



# 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

## SPOJITÝ KOMOROVÝ MOST

CONTINUOUS BOX GIRDER BRIDGE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Mário Hajnoš

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2022



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |                                                                   |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Studijní program</b>        | N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby  |
| <b>Typ studijního programu</b> | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Specializace</b>            | bez specializace                                                  |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav betonových a zděných konstrukcí                             |

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Student</b>         | Bc. Mário Hajnoš        |
| <b>Název</b>           | Spojité komorový most   |
| <b>Vedoucí práce</b>   | Ing. Jan Kolářek, Ph.D. |
| <b>Datum zadání</b>    | 31. 3. 2021             |
| <b>Datum odevzdání</b> | 14. 1. 2022             |

V Brně dne 31. 3. 2021

---

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

---

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

## PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů.

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.

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je. Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete včetně zohlednění vlivu výstavby mostu na jeho návrh. Nosnou konstrukci můžete zkrátit na konci a případně i na začátku mostu. S ohledem na velký poloměr směrového oblouku můžete most napřímit. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Diplomová práce bude odevzdána pro ÚBZK 1x na CD.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ 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).

---

Ing. Jan Kolářek, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Témou diplomovej práce je návrh nosnej konštrukcie spojitého komorového mostu cez hlboké údolie zvané Lazného potok. Most má previesť cestu II. triedy kategórie S 9,5.

Boli spracované dve varianty premostenia. Uprednostnená varianta je riešená ako spojitý nosník o piatich poliach s rozpätím 44,8 m + 55 m + 55 m + 55 m + 44,8 m.

Most má celkovú dĺžku 268,57 m a je budovaný pomocou technológie hornej výsuvnej skruže.

Osa mostu je vedená v pôdorysnej priamej s konštantným priečnym sklonom 2,5%.

Práca používa 6 výpočtových modelov v prostredí programu SCIA ENGINEER. Súčasťou práce je aj časovo závislá analýza uplatnená pri fázach výstavby.

Posúdenia medzných stavov únosnosti a použiteľnosti sú zhotovené ručne podľa platných noriem a predpisov.

Súčasťou práce je statický výpočet, priehľadná výkresová dokumentácia a vizualizácia mostu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

cestný most, komorový nosník, časovo závislá analýza, predpätý betón, medzné stavy únosnosti, medzné stavy použiteľnosti, fáze výstavby

## ABSTRACT

The topic of this thesis is detailed design of supporting structure of continous box girder bridge across a deep valley called Lazný creek. The bridge have to pass the second class road with category S 9,5.

The design is processed by two options. The chosen option is designed as a girder with five spans 44,8 m + 55 m + 55 m + 55 m + 44,8 m.

Total length of bridge is 268,57 m, the main girder is gradually cast into the formwork suspended on a special ceiling scaffolding.

The axis of the bridge is in a plan straight with the constant transversal slope 2,5 %.

The thesis contains six models in software SCIA ENGINEER. Part of the work is situated on time depended analysis with construction phases.

Assessment of ultimate limit states and serviceability limit states were done by hand according to the valid standards and regulations.

Structural analysis, drawing documentation and vizualization are parts of this work.

## KEYWORDS

road bridge, box girder, time depended analysis, prestressed concrete, ultimate limit states, serviceability limit states, construction phases

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Mário Hajnoš *Spojité komorový most*. Brno, 2022. 58 s., 159 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Spojité komorový most* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2022

---

Bc. Mário Hajnoš  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Spojité komorový most* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2022

---

Bc. Mário Hajnoš  
autor práce

## POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval svojmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D za rady pri spracovaní záverečnej práce, ďalej rodine a priateľom za podporu počas štúdia.

V Brně dne 12. 1. 2022

---

Bc. Mário Hajnoš  
autor práce

## Obsah

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 1. Úvod .....                               | 12 |
| 2. Varianty premostení .....                | 12 |
| 2.1 Varianta A.....                         | 12 |
| 2.2 Varianta B.....                         | 14 |
| 2.3 Uprednostnená varianta .....            | 16 |
| 3. Identifikačné údaje.....                 | 16 |
| 3.1 Základné údaje .....                    | 16 |
| 4. Technické riešenie mostu.....            | 17 |
| 4.1 Spodná stavba .....                     | 17 |
| 4.1.1 Založenie .....                       | 17 |
| 4.1.1 Základy .....                         | 17 |
| 4.1.2 Opory.....                            | 18 |
| 4.1.3 Podpery .....                         | 18 |
| 4.2 Nosná konštrukcia.....                  | 19 |
| 4.2.1 Hlavná nosná konštrukcia .....        | 19 |
| 4.2.2 Ložiská .....                         | 19 |
| 4.2.3 Mostný záver.....                     | 20 |
| 4.3 Mostný zvršok .....                     | 21 |
| 4.3.1 Vozovka .....                         | 21 |
| 4.3.2 Rímasy .....                          | 21 |
| 4.4 Mostné vybavenie .....                  | 21 |
| 4.4.1 Záchytné bezpečnostné zariadenie..... | 21 |
| 4.4.2 Odvodnenie vozovky .....              | 22 |
| 4.4.3 Odvodnenie spodnej stavby.....        | 23 |
| 4.4.4 Revízia .....                         | 23 |
| 4.4.5 Úprava svahov.....                    | 23 |
| 5. Postup a technológia výstavby.....       | 23 |
| 5.1 Spodná stavba .....                     | 23 |
| 5.1 Nosná konštrukcia.....                  | 24 |
| 6. Súhrn použitého materiálu .....          | 25 |
| 6.1 Betón .....                             | 25 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 6.2 Betonárska výstuž .....                    | 25 |
| 6.3 Predpínacia výstuž.....                    | 25 |
| 6.4 Predpínacie tyče.....                      | 26 |
| 7. Výpočtový model .....                       | 26 |
| 7.1 Výpočtový model č. 1.....                  | 26 |
| 7.2 Výpočtový model č. 2.....                  | 29 |
| 7.3 Výpočtový model č. 3.....                  | 31 |
| 7.4 Výpočtový model č. 4.....                  | 32 |
| 7.5 Výpočtový model č. 5.....                  | 34 |
| 7.6 Výpočtový model č. 6.....                  | 34 |
| 8. Zaťaženie v pozdĺžnom smere.....            | 35 |
| 8.1 Stále zaťaženia .....                      | 35 |
| 8.2 Zaťaženia od dopravy.....                  | 37 |
| 8.2.1 Zostava gr1a .....                       | 37 |
| 8.2.2 Zostava gr5.....                         | 39 |
| 8.3 Klimatické zaťaženie.....                  | 39 |
| 9. Zaťaženie v priečnom smere .....            | 40 |
| 9.1 Stále zaťaženia .....                      | 40 |
| 9.2 Zaťaženie dopravou.....                    | 41 |
| 10. Vnútorne sily .....                        | 42 |
| 11. Kombinácie.....                            | 42 |
| 11.1 Kombinácie pre MSÚ.....                   | 42 |
| 11.1.1 Kombinácia 6.10 a .....                 | 42 |
| 11.1.2 Kombinácia 6.10 b.....                  | 42 |
| 11.2 Kombinácie pre MSP .....                  | 43 |
| 11.2.1 Charakteristická kombinácia .....       | 43 |
| 11.2.2 Častá kombinácia .....                  | 43 |
| 12. Medzný stav únosnosti .....                | 44 |
| 12.1 MSÚ v pozdĺžnom smere .....               | 44 |
| 12.1.1 Ohybová únosnosť v pozdĺžnom smere..... | 44 |
| 12.1.2 Šmyk a krútenie.....                    | 46 |
| 12.1 MSÚ v priečnom smere.....                 | 48 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 12.1.1 Kombinácia priečneho ohybu a pozdĺžneho šmyku..... | 48 |
| 12.1.2 Priečny šmyk .....                                 | 48 |
| 13. Medzný stav použiteľnosti .....                       | 49 |
| 13.1 Obmedzenie napätia v betóne.....                     | 50 |
| 13.1.1 Tlakové napätie v betóne.....                      | 50 |
| 13.1.2 Ťahové napätie v betóne .....                      | 50 |
| 13.2 Obmedzenie napätia vo výstuži .....                  | 50 |
| 13.2.1 Ťahové napätie v predpínacej výstuži.....          | 50 |
| 13.3 Obmedzenie trhlín .....                              | 50 |
| 13.4 Obmedzenie priehybu.....                             | 50 |
| 13.5 Záver MSP .....                                      | 50 |
| 14. Záver.....                                            | 52 |
| 15. Zoznam použitých zdrojov .....                        | 53 |
| 15.1 Literatúra.....                                      | 53 |
| 15.2 Normy.....                                           | 53 |
| 15.3 Elektronické dokumenty .....                         | 54 |
| 15.4 Technické podmienky a vzorové listy.....             | 55 |
| 15.5 Akademické práce .....                               | 55 |
| 16. Zoznam obrázkov .....                                 | 55 |
| 17. Zoznam tabuliek.....                                  | 57 |
| 18. Zoznam príloh .....                                   | 57 |

## 1. Úvod

Práca sa zaoberá návrhom premostenia hlbokého údolia zvaného Lazného potok. Konštrukcia má previesť komunikáciu, cestu II. triedy, ktorá svojím šírkovým usporiadaním odpovedá kategórii S 9,5.

Autor práce navrhol 2 varianty, komorový a dvojtrámový most. Detailnejšia analýza sa zaoberá finálnou variantou, komorovým mostom.

Most nadväzuje na priamu osu komunikácie, niveleta stúpa o 1,5 % v smere staničenia. V rámci prijatých zjednodušení je pozdĺžny sklon pri statickom riešení a výpočtových modeloch zanedbaný. Pričné usporiadanie vozovky je v strechovitom sklone o hodnote 2,5 %, po oboch stranách mostu sa nachádzajú chodníky s priechodzím priestorom 1,5 m.

Práca je doplnená o statický výpočet, výkresovú dokumentáciu a vizualizáciu konštrukcie.

## 2. Varianty premostení

Podľa empirických vzťahov boli navrhnuté 2 varianty, komora a dvojtrám. Detailnejšie zobrazenie variant je možné nájsť v **prílohe P1.02 a P1.03**.

### 2.1 Varianta A

Prvú variantu predstavuje komorový nosník so šikmými stenami o piatich poliach. Krajné polia pri opere majú rozpätie 44,8 m, zvyšné 3 polia majú rozpätie 55 m. Hrúbka stien a spodnej dosky komory sa po dĺžke menia. Stena ma pri podporách hrúbku 800 mm, vo vzdialenosti 0,2 L (dané rozpätie poľa) klesá na 600 mm, hrúbka pri krajných operách je 1000 mm (z dôvodu trasovania káblov pri kotevnej oblasti). Hrúbka dosky sa mení na totožnej vzdialenosti 0,2 L pri podperách z 300 mm na 500 mm. Horná doska má konštantnú hrúbku 350 mm a výška komorového nosníku je taktiež konštantná 3 m.

Konštrukcia je betónovaná na hornej výsuvnej skruži.

Pozdĺžny sklon je daný sklonom nivelety 1,5 % a priečne usporiadanie odpovedá kategórii S 9,5, po oboch stranách sa nachádza chodník s priechodzím priestorom 1500 mm.

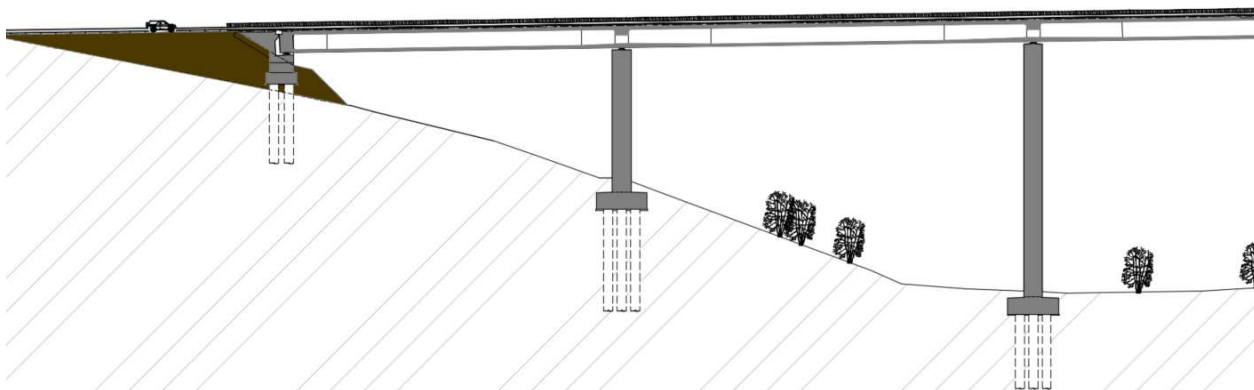
Výhodami tejto varianty sú najmä:

- relatívne malá prierezová plocha (pre zrovnanie rezy v poli: komora =  $9,8675 \text{ m}^2$ , dvojtrám =  $10,23 \text{ m}^2$ )
- veľký moment zotrvačnosti a prierezový modul (pre zrovnanie rezy v poli: komora :  $I_y = 11,064 \text{ m}^4$  a  $W_y = 5,8571 \text{ m}^3$ , dvojtrám :  $I_y = 4,518 \text{ m}^4$  a  $W_y = 3,0 \text{ m}^3$ )
- veľká tuhosť v krútení

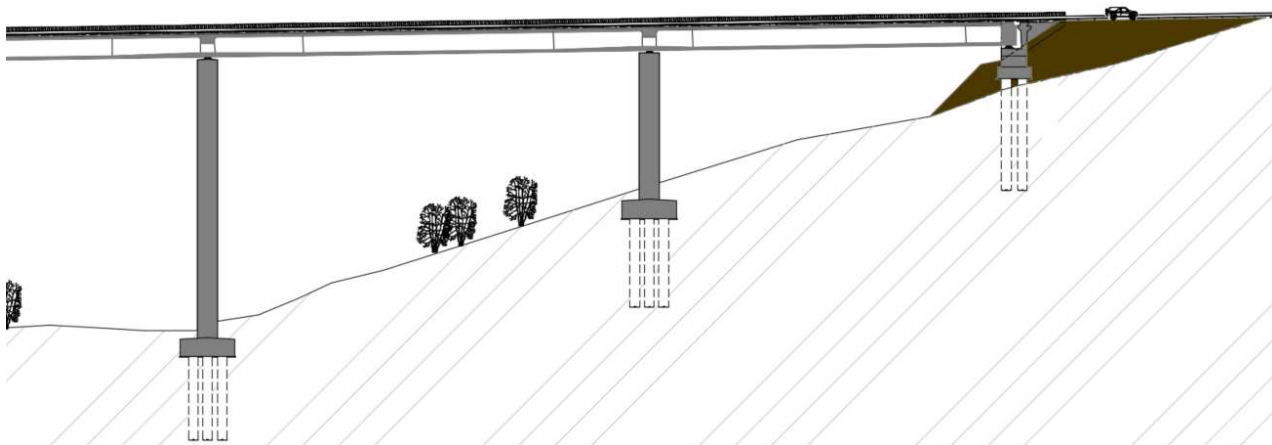
- ideálny prierez na rozpätie polí 45 až 60 m (pri konštantnej výške komorového prierezu), z čoho vyplýva menší počet podperných konštrukcií, tým pádom sa tento prierez javí ako hospodárnejší nie len z hľadiska objemu betónu, ale aj z hľadiska úspory zemných prác a množstva použitých ložísk
- z estetického pohľadu sa javí ako výhodné menšie množstvo podperných pilierov, ktoré tvorí jeden prierez, nedochádza tak k málo priehľadnému „lesu stojok“

Nevýhodami tejto varianty sú najmä:

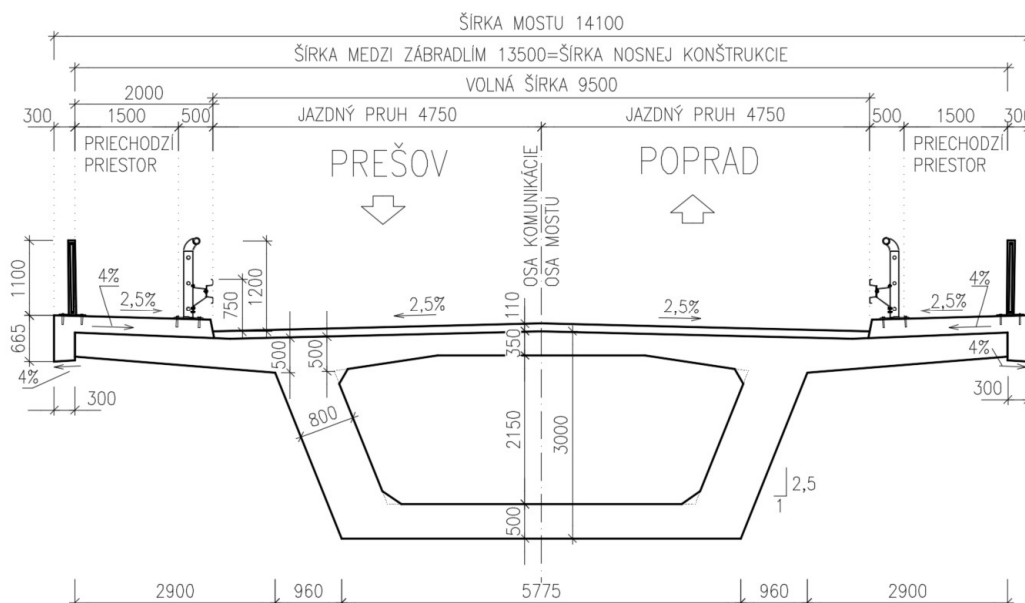
- relatívne pracnejšia výstavba než u trémového prierezu
- väčšia stavebná výška (komora 3,11 m a dvojtrám 2,41 m), čo spôsobí zväčšenie objemu zemných prác (násypy za operami)



Obrázek 1 Schématický pozdĺžny rez Variantou A I



Obrázek 2 Schématický pozdĺžny rez Variantou A II



Obrázek 3 Priechy rez Variantou A nad podperou

## 2.2 Varianta B

Druhú variantu predstavuje dvojtrámový prierez o siedmich poliach. Krajné polia pri opere majú rozpätie 31,05 m, zvyšných 5 polí má rozpätie 38,5 m. Výška prierezu v ose je konštantná 2,3 m. Nosníky majú konštantnú výšku a šírku, počnúc 1,2 m pri ložisku a končiac sklonom 1:10 šírkou 1,55 m pri hornej doske. Hrúbka hornej dosky je konštantná 350 mm. Priechyky sú v tomto prípade iba nad operami.

Konštrukcia je betónovaná na výsuvnej skruži.

Pozdĺžny sklon je daný sklonom nivelety 1,5 % a priečne usporiadanie odpovedá kategórií S 9,5, po oboch stranách sa nachádza chodník s priechodzím priestorom 1500 mm.

Výhodami tejto varianty sú najmä:

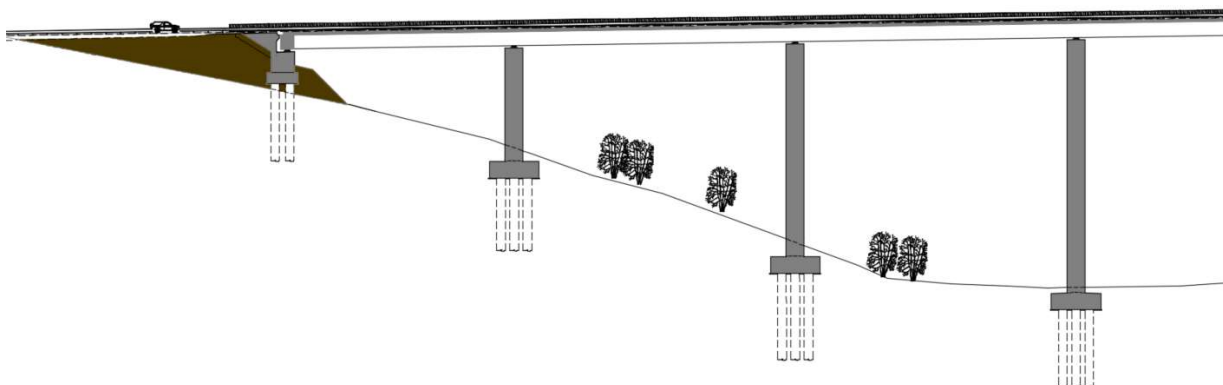
- menšia stavebná výška (2,41 m)
- relatívne menej pracná výstavba (bednenie a armovanie výstuže) než u komorového prierezu
- pri revízných prehliadkach nie sme limitovaný parametrami človeka (pri komorovom moste sa nachádza vlezný otvor (1200x800) a priechodzí otvor (800x1200) pri priečniku

Nevýhodami tejto varianty sú najmä:

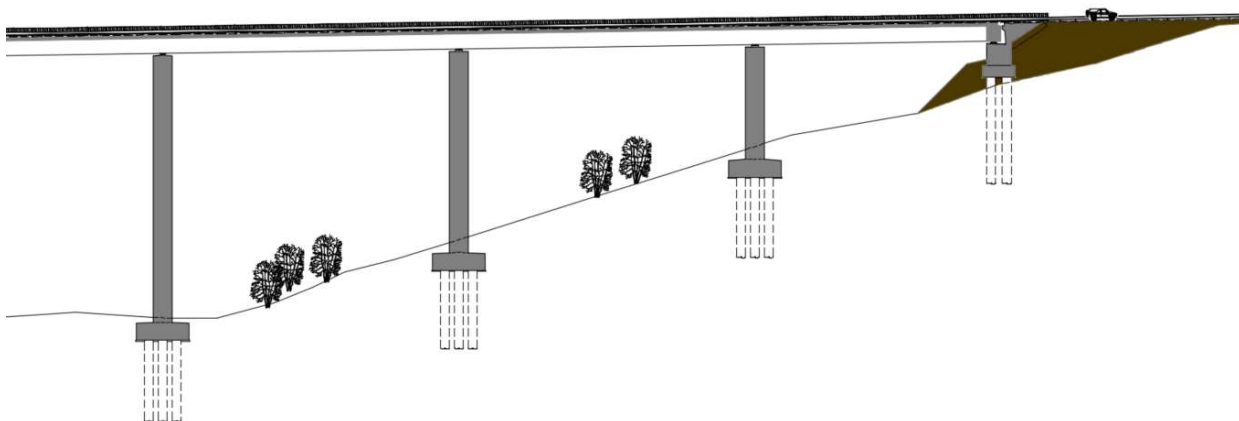
- menšia tuhosť v krútení, menší prierezový modul
- ekonomické do rozpätia cca 45 m, z čoho vyplýva väčší počet podperných konštrukcií než u komorového prierezu, tým pádom sa tento prierez javí ako menej hospodárny, varianta B je náročnejšia na objem betónu, množstvo zemných prác a väčší počet ložísk (ich cena je

pomerne veľká (hrncové ložiská) a náklady na ich údržbu s ich množstvom taktiež narastajú)

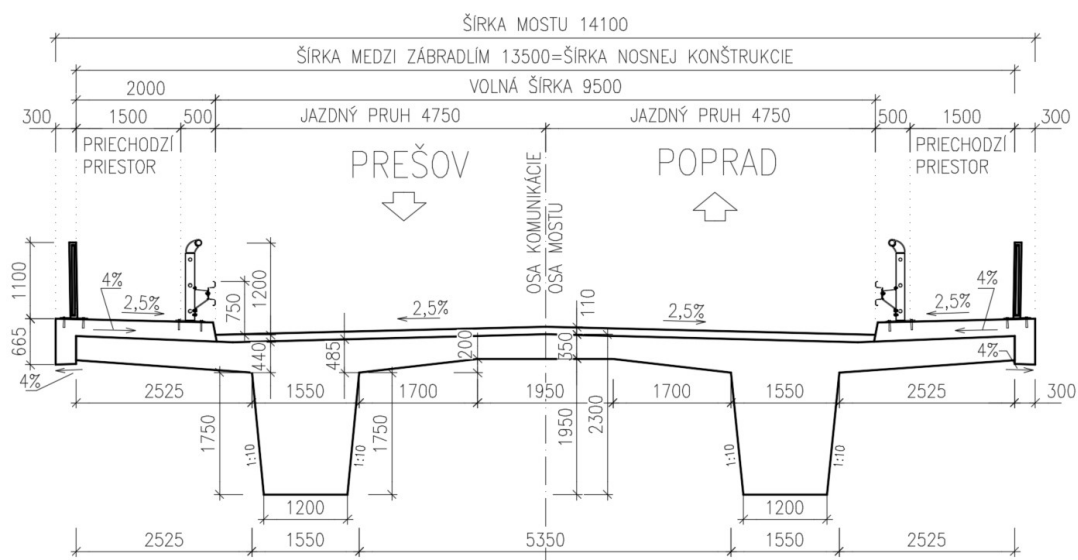
- z estetického hľadiska nie je príliš šťastné množstvo podperných pilierov



Obrázek 4 Schématický pozdlžný rez Variantou B I



Obrázek 5 Schématický pozdlžný rez Variantou B II



Obrázek 6 Priechý rez Variantou B

## 2.3 Uprednostnená varianta

Na základe vyššie uvedených výhod je k ďalšiemu spracovaniu vybraná **varianta A**. Javí sa ako ekonomická, staticky a esteticky výhodnejšia.

## Sprievodná správa

## 3. Identifikačné údaje

|                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| Stavba             | Komunikácia II                 |
| Názov mostu        | Most cez údolie Lazného potoka |
| Katastrálne územie | Prešov                         |
| Obec               | Prešov                         |
| Okres              | Prešov                         |
| Projektant         | Bc. Mário Hajnoš               |

### 3.1 Základné údaje

|                               |                                                           |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Druh prevádzanej komunikácie  | komunikácia II. triedy                                    |
| Prekračovaná prekážka         | hlboké údolie Lazného potoka                              |
| Počet polí                    | 5                                                         |
| Doba trvania                  | trvalý most                                               |
| Životnosť                     | 100 rokov                                                 |
| Priebeh trasy na moste        | priama osa<br>stúpajúca niveleta 1,5 % v smere staničenia |
| Nosná konštrukcia             | predpätý spojitý komorový nosník                          |
| Dĺžka mostu                   | 268,57 m                                                  |
| Dĺžka premostenia             | 252,8 m                                                   |
| Dĺžka nosnej konštrukcie      | 256,4 m                                                   |
| Rozpätie polí                 | 44,8 + 55 + 55 + 55 + 44,8 m                              |
| Šírka nosnej konštrukcie      | 13,5 m                                                    |
| Voľná šírka mostu             | 9,5 m                                                     |
| Šírka priechodového priestoru | 1,5 m                                                     |
| Celková šírka mostu           | 14,1 m                                                    |
| Počet jazdných pruhov         | 2                                                         |
| Stavebná výška                | 3,11 m                                                    |
| Úložná výška                  | 3,57 m                                                    |

## 4. Technické riešenie mostu

### 4.1 Spodná stavba

#### 4.1.1 Založenie

Vzhľadom k tomu, že únosná hornina sa nachádza v hĺbke zhruba 10 m pod povrchom terénu, je zvolené hlbinné založenie na vŕtaných pilótach. Jedná sa o technológiu CFA. Po vyvŕtaní priestoru danej pilóty, je objem vyplnený betónom a následne je doň vložený výstužný kôš pilóty. Priemer pilót 1,2 m, sú z betónu C 25/30, dĺžka je premenná od 10 do 13,5 m v závislosti od hĺbky únosnej vrstvy. Pilóty zaisťujú prenos napätia oprením do únosnej vrstvy. Celkový počet pilót 82.

##### *Opera č. 1*

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Počet pilót | 14              |
| Dĺžka pilót | 10,5 m          |
| Raster      | 2,125 x 2,050 m |

##### *Podpera č. 2*

|             |             |
|-------------|-------------|
| Počet pilót | 12          |
| Dĺžka pilót | 13,5 m      |
| Raster      | 1,8 x 2,2 m |

##### *Podpera č. 3*

|             |             |
|-------------|-------------|
| Počet pilót | 15          |
| Dĺžka pilót | 10,0 m      |
| Raster      | 2,2 x 2,2 m |

##### *Podpera č. 4*

Totožné ako *Podpera č. 3*

##### *Podpera č. 5*

|             |             |
|-------------|-------------|
| Počet pilót | 12          |
| Dĺžka pilót | 11,3 m      |
| Raster      | 1,8 x 2,2 m |

##### *Opera č. 6*

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Počet pilót | 14              |
| Dĺžka pilót | 13,7 m          |
| Raster      | 2,125 x 2,050 m |

#### 4.1.1 Základy

Monolitické ŽB základové dosky pod piliermi majú šírku 6,8 m a dĺžku 12 m (podpera č. 3 a 4) a 9,8 m (podpera č. 2 a 5). Dosky pod operami majú dĺžku 14,7 m a šírku 4,25 m. Pod základovými doskami sa nachádza podkladný betón triedy C 12/15.

Povrch dosiek je v sklone 4 %, ich výška pod piliermi je 2,2 m a v mieste opier 1,5 m.

Pozn. : Geometria základov bola odhadnutá, práca sa nezaoberá ich návrhom.

#### 4.1.2 Opery

Masívne ŽB. opery výšky  $\approx 2,35$  v líci m a šírky 14,1 m sú z betónu C 30/37. Úložný prah má výšku 1,4 m a je v sklone 4 % do odvodňovacieho žlabu. Záverná stena šírky 800 mm má výšku 3,4 m. Súčasťou opier sú mostné krídla, ktoré sú zavesené na operách, ich šírka je 0,6 m a vyloženie je 4,5 m, trieda betónu C 30/37. Za rubom opery sa nachádza prechodová doska z betónu C 20/25, sklon 3 % a hrúbka 400 mm, je uložená na podkladnom betóne triedy C 12/15 hrúbky 100 mm rešpektujúca šírku za operou. Za rubom opery sa nachádza pri ŽB základe drenážna trubka PE DN 300 uložená na podkladnom betóne triedy C 12/15, ktorý je v sklone 4% od stredu opery k jej okrajom a následne je vyústené do skluzu z betónových tvárnic.

Pozn. : Práca sa nezaoberá posúdením časti opier.

#### 4.1.3 Podpery

Konstrukcia je uložená na 4 vnútorných podperách. Sú zhotovené pomocou posuvného bednenia. Trieda betónu ŽB pilieroch C 30/37. Horný povrch je v priečnom sklone 4 %. Nachádzajú sa na ňom úložné bloky výšky 150 mm a triedy betónu C 30/37. Na nich sú osadené hrncové ložiská.

*Podpera č. 2*

Výška podpery 19,08 m; km 2,675 654

*Podpera č. 3*

Výška podpery 38,88 m; km 2,730 654

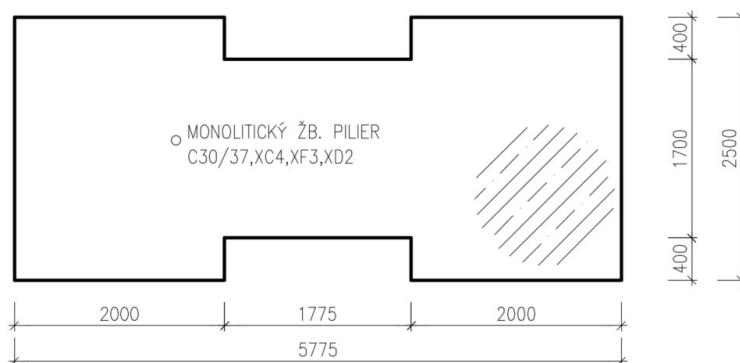
*Podpera č. 4*

Výška podpery 34,68 m; km 2,785 654

*Podpera č. 5*

Výška podpery 18,31 m; km 2,840 654

Pozn. : Práca sa nezaoberá posúdením podpier.



Obrázek 7 Prierez pilierov

## 4.2 Nosná konštrukcia

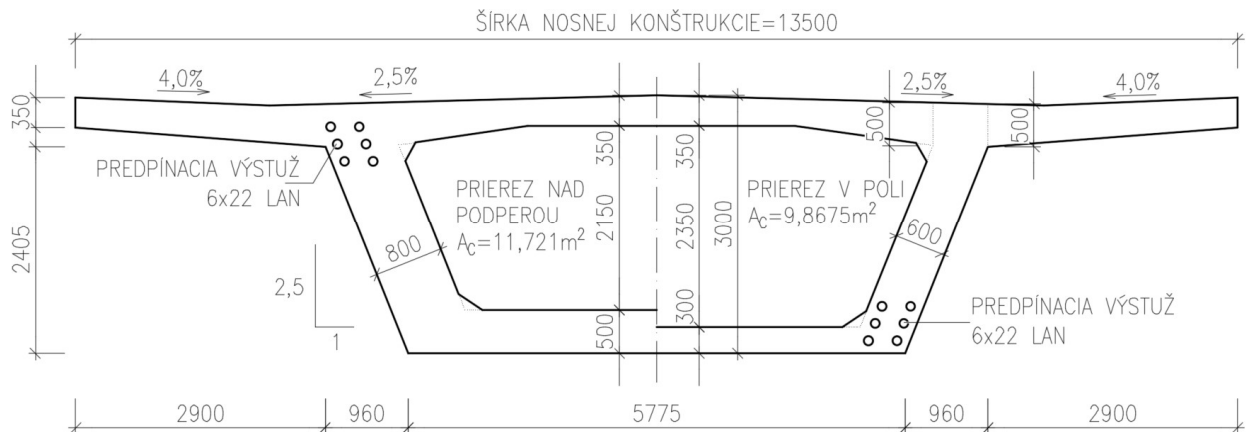
### 4.2.1 Hlavná nosná konštrukcia

Tvorí ju dodatočne predpätý komorový nosník konštantnej výšky 3,0 m so šikmými stenami (sklon 2,5:1) a premennou hrúbkou dolnej dosky a stien (popísané vo variante A). Tvorí ju betón triedy C 40/50. Je podporovaná v 12 tich bodoch (2 opery, 4 podpery), nad ktorými sa nachádzajú priečniky o šírke 1,8 m s prieleznými otvormi 1200 x 800 mm. Pri krajných operách sa nachádzajú vlezné otvory 1200 x 800 mm.

Vnútorne hrany komorového prierezu sú zkosené 200 / 200.

Šírka nosnej konštrukcie je 13,5 m, horný povrch je rovnobežný s vozovkou, 2,5 %.

Do konštrukcie je vnesené tlakové napätie prostredníctvom 12 predpínacích káblov (6 v každej stene), ktoré obsahujú 22 lán, každé je zložené zo 7 mich drôtov.



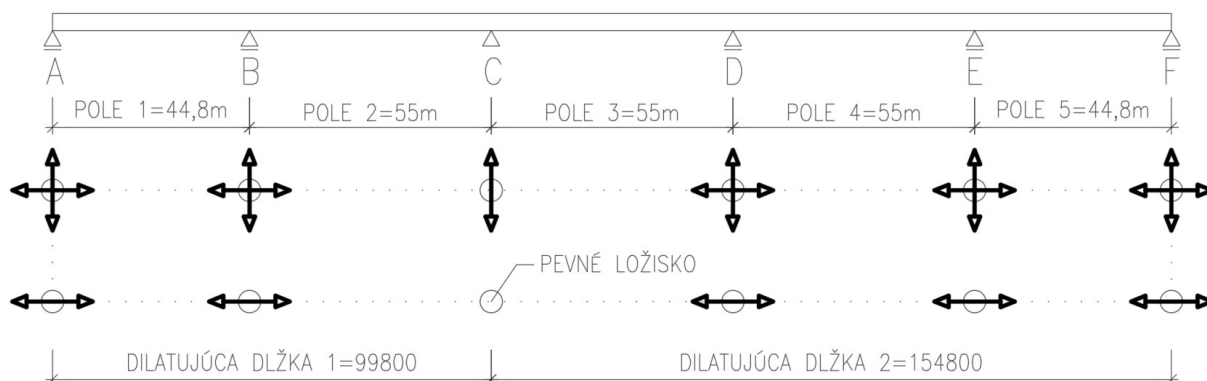
Obrázek 8 Priečnik nosnou konštrukciou

### 4.2.2 Ložiská

Sú navrhnuté podľa návrhových hodnôt zvislých reakcií v mieste podpôr. Autor práce zvolil hrncové ložiská TETRON, ktoré boli vybrané podľa návrhových hodnôt zvislých reakcií.

| Ložisko         | Pohyb       | Rozmery [mm] | Hmotnosť [kg] | Max. zvislá sila [kN] | Pozdĺžny/ priečny posun [mm] | Počet [ks] |
|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------|
| GL 7000-50-20   | všesmerné   | 655 x 655    | 290           | 7000                  | 50/20                        | 2          |
| GL 16000-50-20  | všesmerné   | 985 x 985    | 1185          | 16000                 | 50/20                        | 3          |
| GG 16000-800-50 | jednosmerné | 995 x 995    | 1245          | 16000                 | 50/0                         | 4          |
| GG 7000-500-50  | jednosmerné | 660 x 660    | 350           | 7000                  | 50/0                         | 2          |
| FX 16000-800    | pevné       | r = 645      | 865           | 16000                 | 0/0                          | 1          |

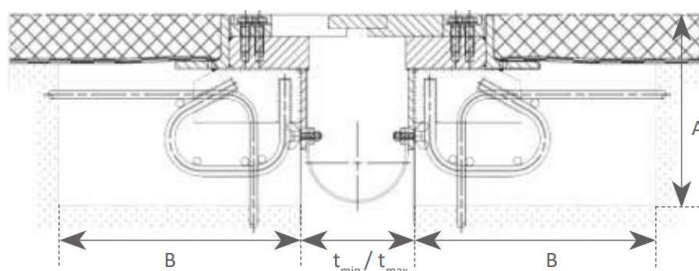
Tabuľka 1 Zoznam použitých ložísk



Obrázek 9 Schéma posunu ložísk

#### 4.2.3 Mostný záver

Bol zvolený hrebeňový mostný záver od firmy MAGEBY. Konkrétny typ záveru bol zvolený podľa vodorovného pohybu, ktorý je zjednodušene uvažovaný 1,5 mm / m dilatujúcej dĺžky. Je použitý typ RSFD-A, ktorý je určený pre vozovku s asfaltovým povrchom minimálnej hrúbky 80 mm (v práci 110 mm).



Obrázek 10 Rez mostným záverom MAGEBY RSFD – A

Mostný záver je umiestnený vo vopred vytvorenej kapsi, kde je spojený s vopred pripravenými prútmi výstuže. Konkrétne rozmery viz. tabuľky.

| Dilatujúca dĺžka [m] | Vodorovný posun [mm/m] | Vodorovný posun [mm] | Navrhnutý záver | Vodorovná kapacita [mm] |
|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|
| 99,8                 | 1,5                    | 149,7                | RSFD 160        | 160                     |
| 154,8                |                        | 232,2                | RSFD 250        | 250                     |

Tabuľka 2 Zvolené mostné závery

| Typ záveru | A [mm] | B [mm] | t <sub>min</sub> [mm] | t <sub>max</sub> [mm] | Váha [kg/m] |
|------------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| RFSD 160   | 295    | 270    | 88                    | 248                   | 143         |
| RFSD 250   | 330    | 305    | 132                   | 382                   | 250         |

Tabuľka 3 Parametre zvolených mostných záverov

## 4.3 Mostný zvršok

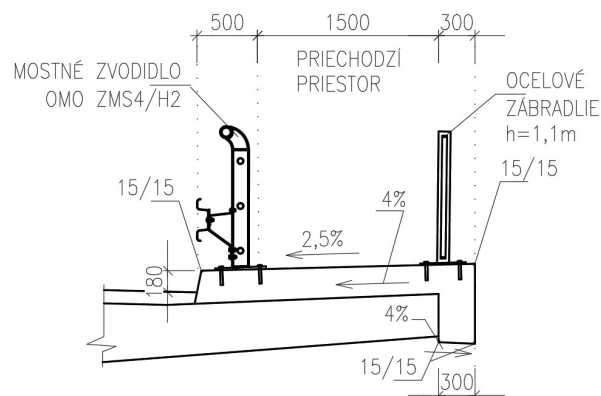
### 4.3.1 Vozovka

Bola navrhnutá podľa normy ČSN 73 6242 pre triedu dopravného zaťaženia IV ako dvojvrstvá.

Po celej dĺžke mostu je v strechovitom sklone 2,5 %.

| Vrstva            | Hrúbka [m] |
|-------------------|------------|
| Obrusná SMA 11+   | 0,04       |
| Spojovací postrík | -          |
| Ochranná MA 11 IV | 0,06       |
| Izolačná vrstva   | 0,01       |
|                   | 0,11       |

Tabuľka 4 Skladba vozovky na moste



Obrázek 11 Rímsa

### 4.3.2 Rímasy

Po oboch stranách konštrukcie sa nachádzajú monolitické rímasy z betónu C 30/37. Konštrukčné riešenie detailov sa riadi VL4 – Mosty.

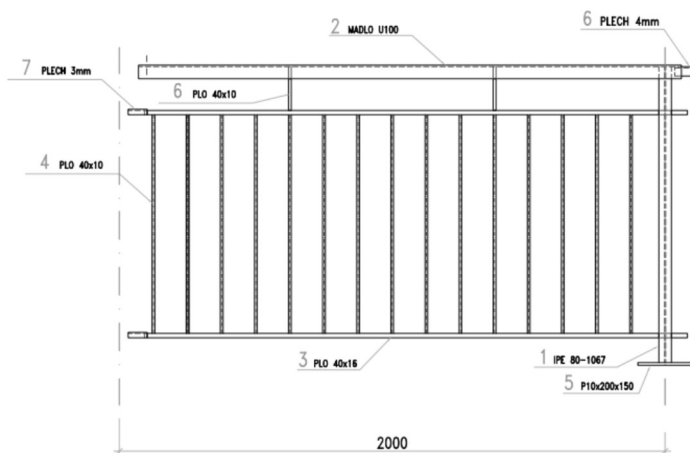
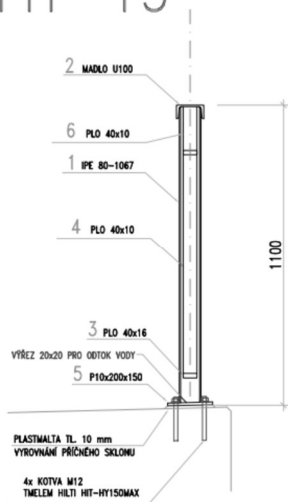
## 4.4 Mostné vybavenie

### 4.4.1 Záchytné bezpečnostné zariadenie

Na oboch rímсах sa na vonkajšom okraji nachádza zábradlie o tiaži 0,5 kN/m. Výška zábradlia je 1,1 m, zvolený typ 19 so zvislou výplňou.

TYP 13

1 PANEL = 89,2kg / 2,9m2

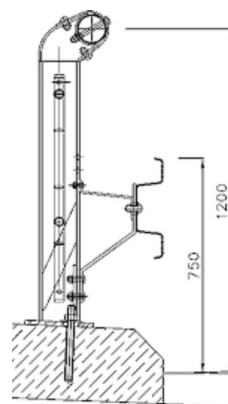


Obrázek 12 Zábradlie

Pri vnútornom okraji ríms sa na moste nachádza zábradelné zvodidlo OMO ZMS4/H2. Jeho osadenie a parametre sa riadia TP 010 a TP 108.

*Parametre zvodidla:*

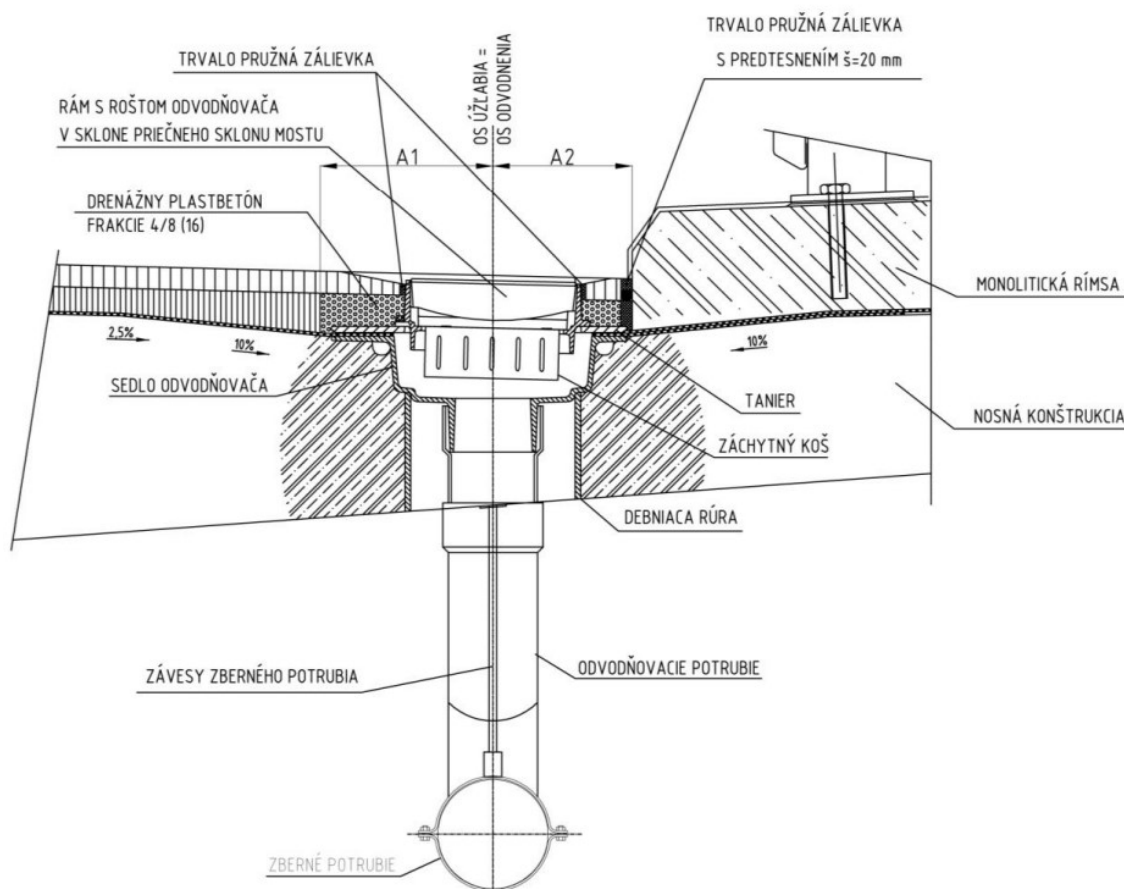
|                     |        |
|---------------------|--------|
| Úroveň zachytenia   | H2     |
| Dynamický priehyb D | 0,45 m |
| Pracovná šírka W    | 0,8 m  |
| Trieda              | W2     |



Obrázek 13 Zvodidlo

#### 4.4.2 Odvodnenie vozovky

Povrch vozovky je odvodnený pomocou sklonových pomerov. Pričný strechovitý sklon 2,5 % a pozdĺžny sklon 1,5 % zabezpečia odtok vody k mostnému odvodňovaču. Ten je nainštalovaný u každej opery, podpory a v polovici rozpätia poľa. Cez odvodňovač sa voda dostane do zberného potrubia DN 150, to je vedené na pilieroch a vyústené na terén. V prípade opier je odvodňovacie potrubie napojené na skluz.



Obrázek 14 Schéma odvodňovača

Aby sa čo najviac zabránilo vniknutiu vody do mostného záveru, je pred ním umiestnený priečny drenážny kanálik – drenážny plastbetón frakcie 4/8, ktorý sa nachádza pod obrusnou vrstvou šírky 150 mm.

#### 4.4.3 Odvodnenie spodnej stavby

Úložný prah je odvodnený priečnym žlabom pri závernej stene o priečnom sklone 1%. Oblasť za operou je odvodnená drenážnou trúbkou DN 300, ktorá je za rubom uložená na betóne C 12/15 v sklone 4 % od stredu opery k jej okraju. Voda sa do drenážnej trubky dostane z príľahlého zásypu pomocou tesniacej fólie vo vrstve štrkopiesku. Drenáž je vyústená do sklzu z betónových tvárnic, ktorý sa nachádza po oboch stranách opier a ústi na svahu. Všetky časti nosných konštrukcií sú v úrovni pod terénom opatrené hydroizolačnou vrstvou (hydroizolačné pásy) a geotextíliou. Aby sa voda nedržala na doskách pilieroch, je ich horný povrch v sklone 4 %.

#### 4.4.4 Revízia

Kontrola predpínacieho systému je umožnená vniknutím do vnútra komorového nosníku vlezným otvorom pri operách (1200 x 800) a prechodným otvorom v mieste priečnikoch (1200 x 800).

Na oboch stranách mostu sa nachádza núdzový chodník s prechodným priestorom 1500 mm.

Na oboch operách je na jednej strane revízny chodník šírky 1000 mm so schodmi šírky 300 mm a výšky 180 mm.

#### 4.4.5 Úprava svahov

Svah pod operami je opatrený lomovým kameňom hrúbky 200 mm osadeným do betónu C 25/30 o hrúbke 100 mm. V spodnej časti tejto úpravy sa nachádza betónový prah C 25/30. Svahy pri operách sú vystužené geotextíliou a ich sklon je 1:1.

## 5. Postup a technológia výstavby

### 5.1 Spodná stavba

Ako prvá bude zojmutá ornica o hrúbke 150 mm v plochách dotknutých výstavbou. Následne budú zhotovené výkopy pri pilieroch a časť násypu pri operách. Nasleduje vŕtanie pilot (priemer 1,2 m) technológiou CFA, ich betonáž (betón triedy C 25/30) a vystuženie. Po zarovnaní hornej časti pilot sa zhotoví vrstva podkladného betónu triedy C 12/15. Nasleduje debnenie, vystuženie a betonáž základov (betón C 25/30) pilierov a opier (betón C 30/37). Na povrch pilierov a opier sa postupne budú osadzovať ložiská. Pilieri sa budú betonovať prostredníctvom výsuvného (vo zvislom smere) bednenia. Pred zasypaním výkopov u základov sa na betónové plochy nanesie

penetračný náter, hydroizolačné pásy a geotextília. V prípade priestoru za rubom opery sa osadí drenážna trubka.

## 5.1 Nosná konštrukcia

Komorový nosník je betónovaný na hornej výsuvnej skruži, ktorá umožňuje pomerne ľahkú dopravu materiálu. Konštrukcia sa betónuje v 5 fázach, v každej okrem poslednej je predopnutá polovica predpínacích káblov.

| Fáza   | Proces                  | Časová osa<br>[deň] | Časový prírastok<br>[deň] |
|--------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Fáza 1 | Betonáž pole 1          | 0                   | 0                         |
|        | Predopnutie kálov 1F    | 14                  | 14                        |
| Fáza 2 | Betonáž pole 2          | 21                  | 7                         |
|        | Predopnutie kálov 2F    | 35                  | 14                        |
| Fáza 3 | Betonáž pole 3          | 42                  | 7                         |
|        | Predopnutie kálov 3F    | 56                  | 14                        |
| Fáza 4 | Betonáž pole 4          | 63                  | 7                         |
|        | Predopnutie kálov 4F    | 77                  | 14                        |
| Fáza 5 | Betonáž pole 5          | 84                  | 7                         |
|        | Predopnutie kálov 5F    | <b>98</b>           | 14                        |
| Fáza 6 | Ostatné stále zaťaženie | 126                 | 28                        |
| Fáza 7 | Uvedenie do prevádzky   | 156                 | 30                        |
| Fáza 8 | Koniec životnosti       | 36500               | 36344                     |

Tabuľka 5 Časová osa procesu výstavby nosnej konštrukcie

Na demontáž výsuvnej skruže, jej posun do ďalšieho poľa, prípravu debnenia a betonáž je vyhradených 7 dní (predpoklad, že betonáž prebehne v 7 mi deň). Po 14 tich dňoch od betonáže dôjde k predopnutiu káblov (1/2). Detailná analýza fáz výstavby je zobrazená v prílohe **P4.01 kapitola 12**.

Po zhotovení NK sú položené hydroizolačné pásy, vybetónovaná záverná stena, zhotovené násypy, vybetónovaná rímša, montáž odvodňovacieho systému, vrstiev vozovky, zábradlia a zvodidla.

Synchrónny súbeh všetkých prác je uvedený v **prílohe P3.01**.

## 6. Súhrn použitého materiálu

### 6.1 Betón

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Nosná konštrukcia | C 40/50 |
| Rímsy             | C 30/37 |
| Piliere, Opery    | C 30/37 |
| Základové dosky   | C 25/30 |
| Prechodová doska  | C 20/25 |
| Podkladný betón   | C 12/15 |
| Mostné krídla     | C 30/37 |
| Revízne schodisko | C 25/30 |

### 6.2 Betonárska výstuž

Pri návrhu NK bola použitá výstuž B550B, materiálové charakteristiky sú uvedené v **prílohe P4.01 – Statický výpočet, kapitola 2**, výkresová dokumentácia pre zobrazenú časť je v **prílohe P2.05 Výkres betonárskej výstuže**. Stykovanie, polomery zaoblenia a kotevné dĺžky sa riadia normou ČSN EN 1992-1-1.

Krytie v prípade NK:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Minimálne krytie | 50 mm |
| Nominálne krytie | 60 mm |
| Navrhnuté krytie | 60 mm |

### 6.3 Predpínacia výstuž

NK je predopnutá súdržnými predpínacími káblami Y 1860 S7 15,7. Materiálové charakteristiky sú uvedené v **prílohe P4.01 – Statický výpočet, kapitola 2**, výkresová dokumentácia pre zobrazenú časť je v **prílohe P2.06/7 Výkres predpínacej výstuže I/II**.

Krytie v prípade NK:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Minimálne krytie | 80 mm |
| Nominálne krytie | 90 mm |
| Navrhnuté krytie | 90 mm |

## 6.4 Predpínacie tyče

V oblasti nepriamého zavesenie priečnika sú použité predpínacie tyče Freyssinet SAS 950/1050 36 WR.

Materiálové charakteristiky sú uvedené v **prílohe P4.01 – Statický výpočet, kapitola 2.**

Krytie je totožné ako v prípade predpínacej výstuže.

## 7. Výpočtový model

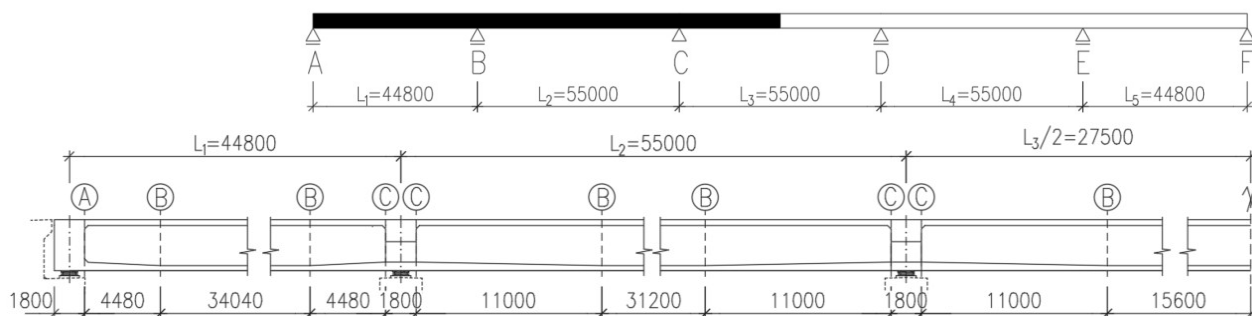
Práca používa celkovo 6 výpočtových modelov. Všetky sú vytvorené v prostredí SCIA ENGINEER 21. Práca sa zameriava na nosnú konštrukciu, komorový nosník, ktorý je bodovo podopretý v miestach ložísk.

Správnosť modelov je overená prostredníctvom kontroly reakcií a vnútorných síl, viz. **príloha P4.01 Statický výpočet.**

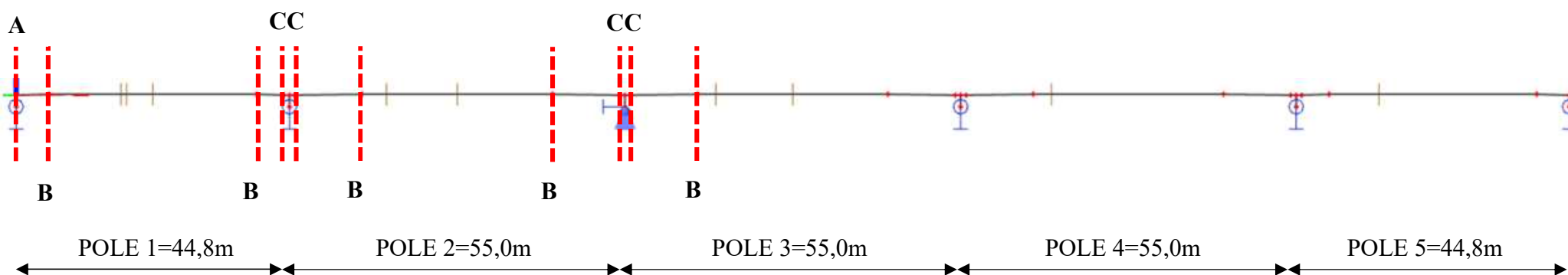
### 7.1 Výpočtový model č. 1

Je vytvorený v prostredí obecná X,Y,Z ako prútový prvok. Strednica prútu je lomená (nakolko sa mení ťažisko prierezu). K vytvoreniu premenného prierezu je využitá komponenta 1D dielca – premenný prierez.

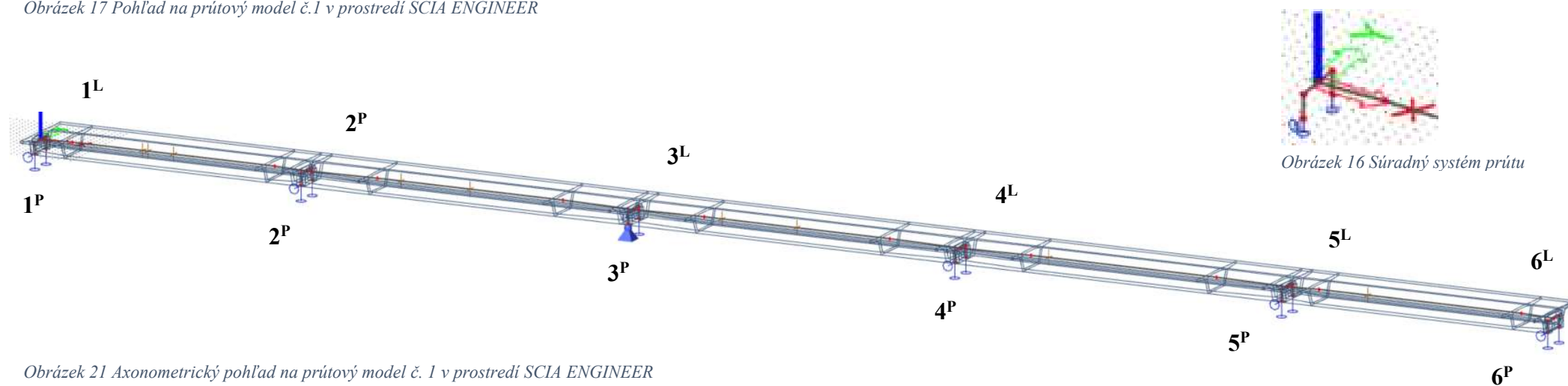
Model je použitý pre predbežný návrh predpätia, ďalej sú použité vnútorné sily od krátkodobého pôsobiaceho zaťaženia (teplota, zaťaženie dopravou, staveništné zaťaženie...), pri ktorých nie je potrebné zohľadniť účinky dotvarovania a zmršťovania betónu. Konkrétne použitie je vždy uvedené pri danom posudku v **prílohe P4.01 statický výpočet**, pri kombinovaní vnútorných síl je vždy uvedené, z ktorého výpočtového modelu sú vnútorné sily použité, **príloha P4.02 Príloha statického výpočtu.**



Obrázek 15 Poloha rezov na konštrukcii

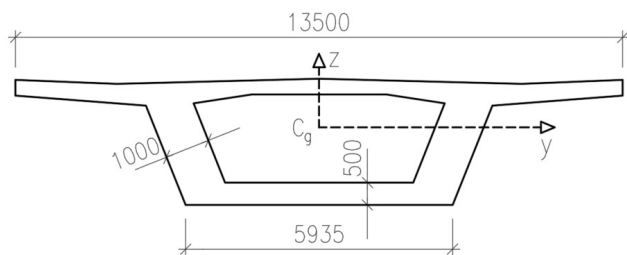


Obrázek 17 Pohľad na prútový model č.1 v prostredí SCIA ENGINEER

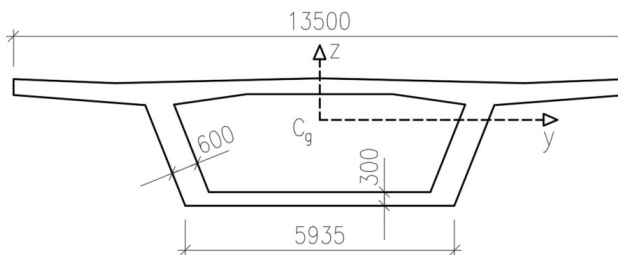


Obrázek 16 Súradný systém prútu

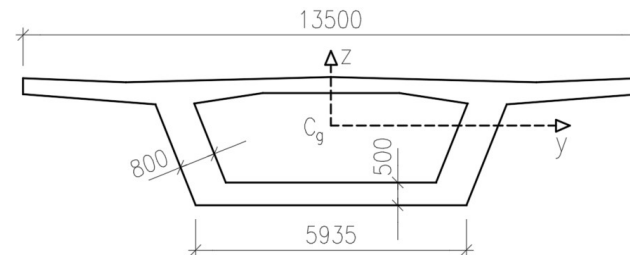
Obrázek 21 Axonometrický pohľad na prútový model č. 1 v prostredí SCIA ENGINEER



Obrázek 20 Prierez A



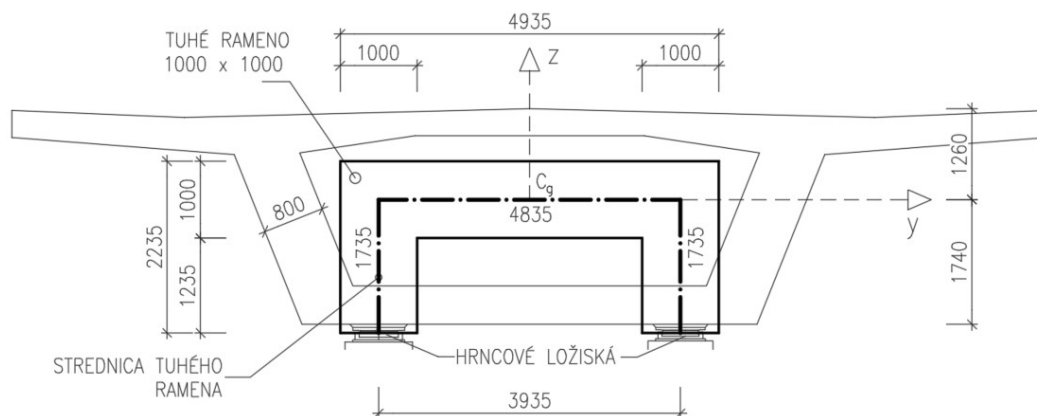
Obrázek 19 Prierez B



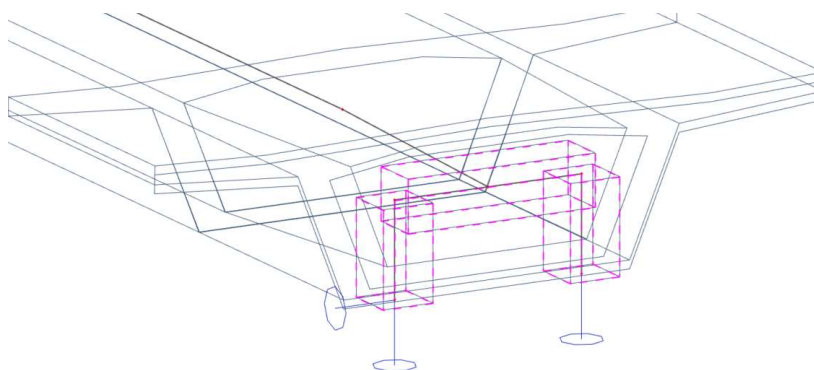
Obrázek 18 Prierez C

*Okrajové podmienky:*

Zohľadňujú posun ložísiel. Komorový prierez je spojený s podporou pomocou tuhého ramena (vysoký modul pružnosti a nulová objemová hmotnosť)



Obrázek 22 Schématická geometria tuhého ramena pre plný prierez nad podporou B



Obrázek 23 Axonometrický pohľad na tuhé rameno v prostredí SCIA ENGINEER

| Podpora |   | Posuny |       |      | Pootočenía     |                |                |
|---------|---|--------|-------|------|----------------|----------------|----------------|
|         |   | X      | Y     | Z    | R <sub>x</sub> | R <sub>y</sub> | R <sub>z</sub> |
| 1       | L | voľný  | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | voľný  | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
| 2       | L | voľný  | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | voľný  | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
| 3       | L | tuhý   | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | tuhý   | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
| 4       | L | voľný  | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | voľný  | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
| 5       | L | voľný  | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | voľný  | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
| 6       | L | voľný  | voľný | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |
|         | P | voľný  | tuhý  | tuhý | voľný          | voľný          | voľný          |

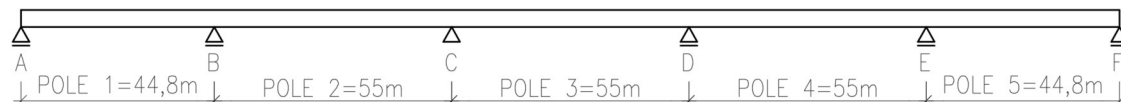
Tabuľka 6 Špecifikácia okrajových podmienok modelu č. 1

Pozn. : Vyššie zobrazený model č. 1 a model č. 2 pozostáva z plných prierezov. Vplyvom šmykového ochabnutia dochádza v prierezoch nad podporami k redukcii plochy (viz. **príloha P4.01 Statický výpočet**). V prvej fáze analýzy konštrukcie boli použité plné prierezy, následne boli prierezy modelu upravené o vplyv šmykového ochabnutia. Prierezové charakteristiky plných a efektívnych prierezov sú uvedené v **prílohe P4.01 Statický výpočet**.

## 7.2 Výpočtový model č. 2

Je vytvorený v prostredí Rám X,Z. Strednica je v tomto prípade priama, správna poloha prierezov je dosiahnutá zvolením možnosti zarovnať k ťažisku. Namodelovanie konštrukcie ako rámu je potrebné preto, že na tomto modeli je skúmaná časovo závislá analýza (TDA). Podmienkou pre jej použitie je vo výpočtovom softwéri SCIA ENGINEER 21 namodelovanie konštrukcie ako rámu (2D).

Z tohto dôvodu boli odstránené tuhé ramená a v mieste ložísk bola nahradená dvojica podpor jednou podporou, zohľadňujúcou statický systém konštrukcie.



Obrázek 24 Statické schéma modelu č. 2

Do výpočtového modelu bola zadaná skutočná geometria predpínacích káblov. V tomto prípade je prijaté zjednodušenie a predpínacie káble sú umiestnené v rovine X,Z.

Predpínacie káble sa nachádzajú v šikmej stene, po dĺžke konštrukcie prebiehajú pri spodnom aj hornom povrchu. To spôsobuje radiálne účinky sa stenu. Práca sa nezaobera analýzou radiálnych účinkov na steny komorového nosníku.

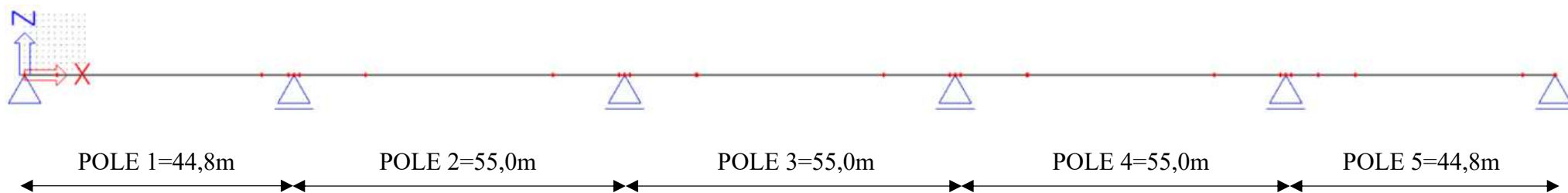
Model je použitý na získanie vnútorných síl od dlhodobého pôsobiaceho zaťaženia, pri ktorom sa prejavujú účinky od dotvarovania a zmršťovania betónu (vlastná tiaž, ostatné stále zaťaženie, predpätie). Zároveň tento model automaticky vyhodnotí krátkodobé a dlhodobé zmeny predpätia v jednotlivých časových uzloch.

Model pozostáva z totožných prierezov ako model č. 1.

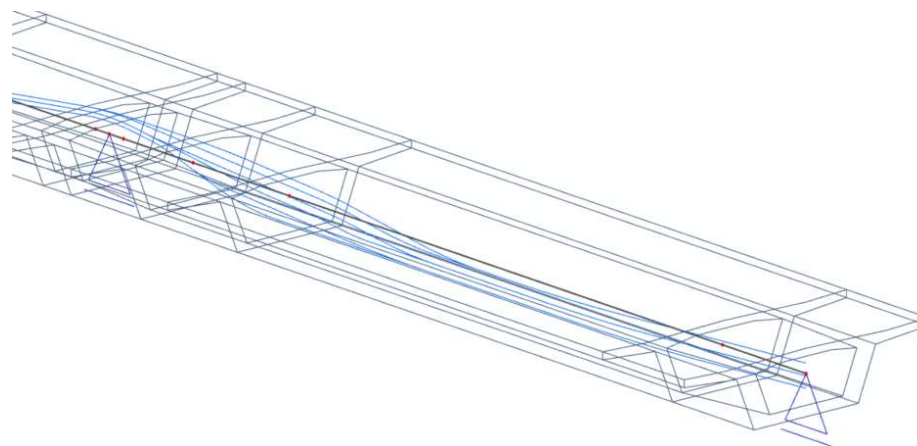
Vstupné parametre pri zadávaní predpätia v SCII ENGINEER:

| Geometrie                    |                |
|------------------------------|----------------|
| Zadání geometrie             | Přímé zadání   |
| Průmět mezilehlých bodů      | Proporcionálně |
| Způsob přiřazení - počátek   | První uzel     |
| Způsob přiřazení - konec     | Poslední uzel  |
| LSS                          | standard       |
| Materiál                     |                |
| Materiál                     | Y1860S7-15,7   |
| Počet prvků v kabelu (ns)    | 22             |
| Počet kabelů ve skupině (ng) | 2              |
| Plocha [mm²]                 | 6600           |
| Průměr kanálku [mm]          | 107,00         |
| Tažný materiál               | Plastický      |

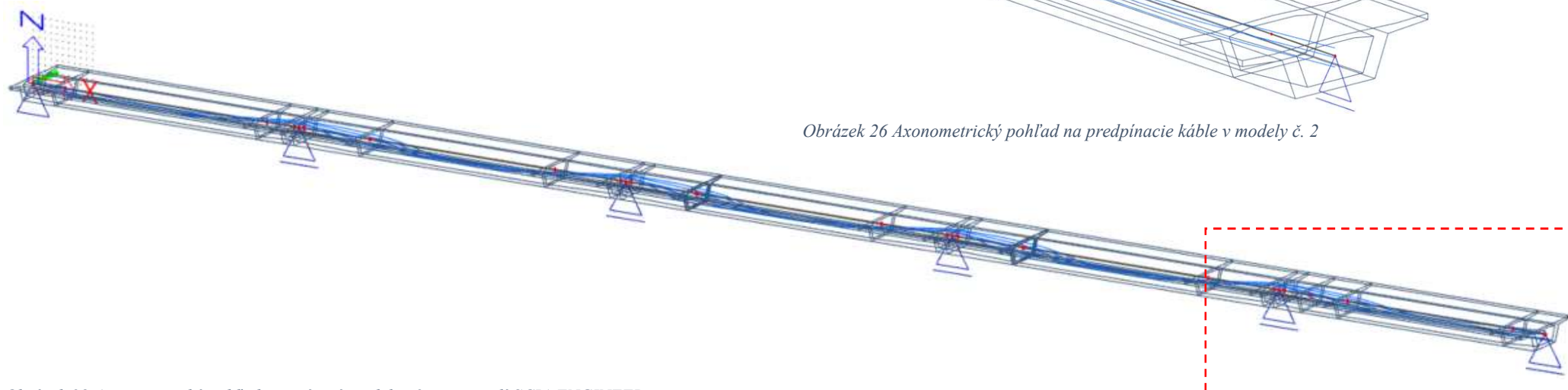
Obrázek 25 Vstupné parametre predpínacích káblov



Obrázek 27 Pohľad na prútový model č.2 v prostredí SCIA ENGINEER



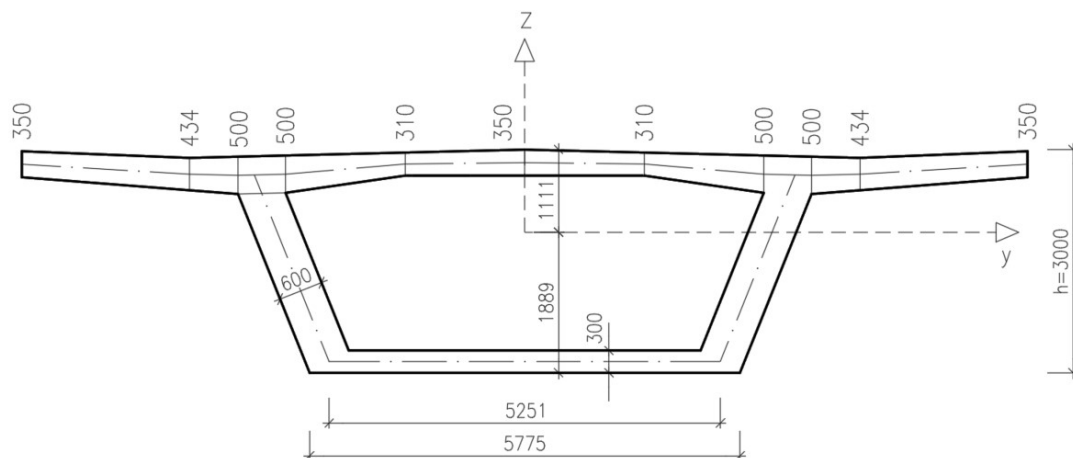
Obrázek 26 Axonometrický pohľad na predpinacie káble v modely č. 2



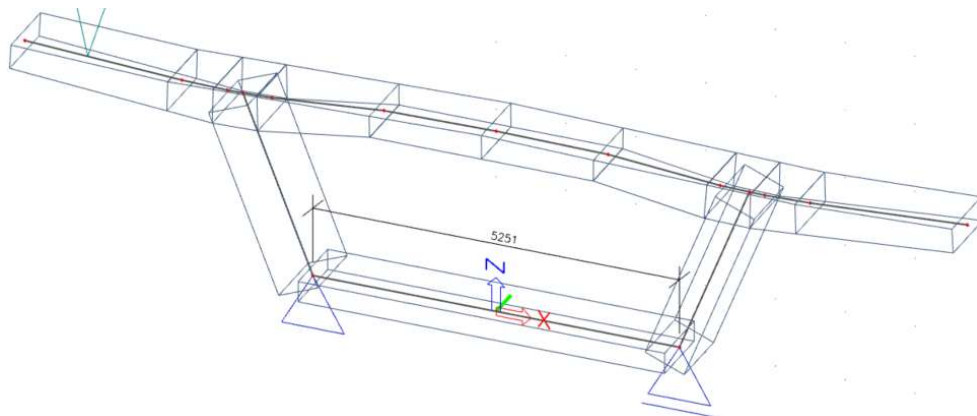
Obrázek 28 Axonometrický pohľad na prútový model č. 2 v prostredí SCIA ENGINEER

### 7.3 Výpočtový model č. 3

Je vytvorený v prostredí Rám X,Z. Prútový model šírky 1,0 m a premennej výšky je použitý pre určenie najnepriaznivejšej polohy pre zaťažovací sústavu gr1a v priečnom smere pomocou príčinkových čiar. Model neslúži k získaniu vnútorných síl, slúži k stanoveniu zaťaženia pre model č. 4 pomocou roznosu na strednicu pod uhlom 45 stupňov.



Obrázek 29 Geometria výpočtového modelu č. 3



Obrázek 30 Axonometrický pohľad na výpočtový model č. 3 v prostredí SCIA ENGINEER

Pozn. : Je prijaté zjednodušenie, model č. 3 zanedbáva nábehy na stenách a spodnej doske komorového prierezu.

## 7.4 Výpočtový model č. 4

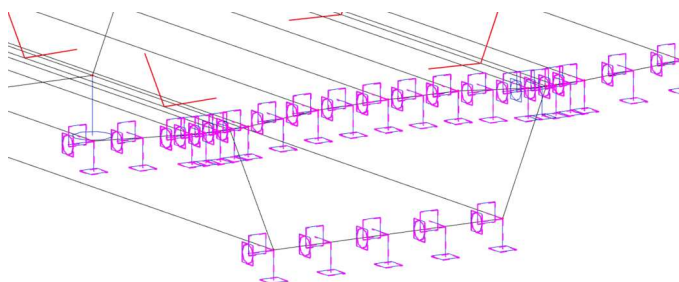
Je vytvorený v prostredí Obecná X,Y,Z ako deskostena. Model bol použitý pre detailnejšiu analýzu priečneho smeru. Boli z neho získané merné návrhové ohybové momenty zohľadňujúce vplyv krútenia, merné posúvajúce sily.

K posúdeniu boli vybrané dva rezy, rez v polovici rozpätia poľa č. 3 ( $L = 55$  m) a rez v tesnej blízkosti líca priečnika nad podporou C.

Výpočet na takejto konštrukcii (dĺžka 256,4 m) je náročný. Z tohto dôvodu bola konštrukcia skrátená. Tvoria ju dve celé polia č. 2 a 3 ( $L = 55$  m) a skrátené príhlé polia č. 1 a 4 ( $L = 15$  m).

Konštrukcia pozostáva z hornej, spodnej dosky, stien komorového nosníku a priečnika o šírke 1,8 m a podpor.

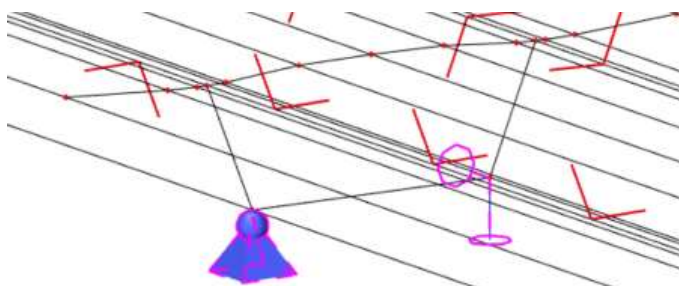
Okrajové podmienky v mieste priečnikov vystihujú charakter ložísk, okrajové podmienky na okrajoch (v mieste skrátenia polí) vystihujú správanie konštrukcie zo zohľadnením Bernoulliho – Navierovej hypotézy, prierezy zostávajú rovinné aj po deformácii, tým pádom nie je umožnené pootočenie.



Obrázek 31 Uloženie na okrajoch deskosteny

Uloženie na okrajoch umožňuje posun v smere osy x a z.

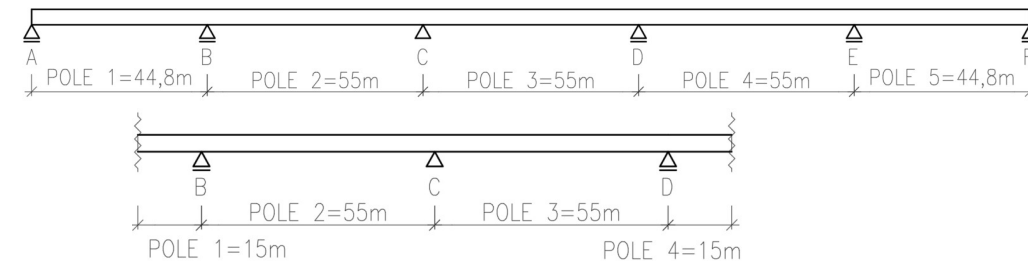
Posun v smere osy y a pootočenia umožnené nie sú.



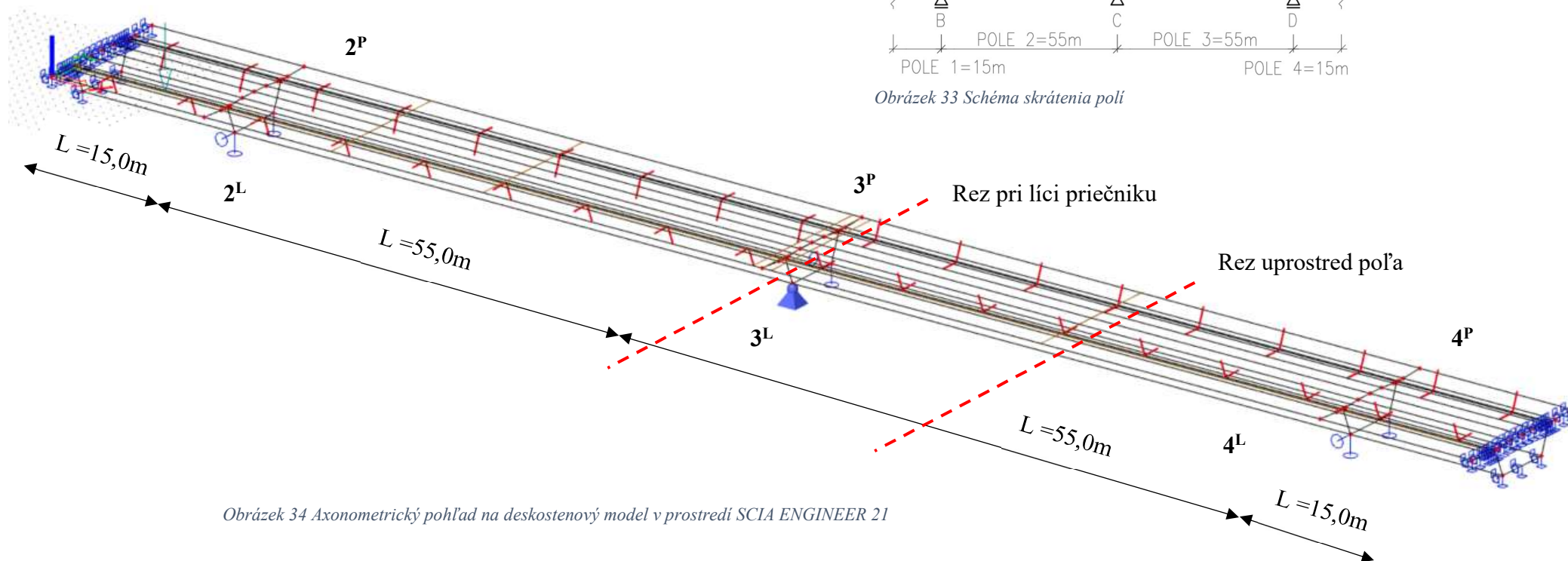
Obrázek 32 Uloženie pri podpore C (3)

Podpory v mieste priečnikov majú rovnaké okrajové podmienky ako výpočtový model č. 1





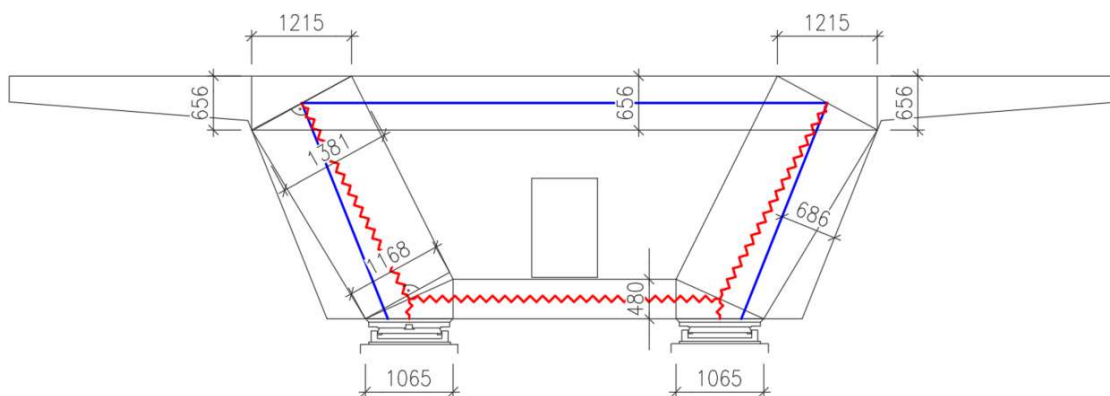
Obrázek 33 Schéma skrátenia polí



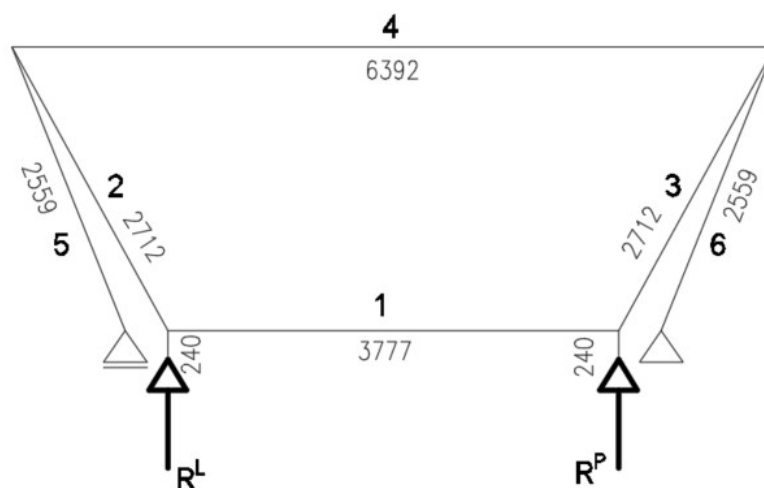
Obrázek 34 Axonometrický pohľad na deskostenový model v prostredí SCIA ENGINEER 21

## 7.5 Výpočtový model č. 5

Je vytvorený prútový model, ktorý slúži k získaniu vnútorných síl priehradovej analógie priečniku. Tento model je zaťažený návrhovými hodnotami reakcií v podpore D (tu dosahujú reakcie najväčšie hodnoty). Získané návrhové hodnoty osových síl vstupujú do výpočtu posúdenia vzpier, návrhu tiahol a posúdenia jednotlivých styčníkov.



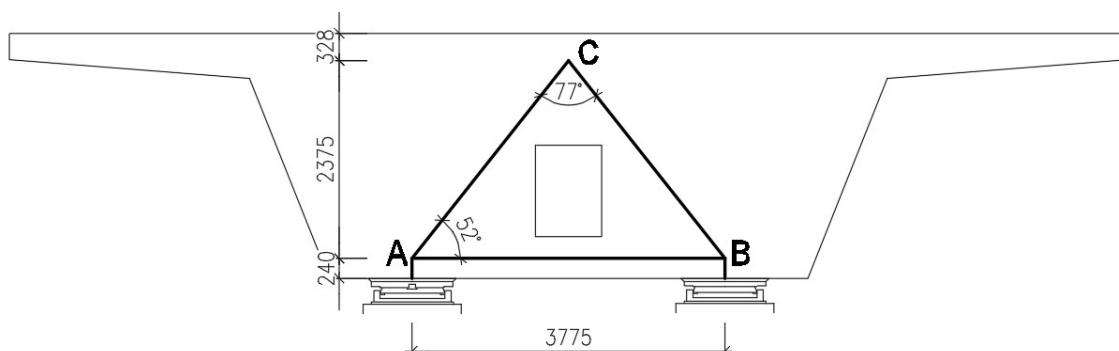
Obrázek 35 Geometria priehradového modelu č. 5



Obrázek 36 Statické schéma priehradového modelu č. 5

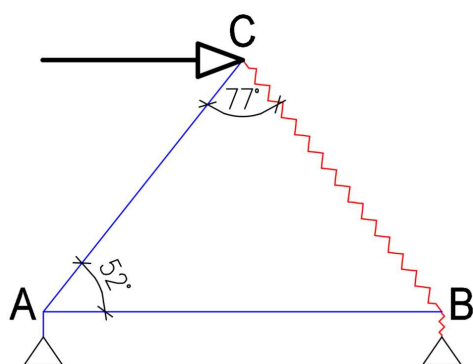
## 7.6 Výpočtový model č. 6

Je vytvorený prútový model, ktorý slúži k získaniu vnútorných síl priehradovej analógie priečniku. Tento model je zaťažený návrhovou horizontálnou silou vo vrchole C, ktorá je získaná z krútiaceho momentu. Ten je získaný súčtom z ľavej a pravej strany podpory D. Na získané návrhové hodnoty osových síl v kombinácii s osovou silou z modelu č. 5 sú navrhnuté výstuže v oblasti tiahol.

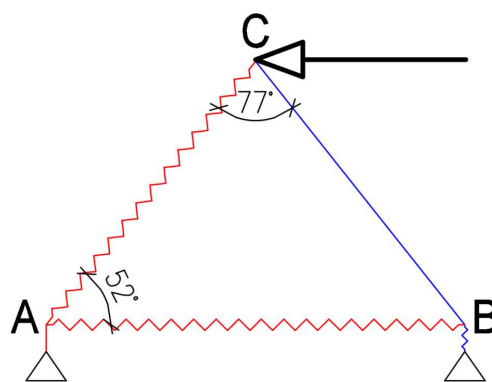


Obrázek 37 Geometria priehradového modelu č. 6

#### VARIANTA A



#### VARIANTA B



Obrázek 38 Varianty výpočtového modelu č. 6

## 8. Zaťaženie v pozdĺžnom smere

Zaťaženie umiestnené / pôsobiace na nosnej konštrukcii je prepočítané na líniové / bodové zaťaženie v smere pozdĺžnej osy.

Zaťaženie snehom a vetrom boli v práci zanedbané.

Práca obsahuje stále zaťaženie, zaťaženie dopravou a klimatické zaťaženie nosnej konštrukcie komorového mostu.

### 8.1 Stále zaťaženia

Detailný výpočet je uvedený v **prílohe P4.01 Statický výpočet**.

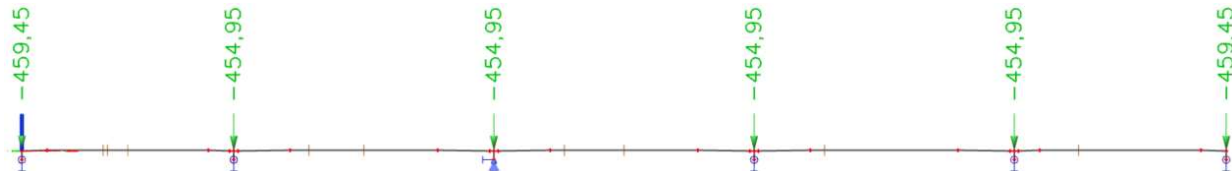
Práca obsahuje nasledujúce zaťažovacie stavy:

ZS1 Vlastná tiaž konštrukcie

Je počítaná automaticky výpočtovým softvérom v modeloch č. 1, 2 a 4.

### ZS 2 Tiaž priečnikov

Zaťaženie je umiestnené na modeloch č. 1 a 2.

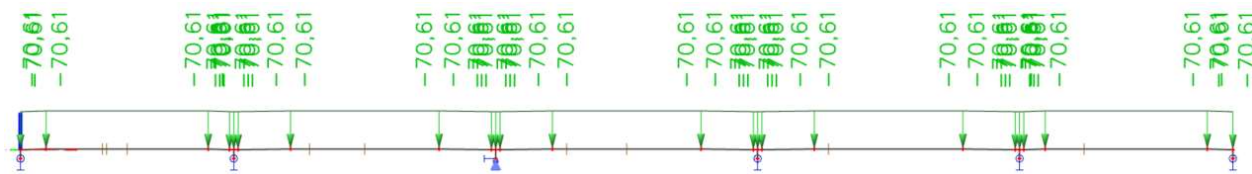


Obrázek 39 Zaťaženie priečnikmi na modely č. 1

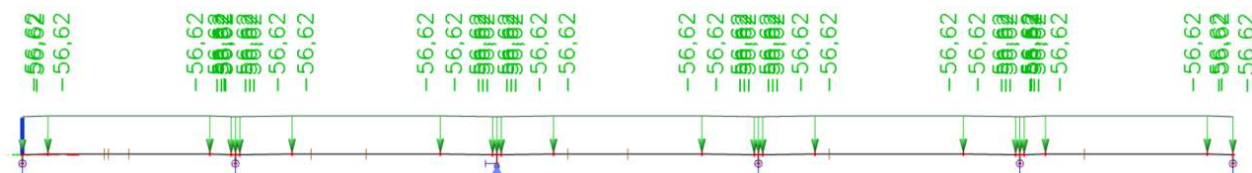
### ZS 3 Ostatné stále zaťaženie:

Patrí sem tiaž ríms, mostného zábradlia, zábradelného mostného zvodidla a vozovky. Tá je uvážená s hodnotou SUPRENUM (+ 40 %) a INFINUM (-20 %). Jej skladba je uvedená v tomto dokumente v časti 4.3.1 Vozovka.

Zaťaženie je umiestnené na modeloch č. 1 a 2.



Obrázek 40 Ostatné stále zaťaženie SUPRENUM na modely č. 1



Obrázek 41 Ostatné stále zaťaženie INFINUM na modely č. 1

### ZS 4 Pokles podpor

V práci je nerovnomerný pokles podpor 10 mm, pokles pôsobí na každú podporu a z jednotlivých zaťažovacích stavov je zhotovená obálka vnútorných síl.

Zaťaženie je umiestnené na modely č. 1.



Obrázek 42 Pokles podpory A na modely č. 1

Pozn. : Pre ostatné podpory totožne

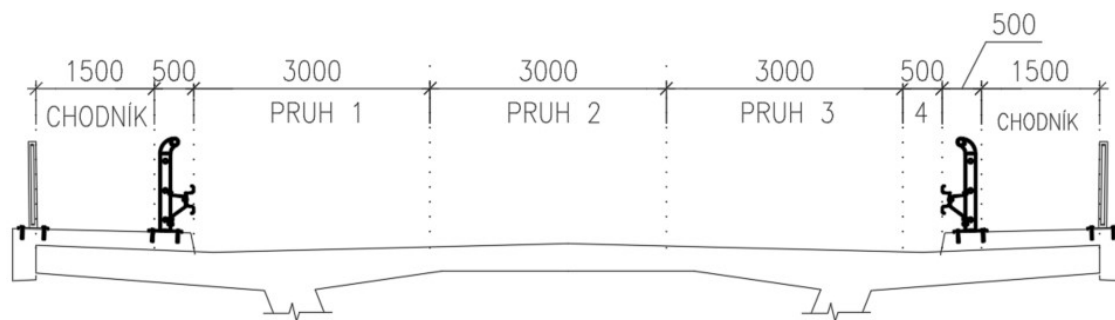
## 8.2 Zaťaženia od dopravy

Zaťaženie dopravou je stanovené podľa normy ČSN EN 1991 - 2

V práci sú dve zaťažovacie zostavy, gr1a a gr5.

Voľná šírka mostu bola rozdelená na jednotlivé zaťažovacie pruhy tak, aby postavenie zaťaženia vyvolalo čo najnepriaznivejšie účinky na konštrukciu.

Zaťaženie je umiestnené na modely č. 1.



Obrázek 43 Zaťažovacie pruhy

### 8.2.1 Zostava gr1a

Pozostáva zo sústredených kolesových tlakov TS, rovnomerného zaťaženia UDL a spojitého zaťaženia chodníka o hodnote  $3 \text{ kN/m}^2$ .

Jednotlivé hodnoty zaťaženia je potrebné vynásobiť regulačnými súčiniteľmi, ktoré sú pre skupinu pozemných komunikácií (komunikácia II triedy) 1 nasledovné:

| Skupina pozemných | $\alpha_{Q1}$ | $\alpha_{Q2}$ | $\alpha_{Q3}$ | $\alpha_{q1}$ | $\alpha_{q2}$ | $\alpha_{qi}$ |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1                 | 1             | 1             | 1             | 1             | 2,4           | 1,2           |

Tabuľka 7 Regulačné súčinitele

Výsledné charakteristické hodnoty zaťaženia sú nasledovné:

| Umiestnenie | Dvojnáprava (TS)     |
|-------------|----------------------|
|             | $Q_{ik} [\text{kN}]$ |
| Pruh č.1    | <b>300</b>           |
| Pruh č.2    | <b>200</b>           |
| Pruh č.3    | <b>100</b>           |
| Pruh č.4    | <b>0</b>             |

Tabuľka 9 Zaťaženie TS vrátane regulačných súčiniteľov

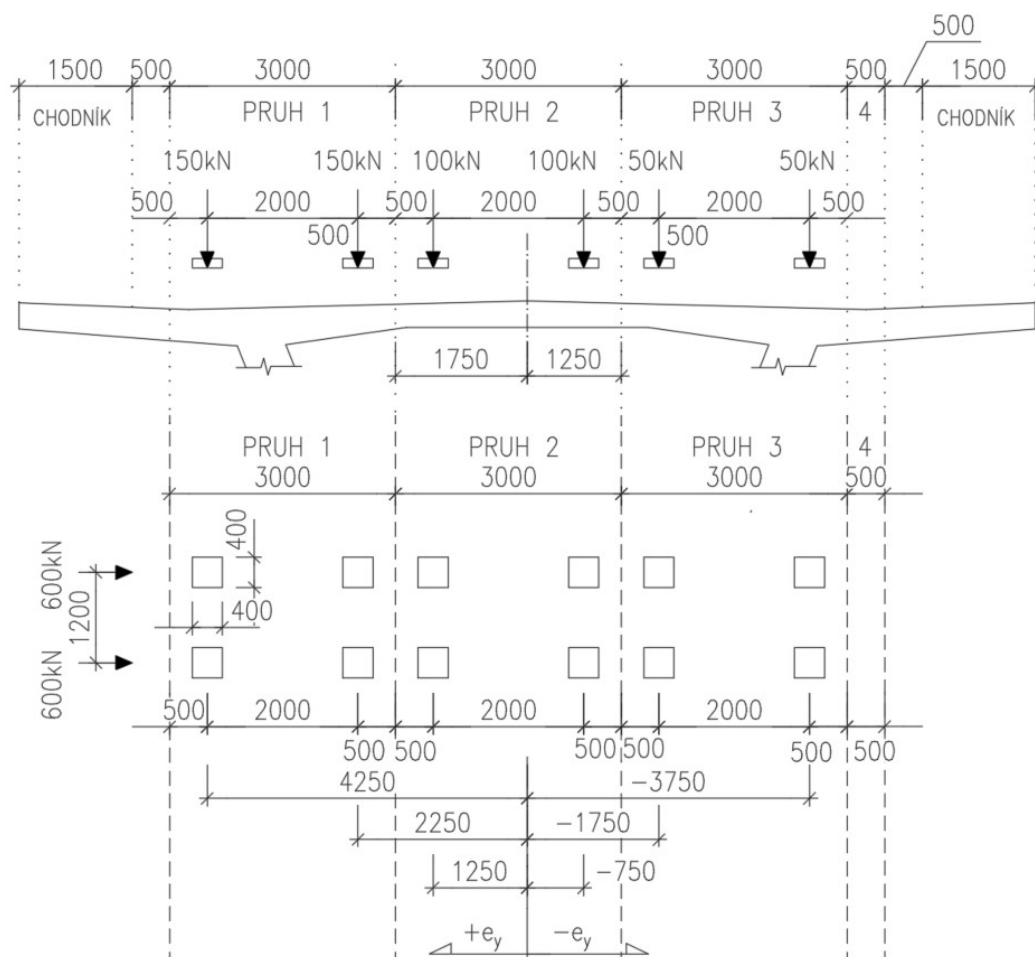
| Umiestnenie | Rovnomerné zať. (UDL)    |
|-------------|--------------------------|
|             | $q_{ik} [\text{kN/m}^2]$ |
| Pruh č.1    | 9                        |
| Pruh č.2    | 6                        |
| Pruh č.3    | 3                        |
| Pruh č.4    | 3                        |

Tabuľka 8 Zaťaženie UDL vrátane regulačných súčiniteľov

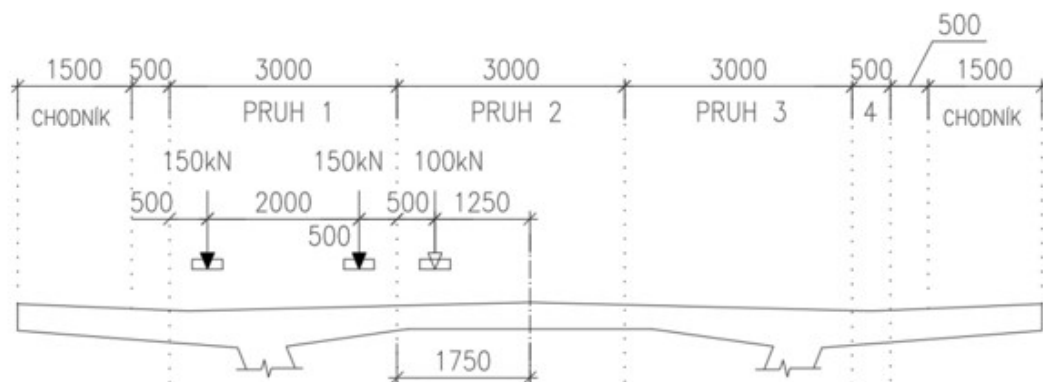
V práci je táto zostava zakomponovaná pojazdom po konštrukcií, následne sú vytvorené obálky vnútorných síl.

Zaťaženie je v priečnom reze umiestnené dvoma spôsobmi. Prvý, kedy zaťaženie od zostavy gr1a vyvodí najväčší ohybový moment  $M_y$  a posúvajúcu silu  $V_z$ , druhý, kedy zaťaženie spôsobí najväčší krútiaci moment  $M_x$ .

Pre ilustráciu je nižšie uvedené postavenie TS pre oba prípady. Ostatné prípady sú zobrazené v **prílohe P4.01 Statický výpočet**.



Obrázek 44 Postavenie TS v priečnom reze pre maximálny ohybový moment  $M_y$  a posúvajúcu silu  $V_z$



Obrázek 45 Postavenie TS v priečnom reze pre maximálny krútiaci moment  $M_x$  ( $T_{ek}$ )

### 8.2.2 Zostava gr5

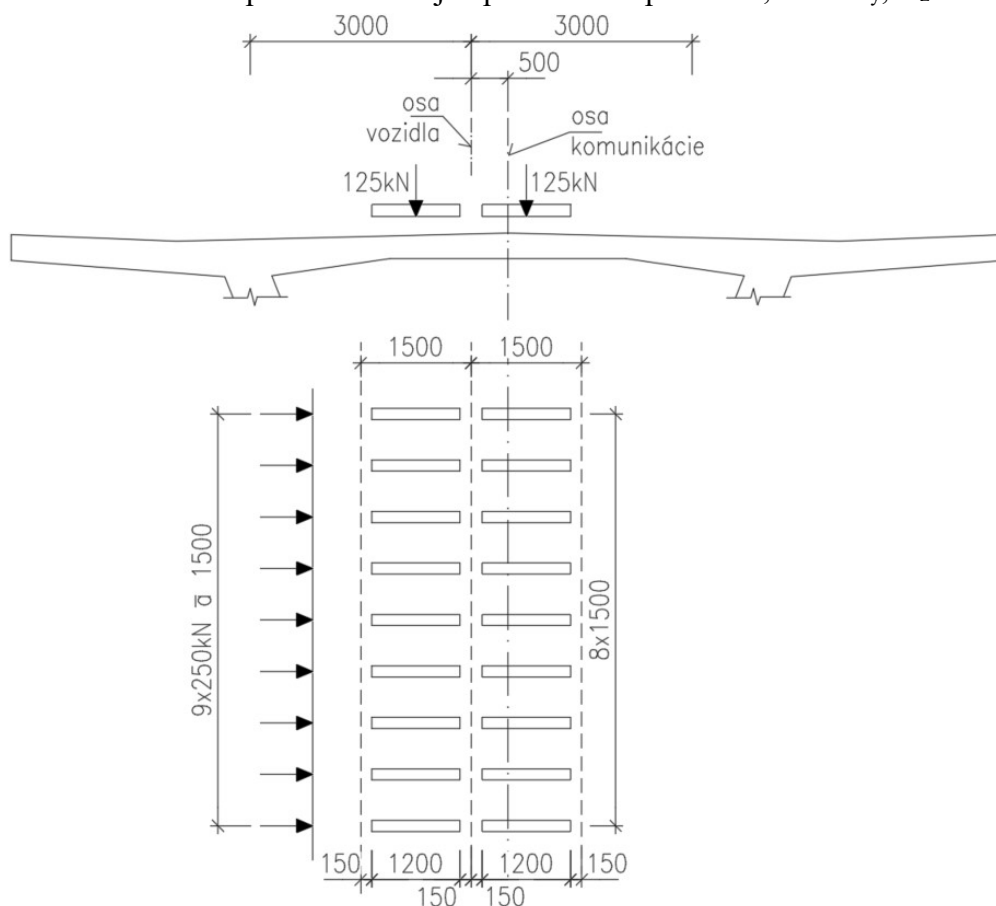
Pozostáva zo zvláštneho vozidla LM3. Pre cestu II. triedy je použitý typ 1800/200 kN.

Zvláštne vozidlo sa pohybuje v ideálnej stope (v našom prípade osa komunikácie, osa mostu) s excentricitou 0,5 m.

Nápravové tlaky o hodnote 200 kN sa upraví vynásobením dynamickým súčiniteľom 1,25 (rýchlosť menšia než 70 km/hod), teda vozidlo reprezentuje 9 náprav, každá o 250 kN.

Toto vozidlo sa na konštrukcii nachádza jedine, to znamená, že pri výpočte kombinácií sa nekombinuje so zostavou gr1a.

Zaťaženie v priečnom reze je opäť v dvoch polohách, max  $M_y$ ,  $V_z$  a max  $T_{Ek}$ .



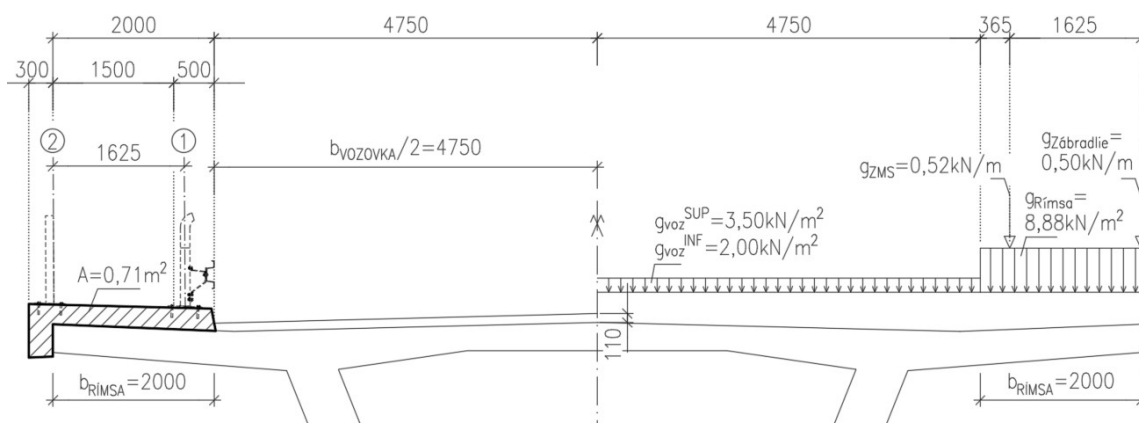
Obrázek 46 Postavenie LM3 v priečnom reze pre maximálny ohybový moment  $M_y$  a posúvajúcu silu  $V_z$

### 8.3 Klimatické zaťaženie

Zaťaženie teplotou je stanovené podľa normy ČSN EN 1991 – 1 – 5.

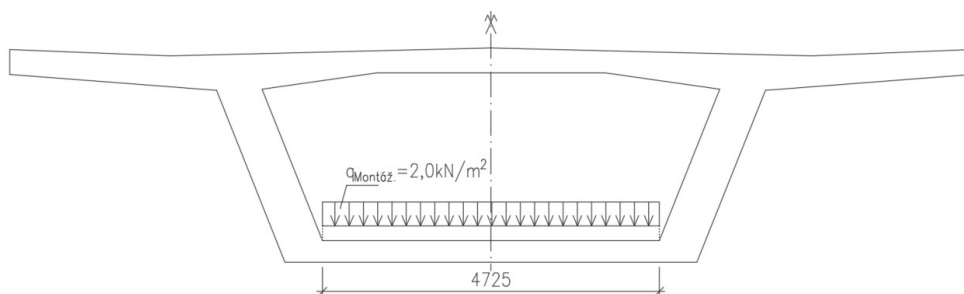
Práca uvažuje s lineárnou zložkou teplotného zaťaženia, v obrázku 48 je to zložka  $\Delta T_{Mz}$ . Rovnomerné oteplenie / ochladenie prierezu by v prípade konštrukcie nemalo zásadný význam, nakoľko je umožnený voľný posun v oboch pôdorysných





Obrázek 49 Usporiadanie ostatného stálego zaťaženia na modely č. 4

### ZS 3 Montážne zaťaženie

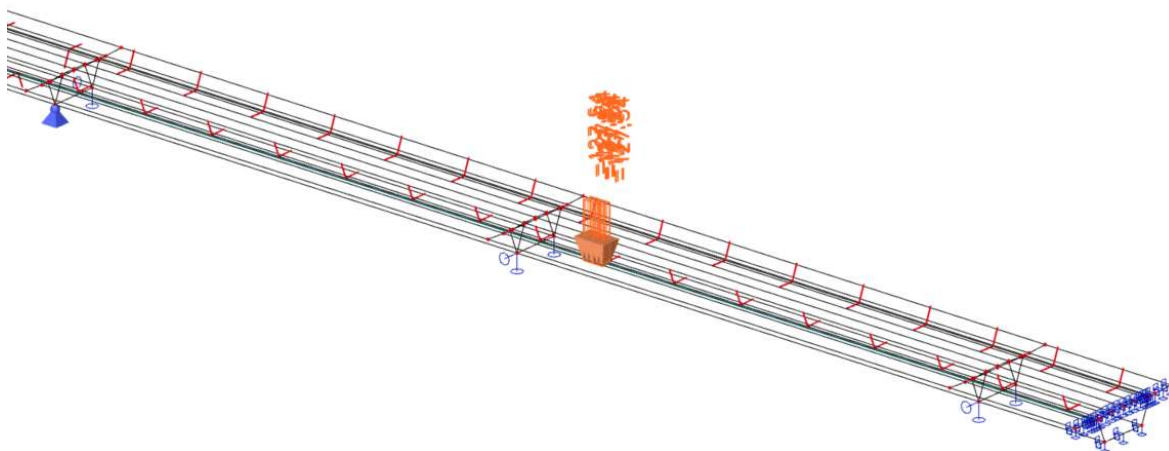


Obrázek 50 Montážne zaťaženie modelu č. 4

## 9.2 Zaťaženie dopravou

Pre vyšetrenie účinkov od dopravy bola v priečnom smere použitá zostava gr1a. Poloha zaťaženia v priečnom smere pre daný rez bola zistená na modely č. 3 pomocou príčkových čiar. Zaťaženie bolo roznesené z vozovky na strednicu prierezu a následne bolo zadané ako pohyblivé plošné zaťaženie na modely č. 4 s krokom pojazdu 0,2 m.

Pre ilustráciu je graficky uvedená jedna poloha pohyblivého zaťaženia.



Obrázek 51 Plošné zaťaženie od TS pre rez 1

Rovnomerné zaťaženie UDL a zaťaženie na chodníkoch je priamo zadané ako plošné.

## 10. Vnútorne sily

Vnútorne sily sú v prípade modelu č. 1 zobrazené v **prílohe P4.01 Statický výpočet**. V práci sa vyšetrujú viaceré rezy v pozdĺžnom a priečnom smere. Kvôli priehľadnosti boli charakteristické hodnoty a následné návrhové hodnoty usporiadané do priehľadných tabuliek, ktoré sú vedené ako **príloha P4.02 Príloha statického výpočtu**. V prípade, že nejaký posudok využíva vnútorné sily, je pri ňom uvedená príloha a tabuľka, z ktorej boli použité vnútorné sily.

## 11. Kombinácie

### 11.1 Kombinácie pre MSÚ

#### 11.1.1 Kombinácia 6.10 a

$$\sum \gamma_{G,SUP} \cdot G_{kj,SUP} + \gamma_P \cdot P + \sum \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \psi_{0i}$$

Pozn. V prípade priaznivo pôsobiaceho zaťaženia:

$$\gamma_{G,SUP} = \gamma_{G,INF}$$

$$\gamma_{Q,i} = 0$$

#### 11.1.2 Kombinácia 6.10 b

$$\sum \xi \cdot \gamma_{G,SUP} \cdot \sum G_{kj,SUP} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \psi_{0i}$$

Pozn. V prípade priaznivo pôsobiaceho zaťaženia:

$$\gamma_{G,SUP} = \gamma_{G,INF}$$

$$\gamma_{Q,i} = 0$$

**Jednotlivé súčinitele spoľahlivosti:**

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| cestná doprava, chodci | $\gamma_Q = 1,35$       |
| teplota                | $\gamma_Q = 1,5$        |
| predpätie              | $\gamma_P = 1,0$        |
| stále zaťaženie        | $\gamma_{G,SUP} = 1,35$ |
|                        | $\gamma_{G,INF} = 1,0$  |
|                        | $\xi = 0,85$            |

Ako príklad budú rozpísané návrhové kombinácie, ktoré sú súčasťou **prílohy P4.02 Príloha statického výpočtu** – Príloha č. 4 – Tabuľka 19 -  $D^{PRAVÁ} - V_{Ed}^{MAX}$  –  
 Hlavné premenné zaťaženie = gr1a

Stále zaťaženie + predpätie:

$$[1,15 \cdot [g_{ok} + g_{1k}^{SUP}] + 1,0 \cdot P_k]$$

$$V_{Ek} = 9894 \text{ kN}$$

$$[1,35 \cdot [g_{ok} + g_{1k}^{SUP}] + 1,0 \cdot P_k]$$

$$V_{Ek} = 11\,216 \text{ kN}$$

Sadnutie

$$V_{Ek} = \pm 265 \text{ kN}$$

Teplota

$$V_{Ek} = 46 \text{ kN}$$

$TS^{MAX}$

$$V_{Ek} = 1191 \text{ kN}$$

$TS^{MIN}$

$$V_{Ek} = -121 \text{ kN}$$

$UDL^{MAX}$

$$V_{Ek} = 1749 \text{ kN}$$

$UDL^{MIN}$

$$V_{Ek} = -221 \text{ kN}$$

Chodník<sup>MAX</sup>

$$V_{Ek} = 284 \text{ kN}$$

Chodník<sup>MIN</sup>

$$V_{Ek} = -36 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^{6.10a} = 11\,216 + 1,35 \cdot 265 + 1,35 \cdot (0,75 \cdot 1191 + 0,4 \cdot 1749 + 0,4 \cdot 284) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 46$$

$$V_{Ed}^{6.10a} = \mathbf{13919 \text{ kN}}$$
 (totožné s hodnotou v tabuľke č. 19)

$$V_{Ed}^{6.10b} = 9894 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot 265 + 1,35 \cdot (1191 + 1749 + 284) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 46$$

$$V_{Ed}^{6.10b} = \mathbf{14\,592 \text{ kN}}$$
 (totožné s hodnotou v tabuľke č. 19)

## 11.2 Kombinácie pre MSP

### 11.2.1 Charakteristická kombinácia

$$G_{kj,SUP} + P + \cdot Q_{k,1} + \cdot \sum Q_{k,i} \cdot \psi_{0i}$$

$$TS \quad \psi_0 = 0,75$$

$$UDL, Chodci \quad \psi_0 = 0,40$$

$$gr5 \quad \psi_0 = 0$$

$$Teplota \quad \psi_0 = 0,6$$

$$Staveništné \quad \psi_0 = 1,0$$

### 11.2.2 Časť kombinácia

$$G_{kj,SUP} + P + \cdot Q_{k,1} \cdot \psi_{1,1} + \sum Q_{k,i} \cdot \psi_{2i}$$

$$TS \quad \psi_1 = 0,75$$

$$UDL, Chodci \quad \psi_1 = 0,40$$

$$gr5 \quad \psi_1 = -$$

|             |                |
|-------------|----------------|
| Teplota     | $\psi_1 = 0,6$ |
| Staveništné | $\psi_1 = -$   |

### 11.2.3 Kvázistála kombinácia

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

|             |                |
|-------------|----------------|
| TS          | $\psi_2 = 0$   |
| UDL, Chodci | $\psi_2 = 0$   |
| gr5         | $\psi_2 = -$   |
| Teplota     | $\psi_2 = 0,5$ |
| Staveništné | $\psi_2 = 1,0$ |

Ako príklad budú rozpísané návrhové kombinácie, ktoré sú súčasťou **prílohy P4.02 Príloha statického výpočtu** – Príloha č. 2

Charakteristická kombinácia – Tabuľka 9 – Podpora B – Hlavné premenné zaťaženie = gr 5

|                             |                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Stále zaťaženie + predpätie | $M_{g0k} + M_{pk} + M_{g1k}^{SUP} = -19\,458 \text{ kNm}$ |
| Sadnutie                    | $M_{set,k} = +/- 6924 \text{ kNm}$                        |
| Teplota                     | $M_{tep,k} = -8086 \text{ kNm}$                           |
|                             | $M_{tep,k} = 11\,232 \text{ kNm}$                         |
| LM3                         | $M_{LM3,k} = -10\,770 \text{ kNm}$                        |

$$M_{CHARAKTER} = -19\,458 + (-6924) + (-10\,770) + 0,6 \cdot (-8086) = -41\,374 \text{ kNm}$$

$$M_{CHARAKTER} = -42\,004 \text{ kNm (totožné s hodnotou v tabuľke č. 10)}$$

## 12. Medzný stav únosnosti

ČSN EN 1992 – 2

Posúdenie konštrukcie v čase  $t_{\infty}$  (36 500 dní)

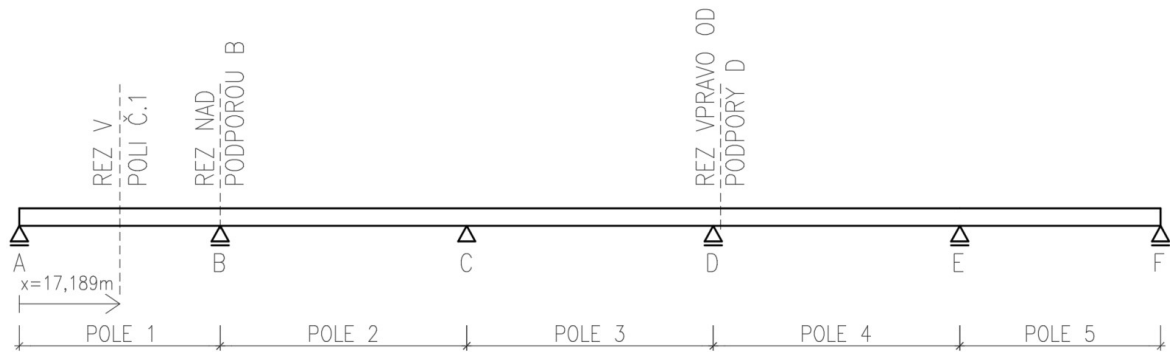
### 12.1 MSÚ v pozdĺžnom smere

Práca sa zaoberá posúdením najviac namáhaných prierezov z hľadiska ohybovej a šmykovej únosnosti.

#### 12.1.1 Ohybová únosnosť v pozdĺžnom smere

Ohybová únosnosť je vyšetrovaná v dvoch kritických rezoch, v poli č. 1 a nad podporou B, ďalej tesne vpravo od podpory D (kvôli šmyku).

Bližšie špecifikácia sú uvedené v **prílohe P4.01 Statický výpočet**.



Obrázek 52 Vyšetřované rezy – Ohybová únosnost v pozdĺžnom smere

Stručný postup stanovenia momentovej únosnosti  $M_{Rd}$ :

1. Zistenie polohy neutrálnej osy pomocou metódy medznej rovnováhy, pre daný prierez musí platiť rovnováha:

$$N_{Ed} = N_{Rd} = F_{cc} - \Delta F_{p1} - \Delta F_{p2} - \Delta F_{p3}$$

Boli spočítané limitné hodnoty polohy n.o:  $x^{LIM}$  a  $x^{bal,1}$ . Pomocou hodnoty  $x^{LIM}$  bolo určené, či dôjde skôr k porušeniu výstuže alebo betónu a podľa toho sa odvíjali ďalšie iteračné kroky.

$$N_{Rd,lim} = F_{cc}^{lim} - \Delta F_{p1}^{lim} - \Delta F_{p2}^{lim} - \Delta F_{p3}^{lim}$$

V prípade ak:

$N_{Ed} < N_{Rd,lim}$  ... rozhoduje porušenie výstuže a bola zmenšená tlačaná plocha  $A_{cc}$

$N_{Ed} > N_{Rd,lim}$  ... rozhoduje porušenie betónu a je potreba zväčšiť tlačnú plochu  $A_{cc}$

2. Po zistení polohy n.o bola overená využiteľnosť výstuže a stanovená momentová únosnosť prierezu.

Ohybová únosnosť posudzovaného prierezu bez navrhutej betonárskej výstuže je vyhovujúca, pokiaľ platí podmienka:

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

Ohybová únosnosť pre dané prierezy sa určí ako:

$$M_{Rd} = F_{cc} \cdot z_{cc} + \Delta F_{p1} \cdot z_{p1} + \Delta F_{p2} \cdot z_{p2} + \Delta F_{p3} \cdot z_{p3}$$

Záver:

Ohybová únosnosť bez dodatočne navrhutej betonárskej výstuže  $M_{Rd}$  bola vo všetkých prierezoch väčšia, než návrhové účinky zaťaženia  $M_{Ed}$ :

|       |                                                 |
|-------|-------------------------------------------------|
| Rez 1 | $M_{Ed} = 60\,265 \text{ kNm}$                  |
|       | $M_{Rd} = 69\,741 \text{ kNm}$                  |
| Rez B | $M_{Ed} = 77\,499 \text{ kNm}$ (v abs. hodnote) |
|       | $M_{Rd} = 99\,260 \text{ kNm}$                  |
| Rez D | $M_{Ed} = 53\,271 \text{ kNm}$ (v abs. hodnote) |
|       | $M_{Rd} = 100\,736 \text{ kNm}$                 |

### 12.1.2 Šmyk a krútenie

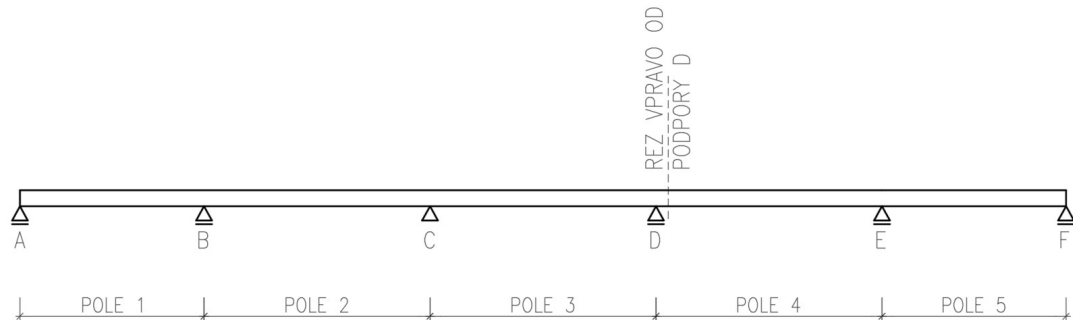
Interakcia šmyku a krútenia je skúmaná v kritickom reze. Z kombinačných rovníc bolo zistené, že tento rez sa nachádza vpravo od podpory D.

Pri posúdení konštrukcie boli použité nasledujúce vnútorné sily:

Návrhové hodnoty:

a,  $V_{Ed}^{MAX}$ ,  $T_{Ed}^{ODP}$ ,  $M_{Ed}^{ODP}$ ,  $N_{Ed}^{ODP}$

b,  $T_{Ed}^{MAX}$ ,  $V_{Ed}^{ODP}$ ,  $M_{Ed}^{ODP}$ ,  $N_{Ed}^{ODP}$



Obrázek 53 Vyšetřovaný rez – iterácia šmyku a krútenia v pozdĺžnom smere

Autor práce zvolil spôsob výpočtu, pri ktorom sa krútenie prevedie na posúvajúcu silu.

Celková posúvajúca sila je potom daná súčtom posúvajúcej sily od šmyku a krútenia.

#### 12.1.2.1 Únosnosť pre stenu

Stručný postup výpočtu:

1. Rozhodnutie o vzniku ohybových trhlín:

$$\sigma_{ctd}^h = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} = 2,72 \text{ MPa} > f_{ctd} = 1,67 \text{ MPa} \dots \text{postup ako pre ŽB}$$

2. Prevedenie vplyvu krútenia na posúvajúcu silu:

$$V_{Ed,T} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} \cdot h_k$$

3. Rozhodnutie o spôsobe návrhu šmykovej výstuže:

$$V_{Ed}^{MAX} = 8210 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 2472 \text{ kN} \dots \text{návrh výstuže na únosnosť}$$

4. Preukázanie interakcie:

$$\frac{V_{Ed,V}^{S,MAX}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}^{ODP}}{T_{Rd,c}} = 3,27 > 1,0 \dots \text{nutný návrh šmykovej výstuže}$$

5. Návrh šmykovej výstuže:

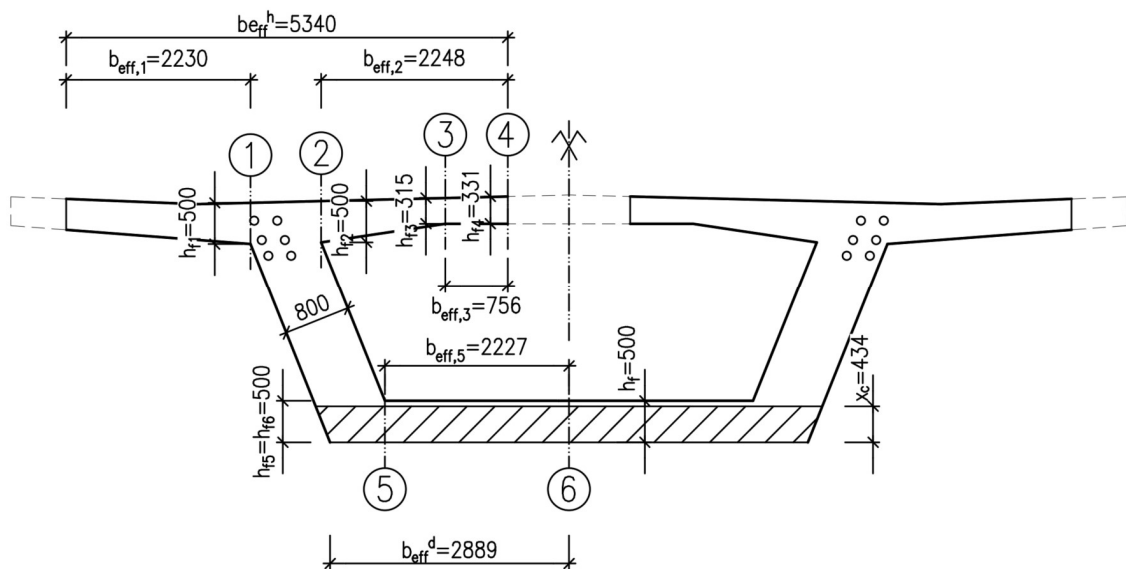
**4 – strižné strmene ø 18 a 150 mm**  
 **$A_{sw} = 10,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$**

6. Overenie konštrukčných zásad
7. Návrh pozdĺžnej výstuže, ktorá je zároveň konštrukčnou výstužou pre pozdĺžny ohyb:

$$\begin{aligned} \phi 14 \text{ a } 200 \text{ mm} \\ n = 248 \text{ ks} \\ A_{s, \text{prov}} = 381,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### 12.1.2.2 Únosnosť dosiek

Prejaví sa tu pozdĺžny šmyk medzi stenami a doskami nosníka. Pričný rez je posúdený celkovo v 6 tich rezoch.



Obrázek 54 Posudzované rezy z hľadiska pozdĺžneho šmyku

Stručný postup výpočtu:

1. Stanovenie šmykového napätia od posúvajúcej sily:

$$\tau_{Ed,V} = \frac{\Delta F_d}{\Delta x \cdot x_c}$$

2. Stanovenie šmykového napätia od krútenia:

$$\tau_{Ed,T} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k \cdot h_{fi}}$$

3. Celkové šmykové napätie:

$$\tau_{Ed} = \tau_{Ed,V} + \tau_{Ed,T}$$

4. Rozhodnutie o spôsobe návrhu výstuže:

$0,4 \cdot f_{ctd} = 0,67 \text{ MPa} < \tau_{Ed}^{\text{EXTRÉM}} = 0,74 \text{ MPa} \dots$  Návrh výstuže na kombináciu priečného ohybu a pozdĺžneho šmyku

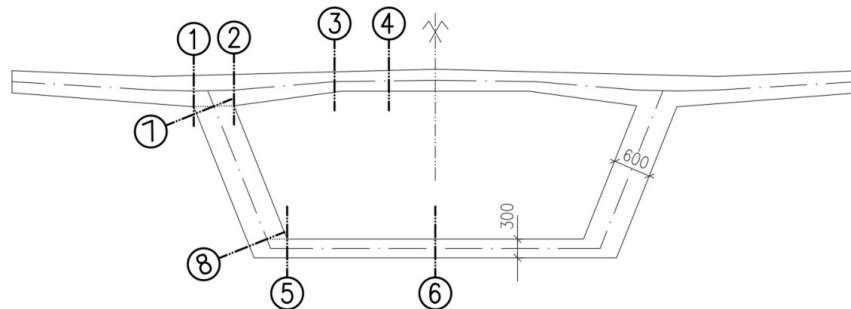
5. Stanovenie potrebnej plochy výstuže pre pozdĺžny šmyk  $A_{sf} / s_f$

6. Návrh a posúdenie únosnosti tlačenej diagonály

$$\tau_{Ed}^{EXTRÉM,i} \leq \tau_{Rd,max}$$

## 12.1 MSÚ v priečnom smere

Práca sa zaoberá posúdením priečnej ohybovej únosnosti v kombinácii s pozdĺžnym šmykom a overením priečnej šmykovej únosnosti.



Obrázek 55 Posudzované rezy v priečnom smere

### 12.1.1 Kombinácia priečneho ohybu a pozdĺžneho šmyku

Stručný popis výpočtu:

1. Stanovenie potrebnej plochy výstuže na priečny ohyb

$$A_{st,req} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}}\right)$$

2. Stanovenie maximálnej plochy výstuže podľa rovníc:

**Horná výstuž:**

$$[1] A_{s,horná} = (0,25 \cdot A_{S,SMYK} + 1,0 \cdot A_{S,OHYB}^h + 0,1 \cdot A_{S,OHYB}^d) \cdot 1,1$$

$$[2] A_{s,horná} = 0,5 \cdot A_{S,SMYK}$$

**Dolná výstuž:**

$$[3] A_{s,dolná} = 0,25 \cdot A_{S,SMYK} + 1,0 \cdot A_{S,OHYB}^d + 0,2 \cdot A_{S,OHYB}^h$$

$$[2] A_{s,horná} = 0,5 \cdot A_{S,SMYK}$$

3. Stanovenie profilu a priečnej vzdialenosti výstuže v pozdĺžnom smere s ohľadom na vyviazanie výstuže.

### 12.1.2 Priečny šmyk

Stručný popis výpočtu:

1. Stanovenie šmykovej únosnosti bez šmykovej výstuže

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

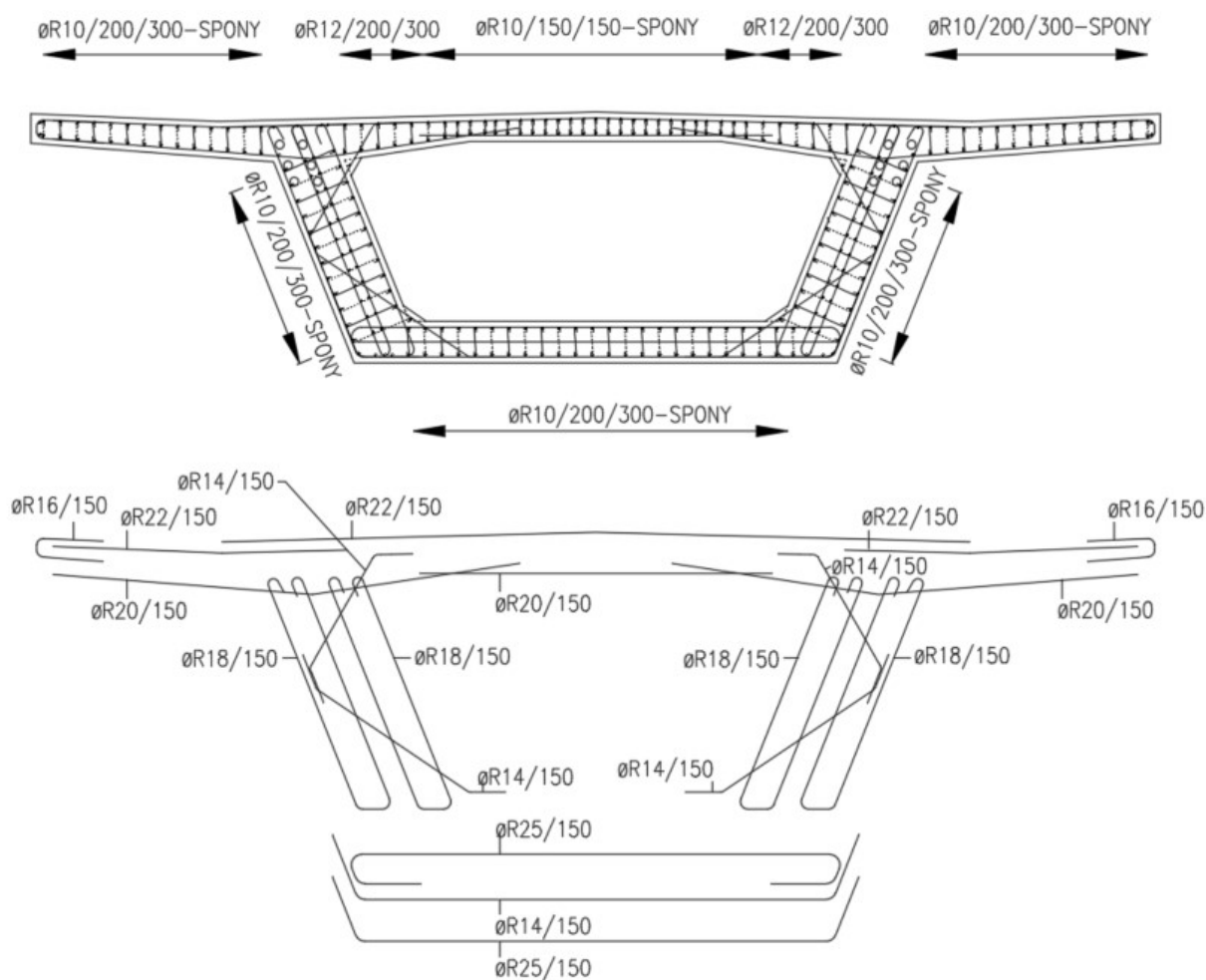
2. Rozhodnutie o spôsobe návrhu šmykovej výstuže

$V_{Ed} > V_{Rd,c}$  ... návrh šmykové výstuže výpočtom

$V_{Ed} < V_{Rd,c}$  ... návrh šmykové výstuže konstrukčně

3. Overenie konštrukčných zásad

Pozn. : Konkrétne dielčie hodnoty výpočtov a navrhnutá výstuže je uvedená v prílohe P4.01 Statický výpočet.



Obrázek 56 Schéma vystužení v příčném směru

## 13. Medzný stav použitelnosti

ČSN EN 1992-1-1, ČSN EN 1992-2

Kritéria MSP boli overované vo fázach výstavby, v čase uvedenia do prevádzky a v čase na konci životnosti konštrukcie.

Podrobnejšie informácie sú v prílohe P4.01 Statický výpočet.

### 13.1 Obmedzenie napätia v betóne

#### 13.1.1 Tlakové napätie v betóne

Aby bolo zabránené vzniku pozdĺžnych trhlín, mikrotrhlín a veľkému dotvarovaniu, musí platiť pre **charakteristickú kombináciu**:

$$|\sigma_c| \leq 0,6f_{ck}$$

Aby bolo možné uvažovať s lineárnym dotvarovaním, musí platiť pre **kvázistálu kombináciu**:

$$|\sigma_c| \leq 0,45f_{ck}$$

#### 13.1.2 Ťahové napätie v betóne

U obmedzene predpätých konštrukcií je z dôvodu vzniku trhlín obmedzené ťahové napätie pre **charakteristickú kombináciu**:

$$\sigma_c \leq f_{ct,eff}^1$$

### 13.2 Obmedzenie napätia vo výstuži

#### 13.2.1 Ťahové napätie v predpínacej výstuži

Stredná hodnota napätia nemá prekročiť hodnotu:

$$\sigma_{p,mo} \leq 0,75f_{pk}$$

### 13.3 Obmedzenie trhlín

Tabuľka NA (národnej prílohy) udáva pre stupeň protikoróznej ochrany PL2 (predpínacia výstuž zainjektovaná v plastovom kanáliku), pre súdržnú predpínaciu výstuž, pre dodatočne predpätý betón, pre triedy prostredia XD, XS, XF, pre častú kombináciu zaťaženia šírku trhlín  $w_{max} = 0,2$  mm.

Autor práce obmedzil vznik trhlín:

$$\sigma_c \leq f_{ctm}(t)$$

a teda podmienka šírky trhliny je splnená, nakoľko k jej vzniku nedôjde.

### 13.4 Obmedzenie priehybu

ČSN 73 6214

Maximálna hodnota priehybu pre častú kombináciu  $u_z^{max} = 29,8$  mm (pole 4), čo je menšie ako limitná hodnota  $L / 600$ ,  $u_z^{LIM} = 75$  mm.

### 13.5 Záver MSP

Konštrukcia spĺňa kritéria MSP vo všetkých posudzovaných fázach.

---

<sup>1</sup> Pre prierez neporušený trhlinami možno  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

*Fáze výstavby:*

Maximálne tlakové napätie v betóne vo fázach výstavby:

$$|-8,38|\text{MPa} \leq 0,4 \cdot f_{ck} (14) = 15,8 \text{ MPa} \dots \text{ fáza 5}$$

Maximálne ťahové napätie v betóne vo fázach výstavby:

$$2,66 \text{ MPa} \leq f_{ctm} (14) = 3,15 \text{ MPa} \dots \text{ fáza 1}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži vo fázach výstavby:

$$1394,9 \text{ MPa} \leq 0,75f_{pk} = 1395 \text{ MPa} \dots \text{ fáza 5}$$

*Fáza uvedenia do prevádzky:*

*Charakteristická kombinácia:*

Maximálne ťahové napätie v betóne vo fáze uvedenia do prevádzky:

$$3,27 \text{ MPa} \leq f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Maximálne tlakové napätie v betóne vo fáze uvedenia do prevádzky:

$$|-11,69|\text{MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 24,0 \text{ MPa}$$

*Kvázistála kombinácia:*

Maximálne tlakové napätie v betóne vo fáze uvedenia do prevádzky:

$$|-8,16|\text{MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 18,0 \text{ MPa}$$

*Častá kombinácia:*

Maximálne ťahové napätie v betóne vo fáze uvedenia do prevádzky:

$$2,03 \text{ MPa} \leq f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

*Fáza na konci životnosti:*

*Charakteristická kombinácia:*

Maximálne ťahové napätie v betóne vo fáze na konci životnosti:

$$3,15 \text{ MPa} \leq f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Maximálne tlakové napätie v betóne vo fáze na konci životnosti:

$$|-12,53|\text{MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 24,0 \text{ MPa}$$

*Kvázistála kombinácia:*

Maximálne tlakové napätie v betóne vo fáze na konci životnosti:

$$|-8,92|\text{MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 18,0 \text{ MPa}$$

*Častá kombinácia:*

Maximálne ťahové napätie v betóne vo fáze na konci životnosti:

$$1,63 \text{ MPa} \leq f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

## 14. Záver

Autor práce navrhol dve varianty premostenia hlbokého údolia. Na základe ilustrovaných výhod a nevýhod bola k ďalšej analýze vybraná varianta A, komorový nosník so šikmými stenami o piatich poliach.

Práca bola zameraná na posúdenie nosnej konštrukcie mostu z hľadiska medzných stavov použiteľnosti a únosnosti podľa platných noriem, predpisov vzorových a technických listov.

V práci boli prijaté zjednodušenia, ktoré autor vždy popísal

V práci je zohľadnené zmršťovanie, dotvarovanie betónu a fáze výstavby. Tie sú skúmané najmä z hľadiska medzných stavov použiteľnosti

Práca obsahuje všetky potrebné prílohy popísané v zadaní.

## 15. Zoznam použitých zdrojov

### 15.1 Literatúra

- [1] NAVRÁTIL, Jaroslav. Předpjaté betonové konstrukce. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [2] STRÁSKÝ, Jiří. Betonové mosty. Praha: ŠEL, 2001. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426-05-X.
- [3] NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. BL12 - Betonové mosty I: zásady navrhování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4979-4.
- [4] SEČKÁŘ, Milan. Betonové mosty I. Brno, Vysoké učení technické : 1998. ISBN 80-214-1306-9
- [5] PANÁČEK, Josef. Spodní stavba a příslušenství mostních objektů, Brno, Vysoké učení technické : 2006
- [6] KLUSÁČEK, Ladislav. Nosné konstrukce mostů. Brno, Vysoké učení technické : 2006
- [7] SEČKÁŘ, Milan. Betonové mosty . Vybrané statě. Brno, Vysoké učení technické : 1989
- [8] Zich, M. a kol.: Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů. Verlag Dashofer, Praha, 2010

### 15.2 Normy

- [9] ČSN 73 6200 Mosty – terminologie a třídění. ÚNMZ, Praha, 2011
- [10] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů. ČNI, Praha, 2008
- [11] ČSN EN 1990 ed 2 Zásady navrhování konstrukcí. ÚNMZ, Praha, 2011
- [12] ČSN EN 1991 –1–1 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ČNI, Praha, 2004 až 2010

[13] ČSN EN 1991 –1–4 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. ČNI a ÚNMZ, Praha, 2005 až 2011

[14] ČSN EN 1991 –2 Zatížení konstrukcí. Zatížení mostů dopravou. ČNI a ÚNMZ, Praha, 2005 až 2012

[15] ČSN EN 1991 –2 Navrhování betonových konstrukcí. Betonové mosty – navrhování a konstrukční zásady. ČNI a ÚNMZ, Praha, 2007 až 2014

[16] ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací. ÚNMZ, Praha, 2010

[17] ČSN EN 1317 – 1 až 3 Silniční záchytné systémy. ÚNMZ, Praha, 2011

[18] ČSN EN 1337 – 1 až 11 Stavební ložiska. ČNI, Praha, 1999 až 2008

### 15.3 Elektronické dokumenty

[19] DUCHÁČ, Petr, Stanislav RŮŽIČKA a Ladislav KLUSÁČEK. Konstrukce z předpjatého betonu a jejich statická analýza: Sběrka příkladů [online]. Brno, 2012 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z:

[https://www.fce.vutbr.cz/bzk/ruzicka.s/SBIRKA\\_PRIKLADU\\_Z\\_PREDPJATEHO\\_BETONU\\_DRK.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/bzk/ruzicka.s/SBIRKA_PRIKLADU_Z_PREDPJATEHO_BETONU_DRK.pdf)

[20] VYSLOUŽIL, Aleš. Tutorial–pohyblivá zatížení [online]. In: . s. 20 [cit. 2020- 12- 22]. Dostupné z:

<https://downloads.scia.net/support/sciaengineer/manuals/15/loads/%5Bcze%5Dtutorial%20mobile%20loads%202008.0.1.pdf>

[21] ZLÁMAL, Martin. Model příhradové analogie S&T model. Přednáška č. 2 – Vybrané statě z betonových konstrukcí I.

[22] Freyssinet CS. TETRON CD: Mechanická hrncová ložiska [online]. In: . s. 12 [cit. 2020-12-26]. Dostupné z:

[http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska\\_hrncova\\_tetron\\_cd.pdf](http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska_hrncova_tetron_cd.pdf)

[23] Předpínací tyče FREYSSINET CS a.s. [online]. [cit. 2020-12-27]. Dostupné z: [http://www.freyssinet.cz/228-predpinaci\\_tyce](http://www.freyssinet.cz/228-predpinaci_tyce)

## 15.4 Technické podmienky a vzorové listy

[24] Vzorové listy staveb pozemních komunikací – VL 4 – Mosty [online]. In: . 2015, s. 137 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_10\\_VL/VL\\_4\\_2015.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_10_VL/VL_4_2015.pdf)

[25] Vzorové listy staveb pozemních komunikací – VL 1 – Vozovky a krajnice [online]. In: . 2006, s. 101 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_10\\_VL/VL1\\_Vozovky\\_a\\_krajnice\\_2006\\_02\\_.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_10_VL/VL1_Vozovky_a_krajnice_2006_02_.pdf)

## 15.5 Akademické práce

[26] Mário Hajnoš Návrh rámového mostu o jednom poli. Brno, 2020. 48 s., 167 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

[27] Kateřina Štichová Předpjatý komorový most. Brno, 2021. 41 s., 167 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

## 16. Zoznam obrázkov

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Schématický pozdĺžny rez Variantou A I.....   | 13 |
| Obrázek 2 Schématický pozdĺžny rez Variantou A II ..... | 13 |
| Obrázek 3 Priečny rez Variantou A nad podperou .....    | 14 |
| Obrázek 4 Schématický pozdĺžny rez Variantou B I.....   | 15 |
| Obrázek 5 Schématický pozdĺžny rez Variantou B II.....  | 15 |
| Obrázek 6 Priečny rez Variantou B .....                 | 15 |
| Obrázek 7 Prierez pilierov .....                        | 18 |
| Obrázek 8 Prierez nosnou konštrukciou .....             | 19 |
| Obrázek 9 Schéma posunu ložísk .....                    | 20 |
| Obrázek 10 Rez mostným záverom MAGEBY RSFD – A.....     | 20 |
| Obrázek 11 Rímsa .....                                  | 21 |
| Obrázek 12 Zábradlie.....                               | 21 |
| Obrázek 13 Zvodidlo .....                               | 22 |
| Obrázek 14 Schéma odvodňovača .....                     | 22 |
| Obrázek 15 Poloha rezov na konštrukcií .....            | 26 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 16 Súradný systém prútu .....                                                                     | 27 |
| Obrázek 17 Pohľad na prútový model č.1 v prostredí SCIA ENGINEER .....                                    | 27 |
| Obrázek 21 Axonometrický pohľad na prútový model č. 1 v prostredí SCIA ENGINEER .....                     | 27 |
| Obrázek 18 Prierez C .....                                                                                | 27 |
| Obrázek 19 Prierez B .....                                                                                | 27 |
| Obrázek 20 Prierez A .....                                                                                | 27 |
| Obrázek 22 Schématická geometria tuhého ramena pre plný prierez nad podporou B .....                      | 28 |
| Obrázek 23 Axonometrický pohľad na tuhé rameno v prostredí SCIA ENGINEER .....                            | 28 |
| Obrázek 24 Statické schéma modelu č. 2 .....                                                              | 29 |
| Obrázek 25 Vstupné parametre predpínacích káblov .....                                                    | 29 |
| Obrázek 26 Axonometrický pohľad na predpínacie káble v modeli č. 2 .....                                  | 30 |
| Obrázek 27 Pohľad na prútový model č.2 v prostredí SCIA ENGINEER .....                                    | 30 |
| Obrázek 28 Axonometrický pohľad na prútový model č. 1 v prostredí SCIA ENGINEER .....                     | 30 |
| Obrázek 29 Geometria výpočtového modelu č. 3 .....                                                        | 31 |
| Obrázek 30 Axonometrický pohľad na výpočtový model č. 3 v prostredí SCIA ENGINEER .....                   | 31 |
| Obrázek 31 Uloženie na okrajoch deskosteny .....                                                          | 32 |
| Obrázek 32 Uloženie pri podpore C (3) .....                                                               | 32 |
| Obrázek 33 Schéma skrátenia polí .....                                                                    | 33 |
| Obrázek 34 Axonometrický pohľad na deskostenový model v prostredí SCIA ENGINEER 21 .....                  | 33 |
| Obrázek 35 Geometria priehradového modelu č. 5 .....                                                      | 34 |
| Obrázek 36 Statické schéma priehradového modelu č. 5 .....                                                | 34 |
| Obrázek 37 Geometria priehradového modelu č. 6 .....                                                      | 35 |
| Obrázek 38 Varianty výpočtového modelu č. 6 .....                                                         | 35 |
| Obrázek 39 Zaťaženie priečnikmi na modely č. 1 .....                                                      | 36 |
| Obrázek 40 Ostatné stále zaťaženie SUPRENUM na modely č. 1 .....                                          | 36 |
| Obrázek 41 Ostatné stále zaťaženie INFINUM na modely č. 1 .....                                           | 36 |
| Obrázek 42 Pokles podpory A na modely č. 1 .....                                                          | 36 |
| Obrázek 43 Zaťažovacie pruhy .....                                                                        | 37 |
| Obrázek 44 Postavenie TS v priečnom reze pre maximálny ohybový moment $M_y$ a posúvajúcu silu $V_z$ ..... | 38 |
| Obrázek 45 Postavenie TS v priečnom reze pre maximálny krútiaci moment $M_x$ ( $T_{Ek}$ ) .....           | 38 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 46 Postavenie LM3 v priečnom reze pre maximálny ohybový moment $M_y$ a posúvajúcu silu $V_z$ ..... | 39 |
| Obrázek 47 Zaťaženie teplotou, oteplenie horného povrchu NK .....                                          | 40 |
| Obrázek 48 Schémy teplotného zaťaženia .....                                                               | 40 |
| Obrázek 49 Usporiadanie ostatného stáleho zaťaženia na modely č. 4 .....                                   | 41 |
| Obrázek 50 Montážne zaťaženie modelu č. 4 .....                                                            | 41 |
| Obrázek 51 Plošné zaťaženie od TS pre rez 1 .....                                                          | 41 |
| Obrázek 52 Vyšetrované rezy – Ohybová únosnosť v pozdĺžnom smere .....                                     | 45 |
| Obrázek 53 Vyšetrovaný rez – iterácia šmyku a krútenia v pozdĺžnom smere ..                                | 46 |
| Obrázek 54 Posudzované rezy z hľadiska pozdĺžneho šmyku .....                                              | 47 |
| Obrázek 55 Posudzované rezy v priečnom smere .....                                                         | 48 |
| Obrázek 56 Schéma vystuženia v priečnom smere .....                                                        | 49 |

## 17. Zoznam tabuliek

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabuľka 1 Zoznam použitých ložísk .....                        | 19 |
| Tabuľka 2 Zvolené mostné závery .....                          | 20 |
| Tabuľka 3 Parametre zvolených mostných záverov .....           | 20 |
| Tabuľka 4 Skladba vozovky na moste .....                       | 21 |
| Tabuľka 5 Časová osa procesu výstavby nosnej konštrukcie ..... | 24 |
| Tabuľka 6 Špecifikácia okrajových podmienok modelu č. 1 .....  | 28 |
| Tabuľka 7 Regulačné súčinitele .....                           | 37 |
| Tabuľka 8 Zaťaženie UDL vrátane regulačných súčiniteľov .....  | 37 |
| Tabuľka 9 Zaťaženie TS vrátane regulačných súčiniteľov .....   | 37 |

## 18. Zoznam príloh

Prílohy k textovej časti:

P1. Podklady a varianty riešení:

P1.01 Podklady

P1.02 Varianta A

P1.03 Varianta B

P2. Priehľadné a podrobné výkresy:

- P2.01 Situácia
- P2.02 Pozdĺžny rez
- P2.03 Priečny rez operou B-B
- P2.04 Priečny rez pilierom C-C
- P2.05 Výkres betonárskej výstuže
- P2.06 Výkres predpínacej výstuže I
- P2.07 Výkres predpínacej výstuže II

P3. Stavebný postup a vizualizácia:

- P3.01 Postup výstavby
- P3.02 Vizualizácia

P4. Statický výpočet

- P4.01 Statický výpočet
- P4.02 Prílohy statického výpočtu