

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

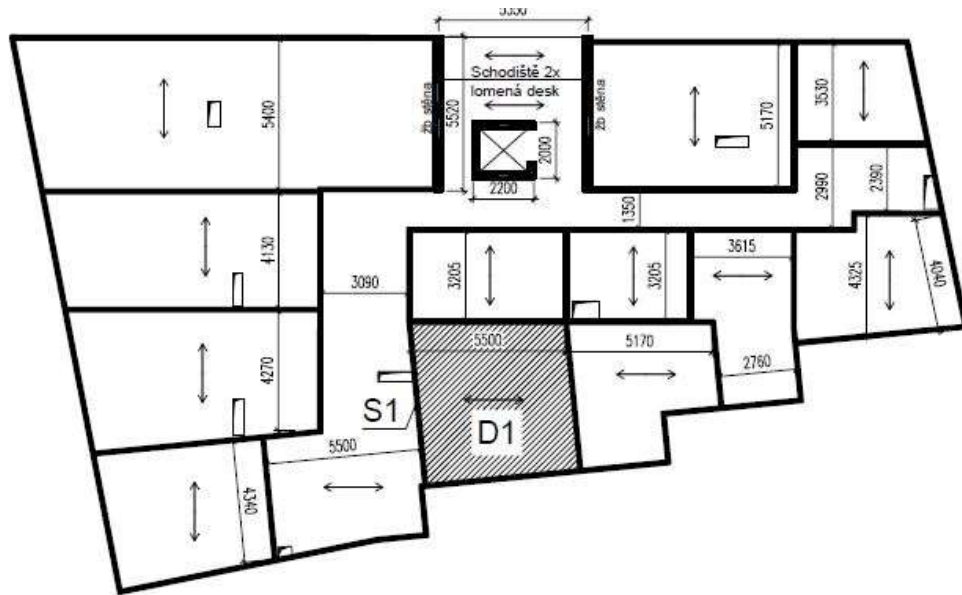


**Příloha č.7  
Předběžné statické výpočty**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Posouzení a optimalizace návrhu bytového domu z pohledu resilience ve variantách**

Předběžný statický  
výpočet varianta A



## Použité materiály

**Dřevo:** CLT panely

**beton:** suterénní stěny a základy: C 25/30 XC2 (CZ) - Cl 0,2 -  $D_{max}$  16 - S3      ostatní  
 nosné konstrukce: C 30/37 XC1 (CZ) - Cl 0,2 -  $D_{max}$  16 - S3

**použitá ocel:** B 500 B

- Beton C30/37       $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$  MPa
- Ocel       $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_m = 500/1,15 = 434,78$  MPa

## Přehled stálé zatížení

**Stálé zatížení:**

**Střecha**

Vrstva	tloušťka d (m) d (m)	Objemová hmotnost kg/m <sup>3</sup>	plošné zatížení $q_k$ kN/m <sup>2</sup>
CLT panel	0,2	470	0,94
Pojistná hydroizolace a parozábrana z asfaltového pásu	0,004	1400	0,056
Tepelná izolace z minerální vlny ve spádu	0,26	25	0,065
Fóliová hydroizolační vrstva	0,0015	1400	0,021
Vrstva kačírku	0,05	1500	0,75
Celkem			1,832

Vrstva	tloušťka d (m)	Objemová hmotnost	plošné zatížení $q_k$
--------	-------------------	----------------------	--------------------------

	d (m)	kg/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Nášlapná vrstva	0,01	1500	0,15
2x Podlahové desky FERMACELL 20 mm	0,04	1150	0,46
Tepelná izolace + podlahové vytápění	0,003	100	0,003
Podlahové desky FERMACELL 10 mm	0,01	1150	0,115
Kročejová izolace	0,24	120	0,288
CLT stropní panel	0,003	470	0,0141
Celkem			1,0301

### **Užitné zatížení:**

Obytné plochy

- Stropní konstrukce:  $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$
- Balkony  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Schodiště:  $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$

Nepřístupná střecha s výjimkou běžné údržby a oprav – kategorie H:

- $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

### **Zatížení sněhem:**

Brno → sněhová oblast II →  $s_i = 1 \text{ k/m}^2$

- Plochá střecha →  $\mu = 0,8$
- součinitel expozice:  $C_e = 1$
- součinitel tepla:  $C_p = 1$

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

$$s_k = 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,56 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{Uvažována minimální hodnota } \boxed{s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2}$$

## **Předběžný návrh a posouzení nosných prvků**

### **Stropní deska D1**

#### **Nejvíce zatížená deska**

Zatížení stropní deky

Stálé  $g_k = 1,03 \text{ kN/m}^2$

Užitné  $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$

Celkem  $g_k + q_k = 3,03$

Největší rozpon 5,5 m

Posouzení provedeno v programu cltdesigner



Bending governing  
Shear governing  
Deflection governing

Area in which the results may differ from the exact solution

L→

Bending	$\eta_M$	24.9 %	$k_{mod}$	0.8	
Shear	$\eta_V$	14.6 %	$k_{mod}$	0.8	
Bearing pressure	$\eta_{c,90}$	11.9 %	$k_{mod}$	0.8	
Deflection	$\eta_w$	62.1 %	$k_{def}$	0.85	at x = 2.75 m <input type="text" value=""/>
Vibration	Vibration verification according to DIN 1052 fulfilled				
	Vibration verification according to EN 1995-1-1 fulfilled				

Je na navržena stropní deka z CLT panelů tloušťky 200 mm

### Stěna

Zatížení

#### Stálé

stropy  $3x g_k = 1,03 \text{ kN/m}^2$

střecha  $1x g_k = 1,83 \text{ kN/m}^2$

**Celkem stálé  $4,92 \text{ kN/m}^2$**

#### Proměnné

Obytné plochy  $3x q_k = 2 \text{ kN/m}^2$

střecha  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Sníh  $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$

**Celkem proměnné  $7,55 \text{ kN/m}^2$**

Celkem Proměnné + stálé =  $12,47 \text{ kN/m}^2$

Zatěžovací šířka 5,5 m

Zatažení na stěnu  $12,47 * 5,5 = 68,58 \text{ kN/m}$

Posouzení provedeno v programu cltdesigner

Stresses of RVSE		
Ideal nominal shear stress	$\tau_{0,d}^*$	0.86 N/mm <sup>2</sup>
Shear stress in the board	$\tau_{v,d}^*$	1.71 N/mm <sup>2</sup>
Torsional shear stress in the glueing interface	$\tau_{T,d}^*$	0.64 N/mm <sup>2</sup>

Utilisation ratios		
Shear force $n_{xy}$ (Mechanism I - Shear)	$\eta_{nxy,V}$	55 %
Shear force $n_{xy}$ (Mechanism II - Torsion)	$\eta_{nxy,T}$	32.1 %

According to ETA-09/0036 and ETA-08/0242		
Shear force $n_{xy}$ (Mechanism I - Shear)	$\eta_{nxy,V}$	55 %
Shear force $n_{xy}$ (Mechanism II - Torsion)	$\eta_{nxy,T}$	32.1 %

Nosné stěny jsou navrženy z CLT panelů tloušťky 100mm.

### Schodiště 1

Konstrukční výška 2950 mm

2x lomená deska délka 5350 mm

Počet stupňů 18

Šířka stupně 300 mm

Výška stupně 163,8 mm

Tloušťka desky -

Ohybová štíhlost

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab} \rightarrow d = \frac{L}{\lambda_d}$$

$\kappa_{c1}=1$  ...obdélníkový průřez

$\kappa_{c2}=1$  ...rozpětí  $L \leq 7,0$  m

$\kappa_{c3}=1,2$  ...odhad součinitele napětí tahové výztuže

- předpokládaný stupeň vyztužení desek  $\rho \leq 0,5\%$
- předpokládaný profil výztuže: 10 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm

$$h_d = d + c + (\phi/2)$$

$$\lambda_d = 1 * 1 * 1,2 * 26 = 31,2 \rightarrow d = \frac{5350}{31,2} = 172$$

$$h_d = 172 + 20 + (10/2) = 198 \text{ mm}$$

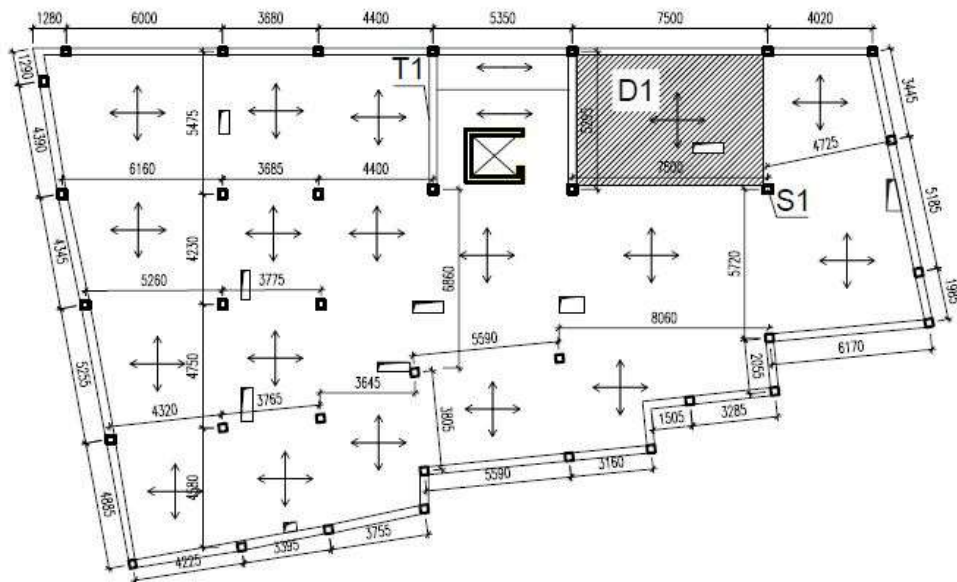
Empirický návrh

$$h_d \geq \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) * L = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) * 5350 = 178 \div 214 \text{ mm}$$

**Návrh  $h_d=200$  mm**

---

Předběžný statický  
výpočet varianta B



## Použité materiály

**beton:** suterénní stěny a základy: C 25/30 XC2 (CZ) - Cl 0,2 -  $D_{max}$  16 - S3      ostatní nosné konstrukce: C 30/37 XC1 (CZ) - Cl 0,2 -  $D_{max}$  16 - S3

**použitá ocel:** B 500 B

- Beton C30/37       $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 / 1,5 = 20$  MPa
- Ocel       $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 500 / 1,15 = 434,78$  MPa

## Přehled stálé zátížení

### Stálé zátížení:

#### Střecha

Vrstva	tloušťka d (m)	Objemová hmotnost kg/m <sup>3</sup>	plošné zátížení $q_k$ kN/m <sup>2</sup>
Vápenosádrová omítka vnitřní	0,01	1200	0,12
Železobetonová stěna	0,2	2500	5
Pojistná hydroizolace a parozábrana z asfaltového pásu	0,004	1400	0,056
Tepelná izolace EPS ve spádu	0,3	52	0,156
Geotextilie	0,006	-	-
Fóliová hydroizolace	0,0015	1400	0,021
Geotextilie	0,006	-	-
Fóliová hydroizolace	0,0015	2400	0,036
Geotextilie	0,006	-	-
Nopová folie	0,02	980	0,196
Střešní substrát	0,2	510	1,02
<b>Celkem</b>			<b>6,605</b>



## Podlaha

Vrstva	tloušťka d (m)	Objemová hmotnost kg/m <sup>3</sup>	plošné zatížení q <sub>k</sub> kN/m <sup>2</sup>
Nášlapná vrstva	0,015	1200	0,18
Betonová mazanina	0,065	2200	1,43
Tepelná izolace + podlahové vytápění	0,05	23	0,0115
Kročejová izolace minerální vlákno	0,03	13,5	0,00405
železobetonový strop	0,03	2500	0,75
Vápenosádrová omítka vnitřní	0,01	1200	0,12
Celkem			2,49555

## Užitné zatížení:

Obytné plochy

- Stropní konstrukce: q<sub>k</sub> = 2 kN/m<sup>2</sup>
- Balkony q<sub>k</sub> = 2,5 kN/m<sup>2</sup>
- Schodiště: q<sub>k</sub> = 2 kN/m<sup>2</sup>

Nepřístupná střecha s výjimkou běžné údržby a oprav – kategorie H:

- q<sub>k</sub> = 0,75 kN/m<sup>2</sup>

## Zatížení sněhem:

Brno → sněhová oblast II → s<sub>i</sub> = 1 kN/m<sup>2</sup>

- Plochá střecha → μ = 0,8
- součinitel expozice: C<sub>e</sub> = 1
- součinitel tepla: C<sub>p</sub> = 1

s<sub>k</sub> = μ<sub>i</sub> \* C<sub>e</sub> \* C<sub>t</sub> \* s<sub>k</sub>

s<sub>k</sub> = 0,8 \* 1 \* 1 \* 1 = 0,56 kN/m<sup>2</sup> → Uvažována minimální hodnota **s<sub>k</sub> = 0,8 kN/m<sup>2</sup>**

## Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

### Stropní deska

Stropní deska provedena v celém patře a ve všech podlažích jako monolitická železobetonová vzhledem k podobnému rozpětí a zatížení navržena ve stejné tloušťce.

#### ▪ **Lokálně podepřená deska D1 (7,5x5,2m)**

Pro předběžný návrh posouzená deska s největším rozpětím

#### ▪ Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab} \rightarrow d = \frac{L}{\lambda_d}$$

K<sub>c1</sub>=1      ...obdélníkový průřez

K<sub>c2</sub>=1      ...rozpětí

K<sub>c3</sub>=1,2      ...odhad součinitele napětí tahové výztuže

- předpokládaný stupeň vyztužení desek  $\rho \leq 0,5\%$
- předpokládaný profil výztuže: 10 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm

$$h_d = d + c + (\varnothing/2)$$

$$\lambda_d = 1 * 1 * 1,2 * 24 = 28,8 \rightarrow d = \frac{7000}{28,8} = 260$$

$$h_d = 243 + 20 + (10/2) = 285 \text{ mm}$$

▪ **Empirický návrh tloušťky desky**

$$h_d \geq \left(\frac{1}{33}\right) * L = \left(\frac{1}{33}\right) * 7500 = 227 \text{ mm}$$

**Návrh: strop  $h_d = 230 \text{ mm}$**

**Průvlaky**

Průvlak T1 – Spojitý průvlak o rozpětí 5,2 m

d=h-c-profil třmínku – profil výztuže /2

$$d = h - 20 - 10 - 10 = h - 40$$

• **Průvlak P1**

$$h_{p1} \geq \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) * L = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) * 5200 = 433 \div 520 \text{ mm}$$

$$\text{návrh} - h_{p1} = 520 \text{ mm}$$

$$b_{p1} \geq \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) * h_p = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) * 520 = 173 \div 260 \text{ mm}$$

$$\text{návrh} - b_{p1} = 250 \text{ mm}$$

▪ **Ověření štíhlosti:**

Posouzen nejnáchylnější průvlak

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1}=1 \quad \kappa_{c2}=1 \quad \kappa_{c3}=1 \quad \lambda_{d,tab} = 18$$

$$\lambda = \frac{L}{d} = \frac{5200}{520 - 40} = 10,8 \leq \lambda_d = 1 * 1 * 1 * 18 = 18 - \text{Vyhovuje}$$

**Sloupy**

-Sloup S1 – čtvercový

Návrh 300x300 mm

Zatěžovací plocha  $A=33,54 \text{ m}^2$

**Stálé zatížení**

1x Střecha	-	1 x 6,6 kN/m <sup>2</sup> = 6,6 kN/m <sup>2</sup>
4x Strop	-	4 x 2,5 kN/m <sup>2</sup> = 10 kN/m <sup>2</sup>
Vlastní tíha sloupu	-	0,30*0,30*2,6*4= 1,72 10 kN/m <sup>2</sup>

**Celkem  $g_k = 18,32 \text{ kN/m}^2$        $g_d = 16,6*1,35 = 24,74 \text{ kN/m}^2$**

#### Proměnné zatížení

Sníh	0,8 kN/m <sup>2</sup>
Užitné střecha	0,75 kN/m <sup>2</sup>
Užitné byt	4 x 2 kN/m <sup>2</sup> = 8 kN/m <sup>2</sup>

**Celkem  $q_k = 9,55 \text{ kN/m}^2$        $q_d = 9,55*1,5 = 14,325 \text{ kN/m}^2$**

Zatěžovací plocha  $A=33,54 \text{ m}^2$

Normálová síla do působící v patě sloupu  $N_{ed} = (g_d + q_d) * A = (24,74+14,325)*33,54=1310 \text{ kN}$

- návrhové normálové zatížení v patě sloupu:  $N_{ed}= 1310 \text{ kN}$
- únosnost sloupu (z přibližného vztahu pro dostředný tlak):

$$N_{Rd} = 0,8 * A_c * f_{cd} + A_s * \sigma_s$$

$$A_s = A_c * \rho \rightarrow \rho = 0,02$$

$$N_{Rd} = 0,8 * 0,3 * 0,3 * 20 + 0,02 * 0,3 * 0,3 * 400 = 2160 \text{ kN} \geq N_{Ed} 1310 \dots \text{vyhovuje}$$

#### Ověření protlačení

tl. desky:  $h_d = 230 \text{ mm}$  odhad účinné výšky průřezu:  $d = \frac{d_x+d_y}{2} = 205$

předpokládané rozměry průřezu sloupu: 300x300mm

zatěžovací plocha sloupu:  $A=33,54 \text{ m}^2$

návrhové zatížení stropní desky:  $(g+q)_d = 9,1 \text{ kN/m}^2$

odhad max. posouvající síly v desce:  $V_{ed}=A*(g+q)_d = 33,54 * 9,1 = 305,214 \text{ kN}$

Kontrolované obvody:  $u_o = 1200$  ..... v líci sloupu

$u_1 = 3642$  ..... 2d od líce sloupu

odhad součinitele  $\beta$ : .....  $\beta = 1,2$

účinek zatížení v kontr. obvodech:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta+V_{Ed}}{u_o*d} = \frac{1,2+305,214*10^3}{1200*205} = 1,24$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta+V_{Ed}}{u_1*d} = \frac{1,2+305,214*10^3}{3642*205} = 0,4$$

únosnost tlakové diagonály:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 * (1,97 * 100 * 0,005*30)^{1/3} = 0,58 \text{ MPa}$$

$\alpha_{\max} = 1,8$  .... Odhad pro vyztužení proti protlačení třmínkovými lištami  
 $\alpha_{\max} * v_{Rd,c} = 1,8 * 0,58 = 1,04 \text{ MPa} \geq v_{ed1} = 0,4$  ..... Vyhovuje

⇒ **Navržené rozměry desek vyhovují**

## Schodiště

### Schodiště 1

Konstrukční výška 2950 mm

2x lomená deska délka 5350 mm

Počet stupňů 18

Šířka stupně 300 mm

Výška stupně 163,8 mm

Tloušťka desky -

Ohybová štíhlost

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab} \rightarrow d = \frac{L}{\lambda_d}$$

$\kappa_{c1}=1$  ...obdélníkový průřez

$\kappa_{c2}=1$  ...rozpětí  $L \leq 7,0 \text{ m}$

$\kappa_{c3}=1,2$  ...odhad součinitele napětí tahové výztuže

- předpokládaný stupeň vyztužení desek  $\rho \leq 0,5\%$
- předpokládaný profil výztuže: 10 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm

$$h_d = d + c + (\varnothing/2)$$

$$\lambda_d = 1 * 1 * 1,2 * 26 = 31,2 \rightarrow d = \frac{5350}{31,2} = 172$$

$$h_d = 172 + 20 + (10/2) = 198 \text{ mm}$$

*Empirický návrh*

$$h_d \geq \left( \frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) * L = \left( \frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) * 5350 = 178 \div 214 \text{ mm}$$

**Návrh  $h_d=200 \text{ mm}$**