



# 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

## REKONSTRUKCE PRŮMYSLOVÉ BUDOVY

RECONSTRUCTION OF THE INDUSTRY BUILDING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Landa

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

BRNO 2026

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí  
Student: **Bc. Tomáš Landa**  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.**  
Akademický rok: 2025/26  
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Rekonstrukce průmyslové budovy

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Posouzení a návrh nosné konstrukce zpracujte na základě předaných podkladů, tj. situace, půdorysy, řezy, geologie a výsledky diagnostického průzkumu.

Provedte statickou analýzu v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Nadimenzujte a vykreslete výztuž pro tyto vybrané části nosné konstrukce: nové spínané vazníky a postup montáže v rozsahu určeném vedoucím práce.

Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího diplomové práce.

### Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem práce je pro zadanou stavbu podrobně početně a výkresově zpracovat posouzení stávajících předpjatých střešních vazníků a jejich podpůrných sloupů a vypracovat návrh jejich náhrady novými spínanými vazníky z dílců pro případ, že korozní porušení předpínací výztuže vyloučí původní vazníky z provozu.

Návrh provést ve variantách a dále podrobněji zpracovat vybranou nejvhodnější variantu.

Vypracovat podrobný statický výpočet nosné konstrukce metodou mezních stavů podle platných předpisů a norem.

Vypracovat výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Textovou část zpracovat v rozsahu a ve formě průvodní a technické zprávy.

Diplomovou práci je třeba vypracovat a rozčlenit podle této struktury:

Textová část

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a předběžný návrh,

P2. Výkresy tvaru a výztuže

P3. Statický výpočet.

Rozsah jednotlivých částí určí vedoucí diplomové práce.

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

**Seznam doporučené literatury a podklady:**

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

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

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2025

L. S.

---

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá posouzením stávajících železobetonových předpjatých sedlových střešních vazníků proměnného I-průřezu v objektech D\_06, D\_07 a D\_09 areálu DELIMAX Hodonín, původně navržených v roce **1979**, a návrhem nového vazníku jako náhrady vybraných prvků. V práci je popsána geometrie konstrukčního systému, zohledněn vliv rekonstrukce střešního pláště z roku 2000 a vyhodnoceny účinky zatížení a předpětí včetně ztrát předpínací síly.

Původní i nově navržený vazník jsou uvažovány jako konstrukce s **předpětím se soudržností**. Součástí práce je návrh nového dodatečně předpjatého vazníku včetně etapového napínání a technologicky proveditelného montážního postupu, u kterého je uvažováno **napínání ze středu rozpětí v návaznosti na potřeby montáže**.

## KLÍČOVÁ SLOVA

předpjatý vazník, sedlový vazník, proměnný I-průřez, dodatečné předpětí, předpětí se soudržností, ztráty předpětí, metoda mezních přetvoření, montážní postup, kotevní oblast, krátká konzola, spřažený sloup

## ABSTRACT

This thesis deals with the assessment of existing prestressed reinforced-concrete pitched roof girders with a variable I-shaped cross-section in buildings D\_06, D\_07 and D\_09 of the DELIMAX Hodonín site, originally designed in **1979**, and with the design of a new girder as a replacement for selected members. The work describes the structural geometry, considers the influence of the 2000 roof refurbishment, and evaluates the effects of actions and prestressing including prestress losses.

Both the existing and the newly designed girder are considered as **bonded prestressed structures**. The thesis also presents the design of a new externally prestressed girder, including staged stressing and a feasible erection procedure, where **stressing from midspan** is considered with respect to assembly requirements.

## KEYWORDS

prestressed roof girder, pitched roof girder, variable I-shaped cross-section, external prestressing, bonded prestressing, prestress losses, ultimate strain method, erection procedure, anchorage zone, short corbel, composite column

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LANDA, Tomáš. *Rekonstrukce průmyslové budovy*. Brno, 2026. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Rekonstrukce průmyslové budovy* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2026

---

Bc. Tomáš Landa  
autor

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Ladislavovi Klusáčkovi, CSc. za vedení diplomové práce, trpělivost, mnoho užitečných a odborných rad a čas strávený při konzultacích.

Dále děkuji své rodině a to zejména rodičům, kteří mi byli nejen po dobu psaní diplomové práce, ale po celý můj život velkou oporou.

Na závěr děkuji své milované přítelkyni Silvii Čimborové, za to, že to se mnou po celou dobu psaní diplomové práce vydržela a byla mi tou největší a nejlepší podporou a také životním přátelům, které mi studium na vysoké škole dalo, Štěpánovi Odstrčilovi a Rolandovi Takacsovi.

**PRŮVODNÍ ZPRÁVA**  
**POSOUZENÍ PŮVODNÍHO STŘEŠNÍHO VAZNÍKU**  
**NÁVRH/POSOUZENÍ NOVÉHO STŘEŠNÍHO VAZNÍKU**  
**NÁVRH/POSOUZENÍ PODPŮRNÝCH KCÍ**

Vypracoval: Bc. Tomáš Landa

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

Diplomová práce: Rekonstrukce průmyslové stavby

Ak. Rok: 2025/2026

## Obsah

1.	Identifikační údaje .....	4
1.1	Název práce .....	4
1.2	Základní informace o práci .....	4
1.3	Řešený objekt .....	4
1.4	Předmět řešení .....	4
2.	Úvod .....	5
3.	Struktura diplomové práce.....	6
	P1 – Podklady.....	6
	P2 – Statický výpočet .....	6
	P3 – Výkresová část .....	6
4.	Podklady, normy a literatura.....	7
4.1	Použité normy.....	7
4.2	Literatura .....	7
4.3	Podklady pro zpracování .....	8
5.	Použitý software a způsob zpracování.....	9
6.	Statická analýza ve SCIA Engineer .....	10
6.1	Obecná metodika a idealizace konstrukce .....	10
6.2	Model 1 – původní vazník .....	11
6.3	Model 2 – nový vazník .....	12
6.4	Model 3 – nadstřešení (rekonstrukce 2000).....	13
7.	Posouzení původního vazníku – postup posouzení .....	14
7.1	Východiska a obecná metodika posouzení .....	14
7.2	Stanovení zatížení a vyhodnocení účinků a materiály.....	15
7.3	Ekvivalentní zatížení od předpětí .....	16
7.4	Krátkodobé ztráty předpětí .....	17
7.5	Dlouhodobé ztráty předpětí (t = 50 let) .....	17
7.6	Kritické řezy a rozhodující místa posouzení .....	18
7.7	Posouzení mezní únosnosti metodou mezních přetvoření .....	18
7.8	Shrnutí postupu posouzení.....	18
8.	Návrh a posouzení nového vazníku.....	19
8.1	Návrhová koncepce a důvody volby řešení .....	19
8.2	Geometrie a konstrukční uspořádání nového vazníku.....	19
8.3	Materiály a trvanlivost.....	21
8.4	Dodatečné předpětí – systém a uspořádání kabelů .....	21
8.5	Postup montáže nového vazníku .....	21

8.6	Postup napínání a napínací úrovně .....	23
8.7	Ztráty předpětí a časové stavy .....	23
8.8	Posouzení v mezním stavu použitelnosti (MSP) .....	23
8.9	Posouzení v mezním stavu únosnosti (MSÚ) .....	24
8.10	Konstrukční zásady výztuže nového vazníku .....	24
9.	Podpůrné konstrukce a návaznosti .....	25
9.1	Koncepce uložení nového vazníku .....	25
9.2	Vnitřní podpora – krátká připnutá konzola se zavedením předpětí .....	25
9.3	Vnější podpora – nový sloup spřažený se stávajícím sloupem .....	26
9.4	Ložiska a přenos podporových reakcí .....	26
9.5	Dočasné podepření během rekonstrukce .....	26
10.	Závěr .....	27

# 1. Identifikační údaje

## 1.1 Název práce

Rekonstrukce průmyslové budovy

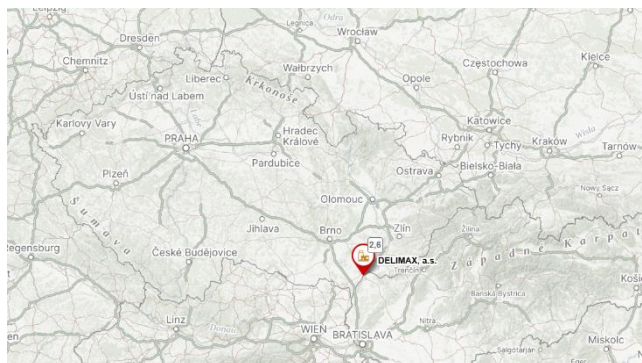
(*anglicky*: Reconstruction of the Industry Building)

## 1.2 Základní informace o práci

- **Typ práce:** Diplomová práce
- **Akademický rok:** 2025/2026
- **Jazyk práce:** český
- **Ústav:** Ústav betonových a zděných konstrukcí
- **Vedoucí práce:** doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

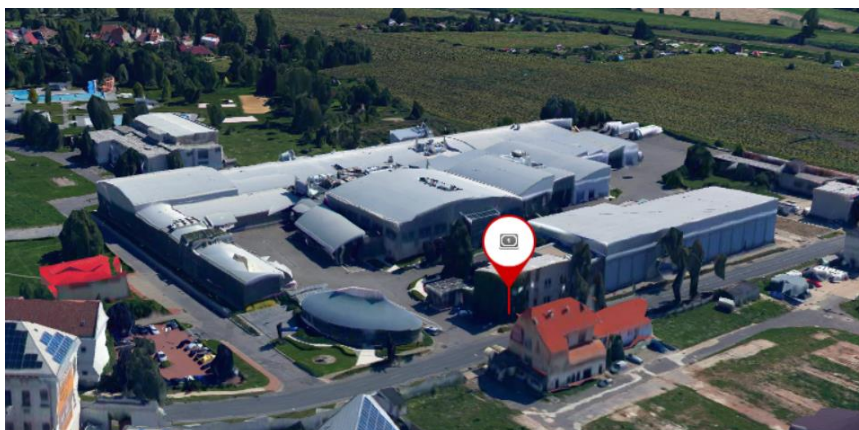
## 1.3 Řešený objekt

Řešeným objektem je průmyslový areál společnosti **DELIMAX a.s. v Hodoníně**, konkrétně objekty **D\_06, D\_07 a D\_09**, u nichž je posuzována nosná konstrukce střešního systému tvořená předpjatými železobetonovými vazníky.



## 1.4 Předmět řešení

Předmětem práce je posouzení **stávajících předpjatých střešních vazníků sedlového tvaru proměnného I-průřezu**, u nichž je na základě diagnostiky uvažováno možné korozní poškození předpínací výztuže. V návaznosti na výsledky posouzení je zpracován návrh a posouzení **nového dodatečně předpjatého vazníku**, který je určen jako náhrada prvků vyhodnocených jako nevyhovující.



## 2. Úvod

Průmyslové areály s prefabrikovanými železobetonovými konstrukcemi byly v období druhé poloviny 20. století navrhovány s důrazem na rychlost výstavby, modularitu a vysokou únosnost nosných prvků. Typickým prvkem těchto halových objektů jsou předpjaté střešní vazníky, které přenášejí stálé i proměnné zatížení střechy do sloupů a dále do základové konstrukce. U starších předpjatých konstrukcí se však s rostoucím stářím stavby zvyšuje význam spolehlivého ověření jejich skutečného stavu, zejména v případech, kdy diagnostika poukazuje na možné zhoršení funkce předpínací výztuže v důsledku působení prostředí a dlouhodobé degradace materiálů.

Řešeným územím je průmyslový areál společnosti DELIMAX a.s. v Hodoníně, konkrétně objekty D\_06, D\_07 a D\_09, jejichž nosný střešní systém je tvořen předpjatými železobetonovými sedlovými vazníky proměnného průřezu tvaru I. Původní návrh nosné konstrukce střechy vychází z archivní projektové dokumentace zpracované společností **Potravinoprojekt Praha (1979)**.

V roce **2000** byla nad původní střešní konstrukcí provedena rekonstrukce střešního pláště formou nástavby dřevěných vazníků a zhotovení nového plechového střešního pláště dle archivní projektové dokumentace **Kučera I. (05/2000)**. Hlavním účelem této úpravy bylo zejména omezení zatékání a ochrana původní železobetonové konstrukce před povětrnostními vlivy. Tato rekonstrukce je v práci označována jako **nadstřešení** a je uvažována jako samostatný konstrukční systém, ze kterého jsou pro navazující posouzení určeny reakce a přenášené účinky do původních vazníků.

V rámci diplomové práce je hlavním cílem ověřit, zda jsou původní střešní vazníky při uvažování skutečného stavu předpínací výztuže bezpečně únosné. Posouzení vychází z dostupných archivních podkladů a z výsledků diagnostického průzkumu z roku **2021**, jehož odpovědným řešitelem byl **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.** V případě, že původní konstrukce nebude vyhodnocena jako vyhovující, je navrženo nové konstrukční řešení v podobě nového dodatečně předpjatého vazníku, který je určen jako náhrada vybraných nevyhovujících prvků. Součástí řešení je rovněž základní návrh návazných podpůrných konstrukcí a vazeb, a to v rozsahu nezbytném pro správné pochopení přenosu zatížení a proveditelnosti navržené rekonstrukce.

Výstupem práce je ucelená textová část ve formě průvodní a technické zprávy, dále statický výpočet a výkresová dokumentace, které společně popisují posouzení stávající konstrukce, návrh nové konstrukce a základní technologické a montážní souvislosti potřebné pro realizaci.



### 3. Struktura diplomové práce

Diplomová práce je členěna na **textovou část** a **přílohy**, které na sebe navazují a společně tvoří ucelený výstup řešené problematiky. Textová část obsahuje formální náležitosti diplomové práce a dále tuto průvodní a technickou zprávu, ve které je popsán účel práce, použitá metodika zpracování, statická analýza a shrnutí výsledků posouzení původních vazníků a návrhu nového konstrukčního řešení.

Přílohová část diplomové práce obsahuje podklady, detailní statické výpočty a výkresovou dokumentaci. Přílohy jsou členěny následovně:

#### P1 – Podklady

Příloha obsahuje dostupné archivní podklady, diagnostické materiály, výkresové podklady a další podklady použité při zpracování diplomové práce.

#### P2 – Statický výpočet

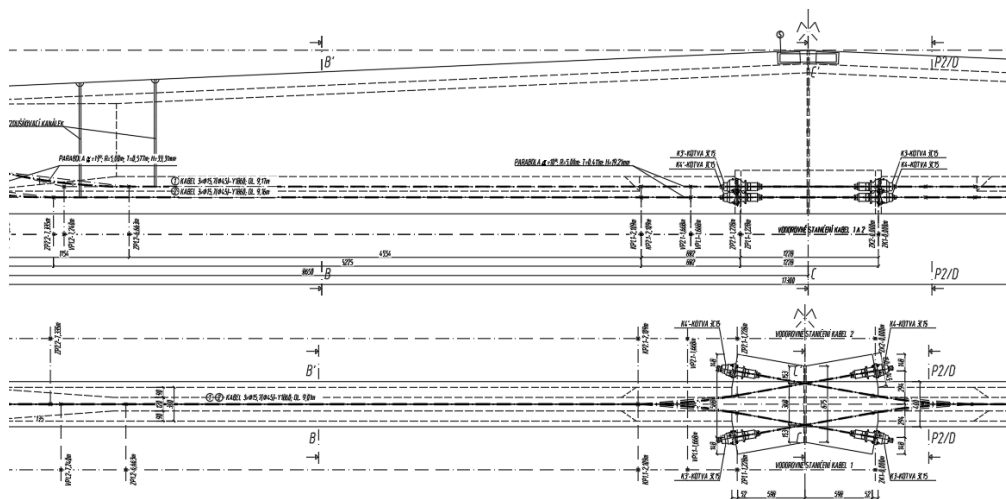
Příloha je rozdělena do tří samostatných částí odpovídajících zpracovaným statickým výpočtům:

- DP-STATICKÝ VÝPOČET – původní vazník
- DP-STATICKÝ VÝPOČET – nový vazník
- DP-STATICKÝ VÝPOČET – podpůrné konstrukce

#### P3 – Výkresová část

Příloha obsahuje schémata a výkresy související s posouzením původní konstrukce a návrhem nového řešení. Výkresová část je členěna na schémata (S) a výkresy (V).

- **Seznam schémat**
- **S1 – SCHEMATICKÝ ŘEZ-PASPORT**
- **S2 – SCHEMATICKÝ ŘEZ-NAHRAZOVANÉ KONSTRUKCE**
- **S3 – SCHEMATICKÝ ŘEZ-NOVÉ KONSTRUKCE**
- **Seznam výkresů**
- **V1 – VÝKRES TVARU A PŘEDP. VÝZTUŽE-VAZNÍK**
- **V2 – VÝKRES BET. VÝZTUŽE-VAZNÍK**



## **4. Podklady, normy a literatura**

### **4.1 Použité normy**

Statické posouzení a návrh konstrukčních prvků jsou zpracovány dle platných českých technických norem a evropských návrhových předpisů. Seznam použitých norem vychází z požadavků na posouzení a návrh železobetonových a předpjatých konstrukcí, stanovení zatížení a tvorbu návrhových kombinací.

[1] ČSN EN 1990 (2004) Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky.

[2] ČSN EN 1991-1-1 (2004) Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Hmotnosti vlastní konstrukce, užitná zatížení v budovách. Praha: ÚNMZ.

[3] ČSN EN 1991-1-2 (2004) Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí při požáru. Praha: ÚNMZ.

[4] ČSN EN 1991-1-3 (2004) Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: ÚNMZ.

[5] ČSN EN 1991-1-4 (2007) Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: ÚNMZ.

[6] ČSN EN 1991-1-5 (2004) Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení od teplotních účinků. Praha: ÚNMZ.

[7] ČSN EN 1991-1-6 (2007) Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení při montáži. Praha: ÚNMZ.

[8] ČSN EN 1991-1-7 (2007) Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Nárazová zatížení. Praha: ÚNMZ.

[9] ČSN EN 1992-1-1 (2006) Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky.

[10] ČSN 73 1201 (1986) Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky.

### **4.2 Literatura**

Použitá literatura zahrnuje odborné publikace a teoretické podklady nezbytné pro zpracování problematiky předpjatých konstrukcí, posouzení stávajících konstrukcí a návrh železobetonových prvků. Literatura slouží zejména pro doplnění teoretických souvislostí a metodických postupů použitých při zpracování statické části diplomové práce.

[11] Rada, S. & Cejnar, J. (2021). *Dodatečně předpjaté konstrukce střešních vazníků, 2. díl*. Stavebnictví, 03/21, s. 18–23. Dostupné online: [havariekonstrukci.cz](http://havariekonstrukci.cz) – RB article

[12] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2649-7. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:9c5ea0a0-1524-11e3-bc65-005056827e51>.

### 4.3 Podklady pro zpracování

Podklady pro zpracování diplomové práce a navazujících statických výpočtů tvoří zejména:

- diagnostický průzkum stávající konstrukce a závěrečná zpráva z roku **2021** (odpovědný řešitel **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.**),
  - dostupné výkresové a popisové podklady investora,
  - místní šetření a fotodokumentace stávajícího stavu,
- původní projektová dokumentace nosné konstrukce střešních vazníků zpracovaná společností **Potravinoprojekt Praha (1979) (NEUPLNÁ)**,
- projektová dokumentace rekonstrukce střešního pláště formou **nadstřešení** dle archivních podkladů **Kučera I. (05/2000)**,
- dostupné výkresové a popisové podklady investora,
- místní šetření a fotodokumentace stávajícího stavu,
- podklady, katalogové materiály a technologické postupy výrobce systému dodatečného předpětí **Freyssinet**, využité při návrhu kotevních oblastí a stanovení postupu napínání

[13] *Potravinoprojekt Praha: Původní projektová dokumentace. 1979.*

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Podklady o stávajících konstrukcích / Původní projektová dokumentace.**

[14] *Kučera I., Projektová dokumentace rek. střešního pláště, 05/2000.*

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Podklady o stávajících konstrukcích / Rekonstrukce střešního pláště.**

[15] B-Projekting, spol. s r.o., Podesta a strojovna pro chlazení varny luštěnin, projektová dokumentace, 05/2018.

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Podklady o stávajících konstrukcích / Dostavba chladicí jednotky.**

[16] Fotodokumentace objektu.

Autor: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D., Ing. Adam Svoboda, Ph.D.,

Rok: 2021

Forma: elektronická data

**P1 – Použité podklady / Diagnostika / Fotodokumentace.**

[17] Výkresová dokumentace objektu.

Autor: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., Ing. Adam Svoboda, Ph.D.,

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Diagnostika / Výkresy.**

[18] KLUSÁČEK, Ladislav. *Diagnostický průzkum předpínací výztuže a statický přepočít střešních vazníků v areálu firmy DELIMAX a.s., Hodonín. Závěrečná zpráva DČ HS SR12957028. Brno:*

Fakulta stavební Vysokého učení technického v Brně, Ústav betonových a zděných konstrukcí, 2021

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Diagnostika / Zz.**

[19] ŠIMLER, Miloš, *Předpínací systém Freyssinet*

Forma: archivní projektové podklady.

**P1 – Použité podklady / Podklady pro návrh nového vazníku/ Podklady\_pro\_projektování.**

## **5. Použitý software a způsob zpracování**

Při zpracování diplomové práce byly využity softwarové nástroje určené pro statickou analýzu konstrukcí, tvorbu výkresové dokumentace a zpracování výpočtových podkladů. Jednotlivé programy byly použity podle charakteru řešené úlohy, přičemž hlavní část výpočtové práce byla provedena metodou statické analýzy v prostředí MKP.

- **AutoCAD 2022** byl využit pro zpracování výkresové dokumentace, tvorbu schémat a výsledných výkresů tvaru a výztuže navržených konstrukčních prvků.
- **SCIA Engineer 21 (32-bit)** byl použit pro vytvoření výpočtových modelů a provedení statické analýzy. V programu byly sestaveny samostatné modely původního vazníku, nového vazníku a konstrukce nadstřešení, které sloužily k určení vnitřních sil a reakcí pro navazující posouzení a návrh.
- **MS Excel** byl využit pro zpracování pomocných výpočtů a kontrolních výpočtů, zejména při práci s tabulkovými přehledy, kombinacemi a ověřováním dílčích výsledků.
- **Rhinoceros (Rhino)** byl použit při návrhu geometrie kabelů a pro lepší prostorovou představivost vedení předpínací výztuže, včetně kontroly návazností tvaru a možné koordinace s výkresovým zpracováním.
- **MS Word** sloužil ke zpracování textové části diplomové práce, sestavení průvodní a technické zprávy a finální úpravě dokumentace.

## 6. Statická analýza ve SCIA Engineer

Statická analýza nosné konstrukce byla provedena v programu **SCIA Engineer 21 (32-bit)**. Pro potřeby diplomové práce byly zhotoveny tři samostatné výpočtové modely, které na sebe navazují a umožňují stanovení rozhodujících vnitřních sil a reakcí pro posouzení původního vazníku a návrh nového konstrukčního řešení. Modely byly zpracovány jako **rámové prutové modely v rovině xz**, přičemž byly uvažovány odpovídající okrajové podmínky, zatížení a návrhové kombinace dle platných předpisů.

Zpracované výpočtové modely jsou:

- **Model 1 – původní vazník,**
- **Model 2 – nový vazník,**
- **Model 3 – nadstřešení (rekonstrukce 2000).**

V následujících podkapitolách je uveden stručný popis účelu jednotlivých modelů, způsob jejich idealizace a přehled použitého zatížení. Detailní tabulky zatěžovacích stavů, kombinací a rozhodujících výsledků jsou uvedeny ve výpočtové části (P2).

### 6.1 Obecná metodika a idealizace konstrukce

Nosná konstrukce byla v programu SCIA Engineer idealizována jako soustava prutových prvků. U podporových prvků (sloupů) bylo uvažováno **vetknutí u paty**, což odpovídá běžné idealizaci prefabrikovaného sloupu pevně spojeného se základem. Vazník byl na sloupy uvažován jako **kloubově uložený**, aby byly realisticky zachyceny okrajové podmínky přenosu podporových reakcí bez přenášení ohybových momentů do sloupů.

Z hlediska geometrie byla u prutových prvků využita funkcionalita programu umožňující popis proměnné geometrie a průřezu, zejména:

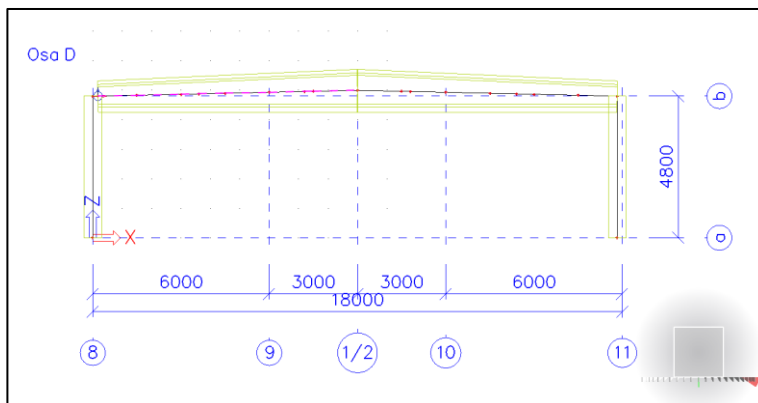
- **náběh,**
- **proměnný průřez,**
- **kloub,**
- **tuhá vazba.**

V návazných podkapitolách jsou popsány jednotlivé výpočetní modely

## 6.2 Model 1 – původní vazník

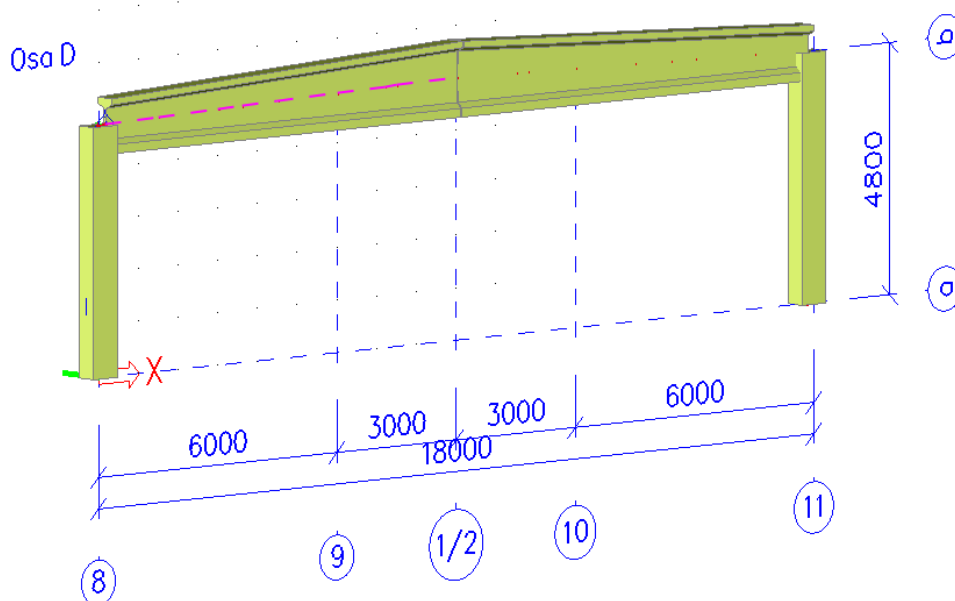
Model původního vazníku byl vytvořen za účelem stanovení vnitřních sil a podporových reakcí pro posouzení stávající konstrukce. Zároveň sloužil jako základní referenční model pro porovnání s návrhem nového vazníku.

Geometrie vazníku byla v programu sestavena tak, aby co nejlépe odpovídala skutečnému tvaru prvku a umožnila zohlednění proměnné výšky a zakřivené střednice. Vazník byl z tohoto důvodu modelován jako soustava **dvou prutů**, čímž bylo možné lépe respektovat zakřivení střednice prvku v rámci prutového modelu. Pro popis proměnné geometrie a průřezu byly využity funkce programu, zejména **náběh** a **proměnný průřez**.



Podpůrná konstrukce byla v modelu tvořena sloupy, které byly uvažovány jako prutové prvky **vetknuté u paty**. Vazník byl na sloupy uložen pomocí **kloubu**, aby byla zachycena reálná podmínka uložení bez přenosu ohybových momentů do podpor. Pro popis vazeb mezi prvky byly v modelu dále použity funkce **tuhá vazba** a lokálně definované konstrukční vazby tak, aby byla zajištěna správná spolupráce jednotlivých částí modelu.

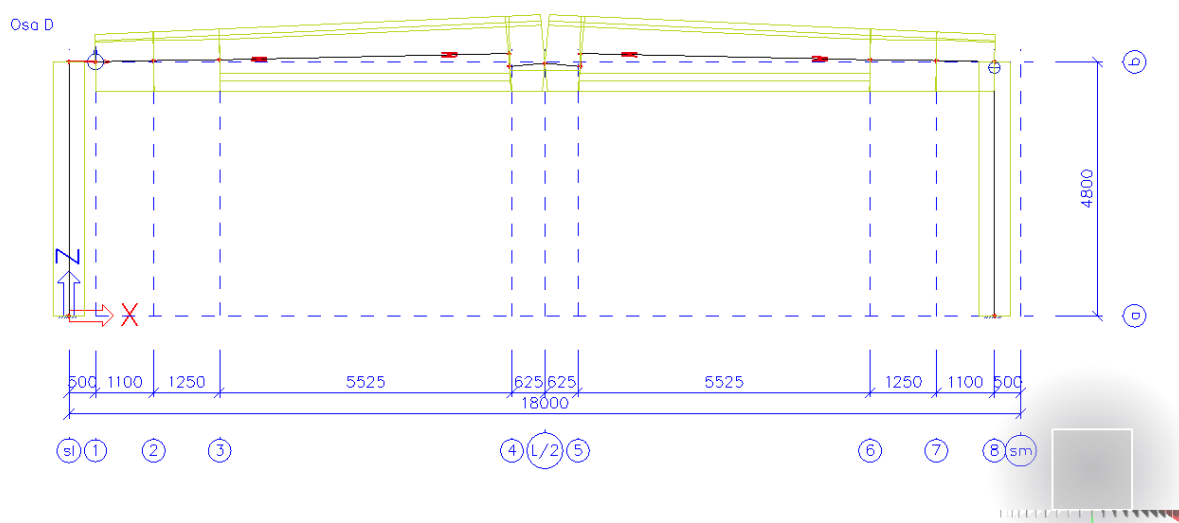
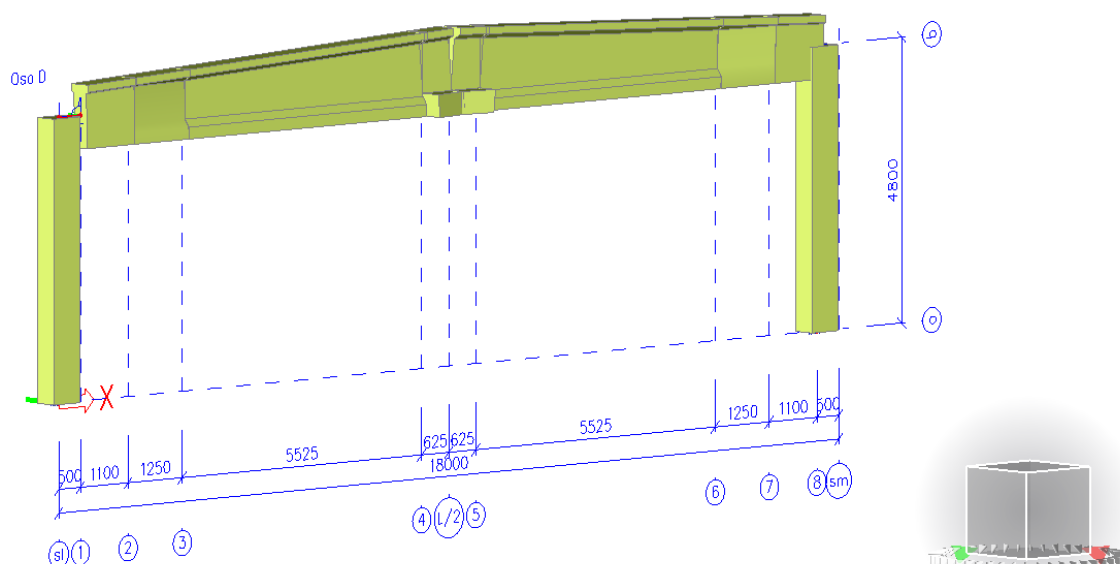
V rámci modelu byly definovány zatěžovací stavy a návrhové kombinace odpovídající posuzované konstrukci a navazujícím statickým výpočtům. Výpis zatěžovacích stavů a kombinací použitých v modelu je uveden ve výpočtové části (P2), včetně přehledu rozhodujících výsledků pro posouzení původního vazníku.



### 6.3 Model 2 – nový vazník

Model nového vazníku byl vytvořen za účelem stanovení rozhodujících vnitřních sil a podporových reakcí pro návrh a posouzení nově navrženého prvku. Geometrie vazníku byla v programu zpracována s důrazem na co nejuvěrnější vystižení reálného tvaru proměnného I-průřezu, a proto byl vazník modelován jako soustava **více prutů**. Toto členění umožnilo efektivní využití funkce **proměnný průřez** a vystižení změn geometrie prvku v jednotlivých částech, zejména v oblasti pásnic a stojiny.

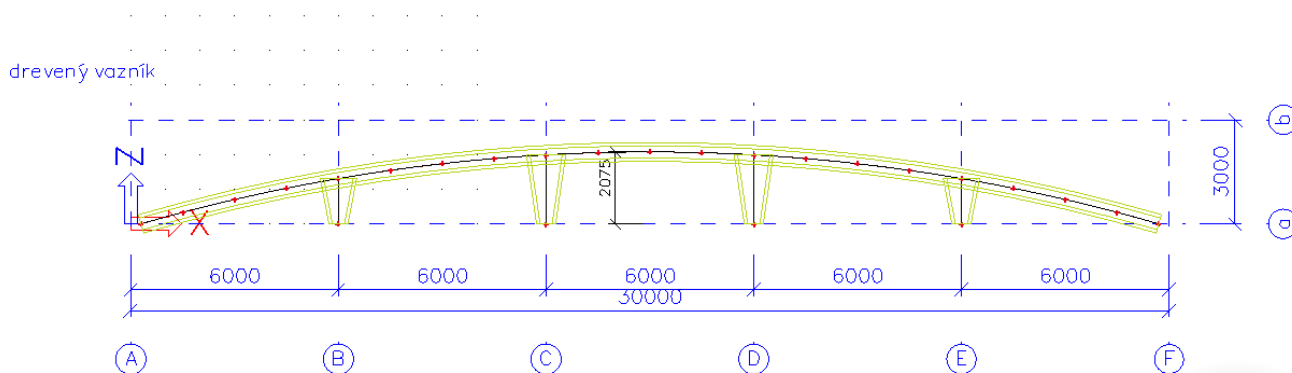
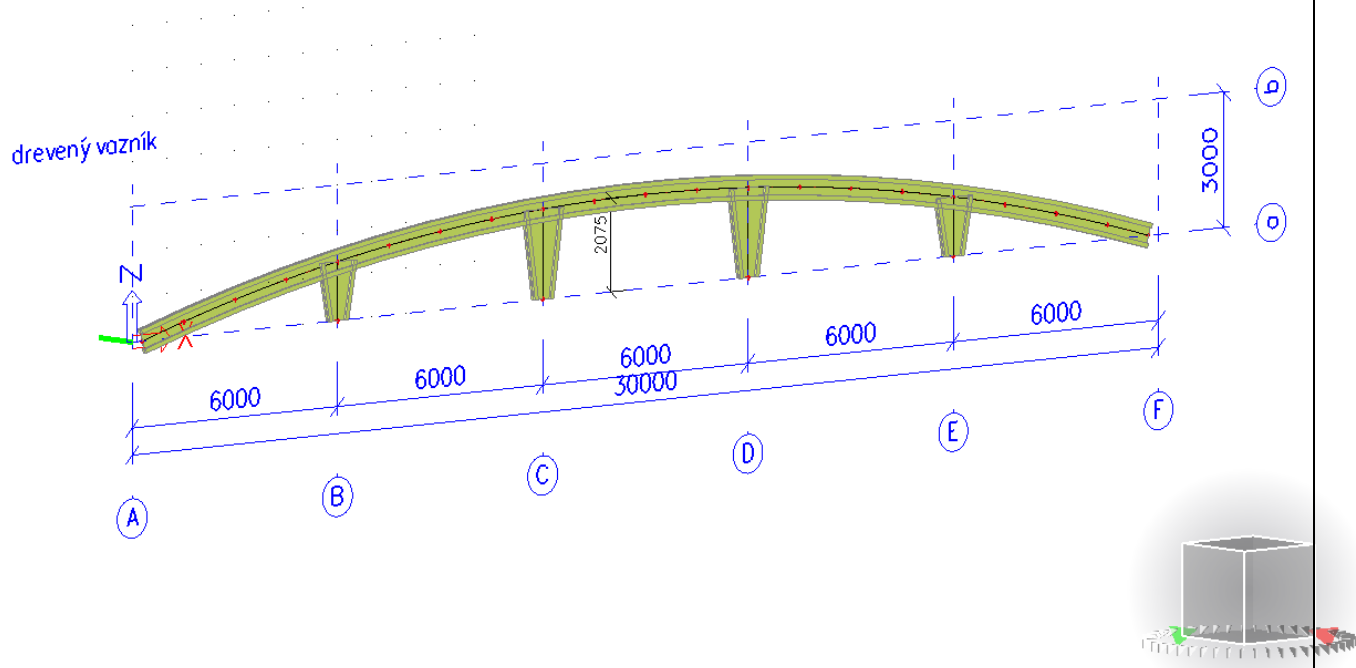
Okrajové podmínky modelu byly uvažovány analogicky jako u modelu původního vazníku tak, aby bylo možné výsledky vzájemně porovnávat a aby bylo zajištěno reálné zachycení přenosu účinků do podpor. V modelu byly dále definovány zatěžovací stavy a návrhové kombinace odpovídající navržené konstrukci, přičemž jejich výpis a výsledné rozhodující hodnoty jsou uvedeny ve výpočtové části (P2).



## 6.4 Model 3 – nadstřešení (rekonstrukce 2000)

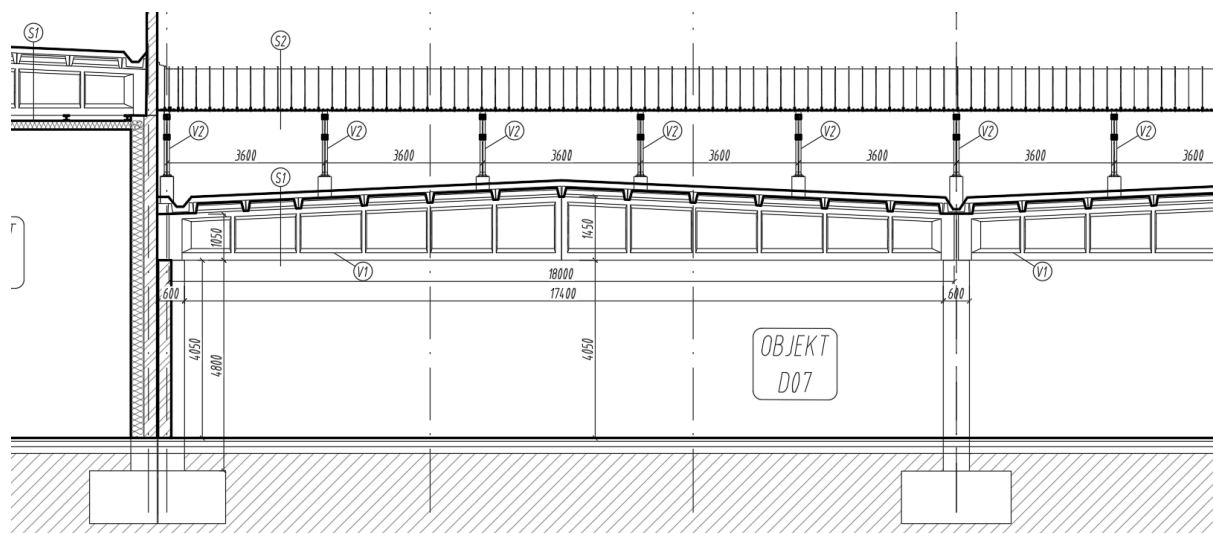
Model nadstřešení byl vytvořen s cílem stanovit podporové reakce a přenášené účinky od konstrukce realizované v rámci rekonstrukce střešního pláště v roce 2000. Nadstřešení je v práci uvažováno jako samostatný konstrukční systém, který ovlivňuje zatížení původní střešní konstrukce a přenos účinků do předpjatých vazníků.

Z tohoto modelu byly získány především **reakce**, které byly následně použity jako vstupní hodnoty při posouzení původního vazníku a při návrhu a posouzení nového vazníku. Model nadstřešení tak tvoří návaznou část statické analýzy a umožňuje zohlednit skutečný stav po rekonstrukci střechy v navazujících výpočtech.



## 7. Posouzení původního vazníku – postup posouzení

Tato kapitola popisuje postup posouzení původního předpjatého sedlového vazníku proměnného I-průřezu. V rámci posouzení bylo cílem stanovit rozhodující účinky zatížení působící na konstrukci, zohlednit vliv předpětí včetně jeho časového vývoje a následně ověřit únosnost kritických průřezů metodou mezních přetvoření. Statická analýza a výpočetní modely byly řešeny v samostatné kapitole 6, na kterou tato kapitola navazuje.



### 7.1 Východiska a obecná metodika posouzení



Postup posouzení byl zvolen tak, aby bylo možné co nejdříve zachytit skutečné namáhání prvku a současně zohlednit nejistoty vyplývající z reálného stavu konstrukce. Nejprve byla popsána geometrie původní konstrukce a identifikovány konstrukční zásahy a přídavné prvky střešního systému (nadstřešení, závěsné instalace, lokální úpravy). Následně byla stanovena všechna zatížení působící na vazník, byly vyhodnoceny jejich účinky ve formě vnitřních sil a byl zpracován přehled zatěžovacích stavů a návrhových kombinací. Samostatně byl řešen vliv předpětí pomocí ekvivalentního zatížení od jednotlivých kabelů. Následně byly stanoveny krátkodobé a dlouhodobé ztráty předpětí, které sloužily pro určení účinné předpínací síly v jednotlivých časových stavech.

Kombinace norem ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201 (1986) byla zvolena z důvodu, že současné normové postupy nepopisují některé specifické aspekty práce s původně použitou předpínací výztuží tvořenou předpínacími dráty PD Ø 4,5, pomocí kterých byla původní konstrukce vazníku předepnuta. Zapojení starší normy proto umožnilo korektně zachytit návrhové předpoklady odpovídající původní technologii a materiálovým vlastnostem výztuže, při zachování návaznosti na současné zásady posuzování konstrukcí.





## 7.2 Stanovení zatížení a vyhodnocení účinků a materiály

Zatížení působící na vazník bylo rozděleno do jednotlivých zatěžovacích stavů tak, aby bylo možné odděleně posoudit vliv jednotlivých složek zatížení a následně je kombinovat do návrhových kombinací. V rámci výpočtu byly uvažovány následující hlavní skupiny zatížení:

- **vlastní tíha konstrukce,**
- **stálá zatížení** od střešního systému, nadstřešení a přídatných prvků,
- **proměnná zatížení** (užitné zatížení střechy a zatížení sněhem),
- **zatížení od předpětí,** zavedené prostřednictvím ekvivalentního zatížení.

Z hlediska velikosti účinků je dominantní složkou zatížení **konstrukce původní těžké střechy**, která vytváří rozhodující podíl stálého zatížení a významně ovlivňuje výsledné vnitřní síly.

V rámci výpočtu byly uvažovány mimo jiné tyto zatěžovací stavy:

- **ZS1–ZS2** vlastní tíha I-profilu, žeber a kotevních oblastí,
- **ZS3** stálé zatížení od střešního pláště,
- **ZS4–ZS5** stálé zatížení a reakce od prvků nadstřešení (dřevěné vazníky a přenášené reakce),
- **ZS6–ZS7** stálá zatížení od podvěšené vzduchotechniky, elektroinstalace a technologických prvků,
- **ZS8–ZS9** proměnná zatížení (užitné zatížení střechy a reakce od nadstřešení při zatížení sněhem).

Pro jednotlivé zatěžovací stavy byly vyhodnoceny vnitřní síly a následně byly sestaveny návrhové kombinace zatížení. Výpis zatěžovacích stavů a kombinací je uveden ve statickém výpočtu, přičemž jejich struktura byla zvolena tak, aby bylo možné navazujícím způsobem kombinovat účinky zatížení se samostatně vyhodnocenými účinky předpětí.

Materiálové charakteristiky byli převzaty ze **závěrečné zprávy diagnostického průzkumu**.



### 7.3 Ekvivalentní zatížení od předpětí

Účinky předpětí byly do výpočtu zavedeny prostřednictvím **ekvivalentního zatížení** od jednotlivých předpínacích kabelů. Tento postup umožňuje přehledně vyhodnotit příspěvky jednotlivých kabelů na výsledné vnitřní síly a současně odděleně posoudit vliv předpětí od vlivu vnějších zatížení.

Pro každý z uvažovaných kabelů byly vytvořeny samostatné zatěžovací stavy odpovídající předpínací síle  $P = 100 \text{ kN}$ , konkrétně pro kabely č. 3 až č. 7. Pro tyto zatěžovací stavy byly vyhodnoceny odpovídající vnitřní síly, které byly následně přepočteny na skutečnou napínací sílu včetně zohlednění ztrát předpětí. Vnitřní síly od zatěžovacích stavů odpovídajících předpětí byly dále kombinovány s účinky ostatních zatížení v návrhových kombinacích.

Tento postup byl zvolen zejména z důvodu, že vazník je namáhán kombinovaným působením vnějšího zatížení a předpětí, přičemž předpětí do prvku vnaší významnou **normálovou sílu** a zároveň ovlivňuje průběh ohybového momentu. Rozhodující posouzení proto není dáno pouze ohybem, ale především kombinací účinků **N + M**.

## 7.4 Krátkodobé ztráty předpětí

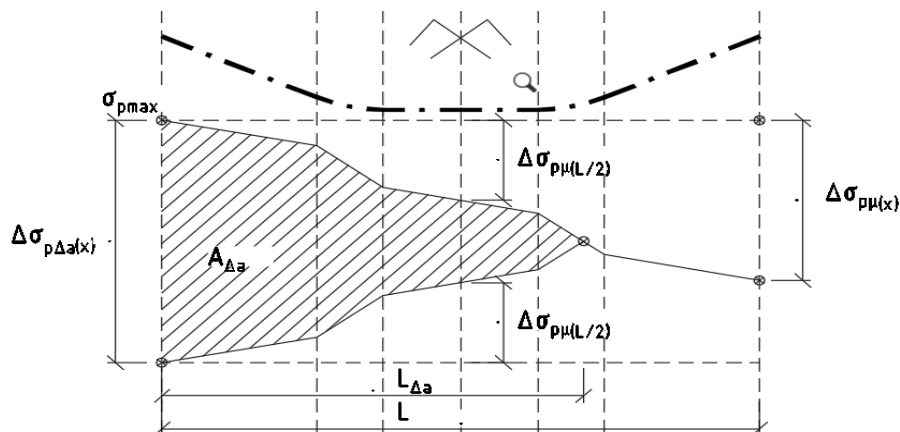
Pro určení účinné předpínací síly bezprostředně po napnutí byly posouzeny **krátkodobé ztráty předpětí**, které ovlivňují velikost předpětí v okamžiku přenosu do konstrukce. Krátkodobé ztráty byly řešeny v návaznosti na maximální napínací sílu a odpovídající napínací napětí. Součástí výpočtu bylo také vyhodnocení vnitřních sil od kombinace odpovídající krátkodobému stavu předpětí (kombinace typu  $Pm0$ ).

Mezi posuzované krátkodobé ztráty patří zejména:

- **ztráty třením**, které byly vyhodnoceny po délce kabelu, mimo jiné i v polovině rozpětí,
- **ztráty v kotvení (pokluz klímků)**, které způsobují lokální pokles předpínací síly v okolí kotvy a následně i její změnu po délce kabelu,
- **ztráty okamžitou relaxací předpínací výztuže**, uvažované v krátkém časovém intervalu po napnutí,
- **ztráty vyvolané okamžitou deformací betonu**, vyhodnocené v řezu  $x = L/2$ , včetně zohlednění časového intervalu mezi napnutím a zakotvením (uvedeno např. pro čas  $t \approx 10$  min). -**pouze od vlivu postupného napínání**

Výsledkem vyhodnocení krátkodobých ztrát je stanovení **účinné předpínací síly v krátkodobém stavu**, která byla následně použita pro stanovení vnitřních sil od předpětí a pro navazující posouzení průřezů.

### Průběh ztráty pokluzem



## 7.5 Dlouhodobé ztráty předpětí (t = 50 let)

V dlouhodobém časovém stavu byly uvažovány ztráty předpětí pro dobu **t = 50 let**, které odpovídají návrhovému dlouhodobému stavu konstrukce. Dlouhodobé ztráty byly stanoveny jako součet jednotlivých příspěvků a následně byly kombinovány tak, aby bylo možné určit výslednou účinnou hodnotu předpětí v čase.

Mezi posuzované dlouhodobé ztráty patří zejména:

- **ztráta relaxací předpínací výztuže** v čase,
- **ztráta smršťováním betonu**,
- **ztráta dotvarováním betonu**.

## 7.6 Kritické řezy a rozhodující místa posouzení

Na základě výsledků statické analýzy a vyhodnocení vnitřních sil byly určeny rozhodující průřezy, ve kterých je vazník nejvíce namáhán a u nichž je zároveň vhodné ověřit únosnost s ohledem na stav předpětí. Jako **kritické řezy** byly uvažovány zejména:

- **řez v polovině rozpětí ( $x = L/2$ ),**
- **řez v  $x = 7,025$  m, který byl identifikován jako řez s maximální napjatostí.**

Tyto řezy byly zvoleny tak, aby zachytily nepříznivý souběh účinků zatížení s významným vlivem předpětí a aby bylo možné vyhodnotit rozhodující stav napjatosti v průřezu pro následné posouzení únosnosti.

## 7.7 Posouzení mezní únosnosti metodou mezních přetvoření

Posouzení mezní únosnosti bylo provedeno **metodou mezních přetvoření**, která umožňuje stanovit únosnost průřezu při kombinovaném namáhání a zohledňuje nelineární chování betonu a výztuže v mezním stavu. Pro posouzení byly vyhodnoceny základní napěťové stavy, pracovní diagramy materiálů a následně byla stanovena únosnost průřezu v kombinaci **N + M**.

Posouzení bylo provedeno pro oba kritické řezy v následujících dvou scénářích:

- **ideální stav bez porušení koroze**, odpovídající plně účinnému předpětí,
- **konzervativní stav s porušením koroze**, ve kterém byl uvažován pokles účinnosti předpětí vyloučením spodních kabelů (kabely 5, 6 a 7).

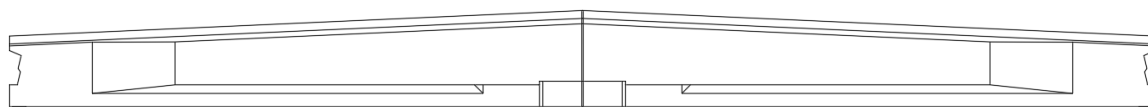
Tímto postupem bylo možné vyhodnotit citlivost konstrukce na zhoršení účinnosti předpětí a stanovit rozhodující míru využití v kritických průřezích. Výsledky posouzení potvrzují, že vazník je rozhodujícím způsobem namáhán kombinací účinků vnějšího zatížení a předpětí, přičemž při konzervativním scénáři může dojít k výraznému překročení únosnosti. Pro stav bez uvažování koroze vychází využitelnost kritických průřezů přibližně okolo **50 %**, zatímco při konzervativním scénáři s vyloučením kabelů 5–7 dosahuje využitelnost až přibližně **240 %**, tedy jednoznačně nevyhovující stav.

## 7.8 Shrnutí postupu posouzení

Postup posouzení původního vazníku zahrnoval stanovení zatížení a jejich účinků, zavedení předpětí prostřednictvím ekvivalentního zatížení od jednotlivých kabelů, výpočet krátkodobých a dlouhodobých ztrát předpětí a posouzení únosnosti v rozhodujících průřezích metodou mezních přetvoření. Kombinace norem ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201 (1986) byla použita s ohledem na původní provedení předpětí pomocí drátů PD Ø 4,5, které není v současných normových postupech detailně řešeno. Kritické řezy  $x = L/2$  a  $x = 7,025$  m byly vyhodnoceny jako rozhodující z hlediska maximální napjatosti a souběhu účinků zatížení s předpětím, a na jejich základě byl stanoven závěr o vyhovění či nevyhovění původní konstrukce v uvažovaných scénářích.

## 8. Návrh a posouzení nového vazníku

Na základě výsledků posouzení původní konstrukce byl navržen nový střešní vazník jako náhrada prvků vyhodnocených jako nevyhovující. Návrh nové konstrukce vychází z požadavku na zachování statické funkce střešního systému, návaznosti na stávající podpurné konstrukce a současně z požadavku minimalizace zásahu do provozu objektu během realizace. Zvolená koncepce nového řešení byla navržena jako proveditelná z technologického hlediska a kompatibilní s uvažovaným systémem dodatečného předpětí.



### 8.1 Návrhová koncepce a důvody volby řešení

Nový vazník je navržen jako prvek schopný bezpečně přenést účinky stálých i proměnných zatížení střešního systému, včetně účinků od nadstřešení (rekonstrukce z roku 2000). Návrh vychází z následujících zásad:

- zachování základního konstrukčního principu původního řešení (sedlový vazník proměnného průřezu),
- respektování dispozičního a výškového řešení haly a návaznosti na podpory,
- využití dodatečného předpětí se soudržností pro dosažení požadovaného napět'ového stavu a únosnosti,
- proveditelnost montáže a možnost etapového napínání s minimalizací rizik během realizace.

Z hlediska statického působení je nový vazník obdobně jako původní prvek rozhodujícím způsobem namáhán kombinací účinků **normálové síly a ohybového momentu (N + M)**, kde se výrazně uplatňuje vliv předpětí. Konstrukce je proto navržena tak, aby bylo možné spolehlivě splnit požadavky mezních stavů použitelnosti i únosnosti v rozhodujících řezech.

### 8.2 Geometrie a konstrukční uspořádání nového vazníku

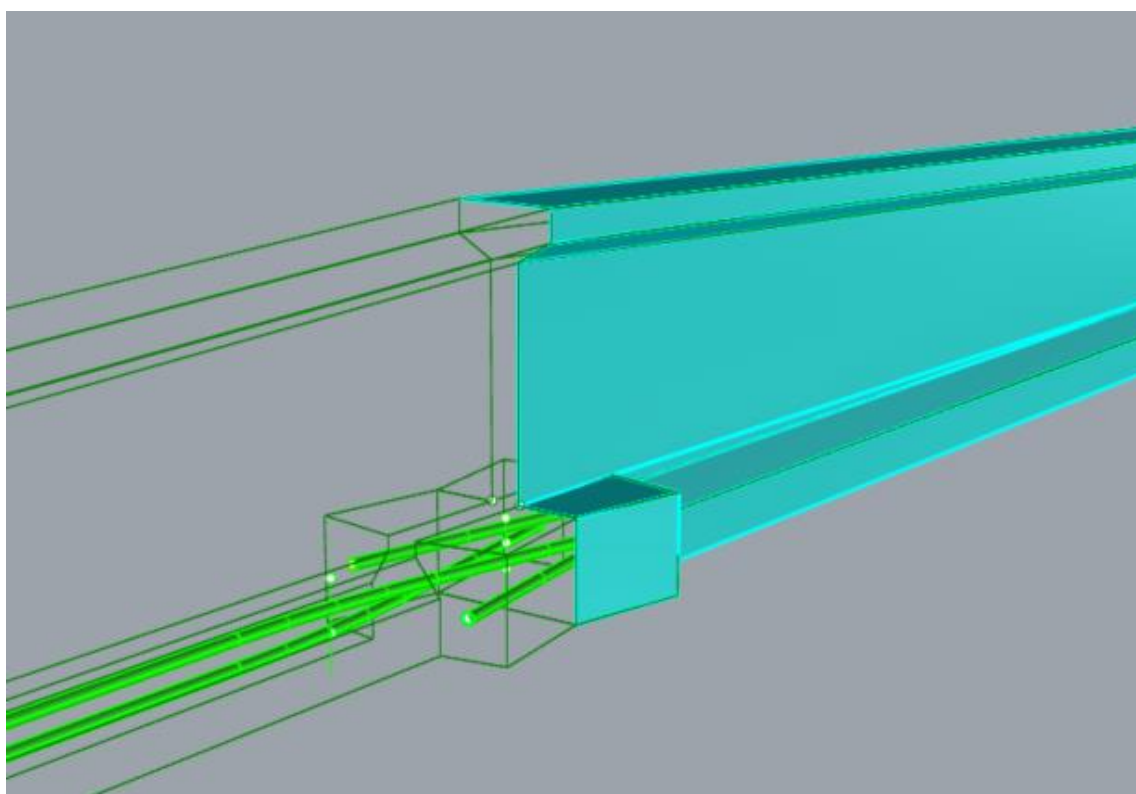
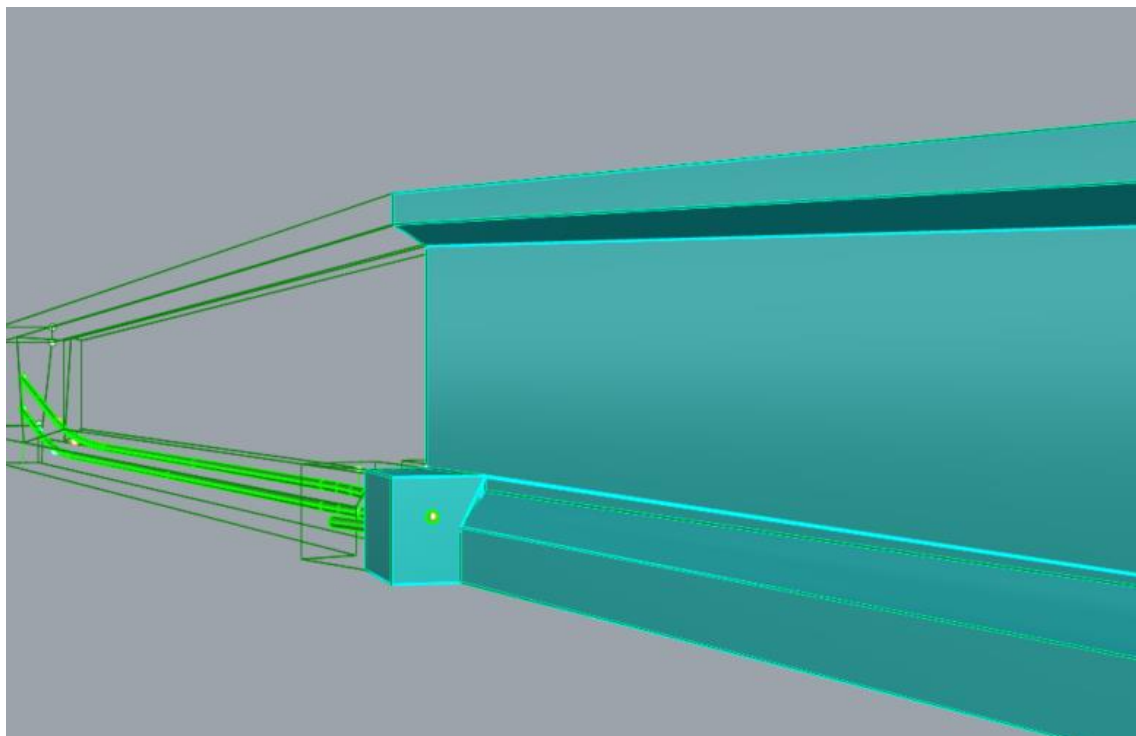
Geometrie nového vazníku byla navržena jako sedlový prvek proměnného I-průřezu s ohledem na:

- návaznost na stávající podpory,
- požadované vedení kabelů a umístění kotevních oblastí,
- minimalizaci kolizí s konstrukčními částmi střechy a instalacemi,
- možnost bezpečného přístupu při montáži a napínání.

Pro stanovení vnitřních sil a reakcí byl nový vazník modelován ve SCIA Engineer jako soustava **více prutů**, aby bylo možné co nejvěrněji vystihnout skutečnou geometrii pomocí funkce **proměnný průřez** a současně zachovat realistické okrajové podmínky.

Geometrie vazníku a uspořádání předpínací výztuže byly navrženy s ohledem na zvolenou technologii montáže a **napínání z prostředka rozpětí**. Vazník je uvažován jako prvek sestavený v montážní poloze ze dvou částí, které jsou ve střední části konstrukčně spojeny a následně sepnuty

dodatečným předpětím se soudržností. Aktivní kotvení a vedení kabelů je proto navrženo tak, aby bylo možné provést vlastní sepnutí vazníku ještě v montážní poloze na zemi a vytvořit tak konstrukčně jednotný prvek připravený k vyzvednutí. Tento způsob napínání zároveň umožňuje přehlednou realizaci etapového napínání a snižuje riziko nevyrovnaného zatížení konstrukce během montáže.



### 8.3 Materiály a trvanlivost

Pro nový vazník jsou uvažovány následující materiálové charakteristiky:

- **beton C45/55**, který je vhodný zejména s ohledem na lokální namáhání v kotevních oblastech a požadavky na přenos předpínací síly,
- **betonářská výztuž B500B**,
- **předpínací výztuž Y1860** ve formě sedmidrátových lan odpovídající předpokladům návrhu systému dodatečného předpětí. **Tři lanové kabely se soudržností – injektáž cementovou maltou**

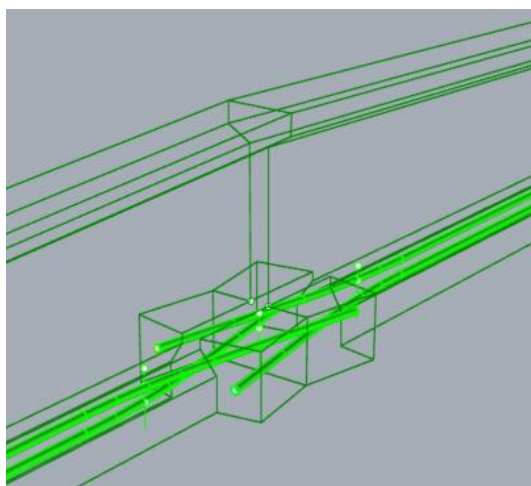
Volba betonu vyšší pevnostní třídy přispívá k bezpečnému přenosu lokálních tlaků a tahových napětí v kotevních oblastech a zvyšuje rezervu únosnosti v místech koncentrace vnitřních sil.

### 8.4 Dodatečné předpětí – systém a uspořádání kabelů

Nový vazník je navržen jako dodatečně předpjatý s využitím technologie dodatečného předpětí (Freyssinet). Předpětí je uvažováno tak, aby:

- zlepšilo napěťový stav v rozhodujících řezech,
- omezilo tahová napětí od provozních kombinací,
- umožnilo splnění MSP (napětí, trhliny, deformace),
- zvýšilo rezervu únosnosti v MSÚ.

Vedení kabelů je navrženo s ohledem na tvar vazníku a požadovaný statický účinek předpětí. Uspořádání kabelů je provedeno tak, aby bylo možné napínání realizovat etapově a symetricky (omezení nevyrovnaného namáhání a torzních účinků během napínání). Napínání ze středu.

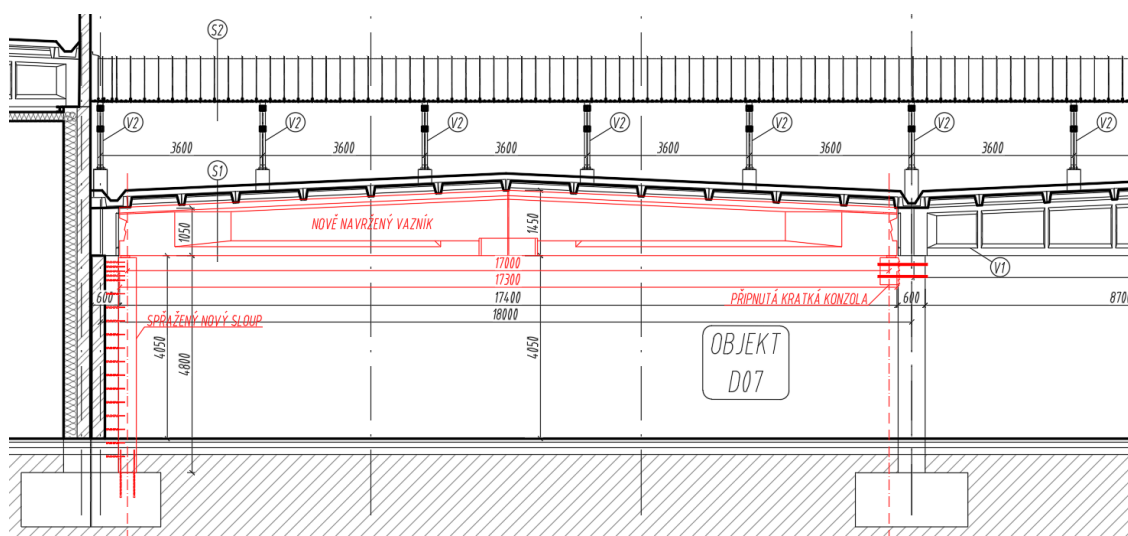


### 8.5 Postup montáže nového vazníku

S ohledem na montážní podmínky v objektu a nutnost zachování bezpečnosti stávající těžké střešní konstrukce se montáž nového vazníku předpokládá v několika navazujících krocích. Základním požadavkem je možnost **bezpečné demontáže původního vazníku** po dočasném podepření těžké střechy, přičemž demontáž původních prvků je uvažována **odříznutím v líci sloupů**.

**Montáž nového vazníku se předpokládá v tomto sledu:**

- 1. Předosazení nového vazníku mezi sloupce (montážní poloha na zemi)**
  - Nový vazník bude nejprve uložen na podlahu mezi sloupce do montážní polohy tak, aby byl připraven v prostoru budoucí montáže a nedocházelo ke kolizím s dočasným podepřením.
- 2. Sepnutí vazníku dodatečným předpětím v montážní poloze na zemi**
  - Vazník bude následně sepnut dodatečným předpětím ještě v montážní poloze na zemi. Sepnutí je navrženo jako dodatečné předpětí se soudržností, realizované v technologii Freyssinet, tak aby vznikl konstrukčně jednotný prvek připravený k vyzvednutí do finální polohy.
- 3. Odborné dočasné podepření stávající těžké střešní konstrukce**
  - Po sepnutí nového vazníku bude provedeno dočasné podepření stávající těžké střešní konstrukce, která je v současném stavu vynášena původními vazníky do sloupů. Podepření je nezbytným krokem umožňujícím bezpečné odstranění původního prvku bez ohrožení stability střešního systému.
- 4. Demontáž původního vazníku**
  - Po převzetí zatížení dočasným podepřením bude původní vazník demontován, přičemž se předpokládá odříznutí původního vazníku v lici sloupů.
- 5. Vyzvednutí nového vazníku do konečné polohy**
  - Po odstranění původního prvku bude nový vazník pomocí hydraulických zdviháků (panenek) vyzvednut do požadované výškové a polohové úrovně.
- 6. Realizace nových podpor a dosažení požadovaných pevností**
  - Po osazení vazníku do výsledné polohy budou postupně zhotoveny nové podpory vazníku. Definitivní uložení je uvažováno až po dosažení požadovaných pevností nově zhotovených betonových částí.
- 7. Definitivní uložení vazníku a odstranění dočasných podpor**
  - Po dosažení potřebných pevností bude vazník definitivně uložen na podpory přes elastomerová ložiska. Následně bude možné odstranit dočasné podpory, a to jak podepření nového vazníku během montáže, tak podepření stávající těžké střešní konstrukce.



## **8.6 Postup napínání a napínací úrovně**

Napínání je navrženo etapově ve dvou skupinách kabelů tak, aby byl postup přehledný, realizovatelný a zároveň aby byly minimalizovány nepříznivé účinky během montáže. Postup napínání je stanoven následovně:

1. napnutí **skupiny 1** na hodnotu odpovídající  **$0,4 \cdot P_{\max}$** ,
2. napnutí **skupiny 2** na hodnotu odpovídající  **$0,4 \cdot P_{\max}$** ,
3. dopnutí **skupiny 1** na plnou hodnotu  **$P_{\max}$** ,
4. dopnutí **skupiny 2** na plnou hodnotu  **$P_{\max}$** .

Tímto postupem je dosaženo rovnoměrnějšího zavedení předpětí do konstrukce a zároveň je omezen vznik nežádoucích účinků při jednostranném nebo nesymetrickém napínání. Přesné hodnoty odpovídající  **$P_{\max}$**  jsou definovány ve statickém výpočtu a ve výkresu předpínací výztuže.

## **8.7 Ztráty předpětí a časové stavy**

Pro stanovení účinné hodnoty předpětí byly uvažovány krátkodobé i dlouhodobé ztráty předpětí. Ztráty jsou rozhodující pro určení účinné předpínací síly použité při posouzení v jednotlivých časových stavech.

**Krátkodobé ztráty předpětí** (bezprostředně po napnutí a zakotvení) zahrnují zejména:

- ztráty třením po délce kabelu,
- ztráty v kotvení vlivem pokluzu,
- okamžitou relaxaci předpínací oceli,
- ztráty vyvolané okamžitou deformací betonu (postupné napínání).

**Dlouhodobé ztráty předpětí** (časový horizont  $t = 50$  let) zahrnují zejména:

- ztráty relaxací předpínací výztuže v čase (dlouhodobá složka),
- ztráty smršťováním betonu,
- ztráty dotvarováním betonu.

Výsledkem je stanovení účinného předpětí pro krátkodobý a dlouhodobý stav, které dále vstupuje do posouzení mezních stavů.

## **8.8 Posouzení v mezním stavu použitelnosti (MSP)**

Posouzení MSP bylo provedeno s cílem ověřit požadované vlastnosti konstrukce při běžném provozu. Kontrolovány jsou zejména:

- napěťový stav průřezů (omezení tahových napětí a vznik trhlin),
- vliv předpětí na napjatost v rozhodujících řezech.

Z hlediska napjatosti je rozhodující zejména kombinované působení zatížení a předpětí, přičemž předpětí je navrženo tak, aby zlepšovalo napěťový stav ve střední části rozpětí a současně nezpůsobovalo nepříznivé lokální účinky v kotevních oblastech.

## 8.9 Posouzení v mezním stavu únosnosti (MSÚ)

Posouzení MSÚ bylo provedeno pro rozhodující kombinace zatížení a rozhodující řezy vazníku. Hlavní důraz je kladen na:

- posouzení únosnosti průřezů při kombinovaném namáhání  $N + M$ ,
- posouzení smyku v oblastech s vysokými posouvajícími silami,
- posouzení kotevních oblastí a přenosu předpínací síly do betonu,
- ověření celkové únosnosti vazníku v rozhodujících stavech.

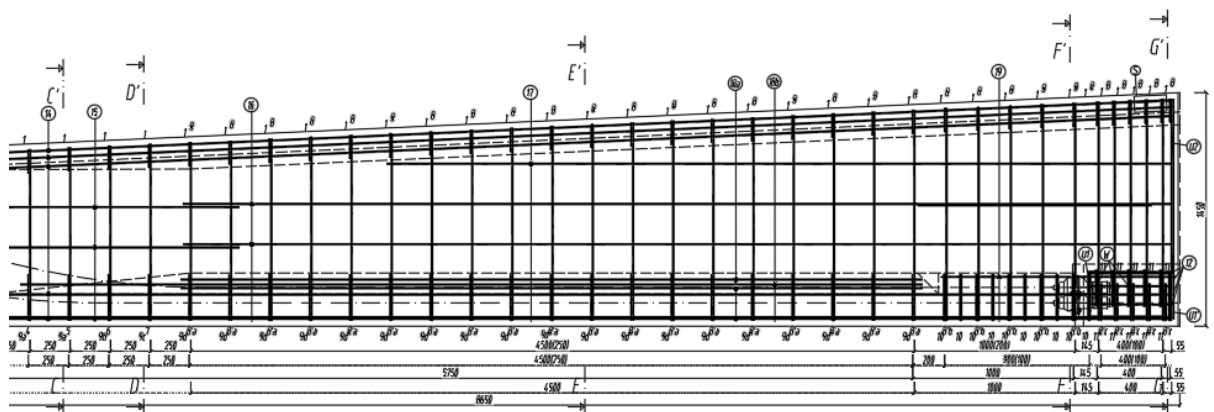
Při posouzení jsou uvažovány účinky zatížení od střešního systému a současně účinky od nadstřešení, které byly převzaty ve formě reakcí. Vliv předpětí je zohledněn včetně ztrát předpětí odpovídajících krátkodobému a dlouhodobému časovému stavu.

## 8.10 Konstrukční zásady výztuže nového vazníku

Konstrukční řešení betonářské výztuže je navrženo tak, aby bylo zajištěno bezpečné přenesení vnitřních sil a současně splnění požadavků v kotevních a podporových oblastech. Zásady návrhu zahrnují zejména:

- návrh třmínkové výztuže s ohledem na posouvající síly,
- zvýšenou pozornost výztuži v blízkosti podpor a kotevních oblastí,
- zajištění prostorové spolupráce průřezu (vazby mezi pásnicemi a stojinou),
- respektování požadavků na krytí výztuže a proveditelnost ukládání.

Výsledné uspořádání výztuže a předpínací výztuže je uvedeno ve výkresové části (V1 – předpínací výztuž a tvar, V2 – betonářská výztuž).



## 9. Podpůrné konstrukce a návaznosti

V této kapitole jsou popsány podpůrné konstrukce a návazné prvky, které jsou z hlediska návrhu a posouzení nového vazníku rozhodující pro správné pochopení přenosu zatížení a okrajových podmínek konstrukčního systému. Podpůrné konstrukce jsou řešeny v rozsahu nezbytném pro definování vazeb mezi prvky a pro pochopení finálního statického působení navržené rekonstrukce.

### 9.1 Koncepce uložení nového vazníku

Nový vazník je navržen s odlišným způsobem uložení na **vnitřní** a **vnější** podporové konstrukci. Důvodem je snaha o vytvoření proveditelného konstrukčního systému, který umožní bezpečný přenos podporových reakcí do stávající nosné konstrukce a současně respektuje montážní podmínky a průběh rekonstrukce.

Uložení vazníku je řešeno takto:

- na **vnitřním sloupu** je vazník uvažován jako uložený na **krátkou připnutou konzolu**,
- na **vnějším sloupu** je vazník uvažován jako uložený na **nový sloup**, který je **spřažený se stávajícím sloupem původním**.

Tímto je vytvořen konstrukční systém umožňující bezpečný přenos reakcí a současně technologicky proveditelnou realizaci podpěr v rámci výměny vazníku.

### 9.2 Vnitřní podpora – krátká připnutá konzola se zavedením předpětí

Na vnitřní straně objektu je uvažováno uložení vazníku na **krátkou konzolu připnutou ke stávajícímu sloupu**. Konzola plní funkci podpůrného prvku, který umožňuje přenést podporovou reakci vazníku do stávajícího sloupu, aniž by bylo nutné zásadním způsobem měnit konstrukční systém celé svislé podpory.

Princip obdobného zesílení / připojení krátkých konzol pomocí **nesoudržné předpínací výztuže** je popisován a ověřován v odborných výstupech a výzkumné činnosti na **Fakultě stavební VUT v Brně**, např. v práci **Ing. Lukáše Bobka, Ph.D.**, která se zabývá krátkými konzolami zesilovanými předpětím.

V případě návrhu krátké konzoly je nutné uvažovat **předpětí**, které bude realizováno pomocí **dvou předpínacích tyčí**. Volba tyčí je výhodná zejména z toho důvodu, že u nich nevznikají výrazné ztráty předpětí při kotvení (v porovnání s některými lanovými systémy) a současně je příznivá jejich **velká průřezová plocha**, která je vhodná jak z hlediska zavedení síly, tak i z hlediska přenosu účinků v místě podpory.

Současně je nutné posoudit **smykovou spáru** mezi původním sloupem a přibetonovanou konzolou. Spára musí být náležitě **zdrsněna**, ideálně například pomocí **pilových zářezů**, aby bylo zajištěno spolehlivé smykové spolupůsobení obou betonových částí. Zavedené předpětí vytváří na spáře **přítlak**, čímž přispívá ke zvýšení smykové únosnosti spáry a omezení jejího posunu. Předpětí musí být navrženo tak, aby byl ve spáře zajištěn **tlakový stav i v mezním stavu únosnosti (MSÚ)**, a spára tak nemohla přejít do nepříznivého „otevřeného“ režimu, ve kterém by došlo k výraznému snížení únosnosti spoje.

### **9.3 Vnější podpora – nový sloup spřažený se stávajícím sloupem**

Na vnější straně objektu je navrženo uložení vazníku na **nový sloup**, který bude konstrukčně řešen jako **spřažený se stávajícím původním sloupem**. Smyslem tohoto řešení je vytvoření dostatečně únosné a tuhé podpory pro přenesení podporových reakcí nového vazníku a současně zajištění přímé návaznosti na stávající nosný systém.

Spřažený sloup je v práci řešen jako samostatná část statického výpočtu (P2 – „spřažený sloup“) a představuje doplňující konstrukční prvek nezbytný pro správnou funkci navrženého uložení.

### **9.4 Ložiska a přenos podporových reakcí**

Definitivní uložení vazníku na podpory je navrženo prostřednictvím **elastomerových ložisek**, která umožňují přenos svislých podporových reakcí a zároveň poskytují potřebnou deformovatelnost uložení. Použití elastomerových ložisek je vhodné zejména pro omezení nežádoucích lokálních účinků, vyrovnání drobných nepřesností montáže a zajištění realistických okrajových podmínek odpovídajících uvažovanému výpočtovému modelu konstrukce.

### **9.5 Dočasné podepření během rekonstrukce**

V rámci technologie výměny vazníku je nezbytné uvažovat dočasné podepření, a to jak stávající těžké střešní konstrukce, tak i nového vazníku během montáže. Podepření je uvažováno jako odborné provizorní zajištění stability a přenosu zatížení po dobu:

- podepření stávající těžké střechy před demontáží původního vazníku,
- demontáže původního vazníku odříznutím v líci sloupů,
- vyzvednutí nového vazníku do finální polohy,
- realizace nových podpor a dosažení požadovaných pevností nově zhotovených betonových částí,
- definitivního uložení vazníku a odstranění dočasných podpor.

## 10. Závěr

Cílem diplomové práce bylo posoudit stávající předpjaté sedlové vazníky proměnného I-průřezu v objektech D\_06, D\_07 a D\_09 areálu DELIMAX Hodonín a na základě výsledků posouzení navrhnout vhodné konstrukční řešení náhrady těch prvků, u kterých nelze bezpečně prokázat požadovanou únosnost. Posouzení původního vazníku bylo provedeno s důrazem na reálné zatížení konstrukce, včetně vlivu rekonstrukce střešního pláště z roku 2000, a se zohledněním účinků předpětí včetně krátkodobých a dlouhodobých ztrát předpínací síly.

V rámci postupu posouzení byla podrobně stanovena všechna zatížení a jejich účinky, přičemž dominantní složku představuje konstrukce původní těžké střechy. Účinky předpětí byly do výpočtu zavedeny prostřednictvím ekvivalentního zatížení od jednotlivých kabelů a byly stanoveny krátkodobé i dlouhodobé ztráty předpětí. Pro výpočet byly kombinovány postupy dle ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201 (1986), zejména z důvodu, že současné normové předpisy nepopisují některé specifické aspekty práce s původně použitou předpínací výztuží tvořenou dráty PD Ø 4,5. Posouzení únosnosti kritických průřezů bylo provedeno metodou mezních přetvoření, přičemž za rozhodující byly uvažovány řezy v  $x = L/2$  a v  $x = 7,025$  m, kde byla identifikována maximální napjatost.

Výsledky posouzení prokázaly, že při uvažování ideálního stavu bez významného korozního poškození předpínací výztuže vykazuje původní vazník dostatečnou rezervu únosnosti. Naopak při konzervativním scénáři, ve kterém byla zohledněna možnost výrazného oslabení předpětí (vyloučením kabelů 5, 6 a 7), vychází posouzení v kritických řezech jednoznačně nevyhovující. Tento závěr potvrzuje vysokou citlivost únosnosti původních vazníků na skutečný stav předpínací výztuže a zároveň upozorňuje na riziko náhlého porušení v případě výrazného zhoršení funkce předpětí.

Na základě těchto výsledků byl navržen nový dodatečně předpjatý vazník z betonu C45/55 s betonářskou výztuží B500B, u kterého byly stanoveny rozhodující účinky zatížení včetně účinků od nadstřešení a byl navržen technologicky proveditelný postup montáže a napínání. Napínání je navrženo etapově ve dvou skupinách kabelů s mezikrokem na 40 % maximální napínací síly a následným dopnutím na plnou hodnotu  $P_{max}$ . Montážní postup je řešen tak, aby mohl být nový vazník nejprve sestaven a sepnut dodatečným předpětím v montážní poloze na zemi, následně bylo provedeno odborné podepření stávající těžké střechy, demontáž původního vazníku odříznutím v líci sloupů a vyzvednutí nového prvku do finální polohy pomocí hydraulických zdviháků.

V rámci návrhu podpůrných konstrukcí bylo uvažováno uložení nového vazníku na vnitřní straně objektu na krátkou připnutou konzolu se zavedením předpětí pomocí dvou předpínacích tyčí, přičemž je nezbytné posoudit smykovou spáru mezi přibetonovanou konzolou a původním sloupem včetně požadavku na trvalý tlakový stav ve spáře i v mezním stavu únosnosti. Na vnější straně objektu je navrženo uložení na nový sloup spřažený se stávajícím sloupem. Uložení je uvažováno prostřednictvím elastomerových ložisek, která umožňují bezpečný přenos podporových reakcí a současně snižují riziko nežádoucích lokálních účinků v oblasti podpor.

Závěrem lze konstatovat, že původní vazníky jsou z hlediska únosnosti vysoce závislé na skutečném stavu předpínací výztuže. U vazníků bez významného korozního poškození je možné uvažovat jejich zachování za předpokladu přijetí vhodných opatření omezujících další degradaci. Naopak u vazníků se zjištěným nebo předpokládaným významným korozním poškozením předpínací výztuže je z hlediska bezpečnosti odůvodněné doporučit jejich výměnu za novou konstrukci, jejíž návrh je v této práci zpracován jako technicky proveditelné a staticky vyhovující řešení.