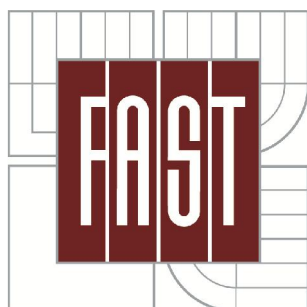


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V
BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

RELAXAČNÍ CENTRUM

RELAX CENTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JÍŘÍ GÁLIK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. JAN BARNAT, P.HD.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jiří Gálik


Název Relaxační centrum


Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Marcela Karmazinová, CSc.
Vedoucí ústavu


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



Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1995- Navrhování dřevěných konstrukcí
- [5] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985
- [6] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998

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

Vypracujte návrh a posouzení hlavních nosných částí konstrukce objektu Relax centra. Minimální půdorysné rozměry budovy jsou 28 x 45 m. Minimální světlá výška v objektu je 6 m. Proveďte návrh nosné konstrukce v souladu s technickými a architektonickými požadavky souvisejícími s účelem stavby. Klimatické zatížení uvažujte pro oblast obce Brno. Pro návrh konstrukce použijte prvky z rostlého nebo lepeného lamelového dřeva nebo z oceli běžných pevností. Návrh zpracujte předběžně ve dvou konstrukčních variantách, proveďte zhodnocení variant a vybranou variantu zpracujte v detailním řešení. Rozsah výkresové části zpracujte dle pokynu vedoucího práce.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Jan Barnat, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Anotace:

Cílem této bakalářské práce je navržení zastřešení Relaxačního centra v Brně a co nejefektivněji využít všechny konstrukční prvky. Základním stavebním materiálem je lepené lamelové dřevo a masivní dřevo, což výrazně zpříjemňuje atmosféru pro návštěvníky. Velký rozměr konstrukce umožňuje variabilitu pro umístování různých vodních ploch a atrakcí.

Annotation:

The main aim of this bachelor's thesis is to project roof of Relax center in Brno and effectively use all structural elements. Basic building materials are glued laminated timber and solid timber, that improves interior ambience for visitors a lot. Big dimension of construction allows variability to place diverse water areas and attractions.

Klíčová slova:

Zastřešení haly, lepené lamelové dřevo, masivní dřevo, obloukový vazník

Key words:

Roofing hall, glued laminated timber, solid timber, arched truss

Prohlášení:

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

V Brně dne 30.5.2014



.....
podpis autora

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané typ práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 30.5.2014



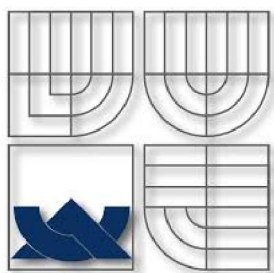
titul jméno a příjmení studenta

Poděkování

Tímto chci poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Janu Barnatovi P.hD. za cenné rady při navrhování konstrukce a konstrukčních detailů. Zejména potom za vysvětlení možné realizace navrhovaných řešení na stavbě.

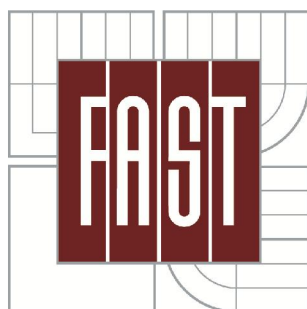
Dále musím poděkovat Ing. Jakubu Harazímovi ze společnosti Dlubal, za instruktáž při modelování konstrukce v softwaru Rfem a vysvětlení funkcí programu.

Děkuji.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V
BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

JIŘÍ GÁLIK

**VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR**

ING. JAN BARNAT, P.HD.

BRNO 2014

OBSAH:

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI	5
1.1 POPIS STATICKÉHO PŮSOBENÍ	6
1.2 PROSTOROVÝ GRAFICKÝ MODEL	7
2. ZATÍŽENÍ	8
2.1. Stálé zatížení	8
2.2. Proměnné zatížení	10
2.2.1 Sníh.....	10
2.2.2 Vítr.....	12
3. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	16
3.1 Výpis zatěžovacích stavů.....	16
3.2 Mezní stav únosnosti	17
3.3 Mezní stav použitelnosti	17
3.4. Výpočet zatížení	18
ZS 1 - Vlastní tíha konstrukce	19
ZS 2 - Ostatní stálé	19
ZS 3 - Sníh rovnoměrný celý.....	20
ZS 4 - Sníh navátý I - válcové střechy	21
ZS 5 - Sníh navátý II - válcové střechy	22
ZS 6 - Vítr příčný - zatížení větrem na střechu	23
ZS 7 - Vítr podélný.....	24
3.6 Vnitřní síly na konstrukci.....	26
4. POSOUZENÍ PRVKŮ.....	28
4.1. Vaznice	28
4.1.1 Charakteristické hodnoty.....	28
4.1.2 Geometrické schéma	28
4.1.3. Mezní stav únosnosti (I. MS).....	29
4.1.4. Mezní stav použitelnosti (II. MS).....	31
4.2. Posouzení vazníku	34
4.2.1 Charakteristické hodnoty.....	34
4.2.2 Geometrické schéma	35
4.2.3 Posouzení nosníku v krajní obloukové části	38
4.2.3 Posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům.....	39
5.2.5 Vzpěr a klopení.....	40

4.2.5.1 V rovině vazníku	40
4.2.5.2 Zroviny vazníku	42
4.2.6 Posouzení na kombinaci vzpěru s ohybem	43
4.2.7 Posouzení na klopení v kombinaci s tlakem	43
4.2.8 Smykové napětí.....	44
4.2.9 Kombinace tahu kolmo k vláknům a smyku	44
4.2.10. Posouzení na kroucení	45
4.2.11 Posouzení na průhyb.....	46
4.3. Posouzení paždíku.....	47
4.3.1 Charakteristické hodnoty.....	47
4.3.2 Geometrické schéma	48
4.3.3 Posouzení na ohyb a osový tlak	49
4.3.4 Posouzení na vzpěr	49
4.4. Posouzení ztužidel.....	51
4.4.1 Charakteristické hodnoty.....	51
4.4.2 Geometrické schéma	51
4.4.3 Posouzení na tah.....	51
6. KOTEVNÍ SPOJE.....	53
6.1. Posouzení připojení vazníku na ŽB patku	53
6.1.1 Reakce	53
6.1.2 Posouzení na tlak	55
6.1.3 Posouzení na smyk.....	58
6.1.4 Smyková síla a kroutící moment	60
6.1.5 Posouzení ocelového šroubu	61
6.1.6 Posouzení na smyk.....	62
6.1.7 Posouzení na ohyb	62
6.1.8 Posouzení na kombinaci ohybu a smyku	63
6.1.9 Posouzení vnějších desek.....	63
6.1.10 Posouzení svaru	63
7 MONTÁŽNÍ SPOJE	66
7.1 Posouzení spoje vazníku	66
7.2 Posouzení spoje vaznic s vazníkem.....	70
7.3 Připojení ztužidel k vazníku.....	72

1 TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	76
1.1 Úvod	76
1.2 Konstrukční řešení.....	76
1.3 Materiály.....	77
1.3.1 Materiálové charakteristiky:.....	77
1.4 Zatížení.....	78
1.5 Statický výpočet	78
1.6 Spoje prvků.....	79
1.6.1 Spoj vazník – ŽB patka.....	79
1.6.2 Spoj vazník – vazník.....	79
1.6.3 Spoj vaznice - vazník.....	79
1.6.4 Spoj vaznice - ztužidlo	79
1.7 Skladba střešního pláště	79
1.8 Štítové stěny.....	80
1.9 Ochrana konstrukce	80
1.9.1 Ochrana dřevěných prvků proti vlhkosti, houbám a dřevokaznému hmyzu.....	80
1.9.2 Ochrana dřevěných prvků proti požáru	80
1.9.3 Ochrana ocelových prvků proti korozi	80
1.10 Výroba konstrukce	80
1.11 Doprava	81
1.12 Návrh postupu montáže	81
Seznam použité literatury.....	82
Webové stránky	82
Seznam příloh.....	82

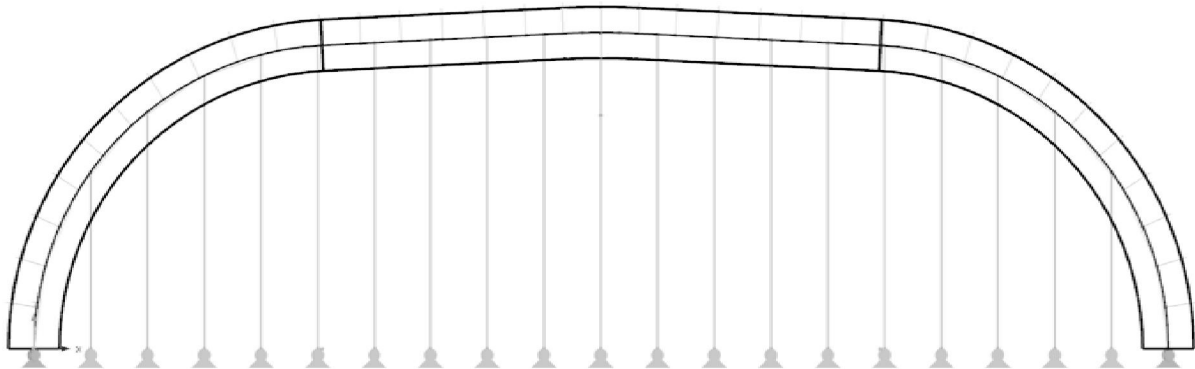
1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI

Předmětem bakalářské práce je nosná konstrukce zastřešení relaxačního centra v Brně. Uvnitř stavby bude umístěn bazén. Maximální rozměry bazénu mohou být 50x20m. Zastřešení je navrženo na půdorysné rozměry 60 x 30 m. Základní nosná konstrukce se stává z lepených vazníků s vaznicemi. Nosná konstrukce bočních stěn je tvořena soustavou paždíků. Statický výpočet byl vypracován v souladu s těmito standardy:

- ČSN EN 73 1701: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1:
Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1:
Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1:
Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1:
Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1991-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8:
Navrhování styčníků
- ČSN EN 1990: Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí

1.1 POPIS STATICKÉHO PŮSOBENÍ

Hlavní nosná část - vazníky



- Dvou-kloubový rám tvořený ze 3 částí pro usnadnění přepravy dílů
- krajní oblouky o poloměru 8 m, vrcholový oblouk o poloměru 20 m
- materiál lepené lamelové dřevo
- třída provozu 2 je charakterizována vlhkostí materiálu odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85% pouze po několik týdnů v roce.

Střešní konstrukce - vaznice

- Prostý nosník, kloubově uložený ($\varphi_y = 0$; $\varphi_z = 0$)
- délka vaznice je 3 metry, osová vzdálenost vaznic po obvodu vazníků je 1,1m
- ve statickém modelu jsou vaznice připojeny na excentricitě, tak aby lícovaly s horní plochou vazníků
- materiál masivní průřez; topolné a jehličnaté dřevo
- vaznice přenášejí zatížení ze střešního pláště do vazníků

Boční stěny - paždíky

- Prostý nosník, kloubově kotvený do základů a kloubově připojen k vazníku ($\varphi_y = 0$; $\varphi_z = 0$)
- osová vzdálenost paždíků je 1,5m
- materiál lepené lamelové dřevo
- paždíky přenášejí 1/2 podélného zatížení větrem do základů a 1/2 do vazníků

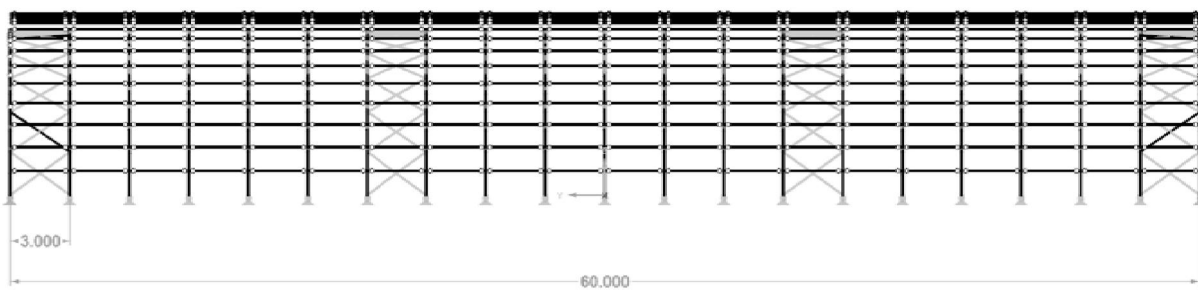
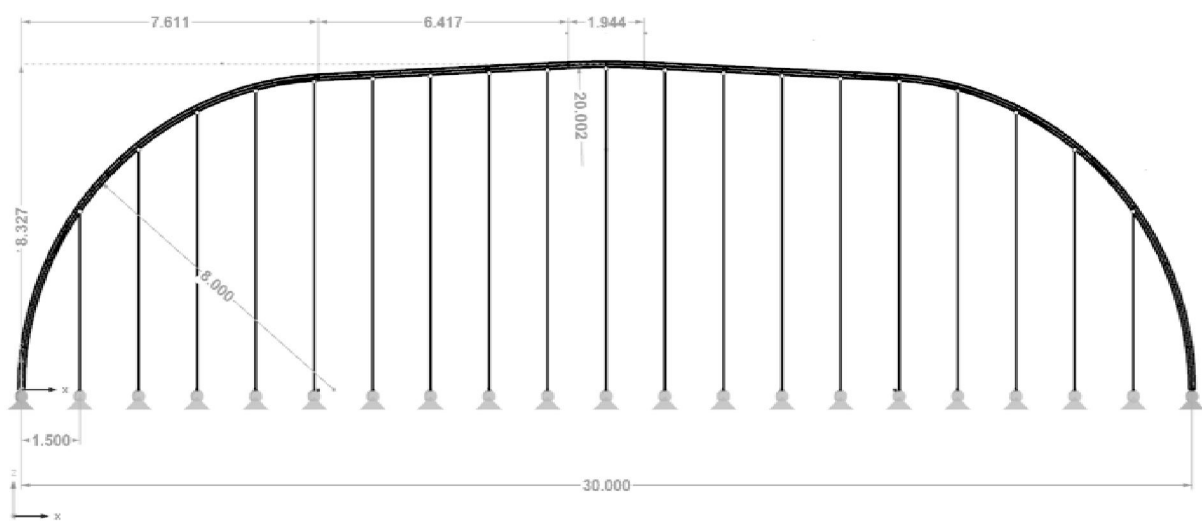
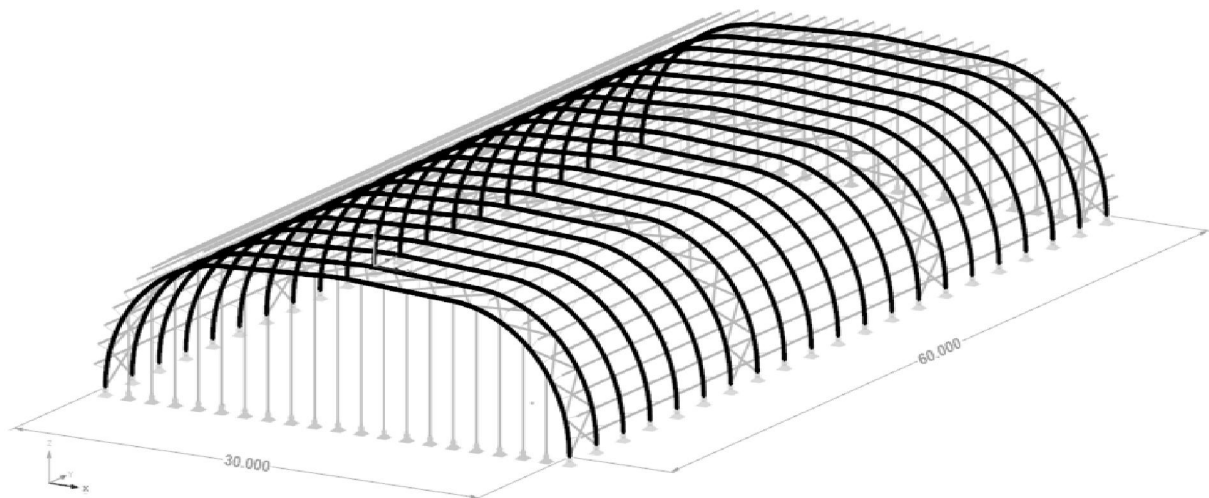
Příčná ztužidla

- Tahový prut; přenáší pouze tahové napětí
- materiál ocel S235
- ztužidla pomáhají konstrukci vzdorovat podélnému zatížení od větru

Opláštění konstrukce - dřevěné střešní panely TESKO

- systém bednění a tepelné izolace
- panely pomohou finálnímu ztužení konstrukce, ale tento kladný vliv nebyl do statického výpočtu zahrnut

1.2 PROSTOROVÝ GRAFICKÝ MODEL



2. ZATÍŽENÍ

2.1. Stálé zatížení

2.1.1 ZS 1 - Vlastní tíha konstrukce

(vygenerováno v programu Dlubal RFEM 5)

Vazník

$$V = 14,7 \text{ m}^3$$

$$m = 5\,431 \text{ kg}$$

Vaznice

$$V = 0,059 \text{ m}^3$$

$$m = 25 \text{ kg}$$

Paždík

$$V = 0,331 \text{ m}^3$$

$$m = 119 \text{ kg}$$

Ztužidlo

$$V = 0,001 \text{ m}^3$$

$$m = 8,9 \text{ kg}$$

2.1.2 ZS 2 - Ostatní stálé

a) Střešní plášť

- střešní krytina RHEINZINK (titanzinek),

tl. 0,8mm; QUICK STEP 7,2 g/cm³

$$g'_k = 0,0008 \cdot 72 = 0,0576 \text{ kN/m}^2$$

Dřevěné střešní panely TESKO:

- bednění z nehoblovaných prken tl. 24mm; 400 kg/m³

$$g'_k = 0,024 \cdot 4,0 = 0,096 \text{ kN/m}^2$$

- difúzní fólie FOLSTER; 120 g/m³

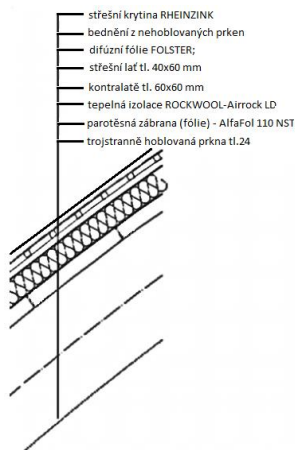
$$g'_k = 0,0012 \text{ kN/m}^2$$

- střešní lať tl. 40x60 mm; 370 kg/m³ (C16)

$$g'_k = 0,0024 \cdot 3,7 = 0,0089 \text{ kN/m}^2$$

- kontralatě tl. 60x60 mm; 370 kg/m³ (C16)

$$g'_k = 0,0036 \cdot 3,7 = 0,0133 \text{ kN/m}^2$$



Zastřešení Relaxačního centra

- tepelná izolace ROCKWOOL-Airrock LD; tl. 200mm
(160+40); $1,0 \text{ KN/ m}^3$

$$g'_k = 0,2 \cdot 1,0 = 0,200 \text{ kN/m}^2$$

- parotěsná zábrana (fólie) - AlfaFol 110 NST; 110 g/ m^3

$$g'_k = 0,0010 \text{ kN/m}^2$$

- trojstranně hoblovaná prkna tl.24; 400 kg/m^3

$$g'_k = 0,024 \cdot 4,0 = 0,096 \text{ kN/m}^2$$

Celkem: $g'_k = 0,474 \text{ kN/m}^2$

b) spojovací prostředky, osvětlení , klimatizace \rightarrow 5%
z celkového zatížení a)

$$g'_k = 0,474 \cdot 0,05 = 0,0237 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum g_k = 0,4997 \text{ kN/m}^2$$

2.2. Proměnné zatížení

2.2.1 Sníh

Lokalita: Brno - Sněhová oblast I.

- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$$s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel tepla

$$C_e = 0,8$$

- Součinitel okolního prostředí (typ krajiny - otevřená)

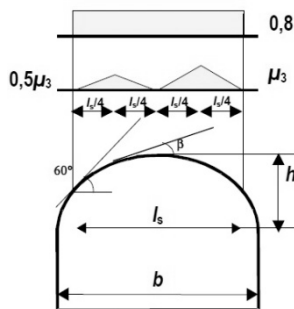
$$C_t = 1,0$$

- tvarový součinitel μ_i

(pro pultovou část střechy $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \mu_1 = 0,8$

pro válcovou část střechy $\mu_1 = 0,8$)

$$\mu_1 = 0,8$$

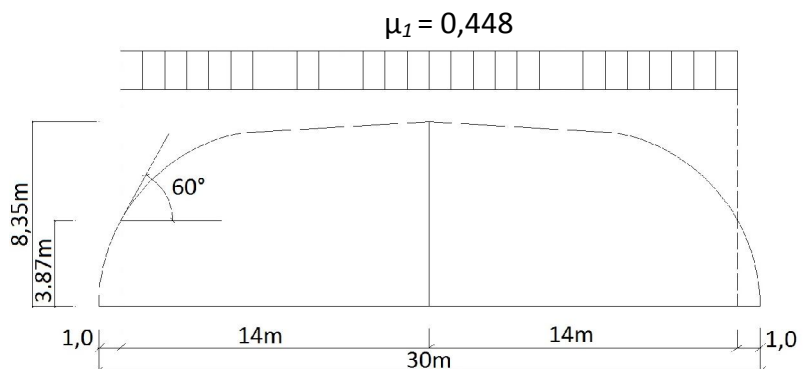


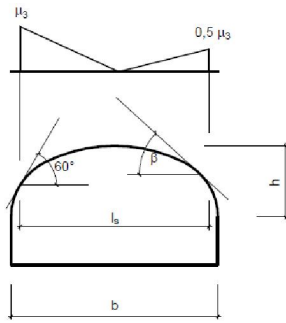
2.2.1.1 Zatížení sněhem na střeše

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

2.2.1.2 ZS 3 - Sníh rovnoměrný celý

$$s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,448 \text{ kN/m}^2$$





2.2.1.3 ZS 4 - Sníh navátý I - válcové střechy

$$\beta < 60^\circ$$

$$h/b = 8,35/30 = 0,278$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10h/b = 0,2 + 10 \cdot 8,35/30 = 2,98$$

$$\mu_3 = 2,0$$

$$\mu_2 = 0,5 \cdot \mu_3 = 1,0$$

$$s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,12 \text{ kN/m}^2$$

h/b	1/8	1/6	$\geq 1/5$
μ_3	1,45	1,8	2,0

2.2.1.4 ZS 5 - Sníh navátý II - válcové střechy

$$\beta < 60^\circ$$

$$h/b = 8,35/30 = 0,278$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10h/b = 0,2 + 10 \cdot 8,35/30 = 2,98$$

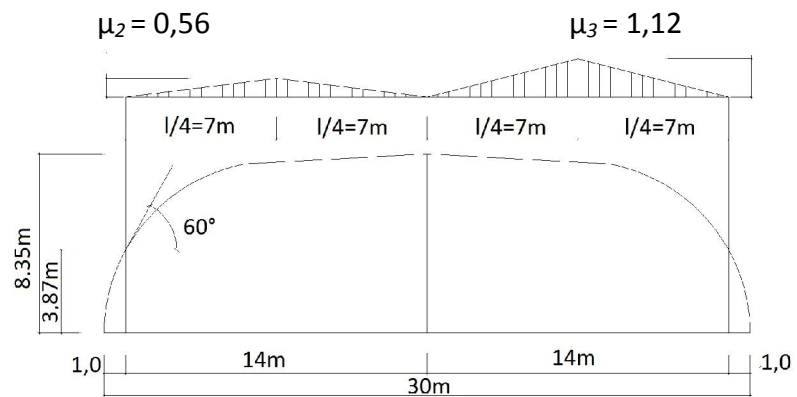
$$\mu_3 = 2,0$$

$$\mu_2 = 0,5 \cdot \mu_3 = 1,0$$

$$\mu_3 = 0,2$$

$$s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,12 \text{ kN/m}^2$$



2.2.2 Vítr

Lokalita: Brno - Větrová oblast II.

- Výchozí základní rychlost větru

$$v_{b,0} = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel směru větru a součinitel ročního období

$$c_{dir} = c_{season} = 1,0$$

- Součinitel orografie

$$c_0(z) = 1,0$$

- Kategorie terénu II

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

- Parametr drsnosti terénu

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

- Minimální výška

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

- Maximální výška

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

- Součinitel turbulence

$$k1 = 1,0 \text{ m}$$

- Měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

1. Základní rychlost větru

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

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

2. Střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce z nad terénem

$$v_m(z) = v_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

$$v_m(z) = 9,724 \cdot 1,0 \cdot 25 = 24,31 \text{ m/s}$$

3. Součinitel drsnosti terénu

$$c(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{8,35}{0,05}\right) = 0,9724$$

4. Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

5. Intenzita turbulence ve výšce $l_v(z) = 9 \text{ m}$

$$l_v = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln(8,35/0,05)} = 0,195$$

6. Maximální dynamický tlak

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

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,195] \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 24,31^2$$

$$q_p(z) = 0,874 \text{ kN/m}^2$$

7. Základní dynamický tlak větru

$$q_b = 0,5 \cdot v_b^2 \cdot \rho = 0,5 \cdot 24,31^2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,369 \text{ kN/m}^2$$

8. Součinitel expozice

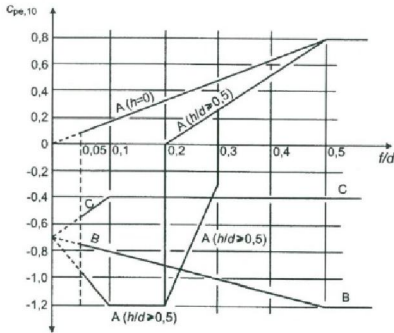
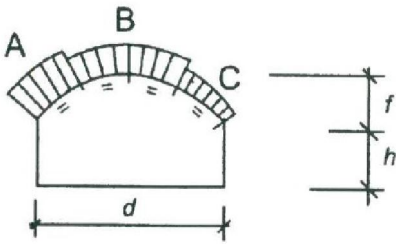
$$c_e(z) = c_r(z)^2 \cdot c_0(z)^2 + 7c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot k_r \cdot k_1$$

$$c_e(z) = 0,9724^2 \cdot 1,0^2 + 7 \cdot 0,9724 \cdot 1,0 \cdot 0,19 \cdot 1,0$$

$$= 2,24$$

Zatížení větrem

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



2.2.2.1 ZS 6 - Vítr příčný - zatížení větrem na střechu

Válcová klenba

$$f/d = 8,35/30 = 0,278$$

$$c_{pe,10,A} = +0,44$$

$$c_{pe,10,B} = -0,98$$

$$c_{pe,10,C} = -0,4$$

Pásmo A

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,A} = +0,44$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot 0,44 \cdot 2,24 = +0,364 \text{ kN/m}^2$$

Pásmo B

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,B} = -0,98$$

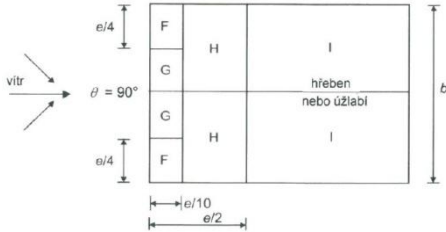
$$w_{e,B} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-0,98) \cdot 2,24 = -0,810 \text{ kN/m}^2$$

Pásmo C

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,C} = -0,4$$

$$w_{e,C} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-0,4) \cdot 2,24 = -0,331 \text{ kN/m}^2$$



2.2.2.2 ZS 7 - Vítr podélný

Zatížení větrem na střechu

$$h = 8,35 \text{ m}$$

$$b = 30 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(30; 2 \cdot 8,35) = 16,7 \text{ m}$$

$$e/10 = 16,7/10 = 1,67 \text{ m}$$

$$e/4 = 16,7/4 = 4,175 \text{ m}$$

$$e/2 = 16,7/2 = 8,35 \text{ m}$$

$$c_{pe,10,F} = -1,1$$

$$c_{pe,10,H} = -0,88$$

$$c_{pe,10,G} = -1,36$$

$$c_{pe,10,I} = -0,5$$

Pásmo F

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,F} = -1,1$$

$$w_{z,A} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-1,1) \cdot 2,24 = -0,91 \text{ kN/m}^2$$

Pásmo G

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,G} = -1,36$$

$$w_{z,B} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-1,36) \cdot 2,24 = -1,124 \text{ kN/m}^2$$

Pásmo H

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,H} = -0,88$$

$$w_{z,C} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-0,88) \cdot 2,24 = -0,727 \text{ kN/m}^2$$

Pásmo I

- Součinitel vnějšího tlaku

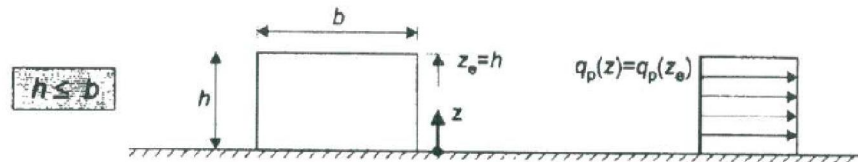
$$c_{pe,10,I} = -0,5$$

$$w_{z,I} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-0,5) \cdot 2,24 = -0,413 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem na boční stěny

$$h/b = 0,28 \text{ m}$$

$$c_{pe,10,A} = -1,2$$

Návětrná strana**Pásmo A**

- Součinitel vnějšího tlaku

$$c_{pe,10,A} = -1,2$$

$$w_{z,A} = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 0,369 \cdot (-1,2) \cdot 2,24 \\ = -1,0 \text{ kN/m}^2$$

Závětrná strana

$$w_{z,A,II} = 0,85 \cdot w_{z,A} = 0,85 \cdot (-1) = -0,85 \text{ kN/m}^2$$

3. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ**3.1 Výpis zatěžovacích stavů**

ZS 1 - Vlastní tíha konstrukce

ZS 2 - Ostatní stálé

ZS 3 - Sníh rovnoměrný celý

ZS 4 - Sníh navátý I - válcové střechy

ZS 5 - Sníh navátý II - válcové střechy

ZS 6 - Vítr příčný - zatížení větrem na střechu

ZS 7 - Vítr podélný - zatížení větrem na střechu

3.2 Mezní stav únosnosti

Kombinace

STR	KZ1	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2$
STR	KZ2	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3$
STR	KZ3	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS4$
STR	KZ4	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5$
STR	KZ5	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS6$
STR	KZ6	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS7$
STR	KZ7	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS4 + 0.9 \cdot ZS6$
STR	KZ8	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS4 + 0.9 \cdot ZS7$
STR	KZ9	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS6$
STR	KZ10	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS7$
STR	KZ11	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS6$
STR	KZ12	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS7$
STR	KZ13	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS6$
STR	KZ14	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS7$
STR	KZ15	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS6$
STR	KZ16	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS7$
STR	KZ17	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS5 + 1.5 \cdot ZS6$
STR	KZ18	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.75 \cdot ZS5 + 1.5 \cdot ZS7$

3.3 Mezní stav použitelnosti

Kombinace

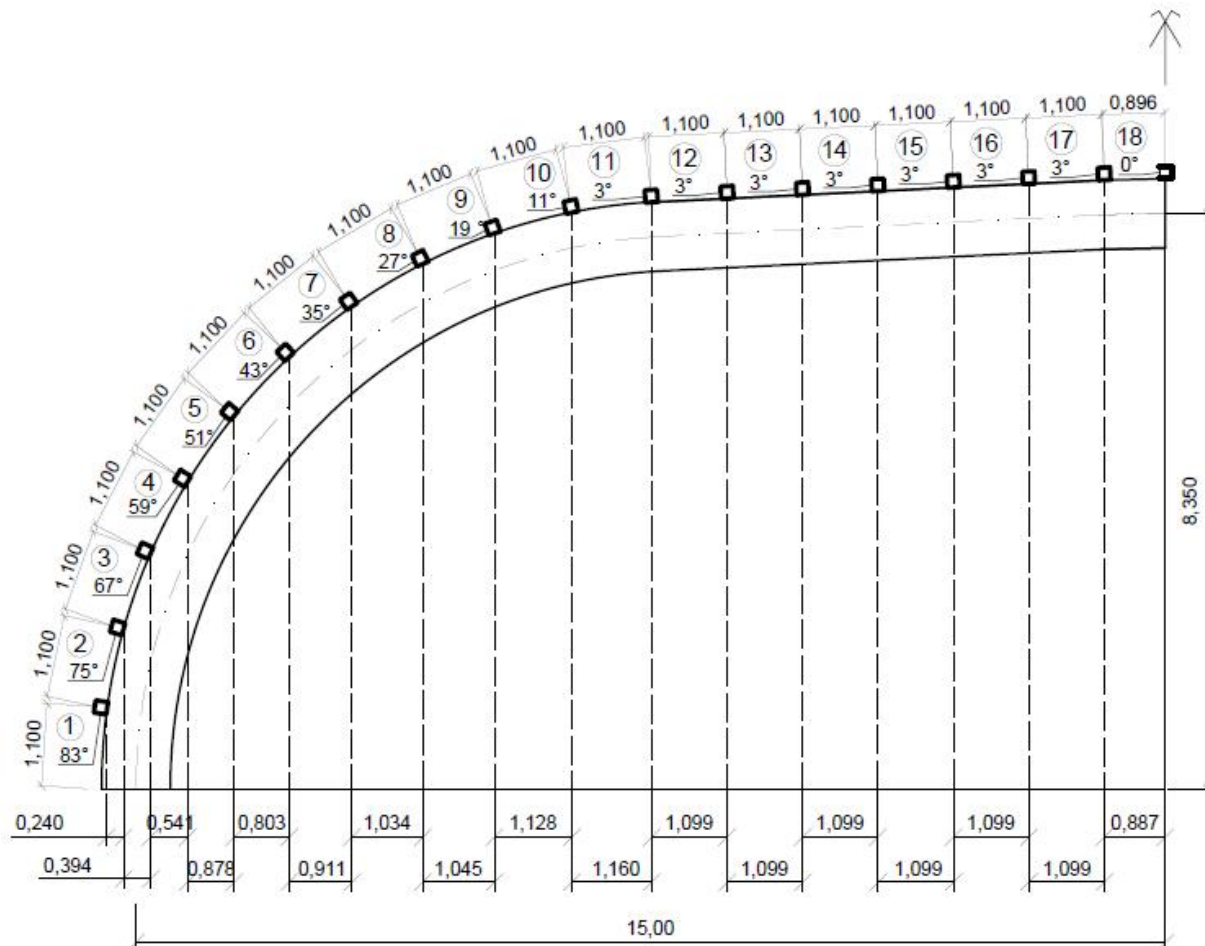
S Ch	KZ19	$ZS1 + ZS2$
S Ch	KZ20	$ZS1 + ZS2 + ZS3$
S Ch	KZ21	$ZS1 + ZS2 + ZS4$
S Ch	KZ22	$ZS1 + ZS2 + ZS5$
S Ch	KZ23	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS6$
S Ch	KZ24	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS7$
S Ch	KZ25	$ZS1 + ZS2 + ZS4 + 0.6 \cdot ZS6$
S Ch	KZ26	$ZS1 + ZS2 + ZS4 + 0.6 \cdot ZS7$
S Ch	KZ27	$ZS1 + ZS2 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS6$
S Ch	KZ28	$ZS1 + ZS2 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS7$
S Ch	KZ29	$ZS1 + ZS2 + ZS6$
S Ch	KZ30	$ZS1 + ZS2 + ZS7$
S Ch	KZ31	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS3 + ZS6$
S Ch	KZ32	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS3 + ZS7$
S Ch	KZ33	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS4 + ZS6$
S Ch	KZ34	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS4 + ZS7$
S Ch	KZ35	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS5 + ZS6$
S Ch	KZ36	$ZS1 + ZS2 + 0.5 \cdot ZS5 + ZS7$
S Qp	KZ37	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2$
S Qp	KZ38	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS3$
S Qp	KZ39	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS4$
S Qp	KZ40	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS5$
S Qp	KZ41	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS6$
S Qp	KZ42	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS7$
S Qp	KZ43	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS4 + 0.6 \cdot ZS6$
S Qp	KZ44	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS4 + 0.6 \cdot ZS7$
S Qp	KZ45	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS6$
S Qp	KZ46	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS7$
S Qp	KZ47	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS6$
S Qp	KZ48	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + ZS7$
S Qp	KZ49	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + 0.5 \cdot ZS3 + ZS6$
S Qp	KZ50	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + 0.5 \cdot ZS3 + ZS7$
S Qp	KZ51	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + 0.5 \cdot ZS4 + ZS6$
S Qp	KZ52	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + 0.5 \cdot ZS4 + ZS7$
S Qp	KZ53	$1.8 \cdot ZS1 + 1.8 \cdot ZS2 + 0.5 \cdot ZS5 + ZS6$

3.4. Výpočet zatížení

Hodnota zatížení je brána pro nejnepříznivější účinek.

Zatížení je přepočítáno dle úhlu daného styčnicku, do kterého se zatížení přenáší, zatěžovací délkou daného úseku a působí kolmo na rovinu střechy. (viz tabulky)

Geometrické schéma



Zatěžovací stavy

	Ve vodorovné rovině	V rovině střechy	Kolmo na rovinu střechy	
Stálé zatížení				
Zatížení sněhem				
Zatížení větrem				

ZS 1 - Vlastní tíha konstrukce

Vygenerováno v programu RFEM 5

ZS 2 - Ostatní stálé

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení gk	úhel α [°]	cos α	sin α	svisle	vodorovně	svisle	vodorovně
						gk [KN/m ²]	gk [KN/m ²]	gk [KN/m]	gk [KN/m]
1	1,65	0,5	83	0,122	0,993	0,061	0,496	0,101	0,819
2	1,1	0,5	75	0,259	0,966	0,129	0,483	0,142	0,531
3	1,1	0,5	67	0,391	0,921	0,195	0,460	0,215	0,506
4	1,1	0,5	59	0,515	0,857	0,258	0,429	0,283	0,471
5	1,1	0,5	51	0,629	0,777	0,315	0,389	0,346	0,427
6	1,1	0,5	43	0,731	0,682	0,366	0,341	0,402	0,375
7	1,1	0,5	35	0,819	0,574	0,410	0,287	0,451	0,315
8	1,1	0,5	27	0,891	0,454	0,446	0,227	0,490	0,250
9	1,1	0,5	19	0,946	0,326	0,473	0,163	0,520	0,179
10	1,1	0,5	11	0,982	0,191	0,491	0,095	0,540	0,105
11	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
12	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
13	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
14	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
15	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
16	1,1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,549	0,029
17	1	0,5	3	0,999	0,052	0,499	0,026	0,499	0,026
18	0,9	0,5	0	1,000	0,000	0,500	0,000	0,448	0,000

ZS 3 - Sníh rovnoměrný celý

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení gk	úhel α [°]	cos α	sin α	svisle	vodorovně	svisle	vodorovně
						gk [KN/m ²]	gk [KN/m ²]	gk [KN/m]	gk [KN/m]
1	0	0	83	0,122	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0	0	75	0,259	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0	0	67	0,391	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,55	0,448	59	0,515	0,857	0,231	0,384	0,127	0,211
5	1,1	0,448	51	0,629	0,777	0,282	0,348	0,310	0,383
6	1,1	0,448	43	0,731	0,682	0,328	0,306	0,360	0,336
7	1,1	0,448	35	0,819	0,574	0,367	0,257	0,404	0,283
8	1,1	0,448	27	0,891	0,454	0,399	0,203	0,439	0,224
9	1,1	0,448	19	0,946	0,326	0,424	0,146	0,466	0,160
10	1,1	0,448	11	0,982	0,191	0,440	0,085	0,484	0,094
11	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
12	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
13	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
14	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
15	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
16	1,1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,492	0,026
17	1	0,448	3	0,999	0,052	0,447	0,023	0,447	0,023
18	0,9	0,448	0	1,000	0,000	0,448	0,000	0,401	0,000

ZS 4 - Sníh navátý I - válcové střechy

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení gk	úhel α [°]	cos α	sin α	svisle	vodorovně	svisle	vodorovně
						gk [KN/m ²]	gk [KN/m ²]	gk [KN/m]	gk [KN/m]
1	0	0	83	0,122	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0	0	75	0,259	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0	0	67	0,391	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,55	1,12	59	0,515	0,857	0,577	0,960	0,317	0,528
5	1,1	1,04	51	0,629	0,777	0,654	0,808	0,720	0,889
6	1,1	0,96	43	0,731	0,682	0,702	0,655	0,772	0,720
7	1,1	0,88	35	0,819	0,574	0,721	0,505	0,793	0,555
8	1,1	0,8	27	0,891	0,454	0,713	0,363	0,784	0,400
9	1,1	0,72	19	0,946	0,326	0,681	0,234	0,749	0,258
10	1,1	0,64	11	0,982	0,191	0,628	0,122	0,691	0,134
11	1,1	0,56	3	0,999	0,052	0,559	0,029	0,615	0,032
12	1,1	0,48	3	0,999	0,052	0,479	0,025	0,527	0,028
13	1,1	0,4	3	0,999	0,052	0,399	0,021	0,439	0,023
14	1,1	0,32	3	0,999	0,052	0,320	0,017	0,352	0,018
15	1,1	0,24	3	0,999	0,052	0,240	0,013	0,264	0,014
16	1,1	0,16	3	0,999	0,052	0,160	0,008	0,176	0,009
17	1	0,08	3	0,999	0,052	0,080	0,004	0,080	0,004
18	0,896	0	0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	1	0,04	3	0,999	0,052	0,040	0,002	0,040	0,002
20	1,1	0,08	3	0,999	0,052	0,080	0,004	0,088	0,005
21	1,1	0,12	3	0,999	0,052	0,120	0,006	0,132	0,007
22	1,1	0,16	3	0,999	0,052	0,160	0,008	0,176	0,009
23	1,1	0,2	3	0,999	0,052	0,200	0,010	0,220	0,012
24	1,1	0,24	3	0,999	0,052	0,240	0,013	0,264	0,014
25	1,1	0,28	3	0,999	0,052	0,280	0,015	0,308	0,016
26	1,1	0,32	11	0,982	0,191	0,314	0,061	0,346	0,067
27	1,1	0,36	19	0,946	0,326	0,340	0,117	0,374	0,129
28	1,1	0,4	27	0,891	0,454	0,356	0,182	0,392	0,200
29	1,1	0,44	35	0,819	0,574	0,360	0,252	0,396	0,278
30	1,1	0,48	43	0,731	0,682	0,351	0,327	0,386	0,360
31	1,1	0,52	51	0,629	0,777	0,327	0,404	0,360	0,445
32	0,55	0,56	59	0,515	0,857	0,288	0,480	0,159	0,264
33	0	0	67	0,391	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000
34	0	0	75	0,259	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000
35	0	0	83	0,122	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000

ZS 5 - Sníh navátý II - válcové střechy

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení gk	úhel α [°]	cos α	sin α	svisle	vodorovně	svisle	vodorovně
						gk [KN/m ²]	gk [KN/m ²]	gk [KN/m]	gk [KN/m]
1	0	0	83	0,122	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0	0	75	0,259	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0	0	67	0,391	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,55	0,04	59	0,515	0,857	0,021	0,034	0,011	0,019
5	1,1	0,08	51	0,629	0,777	0,050	0,062	0,055	0,068
6	1,1	0,16	43	0,731	0,682	0,117	0,109	0,129	0,120
7	1,1	0,24	35	0,819	0,574	0,197	0,138	0,216	0,151
8	1,1	0,32	27	0,891	0,454	0,285	0,145	0,314	0,160
9	1,1	0,4	19	0,946	0,326	0,378	0,130	0,416	0,143
10	1,1	0,48	11	0,982	0,191	0,471	0,092	0,518	0,101
11	1,1	0,56	3	0,999	0,052	0,559	0,029	0,615	0,032
12	1,1	0,48	3	0,999	0,052	0,479	0,025	0,527	0,028
13	1,1	0,4	3	0,999	0,052	0,399	0,021	0,439	0,023
14	1,1	0,32	3	0,999	0,052	0,320	0,017	0,352	0,018
15	1,1	0,24	3	0,999	0,052	0,240	0,013	0,264	0,014
16	1,1	0,16	3	0,999	0,052	0,160	0,008	0,176	0,009
17	1	0,08	3	0,999	0,052	0,080	0,004	0,080	0,004
18	0,9	0,06	0	1,000	0,000	0,060	0,000	0,054	0,000
19	1	0,16	3	0,999	0,052	0,160	0,008	0,160	0,008
20	1,1	0,32	3	0,999	0,052	0,320	0,017	0,352	0,018
21	1,1	0,48	3	0,999	0,052	0,479	0,025	0,527	0,028
22	1,1	0,64	3	0,999	0,052	0,639	0,033	0,703	0,037
23	1,1	0,8	3	0,999	0,052	0,799	0,042	0,879	0,046
24	1,1	0,96	3	0,999	0,052	0,959	0,050	1,055	0,055
25	1,1	1,12	3	0,999	0,052	1,118	0,059	1,230	0,064
26	1,1	0,96	11	0,982	0,191	0,942	0,183	1,037	0,201
27	1,1	0,8	19	0,946	0,326	0,756	0,260	0,832	0,286
28	1,1	0,64	27	0,891	0,454	0,570	0,291	0,627	0,320
29	1,1	0,48	35	0,819	0,574	0,393	0,275	0,433	0,303
30	1,1	0,32	43	0,731	0,682	0,234	0,218	0,257	0,240
31	1,1	0,16	51	0,629	0,777	0,101	0,124	0,111	0,137
32	0,55	0,08	59	0,515	0,857	0,041	0,069	0,023	0,038
33	0	0	67	0,391	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000
34	0	0	75	0,259	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000
35	0	0	83	0,122	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000

ZS 6 - Vítr příčný - zatížení větrem na střechu

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení wz(F)	wk [KN/m]
1	1,65	0,364	0,601
2	1,1	0,364	0,400
3	1,1	0,364	0,400
4	1,1	0,364	0,400
5	1,1	0,364	0,400
6	1,1	0,364	0,400
7	1,1	0,364	0,400
8	1,1	0,364	0,400
9	1,1	-0,810	-0,891
10	1,1	-0,810	-0,891
11	1,1	-0,810	-0,891
12	1,1	-0,810	-0,891
13	1,1	-0,810	-0,891
14	1,1	-0,810	-0,891
15	1,1	-0,810	-0,891
16	1,1	-0,810	-0,891
17	1	-0,810	-0,810
18	0,9	-0,810	-0,726
19	1	-0,810	-0,810
20	1,1	-0,810	-0,891
21	1,1	-0,810	-0,891
22	1,1	-0,810	-0,891
23	1,1	-0,810	-0,891
24	1,1	-0,810	-0,891
25	1,1	-0,810	-0,891
26	1,1	-0,810	-0,891
27	1,1	-0,810	-0,891
28	1,1	-0,331	-0,364
29	1,1	-0,331	-0,364
30	1,1	-0,331	-0,364
31	1,1	-0,331	-0,364
32	1,1	-0,331	-0,364
33	1,1	-0,331	-0,364
34	1,1	-0,331	-0,364
35	1,65	-0,331	-0,546

ZS 7 - Vítr podélný

zatížení větrem na střechu

Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení wz	wk [KN/m ²]	wk [KN/m]
1	1,65	-0,910	-1,502	-1,502
2	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
3	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
4	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
5	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
6	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
7	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
8	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
9	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
10	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
11	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
12	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
13	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
14	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
15	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
16	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
17	1	-1,124	-1,124	-1,124
18	0,9	-1,124	-1,007	-1,007
19	1	-1,124	-1,124	-1,124
20	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
21	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
22	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
23	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
24	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
25	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
26	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
27	1,1	-1,124	-1,236	-1,236
28	1,1	-0,331	-0,364	-0,364
29	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
30	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
31	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
32	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
33	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
34	1,1	-0,910	-1,001	-1,001
35	1,65	-0,910	-1,502	-1,502

ZS 7 - Vítr podélný**zatížení větrem na boční stěny**

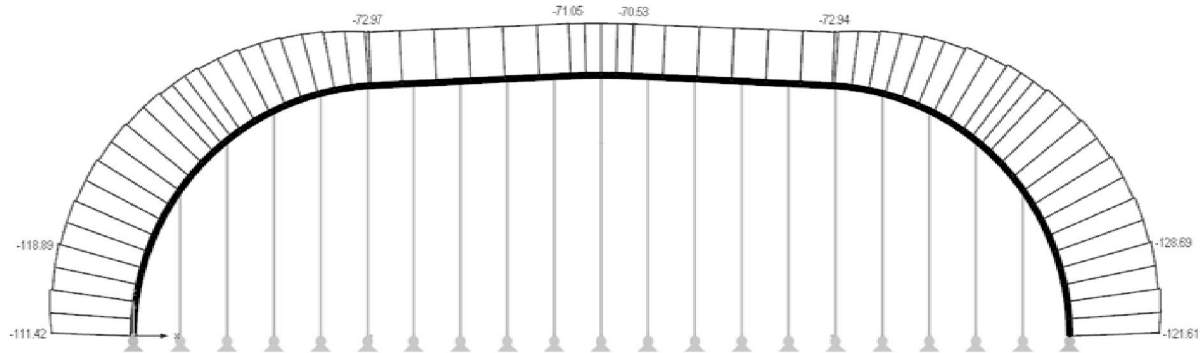
Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení wz	wk [KN/m ²]	wk [KN/m]
1	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
2	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
3	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
4	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
5	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
6	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
7	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
8	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
9	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
10	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
11	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
12	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
13	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
14	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
15	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
16	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
17	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
18	1,5	-1,000	-1,500	-1,500
19	1,5	-1,000	-1,500	-1,500

Závětrná strana

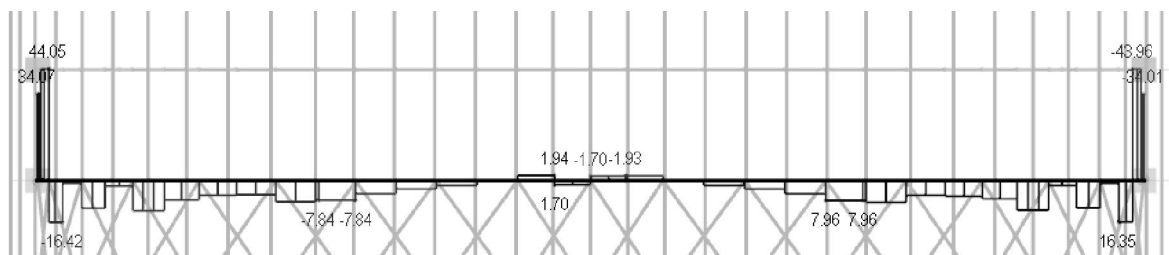
Vaznice	Délka úseku [m]	zatížení wz	wk [KN/m ²]	wk [KN/m]
1	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
2	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
3	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
4	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
5	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
6	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
7	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
8	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
9	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
10	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
11	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
12	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
13	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
14	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
15	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
16	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
17	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
18	1,5	-0,850	-1,275	-1,275
19	1,5	-0,850	-1,275	-1,275

3.6 Vnitřní síly na konstrukci

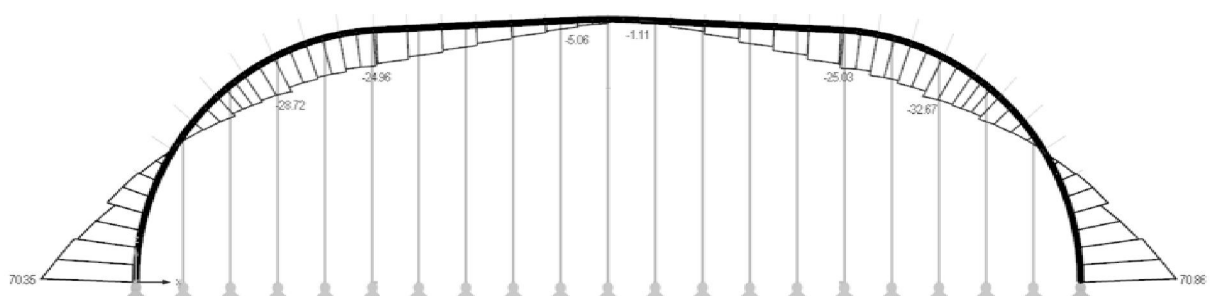
3.6.1 Normálové síly - N (vazník č. 7;KZ4)



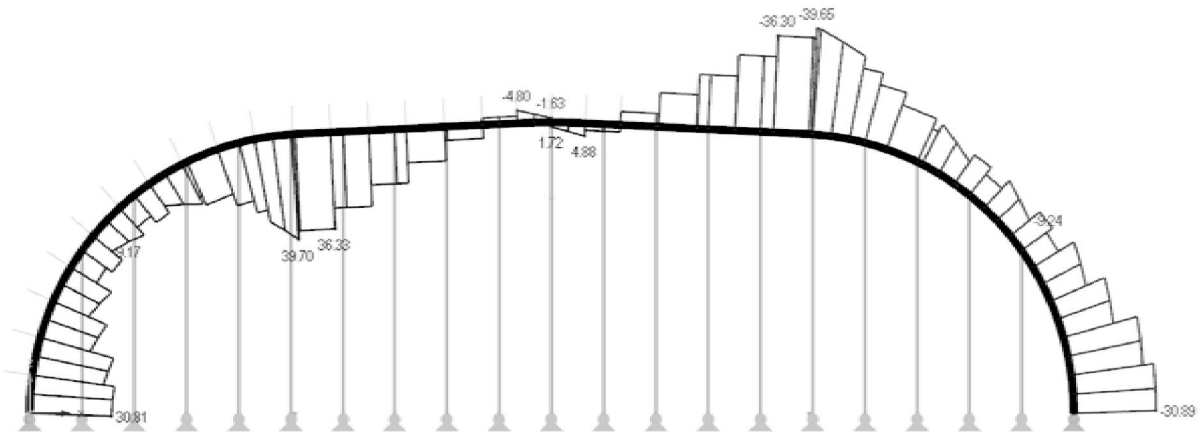
3.6.2 Posouvající síly - Vy (vazník č. 2;KZ18)



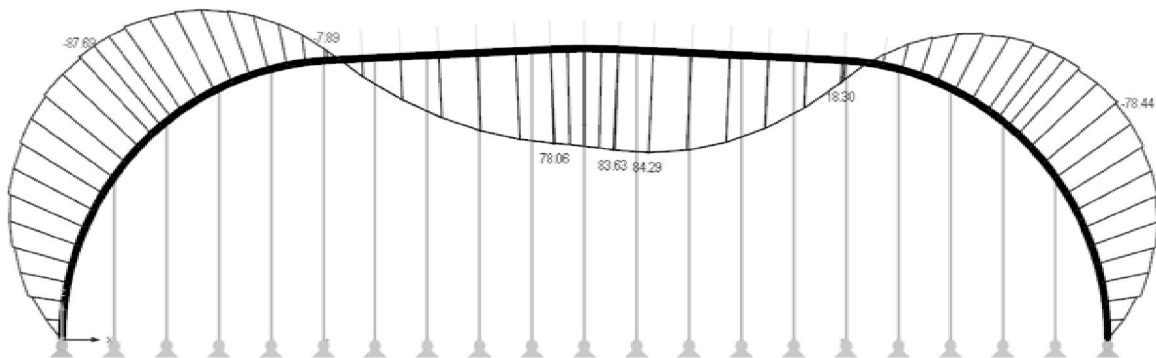
3.6.3 Posouvající síly - Vz (vazník č. 15;KZ10)



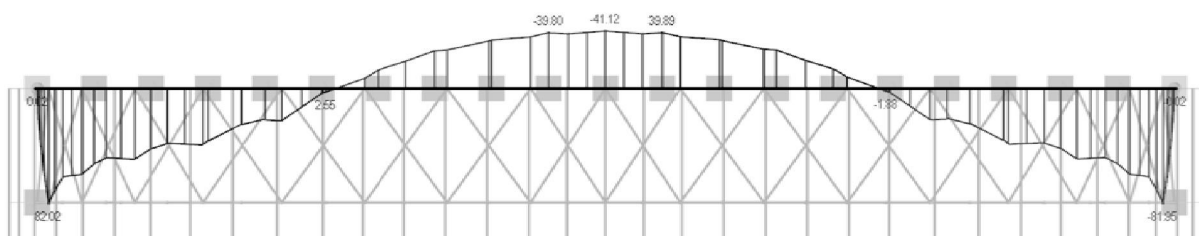
3.6.4 Kroutící moment - M_t (vazník č. 1;KZ16)



3.6.5 Ohybový moment - M_y (vazník č. 7;KZ4)



3.6.6 Ohybový moment - M_z (vazník č. 21;KZ16)



4. POSOUZENÍ PRVKŮ

4.1. Vaznice

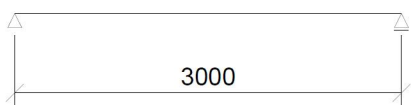
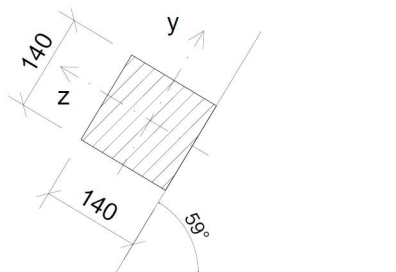
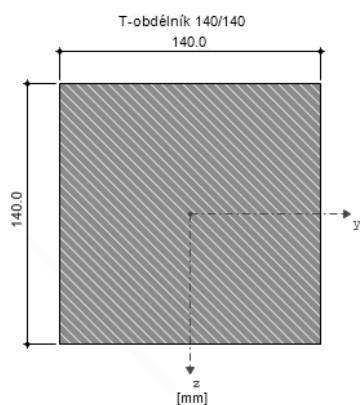
4.1.1 Charakteristické hodnoty

Charakteristické hodnoty pevnosti a tuhosti v N/mm^2

Charakteristické hodnoty hustoty v kg/m^3 (pro konstrukční dřevo - topol a jehličnaté dřeviny)

Třída pevnosti konstrukčního dřeva **C24**

Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,g,k} = 14 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{t,90,g,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,g,k} = 21 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{y,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,g,\text{mean}} = 11\,000 \text{ N/mm}^2$
	$E_{0,g,05} = 7\,400 \text{ N/mm}^2$
	$E_{90,g,\text{mean}} = 370 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,\text{mean}} = 690 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_{g,k} = 350 \text{ N/m}^3$
Průměrná hodnota hustota	$\rho_{\text{mean}} = 400 \text{ Kg/m}^3$



4.1.2 Geometrické schéma

$$h/b = 140/140 \text{ mm}$$

$$l = 3\,000 \text{ mm}$$

Sklon vazníku 59°

Zatěžovací šířka 1 100 mm

Třída provozu 2

Sněhová oblast I

4.1.3 Zatížení

1. Stálé	$G_k(\text{kN/m})$	γ_F	$G_D(\text{kN/m})$
Krytina	$0,0576 \cdot 1,1 = 0,06336$	1,35	0,086
Bednění z prken	$0,0960 \cdot 1,1 = 0,10560$	1,35	0,143
Difúzní fólie	$0,0012 \cdot 1,1 = 0,00130$	1,35	0,002
Střešní latě	$0,0222 \cdot 1,1 = 0,02442$	1,35	0,039
Tepelná izolace	$0,2000 \cdot 1,1 = 0,22000$	1,35	0,297
Parotěsná zábrana	$0,0010 \cdot 1,1 = 0,00110$	1,35	0,002
Bednění z prken	$0,0960 \cdot 1,1 = 0,10560$	1,35	0,143
	$\Sigma 0,474$		$\Sigma 0,64$

2. Nahodilé

- Sníh

$$S_K = 1,1 \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,493 \text{ kN/m}$$

$$S_D = S_K \cdot \gamma_Q = 0,493 \cdot 1,5 = \mathbf{0,739 \text{ kN/m}}$$

- Vítr

$$w_{e,A} = 1,1 \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot c_e(z) = 1,1 \cdot 0,369 \cdot 0,44 \cdot 2,24$$

$$w_{e,A} = 0,400 \text{ kN/m}$$

$$w_D = w_D \cdot \gamma_Q = 0,4 \cdot 1,5 = \mathbf{0,600 \text{ kN/m}}$$

- Soustředné zatížení

$$Q_K = 1 \text{ kN}$$

$$Q_D = Q_D \cdot \gamma_Q = 1,0 \cdot 1,5 = \mathbf{1,5 \text{ kN}}$$

4.1.3. Mezní stav únosnosti (I. MS)

- Návrhové hodnoty ohybových momentů k hlavním osám průřezu

$$M_{y,Gd} = \frac{1}{8} G_d \cdot \cos\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,64 \cdot \cos 59^\circ \cdot 3^2 = 0,371 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Qd1} = \frac{1}{8} Q_{d1} \cdot \cos\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,739 \cdot \cos 59^\circ \cdot 3^2 = 0,428 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Qd2} = \frac{1}{8} Q_{d2} \cdot \cos\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,6 \cdot \cos 59^\circ \cdot 3^2 = 0,348 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Fd} = \frac{1}{4} F_d \cdot \cos\alpha \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 1,5 \cdot \cos 59^\circ \cdot 3 = 0,579 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Gd} = \frac{1}{8} D_D \cdot \sin\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,64 \cdot \sin 59^\circ \cdot 3^2 = 0,617 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Qd1} = \frac{1}{8} Q_{d1} \cdot \sin\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,739 \cdot \sin 59^\circ \cdot 3^2 = 0,713 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Qd2} = \frac{1}{8} Q_{d2} \cdot \sin\alpha \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,6 \cdot \sin 59^\circ \cdot 3^2 = 0,579 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Fd} = \frac{1}{4} F_d \cdot \sin\alpha \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 1,5 \cdot \sin 59^\circ \cdot 3 = 0,964 \text{ kNm}$$

Kombinační hodnoty ohybových momentů:

$$M_{y,d} = M_{y,Gd} + M_{y,Qd} + \psi_0 \cdot M_{y,Fd}$$

$$M_{y,d} = 0,371 + 0,428 + 0,348 + 0,7 \cdot 0,579 = 1,552 \text{ kN/m}$$

$$M_{z,d} = M_{z,Gd} + M_{z,Qd} + \psi_0 \cdot M_{z,Fd}$$

$$M_{z,d} = 0,617 + 0,713 + 0,579 + 0,7 \cdot 0,964 = 2,58 \text{ kN/m}$$

Návrhová pevnost za ohybu

γ_M - dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro rostlé dřevo

k_{mod} - modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení. Třída provozu 2, krátkodobé zatížení.

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ Mpa}$$

Průřezový modul

140/140 mm

$$W_y = W_z = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,14 \cdot 0,14^2 = 0,000457 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

Návrhové napětí za ohybu k hlavním osám

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{1,552 \cdot 10^6}{457\,000} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{2,580 \cdot 10^6}{457\,000} = 5,65 \text{ MPa}$$

Podmínka pro mezní stav únosnosti

$k_m = 0,7$ - tvarový součinitel pro obdélníkový průřez

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

$$0,7 \cdot \frac{3,4}{16,62} + \frac{5,65}{16,62} = 0,483 \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

využití průřezu je **48 %**

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

$$\frac{3,4}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{5,65}{16,62} = 0,443 \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

využití průřezu je **44 %**

4.4.1. Mezní stav použitelnosti (II. MS)**Složky zatížení do hlavních os průřezu**

$$G_{k,y} = G_k \cdot \sin \alpha = 0,64 \cdot \sin 59^\circ = 0,549 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,y1} = Q_{k,y1} \cdot \sin \alpha = 0,739 \cdot \sin 59^\circ = 0,633 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,y2} = Q_{k,y2} \cdot \sin \alpha = 0,6 \cdot \sin 59^\circ = 0,514 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,y3} = Q_{k,y3} \cdot \sin \alpha = 1,5 \cdot \sin 59^\circ = 1,286 \text{ kN/m}$$

$$G_{k,z} = G_k \cdot \cos \alpha = 0,64 \cdot \cos 59^\circ = 0,330 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,z1} = Q_{k,z1} \cdot \cos \alpha = 0,739 \cdot \cos 59^\circ = 0,381 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,z2} = Q_{k,z2} \cdot \cos \alpha = 0,6 \cdot \cos 59^\circ = 0,309 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,z3} = Q_{k,z3} \cdot \cos \alpha = 1,5 \cdot \cos 59^\circ = 0,773 \text{ kN/m}$$

Posouzení mezního průhybu

Modul setrvačnosti

$$I_y = I_z = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,14^3 = 32,01 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

1. Průhyb od stálého zatížení

$$u_{1,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{1,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,549 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 1,644 \text{ mm}$$

$$u_{1,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{1,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,330 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 0,988 \text{ mm}$$

$$u_1 = \sqrt{u_{1,y}^2 + u_{1,z}^2} = \sqrt{1,644^2 + 0,988^2} = 1,92 \text{ mm}$$

2. Průhyb od nahodilého zatížení (sníh)

$$u_{2,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,y1} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{2,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,633 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 1,9 \text{ mm}$$

$$u_{2,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,z1} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{2,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,381 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 1,14 \text{ mm}$$

$$u_2 = \sqrt{u_{2,y}^2 + u_{2,z}^2} = \sqrt{1,9^2 + 1,14^2} = 2,216 \text{ mm}$$

3. Průhyb od nahodilého zatížení (vítr)

$$u_{3,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,y2} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{3,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,514 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 1,54 \text{ mm}$$

$$u_{3,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,z2} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{3,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,309 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 0,926 \text{ mm}$$

$$u_3 = \sqrt{u_{3,y}^2 + u_{3,z}^2} = \sqrt{1,54^2 + 0,926^2} = 1,797 \text{ mm}$$

4. Průhyb od nahodilého zatížení (břemeno)

$$u_{4,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,y3} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{4,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,286 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 3,852 \text{ mm}$$

$$u_{4,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,z3} \cdot l^4}{E_{0,g,mean} \cdot I_y}$$

$$u_{4,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,773 \cdot 3\,000^4}{11\,000 \cdot 32,01 \cdot 10^6} = 2,315 \text{ mm}$$

$$u_4 = \sqrt{u_{4,y}^2 + u_{4,z}^2} = \sqrt{3,852^2 + 2,315^2} = 4,494 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb vaznice

$\psi_1 = 0,5$ - součinitel kombinací pro pozemní stavby

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,l} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$u_{net} = u_1 + u_2 + u_3 + \psi_1 \cdot u_4$$

$$u_{net} = 1,92 + 2,216 + 1,797 + 0,5 \cdot 4,494 = 8,18 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{l}{300} = \frac{3\,000}{300} = 10 \text{ mm}$$

$$u_{net} = 8,18 \text{ mm} \leq u_{lim} = 10 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

Využití průřezu je **82 %**

4.2. Posouzení vazníku

4.2.1 Charakteristické hodnoty

Charakteristické hodnoty pevnosti a tuhosti v N/mm^2

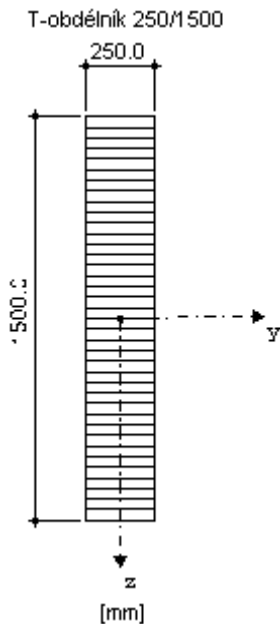
Charakteristické hodnoty hustoty v kg/m^3 (pro lepené lamelové dřevo)

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva **GL24h**

Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,g,k} = 16,5 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{t,90,g,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,g,\text{mean}} = 11\,600 \text{ N/mm}^2$ $E_{0,g,05} = 9\,400 \text{ N/mm}^2$ $E_{90,g,\text{mean}} = 390 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,\text{mean}} = 720 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_{g,k} = 380 \text{ N/m}^3$

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

Třída provozu 2



4.2.2 Geometrické schéma

$$\begin{aligned}
 b &= 250 \text{ mm} \\
 h &= h_{ap} = 1\,500 \text{ mm} \\
 l_x &= 30\,000 \text{ mm} \\
 l_{skut} &= 39\,149 \text{ mm} \\
 r_1 &= 8\,000 \text{ mm} \\
 r_2 &= 20\,000 \text{ mm} \\
 t &= 33 \text{ mm} \quad \text{- tloušťka lamel}
 \end{aligned}$$

Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 A &= 250 \cdot 1\,500 = 375\,000 \text{ mm}^2 \\
 I_y &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,25 \cdot 1,5^3 = 70,3 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\
 I_z &= \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 0,25^3 = 19,5 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \\
 W_y &= \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,25 \cdot 1,5^2 = 94,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\
 W_z &= \frac{1}{6} h b^2 = \frac{1}{6} \cdot 1,5 \cdot 0,25^2 = 15 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\
 i_y &= \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{1\,500}{\sqrt{12}} = 433 \text{ mm} \\
 i_z &= \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{250}{\sqrt{12}} = 72,17 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Návrhové pevnosti

$$\text{Pevnost v ohybu} \quad f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

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

Pevnost v tahu

$$\text{- rovnoběžně s vlákny} \quad f_{t,0,g,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

- kolmo k vláknům

$$f_{t,90,g,k} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

Zastřešení Relaxačního centra

Pevnost v tlaku

- rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$

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

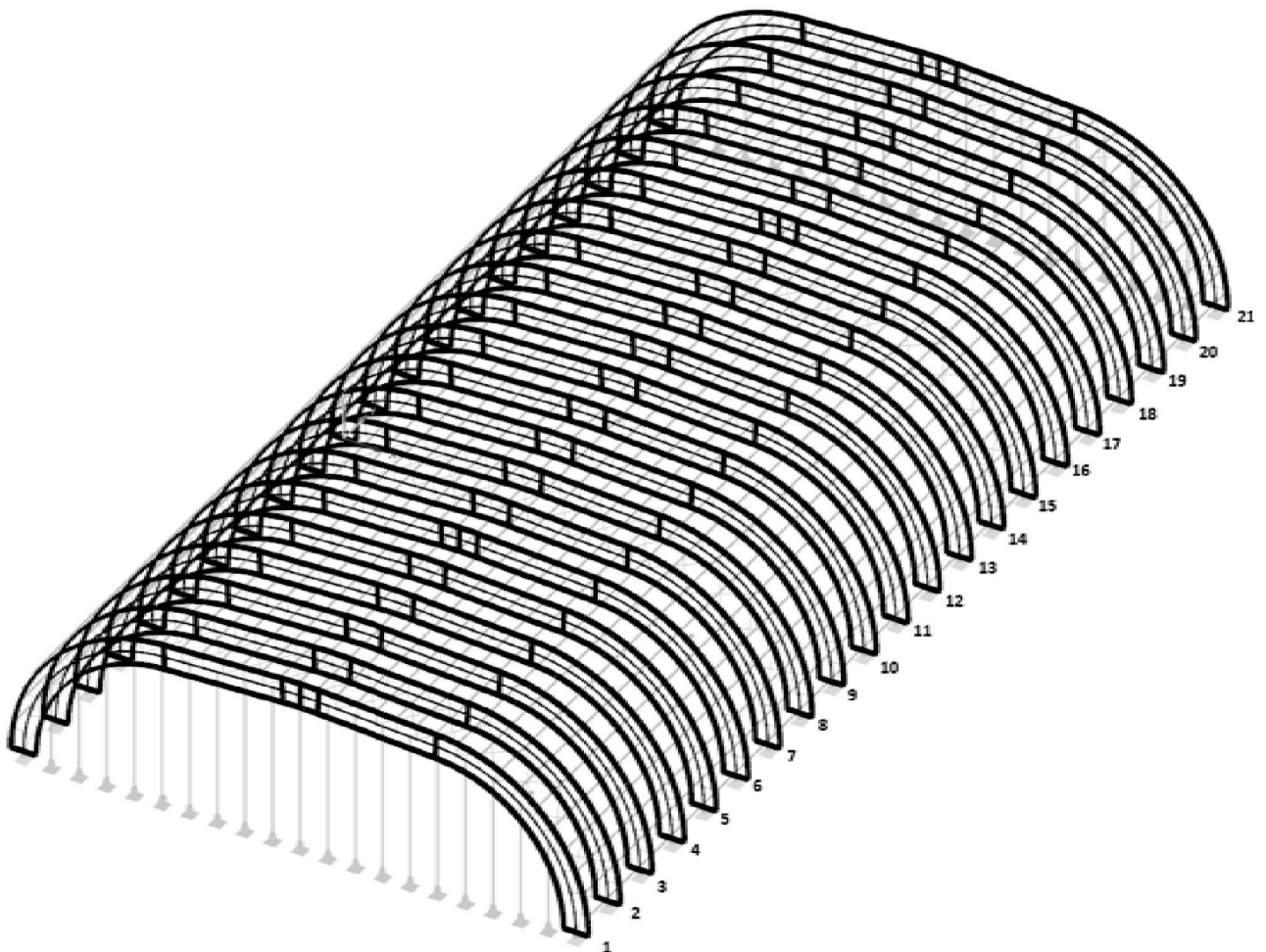
- kolmo k vláknům $f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Pevnost ve smyku $f_{v,g,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

Uspořádání vaznic v konstrukci



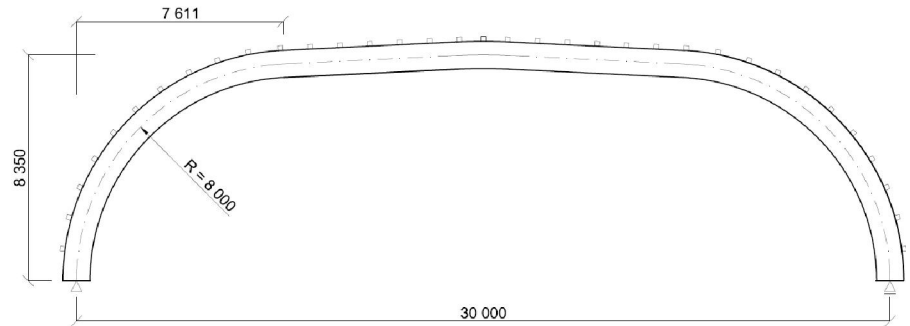
Vnitřní síly ve vaznících

- vnitřní síly veškerých vazníků jsou v příloze tiskového protokolu RFEM

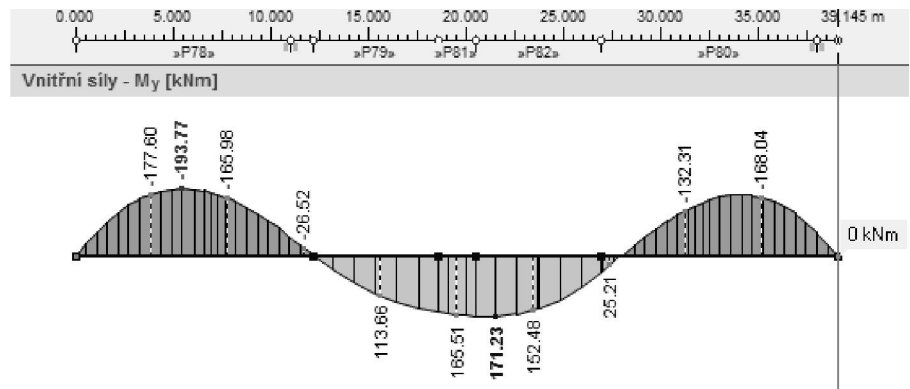
Maximální a minimální vnitřní síly ze všech vazníků

Vyzník	Zat.	Síly [kN]	Momenty [kNm]				
číslo	stav	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z
15	KZ18	-165,19	42,38	23,35	-18,29	-105,93	79,04
21	KZ12	56,50	-6,40	0,62	2,56	-1,28	-39,83
21	KZ16	-95,04	-43,80	-6,22	15,64	-17,74	-82,02
2	KZ18	-119,47	44,05	7,80	-16,07	-61,79	82,18
2	KZ4	-74,78	0,17	-51,24	0,26	40,11	-0,44
15	KZ10	-158,53	-19,94	78,22	9,35	0,00	-0,01
1	KZ16	0,29	-11,64	-0,10	-39,71	0,43	55,28
20	KZ18	-19,54	-10,08	15,72	31,99	-18,67	-6,72
7	KZ4	-111,78	0,00	-0,72	0,00	-193,77	0,02
7	KZ4	-70,87	0,00	-5,40	0,00	171,23	-0,01
21	KZ16	-95,04	-43,80	-6,22	15,64	-17,74	-82,02
2	KZ18	-119,47	44,05	7,80	-16,07	-61,79	82,18

4.2.3 Posouzení nosníku v krajní obloukové části



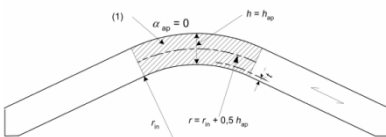
- vazník č. 7, KZ4



- návrhový ohybový moment

$$M_{Ed} = M_{ap,d} = 193,77 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,max,d} = \sigma_{m,ap,d} = k_1 \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$



Vliv zakřivení vazníku v obloukové části

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

$\alpha_{ap} = 0^\circ$ - pro zaoblené prvky

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap}$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ = 0,35$$

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

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap}$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0^\circ = 0$$

$$k_l = 1 + 0,35 \left(\frac{1\,500}{8\,000} \right) + 0,6 \left(\frac{1\,500}{8\,000} \right)^2 + 0 \left(\frac{1\,500}{8\,000} \right)^3 = 1,09$$

$$\sigma_{m,max,d} = k_1 \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 1,09 \cdot \frac{6 \cdot 193,77 \cdot 10^6}{250 \cdot 1\,500^2} = 2,25 \text{ MPa}$$

$$\frac{r_{in}}{t} = \frac{7\,250}{33} = 220 < 240$$

$$k_r = 0,76 + 0,001 \cdot \frac{r_{in}}{t} = 0,76 + 0,001 \cdot \frac{7\,250}{33} = 0,98$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,d}}{k_r \cdot f_{m,g,d}} = \frac{2,25}{0,98 \cdot 17,28} = 0,133 < 1,0$$

Vazník na ohyb vyhovuje

Využití průřezu je **13 %**

4.2.3 Posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům

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

- návrhový ohybový moment ve vrcholu

$$M_{Ed} = M_{ap,d} = 193,77 \text{ kNm}$$

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

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

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \text{tg} \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 \cdot \text{tg} 0^\circ = 0,25$$

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

$$k_p = 0 + 0,25 \left(\frac{1\,500}{8\,000} \right) + 0 \left(\frac{1\,500}{8\,000} \right)^2 = 0,047$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,047 \cdot \frac{6 \cdot 193,77 \cdot 10^6}{250 \cdot 1\,500^2} = 0,09 \text{ MPa}$$

Další informace	
Velikost ploch	A : 0.000 [m ²]
Délka prutů	L : 12.178 [m]
Plocha opláštění	S : 43.364 [m ²]
Objem materiálu	V : 4.566 [m ³]
Hmotnost materiálu	W : 1689.3 [kg]

Pro referenční objem $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$ a objem vrcholové oblasti V

$V = 4,566 \text{ m}^3$ - odečteno z programu Rfem

Stanovení součinitele objemu

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{4,566}\right)^{0,2} = 0,294$$

$k_{dis} = 1,4$ - pro zakřivené nosníky

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis}k_{vol}f_{t,90,g,d}} = \frac{0,09}{1,4 \cdot 0,294 \cdot 0,288} = 0,76 < 1,0$$

Vazník na tah kolmo k vláknům vyhovuje

Využití průřezu je **76 %**

5.2.5 Vzpěr a klopení

Ověření vzpěru

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

Ověření klopení

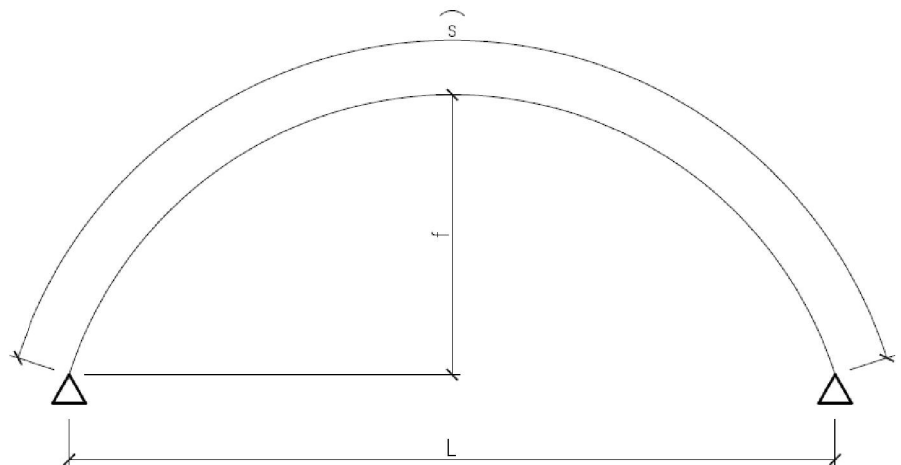
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r k_{crit} f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

4.2.5.1 V rovině vazníku

Vzpěrná délka

$$L_y = 0,5 \cdot L \cdot \sqrt{1 + 6,15 \cdot k} = 0,5 \cdot 30 \cdot \sqrt{1 + 6,15 \cdot 0,29} = 25 \text{ m}$$

$$k = \frac{f}{L} = \frac{8,35}{30} = 0,29$$



Kritická štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{25}{433} = 0,0578$$

$$\lambda_y = 57,8 \quad - \text{kritická štíhlost}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{27,77}} = 0,93$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{9\,400}{57,8^2} = 27,77 \text{ MPa}$$

Součinitel vzpěrnosti

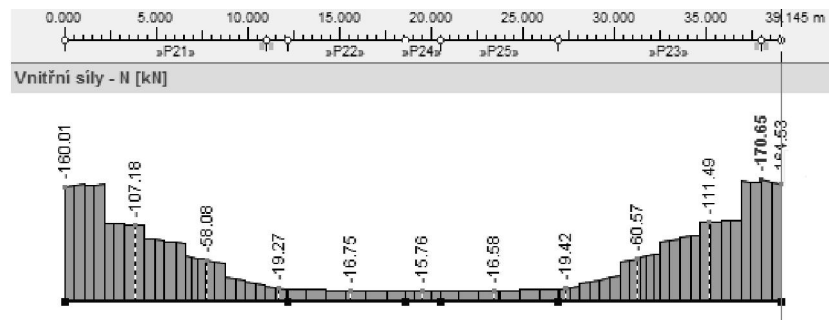
$$\beta_c = 0,1 \quad - \text{pro lepené lamelové dřevo a LVL}$$

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$k = 0,5[1 + 0,1(0,93 - 0,3) + 0,93^2] = 0,96$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,96 + \sqrt{0,96^2 - 0,93^2}} = 0,835$$

- maximální návrhová osová síla - Vazník č. 15, KZ18



$$N_{Ed} = 165,19 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{165,19 \cdot 10^3}{375\,000} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{193,77 \cdot 10^6}{94,8 \cdot 10^6} = 2,04 \text{ MPa}$$

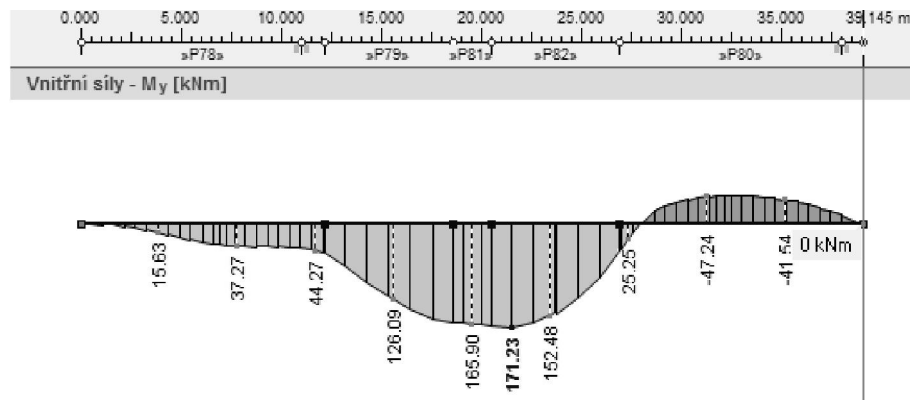
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{|0,44|}{0,835 \cdot 17,28} + \frac{2,04}{0,98 \cdot 17,28} = 0,15 \leq 1,0$$

Vazník vyhovuje, vzpěr nenastane

Využití průřezu je **15 %**

4.2.5.2 Zroviny vazníku



$L_{cr,z} = 28 \text{ m}$ - tlak v dolních vláknech (vazník č. 7, KZ4)

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 E_{0,05}}{L_{cr,z} \cdot h} = \frac{0,78 \cdot 250^2 \cdot 9\,400}{28\,000 \cdot 1\,500} = 10,91 \text{ MPa}$$

Relativní štíhlost

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{10,91}} = 1,48$$

$$k_{crit} = \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} = \frac{1}{1,48^2} = 0,46$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{171,23 \cdot 10^6}{94,8 \cdot 10^6} = 1,81 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\frac{|0,44|}{17,28} + \frac{1,81}{0,98 \cdot 0,46 \cdot 17,28} = 0,26 \leq 1,0$$

Vazník vyhovuje, klopení nenastaneVyužití průřezu je **26 %****4.2.6 Posouzení na kombinaci vzpěru s ohybem**

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

Návrhová osová síla $N_{Ed} = 165,19 \text{ kN}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{165,19 \cdot 10^3}{375\,000} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{M_{yd}}{W_y} = 1,015 \cdot \frac{193,77 \cdot 10^6}{94,8 \cdot 10^6} = 2,07 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\frac{0,44}{0,835 \cdot 17,28} + \frac{2,07}{17,28} \cdot 1,0 = 0,15 \leq 1,0$$

Vazník na kombinaci vzpěru s ohybem vyhovujeVyužití průřezu je **15 %****4.2.7 Posouzení na klopení v kombinaci s tlakem**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_r k_{crit} f_{m,d}} \leq 1,0$$

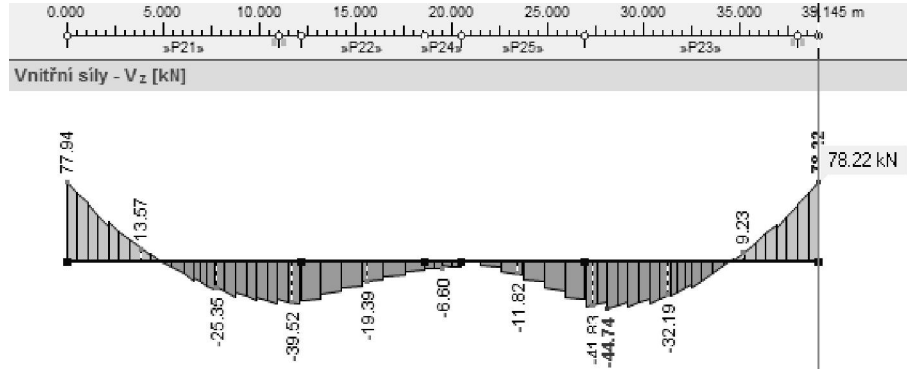
$$\frac{0,44}{17,28} + \frac{2,07}{1,0 \cdot 0,46 \cdot 17,28} = 0,29 \leq 1,0$$

Vazník na klopení v kombinaci s tlakem vyhovujeVyužití průřezu je **29 %**

4.2.8 Smykové napětí

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_z}{bh}$$

Maximální návrhová posouvající síla - vazník č.15, KZ10



$$V_{z,d} = 78,22 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{78,22 \cdot 10^3}{250 \cdot 1\,500} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,31 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.2.9 Kombinace tahu kolmo k vláknům a smyku

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,g,d}} + \frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,31}{2,4} + \frac{0,09}{1,4 \cdot 0,294 \cdot 0,288} = 0,89 \leq 1,0$$

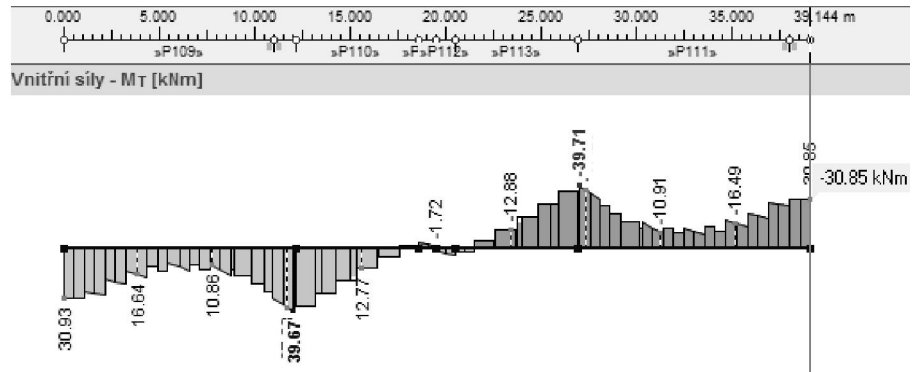
Vazník na smyk v kombinaci s tahem kolmo k vláknům vyhovuje

Využití průřezu je **89 %**

4.2.10. Posouzení na kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor,d}}{k_{tor}hb^2}$$

Maximální ohybový moment - vazník č.1, KZ16



$$M_{tor,d} = 39,71 \text{ MPa}$$

$$b/h = \frac{1\,500}{250} = 6 \rightarrow k_{tor}$$

Tab. Součinitel k_{tor}

h/b	1	1,2	1,5	2	3	5	10	>10
k_{tor}	0,208	0,219	0,231	0,246	0,267	0,291	0,313	0,333

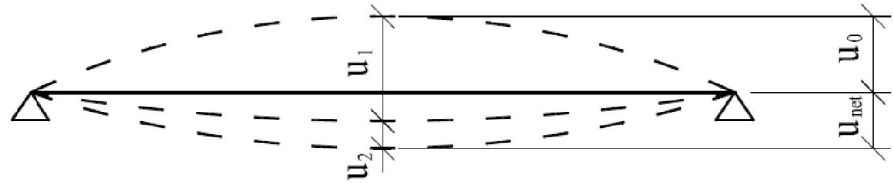
$$k_{tor} = 0,2954$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{39,71 \cdot 10^6}{0,2954 \cdot 250 \cdot 1\,500^2} = 0,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,d} = 0,24 \text{ MPa} < f_{tor,g,d} = 1,998 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vazník na kroucení vyhovuje

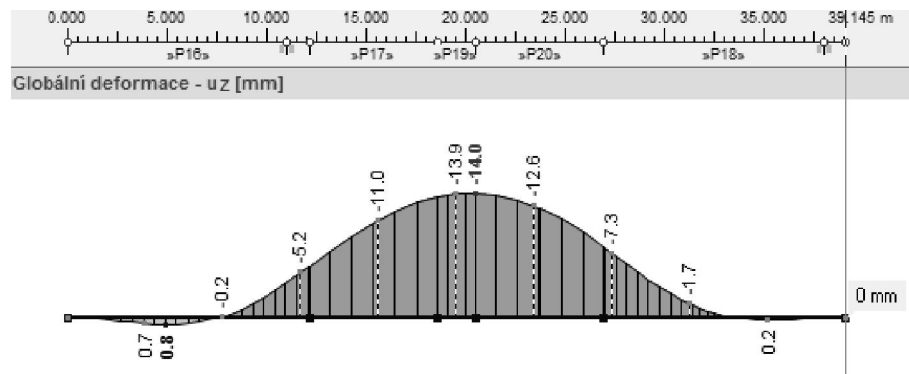
4.2.11 Posouzení na průhyb



Obr. 7.9 Složky průhybu

$u_0 = 0 \text{ mm}$ - nadvýšení

Maximální průhyb - vazník č.14, KZ4



$u_1 = 9 \text{ mm}$ - průhyb od stálého zatížení

$u_2 = 4,9 \text{ mm}$ - průhyb od nahodilého zatížení

$k_{def} = 0,8$ -součinitel dotvarování

$$u_{net} = u_1 \cdot (1 + k_{def}) + u_2 \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) - u_0$$

$$u_{net} = 9 \cdot (1 + 0,8) + 4,9 \cdot (1 + 1,5 \cdot 0,8) - 0$$

$$u_{net} = 26,98 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\frac{L}{300} = \frac{39,145}{300} = 130,5 \text{ mm} > u_{net} = 26,98 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vazník na průhyb vyhovuje

Využití průřezu je **21 %**

4.3. Posouzení paždíku

4.3.1 Charakteristické hodnoty

Charakteristické hodnoty pevnosti a tuhosti v N/mm^2

Charakteristické hodnoty hustoty v kg/m^3 (pro lepené lamelové dřevo)

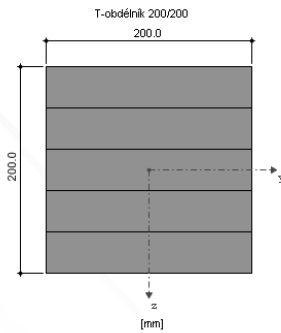
Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva **GL24h**

Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,g,k} = 16,5 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{t,90,g,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{y,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,g,\text{mean}} = 11\,600 \text{ N/mm}^2$
	$E_{0,g,05} = 9\,400 \text{ N/mm}^2$
	$E_{90,g,\text{mean}} = 390 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,\text{mean}} = 720 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_{g,k} = 380 \text{ N/m}^3$

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

Třída provozu 2

4.3.2 Geometrické schéma



$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$l = 8\,327 \text{ mm} \quad - \text{prostřední nejdelší sloup}$$

$$t = 33 \text{ mm} \quad - \text{tloušťka lamel}$$

Průřezové charakteristiky

$$A = 200 \cdot 200 = 40\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,2 \cdot 0,2^3 = 133 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,2 \cdot 0,2^3 = 133 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,2 \cdot 0,2^2 = 1,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} h b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,2 \cdot 0,2^2 = 1,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,7 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,7 \text{ mm}$$

Návrhové pevnosti

$$\text{Pevnost v ohybu} \quad f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

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

Pevnost v tlaku

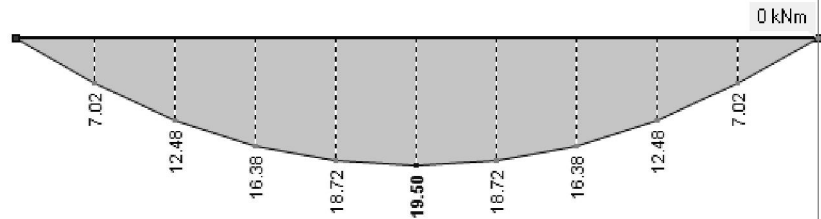
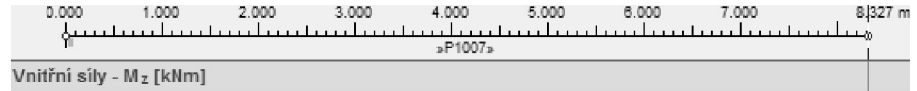
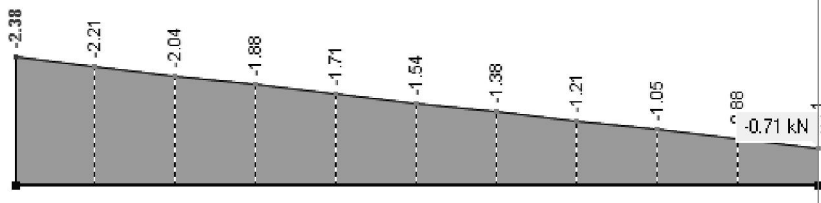
$$\text{- rovnoběžně s vlákny} \quad f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

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

4.3.3 Posouzení na ohyb a osový tlak

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

Maximální hodnoty vnitřních sil - KZ12

Vnitřní síly - N [kN]

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1,51 \cdot 10^3}{40\,000} = 0,038 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{19,5 \cdot 10^6}{1,3 \cdot 10^6} = 15 \text{ MPa}$$

 $k_m = 0,7$ - koeficient redistribuce napětí

Posouzení

$$\left(\frac{0,038}{17,28}\right)^2 + 0,7 \frac{15}{17,28} = 0,61 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.3.4 Posouzení na vzpěr

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

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L = 1 \cdot 8\,327 = 8\,327 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{8327}{57,7} = 144,3$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{0,05}}} = \frac{144,3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{9\,400}} = 2,32$$

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

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,1(2,32 - 0,3) + 2,32^2] = 3,29$$

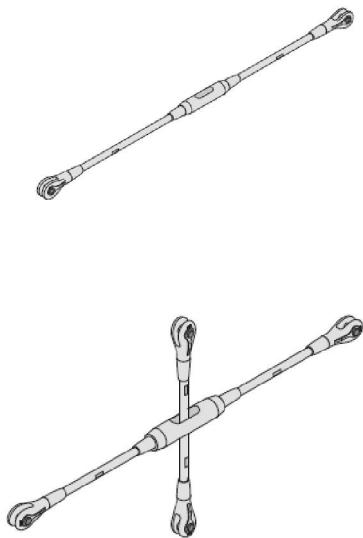
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{3,29 + \sqrt{3,29^2 - 2,32^2}} = 0,178$$

Posouzení

$$\frac{0,038}{0,178 \cdot 17,28} + \frac{15}{17,28} = 0,88 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Sloup vyhovuje na vzpěr

Využití průřezu je 88 %



4.4. Posouzení ztužidel

Ztužidla staticky působí jako tahové pruty
Navržený výrobce - DETAN systémy táhel

4.4.1 Charakteristické hodnoty

Třída pevnosti oceli	S460N
Pevnost v tahu	$f_{y,k} = 460 \text{ N/mm}^2$
Mez kluzu	$f_{u,k} = 530 \text{ N/mm}^2$
$\gamma_M = 1,15$	

Návrhové pevnosti

Pevnost v tahu $f_{y,k} = 460 \text{ MPa}$

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{460}{1,15} = 400 \text{ MPa}$$

4.4.2 Geometrické schéma

$r = 10 \text{ mm}$ - poloměr průřezu táhla

$l = 3\,714 \text{ mm}$ - délka táhla

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 20^2 = 314,16 \text{ mm}^2$$

4.4.3 Posouzení na tah

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

Maximální vnitřní síly v táhlech

Táhlo číslo	Zatěžovací stav	Síly [kN]
890	KZ18	101,85
855	KZ16	101,77
924	KZ12	99,78
881	KZ12	99,77
963	KZ16	92,29
996	KZ18	92,29
960	KZ18	91,89
927	KZ16	91,88
926	KZ18	36,58

$$N_{ED,max} = 101,85 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = f_{y,d} \cdot A = 400 \cdot 314,16 = 125,67 \text{ kN}$$

Posouzení

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

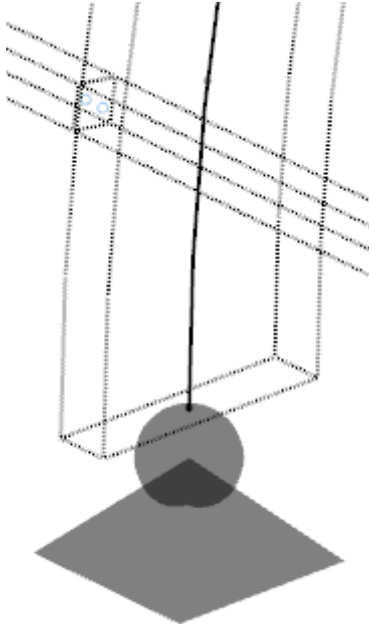
$$101,85 \leq 125,67 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Táhlo na osovou tahovou sílu vyhovuje

Využití průřezu je 81 %

6. KOTEVNÍ SPOJE

6.1. Posouzení připojení vazníku na ŽB patku - ložisko v podoře vazníku



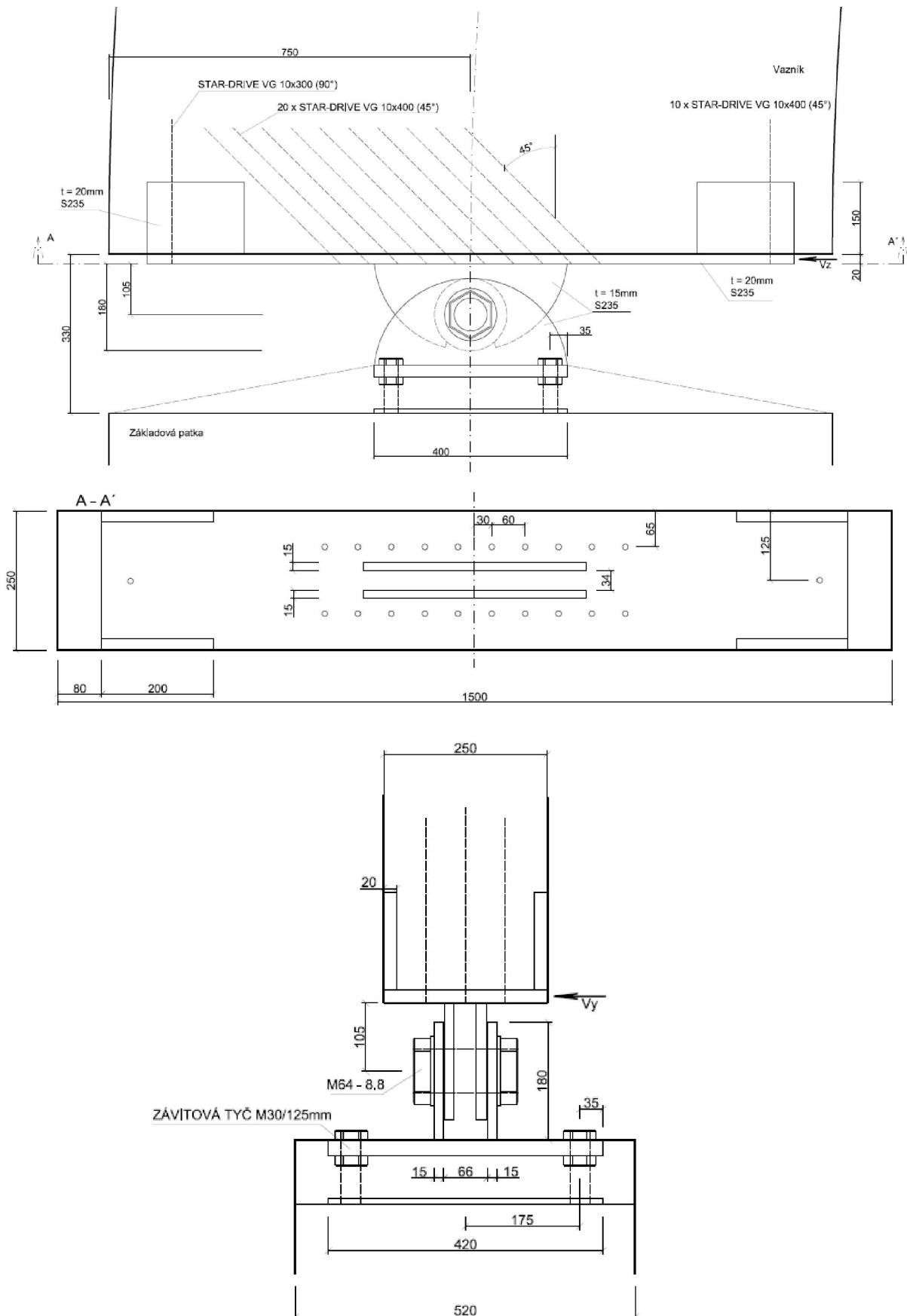
6.1.1 Reakce

Uzel číslo	Podporové síly [kN]			Podporové momenty [kNm]		
	P_X	P_Y	P_Z	M_X	M_Y	M_Z
115	-70,44	-33,36	-159,34	0,00	0,00	-16,46
42	70,80	-33,33	-164,31	0,00	0,00	16,24
170	-45,93	-34,07	-119,64	0,00	0,00	-14,55
189	7,77	91,86	63,16	0,00	0,00	30,94
42	70,80	-33,33	-164,31	0,00	0,00	16,24
206	-8,27	91,63	64,13	0,00	0,00	-31,02
206	-8,27	91,63	64,13	0,00	0,00	-31,02
206	-8,27	91,63	64,13	0,00	0,00	-31,02
206	-8,27	91,63	64,13	0,00	0,00	-31,02
206	-8,27	91,63	64,13	0,00	0,00	-31,02
94	11,24	90,49	33,30	0,00	0,00	-31,56
89	-10,21	90,48	38,93	0,00	0,00	31,66

Maximální síly

$N_{c,0,d} = 70,8 \text{ kN}$	- tlaková síla
$N_{t,0,d} = 0 \text{ kN}$	- tahová síla
$V_{Z,d} = 164,31 \text{ kN}$	- smyková síla
$V_{Y,d} = 91,86 \text{ kN}$	- smyková síla
$M_{T,d} = 31,56 \text{ kNm}$	- kroutící moment

Detail návrhu připojení vazníku



Materiálové vlastnosti

Vazník

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$f_{t,0,g,k} = 16,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,25$$

Hlavní deska

Ocel S235

$$t_s = 20 \text{ mm}$$

$$b_s = 250 \text{ mm}$$

$$l_s = 1\,340 \text{ mm}$$

$$f_{y,k} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

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

třída prostředí 2

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_{M,V} = 1,30$$

6.1.2 Posouzení na tlak

Vzpěrné výztuhy

Ocel S235

$$n_{S,St} = 2 \quad \text{- Počet výztuh}$$

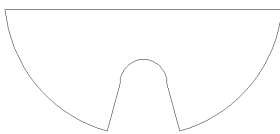
$$b_{S,St} = 400 \text{ mm}$$

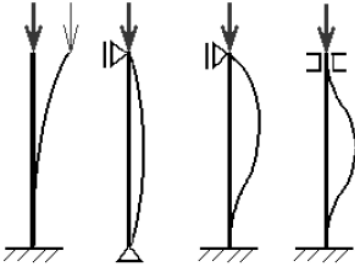
$$t_{S,St} = 15 \text{ mm}$$

$$f_{y,k,St} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{u,k,St} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M1,St} = 1,0$$





Stanovení vzpěrné délky

$$l = 105 \text{ mm}$$

$$\beta = 2,0$$

$$L_{cr} = \beta \cdot l = 2,0 \cdot 105 = 210 \text{ mm}$$

$$A = 0,5 \cdot b_{s,st} \cdot t_{s,st} = 0,5 \cdot 400 \cdot 15 = 2\,400 \text{ mm}^2$$

$$i = 0,289 \cdot t_{s,st} = 4,34 \text{ mm}$$

Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{y,k,st}}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

$$s = \frac{b_{s,st}}{t_{s,st}} = \frac{400}{15} = 26,67$$

$$s = 26,67 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

křivka vzpěrné pevnosti $\rightarrow c$

součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$

Stanovení štíhlosti a poměrné štíhlosti

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

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{210}{4,34} \cdot \frac{1}{93,9} = 0,52$$

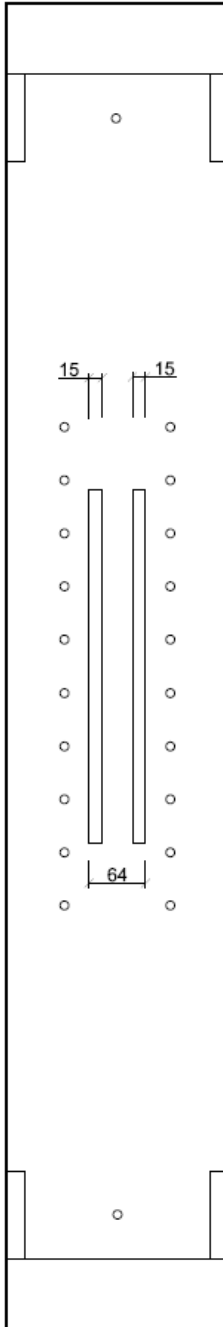
$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5[1 + 0,49(0,52 - 0,2) + 0,52^2] = 0,71$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi = \text{MIN} \left\{ \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}}; 1 \right\}$$

$$\chi = \text{MIN} \left\{ \frac{1}{0,71 + \sqrt{0,71^2 + 0,52^2}}; 1 \right\} = 0,63$$

**Návrhová hodnota zatížení na rovinný vzpěr**

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,63 \cdot 2400 \cdot 235}{1,0} \cdot 10^{-3} = 355,32 \text{ kN}$$

Posouzení

$$N_D = \frac{N_{C,0,d}}{n_{S,st}} = \frac{78,8}{2} = 39,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_D}{N_{b,Rd}} = \frac{39,4}{355,32} = 0,11 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vzpěrné výztuhy vyhovují, budou připojeny k hlavní desce pomocí HV-švu

Ověření tlaku mezi styčnými plochami (dřevo - ocel)

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ N/mm}^2$$

šířka rozložení zatížení c

$$c = t_s \cdot \sqrt{\frac{f_{y,k}}{3 \cdot f_{c,0,d} \cdot \gamma_{M0}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 17,28 \cdot 1,0}} = 42,6 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = \text{MIN}\{(t_{s,st} + 2 \cdot c) \cdot (b_{s,st} + 2 \cdot c) \cdot 2; (64 + 2 \cdot c) \cdot (b_{s,st} + 2 \cdot c)\}$$

$$A_{eff} = \text{MIN}\{(15 + 2 \cdot 42,6) \cdot (1340 + 2 \cdot 42,6) \cdot 2; (64 + 2 \cdot 42,6) \cdot (1340 + 2 \cdot 42,6)\}$$

$$A_{eff} = \text{MIN}\{285\,610; 212\,639\} = 212\,639 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{C,0,d}}{A_{eff}} = \frac{78,8 \cdot 10^3}{212\,639} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

Posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,37}{17,28} = 0,02 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.1.3 Posouzení na smyk

Vstupní údaje

$\alpha_{sr} = 45^\circ$ - úhel mezi vruty a deskou

Síla ve směru vrutu

$$F_{ax,d} = \frac{V_{z,D}}{\cos \alpha_{sr}} = \frac{164,31}{\cos 45^\circ} = 232,4 \text{ kN}$$

Tlak mezi ocelovou deskou a dřevem

$$F_{c,0,d} = V_{z,D} = 164,31 \text{ kN}$$

Vruty

Typ - StarDrive VG 10 x 400

$d = 10,00 \text{ mm}$

$L = 400 \text{ mm}$

$S_g = 375 \text{ mm}$ - délka závitu

Délka vrutu ve dřevě

$$L_{ef} = L - \frac{t_s}{\sin \alpha_{sr}} = 400 - \frac{20}{\sin 45^\circ} = 372 \text{ mm}$$

Minimální hloubka ve dřevě

$$t_{min} = 12 \cdot d = 12 \cdot 10 = 120 \text{ mm}$$

$M_{y,Rk} = 35\,000 \text{ Nmm}$ - únosnost

$R_{t,u,k} = 32 \text{ kN}$ - únosnost v tahu

Minimální vzdálenost vrutů

$$a_1 = 5 \cdot d = 5 \cdot 10 = 50 \text{ mm}$$

$$a_2 = \text{MAX}\{2,5 \cdot d; 25 \cdot d^2 / a_1\} = \text{MAX}\{2,5 \cdot 10; 25 \cdot 10^2 / 50\} = 50 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 5 \cdot d = 5 \cdot 10 = 50 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 4 \cdot d = 4 \cdot 10 = 40 \text{ mm}$$

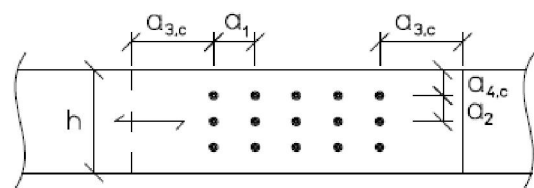
Počet vrutů

$n_1 = 10$ - sloupce

$n_2 = 2$ - řady

celkem 20 vrutů (+ 2 krajní)

$$n_{ef} = 20$$



Únosnost šroubu v tahu

$$F_{sg,Rd} = \frac{f_{1,k} \cdot L_{ef} \cdot d}{\frac{\sin^2 \alpha_{sr} + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha_{sr}}{1000 \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}}} = \frac{11,55 \cdot 372 \cdot 10}{\frac{\sin^2 45 + \frac{4}{3} \cos^2 45}{1000 \cdot \frac{0,9}{1,25}}} = 26,52 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = \text{MIN} \left(F_{sg,Rd}; \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_{M2}} \right) = \text{MIN} \left(26,52; \frac{32}{1,25} \right) = 25,6 \text{ kN}$$

$$F_{ax,ef,Rd} = F_{ax,Rd} \cdot n_{ef} = 25,6 \cdot 20 = 512 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{F_{ax,d}}{F_{ax,ef,Rd}} = \frac{232,4}{512} = 0,45 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

20 vrutů 10x400 ve dvou řadách pod úhlem 45° vyhovuje na smyk

Ověření oslabené hlavní desky

$$b_s = 250 \text{ mm}$$

$$l_s = 1340 \text{ mm}$$

$$t_s = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta b_{vrutu} = 12 \text{ mm} \quad - \text{ otvor v desce pro vrut}$$

$$A_{nett} = (b_s - n_2 \cdot \Delta b_{vrutu}) \cdot t_s = (250 - 2 \cdot 12) \cdot 20 = 4\,520 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{V_{Z,d}}{A_{nett}} = \frac{164,31 \cdot 10^3}{4\,520} = 36,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \frac{36,35}{235} = 0,15 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.1.4 Smyková síla a kroučící moment

Rameno momentu

$$Z_{D,Z} = 1\,000\text{ mm}$$

Smyková síla

$$V_{y,Mt,d} = \frac{M_{T,d}}{Z_{D,Z}} = \frac{31,56 \cdot 10^3}{1\,000} = 31,56\text{ kN}$$

Tlaková síla na ocelové boční desky

$$D_d = \frac{1}{2} \cdot V_{y,d} + V_{y,Mt,d} = 0,5 \cdot 91,86 + 31,56 = 77,49\text{ kN}$$

Ověření tlakové síly (plech - dřevo)

$$f_{c,90,k} = 2,7\text{ N/mm}^2$$

$$\max D_d = \frac{1,75 \cdot (200 \cdot 150) \cdot k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M}$$

$$\max D_d = \frac{1,75 \cdot (200 \cdot 150) \cdot 0,9 \cdot 2,7}{1,25} \cdot 10^{-3} = 102,1\text{ kN}$$

$$\frac{D_d}{\max D_d} = \frac{77,49}{102,1} = 0,76 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Ověření bočních desek na ohyb

Vzdálenost momentu

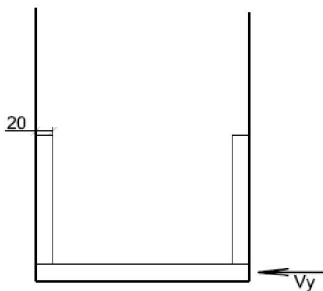
$$l_M = 160\text{ mm}$$

Moment v desce

$$M_D = \frac{D_d \cdot l_M}{4} = \frac{77,49 \cdot 160}{4} = 3\,100\text{ kNmm}$$

$$\sigma_d = \frac{M_D \cdot 10^3 \cdot 6}{100 \cdot 20^2} = \frac{3\,100 \cdot 10^3 \cdot 6}{200 \cdot 20^2} = 232,5\text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \frac{232,5}{235} = 0,99 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$



6.1.5 Posouzení ocelového šroubu

Síly v kloubu

$n_{sj} = 2$ - počet smykových kloubů

$F_{t,d} = 0 \text{ kN}$ - tahová síla

Smyková síla v lokální Z

$$F_{z,d} = \frac{V_{z,d}}{n_{sj}} + \frac{M_{T,d}}{0,048} = \frac{164,31}{2} + \frac{31,56}{0,048} = 584,2 \text{ kN}$$

Smyková síla v lokální X

$$F_{x,d} = \frac{N_{c,0,d}}{n_{sj}} = \frac{78,8}{2} = 39,4 \text{ kN}$$

$$R_d = \sqrt{F_{z,d}^2 + F_{x,d}^2} = \sqrt{584,2^2 + 39,4^2} = 585,5 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

Vnitřní ocelová deska

Ocel S235

$t_s = 64 \text{ mm}$

$f_{y,k,s} = 240 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M,s} = 1,1$

Vnější ocelová deska

Ocel S235

$t_{DS} = 15 \text{ mm}$

$f_{y,k,DS} = 240 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M,s} = 1,1$

Šroub

M 64 - 8.8

$d_s = 64 \text{ mm}$

$\alpha_a = 0,6$

$f_{y,b,k} = 640 \text{ N/mm}^2$

$f_{u,b,k} = 800 \text{ N/mm}^2$

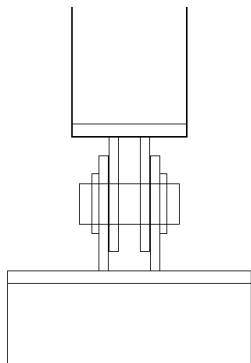
$\Delta d = 3 \text{ mm}$ - vůle v otvoru pro šroub

$d_L = d_s + \Delta d = 64 + 3 = 67 \text{ mm}$ - průměr otvoru

$d_2 = d_s - \frac{3}{4} \cdot 3,46 = 61,41 \text{ mm}$

$d_3 = d_s - \frac{17}{12} \cdot 3,46 = 59,1 \text{ mm}$

$A_{SP} = \frac{\pi}{4} \cdot \left((d_2 + d_3)/2 \right)^2 = 2\,851,52 \text{ mm}^2$



Geometrie uložení šroubu

Vzdálenost od okraje ve směru síly

$$\min e_1 = 1,5 \cdot d_L = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ mm}$$

Vzdálenost od okraje kolmo na směr síly

$$\min e_2 = 1,5 \cdot d_L = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ mm}$$

Zvoleno:

$$e_1 = 105 \text{ mm}$$

$$e_2 = 105 \text{ mm}$$

6.1.6 Posouzení na smyk

- Šroub

$$V_{a,R,d} = A_{SP} \cdot \alpha_a \cdot \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_{M,S}} = 2851,52 \cdot 0,6 \cdot \frac{800}{1,1} \cdot 10^{-3} = 1\,244,3 \text{ kN}$$

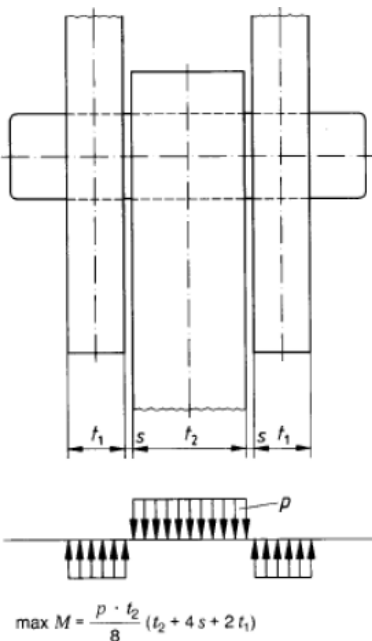
$$\frac{R_d}{V_{a,R,d}} = \frac{584,5}{1\,244,3} = 0,47 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Desky

$$t = \text{MIN}\{2 \cdot t_{DS}; t_S\} = \text{MIN}\{30; 64\} = 30 \text{ mm}$$

$$V_{I,R,d} = \frac{t \cdot d_s \cdot 1,5 \cdot f_{y,k,DS}}{\gamma_{M,S}} = \frac{30 \cdot 64 \cdot 1,5 \cdot 240}{1,1} \cdot 10^{-3} = 628,4 \text{ kN}$$

$$\frac{R_d}{V_{I,R,d}} = \frac{584,5}{628,4} = 0,93 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

**6.1.7 Posouzení na ohyb**

$$s = 2 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_{DS} = 15 \text{ mm}$$

$$t_2 = t_S = 64 \text{ mm}$$

$$p = \frac{R_d}{t_S} = \frac{584,5}{64} \cdot 1\,000 = 9\,133 \text{ N/mm}$$

$$M_d = \frac{p \cdot t_2}{8} \cdot (t_2 + 4s + 2t_1) = \frac{9\,133 \cdot 64}{8} \cdot (64 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 15)$$

$$M_d = 7\,452\,528 \text{ Nmm}$$

$$W_S = \frac{\pi \cdot (d_s/2)^3}{4} = \frac{\pi \cdot (64/2)^3}{4} = 25\,736 \text{ mm}^3$$

$$M_{R,d} = \frac{W_S \cdot f_{y,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_{M,S}} = \frac{25\,736 \cdot 640}{1,25 \cdot 1,1} = 11\,978\,939 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_d}{M_{R,d}} = \frac{7\,452\,528}{11\,978\,939} = 0,62 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.1.8 Posouzení na kombinaci ohybu a smyku

$$\begin{aligned} \left(\frac{M_d}{M_{R,d}}\right)^2 + \left(\frac{R_d}{V_{a,R,d}}\right)^2 &= (0,62)^2 + (0,47)^2 \\ &= 0,83 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

6.1.9 Posouzení vnějších desek

$$b_{min} = 2 \cdot e_2 = 2 \cdot 105 = 210 \text{ mm}$$

$$A_{net} = t \cdot (b_{min} - d_L) = 30 \cdot (210 - 67) = 4\,290 \text{ mm}^2$$

$$N_{R,d} = \frac{A_{net} \cdot f_{y,k,DS}}{\gamma_{M,S}} = \frac{4\,290 \cdot 240}{1,1} \cdot 10^{-3} = 936 \text{ kN}$$

$$\frac{R_d}{N_{Rd}} = \frac{584,5}{936} = 0,62 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.1.10 Posouzení svaru

Posouzení připojení bočních vzpěrných desek k hlavní desce

Typ svaru

Koutový

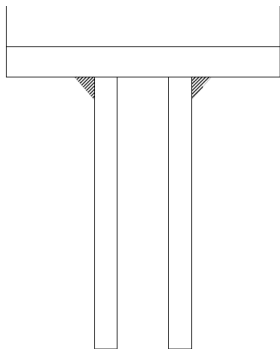
Síly

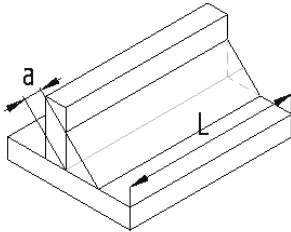
$z = 105 \text{ mm}$ - excentricita

$n_{S,st} = 2$ - počet bočních desek

Smyková síla II

$$F_{II,d} = \frac{V_{Z,D}}{n_{S,st}} + \frac{M_{T,d}}{0,048} = \frac{164,31}{2} + \frac{31,56}{0,048} = 584,2 \text{ kN}$$



Smyková síla T

$$F_{T,d} = \frac{N_{c,0,d}}{n_{S,St}} = \frac{78,8}{2} = 39,4 \text{ kN}$$

$$M_D = F_{II,d} \cdot z = 584,2 \cdot 10^3 \cdot 105 = 61\,341\,000 \text{ Nmm}$$

Geometrie švu

$$t_{min} = 15 \text{ mm} \quad - \text{ boční deska}$$

$$t_{max} = 20 \text{ mm} \quad - \text{ horní deska}$$

$$a_{W,min} = \text{MAX}\{2,0; \sqrt{t_{max} - 0,5}\} = 3,97 \text{ mm}$$

$$a_{W,max} = 0,7 \cdot t_{min} = 10,5 \text{ mm}$$

Zvoleno:

$$a_W = 15 \text{ mm}$$

$$l_{W,eff} = 400 \text{ mm}$$

$$A_W = a_W \cdot l_{W,eff} = 15 \cdot 400 = 6\,000 \text{ mm}^2$$

$$W_W = \frac{a_W \cdot l_{W,eff}^2}{6} = \frac{15 \cdot 400^2}{6} = 400\,000 \text{ mm}^3$$

Materiál švu

Ocel S235

$$f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\beta_W = 0,8$$

Výpočet napětí

$$\tau_{II} = \frac{F_{II,d}}{A_W} = \frac{584,2}{6\,000} \cdot 10^3 = 97,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \left(\frac{F_{T,d}}{A_W} + \frac{M_D}{W_W} \right) \cdot \cos 45^\circ = \left(\frac{39,4}{6\,000} \cdot 10^3 + \frac{61\,341}{400} \right) \cdot \cos 45^\circ \\ &= 113 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_T &= \left(\frac{F_{T,d}}{A_W} + \frac{M_D}{W_W} \right) \cdot \sin 45^\circ = \left(\frac{39,4}{6\,000} \cdot 10^3 + \frac{61\,341}{400} \right) \cdot \sin 45^\circ \\ &= 113 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{W,V} = \sqrt{\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_T^2)} = \sqrt{113^2 + 3 \cdot (97,37^2 + 113^2)} \\ = 282 \text{ N/mm}^2$$

Posouzení

$$\sigma_{W,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_W \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{W,Rd,2} = \frac{0,9 \cdot f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 259,2 \text{ N/mm}^2$$

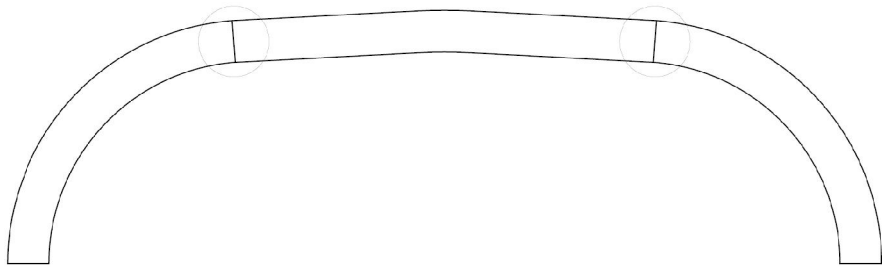
$$\frac{\sigma_{W,V}}{\sigma_{W,Rd}} = \frac{282}{360} = 0,78 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_{W,Rd,2}} = \frac{113}{259,2} = 0,44 \leq 1 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

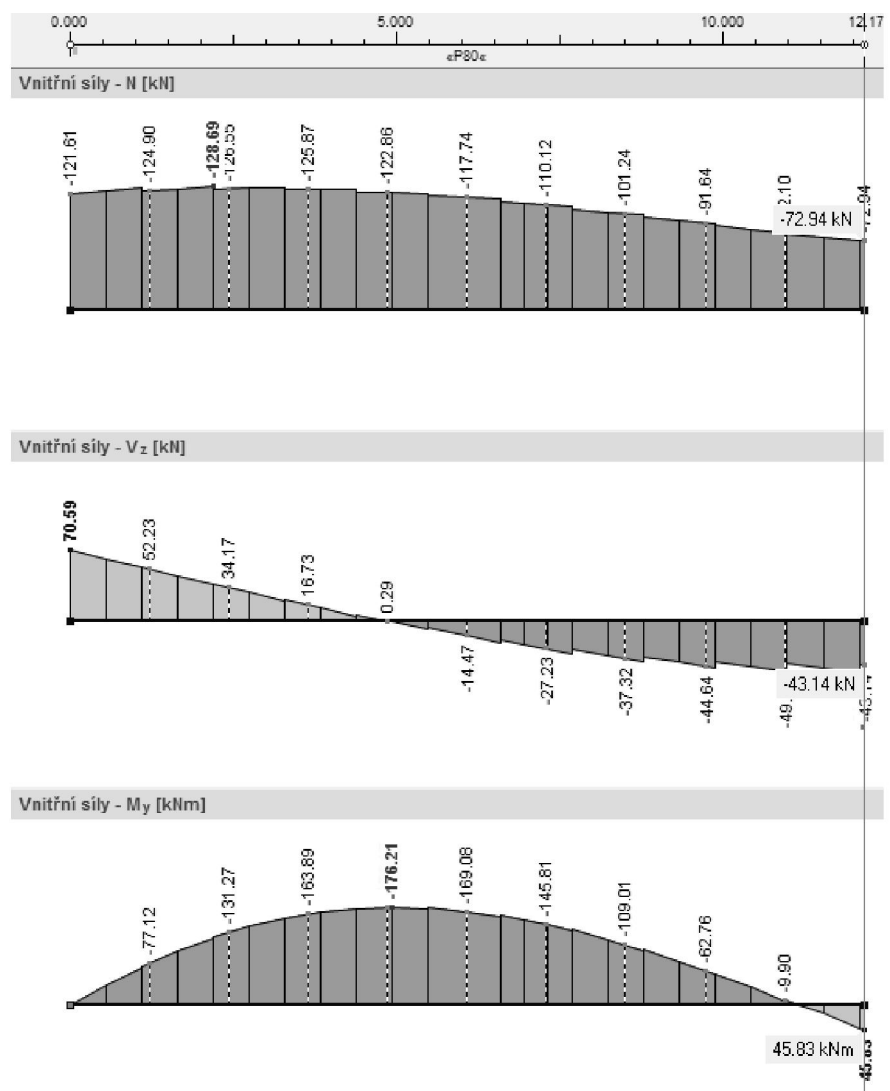
Navržený koutový svar vyhovuje

7 MONTÁŽNÍ SPOJE

7.1 Posouzení spoje vazníku



Vnitřní síly v místě styku - vazník č. 7;KZ4



$$N = 72,94 \text{ kN}$$

$$V_z = 43,14 \text{ kN}$$

$$M_y = 45,83 \text{ kNm}$$

Navržený typ spoje

-2 x ocelový plech na krajích průřezu vazníku, spojený ocelovými kolíky

$$\gamma_M = 1,3 \quad \rightarrow \text{dílní součinitel pro spoje}$$

7.1.1 Posouzení středního plechu na posouvající sílu

$$F_{d,1,v} = \frac{V_z}{n} = \frac{43,14}{8} = 5,39 \text{ kN}$$

$$e = \frac{250}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$M_d = F_{d,1,v} \cdot e = 5,39 \cdot 0,125 = 0,67 \text{ kNm}$$

$$r_1 = 640 \text{ mm}$$

$$r_2 = 610 \text{ mm}$$

$$\sum r_i^2 = 2 \cdot (640^2 + 610^2) = 1\,563\,400 \text{ mm}^4$$

$$F_{d,1,m} = \frac{M_d \cdot r_1}{\sum r_i^2} = \frac{0,67 \cdot 10^6 \cdot 640}{1\,563\,400} = 0,274 \text{ kN}$$

Navržené kolíky

Ø 24 mm, ocel S355 ($f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$)

Únosnost 1 kolíku při 1 stříhové ploše (spoj je dvoustřížný)

Pevnost v otláčení stěny otvoru

- S předvrtanými otvory

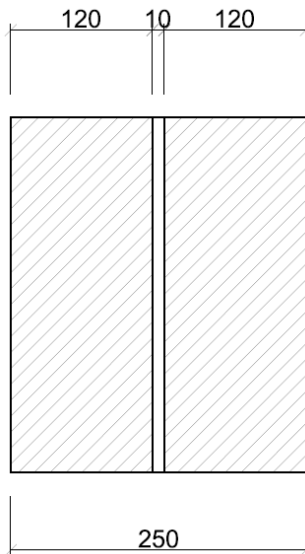
$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{g,k} = 0,082(1 - 0,01 \cdot 0,024)380 \\ = 23,68 \text{ MPa}$$

$$f_{h,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{h,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{23,68}{1,3} = 16,394 \text{ kN}$$

$$\frac{f_{h,0,d}}{2} = \frac{16,394}{2} = 8,197 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti jednoho kolíku

$$M_{y,Rd} = 0,3 \cdot f_{ud} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 24^{2,6} = 593,254 \text{ kNm}$$

**Rozhodující návrhová únosnost na stříhovou plochu**

$$F_{V,1,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rd}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rd}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rd} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rd}}{4} \end{array} \right\} =$$

$$\min \left\{ \begin{array}{l} 8,197 \cdot 120 \cdot 24 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 593254}{8,197 \cdot 24 \cdot 120^2}} - 1 \right] + \frac{0}{4} = 16,2 \text{ kN} \\ 2,3 \cdot \sqrt{593254 \cdot 8,197 \cdot 24} + \frac{0}{4} = 24,847 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,1,Rd} = 16,2 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 kolíku (dvoustřížný)

$$F_{V,Rd} = 2 \cdot 16,2 = 32,4 \text{ kN}$$

Výslednice reakcí

$$F_{1,d} = \sqrt{F_{d,1,v}^2 + F_{1,m,d}^2} = \sqrt{5,39^2 + 0,274^2} = 5,4 \text{ kN}$$

$$F_{1,d} = 5,4 \text{ kN} \leq F_{V,1,Rd} = 16,2 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení spoje na normálovou sílu a moment

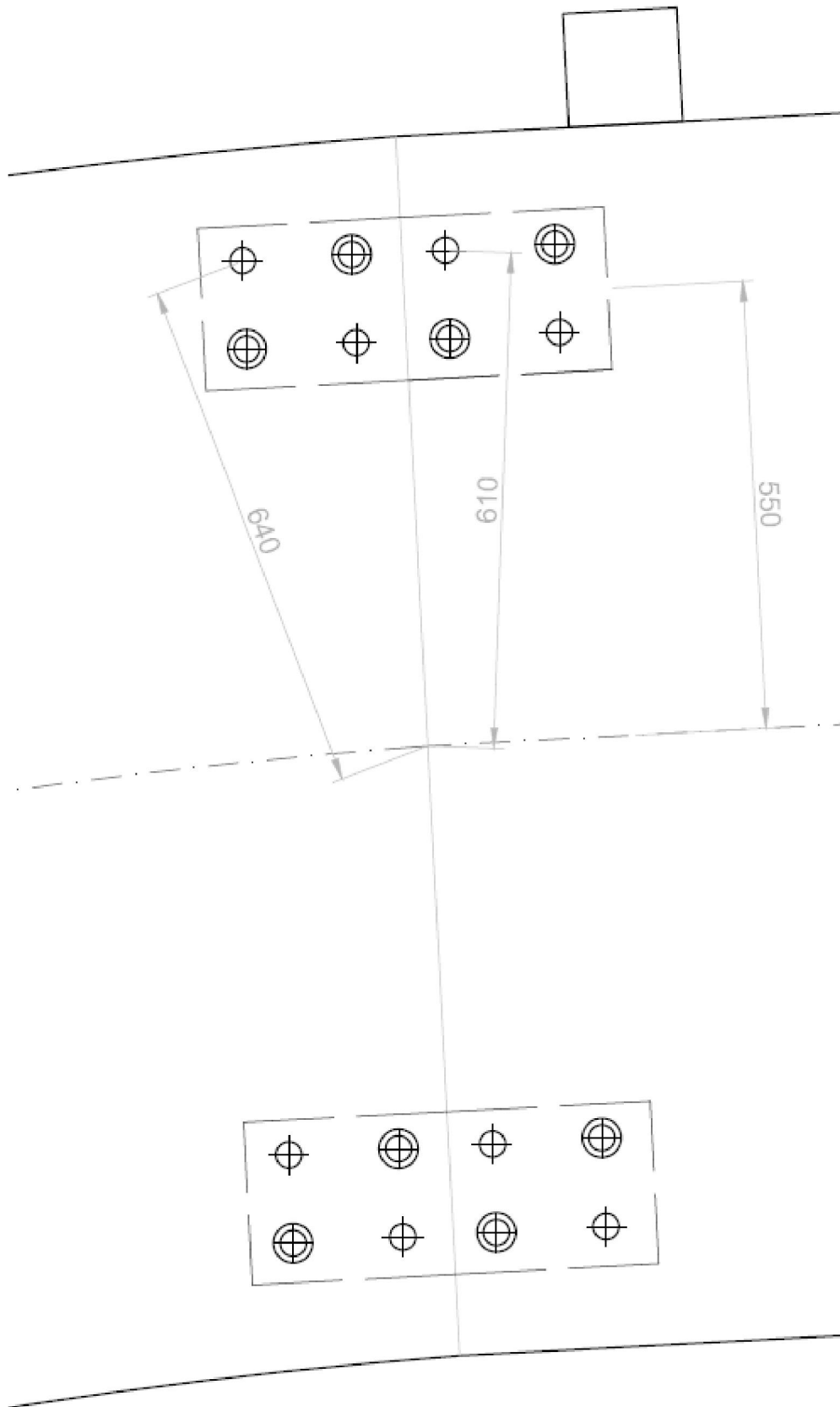
$$F_{M,Ed} = \frac{M_{yd}}{r} = \frac{45,83}{0,55} = 83,33 \text{ kN}$$

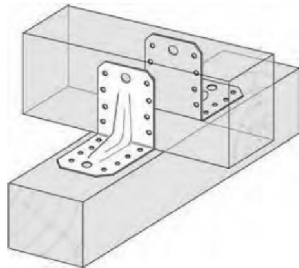
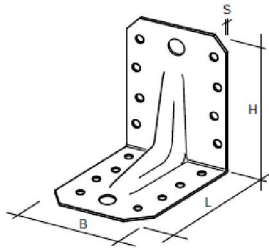
$$F_{N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} = \frac{72,94}{2} = 36,47 \text{ kN}$$

$$F_{1,d} = \frac{F_{M,Ed} + F_{N,Ed}}{8} = \frac{83,33 + 36,47}{8} = 15 \text{ kN}$$

$$F_{1,d} = 15 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 32,4 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Grafické schéma spoje





7.2 Posouzení spoje vaznic s vazníkem

Spoj vaznic s vazníkem je proveden pomocí úhelníku BeA - typ 4
Rozměry: 105x105x3x90 mm s prolysem

Navržené kotvící hřebíky

$\varnothing 4$ mm, $\varnothing 10$ mm, délky 60 mm

Pevnost v otláčení stěny otvoru

- S předvrtanými otvory

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot \rho_{g,k} \cdot d^{-0,3}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot 400 \cdot 4^{-0,3} = 21,64 \text{ MPa}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot 400 \cdot 10^{-0,3} = 16,44 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3 \quad \rightarrow \text{dílní součinitel pro spoje}$$

$$f_{h,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{h,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{21,64}{1,3} = 14,98 \text{ kN}$$

$$f_{h,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{h,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,44}{1,3} = 11,39 \text{ kN}$$

Plastický moment únosnosti 1 hřebíku pro $d = 4$ mm. dle EC5

$$M_{y,Rd} = 6,37 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 0,3 \cdot f_{u,d} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 10^{2,6} = 60,91 \text{ kNm}$$

Návrhová hodnota odolnosti proti vytažení

$$R_{ax,d} = f_{1,d} \cdot d \cdot l$$

$$l = d - t = 60 - 4 = 56 \text{ mm}$$

$$l = d - t = 60 - 10 = 50 \text{ mm}$$

$$R_{ax,d,1} = 7,2 \cdot 4 \cdot 56 = 1,61 \text{ kN}$$

$$R_{ax,d,2} = 7,2 \cdot 10 \cdot 50 = 3,6 \text{ kN}$$

$$R_{ax,d} = 11 \cdot R_{ax,d,1} + 2 \cdot R_{ax,d,2} = 11 \cdot 1,61 + 2 \cdot 3,6 = 24,91 \text{ kN}$$

$$f_{1,k} = 65 \cdot 10^{-6} \cdot \rho^2 = 65 \cdot 10^{-6} \cdot 400^2 = 10,4 \text{ Mpa}$$

$$f_{h,1,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{1,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{10,4}{1,3} = 7,2 \text{ MPa}$$

Rozhodující návrhová únosnost hřebíku pro jednostřížné spoje

$$R_{1a,d,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,1 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rd} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$R_{1a,d,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot 7,2 \cdot 56 \cdot 4 = 0,645 \text{ kN} \\ 1,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 6\,370 \cdot 7,2 \cdot 4} = 0,666 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$R_{a,d,1} = 11 \cdot 0,645 = 7,1 \text{ kN}$$

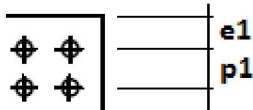
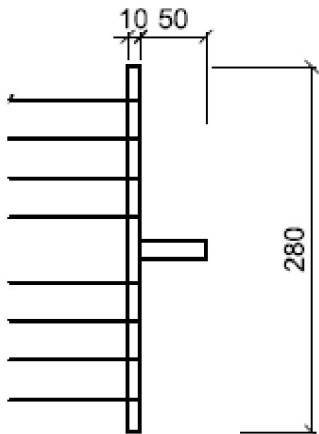
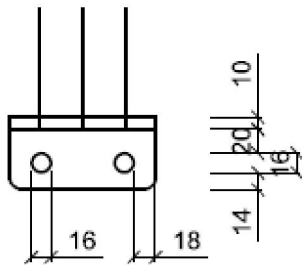
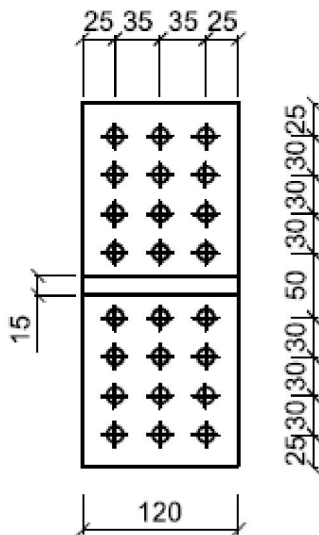
$$R_{1a,d,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,1 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rd} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$R_{1a,d,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot 7,2 \cdot 50 \cdot 10 = 1,44 \text{ kN} \\ 1,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 60\,910 \cdot 7,2 \cdot 10} = 3,26 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$R_{a,d,2} = 2 \cdot 1,44 = 2,88 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = 7,1 + 2,88 = 9,98 \text{ kN}$$

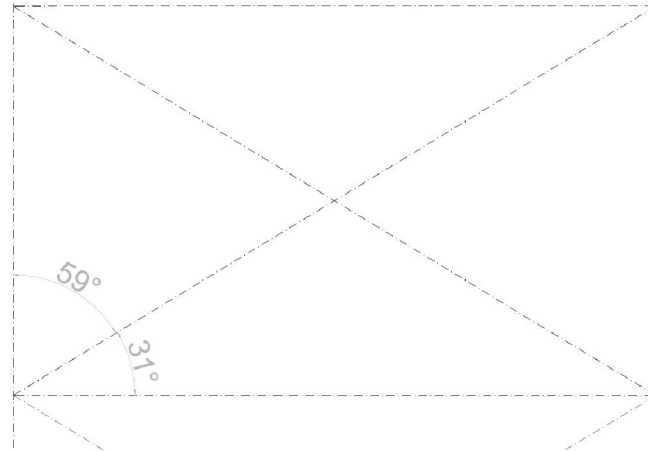
$$R_{a,d} = 9,98 \text{ kN} \leq R_{ax,d} = 24,91 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$



7.3 Připojení ztužidel k vazníku

Styčnickový plech GP16 120x50x15 mm bude přivařen ke styčnickovému plechu o rozměrech 120x280x10 mm

- Návrhová osová síla $N_{ED} = 101,85 \text{ KN}$



$$\alpha = 31^\circ$$

$$N_{d,\cos} = 87,3 \text{ KN}$$

$$N_{d,\sin} = 52,45 \text{ KN}$$

$$f_{ax,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 380^{1,5} = 26,7 \text{ MPa}$$

Navržené vrutě

$\varnothing 12 \text{ mm}$, $l = 100 \text{ mm}$, ocel S 355 ($f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$)

Navržený plech

120 x 280 x 10 mm

Minimální vzdálenost roztečí

$$e_1 = 1,2 \cdot d = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d = 2,2 \cdot 12 = 26,4 \text{ mm}$$

Posouzení na vytržení vrutů

$$l_{ef} = l - d = 100 - 10 = 90 \text{ mm}$$

$$n_{ef} = n^{0,9} = 12^{0,9} = 9,36$$

$$F_{ax,a,Rk} = n_{ef} \cdot (\pi \cdot d \cdot l_{ef})^{0,8} \cdot f_{ax,k}$$

$$F_{ax,a,Rk} = 9,36 \cdot (\pi \cdot 12 \cdot 90)^{0,8} \cdot 26,7 = 166,18 \text{ kN}$$

$$F_{ax,a,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,a,Rk}}{1,0} = 0,9 \cdot \frac{166,18}{1,0} = 149,6 \text{ kN}$$

$$F_{ax,a,Rd} = 149,6 \text{ kN} > N_{d,\sin} = 52,45 \text{ KN} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na stříh vrutů

- Pro tenkou desku jednostřížně namáhanou

$$f_{h,k,2} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{g,k}$$

$$f_{h,k,2} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{ud} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \text{ MPa}$$

$$F_{V,1,Rk} = \min \left\{ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k,2} \cdot d} + \frac{F_{ax,a,Rd}}{4} \right\}$$

$$F_{V,1,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot 27,42 \cdot 90 \cdot 12 = 11,85 \text{ kN} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 97,85 \cdot 27,42 \cdot 12} + \frac{0}{4} = 9,23 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,1,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,23}{1,3} = 6,39 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{N_{d,cos}}{n} = \frac{52,45}{12} = 4,37 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = 4,37 \text{ kN} < F_{V,Rd} = 6,39 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci namáhání

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{52,45}{149,6} \right)^2 + \left(\frac{4,37}{6,39} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,59 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení svaru plechů

$a = 4 \text{ mm}$ - účinná tloušťka koutového svaru

$$A_w = 4 \cdot 120 = 480 \text{ mm}$$

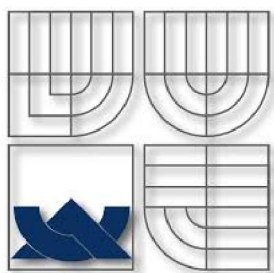
$$\tau_T = \sigma_T = \frac{\frac{F_{Ed}}{2 \cdot \sqrt{2}}}{A_w} = \frac{52,47 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 480} = 38,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{N_{d,cos}}{A_w} = \frac{87,3 \cdot 10^3}{480} = 181,86 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_T^2)} = \sqrt{38,8^2 + 3 \cdot (181,86^2 + 38,8^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$324,4 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,33 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_T = 38,8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = \frac{510}{1,25} = 453,33 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhovuje}$$



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V
BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

02 TECHNICKÁ ZPRÁVA

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

JIŘÍ GÁLIK

**VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR**

ING. JAN BARNAT, P.HD.

BRNO 2014

1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

1.1 Úvod

Návrh nosné konstrukce zastřešení Relaxačního centra. Konstrukce je vyhotovena z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, ocelových spojovacích prostředků a ocelových tahových prutů. Hala je umístěna v Jihomoravském kraji, městě Brno. Půdorysné rozměry haly jsou 60 x 30 m. Výška haly od terénu, který je v úrovni $\pm 0,000$, je 9,570 m. Stavba je určena pro větší plavecký bazén a menší dětský bazén. Konstrukce je navržena a posouzena dle příslušných norem. Třída prostředí je uvažována 2 a vlhkost dřeva při montáži je stanovena na 20%.

1.2 Konstrukční řešení

Jedná se o dřevěnou konstrukci, jejíž hlavní vazbu tvoří dva obloukové nosníky, jeden obloukový nosník s navazujícími přínými částmi - vazníky. Rozpon oblouku je 31,5 m a celková délka 20 polí je 60 m. Vzdálenost jednotlivých polí je 3 m. Výška oblouku-vazníku je od paty oblouku ke střednici vrcholu 8,35 m. Vazníky jsou vyhotoveny z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Statický systém je zvolen jako dvojklobový oblouk. Poloměr zaoblení krajního oblouku-vazníku ke střednici je 8 m. Poloměr zaoblení vrcholového oblouku-vazníku ke střednici je 20 m. Průřezy jsou obdélníkové a po délce konstantní 250/1500mm. Tloušťka jednotlivých lamel je 33 mm. Střednice vazníku je dlouhá 39,145 m. Nosnou část střešního pláště tvoří vaznice obdélníkového průřezu z rostlého dřeva třídy C24, které jsou kloubově uloženy na oblouky. Vaznice jsou ukládány excentricky od střednice vazníku, tak aby spodní hrana vaznice lícovala s horní hranou vazníku. Úklon vaznice sleduje sklon horního povrchu vazníků, který je vzhledem ke geometrii, proměnný. Maximální úhel je 83°. Vaznice jsou dlouhé 3 m. Ztužení celé konstrukce zajišťují příčná ztužidla uložena po krajích haly a ve středu. Ztužidla jsou tvořena ocelovými táhly systému Detan, průřezu 20 mm a jsou z oceli S 460N. Konstrukce bočních stěn je tvořena z paždíků, z lepeného lamelového dřeva GL24h. Jednotlivé paždíky jsou osově vzdáleny 1,5 m. Opláštění bočních stěn je provedeno, stejně jako střešní plášť, z systému bednění a izolace Tesko. Celková zastavěná plocha je 2 048 m².

1.3 Materiály

Konstrukci je možno klasifikovat jako hybridní, což znamená, že jednotlivé prvky jsou z různých materiálů. Hlavní příčná vazba – 2kloubový vazník je z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Vaznice jsou z rostlého dřeva C24. Bednění, které je součástí střešního pláště, je z obkladových palubových desek tl. 24 mm a délky 5 m, kvality B/C. Ztužidla jsou z oceli S 460. Ocelový čep a spojovací prvky jsou z oceli S355. ŽB patka je z betonu C30/35. Štítová je lepeného lamelového dřeva a bednění Tesko

1.3.1 Materiálové charakteristiky:

Lepené lamelové dřevo GL24h

Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,g,k} = 16,5 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{t,90,g,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{c,90,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{y,g,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,g,mean} = 11\,600 \text{ N/mm}^2$ $E_{0,g,05} = 9\,400 \text{ N/mm}^2$ $E_{90,g,mean} = 390 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} = 720 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_{g,k} = 380 \text{ N/m}^3$
$\gamma_M = 1,25$	dílčí součinitel pro lepené lamelové dřevo

Masivní jehličnaté dřevo C24

Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,g,k} = 14 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{t,90,g,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	
- rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,g,k} = 21 \text{ N/mm}^2$
- kolmo k vláknům	$f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{y,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,g,mean} = 11\,000 \text{ N/mm}^2$ $E_{0,g,05} = 7\,400 \text{ N/mm}^2$ $E_{90,g,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} = 690 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_{g,k} = 350 \text{ N/m}^3$

Průměrná hodnota hustota $\rho_{\text{mean}} = 400 \text{ Kg/m}^3$

Ocel S460N

Pevnost v tahu $f_{y,k} = 460 \text{ N/mm}^2$

Mez kluzu $f_{u,k} = 530 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,15$

Ocel S355

Pevnost v tahu $f_{y,k} = 235 \text{ N/mm}^2$

Mez kluzu $f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

1.4 Zatížení

Ze statického výpočtu je patrné stanovení zatěžovacích stavů. Je stanoveno celkem 7 zatěžovacích stavů. Vlastní tíha je generována programem Dlubal RFEM 5, 2014. Ostatní stálé zatížení je složeno ze střešního pláště, spojovacích prostředků, osvětlení a klimatizace. Zatížení sněhem je stanoveno pro město Brno, které se nachází ve I. sněhové oblasti s charakteristickou tíhou sněhu $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$. Sníh je uvažován ve třech případech zatížení. První případ je nenavátý sníh rovnoměrný celý. Druhý případ je sníh navátý I - válcové střechy, třetí případ je sníh navátý II - válcové střechy, každý na polovinu střechy. Zatížení větrem je stanoveno pro město Brno, které je v II. větrové oblasti se základní rychlostí větru $v_{b,0} = 0,70 \text{ kN/m}^2$. Zatížení větrem se uvažuje tak, že působí ve dvou směrech na konstrukci. Konstrukce střešního pláště je namáhána tlakem nebo sáním kolmo na rovinu střechy. Boční stěny jsou namáhány tlakem nebo sáním. Užité zatížení je uvažováno osovou silou, která je umístěna uprostřed nejvíce namáhané vaznice.

Kombinace zatěžovacích stavů jsou vygenerované programem Dlubal RFEM 5, 2014 a jsou tak sestaveny rozhodující kombinace pro MSÚ a MSP.

1.5 Statický výpočet

Statický model je vytvořen v programu Dlubal RFEM 5. Model je sestaven jako prutová konstrukce 3D. Výpočet je proveden metodou konečných prvků. Metoda analýzy soustavy: 1. Řád (geometricky lineární výpočet). Metoda pro řešení systému: Newton-Raphsonova. Průřezy jednotlivých prvků byly optimalizovány pomocí

přídavného modulu RF-TIMBER PRO. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno ručním výpočtem.

1.6 Spoje prvků

Celková únosnost a provozuschopnost závisí na provedení spojů dřevěných a ocelových prvků.

1.6.1 Spoj vazník – ŽB patka

Je navrženo čepové kloubové ložisko. Kloubové ložisko se skládá z dvojice svislých patních plechů tloušťky 15mm, přivařených k úložnému plechu. Dvojice svislých patních plechů je opatřena otvorem pro čep. Mezi dvojici plechů je vložen třetí svislý plech, který je připojen k vazníku. Tento plech je rovněž opatřen otvorem pro čep. Čep je provlečen skrz otvory. Úložný plech je přivařen k úložnému plechu osazeným v betonu. ŽB patka pod ložiskem je namáhána kombinací maximálního tlaku a maximálního momentu.

1.6.2 Spoj vazník – vazník

Z důvodu přepravy je vazník rozdělen ve dvou místech. Koncové části vazníku jsou dlouhé 12 m a střední část je dlouhá 15 m. Spoj je řešen montážním spojem pomocí dvou zapuštěných plechů a čepů/svorníků. Plechy jsou dimenzovány na přenos ohybového momentu a posouvající síly.

1.6.3 Spoj vaznice - vazník

Dolní povrch vaznice lícuje s horním povrchem oblouků. Vaznice jsou k vazníku připevněny pomocí úhelníků Bea- úhelníky 90° typ 4 – s prolisem.

1.6.4 Spoj vaznice - ztužidlo

Prut ztužidla je v místě uzlu připevni ke styčnickovému plechu, který se dále připojí pomocí vrutů k vazníku.

1.7 Skladba střešního pláště

Vnější krytinu tvoří titan-zinkový plech RHEINZINK tl. 0,8 mm. Hlavní složkou střešního pláště z panelů Tesko je tepelná izolace ROCKWOOL – Airrock LD o tl. 220 mm. Dále difúzní fólie FOLSTER a parotěsná zábrana AlfaFOL 110 NST. Součástí střešního pláště je horní a dolní bednění z palubových desek tl. 24 mm, dl. 5m a kvality B/C.

1.8 Štítové stěny

Paždíky jsou připojeny k vazníku pomocí ohýbaného L plechu a hřebíků. Spodní část paždíků je připojena k betonovému pásovému základu pomocí ocelové patky, typ T. Ocelová patka je připevněna do základů chemickou kotvou.

1.9 Ochrana konstrukce

1.9.1 Ochrana dřevěných prvků proti vlhkosti, houbám a dřevokaznému hmyzu

Všechny prvky dřevěné konstrukce se opatří ochrannou vrstvou. Nanášení proběhne nátěrem laku HELO - uretanovo-alkydový lak. Dle doporučeného postupu výrobce laku.

1.9.2 Ochrana dřevěných prvků proti požáru

Navržená konstrukce je v souladu s protipožárními opatřeními dle příslušných norem.

1.9.3 Ochrana ocelových prvků proti korozi

Pro méně agresivní prostředí se opatří ocelové prvky základním nátěrem antikorozi barvou COLORLAK PROTIREZ S 2015 - syntetická jednovrstvá antikorozi polomatná barva.

1.10 Výroba konstrukce

Výroba konstrukce proběhne ve specializovaném závodě KASPER, na výrobu především lepených lamelových prvků. Prvky z lepeného lamelového dřeva se vyrobí z dřevěných lamel tl. 33 mm a délky 2 – 10 m. Jednotlivé lamely se spojí zazubeným spojem a vzájemně se slepí fenolrezorcínformaldehydovým (PRF) lepidlem na bázi formaldehydu. Zakřivené vazníky se zhotoví dle výrobního výkresu, včetně otvorů pro spojovací prvky. Po zhotovení lepených lamelových prvků a prvků z rostlého dřeva se provede vybroušení povrchů a následně nanesení ochranné vrstvy. Čepové spojovací prvky se zhotoví ve výrobně společně s dřevěným prvkem. Ostatní spoje se provedou na stavbě.

Výroba lepeného lamelového dřeva musí splňovat normu ČSN EN 366 „Lepené lamelové dřevo – Požadavky na užité vlastnosti a minimální výrobní požadavky.

1.11 Doprava

Další etapa výstavby nosné konstrukce je doprava dřevěných prvků na staveniště. Přeprava oblouku-vazníku bude provedena pomocí nákladního kamionu s návěsem pro přepravu dřeva. Koncové části vazníku mají vnější rozměry $v \times \check{s} \times d = 2,8 \times 0,25 \times 12,7$ m pro dvě části oblouku. Prostřední část vazníku má rozměry $v \times \check{s} \times d = 3,15 \times 0,25 \times 15,2$ m.

1.12 Návrh postupu montáže

V první řadě montáže nosné konstrukce se musí provést vykopání a vybetonování základů. A dále vybetonování ŽB patek do předepsané výšky. Beton se použije pevnosti C30/35 a betonářská ocelová výztuž třídy B490 B.

Horní okraj patky je skloněn pod úhlem 10° . V patce je osazený plech pro připevnění patní desky přivařením.

Následuje montáž jednotlivých polí konstrukce. Postupuje se od jednoho začátku konstrukce ke konci. První pole se konstruuje pomocí autojeřábu. Vztyčí se první konec vazníku s upevněnými svislými patními plechy do projektované výšky. Provede se uložení do ložiska a upevnění pomocí čepového spoje. Vazník je zajištěn pomocí autojeřábu. Druhý konec vazníku se provede stejně. Střední část vazníku se vztyčí také pomocí autojeřábu a připevní montážním stykem k již ukotveným vazníkům. Druhé pole je konstruováno stejně. Vrchol oblouku je zajištěn pomocí zdvižné plošiny. Poté se provede montáž ztužidel a vaznic přes tyto dvě pole. Vaznice se zajistí úhelníky. Dále se postup opakuje. Následuje vztyčení, připojení paždíků ke kotevní patce, dále se paždíky připevní k vaznicím. Poté se zhotoví střešní plášť. Poslední etapou montáže je svaření vnitřní konstrukce bazénů a výřivek z nerezových plechů, následuje vylití podlah. Jedno z polí mezi vazníky se nechá otevřené pro finální vyjetí zdvižné plošiny z objektu. Toto pole se nakonec zastřeší vaznicemi a střešními deskami.

Seznam použité literatury:

1. ČSN EN 1990: Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut, 2004
2. ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, 2004
3. ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Český normalizační institut, 2004
4. ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Český normalizační institut, 2007
5. ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, 2006
6. ČSN EN 1991-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnic, Český normalizační institut, 2006
7. Blass, H. J. a kol: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 1. (Překlad Koželouh B.);
8. Blass, H. J. a kol: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 2. (Překlad Koželouh B.);
9. Kuklík P.: Příručka 1 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5.

Webové stránky:

Výrobce lepených vazníků KASPERCZ s.r.o. - www.kaspercz.cz

Výrobce střeš, fasád, žlabů a svodů RHEINZINK s. r. o. – www.rheinzink.cz

Výrobce tepelných a protipožárních izolací ROCKWOOL s. r. o. – www.rockwool.cz

Výrobce spojovacích systémů BeA s. r. o. – www.bea-cs.cz

Výrobce systémů tahel DETAN - www.halfen.cz

SEZNAM PŘÍLOH

- příloha číslo:
1. Dispoziční schéma
 2. Kotevní schéma
 3. Výkres detailů
 4. Výstup výsledků z programu Dlubal RFEM