

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Konstrukční řešení objektu Vinařství Olbramovice
(Structural design of Olbramovice Winery)

Statický výpočet

Statická část – dřevěné konstrukce

Bc. Dominika Majerová

2020

Konzultant: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.



Obsah

1	ÚVOD	3
2	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ 2.NP	3
2.1	VOLBA NOSNÝCH KONSTRUKCÍ.....	5
3	POUŽITÉ MATERIÁLY	5
3.1	DŘEVO	5
3.2	OCEL	6
4	ZATÍŽENÍ	7
4.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	7
4.1.1	Vlastní tíha.....	7
4.1.2	Skladba střechy	7
4.1.3	Skladba stěn	8
4.2	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	8
4.2.1	Užitné.....	8
4.2.2	Klimatické zatížení	9
5	NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ	12
5.1	SCHÉMA NOSNÝCH PRVKŮ	12
5.2	NÁVRH STROPNÍHO NOSÍKU – N1	13
5.3	NÁVRH PRŮVLAKU – T1	15
5.4	NÁVRH PŘEKLADU – P1	18
5.5	NÁVRH STĚNOVÉHO SLOUPKU – S1	21
5.6	NÁVRH STĚNOVÉHO SLOUPU – S2.....	23
6	VÝPOČET ZATÍŽENÍ Z DŘEVOSTAVBY	25
7	ZDROJE	30

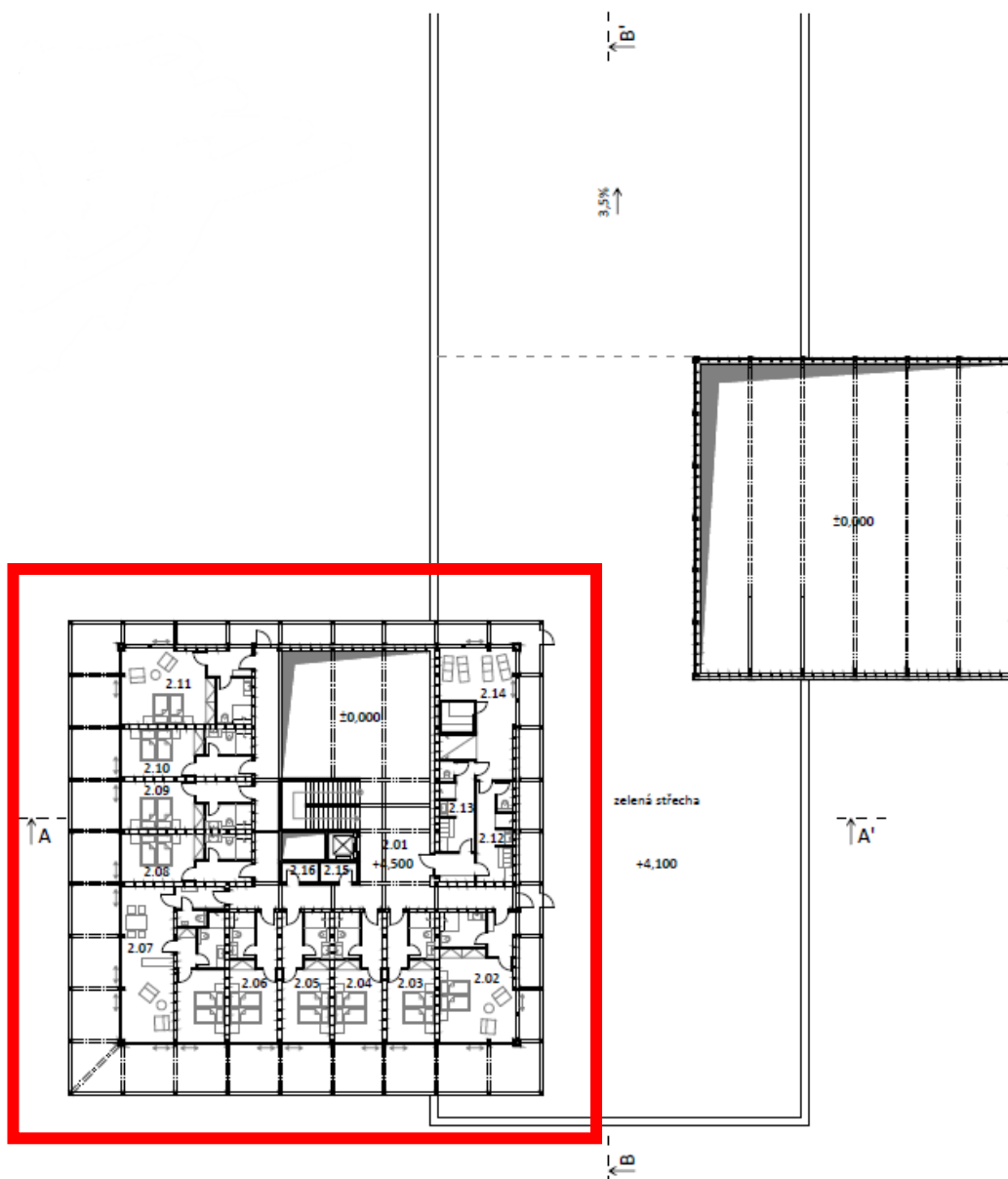


1 ÚVOD

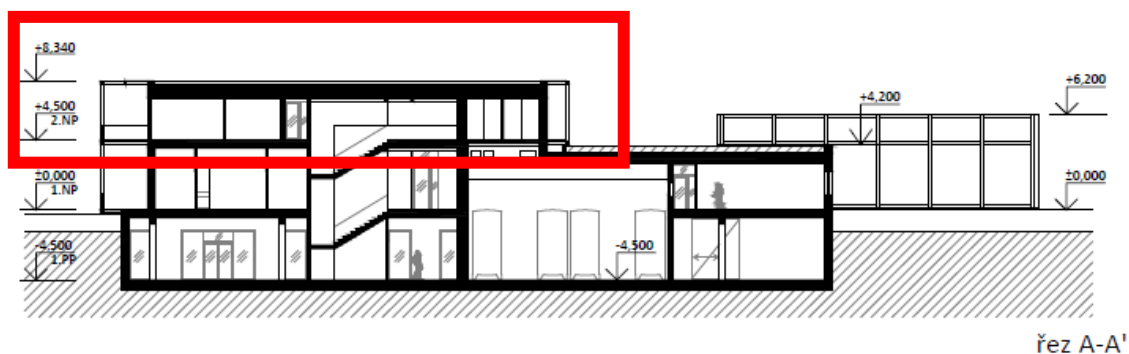
V této části jsou navrženy prvky dřevostavby, která tvoří 2.NP objektu – ubytovací část pro návštěvníky.

2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ 2.NP

Výchozí podklady byly převzaty z vypracované studie v rámci diplomové práce [11] a byly použity pro získání rozměrů objektu.



Obrázek 1: Vyznačení dřevostavby v objektu – půdorys [11]



Obrázek 2: Vyznačení dřevostavby v objektu – řez A-A' [11]

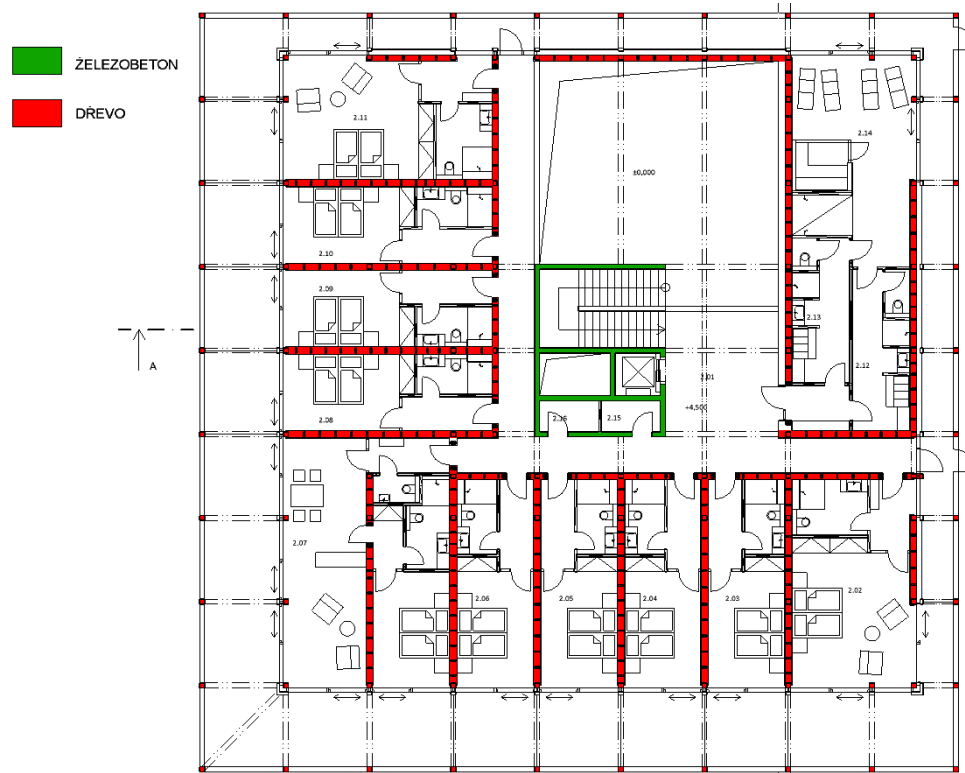


Obrázek 3: Vyznačení dřevostavby objektu – řez B-B' [11]



2.1 Volba nosných konstrukcí

2.NP je řešeno jako dřevostavba. Částečně jako skelet a částečně jako lehký skelet – sloupkový systém stěn. V následujícím schématu jsou vyznačeny nosné konstrukce.



Obrázek 4: Vyznačení dřevěných a železobetonových konstrukcí ve 2.NP [11]

3 POUŽITÉ MATERIÁLY

3.1 Dřevo

➤ C24

- Charakteristické hodnoty:

$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$	pevnost v ohybu
$f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$	pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$	pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$	pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$	pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$	pevnost ve smyku
$E_{m,0,mean} = 11,0 \text{ GPa}$	průměrný modul pružnosti rovnoběžně s vlákny
$E_{m,0,k} = 9,4 \text{ GPa}$	5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny



- Návrhové hodnoty:

$k_{mod} = 0,9$ – krátkodobé zatížení

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

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

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,77 \text{ MPa}$$

➤ GL 24h

- Charakteristické hodnoty:

$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$	pevnost v ohybu
$f_{t,0,g,k} = 19,2 \text{ MPa}$	pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,g,k} = 0,5 \text{ MPa}$	pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{c,0,g,k} = 26 \text{ MPa}$	pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ MPa}$	pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$	pevnost ve smyku
$E_{0,g,mean} = 12,0 \text{ GPa}$	průměrný modul pružnosti rovnoběžně s vlákny
$E_{0,g,05} = 10,1 \text{ GPa}$	5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

- Návrhové hodnoty:

$k_{mod} = 0,9$ – krátkodobé zatížení

$\gamma_M = 1,25$ – součinitel pro lepené dřevo

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

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{26}{1,25} = 15,12 \text{ MPa}$$

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

3.2 Ocel

Ocel S235

Pro kotvení dřevostavby jsou použity ocelové spojovací a kotevní prvky firmy Rothoblaas [12].



4 ZATÍŽENÍ

Zde je uvedeno pouze zatížení skladeb stěn dřevostavby a střešní konstrukce a zatížení sněhem a větrem. Ostatní zatížení jsou uvedena ve statickém výpočtu hlavní části této práce (Statická část – betonové konstrukce, Statický výpočet).

4.1 Stálé zatížení

4.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha nosných konstrukcí bude spočtena v návrhu jednotlivých konstrukčních prvků.

4.1.2 Skladba střechy

➤ Skladba S01

Skladba střešní konstrukce nad ubytovací částí ve 2.NP

Stálé	tl. [m]	kN/m ³	g _k [kN/m ²]	γ [-]	g _d [kN/m ²]
1. Kačírek	0,06	15	0,90	1,35	1,22
2. Geotextilie 300g/m ²	-	-	0,00	1,35	0,00
3. Fóliová hydroizolace Fatrafol 810	-	-	0,10	1,35	0,14
4. Geotextilie 300g/m ²	-	-	0,00	1,35	0,00
5. Tepelná izolace EPS 200	0,5	0,3	0,15	1,35	0,20
6. OSB deska	0,025	6	0,15	1,35	0,20
7. ISOVER Unirol Profi	0,24	0,3	0,07	1,35	0,10
8. Nosná konstrukce	-	-	0,00	1,35	0,00
9. OSB deska	0,025	6	0,15	1,35	0,20
10. Parozábrana	-	-	0,00	1,35	0,00
11. Laťování	-	-	0,03	1,35	0,05
13. Podhled	0,025	6	0,15	1,35	0,20
CELKEM			1,71		2,31

➤ Skladba S03

Skladba částečného zastřešení terasy ve 2.NP.

Stálé	tl. [m]	kN/m ³	g _k [kN/m ²]	γ [-]	g _d [kN/m ²]
1. Oplechování	0,01	20,08	0,10	1,35	0,14
2. Latě	-	-	0,09	1,35	0,12
3. OSB deska	0,022	-	0,09	1,35	0,12
CELKEM			0,28		0,38



4.1.3 Skladba stěn

➤ Skladba W04

Nosná obvodová stěna dřevostavby.

Stálé	tl. [m]	kN/m ³	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
1. Dřevěný obklad	0,02	6	0,12	1,35	0,16
2. Tepelná izolace - MV	0,06	0,3	0,02	1,35	0,02
3. Laťování	-	-	0,03	1,35	0,05
4. OSB deska	0,02	6	0,12	1,35	0,16
5. Tepelná izolace - MV	0,24	0,3	0,07	1,35	0,10
6. Nosná konstrukce	-	-	0,12	1,35	0,16
7. Dřevovláknitá deska	0,1	-	0,16	1,35	0,22
8. Laťování	-	-	0,02	1,35	0,02
9. Dřevěný obklad	0,02	6	0,12	1,35	0,16
CELKEM			0,78		1,06

➤ Skladba W05

Nosná vnitřní stěna dřevostavby, která odděluje jednotlivé pokoje pro hosty, a pokoje od chodby.

Stálé	tl. [m]	kN/m ³	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
1. SDK deska	0,0125	-	0,15	1,35	0,20
2. OSB deska	0,015	6	0,09	1,35	0,12
3. Nosná konstrukce	-	-	0,12	1,35	0,16
4. Tepelná izolace - MV	0,14	0,4	0,06	1,35	0,08
5. ODB deska	0,015	6	0,09	1,35	0,12
6. SDK deska	0,0125	-	0,15	1,35	0,20
7. Dřevovláknitá deska	0,1	-	0,16	1,35	0,22
CELKEM			0,82		1,10

4.2 Proměnné zatížení

4.2.1 Užité

Střecha dřevostavby je navržena jako plochá nepochozí střecha. Je na ni uvažováno pouze užité zatížení kat. H.

Střecha	H	Nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav	$q_k=0,75$ kN/m ²
----------------	----------	---	------------------------------



4.2.2 Klimatické zatížení

4.2.2.1 Sníh

- Místo: Olbramovice u Moravského Krumlova
- Sněhová oblast: II. sněhová oblast
- Charakteristická hodnota: $S_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

- Plochá střecha: $\alpha < 30^\circ \rightarrow$ tvarový součinitel: $\mu = 0,8$
- Součinitel expozice: $C_e = 1$ – normální krajina
- Součinitel tepla: $C_t = 1$

→ **Průměrné zatížení sněhem:**

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

Vzhledem k tomu, že se nepředpokládá, že by působilo naráz maximální zatížení sněhem a užité zatížení kat. H, pro výpočet bude uvažována pouze větší z hodnot – tedy proměnné zatížení sněhem $0,8 \text{ kN/m}^2$.

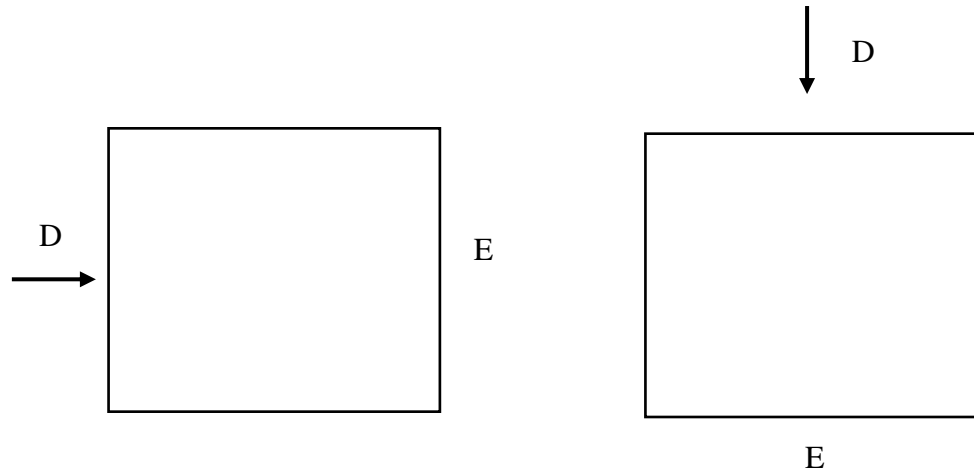
4.2.2.2 Vítr

Objekt je primárně navržen ze železobetonových konstrukcí. Veškeré obvodové stěny v 1.PP a 1.NP jsou železobetonové, doplněny vnitřními železobetonovými stěnami a jsou ztuženy železobetonovými stropy. Dále je v objektu navrženo železobetonové ztužující jádro po celé výšce objektu a lze předpokládat, že celková prostorová tuhost objektu a jeho stabilita bude dostačující.

Účinky zatížení větrem jsou vypočítány pouze zjednodušené pro přehled zatížení a jsou vypočítány pro dřevostavbu.

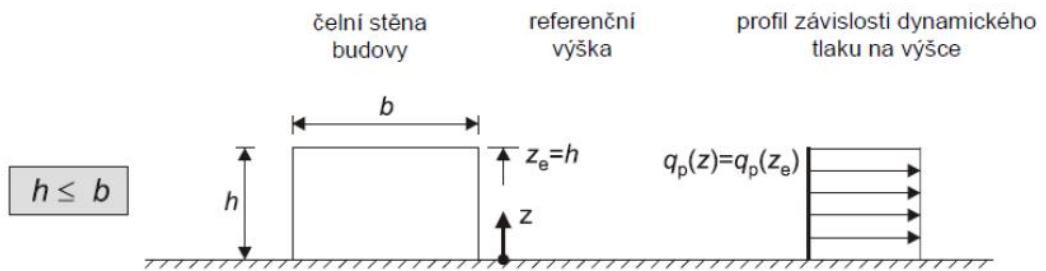
- Místo: Olbramovice u Moravského Krumlova
- Větrná oblast: II. větrná oblast
- Základní rychlost větru: $v_b = 25 \text{ m/s}$

$$\rightarrow \text{základní rychlost větru: } q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = \mathbf{0,39 \text{ kN/m}^2}$$

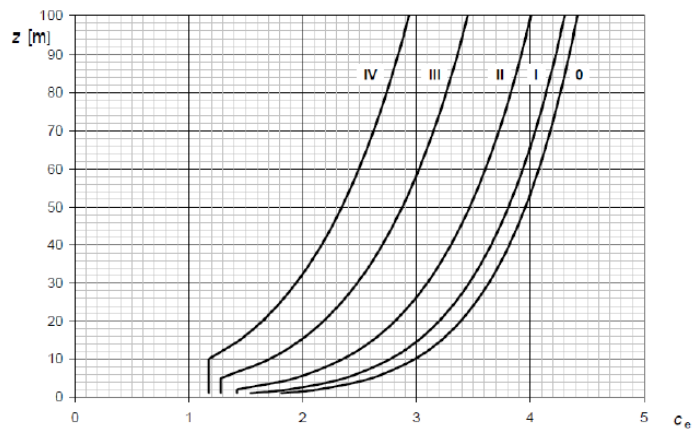


Kategorie terénu: III

- Výška atiky nad terénem: $h = 14 \text{ m} < b = 30,32 \rightarrow z = h = 14 \text{ m}$



Obrázek 5: Referenční výška z_e , závisující na h a b , a odpovídající profil dynamického tlaku [4]



Obrázek 6: Součinitel expozice $c_e(z)$ pro $c_0 = 1,0$ a $k_1 = 1,0$ [4]

Oblast	D	E
Příčný směr	0,728	-0,356
Podélný směr	0,728	-0,356



→ součinitel expozice: $C_e(z) = 2,2$

Ve výpočtu bude uvažován tlak větru na návětrné straně (oblast D) a současné sání na závětrné straně objektu (oblast E). Výsledný součinitel bude uvažován jako součet těchto dvou hodnot.

- Délka obvodové stěny: příčný směr : $d = 30,32 \text{ m} \rightarrow h/d = 0,46$
podélný směr : $d = 30,15 \text{ m} \rightarrow h/d = 0,46$
- Součinitel vnějšího tlaku:

→ součinitel vnějšího tlaku: $c_{pe} = 0,728 + 0,356 = 1,08$

→ **Charakteristická hodnota zatížení větrem:**

$$w_k = q_b \cdot C_e(z) \cdot C_{pe} = 0,39 \cdot 2,2 \cdot 1,08 = \mathbf{0,93 \text{ kN/m}^2}$$

Vzhledem k nízké výšce budovy a jejímu konstrukčnímu řešení lze předpokládat, že je stabilita dostatečná, a tak nebude v této práci stabilita konstrukce na účinky větru posuzována. Vítr je zadán pouze jako tlaková síla do ŽB stropní desky. Tyto spočtené síly (kap. 6) působí na jedné straně jako tlakové do železobetonové konstrukce a na druhé straně jako tahové. Na tyto tahové síly bylo nutné navrhnout kotvení stěn k železobetonové konstrukci. Návrh kotvení není předmětem této práce.

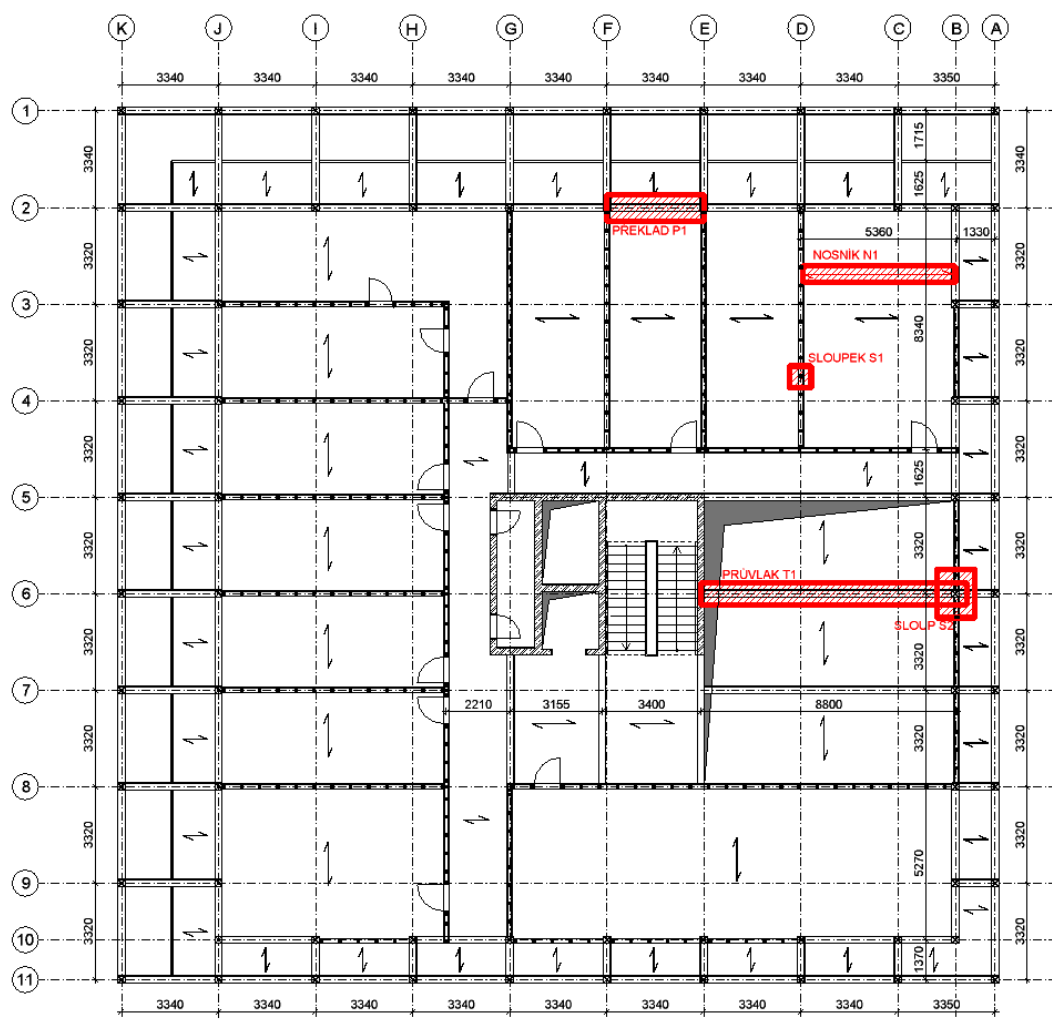


5 NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ

Pro návrh a posouzení je vybráno pět hlavních nosných prvků dřevostavby. Je posouzen stropní nosník N1, průvlak nad recepcí T1, překlad P1, stěnový sloupek S1 a obvodový sloup S2. Pro návrh je vždy vybrán nejvíce namáhaný prvek s maximálním rozpětím.

5.1 Schéma nosných prvků

Na schématu jsou červeně vyznačeny navrhované konstrukční prvky. Do zatížení budou uvažovány ještě dřevěné hranoly 140x100 mm, které „svazují“ stěnové sloupky shora a zdola.



Obrázek 7: Vyznačení navrhovaných nosných prvků a pnutí střešní konstrukce

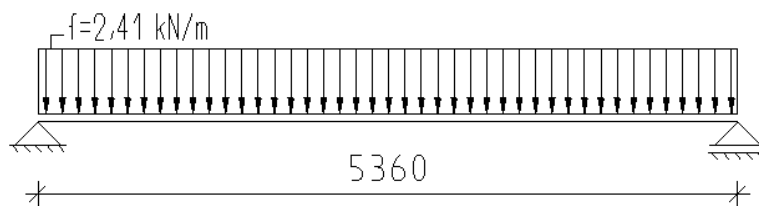


5.2 Návrh stropního nosníku – N1

Rozměry nosníku jsou předpokládány 120x240mm. Maximální rozpětí střešního nosníku je 5360mm. Jako proměnné zatížení je uvažováno pouze zatížení od sněhu, tedy větší z proměnných zatížení působících na střešní konstrukci. Stropní nosník je navržen z rostlého dřeva pevnostní třídy C24.

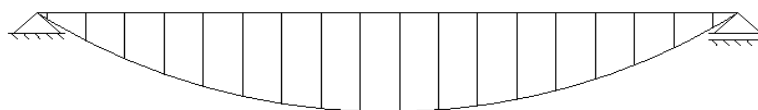
- Zatížení na nosník

ZATÍŽENÍ NA NOSNÍK N1								
	[kN/m ²]	počet	[kN/m ²]	[m]	Charakteristické [kN/m]	γ [-]	Návrhové [kN/m]	
Stálé								
S01	1,7	1	1,7	0,625	1,06	1,35	1,43	
Nosník N1	0,12*0,24*6	-	-	-	0,17	1,35	0,23	
Proměnné								
Sníh	0,8	1	0,8	0,625	0,50	1,5	0,75	
Celkem:					1,73		2,41	



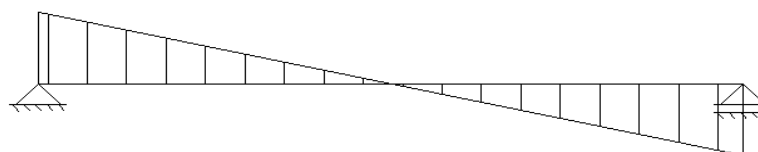
- Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,41 \cdot 5,36^2 = 8,65 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} = 8,65 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 2,41 \cdot 5,36 = 6,46 \text{ kN}$$



$$V_{Ed} = 6,46 \text{ kN}$$



- Normálové napětí za ohybu

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 120 \cdot 240^3 = 138240000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{138240000}{\frac{240}{2}} = 1152000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{8650000}{1152000} = 7,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 7,51 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 16,62 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

- Smykové napětí

$k_{cr} = 0,67$ – součinitel pro rostlé dřevo

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{eff}} = \frac{3 \cdot 6460}{2 \cdot 0,67 \cdot 120 \cdot 240} = 0,50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,50 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,77 - \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení průhybu

Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení $q_{ref} = 1,0 \text{ kN/m}$

$$w_{ref} = \frac{5 \cdot q_{ref} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 5360^4 \cdot 12}{384 \cdot 11000 \cdot 120 \cdot 240^3} = 7,07 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od stálého zatížení

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

$$w_{1,inst} = 1,23 \cdot w_{ref} = 1,23 \cdot 7,07 = 8,7 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$q_k = 0,5 \text{ kN/m}$$

$$w_{2,inst} = 0,5 \cdot w_{ref} = 0,5 \cdot 7,07 = 3,54 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{1,inst} + w_{2,inst} = 8,7 + 3,54 = 12,24 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 12,24 \text{ mm} \leq \frac{l}{300} = 17,9 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$



- Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$k_{def} = 0,6$ – pro rostlé dřevo

$\psi_{2,1} = 0$ – pro užité zat. H a sníh – nadmořská výška <1000 m

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1}k_{2,def})$$

$$w_{net,fin} = 8,7 \cdot (1 + 0,6) + 3,54 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 17,46 \text{ mm}$$

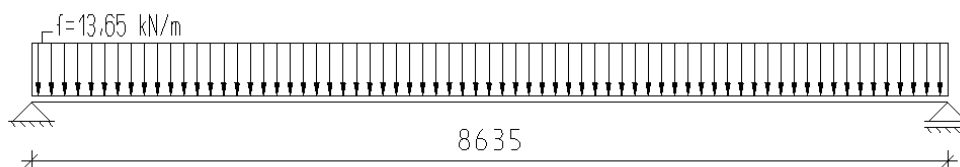
$$w_{net,fin} = 17,46 \text{ mm} \leq \frac{l}{250} = 21,44 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$

5.3 Návrh průvlaku – T1

Rozměry nosníku jsou předpokládány 220x520mm. Maximální rozpětí střešního nosníku je 8635mm. Jako proměnné zatížení je uvažováno pouze zatížení od sněhu, tedy větší z proměnných zatížení působících na střešní konstrukci. Průvlak je navržen z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h.

- Zatížení na nosník

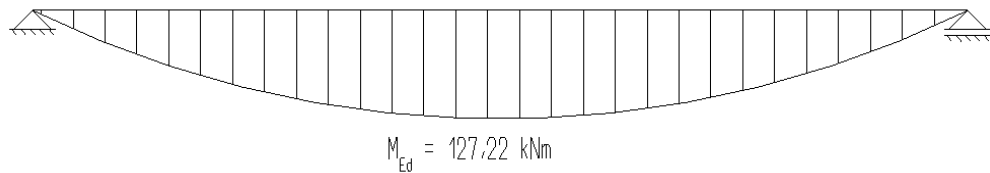
ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK T1								
	[kN/m ²]	počet	[kN/m ²]	[m]	Charakteristické [kN/m]	γ [-]	Návrhové [kN/m]	
Stálé								
S01	1,93	1	1,93	3,32	6,41	1,35	8,65	
Nosník T1	0,24*0,52*6	-	-	-	0,75	1,35	1,01	
Proměnné								
Sníh	0,8	1	0,8	3,32	2,66	1,5	3,98	
Celkem:					9,81		13,65	



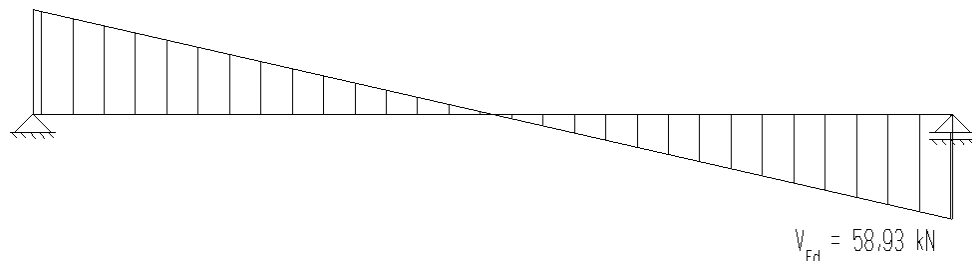


■ Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 13,57 \cdot 8,635^2 = 127,22 \text{ kNm}$$



$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 13,65 \cdot 8,635 = 58,93 \text{ kN}$$



■ Normálové napětí za ohybu

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 240 \cdot 520^3 = 2812160000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{2812160000}{\frac{520}{2}} = 10816000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{127220000}{10816000} = 11,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 11,76 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

■ Smykové napětí

$k_{cr} = 0,67$ – součinitel pro lepené lamelové dřevo

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{eff}} = \frac{3 \cdot 58930}{2 \cdot 0,67 \cdot 240 \cdot 520} = 1,06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 1,06 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,52 - \text{VYHOVUJE}$$



- Posouzení průhybu

Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení $q_{ref} = 1,0 \text{ kN/m}$

$$w_{ref} = \frac{5 \cdot q_{ref} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 8635^4 \cdot 12}{384 \cdot 12000 \cdot 240 \cdot 520^3} = 2,15 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$g_k = 7,16 \text{ kN/m}$$

$$w_{1,inst} = 7,16 \cdot w_{ref} = 7,16 \cdot 2,15 = 15,4 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$q_k = 2,66 \text{ kN/m}$$

$$w_{2,inst} = 2,66 \cdot w_{ref} = 2,66 \cdot 2,15 = 5,72 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{1,inst} + w_{2,inst} = 15,4 + 5,72 = 21,12 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 21,12 \text{ mm} \leq \frac{l}{300} = 29,33 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$

- Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$k_{def} = 0,6$ – pro lepené lamelové dřevo

$\psi_{2,1} = 0$ – pro užité zat. H a sníh – nadmořská výška $< 1000 \text{ m}$

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} k_{2,def})$$

$$w_{net,fin} = 15,4 \cdot (1 + 0,6) + 5,72 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 17,88 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 30,36 \text{ mm} \leq \frac{l}{250} = 35,2 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení klopení

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{eff}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 220^2}{520 \cdot 8635} \cdot 10100 = 84,92 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{84,92}} = 0,53$$



$$\text{Pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} = 1 \cdot 24 = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 11,76 \text{ MPa} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} = 24 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

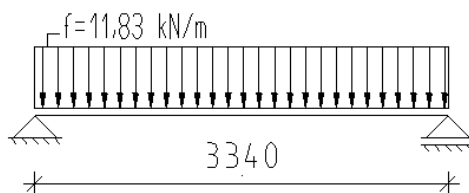
Klopení průvlaku T1 bude zajištěno stropními nosníky.

5.4 Návrh překladu – P1

Rozměry překladu jsou předpokládány 240x280mm. Maximální rozpětí střešního nosníku je 3340mm. Jako proměnné zatížení je uvažováno pouze zatížení od sněhu, tedy větší z proměnných zatížení působících na střešní konstrukci. Překlad je navržen z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h.

- Zatížení na překlad

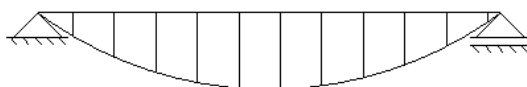
ZATÍŽENÍ NA PŘEKLAD P1								
	[kN/m ²]	počet	[kN/m ²]	[m]	Charakteristické [kN/m]	γ [-]	Návrhové [kN/m]	
Stálé								
S01	1,93	1	1,93	2,68	5,17	1,35	6,98	
S03	0,28	1	0,28	0,685	0,19	1,35	0,26	
Překlad P1	0,24*0,28*6	-	-	-	0,40	1,35	0,54	
Proměnné								
Sníh	0,8	1	0,8	3,37	2,70	1,5	4,04	
Celkem:					8,46		11,83	





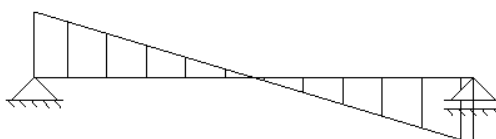
■ Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,83 \cdot 3,34^2 = 16,50 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} = 16,50 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 11,83 \cdot 3,34 = 19,76 \text{ kN}$$



$$V_{Ed} = 19,76 \text{ kN}$$

■ Normálové

napětí za ohybu

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 240 \cdot 280^3 = 439040000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{439040000}{\frac{280}{2}} = 3136000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{16500000}{3136000} = 5,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 5,26 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

■ Smykové napětí

$k_{cr} = 0,67$ – součinitel pro lepené lamelové dřevo

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{eff}} = \frac{3 \cdot 19760}{2 \cdot 0,67 \cdot 240 \cdot 280} = 0,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,66 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,52 - \text{VYHOVUJE}$$

■ Posouzení průhybu

Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení $q_{ref} = 1,0 \text{ kN/m}$

$$w_{ref} = \frac{5 \cdot q_{ref} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 3340^4 \cdot 12}{384 \cdot 12000 \cdot 240 \cdot 280^3} = 0,31 \text{ mm}$$



- Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$g_k = 5,76 \text{ kN/m}$$

$$w_{1,inst} = 5,76 \cdot w_{ref} = 4,97 \cdot 0,31 = 1,79 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$q_k = 2,7 \text{ kN/m}$$

$$w_{2,inst} = 2,7 \cdot w_{ref} = 2,7 \cdot 0,31 = 0,84 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{1,inst} + w_{2,inst} = 1,79 + 0,84 = 2,63 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 2,63 \text{ mm} \leq \frac{l}{300} = 11,13 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$

- Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$k_{def} = 0,6$ – pro lepené lamelové dřevo

$\psi_{2,1} = 0$ – pro užité zat. H a sníh – nadmořská výška <1000 m

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} k_{2,def})$$

$$w_{net,fin} = 1,79 \cdot (1 + 0,6) + 0,84 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 3,70 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 3,70 \text{ mm} \leq \frac{l}{250} = 13,36 \text{ mm} - \text{VYHOVUJE}$$



5.5 Návrh stěnového sloupku – S1

Předpokládané rozměry sloupků jsou 80x140mm a jejich výška je 3000mm. Sloupky jsou navrženy v osové vzdálenosti 625mm. Sloupky jsou navrženy z rostlého dřeva pevnostní třídy C 24.

- Zatížení

ZATÍŽENÍ NA SLOUPEK S1								
		[kN/m ²]	počet	[kN/m ²]	[m ²]	Charakteristické [kN]	γ [-]	Návrhové [kN]
Stálé								
S01		1,98	1	1,98	2,72	5,39	1,35	7,27
W05		0,7	1	0,7	1,875	1,31	1,35	1,77
Hranol	0,14*0,1*6*0,625	-	-	-	-	0,05	1,35	0,07
Sloupek S1	0,08*0,14*6*3	-	1	-	-	0,20	1,35	0,27
Proměnné								
Sníh		0,8	1	0,8	2,72	2,18	1,5	3,26
Celkem:						9,12		12,64

- Normálové napětí v tlaku a ohybu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{12640}{80 \cdot 140} = 1,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8 \cdot W} = \frac{0,93 \cdot 3000^2}{8 \cdot \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{0,93 \cdot 3000^2}{8 \cdot \frac{1}{6} \cdot 80 \cdot 140^2} = 4 \text{ MPa}$$

- Štíhlostní poměr – směr Z

$$\lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_z} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot b} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot 80} = 129,9$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{7400}{129,9^2} = 4,33 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{4,33}} = 2,2$$



- Součinitel vzpěrnosti

$\beta_c = 0,2$ – pro rostlé dřevo

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5[1 + 0,2(2,2 - 0,3) + 2,2^2] \\ = 3,11$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{3,11 + \sqrt{3,11^2 - 2,2^2}} = 0,188$$

- Posouzení sloupku na vzpěr

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,13}{0,188 \cdot 14,54} = 0,41 \leq 1 - \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Štíhlostní poměr – směr Y

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot h} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot 140} = 74,23$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{7400}{74,23^2} = 13,25 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{13,25}} = 1,3$$

- Součinitel vzpěrnosti

$\beta_c = 0,2$ – pro rostlé dřevo

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5[1 + 0,2(1,3 - 0,3) + 1,3^2] \\ = 1,45$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,45 + \sqrt{1,45^2 - 1,3^2}} = 0,478$$

- Posouzení sloupku na vzpěr

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,13}{0,478 \cdot 14,54} = 0,16 \leq 1 - \mathbf{VYHOVUJE}$$



- Vzpěr a ohyb

km -

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

$$\frac{1,13}{0,188 \cdot 14,54} + 0,7 \cdot \frac{4}{16,62} = 0,58 \leq 1 - \text{VYHOVUJE}$$

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

$$\frac{1,13}{0,478 \cdot 14,54} + \frac{4}{16,62} = 0,40 \leq 1 - \text{VYHOVUJE}$$

Stěnový sloupek s rozměry 80x140mm vyhovuje na vzpěr i ohyb.

5.6 Návrh stěnového sloupu – S2

Předpokládané rozměry sloupků jsou 240x240mm a jejich výška je 3000mm. Sloupky jsou navrženy z rostlého dřeva pevnostní třídy C 24.

- Zatížení

ZATÍŽENÍ NA SLOUP S2								
		[kN/m ²]	počet	[kN/m ²]	[m ²]	Charakteristické [kN]	γ [-]	Návrhové [kN]
Stálé								
S03		0,28	1	0,28	3,34	0,94	1,35	1,26
Hranol	0,14*0,1*6	-	1	-	2,66	0,22	1,35	0,30
Sloup S2	0,24*0,24*6*3	-	1	-	-	1,04	1,35	1,40
Proměnné								
Sníh		0,8	1	0,8	3,32	2,66	1,5	3,98
Celkem:						4,85		6,95

Posouvající síla z průvlaku T1 je rovna $V_{Ed} = 58,93$ kN.

Celková síla do sloupu je $F_{Ed} = V_{Ed} + F_{S1} = 58,93 + 6,95 = \mathbf{65,88}$ kN.



- Normálové napětí v tlaku a ohybu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{65880}{240 \cdot 240} = 1,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8 \cdot W} = \frac{0,93 \cdot 3000^2}{8 \cdot \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{0,93 \cdot 3000^2}{8 \cdot \frac{1}{6} \cdot 240 \cdot 240^2} = 0,45 \text{ MPa}$$

- Štíhlostní poměr – směr Y

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot h} = \frac{3000}{\frac{1}{\sqrt{12}} \cdot 240} = 43,3$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{7400}{43,3^2} = 38,95 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{38,95}} = 0,73$$

- Součinitel vzpěrnosti

$$\beta_c = 0,2 \text{ – pro rostlé dřevo}$$

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5[1 + 0,2(0,7 - 0,3) + 0,7^2] = 0,81$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,81 + \sqrt{0,81^2 - 0,73^2}} = 0,861$$

- Posouzení sloupku na vzpěr

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,14}{0,861 \cdot 11,31} = 0,12 \leq 1 \text{ – } \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Vzpěr a ohyb

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

$$\frac{1,14}{0,861 \cdot 11,31} + \frac{0,45}{12,92} = 0,15 \leq 1 \text{ – } \mathbf{VYHOVUJE}$$

Sloup s rozměry 240x240mm vyhovuje na vzpěr i ohyb.



6 VÝPOČET ZATÍŽENÍ Z DŘEVOSTAVBY

Vzhledem k tomu, že vytvořený 3D model v programu SCIA Engineer je vymodelován pouze pro konstrukci ze železobetonu, dřevostavba bude na 3D model zanesena jako liniové, resp. bodové zatížení. V této kapitole je zatížení vypočteno. Výpočet je proveden zjednodušeně tak, že bylo vybráno vždy největší zatížení pro podobně zatížené prvky.

ZATÍŽENÍ

<u>STÁLÉ</u>	<u>PROMĚNNÉ</u>
• S01 $g_k = 1,93 \text{ kN/m}^2$	• S01H $g_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$
• S03 $g_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$	
• K04 $g_k = 0,78 \cdot 3 = 2,34 \text{ kN/m}$	
• K05 $g_k = 0,82 \cdot 3 = 2,46 \text{ kN/m}$	
• ATIKA $g_k = 0,78 \cdot 0,86 = 0,67 \text{ kN/m}$	

VL. TĚHA

- SLOUP $0,24 \times 0,24 \cdot 6 = 0,35 \text{ kN/m}$
- HRANOL $0,1 \cdot 0,14 \cdot 6 = 0,08 \text{ kN/m}$
- TRÁMEK $0,24 \cdot 0,24 \cdot 6 = 0,35 \text{ kN/m}$
- PŘEKLAD $0,24 \cdot 0,28 \cdot 6 = 0,4 \text{ kN/m}$
- PRŮVLAK $0,24 \cdot 0,52 \cdot 6 = 0,75 \text{ kN/m}$

SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

hranole	$0,35 \cdot \frac{3,34}{2} \cdot 3 = 1,45$	
sloup	$0,35 \cdot 3 = 1,05$	
	$2,8 \text{ kN}$	

SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

S03	$0,8 \cdot \frac{1,37}{2} \cdot 3,34 = 0,64$	sloup $0,8 \cdot \frac{1,37}{2} \cdot 3,34 = 1,83 \text{ kN}$
sloup	$0,35 \cdot 3 = 1,05$	
hranole	$0,35 \cdot 3,34 = 1,17$	
	$2,86 \text{ kN}$	



SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

SO3	$0,28 \cdot 1,64 \cdot 3,34 = 1,53$	síla $0,8 \cdot 1,64 \cdot 3,34 = 4,38 \text{ kN}$
sloup	$0,35 \cdot 3 = 1,05$	
průvlak	$0,4 \cdot 3,34 = 1,34$	
atika	$0,67 \cdot 3,34 = 2,24$	
	<u>6,16 kN</u>	

SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

SO3	$0,28 \cdot \frac{1,37}{2} \cdot 3,34 = 0,64$	síla $0,8 \cdot \frac{1,37}{2} \cdot 3,34 = 1,83 \text{ kN}$
sloup	$0,35 \cdot 3 = 1,05$	
průvlak	$0,4 \cdot 3,34 = 1,34$	
atika	$0,67 \cdot 3,34 = 2,24$	
	<u>5,27 kN</u>	

STĚNA 1 - LINOVÉ ZATÍŽENÍ

WO4	2,34	síla $0,8 \cdot \left(\frac{5,36}{2} + \frac{1,37}{2}\right) = 2,69 \text{ kN/m}$
atika	0,67	
lisand	$2 \cdot 0,08 = 0,16$	
SO1	$1,93 \cdot \left(\frac{5,36}{2}\right) = 5,17$	
SO3	$0,28 \cdot \left(\frac{1,37}{2}\right) = 0,19$	
	<u>8,53 kN/m</u>	

STĚNA 2 - LINOVÉ ZATÍŽENÍ

WO5	2,64	síla $0,8 \cdot \left(\frac{5,36}{2} + \frac{3,34}{2}\right) = 3,48 \text{ kN/m}$
lisand	$2 \cdot 0,08 = 0,16$	
SO1	$1,93 \cdot \left(\frac{5,36}{2} + \frac{3,34}{2}\right) = 8,4$	
	<u>11,2 kN/m</u>	



STĚNA 3 - LIMOVÉ ZATÍŽENÍ

$w_{OS} \quad 2,64 \quad \text{úhelní } 0,8 \cdot 3,34 = 2,67 \text{ kN/m}$
 $w_{saud} \quad 2 \cdot 0,08 = 0,16$
 $s_{01} \quad 1,93 \cdot 3,34 = \underline{6,45}$
 $9,25 \text{ kN/m}$

STĚNA 4 - LIMOVÉ ZATÍŽENÍ

$w_{OS} \quad 2,64 \quad \text{úhelní } 0,8 \cdot 0,813 = 0,65 \text{ kN/m}$
 $w_{saud} \quad 2 \cdot 0,08 = 0,16$
 $s_{01} \quad 1,93 \cdot 0,813 = \underline{1,57}$
 $4,37 \text{ kN/m}$

STĚNA 5 - LIMOVÉ ZATÍŽENÍ

$w_{OS} \quad 2,64 \quad \text{úhelní } 0,8 \cdot 1,11 = 0,89 \text{ kN/m}$
 $w_{saud} \quad 2 \cdot 0,08 = 0,16$
 $s_{01} \quad 1,93 \cdot 1,11 = \underline{2,14}$
 $4,94 \text{ kN/m}$

STĚNA 6 - LIMOVÉ ZATÍŽENÍ

$w_{04} \quad 2,34 \quad \text{úhelní } 0,8 \cdot \frac{1,37}{2} = 0,55 \text{ kN/m}$
 $w_{saud} \quad 2 \cdot 0,08 = 0,16$
 $s_{03} \quad 0,28 \cdot \frac{1,37}{2} = \underline{0,19}$
 $2,69 \text{ kN/m}$

SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

$s_{01} \quad 1,93 \cdot \left(\frac{3,34}{2}\right) \cdot 3,34 = 10,77 \quad \text{úhelní } 0,8 \cdot \left(\frac{3,34}{2} + 1,64\right) \cdot 3,34 =$
 $s_{03} \quad 0,28 \cdot 1,64 \cdot 3,34 = 1,53 \quad = 8,84 \text{ kN}$
 $přívlek \quad 0,4 \cdot 3,34 = 1,34$
 $sloup \quad 0,35 \cdot 3 = 1,05$
 $atika \quad 0,67 \cdot 3,34 = \underline{2,24}$
 $16,93 \text{ kN}$

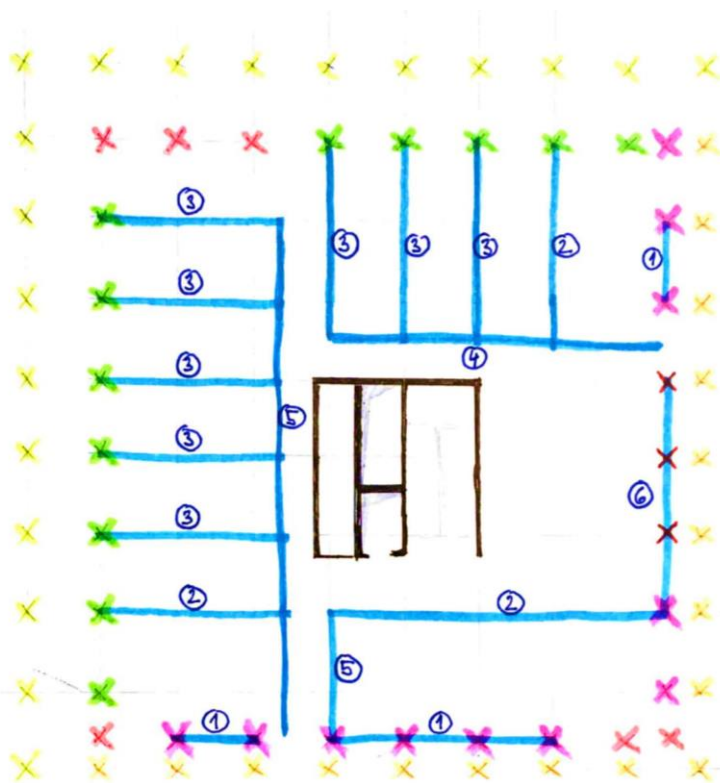


SLOUP - BODOVÉ ZATÍŽENÍ

SO1 $1,93 \cdot 3,32 \cdot \frac{8,8}{2} = 28,19$ kůle $0,8 \cdot 3,32 \cdot \frac{8,8}{2} = 11,69$ kN

Přívalek $0,45 \cdot \frac{8,8}{2} = 3,3$

sloup $\frac{1,05}{32,84}$ kN



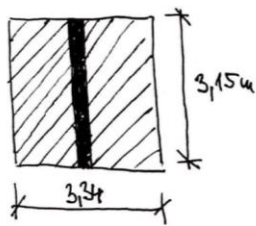
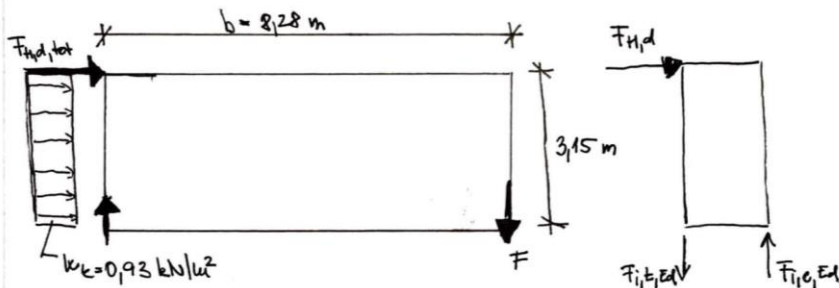
Obrázek 8: Schéma zatížení působících z dřevěné konstrukce na ŽB desku



ZATÍŽENÍ OD VĚTRU

- zatížení od větru do železobetonové stropní desky
 přes nosnou stěnu dřevostavby

Charakteristická hodnota zatížení větrem (viz kap. 4.2.2.2):
 $w_k = 0,93 \text{ kN/m}^2$



$$F_{H,d} = w_k \cdot \frac{h}{2} \cdot z_{\bar{s}} = 0,93 \cdot \frac{3,15}{2} \cdot 3,34 = 4,9 \text{ kN}$$

$$F_{i,c,Ed} = \frac{F_{H,d} \cdot h}{b} = \frac{4,9 \cdot 3,15}{8,28} = 1,86 \text{ kN}$$

Síla $F_{i,c,Ed} = 1,86 \text{ kN}$ bude považována jako bodové
 zatížení na železobetonovou desku na okraji každé
 nosné stěny. Na tuto sílu by bylo nutné navýšit
 kotvení stěny.



7 ZDROJE

Použité normy:

- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.2015
- [2] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.2010
- [3] ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.2016
- [4] ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.2013
- [5] ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.2009
- [6] ČSN EN 338 – Konstrukční dřevo. Třídy pevnosti.2016
- [7] ČSN EN 14080 - Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky

Použitá literatura:

- [8] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ, Kolbein BELL, Manfred AUGUSTIN, Antonín LOKAJ a Miroslav PREMROV, KUKLÍK, Petr, ed. *Příručka 2 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*. 2008.
- [9] KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [10] Vazníky D.N.K. s.r.o., *Detaily pro realizaci stavby*, 2. vydání. 2014
- [11] ŠMIDBERGER, Viktor. *Vinařství Olbramovice*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta architektury.

Použité webové stránky:

- [12] *Rothoblaas* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.vruty-koudelak.cz/>



Použitý software:

- [13] Allplan 2019 – studentská verze
- [14] SCIA Engineer 2019 – studentská verze
- [15] AutoCAD – 2018 – studentská verze 1
- [16] Microsoft Word
- [17] Microsoft Excel