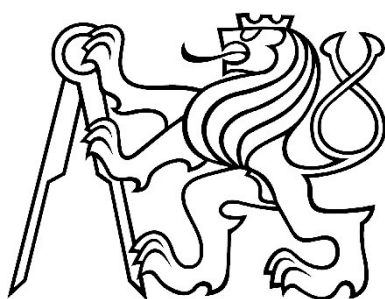


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukce dřevěné haly v Sušici

Bc. Anežka Suchá

2020

Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou prací vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, literatury a software uvedených v seznamech použité literatury a použitých softwarů. Práce byla zpracována v souladu s Metodickým pokynem č. 1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze

.....

Bc. Anežka Suchá

Poděkování

Autor chce tímto poděkovat především Ing. Karlu Mikešovi, Ph.D. za vedení této práce, za čas věnovaný odborným konzultacím a za cenné rady.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: SUCHÁ Jméno: ANEŽKA Osobní číslo: 438485
 Zadávající katedra: K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: KONSTRUKCE DŘEVĚNÉ HALY V SUŠICI
 Název diplomové práce anglicky: TIMBER HALL STRUCTURE IN SUŠICE
 Pokyny pro vypracování: Předběžný návrh pro stanovení zatížení, stanovení zat. kombinací, 2D ev. 3D model, analýza rām. rohu a určení tvarosti, stanovení vr. síle s ohledem na předb. stan. tvarosti, návrh a posouzení hl. nosných prvků, tech. roz. výkres. dokum.
 Seznam doporučené literatury: KUKLÍK P.: Navrhování dř. konstrukcí, Mistracha k EN EN 1995-1-1
BLAIS M. J.; EHLBECK & spol. Navrh., výk. a posuz. dřev. kon.
 Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Míček Ph.D.
 Datum zadání diplomové práce: 5.9.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020
 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[Signature] Podpis vedoucího práce [Signature] Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

5.9.2019

Datum převzetí zadání

[Signature]
Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Anežka Suchá

Název diplomové práce: Konstrukce dřevěné haly v Sušici

Základní část: Dřevěné konstrukce podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Předběžný návrh pro stanovení zatížení, stanovení zatěžovacích kombinací, 2D ev. 3D model, analýza rámového rohu s uvážením tuhosti, stanovení vnitřních sil s ohledem na předběžně stanovené tuhosti, návrh a posouzení hlavních nosných prvků.

Technická zpráva, výkresová dokumentace.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 5.9.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem a statickým posouzením dřevěné nosné konstrukce sportovní haly v Sušici. Jedná se o jednodílnou stavbu s plochou střechou a rozponem 34 m. Práce se zabývá především návrhem hlavních vazeb, detailně posuzuje kruhový kolíkový spoj rámového rohu a zkoumá vliv jeho tuhosti na přerozdělení ohybových momentů a určení vzpěrných délek. Dále řeší problém velkého průhybu u prostě uložených mezilehlých příčlích.

Klíčová slova

dřevěná sportovní hala, kolíkový spoj, tuhost rámového rohu

Anotation

The thesis deals with the design of the wooden load-bearing structure of the sports hall in Sušice. It is a single-nave building with a flat roof and a span of 34 m. The thesis deals mainly with the design of the main elements, examines in detail the circular pin joint of the frame corner and examines the influence of its stiffness on redistribution of bending moments and determination of buckling lengths. Furthermore, it solves the problem of large deflection in simply laid beams.

Key words

wooden sports hall, pin joint, frame corner stiffness

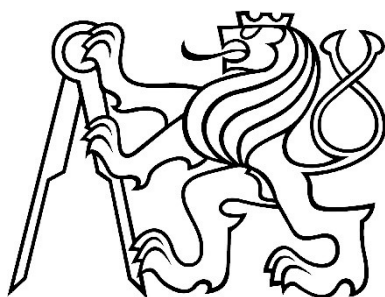
Obsah

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
3. Výkresová dokumentace

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukce dřevěné haly v Sušici

Technická zpráva

Anežka Suchá

2020

Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

Obsah

Obsah	2
Úvod.....	3
Základní informace o halovém objektu	3
Zatížení.....	4
Stálé zatížení [1].....	4
Užitné zatížení [1]	5
Zatížení sněhem [2].....	5
Zatížení větrem [3].....	6
Konstrukční řešení	8
Hlavní nosné prvky.....	8
Sekundární nosné prvky.....	8
Ztužení.....	9
Výsledné dimenze a materiály prvků.....	9
Kompletační konstrukce	10
Střešní plášť [15]	10
Obvodový plášť	10
Stručný postup montáže.....	12
Zdroje	13
Příloha 1 - Systémová táhla DETAN - S	
Příloha 2 - Návrh obvodového pláště	
Příloha 3 - Střešní systém FOAMGLASS	

Úvod

Předmětem diplomové práce bylo navrhnout a posoudit nosnou konstrukci dřevěné sportovní haly s plochou střechou a osovým rozpětím 34 m. Ke stanovení vnitřních sil byl vytvořen 3D model konstrukce v softwaru Scia Engineer. Podkladem byl projekt sportovní haly v Sušici [12]. Sportovní hala nebyla v rámci diplomové práce posuzována na účinky požáru a nevěnuje se detailnímu návrhu základových patek.



Obr. č. 1: Vizualizace sportovní haly v Sušici, zdroj [12]

Základní informace o halovém objektu

Navrhovaná multifunkční sportovní hala s dřevěnou nosnou konstrukcí se nachází v Sušici v lokalitě Na Hrázi (Plzeňský kraj). Jedná se o jednolodní halu obdélníkového půdorysu (36,51 x 47,59 m – včetně pláště), výšky 16m (k hraně atiky), s plochou střechou. Hlavní konstrukční prvky tvoří čtyři zdvojené rámy s výškou stojek 13,85 m, teoretickým rozpětím 34 m a vzájemnou vzdáleností 15 m (všechny dimenze jsou brány osově).

Zatížení

Stálé zatížení [1]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, *Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Ve výpočetním software Scia Engineer byla uvažována tato stálá zatížení:

Vlastní tíha prvků z lepeného lamelového dřeva¹ GL 32h – $\rho_{\text{mean}} = 490 \text{ kg/m}^3$

Vlastní tíha vaznic z lepeného lamelového dřeva GL 24h – $\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$

Vlastní tíha paždíků z rostlého dřeva² C 24 – $\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$

Zatížení od skladby střechy:

$$g_{k,\text{skladba } 1} = 1,91 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,\text{skladba } 1} = 1,91 \times 1,35 = 2,6 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od technologií na střeše

$$g_{k,\text{tech}} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,\text{tech}} = 0,5 \times 1,35 = 0,675 \text{ kN/m}^2$$

Stálé zatížení na střeše celkem

$$g_{k,\text{střecha}} = 2,41 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,\text{střecha}} = 2,41 \times 1,35 = 3,25 \text{ kN/m}^2$$

Liniové stálé zatížení od atiky na m'

$$g_{k,\text{atika}} = 0,8 \text{ kN/m}$$

$$g_{d,\text{atika}} = 0,8 \times 1,35 = 1,08 \text{ kN/m}$$

¹ Dále jen LLD

² Dále jen RD

Zatížení od obvodového pláště

$$g_{k,skladba\ 2} = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,skladba\ 2} = 0,93 \times 1,35 = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení [1]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, *Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Navrhovaná střecha spadá dle normy do kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Konstrukce byla zatížena užitným zatížením na ploše zhruba 10 m².

Užitné zatížení střechy:

$$q_{k,užitné} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,užitné} = 0,75 \times 1,5 = 0,125 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem [2]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-3, *Zatížení sněhem*. Dle Mapy sněhových oblastí na území ČR spadá objekt do oblasti II. s charakteristickou hodnotou zatížení $s_k = 1,0 \text{ kPa}$.

- Návrhové zatížení sněhem na střeše

$$s_d = 0,8 \times 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

- Zatížení od návěje u atiky – ve vzdálenosti 1m od hrany

$$s_{k,návěj} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{d,návěj} = 1,0 \times 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem [3]

Zatížení byla stanovena na základě normy *ČSN EN 1991-1-4, Zatížení větrem*. Dle mapy větrných oblastí na území ČR je konstrukce zařazena do II. oblasti s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25$ m/s. Uvažovaná kategorie terénu III – oblast rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami.

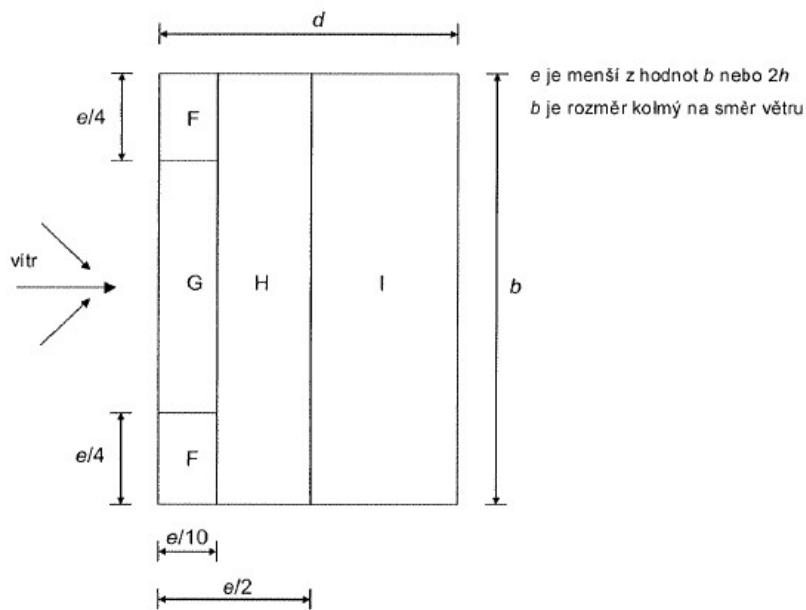
Zatížení větrem na plochou střechu

$$w_{e,F} = -1,23 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,G} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H} = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I} = \pm 0,16 \text{ kN/m}^2$$



Obr. č. 2: Oblasti pro určení součinitele c_{pe} dle normy *ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]*

Pro podélný směr větru:

$$b = 36,5 \text{ m} \quad d = 47,6 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Pro příčný směr větru:

$$b = 47,6 \text{ m} \quad d = 36,5 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Zatížení větrem na stěny

Pro podélný směr větru:

$$w_{e,A} = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = -0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = -0,26 \text{ kN/m}^2$$

Pro příčný směr větru:

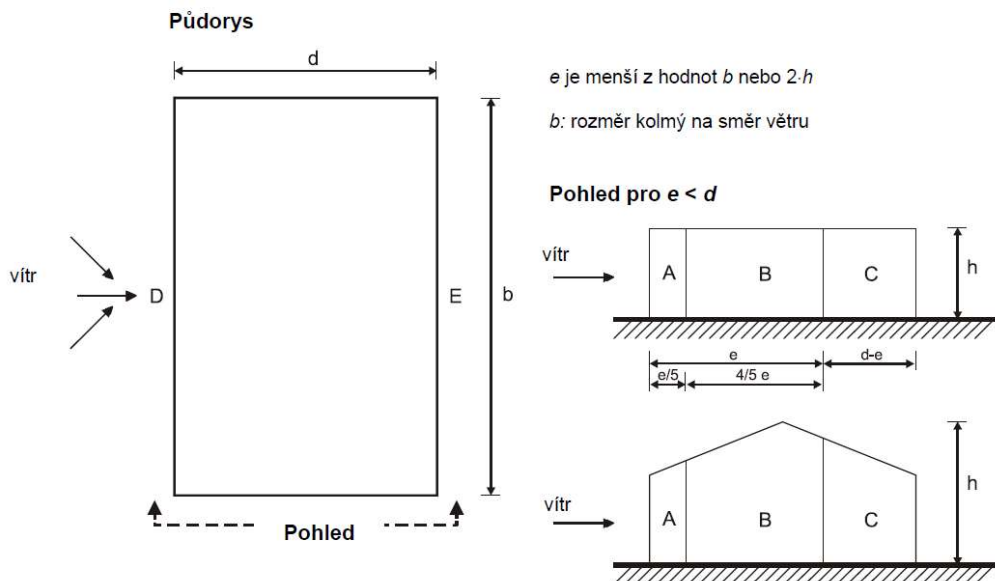
$$w_{e,A} = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = -0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = -0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = -0,28 \text{ kN/m}^2$$



Obr. č. 3: Oblasti pro určení součinitele c_{pe} dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]

Pro podélný směr větru:

$$b = 36,5 \text{ m} \quad d = 47,6 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Pro příčný směr větru:

$$b = 47,6 \text{ m} \quad d = 36,5 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Konstrukční řešení

Hlavní nosné prvky

Hlavní nosné prvky halového objektu, s teoretickým rozpětím 34 m, tvoří čtyři zdvojené rámové vazby s polotuhými rámovými rohy, které přenášejí svislé a vodorovné zatížení. Dvě vazby jsou v rámci štítu, dvě vazby jsou střední. Zatěžovací šířka pro střední vazby je u svislého zatížení 5 metrů, u vodorovného 15 metrů. Rámy jsou kloubově uloženy na betonové patky, hlavní rámové vazby jsou od sebe osově vzdálené 15 metrů. Jednotlivé dvojice rámových vazeb jsou v úrovni horního pásu spojeny vaznicemi, a navíc, v úrovni spodního pásu, pomocí ocelových jacklů 200/200/8, délky 800 mm. Příčle i stojky rámu jsou tvořeny plnostěnnými prvky z lepeného lamelového dřeva. Dimenze prvků – viz tabulka níže.

Příčle a stojka rámu jsou spojeny dvěma kruhy ocelových kolíků pevnostní třídy 5.6, $\varnothing 24$ mm, vnější kružnici o poloměru 875 mm tvoří 38 kolíků, vnitřní kružnici o průměru 755 mm tvoří 32 kolíků. Návrhová rotační tuhost spoje byla výpočtem stanovena na 717,323 MNm/rad. Tuhost spoje byla zavedena do výpočtového modelu v programu Scia Engineer, což ovlivnilo rozdělení vnitřních sil – viz Statický výpočet, kap. 8.

Mezi hlavními rámovými vazbami jsou vždy dvě mezilehlé vazby tvořené plnostěnnou příčlí z lepeného lamelového dřeva, kloubově připojené k průvlaku. Průvlak spojuje sousední hlavní rámové vazby a je podporovaný stojkami ve svých třetinách. Stojky jsou kloubově uloženy na betonových patkách. Mezilehlá vazba přebírá pouze svislé zatížení na 5 metrů zatěžovací šířky. Výška vedlejší příčle se shoduje s výškou hlavní příčle. Dimenze prvků – viz tabulka níže.

Sekundární nosné prvky

Vaznice s rozpětím 5 m jsou kloubově uloženy mezi vazbami v osově vzdálenosti 4,85 m. Tvoří podporu pro trapézový plech, stabilizují konstrukci v úrovni horního

tlačeného pasu příčlí a propojují jednotlivé hlavní nosné vazby. Dimenze – viz tabulka níže.

Štítové sloupky s celkovou délkou 15,825 m kopírují osovou vzdálenost vaznic a přesahují o 925 mm horní hranu příčle – tvoří tak nosnou konstrukci pro atiku. Jsou pomocí vrutů přichyceny ke krajní rámové příčli. Jejich vzpěrná délka ve směru měkké osy je zmenšena paždíky.

Paždíky propojují jednotlivé vazby ve třetinách stojek. Společně se ztužidly tak stabilizují stojky vůči vybočení ve směru měkké osy z (zmenšují vzpěrnou délku). Navržené paždíky nenesou obvodový plášť, ten je připevněn na samostatném roštu fasádních paždíků.

Ztužení

Prostorová stabilita objektu sportovní haly je, díky obdobnému namáhání, zajištěna ve střešní i stěnové rovině jednotně táhly HALFEN DETAN- S, průměr tyče 16mm. Tyčová táhla přenáší pouze tahové síly. Návrhová únosnost těchto táhel v tahu: 81,22 kN [13]. Detaily přípojů jsou řešeny v souladu s doporučením výrobce za použití systémových prvků – viz Příloha 1 níže.

Výsledné dimenze a materiály prvků

Prvek	Rozměry	Materiál
Příčle hlavní vazby	200 x 2100 mm	LLD GL 32h
Stojka hlavní vazby	2x 120 x 1900 mm	LLD GL 32h
Příčle vedlejší vazby	260 x 2100 mm	LLD GL 32h
Stojka vedlejší vazby	260 x 1200 mm	LLD GL 32h
Vaznice	min. 200 x 450 mm	LLD GL 24h
Paždíky	200 x 150 mm	RD 24
Štítové sloupky	220 x 480 mm	LLD GL 32h
Ztužidla střešní a stěnová	DETAN – S, Ø16	Ocel S520

Tab. č. 1: Výsledné dimenze prvků, zdroj vlastní

Kompletační konstrukce

Střešní plášť [15]

Skladba střešního pláště od exteriéru po interiér je popsána v následující tabulce. Horní těžká vrstva kameniva slouží jako stabilizace tepelné izolace, ochrana hydroizolačních pásů a eliminuje účinek sání větru na nosnou konstrukci haly. V neposlední řadě světlé kamenivo na povrchu střechy odrazí více slunečního záření než například černá asfaltová hydroizolace. To může ušetřit náklady na chladicí zařízení a případně snížit vliv na vznik městských „tepelných ostrovů“ [14]. Tepelná izolace je tvořena moderním materiálem – pěnovým sklem ($\lambda \leq 0,041$ W/mK, pevnost v tlaku ≥ 600 kPa), který zároveň funguje jako parozábrana. Desky z pěnového skla jsou lepeny na trapézový plech za studena. Pomocí klínů z desek tepelné izolace je vytvořen spád pro odtok vody (viz Příloha 2). Trapézový plech 150/280, tl. 1,8 mm je pnut mezi vaznicemi ve vzdálenosti 4,85 m. Sádrokartonový podhled je zavěšen pod vaznicemi, spodní hrana příčlí je odkrytá.

Vrstva	Tloušťka
Stabilizační vrstva, kamenivo frakce 16-32	65 mm
Separáčn/ochranná vrstva	1,8 mm
Asfaltové pásy - dvouvrstvé	8 mm
Spádové desky z pěnového skla	200 - 540 mm
Trapézový plech	1,13 mm
Sádrokartonový podhled	12,5 mm

Tab. č. 2: Skladba střechy, zdroj vlastní

Obvodový plášť

Skladba obvodového pláště od exteriéru po interiér je popsána v následující tabulce. Vnější pohledové fasádní modřínové palubky plní estetickou funkci, jsou přichyceny k dřevěnému roštu tl. 80 mm, mezi roštem je větraná vzduchová mezera. Rošt je vynášen pomocí paždíků o rozměrech 200 x 150 ve vzájemné vzdálenosti 1250 mm. Mezi paždíky je vložena minerální tepelná izolace o tl. 200 mm. Pomocné paždíky

jsou přichyceny přímo k vnější hraně stojek nosné konstrukce haly. Z vnitřní strany jsou paždíky zakryté pomocí OSB desky typu 3, tl. 25 mm. Na OSB deskách je natažena parozábrana. Nakonec je skladba zakončena dřevěným roštem pro mechanicky odolné cementotřískové desky. Mezi roštem je opět 50 mm tepelné minerální izolace. Navržená skladba byla posouzena v softwaru TEPLO její součinitel prostupu tepla $U = 0,213 \text{ W/m}^2\text{K}$, což vyhovuje požadavku $U_{N,20} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov (viz Příloha 3).

Vrstva	Tloušťka
Fasádní modřínové palubky	25 mm
Dřevěný rošt/ větraná mezera	80x80 mm
Minerální izolace + nosné paždíky	200 mm
OSB desky typ 3	25 mm
Parozábrana	
Minerální izolace	50 mm
Dřevěný rošt	50x50 mm
Cementotřískové desky	16 mm

Tab. č. 3: Skladba obvodového pláště, zdroj vlastní

Stručný postup montáže

- 1) Betonáž základových patek.
- 2) Montáž jednotlivých příčných rámových vazeb v poloze naležato na montážní plošině.
- 3) Pomocí dvou mobilních jeřábů budou osazeny vždy obě sousední dvojice hlavních vazeb a vzájemně se zajistí a propojí navrženými ocelovými spojkami. První dvojice rámových vazeb se zajistí montážním šikmým podepřením v podélném směru halové stavby.
- 4) Následně bude provedena montáž sousedních rámových vazeb, které se vzájemně spojí a též i zajistí průvlaky v úrovni obvodových stěn a tyto průvlaky budou následně ještě podepřeny mezilehlými stojkami.
- 5) Dále je doporučeno provést osazení stěnových svislých ztužidel mezi příslušnými vazbami a paždíků ve třetinách stojek. Poté je možné přistoupit k osazení mezilehlých příčlů.
- 6) U krajních vazeb budou doplněny štítové sloupky.
- 7) Následně může následovat montáž vaznic, střešních ztužidel a nosné vrstvy záklopu střešní konstrukce.
- 8) Provedení paždíků po celém obvodu haly a připevnění nosných deskových prvků obvodového pláště.
- 9) Instalace kompletačních konstrukcí.

Zdroje

Použité normy

1. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004
2. ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005
3. ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007
4. ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004
5. ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut, 2007
6. ČSN 73 1702 - Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut, 2007
7. ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006

Použitá literatura

8. KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
9. KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Zlín: KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4
10. KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.

11. BLAß, Hans Joachim. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby : komentář k ČSN 73 1702:2007 : modifikovaný překlad vysvětlivek k německé normě DIN 1052:2004. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 9788087093733.

Použité internetové zdroje

12. Na Hrázi v Sušici vyroste nová hala, Klatovský deník, 22. 7. 2017[cit. 2019-10-10], dostupné z: https://klatovsky.denik.cz/zpravy_region/podivejte-se-na-hrazi-v-susici-vyroste-nova-hala-20170222.html
13. HALFEN Detan Stabsysteme Produktinformation Technik katalog, 2019, [cit. 2019-12-05], dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/1918/katalogy/?category=20>
14. ŠIROKÁ, Hana. Městské tepelné ostrovy, časopis STAVEBNICTVÍ3000, [cit. 2019-12-01], dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/mestske-tepelne-ostrovy>
15. Technický list výrobku Owens Corning FOAMGLASS, [cit. 2019-12-01], dostupné z: <https://www.foamglas.com/cs-cz/aplikace-a-reseni/roofs/flat/metal/solar-roof/gravel/b-fr-m-solar-gravel>

Příloha 1

Systemová táhla DETAN – S

- Vybrané stránky z katalogu HALFEN Detan Stabsysteme Produktinformation
Technik katalog [13]

DETAN STABSYSTEME

Zugstabsystem DETAN-S, Europäische Technische Bewertung ETA-05/0207

Systembauteile – Werkstoffe und Ausführungen								
	Zugstab			Gabelstück		Muffen, Kontermuttern	Kreisscheibe	Spaten
System - Ø d _s [mm]	10 - 12	16 - 76	85 - 95	10 - 12	16 - 95	10 - 95	10 - 95	10 - 95
Werkstoff	S355J2	S520	S470	S355J2	G20 Mn5+QT	S355J2/S235JR	S355J2	S355J2
Ausführung	FV	feuerverzinkt		feuerverzinkt		feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt
	WB	walzblank		feuerverzinkt		feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt

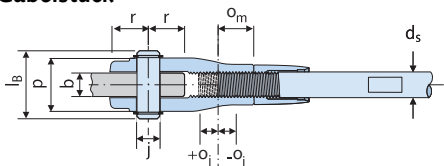
NEU!

Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen; Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 (Ø d _s 10-12) bzw. S460/S470/S520/																	
System - Ø d _s [mm]	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95	
Bemessungswerte Tragfähigkeit																	
Tragfähigkeit F _{t,R,d} [kN]	21,3	30,94	81,22	126,9	182,7	238,1	290,6	423,4	581,1	763,7	911,3	1052,4	1224,5	2016,2	2493,7	3161,6	
Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]																	
walzblank, feuerverz.	250	310	360	440	520	560	600	700	810	940	990	1050	1160	1480	1640	1810	
Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm]																	
walzblank, feuerverz.	6060	6070	12080	12100	12120	12140	12140	12170	12220	12260	12270	12290	12320	15430	15480	15530	
Lieferbare maximale Stablänge [mm]																	
walzblank, feuerverz.	6000			12000						15000							

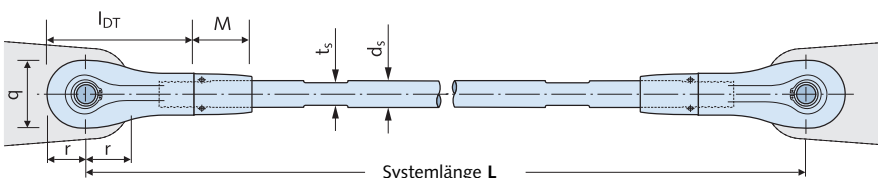
Die Teilsicherheitsbeiwerte für oben stehende Tabelle wurden gemäß ETA-05/0207 mit $\gamma_{M0} = 1,0$ und $\gamma_{M2} = 1,25$ angenommen.

Designlast F_{t,R,d} gemäß Anhang B11 der ETA-05/0207. Die Tragfähigkeiten dieser Tabelle wurden auf der Basis unterschiedlicher lieferbarer Materialfestigkeiten ermittelt. Mit der Festigkeitsklasse S520 können die bis zu 15% höheren Bemessungswerte erreicht werden. Die Bemessungswerte aller Festigkeitsklassen finden Sie in Anhang B11 der ETA-05/0207.

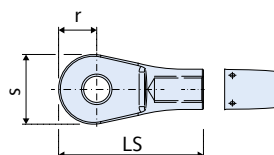
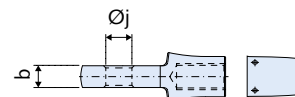
Gabelstück



Größere Systemlängen L aus mehreren Stäben mit Verbindungsmuffen sind möglich!



Spaten



Systemmaße [mm]; Werkstoffe: siehe Tabelle oben																	
System - Ø	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76 ①	85 ①	95 ①
Gabellänge	L _{DT}	60	73	89	110	133	147	160	192	225	265	285	305	335	460	520	580
Bolzenlänge	l _B	28	32	44	52	60	65	72	84	97	111	119	130	139	180	202	229
Gabelbreite	p	20	24	33	40	46	51	57	68	79	90	98	107	116	146	166	189
Gabelhöhe	q	26	31	41	51	61	69	75	90	105	119	125	137	146	196	216	236
Einschraubtiefe	o _m	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5	77,5	85,0	115	130	155
Einschr.-justiermaß	o _j	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	39	45	60
Länge Kontermutter	M	24,5	37,0	41,0	50,0	58,0	63,0	64,0	72,0	83,0	91,0	98,0	105	112	148	165	205
Spatenlänge	LS	60	73	89	110	133	147	160	192	225	265	285	305	335	460	520	580
Spatenbreite	s	28	33	43	56	69	79	87	104	126	144	153	163	174	240	270	300
Zugstabmontage		Schlüsselweite t _s													mit Hakenschlüssel ②		
		8	10	14	18	21	24	27	32	36	41	46	50	55	90/6	90/6	155/6
Montage Kontermutter	Schonbackenzange verwenden	mit Hakenschlüssel															
		25-28	30-32	34-36	40-42	45-50	52-55	68-75	68-75	80-90	80-90	80-90	80-90	155/8	155/8	230/10	

① Lieferzeit auf Anfrage

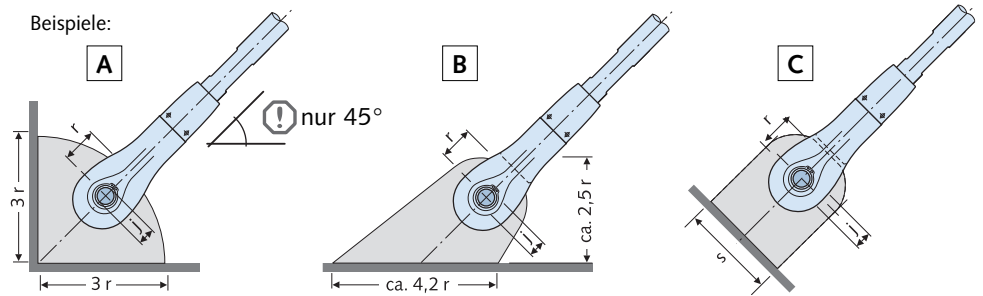
② Bei Benutzung eines Kettenspanners statt Hakenschlüssels, empfehlen wir die Oberfläche mit geeigneten Unterlagen zu schützen (betrifft auch die Muffen). Korrosionsschutz: Stabgewinde feuerverzinkt, Gabelstücke mit Gewindestopfen verschlossen; siehe auch → Dichtungssystem Seite 20

DETAN STABSYSTEME

Zugstabsystem DETAN-S, Europäische Technische Bewertung ETA-05/0207

Anschlussbleche

Bei Einhaltung der in der Tabelle angegebenen Abmessungen ist die Krafteinleitung vom System in das Anschlussblech nachgewiesen. Die Bleche sind **nicht** im Lieferumfang enthalten.



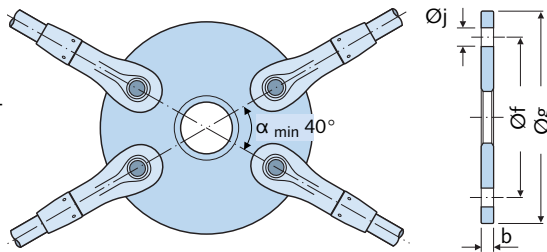
Hinweis: A nur bei gleichzeitiger Verwendung der Kreisscheibe unter 45° montierbar, s. Seite 19.

Maße [mm]; Material — Mindestgüten für Ø 10 - 12: Stahl Festigkeitsklasse S235JR, für Ø 16 - 95: Stahl Festigkeitsklasse S355J2																	
System - Ø	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Dicke Anschlussblech	b	8	10	15	18	20	22	25	30	35	40	45	50	55	65	75	85
Bohrung	Ø j	9,5	11,5	15,5	19,5	23,5	26,5	29,5	33,5	41	47	49	53	57	76	86	96
Lochposition	r	15	18	24	29	35	39	43	51	60	70	76	83	88	129	149	159
Mindestbreite	s	28	33	40	51	64	73	80	94	113	129	142	151	161	216	240	270

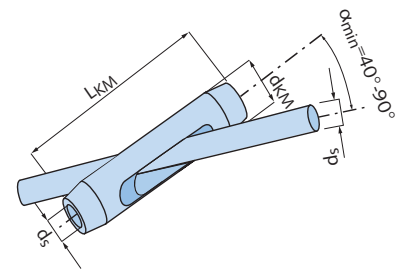
Auskreuzungen

Variante 1:
Kreisscheibe Standard
K40 (kleinster Anschlusswinkel $\alpha_{\min} = 40^\circ$)

Beispiel: Kreisscheibe mit 4 Zugstäben (max. 8 Zugstabsanschlüsse möglich)



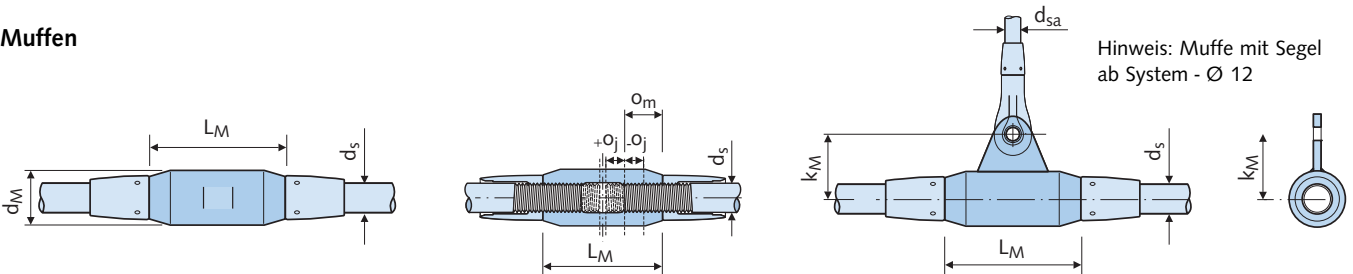
Variante 2:
Kreuzmuffe
(Anschlusswinkel $\alpha = 40^\circ - 90^\circ$)



Kreisscheibe: Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
System - Ø	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Lochkreisdurchmesser	Ø f	90	110	140	180	210	240	260	310	360	420	450	490	520	702	777	832
Kreisscheibe Außen - Ø	g	120	146	186	238	280	318	346	412	480	558	600	652	692	960	1075	1150

Kreuzmuffe: Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
Systemdurchmesser	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Muffenlänge	L _{KM}	100	120	142	166	200	222	242	284	310	348	400	440	478	631	710	830
Muffen - Ø	d _{KM}	20	24	32	39	46	52	57	70	80	93	101	112	120	154	173	194

Muffen

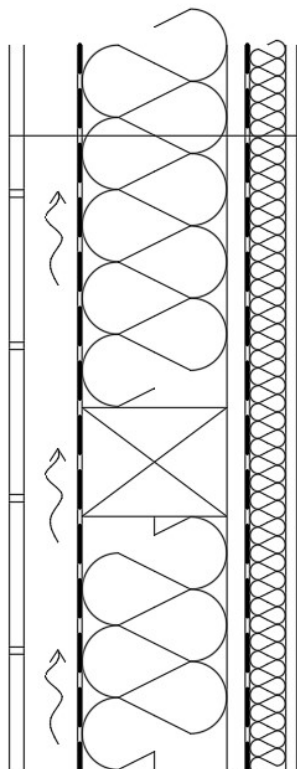


Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
System - Ø	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Muffenlänge	L _M	40	50	62	78	94	104	120	140	158	180	195	210	245	328	370	450
Muffen - Ø	d _M	20	22	28	35	42	47	53	64	75	87	93	98	104	155	180	195
Einschraubtiefe	o _m	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5	77,5	85,0	115	130	155
Einschr.-justiermaß	o _j	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	39	45	60
Abhänger, Syst. - Ø	d _{sa}	-	10	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12	16	16
Abst. Aufhängeboh.	k _m	-	28,0	31,0	44,5	48,0	50,5	57,5	72,0	86,5	98,5	111,5	124,5	137,0	140,0	150,0	157,5
Größe Hakenschlüssel		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155/8	230/10	230/10

Příloha 2

Návrh obvodového pláště

SKLADBA OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ



FASÁDNÍ MODŘÍNOVÉ PALUBKY, TL. 25 mm
VĚTRANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA/DŘEVĚNÝ ROŠT, TL. 80 mm
PAROPROPUSTNÁ FÓLIE (POJISTNÁ HYDROIZOLACE)
TEPELNÁ MINERÁLNÍ IZOLACE, TL. 200mm
/PAŽDÍKY 200 x 150 mm á 1250 mm
OSB DESKA TYP 3, TL. 25 mm
PAROZÁBRANA
DŘEVĚNÝ ROŠT/TEPELNÁ MINERÁLNÍ IZOLACE, TL. 50 mm
CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY, TL. 20 mm

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Obvodový plášť...	stěna	4.526	0.213	0.5791	ano	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
U součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodový plášť**

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 07.12.2019

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.010 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Desky CETRIS	0,0120	0,2400	1580,0	1300,0	78,8	0.0000
2	Rockwool Megar	0,0500	0,0430	840,0	28,0	1,0	0.0000
3	Dörken Delta-D	0,0002	0,1700	1700,0	930,0	500000,0	0.0000
4	Sterling OSB3	0,0200	0,1300	1700,0	630,0	107,0	0.0000
5	Rockwool Megar*	0,2000	0,0590	840,0	28,0	1,0	0.0000
6	Guttafol DO 12	0,0001	0,3500	1450,0	800,0	200,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

*ekvivalentní tepelná vodivost s vlivem tepelných mostů (dřevěné paždíky)

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Desky CETRIS	---
2	Rockwool Megarock	---
3	Dörken Delta-DAWI GP	---
4	Sterling OSB3 desky 1	---
5	Rockwool Megarock+dřevo měkké	$\lambda_{\text{dřevo}} = 0,18 \text{ W/mK}$ $\lambda_{\text{izol}} = 0,043 \text{ W/mK}$ $0,18 \times 0,12 + 0,043 \times 0,88 = 0,059$
6	Guttafol DO 121	---

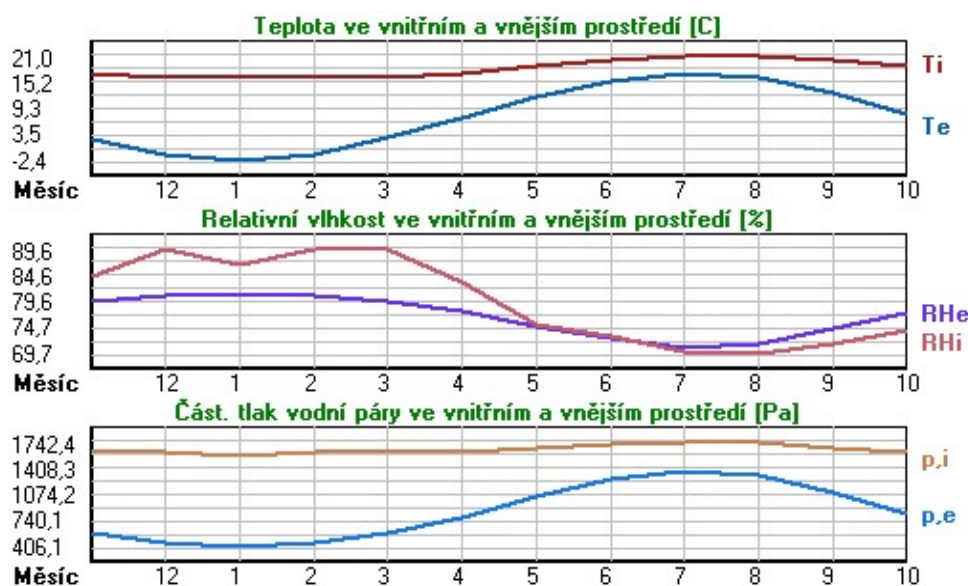
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 16.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	16.0	86.8	1577.4	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	16.0	89.4	1624.6	-1.0	80.8	454.1
3	31	744	16.0	89.6	1628.3	2.7	79.6	590.2
4	30	720	17.0	83.3	1613.2	7.1	77.7	783.4
5	31	744	19.0	75.3	1653.7	12.0	75.0	1051.4
6	30	720	20.0	73.0	1706.0	15.3	72.5	1259.8
7	31	744	21.0	70.1	1742.4	16.9	71.0	1366.3
8	31	744	21.0	69.7	1732.5	16.3	71.6	1326.3
9	30	720	20.0	71.4	1668.6	12.8	74.4	1099.3
10	31	744	19.0	74.1	1627.3	7.8	77.4	818.7
11	30	720	17.0	84.4	1634.5	2.6	79.6	586.0
12	31	744	16.0	89.6	1628.3	-0.9	80.8	457.9

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.526 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.213 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.23 / 0.26 / 0.31 / 0.41 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 5.5E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 78.6

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 5.9 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 14.29 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.948

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}			
1	17.3	1.070	13.8	0.881	15.0	0.948	92.3
2	17.8	1.103	14.3	0.898	15.1	0.948	94.6
3	17.8	1.134	14.3	0.872	15.3	0.948	93.7
4	17.6	1.065	14.1	0.712	16.5	0.948	86.1
5	18.0	0.862	14.5	0.362	18.6	0.948	77.0
6	18.5	0.687	15.0	-----	19.8	0.948	74.1
7	18.9	0.480	15.3	-----	20.8	0.948	71.0
8	18.8	0.527	15.3	-----	20.8	0.948	70.8
9	18.2	0.747	14.7	0.260	19.6	0.948	73.1
10	17.8	0.891	14.3	0.579	18.4	0.948	76.8
11	17.8	1.059	14.4	0.816	16.3	0.948	88.5
12	17.8	1.106	14.3	0.899	15.1	0.948	94.8

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

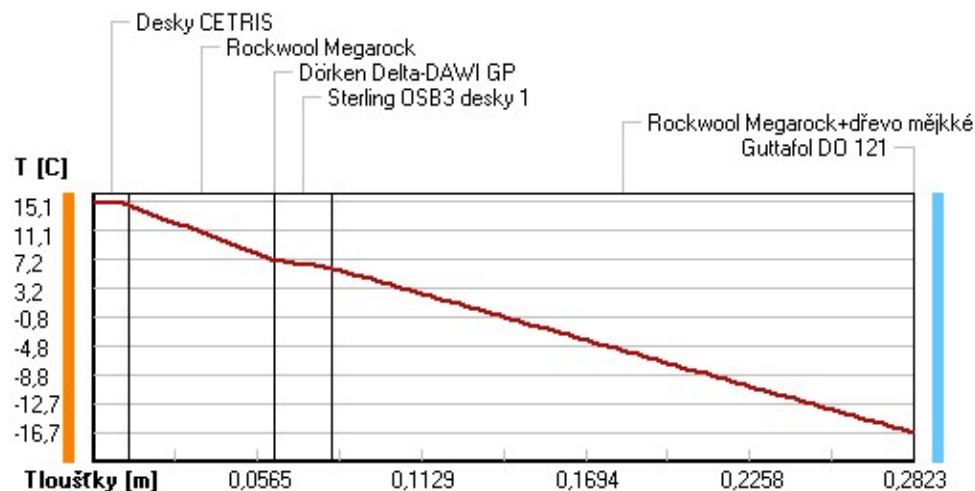
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

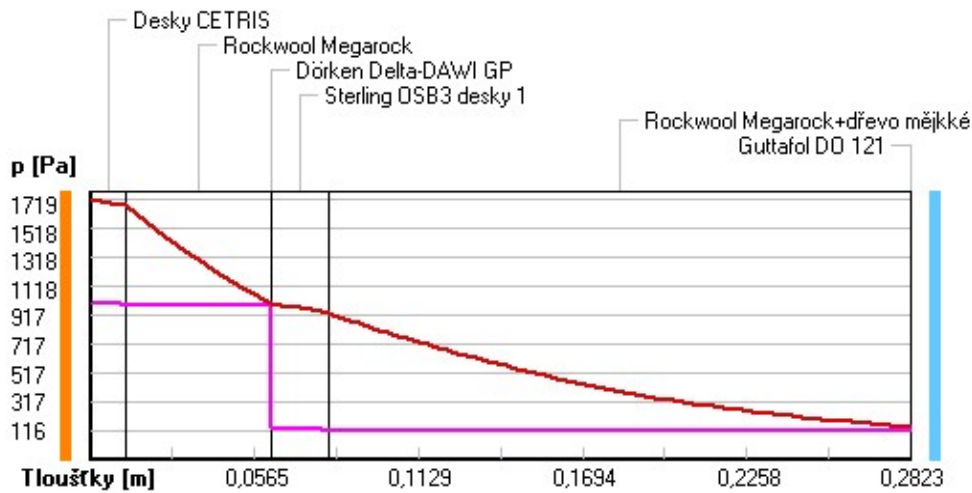
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	15.1	14.8	7.0	7.0	6.0	-16.7	-16.7
p [Pa]:	1000	991	991	136	118	116	116
p,sat [Pa]:	1719	1682	1002	1001	933	140	140

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

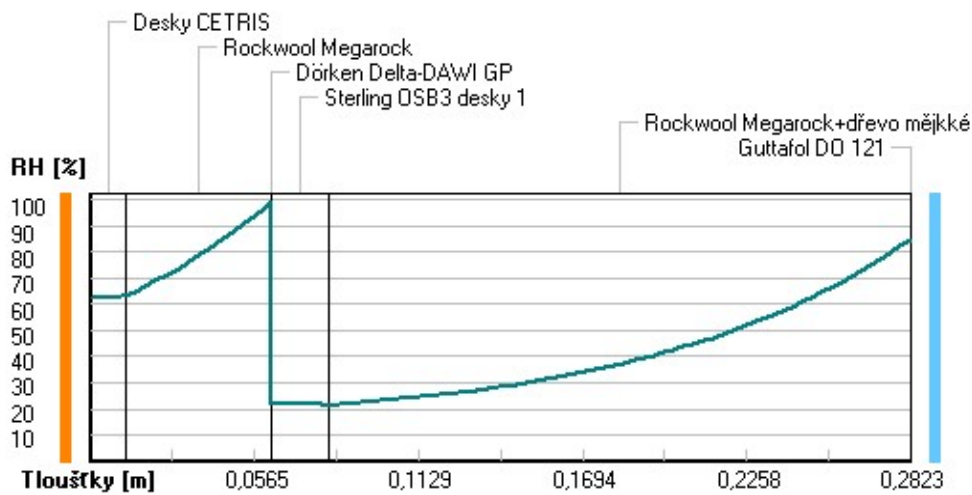
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.709E-0009 kg/(m².s)

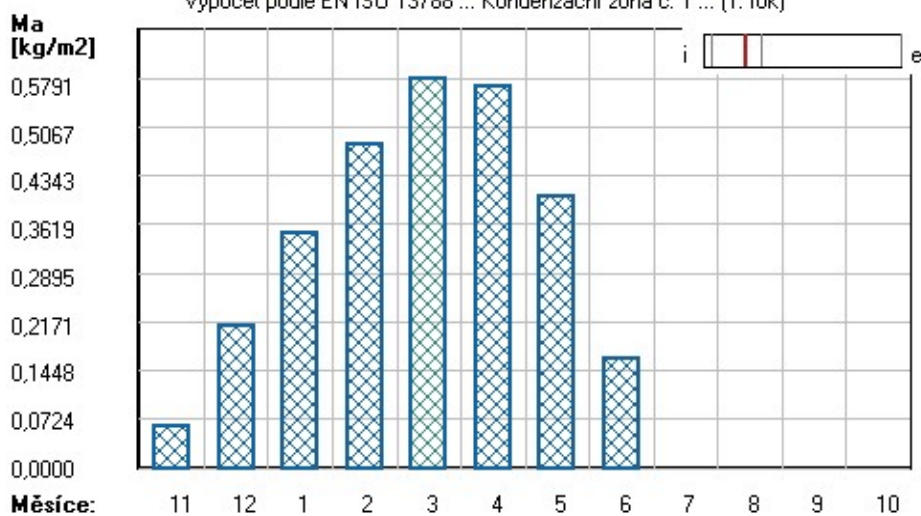
Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Akumulované množství zkondenzované vlhkosti
Výpočet podle EN ISO 13788 ... Kondenzační zóna č. 1 ... (1. rok)



Měsíc	Hranice kond.zóny v m od interiéru		Dif.tok do/ze zóny v kg/m² za měsíc		Kondenz./vypař. v kg/m² za měsíc	Akumul. vlhkost v kg/m² za měsíc
	levá	pravá	g,in	g,out	Mc/Mev	Ma
11	0.0620	0.0620	0.0677	0.0047	0.0631	0.0631
12	0.0620	0.0620	0.1514	0.0047	0.1468	0.2099
1	0.0620	0.0620	0.1388	0.0046	0.1342	0.3486
2	0.0620	0.0620	0.1362	0.0042	0.1320	0.4805
3	0.0620	0.0620	0.1030	0.0044	0.0985	0.5791
4	0.0620	0.0620	-0.0084	0.0043	-0.0127	0.5664
5	0.0620	0.0620	-0.1584	0.0047	-0.1631	0.4033
6	0.0620	0.0620	-0.2354	0.0045	-0.2399	0.1634
7	---	---	-0.3108	0.0050	-0.3158	0.0000
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.5791 kg/m²**
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$ je min.: **0.5791 kg/m²**
z toho se odpaří do exteriéru: 0.0147 kg/m²
..... a do interiéru: 0.5644 kg/m²

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. $M_{c,a} < M_{ev,a}$).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

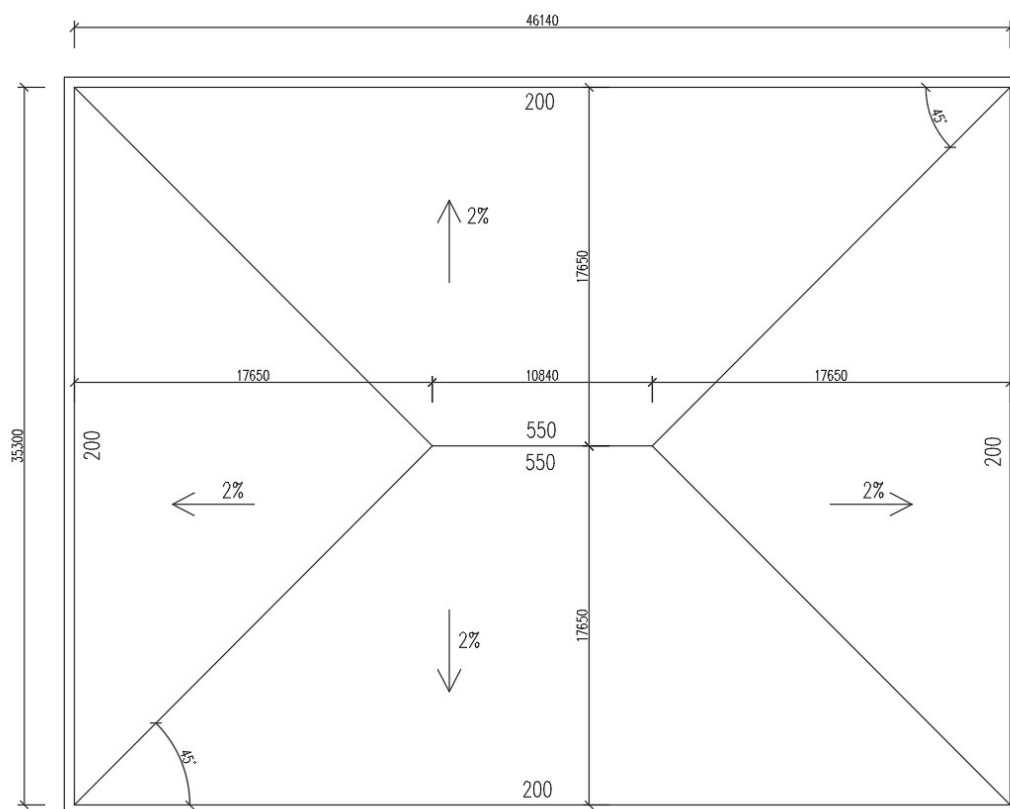
Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Desky CETRIS	---	---	123	122	120
2	Rockwool Megar	---	---	62	61	242
3	Dörken Delta-D	---	---	62	61	242
4	Sterling OSB3	365	---	---	---	---
5	Rockwool Megar	---	---	334	31	---
6	Guttafol DO 12	---	---	334	31	---

Příloha 3

Střešní systém FOAMGLASS

Schéma spádování tepelné izolace:

- Čísla u hran udávají minimální tloušťku v mm



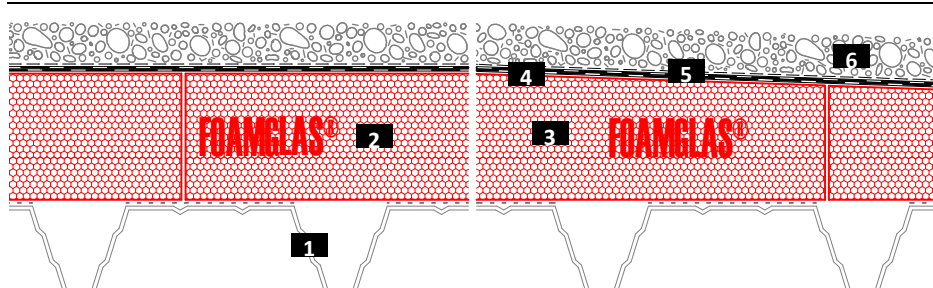
Vybrané stránky z Technického listu výrobku [15]

Plochá kompaktní střecha na trapézovém plechu s ochranným násypem

FOAMGLAS® uložené do horkého asfaltu

Schématický výkres

Systém 4.2.3



- 1 Trapézový plech
- 2 FOAMGLAS®
- 3 Spádové FOAMGLAS® uložené do horkého asfaltu
- 4 Dvouvrstvá hydroizolace z asfaltových pásů
- 5 Separální/ochranná vrstva
- 6 Štěrková ochranná vrstva

Vlastnosti materiálu FOAMGLAS®

Vodotěsný – Extrémně pevný v tlaku – Odolný škůdcům - Nehořlavý – Parotěsný – Tvarově stálý – Chemicky odolný – Snadno opracovatelný - Ekologický

Výhody izolačního systému FOAMGLAS®

- **Kvalita** : Systém složený z kvalitních materiálů. Pro dosažení nejvyšší kvality doporučujeme systematický dozor na stavbě a profesionální konzultace s technickým zástupcem výrobce.
- **Cenová efektivita** : Dlouhá životnost zajišťuje maximální hodnotu a zaručuje minimální náklady na údržbu.
- **Dlouhá životnost** : Optimální tepelná izolace a ochrana proti vlhkosti po řadu generací.
- **Bezpečnost** : Kompaktní, celoplošně slepený izolační systém je prevencí rozsáhlých poruch a nákladných oprav způsobených zatečenou vlhkostí v případě lokálního poškození hydroizolace. Skladba není perforována mechanickým kotvením. Nehrozí u ní ani riziko kondenzace vod
- **Funkčnost** : Tepelná izolace a parozábrana – vše v jedné funkční vrstvě FOAMGLAS®. Jednoduchá a univerzální možnost vytvoření spádové vrstvy z prefabrikovaných spádových desek.

Doporučení pro projektanty

Běžně používaný materiál :

FOAMGLAS® T3+, T4+ (60 x 45 cm),

FOAMGLAS® TAPERED T3+, T4+ (60 x 45 cm).

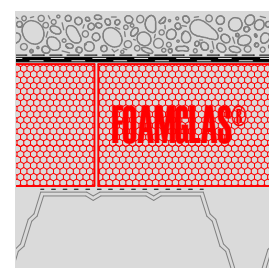
- Tloušťky izolace by měly vyhovovat požadavkům na odpovídající tepelný odpor. K dispozici je přehled výrobků FOAMGLAS®. Obsahuje informace o všech výrobcích, jejich konkrétních vlastnostech a oblastech použití.
- Pro použití desek FOAMGLAS® v zatížených aplikacích musí posoudit jejich dovolené namáhání statik.
- Rovinnost a obecné podmínky podkladu jsou důležitou podmínkou, pokud používáte izolaci FOAMGLAS® (viz TG1). Prosíme, kontaktujte technické oddělení výrobce pro ověření podmínek pro podklad.
- Při technicky správném provádění musí být dodrženy odpovídající normy a směrnice.

Řešení technických detailů a přesné specifikační texty jsou k dispozici na vyžádání.

Další návrhy a řešení můžete obdržet kdykoli od technického oddělení výrobce. **Aktualizováno : 1/1/2019.**

Výslovně si vyhrazujeme právo změn v technických specifikacích.

Aktuální podklady lze nalézt na www.foamglas.com.



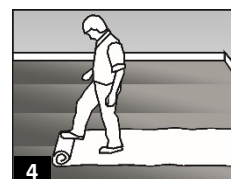
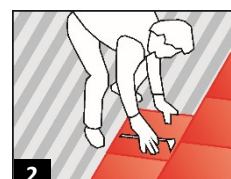
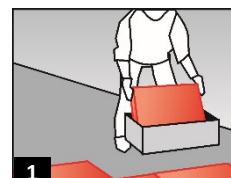
System 4.2.3

Montážní instrukce

- Odstraňte rez a očistěte koruny (horní plochu) trapézového plechu.
- Penetrace se provádí (u pozinkovaných ocelových plechů) asfaltovým lakem, který se nanáší válečkem na čisté a suché koruny trapézového plechu, spotřeba cca 0,2 l/m².
- FOAMGLAS® celoplošně nalepte horkým asfaltem na koruny plechu, se spárami vystřídánými na vazbu, těsně přitlačenými a vyplněnými asfaltem. Lepení se provádí metodou namáčení desek v horkém asfaltu. Spotřeba cca 2 – 4 kg/m² v závislosti na tloušťce izolace:
- Namočte jednu krátkou, jednu dlouhou stranu a celou spodní plochu desky FOAMGLAS® do namáčecí vany s horkým asfaltem a neprodleně nalepte s celoplošně slepenými spárami na horní plochu vln trapézového plechu. Je doporučeno pokládat desky FOAMGLAS® delší stranou rovnoběžně s vlnami plechu. (1/2)
- Možná varianta hydroizolace: Na celém povrchu střechy vytvořte dvouvrstvý systém z asfaltových hydroizolačních pásů. Spodní vrstva je celoplošně nalepena do horkého asfaltu (pás vhodný pro lepení do horkého asfaltu) a horní vrstva pásů se celoplošně natavuje. Přesahy ve spojích jsou minimálně 100 mm s tím, že podélné spáry pásů druhé vrstvy jsou posunuté oproti podélným spárám první vrstvy na vazbu (o cca 0,5 m). (Další možnosti montážních postupů a hydroizolačních variant s asfaltovými pásy, nebo také v kombinaci asfaltových pásů a fólií jsou k dispozici na vyžádání u zástupce výrobce materiálu FOAMGLAS®). (3)
- Vytvořte separační/ochrannou vrstvu s přesahy ve spojích. (4)
- Vytvořte vrstvu oblého štěrku (kačírku), tloušťka cca 50 mm.

Doporučení pro montážní firmy

- Skladba a tolerance podkladu musí být v souladu s odpovídajícími normami a směrnici.
- Teplota podkladu ani okolí by neměla poklesnout pod +5°C.
- Hydroizolační vrstva musí být aplikována neprodleně po pokládce tepelné izolace. Na konci každého pracovního dne nebo při přerušení prací, musí být proveden asfaltový zátěr na celém obnaženém povrchu desek.
- Je doporučeno provést ochrannou vrstvu neprodleně po pokládce druhé hydroizolační vrstvy.
- Je doporučeno přijmout taková opatření, aby se zabránilo poškození izolace jinými dodavateli během výstavby.
- Citlivé části stavby zajišťované jinými dodavateli musí být chráněny před znečištěním asfaltem a před působením vysoké teploty.
- Namáčecí vany na horký asfalt lze zakoupit u výrobce izolace FOAMGLAS®.
- Prosíme, kontaktujte naše technické poradce. Zajistí Vám bezplatné konzultace nebo asistenci na stavbě.



Technické pokyny pro navrhování a montáž izolace FOAMGLAS® jsou založeny na dlouholetých zkušenostech a jsou ověřeny stavební praxí nicméně nemožou detailně postihnout všechny případné individuální varianty a odchylky projektu. Proto nepřijímáme žádnou odpovědnost za jejich úplnost a vhodnost pro konkrétní projekt. Závazky a odpovědnost naší společnosti za kvalitu zboží jsou uvedeny v našich Všeobecných obchodních podmínkách, které nejsou rozšířeny tímto technickým listem ani konzultacemi našich obchodních zástupců.

Pittsburgh Corning ČR
IP Verne, Průmyslová 3,
431 51 Klášterec nad
Ohří, Česká republika
Technická podpora :
konzultace@foamglas.cz
GSM : +420 731 138 978
www.foamglas.cz
www.foamglas.com

FOAMGLAS® T3+

Strana: 1

Datum: 12.03.2018

Nahrazuje: 03.07.2017

www.foamglas.com



FOAMGLAS® T3+

Způsob dodání (obsah balení)

délka x šířka [mm]	600 x 450							
tloušťka [mm]	50	60	70	80	90	100	110	120
R _D [m²K/W]	1,35	1,65	1,90	2,20	2,50	2,75	3,05	3,30
počet bloků v balení	10	8	7	6	6	5	5	4
metr čtvereční [m²]	2,70	2,16	1,89	1,62	1,62	1,35	1,35	1,08

délka x šířka [mm]	600 x 450							
tloušťka [mm]	130	140	150	160	170	180	190	200
R _D [m²K/W]	3,60	3,85	4,15	4,40	4,7	5,0	5,25	5,55
počet bloků v balení	4	4	3	3	3	3	3	3
metr čtvereční [m²]	1,08	1,08	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Jiné formáty a tloušťky lze dodat na vyžádání.

Obecné vlastnosti pěnového skla FOAMGLAS®

Popis

: Izolace FOAMGLAS® je vyrobena z vybraného recyklovaného skla (≥ 60%)* a dalších běžně se vyskytujících přírodních surovin (písek, vápenc, vápno...). Izolace je zcela anorganická, neobsahuje žádné látky poškozující ozónovou vrstvu ani protipožární aditiva nebo pojiva. Neobsahuje žádné organické ani těkavé látky.

Reakce na oheň (EN 13501-1)

: Materiál vyhovuje hodnocení Euroclass A1, nehořlavý, bez toxických spalín.

Provozní teplotní limity

: od -265°C do +430°C

Faktor difúzního odporu (EN ISO 10456)

: $\mu = \infty$

Hydrokopičnost

: nulová

Kapilarita

: nulová

Bod tání (DIN 4102-17)

: >1000 °C

Součinitel teplotní roztažnosti (EN 13471)

: $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Měrné teplo (EN ISO 10456)

: 1000 J/(kg·K)

Vlastnosti pěnového skla FOAMGLAS®

Tepelná izolace
prověřená časem

Vodotěsná

Biologicky
odolnáVysoce pevná
v tlakuKyselinovzdorná/
chemicky odolná

Nehořlavá

Neprodyšná
pro vodní páru

Tvarově stálá

Ekologická

Chrání proti
radonu



FOAMGLAS® T3+

Strana: 2

Datum: 12.03.2018

Nahrazuje: 03.07.2017

www.foamglas.com

1. Vlastnosti výrobku podle EN 13167 ¹⁾

Objemová hmotnost ($\pm 15\%$) (EN 1602)	: 100 kg/m ³
Tloušťky (EN 823) ± 2 mm	: od 50 do 200 mm
Délka (EN 822) ± 2 mm	: 600 mm
Šířka (EN 822) ± 2 mm	: 450 mm
Součinitel tepelné vodivosti (EN ISO 10456)	: $\lambda_D \leq 0,036$ W/(m·K)
Reakce na oheň (EN 13501-1)	: Euroclass A1
Bodové zatížení (EN 12430)	: PL $\leq 1,5$ mm
Pevnost v tlaku (EN 826 příloha A)	: CS ≥ 500 kPa
Pevnost v ohybu (EN 12089)	: BS ≥ 450 kPa
Pevnost v tahu (EN 1607)	: TR ≥ 150 kPa
Dotvarování tlakem (EN 1606)	: CC (1.5/1/50) 225

¹⁾ Označení CE zajišťuje shodu se základními povinnými požadavky Směrnice stavebních výrobků tak, jak je uvedeno v EN 13167.
V rámci certifikace CEN Keymark jsou všechny uvedené vlastnosti ověřeny oprávněnou, notifikovanou a akreditovanou třetí stranou.

2. Doplnkové vlastnosti výrobku

Ekologická deklarace výrobku (ISO 14025 a EN 15804) : EPD-PCE-20150042-IBA1-DE

3. Oblasti použití

Tepelná izolace pro:

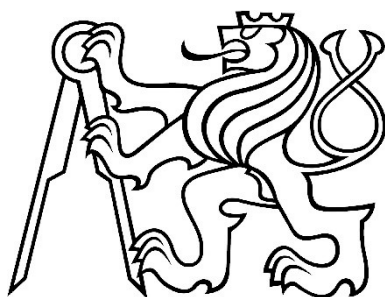
- ploché střechy: na souvislém podkladu i na trapézovém plechu
- fasády
- vnitřní izolace: stěny, podlahy, podhledy

* $\geq 60\%$ recyklovaného skla sestává z dobře vyříděného skleněného odpadu od spotřebitelů a z vyříděného průmyslového odpadu.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukce dřevěné haly v Sušici

Statický výpočet

Anežka Suchá

2020

Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

Obsah

Obsah	2
Seznam použitých software	5
1. Základní informace o stavbě	6
1.1. Hlavní konstrukční systém	6
1.2. Sekundární konstrukční systém	7
1.3. Ztužení.....	7
2. Použité materiály dřevěných prvků a jejich charakteristiky.....	8
2.1. Lepené lamelové dřevo GL 32h	8
2.2. Lepené lamelové dřevo GL 24h	8
2.3. Rostlé dřevo C24	9
3. Zatížení.....	9
3.1. Stálé zatížení [1]	9
3.2. Užité zatížení [1]	11
3.3. Zatížení sněhem [2].....	11
3.4. Zatížení větrem [3].....	13
3.5. Zatěžovací stavy a kombinace	17
4. Model a průběhy sil	19
4.1. Obálky vnitřních sil na hlavní konstrukci	20
5. Návrh a posouzení střešního trapézového plechu	21
6. Návrh a posouzení vaznic [5] [8].....	25
7. Návrh a posouzení přípoje vaznice na příčel [5] [8]	29
7.1. Svorníky.....	29
7.2. Vrutky s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass [5] [8].....	32
8. Výpočet tuhosti rámového rohu [9]	36

9.	Vzpěrné délky ve směru osy y rámové příčle a stojky	38
9.1.	Výpočet dle ČSN 73 1702 příloha E [6] [11]	38
9.2.	Výpočet s pomocí software Dlubal RFEM	39
10.	Návrh a posouzení příčle hlavní vazby [5] [8]	39
11.	Návrh a posouzení stojky hlavní vazby [5] [8]	43
12.	Návrh a posouzení kolíkového spoje rámového rohu [5] [8] [9] [10]	46
13.	Návrh a posouzení kloubové patky stojky hlavního rámu	53
13.1.	Svorníky [5] [8]	53
13.2.	Čep [7]	57
13.3.	Chemické kotvy	60
14.	Návrh a posouzení příčle mezilehlé vazby [5] [8]	61
15.	Řešení průhybu	65
16.	Návrh a posouzení stojky mezilehlé vazby [5] [8]	66
17.	Návrh a posouzení kloubové patky stojky mezilehlé vazby	68
17.1.	Svorníky [5] [8]	68
17.2.	Čep [7]	71
17.3.	Chemické kotvy	73
18.	Návrh a posouzení průvlaku [5] [8]	74
19.	Návrh a posouzení přípoje mezilehlé příčle k průvlaku [5] [8]	76
19.1.	Svorníky	76
19.2.	Vruty s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass	79
20.	Návrh a posouzení přípoje průvlaku k hlavní rámové vazbě	81
20.1.	Svorníky	81
20.2.	Vruty s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass	82
21.	Návrh a posouzení štítového sloupku [5] [8]	85

22.	Návrh a posouzení patky štítového sloupku [5] [8].....	86
22.1.	Svorníky.....	86
22.2.	Chemické kotvy.....	88
23.	Návrh a posouzení paždíku [5] [8].....	89
24.	Návrh a posouzení ztužidel.....	90
25.	Posouzení svarů.....	91
26.	Závěr.....	92
	Zdroje.....	94

Seznam použitých software

Microsoft Word 2016

Microsoft Excel 2016

Autodesk AutoCAD 2017

Nemetschek Scia Engineer 19.1

Dlubal RFEM 5.20

Svoboda SoftwareTEPLO 2017 EDU

Hilti PROFIS Anchor

1. Základní informace o stavbě



Obr. č. 1 Vizualizace navrhované konstrukce [12]

Umístění stavby

- Sušice v Plzeňském kraji, lokalita Na Hrázi

Charakter stavby

- Jednolodní multifunkční sportovní hala s plochou střechou

Dimenze

- Půdorysné rozměry 36,51 x 47,59 m (včetně obvodového pláště)
- Maximální výška 16 m (včetně atiky)

1.1. Hlavní konstrukční systém

Hlavní nosné prvky halového objektu, s teoretickým rozpětím 34 m, tvoří čtyři zdvojené rámové vazby s polotuhými rámovými rohy, které přenášejí svislé a vodorovné zatížení. Dvě vazby jsou v rámci štítu, dvě vazby jsou střední. Zatěžovací

šířka pro střední vazby je u svislého zatížení 5 metrů, u vodorovného 15 metrů. Rámy jsou kloubově uloženy na betonové patky, hlavní rámové vazby jsou od sebe osově vzdálené 15 metrů. Jednotlivé dvojice rámových vazeb jsou v úrovni horního pásu spojeny vaznicemi a navíc, v úrovni spodního pásu, pomocí ocelových jacklů 200/200/8, délky 800 mm. Příčle i stojky rámu jsou tvořeny plnostěnnými prvky z lepeného lamelového dřeva. Příčel a stojka rámu jsou spojeny pomocí kruhového kolíkového spoje.

Mezi hlavními rámovými vazbami jsou vždy dvě mezilehlé vazby tvořené plnostěnnou příčlí z lepeného lamelové dřeva, kloubově připojené k průvlak. Průvlak spojuje sousední hlavní rámové vazby a je podporovaný stojkami ve svých třetinách. Stojky jsou kloubově uloženy na betonových patkách. Mezilehlá vazba přebírá pouze svislé zatížení na 5 metrů zatěžovací šířky. Výška vedlejší příčle se shoduje s výškou hlavní příčle.

1.2. Sekundární konstrukční systém

Vaznice s rozpětím 5 m jsou kloubově uloženy mezi vazbami v osově vzdálenosti 4,85 m. Tvoří podporu pro trapézový plech, stabilizují konstrukci v úrovni horního tlačného pasu příčlí a propojují jednotlivé hlavní nosné vazby.

Štítové sloupky kopírují osovou vzdálenost vaznic. Jsou pomocí vrutů přichyceny ke krajní rámové příčli. Jejich vzpěrná délka je ve směru měkké osy zmenšena paždíky.

Paždíky propojují jednotlivé vazby ve třetinách stojek. Společně se ztužidly tak stabilizují stojky vůči vybočení ve směru měkké osy z. Navržené paždíky nenesou obvodový plášť, ten je připevněn na samostatném roštu fasádních paždíků.

1.3. Ztužení

Prostorová stabilita objektu sportovní haly je zajištěna ve střešní i stěnové rovině systémově táhly HALFEN DETAN- S. Tyčová táhla přenáší pouze tahové síly.

2. Použité materiály dřevěných prvků a jejich charakteristiky

$k_{mod} = 0,9$ modifikační součinitel pro LLD i RD, třídu trvání vlhkosti 2 a krátkodobé zatížení (zatížení s nejkratší dobou trvání – zatížení sněhem, větrem)

$\gamma_M = 1,25$ součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo

$\gamma_M = 1,3$ součinitel materiálu pro rostlé dřevo

$\gamma_M = 1,3$ součinitel materiálu v oblasti spoje

2.1. Lepené lamelové dřevo¹ GL 32h

$f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v ohybu

$E_{0,05} = 11\,800 \text{ MPa}$ 5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$E_{0,mean} = 14\,200 \text{ MPa}$ prům. hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$f_{c,0,k} = 32 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost ve smyku

$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$\rho_k = 440 \text{ kg/m}^2$ hustota LLD GL 32h

$\rho_m = 490 \text{ kg/m}^3$ průměrná hustota LLD GL 32h

2.2. Lepené lamelové dřevo GL 24h

$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v ohybu

$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost ve smyku

$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$E_{0,mean} = 11\,500 \text{ MPa}$ prům. hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$\rho_k = 385 \text{ kg/m}^2$ hustota LLD GL 24h

¹ Dále jen LLD

$\rho_m = 420 \text{ kg/m}^3$ průměrná hustota LLD GL 24h

2.3. Rostlé dřevo² C24

$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v ohybu

$f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost ve smyku

$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$ prům. hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

3. Zatížení

3.1. Stálé zatížení [1]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, *Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*.

Ve výpočetním softwaru Scia Engineer byla uvažována tato stálá zatížení:

Vlastní tíha prvků z lepeného lamelového dřeva GL 32h – $\rho_{mean} = 490 \text{ kg/m}^3$

Vlastní tíha vaznic z lepeného lamelového dřeva GL 24h - $\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$

Vlastní tíha paždíků z rostlého dřeva C24- $\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$

Zatížení od střešního pláště (od exteriéru po interiér):

Stabilizační vrstva, kamenivo frakce 16-32	65 mm	97,5 kg/m ²
Separáční/ochranná vrstva	1,8 mm	0,5 kg/m ²
Asfaltové pásy - dvouvrstvé	8 mm	9 kg/m ²
Spádové desky z pěnového skla	÷350 mm	58 kg/m ²
Trapézový plech	1,13 mm	16,4 kg/m ²
Sádrokartonový podhled	12,5 mm	9,2 kg/m ²
		<u>190,6 kg/m²</u>

Tab. č. 1: Zatížení od skladby střechy, zdroj vlastní

² Dále jen RD

Stále zatížení od skladby střechy:

$$g_{k,skladba\ 1} = 1,91\ kN/m^2$$

$$g_{d,skladba\ 1} = g_{k,skladba} \times \gamma_G$$

$$g_{d,skladba\ 1} = 1,91 \times 1,35 = 2,6\ kN/m^2$$

Zatížení od technologií na střeše:

$$g_{k,tech} = 0,5\ kN/m^2$$

$$g_{d,tech} = 0,5 \times 1,35 = 0,675\ kN/m^2$$

Stálé zatížení na střeše celkem

$$g_{k,střecha} = 2,41\ kN/m^2$$

$$g_{d,střecha} = 2,41 \times 1,35 = 3,25\ kN/m^2$$

Zatížení od atiky do stojek – zatěžovací šířka 5 m

Dřevěný sloupek atiky	90 kg
Tepelná izolace – minerální vlna	18,5 kg
OSB desky	70 kg
Paždíky – 2 ks	126 kg
Dřevěný rošt	27 kg
Fasádní modřínové palubky	66 kg
	<u>397,5 kg á 5m</u>

Tab. č. 2: Zatížení od atiky, zdroj vlastní

$$g_{k,atika} = 4\ kN\ \acute{a}\ 5m$$

$$g_{d,atika} = 5,4\ kN\ \acute{a}\ 5m$$

Zatížení od obvodového pláště (od exteriéru po interiér):

Fasádní modřínové palubky	25 mm	14,25 kg/m ²
---------------------------	-------	-------------------------

Dřevěný rošt/ větraná mezera	80x80 mm	2,7 kg/m ²
Minerální izolace – mezi paždíky	200 mm	16 kg/ m ²
Paždíky RD C24 á 1250 mm	200x150 mm	12,6 kg/m ²
OSB desky typ 3	25 mm	15 kg/m ²
Parozábrana		0,27 kg/m ²
Minerální izolace	50 mm	4 kg/ m ²
Dřevěný rošt	50x50 mm	2,1 kg/m ²
Cementotřískové desky	16 mm	22,25 kg/m ²
		<u>93, 27 kg/m²</u>

Tab. č. 3: Zatížení od skladby střešního, zdroj vlastní

$$g_{k,skladba\ 2} = 0,93\ kN/m^2$$

$$g_{d,skladba\ 2} = g_{k,skladba\ 2} \times \gamma_G$$

$$g_{d,skladba\ 2} = 0,93 \times 1,35 = 1,25\ kN/m^2$$

3.2. Užitné zatížení [1]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-1, *Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Navrhovaná střecha spadá dle normy do kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Konstrukce byla zatížena užitným zatížením na ploše zhruba 10 m², celkem ve třech zatěžovacích stavech ZS3a až ZS3c.

Užitné zatížení střechy:

$$q_{k,užitné} = 0,75\ kN/m^2$$

$$q_{d,užitné} = q_{k,užitné} \times \gamma_Q$$

$$q_{d,užitné} = 0,75 \times 1,5 = 0,125\ kN/m^2$$

3.3. Zatížení sněhem [2]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-3, *Zatížení sněhem*. Dle mapy sněhových oblastí na území ČR spadá objekt do oblasti II. s charakteristickou hodnotou zatížení $s_k = 1,0\ kPa$.

- Zatížení sněhem na střeše

$$s = \mu_1 \times c_t \times c_e \times s_k$$

$$\mu_1 = 0,8 \quad \text{tvarový součinitel – plochá střecha}$$

$$c_t = 1,0 \quad \text{teplotní součinitel,}$$

tepelná prostupnost střechy menší než 1,0 W/m²K

$$c_e = 1,0 \quad \text{součinitel expozice, normální typ krajiny}$$

$$s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

- Návrhové zatížení sněhem na střeše

$$s_d = s \times \gamma_Q \quad s_d = 0,8 \times 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od návěje u atiky

$$h_p = 0,5 \text{ m} \quad \text{výška atiky}$$

$$\gamma = 2 \text{ kN/m}^3 \quad \text{objemová tíha sněhu}$$

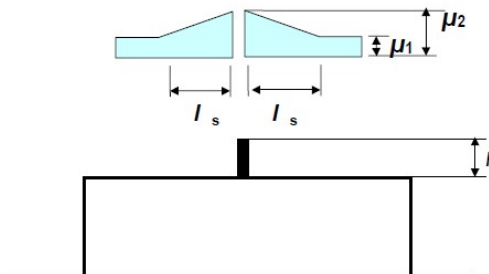
$$\mu_2 = \gamma * h_p / s_k \quad \text{tvarový součinitel}$$

$$\mu_2 = 2 \times 0,5 / 1 = 1 \quad 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$$

$$l_s = 2h_p = 1 \text{ m} \quad \text{délka oblasti s tvar. součinitelem } \mu_2$$

$$s_{k,návěj} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k,návěj} = 1,0 \text{ kN/m}^2 \quad s_{d,návěj} = 1,0 \times 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$



Obr. č. 2: Schéma pro zatížení od návěje dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [2]

Zatížení sněhem je v modelu zadáno jako liniové zatížení na vaznicích.

3.4. Zatížení větrem [3]

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991-1-4, *Zatížení větrem*. Dle mapy větrných oblastí na území ČR je konstrukce zařazena do II. oblasti s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25$ m/s. Uvažovaná kategorie terénu III – oblast rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami.

- Základní rychlost větru

$$v_{b,0} = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$$

$$v_{b,0} = 1 \times 1 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = 1,0 \text{ součinitel směru větru}$$

$$c_{season} = 1,0 \text{ součinitel ročního období}$$

- Charakteristická střední rychlost větru

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} c_{0(z)} v_{b,0}$$

$$v_{m(z)} = 0,855 \times 1,0 \times 25 = 21,4 \text{ m/s}$$

$$c_{r(z)} = k_r \times \ln \frac{z}{z_0} \quad \text{součinitel drsnosti terénu, pro } z_{\min} < z \leq z_{\max}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m; } z_{\max} = 200 \text{ m; } z = 16 \text{ m} \quad \text{pro kategorii terénu III}$$

$$c_{r(z)} = 0,215 \times \ln \frac{16}{0,3} = 0,855$$

$$c_{0(z)} = 1,0 \quad \text{součinitel orografie}$$

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

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

- Turbulence větru

$$k_I = 1,0 \quad \text{součinitel turbulence}$$

$$l_v(z) = \frac{k_I}{c_{0(z)} \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \quad \text{intenzita turbulence pro } z_{\min} < z \leq z_{\max}$$

$$l_v(16) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{16}{0,3}\right)} = 0,25$$

- Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 \times l_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$$

$$q_p(16) = [1 + 7 \times 0,25] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 21,4^2 = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

- Tlak větru na povrchy

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} \quad \text{na vnější povrchy}$$

$$w_i = q_p(z_i) \times c_{pi} \quad \text{na vnitřní povrchy}$$

$$z_e = z_i = 16 \text{ m}$$

Zatížení větrem na plochou střechu

$$h_p/h = 0,03$$

$$h = 15,5 \text{ m}$$

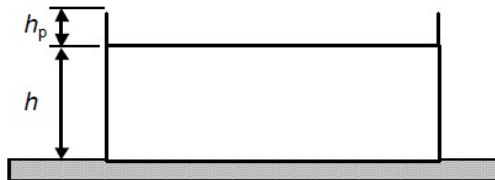
$$h_p = 0,5 \text{ m} \quad \text{výška atiky}$$

$$w_{e,F} = 0,79 \times (-1,56) = -1,23 \text{ kN/m}^2$$

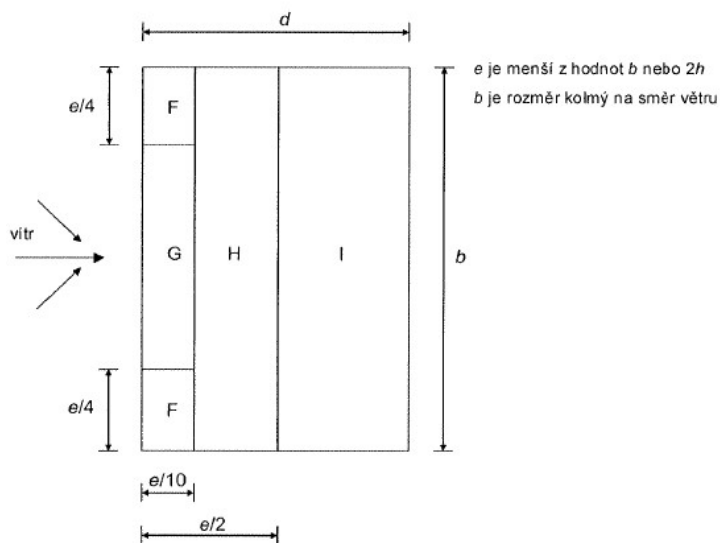
$$w_{e,G} = 0,79 \times (-1,06) = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H} = 0,79 \times (-0,7) = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I} = 0,79 \times (\pm 0,2) = \pm 0,16 \text{ kN/m}^2$$



Obr. č. 3: Schéma pro plochou střechu dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]



Obr. č. 4: Oblasti pro určení součinitele c_{pe} dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]

Pro podélný směr větru:

$$b = 36,5 \text{ m} \quad d = 47,6 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Pro příčný směr větru:

$$b = 47,6 \text{ m} \quad d = 36,5 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

Zatížení větrem na stěny

Pro podélný směr větru:

$$b = 36,5 \text{ m} \quad d = 47,6 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

$$h/d = 0,33$$

$$w_{e,A} = 0,79 \times (-1,2) = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = 0,79 \times (-0,86) = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = 0,79 \times (-0,5) = -0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = 0,79 \times (-0,71) = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = 0,79 \times (-0,32) = -0,26 \text{ kN/m}^2$$

Pro příčný směr větru:

$$b = 47,6 \text{ m} \quad d = 36,5 \text{ m} \quad e = 2h = 31 \text{ m}$$

$$h/d = 0,44$$

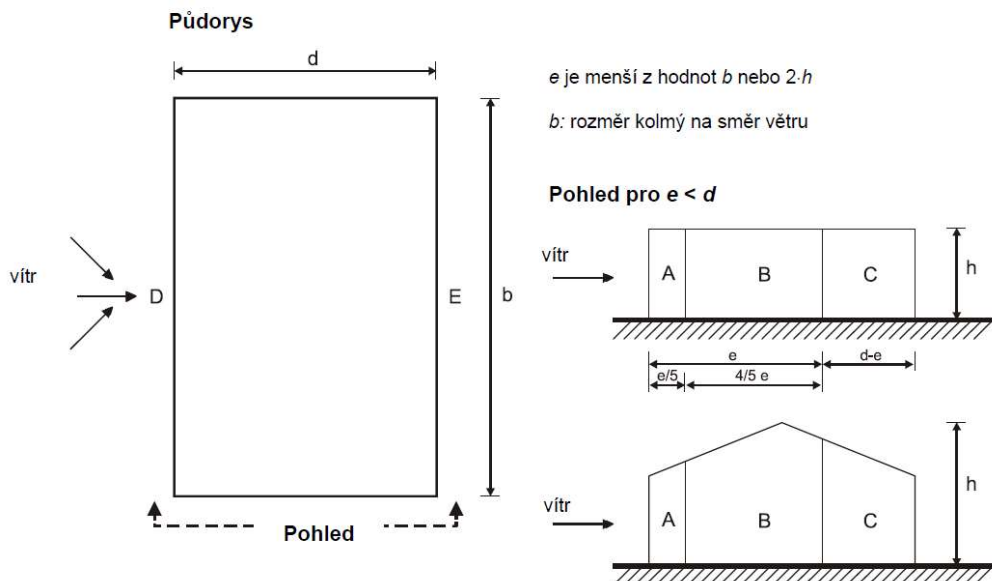
$$w_{e,A} = 0,79 \times (-1,2) = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = 0,79 \times (-0,95) = -0,75 \text{ kN/m}^2$$

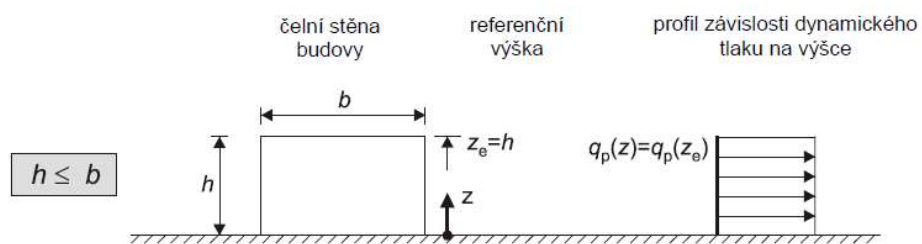
$$w_{e,C} = 0,79 \times (-0,5) = -0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = 0,79 \times (-0,73) = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = 0,79 \times (-0,35) = -0,28 \text{ kN/m}^2$$



Obr. č. 5: Oblasti pro určení součinitele c_{pe} dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]



Obr. č. 6: Schéma působení větru na stěnu dle normy ČSN EN 1991-1-4, zdroj [3]

Zatížení větrem je v modelu zadáno jako liniové zatížení na vaznicích a stojkách.

3.5. Zatěžovací stavy a kombinace

Zatěžovací stavy

Název	Popis	Zatěžovací typ
ZS1	Vlastní tíha	Stálé
ZS2	Skladba střechy	Stálé
ZS3a	Užitné - střecha	Proměnné
ZS3b	Užitné - střecha	Proměnné
ZS3c	Užitné - střecha	Proměnné
ZS4	Sníh	Proměnné
ZS5	Vítr podélný	Proměnné
ZS6	Vítr příčný	Proměnné

Tab. č. 4: Zatěžovací stavy, zdroj vlastní

Kombinace zatěžovacích stavů

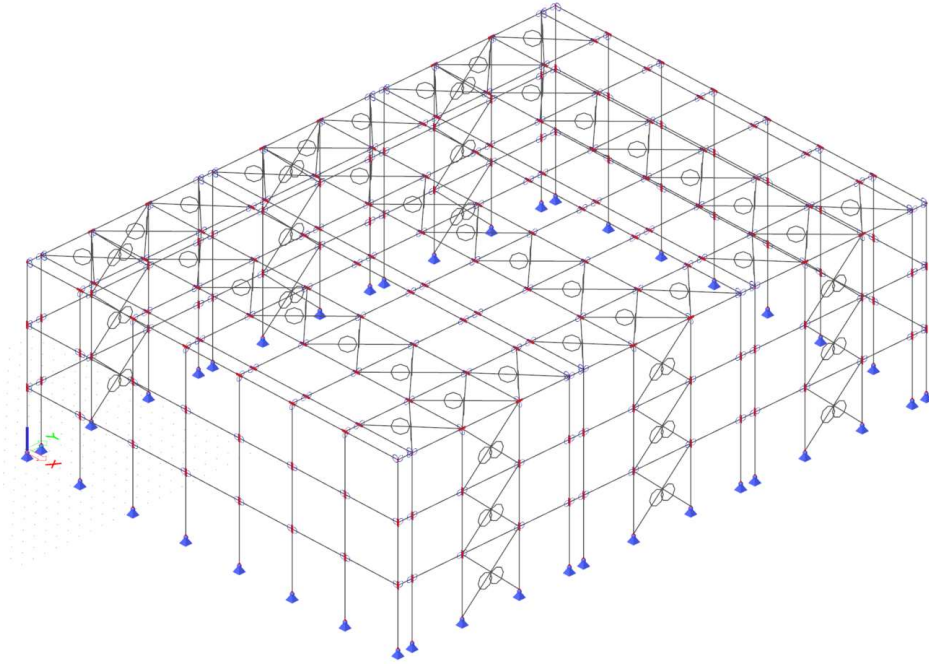
Název	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Koef. [-]
C01 MSÚ	primární sníh + vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	1,5
			ZS5 - Vítr podélný	0,9
C02 MSÚ	primární sníh + vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	1,5
			ZS6 - Vítr příčný	0,9
C03 MSÚ	primární vítr podélný + sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS5 - Vítr podélný	1,5
C04 MSÚ	primární vítr příčný + sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS6 - Vítr příčný	1,5
C05a MSÚ	primární užitné a+ sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS3a - Užitné - střecha	1,5
			ZS4 - Sníh	0,75
C05b MSÚ	primární užitné b+ sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS3b - Užitné - střecha	1,5
C05c MSÚ	primární užitné c+ sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS3c - Užitné - střecha	1,5

C06a MSÚ	primární užitné a+ vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS3a - Užitné - střecha	1,5
			ZS5 - Vítr podélný	0,9
C06b MSÚ	primární užitné b+ vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS5 - Vítr podélný	0,9
			ZS3b - Užitné - střecha	1,5
C06c MSÚ	primární užitné c+ vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS5 - Vítr podélný	0,9
			ZS3c - Užitné - střecha	1,5
C07a MSÚ	primární užitné a+ vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS3a - Užitné - střecha	1,5
			ZS6 - Vítr příčný	0,9
C07b MSÚ	primární užitné b+ vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS6 - Vítr příčný	0,9
			ZS3b - Užitné - střecha	1,5
C07c MSÚ	primární užitné c+ vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS6 - Vítr příčný	0,9
			ZS3c - Užitné - střecha	1,5
C08 MSÚ	primární sníh	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS4 - Sníh	1,5
C09a MSÚ	primární vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS5 - Vítr podélný	1,5
C09b MSÚ	primární vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Skladba střechy	1,35
			ZS6 - Vítr příčný	1,5
C10a MSÚ	vítr příčný, stálé min.	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	0,9
			ZS2 - Skladba střechy	0,9
			ZS6 - Vítr příčný	1,5
C10b MSÚ	vítr podélný, stálé min.	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	0,9
			ZS2 - Skladba střechy	0,9
			ZS5 - Vítr podélný	1,5
C11a MSP	primární sníh + vítr příčný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1
			ZS2 - Skladba střechy	1
			ZS4 - Sníh	1
			ZS6 - Vítr příčný	0,6
C11b MSP	primární sníh + vítr podélný	Linear - ultimate	ZS1 - Vlastní tíha	1
			ZS2 - Skladba střechy	1
			ZS4 - Sníh	1
			ZS5 - Vítr podélný	0,6

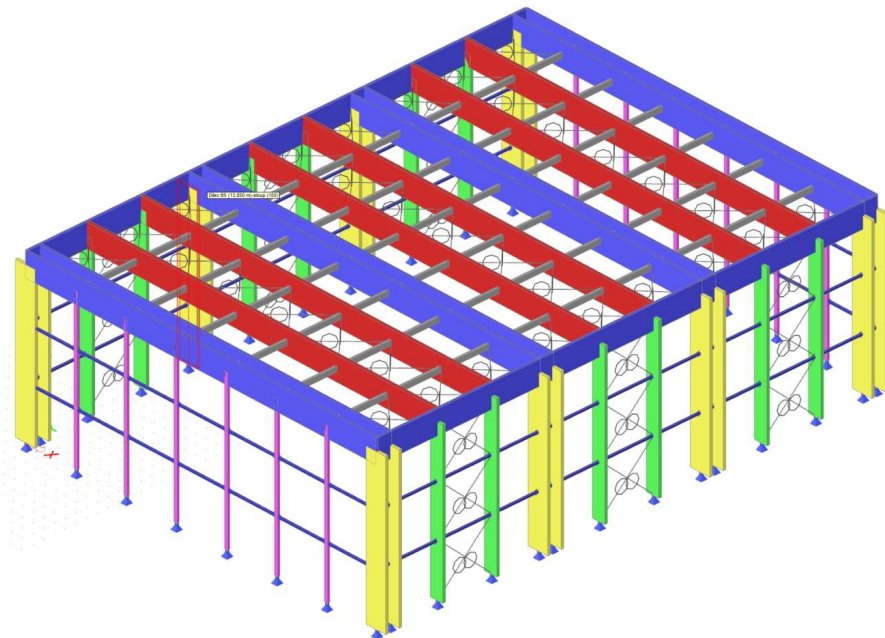
Tab. č. 5: Kombinace, zdroj vlastní

4. Model a průběhy sil

Hlavní 3D model konstrukce byl vytvořen pomocí softwaru Scia Engineer 19.1.

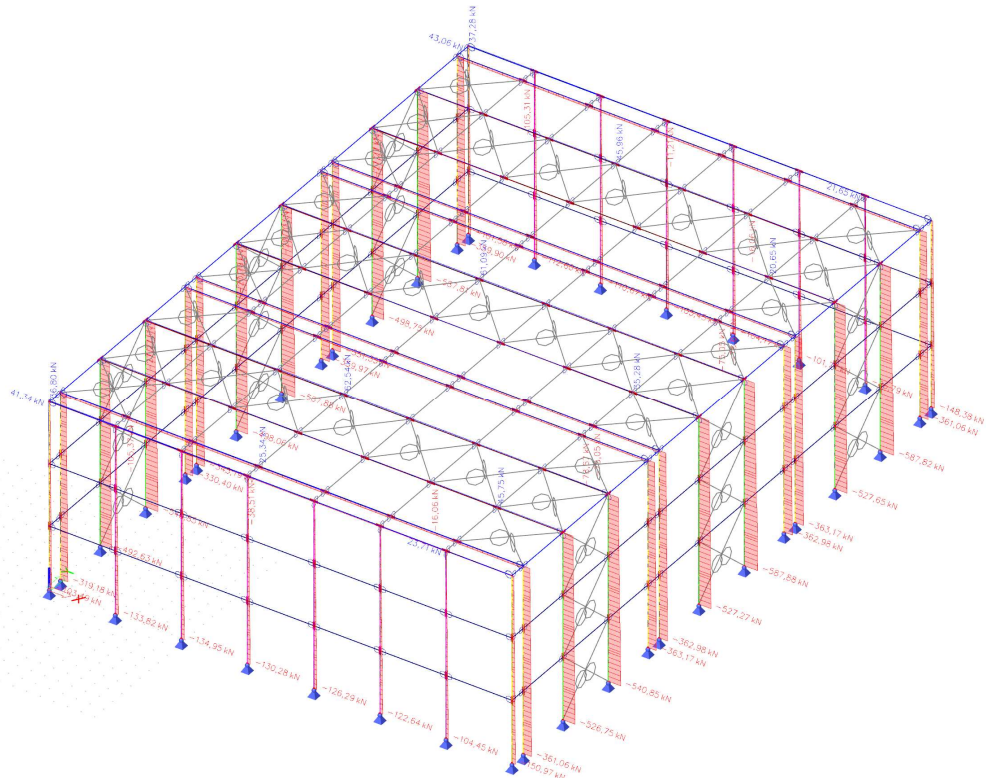


Obr. č. 7: Prutové schéma modelu, zdroj vlastní

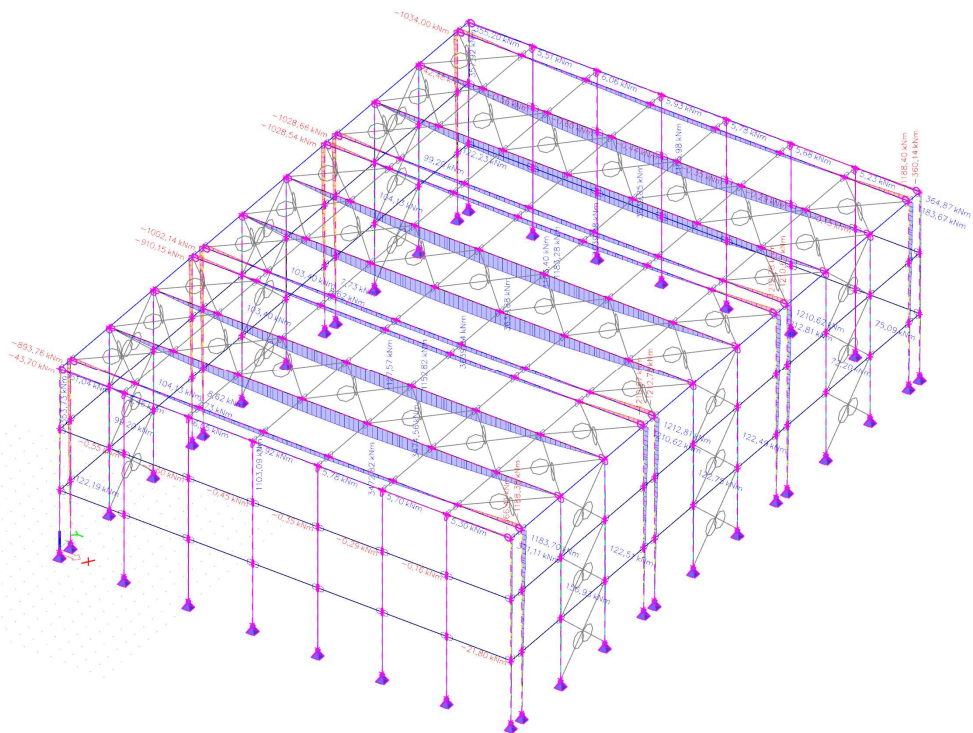


Obr. č. 8: Schéma modelu – objemy, zdroj vlastní

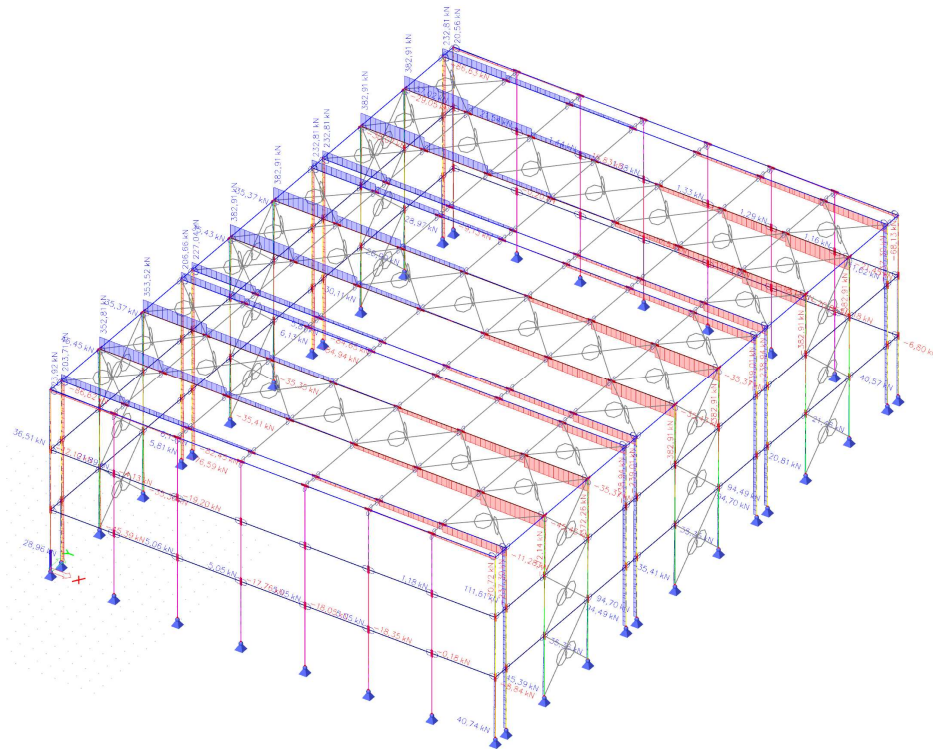
4.1. Obálky vnitřních sil na hlavní konstrukci



Obr. č. 9: Obálka normálových sil, zdroj vlastní



Obr. č. 10: Obálka ohybových momentů, zdroj vlastní



Obr. č. 11: Obálka posouvajících sil, zdroj vlastní

5. Návrh a posouzení střešního trapézového plechu

$l = 4,85 \text{ m}$ rozpětí mezi vaznicemi

Zatížení

$$g_{k,\text{střecha}} = 2,41 \text{ kN/m}^2$$

stálé zatížení střechy

$$g_{k,\text{užitné}} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

užitné zatížení na 10 m^2

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

zatížení sněhem

$$w_{e,\text{max,tlak}} = +0,16 \text{ kN/m}^2$$

zatížení větrem - tlak

$$w_{e,\text{max,sání}} = -1,23 \text{ kN/m}^2$$

zatížení větrem - sání

Mezní stav únosnosti³

Šířka podpory: 200 mm

Návrhová kombinace na MSÚ dle EN 1990, vztah 6.10[4]:

³ Dále jen MSÚ

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_p P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_i$$

$$\psi_0 = 0,5$$

kombinační součinitel pro sněh

- Celkové návrhové zatížení na MSÚ pro pozitivní polohu trapézového plechu

$$1,35 \times 2,41 + 1,5 \times 0,75 + 1,5 \times 0,5 \times 0,8 = 4,98 \text{ kN/m}^2$$

- Celkové návrhové zatížení na MSÚ od sání větru pro negativní polohu trapézového plechu (při montážním stavu, bez stálého zatížení od skladby střechy)

$$1,5 \times 1,23 = 1,9 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech TR 150/280, tl. 1,13 mm na MSÚ VYHOVUJE – viz přiložené tabulky z katalogu výrobce

Mezní stav použitelností⁴

- Celkové návrhové zatížení na MSP pro pozitivní polohu trapézového plechu

$$2,41 + 0,75 + 0,5 \times 0,8 = 3,56 \text{ kN/m}^2$$

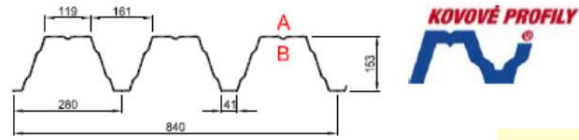
- Celkové návrhové zatížení na MSP pro negativní polohu trapézového plechu

$$= 1,23 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech TR 150/280, tl. 1,13 mm na MSP VYHOVUJE – viz přiložené tabulky z katalogu výrobce

⁴ Dále jen MSP

TR 150/280 pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

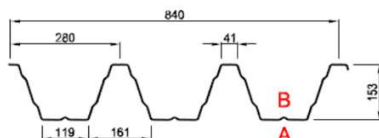
$\gamma_{M0} = 1,00$

Deformace = L/200

t_N [mm]	g [kg/m ²]	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
		Rozpětí [m]					Rozpětí [m]																
		3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	
0,75	10,71	q_{R1}	6,01	6,98	6,13	5,43	4,85	4,35	3,93	3,56	3,24	2,97	2,73	2,51	2,32	2,15	2,00	1,87	1,74	1,63	1,53	1,44	1,36
		q_{R2}	3,40	3,17	2,98	2,80	2,65	2,51	2,38	2,27	2,16	2,07	1,98	1,90	1,83	1,76	1,70	1,64	1,59	1,54	1,49	1,44	1,36
0,88	12,57	q_{R1}	6,55	5,41	4,40	3,72	3,13	2,65	2,28	1,97	1,71	1,50	1,32	1,17	1,04	0,93	0,83	0,75	0,68	0,61	0,55	0,51	0,45
		q_{R2}	9,76	8,50	7,47	6,62	5,91	5,30	4,78	4,34	3,95	3,62	3,32	3,06	2,83	2,62	2,44	2,27	2,13	1,99	1,87	1,76	1,66
1,00	14,29	q_{R1}	4,84	4,52	4,24	3,99	3,77	3,57	3,39	3,23	3,08	2,95	2,82	2,71	2,61	2,51	2,42	2,27	2,13	1,99	1,87	1,76	1,66
		q_{R2}	8,10	6,03	5,47	4,55	3,84	3,25	2,80	2,42	2,10	1,84	1,62	1,43	1,27	1,14	1,02	0,92	0,83	0,75	0,68	0,62	0,57
1,13	16,14	q_{R1}	11,41	9,94	8,73	7,74	6,90	6,19	5,59	5,07	4,62	4,23	3,88	3,58	3,31	3,07	2,85	2,66	2,48	2,33	2,18	2,05	1,93
		q_{R2}	6,38	5,95	5,58	5,25	4,96	4,70	4,47	4,25	4,06	3,88	3,72	3,57	3,31	3,07	2,85	2,66	2,48	2,33	2,18	2,05	1,93
1,25	17,86	q_{R1}	9,45	7,60	6,33	5,28	4,45	3,78	3,24	2,80	2,44	2,13	1,88	1,66	1,48	1,32	1,18	1,06	0,96	0,87	0,79	0,72	0,65
		q_{R2}	13,18	11,48	10,09	8,94	7,97	7,16	6,45	5,86	5,34	4,88	4,49	4,13	3,82	3,54	3,30	3,07	2,87	2,69	2,52	2,37	2,24
1,50	21,43	q_{R1}	8,27	7,72	7,23	6,81	6,43	6,09	5,79	5,51	5,26	4,88	4,49	4,13	3,82	3,54	3,30	3,07	2,87	2,69	2,52	2,37	2,24
		q_{R2}	10,73	8,73	7,10	5,99	5,05	4,29	3,68	3,18	2,77	2,42	2,13	1,89	1,68	1,50	1,34	1,21	1,09	0,99	0,90	0,82	0,75
1,50	21,43	q_{R1}	14,74	12,84	11,28	9,99	8,91	8,00	7,22	6,55	5,97	5,46	5,01	4,62	4,27	3,96	3,68	3,43	3,21	3,01	2,82	2,65	2,50
		q_{R2}	10,21	9,53	8,93	8,41	7,94	7,52	7,15	6,55	5,97	5,46	5,01	4,62	4,27	3,96	3,68	3,43	3,21	3,01	2,82	2,65	2,50
1,50	21,43	q_{R1}	11,91	10,60	9,98	9,45	9,01	8,60	8,20	7,81	7,44	7,09	6,75	6,43	6,13	5,84	5,56	5,29	5,03	4,78	4,54	4,31	4,09
		q_{R2}	17,93	15,62	13,73	12,16	10,85	9,73	8,78	7,97	7,26	6,64	6,10	5,62	5,20	4,82	4,48	4,18	3,90	3,66	3,43	3,23	3,04
1,50	21,43	q_{R1}	14,37	11,98	10,63	9,03	8,70	8,35	4,93	4,26	3,70	3,24	2,85	2,52	2,24	2,00	1,80	1,62	1,40	1,32	1,20	1,10	1,00
		q_{R2}	14,37	11,98	10,63	9,03	8,70	8,35	4,93	4,26	3,70	3,24	2,85	2,52	2,24	2,00	1,80	1,62	1,40	1,32	1,20	1,10	1,00

Obr. č. 12: Tabulka únosnosti trapézového plechu, zdroj [13]

TR 150/280 negativní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{M0} = 1,00$

Deformace = $L/200$

t _N [mm]	g [kg/m ²]		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																				
			Rozpětí [m]																				
			3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50
0,75	10,71	q _{d1}	7,29	6,35	5,58	4,94	4,41	3,96	3,57	3,24	2,95	2,70	2,48	2,29	2,11	1,96	1,82	1,70	1,59	1,49	1,40	1,31	1,24
		q _{d2}	2,88	2,68	2,52	2,37	2,24	2,12	2,01	1,92	1,83	1,75	1,68	1,61	1,55	1,49	1,44	1,39	1,34	1,30	1,26	1,22	1,18
		q _k	6,74	5,48	4,52	3,77	3,17	2,70	2,31	2,00	1,74	1,52	1,34	1,18	1,05	0,94	0,84	0,76	0,69	0,62	0,56	0,51	0,47
0,88	12,57	q _{d1}	9,48	8,26	7,26	6,43	5,74	5,15	4,65	4,21	3,84	3,51	3,23	2,97	2,75	2,55	2,37	2,21	2,06	1,93	1,81	1,71	1,61
		q _{d2}	4,13	3,85	3,61	3,40	3,21	3,04	2,89	2,75	2,63	2,51	2,41	2,31	2,22	2,14	2,06	1,99	1,93	1,86	1,81	1,71	1,61
		q _k	8,17	6,64	5,47	4,56	3,84	3,27	2,80	2,42	2,10	1,84	1,62	1,43	1,28	1,14	1,02	0,92	0,83	0,75	0,68	0,62	0,57
1,00	14,29	q _{d1}	11,39	9,93	8,72	7,73	6,89	6,19	5,58	5,06	4,61	4,22	3,88	3,57	3,30	3,06	2,85	2,66	2,48	2,32	2,18	2,05	1,93
		q _{d2}	5,54	5,17	4,85	4,56	4,31	4,08	3,88	3,69	3,53	3,37	3,23	3,10	2,98	2,87	2,77	2,66	2,48	2,32	2,18	2,05	1,93
		q _k	9,46	7,69	6,33	5,28	4,45	3,78	3,24	2,80	2,44	2,13	1,88	1,66	1,48	1,32	1,18	1,06	0,96	0,87	0,79	0,72	0,66
1,13	16,14	q _{d1}	13,21	11,51	10,11	8,96	7,98	7,17	6,47	5,87	5,35	4,89	4,50	4,14	3,83	3,55	3,30	3,08	2,88	2,69	2,53	2,38	2,24
		q _{d2}	7,39	6,90	6,47	6,09	5,75	5,45	5,17	4,93	4,70	4,50	4,31	4,14	3,83	3,55	3,30	3,08	2,88	2,69	2,53	2,38	2,24
		q _k	10,73	8,73	7,19	5,99	5,05	4,29	3,68	3,18	2,77	2,42	2,13	1,89	1,68	1,50	1,34	1,21	1,09	0,99	0,90	0,82	0,75
1,25	17,86	q _{d1}	14,87	12,95	11,38	10,08	8,99	8,07	7,28	6,61	6,02	5,51	5,06	4,66	4,31	4,00	3,72	3,46	3,24	3,03	2,85	2,68	2,52
		q _{d2}	9,43	8,80	8,25	7,77	7,34	6,95	6,60	6,29	6,00	5,51	5,06	4,66	4,31	4,00	3,72	3,46	3,24	3,03	2,85	2,68	2,52
		q _k	11,91	9,69	7,98	6,65	5,61	4,77	4,09	3,53	3,07	2,69	2,36	2,09	1,86	1,66	1,49	1,34	1,21	1,10	1,00	0,91	0,83
1,50	21,43	q _{d1}	17,93	15,62	13,73	12,16	10,85	9,73	8,78	7,97	7,26	6,64	6,10	5,62	5,20	4,82	4,48	4,18	3,90	3,66	3,43	3,23	3,04
		q _{d2}	14,79	13,81	12,94	12,16	10,85	9,73	8,78	7,97	7,26	6,64	6,10	5,62	5,20	4,82	4,48	4,18	3,90	3,66	3,43	3,23	3,04
		q _k	14,04	11,41	9,40	7,84	6,60	5,62	4,81	4,16	3,62	3,17	2,79	2,46	2,19	1,96	1,75	1,58	1,43	1,29	1,18	1,07	0,98
0,75	10,71	q _{d1}	4,82	4,35	3,95	3,60	3,30	3,03	2,80	2,59	2,41	2,24	2,10	1,96	1,84	1,73	1,63	1,54	1,45	1,38	1,30	1,24	1,18
		q _{d2}	3,83	3,58	3,35	3,09	2,85	2,63	2,43	2,26	2,11	1,97	1,85	1,73	1,63	1,54	1,45	1,37	1,30	1,23	1,17	1,12	1,06
		q _k	16,24	13,21	10,88	9,07	7,64	6,50	5,57	4,81	4,19	3,66	3,22	2,85	2,54	2,26	2,03	1,83	1,65	1,50	1,36	1,24	1,13
0,88	12,57	q _{d1}	6,37	5,73	5,19	4,72	4,31	3,96	3,65	3,37	3,12	2,91	2,71	2,53	2,37	2,23	2,09	1,97	1,86	1,76	1,67	1,58	1,50
		q _{d2}	5,43	4,91	4,46	4,08	3,74	3,45	3,19	2,96	2,75	2,57	2,40	2,25	2,12	1,99	1,88	1,77	1,68	1,59	1,51	1,44	1,37
		q _k	19,67	16,00	13,18	10,99	9,26	7,87	6,75	5,83	5,07	4,44	3,91	3,46	3,07	2,74	2,46	2,21	2,00	1,81	1,65	1,50	1,37
1,00	14,29	q _{d1}	7,94	7,13	6,44	5,85	5,33	4,89	4,49	4,15	3,84	3,56	3,32	3,10	2,90	2,72	2,55	2,40	2,27	2,14	2,03	1,92	1,82
		q _{d2}	6,80	6,13	5,57	5,08	4,65	4,28	3,95	3,66	3,40	3,17	2,96	2,77	2,60	2,44	2,30	2,17	2,05	1,94	1,84	1,75	1,67
		q _k	22,78	18,52	15,26	12,72	10,72	9,11	7,81	6,75	5,87	5,14	4,52	4,00	3,56	3,18	2,85	2,56	2,31	2,10	1,91	1,74	1,59
1,13	16,14	q _{d1}	9,79	8,77	7,90	7,15	6,51	5,95	5,47	5,04	4,65	4,32	4,01	3,74	3,50	3,27	3,07	2,89	2,72	2,57	2,43	2,30	2,18
		q _{d2}	8,41	7,58	6,86	6,25	5,71	5,24	4,83	4,47	4,14	3,86	3,60	3,36	3,15	2,96	2,79	2,63	2,48	2,35	2,22	2,11	2,00
		q _k	25,86	21,02	17,32	14,44	12,17	10,34	8,87	7,66	6,66	5,83	5,13	4,54	4,04	3,60	3,23	2,91	2,63	2,38	2,17	1,97	1,81
1,25	17,86	q _{d1}	11,58	10,35	9,30	8,41	7,64	6,97	6,39	5,88	5,43	5,03	4,67	4,35	4,06	3,80	3,56	3,34	3,15	2,97	2,80	2,64	2,49
		q _{d2}	9,99	8,98	8,12	7,37	6,73	6,17	5,68	5,24	4,86	4,51	4,20	3,92	3,67	3,45	3,24	3,05	2,88	2,72	2,58	2,44	2,32
		q _k	28,70	23,33	19,23	16,03	13,50	11,48	9,84	8,50	7,40	6,47	5,70	5,04	4,48	4,00	3,59	3,23	2,92	2,64	2,40	2,19	2,00
1,50	21,43	q _{d1}	15,58	13,86	12,41	11,17	10,12	9,20	8,41	7,72	7,10	6,56	6,06	5,59	5,17	4,80	4,46	4,16	3,89	3,64	3,42	3,22	3,03
		q _{d2}	13,54	12,11	10,91	9,87	8,98	8,21	7,53	6,93	6,41	5,94	5,52	5,14	4,80	4,50	4,22	3,97	3,74	3,53	3,33	3,16	2,99
		q _k	33,81	27,49	22,65	18,88	15,91	13,53	11,60	10,02	8,71	7,63	6,71	5,94	5,28	4,71	4,23	3,80	3,44	3,11	2,83	2,58	2,36

LEGENDA

q _{d1} návrhová hodnota únosnosti :	Prostý nosník	Spojitý nosník
q _{d2} návrhová hodnota únosnosti :	přesah TR plechu min. 230 mm za podporu	šifka vnitřní podpory min. 250 mm, šifka krajní podpory min. 125 mm
q _k charakteristická (normová) hodnota zatížení pro pružnou deformaci L/200, pro jinou mezni deformaci L/xxx přenásobte tabelizovanou hodnotou ok koeficientem 200/xxx	šifka podpory min. 40 mm	šifka vnitřní podpory min. 120 mm, šifka krajní podpory min. 40 mm
Pro zatížení osamělým břemenem (závěsem do vlny) je spolupůsobení sousedních vln minimální, bez podrobné analýzy spolupůsobení je nutné posoudit únosnost jedné samostatné vlny.		
Statický návrh trapézových plechů smí provádět pouze oprávněná osoba.		
Statické tabulky slouží jako pomůcka, jejíž použití nesnímá z autora statického návrhu zodpovědnost za bezpečný návrh.		
Tabulky platí pouze pro daný trapézový profil ze sortimentu firmy Kovové profily, spol. s r. o. z materiálu S320GD.		vydání 07.2013/SZBE
Pro jiné než tabelované parametry nebo pro atypické zadání kontaktujte technické oddělení firmy Kovové profily spol. s r. o.		

Obr. č. 13: Tabulka únosnosti trapézového plechu, zdroj [13]

6. Návrh a posouzení vaznic [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{bh^2} \quad \text{návrhové napětí v ohybu k ose y}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad \text{únosnost v ohybu k ose y}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

- Únosnost při kombinaci ohybu a tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{bh} \quad \text{návrhové napětí v tlaku}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad \text{únosnost v tlaku rovnoběžně s vlákny}$$

- Únosnost ve smyku

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{V_{Ed}}{b_{ef} \times h} \quad \text{napětí ve smyku v oblasti spoje}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b \quad \text{účinná šířka prvku}$$

$$k_{cr} = 0,67 \quad \text{pro RD i LLD, zahrnuje vliv výsušných trhlin}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \quad \text{únosnost ve smyku}$$

Příčná a torzní stabilita je zajištěna kotvením trapézového plechu.

Mezní stav použitelnosti

- Okamžitý průhyb

Charakteristické kombinace dle EN 1990, 6.14b:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{j > 1} \psi_{0i} Q_i$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \frac{g_k L^4}{E_{0,mean} I_y}$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 \quad \text{moment setrvačnosti}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \frac{q_k L^4}{E_{0,mean} I_y}$$

$$w_{inst,G+Q} \leq w_{lim} = L/300$$

- Konečný průhyb

$$w_{fin} = w_{inst,G} + w_{inst,Q1}(1 + k_{def}) + w_{inst,Q2}(1 + \Psi_2 k_{def})$$

$$k_{def} = 0,8 \quad \text{součinitel dotvarování pro LLD}$$

$$\Psi_2 = 0 \quad \text{součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení}$$

$$w_{fin} \leq w_{lim} = L/250$$

Návrh a posouzení na MSÚ

Charakteristiky materiálu:

– Lepené lamelové dřevo GL 24h – viz kap. 2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$$b = 200 \text{ mm} \quad h = 450 \text{ mm}$$

$$l = 5,0 \text{ m}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 200 = 134 \text{ mm} \quad \text{účinná šířka průřezu}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 134 \times 450 = 60\,300 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67 \quad \text{součinitel výsušných trhlin pro únosnost ve smyku}$$

Stabilizující zatížení

$$q_d = k_l \frac{n N_d}{k_{f,3} l_v} = 0,66 \times \frac{3 \times 48,29}{30 \times 34} = 0,1 \text{ kN/m} \quad \text{stabilizující zatížení na jednotku}$$

délky v úrovni vaznic, zadáno k zatěžovacímu stavu podélný vítr

$$n = \frac{9}{3} = 3$$

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{l_v}} = 0,66 \end{array} \right.$$

$k_{f,3} = 30$ doporučená hodnota modifikačního součinitele

$$N_d = (1 - k_{crit}) \frac{M_d}{h} = (1 - 0,972) \frac{3622}{2,1} = 48,29 \text{ kN} \quad \text{průměrná}$$

návrhová tlaková síla ve vazníku (viz posudek příčle kap. 10)

$l_v = 34$ rozpětí vazníku (stabilizující soustavy)

Návrhové vnitřní síly

$V_{ed,max} = 57,24 \text{ kN}$ návrhová posouvající síla z kombinace C01

$M_{ed,max} = 71,55 \text{ kNm}$ návrhový ohyb. moment z kombinace C01

$N_{ed,max} = 28,56 \text{ kN}$ návrhová tlaková síla kombinace C10b

$M_{ed} = 14,43 \text{ kNm}$ návrhový ohyb. moment z kombinace C10b

Posouzení

– Ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 71\,550\,000}{200 \times 450^2} = 10,6 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{10,6}{17,28} = 0,61 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Kombinace ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{28\,560}{200 \times 450} = 0,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 14\,430\,000}{200 \times 450^2} = 2,14 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 17,28 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\left(\frac{0,29}{17,28} \right)^2 + \frac{2,14}{17,28} = 0,13 \leq 1$$

- Únosnost ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{57240}{134 \times 450} = 1,42 \text{ MPa}$$

$$b_{ef} = 0,67 \times 200 = 134 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$1,42/2,52 = 0,56 \leq 1$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení vaznice na MSP

- Okamžitý průhyb

$$g_k = g_{k,vlastní\ tíha} + g_{k,střecha} = 0,315 + 11,7 = 12 \text{ kN/m}$$

$$w_{inst,G} = 5,9 \text{ mm}$$

$$\psi_0 = 0,6$$

kombinační součinitel pro vítr

$$q_k = q_{k,sníh} + \psi_0 q_{k,vitr} = 4,346 \text{ kN/m}$$

$$w_{inst,Q} = 2,1 \text{ mm}$$

$$w_{inst,G+Q} = 8 \text{ mm} \leq 17 \text{ mm} = \frac{L}{300} = w_{lim}$$

VYHOVUJE

- Konečný průhyb

$$w_{fin} = 5,9(1 + 0,8) + 2,1(1 + 0)$$

$$w_{fin} = 12,72 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} = \frac{L}{250} = w_{lim}$$

VYHOVUJE

NÁVRH: VAZNICE 200x450, materiál GL 24h

VYHOVUJE

7. Návrh a posouzení přípoje vaznice na příčel [5] [8]

7.1. Svorníky

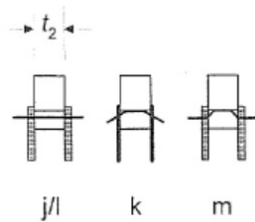
- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

Pro tenké ocelové desky ($t \leq 0,5d$) jako vnější prvky dvojtřížných spojů:

$$F_{v,te,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5f_{h,2,k}t_2d \quad (j) \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,2,k}d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \quad (k) \end{array} \right.$$

Pro tlusté ocelové desky ($t \geq d$) jako vnější prvky dvojtřížných spojů:

$$F_{v,tl,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5f_{h,2,k}t_2d \quad (l) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk}f_{h,2,k}d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \quad (m) \end{array} \right.$$



Obr. č. 14: Možné způsoby porušení dvojtřížného spoje, zdroj [5] str. 63

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} \frac{\text{Johansenova část}}{\gamma_M} + k_2 \frac{F_{C,Rk}}{4 \times \gamma_{M2}}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad \text{charakteristická pevnost v otláčení}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6} \quad \text{char. plastický moment únosnosti spojovacího prostředku}$$

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{t,Rk}; F_{C,Rk}) \quad \text{příspěvek od účinku sepnutí (únosnost v tahu svorníku; únosnost dřeva v otláčení), max. 25% Johansenovy části}$$

$$F_{t,Rk} = f_{ub} \times A_s \quad \text{únosnost svorníku v tahu}$$

$$F_{C,Rk} = A_p \times 2 \times f_{c,90,k} \quad \text{únosnost dřeva v otláčení}$$

Návrh a posouzení svorníkového přípoje

Charakteristiky materiálu

- Lepené lamelové dřevo GL 24h – viz charakteristiky materiálu kap. 2

$$f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 16)385 = 26,5 \text{ MPa}$$

- ocelové svorníky 5.6

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti svorníku}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tahu svorníku}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 16^{2,6} = 202\,676,42 \text{ Nmm}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

Parametry dřevěné vaznice

$$b = 200 \text{ mm} \quad \text{šířka průřezu}$$

$$h = 450 \text{ mm} \quad \text{výška průřezu}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 200 = 134 \text{ mm} \quad \text{účinná šířka průřezu}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 134 \times 450 = 60\,300 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67 \quad \text{součinitel výsušných trhlin pro únosnost ve smyku}$$

Parametry svorníkového spoje

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro svorník}$$

$$n = 4 \quad \text{počet svorníků}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$t = 10 \text{ mm} \quad \text{tloušťka ocelových desek}$$

$$t_2 = 200 \text{ mm} \quad \text{tloušťka vaznice}$$

$$A_p = 250 \times 450 = 112\,500 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha bočního plechu}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$V_{Ed} = 57,24 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla ve vaznici}$$

Posouzení

- Posouzení spojovacích prostředků na smyk

$$F_{t,Rk} = 510 \times 201/1000 = 102,54 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rk} = 112\,500 \times 2 \times \frac{2,5}{1000} / 4 = 140,63 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 102,54 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk}/4 = 25,64 \text{ kN} \quad \text{příspěvek od sepnutí} \leq 25\% \text{ Johansenova část}$$

Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

Pro tenké ocelové desky ($t \leq 8\text{ mm}$) jako vnější prvky dvojtřížných spojů:

$$F_{v,te,Rk,1}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \times 26,5 \times 200 \times \frac{16}{1000} = 44,13 \text{ kN} \quad (j) \\ 1,15 \sqrt{2 \times 202\,676,42 \times 26,5 \times 16} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 10,86 + \frac{10,86}{4} = 13,575 \text{ kN} \quad (k) \end{array} \right.$$

Pro tlusté ocelové desky ($t \geq 16 \text{ mm}$) jako vnější prvky dvojtřížných spojů:

$$F_{v,tl,Rk,1}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \times 26,5 \times 200 \times 16/1000 = 44,13 \text{ kN} \quad (j) \\ (2,3 \sqrt{202\,676,42 \times 26,5 \times 16} + \frac{F_{ax,Rk}}{4})/1000 = 15,36 + \frac{15,36}{4} = 19,2 \text{ kN} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk,1} = 15 \text{ kN} \quad \text{po lineární interpolaci}$$

$$F_{v,Rd,1} = 0,9 \times \frac{15}{1,3} = 10,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 10,4 \times 2 \times 4 = 83,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{83,1}{96} = 0,87 \quad \text{VYHOVUJE}$$

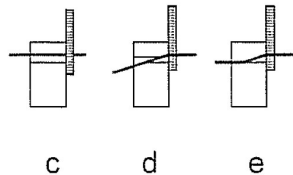
NÁVRH: 4x SVORNÍK 5.6, Ø16 mm VYHOVUJE

7.2. Vrutý s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass [5] [8]

Příčné zatížení

- Únosnost vrutu pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (pro tlustou desku jednostřížně namáhanou $t \geq d$)

$$F_{v,1,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & \text{(c)} \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \end{cases}$$



Obr. č. 15: Možné způsoby porušení jednostřížného spoje, zdroj [5]

Platí pokud:

- účinný průměr = průměr hladkého dřívku
- hladký dřívik vniká do prvku, ve kterém je hrot vrutu nejméně 4d

Osově zatížení

Možnosti porušení v našem případě:

- porušení vytažením závitové části vrutu
- porušení odtržením hlavičky
- porušení vrutu v tahu
- Posouzení vrutů zatížených současně příčně i osově

$F_{ax,1,Ed} = M_{ex,Ed} r_1 / 2 (\sum r_i)^2$ normálová síla působící na vytažení jednoho svorníku od vlivu excentricity posouvající síly

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

Návrh a posouzení spoje s vruty

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h - viz charakteristiky materiálu kap. 2
- vruty se šestihrannou hlavou KOP Rothoblass

ROZMĚRY A MECHANICKÉ VLASTNOSTI



VRUT SE ŠESTIHRANOU HLAVOU KOP				
Jmenovitý průměr	d_1 [mm]	6 *	8	10
Klíč	Ch [mm]	10	13	17
Tloušťka hlavy	k [mm]	4,00	5,50	7,00
Průměr jádra	d_s [mm]	4,20	5,60	7,00
Průměr stopky	d_s [mm]	6,00	8,00	10,00
Průměr předvrtání - hladká část	d_{v1} [mm]	6,0	8,0	10,0
Průměr předvrtání - závitová část	d_{v2} [mm]	4,0	5,5	7,0
Délka závitu	b [mm]			$\geq 0,6 L$
Charakteristický moment kluzu	M_{yk} [Nmm]	-	16900,0	32200,0
Charakteristický parametr odolnosti vůči vytažení	f_{yk} [N/mm ²]	-	12,9	10,6
Měrná hmotnost	ρ_a [kg/m ³]	-	400	400
Charakteristický parametr vniknutí hlavy	f_{head} [N/mm ²]	-	22,8	19,8
Měrná hmotnost	ρ_a [kg/m ³]	-	440	420
Charakteristická mez pevnosti v tahu	$f_{ten,k}$ [kN]	-	15,7	23,6

* Vrut nemá označení CE.

Obr. č. 16: Rozměry a mechanické vlastnosti vrutu, zdroj [14]

Parametry spoje s vruty

$t = 10$ mm	tloušťka ocelové desky
$d_1 = 8$ mm	jmenovitý průměr
$L = 100$ mm	délka vrutu
$n = 18$	počet vrutů

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$V_{Ed} = 57,24$ kN návrhová posouvající síla ve vaznici

$e = 150$ mm excentricita působíště posouvající síly

$M_{ex,Ed} = V_{Ed} \times e = 57,24 \times 0,15 = 8,6$ kNm návrhový moment od excentricity

- z rozhodující kombinace C10a – střední pole

$N_{Ed} = 41$ kN návrhová tahová síla ve vaznici

Posouzení

- Posouzení spojovacích prostředků na smyk

rozměry				STŘIH				TAH			
				dřevo-dřevo $\alpha = 0^\circ$ (1)	dřevo-dřevo $\alpha = 90^\circ$ (2)	ocel-dřevo tenká deska (3)	ocel-dřevo silná deska (4)	vytažení závitu (5)	vniknutí hlavy (6)		
d_1 [mm]	L [mm]	b (7) [mm]	A [mm]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{axk} [kN]	R_{hnikk} [kN]		
8	50	30	20	2,96	2,23	$s_{\text{vrt}} \leq 4 \text{ mm}$	$s_{\text{vrt}} \geq 8 \text{ mm}$	3,75	2,78		
	60	36	24	3,28	2,68					4,38	3,34
	70	42	28	3,55	2,87					4,56	3,90
	80	48	32	3,78	3,01					4,70	4,45
	100	60	40	3,96	3,32					4,98	5,56
	120	72	48	3,96	3,42					4,20	6,68
140	84	56	3,96	3,42	4,48	5,53	7,79	3,54			

Obr. č. 17: Rozměry a mechanické vlastnosti vrtu, zdroj [14]

$$F_{v,1,Rk} = 5,25 \text{ kN}^5$$

$$F_{v,1,Rd} = 0,9 \times \frac{5,25}{1,3} = 3,63 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 3,63 \times 18 = 65,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 57,24 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{57,24}{65,4} = 0,87 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení spojovacích prostředků na osovou sílu

$$F_{ax,Rk} = 5,56 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = 0,9 \times \frac{5,56}{1,3} = 3,85 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{54,6}{18} = 3,0 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} = \frac{3}{3,85} = 0,78 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

⁵ Jedná se o konzervativní hodnotu, při výpočtu byla použita objemová hmotnost dřeva $\rho_k=350 \text{ kg/m}^3$ (přitom GL32 h $\rho_k=440 \text{ kg/m}^3$)

- Posouzení spojovacího prostředků na kombinaci osově a příčné síly

$$F_{ax,1,Ed} = 8,6 \times \frac{0,4}{2(0,04+0,085+0,13+0,175+0,22+0,265+0,31+0,355+0,4)^2} = 0,44 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{ax,1,Ed}}{F_{ax1,Rd}} = \frac{0,44}{3,85} = 0,11$$

$$(0,87)^2 + (0,11)^2 = 0,77 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH PRO STŘEDNÍ POLE: 18x VRUT KOP ROTHOBGLASS, Ø8 mm, L= 100 mm
VYHOVUJE

- z rozhodující kombinace C10a – krajní pole se ztužidlem

$$N_{vaznice,1,Ed} = \frac{54,6}{24} = 2,28 \text{ kN} \quad \text{návrhová tahová síla ve vaznici na vrut}$$

$$N_{táhlo,1,Ed} = 18,32 \times \sin 45^\circ / 12 = 1,1 \text{ kN} \quad \text{návrhová tahová síla v táhle}$$

$$\frac{F_{ax,1,Ed}}{F_{ax,1,Rd}} = \frac{3,38}{3,85} = 0,88 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH PRO KRAJNÍ POLE: 24x VRUT KOP ROTHOBGLASS, Ø8 mm, L= 100 mm
VYHOVUJE

8. Výpočet tuhosti rámového rohu [9]

Parametry kolíkového spoje

- Kruhový kolíkový spoj se dvěma soustřednými kružnicemi

$d = 24 \text{ mm}$	průměr kolíku
$\rho_m = 490 \text{ kg/m}^3$	průměrná hustota LLD GL 32h
$n_1 = 38$	počet kolíků vnější kružnice
$r_1 = 875 \text{ mm}$	poloměr vnější kružnice
$n_2 = 32$	počet kolíků vnitřní kružnice
$r_2 = 755 \text{ mm}$	poloměr vnější kružnice

Modul prokluzu

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} d / 23 \quad \text{modul prokluzu pro ocelový kolík}$$

$$k_{ser} = 490^{1,5} \times \frac{24}{23} = 11\,318,2 \text{ N/mm}$$

$$k_u = \frac{2}{3} k_{ser} \quad \text{modul prokluzu pro ocelový kolík pro MSÚ}$$

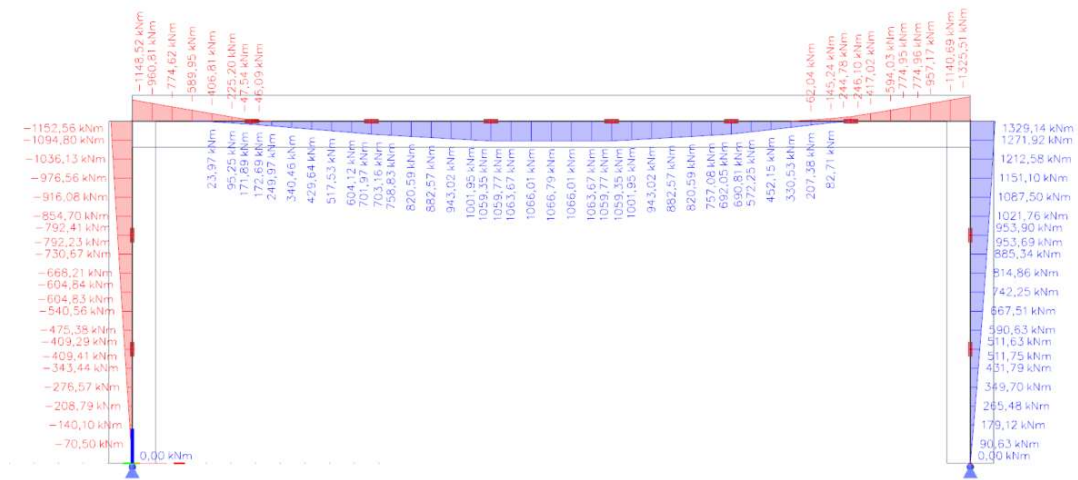
$$k_u = 7545,47 \text{ N/mm}$$

Rotační tuhost spoje

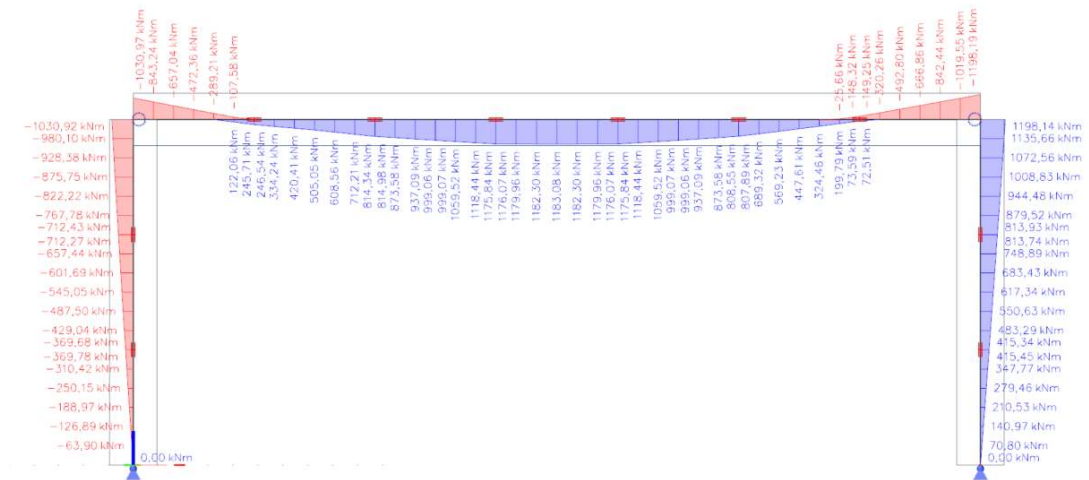
$$k_{u,r,d} = k_u (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2) \quad \text{návrhová rotační tuhost spoje}$$

$$k_{u,r,d} = 7545,47 (38 \times 875^2 + 32 \times 755^2) \times 10^{-9} = 714,323 \text{ MNm/rad}$$

Vypočtená rotační tuhost spoje byla zadána do 3D modelu konstrukce v programu Scia Engineer. Průběh ohybových momentů na hlavních vazbách se po úpravě změnil následovně:



Obr. č. 18: Průběh ohybových momentů na rámu PŘED zavedením rotační tuhosti kolíkového spoje, zdroj vlastní



Obr. č. 19: Průběh ohybových momentů na rámu PO zavedení rotační tuhosti kolíkového spoje, zdroj vlastní

	M_{ed} pole	M_{ed} podpora
$k_{u,r,d} = \infty \text{ MNm/rad}$	1067 kNm	1326 kNm
$k_{u,r,d} = 714,323 \text{ MNm/rad}$	1183 kNm	1198 kNm

Cílem bylo vytvořit kolíkový spoj natolik tuhý, aby bylo zajištěno rámové působení. Po zavedení tuhosti do analytického modelu se ohybový moment v poli přibližně rovná maximálnímu ohybovému momentu nad podporou, což znamená, že konstrukce je optimálně namáhána. Kdyby byl spoj navržen jako méně tuhý, poklesl by moment v rohu a rám by tak přestával plnit svou hlavní funkci – přenášet příčné zatížení a ztužovat konstrukci v tomto směru.

9. Vzpěrné délky ve směru osy y rámové příčle a stojky

9.1. Výpočet dle ČSN 73 1702 příloha E [6] [11]

Stojka

$$l_{ef,S} = \beta_S \times h \quad \text{vzpěrná délka stojky}$$

$$h = 13,85 \text{ m} \quad \text{délka stojky}$$

$$s = 17 \text{ m} \quad \text{polovina délky příčle}$$

$$E = \frac{E_{mean}}{\gamma_M} = \frac{14,2}{1,25} = 11,36 \text{ GPa} \quad \text{návrhový modul pružnosti}$$

$$I_R = 15,435 \times 10^{10} \text{ mm}^4 \quad \text{moment setrvačnosti průřezu příčle}$$

$$I_S = 13,718 \times 10^{10} \text{ mm}^4 \quad \text{moment setrvačnosti průřezu stojky}$$

$$k_\varphi = k_{u,r,d} = 714,323 \text{ MNm/rad} \quad \text{návrhová rotační tuhost spoje}$$

$$N_R = 77 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla v příčli}$$

$$N_S = 360 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla ve stojce}$$

$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 E I_S}{h} \times \left(\frac{1}{k_\varphi} + \frac{s}{3 E I_R} \right) + \frac{E I_S N_R s^2}{E I_R N_S h^2}} = 3,07$$

$$l_{ef,S} = 3,07 \times 13,85 = 42,53 \text{ m}$$

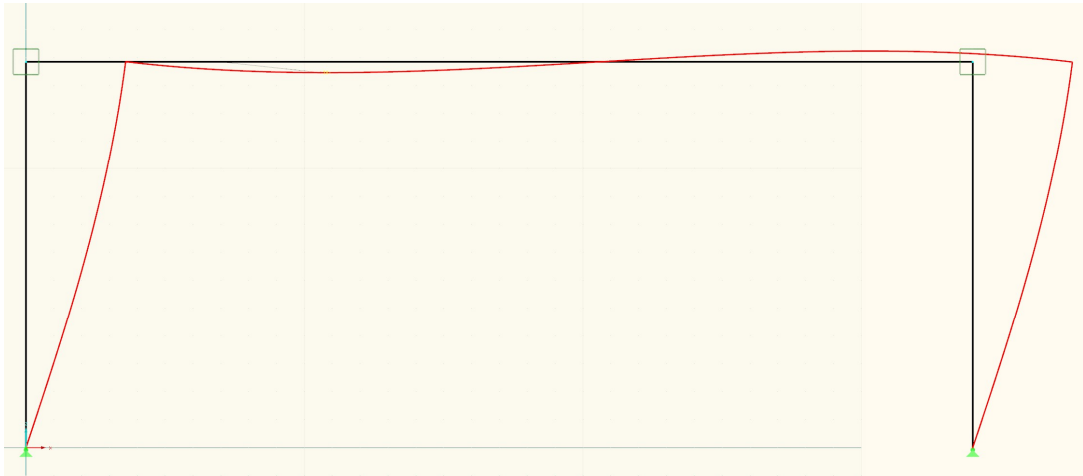
Příčel

$$l_{ef,R} = \beta_R \times s \times 2 \quad \text{výpočtová vzpěrná délka příčle}$$

$$\beta_R = \beta_S \sqrt{\frac{E I_R (2 N_S)}{E (2 I_S) N_R}} \times \frac{h}{s} = 5,738$$

$$l_{ef,R} = 97,55 \text{ m} \quad \text{výpočtová vzpěrná délka příčle}$$

9.2. Výpočet s pomocí software Dlubal RFEM



Obr. č. 20: 1. vlastní tvar, zdroj vlastní

Prut	Délka prutu L [m]	VI. tvar č.	Vzpěrná délka [m] $L_{cr,y}$	Souč. vzpěrné délky [-] $k_{cr,y}$	Kritická síla N_{cr} [kN]
Stojka	13,850	1	40,232	2,905	11459,600
Stojka	13,850	1	40,232	2,905	11459,600
Příčel	34,000	1	92,587	2,723	2434,600

Tab. č. 6: Vzpěrné délky dle softwaru Dlubal RFEM, zdroj vlastní

Výpočtové hodnoty vzpěrných délek dle ČSN 73 1702 jsou oproti výsledkům softwaru na straně bezpečné, proto byly použity pro posouzení příčle a stojky rámu.

10. Návrh a posouzení příčle hlavní vazby [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} \quad \text{štíhlost prutu ve směru } y$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} \quad \text{štíhlost prutu ve směru } z$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{poměrný štíhlostní poměr (ohyb kolem osy y)}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{poměrný štíhlostní poměr (ohyb kolem osy z)}$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{pro obdélníkové průřezy}$$

$$\beta_c = 0,1 \quad \text{pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{bh} \quad \text{návrhové napětí v tlaku}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{bh^2} \quad \text{návrhové napětí v ohybu k ose y}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{hb^2} \quad \text{návrhové napětí v ohybu k ose z}$$

$$X_d = \frac{k_{mod} \times X_k}{\gamma_M} \quad \text{návrhová pevnost dřeva}$$

- Únosnost ve smyku
- viz výpočet únosnosti ve smyku vaznice, kap. 4

Mezní stav použitelnosti

- Okamžitý průhyb

Charakteristické kombinace dle EN 1990, 6.14b:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{j > 1} \psi_{0i} Q_i$$

$$u_{inst,G+Q} \leq u_{lim} = L/350$$

$$q_k = q_{k,snih} + \psi_0 q_{k,vitr}$$

$$\psi_0 = 0,6 \quad \text{kombinační součinitel pro vítr}$$

- Konečný průhyb

$$u_{fin} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q2}(1 + \Psi_2 k_{def})$$

$k_{def} = 0,8$ součinitel dotvarování pro LLD

$\Psi_2 = 0$ součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

$$u_{fin} \leq u_{lim} = L/250$$

Návrh a posouzení hlavní příčle na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$b = 200 \text{ mm}$	šířka příčle
$h = 2100 \text{ mm}$	výška příčle
$l = 34 \text{ m}$	délka příčle
$l_{cr,y} = 97,55 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru osy y
$l_{cr,z} = 4,85 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru osy z
$i_y = 606,218 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 57,735 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$M_{ed} = 1200 \text{ kNm}$ návrhový ohyb. moment

$N_{ed} = 77 \text{ kN}$ návrhová tlaková síla

$V_{ed} = 240 \text{ kN}$ návrhová posouvající síla

Posouzení

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu

$$\lambda_y = \frac{97550}{606,218} = 160,916 \quad \lambda_z = \frac{4850}{57,735} = 84,004$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{160,916}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 2,667 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{84,004}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 1,392$$

$$k_y = 0,5(1 + 0,1(2,667 - 0,3) + 2,667^2) = 4,176$$

$$k_z = 0,5(1 + 0,1(1,392 - 0,3) + 1,392^2) = 1,524$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{4,176 + \sqrt{4,176^2 - 2,667^2}} = 0,135$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,524 + \sqrt{1,524^2 - 1,392^2}} = 0,466$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{77000}{200 \times 2100} = 0,183 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 1200 \times 10^6}{200 \times 2100^2} = 8,163 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,183}{0,135 \times 23,04} + \frac{8,163}{23,04} = 0,059 + 0,354 = 0,413 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,183}{0,466 \times 23,04} + 0,7 \frac{8,163}{23,04} = 0,017 + 0,249 = 0,265 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Únosnost ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{150\,000}{134 \times 2100} = 0,8 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$b_{ef} = 0,67 \times 200 = 134 \text{ mm}$$

$$\frac{0,8}{2,52} = 0,32 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh a posouzení hlavní příčle na MSP

- Okamžitý průhyb
 - dle výpočtu ze 3D modelu v programu SCIA Engineer

$$u_{inst,G} = 43,2 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q} = 12,8 \text{ mm}$$

$$u_{inst,G+Q} = 56 \text{ mm} \leq 97 \text{ mm} = L/350 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Konečný průhyb

$$w_{fin} = 43,2(1 + 0,8) + 12,8(1 + 0)$$

$$w_{fin} = 90,56 \text{ mm} \leq 136 \text{ mm} = L/250 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: PŘÍČEL 200x2100, materiál LLD GL 32h	VYHOVUJE
---	----------

11. Návrh a posouzení stojky hlavní vazby [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu
 - Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku příčle hlavní vazby – viz kap. 10
- Únosnost ve smyku
 - viz výpočet únosnosti ve smyku vaznice, kap. 6

Návrh a posouzení hlavní stojky na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h, viz kap. 2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$$b = 120 \text{ mm} \quad \text{šířka stojky}$$

$$h = 1900 \text{ mm} \quad \text{výška stojky}$$

$$l = 13,85 \text{ m} \quad \text{délka stojky}$$

$$l_{cr,y} = 42,530 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka ve směru osy y}$$

$$l_{cr,z} = 4,615 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka ve směru osy z}$$

$$i_y = 548,483 \text{ mm} \quad i_z = 34,641 \text{ mm} \quad \text{poloměry setrvačnosti}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$M_{ed} = 600 \text{ kNm} \quad \text{návrhový ohyb. moment}$$

$$N_{ed} = 180 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla}$$

$$V_{ed} = 42 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla}$$

Posouzení

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu

$$\lambda_y = \frac{42530}{548,483} = 77,541 \quad \lambda_z = \frac{4615}{34,641} = 133,24$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{77,541}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 1,285 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{133,24}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 2,208$$

$$k_y = 0,5(1 + 0,1(1,285 - 0,3) + 1,285^2) = 1,375$$

$$k_z = 0,5(1 + 0,1(2,208 - 0,3) + 2,208^2) = 3,034$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,375 + \sqrt{1,375^2 - 1,285^2}} = 0,536$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{3,034 + \sqrt{3,034^2 - 2,208^2}} = 0,196$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{180000}{120 \times 1900} = 0,789 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 600 \times 10^6}{120 \times 1900^2} = 8,310 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,789}{0,536 \times 23,04} + \frac{8,310}{23,04} = 0,064 + 0,361 = 0,425 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,789}{0,196 \times 23,04} + 0,7 \frac{8,163}{23,04} = 0,175 + 0,253 = 0,428 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Únosnost ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{42\,000}{80,4 \times 1900} = 0,41 \text{ MPa}$$

$$b_{ef} = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,41}{2,52} = 0,164 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 2x STOJKA 120x1900, materiál LLD GL 32h

VYHOVUJE

12. Návrh a posouzení kolíkového spoje rámového rohu [5] [8] [9] [10]

Mezní stav únosnosti

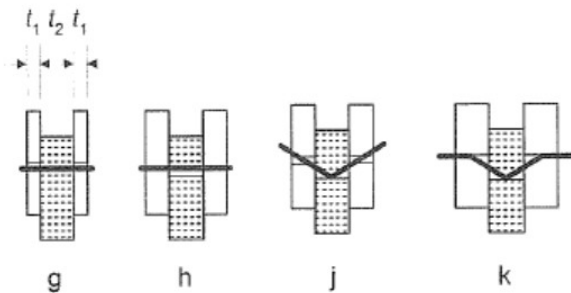
- Charakteristická únosnost jednoho stříhu kolíku při dvojstržném namáhání

$$F_{v,Rk} =$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = 0 \quad \text{příspěvek od sepnutí pro kolíkový spoj je nulový}$$



Obr. č. 21: Způsoby porušení pro spoje ze dřeva a desek, zdroj [5]

$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6}$ charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku

$f_{h,i,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ charakteristická pevnost v otláčení ve dřevu pro úhel α k vláknům

$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$ charakteristická pevnost v otláčení ve dřevu rovnoběžně s vlákny

$k_{90} = 1,35 + 0,015d$ pro dřevo jehličnatých dřevin

Napětí ve smyku

$F_{V,d} = V_M - \frac{V_{ed,stojka}}{2}$ nejvyšší hodnota posouvající síly v oblasti spoje

$$V_M = \left[\frac{M_{ed}}{\pi} \frac{n_1 r_1 + n_2 r_2}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} \right]$$

$\tau_d = 1,5 \frac{F_{V,d}}{b_e f h}$ napětí ve smyku v oblasti spoje

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Momentová únosnost spoje

$M_{Rd} = F_{v,Rd,celkem} \times n \times r$ moment únosnosti spoje

r - poloměr vnější kružnice

n – počet stříhů

Návrh a posouzení na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \times 24 = 1,71$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 24)440 = 27,42 \text{ MPa}$$

- ocelové kolíky pevnosti 5.6

$f_{ub} = 510 \text{ MPa}$ mez pevnosti kolíku

$f_{u,k} = 500 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost v tahu kolíku

$d = 24 \text{ mm}$ průměr kolíku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 24^{2,6} = 581\,621,55 \text{ Nmm}$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Charakteristiky navrhovaného prvku

$t_1 = 120 \text{ mm}$ tloušťka sloupu

$t_2 = 200 \text{ mm}$ tloušťka příčle

Parametry kolíkového spoje

- Kruhový kolíkový spoj se dvěma soustřednými kružnicemi

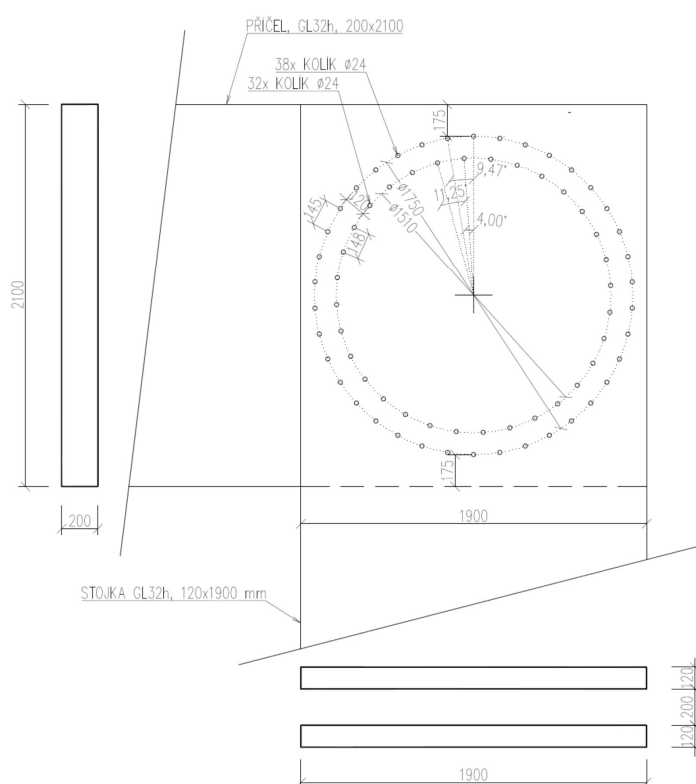
$d = 24 \text{ mm}$ průměr kolíku

$n_1 = 38$ počet kolíků vnější kružnice

$r_1 = 875 \text{ mm}$ poloměr vnější kružnice

$n_2 = 32$ počet kolíků vnitřní kružnice

$r_2 = 755 \text{ mm}$ poloměr vnější kružnice



Obr. č. 22: Geometrie kolíkového spoje, zdroj vlastní

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C01

$M_{Ed} = 1200 \text{ kNm}$	návrhový ohybový moment
$N_{Ed, stojka} = 284 \text{ kN}$	návrhová tlaková síla ve stojce
$N_{Ed, příčel} = 77 \text{ kN}$	návrhová tlaková síla v příčli
$V_{Ed, stojka} = 84 \text{ kN}$	návrhová posouvající síla ve stojce
$V_{Ed, příčel} = 239 \text{ kN}$	návrhová posouvající síla v příčli

Rozdělení sil na jednotlivé kolíky

$$F_M = \frac{r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} M_{Ed} = \frac{0,875}{38 \times 0,875^2 + 32 \times 0,755^2} 1200 = 22,18 \text{ kN} \quad \text{zatížení od momentu}$$

$$F_{N,S} = \frac{N_{ed, stojka}}{n_1 + n_2} = \frac{284}{38 + 32} = 4,06 \text{ kN} \quad \text{zatížení od normálové síly ve stojce}$$

$$F_{N,P} = \frac{77}{38 + 32} = 1,1 \text{ kN} \quad \text{zatížení od normálové síly v příčli}$$

$$F_{V,S} = \frac{84}{38 + 32} = 1,2 \text{ kN} \quad \text{zatížení od posouvající síly ve stojce}$$

$$F_{V,P} = \frac{239}{38 + 32} = 3,41 \text{ kN} \quad \text{zatížení od posouvající síly v příčli}$$

$$F_{d,P} = \sqrt{(F_{V,P} + F_M)^2 + F_{N,P}^2} = \sqrt{(3,41 + 22,18)^2 + 1,1^2} = 25,62 \text{ kN}$$

návrhová hodnota namáhání pro kolík v ose příčle

$$F_{d,S} = \sqrt{(1,2 + 22,18)^2 + 4,06^2} = 23,7 \text{ kN}$$

návrhová hodnota namáhání pro kolík v ose stojky

Posouzení

VNĚJŠÍ KRUŽNICE KOLÍKŮ

počet kolíků	38	38,18 =počet kolíků pro vzdálenost 6d mezi sebou
průměr kružnice	1750 mm	
úhel mezi kolíky	9,47 °	
vzdálenost kolíků od sebe	144,5 mm	≥ 144,0 mm

číslo kolíku	úhel zatížení α vzhledem k vláknům				$f_{h,1\alpha,k}$ [MPa]	$f_{h,2\alpha,k}$ [MPa]	β	(g) $F_{v,Rd,1}$ [N]	(h) $F_{v,Rd,2}$ [N]	(j) $F_{v,Rd,3}$ [N]	(k) $F_{v,Rd,4}$ [N]	min. $F_{v,Rd}$ [N]
	pro stojku	pro příčel	$f_{h,1\alpha,k}$ [MPa]	$f_{h,2\alpha,k}$ [MPa]								
1	0,00	90,00	27,42	16,04	0,58	54672,86	26643,69	20137,85	18923,80	18923,80		
2	9,47	80,53	26,90	16,22	0,60	53641,08	26946,80	19951,09	18923,80	18923,80		
3	18,95	71,05	25,51	16,77	0,66	50865,33	27863,41	19443,47	18923,80	18923,80		
4	28,42	61,58	23,62	17,70	0,75	47097,94	29409,82	18742,15	18923,80	18742,15		
5	37,89	52,11	21,63	19,01	0,88	43122,41	31592,27	17986,34	18923,80	17986,34		
6	47,37	42,63	19,81	20,68	1,04	39494,50	34367,69	17282,45	18923,80	17282,45		
7	56,84	33,16	18,31	22,62	1,24	36506,94	37579,00	16692,94	18923,80	16692,94		
8	66,32	23,68	17,19	24,60	1,43	34268,31	40877,57	16245,76	18923,80	16245,76		
9	75,79	14,21	16,45	26,30	1,60	32792,96	43691,30	15948,75	18923,80	15948,75		
10	85,26	4,74	16,08	27,29	1,70	32063,22	45341,18	15801,24	18923,80	15801,24		
11	94,74	-4,74	16,08	27,29	1,70	32063,22	45341,18	15801,24	18923,80	15801,24		
12	104,21	-14,21	16,45	26,30	1,60	32792,96	43691,30	15948,75	18923,80	15948,75		
13	113,68	-23,68	17,19	24,60	1,43	34268,31	40877,57	16245,76	18923,80	16245,76		
14	123,16	-33,16	18,31	22,62	1,24	36506,94	37579,00	16692,94	18923,80	16692,94		
15	132,63	-42,63	19,81	20,68	1,04	39494,50	34367,69	17282,45	18923,80	17282,45		
16	142,11	-52,11	21,63	19,01	0,88	43122,41	31592,27	17986,34	18923,80	17986,34		
17	151,58	-61,58	23,62	17,70	0,75	47097,94	29409,82	18742,15	18923,80	18742,15		
18	161,05	-71,05	25,51	16,77	0,66	50865,33	27863,41	19443,47	18923,80	18923,80		
19	170,53	-80,53	26,90	16,22	0,60	53641,08	26946,80	19951,09	18923,80	18923,80		
20	180,00	-90,00	27,42	16,04	0,58	54672,86	26643,69	20137,85	18923,80	18923,80		
21	189,47	-99,47	26,90	16,22	0,60	53641,08	26946,80	19951,09	18923,80	18923,80		
22	198,95	-108,95	25,51	16,77	0,66	50865,33	27863,41	19443,47	18923,80	18923,80		
23	208,42	-118,42	23,62	17,70	0,75	47097,94	29409,82	18742,15	18923,80	18742,15		
24	217,89	-127,89	21,63	19,01	0,88	43122,41	31592,27	17986,34	18923,80	17986,34		
25	227,37	-137,37	19,81	20,68	1,04	39494,50	34367,69	17282,45	18923,80	17282,45		
26	236,84	-146,84	18,31	22,62	1,24	36506,94	37579,00	16692,94	18923,80	16692,94		
27	246,32	-156,32	17,19	24,60	1,43	34268,31	40877,57	16245,76	18923,80	16245,76		
28	255,79	-165,79	16,45	26,30	1,60	32792,96	43691,30	15948,75	18923,80	15948,75		
29	265,26	-175,26	16,08	27,29	1,70	32063,22	45341,18	15801,24	18923,80	15801,24		
30	274,74	-184,74	16,08	27,29	1,70	32063,22	45341,18	15801,24	18923,80	15801,24		
31	284,21	-194,21	16,45	26,30	1,60	32792,96	43691,30	15948,75	18923,80	15948,75		
32	293,68	-203,68	17,19	24,60	1,43	34268,31	40877,57	16245,76	18923,80	16245,76		
33	303,16	-213,16	18,31	22,62	1,24	36506,94	37579,00	16692,94	18923,80	16692,94		
34	312,63	-222,63	19,81	20,68	1,04	39494,50	34367,69	17282,45	18923,80	17282,45		
35	322,11	-232,11	21,63	19,01	0,88	43122,41	31592,27	17986,34	18923,80	17986,34		
36	331,58	-241,58	23,62	17,70	0,75	47097,94	29409,82	18742,15	18923,80	18742,15		
37	341,05	-251,05	25,51	16,77	0,66	50865,33	27863,41	19443,47	18923,80	18923,80		
38	350,53	-260,53	26,90	16,22	0,60	53641,08	26946,80	19951,09	18923,80	18923,80		

celková únosnost $F_{v,Rd}$ [kN] 664,04
moment únosnosti [kNm] 1162,06

Tab. č. 7: Výpočet únosnosti kolíkového spoje, zdroj vlastní

VNITŘNÍ KRUŽNICE KOLÍKŮ

počet kolíků	32	32,94 =počet kolíků pro vzdálenost 6d mezi sebou
průměr kružnice	1510 mm	
úhel mezi kolíky	11,25 °	
vzdálenost kolíků od sebe	148,0 mm	≥ 144,0 mm

číslo kolíku	úhel zatížení α vzhledem k vláknům					(g)	(h)	(j)	(k)	min. F _{v,Rd} [N]
	pro stojku	pro příčel	f _{h,1α,k}	f _{h,2α,k}	β	F _{v,Rd,1} [N]	F _{v,Rd,2} [N]	F _{v,Rd,3} [N]	F _{v,Rd,4} [N]	
1	4,00	94,00	27,33	16,07	0,59	54484,62	26697,63	20103,86	18923,80	18923,80
2	15,25	82,75	26,14	16,14	0,62	52112,98	26821,05	19571,41	18793,14	18793,14
3	26,50	71,50	24,02	16,74	0,70	47901,68	27806,09	18715,46	18684,46	18684,46
4	37,75	60,25	21,66	17,86	0,82	43181,58	29677,84	17778,63	18612,89	17778,63
5	49,00	49,00	19,52	19,52	1,00	38929,51	32441,26	16946,26	18587,95	16946,26
6	60,25	37,75	17,86	21,66	1,21	35613,41	35984,65	16314,47	18612,89	16314,47
7	71,50	26,50	16,74	24,02	1,44	33367,31	39918,07	15914,45	18684,46	15914,45
8	82,75	15,25	16,14	26,14	1,62	32185,26	43427,48	15745,23	18793,14	15745,23
9	94,00	4,00	16,07	27,33	1,70	32037,16	45403,85	15795,97	18923,80	15795,97
10	105,25	-7,25	16,51	27,11	1,64	32918,04	45051,29	16056,89	19057,22	16056,89
11	116,50	-18,50	17,48	25,59	1,46	34853,57	42521,12	16521,06	19172,57	16521,06
12	127,75	-29,75	18,99	23,34	1,23	37865,11	38780,89	17177,02	19250,82	17177,02
13	139,00	-41,00	21,00	21,00	1,00	41875,86	34896,55	17990,27	19278,53	17990,27
14	150,25	-52,25	23,34	18,99	0,81	46537,07	31554,26	18873,83	19250,82	18873,83
15	161,50	-63,50	25,59	17,48	0,68	51025,34	29044,64	19662,51	19172,57	19172,57
16	172,75	-74,75	27,11	16,51	0,61	54061,55	27431,70	20132,35	19057,22	19057,22
17	184,00	-86,00	27,33	16,07	0,59	54484,62	26697,63	20103,86	18923,80	18923,80
18	195,25	-97,25	26,14	16,14	0,62	52112,98	26821,05	19571,41	18793,14	18793,14
19	206,50	-108,50	24,02	16,74	0,70	47901,68	27806,09	18715,46	18684,46	18684,46
20	217,75	-119,75	21,66	17,86	0,82	43181,58	29677,84	17778,63	18612,89	17778,63
21	229,00	-131,00	19,52	19,52	1,00	38929,51	32441,26	16946,26	18587,95	16946,26
22	240,25	-142,25	17,86	21,66	1,21	35613,41	35984,65	16314,47	18612,89	16314,47
23	251,50	-153,50	16,74	24,02	1,44	33367,31	39918,07	15914,45	18684,46	15914,45
24	262,75	-164,75	16,14	26,14	1,62	32185,26	43427,48	15745,23	18793,14	15745,23
25	274,00	-176,00	16,07	27,33	1,70	32037,16	45403,85	15795,97	18923,80	15795,97
26	285,25	-187,25	16,51	27,11	1,64	32918,04	45051,29	16056,89	19057,22	16056,89
27	296,50	-198,50	17,48	25,59	1,46	34853,57	42521,12	16521,06	19172,57	16521,06
28	307,75	-209,75	18,99	23,34	1,23	37865,11	38780,89	17177,02	19250,82	17177,02
29	319,00	-221,00	21,00	21,00	1,00	41875,86	34896,55	17990,27	19278,53	17990,27
30	330,25	-232,25	23,34	18,99	0,81	46537,07	31554,26	18873,83	19250,82	18873,83
31	341,50	-243,50	25,59	17,48	0,68	51025,34	29044,64	19662,51	19172,57	19172,57
32	352,75	-254,75	27,11	16,51	0,61	54061,55	27431,70	20132,35	19057,22	19057,22
33	364,00	-266,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34	15,25	-277,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35	26,50	-288,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	37,75	-299,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37	49,00	-311,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
38	60,25	-322,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

celková únosnost F_{v,Rd} [kN] 559,49
moment únosnosti [kNm] 844,83

Tab. č. 8: Výpočet únosnosti kolíkového spoje, zdroj vlastní

Únosnost jednoho rozhodujícího kolíku při dvojtřížném namáhání

$$F_{d,P} \leq 2 \times \min. F_{v,Rd}$$

$$25,62 \text{ kN} \leq 2 \times 15,745 = 31,5 \text{ kN} \quad \eta = 81 \%$$

$$F_{d,S} \leq 2 \times \min. F_{v,Rd}$$

$$23,73 \text{ kN} \leq 2 \times 18,923 = 37,85 \text{ kN} \quad \eta = 63 \%$$

VYHOVUJE

- Napětí ve smyku v oblasti spoje

$$F_{V,d} = 463,278 - \frac{84}{2} = 421,277 \text{ kN}$$

$$V_M = \left[\frac{1200 \times 10^6}{\pi} \frac{38 \times 875 + 32 \times 755}{38 \times 875^2 + 32 \times 755^2} \right] = 463,278 \text{ kN}$$

$$\tau_{příčel,d} = 1,5 \frac{421,277 \times 10^3}{134 \times 2100} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$b_{příčel,ef} = 0,67 \times 200 = 134 \text{ mm}$$

$$\tau_{stojka,d} = 1,5 \frac{421,277 \times 10^3}{2 \times 80,4 \times 1900} = 1,84 \text{ MPa}$$

$$b_{stojka,ef} = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ mm}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,24}{2,52} = 0,89 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{1,84}{2,52} = 0,73 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Momentová únosnost spoje

$$M_{Rd} = 1162,1 + 844,83 = 2006,93 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$2006,93 \geq 1200 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: kolíkový spoj o dvou soustředných kružnicích

- Vnější kružnice – 38 kolíků, poloměr 875 mm
- Vnitřní kružnice – 32 kolíků, poloměr 755 mm
- Ocelový kolík 5.6, \emptyset 24 mm

VYHOVUJE

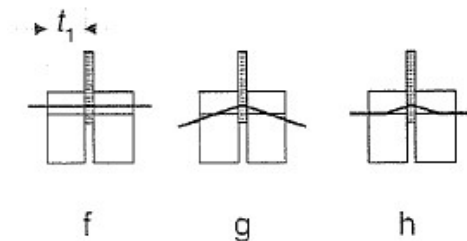
13. Návrh a posouzení kloubové patky stojky hlavního rámu

13.1. Svorníky [5] [8]

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

Pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek jednostřížného spoje:

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$



Obr. č. 23: Možné způsoby porušení dvoustřížného spoje, zdroj [5]

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} \frac{\text{Johansenova část}}{\gamma_M} + k_2 \frac{F_{C,Rk}}{4 \times \gamma_{M2}}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad \text{charakteristická pevnost v otláčení}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6} \quad \text{char. plastický moment únosnosti spojovacího prostředku}$$

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{t,Rk}; F_{C,Rk}) \quad \text{příspěvek od účinku sepnutí (únosnost v tahu svorníku; únosnost podložky), max. 25% Johansenovy části}$$

$$F_{t,Rk} = f_{ub} \times A_s \quad \text{únosnost svorníku v tahu}$$

$$F_{C,Rk} = A_p \times 2 \times f_{c,90,k} \quad \text{únosnost podložky}$$

- Únosnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$F_{c,0,d} = k_{mod} A_{pl} \times f_{c,0k} / \gamma_M$$

$$\frac{N_{Ed, stojka}}{F_{c,0,d}} \leq 1$$

- Únosnost dřeva ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} \quad \text{napětí ve smyku v oblasti spoje}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

- Únosnost dřeva na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14bw \sqrt{\frac{h_e}{(1-\frac{h_e}{h})}} \quad \text{únosnost svorníku v tahu}$$

$$w = 1 \quad \text{modifikační součinitel}$$

h_e vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \times \frac{F_{90,Rk}}{\gamma_M}$$

$$\frac{V_{Ed, stojka}}{F_{90,Rd}} \leq 1$$

Návrh a posouzení svorníkového přípoje

Charakteristiky materiálu

– lepené lamelové dřevo GL 32h – viz charakteristiky materiálu kap. 2

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 16)440 = 30,31 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna}$$

– ocelové svorníky 5.6

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti svorníku}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tahu}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 16^{2,6} = 202\,676,42 \text{ Nmm}$$

Parametry dřevěné stojky

$$b = 120 \text{ mm} \quad \text{šířka průřezu}$$

$$h = 1900 \text{ mm} \quad \text{výška průřezu}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ mm} \quad \text{účinná šířka průřezu}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 80,4 \times 1900 = 152\,760 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67 \quad \text{součinitel výsušných trhlin pro únosnost ve smyku}$$

Parametry svorníkového spoje

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro svorník}$$

$$n = 5 \quad \text{počet svorníků}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$t_1 = 55 \text{ mm} \quad \text{tloušťka dle obr. 23}$$

$$A_p = \pi 18^2 = 1018 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha podložky}$$

$$A_{pl} = 1500 \times 120 = 180\,000 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha plechu pod stojkou}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$N_{Ed, stojka} = 180 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla ve stojce}$$

$$V_{Ed, stojka} = 46,15 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla ve stojce}$$

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

$$F_{t,Rk} = 510 \times 201/1000 = 102,54 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rk} = 1018 \times 2 \times \frac{2,5}{1000} = 5,09 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 5,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 30,31 \times 55 \times 16 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times 202\,676,42}{30,31 \times 55 \times 16^2}} - 1 \right] + \frac{5,09}{4} \quad (f) \\ 2,3 \sqrt{202\,676,42 \times 30,31 \times 16} + \frac{5,09}{4} \quad (h) \end{array} \right. \quad (g)$$

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 19,2 \text{ kN} \quad (f) \\ 14,67 + 1,27 = 15,94 \text{ kN} \quad (g) \\ 22,8 + 1,27 = 24,07 \text{ kN} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rd,1} = 0,9 \frac{22,8}{1,3} + 0,9 \frac{5,09}{4 \times 1,3} = 16,67 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 5 \times 2 \times 16,67 = 166,7 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed, stojka}}{F_{v,Rd}} = \frac{46,15}{166,7} = 0,3 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$F_{c,0,d} = 0,9 \times 180\,000 \times \frac{32}{1,3 \times 1000} = 3987,7 \text{ kN}$$

$$\frac{180}{3987,7} = 0,045 \leq 1$$

- Únosnost dřeva ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{46\,150}{152\,760} = 0,45 \text{ MPa} \quad \text{napětí ve smyku v oblasti spoje}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,45}{2,5} = 0,18 \leq 1$$

- Únosnost dřeva na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 \times 120 \times 1 \sqrt{\frac{1530}{\left(1 - \frac{1530}{1900}\right)}} / 1000 = 148,9 \text{ kN}$$

$w = 1$ modifikační součinitel

$h_e = 1530 \text{ mm}$ vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$F_{90,Rd} = 0,9 \times \frac{148,9}{1,3} = 103,1 \text{ kN}$$

$$\frac{46,15}{103,1} = 0,45 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Únosnost plechu na otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 1 \times 500 \times 16 \times \frac{10}{1,25} / 1000 = 160 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{100}{3 \times 18}, \frac{510}{500}, 1\right) = 1$$

$$\frac{180}{160 \times 5 = 800} = 0,23 \leq 1$$

VYHOVUJE

NÁVRH: 5x SVORNÍK 5.6, Ø16 mm VYHOVUJE

13.2. Čep [7]

- Únosnost plechu na otláčení

$$F_{b,Rd} = k_1 \alpha_b f_u d t / \gamma_{M2}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right)$$

$$k_1 = 2,5$$

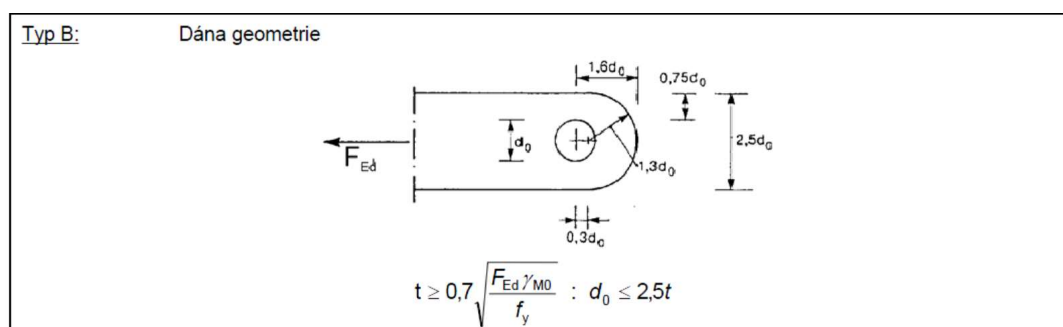
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

součinitel materiálu

$$\frac{N_{Ed, stojka}}{F_{b,Rd} \times 5} \leq 1$$

- Únosnost čepu

- Geometrie čepového spoje



Obr. č. 24: Normové geometrické požadavky na čepové spoje, zdroj [7]

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y}} \quad \text{minimální tloušťka plechu } t$$

– Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{ub} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$$

A plocha průřezu čepu

$\gamma_{M2} = 1,25$ součinitel materiálu

– Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{Ed}$$

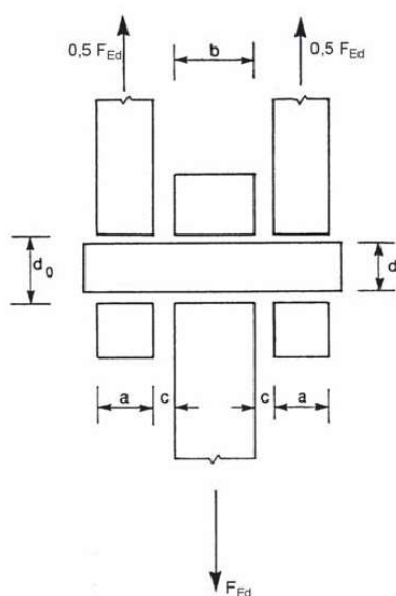
$\gamma_{M0} = 1,25$ součinitel materiálu

– Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_y / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$$

$$W_{el} = \pi d^3 / 32$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} (b + 4c + 2a)$$



Obr. č. 25: Geometrie čepového spoje, zdroj [7]

- Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right]^2 \leq 1$$

Návrh a posouzení čepového přípoje

Charakteristiky materiálu

- ocelový čep 5.6

$$f_{yp} = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu čepu}$$

$$f_{up} = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti čepu}$$

- ocelový plech S355

$$f_y = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu plechu}$$

Parametry čepového přípoje

$$d = 40 \text{ mm} \quad \text{průměr čepu}$$

$$A = 1256,64 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu čepu}$$

$$d_0 = 42 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro čep}$$

$$t = 20 \text{ mm} \quad \text{tloušťka plechu}$$

$$20 \text{ mm} \geq 0,7 \sqrt{\frac{185 \cdot 820 \times 1}{355}} = 16,02 \text{ mm} \quad \text{minimální tloušťka plechu } t$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$N_{Ed,stojka} = 180 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla ve stojce}$$

$$V_{Ed,stojka} = 46,15 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla ve stojce}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{V_{Ed,stojka}^2 + N_{Ed,stojka}^2} = \sqrt{46,15^2 + 180^2} = 185,82 \text{ kN} \quad \text{návrhová}$$

síla na čep

Posouzení čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \times 1256,64 \times \frac{510}{1,25 \times 1000} = 307,63 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{185,82}{307,63} = 0,6 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 \times 20 \times 40 \times \frac{355}{1,0 \times 1000} = 426 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{185,82}{426} = 0,44 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_y / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$$

$$W_{el} = \frac{\pi 40^3}{32} = 6283,19 \text{ mm}^3$$

$$M_{Ed} = \frac{185,82}{8} (20 + 4 \times 1 + 2 \times 10) \times 10^{-3} = 1,022 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1,5 \times 6283,19 \times \frac{355}{1,0} = 3,345$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{1,022}{3,345} = 0,31 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čepu při kombinaci střihu a ohybu

$$[0,31]^2 + [0,6]^2 = 0,46 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: ČEP 5.6, Ø40 mm	VYHOVUJE
------------------------	----------

13.3. Chemické kotvy

- Viz posudek chemických kotev pro kotvení vedlejšího rámu, řešení je obdobné, kap.

17.3

14. Návrh a posouzení příčle mezilehlé vazby [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při kombinaci ohybu a tlaku
 - Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku příčle hlavní vazby – viz kap. 10
- Únosnost při kombinaci ohybu a tlaku – ověření příčné a torzní stability

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad \text{poměrná štíhlost v ohybu}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05} \quad \text{kritické napětí v ohybu pro celistvý obdélníkový průřez}$$

ze dřeva jehličnatých dřevin

$$\sigma_{m,d} \quad \text{návrhové napětí v ohybu}$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad \text{návrhové napětí v ohybu}$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{pro } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$\beta_c = 0,1 \quad \text{pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{poměrný štíhlostní poměr (ohyb kolem osy z)}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} \quad \text{štíhlost prutu ve směru y}$$

- Únosnost ve smyku
 - Viz únosnost ve smyku vaznice, kap. 6

Návrh a posouzení na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$b = 260 \text{ mm}$	šířka příčle
$h = 2100 \text{ mm}$	výška příčle
$l = 34 \text{ m}$	délka příčle
$l_{cr,y} = 34 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru osy y
$l_{cr,z} = 4,85 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru osy z
$i_y = 606,218 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 75,056 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$l_{ef} = 4,85 \text{ m}$	účinná délka nosníku, pásnice je stabilizována v úrovni horního pásu proti vybočení pomocí tlačných vaznic a táhel

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C01

$M_{ed} = 3665,31 \text{ kNm}$ návrhový ohybový moment

$N_{ed} = 15,64 \text{ kN}$ návrhová tlaková síla

$V_{ed} = 385,72 \text{ kN}$ návrhová posouvající síla

Posouzení

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu

$$\lambda_y = \frac{34000}{606,218} = 56,085 \quad \lambda_z = \frac{4850}{75,056} = 64,618$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{56,085}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 0,930 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{64,619}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 1,071$$

$$k_y = 0,5(1 + 0,1(0,930 - 0,3) + 0,930^2) = 0,964$$

$$k_z = 0,5(1 + 0,1(1,071 - 0,3) + 1,071^2) = 1,112$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,964 + \sqrt{0,964^2 - 0,930^2}} = 0,822$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,112 + \sqrt{1,112^2 - 1,071^2}} = 0,708$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{15640}{260 \times 2100} = 0,029 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 3665,31 \times 10^6}{260 \times 2100^2} = 19,180 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,029}{0,822 \times 23,04} + \frac{19,180}{23,04} = 0,002 + 0,832 = 0,834 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,029}{0,822 \times 23,04} + 0,7 \frac{19,180}{23,04} = 0,002 + 0,582 = 0,584 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Ověření příčné a torzní stability

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{32}{61,09}} = 0,724$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times 260^2}{2100 \times 4850} 11800 = 61,09 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,724 \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1 \quad \text{MEZILEHLÁ PŘÍČEL JE PŘÍČNĚ A TORZNĚ STABILNÍ}$$

- Únosnost ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{385\,720}{174,2 \times 2100} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$b_{ef} = 0,67 \times 260 = 174 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{1,6}{2,52} = 0,63 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh a posouzení hlavní příčle na MSP

- Okamžitý průhyb
 - dle výpočtu ze 3D modelu v programu SCIA Engineer

$$u_{inst,G} = 94,8 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q} = 27,34 \text{ mm}$$

$$u_{inst,G+Q} = 122,14 \text{ mm} \geq 113,3 \text{ mm} = L/300$$

- Konečný průhyb

$$w_{fin} = 94,8(1 + 0,8) + 27,34(1 + 0)$$

$$w_{fin} = 197,98 \text{ mm} \geq 136 \text{ mm} = L/250$$

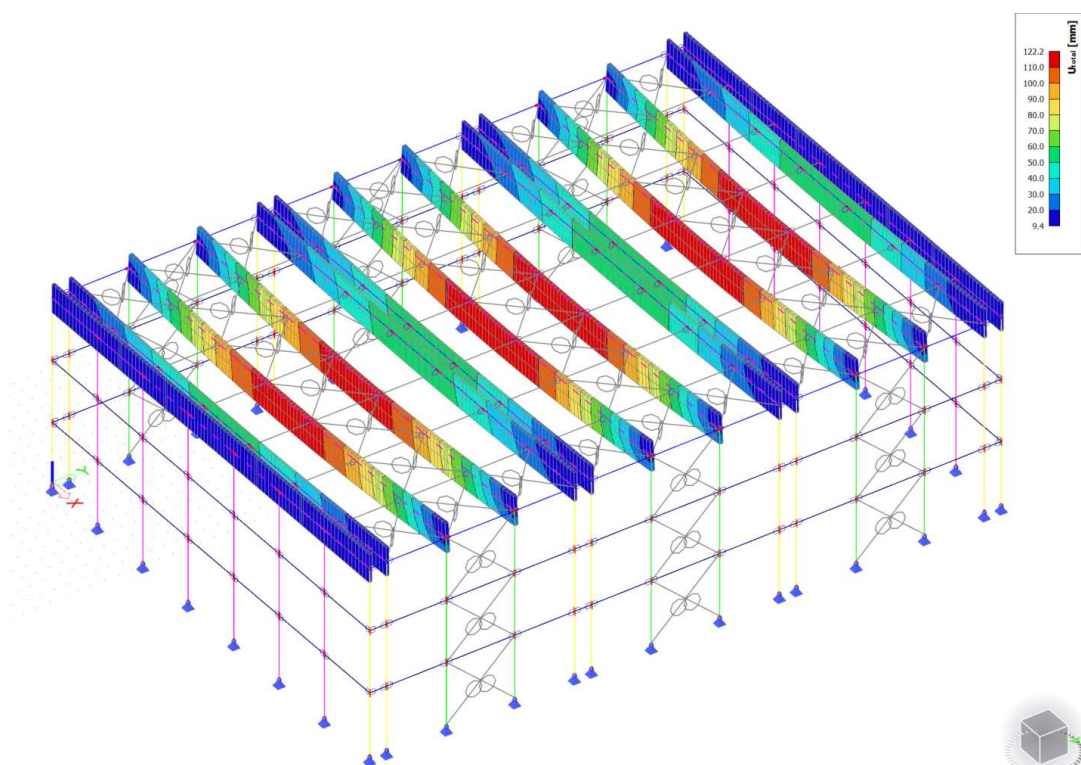
Hodnoty průhybu mezilehlých příčli překračují limitní hodnoty (dle tab. 7.2, ČSN EN 1995-1-1). Vzhledem k tomu, že průhyb příčlí u sportovní haly neovlivňuje navazující konstrukce, bylo by další zvětšování průřezu neekonomické. Sklon ploché střechy pro odtok vody bude zajištěn spádováním tepelné izolace a vysunutím vaznic nad horní hranu příčle (viz následující kapitola)

NÁVRH: PŘÍČEL 260x2100, materiál LLD GL 32h

VYHOVUJE

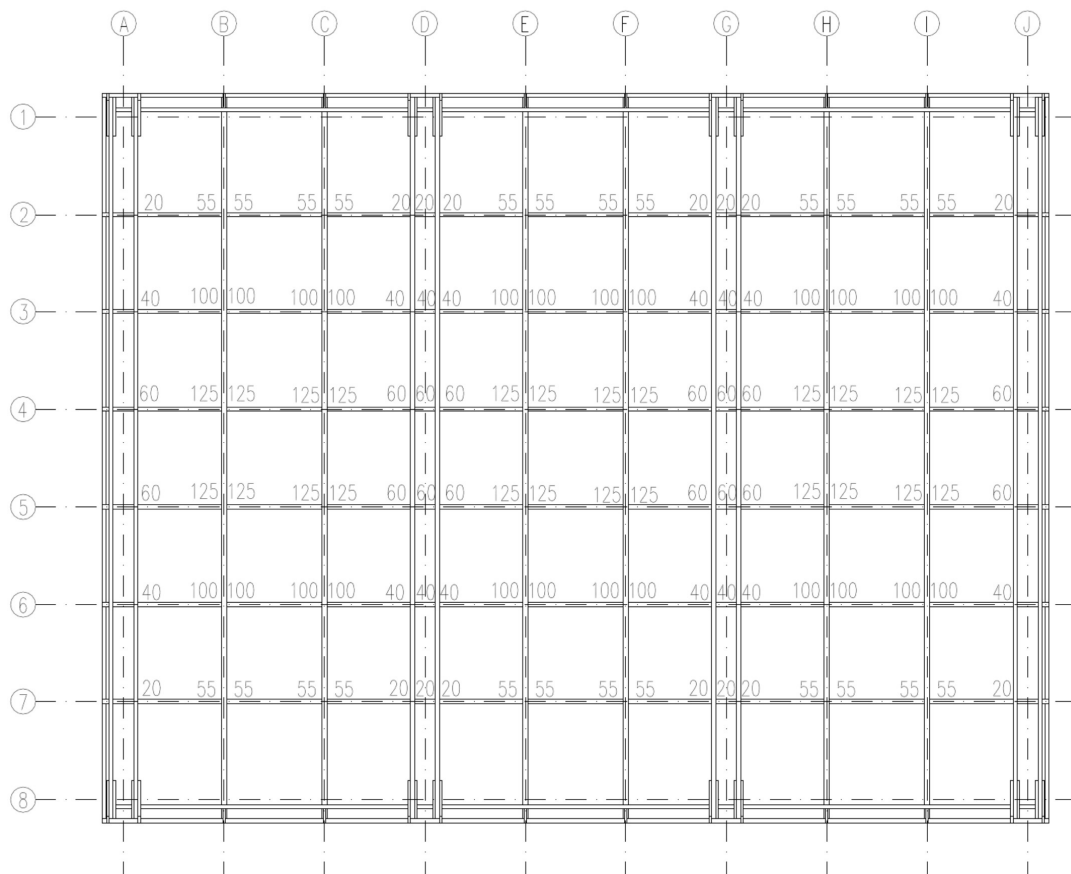
15. Řešení průhybu

Na obrázku níže je zobrazen průhyb pro kombinaci stálého zatížení se sněhem s kombinačním součinitelem 1. Tento průhyb bude kompenzován zvýšením některých vaznic, aby požadovaný sklon střechy nemusela zajišťovat pouze spádová vrstva tepelné izolace.



Obr. č. 26: Průhyby, zdroj vlastní

Na dalším obrázku je znázorněno schéma uložení jednotlivých vaznic. Čísla v milimetrech udávají přesah vaznice nad horní hranu hlavních příčlů. V případě, že kraje jedné vaznice jsou nesejně vysoko, bude mít vaznice výšku 430 + nižší z přesahů a bude uložena mírně našikmo.



Obr. č. 27: Schéma uložení vaznic, zdroj vlastní

16. Návrh a posouzení stojky mezilehlé vazby [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu
 - Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku příčle hlavní vazby – viz kap. 10
- Únosnost ve smyku
 - Viz únosnost ve smyku vaznice, kap. 6

Návrh a posouzení na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$b = 260 \text{ mm}$	šířka stojky	
$h = 1200 \text{ mm}$	výška stojky	
$l = 13,85 \text{ m}$	délka stojky	
$l_{cr,y} = 13,85 \text{ m}$	$l_{cr,z} = 4,615 \text{ m}$	vzpěrné délky
$i_y = 346,41 \text{ mm}$	$i_z = 75,056 \text{ mm}$	poloměry setrvačnosti

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C01

$N_{Ed} = 594 \text{ kN}$	návrhová tlaková síla
$M_{Ed,y} = 104,8 \text{ kNm}$	návrhový ohybový moment
$V_{Ed,z} = 29,71 \text{ kN}$	návrhová posouvající síla

Posouzení

- Únosnost při kombinaci tlaku a ohybu

$$\lambda_y = \frac{13850}{346,41} = 39,98 \quad \lambda_z = \frac{4615}{75,056} = 61,488$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{39,98}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 0,707 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{61,488}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 1,087$$

$$k_y = 0,5(1 + 0,1(0,707 - 0,3) + 0,707^2) = 0,770$$

$$k_z = 0,5(1 + 0,1(1,087 - 0,3) + 1,087^2) = 1,130$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,770 + \sqrt{0,770^2 - 0,707^2}} = 0,929$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,130 + \sqrt{1,130^2 - 1,087^2}} = 0,695$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{594\,000}{260 \times 1200} = 2,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 104,8 \times 10^6}{260 \times 1200^2} = 1,679 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,28}{0,929 \times 23,04} + \frac{1,679}{23,04} = 0,098 + 0,073 = 0,171 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,789}{0,196 \times 23,04} + 0,7 \frac{8,163}{23,04} = 0,131 + 0,051 = 0,182 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Únosnost ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{29\,710}{174,2 \times 1200} = 0,21 \text{ MPa}$$

$$b_{ef} = 0,67 \times 260 = 174,2 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,14}{2,52} = 0,084 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: STOJKA 260x1200, materiál LLD GL 32h VYHOVUJE

17. Návrh a posouzení kloubové patky stojky mezilehlé vazby

- Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku kloubové patky stojky hlavní vazby – viz kap. 13

17.1. Svorníky [5] [8]

Návrh a posouzení svorníkového přípoje

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 16)440 = 30,31 \text{ MPa}$$

- ocelové svorníky 5.6

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti svorníku}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tahu}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 16^{2,6} = 202\,676,42 \text{ Nmm}$$

Parametry dřevěné stojky

$$b = 260 \text{ mm} \quad \text{šířka průřezu}$$

$$h = 1200 \text{ mm} \quad \text{výška průřezu}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 260 = 174,2 \text{ mm} \quad \text{účinná šířka průřezu}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 174,2 \times 1200 = 209\,040 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = 0,67 \quad \text{součinitel výsušných trhlin pro únosnost ve smyku}$$

Parametry svorníkového spoje

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro svorník}$$

$$n = 5 \quad \text{počet svorníků}$$

$$A_s = \pi 8^2 = 201 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$t_1 = 125 \text{ mm} \quad \text{tloušťka dle obr.}$$

$$A_p = \pi 18^2 = 1018 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha podložky}$$

$$A_{pl} = 1500 \times 120 = 180\,000 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha plechu pod stojkou}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$N_{Ed, stojka} = 619 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla ve stojce}$$

- z rozhodující kombinace C10b

$$V_{Ed, stojka} = 48,2 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla ve stojce}$$

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

$$F_{t,Rk} = 510 \times 201 / 1000 = 102,54 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rk} = 1018 \times 2 \times \frac{2,5}{1000} = 5,09 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 5,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 30,31 \times 125 \times 16 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times 202\,676,42}{30,31 \times 125 \times 16^2}} - 1 \right] + \frac{5,09}{4} \quad (\text{g}) \\ 2,3 \sqrt{202\,676,42 \times 30,31 \times 16} + \frac{5,09}{4} \quad (\text{h}) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 43,64 \text{ kN} \quad (\text{f}) \\ 27,375 + 1,27 = 28,65 \text{ kN} \quad (\text{g}) \\ 22,81 + 1,27 = 24,08 \text{ kN} \quad (\text{h}) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rd,1} = 0,9 \frac{22,81}{1,3} + 0,9 \frac{5,09}{4 \times 1,3} = 16,66 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 5 \times 2 \times 16,66 = 166,6 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,stojka}}{F_{v,Rd}} = \frac{48,2}{166,6} = 0,3 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$F_{c,0,d} = 0,9 \times 180\,000 \times \frac{32}{1,25 \times 1000} = 4147,2 \text{ kN}$$

$$\frac{180}{4147,2} = 0,043 \leq 1$$

- Únosnost dřeva ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{48\,200}{209\,040} = 0,35 \text{ MPa} \quad \text{napětí ve smyku v oblasti spoje}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,35}{2,5} = 0,14 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 \times 260 \times 1 \sqrt{\frac{900}{\left(1 - \frac{900}{1200}\right)}} / 1000 = 218,4 \text{ kN}$$

$$w = 1 \quad \text{modifikační součinitel}$$

$h_e = 900 \text{ mm}$ vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$F_{90,Rd} = 0,9 \times \frac{218,4}{1,3} = 151,2 \text{ kN}$$

$$\frac{48,2}{151,2} = 0,32 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost plechu na otláčení

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 1 \times 500 \times 16 \times \frac{10}{1,25} / 1000 = 160 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{100}{3 \times 18}, \frac{510}{500}, 1\right) = 1$$

$$\frac{619}{160 \times 5 = 800} = 0,77 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 5x SVORNÍK 5.6, Ø16 mm VYHOVUJE

17.2. Čep [7]

Charakteristiky materiálu

- ocelový čep 5.6

$$f_{yp} = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu čepu}$$

$$f_{up} = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti čepu}$$

- ocelový plech S355

$$f_y = 355 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu plechu}$$

Parametry čepového přípoje

$$d = 70 \text{ mm} \quad \text{průměr čepu}$$

$$A = 3848,45 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu čepu}$$

$$d_0 = 72 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro čep}$$

$$t = 40 \text{ mm} \quad \text{tloušťka plechu}$$

$$40 \text{ mm} \geq 0,7 \sqrt{\frac{620 \cdot 870 \times 1}{355}} = 29,3 \text{ mm} \quad \text{minimální tloušťka plechu t}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$N_{Ed, stojka} = 619 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla ve stojce}$$

- z rozhodující kombinace C10b

$$V_{Ed, stojka} = 48,2 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla ve stojce}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{V_{Ed, stojka}^2 + N_{Ed, stojka}^2} = \sqrt{48,2^2 + 619^2} = 620,87 \text{ kN} \quad \text{návrhová}$$

síla na čep (konzervativní hodnota)

Posouzení čepu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \times 3848,45 \times \frac{510}{1,25 \times 1000} = 942,1 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{620,87}{942,1} = 0,66 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 \times 40 \times 70 \times \frac{355}{1,0 \times 1000} = 1491 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{620,9}{1491} = 0,42 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čepu v ohybu

$$W_{el} = \frac{\pi 70^3}{32} = 33673,95 \text{ mm}^3$$

$$M_{Ed} = \frac{620,9}{8} (40 + 4 \times 1 + 2 \times 20) \times 10^{-3} = 6,52 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1,5 \times 33673,95 \times \frac{355}{1,0} = 25,76 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{6,52}{25,76} = 0,25 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čepu při kombinaci stříhu a ohybu


$$[0,66]^2 + [0,25]^2 = 0,5 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: ČEP 5.6, Ø70 mm	VYHOVUJE
------------------------	----------

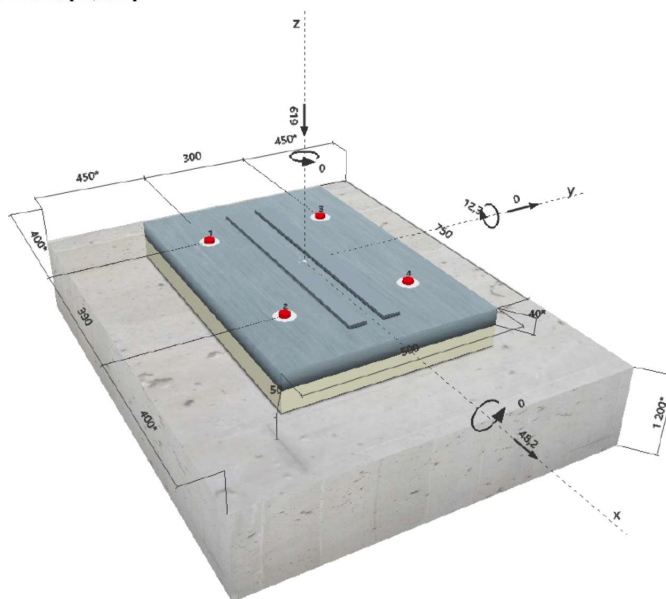
17.3. Chemické kotvy

- Předběžné posouzení provedeno pomocí softwaru Hliti Profis Anchor

1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HIT-V-F (8.8) M24	
Seismický/Plnicí set nebo jiné vhodné řešení pro vyplněné prstencových mezer		
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,act} = 120 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Materiál:	8.8	
Certifikát č.:	Hilti technická data	
Vydaný / Platný:	- / -	
Posouzení:	SOFA + fib (07/2011) - po ETAG BOND zkoušce	
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; $e_b = 50 \text{ mm}$; $t = 40 \text{ mm}$	
Kotevní deska:	Hilti malta: , víceúčelová, $f_{c,grout} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ S 235; $E = 210\,000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_{Ms} = 1,100$ $l_x \times l_y \times t = 750 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$; (Doporučená tloušťka kotevní desky: vypočítaný (34 mm))	
Profil:	Zdvojený plechový pásek; ($V \times \dot{S} \times T$) = $600 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$	
Základní materiál:	s tržinami beton, C16/20, $f_{c,cyl} = 16,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,200 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C	
Montáž:	kotevní otvor vrtaný příklepem, montážní podmínky: suché	
Výztuž:	Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže $\geq 150 \text{ mm}$ (jakýkoliv \emptyset) nebo $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) žádná podélná výztuž okraje	

Geometrie [mm] & Zatížení [kN, kNm]



2 Posouzení / Využití (Rozhodující stavy)

Zatížení	Posouzení	Výpočtové hodnoty [kN]			Využití	Stav
		Zatížení	Únosnost	β_N / β_V [%]	β_N / β_V [%]	
Tah	-	-	-	- / -	-	-
Smyk	Porušení okraje betonu ve směru x+	24,100	29,786	- / 81	-	OK
Zatížení		β_N	β_V	α	Využití $\beta_{N,V}$ [%]	Stav
Kombinace zatížení tah/smyk		-	-	-	-	-

3 Upozornění

- Prosím berte v úvahu všechny detaily a připomínky/varování uvedené v podrobném protokolu!
- Doporučená tloušťka kotevní desky: 34 mm

Upevnění je bezpečné!

Obr. č. 28: Posudek chemických kotev HILTI Profis Anchor, zdroj vlastní

18. Návrh a posouzení průvlaku [5] [8]

Mezní stav únosnosti

- Únosnost při i ohybu
 - Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku vaznice viz kap. 6
- Únosnost při kombinaci ohybu a tlaku – ověření příčné a torzní stability
 - Postup výpočtu a použité vzorce jsou obdobné jako u posudku příčle mezilehlé vazby – viz kap. 14
- Únosnost ve smyku
 - Viz únosnost ve smyku vaznice, kap. 6

Návrh a posouzení na MSÚ

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap.2

Charakteristiky navrhovaného prvku

$b = 200 \text{ mm}$	šířka průvlaku
$h = 2100 \text{ mm}$	výška průvlaku
$l = 13,76 \text{ m}$	délka průvlaku
$l_{cr,y} = 4,615 \text{ m}$	vzpěrná délka
$l_{ef} = 5,0 \text{ m}$	účinná délka nosníku
$i_z = 57,735 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C10a

$N_{Ed} = 25,19 \text{ kN}$ návrhová tlaková síla

$M_{y,Ed} = 34,07 \text{ kNm}$ návrhový ohybový moment

- Z rozhodující kombinace C01

$$N_{Ed} = 7,98 \text{ kN}$$

návrhová tlaková síla

$$M_{y,Ed} = 82,95 \text{ kNm}$$

návrhový ohybový moment

$$V_{z,Ed} = 45,46 \text{ kN}$$

návrhová posouvající síla

Posouzení

- Únosnost při ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 82,95 \times 10^6}{200 \times 2100^2} = 0,56 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí v ohybu k ose y}$$

$$f_{m,y,d} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,56}{23,04} = 0,024 \leq 1$$

VYHOVUJE

- Únosnost při kombinaci ohybu a tlaku – ověření příčné a torzní stability

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times 200^2}{2100 \times 5000} 11800 = 35,06 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{32}{35,06}} = 0,955$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \times 34,07 \times 10^6}{200 \times 2100^2} = 0,231 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 0,231 \text{ MPa} \leq 0,844 \times 23,04 = 19,45 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \times 0,955 = 0,844 \quad \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 =$$

$$\lambda_z = \frac{5000}{57,735} = 86,6 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{86,6}{\pi} \sqrt{\frac{32}{11800}} = 1,436$$

$$\beta_c = 0,1 \quad \text{pro lepené lamelové dřevo}$$

$$k_z = 0,5(1 + 0,1(1,436 - 0,3) + 1,436^2) = 2,041$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{2,041 + \sqrt{2,041^2 - 1,436^2}} = 0,286$$

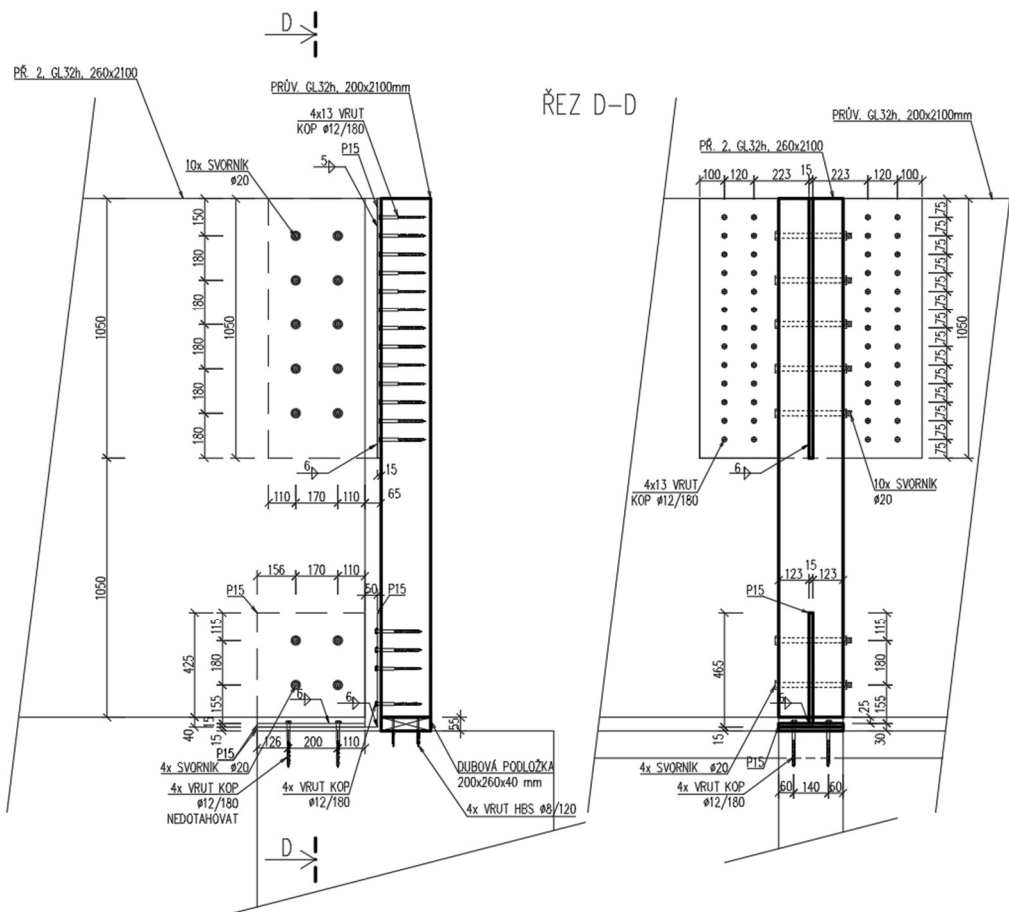
$$\sigma_{c,d} = \frac{25190}{200 \times 2100} = 0,06 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \times \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{0,231}{19,45}\right)^2 + \frac{0,06}{0,286 \times 23,04} = 0,007 \leq 1$$

VYHOVUJE

19. Návrh a posouzení přípoje mezilehlé příčle k průvlaku [5] [8]

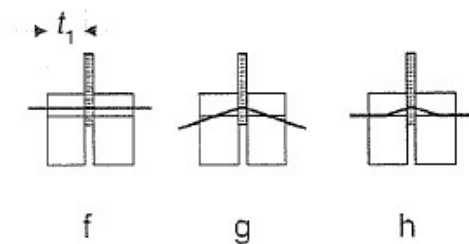


Obr. č. 29: Geometrie čepového spoje, zdroj vlastní

19.1. Svorníky

Pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek jednostřížného spoje:

$$F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$



Obr. č. 30: Možné způsoby porušení dvoustrážného spoje, zdroj [5]

Postup výpočtu je obdobný jako u posuzování svorníků u kloubových patek viz kap. 13

- Únosnost dřeva na roztržení

Postup výpočtu je obdobný jako u posuzování roztržení u kloubových patek viz kap. 13

Návrh a posouzení svorníkového přípoje

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 20)440 = 28,86 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna}$$

- ocelové svorníky 5.6

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti svorníku}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tahu}$$

$$d = 20 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$A_s = \pi 10^2 = 314,16 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 20^{2,6} = 362\,050,58 \text{ Nmm}$$

Parametry svorníkového spoje

$$d = 20 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$d_0 = 22 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro svorník}$$

$$n = 5 \quad \text{počet svorníků}$$

$$A_s = \pi 10^2 = 314,16 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$t_1 = 122,5 \text{ mm} \quad \text{tloušťka dle obr. 30}$$

$$A_p = \pi 20^2 = 1256,64 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha podložky}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$V_{Ed,příčel} = 385,72 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla v příčli}$$

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

$$F_{t,Rk} = 510 \times 314,16 / 1000 = 160,22 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rk} = 1256,64 \times 2 \times \frac{2,5}{1000} = 6,28 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 6,28 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,1} = \min \begin{cases} 48,96 \text{ kN} & \text{(f)} \\ 23,11 \text{ kN} & \text{(g)} \\ 23,01 \text{ kN} & \text{(h)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rd} = 10 \times 2 \times 23,01 = 460,38 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,příčel}}{F_{v,Rd}} = \frac{385,72}{460,38} = 0,84 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 \times 122,5 \times 1 \sqrt{\frac{2000}{\left(1 - \frac{2000}{2100}\right)}} / 1000 = 351,47 \text{ kN}$$

$$w = 1 \quad \text{modifikační součinitel}$$

$$h_e = 1800 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku}$$

$$F_{90,Rd} = 0,9 \times \frac{351,47}{1,3} = 243,3 \text{ kN}$$

$$\frac{\frac{385,72}{2} = 192,9}{243,3} = 0,79 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 10x SVORNÍK 5.6, Ø20 mm	VYHOVUJE
--------------------------------	----------

19.2. Vrutky s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass

- Postup návrhu je obdobný jako u přípoje vaznice viz kap. 7

Návrh a posouzení spoje s vruty

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h - viz kap. 2
- vruty se šestihrannou hlavou KOP Rothoblass

ROZMĚRY A MECHANICKÉ VLASTNOSTI



VRUT SE ŠESTIHRANOU HLAVOU KOP				
Jmenovitý průměr	d_1 [mm]	6*	8	10
Klíč	Ch [mm]	10	13	17
Tloušťka hlavy	k [mm]	4,00	5,50	7,00
Průměr jádra	d_2 [mm]	4,20	5,60	7,00
Průměr stopky	d_3 [mm]	6,00	8,00	10,00
Průměr předvrtání - hladká část	d_{v1} [mm]	6,0	8,0	10,0
Průměr předvrtání - závitová část	d_{v2} [mm]	4,0	5,5	7,0
Délka závitu	b [mm]			$\geq 0,6 L$
Charakteristický moment kluzu	M_{yk} [Nmm]	-	16900,0	32200,0
Charakteristický parametr odolnosti vůči vytažení	f_{ak} [N/mm ²]	-	12,9	10,6
Měrná hmotnost	ρ_s [kg/m ³]	-	400	400
Charakteristický parametr vniknutí hlavy	f_{head} [N/mm ²]	-	22,8	19,8
Měrná hmotnost	ρ_s [kg/m ³]	-	440	420
Charakteristická mez pevnosti v tahu	$f_{tens,k}$ [kN]	-	15,7	23,6

* Vrut nemá označení CE.

Obr. č. 31: Rozměry a mechanické vlastnosti vruty, zdroj [14]

Parametry spoje s vruty

$$t = 15 \text{ mm}$$

tloušťka ocelové desky

$$d_1 = 12 \text{ mm}$$

jmenovitý průměr

$$L = 180 \text{ mm}$$

délka vruty

$$n = 52$$

počet vrutů

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$V_{Ed} = 385,72 \text{ kN}$$

návrhová posouvající síla v příčli

- z rozhodující kombinace C10b

$$N_{Ed} = 47,36 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla v příčli

Posouzení

- Posouzení spojovacích prostředků na smyk

rozměry				STŘIH				TAH			
d_1 [mm]	L [mm]	b ⁽⁷⁾ [mm]	A [mm]	dřevo-dřevo $\alpha = 0^\circ$ (1)	dřevo-dřevo $\alpha = 90^\circ$ (2)	ocel-dřevo tenká deska (3)	ocel-dřevo silná deska (4)	vytažení závitů (5)	vniknutí hlavy (6)		
d_1 [mm]	L [mm]	b ⁽⁷⁾ [mm]	A [mm]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{yk} [kN]	R_{ak} [kN]	R_{nak} [kN]		
8	50	30	20	2,96	2,23	$s_{\text{vrut}} \leq 4 \text{ mm}$	2,64	$s_{\text{vrut}} \geq 8 \text{ mm}$	3,75	2,78	3,54
	60	36	24	3,28	2,68		3,22		4,38	3,34	3,54
	70	42	28	3,55	2,87		3,51		4,56	3,90	3,54
	80	48	32	3,78	3,01		3,65		4,70	4,45	3,54
	100	60	40	3,96	3,32		3,93		4,98	5,56	3,54
	120	72	48	3,96	3,42		4,20		5,25	6,68	3,54
140	84	56	3,96	3,42	4,48	5,53	7,79	3,54			

Obr. č. 32: Rozměry a mechanické vlastnosti vrutu, zdroj [14]

$$F_{v,1,Rk} = 11,05 \text{ kN}^6$$

$$F_{v,1,Rd} = 0,9 \times \frac{11,05}{1,3} = 7,65 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 7,65 \times 54 = 413,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 385,72 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{385,72}{413,3} = 0,93 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení spojovacích prostředků na osovou sílu

$$F_{ax,Rk} = 11,01 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = 0,9 \times \frac{11,01}{1,3} = 7,63 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{47,36}{52} = 0,9 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} = \frac{0,9}{7,63} = 0,12 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 52x VRUT KOP ROTHOBLOSS, Ø12 mm, L= 180 mm

VYHOVUJE

⁶ Jedná se o konzervativní hodnotu, při výpočtu byla použita objemová hmotnost dřeva $\rho_k=350 \text{ kg/m}^3$ (přitom GL32 h $\rho_k=440 \text{ kg/m}^3$)

20. Návrh a posouzení přípoje průvlaku k hlavní rámové vazbě

- Postup návrhu je obdobný jako u předešlého přípoje viz kap. 19

20.1. Svorníky

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2
 $f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 12)440 = 31,75 \text{ MPa}$
- ocelové svorníky 5.6

$$\begin{aligned} f_{ub} &= 510 \text{ MPa} && \text{mez pevnosti svorníku} \\ f_{u,k} &= 500 \text{ MPa} && \text{charakteristická pevnost v tahu} \\ d &= 12 \text{ mm} && \text{průměr svorníku} \\ A_s &= \pi 6^2 = 113,16 \text{ mm}^2 && \text{plocha průřezu svorníku} \\ M_{y,Rk} &= 0,3 \times 500 \times 12^{2,6} = 95\,931,78 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Parametry svorníkového spoje

$$\begin{aligned} d &= 12 \text{ mm} && \text{průměr svorníku} \\ d_0 &= 14 \text{ mm} && \text{průměr otvoru pro svorník} \\ n &= 4 && \text{počet svorníků} \\ t_1 &= 95 \text{ mm} && \text{tloušťka dle obr.} \end{aligned}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$$V_{Ed,příčel} = 36,53 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla v příčli}$$

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rd,1} = \min \begin{cases} 25,05 \text{ kN} & \text{(f)} \\ 11,36 \text{ kN} & \text{(g)} \\ 9,63 \text{ kN} & \text{(h)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rd} = 4 \times 2 \times 9,63 = 77 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{36,53}{77} = 0,47 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 \times 95 \times 1 \sqrt{\frac{840}{1 - \frac{840}{2100}}} / 1000 = 49,76 \text{ kN}$$

$$w = 1 \quad \text{modifikační součinitel}$$

$h_e = 1800 \text{ mm}$ vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$F_{90,Rd} = 0,9 \times \frac{49,76}{1,3} = 34,45 \text{ kN}$$

$$\frac{\frac{36,53}{2} = 18,27}{34,45} = 0,53 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 4x SVORNÍK 5.6, Ø12 mm VYHOVUJE

20.2. Vruty s šestihrannou hlavou KOP Rothoblass

- Postup návrhu je obdobný jako u přípoje vaznice viz kap. 7

Návrh a posouzení spoje s vruty

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h - viz kap. 2
- vruty se šestihrannou hlavou KOP Rothoblass

ROZMĚRY A MECHANICKÉ VLASTNOSTI			
VRUT SE ŠESTIHRANOU HLAVOU KOP			
Jmenovitý průměr	d_1 [mm]	6 *	8 10
Klíř	Ch [mm]	10	13 17
Tloušťka hlavy	k [mm]	4,00	5,50 7,00
Průměr jádra	d_2 [mm]	4,20	5,60 7,00
Průměr stopky	d_3 [mm]	6,00	8,00 10,00
Průměr předvrtání - hladká část	d_{v1} [mm]	6,0	8,0 10,0
Průměr předvrtání - závitová část	d_{v2} [mm]	4,0	5,5 7,0
Délka závitu	b [mm]		≥ 0,6 L
Charakteristický moment kluzu	M_{yk} [Nm]	-	16900,0 32200,0
Charakteristický parametr odolnosti vůči vytažení	f_{yk} [N/mm ²]	-	12,9 10,6
Měrná hmotnost	ρ_s [kg/m ³]	-	400 400
Charakteristický parametr vniknutí hlavy	f_{head} [N/mm ²]	-	22,8 19,8
Měrná hmotnost	ρ_p [kg/m ³]	-	440 420
Charakteristická mez pevnosti v tahu	$f_{tens,k}$ [kN]	-	15,7 23,6

* Vrut nemá označení CE.

Obr. č. 33: Rozměry a mechanické vlastnosti vrutu, zdroj [14]

Parametry spoje s vruty

$t = 10\text{ mm}$	tloušťka ocelové desky
$d_1 = 8\text{ mm}$	jmenovitý průměr
$L = 100\text{ mm}$	délka vrutu
$n = 52$	počet vrutů

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C01

$V_{Ed} = 36,53\text{ kN}$ návrhová posouvající síla v průvlaku

$e = 220\text{ mm}$ excentricita působíště posouvající síly

$M_{ex,Ed} = V_{Ed} \times e = 36,53 \times 0,275 = 10,1\text{ kNm}$

- návrhový moment od excentricity lze zanedbat
- z rozhodující kombinace C10a

$N_{Ed} = 57,26\text{ kN}$ návrhová tahová síla v průvlaku

Posouzení

- Posouzení spojovacích prostředků na smyk

rozměry				STŘIH				TAH					
d_1 [mm]	L [mm]	b ⁽¹⁾ [mm]	A [mm]	dřevo-dřevo $\alpha = 0^\circ$ (1) R_{yk} [kN]	dřevo-dřevo $\alpha = 90^\circ$ (2) R_{yk} [kN]	ocel-dřevo tenká deska (3) R_{yk} [kN]	ocel-dřevo silná deska (4) R_{yk} [kN]	vytažení závitu (5) $R_{s,k}$ [kN]	vniknutí hlavy (6) $R_{head,k}$ [kN]				
8	50	30	20	2,96	2,23	$s_{\text{vrt}} \leq 4\text{ mm}$	$s_{\text{vrt}} \geq 8\text{ mm}$						
	60	36	24	3,28	2,68					2,64	3,75	2,78	3,54
	70	42	28	3,55	2,87					3,22	4,38	3,34	3,54
	80	48	32	3,78	3,01					3,51	4,56	3,90	3,54
	100	60	40	3,96	3,32					3,65	4,70	4,45	3,54
	120	72	48	3,96	3,42					3,93	4,98	5,56	3,54
	140	84	56	3,96	3,42	4,20	5,25	6,68	3,54				
						4,48	5,53	7,79	3,54				

Obr. č. 34: Rozměry a mechanické vlastnosti vrutu, zdroj [14]

$$F_{v,1,Rk} = 4,98 \text{ kN}^7$$

$$F_{v,1,Rd} = 0,9 \times \frac{4,98}{1,3} = 3,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 3,4 \times 14 = 47,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 36,53 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{36,53}{47,4} = 0,77 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení spojovacích prostředků na osovou sílu

$$F_{ax,Rk} = 5,56 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = 0,9 \times \frac{5,56}{1,3} = 3,85 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{57,26}{18} = 3,18 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} = \frac{3,18}{3,85} = 0,83 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 18x VRUT KOP ROTHOBLOSS, Ø8 mm, L= 100 mm VYHOVUJE

⁷ Jedná se o konzervativní hodnotu, při výpočtu byla použita objemová hmotnost dřeva $\rho_k=350 \text{ kg/m}^3$ (přitom GL32 h $\rho_k=440 \text{ kg/m}^3$)

21. Návrh a posouzení štítového sloupku [5] [8]

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C02

$$N_{Ed} = 133,34 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla}$$

$$M_{Ed} = 94,25 \text{ kN} \quad \text{návrhový ohybový moment}$$

- Z rozhodující kombinace C10a

$$N_{Ed} = 95,2 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla}$$

$$M_{Ed} = 158,25 \text{ kN} \quad \text{návrhový ohybový moment}$$

$$V_{Ed} = 45,7 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla}$$

Posouzení

- Posouzení je obdobné jako u návrhu stojky hlavní vazby viz kapitola 11, proto je zde pro zjednodušení přiložena výpočtová tabulka z MS Excel

Materiál	Gl32h	
k_m	0,7	-
β_c	0,1	-
k_{mod}	0,9	-
γ_m	1,25	-
$f_{c,0,k}$	32	MPa
$f_{c,0,d}$	23,04	MPa
$f_{m,k}$	32	MPa
$f_{m,d}$	23,04	MPa
$E_{0,05}$	11800	MPa

Tab. č. 9: Charakteristiky materiálu GL 32h, zdroj vlastní

b	h	$I_{cr,y}$	$I_{cr,z}$	i_y	i_z	λ_y	λ_z	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$	k_y	k_z	$k_{c,y}$	$k_{c,z}$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	-	-	-	-	-	-	-	-
200	550	12190	4615	158,771	57,735	76,777	79,934	1,273	1,325	1,358	1,429	0,545	0,509
200	550	12190	4615	158,771	57,735	76,777	79,934	1,273	1,325	1,748	1,839	0,340	0,321

N_{Ed}	$M_{ed,y}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,d}$
kN	kNm	MPa	MPa	MPa			
133,340	94,250	1,212	9,347	0,000	0,096	0,406	0,502
95,250	158,250	0,866	15,694	0,000	0,080	0,681	0,761

$\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} f_{c,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d}$
0,103	0,387
0,084	0,152

Tab. č. 10: Výpočet štítového sloupku, zdroj vlastní

NÁVRH: ŠTÍTOVÝ SLOUPEK 200x550, materiál LLD GL 32h VYHOVUJE

22. Návrh a posouzení patky štítového sloupku [5] [8]

Postup návrhu je obdobný jako u patky hlavní rámové stojky viz kap. 13

22.1. Svorníky

Charakteristiky materiálu

- lepené lamelové dřevo GL 32h – viz kap. 2

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01 \times 12)440 = 31,75 \text{ MPa}$$

- ocelové svorníky 5.6

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa} \quad \text{mez pevnosti svorníku}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ MPa} \quad \text{charakteristická pevnost v tahu}$$

$$d = 12 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$A_s = \pi d^2 = 113,16 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha průřezu svorníku}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 500 \times 12^{2,6} = 95\,931,78 \text{ Nmm}$$

Parametry svorníkového spoje

$$d = 12 \text{ mm} \quad \text{průměr svorníku}$$

$$d_0 = 14 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru pro svorník}$$

$$n = 3 \quad \text{počet svorníků}$$

$$t_1 = 95 \text{ mm} \quad \text{tloušťka dle obr. 23}$$

Návrhové vnitřní síly

- z rozhodující kombinace C10a

$$V_{Ed,slopek} = 45,7 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla v příčli}$$

- Únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rd,1} = \min \begin{cases} 25,1 \text{ kN} & \text{(f)} \\ 11,36 \text{ kN} & \text{(g)} \\ 9,63 \text{ kN} & \text{(h)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rd} = 3 \times 2 \times 9,63 = 57,75 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{45,7}{57,75} = 0,8 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$F_{c,0,d} = 0,9 \times 70\,000 \times \frac{32}{1,25 \times 1000} = 1612,8 \text{ kN}$$

$$\frac{133,4}{1612,8} = 0,08 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva ve smyku

$$\tau_d = 1,5 \frac{45\,700}{73\,700} = 0,93 \text{ MPa} \quad \text{napětí ve smyku v oblasti spoje}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,93}{2,5} = 0,4 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost dřeva na roztržení

$$F_{90,Rk} = 14 \times 200 \times 1 \sqrt{\frac{375}{\left(1 - \frac{375}{550}\right)}} / 1000 = 96,12 \text{ kN}$$

$$w = 1 \quad \text{modifikační součinitel}$$

$h_e = 375 \text{ mm}$ vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$F_{90,Rd} = 0,9 \times \frac{96,12}{1,3} = 66,54 \text{ kN}$$

$$\frac{45,7}{66,54} = 0,7 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: 3x SVORNÍK 5.6, Ø12 mm VYHOVUJE

22.2. Chemické kotvy

Návrh a posouzení chemických kotev HILTI

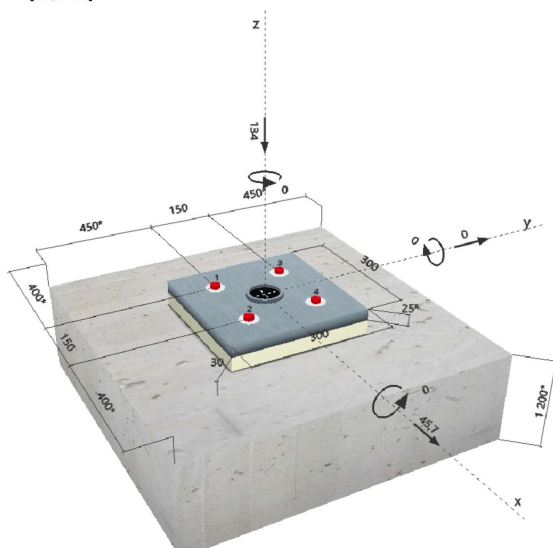
- Pomocí softwaru Hilti PROFIS Anchor

1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20	
Seismický/Plnicí set nebo jiné vhodné řešení pro vyplnění prstencových mezer		
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{\text{ef,act}} = 120 \text{ mm}$ ($h_{\text{ef,limit}} = - \text{ mm}$)	
Materiál:	8.8	
Certifikát č.:	ETA 11/0493	
Vydání I Platný:	28.07.2017 -	
Posouzení:	SOFA + fib (07/2011) - po ETAG BOND zkoušce	
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska); 2,00; $e_b = 30 \text{ mm}$; $t = 25 \text{ mm}$	
Kotevní deska:	Hilti malta: , víceúčelová, $f_{c,grout} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ S 235; $E = 210\,000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_k = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_{Ms} = 1,100$ $I_x \times I_y \times t = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$; (Doporučená tloušťka kotevní desky; vypočítány (22 mm)) Trubka; ($V \times \dot{S} \times T$) = 76 mm x 76 mm x 6 mm	
Profil:		
Základní materiál:	s trhlínami beton, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,200 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C	
Montáž:	kotevní otvor vrtaný přiklepem, montážní podmínky: suché	
Výztuž:	Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže $\geq 150 \text{ mm}$ (jakýkoliv \emptyset) nebo $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 8 \text{ mm}$) žádná podélná výztuž okraje	

^R - Uživatel je odpovědný za zajištění pevné patní desky pro zadanou tloušťku a příslušná řešení (výztuže atd.)

Geometrie [mm] & Zatížení [kN, kNm]



2 Posouzení I Využití (Rozhodující stavy)

Zatížení	Posouzení	Výpočtové hodnoty [kN]		Využití		
		Zatížení	Únosnost	β_N / β_V [%]	Stav	
Tah	-	-	-	- / -	-	
Smyk	Porušení okraje betonu ve směru x+	22,850	26,446	- / 87	OK	
Zatížení		β_N	β_V	α	Využití $\beta_{N,V}$ [%]	Stav
Kombinace zatížení tah/smyk		-	-	-	-	-

3 Upozornění

- Prosim berte v úvahu všechny detaily a připomínky/varování uvedené v podrobném protokolu!
- Doporučená tloušťka kotevní desky: 22 mm

Upevnění je bezpečné!

Obr. č. 35: Posudek chemických kotev HILTI Profis Anchor, zdroj vlastní

23. Návrh a posouzení paždíku [5] [8]

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C02

$$N_{C10a,Ed} = 10,51 \text{ kN} \quad \text{návrhová tlaková síla}$$

$$M_{Ed} = 4,47 \text{ kN} \quad \text{návrhový ohybový moment}$$

- Stabilizační síla od stojek

$$q_d = k_l \frac{nN_d}{k_{f,3l}} = 1 \times \frac{4 \times 619}{30 \times 13,85} = 6,2 \text{ kN/m} \quad \text{stabilizující zatížení}$$

$$n = 4$$

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{13,85}} = 1,04 \end{array} \right.$$

$$k_{f,3} = 30 \quad \text{doporučená hodnota modifikačního součinitele}$$

$$N_d = 619 \text{ kN} \quad \text{průměrná návrhová tlaková síla ve stojce (bezpečně)}$$

$$l = 13,85 \text{ m} \quad \text{délka stojky}$$

$$N_{stab,Ed} = 6,2 \times 4,615 = 28,6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 10,51 + 28,6 = 39 \text{ kN}$$

Posouzení

- Posouzení je obdobné jako u návrhu stojky hlavní vazby viz kapitola 9, proto je zde pro zjednodušení přiložena výpočtová tabulka z MS Excel

Materiál	C24	
k_m	0,7	-
β_c	0,1	-
k_{mod}	0,9	-
γ_m	1,3	-
$f_{c,0,k}$	21	MPa
$f_{c,0,d}$	14,538	MPa
$f_{m,k}$	24	MPa
$f_{m,d}$	16,615	MPa
$E_{0,05}$	7400	MPa

Tab. č. 11: Materiálové charakteristiky C24, zdroj vlastní

b	h	$I_{cr,y}$	$I_{cr,z}$	i_y	i_z	λ_y	λ_z	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$	k_y	k_z	$k_{c,y}$	$k_{c,z}$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	-	-	-	-	-	-	-	-
140	180	5000	5000	51,962	40,415	96,225	123,718	1,632	2,098	1,898	2,790	0,349	0,216

N_{Ed}	$M_{ed,y}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d} / f_{m,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_{m,y} \sigma_{m,z,d} / f_{m,d}$
kN	kNm	MPa	MPa	MPa			
39,000	4,465	1,548	5,906	0,000	0,305	0,355	0,661

$\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} f_{c,0,d} + k_{m,z} \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d}$
0,493	0,742

Tab. č. 12: Výpočet posouzení paždíku, zdroj vlastní

NÁVRH: PAŽDÍKY 140x180, materiál RD C24 VYHOVUJE

24. Návrh a posouzení ztužidel

Charakteristiky navrhovaného prvku

- Systémové ztužidlo DETAN-S [15]

$$d = 16 \text{ mm}$$

průměr ocelové tyče

S520

třída oceli tyče

Návrhové vnitřní síly

- Z rozhodující kombinace C10a

$$N_{t, \text{střecha}, Ed} = 36,41 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla střešního ztužidla

$$N_{t, \text{stěna}, Ed} = 30,62 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla stěnového ztužidla

Posouzení

$$F_{t,R,d} = 81,22 \text{ kN}$$

návrhová únosnost systémového táhla v tahu

$$F_{t,R,d} = 81,22 \text{ kN} \geq N_{t,R,d} = 36,15 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: STŘEŠNÍ A STĚNOVÁ ZTUŽIDLA - SYSTÉMOVÁ DETAN-S, Ø 16 – VYHOVUJE

25. Posouzení svarů

Únosnost koutového svaru nezávisle na směru působení zatížení [7]

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$F_{w,Ed}$ návrhová hodnota síly působící na jednotku délky svaru

$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$ návrhová únosnost na jednotku délky svaru

$f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$ návrhová pevnost svaru ve smyku

a účinná tloušťka koutového svaru

β_w korelační součinitel

$\gamma_{M2} = 1,25$ součinitel materiálu

f_u jmenovitá hodnota meze pevnosti nejslabší spojované části v tahu

a [mm]	l [mm]	ocel	f_u [MPa]	β_w	$f_{vw,d}$ [MPa]	$F_{w,1,Rd}$ [N/mm]	$F_{w,Rd}$ [kN]
4	100	S235	360	0,8	207,85	831,38	83,14
5	100	S235	360	0,8	207,85	1039,23	103,92
6	100	S235	360	0,8	207,85	1247,08	124,71

Tab. č. 13: Únosnost svarů na 100 mm délky svaru, zdroj vlastní

Uvedená tabulka udává únosnost koutových svarů na 100 mm délky svaru. Všechny použité svary v přípojích dřevěné konstrukce byly dle tabulky zjednodušeně navrženy a posouzeny.

26. Závěr

Předkládané konstrukční řešení sportovní haly v Sušici je navrženo dle uvedených platných norem a splňuje jejich požadavky.

Výsledné dimenze příčlí a stojek hlavní nosné dřevěné konstrukce ovlivnilo několik parametrů.

Těžká skladba střechy (viz Technická zpráva, kap. Kompletační konstrukce) eliminovala účinek sání větru na nosnou konstrukci haly, na druhou stranu zapříčinila větší namáhání a průhyby. Nejtěžší vrstvu ploché střechy tvoří horní vrstva kameniva, které stabilizuje tepelnou izolaci, chrání hydroizolaci a v neposlední řadě světlé kamenivo na povrchu střechy odrazí více slunečního záření než například černá asfaltová hydroizolace.

Výška příčle byla dle zadání zachována stejná pro rámové i mezilehlé vazby. U mezilehlých kloubově uložených příčlí dochází kvůli rozpětí 34 m a velkému zatížení ke značným průhybům. V diplomové práci je průhyb řešen pomocí nestejně vysoko uložených vaznic, alternativně by šel řešit pomocí vzpínadla.

Optimalizace kruhového kolíkového spoje byla provedena na základě dvou kritérií – výšky příčle a potřebné tuhosti spoje pro zajištění rámového působení. Při návrhu se podařilo ohybový moment v rámovém rohu a v poli téměř vyrovnat, konstrukce je tak navržena efektivně. Kdyby byl spoj méně tuhý, snížil by se ohybový moment v rámovém rohu a rámové vazby by tak přestávaly plnit svou hlavní funkci – přenášet příčné zatížení a ztužovat konstrukci v tomto směru.

Výška průřezu stojky rámu byla ovlivněna průměrem kolíkového spoje. Alternativně by stojka mohla být na vnější straně zkosená, to by ale ztížilo provedení obvodového pláště.

Navrhovaná konstrukce pro zastřešení obdélníkového půdorysu 36,5 x 47,6 m respektuje zadání s návrhem čtyř zdvojených dvoukloubových rámových vazeb a čtyřmi mezilehlými, je však otázkou, zda by nebylo ekonomičtější vytvořit všechny vazby rámové s větší osovou vzdáleností. Značně by se tak omezily průhyby a nejspíš

by se zmenšila i výška příčlí. Další prostor pro úspory by byl ve vytvoření šikmé střechy z nosné konstrukce pomocí vnitřního třetího kloubu nebo pultového prvku. Střecha by pak nemusela mít atiku a vrstva tepelné izolace by měla všude stejnou šířku.

Zdroje

Použité normy

1. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004
2. ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005
3. ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007
4. ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004
5. ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut, 2007
6. ČSN 73 1702 - Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut, 2007
7. ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006

Použitá literatura

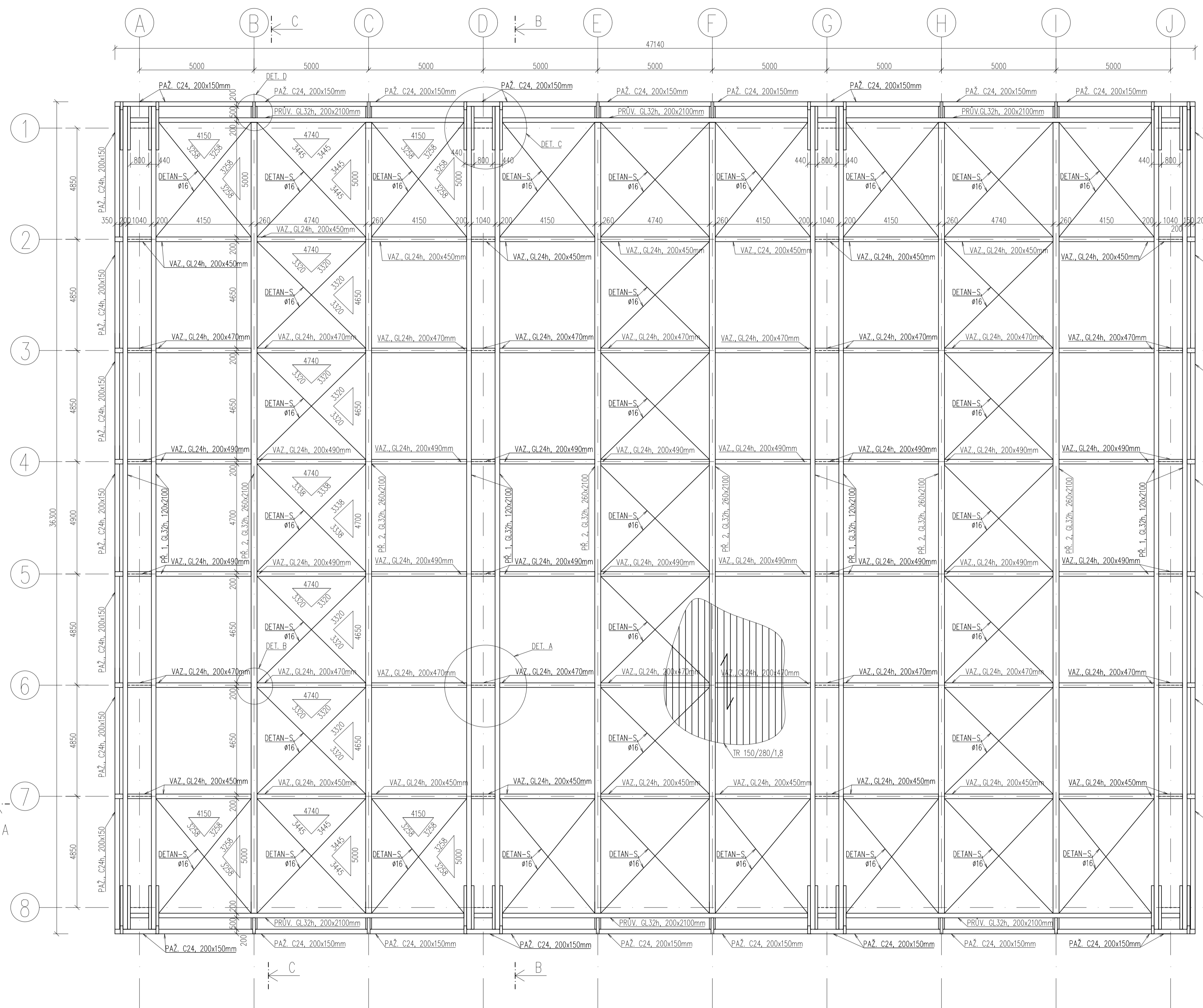
8. KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
9. KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 1, Zlín: KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4
10. KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 2., Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.

11. BLAß, Hans Joachim. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby : komentář k ČSN 73 1702:2007 : modifikovaný překlad vysvětlivek k německé normě DIN 1052:2004. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knihovnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 9788087093733.

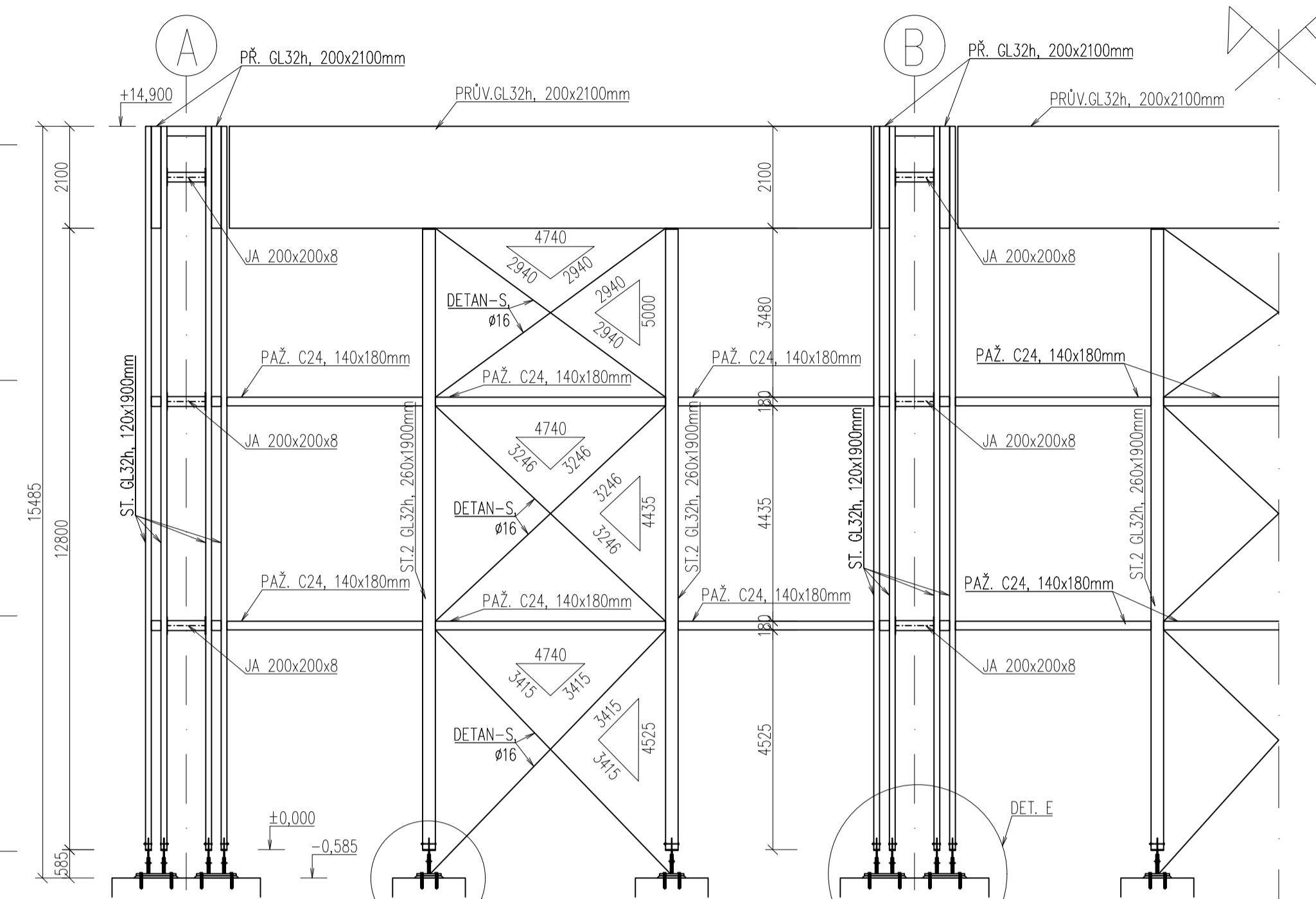
Použité internetové zdroje

12. Na Hrázi v Sušici vyroste nová hala, Klatovský deník, 22. 7. 2017[cit. 2019-10-10], dostupné z: https://klatovsky.denik.cz/zpravy_region/podivejte-se-na-hrazi-v-susici-vyrose-nova-hala-20170222.html
13. Tabulky únosnosti pro trapézové plechy, Kovové profily spol. s r.o., [cit. 2019-10-31], dostupné z: <http://kovprof.cz/hlavni-stranka/trapezove-profilu/technicke-informace/tabulky-unosnosti/>
14. Rothoblaas katalog Vrutky a spojovací prostředky do dřeva, 2019, [cit. 2019-12-05], dostupné z: <https://www.rothoblaas.com/catalogues-rothoblaas>
15. HALFEN Detan Stabsysteme Produktinformation Technik katalog, 2019, [cit. 2019-12-05], dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/1918/katalogy/?category=20>

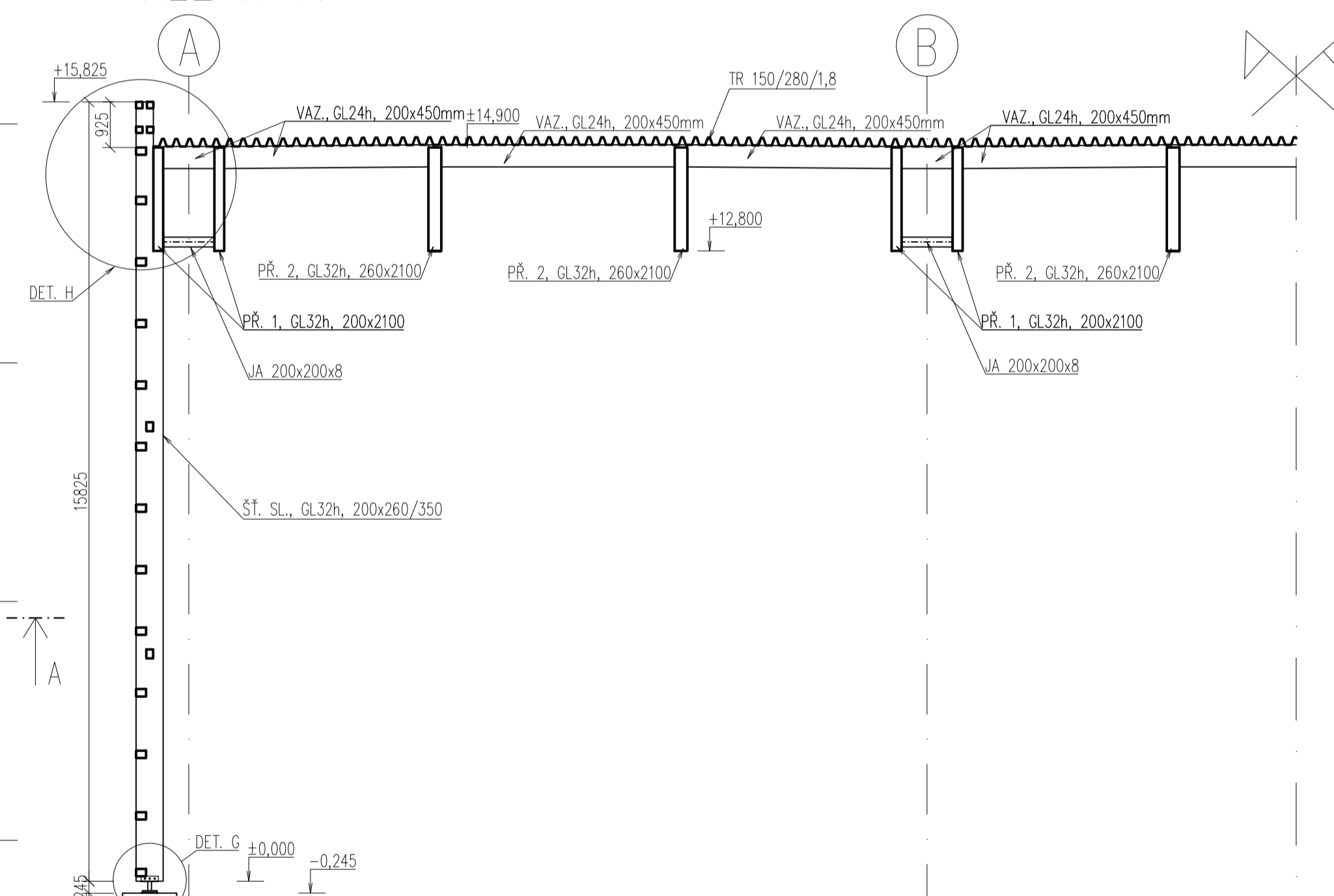
POHLED NA STŘECHU



BOČNÍ POHLED – HLAVNÍ NOSNÁ KCE



ŘEZ A-A



PLECHY: OCEL S235, POKUD NENÍ UVEDENO JINAK

SVORNÍKY A HŘEBÍKY: 6.8

ČEPY A KOLÍKY: 5.6

VRUTY ROTHOBLOSS KOP, HBZ, VGZ

NUITNO PŘEDVRTAT VODÍCI OTVORY (POKUD ø=6mm)

S PRŮMĚREM=ø v HLUBCE DŘÁKU A S PRŮMĚREM 70% ø v ZAVĚTOVÉ ČÁSTI

ZÁKLADOVÉ PATKY: ØBETON C 20/25

HLAVNÍ NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE

PRŮČLE 1, GL32h, 200x2100 mm, L = 35 900mm

PRŮČLE 2, GL32h, 260x2100 mm, L = 34 500mm

STOJKY, GL32h, 2x120x1900 mm, L=14 900 mm

STOJKY 2, GL32h, 260x1900 mm, L=12 800 mm

PRŮVLAKY, GL32h, 200x2100 mm, L=4150/4740 mm

VAZNICE GL24h, 200/300x450 mm, L=4740/4030 mm

PAŽDÍKY, C24, 140x180 mm, L=4740/4030 mm

ZTUŽIDLA

HALFEN DETAN-S, ø16 mm

TRAPÉZOVÝ PLECH

TR 150/280/1,8 S320GD

SEKUNDÁRNÍ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE

ŠTÍTOVÉ SLOUPKY, GL32h, 200x260/350 mm, L = 15 825 mm

SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/350, L=3025 mm

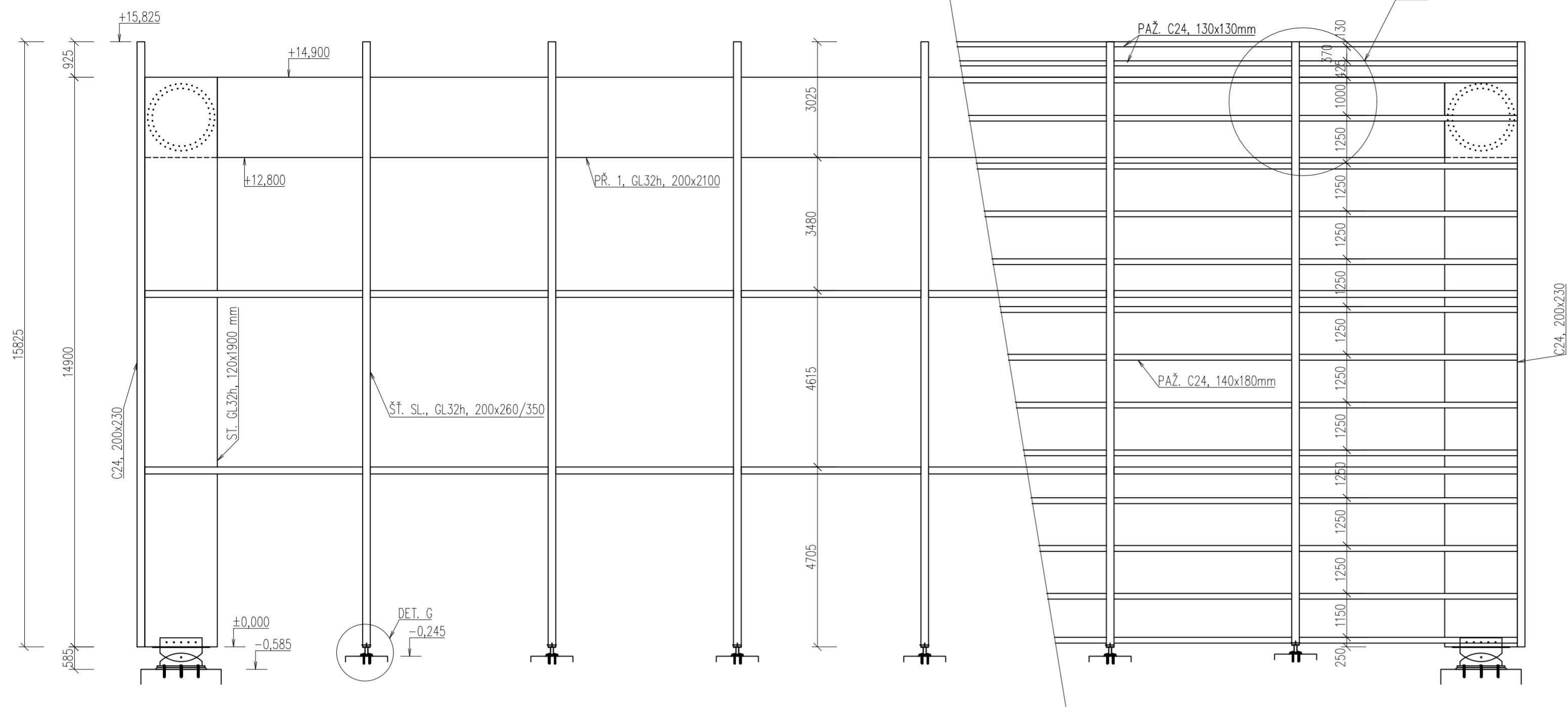
SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/700 mm, L=3080 mm

PAŽDÍKY PRO PLAŠŤ, C24, 200x150 mm

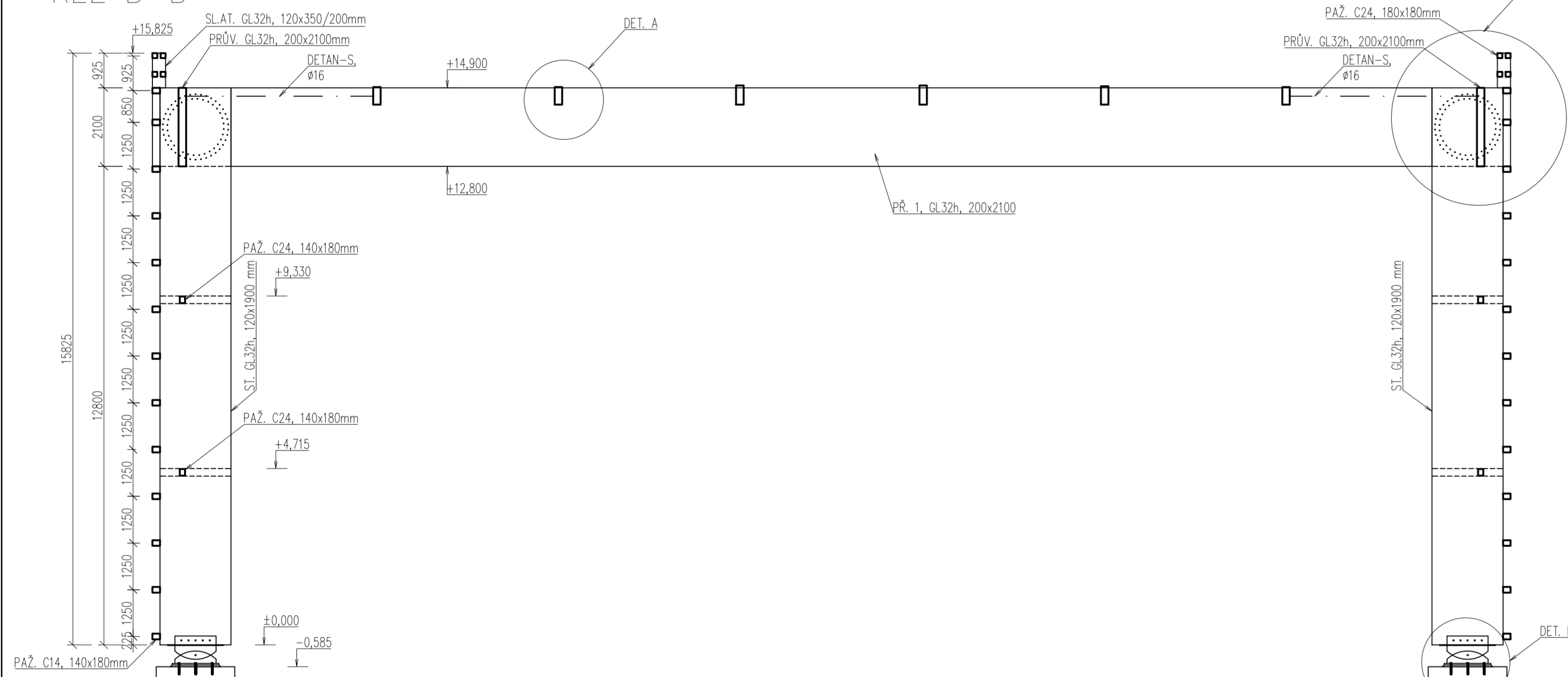
PAŽDÍKY PRO ATIKU, C24, 130x130 mm

Zpracoval	Konzultant	Školní rok	Fakulta stavební
Ing. Anetka Suchá	Ing. Karel Mikeš, Ph.D.	2019/20	ČVUT
Předmět	DIPLOMOVÁ PRÁCE		Měřítko
Oláha	SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI		1:100
Výkres	POHLNA STŘECHU A BOČNÍ, ŘEZ A-A	Č.v.	Formát
		1	A1
Datum	12/2019		

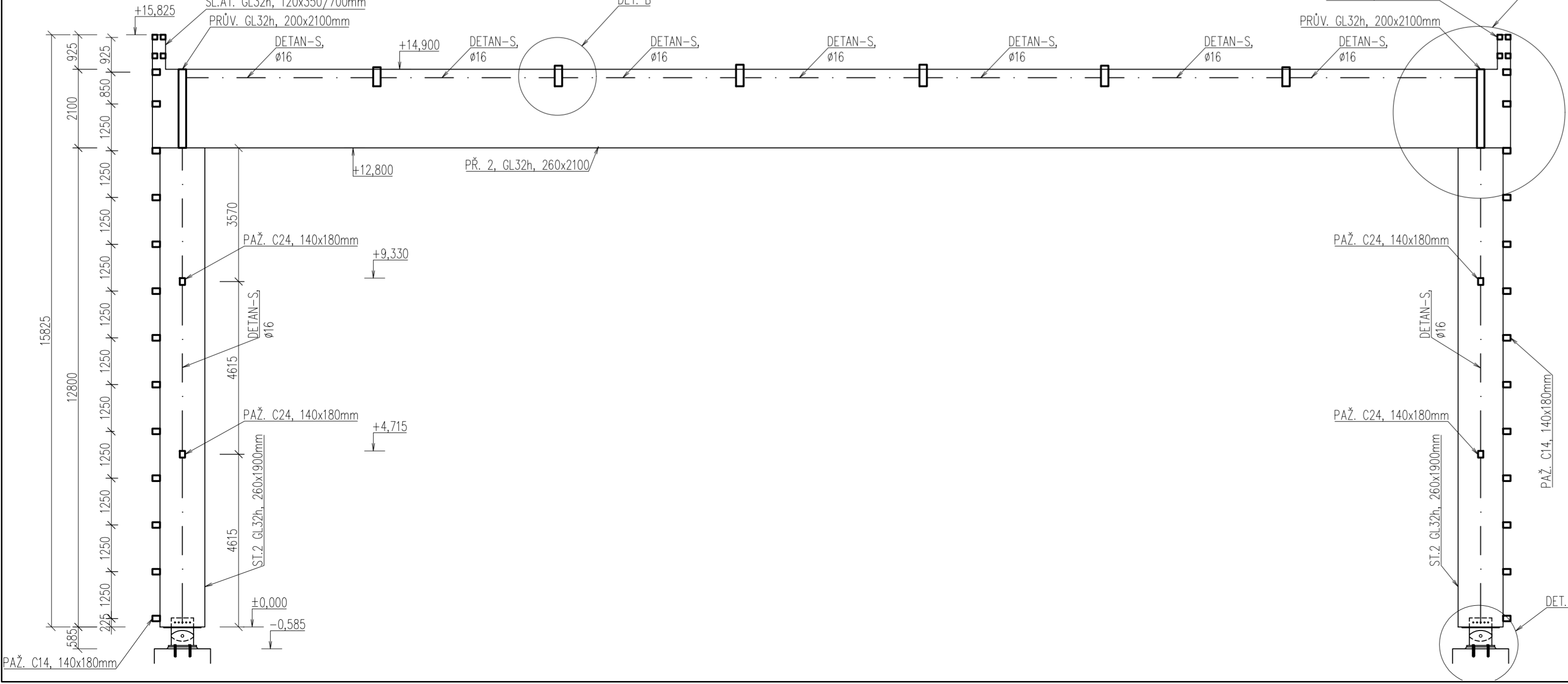
POHLED NA ŠTÍTOVOU STĚNU



ŘEZ B-B



ŘEZ C-C



HLAVNÍ NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
 PRÍČLE 1, GL32h, 200x2100 mm, L = 35 900mm
 PRÍČLE 2, GL32h, 260x2100 mm, L = 34 500mm
 STOUJKY, GL32h, 2x120x1900 mm, L=14 900 mm
 STOUJKY 2, GL32h, 260x1900 mm, L=12 800 mm
 PRŮVLAKY, GL32h, 200x2100 mm, L=13 320 mm
 VAZNICE GL24h, 200/300x450 mm, L=4150/4740 mm
 PAŽDIKY, C24, 140x180 mm, L=4740/4030 mm

ZTUŽIDLA
 HALFEN DETAN-S, ø16 mm

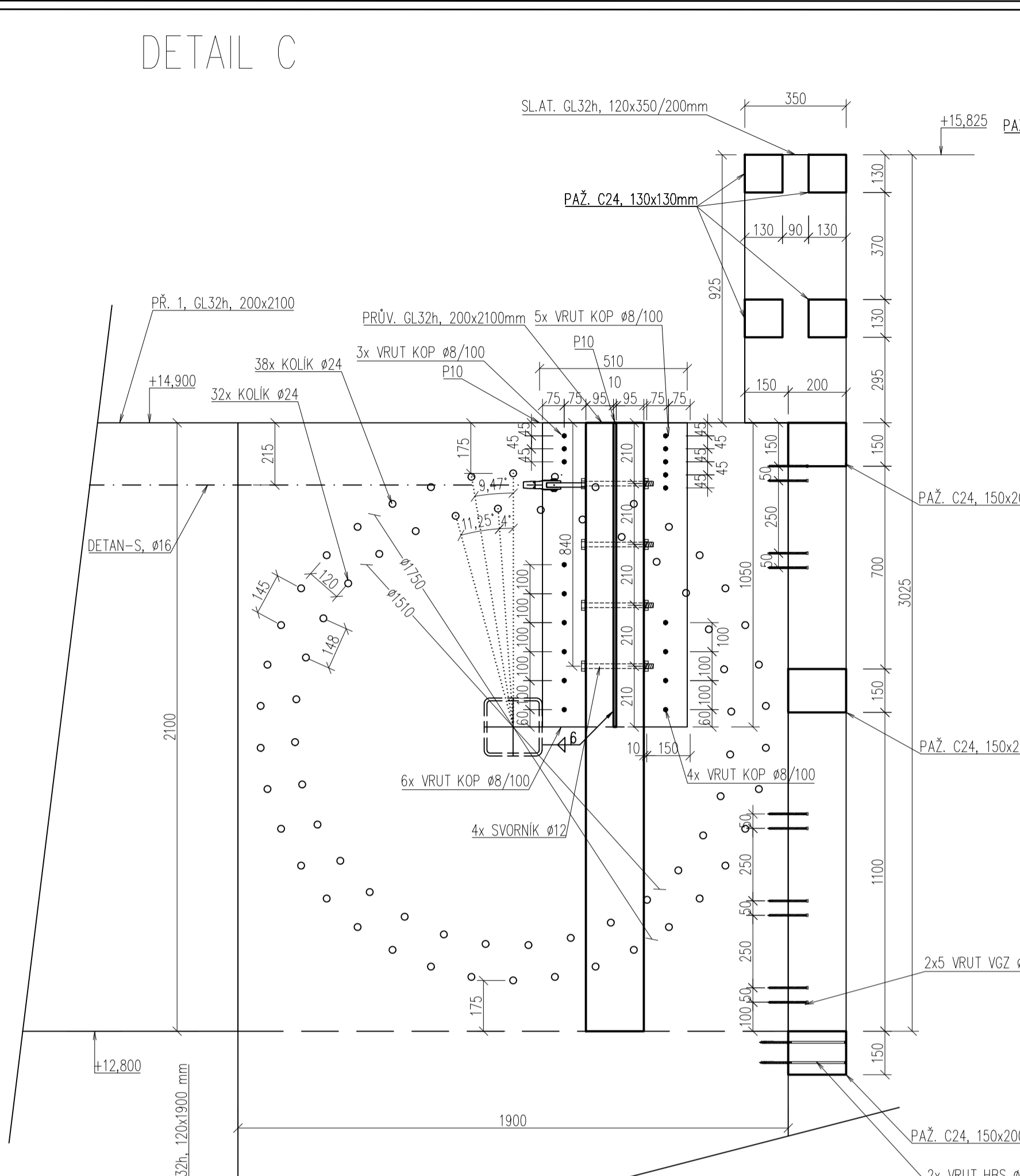
TRAPÉZOVÝ PLECH
 TR 150/280/1,8 S320GD

SEKUNDÁRNÍ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
 ŠTÍTOVÉ SLOUPKY, GL32h, 200x260/350 mm, L = 15 825 mm
 SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/350, L=3025 mm
 SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/700 mm, L=3080 mm
 PAŽDIKY PRO PLÁŠT, C24, 200x150 mm
 PAŽDIKY PRO ATIKU, C24, 130x130 mm

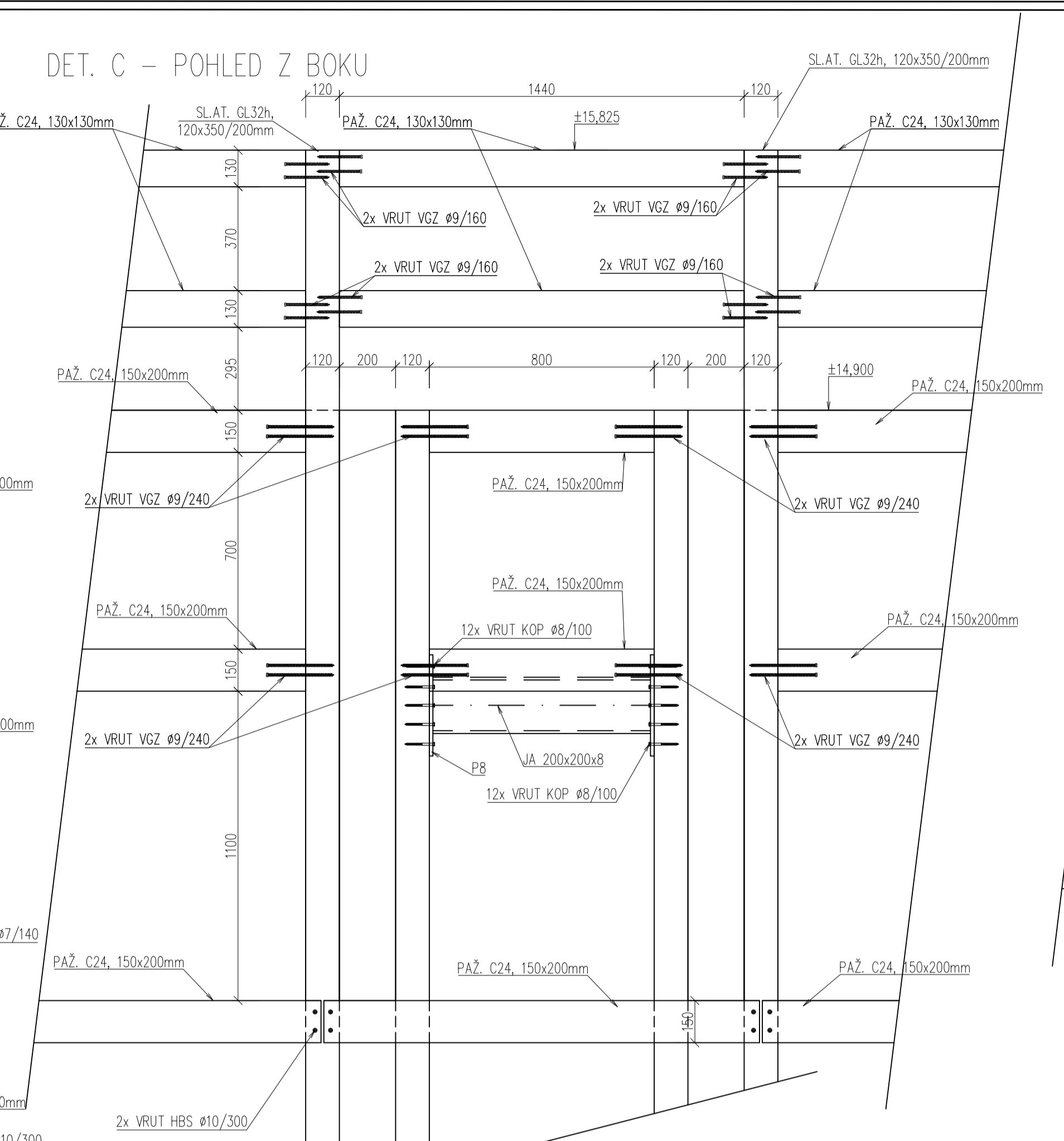
PLECHY: OCEĽ S235, POKUD NENÍ UVEDENO JINAK
 SVORNIKY A KOLÍKY: 6.8
 ČEPY A KOLÍKY: 5.6
 VRUTY ROTHBLASS KOP, HBZ, VGZ
 NUTNO PŘEDVRTAT VODÍCÍ OTVORY (POKUD $\phi \geq 6$ mm) S
 PRŮMĚREM= ϕ V HLBOUCE DRÁKU A S PRŮMĚREM 70% ϕ V ZÁVITOVÉ ČÁSTI
 ZAKLADOVÉ PATKY: ØBETON C 20/25

Zpracovala Bc. Anežka Suchá	Konzultant Ing. Karel Mikeš, Ph.D.	Skolní rok 2019/20	Fakulta stavební
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE	Č.v. 2		ČVUT
Úloha SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI	Datum 12/2019	Měřítka 1:100	Formát 1,5 A2
Výkres POHLED NA ŠTÍT, STĚNU, ŘEZY B-B, C-C			

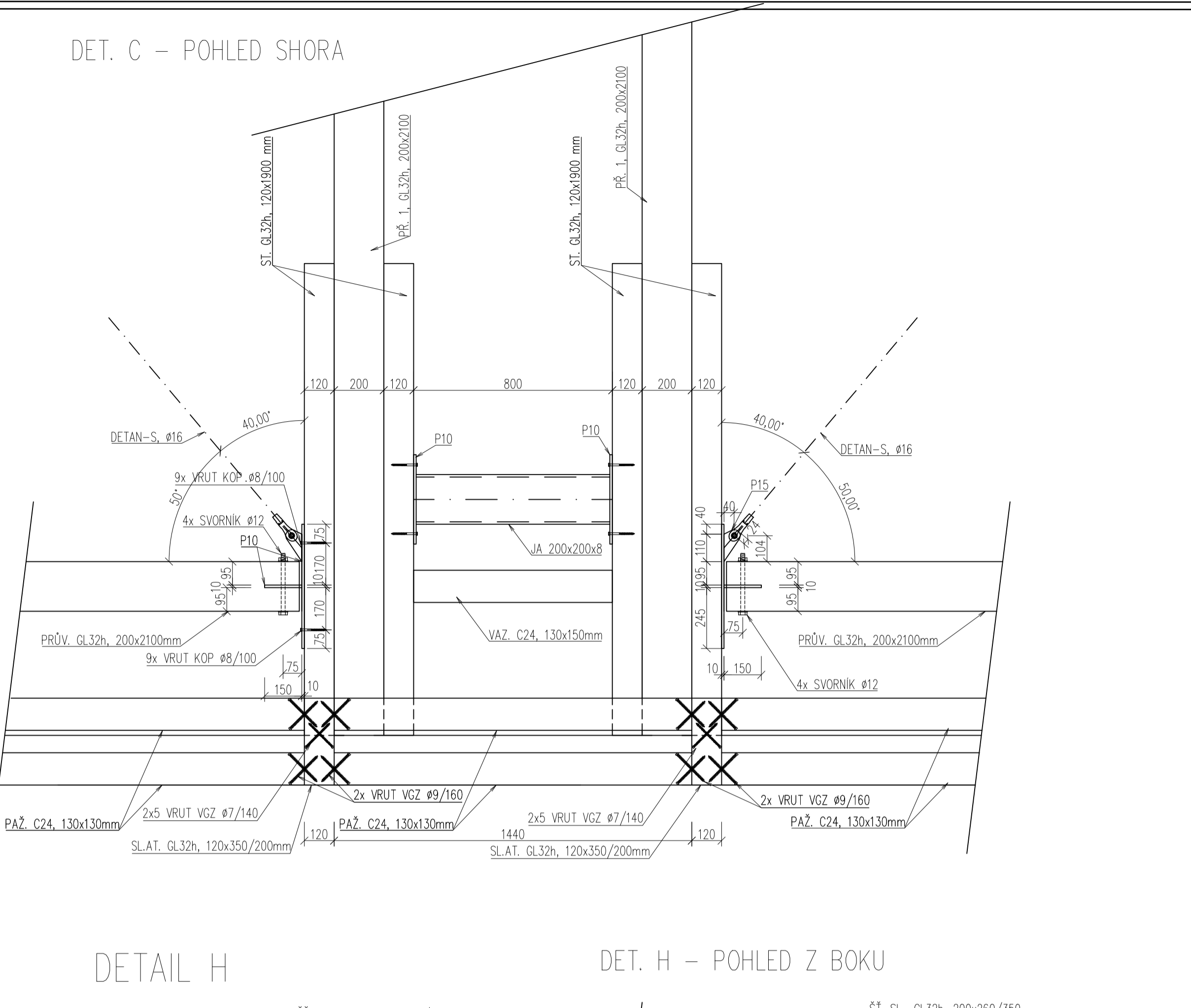
DETAIL C



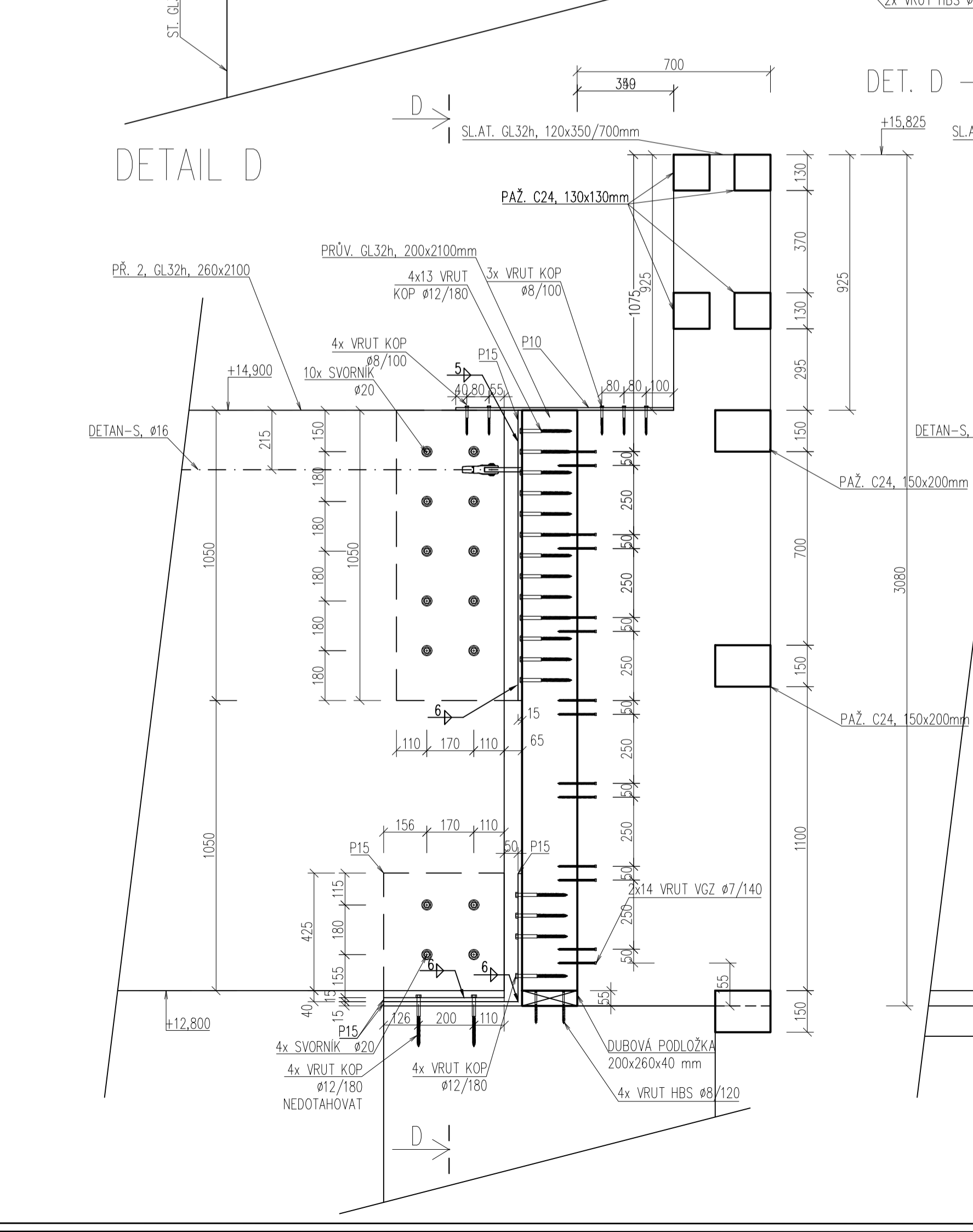
DET. C - POHLED Z BOKU



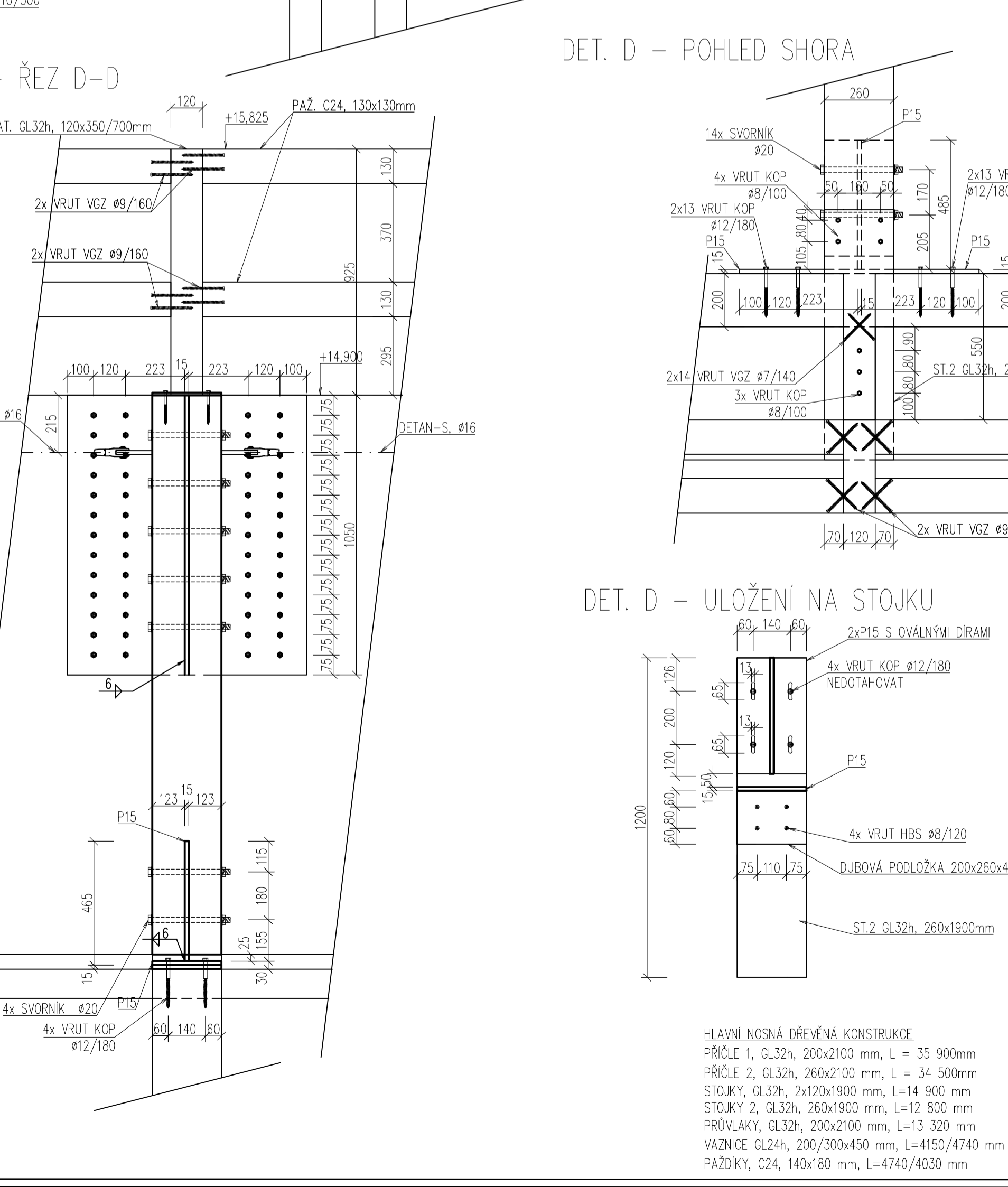
DET. C - POHLED SHORA



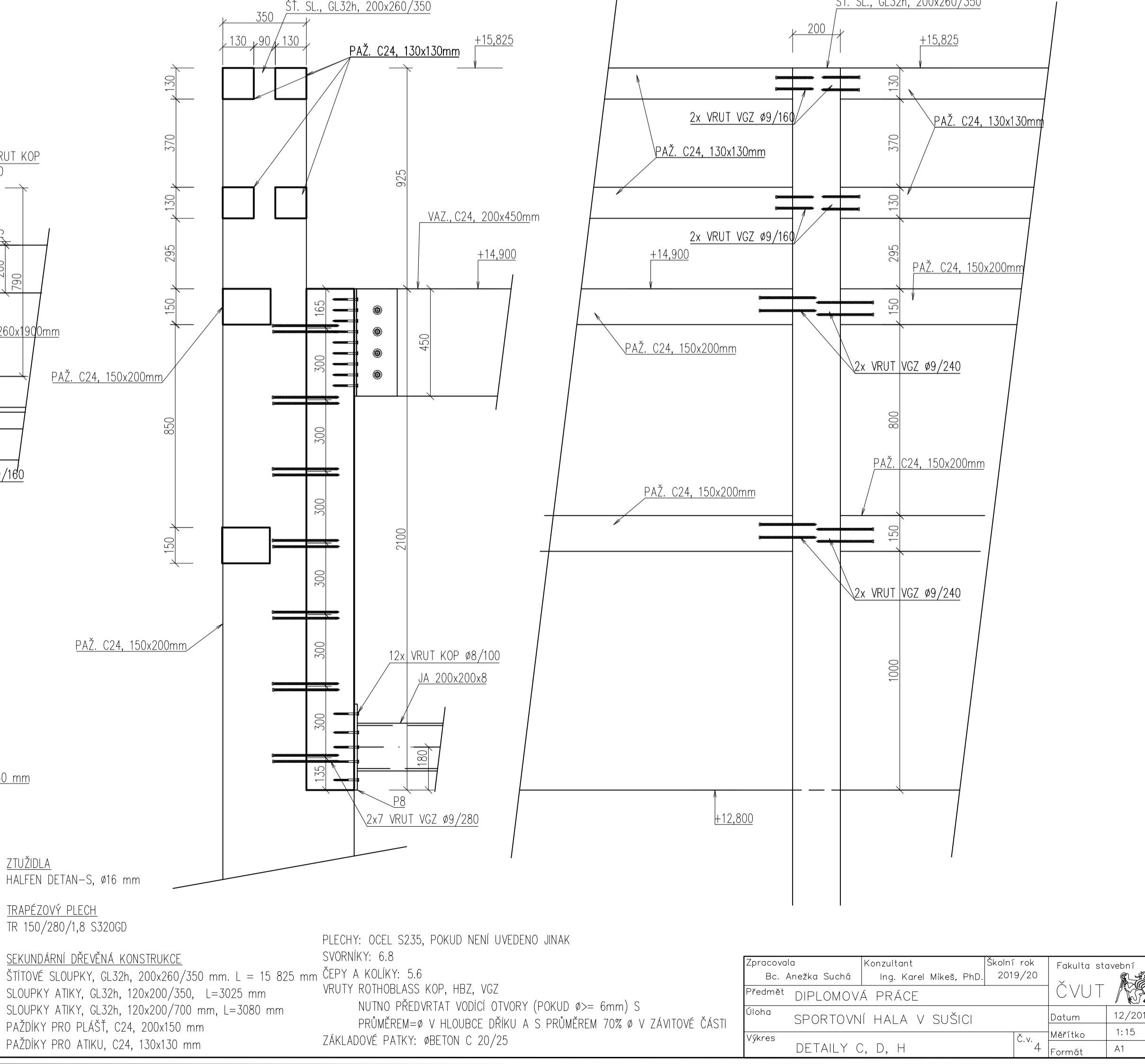
DETAIL D



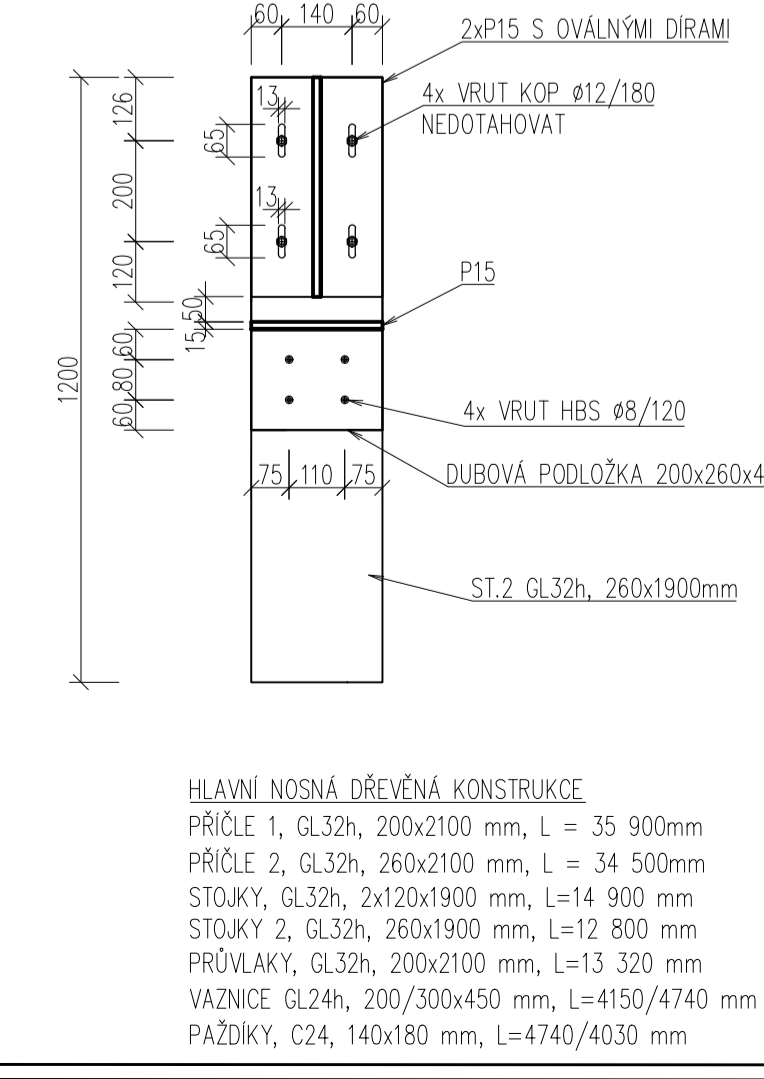
DET. D - ŘEZ D-D



DET. D - POHLED SHORA



DET. D - ULOŽENÍ NA STOJKU



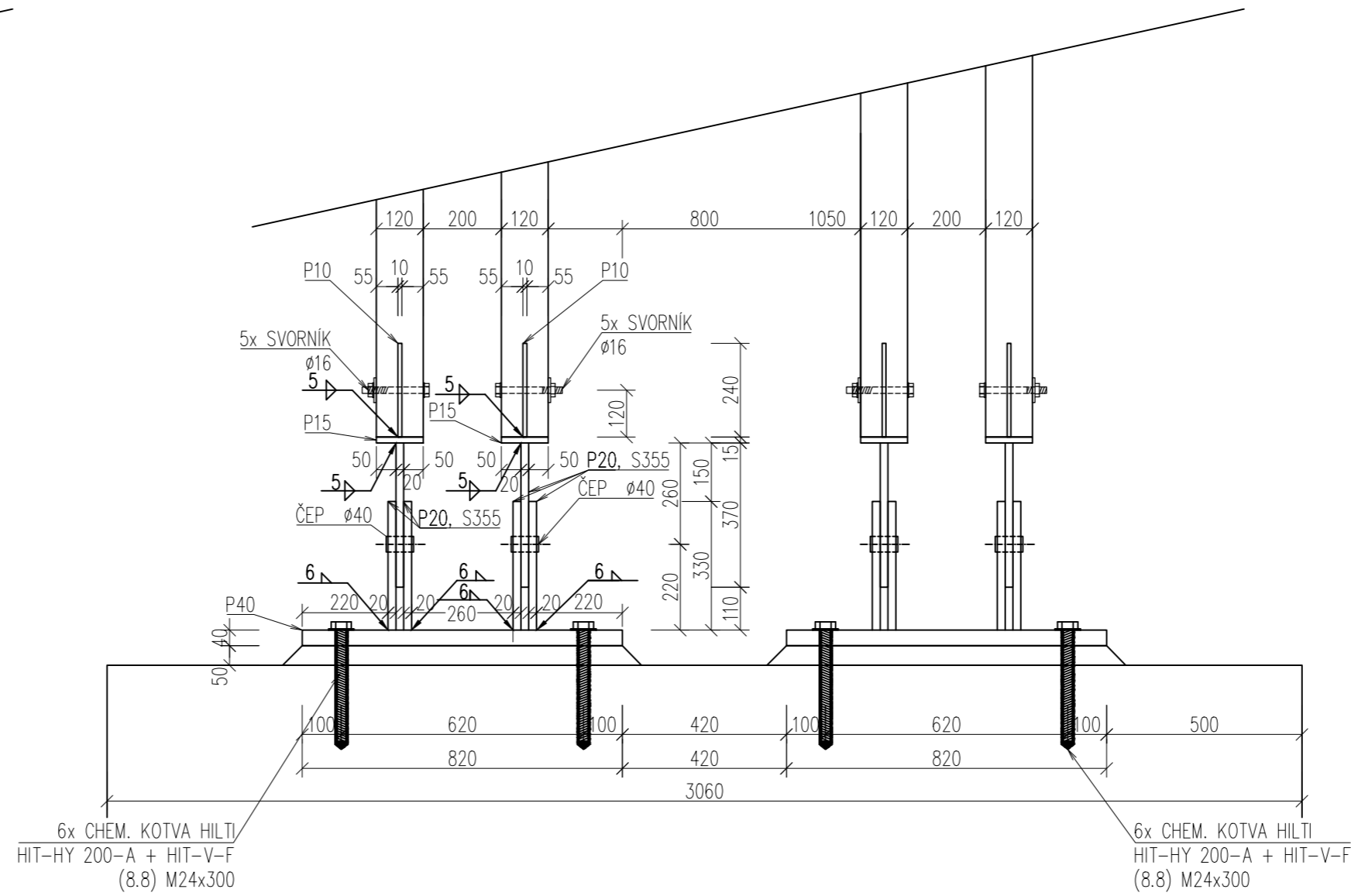
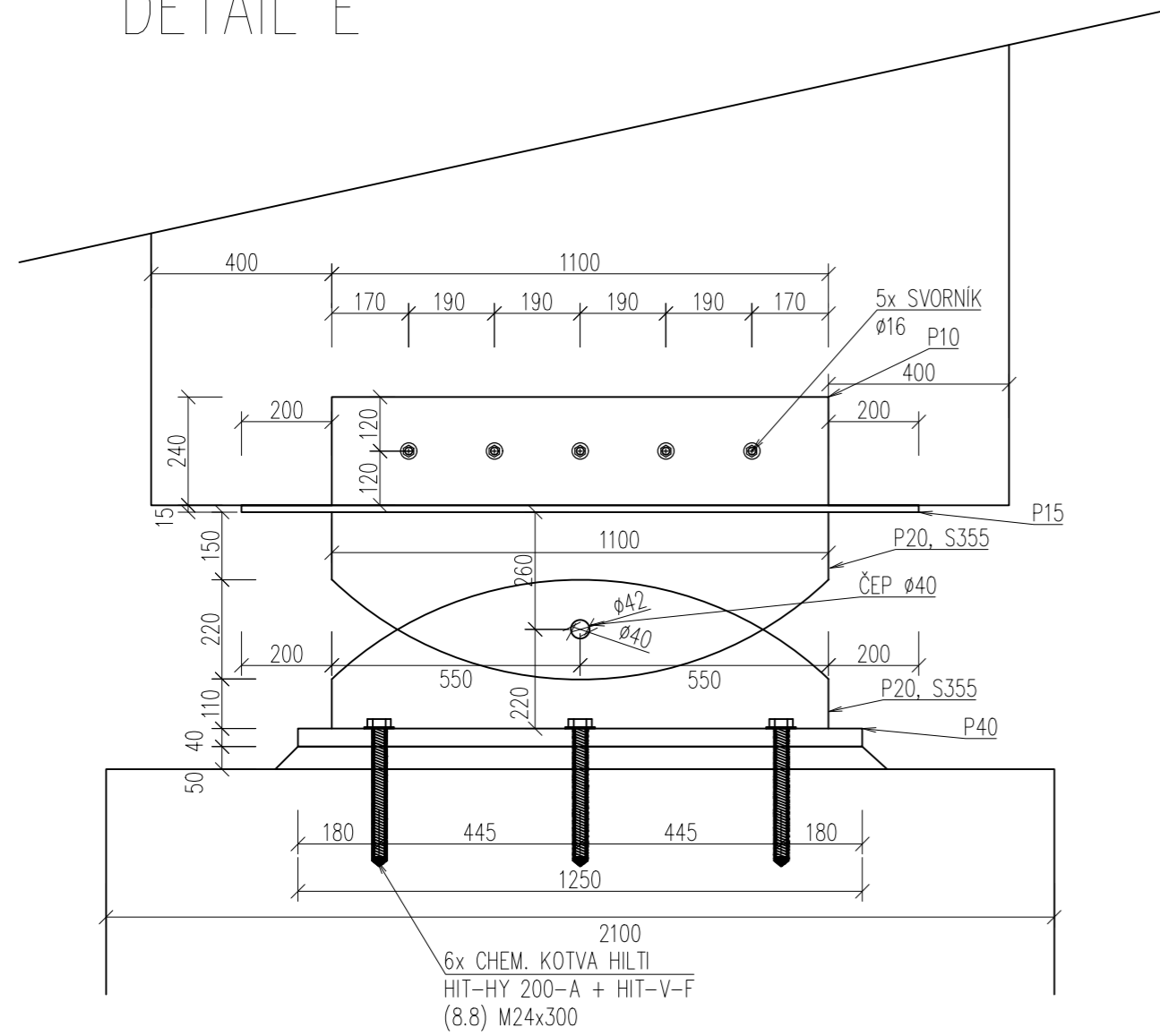
HLAVNÍ NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
PRŮČLE 1, GL32h, 200x2100 mm, L = 35 900mm
PRŮČLE 2, GL32h, 260x2100 mm, L = 34 500mm
STOJKY, GL32h, 2x120x1900 mm, L=14 900 mm
STOJKY 2, GL32h, 260x1900 mm, L=12 800 mm
PRŮVLAKY, GL32h, 200x2100 mm, L=13 320 mm
VAZNICE GL24h, 200/300x450 mm, L=4150/4740 mm
PAŽDÍKY, C24, 140x180 mm, L=4740/4030 mm

ZTUŽIDLA
HALFEN DETAN-S, ø16 mm
TRAPÉZOVÝ PLECH
TR 150/280/1,8 S320C0
SEKUNDÁRNÍ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
ŠTÍTOVÉ SLOUPKY, GL32h, 200x260/350 mm, L = 15 825 mm
SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/350, L=3025 mm
SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/700 mm, L=3080 mm
PAŽDÍKY PRO PLAŠT, C24, 200x150 mm
PAŽDÍKY PRO ATIKU, C24, 130x130 mm

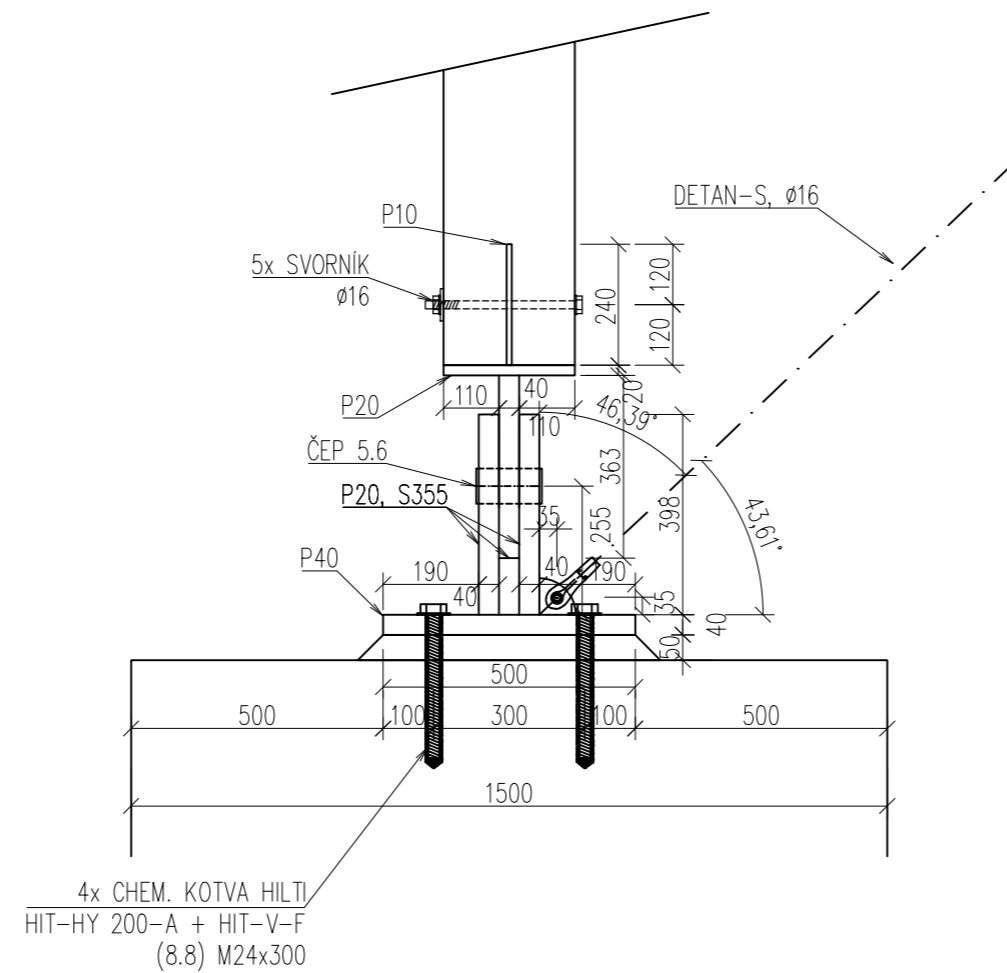
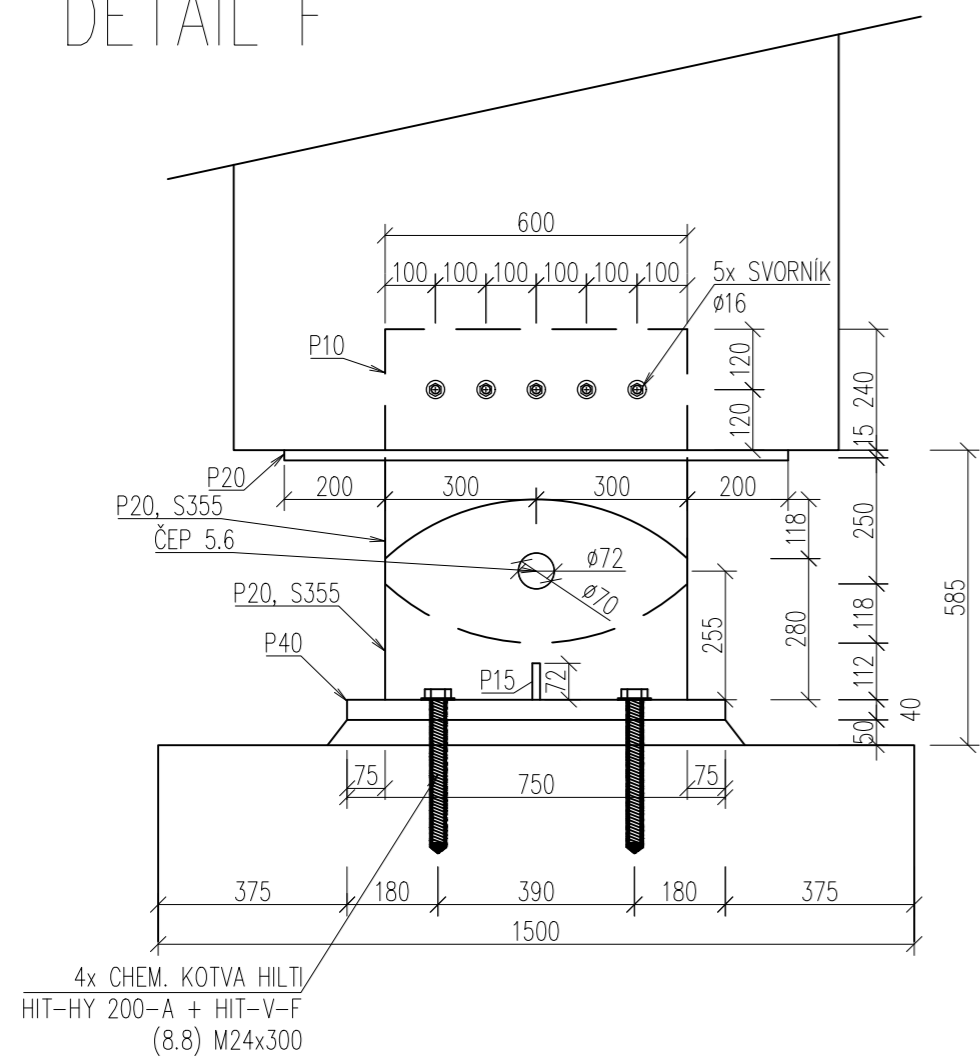
PLECHY: OCEL S235, POKUD NENÍ UVEDENO JINAK
SVORNIKY: 6.8
ČEPY A KOLÍKY: 5.6
VRUTY ROTHBLASS KOP, HBZ, VGZ
NUTNO PŘEDVRTAT VODÍCI OTVORY (POKUD ø ≥ 6mm) S
PRŮMĚREM=ø V HLOBCE DRÁKY A S PRŮMĚREM 70% ø V ZÁVITOVÉ ČÁSTI
ZAKLADOVÉ PÁTKY: ØBETON C 20/25

Zpracoval Bc. Anežka Suchá	Konzultant Ing. Karel Mikeš, Ph.D.	Školní rok 2019/20	Fakulta stavební ČVUT
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Jméno SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI		Datum 12/2019	
Výkres DETAILY C, D, H		Měřítko 1:15	Formát A1
		Č.v. 4	

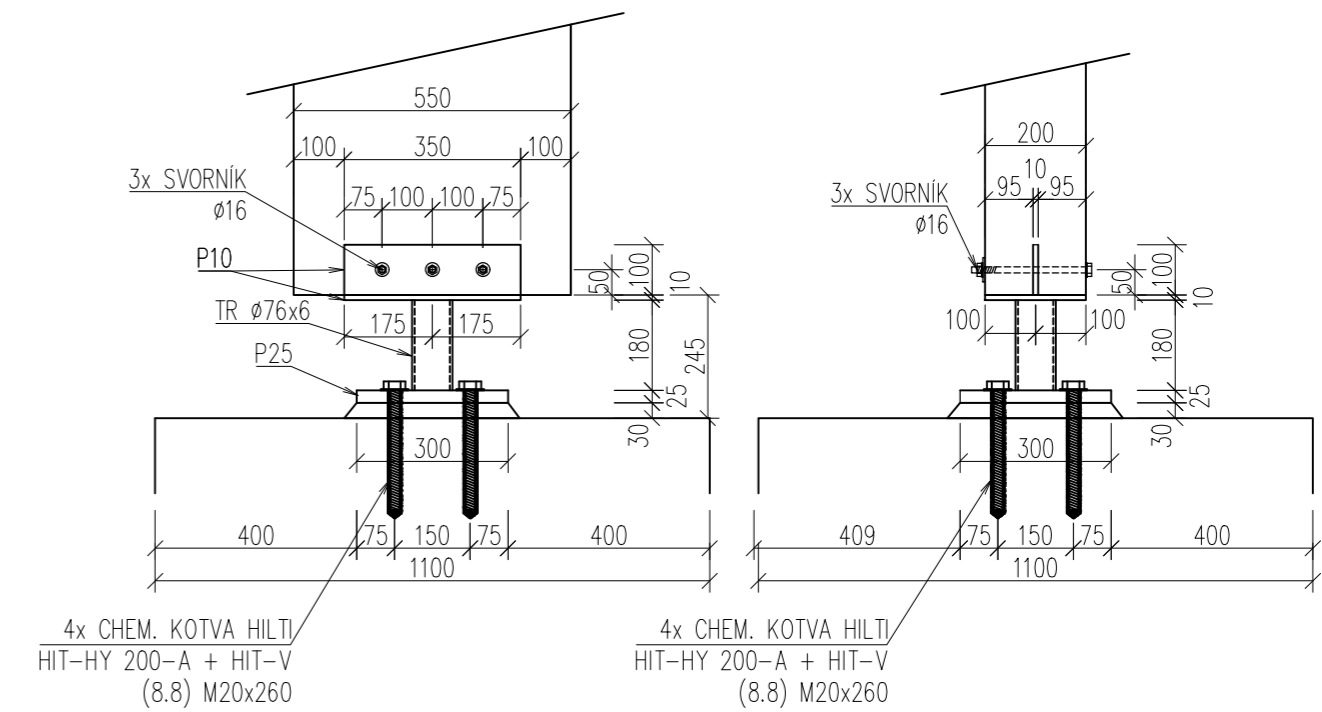
DETAIL E



DETAIL F



DETAIL G



PLECHY: OCEL S235, POKUD NENÍ UVEDENO JINAK
 SVORNIKY: 6.8
 ČEPY A KOLÍKY: 5.6
 VRUTY ROTHOBLOSS KOP, HBZ, VGZ
 NUTNO PŘEDVRTAT VODÍCÍ OTVORY (POKUD $\phi \geq 6$ mm) S
 PRŮMĚREM = ϕ V HLoubCE DŘÍKU A S PRŮMĚREM 70% ϕ V ZÁVITOVÉ ČÁSTI
 ZÁKLADOVÉ PATKY: ØBETON C 20/25

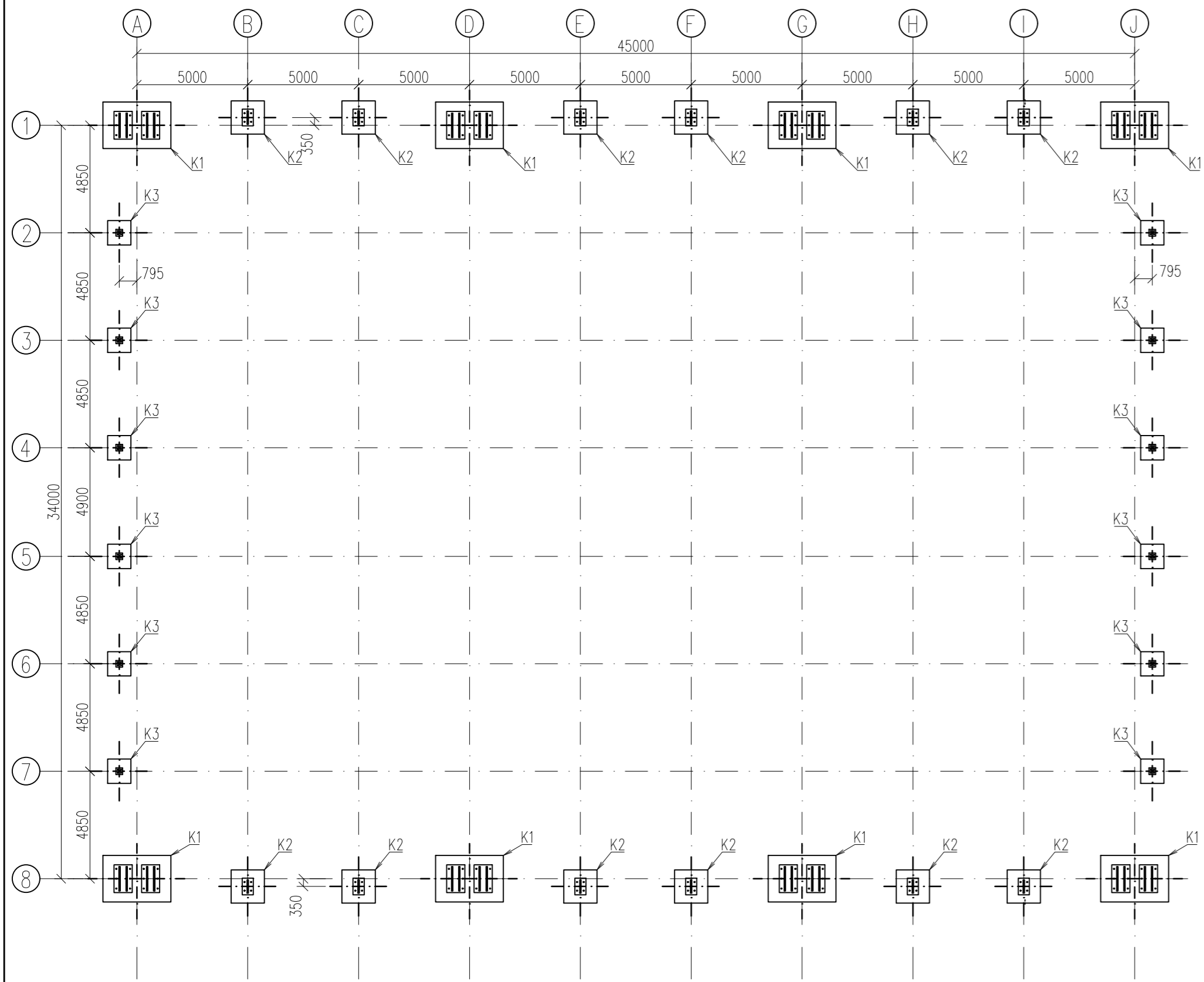
HLAVNÍ NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
 PŘÍČLE 1, GL32h, 200x2100 mm, L = 35 900 mm
 PŘÍČLE 2, GL32h, 260x2100 mm, L = 34 500 mm
 STŮJKY, GL32h, 2x120x1900 mm, L=14 900 mm
 STŮJKY 2, GL32h, 260x1900 mm, L=12 800 mm
 PRŮVLAKY, GL32h, 200x2100 mm, L=13 320 mm
 VAZNICE C24, 200/300x450 mm, L=4150/4740 mm
 PAŽDÍKY, C24, 140x180 mm, L=4740/4030 mm

ZTUŽIDLA
 HALFEN DETAN-S, Ø16 mm

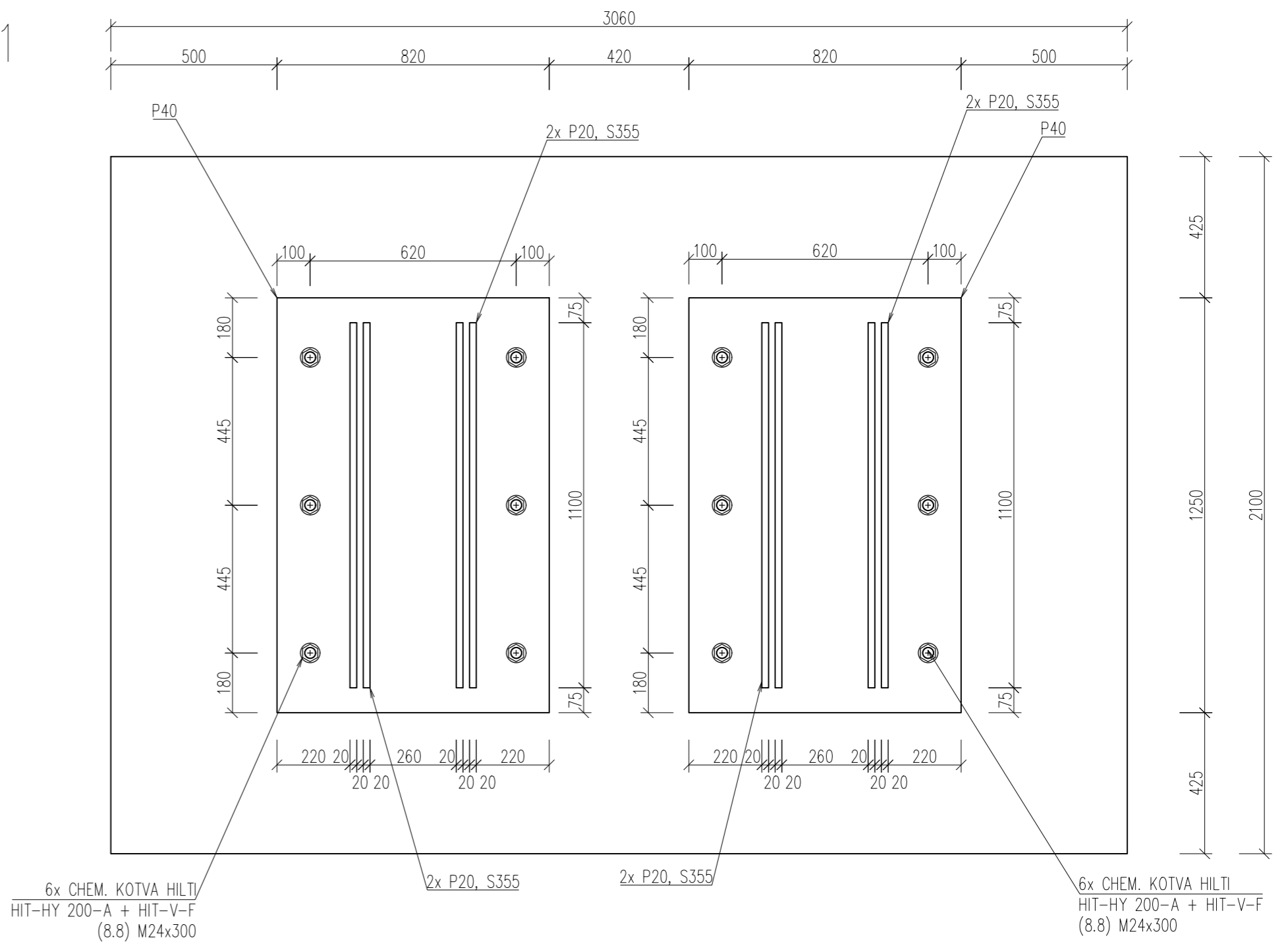
TRAPÉZOVÝ PLECH
 TR 150/280/1,8 S320GD

SEKUNDÁRNÍ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE
 ŠTÍTOVÉ SLOUPKY, GL 32h, 200x260/350 mm, L = 15 825 mm
 SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/350, L=3025 mm
 SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/700 mm, L=3080 mm
 PAŽDÍKY PRO PLÁŠŤ, C24, 200x150 mm
 PAŽDÍKY PRO ATIKU, C24, 130x130 mm

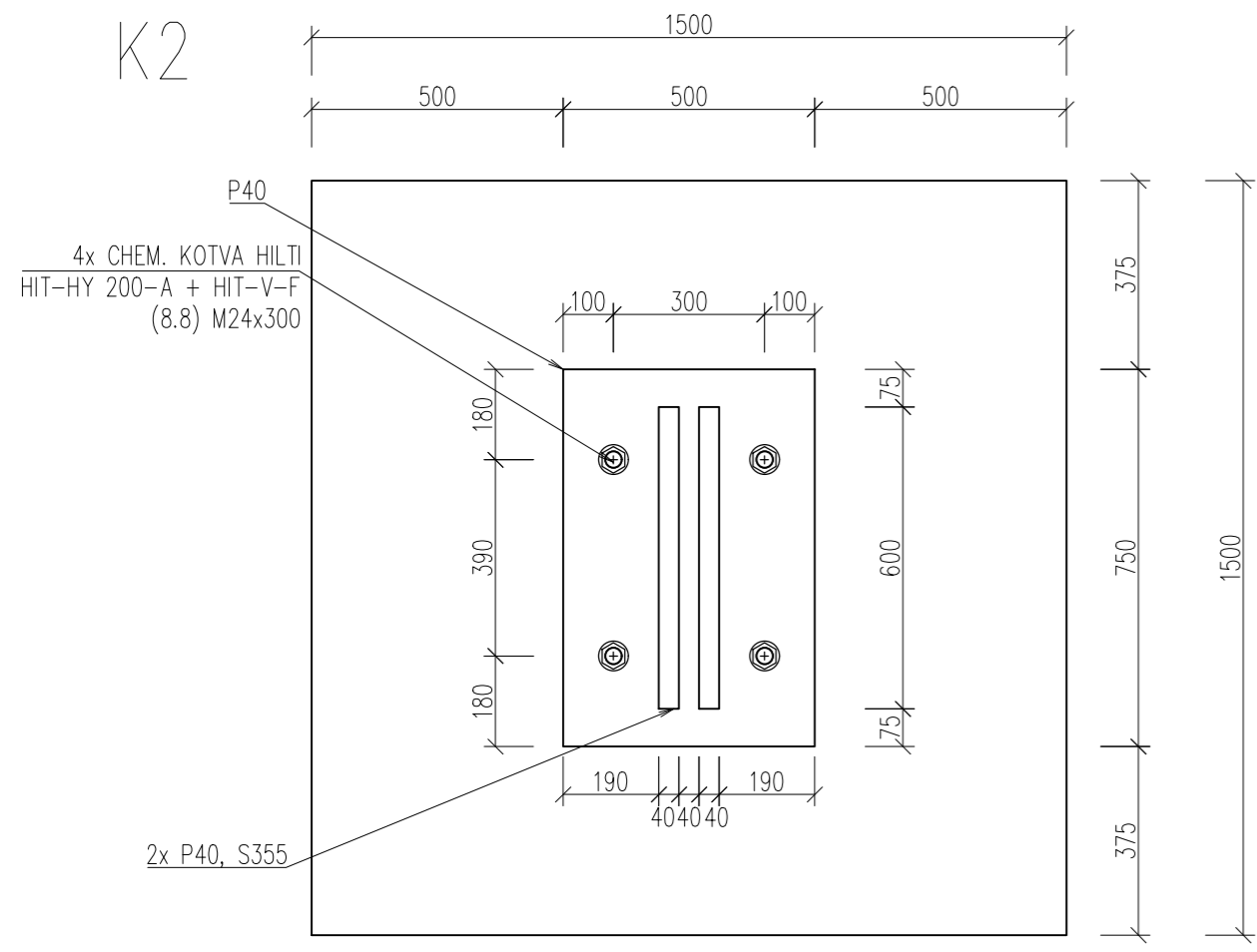
Zpracovala Bc. Anežka Suchá	Konzultant Ing. Karel Mikeš, Ph.D.	Školní rok 2019/20	Fakulta stavební ČVUT
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum 12/2019
Úloha SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI			Měřítko 1:15
Výkres DETAILY E,F,G			Č.v. 5 Formát A2



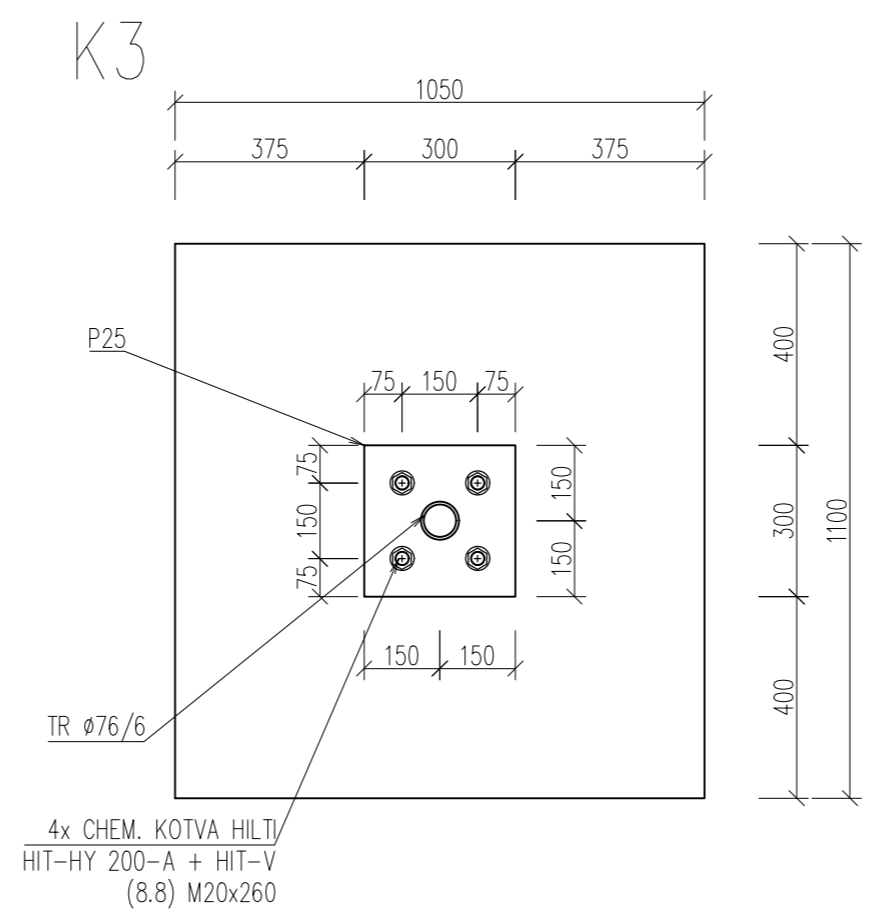
K1



K2



K3



HLAVNÍ NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE

- PŘÍČLE 1, GL32h, 200x2100 mm, L = 35 900mm
- PŘÍČLE 2, GL32h, 260x2100 mm, L = 34 500mm
- STOJKY, GL32h, 2x120x1900 mm, L=14 900 mm
- STOJKY 2, GL32h, 260x1900 mm, L=12 800 mm
- PRŮVLAKY, GL32h, 200x2100 mm, L=13 320 mm
- VAZNIČE GL24h, 200/300x450 mm, L=4150/4740 mm
- PAŽDÍKY, C24, 140x180 mm, L=4740/4030 mm

ZTUŽIDLA

HALFEN DETAN-S, Ø16 mm

TRAPÉZOVÝ PLECH

TR 150/280/1,8 S320GD

SEKUNDÁRNÍ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE

- ŠTÍTOVÉ SLOUPKY, GL32h, 200x260/350 mm, L = 15 825 mm
- SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/350, L=3025 mm
- SLOUPKY ATIKY, GL32h, 120x200/700 mm, L=3080 mm
- PAŽDÍKY PRO PLAŠŤ, C24, 200x150 mm
- PAŽDÍKY PRO ATIKU, C24, 130x130 mm

PLECHY: OCEĽ S235, POKUD NENÍ UVEDENO JINAK

SVORNÍKY: 6.8

ČEPY A KOLÍKY: 5.6

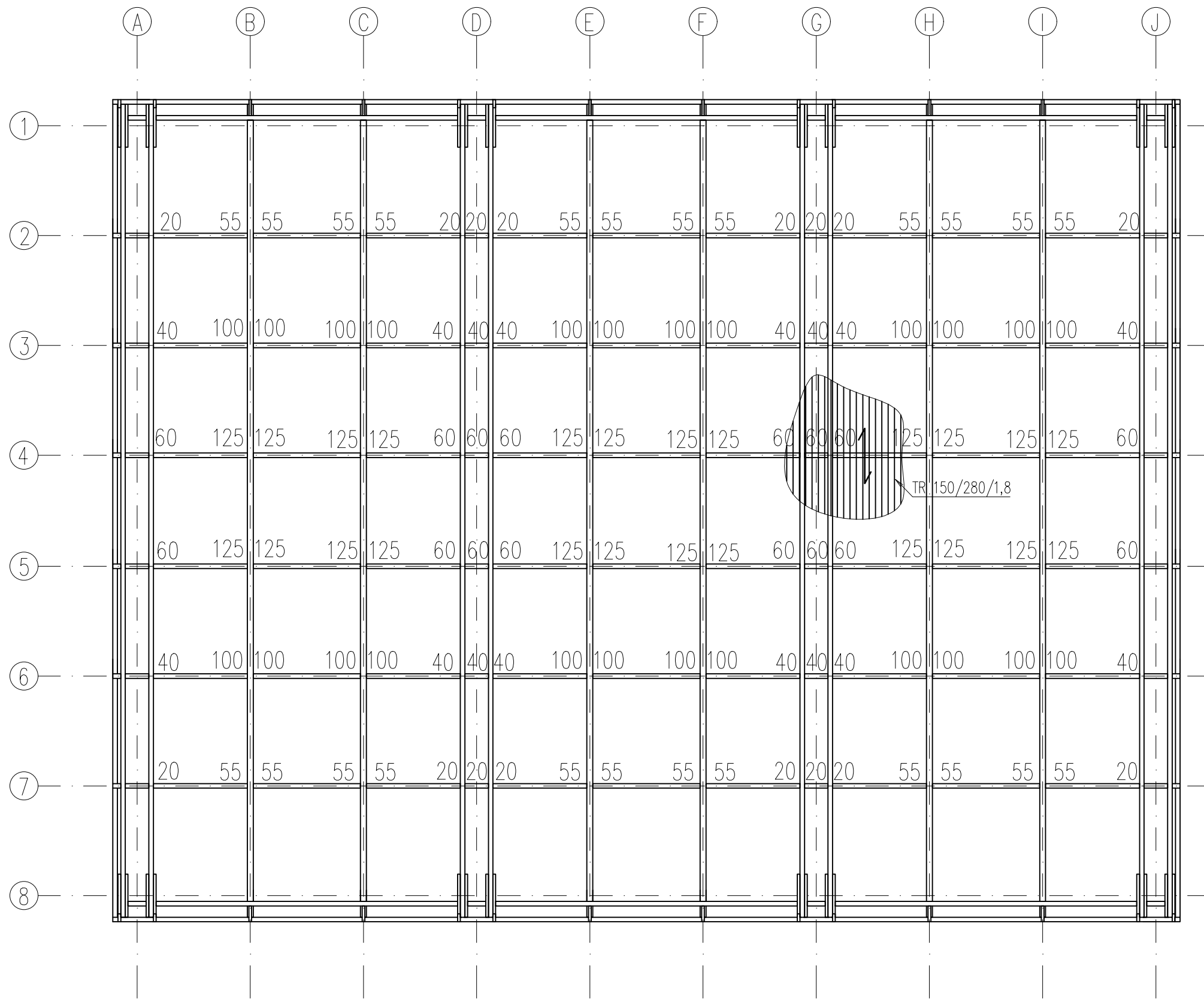
VRUTY ROTHOBLOSS KOP, HBZ, VGZ

NUTNO PŘEDVRTAT VODÍCÍ OTVORY (POKUD Ø ≥ 6mm)

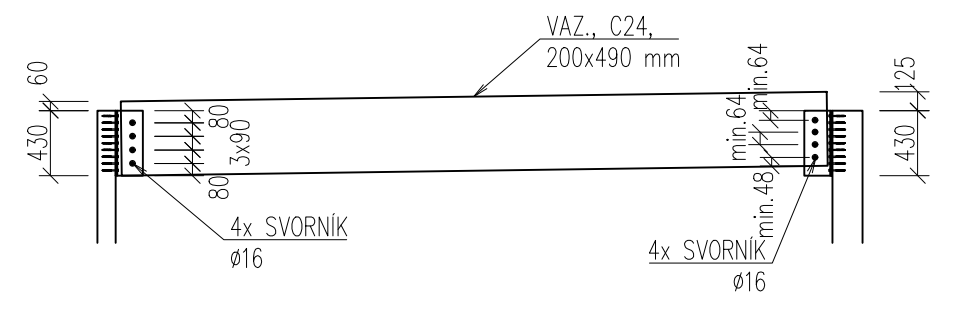
S PRŮMĚREM=Ø V HĽOBCE DŘÍKU A S PRŮMĚREM 70% Ø V ZÁVITOVÉ ČÁSTI

ZÁKLADOVÉ PATKY: ØBETON C 20/25

Zpracovala Bc. Anežka Suchá	Konzultant Ing. Karel Mikeš, PhD.	Školní rok 2019/20	Fakulta stavební ČVUT
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum 12/2019
Úloha SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI			Měřítko 1:200/1:15
Výkres VÝKRES KOTVENÍ		Č.v. 6	Formát A2



TYPICKÉ ŘEŠENÍ PRO VAZNICI S
NESTEJNĚ VYSOKO ULOŽENÝMI KONCI



ČÍSLA ZNAČÍ PŘESAH VAZNIC (V MILIMETRECH) NAD HORNÍ HRANU HLAVNÍCH PŘÍČLÍ

Zpracovala Bc. Anežka Suchá	Konzultant Ing. Karel Mikeš, PhD.	Školní rok 2019/20	Fakulta stavební
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE			ČVUT
Úloha SPORTOVNÍ HALA V SUŠICI			Datum 12/2019
Výkres SCHÉMA ULOŽENÍ VAZNIC			Č.v. 7
			Měřítko 1:200/1:50
			Formát A3