

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Část A – Úvod

Vypracoval: Jan Koudelka

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum odevzdání: leden 2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Koudelka Jméno: Jan Osobní číslo: 460358

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu

Název diplomové práce anglicky: Timber Roofing Structure of Winter Stadium

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce bude obsahovat technickou zprávu, statický výpočet, výkresovou dokumentaci včetně vybraných detailů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kuklík: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha
- [2] Kuklík, Kuklíková, Mikeš: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha
- [3] Studnička, Holický: Ocelové konstrukce 20 - Zatížení staveb, ČVUT Praha
- [4] http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf
- [5] ČSN EN 1995-1-1

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 21.09.2020

Termín odevzdání diplomové práce: 04.01.2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

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“.

21. 9. 2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Jan Koudelka

Název diplomové práce: Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu

Základní část: Dřevěné konstrukce podíl: 90 %

Formulace úkolů: Diplomová práce bude obsahovat technickou zprávu, statický výpočet, výkresovou dokumentaci včetně vybraných detailů.

Podpis vedoucího DP: Datum: 21. 9. 2020

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

2. Část: Betonové konstrukce podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Michaela Frantová, Ph.D

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÝ STAT. NÁVRH BETONOVÝCH PRVKŮ STADIONU (TRIBUNA), VÝKRES TVARU/RESP. SKLADBY V PŘEDBĚŽNÉ FÁZI, TECHNICKÁ ZPRÁVA

Podpis konzultanta: Datum: 12. 10. 2020

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)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 3. 1. 2021

Jan Koudelka

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Anně Kuklíkové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady a poskytnuté materiály při vypracovávání této práce.

Anotace

Cílem diplomové práce je návrh konstrukce zastřešení dřevěného zimního stadionu. Půdorysné rozměry zimního stadionu, jež se nachází v Jičíně, jsou 44 x 72 m. Nosná konstrukce, jejíž rozpon je v příčném směru 42 metrů, v podélném směru 72 metrů a se vzepětím 9,2 m, je vyrobena z lepeného lamelového dřeva. Hlavním nosným prvkem konstrukce je dvoukloubový rám o rozměrech 200 x 1200 mm umístěných po 5 m. Rám je konstrukčně rozdělen na tři části. Krajiní části rámu mají tvar oblouku a střední část je sedlová. Půlkruhový okraj haly je tvořen polovinou příčné vazby uspořádanou radiálně po 22,5°. Na vrcholu haly se nachází ocelový světlík, který dodává stavbě podobu obrácené lodi. Součástí stadionu je betonová tribuna a ocelový ochoz. Práce obsahuje statický výpočet, výkresovou dokumentaci a technickou zprávu. Statická část obsahuje návrh jednotlivých konstrukčních prvků, včetně spojů. Výkresová dokumentace zahrnuje příslušné výkresy, včetně detailů a technická zpráva podrobný popis haly.

Klíčová slova

Zimní stadion, dřevěná hala, oblouková konstrukce, dvojkloubový nosník, lepené lamelové dřevo, statický výpočet

Annotation

The diploma thesis aims to design the roof structure of a wooden winter stadium. The dimensions of the ice stadium, which is located in Jičín, are 44 x 72 m. The load-bearing structure, the span of which is 42 meters in the transverse direction, 72 meters in the longitudinal direction and with a rise of 9.2 m, is made of glued laminated timber. The main supporting element of the structure is a two-joint frame with dimensions of 200 x 1200 mm placed 5 m apart. The frame is structurally divided into three parts. The outer parts of the frame have the shape of an arch and the middle part is the saddle. The semicircular end of the hall is formed by a half of a transverse arranged radially by 22.5°. There is a steel skylight at the top of the hall, which gives the building the appearance of an inverted ship. The stadium includes a concrete grandstand and a steel gallery. The work contains a static calculation, drawing documentation and a technical report. The static part contains the design of individual structural elements, including joints. The drawing documentation includes the drawings, including details and a technical report detailed description of the hall.

Keywords

Winter stadium, wooden hall, arched structure, two-joint beam, glued laminated timber, static calculation

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Část B – Statický výpočet

Vypracoval: Bc. Jan Koudelka

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum odevzdání: leden 2021

Obsah

1. Stanovení zatížení	6
1.1. Vlastní tíha	6
1.2. Stálé zatížení	6
1.3. Užité zatížení.....	8
1.4. Klimatické zatížení	9
1.4.1. Zatížení sněhem	9
1.4.2. Zatížení větrem.....	11
1.5. Zatěžovací stavy.....	14
1.6. Kombinace zatěžovacích stavů	18
1.6.1. Mezní stav únosnosti.....	18
1.6.2. Mezní stav použitelnosti	23
2. Návrh konstrukčních prvků dřevěné konstrukce.....	25
2.1. Obloukový vazník	25
2.1.1. Vnitřní síly	25
2.1.2. Materiálové charakteristiky.....	26
2.1.3. Geometrické charakteristiky	26
2.1.4. Obloukový vazník – posouzení MSÚ	27
2.1.5. Obloukový vazník – posouzení MSP	33
2.2. Vrcholový nosník mezi vazníky.....	34
2.2.1. Vnitřní síly	34
2.2.2. Materiálové charakteristiky.....	35
2.2.3. Geometrické charakteristiky	35
2.2.4. Vrcholový nosník – posouzení MSÚ	36
2.2.5. Vrcholový nosník – posouzení MSP.....	37
2.3. Vaznice (sedlová část).....	38
2.3.1. Vnitřní síly	38
2.3.2. Materiálové charakteristiky.....	39
2.3.3. Geometrické charakteristiky	39
2.3.4. Vaznice (sedlová část) – posouzení MSÚ.....	40
2.3.5. Vaznice (sedlová část) – posouzení MSP	44
2.4. Vaznice (oblouková část).....	45
2.4.1. Vnitřní síly	45
2.4.2. Materiálové charakteristiky.....	46
2.4.3. Geometrické charakteristiky	46
2.4.4. Vaznice (oblouková část) – posouzení MSÚ	47
2.4.5. Vaznice (oblouková část) – posouzení MSP.....	50

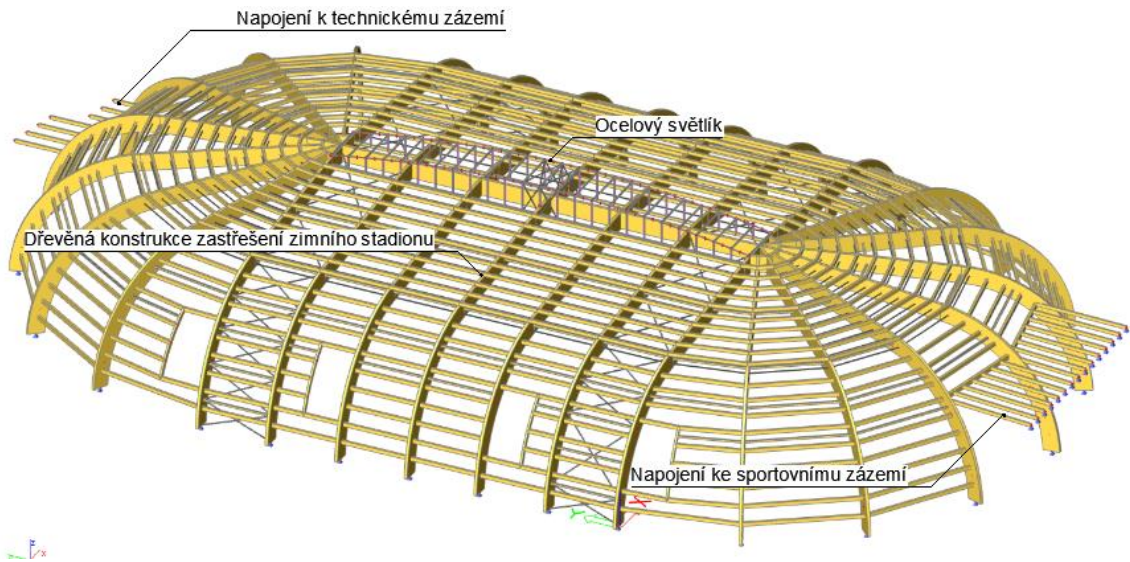
2.5. Oblouková výměna vaznic	51
2.5.1. Vnitřní síly	51
2.5.2. Materiálové charakteristiky	52
2.5.3. Geometrické charakteristiky	52
2.5.4. Oblouková výměna vaznic – posouzení MSÚ	53
2.5.5. Oblouková výměna vaznic – posouzení MSP	57
2.6. Výměna u vrcholového nosníku.....	58
2.6.1. Vnitřní síly	58
2.6.2. Materiálové charakteristiky.....	59
2.6.3. Geometrické charakteristiky	59
2.6.4. Výměna u vrcholového nosníku – posouzení MSÚ.....	60
2.6.5. Výměna u vrcholového nosníku – posouzení MSP	64
2.7. Vaznice pod světlíkem	65
2.7.1. Vnitřní síly	65
2.7.2. Materiálové charakteristiky.....	66
2.7.3. Geometrické charakteristiky	66
2.7.4. Vaznice pod světlíkem – posouzení MSÚ	67
2.7.5. Vaznice pod světlíkem – posouzení MSP	71
2.8. Krokve se zázemím.....	72
2.8.1. Vnitřní síly	72
2.8.2. Materiálové charakteristiky.....	73
2.8.3. Geometrické charakteristiky	73
2.8.4. Krokve se zázemím – posouzení MSÚ	74
2.8.5. Krokve se zázemím – posouzení MSP	78
2.9. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím	79
2.9.1. Vnitřní síly	79
2.9.2. Materiálové charakteristiky.....	80
2.9.3. Geometrické charakteristiky	80
2.9.4. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím – posouzení MSÚ	81
2.9.5. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím – posouzení MSP	84
2.10. Podélné ztužidlo	85
2.10.1. Vnitřní síly	85
2.10.2. Materiálové charakteristiky.....	86
2.10.3. Geometrické charakteristiky	86
2.10.4. Podélné ztužidlo – posouzení MSÚ	87
2.10.5. Podélné ztužidlo – posouzení MSP	91
2.11. Ocelové ztužidlo	92

2.11.1. Vnitřní síly	92
2.12. Základová patka	93
2.13. Souhrn navržených konstrukčních prvků dřevěné konstrukce.....	93
3. Návrh konstrukčních prvků ocelové konstrukce.....	94
3.1. Konstrukce ocelového světlíku	94
3.1.1. Zatěžovací stavy.....	95
3.1.2. Kombinace zatěžovacích stavů	97
3.1.3. Statické schéma světlíku	98
3.1.4. Rozpěra světlíku.....	99
3.1.5. Příčle světlíku.....	103
3.1.6. Sloupek světlíku.....	108
3.1.7. Ztužidlo	113
3.1.8. Souhrn prvků ocelového světlíku:.....	114
3.2. Konstrukce ocelového ochozu	115
3.2.1. Stanovení zatížení	115
3.2.2. Zatěžovací stavy.....	116
3.2.3. Kombinace zatěžovacích stavů	117
3.2.4. Sloup	118
3.2.5. Podélník	122
3.2.6. Příčník	125
3.2.7. Ztužidlo	129
3.2.8. Souhrn prvků ocelového ochozu:.....	130
4. Návrh konstrukčních prvků betonové konstrukce.....	131
4.1. Betonová tribuna	131
4.1.1. Stanovení zatížení	132
4.1.2. Zatěžovací stavy.....	133
4.1.3. Kombinace zatěžovacích stavů	134
4.1.4. Vnitřní síly	135
4.1.5. Výpočet dynamického součinitele	136
4.1.6. Předběžný statický výpočet.....	137
5. Návrh spojů.....	142
5.1. Patní kloub	142
5.1.1. Materiálové charakteristiky – patní kloub.....	142
5.1.2. Geometrické charakteristiky – patní kloub	142
5.1.3. Patní kloub – posouzení MSÚ.....	143
5.2. Přípoj vrcholového nosníku na obloukový vazník.....	151
5.2.1. Vnitřní síly	151

5.2.2. Posouzení MSÚ.....	151
5.3. Přípoj vaznice k obloukovému vazníku	154
5.3.1. Vnitřní síly	154
5.3.2. Posouzení MSÚ.....	154
5.4. Montážní spoj obloukového vazníku	156
5.4.1. Vnitřní síly	156
5.4.2. Materiálové charakteristiky.....	157
5.4.3. Geometrické charakteristiky	157
5.4.4. Posouzení MSÚ – montážní spoj.....	158
5.5. Přípoj vazníků ve vrcholu	165
5.5.1. Vnitřní síly	165
5.5.2. Materiálové charakteristiky.....	165
5.5.3. Posouzení MSÚ.....	166
6. Seznam norem, vyhlášek, použitých podkladů a programů.....	173
6.1. Seznam norem a vyhlášek.....	173
6.2. Seznam použitých podkladů	174
6.3. Použité grafické programy	175
6.4. Seznam obrázků	175
6.5. Seznam tabulek	177

1. Stanovení zatížení

Schéma konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jičíně:



Obrázek 1: Schéma konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jičíně [31]

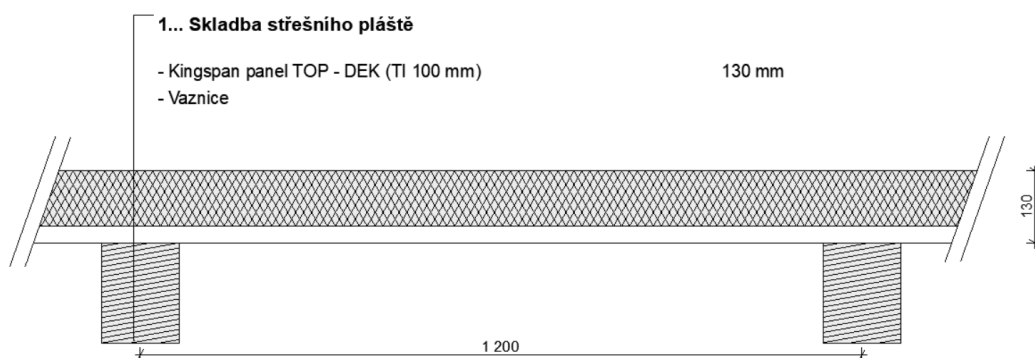
1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce bude vycházet z modelu z programu Scia Engineer 19. Bude vygenerována automaticky.

1.2. Stálé zatížení

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

Skladba střešního pláště:

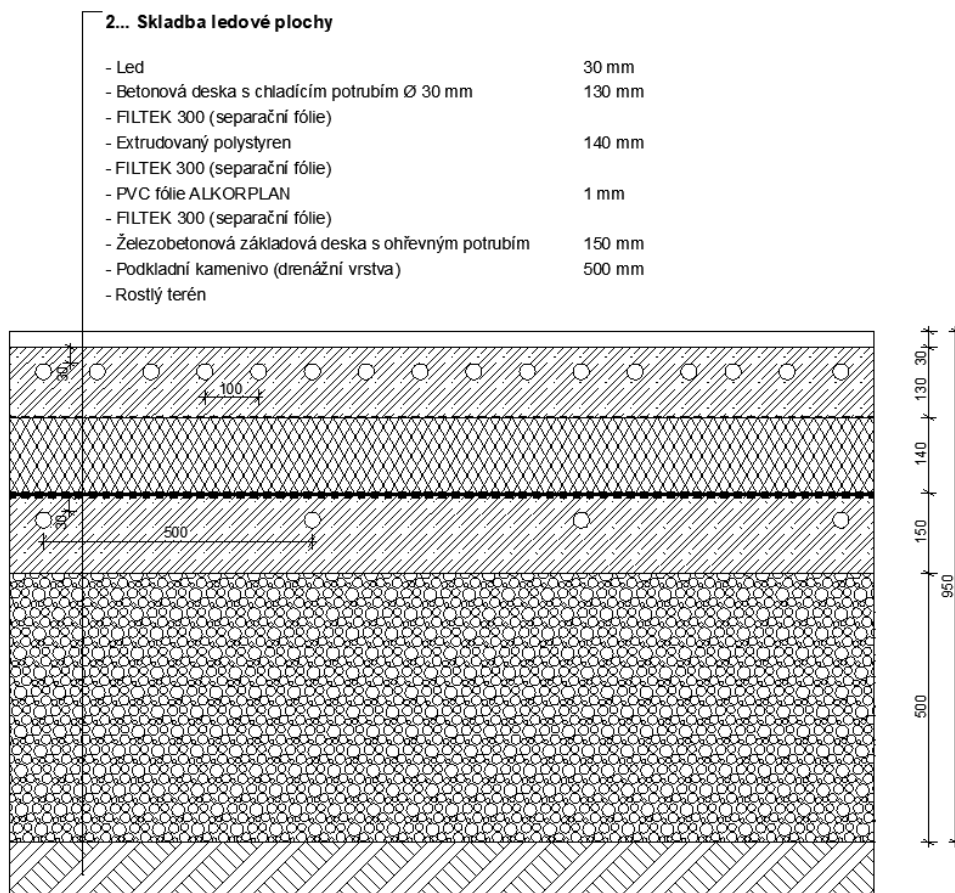


Obrázek 2: Skladba střešního pláště [30]

Střešní plášť	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Kingspan TOP – DEK (130 mm)	0,12	1,35	0,16
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,12	1,35	0,16

Zatížení technologiemi	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Stálé zatížení			
Technologie	0,1	1,35	0,14

Skladba ledové plochy:



Obrázek 3: Skladba ledové plochy [30]

1.3. Užiténé zatížení

Jelikož se jedná o střechu nepřístupnou s výjimkou běžné údržby a oprav, uvažují hodnotu $q_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užiténé zatížení pozemních staveb

Proměnné zatížení – konstrukce střechy	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitečné zatížení			
H Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	0,40	1,50	0,60

Proměnné zatížení – ochoz, tribuna	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitečné zatížení			
C5 Plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí	5,0	1,50	7,5

1.4. Klimatické zatížení

1.4.1. Zatížení sněhem

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-3 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

Lokalita:	Jičín
Sněhová oblast:	II (zjištěno z mapy sněhových oblastí na území ČR)
Charakteristická hodnota zatížení	$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
Sklon střechy	$\alpha_p = 5,5\text{-}60^\circ$
Součinitel expozice	$C_e = 1,0$
Součinitel teploty	$C_t = 1,0$
Tvarový součinitel	$\mu_1 = 0,8$ (nenavátý sníh) $\mu_2 = 2,4$ (navátý sníh)

μ_s – tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující sesuv sněhu z horní střechy

μ_w – tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující působení větrů

γ – objemová tíha sněhu ($\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$)

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w < \frac{\gamma * h}{s_k} = 0 + 2,4 = 2,4 < 4$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{3,3 + 11}{2 * 3,0} = 2,4$$

$$\alpha < 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0$$

$$s_i = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

$$s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$$

$$s_1 = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0$$

$$s_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

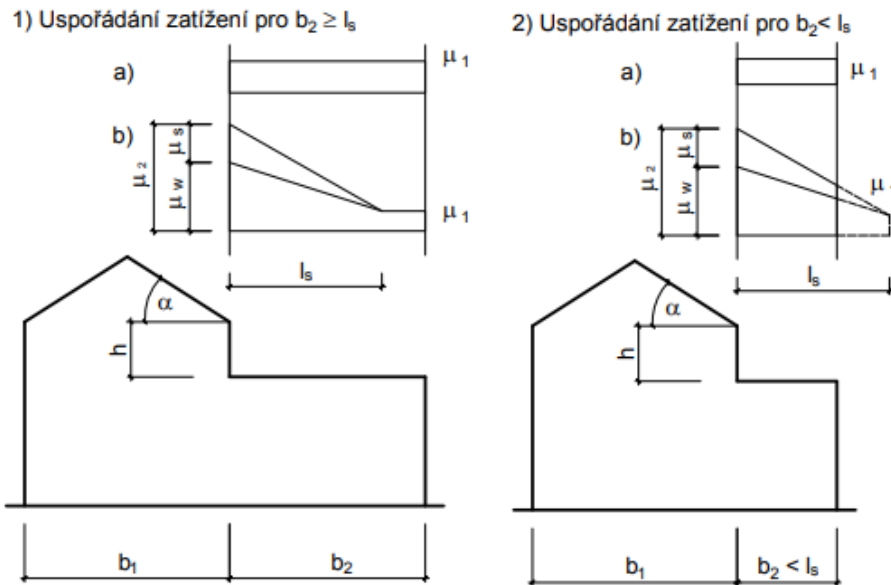
$$s_2 = \mu_2 * C_e * C_t * s_k$$

$$s_2 = 2,4 * 1,0 * 1,0 * 1,0$$

$$s_2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

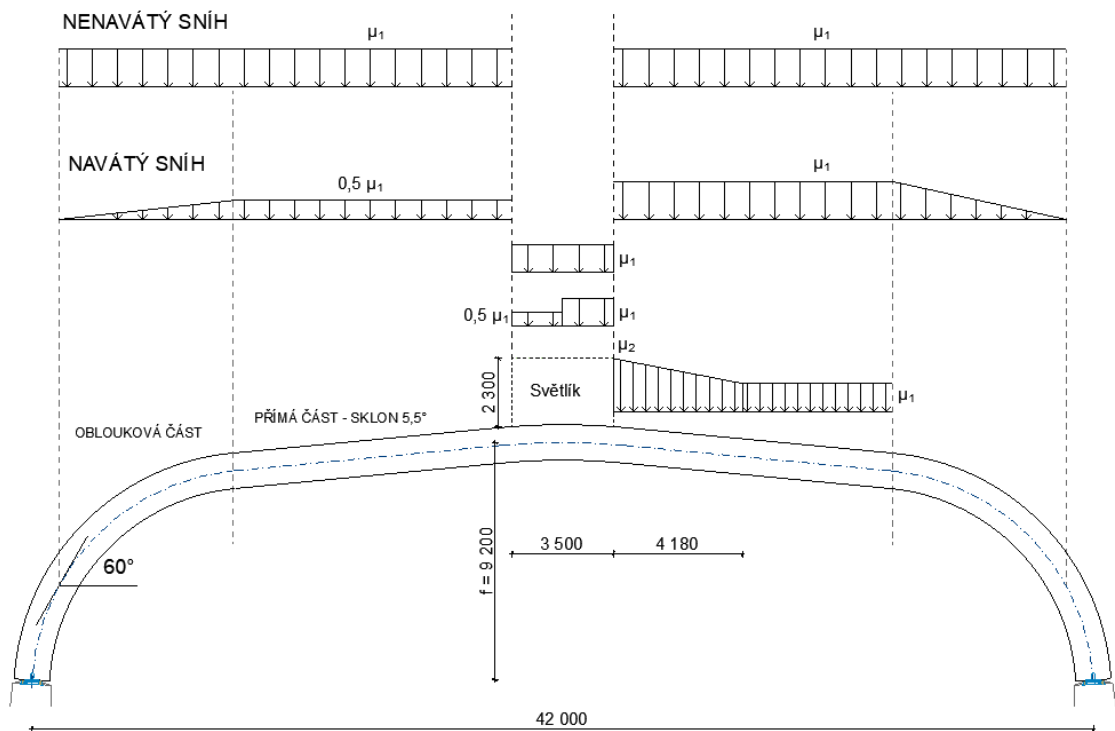
Střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám

Tvarové součinitele se určí podle následujících obrázků a vzorců. Uspořádání zatížení nenavátým sněhem je uvedeno v případě a), zatížení navátým sněhem v b).



Obrázek 4: Střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám [2]

Schéma zatížení sněhem:



Obrázek 5: Rozložení zatížení sněhem [30]

1.4.2. Zatížení větrem

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-4 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

Lokalita:	Jičín
Větrná oblast:	II (zjištěno z mapy větrných oblastí na území ČR)
Základní rychlost větru:	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	III (oblasti rovnoměrně pokryté pozemními stavbami)
Součinitel směru větru:	$c_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období:	$c_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru:

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

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

Součinitel drsnosti $c_r(z)$:

$$Z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$Z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$Z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$c_r(z) = c_r(h) = k_r * \ln\left(\frac{z}{Z_0}\right)$$

$$c_r(z) = c_r(h) = 0,22 * \ln\left(\frac{9,4}{0,05}\right)$$

$$c_r(z) = 1,15$$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{Z_0}{Z_{0,II}}\right)^{0,7} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,7} = 0,22$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$v_m(z) = 1,15 * 1,0 * 25$$

$$v_m(z) = 28,75 \text{ m/s}$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2$$

$$q_b = 390,63 \text{ Pa}$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$c_e(z) = 1,7$$

$$q_p = q_b * c_e(z)$$

$$q_p = 390,63 * 1,7$$

$$q_p = 664 \text{ Pa}$$

Podélný vítr působící na střechu:

$$b = 42 \text{ m}; d = 72 \text{ m}; f = 9,4 \text{ m}; h = 0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = 0,0$$

$$\frac{f}{d} = 0,13$$

$$C_{pe}(A) = 0,20$$

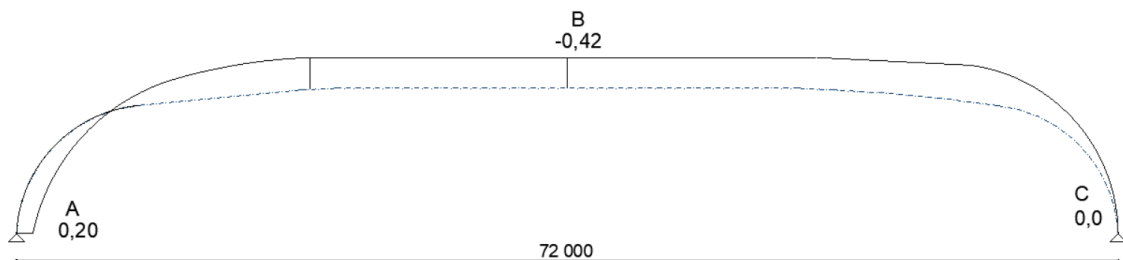
$$W_e(A) = 664 * 0,20 = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{pe}(B) = -0,42$$

$$W_e(B) = 664 * (-0,42) = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{pe}(C) = 0,0$$

$$W_e(C) = 664 * 0,0 = 0 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 6: Podélný vítr působící na střechu [30]

Příčný vítr působící na střechu:

$$b = 72 \text{ m}; d = 42 \text{ m}; f = 9,2 \text{ m}; h = 0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = 0,0$$

$$\frac{f}{d} = 0,22$$

$$C_{pe}(A) = 0,34$$

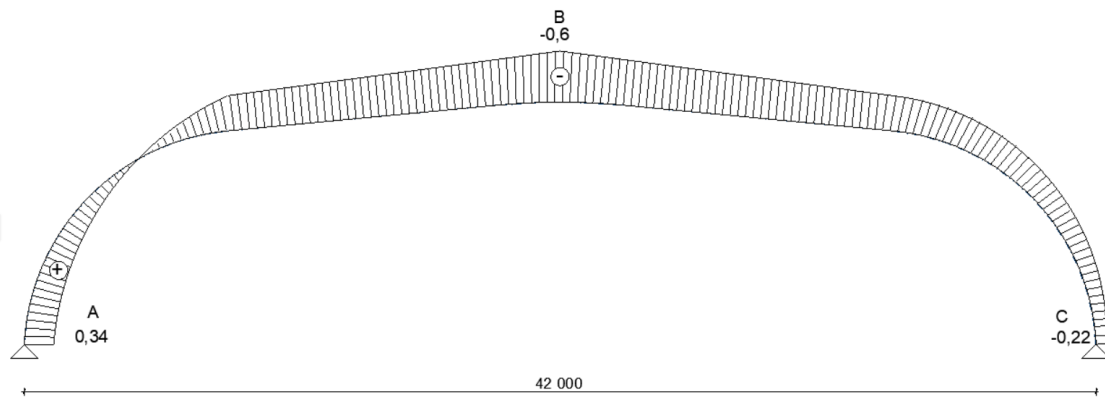
$$W_e(A) = 664 * 0,34 = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{pe}(B) = -0,6$$

$$W_e(B) = 664 * (-0,6) = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{pe}(C) = -0,22$$

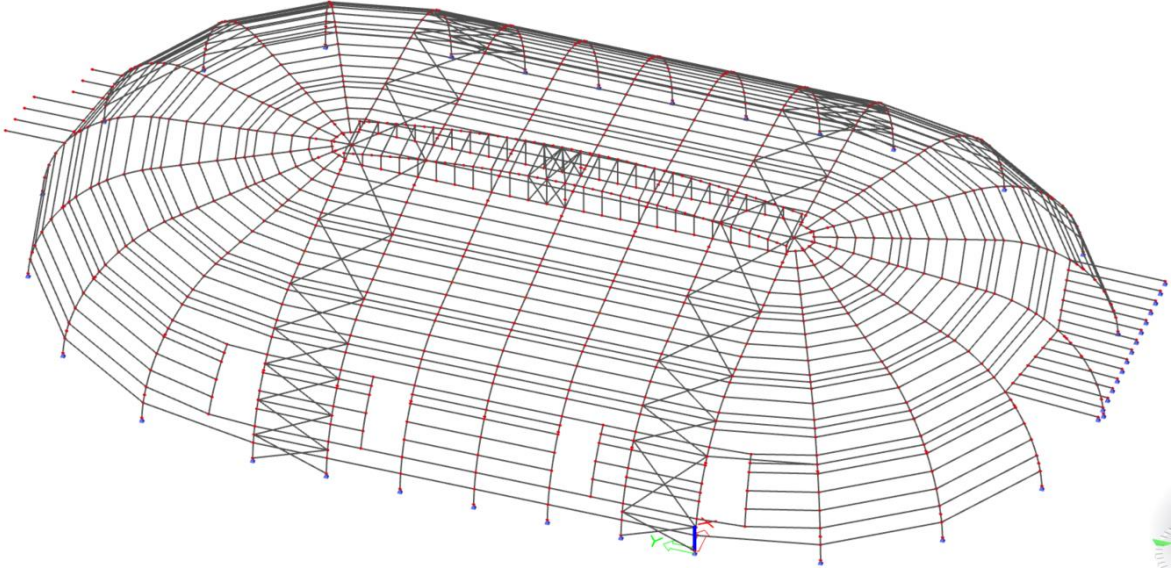
$$W_e(C) = 664 * (-0,22) = -0,14 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 7: Příčný vítr působící na střechu [30]

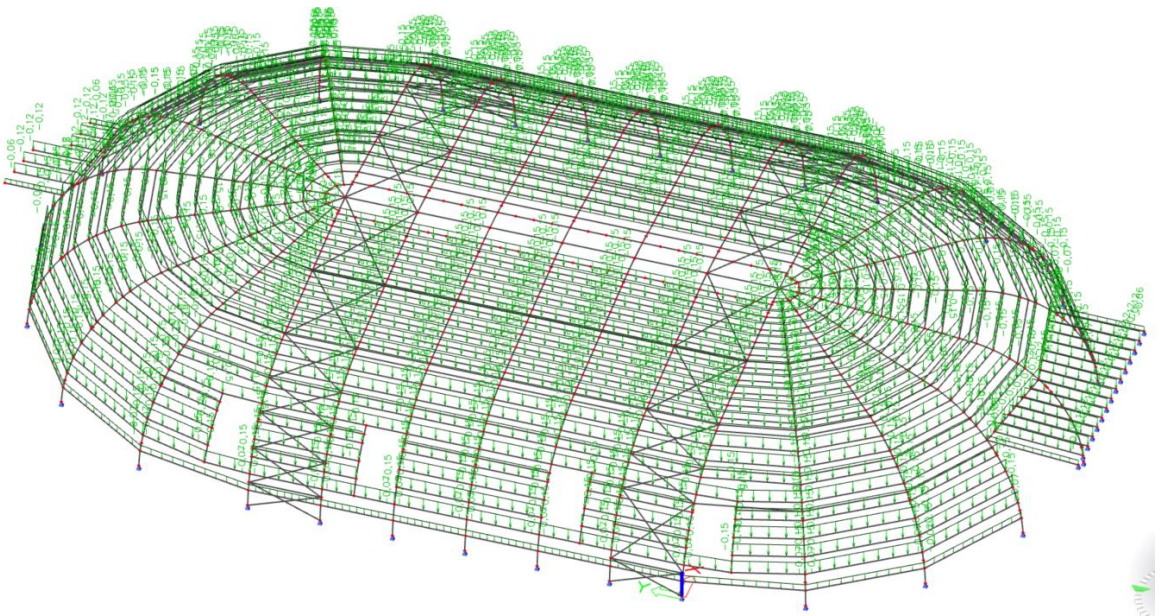
1.5. Zatěžovací stavy

ZS1 – vlastní tíha (generováno programem SCIA)



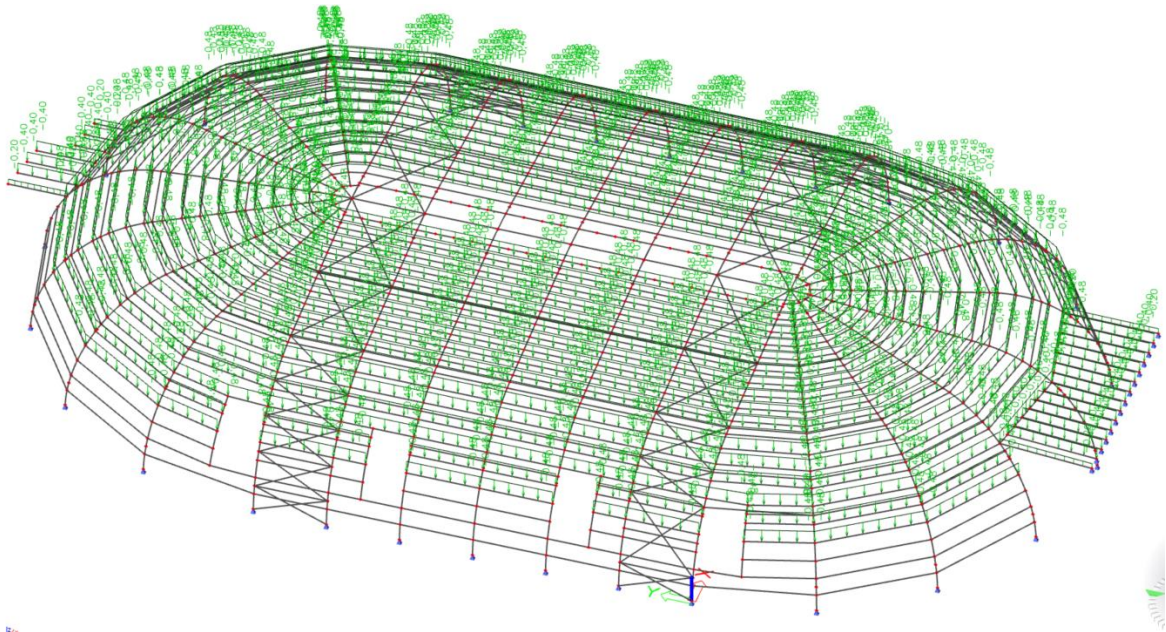
Obrázek 8: Zatížení vlastní tíhou [31]

ZS2 – ostatní stálé zatížení (střešní plášť)



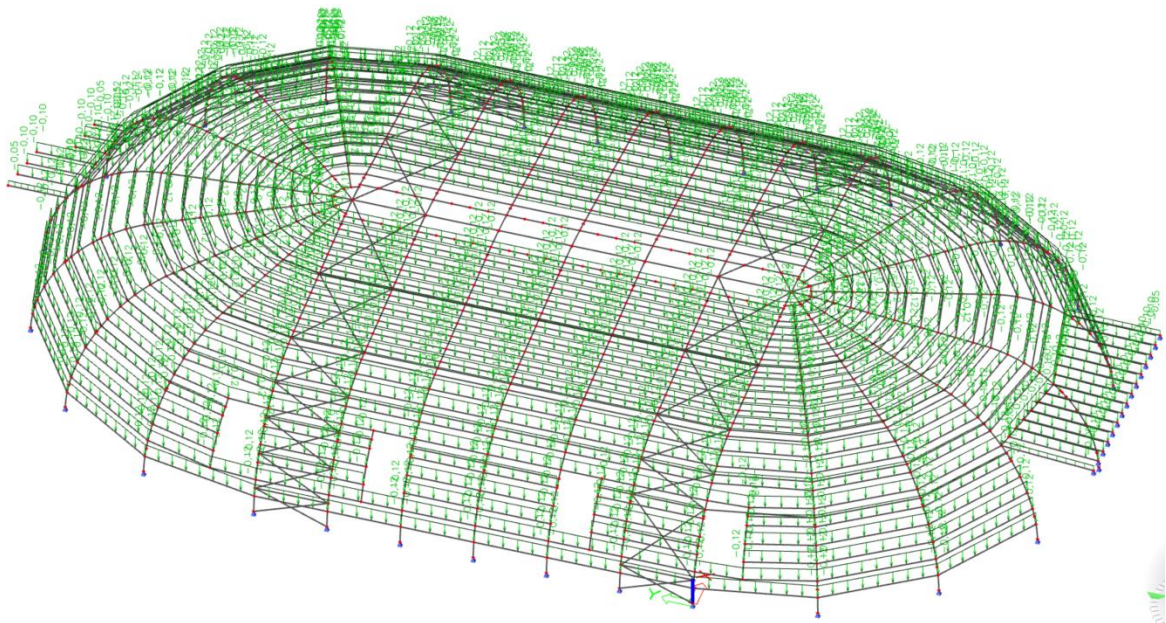
Obrázek 9: Zatížení střešním pláštěm [31]

ZS3 – užitné zatížení (kat. H)



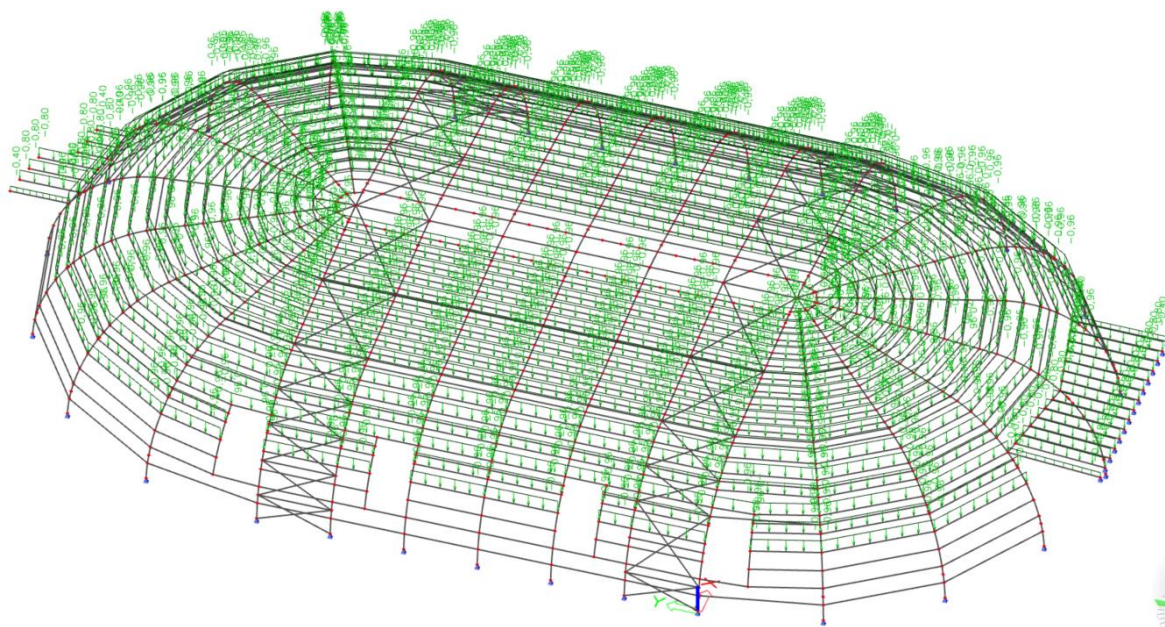
Obrázek 10: Zatížení užitným zatížením [31]

ZS4 – zatížení technologiemi



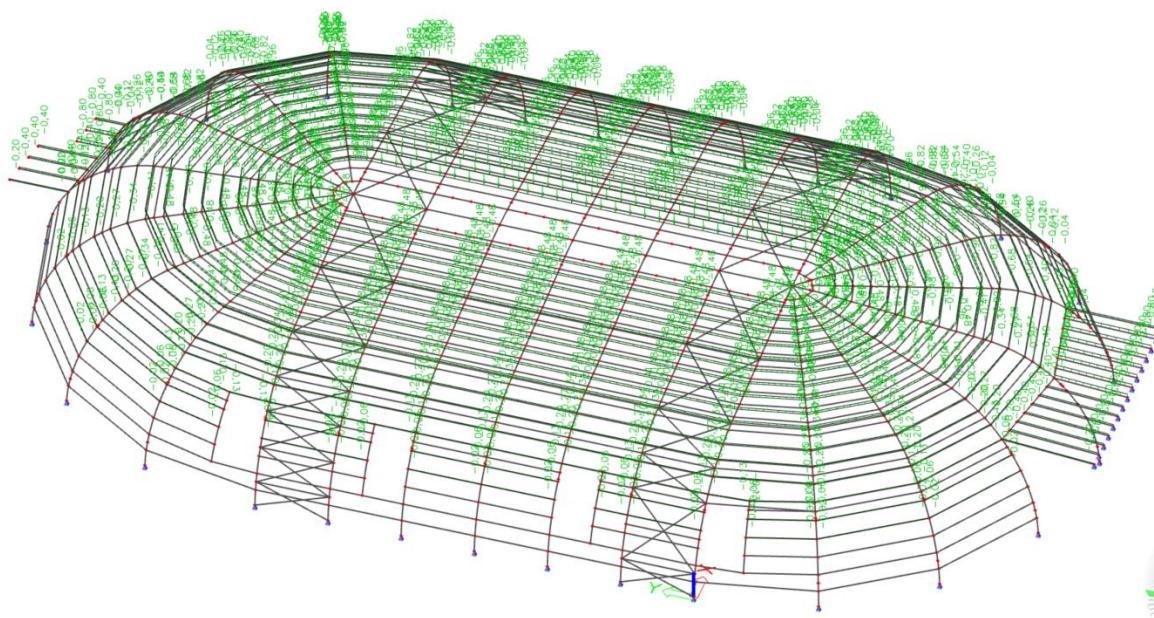
Obrázek 11: Zatížení technologiemi [31]

ZS5 – sníh rovnoměrný



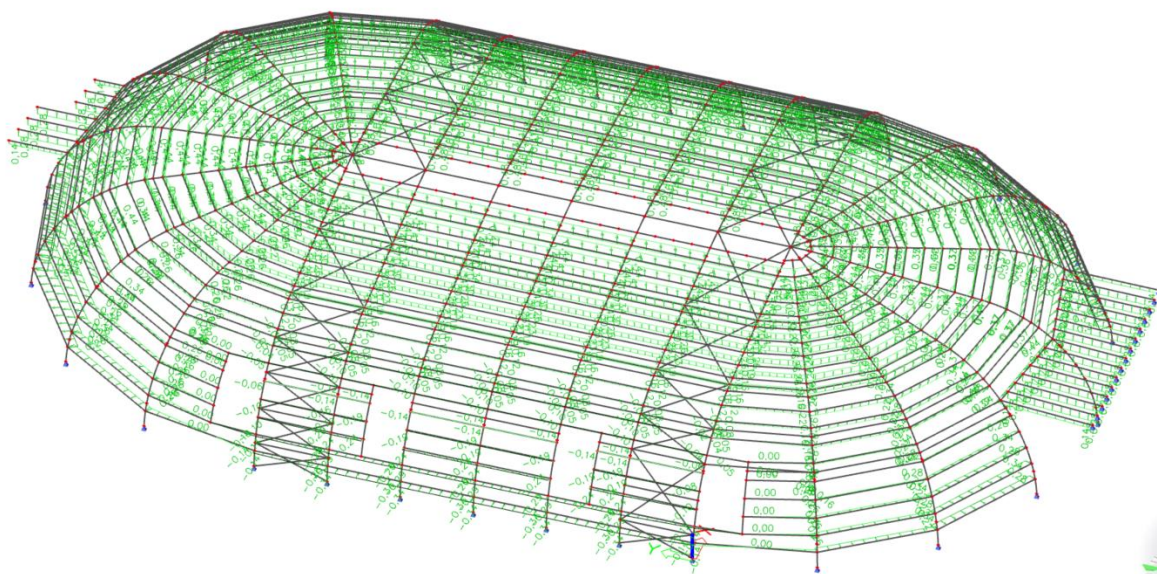
Obrázek 12: Zatížení sněhem – rovnoměrný [31]

ZS6 – sníh navátý



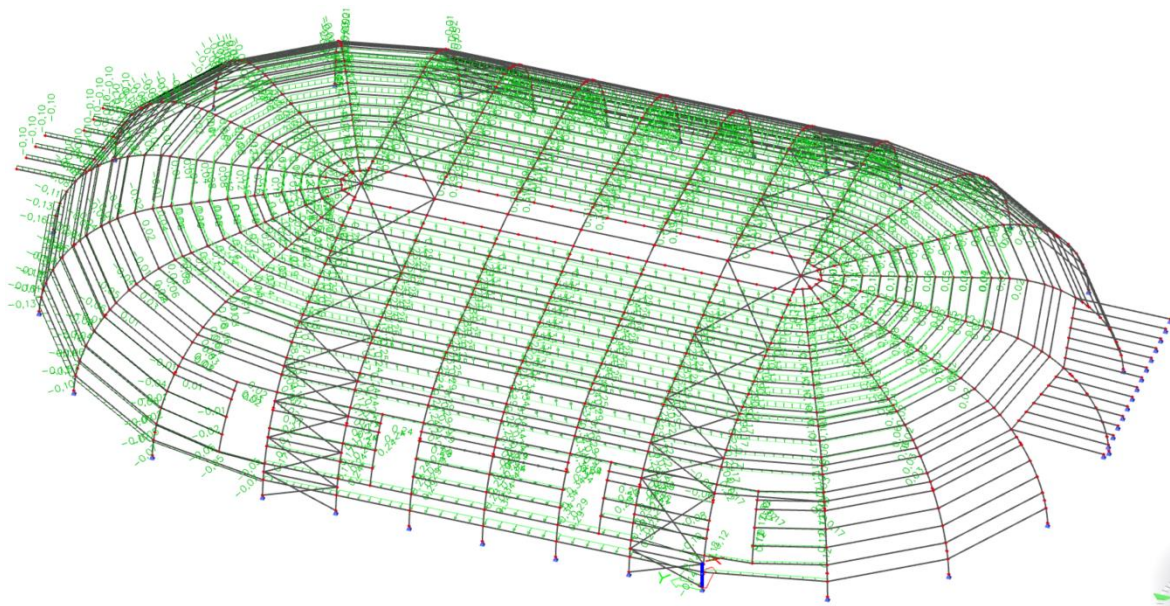
Obrázek 13: Zatížení sněhem – navátý [31]

ZS7 – vítr příčný



Obrázek 14: Zatížení příčným větrem [31]

ZS8 – vítr podélný



Obrázek 15: Zatížení podélným větrem [31]

1.6. Kombinace zatěžovacích stavů

1.6.1. Mezní stav únosnosti

$$\Sigma \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} * \psi_{0,j} * Q_{k,i}$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\text{sníh} - \psi_0 = 0,5$$

$$\text{vítr} - \psi_0 = 0,6$$

$$\text{užitné} - \psi_0 = 0,7$$

vygenerováno v programu SCIA Engineer 19

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>			
NK_MSÚ1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
NK_MSÚ2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
NK_MSÚ3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
NK_MSÚ4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS3 - Užitné, kategorie H	1,05
		ZS4 - Technologie	1,35
NK_MSÚ5	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS3 - Užitné, kategorie H	1,05
		ZS4 - Technologie	1,00
NK_MSÚ6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS3 - Užitné, kategorie H	1,50
		ZS4 - Technologie	1,15
NK_MSÚ7	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS3 - Užitné, kategorie H	1,50
		ZS4 - Technologie	1,00
NK_MSÚ8	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
NK_MSÚ9	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
NK_MSÚ10	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ11	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS8 - Vítr podélný	0,90

NK_MSÚ12	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ13	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ14	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ15	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS4 - Technologie	1,35
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ16	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
NK_MSÚ17	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
NK_MSÚ18	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ19	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ20	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ21	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ22	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ23	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	0,90

NK_MSÚ24	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ25	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ26	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,50
NK_MSÚ27	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS6 - Sníh navátý	1,50
NK_MSÚ28	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,50
NK_MSÚ29	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ30	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS6 - Sníh navátý	1,50
NK_MSÚ31	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ32	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,50
NK_MSÚ33	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,50
NK_MSÚ34	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,50
NK_MSÚ35	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	0,90

NK_MSÚ35	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,50
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ36	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,50
		ZS7 - Vítr příčný	0,90
NK_MSÚ37	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,50
		ZS8 - Vítr podélný	0,90
NK_MSÚ38	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
NK_MSÚ39	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
NK_MSÚ40	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS7 - Vítr příčný	1,50
NK_MSÚ41	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS8 - Vítr podélný	1,50
NK_MSÚ42	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	1,50
NK_MSÚ43	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	1,50
NK_MSÚ44	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	1,50

NK_MSÚ45	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,15
		ZS2 - Stálé zatížení	1,15
		ZS4 - Technologie	1,15
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	1,50
NK_MSÚ46	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	1,50
NK_MSÚ47	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	1,50
NK_MSÚ48	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	1,50
NK_MSÚ49	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	1,50
NK_MSÚ50	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS7 - Vítr příčný	1,50
NK_MSÚ51	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,75
		ZS8 - Vítr podélný	1,50

Obrázek 16: Kombinace MSÚ [31]

1.6.2. Mezní stav použitelnosti

$$\Sigma G_{k,j} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,j} * Q_{k,i}$$

$$\text{sníh} - \psi_0 = 0,5$$

$$\text{vítr} - \psi_0 = 0,6$$

$$\text{užitné} - \psi_0 = 0,7$$

vygenerováno v programu SCIA Engineer 19

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verz</i>			
NK_MSP1	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
NK_MSP2	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS3 - Užitné, kategorie H	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
NK_MSP3	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	0,60
NK_MSP4	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	0,60
NK_MSP5	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,00
NK_MSP6	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,00
NK_MSP7	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	0,60
NK_MSP8	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	0,60
NK_MSP9	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	0,60
NK_MSP10	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	0,60

NK_MSP 11	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,50
NK_MSP 12	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,50
NK_MSP 13	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS7 - Vítr příčný	1,00
NK_MSP 14	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS8 - Vítr podélný	1,00
NK_MSP 15	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,50
		ZS7 - Vítr příčný	1,00
NK_MSP 16	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS5 - Sníh rovnoměrný	0,50
		ZS8 - Vítr podélný	1,00
NK_MSP 17	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,50
		ZS7 - Vítr příčný	1,00
NK_MSP 18	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS4 - Technologie	1,00
		ZS6 - Sníh navátý	0,50
		ZS8 - Vítr podélný	1,00

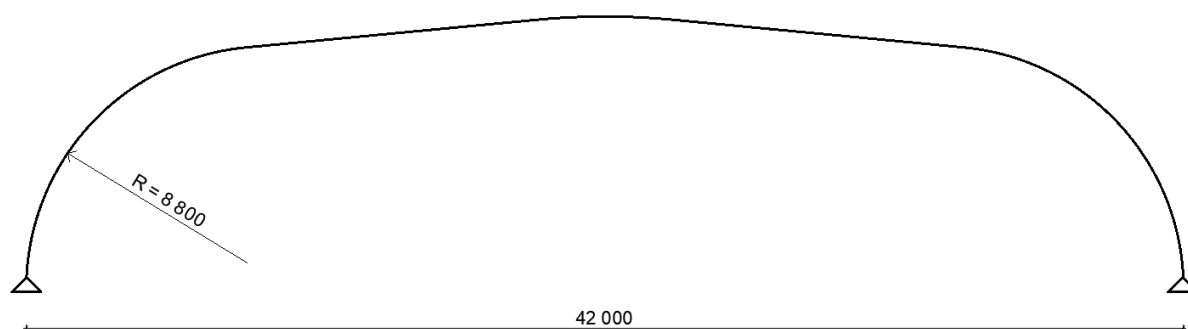
Obrázek 17: Kombinace MSP [31]

2. Návrh konstrukčních prvků dřevěné konstrukce

Veškeré dřevěné prvky byly počítány v souladu s normou: ČSN EN 1995-1-1 (731701). Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

2.1. Obloukový vazník

Statické schéma:



Obrázek 18: Statické schéma obloukového vazníku [30]

2.1.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1581	10,808+	NK_MSÚ29	-279,75	0,27	2,71	0	-95,53	-0,16
B2046	1,039-	NK_MSÚ46	3,49	0	2,45	0	-0,94	0
B1780	3,569-	NK_MSÚ29	-236,74	-3,85	3,11	0	-110,43	-1,15
B12	0	NK_MSÚ32	-208,9	0	-158,43	0	0	0
B32	12,576	NK_MSÚ32	-209,42	0	159,31	0	0	0
B3	2,489-	NK_MSÚ33	-67,49	9,58	-5,81	0	108,19	0,01
B35	10,174+	NK_MSÚ29	-227,02	0,17	58,62	0	-211,94	-0,05
B32	5,371+	NK_MSÚ33	-214,01	0	1,54	0	-582,81	0
B17	1,621+	NK_MSÚ33	-166,13	0	-15,74	0	520,59	-0,01
B1780	1,768-	NK_MSÚ29	-268,75	-2,37	-7,41	0	-99,25	-1,42
B1780	0,567+	NK_MSÚ29	-265,02	-2,37	-42,43	0	-69,33	1,43

Tabulka 1: Vnitřní síly na obloukovém vazníku [31]

2.1.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 2: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.1.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 200x1200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 1200,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 200,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 240E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 28,8E+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 800E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 346,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 57,7 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 200E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 200E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose z v levých krajních vláknech průřezu	$W_{z2} = 8,00E+06 \text{ mm}^3$
výška nosníku ve vrcholu	$h_{ap} = 1200 \text{ mm}$
vnitřní poloměr oblouku	$r_{in} = 8200 \text{ mm}$
poloměr oblouku	$r = 8800 \text{ mm}$
úhel sklonu náběhu ve středu vrcholové oblasti	$\alpha_{ap} = 0^\circ$
tloušťka lamely	$t = 40 \text{ mm}$

Tabulka 3: Geometrické charakteristiky obloukového vazníku [33]

2.1.4. Obloukový vazník – posouzení MSÚ

Posouzení vazníku na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 582,81 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_r * f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Součinitele k_i :

$$k_1 = 1 + 1,4 * tg\alpha_{ap} + 5,4 * tg^2\alpha_{ap} = 1 + 1,4 * tg 0^\circ + 5,4 * tg^2 0^\circ = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * tg\alpha_{ap} = 0,35 - 8 * tg 0^\circ = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * tg\alpha_{ap} - 7,8 * tg^2\alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 * tg 0^\circ - 7,8 * tg^2 0^\circ = 0,6$$

$$k_4 = 6 * tg^2\alpha_{ap} = 6 * tg^2 0^\circ = 0$$

Součinitel k_l :

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 \left(\frac{1,2}{8,800}\right) + 0,6 \left(\frac{1,2}{8,800}\right)^2 + 0 \left(\frac{1,2}{8,800}\right)^3 = 1,059$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,d} = k_l * \frac{6M_{Ed,y}}{b * h_{ap}^2}$$

$$\sigma_{m,d} = 1,059 * \frac{6 * 582,81 * 10^6}{200 * 1200^2} = 12,86 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_r * f_{m,g,d}$$

$$\text{pro } \frac{r_{in}}{t} (205) \leq 240 \text{ je hodnota } k_r = 0,76 + 0,001 * \frac{r_{in}}{t} = 0,76 + 0,001 * \frac{8200}{40} = 0,965$$

$$12,86 \leq 0,965 * 14,56 \text{ MPa}$$

$$12,86 \leq 14,05 \text{ MPa} \rightarrow \text{průřez 200 / 1200 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení vazníku na tah kolmo k vláknům

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

Referenční objem $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$

Namáhaný objem ve vrcholové části $V = \frac{\alpha \cdot \pi}{180} \cdot b \cdot (h_{ap}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{ap})$
 $= \frac{24 \cdot \pi}{180} \cdot 0,2 \cdot (1,2^2 + 2 \cdot 25,7 \cdot 1,2) = 1,077 \text{ m}^3$

Součinitel objemu $k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{1,077}\right)^{0,2} = 0,392$

Součinitel zohledňující účinek rozdělení napětí ve vrcholové oblasti $k_{dis} = 1,4$

Návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům:

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,28 \text{ Mpa}$$

Návrhový moment ve vrcholu:

$$M_{ap,d} = 434,34 \text{ kNm}$$

Součinitele k_i :

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2$$

$$k_5 = 0,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,2 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ + 2,6 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 2,1 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0$$

$$k_p = 0 + 0,25 \cdot \left(\frac{1,2}{25,7}\right) + 0 \cdot \left(\frac{1,2}{25,7}\right)^2 = 0,0117$$

Návrhové napětí kolmo k vláknům:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,0117 \cdot \frac{6 \cdot 434,34 \cdot 10^6}{200 \cdot 1200^2} = 0,143 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

$$0,143 \leq 1,4 \cdot 0,392 \cdot 0,28$$

$$0,143 \leq 0,154 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tah kolmo k vláknům vyhovuje}$$

Posouzení vazníku na smyk

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 14)

$$V_{Ed} = 159,31 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka průřezu:

$k_{cr} = 0,67$ – součinitel zohledňující vliv vysušných trhlin

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 200 = 134 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{159,31 * 10^3}{134 * 1200} = 1,49 \text{ Mpa}$$

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

$$1,49 \leq 1,96 \text{ Mpa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vazníku na tlak

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 19)

$$N_{Ed} = -276,75 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

$$k = \frac{f}{l} = \frac{9,5}{42} = 0,226$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 0,5 * L * \sqrt{1 + 6,15 * k} = 0,5 * 42\,000 * \sqrt{1 + 6,15 * 0,226} = 32\,480 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 1200 \text{ mm (vzdálenost vaznic)}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{32480}{346} = 93,76$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1200}{57,7} = 20,78$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{11,34}} = 1,514$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{93,76^2} = 11,34 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{13,412}} = 0,336$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{20,78^2} = 230,75 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$\beta_c = 0,1$ pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,514 - 0,3) + 1,514^2)$$

$$k_y = 1,71$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,336 - 0,3) + 0,336^2)$$

$$k_z = 0,56$$

Součinitele vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,71 + \sqrt{1,71^2 - 1,514^2}} = 0,401$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,56 + \sqrt{0,56^2 - 1,392^2}} = 0,996$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{279,75 * 10^3}{240 * 10^3} = 1,17 MPa$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$1,17 \leq 0,401 * 14,56$$

$$1,17 \leq 5,83 MPa \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$1,17 \leq 0,996 * 14,56$$

$$1,17 \leq 14,50 MPa \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tlak vyhovuje}$$

Posouzení vazníku na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -214,001 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 582,81 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 MPa$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 MPa$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{214,01 * 10^3}{240 * 10^3} = 0,89 MPa$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 582,81 * 10^6}{200 * 1200^2} = 12,14 \text{ Mpa}$$

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

$$\left(\frac{0,89}{14,56} \right)^2 + \frac{12,14}{14,56} \leq 1$$

$$0,84 \leq 1$$

→

**průřez 200 / 1200 na na kombinaci tlaku za ohybu
vyhovuje**

2.1.5. Obloukový vazník – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
B1978	0,519-	NK_MSP1	-11,8	-6,2	-37
B32	0,567+	NK_MSP1	20,9	-3,1	-3,3
B2002	7,772-	NK_MSP2	2,8	-13,8	6,7
B2113	0,567-	NK_MSP1	1,1	11,3	-9,1
B17	0	NK_MSP6	-4,3	3,2	-92,6

Tabulka 4: MSP u obloukového vazníku [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 92,6 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$92,6 \leq \frac{42000}{300}$$

$$92,6 \leq 140 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 22,2 + 6,9 = 29,1 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 5,5 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 58,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 29,1 * (1 + 2,0) + 5,5 * (1 + 2,0) + 58,0 * (1 + 0 * 2,0)$$

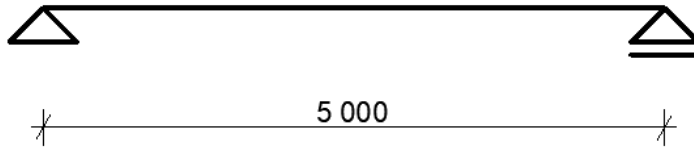
$$W_{fin,c} = 161,8 \text{ mm}$$

$$161,8 \leq \frac{42000}{250}$$

$$161,8 \leq 168 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.2. Vrcholový nosník mezi vazníky

Statické schéma:



Obrázek 19: Statické schéma vrcholového nosníku [30]

2.2.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B106	0	NK_MSÚ26	-375,61	-0,07	3,01	0	0	-0,07
B104	0	NK_MSÚ27	-345,47	-0,56	3,01	0	0	1,38
B103	5	NK_MSÚ31	-325,59	-0,52	-3,01	0	0	-1,41
B102	2,727	NK_MSÚ1	-188,01	-0,05	-0,32	0	4,38	0,06
B102	0	NK_MSÚ1	-188,01	-0,01	3,54	0	0	-0,05
B102	5	NK_MSÚ1	-188,01	-0,01	-3,54	0	0	-0,12
B107	0	NK_MSÚ46	-44,05	-0,35	2,62	0	0	1,13
B102	0	NK_MSÚ26	-375,61	-0,07	3,01	0	0	-0,07
B103	0	NK_MSÚ27	-345,47	-0,56	3,01	0	0	1,38

Tabulka 5: Vnitřní síly vrcholového nosníku [31]

2.2.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 6: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.2.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 200x1200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 1200,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 200,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 240E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 28,8E+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 800E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 346,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 57,7 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 200E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 200E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose z v levých krajních vlákních průřezu	$W_{z2} = 8,00E+06 \text{ mm}^3$

Tabulka 7: Geometrické charakteristiky vrcholového nosníku [33]

2.2.4. Vrcholový nosník – posouzení MSÚ

Posouzení vazníku na tlak

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -375,61 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Efektivní délka:

$$l_{cr,y} = 5000 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 5000 \text{ mm}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{5000}{346} = 14,4$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{5000}{57,7} = 86,6$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{480,72}} = 0,233$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{14,4^2} = 480,72 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{13,412}} = 1,399$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{86,6^2} = 13,29 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$$\lambda_{rel,y} \leq 0,3 \rightarrow k_{c,y} = 1,0$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,399 - 0,3) + 1,399^2)$$

$$k_z = 1,533$$

Součinitele vzpěru k_c:

$$k_{c,y} = 1,0$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,533 + \sqrt{1,533^2 - 1,399^2}} = 0,463$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{375,61 * 10^3}{240 * 10^3} = 1,57 \text{ MPa}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$1,57 \leq 1,0 * 14,56$$

$$1,53 \leq 14,56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$1,57 \leq 0,463 * 14,56$$

$$1,57 \leq 6,74 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tlak vyhovuje}$$

2.2.5. Vrcholový nosník – posouzení MSP

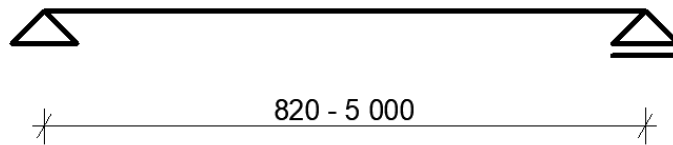
Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B103	0,909	NK_MSP10	-0,1	0,0
B103	4,091	NK_MSP6	0,1	0,0
B107	2,727	NK_MSP12	0,0	0,1

Tabulka 8: Deformace vrcholového nosníku [31]

Vzhledem k zanedbatelnému průhybu neposuzují.

2.3. Vaznice (sedlová část)

Statické schéma:



Obrázek 20: Statické schéma vaznice (sedlová část) [30]

2.3.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2081	1,1	NK_MSÚ26	-59,14	-0,99	-1,01	0,01	0	-0,55
B193	0	NK_MSÚ46	3,18	-0,07	3,36	-0,01	0	0,02
B1881	0	NK_MSÚ27	-55,67	-1,42	1,02	0,03	0	0,81
B108	5	NK_MSÚ27	-55,18	-0,02	-11,77	0	0	-0,06
B108	0	NK_MSÚ27	-55,18	-0,02	11,77	0	0	0,06
B2090	0	NK_MSÚ27	-55,70	1,29	1,02	-0,02	0	-0,74
B108	2,273	NK_MSÚ46	-8,10	-0,01	-0,09	0	-1,17	-0,06
B108	2,727	NK_MSÚ27	-55,18	-0,02	-1,07	0	14,60	-0,01
B1881	1,115	NK_MSÚ27	-55,67	-1,42	-1,02	0,03	0	-0,77

Tabulka 9: Vnitřní síly vaznice (sedlová část) [31]

2.3.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 10: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.3.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 140x240	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 240,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 140,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 33,6E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 161E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 54,9E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 69,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 40,4 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 28,0E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 28,0E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 1,34E+06 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 784E+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 11: Geometrické charakteristiky vaznice (sedlová část)[33]

2.3.4. Vaznice (sedlová část) – posouzení MSÚ

Posouzení vaznice na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 14,60 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 14,60 * 10^6}{140 * 240^2} = 10,86 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$10,86 \leq 14,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{průřez 140 / 240 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na tlak

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -59,14 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Efektivní délka:

$$l_{cr,y} = 5 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 5 \text{ m}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{5000}{69,3} = 72,2$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{5000}{40,4} = 123,7$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{19,12}} = 1,166$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{72,2^2} = 19,12 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{6,51}} = 1,998$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{123,7^2} = 6,51 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,166 - 0,3) + 1,166^2)$$

$$k_y = 1,22$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,998 - 0,3) + 1,998^2)$$

$$k_z = 2,58$$

Součinitele vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,166^2}} = 0,633$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,58 + \sqrt{2,58^2 - 1,998^2}} = 0,237$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{59,14 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 1,76 \text{ MPa}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$1,76 \leq 0,633 * 14,56$$

$$1,76 \leq 9,22 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$1,76 \leq 0,237 * 14,56$$

$$1,76 \leq 3,45 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na tlak vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na smyk

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 11,77 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

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

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 140 = 93,8 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{11,77 * 10^3}{93,8 * 240} = 0,78 \text{ MPa}$$

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

$$0,78 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -55,18 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 14,6 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 0,01 \text{ kNm} \rightarrow \text{zanedbávám}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{55,18 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 1,64 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 14,60 * 10^6}{140 * 240^2} = 10,86 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,64}{0,63 * 14,56} + \frac{10,86}{14,56} \leq 1$$

$$0,92 \leq 1$$

→ průřez 140 / 240 na na kombinaci tlaku za ohybu
vyhovuje

2.3.5. Vaznice (sedlová část) – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B108	0,909	NK_MSP1	-1,9	-7,3
B108	3,636	NK_MSP2	1,3	-7,6
B108	2,727	NK_MSP6	0,1	-14,2
B108	2,273	NK_MSP3	0,0	0,3

Tabulka 12: Deformace vaznice (sedlová část) [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 14,2 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$14,2 \leq \frac{5000}{300}$$

$$14,2 \leq 16,6 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 0,6 + 0,6 = 1,2 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,5 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 12,5 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 1,2 * (1 + 2,0) + 0,5 * (1 + 2,0) + 12,5 * (1 + 0 * 2,0)$$

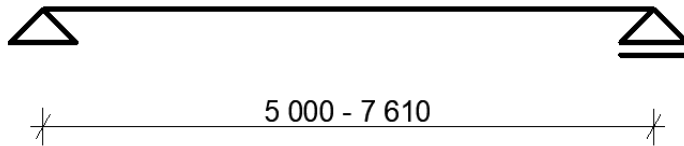
$$W_{fin,c} = 17,6 \text{ mm}$$

$$17,6 \leq \frac{5000}{250}$$

$$17,6 \leq 20 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.4. Vaznice (oblouková část)

Statické schéma:



Obrázek 21: Statické schéma vaznice (oblouková část) [30]

2.4.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B519	0	NK_MSÚ26	47,15	-0,01	1,72	0	0	0,07
B2048	8,14	NK_MSÚ26	3,55	2,66	-0,55	0	0	3,63
B2051	7,612	NK_MSÚ26	10,66	0,19	-7,05	0	0	0,15
B2313	0	NK_MSÚ26	32,19	1,16	10,41	2,00	0	-2,53
B2284	2,319	NK_MSÚ26	9,65	0,68	5,93	-2,01	18,62	1,43
B2313	2,319	NK_MSÚ26	30,76	1,00	6,21	2,00	19,24	0,02
B2149	3,101	NK_MSÚ37	5,79	-0,01	0	0	-1,34	0,44
B2313	2,783	NK_MSÚ26	32,19	1,16	5,36	2,00	21,95	0,70
B2133	8,14	NK_MSÚ26	6,47	-2,71	-0,70	0	0	-3,78
B2314	0	NK_MSÚ26	9,00	-1,61	1,35	-1,32	10,59	3,98

Tabulka 13: Vnitřní síly vaznice (oblouková část) [31]

2.4.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 14: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.4.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 160x260	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 260,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 160,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 41,6E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 234E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 88,7E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 75,1 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 46,2 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 34,7E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 34,7E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 1,80E+06 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 1,11E+06 \text{ mm}^3$

Tabulka 15: Geometrické charakteristiky vaznice (oblouková část) [33]

2.4.4. Vaznice (oblouková část) – posouzení MSÚ

Posouzení vaznice na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 21,95 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 21,95 * 10^6}{160 * 260^2} = 12,18 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$12,18 \leq 14,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{průřez 160 / 260 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na tah

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 47,15 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{47,15 * 10^3}{41,6 * 10^3} = 1,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

$$1,13 \leq 11,65 \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na tah vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na smyk

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 10,41 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ Mpa}$$

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

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 160 = 107,2 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{10,41 * 10^3}{107,2 * 260} = 0,56 \text{ MPa}$$

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

$$0,56 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tahu a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 32,19 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 21,95 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 0,70 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{32,19 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 0,96 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 21,95 * 10^6}{160 * 260^2} = 12,18 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b * h^2} = \frac{6 * 0,70 * 10^6}{160 * 260^2} = 0,39 \text{ Mpa}$$

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

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

$k_m = 0,7$ (pro obdélníkové průřezy) – součinitel uvažující vliv redistribuce napětí v průřezu

$$\frac{0,96}{11,65} + \frac{12,18}{14,56} + 0,7 * \frac{0,39}{14,56} \leq 1$$

$$0,94 \leq 1$$

→ **průřez 160 / 260 na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

$$\frac{0,96}{11,65} + 0,7 * \frac{12,18}{14,56} + \frac{0,39}{14,56} \leq 1$$

0,69 ≤ 1 → **průřez 160 / 260 na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

2.4.5. Vaznice (oblouková část) – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2309	0	NK_MSP1	-21,6	0
B2051	3,582	NK_MSP8	0,3	-22,5

Tabulka 16: Deformace vaznice (oblouková část) [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 22,5 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$22,5 \leq \frac{7610}{300}$$

22,5 ≤ 25,4 mm → **průřez 160 / 260 na okamžitý průhyb vyhovuje**

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 2,1 + 1,9 = 4,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,9 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 15,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,v} = 0,5 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + W_{fin,v} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 4,0 * (1 + 2,0) + 0,9 * (1 + 2,0) + 15,0 * (1 + 0 * 2,0) + 0,5 * (1 + 0 * 2,0)$$

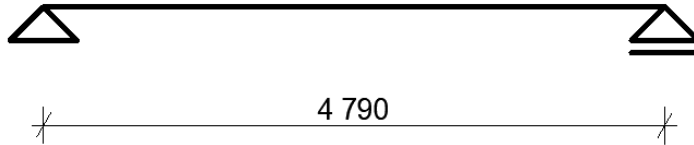
$$W_{fin,c} = 30,2 \text{ mm}$$

$$30,4 \leq \frac{7610}{250}$$

30,2 ≤ 30,44 mm → **průřez 160 / 260 na konečný průhyb vyhovuje**

2.5. Oblouková výměna vaznic

Statické schéma:



Obrázek 22: Statické schéma obloukové výměny vaznic [30]

2.5.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2299	4,804	NK_MSÚ28	-5,98	1,64	0,21	0,08	0	2,82
B2306	1,184	NK_MSÚ26	8,10	-0,29	2,66	0,91	4,60	3,02
B2299	0	NK_MSÚ27	0,40	-23,54	-0,23	-0,58	0	8,66
B2306	3,586	NK_MSÚ26	-1,81	-0,24	-2,48	-0,53	2,85	0,57
B2294	0,584	NK_MSÚ26	7,99	10,20	2,63	-1,55	1,71	1,71
B2299	2,402	NK_MSÚ37	-1,44	1,44	0,06	0,03	-0,53	-0,94
B2306	2,385	NK_MSÚ26	-0,05	-0,62	-2,20	-0,43	5,04	1,41
B2306	0	NK_MSÚ26	6,97	19,89	5,00	2,61	0	-6,14

Tabulka 17: Vnitřní síly na obloukové výměně vaznic [31]

2.5.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 18: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.5.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 140x240	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 240,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 140,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 33,6E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 161E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 54,9E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 69,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 40,4 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 28,0E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 28,0E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 1,34E+06 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 784E+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 19: Geometrické charakteristiky obloukové výměny vaznic [33]

2.5.4. Oblouková výměna vaznic – posouzení MSÚ

Posouzení výměny na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,z} = 8,66 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b^2 * h}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * 8,66 * 10^6}{140^2 * 240} = 11,05 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$11,05 \leq 14,56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení výměny na tlak

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -5,98 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Efektivní délka:

$$l_{cr,y} = 4,79 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 1,2 \text{ m (vzdálenost vaznic)}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{4790}{69,3} = 69,1$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1200}{40,4} = 29,7$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{20,88}} = 1,116$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{69,1^2} = 20,88 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{113,01}} = 0,480$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{29,7^2} = 113,01 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,116 - 0,3) + 1,116^2)$$

$$k_y = 1,16$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,480 - 0,3) + 0,480^2)$$

$$k_z = 0,62$$

Součinitele vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,16 + \sqrt{1,16^2 - 1,116^2}} = 0,669$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,480^2}} = 0,977$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{5,98 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 0,18 \text{ MPa}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$0,18 \leq 0,669 * 14,56$$

$$0,18 \leq 9,74 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$0,18 \leq 0,977 * 14,56$$

$$0,18 \leq 14,52 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na tlak vyhovuje}$$

Posouzení výměny na smyk

Vnitřní síly:

$$V_{y,Ed} = 23,54 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

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

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 140 = 93,8 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{23,54 * 10^3}{93,8 * 240} = 1,57 \text{ MPa}$$

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

$$1,57 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení výměny na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -5,98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,z} = 2,82 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{5,98 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$k_c = 0,977 \dots \text{ viz. Posouzení na vzpěrný tlak}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b * h^2} = \frac{6 * 2,82 * 10^6}{140^2 * 240} = 3,60 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,18}{0,977 * 14,56} + \frac{3,60}{14,56} \leq 1$$

$$0,26 \leq 1$$

→ **průřez 140 / 240 na kombinaci tlaku a ohybu
vyhovuje**

2.5.5. Oblouková výměna vaznic – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B108	0,884-	NK_MSP5	-0,5	-3,4
B108	0,901-	NK_MSP6	0,4	0,1
B108	2,385-	NK_MSP5	0,0	-6,3
B108	2,402+	NK_MSP10	0,0	1,2

Tabulka 20: Deformace obloukové výměny vaznic [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 5)

$$W_{inst,c} = 6,3 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$6,3 \leq \frac{4790}{300}$$

$$6,3 \leq 16,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 1,7 + 0,9 = 2,6 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,7 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 3,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 2,6 * (1 + 2,0) + 0,7 * (1 + 2,0) + 3,0 * (1 + 0 * 2,0)$$

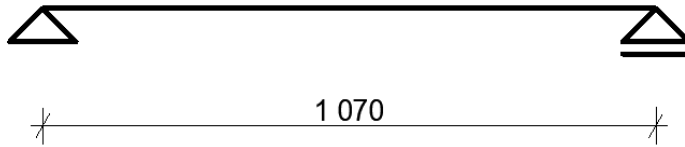
$$W_{fin,c} = 12,9 \text{ mm}$$

$$12,9 \leq \frac{4790}{250}$$

$$12,9 \leq 19,2 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 240 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.6. Výměna u vrcholového nosníku

Statické schéma:



Obrázek 23: Statické schéma výměny u vrcholového nosníku [30]

2.6.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1980	0,527-	NK_MSÚ26	13,93	33,39	-1,03	0	-0,38	17,60
B1980	0,527-	NK_MSÚ27	13,86	33,28	-7,62	0	-3,85	17,54
B1980	0,527+	NK_MSÚ26	13,83	-59,63	1,01	0	-0,37	17,56
B1980	0,527+	NK_MSÚ27	13,79	-57,29	7,39	0	-3,85	17,50
B2071	0,527-	NK_MSÚ26	13,36	-31,95	-1,27	0	-0,50	-16,84
B2071	0,527+	NK_MSÚ26	13,25	57,48	1,24	0	-0,50	-16,81
B1862	0,527+	NK_MSÚ31	6,77	-37,38	-4,02	0	2,37	8,90
B1981	0,536+	NK_MSÚ46	-0,03	-2,36	-0,68	0	0,51	0,02

Tabulka 21: Vnitřní síly výměny u vrcholového nosníku [31]

2.6.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 22: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.6.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 200x1200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 1200,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 200,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 240E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 28,8E+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 800E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 346,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 57,7 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 200E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 200E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 8,00E+06 \text{ mm}^3$

Tabulka 23: Geometrické charakteristiky výměny u vrcholového nosníku [33]

2.6.4. Výměna u vrcholového nosníku – posouzení MSÚ

Posouzení výměny na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 3,85 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 17,54 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 3,85 * 10^6}{200 * 1200^2} = 0,08 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b^2 * h}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * 17,54 * 10^6}{200^2 * 1200} = 2,19 \text{ Mpa}$$

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

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

$k_m = 0,7$ (pro obdélníkové průřezy) – součinitel uvažující vliv redistribuce napětí v průřezu

$$\frac{0,08}{14,56} + 0,7 * \frac{2,19}{14,56} \leq 1,0$$

$0,11 \leq 1,0$ → **průřez 200 / 1200 na ohyb vyhovuje**

$$0,7 * \frac{0,08}{14,56} + \frac{2,2}{14,56} \leq 1,0$$

$0,15 \leq 1$ → **průřez 200 / 1200 na ohyb vyhovuje**

Posouzení výměny na tah

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 13,93 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{13,93 * 10^3}{240 * 10^3} = 0,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

$$0,06 \leq 11,65 \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na tah vyhovuje}$$

Posouzení výměny na smyk

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 14)

$$V_{Ed} = 59,63 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 200 = 134 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{59,63 * 10^3}{134 * 1200} = 0,56 \text{ MPa}$$

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

$$0,56 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tahu a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 13,86 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 3,85 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 17,54 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{32,19 * 10^3}{33,6 * 10^3} = 0,96 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 3,85 * 10^6}{200 * 1200^2} = 0,08 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b * h^2} = \frac{6 * 17,54 * 10^6}{200^2 * 1200} = 2,2 \text{ Mpa}$$

$k_m = 0,7$ (pro obdélníkové průřezy) – součinitel uvažující vliv redistribuce napětí v průřezu

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

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

$$\frac{0,06}{11,65} + \frac{0,08}{14,56} + 0,7 * \frac{2,2}{14,56} \leq 1$$

0,12 ≤ 1 → **průřez 200 / 1200 na na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

$$\frac{0,06}{11,65} + 0,7 * \frac{0,08}{14,56} + \frac{2,2}{14,56} \leq 1$$

0,16 ≤ 1 → **průřez 200 / 1200 na na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

2.6.5. Výměna u vrcholového nosníku – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2309	0	NK_MSP10	0,1	0
B2051	1,070	NK_MSP6	0,1	-2,4

Tabulka 24: Deformace na výměně u vrcholového nosníku [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 2,4 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$2,4 \leq \frac{1070}{300}$$

$$2,4 \leq 3,6 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 0,4 + 0,2 = 0,7 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,2 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 1,5 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 0,7 * (1 + 2,0) + 0,2 * (1 + 2,0) + 1,5 * (1 + 0 * 2,0)$$

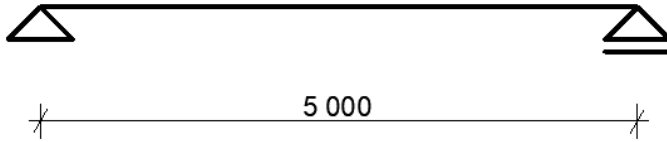
$$W_{fin,c} = 4,2 \text{ mm}$$

$$4,2 \leq \frac{1070}{250}$$

$$4,2 \leq 4,3 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 1200 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.7. Vaznice pod světlíkem

Statické schéma:



Obrázek 24: Statické schéma vaznice pod světlíkem [30]

2.7.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1127	2,500+	NK_MSÚ27	25,96	-0,23	-1,2	0	5,79	0,39
B1114	3,750+	NK_MSÚ29	16,99	-1,76	-2,89	0,02	3,76	0,48
B1122	5	NK_MSÚ26	20,34	-1,25	-4,22	0	0	-1,55
B1125	0	NK_MSÚ26	20,09	1,24	4,23	0	0	-1,53
B1123	0	NK_MSÚ27	22,49	1,35	2,56	-0,03	0	-1,37
B1114	0	NK_MSÚ27	9,37	0,91	0,71	0,03	0	-0,25
B1114	1,250+	NK_MSÚ46	0,43	-0,08	0,12	0	-0,09	-0,47
B1128	2,500+	NK_MSÚ26	20,82	-0,44	-1,15	0	6,72	0,53
B1129	0	NK_MSÚ29	16,86	1,78	3,13	-0,02	0	-1,76
B1120	5	NK_MSÚ46	0,62	1,44	-0,16	0	0	1,43

Tabulka 25: Vnitřní síly vaznice pod světlíkem [31]

2.7.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 26: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.7.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 100x200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 200,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 100,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 20,0E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 66,7E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 16,7E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 57,7 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 28,9 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 16,7E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 16,7E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 667E+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 333E+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 27: Geometrické vlastnosti vaznice pod světlíkem [33]

2.7.4. Vaznice pod světlíkem – posouzení MSÚ

Posouzení vaznice pod světlíkem na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 6,72 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 0,53 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 6,72 * 10^6}{160 * 260^2} = 3,73 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b^2 * h}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * 0,53 * 10^6}{160^2 * 260} = 0,29 \text{ Mpa}$$

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

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

$k_m = 0,7$ (pro obdélníkové průřezy) – součinitel uvažující vliv redistribuce napětí v průřezu

$$\frac{3,73}{14,56} + 0,7 * \frac{0,29}{14,56} \leq 1,0$$

$0,27 \leq 1,0$ → **průřez 160 / 260 na ohyb vyhovuje**

$$0,7 * \frac{3,73}{14,56} + \frac{0,29}{14,56} \leq 1,0$$

$0,20 \leq 1$ → **průřez 160 / 260 na ohyb vyhovuje**

Posouzení vaznice pod světlíkem na tah

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 25,96 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{25,96 * 10^3}{41,6 * 10^3} = 0,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

$$0,62 \leq 11,65 \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na tah vyhovuje}$$

Posouzení vaznice pod světlíkem na smyk

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 14)

$$V_{Ed} = 4,23 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 160 = 107,2 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{4,23 * 10^3}{107,2 * 260} = 0,23 \text{ MPa}$$

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

$$0,23 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tahu a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 20,82 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 6,72 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 0,53 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{20,82 * 10^3}{41,6 * 10^3} = 0,50 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 6,72 * 10^6}{160 * 260^2} = 3,73 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b^2 * h} = \frac{6 * 0,53 * 10^6}{160^2 * 260} = 0,29 \text{ Mpa}$$

$k_m = 0,7$ (pro obdélníkové průřezy) – součinitel uvažující vliv redistribuce napětí v průřezu

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

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

$$\frac{0,50}{11,65} + \frac{3,73}{14,56} + 0,7 * \frac{0,29}{14,56} \leq 1$$

0,31 ≤ 1 → **průřez 160 / 260 na na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

$$\frac{0,50}{11,65} + 0,7 * \frac{3,73}{14,56} + \frac{0,29}{14,56} \leq 1$$

0,24 ≤ 1 → **průřez 160 / 260 na na kombinaci tahu za ohybu vyhovuje**

2.7.5. Vaznice pod světlíkem – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2309	0	NK_MSP10	0,1	0
B2051	2,500	NK_MSP6	0,1	3,2

Tabulka 28: Deformace u vaznice pod světlíkem [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 3,2 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$3,2 \leq \frac{5000}{300}$$

$$3,2 \leq 16,7 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 0,7 + 0,3 = 1,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,3 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 1,9 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 1,0 * (1 + 2,0) + 0,3 * (1 + 2,0) + 1,9 * (1 + 0 * 2,0)$$

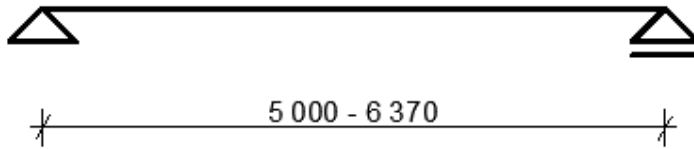
$$W_{fin,c} = 5,8 \text{ mm}$$

$$5,8 \leq \frac{5000}{250}$$

$$5,8 \leq 20 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 160 / 260 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.8. Krokve se zázemím

Statické schéma:



Obrázek 25: Statické schéma krokve se zázemím [30]

2.8.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2242	5,000	NK_MSÚ29	-16,60	0,05	-4,01	0	0	0
B2242	0	NK_MSÚ46	6,96	0,07	-0,18	0	0	-0,34
B2249	6,370	NK_MSÚ29	-13,34	-0,02	-2,77	0	0	0
B2265	0	NK_MSÚ33	-5,36	-0,12	2,47	0	0	0,61
B2248	6,175	NK_MSÚ29	-1,55	0	-4,94	0	0	0
B2248	0	NK_MSÚ29	-1,51	0	4,94	0	0	-0,02
B2248	3,088	NK_MSÚ46	1,25	0,05	0	0	-0,34	-0,14
B2248	3,088	NK_MSÚ29	-1,53	0	0	0	7,63	-0,01
B2242	0	NK_MSÚ42	1,80	0,08	1,46	0	0	-0,42

Tabulka 29: Vnitřní síly na krovkách se zázemím [31]

2.8.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 30: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.8.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 120x240	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 240,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 120,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 28,8E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 138E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 34,6E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 69,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 24,0E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 24,0E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 1,15E+06 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 576E+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 31: Geometrické charakteristiky krokvi se zázemím [33]

2.8.4. Krokve se zázemím – posouzení MSÚ

Posouzení krokve se zázemím na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 6,72 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 6,72 * 10^6}{120 * 240^2} = 5,83 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$5,83 \leq 14,56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení krokve se zázemím na tlak

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -16,60 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Efektivní délka:

$$l_{cr,y} = 6,37 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 6,37 \text{ m}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{6370}{69,3} = 91,9$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{6370}{34,6} = 184,1$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{11,79}} = 1,485$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{91,9^2} = 11,79 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{2,95}} = 2,969$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{184,1^2} = 2,95 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,485 - 0,3) + 1,485^2)$$

$$k_y = 1,66$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (2,969 - 0,3) + 2,969^2)$$

$$k_z = 5,04$$

Součinitele vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,66 + \sqrt{1,66^2 - 1,485^2}} = 0,415$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{5,04 + \sqrt{5,04^2 - 2,969^2}} = 0,110$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{16,60 * 10^3}{28,8 * 10^3} = 0,58 \text{ MPa}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$0,58 \leq 0,415 * 14,56$$

$$0,58 \leq 6,04 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$0,58 \leq 0,110 * 14,56$$

$$0,58 \leq 1,60 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na tlak vyhovuje}$$

Posouzení krokve se zázemím na smyk

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 4,94 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

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

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 120 = 80,4 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{4,94 * 10^3}{80,4 * 240} = 0,38 \text{ MPa}$$

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

$$0,38 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení krokve na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -1,53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 7,63 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 0,01 \text{ kNm} \rightarrow \text{zanedbávám}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1,53 * 10^3}{28,8 * 10^3} = 0,05 \text{ MPa}$$

$$k_c = 0,110 \dots \text{ viz. Posouzení na vzpěrný tlak}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 7,63 * 10^6}{120 * 240^2} = 6,62 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,05}{0,11 * 14,56} + \frac{6,62}{14,56} \leq 1$$

$$0,46 \leq 1$$

→ **průřez 120 / 240 na kombinaci tlaku a ohybu
vyhovuje**

2.8.5. Krokve se zázemím – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2249	2,730	NK_MSP6	2,1	-11,6
B2246	1,335	NK_MSP3	1,3	-11,6

Tabulka 32: Deformace krokvi se zázemím [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 11,6 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$11,6 \leq \frac{5790}{300}$$

$$11,6 \leq 19,3 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 1,2 + 1,2 = 2,4 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 1,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 8,2 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 2,4 * (1 + 2,0) + 1,0 * (1 + 2,0) + 8,2 * (1 + 0 * 2,0)$$

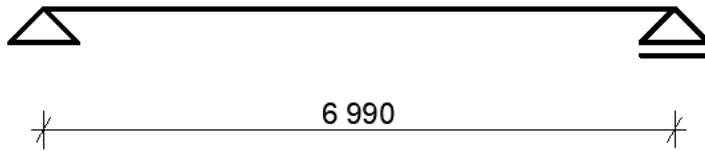
$$W_{fin,c} = 18,4 \text{ mm}$$

$$18,4 \leq \frac{5790}{250}$$

$$18,4 \leq 23,2 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 120 / 240 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.9. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím

Statické schéma:



Obrázek 26: Statické schéma vaznice v místě napojení krokví se zázemím [30]

2.9.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1843	4,992+	NK_MSÚ46	17,01	-0,42	0,34	0,04	-0,64	0,11
B1929	0	NK_MSÚ26	88,02	-6,86	15,11	-0,06	0	5,50
B1929	0	NK_MSÚ29	83,89	-7,03	15,10	-0,07	0	5,62
B1929	6,989	NK_MSÚ26	86,54	1,15	-16,18	-0,06	0	0,43
B1929	0	NK_MSÚ27	82,25	-4,76	15,22	-0,08	0	4,01
B1929	5,991+	NK_MSÚ27	80,55	1,42	-15,54	-0,11	15,83	-0,69
B1843	5,991+	NK_MSÚ28	76,39	-1,95	-12,58	0,07	12,75	1,64
B1843	2,995+	NK_MSÚ46	17,23	-0,51	0,07	0,04	-0,81	0,17
B1929	3,994-	NK_MSÚ27	80,91	0,61	0,06	-0,10	31,09	-0,34
B1843	0	NK_MSÚ29	83,74	6,75	15,12	0,06	0	-5,40

Tabulka 33: Vnitřní síly vaznice v místě napojení krokví se zázemím [31]

2.9.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{\text{mod}} = 0,7$ $k_{\text{def}} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,\text{mean}} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{\text{mean}} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 34: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.9.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 200x320	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 320,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 200,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 64,0E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 546E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 213E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 92,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 57,7 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 53,3E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 53,3E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 3,41E+06 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 2,13E+06 \text{ mm}^3$

Tabulka 35: Geometrické vlastnosti vaznice v místě napojení krokvi se zázemím [33]

2.9.4. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím – posouzení MSÚ

Posouzení vaznice na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 31,09 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2}$$
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * 31,09 * 10^6}{200 * 320^2} = 9,11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$9,11 \leq 14,56 \text{ Mpa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 320 na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na tah

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 88,02 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{88,02 * 10^3}{64 * 10^3} = 1,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d}$$

$$1,38 \leq 11,65 \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 320 na tah vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na smyk

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 14)

$$V_{Ed} = 16,18 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ – součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 200 = 134 \text{ mm}$$

Návrhové napětí ve smyku

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_{Ed}}{b_{eff} * h} = \frac{3}{2} * \frac{16,18 * 10^3}{137 * 320} = 0,55 \text{ MPa}$$

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

$$0,55 \leq 1,96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 320 na smyk vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tahu a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 80,91 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 31,09 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{20,8}{1,25} = 11,65 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{80,91 * 10^3}{64 * 10^3} = 1,26 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 31,09 * 10^6}{200 * 320^2} = 9,11 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,26}{11,65} + \frac{9,11}{14,56} \leq 1$$

$$0,73 \leq 1$$

→ průřez 200 / 320 na kombinaci tahu a ohybu vyhovuje

2.9.5. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B1929	0,499	NK_MSP10	-0,1	-4,1
B1929	3,495+	NK_MSP6	0,0	-19,0

Tabulka 36: Deformace u vaznice v místě napojení krokví se zázemím [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 6)

$$W_{inst,c} = 19,0 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$19,0 \leq \frac{6990}{300}$$

$$19,0 \leq 23,3 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 320 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{200}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 3,0 + 2,4 = 5,4 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 1,9 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 11,6 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 5,4 * (1 + 2,0) + 1,9 * (1 + 2,0) + 11,6 * (1 + 0 * 2,0)$$

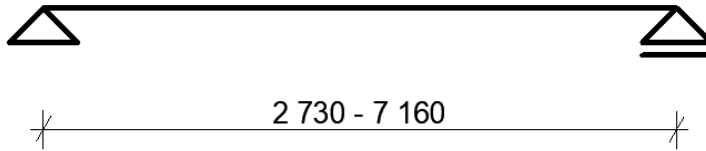
$$W_{fin,c} = 33,5 \text{ mm}$$

$$33,5 \leq \frac{6990}{200}$$

$$33,5 \leq 34,95 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 200 / 320 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.10. Podélné ztužidlo

Statické schéma:



Obrázek 27: Statické schéma podélného ztužidla [30]

2.10.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1109	4,091	NK_MSÚ27	-28,98	0	-0,12	0	0,13	0
B1966	0	NK_MSÚ18	0	-0,01	0,09	0	0	-0,01
B2307	0	NK_MSÚ26	0	-0,48	0,16	0,01	0	1,26
B2177	7,162	NK_MSÚ1	0	0	-0,30	0	0	0
B2177	0	NK_MSÚ1	0	0	0,30	0	0	0,01
B1956	0	NK_MSÚ27	-0,97	-0,14	0,18	-0,03	0	0,12
B2169	0	NK_MSÚ27	0	-0,15	0,18	0,03	0	-0,13
B2177	3,581	NK_MSÚ1	0	0	0	0	0,54	0,01
B2286	0	NK_MSÚ26	0	0,53	0,16	0	0	-1,25

Tabulka 37: Vnitřní síly na podélném ztužidle [31]

2.10.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 38: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

2.10.3. Geometrické charakteristiky

obdélník 140x140	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 140,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 140,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 19,6E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 32,0E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 32,0E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 40,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 40,4 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 16,3E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 16,3E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 457E+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 457E+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 39: Geometrické charakteristiky podélného ztužidla [33]

2.10.4. Podélné ztužidlo – posouzení MSÚ

Posouzení podélného ztužidla na ohyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,z} = 1,26 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6M_{Ed,y}}{b^2 * h}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * 1,26 * 10^6}{140^2 * 140} = 2,76 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$2,76 \leq 14,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{průřez } 140 / 140 \text{ na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení podélného ztužidla na tlak

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -28,98 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Efektivní délka:

$$l_{cr,y} = 5,0 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 5,0 \text{ m}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{5000}{40,4} = 123,7$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{5000}{40,4} = 123,7$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{26}{6,51}} = 1,998$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{123,7^2} = 6,51 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{26}{6,51}} = 1,998$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 * 10100}{123,7^2} = 6,51 \text{ Mpa}$$

Součinitele k:

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,998 - 0,3) + 1,998^2)$$

$$k_y = 2,58$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,998 - 0,3) + 1,998^2)$$

$$k_z = 2,58$$

Součinitele vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,58 + \sqrt{2,58^2 - 1,998^2}} = 0,237$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,58 + \sqrt{2,58^2 - 1,998^2}} = 0,237$$

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{28,98 * 10^3}{19,6 * 10^3} = 1,48 \text{ MPa}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d}$$

$$1,48 \leq 0,237 * 14,56$$

$$1,48 \leq 3,45 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 140 na tlak vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d}$$

$$1,48 \leq 0,237 * 14,56$$

$$1,48 \leq 3,45 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 140 na tlak vyhovuje}$$

Posouzení vaznice na kombinaci tlaku a ohybu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -28,98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 0,13 \text{ kNm}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{28,98 * 10^3}{19,6 * 10^3} = 1,48 \text{ MPa}$$

$$k_c = 0,237 \dots \text{ viz. Posouzení na vzpěrný tlak}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6M_{Ed,z}}{b * h^2} = \frac{6 * 0,13 * 10^6}{140 * 140^2} = 0,28 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,48}{0,237 * 14,56} + \frac{0,28}{14,56} \leq 1$$

$$0,45 \leq 1$$

→

**průřez 140 / 140 na kombinaci tlaku za ohybu
vyhovuje**

2.10.5. Podélné ztužidlo – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B108	3,581	NK_MSP6	0	-7,8

Tabulka 40: Deformace na podélném ztužidle [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 5)

$$W_{inst,c} = 7,8 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{300}$$

$$7,8 \leq \frac{7\,160}{300}$$

$$7,8 \leq 23,9 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 140 na okamžitý průhyb vyhovuje}$$

Konečný průhyb:

$$W_{inst,c} \leq \frac{L}{250}$$

$$W_{fin,(g+0)} = 7,8 + 0 = 7,8 \text{ mm}$$

$$W_{fin,tech} = 0,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,s} = 0,0 \text{ mm}$$

$$W_{fin,c} = W_{fin,(g+0)} * (1 + k_{def}) + W_{fin,tech} * (1 + k_{def}) + W_{fin,s} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$W_{fin,c} = 7,8 * (1 + 2,0) + 0,0 * (1 + 2,0) + 0,0 * (1 + 0 * 2,0)$$

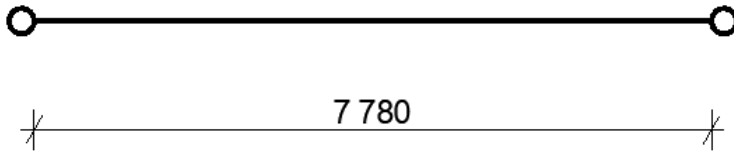
$$W_{fin,c} = 23,4 \text{ mm}$$

$$23,4 \leq \frac{7\,160}{250}$$

$$27,3 \leq 28,6 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez 140 / 140 na konečný průhyb vyhovuje}$$

2.11. Ocelové ztužidlo

Statické schéma:



Obrázek 28: Statické schéma ocelového ztužidla [30]

2.11.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2185	0	NK_MSÚ26	51,9	0	0	0	0	0

Tabulka 41: Vnitřní síly na ocelovém ztužidle [31]

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.

Obrázek 29: Katalogová únosnost ocelových táhel Detan [27]

$$F_{t,R,d} = 81,22 \text{ kN}$$

uvažují rezervu na napnutí 50% → $N_{Ed} * 1,5 = 51,9 * 1,5 = 77,85 \text{ kN}$

$$N_{Ed} < F_{t,R,d}$$

77,85 < 81,22 kN → vyhovuje

Navrhuji ztužidlo Detan Ø 16 mm z oceli S355

2.12. Základová patka

Posouzení základové patky viz. Příloha č. 1 – Posouzení základové patky

2.13. Souhrn navržených konstrukčních prvků dřevěné konstrukce

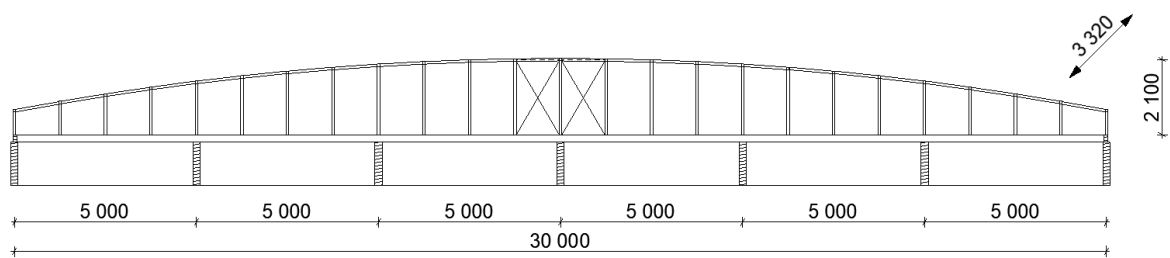
Obloukový vazník	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vrcholový nosník	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vaznice (sedlová část)	dřevo GL 26h	140 x 240 mm
Vaznice (oblouková část)	dřevo GL 26h	160 x 260 mm
Oblouková výměna vaznic	dřevo GL 26h	140 x 240 mm
Výměna u vrcholového nosníku	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vaznice pod světlíkem	dřevo GL 26h	160 x 260 mm
Krokve se zázemím	dřevo GL 26h	120 x 240 mm
Vaznice v místě napojení krokví	dřevo GL 26h	200 x 320 mm
Podélné ztužidlo	dřevo GL 26h	140 x 140 mm
Ztužující táhlo	ocel S355	Ø 16 mm
Základová patka	beton C 20 / 25	1800 x 3000 x 1000 mm

3. Návrh konstrukčních prvků ocelové konstrukce

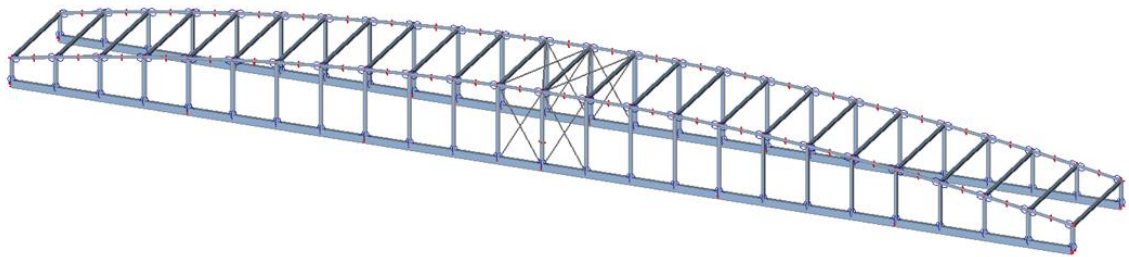
Veškeré ocelové prvky byly počítány v souladu s normou: ČSN EN 1993-1-1 (731501).
Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

3.1. Konstrukce ocelového světlíku

Schéma a 3D model ocelového světlíku



Obrázek 30: Schéma ocelového světlíku [31]

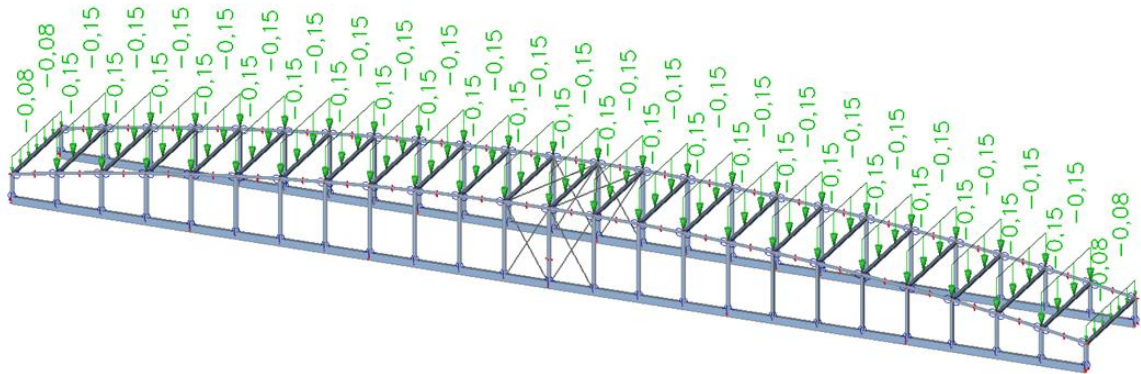


Obrázek 31: 3D model ocelového světlíku [31]

3.1.1. Zatěžovací stavy

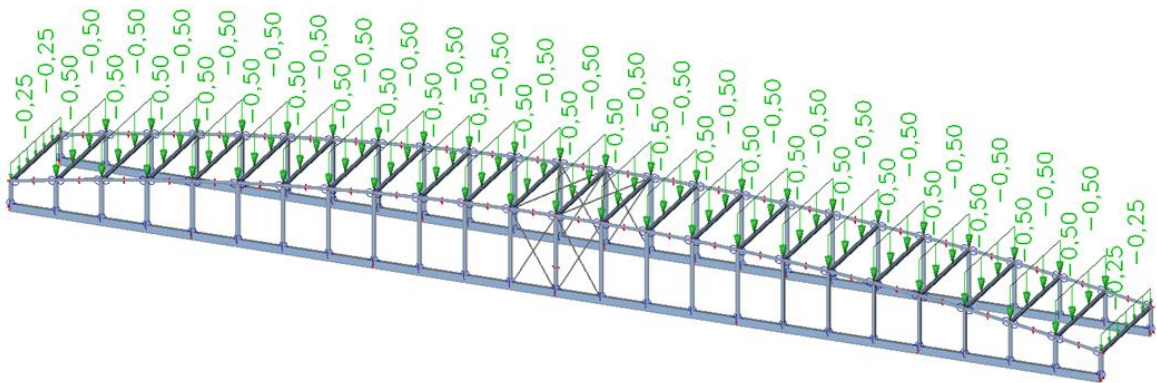
ZS1 – vlastní tíha (generováno programem SCIA)

ZS2 – ostatní stálé zatížení



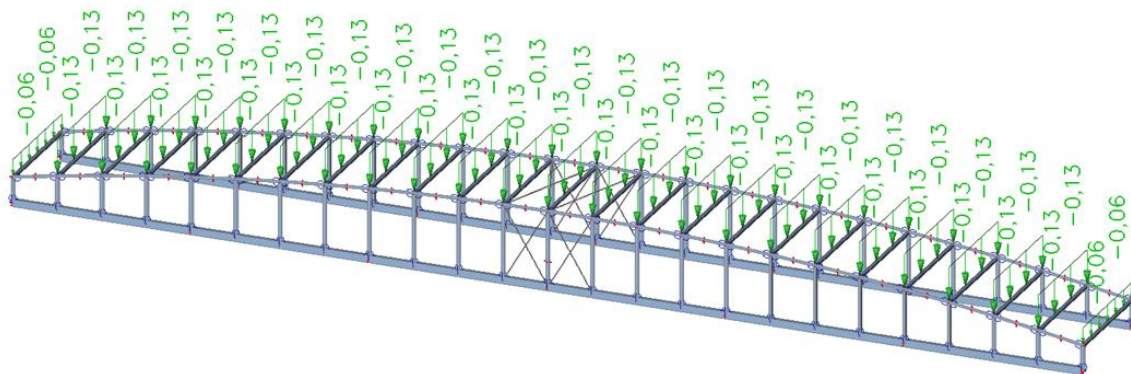
Obrázek 32: ZS2 – Stálé zatížení [31]

ZS3 – užitné zatížení



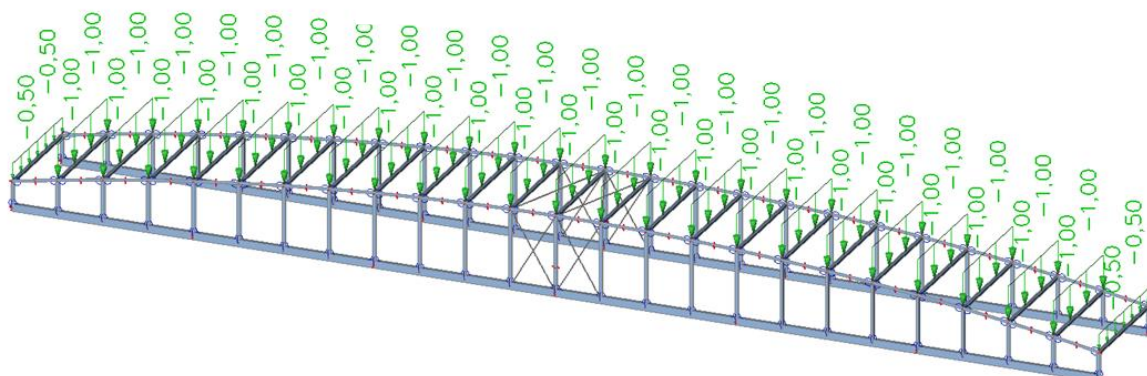
Obrázek 33: ZS3 – Užitné zatížení [31]

ZS4 – zatížení technologiemi



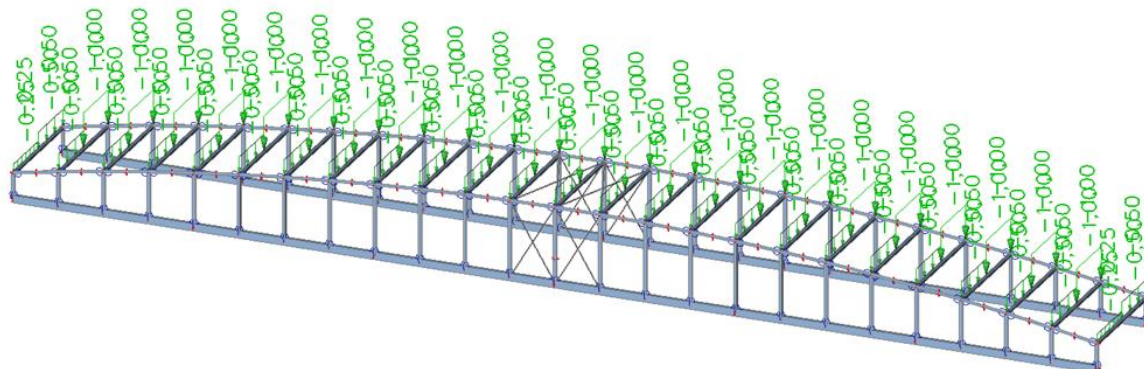
Obrázek 34: ZS4 – Technologie [31]

ZS5 – sníh rovnoměrný



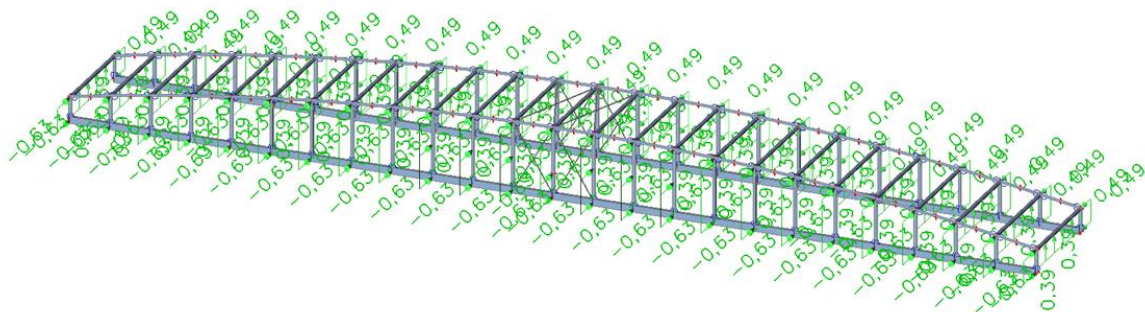
Obrázek 35: ZS5 – Sníh rovnoměrný [31]

ZS6 – sníh navátý



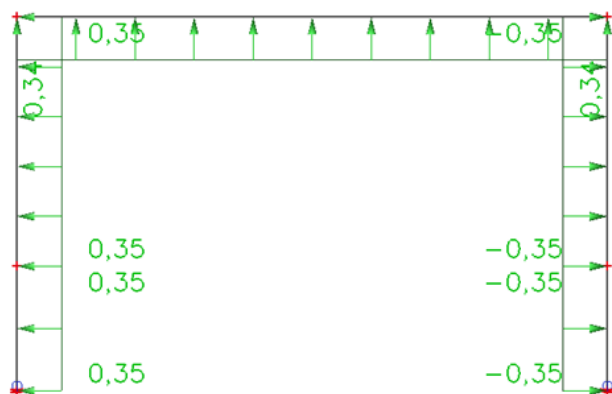
Obrázek 36: ZS6 – Sníh navátý [31]

ZS7 – vítr příčný



Obrázek 37: ZS7 – Vítr příčný [31]

ZS8 – vítr podélný



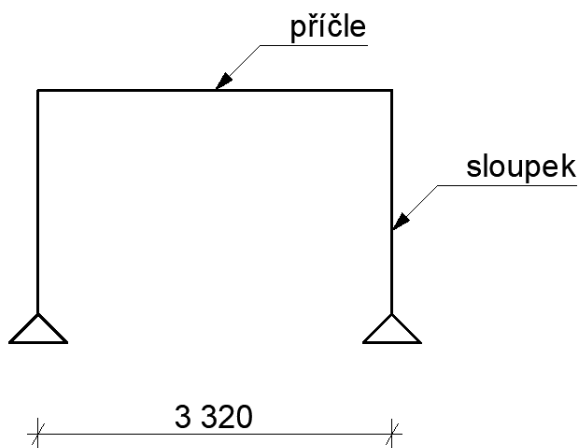
Obrázek 38: ZS8 – Vítr podélný [31]

3.1.2. Kombinace zatěžovacích stavů

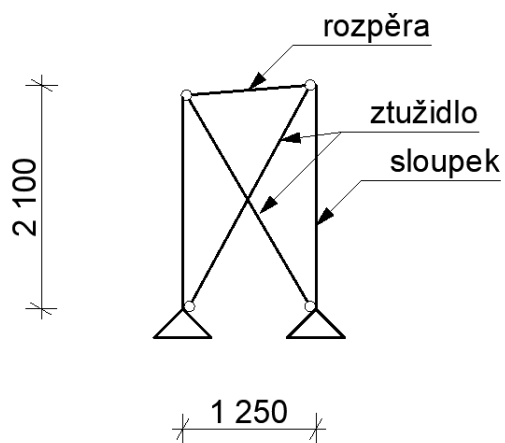
Viz. 1.6. Kombinace zatěžovacích stavů, str. 18

3.1.3. Statické schéma světlíku

Hlavní rám:



Propojení rámu:



Obrázek 39: Statické schéma světlíku [30]

3.1.4. Rozpěra světlíku

$$L = 1270 \text{ mm}$$

3.1.4.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2422	0	NK_MSÚ27	-3,66	-0,01	0,04	0	-0,02	0,02
B2438	1,27	NK_MSÚ31	0,18	-0,25	0,17	0	0,1	-0,1
B2484	0	NK_MSÚ27	0,05	0,25	-0,18	0	0,11	-0,11
B2438	0	NK_MSÚ31	0,16	-0,17	0,25	0	-0,16	0,16
B2484	1,27	NK_MSÚ27	0,03	0,18	-0,25	0	-0,17	0,17
B2388	0	NK_MSÚ29	0	0,25	-0,17	0	0,18	-0,18

Tabulka 42: Vnitřní síly rozpěry světlíku [31]

3.1.4.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	ocel S235
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0} = 1,0$
	$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 43: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.1.4.3. Geometrické charakteristiky

L 70 x 70 x 7	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 70,0 mm
šířka průřezu	b = 70,0 mm
tloušťka svislé stěny průřezu	t ₁ = 7,0 mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	t ₂ = 7,0 mm
poloměr zaoblení rohů průřezu	R ₁ = 9,0 mm
poloměr zaoblení rohů průřezu	R ₂ = 4,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 940 mm ²
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I _y = 423E+03 mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I _z = 423E+03 mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	i _y = 19,7 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	i _z = 19,7 mm
průřezový modul k těžišťové ose y	W _y = 8,41E+03 mm ³
průřezový modul k těžišťové ose z	W _z = 8,41E+03 mm ³
plastický průřezový modul kolem osy y	W _{pl,y} = 15,4E+03 mm ³
plastický průřezový modul kolem osy z	W _{pl,z} = 15,4E+03 mm ³
mez kluzu	f _y = 235 MPa

Tabulka 44: Geometrické charakteristiky oblouku světlíku [33]

3.1.4.4. Rozpěra světlíku – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Rovnoramenný L úhelník 70 x 70 x 7 mm → TRÍDA 3 (tab.)

Úhelníky, ocel S235 → křivka vzpěrné pevnosti b (α = 0,34)

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$N_{Ed} = -3,66 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1,0$$

Efektivní délka:

$$L_{cr} = L * \beta = 1270 * 1,0 = 1270 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1270}{19,7} = 64,5$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{64,5}{93,9} = 0,687$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi_y = \phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,687 - 0,2) + 0,687^2] = 0,819$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,819 + \sqrt{0,819^2 - 0,687^2}} = 0,72$$

Návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,72 * 940 * 235}{1,0} = 159,0 \text{ kN}$$

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{3,66}{159,0} = 0,09 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,0 * 15,4 * 10^3 * 235}{1,0} = 3,62 \text{ kNm}$$

Posouzení v ohybu:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{0,18}{3,62} + \frac{0,18}{3,62} = 0,10 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.4.5. Rozpěra světlíku – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2484	0,953-	NK_MSP5	-0,2	0
B2388	0,318-	NK_MSP5	0,2	0
B2388	0,635+	NK_MSP6	0,1	-0,1
B2438	0,318-	NK_MSP5	-0,1	0,1

Tabulka 45: Deformace na rozpěře světlíku [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 5)

$$w = 0,2 \text{ mm}$$

Posouzení průhybu:

$$w \leq \frac{L}{250}$$

$$0,2 \leq \frac{1270}{250}$$

$$0,2 \leq 5,1 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez L 70 x 70 x 7 mm na průhyb vyhovuje}$$

Navrhuji L 70 x 70 x 7 mm z oceli S235.

3.1.5. Příčle světlíku

$$L = 3320 \text{ mm}$$

3.1.5.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2490	0	NK_MSÚ42	-1,09	-0,12	0,94	0	-0,48	0,23
B2499	3,320	NK_MSÚ26	-0,44	0	-3,24	-0,01	-1,09	0,01
B2497	0	NK_MSÚ26	-0,72	-0,01	3,24	-0,01	-1,26	0,01
B2509	0	NK_MSÚ36	-0,86	0,01	0,55	0,11	-0,27	0,09
B2487	1,659-	NK_MSÚ26	-0,43	-0,01	0	-0,01	1,95	-0,08
B2510	3,320	NK_MSÚ26	-2,39	0	-2,97	-0,02	-1,44	-0,26

Tabulka 46: Vnitřní síly příčle světlíku [31]

3.1.5.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	ocel S235
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0} = 1,0$
	$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 47: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.1.5.3. Geometrické charakteristiky

Čtvercová trubka 70 x 70 x 4,0 mm	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 70,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 70,0 \text{ mm}$
tloušťka svislé stěny průřezu	$t_w = 4,0 \text{ mm}$
tloušťka vodorovné stěny průřezu	$t_f = 4,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení rohů průřezu	$R_1 = 6,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 1,04E+06 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 747E+03 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 747E+03 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 26,8 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 26,8 \text{ mm}$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 21,1E+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 21,1E+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy y	$W_{pl,y} = 25,2E+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy z	$W_{pl,z} = 25,2E+03 \text{ mm}^3$
mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$

Tabulka 48: Geometrické charakteristiky příčle světlíku [33]

3.1.5.4. Příčle světlíku – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Čtvercová trubka 70 x 70 x 4,0 mm → TRÍDA 1 (tab.)

Trubka tvarovaná za studena, ocel S235 → křivka vzpěrné pevnosti c ($\alpha = 0,49$)

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$N_{Ed} = -2,39 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1,0$$

Efektivní délka:

$$L_{cr} = L * \beta = 3320 * 0,5 = 1660 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1660}{26,8} = 61,94$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{61,94}{93,9} = 0,660$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi_y = \phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,660 - 0,2) + 0,660^2] = 0,831$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,831 + \sqrt{0,831^2 - 0,660^2}} = 0,75$$

Návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,75 * 1,04 * 10^3 * 235}{1,0} = 183,3 \text{ kN}$$

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{2,39}{183,3} = 0,01 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 1,95 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,08 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

uzavřený průřez → průřez neklopí → $\chi_{LT} = 1,0$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,0 * 25,2 * 10^3 * 235}{1,0} = 5,92 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1,95}{5,92} + \frac{0,08}{5,92} = 0,34 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{z,Ed} = 3,24 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{0,528 * 10^6 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 71,6 \text{ kN}$$

Posouzení na smyk:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{3,24}{71,6} = 0,05 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$V_{z,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,z} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu:

$$N_{Ed} = -2,39 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,44 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,26 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu:

$$\frac{2,39 * 10^3}{1,0 * 1,09 * 10^3 * 235} + \frac{1,44 * 10^6}{1,0 * 25,2 * 10^3 * 235} + \frac{0,26 * 10^6}{1,0 * 25,2 * 10^3 * 235}$$

$$0,01 + 0,24 + 0,05 = 0,30 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.5.1. Příčle světlíku – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2509	1,659-	NK_MSP5	-1,2	-3,9
B2510	1,659+	NK_MSP5	1,2	-3,9
B2487	1,659-	NK_MSP5	0,6	-8,6
B2499	1,896	NK_MSP13	0	1,8

Tabulka 49: Deformace na příčli světlíku [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 5)

$$w = 0,2 \text{ mm}$$

Posouzení průhybu:

$$w \leq \frac{L}{250}$$

$$8,6 \leq \frac{3\,320}{250}$$

$$8,6 \leq 13,3 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{průřez TR 70 x 70 x 4,0 mm na průhyb vyhovuje}$$

Navrhuji TR 70 x 70 x 4,0 mm z oceli S235.

3.1.6. Sloupek světlíku

$$L = 700 - 2100 \text{ mm}$$

3.1.6.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2451	0	NK_MSÚ26	-9,62	0	-0,52	0	0	0
B2435	0	NK_MSÚ26	-3,1	-0,03	-2,1	0,47	0	0
B2437	0,7	NK_MSÚ26	-3,03	-0,03	-2,12	-0,49	-1,49	-0,02
B2385	0,7	NK_MSÚ26	-3,03	0,03	2,12	-0,49	1,48	0,02
B2387	0,7	NK_MSÚ36	-1,06	-0,16	0,84	0,16	0,48	-0,11
B2437	0,7	NK_MSÚ36	-0,57	0,16	-0,63	-0,26	-0,3	0,11

Tabulka 50: Vnitřní síly sloupku světlíku [31]

3.1.6.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	ocel S235
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0} = 1,0$
	$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 51: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.1.6.3. Geometrické charakteristiky

Čtvercová trubka 70 x 70 x 4,0 mm	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 70,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 70,0 \text{ mm}$
tloušťka svislé stěny průřezu	$t_w = 4,0 \text{ mm}$
tloušťka vodorovné stěny průřezu	$t_f = 4,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení rohů průřezu	$R_1 = 6,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 1,04E+06 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 747E+03 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 747E+03 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 26,8 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 26,8 \text{ mm}$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 21,1E+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 21,1E+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy y	$W_{pl,y} = 25,2E+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy z	$W_{pl,z} = 25,2E+03 \text{ mm}^3$
mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$

Tabulka 52: Geometrické charakteristiky sloupku světlíku [33]

3.1.6.4. Sloupek světlíku – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Čtvercová trubka 70 x 70 x 4,0 mm → TRÍDA 1 (tab.)

Trubka tvarovaná za studena, ocel S235 → křivka vzpěrné pevnosti c ($\alpha = 0,49$)

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$N_{Ed} = -9,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1,0$$

Efektivní délka:

$$L_{cr} = L * \beta = 2060 * 0,7 = 1442 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1442}{26,8} = 53,81$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{53,81}{93,9} = 0,573$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,573 - 0,2) + 0,573^2] = 0,756$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,756 + \sqrt{0,756^2 - 0,573^2}} = 0,80$$

Návrhová únosnost na vzpěrný tlak:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,80 * 1,27 * 10^3 * 235}{1,0} = 238,8 \text{ kN}$$

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{9,62}{238,8} = 0,04 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 1,49 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

uzavřený průřez → průřez neklopí → $\chi_{LT} = 1,0$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,0 * 25,2 * 10^3 * 235}{1,0} = 5,92 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1,49}{5,92} = 0,25 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{z,Ed} = 2,12 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{0,520 * 10^6 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 70,6 \text{ kN}$$

Posouzení ve smyku:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{2,12}{70,6} = 0,03 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$V_{z,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,z} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

3.1.6.5. Sloupek světlíku – posouzení MSP

Jméno	dx [m]	Stav	uy [mm]	uz [mm]
B2457	0,987	NK_MSP9	0	0,2
B2407	0,987	NK_MSP9	0	-0,3
B2411	0,467	NK_MSP8	0	-0,9
B2461	0,467	NK_MSP8	0	0,9

Tabulka 53: Deformace na příčli světlíku [31]

Okamžitý průhyb: (kombinace MSP – 5)

$$w = 0,9 \text{ mm}$$

Posouzení průhybu:

$$w \leq \frac{L}{250}$$

$$0,9 \leq \frac{2100}{250}$$

$$0,9 \leq 8,4 \text{ mm}$$

→ **průřez TR 70 x 70 x 4,0 mm na průhyb vyhovuje**

Navrhuji TR 70 x 70 x 4,0 mm z oceli S235.

3.1.7. Ztužidlo

$$L = 3\,930\text{ mm}$$

3.1.7.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2539	0	NK_MSÚ26	6,94	0	0	0	0	0

Tabulka 54: Vnitřní síly ztužidla [31]

3.1.7.2. Ztužidlo – posouzení MSÚ

Posouzení na tah:

$$N_{Ed} = 6,94\text{ kN}$$

Návrh Detan $\varnothing 10\text{ mm}$ z oceli S355

Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen; Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 ($\varnothing d_s$ 10-12) bzw. S460/S470/S520/																
System - $\varnothing d_s$ [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.

Tabulka 55: Únosnost táhel Detan [27]

$$F_{t,R,d} = 21,3\text{ kN}$$

$$\text{uvažuji rezervu na napnutí 50\%} \rightarrow N_{Ed} * 1,5 = 6,94 * 1,5 = 10,41\text{ kN}$$

$$N_{Ed} < F_{t,R,d}$$

$$10,41 < 21,3\text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

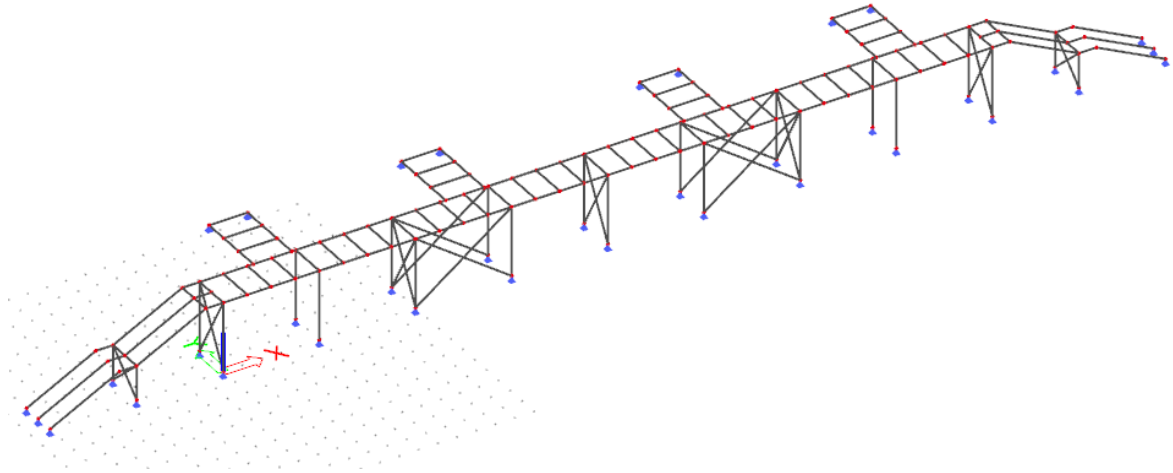
Navrhuji ztužidlo Detan $\varnothing 10\text{ mm}$ z oceli S355

3.1.8. Souhrn prvků ocelového světlíku:

Rozpěra světlíku:	ocel S235	L 70 x 70 x 7,0 mm
Příčle světlíku:	ocel S235	TR 70 x 70 x 4,0 mm
Sloupek světlíku:	ocel S235	TR 70 x 70 x 4,0 mm
Ztužidlo	ocel S355	Detan Ø 10 mm

3.2. Konstrukce ocelového ochozu

Schéma a 3D model ocelového ochozu



Obrázek 40: Schéma ocelového ochozu [31]

- sloupy po 5 metrech
- šířka 2 metry
- schodiště 2x 12 stupňů (150/300 mm)

3.2.1. Stanovení zatížení

ZS1 – Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce bude vycházet z modelu z programu Scia Engineer 19. Bude vygenerována automaticky.

ZS2 – Stálé zatížení

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Ocelový podlahový rošt	0,48	1,35	0,65

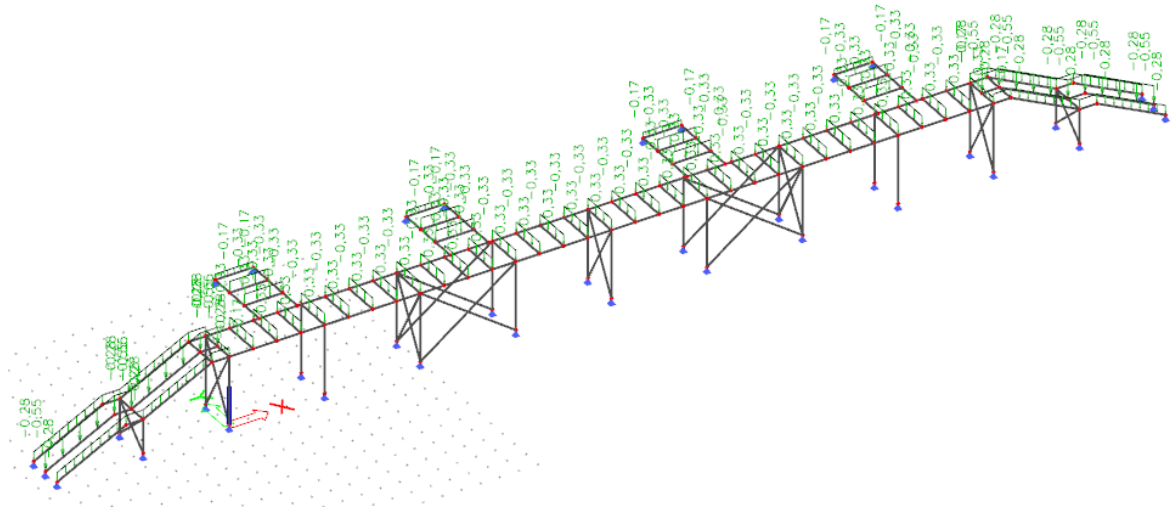
ZS3 – Užité zatížení

Proměnné zatížení – ochoz, tribuna	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitečné zatížení			
C5 Plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí	5,0	1,50	7,5

3.2.2. Zatěžovací stavy

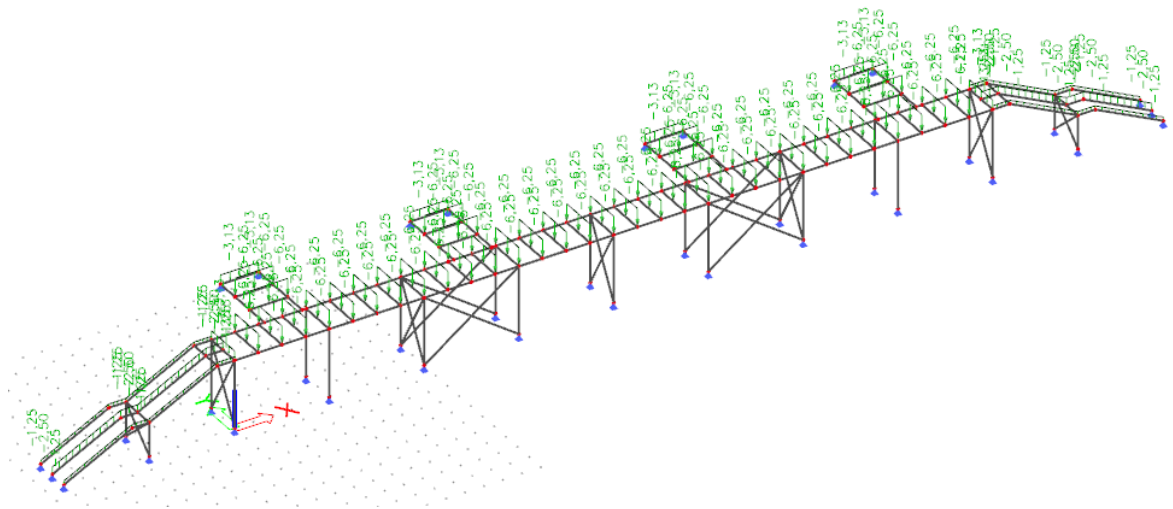
ZS1 – vlastní tíha (vygenerováno programem SCIA Engineer)

ZS2 – stálé zatížení (pochozí pororost)



Obrázek 41: ZS2 – stálé zatížení [31]

ZS3 – užité zatížení (C5 – shromažďování lidí)



Obrázek 42: ZS3 – užité zatížení [31]

3.2.3. Kombinace zatěžovacích stavů

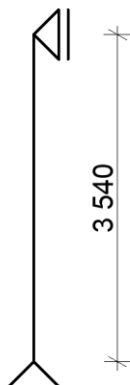
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v</i>			
NK_MSP_1	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
NK_MSP_2	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé zatížení	1,00
		ZS3 - Užité zatížení	1,00
NK_MSÚ_1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
NK_MSÚ_2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé zatížení	1,35
		ZS3 - Užité zatížení	1,50

Tabulka 56: Kombinace zatěžovacích stavů [31]

3.2.4. Sloup

$$L = 3540 \text{ mm}$$

3.2.4.1. Statické schéma



Obrázek 43: Statické schéma sloupu [30]

3.2.4.2. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B8	0	NK_MSÚ_2	-60,01	0,17	0,3	0	0	0
B85	3,6	NK_MSÚ_1	-1,79	-0,01	0,1	0	0,37	-0,02
B69	0	NK_MSÚ_2	-25,07	0,46	2,11	0	0	0
B68	0	NK_MSÚ_2	-26,13	0,26	-2,12	0	0	0
B86	0	NK_MSÚ_2	-26,13	0,26	2,12	0	0	0
B118	3,6	NK_MSÚ_2	-18,3	-0,08	-1,06	0	-3,82	-0,27
B85	3,6	NK_MSÚ_2	-18,3	-0,08	1,06	0	3,82	-0,27
B2	3,6	NK_MSÚ_2	-36,96	-0,25	0,14	0	0,49	-1,29

Tabulka 57: Vnitřní síly sloupu [31]

3.2.4.3. Materiálové charakteristiky

Materiál	ocel S235
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 58: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.2.4.4. Geometrické charakteristiky

HEA 100	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 96,0 \text{ mm}$
šířka pásnice	$b_f = 100,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 5,0 \text{ mm}$
Tloušťka pásnice	$t_f = 8,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 12,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 2,12\text{E}+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 3,49\text{E}+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,34\text{E}+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 40,5 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 25,1 \text{ mm}$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 72,8\text{E}+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 26,8\text{E}+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy y	$W_{pl,y} = 83,0\text{E}+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy z	$W_{pl,z} = 41,1\text{E}+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 59: Geometrické charakteristiky sloupu [33]

3.2.4.5. Sloup – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Stojina:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{56}{5,0} = 11,2 \leq 33 * \varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 33$$

$11,2 \leq 33 \rightarrow$ průřez 1. třídy

Pásnice:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{35,5}{8} = 4,44 \leq 9 * \varepsilon = 9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 9$$

$4,44 \leq 9 \rightarrow$ průřez 1. třídy

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$N_{Ed} = -60,01 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1,0$$

Efektivní délka:

$$L_{cr} = L * \beta = 3540 * 1,0 = 3540 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3540}{40,5} = 87,4$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{3540}{25,1} = 141,0$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{87,4}{93,9} = 0,931$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{141,0}{93,9} = 1,502$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Křivky vzpěrné pevnosti:

$$(y - y) \rightarrow \text{křivka zpěrnosti } b \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$(z - z) \rightarrow \text{křivka zpěrnosti } c \rightarrow \alpha = 0,49$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,931 - 0,2) + 0,931^2] = 1,058$$

$$\phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,502 - 0,2) + 1,502^2] = 1,947$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,058 + \sqrt{1,058^2 - 0,931^2}} = 0,641$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,947 + \sqrt{1,947^2 - 1,502^2}} = 0,314$$

Návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku:

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,641 * 2,12 * 10^3 * 235}{1,0} = 319,3 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,314 * 2,12 * 10^3 * 235}{1,0} = 156,4 \text{ kN}$$

Posouzení na vzpěrný tlak:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{60,01}{319,3} = 0,19 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

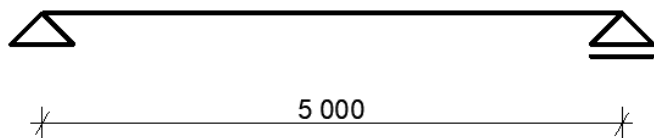
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{60,01}{156,4} = 0,38 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navrhují HEA 100 z oceli S235.

3.2.5. Podélník

$L = 5000 \text{ mm}$

3.2.5.1. Statické schéma



Obrázek 44: Statické schéma podélníku [30]

3.2.5.2. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B150	4,025	NK_MSÚ_2	-12,26	0	8,47	0	0	0
B75	0	NK_MSÚ_2	2,11	-0,03	4,75	0	-4,81	0,18
B34	2,200+	NK_MSÚ_2	-3,95	1,10	-1,44	-0,09	-18,02	-0,39
B34	0	NK_MSÚ_2	-3,89	-0,28	-31,82	0,30	21,51	0,01
B27	5	NK_MSÚ_2	-3,89	0,28	31,82	-0,30	21,51	0,01
B27	2,500-	NK_MSÚ_2	-3,81	-0,29	-8,68	0,01	-18,44	-0,27
B29	5	NK_MSÚ_2	-3,62	0,4	31,49	-0,28	22,44	-0,02
B70	0,9	NK_MSÚ_2	-5,59	-1,61	-10,61	-0,02	-11,37	-0,76
B71	0	NK_MSÚ_2	-1,64	-1,23	11,01	0,03	4,82	0,74

Tabulka 60: Vnitřní síly podélník [31]

3.2.5.1. Materiálové charakteristiky

Materiál ocel S235

Součinitel spolehlivosti $\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 61: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.2.5.2. Geometrické charakteristiky

U(UPN) 160	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 160,0 mm
šířka průřezu	b = 65,0 mm
tloušťka stojiny	t _w = 7,5 mm
tloušťka pásnice	t _f = 10,5 mm
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	R ₁ = 10,5 mm
poloměr zaoblení vnitřních hran pásnic	R ₂ = 5,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 2,40E+03 mm ²
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I _y = 9,25E+06 mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I _z = 853E+03 mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	i _y = 62,1 mm
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	A _y = 1,21E+03 mm ²
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	A _z = 1,20E+03 mm ²
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	i _z = 18,9 mm
průřezový modul k těžišťové ose y	W _{y1} = 116E+03 mm ³
průřezový modul k těžišťové ose z	W _{z2} = 46,2E+03 mm ³
plastický průřezový modul kolem osy y	W _{pl,y} = 138E+03 mm ³
plastický průřezový modul kolem osy z	W _{pl,z} = 35,2E+03 mm ³

Tabulka 62: Geometrické charakteristiky podélníku [33]

3.2.5.3. Podélník – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Stojina:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{115,6}{7,5} = 15,41 \leq 33 * \varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 33$$

15,41 ≤ 33 → průřez 1. třídy

Pásnice:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{47}{10,5} = 4,48 \leq 10 * \varepsilon = 10 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 10 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 10$$

4,48 ≤ 10 → průřez 1. třídy

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 22,44 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,02 \text{ kNm} \rightarrow \text{zanedbávám}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{b,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{138 * 10^3 * 235}{1,0} = 32,43 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{22,44}{32,43} = 0,69 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{y,Ed} = 0,28 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 31,82 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{1,21 * 10^3 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 164,17 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{1,20 * 10^3 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 162,81 \text{ kN}$$

Posouzení na smyk:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{0,28}{164,17} + \frac{31,82}{162,81} = 0,20 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$V_{y,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,y} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

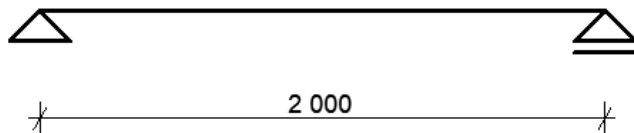
$V_{z,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,z} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

Navrhují UPN 160 z oceli S235.

3.2.6. Příčník

$L = 2000 \text{ mm}$

3.2.6.1. Statické schéma



Obrázek 45: Statické schéma příčníku [30]

3.2.6.2. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B35	0	NK_MSÚ_2	0,88	-1,18	-4,47	0,01	0,68	0,53
B95	1,000+	NK_MSÚ_2	-1,26	-1,31	5,68	0,01	-5,67	0,72
B79	0	NK_MSÚ_2	-2,07	-0,6	-12,45	0	3,78	0,08
B79	2,000	NK_MSÚ_2	-2,07	0,59	12,44	0	3,76	0,08
B67	1,000+	NK_MSÚ_2	0,56	1,66	0,85	0,01	1,24	-0,82
B79	1,000+	NK_MSÚ_2	-2,07	0,59	12,26	0	-8,59	-0,51
B35	2,000	NK_MSÚ_2	0,56	1,66	4,23	-0,01	0,45	0,84

Tabulka 63: Vnitřní síly příčníku [31]

3.2.6.1. Materiálové charakteristiky

Materiál ocel S235
Součinitel spolehlivosti $\gamma_{M1} = 1,0$

Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Je korozivzdorná	Ne
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

Tabulka 64: Materiálové charakteristiky oceli [33]

3.2.6.2. Geometrické charakteristiky

U(UPN) 100	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 100,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 50,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 6,0 \text{ mm}$
tloušťka pásnice	$t_f = 8,5 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 8,5 \text{ mm}$
poloměr zaoblení vnitřních hran pásnic	$R_2 = 4,5 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 1,35\text{E}+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,06\text{E}+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 293\text{E}+03 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 39,1 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 14,7 \text{ mm}$
průřezový modul k těžišťové ose y	$W_y = 41,1\text{E}+03 \text{ mm}^3$
průřezový modul k těžišťové ose z	$W_z = 18,8\text{E}+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy y	$W_{pl,y} = 49,0\text{E}+03 \text{ mm}^3$
plastický průřezový modul kolem osy z	$W_{pl,z} = 16,2\text{E}+03 \text{ mm}^3$

Tabulka 65: Geometrické charakteristiky příčnicku [33]

3.2.6.3. Příčník – posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu:

Stojina:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{66}{6} = 11 \leq 33 * \varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 33$$

$16,63 \leq 33 \rightarrow$ průřez 1. třídy

Pásnice:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{35,5}{8,5} = 4,2 \leq 9 * \varepsilon = 9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 9$$

$4,2 \leq 9 \rightarrow$ průřez 1. třídy

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 8,59 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,51 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{b,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{49,0 * 10^3 * 235}{1,0} = 11,52 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{16,2 * 10^3 * 235}{1,0} = 3,81 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{8,59}{11,52} + \frac{0,51}{3,81} = 0,88 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{y,Ed} = 0,60 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 12,45 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1,0$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{0,727 * 10^3 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 98,60 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{0,623 * 10^3 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 84,56 \text{ kN}$$

Posouzení na smyk:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{0,60}{98,60} + \frac{12,45}{84,56} = 0,15 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$V_{y,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,y} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

$V_{z,Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd,z} \rightarrow$ malý smyk, není nutno redukovat ohybovou únosnost

Navrhuji UPN 100 z oceli S235.

3.2.7. Ztužidlo

$$L = 4120 \text{ mm}$$

3.2.7.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B131	4,118	NK_MSÚ_2	6,66	0	0	0	0	0

Tabulka 66: Vnitřní síly ztužidla [31]

3.2.7.2. Ztužidlo – posouzení MSÚ

Posouzení na tah:

$$N_{Ed} = 6,66 \text{ kN}$$

Návrh Detan $\emptyset 10 \text{ mm}$ z oceli S355

Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen; Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 ($\emptyset d_s$ 10-12) bzw. S460/S470/S520/																
System - $\emptyset d_s$ [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.

Tabulka 67: Únosnost táhel Detan [27]

$$F_{t,R,d} = 21,3 \text{ kN}$$

$$\text{uvažuji rezervu na napnutí 50\%} \rightarrow N_{Ed} * 1,5 = 6,66 * 1,5 = 9,99 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < F_{t,R,d}$$

$$9,99 < 21,3 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navrhuji ztužidlo Detan $\emptyset 10 \text{ mm}$ z oceli S355

3.2.8. Souhrn prvků ocelového ochozu:

Sloup:	ocel S235	HEA 100
Podélník:	ocel S235	UPN 160
Příčník:	ocel S235	UPN 100
Ztužidlo:	ocel S355	Detan Ø 10 <i>mm</i>

4. Návrh konstrukčních prvků betonové konstrukce

Veškeré betonové prvky byly počítány v souladu s normou: ČSN EN 1992-1-1 (731201).
Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

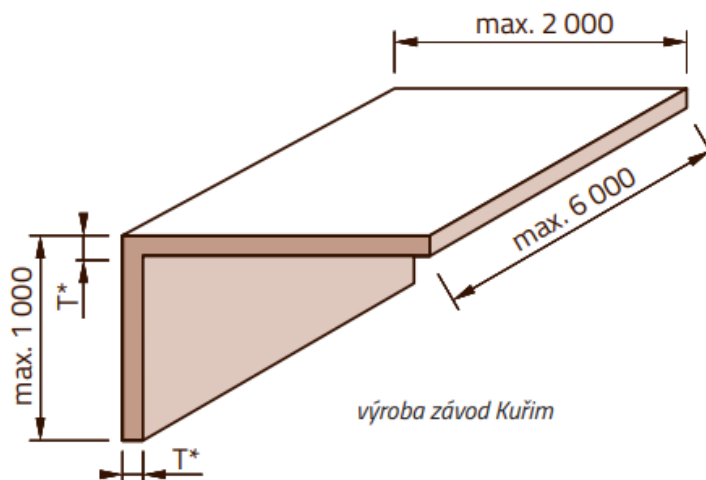
4.1. Betonová tribuna

Náplní diplomové práce bylo řešení dřevěné konstrukce zastřešení zimního stadionu, tudíž betonovou tribunu navrhují pouze předběžným statickým výpočtem.

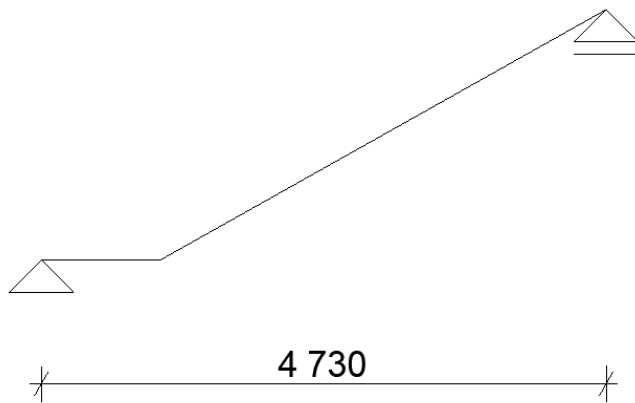
Hlavní konstrukcí, která přejímá zatížení od diváků, je prefabrikovaný tribunový prvek (Obrázek 46), jež je usazen na průvlacích (Obrázek 48). Průvlaky podporují železobetonové sloupy.



Obrázek 46: Geometrie prefabrikovaného tribunového prvku [30]



Obrázek 47: Výrobní možnosti v závodu Kuřim [26]



Obrázek 48: Statické schéma průvlastku [30]

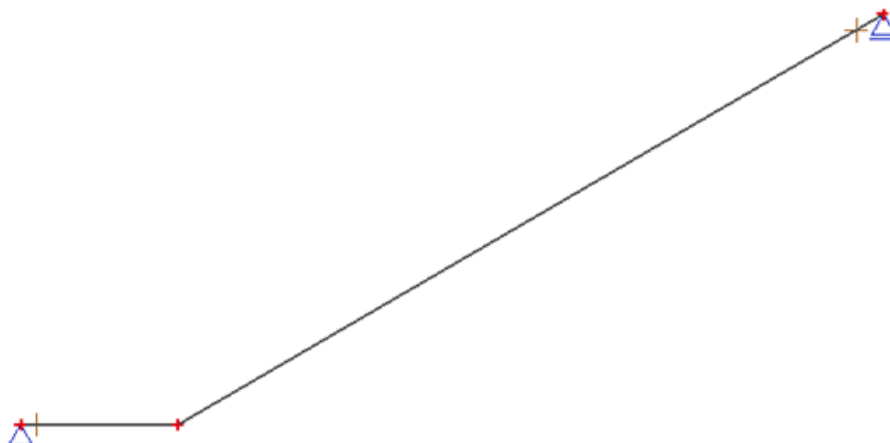
4.1.1. Stanovení zatížení

Přepočet zatížení od L nosníku na bodovou sílu působící na průvlastku.

Stálé zatížení (L nosníky)	Charakt. [kN]	Souč. [-]	Návrh. [kN]
Vlastní tíha nosné konstrukce			
Průřez: T-průřez, obecný 1035x540 (3,92 / 4,000)	15,68	1,35	21,17
Průřez: Obdélník 1300x160 (4,62 / 4,000)	18,48	1,35	24,95
Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
C5 Plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí	5,00	1,50	7,50
Součet: Užitné zatížení	5,00	1,50	7,50

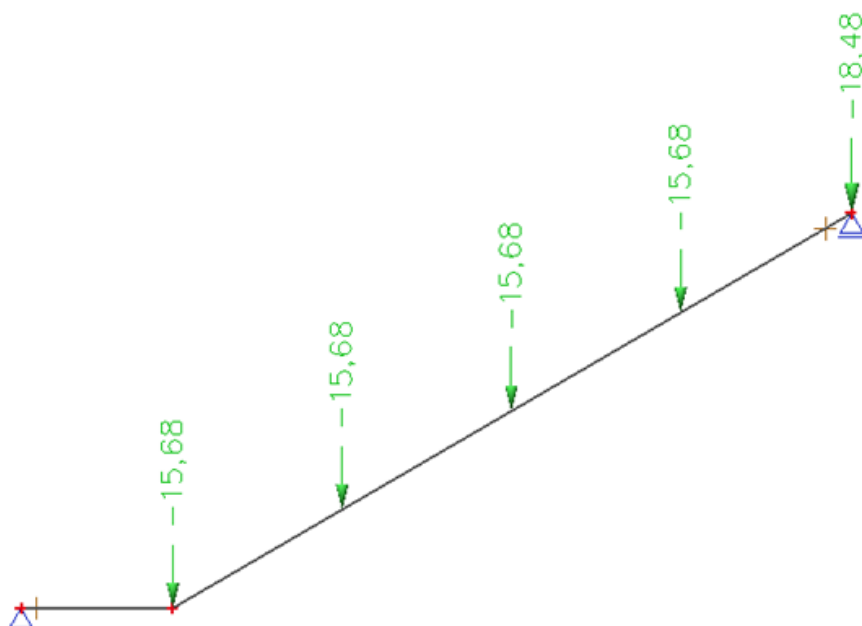
4.1.2. Zatěžovací stavy

ZS1 – vlastní tíha (generováno programem SCIA)



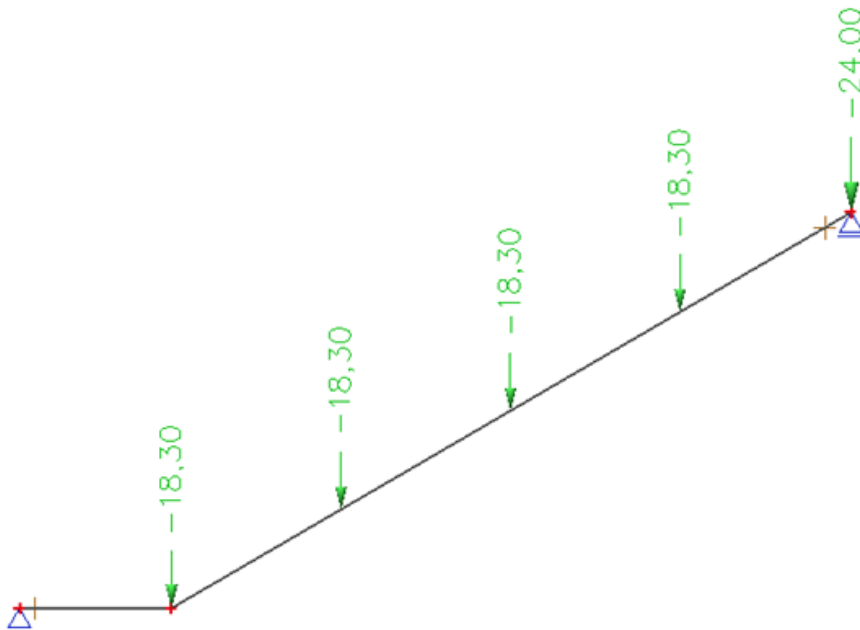
Obrázek 49: ZS1 – zatížení vlastní tíhou [31]

ZS2 – stálé zatížení (L nosníky)



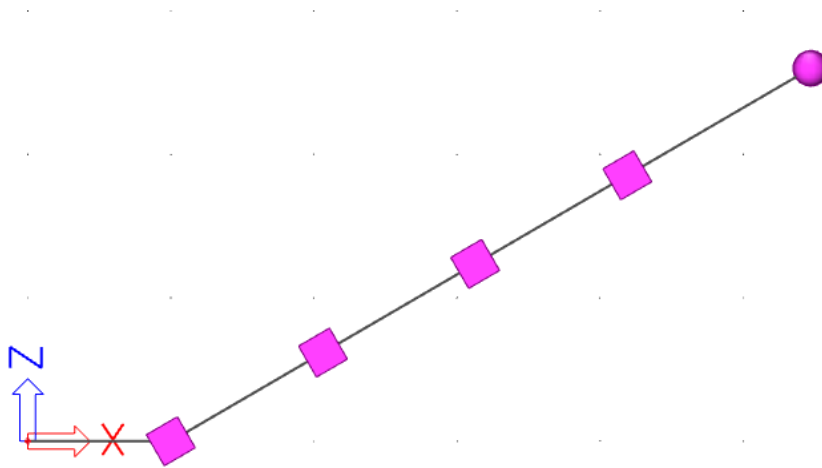
Obrázek 50: ZS2 – stálé zatížení (L nosníky) [31]

ZS3 – užité zátížení (diváci – C5)



Obrázek 51: ZS3 – užité zátížení (diváci – C5) [31]

Vytvoření hmotných bodů ze zátížení: $m = F * g$



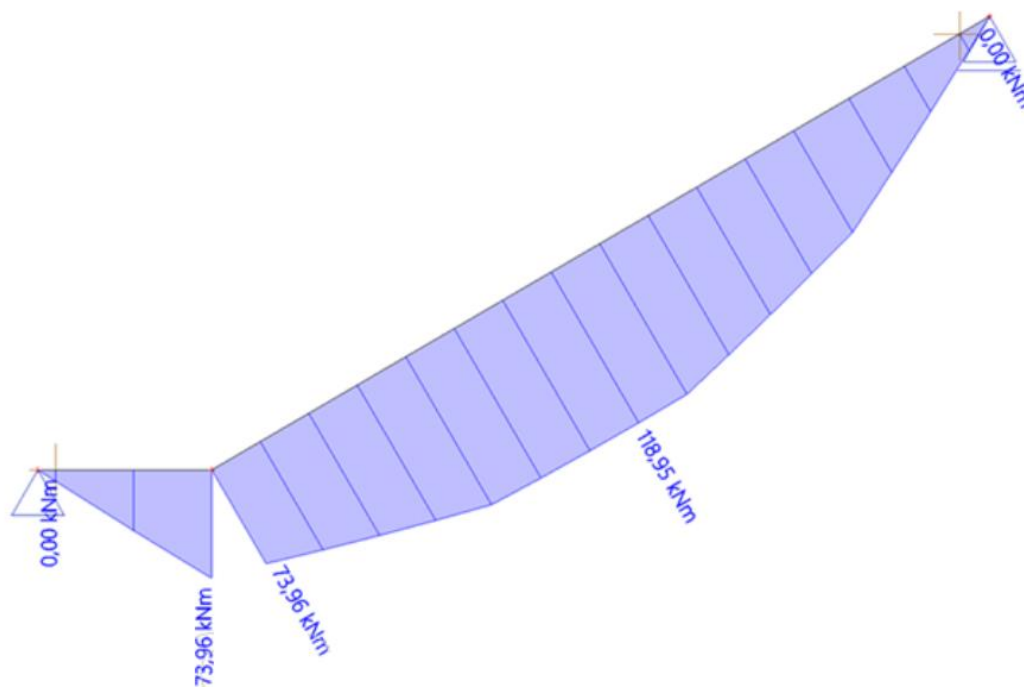
Obrázek 52: Hmotné body [31]

4.1.3. Kombinace zatěžovacích stavů

Návrh na kombinaci: $CO1: 1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 1,5 * ZS3$

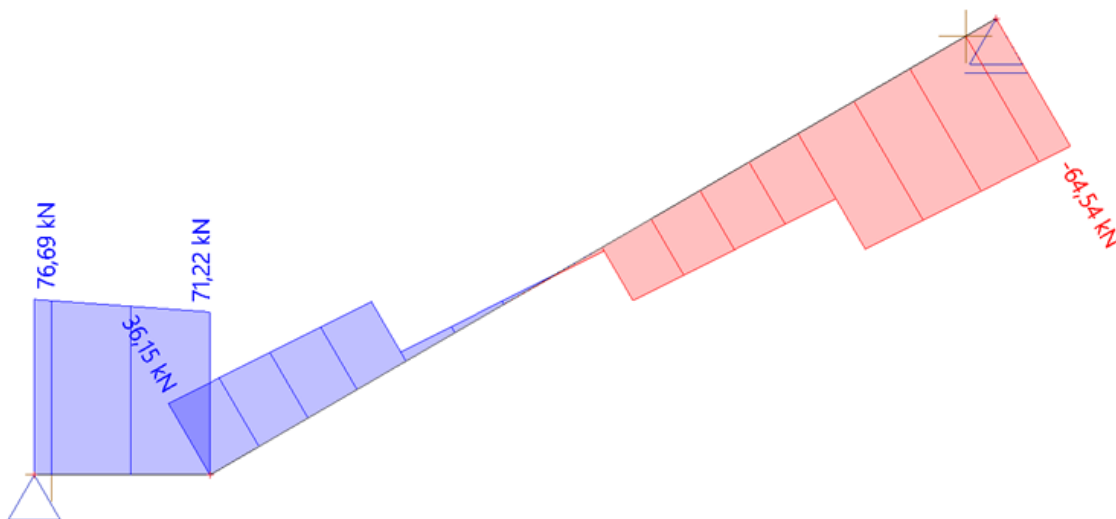
4.1.4. Vnitřní síly

Průběh momentu [kNm]:



Obrázek 53: Průběh momentu [31]

Průběh posouvající síly [kN]:



Obrázek 54: Průběh posouvající síly [31]

4.1.5. Výpočet dynamického součinitele

Vlastní frekvence vypočtená v programu Scia Engineer 19:

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	9,04	56,81	3227,32	0,11
2	24,32	152,82	23354,01	0,04
3	51,17	321,51	103368,72	0,02
4	73,89	464,26	215541,90	0,01
5	100,88	633,82	401729,73	0,01
6	139,51	876,55	768338,00	0,01
7	210,99	1325,65	1757348,24	0,00
8	272,68	1713,27	2935304,78	0,00
9	312,60	1964,09	3857661,90	0,00
10	755,01	4743,72	22502914,76	0,00

Obrázek 55: Vlastní frekvence [31]

Uvažuji nejnepříznivější 1. vlastní kruhovou frekvenci:

$$\omega_0 = 56,81 \text{ s}^{-1}$$

Limitní hodnota pro frekvenci kmitání konstrukce:

$$f_{\text{lim}} = 6 \text{ Hz}$$

Budící frekvence:

$$\omega = 2 * \pi * f = 2 * \pi * 6 = 37,7 \text{ s}^{-1}$$

Dynamický součinitel:

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{37,7}{56,81}\right)^2} = 1,79$$

4.1.6. Předběžný statický výpočet

Návrhový moment:

$$M_{\delta} = \delta * M_{Ed} = 1,79 * 118,95 = 212,9 \text{ kNm}$$

Návrhová posouvající síla:

$$\text{posouvající síla na lici podpory: } V_{Ed,0} = 76,14$$

$$V_{\delta,0} = \delta * V_{Ed,0} = 1,79 * 76,14 = 136,3 \text{ kN}$$

Vstupní parametry betonu:

beton C30/37 $f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$

ocel B500B $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$

návrh výztuže $\emptyset 18 \text{ mm} \rightarrow A_{s,1} = 254,5 \text{ mm}^2$

třmínky $\emptyset 8 \text{ mm} \rightarrow A_{sw,1} = 50,3 \text{ mm}^2$

Posouzení krycí vrstvy:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 0 = 35 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 0 \text{ mm (prefabrikát)}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \\ = \max\{16; 35; 0; 10\} = 35 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 35 \text{ mm}$$

— Vliv prostředí na výztuž —

Koroze vyvolaná karbonatací:

XC3 - středně vlhké

Beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti

Koroze vyvolaná chloridy:

XD1 - středně vlhké

Povrchy betonů vystavených chloridům rozptýlených ve vzduchu

Koroze vyvolaná chloridy z mořské vody:

X0 - bez nebezpečí koroze nebo napadení

Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu

— Vliv prostředí na beton —

Střídavé působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly):

X0 - bez nebezpečí koroze nebo napadení

Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu

Chemické působení:

X0 - bez nebezpečí koroze nebo napadení

Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu

— Ostatní vlivy —

Třída ohrusu:

X0 - Bez ohrusu

Obrázek 56: Vliv prostředí na beton a výztuž [33]

Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Obrázek 57: Požadavek na minimální krytí [4]

Železobetonový prefabrikovaný průvlak:

$$M_{\delta} = 212,9 \text{ kNm}$$

Podélná výztuž:

Účinná výška:

$$d = 500 - 35 - 8 - \frac{18}{2} = 448 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{212,9 * 10^6}{300 * 448^2 * 20} = 0,177 \rightarrow \zeta = 0,902$$

Potřebná výztuž:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{212,9 * 10^6}{0,902 * 448 * 435} = 1211 \text{ mm}^2$$

Stupeň vyztužení:

$$\rho = \frac{A_{s,req}}{A_c} = \frac{1211}{500 * 300} = 0,0081 \rightarrow 0,81 \%$$

Příčná výztuž:

únosnost tlačené diagonály:

$$v_{RD,max} = v * f_{cd} * b * z * \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} = 0,6 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) * 20 * 300 * 403,2 * \frac{1,5}{1 + 1,5^2}$$

$$v_{RD,max} = 589,5 \text{ kN}$$

$$z = 0,9 * d = 0,9 * 448 = 403,2 \text{ mm}$$

$$v_{RD,max} = 589,5 \text{ kN} > V_{Ed,0} = 136,3 \text{ kN}$$

Ověření ohybové štíhlosti:

$$\lambda = \frac{L}{d} = \frac{6100}{448} = 13,62 \leq \lambda_d = \kappa_1 * \kappa_2 * \kappa_3 * \lambda_{d,tab} = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 16,7 = 16,7$$

→ **vyhovuje**

Průvlak 300 x 500 mm vyhovuje.

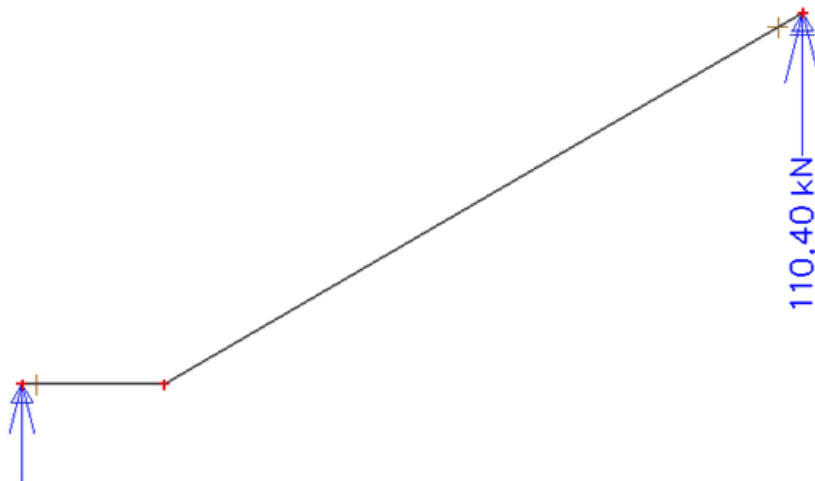
Železobetonový prefabrikovaný sloup:

$$c = 35 \text{ mm}$$

$$L = 3,1 \text{ m}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$



Obrázek 58: Reakce na sloupy od průvlaku [31]

$$N_{Ed,max} = 110,4 + 0,25 * 0,3 * 25 * 3,1 = 116,2 \text{ kN}$$

$$N_{\delta} = 1,79 * 116,2 = 208,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 0,8 * A_c * f_{cd} + A_s * \sigma_s > N_{\delta}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} \rightarrow \sigma_s = \min (E_s * \varepsilon_{cu} ; f_{yd})$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} = 0,002$$

$$\sigma_s = E_s * \varepsilon_s = 200 * 10^3 * 0,002 = 400 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 434 \text{ MPa}$$

$$A_s > A_{s,req} = \frac{N_{Ed,max} - 0,8 * b * h * f_{cd}}{\sigma_s} = \frac{208,0 * 10^3 - 0,8 * 250 * 300 * 20}{400} = -2480 \text{ mm}^2$$

→ není potřeba ohybová výztuž → návrh na konstrukční zásady vyztužení

Konstrukční zásady:

$$A_{s,min} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,1 * N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0,002 * A_c \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 47,8 \text{ mm}^2 \\ 150 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} = 150 \text{ mm}^2$$

$$s_{max} = 400 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{min} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Návrh } 4x \varnothing 12 \text{ mm} \rightarrow A_s = 452 \text{ mm}^2 > A_{s,min}$$

Sloup 250 x 300 mm vyhovuje.

5. Návrh spojů

5.1. Patní kloub

5.1.1. Materiálové charakteristiky – patní kloub

Vazník:

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $K_{\text{mod}} = 0,7$ $K_{\text{def}} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

Čepy:

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_u = 510 \text{ MPa}$

Plechý:

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_u = 510 \text{ MPa}$

Svorníky:

Materiál	ocel 6.6
Pevnost v tahu	$f_u = 600 \text{ MPa}$

5.1.2. Geometrické charakteristiky – patní kloub

Průměr čepu	$d = 50 \text{ mm}$
Průměr otvoru pro čep	$d_0 = 52 \text{ mm}$
Tloušťka vnějších plechů	$t_2 = 16 \text{ mm}$
Mezera mezi čepy	$e = 2 \text{ mm}$

5.1.3. Patní kloub – posouzení MSÚ

Tloušťka vnitřního plechu t_1 :

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 26)

$$F_{Ed} (N_{Ed}) = 273,52 \text{ kN}$$

$$t_1 \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}}$$

$$t_1 \geq 0,7 * \sqrt{\frac{273,52 * 10^3 * 1,0}{355}}$$

$$t_1 \geq 19,43 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{volím } t_1 = 25 \text{ mm}$$

Návrh rozměru a:

$$a \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2t * f_y} + \frac{2d_0}{3}$$

$$a \geq \frac{273,52 * 10^3 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{2 * 52}{3}$$

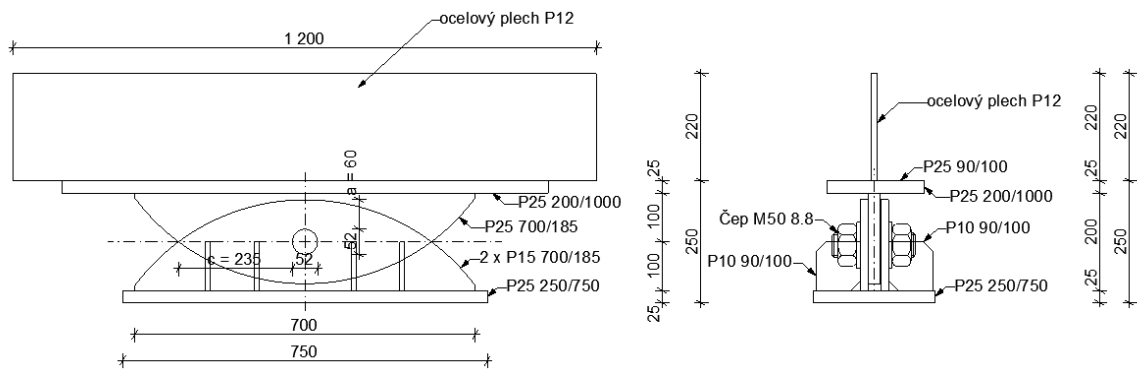
$$a \geq 53,93 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{volím } a = 60 \text{ mm}$$

Návrh rozměru c:

$$c \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2t * f_y} + \frac{d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{273,52 * 10^3 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{52}{3}$$

$$c \geq 36,60 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{volím } c = 235 \text{ mm}$$



Obrázek 59: Detail patního kloubu [30]

Posouzení čepu na střih:

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 26)

$$R_x = 125,99 \text{ kN}$$

$$R_z = 265,01 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{125,99^2 + 265,01^2}$$

$$F_{v,Ed} = 293,43 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost čepu ve smyku:

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A * \frac{f_{u,p}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * (\pi * 25^2) * \frac{510}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 961,32 \text{ kN}$$

Posouzení čepu na smyk:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$293,43 \leq 961,32 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{čep o průměru } d = 50 \text{ mm na smyk vyhovuje}$$

Posouzení čepu a plechu na otláčení

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 19)

$$R_x = 125,99 \text{ kN}$$

$$R_z = 265,01 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{125,99^2 + 265,01^2}$$

$$F_{v,Ed} = 293,43 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost čepu a plechu:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * 20 * 50 * 355}{1,0}$$

$$F_{b,Rd} = 532,50 \text{ kN}$$

Posouzení čepu a plechu na otlačení:

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$293,43 \leq 532,50 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{čep o průměru } d = 50 \text{ mm a plech } t = 30 \text{ mm na otlačení vyhovují}$$

Posouzení čepu na ohyb:

Vnitřní síly: (kombinace MSÚ – 26)

$$N_{Ed} = 273,52$$

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{8} * (t_h + 4 * e + t_s)$$

$$M_{Ed} = \frac{273,52 * 10^3}{8} * (25 + 4 * 2 + 2 * 15)$$

$$M_{Ed} = 2,15 \text{ kNm}$$

Návrhová únosnost čepu na ohyb:

$$M_{Rd} = \frac{1,5 * W_{el} * f_{yp}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 * \frac{\pi * 50^3}{32} * 355}{1,0}$$

$$M_{Rd} = 6,53 \text{ kNm}$$

Posouzení čepu na ohyb:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$2,15 \leq 6,53 \text{ kNm} \quad \rightarrow \quad \text{čep o průměru } d = 50 \text{ mm na ohyb vyhovuje}$$

Posouzení čepu na kombinaci stříhu a ohybu:

Vnitřní síly:

$$F_{v,Ed} = 293,43 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1,64 \text{ kNm}$$

Návrhová únosnost čepu:

$$F_{v,Rd} = 961,32 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 6,53 \text{ kNm}$$

Posouzení čepu na kombinaci stříhu a ohybu:

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

$$\left(\frac{293,43}{961,32}\right)^2 + \left(\frac{2,15}{6,53}\right)^2 \leq 1$$

$$0,20 \leq 1$$

→ čep o průměru $d = 50 \text{ mm}$ na kombinaci stříhu a ohybu vyhovuje

Posouzení svorníků:

Minimální rozteče svorníků:

$$a_1 = (4 + \cos\alpha) * d = (4 + \cos 25,4^\circ) * 20 = 98 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 * d = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max\left\{\frac{7 * d}{80 \text{ mm}}\right\} = \max\left\{\frac{140 \text{ mm}}{80 \text{ mm}}\right\} = 140 \text{ mm}$$

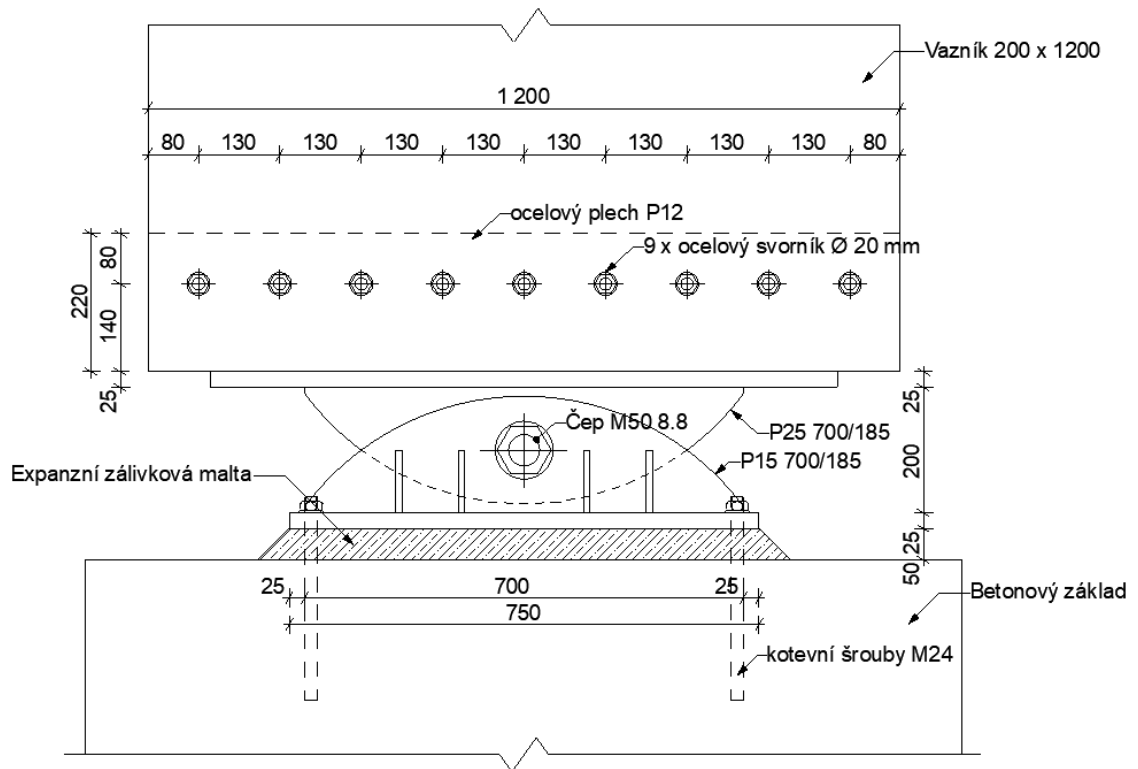
$$a_{4,t} = \max\left\{\frac{(2 + 2 * \sin\alpha) * d}{3 * d}\right\} = \max\left\{\frac{55,6 \text{ mm}}{60 \text{ mm}}\right\} = 60 \text{ mm}$$

$$a_1 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 130 \text{ mm}$$

$$a_3 = 140 \text{ mm}$$

$$a_4 = 80 \text{ mm}$$



Obrázek 60: Rozteče svorníků – patní kloub [30]

Posouzení ocelové desky na otláčení:

Vnitřní síly:

$$R_x = 125,99 \text{ kN}$$

$$R_z = 265,01 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{125,99^2 + 265,01^2}$$

$$F_{v,Ed} = 293,43 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota napětí na ploše styku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,c}}{b_d * h_d} = \frac{293,43 * 10^3}{200 * 1000} = 1,47 \text{ MPa}$$

Posouzení kontaktu na tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$1,47 \leq 14,56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{ocelová deska na otláčení vyhoví}$$

Posouzení svorníků:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 600 * 20^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,434 \text{ kNm}$$

Únosnost kolmo k vláknům:

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 167,45 \text{ kN}$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 * d = 1,30 + 0,015 * 20 = 1,60$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 405 = 26,57 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{26,57}{1,60 * \sin^2 90 + \cos^2 90}$$

$$f_{h,90,k} = 16,61 \text{ MPa}$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden střih:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,90,k} * d * t^2} - 1} \right) \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,90,k} * d} \\ f_{h,90,k} * t * d \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16,61 * 94 * 20 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 0,434 * 10^6}{16,61 * 20 * 94^2} - 1} \right) \\ 2,3 * \sqrt{0,434 * 10^6 * 16,61 * 20} \\ 16,61 * 94 * 20 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 19041,7 \\ 27616,7 \\ 31226,8 \end{array} \right\} [N]$$

$$F_{v,Rk} = 19,04 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost svorníků:

svorníky 2 – střížné

$$n = 10$$

$$F_{v,Rk} = 2 * n * F_{v,Rk,min}$$

$$F_{v,Rk} = 2 * 9 * 19,04$$

$$F_{v,Rk} = 342,7 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M,S}} = 0,7 * \frac{342,7}{1,3} = 184,5 \text{ kN}$$

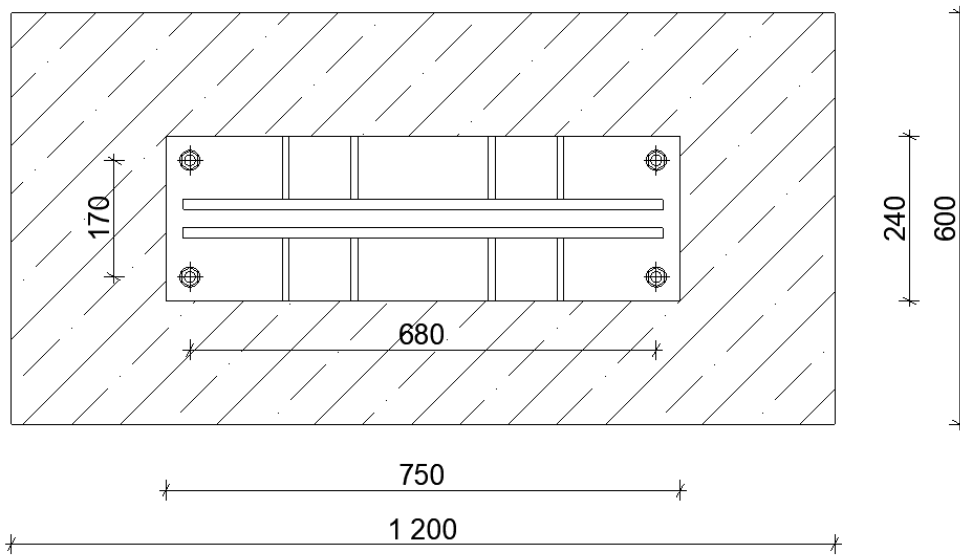
Posouzení ve stříhu:

$$V_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$167,45 \leq 184,5 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{spoj na stříh vyhovuje}$$

Navrhují 9 x svorník Ø 20 mm 6.6

Posouzení přípoje k betonu:



Obrázek 61: Detail patního kloubu – kotvení k betonu [30]

Únosnost ve smyku s vlivem tření:

$$V_{Ed} = 167,45 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -273,52 \text{ kN}$$

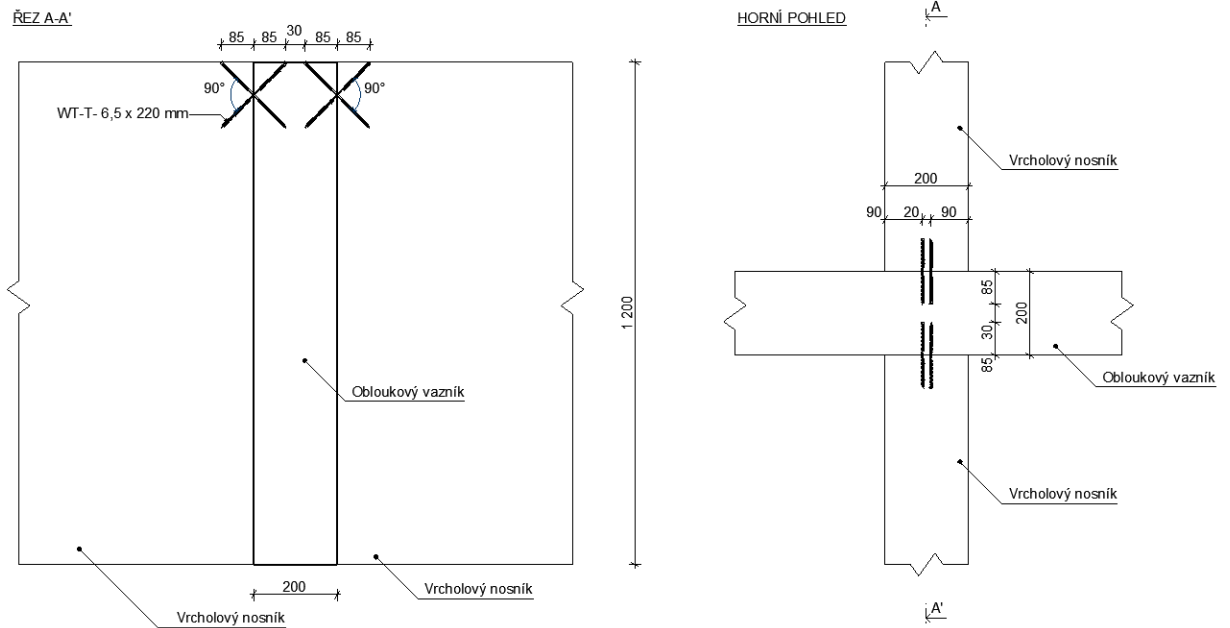
Snížený vliv tlakového přetížení:

$$N = N_{Ed} * 0,6 = 273,52 * 0,6 = 164,11 \text{ kN}$$

Výsledná smyková síla:

$$F = V_{Ed} - N = 167,45 - 164,11 = 3,34 \text{ kN} \rightarrow \text{návrh 4x kotevní šrouby M20}$$

5.2. Přípoj vrcholového nosníku na obloukový vazník



Obrázek 62: Přípoj vrcholového nosníku na obloukový vazník [30]

5.2.1. Vnitřní síly

$V_{Ed} = 3,54 \text{ kN}$ (viz. 2.2.1. – Vnitřní síly)

5.2.2. Posouzení MSÚ

dle výrobce je při vyšších třídách pevnosti možné zvýšení únosnosti $F_{V,Rk}$ součinitelem f (existující ρ_k/ρ_k zvoleného materiálu)²

$$f = \left(\frac{\rho_{k,GL26h}}{\rho_{k,GL24h}} \right)^2 = \left(\frac{405}{380} \right)^2 = 1,136$$

$F_{1,Rk}$ – odolnost oproti vytažení ze dřeva

$F_{2,Rk}$ – vzpěrná únosnost vrutu

$$F_{1,Rk} = F_{1,Rk,tab} * f = 11,4 * 1,136 = 12,95 \text{ kN}$$

$$F_{2,Rk} = F_{2,Rk,tab} * f = 9,9 * 1,136 = 11,25 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = \min \left\{ \frac{F_{1,Rk} * k_{mod}}{\gamma_{M1}}, \frac{F_{2,Rk}}{\gamma_{M2}} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = \min \left\{ \frac{12,95 * 0,7}{1,25}, \frac{11,25}{1,1} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = \min \left\{ 7,25 \right\} [kN] = 7,25 kN$$

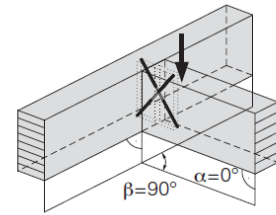
$$F_{V,Rd} > V_{Ed}$$

$7,25 > 3,54 kN \rightarrow$ **navrhuj 1 pár WT – T – 6,5x220 mm**

Pravoúhlý přípoj

Výpočtové hodnoty pro charakteristické hustoty

rostlé dřevo, křížově lamelované dřevo	C	24	30
lepené lamelové dřevo	GL	24c	28c/24h
hustota ρ_k [kg/m ³]		350	380



systém WT	délka prvku [mm]	minimální rozměr [mm]		montážní rozměr m	b _{NT} [mm]*			hustota ρ_k [kg/m ³]							
		b _{HT}	h _{HT} = h _{NT}		1 pár	2 páry	3 páry	1 pár		2 páry		3 páry			
								350	380	350	380	350	380		
WT-S/T-6,5 x L	130	60	110	55	40	80	110	5,9	6,3	11,8	12,6	17,7	18,9		
	160	70	130	65	40	80	110	7,1	7,6	14,2	15,1	21,3	22,7		
	190	80	150	75	40	80	110	8,9	9,5	17,7	18,9	26,6	28,4		
WT-T-6,5 x L	220	90	170	85	40	80	110	10,6	11,4	21,3	22,7	31,9	34,1		
								F _{2,Rk (6,5)}		9,7	9,9	19,3	19,7	29,0	29,6
WT-T-8,2 x L	160	70	130	65	60	100	140	9,3	9,9	18,5	19,8	27,8	29,7		
	190	80	150	75	60	100	140	11,6	12,4	23,2	24,7	34,7	37,1		
	220	90	170	85	60	100	140	13,9	14,8	27,8	29,7	41,7	44,5		
	245	100	190	95	60	100	140	15,8	16,8	31,5	33,7	47,3	50,5		
	275	110	210	105	60	100	140	18,1	19,3	36,2	38,6	54,2	57,9		
	300	120	230	115	60	100	140	20,1	21,5	40,2	42,9	60,3	64,4		
330	130	250	125	60	100	140	20,1	21,5	40,2	42,9	60,3	64,4			
								F _{2,Rk (8,2)}		16,8	17,1	33,6	34,2	50,3	51,3

* Hodnoty jsou zaokrouhleny.

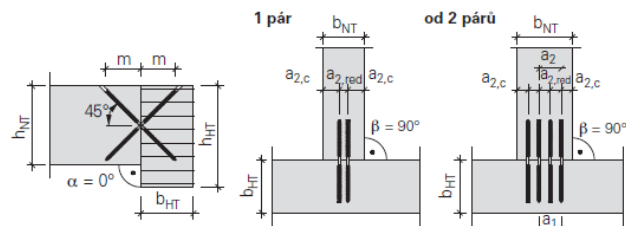
F_{1,Rk} [kN] = odolnost proti vytažení ze dřeva
F_{2,Rk (Ø)} [kN] = vzpěrná únosnost vrutu

systém WR	délka prvku [mm]	minimální rozměr [mm]		montážní rozměr m	b _{NT} [mm]*			hustota ρ_k [kg/m ³]							
		b _{HT}	h _{HT} = h _{NT}		1 pár	2 páry	3 páry	1 pár		2 páry		3 páry			
								350	380	350	380	350	380		
WR-T-9,0 x L	250	100	191	95	70	115	160	17,1	18,3	34,2	36,5	51,3	54,8		
	300	118	226	113	70	115	160	21,2	22,6	42,4	45,2	63,5	67,9		
	350	136	261	131	70	115	160	25,3	27,0	50,5	53,9	75,8	80,9		
	400	153	297	148	70	115	160	29,3	31,3	58,7	62,6	88,0	94,0		
	450	171	332	166	70	115	160	33,4	35,7	66,8	71,3	100,2	107,0		
	500	189	368	184	70	115	160	37,5	40,0	74,9	80,0	112,4	120,1		
								F _{2,Rk (9,0)}		20,2	20,7	40,5	41,3	60,7	62,0
WR-T-13,0 x L	400	153	297	148	100	165	230	42,7	45,6	85,4	91,2	128,1	136,8		
	500	189	368	184	100	165	230	54,5	58,3	109,1	116,5	163,6	174,8		
	600	224	438	219	100	165	230	66,4	70,9	132,8	141,8	199,2	212,8		
	700	259	509	254	100	165	230	78,3	83,6	156,5	167,2	234,8	250,8		
	800	295	580	290	100	165	230	90,1	96,3	180,2	192,5	270,4	288,8		
	900	330	650	325	100	165	230	102,0	108,9	204,0	217,8	305,9	326,7		
	1000	366	721	361	100	165	230	113,8	121,6	227,7	243,2	341,5	364,7		
								F _{2,Rk (13,0)}		44,5	45,3	88,9	90,6	133,4	136,0

* Hodnoty jsou zaokrouhleny.

F_{1,Rk} [kN] = odolnost proti vytažení ze dřeva
F_{2,Rk (Ø)} [kN] = vzpěrná únosnost vrutu

Doporučené uspořádání upevňovacích prvků



Nejmenší vzdálenosti

Vzdálenost [mm]	WT-S/T-6,5 x L	WT-T-8,2 x L	WR-T-9 x L	WR-T-13 x L
a ₁	33	40	45	65
a ₂	33	40	45	65
a _{2,c}	15	24	27	39
a _{2,red} *	10	12	14	20

* možné pouze při a₁ ≥ 10 · d₁

Poznámky

- Výpočet návrhových hodnot podle sousedního rámečku

- Charakteristická únosnost F_{v,Rk} platí pro C24 a C30 popř. GL24c, GL24h a GL28c. Při vyšších třídách pevnosti je možné zvýšení únosnosti F_{v,Rk} součinitelem f (existující ρ_k/ρ_k zvoleného materiálu)² ≤ 1,40

- Upevňovací prostředky musí být osazený poloviňou délky v obou konstrukčních prvcích.

- Napětí v tahu kolmo k vláknům se musí zvlášť posoudit.

- Hlavní nosník musí být dostatečně vidlicově uložený a únosný v kroucení.

- Uvedená mezní namáhání platí pouze při svisle posouvající síle, viz náčrt v horním pravém rohu na této straně. Při namáhání jiného směru vycházejí jiné únosnosti.

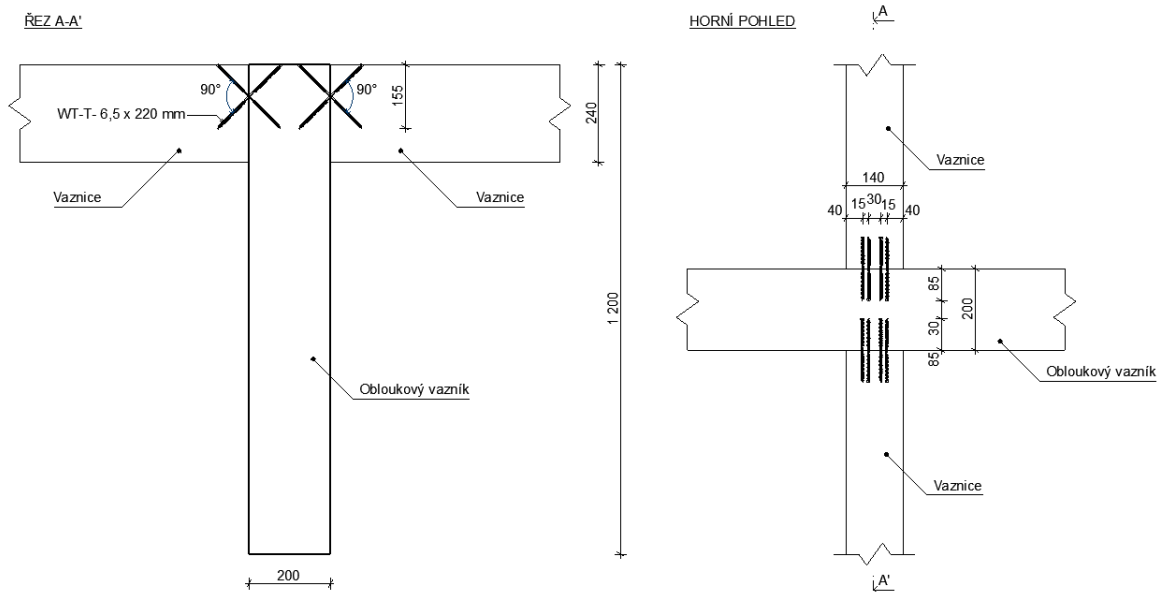
- Před prováděním musí všechny výpočty ověřit a schválit zodpovědný projektant.

$$F_{v,Rd} = \min \left(\begin{array}{l} F_{1,Rk} \cdot k_{mod} \\ \gamma_{M1} \\ F_{2,Rk} \\ \gamma_{M2} \end{array} \right)$$

$\gamma_{M1} = 1,3$ $\gamma_{M2} = 1,1$
 $\gamma_{M1}(GL) = 1,25$

Obrázek 63: Katalogový list spojovacích prostředků SFS Intec [23]

5.3. Připoj vaznice k obloukovému vazníku



Obrázek 64: Připoj vaznice na obloukový vazník [30]

5.3.1. Vnitřní síly

$V_{Ed} = 11,77 \text{ kN}$ (viz. 2.3.1. – Vnitřní síly)

5.3.2. Posouzení MSÚ

dle výrobce je při vyšších třídách pevnosti možné zvýšení únosnosti $F_{V,Rk}$ součinitelem f (existující ρ_k/ρ_k zvoleného materiálu)²

$$f = \left(\frac{\rho_{k,GL26h}}{\rho_{k,GL24h}} \right)^2 = \left(\frac{405}{380} \right)^2 = 1,136$$

$F_{1,Rk}$ – odolnost oproti vytažení ze dřeva

$F_{2,Rk}$ – vzpěrná únosnost vrutu

$$F_{1,Rk} = F_{1,Rk,tab} * f = 22,7 * 1,136 = 25,79 \text{ kN}$$

$$F_{2,Rk} = F_{2,Rk,tab} * f = 19,7 * 1,136 = 22,38 \text{ kN}$$

návrh: 2 páry WT-T-6,5 x 220 mm

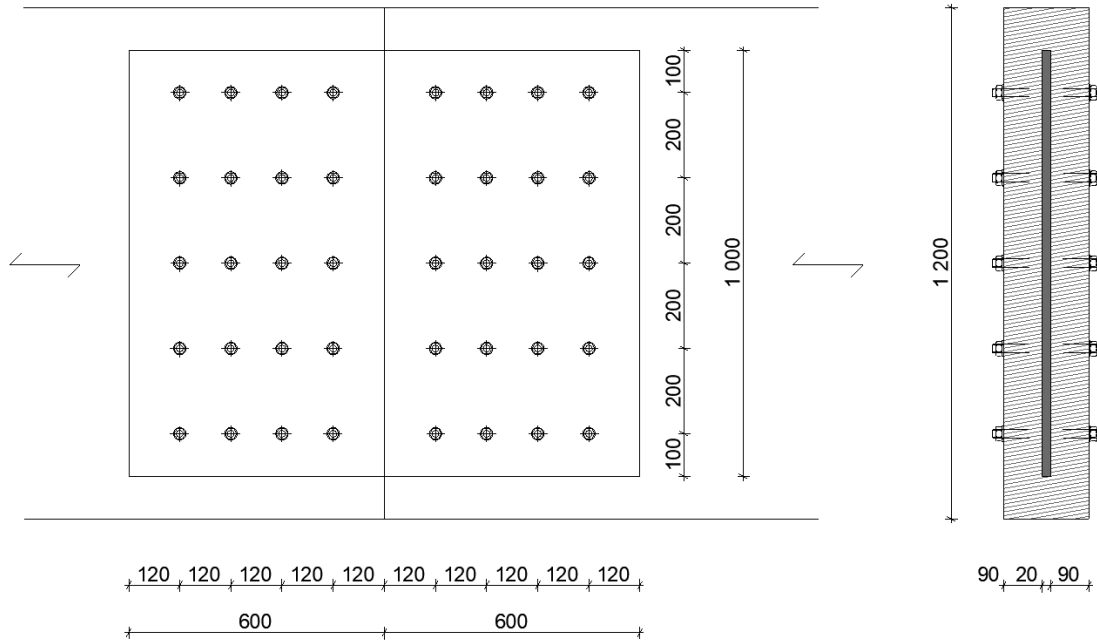
$$F_{V,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{1,Rk} * k_{mod}}{\gamma_{M1}} \\ \frac{F_{2,Rk}}{\gamma_{M2}} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{25,79 * 0,7}{1,25} \\ \frac{22,38}{1,1} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 14,44 \\ 20,35 \end{array} \right\} [kN] = 14,44 kN$$

$14,44 > 11,77 kN \rightarrow$ **navrhují 2 páry WT – T – 6,5x220 mm**

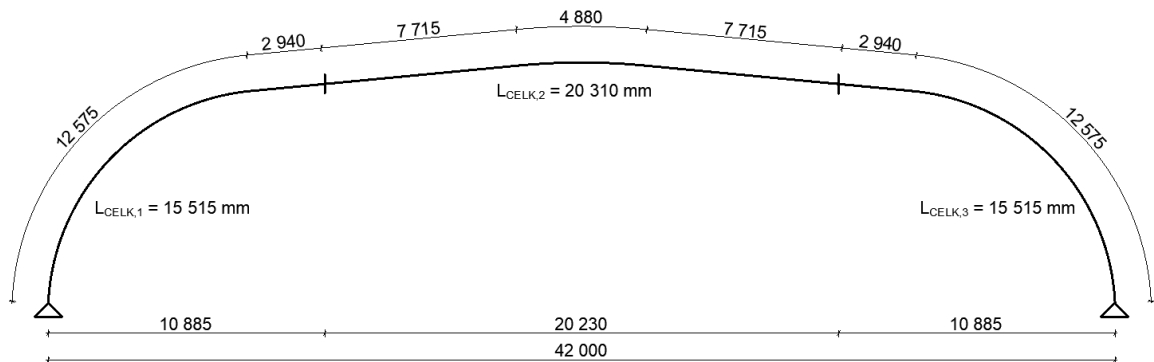
5.4. Montážní spoj obloukového vazníku



Obrázek 65: Geometrie montážního spoje obloukového vazníku [30]

Poloha montážního spoje:

Poloha montážního spoje byla volena s ohledem na možnou přepravu vazníků na stavbu.



Obrázek 66: Poloha montážního spoje [30]

5.4.1. Vnitřní síly

Vnitřní síly byly získány z programu Scia Engineer 19.

$$N_{Ed} = -218,40 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 96,27 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 209,40 \text{ kNm}$$

5.4.2. Materiálové charakteristiky

Materiál	lepené lamelové dřevo GL 26h
Třída provozu	3
Třída trvání zatížení	krátkodobé → $k_{mod} = 0,7$ $k_{def} = 2,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,25$

GL26h – lepené	
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k} = 20,8 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 26,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05} = 10100 \text{ MPa}$
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k = 405,0 \text{ kg/m}^3$
Druh	Lepené lamelové dřevo
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean} = 12000 \text{ MPa}$
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	$G_{mean} = 650 \text{ MPa}$

Tabulka 68: Materiálové charakteristiky dřeva [33]

5.4.3. Geometrické charakteristiky

Dřevo, celistvý hraněný – obdélník 200x1200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 1200,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 200,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 240E+03 \text{ mm}^2$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 28,8E+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 800E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 346,4 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 57,7 \text{ mm}$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Y	$A_y = 200E+03 \text{ mm}^2$
plocha pro smyk od posouvající síly ve směru osy Z	$A_z = 200E+03 \text{ mm}^2$
průřezový modul k těžišťové ose z v levých krajních vlákních průřezu	$W_z = 8,00E+06 \text{ mm}^3$
výška nosníku ve vrcholu	$h_{ap} = 1200 \text{ mm}$
vnitřní poloměr oblouku	$r_{in} = 8200 \text{ mm}$
poloměr oblouku	$r = 8800 \text{ mm}$
úhel sklonu náběhu ve středu vrcholové oblasti	$\alpha_{ap} = 0^\circ$
tloušťka lamely	$t = 40 \text{ mm}$

Tabulka 69: Geometrické charakteristiky obloukového vazníku [33]

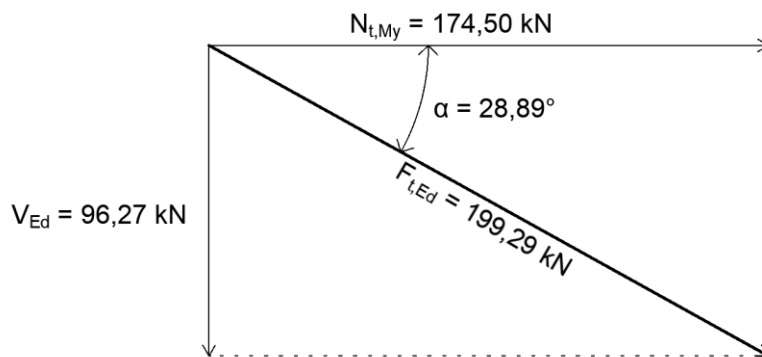
5.4.4. Posouzení MSÚ – montážní spoj

Přepoččet momentu na tahovou a tlakovou sílu:

$$N_{t,M_y} = \frac{M_{Ed}}{r_1 + r_2} = \frac{209,40 * 10^6}{400 + 800} = 174,5 \text{ kN}$$

$$N_{c,M_y} = \frac{N_{Ed}}{2} + \frac{M_{Ed}}{r_1 + r_2} = \frac{218,40 * 10^3}{2} + \frac{209,40 * 10^6}{400 + 800} = 283,7 \text{ kN}$$

Výslednice tahové síly:



Obrázek 67: Výslednice tahové síly [30]

Ověření tlakové únosnosti dřeva:

$$N_{c,M_y} \leq N_{Ed,max}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{26}{1,25} = 14,56 \text{ Mpa}$$

$$N_{Ed,max} = 200 * 1200 * 14,56 * 10^{-3} = 3494,4 \text{ kN}$$

$$N_{c,M_y} \leq N_{Ed,max}$$

$$283,7 \leq 3494,4 \text{ kN}$$

→ tlaková únosnost vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

$$a_1 = (4 + \cos\alpha) * d = (4 + \cos 0^\circ) * 16 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 * d = 4 * 16 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max \left\{ \frac{7 * d}{80 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{112 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} \right\} = 112 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max \left\{ \frac{(2 + 2 * \sin\alpha) * d}{3 * d} \right\} = \max \left\{ \frac{64 \text{ mm}}{48 \text{ mm}} \right\} = 64 \text{ mm}$$

$$a_1 = 120 \text{ mm}$$

$$a_2 = 200 \text{ mm}$$

$$a_3 = 120 \text{ mm}$$

$$a_4 = 100 \text{ mm}$$

Únosnost kolmo k vláknům:

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 96,27 \text{ kN}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 600 * 16^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,243 \text{ kNm}$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 * d = 1,30 + 0,015 * 16 = 1,54$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 405 = 27,90 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2\alpha + \cos^2\alpha}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{27,90}{1,54 * \sin^2 90 + \cos^2 90}$$

$$f_{h,90,k} = 18,12 \text{ MPa}$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh (účinnost sepnutí zanedbávám):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,90,k} * d * t^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \frac{\sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,90,k} * d}}{f_{h,90,k} * t * d} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 18,12 * 90 * 16 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 0,243 * 10^6}{16,61 * 16 * 90^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \frac{\sqrt{0,243 * 10^6 * 18,12 * 16}}{18,12 * 90 * 16} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 14761,7 \\ 19305,0 \\ 26092,8 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 14,76 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost svorníků:

svorníky 2 – střížné

$$n = 20$$

$$F_{v,Rk} = 2 * n * F_{v,Rk,min}$$

$$F_{v,Rk} = 2 * 20 * 14,76$$

$$F_{v,Rk} = 590,40 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M,S}} = 0,7 * \frac{590,40}{1,3} = 317,91 \text{ kN}$$

Posouzení ve stříhu:

$$V_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$107,38 \leq 317,91 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{spoj na stříh vyhovuje}$$

Únosnost svorníků v tahu

Vnitřní síly:

$$N_{Ed,t} = 174,50 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 96,27 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \sqrt{N_{Ed,t}^2 + V_{Ed}^2}$$

$$F_{t,Ed} = \sqrt{174,50^2 + 96,27^2}$$

$$F_{t,Ed} = 199,29 \text{ kN}$$

Úhel působení výsledné síly:

$$\alpha = \tan\left(\frac{V_{Ed}}{N_{Ed,t}}\right) = \tan\left(\frac{96,27}{174,50}\right) = 28,89^\circ$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 * d = 1,30 + 0,015 * 16 = 1,54$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 405 = 27,90 \text{ MPa}$$

$$f_{h,28,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2\alpha + \cos^2\alpha}$$

$$f_{h,28,k} = \frac{27,90}{1,54 * \sin^2 28,89 + \cos^2 28,89}$$

$$f_{h,28,k} = 24,78 \text{ MPa}$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh (účinnost sepnutí zanedbávám):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,90,k} * d * t^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \frac{\sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,90,k} * d}}{f_{h,90,k} * t * d} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 24,78 * 90 * 16 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 0,243 * 10^6}{16,61 * 16 * 90^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \frac{\sqrt{0,243 * 10^6 * 24,78 * 16}}{24,78 * 90 * 16} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 20187,3 \\ 22575,7 \\ 35683,2 \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = 20,19 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost svorníků:

svorníky 2 – střížné

4 svorníky v řadě

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} = \min \left\{ 4^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{200}{13 * 16}} \right\} = \min \{ 3,44 \} = 3,44$$

$$F_{v,Rk} = 2 * n * n_{ef} * F_{v,Rk,min}$$

$$F_{v,Rk} = 2 * 5 * 3,44 * 20,19$$

$$F_{v,Rk} = 694,5 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

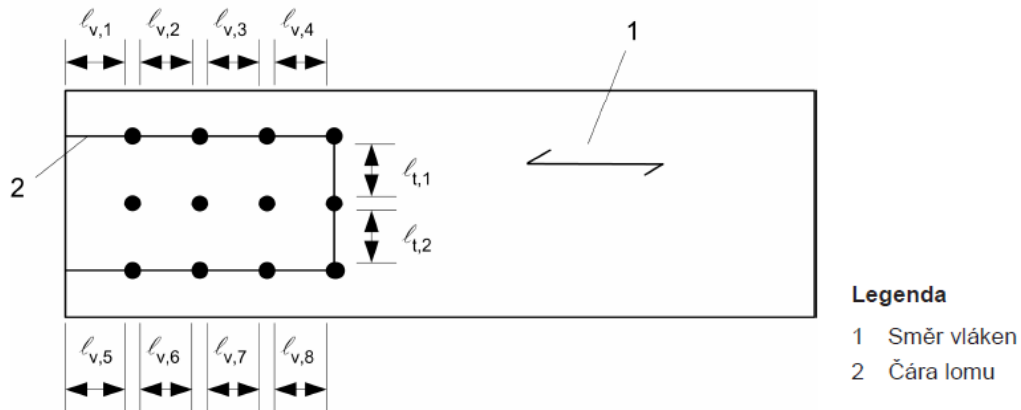
$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M,s}} = 0,7 * \frac{694,5}{1,3} = 373,99 \text{ kN}$$

Posouzení v tahu:

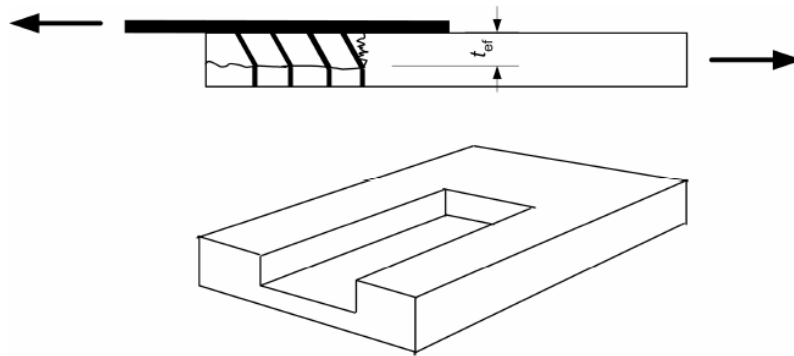
$$F_{t,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$147,79 \leq 373,99 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{spoj na tah vyhovuje}$$

Posouzení spoje na porušení blokovým smykem a zátkovým smykem



Obrázek 68: Porušení blokovým smykem [7]



Obrázek 69: Porušení zátkovým smykem [7]

Čistá průřezová plocha kolmo k vláknům:

$$A_{net,t} = L_{net,t} * t_1 = 736 * 90 = 62\,240 \text{ mm}^2$$

$$L_{net,t} = \sum_i l_{t,i} = 4 * 184 = 736 \text{ mm}$$

Čistá smyková plocha rovnoběžná se směrem vláken:

$$A_{net,v} = \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{848}{2} * (736 + 2 * 39,7) = 345\,730 \text{ mm}^2$$

$$L_{net,v} = \sum_i l_{v,i} = 6 * 104 + 2 * 112 = 848 \text{ mm}$$

$$t_{ef} = t_1 * \left(\sqrt{2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,28,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) = 90 * \left(\sqrt{2 + \frac{0,243 * 10^6}{24,78 * 16 * 90^2}} - 1 \right) = 39,7 \text{ mm}$$

Charakteristická únosnost proti porušení blokovým a zátkovým smykem:

$$F_{bs,Rd} = \max \left\{ 1,5 * A_{net,t} * f_{t,0,k} \right\} = \max \left\{ 1,5 * 62240 * 20,8 \right\} = \max \left\{ 1941888 \right\} = 1941,9 \text{ kN}$$
$$F_{bs,Rd} = \max \left\{ 0,7 * A_{net,v} * f_{v,k} \right\} = \max \left\{ 0,7 * 345730 * 3,5 \right\} = \max \left\{ 847039 \right\} = 1941,9 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost proti porušení blokovým a zátkovým smykem:

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{bs,Rd}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{1941,9}{1,3} = 1045,64 \text{ kN}$$

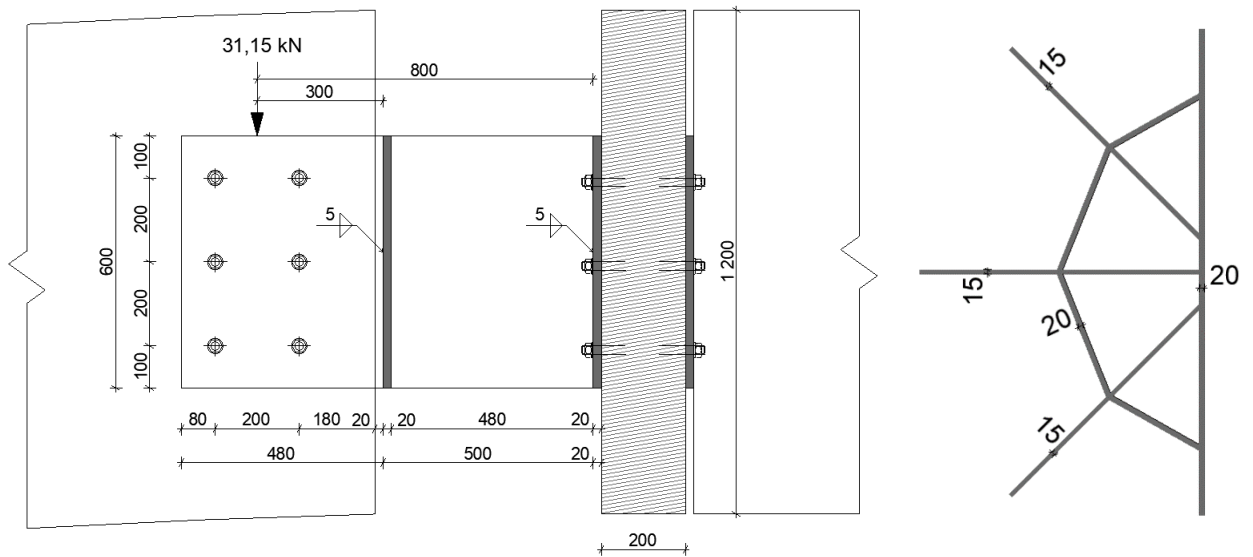
Posouzení na blokový a zátkový smyk

$$F_{t,Ed} \leq F_{bs,Rd}$$

$$199,29 \leq 1045,64 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{spoj na blokový a zátkový smyk vyhovuje}$$

Navrhuji 40 x svorník Ø 16 mm 6.6

5.5. Přípoj vazníků ve vrcholu



Obrázek 70: geometrie přípoje vazníků ve vrcholu [30]

5.5.1. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = -144,47 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 31,15 \text{ kN}$$

5.5.2. Materiálové charakteristiky

Ocel S 235	
Mez kluzu	$f_y = 235,0 \text{ MPa}$
Mez pevnosti v tahu	$f_u = 360,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E = 210000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000 \text{ MPa}$

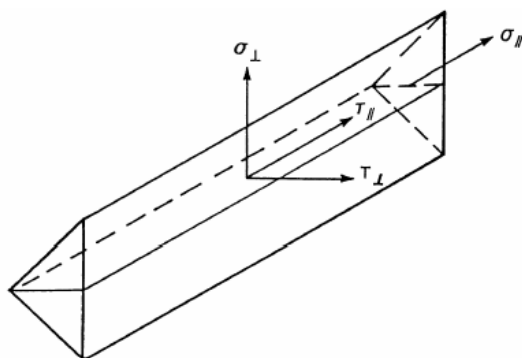
Tabulka 70: Materiálové charakteristiky oceli [33]

5.5.3. Posouzení MSÚ

Konstrukční zásady pro nosné svary:

1) délka svaru: $L_{min} = \left\{ 6 * a_w = 6 * 4 = 24 \text{ mm} \right\} = 40 \text{ mm}$

2) tloušťka svaru: $a_{min} = 3 \text{ mm}$



Obrázek 71: Napětí v účinném průřezu koutového svaru [6]

Posouzení 1. konzoly

Návrhová hodnota smykového napětí:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a_w * 2 * L} = \frac{31,15 * 10^3}{5 * 2 * 600} = 5,19 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí ve svarech kolmo na svar:

$$\sigma_w = \frac{e * V_{Ed}}{W_{el,w}} = \frac{31,15 * 10^3 * 300}{\frac{2 * 5 * 600^2}{6}} = 15,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{15,58}{\sqrt{2}} = 11,01 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M,w}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{11,01^2 + 3 * (11,01^2 + 5,19^2)} = 23,78 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M,w}} = \frac{360}{0,8 * 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$23,78 \leq 300 \text{ MPa}$ → **svar tloušťky 5 mm vyhovuje**

Posouzení smyku:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{15 * 600 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 1221,1 \text{ kN}$$

$31,15 \leq 1221,1 \text{ kN}$ → **plech tl. 15 mm na smyk vyhovuje**

Posouzení ohybu:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{Ed} = 31,15 * 0,30 = 9,35 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15 * 600^2}{6} * 235 = 211,5 \text{ kNm}$$

$9,35 \leq 211,5 \text{ kNm}$ → **plech tl. 15 mm na ohyb vyhovuje**

Kombinace ohybu a smyku:

$$31,15 \leq 0,5 * 1221,1 \rightarrow \mathbf{31,15 \leq 510,6 \text{ kN}}$$

$V_{Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd}$ → *malý smyk, není třeba uvažovat interakci smyku a ohybu*

Posouzení 2. konzoly

Ve výpočtu uvažují 5 plechů (2x 20 mm, 3x 15 mm), 3x posouvající sílu

Návrhová hodnota smykového napětí:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a_w * 2 * L} = \frac{3 * 31,15 * 10^3}{3 * 5 * 2 * 600} = 5,19 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí ve svarech kolmo na svar:

$$\sigma_w = \frac{e * V_{Ed}}{W_{el,w}} = \frac{3 * 31,15 * 10^3 * 800}{\frac{2 * 5 * 600^2}{6}} = 124,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{124,6}{\sqrt{2}} = 88,11 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M,w}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{88,11^2 + 3 * (88,11^2 + 5,19^2)} = 176,45 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M,w}} = \frac{360}{0,8 * 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$176,45 \leq 300 \text{ MPa}$ → svar tloušťky 3 mm vyhovuje

Posouzení smyku:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{57000 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 7733,6 \text{ kN}$$

$$A_v = 3 * 15 * 600 + 2 * 25 * 600 = 57000 \text{ mm}^2$$

$93,45 \leq 7733,6 \text{ kN}$ → plech tl. 15 mm na smyk vyhovuje

Posouzení ohybu:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{Ed} = 93,45 * 0,8 = 74,8 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,1 * 10^6 * 235}{1,0} = 1198,5 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = 3 * \frac{1}{6} * 15 * 600^2 + 2 * \frac{1}{6} * 20 * 600^2 = 5,1 * 10^6 \text{ mm}^3$$

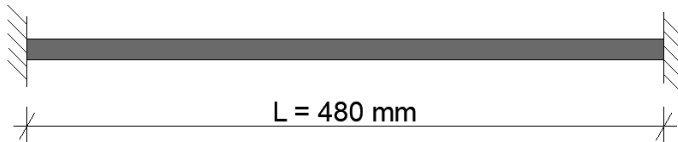
$$74,8 \leq 1198,5 \text{ kNm} \quad \rightarrow \quad \text{plech tl. 15 mm vyhovuje}$$

Kombinace ohybu a smyku:

$$31,15 \leq 0,5 * 7733,6 \rightarrow \mathbf{31,15 \leq 3866,8 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd} \rightarrow \text{malý smyk, není třeba uvažovat interakci smyku a ohybu}$$

Posouzení ocelové výztuhy na tlak



Obrázek 72: Uložení výztužného plechu [30]

$$L = 480 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

plech 15x600	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 600,0 mm
šířka průřezu	b = 15,0 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 9,00E+03 mm ²
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I _y = 270E+06 mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I _z = 169E+03 mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	i _y = 173,2 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	i _z = 4,33 mm

Tabulka 71: Geometrické charakteristiky výztuhy [33]

Efektivní délka – „vetknutí – vetknutí“ → $L_{cr} = L * \beta = 480 * 0,5 = 240 \text{ mm}$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{240}{4,33} = 55,43$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{55,43}{93,9} = 0,590$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,590 - 0,2) + 0,590^2] = 0,770$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,770 + \sqrt{0,770^2 - 0,590^2}} = 0,791$$

Návrhová únosnost:

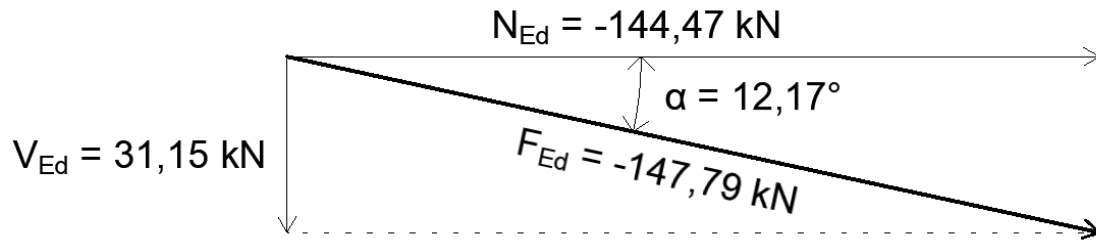
$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,791 * 9,0 * 10^3 * 235}{1,0} = 1673,0 \text{ kN}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$$

$144,47 \leq 1673,0 \text{ kN}$ → **plech tl. 15 mm na vzpěrný tlak vyhovuje**

Posouzení svorníků



Obrázek 73: Rozložení sil působících na svorníky [30]

Únosnost kolmo k vláknům

Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 31,15 \text{ kN}$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 800 * 16^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,243 \text{ kNm}$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 * d = 1,30 + 0,015 * 16 = 1,54$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 405 = 27,90 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{27,90}{1,54 * \sin^2 90 + \cos^2 90}$$

$$f_{h,90,k} = 18,12 \text{ MPa}$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh (účinnost sepnutí zanedbávám):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,90,k} * d * t^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,90,k} * d} \\ f_{h,90,k} * t * d \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 18,12 * 92,5 * 16 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 0,243 * 10^6}{18,12 * 16 * 92,5^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \frac{\sqrt{0,243 * 10^6 * 18,12 * 16}}{18,12 * 92,5 * 16} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 14657,3 \\ 19305,0 \\ 26817,6 \end{array} \right\} [N]$$

$$F_{v,Rk} = 14,66 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost svorníků:

svorníky 2 – střížné

$$n = 6$$

$$F_{v,Rk} = 2 * n * F_{v,Rk,min}$$

$$F_{v,Rk} = 2 * 6 * 14,66$$

$$F_{v,Rk} = 175,92 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M,s}} = 0,7 * \frac{175,92}{1,3} = 94,73 \text{ kN}$$

Posouzení ve stříhu:

$$V_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$31,15 \leq 94,73 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{spoj na stříh vyhovuje}$$

Navrhují 6 x svorník Ø 16 mm 6.6

6. Seznam norem, vyhlášek, použitých podkladů a programů

6.1. Seznam norem a vyhlášek

- [1] ČSN EN 1991-1-1 (730035). *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 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN EN 1992-1-1 (731201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-8 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-1 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN EN 1995-1-1 ZMĚNA A1 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [9] ČSN EN 1995-1-1 ZMĚNA A2 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [10] ČSN EN 1997-1 (731000). *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla Objednat*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [11] ČSN EN 14080 (732831) *Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [12] ČSN EN 13200-1 *Zařízení pro diváky – Část 1: Obecné charakteristiky prostorů pro diváky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [13] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

6.2. Seznam použitých podkladů

- [14] BOHUMIL, Koželouh. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 1*. Zlín: Zlínské tiskárny, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
- [15] KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 2*. Pelhřimov: Nová tiskárna Pelhřimov, Krasíkovická 1787, 2004. ISBN 80-86 769-13-5.
- [16] STUDNIČKA, Jiří a Milan HOLICKÝ. *Ocelové konstrukce 20: Zatížení staveb podle Eurokódu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 8001027511.
- [17] NEUFERT, Ernst. *80-238-2620-4: Příručka pro stavebního odborníka, stavebníka, vyučujícího i studenta*. 33. přeprac. vyd. Praha: Consultinvest, 1995. ISBN 8090148662.
- [18] VRANÝ, Tomáš a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3140-3.
- [19] KUKLÍK, Petr, ed. *Příručka 2: Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5* [online]. 2008 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf
- [20] Teplotní chování ledové plochy a temperovaného podloží na zimním stadionu. *TZB info* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/velkoplosne-chlazení/20276-teplotni-chovani-ledove-plochy-a-temperovaneho-podlozi-na-zimnim-stadionu>
- [21] Navrhování střech nevytápěných a neklimatizovaných zimních stadionů. *Atelier-DEK* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/navrhovani-strech-nevytapanych-neklimatizovanych-zimnich-stadionu-223>
- [22] Střešní panely pro zateplení střech. *Kingspan* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely>
- [23] Upevňovací prostředky SFS intec. *SFS intec* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: [https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/\\$FILE/Cenik_drevostavby.pdf](https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf)
- [24] Dřevěné konstrukční systémy a jejich možnosti použití. *TZB info* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/technologie-staveni-drevostaveb/13615-drevene-konstrukcni-systemy-a-jejich-moznosti-pouziti>
- [25] Tribuny. *Rieder* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <http://www.rieder.cz/produkty/atypicke-prefabrikovane-prvky/prvky-tribuny.php>
- [26] Prefabrikovaný tribunový prvek. *Prefa Brno* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/ostatni-tribuny-pontony/tribunove-prvky/>

- [27] Systém táhel Detan. *Halfen* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: https://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/tensionrodsystem/DT- Leviat_19.pdf
- [28] Svařované podlahové rošty. *Rodif* [online]. [cit. 2020-12-17]. Dostupné z: <https://www.rodif.cz/podlahove-rosty/svarovane-rosty-sp>
- [29] Zimní stadion v Jičíně. *ASB portal* [online]. [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/drevostavby/zimni-stadion-vjicine>

6.3. Použité grafické programy

- [30] Graphisoft: ArchiCAD 21 (studentská verze)
- [31] Nemetchek company: SCIA Engineer 19.1 (studentská verze)
- [32] Fine Spol. s.r.o.: GEO5 2021 (studentská verze)
- [33] Fine Spol. s.r.o.: FINE EC 2020 (studentská verze)
- [34] Microsoft Office: Word
- [35] Microsoft Office: Excel

6.4. Seznam obrázků

- Obrázek 1: Schéma konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jičíně
- Obrázek 2: Skladba střešního pláště
- Obrázek 3: Skladba ledové plochy
- Obrázek 4: Střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám
- Obrázek 5: Rozložení zatížení sněhem
- Obrázek 6: Podélný vítr působící na střechu
- Obrázek 7: Příčný vítr působící na střechu
- Obrázek 8: Zatížení vlastní tíhou
- Obrázek 9: Zatížení střešním pláštěm
- Obrázek 10: Zatížení užitným zatížením
- Obrázek 11: Zatížení technologiemi
- Obrázek 12: Zatížení sněhem – rovnoměrný
- Obrázek 13: Zatížení sněhem – navátý
- Obrázek 14: Zatížení příčným větrem
- Obrázek 15: Zatížení podélným větrem

Obrázek 16: Kombinace MSÚ
Obrázek 17: Kombinace MSP
Obrázek 18: Statické schéma obloukového vazníku
Obrázek 19: Statické schéma vrcholového nosníku
Obrázek 20: Statické schéma vaznice (sedlová část)
Obrázek 21: Statické schéma vaznice (oblouková část)
Obrázek 22: Statické schéma obloukové výměny vaznic
Obrázek 23: Statické schéma výměny u vrcholového nosníku
Obrázek 24: Statické schéma vaznice pod světlíkem
Obrázek 25: Statické schéma krokví se zázemím
Obrázek 26: Statické schéma vaznice v místě napojení krokví se zázemím
Obrázek 27: Statické schéma podélného ztužidla
Obrázek 28: Statické schéma ocelového ztužidla
Obrázek 29: Katalogová únosnost ocelových táhel Detan
Obrázek 30: Schéma ocelového světlíku
Obrázek 31: 3D model ocelového světlíku
Obrázek 32: ZS2 – Stálé zatížení
Obrázek 33: ZS3 – Užitné zatížení
Obrázek 34: ZS4 – Technologie
Obrázek 35: ZS5 – Sníh rovnoměrný
Obrázek 36: ZS6 – Sníh navátý
Obrázek 37: ZS7 – Vítr příčný
Obrázek 38: ZS8 – Vítr podélný
Obrázek 39: Statické schéma světlíku
Obrázek 40: Schéma ocelového ochozu
Obrázek 41: ZS2 – stálé zatížení
Obrázek 42: ZS3 – užitné zatížení
Obrázek 43: Statické schéma sloupu
Obrázek 44: Statické schéma podélníku
Obrázek 45: Statické schéma příčnicku
Obrázek 46: Geometrie prefabrikovaného tribunového prvku
Obrázek 47: Výrobní možnosti v závodě Kuřim
Obrázek 48: Statické schéma průvlaku
Obrázek 49: ZS1 – zatížení vlastní tíhou
Obrázek 50: ZS2 – stálé zatížení (L nosníky)
Obrázek 51: ZS3 – užitné zatížení (diváci – C5)
Obrázek 52: Hmotné body

Obrázek 53: Průběh momentu
Obrázek 54: Průběh posouvající síly
Obrázek 55: Vlastní frekvence
Obrázek 56: Vliv prostředí na beton a výztuž
Obrázek 57: Požadavek na minimální krytí
Obrázek 58: Reakce na sloupy od průvlastku
Obrázek 59: Detail patního kloubu
Obrázek 60: Rozteče svorníků – patní kloub
Obrázek 61: Detail patního kloubu – kotvení k betonu
Obrázek 62: Přípoj vrcholového nosníku na obloukový vazník
Obrázek 63: Katalogový list spojovacích prostředků SFS Intec
Obrázek 64: Přípoj vaznice na obloukový vazník
Obrázek 65: Geometrie montážního spoje obloukového vazníku
Obrázek 66: Poloha montážního spoje
Obrázek 67: Výslednice tahové síly
Obrázek 68: Porušení blokovým smykem
Obrázek 69: Porušení zátkovým smykem
Obrázek 70: geometrie přípoje vazníků ve vrcholu
Obrázek 71: Napětí v účinném průřezu koutového svaru
Obrázek 72: Uložení výztužného plechu
Obrázek 73: Rozložení sil působících na svorníky

6.5. Seznam tabulek

Tabulka 1: Vnitřní síly na obloukovém vazníku
Tabulka 2: Materiálové charakteristiky dřeva
Tabulka 3: Geometrické charakteristiky obloukového vazníku
Tabulka 4: MSP u obloukového vazníku
Tabulka 5: Vnitřní síly vrcholového nosníku
Tabulka 6: Materiálové charakteristiky dřeva
Tabulka 7: Geometrické charakteristiky vrcholového nosníku
Tabulka 8: Deformace vrcholového nosníku
Tabulka 9: Vnitřní síly vaznice (sedlová část)
Tabulka 10: Materiálové charakteristiky dřeva
Tabulka 11: Geometrické charakteristiky vaznice (sedlová část)
Tabulka 12: Deformace vaznice (sedlová část)
Tabulka 13: Vnitřní síly vaznice (oblouková část)

Tabulka 14: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 15: Geometrické charakteristiky vaznice (oblouková část)

Tabulka 16: Deformace vaznice (oblouková část)

Tabulka 17: Vnitřní síly na obloukové výměně vaznic

Tabulka 18: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 19: Geometrické charakteristiky obloukové výměny vaznic

Tabulka 20: Deformace obloukové výměny vaznic

Tabulka 21: Vnitřní síly výměny u vrcholového nosníku

Tabulka 22: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 23: Geometrické charakteristiky výměny u vrcholového nosníku

Tabulka 24: Deformace na výměně u vrcholového nosníku

Tabulka 25: Vnitřní síly vaznice pod světlíkem

Tabulka 26: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 27: Geometrické vlastnosti vaznice pod světlíkem

Tabulka 28: Deformace u vaznice pod světlíkem

Tabulka 29: Vnitřní síly na krokách se zázemím

Tabulka 30: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 31: Geometrické charakteristiky kroků se zázemím

Tabulka 32: Deformace kroků se zázemím

Tabulka 33: Vnitřní síly vaznice v místě napojení kroků se zázemím

Tabulka 34: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 35: Geometrické vlastnosti vaznice v místě napojení kroků se zázemím

Tabulka 36: Deformace u vaznice v místě napojení kroků se zázemím

Tabulka 37: Vnitřní síly na podélném ztužidle

Tabulka 38: Materiálové charakteristiky dřeva

Tabulka 39: Geometrické charakteristiky podélného ztužidla

Tabulka 40: Deformace na podélném ztužidle

Tabulka 41: Vnitřní síly na ocelovém ztužidle

Tabulka 42: Vnitřní síly rozpěry světlíku

Tabulka 43: Materiálové charakteristiky oceli

Tabulka 44: Geometrické charakteristiky oblouku světlíku

Tabulka 45: Deformace na rozpěře světlíku

Tabulka 46: Vnitřní síly příčle světlíku

Tabulka 47: Materiálové charakteristiky oceli

Tabulka 48: Geometrické charakteristiky příčle světlíku

Tabulka 49: Deformace na příčli světlíku

Tabulka 50: Vnitřní síly sloupku světlíku

Tabulka 51: Materiálové charakteristiky oceli
Tabulka 52: Geometrické charakteristiky sloupku světlíku
Tabulka 53: Deformace na příčli světlíku
Tabulka 54: Vnitřní síly ztužidla
Tabulka 55: Únosnost táhel Detan
Tabulka 56: Kombinace zatěžovacích stavů
Tabulka 57: Vnitřní síly sloupu
Tabulka 58: Materiálové charakteristiky oceli
Tabulka 59: Geometrické charakteristiky sloupu
Tabulka 60: Vnitřní síly podélník
Tabulka 61: Materiálové charakteristiky oceli
Tabulka 62: Geometrické charakteristiky podélníku
Tabulka 63: Vnitřní síly příčnicku
Tabulka 64: Materiálové charakteristiky oceli
Tabulka 65: Geometrické charakteristiky příčnicku
Tabulka 66: Vnitřní síly ztužidla
Tabulka 67: Únosnost táhel Detan
Tabulka 68: Materiálové charakteristiky dřeva
Tabulka 69: Geometrické charakteristiky obloukového vazníku
Tabulka 70: Materiálové charakteristiky oceli
Tabulka 71: Geometrické charakteristiky výztuhy

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha č. 1 – Posouzení základové patky obloukového vazníku

Vypracoval: Jan Koudelka

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum odevzdání: leden 2021

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Projekt

Akce : Diplomová práce
 Část : Konstrukce zastřešení zimního stadionu
 Odběratel : ČVUT v Praze
 Vypracoval : Jan Koudelka
 Datum : 08.11.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
 Omezení deformační zóny : procentem Sigma, Or
 Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

Patky

Výpočet pro odvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
 Posouzení tažené patky : standardní postup
 Dovolená excentricita : 0,333
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :		$\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :		$\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F5, konzistence tuhá		21,00	12,00	20,00	10,00	
2	Třída F8, konzistence tuhá		15,00	5,00	20,50	10,50	
3	Třída S5		27,00	8,00	18,50	8,50	
4	Třída G3, středně ulehlá		32,50	0,00	19,00	9,00	
5	Hornina R5		28,00	25,00	28,00	18,00	



Pouze pro nekomerční využití



Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída F5, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ	=	20,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	21,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	12,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	8,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m ³

Třída F8, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ	=	20,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	15,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	5,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	7,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,50 kN/m ³

Třída S5

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	27,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	8,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	12,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	32,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	102,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³

Hornina R5

Objemová tíha :	γ	=	28,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	28,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	25,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	90,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	28,00 kN/m ³

Založení

Typ základu: excentrická patka s náběhem

Hloubka od původního terénu	h_z	=	1,30 m
Hloubka základové spáry	d	=	1,10 m
Tloušťka horního stupně	t_v	=	0,55 m
Tloušťka základu	t	=	1,00 m
Sklon upraveného terénu	s_1	=	0,00 °
Sklon základové spáry	s_2	=	0,00 °

Nadloží

Typ: zadat objemovou tíhu
Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce

Typ základu: excentrická patka s náběhem

Délka patky x = 3,00 m



Pouze pro nekomerční využití



Šířka patky $y = 1,80$ m
 Délka horního stupně $a_{vx} = 1,20$ m
 Šířka horního stupně $a_{vy} = 0,50$ m
 Šířka sloupu ve směru x $c_x = 1,20$ m
 Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0,50$ m

Vzdál. osy sloupu od kraje patky ve směru x = 0,80 m
 vzdál. osy sloupu od kraje patky ve směru y = 0,90 m
 Objem patky = 5,73 m³
 Objem výkopu = 5,94 m³
 Objem zásypu = 0,48 m³

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00$ MPa
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20$ MPa
 Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00$ MPa

Ocel podélná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,10	0,00 .. 1,10	Třída F5, konzistence tuhá	
2	0,50	1,10 .. 1,60	Třída F5, konzistence tuhá	
3	3,00	1,60 .. 4,60	Třída F8, konzistence tuhá	
4	0,30	4,60 .. 4,90	Třída S5	
5	1,90	4,90 .. 6,80	Třída G3, středně ulehlá	
6	-	6,80 .. ∞	Hornina R5	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	265,01	0,00	0,00	125,99	0,00
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	189,29	0,00	0,00	89,99	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky



Pouze pro nekomerční využití



Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1**Posouzení zatěžovacích stavů**

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	Ano	0,01	0,00	75,61	98,07	77,10	Ano
Zatížení č. 1	Ne	0,01	0,00	84,71	102,85	82,36	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 177,92$ kNSpočtená tíha nadloží $Z = 11,50$ kN**Posouzení svislé únosnosti**

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 1,87$ mDosah smykové plochy $l_{sp} = 4,62$ mVýpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 102,85$ kPaExtrémní kontaktní napětí $\sigma = 84,71$ kPa**Svislá únosnost VYHOVUJE****Posouzení excentricity zatížení**Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,004 < 0,333$ Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$ Max. prostorová excentricita $e_t = 0,004 < 0,333$ **Excentricita zatížení základu VYHOVUJE****Posouzení vodorovné únosnosti**

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

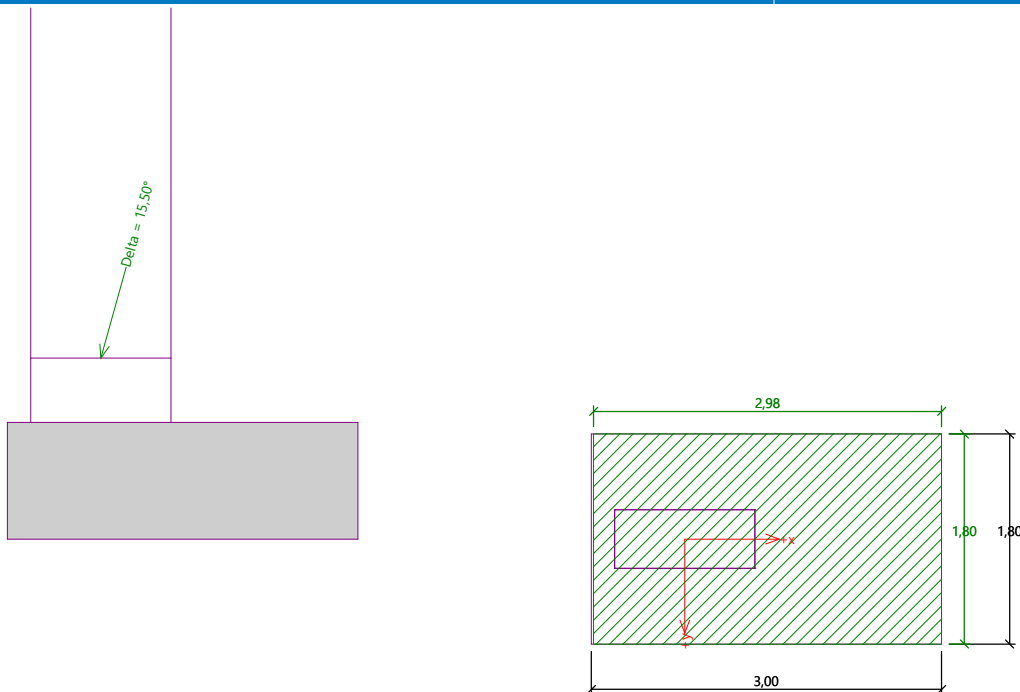
Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 13,86$ kNHorizontální únosnost základu $R_{dh} = 212,52$ kNExtrémní horizontální síla $H = 125,99$ kN**Vodorovná únosnost VYHOVUJE****Únosnost základu VYHOVUJE**

Pouze pro nekomerční využití



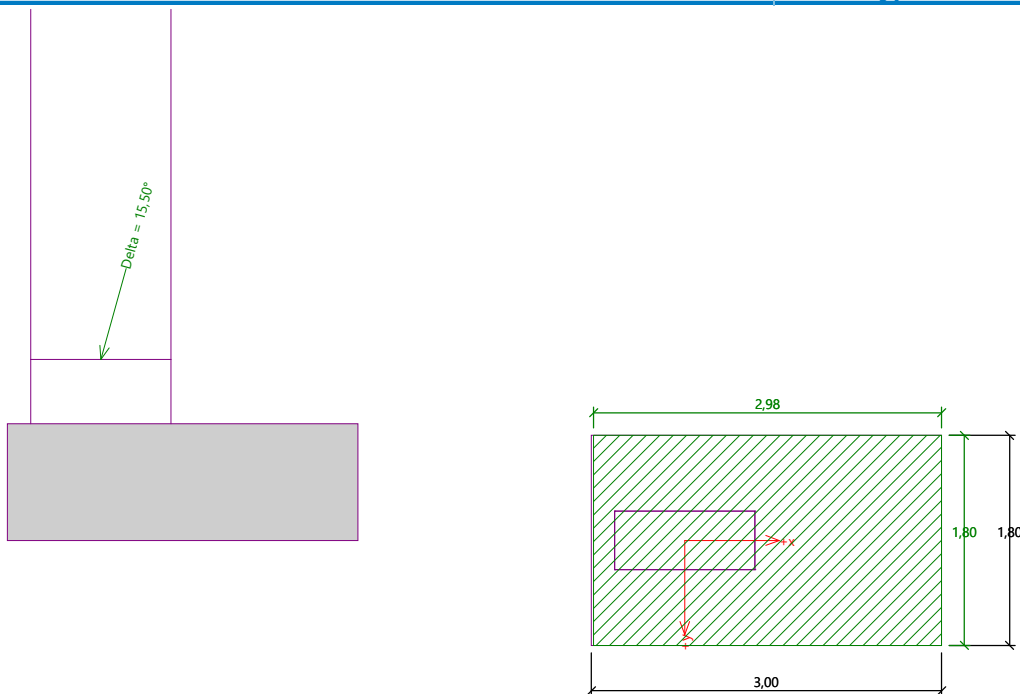
Název : 1.MS

Fáze - výpočet : 1 - 1



Název : 1.MS

Fáze - výpočet : 1 - 1



Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 131,79 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 8,52 \text{ kN}$



Pouze pro nekomerční využití



Sednutí středu hrany x - 1 = 4,5 mm
 Sednutí středu hrany x - 2 = 4,5 mm
 Sednutí středu hrany y - 1 = 3,7 mm
 Sednutí středu hrany y - 2 = 3,7 mm
 Sednutí středu základu = 7,4 mm
 Sednutí charakterist. bodu = 4,8 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 3,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=353,29$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=1635,58$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,002 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 4,8 mm

Hloubka deformační zóny = 2,41 m

Natočení ve směru x = 0,030 (tan*1000); (1,7E-03 °)

Natočení ve směru y = 0,000 (tan*1000); (0,0E+00 °)

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

14 ks profil 16,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,80 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,06 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{max}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1133,91 \text{ kNm} > 118,36 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

14 ks profil 20,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 3,00 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,15 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,06 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{max}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1770,95 \text{ kNm} > 32,10 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 265,01 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 29,45 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 235,56 kN

Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 3,40 \text{ m}$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max} = 0,07 \text{ MPa}$



Pouze pro nekomerční využití



Únosnost na obvodu sloupu $V_{Rd,max} = 2,94 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 186,68 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky = 78,33 kN
Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,71 m
Délka průřezu $u = 1,80 \text{ m}$
Smykové napětí na průřezu $V_{Ed} = 0,05 \text{ MPa}$
Únosnost nevyztuženého průřezu $V_{Rd,c} = 0,74 \text{ MPa}$

$V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE

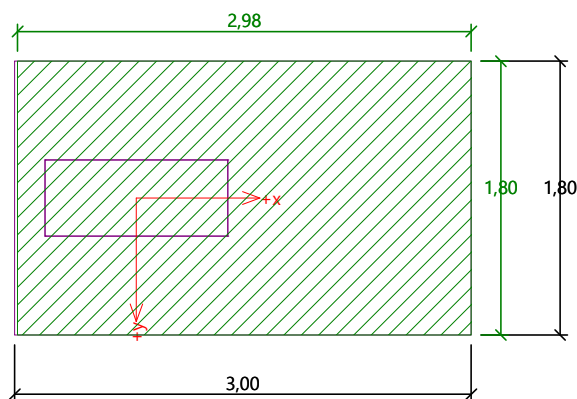
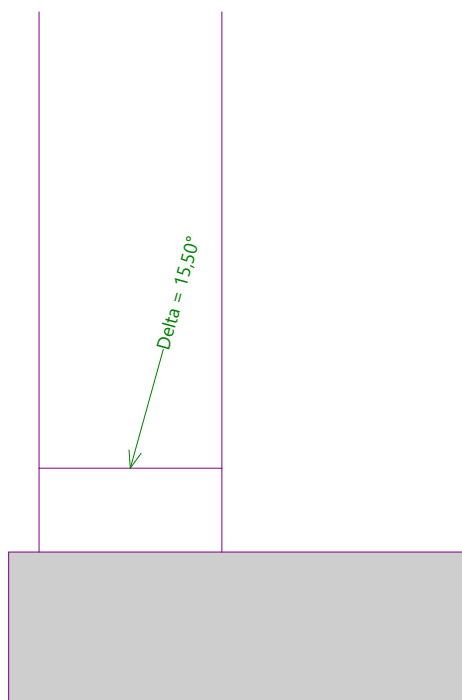


Pouze pro nekomerční využití



Název :

Fáze - výpočet : 1 - 1



Posouzení únosnosti patky - 1.MS

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 102,85$ kPaExtrémní kontaktní napětí $\sigma = 84,71$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,004 < 0,333$ Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$ Max. prostorová excentricita $e_t = 0,004 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 212,52$ kNExtrémní horizontální síla $H = 125,99$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

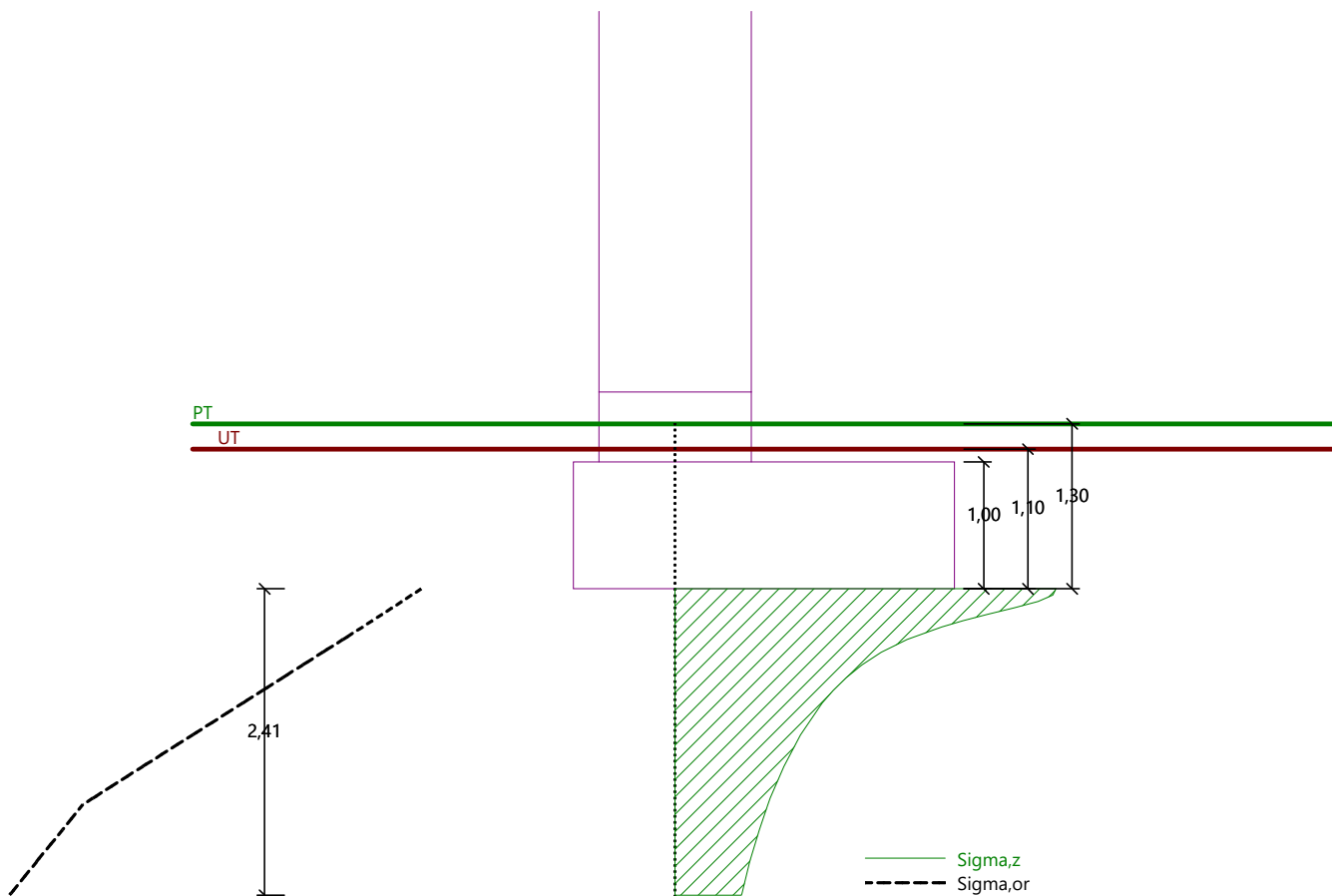


Pouze pro nekomerční využití



Název :

Fáze - výpočet : 1 - 1



Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 3,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=353,29$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=1635,58$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,002 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 4,8 mm

Hloubka deformační zóny = 2,41 m

Natočení ve směru x = 0,030 (tan*1000); (1,7E-03 °)

Natočení ve směru y = 0,000 (tan*1000); (0,0E+00 °)



Pouze pro nekomerční využití



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Část C – Technická zpráva

Vypracoval: Jan Koudelka

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum odevzdání: 2021

Obsah

1.	Identifikační údaje stavby	4
2.	Architektonické a stavebně technické řešení stavby	4
2.1.	Účel objektu	4
2.2.	Architektonické, funkční, dispoziční a výtvarné řešení	4
2.3.	Kapacity, užitkové plochy, obestavěné prostory, zastavěné prostory, orientace, osvětlení a oslunění	5
2.4.	Tepelně technické vlastnosti	5
2.4.1.	Návrhové podmínky	5
2.5.	Způsob založení objektu	5
2.6.	Vliv objektu a jeho užívání na životní prostředí a řešení případných negativních účinků.....	6
2.7.	Dopravní řešení	6
2.8.	Ochrana objektu před škodlivými vlivy vnějšího prostředí	6
2.9.	Dodržení obecných požadavků na výstavbu	6
3.	Konstrukční řešení	7
3.1.	Obloukové vazníky	7
3.2.	Vrcholový nosník mezi vazníky.....	7
3.3.	Vaznice.....	7
3.4.	Oblouková výměna vaznic.....	7
3.5.	Výměna vrcholového nosníku.....	7
3.6.	Vaznice pod světlíkem	8
3.7.	Krokve se zázemím	8
3.8.	Vaznice v místě napojení krokví se zázemím	8
3.9.	Ztužení	8
3.10.	Základy.....	8
3.11.	Ocelový ochoz.....	8
3.12.	Ocelový světlík	9
3.13.	Betonová tribuna	9
4.	Skladby konstrukcí.....	11

4.1. Skladba střešního pláště	11
4.2. Skladba ledové plochy	11
4.3. Skladba mimo ledovou plochu.....	11
4.4. Světlík (střešní část)	11
4.5. Světlík (boční část).....	12
5. Zatížení.....	12
5.1. Stálá zatížení	12
5.2. Užitná zatížení.....	12
5.3. Zatížení sněhem	12
5.4. Zatížení větrem	13
6. Ochrana konstrukčních prvků	13
6.1. Ochrana dřevěných prvků	13
6.2. Ochrana ocelových prvků	13
6.1. Ochrana betonových prvků	13
7. Seznam norem, vyhlášek, použitých podkladů a programů.....	14
7.1. Seznam norem a vyhlášek.....	14
7.2. Seznam použitých podkladů	15
7.3. Použité grafické programy	16
7.4. Seznam použitých symbolů.....	16

1. Identifikační údaje stavby

Název akce:	Zimní stadion v Jičíně
Investor:	město Jičín
Projektant:	Jan Koudelka
Předmět:	Diplomová práce
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.
Rok:	2021

2. Architektonické a stavebně technické řešení stavby

2.1. Účel objektu

Náplní práce bylo řešení konstrukce zastřešení zimního stadionu v Jičíně. Součástí haly je tribuna pro cca 250 diváků, ocelový světlík a vstupní ocelový ochoz. Součástí komplexu je i technické zázemí a zázemí pro hráče a rozhodčí, které nebylo součástí diplomové práce.

2.2. Architektonické, funkční, dispoziční a výtvarné řešení

Jedná se o objekt, umístěn v ulici Kollárova v Jičíně. U stadionu se nachází parkoviště pro 60 aut. Vjezd je zajištěn z jižní strany z ulice Na Tobolce. Půdorysné rozměry jsou 42 x 72 m, výška u vrcholu světlíku je 12,66 m. Vstup do objektu zajištěn z ocelového ochozu od parkoviště i z ulice Kollárova, ze kterého se přechází na betonovou tribunu. Hlavní nosná konstrukce je tvořena obloukovými vazníky z lepeného lamelového dřeva v osové vzdálenosti 5 m. Rám je konstrukčně rozdělen na tři části pomocí montážního přípoje. Krajiní části rámu mají tvar oblouku, střední část je sedlová. Půlkruhový okraj haly je tvořen polovinou příčné vazby uspořádanou radiálně po 22,5°. Na vrcholu haly se nachází ocelový světlík, který dodává stavbě podobu obrácené lodi.

2.3. Kapacity, užitékové plochy, obestavěné prostory, zastavěné prostory, orientace, osvětlení a oslunění

Legenda ploch:

výměra parcely	8638 m ²
zastavěná plocha	3601 m ²
obestavěný prostor	cca 50000 m ³

Udávané prostory jsou prosvětleny sdruženým osvětlením (okny ve světlíku a umělým osvětlením)

Větrání bude zajištěno vzduchotechnikou.

2.4. Tepelně technické vlastnosti

Navržené obalové konstrukce jsou navrženy v souladu s ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov a požadavky na součinitel prostupu tepla jsou splněny.

2.4.1. Návrhové podmínky

Teplota 10 °C

Relativní vlhkost 70%

Návrhové požadavky bude zajišťovat navržená klimatizační jednotka, kterou určí specialista TZB.

Do prostoru zimního stadionu je nutné přivádět suchý vzduch, aby se zamezila tvorba mlhy nad ledovou plochou a nedocházelo tak k nepříznivým podmínkám pro užívání.

2.5. Způsob založení objektu

Založení objektu bude provedeno pomocí monolitických betonových patek a základových prahů minimálně 0,8 m pod úroveň terénu.

2.6. Vliv objektu a jeho užívání na životní prostředí a řešení případných negativních účinků

Stavba svým provozem nebude mít negativní vliv na zdraví osob a životní prostředí. Při svém provozu nebude produkován nebezpečný odpad. Odpady, vzniklé během stavby budou tříděny, o odstranění odpadů bude pověřena dodavatelská firma.

2.7. Dopravní řešení

Stavební parcela se nachází v těsné blízkosti dopravní komunikace, ze které bude zřízen příjezd k objektu. U objektu bude řešeno šedesát parkovacích míst.

2.8. Ochrana objektu před škodlivými vlivy vnějšího prostředí

povodně – dané území se nenachází v záplavové oblasti

sesuvy půdy – terénní profil a charakteristika zeminy nezakládá obavy ze sesuvů půd

poddolování – daný objekt se nenachází v poddolovaném území

seizmicita – dané území se nenachází v tektonicky neklidném prostoru

hluk v chráněném venkovním prostoru a chráněném venkovním prostoru stavby – navrhovaná stavba nevyžaduje zvláštní opatření proti hluku. Vzhledem k absenci obytných prostor není nutno řešit.

2.9. Dodržení obecných požadavků na výstavbu

Stavba je navržena v souladu s obecnými technickými požadavky na výstavbu.

3. Konstrukční řešení

3.1. Obloukové vazníky

Jako hlavní nosná konstrukce je navržen dvojklobový obloukový vazník z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h a průřezu 200 x 1200 mm. Rám je tvořen dvěma patními klouby. Osová vzdálenost vazníků je 5 m. Konstrukci tvoří 7 příčných vazeb o rozpětí 42 m a dále 14 vazeb v podélném směru rozmístěných radiálně po 22,5°. Spoj v patě je tvořen dvojicí ocelových plechů spojených čepem o průměru 50 mm. Na dvojklobovém vazníku je navržen montážní spoj, který přenáší ohybový moment, normálové i smykové síly.

3.2. Vrcholový nosník mezi vazníky

Jako vrcholové ztužidlo slouží vrcholový nosník mezi vazníky o rozměrech 200 x 1200 mm a délce 4 800 mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h. Vrcholový nosník je k vazníkům připojen pomocí vrtů SFS Intec.

3.3. Vaznice

Hlavním nosným prvkem pro přenos zatížení od střešního pláště a zatížení působícího na něj jsou vaznice. Jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h o průřezu 140 x 240 mm a 160 x 260 mm. Vaznice o délce 4,8 m a osově vzdálenosti 1,2 m jsou připojeny k vazníkům pomocí vrtů SFS Intec. Uvažuje se kloubové uložení. Horní hrany vaznic lícují s horní hranou vazníků.

3.4. Oblouková výměna vaznic

Oblouková výměna, která slouží k přerušení vaznic v místě vstupu do objektu. Průřez 140 x 240 mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h.

3.5. Výměna vrcholového nosníku

Detail, který umožňuje propojení vazníků ve vrcholu. Průřez 200 x 1200 mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h.

3.6. Vaznice pod světlíkem

Vaznice pod světlíkem jsou rozepřeny ve vrcholové oblasti mezi hlavními vazbami a slouží jako podpory pro ocelový světlík. Jsou zhotoveny z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h o průřezu 160 x 260 mm.

3.7. Krokve se zázemím

Krokve spojují zázemí s prostorem zimního stadionu. Průřez 120 x 240 mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h.

3.8. Vaznice v místě napojení krokví se zázemím

Konstrukce, které přejímají zatížení od krokví a jsou připojeny k obloukové části vazníků. Průřez 240 x 320 mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 26h.

3.9. Ztužení

Ztužení haly v podélném směru je zajištěno pomocí ocelových táhel v rovině střechy. Jsou navržena ocelová táhla Detan z oceli S355 a průměru 16 mm. Dále jsou navrženy tlakové vzpěry ze dřeva o rozměrech 140 x 140 mm ze dřeva GL 26h.

3.10. Základy

Pro založení objektu jsou navrženy základové patky a základové pasy z betonu C20/25 – XC2 D_{max}16 – Cl0,2 – S3. Pod obloukové vazníky jsou navrženy základové patky o rozměru 1,8 x 3,0 x 1,0 m. Mezi patkami je navržený základový práh šířky 0,6 m. Kolem základů je navrženo odvodnění.

3.11. Ocelový ochoz

Na vnitřní železobetonovou konstrukci tribuny navazuje pomocí čtyř lávek venkovní ocelový ochoz. Ocelový ochoz je umístěn mimo zastřešení objektu a tvoří přístup na tribunu. Podlahu tvoří

pororošt 40/4. Je počítáno s užitným zatížením podle kategorie C5 - Plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$. Konstrukce je tvořena ze sloupů z profilu HEA 100, podélníků z UPN 160 a příčníků z UPN 100. Celková stabilita je zajištěna táhly Detan o průměru 10 mm. Jednotlivé rámy jsou v osové vzdálenosti po 5 metrech a příčníky po 1,25 m. Konstrukce je navržena z oceli S235, ztužidla z oceli S355.

3.12. Ocelový světlík

Ocelový světlík na vrcholu haly slouží k prosvětlení a odvětrání objektu. Staticky je uvažován rám svařením sloupku a příčle. Jednotlivé rámy jsou kloubově spojeny rozpěrami a stabilizovány ztužidly Detan z oceli S355 a průměru 10 mm. Konstrukce je tvořena ze sloupků profilu Jäkl 70 x 70 x 4,5 mm, příčlí z Jäkl 70 x 70 x 4,0 mm a rozpěr z L 70 x 70 x 7 mm.

3.13. Betonová tribuna

Součástí zimního stadionu bude železobetonová tribuna s cca 250 místy k sezení. Bude se skládat z prefabrikovaných železobetonových dílců z betonu C30/37 od firmy Prefa Brno. Jedná se o prefa L tribunový prvek o rozměrech 540 x 1035 x 120 mm o délce 4000 mm, prefabrikované panely 4000 x 1300 x 160 mm a 3730 x 1200 x 160 mm, schodnicové průvlaky 300 x 500 mm, které podpírají tribunové L prvky a sloupy 250 x 300 mm. Na tribunu bude zajištěn vstup z ocelového ochozu. Betonová tribuna bude navržena z betonu C30/37.

Souhrn navržených konstrukčních prvků dřevěné konstrukce:

Obloukový vazník	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vrcholový nosník	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vaznice (sedlová část)	dřevo GL 26h	160 x 260 mm
Vaznice (oblouková část)	dřevo GL 26h	140 x 240 mm
Oblouková výměna vaznic	dřevo GL 26h	140 x 240 mm
Výměna u vrcholového nosníku	dřevo GL 26h	200 x 1200 mm
Vaznice pod světlíkem	dřevo GL 26h	100 x 200 mm
Krokve se zázemím	dřevo GL 26h	120 x 240 mm

Vaznice v místě napojení krokví	dřevo GL 26h	200 x 320 mm
Podélné ztužidlo	dřevo GL 26h	140 x 140 mm
Ztužující táhlo	ocel S355	Ø 16 mm
Základová patka	beton C 20 / 25	1800 x 3000 x 1000 mm

Souhrn prvků ocelového světlíku:

Příčle světlíku:	ocel S235	TR 70 x 70 x 4,0 mm
Rozpěra světlíku:	ocel S235	L 70 x 70 x 7,0 mm
Sloupek světlíku:	ocel S235	TR 70 x 70 x 4,0 mm
Ztužidlo	ocel S355	Detan Ø 10 mm

Souhrn prvků ocelového ochozu:

Sloup:	ocel S235	HEA 100
Podélník:	ocel S235	UPN 160
Příčník:	ocel S235	UPN 100
Ztužidlo:	ocel S355	Detan Ø 10 mm

Souhrn prvků betonové tribuny:

Tribunový nosník:	C30/37	1035 x 540 mm
Průvlak:	C30/37	300 x 500 mm
Sloup:	C30/37	250 x 300 mm

4. Skladby konstrukcí

4.1. Skladba střešního pláště

- Kingspan panel TOP - DEK (TI 100 mm) 130 mm
- Vaznice

4.2. Skladba ledové plochy

- Led 30 mm
- Betonová deska s chladícím potrubím Ø 30 mm 130 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Extrudovaný polystyren 140 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- PVC fólie ALKORPLAN 1 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Železobetonová základová deska s ohřevným potrubím 150 mm
- Podkladní kamenivo (drenážní vrstva) 500 mm
- Rostlý terén

4.3. Skladba mimo ledovou plochu

- Železobetonová deska 160 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Extrudovaný polystyren 100 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- PVC fólie ALKORPLAN 1 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Podkladní beton 150 mm
- Podkladní kamenivo 200 mm
- Rostlý terén

4.4. Světlík (střešní část)

- Kingspan panel TOP - DEK (TI 100 mm) 130 mm
- Jäkl 70 x 70 x 4 mm

4.5. Světlík (boční část)

- Kingspan panel KS 1000 AWP 100 mm
- Jäkl 70 x 70 x 4

5. Zatížení

Uvedeny jsou charakteristické hodnoty zatížení. Pro získání hodnot návrhových je nutno provést přenásobení příslušným dílčím součinitelem bezpečnosti, který byl uvažován hodnotou 1,35 pro stálá a 1,5 pro proměnná zatížení.

5.1. Stálá zatížení

Vlastní tíha lepeného lamelového dřeva je uvažována hodnotou $4,05 \text{ kN/m}^3$. Tíha střešního pláště je $0,12 \text{ kN/m}^2$. Zatížení technologiemi je uvažuje $0,1 \text{ kN/m}^2$. Tíhy jednotlivých skladeb jsou rozepsány ve statickém výpočtu.

5.2. Užitná zatížení

Užitné zatížení (ochoz, tribuna) – C5 Plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí
 $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Střecha – jelikož se jedná o střechu nepřístupnou s výjimkou běžné údržby a oprav, uvažují hodnotu
 $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ (kategorie H dle ČSN EN 1991-1-1).

5.3. Zatížení sněhem

Objekt se nachází v Jičíně (sněhová oblast II), je situována v terénu s normální topografií, kde nebude docházet k významným přesunům sněhu vlivem účinků větru. Bylo stanoveno charakteristické zatížení sněhem $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$. Výpočet zatížení dle normy

ČSN EN 1991-1-3.

5.4. Zatížení větrem

Objekt se nachází v Jičíně (větrná oblast II), v městské oblasti rovnoměrně pokryté budovami a vegetací (kategorie terénu III). Výpočet zatížení dle normy

ČSN EN 1991-1-4. Hodnoty dle statického výpočtu.

6. Ochrana konstrukčních prvků

6.1. Ochrana dřevěných prvků

Ochrana proti biologickým dřevokazným škůdcům (dřevokazný hmyz, dřevokazné houby, hniloba, plísně) a nebiologickým vlivům (působení vody, slunečního záření, UV záření, agresivita prostředí) bude zajištěna impregnací dle požadavku architekta.

6.2. Ochrana ocelových prvků

Ocelové prvky budou chráněny proti korozi pomocí vícevrstevných ochranných nátěrů. Veškeré spojovací prvky budou pozinkovány.

6.1. Ochrana betonových prvků

Betonové prefabrikované prvky budou již od výroby opatřeny ošetřovacím nátěrem se zvýšenou odolností proti obrušování.

7. Seznam norem, vyhlášek, použitých podkladů a programů

7.1. Seznam norem a vyhlášek

- [1] ČSN EN 1991-1-1 (730035). *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 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN EN 1992-1-1 (731201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-8 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-1 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN EN 1995-1-1 ZMĚNA A1 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [9] ČSN EN 1995-1-1 ZMĚNA A2 (731701). *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [10] ČSN EN 1997-1 (731000). *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla Objednat*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [11] ČSN EN 14080 (732831) *Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [12] ČSN EN 13200-1 *Zařízení pro diváky – Část 1: Obecné charakteristiky prostorů pro diváky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [13] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

7.2. Seznam použitých podkladů

- [14] BOHUMIL, Koželouh. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 1*. Zlín: Zlínské tiskárny, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
- [15] KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 2*. Pelhřimov: Nová tiskárna Pelhřimov, Krasíkovická 1787, 2004. ISBN 80-86 769-13-5.
- [16] STUDNIČKA, Jiří a Milan HOLICKÝ. *Ocelové konstrukce 20: Zatížení staveb podle Eurokódu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 8001027511.
- [17] NEUFERT, Ernst. *80-238-2620-4: Příručka pro stavebního odborníka, stavebníka, vyučujícího i studenta*. 33. přeprac. vyd. Praha: Consultinvest, 1995. ISBN 8090148662.
- [18] VRANÝ, Tomáš a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3140-3.
- [19] KUKLÍK, Petr, ed. *Příručka 2: Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5* [online]. 2008 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf
- [20] Teplotní chování ledové plochy a temperovaného podloží na zimním stadionu. *TZB info* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/velkoplosne-chlazeni/20276-teplotni-chovani-ledove-plochy-a-temperovaneho-podlozi-na-zimnim-stadionu>
- [21] Navrhování střech nevytápěných a neklimatizovaných zimních stadionů. *Atelier-DEK* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/navrhovani-strech-nevytapynech-neklimatizovanych-zimnich-stadionu-223>
- [22] Střešní panely pro zateplení střech. *Kingspan* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely>
- [23] Upevňovací prostředky SFS intec. *SFS intec* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: [https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/\\$FILE/Cenik_drevostavby.pdf](https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf)
- [24] Dřevěné konstrukční systémy a jejich možnosti použití. *TZB info* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/technologie-staveni-drevostaveb/13615-drevene-konstrukcni-systemy-a-jejich-moznosti-pouziti>
- [25] Tribuny. *Rieder* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <http://www.rieder.cz/produkty/atypicke-prefabrikovane-prvky/prvky-tribuny.php>
- [26] Prefabrikovaný tribunový prvek. *Prefa Brno* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/ostatni-tribuny-pontony/tribunove-prvky/>

- [27] Systém táhel Detan. *Halfen* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: https://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/tensionrodsystem/DT- Leviat_19.pdf
- [28] Svařované podlahové rošty. *Rodif* [online]. [cit. 2020-12-17]. Dostupné z: <https://www.rodif.cz/podlahove-rosty/svarovane-rosty-sp>
- [29] Zimní stadion v Jičíně. *ASB portal* [online]. [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/drevostavby/zimni-stadion-vjicine>

7.3. Použité grafické programy

- [30] Graphisoft: ArchiCAD 21 (studentská verze)
- [31] Nemetchek company: SCIA Engineer 19.1 (studentská verze)
- [32] Fine Spol. s.r.o.: GEO5 2021 (studentská verze)
- [33] Fine Spol. s.r.o.: FINE EC 2020 (studentská verze)
- [34] Microsoft Office: Word
- [35] Microsoft Office: Excel

7.4. Seznam použitých symbolů

Velká písmena:

A	plocha průřezu, oblast zatížení větrem
A_{eff}	účinná plocha průřezu
A_{net}	plocha oslabeného průřezu
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,req}$	potřebná plocha výztuže
B	oblast zatížení větrem
C	oblast zatížení větrem
C_e	součinitel expozice
C_t	součinitel teploty

$E_{0,05}$	5 % kvantil charakteristického modulu pružnosti ve směru vláken
$E_{0,mean}$	střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken
F	síla
F_{Ed}	návrhová síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$F_{1,Rk}$	odolnost oproti vytržení ze dřeva
$F_{2,Rk}$	vzpěrná únosnost vrutu
G_{mean}	střední charakteristický modul pružnosti ve smyku
I	moment setrvačnosti průřezu
L	délka
L_{cr}	efektivní délka
$L_{net,t}$	čistá šířka průřezu kolmo k vláknům
$L_{net,v}$	čistá délka lomové plochy ve smyku
M_{Ed}	návrhový moment
$M_{ap,d}$	návrhový moment ve vrcholové oblasti
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku
M_{δ}	návrhový moment se zahrnutým dynamickým součinitelem
N_{Ed}	návrhová osová síla
$N_{b,Rd}$	návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku
$N_{c,My}$	tlaková síla přepočtená z momentu
$N_{t,My}$	tahová síla přepočtená z momentu
R_x	vodorovná reakce
R_z	svislá reakce
V	namáhaný objem ve vrcholové oblasti
V_{Ed}	návrhová posouvající síla

$V_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost ve smyku
V_0	referenční objem
V_δ	návrhová posouvající síla se zahrnutým dynamickým součinitelem
W_{pl}	plastický modul průřezu

Malá písmena:

a_0, a, b, c, d	označení křivek vzpěrné pevnosti
a_1	rozteč rovnoběžně s vlákny mezi spojovacími prostředky v jedné řadě
a_2	rozteč kolmo k vláknům mezi řadami spojovacích prostředků
$a_{3,c}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým koncem
$a_{3,t}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým koncem
$a_{4,c}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým okrajem
$a_{4,t}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým okrajem
b	šířka průřezu
b_{eff}	efektivní šířka průřezu
c	tloušťka krycí vrstvy
c_{dir}	součinitel směru větru
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
c_r	součinitel drsnosti
c_{season}	součinitel ročního období
d	výška rovné části stojiny, průměr, účinná výška
d_0	průměr otvoru
e	mezera mezi čepy
f	vzepětí konstrukce
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{lim}	limitní hodnota kmitání

$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{v,k}$	charakteristická pevnost ve smyku
$f_{m,k}$	charakteristická pevnost v ohybu
$f_{t,90,k}$	charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna
$f_{c,90,k}$	charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna
f_u	pevnost v tahu
f_y	mez kluzu
h	výška stavby
h_{ap}	výška nosníku ve vrcholu
i	poloměr setrvačnosti
k_{cr}	účinná šířka průřezu
k_{def}	součinitel dotvarování
k_{dis}	součinitel zohledňující rozložení napětí ve vrcholové oblasti
k_{mod}	modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti
k_r	součinitel terénu, redukční součinitel
k_{vol}	součinitel objemu
k_y, k_z	součinitel vzpěrnosti
l_{cr}	vzpěrná délka
s_{max}	maximální vzdálenost mezi výztuží
s_{min}	minimální vzdálenost mezi výztuží
q_k	charakteristická hodnota užitého zatížení
q_b	referenční dynamický tlak
q_p	maximální hodnota dynamického tlaku
r	poloměr oblouku
r_{in}	vnitřní poloměr oblouku

s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
t	tloušťka prvku
t_f	tloušťka pásnice
t_w	tloušťka stojiny
v_m	střední rychlost větru
v_b	základní rychlost větru
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
w_{inst}	okamžitý průhyb
w_{fin}	konečný průhyb
$x-x$	osa průřezu
$y-y$	osa průřezu
z	rameno vnitřních sil
z_0	parametr drsnosti terénu
z_{min}	minimální výška

Písmena řecké abecedy:

α_p	sklon střechy
α_{ap}	úhel sklonu náběhu ve středu vrcholové oblasti
β	součinitel
β_c	součinitel přímosti
β_w	korelační součinitel
γ	objemová tíha
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu

γ_{M0}	dílčí součinitel únosnosti průřezu kterékoliv třídy
γ_{M1}	dílčí součinitel únosnosti průřezu při posuzování stability prutu
δ	dynamický součinitel
ε_s	poměrné protažení oceli
ε_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
ζ	rozdělovací součinitel
μ_1	tvarový součinitel
μ_2	tvarový součinitel
μ_s	tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující sesuv sněhu z horní střechy
μ_w	tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující působení větrů
κ_1	součinitel závisející na tvaru průřezu
κ_2	součinitel závisející na rozpětí
κ_3	součinitel napětí tahové výztuže
λ	ohybová štíhlost prvku
λ_d	vymezuující ohybová štíhlost
$\lambda_{d,tab}$	tabulková hodnota vymezuující ohybovou štíhlost
λ_y	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y
λ_z	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy z
λ_{rel}	poměrný štíhlostní poměr
ν	poissonův součinitel
ρ	stupeň vyztužení
ρ_k	charakteristická hustota
τ_d	návrhové napětí ve smyku
τ_{\perp}	smykové napětí (v účinné rovině průřezu) kolmé na osu svaru
τ_{\parallel}	smykové napětí (v účinné rovině průřezu) rovnoběžné s osou svaru

ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
$\sigma_{m,crit}$	kritické ohybové napětí
$\sigma_{m,d}$	návrhové napětí v ohybu
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{t,90,d}$	návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
σ_{\perp}	normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru
ω	budící frekvence
ω_0	vlastní kruhová frekvence

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



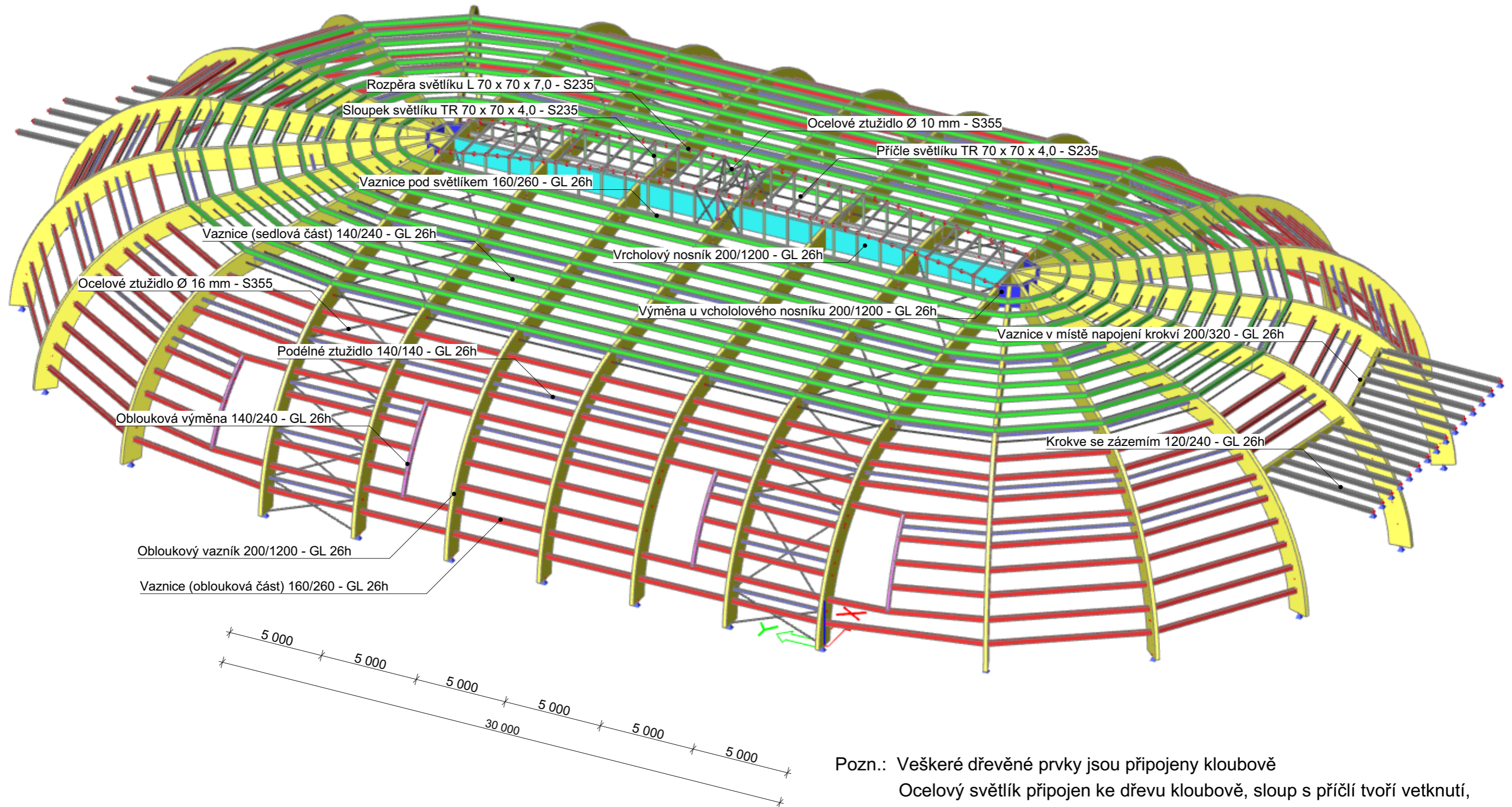
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Část D – Výkresová část


Vypracoval: Jan Koudelka

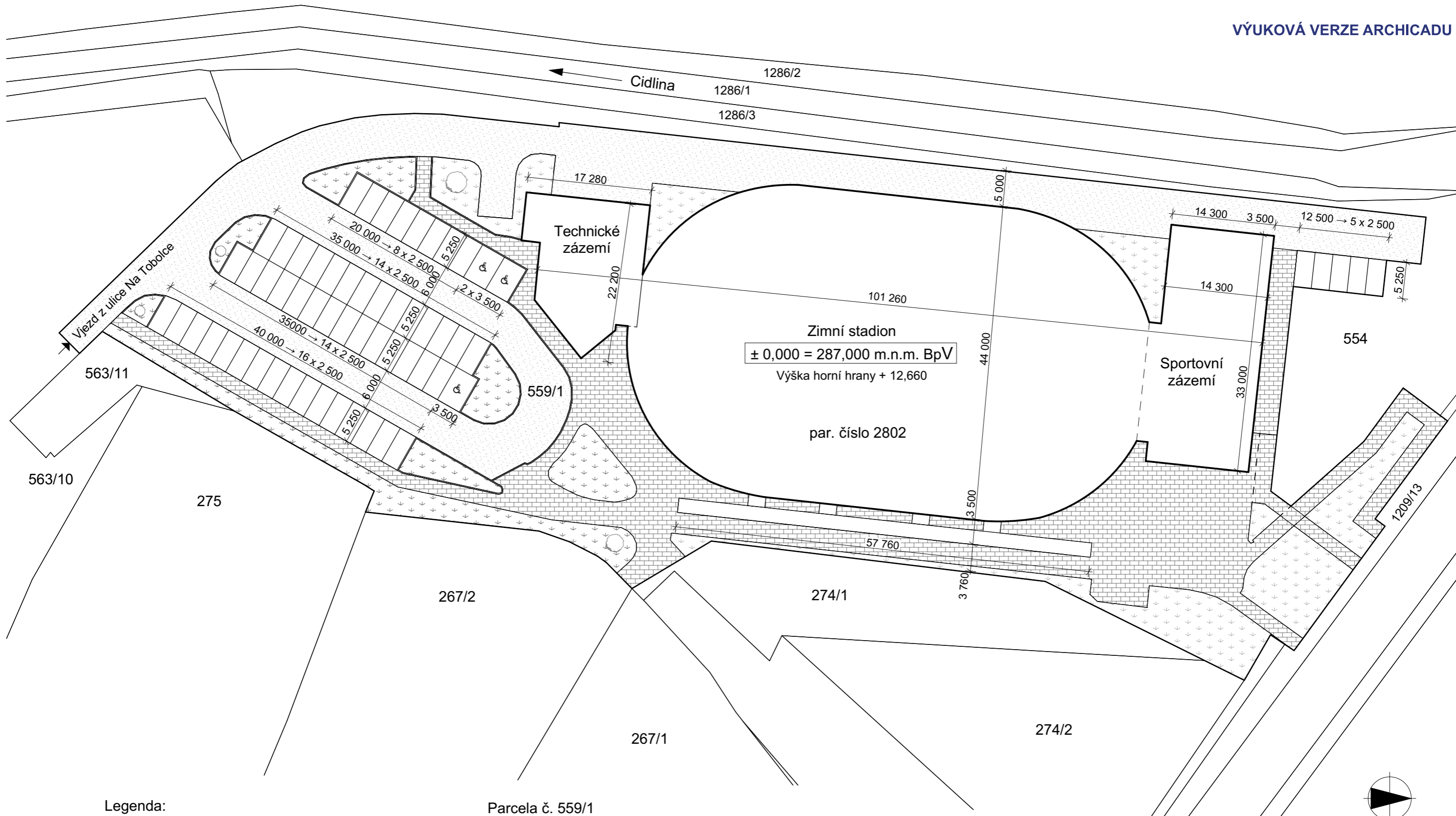
Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum odevzdání: leden 2021









Pozn.: Veškeré dřevěné prvky jsou připojeny kloubově
 Ocelový světřík připojen ke dřevu kloubově, sloup s příčlí tvoří vetknutí,
 rozpěra a ztužidla jsou připojena kloubově

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	2 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:100
VÝKRES:	Konstrukční schéma		č. VÝKRESU:	0



Legenda:

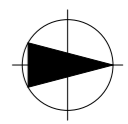
-  Navrhovaný předmětný objekt Zimního stadionu
-  Zelené plochy - trávnik
-  Zpevněná plocha - chodník - zámková dlažba
-  Zpevněná plocha - asfaltová komunikace
-  Stávající zeleň
-  Hranice pozemku


Parcela č. 559/1

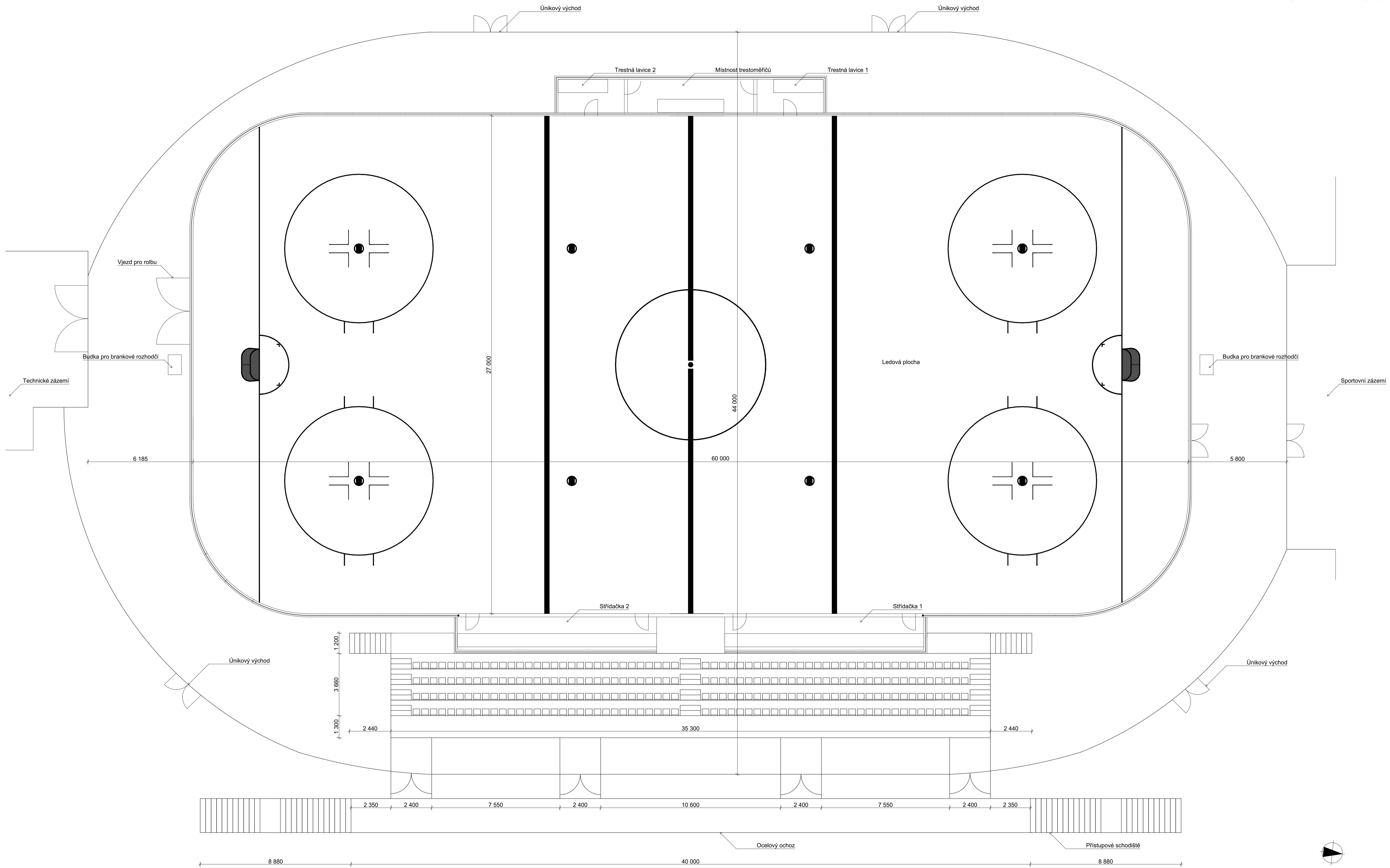
Výměra parcely 5037 m²
 Zatravněná plocha 1119,9 m²
 Zpevněná plocha 3917,1 m²

Parcela č. 2802

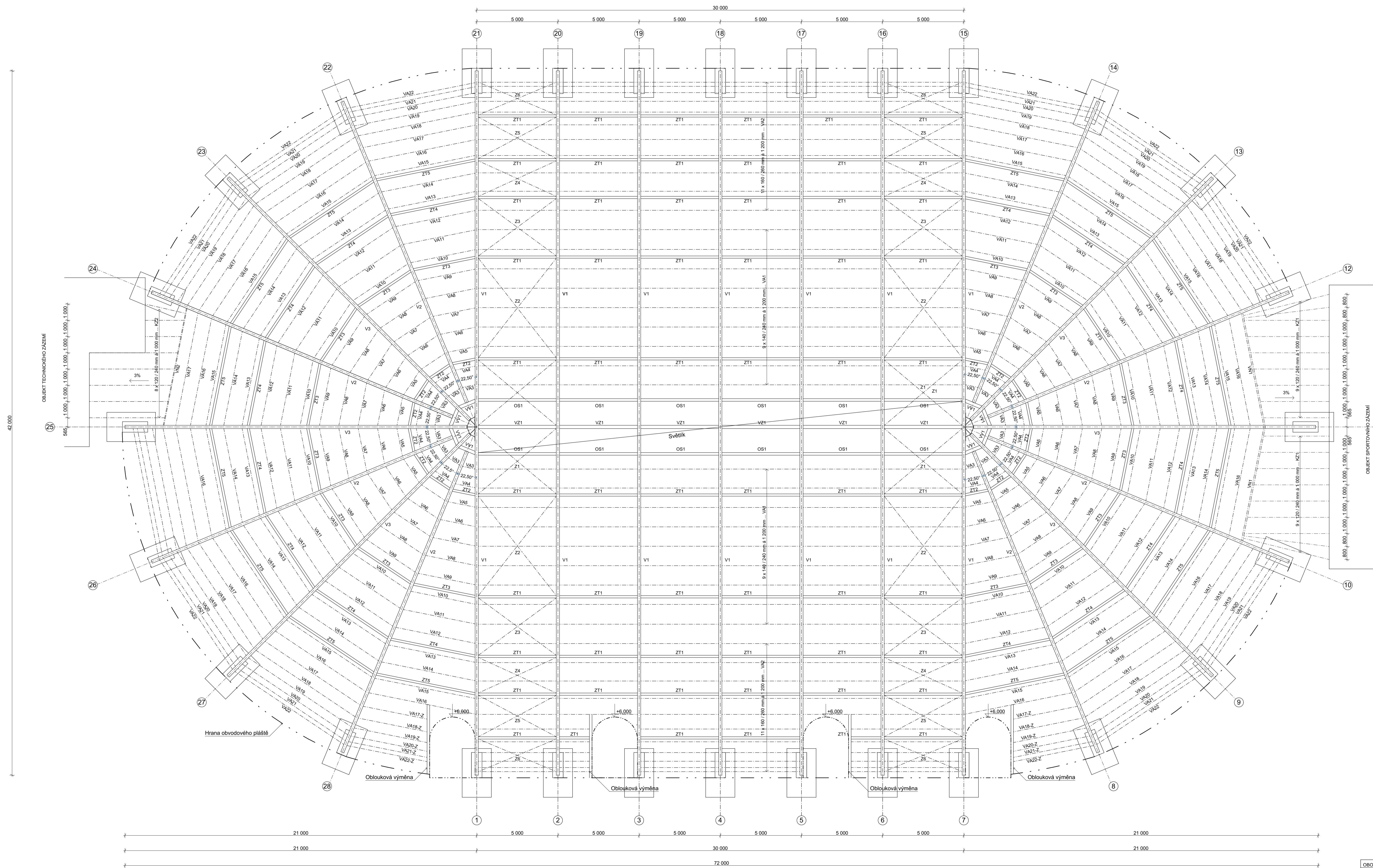
Výměra parcely 3601 m²
 Zastavněná plocha 3601 m²



OBOR: SI - NC	KATEDRA: K134	JMÉNO/PODPIS: JAN KOUDELKA	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ROČNÍK: Druhý	VEDOUČÍ: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.		
TÉMA: Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu			FORMÁT: 2 x A4
			DATUM: 02.01.2021
			MĚŘÍTKO: 1:100
VÝKRES: Situace			č. VÝKRESU: 1

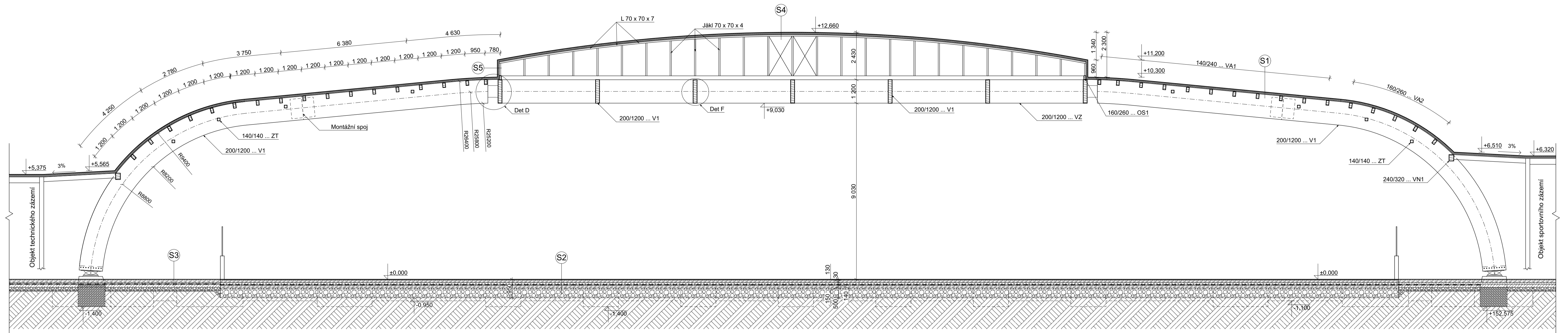


OBOR:	SI - NC	KATEDRA:	K134	JMÉNO/PODPIS:	JAN KOUDELKA	
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kukliková, Ph.D.			
TEMA:	Dřevěná konstrukce zastrešení zimního stadionu				FORMÁT:	8 x A4
					DATUM:	02.01.2021
					MĚŘITKO:	1:100
VÝKRES:	Dispozice				č. VÝKRESU:	2



- LEGENDA:
- V1 - OBLOJKOVÝ VAZNIK 200/1200, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - V2 - OBLOJKOVÝ VAZNIK 200/1200, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - V3 - OBLOJKOVÝ VAZNIK 200/1200, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - VZ1 - VRCHOLOVÝ NOSNÍK 200/1200, L = 1070 mm - LLD GL 26h
 - VV1 - VÝMĚNA U VRCHOLOVÉHO NOSNÍKU 200/1200, L = 1070 mm - LLD GL 26h
 - VA1 - VAZNICE 140/240, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - VA2 - VAZNICE 160/260, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - VA3 - VAZNICE 140/240, L = 795 mm - LLD GL 26h
 - VA4 - VAZNICE 140/240, L = 1245 mm - LLD GL 26h
 - VA5 - VAZNICE 140/240, L = 1710 mm - LLD GL 26h
 - VA6 - VAZNICE 140/240, L = 2175 mm - LLD GL 26h
 - VA7 - VAZNICE 140/240, L = 2640 mm - LLD GL 26h
 - VA8 - VAZNICE 140/240, L = 3110 mm - LLD GL 26h
 - VA9 - VAZNICE 140/240, L = 3575 mm - LLD GL 26h
 - VA10 - VAZNICE 140/240, L = 4040 mm - LLD GL 26h
 - VA11 - VAZNICE 140/240, L = 4515 mm - LLD GL 26h
 - VA12 - VAZNICE 140/240, L = 4980 mm - LLD GL 26h
 - VA13 - VAZNICE 160/260, L = 5440 mm - LLD GL 26h
 - VA14 - VAZNICE 160/260, L = 5890 mm - LLD GL 26h
 - VA15 - VAZNICE 160/260, L = 6305 mm - LLD GL 26h
 - VA16 - VAZNICE 160/260, L = 6785 mm - LLD GL 26h
 - VA17 - VAZNICE 160/260, L = 7050 mm - LLD GL 26h
 - VA18 - VAZNICE 160/260, L = 7355 mm - LLD GL 26h
 - VA19 - VAZNICE 160/260, L = 7615 mm - LLD GL 26h
 - VA20 - VAZNICE 160/260, L = 7825 mm - LLD GL 26h
 - VA21 - VAZNICE 160/260, L = 7975 mm - LLD GL 26h
 - VA22 - VAZNICE 160/260, L = 8075 mm - LLD GL 26h
 - VN1 - VAZNICE V MÍSTĚ NÁPOJENÍ KROKVI 200/320, L = 6990 mm - LLD GL 26h
 - VN2 - VAZNICE V MÍSTĚ NÁPOJENÍ KROKVI 200/320, L = 7330 mm - LLD GL 26h
 - KZ1 - KROKVE SE ZÁZEMÍM 120/240, L = 4045 - 5450 mm - LLD GL 26h
 - KZ2 - KROKVE SE ZÁZEMÍM 120/240, L = 2465 - 5315 mm - LLD GL 26h
 - ZT1 - TLAČENÉ ZTUŽIDLO 140/140, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - ZT2 - TLAČENÉ ZTUŽIDLO 140/140, L = 1550 mm - LLD GL 26h
 - ZT3 - TLAČENÉ ZTUŽIDLO 140/140, L = 4000 mm - LLD GL 26h
 - ZT4 - TLAČENÉ ZTUŽIDLO 140/140, L = 5430 mm - LLD GL 26h
 - ZT5 - TLAČENÉ ZTUŽIDLO 140/140, L = 6280 mm - LLD GL 26h
 - OS1 - OBRUBA SVĚTLÍKU 160/260, L = 5000 mm - LLD GL 26h
 - Z1 - OCELOVÉ ZTUŽIDLO Ø 16 mm, L = 6450 mm - ocel S355
 - Z2 - OCELOVÉ ZTUŽIDLO Ø 16 mm, L = 7780 mm - ocel S355
 - Z3 - OCELOVÉ ZTUŽIDLO Ø 16 mm, L = 5980 mm - ocel S355
 - Z4 - OCELOVÉ ZTUŽIDLO Ø 16 mm, L = 5270 mm - ocel S355
 - Z5 - OCELOVÉ ZTUŽIDLO Ø 16 mm, L = 5180 mm - ocel S355

OBOR:	SI - NC	KATEGORIE:	K134	JMÉNO/PODPIS:	JAN KOUDELKA	
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kukliková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu				FORMÁT:	10x4
					DATUM:	02.01.2021
					MĚŘÍTKO:	1:100
VÝKRES:	Půdorys zastřešení				Č. VÝKRESU:	3



Skladby konstrukcí:

1... Skladba střešního pláště

- Kingspan panel TOP - DEK (TI 100 mm) 130 mm
- Vaznice

2... Skladba ledové plochy

- Led 30 mm
- Betonová deska s chladicím potrubím Ø 30 mm 130 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Extrudovaný polystyren 140 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- PVC fólie ALKORPLAN 1 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Železobetonová základová deska s ohřevným potrubím 150 mm
- Podkladní kamenivo (drenážní vrstva) 500 mm
- Rostlý terén

3... Skladba mimo ledovou plochu

- Železobetonová deska 160 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Extrudovaný polystyren 100 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- PVC fólie ALKORPLAN 1 mm
- FILTEK 300 (separační fólie)
- Podkladní beton 150 mm
- Podkladní kamenivo 200 mm
- Rostlý terén

4... Světlík (střešní část)

- Kingspan panel TOP - DEK (TI 100 mm) 130 mm
- Jákl 70 x 70 x 4

5... Světlík (boční část)

- Kingspan panel KS 1000 AWP 100 mm
- Jákl 70 x 70 x 4

Legenda:

- Lepené lamelové dřevo GL 26h
- Hydroizolace
- Sendvičový panel Kingspan
- Tepelná izolace
- Rostlý terén
- Podkladní kamenivo
- Nasypná zemina
- Beton prostý
- Beton vyztužený

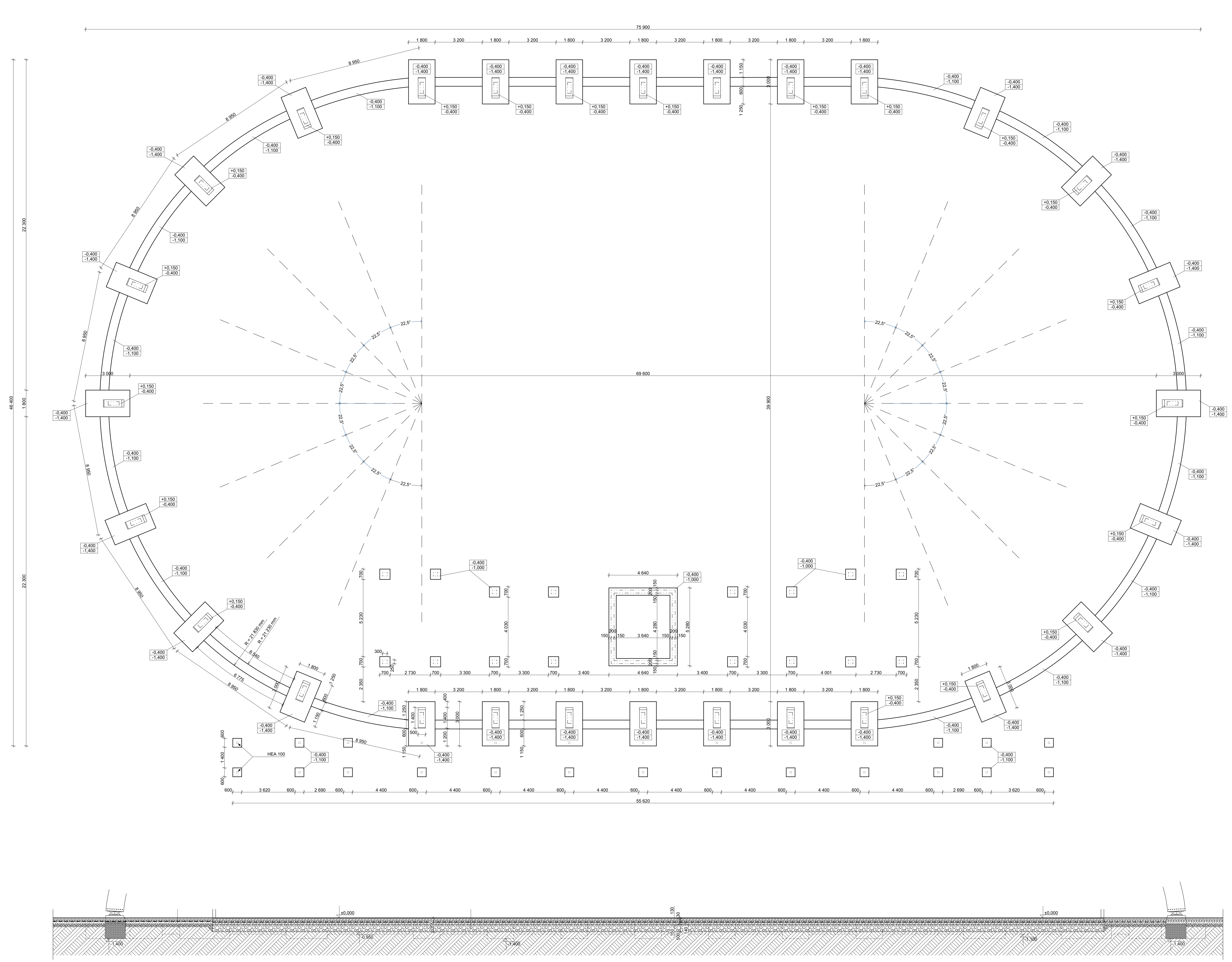
Materiál:

- dřevo GL 26h
- ocel S235, S355
- svorníky 6.6
- beton C20/25, C30/37

± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV

OBOR:	SI - NC	KATEDRA:	K134	JMÉNO/PODPIS:	JAN KOUDELKA		ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.				
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu				FORMÁT:	8xA4	
					DATUM:	02.01.2021	
					MĚŘÍTKO:	1:100	
VÝKRES:	Podélný řez				Č. VÝKRESU:	5	

Půdorys základů



- Legenda:**
- Lepené lamelové dřevo GL 26h
 - Hydroizolace
 - Sendvičový panel Kingspan
 - Tepelná izolace
 - Rostlý terén
 - Podkladní kamenivo
 - Beton prostý
 - Beton vycištěný

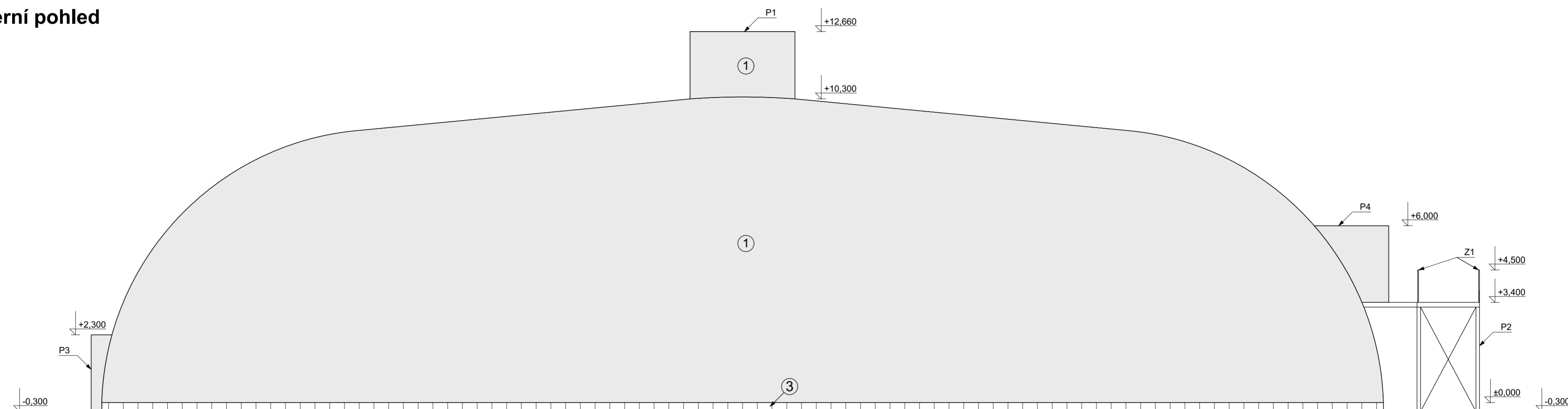
- Materiál:**
- dřevo GL 26h
 - ocel S235, S355
 - svorníky 6.6, 8.8
 - beton C20/25

Základové konstrukce: beton C20/25 - XC2 - Dmax16 - CIO,2 - S3

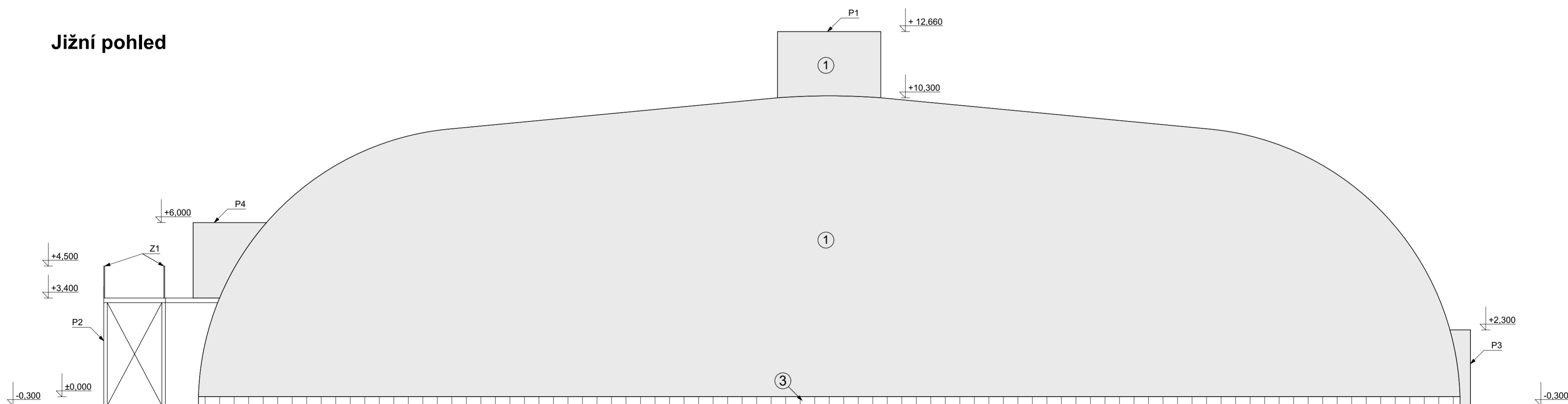
± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV

OBOR: SI - NC	KATEDRA: K134	JMÉNO PŘÍPISU: JAN KOUBEK	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ROČNÍK: Druhý	VEDOUČÍ: Ing. Anna Klávková, Ph.D.		
TÉMA: Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu			FORMÁT: 16xA4
VYKRES: Základy			DATAUM: 02.01.2021
			MĚŘÍTKO: 1:100
			G. VYKRESIL: 6

Severní pohled



Jižní pohled




Legenda:

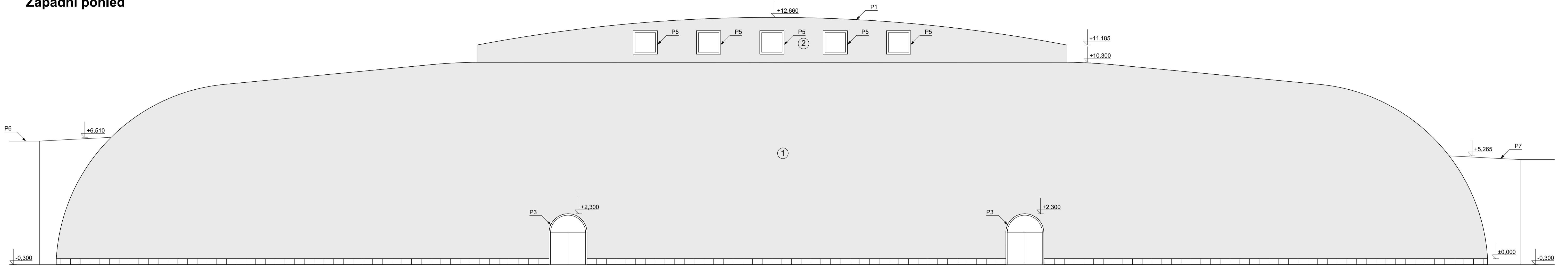
- 1 KINGSPAN TOP - DEK (TI 100 mm) tl. 130 mm
- 2 KINGSPAN KS 1000 AWP tl. 100 mm
- 3 Soklová omítka

- Z1 Zábradlí - zinek
- P1 Ocelový světlík
- P2 Ocelový ochoz
- P3 Únikový východ
- P4 Krytý vstup do objektu
- P5 prosvětlovací otvory
- P6 Sportovní zázemí
- P7 Technické zázemí

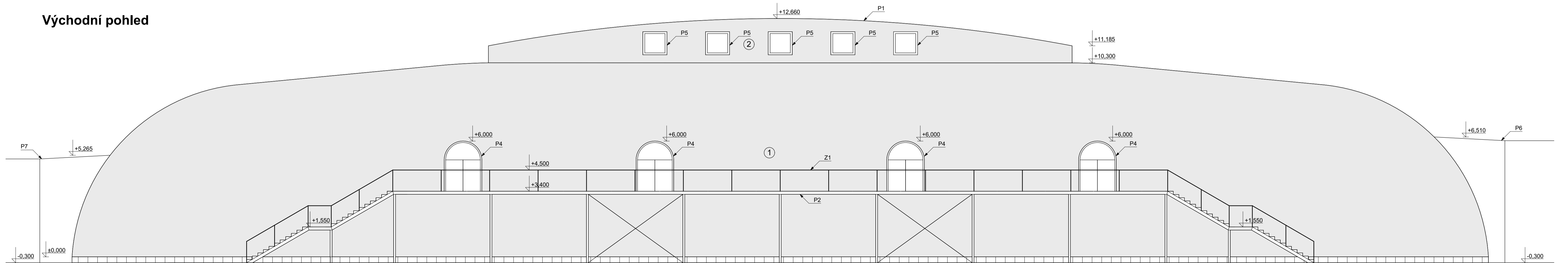
± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA	
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:		
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.		
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT: 8 x A4
			DATUM: 02.01.2021
			MĚŘÍTKO: 1:100
VÝKRES: Severní a jižní pohled			č. VÝKRESU: 7

Západní pohled



Východní pohled




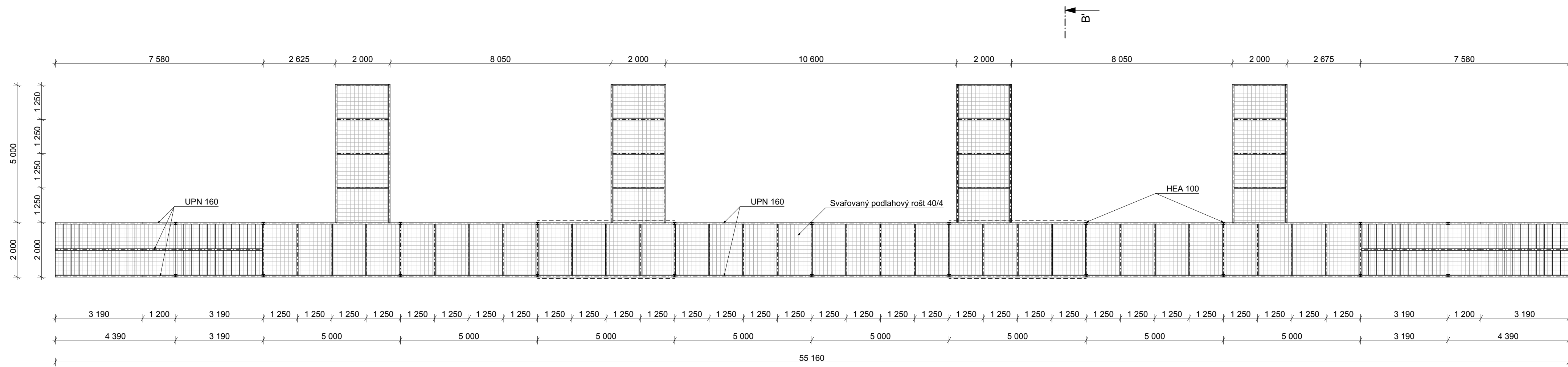
Legenda:

- 1 KINGSPAN TOP - DEK (T1 100 mm) tl. 130 mm
- 2 KINGSPAN KS 1000 AWP tl. 100 mm
- 3 Soklová omítka

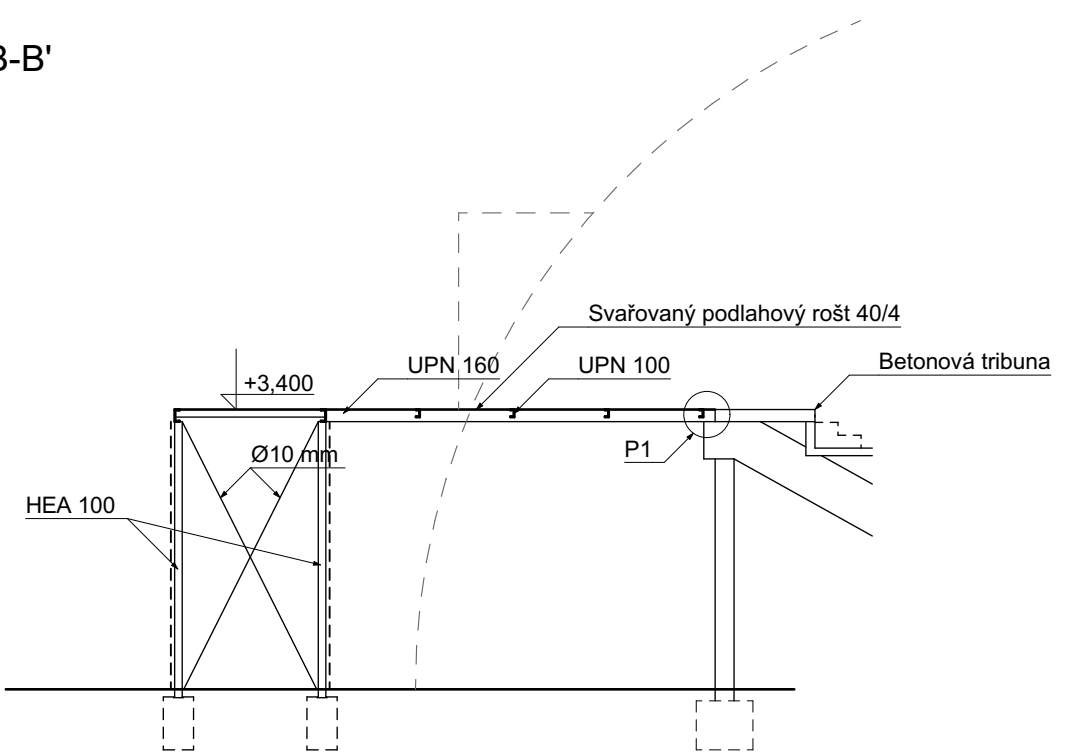
- Z1 Zábradlí - zinek
- P1 Ocelový světlík
- P2 Ocelový ochoz
- P3 Únikový východ
- P4 Krytý vstup do objektu
- P5 prosvětlovací otvory
- P6 Sportovní zázemí
- P7 Technické zázemí

± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV

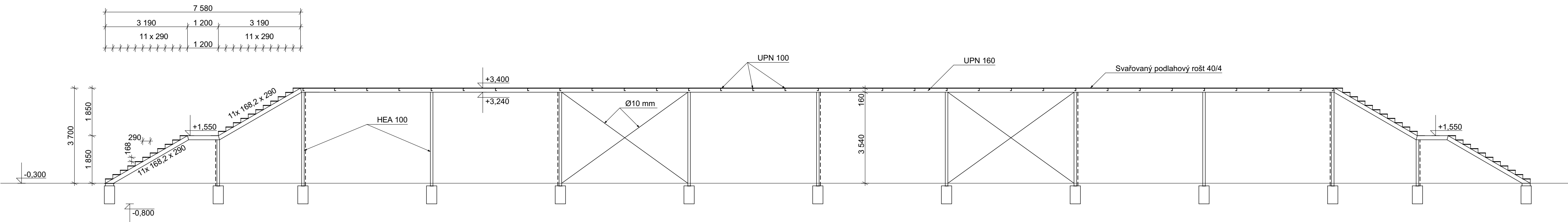
OBOR: SI - NC	KATEDRA: K134	JMÉNO/PODPIS: JAN KOUDELKA	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ROČNÍK: Druhý	VEDOUČÍ: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.		
TÉMA: Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu	FORMÁT: 8xA4	DATUM: 02.01.2021	
VÝKRES: Východní a západní pohled	MĚŘÍTKO: 1:100	Č. VÝKRESU: 8	



ŘEZ B-B'



ŘEZ A-A'




Poznámky:

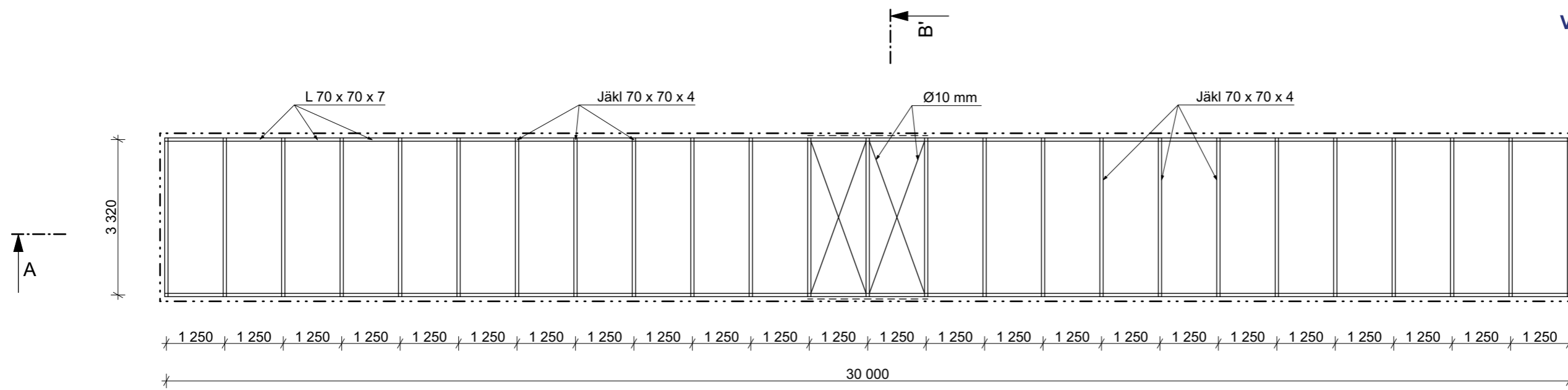
P1 ... přivařeno k "praporku" předem zabetonovaném v betonovém prefabrikátu

Materiál:

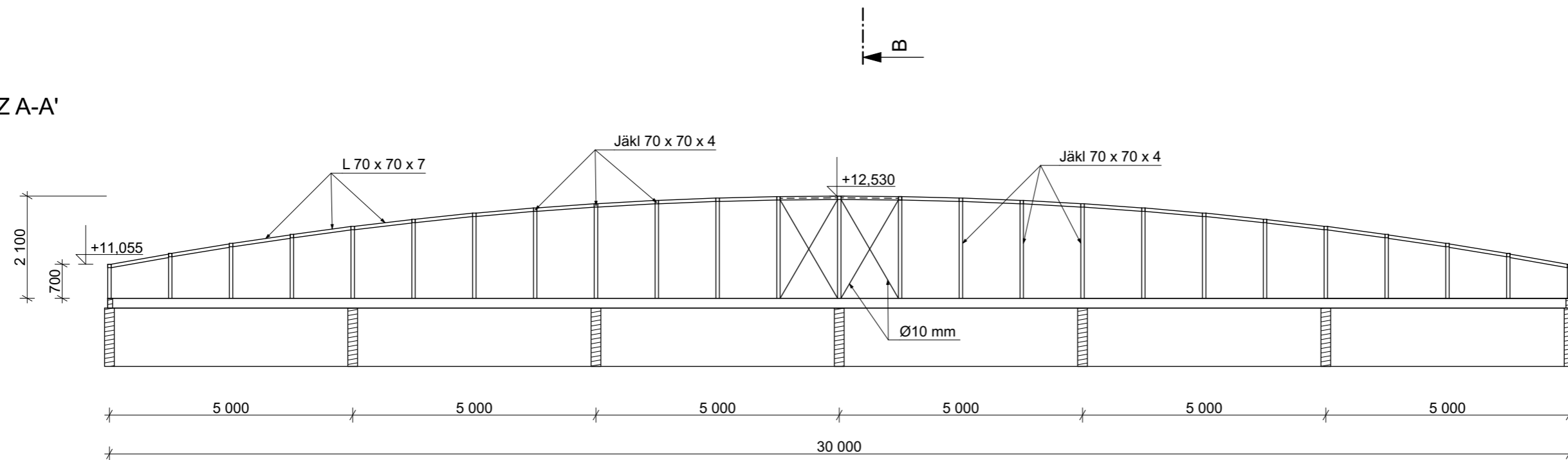
- ocel S235, S355

± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV

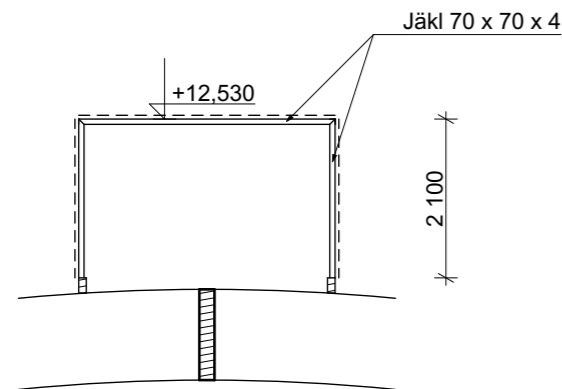
OBOR:	SI - NC	KATEDRA:	K134	JMÉNO/PODPIS:	JAN KOUDELKA	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kukliková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu				FORMÁT:	4xA4
					DATUM:	02.01.2021
					MĚŘÍTKO:	1:100
VÝKRES:	Ocelový ochoz				Č. VÝKRESU:	9



ŘEZ A-A'




ŘEZ B-B'

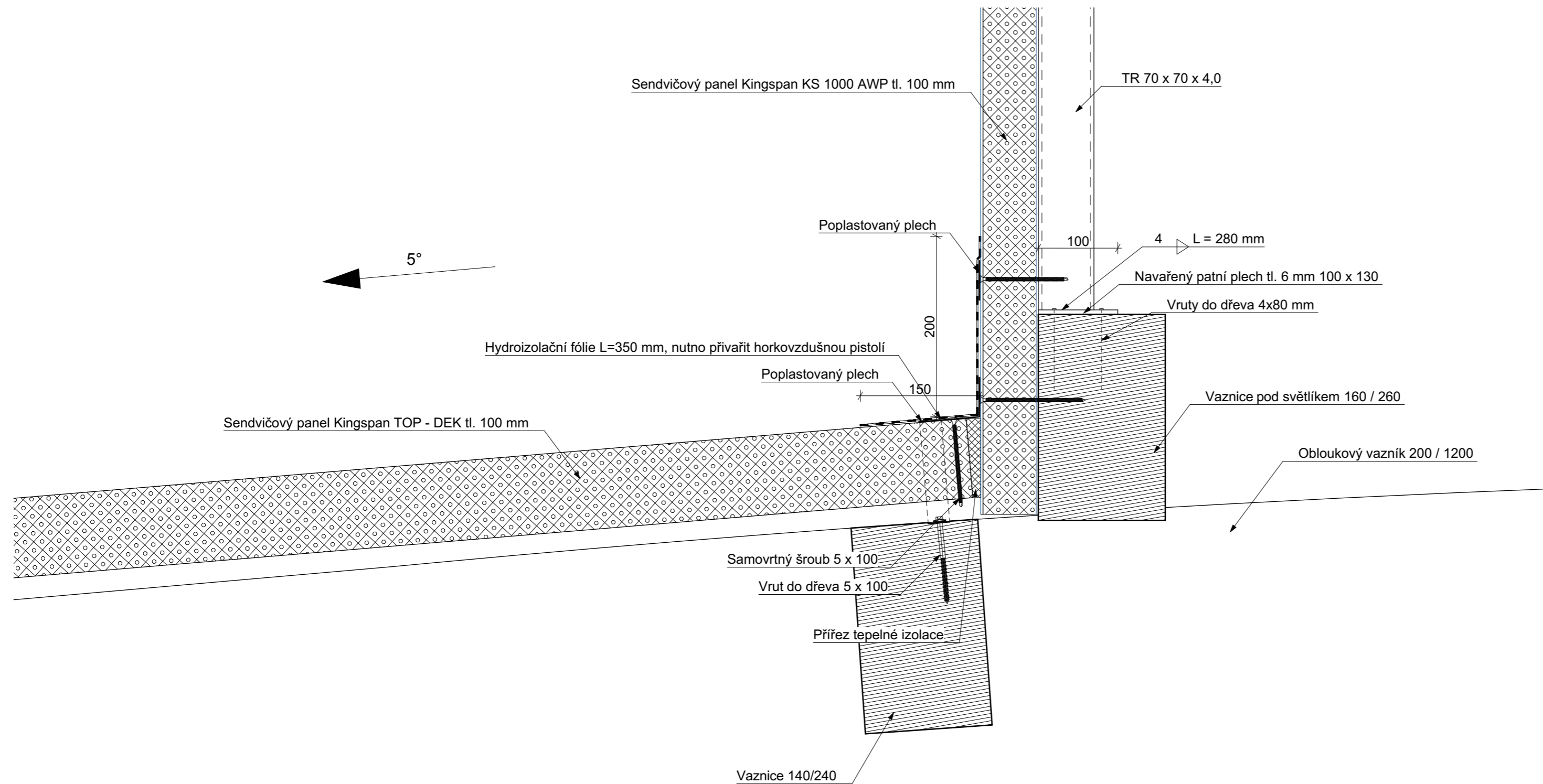


Materiál:

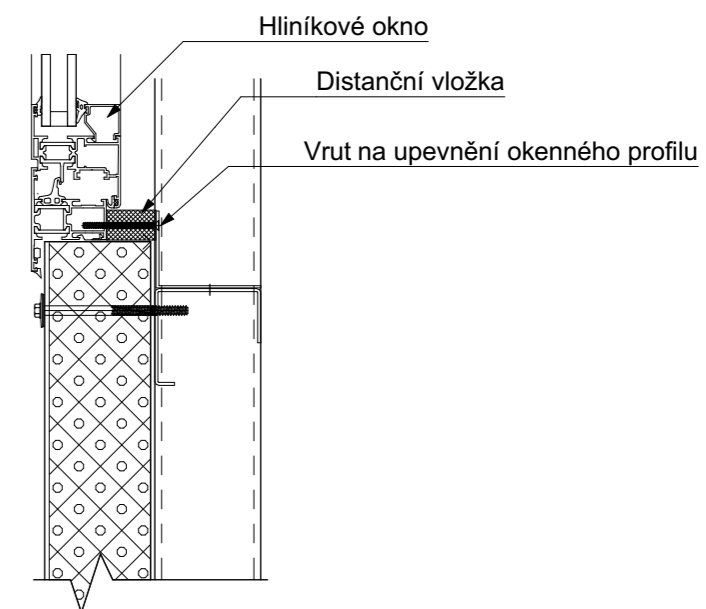
- dřevo GL 26h
- ocel S235, S355

± 0,000 = 287,000 m.n.m. BpV



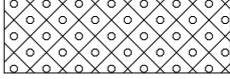
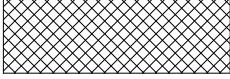
OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	2 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:100
VÝKRES:	Ocelový světlík		č. VÝKRESU:	10




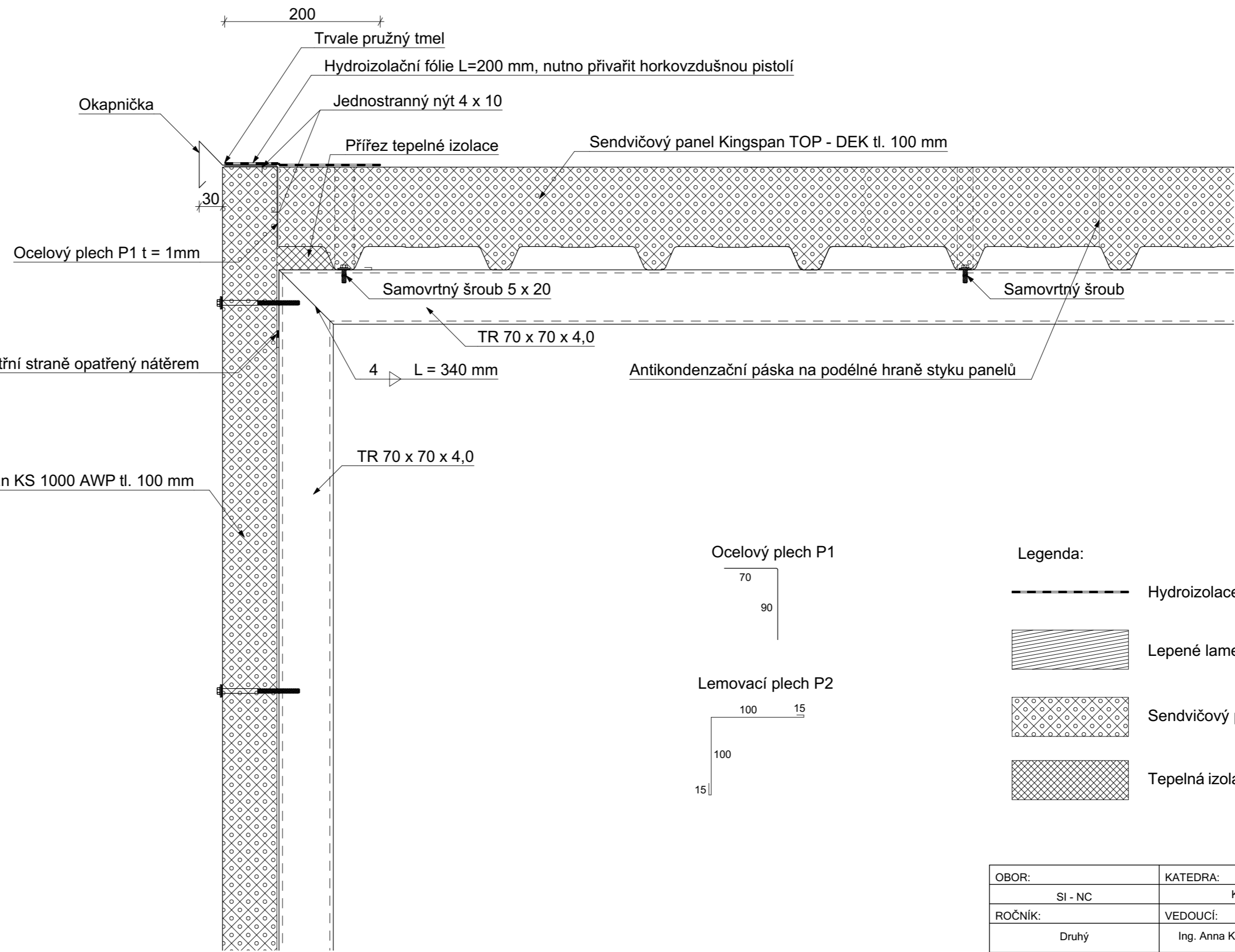
Řez oknem ve světlíku:



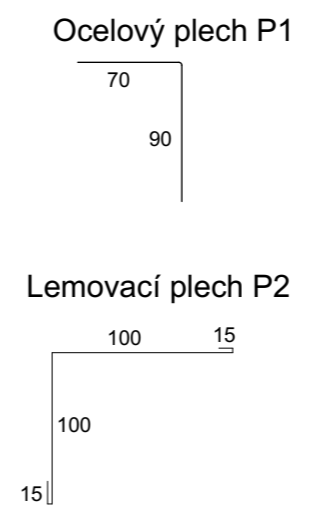
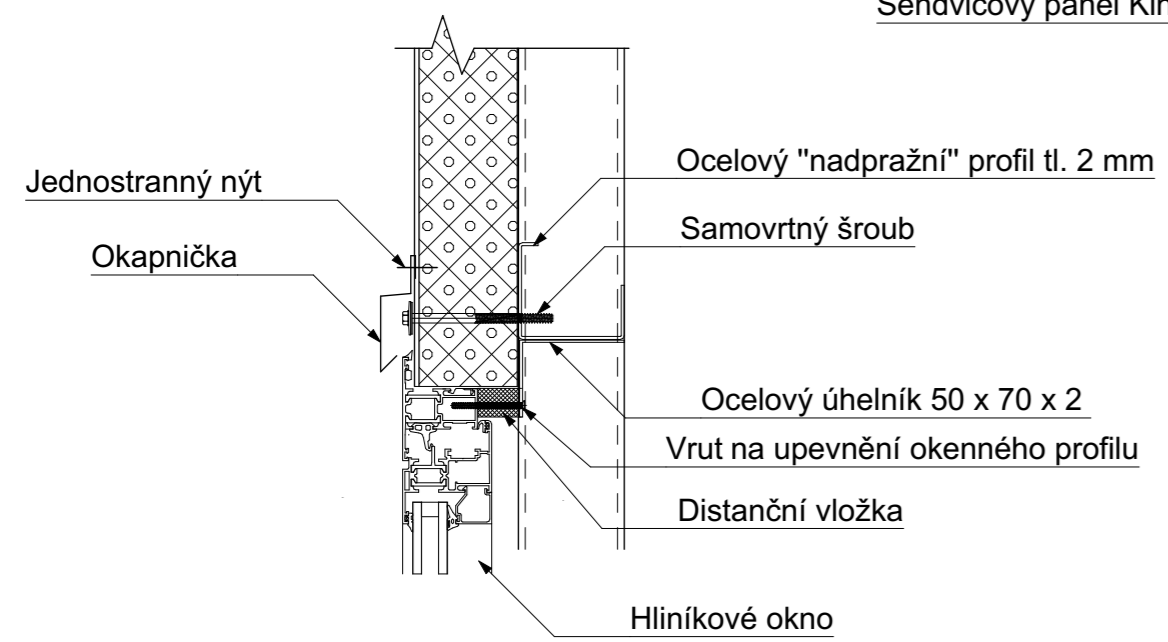
Legenda:

-  Hydroizolace
-  Lepené lamelové dřevo GL 26h
-  Sendvičový panel Kingspan
-  Tepelná izolace

OBOR:	SI - NC	KATEDRA:	K134	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.	JAN KOUDELKA		
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu			FORMÁT:		3 x A4
					DATUM:	02.01.2021
					MĚŘÍTKO:	1:5
VÝKRES:	Detail A			č. VÝKRESU:	11	



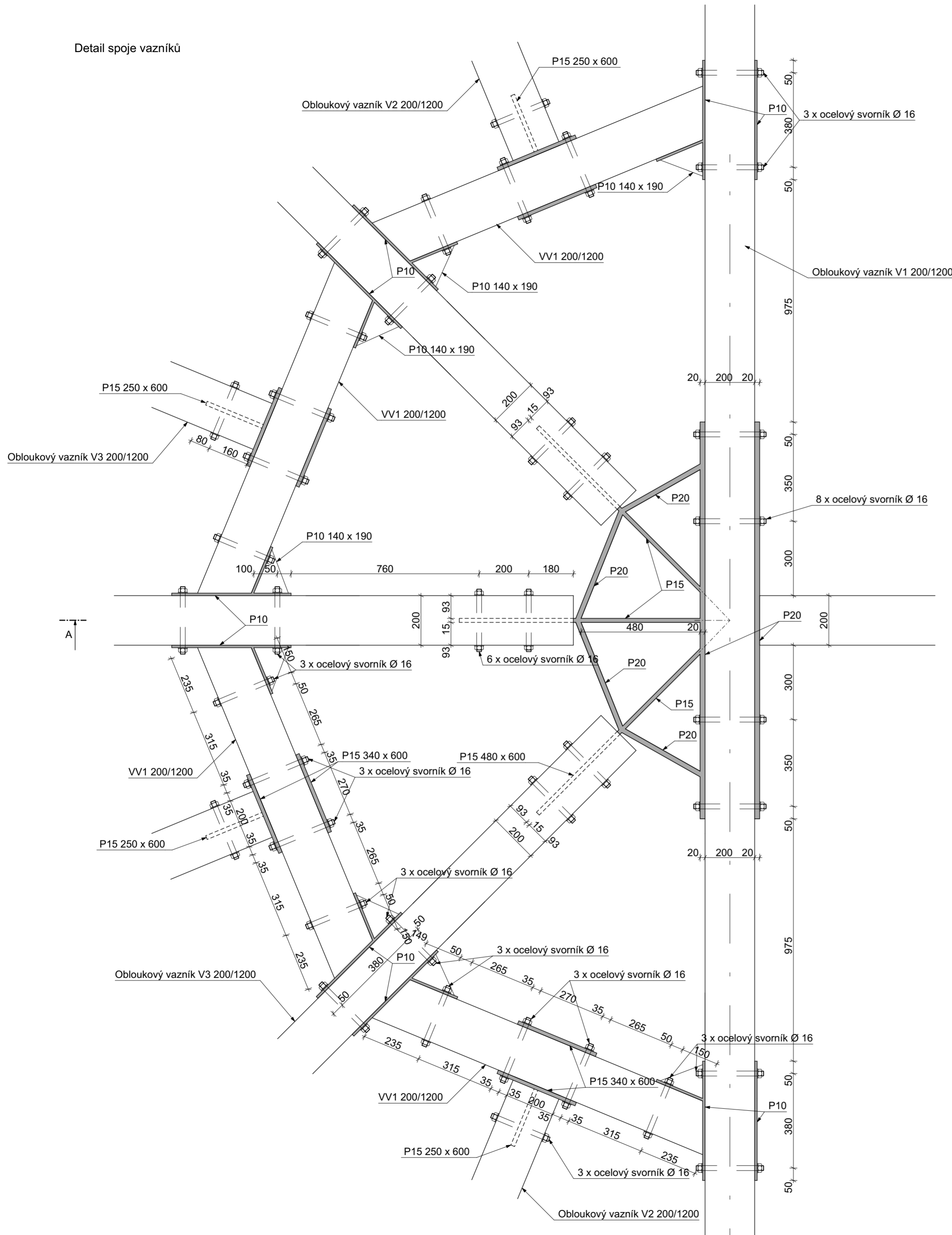
Řez oknem ve světlíku:



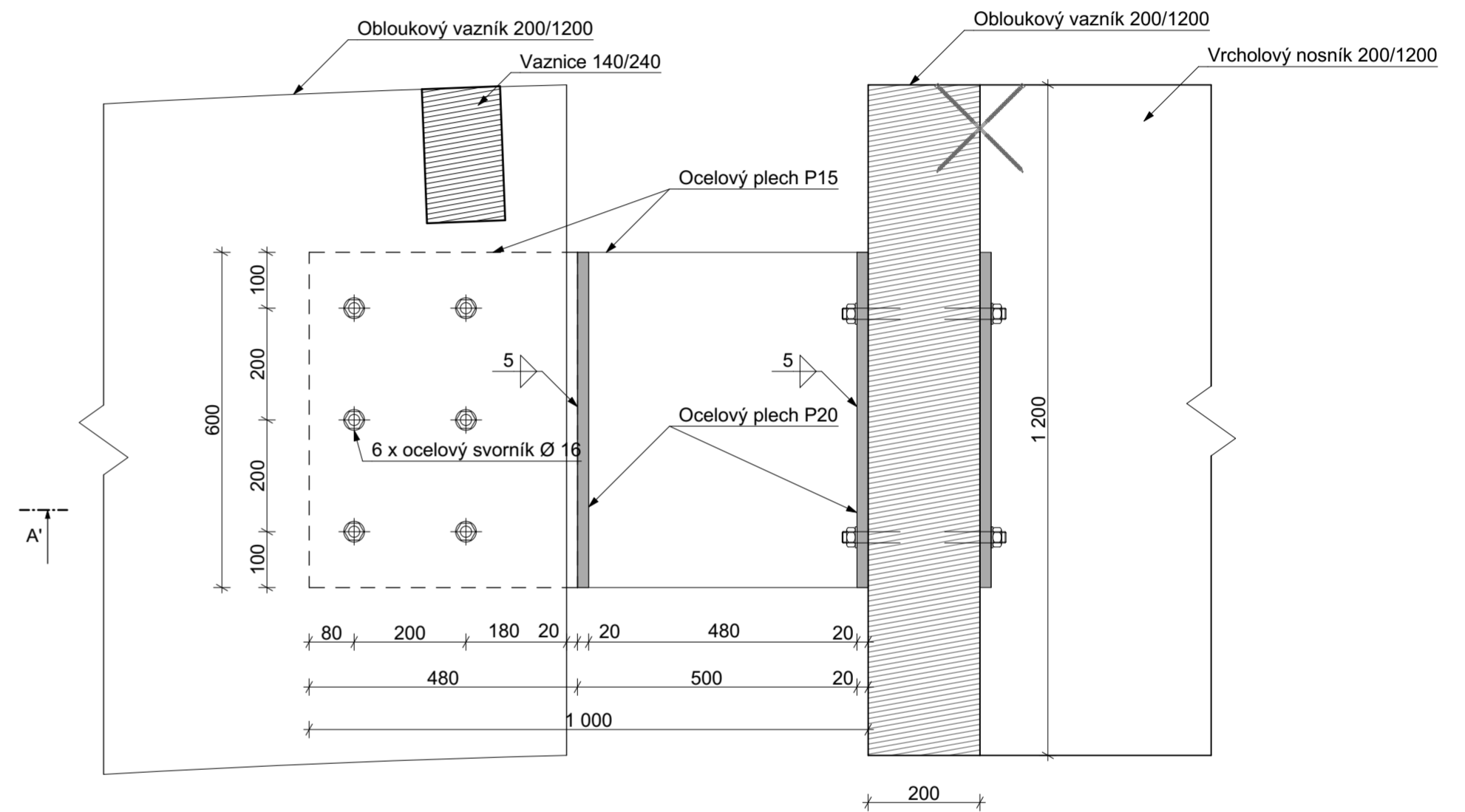
- Legenda:
- Hydroizolace
 - Lepené lamelové dřevo GL 26h
 - Sendvičový panel Kingspan
 - Tepelná izolace

OBOR:	SI - NC	KATEDRA:	K134	JMÉNO/PODPIS:	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
ROČNÍK:	Druhý	VEDOUČÍ:	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.	JAN KOUDELKA		
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu			FORMÁT:		3 x A4
					DATUM:	02.01.2021
					MĚŘÍTKO:	1:5
VÝKRES:	Detail B				č. VÝKRESU:	12

Detail spoje vazníků




Řez A-A'

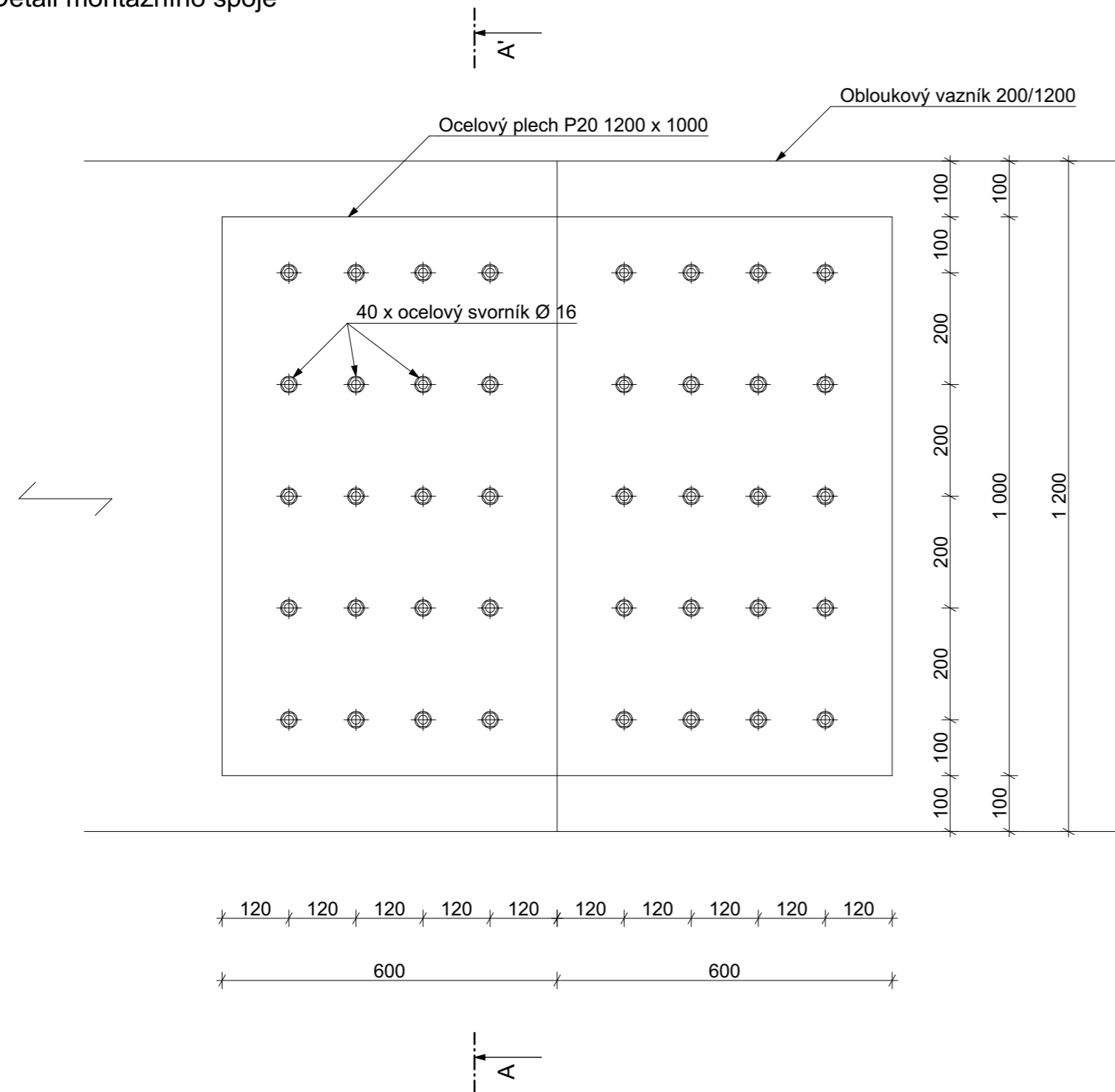


Materiál:

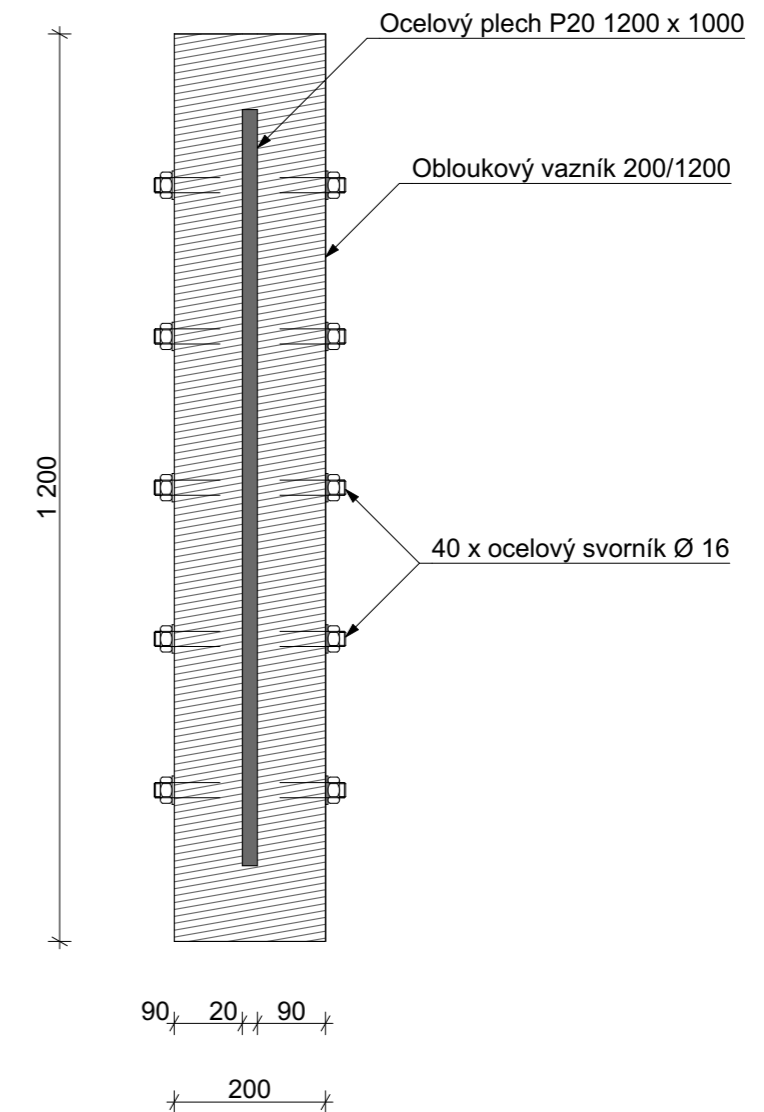
- dřevo GL 26h
- ocel S235
- svorníky 6.6

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUcí:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	8 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:10
VÝKRES:	Detail D		č. VÝKRESU:	14



Detail montážního spoje



Řez A-A'




Legenda:

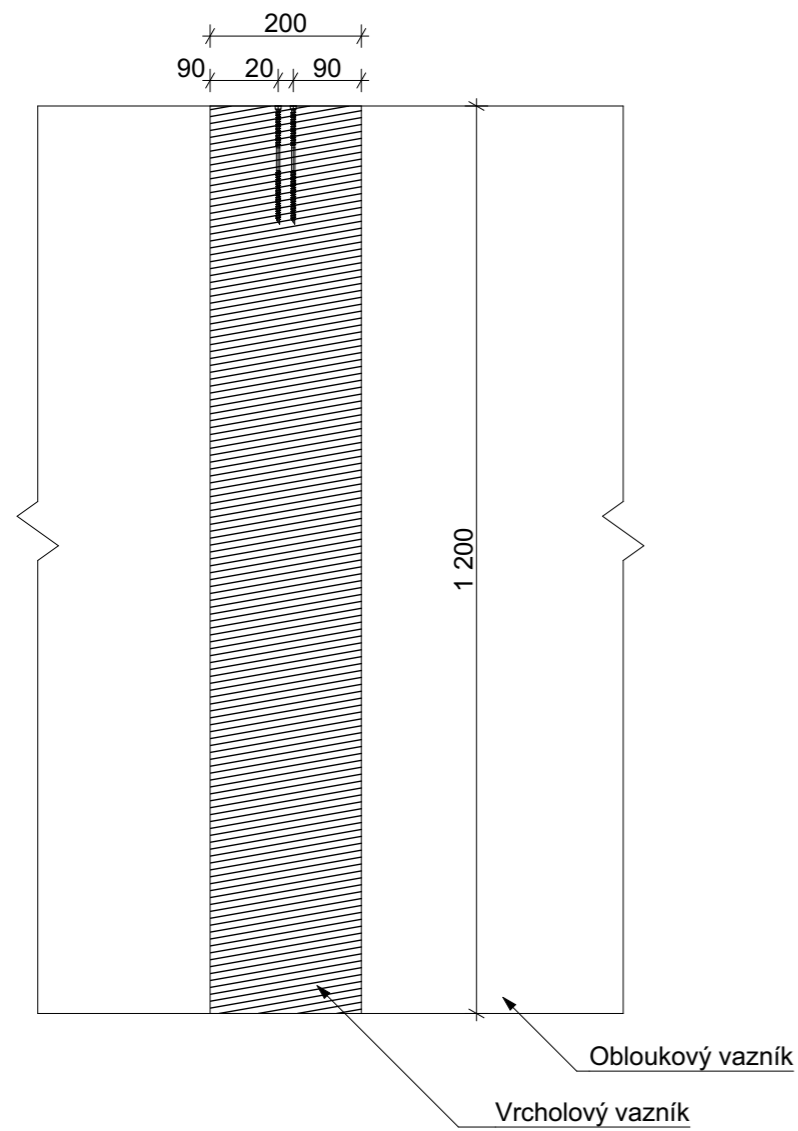
-  Lepené lamelové dřevo GL 26h
-  Ocelový plech S235

Materiál:

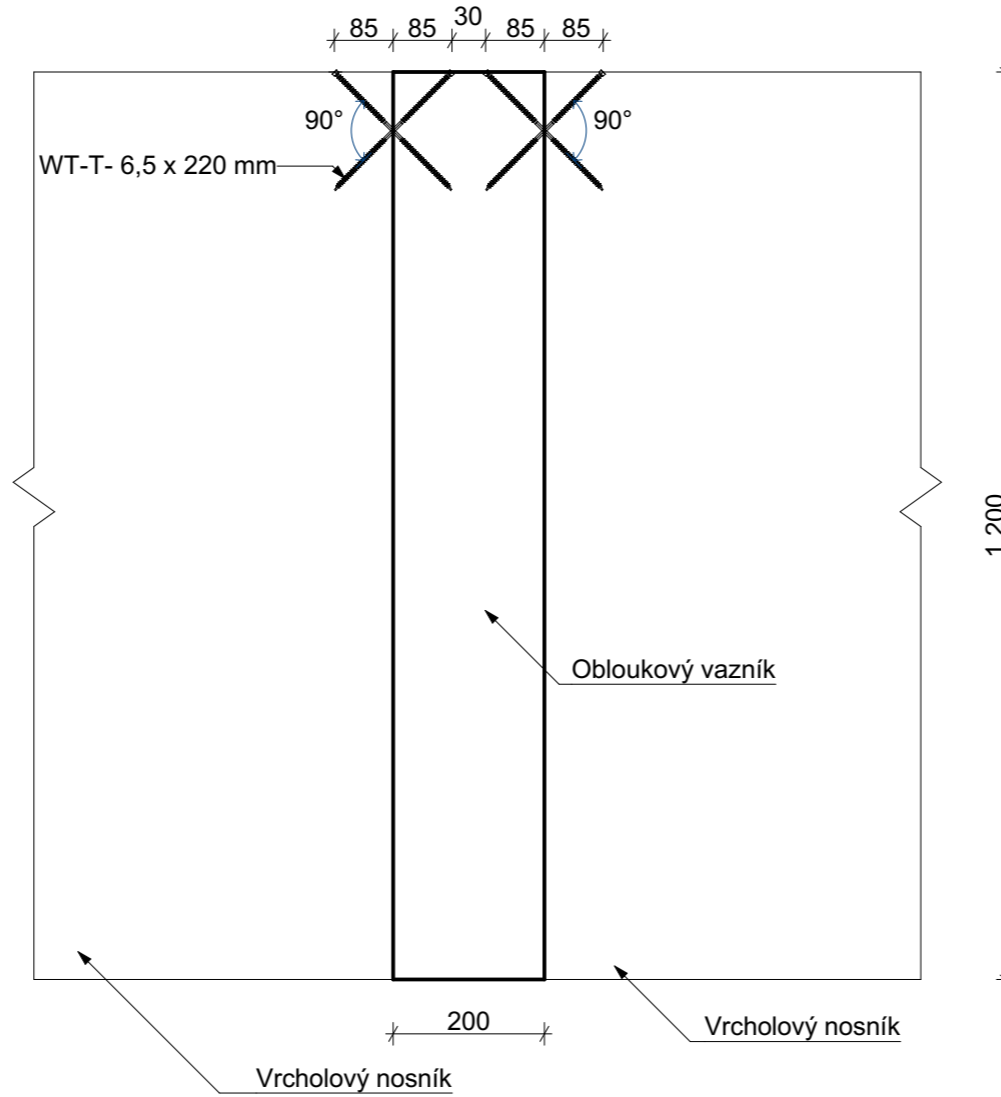
- dřevo GL 26h
- ocel S355
- svorníky 6.6

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	2 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:10
VÝKRES:	Detail E		č. VÝKRESU:	15

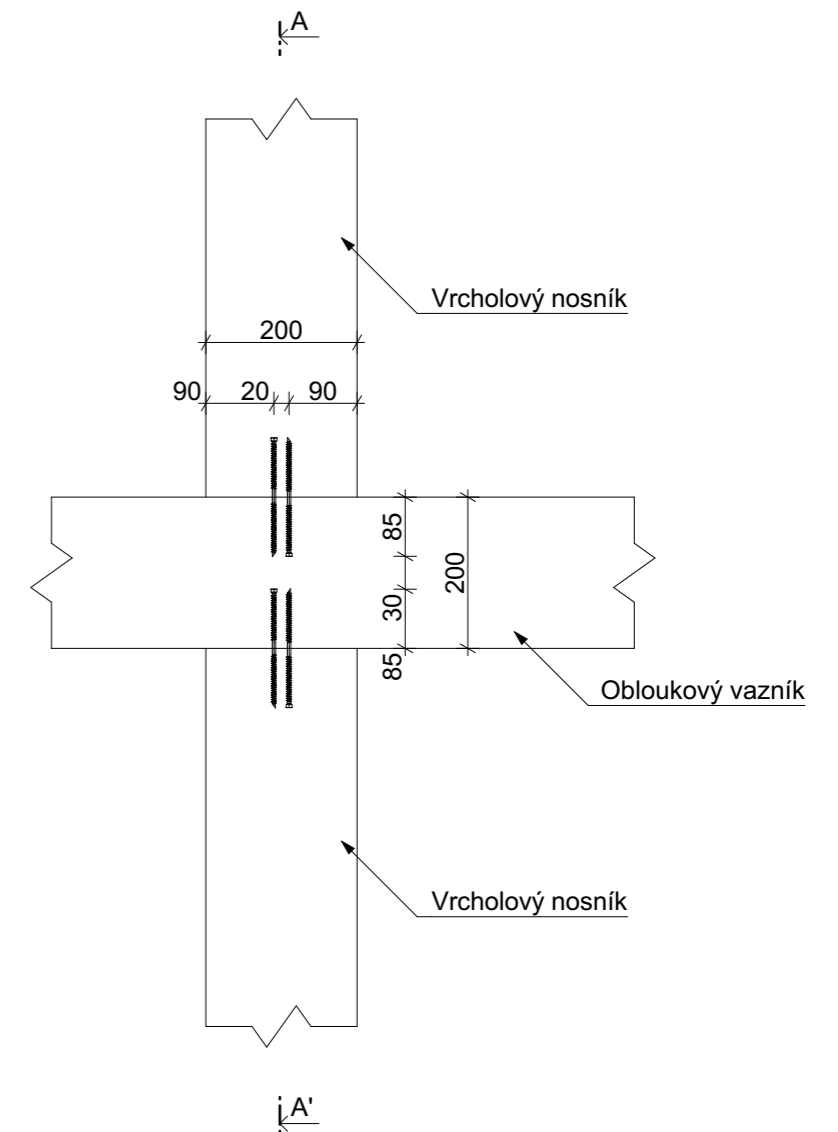
PŘIPOJENÍ VRCHOLOVÝ VAZNÍK - VAZNÍK



ŘEZ A-A'




HORNÍ POHLED



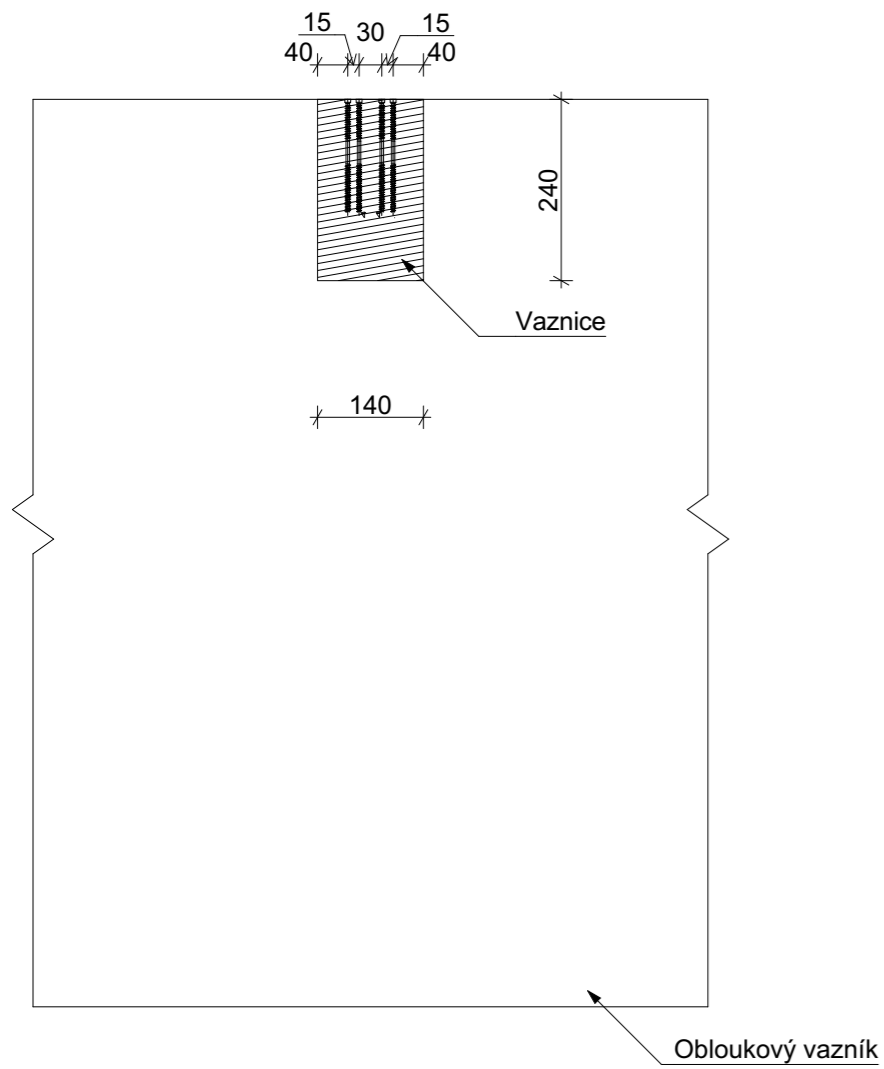
Materiál:

Obloukový vazník
 Vrcholový vazník
 Upevňovací prostředek

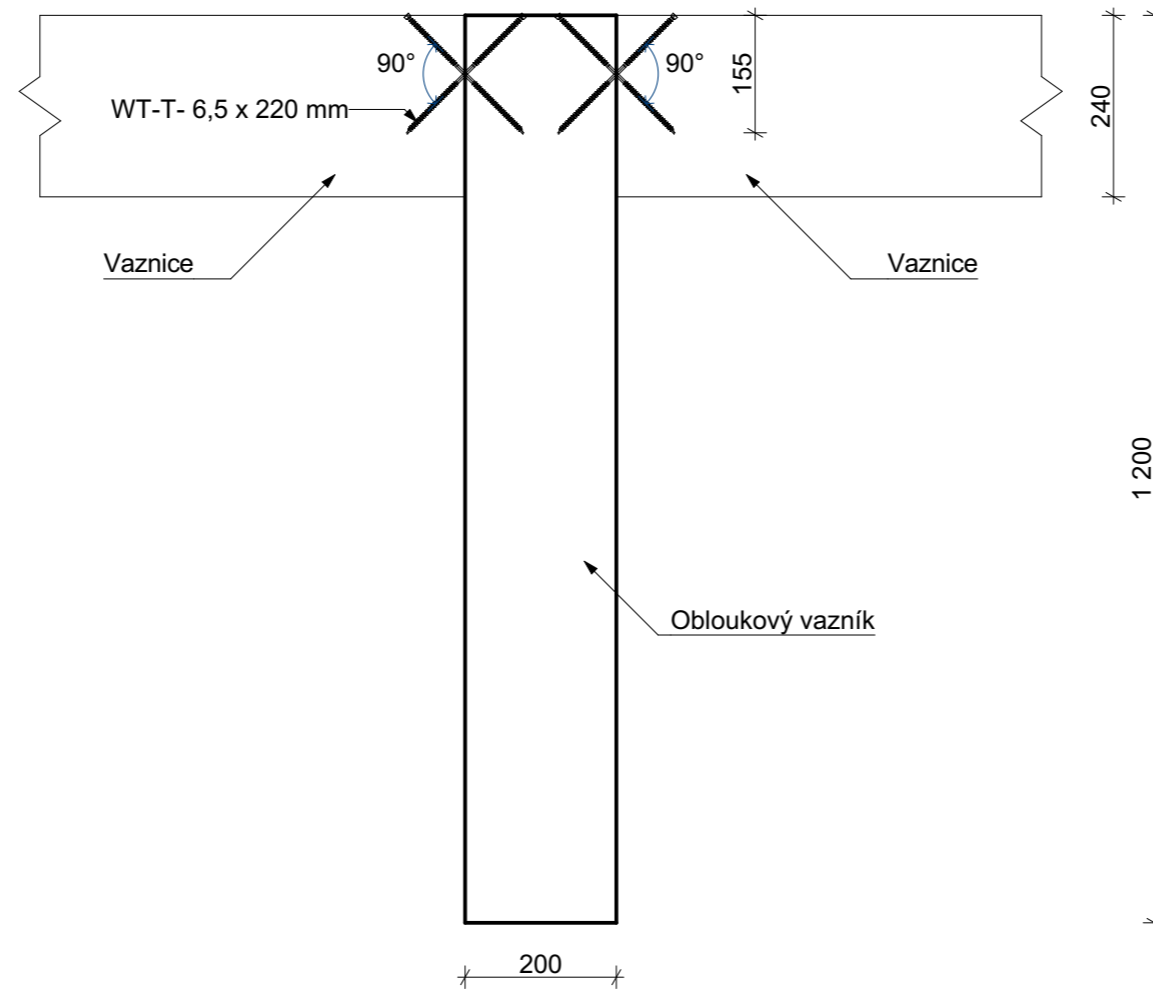
dřevo GL 26h
 dřevo GL 26h
 uhlíková ocel

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	2 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:10
VÝKRES:	Detail F		č. VÝKRESU:	16

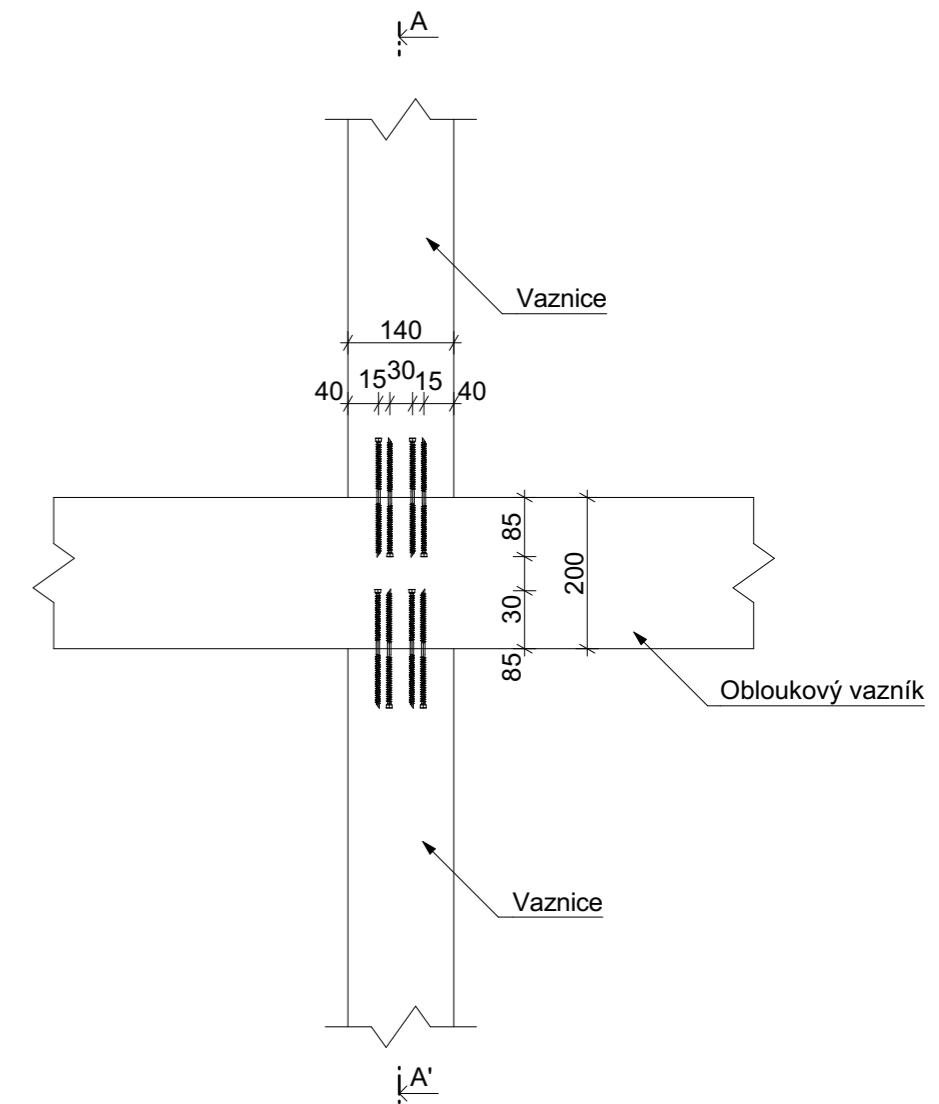
PŘIPOJENÍ VAZNICE - VAZNÍK



ŘEZ A-A'




HORNÍ POHLED



Materiál:

Obloukový vazník
Vaznice
Upevňovací prostředek

dřevo GL 26h
dřevo GL 26h
uhlíková ocel

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO/PODPIS:	 ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
SI - NC	K134	JAN KOUDELKA		
ROČNÍK:	VEDOUČÍ:			
Druhý	Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.			
TÉMA:	Dřevěná konstrukce zastřešení zimního stadionu		FORMÁT:	2 x A4
			DATUM:	02.01.2021
			MĚŘÍTKO:	1:10
VÝKRES:	Detail G		č. VÝKRESU:	17

