# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES


# VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI BRDY
THE VIEWING TOWER IN BRDY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE — Bc. Kristýna Kováčová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.
SUPERVISOR


BRNO 2019

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
# FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|---|---|
| Studijní program | N3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby |
| Pracoviště | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí |

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | |
|---|---|
| Student | Bc. Kristýna Kováčová |
| Název | Vyhlídková věž v oblasti Brdy |
| Vedoucí práce | Ing. Milan Šmak, Ph.D. |
| Datum zadání | 31. 3. 2018 |
| Datum odevzdání | 11. 1. 2019 |

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

## PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu
ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"
ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"
ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"
ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce rozhledny - vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Nosné konstrukční prvky navrhněte s využitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva nebo oceli. Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Výšku věže uvažujte přibližně do 30m.
Požadované výstupy:
1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:
1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je vypracování statického řešení vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Konstrukce je vytvořena jako 3D model. Stanovení vnitřních sil pomocí metody konečných prvků v programu Scia Engineer 15.1. Na základě těchto sil je provedeno dimenzování nosných prvků konstrukce.

Jedná se o konstrukci z lepeného lamelového dřeva a oceli. Celková výška vyhlídkové věže činí 25,725 m. Půdorys ve tvaru kružnice je po výšce proměnný a směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. Hlavním nosným prvkem je 8 zakřivených dřevěných žeber, která jsou uspořádaná radiálně po kruhovém půdorysu. Vyhlídková věž má celkem 3 vyhlídkové plošiny.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Vyhlídková věž, konstrukce, kruh, žebro, nosník, vyhlídková plošina, lepené lamelové dřevo, ocel

## ABSTRACT

The subjekt of this thesis is a design of a viewing tower located in the area of Brdy. The structure has been created as a 3D model, the internal forces have been calculated with the use o finite element method in a structural engineering software Scia Engineer 15.1. Based on the knowledge of theses forces the design of the structural systems has been done. The materials used on this construction are glued laminated timber and steel. The height of the tower is 25,725 m. The floor plan is a shape of a circle and fluctuating smaller with the gaining height. The main structural systém consists of 8 curved posts which are radiály situated on the circular floor plan. The tower has 3 observational platforms.

## KEYWORDS

Viewing tower, construction, circle, post, beam, observational platform, glued laminated timber, steel

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Kristýna Kováčová *Vyhlídková věž v oblasti Brdy.* Brno, 2019. 40 s., 357 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vyhlídková věž v oblasti Brdy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 6. 1. 2019

Bc. Kristýna Kováčová
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vyhlídková věž v oblasti Brdy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 6. 1. 2019

Bc. Kristýna Kováčová
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za velmi cenné rady, dále za vstřícné a trpělivé jednaní při konzultacích a také za veškerou pomoc při mém studiu.

Velké děkuji patří mé celé rodině, především mým rodičům, díky kterým jsem mohla studovat a také, že mě nejenom během psaní této práce, ale i během celého studia podporovali a pomáhali mi.

V poslední řadě patří poděkování Adam Studios za spolupráci na vytvoření materiálů k této diplomové práci.

# OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE:


P0 TEXTOVÁ ČÁST

- Titulní list
- Zadání VŠKP
- Abstrakt, klíčová slova
- Bibliografická citace
- Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- Prohlášení o původnosti VŠKP
- Poděkování
- Obsah práce
- Technická zpráva řešených variant
- Technická zpráva vybrané varianty

P1 STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA 1

- P1.1 Výstup Scia Engineer
  - P1.1.1 Souhrnné informace ke statickému výpočtu
  - P1.1.2 Mezní stav únosnosti
  - P1.1.3 Mezní stav použitelnosti

P2 STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA 2

- P2.1 Souhrnné informace ke statickému výpočtu
- P2.2 Mezní stav únosnosti a použitelnosti

P3 VÝKRESOVÁ DOKUMETACE

| | | |
|---|---|---|
| VÝKRES Č. 1 | PŮDORYS 0.NP, 1.NP, 2.NP, 3.NP | 1:50, 200 |
| VÝKRES Č. 2 | PŮDORYS 4.NP, 5.NP, 6.NP, 7.NP, 8.NP, STŘECHA | 1:50, 200 |
| VÝKRES Č. 3 | POHLED A - A´, SCHÉMATICKÝ ŘEZ B - B´ | 1:50 |
| VÝKRES Č. 4 | DETAILY 1 | 1:5,10 |
| VÝKRES Č. 5 | DETAILY 2 | 1:5, 10 |
| VÝKRES Č. 6 | KOTEVNÍ PLÁN | 1:10, 50 |

P4 ORIENTAČNÍ VÝKAZ MATERIÁLU

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES


# PO TEXTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE — Bc. Kristýna Kováčová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.
SUPERVISOR


BRNO 2019

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES


# TECHNICKÁ ZPRÁVA ŘEŠENÝCH VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE — Bc. Kristýna Kováčová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.
SUPERVISOR


BRNO 2019

# Obsah

1 ÚVOD ..... 3
2 ZATÍŽENÍ ..... 4
3 VARIANTY ŘEŠENÍ ..... 4
3.1 Varianta 1 ..... 5
3.1.1 Průřezy a materiály ..... 7
3.1.2 Mezní stav únosnosti ..... 7
3.1.3 3D přemístění ..... 8
3.1.4 Výkaz materiálu ..... 9
3.1.5 Vlastní frekvence ..... 9
3.2 Varianta 2 ..... 10
3.2.1 Průřezy a materiály ..... 11
3.2.2 Mezní stav únosnosti ..... 12
3.2.3 3D přemístění ..... 13
3.2.4 Výkaz materiálu ..... 13
3.2.5 Vlastní frekvence ..... 14
4 VYHODNOCENÍ VARIANT ..... 14
5 Seznam obrázků ..... 15
6 Seznam tabulek ..... 15

# 1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Objekt je situován na Jindřichově skále ležící při severním okraji CHKO Brdy, nedaleko obce Malá Víska. Vrchol Jindřichovy skála leží v nadmořské výšce 588 m. n. m. V zadání je uvedena maximální výška vyhlídkové věže a to je 30,0 m. Tento požadavek je splněn v obou variantách.

*Obr. 1 Mapa oblasti*

*Obr. 2 Detail oblasti*

Nosná konstrukce byla zpracována a řešena jako prostorová prutová konstrukce ve dvou variantách programem SCIA Engineer 15.1. Samotná konstrukce je vytvořena z dřevěných i ocelových prvků. Dřevěné prvky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h, GL32h a C24, ocelové prvky jsou z oceli pevnostní třídy S235 a S355.

V rámci statického výpočtu je uvažováno posouzení hlavní nosné konstrukce vyhlídkové věže a ztužujících prvků. V této diplomové práci není řešeno posouzení spodní stavby vyhlídkové věže. Výpočet vnitřních sil je proveden ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1.

# 2 ZATÍŽENÍ

Ve výpočtových modelech je uvažováno stálé zatížení vlastní tíhou, střešním pláštěm, podlahou, schodišťovými stupni a prstenci. Klimatická proměnná zatížení tvoří zatížení větrem a sněhem. Zatížení sněhem bylo uvažováno pouze na střechu. Další proměnné zatížení tvoří lidé.

Celkem bylo zadáno do výpočtového modelu 10 zatěžovacích stavu:

1. ZS - vlastní tíha
2. ZS - stálé - střecha
3. ZS - stálé - podlaha
4. ZS - stálé - sch. stupně
5. ZS - prstence
6. ZS - lidé - plné

7a. ZS - lidé - na jednu stranu

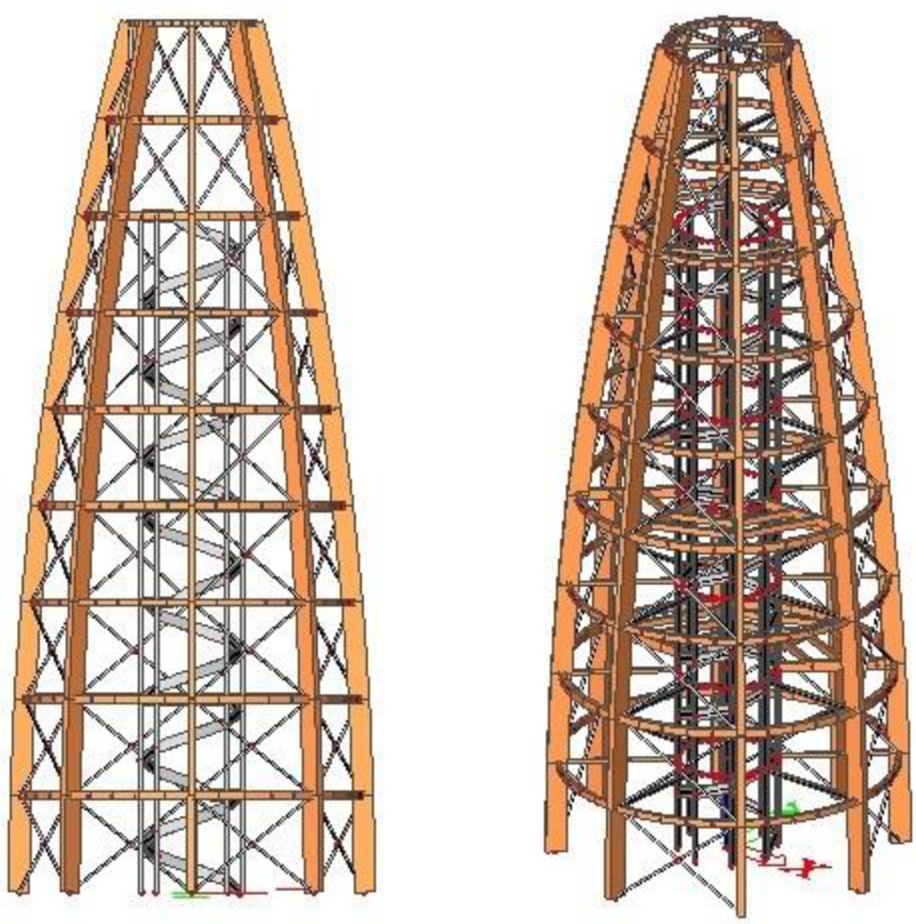
7b. ZS - lidé - na druhou stranu

8. ZS - vítr - sání
9. ZS - vítr - tlak
10. ZS - sníh - střecha

# 3 VARIANTY ŘEŠENÍ

Vyhlídková věž byla vypracována ve 2 variantách, varianta 1 dřevo-ocelová a varianta 2 ocelová.

## 3.1 Varianta 1



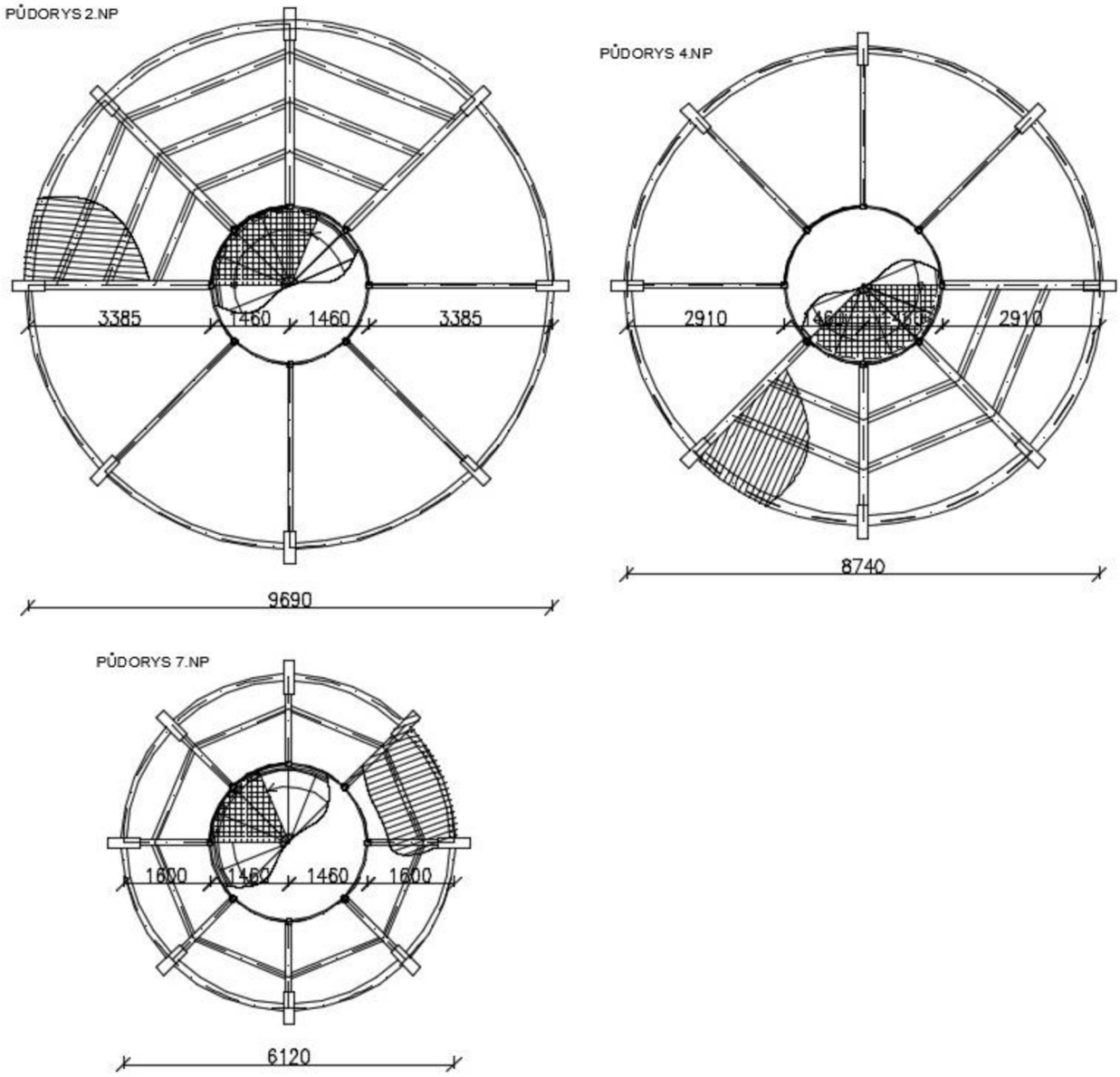
*Obr. 3 Pohled a axonometrie - V1*

Jedná se o kombinaci dřevěné a ocelové nosné konstrukce. Půdorysný tvar rozhledny je tvořen kruhem. Žebra tvořící nosnou konstrukce jsou zakřivená o poloměru 100 m, z tohoto důvodu je půdorys po výšce proměnný a směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m. Celková výška vyhlídkové věže je 25,725 m.

Rozhledna má celkem 3 vyhlídkové plošiny. První vyhlídková plošina se nachází ve výšce 5,6 m (2.NP) a zaujímá 3/8 velikosti půdorysu. Druhá vyhlídková plošina se nachází ve výšce 11,2 m, (4.NP) a zaujímá také 3/8 velikosti půdorysu. Nejvýše položená plošina je navržena ve výšce 19,6m (7.NP) a zaujímá celý půdorys.

Žebra jsou navržena z dřeva GL24h o průřezu 200x600 mm. Celkem je jich v konstrukci 8. Uprostřed konstrukce se nachází středový sloup - vřeteno, které je tvořeno trubkou CHS 219,1/8 oceli S235. Vřeteno je s konstrukcí propojeno v 8.NP pomocí dřevného nosníku střed a v podlaží střecha dřevěnými střešními krokvemi. Schodišťový prostor je situován uprostřed vyhlídkové věže a obklopuje ho

8 ocelových sloupů SHS 150/150/10 oceli S235. Schodiště je levotočivé ocelové a jeho stupně jsou na jedné straně uchyceny k vřetenu a na druhé do schodnice, která je podporována na ocelových sloupech. Sloupy jsou navzájem propojeny ocelovými prstenci SHS 40/40/2,5 oceli S235. Sloupy, žebra i vřeteno jsou uloženy na základovou konstrukci kloubově. Dále jsou v konstrukci navrženy dřevěné nosníky středové, které propojují žebra s vnitřním sloupovým jádrem. Průřez nosníků středových je proměnný, v místě vyhlídek jsou zesíleny. Žebra jsou navzájem propojena dřevěnými nosníky kolem, které mají také proměnné průřezy. V místě vyhlídek jsou navrženy dřevěné nosníky vyhlídky s proměnným průřezem. Ztužení konstrukce je pomocí 4 páru ocelových ztužidel v každém podlaží. Ocelová ztužidla jsou navržena z oceli S235 o průřezu CHS 76,1/4.




*Obr. 4 Schéma půdorysů vyhlídek*

### 3.1.1 Průřezy a materiály

Studen

| Jméno | Typ<br>Detailní | Materiál |
|---|---|---|
| Žebro | OBDEL<br>200; 600 | GL24h |
| Nosník střed volný | OBDEL<br>80; 120 | GL24h |
| Nosník střed pod vyhlídkou | OBDEL<br>160; 280 | GL32h |
| Nosník střed 7NP | OBDEL<br>100; 160 | GL24h |
| Nosník vyhlídka | OBDEL<br>140; 200 | GL24h |
| Nosník vyhlídka 7NP | OBDEL<br>100; 140 | GL24h |
| Nosník kolem | OBDEL<br>120; 200 | GL24h |
| Nosník kolem střecha | OBDEL<br>200; 180 | GL32h |
| Nosník kolem vyhlídky | OBDEL<br>180; 240 | GL24h |
| Nosník krokev | OBDEL<br>80; 120 | GL24h |
| Sloupy | SHS150/150/10.0 | S 235 |
| Schodnice | Obdélník<br>315; 50 | S 235 |
| Prstenec malý | SHS40/40/2.5 | S 235 |
| Ztužidlo | CHS76.1/4.0 | S 235 |
| Vřeteno | CHS219.1/8.0 | S 235 |

*Obr. 5 Průřezy a materiály - V1*

### 3.1.2 Mezní stav únosnosti

Posudek dřeva podle MSÚ

| Nosník | Průřez | Materiál | dx [m] | Zatěžovací stav | Jedn. posudek [-] | Posudek únosnosti [-] | Posudek stability [-] | CH/V/P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1 | Žebro - OBDEL | GL24h | 2,800 | CO2 - MSÚ/1 | **0,67** | 0,67 | 0,05 | N12 |
| B341 | Nosník kolem - OBDEL | GL24h | 0,480 | CO2 - MSÚ/2 | **0,76** | 0,76 | 0,00 | N12 |
| B221 | Nosník kolem vyhlídky - OBDEL | GL24h | 0,686 | CO2 - MSÚ/3 | **0,95** | 0,95 | 0,00 | N12 |
| B418 | Nosník kolem střecha - OBDEL | GL32h | 0,000 | CO2 - MSÚ/4 | **0,92** | 0,92 | 0,00 | N3,N12 |
| B451 | Nosník střed volný - OBDEL | GL24h | 1,692 | CO2 - MSÚ/5 | **0,34** | 0,06 | 0,34 | N12 |
| B442 | Nosník střed pod vyhlídkou - OBDEL | GL32h | 0,000 | CO2 - MSÚ/6 | **0,91** | 0,91 | 0,00 | N12 |
| B516 | Nosník střed 7NP - OBDEL | GL24h | 0,571 | CO2 - MSÚ/3 | **0,90** | 0,87 | 0,90 | N12 |
| B522 | Nosník vyhlídka 7NP - OBDEL | GL24h | 0,953 | CO2 - MSÚ/3 | **0,80** | 0,78 | 0,80 | N12 |
| B540 | Nosník vyhlídka - OBDEL | GL24h | 1,657 | CO2 - MSÚ/3 | **0,89** | 0,85 | 0,89 | N12 |
| B1372 | Nosník krokev - OBDEL | GL24h | 0,000 | CO2 - MSÚ/7 | **0,45** | 0,45 | 0,00 | N12 |

*Obr. 6 MSU dřevo - V1*

**Posudek oceli**

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Kombinace : CO2 - MSU

| Prvek | css | mat | Stav | dx [mm] | jed.posudek [-] | pevnost [-] | stab. posudek [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1205 | Prstenec malý - SHS40/40/2.5 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,57 | 0,34 | 0,57 |
| B1068 | Ztužidlo - CHS76.1/4.0 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,77 | 0,51 | 0,77 |
| B1209 | Schodnice - Obdélník | S 235 | CO2 - MSU/2 | 0,000 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| B1327 | Sloupy - SHS150/150/10.0 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,34 | 0,21 | 0,34 |
| B1402 | Vřeteno - CHS219.1/8.0 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,09 | 0,02 | 0,09 |

*Obr. 7 MSU ocel - V1*

Průměrné využití konstrukce je: 64 %

### 3.1.3 3D přemístění

**ux**

Lineární výpočet
Kombinace: CO3 - MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním
Systém: Lokální
**Výsledky na 1D dílci:**
Extrém 1D: Globální

| Jméno | Stav | dx [mm] | Vlákno | ux [mm] | uy [mm] | uz [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | U globální [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B420 | CO3 - MSP/1 | 0,000 | 7 | **-45,3** | -0,8 | -3,3 | 7,0 | 4,6 | -0,1 | 45,4 |
| B400 | CO3 - MSP/2 | 0,000 | 1 | **45,0** | 0,8 | 0,9 | -7,0 | -4,6 | 0,0 | 45,0 |

*Obr. 8 Přemístění ux - V1*

**uy**

Lineární výpočet
Kombinace: CO3 - MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním
Systém: Lokální
**Výsledky na 1D dílci:**
Extrém 1D: Globální

| Jméno | Stav | dx [mm] | Vlákno | ux [mm] | uy [mm] | uz [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | U globální [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1375 | CO3 - MSP/1 | 1772,500 | 1 | -1,9 | **-45,0** | -3,9 | -2,7 | -2,7 | -0,1 | 45,2 |
| B73 | CO3 - MSP/1 | 2882,929 | 1 | -3,4 | **45,0** | -2,8 | 0,6 | 0,0 | 1,3 | 45,2 |

*Obr. 9 Přemístění uy - V1*

### 3.1.4 Výkaz materiálu

| Jméno | Hmotnost [kg] | Povrch [mm²] | Objem [m³] |
|---|---|---|---|
| Celkový součet : | 32893,9 | 840366504,967 | 3,7295e+01 |

| Materiál | Hmotnost [kg] | Povrch [mm²] | Objemová hmotnost [kg/m³] | Objem [m³] |
|---|---|---|---|---|
| S 235 | 19593,9 | 244718231,201 | 7850,0 | 2,4960e+00 |
| GL24h | 12642,7 | 565038940,430 | 380,0 | 3,3270e+01 |
| GL32h | 657,2 | 30610260,010 | 430,0 | 1,5284e+00 |

*Obr. 10 Výkaz materiálu - V1*

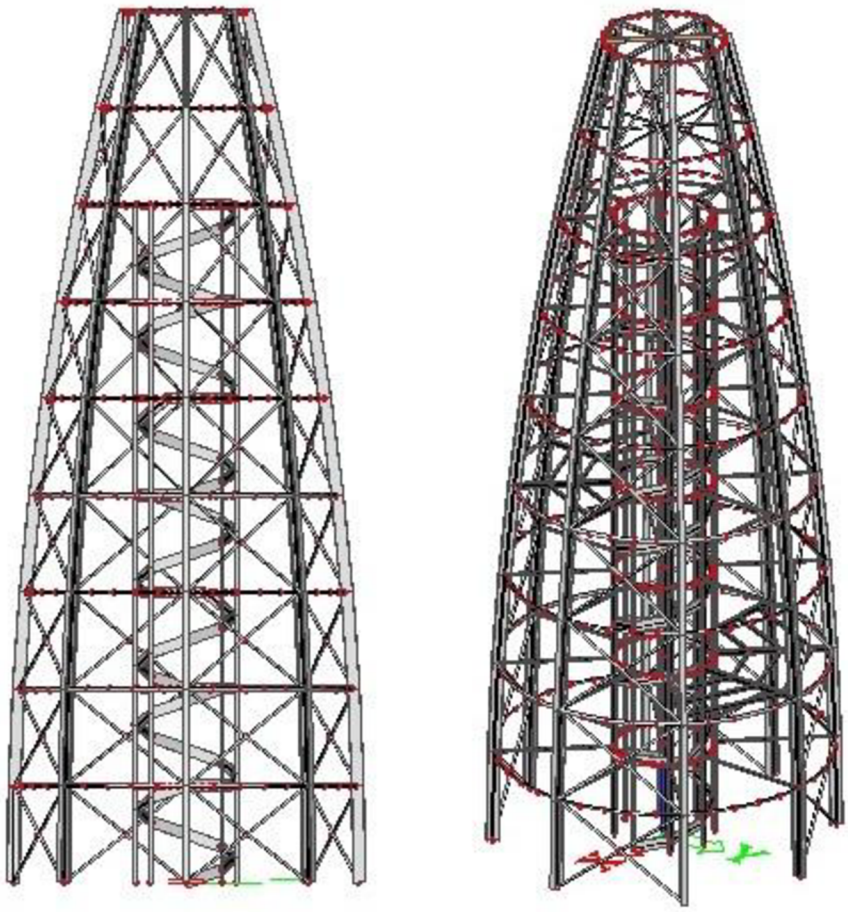
Celková hmotnost nosných prvků činí 32,9 t.

### 3.1.5 Vlastní frekvence

| N | f [Hz] | omega [1/s] | omega² [1/s²] | T [s] |
|---|---|---|---|---|
| Kombinace hmot : CM1. | | | | |
| 1 | 3,83 | 24,09 | 580,40 | 0,26 |
| 2 | 3,87 | 24,31 | 591,19 | 0,26 |
| 3 | 4,44 | 27,92 | 779,70 | 0,23 |
| 4 | 6,50 | 40,86 | 1669,65 | 0,15 |

*Obr. 11 Vlastní frekvence - V1*

## 3.2 Varianta 2



*Obr. 12 Pohled a axonometrie varianty 2*

Jedná se o ocelovou nosnou konstrukci s výjimkou dřevěných střešních krokví. Dispozice je totožná s variantou 1. Rozdíl variant se liší pouze v použitém materiálu a průřezech.

Žebra jsou navržena z oceli S235 profilu IPE360. Celkem je jich v konstrukci 8. Uprostřed konstrukce se nachází středový sloup - vřeteno, které je tvořeno trubkou CHS 219,1/8 oceli S235. Vřeteno je s konstrukcí propojeno v 8.NP pomocí ocelového nosníku střed a v podlaží střecha dřevěnými střešními krokvemi. Schodišťový prostor je situován uprostřed vyhlídkové věže a obklopuje ho 8 ocelových sloupů SHS 150/150/10 oceli S235. Schodiště je levotočivé ocelové a jeho stupně jsou na jedné straně uchyceny k vřetenu a na druhé do schodnice, která je podporována na ocelových sloupech. Sloupy jsou navzájem propojeny ocelovými prstenci SHS 40/40/2,5 oceli S235. Sloupy, žebra i vřeteno jsou uloženy na základovou konstrukci kloubově. Dále jsou v konstrukci navrženy ocelové nosníky středové, které propojují žebra s vnitřním sloupovým jádrem. Profil nosníků středových je IPE a velikost je proměnná, v místě vyhlídek jsou větší profily. Žebra jsou navzájem propojena

ocelovými nosníky kolem profilu IPE a jejich velikost je také proměnná. V místě vyhlídek jsou navrženy nosníky vyhlídky profilu IPE a proměnné velikosti. Ztužení konstrukce je pomocí 4 páru ocelových ztužidel v každém podlaží. Ocelová ztužidla jsou navržena z oceli S235 o průřezu CHS 76,1/4.

### 3.2.1 Průřezy a materiály

| Jméno | Typ<br>Detailní | Materiál |
|---|---|---|
| Nosník krokev | OBDEL<br>80; 120 | C24 |
| Sloupy | SHS150/150/10.0 | S 235 |
| Schodnice | Obdélník<br>315; 50 | S 235 |
| Prstenec malý | SHS40/40/2.5 | S 235 |
| Ztužidlo | CHS76.1/4.0 | S 235 |
| O_Nosník krokev | CHS33.7/2.6 | S 235 |
| O_Nosník kolem vyhlídky | CHS114.3/5.0 | S 235 |
| O_Nosník kolem | CHS60.3/5.0 | S 235 |
| O_Nosník kolem střecha | SHS50/50/3.0 | S 235 |
| O_Nosník vyhlídky 7NP | IPE80 | S 235 |
| O_Nosník vyhlídky | IPE120 | S 235 |
| O_Nosník střed volny | IPE80 | S 235 |
| O_Nosník střed pod vyhlídkou | IPE160 | S 355 |
| O_Nosník střed 7NP | IPE100 | S 235 |
| O_Žebro | IPE360 | S 235 |
| Vřeteno | CHS219.1/3.0 | S 235 |

*Obr. 13 Průřezy a materiály - V2*

### 3.2.2 Mezní stav únosnosti

Posudek dřeva podle MSÚ

| Nosník | Průřez | Materiál | dx [m] | Zatěžovací stav | Jedn. posudek [-] | Posudek únosnosti [-] | Posudek stability [-] | CH/V/P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1374 | Nosník krokev - OBDEL | C24 | 0,788 | CO2 - MSU/1 | **0,47** | 0,43 | 0,47 | N12 |

*Obr. 14 MSU dřevo - V2*

**Posudek oceli**

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Kombinace : CO2 - MSU

Studentská ve

| Prvek | css | mat | Stav | dx [mm] | jed.posudek [-] | pevnost [-] | stab. posudek [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B65 | O_Žebro - IPE360 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,58 | 0,38 | 0,58 |
| B349 | O_Nosník kolem - CHS60.3/5.0 | S 235 | CO2 - MSU/18 | 240,134 | 0,90 | 0,72 | 0,90 |
| B209 | O_Nosník kolem vyhlídky - CHS114.3/5.0 | S 235 | CO2 - MSU/19 | 342,935 | 0,76 | 0,66 | 0,76 |
| B401 | O_Nosník kolem střecha - SHS50/50/3.0 | S 235 | CO2 - MSU/4 | 0,000 | 0,32 | 0,25 | 0,32 |
| B434 | O_Nosník střed volny - IPE80 | S 235 | CO2 - MSU/2 | 0,000 | 0,51 | 0,04 | 0,51 |
| B460 | O_Nosník střed pod vyhlídkou - IPE160 | S 355 | CO2 - MSU/20 | 0,000 | 0,86 | 0,71 | 0,86 |
| B517 | O_Nosník střed 7NP - IPE100 | S 235 | CO2 - MSU/21 | 0,000 | 0,66 | 0,58 | 0,66 |
| B518 | O_Nosník vyhlídky 7NP - IPE80 | S 235 | CO2 - MSU/19 | 952,681 | 0,82 | 0,64 | 0,82 |
| B540 | O_Nosník vyhlídky - IPE120 | S 235 | CO2 - MSU/22 | 1754,316 | 0,91 | 0,69 | 0,91 |
| B541 | Vřeteno - CHS219.1/8.0 | S 235 | CO2 - MSU/7 | 0,000 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| B1205 | Prstenec malý - SHS40/40/2.5 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,61 | 0,34 | 0,61 |
| B1002 | O_Nosník krokev - CHS33.7/2.6 | S 235 | CO2 - MSU/18 | 0,000 | 0,64 | 0,10 | 0,64 |
| B1068 | Ztužidlo - CHS76.1/4.0 | S 235 | CO2 - MSU/23 | 0,000 | 0,75 | 0,50 | 0,75 |
| B1213 | Schodnice - Obdélník | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| B1327 | Sloupy - SHS150/150/10.0 | S 235 | CO2 - MSU/1 | 0,000 | 0,39 | 0,20 | 0,39 |

*Obr. 15 MSU ocel - V2*

Průměrné využití konstrukce je: 59%

### 3.2.3 3D přemístění

**ux**
Lineární výpočet
Kombinace: CO3 - MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním
Systém: Lokální
**Výsledky na 1D dílci:**
Extrém 1D: Globální

| Jméno | Stav | dx [mm] | Vlákno | ux [mm] | uy [mm] | uz [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | U globální [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1373 | CO3 - MSP/1 | 0,000 | 7 | **-45,2** | 1,8 | 3,8 | -3,6 | 8,1 | 0,0 | 45,4 |
| B400 | CO3 - MSP/2 | 0,000 | 1 | **44,5** | 1,2 | 1,7 | -3,1 | -5,2 | 1,0 | 44,6 |

*Obr. 16 Přemístění ux - V2*

**uy**
Lineární výpočet
Kombinace: CO3 - MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním
Systém: Lokální
**Výsledky na 1D dílci:**
Extrém 1D: Globální

| Jméno | Stav | dx [mm] | Vlákno | ux [mm] | uy [mm] | uz [mm] | $\varphi_x$ [mrad] | $\varphi_y$ [mrad] | $\varphi_z$ [mrad] | U globální [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1375 | CO3 - MSP/1 | 1772,500 | 1 | -1,7 | **-45,0** | -4,0 | -2,7 | -3,8 | -0,1 | 45,2 |
| B73 | CO3 - MSP/1 | 2882,929 | 2 | -3,3 | **45,0** | -2,8 | 0,8 | 0,1 | 1,0 | 45,2 |

*Obr. 17 Přemístění uy - V2*

### 3.2.4 Výkaz materiálu

| Jméno | Hmotnost [kg] | Povrch [mm²] | Objem [m³] |
|---|---|---|---|
| Celkový součet : | 34785,1 | 659470122,784 | 4,5613e+00 |

| Materiál | Hmotnost [kg] | Povrch [mm²] | Objemová hmotnost [kg/m³] | Objem [m³] |
|---|---|---|---|---|
| S 235 | 34340,2 | 638127929,688 | 7850,0 | 4,3746e+00 |
| S 355 | 397,2 | 15671429,634 | 7850,0 | 5,0604e-02 |
| C24 | 47,6 | 5672000,408 | 350,0 | 1,3613e-01 |

*Obr. 18 Výkaz materiálu - V2*

Celková hmotnost nosných prvků činí 34,8 t.

### 3.2.5 Vlastní frekvence

| N | f [Hz] | omega [1/s] | omega² [1/s²] | T [s] |
|---|---|---|---|---|
| Kombinace hmot : CM1 | | | | |
| 1 | 3,25 | 20,44 | 417,81 | 0,31 |
| 2 | 3,35 | 21,05 | 443,31 | 0,30 |
| 3 | 3,63 | 22,83 | 521,27 | 0,28 |
| 4 | 6,39 | 40,17 | 1613,33 | 0,16 |

*Obr. 19 Vlastní frekvence - V2*

# 4 VYHODNOCENÍ VARIANT

| | VARIANTA 1 | VARIANTA 2 |
|---|---|---|
| Využití konstrukce [%] | 73 | 69 |
| Přemístění [mm] | 45,3 | 45,2 |
| Hmotnost [t] | 27,6 | 29,5 |
| Vl. frekvence [Hz] | 3,83 | 3,25 |

*Tab. 1 Shrnutí vyhodnocení variant*

Snažila jsem se navrhnout varianty takové, aby se sobě co nejvíce podobaly z hlediska chování a využití konstrukce. Obě varianty tedy vycházejí přibližně stejně, a proto rozhodujícím faktorem pro výběr varianty bylo estetické působení konstrukce na okolí. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla pro **variantu 1**, protože vyhlídková věž je umístěna v CHKO Brdy a tudíž dřevěná konstrukce bude v tomto prostředí působit přirozeněji.

# 5 Seznam obrázků

*Obr. 1 Mapa oblasti* ..... 3
*Obr. 2 Detail oblasti* ..... 3
*Obr. 3 Pohled a axonometrie - V1* ..... 5
*Obr. 4 Schéma půdorysů vyhlídek* ..... 6
*Obr. 5 Průřezy a materiály - V1* ..... 7
*Obr. 6 MSU dřevo - V1* ..... 7
*Obr. 7 MSU ocel - V1* ..... 8
*Obr. 8 Přemístění ux - V1* ..... 8
*Obr. 9 Přemístění uy - V1* ..... 8
*Obr. 10 Výkaz materiálu - V1* ..... 9
*Obr. 11 Vlastní frekvence - V1* ..... 9
*Obr. 12 Pohled a axonometrie varianty 2* ..... 10
*Obr. 13 Průřezy a materiály - V2* ..... 11
*Obr. 14 MSU dřevo - V2* ..... 12
*Obr. 15 MSU ocel - V2* ..... 12
*Obr. 16 Přemístění ux - V2* ..... 13
*Obr. 17 Přemístění uy - V2* ..... 13
*Obr. 18 Výkaz materiálu - V2* ..... 13
*Obr. 19 Vlastní frekvence - V2* ..... 14

# 6 Seznam tabulek

*Tab. 1 Shrnutí vyhodnocení variant* ..... 14

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES


# TECHNICKÁ ZPRÁVA VYBRANÉ VARIANTY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE — Bc. Kristýna Kováčová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.
SUPERVISOR


BRNO 2019

# Obsah

1 ÚVOD ..... 4
1.1 Základní informace ..... 4
1.2 Umístění stavby a studie místa ..... 4
1.3 Popis objektu ..... 7
2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ..... 9
2.1 Výpočtový model ..... 9
2.2 Zatížení ..... 9
2.3 Popis nosných prvků ..... 11
2.3.1 Žebro (modrofialová) ..... 13
2.3.2 Nosník kolem (žlutá) ..... 13
2.3.3 Nosník střed (červená) ..... 13
2.3.4 Nosník vyhlídky (zelená) ..... 14
2.3.5 Prstenec malý (červenočerná) ..... 14
2.3.6 Sloup (šedá) ..... 15
2.3.7 Vřeteno (oranžová) ..... 15
2.3.8 Nosník krokev (světle modrá) ..... 15
2.3.9 Ztužidlo (růžová) ..... 15
2.3.10 Schodiště a schodnice (okrová) ..... 16
2.4 Kotvení ..... 16
2.4.1 Vřeteno ..... 16
2.4.2 Sloup ..... 16
2.4.3 Žebro ..... 16
2.5 Založení stavby ..... 17
2.6 Materiál ..... 17
2.7 Výroba konstrukce ..... 17
2.8 Doprava ..... 17
2.9 Postup montáže ..... 17
2.10 Ochrana konstrukce ..... 18
2.10.1 Ochrana dřevěných prvků ..... 18
2.10.2 Ochrana ocelových prvků ..... 18
2.11 Závěr ..... 18
3 POUŽITÉ DOKUMENTY, SOFTWARE A ZKRATKY ..... 19

3.1 Normativní dokumenty ..... 19
3.2 Software ..... 19
3.3 Literatura ..... 19
3.4 Internetové zdroje ..... 20
3.5 Použité zkratky ..... 20
3.5.1 Malá písmena ..... 20
3.5.2 Velká písmena ..... 22
3.5.3 Řecká písmena ..... 23
4 SEZNAM OBRÁZKŮ ..... 24

# 1 ÚVOD

## 1.1 Základní informace

Tato diplomová práce byla zpracována s finanční podporou projektu specifického výzkumu FAST-S-18-5550 „Efektivní návrh a analýza vybraných konstrukčních prvků, detailů a spojů s ohledem na jejich skutečné chování a použitý materiál“.

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Jedná se o konstrukci navrženou ze dvou základních materiálů, kterými jsou dřevo a ocel. Předmětem této práce není návrh ani posouzení spodní stavby.

Konstrukce byla vymodelována ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1. jako 3D model. Výpočty jsou zpracovány podle platných normativů ČSN EN.

## 1.2 Umístění stavby a studie místa

Objekt je situován na Jindřichově skále ležící při severním okraji CHKO Brdy, nedaleko obce Malá Víska. Vrchol Jindřichovy skály leží v nadmořské výšce 588 m. n. m., ze kterého je výhled na zříceninu hradu Valdek. Jedná se tedy o vyhlídkové místo, ke kterému vede turistická cesta a z tohoto důvodu byla vyhlídková věž umístěna právě zde.

*Obr. 1 Mapa oblasti*

*Obr. 2 Detail oblasti*

Ke studii místa výstavby byla použita moderní technika. Okolí a samotné místo bylo zmapováno pomocí dronu DJI Phantom 3. Potřebné příslušenství bylo dálkového ovládání a mobilní telefon, který se propojil s dálkovém ovládáním a zajišťoval nám manipulaci s dronem a náhled na letové Info.

*Obr. 3 Dron DJI Phantom 3*

Během letu bylo natočeno několik záběrů, ze kterých jsme následně vytvořili úvodní video. Dále jsme také pořídily některé fotky:

*Obr. 4 Pohled na Jindřichovu skálu*

*Obr. 5 Pohled na jihozápad*

*Obr. 6 Výhled na zříceninu Valdek*

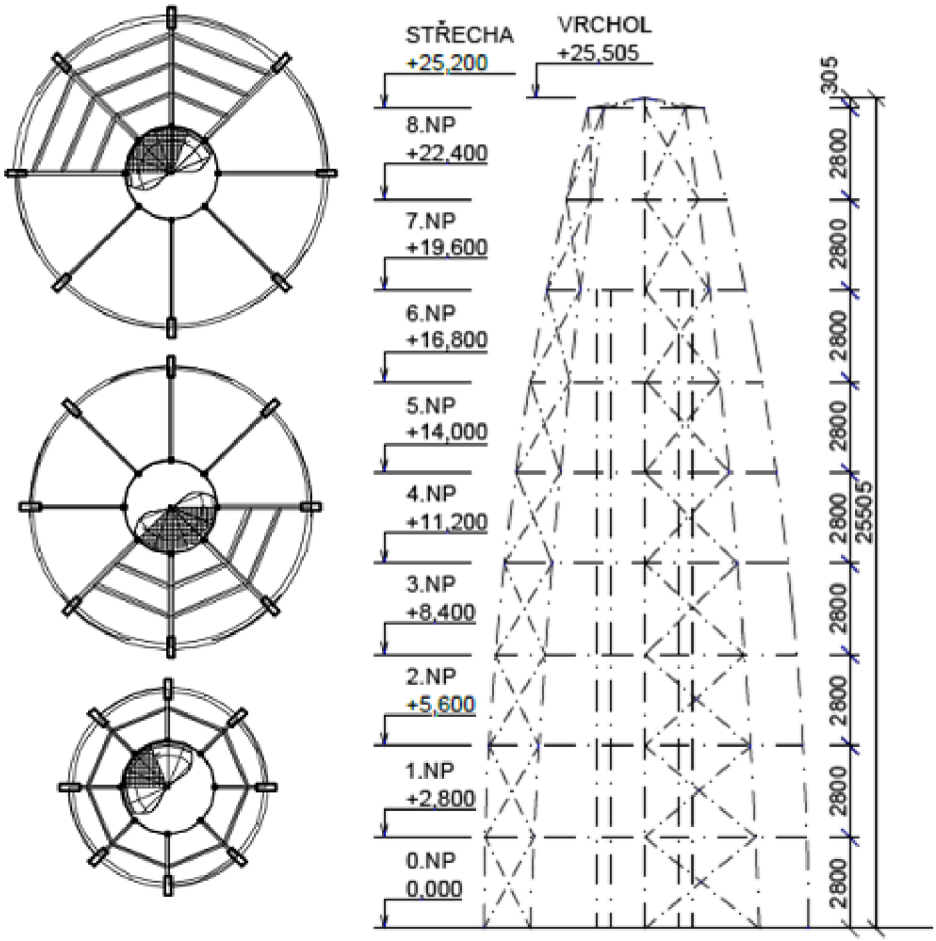
*Obr. 7 Zřícenina hradu Valdek*

## 1.3 Popis objektu

Jedná se o konstrukci, která má nosné prvky ze dřeva a oceli. Půdorysný tvar rozhledny ve tvaru kružnice. Po výšce je vyhlídková věž rozdělena na 9 výškových úrovní o konstrukční výšce 2,8 m. Dřevěná žebra tvořící nosnou konstrukce jsou zakřivená o poloměru 100 m, z tohoto důvodu je půdorys po výšce proměnný a

směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m. Celková výška vyhlídkové věže je 25,725 m.

Rozhledna má celkem 3 vyhlídkové plošiny. Všechny plošiny jsou vybaveny zábradlím o výšce 1100 mm. První vyhlídková plošina se nachází ve výšce 5,6 m (2.NP) a zaujímá 3/8 velikosti půdorysu. Druhá vyhlídková plošina se nachází ve výšce 11,2 m, (4.NP) a zaujímá také 3/8 velikosti půdorysu. Výškové plošiny jsou vůči sobě pootočeny o 180° tak, aby byl dohromady zajištěn výhled kolem dokola. Nejvýše položená plošina je navržena ve výšce 19,5 m (7.NP) a zaujímá celý půdorys. Poslední dvě výškové úrovně jsou nepřístupné. Rozhledna je ve vrcholu zastřešena. Pohyb mezi jednotlivými patry zajišťuje levotočivé vřetenové schodiště. V jednom rameni je celkem 16 stupňů a výška stupně je 175 mm. Schodiště je po obou stranách opatřeno ocelovým zábradlím výšky 1100 mm. Schodiště má celkem 4 mezipodesty o délkách 1230 mm a 1640 mm a 3 hlavní podesty. V celém schodišťovém prostoru je dodržena minimální podchodná výška 2100 mm.

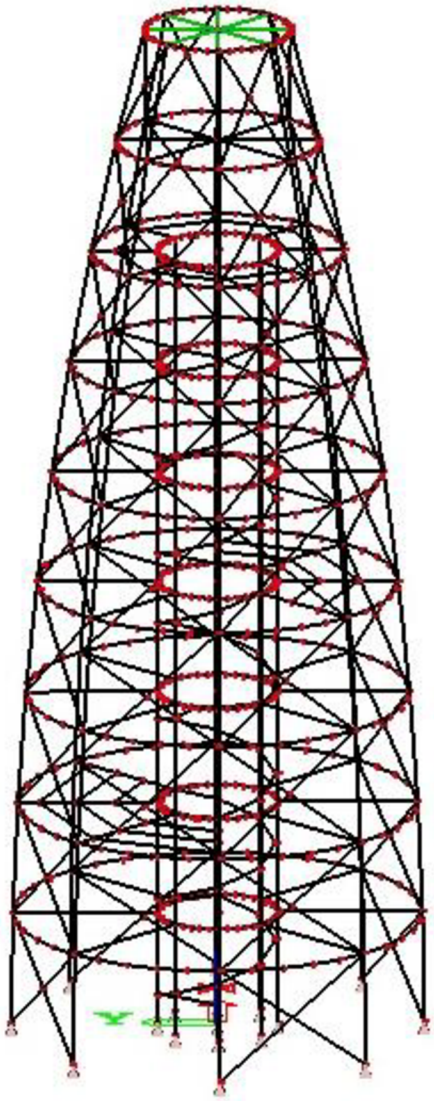



*Obr. 8 Schéma konstrukce a půdorysy vyhlídkových plošin*

# 2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

## 2.1 Výpočtový model

Konstrukce byla vymodelována ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1 jako prutová prostorová.



*Obr. 9 Výpočtový model*

## 2.2 Zatížení

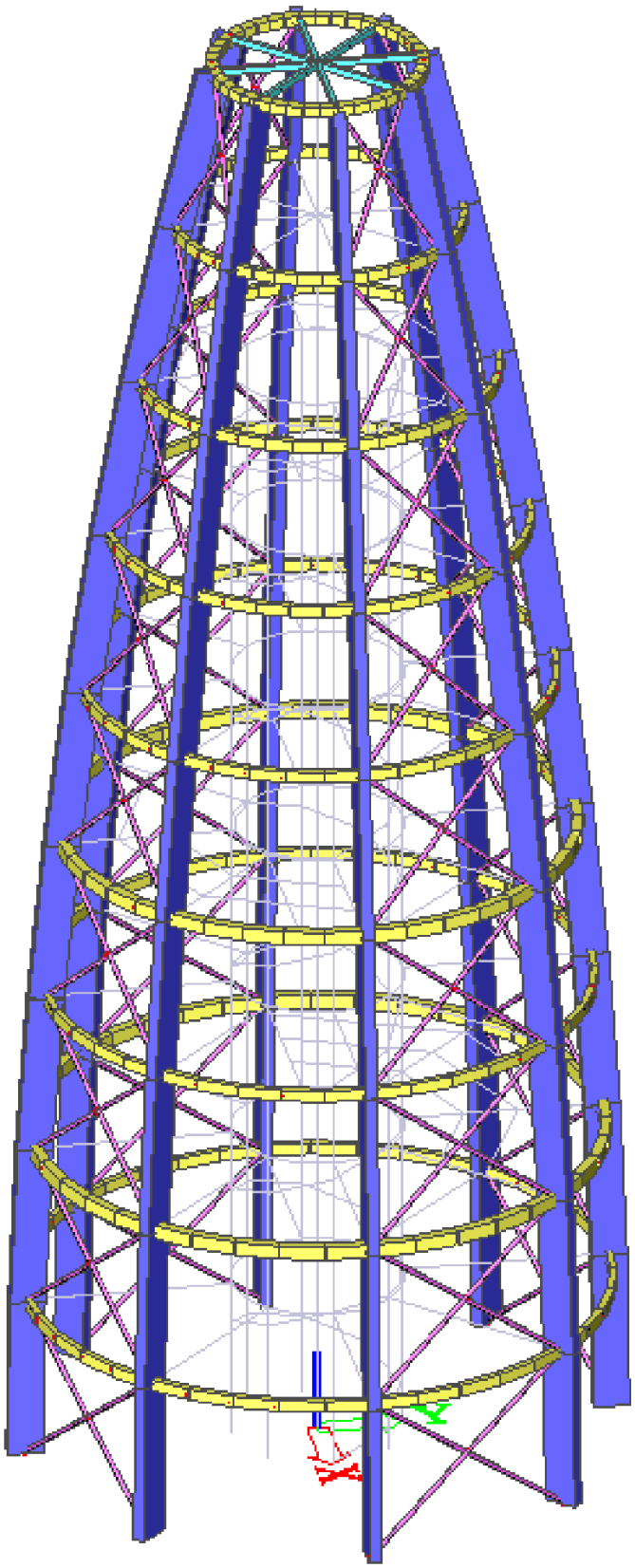
Ve výpočtovém modelu bylo uvažováno stálé zatížení vlastní tíhou, střešním pláštěm, podlahou, schodišťovými stupni a prstenci. Klimatická proměnná zatížení tvoří zatížení větrem a sněhem. Další proměnné zatížení tvoří lidé.

Celkem bylo zadáno do výpočtového modelu 10 zatěžovacích stavu:

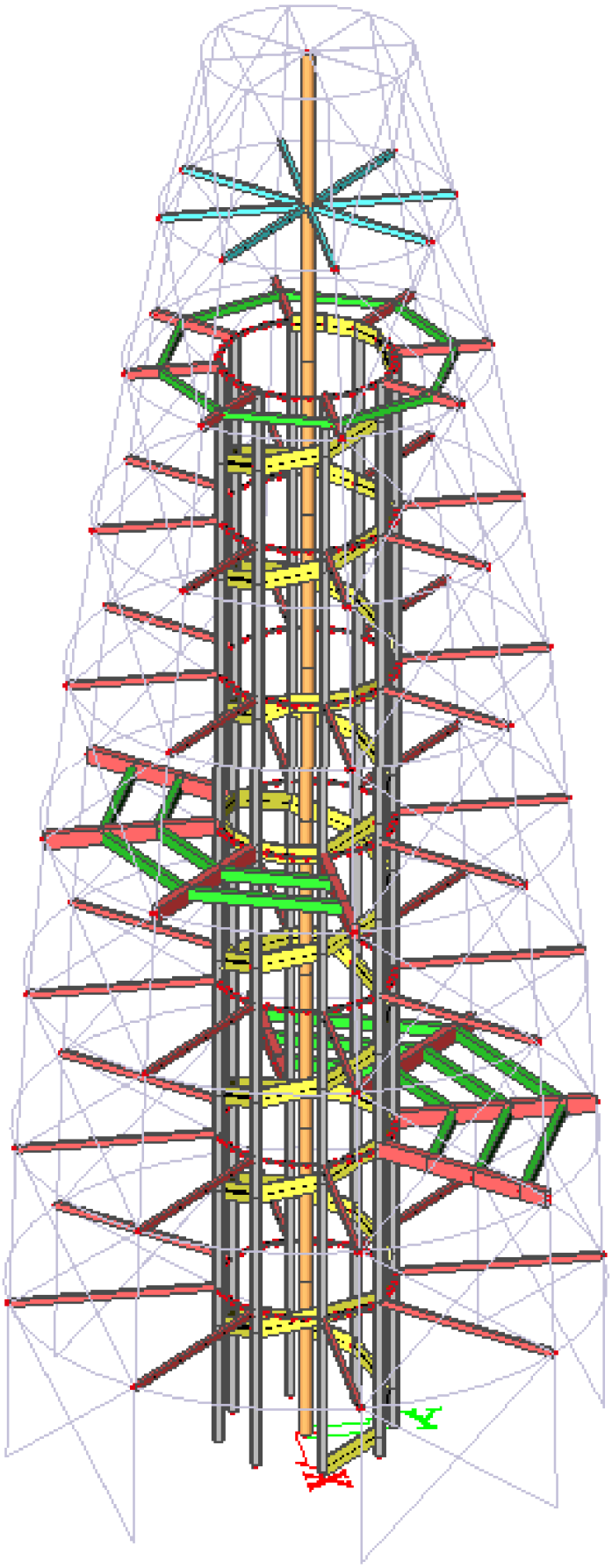
| | |
|---|---|
| 1. ZS - vlastní tíha | (generována programem) |
| 2. ZS - stálé - střecha | ($g_{1,k}$ = 0,18 kN/m$^2$) |
| 3. ZS - stálé - podlaha | ($g_{2,k}$ = 0,32 kN/m$^2$) |
| 4. ZS - stálé - sch. stupně | ($g_{3,k}$ = 0,16 kN/m$^2$) |
| 5. ZS - prstence | (horní $g_{4,k}$= 1,295 kN/m; dolní $g_{4,k}$ = 2,188 kN/m) |
| 6. ZS - lidé - plné | ($q_{v,k}$ = 5 kN/m$^2$; $q_{h,k}$ = 0,5 5 kN/m$^2$) |
| 7a. ZS - lidé - na jednu stranu | ($q_{v,k}$ = 5 kN/m$^2$; $q_{h,k}$ = 0,5 5 kN/m$^2$) |
| 7b. ZS - lidé - na druhou stranu | ($q_{v,k}$ = 5 kN/m$^2$; $q_{h,k}$ = 0,5 5 kN/m$^2$) |
| 8. ZS - vítr - sání | (proměnná hodnota) |
| 9. ZS - vítr - tlak | (proměnná hodnota) |
| 10. ZS - sníh - střecha | ($s_k$ = 1,2 kN/m$^2$) |

Konstrukce je umístěna v exteriéru, proto jsou navrhovány na třídu provozu 3.

## 2.3 Popis nosných prvků



*Obr. 10 Schéma vnějších prvků*



*Obr. 11 Schéma vnitřních prvků 2*

### 2.3.1 **Žebro** (modrofialová)

Průřez 200x600 mm, GL24h

V konstrukci se nachází celkem 8 žeber uspořádaných radiálně po kruhovém půdorysu. Žebro společně se sloupy a vřetenem přenáší zatížení z konstrukce přes základové patky do základové půdy. Uložení je uvažováno jako kloubové. Jedná se o zakřivený nosník o poloměru 10 m. Navzájem jsou žebra propojena ztužidly a horizontálními zakřivenými nosníky, dále nosníky kolem, a s vnitřní konstrukcí pomocí středových nosníků. Celková délka žebra v ose činí 25 480 m a skládá se ze 3 montážních dílců o délkách 9820 mm, 8490 mm a 7170 mm. Montážní spoj je proveden pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M24, 8.8.

### 2.3.2 **Nosník kolem** (žlutá)

a) Nosník kolem: Průřez 120x200 mm, GL24h
b) Nosník kolem vyhlídky: Průřez 180x240 mm, GL24h
c) Nosník kolem střecha: Průřez 200x180 mm, GL32h

Nosník kolem je půdorysně zakřivený a tímto je vymezen průměr výškových úrovní. V každé výškové úrovní se nachází celkem 8 nosníků kolem. Nosník kolem slouží k propojení hlavních žeber a tímto ztužuje celou konstrukci. Nachází se mezi žebry a k žebru je připojen kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8. Ve výškové úrovni STŘECHA je nosník kolem vytvořen ze dvou dílců, které jsou následně na stavbě spojeny pomocí horizontálních plechů a spojovacích prostředků. Nosník kolem střecha má poloměr 3545 mm, uložen přímo na čelo žebra a zajištěn 2 vruty SFS WT-T-8,2x245. Nosník kolem je zatížen různými intenzitami zatížení, a proto byly navrženy různé průřezy a pevnosti.

### 2.3.3 **Nosník střed** (červená)

a) Nosník střed volný: Průřez 80x120 mm, GL24h
b) Nosník střed pod vyhlídkou: Průřez 160x280 mm, GL32h
c) Nosník střed 7NP: Průřez 100x160 mm, GL24h

Nosník střed je přímý prvek. Pomocí něho se propojuje vnější nosná konstrukce se vnitřním sloupovým jádrem. V každé výškové úrovni se nachází celkem 8 nosníků střed. V 2NP a 4NP se v půdorysu kombinují 2 typy nosníků střed, tj. a)+b) nebo a)+c), a to z důvodu umístění vyhlídkových plošin jen na části půdorysu.

Tam, kde není tento prvek zatížen je navržen průřez a). V místech vyhlídky, kdy je nosník střed zatížen reakcemi od nosníků vyhlídky, je navržen průřez b) a ve výškové úrovní 7NP (nejvyšší vyhlídková plošina) průřez c). Nosník střed je na obou koncích připojen kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8, 10.9 a to na jedné straně k žebru, a na druhé k ocelovému sloupu nebo vřetenu (8NP).

### 2.3.4 **Nosník vyhlídky** (zelená)

a) Nosník vyhlídka: Průřez 140x200 mm, GL24h
b) Nosník vyhlídka 7NP: Průřez 100x140 mm, GL24h

Nosník vyhlídka je přímý prvek. Je umístěn mezi nosníky střed. Přenáší zatížení z vyhlídkových plošin do nosníků střed a ty ho následně přenášejí do žeber. Tyto nosníky se nachází pouze ve výškových úrovních 2NP, 4NP a 7NP.

V 2NP je navrženo celkem 9 nosníků průřezu a), které jsou od sebe osově vzdáleny 840, 850, 850, 840 mm (směrem od středu ven).

V 4NP je navrženo celkem 6 nosníků průřezu a), které jsou od sebe osově vzdáleny 860, 850, 1220 mm (směrem od středu ven).

V 7NP je navrženo celkem 8 nosníků průřezu b).

Nosník vyhlídky je připojen k nosníkům střed kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M12, 4.8.

### 2.3.5 **Prstenec malý** (červenočerná)

Průřez SHS 40/40/2,5, S235

Prstenec malý je zakřivený prvek o poloměru 1460 mm. Je umístěn mezi vnitřní sloupy v každé výškové úrovni mimo 8NP a STŘECHU. Tento prvek propojuje sloupy a společně vytvářejí vnitřní jádro. Ke sloupům je přivařen pomocí plechu a koutového svaru.

### 2.3.6 **Sloup** (šedá)

Průřez SHS 150/150/10, S235

Sloupy jsou v půdoryse rozmístěny symetricky po kruhu a v konstrukci jich je celkem 8. Uložení je uvažováno kloubové. Na sloupy je přimontována schodnice a tak přenášejí polovinu zatížení od schodiště. Sloupové jádro ztužuje celou konstrukci. Celková délka sloupů je 19 600 mm. Pro každé patro je uvažován montážní dílec sloupového jádra, tzn. montážní spoj v každém patře pomocí vnitřního svařence a šroubů M20, 8.8.

### 2.3.7 **Vřeteno** (oranžová)

Průřez CHS 219,1/8, S235

K vřetenu jsou přimontovány schodišťové stupně a tak přenáší polovinu zatížení ze schodiště (druhá je přenášena schodnicí do sloupů). Uložení je uvažováno kloubové. Vřeteno je přímo propojené s vnější konstrukcí až ve výškové úrovni 8.NP, kdy jsou na něj napojeny nosníky střed a nepřímo je propojeno pomocí schodišťových stupňů. Je součástí uvažovaného montážního dílce vnitřního jádra a montážní spoj je v každém patře. Celková délka vřetena je 25 200 mm.

### 2.3.8 **Nosník krokev** (světle modrá)

Průřez 80x120 mm, GL24h

Nosník krokev je hlavním nosným prvkem střešní konstrukce. Přenáší zatížení, které působí na střešní plášť (sníh, vítr, do nosníku kolem průřezu c). Krokve jsou ve spádu 10° a na nosník kolem osedlány a zajištěny pomocí 2 vrutů SFS WT-T-8,2x245 mm. K vřetenu jsou připojeny kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8.

### 2.3.9 **Ztužidlo** (růžová)

Průřez CHS 76,1/4, S235

Celkem jsou na konstrukci navrženy 4 vertikální pásy ztužidel vždy ob pole mezi žebry. Ztužidla jsou připevněna k žebru pomocí plechu a šroubů M16, 8.8. Křížení ztužidel je provedeno pomocí styčníkového plechu a šroubu M16, 8.8.

#### 2.3.10 Schodiště a schodnice (okrová)

Podrobnější návrh a posouzení schodiště nebylo předmětem diplomové práce. Byla stanovena jen základní geometrie pro určení dispozičního řešení konstrukce. Uvažováno bylo schodiště ocelové levotočivé schodnicové. Schodišťové stupně jsou na jedné straně připevněny k vřetenu a na druhé straně do schodnice pomocí ocelových úhelníků, na které jsou uloženy. Stupně byly uvažovány z ocelových pororoštů. Výška schodišťového stupně je 175 mm a šířka schodišťového prostoru je 2920 mm. Schodiště je součástí vnitřního jádra a také montážního dílce. V celé konstrukci je dodržena minimální podchodná výška 2100 mm.

## 2.4 Kotvení

Veškeré kotvení k betonovému základu je realizováno jako kloubové pomocí ocelové patní desky a předem nebo dodatečně zabetonovaných kotevních šroubů.

### 2.4.1 Vřeteno

Patní deska z S235 tloušťky 10 mm je k betonovému základu přichycena pomocí dodatečně zabetonovaných šroubů 4Φ16, 4.8. Velikost podlití je 30 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 z oceli S235 o délce 100 mm. Vřeteno i kotevní zarážka jsou k patnímu plechu přivařeny koutovým svarem.

### 2.4.2 Sloup

Patní deska z S235 tloušťky 22 mm je k betonovému základu přichycena pomocí předem zabetonovaných šroubů 4Φ20, 4.8 s kotevní hlavou. Všechny 4 šrouby mají společnou kotevní hlavu - kotevní koš, který je propojen po obvodu pásovinou. Velikost podlití je 30 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 z oceli S235 o délce 100 mm. Sloup i kotevní zarážka jsou k patnímu plechu přivařeny koutovým svarem.

### 2.4.3 Žebro

Patní deska z S355 tloušťky 28 mm je k betonovému základu přichycena pomocí předem zabetonovaných šroubů 4Φ30, 6.8 s kotevní hlavou. Každý šroub má svoji kotevní hlavu o velikosti 100x100 mm. Velikost podlití je 40 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 s oceli S235 o délce 100 mm. Kotevní zarážka je k patnímu plechu přivařena koutovým svarem. Žebro je

k patnímu plechu připojeno pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M20, 10.9.

## 2.5 Založení stavby

Stavba bude založena na betonových patkách a doplněna mikropilotami. Podrobnější návrh a posouzení není předmětem diplomové práce.

## 2.6 Materiál

Konstrukce vyhlídkové věže je převážně tvořena z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h a GL32h. Ocelové prvky jsou konstrukce navrženy z pevnostní třídy S235, styčníkové plechy z pevnostní třídy S235 a S355. Dále pak svorníky, které jsou z pevnostní třídy 4.8, 6.8, 8.8 a 10.9.

## 2.7 Výroba konstrukce

Výroba konstrukce proběhne ve specializovaném závodě na výrobu lepených lamelových prvků. Prvky přímé se z lepeného lamelového dřeva vyrobí z dřevěných lamel tloušťky 40 - 50 mm, ostatní zakřivené prvky musí splnit podmínku $r_{in}/t > 150$, kde t je tloušťka lamely. Po zhotovení lepených lamelových prvků se provede impregnace.

## 2.8 Doprava

Aby bylo možné jednotlivé prvky dopravit na staveniště, byly na některých z prvků (sloup, vřeteno, žebro) navrženy montážní spoje.

## 2.9 Postup montáže

Před montáží samotné vyhlídkové věže je potřeba, aby byly již zhotoveny základové konstrukce a zkontrolováno osazení předem zabetonovaných kotevních šroubů. Montáž je nutno provádět pomocí jeřábu. Konstrukce musí být po celou dobu montáže stabilizována. Zajištění provedeno pomocí provizorních kotevních lan.

Postup:

a) Montáž jednotlivých dílců vnitřního sloupového jádra do jednoho celku a osazení na základovou konstrukci
b) Přimontování nosníků střed k vnitřnímu sloupovému jádru
c) Montáž jednotlivých dílců žebra a následné osazení žeber na základovou konstrukci, vždy jedno a následně osazeno druhé protilehlé žebro, aby byla zabezpečena stabilita
d) Montáž nosníků kolem na žebra, v pořadí výškových úrovní STŘECHA, 1NP, 7NP, 4NP, 8NP, 2NP, 6NP, 3NP a 5NP
e) Montáž ztužidel
f) Během prací se postupně osazují nosníky vyhlídky a souběžně připevňuje podlaha
g) Montáž střešního pláště
h) Osazení bezpečnostního vybavení

## 2.10 Ochrana konstrukce

### 2.10.1 Ochrana dřevěných prvků

Všechny prvky dřevěné konstrukce se opatří ochrannou vrstvou biotičtím škůdcům. Dále opatření vícevrstvým nátěrem lazury dle třídy prostředí. Barva nátěru dle požadavků investora. Ochrana musí splňovat požadavky na působení rostlého i lepeného lamelového dřeva v daném prostředí.

### 2.10.2 Ochrana ocelových prvků

Ocelové prvky včetně spojovacích prostředků je nutné chránit před korozí, proto je navržena ochrana žárovým zinkováním.

## 2.11 Závěr

V rámci diplomové práce byla navržena konstrukce vyhlídkové věže o výšce 25,725 m v kruhovém půdorysném tvaru. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m.

Tato konstrukce byla vymodelována do programu Scia Engineer. Bylo zadáno zatížení, určena kombinace pro mezní stav únosnosti a použitelnosti. Následně byly vyhodnoceny vnitřní síly v jednotlivých prvcích konstrukce. Prvky byly dimenzovány

na největší vzniklé vnitřní síly a posuzovány programem Scia Engineer a částečně ručně v souladu s aktuálními platnými normami.

# 3 POUŽITÉ DOKUMENTY, SOFTWARE A ZKRATKY

## 3.1 Normativní dokumenty

Konstrukce dřevo-ocelové vyhlídkové věže byla navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990 Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód: Zatížení konstrukcí - Část 3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód: Zatížení konstrukcí - Část 4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

## 3.2 Software

- Nemetschek Group: Scia Engineer 15.1
- Autodesk: AutoCAD 2017
  - Microsoft Corp.: MS Word 2010, MS Excel 2010

## 3.3 Literatura

- prof. Ing. Milan Holický, doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D. Dr.Sc, Zatížení stavebních konstrukcí, příručka k ČSN EN 199, Praha 2010, str. 132

- Ing. Jaromír Král, CSc., Odborné posouzení: Ing. Michael Trnka, CSc., Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010, str. 11
- Dr. Ing. Volker Krämer, český překlad Bohumil Koželouh, Dřevěné konstrukce, příklady a řešení podle ČSN 73 1702, Praha, str. 318
- doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., prof. Ing. Jiří Studnička, DrSc., Dřevěné a kovové konstrukce pro SPŠ stavební, Praha 2006, str. 187
- Ing. Jan Vaněrek, Ph.D. a kolektiv, Kovové a dřevěné materiály, Modul M01, Brno 2016, str. 127
- Ing. Karel Sýkora, Kovové a dřevěné konstrukce, Modul M04, Dřevěné konstrukce, Brno 2009, str. 64
- Doc. Ing. Marcela Karmazínová, Csc., Prvky kovových konstrukcí, Modul M02, Spoje kovových konstrukcí, Brno 2005, str. 48

## 3.4 Internetové zdroje

- Mapa oblasti: www.google.cz/maps
- SFS intec - vruty: https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf

## 3.5 Použité zkratky

### 3.5.1 Malá písmena

| | |
|---|---|
| $a$ | *účinná výška svaru* |
| $b$ | *šírka průřezu* |
| $b_{ef}$ | *efektivní šířka průřezu* |
| $c_{dir}$ | *součinitel směru větru* |
| $c_e$ | *součinitel expozice* |
| $c_i$ | *tepelný součinitel* |
| $C_{net}$ | *součinitel tlaku* |
| $c_{r(z)}$ | *součinitel drsnosti terénu* |

| | |
|---|---|
| $c_{season}$ | *součinitel ročního období* |
| $d$ | *průměr* |
| $d_0$ | *průměr otvoru* |
| $f$ | *frekvence* |
| $f_{c,0,g,d}$ | *návrhová pevnost GL v tlaku rovnoběžně s vlákny* |
| $f_{c,0,g,k}$ | *charakteristická pevnost LLD v tlaku rovnoběžně s vlákny* |
| $f_{c,90,d}$ | *návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům* |
| $f_{c,90,g,d}$ | *návrhová pevnost GL v tlaku kolmo k vláknům* |
| $f_{c,90,g,k}$ | *charakteristická pevnost GL v tlaku kolmo k vláknům* |
| $f_{c,90,k}$ | *charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům* |
| $f_d$ | *návrhové zatížení* |
| $f_{g,k}$ | *charakteristické hodnota od stálého zatížení* |
| $f_{h,0,k}$ | *charakteristiká pevnost v otaleční v dřevěném prvku* |
| $f_{m,d}$ | *návrhová pevnost v ohybu* |
| $f_{m,g,d}$ | *návrhová pevnost GL v ohybu* |
| $f_{m,g,k}$ | *charakteristická pevnost GL v ohybu* |
| $f_{m,k}$ | *charakteristická pevnost v ohybu* |
| $f_{q,k}$ | *charakteristická hodnota od proměnného zatížení* |
| $f_{t,0,g,d}$ | *návrhová pevnost GL v tahu rovnoběžně s vlákny* |
| $f_{t,0,g,k}$ | *charakteristická pevnost GL v tahu rovnoběžně s vlákny* |
| $f_u$ | *charakteristická hodnota pevnosti oceli v tahu* |
| $f_{ub}$ | *charakteristická hodnota pevnosti šroubu v tahu* |
| $f_{v,d}$ | *návrhová pevnost ve smyku* |
| $f_{v,g,d}$ | *návrhová pevnost GL ve smyku* |
| $f_{v,g,k}$ | *charakteristická pevnost GL ve smyku* |
| $f_{v,k}$ | *charakteristická pevnost ve smyku* |

| | |
|---|---|
| $f_{w,k}$ | *charakteristická hodnota od zatížení větrem* |
| $f_{w,s,k}$ | *charakteristická hodnota od zatížení větrem na zastíněné straně* |
| $f_y$ | *charakteristická hodnota meze kluzu oceli* |
| $h$ | *výška průřezu* |
| $i_y$, $i_z$ | *poloměr setrvačnosti* |

### 3.5.2 Velká písmena

| | |
|---|---|
| $A$ | *plocha* |
| $A_{kont}$ | *kontaktní plocha* |
| $A_v$ | *smyková plocha* |
| $C_d$ | *pružný odpor* |
| $E_{0,05}$ | *5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny* |
| $E_{0,mean}$ | *střední hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny* |
| $F$ | *svislá síla* |
| $F_{ax,\ Rk}$ | *charakteristická osová únosnost na vytažení spoj. prostředku* |
| $F_{b,\ Rd}$ | *návrhová únosnost šroubu v otlačení* |
| $F_{v,Rd}$ | *návrhová únosnost šroubu ve střihu* |
| $F_{v,Rk}$ | *charakteristická únosnost šroubu ve střihu* |
| $H$ | *vodorovná síla* |
| $I_c$ | *moment setrvačnosti tlačené části průřezu* |
| $I_y$, $I_z$ | *moment setrvačnosti průřezu* |
| $L$ | *délka svaru* |
| $L_{cr}$ | *vzpěrná délka* |
| $M_{pl,Rd}$ | *plastický moment únosnosti* |
| $M_x$, $M_y$, $M_z$ | *ohybový moment* |

| | |
|---|---|
| $M_{y,Rk}$ | *charakteristický plastický moment únosnosti spoj. prostředku* |
| $N$ | *normálová síla* |
| $N_{b,Rd}$ | *vzpěrná únosnost* |
| $N_E$, $N_{cr}$ | *kritická Eullerova síla* |
| $N_{t,Rd}$ | *návrhová únosnost v tahu* |
| $R_x$, $R_y$, $R_z$ | *reakce* |
| $V_{pl,Rd}$ | *plastická smyková únosnost* |
| $V_y$, $V_z$ | *posouvající síly* |
| $W_t$ | *torzní modul průřezu* |
| $W_y$, $W_z$ | *modul průřezu* |
| $W_{y,pl}$, $W_{z,pl}$ | *plastický modul průřezu* |
| $ZŠ$ | *zatěžovací šírka* |

### 3.5.3 Řecká písmena

| | |
|---|---|
| $\alpha_1$ | *součinitel imperfekce* |
| $\beta_c$ | *součinitel imperfekce* |
| $\beta_w$ | *korelační součinitel pro svary* |
| $\gamma$ | *objemová tíha* |
| $\gamma_G$ | *součinitel pro stálé zatížení* |
| $\gamma_{M,i}$ | *součinitel materiálu* |
| $\gamma_Q$ | *součinitel pro proměnného zatížení* |
| $\lambda_{m,rel}$ | *poměrná štíhlost v ohybu* |
| $\lambda_{rel,y}$, $\lambda_{rel,z}$ | *poměrná štíhlost* |
| $\lambda_y$, $\lambda_z$ | *štíhlost* |
| $\mu_i$ | *tvarový součinitel zatížení sněhem* |

| | |
|---|---|
| $\rho_{vzd}$ | *měrná hmotnost vzduchu* |
| $\sigma$ | *pevnost v tlaku (tahu)* |
| $\tau$ | *pevnost ve smyku* |
| $\chi$ | *součinitel vzpěrnosti* |

# 4 SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1 Mapa oblasti* ..... 4
*Obr. 2 Detail oblasti* ..... 5
*Obr. 3 Dron DJI Phantom 3* ..... 5
*Obr. 4 Pohled na Jindřichovu skálu* ..... 6
*Obr. 5 Pohled na jihozápad* ..... 6
*Obr. 6 Výhled na zříceninu Valdek* ..... 7
*Obr. 7 Zřícenina hradu Valdek* ..... 7
*Obr. 8 Schéma konstrukce a půdorysy vyhlídkových plošin* ..... 8
*Obr. 9 Výpočtový model* ..... 9