



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH SILNIČNÍHO MOSTU

DESIGN OF THE ROAD BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Prombergerová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tereza Prombergerová
Název	Návrh silničního mostu
Vedoucí práce	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry podle mapy

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro přemostění říčního koryta zpracujte dvě až tři studie mostu včetně jejich zhodnocení s minimální stavební výškou.

Dále preferujte návrh monolitické konstrukce z předpjatého betonu. Most můžete navrhnout kolmý.

Dimenzování proveďte podle EN v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem a posouzením parapetního mostu v obci Hladké Životice. Účelem bylo navrhnout maximální volnou výšku a pokusit se snížit stavební výšku mostu na minimum. Byla optimalizována výška hlavních předepnutých nosníků v závislosti na třídě betonu a působícím zatížení. Výpočet účinků byl proveden ručně, s kontrolou v programu Scia Engineer. Posouzení je podle evropských norem.

KLÍČOVÁ SLOVA

mostní konstrukce, parapetní most, předpjatý nosník, předpjatý beton, mezní stav únosnosti mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

This work deals with the design and assessment of a parapet bridge in the village of Hladké Životice. The purpose was to design the maximum free height and try to reduce the construction height of the bridge to a minimum. The height of the main prestressed beams was optimized depending on the concrete grade and the applied load. The effects were calculated manually, with control in Scia Engineer. The assessment is according to European standards.

KEYWORDS

bridge structures, parapet bridge, pre-stressed beam, pre-stressed concrete, limit state of load capacity, limit state of us

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tereza Prombergerová *Návrh silničního mostu*. Brno, 2022. 42 s., 111 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost a za všechny rady a připomínky, díky nimž jsem lépe pochopila zadanou problematiku.

Nesmím zapomenout poděkovat také mé rodině, která mě během studia vždy podporovala.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh silničního mostu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 5. 2022

Tereza Prombergerová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh silničního mostu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2022

Tereza Prombergerová
autor práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH SILNIČNÍHO MOSTU

DESIGN OF THE ROAD BRIDGE

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Prombergerová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. PODKLAD	2
3. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH MOSTU.....	2
4. OPTIMALIZACE PŘEDPJATÉHO NOSNÍKU	4
4.1. VARIANTA A – ZATÍŽENÍ S LM3.....	4
4.2. VARIANTA B – BEZ ZATÍŽENÍ LM3	4
4.3. NÁVRH MOSTNÍ KONSTRUKCE PRO OBĚ VARIANTY	4
4.3.1. Nosná konstrukce	4
4.3.1.1. Obdélníková deska.....	4
4.3.1.2. Žebra desky	4
4.3.1.3. Hlavní nosníky	5
4.3.2. Nosná konstrukce v podélném směru.....	5
4.3.3. Nosná konstrukce v příčném směru	5
4.3.4. MOSTNÍ SVRŠEK	5
4.3.4.1. Vozovka	5
4.3.4.2. Zábradlí	6
4.3.4.3. Odvodnění	6
4.3.4.4. Spodní stavba	6
4.4. ZATÍŽENÍ PRO PŘEDPJATÝ NOSNÍK	6
4.4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ	6
4.4.1.1. Vlastní tíha	6
4.4.1.2. Ostatní stálé zatížení.....	6
4.4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	7
4.5. KOMBINACE	7
4.6. MATERIÁLY POUŽITÉ PŘI OPTIMALIZACI	8
4.6.1. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ.....	8
4.6.2. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	8
4.6.3. BETON.....	8
4.7. MOŽNÉ ROZMÍSTĚNÍ KANÁLKŮ.....	9
4.8. PŘEDPÍNACÍ SÍLA	9
4.9. KONTROLA PRŮHYBU	9
4.10. VYHODNOCENÍ OPTIMALIZACE	10
4.10.1. VARIANTA 1, BETON C35/45.....	11
4.10.2. VARIANTA 1, BETON C40/50.....	12

4.10.3.	VARIANTA 1, BETON C45/55	13
4.10.4.	VARIANTA 2, BETON C35/45	14
4.10.5.	VARIANTA 2, BETON C40/50	15
4.10.6.	VARIANTA 2, BETON C45/55	16
4.10.7.	ZÁVĚR PRO VARIANTU 1 A 2	16
5.	MODEL MOSTNÍ KONSTRUKCE	17
6.	POSOUZENÍ PŘEDPJATÝCH NOSNÍKŮ.....	18
6.1.	GEOMETRIE	18
6.2.	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	18
6.2.1.	NEOSLABENÝ PRŮŘEZ	18
6.2.2.	OSLABENÝ PRŮŘEZ	18
6.3.	URČENÍ PŘEDPÍNAČÍ SÍLY PRO OSLABENÝ PRŮŘEZ.....	18
6.4.	USPOŘÁDÁNÍ KABELŮ (TRASOVÁNÍ).....	18
6.5.	NOVÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ	19
6.5.1.	KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	19
6.5.2.	KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	19
6.6.	ZMĚNY PŘEDPĚTÍ.....	19
6.6.1.	OKAMŽITÉ ZMĚNY PŘEDPĚTÍ	19
6.6.1.1.	Ztráty třením.....	19
6.6.1.2.	Ztráty pokluzem	21
6.6.1.3.	Ztráty postupným napínáním	21
6.6.1.4.	Ztráty relaxací.....	21
6.6.1.5.	Celkové ztráty krátkodobou relaxací	22
6.6.2.	DLOUHODOBÉ ZMĚNY PŘEDPĚTÍ.....	22
6.6.2.1.	Ztráty smrštěním betonu	22
6.6.2.2.	Ztráty dotvarováním betonu	22
6.6.2.3.	Ztráty relaxací.....	22
6.6.2.4.	Celkové určení dlouhodobých ztrát.....	22
6.7.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	23
6.7.1.	POSOUZENÍ NA OHYB	23
6.7.2.	POSOUZENÍ NA SMYK.....	23
6.8.	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	24
6.8.1.	OMEZENÍ NAPĚTÍ V PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽI	24
6.8.2.	POSOUZENÍ VZNIKU PODÉLNÝCH TRHLIN	24
6.8.3.	OMEZENÍ Z HLEDISKA DOTVAROVÁNÍ	24

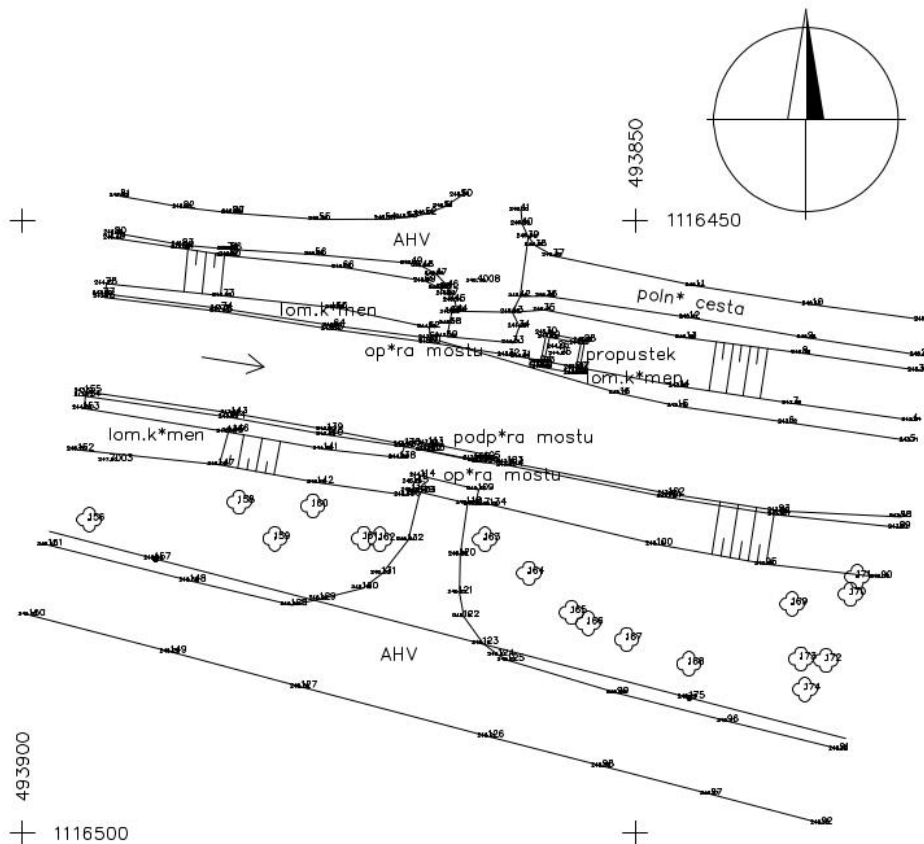
6.8.4.	OMEZENÍ OHYBOVÝCH TRHLIN	25
6.9.	MEZNÍ STAV PŘETVOŘENÍ	25
6.10.	NÁVRH A POSOUZENÍ KOTEV	26
7.	NÁVRH ŽEBRA.....	26
7.1.	GEOMETRIE	26
7.2.	VNITŘNÍ SÍLY	26
7.3.	DIMENZOVÁNÍ	26
8.	NÁVRH DESKY.....	27
8.1.	GEOMETRIE	27
8.2.	VNITŘNÍ SÍLY	27
8.3.	DIMENZOVÁNÍ	27
9.	ZÁVĚR.....	28
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	29
	SEZNAM OBRÁZKŮ	30
	SEZNAM PŘÍLOH.....	31

1. ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je navrhnout parapetní most v obci Hladké Životice, které přemostňuje místní Husí potok. Vzhledem k vysoké hladině vody již při 20leté vody je třeba navrhnout, co možná největší průtočný profil a co nejméně zasahovat do stávajícího koryta potoku. Převáděnou komunikací je místní komunikace o šířce 3,5 m. Most se nachází na okraji obce, proto se zde nepředpokládá velký výskyt chodců, cyklistů a ani nadměrné dopravy. Byla vypracována studie pro optimalizaci výšky předpjatých nosníků, s cílem zajištění jejich co nejmenší výšky. Proměnná byla výška, třída betonu a zatížení nadměrnou dopravou. Pro nosník o výšce 1,3 m byl použit beton třídy C40/50, za předpokladu vyloučení nadměrné dopravy. Rozpětí mostu vyplynulo z požadavku na šířku průtočného profilu a činí 15,5 m. Šířka mostu je dána šířkou komunikace a šířky předpjatých nosníků. Mostní konstrukce je zatížena modely odpovídajícími normě ČSN-EN-1991-2. Ruční výpočty byly zkontrolovány programem Scia Engineer.

2. PODKLAD

Vstupním podkladem pro mě bylo zadání zaměření stávajícího stavu.



Obrázek 1: Vstupní podklad

3. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH MOSTU

Typ nosné konstrukce byl zadán, jako parapetní most. Konstrukce je tvořena dvěma nosníky umístěnými na krajích. Jejich šířka je 0,6 m a výška byla určena výpočty. Do nosníků je vneseno předpětí, které minimalizuje účinky vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení. Mezi nosníky se nachází deska s žebry. Deska má tloušťku 0,16 m a rozměry žebry jsou 0,5 m šířka a 0,2 m výška. Deska s žebry musí být dostatečně vyztužena, aby bylo zajištěné její spolupůsobení s nosníky. Nosníky plní funkci nosnou a zároveň slouží jako zábradlí. Při výsledné výšce nosníku 1,3 m je potřeba dodat zábradlí, aby byla zajištěná minimální výška zábradlí 1,1 m.

Nosná konstrukce je zakřivená tak, aby na ní nevznikl větší sklon než 12 % a zároveň aby bylo možné vozovku plynule napojit na stávající místní komunikaci. Zakřivení je provedeno parabolou 2. stupně a vzepjetí oblouku je 0,5 m. Výhodou použití zakřiveného tvaru je zvýšení výšky průtočného profilu. Rozpětí mostu je 15,5 m a celková délka nosné konstrukce je 16,15 m.

Spodní stavba se skládá z úložného prahu umístěného na betonový základ, který bude sedět na skupině pilot, které budou dosahovat až do únosného podloží. Most bude uložen na elastomerová ložiska. Spodní stavba není v bakalářské práci řešena.

4. OPTIMALIZACE PŘEDPJATÉHO NOSNÍKU

4.1. VARIANTA A – ZATÍŽENÍ S LM3

V této variantě jsem použila tři třídy betonu C35/45, C40/50, C45/55.

Do výpočtu zatížení jsem zahrнула i zatížení od nadměrné dopravy, které významně zvýší výsledné momenty.

4.2. VARIANTA B – BEZ ZATÍŽENÍ LM3

V této variantě jsem také použila tři třídy betonu C35/45, C40/50, C45/55.

Zatížení od nadměrné dopravy v dané oblasti není předpokládáno, proto ho ve výsledných výpočtech není nutné zohlednit.

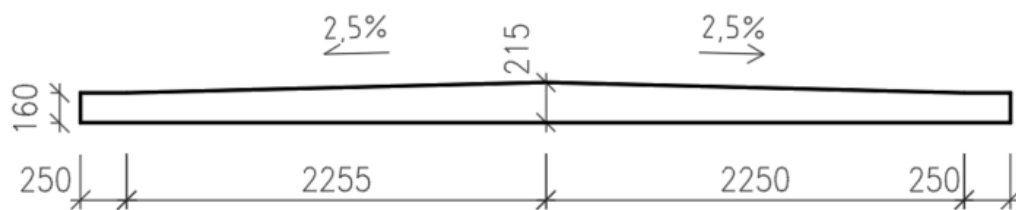
4.3. NÁVRH MOSTNÍ KONSTRUKCE PRO OBĚ VARIANTY

4.3.1. Nosná konstrukce

Most přes potok je navržen jako parapetní konstrukce s dodatečně předpjatými nosníky. Nosná konstrukce mostu je tvořena dvěma dodatečně předpjatými nosníky, které se nachází na krajích desky. Nosníky jsou propojené tenkou deskou s žebry v příčném směru. Deska je při horním okraji vyspádovaná, aby zajistila odvodnění vozovky.

4.3.1.1. Obdélníková deska

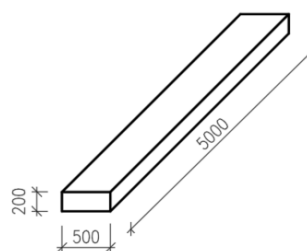
Obdélníková deska mostu má teoretické rozpětí 15,5 m a šířku 5 m.



Obrázek 4: Návrh desky

4.3.1.2. Žebra desky

Žebra lícují se spodním okrajem desky. Jejich délka je 5 m a výška a šířka jsou 200 a 500 mm. Světlá vzdálenost mezi žebry je 1,144 m. Celková počet žeber je 7 kusů a krajní širší žebra.



Obrázek 5: Návrh žebra

4.3.1.3. Hlavní nosníky

Jejich teoretická délka je 15,5 m, široké jsou 600 mm a výška je závislá na zatížení a počtu předpínacích lan.

4.3.2. Nosná konstrukce v podélném směru

Podélné uspořádání je dáno terénem, šířkou potoku a taky možností správného napojení na stávající komunikace. Důležitým rozměrem je také výška průtočného profilu, který by měl být co největší. Zvětšit jeho výšku se podařilo zakřivením desky, došlo ke vzepětí 0,5 m a o tuto hodnotu se také zvětšil průtočný profil. Délka nosné konstrukce je 16,15 m a její teoretická délka je 15,5 m.

4.3.3. Nosná konstrukce v příčném směru

Příčné uspořádání mostu určila šířka převáděné komunikace o šířce asi 5 m. Deska je navržena s příčnými sklony 2,5 % od středu vozovky, podél nosníků jsou navrženy odvodňovací proužky o šířce 0,25 m, které nejsou v příčném spádu. Jejich odvodňovací funkci zajišťuje podélné zakřivení nosné konstrukce.

Šířka desky je 5 m a celková šířka mostu je 6,2 m. Důležitým rozměrem pro návrh zatížené je osová vzdálenost předpjatých nosníků, což je 5,6 m.

Průjezdná šířka bez odvodňovacích proužků je 4,5 m. Doprava na mostě vede v jednom pruhu obousměrně, kvůli malým předpokládaným intenzitám dopravy. Přednost pro přejetí mostu bude určena svislým dopravním značením.

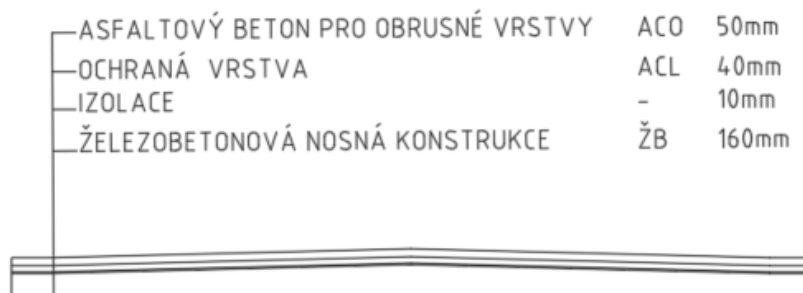
Není zde předpokládán zvýšený pohyb chodců a ani na přilehlých komunikacích se nenachází chodníky pro chodce, proto s nimi nebude uvažováno ani na mostě.

4.3.4. MOSTNÍ SVRŠEK

4.3.4.1. Vozovka

Konstrukční vrstvy vozovky jsou umístěné na horním povrchu mostovky. Vozovka umožňuje plynulou jízdu a přenáší zatížení do nosné konstrukce, zároveň chrání nosnou konstrukci před vlivy vnějšího prostředí. Klimatické a chemické vlivy by narušily životnost nosné konstrukce. Díky vyspádování desky, tím pádem i sklon vozovky umožňuje účelné odvodnění konstrukce.

Vozovka se skládá z více vrstev. Její netuhý kryt se skládá obrusné a ložní vrstvy o celkové tloušťce 50 mm a je tvořen směsí ACO 11+, další vrstva je tvořena směsí ACL 16+ o celkové tloušťce 40 mm. Poslední vrstvou je izolace, která je tvořena asfaltovými izolačními pásy o tloušťce 10 mm. Celková tloušťka vozovky je 100 mm.



Obrázek 6: Skladba vozovky

4.3.4.2. Zábradlí

Funkci zábradlí plní předpjaté nosníky. Minimální výška zábradlí musí být 1100 mm. Zda bude umístěné zábradlí a v jaké výšce závisí na výšce nosníku pro danou situaci. Při nutnosti použití zábradlí bude zvolné ocelové.

4.3.4.3. Odvodnění

Odvodnění mostu je zajištěno pomocí příčného a podélného sklonu vozovky. Příčný sklon je tvořen příčným spádováním mostovky ve 2,5 % a podélné odvodnění je vytvořeno díky zakřivení mostovky.

Vnější okraj u úložného prahu je odvodněn drenážní trubkou o průměru 150 mm. Trubka je vyspádovaná 3 % a odvádí vodu do koryta potoka.

4.3.4.4. Spodní stavba

Návrh spodní stavby není součástí bakalářské práce.

Mostní konstrukce je posazená na elastomerových ložiskách, které se nacházejí na úložném prahu. Z úložného prahu se zatížení přeneso do opěr, které jsou uložené na pilotách hloubených až k u nosnému podloží. Nachází se zde také mostní závěr, mezi mostovkou a závěrnou zídou.

4.4. ZATÍŽENÍ PRO PŘEDPJATÝ NOSNÍK

4.4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

Vlastní tíha, ostatní stálé zatížení patří do složek stálého zatížení.

4.4.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha je určena příčnou plochou nosníku a předpokládané objemové tíhy betonu 25 kN/m^3 .

Pro variantu A vyšlo spojitě zatížení $22,5 \text{ kN/m}$, které na konstrukci vyvodilo ohybový moment o velikosti 676 kNm . Výška nosníku byla určena na $1,5 \text{ m}$.

Varianta B není tolik zatížená, proto stačí nižší nosník o výšce $1,3 \text{ m}$. Proto je spojitě zatížení $19,5 \text{ kN/m}$ a ohybový moment 586 kNm .

4.4.1.2. Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení je symetrické vzhledem k umístění nosníků. Proto je nutné do výpočtu zahrnout oba a zatížení rozpočítat na dva nosníky. To znamená že na jeden nosník působí pouze polovina celkového zatížení prvku.

Deska – Deska je tvořená železobetonem a má konstantní průřez po celé délce mostu. Její spojitě zatížení je $23,908 \text{ kN/m}$. Protože se nachází mezi dvěma nosníky, je nutné její zatížení spravedlivě rozdělit mezi oba. Deska na jednom nosníku vyvodí ohybový moment o velikosti 359 kNm .

Vozovka – Účinky jednotlivých vrstev byly sečteny do výsledného zatížení. Dále bylo uvažováno minimální a maximální možné zatížení od vozovky, kde se počítá s možnými opravami asfaltového krytu nebo jeho možného vyfrézování. Maximální ohybový moment, který zde vznikne je 315 kNm a minimální je 184 kNm .

Žebra – Žebra propojují také oba nosníky a jsou s nimi spojené, ale nepůsobí spojitě po celé délce nosníku, proto jsou nahrazeny bodovými silami. Jedno žebro působí celkovou silou 12,5 kN, po podělení počtem nosníků je to síla 6,25 kN. Žebra vyvodí ohybový moment velikosti 120 kNm při daném prostorovém uspořádání.

Zábradlí – Spojité zatížení od zábradlí je asi 0,5 kN/m a moment má velikost 15 kNm.

4.4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

V projektu je uvažováno zatížení dopravou od TS, UDL a LM3. Zatížení bylo zvoleno podle ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou.

Výsledného působení proměnného zatížení na jeden nosník, bylo možné dosáhnout dvěma způsoby, použila jsem oba, aby bylo možné ověřit správnost výsledků. Postup byl pro oba způsoby správný, protože výsledná zatížení vyšly stejně a zároveň odpovídaly hodnotám ze Scii.

První použitý způsob spočíval v tom, že jsem spočítala výsledný ohybový moment, pro celou konstrukci a až poté jsem ho poměrově rozdělila na nosníky. Druhý způsob byl ten, že jsem prvně rozdělila všechny působící síly na jeden nosník a až poté jsem z nich určila výsledný ohybový moment. Tento způsob jsem také využila při počítání maximálních posouvajících sil v jednotlivých řezech vzdálených od sebe o 1/8 délky nosníku.

Šířka komunikace se dá využít pro jeden pruh o šířce 3 m a na druhý zbude už pouze 2 m. Pro vyvození maximálního momentu právě na jednom nosníku, jsem si určila nosník, ke kterému budu vždy dávat větší hodnoty zatížení v co nejmenší možné vzdálenosti od něj.

Výsledné momenty působící na nosníku jsou od TS 1490 kNm, od UDL 634 kNm a od LM3 to je 2099 kNm.

4.5. KOMBINACE

Pro určení kombinací jsem použila normové vztahy. Pro stanovení vnitřních sil a pro mezní stavy použitelnosti se uvažují kombinace:

Charakteristická kombinace 6.14b – Zde je započítáno celkové zatížení bez redukčních součinitelů.

Častá kombinace 6.15b – Používá součinitele pro zatížení od dopravy, hodnota pro TS je 0,75 a hodnota pro UDL je 0,4.

Kvazistálá kombinace 6.16b – V této kombinaci jsou započítána pouze stálá zatížení.

Kombinace pro variantu 1 s LM3:

M_k 5709 kNm

$M_{k\psi1}$ 4956 kNm

$M_{k\psi2}$ 1485 kNm

Kombinace pro variantu 2 bez LM3:

M_k 3519 kNm
 $M_{k\psi1}$ 2766 kNm
 $M_{k\psi2}$ 1395 kNm

4.6. MATERIÁLY POUŽITÉ PŘI OPTIMALIZACI

4.6.1. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

Použitá předpínací výztuž	Y 1860 S7 - 15,3 - A.
Charakteristická pevnost	$f_{pk} = 1860$ MPa
Smluvní mez kluzu	$f_{p0,1k} = 1640$ MPa
Modul pružnosti	$E_p = 195$ GPa
Průměr lana	15,3 mm
Plocha lana	$A = 140$ mm ²

4.6.2. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Použitá výztuž	B550B
Charakteristická pevnost	$f_{yk} = 550$ MPa
Návrhová pevnost	$f_{yd} = 478,26$ Mpa
Modul pružnosti	$E = 200$ GPa

4.6.3. BETON

Beton C35/45

charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 35$ MPa
charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,2$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 34$ GPa

Beton C40/50

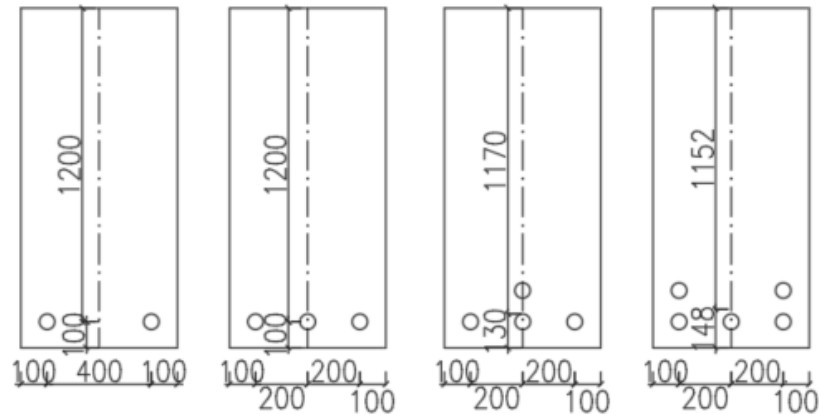
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 40$ MPa
charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,5$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 35$ GPa

Beton C35/45

charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 45$ MPa
charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,8$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 36$ GPa

4.7. MOŽNÉ ROZMÍSTĚNÍ KANÁLKŮ

Krytí je uvažováno na 60 mm, se započítáním třmínku 70 mm. Krytí bylo stanoveno dle ČSN EN 1992 - 1 - 1. Minimální vodorovná i svislá vzdálenost kanálků je 60 mm. Pro variantu 1 je potřeba 5 kanálků a pro variantu 2 postačí pouze 3 kanálky.



Obrázek 7: Rozmístění kanálků v polovině rozpětí

4.8. PŘEDPÍNACÍ SÍLA

Pro určení předpínací síly jsem určila maximální možné napětí v předpínací výztuži v čase T_0 a T_{∞} . Pro T_0 je hodnota 1328,4 Mpa a pro T_{∞} je to hodnota 1195,56 MPa. Sestavením rovnic pro zjištění tahu a tlaku ve spodních a horních vláknech, je možné určit interval, ve kterém se bude výsledná předpínací síla pohybovat. Při počátku napínání neuvažuji pouze s účinkem od vlastní tíhy, ale navíc se připočítá zatížení od desky a žeber. Tyto části jsou vytvořené společně a až po jejich zhotovení je možné vnést do konstrukce předpětí.

Pro variantu 1 se zatížením LM3 je interval pro předpínací sílu mezi hodnotami 5459 kN a 5467 kN. Z tohoto intervalu lze určit požadovanou velikost předpínací síly, která je 5463 kN. Po získání této hodnoty lze pomocí vztahu

$A_{req} = P_{req} / \sigma_{pm0}$, určit požadovanou plochu výztuže a z ní určit počet předpínaných lan. V tomto případě výpočty vedou ke 30 kusům lan a ke předpokládané prováděcí napínací síle 5579 kN v čase T_0 a 5021 kN v čase T_{∞} .

Stejným postupem určím interval pro variantu 2, který je 3303 kN až 4655 kN. Požadovaná předpínací síla je 3403 kN a její velikost si vyžaduje 19 lan. Jejichž předpínací síla v v čase T_0 je 3534 kN a 3180 kN v čase T_{∞} .

4.9. KONTROLA PRŮHYBU

Hodnota maximálního průhybu je -0,062 m.

V charakteristické kombinaci pro daná zatížení, při působení všech stálých složek, přepětí i zatížení od dopravy oba nosníky o výšce 1,5 m a 1,3 m vyhoví.

4.10. VYHODNOCENÍ OPTIMALIZACE

Optimalizace probíhala pomocí dvou grafů.

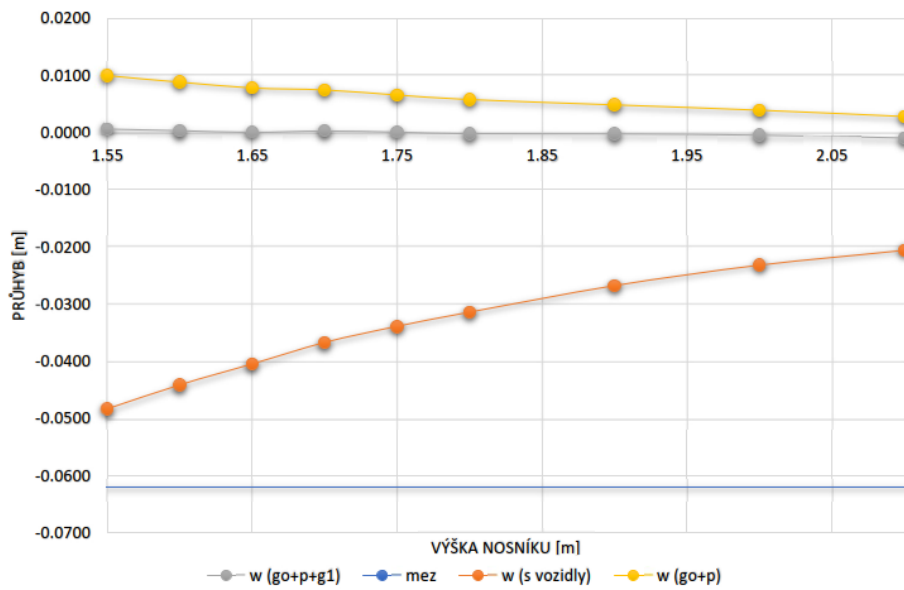
První znázorňuje průhyb konstrukce. Žlutá křivka ukazuje míru průhybu při předpínání. Působí zde pouze Vlastní tíha betonových částí konstrukce a předpětí. Ve všech případech je vidět, že se konstrukce ve svém středu přizvedne. Po zatížení veškerým stálým zatížením by se křivka měla co nejvíce přiblížit hodnotě 0, to je patrné na šedé křivce. Oranžová křivka popisuje stav, kdy na konstrukci najede veškerá doprava a dojde k maximálnímu průhybu. Poslední linie v tomto grafu ukazuje přípustnou mez průhybu. Pouze při dvou situacích se maximální průhyb neprotne s mezí průhybu.

Druhý graf spojuje dvě veličiny. Napětí a počet lan, které jsou závislé na výšce nosníku. Napětí je zde popsáno více křivkami. Šedá znázorňuje beton v tlačené oblasti od proměnného zatížení ve vláknech 1 a oranžová sleduje změnu napětí tažené oblasti od proměnného zatížení ve vláknech 1, kdy je nosník předpínán. Modrá křivka ukazuje hodnotu napětí ve středu průřezu. Tato křivka by se měla pohybovat v mezích 0,2 až 0,3 fck, ale to se mi u žádného z průřezů nepovedlo dosáhnout tak, aby ostatní veličiny vyhověly svým podmínkám.

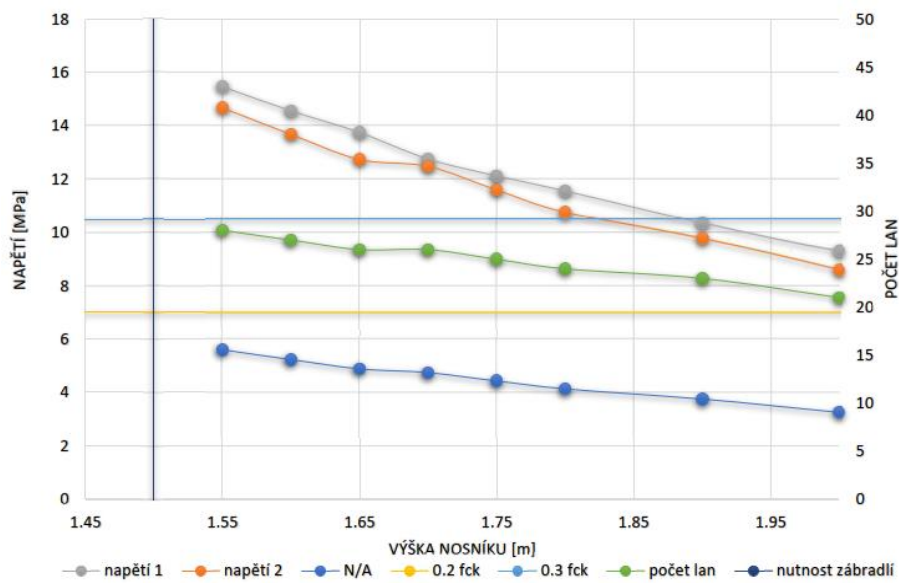
Světle zelená znázorňuje, jak se mění počet lan v závislosti na výšce nosníku. Se snižujícím se nosníkem se také snižuje množství požadovaných lan.

Poslední mez nacházející se v grafu znázorňuje, od jaké výšky je nutné započítat do zatížení také zábradlí. Tato hodnota je 1,5 m. Při nižší výšce je nutná instalace zábradlí.

4.10.1. VARIANTA 1, BETON C35/45



Obrázek 8: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku

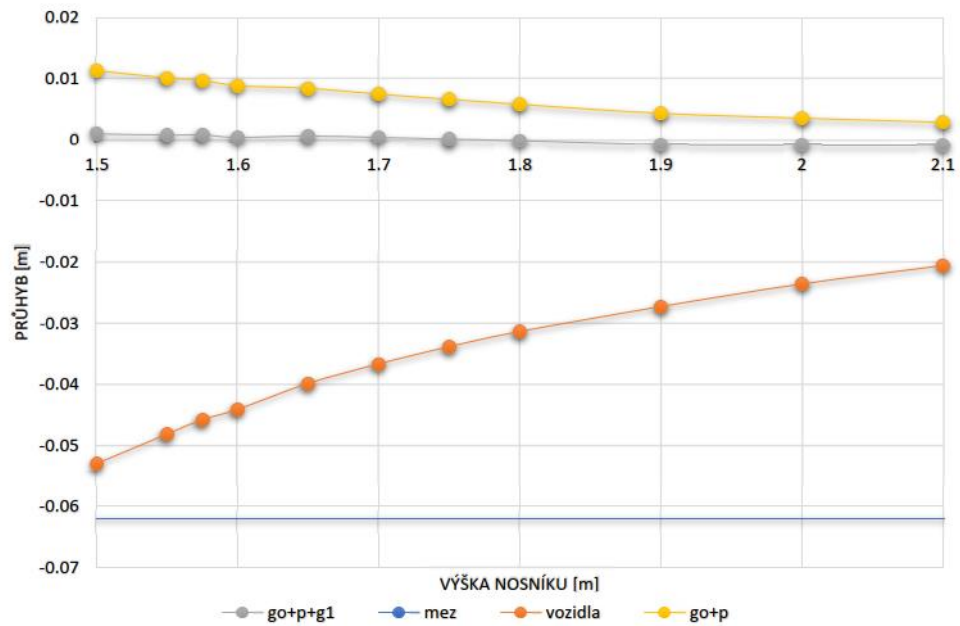


Obrázek 9: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

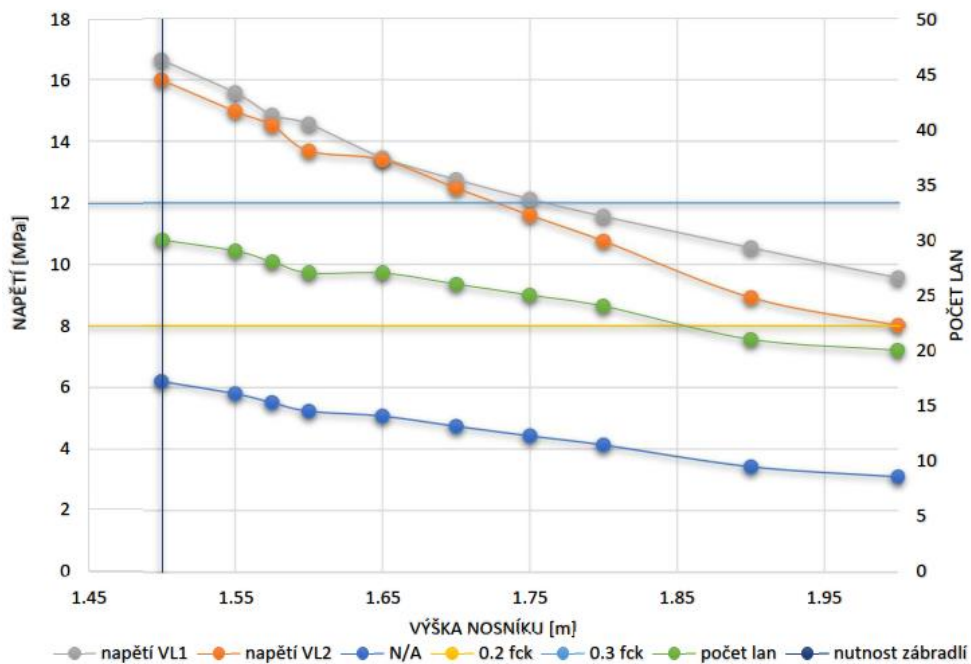
Kvůli nízké pevnosti betonu tahu je nutné při třídě betonu C 35/45 požit velmi vysoký průřez 1,7 m, tak aby vyhověl pro posouzení napětí v horních i dolních vláknech v průběhu životnosti nosníku. Díky vysoké výšce dochází k velmi malým průhybům.

Tato varianta není výhodná.

4.10.2. VARIANTA 1, BETON C40/50



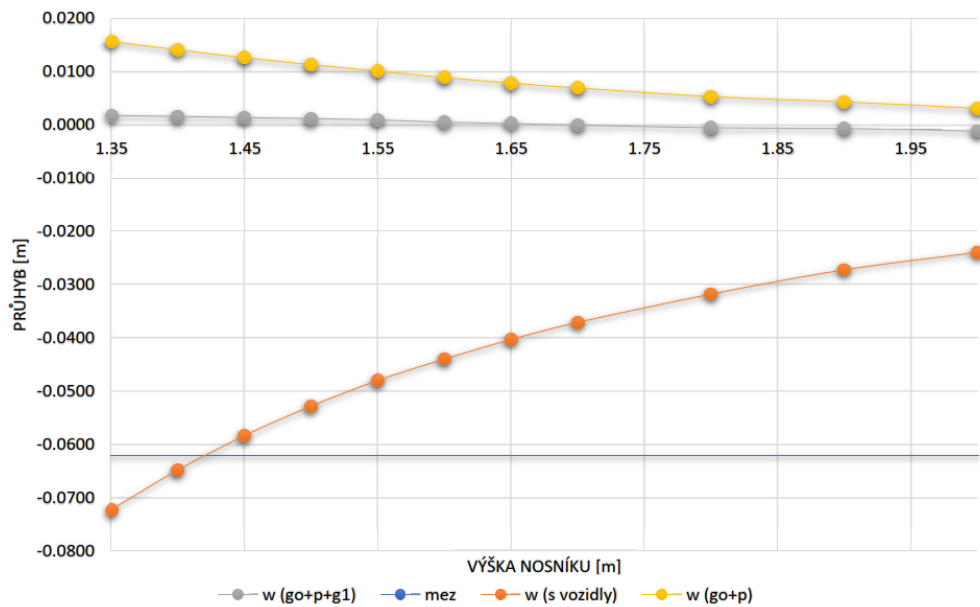
Obrázek 10: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku



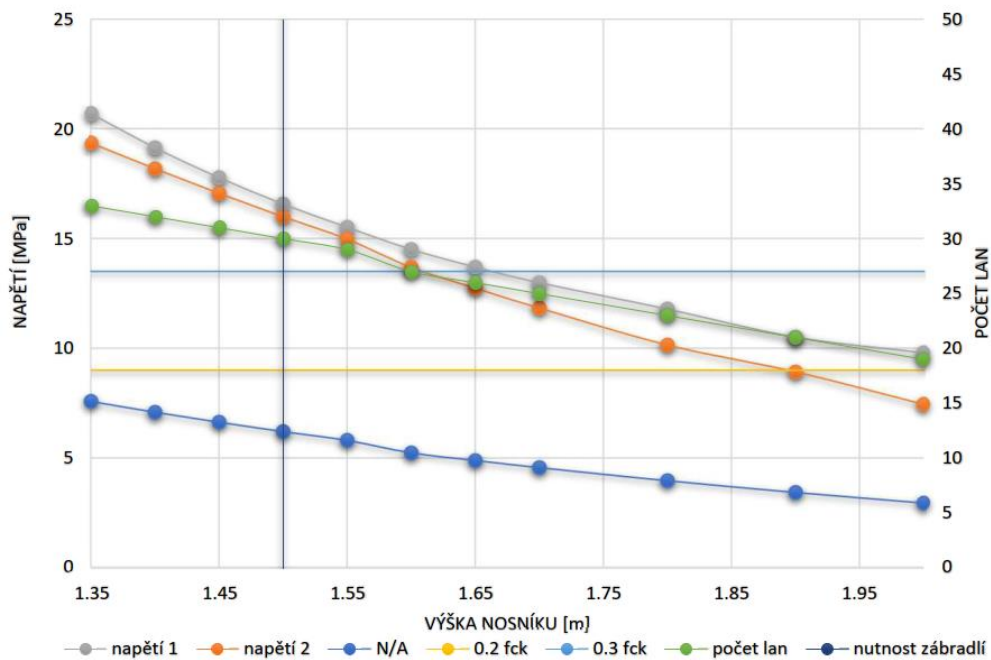
Obrázek 11: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

Zvýšením třídy betonu se povedlo snížit výšku průřezu. Přesto hodnota 1,6 m je stále vysoká a průhyb je velmi malý. Tato varianta není výhodná.

4.10.3. VARIANTA 1, BETON C45/55



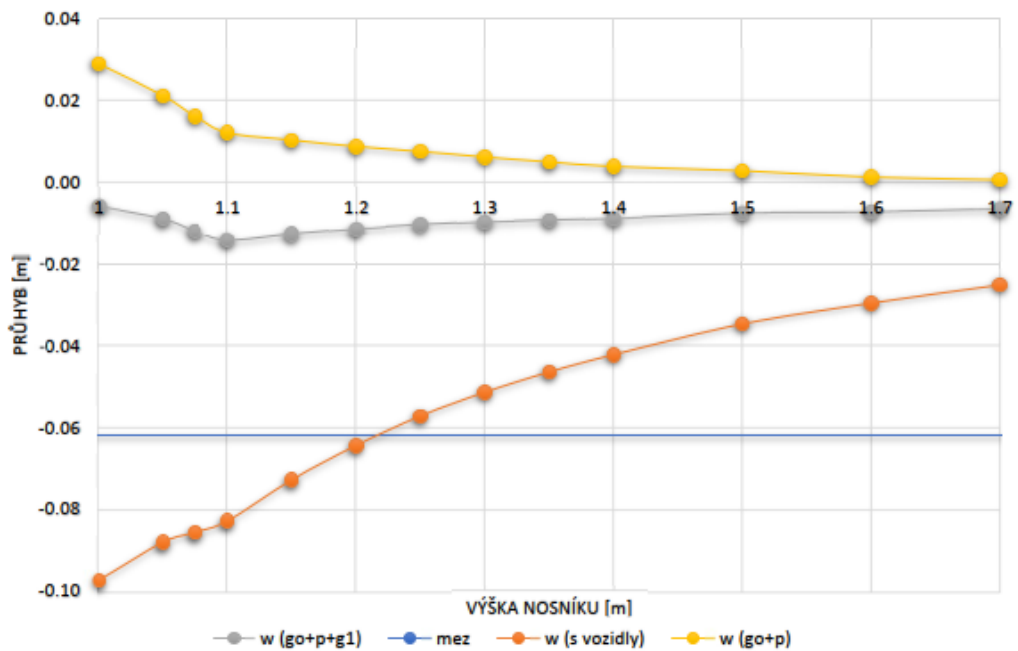
Obrázek 12: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku



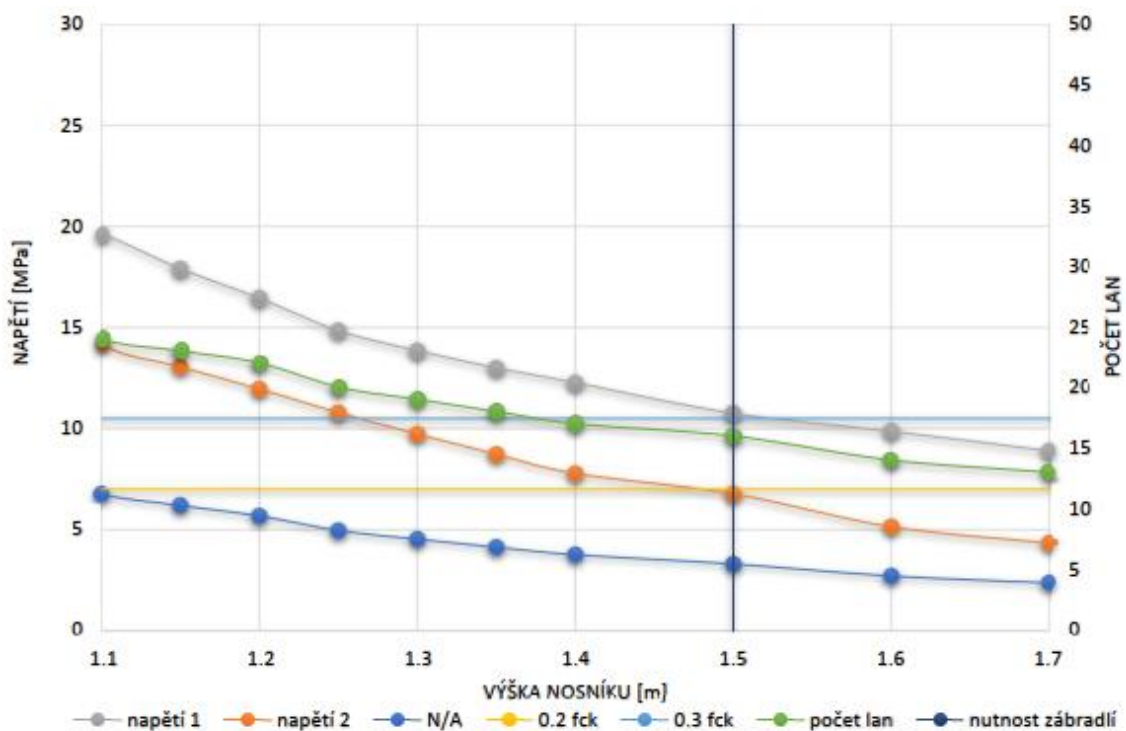
Obrázek 13: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

Pro zatížení s LM3 je tato varianta nejvýhodnější. Profil výšky 1,5 m vyhoví při posuzování napětí a zároveň má správné využití při průhybu.

4.10.4. VARIANTA 2, BETON C35/45



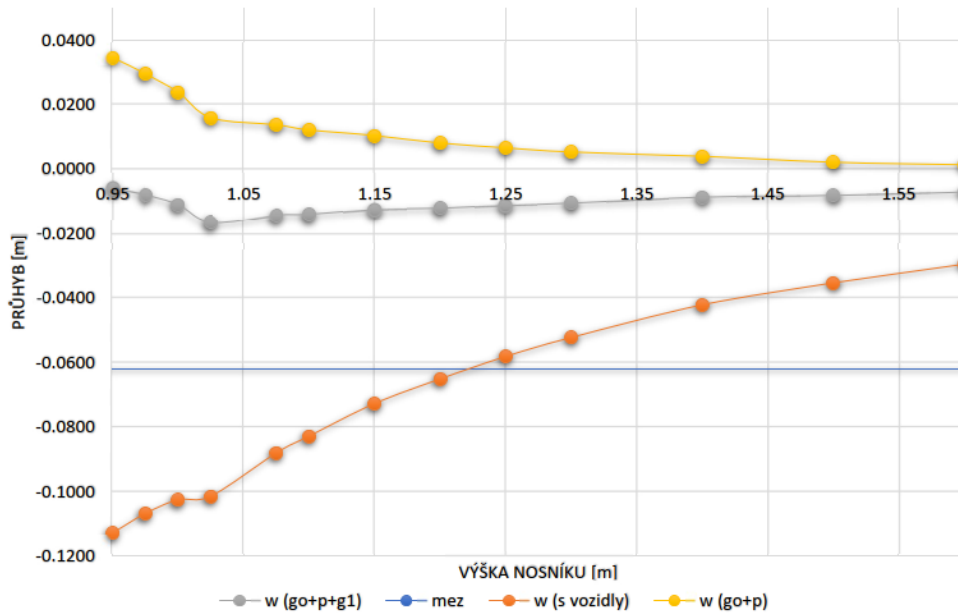
Obrázek 14: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku



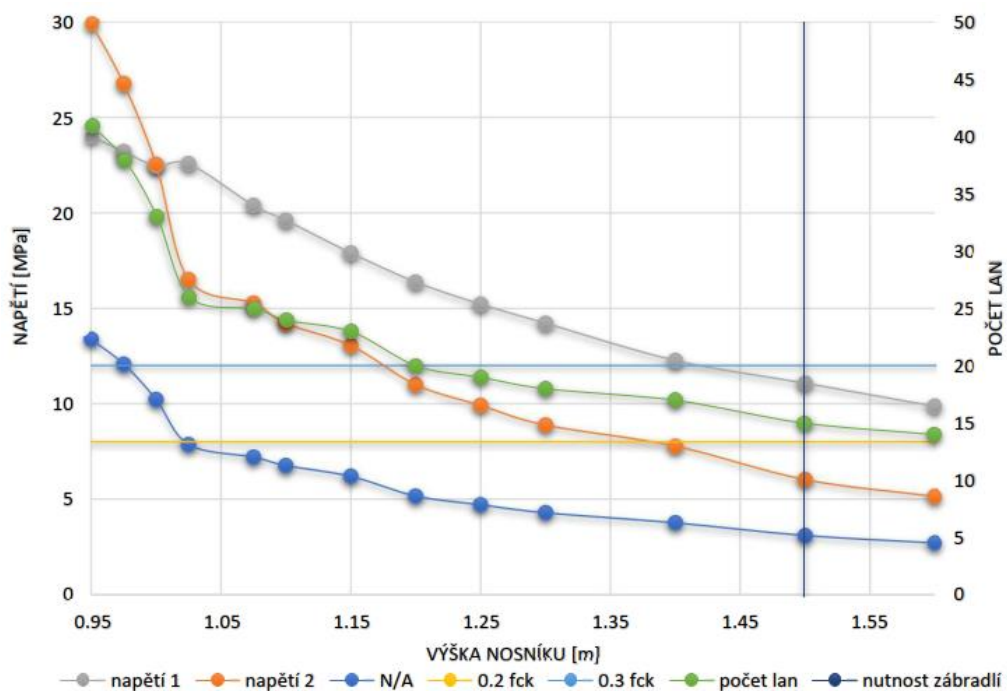
Obrázek 15: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

Pro zatížení bez LM3 je tato varianta nejvýhodnější. Profil výšky 1,3 m vyhoví při posuzování napětí a zároveň má správné využití při průhybu.

4.10.5. VARIANTA 2, BETON C40/50



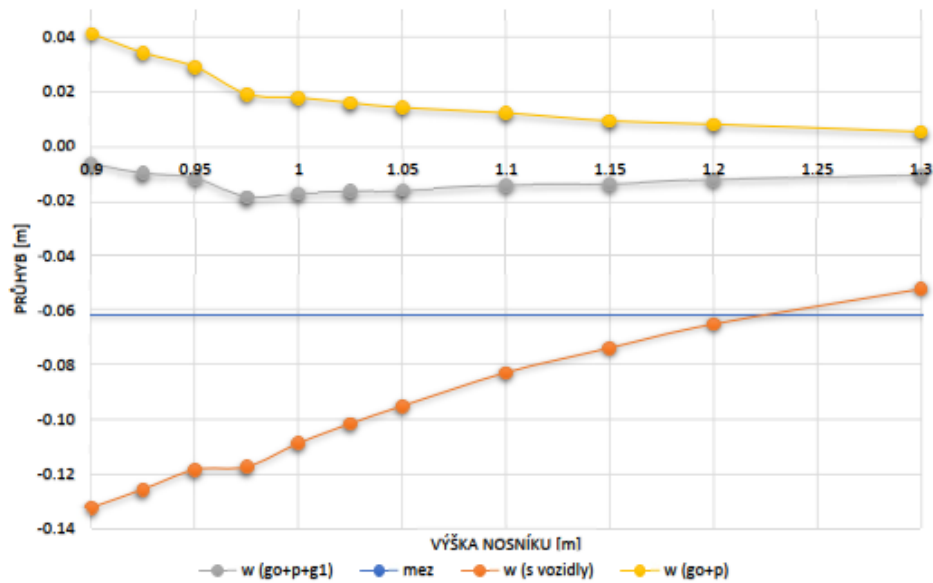
Obrázek 16: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku



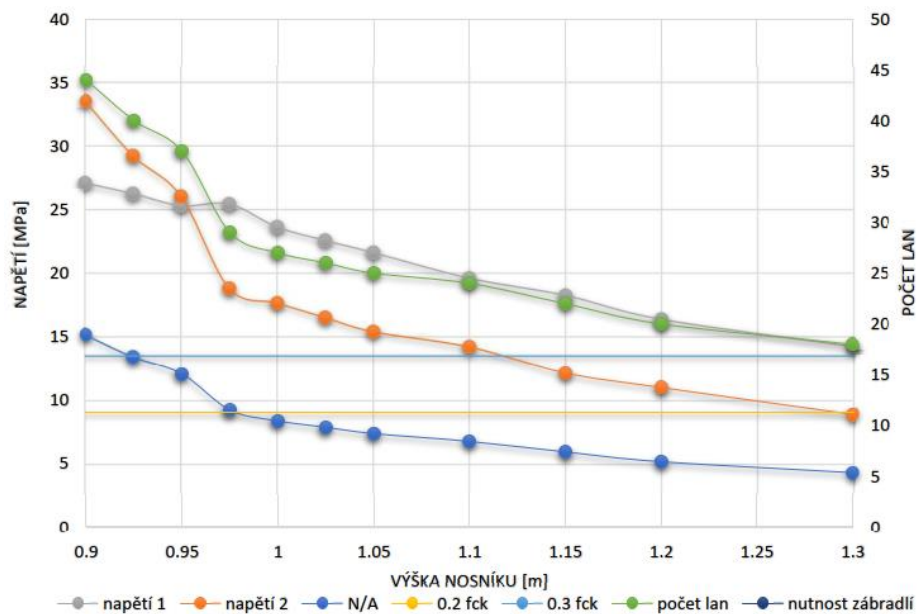
Obrázek 17: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

Pro zatížení bez LM3 je tato varianta také vhodná. Profil výšky 1,3 m vyhoví při posuzování napětí a zároveň má správné využití při průhybu. Ale tato výška je shodná s pro o třídu nižší beton, proto je výhodné použít spíše ten.

4.10.6. VARIANTA 2, BETON C45/55



Obrázek 18: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku



Obrázek 19: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku

Pro zatížení bez LM3 tato varianta není výhodná. Sice využíváme beton vysoké pevnosti, ale protože díky němu můžeme mít velmi nízký nosník, nevyhoví průhyb pro nosníky menší výšky než 1,25 m.

4.10.7. ZÁVĚR PRO VARIANTU 1 A 2

Pro variantu 1 je výhodné použít beton třídy C 45/55, díky nižší výšce, správnému využití průřezu při průhybu.

Pro variantu 2 je nejvýhodnější použít beton třídy C 35/45, protože výška 1,3 m je společnou hodnotou pro minimální výšku nosníku, který vyhoví na průhyb.

Varianta 2 byla zvolená, jako nejlepší, proto je s ní dále počítáno.

5. MODEL MOSTNÍ KONSTRUKCE

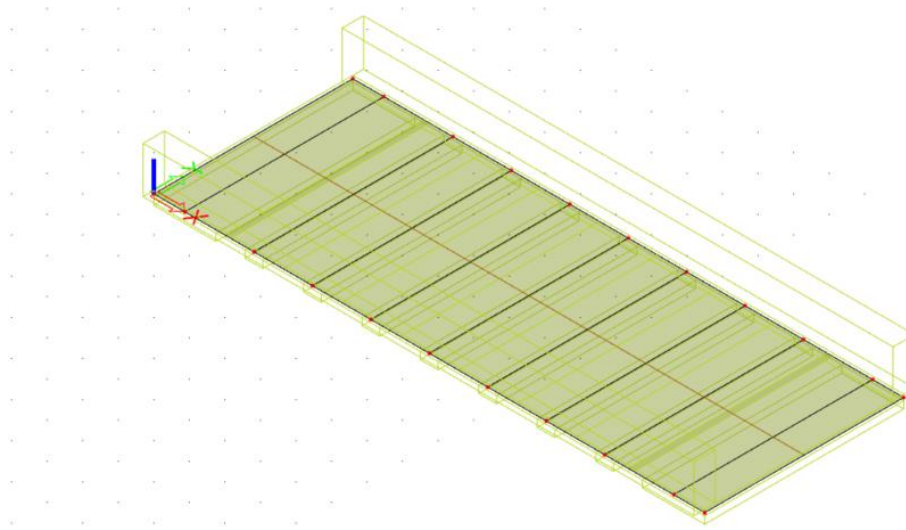
Konstrukce je nahrazena prutovým modelem, není uvažováno se zakřivením mostovky. Model byl využit pro dimenzování žebra a desky, pro návrh předpjatých nosníků sloužil, jako kontrola pro ruční výpočty.

Deska je tvořena pomocí střednice. Délka desky je 15,5 m, šířka je 5,6 m a tloušťka 160 mm.

Žebra jsou vytvořena, jako komponenta desky. Jejich rozměr je 500x200 mm a délka je shodná se šířkou desky.

Rozměr hlavních nosníků 600x1300 mm na délce 15,5 m. Výška 1300 mm je optimalizovaná výška pro kterou proběhly další výpočty.

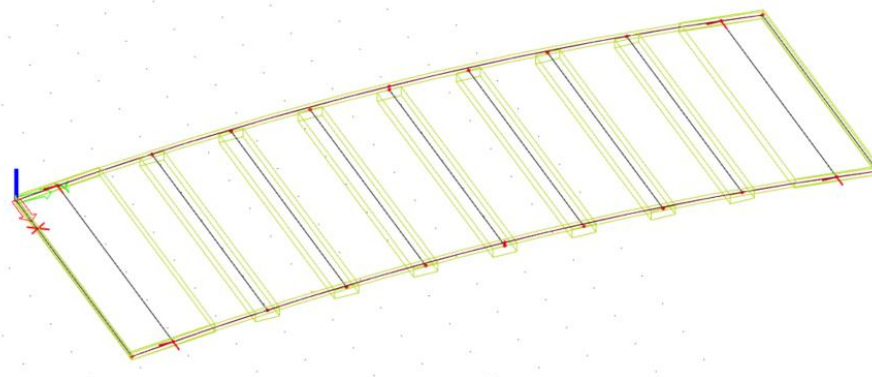
Na konstrukci je umožněno volné pootočení a je správně uložena, aby byla zajištěna prostorová stabilita a zároveň bylo umožněné dilatování.



Obrázek 20: Axonometrický pohled na model mostu použitého pro výpočty



Obrázek 21: Pohled na model mostu použitého pro výpočty



Obrázek 22: Pohled na model mostu se zakřivenou mostovkou

6. POSOUZENÍ PŘEDPJATÝCH NOSNÍKŮ

6.1. GEOMETRIE

Délka $L=15,5$ m

Výška $H=1,3$ m

Šířka $B = 0,6$ m

Krytí $C=0,07$ m

6.2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

6.2.1. NEOSLABENÝ PRŮŘEZ

Jedná se o vlastnosti betonu, který by nebyl porušený kanálky.

Plocha betonu $A_c=0,78$ m²

Plocha kanálků $A_p=0,00848$ m²

Moment setrvačnosti $I=0,1099$ m⁴

6.2.2. OSLABENÝ PRŮŘEZ

Betonový průřez je oslaben tím, že jsou do něj započítány trasy kanálků, které zmenší plochu betonu a zároveň únosnost celého nosníku.

Plocha betonu $A_{cr}=0,7715$ m²

Moment setrvačnosti $I_{cr}=0,1073$ m⁴

Excentricita $e_{pr}=0,556$ m

6.3. URČENÍ PŘEDPÍNAČÍ SÍLY PRO OSLABENÝ PRŮŘEZ

Pro daný průřez, při oslabení kanálky, dojde k porušení betonu při předpínání. Ve vláknech 2 dojde k příliš velkému napětí a tažený beton dané zatížení nevydrží. Vznikl prázdný interval pro předpínací sílu.

Posudek vyhoví pro vyšší třídu betonu C40/50, která má vyšší pevnost v tlaku i tahu. Vzniklý interval je mezi hodnotami 3253 kN a 3263 kN. Požadovaná předpínací síla má velikost 3259 kN a pro ni potřebný počet lan jen 18 ks.

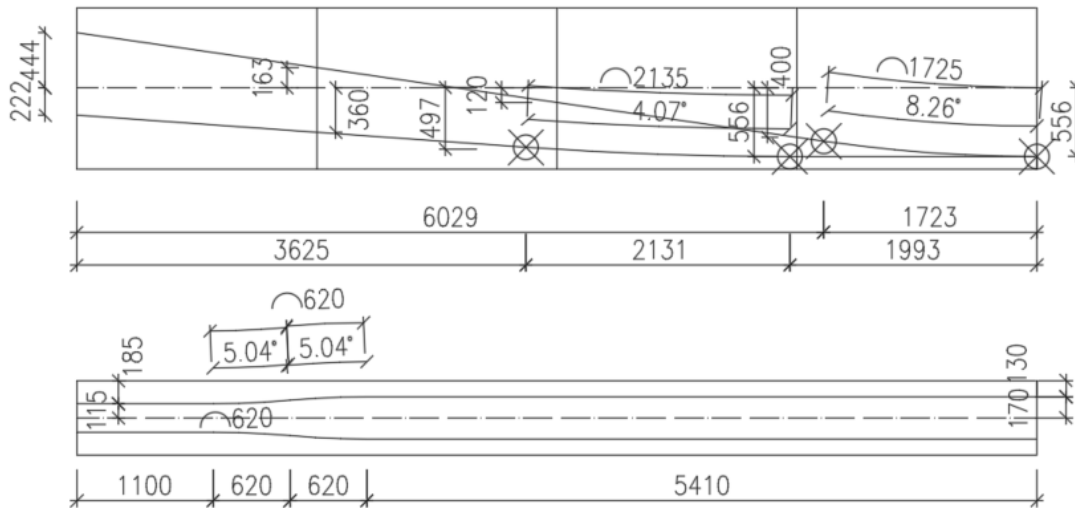
Prováděcí předpínací síla v čase T_0 je 3348 kN a v čase T_{00} je 3013 kN.

6.4. USPOŘÁDÁNÍ KABELŮ (TRASOVÁNÍ)

Cílem je umístit 18 lan do 3 kanálků, tak aby co nejlépe eliminovaly zatížení od stálých složek. Jsou možné dva způsoby rozmístění lan do kanálků. V prvním způsobu jsou krajní kanálky plné, obsahují 7 lan a ten prostřední pouze 4 lana. Tento způsob není tolik, pro zachycení posouvajících sil. Lepší rozmístění tedy je, rovnoměrné rozdělení lan do kanálků po 6 kusech.

Průměrná hodnota vzdálenosti kabelů od těžiště, by se měla, co nejvíce blížit parabole druhé stupně, která odpovídá křivce tvaru ohybového momentu od stálého zatížení umístěné v těžišti nosníku. Dva krajní kabely nedosáhnou těžiště, zatímco kabel ve středu se co nejvíce přiblíží k hornímu okraji.

Půdorysně dojde také k zakřivení kabelů. Rozměry kotev vyžadují větší krytí, proto se kabely směrem od středu rozpětí nosníku postupně posunou k ose nosníku, pomocí dvou inflexních oblouků.



Obrázek 23: Trasování kabelů ve svislém a vodorovném směru

Ohybový moment vzniklý od předpětí při předpínací síle 3348 kN je 1861 kNm.

6.5. NOVÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

6.5.1. KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Charakteristická kombinace	$M_{Ek} = 1655,672 \text{ kNm}$
Častá kombinace	$M_{Ek\psi_1} = 902,749 \text{ kNm}$
Kvazistálá kombinace	$M_{Ek\psi_2} = -468,697 \text{ kNm}$

6.5.2. KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Pro kombinaci je použito normových vztahů pro jednotlivé kombinace. Tyto vypočtené síly se využívají pro návrh a posudek jednotlivých částí konstrukcí.

Kombinace 6.10a	$M_{Ed} = 2023,860 \text{ kNm}$
Kombinace 6.10b	$M_{Ed} = 2604,178 \text{ kNm}$

6.6. ZMĚNY PŘEDPĚTÍ

6.6.1. OKAMŽITÉ ZMĚNY PŘEDPĚTÍ

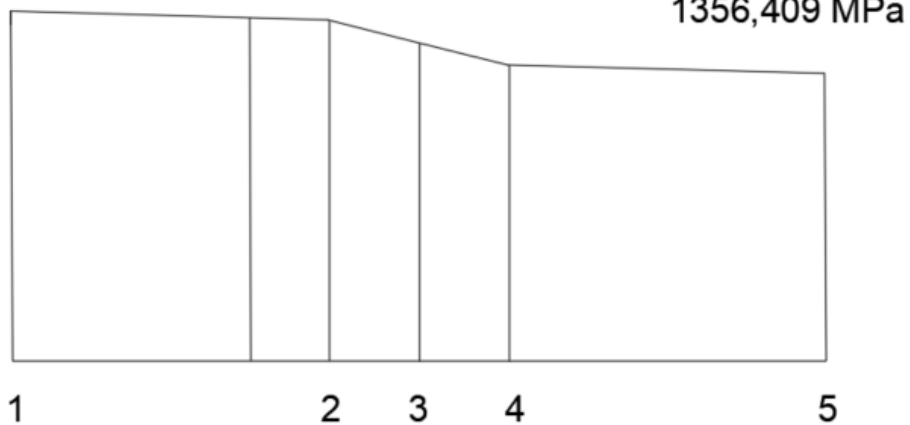
6.6.1.1. Ztráty třením

Ztráty, které proběhnou při napínání. Kabel se tře o stěny kanálků, hlavně v místech s oblouky a tím dochází ke snižování napětí. Hodnoty ztrát napětí jsem určovala v každém bodě začínajícího oblouku.

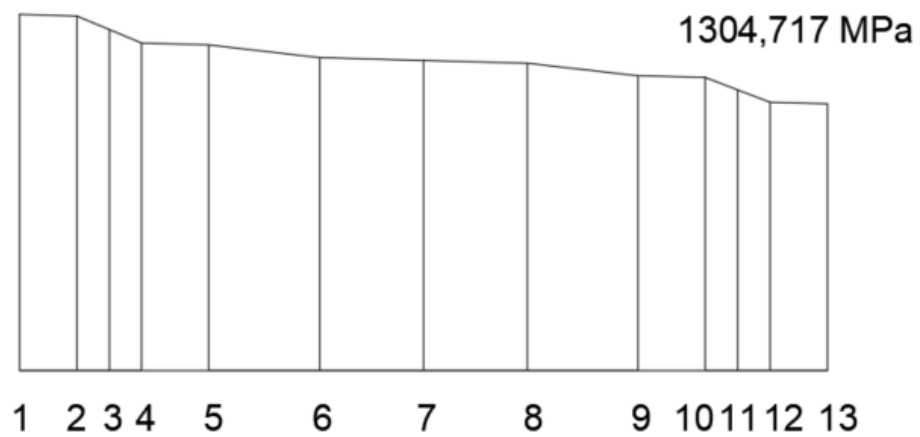
Hodnoty ze všech tří kanálků se zprůměrují do společné hodnoty.

Na začátku nosníku nedojde ke ztrátám.
V polovině rozpětí ztráty třením činí 79, 207 MPa.
Na konci nosníku jsou ztráty 154,052 MPa.

KABEL 3
1476 MPa



KABELY 1 A 2
1476 MPa

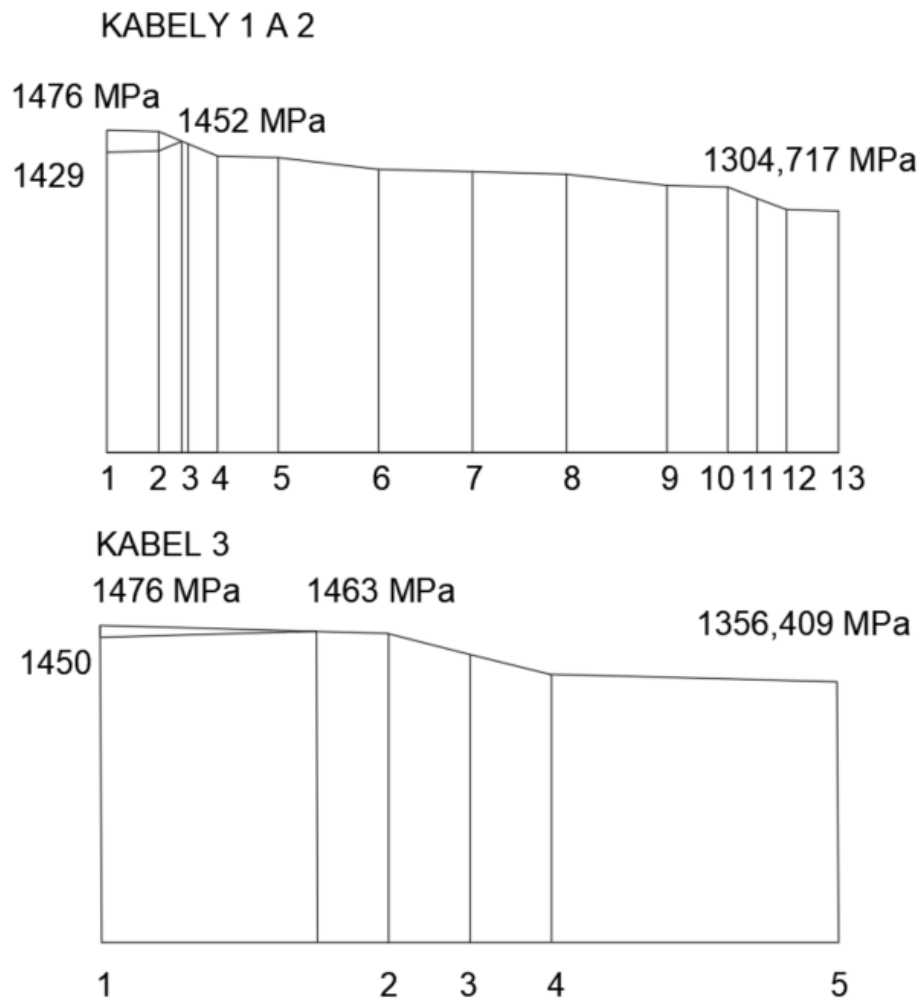


Obrázek 24: Ztráty třením

6.6.1.2. Ztráty pokluzem

Ztráta vznikne pokluzem kotevního kuželíku lana v objímce, tím se v lanu sníží celkové napětí.

Délka pokluzu byla stanovena na hodnotu 3 mm, proto se snížení napětí projevilo pouze v blízkosti počátku nosníku a nedosáhlo až do poloviny jeho rozpětí. Snížila se počáteční hodnota napětí lana v jeho počátku o 39,903 MPa.



Obrázek 25: Ztráty pokluzem.

6.6.1.3. Ztráty postupným napínáním

Ztráta závisí na modulu pružnosti napínaných lan, která je způsobena postupným předepnutím jednotlivých kabelů.

Celková ztráta je 17,111 MPa.

6.6.1.4. Ztráty relaxací

Velikost ztráty způsobená dotvarováním lan je 5,849 MPa

6.6.1.5. Celkové ztráty krátkodobou relaxací

Zkoumaná hodnota se nachází v polovině rozpětí nosníku. Při odečtení všech způsobených ztrát od maximálního napětí, klesne celkové napětí o 6,922% na 1373,833 MPa.

6.6.2. DLOUHODOBÉ ZMĚNY PŘEDPĚTÍ

Dlouhodobé změny předpětí jsou způsobené relaxací, dotvarováním a smršťováním. Zkoumané časové intervaly jsou $t_0=28$ dní, kdy je vnesené předpětí. Dalším důležitým časem je $t_g=150$ dní, kdy začne působit zatížení svrškem mostu a do provozu bude most uveden v čase $t_q=240$ dní. Předpokládaná životnost mostu je 100 let, $t_o=36500$ dní.

6.6.2.1. Ztráty smrštěním betonu

Zahrnují vysychání a autogenní vysychání betonu.

V čase t_g dojde ke ztrátám v hodnotě 10,836 MPa, při uvedení do provozu 14,953 MPa a na konci životnosti budou celkové ztráty smrštěním betonu 36,432 MPa.

6.6.2.2. Ztráty dotvarováním betonu

V průběhu času beton bude stále dotvarovat. Ztráty jsou vypočítané v jednotlivých časových intervalech.

$\sigma(t_0; t_g)$	- 18,424 MPa
$\sigma(t_0; t_q)$	- 21,294 MPa
$\sigma(t_0; t_{oo})$	- 37,128 MPa
$\sigma(t_g; t_q)$	5,236 MPa
$\sigma(t_g; t_{oo})$	11,468 MPa

6.6.2.3. Ztráty relaxací

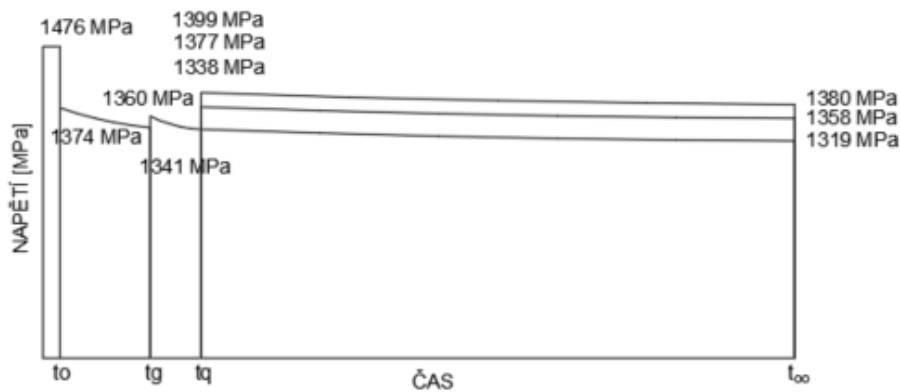
Předpínací lana i nadále během své životnosti dotvarují a tím se snižuje jejich napětí. V čase t_g se napětí sníží o 13,967 MPa, v čase t_q klesne o 17,249 MPa a v čase t_{oo} jsou ztráty 45,121 MPa.

6.6.2.4. Celkové určení dlouhodobých ztrát

Ztráty od smrštění, dotvarování i relaxace jsem sečetla ve výsledné změny předpětí.

t_g	- 32,91 MPa
t_q	- 36,151 MPa
t_{oo}	- 74,851 MPa

Celkové dlouhodobé ztráty tvoří 4,02% a ztráty celkem 10,7%.



Obrázek 26: Znárodnění průběhu ztrát v polovině délky rozpětí nosníku

6.7. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Posouzení bylo provedeno pro průřez $L/2$.

Byly použity kombinace pro mezní stav únosnosti.

Pro výpočet byly použity pracovní diagramy použitých materiálů.

6.7.1. POSOUZENÍ NA OHYB

Stanovením základního napětí v daném průřezu se dopočítá výsledný maximální ohybový moment působící na nosník. $M_{ed} = 2846$ kNm

Pomocí výpočtu neutrálné osy a výšky tlačeného betonu bylo možné určit, zda je předpínací výztuž plně využita a zda průřez vyhoví i bez betonářské výztuže. $M_{rd} = 1920$ kNm. Posudek nevyhoví, proto bylo nutné donavrhnout betonářskou výztuž. Po přidání 4 prutů o průměru 25 mm vyšel moment $M_{rd} = 2851$ kNm. Posudek tímto vyhoví.

6.7.2. POSOUZENÍ NA SMYK

Posouzení na smykovou sílu je provedeno v průřezích ve vzdálenosti od sebe o $1/8L$. V každém bodě byla určena maximální posouvající síla a k ní odpovídající moment se započítáním působení předpínacích kabelů.

Pro posouzení o vzniku trhlin byly použity vnitřní síly z kombinace pro MSÚ určené pro každý zvolený bod na konstrukci.

Po určení všech působících vnitřních sil, jsem určila napětí na horních i spodních vláknech pro zjištění místa, kde vzniknou trhliny. Trhliny vzniknou ve vzdálenosti 1,852 m od kraje nosníku.

Pro oblast bez trhlin jsem použila pružné posouzení na smyk, které mi ukázalo, že průřez vyhoví i bez navržené smykové výztuže. Stačilo navrhnout konstrukční smykovou výztuž v daném intervalu.

Oblast s trhlínami už bez smykové výztuže nevyhoví, je nutné navrhnout smykovou výztuž pro interval s možným vznikem trhlin

6.8. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Posouzení mezního stavu použitelnosti bylo provedeno posouzením napětí v betonu. Posouzení bylo provedeno v polovině rozpětí desky.

Používané hodnoty:

f _{ck}	40 MPa
f _{ctm}	3,5 MPa
0,6 f _{ck}	24 MPa
0,45 f _{ck}	18 MPa
f _{pk}	1860 MPa
0,75 f _{pk}	1395 MPa

6.8.1. OMEZENÍ NAPĚTÍ V PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽI

Napětí ve výztuži musí být menší 0,75 z charakteristické pevnosti předpínací výztuže.

Pro čas T ₀ :	$\sigma_{pm0} < 1395 \text{ MPa}$ 1373,833 MPa < 1395 MPa	vyhoví
Pro čas T _{oo} :	$\sigma_{pmoo} < 1395 \text{ MPa}$ 1379,991 MPa < 1395 MPa	vyhoví

6.8.2. POSOUZENÍ VZNIKU PODÉLNÝCH TRHLIN

T _{oo} charakteristická kombinace:	$ \sigma_{c2} < 24 \text{ MPa}$ 14,733 MPa < 24 MPa $ \sigma_{c1} > 3,5 \text{ MPa}$ 6,819 MPa > 3,5 MPa	vyhoví vyhoví
T ₀ zatížení vlastní tíhou:	$ \sigma_{c2} < 18 \text{ MPa}$ 1,380 MPa < 18 MPa $ \sigma_{c1} < 24 \text{ MPa}$ 11,369 MPa < 24 MPa	vyhoví vyhoví

6.8.3. OMEZENÍ Z HLEDISKA DOTVAROVÁNÍ

T ₀ zatížení vlastní tíhou:	$ \sigma_{c2} < 3,2 \text{ MPa}$ 1,380 MPa < 3,2 MPa $ \sigma_{c1} < 18 \text{ MPa}$ 11,369 MPa < 18 MPa	vyhoví vyhoví
T _{oo} kvazistálá kombinace:	$ \sigma_{c2} < 18 \text{ MPa}$ 2,268 MPa < 18 MPa $ \sigma_{c1} > 3,5 \text{ MPa}$ 5,15 MPa > 3,5 MPa	vyhoví vyhoví

6.8.4. OMEZENÍ OHYBOVÝCH TRHLIN

T_{00} častá kombinace:	$ \sigma_{c1} < 3,5 \text{ MPa}$	
	$0,97 \text{ MPa} < 3,5 \text{ MPa}$	vyhoví
	$ \sigma_{c2} < 24 \text{ MPa}$	
	$5,15 \text{ MPa} < 24 \text{ MPa}$	vyhoví

Pro všechny zadané kombinace průřez vyhoví, aniž by v něm vznikly trhliny. Předpokládáme, že když nedošlo k potrhání v polovině průřezů, kde se vnitřní síly projeví nejdůrazněji, tak se trhliny neobjeví v žádném jiném místě nosníku.

6.9. MEZNÍ STAV PŘETVOŘENÍ

Hodnoty pružných deformací vypočítané pomocí pružné deformace.

Od stálého zatížení

V_{stg0} 3,9 mm

V_{stg1} 5,4 mm

Od dopravy

V_{stqTS} 6 mm

V_{stqUDL} 4,2 mm

Od předpětí

V_{stp} -12,5 mm

Součet hodnot pro všechny 3 kabely.

Průhyb od vlastní tíhy při předpínání

V_g 7,1 mm

Průhyb v čase T_0

$V_{T0} = 7,1 - 12,5 = -5,4 \text{ mm}$

Průhyb v čase T_{00}

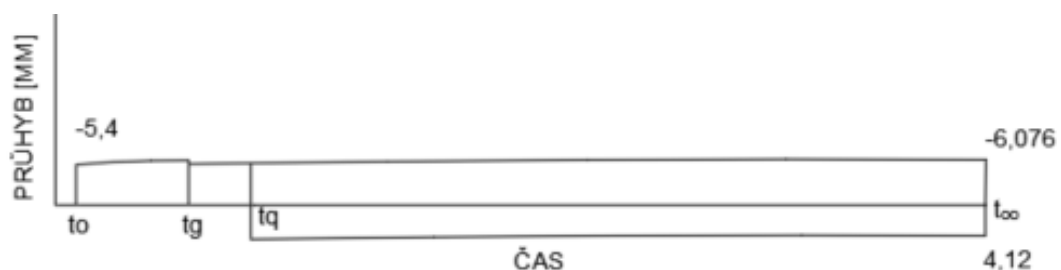
Se započítáním součinitelů pro dlouhodobý průhyb

V_{T00} -6,08 mm

V_{T00} 4,12 mm

Průhyb od dopravy

V_{T0} 10,2 mm



Obrázek 27: Zobrazení průhybu v průběhu životnosti konstrukce

6.10. NÁVRH A POSOUZENÍ KOTEV

V návrhu byla zvolena kotva VSL - EC 6-7. Ukázkový výpočet kotvy byl proveden na kotvě typu VSL - E, protože pro použitou kotvu je její únosnost zajištěná zkouškou. Dále bylo posouzené místo hned pod kotvou v oblasti přidruženého hranolu. Do oblasti pod kotvou je navržena spirála s využitím profilu 12 s 5 závity. Při posouzení oblasti u povrchu kotvy byly navrženy 2 pruty výztuže s průměrem 12 mm. Při posouzení kotevní oblasti jako celku, bylo navrženo celkem 9 mříží složených ze 14 mm profilů. Mříže blíž u povrchu jsou 4 šestistřížné a mají mezi sebou vzdálenost 50 mm, ve vzdálenosti 300 mm od povrchu je 5 čtyřstřížných mříží s osovou vzdáleností 325 mm.

7. NÁVRH ŽEBRA

7.1. GEOMETRIE

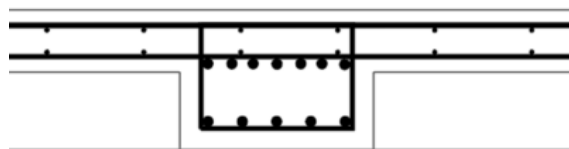
Délka prutu je 5,6 m. Výška a šířka žebra jsou 200x500 mm. Spolupůsobící šířka mezi žebry je přesně polovina vzdálenosti jejich světlé vzdálenosti.

7.2. VNITŘNÍ SÍLY

Vnitřní síly jsem odečetla z modelu v programu Scia. Maximální ohybový moment působící v poli je 179,64 kNm a maximální moment, který působí v místě styku s předpjatým nosníkem je -211,101 kNm. Maximální velikost posouvající síly je 388,243 kN.

7.3. DIMENZOVÁNÍ

Pro zhotovení konstrukce je použitý beton C40/50 a betonářská výztuž B550B. Návrh výztuže v poli, při spodním okraji žebra vyhoví při použití 5 ϕ 20mm. Pro dimenzaci horní výztuže s momentem 211 kNm bude využito 7 ϕ 20mm. Okraje budou olemovány třmínky s průměrem 10 mm. Návrh smykové výztuže je dán maximální posouvající silou. Průřez bez smykové výztuže nevyhoví v oblasti větší posouvající síly než 118 kN. V oblasti s menší silou je navržena pouze konstrukční smyková výztuž v osové vzdálenosti 250 mm od sebe. Pro oblast s větší posouvající silou je třeba umístit třmínky blíž k sobě a to na vzdálenost 130 mm.



Obrázek 28: Rozmístění výztuže v žebře

8. NÁVRH DESKY

8.1. GEOMETRIE

Délka desky je 15,5 m, šířka 5 m je skutečná, hodnota pro výpočet je 5,6 m. Tloušťka desky je 160 mm.

8.2. VNITŘNÍ SÍLY

Vnitřní síly jsem odečetla z modelu v programu Scia. Maximální ohybový moment v poli je 31,94 kNm a maximální moment nad žebrem je - 5,52 kNm. Velikost posouvajících sil je 55,83 kN.

8.3. DIMENZOVÁNÍ

Železobetonová deska je zhotovena z betonu třídy C40/50 a je použita betonářská výztuž B550B.

Dolní hlavní výztuž je zhotovena z profilů o průměru 12 mm umístěných ve vzdálenosti 160 mm od sebe. Horní hlavní nosná výztuž je tvořena pruty o profilu 10 mm po 200 mm. Rozdělovací výztuž při horním i spodním okraji je stejná, má profil 10 mm a je rozmístěná po 250 mm.

Deska vyhoví na smykové namáhání, proto není třeba navrhovat smykovou výztuž.

9. ZÁVĚR

V bakalářské práci byl vytvořen předběžný návrh přemostění Husího potoku v obci Hladké Životice, s cílem navrhnout co největší světlou výšku. Navrhnutou konstrukcí je parapetní most s předpjatými hlavními nosníky a deskou s žebry. Pro návrh nosníků byly vypracovány varianty pro použití různých tříd betonu, čímž byla umožněna optimalizace nosníku. Účinky zatížení byly vypočítány ručně a porovnány s výsledky v programu Scia Engineer. Hlavní nosníky byly posouzeny podle mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti. Deska a žebra byla posouzena pouze pro ohybové momenty a smykové namáhání.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1992-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1992-1-1. Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006, oprava 1, 0.7.09. a změna Z1 03.10.

Stránský, J. – Nečas, R.: Betonové mosty I. – modul M01 Základní principy navrhování, VUT, Brno 2006

Klusáček, L.: Betonové mosty I. – modul M02 Nosné konstrukce mostu, VUT, Brno 2006

Navrátil, J.: Předpjaté betonové konstrukce, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, Vysoké učení technické v Brně. ISBN 80-214-2649-7

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vstupní podklad	2
Obrázek 2: Předběžný návrh řezu mostovkou.....	3
Obrázek 3: Předběžný návrh podélného řezu	3
Obrázek 4: Návrh desky	4
Obrázek 5: Návrh žebra	4
Obrázek 6: Skladba vozovky	5
Obrázek 7: Rozmístění kanálků v polovině rozpětí.....	9
Obrázek 8: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	11
Obrázek 9: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	11
Obrázek 10: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	12
Obrázek 11: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	12
Obrázek 12: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	13
Obrázek 13: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	13
Obrázek 14: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	14
Obrázek 15: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	14
Obrázek 16: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	15
Obrázek 17: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	15
Obrázek 18: Graf závislosti průhybu na výšce nosníku.....	16
Obrázek 19: Graf závislosti napětí a počtu lan na výšce nosníku.....	16
Obrázek 20: Axonometrický pohled na model mostu použitého pro výpočty.....	17
Obrázek 21: Pohled na model mostu použitého pro výpočty	17
Obrázek 23: Trasování kabelů ve svislém a vodorovném směru	19
Obrázek 24: Ztráty třením.....	20
Obrázek 25: Ztráty pokluzem.	21
Obrázek 26: Znázornění průběhu ztrát v polovině délky rozpětí nosníku	23
Obrázek 27: Zobrazení průhybu v průběhu životnosti konstrukce.....	25
Obrázek 28: Rozmístění výztuže v žebrou	26

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkresy:

V0.1	Předběžný návrh	M 1:25, 1:50
V0.2	Podklady	M 1:500
V0.3	Předpínací výztuž	M 1:20
V0.4	Betonářská výztuž v předpjatých nosnících	M 1:20
V0.5	Betonářská výztuž desky a žeber	M 1:20
V0.6	Pohled na most proti směru potoku	M 1:50
V0.7	Příčné řezy v polovině rozpětí mostu	M 1:50
V0.8	Podélný řez	M 1:50
V0.9	Situace	M 1:100

2. Statický výpočet a průvodní zpráva