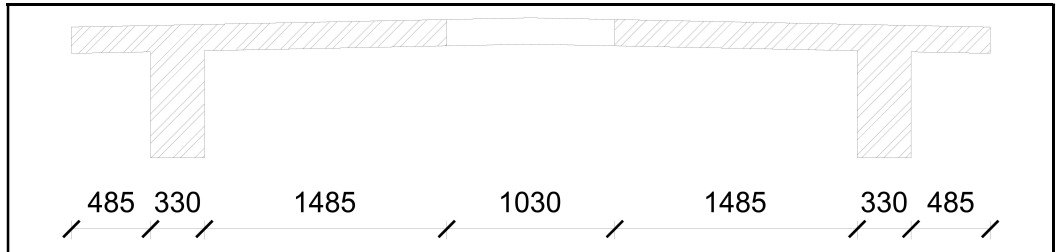
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,7 * 15500 ; 0,2 * 0,7 * 15500 ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(1149 ; 2170 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,7 * 15500 ; 0,2 * 0,7 * 15500 ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1485} ; 2170 ; 2000)$$



Obr. 17: Vyznačení efektivních šířek v řezu 125

4.4.2.15 Řez 130

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

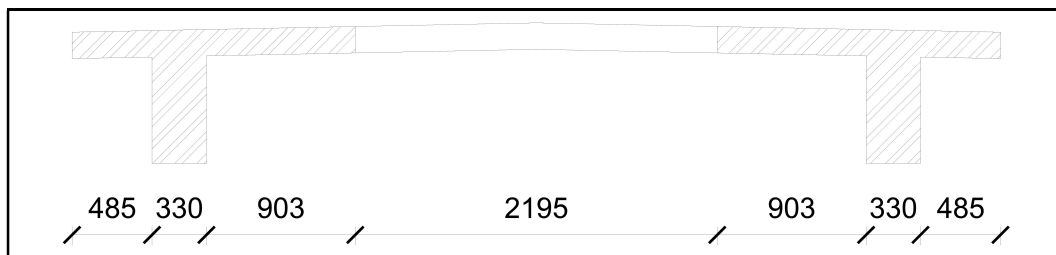
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (15500 + 18000) ; 0,2 * 0,15 * (15500 + 18000) ; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(566,5 ; 1005 ; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 11000) ; 0,2 * 0,15 * (7500 + 11000) ; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{902,5} ; 1005 ; 2000)$$



Obr. 18: Vyznačení efektivních šířek v řezu 130

4.4.2.16 Řez 160

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,15 * (18000 + 16500); 0,2 * 0,15 * (18000 + 16500); 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(581,5; 1035; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,15 * (7500 + 11000); 0,2 * 0,15 * (7500 + 11000); 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{917,5}; 1035; 2000)$$



Obr. 19: Vyznačení efektivních šířek v řezu 160

4.4.2.17 Řez 166 a 170

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_1)$$

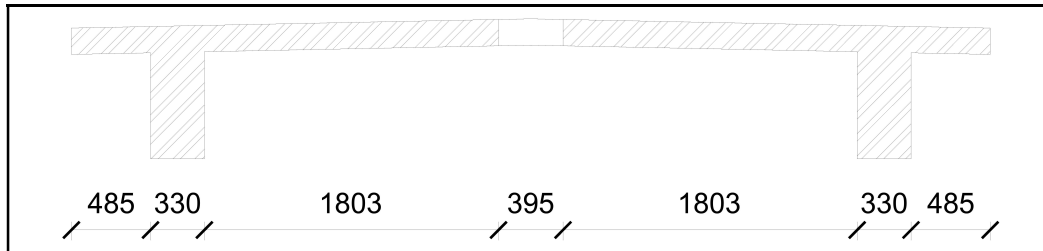
$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(0,2 * 320 + 0,1 * 0,85 * 16500; 0,2 * 0,85 * 16500; 485)$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},3} = \min(1466,5; 2805; \underline{485})$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * b_2 + 0,1 * L_0 ; 0,2 * L_0 ; b_2)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(0,2 * 2000 + 0,1 * 0,85 * 16500; 0,2 * 0,85 * 16500; 2000)$$

$$b_{\text{eff},2} = \min(\underline{1802,5}; 2805; 2000)$$



Obr. 20: Vyznačení efektivních šířek v řezech 166 a 170

4.4.3 Souhrn průřezových charakteristik trámů

Průřezové charakteristiky trámů v jednotlivých řezech se spočetly pomocí programu Microsoft Excel se zadáním spolupůsobících šířek spočítaných v 4.4.2. Postup výpočtu byl identický, jako způsob, kterým se spočítaly průřezové charakteristiky plného betonového průřezu. Pro trám se vzala pouze polovina průřezu. Plocha se bere z poloviny plného betonového průřezu, zbylé průřezové charakteristiky jsou vzaty z redukovaného průřezu. Soupis všech výsledných průřezových charakteristik je sepsán v tabulce 2.

Tab. 2: Přehled průřezových charakteristik jednotlivých řezů

| Použité charakteristiky | A [m ²] | I [m ⁴] | z _T [m] | W _h [m ³] | W _d [m ³] |
|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0, 4 | 0,637 | 0,033 | 0,600 | 0,133 | 0,055 |
| 10, 140, 150 | 0,637 | 0,027 | 0,546 | 0,090 | 0,050 |
| 15, 135, 145, 155 | 0,637 | 0,032 | 0,588 | 0,121 | 0,054 |
| 20 | 0,637 | 0,027 | 0,540 | 0,087 | 0,050 |
| 25 | 0,637 | 0,030 | 0,567 | 0,105 | 0,052 |
| 30 | 0,637 | 0,026 | 0,532 | 0,082 | 0,049 |
| 35 | 0,637 | 0,029 | 0,559 | 0,099 | 0,051 |
| 40 | 0,637 | 0,024 | 0,515 | 0,073 | 0,047 |
| 45,55,65,75,85,95,105 | 0,637 | 0,027 | 0,545 | 0,090 | 0,050 |
| 50,60,70,80,90,100 | 0,637 | 0,023 | 0,503 | 0,067 | 0,046 |
| 110 | 0,637 | 0,025 | 0,516 | 0,073 | 0,048 |
| 115 | 0,637 | 0,029 | 0,561 | 0,100 | 0,052 |
| 120 | 0,637 | 0,026 | 0,536 | 0,084 | 0,049 |
| 125 | 0,637 | 0,031 | 0,579 | 0,114 | 0,053 |
| 130 | 0,637 | 0,027 | 0,543 | 0,089 | 0,050 |
| 160 | 0,637 | 0,027 | 0,544 | 0,089 | 0,050 |
| 166, 170 | 0,637 | 0,033 | 0,594 | 0,127 | 0,055 |

4.5 Zatížení

4.5.1 Zatížení stálé

4.5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

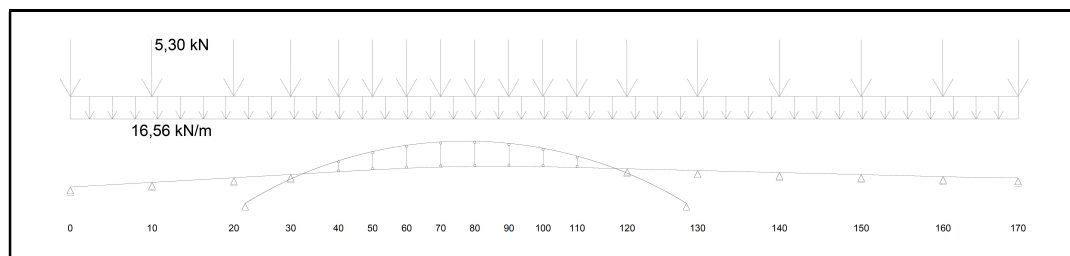
$$g_0 = 26,0 \text{ kN/m}^3$$

$$A_{\text{průřez}} = \frac{1,275}{2} = 0,637 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{žebro}} = \frac{0,34 \cdot 0,3 \cdot 4}{2} = 0,204 \text{ m}^3$$

$$g_{\text{průřez}} = 26,0 \cdot 0,637 = 16,56 \text{ kN/m}$$

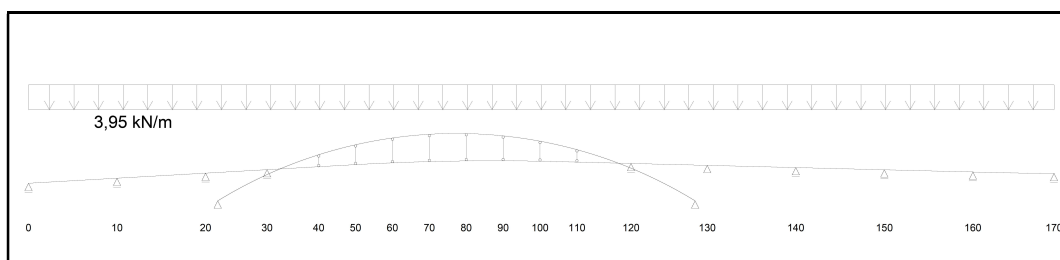
$$F_{\text{žebro}} = 26,0 \cdot 0,204 = 5,30 \text{ kN}$$



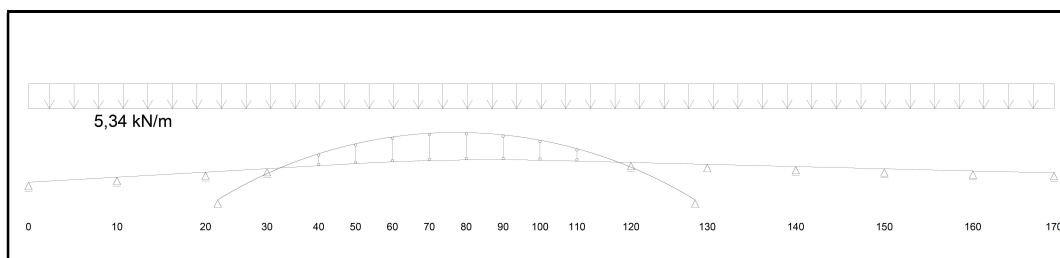
Obr. 21: Stálé zatížení

4.5.1.2 Ostatní stálé zatížení

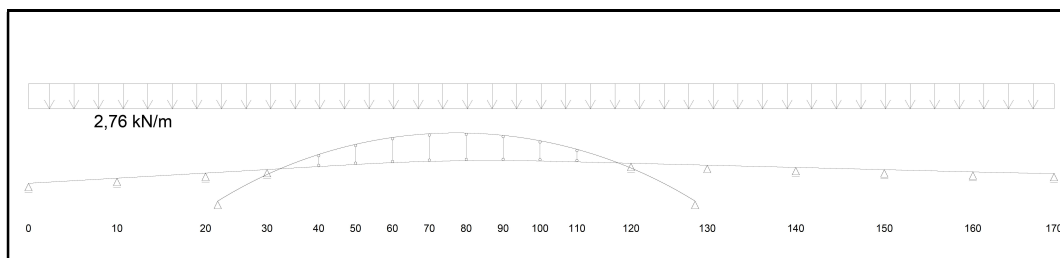
| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Vodotěsná izolace... | $2,79 \text{ m} * 0,005 \text{ m} * 23 \text{ kN/m}^3...$ | 0,32 kN/m |
| Vozovkové vrstvy... | $2,79 \text{ m} * 0,045 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3...$ | 3,14 kN/m |
| Zábradlí... | $1 * 0,5 \text{ kN/m}...$ | 0,50 kN/m |
| střední hodnota... | $V.i. + V.v. + Z$ | $\Sigma(g-g_0)_m = 3,95 \text{ kN/m}$ |
| horní charakteristická hodnota... | $(V.i. + V.v.) * 1,4 + Z$ | $\Sigma(g-g_0)_{k,sup} = 5,34 \text{ kN/m}$ |
| dolní charakteristická hodnota... | $(V.i. + V.v.) * 0,8 + Z$ | $\Sigma(g-g_0)_{k,inf} = 2,76 \text{ kN/m}$ |



Obr. 22: Ostatní stálé zatížení – střední hodnota

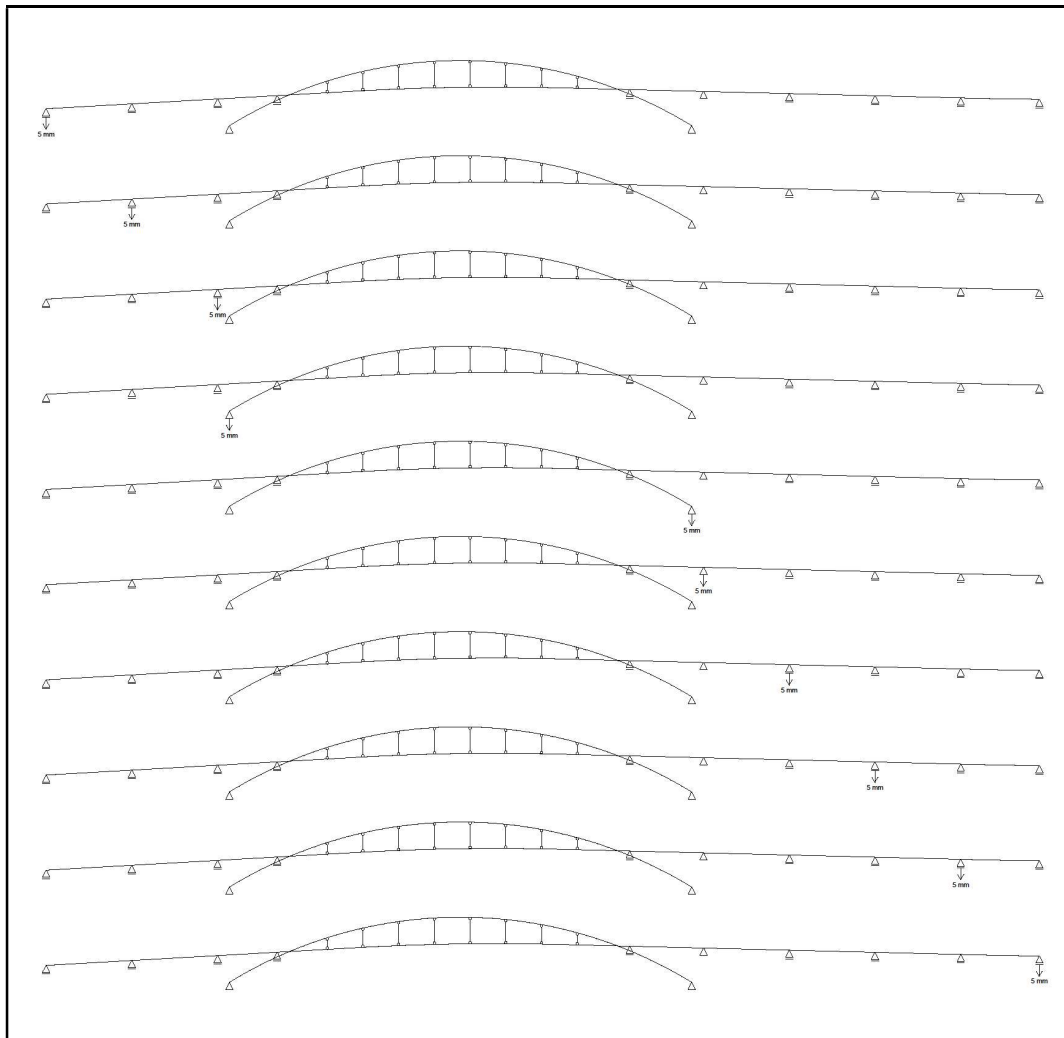


Obr. 23: Ostatní stálé zatížení – horní charakteristická hodnota



Obr. 24: Ostatní stálé zatížení – dolní charakteristická hodnota

4.5.1.3 Nerovnoměrné poklesy podpěr

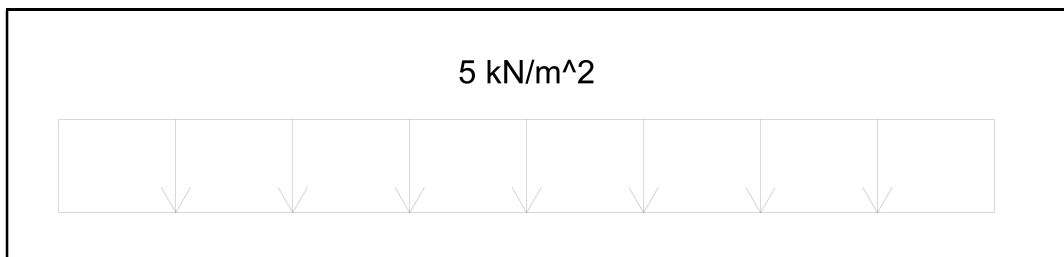


Obr. 25: Jednotlivá zatížení nerovnými sedáními podpěr o 5 mm

4.5.2 Zatížení proměnné

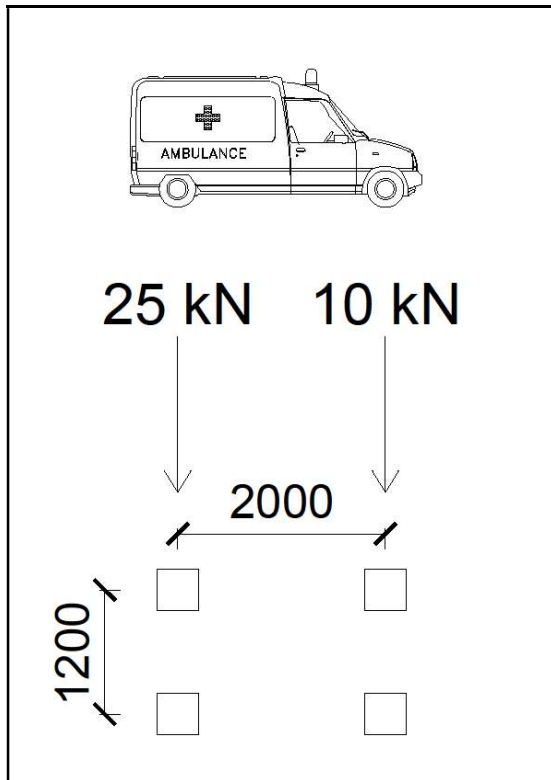
4.5.2.1 Rovnoměrné zatížení

Rovnoměrné zatížení je umístěno jen na částech mostu, které přitěžují dané vnitřní síle.



Obr. 26: Rovnoměrné zatížení

4.5.2.2 Obslužné vozidlo



Obr. 27: Zatížení obslužným vozidlem

4.5.2.3 Zatížení teplotou

$$T_{\max} = 40 \text{ °C} \rightarrow T_{e,\max} = 44 \text{ °C}$$

$$T_{\min} = -31 \text{ °C} \rightarrow T_{e,\min} = -25 \text{ °C}$$

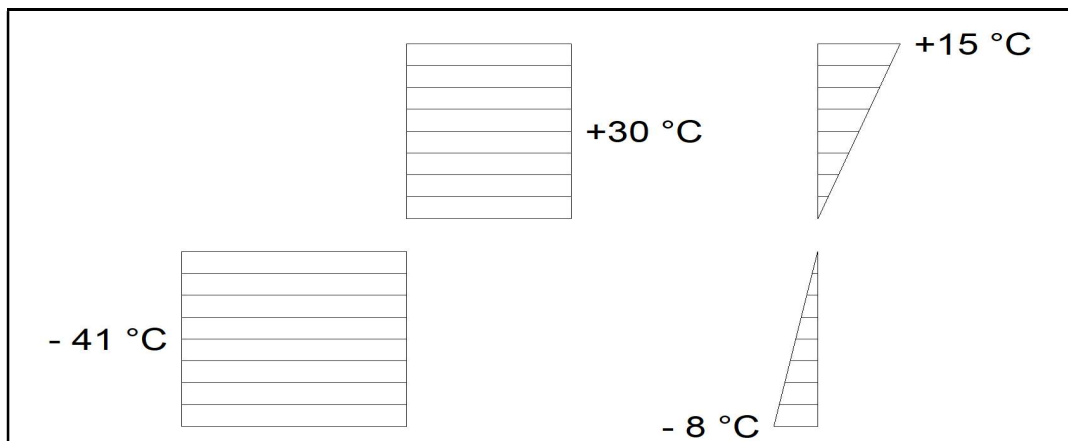
$$T_0 = 10 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = 40 - 10 = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,\text{con}} = 10 - (-31) = 41 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{M,\text{heat}} = 15 \text{ °C}$$

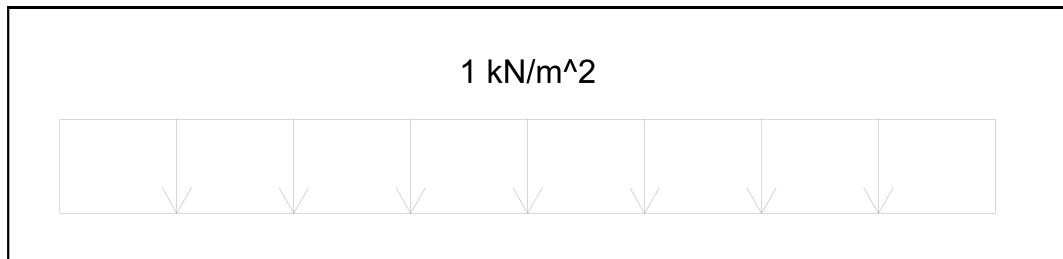
$$\Delta T_{M,\text{cool}} = -8 \text{ °C}$$



Obr. 28: Rovnoměrná a lineární zatížení teplotními změnami

4.5.2.4 Staveništní zatížení

Staveništní zatížení je stejně jako rovnoměrné umístěno jen na částech mostu, které přitěžují dané vnitřní síle.

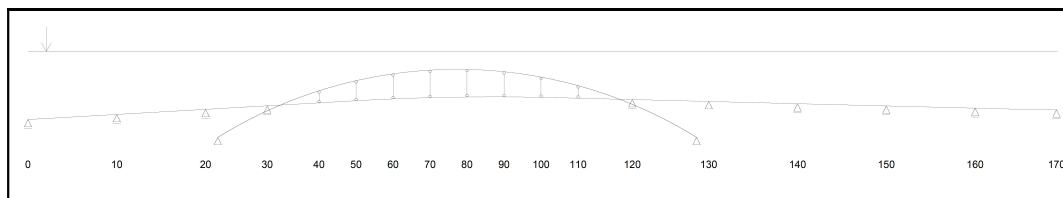


Obr 29: Staveništní zatížení

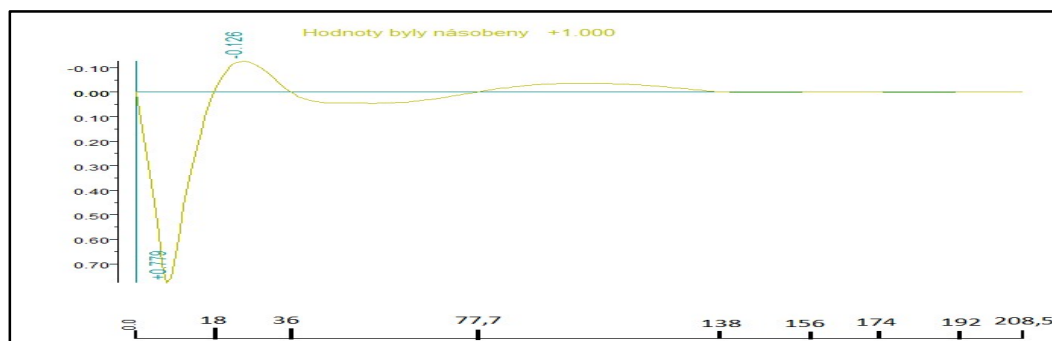
4.6 Výpočet vnitřních sil

4.6.1 Příčinkové čáry

Pro vykreslení příčinkových čar a pro vypočtení maximálních hodnot a ploch jednotlivých úseků se využil program SCIA Engineer 18.1. $\eta M25$ označuje příčinkovou čáru pro moment uprostřed pole mezi pilířem 20 a podporou 30, $\eta V10L$ označuje příčinkovou čáru pro posouvající sílu zleva pilíře 10. A_{10-20} označuje plochu pod příčinkovou čarou mezi pilíři 10 a 20. Plocha pod příčinkovou čarou v místech oblouku je rozdělena podle průřezů s nulovou osou. Jelikož tento



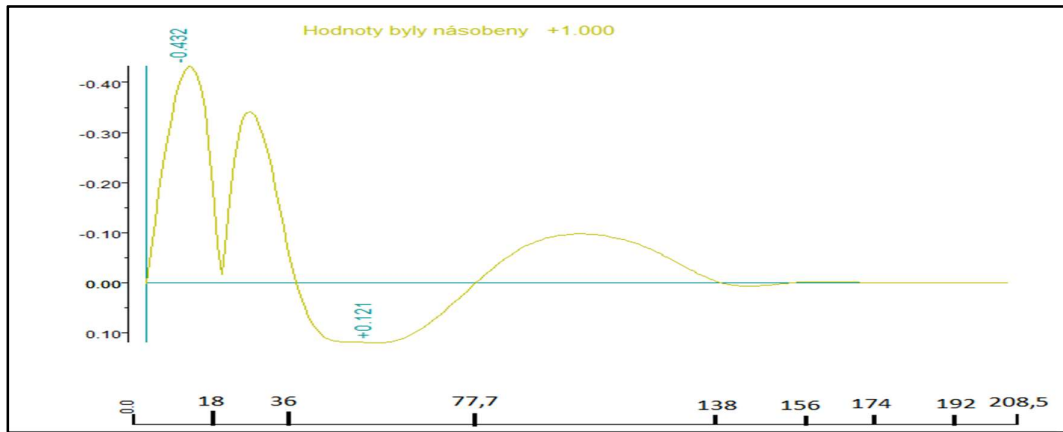
Obr. 30: Pohyblivé zatížení pro vykreslení příčinkových čar



Obr. 31: Příčinková čára $\eta M4$

$A_{0-10} = 6,89$; $A_{10-20} = -1,512$; $A_{oblouk,1} = 1,508$; $A_{oblouk,2} = -1,448$;

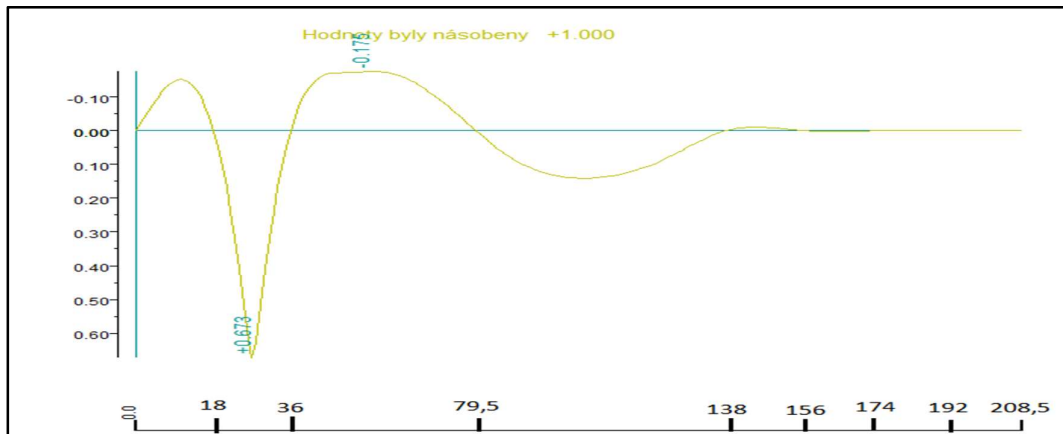
$A_{130-140} = 0,032$; $A_{140-150} = -0,008$; $A_{150-160} = 0,004$; $A_{160-170} = 0 \text{ [m}^2\text{]}$



Obr. 32: Příčinková čára ηM_{10}

$A_{0-10} = -4,97$; $A_{10-20} = -3,78$; $A_{oblouk,1} = 3,77$; $A_{oblouk,2} = -3,62$;

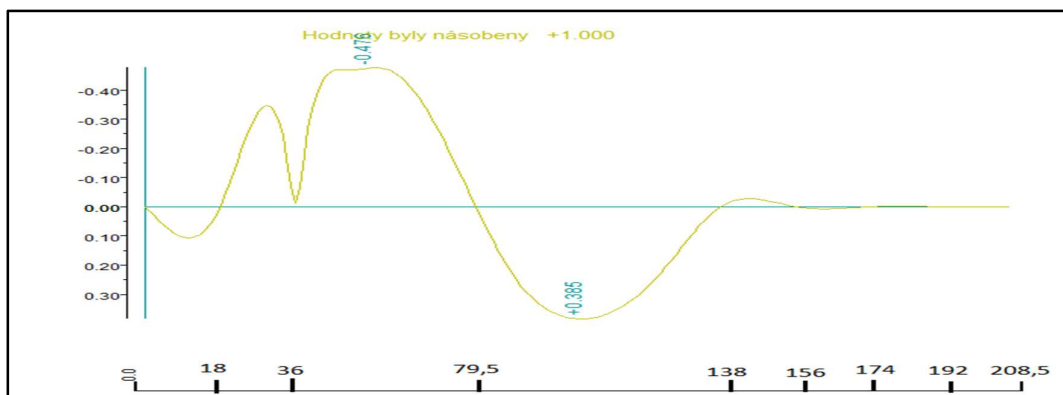
$A_{130-140} = 0,08$; $A_{140-150} = -0,02$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 33: Příčinková čára ηM_{15}

$A_{0-10} = -1,86$; $A_{10-20} = 5,53$; $A_{oblouk,1} = -5,78$; $A_{oblouk,2} = 5,365$;

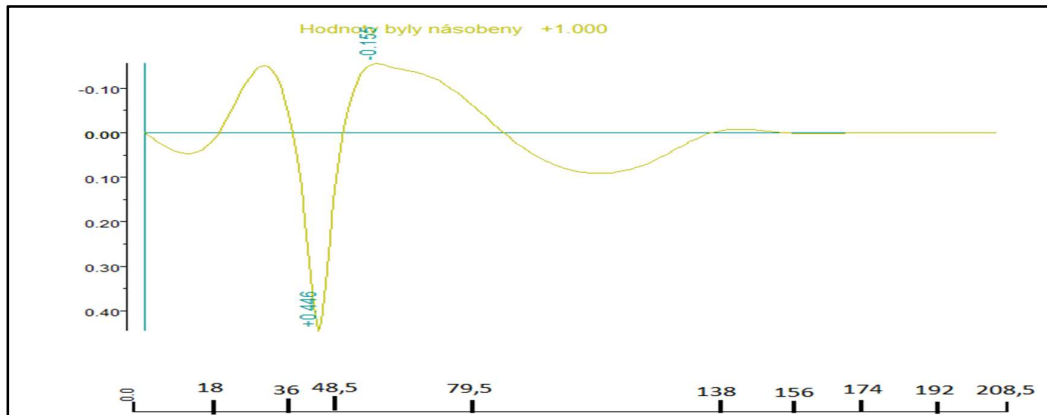
$A_{130-140} = -0,115$; $A_{140-150} = 0,03$; $A_{150-160} = -0,005$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 34: Příčinková čára ηM_{20}

$A_{0-10} = 1,25$; $A_{10-20} = -3,82$; $A_{oblouk,1} = -15,41$; $A_{oblouk,2} = 14,35$;

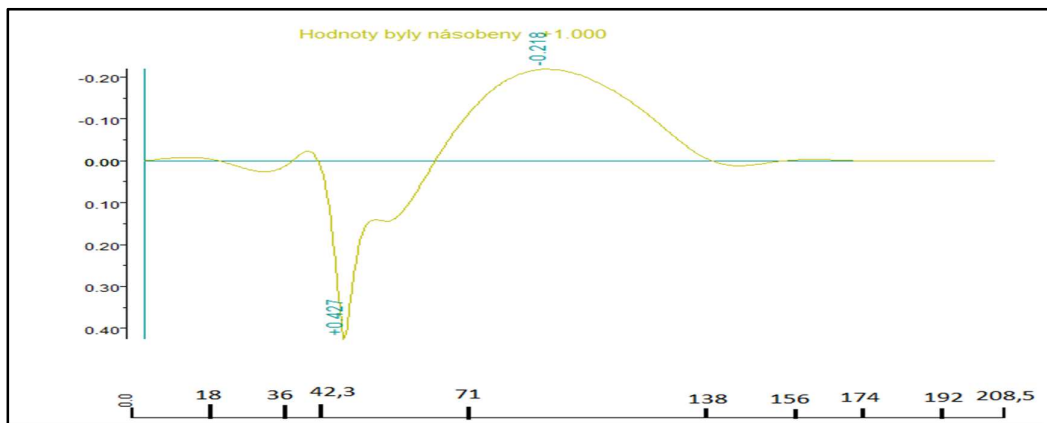
$A_{130-140} = -0,31$; $A_{140-150} = 0,08$; $A_{150-160} = -0,02$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 35: Příčinková čára ηM_{25}

$A_{0-10} = 0,58$; $A_{10-20} = -1,765$; $A_{oblouk,1} = 3,16$; $A_{oblouk,2} = -3,74$; $A_{oblouk,3} = 0,12$;

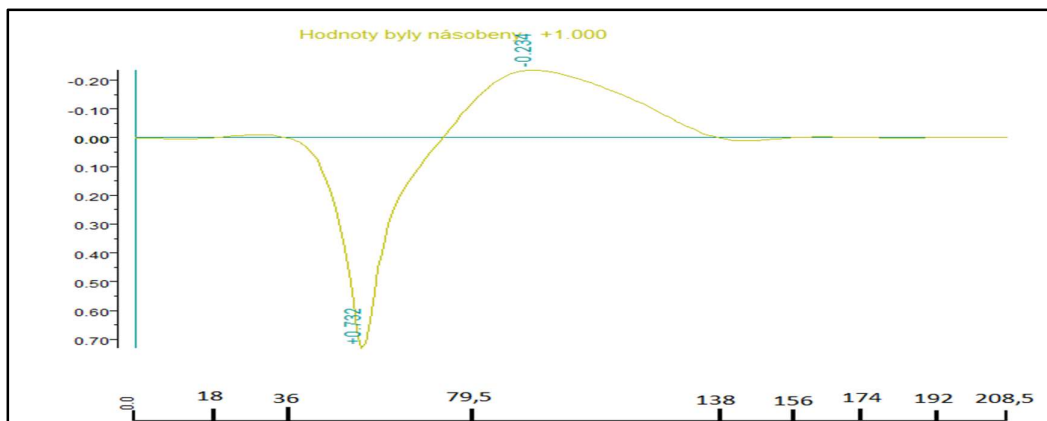
$A_{130-140} = -0,09$; $A_{140-150} = 0,025$; $A_{150-160} = -0,005$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 36: Příčinková čára ηM_{30}

$A_{0-10} = -0,09$; $A_{10-20} = 0,29$; $A_{oblouk,1} = -0,09$; $A_{oblouk,2} = 4,33$; $A_{oblouk,3} = -9,26$;

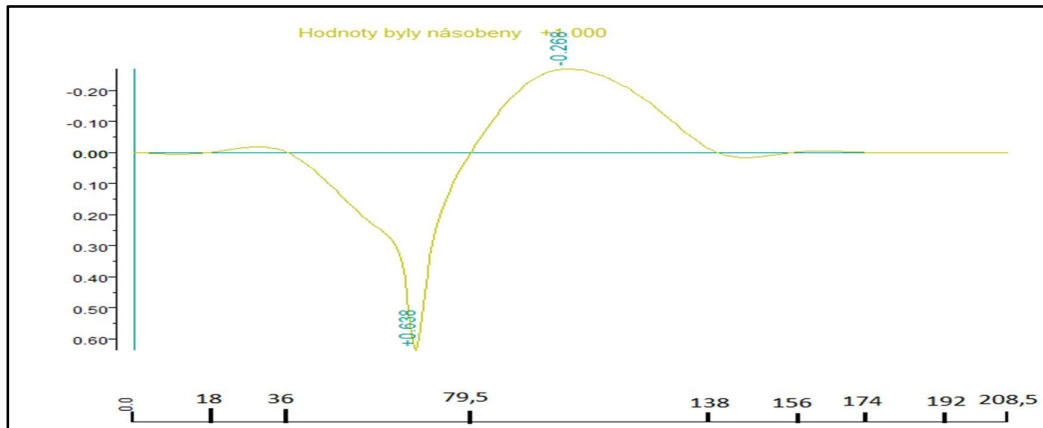
$A_{130-140} = 0,13$; $A_{140-150} = -0,03$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 37: Příčinková čára ηM_{35}

$A_{0-10} = 0,03$; $A_{10-20} = -0,085$; $A_{oblouk,1} = 4,91$; $A_{oblouk,2} = -8,27$;

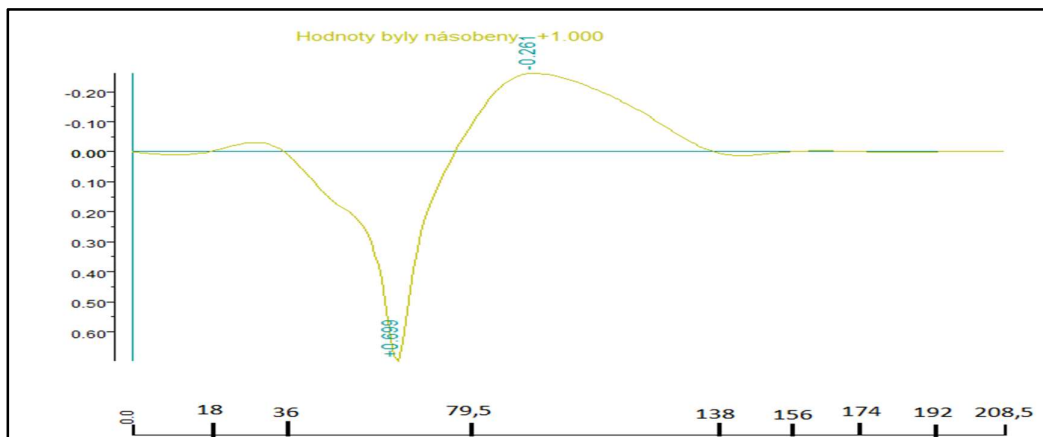
$A_{130-140} = 0,125$; $A_{140-150} = -0,03$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 38: Příčinková čára ηM_{40}

$A_{0-10} = 0,15$; $A_{10-20} = -0,46$; $A_{oblouk,1} = 3,53$; $A_{oblouk,2} = -8,45$;

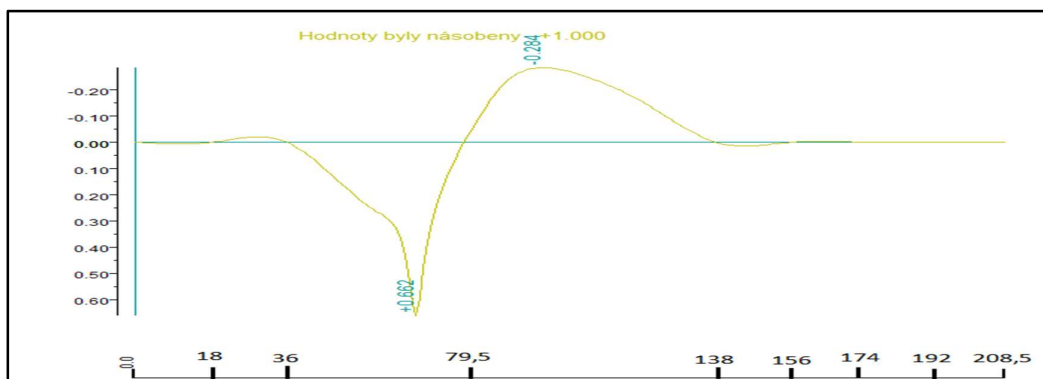
$A_{130-140} = 0,12$; $A_{140-150} = -0,03$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0 [m^2]$



Obr. 39: Příčinková čára ηM_{45}

$A_{0-10} = 0,115$; $A_{10-20} = -0,35$; $A_{oblouk,1} = 8,2$; $A_{oblouk,2} = -9,23$;

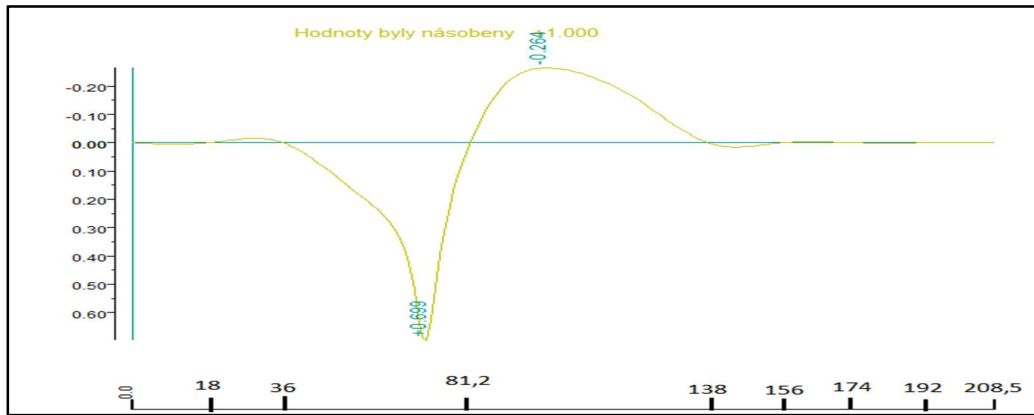
$A_{130-140} = 0,15$; $A_{140-150} = -0,035$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0 [m^2]$



Obr. 40: Příčinková čára ηM_{50}

$A_{0-10} = 0,08$; $A_{10-20} = -0,24$; $A_{oblouk,1} = 11,94$; $A_{oblouk,2} = -9,72$;

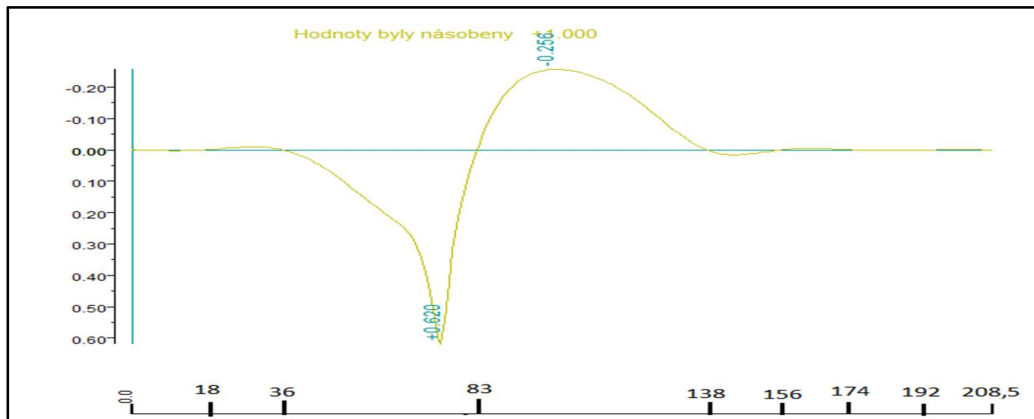
$A_{130-140} = 0,18$; $A_{140-150} = -0,04$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0 [m^2]$



Obr. 41: Příčinková čára ηM_{55}

$A_{0-10} = 0,055$; $A_{10-20} = -0,17$; $A_{oblouk,1} = 12,19$; $A_{oblouk,2} = -8,92$;

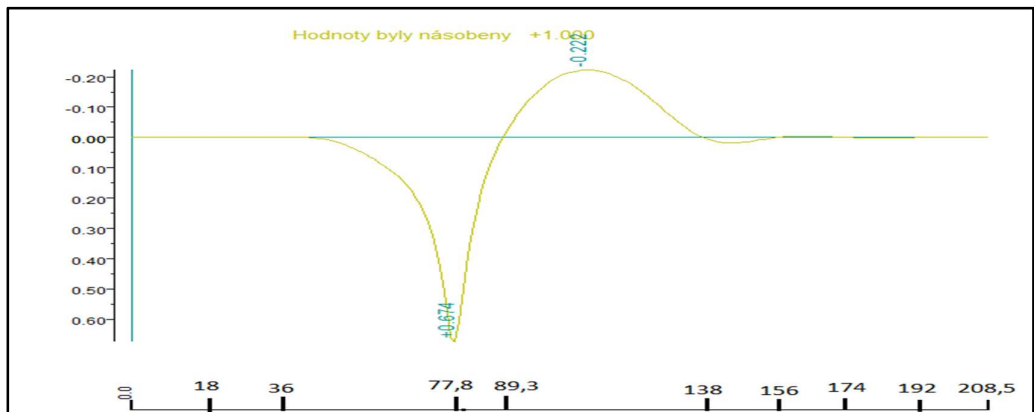
$A_{130-140} = 0,195$; $A_{140-150} = -0,045$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 42: Příčinková čára ηM_{60}

$A_{0-10} = 0,03$; $A_{10-20} = -0,1$; $A_{oblouk,1} = 12,48$; $A_{oblouk,2} = -8,41$;

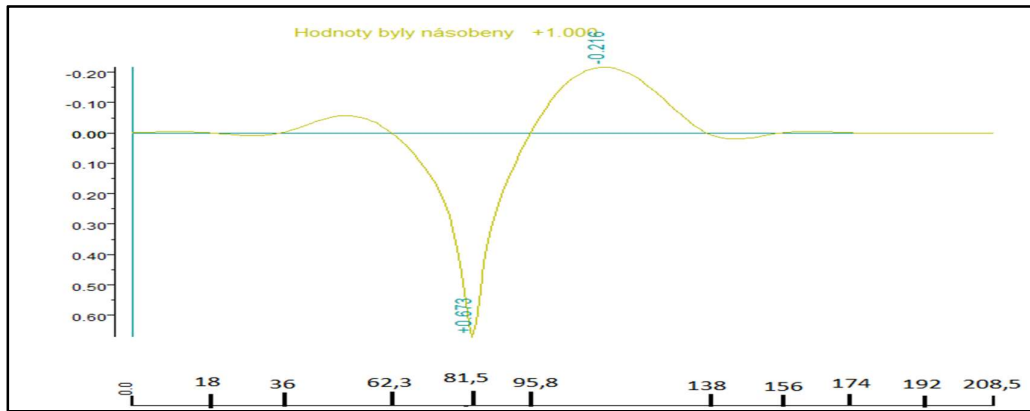
$A_{130-140} = 0,21$; $A_{140-150} = -0,05$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 43: Příčinková čára ηM_{65}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = 14,06$; $A_{oblouk,2} = -6,76$;

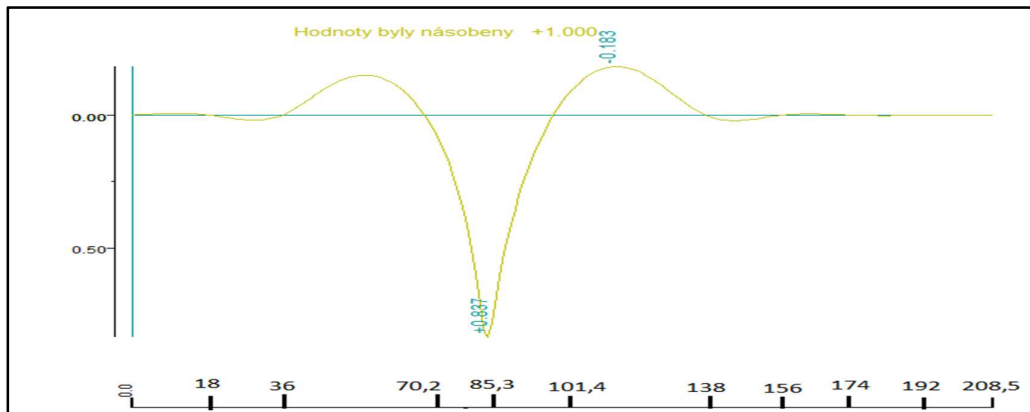
$A_{130-140} = 0,205$; $A_{140-150} = -0,055$; $A_{150-160} = 0,015$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 44: Příčinková čára ηM_{70}

$A_{0-10} = -0,04$; $A_{10-20} = 0,11$; $A_{oblouk,1} = -0,85$; $A_{oblouk,2} = 6,55$; $A_{oblouk,3} = -5,36$;

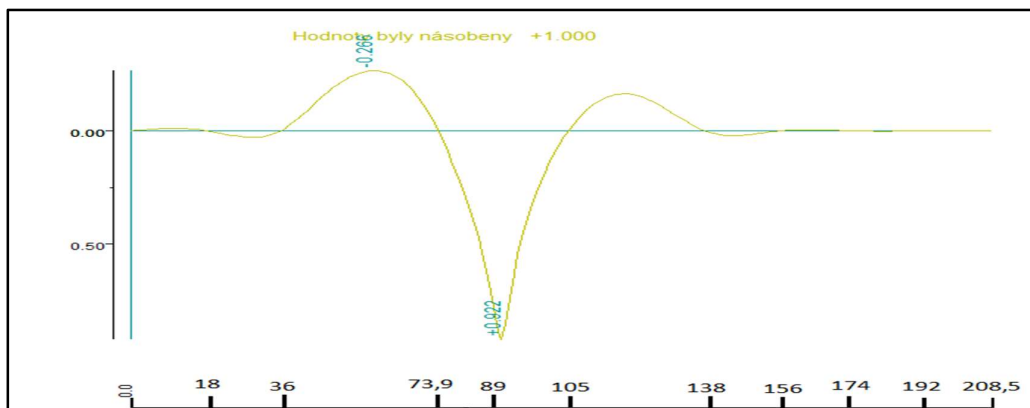
$A_{130-140} = 0,2$; $A_{140-150} = -0,06$; $A_{150-160} = 0,02$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 45: Příčinková čára ηM_{75}

$A_{0-10} = -0,075$; $A_{10-20} = 0,22$; $A_{oblouk,1} = -3,19$; $A_{oblouk,2} = 6,89$; $A_{oblouk,3} = -2,99$;

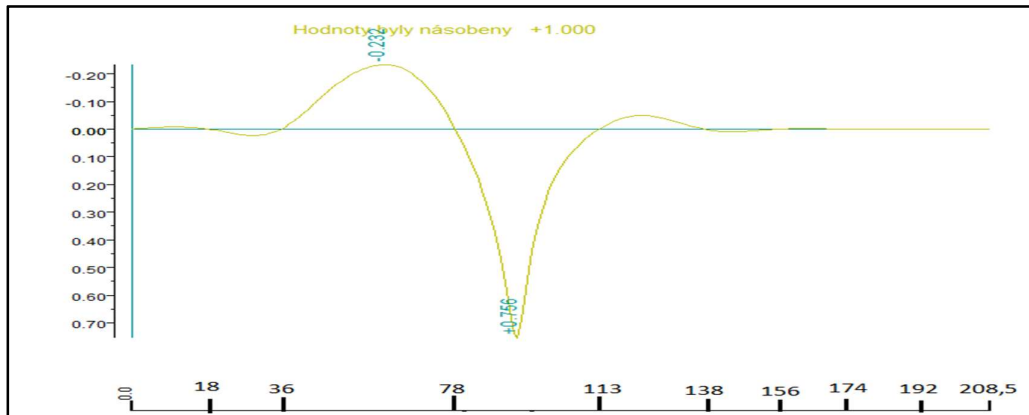
$A_{130-140} = 0,155$; $A_{140-150} = -0,06$; $A_{150-160} = 0,02$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 46: Příčinková čára ηM_{80}

$A_{0-10} = -0,11$; $A_{10-20} = 0,33$; $A_{oblouk,1} = -3,89$; $A_{oblouk,2} = 6,03$; $A_{oblouk,3} = -1,34$;

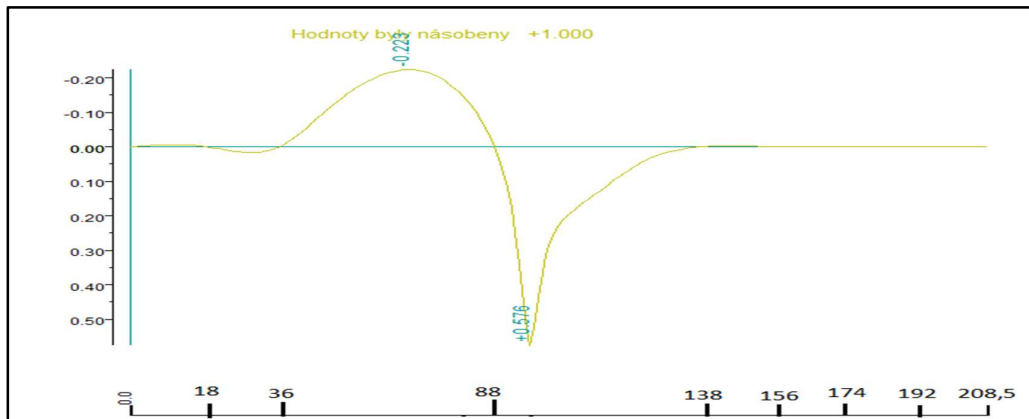
$A_{130-140} = 0,11$; $A_{140-150} = -0,06$; $A_{150-160} = 0,02$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 47: Příčinková čára ηM_{85}

$A_{0-10} = -0,085$; $A_{10-20} = 0,26$; $A_{oblouk,1} = -6,145$; $A_{oblouk,2} = 7,51$; $A_{oblouk,3} = -0,19$;

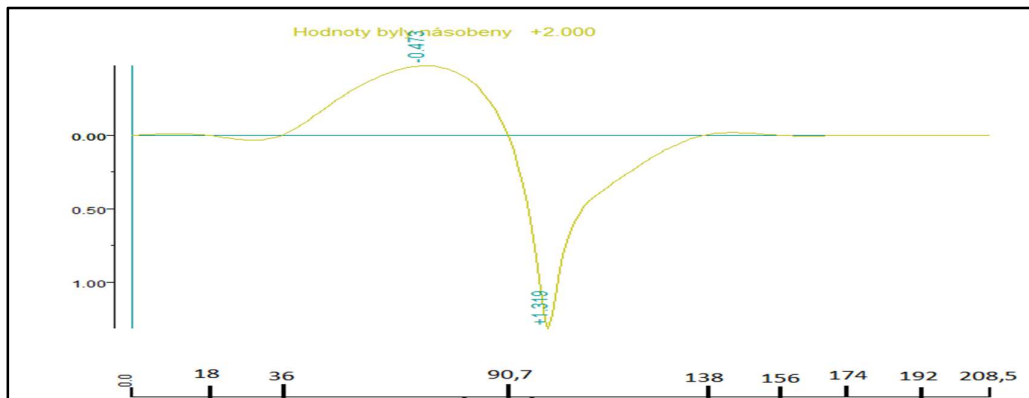
$A_{130-140} = 0,05$; $A_{140-150} = -0,025$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 48: Příčinková čára ηM_{90}

$A_{0-10} = -0,06$; $A_{10-20} = 0,19$; $A_{oblouk,1} = -9,07$; $A_{oblouk,2} = 7,46$;

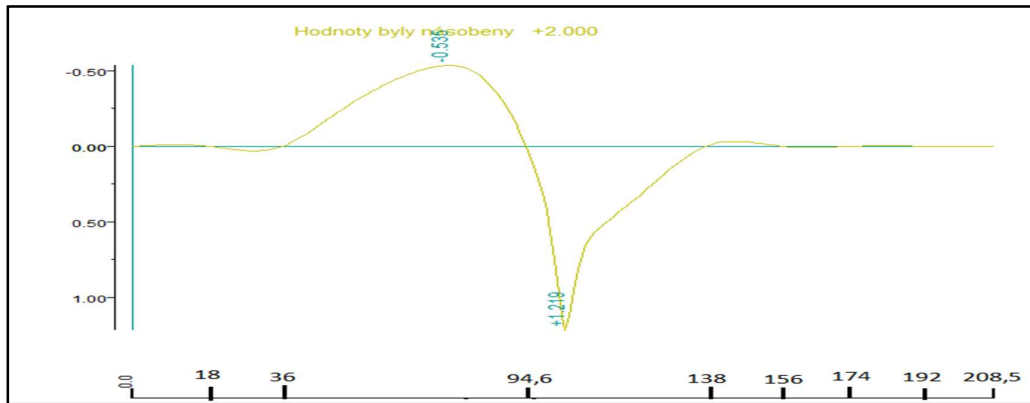
$A_{130-140} = -0,01$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 49: Příčinková čára ηM_{95}

$A_{0-10} = -0,055$; $A_{10-20} = 0,18$; $A_{oblouk,1} = -10,14$; $A_{oblouk,2} = 9,31$;

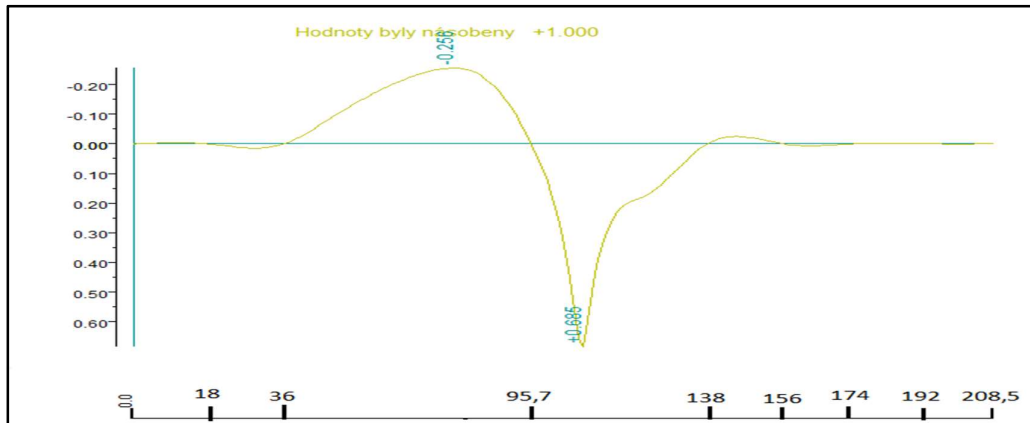
$A_{130-140} = -0,08$; $A_{140-150} = 0,03$; $A_{150-160} = -0,005$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 50: Příčinková čára ηM_{100}

$A_{0-10} = -0,05$; $A_{10-20} = 0,17$; $A_{oblouk,1} = -12,16$; $A_{oblouk,2} = 8,53$;

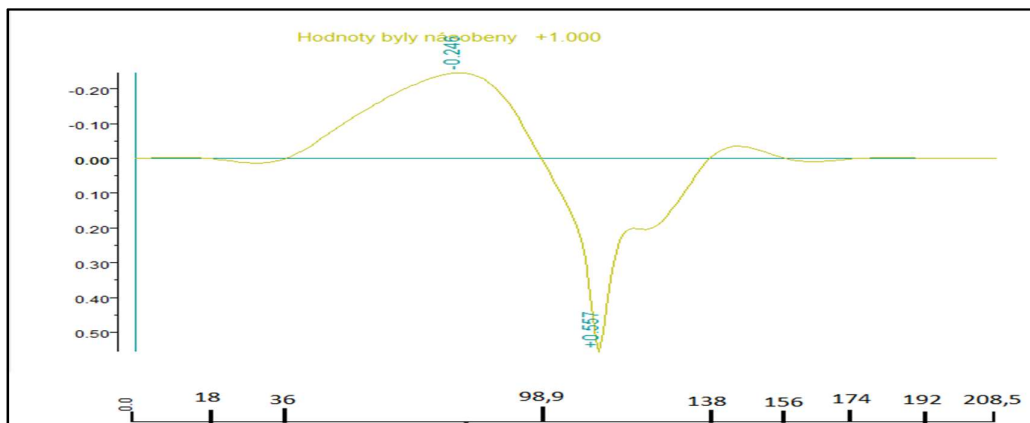
$A_{130-140} = -0,15$; $A_{140-150} = 0,05$; $A_{150-160} = -0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 51: Příčinková čára ηM_{105}

$A_{0-10} = -0,05$; $A_{10-20} = 0,155$; $A_{oblouk,1} = -11,71$; $A_{oblouk,2} = 9,34$;

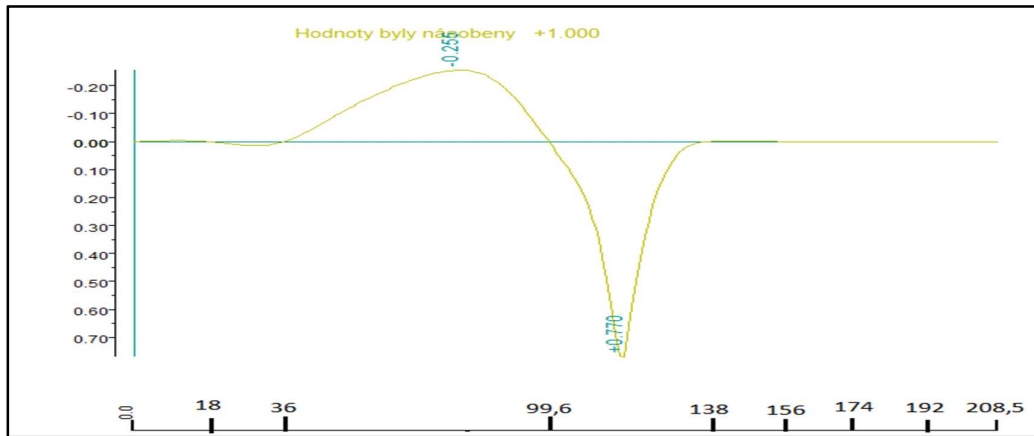
$A_{130-140} = -0,26$; $A_{140-150} = 0,075$; $A_{150-160} = -0,02$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 52: Příčinková čára ηM_{110}

$A_{0-10} = -0,05$; $A_{10-20} = 0,14$; $A_{oblouk,1} = -11,37$; $A_{oblouk,2} = 7,47$;

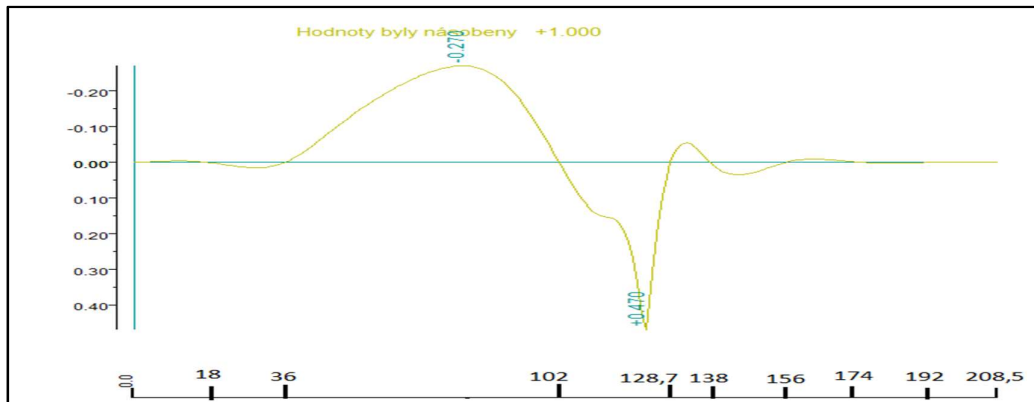
$A_{130-140} = -0,37$; $A_{140-150} = 0,1$; $A_{150-160} = -0,03$; $A_{160-170} = 0,01$ [m^2]



Obr. 53: Příčinková čára ηM_{115}

$A_{0-10} = -0,05$; $A_{10-20} = 0,15$; $A_{oblouk,1} = -12,16$; $A_{oblouk,2} = 9,34$;

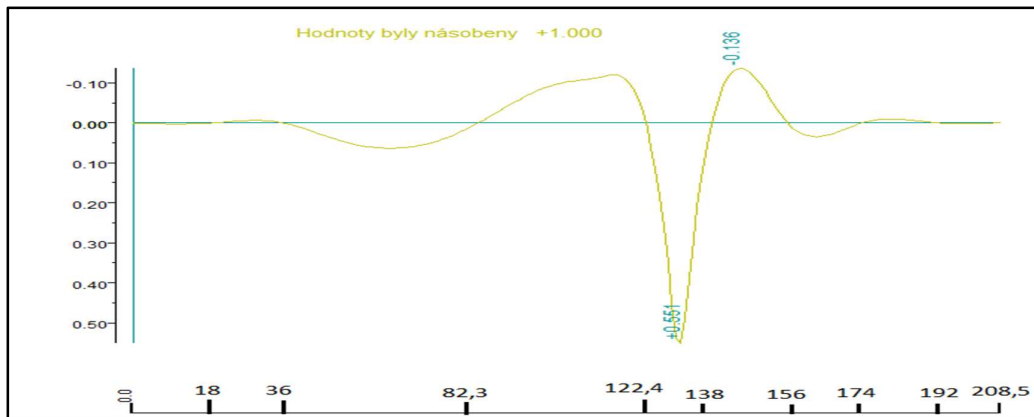
$A_{130-140} = 0,015$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m^2]



Obr. 54: Příčinková čára ηM_{120}

$A_{0-10} = -0,05$; $A_{10-20} = 0,16$; $A_{oblouk,1} = -13,42$; $A_{oblouk,2} = 4,39$; $A_{oblouk,3} = -0,3$;

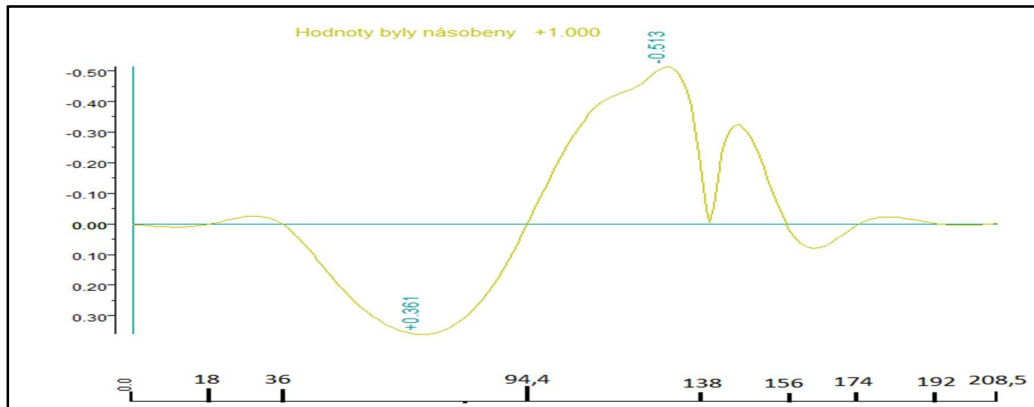
$A_{130-140} = 0,4$; $A_{140-150} = -0,1$; $A_{150-160} = 0,03$; $A_{160-170} = -0,01$ [m^2]



Obr. 55: Příčinková čára ηM_{125}

$A_{0-10} = 0,025$; $A_{10-20} = -0,08$; $A_{oblouk,1} = 2,195$; $A_{oblouk,2} = -3,62$; $A_{oblouk,3} = 4,62$;

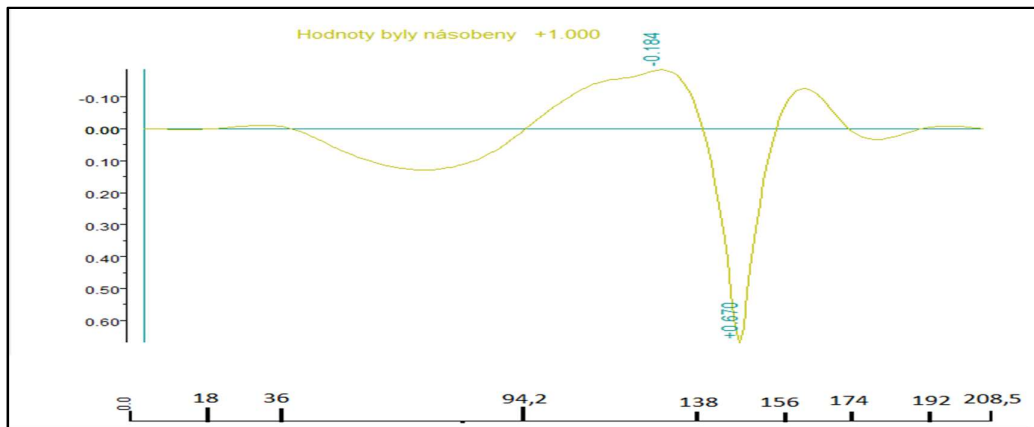
$A_{130-140} = -1,6$; $A_{140-150} = 0,445$; $A_{150-160} = -0,11$; $A_{160-170} = 0,025$ [m^2]



Obr. 56: Příkladová čára ηM_{130}

$A_{0-10} = 0,1$; $A_{10-20} = -0,32$; $A_{oblouk,1} = 16,52$; $A_{oblouk,2} = -14,89$;

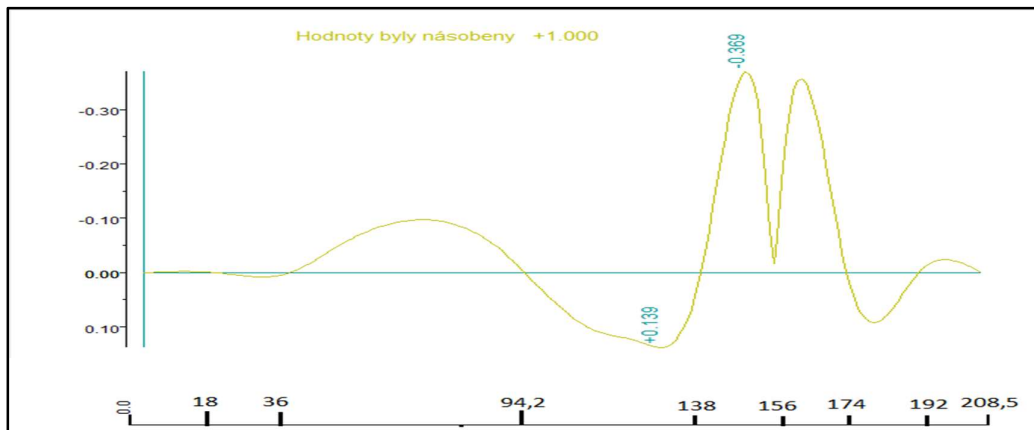
$A_{130-140} = -3,6$; $A_{140-150} = 0,99$; $A_{150-160} = -0,25$; $A_{160-170} = 0,06$ [m^2]



Obr. 57: Příkladová čára ηM_{135}

$A_{0-10} = 0,035$; $A_{10-20} = -0,115$; $A_{oblouk,1} = 6,035$; $A_{oblouk,2} = -5,445$;

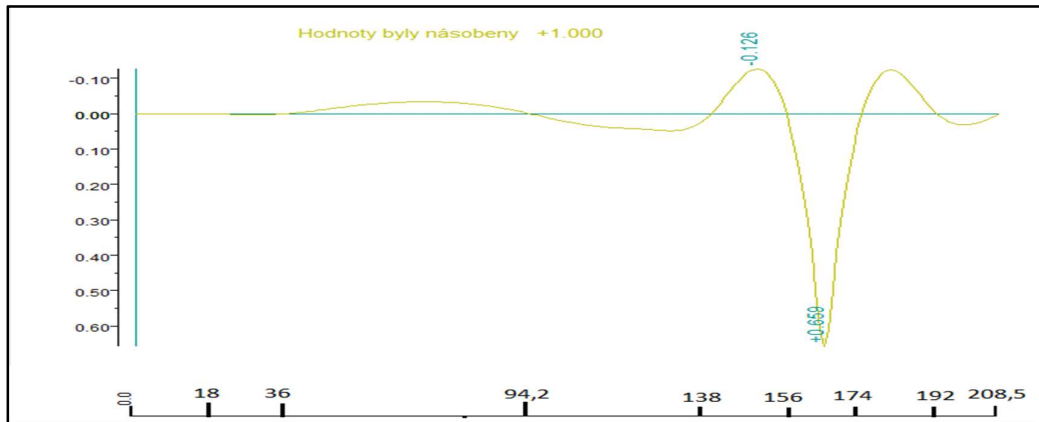
$A_{130-140} = 5,5$; $A_{140-150} = -1,475$; $A_{150-160} = 0,395$; $A_{160-170} = -0,085$ [m^2]



Obr. 58: Příkladová čára ηM_{140}

$A_{0-10} = -0,03$; $A_{10-20} = 0,09$; $A_{oblouk,1} = -4,45$; $A_{oblouk,2} = 4$;

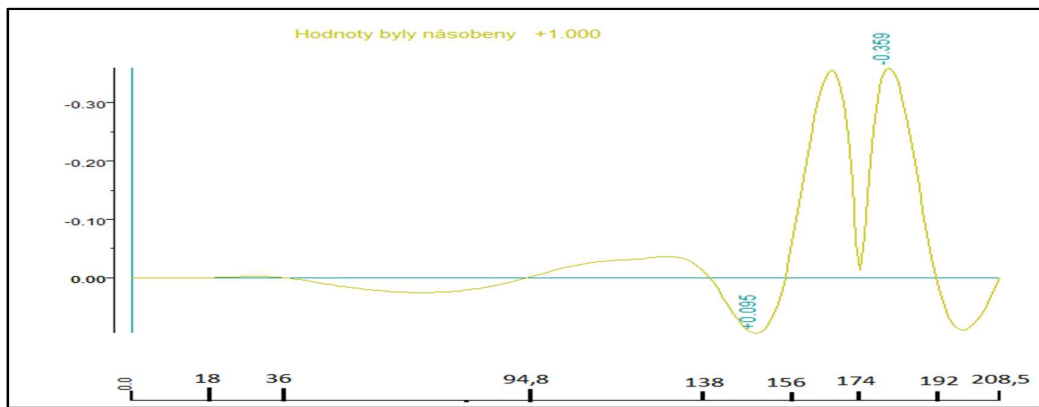
$A_{130-140} = -4,09$; $A_{140-150} = -3,94$; $A_{150-160} = 1,04$; $A_{160-170} = -0,23$ [m^2]



Obr. 59: Příčinková čára ηM_{145}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,035$; $A_{oblouk,1} = -1,645$; $A_{oblouk,2} = 1,475$;

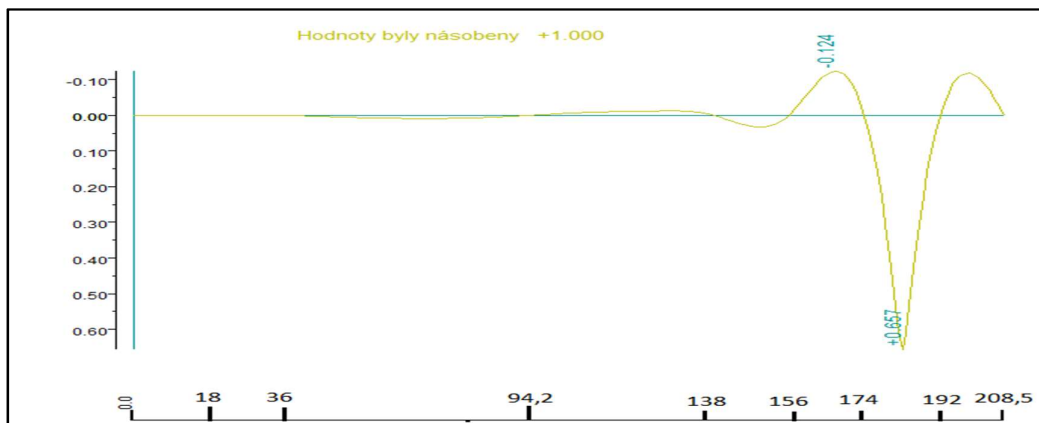
$A_{130-140} = -1,51$; $A_{140-150} = 5,35$; $A_{150-160} = -1,44$; $A_{160-170} = 0,335$ [m^2]



Obr. 60: Příčinková čára ηM_{150}

$A_{0-10} = 0,01$; $A_{10-20} = -0,02$; $A_{oblouk,1} = 1,16$; $A_{oblouk,2} = -1,05$;

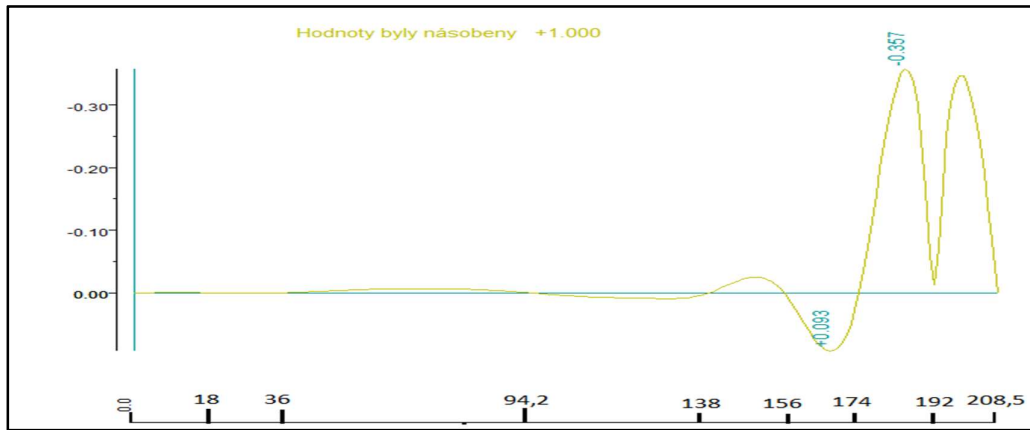
$A_{130-140} = 1,07$; $A_{140-150} = -3,98$; $A_{150-160} = -3,92$; $A_{160-170} = 0,9$ [m^2]



Obr. 61: Příčinková čára ηM_{155}

$A_{0-10} = 0,005$; $A_{10-20} = -0,005$; $A_{oblouk,1} = 0,425$; $A_{oblouk,2} = -0,39$;

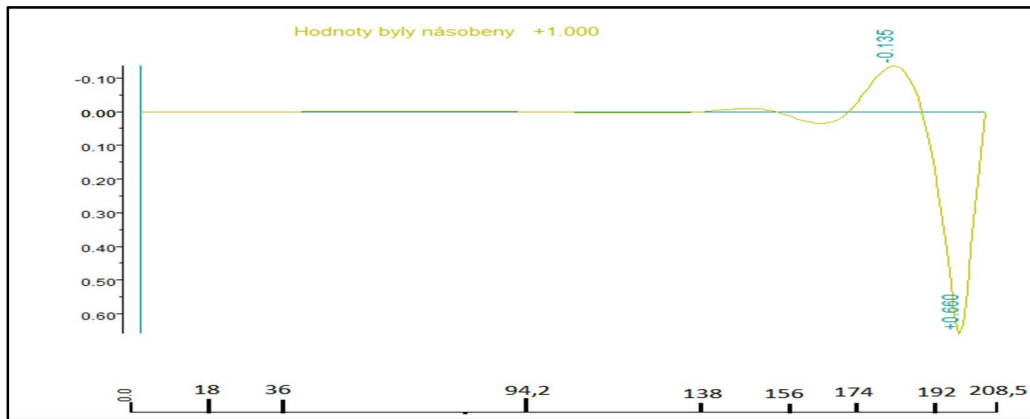
$A_{130-140} = 0,395$; $A_{140-150} = -1,465$; $A_{150-160} = 5,34$; $A_{160-170} = -1,27$ [m^2]



Obr. 62: Příčinková čára ηM_{160}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0,01$; $A_{oblouk,1} = -0,31$; $A_{oblouk,2} = 0,27$;

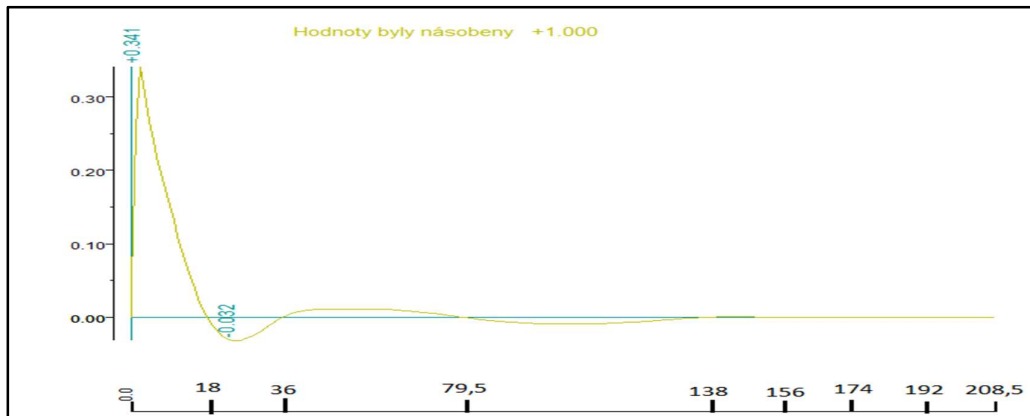
$A_{130-140} = -0,28$; $A_{140-150} = 1,05$; $A_{150-160} = -3,99$; $A_{160-170} = -3,44$ [m^2]



Obr. 63: Příčinková čára ηM_{166}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0,005$; $A_{oblouk,1} = -0,125$; $A_{oblouk,2} = 0,11$;

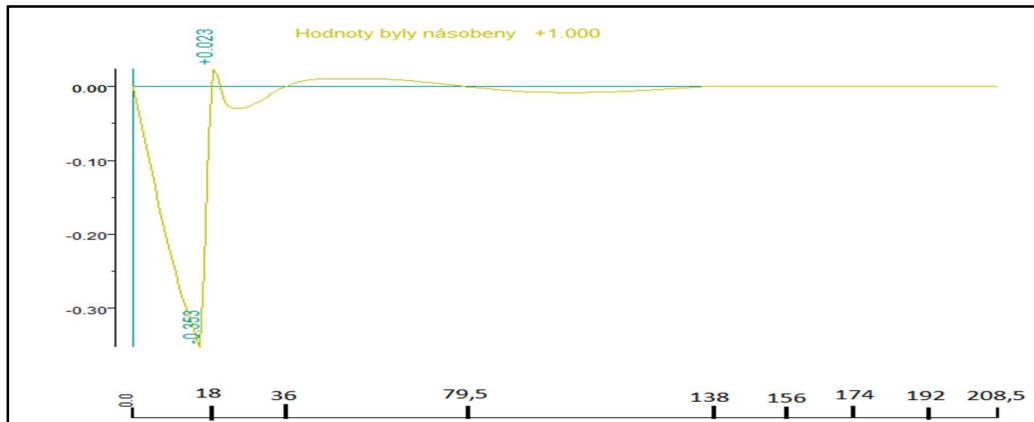
$A_{130-140} = -0,11$; $A_{140-150} = 0,42$; $A_{150-160} = -1,596$; $A_{160-170} = -1,376$ [m^2]



Obr. 64: Příčinková čára ηV_0

$A_{0-10} = 2,71$; $A_{10-20} = -0,36$; $A_{oblouk,1} = 0,36$; $A_{oblouk,2} = -0,34$;

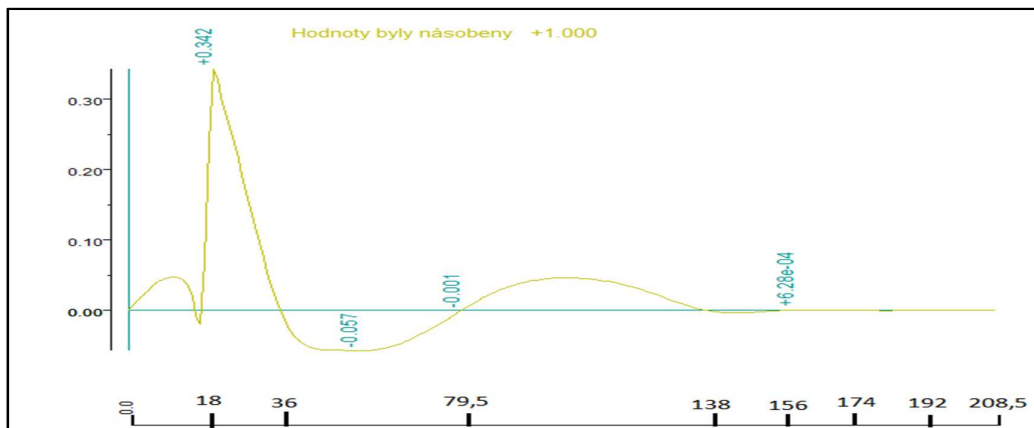
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 65: Příkladková čára ηV_{10L}

$A_{0-10} = -3,61$; $A_{10-20} = -0,29$; $A_{oblouk,1} = 0,33$; $A_{oblouk,2} = -0,31$;

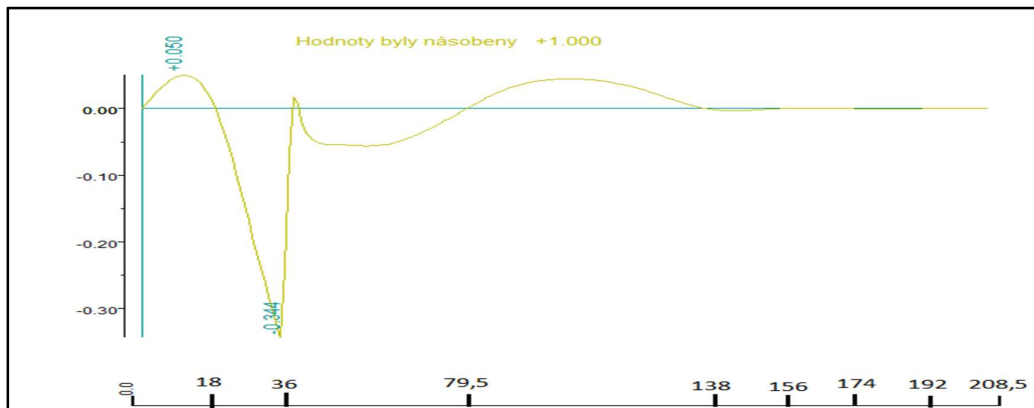
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 66: Příkladková čára ηV_{10P}

$A_{0-10} = 0,52$; $A_{10-20} = 3,13$; $A_{oblouk,1} = -1,84$; $A_{oblouk,2} = 1,74$;

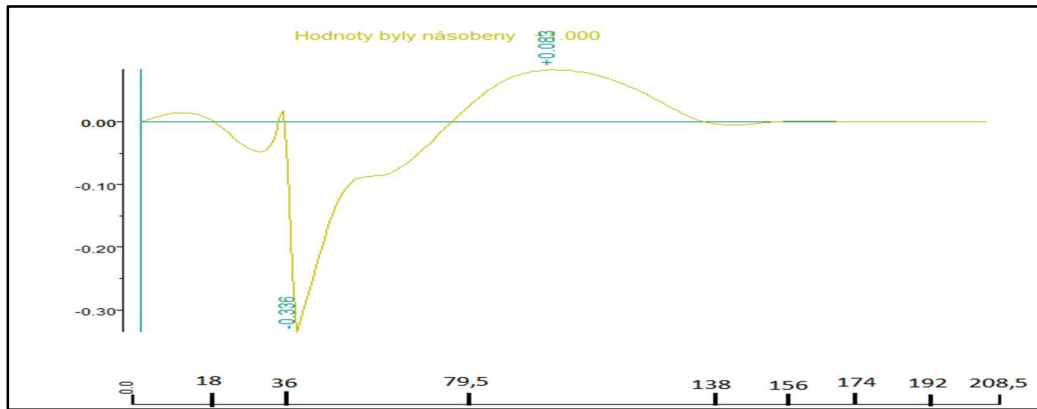
$A_{130-140} = -0,04$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 67: Příkladková čára ηV_{20L}

$A_{0-10} = 0,58$; $A_{10-20} = -3,15$; $A_{oblouk,1} = -1,75$; $A_{oblouk,2} = 1,73$;

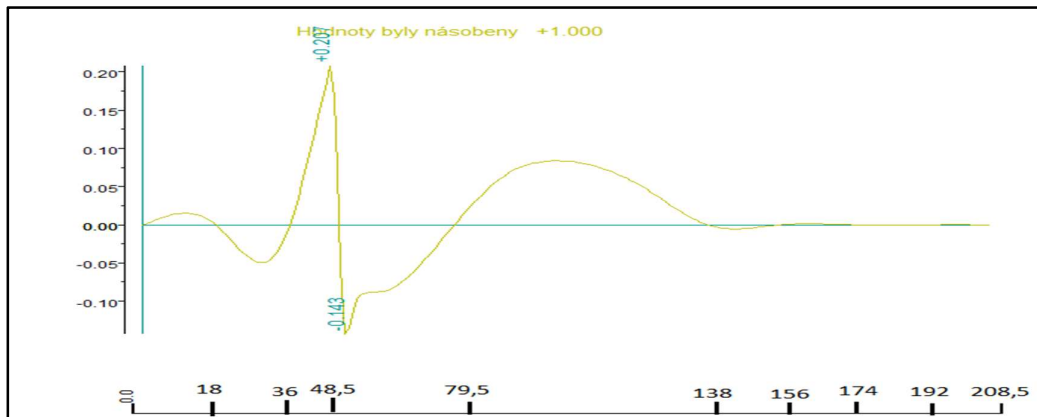
$A_{130-140} = -0,04$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 68: Příčinková čára ηV_{20P}

$A_{0-10} = 0,17$; $A_{10-20} = 0,49$; $A_{oblouk,1} = -4,65$; $A_{oblouk,2} = 3,21$;

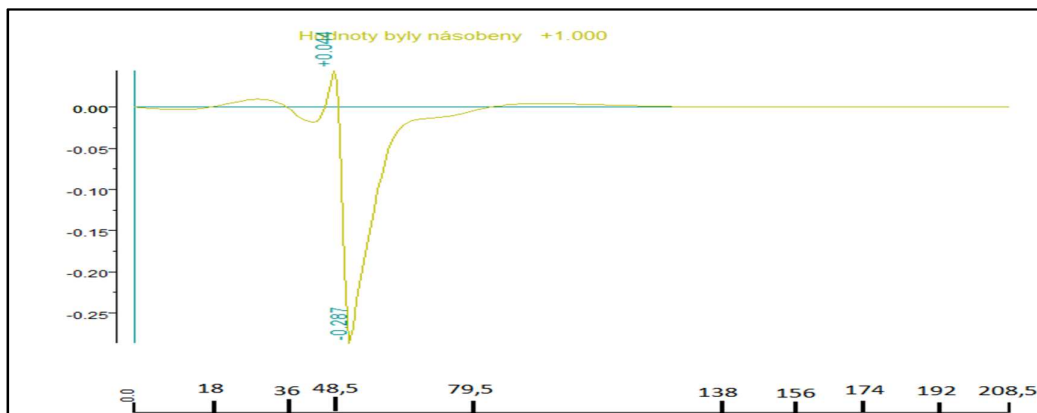
$A_{130-140} = -0,0$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 69: Příčinková čára ηV_{30L}

$A_{0-10} = 0,18$; $A_{10-20} = -0,56$; $A_{oblouk,1} = 1,3$; $A_{oblouk,2} = -1,85$; $A_{oblouk,3} = 3,21$;

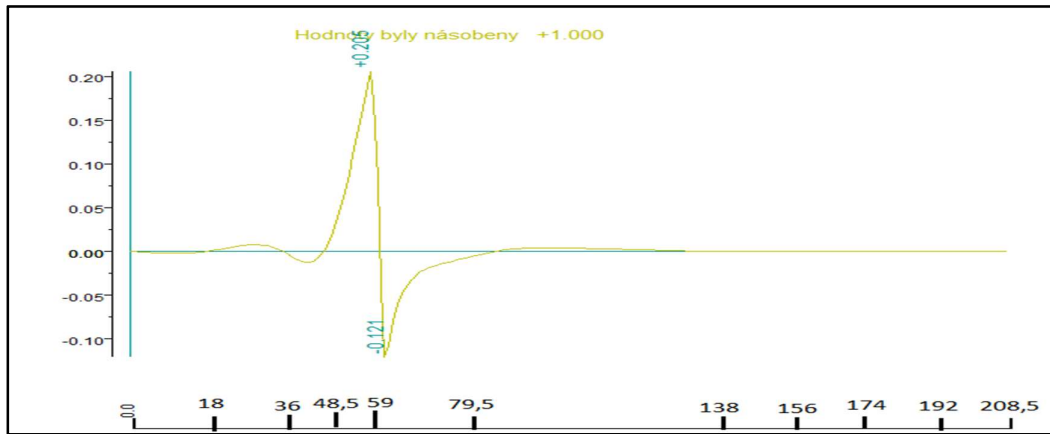
$A_{130-140} = -0,06$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 70: Příčinková čára ηV_{30P}

$A_{0-10} = -0,04$; $A_{10-20} = 0,11$; $A_{oblouk,1} = -0,11$; $A_{oblouk,2} = 0,08$; $A_{oblouk,3} = -2,21$;

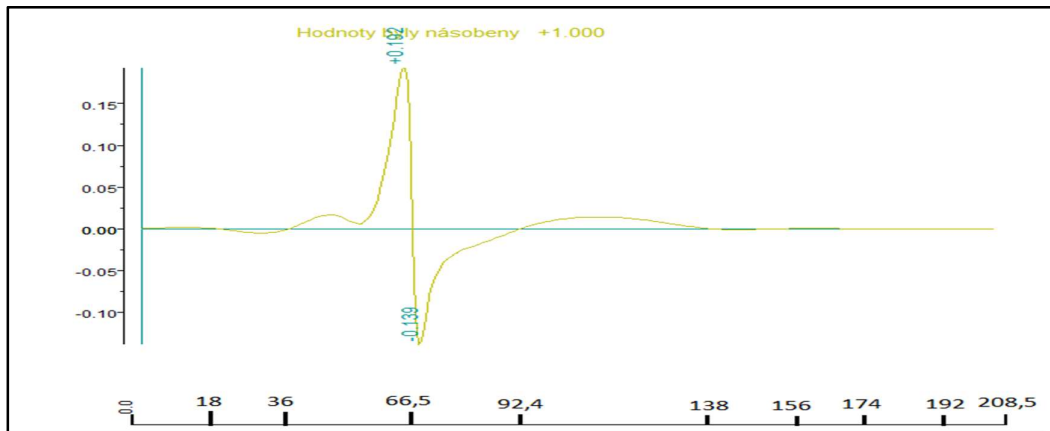
$A_{130-140} = 0,09$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 71: Příčinková čára ηV_{40L}

$A_{0-10} = -0,03$; $A_{10-20} = 0,08$; $A_{oblouk,1} = -0,03$; $A_{oblouk,2} = 1,23$; $A_{oblouk,3} = -0,72$;

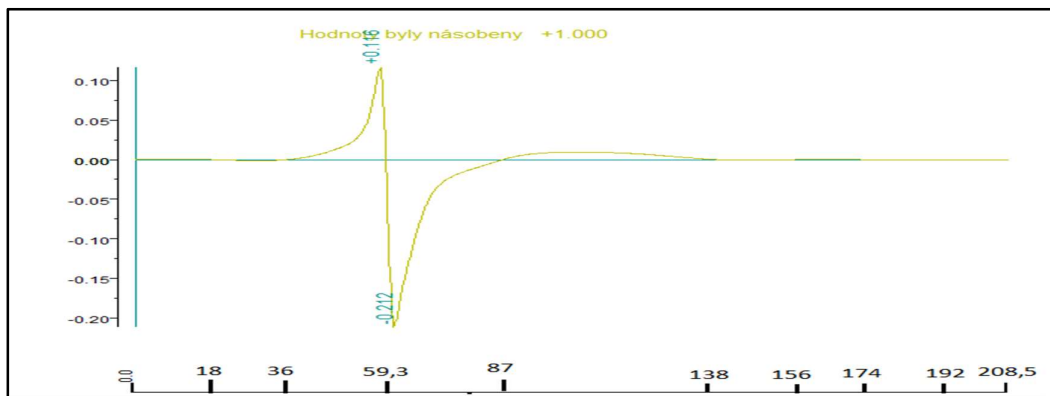
$A_{130-140} = 0,07$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 72: Příčinková čára ηV_{40P}

$A_{0-10} = 0,01$; $A_{10-20} = -0,02$; $A_{oblouk,1} = 0,61$; $A_{oblouk,2} = -1,59$; $A_{oblouk,3} = 0,3$;

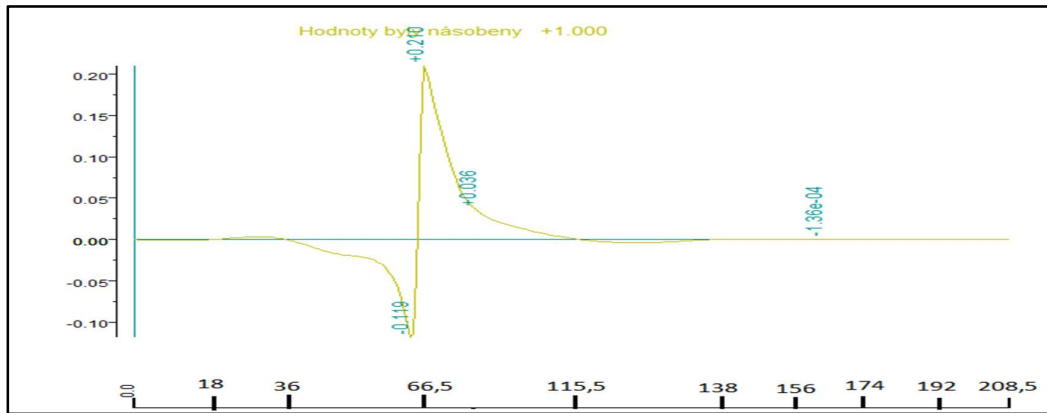
$A_{130-140} = -0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 73: Příčinková čára ηV_{50L}

$A_{0-10} = 0,02$; $A_{10-20} = -0,05$; $A_{oblouk,1} = 0,14$; $A_{oblouk,2} = -0,93$; $A_{oblouk,3} = 0,4$;

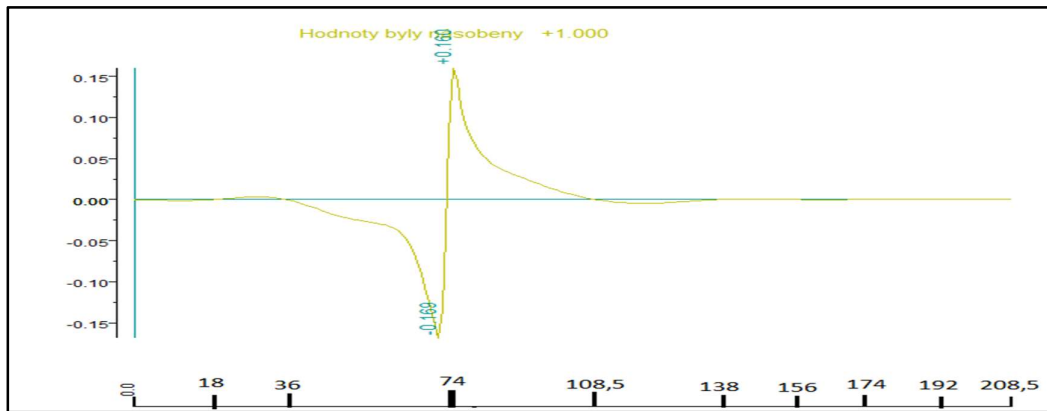
$A_{130-140} = -0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 74: Příčinková čára ηV_{50P}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,04$; $A_{oblouk,1} = -0,81$; $A_{oblouk,2} = 1,87$; $A_{oblouk,3} = -0,1$;

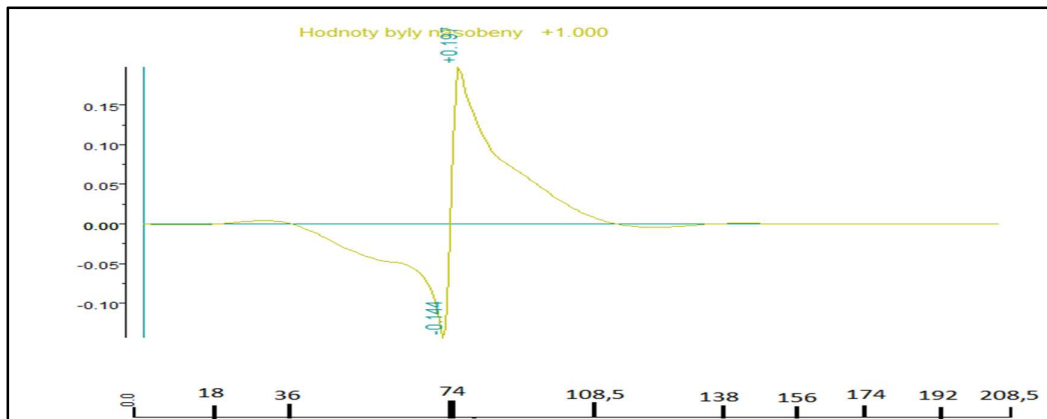
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 75: Příčinková čára ηV_{60L}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,04$; $A_{oblouk,1} = -1,54$; $A_{oblouk,2} = 1,29$; $A_{oblouk,3} = -0,07$;

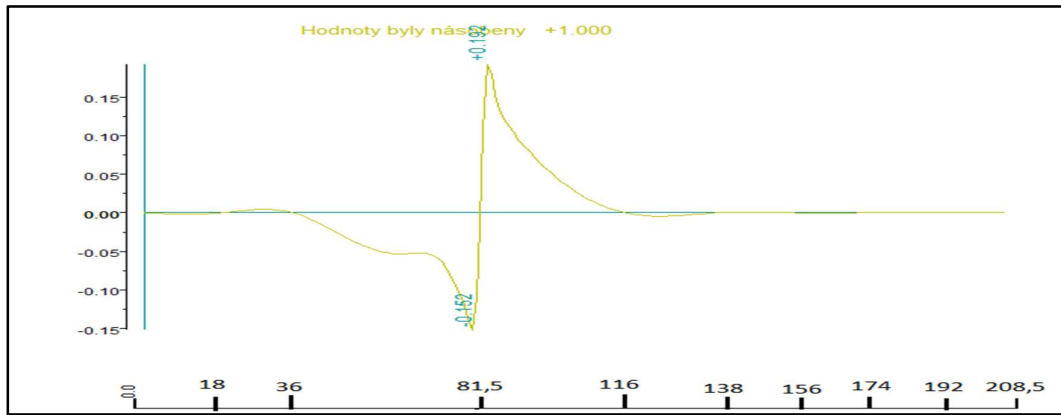
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 76: Příčinková čára ηV_{60P}

$A_{0-10} = -0,02$; $A_{10-20} = 0,05$; $A_{oblouk,1} = -1,6$; $A_{oblouk,2} = 2,1$; $A_{oblouk,3} = -0,02$;

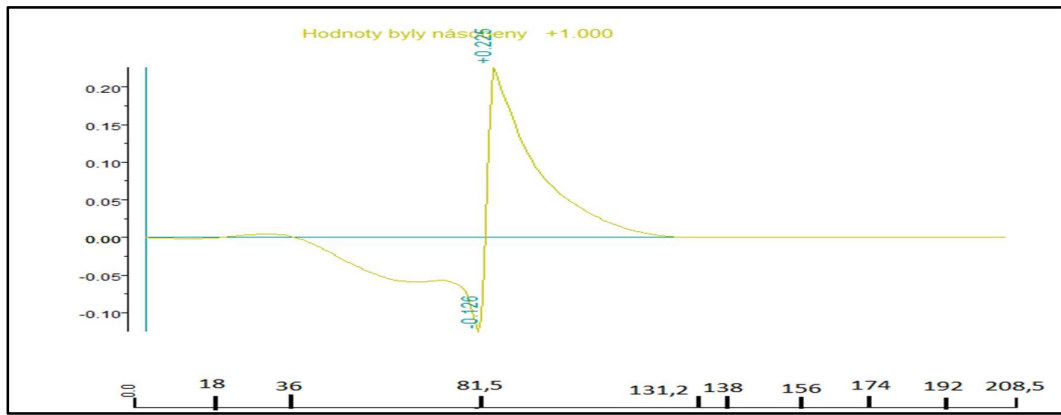
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 77: Příčinková čára ηV_{70L}

$A_{0-10} = -0,02$; $A_{10-20} = 0,05$; $A_{oblouk,1} = -2,05$; $A_{oblouk,2} = 1,58$; $A_{oblouk,3} = -0,02$;

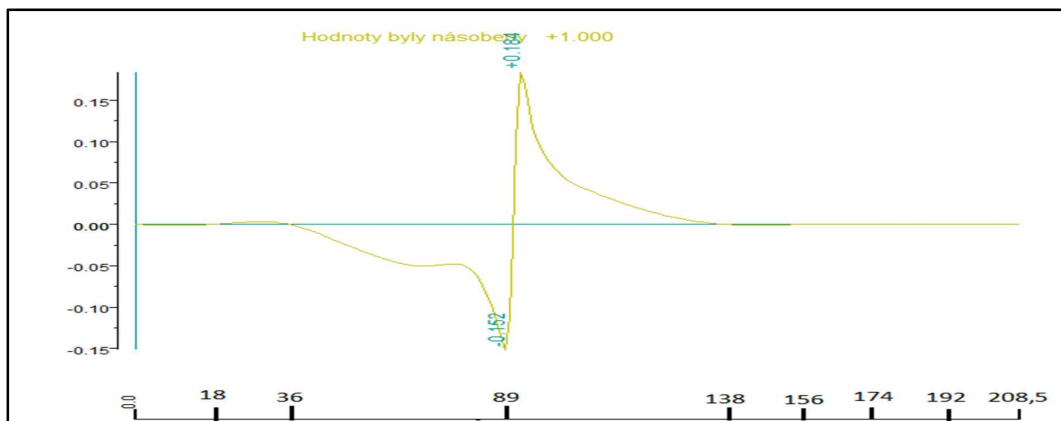
$A_{130-140} = 0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 78: Příčinková čára ηV_{70P}

$A_{0-10} = -0,02$; $A_{10-20} = 0,04$; $A_{oblouk,1} = -2,82$; $A_{oblouk,2} = -2,62$; $A_{oblouk,3} = 0$;

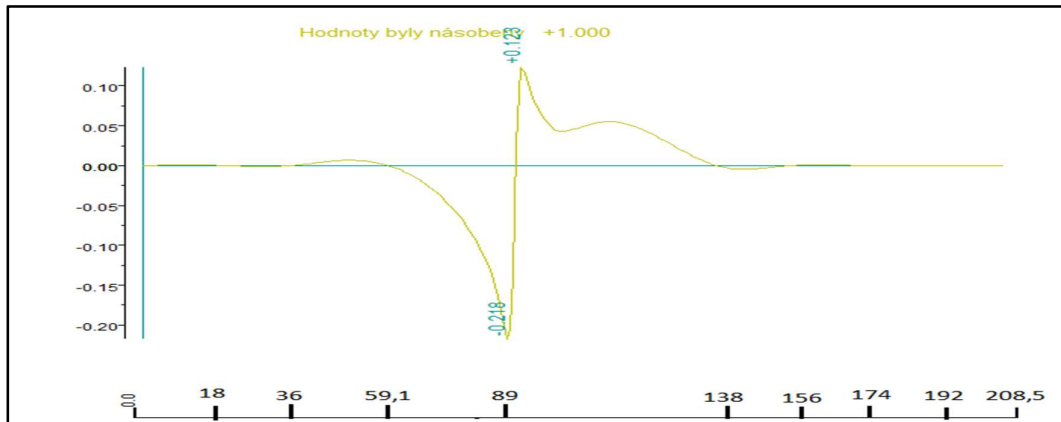
$A_{130-140} = 0$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 79: Příčinková čára ηV_{80L}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,01$; $A_{oblouk,1} = -2,82$; $A_{oblouk,2} = 1,94$;

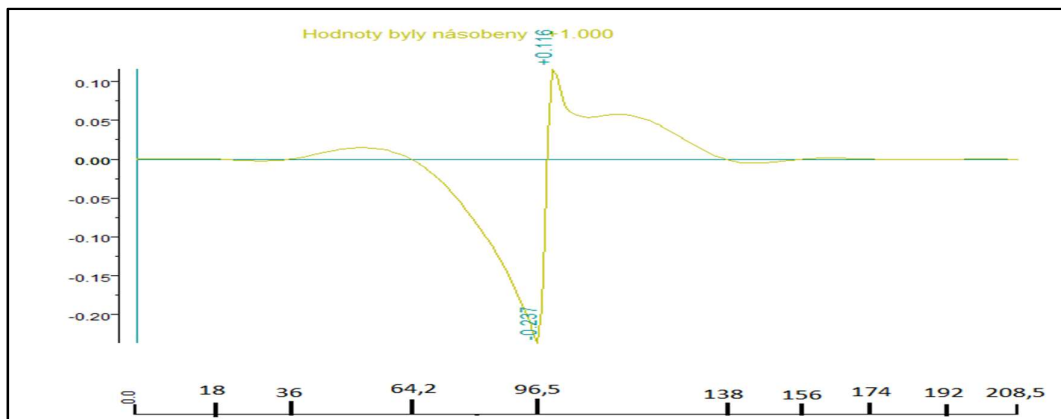
$A_{130-140} = -0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 80: Příčinková čára ηV_{80P}

$A_{0-10} = 0,01$; $A_{10-20} = -0,03$; $A_{oblouk,1} = -1,82$; $A_{oblouk,2} = 2,16$;

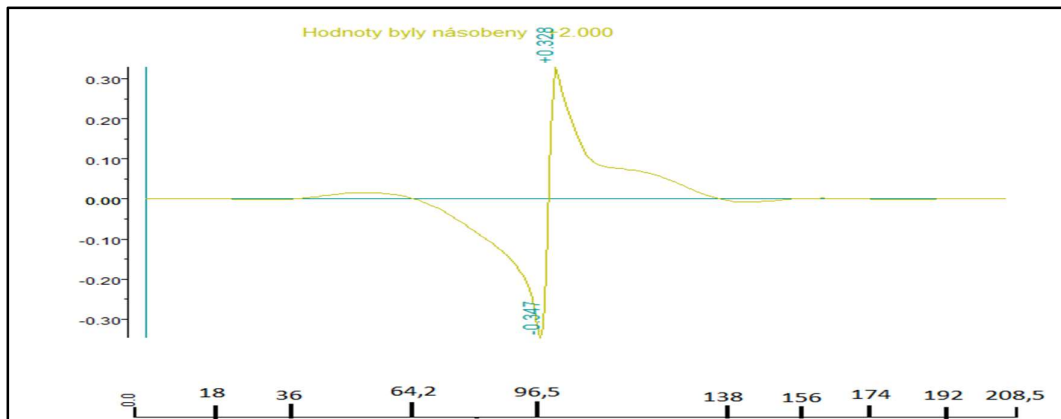
$A_{130-140} = -0,05$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 81: Příčinková čára ηV_{90L}

$A_{0-10} = 0,01$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,22$; $A_{oblouk,2} = -1,97$; $A_{oblouk,3} = 1,55$;

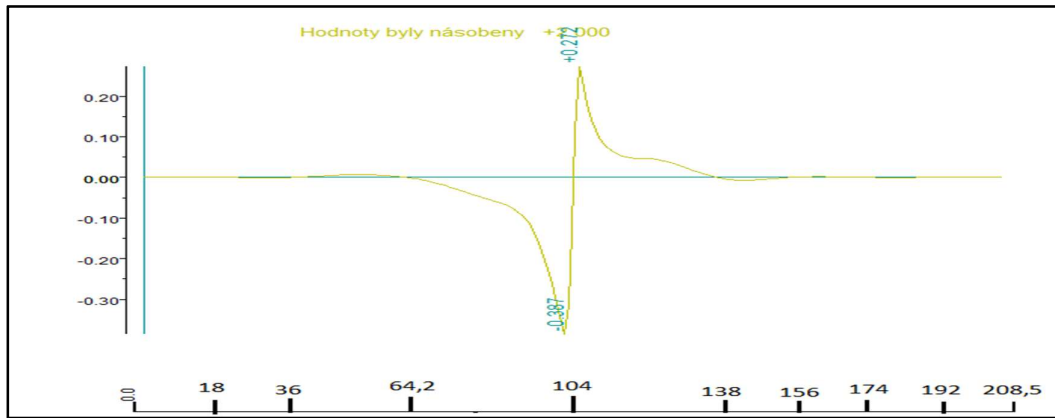
$A_{130-140} = -0,06$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 82: Příčinková čára ηV_{90P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,02$; $A_{oblouk,2} = -1,39$; $A_{oblouk,3} = 1,67$;

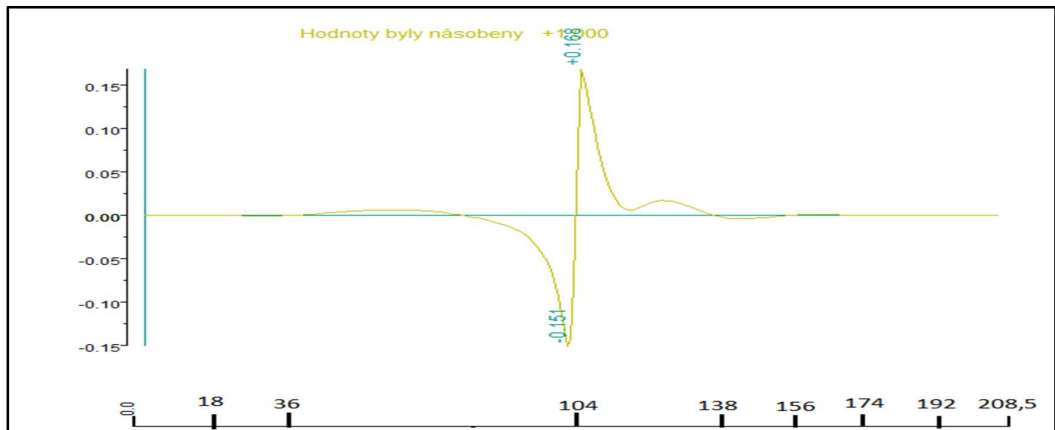
$A_{130-140} = -0,04$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 83: Příčinková čára ηV_{100L}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,04$; $A_{oblouk,2} = -1,81$; $A_{oblouk,3} = 1,07$;

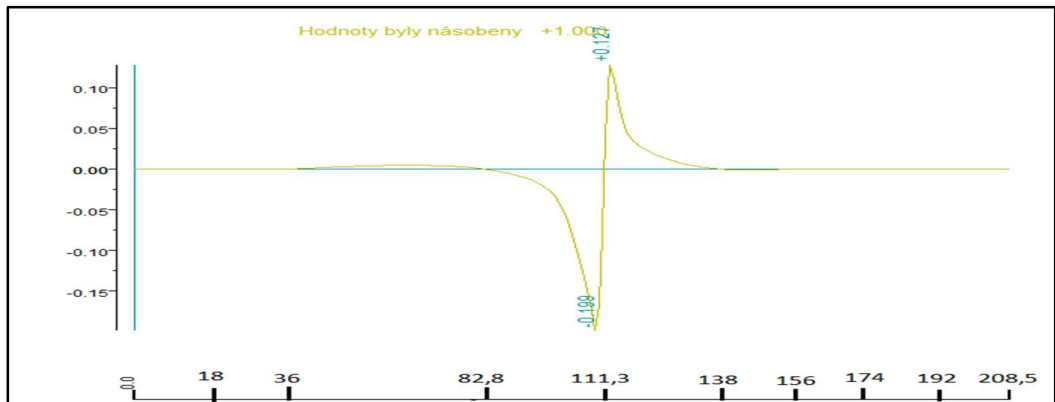
$A_{130-140} = -0,04$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 84: Příčinková čára ηV_{100P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,17$; $A_{oblouk,2} = -1,05$; $A_{oblouk,3} = 1,12$;

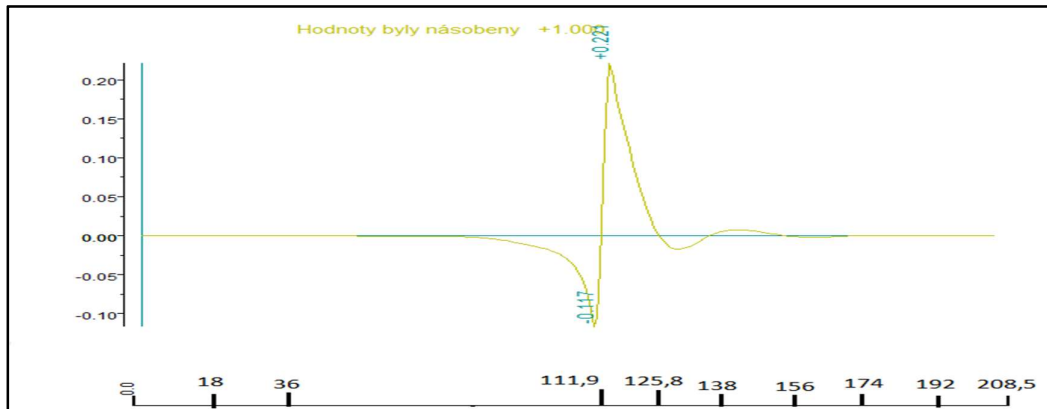
$A_{130-140} = -0,04$; $A_{140-150} = 0,01$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 85: Příčinková čára ηV_{110L}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = 0,16$; $A_{oblouk,2} = -1,54$; $A_{oblouk,3} = 0,75$;

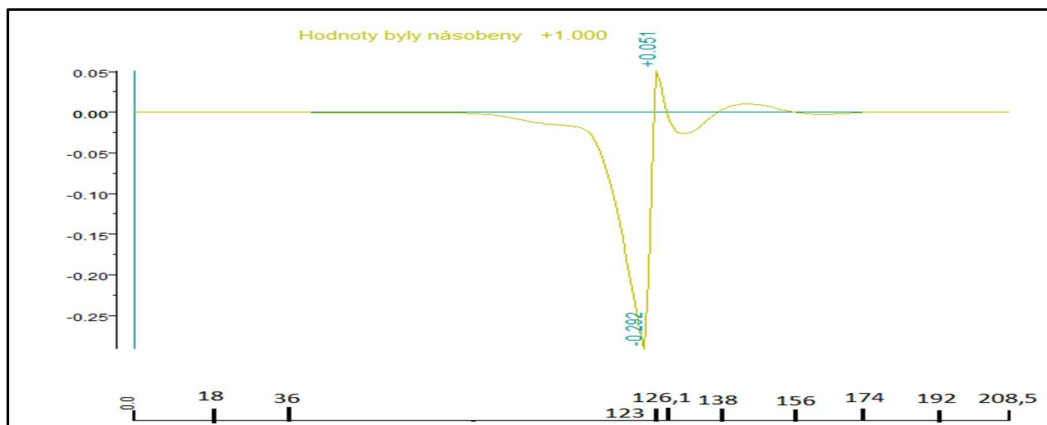
$A_{130-140} = -0,01$; $A_{140-150} = 0$; $A_{150-160} = 0$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 86: Příčinková čára ηV_{110P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -1,29$; $A_{oblouk,2} = 1,25$; $A_{oblouk,3} = -0,13$;

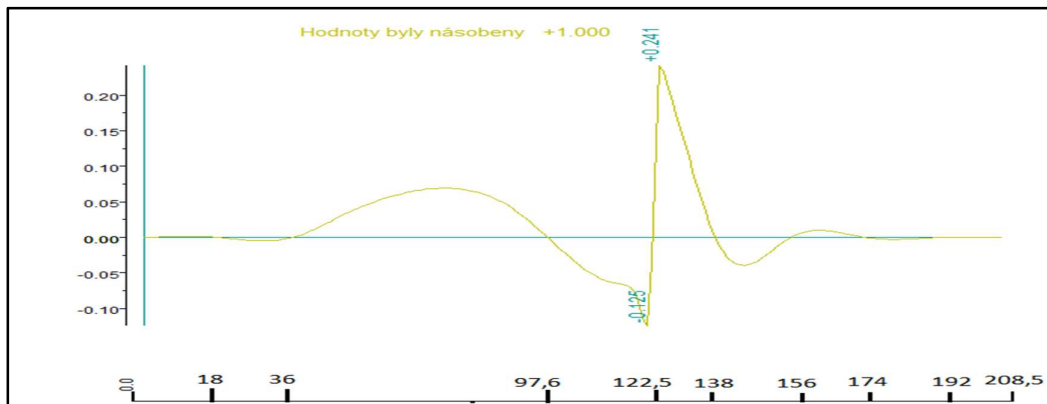
$A_{130-140} = 0,08$; $A_{140-150} = -0,02$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 87: Příčinková čára ηV_{120L}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -2,43$; $A_{oblouk,2} = 0,08$; $A_{oblouk,3} = -0,2$;

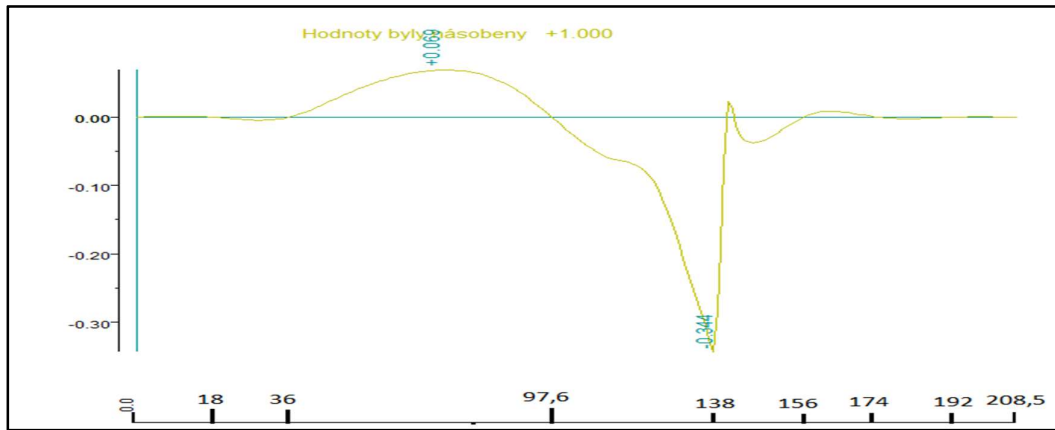
$A_{130-140} = 0,11$; $A_{140-150} = -0,03$; $A_{150-160} = 0,01$; $A_{160-170} = 0$ [m]



Obr. 88: Příčinková čára ηV_{120P}

$A_{0-10} = 0,02$; $A_{10-20} = -0,05$; $A_{oblouk,1} = 3,31$; $A_{oblouk,2} = -0,28$; $A_{oblouk,3} = 1,86$;

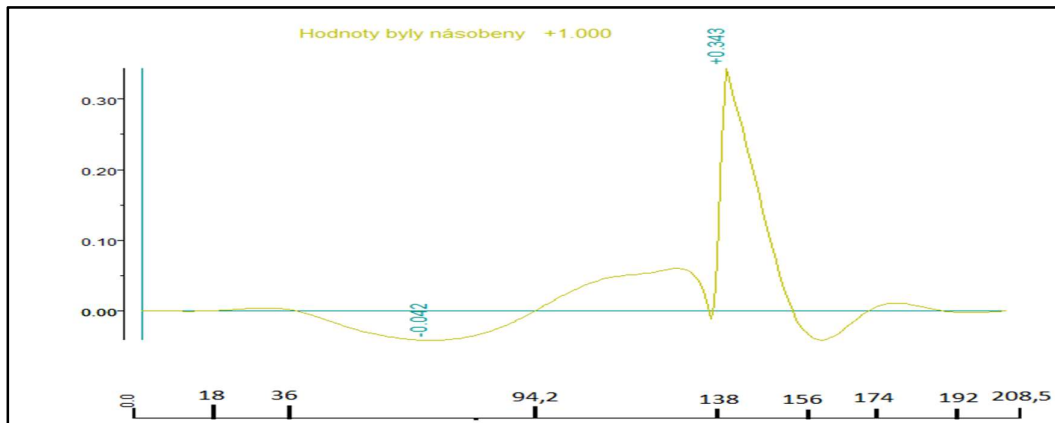
$A_{130-140} = -0,44$; $A_{140-150} = 0,11$; $A_{150-160} = -0,03$; $A_{160-170} = 0,01$ [m]



Obr. 89: Příčinková čára ηV_{130L}

$A_{0-10} = 0,02$; $A_{10-20} = -0,05$; $A_{oblouk,1} = 3,29$; $A_{oblouk,2} = -4,7$;

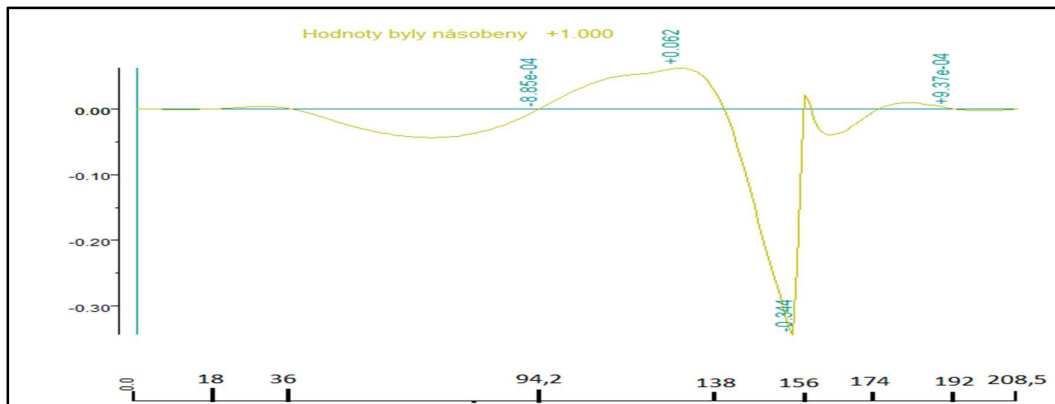
$A_{130-140} = -0,38$; $A_{140-150} = 0,09$; $A_{150-160} = -0,03$; $A_{160-170} = 0,01$ [m]



Obr. 90: Příčinková čára ηV_{130P}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,04$; $A_{oblouk,1} = -1,93$; $A_{oblouk,2} = 1,68$;

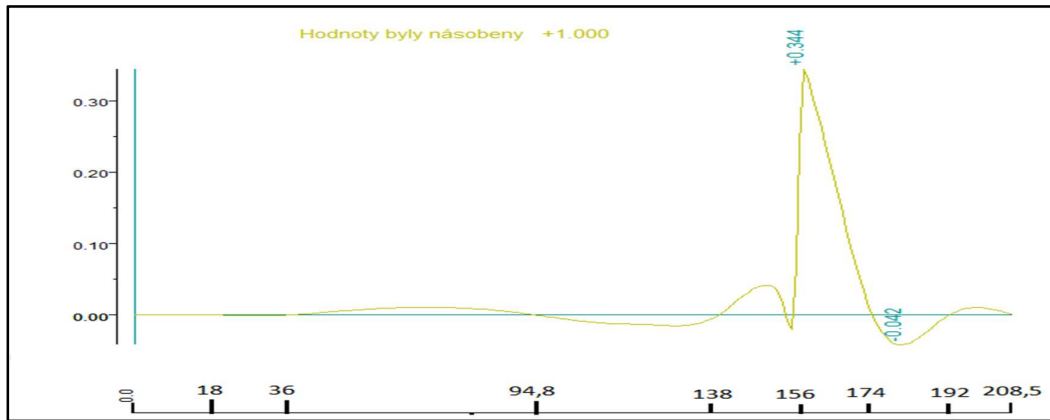
$A_{130-140} = 3,1$; $A_{140-150} = -0,46$; $A_{150-160} = 0,12$; $A_{160-170} = -0,03$ [m]



Obr. 91: Příčinková čára ηV_{140L}

$A_{0-10} = -0,01$; $A_{10-20} = 0,04$; $A_{oblouk,1} = -2$; $A_{oblouk,2} = 1,79$;

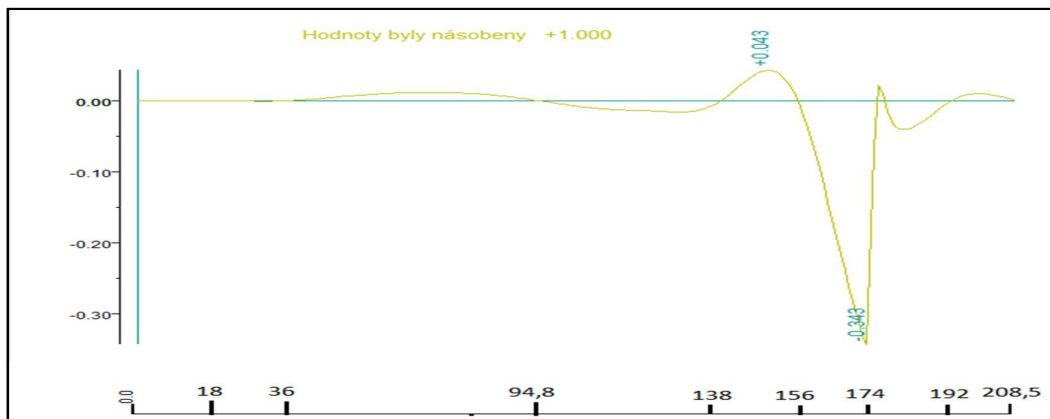
$A_{130-140} = -3,19$; $A_{140-150} = -0,39$; $A_{150-160} = 0,11$; $A_{160-170} = -0,02$ [m]



Obr. 92: Příčinková čára ηV_{140P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,49$; $A_{oblouk,2} = -0,43$;

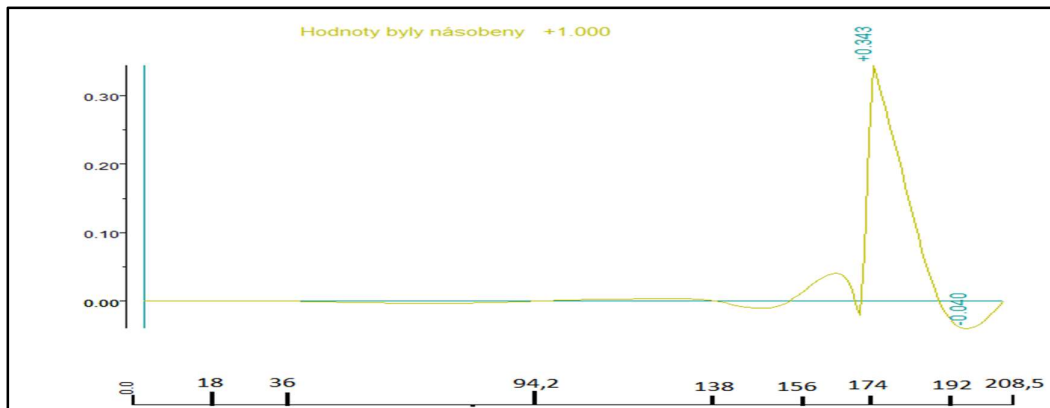
$A_{130-140} = 0,42$; $A_{140-150} = 3,14$; $A_{150-160} = -0,47$; $A_{160-170} = 0,1$ [m]



Obr. 93: Příčinková čára ηV_{150L}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = -0,01$; $A_{oblouk,1} = 0,52$; $A_{oblouk,2} = -0,47$;

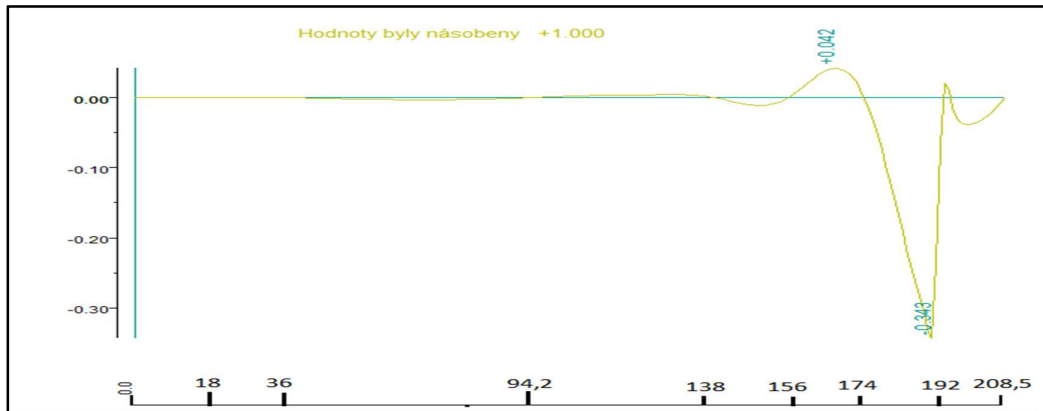
$A_{130-140} = 0,48$; $A_{140-150} = -3,14$; $A_{150-160} = -0,41$; $A_{160-170} = 0,1$ [m]



Obr. 94: Příčinková čára ηV_{150P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -0,13$; $A_{oblouk,2} = 0,12$;

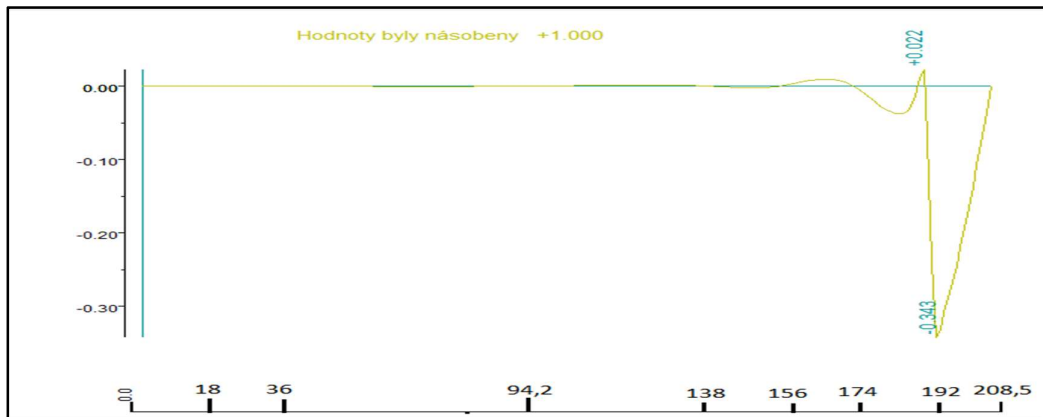
$A_{130-140} = -0,11$; $A_{140-150} = 0,41$; $A_{150-160} = 3,14$; $A_{160-170} = -0,4$ [m]



Obr. 95: Příčinková čára ηV_{160L}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -0,14$; $A_{oblouk,2} = 0,12$;

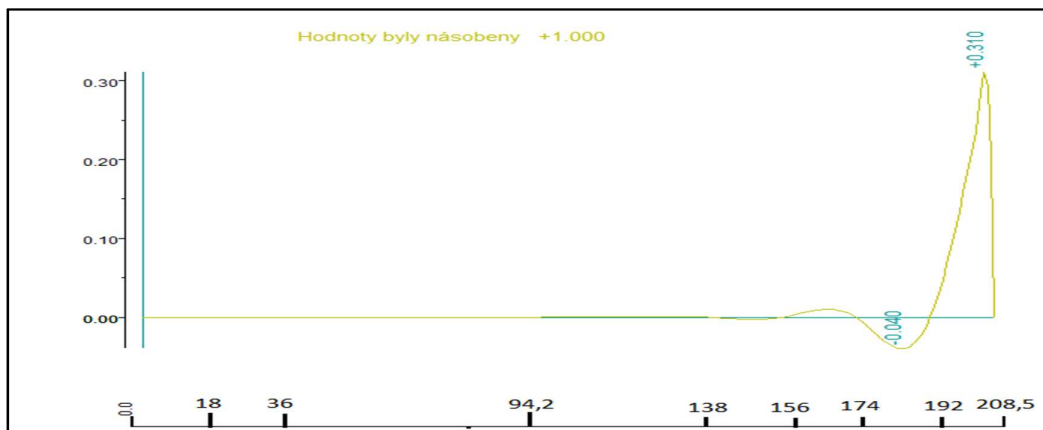
$A_{130-140} = -0,12$; $A_{140-150} = 0,47$; $A_{150-160} = -3,14$; $A_{160-170} = -0,35$ [m]



Obr. 96: Příčinková čára ηV_{160P}

$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -0,03$; $A_{oblouk,2} = 0,03$;

$A_{130-140} = -0,03$; $A_{140-150} = 0,1$; $A_{150-160} = -0,38$; $A_{160-170} = -3,02$ [m]



Obr. 97: Příčinková čára ηV_{170}

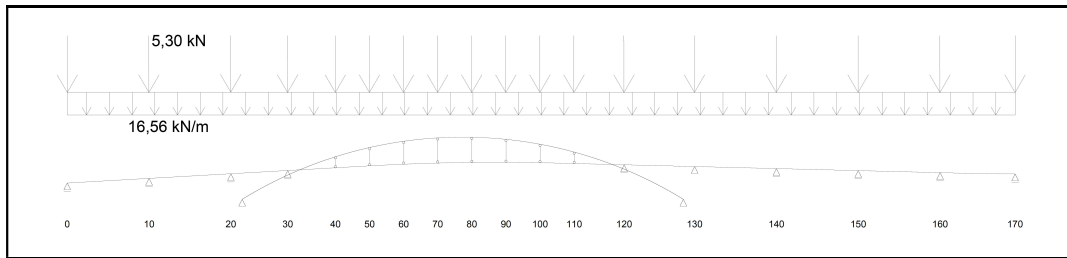
$A_{0-10} = 0$; $A_{10-20} = 0$; $A_{oblouk,1} = -0,03$; $A_{oblouk,2} = 0,03$;

$A_{130-140} = -0,03$; $A_{140-150} = 0,11$; $A_{150-160} = -0,44$; $A_{160-170} = 2,3$ [m]

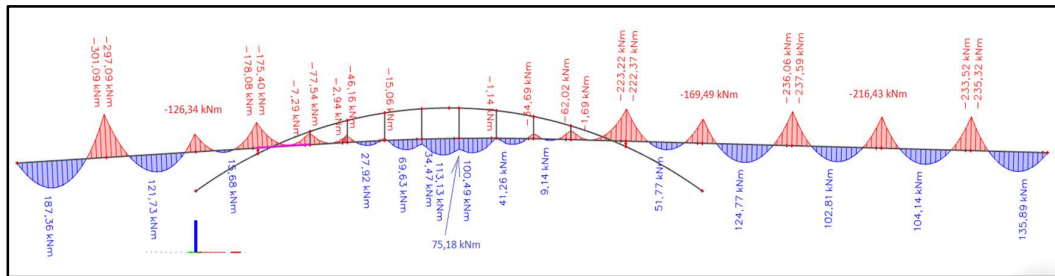
4.6.2 Výpočet vnitřních sil od stálých zatížení

Vnitřní síly se počítaly pomocí programu SCIA Engineer 18.1.

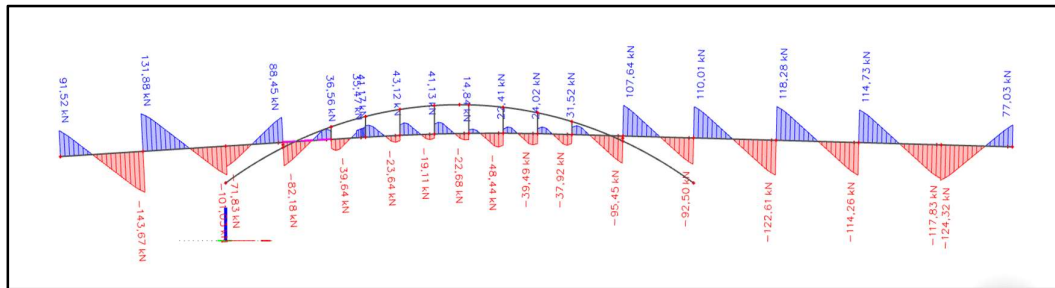
4.6.2.1 Vlastní tíha nosné konstrukce go



Obr. 98: Zatížení vlastní tíhou



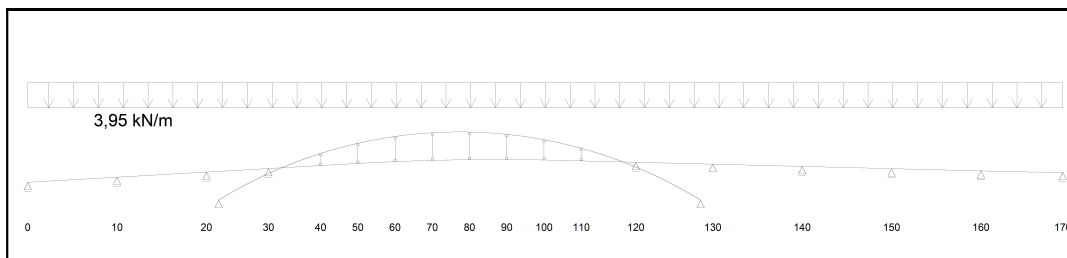
Obr. 99: Průběh momentu od zatížení vlastní tíhou



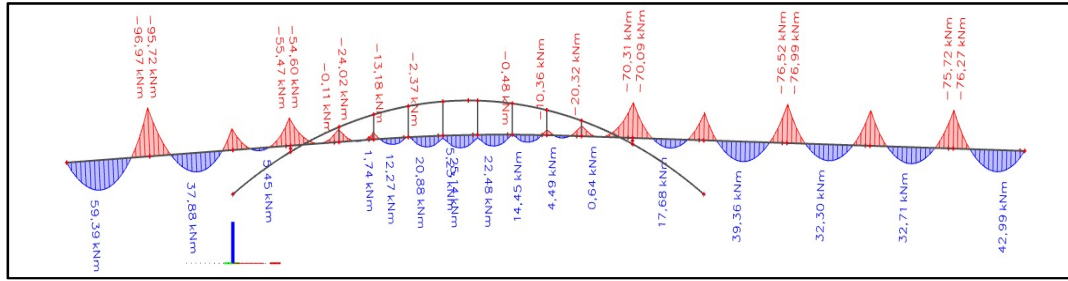
Obr. 100: Průběh posouvající síly od zatížení vlastní tíhou (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)

4.6.2.2 Ostatní stálé zatížení

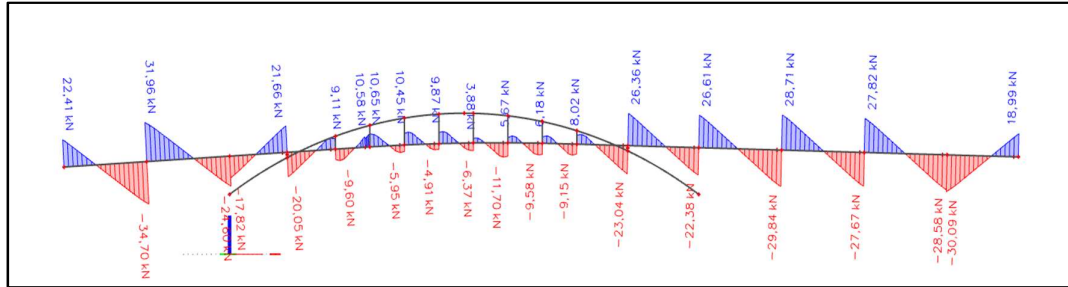
4.6.2.2.1 ($g-g_0$)_m



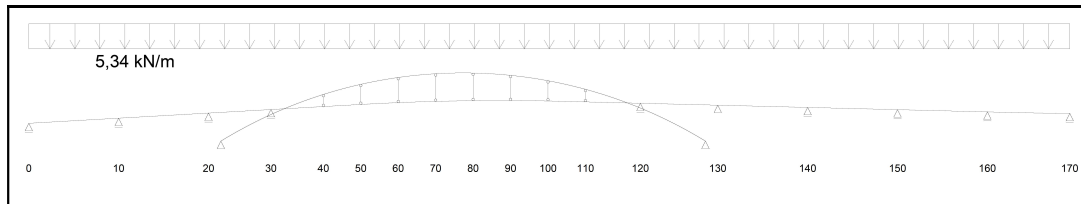
Obr. 101: Ostatní stálé zatížení – střední hodnota



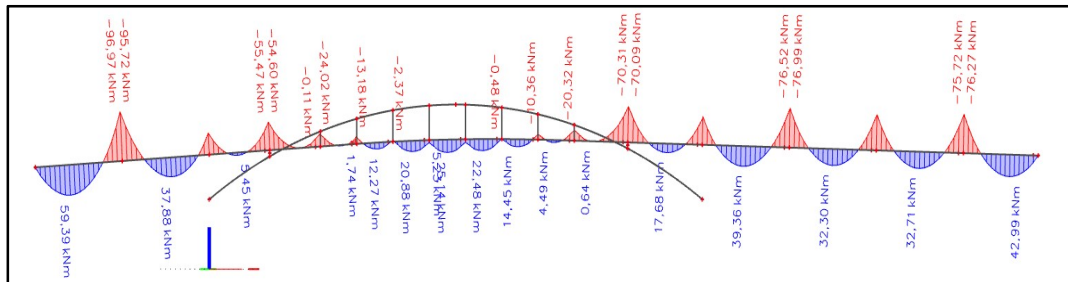
Obr 102: Průběh momentu od ostatního stálého zatížení



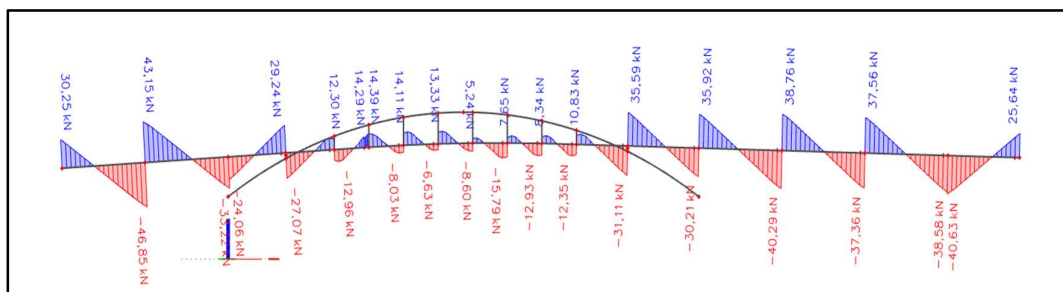
Obr. 103: Průběh posouvající síly od ostatního stálého zatížení (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)



Obr. 104: Ostatní stálé zatížení – horní charakteristická hodnota

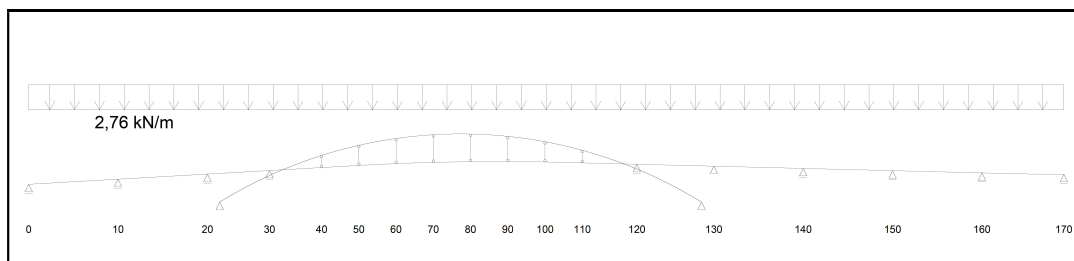


Obr 105: Průběh momentu od ostatního stálého zatížení sup

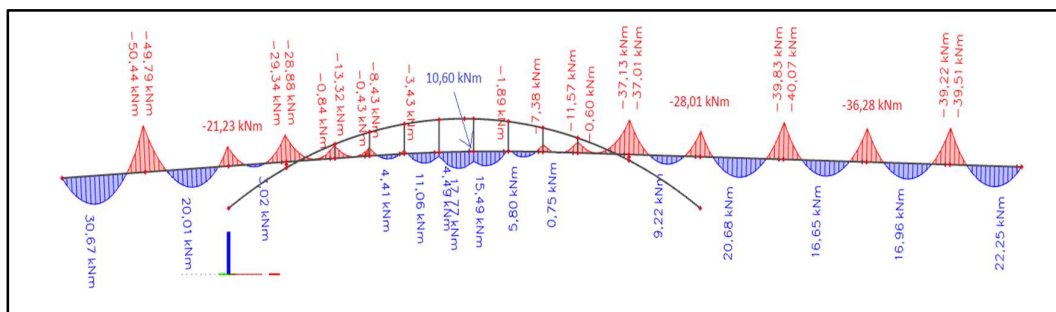


Obr. 106: Průběh posouvající síly od ostatního stálého zatížení sup (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)

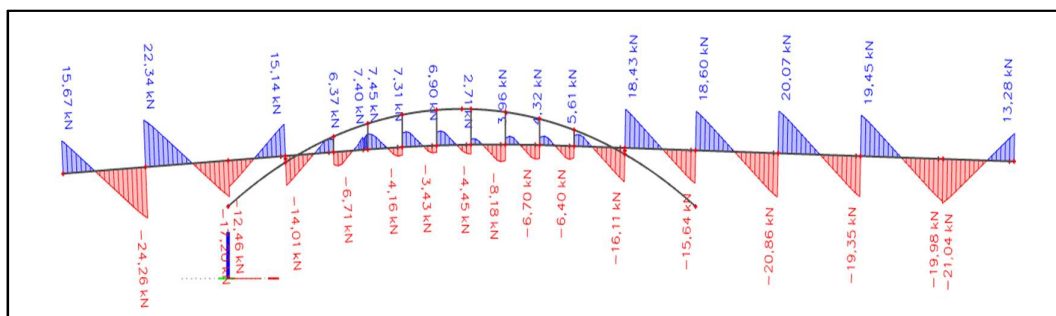
4.6.2.2.3 $(g-g_0)_{k,inf}$



Obr. 107: Ostatní stálé zatížení – dolní charakteristická hodnota



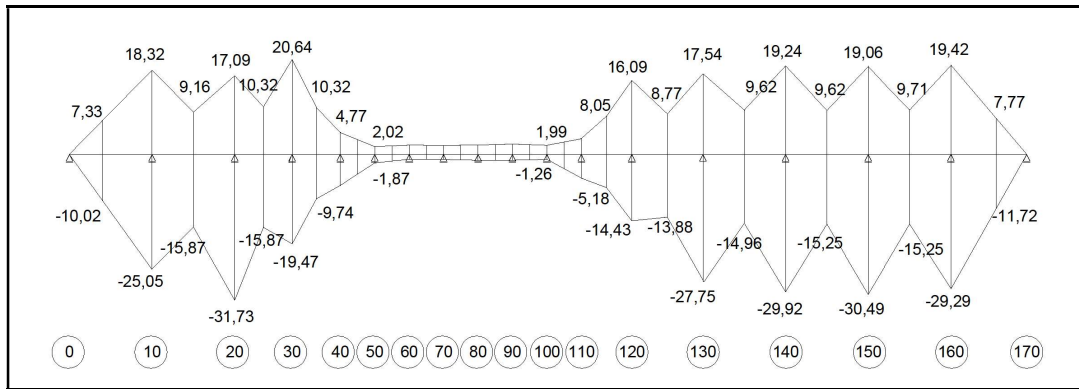
Obr. 108: Průběh momentu od ostatního stálého zatížení inf



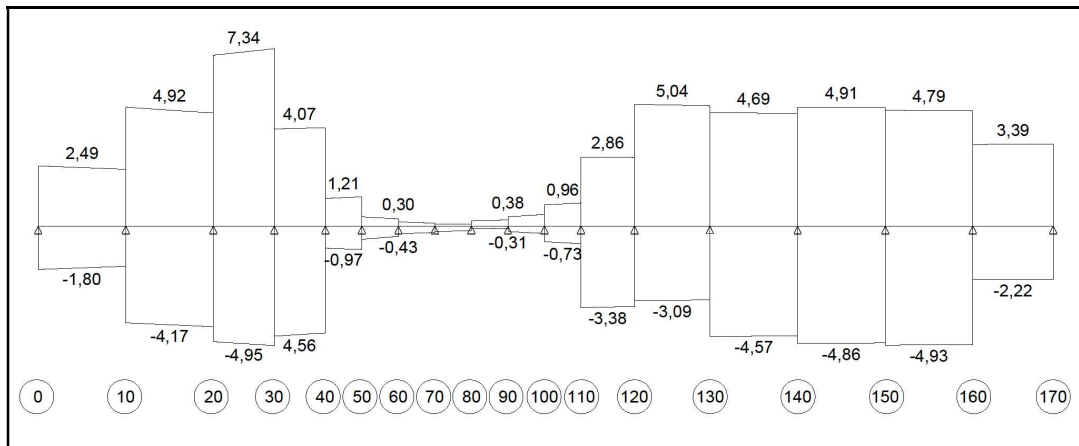
Obr. 109: Průběh posouvající síly od ostatního stálého zatížení inf (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)

4.6.2.3 Nerovnoměrné poklesy podpor

Při tomto zatížení se postupně každá podpora posunula o 5 mm směrem dolů. Na obrázku 108 je obalová křivka maximálních hodnot momentů od sedání, na obrázku 109 obalová křivka posouvajících sil.



Obr. 110: Obalová křivka momentů od nerovnoměrných sedání podpor



Obr. 111: Obalová křivka z průběhů posouvajících sil od nerovnoměrných sedání podpor

4.6.3 Výpočet vnitřních sil od proměnného zatížení

4.6.3.1 Rovnoměrné zatížení

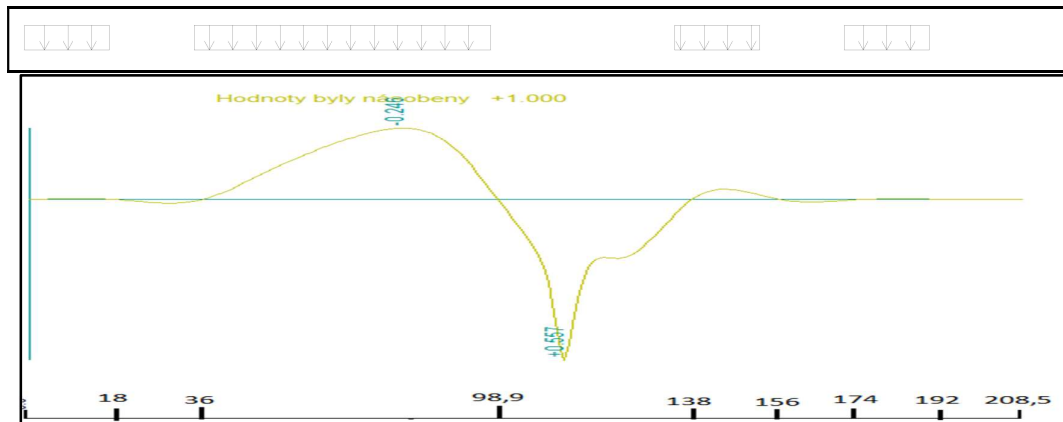
Vnitřní síly od rovnoměrného zatížení se spočítaly pomocí příčinkových čar, kdy se zatížila pouze ta část, která přispívá k zvýšení hodnoty vnitřní síly. Jako příklad je zde uveden obrázek pro získání minimálního ohybového momentu $M_{110,min}$.

K výpočtu se použijí plochy již spočtené v odstavci 5.1.1.

Př.: $M_{110,min} = \text{zatížení} * \text{šířka} * \Sigma \text{záporných ploch}$

$$M_{110,min} = 5 \text{ kN/m}^2 * 4 \text{ m} * [(-0,05) + (-11,37) + (-0,37) + (-0,03)] \text{ m}^2 = -236,40 \text{ kNm}$$

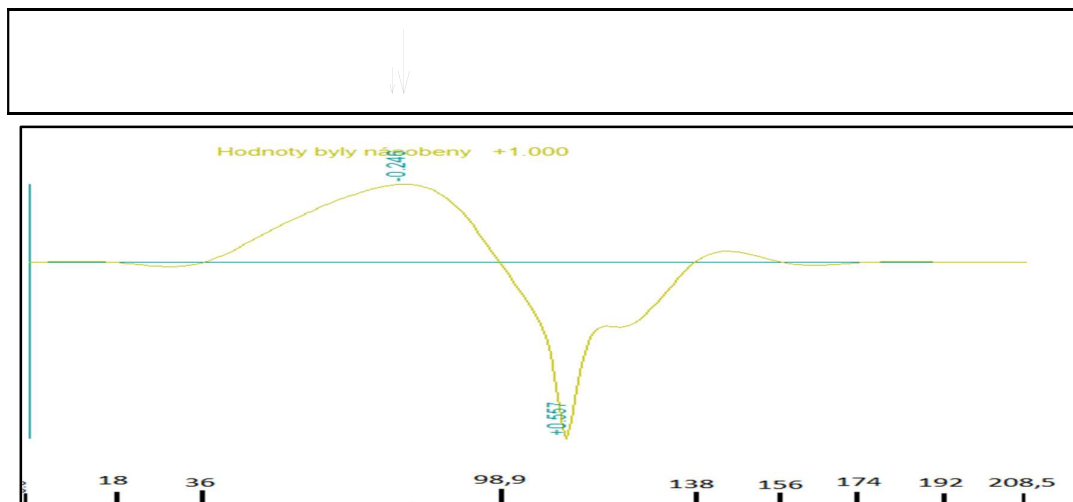
Všechny takto změřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.1



Obr. 112: Znáornění zatížení pro vypočtení minimálního momentu M_{110} od rovnoběžného zatížení

4.6.3.2 Zatížení obslužným vozidlem

Vnitřní síly od zatížení obslužným vozidlem se spočítají tak, že se síly od náprav vloží v m... (nejmenší) pořadnice příčinkové čáry. Jak... zatížení pro vyvolání nejmenšího ohybového momentu M_1 :... engineer 18.1. Výsledky jsou v tabulce 5.3.

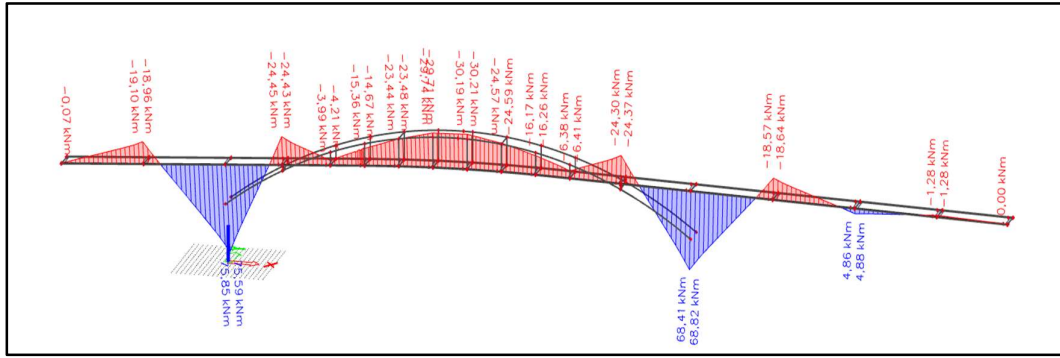


Obr. 113: Znáornění zatížení pro vypočtení minimálního momentu M_{110} od zatížení obslužným vozidlem

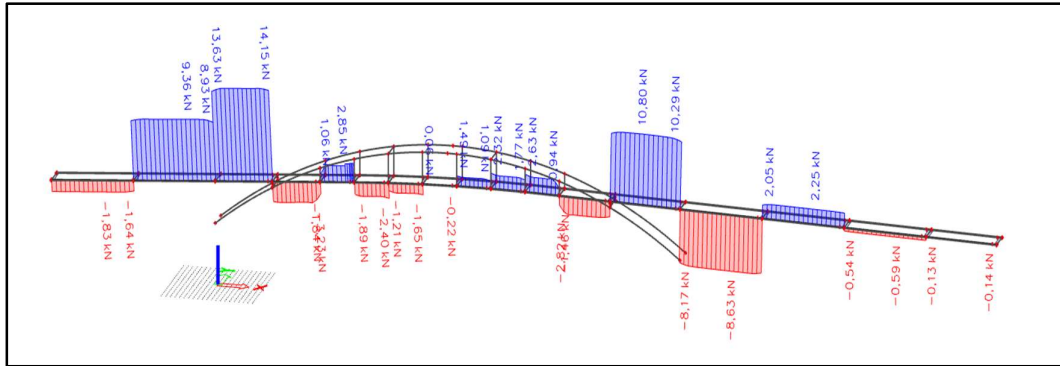
4.6.3.3 Zatížení teplotou

Pro zatížení teplotou se dle normy ČSN EN 1991-1-5 použijí 4 modely zatížení:

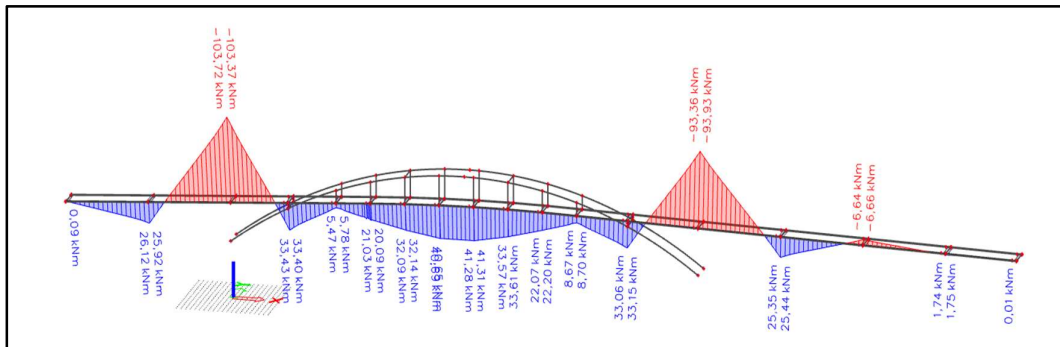
1. Ohřátí celého průřezu o 30 °C
2. Ochlazení celého průřezu o 41 °C
3. Lineární ohřátí horních vláken o 15 °C
4. Lineární ohřátí spodních vláken o 8 °C



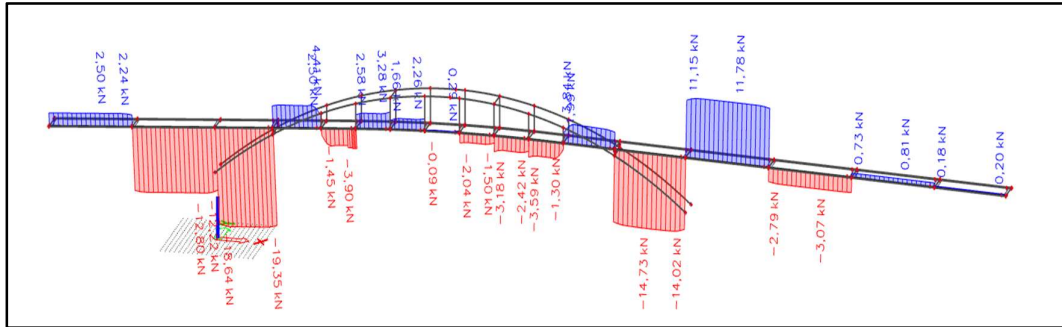
Obr. 114: Průběh momentu po trámu od rovnoměrného zahřátí o 30 °C



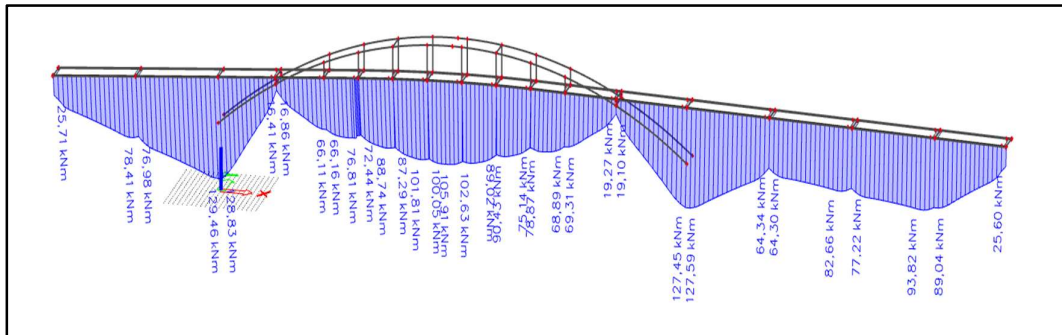
Obr. 115: Průběh posouvající síly po trámu od rovnoměrného zahřátí o 30 °C (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)



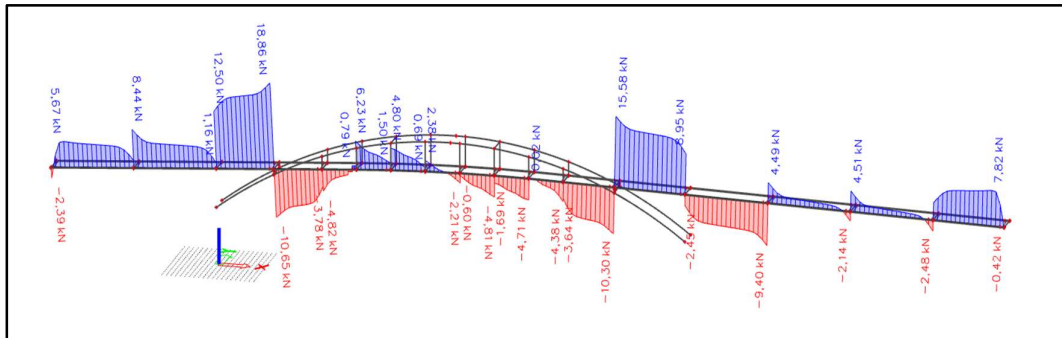
Obr. 116: Průběh momentu po trámu od rovnoměrného ochlazení o 41 °C



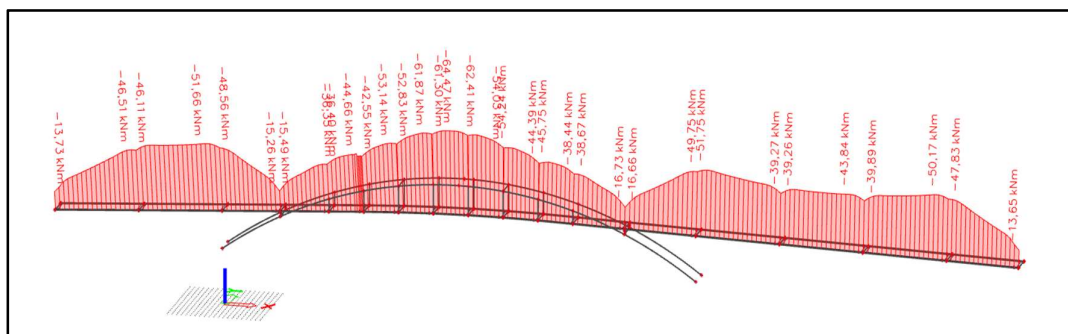
Obr. 117: Průběh posouvající síly po trámu od rovnoměrného ochlazení o 41 °C (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)



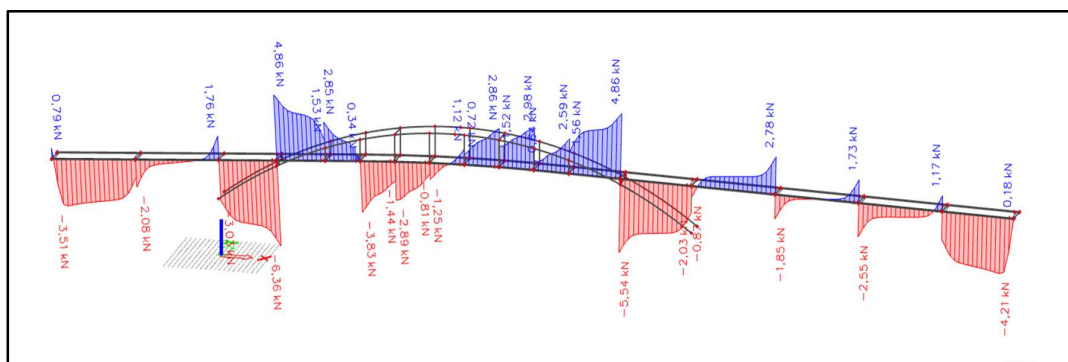
Obr. 118: Průběh momentu po trámu od lineárního zahřátí o 15 °C u horních vláken



Obr. 119: Průběh posouvající síly po trámu od lineárního zahřátí o 15 °C u horních vláken (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)



Obr. 120: Průběh momentu po trámu od lineárního ochlazení o 8 °C u spodních vláken



Obr. 121: Průběh posouvající síly po trámu od lineárního ochlazení o 8 °C u spodních vláken (pruty mezi pilíři 20-30, 30-40, 40-50 a 160-170 byly vloženy do modelu se spodními vlákny nahoře, proto je jejich průběh posouvající síly s opačným znaménkem)

4.6.3.4 Staveništní zatížení

Vnitřní síly od staveništního zatížení se počítají stejným způsobem jako od rovnoměrného. Výsledné hodnoty jsou 5x menší než od zatížení rovnoměrného, neboť i zatěžující model má pětikrát menší hodnotu.

4.6.4 Přehled vypočtených vnitřních sil

Tab. 3: Přehled momentů od stálého zatížení

| Zatížení | Stálé | | | | | | |
|----------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------------|----------------|--------|
| | Vlastní tíha | Ostatní | | | | Poklesy podpor | |
| | g_0 | $(g-g_0)_{k,sup}$ | $(g-g_0)_m$ | $(g-g_0)_{k,inf}$ | $g_m = g_0 + (g-g_0)_m$ | max | min |
| M 4 | 187,36 | 62,36 | 46,19 | 32,30 | 233,55 | 7,33 | -10,02 |
| M 10 | -301,09 | -100,22 | -74,23 | -51,91 | -375,32 | 18,32 | -25,05 |
| M 15 | 121,73 | 40,52 | 30,01 | 20,99 | 151,74 | 9,16 | -15,87 |
| M 20 | -126,34 | -42,05 | -31,15 | -21,78 | -157,49 | 17,09 | -31,73 |
| M 25 | 15,68 | 5,22 | 3,87 | 2,70 | 19,55 | 10,32 | -15,87 |
| M 30 | -178,08 | -59,28 | -43,90 | -30,70 | -221,98 | 20,64 | -19,47 |
| M 35 | -7,29 | -2,43 | -1,80 | -1,26 | -9,09 | 10,32 | -9,74 |
| M 40 | -77,54 | -25,81 | -19,12 | -13,37 | -96,66 | 4,77 | -6,79 |
| M 45 | -2,94 | -0,98 | -0,72 | -0,51 | -3,66 | 4,77 | -3,40 |
| M 50 | -46,16 | -15,36 | -11,38 | -7,96 | -57,54 | 1,71 | -1,87 |
| M 55 | 27,92 | 9,29 | 6,88 | 4,81 | 34,80 | 2,02 | -1,87 |
| M 60 | -15,06 | -5,01 | -3,71 | -2,60 | -18,77 | 2,02 | -1,06 |
| M 65 | 69,63 | 23,18 | 17,17 | 12,00 | 86,80 | 2,02 | -1,12 |
| M 70 | 34,47 | 11,47 | 8,50 | 5,94 | 42,97 | 1,98 | -1,12 |
| M 75 | 113,13 | 37,66 | 27,89 | 19,50 | 141,02 | 2,03 | -1,27 |
| M 80 | 75,18 | 25,02 | 18,53 | 12,96 | 93,71 | 2,03 | -1,27 |
| M 85 | 100,49 | 33,45 | 24,77 | 17,32 | 125,26 | 2,25 | -1,27 |
| M 90 | -1,14 | -0,38 | -0,28 | -0,20 | -1,42 | 2,25 | -1,26 |
| M 95 | 41,26 | 13,73 | 10,17 | 7,11 | 51,43 | 2,25 | -1,26 |
| M 100 | -34,69 | -11,55 | -8,55 | -5,98 | -43,24 | 1,99 | -1,11 |
| M 105 | 9,14 | 3,04 | 2,25 | 1,58 | 11,39 | 3,41 | -2,59 |
| M 110 | -62,02 | -20,64 | -15,29 | -10,69 | -77,31 | 3,41 | -5,18 |
| M 115 | -1,69 | -0,56 | -0,42 | -0,29 | -2,11 | 8,05 | -7,24 |
| M 120 | -223,22 | -74,30 | -55,03 | -38,48 | -278,25 | 16,09 | -14,47 |
| M 125 | 51,77 | 17,23 | 12,76 | 8,93 | 64,53 | 8,77 | -13,88 |
| M 130 | -169,49 | -56,42 | -41,78 | -29,22 | -211,27 | 17,54 | -27,75 |
| M 135 | 124,77 | 41,53 | 30,76 | 21,51 | 155,53 | 9,62 | -14,96 |
| M 140 | -237,59 | -79,08 | -58,57 | -40,96 | -296,16 | 19,24 | -29,92 |
| M 145 | 102,81 | 34,22 | 25,35 | 17,72 | 128,16 | 9,62 | -15,25 |
| M 150 | -216,43 | -72,04 | -53,36 | -37,31 | -269,79 | 19,06 | -30,49 |
| M 155 | 104,14 | 34,66 | 25,67 | 17,95 | 129,81 | 9,71 | -15,25 |
| M 160 | -235,32 | -78,33 | -58,01 | -40,57 | -293,33 | 19,42 | -29,29 |
| M 166 | 135,89 | 45,23 | 33,50 | 23,43 | 169,39 | 7,77 | -11,72 |

Tab. 4: Přehled momentů od proměnného zatížení

| Zatížení | Proměnné | | | | | | | | | |
|----------|------------|---------|------------------|--------|---------|---------|---------------|--------------|-------------|--------|
| | Rovnoměrné | | Obslužné vozidlo | | Teplota | | | | Staveništní | |
| | max | min | max | min | + 30 °C | - 41 °C | 15 °C 0 °C | 0 °C 8 °C | max | min |
| M 4 | 168,68 | -59,36 | 26,06 | -4,69 | -7,64 | 10,44 | 53,35 | -28,45 | 33,74 | -11,87 |
| M 10 | 77,20 | -247,80 | 4,09 | -14,83 | -19,10 | 26,10 | 76,99 | -41,06 | 15,44 | -49,56 |
| M 15 | 218,50 | -155,20 | 22,35 | -6,06 | 28,38 | -38,79 | 108,22 | -57,72 | 43,70 | -31,04 |
| M 20 | 313,60 | -391,20 | 13,61 | -16,21 | 75,86 | -103,68 | 129,05 | -68,83 | 62,72 | -78,24 |
| M 25 | 75,30 | -112,00 | 15,28 | -7,71 | 25,705 | -35,13 | 83,64 | -44,61 | 15,06 | -22,40 |
| M 30 | 95,20 | -189,40 | 13,54 | -7,70 | -24,45 | 33,42 | 16,86 | -8,99 | 19,04 | -37,88 |
| M 35 | 101,50 | -167,70 | 24,49 | -7,66 | -14,335 | 19,59 | 48,60 | -25,92 | 20,30 | -33,54 |
| M 40 | 76,20 | -178,80 | 18,25 | -7,81 | -4,22 | 5,77 | 66,16 | -35,29 | 15,24 | -35,76 |
| M 45 | 169,50 | -192,30 | 23,25 | -8,67 | -9,795 | 13,39 | 75,66 | -40,35 | 33,90 | -38,46 |
| M 50 | 244,20 | -200,00 | 20,77 | -9,38 | -15,37 | 21,01 | 72,44 | -38,63 | 48,84 | -40,00 |
| M 55 | 249,00 | -182,70 | 23,11 | -9,09 | -19,435 | 26,56 | 85,72 | -45,72 | 49,80 | -36,54 |
| M 60 | 254,60 | -171,20 | 20,33 | -9,16 | -23,50 | 32,12 | 87,55 | -46,69 | 50,92 | -34,24 |
| M 65 | 285,60 | -136,30 | 23,21 | -7,83 | -26,63 | 36,39 | 99,21 | -52,91 | 57,12 | -27,26 |
| M 70 | 137,60 | -126,20 | 19,78 | -6,82 | -29,76 | 40,67 | 100,26 | -53,47 | 27,52 | -25,24 |
| M 75 | 145,70 | -126,30 | 22,18 | -4,44 | -29,99 | 40,99 | 105,84 | -56,45 | 29,14 | -25,26 |
| M 80 | 129,80 | -108,00 | 19,56 | -5,46 | -30,22 | 41,30 | 100,80 | -53,76 | 25,96 | -21,60 |
| M 85 | 156,60 | -128,90 | 22,34 | -6,68 | -27,405 | 37,45 | 100,39 | -53,54 | 31,32 | -25,78 |
| M 90 | 153,20 | -182,80 | 19,79 | -8,33 | -24,59 | 33,61 | 89,02 | -47,48 | 30,64 | -36,56 |
| M 95 | 190,40 | -205,60 | 22,73 | -8,70 | -20,42 | 27,91 | 87,71 | -46,78 | 38,08 | -41,12 |
| M 100 | 175,00 | -247,40 | 19,78 | -9,15 | -16,25 | 22,21 | 75,14 | -40,07 | 35,00 | -49,48 |
| M 105 | 191,40 | -240,80 | 22,92 | -8,56 | -11,32 | 15,47 | 78,20 | -41,71 | 38,28 | -48,16 |
| M 110 | 154,40 | -236,40 | 18,11 | -8,20 | -6,39 | 8,73 | 69,31 | -36,97 | 30,88 | -47,28 |
| M 115 | 190,10 | -244,20 | 26,03 | -8,58 | -15,35 | 20,98 | 51,09 | -27,25 | 38,02 | -48,84 |
| M 120 | 99,60 | -277,60 | 17,00 | -9,07 | -24,31 | 33,22 | 19,27 | -10,28 | 19,92 | -55,52 |
| M 125 | 146,20 | -108,20 | 19,31 | -5,82 | 22,235 | -30,39 | 79,74 | -42,53 | 29,24 | -21,64 |
| M 130 | 353,40 | -381,20 | 12,80 | -17,99 | 68,78 | -94,00 | 127,59 | -68,05 | 70,68 | -76,24 |
| M 135 | 239,30 | -142,40 | 21,87 | -6,61 | 25,08 | -34,28 | 100,06 | -53,36 | 47,86 | -28,48 |
| M 140 | 102,60 | -254,80 | 4,77 | -12,70 | -18,62 | 25,45 | 64,34 | -34,31 | 20,52 | -50,96 |
| M 145 | 143,90 | -92,10 | 21,87 | -4,71 | -6,875 | 9,40 | 77,55 | -41,36 | 28,78 | -18,42 |
| M 150 | 62,80 | -179,40 | 3,28 | -12,43 | 4,87 | -6,66 | 77,22 | -41,18 | 12,56 | -35,88 |
| M 155 | 123,30 | -62,60 | 20,88 | -4,60 | 1,795 | -2,45 | 89,06 | -47,50 | 24,66 | -12,52 |
| M 160 | 26,60 | -160,40 | 3,23 | -12,47 | -1,28 | 1,75 | 89,04 | -47,49 | 5,32 | -32,08 |
| M 166 | 10,66 | -64,16 | 21,28 | -4,99 | -0,51 | 0,70 | 57,02 | -30,41 | 2,13 | -12,83 |

Tab. 5: Přehled posouvajících sil od stálého zatížení

| Zatížení | Stálé | | | | | | |
|----------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------------|----------------|-------|
| | Vlastní tíha | Ostatní | | | | Poklesy podpor | |
| | g_0 | $(g-g_0)_{k,sup}$ | $(g-g_0)_m$ | $(g-g_0)_{k,inf}$ | $g_m = g_0 + (g-g_0)_m$ | max | min |
| V 0 | 91,52 | 30,46 | 22,56 | 15,78 | 114,08 | 2,49 | -1,80 |
| V 10 L | -143,67 | -47,82 | -35,42 | -24,77 | -179,09 | 2,35 | -1,67 |
| V 10 P | 131,88 | 43,90 | 32,51 | 22,74 | 164,39 | 4,92 | -4,01 |
| V 20 L | -101,03 | -33,63 | -24,91 | -17,42 | -125,94 | 4,68 | -4,17 |
| V 20 P | 71,83 | 23,91 | 17,71 | 12,38 | 89,54 | 7,07 | -4,79 |
| V 30 L | -88,45 | -29,44 | -21,81 | -15,25 | -110,26 | 7,34 | -4,95 |
| V 30 P | 82,18 | 27,35 | 20,26 | 14,17 | 102,44 | 4,02 | -4,56 |
| V 40 L | -36,56 | -12,17 | -9,01 | -6,30 | -45,57 | 4,07 | -4,43 |
| V 40 P | 39,64 | 13,19 | 9,77 | 6,83 | 49,41 | 1,14 | -0,92 |
| V 50 L | -35,47 | -11,81 | -8,74 | -6,12 | -44,21 | 1,21 | -0,97 |
| V 50 P | 41,17 | 13,70 | 10,15 | 7,10 | 51,32 | 0,38 | -0,55 |
| V 60 L | -23,64 | -7,87 | -5,83 | -4,08 | -29,47 | 0,30 | -0,43 |
| V 60 P | 43,12 | 14,35 | 10,63 | 7,43 | 53,75 | 0,17 | -0,32 |
| V 70 L | -19,11 | -6,36 | -4,71 | -3,29 | -23,82 | 0,12 | -0,27 |
| V 70 P | 41,13 | 13,69 | 10,14 | 7,09 | 51,27 | 0,09 | -0,23 |
| V 80 L | -22,68 | -7,55 | -5,59 | -3,91 | -28,27 | 0,07 | -0,19 |
| V 80 P | 14,84 | 4,94 | 3,66 | 2,56 | 18,50 | 0,22 | -0,09 |
| V 90 L | -48,44 | -16,12 | -11,94 | -8,35 | -60,38 | 0,25 | -0,11 |
| V 90 P | 22,41 | 7,46 | 5,52 | 3,86 | 27,93 | 0,38 | -0,23 |
| V 100 L | -39,49 | -13,14 | -9,74 | -6,81 | -49,23 | 0,48 | -0,31 |
| V 100 P | 24,02 | 8,00 | 5,92 | 4,14 | 29,94 | 0,87 | -0,65 |
| V 110 L | -37,92 | -12,62 | -9,35 | -6,54 | -47,27 | 0,96 | -0,73 |
| V 110 P | 31,52 | 10,49 | 7,77 | 5,43 | 39,29 | 2,86 | -3,38 |
| V 120 L | -95,45 | -31,77 | -23,53 | -16,46 | -118,98 | 2,84 | -3,33 |
| V 120 P | 107,64 | 35,83 | 26,54 | 18,56 | 134,18 | 5,04 | -3,09 |
| V 130 L | -92,50 | -30,79 | -22,80 | -15,95 | -115,30 | 4,98 | -3,06 |
| V 130 P | 110,01 | 36,62 | 27,12 | 18,97 | 137,13 | 4,69 | -4,57 |
| V 140 L | -122,61 | -40,81 | -30,23 | -21,14 | -152,84 | 4,67 | -4,55 |
| V 140 P | 118,28 | 39,37 | 29,16 | 20,39 | 147,44 | 4,91 | -4,86 |
| V 150 L | -114,26 | -38,03 | -28,17 | -19,70 | -142,43 | 4,90 | -4,84 |
| V 150 P | 114,73 | 38,19 | 28,28 | 19,78 | 143,01 | 4,79 | -4,93 |
| V 160 L | -117,83 | -39,22 | -29,05 | -20,31 | -146,88 | 4,78 | -4,92 |
| V 160 P | 124,32 | 41,38 | 30,65 | 21,43 | 154,97 | 3,38 | -2,22 |
| V 170 | -77,03 | -25,64 | -18,99 | -13,28 | -96,02 | 3,39 | -2,22 |

Tab. 6: Přehled posouvajících sil od proměnného zatížení

| Zatížení | Proměnné | | | | | | | | | |
|----------|------------|---------|------------------|--------|---------|---------|---------------|--------------|------------|--------|
| | Rovnoměrné | | Obslužné vozidlo | | Teplota | | | | Staveniště | |
| | max | min | max | min | + 30 °C | - 41 °C | 15 °C 0 °C | 0 °C 8 °C | max | min |
| V 0 | 61,60 | -14,00 | 11,42 | -1,11 | -1,83 | 2,50 | 5,67 | -3,02 | 12,32 | -2,80 |
| V 10 L | 6,80 | -84,20 | 0,39 | -12,40 | -1,83 | 2,50 | 4,70 | -2,51 | 1,36 | -16,84 |
| V 10 P | 107,80 | -37,60 | 11,95 | -2,00 | 9,36 | -12,79 | 8,44 | -4,50 | 21,56 | -7,52 |
| V 20 L | 46,20 | -98,80 | 1,77 | -11,98 | 9,36 | -12,79 | 4,49 | -2,39 | 9,24 | -19,76 |
| V 20 P | 67,60 | -104,00 | 2,98 | -11,70 | 14,15 | -19,34 | 15,38 | -8,20 | 13,52 | -20,80 |
| V 30 L | 93,80 | -49,40 | 7,54 | -4,30 | 14,15 | -19,34 | 18,86 | -10,06 | 18,76 | -9,88 |
| V 30 P | 5,60 | -47,20 | 0,89 | -9,88 | -3,23 | 4,41 | -10,65 | 5,68 | 1,12 | -9,44 |
| V 40 L | 27,60 | -15,60 | 7,42 | -3,03 | -3,23 | 4,41 | -7,13 | 3,80 | 5,52 | -3,12 |
| V 40 P | 18,40 | -32,40 | 2,87 | -7,24 | 2,85 | -3,90 | -4,82 | 2,57 | 3,68 | -6,48 |
| V 50 L | 11,20 | -19,80 | 6,56 | -3,56 | 2,85 | -3,90 | 0,79 | -0,42 | 2,24 | -3,96 |
| V 50 P | 38,40 | -18,40 | 7,37 | -3,22 | -2,40 | 3,28 | 6,23 | -3,32 | 7,68 | -3,68 |
| V 60 L | 26,80 | -32,40 | 4,26 | -6,08 | -2,40 | 3,28 | 1,50 | -0,80 | 5,36 | -6,48 |
| V 60 P | 43,20 | -32,80 | 6,61 | -4,04 | -1,65 | 2,26 | 4,80 | -2,56 | 8,64 | -6,56 |
| V 70 L | 32,80 | -41,80 | 4,25 | -6,35 | -1,65 | 2,26 | 0,69 | -0,37 | 6,56 | -8,36 |
| V 70 P | 53,00 | -56,80 | 6,34 | -4,50 | -0,22 | 0,30 | 2,38 | -1,27 | 10,60 | -11,36 |
| V 80 L | 38,80 | -57,00 | 4,29 | -6,51 | -0,22 | 0,30 | -2,21 | 1,18 | 7,76 | -11,40 |
| V 80 P | 43,60 | -38,00 | 6,22 | -4,47 | 1,49 | -2,04 | -0,60 | 0,32 | 8,72 | -7,60 |
| V 90 L | 31,40 | -45,20 | 3,91 | -6,72 | 1,49 | -2,04 | -4,81 | 2,57 | 6,28 | -9,04 |
| V 90 P | 34,00 | -28,80 | 6,06 | -4,44 | 2,33 | -3,18 | -1,69 | 0,90 | 6,80 | -5,76 |
| V 100 L | 22,40 | -37,20 | 3,48 | -6,95 | 2,33 | -3,18 | -4,71 | 2,51 | 4,48 | -7,44 |
| V 100 P | 26,00 | -22,00 | 5,83 | -4,15 | 2,63 | -3,59 | 0,02 | -0,01 | 5,20 | -4,40 |
| V 110 L | 18,20 | -31,00 | 3,20 | -7,08 | 2,63 | -3,59 | -4,38 | 2,34 | 3,64 | -6,20 |
| V 110 P | 26,80 | -28,80 | 7,67 | -3,11 | -2,81 | 3,84 | -3,64 | 1,94 | 5,36 | -5,76 |
| V 120 L | 4,00 | -53,20 | 0,62 | -10,00 | -2,81 | 3,84 | -10,30 | 5,49 | 0,80 | -10,64 |
| V 120 P | 106,20 | -16,00 | 8,43 | -3,32 | 10,79 | -14,75 | 15,58 | -8,31 | 21,24 | -3,20 |
| V 130 L | 68,20 | -103,20 | 2,51 | -12,13 | 10,79 | -14,75 | 8,95 | -4,77 | 13,64 | -20,64 |
| V 130 P | 98,80 | -48,60 | 11,95 | -1,60 | -8,63 | 11,79 | -2,45 | 1,31 | 19,76 | -9,72 |
| V 140 L | 38,80 | -112,20 | 2,21 | -12,03 | -8,63 | 11,79 | -9,40 | 5,01 | 7,76 | -22,44 |
| V 140 P | 83,00 | -18,20 | 11,99 | -1,48 | 2,25 | -3,08 | 4,49 | -2,39 | 16,60 | -3,64 |
| V 150 L | 22,00 | -80,60 | 1,52 | -12,00 | 2,25 | -3,08 | -2,14 | 1,14 | 4,40 | -16,12 |
| V 150 P | 73,40 | -12,80 | 11,99 | -1,43 | -0,59 | 0,81 | 4,51 | -2,41 | 14,68 | -2,56 |
| V 160 L | 11,80 | -75,00 | 1,49 | -12,00 | -0,59 | 0,81 | -2,48 | 1,32 | 2,36 | -15,00 |
| V 160 P | 2,60 | -69,20 | 0,32 | -12,03 | -0,14 | 0,19 | 3,81 | -2,03 | 0,52 | -13,84 |
| V 170 | 48,80 | -10,00 | 10,99 | -1,38 | -0,14 | 0,19 | 7,58 | -4,04 | 9,76 | -2,00 |

4.7 Kombinace zatížení

Veškeré kombinace zatížení jsou vypočteny v příloze č. 1.

4.8 Předběžný návrh předpětí

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{kanálek}} = 62 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{kanálek}} = 50 \text{ mm}$$

$$R_{\text{min}} = 6\,200 \text{ mm}$$

Krytí:

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{min}} + \Delta C_{\text{dev}}$$

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

$$C_{\text{min,b}} = \min\{\varnothing; 80 \text{ mm}\} = 62 \text{ mm}$$

$$C_{\text{min,dur}} = 50 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\text{dur,y}} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\text{dur,st}} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\text{dur,add}} = 0 \text{ mm}$$

$$C_{\text{min,Zálabí}} = 62 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\text{dev,Zálabí}} = 10 \text{ mm}$$

$$C_{\text{nom,Zálabí}} = 72 \text{ mm}$$

$$C_{\text{min,Centrum}} = 50 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\text{dev,Centrum}} = 10 \text{ mm}$$

$$C_{\text{nom,Centrum}} = 60 \text{ mm}$$

Mezera mezi kanálky:

$$\text{vodorovně: } \max\{\varnothing; 50; d_g + 5\} = 62 \text{ mm}$$

$$\text{svisle: } \max\{\varnothing; 40; d_g\} = 62 \text{ mm}$$

4.8.1 Předběžný návrh předpínací výztuže v monolitických úsecích

4.8.1.1 Přehled vnitřních sil v jednotlivých řezech

$$\Delta M_p = -50 \text{ kNm}$$

$$M_{4,\text{max,kvazist.}} = 283,61 \text{ kNm} \quad M_{4',\text{max,kvazist.}} = 303,61 \text{ kNm}$$

$$M_{15,\text{max,kvazist.}} = 228,89 \text{ kNm} \quad M_{15',\text{max,kvazist.}} = 278,89 \text{ kNm}$$

$$M_{10,\text{min,kvazist.}} = -458,49 \text{ kNm} \quad M_{10',\text{min,kvazist.}} = -408,49 \text{ kNm}$$

$$M_{20,\text{min,kvazist.}} = -289,82 \text{ kNm} \quad M_{20',\text{min,kvazist.}} = -239,82 \text{ kNm}$$

$$M_{135,\text{max,kvazist.}} = 228,48 \text{ kNm} \quad M_{135',\text{max,kvazist.}} = 278,48 \text{ kNm}$$

$$M_{145,\text{max,kvazist.}} = 182,37 \text{ kNm} \quad M_{145',\text{max,kvazist.}} = 232,37 \text{ kNm}$$

$$M_{155,\text{max,kvazist.}} = 185,04 \text{ kNm} \quad M_{155',\text{max,kvazist.}} = 235,04 \text{ kNm}$$

$$M_{166,\text{max,kvazist.}} = 212,05 \text{ kNm} \quad M_{166',\text{max,kvazist.}} = 232,05 \text{ kNm}$$

$$M_{130,\text{min,kvazist.}} = -338,08 \text{ kNm} \quad M_{130',\text{min,kvazist.}} = -288,08 \text{ kNm}$$

$$M_{140,\text{min,kvazist.}} = -374,78 \text{ kNm} \quad M_{140',\text{min,kvazist.}} = -324,78 \text{ kNm}$$

$$M_{150,\text{min,kvazist.}} = -344,94 \text{ kNm} \quad M_{150',\text{min,kvazist.}} = -294,94 \text{ kNm}$$

$$M_{160,\text{min,kvazist.}} = -369,70 \text{ kNm} \quad M_{160',\text{min,kvazist.}} = -319,70 \text{ kNm}$$

4.8.1.2 Vzdálenost neutrální osy od spodní hrany trámu v jednotlivých řezech

| | |
|---------------|--------|
| $z_{T,4} =$ | 600 mm |
| $z_{T,15} =$ | 588 mm |
| $z_{T,10} =$ | 546 mm |
| $z_{T,20} =$ | 540 mm |
| $z_{T,135} =$ | 588 mm |
| $z_{T,145} =$ | 588 mm |
| $z_{T,155} =$ | 588 mm |
| $z_{T,166} =$ | 594 mm |
| $z_{T,130} =$ | 543 mm |
| $z_{T,140} =$ | 546 mm |
| $z_{T,150} =$ | 546 mm |
| $z_{T,160} =$ | 544 mm |

4.8.1.3 Maximální excentricita v jednotlivých řezech

| | |
|---------------|--------|
| $e_{p,4} =$ | 497 mm |
| $e_{p,15} =$ | 485 mm |
| $e_{p,10} =$ | 151 mm |
| $e_{p,20} =$ | 157 mm |
| $e_{p,135} =$ | 485 mm |
| $e_{p,145} =$ | 485 mm |
| $e_{p,155} =$ | 485 mm |
| $e_{p,166} =$ | 491 mm |
| $e_{p,130} =$ | 154 mm |
| $e_{p,140} =$ | 151 mm |
| $e_{p,150} =$ | 151 mm |
| $e_{p,160} =$ | 153 mm |

4.8.1.4 Návrh předpínacích lan v monolitickém úseku (směr Zálabí)

$$\sigma_{c,kvazist,i}^d = \frac{N_{p,i}}{A_{c,i}} - \frac{M_{i,kvazist.}'}{W_{d,i}} + N_{p,i} * \frac{e_{p,i}}{W_{d,i}} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,kvazist,4}^d = \frac{N_{p,4}}{0,637} - \frac{0,300}{0,055} + N_{p,4} * \frac{0,497}{0,055} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,4} = 0,520 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist,15}^d = \frac{N_{p,15}}{0,637} - \frac{0,280}{0,054} + N_{p,15} * \frac{0,485}{0,054} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,15} = 0,489 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,i}^h = \frac{N_{p,i}}{A_{c,i}} + \frac{M_{i,kvazist.}}{W_{h,i}} + N_{p,i} * \frac{e_{p,i}}{W_{h,i}} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,10}^h = \frac{N_{p,10}}{0,637} + \frac{-0,410}{0,090} + N_{p,10} * \frac{0,151}{0,090} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,10} = 1,395 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,20}^h = \frac{N_{p,20}}{0,637} + \frac{-0,240}{0,087} + N_{p,20} * \frac{0,157}{0,087} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,20} = 0,818 \text{ MN}$$

| Typ kabelu | Počet lan v kabelu | Rozměr kabelového kanálku | Excentricita kabelu v kanálku [mm] | Pramenec 0,6°N 1860MPa | | Pramenec 0,6°S 1860MPa | |
|------------|--------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Průřezová plocha [mm ²] | Charakteristická pevnost kabelu [kN] | Průřezová plocha [mm ²] | Charakteristická pevnost kabelu [kN] |
| 6-1 | 1 | 25/30 | 5 | 140 | 260 | 150 | 279 |
| 6-2 | 2 | 40/47 | 9 | 280 | 521 | 300 | 558 |
| 6-3 | 3 | 40/47 | 6 | 420 | 781 | 450 | 837 |
| 6-4 | 4 | 45/50 | 7 | 560 | 1 042 | 600 | 1 116 |
| | 5 | 50/57 | 8 | 700 | 1 302 | 750 | 1 395 |
| | 6 | 55/62 | 9 | 840 | 1 562 | 900 | 1 674 |
| 6-7 | 7 | 55/62 | 7 | 980 | 1 823 | 1 050 | 1 953 |
| | 8 | 65/72 | 11 | 1 120 | 2 083 | 1 200 | 2 232 |
| | 9 | 65/72 | 9 | 1 260 | 2 344 | 1 350 | 2 511 |
| | 10 | 70/77 | 11 | 1 400 | 2 604 | 1 500 | 2 790 |
| | 11 | 70/77 | 9 | 1 540 | 2 864 | 1 650 | 3 069 |
| 6-12 | 12 | 75/82 | 11 | 1 680 | 3 125 | 1 800 | 3 348 |
| | 13 | 80/87 | 13 | 1 820 | 3 385 | 1 950 | 3 627 |
| | 14 | 80/87 | 11 | 1 960 | 3 646 | 2 100 | 3 906 |
| | 15 | 80/87 | 10 | 2 100 | 3 906 | 2 250 | 4 185 |
| | 16 | 85/92 | 12 | 2 240 | 4 166 | 2 400 | 4 464 |
| | 17 | 85/92 | 11 | 2 380 | 4 427 | 2 550 | 4 743 |
| | 18 | 90/97 | 13 | 2 520 | 4 687 | 2 700 | 5 022 |
| 6-19 | 19 | 90/97 | 12 | 2 660 | 4 948 | 2 850 | 5 301 |

Obr. 122: Seznam vyráběných předpínacích lan průměru 15,7 mm

$$\sigma_{p,max} = 1\,423,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p(100 \text{ let}) = 1\,067,48 \text{ MPa}$$

$$\varnothing_{lano} = 15,7 \text{ mm}$$

$$A_{lano} = 150 \text{ mm}^2$$

Tab. 7: Seznam potřebných předpínacích lan v jednotlivých řezech monolitické části (směr Zálabí)

| řez | A _{p,nut} [mm ²] | n _{p,nut} |
|-----|---------------------------------------|--------------------|
| 4 | 487,25 | 3,25 |
| 15 | 458,44 | 3,06 |
| 10 | 1307,01 | 8,71 |
| 20 | 766,35 | 5,11 |

Podle kritéria dekomprese při kvazistálé kombinaci by byly navrženy 4 lana, 9 příložek nad pilířem č. 10 a 6 příložek nad pilířem č. 20. Toto však nebylo jediné posuzované kritérium, dále rozhodoval tah v charakteristické kombinaci $\sigma \leq f_{ctm}$ a tlak $\sigma \geq f_{ck}$ (t). Tyto všechny situace jsou posouzeny v příloze č. 2. Aby vyhovovaly všechny kritéria, byly navrženy následující počty lan a příložek:

$$n_{lan,Zálabí} = 6 \text{ ks}$$

$$n_{příložek,10} = 6 \text{ ks}$$

$$n_{příložek,20} = 11 \text{ ks}$$

4.8.1.5 Návrh předpínacích lan v monolitickém úseku (směr centrum)

$$\sigma_{c,kvazist.,i}^d = \frac{N_{p,i}}{A_{c,i}} - \frac{M_{i,kvazist.}}{W_{d,i}} + N_{p,i} * \frac{e_{p,i}}{W_{d,i}} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,135}^d = \frac{N_{p,135}}{0,637} - \frac{0,28}{0,054} + N_{p,135} * \frac{0,485}{0,054} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,135} = 0,488 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,145}^d = \frac{N_{p,145}}{0,637} - \frac{0,23}{0,054} + N_{p,145} * \frac{0,485}{0,054} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,145} = 0,408 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,155}^d = \frac{N_{p,155}}{0,637} - \frac{0,24}{0,054} + N_{p,155} * \frac{0,485}{0,054} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,155} = 0,412 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,166}^d = \frac{N_{p,166}}{0,637} - \frac{0,23}{0,055} + N_{p,166} * \frac{0,491}{0,055} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,166} = 0,402 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,i}^h = \frac{N_{p,i}}{A_{c,i}} + \frac{M_{i,kvazist.}}{W_{h,i}} + N_{p,i} * \frac{e_{p,i}}{W_{h,i}} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,130}^h = \frac{N_{p,130}}{0,637} + \frac{-0,29}{0,089} + N_{p,130} * \frac{0,154}{0,089} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,130} = 0,982 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,140}^h = \frac{N_{p,140}}{0,637} + \frac{-0,32}{0,090} + N_{p,140} * \frac{0,151}{0,09} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,140} = 1,109 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,150}^h = \frac{N_{p,150}}{0,637} + \frac{-0,29}{0,090} + N_{p,150} * \frac{0,151}{0,09} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,150} = 1,007 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,kvazist.,160}^h = \frac{N_{p,160}}{0,637} + \frac{-0,32}{0,089} + N_{p,160} * \frac{0,153}{0,089} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow N_{p,160} = 1,090 \text{ MN}$$

$$\sigma_{p,max} = 1\,423,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p(100 \text{ let}) = 1\,067,48 \text{ MPa}$$

$$\varnothing_{lano} = 15,7 \text{ mm}$$

$$A_{lano} = 150 \text{ mm}^2$$

Tab. 8: Seznam potřebných předpínacích lan v jednotlivých řezech monolitické části (směr centrum)

| Řez | $A_{p,nut}$ [mm ²] | $n_{p,nut}$ |
|-----|-----------------------------------|-------------|
| 135 | 457,78 | 3,05 |
| 145 | 381,97 | 2,55 |
| 155 | 386,36 | 2,58 |
| 166 | 376,82 | 2,51 |
| 130 | 920,35 | 6,14 |
| 140 | 1 039,15 | 6,93 |
| 150 | 943,68 | 6,29 |
| 160 | 1 021,25 | 6,81 |

Stejně jako v kapitole 4.8.1.3 taky zde je navržena předpínací výztuž i podle dalších kritérií. V dolních vláknech při charakteristické kombinaci v poli mezi pilířem č. 130 a pilířem č. 140 vznikaly příliš vysoké hodnoty napětí, tudíž musely být i zde vloženy příložky. Ty začínají před pilířem č. 130 a končí až za pilířem č. 140 (viz výkresy předpětí).

| | |
|----------------------|-------|
| $n_{lan,Centrum} =$ | 4 ks |
| $n_{příložek,130} =$ | 12 ks |
| $n_{příložek,135} =$ | 6 ks |
| $n_{příložek,140} =$ | 6 ks |
| $n_{příložek,150} =$ | 4 ks |
| $n_{příložek,160} =$ | 2 ks |

4.8.2 Návrh předpínací výztuže v segmentové části ve stavební fázi

4.8.2.1 Přehled vnitřních sil ve stavební fázi

| | | | |
|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| $M_{max,stavba,char.} =$ | 257,35 kNm | $M'_{max,stavba,char.} =$ | 305,95 kNm |
| $M_{min,stavba,char.} =$ | -171,72 kNm | $M'_{min,stavba,char.} =$ | -123,12 kNm |
| $M_{30,min,stavba,char.} =$ | -315,31 kNm | $M'_{30,min,stavba,char.} =$ | -266,71 kNm |
| $M_{120,min,stavba,char.} =$ | -388,88 kNm | $M'_{120,min,stavba,char.} =$ | -340,28 kNm |

4.8.2.2 Vzdálenost neutrální osy od spodní hrany trámu

| | |
|---------------|--------|
| $Z_{T,65} =$ | 545 mm |
| $Z_{T,110} =$ | 516 mm |
| $Z_{T,30} =$ | 532 mm |
| $Z_{T,120} =$ | 536 mm |

4.8.2.3 Návrh předpínacích tyčí v segmentové části

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Jakost oceli tyčí: | 1050 MPa |
| Návrhové napětí: | 803,48 MPa |
| $\sigma_{e,vnesení\ předpětí} =$ | 763,30 MPa |
| $\sigma_{e,uvedení\ do\ provozu} =$ | 682,96 MPa |
| $\sigma_{e,na\ konci\ životnosti} =$ | 602,61 MPa |

Navržené předpínací tyče:

| Charakteristika | Měrná jednotka | Označení - závitová tyč | | | | | | Označení - hladká tyč | |
|---|-----------------|-------------------------|---------|-------|-------|--------|-------|-----------------------|-------|
| | | 18 WR | 26,5 WR | 32 WR | 36 WR | 40 WR | 47 WR | 32 WS | 36 WS |
| Jakost oceli - jmenovitá pevnost | MPa | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 |
| Plocha příčného řezu | mm ² | 241 | 552 | 804 | 1018 | 1257 | 1735 | 804 | 1018 |
| Hmotnost | kg/m | 1,96 | 4,48 | 6,53 | 8,27 | 10,205 | 14,10 | 6,313 | 7,99 |
| Charakteristická pevnost F _{pk} | kN | 255 | 580 | 845 | 1070 | 1320 | 1820 | 845 | 1070 |
| Síla na mezi kluzu 0,1% F _{p0,1} | kN | 230 | 525 | 760 | 960 | 1190 | 1650 | 760 | 960 |
| Předpínací síla při 0,8 x F _{pk} | kN | 204 | 464 | 676 | 856 | 1056 | 1456 | 676 | 856 |
| Stoupání závitu | | 8 | 13 | 16 | 18 | 20 | 21 | metrický | |
| Modul pružnosti | GPa | 205 ±5% | | | | | | | |
| Tažnost | % | 5 | | | | | | | |

Obr. 123: Seznam vyráběných předpínacích tyčí

$$2x \varnothing_{ty\check{c},h} = 47 \text{ mm} \quad A_{ty\check{c},h} = 3\,470 \text{ mm}^2 \quad N_{ty\check{c},h} = 2,09 \text{ MN}$$

$$2x \varnothing_{ty\check{c},d} = 36 \text{ mm} \quad A_{ty\check{c},d} = 2\,036 \text{ mm}^2 \quad N_{ty\check{c},d} = 1,23 \text{ MN}$$

Navržené příložky:

$$5x \varnothing_{příložky,30} = 16 \text{ mm} \quad A_{příložky,30} = 750 \text{ mm}^2 \quad N_{příložky,30} = 0,80 \text{ MN}$$

$$11x \varnothing_{příložky,120} = 16 \text{ mm} \quad A_{příložky,120} = 1\,650 \text{ mm}^2 \quad N_{příložky,120} = 1,76 \text{ MN}$$

$$2x \varnothing_{příložky,65-80} = 16 \text{ mm} \quad A_{příložky,120} = 482 \text{ mm}^2 \quad N_{příložky,120} = 0,51 \text{ MN}$$

Navržená excentricita

$$z_{ty\check{c},h} = 710 \text{ mm}$$

$$z_{ty\check{c},d} = 131 \text{ mm}$$

$$z_{příl.,30,120} = 710 \text{ mm}$$

$$z_{příl.,65-80} = 290 \text{ mm}$$

4.8.2.4 Předběžné posouzení průřezů

$$\sigma_{c,max,char.,i}^d = - \frac{N_{ty\check{c},h,i}}{A_{c,i}} + \frac{M_{i,max,char.}}{W_{d,i}} + N_{ty\check{c},h,i} * \frac{e_{ty\check{c},h,i}}{W_{d,i}} - \frac{N_{ty\check{c},d,i}}{A_{c,i}} - N_{ty\check{c},d,i} * \frac{e_{ty\check{c},d,i}}{W_{d,i}} \leq -0,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max,char.,65}^d = - \frac{2,091}{0,637} + \frac{0,306}{0,050} + 2,091 * \frac{0,160}{0,050} - \frac{1,227}{0,637} - 1,227 * \frac{0,455}{0,050} = -3,587 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma_{c,min,char.,i}^h = - \frac{N_{ty\check{c},h,i}}{A_{c,i}} + \frac{M_{i,min,char.}}{W_{h,i}} - N_{ty\check{c},h,i} * \frac{e_{ty\check{c},h,i}}{W_{h,i}} - \frac{N_{ty\check{c},d,i}}{A_{c,i}} + N_{ty\check{c},d,i} * \frac{e_{ty\check{c},d,i}}{W_{h,i}} - \frac{N_{příložky}}{A_{c,i}} - N_{příložky} * \frac{e_{příložky}}{W_{h,i}} \leq -0,50 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\min,\text{char},110}^h &= - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,123}{0,073} - 2,091 * \frac{0,189}{0,073} - \frac{1,227}{0,637} \\ &+ 1,227 * \frac{0,426}{0,073} - \frac{0,000}{0,637} - 0,000 * \frac{0,192}{0,073} \\ &= -1,78 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\min,\text{char},30}^h &= - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,267}{0,082} - 2,091 * \frac{0,173}{0,082} - \frac{1,227}{0,637} \\ &+ 1,227 * \frac{0,442}{0,082} - \frac{0,801}{0,637} - 0,801 * \frac{0,176}{0,082} \\ &= -2,71 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\min,\text{char},120}^h &= - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,340}{0,084} - 2,091 * \frac{0,169}{0,084} - \frac{1,227}{0,637} \\ &+ 1,227 * \frac{0,446}{0,084} - \frac{1,761}{0,637} - 1,761 * \frac{0,176}{0,084} \\ &= -5,29 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{OK} \end{aligned}$$

4.8.3 Návrh předpínací výztuže v segmentové části v provozní fázi

4.8.3.1 Přehled vnitřních sil v provozní fázi

$$\begin{aligned} M_{\max,\text{provoz, char.}} &= 449,88 \text{ kNm} & M'_{\max,\text{provoz, char.}} &= 393,68 \text{ kNm} \\ M_{\min,\text{provoz, char.}} &= -352,47 \text{ kNm} & M'_{\min,\text{provoz, char.}} &= -352,47 \text{ kNm} \\ M_{30,\text{min, provoz, char.}} &= -466,83 \text{ kNm} & M_{30',\text{min, provoz, char.}} &= -466,83 \text{ kNm} \\ M_{120,\text{min, provoz, char.}} &= -610,96 \text{ kNm} & M_{120',\text{min, provoz, char.}} &= -610,96 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.8.3.2 Návrh předpínacích lan v segmentové části

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\max,\text{char},i}^d &= - \frac{N_{\text{tyč},h,i}}{A_{c,i}} + \frac{M'_{i,\max,\text{char.}}}{W_{d,i}} + N_{\text{tyč},h,i} * \frac{e_{\text{tyč},h,i}}{W_{d,i}} - \frac{N_{\text{tyč},d,i}}{A_{c,i}} \\ &- N_{\text{tyč},d,i} * \frac{e_{\text{tyč},d,i}}{W_{d,i}} - \frac{N_{\text{lana},i}}{A_{c,i}} - N_{\text{lana},i} * \frac{e_{\text{lana},i}}{W_{d,i}} \\ &= -0,50 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\max,\text{char},115}^d &= - \frac{2,091}{0,637} + \frac{0,394}{0,052} + 2,091 * \frac{0,160}{0,052} - \frac{1,227}{0,637} \\ &- 1,227 * \frac{0,455}{0,052} - \frac{N_{\text{lana},115}}{0,637} + N_{\text{lana},115} * \frac{0,045}{0,052} \\ &= -0,50 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad N_{\text{lana},115} = -2,056 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c,max,char.,i}^h = - \frac{N_{tyč,h,i}}{A_{c,i}} - \frac{M'_{i,max,char.}}{W_{h,i}} - N_{tyč,h,i} * \frac{e_{tyč,h,i}}{W_{h,i}} - \frac{N_{tyč,d,i}}{A_{c,i}}$$

$$+ N_{tyč,d,i} * \frac{e_{tyč,d,i}}{W_{h,i}} - \frac{N_{lana,i}}{A_{c,i}} + N_{lana,i} * \frac{e_{lana,i}}{W_{h,i}}$$

$$- \frac{N_{příložky}}{A_{c,i}} - N_{příložky} * \frac{e_{příložky}}{W_{h,i}} = -0,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max,char.,110}^h = - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,352}{0,073} - 2,091 * \frac{0,160}{0,073} - \frac{1,227}{0,637}$$

$$+ 1,227 * \frac{0,455}{0,073} - \frac{N_{lana,115}}{0,6374} - N_{lana,115} * \frac{0,074}{0,073}$$

$$- \frac{0,000}{0,637} - 0 * \frac{0,192}{0,073} = -0,50 \text{ MPa}$$

$$N_{lana,110} = 1,225 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,max,char.,30}^h = - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,467}{0,082} - 2,091 * \frac{0,160}{0,082} - \frac{1,227}{0,637}$$

$$+ 1,227 * \frac{0,455}{0,082} - \frac{N_{lana,30}}{0,637} - N_{lana,30} * \frac{0,058}{0,082}$$

$$- \frac{0,801}{0,637} - 0,801 * \frac{0,176}{0,082} = -0,50 \text{ MPa}$$

$$N_{lana,30} = 0,336 \text{ MN}$$

$$\sigma_{c,max,char.,120}^h = - \frac{2,091}{0,637} - \frac{-0,611}{0,084} - 2,091 * \frac{0,160}{0,084} - \frac{1,227}{0,637}$$

$$+ 1,227 * \frac{0,455}{0,084} - \frac{N_{lana,120}}{0,637} - N_{lana,120} * \frac{0,054}{0,084}$$

$$- \frac{1,761}{0,637} - 1,761 * \frac{0,172}{0,084} = -0,50 \text{ MPa}$$

$$N_{lana,120} = -0,511 \text{ MN}$$

$$\sigma_{p,max} = 1\,423,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p(100 \text{ let}) = 1\,067,48 \text{ MPa}$$

$$A_{lano} = 150 \text{ mm}^2$$

$$\varnothing_{lano} = 15,7 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{tyč,65-80} = 18 \text{ mm}$$

$$A_{tyč,65-80} = 241 \text{ mm}^2$$

Tab. 9: Seznam potřebných předpínacích lan v jednotlivých řezech segmentové oblasti

| Řez | $A_{p,nut}$ [mm ²] | $n_{p,nut}$ |
|-----|-----------------------------------|-------------|
| 115 | -1925,98 | -12,84 |
| 110 | 1147,29 | 7,65 |
| 30 | 314,78 | 2,10 |
| 120 | -479,03 | -3,19 |

Podle těchto kritérií by bylo navrženo 13 lan. Ty ale způsobovaly příliš velký tlak, proto byla upravena excentricita a počet lan tak, aby vyhovovaly všem kritériím, tedy ve všech situacích tlak $\sigma \leq -0,50 \text{ MPa}$ a zároveň $\sigma \geq f_{ck}(t)$.

$$n_{lan} = 11 \text{ ks}$$

4.9 Podrobné stanovení účinků předpětí

Schéma navržené předpínací výztuže je v příloze č. 3.

4.9.1 Monolitická oblast (směr Zálabí)

| | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| Rozpětí 1: | 18 000 mm | |
| Rozpětí 2: | 18 000 mm | |
| Rozpětí 3: | 4 700 mm | |
| $L_{\text{příložka,10,L}} = L_{\text{příložka,10,P}} =$ | 4 000 mm | |
| $L_{\text{příložka,20,L}} = L_{\text{příložka,20,P}} =$ | 4 000 mm | |
| $\sigma_{p,\text{max}} = \min\{0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1636,8\} =$ | 1 473 MPa | |
| $P_{\text{max,z}} =$ | 1,326 MN | v průběžně zvedaných kabelech |
| $P_{\text{max,d,10}} =$ | 1,326 MN | v příložkách řezu 10 |
| $P_{\text{max,d,20}} =$ | 2,430 MN | v příložkách řezu 20 |
| Ztráty: | v době vnesení předpětí: | 5% |
| | v době uvedení do provozu: | 15% |
| | na konci životnosti (100 let): | 25% |

Navržená excentricita:

| | | | |
|------------|------------|---------------------------|---------|
| $e_1 =$ | 0,00 mm | | |
| $e_2 =$ | 370,00 mm | | |
| $e_3 =$ | 370,00 mm | | |
| $e_4 =$ | -151,00 mm | $e_{\text{příložky,4}} =$ | 0,00 mm |
| $e_5 =$ | -151,00 mm | $e_{\text{příložky,5}} =$ | 0,00 mm |
| $e_6 =$ | 315,00 mm | | |
| $e_7 =$ | 315,00 mm | | |
| $e_8 =$ | -80,00 mm | $e_{\text{příložky,8}} =$ | 0,00 mm |
| $e_9 =$ | -80,00 mm | $e_{\text{příložky,9}} =$ | 0,00 mm |
| $e_{10} =$ | 0,00 mm | | |

Příčné síly od předpětí vyvozené průběžnými zvedanými kabelemi:

| | | | |
|-------------------------|------------|---------|----------|
| $F_{1,p,\text{max}} =$ | 182,82 kN | $L_1 =$ | 3 604 mm |
| $F_{2,p,\text{max}} =$ | -136,10 kN | $L_2 =$ | 6 029 mm |
| $F_{3,p,\text{max}} =$ | -106,03 kN | $L_3 =$ | 6 514 mm |
| $F_{4,p,\text{max}} =$ | 106,03 kN | $L_4 =$ | 3 712 mm |
| $F_{5,p,\text{max}} =$ | 116,36 kN | $L_5 =$ | 5 309 mm |
| $F_{6,p,\text{max}} =$ | -116,36 kN | $L_6 =$ | 4 373 mm |
| $F_{7,p,\text{max}} =$ | -98,23 kN | $L_7 =$ | 5 331 mm |
| $F_{8,p,\text{max}} =$ | 98,23 kN | $L_8 =$ | 1 389 mm |
| $F_{9,p,\text{max}} =$ | 23,89 kN | $L_9 =$ | 4 439 mm |
| $F_{10,p,\text{max}} =$ | -23,89 kN | | |

Příčné spojité zatížení průběžnými zvedanými kabely:

| | | | |
|-----------------|--------------|---------|---------|
| $p_{1,p,max} =$ | -21,157 kN/m | $L_1 =$ | 6433 mm |
| $p_{2,p,max} =$ | -14,426 kN/m | $L_2 =$ | 7350 mm |
| $F_{3,p,max} =$ | 224,168 kN/m | $L_3 =$ | 473 mm |
| $p_{4,p,max} =$ | 361,379 kN/m | $L_4 =$ | 322 mm |
| $p_{5,p,max} =$ | -18,091 kN/m | $L_5 =$ | 6432 mm |
| $p_{6,p,max} =$ | -18,057 kN/m | $L_6 =$ | 5440 mm |
| $p_{7,p,max} =$ | 160,503 kN/m | $L_7 =$ | 612 mm |
| $p_{8,p,max} =$ | 163,643 kN/m | $L_8 =$ | 146 mm |

4.9.1.1 Výpočet vnitřních sil od předpětí pomocí třímomentové rovnice

výpočet m_a :

| Síla | $P_{i,max}$ [kN] | L_1 [m] | p [m] | p' [m] | m_a [kNm] |
|-----------------|---------------------|--------------|------------|-------------|-----------------|
| $F_{2,p,max} =$ | -136,101 | 18 | 3,604 | 14,396 | -470,845 |
| $F_{3,p,max} =$ | -106,032 | 18 | 9,633 | 8,367 | -728,8692 |
| $F_{4,p,max} =$ | 106,032 | 18 | 16,147 | 1,853 | <u>334,3567</u> |
| | | | | | -865,3575 |

výpočet n_c :

| Síla | $P_{i,max}$ [kN] | L_2 [m] | p [m] | p' [m] | n_c [kNm] |
|-----------------|---------------------|--------------|------------|-------------|------------------|
| $F_{5,p,max} =$ | 116,364 | 18 | 1,859 | 16,141 | 367,92517 |
| $F_{6,p,max} =$ | -116,364 | 18 | 7,168 | 10,832 | -803,9978 |
| $F_{7,p,max} =$ | -98,228 | 18 | 11,541 | 6,459 | -552,7593 |
| $F_{8,p,max} =$ | 98,228 | 18 | 16,872 | 1,128 | <u>110,36564</u> |
| | | | | | -878,4663 |

$$M_a(L_1/I_1) + 2M_b(L_1/I_1 + L_2/I_2) + M_c(L_2/I_2) + m_a(L_1/I_1) + n_c(L_2/I_2) = 0$$

$$M_a = 0,000 \text{ kNm}$$

$$M_c = 106,056 \text{ kNm}$$

Třímomentová rovnice:

$$0,000 \frac{18}{1} + 2 M_b \frac{36}{1} + 106,056 \frac{18}{1} + (-865,357) \frac{18}{1} + (-878,466) \frac{18}{1} = 0$$

$$\rightarrow M_b = 409,442 \text{ kNm}$$

4.9.1.2 Ohybové momenty na prostě uloženém nosníku

4.9.1.2.1 První pole

Tab. 10: Ohybové momenty v prvním poli monolitické části (směr Zálabí), kdyby byly trámy uloženy prostě

| Rozpětí pole [m] | Staničení globální [m] | Staničení lokální [m] | F _{2,p,max} = | | | |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| | | | P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] |
| 18,000 | 0,000 | 0,000 | -136,101 | 3,604 | -108,851 | 0,000 |
| 18,000 | 3,604 | 3,604 | -136,101 | 3,604 | -108,851 | -392,298 |
| 18,000 | 9,633 | 9,633 | -136,101 | 3,604 | -108,851 | -228,005 |
| 18,000 | 16,147 | 16,147 | -136,101 | 3,604 | -108,851 | -50,495 |
| 18,000 | 18,000 | 18,000 | -136,101 | 3,604 | -108,851 | 0,000 |

| F _{3,p,max} = | | | | F _{4,p,max} = | | | | ΣM ₀ [kNm] |
|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] | P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] | |
| -106,032 | 9,633 | -49,287 | 0,000 | 106,032 | 16,147 | 10,915 | 0,000 | 0,000 |
| -106,032 | 9,633 | -49,287 | -177,630 | 106,032 | 16,147 | 10,915 | 39,339 | -530,590 |
| -106,032 | 9,633 | -49,287 | -474,782 | 106,032 | 16,147 | 10,915 | 105,148 | -597,639 |
| -106,032 | 9,633 | -49,287 | -105,148 | 106,032 | 16,147 | 10,915 | 176,250 | 20,607 |
| -106,032 | 9,633 | -49,287 | 0,000 | 106,032 | 16,147 | 10,915 | 0,000 | 0,000 |

4.9.1.2.2 Druhé pole

Tab. 11: Ohybové momenty v druhém poli monolitické části (směr Zálabí), kdyby byly trámy uloženy prostě

| Rozpětí pole [m] | Staničení globální [m] | Staničení lokální [m] | F _{5,p,max} = | | | |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| | | | P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] |
| 18,000 | 18,000 | 0,000 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 0,000 |
| 18,000 | 19,859 | 1,859 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 193,979 |
| 18,000 | 25,168 | 7,168 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 130,177 |
| 18,000 | 29,541 | 11,541 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 77,623 |
| 18,000 | 34,872 | 16,872 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 13,556 |
| 18,000 | 36,000 | 18,000 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 0,000 |
| 18,000 | 36,261 | 18,261 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 0,000 |
| 18,000 | 40,700 | 22,700 | 116,364 | 1,859 | 104,346 | 0,000 |

| F _{6,p,max} = | | | | F _{7,p,max} = | | | |
|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] | P _i [kN] | x [m] | R _{0,l} [kN] | M ₀ [kNm] |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | 0,000 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | 0,000 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | -130,177 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | -65,525 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | -501,941 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | -252,653 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | -299,302 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | -406,790 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | -52,270 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | -71,042 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | 0,000 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | 0,000 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | 0,000 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | 0,000 |
| -116,364 | 7,168 | -70,025 | 0,000 | -98,228 | 11,541 | -35,247 | 0,000 |

| F _{8,p,max} = | | | | F _{9,p,max} = | | | |
|------------------------|--------|------------------|----------------|------------------------|--------|------------------|----------------|
| P _i | x | R _{0,l} | M ₀ | P _i | x | R _{0,l} | M ₀ |
| [kN] | [m] | [kN] | [kNm] | [kN] | [m] | [kN] | [kNm] |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 0,000 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | 0,000 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 11,443 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | -0,644 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 44,123 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | -2,483 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 71,042 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | -3,998 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 103,857 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | -5,845 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 0,000 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | -6,236 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 0,000 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | 0,000 |
| 98,228 | 16,872 | 6,156 | 0,000 | 23,892 | 18,261 | -0,346 | 0,000 |

| F _{10,p,max} = | | | | ΣM ₀ |
|-------------------------|--------|------------------|----------------|-----------------|
| P _i | x | R _{0,l} | M ₀ | |
| [kN] | [m] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 0,000 | 0,000 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 11,597 | 20,674 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 44,717 | -538,060 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 71,998 | -489,427 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 105,255 | 93,511 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 112,292 | 106,056 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 106,056 | 106,056 |
| -23,892 | 22,700 | 6,238 | 0,000 | 0,000 |

4.9.1.3 Výpočet ohybových momentů na spojitém nosníku

Tab. 12: Ohybové momenty v prvním poli monolitické části (směr Zálabí) se započtením staticky neurčitého momentu

| Konstrukce | | | Ohybové momenty na spojitém nosníku | | | | | |
|------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|
| Rozpětí pole [m] | Staničení globální [m] | Staničení lokální [m] | M ₀ [kNm] | M _l [kNm] | x [m] | M _p [kNm] | x' [m] | M _x [kNm] |
| 18,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 409,4 | 18,000 | 0,0 |
| 18,000 | 3,604 | 3,604 | -530,590 | 0,000 | 3,604 | 409,4 | 14,396 | -448,6 |
| 18,000 | 9,633 | 9,633 | -597,639 | 0,000 | 9,633 | 409,4 | 8,367 | -378,5 |
| 18,000 | 16,147 | 16,147 | 20,607 | 0,000 | 16,147 | 409,4 | 1,853 | 387,9 |
| 18,000 | 18,000 | 18,000 | 0,000 | 0,000 | 18,000 | 409,4 | 0,000 | 409,4 |
| 18,000 | 18,000 | 0,000 | 0,000 | 409,442 | 0,000 | 0,0 | 18,000 | 409,4 |
| 18,000 | 19,859 | 1,859 | 20,674 | 409,442 | 1,859 | 0,0 | 16,141 | 387,8 |
| 18,000 | 25,168 | 7,168 | -538,060 | 409,442 | 7,168 | 0,0 | 10,832 | -291,7 |
| 18,000 | 29,541 | 11,541 | -489,427 | 409,442 | 11,541 | 0,0 | 6,459 | -342,5 |
| 18,000 | 34,872 | 16,872 | 93,511 | 409,442 | 16,872 | 0,0 | 1,128 | 119,2 |
| 18,000 | 36,000 | 18,000 | 106,056 | 409,442 | 18,000 | 0,0 | 0,000 | 106,1 |
| 18,000 | 36,261 | 18,261 | 106,056 | 409,442 | 18,000 | 0,0 | 0,000 | 106,1 |
| 18,000 | 40,700 | 22,700 | 0,000 | 409,442 | 18,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 |

Tab. 13: Průběh ohybového momentu po délce monolitické části (směr Zálabí)

| Řez | Globální staničení [m] | M_{P0} [kNm] | DM_P [kNm] | M_P [kNm] | $M_{přiložky}$ [kNm] | M_{celkem} [kNm] |
|-----|------------------------|----------------|--------------|-------------|----------------------|--------------------|
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 3,60 | -490,51 | 41,90 | -448,61 | 0,00 | -448,61 |
| 4 | 7,20 | -490,51 | 83,70 | -406,80 | 0,00 | -406,80 |
| | 9,63 | -490,51 | 111,99 | -378,52 | 0,00 | -378,52 |
| | 14,00 | -27,47 | 162,76 | 135,29 | 0,00 | 135,29 |
| | 14,00 | -27,47 | 162,76 | 135,29 | 0,00 | 135,29 |
| | 16,15 | 200,18 | 187,72 | 387,90 | 0,00 | 387,90 |
| 10 | 18,00 | 200,18 | 209,26 | 409,44 | 0,00 | 409,44 |
| | 19,86 | 200,18 | 187,65 | 387,83 | 0,00 | 387,83 |
| | 22,00 | -48,95 | 162,76 | 113,80 | 0,00 | 113,80 |
| | 22,00 | -48,95 | 162,76 | 113,80 | 0,00 | 113,80 |
| | 25,17 | -417,60 | 125,93 | -291,67 | 0,00 | -291,67 |
| 15 | 27,00 | -417,60 | 104,63 | -312,96 | 0,00 | -312,96 |
| | 29,54 | -417,60 | 75,09 | -342,51 | 0,00 | -342,51 |
| | 32,00 | -176,05 | 46,50 | -129,55 | 0,00 | -129,55 |
| | 32,00 | -176,05 | 46,50 | -129,55 | 0,00 | -129,55 |
| | 34,87 | 106,06 | 13,11 | 119,17 | 0,00 | 119,17 |
| 20 | 36,00 | 106,06 | 0,00 | 106,06 | 0,00 | 106,06 |
| | 36,26 | 106,06 | 0,00 | 106,06 | 0,00 | 106,06 |
| | 40,00 | 16,72 | 0,00 | 16,72 | 0,00 | 16,72 |
| | 40,00 | 16,72 | 0,00 | 16,72 | 0,00 | 16,72 |
| | 40,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 14: Seznam vnitřních sil od předpětí v posuzovaných řezech monolitické části (směr Zálabí)

| Řez | Maximální hodnoty | | Vnesení předpětí | | Uvedení do provozu | | Konec životnosti | |
|-----|-------------------|----------|------------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|
| | M | N | M | N | M | N | M | N |
| | [kNm] | [kN] | [kNm] | [kN] | [kNm] | [kN] | [kNm] | [kN] |
| 0 | 0,00 | -1325,70 | 0,00 | -1259,42 | 0,00 | -1126,85 | 0,00 | -994,28 |
| 4 | -406,80 | -1325,70 | -386,46 | -1259,42 | -345,78 | -1126,85 | -305,10 | -994,28 |
| 10 | 409,44 | -2651,40 | 388,97 | -2518,83 | 348,03 | -2253,69 | 307,08 | -1988,55 |
| 15 | -312,96 | -1325,70 | -297,32 | -1259,42 | -266,02 | -1126,85 | -234,72 | -994,28 |
| 20 | 106,06 | -3756,15 | 100,75 | -3568,34 | 90,15 | -3192,73 | 79,54 | -2817,11 |

4.9.2 Monolitická oblast (směr centrum)

| | | | |
|---|--------------------------------|----|-------------------------------|
| Rozpětí 1: | 4700 | mm | |
| Rozpětí 2: | 18000 | mm | |
| Rozpětí 3: | 18000 | mm | |
| Rozpětí 4: | 18000 | mm | |
| Rozpětí 5: | 16500 | mm | |
| $L_{\text{příložka,130,L}} = L_{\text{příložka,130,P}}$ | 4000 | mm | |
| $L_{\text{příložka,140,L}} = L_{\text{příložka,140,P}}$ | 4000 | mm | |
| $L_{\text{příložka,150,L}} = L_{\text{příložka,150,P}}$ | 4000 | mm | |
| $L_{\text{příložka,160,L}} = L_{\text{příložka,160,P}}$ | 4000 | mm | |
| $\sigma_{p,\text{max}} = \min\{0,8*1860; 0,9*1636,8\}$ | | | 1473 MPa |
| $P_{\text{max,z}}$ | 0,884 | MN | v průběžně zvedaných kabelech |
| $P_{\text{max,d,130}}$ | 2,651 | MN | v příložkách řezu 130 |
| $P_{\text{max,d,135}}$ | 1,326 | MN | v příložkách řezu 135 |
| $P_{\text{max,d,140}}$ | 1,326 | MN | v příložkách řezu 140 |
| $P_{\text{max,d,150}}$ | 0,663 | MN | v příložkách řezu 150 |
| $P_{\text{max,d,160}}$ | 0,442 | MN | v příložkách řezu 160 |
| Ztráty: | v době vnesení předpětí: | | 5% |
| | v době uvedení do provozu: | | 15% |
| | na konci životnosti (100 let): | | 25% |

Navržená excentricita:

| | | | |
|------------|------|----|-------------------------------------|
| $e_1 =$ | 0 | mm | |
| $e_2 =$ | -130 | mm | $e_{130,\text{příložka}} = 0$ mm |
| $e_3 =$ | -130 | mm | |
| $e_4 =$ | 338 | mm | $e_{135,\text{příložka}} = 0$ mm |
| $e_5 =$ | 338 | mm | |
| $e_6 =$ | -115 | mm | $e_{140,\text{příložka}} = 0$ mm |
| $e_7 =$ | -115 | mm | |
| $e_8 =$ | 300 | mm | |
| $e_9 =$ | 300 | mm | |
| $e_{10} =$ | -160 | mm | $e_{150,\text{příložka}} = -163$ mm |
| $e_{11} =$ | -160 | mm | |
| $e_{12} =$ | 350 | mm | |
| $e_{13} =$ | 350 | mm | |
| $e_{14} =$ | -110 | mm | $e_{160,\text{příložka}} = -165$ mm |
| $e_{15} =$ | -110 | mm | |
| $e_{16} =$ | 380 | mm | |
| $e_{17} =$ | 380 | mm | |
| $e_{18} =$ | 0 | mm | |

Příčné síly od předpětí vyvozené průběžnými zvedanými kabely:

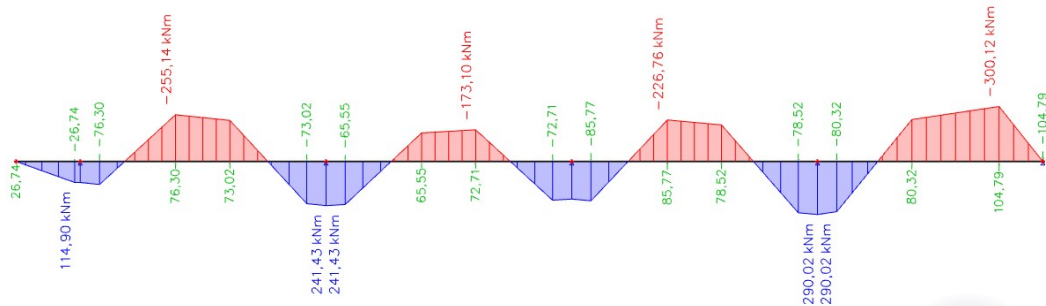
| | | | |
|------------------|------------|------------|----------|
| $F_{1,p,max} =$ | -26,74 kN | $L_1 =$ | 4 297 mm |
| $F_{2,p,max} =$ | 26,74 kN | $L_2 =$ | 1 820 mm |
| $F_{3,p,max} =$ | 74,39 kN | $L_3 =$ | 5 560 mm |
| $F_{4,p,max} =$ | -74,39 kN | $L_4 =$ | 3 986 mm |
| $F_{5,p,max} =$ | -71,14 kN | $L_5 =$ | 5 628 mm |
| $F_{6,p,max} =$ | 71,14 kN | $L_6 =$ | 2 817 mm |
| $F_{7,p,max} =$ | 65,55 kN | $L_7 =$ | 5 595 mm |
| $F_{8,p,max} =$ | -65,55 kN | $L_8 =$ | 3 960 mm |
| $F_{9,p,max} =$ | -72,24 kN | $L_9 =$ | 5 628 mm |
| $F_{10,p,max} =$ | 72,24 kN | $L_{10} =$ | 2 817 mm |
| $F_{11,p,max} =$ | 80,56 kN | $L_{11} =$ | 5 595 mm |
| $F_{12,p,max} =$ | -80,56 kN | $L_{12} =$ | 3 960 mm |
| $F_{13,p,max} =$ | -72,24 kN | $L_{13} =$ | 5 628 mm |
| $F_{14,p,max} =$ | 72,24 kN | $L_{14} =$ | 2 817 mm |
| $F_{15,p,max} =$ | 78,71 kN | $L_{15} =$ | 5 502 mm |
| $F_{16,p,max} =$ | -78,71 kN | $L_{16} =$ | 6 385 mm |
| $F_{17,p,max} =$ | -104,79 kN | $L_{17} =$ | 3 205 mm |
| $F_{18,p,max} =$ | 104,79 kN | | |

Příčné spojité zatížení průběžnými zvedanými kabely:

| | | | |
|------------------|--------------|------------|---------|
| $p_{1,p,max} =$ | 230,502 kN/m | $L_1 =$ | 116 mm |
| $p_{2,p,max} =$ | 122,154 kN/m | $L_2 =$ | 609 mm |
| $F_{3,p,max} =$ | -10,681 kN/m | $L_3 =$ | 6965 mm |
| $p_{4,p,max} =$ | -10,181 kN/m | $L_4 =$ | 6987 mm |
| $p_{5,p,max} =$ | 128,407 kN/m | $L_5 =$ | 554 mm |
| $p_{6,p,max} =$ | 107,643 kN/m | $L_6 =$ | 609 mm |
| $p_{7,p,max} =$ | -9,412 kN/m | $L_7 =$ | 6965 mm |
| $p_{8,p,max} =$ | -10,339 kN/m | $L_8 =$ | 6987 mm |
| $p_{9,p,max} =$ | 130,391 kN/m | $L_9 =$ | 554 mm |
| $p_{10,p,max} =$ | 132,284 kN/m | $L_{10} =$ | 609 mm |
| $p_{11,p,max} =$ | -11,567 kN/m | $L_{11} =$ | 6965 mm |
| $p_{12,p,max} =$ | -10,339 kN/m | $L_{12} =$ | 6987 mm |
| $p_{13,p,max} =$ | 130,391 kN/m | $L_{13} =$ | 554 mm |
| $p_{14,p,max} =$ | 129,245 kN/m | $L_{14} =$ | 609 mm |
| $p_{15,p,max} =$ | -10,670 kN/m | $L_{15} =$ | 7377 mm |
| $p_{16,p,max} =$ | -16,196 kN/m | $L_{16} =$ | 6470 mm |

Tab. 15: Průběh ohybového momentu po délce monolitické části (směr centrum)

| Řez | Globální staničení [m] | M_{celkem} [kNm] |
|-----|------------------------|---------------------------|
| | 0,00 | 0,00 |
| | 0,70 | 18,07 |
| | 0,70 | 18,07 |
| | 4,30 | 110,95 |
| 130 | 4,70 | 114,90 |
| | 6,12 | 125,91 |
| | 8,70 | -51,11 |
| | 8,70 | -51,11 |
| | 11,68 | -255,14 |
| 135 | 13,70 | -239,43 |
| | 15,66 | -224,18 |
| | 18,70 | 21,17 |
| | 18,70 | 21,17 |
| | 21,29 | 230,49 |
| 140 | 22,70 | 241,43 |
| | 24,11 | 235,29 |
| | 26,70 | 54,09 |
| | 26,70 | 54,09 |
| | 29,70 | -155,84 |
| 145 | 31,70 | -164,54 |
| | 33,66 | -173,10 |
| | 36,70 | 34,49 |
| | 36,70 | 34,49 |
| | 39,29 | 211,59 |
| 150 | 40,70 | 205,45 |
| | 42,11 | 215,03 |
| | 44,70 | 10,36 |
| | 44,70 | 10,36 |
| | 47,70 | -226,76 |
| 155 | 49,70 | -213,16 |
| | 51,66 | -199,80 |
| | 54,70 | 59,34 |
| | 54,70 | 59,34 |
| | 57,29 | 280,43 |
| 160 | 58,70 | 290,02 |
| | 60,11 | 262,29 |
| | 62,70 | 29,92 |
| | 62,70 | 29,92 |
| | 65,61 | -230,96 |
| 166 | 68,60 | -268,26 |
| | 72,00 | -300,12 |
| 170 | 75,20 | 0,00 |



Obr. 124: Průběh ohybových momentů od předpětí v monolitické části (směr centrum)

Tab. 16: Seznam vnitřních sil od předpětí v posuzovaných řezech monolitické části (směr centrum)

| Řez | Maximální hodnoty | | Konec životnosti | |
|-----|-------------------|----------|------------------|----------|
| | M | N | M | N |
| | [kNm] | [kN] | [kNm] | [kN] |
| 130 | 114,90 | -3535,20 | 86,18 | -2651,40 |
| 135 | -239,43 | -2209,50 | -179,57 | -1657,13 |
| 140 | 241,43 | -2209,50 | 181,07 | -1657,13 |
| 145 | -164,54 | -883,80 | -123,41 | -662,85 |
| 150 | 205,45 | -1988,55 | 154,09 | -1491,41 |
| 155 | -213,16 | -883,80 | -159,87 | -662,85 |
| 160 | 290,02 | -1325,70 | 217,52 | -994,28 |
| 166 | -268,26 | -883,80 | -201,20 | -662,85 |
| 170 | 0,00 | -883,80 | 0,00 | -662,85 |

4.9.3 Segmentová část

$$\sigma_{p,max} = \min\{0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1636,8\} = 1473 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tyč,max} = 1050 \text{ MPa}$$

$$P_{max,tyč,h} = 2,09 \text{ MN} \quad \text{v horních tyčích}$$

$$P_{max,kabely} = 2,43045 \text{ MN} \quad \text{v průběžně zvedaných kabelech}$$

$$P_{max,tyč,d} = 1,23 \text{ MN} \quad \text{ve spodních tyčích}$$

$$P_{příložky,30} = 0,80 \text{ MN} \quad \text{v příložkách řezu 30}$$

$$P_{příložky,65-80} = 0,51 \text{ MN} \quad \text{v příložkách řezu 65 - 80}$$

$$P_{příložky,120} = 1,76 \text{ MN} \quad \text{v příložkách řezu 120}$$

| | | |
|---------|--------------------------------|------|
| Ztráty: | v době vnesení předpětí: | 5 % |
| | v době uvedení do provozu: | 15 % |
| | na konci životnosti (100 let): | 25 % |

Vzdálenost předpínacích tyčí a lan od spodní hrany trámu:

$$z_{tyč,h} = 710 \text{ mm}$$

$$z_{tyč,d} = 131 \text{ mm}$$

$$z_{příložky,80} = 290 \text{ mm}$$

$$z_{příložky,h} = 710 \text{ mm}$$

$$z_{lana} = 563 \text{ mm}$$

Vzdálenost neutrální osy od spodní hrany trámu:

| | | | |
|--------------|--------|---------------|--------|
| $Z_{T,25} =$ | 567 mm | $Z_{T,80} =$ | 503 mm |
| $Z_{T,30} =$ | 532 mm | $Z_{T,85} =$ | 545 mm |
| $Z_{T,35} =$ | 559 mm | $Z_{T,90} =$ | 503 mm |
| $Z_{T,40} =$ | 515 mm | $Z_{T,95} =$ | 545 mm |
| $Z_{T,45} =$ | 545 mm | $Z_{T,100} =$ | 503 mm |
| $Z_{T,50} =$ | 503 mm | $Z_{T,105} =$ | 545 mm |
| $Z_{T,55} =$ | 545 mm | $Z_{T,110} =$ | 516 mm |
| $Z_{T,60} =$ | 503 mm | $Z_{T,115} =$ | 561 mm |
| $Z_{T,65} =$ | 545 mm | $Z_{T,120} =$ | 536 mm |
| $Z_{T,70} =$ | 503 mm | $Z_{T,125} =$ | 579 mm |
| $Z_{T,75} =$ | 545 mm | | |

Tab. 17: Seznam vnitřních sil od předpětí v posuzovaných řezech segmentové oblasti

| Řez | Fáze stavby | | Maximální hodnoty | | Vnesení předpětí | | Uvedení do provozu | | Konec životnosti | |
|-----|-------------|----------|-------------------|----------|------------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|
| | <i>M</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>N</i> |
| | [kNm] | [MN] | [kNm] | [MN] | [kNm] | [MN] | [kNm] | [MN] | [kNm] | [MN] |
| 25 | -235,91 | -3,32 | -245,63 | -5,75 | -233,35 | -5,46 | -208,79 | -4,89 | -184,23 | -4,31 |
| 30 | 22,72 | -4,12 | 98,07 | -5,75 | 93,16 | -5,46 | 83,36 | -4,89 | 73,55 | -4,31 |
| 35 | -209,37 | -3,32 | -199,65 | -5,75 | -189,66 | -5,46 | -169,70 | -4,89 | -149,74 | -4,31 |
| 40 | -63,38 | -3,32 | 53,28 | -5,75 | 50,62 | -5,46 | 45,29 | -4,89 | 39,96 | -4,31 |
| 45 | -162,92 | -3,32 | -119,17 | -5,75 | -113,21 | -5,46 | -101,29 | -4,89 | -89,38 | -4,31 |
| 50 | -23,56 | -3,32 | 122,26 | -5,75 | 116,15 | -5,46 | 103,92 | -4,89 | 91,70 | -4,31 |
| 55 | -162,92 | -3,32 | -119,17 | -5,75 | -113,21 | -5,46 | -101,29 | -4,89 | -89,38 | -4,31 |
| 60 | -23,56 | -3,32 | 122,26 | -5,75 | 116,15 | -5,46 | 103,92 | -4,89 | 91,70 | -4,31 |
| 65 | -291,97 | -3,82 | -248,23 | -6,25 | -235,81 | -5,94 | -210,99 | -5,32 | -186,17 | -4,69 |
| 70 | -131,36 | -3,82 | 14,46 | -6,25 | 13,74 | -5,94 | 12,29 | -5,32 | 10,85 | -4,69 |
| 75 | -291,97 | -3,82 | -248,23 | -6,25 | -235,81 | -5,94 | -210,99 | -5,32 | -186,17 | -4,69 |
| 80 | -131,36 | -3,82 | 14,46 | -6,25 | 13,74 | -5,94 | 12,29 | -5,32 | 10,85 | -4,69 |
| 85 | -162,92 | -3,32 | -119,17 | -5,75 | -113,21 | -5,46 | -101,29 | -4,89 | -89,38 | -4,31 |
| 90 | -23,56 | -3,32 | 122,26 | -5,75 | 116,15 | -5,46 | 103,92 | -4,89 | 91,70 | -4,31 |
| 95 | -162,92 | -3,32 | -119,17 | -5,75 | -113,21 | -5,46 | -101,29 | -4,89 | -89,38 | -4,31 |
| 100 | -23,56 | -3,32 | 122,26 | -5,75 | 116,15 | -5,46 | 103,92 | -4,89 | 91,70 | -4,31 |
| 105 | -162,92 | -3,32 | -119,17 | -5,75 | -113,21 | -5,46 | -101,29 | -4,89 | -89,38 | -4,31 |
| 110 | -66,70 | -3,32 | 47,53 | -5,75 | 45,16 | -5,46 | 40,40 | -4,89 | 35,65 | -4,31 |
| 115 | -216,01 | -3,32 | -211,14 | -5,75 | -200,59 | -5,46 | -179,47 | -4,89 | -158,36 | -4,31 |
| 120 | 173,42 | -5,08 | 239,04 | -5,75 | 227,09 | -5,46 | 203,18 | -4,89 | 179,28 | -4,31 |
| 125 | -275,73 | -3,32 | -314,62 | -5,75 | -298,88 | -5,46 | -267,42 | -4,89 | -235,96 | -4,31 |

4.10MSP – mezní stav omezení napětí

4.10.1 Materiální hodnoty

Napětí v betonu – provozní fáze:

$$\begin{aligned} f_{ck,eff,provoz,char.} &= 0,6 f_{ck} = 0,6 \cdot 35,00 = -21 \text{ MPa} \\ f_{ck,eff,provoz,kvazist.} &= 0,45 f_{ck} = 0,45 \cdot 35,00 = -16 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Omezení tahových napětí - provozní fáze

$$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$$

Napětí v betonu - vnesení předpětí

$$\begin{aligned} f_{ck}(7) &= 27,21 \text{ MPa} > f_{ck}(7)_{min} = 20 \text{ MPa} \\ f_{ck}(7) &= -27,21 \text{ MPa} \\ f_{ck,eff,v.p.,char.} &= 0,6 f_{ck}(7) = 0,6 \cdot -27,21 = -16 \text{ MPa} \\ f_{ck,eff,v.p.,kvazist.} &= 0,45 f_{ck}(7) = 0,45 \cdot -27,21 = -12 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Omezení tahových napětí ve stavebních stavech:

$$f_{ctm,max}(7) = 1 f_{ctm}(7) = 1 \cdot 2,62 = 2,62 \text{ MPa}$$

Napětí ve výztuži:

$$\begin{aligned} f_{yk,eff,char.} &= 0,8 f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \\ f_{yk,eff,st.hodn.} &= 0,75 f_{yk} = 0,75 \cdot 500 = 375 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4.10.2 Posouzení jednotlivých napětí:

$$\sigma_{c,i}^h = \frac{N_{P,i}}{A_C} + \frac{M_{i,vn.sily}}{W_i^h} + \frac{M_{i,předpětí}}{W_i^h}$$

$$\sigma_{c,i}^d = \frac{N_{P,i}}{A_C} + \frac{M_{i,vn.sily}}{W_i^d} + \frac{M_{i,předpětí}}{W_i^d}$$

Kompletní seznam všech posouzených napětí je v příloze č. 2.

4.11 Výsledky napětí

V časté kombinaci na některých místech v blízkosti předpínací výztuže vychází tahové napětí, které je však menší než 1,0 MPa. Tato hodnota by měla být vyrovnána betonářskou výztuží, která v tomto předběžném návrhu není započtena.

4.11.1 Výsledky napětí na monolitickém úseku (směr Zálabí):

Tab. 18: Posouzení napětí od maximálních momentů v monolitické části (směr Zálabí)

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|---|------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|----|
| | | | (směr Zálabí) | | | | | | | | |
| | | | V poli | | | | Nad podporou | | | | |
| | | | 4 | | 15 | | 10 | | 20 | | |
| | | | M_{max} | | | | | | | | |
| Stálé | VP | <i>h</i> | -0,47 | OK | -0,53 | OK | -4,92 | OK | -5,30 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,58 | | -5,15 | | -2,20 | | -6,11 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,57 | OK | -0,58 | OK | -4,06 | OK | -4,59 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,63 | | -4,38 | | -2,60 | | -5,74 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,52 | OK | -0,82 | OK | -3,23 | OK | -4,23 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,80 | | -5,28 | | -4,08 | | -6,36 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -1,55 | OK | -0,87 | OK | -2,36 | OK | -3,52 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,85 | | -4,33 | | -4,35 | | -5,83 | | |
| | Kvazist. | VP | <i>h</i> | -1,45 | OK | -1,77 | OK | -5,21 | OK | -7,00 | OK |
| | | | <i>d</i> | -3,23 | | -2,42 | | -1,69 | | -3,15 | |
| | | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,55 | OK | -1,82 | OK | -4,34 | OK | -6,29 | OK |
| | | | <i>d</i> | -2,28 | | -1,65 | | -2,09 | | -2,77 | |
| UP - po (<i>g-g₀</i>) | | <i>h</i> | -1,90 | OK | -1,46 | OK | -4,17 | OK | -5,57 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,89 | | -3,88 | | -2,40 | | -4,03 | | |
| KŽ | | <i>h</i> | -1,93 | OK | -1,51 | OK | -3,30 | OK | -4,86 | OK | |
| | | <i>d</i> | -1,95 | | -2,94 | | -2,80 | | -3,65 | | |
| Častá | | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -2,41 | OK | -2,18 | OK | -4,51 | OK | -7,02 | OK |
| | | | <i>d</i> | -1,67 | | -2,30 | | -1,78 | | -1,51 | |
| | | KŽ | <i>h</i> | -2,44 | OK | -2,23 | OK | -3,64 | OK | -6,30 | OK |
| | | | <i>d</i> | -0,73 | | -1,36 | | -2,18 | | -1,13 | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -1,49 | OK | -1,87 | OK | -5,31 | OK | -7,21 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,13 | | -2,22 | | -1,52 | | -2,79 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,59 | OK | -1,92 | OK | -4,44 | OK | -6,50 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,19 | | -1,44 | | -1,92 | | -2,41 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -3,21 | OK | -3,36 | OK | -5,12 | OK | -9,39 | OK | |
| | | <i>d</i> | 0,25 | | 0,28 | | -0,69 | | 2,63 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -3,24 | OK | -3,41 | OK | -4,25 | OK | -8,68 | OK | |
| | | <i>d</i> | 1,20 | | 1,22 | | -1,09 | | 3,01 | | |

Tab. 19: Posouzení napětí od minimálních momentů v monolitické části (směr Zálabí)

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------|--------|----|
| | | | (směr Zálabí) | | | | | | | | |
| | | | V poli | | | | Nad podporou | | | | |
| | | | 4 | | 15 | | 10 | | 20 | | |
| | | | M_{min} | | | | | | | | |
| Kvazist. | VP | <i>h</i> | -0,41 | OK | -0,07 | OK | -2,63 | OK | -2,52 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,74 | | -6,55 | | -6,32 | | -10,97 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,50 | OK | -0,10 | OK | -1,76 | OK | -1,81 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,80 | | -5,77 | | -6,72 | | -10,59 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,20 | OK | -0,33 | OK | -2,31 | OK | -2,71 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,58 | | -6,65 | | -5,73 | | -9,02 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -1,22 | OK | -0,36 | OK | -1,44 | OK | -2,00 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,64 | | -5,71 | | -6,13 | | -8,64 | | |
| | Častá | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,02 | OK | 0,14 | OK | -1,22 | OK | -0,91 | OK |
| | | | <i>d</i> | -5,01 | | -7,78 | | -7,70 | | -12,16 | |
| KŽ | | <i>h</i> | -1,04 | OK | 0,11 | OK | -0,35 | OK | -0,19 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,07 | | -6,83 | | -8,10 | | -11,79 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -0,38 | OK | 0,01 | OK | -2,56 | OK | -2,31 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,81 | | -6,73 | | -6,45 | | -11,33 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,48 | OK | -0,02 | OK | -1,69 | OK | -1,60 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,87 | | -5,96 | | -6,84 | | -10,95 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,72 | OK | 0,92 | OK | 0,50 | OK | 2,01 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,73 | | -9,65 | | -10,79 | | -17,24 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -0,75 | OK | 0,89 | OK | 1,37 | OK | 2,72 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,78 | | -8,70 | | -11,18 | | -16,87 | | |

Tab. 20: Posouzení napětí od maximálních momentů v monolitické části (směr centrum) – 1. část

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | | | (směr Centrum) | | | | | | | | |
| | | | 130 | | 135 | | 140 | | 145 | | |
| | | | M_{max} | | | | | | | | |
| Stálé | VP | <i>h</i> | -4,59 | OK | -2,45 | OK | -3,20 | OK | -0,88 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,47 | | -5,19 | | -3,46 | | -2,31 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -3,90 | OK | -2,30 | OK | -2,59 | OK | -0,87 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,15 | | -4,40 | | -3,59 | | -1,86 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -3,43 | OK | -2,55 | OK | -1,94 | OK | -1,08 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,98 | | -3,83 | | -4,75 | | -1,39 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -2,75 | OK | -2,40 | OK | -1,33 | OK | -1,08 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,66 | | -3,04 | | -4,89 | | -0,95 | | |
| | Kvazist. | VP | <i>h</i> | -6,22 | OK | -3,70 | OK | -3,61 | OK | -1,77 | OK |
| | | | <i>d</i> | -3,59 | | -2,39 | | -2,72 | | -0,30 | |
| UP - před (<i>g-g₀</i>) | | <i>h</i> | -5,53 | OK | -3,55 | OK | -3,00 | OK | -1,77 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,26 | | -1,60 | | -2,85 | | -0,14 | | |
| UP - po (<i>g-g₀</i>) | | <i>h</i> | -4,74 | OK | -3,15 | OK | -2,77 | OK | -1,53 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,68 | | -2,48 | | -3,26 | | -0,39 | | |
| KŽ | | <i>h</i> | -4,05 | OK | -3,00 | OK | -2,16 | OK | -1,53 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,35 | | -1,70 | | -3,39 | | -0,05 | | |
| Častá | | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -6,33 | OK | -3,94 | OK | -3,23 | OK | -2,00 | OK |
| | | | <i>d</i> | -1,85 | | -0,72 | | -2,44 | | 0,67 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -5,64 | OK | -3,79 | OK | -2,61 | OK | -2,00 | OK | |
| | | <i>d</i> | -1,53 | | 0,07 | | -2,57 | | 1,11 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -6,41 | OK | -3,78 | OK | -3,70 | OK | -1,83 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,25 | | -2,20 | | -2,56 | | -0,17 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -5,72 | OK | -3,63 | OK | -3,09 | OK | -1,83 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,92 | | -1,41 | | -2,70 | | 0,27 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -8,91 | OK | -5,21 | OK | -3,99 | OK | -2,78 | OK | |
| | | <i>d</i> | 2,72 | | 2,13 | | -1,06 | | 2,40 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -8,23 | OK | -5,07 | OK | -3,38 | OK | -2,77 | OK | |
| | | <i>d</i> | 3,05 | | 2,92 | | -1,20 | | 2,84 | | |

Tab. 21: Posouzení napětí od maximálních momentů v monolitické části (směr centrum) – 2. část

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | | | (směr Centrum) | | | | | | | | |
| | | | 150 | | 155 | | 160 | | 166 | | |
| | | | M_{max} | | | | | | | | |
| Stálé | VP | <i>h</i> | -2,73 | OK | -0,51 | OK | -2,43 | OK | -0,38 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,39 | | -3,14 | | -1,17 | | -3,49 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -2,19 | OK | -0,54 | OK | -1,89 | OK | -0,45 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,48 | | -2,60 | | -1,54 | | -2,86 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,60 | OK | -0,75 | OK | -1,24 | OK | -0,72 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,54 | | -2,13 | | -2,70 | | -2,25 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -1,06 | OK | -0,79 | OK | -0,71 | OK | -0,79 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,64 | | -1,60 | | -3,07 | | -1,62 | | |
| | Kvazist. | VP | <i>h</i> | -3,03 | OK | -1,38 | OK | -2,66 | OK | -1,00 | OK |
| | | | <i>d</i> | -2,84 | | -1,18 | | -0,76 | | -2,06 | |
| UP - před (<i>g-g₀</i>) | | <i>h</i> | -2,50 | OK | -1,41 | OK | -2,12 | OK | -1,07 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,93 | | -0,65 | | -1,13 | | -1,43 | | |
| UP - po (<i>g-g₀</i>) | | <i>h</i> | -2,36 | OK | -1,21 | OK | -2,06 | OK | -1,05 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,18 | | -1,11 | | -1,24 | | -1,47 | | |
| KŽ | | <i>h</i> | -1,82 | OK | -1,25 | OK | -1,53 | OK | -1,13 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,28 | | -0,57 | | -1,61 | | -0,84 | | |
| Častá | | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -2,63 | OK | -1,62 | OK | -2,18 | OK | -1,09 | OK |
| | | | <i>d</i> | -2,68 | | -0,20 | | -1,03 | | -1,39 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -2,09 | OK | -1,65 | OK | -1,65 | OK | -1,16 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,78 | | 0,34 | | -1,40 | | -0,76 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -3,11 | OK | -1,44 | OK | -2,74 | OK | -1,03 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,70 | | -1,05 | | -0,62 | | -1,98 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -2,57 | OK | -1,47 | OK | -2,21 | OK | -1,11 | OK | |
| | | <i>d</i> | -2,80 | | -0,52 | | -0,99 | | -1,35 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -3,12 | OK | -2,29 | OK | -2,44 | OK | -1,17 | OK | |
| | | <i>d</i> | -1,80 | | 1,31 | | -0,56 | | -1,19 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -2,59 | OK | -2,33 | OK | -1,91 | OK | -1,25 | OK | |
| | | <i>d</i> | -1,90 | | 1,84 | | -0,93 | | -0,56 | | |

Tab. 22: Posouzení napětí od minimálních momentů v monolitické části (směr centrum) – 1. část

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------------------------------|------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----|
| | | | (směr Centrum) | | | | | | | | |
| | | | 130 | | 135 | | 140 | | 145 | | |
| | | | M_{min} | | | | | | | | |
| Kvazist. | VP | <i>h</i> | -1,83 | OK | -1,88 | OK | -1,12 | OK | -0,53 | OK | |
| | | <i>d</i> | -11,36 | | -6,46 | | -7,20 | | -3,08 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -1,15 | OK | -1,73 | OK | -0,51 | OK | -0,52 | OK | |
| | | <i>d</i> | -11,04 | | -5,67 | | -7,33 | | -2,64 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -2,01 | OK | -1,97 | OK | -1,07 | OK | -0,68 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,52 | | -5,14 | | -6,32 | | -2,30 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -1,32 | OK | -1,82 | OK | -0,46 | OK | -0,67 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,19 | | -4,35 | | -6,45 | | -1,86 | | |
| | Častá | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,29 | OK | -1,50 | OK | 0,06 | OK | -0,37 | OK |
| | | | <i>d</i> | -12,56 | | -6,19 | | -8,34 | | -2,98 | |
| KŽ | | <i>h</i> | 0,40 | OK | -1,35 | OK | 0,67 | OK | -0,37 | OK | |
| | | <i>d</i> | -12,24 | | -5,40 | | -8,48 | | -2,54 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -1,64 | OK | -1,80 | OK | -1,06 | OK | -0,48 | OK | |
| | | <i>d</i> | -11,70 | | -6,63 | | -7,31 | | -3,18 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,96 | OK | -1,65 | OK | -0,44 | OK | -0,48 | OK | |
| | | <i>d</i> | -11,38 | | -5,84 | | -7,44 | | -2,74 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | 2,48 | OK | -0,71 | OK | 1,81 | OK | 0,13 | OK | |
| | | <i>d</i> | -17,47 | | -7,94 | | -11,50 | | -4,10 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | 3,16 | OK | -0,57 | OK | 2,43 | OK | 0,13 | OK | |
| | | <i>d</i> | -17,14 | | -7,15 | | -11,63 | | -3,66 | | |

Tab. 23: Posouzení napětí od minimálních momentů v monolitické části (směr centrum) – 2. část

| Zatížení kombinace | Čas | Vlákna | Monolitický úsek | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | | | (směr Centrum) | | | | | | | | |
| | | | 150 | | 155 | | 160 | | 166 | | |
| | | | M_{min} | | | | | | | | |
| Kvazist. | VP | <i>h</i> | -0,91 | OK | -0,20 | OK | -0,76 | OK | -0,24 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,65 | | -3,82 | | -4,49 | | -3,82 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,37 | OK | -0,24 | OK | -0,14 | OK | -0,31 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,75 | | -3,29 | | -4,86 | | -3,19 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,77 | OK | -0,34 | OK | -0,59 | OK | -0,41 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,04 | | -3,06 | | -4,22 | | -2,96 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -0,23 | OK | -0,38 | OK | -0,03 | OK | -0,48 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,13 | | -2,53 | | -4,59 | | -2,33 | | |
| | Častá | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | 0,03 | OK | -0,13 | OK | 0,33 | OK | -0,21 | OK |
| | | | <i>d</i> | -7,46 | | -3,52 | | -5,50 | | -3,43 | |
| KŽ | | <i>h</i> | 0,57 | OK | -0,17 | OK | 0,86 | OK | -0,28 | OK | |
| | | <i>d</i> | -7,56 | | -2,99 | | -5,87 | | -2,80 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -0,85 | OK | -0,15 | OK | -0,50 | OK | -0,21 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,76 | | -3,92 | | -4,60 | | -3,88 | | |
| | UP - před (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | -0,31 | OK | -0,19 | OK | 0,03 | OK | -0,28 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,85 | | -3,39 | | -4,97 | | -3,25 | | |
| | UP - po (<i>g-g₀</i>) | <i>h</i> | 1,28 | OK | 0,22 | OK | 1,46 | OK | 0,12 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,71 | | -4,32 | | -7,53 | | -4,19 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | 1,81 | OK | 0,19 | OK | 2,00 | OK | 0,05 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,80 | | -3,78 | | -7,90 | | -3,56 | | |

Tab. 24: Posouzení napětí od maximálních momentů v segmentové oblasti – 1. část

| Zatížení komb. | Čas | Vlákna | Segmentový úsek | | | | | | | | |
|----------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | 30 | | 35 | | 40 | | 65 | | |
| | | | M_{max} | | | | | | | | |
| Stálé | VP | <i>h</i> | -4,23 | OK | -2,86 | OK | -3,05 | OK | -3,38 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,33 | | -8,95 | | -7,85 | | -9,84 | | |
| | UP - před | <i>h</i> | -3,55 | OK | -2,55 | OK | -2,62 | OK | -3,11 | OK | |
| | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -8,73 | | -8,02 | | -7,20 | | -8,66 |
| | UP - po | <i>h</i> | -5,97 | OK | -5,86 | OK | -6,96 | OK | -6,96 | OK | |
| | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -10,49 | | -11,14 | | -8,75 | | -10,81 |
| | KŽ | <i>h</i> | -4,95 | OK | -5,16 | OK | -5,98 | OK | -6,25 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,79 | | -9,85 | | -7,96 | | -9,34 | | |
| | Kvazist. | VP | <i>h</i> | -4,62 | OK | -3,45 | OK | -3,55 | OK | -4,95 | OK |
| | | | <i>d</i> | -8,67 | | -7,81 | | -7,09 | | -7,04 | |
| | | UP - před | <i>h</i> | -3,95 | OK | -3,14 | OK | -3,11 | OK | -4,67 | OK |
| | | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -8,07 | | -6,89 | | -6,44 | |
| UP - po | | <i>h</i> | -6,67 | OK | -6,26 | OK | -7,51 | OK | -7,69 | OK | |
| | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -9,33 | | -10,36 | | -7,91 | | -9,50 |
| KŽ | | <i>h</i> | -5,65 | OK | -5,56 | OK | -6,53 | OK | -6,99 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,62 | | -9,07 | | -7,12 | | -8,03 | | |
| Častá | | UP - po | <i>h</i> | -7,14 | OK | -6,67 | OK | -7,93 | OK | -8,96 | OK |
| | | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -8,55 | | -9,57 | | -7,27 | |
| | | KŽ | <i>h</i> | -6,12 | OK | -5,97 | OK | -6,95 | OK | -8,26 | OK |
| | | | <i>d</i> | -7,85 | | -8,28 | | -6,48 | | -5,75 | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -4,68 | OK | -3,51 | OK | -3,63 | OK | -5,08 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,57 | | -7,70 | | -6,97 | | -6,81 | | |
| | UP - před | <i>h</i> | -4,01 | OK | -3,20 | OK | -3,19 | OK | -4,80 | OK | |
| | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -7,97 | | -6,77 | | -6,31 | | -5,63 |
| | UP - po | <i>h</i> | -7,89 | OK | -7,35 | OK | -8,64 | OK | -11,00 | OK | |
| | | (<i>g-g₀</i>) | <i>d</i> | | -7,29 | | -8,27 | | -6,18 | | -3,58 |
| | KŽ | <i>h</i> | -6,87 | OK | -6,65 | OK | -7,66 | OK | -10,30 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,59 | | -6,98 | | -5,39 | | -2,11 | | |

Tab. 25: Posouzení napětí od maximálních momentů v segmentové oblasti – 2. část

| Zatížení komb. | Čas | Vlákna | Segmentový úsek | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|-----------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----|
| | | | 75 | | 80 | | 110 | | 115 | | 120 | | |
| | | | M_{max} | | | | | | | | | | |
| Stálé | VP | <i>h</i> | -3,87 | OK | -4,96 | OK | -3,24 | OK | -2,88 | OK | -6,87 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,97 | | -6,77 | | -7,58 | | -8,95 | | -8,76 | | |
| | UP před | <i>h</i> | -3,59 | OK | -4,56 | OK | -2,81 | OK | -2,58 | OK | -5,87 | OK | |
| | | <i>d</i> | -7,79 | | -5,89 | | -6,92 | | -8,01 | | -8,31 | | |
| | UP po | <i>h</i> | -7,56 | OK | -9,92 | OK | -7,16 | OK | -5,85 | OK | -6,77 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,73 | | -6,05 | | -8,44 | | -11,18 | | -9,19 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -6,86 | OK | -8,91 | OK | -6,20 | OK | -5,16 | OK | -5,59 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,26 | | -5,10 | | -7,64 | | -9,87 | | -8,77 | | |
| | Kvazist. | VP | <i>h</i> | -5,34 | OK | -6,66 | OK | -4,00 | OK | -3,65 | OK | -7,13 | OK |
| | | | <i>d</i> | -6,35 | | -4,31 | | -6,41 | | -7,47 | | -8,31 | |
| | | UP před | <i>h</i> | -5,06 | OK | -6,25 | OK | -3,57 | OK | -3,34 | OK | -6,13 | OK |
| | | | <i>d</i> | -5,17 | | -3,43 | | -5,75 | | -6,53 | | -7,87 | |
| UP po | | <i>h</i> | -8,39 | OK | -10,95 | OK | -7,71 | OK | -6,24 | OK | -7,45 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,25 | | -4,56 | | -7,60 | | -10,42 | | -8,03 | | |
| KŽ | | <i>h</i> | -7,69 | OK | -9,95 | OK | -6,74 | OK | -5,55 | OK | -6,26 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,77 | | -3,61 | | -6,80 | | -9,11 | | -7,62 | | |
| Častá | | UP po | <i>h</i> | -9,04 | OK | -11,72 | OK | -8,55 | OK | -7,00 | OK | -7,92 | OK |
| | | | <i>d</i> | -7,09 | | -3,44 | | -6,30 | | -8,95 | | -7,23 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -8,34 | OK | -10,72 | OK | -7,58 | OK | -6,31 | OK | -6,74 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,61 | | -2,49 | | -5,50 | | -7,64 | | -6,81 | | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -5,48 | OK | -6,84 | OK | -4,08 | OK | -3,71 | OK | -7,19 | OK | |
| | | <i>d</i> | -6,10 | | -4,05 | | -6,28 | | -7,35 | | -8,21 | | |
| | UP před | <i>h</i> | -5,20 | OK | -6,43 | OK | -3,65 | OK | -3,40 | OK | -6,19 | OK | |
| | | <i>d</i> | -4,92 | | -3,16 | | -5,62 | | -6,41 | | -7,77 | | |
| | UP po | <i>h</i> | -10,16 | OK | -13,06 | OK | -9,90 | OK | -8,20 | OK | -8,69 | OK | |
| | | <i>d</i> | -5,10 | | -1,49 | | -4,22 | | -6,62 | | -5,92 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -9,45 | OK | -12,06 | OK | -8,93 | OK | -7,51 | OK | -7,51 | OK | |
| | | <i>d</i> | -3,62 | | -0,54 | | -3,41 | | -5,31 | | -5,50 | | |

Tab. 26: Posouzení napětí od minimálních momentů v segmentové oblasti – 1. část

| Zatížení komb. | Čas | Vlákna | Segmentový úsek | | | | | | | |
|----------------|-----------|--------------------------|-----------------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| | | | 30 | | 35 | | 40 | | 65 | |
| | | | M_{min} | | | | | | | |
| Kvazist. | VP | <i>h</i> | -2,59 | OK | -2,18 | OK | -1,82 | OK | -2,73 | OK |
| | | <i>d</i> | -12,06 | | -10,26 | | -9,74 | | -11,01 | |
| | UP - před | <i>h</i> | -1,92 | OK | -1,87 | OK | -1,38 | OK | -2,45 | OK |
| | | <i>(g-g₀)</i> | <i>d</i> | | -11,46 | | -9,33 | | -9,09 | |
| | UP - po | <i>h</i> | -5,34 | OK | -5,53 | OK | -6,48 | OK | -6,41 | OK |
| | | <i>(g-g₀)</i> | <i>d</i> | | -11,56 | | -11,76 | | -9,49 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -4,32 | OK | -4,83 | OK | -5,50 | OK | -5,71 | OK |
| | | <i>d</i> | -10,85 | | -10,47 | | -8,70 | | -10,31 | |
| Častá | UP - po | <i>h</i> | -4,41 | OK | -4,85 | OK | -5,50 | OK | -5,81 | OK |
| | | <i>(g-g₀)</i> | <i>d</i> | | -13,10 | | -13,06 | | -10,99 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -3,39 | OK | -4,16 | OK | -4,52 | OK | -5,10 | OK |
| | | <i>d</i> | -12,40 | | -11,77 | | -10,21 | | -11,39 | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -2,55 | OK | -2,13 | OK | -1,76 | OK | -2,63 | OK |
| | | <i>d</i> | -12,13 | | -10,34 | | -9,84 | | -11,18 | |
| | UP - před | <i>h</i> | -1,88 | OK | -1,83 | OK | -1,32 | OK | -2,36 | OK |
| | | <i>(g-g₀)</i> | <i>d</i> | | -11,53 | | -9,41 | | -9,18 | |
| | UP - po | <i>h</i> | -2,98 | OK | -3,79 | OK | -3,96 | OK | -4,80 | OK |
| | | <i>(g-g₀)</i> | <i>d</i> | | -15,49 | | -15,10 | | -13,35 | |
| | KŽ | <i>h</i> | -1,96 | OK | -3,09 | OK | -2,99 | OK | -4,10 | OK |
| | | <i>d</i> | -14,79 | | -13,81 | | -12,56 | | -13,19 | |

Tab. 27: Posouzení napětí od minimálních momentů v segmentové oblasti – 1. část

| Zatížení komb. | Čas | Vlákna | Segmentový úsek | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|----------|-----------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | | | 75 | | 80 | | 110 | | 115 | | 120 | | |
| | | | M_{min} | | | | | | | | | | |
| Kvazist. | VP | <i>h</i> | -3,28 | OK | -4,15 | OK | -1,92 | OK | -2,09 | OK | -4,95 | OK | |
| | | <i>d</i> | -10,03 | | -7,95 | | -9,61 | | -10,49 | | -12,04 | | |
| | UP před | <i>h</i> | -3,00 | OK | -3,75 | OK | -1,49 | OK | -1,79 | OK | -3,94 | OK | |
| | | <i>d</i> | -8,85 | | -7,06 | | -8,95 | | -9,55 | | -11,59 | | |
| | UP po | <i>h</i> | -6,94 | OK | -9,15 | OK | -6,70 | OK | -5,56 | OK | -6,16 | OK | |
| | | <i>d</i> | -10,84 | | -7,17 | | -9,16 | | -11,76 | | -10,23 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -6,24 | OK | -8,15 | OK | -5,73 | OK | -4,86 | OK | -4,97 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,37 | | -6,22 | | -8,36 | | -10,45 | | -9,81 | | |
| | Častá | UP po | <i>h</i> | -6,38 | OK | -8,51 | OK | -5,41 | OK | -4,58 | OK | -4,84 | OK |
| | | | <i>d</i> | -11,85 | | -8,10 | | -11,15 | | -13,65 | | -12,48 | |
| | | KŽ | <i>h</i> | -5,67 | OK | -7,51 | OK | -4,44 | OK | -3,89 | OK | -3,65 | OK |
| | | | <i>d</i> | -10,37 | | -7,15 | | -10,34 | | -12,34 | | -12,06 | |
| Char. | VP | <i>h</i> | -3,17 | OK | -4,02 | OK | -1,86 | OK | -2,05 | OK | -4,90 | OK | |
| | | <i>d</i> | -10,21 | | -8,14 | | -9,71 | | -10,57 | | -12,11 | | |
| | UP před | <i>h</i> | -2,90 | OK | -3,61 | OK | -1,43 | OK | -1,74 | OK | -3,90 | OK | |
| | | <i>d</i> | -9,03 | | -7,26 | | -9,05 | | -9,63 | | -11,67 | | |
| | UP po | <i>h</i> | -5,43 | OK | -7,41 | OK | -3,42 | OK | -3,08 | OK | -2,81 | OK | |
| | | <i>d</i> | -13,54 | | -9,69 | | -14,23 | | -16,58 | | -15,93 | | |
| | KŽ | <i>h</i> | -4,73 | OK | -6,41 | OK | -2,45 | OK | -2,38 | OK | -1,63 | OK | |
| | | <i>d</i> | -12,07 | | -8,74 | | -13,43 | | -15,27 | | -15,51 | | |

4.12 MSÚ – Ohyb

Pro posouzení MSÚ je použit zjednodušený průřez složený z obdélníků. Na výsledky má tato změna vliv minimální a usnadní práci.

$$\text{Maximální moment: } M_{Ed,max} = M_{15,max} = 593,96 \text{ kNm (6.10b)}$$

$$\text{Minimální moment: } M_{Ed,min} = M_{130,min} = -954,12 \text{ kNm (6.10b)}$$

4.12.1 Stanovení MSÚ pro maximální moment – průřez 15

$$N_{pd} = A_p \cdot f_{pd}$$

$$N_{pd} = 0,000900 \cdot 1423,304 = 1,281 \text{ MN}$$

$$N_{cd} = N_{pd}$$

$$= 1,2809739 \text{ MN} = b \cdot 0,8 \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$b = 5,63 \text{ m}$$

$$\eta = 1,0$$

$$f_{cd} = 21,00 \text{ MPa}$$

$$5,63 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 1,0 \cdot 21,00 = 1,280974 \text{ MN}$$

$$x = 0,014 \text{ m} \leq 0,160 \text{ m}$$

$$x_u = 0,8 \cdot x = 0,011 \text{ m}$$

$$z = h - x_u/2 = Z_{T,15}$$

$$z = 0,8 - 0,005 = 0,273 = 0,522 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 668,13 \text{ kNm} > 593,96 \text{ kNm}$$

Návrh vyhovuje.

Posouzení zplazitizování výztuže:

$$\sigma_{c,max,15^h} = -3,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,p} = -2,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max,15^d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$N_{p,15} = 1,09 \text{ MN}$$

$$\sigma_{p,15} = 1209,8087 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{c,15^h} = \frac{-3,30}{34} = -0,097 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,p} = \frac{-2,12}{34} = -0,062 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,15^d} = \frac{0,18}{34} = 0,005 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15} = \frac{1209,81}{205} = 5,902 \text{ ‰}$$

První krok přetížení - dosažení "pružného odlehčení"

$$\epsilon_{p,15} = 5,9015058 - 0,06221 = 5,9637 \text{ ‰}$$

Druhý krok přetížení - dosažení meze únosnosti

$$\chi = 0,014 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{c,15^h} = -2,000 \quad \text{‰}$$

$$\epsilon_{c,p} = 38,315 \quad \text{‰}$$

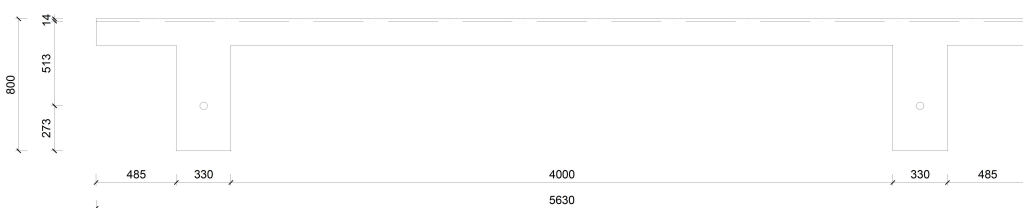
$$\epsilon_{c,15^d} = 116,140 \quad \text{‰}$$

$$\epsilon_{p,15} = 5,964 + 38,315 = 44,279 \quad \text{‰}$$

$$\epsilon_{p,15,mez} = \frac{1423,30}{205} = 6,943 \quad \text{‰}$$

$$\epsilon_{p,15} > \epsilon_{p,15,mez}$$

Návrh vyhovuje.



Obr. 125: Zjednodušený průřez v poli mezi pilíři 10 a 20 pro posouzení MSÚ

4.12.2 Stanovení MSÚ pro minimální moment – průřez 130

$$z_{lana} = 0,543 + 0,13 = 0,673 \quad \text{m}$$

$$z_{příložky,130} = 0,543 + 0 = 0,543 \quad \text{m}$$

$$N_{pd,lana} = 0,000600 * 1423,304 = 0,854 \quad \text{MN}$$

$$N_{pd,příložky} = 0,001800 * 1423,304 = 2,562 \quad \text{MN}$$

$$N_{cd} = \Sigma N_{pd} = 3,416 \quad \text{MN} = b * 0,8 * \chi * \eta * f_{cd}$$

$$b = 0,66 \quad \text{m}$$

$$\eta = 1,0$$

$$f_{cd} = 21,00 \quad \text{MPa}$$

$$0,66 * 0,8 * \chi * 1,0 * 21,00 = 3,416 \quad \text{MN}$$

$$\chi = 0,308 \quad \text{m} \leq 0,640 \quad \text{m}$$

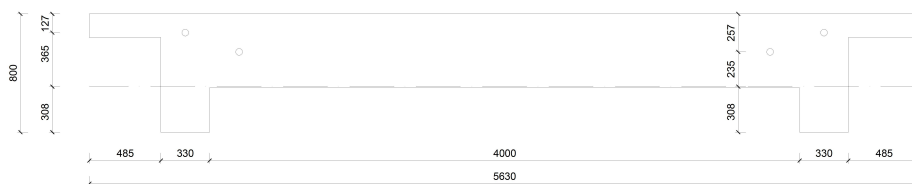
$$\chi_u = 0,8 * 0,308 = 0,246 \quad \text{m}$$

$$M_{Rd} = N_{pd,lana} * z_{lana} + N_{pd,příložky,130} * z_{příložky,130} - N_{cd} * \chi_u / 2$$

$$M_{Rd} = 0,854 * 0,673 + 2,562 * 0,543 - 3,41593 * 0,123$$

$$M_{Rd} = 1544,92 \quad \text{kNm} > 954,12 \quad \text{kNm}$$

Návrh vyhovuje.



Obr. 126: Obr. 125: Zjednodušený průřez nad pilířem 130 pro posouzení MSÚ

Posouzení zplaztizování výztuže:

$$\sigma_{c,min,10^h} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,p,lana} = -0,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,p,přiložky} = -2,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,min,10^d} = -11,07 \text{ MPa}$$

$$N_{p,10,lana} = 0,73 \text{ MN}$$

$$N_{p,10,přiložky} = 2,18 \text{ MN}$$

$$\sigma_{p,10,lana} = 1209,8087 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,10,přiložky} = 1209,8087 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{c,15^h} = \frac{1,31}{34} = 0,038 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,p,lana} = \frac{-0,66}{34} = -0,019 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,p,přiložky} = \frac{-2,67}{34} = -0,079 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,15^d} = \frac{-11,07}{34} = -0,326 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15} = \frac{1209,81}{205} = 5,902 \text{ ‰}$$

První krok přitížení - dosažení "pružného odlehčení"

$$\epsilon_{p,15,lana} = 5,9015058 - 0,01939 = 5,920895 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15,přiložky} = 5,9015058 - 0,079 = 5,980045 \text{ ‰}$$

Druhý krok přitížení - dosažení meze únosnosti

$$x = 0,246 \text{ m}$$

$$\epsilon_{c,15^h} = 4,492 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,p,lana} = 3,461 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,p,přiložky} = 2,406 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c,15^d} = -2,000 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15,lana} = 5,921 + 3,461 = 9,382 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15,přiložky} = 5,9800451 + 2,406 = 8,386 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15,mez} = \frac{1423,3043}{205} = 6,943 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{p,15,lana} > \epsilon_{p,15,mez} \quad \text{Návrh vyhovuje.}$$

$$\epsilon_{p,15,přiložky} > \epsilon_{p,15,mez} \quad \text{Návrh vyhovuje.}$$

4.13 Návrh průřezu oblouku

4.13.1 Přehled vnitřních sil a kombinací

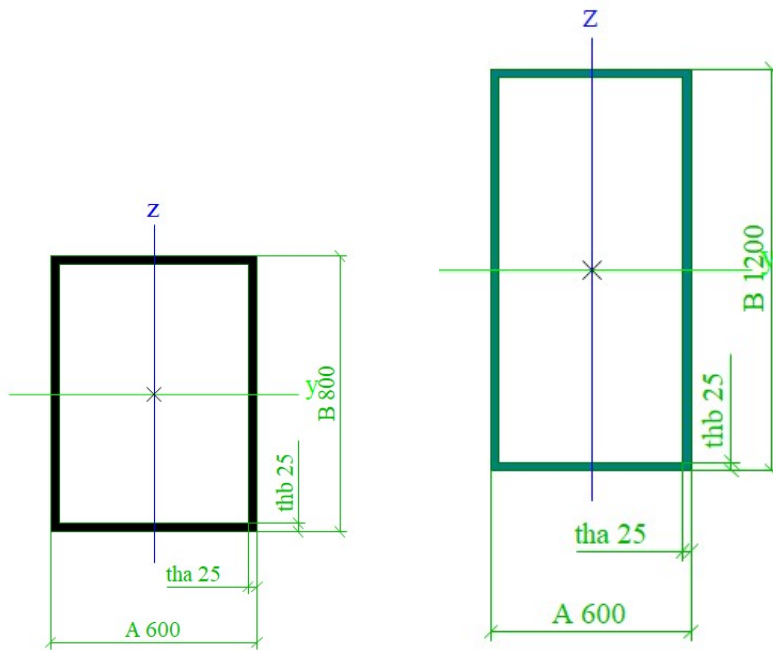
Tab. 28: Normálové síly na oblouku od různých zatížení

| Vnitřní síla | Stálé | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|----------------|------------|-----|
| | Vlastní tíha | | Ostatní stálé | | | | Poklesy podpor | | |
| | g_0 | $(g-g_0)_{k,sup}$ | $(g-g_0)_m$ | $(g-g_0)_{k,inf}$ | g_m | max | min | | |
| $N_{1/4}$ rozpětí [kN] | -2 119,55 | -468,96 | -347,32 | -267,82 | -2 466,87 | 1,76 | -3,11 | | |
| Proměnné | | | | | | | | | |
| Rovnoměrné | | Obslužné vozidlo | | Teplota | | | | Staveniště | |
| max | min | max | min | + 30 °C | - 41 °C | 15 °C 0 °C | 0 °C 8 °C | max | min |
| -460,0 | | -25,3 | | -19,7 | 27,0 | 21,2 | -15,9 | -92,0 | |

Tab. 29: Kombinace vnitřních sil na oblouku

| Vn. Síla | Vlastní tíha nosné konstrukce | | | | Ostatní stálé zatížení | | | |
|----------|-------------------------------|------------|-----------|----------|------------------------|------------|---------|---------|
| | ζ_G | γ_G | N_k | N_d | ζ_G | γ_G | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N | 0,85 | 1,35 | -2119,55 | -2432,18 | 0,85 | 1,35 | -468,96 | -538,13 |
| Vn. Síla | Poklesy | | | | Rovnoměrné zatížení | | | |
| | ζ_G | γ_G | N_k | N_d | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N | 0,85 | 1,20 | -3,11 | -3,17 | 1,35 | 1,00 | -459,98 | -620,97 |
| Vn. Síla | Obslužné vozidlo | | | | Rovnoměrná teplota | | | |
| | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N | 1,35 | 0,00 | -25,32 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | -19,72 | -17,75 |
| Vn. Síla | Lineární teplota | | | | | Celkem | | |
| | γ_Q | ψ_0 | k_{sur} | N_k | N_d | N_d | | |
| | | | | [kN] | [kN] | [kN] | | |
| N | 1,50 | 0,60 | 0,80 | -15,94 | -11,48 | -3623,67 | | |

4.13.2 Návrh a posouzení průřezu



Obr. 127: Průřez oblouku uprostřed rozpětí

Obr. 128: Průřez oblouku u základů

Vybočení oblouku v rovině:

$$N_{cr} = \frac{-\pi^2}{(\beta_y * s)^2} E I_y = \frac{-\pi^2}{2650,321} 2248 = -8,37 \text{ MN}$$

$$\beta_y = 1,02$$

$$s = 50,47 \text{ m}$$

$$I_y = 0,01 \text{ m}^4$$

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$N_{cr} = -8,37 \text{ MN} > N_{ed} = -3,62 \text{ MN}$$

Návrh vyhoví.

Vybočení oblouku z roviny:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2}{(\beta_z * L)^2} E I_z = \frac{\pi^2}{1829,682} 1014 = -5,47 \text{ MN}$$

$$\beta_z = \beta_1 * \beta_2 = 0,59 * 0,755 = 0,45$$

$$L = 96,03 \text{ m}$$

$$I_z = 0,00 \text{ m}^4$$

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$N_{cr} = -5,47 \text{ MN} > N_{ed} = -3,62 \text{ MN}$$

Návrh vyhoví.

4.14 Návrh a posouzení táhel

4.14.1 Přehled vnitřních sil a kombinací

Tab. 30: Normálové síly v táhlech od různých zatížení

| Vnitřní síla | Stálé | | | | | |
|----------------|-----------------|---------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|
| | Vlastní tíha | Ostatní | | | | Poklesy podpor |
| | | g_0 | $(g-g_0)_{k,sup}$ | $(g-g_0)_m$ | $(g-g_0)_{k,inf}$ | |
| N ₁ | 149,76 | 45,74 | 33,88 | 23,68 | 183,64 | 5,90 |
| N ₂ | 130,97 | 39,64 | 29,36 | 20,52 | 160,33 | 0,24 |
| N ₃ | 129,69 | 39,04 | 28,92 | 20,22 | 158,61 | 0,12 |
| N ₄ | 126,53 | 37,75 | 27,96 | 19,55 | 154,49 | 0,18 |
| N ₅ | 125,68 | 37,56 | 27,82 | 19,45 | 153,50 | 0,20 |
| N ₆ | 128,26 | 38,66 | 28,64 | 20,02 | 156,90 | 0,21 |
| N ₇ | 130,97 | 39,63 | 29,35 | 20,52 | 160,32 | 0,61 |
| N ₈ | 142,65 | 43,47 | 32,20 | 22,51 | 174,85 | 4,27 |
| Proměnné | | | | | | |
| Rovn. zat. | Obsluž. vozidlo | Teplota | | | | Staven. zat. |
| | | +30°C | -41°C | 15 °C 0 °C | 0 °C 8 °C | |
| 129,40 | 5,51 | -6,77 | 9,70 | -7,80 | 4,16 | 25,88 |
| 89,40 | 5,31 | 0,34 | -0,49 | 2,28 | -1,22 | 17,88 |
| 86,60 | 5,35 | 0,74 | -1,06 | -0,48 | 0,26 | 17,32 |
| 71,60 | 5,28 | 1,69 | -2,42 | -3,60 | 1,92 | 14,32 |
| 69,40 | 5,17 | 1,74 | -2,49 | -3,66 | 1,95 | 13,88 |
| 79,00 | 5,29 | 0,77 | -1,10 | -0,50 | 0,27 | 15,80 |
| 87,60 | 5,28 | 0,33 | -0,47 | 2,32 | -1,24 | 17,52 |
| 127,00 | 5,48 | -6,08 | 8,71 | -7,77 | 4,14 | 25,40 |

Tab. 31: Kombinace vnitřních sil v táhlech


| Vnitř. Síla | Vlastní tíha nosné konstrukce | | | | Ostatní stálé zatížení | | | |
|----------------|-------------------------------|------------|--------|--------|------------------------|------------|-------|-------|
| | ζ_G | γ_G | N_k | N_d | ζ_G | γ_G | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N ₁ | 0,85 | 1,35 | 149,76 | 171,85 | 0,85 | 1,35 | 45,74 | 52,49 |
| N ₂ | 0,85 | 1,35 | 130,97 | 150,29 | 0,85 | 1,35 | 39,64 | 45,49 |
| N ₃ | 0,85 | 1,35 | 129,69 | 148,82 | 0,85 | 1,35 | 39,04 | 44,80 |
| N ₄ | 0,85 | 1,35 | 126,53 | 145,19 | 0,85 | 1,35 | 37,75 | 43,32 |
| N ₅ | 0,85 | 1,35 | 125,68 | 144,22 | 0,85 | 1,35 | 37,56 | 43,10 |
| N ₆ | 0,85 | 1,35 | 128,26 | 147,18 | 0,85 | 1,35 | 38,66 | 44,36 |
| N ₇ | 0,85 | 1,35 | 130,97 | 150,29 | 0,85 | 1,35 | 39,63 | 45,48 |

| N_8 | 0,85 | 1,35 | 142,65 | 163,69 | 0,85 | 1,35 | 43,47 | 49,88 |
|----------------|------------------|------------|-----------|--------|---------------------|----------|--------|--------|
| Vnitř. Síla | Poklesy | | | | Rovnoměrné zatížení | | | |
| | ζ_G | γ_G | N_k | N_d | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N_1 | 0,85 | 1,20 | 5,90 | 6,02 | 1,35 | 1,00 | 129,40 | 174,69 |
| N_2 | 0,85 | 1,20 | 0,24 | 0,24 | 1,35 | 1,00 | 89,40 | 120,69 |
| N_3 | 0,85 | 1,20 | 0,12 | 0,12 | 1,35 | 1,00 | 86,60 | 116,91 |
| N_4 | 0,85 | 1,20 | 0,18 | 0,18 | 1,35 | 1,00 | 71,60 | 96,66 |
| N_5 | 0,85 | 1,20 | 0,20 | 0,20 | 1,35 | 1,00 | 69,40 | 93,69 |
| N_6 | 0,85 | 1,20 | 0,21 | 0,21 | 1,35 | 1,00 | 79,00 | 106,65 |
| N_7 | 0,85 | 1,20 | 0,61 | 0,62 | 1,35 | 1,00 | 87,60 | 118,26 |
| N_8 | 0,85 | 1,20 | 4,27 | 4,36 | 1,35 | 1,00 | 127,00 | 171,45 |
| Vnitř. Síla | Obslužné vozidlo | | | | Rovnoměrná teplota | | | |
| | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d | γ_Q | ψ_0 | N_k | N_d |
| | | | [kN] | [kN] | | | [kN] | [kN] |
| N_1 | 1,35 | 0,00 | 5,51 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 9,70 | 8,73 |
| N_2 | 1,35 | 0,00 | 5,31 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 0,34 | 0,31 |
| N_3 | 1,35 | 0,00 | 5,35 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 0,74 | 0,67 |
| N_4 | 1,35 | 0,00 | 5,28 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 1,69 | 1,52 |
| N_5 | 1,35 | 0,00 | 5,17 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 1,74 | 1,57 |
| N_6 | 1,35 | 0,00 | 5,29 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 0,77 | 0,69 |
| N_7 | 1,35 | 0,00 | 5,28 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 0,33 | 0,30 |
| N_8 | 1,35 | 0,00 | 5,48 | 0,00 | 1,50 | 0,60 | 8,71 | 7,84 |
| Vnitř. Síla | Lineární teplota | | | | | Celkem | | |
| | γ_Q | ψ_0 | k_{sur} | N_k | N_d | N_d | | |
| | | | | [kN] | [kN] | [kN] | | |
| N_1 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 4,16 | 3,00 | 416,77 | | |
| N_2 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 2,28 | 1,64 | 318,66 | | |
| N_3 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 0,26 | 0,18 | 311,50 | | |
| N_4 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 1,92 | 1,38 | 288,26 | | |
| N_5 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 1,95 | 1,41 | 284,18 | | |
| N_6 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 0,27 | 0,19 | 299,29 | | |
| N_7 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 2,32 | 1,67 | 316,61 | | |
| N_8 | 1,50 | 0,60 | 0,80 | 4,14 | 2,98 | 400,20 | | |

4.14.2 Návrh a posouzení průřezu

Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

| Závit | jednotka | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 | M36 | M42 | M48 | M56 | M64 | M76 | M85 | M90* | M100* |
|------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Průměr táhla | mm | 10 | 11 | 15 | 19 | 22 | 28 | 34 | 39 | 45 | 52 | 60 | 72 | 82 | 87 | 97 |
| Minimální mez kluzu | kN | 25 | 36 | 69 | 108 | 156 | 249 | 364 | 501 | 680 | 912 | 1204 | 1756 | 2239 | 2533 | 3172 |
| Minimální mez pevnosti | kN | 33 | 48 | 91 | 143 | 207 | 330 | 483 | 665 | 875 | 1209 | 1596 | 2329 | 2969 | 3358 | 4206 |
| Hmotnost táhla | Kg/m | 0,50 | 0,75 | 1,40 | 2,20 | 3,00 | 4,80 | 7,10 | 9,40 | 12,50 | 16,70 | 22,20 | 32,00 | 41,50 | 46,70 | 58,00 |



Obr. 128: Vyráběné profily táhel a jejich hodnoty pevnosti ^[15]

$$\varnothing_{\text{táhlo}} = 34 \text{ mm}$$

$$N_{\text{Ed,max}} = 417 \text{ kN} \leq N_{\text{Rd,min}} = 483 \text{ kN}$$

Návrh vyhoví

5 Citace

Normy

- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: . Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-5: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-6: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [5] ČSN EN 1991-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Obecná zatížení – Zatížení mostů dopravou. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [6] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [7] ČSN EN 1992-2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2007.

Literatura

- [8] ŠAFÁŘ, Roman. Betonové mosty 2 - cvičení: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05690-5.
- [9] NAĎ, Ľudovít a Vladislav HRDOUŠEK. Betonové mosty: Technológia výstavby. Košice: Edičné stredisko Vysokej školy technickej, 1987.
- [10] LEBET, Jean-Paul a Manfred A. HIRT. Steel bridges: conceptual and structural design of steel and steel-concrete composite bridges. Lausanne: EPFL Press, c2013. ISBN 978-1-4665-7296-6.
- [11] ROTTER, Tomáš a Jiří STUDNIČKA. Ocelové konstrukce 30: ocelové mosty. Praha: České vysoké učení technické, 1999. ISBN 80-01-01902-0.

Webové stránky

- [12] <https://www.facebook.com/mestonymburk/photos/a.585072904910765/1525275100890536/?type=3&theater> [online]. [cit. 2019-05-23].
- [13] <https://docplayer.cz/13699900-Predpinaci-systemy-vsl-0-5-0-6.html> [online]. [cit. 2019-05-23].
- [14] http://www.freyssinet.cz/228-predpinaci_tyce [online]. [cit. 2019-05-23].
- [15] http://www.tension.cz/www/media/files/pdf-k-pripojenu_12/macalloy-system-konstrukcnich-tahel_57.pdf [online]. [cit. 2019-05-23].