



# 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

# ZASTŘEŠENÍ ZIMNÍHO STADIONU V JIHLAVĚ

ROOFING OF THE WINTER STADIUM IN JIHLAVA

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michaela Mátlová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Michaela Mátlová
<b>Název</b>	Zastřešení zimního stadionu v Jihlavě
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## PODKLADY A LITERATURA

Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití.

Bujňák, J. a Vičan, J.: Navrhovanie ocelových konštrukcií, Žilinská univerzita v Žiline, 2012.

Ferjenčík, P. a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť + 2. časť, ALFA Bratislava / SNTL Praha, 1986.

Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL / ALFA, Praha, 1985.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

a další související normy a technické dokumenty.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte statický návrh nosné ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jihlavě. Půdorysné rozměry zastřešeného prostoru budou přibližně 60 × 100 metrů. Konstrukce bude navržena na účinky klimatických zatížení odpovídajících umístění stavby v Jihlavě. Výstupem práce bude statický výpočet hlavních prvků nosné konstrukce, výkresová dokumentace (dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů) a technická zpráva.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je návrhu a statickému posouzení nové nosné ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jihlavě. Stávající objekt má nepravidelný půdorys a výška ŽB sloupů je 12m. Nová ocelová konstrukce byla navržena na šířku 60m a délku 96m. Nosný systém je tvořen prostorovými příhradovými vazníky se zakřivenými pásy a válcovanými HEA vaznicemi. Hlavní nosné prvky jsou z oceli S355.

## **Klíčová slova**

zimní stadion, prostorový příhradový vazník, válcované vaznice, ocelová konstrukce

## **ABSTRACT**

The aim of bachelor thesis is the design and check of the new steel (load-bearing) structure of the roofing of the winter stadium in Jihlava. The existing building has a irregular plan and the height of the columns is 12m. The new steel structure was designed with a width of 60m and a length of 96m. The load-bearing system consists of a spatial truss girder and rolled IPE purlins. The main load-bearing elements are made of S355 steel.

## **KEYWORDS**

winter stadium, spatial truss girder, rolled purlin, steel structure

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Michaela Mátlová *Zastřešení zimního stadionu v Jihlavě*. Brno, 2018. 16s., 99 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

---

Michaela Mátlová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat především svému vedoucímu práce, za cenné rady a pevné nervy, dále pak svému otci, který se rád podělil o své znalosti z praxe. Také bych chtěla poděkovat svojí mamce a partnerovi, za to že důvěru ve mně a byli mi velkou oporou.

## **OBSAH**

A – ZADÁNÍ, TECHNICKÁ ZPRÁVA

B – STATICKÝ VÝPOČET

C – PŘÍLOHY

D – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [2] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [3] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [4] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro podzemní stavby*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [5] ČSN EN 1993-1-3 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné materiály za studena tvarované prvky a plošné profily*, Český normalizační institut, 2008
- [6] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*, Český normalizační institut, 2006
- [7] PILGR M. *Kovové konstrukce – Podklady pro navrhování prvků ocelových konstrukcí* [online] [cit. 2018-05-25] Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/studijni-materialy/PilgrM-PrvkyKK-2018.pdf>
- [8] Skladba střechy zimního stadionu. [online] [cit. 2018-05-25] Dostupné z: <http://www.dek.cz>
- [9] Trapézový plech. [online] [cit. 2018-05-25] Dostupné z: <http://www.vikampraha.cz>
- [10] Mapa sněhových konstrukcí. [online] [cit. 2018-05-25] Dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz>
- [11] Ocelářské tabulky. [online] [cit. 2018-05-25] Dostupné z: <http://www.staticstools.eu/cs/profile-chs/CHS+101.6x8/mm/show>



# 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

## ZASTŘEŠENÍ ZIMNÍHO STADIONU V JIHLAVĚ

ROOFING OF THE WINTER STADIUM IN JIHLAVA

## A- TECHNICKÁ ZPRÁVA

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michaela Mátlová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2018

## Obsah

1	Úvod .....	3
2	Použité podklady a literatura .....	3
	Soupis použitých norem .....	3
3	Spodní stavba, základy .....	3
4	Svislé nosné konstrukce .....	4
5	Vodorovné nosné konstrukce .....	4
5.1	Vaznice .....	4
5.2	Vazník .....	4
5.3	Ztužidla .....	4
6	Zatížení a statický výpočet .....	5
7	Výpočtový model .....	5
8	Materiál a povrchová úprava .....	6
9	Zvláštní a neobvyklá konstrukční řešení, detaily .....	6
10	Limitující a ovlivňující technologické podmínky .....	6
11	Zásady provádění .....	6
12	Závěr .....	7

## 1 Úvod

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení nového zastřešení Horáckého zimního stadionu v Jihlavě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 69×60 m s výškou stávajících žb. sloupů 12 m. Budova přiléhající na prostor zimního stadionu má tři nadzemní podlaží. V jedné z navržených architektonických studií na rekonstrukci se uvažuje dostavění 4NP. Tím se docílí jednotného zastřešení jak zimního stadionu, tak přiléhající budovy. Tato varianta byla zvolena jako podklad pro řešení zastřešení zimního stadionu v rámci bakalářské práce.

Stávající konstrukční řešení střechy se skládá z ocelových příhradových vazníků girlandového tvaru se spodními táhly s prolomenou horní pásnicí a z girlandových vaznic. Stávající nosná konstrukce bude snesena a nahrazena novou nosnou ocelovou konstrukcí. Zimní stadion slouží pro trénink a soutěžní zápasy hokejového klubu.

Nová konstrukce je navržena jako ocelová, hlavní nosné prvky tvoří příhradové prostorové vazníky, na které jsou uloženy válcované vaznice průřezu HEA. Štítová (čelní) stěna je zaoblená a obě krajní štítová pole jsou tvořena příhradovými vaznicemi.

## 2 Použité podklady a literatura

Výkresová dokumentace stávající budovy byla vypracována firmou AS PROJECT CZ s.r.o. Studii pro postupnou rekonstrukci zpracovali Ing. arch. Antonín Buchta, a Ing. Vladimír Žák jr.

Soupis použitých norem

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [2] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [3] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [4] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro podzemní stavby*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [5] ČSN EN 1993-1-3 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné materiály za studena tvarované prvky a plošné profily*, Český normalizační institut, 2008
- [6] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnic*, Český normalizační institut, 2006

## 3 Spodní stavba, základy

Není předmětem této části projektu, která řeší pouze ocelové konstrukce nového zastřešení. Železobetonový skelet a založení bude případně posouzeno v samostatné projekční části.

## 4 Svislé nosné konstrukce

Svislé konstrukce spodní stavby žb. skeletu nejsou součástí této části projektu. Předpokládá se opláštění sendvičovými PUR panely, případně jako štitové stěny s paždíkovým rastroem a prosklením.

## 5 Vodorovné nosné konstrukce

Vzhledem ke stáří přiléhající budovy, charakteru a členění stavby budou vodorovné nosné konstrukce pravděpodobně tvořeny monolitickou žb. deskou.

Zastřešený prostor s vnitřní ledovou plochou nemá stropní konstrukci. Nové zastřešení je navrženo v obloukovém tvaru s nadvýšením 1,8 m. Pohledovým materiálem příhradové konstrukce jsou ocelové trubky bezešvé.

### 5.1 Vaznice

Vaznice jsou navrženy z profilu HEA200 z oceli třídy S355 v osově vzdálenosti 3m. Vaznice je konstruována jako prostý nosník o délce 4m a 8m. Vaznice jsou na vazníky uloženy pomocí profilu U, který je přivařen na horní pás příhradového prostorového vazníku.

Vaznice jsou součástí ztužujícího systému. Předpokládá se dostatečné příčné ztužení vaznic pomocí trapézového plechu, který bude k vaznici připojen v každé vlně pomocí samořezných šroubů TEX. Přesto jsou vaznice posouzeny na vliv vzpěru bez uvážení stabilizace trapézovým plechem.

Příhradová vaznice je umístěna v krajním štitovém poli v osově vzdálenosti 3m. Horní pas je tvořen profilem HEA200 a vertikálně navazuje na plnostěnné vaznice. Spodní pas a diagonály jsou opět z trubkových profilů.

### 5.2 Vazník

Příhradový prostorový vazník má tvar úseče kružnicového oblouku o rozpětí 60 m s nadvýšením 1,8 m. Celá konstrukce je tvořena sedmi příčnými vazbami s osovou vzdáleností 12m. Kvůli přepravě je vazník rozdělen na tři dílce, mezi kterými jsou navrženy montážní šroubové spoje. Styčnickové spoje jsou svařované a to průběžným svarem po obvodu průniku trubkových ploch.

Profily navržené pro konstrukci vazníku:

Horní pas	střed	TR 273,0x16
	kraj	TR 273,0x14,2
Dolní pas		TR 273,0x16
Svislice	střed	TR 139,7x10,0
	kraj	TR 168,3x10,0
Diagonály	střed	TR 88,9x5,0
	kraj	TR 144,3x6,0

### 5.3 Ztužidla

Svislé podélné příhradové ztužidlo je navrženo po vzdálenostech 18-24-18 m. Je uchycené k hornímu a dolnímu pásu příhradového prostorového vazníku. Zajišťuje stabilitu celé konstrukce. Spojení ztužidel s vazníky je řešeno šroubovým spojem přes styčnickové plechy.

Příčné střešní ztužidlo je umístěno v krajních polích, vždy mezi dvěma krajními příhradovými prostorovými vazníky. Je tvořeno diagonálními pruty připevněnými kloubově a dále svislicemi ve formě vaznic a pásy, které tvoří pásy obloukových vazníků, spolu s jejich vlastním ztužením.

Příčné ztužidlo ve štítových polích je navrženo pro zajištění stability dolních a horních pasů příhradové vaznice.

## 6 Zatížení a statický výpočet

Ve výpočtu stálého zatížení je zahrnuta tíha střešního pláště, jehož skladbu tvoří hydroizolační fólie z PVC-P DEKPAN 76k o tloušťce 1,5 mm, minerální vata DEKWOOL DWr o tloušťce 80 mm, minerální vata DEKWOOL DWr o tloušťce 140 mm, parozábrana SUNFLEX Roof-IN PLUS a trapézový plech TR 150/280/0,75 a dále ostatní stálé zatížení (osvětlení, VZT, lávky pro revize), multimediální kostka a vlastní tíha, která byla vygenerovaná pomocí výpočtového programu RFEM Dlubal software.

Zatížení sněhem je počítáno pro oblast Jihlava, kde je charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi  $s_k = 1,32$  kPa. Ve výpočtu je uvažovaný sníh rovnoměrný (plný) a naváty (zleva, zprava).

Zatížení větrem je počítáno pro větrnou oblast II. a kategorii terénu III (Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážky). Základní rychlost větru činí  $v_{b,0} = 25$  m/s. Uvažuje se s podélným a příčným větrem na střechu a stěny, s vnitřním tlakem větru ani třením větru není uvažováno.

Součinitelé zatížení uvažované při výpočtu:

Typ zatížení	Druh působení	$\gamma$
Stálá zatížení	nepříznivě	1,35
	příznivě	1,0
Proměnná zatížení	nepříznivě	1,5
	příznivě	0

Pro požární situaci nebyla konstrukce posuzována, protože není stanovena požární odolnost požární zprávou.

## 7 Výpočtový model

Výpočtový model byl vytvořen v programu RFEM vhodný pro 3D analýzu metodou konečných prvků. Program umožňuje rychlé a snadné modelování konstrukcí, posouzení statiky a navrhování rovinných i prostorových konstrukcí, které se skládají z prutů, desek, stěn, skořepin a těles.

RFEM určuje deformace, vnitřní síly, napětí i podporové reakce. Pomocí přídatného modulu pro ocelové a hliníkové konstrukce RF-/STEEL EC3 bylo pak provedeno posouzení na mezní stav únosnosti podle norem.

## 8 Materiál a povrchová úprava

Všechny hlavní nosné prvky konstrukce jsou navrženy z oceli třídy S355, přičemž trubky jsou použité bezešvé.

Trapézový plech má od výrobce deklarovanou standardní povrchovou úpravu polyesterovým a ochranným lakem a dále je opatřen antikondenzační úpravou rubabsorb.

Protikorozní ochrana a všechny nátěry musí být provedené podle platných norem a bude upřesněna podle požadavků investora. Je nutné dodržet tloušťku jednotlivých vrstev pro agresivitu daného prostředí.

## 9 Zvláštní a neobvyklá konstrukční řešení, detaily

Za neobvyklou konstrukční skutečnost lze považovat již vlastní velkorozponové zastřešení, které přináší řadu konstrukčních i výpočetních úskalí. Již vlastní výpočet velkého počtu prvků je náročný pro výpočetní techniku a vlastní zadání. Již jen nevhodná volba vazeb mezi pruty vede často k nestabilitě výpočtového modelu. Konstrukční řešení detailů, styčniců a spojů, je pak voleno již spíše v běžných ověřených detailech.

## 10 Limitující a ovlivňující technologické podmínky

Dle ČSN EN 1090 – příloha B konstrukce spadá do výrobní kategorie PC2 (svařované dílce vyrobené z výrobků oceli S355 a vyšší) a kategorie použitelnosti SC1 (konstrukce a dílce navržené na kvazistálé zatížení)

Dle ČSN EN 1990 – příloha B konstrukce spadá do třídy následků CC3 a třídy provedení EXC3<sup>a</sup>.

Konstrukce má návrhovou kategorii životnost 4, tedy na 50 let.

Limitujícím faktorem konstrukce je pak celková svislá deformace vazníku v řádu 16 cm a i vodorovná deformace na straně kluzné podpory. S těmito deformacemi je třeba počítat při návrhu zavěšených konstrukcí na střešní konstrukci a rovněž při návrhu opláštění na straně kluzné podpory.

## 11 Zásady provádění

Vazníky jsou rozdělené na tři montážní celky. Montážní spoje jsou umístěny za podélné ztužidlo v místě dolního pásu a diagonály. Jelikož není pravděpodobné ve stávajícím prostoru smontovat příhradový prostorový nosník na zemi a poté jako celek uložit pomocí jeřábu, bude použita varianta s dočasnou podporou v místě podélného ztužidla. Nejprve se uloží první montážní díl a připojí se podélné ztužidlo. Stejný postup bude prováděn i na druhé straně s třetím montážním dílcem, nakonec se uloží druhý (střední) montážní díl vazníku.

Statické schéma obloukových vazníků tvoří jedna krajní pevná podpora a protilehlá kluzná podpora s vodorovnými posuny až do 60mm.

Pevná podpora bude řešena úložným styčником s výztuhami a s dvojicí vlepených kotevních šroubů do vrcholu žb. sloupů. Kluzná podpora pak bude řešena obdobným styčником, ten ale bude kluzně uložen na nerezové nebo „teflonové“ desce. Pomocí přídržných profilů pak bude vymezen jediný možný podélný posun konce vazníku. Na tento posun pak bude nutné navrhnout detail opláštění koncové podélné stěny v návaznosti na půdorysnou tuhou žb. konstrukci 4NP.

Při provádění ocelové konstrukce je třeba dodržet veškeré předpisy o bezpečnosti práce, zvláště pro práce ve výškách.

## 12 Závěr

Tato bakalářská práce je zpracována přibližně na úrovni projektu pro stavební povolení. Řeší vlastní konstrukční návrh a statický výpočet nosné ocelové konstrukce zastřešení. Součástí dokumentace jsou základní přehledné výkresy ocelové konstrukce, která váží okolo 327,9 tun. Vzhledem k půdorysné ploše zastřešení se jedná zhruba o 40,99 kg/m<sup>2</sup>. Doplněny jsou pak některé rozhodující a typové detaily styčníků, styků apod.