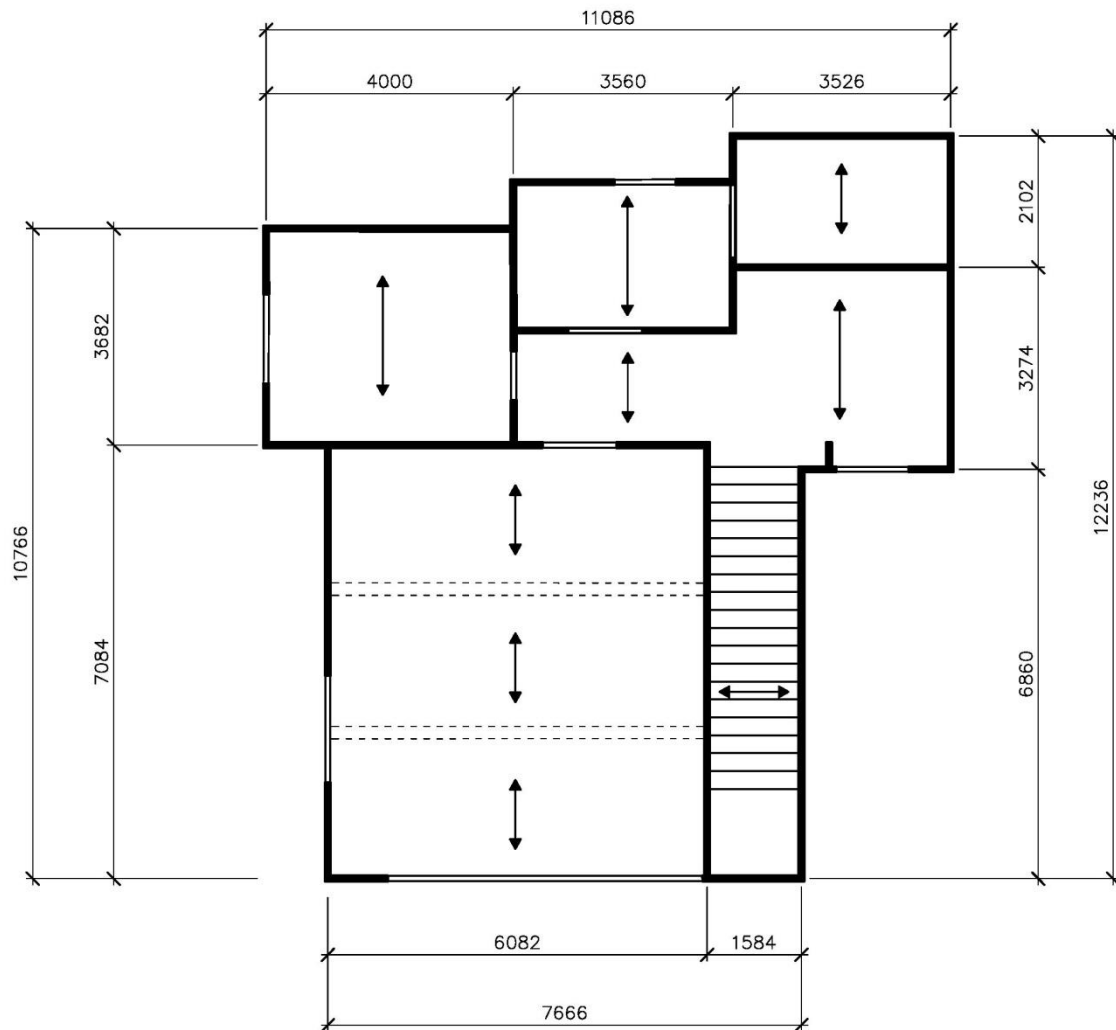


Příloha č. 1

3 Statické posouzení hlavních nosných prvků

Následující kapitola se zabývá statickým posouzením hlavních nosných prvků.

3.1 Statický výpočet strop



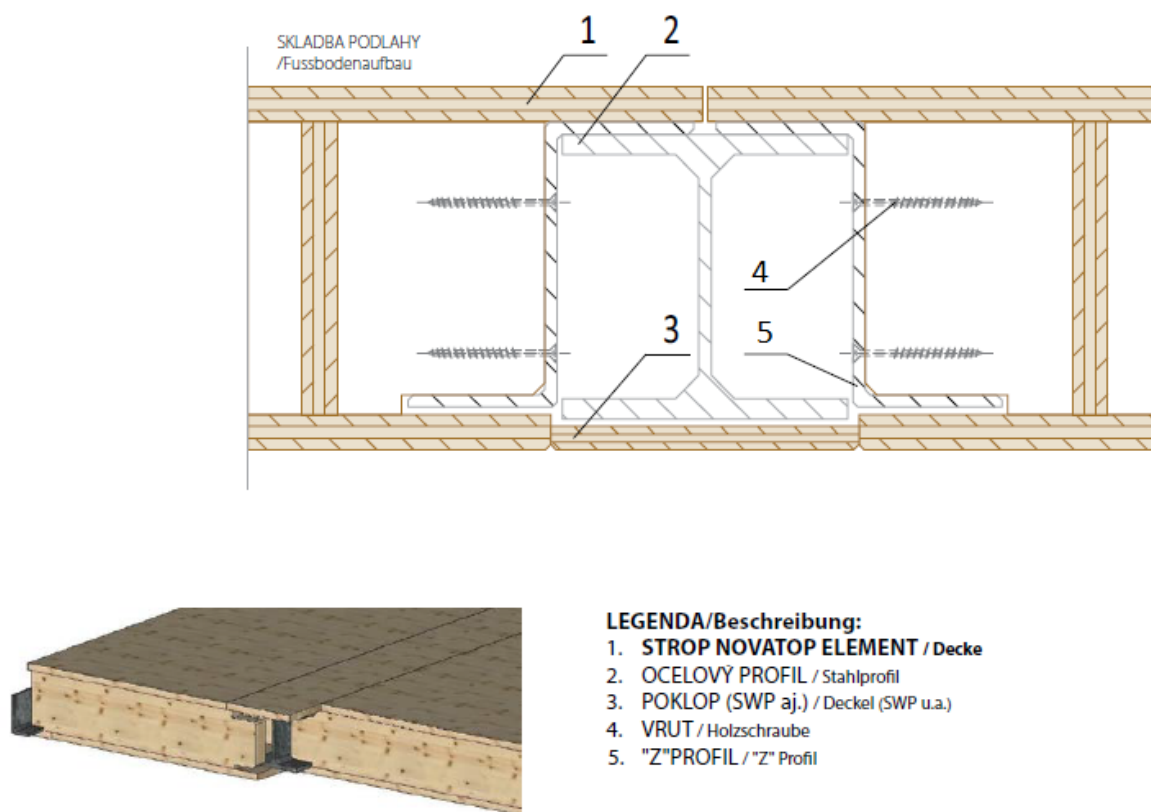
Stálé zatížení dle EN 1991-1-1 pro kategorii A, plochy pro domácí a obytné činnosti

Stropy 2 kN/m²

Vybrala jsem CLT panely od firmy NOVATOP

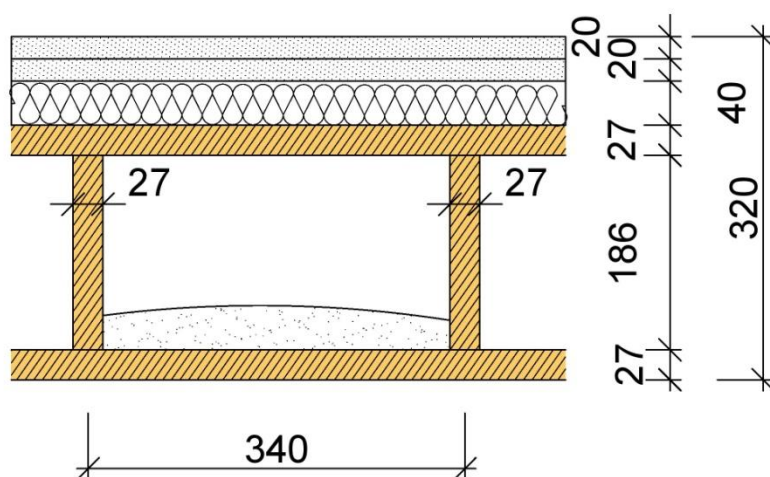
V místě největšího rozponu 6082 mm budou posuzovány ocelové průvlaky HEB 200 B500, schéma uložení stropní desky na průvlaky dle obrázku č. 1 *uložení elementů na ocelovém profilu*

Obrázek č. 1 uložení elementů na ocelovém profilu



Dle poskytnutých výrobcem podkladu vzhledem k rozponu 6082 mm skladba stropu je navržena jak je zobrazeno na obrázku č.2 *schéma nosné konstrukce stropu*.

obrázek č.2 schéma nosné konstrukce stropu



NOVATOP-nosný element typ A1 $h = 280$ mm
(Skladba: 9/9/9 – 6/15/6 – 9/9/9, $t = 27$ mm)
Rozpětí prostého nosníku $l = 6082$ mm
Referenční šířka pro výpočet $b = 340$ mm
Rozteč žeber $e = 340$ mm

Vypočet zatížení stropní konstrukce

Stale	ρ [kN/m ³]	tl. [m]	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
Nášlapná vrstva	14,4	0,04	0,576	1,35	0,778
Steico therm t.i.	0,49	0,04	0,012	1,35	0,026
Vápenkový podsyp	8,82	0,04	0,35	1,35	0,48
Nosná k-ce			2	1,35	2,7
			$\Sigma g_k = 2,938$ [kN/m ²]		$\Sigma g_d = 3,984$ [kN/m ²]

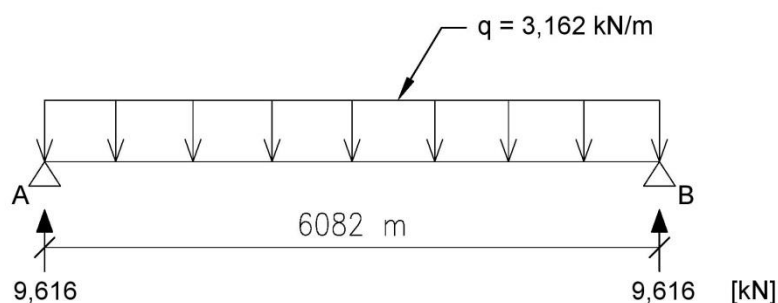
Proměnné zatížení	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
užitné	3	1,5	4,5
přemístitelné příčky	0,8	1,5	1,2
		$\Sigma q_k = 3,8$ [kN/m ²]	$\Sigma q_d = 5,3$ [kN/m ²]
		$F_k = 6,738$ [kN/m ²]	$F_d = 9,3$ [kN/m ²]

Mechanické Vlastnosti

vlastní hmotnost	$g_{vlastni} \dots\dots\dots 0,34$ kN/m ²
těžiště průřezu od dolní hrany	$Z_{dh} \dots\dots\dots 120$ mm
moment setrvačnosti	$I \dots\dots\dots 4,15 \times 10^8$ mm ⁴
relační modul E	$E_v \dots\dots\dots 11,0 \times 10^3$ N/mm ²
statické momenty těžiště	$S_1 \dots\dots\dots 2,00 \times 10^6$ mm ³
statické momenty k lepene spaře	$S_2 \dots\dots\dots 1,85 \times 10^6$ mm ³
efektivní ohybová tuhost	$EI_{eff} \dots\dots\dots 4,5 \times 10^{12}$ Nmm ²
modul pružnosti podélně	$E_{m,o} \dots\dots\dots 7800$ N/mm ²
pevnost v ohybu	$f_{m,o,k} \dots\dots\dots 20,3$ N/mm ²
pevnost v tahu	$f_{t,o,k} \dots\dots\dots 11,5$ N/mm ²

pevnost v tlaku	$f_{c,o,k} \dots\dots\dots 20,3 \text{ N/mm}^2$
pevnost ve smyku	$f_{v,k} \dots\dots\dots 3,0 \text{ N/mm}^2$
pevnost ve smyku lepené spáry	$f_{v,glue,k} \dots\dots\dots 4,0 \text{ N/mm}^2$
Hodnoty pevnosti jsou charakteristické	
modul pružnosti ve smyku	$G \dots\dots\dots 600 \text{ N/mm}^2$
modifikační součinitel	$k_{mod} \dots\dots\dots 0,9$
součinitel bezpečnosti	$\gamma_m \dots\dots\dots 1,3$

Posouzení únosnosti



$$q = (g + q)_d \cdot z_s = 9,3 \cdot 0,34 = 3,162 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment

$$M_d = (q_d \cdot L^2) / 8 = (3,162 \cdot 6,082^2) / 8 = 14,62 \text{ kN/m}$$

Maximální posouvací síla

$$V_d = (q_d \cdot L) / 2 = (3,162 \cdot 6,082) / 2 = 9,616 \text{ kN}$$

Ohyb v krajních vláknech

$$\sigma_{m,d} = (M_d \cdot E_{m,o} \cdot Z_{dh}) / (I \cdot L_v) = (14,62 \cdot 10^6 \cdot 7800 \cdot 120) / (4,15 \cdot 10^8 \cdot 11000)$$

$$\sigma_{m,d} = 3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = (f_{m,o} \cdot K_{mod}) / \gamma_m = (20,3 \cdot 0,9) / 1,3 = 14,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 3 / 14,1 = 0,213 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení napětí v těžišti spodní desky

$$Z_i = (Z_{dh} - (9+9+9/2)) = (120 - (27/2)) = 106,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{t,d} = (M_d \cdot E_{m,o} \cdot Z_i) / (I \cdot E_v) = (14,62 \cdot 10^6 \cdot 7800 \cdot 106,5) / (4,15 \cdot 10^8 \cdot 11000)$$

$$\sigma_{t,d} = 2,66 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,d} = (f_{t,o} \cdot K_{mod}) / \gamma_m = (11,5 \cdot 0,9) / 1,3 = 7,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,d} / f_{t,d} = 2,66 / 7,96 = 0,33 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} = (V_d \cdot S_1) / (I \cdot t) = (9,616 \cdot 10^3 \cdot 2,00 \cdot 10^6) / (4,15 \cdot 10^8 \cdot 27) = 1,72 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = (f_{v,k} \cdot K_{mod}) / \gamma_m = (3 \cdot 0,9) / 1,3 = 2,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{v,d} / f_{v,d} = 1,72 / 2,08 = 0,827 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Smykové napětí v desce

$$\tau_{v,1,d} = (V_d \cdot S_2) / (I \cdot t) = (9,616 \cdot 10^3 \cdot 1,00 \cdot 10^6) / (4,15 \cdot 10^8 \cdot 27) = 0,858 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = (f_{v,k} \cdot K_{mod}) / \gamma_m = (3 \cdot 0,9) / 1,3 = 2,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{v,1,d} / f_{v,d} = 0,858 / 2,08 = 0,413 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Smykové napětí v lepené spáře

$$\tau_{v,2,d} = (V_d \cdot S_2) / (L_{eff} \cdot t_{netto}) = (9,616 \cdot 10^3 \cdot 1,00 \cdot 10^6) / (4,15 \cdot 10^8 (2 \cdot 9))$$
$$\tau_{v,2,d} = 1,29 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = (f_{v,glue,k} \cdot K_{mod}) / \gamma_m = (4 \cdot 0,9) / 1,3 = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{v,2,d} / f_{v,d} = 1,29 / 2,77 = 0,465 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení použitelnosti

Přehled zatížení $q_{k,g} = 2,938 \cdot 0,34 = 1 \text{ kN/m}$

$$q_{k,q} = 3,984 \cdot 0,34 = 1,355 \text{ kN/m}$$

Podíl z ohybu

$$w_{b,g,inst} = (5 \cdot q_{k,g} \cdot L^4) / (384 \cdot E I_{eff}) = (5 \cdot 1 \cdot 6082^4) / (384 \cdot 4,5 \cdot 10^{12})$$
$$w_{b,g,inst} = 3,96 \text{ mm}$$

$$w_{b,q,inst} = (5 \cdot q_{k,q} \cdot L^4) / (384 \cdot E I_{eff}) = (5 \cdot 1,355 \cdot 6082^4) / (384 \cdot 4,5 \cdot 10^{12})$$
$$w_{b,q,inst} = 5,365 \text{ mm}$$

Podíl ze smyku

$$w_{v,g,inst} = (q_{k,g} \cdot L^2) / (8 \cdot G \cdot A) = (1 \cdot 6082^2) / (8 \cdot 600 \cdot (240 - 27 - 27) \cdot 27)$$
$$w_{v,g,inst} = 1,535 \text{ mm}$$

$$w_{v,q,inst} = (q_{k,q} \cdot L^2) / (8 \cdot G \cdot A) = (1,355 \cdot 6082^2) / (8 \cdot 600 \cdot (240 - 27 - 27) \cdot 27)$$
$$w_{v,q,inst} = 2,08 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{g,inst} = w_{b,g,inst} + w_{v,g,inst} = 3,96 + 1,535 = 5,495 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od užitého zatížení

$$w_{q, \text{inst}} = w_{b,q,\text{inst}} + w_{v,q,\text{inst}} = 5,365 + 2,08 = 7,445 \text{ mm}$$

Pružný okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst}} = w_{g, \text{inst}} + w_{q, \text{inst}} = 5,495 + 7,445 = 12,94 \text{ mm}$$

Koneční průhyb

$$w_{\text{fin}} = w_{g, \text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) + w_{q, \text{inst}} (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 5,495 (1 + 0,6) + 7,445 (1 + 0,6 \cdot 0,6)$$
$$w_{\text{fin}} = 18,92 \text{ mm}$$

Čistý koneční průhyb

$$w_{\text{net,fin}} = w_{g, \text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) + w_{q, \text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) \cdot \psi_2 = 5,495 (1 + 0,6) + 7,445 (1 + 0,6) \cdot 0,6$$
$$w_{\text{net,fin}} = 15,94 \text{ mm}$$

Kontrola doporučených mezních hodnot

Pružný okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst}} = 12,94 \text{ mm} < L / 300 = 6082 / 300 = 20,3 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Koneční průhyb

$$w_{\text{fin}} = 18,92 \text{ mm} < L / 150 = 6082 / 150 = 40,55 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

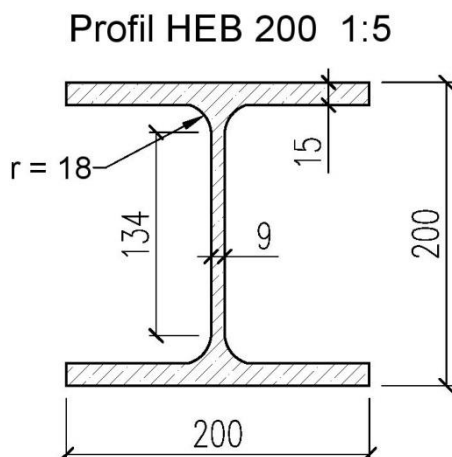
Čistý koneční průhyb

$$w_{\text{net,fin}} = 15,94 \text{ mm} < L / 250 = 6082 / 250 = 24,33 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2. Statický výpočet průvlak

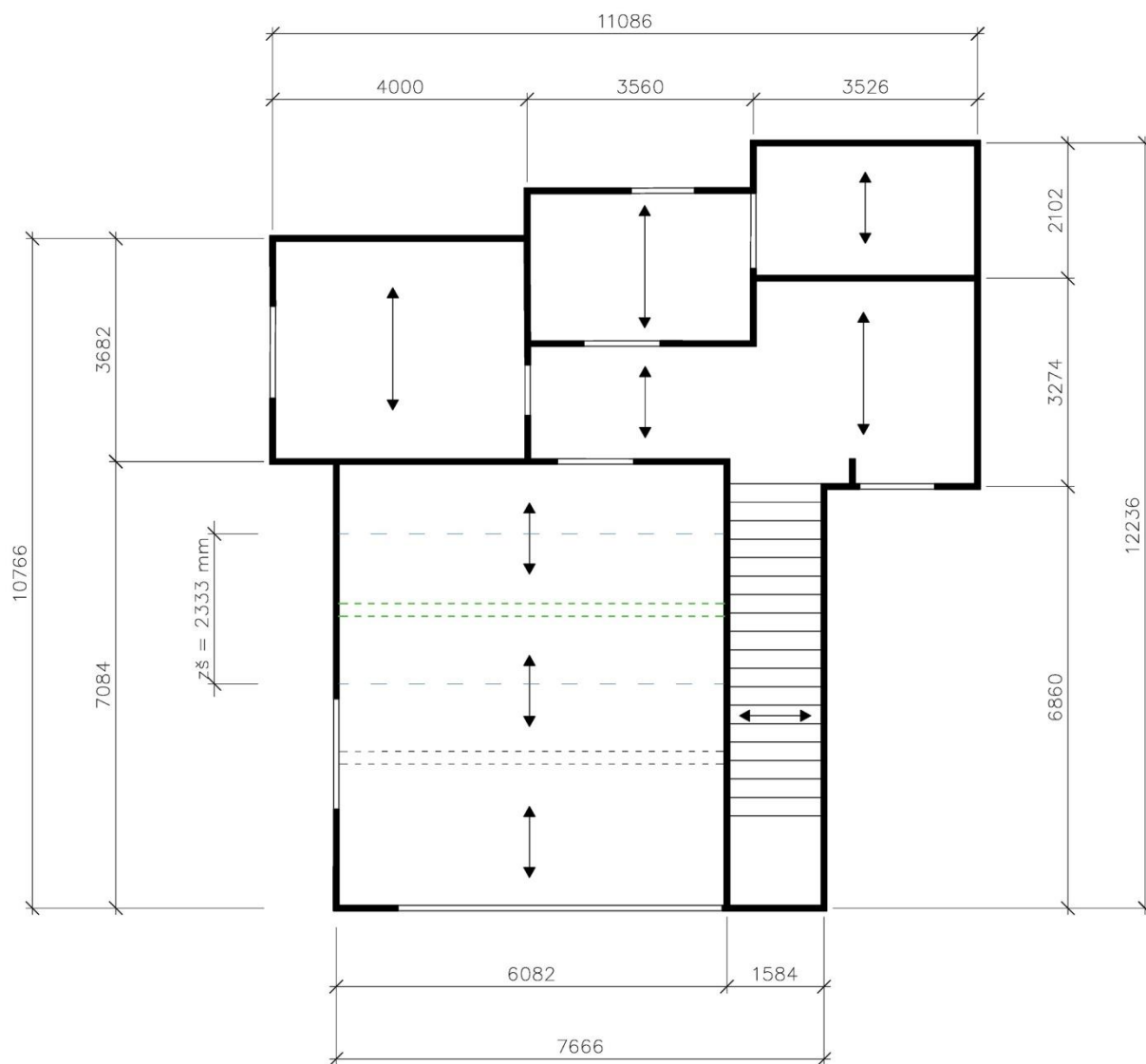
Ocelový průvlak, HEB 200 (předpoklad), váha 50 kg/m $\rightarrow g_{k,p} = 0,46 \text{ kN/m}$

$\rightarrow g_{d,p} = 0,621 \text{ kN/m}$



Průvlak je navržen dle obrázku č. 3 rozmístění posuzovaného průvlatku v místě největšího rozpětí které činí 6082 mm

Obrázek č. 3 rozmístění posuzovaného průvlatku



$$L_s = 6,082 \text{ m}$$

$$Zš = 0,6 \cdot 2,333 + 0,5 \cdot 2,333 = 2,6 \text{ m}$$

Zatížení od stropu

$$\text{Stále: } g_k \cdot zš = 2,938 \cdot 2,333 = 6,85 \text{ kN/m}$$

$$\text{Užitné: } q_k \cdot zš = 3,8 \cdot 2,333 = 8,9 \text{ kN/m}$$

$$f_k = 6,85 + 0,46 + 8,9 = 16,21$$

$$f_d = 6,85 \cdot 1,35 + 0,621 + 8,9 \cdot 1,5 = 23,22 \text{ kN/m}$$

$$V_d = 0,5 \cdot f_d \cdot L_s = 0,5 \cdot 23,22 \cdot 6,082 = 70,6 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = f_k \cdot L_s^2 / 8 = 16,21 \cdot 6,082^2 / 8 = 75 \text{ kNm}$$

Posouzení MSU

Ohyb:

$$O' = M_{ED} / w \rightarrow M_{ED} = w_{pl,y} \cdot f_{yd} \rightarrow w_{pl,y} = M_{ED} / f_{yd}$$

$$w_{pl,y} = 75 \cdot 10^3 / 235 = 319,2 \text{ mm}^2$$

Návrh průřezů nosníku HEB 260

$$G = 92,9 \text{ kg/m}$$

$$A = 11,84 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 3,759 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 149,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$w_{pl,y} = 1283 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{RD} = w_{pl,y} \cdot f_{yd} \geq M_{ED} = 72 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 1283 \cdot 10^{-3} \cdot 235 = 301,5 \text{ kNm}$$

$$301,5 > 75 \text{ kNm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Smyk:

$$V_{RD} = A_{vz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} \geq V_{ED} = 70,6 \text{ kNm}$$

$$V_{RD} = 3,759 \cdot 235 / \sqrt{3} = 510 \text{ kN}$$

$$510 > 70,6 \text{ kNm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posouzení MSP

$$\delta = 5 \cdot f_k \cdot L_s^4 / 384 \cdot E \cdot I_y \leq w_{fin} = L_s / 250 = 6082 / 250 = 24,3 \text{ mm}$$

$$\delta = 5 \cdot 16,21 \cdot 6082^4 / 384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 112,3 \cdot 10^6 = 12,3 \text{ mm}$$

$$12,3 < 24,3 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3 Statický výpočet stěna

Vstupní údaje pro masivní stěny NOVATOP SOLID

84 mm → 2 x (9p – 24q – 9p)

Výška stěny2950 mm

Třída provozu střechy1

Stálé zatížení střešní k-ce včetně vlastní hmotnosti..... $g_k = 2 \text{ Kn/m}$

Plocha průřezu84000 mm²

I moment setrvačnosti -podelně2,66 x 10^{0,7} mm⁴
-příčně2,42 x 10^{0,7} mm⁴

Charakteristické hodnoty pro NOVATOP SOLID t=84 mm

Excentricita pro panely tloušťky 84 mm → 15 mm

Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny $E_{o,mean}$11,600 N/mm²

Pevnost v ohybu $f_{m,k}$24,0 N/mm²

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny $f_{c,o,k}$24,0 N/mm²

Efektivní ohybová tuhost E_{eff}2,98x10¹¹ N/mm²

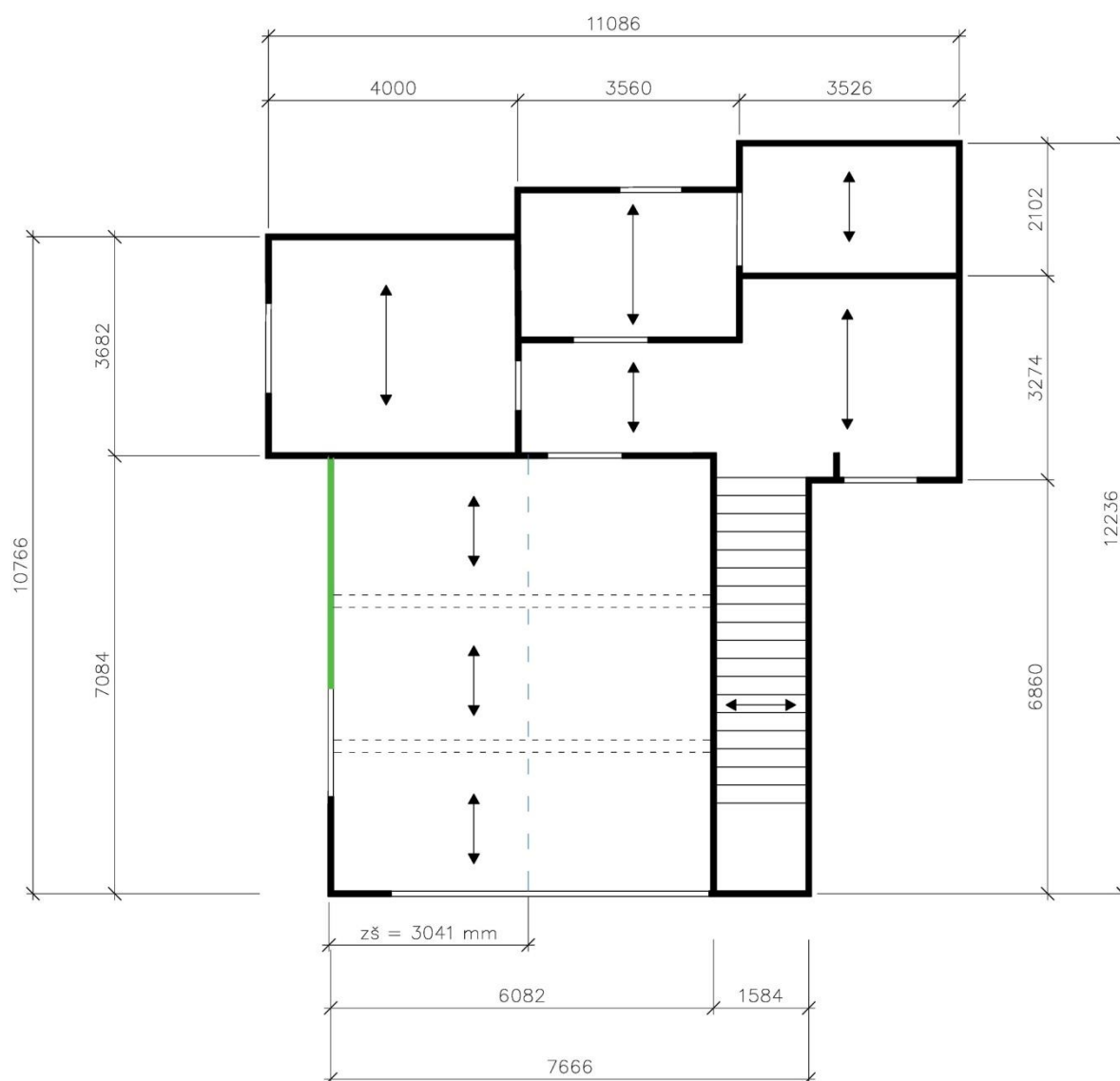
Součinitel dotvarování k_{def}0,60

$\beta_c = 0,1$ pro CLT panely

Referenční šířka $A_{eff} = 2500 \text{ mm}$

Posuzovaná stěna se nachází v 1NP, rozmístění je dle obrázku č. 4 *rozmístění posuzované stěny*

Obrázek č. 4 *rozmístění posuzované stěny*



Vypočet zatížení střecha

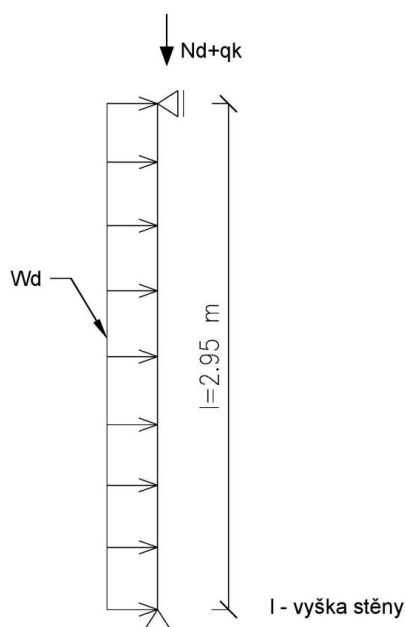
	ρ [kN/m ³]	tl. [m]	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
kaučuková fólie	14,4	0,002	0,0288	1,35	0,039
OSB deska	6,37	0,014	0,0892	1,35	0,1204
difuzní fólie	14,4	0,002	0,0288	1,35	0,039
tepelná izolace	0,49	0,16	0,0784	1,35	0,106
masivní dřevěná nosná k-ce			2	1,35	2,7
Sádrokarton	7,35	0,012	0,089	1,35	0,12

$$\Sigma g_k = 2,3 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \Sigma g_d = 3,1 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Proměnné zatížení

	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
užitné	1,5	1,5	2,25
zatížení sněhem	1	1,5	1,5
	$\Sigma q_k = 2,5$ [kN/m ²]		$\Sigma q_d = 3,75$ [kN/m ²]
	$F_k = 4,8$ [kN/m ²]		$F_d = 6,88$ [kN/m ²]

Zatížení stěna



Vstupní údaje pro výpočet

$$g_{k \text{ střecha}} = 2,3 \cdot 0,34 = 0,782 \text{ kN/m}$$

$$g_{d \text{ střecha}} = 2,5 \cdot 0,34 = 0,85 \text{ kN/m}$$

$$g_{k \text{ průvlak + strop}} = 6,85 \text{ kN/m}$$

$$g_{d \text{ průvlak + strop}} = 8,9 \text{ kN/m}$$

$$w_k = 1,50 \text{ kN/m; příčně k ose stěny}$$

$$zš = 6,082 \cdot 0,5 = 3,041 \text{ m}$$

Zatížení od střechy

$$\text{Stále: } g_k \cdot zš = 0,782 \cdot 3,041 = 2,38 \text{ kN}$$

$$\text{Užitné: } q_k \cdot zš = 0,85 \cdot 3,041 = 2,58 \text{ kN}$$

Zatížení od průvlaku + strop

$$\text{Stále: } g_k \cdot zš = 6,85 \cdot 3,041 = 20,83 \text{ kN}$$

$$\text{Užitné: } q_k \cdot zš = 8,9 \cdot 3,041 = 27,1 \text{ kN}$$

Celkem zatížení od střechy a průvlaků

Stále: $2,38 + 20,83 = 23,21$ kN

Užitné: $2,58 + 27,1 = 29,68$ kN

$N_d : 1,35 \cdot (0,084 \cdot 4,9 \cdot 2,95 \cdot 2 + 23,21) + 1,5 \cdot 29,68 = 79,13$ kN

$W_d = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ kN/m

Maximální moment (excentricita $N_d : e = 0,015$ m)

$M_d = (W_d \cdot L^2/8) + N_d \cdot e = (0,75 \cdot 2,95^2 / 8) + 79,13 \cdot 0,015 = 2$ kNm

Maximální příčná smyková síla

$V_d = (W_d \cdot L) / 2 = (0,75 \cdot 2,95) / 2 = 1,1$ kN

Posouzení únosnosti (ohyb a tlak)

$Z_s = h / 2 = 84 / 2 = 42$ mm

$W = E_{\text{leff}} / (E_{o,\text{mean}} \cdot Z_s) = 2,98 \cdot 10^{11} / (11600 \cdot 42) = 6,1 \cdot 10^5$ mm³

$i = \sqrt{(E_{\text{leff}} / (E_{o,\text{mean}} \cdot A_{\text{eff}}))} = \sqrt{(2,98 \cdot 10^{11} / (11600 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 1000))} = 16,89$ mm

$\lambda_{\text{rel},y} = (L_{\text{eff}} / (\pi \cdot i)) \sqrt{(f_{c,o,k} / E_{o,0,05})} = (2950 / (\pi \cdot 16,89)) \sqrt{(24 / ((5/6) \cdot 11600)} = 2,77$

$K_y = \frac{1}{2} \{ 1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2 \} = \frac{1}{2} \{ 1 + 0,1(2,77 - 0,3) + 2,77^2 \} = 4,46$

$K_{c,y} = 1 / (K_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2) = 1 / (4,46^2 - 2,77^2) = 0,082$

$\sigma_{c,o,d} = N_d / A_{\text{eff}} = (79,13 \cdot 1000) / (9 \cdot 4 \cdot 2500) = 0,88$ N/ mm²

$\sigma_{m,d} = M_d / w = 2 \cdot 10^6 / 6,1 \cdot 10^5 = 3,28$ N/ mm²

$f_{c,o,d} = (f_{c,o,k} \cdot k_{\text{mod}}) / \gamma_m = (24 \cdot 0,8) / 1,3 = 14,77$ N/mm²

$f_{m,d} = (f_{m,k} \cdot k_{\text{mod}}) / \gamma_m = (24 \cdot 0,8) / 1,3 = 14,77$ N/mm²

Posouzení

$(\sigma_{c,o,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,o,d})) + (\sigma_{m,d} / f_{m,d}) < 1,0$

$(\sigma_{c,o,d} / (k_{c,y} \cdot f_{c,o,d})) + (\sigma_{m,d} / f_{m,d}) = (0,88 / (0,082 \cdot 14,77)) + 3,28 / 14,77 = 0,95$

$0,95 < 1,0 \rightarrow$ vyhovuje