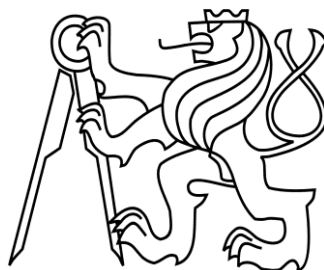


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Sylvie Raszková

SEZNAM PŘÍLOH

ČÁST I – ZADÁNÍ

ČÁST II – KONCEPT POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ

ČÁST III – STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část I

ZADÁNÍ

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Požární bezpečnost staveb
Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.
Vypracovala: Sylvie Raszková

Praha 2017

SEZNAM PŘÍLOH

ZADÁNÍ – TEXTOVÁ ČÁST

ZADANÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- VÝKRES Č. 01 – PŮDORYS 1.PP
- VÝKRES Č. 02 – PŮDORYS 1.NP
- VÝKRES Č. 03 – PŮDORYS 2.NP
- VÝKRES Č. 04 – PŮDORYS 3.NP
- VÝKRES Č. 05 – POHLED NA STŘECHU
- VÝKRES Č. 06 – ŘEZ OBJEKTEM
- VÝKRES Č. 07 – TECHNICKÉ POHLEDY



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část I

ZADÁNÍ – TEXTOVÁ ČÁST

Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Požární bezpečnost staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. František Wald, CSc.
Vypracovala:	Sylvie Raszková

Praha 2017


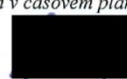


ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Raszková</u>	Jméno: <u>Sylvie</u>	Osobní číslo: <u>437957</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Požární bezpečnost staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of steel frame roof structure of the multicultural center</u>	
Pokyny pro vypracování: Na zadanou projektovou dokumentaci posledního nadzemního podlaží stavby proveďte rozdělení do požárních úseků a stanovte požadovanou požární odolnost pro stavební konstrukce. Navrhněte: (1) výkres dispozice ocelové nosné konstrukce; (2) návrh hlavní nosné konstrukce za běžné teploty; (3) model požáru, přestup tepla do konstrukce a návrh hlavní nosné konstrukce za zvýšené teploty; (4) hlavní detail.	
Seznam doporučené literatury: [1] Kmenová norma ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty; [2] Projektové, hodnotové a předmětové normy požárního kodexu řady ČSN 73 08xx.; [3] WALD, František. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 8001031578; [4] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>prof. Ing. František Wald, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>20.2.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

<u>20.2.2017</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	--

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury. Nemám námitek proti použití této bakalářské práce ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 28. května 2017

Sylvie Raszková

Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala panu prof. Ing. Františkovi Waldovi, CSc. především za odborné vedení bakalářské práce, profesionální přístup, pomoc a cenné rady. Dále mé díky patří panu Ing. Markovi Pokornému, Ph.D. za odbornou konzultaci při řešení v části požární bezpečnosti staveb.

Anotace

Předmětem bakalářské práce je budova multikulturního centra. Práce je rozdělena na dvě související části. Část první se zabývá vypracováním konceptu požárně bezpečnostního řešení posledního nadzemního podlaží. Část druhá obsahuje návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení za běžné i zvýšené teploty podle Eurokódů, včetně výkresové dokumentace. Model konstrukce rámu je vytvořen programem Dlubal RSTAB. Účinek požáru je vytvořen zónovým modelem v programu CFAST, v němž jsou modelovány dva následující požární scénáře, a to lokální požár skupiny křesel a plošný t-kvadratický požár. Výstupem programu je průběh teplot, jenž tvoří podklad pro přestup tepla do konstrukce a následné posouzení za zvýšené teploty. Cílem této práce je prokázání požadované požární odolnosti konstrukce.

Klíčová slova

Střešní konstrukce; Ocelový rám; Požární úsek; Požární riziko; Požární odolnost; Eurokód; Normová teplotní křivka; Zónový model; Lokální požár; T-kvadratický požár; Teplota; Přestup tepla; CFAST; Dlubal RSTAB.

Annotation

The bachelor thesis focuses on a building of the multicultural centre. The work is divided into two interrelated parts. The first part deals with a concept of a fire safety solution of the last floor. The second part offers drawings and a structural design of steel frame structure of the roof in average and increased temperatures. Structural model of the frame is made in Dlubal RSTAB software. The impact of the fire is simulated in the zone fire modelling program, CFAST, in which two following fire scenarios are presented. The simulation starts with the local fire of a few armchairs and is ended by the T-squared fire. The outcome of the simulation is used for the analysis of the growth of temperatures and also heat transfer in construction of the building. In summary the main aim of the thesis is to prove that the steel-concrete frame structure is fire-resistant.

Keywords

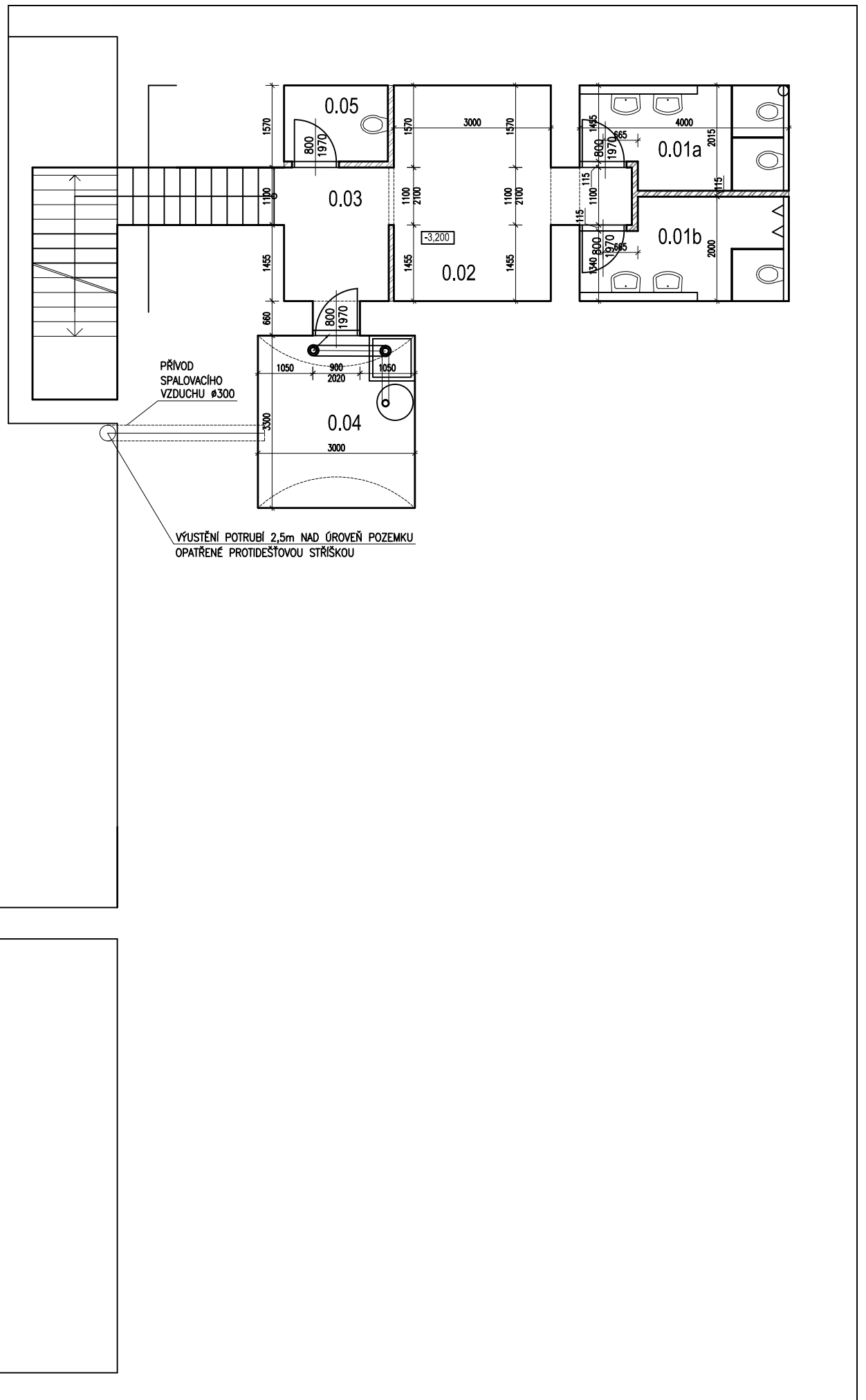
Roof structure; Steel frame; Fire compartment; Fire risk; Fire resistance; Eurocode; Standard fire curve; Zone model; Local fire; T-squared fire; Temperature, Heat transfer; CFAST; Dlubal RSTAB.

LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA m ²
0.01a	WC MUŽI	7,26
0.01b	WC ŽENY	7,26
0.02	HALA	14,08
0.03	CHODBA + SCHODIŠTĚ	16,7
0.04	TECHNICKÁ MÍSTNOST	9,9
0.05	ÚKLID	2,89

LEGENDA MATERIÁLŮ

	STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ ZDIVO
	NOSNÉ ZDIVO HELUZ FAMILY 50-K 2in1
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44, tl. 440mm
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 30 P+D, tl. 300 mm
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 19 P+D, tl. 190 mm
	PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 14 P+D, tl. 150 mm
	PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 11,5, tl. 115 mm















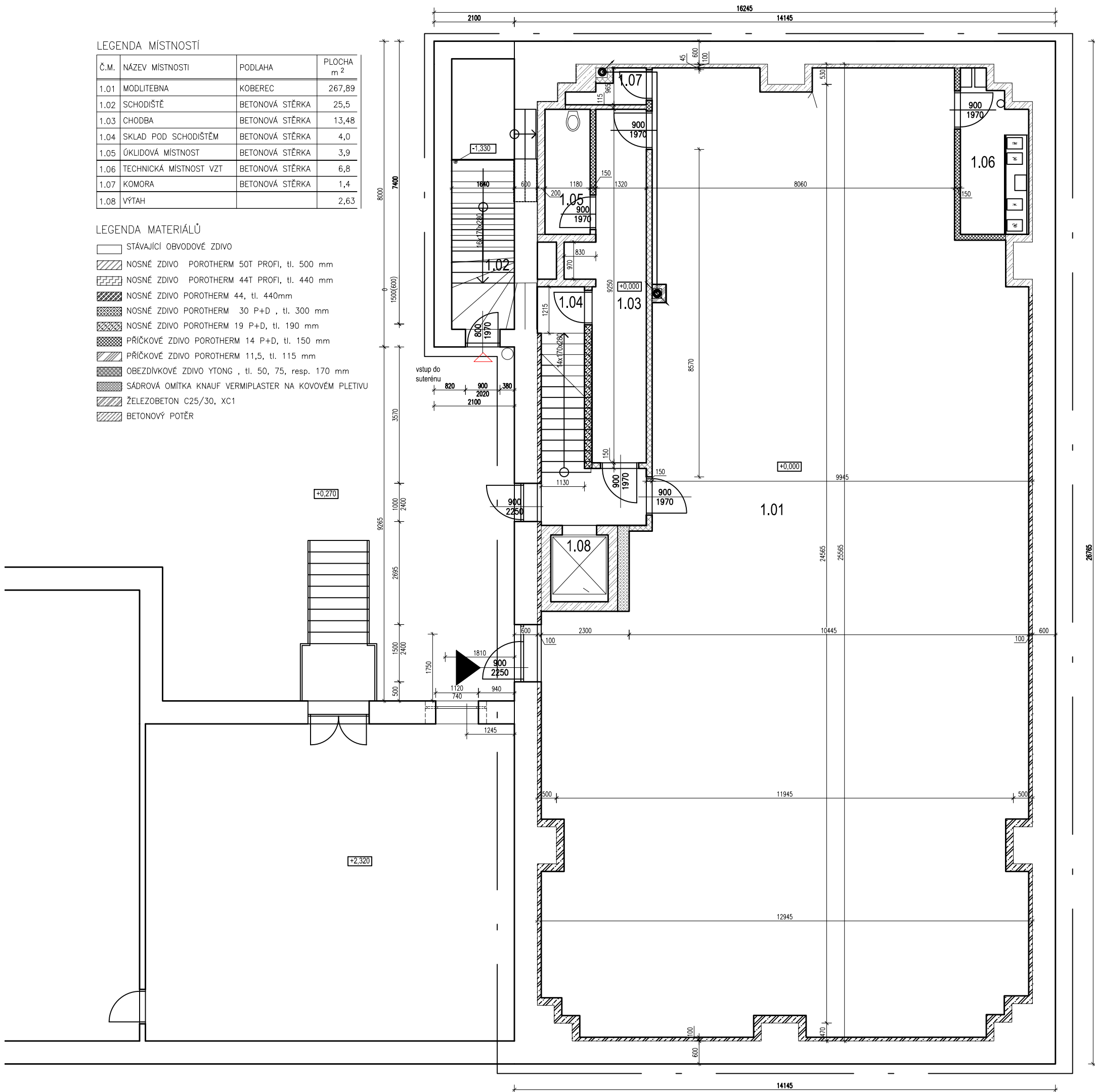
Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy:	Zadání	Rok: 2017
		Měřítko: 1:100
Název výkresu:	PŮDORYS 1.PP	Formát: A3
		Číslo výkresu: 01


LEGENDA MÍSTNOSTÍ

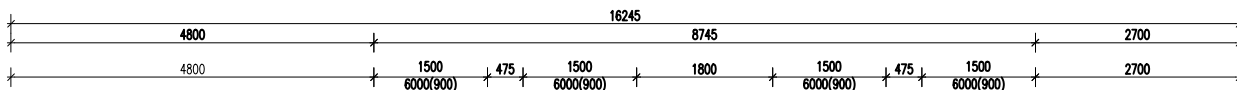
Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PODLAHA	PLOCHA m ²
1.01	MODLITEBNA	KOBEREC	267,89
1.02	SCHODIŠTĚ	BETONOVÁ STĚRKA	25,5
1.03	CHODBA	BETONOVÁ STĚRKA	13,48
1.04	SKLAD POD SCHODIŠTĚM	BETONOVÁ STĚRKA	4,0
1.05	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	BETONOVÁ STĚRKA	3,9
1.06	TECHNICKÁ MÍSTNOST VZT	BETONOVÁ STĚRKA	6,8
1.07	KOMORA	BETONOVÁ STĚRKA	1,4
1.08	VÝTAH		2,63

LEGENDA MATERIÁLŮ

-  STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ ZDIVO
-  NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 50T PROFI, tl. 500 mm
-  NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44T PROFI, tl. 440 mm
-  NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44, tl. 440mm
-  NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 30 P+D, tl. 300 mm
-  NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 19 P+D, tl. 190 mm
-  PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 14 P+D, tl. 150 mm
-  PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 11,5, tl. 115 mm
-  OBEZDÍVKOVÉ ZDIVO YTONG, tl. 50, 75, resp. 170 mm
-  SÁDROVÁ OMÍTKA KNAUF VERMIPLASTER NA KOVOVÉM PLETIVU
-  ŽELEZOBETON C25/30, XC1
-  BETONOVÝ POTĚR



Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy:	Zadání	Rok: 2017
Název výkresu:	PŮDORYS 1.NP	Měřítko: 1:100
		Formát: A3
		Číslo výkresu: 02

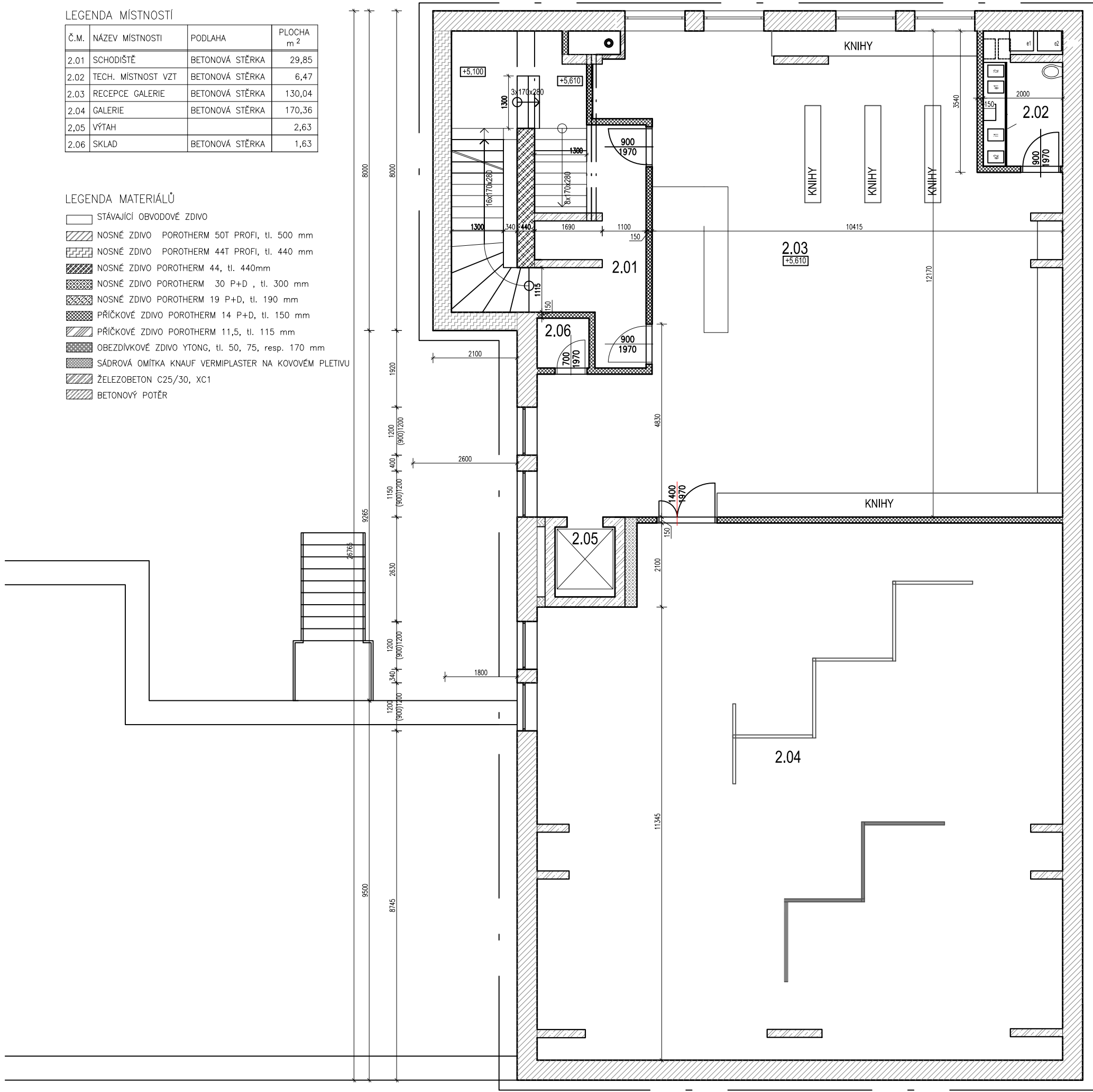


LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PODLAHA	PLOCHA m ²
2.01	SCHODIŠTĚ	BETONOVÁ STĚRKA	29,85
2.02	TECH. MÍSTNOST VZT	BETONOVÁ STĚRKA	6,47
2.03	RECEPCE GALERIE	BETONOVÁ STĚRKA	130,04
2.04	GALERIE	BETONOVÁ STĚRKA	170,36
2.05	VÝTAH		2,63
2.06	SKLAD	BETONOVÁ STĚRKA	1,63

LEGENDA MATERIÁLŮ

- STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ ZDIVO
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 50T PROFÍ, tl. 500 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44T PROFÍ, tl. 440 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44, tl. 440mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 30 P+D, tl. 300 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 19 P+D, tl. 190 mm
- PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 14 P+D, tl. 150 mm
- PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 11,5, tl. 115 mm
- OBEZDÍVKOVÉ ZDIVO YTONG, tl. 50, 75, resp. 170 mm
- SÁDROVÁ OMÍTKA KNAUF VERMIPLASTER NA KOVOVÉM PLETIVU
- ŽELEZOBETON C25/30, XC1
- BETONOVÝ POTĚR



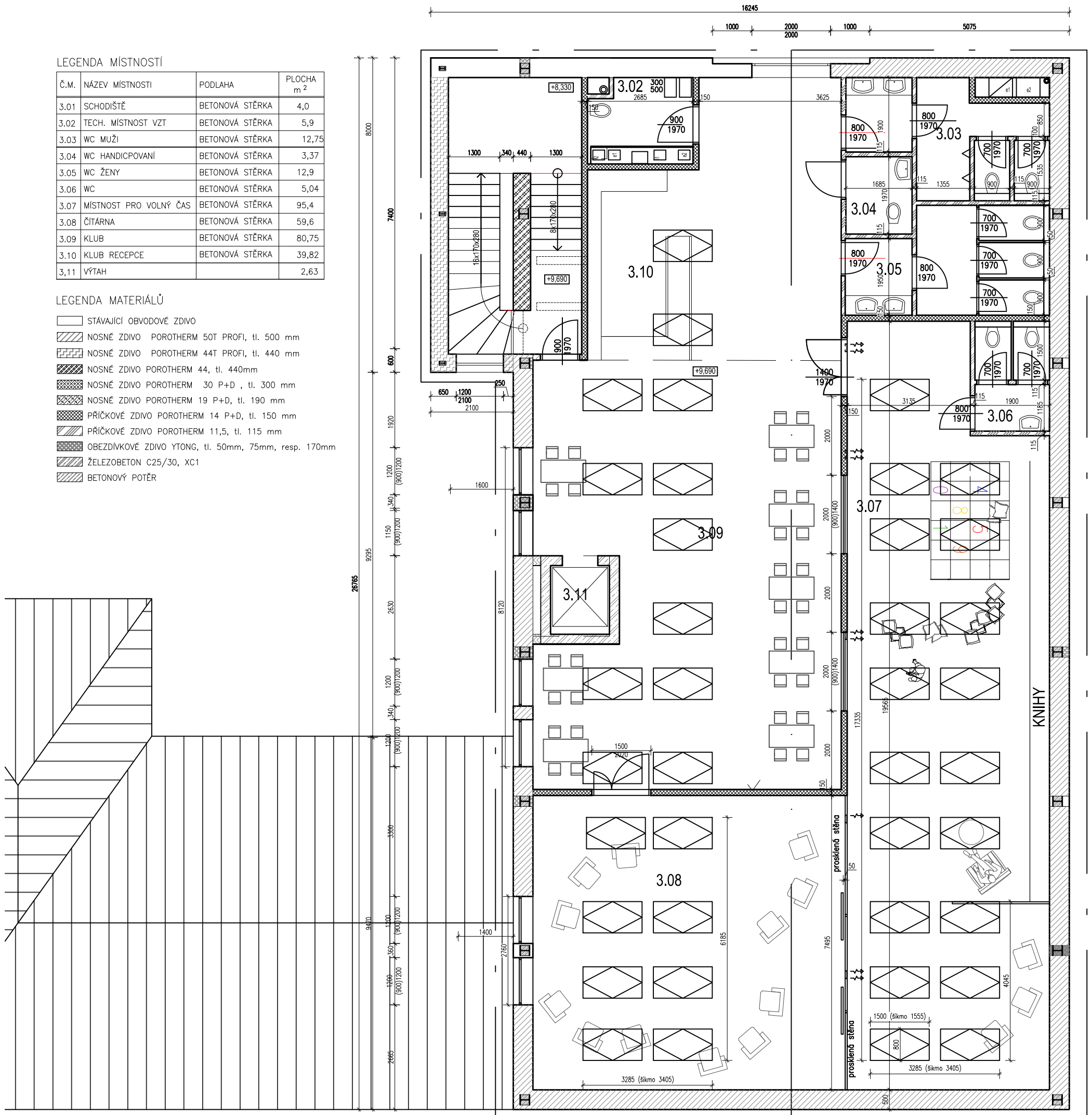
Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	Fakulta stavební
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	
Název úlohy:	Zadání	Rok: 2017
Název výkresu:	PŮDORYS 2.NP	Měřítko: 1:100
		Formát: A3
		Číslo výkresu: 03

LEGENDA MÍSTNOSTÍ

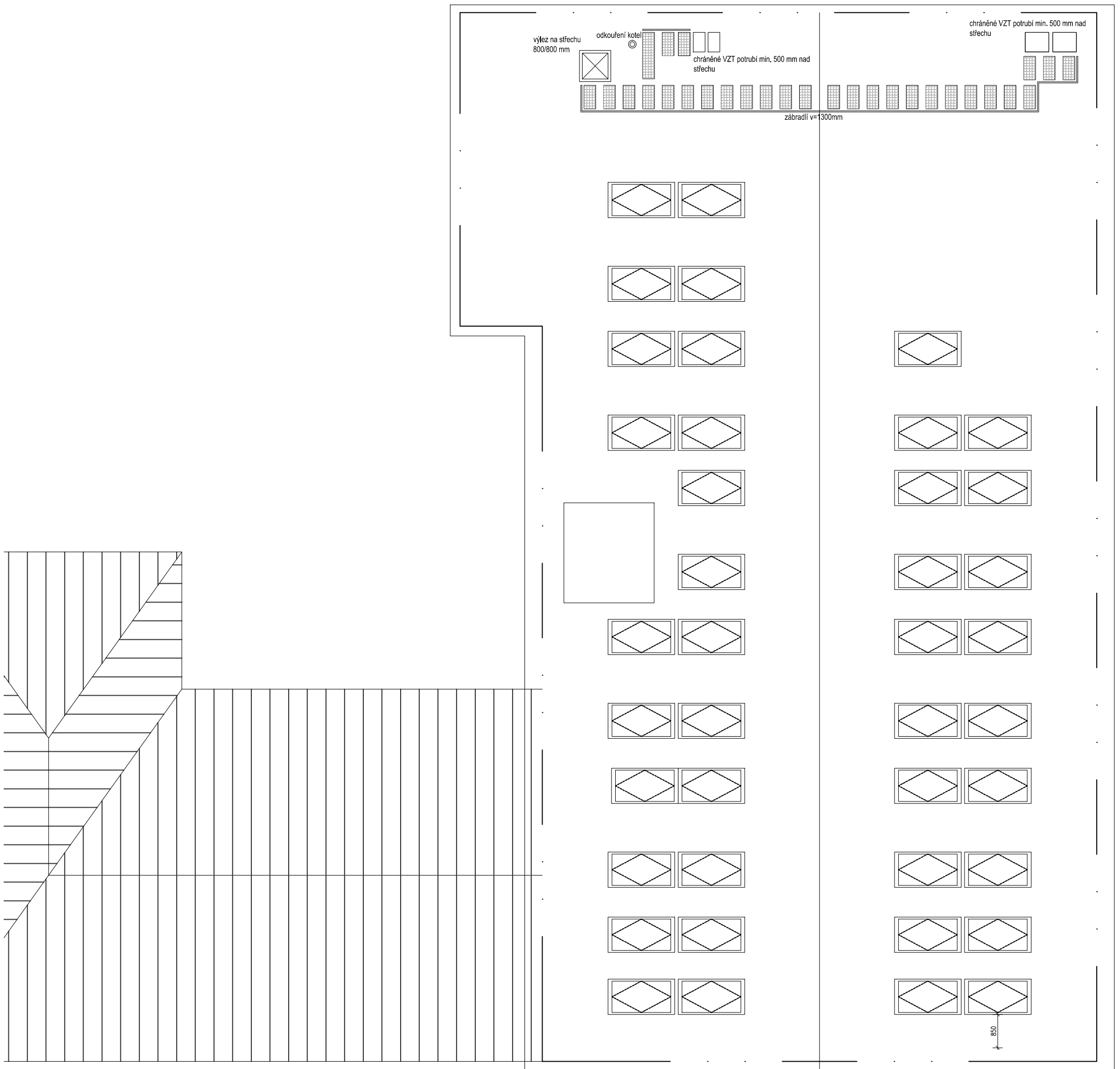
Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PODLAHA	PLOCHA m ²
3.01	SCHODIŠTĚ	BETONOVÁ STĚRKA	4,0
3.02	TECH. MÍSTNOST VZT	BETONOVÁ STĚRKA	5,9
3.03	WC MUŽI	BETONOVÁ STĚRKA	12,75
3.04	WC HANDICPOVANÍ	BETONOVÁ STĚRKA	3,37
3.05	WC ŽENY	BETONOVÁ STĚRKA	12,9
3.06	WC	BETONOVÁ STĚRKA	5,04
3.07	MÍSTNOST PRO VOLNÝ ČAS	BETONOVÁ STĚRKA	95,4
3.08	ČITARNA	BETONOVÁ STĚRKA	59,6
3.09	KLUB	BETONOVÁ STĚRKA	80,75
3.10	KLUB RECEPCE	BETONOVÁ STĚRKA	39,82
3.11	VÝTAH		2,63

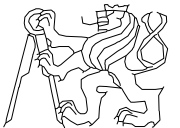
LEGENDA MATERIÁLŮ

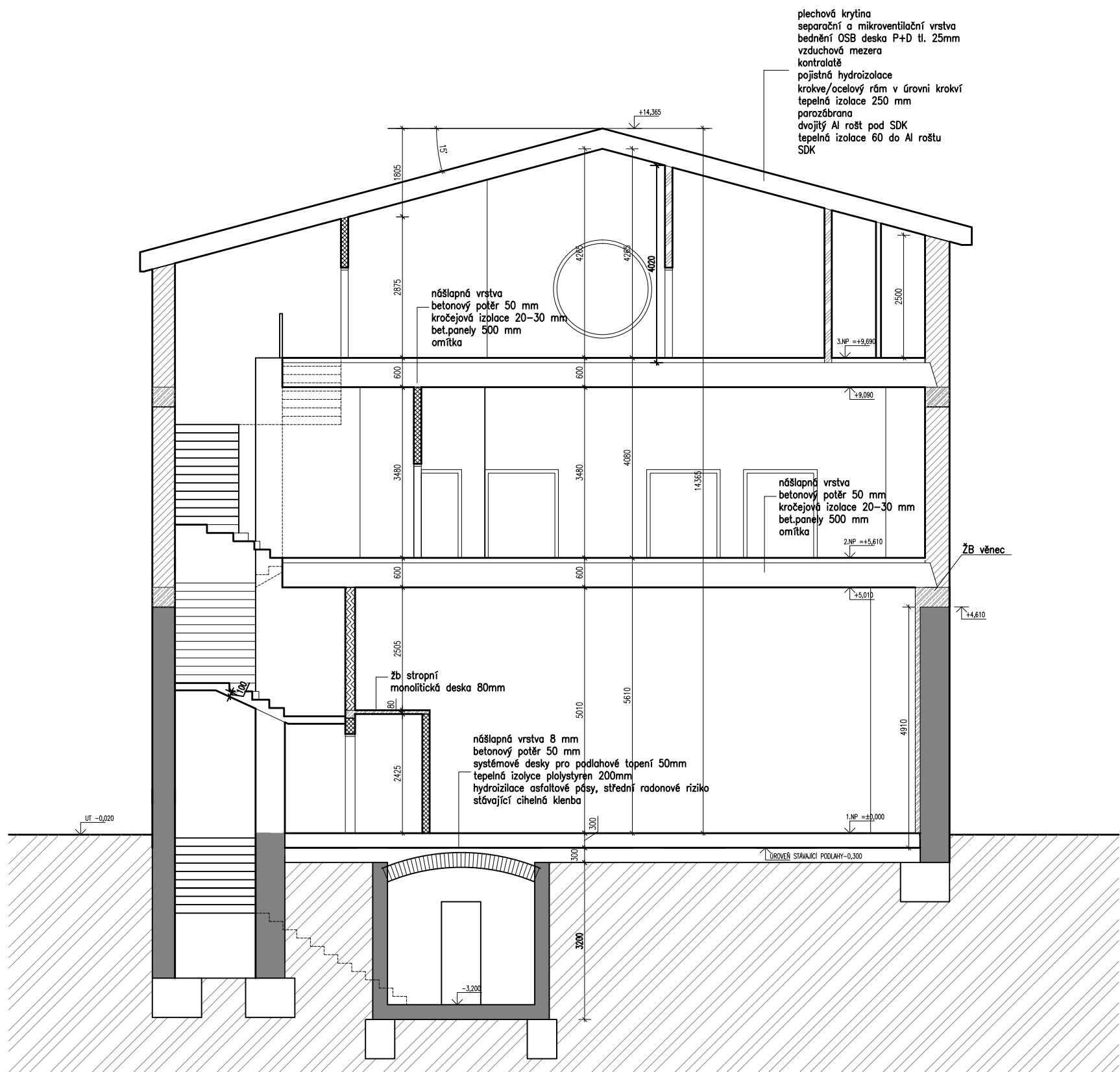
- STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ ZDIVO
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 50T PROFI, tl. 500 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44T PROFI, tl. 440 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44, tl. 440mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 30 P+D, tl. 300 mm
- NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 19 P+D, tl. 190 mm
- PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 14 P+D, tl. 150 mm
- PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 11,5, tl. 115 mm
- OBEZDÍVKOVÉ ZDIVO YTONG, tl. 50mm, 75mm, resp. 170mm
- ŽELEZOBETON C25/30, XC1
- BETONOVÝ POTĚR



Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		 ČVUT v Praze Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy: Zadání		
Název výkresu: PŮDORYS 3.NP		
Rok:	2017	
Měřítko:	1:100	
Formát:	A3	
Číslo výkresu:	04	

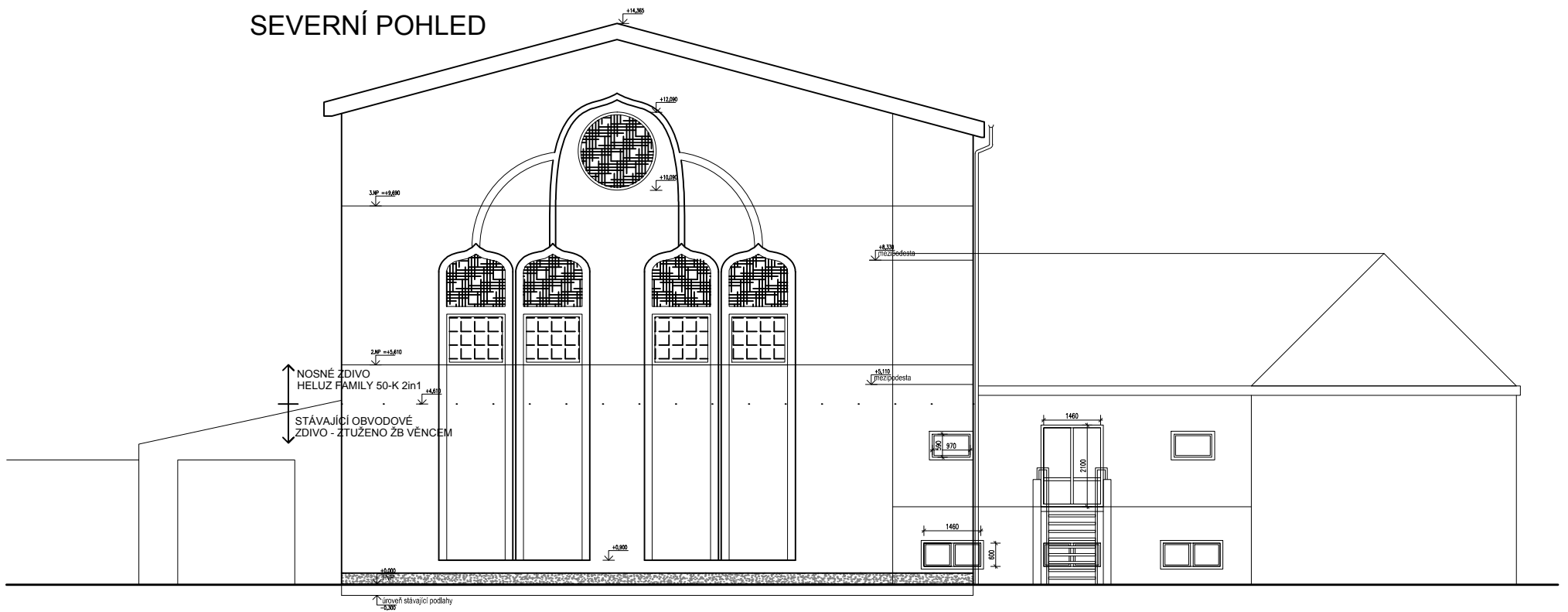


Obor:	Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
	K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Sylvie Raszková	Konzultoval:	prof. Ing. František Wald, CSc.
Předmět:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy:	Zadání		Rok: 2017
Název výkresu:	POHLED NA STŘECHU		Měřítko: 1:100
			Formát: A3
			Číslo výkresu: 05

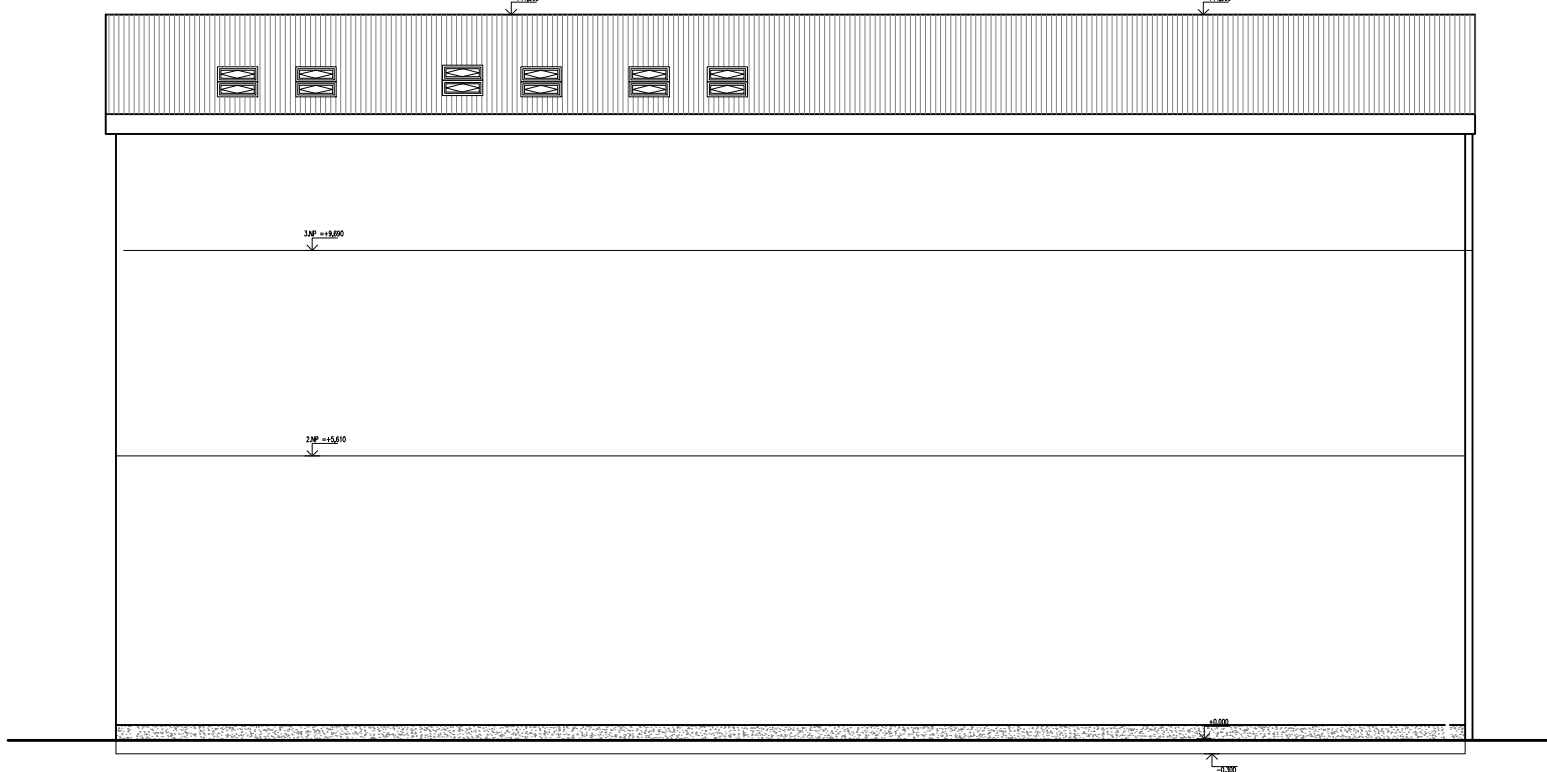


Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	Fakulta stavební
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	
Název úlohy:	Zadání	
Název výkresu:	ŘEZ OBJEKTEM	
Rok:	2017	
Měřítko:	1:100	
Formát:	A3	
Číslo výkresu:	06	

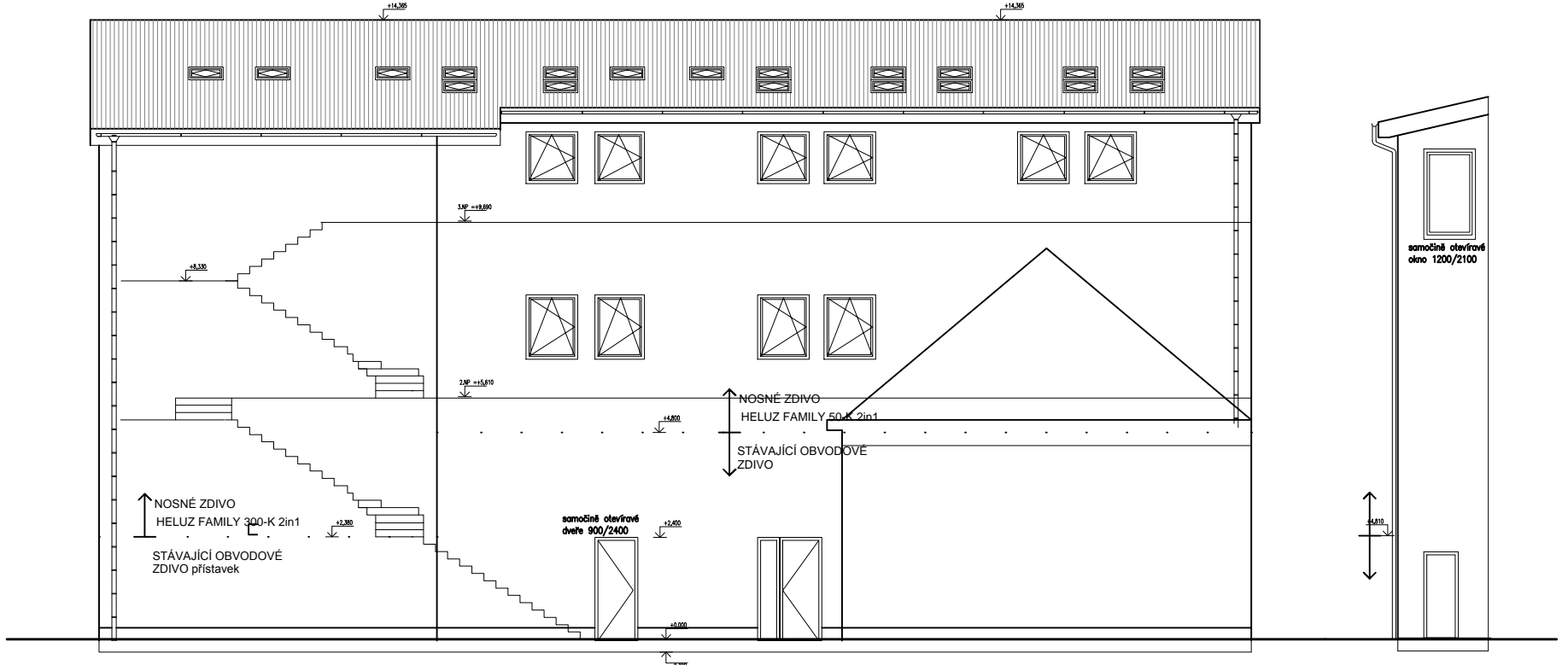
SEVERNÍ POHLED




VÝCHODNÍ POHLED



ZÁPADNÍ POHLED



Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	Rok: 2017 Měřítko: 1:150 Formát: A3 Číslo výkresu: 07
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	
Název úlohy:	Zadání	
Název výkresu:	TECHNICKÉ POHLEDY	



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení
multikulturního centra**

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část II

KONCEPT POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Požární bezpečnost staveb

Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracovala: **Sylvie Raszková**

Praha 2017

SEZNAM PŘÍLOH

KONCEPT POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ – TECHNICKÁ ZPRÁVA

VÝKRES Č. 01 – POŽÁRNÍ PŮDORYS 3.NP



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část II

KONCEPT POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ TECHNICKÁ ZPRÁVA

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Požární bezpečnost staveb

Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracovala: Sylvie Raszková

Praha 2017

Obsah

Úvod.....	1
Zkratky používané v textu.....	2
a) Seznam použitých datovaných podkladů pro zpracování	2
b) Stručný popis stavby z hlediska stavebních konstrukcí, výšky stavby, účelu užití, popřípadě popisu a zhodnocení technologie a provozu, umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě.....	3
c) Rozdělení stavby do požárních úseků (PÚ).....	5
d) Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti (SPB) a posouzení velikosti požárních úseků	6
e) Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti (PO)	8
f) Zhodnocení navržených stavebních výrobků a hmot (třída reakce na oheň, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.).....	10
g) Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení	10
h) Stanovení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům	11
i) Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku	11
j) Vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku	11
k) Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasících přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky	12
l) Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti.....	12
m) Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot.....	12
n) Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními	12

o) Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, na kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení	12
Příloha 1: výpočet požárního rizika.....	13

Úvod

Cílem této dokumentace je posouzení posledního 3. nadzemního podlaží objektu multikulturního centra z pohledu požární bezpečnosti. Požárně bezpečnostní řešení (PBŘ) je zpracováno dle § 41 odstavce 2 vyhlášky č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) v rozsahu pro stavební povolení. S ohledem na zadání bakalářské práce je v PBŘ zpracováno pouze prvních pět kapitol a) až e), další kapitoly f) až o) jsou uvedeny pouze názvy kapitol a nejsou předmětem řešení bakalářské práce. V příloze 1 se nachází tabulky s výpočty požárních rizik. Součástí PBŘ je požární půdorys 3. nadzemního podlaží.

Zkratky používané v textu

PBŘ = požárně bezpečnostní řešení, NP / PP = nadzemní / podzemní podlaží, ŽB = železobeton, PÚ = požární úsek, SPB = stupeň požární bezpečnosti, PO = požární odolnost, CHÚC = chráněná úniková cesta, VZT = vzduchotechnika

a) Seznam použitých datovaných podkladů pro zpracování

- [1] Projektová dokumentace stavby pro stavební povolení – půdorysy podlaží a střechy, řez, pohledy, souhrnná a průvodní technická zpráva
- [2] RASZKOVÁ, Sylvie. Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra. Část III – Stavebně konstrukční řešení. Bakalářská práce. Praha: ČVUT v Praze – Fakulta stavební. 2017
- [3] ZOUFAL, Roman. *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódu*. Praha: Pavus, 2009. ISBN 978-80-904481-0-0.
- [4] POROTHERM (Wienerberger) – Podklad pro navrhování, 13. vydání, 12/2014
- [5] PROMAT – Katalog – Požární bezpečnost staveb, IV. vydání (2012), revidované vydání 2015 – Ocelové nosné konstrukce – Požární bezpečnost pro ocelové sloupy a nosníky
- [6] KINGSPAN | Stručný přehled – Izolační střešní a stěnové systémy pro opláštění budov | 04/2017 | <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/ke-stazeni>

- [7] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (2009), Z1 (2013), Z2 (2015)
- [8] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení (2016)
- [9] ČSN 73 0818 Požární bezpečnost staveb – Obsazení objektu osobami (1997), Z1 (2002)
- [10] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), ve znění vyhlášky č. 221/2014 Sb.

b) Stručný popis stavby z hlediska stavebních konstrukcí, výšky stavby, účelu užití, popřípadě popisu a zhodnocení technologie a provozu, umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě

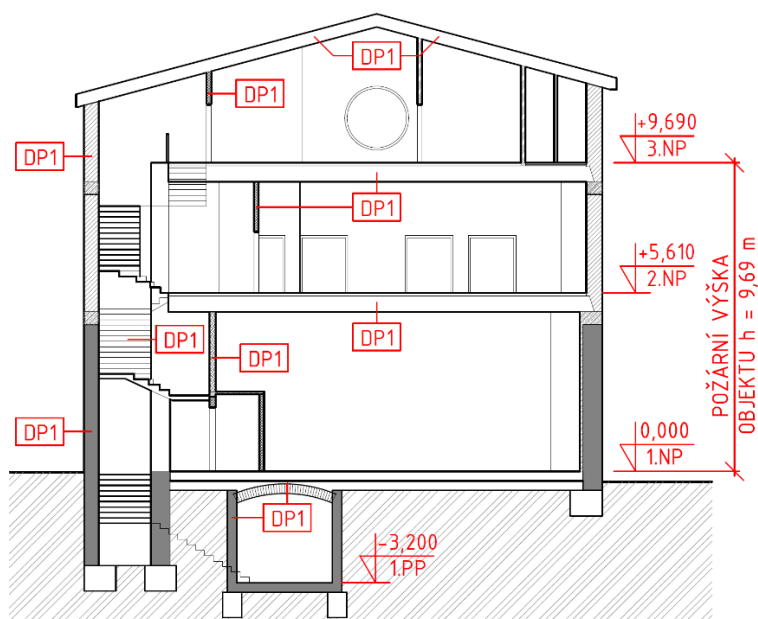
- Samostatně stojící třípodlažní objekt o půdorysných rozměrech objektu cca 14,1 m x 26,8 m; objekt částečně podsklepený
- Na objekt navazuje 2podlažní staticky nezávislý stávající objekt (není dále předmětem hodnocení).
- Dispoziční řešení:
 - 1. PP – schodišťový prostor – vyústění vně objektu, hala, úklidová místnost, plynová kotelna, WC muži / ženy
 - 1. NP – schodišťový prostor (CHÚC), chodba, víceúčelový sál, sklad, úklidová místnost, komora, strojovna VZT
 - 2. NP – schodišťový prostor (CHÚC), recepce s knihovnou, příruční sklad, galerie, strojovna VZT
 - 3. NP – schodišťový prostor (CHÚC), recepce, klub (charakter kavárny), čítárna, místnost pro volný čas s příručními knihovnami (cca 50 % odpočinková rovněž čítárna, zbylá část klubovna), WC muži / ženy / handicapovaní, strojovna VZT
- Svislé nosné konstrukce:
 - 1. PP a 1. NP – stávající masivní obvodové stěny ze smíšeného zdiva (kámen, cihla) tl. cca 600 mm
 - 2. NP – obvodové nosné stěny zděné z keramických dutinových bloků (systém Porotherm)
 - 3. NP – ocelové sloupy vybetonované mezi pásnicemi jakožto součást rámové konstrukce, viz níže v popisu střechy
 - Vnitřní schodišťová stěna (mezi rameny) zděná z keramických dutinových bloků (systém Porotherm)
 - Výtahová šachta – ŽB monolitická stěna

- Příčky a nenosné výplňové stěny:
 - 3.NP – obvodové nenosné výplňové stěny z keramických dutinových bloků (systém Porotherm) jako výplňové zdivo mezi ocelobetonovými sloupy a kolem části schodiště
 - Příčky a šachtové stěny zděné z keramických dutinových bloků (systém Porotherm)
- Stropní konstrukce:
 - Strop nad 1. PP – částečně původní cihelná klenba a částečně ŽB monolitická deska
 - Strop nad 1. NP a 2. NP – ŽB předpjaté dutinové panely SPIROLL
 - Strop (střecha) nad výtahovou šachtou – ŽB monolitická deska; šachta s převýšením an střešní plášť budovy
- Nosná konstrukce střechy:
 - Rámová konstrukce (vnitřní) v osových vzdálenostech max. 7,5 m – sloup i příčel z ocelového válcovaného profilu HEA 260, sloup ocelobetonový (vybetonování a vyztužení mezi pásnicemi) integrovaný do zděné obvodové stěny
 - Štítová rámová konstrukce – sloup ocelobetonový z válcovaného profilu HEB 200 (vybetonování a vyztužení mezi pásnicemi) integrovaný do zděné obvodové stěny, příčel IPE 200, stěnová diagonální ztužidla z profilů L 70x6
 - Konstrukce okrajového zastřešení nad CHÚC (navazuje na ocelovou rámovou konstrukci zastřešení zbylé části objektu) – sloup i příčle z ocelového válcovaného profilu IPE 200
 - Střešní diagonální ztužidla v rovině střechy z ocelových profilů L 70x6
 - Tvar střechy sedlový se sklonem střešních rovin 15°
- Střešní plášť:
 - Vaznice z válcovaného profilu IPE 200 v osových vzdálenostech cca 1,8 m
 - Střešní sendvičový izolační panel s trapézovou profilací a tepelnou izolací z minerálních vláken – systém KINGSPAN typ KS1000 FF
 - Nad výtahovou šachtou ŽB stropní deska, tepelná izolace z EPS, dřevěný deskový záklop, plechová krytina
- Schodiště v CHÚC ve všech podlažích ŽB monolitická desková
- Obvodové stěny nejsou opatřeny zateplovacím systémem.
- Technické a technologické zařízení budovy:
 - Teplovodní vytápění, centrálně plynovým kotlem

- VZT zařízení instalováno ve všech podlažích, v objektu navrženy 3 strojovny VZT, tj. v každém podlaží, přívodní / odvodní vzduchovody vyústěny na střechu objektu, vzduchovody z kovového potrubí
- Požární větrání CHÚC zajištěno přirozeně samočinně otvíravými otvory v nejnižším a nejvyšším místě schodiště (vstupní dveře a okno)
- Výtah osobní trakční elektrický se strojovnou na výtahové kabině, výtah neslouží jako evakuační ani požární

Základní požárně technické údaje objektu:

- počet NP / PP: 3 / 1
- požární výška: **$h = 9,7 \text{ m}$**
- druh konstrukční části:
 - **DP1** – zděné stěny a příčky, ŽB stropní panely, cihelná klenba (v 1. PP), ocelové resp. ocelobetonové rámy ve 3. NP, ocelové vaznice, střešní plášť ze sendvičových panelů s tepelně izolačním jádrem z minerálních vláken
 - **DP3** – pouze požární uzávěry (dveře) nemající vliv na typ konstrukčního systému
- konstrukční systém: **nehořlavý**



Obrázek 1 – schématický řez objektem se zákresem požární výšky a druhu konstrukcí

c) Rozdělení stavby do požárních úseků (PÚ)

Poslední NP řešeného objektu bude členěno do PÚ následovně:

Průběžné PÚ přes více podlaží:

- **A-N1.1/N3 – CHÚC typu A** vedoucí od 1. NP do 3. NP (samostatný PÚ dle ČSN 73 0802, kap. 5.3)
- **Š-N1.2/N3 – šachta osobního výtahu** (samostatný PÚ dle ČSN 73 0802, kap. 8.10.1 – šachta prostupuje přes více PÚ)
- **IŠ1 – instalační šachta** (kanalizace, vodovod, vytápění)
- **IŠ2 – instalační šachta pouze pro VZT** vedoucí ze spodních podlaží nad střechu

PÚ ve 3. NP:

Kromě samostatného PÚ pro strojovnu VZT je 3. NP dále rozděleno do 2 PÚ s ohledem na omezený počet unikajících osob takovým způsobem, aby z každého PÚ neunikalo více než 65 osob (omezení pro 1 únikovou cestu dle ČSN 73 0802, tab. 17).

- **N3.1 – klub** (restaurace), **recepce, WC**
- **N3.2 – místnost pro volný čas, čítárna, WC**
- **N3.3 – technická místnost – strojovna VZT** (samostatný PÚ dle ČSN 73 0802, kap. 5.3)

d) Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti (SPB) a posouzení velikosti požárních úseků

PÚ č. A-N1.1/N3-II.

- CHÚC typu A vedoucí z 1. NP do 3. NP
- Požární riziko neurčováno
- **Stupeň požární bezpečnosti: II. SPB** (ČSN 73 0802, čl. 9.3.2)

PÚ č. Š-N1.2/N3-II.

- Šachta osobního výtahu vedoucí z 1. NP do 3. NP
- Požární riziko neurčováno
- **Stupeň požární bezpečnosti: II. SPB** (ČSN 73 0802, čl. 8.10.2.a)

PÚ č. IŠ1-II.

- Instalační šachta pro rozvody nehořlavých látek (kanalizace, vodovod, vytápění) v hořlavém potrubí
- Požární riziko neurčováno
- **Stupeň požární bezpečnosti: II. SPB** (ČSN 73 0802, čl. 8.12.2 b)

PÚ č. IŠ2-II.

- Instalační šachta pro kovové vzduchovody (rozvody nehořlavých látek v nehořlavém potrubí)
- Požární riziko neurčováno
- **Stupeň požární bezpečnosti: I. SPB** (ČSN 73 0802, čl. 8.12.2 a)

PÚ č. N3.1-II.

- Recepce, klub (restaurace), WC
- **Požární riziko (výpočtové požární zatížení):**

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	ρ_s [kg/m ²]	ρ_n [kg/m ²]	ρ [kg/m ²]	ρ_v [kg/m ²]
0,92	1,04	1,0	5,0	17,09	22,09	21,0

Výpočet viz Přílohu 1

- **Stupeň požární bezpečnosti: II. SPB** (ČSN 73 0802, tab. 8)

PÚ č. N3.2-III.

- Místnost pro volný čas, čítárna, WC
- **Požární riziko (výpočtové požární zatížení):**

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	ρ_s [kg/m ²]	ρ_n [kg/m ²]	ρ [kg/m ²]	ρ_v [kg/m ²]
0,99	0,97	1,0	5,0	36,31	41,31	39,7

Výpočet viz Přílohu 1

- **Stupeň požární bezpečnosti: III. SPB** (ČSN 73 0802, tab. 8)

PÚ č. N3.3-I.

- Technická místnost – strojovna VZT
- **Požární riziko (výpočtové požární zatížení):**

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	ρ_s [kg/m ²]	ρ_n [kg/m ²]	ρ [kg/m ²]	ρ_v [kg/m ²]
0,90	0,58	1,0	2,0	15,0	17,0	8,8

Výpočet viz Přílohu 1

- **Stupeň požární bezpečnosti: I. SPB** (ČSN 73 0802, tab. 8)

Ekonomické riziko pro PÚ s ohledem na nevýrobní objekt nehodnoceno.

Mezní rozměry a nejvyšší počet podlaží jsou uvažovány vzhledem k charakteru a velikosti hodnocených PÚ bez průkazu jako vyhovující.

e) Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti (PO)

Zhodnocení požadované PO je provedeno pouze pro řešené poslední 3. NP. Požadovaná PO pro jednotlivé položky (typy konstrukcí dle tab. 12 v ČSN 73 0802) a příslušný SPB je následně posouzena s PO navržených konstrukcí. Požadovaná PO je zakreslena v požárním půdorysu posledního 3. NP.

Položka 1: Požární stěny a stropy

- Zděná příčka z keramických dutinových tvárnic Porotherm 14 P+D, tl. 140 mm, oboustranná vápenocementová omítka tl. min. 10 mm
 - max. požadovaná PO: EI 30 DP1 (PÚ č. N3.2-III.)
 - EI 180 DP1 dle katalogu výrobce (viz podklad [3])
- ŽB monolitická stropní deska nad výtahovou šachtou, křížem vyztužená vetknutá deska, tl. 200 mm
 - požadovaná PO: REI 30 DP1 (PÚ č. N1.3/N3-II.)
 - REI 90 DP1 dle podkladu [3], tab. 2.6, min. tl. 100 mm, osová vzdálenost nosné výztuže od povrchu min. 15 mm ... **vyhoví**
- 2 prosklené stěny (pevná okna), systémová konstrukce bude dodána alespoň s PO **EI 30 DP1**.

Nad stropem (střechou) v CHÚC v posledním NP se nenachází žádné požární zatížení, tj. konstrukce zastřešení nad CHÚC není hodnocena jako požární strop (ČSN 73 0802, čl. 8.3.2), ale je dále hodnocena stejně jako pro ostatní PÚ, tedy jako nosná konstrukce střechy a střešní plášť.

Položka 2: Požární uzávěry

- Požadovaná PO požárních uzávěrů, druh konstrukce (DP1, DP3), požadavky na samouzavírací zařízení včetně jsou zakresleny v požárním půdorysu posledního 3. NP a alespoň v těchto parametrech budou instalovány.

Položka 3 a): Obvodové stěny zajišťující stabilitu objektu

- Nosné obvodové stěny jsou pouze nižších podlažích, v hodnoceném 3. NP jsou obvodové stěny nenosné výplňové (viz další položku).

Položka 3 b): Obvodové stěny nezajišťující stabilitu objektu

- Zděná stěna z keramických dutinových tvárnic Porotherm 50T Profi a 44T Profi
 - max. požadovaná PO: REW 30 DP1 (PÚ č. N3.2-III.)
 - REI 90 DP1 dle podklad [4] ... **vyhoví**

Položka 4: Nosné konstrukce střech

- Rámová konstrukce (vnitřní) – sloup i příčel z ocelového válcovaného profilu HEA 260, sloup ocelobetonový (vybetonování a vyztužení mezi pásnicemi)
 - max. požadovaná PO: R 30 DP1 (PÚ č. N3.2-III.)
 - PO rámu posouzena statickým výpočtem (viz podklad [2]) ... **vyhoví**
- Štítová rámová konstrukce – sloup ocelobetonový z válcovaného profilu HEB 200 (vybetonování a vyztužení mezi pásnicemi), příčel IPE 200, stěnová diagonální ztužidla z profilů L 70/6
 - max. požadovaná PO: R 30 DP1 (PÚ č. N3.2-III.)
 - PO rámu není početně prokázána (řešení nad rámec zadání bakalářské práce), ale byla by posouzena statickým výpočtem stejným způsobem uvedeným v podkladu [2] nebo byl použit požární deskový obklad.
- Konstrukce okrajového zastřešení nad CHÚC (navazuje na ocelovou rámovou konstrukci zastřešení zbylé části objektu) – sloup i příčle z ocelového válcovaného profilu IPE 200
 - požadovaná PO: R 15 DP1 (CHÚC)
 - PO není početně prokázána (řešení nad rámec zadání bakalářské práce), ale byla by posouzena statickým výpočtem stejným způsobem uvedeným v podkladu [2] nebo byl použit požární deskový obklad.

Střešní vaznice s max. rozponem 7,5 m mezi rámy není hodnocena s požadavky na PO pro nosnou konstrukci střechy (ČSN 73 0810, čl. 8.1), ale s požadavky na střešní plášť (viz dále položka 11).

Položka 5: Nosné konstrukce uvnitř PÚ

- Zděná stěna z keramických dutinových tvárnic Porotherm 44, tl. 440 mm,
 - max. požadovaná PO: R 15 DP1 (CHÚC)
 - REI 180 DP1 dle podkladu [6] ... **vyhoví**

Položka 6: Nosné konstrukce vně objektu zajišťující stabilitu objektu

- V objektu se nenachází

Položka 7: Nosné konstrukce uvnitř PÚ nezajišťující stabilitu objektu

- V objektu se nenachází

Položka 8: Nenosné konstrukce uvnitř PÚ

- V objektu se nenachází

Položka 9: Konstrukce schodišť

- Nacházejí se v CHÚC a jsou bez požadavků na PO. Požadován je pouze druh konstrukce DP1, čemuž ŽB schodiště vyhoví.

Položka 10: Instalační šachty

- Zděná šachtová stěna (příčka) z keramických dutinových tvárnic Porotherm 11,5 P+D tl. 115 mm, jednostranná VC omítka tl. min. 10 mm
 - max. požadovaná PO: EI 30 DP1
 - EI 120 DP1 dle katalogu výrobce (viz podklad [3]) ... **vyhoví**
- Požární uzávěry (revizní dvířka) s požadovanou PO: EW 15 DP1

Položka 11: Střešní plášť

- Vaznice z ocelového válcovaného profilu IPE 200
 - max. požadovaná PO: R 15 DP1 (PÚ č. N.3.2-III.; požadavek pro střešní plášť v souladu s ČSN 73 0810, čl. 8.1)
 - PO není početně prokázána (řešení nad rámec zadání bakalářské práce), ale byla by posouzena statickým výpočtem stejným způsobem uvedeným v podkladu [2] nebo byl použit požární deskový obklad nebo podhled.
- Střešní sendvičový izolační panel s trapézovou profilací a tepelnou izolací z minerálních vláken tl. 100 mm – systém KINGSPAN typ KS1000 FF
 - max. požadovaná PO: EI 15 DP1 (PÚ č. N.3.2-III.)
 - REI 90 DP1 dle katalogu výrobce (viz podklad [4]) ... **vyhoví**

f) Zhodnocení navržených stavebních výrobků a hmot (třída reakce na oheň, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.)

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

g) Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení

Obsazení osobami pro 3. NP počítáno pro rozdělení do PÚ s ohledem omezení počtu osob v PÚ pro jeden směr úniku (viz kapitolu c). Počet osob je zakreslen v požárním půdoryse 3. NP.

Tabulka 1 – Obsazení objektu osobami pro 3. NP

Údaje z projektové dokumentace (PD)			Údaje z ČSN 73 0818 – tab. 1					
Specifikace prostoru (m.č. = místnost číslo)	Plocha [m ²]	Počet osob dle PD	pol.	[m ² /os.]	Počet osob dle [m ² /os.]	Součinitel, jímž se násobí počet osob dle PD	Počet osob dle souč.	Rozhodující počet osob (obsazenost)
3. NP								
m.č. 3.07 – volný čas – čítárna, knihy (cca 40 % plochy)	34,28	-	3.3.1	2,5	14	-	-	14
m.č. 3.07 – volný čas – herna, klubovna (cca 60 % plochy)	51,42	-	3.4	2	26	-	-	26
Suma m.č. 3.07								40
m.č. 3.08 – čítárna	59,6	-	3.3.1	2,5	24	-	-	24
m.č. 3.09 – klub (restaurace), stoly na cca 50 % plochy	80,75	-	7.1.1	1,4	29	-	-	29
m.č. 3.10 – recepce, trvale cca 2 zaměstnanci	39,82	2 (recepční)	-	-	-	1,5	3	3

Dále tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- h) Stanovení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- i) Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- j) Vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- k) Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- l) Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- m) Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- n) Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

- o) Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, na kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení**

Tato kapitola není předmětem zadání bakalářské práce.

Příloha 1: výpočet požárního rizika

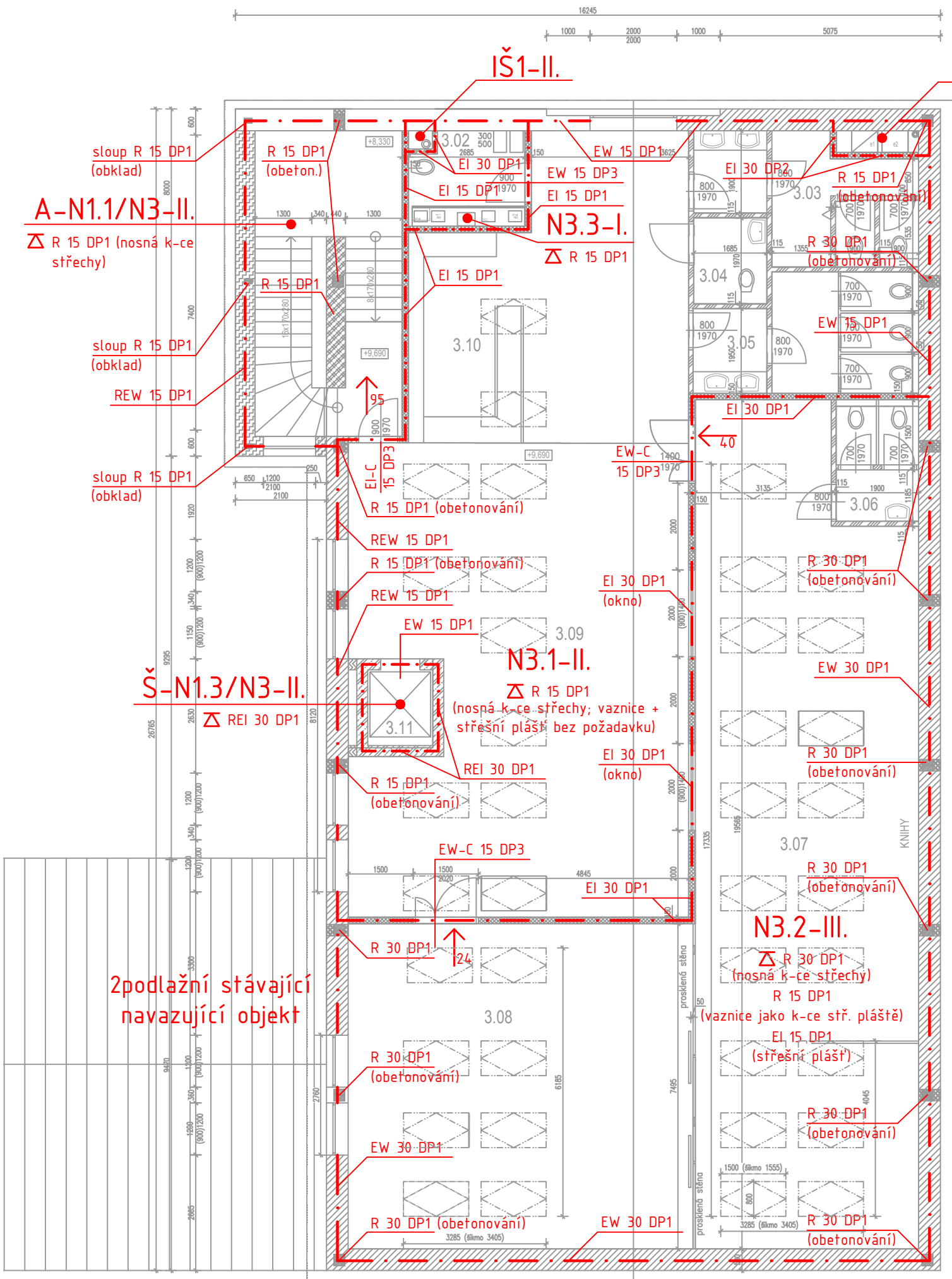
Požární úsek č. N3.1

3.NP																														
PÚ	OZN.	Specifikace místnosti	SV h _{si} [m]	S * h _s	S _i [m ²]	a _{ni}	p _{ni} [kg/m ²]	p _{ni} * S _i	p _{ni} * a _{ni} * S _i	Položka Tab. A.1																				
N3.1	3.03	WC MUŽI	3,0	38,25	12,75	0,7	5	63,8	44,6	14.2																				
	3.04	WC HANDICEPOVANÍ	3,0	10,11	3,37	0,7	5	16,9	11,8	14.2																				
	3.05	WC ŽENY	3,0	38,70	12,90	0,7	5	64,5	45,2	14.2																				
	3.09	KLUB (RESTAURACE)	3,0	242,25	80,75	0,9	20	1615,0	1453,5	7.1.2																				
	3.10	KLUB RECEPCE	3,0	119,46	39,82	1,0	20	796,4	796,4	7.2.3b																				
Celkem			/	448,77	149,59	/	/	2556,5	2351,5	/																				
Dosazení dílčích součtů do dvou vzorců pro p _n a a _n																														
Celková plocha PÚ			149,59	[m ²]																										
p _n	nahodilé požární zatížení		17,09	[kg/m ²]	$p_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i}{S} \quad a_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot a_{ni} \cdot S_i}{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i}$																									
a _n	součinitel a pro nahodilé požární zatížení		0,92	-																										
Stálé požární zatížení p _s [kg/m ²], plocha místnosti, popř. prostoru do 500 m ²																														
p _s	okna	3,0	[kg/m ²]	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Tabulka 1 – Hodnoty stálého požárního zatížení p_s</th> </tr> <tr> <th>Plocha místnosti, popř. prostorů</th> <th>p_s okna kg/m²</th> <th>p_s dveří kg/m²</th> <th>p_s podlah¹⁾ kg/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>do 500 m²</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>nad 500 do 1 000 m²</td> <td>1,5</td> <td>1,0</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>nad 1 000 m²</td> <td>0,7</td> <td>0,5</td> <td>5,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Týká se nášlapné, popř. vyrovnávací vrstvy podlahy podle ČSN 74 4505.</p>							Tabulka 1 – Hodnoty stálého požárního zatížení p _s				Plocha místnosti, popř. prostorů	p _s okna kg/m ²	p _s dveří kg/m ²	p _s podlah ¹⁾ kg/m ²	do 500 m ²	3,0	2,0	5,0	nad 500 do 1 000 m ²	1,5	1,0	5,0	nad 1 000 m ²	0,7	0,5	5,0
Tabulka 1 – Hodnoty stálého požárního zatížení p _s																														
Plocha místnosti, popř. prostorů	p _s okna kg/m ²	p _s dveří kg/m ²	p _s podlah ¹⁾ kg/m ²																											
do 500 m ²	3,0	2,0	5,0																											
nad 500 do 1 000 m ²	1,5	1,0	5,0																											
nad 1 000 m ²	0,7	0,5	5,0																											
p _s	dveře	2,0	[kg/m ²]																											
p _s	podlaha	0,0	[kg/m ²]																											
p _s	Celkem	5,0	[kg/m ²]																											
a _s	součinitel a pro stálé požární zatížení		0,9	-	$a = \frac{p_n \cdot a_n + p_s \cdot a_s}{p_n + p_s}$																									
a	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání		0,92	-																										
p	požární zatížení (stálé + nahodilé)		22,09	[kg/m ²]	$p = p_n + p_s$																									
Hodnoty pro určení součinitele b - PRIMO VĚTRANY PÚ																														
S	Celková půdorysná plocha PÚ		149,59	[m ²]																										
S _o	Celková plocha otvřívacích otvorů		26,50	[m ²]																										
$S_o \cdot \sqrt{h_o} = \sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot \sqrt{h_{oi}}$			26,93	-																										
S _o /S			0,177	-																										
h _o	vážený průměr výšky otvorů v obvodových a střešních kci PÚ		1,07	[m]	$h_o = \frac{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot h_{oi}}{\sum_{i=1}^j S_{oi}}, \quad h_s = \frac{\sum_{i=1}^j S_i \cdot h_{si}}{S}$																									
h _s	vážený průměr světlé výšky místností dle plochy		3,00	[m]																										
h _o /h _s			0,356	-																										
n	pomocná hodnota (při výpočtu souč. b)		0,106	-	$n = S_o/S (h_o/h_s)^{1/2} \geq 0,005 \quad \text{VYHOVUJE}$																									
S _m	převládající velikost ploch místností v PÚ		120,57	[m ²]	Klub (resraurace) + klub recepce																									
k	součinitel vyjadřující geometrické uspořádání		0,187	-	(ČSN 73 0802, tab. E.1)																									
Σ S _o * v _{h_o}			26,93	-																										
b	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska přístupu vzduchu		1,04	-	$b = \frac{S \cdot k}{S_o \cdot \sqrt{h_o}} \quad b < 0,5 ; 1,7 > \text{ pro PÚ přímo větrané}$																									
c	součinitel vyjadřující vliv PBZ		1,0	c = 1,0 pro PÚ bez vlivu PBZ; c ≤ 1,0 pro PÚ s vlivem PBZ																										
p _v	výpočtové požární zatížení		21,0	[kg/m ²]	$p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c$																									
Hodnoty pro určení stupně požární bezpečnosti PÚ																														
Konstrukční systém			nehořlavý																											
h	požární výška objektu		9,7	[m]																										
SPB	stupeň požární bezpečnosti PÚ (ČSN 73 0802, tab. 8)		II.																											
VÝPLNĚ otvorů v obvodových a střešních konstrukcích																														
Specifikace výplně	Počet	Šířka b _o [m]	Výška h _o [m]	S _o [m ²]	S _o *h _o	S _o *v _{h_o}																								
3.09 okna	3	1,200	1,200	4,32	5,18	4,73																								
	1	1,150	1,200	1,38	1,66	1,51																								
3.09 střešní okna	14	1,500	0,800	16,80	13,44	15,03																								
3.10 okno	1	2,000	2,000	4,00	8,00	5,66																								
Σ				26,50	28,28	26,93																								

Požární úsek č. N3.2

3.NP

PÚ	OZN.	Specifikace místnosti	SV h_{si} [m]	$S \cdot h_s$	S_i [m ²]	a_{ni}	p_{ni} [kg/m ²]	$p_{ni} \cdot S_i$	$p_{ni} \cdot a_{ni} \cdot S_i$	Položka Tab. A.1																
N3.2	3.06	WC	2,5	12,60	5,04	0,7	5	25,2	17,6	14.2																
	3.07	Volný čas (část klubovna)	2,8	250,32	89,40	1,1	30	2682,0	2950,2	3.6																
	3.07	Volný čas (část knihy)	2,5	15,00	6,00	0,7	120	720,0	504,0	1.6																
	3.08	ČÍTARNA	3,0	178,80	59,60	1,0	40	2384,0	2384,0	1.1																
Celkem			/	456,72	160,04	/	/	5811,2	5855,8	/																
Dosazení dílčích součtů do dvou vzorců pro p_n a a_n																										
Celková plocha PÚ			160,04	[m ²]																						
p_n	nahodilé požární zatížení		36,31	[kg/m ²]	$p_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i}{S} \quad a_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot a_{ni} \cdot S_i}{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i}$																					
a_n	součinitel a pro nahodilé požární zatížení		1,01	-																						
Stálé požární zatížení p_s [kg/m ²], plocha místnosti, popř. prostoru do 500 m ²																										
p_s	okna	3,0	[kg/m ²]	<table border="1"> <caption>Tabulka 1 – Hodnoty stálého požárního zatížení p_s</caption> <thead> <tr> <th>Plocha místnosti, popř. prostorů</th> <th>p_s oken kg·m⁻²</th> <th>p_s dveří kg·m⁻²</th> <th>p_s podlah¹⁾ kg·m⁻²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>do 500 m²</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>nad 500 do 1 000 m²</td> <td>1,5</td> <td>1,0</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>nad 1 000 m²</td> <td>0,7</td> <td>0,5</td> <td>5,0</td> </tr> </tbody> </table>							Plocha místnosti, popř. prostorů	p_s oken kg·m ⁻²	p_s dveří kg·m ⁻²	p_s podlah ¹⁾ kg·m ⁻²	do 500 m ²	3,0	2,0	5,0	nad 500 do 1 000 m ²	1,5	1,0	5,0	nad 1 000 m ²	0,7	0,5	5,0
Plocha místnosti, popř. prostorů	p_s oken kg·m ⁻²	p_s dveří kg·m ⁻²	p_s podlah ¹⁾ kg·m ⁻²																							
do 500 m ²	3,0	2,0	5,0																							
nad 500 do 1 000 m ²	1,5	1,0	5,0																							
nad 1 000 m ²	0,7	0,5	5,0																							
p_s	dveře	2,0	[kg/m ²]																							
p_s	podlaha	0,0	[kg/m ²]																							
p_s	Celkem	5,0	[kg/m ²]																							
a_s	součinitel a pro stálé požární zatížení		0,9	-	$a = \frac{p_n \cdot a_n + p_s \cdot a_s}{p_n + p_s}$																					
a	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání		0,99	-																						
p	požární zatížení (stálé + nahodilé)		41,31	[kg/m ²]	$p = p_n + p_s$																					
Hodnoty pro určení součinitele b - PRÍMO VĚTRANY PÚ																										
S	Celková půdorysná plocha PÚ		160,04	[m ²]																						
S_o	Celková plocha otvůrých otvorů		35,28	[m ²]																						
$S_o \cdot \sqrt{h_o} = \sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot \sqrt{h_{oi}}$			32,13	-																						
S_o/S			0,220	-																						
h_o	vážený průměr výšky otvorů v obvodových a střešních kci PÚ		0,83	[m]	$h_o = \frac{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot h_{oi}}{\sum_{i=1}^j S_{oi}}, \quad h_s = \frac{\sum_{i=1}^j S_i \cdot h_{si}}{S}$																					
h_s	vážený průměr světlé výšky místností dle plochy		2,85	[m]																						
h_o/h_s			0,292	-																						
n	pomocná hodnota (při výpočtu souč. b)		0,119	-	$n = S_o/S (h_o/h_s)^{1/2} \geq 0,005 \quad \text{VYHOVUJE}$																					
S_m	převládající velikost ploch místností v PÚ		95,40	[m ²]	Klubovna + knihy																					
k	součinitel vyjadřující geometrické uspořádání		0,194	-	(ČSN 73 0802, tab. E.1)																					
$\sum S_o \cdot v h_o$			32,13	-																						
b	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska přístupu vzduchu		0,97	-	$b = \frac{S \cdot k}{S_o \cdot \sqrt{h_o}} \quad \quad b < 0,5 ; 1,7 > \text{ pro PÚ přímo větrané}$																					
c	součinitel vyjadřující vliv PBZ		1,0	$c = 1,0$ pro PÚ bez vlivu PBZ; $c \leq 1,0$ pro PÚ s vlivem PBZ																						
p_v	výpočtové požární zatížení		39,7	[kg/m ²]	$p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c$																					
Hodnoty pro určení stupně požární bezpečnosti PÚ																										
Konstrukční systém			nehořlavý																							
h	požární výška objektu		9,7	[m]																						
SPB	stupeň požární bezpečnosti PÚ (ČSN 73 0802, tab. 8)		III.																							
VÝPLNĚ otvorů v obvodových a střešních konstrukcích																										
Specifikace výplně	Počet	Šířka b_o [m]	Výška h_o [m]	S_o [m ²]	$S_o \cdot h_o$	$S_o \cdot v h_o$																				
3.08 okna	2	1,200	1,200	2,88	3,46	3,15																				
střešní okna	27	1,500	0,800	32,40	25,92	28,98																				
Σ				35,28	29,38	32,13																				



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PODLAHA	PLOCHA m ²
3.01	SCHODIŠTĚ	BETONOVÁ STĚRKA	4,0
3.02	TECH. MÍSTNOST VZT	BETONOVÁ STĚRKA	5,9
3.03	WC MUŽI	BETONOVÁ STĚRKA	12,75
3.04	WC HANDICPOVANÍ	BETONOVÁ STĚRKA	3,37
3.05	WC ŽENY	BETONOVÁ STĚRKA	12,9
3.06	WC	BETONOVÁ STĚRKA	5,04
3.07	MÍSTNOST PRO VOLNÝ ČAS	BETONOVÁ STĚRKA	95,4
3.08	ČITÁRNA	BETONOVÁ STĚRKA	59,6
3.09	KLUB	BETONOVÁ STĚRKA	80,75
3.10	KLUB RECEPCE	BETONOVÁ STĚRKA	39,82
3.11	VÝTAH		2,63

LEGENDA MATERIÁLŮ

	STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ ZDIVO
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 50T PROFI, tl. 500 mm
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44T PROFI, tl. 440 mm
	NOSNÉ ZDIVO POROTHERM 44, tl. 440mm
	PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 14 P+D, tl. 150 mm
	PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM 11.5, tl. 115 mm
	OBEZDÍVKOVÉ ZDIVO YTONG P4-500; P2-500, tl. 50mm, 75mm, resp. 170mm
	ŽELEZOBETON C25/30

LEGENDA POŽÁRNÍCH ZNAČEK

	Požárně dělící konstrukce (hranice PÚ)
N3.2-II.	Označení PÚ a SPB
IŠ-II.	Označení PÚ instalační šachty
	Mezní stavy, doba požární odolnosti EI 15 DP1 a druh konstrukce vodorovné konstrukce
	Mezní stavy, doba požární odolnosti a druh svislé stěny EI 30 DP1
	Mezní stavy, doba požární odolnosti a druh konstrukce požárního uzávěru, samozavírač EW-C 30 DP3
	Směr úniku a počet unikajících osob ← 40

Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	Fakulta stavební
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	
Název úlohy:	Koncept požárně bezpečnostního řešení	
Název výkresu:	POŽÁRNÍ PŮDORYS 3.NP	
	Rok:	2017
	Měřítko:	1:110
	Formát:	A3
	Číslo výkresu:	01



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část III

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Požární bezpečnost staveb
Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.
Vypracovala: Sylvie Raszková

Praha 2017

SEZNAM PŘÍLOH

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ – STATICKÝ VÝPOČET ZA BĚŽNÉ
A ZVÝŠENÉ TEPLoty

VÝKRES Č. 01 – VÝKRES DISPOZICE ZASTŘEŠENÍ

VÝKRES Č. 02 – SCHÉMA S1 – VRCHOL RÁMU

VÝKRES Č. 03 – ŘEZ PŘÍČLÍ – ŘEZ QQ'

VÝKRES Č. 04 – SCHÉMA S2 – MONTÁŽNÍ STYK PŘÍČLE

VÝKRES Č. 05 – SCHÉMA S3 – RÁMOVÝ ROH

VÝKRES Č. 06 – SCHÉMA S4 – KLOUBOVÉ ULOŽENÍ SLOUPU



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra

Design of steel frame roof structure of the multicultural center

Bakalářská práce

Část III

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ – STATICKÝ VÝPOČET ZA BĚŽNÉ A ZVÝŠENÉ TEPLoty

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Požární bezpečnost staveb
Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.
Vypracovala: Sylvie Raszková

Praha 2017

Obsah

Podklady pro zpracování	2
Použitý software	3
1. Úvod	3
2. Popis objektu a konstrukce zastřešení	4
3. Simulace účinku požáru v modelovaném prostoru	7
3.1 Popis zónového softwaru CFAST	7
3.2 Popis modelovaného prostoru	7
3.3 Okrajové podmínky výpočtu	9
3.4 Požární scénář 1 – lokální požár skupiny křesel	10
3.5 Požární scénář 2 – plošný t-kvadratický požár	12
4. Statický výpočet za běžné a zvýšené teploty	15
4.1 Výpočet za běžné teploty	16
4.2 Výpočet za zvýšené teploty	42
5 Závěr	50
Příloha 1 – Analytický výpočet nominální normové teplotní křivky	51
Příloha 2 – Analytický výpočet přestupu tepla do konstrukce podle nominální normové teplotní křivky	52
Příloha 3 – Analytický výpočet přestupu tepla do konstrukce podle křivky lokálního požáru	53
Příloha 4 – Analytický výpočet lokálního požáru	54
Příloha 5 – Validace lokálního požáru v programu CFAST	55
Příloha 6 – Průběhy teplot různých požárních scénářů	56
Příloha 7 – Validace výpočtu ocelobetonového sloupu programem AFCC pro požární odolnost R 30	61
Příloha 8 – Skica štítové stěny	62

Podklady pro zpracování

- [1] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- [2] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [3] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3 - Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2014, Opr.1
- [4] ČSN EN ISO 2553 – Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje
- [5] VRANÝ, Tomáš, Michal JANDERA a Martina ELIÁŠOVÁ. Ocelové konstrukce 1: cvičení. Vyd. 3., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-04368-4
- [6] ROTTER, Tomáš, Jiří STUDNIČKA a Petr KUKLÍK, ed. Ocelové a dřevěné konstrukce: navrhování podle evropských norem. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03545-x.
- [7] STUDNIČKA, Jiří. Ocelové konstrukce 10: normy pro navrhování. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02842-9.
- [8] STUDNIČKA, Jiří. Ocelobetonové konstrukce 20. Praha: České vysoké učení technické, 2002. ISBN 80-01-02598-5.
- [9] STUDNIČKA, Jiří a František WALD. Ocelářské tabulky. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01270-0.
- [10] SOKOL, Zdeněk a František WALD. Ocelové konstrukce: tabulky. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04655-5.
- [11] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. Ocelové konstrukce 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03768-3.
- [12] WALD, František. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.
- [13] Kingspan – Střešní izolační panel KS1000 FF. [online]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely/stresni-sendvicovy-panel-ks1000-ff>
- [14] Technický list Rigips - Podhledy Rigips na kokové konstrukci
- [15] Joints in steel construction: simple joints to Eurocode 3. Ascot: Steel Construction Institute, 2011. ISBN 9781859422014.
- [16] Joints in steel construction: moment-resisting joints to Eurocode 3. Ascot, Berks: Steel Construction Institute, 2013. ISBN 9781859422090.
- [17] KRUPPA, J., SCHAUMANN, P., SCHLEICH, J.B. und TWILT, L. Eurocode 4: Verbundtragwerke, Teil 10: Brandschutztechnische Tragwerkbemessung, Entwurt April 1990
- [18] RASZKOVÁ, Sylvie. Návrh ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra. Část II – Koncept požárně bezpečnostního řešení. Bakalářská práce. Praha: ČVUT v Praze – Fakulta stavební. 2017

- [19] POKORNÝ, Marek, Petr HEJTMÁNEK a František WALD. *Sborník článků s požární tematikou v předmětu Seminární práce*. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2014. ISBN 978-80-0105545-8.
- [20] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila HOROVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Hana NAJMANOVÁ, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ a Ivo SCHWARZ. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [21] ČSN EN 1991-1-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení: Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru (08/2004), Opr.1 (2006), Opr.2 (2010)

Použitý software

- [22] Dlubal RSTAB – pro posouzení statiky prutových konstrukcí. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs/produkty/rstab/zakladni-informace>
- [23] CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport) – zónový požární model. Verze: CFAST 7.2.2, Smokeview 6.5.0. Dostupné z: <https://pages.nist.gov/cfast/downloads.html>

1. Úvod

Tato část bakalářské práce se zabývá návrhem ocelové rámové konstrukce zastřešení multikulturního centra. Rám se skládá z ocelového sloupu, ocelové příčle a ocelového náběhu. Výpočet je rozdělen na dvě části. Část (1) posuzuje hlavní nosné prvky za běžné teploty – sloup, příčel a vaznici. Část (2) posuzuje vybrané nosné prvky za zvýšené teploty – sloup a příčel. Sloup je za běžné teploty nejdříve posouzen jako ocelový, na něj pak navazuje posouzení ocelobetonového průřezu, který je částečně obetonovaný mezi pásnicemi. Za působení požáru je sloup posouzen už jen jako ocelobetonový. Částečné obetonování válcovaného profilu sloupu bylo zvoleno kvůli požadavku na požární odolnost, viz část bakalářské práce II [18]. Průřez sloupu a příčle je posouzen na tlak a ohyb, průřez vaznice pouze na ohyb. Pro určení teploty prvků jsou použity výstupy z programu CFAST. Výsledky ve formě průběhu teplot horní vrstvy plynu dvouzónového modelu požáru slouží jako vstupní hodnoty pro výpočet přestupu tepla do konstrukce přírůstkovou metodou. V případě posouzení sloupu se předpokládá nárůst teploty podle nominální normové teplotní křivky. Výpočet posouzení příčle je založen na tepelném toku při místním (lokálním) požáru.

Cíle stavebně konstrukční části projektu jsou následující:

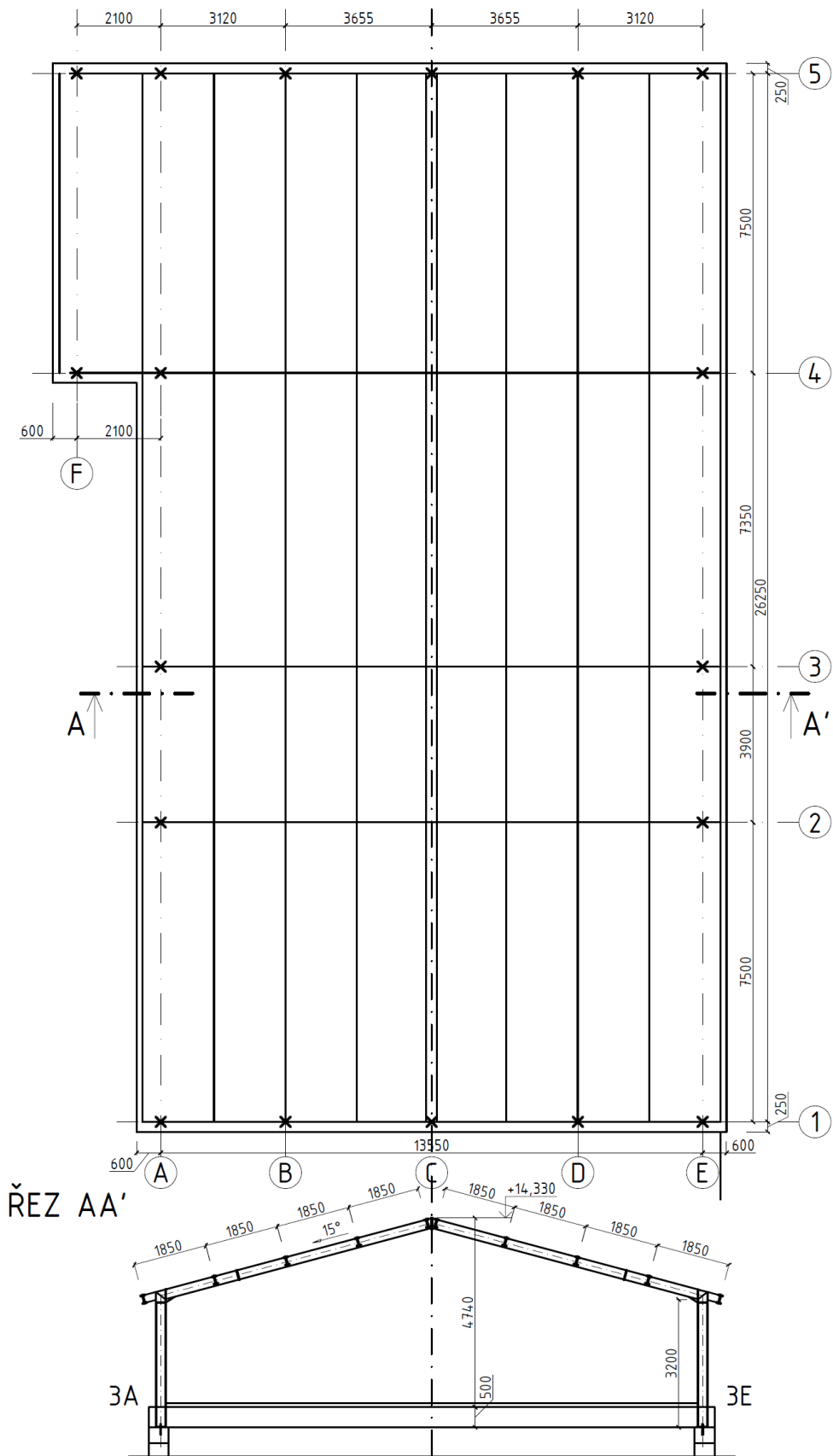
- návrh hlavní nosné konstrukce rámu za běžné teploty – sloup, příčel, vaznice,

- návrh vybraných nosných prvků za zvýšené teploty – sloup, příčel,
- odhad dimenzí ztužujících prvků zastřešení,
- návrh rámových spojů a jejich schéma,
- odhad dimenzí prvků pro zastřešení schodiště.

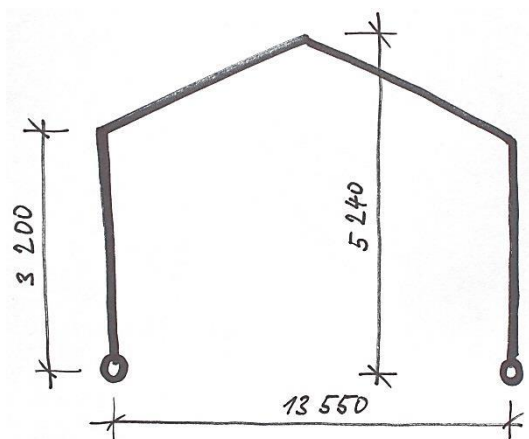
Předmětem této práce není posouzení ztužujících prvků zastřešení, rámových spojů a vaznice za zvýšené teploty.

2. Popis objektu a konstrukce zastřešení

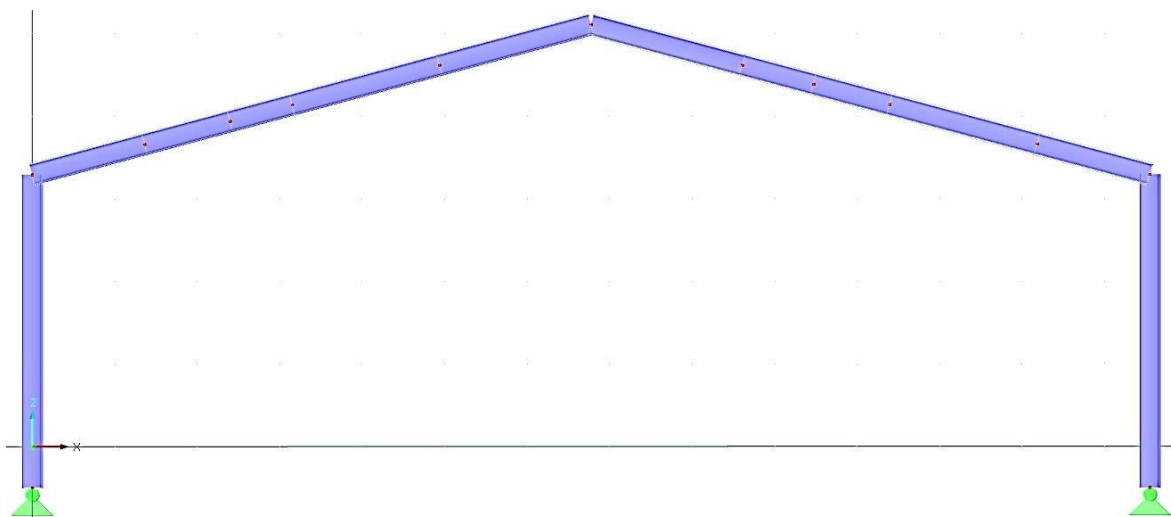
Detailní popis je uveden v části bakalářské práce II – Koncept požárně bezpečnostního řešení stavby (viz podklad [18]).



Obrázek 1 Skica konstrukce zastřešení



Obrázek 2 Skica navrhovaného rámu



Obrázek 3 Model rámu v programu Dlubal RSTAB

Statický popis rámu

Rám je řešen jako dvoukloubová ocelová konstrukce.

Navrhovaná je nejvíce zatížena vazba, tj. vazba č. 4, a to na kombinaci zatížení vlastní tíhou a sněhem. Vodorovná zatížení (zatížení větrem) přenesou střešní ztužidla a ztužené štítové stěny, viz příloha 7. Vaznice jsou kloubově připojeny přes navařené svislé plechy ke stojině příčle – vyvozují na příčli bodové síly.

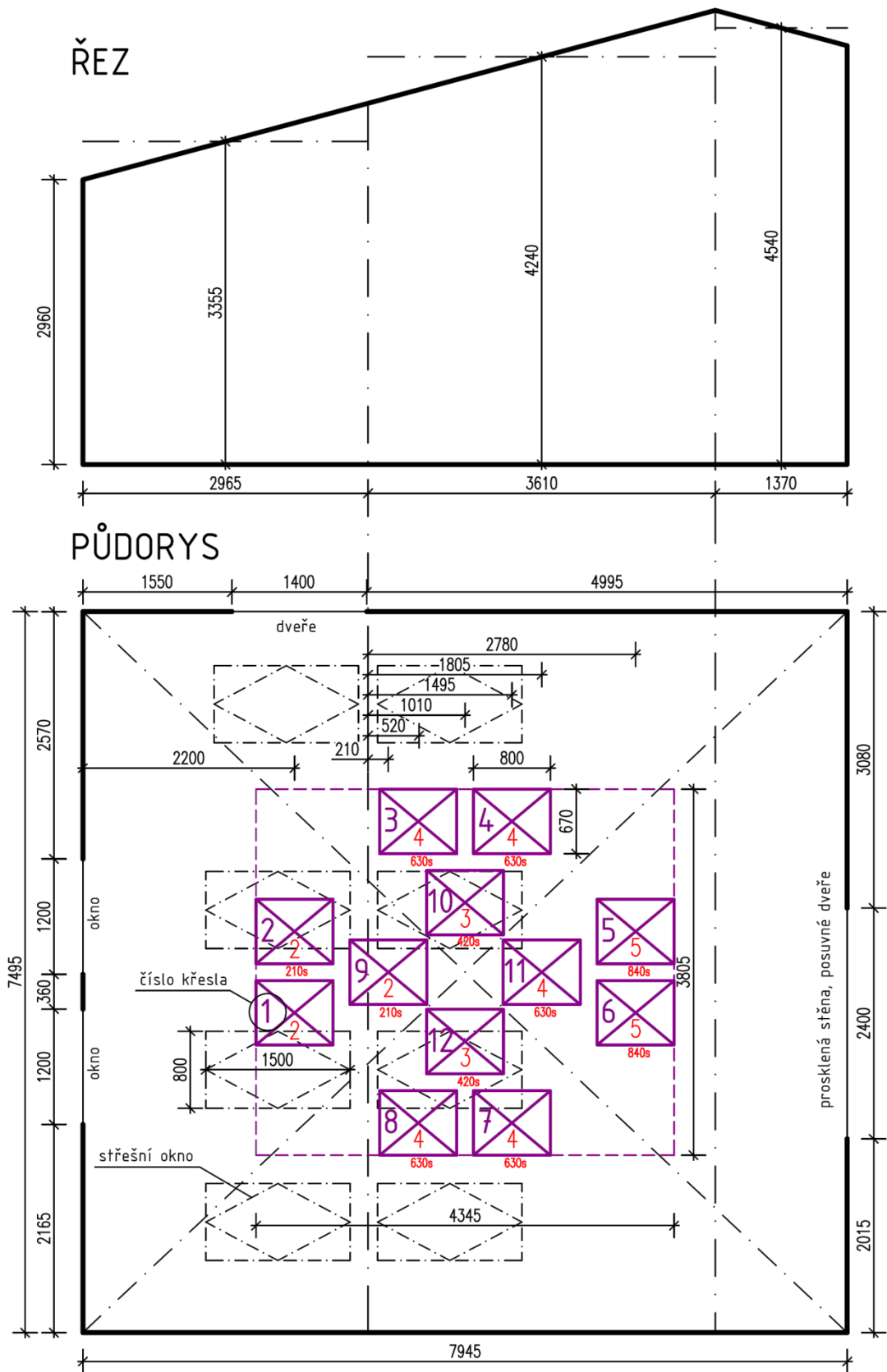
3. Simulace účinku požáru v modelovaném prostoru

3.1 Popis zónového softwaru CFAST

CFAST (Consolidated Model of Fire and Smoke Transport) je verifikovaný a validovaný počítačový program umožňující simulaci účinku uživatelem definovaného požáru v modelovaném uzavřeném prostoru – místnosti (tzv. compartment) nebo skupině propojených místností. CFAST je dvouzónový požární model používaný pro simulace rozvoje požáru, transportu kouře a plynů, rozložení teplot v místnosti nebo skupině místností včetně možnosti integrace prvků aktivní požární ochrany (např. detekční systém, hasicí zařízení, požární větrání). CFAST umožňuje efektivní 3D vizualizace v programu Smokeview (součást instalačního balíčku). CFAST v aktuální verzi 7.0.0 včetně programu Smokeview v aktuální verzi SMV6.5.0 je volně ke stažení i komerčnímu využití (viz podklad [23]) a jejich autorem je americký NIST (National Institute for Standards and Technology).

3.2 Popis modelovaného prostoru

Účinek požár byl modelován ve 3. NP v požárním úseku číslo N3.2 v místnosti číslo 3.08 sloužící jako čítárna. V místnosti se nachází 12 křesel s možností uspořádání do skupiny (např. diskuzní setkání).



Obrázek 4 Průběh rychlosti uvolňování tepla (HRR) změřených experimentálně; dále ve výpočtech použity nejvyšší hodnoty [20]

3.3 Okrajové podmínky výpočtu

Doba simulace požáru byla zvolena 40 minut = 2400 s.

Otvorové výplně:

- 2 okna v obvodové stěně (bez požární odolnosti), izolační 2 sklo, teplota kolapsu zasklení 375 °C (viz podklad [20])
- 8 střešních oken ve střeše (bez požární odolnosti), izolační 2 sklo, teplota kolapsu zasklení 375 °C (viz podklad [20])
- Prosklená stěna (bez požární odolnosti) do sousední místnosti č. 3.07 uvažována konzervativně bez porušení
- Požární dveře na hranci požárního úseku s požární odolností EW-C 15 DP3 uvažovány bez porušení

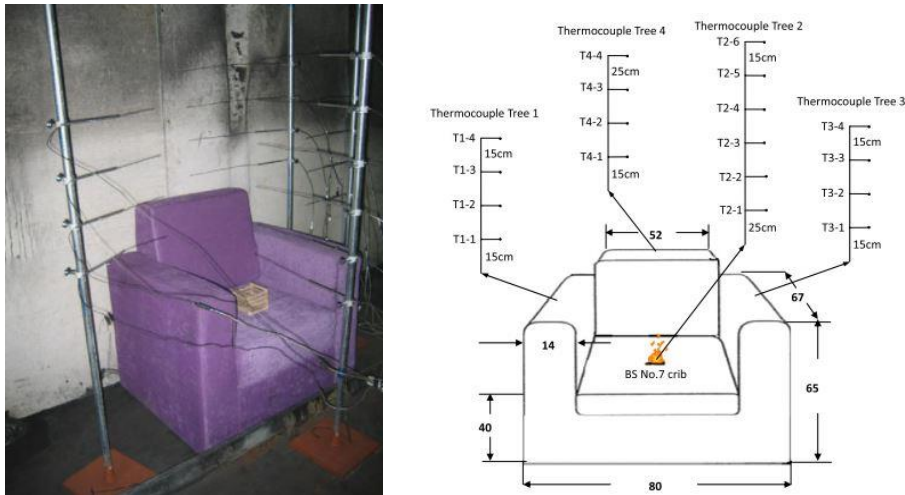
Ohraničující konstrukce uvažované ve výpočtu:

- Střešní plášť – sendvičový panel z minerálních vláken:
 - Tloušťka $d = 0,134$ m
 - Objemová hmotnost $\rho = 350$ kg/m³
 - Měrná tepelná kapacita $c = 1,15$ kJ/kg.K
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,000054$ kW/m².°C
 - Emisivita = 0,9
- Obvodová zděná stěna a vnitřní příčka z tvárnice:
 - Tloušťka $d = 0,5$ m
 - Objemová hmotnost $\rho = 670$ kg/m³
 - Měrná tepelná kapacita $c = 0,96$ kJ/kg.K
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,000066$ kW/m².°C
 - Emisivita = 0,9
- Betonová podlaha:
 - Tloušťka $d = 0,05$ m
 - Objemová hmotnost $\rho = 2400$ kg/m³
 - Měrná tepelná kapacita $c = 1,02$ kJ/kg.K
 - Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,0014$ kW/m².°C
 - Emisivita = 0,9
- Okenní výplně:

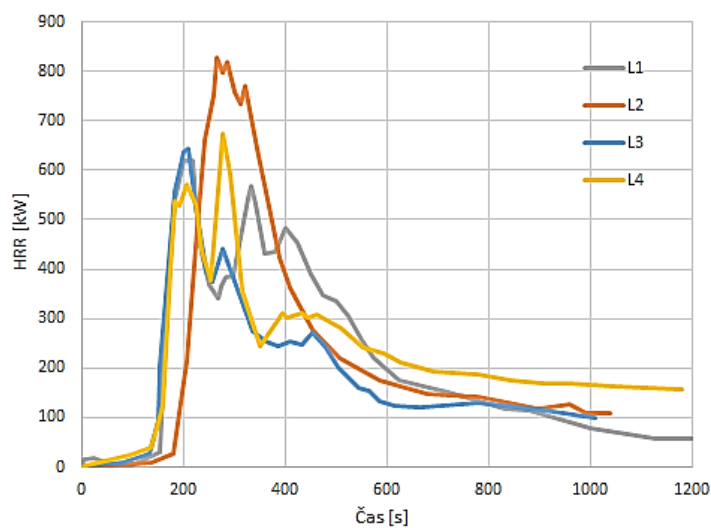
- Tloušťka $d = 0,012 \text{ m}$
- Objemová hmotnost $\rho = 2600 \text{ kg/m}^3$
- Měrná tepelná kapacita $c = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$
- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,00076 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- Emisivita = 0,9

3.4 Požární scénář 1 – lokální požár skupiny křesel

Jako požární scénář pro lokální požár byla zvolena skupina 12 křesel uspořádaných do skupiny s postupným rozhoříváním křesel umístěných vedle v časovém rozestupu 210 s. Pro každé křeslo byla využita experimentálně změřená křivka rychlosti uvolňování tepla HRR (Obrázek 5).



Obrázek 5 Obrázek křesla použité v požární simulaci [20]



Obrázek 6 Průběh rychlosti uvolňování tepla (HRR) změřených experimentálně; dále ve výpočtech použity nejvyšší hodnoty [20]

Tabulka 1 Hodnoty rychlosti uvolňování tepla (HRR) pro křeslo zadávané do programu CFAST [20], průběh L2 (Obrázek 6)

Čas [s]	HRR [kW]
0,0	0,0
9,2	1,2
136,2	9,5
181,2	27,7
207,0	213,4
227,0	485,4
243,0	661,2
258,8	752,4
266,8	828,7
278,4	798,8
286,3	818,7
301,8	759,0
311,5	734,2
321,4	769,0
346,5	643,0
389,1	422,4
408,5	362,7
453,2	278,1
505,9	220,1
585,9	175,3
681,6	147,1
779,2	140,5
898,4	118,9
958,9	125,5
990,1	107,3
1039,0	107,3

Průběh teploty plynů v horní vrstvě je znázorněn na grafu v příloze 6.

3.5 Požární scénář 2 – plošný t-kvadratický požár

T-kvadratický požár byl modelován dle ČSN EN 1991-1-2 [21] v programu CFAST, popis vstupních parametrů níže.

Průběh teploty plynů v horní vrstvě je znázorněn na grafu v příloze 6.

E.4 Rychlost uvolňování tepla Q

(1) Fázi rozvoje lze definovat vztahem:

$$Q = 10^6 \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2$$

kde Q je rychlost uvolňování tepla [W];

t čas [s];

t_α doba potřebná pro dosažení rychlosti uvolňování tepla 1 MW.

Tabulka E.5 – Rychlost rozvoje požáru a RHR_t pro různé provozy

Maximální rychlost uvolňování tepla RHR _t			
provoz	rychlost rozvoje požáru	t _α [s]	RHR _t [kW/m ²]
byty	střední	300	250
nemocnice (pokoje)	střední	300	250
hotely (pokoje)	střední	300	250
knihovny	velká	150	500
kanceláře	střední	300	250
školní třídy	střední	300	250
nákupní centrum	velká	150	250
divadla (kina)	velká	150	500
doprava (prostory pro veřejnost)	malá	600	250

Tabulka E.4 – Hustoty požárního zatížení q_{t,k} [MJ/m²] pro různé provozy

Provoz	Průměr	80 % kvantil
byty	780	948
nemocnice (pokoje)	230	280
hotely (pokoje)	310	377
knihovny	1 500	1 824
kanceláře	420	511
školní třídy	285	347
nákupní centrum	600	730
divadla (kina)	300	365
doprava (prostory pro veřejnost)	100	122

POZNÁMKA 80 % kvantil je stanoven za předpokladu Gumbelova rozdělení.

$q_{t,d} = q_{t,k} m \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n$ [MJ/m²]
 kde m je součinitel hoření (viz E.3);
 δ_{q1} součinitel, vyjadřující nebezpečí vzniku požáru v závislosti na velikosti požárního úseku (viz tabulka E.1)
 δ_{q2} součinitel, kterým se uvažuje nebezpečí vzniku požáru vlivem druhu provozu (viz tabulka E.1)
 $\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ je součinitel, kterým se uvažují různá aktivní protipožární opatření i (sprinklery, detektory, samočinný přenos poplašného signálu, hasičské jednotky, atd.). Tato aktivní opatření jsou obecně zaváděna z bezpečnostních důvodů (viz tabulka E.2 a odstavec (4) a (5)).
 $q_{t,k}$ hustota charakteristického požárního zatížení na jednotku podlahové plochy [MJ/m²] (viz např. tabulka E.4)

Tabulka E.1 – Součinitele δ_{q1} , δ_{q2}

Podlahová plocha úseku A _f [m ²]	Nebezpečí vzniku požáru δ_{q1}	Nebezpečí vzniku požáru δ_{q2}	Příklady provozu
25	1,10	0,78	umělecké galerie, muzea, bazény
250	1,50	1,00	kanceláře, byty, hotely, papírenský průmysl
2 500	1,90	1,22	výroba strojů a motorů
5 000	2,00	1,44	chemické laboratoře, lakovny
10 000	2,13	1,66	výroba zábavné pyrotechniky nebo barev

(4) Pro běžná protipožární opatření, jako jsou bezpečné přístupové cesty, technické hasicí prostředky, zařízení pro odvod kouře ze schodišť, které mají být většinou vždy k dispozici, se hodnoty δ_n v tabulce E.2 mají brát rovny 1,0. Pokud však tato protipožární opatření nejsou předpokládána, bere se odpovídající hodnota δ_n rovna 1,5.

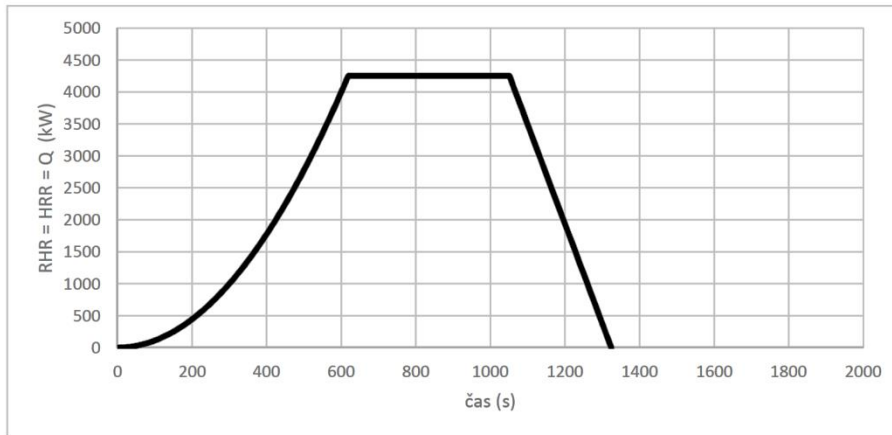
Fáze plného rozvinutí (řízeno palivem)

A-f (plocha požáru) =	17 m ²
RHR-f (viz tab.) =	250 kW/m ²
RHR-max = HRR-max = Q-max = A-f * RHR-f =	4250 kW
V čase t1 =	619 s

Fáze rozvoje

t-alfa (viz tab.) = 300 s

t (s) Q (kW)



0	0
5	0
10	1
15	3
20	4
25	7
30	10
35	14
40	18
45	23
50	28
55	34
60	40
65	47
70	54
75	63
80	71
85	80
90	90
95	100
100	111
105	123
110	134
115	147
120	160
125	174
130	188
135	203
140	218
145	234
150	250
155	267
160	284
165	303
170	321
175	340
180	360
185	380
190	401
195	423
200	444
205	467
210	490
215	514
220	538
225	563
230	588
235	614
240	640
245	667
250	694
255	723
260	751
265	780
270	810
275	840
280	871
285	903
290	934
295	967
300	1000
305	1034

Fáze útlumu hoření (dohořívání)

Energie = plocha pod křivkou - část 1

$$\int_0^{1155} \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2 dt = \frac{1}{300^2} \int_0^{1155} t^2 dt = \frac{1}{300^2} \left[\frac{t^3}{3}\right] = \frac{1}{300^2} \left[\frac{619^3}{3}\right] = 878 \text{ MJ}$$

Hustota charakteristického požárního zatížení na jednotku podlahové plochy pro $\delta_{q2} = 1,0$:

Interpolací

$q_{f,k}$ =	285	MJ/m ²	
δ_{q1} =	1		
δ_{q2} =	1,0		
δ_n =	1,0		
m =	0,8		
$q_{f,d}$ =	228	MJ/m ²	
228,0	17,0 =	3876	MJ
0,7	3876 =	2713	MJ
2713	878 =	1835	MJ
1835	4,250 =	432	s
		1051	
0,3	3876 =	1163	MJ
1163	4,250 =	274	s
		1324	

Návrhová hodnota požárního zatížení:

Energie = $q_{f,d} \cdot A-f =$

70% Energie =

Energie - část 2 =

t2 =

30% Energie =

t3 =

4. Statický výpočet za běžné a zvýšené teploty

4.1 Výpočet za běžné teploty

I) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

STŘECHA

Typ konstrukce: Sedlová střecha - sklon 15 °

A) Stálá zatížení

Č.v. Popis vrstvy	Tl. [m]	Tíha [kN/m ³]	Charakt. g _k [kN/m ²]	γ _G [-]	Návrh. g _d [kN/m ²]
1. Střešní sendvičový panel Kingspan KS1000 FF100	0,134	-	0,24	1,35	0,32
2. Stropní rám HEA a stropnice IPE	-	-	-	1,35	-
3. Deskový podhled, např. od výrobce Rigips	-	-	0,20	1,35	0,27
CELKEM (stálé zatížení)			0,44		0,59

B) Nahodilá zatížení – klimatická

1) Sníh dle ČSN EN 1991-1-3

Zatížení sněhem na střechách pro trvalé/dočasné návrhové situace dle vztahu:

$$s = \mu_i C_e C_t S_k$$

kde μ_i je tvarový součinitel zatížení sněhem

S_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi;

C_e součinitel expozice;

C_t tepelný součinitel.

Mapa sněhových oblastí na území ČR:

Praha I. sněhová oblast	→	S_k	=	0,75	[kN/m ²]
Úhel α sklonu střechy = 15°	→	μ	=	0,8	[-]
Typ krajiny: normální	→	C_e	=	1,0	[-]
		C_t	=	1,0	[-]

CELKEM (zatížení od sněhu)	s	=	0,60	1,50	0,90
-----------------------------------	----------	---	-------------	------	-------------

2) Vítr dle ČSN EN 1991-1-4

Uvažuji, že zatížení:

– stálé (vlastní tíha, skladba střechy, zatížení připojených vaznic) + užité (sníh)

– užité (vítr)

Přesto je zatížení větrem spočteno níže:

– přenesou ocelový rám
– přenesou střešní tlužidla a rámového rohu
např. pro případné posouzení střešních tlužidel a rámového rohu

Mapa větrných oblastí na území ČR:

Praha I. větrná oblast	→	$v_{b,0}$	=	22,5	[m/s]
------------------------	---	-----------	---	------	-------

Základní rychlost větru dle vztahu:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$$

kde v_b je základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II, definovaná jako funkce směru větru a ročního období;

$v_{b,0}$ výchozí základní rychlost větru podle

C_{dir} součinitel směru větru,

C_{season} součinitel ročního období,

Doporučená hodnota

Doporučená hodnota

	C_{dir}	=	1,0	[-]
	C_{season}	=	1,0	[-]
→	v_b	=	22,5	[m/s]

Střední rychlost větru dle vztahu:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

kde $c_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu

$c_o(z)$ součinitel orografie, který je roven 1,0,

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}$$

kde z_0 je parametr drsnosti terénu;

k_r součinitel terénu, který závisí na uvažovaném parametru drsnosti terénu z_0 a vypočte se podle vztahu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

kde

$z_{0,II} = 0,05$ (kategorie terénu II, tabulka 4.1);

z_{\min} je minimální výška definovaná v tabulce 4.1;

z_{\max} se uvažuje 200 m.

Výška nad zemí (celého objektu)

$$\rightarrow z = 14,365 \quad [\text{m}]$$

Kategorie terénu: III

$$\rightarrow z_0 = 0,3 \quad [\text{m}]$$

$$\rightarrow z_{\min} = 5 \quad [\text{m}]$$

$$\rightarrow z_{\max} = 200 \quad [\text{m}]$$

5	≤	14,365	≤	200	[m]
---	---	--------	---	-----	-----

$$k_r = 0,22 \quad [-]$$

$$\rightarrow c_r(z) = 0,83 \quad [-]$$

$\rightarrow v_m(z)$	=	18,75	[m/s]
----------------------	---	-------	-------

Maximální dynamický tlak větru dle vztahu:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

kde ρ je měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici;

$c_e(z)$ součinitel expozice, definovaný výrazem

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

q_b základní dynamický tlak větru, definovaný výrazem

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_0^2(z)$$

POZNÁMKA Hodnoty ρ lze uvést v národní příloze. Doporučená hodnota je $1,25 \text{ kg/m}^3$.

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = q_b(z) = 219,70 \quad [\text{N/m}^2]$$

$q_b(z)$	=	0,220	[kN/m ²]
----------	---	-------	----------------------

Intenzita turbulence větru dle vztahu:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}$$

kde k_1 je součinitel turbulence. Hodnotu k_1 lze uvést v národní příloze. Doporučená hodnota je 1,0;

c_o součinitel orografie

z_0 parametr drsnosti terénu, uvedený v tabulce 4.1.

$$\rightarrow I_v(z) = 0,26 \quad [-]$$

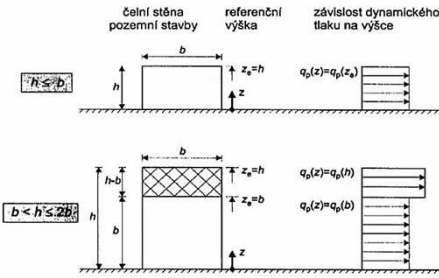
$$[1 + 7 \cdot I_v(z)] = c_e(z) = 2,81 \quad [-]$$

$\rightarrow q_p(z)$	=	617,23	[N/m ²]
----------------------	---	--------	---------------------

$$0,62 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Tlak větru na povrchy

Svislé stěny



$$\begin{aligned} h &= 14,365 & [\text{m}] \\ b &= 14,145 & [\text{m}] \\ \rightarrow \quad b &< h \end{aligned}$$

Pozn.: Tlak větru na svislé stěny zjednodušeně uvažují konstantní po celé výšce objektu!

Tlak větru w_e , působící na vnější povrchy konstrukce

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

kde $q_p(z_e)$ je maximální dynamický tlak;

z_e referenční výška pro vnější tlak

c_{pe} součinitel vnějšího tlaku

Tlak větru w_i , působící na vnitřní povrchy konstrukce

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

kde $q_p(z_i)$ je maximální dynamický tlak;

z_i referenční výška pro vnitřní tlak

c_{pi} součinitel vnitřního tlaku

a) Příčný vítr

Výška objektu nad terémem

Šířka štítové stěny (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)

Rozměr kolmý na směr větru

Menší z hodnot b a $2h$

Oblast	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}$ [2] tab. 7.1	w_e [kPa]	γ	N.h. [kPa]
A	0,62	-1,2	-0,741	1,5	-1,111
B	0,62	-0,8	-0,494	1,5	-0,741
C	0,62	-0,5	-0,309	1,5	-0,463
D	0,62	0,8	0,494	1,5	0,741
E	0,62	-0,5	-0,309	1,5	-0,463

b) Podélný vítr

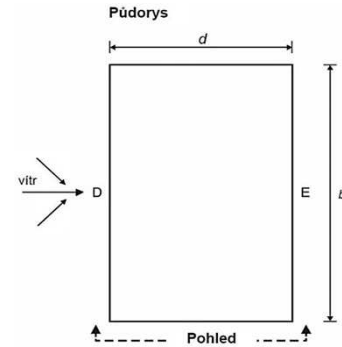
Výška objektu nad terémem

Délka podélné stěny (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)

Rozměr kolmý na směr větru

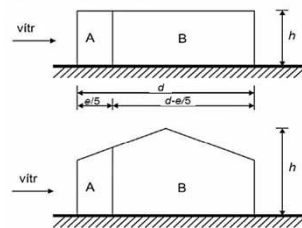
Menší z hodnot b a $2h$

Oblast	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}$ [2] tab. 7.1	w_e [kPa]	γ	N.h. [kPa]
A	0,62	-1,2	-0,741	1,5	-1,111
B	0,62	-0,8	-0,494	1,5	-0,741
C	0,62	-0,5	-0,309	1,5	-0,463
D	0,62	0,8	0,494	1,5	0,741
E	0,62	-0,5	-0,309	1,5	-0,463



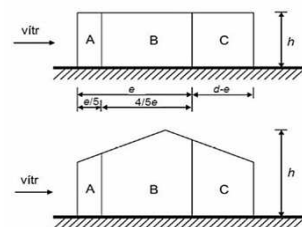
$$\begin{aligned} h &= 14,365 & [\text{m}] \\ d &= 14,145 & [\text{m}] \\ b &= 26,765 & [\text{m}] \\ h/d &= 1,02 & [-] \\ e &= \begin{matrix} b & 2h \\ \mathbf{26,765} & 28,730 \end{matrix} & [\text{m}] \\ e/5 &= 5,35 & [\text{m}] \\ d-e/5 &= 8,79 & [\text{m}] \end{aligned}$$

Pohled pro $e \geq d$



$$\begin{aligned} h &= 14,365 & [\text{m}] \\ d &= 26,765 & [\text{m}] \\ b &= 14,145 & [\text{m}] \\ h/d &= 0,54 & \geq 0,25 & [-] \\ e &= \begin{matrix} b & 2h \\ \mathbf{14,145} & 28,730 \end{matrix} & [\text{m}] \\ e/5 &= 2,83 & [\text{m}] \\ 4/5e &= 11,32 & [\text{m}] \\ d-e &= 12,62 & [\text{m}] \end{aligned}$$

Pohled pro $e < d$

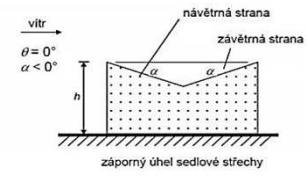
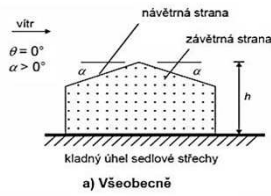


Sedlová střecha

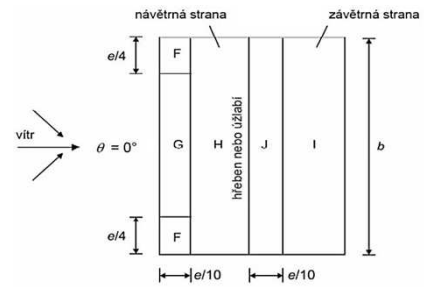
$$\alpha = (+) 15^\circ$$

a) Příčný vítr

$$\begin{aligned} h &= 14,365 && [\text{m}] \\ d &= 14,145 && [\text{m}] \\ b &= 26,765 && [\text{m}] \\ h/d &= 1,02 && [-] \\ e &= \begin{matrix} b & 2h \\ \hline 26,765 & 28,730 \end{matrix} && [\text{m}] \\ e/4 &= 6,69 && [\text{m}] \\ e/10 &= 2,68 && [\text{m}] \end{aligned}$$



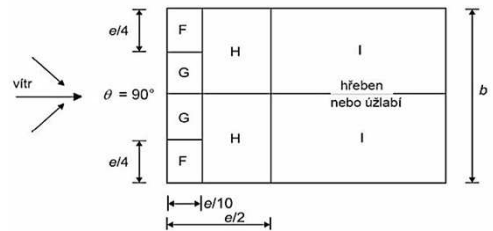
Oblast	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}$ [2] tab.7.4a	w_e [kPa]	γ	N.h. [kPa]
F	0,62	-0,9	-0,556	1,5	-0,833
G	0,62	-0,8	-0,494	1,5	-0,741
H	0,62	-0,3	-0,185	1,5	-0,278
I	0,62	-0,4	-0,247	1,5	-0,370
J	0,62	-1,0	-0,617	1,5	-0,926

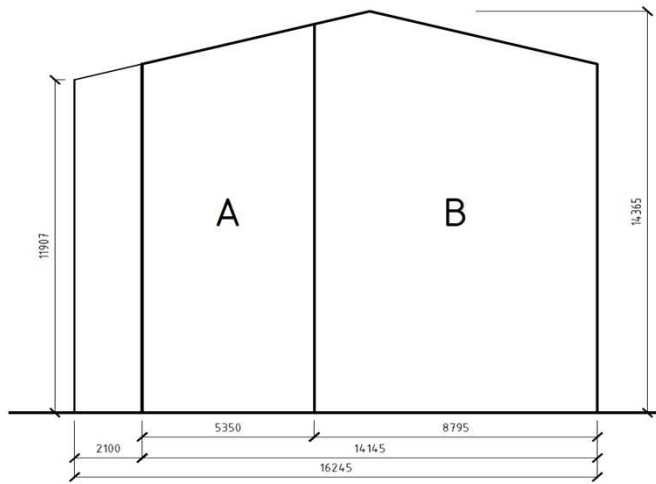
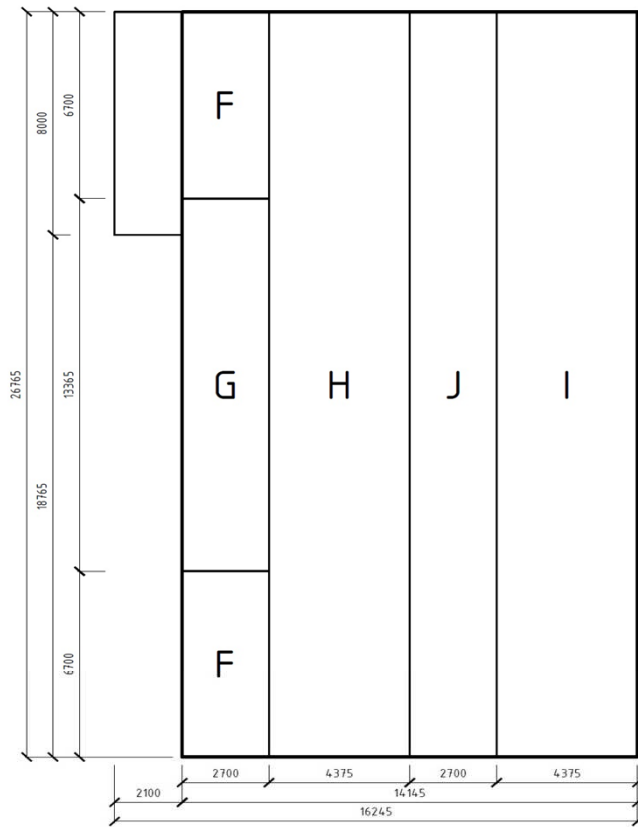


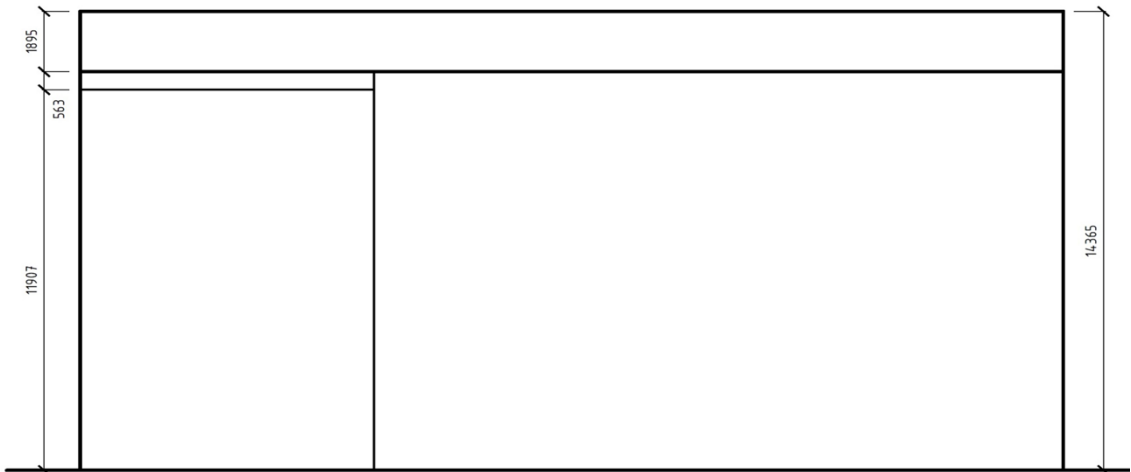
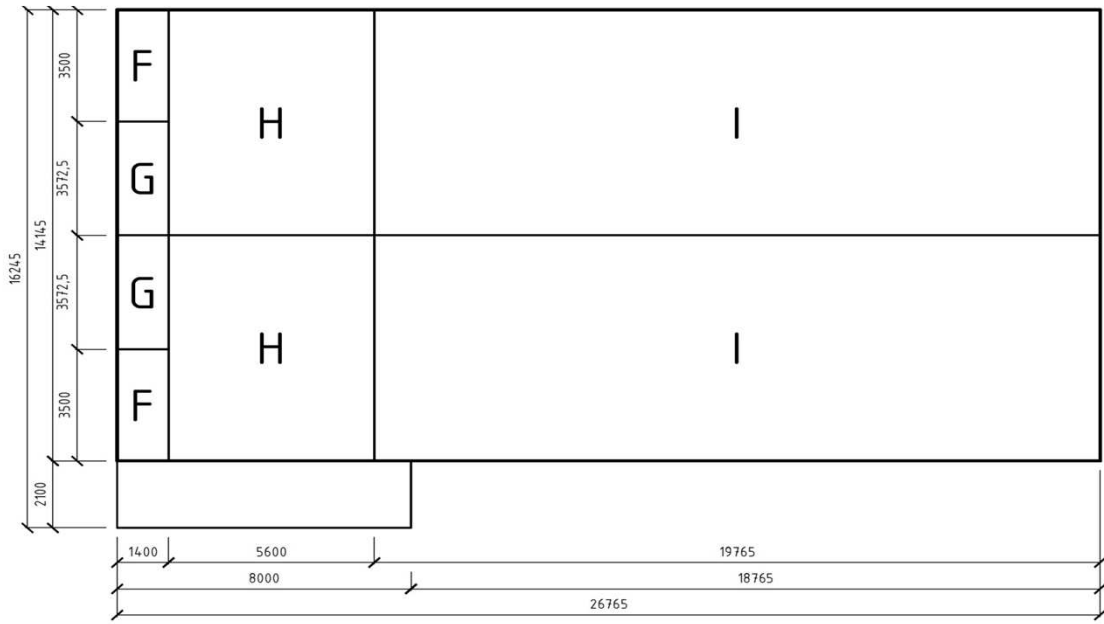
b) Podélný vítr

$$\begin{aligned} h &= 14,365 && [\text{m}] \\ d &= 26,765 && [\text{m}] \\ b &= 14,145 && [\text{m}] \\ h/d &= 0,54 \geq 0,25 && [-] \\ e &= \begin{matrix} b & 2h \\ \hline 14,145 & 28,730 \end{matrix} && [\text{m}] \\ e/2 &= 7,07 && [\text{m}] \\ e/4 &= 3,54 && [\text{m}] \\ e/10 &= 1,41 && [\text{m}] \end{aligned}$$

Oblast	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}$ [2] tab.7.4a	w_e [kPa]	γ	N.h. [kPa]
F	0,62	-1,3	-0,802	1,5	-1,204
G	0,62	-1,3	-0,802	1,5	-1,204
H	0,62	-0,6	-0,370	1,5	-0,556
I	0,62	-0,5	-0,309	1,5	-0,463







II) PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH VAZNIC

návrh a posouzení dle EN

Vaznice jsou šroubově připojeny k plechům přivařených ke stojině příčně rámu.

a) Vaznice největšího rozpětí	L	=	7,5	[m]
Plošné zatížení:				
Stálá - skladba střechy	g_k	=	0,44	[kN/m ²]
Nahodilá - klimatická - sníh	q_k	=	0,60	[kN/m ²]
Zatěžovací šířka = osová vzdálenost vaznic	z.š.	=	1,85	[m]

Materiál:

Ocel pevnostní třídy

S235

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	f_{yk}	=	235	[MPa]
	návrhová hodnota	f_{yd}	=	235	[MPa]

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez pevnosti v tahu

$f_u = 360$ [MPa]

Fyzikální vlastnosti:

Modul pružnosti v tahu a tlaku

$E = 210000$ [MPa]

Modul pružnosti ve smyku

$G = 80700$ [MPa]

Součinitel teplotní roztažnosti

$\alpha = 1,20E-05$ [K⁻¹]

Objemová hmotnost

$\rho = 7850$ [kg/m³]

Poissonovo číslo

$\nu = 0,3$ [-]

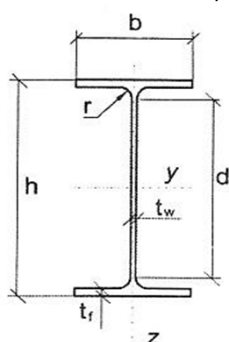
Přepočet zatížení pro návrh nosníku:

Zatížení liniové:

Stálá + nahodilá	f_k	=	2,148	[kN/m]
	f_d	=	3,066	[kN/m]
Vlastní tíha	G_k	=	0,224	[kN/m]
Hmotnost nosníku	m	=	167,70	[kg]

Návrh:

Průřezové charakteristiky:



profil	IPE 200	
h	=	200 [mm]
b	=	100 [mm]
A	=	2848 [mm ²]
$A_{v,z}$	=	1400 [mm ²]
$W_{pl,y}$	=	220639 [mm ³]
I_y	=	19431662 [mm ⁴]
G	=	22,4 [kg/m]
t_w	=	5,6 [mm]
t_f	=	8,5 [mm]
r	=	12 [mm]
d	=	159 [mm]
c	=	35,2 [mm]

Výpočet vnitřních sil:

Maximální návrhový ohybový moment

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot l^2 = 21,6 \text{ [kNm]}$$

Maximální návrhová smyková síla

$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot l = 11,5 \text{ [kN]}$$

Nutný plastický průřezový modul kolem osy y

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{Ed,max}}{f_{yd}} = 91728,2 \leq W_{pl,y} = 220639 \text{ [mm}^3\text{]}$$

→ VYHOVUJE

Zatřídění průřezu:

Stojina

$$\frac{d}{t_w} = 28,39 \leq 72\epsilon \quad [-]$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1,0 \quad 72\epsilon = 72 \quad [-]$$

$$\frac{c}{t_f} = 4,14 \leq 9\epsilon = 9,0 \quad [-]$$

→ VYHOVUJE
→ průřez třídy 1

Posouzení na I. MSÚ

Moment únosnosti průřezu

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 51,9 \quad [\text{kNm}]$$

Posouzení

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &\geq M_{ed} \\ 51,9 &\geq 21,6 \quad [\text{kNm}] \\ &\rightarrow \text{VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Návrhová únosnost průřezu ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 189,9 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &\geq V_{Ed} \\ 189,9 &\geq 11,5 \quad [\text{kN}] \\ &\rightarrow \text{Vaznice na ohyb VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Posouzení na II. MSÚ

Posouzení na průhyb bez vlivu klopení

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I} = 21,68 \quad [\text{mm}]$$

Doporučená největší hodnota svislého průhybu střešní vaznice

ČSN EN 1993-1-1, Tab.NA.1

Požadovaný maximální průhyb

$$\delta_{max} = L/250$$

Posouzení průhybu

$$\begin{aligned} 21,68 &\leq 30,0 \quad [\text{mm}] \\ &\rightarrow \text{Vaznice na průhyb VYHOVUJE} \end{aligned}$$

b) Vaznice připojená na druhé straně	L	=	7,35	[m]
Plošné zatížení:				
Stálá - skladba střechy	g_k	=	0,44	[kN/m ²]
Nahodilá - klimatická - sníh	q_k	=	0,6	[kN/m ²]
Zatěžovací šířka = osová vzdálenost vaznic	z.š.	=	1,85	[m]

Materiál:

Ocel pevnostní třídy

S235

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	f_{yk}	=	235	[MPa]
	návrhová hodnota	f_{yd}	=	235	[MPa]
				$\gamma_{M0} = 1,0$	
				$\gamma_{M1} = 1,0$	
Mez pevnosti v tahu		f_u	=	360	[MPa]
Fyzikální vlastnosti:					
Modul pružnosti v tahu a tlaku		E	=	210000	[MPa]
Modul pružnosti ve smyku		G	=	80700	[MPa]
Součinitel teplotní roztažnosti		α	=	1,20E-05	[K ⁻¹]
Objemová hmotnost		ρ	=	7850	[kg/m ³]
Poissonovo číslo		ν	=	0,3	[-]

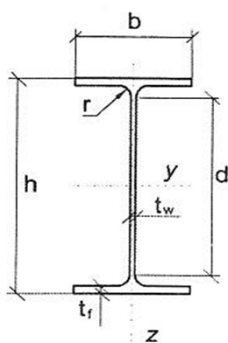
Přepočet zatížení pro návrh nosníku:

Zatížení liniové:

Stálá + nahodilá	f_k	=	2,148	[kN/m]
	f_d	=	3,066	[kN/m]
Vlastní tíha	G_k	=	0,224	[kN/m]
Hmotnost nosníku	m	=	164,35	[kg]

Návrh:

Průřezové charakteristiky:



profil	IPE 200	
h	=	200 [mm]
b	=	100 [mm]
A	=	2848 [mm ²]
$A_{v,z}$	=	1400 [mm ²]
$W_{pl,y}$	=	220639 [mm ³]
I_y	=	19431662 [mm ⁴]
G	=	22,4 [kg/m]
t_w	=	5,6 [mm]
t_f	=	8,5 [mm]
r	=	12 [mm]
d	=	159 [mm]
c	=	35,2 [mm]

Výpočet vnitřních sil:

Maximální návrhový ohybový moment

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot l^2 = 20,7 \quad [\text{kNm}]$$

Maximální návrhová smyková síla

$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot l = 11,3 \quad [\text{kN}]$$

Nutný plastický průřezový modul kolem osy y

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{Ed,max}}{f_{yd}} = 88095,8 \leq W_{pl,y} = 220639 \quad [\text{mm}^3]$$

→

VYHOVUJE

Zatřídění průřezu:

Stojina

$$\frac{d}{t_w} = 28,39 \leq 72\varepsilon \quad [-]$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1,0 \quad 72\varepsilon = 72 \quad [-]$$

$$\frac{c}{t_f} = 4,14 \leq 9\varepsilon = 9,0 \quad [-]$$

→

VYHOVUJE
průřez třídy 1

Posouzení na I. MSÚ

Moment únosnosti průřezu

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 51,9 \quad [\text{kNm}]$$

Posouzení

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &\geq M_{ed} \\ 51,9 &\geq 20,7 \quad [\text{kNm}] \\ &\rightarrow \text{VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Návrhová únosnost průřezu ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 189,9 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &\geq V_{Ed} \\ 189,9 &\geq 11,3 \quad [\text{kN}] \\ &\rightarrow \text{Vaznice na ohyb VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Posouzení na II. MSÚ

Posouzení na průhyb bez vlivu klopení

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I} = 20,00 \quad [\text{mm}]$$

Doporučená největší hodnota svislého průhybu střešní vaznice

ČSN EN 1993-1-1, Tab.NA.1

Požadovaný maximální průhyb

$$\delta_{max} = L/250$$

Posouzení průhybu

$$\begin{aligned} 20,00 &\leq 29,4 \quad [\text{mm}] \\ &\rightarrow \text{Vaznice na průhyb VYHOVUJE} \end{aligned}$$

III) GLOBÁLNÍ ANALÝZA

postup dle [6], příklad 2.4

Analýzována je 1 kombinace návrhového zatížení F_{Ed} :

K1 Kombinace 1 pro zatížení vlastní tíhou a sněhem

Na kombinaci 1 je navržena vazba nejmíce zatížená, a to:

Vazba č. 4 - více než 6,7 m od štítové stěny

Zaokrouhl.

Zatěžovací šířka

$$z \cdot \dot{s}_{v,\check{c}.4} = 7,425 \quad [\text{m}]$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:

$$s \cdot z \cdot \dot{s}_{v,\check{c}.4} = \text{sníh}_{k,v,\check{c}.4} = 4,455 \quad 4,5 \quad [\text{kN/m}]$$

Hodnota zatížení skladby střechy

obsaženo v reakcích od vaznic

Charakteristická hodnota reakce od vaznic:

a) Vaznice délky 7,5 m

$$G_{ka} = 0,5 \cdot (g_k \cdot z \cdot \dot{s} + G_k) \cdot l = 0,5 \cdot (0,44 \cdot 1,85 + 0,224) \cdot 7,5 = 3,891 \quad 3,9 \quad [\text{kN}]$$

b) Vaznice délky 7,35 m

$$G_{kb} = 0,5 \cdot (g_k \cdot z \cdot \dot{s} + G_k) \cdot l = 0,5 \cdot (0,44 \cdot 1,85 + 0,224) \cdot 7,35 = 3,813 \quad 3,8 \quad [\text{kN}]$$

$$\Sigma G_k = 7,700 \quad [\text{kN}]$$

Svislé stěny - hodnota zatížení větrem - příčný směr - oblast:

$$\begin{matrix} D \\ E \end{matrix} = \begin{matrix} 0,74 \\ -0,46 \end{matrix} \quad [\text{kN/m}^2] \quad \cdot \text{délka objektu} =$$

$$26,765 = 19,82 \quad [\text{kN/m}]$$

$$= -12,39 \quad [\text{kN/m}]$$

Počet celkových vazeb kce v příčném směru

$$= 5 \quad (1-5) \quad [-]$$

$D_{v,\check{c}.4}$

$$19,82/5 = 3,96 \quad 4,0 \quad [\text{kN/m}]$$

$E_{v,\check{c}.4}$

$$-2,478 = -2,48 \quad -2,5 \quad [\text{kN/m}]$$

Sedlová střecha - hodnota zatížení větrem - příčný směr - oblast:

$$\begin{matrix} G \\ H \\ I \\ J \end{matrix} = \begin{matrix} -0,74 \\ -0,28 \\ -0,37 \\ -0,93 \end{matrix} \quad [\text{kN/m}^2] \quad \cdot \dot{s}_{v,\check{c}.4} = 7,425$$

$$\rightarrow G_{v,\check{c}.4} = -5,50 \quad -5,5 \quad [\text{kN/m}]$$

$$\rightarrow H_{v,\check{c}.4} = -2,06 \quad -2,1 \quad [\text{kN/m}]$$

$$\rightarrow I_{v,\check{c}.4} = -2,75 \quad -2,7 \quad [\text{kN/m}]$$

$$\rightarrow J_{v,\check{c}.4} = -6,87 \quad -6,9 \quad [\text{kN/m}]$$

Vodorovné reakce bez zavedené imperfekce

$$H_{Ed} = 0 \quad [\text{kN}]$$

$$H_{Ed} \leq 0,15 \quad V_{Ed}$$

→ Podmínka pro zavedení imperfekcí

Imperfekce ve tvaru celkového počátečního naklonění konstrukce:

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m$$

kde ϕ_0 je základní hodnota $\phi_0 = 1/200$;

α_h redukční součinitel v závislosti na výšce sloupů h ;

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \quad \text{ale} \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

h výška konstrukce v metrech;

$$\alpha_m \text{ redukční součinitel pro počet sloupů v řadě: } \alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

m počet sloupů v řadě. Počítají se pouze sloupy, jejichž svislé zatížení N_{Ed} není menší než 50 % průměrného zatížení sloupů v posuzované svislé rovině.

$$\Phi_0 = 0,005 \quad [-]$$

$$h = 5,240 \quad [\text{m}]$$

$$\alpha_h = 0,874 \quad [-]$$

$$\geq 0,667$$

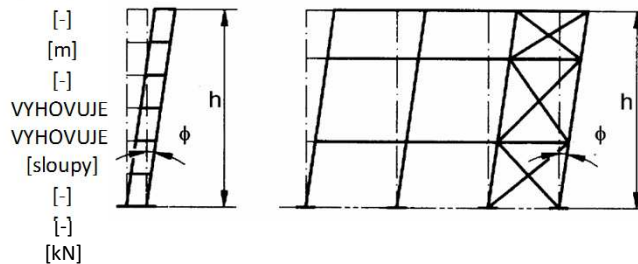
$$\leq 1,0$$

$$m = 2 \quad [\text{sloupy}]$$

$$\alpha_m = 0,866 \quad [-]$$

$$\Phi = 0,004 \quad [-]$$

$$\Phi \Sigma V = 194,6 \quad [\text{kN}]$$



Imperfekce $\text{Imp } 1 =$

$$\Phi \Sigma V = 0,736 \quad [\text{kN}]$$

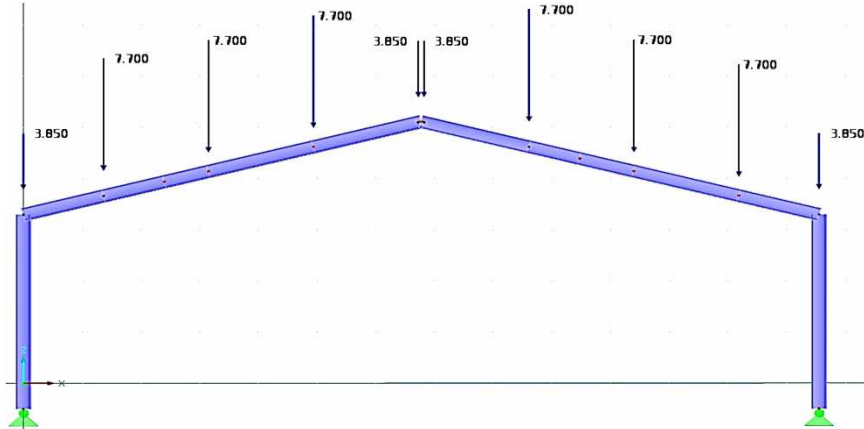
Z důvodu velmi malé hodnoty $\text{Imp } 1$ a dle [6]/2.3.5.2c) nejsou ve výpočetním modelu imperfekce zaváděny!

→ Návrh bez zavedené imperfekce!

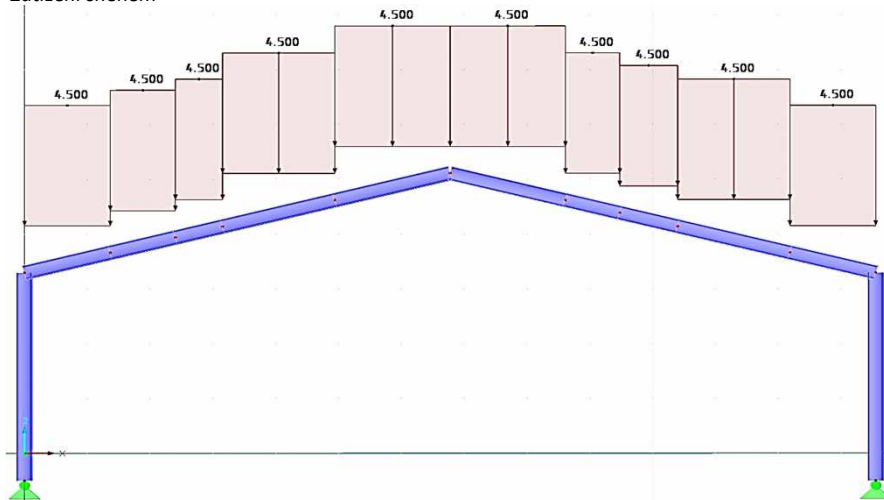
Výstupy z programu Dlubal RSTAB

Zatížení

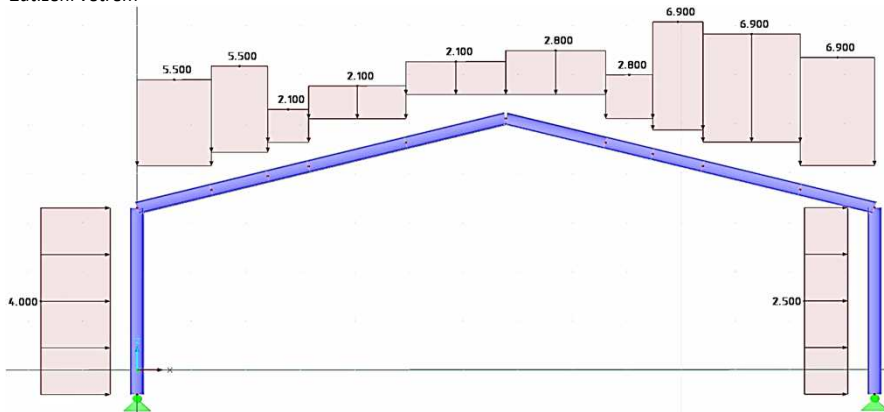
Vlastní tíha + zatížení stálé od vaznic



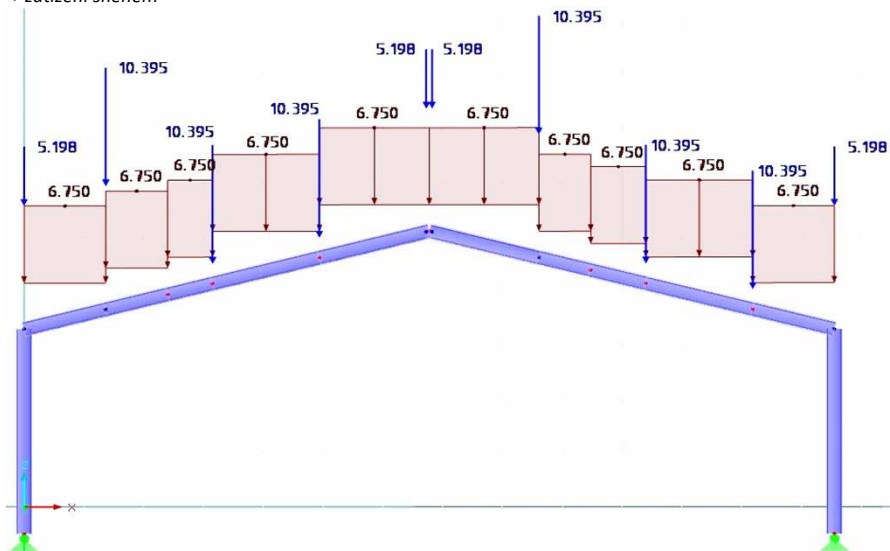
Zatížení sněhem



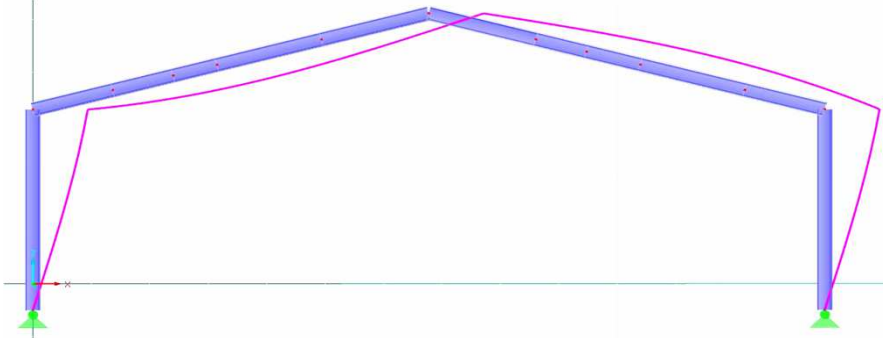
Zatížení větrem



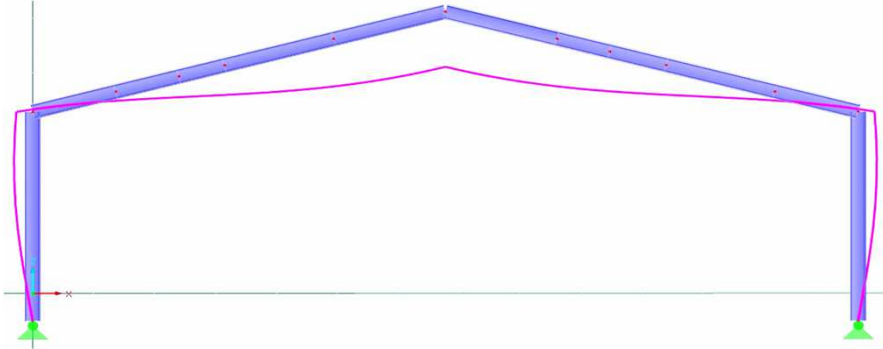
Kombinace K2 – Kombinace zatížení – Vlastní tíha + stálé zatížení od vaznic + zatížení sněhem



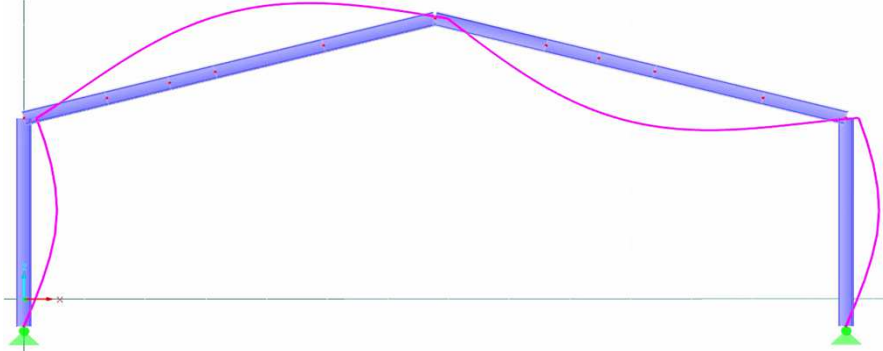
Kombinace K2 – Tvar vybočení č.1, $\alpha_{cr} = 14,80$



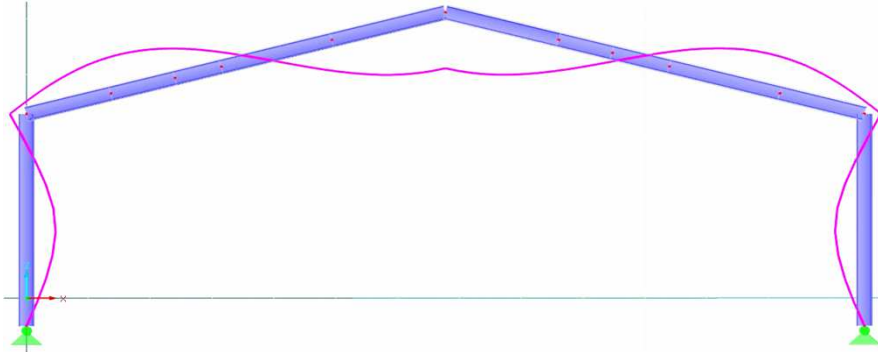
Kombinace K2 – Tvar vybočení č.2, $\alpha_{cr} = 64,27$



Kombinace K2 – Tvar vybočení č.3, $\alpha_{cr} = 111,88$

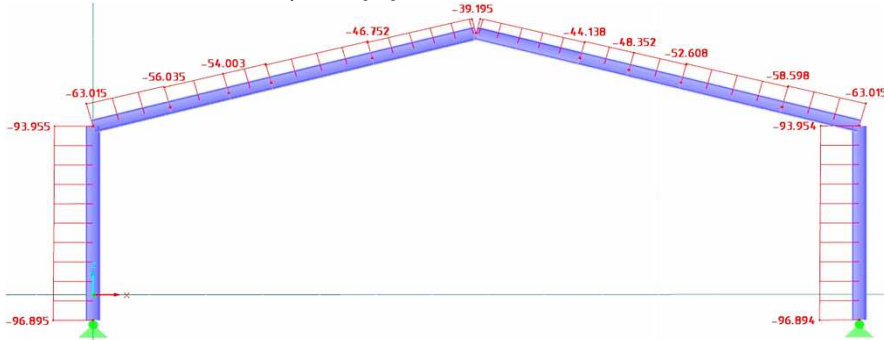


Kombinace K2 – Tvar vybočení č.4, $\alpha_{cr} = 160,83$

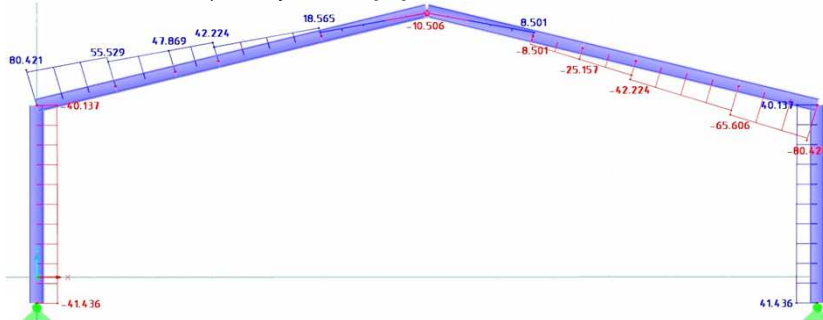


Vnitřní síly

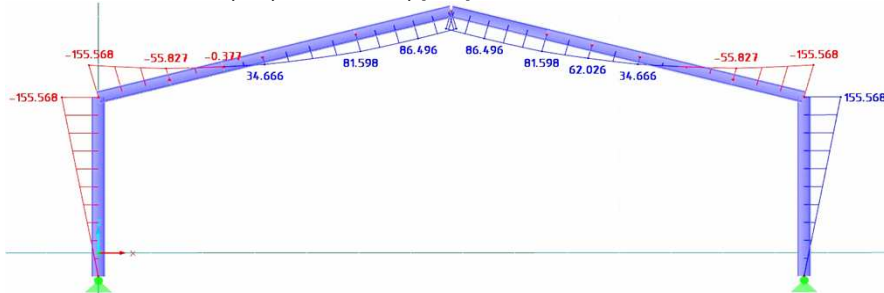
Kombinace K2 – Průběh normálových sil N [kN]



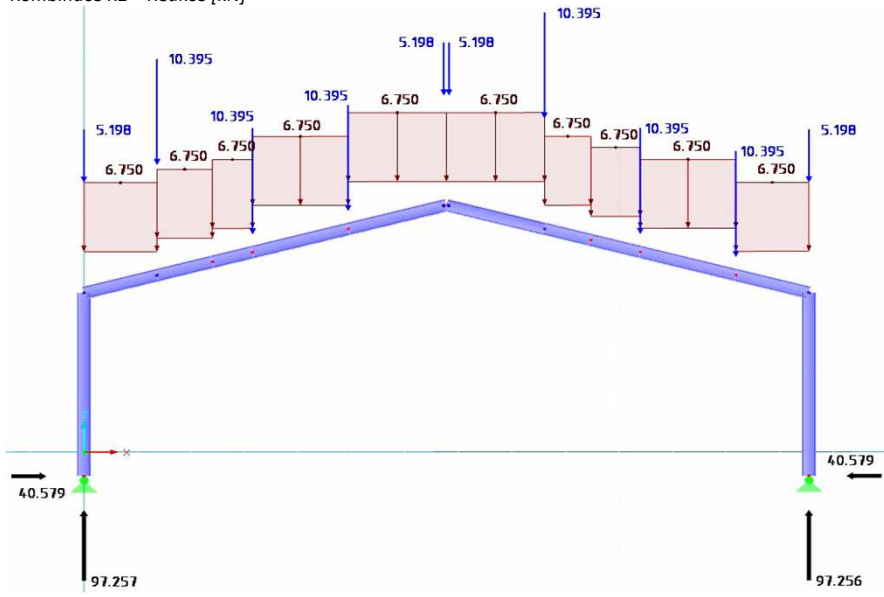
Kombinace K2 – Průběh posouvajících sil Vz [kN]



Kombinace K2 – Průběh ohybových momentů My [kNm]



Kombinace K2 – Reakce [kN]



IV) Návrh a posouzení rámu - SLOUP a PŘÍČEL

O posouzení sloupu rozhoduje možnost ztráty stability prutu, proto není třeba posuzovat průřez na kombinaci prostého ohybu a osově síly. Avšak postup výpočtu na kombinaci prostého ohybu a osově síly uvádím.

Neuvádím výpočet posouzení smykové únosnosti.

Pro oba prvky použit jednotný materiál:

Ocel pevnostní třídy

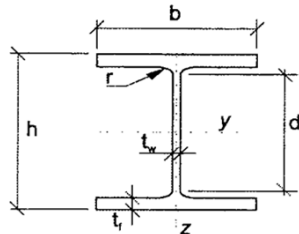
S235

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	f_{yk}	=	235		[MPa]
	návrhová hodnota	f_{yd}	=	235	$\gamma_{M0} = 1,0$	[MPa]
					$\gamma_{M1} = 1,0$	
Mez pevnosti v tahu		f_u	=	360		[MPa]
Fyzikální vlastnosti:						
Modul pružnosti v tahu a tlaku		E	=	210000		[MPa]
Modul pružnosti ve smyku		G	=	81000		[MPa]
Součinitel teplotní roztažnosti		α	=	1,20E-05		[K ⁻¹]
Objemová hmotnost		ρ	=	7850		[kg/m ³]
Poissonovo číslo		ν	=	0,3		[-]

SLOUP i PŘÍČEL

Průřezové charakteristiky:



profil	HEA 260	
h	=	250 [mm]
b	=	260 [mm]
A	=	8682 [mm ²]
$A_{v,z}$	=	2876 [mm ²]
G	=	68,2 [kg/m]
t_w	=	7,5 [mm]
t_f	=	12,5 [mm]
r	=	24 [mm]
d	=	177 [mm]
I_y	=	1,05E+08 [mm ⁴]
$W_{pl,y}$	=	919771 [mm ³]
i_y	=	109,7 [mm]
I_z	=	3,67E+07 [mm ⁴]
$W_{pl,z}$	=	430169 [mm ³]
i_z	=	65,0 [mm]
I_t	=	523747 [mm ⁴]
I_w	=	5,16E+11 [mm ⁶]
c	=	102,25 [mm]

Podle [6] je možné při návrhu postupovat podle teorie 1. řádu, je-li splněna následující podmínka:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \quad \text{pro pružnostní analýzu}$$

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15 \quad \text{pro plasticitní analýzu}$$

kde α_{cr} je součinitel, vyjadřující zvýšení návrhového zatížení při dosažení ztráty stability v pružném stavu;

F_{Ed} návrhové zatížení konstrukce;

F_{cr} kritické zatížení pro celkové vybočení, vypočtené pro počáteční tuhosti v pružném stavu.

Pomocí softwaru Dlubal RSTAB

Kombinace 1:	zatížení vl. tíhou a reakcemi od vaznic	α_{cr}	=	28,40	≥ 10	[-]
Kombinace 2:	K1 + zatížení sněhem	α_{cr}	=	14,80	≥ 10	[-]
Kombinace 3:	K1 + zatížení větrem	α_{cr}	=	15,19	≥ 10	[-]
			→			VYHOVUJE

Návrhový postup podle teorie 1. řádu

Posouzení stability pro kombinaci K2 se provede pro systémové délky prutů:

Stojka (sloup)

$$\begin{array}{l} H_{cr} = 3200 \quad [mm] \\ \bar{\lambda} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{H_{cr,y}/i_y}{93,9\sqrt{235/f_y}} = 0,311 \quad [-] \end{array}$$

Příčel

$$\begin{array}{l} L_{cr} = 6775 \quad [mm] \\ \bar{\lambda} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{L_{cr,y}/i_y}{93,9\sqrt{235/f_y}} = 0,657 \quad [-] \end{array}$$

Návrhová hodnota reakcí ve sloupech od zatížení pro kombinaci K2:

$$\begin{array}{l} \text{Sloup 4A - levý sloup} \quad V_{Ed,4A} = 97,3 \quad [kN] \\ \text{Sloup 4B - pravý sloup} \quad V_{Ed,4B} = 97,3 \quad [kN] \end{array}$$

Posouzení sloupu rámu na tlak a ohyb pro kombinaci K2

Vstupní hodnoty pro stabilní posouzení:

$$\begin{aligned} \text{Vzpěrná délka z roviny rámu:} & L_{cr,z} = 3,2 \quad [\text{m}] \\ \text{Vzpěrná délka na klopení:} & L_{LT} = 3,2 \quad [\text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vnitřní síly:} & N_{Ed} = 97,3 \quad [\text{kN}] \\ & M_{y,Ed} = 155,6 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Zatřídění:

Podrobný výpočet zatřídění průřezu jsem použila u návrhu vaznic, pro sloup použiju pro zatřídění na tlak a ohyb tabulky [10] → Průřez třídy 2

$$\begin{aligned} \text{Štíhlosti:} & L_{cr,y} = 3200 \quad [\text{mm}] \\ & \bar{\lambda}_y = 0,311 \quad [-] \\ & \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 49,23 \quad [-] \\ & \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,524 \quad [-] \end{aligned}$$

(bylo již spočítání, viz výše)

Součinitele vzpěrnosti:

$$\begin{aligned} \text{pro křivku vzpěrné pevnosti b} & \quad (\text{souč. imperfekce } \alpha = 0,34) & \chi_y & = 0,960 & \leq 1,0 & [-] \\ \text{pro křivku vzpěrné pevnosti c} & \quad (\text{souč. imperfekce } \alpha = 0,49) & \chi_z & = 0,829 & \leq 1,0 & [-] \end{aligned}$$

Klopení:

$$\begin{aligned} \text{Součinitelé vzpěrné délky} & k_z = 1,0 \quad [-] \\ & k_w = 1,0 \quad [-] \\ \text{dle ČSN EN 1993-1-1, Tabulka NB.3.1} & C_{1,0} = 1,77 \quad [-] \\ & C_{1,1} = 1,85 \quad [-] \end{aligned}$$

dle ČSN EN 1993-1-1, NB.3.2(2)

Bezrozměrný parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = 1,570 \quad [-]$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \kappa_{wt} = 1,896 \quad [-]$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = 3,528 \quad [-]$$

Moment kritický při klopení

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1979,7 \quad [\text{kNm}]$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = 0,330 \quad [-]$$

Podle [6], Tab. 2.1 pro $h/b = 250/260$

$$\begin{aligned} & = 0,962 & \leq 2,0 \\ & \rightarrow & \text{Platí křivka klopení a} \end{aligned}$$

Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní součinitele

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{ale} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\text{kde } \phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,568 \quad [-]$$

Součinitel klopení

$$\begin{aligned} \chi_{LT} & = 0,970 & \leq 1,0 & [-] \\ & \rightarrow & \text{VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Interakce tlaku s ohybem

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu:

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 \alpha_h = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \psi \geq 0,4 = 0,6$$

dle ČSN EN 1993-1-1, Tabulka NB.3.1

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

$$= 0,9 \geq 0,4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\psi = 0 \quad [-]$$

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} pro pruty náchylné ke kroucení a pro průřezy třídy 1

podle ČSN EN 1993-1-1, Příloha B

$$A \cdot f_{yd} = \begin{matrix} N_{Ed} & = & 97,3 & [\text{kN}] \\ N_{Rk} & = & 2040,3 & [\text{kN}] \\ M_{y,Ed} & = & 155,6 & [\text{kNm}] \\ W_{pl,y} \cdot f_{yd} & = & M_{y,Rk} & = 216146196 & [\text{Nmm}] \\ \gamma_{M1} & = & 1,0 & [-] \end{matrix}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{matrix} C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{matrix} \right\} =$$

$$\min \left\{ \begin{matrix} 0,905 \\ 0,936 \end{matrix} \right\} \quad [-]$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 0,524 \geq 0,4$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{matrix} 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \end{matrix} \right\} =$$

$$\max \left\{ \begin{matrix} 0,991 \\ 0,984 \end{matrix} \right\} \quad [-]$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} < 1,0 \quad \rightarrow \quad 0,050 + 0,671 = 0,721 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} < 1,0 \quad \rightarrow \quad 0,058 + 0,736 = 0,793 \quad \text{VYHOVUJE}$$

→ Sloup na tlak s ohybem VYHOVUJE!

Posouzení příčle rámu na tlak a ohyb pro kombinaci K2

I o posouzení příčle rozhodují podmínky s vlivem ztráty stability prutu, proto stejně jako u sloupu není třeba posuzovat průřez na kombinaci prostého ohybu a osově síly.

MSÚ

A) Rámový roh

Vnitřní síly:	N_{Ed}	=	63,0	[kN]
	V_{Ed}	=	80,4	[kN]
	$M_{y,Ed}$	=	155,6	[kNm]

Zatřídění:

Příčel je současně tlačena a ohýbaná. Třída průřezu se tedy musí určit výpočtem.

	$h - 2(t_f + r) =$	$d =$	177	[mm]
	$z = \frac{N_{Ed}}{t_w f_{yd}} =$		35,7	[mm]
	$\alpha d = \frac{d + z}{2} =$		106,4	[mm]
	$\alpha = \frac{\alpha d}{d} =$	0,601	> 0,5	[-]
Štíhlost stojiny	$\frac{d}{t_w} =$	23,6	≤ 72	[-]
Samotné ztřídění se provede podle [10], Tab. 5.1	$\frac{369\varepsilon}{13\alpha - 1} =$	58,1	≥ 23,6	[-]
		→		Stojina je třídy 1
Štíhlost přečnávající části pásnice	$\frac{c}{t_f} =$	8,2	≤ 9	[-]
		→		Pásnice je třídy 1
		→		Průřez je třídy 1

Vzpěrné délky:

Vzpěrná délka v rovině rámu $L_{cr,y} = 6,775$ [m]

– bez uvažování vlivu tuze připojeného sloupu je přibližně polovina rozpětí portálového rámu.

Vzpěrná délka z roviny rámu $L_{cr,z} = 1,850$ [m]

– vzdálenost bodů zajištěných proti vybočení z roviny, tj. vzdálenost vaznic.

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6775}{109,7} = 61,739 \quad [-]$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{61,739}{93,9} \cdot 1 = 0,657 \quad [-]$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{235/f_y} = 93,9$$

$$\beta_A = 1 \quad \text{pro průřez třídy 1 až 3}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1850}{65,0} = 28,464 \quad [-]$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{28,464}{93,9} \cdot 1 = 0,303 \quad [-]$$

Dal by se použít i postup výpočtu uvedený u sloupu → hodnota vychází stejná.

Součinitele vzpěrnosti

pro křivku vzpěrné pevnosti b (souč. imperfekce $\alpha = 0,34$)	$\chi_y =$	0,807	→ χ_{min}	≤ 1,0
pro křivku vzpěrné pevnosti c (souč. imperfekce $\alpha = 0,49$)	$\chi_z =$	0,948		≤ 1,0

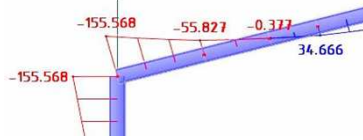
Klopení

Za úsek, který může ztratit stabilitu, považuji část příčle u rámového rohu se záporným ohybovým momentem.

Délka tohoto úseku $L_{LT,1} = 3,265$ [m]

Protože však spodní (tlačená) pásnice není v místě změny znaménka momentu držena tuze, ve výpočtu uvažuji tuto délku zvětšenou o 20% $L_{LT} = 3,918$ 4,0 [m]

Poměr koncových momentů $\frac{34,7}{-155,6} = \psi = -0,223$ [-]



Pro uložení konců useku je

$k = k_z = 1,0$ [-]

$k_w = 1,0$ [-]

$C_1 = 2,281$ [-]

Součinitel tvaru momentového obrazce podle [9], Tab. 8.11

Bezrozměrný parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = 1,256 \quad [-]$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = 3,661 \quad [-]$$

Moment kritický při klopení

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1643,8 \quad [\text{kNm}]$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = 0,363 \quad [-]$$

Podle [6], Tab. 2.1 pro $h/b = 250/260$

$$= 0,962 \leq 2,0$$

Součinitel imperfekce
Vzpěrnostní součinitele

$$\alpha = 0,21 \quad \text{Platí křivka klopení a} \quad [-]$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{ale} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\text{kde } \phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,583 \quad [-]$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 0,962 \leq 1,0 \quad [-]$$

→ VYHOVUJE

Interakce tlaku s ohybem

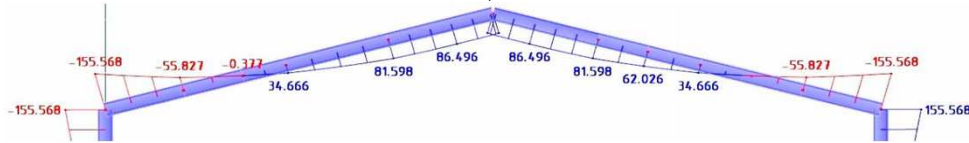
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{mLT}

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

$$\begin{aligned} \psi &= 0,511 && \geq 0,4 && \text{VYHOVUJE} \\ \psi &= -0,223 && && [-] \end{aligned}$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my} :



$$M_h = 155,6 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_s = -86,5 \quad [\text{kNm}]$$

$$\alpha_h = M_h / M_s = 1,799 \quad [-]$$

Poměr koncových momentů v úseku

$$\psi = \frac{M_{Ed,min}}{M_{pl,Rd}} = \frac{155,6}{155,6} = 1,0 > 0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05\alpha_h = 1,040 \quad [-]$$

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} pro pruty náchylné ke kroucení a pro průřezy třídy 1 podle ČSN EN 1993-1-1, Příloha B

$$N_{Ed} = 63,0 \quad [\text{kN}]$$

$$A \cdot f_{yd} = N_{Rk} = 2040,3 \quad [\text{kN}]$$

$$M_{y,Ed} = 155,6 \quad [\text{kNm}]$$

$$W_{pl,y} \cdot f_{yd} = M_{y,Rk} = 216146196 \quad [\text{Nmm}]$$

$$\gamma_{M1} = 1,0 \quad [-]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{aligned} & C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ & C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{aligned} \right\} =$$

$$\min < \frac{1,058}{1,072} \quad [-]$$

$$1,072 \quad [-]$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 0,30 \geq 0,4$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{aligned} & 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \\ & 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \end{aligned} \right\} =$$

$$\max < \frac{0,996}{0,988} \quad [-]$$

$$0,988 \quad [-]$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad 0,038 + 0,792 = 0,830 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad 0,033 + 0,745 = 0,778 \quad \text{VYHOVUJE}$$

→ Přičel v rámovém rohu VYHOVUJE!

B) Pole

Moment v poli je menší než moment v rámovém rohu.

Délka úseku, na kterém může dojít ke klopení = vzdálenost připojených vaznic $L = 1,85$ m.

Vzdálenost L je menší, než vzdálenost v rámovém rohu.

→ Není potřeba provádět posudek s vlivem klopení ani posouzení stability bez vlivu klopení, protože rozhoduje díky většímu momentu opět rámový roh.

IV) Návrh a posouzení ocelobetonového sloupu - částečně obetonovaný mezi pásnicemi

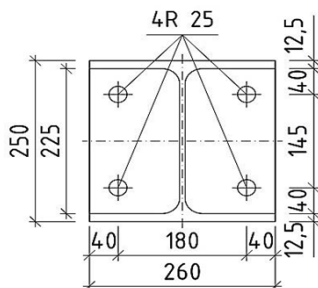
Postup výpočtu podle [8], příklad 4 až 6

Délka sloupu	L	=	3,2	[m]
Sloup je tvořen:				
– válcovaným profilem	HEA 260	...	značení dolním indexem a	
– betonem mezi pásnicemi		...	značení dolním indexem c	
– podélnou výztuží	4R 25	...	značení dolním indexem s	
– příčnou výztuží (třmínky)	R 6 po 200 mm	...	ve výpočtu zanedbáno	

Válcovaný profil

HEA 260

Průřezové charakteristiky:



h	=	250	[mm]
b	=	260	[mm]
A _a	=	8682	[mm ²]
A _{v,z}	=	2876	[mm ²]
G	=	68,2	[kg/m]
t _w	=	7,5	[mm]
t _f	=	12,5	[mm]
r	=	24	[mm]
d	=	177	[mm]
I _{ay}	=	1,05E+08	[mm ⁴]
W _{pl,y}	=	919771	[mm ³]
i _y	=	109,7	[mm]
I _{az}	=	3,67E+07	[mm ⁴]
W _{pl,z}	=	430169	[mm ³]
i _z	=	65,0	[mm]
I _t	=	523747	[mm ⁴]
I _w	=	5,16E+11	[mm ⁶]
c	=	102,25	[mm]

Materál:

Ocel pevnostní třídy

S235

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	f _{ay,k}	=	235	[MPa]
	návrhová hodnota	f _{ay,d}	=	235	γ _{M0} = 1,0 [MPa]
					γ _{M1} = 1,0
Mez pevnosti v tahu		f _{au}	=	360	[MPa]
Fyzikální vlastnosti:					
Modul pružnosti v tahu a tlaku		E _a	=	210000	[MPa]
Modul pružnosti ve smyku		G	=	81000	[MPa]
Součinitel teplotní roztažnosti		α	=	1,20E-05	[K ⁻¹]
Objemová hmotnost		ρ	=	7850	[kg/m ³]
Poissonovo číslo		ν	=	0,3	[-]

Beton mezi pásnicemi

C25/30

Třída betonu

Průřezové charakteristiky:

Plocha betonu	b · h - A _a - A _s	A _c	=	54355	[mm ²]
Moment setrvačnosti kolem osy y	1/12 b h ³ - I _{ay} - I _{sy}	I _{cy}	=	2,24E+08	[mm ⁴]
Moment setrvačnosti kolem osy z	1/12 b ³ h - I _{az} - I _{sz}	I _{cz}	=	3,14E+08	[mm ⁴]
Materiálové pevnostní charakteristiky:					
Pevnost v tlaku:	charakteristická hodnota	f _{ck}	=	25	[MPa]
	návrhová hodnota	f _{cd}	=	16,67	γ _c = 1,5 [MPa]
		0,85f _{cd}	=	14,17	[MPa]
	střední hodnota	f _{cm}	=	33	[MPa]
Modul pružnosti:	střední hodnota	E _{cm}	=	30,5	[GPa]

Podélná výztuž

4R 25

Průřezové charakteristiky:

Profil		d _s	=	25	[mm]
		r _s	=	12,5	[mm]
Plocha výztuže		A _s	=	1963	[mm ²]
Moment setrvačnosti kolem osy y	4·1/64πd ⁴ +4πr ² (145/2) ² =	I _{sy}	=	1,04E+07	[mm ⁴]
Moment setrvačnosti kolem osy z	4·1/64πd ⁴ +4πr ² (180/2) ² =	I _{sz}	=	1,60E+07	[mm ⁴]

Materál:

Ocel pevnostní třídy

B500B

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	f_{sk}	=	500		[MPa]
	návrhová hodnota	f_{sd}	=	434,8	$\gamma_s = 1,15$	[MPa]

Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

N_{Ed}	=	97,3	[kN]
$M_{y,Ed}$	=	155,6	[kNm]

Aby nedošlo k lokálnímu vyboulení ocelových částí před vybetonováním nebo u již vybetonového sloupu, musí platit pro částečně obetonovaný I profil:

Poměr	b/t_f	=	20,8	$\leq 44\epsilon = 44$	
kde $\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$		→			VYHOVUJE

U částečně obetonovaného sloupu se jako minimum požaduje:

- podélná výztuž R 8 ve vzdálenostech 250 mm,
- příčná výztuž (třmínky) R 6 ve vzdálenostech 200 mm.

→ VYHOVUJE

Sloup, jakožto součást rámové konstrukce:

- výpočet vnitřních sil se provede podle teorie 2. řádu, který lze zjednodušit tak, že se:
- výpočet vnitřních sil provede podle teorie 1. řádu, stejně jako u ocelové konstrukce → bez imperfekcí
- momenty se zvětší součinitelem k, viz níže.

Sloup bez posuvu konců se nemusí podle teorie 2. řádu posuzovat, je-li při centrickém tlaku:

$$N_{cr} \geq 10N_{Ed} = 973 \quad [\text{kN}]$$

Ohybová tuhost:

– kolmo k ose y	$Ea \times (I_{ay} + I_{sy}) + 0,6 \times E_{cm} \times I_{cy} =$	$(EI)_{eff,y} =$	2,82E+13	[Nmm ²]
– kolmo k ose z	$Ea \times (I_{az} + I_{sz}) + 0,6 \times E_{cm} \times I_{cz} =$	$(EI)_{eff,z} =$	1,68E+13	[Nmm ²]

Kritická síla pro vzpěrnou délku rovnou délce prutu

– vybočení kolmo k ose y	$N_{cr,y} =$	27206	[kN]
– vybočení kolmo k ose z	$N_{cr,z} =$	16182	≥ 973 [kN]
	→		Výpočet podle teorie 1. řádu

Únosnost průřezu

$Aafay,k+Asfsk+Ac \cdot 0,85f_{ck} =$	$N_{pl,Rk} =$	4177	$\gamma_M = 1,0$ [kN]
$Aafay,d+Asfsd+Ac \cdot 0,85f_{cd} =$	$N_{pl,Rd} =$	3664	[kN]

Štíhlost (rozhoduje vybočení kolmo k ose z):

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,z}}} = 0,508 \quad [-]$$

Součinitel vzpěrnosti

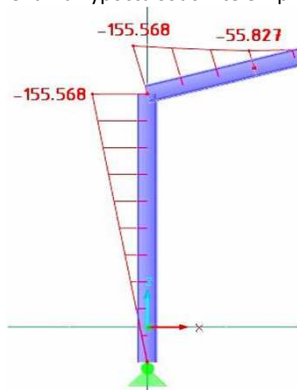
pro křivku vzpěrné pevnosti c (souč. imperfekce $\alpha = 0,49$)	$\chi_z =$	0,838	$\leq 1,0$ [-]
---	------------	-------	----------------

Únosnost sloupu v centrickém tlaku

$\chi(Aafay,d+Asfsd+Ac \cdot 0,85f_{cd}) =$	$N_{Rd} =$	3072	[kN]
	$\geq N_{Ed} =$	97,3	[kN]
	→		Ocelobetonový sloup na tlak VYHOVUJE!

Ukázka výpočtu součinitele k pro výpočet podle teorie 2. řádu:

podle [8], příklad 5



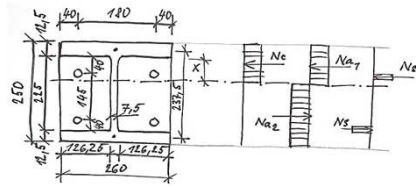
$M_{Ed} =$	$M1 =$	155,6	[kN]
	$M2 =$	0	[kN]
Poměr momentů:	$M2/M1 =$	r = 0	[-]
Štíhlost	$\bar{\lambda}_z =$	0,508	[-]
	$> 0,2(2-r) =$	0,4	[-]
Zvětšení momentu v důsledku 2. řádu, při vybočení kolmo k ose z	$\beta = 0,66 + 0,44r =$	0,66	$\geq 0,44$ [-]
Součinitel	$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}}} =$	0,664	$\geq 1,0$ [-]
	→		NEVYHOVUJE!
"Zvětšení momentu"	$M_{Ed} =$	$k \cdot M_{Ed} =$	103,3 [kN]
→			V tomto případě se nejedná o zvětšení momentu, ale zmenšení momentu!
→			Počítáno s hodnotou nezměněného momentu, viz výše!

Únosnost sloupu v ohybu:

Ohyb ve směru stojiny ocelového průřezu

Podmínka pro neutrální osu (dále jen N.O.): $N_c + Na_1 + N_s = Na_2 + N_s$

Předpokládám, že N.O. prochází stojinou, hledám $x = ?$



Pásnice
Stojina
Beton
Výztuž

x	=	58	[mm]
-----	---	----	------

	=	181390625	[Nmm]
	=	27541706	[Nmm]
	=	193563	[Nmm]
	=	61892790	[Nmm]
$M_{pl,y,Rd}$	=	271018684	[Nmm]
	=	271,0	[kNm]

Poměr
 $\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}}$

	=	0,557	[-]
--	---	-------	-----

Interakce tlaku a ohybu:

$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$	=	0,027	[-]
----------------------------	---	-------	-----

$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}}$	=	0,574	[-]
--------------------------------	---	-------	-----

Součinitel účinnosti: Uvažuje se lineární interpolace, konzervativně

μ	=	1,0	([8], obr. 5.26)	[-]
-------	---	-----	------------------	-----

Posouzení sloupu na účinky momentu:

$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}}$	≤	0,574	≤ 1,0	[-]
	→			VYHOVUJE

Shrnutí:

$N_{Ed} = 97,3$

$M_{y,Ed} = 155,6$

≤ $N_{Rd} = 3072$ [kN]

< $M_{pl,y,Rd} = 271,0$ [kNm]

→ Ocelobetonový sloup na tlak a ohyb VYHOVUJE!

4.2 Výpočet za zvýšené teploty

I) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

Chrakteristická hodnota stálého zatížení	G_k	=	38,2	[kN]
Chrakteristická hodnota proměnného zatížení	Q_k	=	30,5	[kN]
Normálová síla	N_{Ed}	=	97,3	[kN]
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	=	155,6	[kNm]

Kombinanční součinitel je uvažován častou hodnotou $\Psi_{1,1}$, neboť tuto hodnotu doporučuje národní příloha pro halové konstrukce, u nichž je zatížení sněhem nebo větrem hlavním proměnným zatížením a protože

1) kvazistálá hodnota těchto zatížení = 0

2) z důvodu obavy, že by halové konstrukce při požáru nemusely být dostatečně spolehlivé

→ Pro zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce ≤ 1000 m.n.m.

podle [11], Tab. 1.6

Kombinační součinitel $\Psi_{1,1} = 0,2$ [-]

Ředukční součinitel η_{fi} pro zatížení při požáru se určí z poměru stálého a proměnného zatížení s kombinačním souč. Ψ :

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \Psi_{1,1} Q_k}{G_k \gamma_G + Q_k \gamma_Q} = \frac{38,2 + 0,2 \cdot 30,5}{38,2 \cdot 1,35 + 30,5 \cdot 1,5} = 0,455 \quad [-]$$

Normálová síla při požární situaci:

$$N_{fi,Ed} = \eta_{fi} N_{Ed} = 0,455 \cdot 97,3 = 44,3 \quad [\text{kN}]$$

Ohybový moment při požární situaci:

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} M_{y,Ed} = 0,455 \cdot 155,6 = 70,8 \quad [\text{kNm}]$$

II) Návrh a posouzení ocelobetonového sloupu - částečně obetonovaný mezi pásnicemi

Požadavek, vycházející z PŘ na požární odolnost

R 30

Z hlediska únosnosti podle nominální normové teplotní křivky

Postup výpočtu podle [8], příklad 9 a [12], kapitola 5.4.3

Délka sloupu $L = 3,2$ [m]

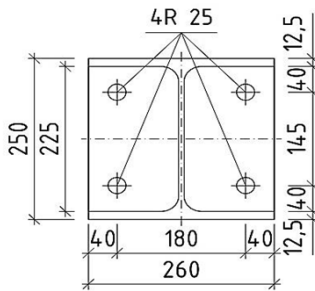
Sloup je tvořen:

- válcovaným profilem HEA 260 ... značení dolním indexem a
- betonem mezi pásnicemi ... značení dolním indexem c
- podélnou výztuží 4R 25 ... značení dolním indexem s
- příčnou výztuží (třmínky) R 6 po 200 mm ... ve výpočtu zanedbáno

Válcovaný profil

HEA 260

Průřezové charakteristiky:



h	=	250	[mm]
b	=	260	[mm]
A_a	=	8682	[mm ²]
$A_{v,z}$	=	2876	[mm ²]
G	=	68,2	[kg/m]
$ew = t_w$	=	7,5	[mm]
$ef = t_f$	=	12,5	[mm]
r	=	24	[mm]
d	=	177	[mm]
I_{ay}	=	1,05E+08	[mm ⁴]
$W_{pl,y}$	=	919771	[mm ³]
i_y	=	109,7	[mm]
I_{az}	=	3,67E+07	[mm ⁴]
$W_{pl,z}$	=	430169	[mm ³]
i_z	=	65,0	[mm]
I_t	=	523747	[mm ⁴]
I_w	=	5,16E+11	[mm ⁶]
c	=	102,25	[mm]

Materiál:

Ocel pevnostní třídy

S235

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Mez kluzu	charakteristická hodnota	$f_{ay,k}$	=	235	[MPa]
	návrhová hodnota	$f_{ay,d}$	=	235	$\gamma_{M0} = 1,0$ [MPa]
					$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez pevnosti v tahu

$f_{au} = 360$ [MPa]

Fyzikální vlastnosti:

Modul pružnosti v tahu a tlaku

$E_a = 210000$ [MPa]

Modul pružnosti ve smyku

$G = 81000$ [MPa]

Součinitel teplotní roztažnosti

$\alpha = 1,20E-05$ [K⁻¹]

Objemová hmotnost

$\rho = 7850$ [kg/m³]

Poissonovo číslo

$\nu = 0,3$ [-]

Beton mezi pásnicemi

C25/30

Třída betonu

Průřezové charakteristiky:

Plocha betonu	$b \cdot h - A_a - A_s =$	A_c	=	54355	[mm ²]
Moment setrvačnosti kolem osy y	$1/12 b h^3 - I_{ay} - I_{sy} =$	I_{cy}	=	2,24E+08	[mm ⁴]
Moment setrvačnosti kolem osy z	$1/12 b^3 h - I_{az} - I_{sz} =$	I_{cz}	=	3,14E+08	[mm ⁴]

Materiálové pevnostní charakteristiky:

Pevnost v tlaku:	charakteristická hodnota	f_{ck}	=	25	[MPa]
	návrhová hodnota	f_{cd}	=	16,67	$\gamma_c = 1,5$ [MPa]
		$0,85f_{cd}$	=	14,17	[MPa]
	střední hodnota	f_{cm}	=	33	[MPa]
Modul pružnosti:	střední hodnota	E_{cm}	=	30,5	[GPa]

Podélná výztuž		4R 25	
Průřezové charakteristiky:			
Profil	d_s	= 25	[mm]
	r_s	= 12,5	[mm]
Plocha výztuže	A_s	= 1963	[mm ²]
Moment setrvačnosti kolem osy y	$4 \cdot 1/64\pi d^4 + 4\pi r^2(145/2)^2 =$	$I_{sy} = 1,04E+07$	[mm ⁴]
Moment setrvačnosti kolem osy z	$4 \cdot 1/64\pi d^4 + 4\pi r^2(180/2)^2 =$	$I_{sz} = 1,60E+07$	[mm ⁴]
Materiál:			
Ocel pevnostní třídy		B500B	
Materiálové pevnostní charakteristiky:			
Mez kluzu	charakteristická hodnota	$f_{sk} = 500$	[MPa]
	návrhová hodnota	$f_{sd} = 434,8$	$\gamma_s = 1,15$ [MPa]
Vnitřní síly			
Normálová síla při požární situaci:	$N_{fi,Ed} = \eta_{fi} N_{Ed} = 0,455 \cdot 97,3 =$	44,3	[kN]
Ohybový moment při požární situaci:	$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} M_{y,Ed} = 0,455 \cdot 155,6 =$	70,8	[kNm]
Sloup dosáhne teploty v čase	t	= 30	[min]
	$\theta_{a,30}$	= 363,7	[°C]
Redukční součinitele pro teplotu $\theta_{a,30} = 363,7$ °C jsou pro:			podle [12], Tab. 4.2
– Účinnou mez kluzu	$k_{y,\theta}$	= 1,0	[-]
– Modul pružnosti	$k_{E,\theta}$	= 0,736	[-]
Únosnost sloupu za požáru pro R 30			
Sloup při vytížení (redukční součinitel únosnosti):			podle [12], Tab.5.4
$\eta_{fi,t} = \frac{E_{fi,d,t}}{R_d}$			
	$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{44,3}{3664} =$	0,012	[-]
	$\frac{M_{fi,y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{70,8}{271,0} =$	0,261	[-]
Pro $\eta_{fi,t} \leq 0,28$ minimální rozměr h a b = 160 mm	→		VYHOVUJE
	→		Vyhoví i požadavku pro $\eta_{fi,t} \leq 0,66$
Podle [17], 4.2.3 a)	poměr $t_w/t_f = 7,5/12,5 = 0,6$	→	Vyhoví i požadavku pro $\eta_{fi,t} = 0,7$
Únosnost jednotlivých částí a jejich ohybové tuhosti pro:			
a) Pásnice:		R 30	podle [12], tab.5.18
	$\theta_{0,t}$	= 550	[°C]
	kt	= 9,65	[m°C]
Součinitel průřezu	$\frac{A_m}{V} = \frac{2(260 + 250)}{260 \cdot 250} =$	0,0157	[mm ⁻¹]
		= 15,69	[m ⁻¹]
Teplota	$\theta_{f,t} = \theta_{0,t} + k_t \cdot \frac{A_m}{V} =$	701,4	[°C]
Pro tuto teplotu interpolací z [12], tab. 4.2:			
Součinitel pro účinnou mez kluzu	$k_{y,\theta}$	= 0,2283	[-]
Součinitel pro modul pružnosti	$k_{E,\theta}$	= 0,1294	[-]
Účinná mez kluzu	$k_{y,\theta} \cdot f_{yk,d} = f_{a,max,f,t} =$	53,65	[MPa]
Modul pružnosti	$k_{E,\theta} \cdot E_a = E_{a,f,t} =$	27179,8	[MPa]
Únosnost pásnice	$N_{fi,pl,Rd,f} = 2b e_f \frac{f_{a,max,f,t}}{\gamma_{M,fi,a}} =$	348702,4	[N]
		= 348,7	[kN]
Ohybová tuhost (k ose z)	$(EI)_{fi,t,z} = E_{a,f,t} \frac{e_f b^3}{6} =$	9,95E+11	[Nmm ²]
b) Stojina:			
Výška	Ht	= 350	[mm]
Nepočítá se s okrajovými částmi stojiny	hw,fi	= 13,4	[mm]
Ve zbytku stojiny je mez kluzu snížena na	$f_{a,max,w,t}$	= 207,01	[MPa]
Únosnost stojiny	$N_{fi,pl,Rd,w}$	= 307732,5	[N]
		= 307,7	[kN]
Ohybová tuhost se podle [12] zanedbává a nepočítá se s ní, ale podle [8] je s ní počítáno	$(EI)_{fi,w,z}$	= 1,46E+09	[Nmm ²]

c) Beton mezi pásnicemi

Při R 30 se nepočítá s povrchovou vrstvou betonu tloušťky podle [12], tab 5.20	bc,fi	=	4,0	[mm]
Teplota betonu pro $A_m/V = 15,7$ a R 30 podle [12], tab. 5.21	$\theta_{c,t}$	=	236,9	[°C]
Pro tuto teplotu interpolací z [12], kap. 2				
Redukční součinitel pro $100\text{ °C} < \theta \leq 600\text{ °C}$	$k_{ct,\theta}$	=	$1-1(\theta-100)/500$	
		=	0,7262	[-]
Poměrné protažení betonu odpovídající $f_{c,\theta}$	$\epsilon_{cu,\theta}$	=	0,0259	[-]
Pevnost betonu	$f_{c,\theta}$	=	18,0	[MPa]
Modul pružnosti betonu	$E_{c,sec,\theta}$	=	6923,1	[MPa]
Únosnost betonu	$N_{fi,pl,Rd,c}$	=	790919,7	[N]
		=	790,9	[kN]
Ohybová tuhost (k ose z)	$(EI)_{fi,c,z}$	=	1,89E+12	[Nmm ²]

d) Výztuž

Výztuž je umístěna v působící ploše betonu a lze ji započítat.

Pro R 30 vzdálenost (podle [12], tab. 5.22)

Součinitele (podle [12], tab. 5.22 a tab. 5.23)

Mez kluzu při zvýšené teplotě

Modul pružnosti při zvýšené teplotě

Únosnost výztuže

Ohybová tuhost

u	=	40,0	[mm]
$k_{y,t}$	=	1,0	[-]
$k_{E,t}$	=	0,83	[-]
$f_{sy,t}$	=	500	[MPa]
$E_{s,t}$	=	174300	[MPa]
$N_{fi,pl,Rd,s}$	=	981747,7	[N]
	=	981,7	[kN]
$(EI)_{fi,s,z}$	=	2,79E+12	[Nmm ²]

Únosnost průřezu sloupu se stanoví součtem únosností jednotlivých částí:

Součinitele φ pro R 30:

$N_{fi,pl,Rd}$	=	2429,1	[kN]
			(podle [12], tab. 5.24)
$\varphi_{f,t}$	=	1,0	[-]
$\varphi_{w,t}$	=	1,0	[-]
$\varphi_{c,t}$	=	0,8	[-]
$\varphi_{s,t}$	=	1,0	[-]

Ohybová tuhost

$(EI)_{fi,eff,z}$	=	5,30E+12	[Nmm ²]
-------------------	---	----------	---------------------

Kritická síla pro vzpěrnou délku

$L\theta$	=	$L/2 =$	1600	[mm]
$N_{fi,cr,z} = \frac{\pi^2(EI)_{fi,eff,z}}{L\theta^2}$	=	20419441,6	[N]	
		20419,4	[kN]	

Poměrná štíhlost

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{fi,pl,R}}{N_{fi,cr,z}}}$	=	0,345	[-]
$\chi = \frac{1}{\bar{\lambda}}$	=	0,926	$\leq 1,0$ [-]

Součinitel vzpěrnosti (křivka c) (souč. imperfekce $\alpha = 0,49$)

Únosnost sloupu po 60 minutách

$N_{fi,Rd,z}$	=	2249,6	[kN]
$\geq N_{fi,Ed}$	=	44,3	[kN]

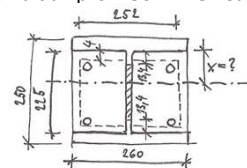
→ Ocelobetonový sloup na tlak pro R 30 VYHOVUJE!

Únosnost sloupu v ohybu:

Ohyb ve směru stojiny ocelového průřezu

Podmínka pro neutrální osu (dále jen N.O.):

Předpokládám, že N.O. prochází stojinou, hledám $x = ?$



$$N_c + N_{a1} + N_s = N_{a2} + N_s$$

$$53,65 \cdot (260 \cdot 12,5) + 207,01 \cdot [7,5 \cdot (x - 13,4)] + 18 \cdot [252(x - 4) - 7,5 \cdot (x - 4) - 2 \cdot \pi \cdot 12,5^2] = 53,65 \cdot (260 \cdot 12,5) + 207,01 \cdot 7,5 \cdot (211,6 - x)$$

$$7506,2x = 440032$$

Poloha N.O. od spodní hrady horní pásnice

$x =$	58,6	[mm]
-------	------	------

Únosnost pásnice

=	41411093,75	[Nmm]
---	-------------	-------

Únosnost stojiny

=	18383579	[Nmm]
---	----------	-------

Únosnost betonu

=	178102	[Nmm]
---	--------	-------

Únosnost výztuže

=	71158750	[Nmm]
---	----------	-------

Momentová únosnost sloupu po 30 minutách požáru

$M_{fi,pl,y,Rd}$	=	131131525	[Nmm]
	=	131,1	[kNm]

Poměr

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{fi,pl,Rd}}$$

=	0,270	[-]
---	-------	-----

Interakce tlaku a ohybu:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{fi,pl,Rd}} = 0,018 \quad [-]$$

$$\frac{M_{fi,y,Ed}}{M_{fi,pl,y,Rd}} = 0,540 \quad [-]$$

Součinitel účinnosti: Uvažuje se lineární interpolace, konzervativně $\mu = 1,0$ ([8], obr. 5.26) [-]

Posouzení sloupu na účinky momentu:

$$\frac{M_{fi,y,Ed}}{M_{fi,pl,y,Rd}} \leq 0,540 \leq 1,0 \quad [-]$$

→ VYHOVUJE

Shrnutí:

$$N_{fi,Ed} = 44,3$$

$$M_{fi,y,Ed} = 70,8$$

$$\leq N_{fi,Rd} = 2249,6 \quad [\text{kN}]$$

$$< M_{fi,pl,y,Rd} = 131,1 \quad [\text{kNm}]$$

→ Ocelobetonový sloup na tlak a ohyb pro R 30 VYHOVUJE!

Posouzení příčle rámu na tlak a ohyb pro kombinaci K2

MSÚ

A) Rámový roh + kombinace K2

Profil:	HEA	260	
Ocel:	S	235	
f_{yk}	=	235	[MPa]
E_a	=	210	[GPa]

Charakteristická hodnota stálého zatížení	G_k	=	30,5	[kN]
Charakteristická hodnota proměnného zatížení	Q_k	=	26,0	[kN]
Normálová síla	N_{Ed}	=	63,0	[kN]
Posouvající síla	V_{Ed}	=	80,4	[kN]
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	=	155,6	[kNm]

Kombinační součinitel uvažuji častou hodnotou $\Psi_{1,1}$, neboť tuto hodnotu doporučuje národní příloha pro halové konstrukce, u nichž je zatížení sněhem nebo větrem hlavním proměnným zatížením a protože

1) kvazistálá hodnota těchto zatížení = 0

2) z důvodu obavy, že by halové konstrukce při požáru nemusely být dostatečně spolehlivé

→ Pro zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce ≤ 1000 m.n.m. $\Psi_{1,1} = 0,2$ Tab. 1.6 [12] [-]

Ředukční součinitel η_{fi} pro zatížení při požáru se určí z poměru stálého a proměnného zatížení s kombinačním souč. Ψ :

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \Psi_{1,1} Q_k}{G_k \gamma_G + Q_k \gamma_Q} = \frac{30,5 + 0,2 \cdot 26}{30,5 \cdot 1,35 + 26 \cdot 1,5} = 0,445 \quad [-]$$

Normálová síla při požární situaci:

$$N_{fi,Ed} = \eta_{fi} N_{Ed} = 0,445 \cdot 63,0 = 28,1 \quad [\text{kN}]$$

Ohybový moment při požární situaci:

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} M_{y,Ed} = 0,445 \cdot 155,6 = 69,3 \quad [\text{kNm}]$$

Z tab. blabla je vidět, že příčel dosáhne teploty

v čase $t = 30$ min $\theta_{a,30} = 276$ [°C]

Redukční součinitele pro teplotu $\theta_{a,30} = 276$ °C jsou pro:

– Účinnou mez kluzu	$k_{y,\theta}$	=	1,0	Tab. 4.2 [13]	[-]
– Modul pružnosti	$k_{E,\theta}$	=	0,824	Tab. 4.2 [13]	[-]

Mez kluzu při zvýšené teplotě

$$f_{y,t} = 235 \quad [\text{MPa}]$$

Modul pružnosti při zvýšené teplotě

$$E_{y,t} = 173040 \quad [\text{MPa}]$$

Zatřídění

Příčel je současně tlačena a ohýbaná. Třída průřezu se tedy musí určit výpočtem.

Vzpěrné délky

Vzpěrná délka v rovině rámu $L_{fi,cr,y} = 6,775$ [m]

bez uvažování vlivu tuze připojeného sloupu je přibližně (polovina rozpětí portálového rámu)

Vzpěrná délka z roviny rámu $L_{fi,cr,z} = 1,850$ [m]

vzdálenost bodů zajištěných proti vybočení z roviny, tj. vzdálenost vaznic

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{fi,cr,y}}{i_y} = \frac{6,775}{109,7} = 61,739 \quad [-]$$

Poměrná štíhlost

$$\rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1 \sqrt{\beta_A}} = \frac{61,739}{93,9} = 0,657 \quad [-]$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{235/f_y} = 93,9 \quad [-]$$

$$\beta_A = 1 \quad \text{pro průřez třídy 1 až 3}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{fi,cr,z}}{i_z} = \frac{1,850}{65,0} = 28,464 \quad [-]$$

Poměrná štíhlost

$$\rightarrow \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1 \sqrt{\beta_A}} = \frac{28,464}{93,9} = 0,303 \quad [-]$$

nebo vzorec jako u sloupu, vychází stejně!

Součinitele vzpěrnosti:

pro křivku vzpěrné pevnosti b $\chi_y = 0,806$ [-]

pro křivku vzpěrné pevnosti c $\chi_{min} = \chi_z = 0,949$ [-]

Součinitel průřezu, který je vystaven požáru ze tří stran:

$$\left(\frac{A_m}{V}\right)_b = \frac{2h + b}{A} = \frac{2 \cdot 250 + 260}{8682} = 0,088 \quad [\text{mm}^{-1}]$$

Telota v příčli v čase $t = 30$ min.

$$\theta_{a,t} = 276 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Odpovídající redukční součinitel účinné meze kluzu

$$k_{y,\theta} = 1 \quad [-]$$

$$k_{E,\theta} = 0,824 \quad [-]$$

Mez kluzu při zvýšené teplotě

$$f_{y,t} = 193,64 \quad [\text{MPa}]$$

Modul pružnosti při zvýšené teplotě

$$E_{y,t} = 173040 \quad [\text{MPa}]$$

Klopení

Za úsek, který může ztratit stabilitu, považují část příčle u rámového rohu se záporným ohybovým momentem.

$$\text{Délka tohoto úseku} = 3,265 \quad [\text{m}]$$

Protože však spodní (tlačená) pásnice není v místě změny znaménka momentu držena tuze, budu ve výpočtu uvažovat tuto délku zvětšenou o 20%

$$= 3,918 \quad 4,0 \quad [\text{m}]$$

Poměr koncových momentů

$$\frac{15,4}{-69,3} = \psi = -0,222 \quad [-]$$

Pro uložení konců úseku bude

$$k = k_z = 1,0 \quad [-]$$

$$k_w = 1,0 \quad [-]$$

Součinitel tvaru momentového obrazce

$$C_1 = 2,281 \quad [-]$$

Moment kritický při klopení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 4000} \sqrt{\frac{173040 \cdot 5,16E+11}{81000 \cdot 5,24E+05}} = 1,140 \quad [-]$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = 3,459 \quad [-]$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1409,50 \quad [\text{kNm}]$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = 0,373 \quad [-]$$

Odpovídající štiřlost při ztrátě stability v ohybu:

$$\chi_{LT,\theta} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}} = 0,411 \quad [-]$$

Protože $h/b = 250/260$

$$= 0,962 \quad < 2,0$$

→ platí křivka klopení a

Součinitel imperfekce

$$\alpha = 0,65 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \quad [-]$$

Hodnota pro výpočet součinitele klopení χ_{LT} :

$$\phi_{LT,\theta} = 0,5(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta} + \bar{\lambda}_{LT,\theta}^2) = 0,718 \quad [-]$$

Součinitel příčné a torzní stability (součinitel klopení):

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta} + \sqrt{\phi_{LT,\theta}^2 + \chi_{LT,\theta}^2}} = 0,647 \quad [-]$$

Interakce tlaku s ohybem

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{mLT}

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

$$\psi = -0,222 \quad \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad [-]$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} pro pruty náchylné ke kroucení a pro průřezy třídy 1

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my}

$$M_h = 69,3 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_s = -38,5 \quad [\text{kNm}]$$

$$\alpha_h = 0,556$$

Poměr koncových momentů v úseku

$$\psi' = \frac{M_{Ed,min}}{M_{pl,Rd}} = \frac{69,3}{69,3} = 1,0 \quad > 0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10\alpha_h$$

$$= 0,956 \quad [-]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right. \\ \left. C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right\} =$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 0,30 \geq 0,4$

$$k_{zy} = \max \left\{ 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{N_{Ed}} \right. \\ \left. 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{N_{Ed}} \right\} =$$

$A \cdot f_{yd} =$	$N_{Ed} = 28,1$	[kN]
$W_{pl,y} \cdot f_{yd} =$	$NRk = 2040,3$	[kN]
	$M_{y,Ed} = 69,3$	[kNm]
	$M_{y,Rk} = 216146196,3$	[Nmm]
	$\gamma_{M1} = 1,0$	[-]
	$\min < \begin{matrix} 0,963 \\ 0,969 \end{matrix}$	[-]
	$\max < \begin{matrix} 0,998 \\ 0,994 \end{matrix}$	[-]

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad 0,017 + 0,477 = 0,494 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad 0,014 + 0,495 = 0,509 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

→ Příčel v rámovém rohu pro R 30 VYHOVUJE!

B) Pole

Moment v poli je menší než moment v rámovém rohu.

Délka úseku, na kterém může dojít ke klopení = vzdálenost připojených vaznic L = 1,85 m.

Vzdálenost L je menší, než vzdálenost v rámovém rohu.

- Není potřeba provádět posudek s vlivem klopení ani posouzení stability bez vlivu klopení, protože rozhoduje díky většímu momentu opět rámový roh.

5. Závěr

Posouzením za zvýšené teploty je splněn požadavek na požární odolnost R 30 ocelobetonového sloupu a ocelové příčle, viz podklad [18], kapitola e).

Příloha 1: Analytický výpočet nominální normové teplotní křivky

Nominální normová teplotní křivka

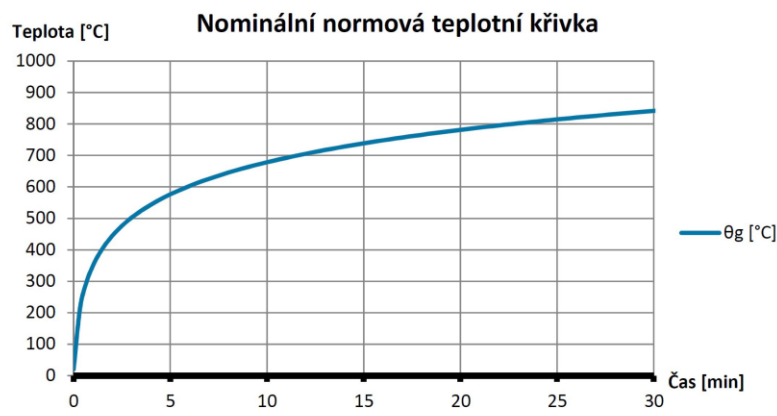
Normová teplotní křivka je dána vztahem:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

kde θ_g je teplota plynů v požárním úseku [°C]

t čas [min].

Čas		θ_g
[s]	[min]	[°C]
0	0,00	20
20	0,33	214,67
40	0,67	296,56
60	1,00	349,21
80	1,33	388,10
100	1,67	418,94
120	2,00	444,50
140	2,33	466,34
160	2,67	485,39
180	3,00	502,29
200	3,33	517,48
220	3,67	531,26
240	4,00	543,89
260	4,33	555,53
280	4,67	566,33
300	5,00	576,41
320	5,33	585,85
340	5,67	594,73
360	6,00	603,12
380	6,33	611,06
400	6,67	618,60
420	7,00	625,78
440	7,33	632,63
460	7,67	639,18
480	8,00	645,46
500	8,33	651,48
520	8,67	657,27
540	9,00	662,85
560	9,33	668,22
580	9,67	673,41
600	10,00	678,43
620	10,33	683,28
640	10,67	687,98
660	11,00	692,54
680	11,33	696,96
700	11,67	701,26
720	12,00	705,44
740	12,33	709,50
760	12,67	713,46
780	13,00	717,31
800	13,33	721,07
820	13,67	724,73
840	14,00	728,31
860	14,33	731,81
880	14,67	735,22
900	15,00	738,56
920	15,33	741,83
940	15,67	745,02



1140	19,00	773,72
1160	19,33	776,31
1180	19,67	778,85
1200	20,00	781,35
1220	20,33	783,82
1240	20,67	786,24
1260	21,00	788,62
1280	21,33	790,97
1300	21,67	793,28
1320	22,00	795,55
1340	22,33	797,79
1360	22,67	800,00
1380	23,00	802,17
1400	23,33	804,32
1420	23,67	806,43
1440	24,00	808,52
1460	24,33	810,57
1480	24,67	812,60
1500	25,00	814,60
1520	25,33	816,58
1540	25,67	818,53
1560	26,00	820,45
1580	26,33	822,35
1600	26,67	824,23
1620	27,00	826,08
1640	27,33	827,91
1660	27,67	829,72
1680	28,00	831,50
1700	28,33	833,27
1720	28,67	835,01
1740	29,00	836,74
1760	29,33	838,44
1780	29,67	840,13
1800	30,00	841,80
1820	30,33	843,44

2020	33,67	859,01
2040	34,00	860,48
2060	34,33	861,93
2080	34,67	863,38
2100	35,00	864,80
2120	35,33	866,22
2140	35,67	867,62
2160	36,00	869,01
2180	36,33	870,39
2200	36,67	871,75
2220	37,00	873,10
2240	37,33	874,44
2260	37,67	875,77
2280	38,00	877,08
2300	38,33	878,39
2320	38,67	879,68
2340	39,00	880,96
2360	39,33	882,23
2380	39,67	883,49
2400	40,00	884,74

Příloha 2: Analytický výpočet přestupu tepla do konstrukce podle nominální normové teplotní křivky

Přestup tepla do konstrukce

Nechráněná konstrukce - ocelobetonový sloup částečně obetonovaný mezi pásnicemi

Sloup vystaven požáru ze čtyř stran

Výchozí teplotní křivka:

– Nominální normová teplotní křivka

$$\alpha_c = 25 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Tepelné vlastnosti uhlíkové oceli:

Hustota - ve výpočtech se uvažuje přibližně konstantní hodnotou

$$\rho_a = 7850 \quad [\text{kg/m}^3]$$

jejími změnami vlivem teploty se nepočítá

Měrné teplo oceli c_a se bere v závislosti na teplotě nosníku:

– pro $20 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 600 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \quad \text{J/kgK}$$

– pro $600 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 735 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 666 + \frac{13\,002}{738 - \theta_a} \quad \text{J/kgK}$$

– pro $735 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 900 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 545 + \frac{17\,820}{\theta_a - 731} \quad \text{J/kgK}$$

– pro $900 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 1\,200 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 650 \quad \text{J/kgK}$$

kde θ_a je teplota oceli [$^\circ\text{C}$].

Tepelný tok:

Stefan-Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5,67\text{E-}08 \quad [\text{W/m}^2\text{K}^4]$$

Emisivita požáru se uvažuje obecně

$$\epsilon_f = 1,0 \quad [-]$$

Emisivita povrchu se navrhuje konzervativně

$$\epsilon_m = 0,8 \quad [-]$$

Pro uhlíkovou ocel lze počítat

$$\epsilon_m = 0,7 \quad [-]$$

Polohový faktor

$$\Phi = 1,0 \quad [-]$$

Součinitel zastínění - v mém případě zastínění nevzniká =

$$k_{sh} = 1,0 \quad [-]$$

Plocha povrchu prvku = $2(b+h)$ =

$$A_m = 1020 \quad [\text{mm}]$$

Objem prvku na jednotku délky = průřezová plocha = $b \cdot h$ =

$$V = 65000 \quad [\text{mm}^2]$$

Součinitel průřezu

$$A_m/V = 0,016 \quad [\text{mm}^{-1}]$$

Teplota ve sloupu v čase 30 min

$$\theta_{a,30} = 363,7 \quad [^\circ\text{C}]$$

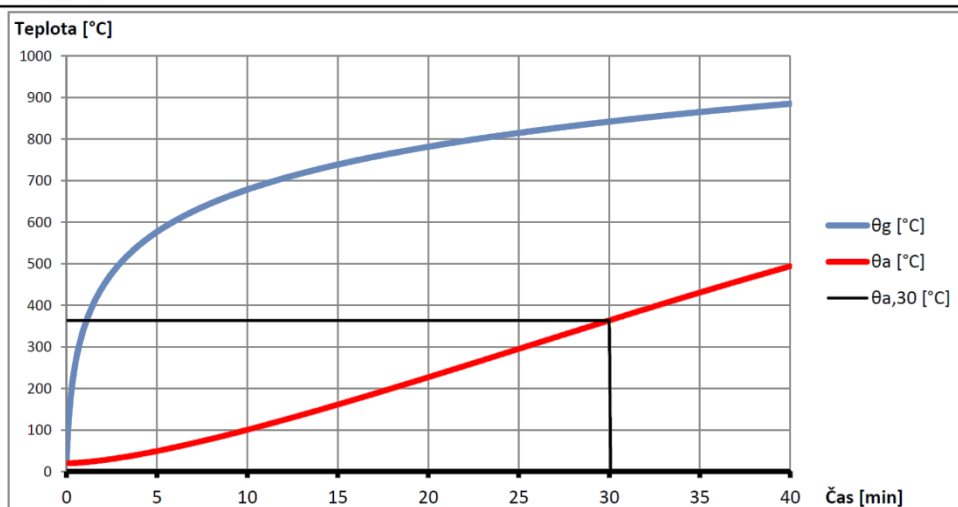
Nominální normová teplotní křivka

Normová teplotní křivka je dána vztahem:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

kde θ_g je teplota plynů v požárním úseku [$^\circ\text{C}$]

t čas [min].



Příloha 3: Analytický výpočet přestupu tepla do konstrukce podle křivky lokálního požáru

Přestup tepla do konstrukce

Nechráněná konstrukce - ocelová příčel

Příčel vystavena požáru ze tří stran

Výchozí teplotní křivka:

– Křivka lokálního požáru

$$\alpha_c = 35 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Tepelné vlastnosti uhlíkové oceli:

Hustota - ve výpočtech se uvažuje přibližně konstantní hodnotou

$$\rho_a = 7850 \quad [\text{kg/m}^3]$$

a s jejími změnami vlivem teploty se nepočítá

Měrné teplo oceli c_a se bere v závislosti na teplotě nosníku:

– pro $20 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 600 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \quad \text{J/kgK}$$

– pro $600 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 735 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 666 + \frac{13\,002}{738 - \theta_a} \quad \text{J/kgK}$$

– pro $735 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a < 900 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 545 + \frac{17\,820}{\theta_a - 731} \quad \text{J/kgK}$$

– pro $900 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 1\,200 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$c_a = 650 \quad \text{J/kgK}$$

kde θ_a je teplota oceli [$^\circ\text{C}$].

Tepelný tok:

Stefan-Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5,67\text{E-}08 \quad [\text{W/m}^2\text{K}^4]$$

Emisivita požáru se uvažuje obecně

$$\epsilon_f = 1,0 \quad [-]$$

Emisivita povrchu se navrhuje konzervativně

$$\epsilon_m = 0,8 \quad [-]$$

Pro uhlíkovou ocel lze počítat

$$\epsilon_m = 0,7 \quad [-]$$

Polohový faktor

$$\Phi = 1,0 \quad [-]$$

Plocha povrchu prvku = $2h+b$

$$A_m = 760 \quad [\text{mm}^2]$$

Objem prvku na jednotku délky = průřezová plocha = A

$$V = 8682 \quad [\text{mm}^3]$$

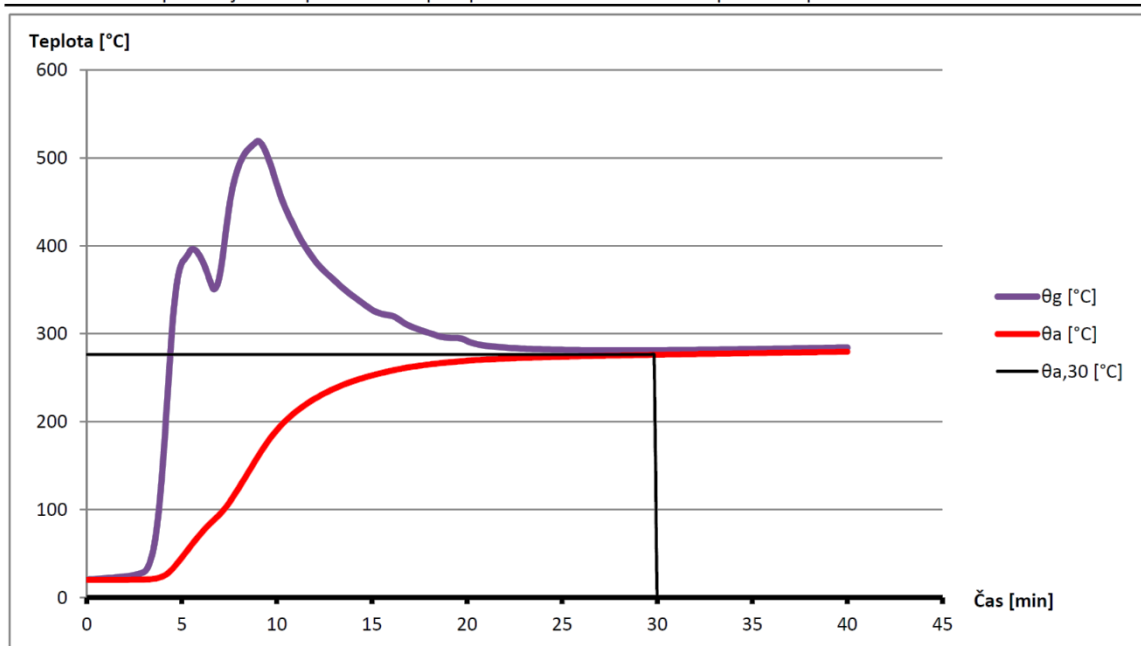
Součinitel průřezu

$$(A_m/V)_b = 0,088 \quad [\text{mm}^{-1}]$$

Teplota v příčeli v čase 30 min

$$\theta_{a,30} = 276 \quad [^\circ\text{C}]$$

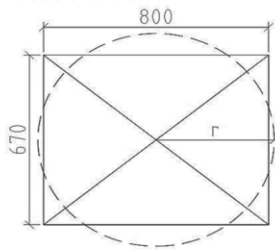
Křivka lokálního požáru je dána průběhem teplot požárního scénáře Lokální požár 1 v příloze 6



Příloha 4: Analytický výpočet lokálního požáru

Lokální požár

Křeslo o rozměru:



Půdorysná plocha křesla $A = 0,54$ [m²]

Obsah kružnice:

$$S = \pi r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,55}{\pi}} = 0,41 \text{ [m]}$$

Uvažuji konstantní výšku PÚ

$H = 4,24$ [m]

Délka plamene lokálního požáru:

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q_c^{2/5} = 2,6 < H = 4,025 \text{ [m]}$$

kde D je průměr ohně

$= 2r = 0,83$ [m]

Q je rychlost uvolňování tepla z ohně

$= 829000$ [W]

→ Plamen nezasahuje strop úseku

Pokud plamen nezasahuje strop úseku, $L_f < H$ nebo nejedná-li se o požár ve volném prostoru, je teplota θ_z v oblaku

hořících plynů po výšce svislé osy symetrie plamene dána vztahem:

$$\theta_z = 20 + 0,25 Q_c^{2/3} (z - z_0)^{-5/3} \leq 900 = 305 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde z je proměnná výška podél osy plamene

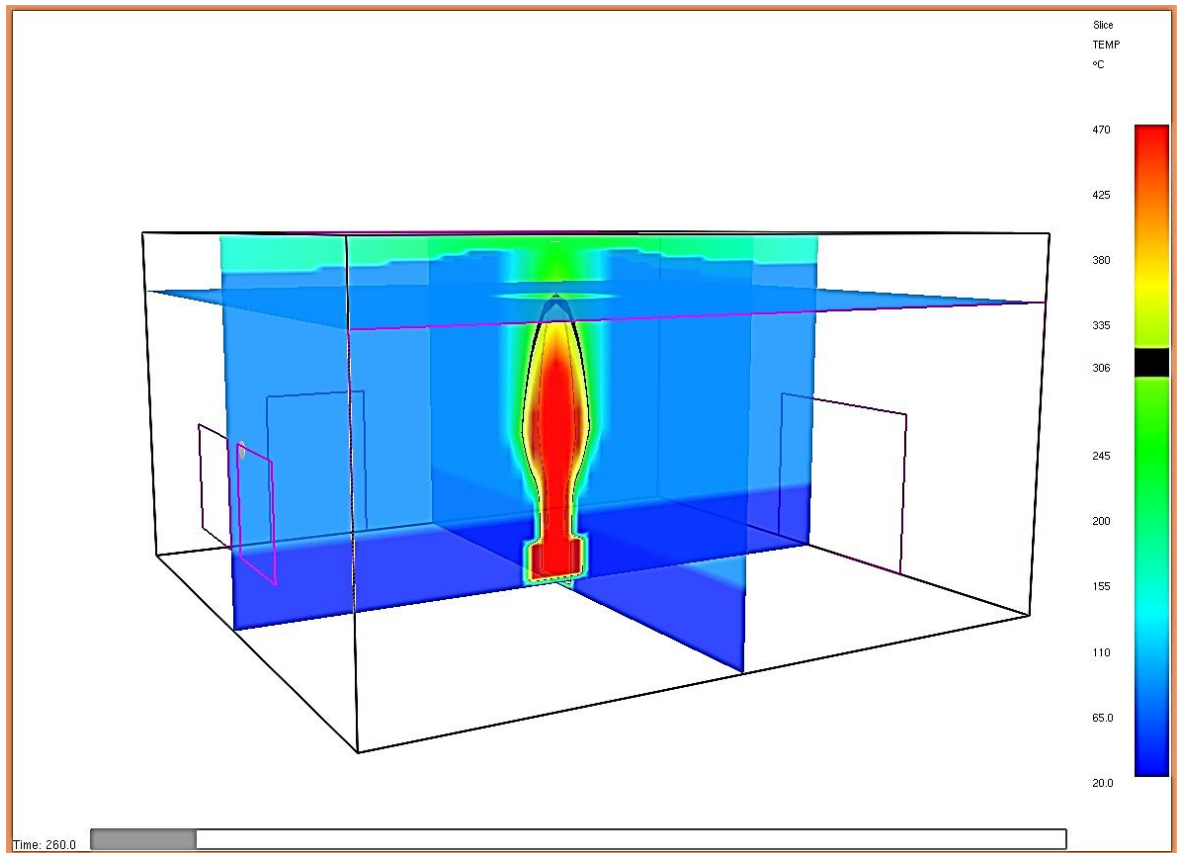
$= 3,5$ [m]

z_0 je virtuální počátek osy a je dán vztahem:

$$z_0 = -1,02 D + 0,00524 Q_c^{2/5} = -1,02 \cdot 0,83 + 0,00524 \cdot 829000^{2/5} = 0,375 \text{ [m]}$$

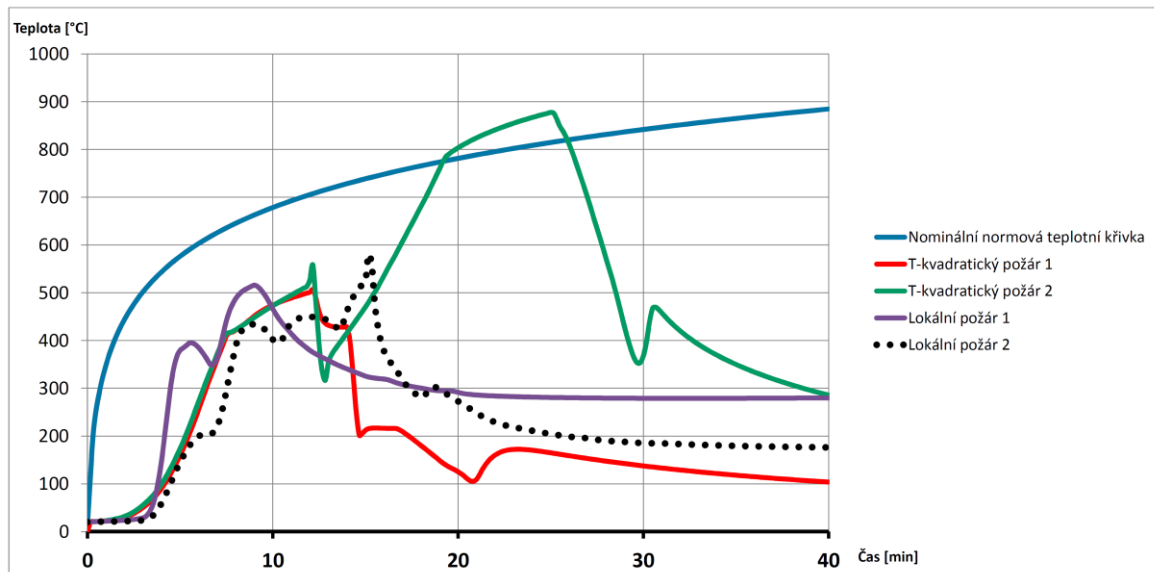
Q_c je konvenční část rychlosti uvolňování tepla sdílená prouděním a lze uvažovat $Q_c = 0,8 Q = 663200$ [W]

Příloha 5: Validace lokálního požáru v programu CFAST



Simulace hořícího křesla uprostřed místnosti. Vodorovný řez prostorem ve výšce 3,5 m nad podlahou. V čase 260 s, kdy dosáhne maximální hodnoty HRR, teplota cca 306 °C, shoduje se s ručním výpočtem v příloze 4.

Příloha 6: Průběhy teplot různých požárních scénářů



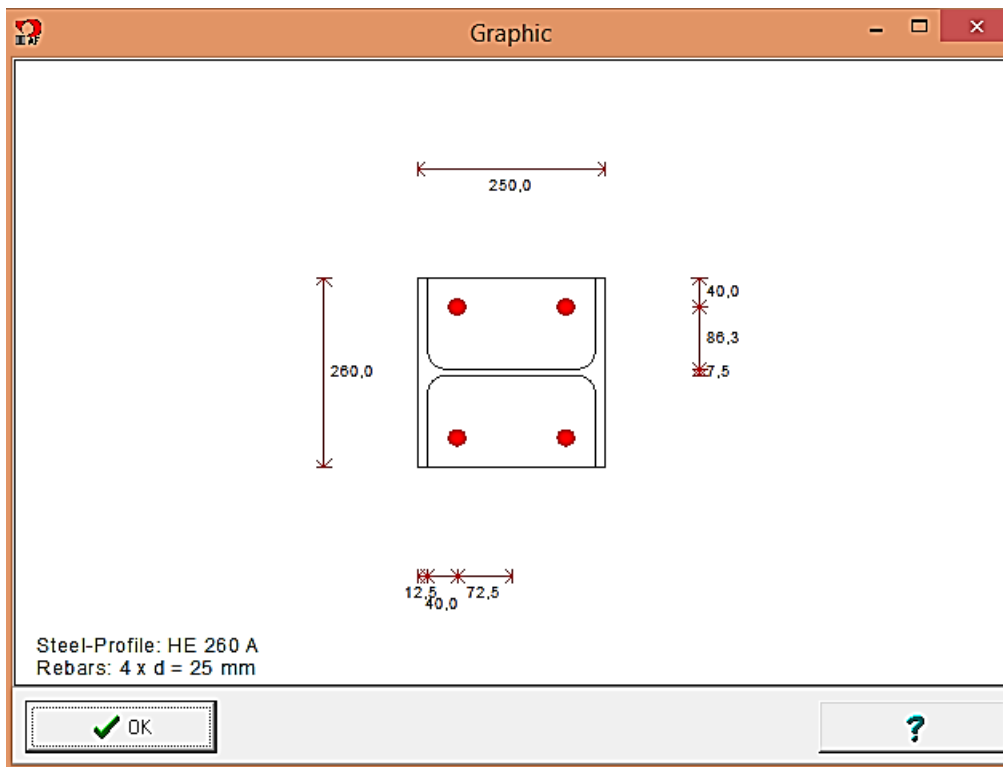
T-kvadratický požár 1 – požár na ploše skupiny křesel (17 m²), konstantní výška místnosti

T-kvadratický požár 2 – požár na celé ploše místnosti (59,6 m²), konstantní výška místnosti

Lokální požár 1 – požár skupiny křesel (12 ks), konstantní výška místnosti

Lokální požár 2 – požár skupiny křesel (12 ks), proměnná výška místnosti

Příloha 7: Validace výpočtu ocelobetonového sloupu programem AFCC pro požární odolnost R30



Input values:

Steel-Profile: HE 260 A

h: 250 mm

b: 260 mm

t.w: 7,5 mm

t.f: 12,5 mm

r: 24 mm

Rebars

diameter of rebars : 25 mm

number n1 of rebars in first layer : 4

number n2 of rebars in second layer : 0

UC1 : 40 mm

UF1 : 40 mm

Percentage of reinforcement : 3,486 %

Materials

Yield point of the steel-profile 235 N/mm²

Reduced yield point of the steel profile 235 N/mm²

Characteristic concrete cylinder strength 25 N/mm²

Yield point of rebars 500 N/mm²

Safety factors

	Service conditions	Fire conditions
Profile steel	1,000	1,000
Concrete	1,500	1,000
Rebar steel	1,150	1,000

Buckl. lengths

Service conditions

Buckling length for weak axis : 3,2 m

Buckling length for strong axis : 3,2 m

Fire conditions

Buckling length for weak axis : 3,2 m

Buckling length for strong axis : 3,2 m

Eccentricities

Eccentricity e1 for weak axis : 0 mm

Eccentricity e2 for strong axis : 125 mm

Percentage of permanent load : 100 %

Location of rebars

AN1: 4

UC1: 40,00 mm

UF1: 40,00 mm

General notes:

In the following results please note that:

Ultimate load calculated for service conditions has to be higher than the factored load combination in service

Ultimate loads calculated for the fire classes have to be higher than the factored load combination in case of fire in which the live loads are generally multiplied by a factor less than 1.00

Calculation for strong axis at elevated temperatures is not covered by Eurocode 4 Part 1.2. at present, but valid for predesign.

For more information please contact ARCELOR. (See the address in the Info-Box of the program)

The value given here for Ultimate Load (Strong Axis, Calculation at elevated temperatures is calculated using Buckling Curve C, which is the curve required by Eurocode 4 Part 1.2. Annexe F for the weak axis.

The value using Buckling Curve B (required by Eurocode 4 Part 1.1. for the strong axis) is given in the details of the calculation.

It is left to the decision of the user, which value to take.

Results

eccent. [mm]	axial		eccentrically		biaxial
	weak axis	strong axis	weak axis	strong axis	
			0 mm	125 mm	
Service	: 3070 kN	3404 kN	3070 kN	1413 kN	1413 kN
R 30	: 1798 kN	1937 kN	1798 kN	804 kN	804 kN
R 60	: 1188 kN	1280 kN	1188 kN	531 kN	531 kN
R 90	: 547 kN	663 kN	547 kN	275 kN	275 kN
R 120	: 328 kN	390 kN	328 kN	162 kN	162 kN

Details

Service conditions weak axis

Plastic load N.pl.R : 4177 kN
Plastic load N.pl.Rd : 3664 kN
Effective Stiffness E.theta.l : 1,672E13 N*mm²
Buckling length L : 3,2 m
Critical Load N.cr : 1,611E4 kN
equivalent slenderness ratio : 0,5091
Buckling coefficient : 0,8379
Ultimate load : 3070 kN

Flanges

A = 6500 mm² fy = 235 N/mm² I = 3,662E7 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 1528 kN
E*I = 7,69E12 N*mm² psi*E*I = 7,69E12 N*mm²

Web

A = 2182 mm² fy = 235 N/mm² I = 5,891E4 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 512,8 kN
E*I = 1,237E10 N*mm² psi*E*I = 1,237E10 N*mm²

Rebars

A = 1963 mm² fy = 434,8 N/mm² I = 1,598E7 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 853,7 kN
E*I = 3,356E12 N*mm² psi*E*I = 3,356E12 N*mm²

Concrete

A = 5,435E4 mm² fy = 14,17 N/mm² I = 3,135E8 mm⁴
EY = 1,806E4 N/mm² Npl = 770 kN
E*I = 5,661E12 N*mm² psi*E*I = 5,661E12 N*mm²

Service conditions strong axis

Plastic load N.pl.R : 4177 kN
Plastic load N.pl.Rd : 3664 kN
Effective Stiffness E.theta.l : 2,818E13 N*mm²
Buckling length L : 3,2 m

Critical Load N.cr : 2,716E4 kN
equivalent slenderness ratio : 0,3922
Buckling coefficient : 0,9292
Ultimate load : 3404 kN

Flanges

A = 6500 mm² fy = 235 N/mm² I = 9,174E7 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 1528 kN
E*I = 1,927E13 N*mm² psi*E*I = 1,927E13 N*mm²

Web

A = 2182 mm² fy = 235 N/mm² I = 1,28E7 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 512,8 kN
E*I = 2,689E12 N*mm² psi*E*I = 2,689E12 N*mm²

Rebars

A = 1963 mm² fy = 434,8 N/mm² I = 1,04E7 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 853,7 kN
E*I = 2,183E12 N*mm² psi*E*I = 2,183E12 N*mm²

Concrete

A = 5,435E4 mm² fy = 14,17 N/mm² I = 2,236E8 mm⁴
EY = 1,806E4 N/mm² Npl = 770 kN
E*I = 4,038E12 N*mm² psi*E*I = 4,038E12 N*mm²

Fire class R 30 weak axis

Plastic load N.pl.R : 2607 kN
Plastic load N.pl.Rd : 2607 kN
Effective Stiffness E.theta.I : 4,736E12 N*mm²
Buckling length L : 3,2 m
Critical Load N.cr : 4565 kN
equivalent slenderness ratio : 0,7557
Buckling coefficient : 0,69
Ultimate load : 1798 kN

Flanges

A = 6500 mm² fy = 53,65 N/mm² I = 3,662E7 mm⁴
EY = 2,718E4 N/mm² Npl = 348,7 kN
E*I = 9,952E11 N*mm² psi*E*I = 9,952E11 N*mm²

Web

A = 1487 mm² fy = 207 N/mm² I = 6968 mm⁴
EY = 2,1E5 N/mm² Npl = 307,7 kN
E*I = 1,463E9 N*mm² psi*E*I = 1,463E9 N*mm²

Rebars

A = 1963 mm² fy = 500 N/mm² I = 1,598E7 mm⁴
EY = 1,743E5 N/mm² Npl = 981,7 kN
E*I = 2,785E12 N*mm² psi*E*I = 2,785E12 N*mm²

Concrete

A = 5,109E4 mm² fy = 18,95 N/mm² I = 2,734E8 mm⁴
EY = 4361 N/mm² Npl = 968,4 kN
E*I = 1,192E12 N*mm² psi*E*I = 9,538E11 N*mm²

Fire class R 30 strong axis

Plastic load N.pl.R : 2607 kN
Plastic load N.pl.Rd : 2607 kN
Effective Stiffness E.theta.l : 6,018E12 N*mm2
Buckling length L : 3,2 m
Critical Load N.cr : 5800 kN
equivalent slenderness ratio : 0,6704
Buckling coefficient B : 0,8002
Ultimate Load (Curve B) : 2086 kN
Buckling coefficient C : 0,7429
Ultimate Load (Curve C) : 1937 kN

Flanges

A = 6500 mm2 fy = 53,65 N/mm2 I = 9,174E7 mm4
EY = 2,718E4 N/mm2 Npl = 348,7 kN
E*I = 2,494E12 N*mm2 psi*E*I = 2,494E12 N*mm2

Web

A = 1487 mm2 fy = 207 N/mm2 I = 4,867E6 mm4
EY = 2,1E5 N/mm2 Npl = 307,7 kN
E*I = 1,022E12 N*mm2 psi*E*I = 1,022E12 N*mm2

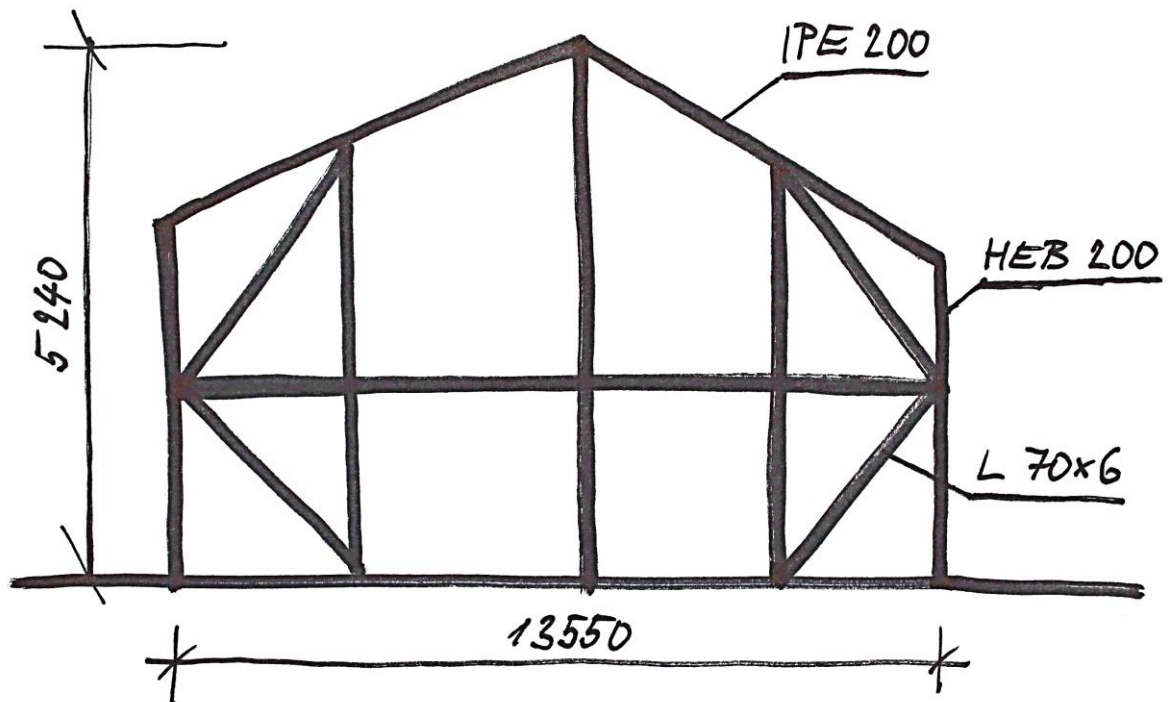
Rebars

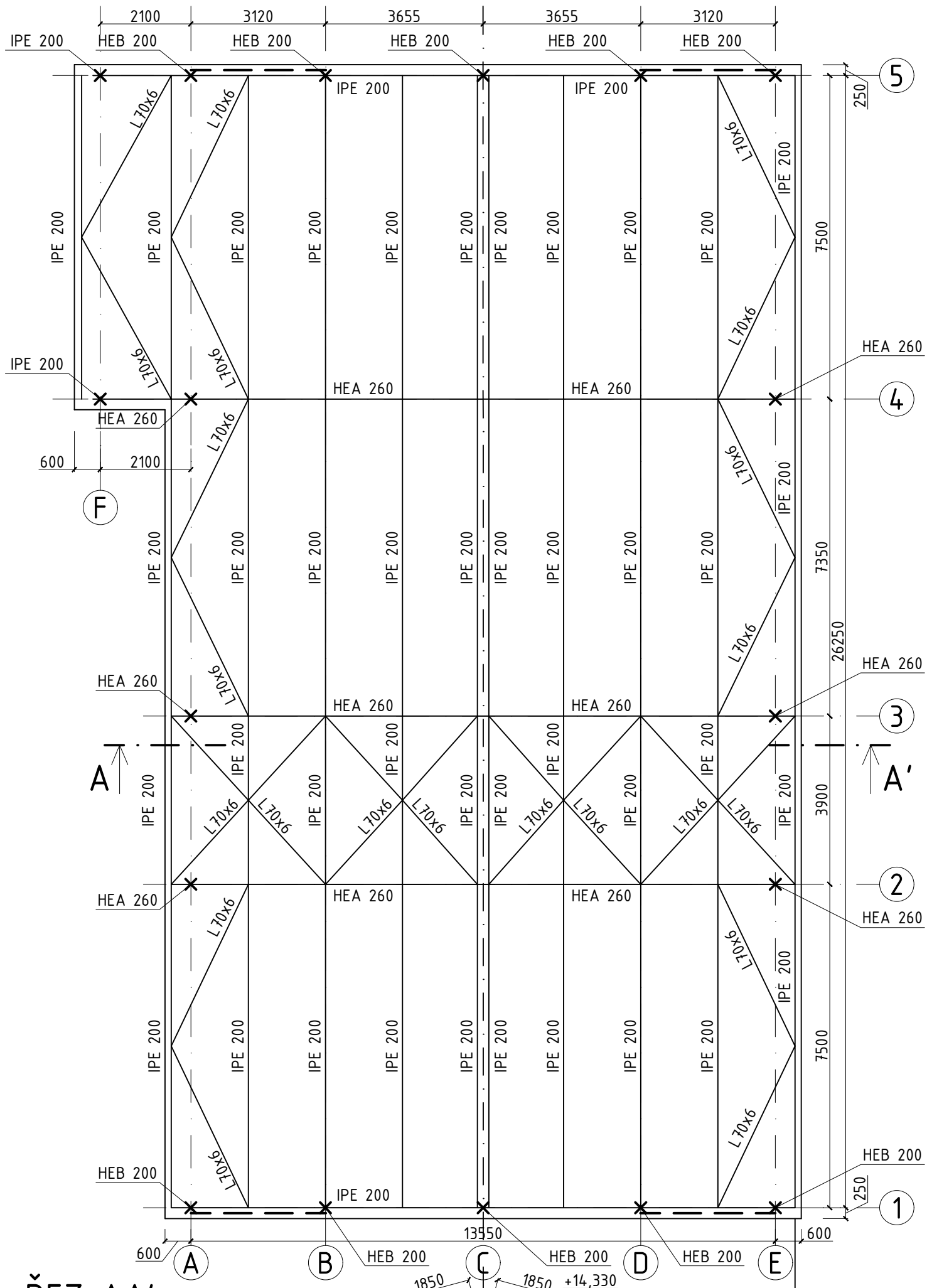
A = 1963 mm2 fy = 500 N/mm2 I = 1,04E7 mm4
EY = 1,743E5 N/mm2 Npl = 981,7 kN
E*I = 1,812E12 N*mm2 psi*E*I = 1,812E12 N*mm2

Concrete

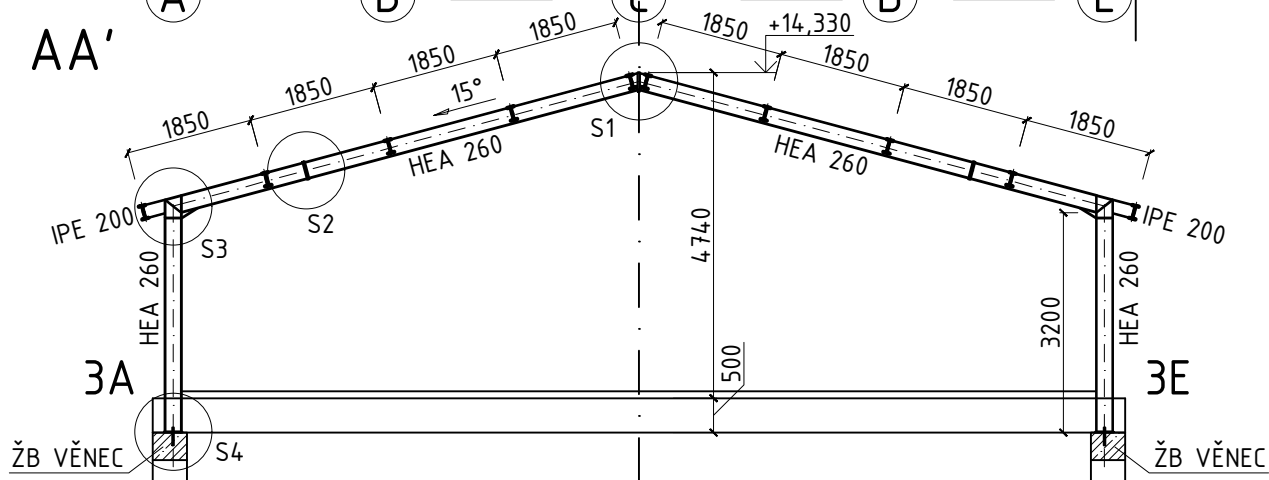
A = 5,109E4 mm2 fy = 18,95 N/mm2 I = 1,978E8 mm4
EY = 4361 N/mm2 Npl = 968,4 kN
E*I = 8,626E11 N*mm2 psi*E*I = 6,9E11 N*mm2

Příloha 8: Skica štítové stěny




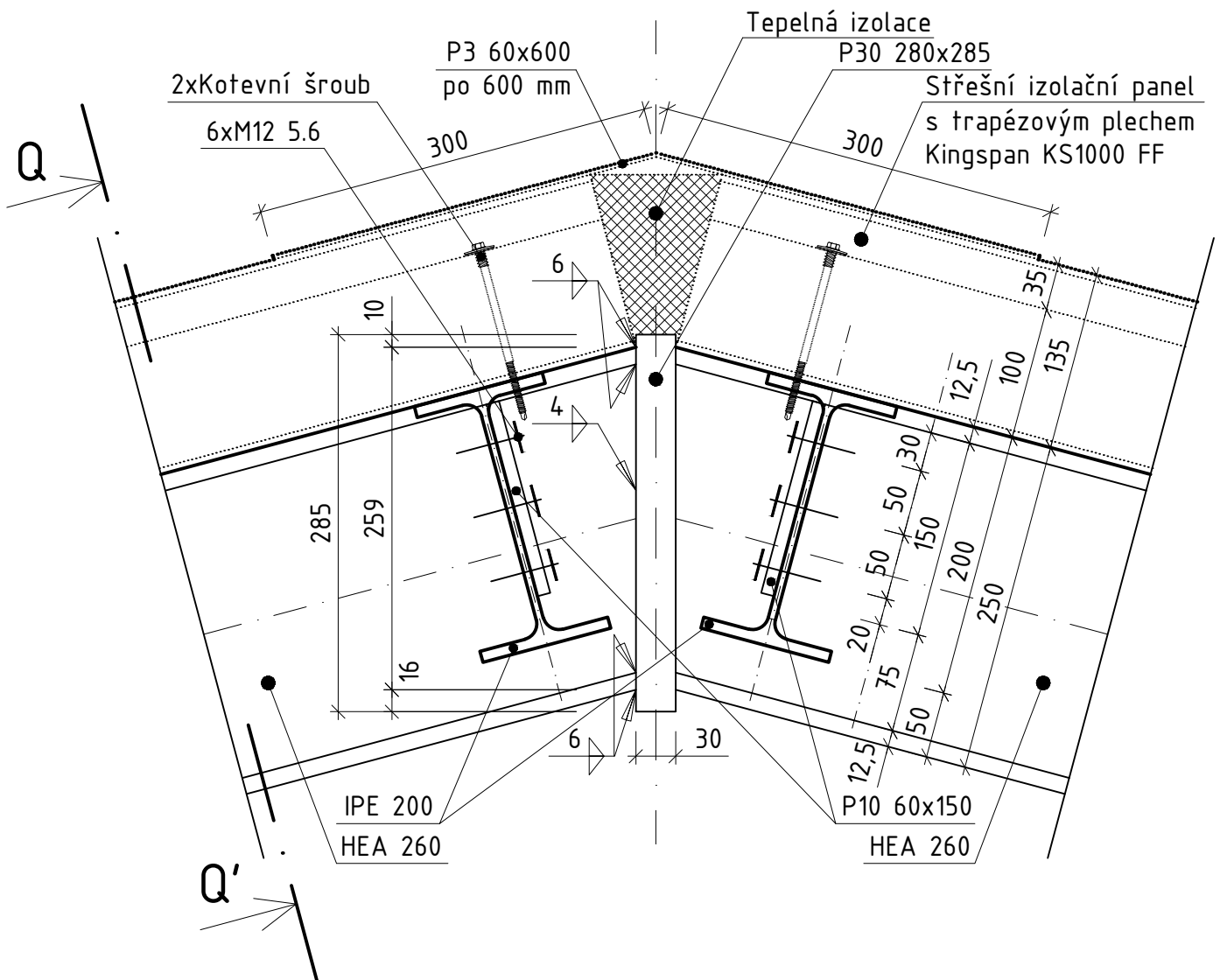


ŘEZ AA'




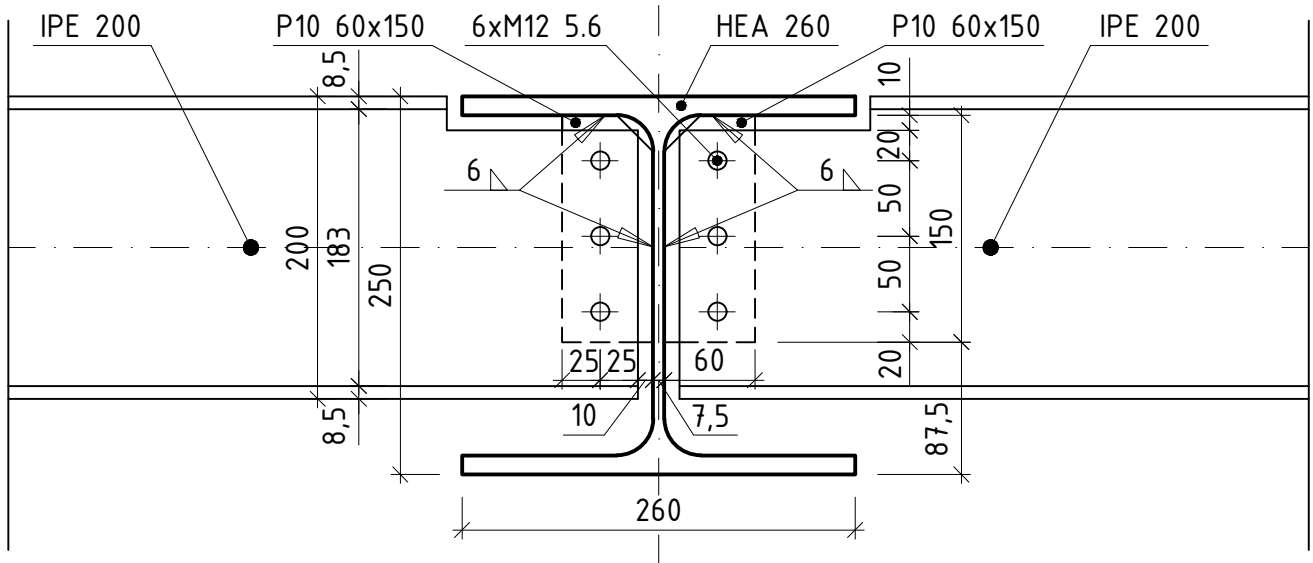
MATERIÁLY:
 OCEL: S235
 BETON C25/30

Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		 ČVUT v Praze Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala: Sylvie Raszková	Konzultoval: prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy: Stavebně konstrukční řešení		Rok: 2017
Název výkresu: VÝKRES DISPOZICE ZASTŘEŠENÍ		Měřítko: 1:110
		Formát: A3
		Číslo výkresu: 01




MATERIÁLY:
OCEL: S235

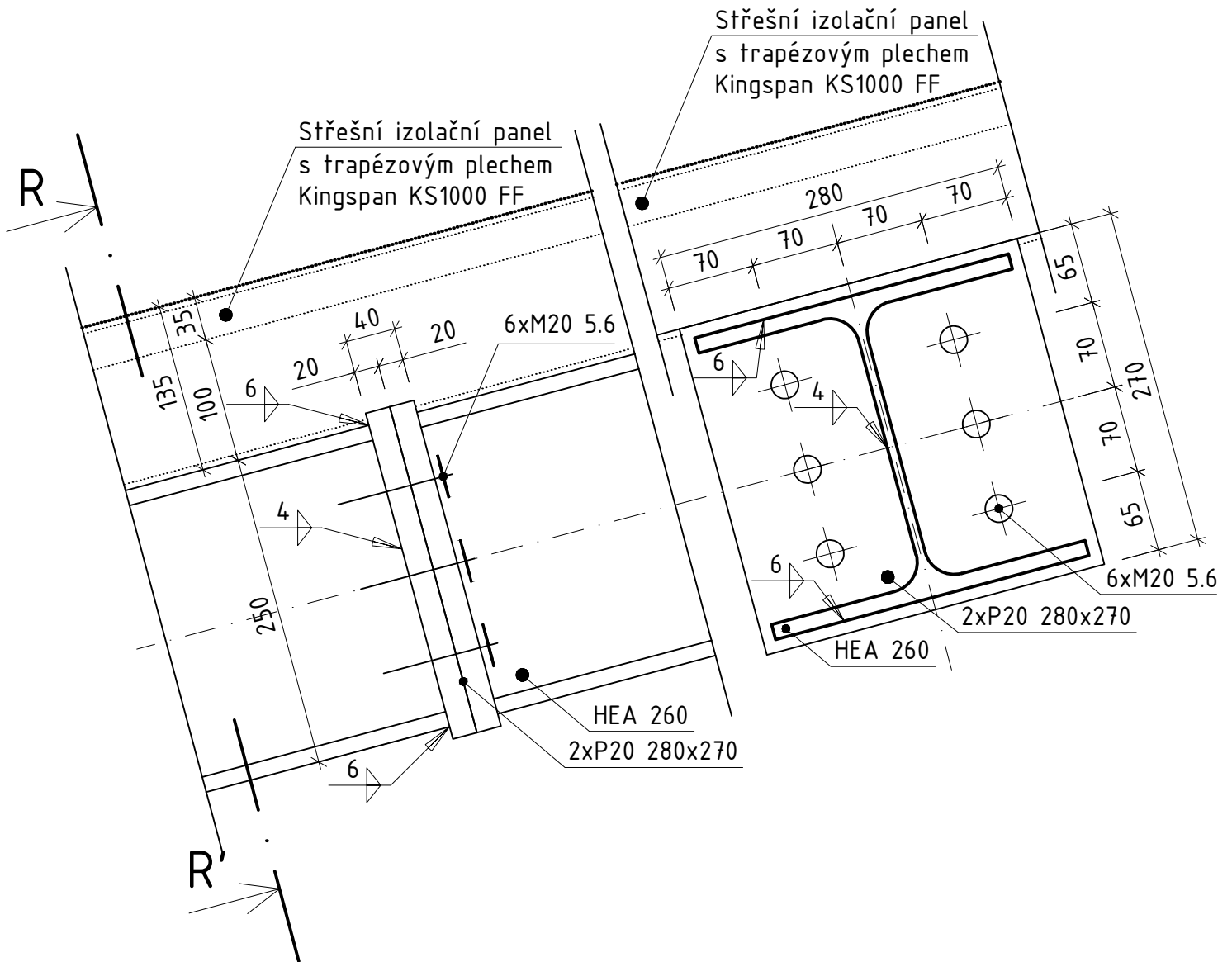
Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala: Sylvie Raszková	Konzultoval: prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy: Stavebně konstrukční řešení		Rok: 2017 Měřítko: 1:5 Formát: A4 Číslo výkresu: 02
Název výkresu: SCHÉMA S1 - VRCHOL RÁMU		




MATERIÁLY:
OCEL: S235

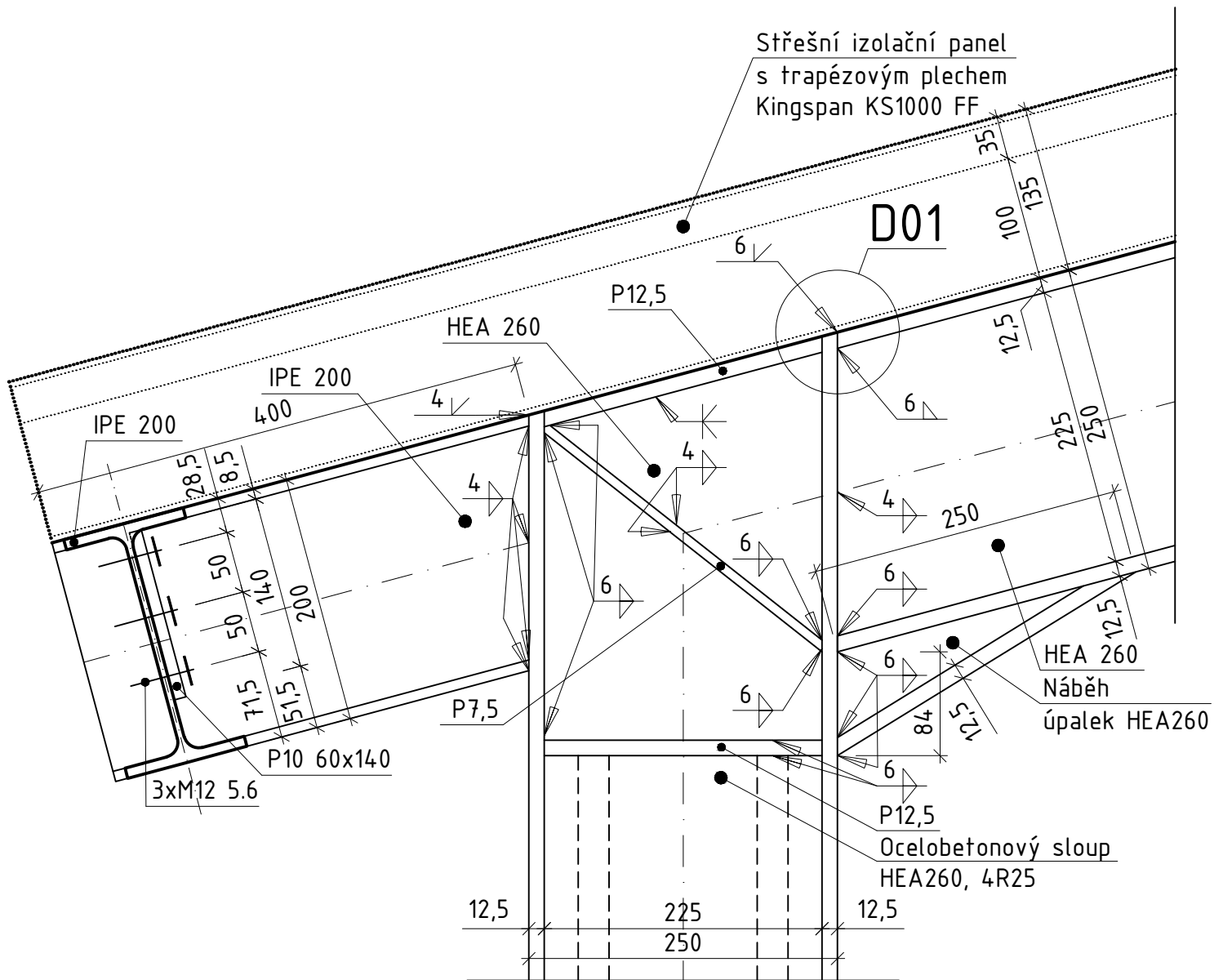
Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební	
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí			
Vypracoval: Sylvie Raszková	Konzultoval: prof. Ing. František Wald, CSc.		
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: Stavebně konstrukční řešení		Rok: 2017	
		Měřítko: 1:5	
Název výkresu: ŘEZ PŘÍČLÍ - ŘEZ QQ'		Formát: A4	
		Číslo výkresu: 03	

ŘEZ RR'

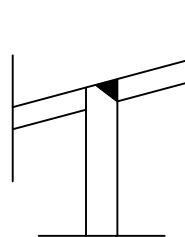


MATERIÁLY:
OCEL: S235


Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala: Sylvie Raszková	Konzultoval: prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy: Stavebně konstrukční řešení		Rok: 2017 Měřítko: 1:5 Formát: A4 Číslo výkresu: 04
Název výkresu: SCHEMA S2 - MONTÁŽNÍ STYK PŘÍČLE		

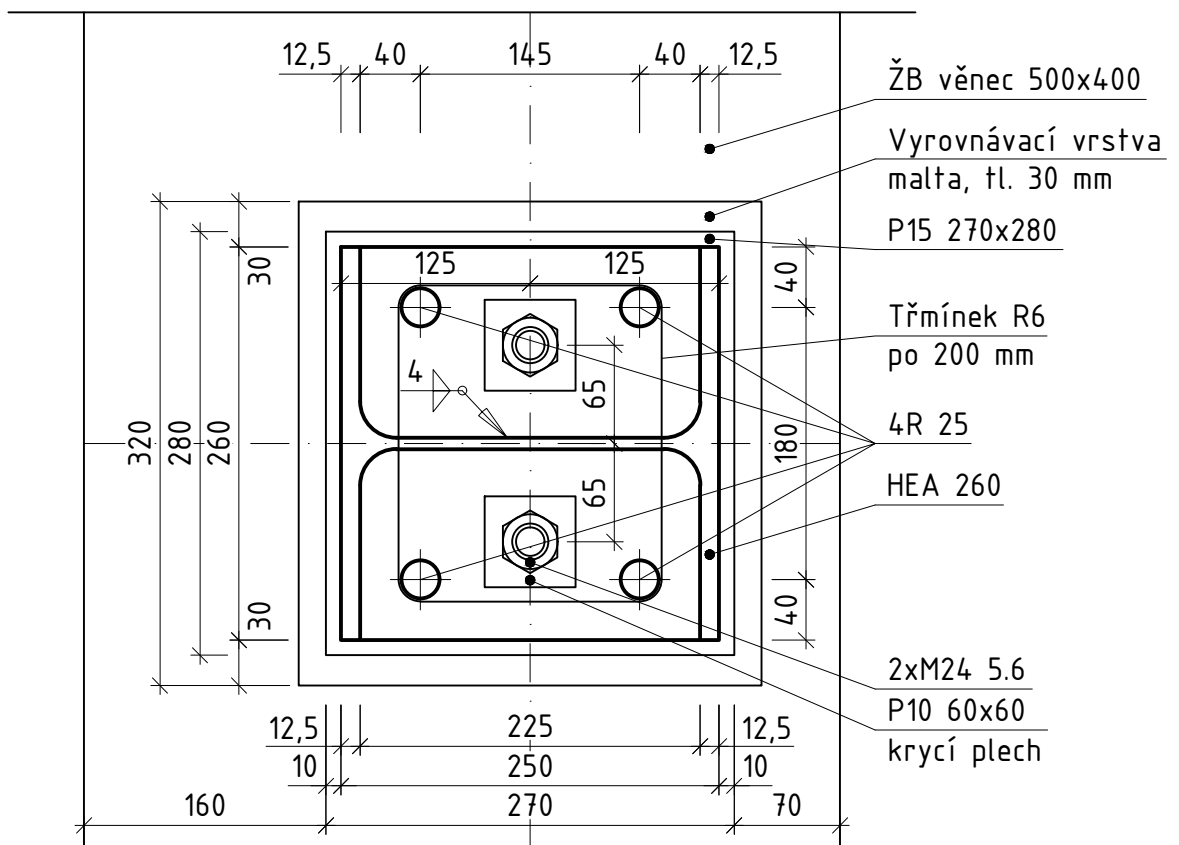
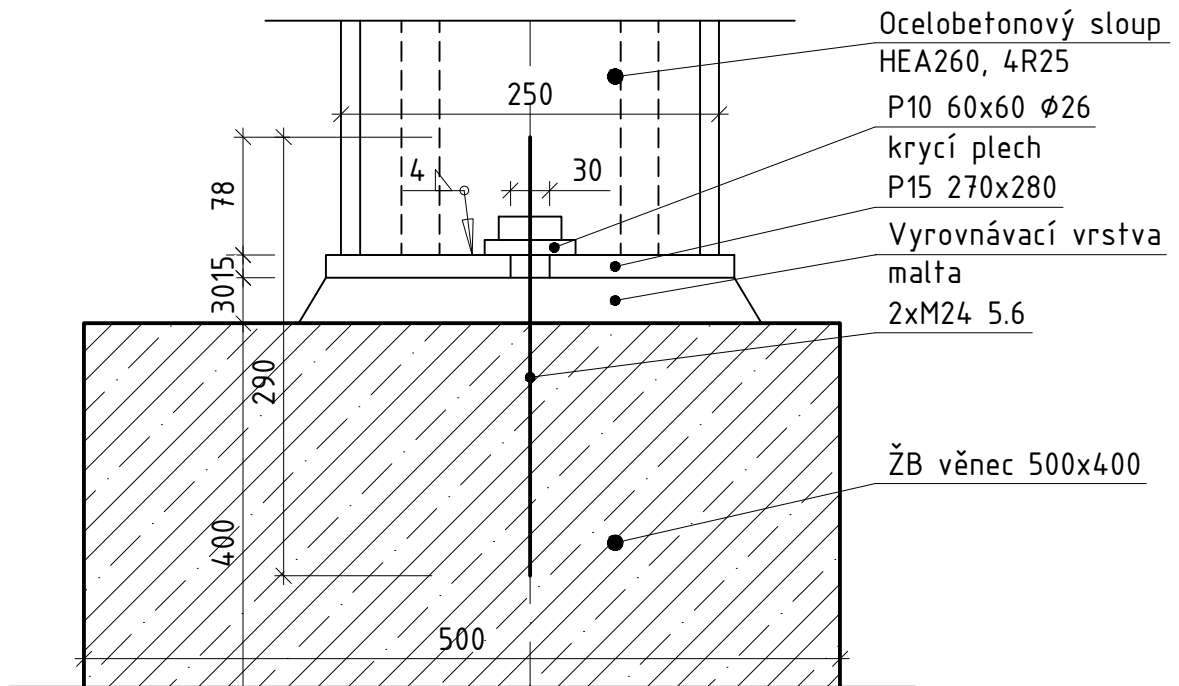


DETAIL 01




MATERIÁLY:
OCEL: S235

Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Vypracovala:	Konzultoval:	
Sylvie Raszková	prof. Ing. František Wald, CSc.	
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Název úlohy:	Stavebně konstrukční řešení	Rok: 2017
Název výkresu:	SCHÉMA S3 - RÁMOVÝ ROH	Měřítko: 1:5
		Formát: A4
		Číslo výkresu: 05



MATERIÁLY:
OCEL: S235
BETON C25/30

Obor: Q - Požární bezpečnost staveb		ČVUT v Praze  Fakulta stavební	
K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí			
Vypracovala: Sylvie Raszková	Konzultoval: prof. Ing. František Wald, CSc.		
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: Stavebně konstrukční řešení		Rok:	2017
		Měřítko:	1:5
		Formát:	A4
Název výkresu: SCHÉMA S4 - KLOUBOVÉ ULOŽENÍ SLOUPU		Číslo výkresu:	06