



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

ODLETOVÁ HALA

DEPARTURE HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Čepl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2022



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	Marek Čepl
Název	Odletová hala
Vedoucí práce	Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1090: Provádění ocelových konstrukcí

MAREK, Pavel a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury; Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1985

DA SILVA, Luís Simoes, SIMOES, Rui, GERVÁSIO, Helena. Design of Steel Structures.

Brussels: ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2010, ISBN 978-92-9147-098-3

PILGR, Milan. Kovové konstrukce. Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Brno:

Akademické nakladatelství CERM, 2019, ISBN 978-80-7623-018-7

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

BUJŇÁK, Ján. Nosné konštrukcie hál z ocele. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2014, ISBN 978-80-554-0913-9

LORENZ, Karel. Navrhování nosných konstrukcí. Praha: Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků, 2015, ISBN 978-80-87438-65-7

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zpracujte návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce odletové haly o orientačních půdorysných rozměrech 40 × 70 m. Konstrukci navrhnete pro oblast města Prahy. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s koncepčními a architektonickými požadavky vyplývajícími z účelu konstrukce. Návrh i posouzení provedte 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 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).

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem ocelové letištní haly pražského letiště půdorysných rozměrů 70 x 40 metrů a konstrukční výšky 9,6 metru. Hlavním prvkem konstrukce jsou rámové vazby s příhradovým vazníkem ve tvaru charakteristické „vlny“ připojeným k hlavním příhradovým sloupům uprostřed rozpětí haly. Rámové vazby jsou doplněny bočními sloupy z plnostěnných profilů připojených k vazníku kloubem. Kotvení všech sloupů jsou provedena taktéž kloubově. Vzdálenost jednotlivých příčných vazeb je 5 metrů a tuhost celku je zajištěna pomocí ztužidel účinných v tlaku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Letištní hala, ocelová konstrukce, rámová konstrukce, příhradový vazník, válcované profily, pravoúhlé duté profily, ztužidla, kotvení sloupů

ABSTRACT

Bachelor thesis focuses on the design of a steel Prague airport departure hall with dimensions of 70 x 40 meters and a construction height of 9,6 meters. The main components of the construction are steel frames with truss girders in a characteristic "wave" shape connected to the main truss columns in the center of the hall span. Steel frames are supplemented by side columns made from section steel profiles connected to the main girders by joints. All of the columns are hinge-connected in their anchoring. Each lateral steel frame is 5 meters apart and the overall stiffness is secured by bracings effective in compression.

KEYWORDS

Airport hall, steel structure, steel frame, truss girder, rolled profiles, Hollow steel sections with square cross-section, bracings, column anchorage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Marek Čepl *Odletová hala*. Brno, 2022. 19 s., 123 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivan Balázs, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Odletová hala* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 1. 2022

Marek Čepl
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Odletová hala* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 1. 2022

Marek Čepl
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na těchto řádcích bych rád poděkoval těm, kteří mě skrz studium podporovali a mají velké zásluhy na tom kde dnes jsem a jakého vzdělání se mi dostalo.

Nejprve bych rád poděkoval rodině, která mi dávala podporu napříč celým mým životem, umožnila mi abych mohl studovat a starala se abych v životě neměl větších překážek. Díky jejich podpoře jsem se mohl plně soustředit na studium a vytěžit z času stráveného na škole maximum.

Dále bych rád poděkoval přátelům, kteří mi byli velkou psychickou oporou a studium bylo díky nim o poznání snesitelnější. Děkuji jim za mnoho vzpomínek a zážitků, které byly kořením těžkého studentského života.

V neposlední řadě bych rád poděkoval univerzitě a svému vedoucímu Ing. Ivanu Balázsovi, Ph.D. za intenzivní pomoc s projektem a řešením nejrůznějších problémů, které se v průběhu naší spolupráce vyskytly. Za časté konzultace a předané znalosti a zkušenosti, které mě věřím udělali lepším studentem a technikem.

Obsah

A – Obsah technické zprávy	11
1. ÚVOD.....	11
2. NORMY.....	11
3. STATICKÉ PŮSOBENÍ	12
4. MATERIÁLY	12
5. ZATÍŽENÍ.....	13
5.1. Stála zatížení.....	13
5.2. Proměnná zatížení	13
6. Konstrukční řešení	13
6.1. Vaznice.....	13
6.2. Vazník.....	14
6.3. Sloupy	14
6.4. Ztužidla	14
6.5. Paždíky.....	14
7. Výroba a montáž	15
8. Povrchové úpravy konstrukce.....	15
9. Třída provedení	15
10. Výkaz materiálu	16
11. Cena.....	16

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem ocelové letištní haly pražského letiště půdorysných rozměrů 70 x 40 metrů a konstrukční výšky 9,6 metru. Hlavním prvkem konstrukce jsou rámové vazby s příhradovým vazníkem ve tvaru charakteristické „vlny“ připojeným k hlavním příhradovým sloupům uprostřed rozpětí haly. Rámové vazby jsou doplněny bočními sloupy z plnostěnných profilů připojených k vazníku kloubem. Kotvení všech sloupů jsou provedena také kloubově. Vzdálenost jednotlivých příčných vazeb je 5 metrů a tuhost celku je zajištěna pomocí ztužidel účinných v tlaku.



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

ODLETOVÁ HALA

DEPARTURE HALL

A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

A – TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Čepl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2022

A – Obsah technické zprávy

1. ÚVOD

Tématem bakalářské práce je návrh ocelové letištní haly v lokalitě pražského letiště. Základní půdorysné rozměry jsou 70 x 40 metrů a konstrukční výška je 9,6 metru. Konstrukce je navržena a posouzena dle platných eurokódů na mezní stavy únosnosti a použitelnosti.

2. NORMY

[1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

[2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

[3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem

[4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - zatížení sněhem

[5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků

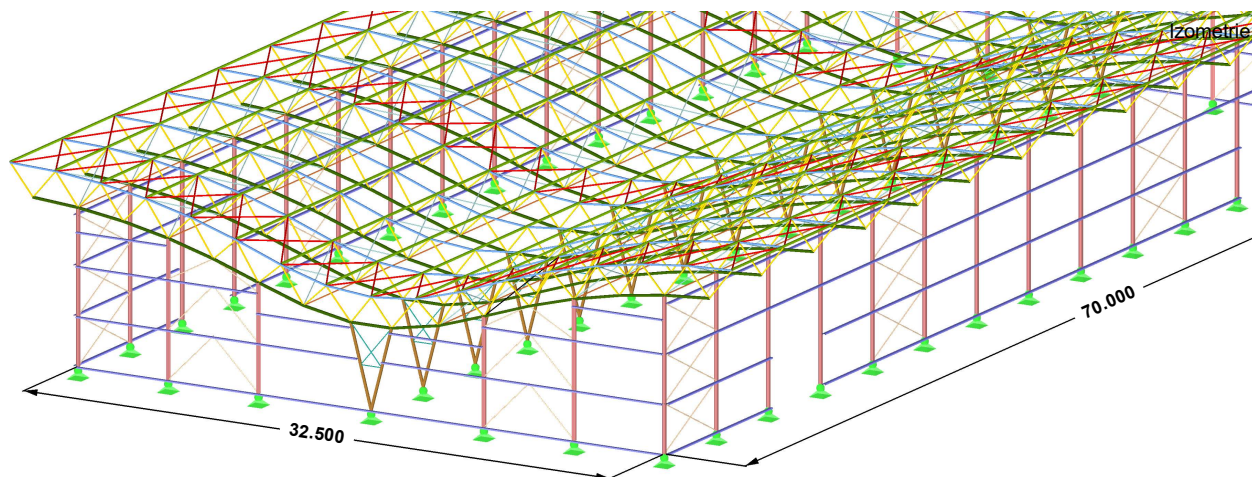
[7] ČSN EN ISO 5845-1 Technické výkresy – Zjednodušené zobrazení spojení na výkresech sestavení – Část 1: Základní ustanovení

[8] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech - Svarové spoje

[9] ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce

3. DISPOZICE A STATICKÉ PŮSOBNÍ

Konstrukce haly se skládá z 15 rámových vazeb s příhradovým vazníkem, který je tuze spojen se středním příhradovým sloupem v polovině rozpětí. Hlavní nosná konstrukce je doplněna bočními sloupy spojenými s vazníkem kloubově. Kotvení všech sloupů je provedeno kloubové kotevními šrouby od společnosti HILTI. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna pomocí příčných a podélných ztužidel, která jsou účinná i v tlaku. Pro uložení střešního pláště jsou k vazníku kloubově připevněny vaznice z dutých pravoúhlých profilů, které působí jako prosté nosníky na rozpětí 5 metrů mezi vazníky. Pro uložení opláštění jsou ke sloupům připevněny paždíky z profilů UPE.



Obrázek 1 - Výpočtový model z programu RFEM

4. MATERIÁLY

Hlavní nosná část haly je navržena z oceli pevnostní třídy S355 a ze stejné jakosti jsou provedeny také všechny kotevní desky i čelní a styčnickové plechy. Obloukové vazníky jsou příhradové z důvodu velkého rozpětí haly. Hlavní sloupy ve středu haly jsou taktéž provedeny jako příhradové. Ostatní obvodové sloupy jsou provedeny z plnostěnných profilů.

Spoje prvků příhradového nosníku jsou provedeny jako svařované pomocí koutových svarů. Přípoje vaznic, ztužidel a další doplňkové spoje jsou provedeny jako montované šroubové přípoje za použití šroubů pevnostní třídy 5.6.

5. ZATÍŽENÍ

5.1. Stála zatížení

Vlastní tíha konstrukce byla zjištěna pomocí statického softwaru RFEM.

Ostatní stálé zatížení:	Tíha [kN/m ²]
Střešní panely KS1000 TOP-DEK tl. 100 mm	0,11
Technické zařízení budovy	0,6
Celkem:	<u>$g_{k1}=0,61 \text{ kN/m}^2$</u>

5.2. Proměnná zatížení

5.2.1. Užitná zatížení

Užitná kategorie pro střechy: H – Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

Plošná tíha = $0,75 \text{ kN/m}^2$

Velikost síly osamělého břemene = $1,0 \text{ kN}$

5.2.2. Zatížení sněhem

Lokalita: Praha-západ

Otevřený typ krajiny: $c_e = 0,8$

Sněhová oblast: I

Char. zat. sněhem. $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

5.2.3. Zatížení Větre

Lokalita: Praha-západ

Kategorie terénu: II – Oblast s nízkou vegetací a překážkami vzdálenými nejméně 20násobek výšky překážek

6. Konstrukční řešení

6.1. Vaznice

Vaznice je navržena z dutého pravoúhlého profilu TR 4HR 100x10. Délka vaznic je 5 metrů a k horním pásům vazníku jsou připojeny kloubovým šroubovým spojem. Spoj je tvořen čelním plechem vaznice a dvěma styčnickovými plechy tloušťky 10 mm.

6.2.Vazník

Vazník je příhradový a je tvořen dutými pravoúhlými profily. Horní pás vazníku je z profilu TR 4HR 80x3,2. Diagonály jsou z profilu TR 4HR 60x3,2 a spodní pás je tvořen profilem TR 4HR 120x6,3. Vazník je svarem tuze spojen s hlavními příhradovými sloupy pro vytvoření hlavního nosného rámu a pomocí kloubového spoje je připevněn k obvodovým sloupům konstrukce. Spoj jednotlivých prvků vazníku jsou provedeny pomocí koutových svarů tloušťky 3 mm.

6.3.Sloup

Hlavní sloup jsou realizovány jako příhradové s pásy z profilu TR 4HR 120x8 a diagonálami z profilu TR 4HR 40x3,2. Ve spodní části jsou sloup přes čepový spoj připojeny k podkladní kotevní desce a samotné kotvení je provedeno jako kloubové s použitím dvou kotevních šroubů HILTI HAS-U 5.8, které slouží pro přenos smykových a tahových sil v kotvení.

Obvodové sloup jsou plnostěnné profily HEB 160, kloubově připojené k vazníkům. Kloubový spoj je tvořen opracovanou styčnickovou deskou a sadou styčnickových plechů přenášejících vznikající síly a zajišťujících jejich rovnoměrný roznos ve spoji. Kotvení obvodových sloupů je taktéž provedeno kloubově s využitím kotevních šroubů stejné jakosti jako u sloupů hlavních.

6.4. Ztužidla

Ztužidla jsou tvořena pomocí kruhových dutých trubek různých profilů, a to TR 4HR 48,3x5 pro diagonály podélných ztužidel, TR 4HR 60,3x4 pro spodní pás podélných ztužidel, TR 4HR 76,1x2,6 pro příčná ztužidla ve střeše a TR 4HR 48,3x5 pro příčná ztužidla ve stěnách. Ztužidla jsou účinná v tlaku.

6.5. Paždíky

Paždíky pro uložení obvodového pláště jsou provedeny z profilů UPE 160. K pásnicím sloupů jsou připevněny kloubovým spojem za pomoci styčnickového plechu přivařeného ke sloupu a šroubového spoje připevňujícího průřez paždíku k styčnickovému plechu.

7. Výroba a montáž

Rámová konstrukce je rozdělena do přepravitelných kusů splňujících maximální rozměry běžné přepravy po pozemních komunikacích. Na stavbě budou jednotlivé dílce spojeny pomocí tuhých montážních spojů provedených jako tupé svařované spoje.

Před zahájením stavby se na místě provedou základní srovnávací zemní práce a vyhloubení základů. Stavba samotné konstrukce bude zahájena vybetonováním základových patek z betonu C25/30 a následným dodatečným osazením kotevních šroubů. Po připravení základů budou osazeny jednotlivé obvodové sloupy a bude provedeno jejich podlití. Následně budou na místo stavby dopraveny jednotlivé montážní dílce rámové konstrukce a za pomoci jeřábu budou vazby sestavovány a připojovány k obvodovým sloupům. Mezi jednotlivými vazbami budou montovány vaznice, paždíky a ztužidla. Na finální nosnou konstrukci bude připevněno opláštění a budou provedeny dokončovací práce na budově.

8. Povrchové úpravy konstrukce

Pro protikorozi ochranu prvků bude využit kombinovaný systém. Systém se skládá z metalizace povrchu pomocí žárově stříkaného kovového povlaku (ŽSP) a čtyřvrstvého nátěru ONS 03.

Povrch prvků bude nejprve řádně očištěn, zbaven nečistot, mastnot, solí a prachu. Dále budou odstraněny veškeré okuje, ostré hrany a výstupky. Po přípravě prvků bude povrch připraven pro nanášení vrstev pomocí otryskávání Sa 3. Následně bude nanesena podkladní vrstva ŽSP v tloušťce 80-120 μm . Na podkladní vrstvu budou nanášeny jednotlivé vrstvy nátěru ONS 03 a to v tloušťkách základní vrstvy 80 μm a podkladní + vrchní vrstvy 120 μm .

Povrchové úpravy a celkový stav konstrukce by měly být v pravidelných intervalech kontrolovány. Je nutné dbát na kvalitní údržbu, jak protikorozi úpravy, tak stavu spojů a exponovaných míst konstrukce.

9. Třída provedení

Třída následků: CC2

Výrobní kategorie: PC2

Kategorie použitelnosti: SC1

Třída provedení: EXC3

10. Výkaz materiálu

Tab. 1

Prvek	Průřez	Materiál	Délka celkem [m]	Váha celkem [t]
Vaznice	TR 4HR 100x10	S355	1190,0	32,60
Vazník – Horní pás	TR 4HR 80x3,2	S355	615,19	4,69
Vazník – Diagonály	TR 4HR 60x3,2	S355	845,57	4,75
Vazník – Dolní pás	TR 4HR 120x8	S355	576,94	12,77
Ztužidla – Podélná	TR 48,3x5	S355	915,10	4,89
Ztužidla – Pod. dolní pás	TR 60,3x4	S355	420,0	2,33
Ztužidla – Příčná střešní	TR 76,1x2,6	S355	942,9	5,23
Ztužidla – Příčná stěnová	TR 48,3x5	S355	268,3	1,43
Sloupy – Příhradové	TR 4HR 120x8	S355	130,93	3,62
Diagonály sloupu	TR 4HR 40x3,2	S355	97,34	0,35
Sloupy – Obvodové	HEB 160	S355	286,54	12,20
Paždíky	UPE 160	S355	728,03	13,72
ΣCelkem=			7016,84	98,58
			+ 5% spoje=	103,51

11. Cena

Při celkové hmotnosti nosné konstrukce 103,51 tun a odhadované ceně za 100 Kč/kg je celková částka za nosnou konstrukci 10 351 000 Kč

ZÁVĚR

Ocelová konstrukce odletové haly byla navržena dle platných evropských norem na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti k 05/2022.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

NORMY:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- [7] ČSN EN ISO 5845-1 Technické výkresy – Zjednodušené zobrazení spojení na výkresech sestavení – Část 1: Základní ustanovení
- [8] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje
- [9] ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
- [10] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty

LITERATURA:

- [11] PILGR, M. Kovové konstrukce. Podklady pro navrhování prvků ocelových konstrukcí. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2019, ISBN: 978-80-7623-018-7

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- [12] Kingspan střešní panely [online]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz>
- [13] HILTI kotevní systémy [online]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>
- [14] Dlubal [online]. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs>

SEZNAM PŘÍLOH

B – Statický výpočet

C – Programový výstup

D – Výkresová dokumentace

01 – Dispozice M 1:100

02 – Kotevní plán M 1:50/M 1:10

03 – Montážní výkres M 1:50

04 – Výrobní výkres dílce M 1:15/M 1:5