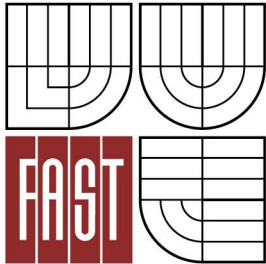


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE JEDNOLODNÍ PRŮMYSLOVÉ HALY

STEEL LOAD-BEARING STRUCTURE OF AN INDUSTRIAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

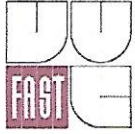
JAKUB JAROŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Jakub Jaroš

**Název** Nosná ocelová konstrukce jednolodní průmyslové haly

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Ivan Balázs

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015



prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## Podklady a literatura

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1991-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1993-6 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 6: Jeřábové dráhy

MELCHER, Jindřich, STRAKA, Bohumil. Kovové konstrukce: Konstrukce průmyslových budov. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985

BUJŇÁK, Ján, VIČAN, Josef. Navrhovanie ocelových konštrukcií. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2012, ISBN 978-80-554-0529-2

FERJENČÍK, Pavel a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií: 1. časť, 2. časť. Bratislava; Praha: ALFA - Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry; Státní nakladatelství technické literatury, 1986

PILGR, Milan. Kovové konstrukce: výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, ISBN 978-80-7204-807-6

## Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Vypracujte návrh a statický výpočet jednolodní průmyslové haly o půdorysných rozměrech 24 m (rozpětí lodí) a 72 m (délka). V hale jsou umístěny mostové jeřáby o nosnostech 12,5 t a 32/8 t. Skladebnou výšku konzoly jeřábové dráhy uvažujte 9 m. Konstrukci navrhnete pro oblast města Brna. Návrh i posouzení proveďte v souladu s aktuálně platnými normativními dokumenty pro navrhování ocelových konstrukcí.

Požadované výstupy: Technická zpráva shrnující základní charakteristiky navržené konstrukce, statický výpočet hlavních nosných prvků konstrukce, výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce obsahující zejména dispoziční výkresy a výkresy vybraných konstrukčních dílců včetně charakteristických detailů, orientační výkaz spotřeby materiálu.

## Struktura bakalářské/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. Ivan Balázs  
Vedoucí bakalářské práce

**Abstrakt:**

Bakalářská práce obsahuje návrh ocelové nosné konstrukce jednolodní průmyslové haly o rozpětí 24 m, délce 72 m a skadebné výšce konzoly jeřábové dráhy 9 m. V hale jsou 2 mostové jeřáby, jeden o nosnosti 32/8 t a druhý o nosnosti 12,5 t. Střešní konstrukce je navržena jako soustava příhradových vazníků a příhradových vaznic. Prostorovou tuhost konstrukce zabezpečují ztužidla. Hlavní konstrukční materiál je ocel S235 JR+AR ČSN EN 10025-2. Výkresová dokumentace obsahuje půdorys a žezy halou, výkres kotvení a výrobní výkres vazníku.

**Klíčová slova:**

ocelová hala, příhradový vazník, příhradová vaznice, sloup, jeřábová dráha

**Abstract:**

The bachelor's thesis contains design of one-aisle industrial hall with span of 24 m, length of 72 m and height of the holder of crane way 9 m. In hall there are two cranes, first one with load capacity of 32/8 t and second one with load capacity of 12,5 t. The roof structure is designed as a system of truss girders and truss purlins. Spatial rigidity of the structure is secured by bracing. Main structural material is steel S235 JR+AR ČSN EN 10025-2. Drawings contain floor view and sections of hall and manufacturing drawings of truss.

**Keywords:**

**steel hall, truss girder, truss purlin, column, crane way**

**Bibliografická citace VŠKP**

Jakub Jaroš *Nosná ocelová konstrukce jednolodní ocelové haly*. Brno, 2016. 11s., 91s. Příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivan Balázs

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovával samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne: 27.5.2016

.....  
podpis autora  
Jakub Jaroš

**OBSAH:**

1. PRŮVODNÍ INFORMACE.....	1
2. ÚVOD.....	8
3. MATERIÁLY.....	8
4. OCHRANA OCELI.....	8
5. ZATÍŽENÍ.....	8
6. HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY.....	8
6.1 VAZNICE.....	8
6.2 VAZNÍK.....	9
6.3 JEŘÁBOVÁ DRÁHA.....	9
6.4 SLOUPY.....	9
6.5 ZTUŽIDLA.....	9
6.5.1. PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO.....	9
6.5.2. OKAPOVÉ ZTUŽIDLO.....	10
6.5.3. STĚNOVÉ ZTUŽIDLO.....	10
6.5.4. BRZDNÉ ZTUŽIDLO.....	10
7. MONTÁŽ.....	10
8. ZÁVĚR.....	11
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	11
10. POUŽITÁ LITERATURA.....	11

## 2. ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo vypracování návrhu a statického výpočtu nosné ocelové konstrukce jendolodní průmyslové budovy o půdorysných rozměrech 24 m (rozpětí lodi) a 72 m (délka) a výšce odpovídající skladebné výšce konzoly 9 m. V hale byly uvažovány dva mostové jeřáby o nosnosti 12,5 t a 32/8 t. Konstrukce byla uvažována pro oblast města Brna.

## 3. MATERIÁLY

Na ocelové konstrukce je použita ocel pevnostní třídy S235JR+AR ČSN EN 10025-2. Spoje konstrukčních prvků jsou z větší části svařované pomocí koutových svarů. U jeřábové dráhy je potřeba dodržet úpravu svarů žíháním, která snižuje úroveň zbytkových napětí. Na šroubové spoje jsou použity šrouby kategorie A a pevnostní třídy 5.6.

## 4. OCHRANA OCELI

Ocelovou konstrukci je třeba chránit proti korozi. Dle požadavků lze použít ochranu ochranným nátěrem, žárovým zinkováním nebo kombinaci obou.

## 5. ZATÍŽENÍ

Zatěžovací údaje jsou zpracovány dle ČSN EN 1991-1, ČSN EN 1991-3. Pro výpočet účinků zatížení nosných ocelových prvků byl použit program Dlubal RFEM 5.06. Objekt haly se nachází v oblasti města Brna. Pro tuto lokalitu bylo stanoveno vnější sněhové zatížení dle mapy sněhových oblastí na území ČR – II. sněhová oblast  $s_k = 1,0$  kPa. Výchozí základní rychlost větru byla určena podle mapy větrných oblastí na území ČR pro tuto oblast  $v_{b,0} = 25$  m/s.

## 6. HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY

### 6.1. VAZNICE

Je navržena příhradová vaznice o rozpětí 12,0 m se statickým působením prostého nosníku. Půdorysná vzdálenost je 3,0 m. Vaznice je tvořena horním a dolním pásem a diagonálami. Horní pás je svařovaný T profil, dolní pás je navržen jako jeden rovnoramenný L profil, a diagonály jsou navrženy z plného kruhového průřezu, který je v místě styčnic ohnut a přivařen pomocí koutových svarů k horní a dolní pásnici.



## 6.2. VAZNÍK

Je navržen příhradový o rozpětí 24,0 m po 12,0m a přenáší zatížení od vaznic a příčného ztužidla do sloupů. Horní pás je vyroben ze dvou L profilů 120x120x10 s 10mm mezerou pro styčnickový plech, jeho stabilita ve svislém směru je zajištěna vaznicemi a ve vodorovném směru střešním pláštěm. Horní pás je navržen i pro přidaná osová namáhání vzniklá od příčného větrového ztužidla. Dolní pás je vyroben z dvojice L profilů 120x80x10 s 10mm mezerou pro styčnickový plech, jeho stabilita ve svislém směru je zajištěna styčnickými a ve vodorovném směru vzpěrkou podélného střešního ztužidla. Diagonály a svislice jsou navrženy jako složené pruty ze dvou rovnoramenných úhelníků spojených ve třetinách příložkami. Pro převoz je vazník rozdělen na třetiny pomocí šroubových spojů.

## 6.3. JEŘÁBOVÁ DRÁHA

V hale jsou umístěny dva mostové jeřáby o nosnosti 32/8 t a 12,5 t. Rozpětí jeřábu je 24,0 m. Hlavní nosník je umístěn na konzole sloupu a je navržen jako svařovaný jednoose symetrický I profil výšky 900 mm a šířky 400 mm, tloušťka stojiny je 15 mm, tloušťka spodní pásnice je 30 mm a tloušťka horní pásnice je 40 mm. Pásnice jsou na stojinu nosníku připevněny pomocí koutových svarů výšky 12,0mm. Hlavní nosník je vyztužen výztuhami z ploché oceli obdelníkového průřezu 120x10 mm po 1500mm. Nosník přenáší svislá zatížení od mostového jeřábu do sloupů a podélné zatížení od rozjezdu a brzdění do brzdného ztužidla umístěného v rovině nosníku.

## 6.4. SLOUPY

Sloupy jsou řešeny jako vetknuté v rovině příčné vazby a kloubově uložené z roviny podélné vazby, spolu s vazníkem tvoří příčnou vazbu a jsou navrženy s proměnným plnostěnným I profilem po výšce. Vzdálenost sloupů, resp. příčné vazby je 12,0 m. Špička je navržena jako plnostěnný válcovaný profil HEB400 délky 6,2 m. Dřík je navrženy jako plnostěnný válcovaný profil HEB1000 délky 10,0 m.

Základ je navržen z betonu C16/20, délka patky je 2300 mm, šířka 1400 mm a výška 350 mm. Patka je do základu zakotvena čtveřicí šroubů M42 z oceli S235. Tloušťka patního plechu je 30 mm. Celý profil je ověřen na ohybové namáhání od nejnepříznivější kombinace. Patka je ke šroubům připojena přes dvojici kotevních příčníků profilu UE200.

## 6.5. ZTUŽIDLA

### 6.5.1. PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO

Ztužidla jsou navržena do kříže na šířku 6 m a na polovinu délky pole 6 m. Ve statickém schématu jsou uvažovány jen tažené diagonály, v případě opačného působení větru přenesené vzniklé síly druhá diagonála – opět jako tažená. Tlačena diagonála vybočí a nepřenáší žádné zatížení.

Tažené diagonály jsou navrženy jako profil L 60x60x5. Při návrhu diagonál byla zohledněna limitní štíhlost prutu  $\lambda \leq 350$ . Kritická délka prutu je vždy polovina délky prutu, z důvodu konstrukčního spojení v polovině prutů.

Jako pás ztužidlového příhradového vazníku slouží na jedné straně horní pás vazníku. Ve výpočtu je ověřeno, že vazník tato přídatná namáhání přenesou. Jako druhý pás je navržen válcovaný T průřez 90x90 mm.

### 6.5.2. OKAPOVÉ ZTUŽIDLO

Ztužidlo je navrženo jako příhradový nosník s výškou 3,0 m na délku 12,0 m. Ve statickém schématu jsou uvažovány jen tažené diagonály, v případě opačného působení větru přenesou vzniklé síly druhá diagonála – opět jako tažená. Tlačena diagonála vybočí a nepřenáší žádné zatížení. Diagonály jsou navrženy jako rovnoramenný úhelník 80x80x10 mm

Horní a dolní pás příhradového nosníku ztužidla tvoří horní pás vaznice. Ve výpočtu je ověřeno, že tuto přídatnou sílu pás přenesou.

### 6.5.3. STĚNOVÉ ZTUŽIDLO

Stěnové ztužidlo je zatížené reakcí střešního příčného ztužidla, zatížení od brzdících a rozjezdových sil jeřábové dráhy bude přeneseno samostatným brzdícím ztužilem v rovině jeřábové dráhy. Ztužidlo je navrženo o dvou polích, která jsou rozdělena v úrovni nosníku jeřábové dráhy. Diagonály jsou navrženy do kříže, přičemž ve statickém schématu je uvažována vždy jen tažená diagonála. Diagonály budou v jejich křížení konstrukčně spojeny. Při návrhu diagonál byla zohledněna limitní štíhlost prutu  $\lambda \leq 350$ . Kritická délka prutu je vždy celá délka prutu – prvky jsou tažené. Diagonály v horním i dolním poli jsou navrženy jako rovnoramenný úhelník 60x60x5 mm.

### 6.5.3. BRZDNÉ ZTUŽIDLO

Brzdné ztužidlo je umístěné v rovině hlavního nosníku jeřábové dráhy a je zatížené rozjezdovými a brzdícími silami jeřábů. Ztužidlo je navrženo o jednom poli. Diagonály jsou navrženy do kříže, přičemž ve statickém schématu je uvažována vždy jen tažená diagonála. Diagonály budou v jejich křížení konstrukčně spojeny. Při návrhu diagonál byla zohledněna limitní štíhlost prutu  $\lambda \leq 350$ . Kritická délka prutu je vždy celá délka prutu – prvky jsou tažené. Diagonály jsou navrženy jako rovnoramenný úhelník 60x60x5 mm.

## 7. MONTÁŽ

Nejprve budou umístěny a upevněny sloupy z 1. příčné vazby, poté bude osazen vazník 1. Dále se umístí a upevní 2. příčná vazba, která se spojí vaznicemi a příčnými ztužidly s vazbou 1. Po spojení 1. a 2. příčné vazby získává konstrukce tuhost v podélném směru a mohou se demontovat provizorní podpory sloupů. Poté se již postupně budou připojovat jednotlivé vazby.

## 8. ZÁVĚR

Ocelová konstrukce jednolodní průmyslové haly s jeřábovou dráhou byla navržena tak aby vyhověla na MSÚ – 1. mezní stav a na MSP – 2. mezní stav

## 9. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – STATICKÝ VÝPOČET

PŘÍLOHA B – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

VÝKRES Č. 1 – DISPOZICE

VÝKRES Č. 2 – VÝKRES KOTVENÍ

VÝKRES Č. 3 – VÝROBNÍ VÝKRES VAZNÍKU

## 10. POUŽITÁ LITERATURA

[1] prof. Ing. Jindřich MELCHER, DrSc. doc. Ing. Bohumil STRAKA, CSc. *Kovové konstrukce: Konstrukce průmyslových budov*. Vyd. 5. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.

[2] Ing. Milan PILGR, Ph.D. *Kovové konstrukce: Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1991-6*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. 200s. ISBN 978-80-7204-807-6.

[3] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

[4] ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí

[5] ČSN EN 1991-3: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

[6] ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí

[7] ČSN EN 1993 -6: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy

V Brně dne: \_\_\_\_\_

podpis: \_\_\_\_\_