



# 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

## ZIMNÍ STADION V OLMOUCI

WINTER STADIUM IN OLMOUC

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

Bc. Lucie Tomčíková

AUTHOR

### VEDOUCÍ PRÁCE

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Lucie Tomčíková
<b>Název</b>	Zimní stadion v Olomouci
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

1. Výkresová dokumentace stávající ocelové konstrukce
2. Evropské technické normy pro navrhování ocelových konstrukcí
3. Literatura podle pokynů vedoucí diplomové práce

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Vypracujte přepočet a variantní statický a konstrukční návrh stávající ocelové konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o celkových rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů, tj. především ledního hokeje.

Statický přepočet vypracujte s ohledem na aktuálně platné evropské normativní dokumenty.

V rámci nového návrhu vypracujte varianty řešení a pro zvolenou variantu technickou zprávu, podrobný statický výpočet a výkresovou dokumentaci v rozsahu podle pokynů vedoucí diplomové práce.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Náplní diplomové práce je přepočítání a variantní řešení střešní konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů.

Cílem je navržení dvou variant a detailnější řešení výhodnější varianty.

Ocelová konstrukce je vyrobena z oceli pevnostní třídy S355. Výpočty jsou zpracovány podle platných norem ČSN EN.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Ocelová konstrukce, zastřešení, zatížení větrem, zatížení sněhem, statický přepočítání, posouzení.

## **ABSTRACT**

The content of the bachelor thesis is static verification and the design of two options of a roofing of the winter stadium in Olomouc. The object has a rectangular plan of dimension 68 x 100 m, the minimum clearance is given by requirements of the operation of winter sports.

Steel construction is made of steel strength class S355. The calculations are made according to valid norms ČSN EN.

## **KEYWORDS**

Steel construction, roofing, wind load, snow load, static verification, evaluation.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Lucie Tomčíková *Zimní stadion v Olomouci*. Brno, 2019. 18 s., 186 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Zimní stadion v Olomouci* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 12. 2019

---

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Zimní stadion v Olomouci* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 12. 2019

---

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala paní prof. Ing. Marcele Karmazínové, CSc. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a odborné jednání při konzultacích.

V Brně dne 10. 12. 2019

---

Bc. Lucie Tomčíková

autor práce

## **OBSAH PRÁCE**

- 01 Titulní list
- 02 Zadání VŠKP
- 03 Abstrakt, klíčová slova
- 04 Bibliografická citace VŠKP
- 05 Prohlášení o původnosti práce
- 06 Prohlášení o shodě listinné a elektronické VŠKP
- 07 Poděkování
- 08 Obsah práce, seznam příloh
- 09 Technická zpráva
- 10 Seznam použité literatury
- 11 Seznam použitých zkratk a symbolů

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- P1 Statický výpočet – 1 varianta
- P2 Statický výpočet – 2 varianta
- P3 Statický výpočet – stávající stav
- P4 Výkresová dokumentace





# 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

## ZIMNÍ STADION V OLOMOUCI

WINTER STADIUM IN OLOMOUC

## TECHNICKÁ ZPRÁVA

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

Bc. Lucie Tomčíková

AUTHOR

### VEDOUCÍ PRÁCE

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2020

# Obsah

1	Všeobecné informace.....	3
2	Srovnání variant.....	3
3	Použité normativní dokumenty.....	4
4	Použitý materiál.....	4
5	Zatížení konstrukce .....	4
5.1	Stálé zatížení.....	5
5.2	Proměnné zatížení .....	5
6	Konstrukční řešení.....	5
7	Povrchová úprava konstrukce .....	6
8	Montáž a výroba .....	6
9	Statické řešení.....	7
10	Výkaz materiálu .....	7
11	Závěr .....	7

## 1 Všeobecné informace

Předmětem řešení diplomové práce je přepočítání a variantní řešení střešní konstrukce zimního stadionu v Olomouci. Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 68 x 100 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných zimních sportů. Střešní konstrukce je uložena na stávajících ocelových sloupech.

Jsou navrženy dvě varianty řešení střešní konstrukce. První varianta řešení střešní konstrukce zimního stadionu je redukováná příhradová deska, výšky 4,0 m, všechny pruty, horní a dolní pás i diagonály jsou tvořeny trubkami rozdílných rozměrů. Všechny spoje jsou řešeny pomocí kulových styčníků. Tato varianta byla zvolena za vhodnější a je detailněji zpracována.

Druhá varianta je složena z příhradových vazníků, v úrovni horních pásů ztužena ztužidly. Všechny pruty, horní a dolní pás, diagonály, svislíce i ztužidla jsou tvořeny průřezy kruhového průřezu rozdílných rozměrů.

Zimní stadion se nachází v Olomouci, stávající konstrukce byla navržena roku 1967. Střešní konstrukce je plná příhradová deska tvořená pruty kruhového průřezu.

Výpočet vnitřních sil byl proveden pomocí softwaru SCIA Engineer 19.1 a výpočty jsou zpracovány podle platných norem ČSN EN.

## 2 Srovnání variant

	VARIANTA 1	VARIANTA 2	STÁVAJÍCÍ STAV
Hmotnost [kg]	199 604,0	341 982,0	261 499,9
Hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	29,35	50,29	38,46
Nátěrová plocha [m <sup>2</sup> ]	4878,5	5414,5	6040,5
Průhyb [mm]	36,6	62,6	43,7
Množství průřezů	5	9	7
Estetika	✓	✗	

V druhé variantě vycházejí větší průřezy a je náročnější na parametry střešního pláště, z důvodu osové vzdálenosti horních pásů o délce 8 m. Za vhodnější variantu byla zvolena varianta 1, redukováná příhradová deska.

### 3 Použité normativní dokumenty

Nová střešní konstrukce je navržena v souladu s těmito normativními předpisy:

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

### 4 Použitý materiál

Pro veškeré prvky nosné konstrukce, pruty i styčnickové koule, je použita ocel standardní pevnosti S355. Základní charakteristiky:

- Mez kluzu:  $f_y = 355 \text{ MPa}$
- Mez pevnosti:  $f_u = 490 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti v tahu a tlaku:  $E = 210 \text{ GPa}$
- Modul pružnosti ve smyku:  $G = 81 \text{ GPa}$

### 5 Zatížení konstrukce

Zatížení na střešní konstrukci zimního stadionu je stanoveno podle normy ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí.

## 5.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha redukované příhradové desky je určena pomocí softwaru SCIA Engineer 19.1. Druhý zatěžovací stav je ostatní stálé zatížení, zde je započítána tíha střešního pláště hodnotou  $0,1075 \text{ kN/m}^2$  zadané jako volné zatížení na plochu a v místě prosvětlovacích panelů, šachovnicově každé druhé oko, hodnotou  $0,047 \text{ kN/m}^2$ , také jako zatížení na plochu.

Dále je započítána tíha multimediální kostky, jejíž hmotnost je 2 tuny a je umístěna nad středem ledové plochy. Je zadaná jako dvě bodové zatížení na uzel, v každém uzlu o hodnotě 10 kN.

Poslední zatížení, které je uvažováno jako stálé, je dáno tíhou technického zařízení, osvětlení a rozvodů, které je odhadnuto na hodnotu  $0,8 \text{ kN/m}^2$ .

## 5.2 Proměnné zatížení

Užitné zatížení je uvažované pro střechu kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Je zadané plošným zatížením  $0,75 \text{ kN/m}^2$  na ploše  $10 \text{ m}^2$  a bodovým zatížením 1 kN.

Klimatické zatížení sněhem je dáno charakteristickou hodnotou  $1,0 \text{ kN/m}^2$  pro sněhovou oblast II.

Klimatické zatížení větrem je vypočítané ručním výpočtem a v softwaru SCIA Engineer 19.1 vygenerované generátorem na 3D model. Následně je ověřena shodnost hodnot generátoru s ručním výpočtem. Vítr je uvažován pro větrnou oblast I. a kategorii terénu III. se základní rychlostí větru  $22,5 \text{ m/s}$ . Jelikož se jedná o plochou střechu, tak je uvažováno pouze sání, tlak větru se zanedbává.

# 6 Konstrukční řešení

Průřezy prutů jsou napříč střešní konstrukcí odstupňovány. Všechny pruty jsou z oceli S355. Všechny spoje jsou řešeny pomocí kulových styčníků, s procházejícím dolním, případně horním pásem a ostatní pruty jsou na kulový styčník přivařeny.

Použité průřezy:

- TR  $\Phi 114,3/5,0 \text{ mm}$  - horní pás

- TR  $\Phi 114,3/5,0$  mm - horní pás 1
- TR  $\Phi 114,3/5,0$  mm - horní pás 2
- TR  $\Phi 114,3/6,3$  mm - dolní pás
- TR  $\Phi 139,7/8,0$  mm - dolní pás 1
- TR  $\Phi 193,7/8,0$  mm - dolní pás 2
- TR  $\Phi 114,3/5,0$  mm - diagonála
- TR  $\Phi 114,3/5,0$  mm - diagonála 1
- TR  $\Phi 139,7/5,0$  mm - diagonála 2

Použité kulové styčníky:

- Kulový styčník 280/10
- Kulový styčník 380/12
- Kulový styčník 400/14

K opláštění střešní konstrukce budou použity střešní panely KINGSPAN KS1000 TOP-DEK o tloušťce 100 mm a délce 4 m a v místě redukce desky prosvětlovací panely KINGSPAN KS1000 WL o tloušťce 38 mm a délce taktéž 4 m. Všechny panely mají modulovou šířku 1 m a jsou spojeny po 500 mm spojovacími prostředky. Panely splňují požadavky na únosnost i tepelně technické požadavky.

## 7 Povrchová úprava konstrukce

Všechny dílce budou opatřeny antikoročním nátěrem při výrobě. Druhý nátěr se provede po montáži, z důvodu poškození při přepravě a montáži. Poté se střešní konstrukce natře protipožárním nátěrem, a nakonec krycím nátěrem barvy zvolené na základě požadavků investora.

## 8 Montáž a výroba

Konstrukce bude rozdělena vždy na 5 dílů v příčném směru. Dolní a horní pásy procházejí kulovými styčníky. V místě napojení procházejících pásů se pruty svaří mezi polovinami kulového styčníku a ty se následně nad svarem pásů svaří. Jestliže se budou přivařovat dolní pásy různých rozměrů, tak z důvodu velkých rozdílů průměrů se musí pásy přivařit

na příložku minimální tloušťky 15 mm. Na stavenišťě se dopraví předpřipravené trojúhelníkové „vazníky“. Dílce se budou osazovat na montážní podpěry z důvodu zachování tuhosti konstrukce. Nejprve se svaří dílce v příčném směru a následně se zajistí tuhost přivařením prutů v podélném směru. Poté se přivaří zbylé diagonály. Nakonec se zkontroluje geometrie a na kulové styčníky se osadí tzv. „židličky“, na které se upevní střešní panely KINGSPAN po celé ploše střechy a které zajistí výsledný sklon střechy 0,5 %.

## 9 Statické řešení

Konstrukce zimního stadionu byla modelována v softwaru SCIA Engineer 19.1. Prostorová konstrukce je složená z prutů. Byl zvolen lineární výpočet pro analýzu střešní konstrukce. Aby bylo možné použít funkce 3D vítr a zadávat zatížení přímo na plochu, tak byla vymodelována deska. Střešní konstrukce je podepřena pevnými klouby.

## 10 Výkaz materiálu

Celková hmotnost konstrukce tvoří 199 604,0 kg.

## 11 Závěr

Dimenzování průřezů a všechny výpočty jsou provedeny dle platných norem.

## Seznam použité literatury

1. ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí* – Praha: Český normalizační institut, 2004
2. ČSN EN 1991-1-1 *Zatížení konstrukcí – část 1-1: obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004
3. ČSN EN 1991-1-3 *Zatížení konstrukcí – část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005
4. ČSN EN 1991-1-4 *Zatížení konstrukcí – část 1-4: obecná zatížení – zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007
5. ČSN EN 1993-1-1 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2006
6. ČSN EN 1993-1-8 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006
7. LORENZ, Karel. *Navrhování nosných konstrukcí*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2015. ISBN 978-80-87438-65-7.



## Seznam použitých zkratk a symbolů

### Velká písmena

$A$	plocha průřezu
$A_{ref,x}$	referenční plocha
$E$	Youngův modul pružnosti
$G$	modul pružnosti ve smyku
$I_y$	moment setrvačnosti k ose y
$I_z$	moment setrvačnosti k ose z
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
$M_{Ed,y}$	návrhový ohybový moment k ose y-y
$M_{Ed,z}$	návrhový ohybový moment k ose z-z
$M_{y,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu k ose y-y
$M_{z,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu k ose z-z
$N_{Ed}$	návrhová osová síla
$N_{Rd}$	návrhová únosnost při působení osově síly
$W_{y,eff}$	účinný pružný průřezový modul

### Malé písmena

$b$	šířka konstrukce
$c_{dir}$	součinitel směru
$c_{season}$	součinitel ročního období
$d_{tot}$	hloubka konstrukce
$f_u$	mez pevnosti
$f_y$	mez kluzu
$k_\sigma$	součinitel kritického napětí
$v_b$	základní rychlost větru
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
$w$	průhyb

### Malá řecká písmena

$\alpha$	klasifikační součinitel
$\gamma_{M0}$	součinitel únosnosti průřezů kterékoliv třídy
$\gamma_{M1}$	součinitel průřezů při posuzování stability prutů
$\gamma_{M2}$	součinitel průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu
$\varepsilon$	součinitel závisející na $f_y$
$\bar{\lambda}_p$	poměrná štíhlost
$\sigma$	napětí
$\Psi$	poměr koncových momentů na posuzovaném úseku