



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Apartmán GOLF

Statický návrh a posouzení dřevěných prvků konstrukce a jejich spojů

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková Ph.D.

Vypracoval: **Jakub Vrba**

Praha 2016

1. NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍCH VAZNÍKŮ

a) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL24h

$$f_{m,gl,k} = 24 \text{ MPa} \quad f_{m,gl,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,gl,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

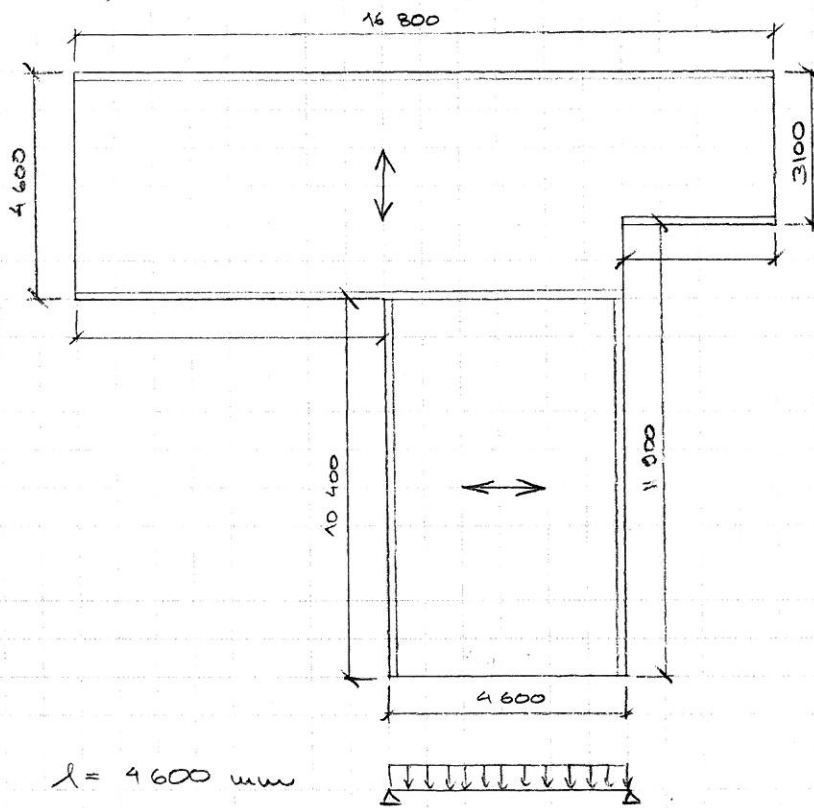
$$f_{v,gl,k} = 3,5 \text{ MPa} \quad f_{v,gl,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,gl,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$G_{gl,mean} = 650 \text{ MPa}$$

$$E_{0,gl,mean} = 11\,500 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{LLD} \\ \text{TŘÍDA TRUVORU} = 1 \\ \text{STŘEDNĚDOBĚ} \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_{mod} = 0,8 \\ \gamma_M = 1,25 \end{array}$$

b) SCHEMA KONSTRUKCE (mm)



$$l = 4600 \text{ mm}$$

Výpočet zatížení

Obvodová stěna S1	tl. (mm)	objemová hmotnost (kg/m ³)	plošná hmotnost (kg/m ²)	plošná hmotnost (kN/m ²)
Dřevěný prkenný obklad	20	500	10	0,1
Dřevěný rošt 30x40 mm	40	20	0,8	0,008
EGGER DHF	15	600	9	0,09
STEICOflex	80	50	4	0,04
STEICOflex/KVH profil	140	80	11,2	0,112
Kronospan OSB 4 Superfinish ECO	18	600	10,8	0,108
STEICOflex/dřevěný rošt 30x40mm	40	80	3,2	0,032
Dřevěný prknový obklad	15	500	7,5	0,075
CELKEM	368	-	56,5	0,565

Obvodová stěna S2	tl. (mm)	objemová hmotnost (kg/m ³)	plošná hmotnost (kg/m ²)	plošná hmotnost (kN/m ²)
Kamenný obklad Wildstone Castelo Valdez	30	-	41	0,41
Fermacell Powerpanel H2O	12,5	1000	12,5	0,125
Dřevěný rošt 30x40 mm	40	20	0,8	0,008
EGGER DHF	15	600	9	0,09
STEICOflex/dřevěný rošt 30x40mm	40	80	3,2	0,032
STEICOflex	80	50	4	0,04
STEICOflex/KVH profil	140	80	11,2	0,112
Kronospan OSB 4 Superfinish ECO	18	600	10,8	0,108
STEICOflex/dřevěný rošt 30x40mm	40	80	3,2	0,032
Dřevěný prknový obklad	15	500	7,5	0,075
CELKEM	430,5	-	103,2	1,032

Ba. Bb.
a) a)

Skladba střechy S5	tl. (mm)	objemová hmotnost (kg/m ³)	plošná hmotnost (kg/m ²)	plošná hmotnost (kN/m ²)
Krycí vrstva	30	1000	30	0,3
Isover Cultilene	50	800	40	0,4
Hydroizolační fólie EPDM	-	-	-	0
Isover SD	50	200	10	0,1
Isover S	60	200	12	0,12
Egger DHF	15	600	9	0,09
STEICOflex/LLD GL24h 240x80mm	240	90	21,6	0,216
Kronospan OSB 4 Superfinish ECO	22	600	13,2	0,132
STEICOflex/kovová konstrukce podledu	60	60	3,6	0,036
Fermacell Greenline	12,5	-	15	0,15
CELKEM	539,5	-	154,4	1,544

2c)
6d)
1d)

c) EMPIRICKÝ ÚVAH VÁŽNÍKŮ

$$h = 0,02 \cdot l + 130 = 0,02 \cdot 4600 + 130 = 222 \text{ mm}$$

$$\text{VOLŤH: } 240 \times 80 \text{ mm}$$

$$\text{OSOVA VZDÁLENOST} = 625 \text{ mm}$$

d) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

• STĚLE	$g_k \text{ (kN/m)}$	γ_g	$g_d \text{ (kN/m)}$
(1/2 STRANA l) = $154 \cdot 0,625$	0,963	1,35	1,30

• PRŮHLIVĚ	$q_k \text{ (kN/m)}$	γ_Q	$q_d \text{ (kN/m)}$
UŽITNĚ = $0,75 \cdot 0,625 =$ (NEPOCHOZÍ STŘECHA)	0,47	1,5	0,70

$$S = \mu \cdot C_e \cdot C_{s1} \cdot C_{s2} \cdot S_k =$$

$$= 0,08 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 0,28 \cdot 0,625 = 0,8$$

$$\mu = 0,08 \text{ (} 0^\circ < \alpha < 30^\circ \text{)}$$

$$C_e = 0,8 \text{ (OTEVŘENÁ KRAJINA)}$$

$$C_{s1} = 1,0$$

$$C_{s2} = 2,0 \text{ (DLE SÚVĚHOVÉ MAPY)}$$

$$\text{ZÁKLADNÍ KOMBINACE} \quad \sum_{j=1}^n \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Qi} Q_{ki} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

$$= 1,35 \cdot 0,963 + 1,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,47 = 3,00 \text{ kN/m} = f_{ed}$$

e) VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

(UVAŽOVÁNO JAKO PŮSTĚ NOSNĚ)

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot f_{ed} \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,00 \cdot 4600^2 = 7,94 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 7,94 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \cdot f_{ed} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 3,00 \cdot 4600 = 6900 \text{ N} = 6,9 \text{ kN}$$

f) PŮSOZENÍ

f1) PRŮHYB (MSP)

$$w_{REF} = \frac{5 \cdot q_{REF} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_{REF}} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 4600^4}{384 \cdot 11500 \cdot 32,16 \cdot 10^6} = 5,5 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 80 \cdot 240^3 = 32,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$w_{1,INST} = \sum q_k \cdot w_{REF} = (0,47 + 0,8) \cdot 5,5 = 7,0 \text{ mm}$$

$$w_{2,INST} = \sum q_k \cdot w_{REF} = 0,963 \cdot 5,5 = 5,3 \text{ mm}$$

$$w_{INST} = w_{1,INST} + w_{2,INST} = 13,3 \text{ mm}$$

$$w_{LIM} = \frac{l}{300} = \frac{4600}{300} = 15,3 \text{ mm} \geq w_{INST} = 13,3 \text{ mm}$$

OK

f2) OHTD
 pozn. NOSNĚ ZAJIŠTĚNĚ PROTI PRŮČNĚ A TORZNÍ NEUSTABILITĚ
 → ZÁKLON Z OBOU STRAN VÁZNIKŮ

$$\sigma_{m,ed} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{7,94 \cdot 10^6}{768\,000} = 10,34 \text{ MPa} \leq f_{m,ig,d} = 15,36 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 80 \cdot 240^2 = 768\,000 \text{ mm}^3$$

d3) SMYK

$$\tau_{y,ed} = \frac{3 \cdot V_{ed}}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 6300}{2 \cdot 12\,864} = 0,805 \text{ MPa} \leq f_{v,ig,d} = 1,728 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A = h \cdot b_{ef} = 240 \cdot 53,6 = 12\,864 \text{ mm}^2$$

$$b_{ef} = k_{oe} \cdot b = 0,67 \cdot 80 = 53,6 \text{ mm}$$

2. NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO ZÁKLONU

a) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- DWF DESKA EGGER

$$f_{m,k} = 19 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,45 \cdot \frac{19}{1,3} = 6,58 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$$

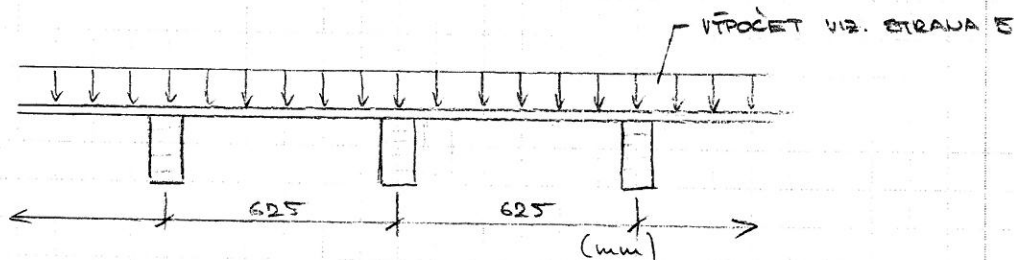
$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,45 \cdot \frac{3,4}{1,3} = 1,177 \text{ MPa}$$

VLÁKUITÁ DESKA Tvrdá
 Třída provozu = 2
 Střednědobé

$$k_{mod} = 0,45$$

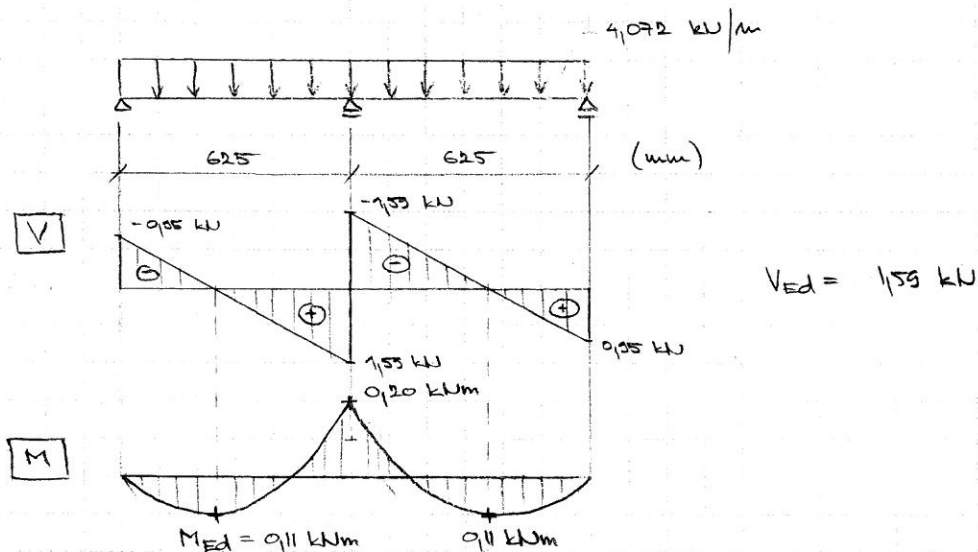
$$\gamma_m = 1,3$$

b) SCHEMA KONSTRUKCE



c) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

• STĚLE	q_k (kN/m')	γ_a	q_d (kN/m)
(VIZ. STRANA 2) = $1,01 \cdot 1' = 1,01$	1,35	1,354	
• PROMĚNĚ	q_k (kN/m')	γ_a	q_d (kN/m)
UŽITVĚ /	0,75	1,5	0,788
SLŮH (VIZ. STRANA 3)	1,28	1,5	1,92
CELKEM $\sum (q_k + q_d)$			4,072 kN/m

d) VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL (POČÍTANO V PROGRAMU LINPRO)
(UVAŽOVÁNO JAKO SPONITÝ NOSNÍK O 2 POLÍCH)

e) POSOUZENÍ

e1) OHTB

$$\sigma_{m,ed} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{0,11 \cdot 10^6}{37\,500} = 2,933 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 6,33 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 1000 \cdot 15^2 = 37\,500 \text{ mm}^3$$

e2) SMTK

$$\tau_{V,ed} = \frac{3V_{ed}}{2A} = \frac{3 \cdot 1,53 \cdot 10^3}{2 \cdot 15\,000} = 0,153 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,177 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A = h \cdot b_{ef} = 15 \cdot 1000 = 15\,000 \text{ mm}^2$$

$$b_{ef} = k_{cc} \cdot b = 1,0 \cdot 1000 = 1000 \text{ mm}$$

↑ DALŠÍ VÝROBEK NA BÁZI DŘEVA

3. ÚVŘH A POSOUZENÍ VĚVCE

a) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- KVH PROFIL C24

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

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

$$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

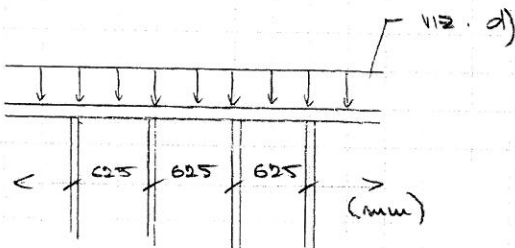
$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

ROSTLÉ DŘEVO
TRÍDA PROVOZU = 1
STŘEDNĚDOBĚ

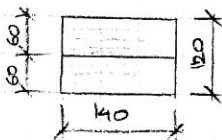
$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,3$$

b) SCHEMA KONSTRUKCE



c) ÚVŘH TRVLU



$$l = 3750 \text{ mm} (6 \cdot 625 \text{ m})$$

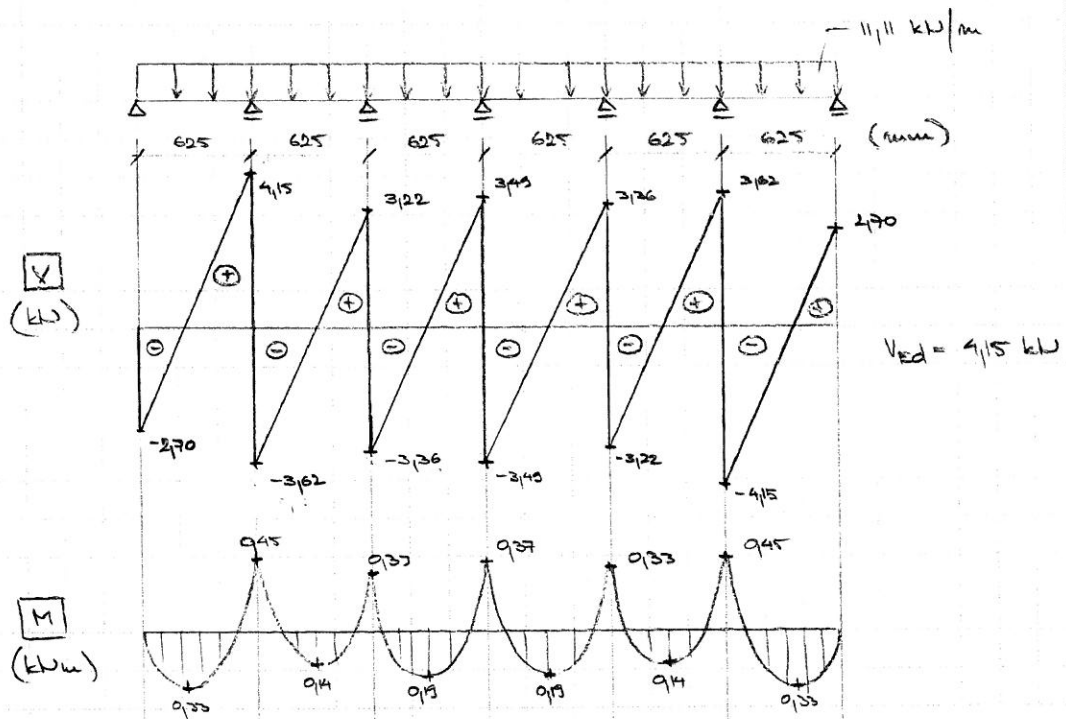
(z TRANSPORTNÍCH DŮVODŮ)

d) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

• STĚLE		g_k (kN/m)	γ_g	g_d (kN/m)
STĚCHA	$1,54 \cdot \frac{16}{2} =$	3,542	1,35	4,78
VL. TĚHA	$912 \cdot 94 \cdot 94 =$	9,074	1,35	9,1
• PRŮMĚVĚ		q_k (kN/m)	γ_Q	q_d (kN/m)
VĚTVĚ	$975 \cdot \frac{16}{2} =$	1,73	1,5	0,7
SLUH	$1,28 \cdot \frac{16}{2} =$	2,044	1,5	4,42

$$\text{CELKEM } \Sigma(g_d + q_d) = 11,11 \text{ kN/m}$$

e) VÝPOČET VLNITĚNÍ SIL (POČÍTANO V PROGRAMU LINTRO)



$$M_{ed} = 0,33 \text{ kNm}$$

f) ROZPOREKNI

f1) OHYB

$$\sigma_{m,ed} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{0,33 \cdot 10^6}{336\,000} = 0,98 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,78 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 120^2 = 336\,000 \text{ mm}^3$$

f2) SMYK

$$\tau_{v,ed} = \frac{3 V_{ed}}{2 A} = \frac{3 \cdot 415 \cdot 10^3}{2 \cdot 11\,280} = 0,552 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A = b_{ef} \cdot h = 84 \cdot 120 = 11\,280 \text{ mm}^2$$

$$b_{ef} = k_{or} \cdot b = 0,67 \cdot 140 = 84 \text{ mm}$$

↑
0,67 (ROSTLE DREVO)

f3) PRŮHYB (HSP)

POZN. ZJEDNODUŠENÍ MODELU → PŘOSTÝ NOSNÍK

$$w_{REF} = \frac{5 \cdot q_{REF} \cdot l^4}{384 \cdot E_{qman} \cdot I} = \frac{5 \cdot 625^4}{384 \cdot 11\,000 \cdot 2016 \cdot 10^6} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ mm} \approx 0 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 120^3 = 2016 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad \Rightarrow w_{inst} \approx 0 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{300} = \frac{625}{300} = 2,1 \text{ mm} \approx w_{inst} \approx 0 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

4. NÁVRH A POSOUZENÍ STEJNÝCH SLoupKŮ

a) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

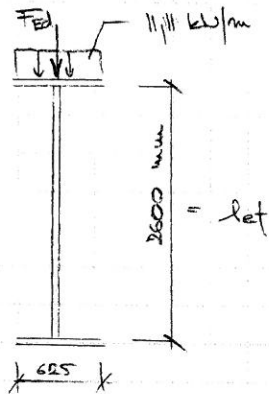
• KUH PROFIL C24

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa} \quad f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_c} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

(k_{mod} a γ_c STEJNĚ JAKO V BODĚ 3)

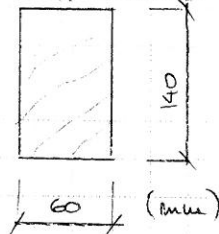
$$E_{q,05} = 7400 \text{ MPa}$$

b) SCHEMA KONSTRUKCE



c) NÁVRH PRVKU

VOLIM: KUH PROFIL 60 x 140 mm



d) VÝPOČET ZATÍŽENÍ - STEJNĚ JAKO V BODĚ 3)

$$\Sigma (gd + qd) = 11,11 \text{ kN/m}$$

$$F_{Ed} = 0,625 \cdot 11,11 = 6,94 \text{ kN} = 6940 \text{ N}$$

e) POSOUZENÍ

e1) VĚRŮVNĚ TLAK

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{6940}{60 \cdot 140} = 9826 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 60^3 \cdot 140 = 2,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{2,52 \cdot 10^6}{60 \cdot 140}} = 17,32 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{let}{i} = \frac{2600}{17,32} = 150,12$$

$$\sigma_{CRIT} = \pi^2 \cdot \frac{E_{005}}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{7400}{150,12^2} = 3,24 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{REL} = \sqrt{\frac{f_{00k}}{\sigma_{CRIT}}} = \sqrt{\frac{21}{3,24}} = 2,55$$

$$k = 0,5 \left[1 + \beta (\lambda_{REL} - 0,3) + \lambda_{REL}^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,2 (2,55 - 0,3) + 2,55^2 \right]$$

$$\beta (\text{ROSTLÉ DŘEVO}) = 0,2 = 3,38$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{REL}^2}} = \frac{1}{3,38 + \sqrt{3,38^2 - 2,55^2}} = 0,142$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{9826}{0,142 \cdot 1282} = 0,95 \leq 1$$

OK

5. NÁVRH A POSOUZENÍ STĚNOVÉHO PRÁHU

a) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- KUH PROFIL C24

$$f_{c,00k} = 25 \text{ MPa} \quad f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,00k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{25}{1,3} = 15,4 \text{ MPa}$$

(k_{mod} a γ_m STEJNĚ JAKO V BODECH 3 a 4)

b) SCHEMA KONSTRUKCE



$$l = b + 2 \cdot 30 = 60 + 2 \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

$$l_1 = 625 - 60 = 565 \text{ mm}$$

c) NÁVRH PRVKU

VOLIT: KUH PROFIL 60 x 140 mm

d) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

$$F_{ed} = 0,625 \cdot 11 + 0,95 \cdot 0,4 \cdot 44 \cdot 1,35 = 6,36 \text{ kN}$$

e) POSOUZENÍ

e1) TLAK KOLMO NA VLÁKNA

$$\sigma_{\perp, Ed} = \frac{F_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{6850}{16800} = 0,416 \text{ MPa} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,25 \cdot 1,54 = 1,925 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A_{ef} = l_1 \cdot h = 120 \cdot 140 = 16800$$

$$k_{c,90} = 1,25 \quad (\text{ROSTLÉ DŘEVO})$$

6. NÁVH A POSOUZENÍ PŘEKLADŮ

6a. PŘEKLAD P1

a) NÁVH

VOLIM: ULTRALAM R 30 x 240 mm

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$f_{mk} = 44 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{44}{1,25} = 28,16 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 4,6 \text{ MPa}$$

$$f_{y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4,6}{1,25} = 2,94 \text{ MPa}$$

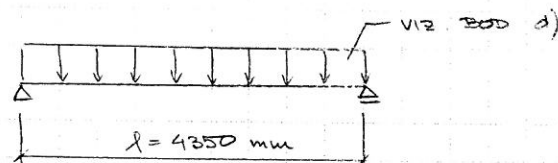
$$f_{c,90,k} = 7,5 \text{ MPa}$$

$$E_{q,mean} = 14000 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{7,5}{1,25} = 4,8 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{LLD} \\ \text{TR. PROVOZU} = 1 \\ \text{STŘEDNĚDOBĚ} \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_{mod} = 0,8 \\ \gamma_m = 1,25 \end{array}$$

c) SCHEMA KONSTRUKCE



d) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

• STĚLĚ		g_k (kN/m)	γ_G	g_d (kN/m)
STŘECHA (viz. strana 2)	$= 10 \cdot 0,5 = 0,5$	0,5	1,35	0,675
STŘEŠNÍ VADNÍK	$= 0,08 \cdot 0,24 \cdot 4,4 = 0,085$	0,085	1,35	0,115
VĚŠEK	$= 0,12 \cdot 0,14 \cdot 4,4 = 0,07$	0,07	1,35	0,095
VH. TÍHA	$= 0,08 \cdot 0,24 \cdot 4,4 = 0,1$	0,1	1,35	0,135
CELKEM		$\Sigma g_k = 0,755$ kN/m		
• PROMĚNNÉ		q_k (kN/m)	γ_Q	q_d (kN/m)
UŠITNĚ	$= 0,75 \cdot 0,5 = 0,375$	0,375	1,5	0,563
SIVNĚ	$= 1,08 \cdot 0,5 = 0,54$	0,54	1,5	0,81
CELKEM		$\Sigma q_k = 1,02$ kN/m		

$$\Sigma (g_d + q_d) = 2,37 \text{ kN/m}$$

c) VÝPOČET VUTRNÍCH SIL

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot \Sigma (g_d + q_d) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,37 \cdot 4350^2 = 5161 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \\ = 5161 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \Sigma (g_d + q_d) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 2,37 \cdot 4350 = 5155 \text{ N} = 5155 \text{ kN}$$

f) POSOUBENÍ

f1) PRŮHYB

$$w_{REF} = \frac{5 \cdot q_{REF} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 4350^4}{384 \cdot 4000 \cdot 103,68 \cdot 10^6} = 3,2 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 240^3 = 103,68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$w_{1,INST} = \Sigma q_k \cdot w_{REF} = 1,102 \cdot 3,2 = 3,3 \text{ mm}$$

$$w_{2,INST} = \Sigma q_k \cdot w_{REF} = 0,755 \cdot 3,2 = 2,4 \text{ mm}$$

$$w_{INST} = w_{1,INST} + w_{2,INST} = 5,7 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{500} = \frac{4350}{500} = 8,7 \text{ mm} \geq w_{INST} = 5,7 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

pozn. VOLÍM PŘÍSLUŠNÝ LIMITNÍ PRŮHYB $\frac{l}{500}$ Z DŮVODU MINIMALIZACE RIZIKA PŮSKOZENÍ OKLJA VLIVEM NADMĚRNÉHO PRŮHYBU PŘEKLADU

= PRO JEŠTĚ VĚTŠÍ MINIMALIZACI DOPORUČUJI NECHAT MĚZI OKLJEM A PŘEKLADEM MEZERU 10CM PRO VYPĚHOVÁNÍ

f2) OHYB

$$\sigma_{m,ed} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{5161 \cdot 10^6}{864 \cdot 1000} = 5963 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 28,16 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 30 \cdot 240^2 = 864 \cdot 1000 \text{ mm}^3$$

f3) SMYK

$$\tau_{v,ed} = \frac{3 \cdot V_{ed}}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 5155}{2 \cdot 14 \cdot 472} = 9534 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,84 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A = b_{ef} \cdot h = 60,3 \cdot 240 = 14 \cdot 472 \text{ mm}^2$$

$$k_{ef} = k_{co} \cdot b = 0,67 \cdot 30 = 60,3 \text{ mm}$$

$$k_{co} = 0,67 \text{ (LLD)}$$

f4) OTLAČENÍ V PŮDŘÍŽI

$$\sigma_{c,90,ed} = \frac{V_{ed}}{A_{cf}} = \frac{5155}{8100} = 636 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 110 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A_{cf} = b \cdot l_1 = 30 \cdot 30 = 8100 \text{ mm}^2$$

$$l_1 = 60 + 30 = 90$$

a) PŘEKŘÍŽENÍ PD

3) NÁVHĚN

VOLIM: ULTRALAM R 30 x 240 mm

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

STĚNA: JAKO V BOJĚ GA.

c) CELKOVÁ KONSTRUKCE



d) VÝPOČET q_d (kN/m)

STĚNA	q_k (kN/m)	ψ	q_d (kN/m)
STĚNA	1.30	0.7	0.91
VĚTRIC	0.10 \cdot 0.14 \cdot 4.4 = 0.07	1.35	0.095
V. TĚHA	0.02 \cdot 0.24 \cdot 4.4 = 0.21	1.35	0.285
CELKEM	$\sum q_k = 1.57$		$q_d = 1.29$

e) PRODUKCE

PRODUKCE	q_k (kN/m)	ψ	q_d (kN/m)
ROSTLINY	0.20 \cdot 0.50 = 0.10	1.35	0.135
SŮHA	0.03 \cdot 0.50 = 0.015	1.35	0.02
CELKEM	$\sum q_k = 0.115$		$q_d = 0.155$

$\sum (q_d + q_d) = 1.445 \text{ kN/m}$

e) VÝPOČET KONTROLNÍ KL

$M_{kl} = \frac{1}{8} \cdot q_d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1.445 \cdot 2.40^2 = 1.05 \cdot 10^3 \text{ Nm}$

$V_{kl} = \frac{1}{2} \cdot q_d \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1.445 \cdot 2.40 = 1.734 \text{ kN}$

f) PRODUKCE

1) VÝPOČET (M_{kl})

$W_{kl} = \frac{M_{kl}}{R_{yk} \cdot \sigma_{yk}} = \frac{1.05 \cdot 10^3}{235 \cdot 10^6} = 4.47 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

$I = 4.47 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \text{ (VZ. GA. f)}$

$W_{kl,ST} = \sum q_k \cdot W_{REF} = 1.57 \cdot 1.3 = 2.04 \text{ mm}$

$W_{kl,ROST} = \sum q_k \cdot W_{REF} = 0.115 \cdot 1.3 = 0.15 \text{ mm}$

$W_{kl} = W_{kl,ST} + W_{kl,ROST} = 2.19 \text{ mm}$

$\frac{2.19}{100} = 2.19\%$
 $\frac{2.19}{11.6} = 18.9\%$

X
OK

PRODUKCE KONTROLNÍ KL PRODUKCE KL JE VÝPOČET VE VÝŠI NEŽI
 CELKOVÁ A PŘEKŘÍŽENÍ HL. 15 CM, KTERÁ BUDE VYUŽITELNÁ

f1) OHTB

$$\sigma_{\text{mied}} = \frac{M_{\text{ed}}}{W} = \frac{10155 \cdot 10^6}{854 \cdot 100} = 11,9 \text{ MPa} \approx f_{m,0,1} = 28,16 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = 854 \cdot 100 \text{ mm}^3 \quad (\text{viz. GA. f2})$$

f2) SMK

$$\sigma_{\text{mied}} = \frac{N_{\text{ed}}}{A} = \frac{2 \cdot 21 \cdot 100}{2 \cdot 14 \cdot 470} = 0,21 \text{ MPa} \approx f_{t,0,1} = 1,24 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A = 14 \cdot 470 \text{ mm}^2 \quad (\text{viz. GA. f3})$$

f3) OVLADENÍ V TĚŽKÉ

$$\sigma_{\text{mied}} = \frac{V_{\text{ed}}}{A_d} = \frac{21 \cdot 100}{1400} = 1,5 \text{ MPa} \approx f_{c,0,1} = 4,8 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A_d = 1400 \text{ mm}^2 \quad (\text{viz. GA. f4})$$

POKLADKA: TĚŽKÉ POKRYTÍ PRO TM A TD BUDU. HOUBENÍ V PROSTORU
 POKRYTÍ, PRO KTERÉ MATEŘ. VÝŠK. $h = 1050 \text{ mm}$

GC. POKRYTÍ V TĚŽKÉ

1) POKRYTÍ

1) POKRYTÍ: LHO PROFIL GL24h 80 x 240 mm

b) MATEMATICKÉ ZÁKLADY VĚSTĚ

STAVBA (GA) V TĚŽKÉ (1. a)

$$f_{\text{mied}} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{tied}} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{mied}} = 11 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,1} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,35} = 11,85 \text{ MPa}$$

c) STAVBA VĚSTĚ



1) MATEMATICKÉ ZÁKLADY VĚSTĚ

STAVBA (GA) V TĚŽKÉ (1. a)

$$\sum \sigma_{\text{mied}} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$\sum \sigma_{\text{tied}} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$\sum (\sigma_{\text{mied}}) = 1,26 \text{ MPa}$$

Akce: **Apartmán GOLF**

List **K z 30**

Jméno: **Jakub Vrba**

Datum: **10.5.2016**

e) VÝPOČET VHTĚVNĚCH OL

$$M_{ed} = \frac{1}{3} \sum (q_d + q_{d1}) \cdot l^2 = \frac{1}{3} \cdot 12,2 \cdot 1830^2 = 5,11 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \sum (q_d + q_{d1}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 12,2 \cdot 1830 = 1,102 \text{ N}$$

f) PŘESOUČENÍ

f1) POKRYVKA (HCP)

$$w_{HCP} = \frac{1}{240} \cdot \frac{M_{ed}}{b \cdot h^3} = \frac{1}{240} \cdot \frac{5,11 \cdot 10^6}{200 \cdot 11 \cdot 100 \cdot 80^3} = 0,14 \text{ mm}$$

$$z = \frac{1}{8} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{8} \cdot 200 \cdot 80^2 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$w_{HCP} = \frac{1}{z} \cdot M_{ed} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^5} \cdot 5,11 \cdot 10^6 = 0,6 \text{ mm}$$

$$w_{HCP} = \frac{1}{z} \cdot V_{ed} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^5} \cdot 1,102 = 0,7 \text{ mm}$$

$$w_{HCP} = \sqrt{w_{HCP}^2 + w_{HCP}^2} = 1,0 \text{ mm} \quad \frac{1,0}{100} = \frac{1000}{2000} = 50\% \quad \text{OK}$$

100% PŘESOUČENÍ JAKO VĚTŠÍ OL (GOLF) A OL (P1)

f2) OL

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{5,11 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^5} = 31,9 \text{ MPa} \quad \sigma_{ed} = 15,95 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$w = \frac{1}{8} \cdot l^2 \cdot \sigma_{ed} = \frac{1}{8} \cdot 1830^2 \cdot 31,9 = 1,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

f3) SMTK

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{5,11 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^5} = 31,9 \text{ MPa} \quad \sigma_{ed} = 15,95 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A_d = b \cdot l_d = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$l_d = 30 + 30 = 60 \text{ mm}$$

f4) SMTK V PŘESOUČENÍ

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{5,11 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^5} = 31,9 \text{ MPa} \quad \sigma_{ed} = 15,95 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$A_d = b \cdot l_d = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$l_d = 30 + 30 = 60 \text{ mm}$$

1) NÁVRH A POKROUČENÍ SLOUPEK A

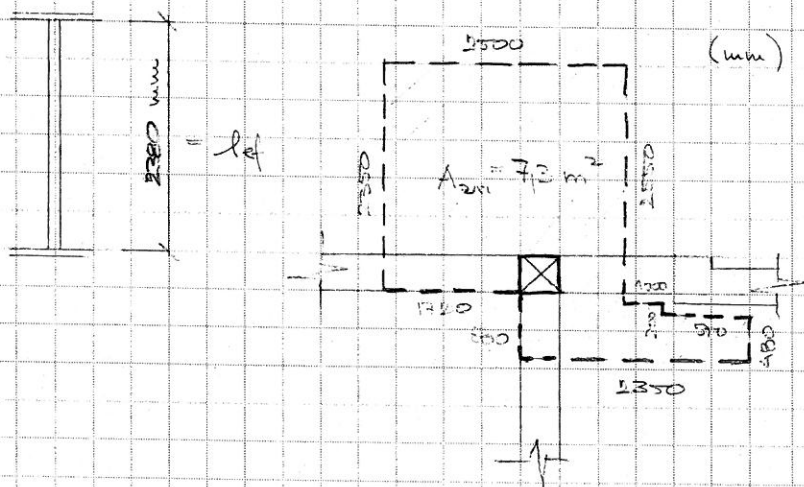
a) NÁVRH

VOLTI: 220 V, 50 Hz, 40 ~ 140 mm

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$f_{yk} = 24 \text{ MPa}$ $\sigma_{yk} = k_{red} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,1} = 15,26 \text{ MPa}$
 $E_{yk} = 26000 \text{ MPa}$

2) SOUŠTA KONTAKTU A ZATÍŽENÍ



3) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

STĚNA	G_k (kN)	γ_G	G_d (kN)
STĚNA 1	$1,24 \cdot 2,2 = 2,73$	1,35	3,68
STĚNA 2	$0,18 \cdot 4 \cdot 2,2 = 1,58$	1,35	2,14
STĚNA 3	$0,18 \cdot 2,2 \cdot 2,2 = 0,88$	1,35	1,19
STĚNA 4	$0,18 \cdot 4 \cdot 2,2 = 1,58$	1,35	2,14

POKROUČENÍ	Q_k (kN)	γ_Q	Q_d (kN)
POKROUČENÍ 1	$0,75 \cdot 2,2 = 1,65$	1,35	2,23
POKROUČENÍ 2	$0,18 \cdot 2,2 = 0,4$	1,35	0,54

$\Sigma (G_d + Q_d) = 3,60 \text{ kN} = F_{Ed}$

e) POŘADĚLÍ

e1) VĚPĚRÝ TLAK

$$\sigma_{\sigma, Ed} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{26000}{140 \cdot 140} = 134 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b^4 = \frac{1}{12} \cdot 140^4 = 2301 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{2301 \cdot 10^6}{140^2}} = 40,41 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{eff}}{\lambda} = \frac{2380}{40,41} = 59,13$$

$$\sigma_{REL} = \frac{1}{\lambda^2} \cdot \frac{f_{yk,Ed}}{R^2} = \frac{1}{59,13^2} \cdot \frac{26000}{1,35^2} = 27,31 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{REL} = \sqrt{\frac{f_{yk,Ed}}{\sigma_{REL}}} = \sqrt{\frac{26}{27,31}} = 0,98$$

$$\lambda \cdot (LLD) = 0,91 \quad \left[= 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,98 - 0,9)) + 0,98^2 \right] = 0,96$$

$$k_c = \frac{1}{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - \lambda_{REL}^2}} = \frac{1}{0,96 + \sqrt{0,96^2 - 0,98^2}} = 0,83$$

$$\frac{\sigma_{\sigma, Ed}}{k_c \cdot f_{yk,Ed}} = \frac{134}{0,83 \cdot 136} = 0,94 \leq 1$$

OK

PROV: PRŮVĚRKA JE VYKONÁNA, AŽ PŘI JINÉM KONTROLNÍM NÁSTUPU

e2) OSMĚRNÝ TLAK

MATERIÁL SĚ CHYBÁ V KROVĚ (KUH C24)

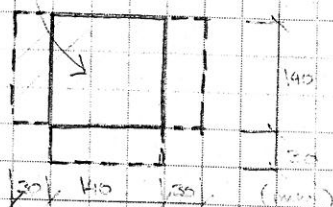
$$f_{yk,Ed} = 21 \text{ MPa} \quad f_{yk,Ed} = 0,98 \cdot \frac{21}{1,35} = 15,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\sigma, Ed} = \frac{F_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{26000}{2000} = 13 \text{ MPa} \leq k_c \cdot f_{yk,Ed}$$

$$A_{ef} = 1000 \cdot 2000 = 2000000 \text{ mm}^2$$

$$= 13 \cdot 15,4 = 125 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$k_c(KUH) = 1,25$$



3. LÁVĚNÍ A FOKOUDENÍ ODBĚR PĚŤLOŽKY V OBLASTI STĚNĚ,
 NEJENĚMĚNĚNÍ A SPOJENÍ S LÁTÍ

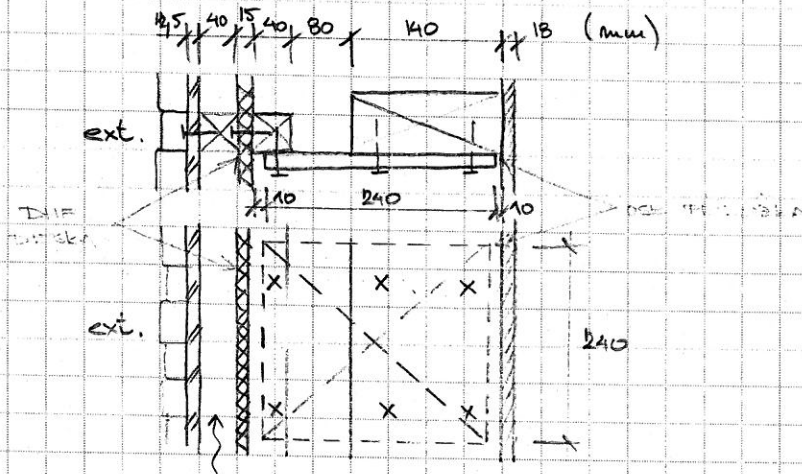
a) LÁVĚNÍ

MOLIT: ODBĚR 4 K. 18 mm 240 x 240 mm z 300 mm
 KRUT 35 x 45 mm

b) MATEMATICKÉ CHARAKTERISTIKY

• KRUT $E_{kr} = 140 \text{ N}$
 • KRUT $E_{kr} = 953 \text{ N}$ } TABULKA VĚROSCĚ
 • KRUT $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$

c) SCHEMA KONSTRUKCE



2a) FOKOUDENÍ ODBĚR PĚŤLOŽKY A PĚŤLOŽKY

CHARAKTERISTIKY

• KRUT $\rho = \rho_{rel} \cdot c_e(z) \cdot c_{tr} = 472,5 \cdot 1,6 \cdot (-0,3) = 227 \text{ Pa}$

$\rho_v = \rho \cdot \frac{A}{V} = 300 \cdot \frac{10 \cdot 240}{240 \cdot 240} = 472,5 \text{ Pa}$

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

$c_{tr} = 22,5$

OBLAST I } $c_e(z) = 1,6$

$z = 3 \text{ m}$

SÁLÍ $\rightarrow c_{tr,10} = -0,3$

$A = 10 \text{ m}^2$

$V/d = 0,25$

$F_{ext} = \rho \cdot A \cdot c_e = 227 \cdot 10 \cdot 240 \cdot 0,25 = 1314 \text{ N} = 0,1314 \text{ kN}$

$A_{0,25} = 300 \cdot 0,25 = 750000 \text{ mm}^3$

• KRUT PĚŤLOŽKY (VĚROSCĚ (VĚROSCĚ B))

$g_d = 73,14 \text{ kg/m}^2 = 0,7314 \text{ kN/m}^2 = 731 \cdot 10^{-4} \text{ N/mm}^2$

$F_{v,Ed} = 731 \cdot 10^{-4} \cdot 0,25 \cdot 800 = 370 \text{ N} = 0,37 \text{ kN}$

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{yk,ax}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{1,43}{1,3} = 0,876 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{yk,v}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{0,52}{1,3} = 0,320 \text{ kN}$$

ROZMĚR PRŮŘEZU (mm) } $k_{mod} = 0,8$
 počet prvků = 2 } $\gamma_m (\text{SPAL}) = 1,3$
 STŘEDNÍHOUDNĚ

c) LÁVĚŘI TOČTU KUSŮ VEVTU NA 1 m

$$n = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{ax,Rd}}{F_{v,Rd}} = \frac{0,114}{0,320} = 0,356 \rightarrow 1 \text{ kus} \\ \frac{F_{v,Rd}}{F_{ax,Rd}} = \frac{0,320}{0,114} = 2,807 \rightarrow 2 \text{ kusy} \end{array} \right\} = 2 \text{ kusy/m}$$

VOLIT: 2 kusy prvků 3 kusy/m a 330 mm

d) POUŽITÍ VĚŠTÍ NA VYKRESLENÍ OSY A PŘÍLOŽENÍ ZÁKLADŮ

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

pro: $n = 2$ $d_y = 230 \text{ mm} \rightarrow l_{ed} = 40 \text{ mm}$

$$\left(\frac{0,114}{2 \cdot 0,114} \right)^2 + \left(\frac{0,320}{2 \cdot 0,320} \right)^2 = 0,5 \leq 1$$

8b. POUŽITÍ JOSE OSY PŘÍLOŽENÍ S LÁVĚŘOU LÁVĚŘI

a) VYKRESLENÍ VYKRESLENÍ

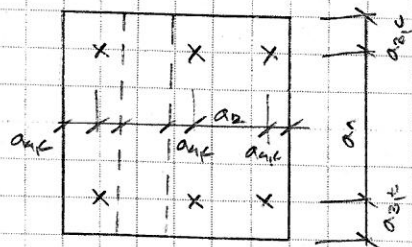
$$F_{ed} = (0,320 + 0,320 \cdot 0,04 + 0,114 \cdot 0,05) \cdot 10^{-6} \cdot 970 \cdot 605 = 330 \text{ W}$$

↑
10% síla

b) LÁVĚŘI TOČTU KUSŮ V 1 LÁVĚŘI

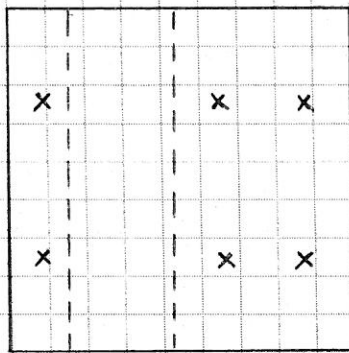
$$\frac{F_{v,Rd}}{F_{ax,Rd}} = \frac{0,320}{0,114} = 2,807 \rightarrow 2 \text{ kusy}$$

c) LÁVĚŘI A POUŽITÍ PŘÍLOŽENÍ VEVTU



$\alpha = 30^\circ$ $d = 325 \text{ mm}$
 $d_{ax} = (10 + 2 \cdot 0,04) \cdot d = 330 \text{ mm}$
 $d_{ay} = 10 \cdot d = 325 \text{ mm}$
 $d_{ax} = 10 \cdot d = 325 \text{ mm}$
 $d_{ay} = 5 \cdot d = 162,5 \text{ mm}$

(mm)

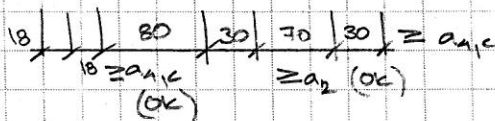


$$70 \geq a_{3,c} \text{ (OK)}$$

$$100 \geq a_1 \text{ (OK)} \approx 14d = 138 \text{ mm}$$

$n = \text{nef}$

$$70 \geq a_{2,s} \text{ (OK)}$$



1) PROJEKCI

$$n: F_{v,21} = 0,26 \cdot 26 = 0652 \text{ kN} \Rightarrow F_{v,d} = 0,366 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

2. ÚVĚCH A PROJEKCI KLIMATICKÉHO TĚLÍŠKA A JEJICH SPONŽOVÁNÍ A ZAMĚŘENÍ VELE A TĚLÍŠT

3. PROJEKCI STĚŽNÍKŮ VYBĚHŮ A JEJICH SPONŽOVÁNÍ

4) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

• VYBĚHŮV LID. 0,15

$$f_{t,cr,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,cr,d} = k_{red} \cdot \frac{f_{t,cr,k}}{\gamma_H} = 0,95 \cdot \frac{24}{1,15} = 19,93 \text{ MPa}$$

$$f_{t,k} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{t,d} = k_{red} \cdot \frac{f_{t,k}}{\gamma_M} = 0,95 \cdot \frac{35}{1,15} = 28,7 \text{ MPa}$$

$$f_{t,cr,k} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{t,cr,d} = k_{red} \cdot \frac{f_{t,cr,k}}{\gamma_M} = 0,95 \cdot \frac{35}{1,15} = 28,7 \text{ MPa}$$

LD/SPONŽ	} $k_{red} = 0,95$
TE. PROJEKCI	
KLIMATICKÉ	
	$\gamma_H = 1,15$
	$\gamma_M = 1,15$

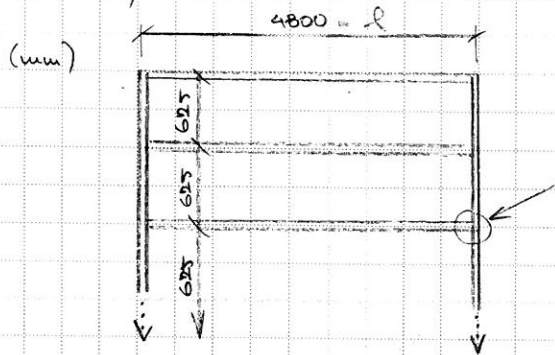
• VĚTY VĚTY VĚTY VĚTY - T - 0,2 x 130 mm

$$F_{v,d} = \text{nef} \left\{ \begin{aligned} F_{v,d} &= \frac{F_{v,k} \cdot k_{red}}{\gamma_H} = \frac{1074 \cdot 0,95}{1,15} = 870 \text{ kN} \\ F_{v,d} &= \frac{F_{v,k}}{\gamma_H} = \frac{1074}{1,15} = 934 \text{ kN} \end{aligned} \right.$$

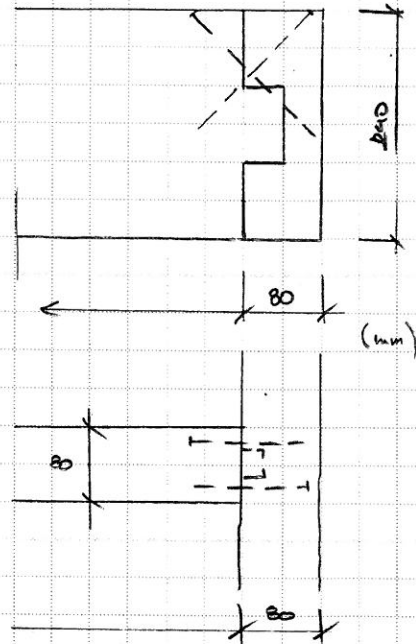
$$F_{v,d} = 870 \text{ kN}$$

b) SCHÉMA KONSTRUKCE

1) TERASA



2) STĚNA



2) STĚNA $l = 2870 \text{ mm}$

3) VÝPOČET ZÁTĚHŮ

a) MORTALNÍ TĚŽE

PROJ. TĚŽ. TĚLOVÉHO ČERVO

STĚLE	$q_k \text{ (kN/m)}$	ψ_s	$q_d \text{ (kN/m)}$
$0,03 \cdot 0,04 \cdot 44 = 0,053$	1,25	0,12	

STĚLE	$q_k \text{ (kN/m)}$	ψ_s	$q_d \text{ (kN/m)}$
$0,025 \cdot 0,065 = 0,0016$	1,5	0,11	

CELKEM $\sum (q_k + q_d)_{MORTALNĚ} = 0,33 \text{ kN/m}$

b) TĚLO TĚLOVÉHO ČERVO

STĚLE	$q_k \text{ (kN/m)}$	ψ_s	$q_d \text{ (kN/m)}$
POVRCHOVÁ VĚTRNÁ ZÁTĚŽ $= 0,05 \cdot 0,05$	0,025	1,25	0,03
TEPLOTNÍ ZÁTĚŽ $= \frac{1}{0,5} \cdot 0,04 \cdot 0,05 \cdot 44$	0,09	1,25	0,11
VL. TĚŽE	0,085	1,25	0,1

STĚLE	$q_k \text{ (kN/m)}$	ψ_s	$q_d \text{ (kN/m)}$
STĚNA	$0,025 \cdot 2,87 = 0,072$	1,5	0,1
STĚNA	$1,08 \cdot 0,025 = 0,027$	1,5	1,2

CELKEM $\sum (q_k + q_d) = 1,06 \text{ kN/m}$

1) VÝPOČET VYTRŽENÍ CIL

a) MOUTÁRNÍ FÁZE

$$V_{ed,1} = \frac{1}{2} \cdot \sum (q_d + q_{d0})_{max} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,83 \cdot 4800 = 1992 \text{ kJ} \\ = 1,99 \text{ kJ}$$

b) PO PODOURŽENÍ

$$M_{ed} = \frac{1}{3} \sum (q_d + q_{d0}) \cdot l^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,86 \cdot 4,8^2 = 14,36 \text{ kNm}$$

$$V_{ed,2} = \frac{1}{2} \sum (q_d + q_{d0}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1,86 \cdot 4,8 = 4,46 \text{ kJ}$$

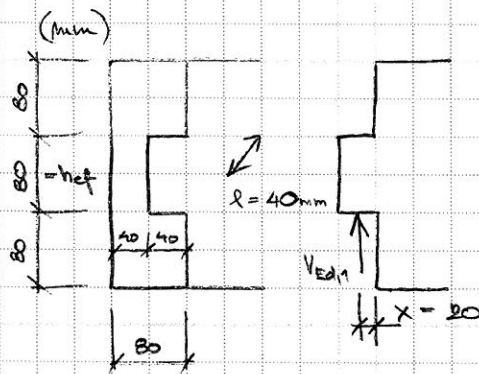
c) PODOURŽENÍ

c1) OHEB VĚTVÍKU

$$\sigma_{m,ed} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{5,36 \cdot 10^6}{768 \cdot 1000} = 6,98 \text{ MPa} \leq f_{m,ig,d} = 10,48 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 840^2 = 768 \cdot 1000 \text{ mm}^3$$

c2) ÚČET NA MOUTÁRNÍ FÁZI



$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{80}{840} = \frac{1}{10,5} \\ k_n(115) = 615$$

$$\sigma_{s,ed} = \frac{3 \cdot V_{ed,1}}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 1,99}{2 \cdot 40 \cdot 80} = 0,94 \text{ MPa}$$

$$k_n = \frac{k_n \cdot (1 + \frac{h \cdot \alpha^{10}}{1000})}{\sqrt{h} \left[\sqrt{1 - \alpha} + 0,8 \frac{\alpha}{h} \right] \sqrt{\frac{1}{2} - \alpha} \sqrt{0,40 \left[\sqrt{\frac{1}{2}(1 - \alpha)} + 0,8 \frac{20}{840} \sqrt{1 - \alpha} \right]^2}} = 0,718$$

$$k_n \cdot f_{t,ig,d} = 0,718 \cdot 1,45 = 1,04 \text{ MPa} \geq \sigma_{s,ed} = 0,94 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,ig,d} = \frac{V_{ed}}{b \cdot l} = \frac{1,99 \cdot 10^3}{40 \cdot 40} = 1,24 \text{ MPa} \leq f_{c,ig,d} = 1,25 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

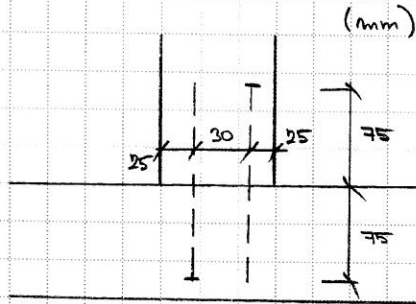
e2) SPOJ

UHRAZENÍ ÚČINNOSTI POUZE VENTILÁTOR

$$N_{ed,12} = 4,96 \text{ kW} \leq F_{1,ed} = 7,05 \text{ kW}$$

OK

DETAIL SPOJE

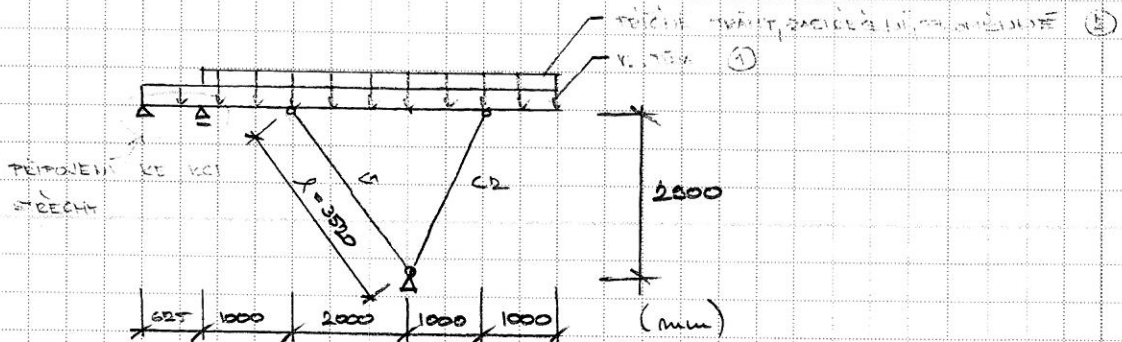


POSK. 1) PŘI PŘÍMÉ MONTÁŽI CEKOVÁNÍ VÍŠKOVÉHO POKRYTÍ
PŘI PŘÍMÉ MONTÁŽI VÍŠKOVÉHO POKRYTÍ

2) PŘI PŘÍMÉ MONTÁŽI KONSTRUKCE ZA PŘÍMÉHO KE STŘEŠNÍM
KONSTRUKCÍ

3) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
STEJNĚ JAKO V BODĚ 3a.a)

b) SCHEMA KONSTRUKCE



c) VÝPOČET ZATÍŽENÍ

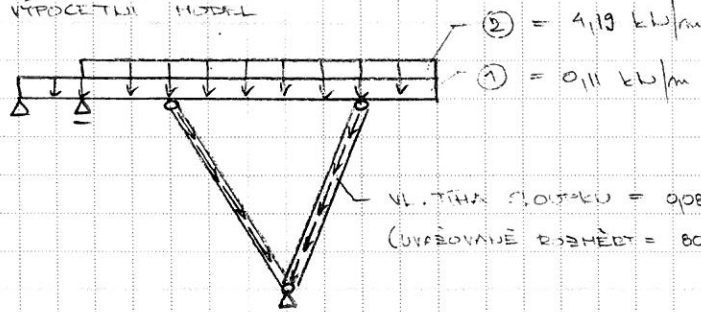
		s_0 (kWh)	s_1	s_d (kWh/m)
①	V. VÍŠKA (PŘÍMÉ MONTÁŽI) = $0,08 \cdot 0,24 \cdot 4,4$	0,08	1,25	0,11
②	PŘÍMÉ TRÁH = $\frac{1}{900} \cdot 0,08 \cdot 0,24 \cdot 4,4 \cdot 1,435$	0,124	1,25	0,26
③	POLYKARBONÁTOVÁ STŘECHA = $0,25 \cdot 1,435$	0,4	1,25	0,05

		s_0 (kWh/m)	s_1	s_d (kWh/m)
②	ÚSTNĚ = $0,75 \cdot 1,435$	1,08	1,5	1,1
③	SÍŤ = $1,28 \cdot 1,435$	1,34	1,5	2,76

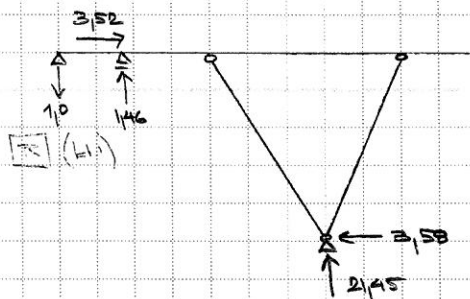
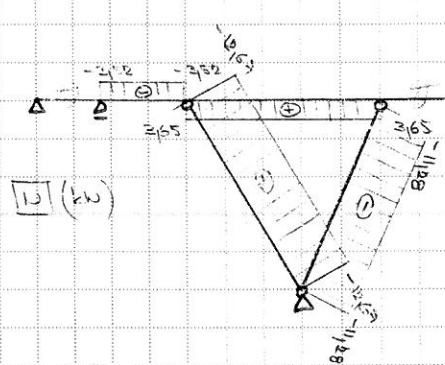
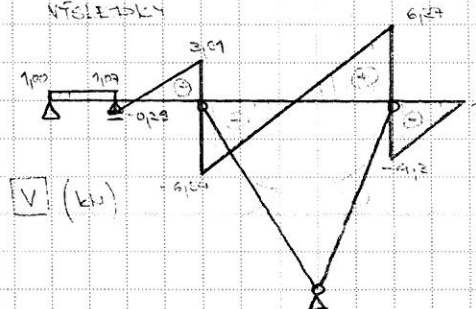
CELKEM ① = 0,11 kWh/m
② = 4,10 kWh/m

d) VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL (POČÍTÁNO V PROGRAMU LINDRO)

VÝPOČETNÍ MODEL



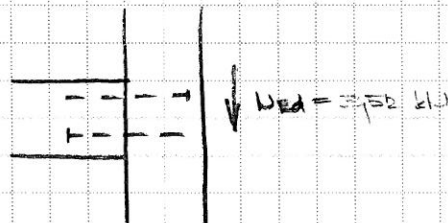
VĚTŠETKY



e) POSOUZENÍ STOLE

e1) USTANOVIT

pos. : VĚDĚT SI O SMĚRU STOL JAKO V BODĚ 9a.



$F_{ved} (1 VRUJ) = 6.61 \text{ kN}$ $F_{ved} = k_{red} \cdot \frac{F_{ved}}{f_{y,red}} = 0.8 \cdot \frac{9.057}{1.2} = 4.97 \text{ kN}$
(TĚŽKĚ VNĚŠNĚ)

$2 \cdot F_{ved} + 2 \cdot F_{ved} = 8.14 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 3.52 \text{ kN}$

OK

3c. NÁVH A POŠOUZENÍ SLOUPKU 21

a) ÚVOD

MATERIÁL: LLD SLOUPEK QL24h 80 x 80 mm

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$f_{c,prgk} = 24 \text{ MPa} \quad f_{c,prgd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,prgk}}{\gamma_M} = 0,95 \cdot \frac{24}{1,25} = 18,72 \text{ MPa}$$

$$E_{c,prgk} = 3600 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{TR. PRONOSU} = 3 \\ \text{STĚŽNĚNÍ} \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_{mod} = 0,95 \\ \gamma_M = 1,25 \end{array}$$

c) VÝPOČET DĚLÍČNÍKŮ A VÝPOČETNÍ ÚČ

VÝ. ÚČ. $\gamma_{c,prgk}$ a $\gamma_{c,prgd}$

$$N_{Ed} = 10,67 \text{ kN}$$

d) POŠOUZENÍ

délka λ a λ_{rel}

$$N_{critk} = \frac{N_{Ed}}{\lambda} = \frac{10,67 \cdot 10^3}{80^2} = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \lambda = 2150 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} b^3 = \frac{1}{12} \cdot 80^3 = 5413,33 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{5413,33 \cdot 10^4}{80^2}} = 231 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_{rel}}{\lambda} = \frac{2150}{231} = 9,31$$

$$N_{critk} = \pi^2 \cdot \frac{E_{c,prgk} \cdot I}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{3600 \cdot 5413,33 \cdot 10^4}{2150^2} = 1105 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{N_{critk}}{N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{1105}{1,68}} = 25,6$$

$$k = 0,95 \left[1 + \sqrt{k_c (N_{rel} - 0,2) + N_{rel}} \right] = 0,95 \left[1 + \sqrt{1,3 \cdot (25,6 - 0,2) + 25,6^2} \right] = 2,53$$

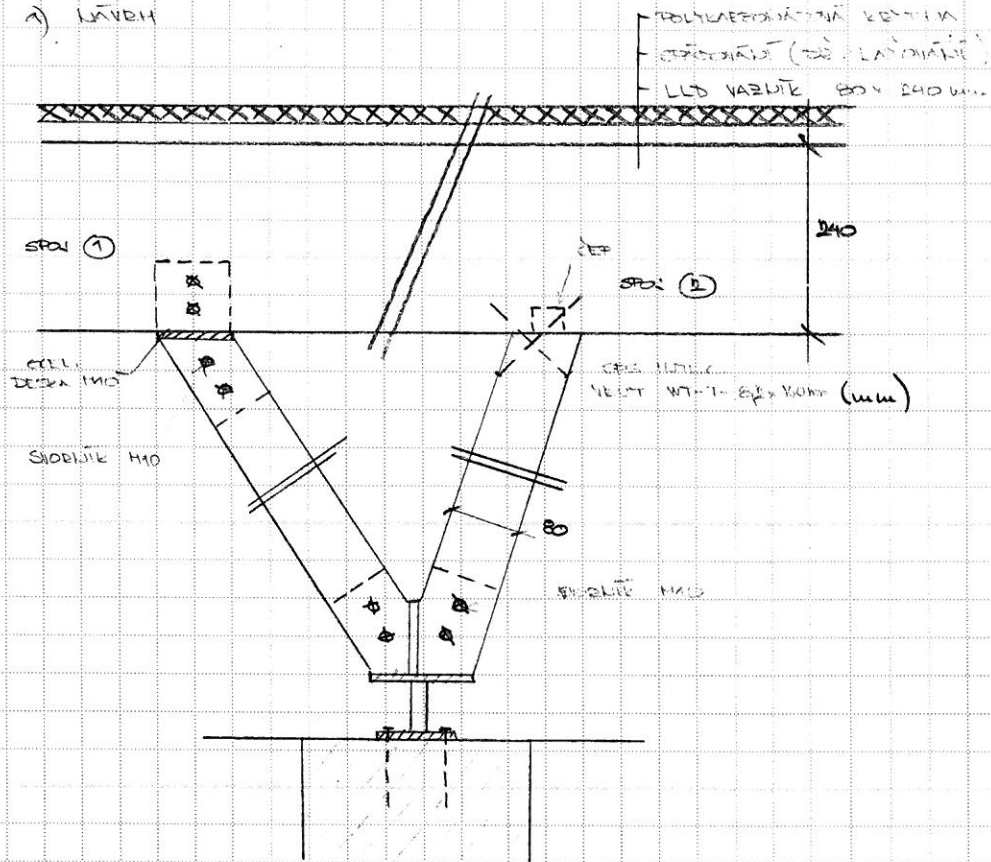
$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - N_{rel}}} = \frac{1}{2,53 + \sqrt{2,53^2 - 25,6^2}} = 0,162$$

$$\frac{N_{Ed}}{k_c \cdot N_{critk}} = \frac{1,68}{0,162 \cdot 1105} = 0,93 \approx 1$$

OK

11. NÁVRH A PROJEKCIÍ SPONU SLOUPŮ C1 a C2 SE
ZÁKLAMEM A KONSTRUKCÍ ZASTŘEŠENÍ

a) NÁVRH



b) VYHODNĚNÍ ČIAROVANÉHO PRŮŘEZU

• VEŠT WT-1 - 8/2 x 100 mm
(SMYKOVÉ SPONENÍ)

$$F_{vek} (1 \text{ VEŠT}) = 5,751 \text{ kN} \quad F_{ved} = 2 \cdot \text{rod} \cdot \frac{F_{vek}}{2} = 0,65 \cdot \frac{5,751}{2} = 1,88 \text{ kN}$$

$$L_{rod} = 905 \text{ (} \approx 1,04020 \text{)} = 2,7 \text{ LITR (VYETĚŘENÍ)}$$

$$V_{sm} = 1,7$$

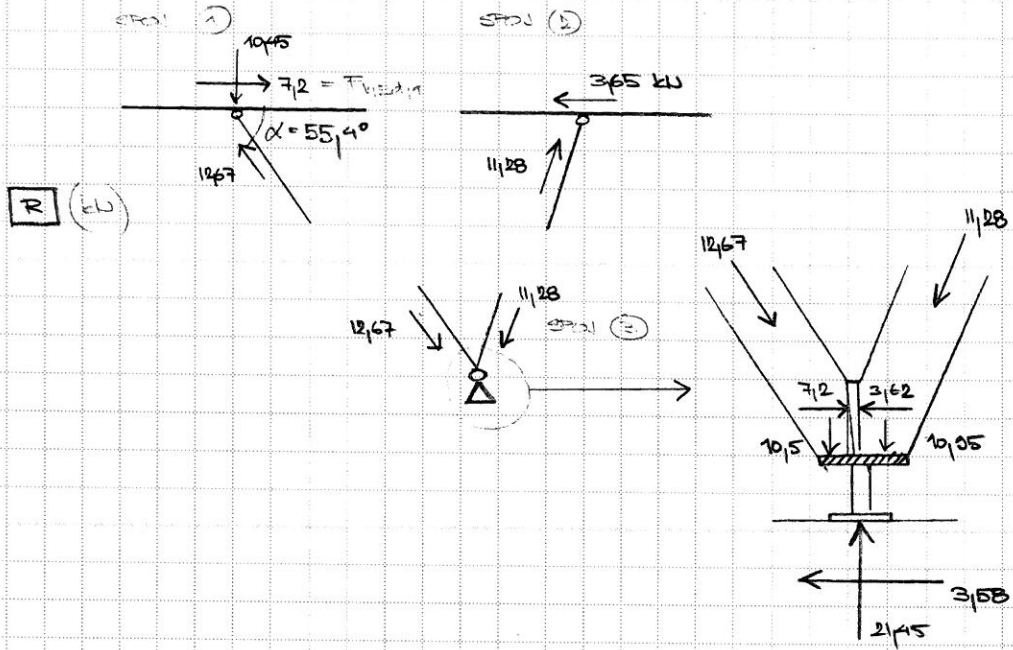
• SPOJENÍ 110 - 3/6

$$f_{yk} = 300 \text{ MPa}$$

• LIT. $q_{k1} = 2,20 \text{ kg/m}^2$

c) VÝPOČET SÁZÍBELI A VYHODNĚNÍ SIL

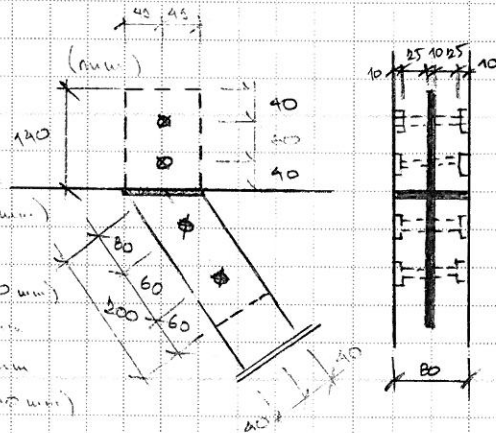
112: 2145 86, c) a d)



d) VÝPOČET SIL

1) SPRAV 1

$r_{\text{min}} = 180 - 55 \cdot r = 12 - 1,0 \cdot r \cdot 10 \text{ mm}$
 $r_1 = (1 + \cos \alpha) \cdot d = 45,7 \text{ mm (VOLITĚ } 60 \text{ mm)}$
 $r_2 = r \cdot d = 40 \text{ mm}$
 $r_3 = \min(2r, 60) = 60 \text{ mm (VOLITĚ } 80 \text{ mm)}$
 $r_{\text{max}} = \max[(1 + 6 \sin \alpha) \cdot d; r_2] = 139,4 \text{ mm}$
 $r_{\text{opt}} = \max[(1 + 2 \sin \alpha) \cdot d; r_3] = 36,5 \text{ mm (VOLITĚ } 40 \text{ mm)}$



$$M_{y, \text{el}} = \sigma_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot r^3 = 235 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^3 = 23183 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$f_{\text{h,el}} = \sigma_{\text{p,el}} \cdot (1 - \cos \alpha) \cdot (r_{\text{opt}} - r) = 1725 \cdot (1 - \cos 55^\circ) \cdot 30 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{h,pl}} = \frac{f_{\text{h,el}}}{\cos \alpha \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} = \frac{28,04}{\cos 55^\circ \cdot \sin(55^\circ) \cdot \cos(55^\circ)} = 34,49 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{h,pl}} \cdot t_p \cdot d = 34,49 \cdot 25 \cdot 10 = 8622,5 \text{ N}$$

$$F_{\text{ved}} = \min \left[f_{\text{h,pl}} \cdot t_p \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{M_{y, \text{el}}}{f_{\text{h,pl}} \cdot t_p \cdot d \cdot r_1}}; f_{\text{h,pl}} \cdot t_p \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 23183 \cdot 10^3}{8622,5 \cdot 10 \cdot 25}} \right] = 11026 \text{ N}$$

$$F_{\text{ved}} = \sqrt{M_{y, \text{el}} \cdot f_{\text{h,pl}} \cdot d} = \sqrt{23183 \cdot 10^3 \cdot 34,49 \cdot 10} = 6385 \text{ N}$$

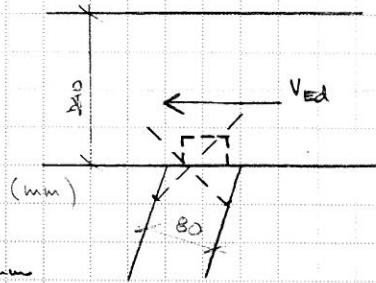
$$= 11026 \text{ N} \quad F_{\text{ved}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{\text{ved}}}{f_{\text{h,pl}}} = 1725 \cdot \frac{11026}{12} = 15900 \text{ N} = 159 \text{ kN}$$

2) ENDOVĚT (S-STRÁNE SPRAV) = $F_{\text{ved}} \cdot D \cdot 2 \cdot \sin \alpha = 84 \text{ kN} \geq F_{\text{ved}} \cdot 2 \cdot 7,2 \text{ kN}$ OK
 nef = n (SPOLEČNĚ NEJEDNĚ NE SPĚRU SÁZÍBELI V KROVĚ)

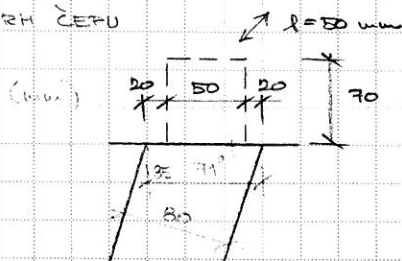
1b) čára ②

1. část - 1 MOSTÁNKU PÁŽI

úvrstko: $V_{ed,1} = 1,72 \text{ kN}$



LÁVŘH ČETU



$$\alpha = \frac{h_f}{h} = \frac{50}{85} = 0,588$$

$$k_n = 65 \text{ (LLD)}$$

$$k_v = \frac{k_n}{\sqrt{h} \left[\alpha(1-\alpha) + 98 \frac{v}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right]} = \frac{65}{\sqrt{85} \left[0,588(1-0,588) + 98 \frac{10}{85} \sqrt{\frac{1}{0,588} - 0,588^2} \right]} = 0,678$$

$$\sigma_{v,ed} = \frac{3 V_{ed,1}}{2 A} = \frac{3 \cdot 1,72 \cdot 10^3}{2 \cdot 70 \cdot 80} = 0,3727 \leq k_v \cdot f_{v,d} = 0,678 \cdot 1,75 = 1,19 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

2. část (20 ZVLOKELI)

$$V_{ed,2} = 3,65 \text{ kN} \leq 2 \cdot F_{v,d} = 2 \cdot 2,385 = 5,17 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

pozn: neutrální úroveň je včít → vliv četu

2b) čára ③

ROVNICE

část čára A - 112 čára ①

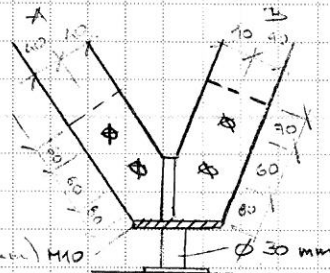
část čára B - $\alpha = 71^\circ$

$$a_{1c} = (1 - \sin \alpha) d = 44 \text{ mm (voliti: } 60 \text{ mm) H10}$$

$$a_{2c} = \max[(1 + \sin \alpha) d; c/d] = 67 \text{ mm (voliti: } 70 \text{ mm)}$$

$$a_{3c} = \max[7d; 80] = 87 \text{ mm (voliti: } 90 \text{ mm)}$$

$$a_{4c} = \max[2 + 2 \sin \alpha; d] = 38 \text{ mm (voliti: } 40 \text{ mm)}$$



část A $F_{V,ed,A} = 2,13 \text{ kN} \leq 2 \cdot F_{v,d} = 2 \cdot 4,12 = 8,41 \text{ kN} \quad \text{OK}$

část B $M_{y,ed} = 35,82 \cdot 10^3, \quad f_{tr,ed} = 23,04 \text{ MPa}$

$$f_{tr,ed} = \frac{f_{tr,k}}{k_{tr} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,45 \cdot \sin^2(71) + \cos^2(71)} = 290 \text{ MPa}$$

$$f_{tr,ed} = \begin{cases} f_{tr,k} \cdot l_1 \cdot d = 20 \cdot 25 \cdot 10 = 50000 \text{ N} \\ f_{tr,k} \cdot l_2 \cdot d \cdot \left[2 - \frac{M_{y,ed}}{f_{tr,k} \cdot l_2 \cdot d} \right] = 20 \cdot 25 \cdot 10 \cdot \left[2 - \frac{35,82 \cdot 10^3}{20 \cdot 25 \cdot 10 \cdot 25} \right] = 38700 \text{ N} \\ 2,2 \cdot M_{y,ed} \cdot f_{tr,ed} \cdot d = 2,2 \cdot \sqrt{35,82 \cdot 10^3} \cdot 20 \cdot 10 = 61600 \text{ N} \end{cases}$$

$$f_{yk1} = 3870 \text{ N} = 387 \text{ kN} \quad f_{yk2} = k_{red} \cdot \frac{f_{yk1}}{\gamma_{f1,2}} = 0,95 \cdot \frac{387}{1,3} = 1935 \text{ kN}$$

$$F_{yk1,2} (\text{D-STŘEŠNÍ SPÁJE}) = F_{yk2} \cdot 2 = 1935 \cdot 2 = 3870 \text{ kN} \approx F_{yk1,2} = 362 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

2c. NÁVOD A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ Č3 / VĚD. TĚŽKOVOST
LE KONSTRUKCI ZASTŘEŠENÍ

a) NÁVOD:

- KLADKOVKA - LIT. POKR. GLDAN $80 \times 80 \text{ mm}$; $\rho_{cl} = 2500 \text{ kg/m}^3$
- STŘEŠNÍ - ANODIZOVANÝ ŽELEZOBETON $f_{yk} = 300 \text{ MPa}$

b) MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

• LIT. GLDAN

$$f_{ct,0,95} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$E_{c,gl,0,95} = 26000 \text{ MPa}$$

• LIT.

TĚ. TĚŽKOVOST = 3

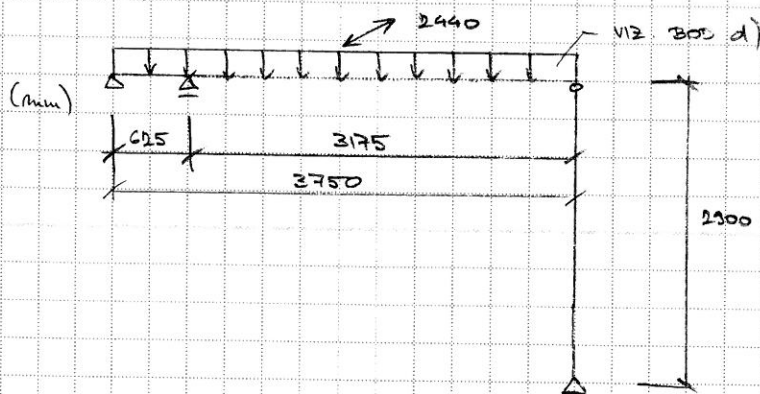
STŘEŠNÍ DOBE

$$k_{red} = 0,95$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{yk,gl,d} = k_{red} \cdot \frac{f_{ct,0,95}}{\gamma_m} = 0,95 \cdot \frac{0,1}{1,25} = 0,076 \text{ MPa}$$

c) SCHÉMA KONSTRUKCE



d) VÝPOČET ZASTŘEŠENÍ

• STŘEŠNÍ

$$s = \text{VÝŠKA} \left(1 - \frac{1}{2,25} \cdot 0,09 \cdot 0,21 \cdot 4,11 \right) =$$

$$g_k (\text{kN/m}) \quad \gamma_g \quad g_d (\text{kN/m})$$

$$0,411 \quad 1,35 \quad 0,555$$

• PRŮMĚRNÁ

VĚTNE

$$0,75 \cdot 0,411 \cdot 0,625 =$$

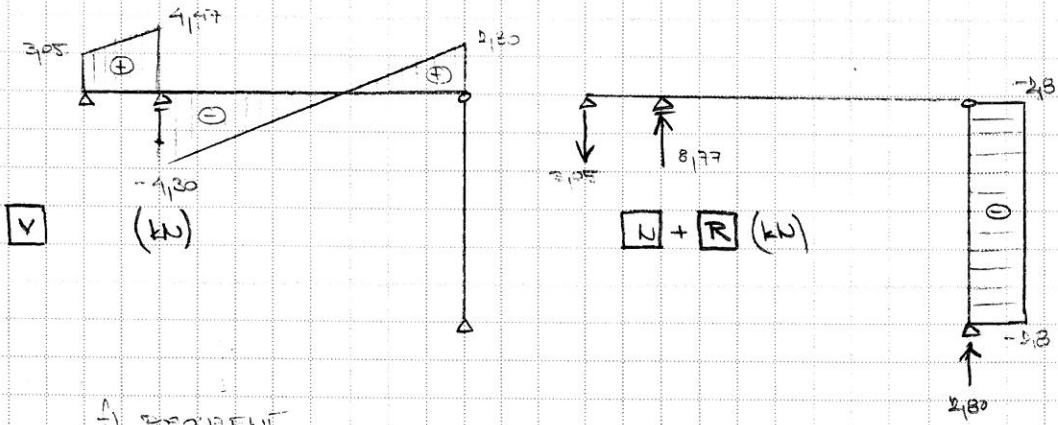
$$0,24$$

$$1,35$$

$$0,32$$

$$\Sigma (g_k + g_d) = 0,27 \text{ kN/m}$$

e) VÝPOČET VÝKROUŽENÍ (VÝPOČETU V PROGRAMU LINEPRO)



f) PŘEDVĚT

f1) VÝKROUŽENÍ TLAK (SLOUPEK C3)

$$\sigma_{\text{před}} = \frac{F_{\text{ed}}}{A} = \frac{2800}{80^2} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} b^4 = \frac{1}{12} 80^4 = 34 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{34 \cdot 10^6}{80^2}} = 23,1$$

$$\lambda = \frac{h_{\text{ef}}}{\lambda} = \frac{2800}{23,1} = 125,54$$

$$\sigma_{\text{před}} = \frac{E_0 \cdot \sigma_{\text{před}}}{\lambda} = \frac{2600}{125,54} = 6,91 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{před}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2}{\sigma_{\text{před}}}} = \sqrt{\frac{24}{6,91}} = 2,0$$

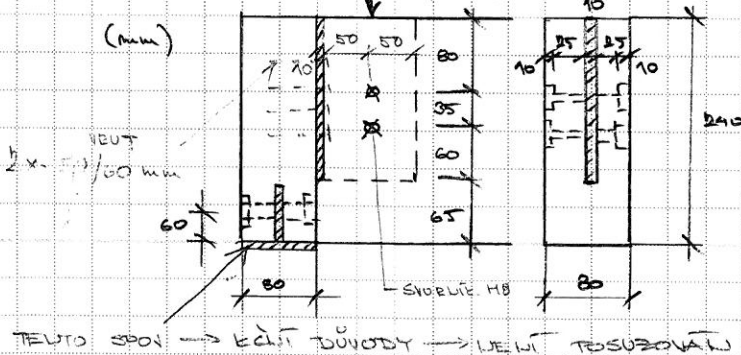
$$k = 95 \left[1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}} - 0,2) + \lambda_{\text{rel}} \right] = 95 \left[1 + 0,91 (20 - 0,2) + 20 \right] = 5,59$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 \lambda_{\text{rel}}}} = \frac{1}{5,59 + \sqrt{5,59^2 \cdot 20^2}} = 0,24$$

$$\frac{\sigma_{\text{před}}}{k_c \cdot f_{\text{před}}} = \frac{0,44}{0,24 \cdot 10,48} = 0,17 < 1 \quad \text{OK}$$

f2) TĚŽKÉ SPON TĚŽKÝ VÁŽNÍK - TĚŽKÝ VÁŽNÍK - SLUPEK

$$\alpha = 90^\circ, d = 80 \text{ mm}, F_{\text{ed}} = 2,80 \text{ kN}$$



ROZMĚRY

$$a_{1c} = (4 + \cos 90^\circ) d = 35 \text{ mm}$$

$$\text{(VOLTI = 35 mm)}$$

$$a_{2c} = \max(7d; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$\text{(VOLTI = 80 mm)}$$

$$a_{3c} = \max[(1 - \cos 90^\circ) d; 4d] = 53 \text{ mm}$$

$$\text{(VOLTI = 60 mm)}$$

$$a_{4c} = \max[(2 + \sin 90^\circ) d; 3d] = 30 \text{ mm}$$

$$\text{(VOLTI = 50 mm)}$$

$$a_{5c} = 3d = 24 \text{ mm}$$

TĚŽKÝ SPON → KČÚŤ DŮVODY → LEŽÍ TĚŽKÝM

• ZKOUŠENÍ

$\vec{M}_{y,k} \perp \vec{V}_{k,AKWA} \rightarrow n = n_{ef}$

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{yk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 8^{2,6} = 20\,057 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d) \rho_k = 0,082 (1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 380 = 28,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,k,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,67}{1,45 \cdot \sin^2(30^\circ) + \cos^2(30^\circ)} = 20,13 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = (1,20 + 0,015 \cdot d) = 1,2 + 0,015 \cdot 8 = 1,42$$

$$F_{y,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k,k} \cdot d \cdot l_n = 20,13 \cdot 8 \cdot 25 = 4\,026 \text{ kJ} \\ f_{y,k} \cdot d \cdot l_n \cdot \left[2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{y,k} \cdot d \cdot l_n} - 1 \right] = 20,13 \cdot 8 \cdot 25 \cdot \left[2 + \frac{4 \cdot 20\,057}{20,13 \cdot 8 \cdot 25} - 1 \right] = 2713 \text{ kJ} \\ 0,3 \cdot \sqrt{f_{y,k} \cdot M_{y,k}} \cdot d = 0,3 \cdot \sqrt{20,13 \cdot 20\,057} \cdot 8 = 4\,140 \text{ kJ} \end{array} \right.$$

$$= 2713 \text{ kJ}$$

$$F_{y,rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{y,k}}{f_{y,0,k}} = 0,95 \cdot \frac{2713}{1,2} = 2125 \text{ kJ} \quad (\text{pro 1 stěnu})$$

$$2 \cdot \text{stěny (2-STRÁNE)} = 2125 \cdot 2 = 4250 \text{ kJ} \geq F_{y,ed} = 2151 \text{ kJ} \quad \text{OK}$$

• VĚTVY (2x TRÁVA VĚTVI $F_{y,k} = 102 \text{ kJ}$)

2. VĚTVI ($\alpha = 30^\circ$, $d = 5 \text{ mm}$)
 $a_1 = (1 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d \cdot 0,7 = 13 \text{ mm}$ (VĚTVI = 25 mm)
 $a_2 = 5d \cdot 0,7 = 18 \text{ mm}$
 $a_{31} = (10 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d \cdot 0,7 = 35 \text{ mm}$ (VĚTVI = 35 mm)
 $a_{32} = 10d \cdot 0,7 = 35 \text{ mm}$ (VĚTVI = 35 mm)
 (VĚTVI = $(1 + \sin \alpha) \cdot d \cdot 0,7 = 29 \text{ mm}$)
 $a_{41} = 5d \cdot 0,7 = 18 \text{ mm} = 18,17 \text{ mm}$ (VĚTVI)

$$k_{90} = 0,9 \quad \alpha = 30^\circ \quad d = 5 \text{ mm}$$

$$n_{ef} = n_{act} = 4 \cdot 0,9 = 3,6$$

$$F_{y,k} = 102 \text{ kJ} \quad F_{y,rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{y,k}}{f_{y,0,k}} = 0,95 \cdot \frac{102}{1,2} = 80,75$$

$$F_{y,ed,akt} = 2 \cdot n_{ef} \cdot F_{y,rd} = 2 \cdot 3,6 \cdot 80,75 = 585 \text{ kJ} \leq F_{y,ed} = 215 \text{ kJ} \quad \text{OK}$$

