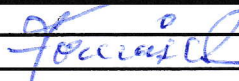




Projektant			Projekty PS-Ing.L.Fornůsek Babice 56, 25167 Řehenice tel. 604915667		
Zodp. projektant	Ing. Ladislav Fornůsek				
HIP					
Investor	Povodí Vltavy, st.p., Holečkova 108/8, Praha 5				
Místo	Gen. Vedrala Sázavského 481, 28506 Sázava				
Stavba  <b>FVE Povodí Vltavy v Sázavě Zabezpečení FV panelů</b>			Profese	stavebně konstrukční	
			Datum	listopad 17	
			Stupeň	DSP	
			Čís.zak.	45/17	
			Obsah  <b>Technická zpráva+Statický výpočet</b>	Formát	16 x A4
Část	D.1.2	1			

Předmětem statického posouzení je ukotvení FV panelů na ploché střeše objektu Povodí Vltavy v Sázavě. Nosnou konstrukci pro FV panely tvoří ocelové rámy, ke kterým jsou panely ukotveny. Jeden panel má plochu 1,384 m<sup>2</sup> a panely jsou nastaveny pod úhlem 15°.

Účelem posudku není ocelová nosná konstrukce vynášející panely, posuzovat se bude pouze ukotvení konstrukce ke střeše a to především s ohledem na účinky větru a nezasahování do izolačních vrstev ploché střechy.

Použité podklady, normy: 1. Technická specifikace+výkresy-ELEKTRO EURON spol. s r.o.

2. ČSN EN 1990 - Zásady navrhování k-cí

3. ČSN EN 1991-1-1 - Zatížení k-cí

4. ČSN EN 1991-1-4 - Zatížení větrem

### **1. Zatížení větrem.**

Posuzovaná lokalita je zařazena do II. oblasti a představuje terén typu III. Rychlost větru je zde tedy uvažována 25.0 m/s a bude zohledněna výška objektu 4.3 m nad terénem.

Pro posouzení je rozhodující sání větru, které vychází z tvaru a velikosti posuzované konstrukce. Posouzeny byly 2 různé sestavy FV panelů, které se lišily počtem a umístěním na střeše posuzovaného objektu. Jeden panel má plochu 1.384 m<sup>2</sup> a spolu s ocelovou nosnou konstrukcí má hmotnost 0,278 KN (t.j. 27,8 kg). Pro posouzení je rozhodující kritérium ztráty rovnováhy (EQU). Pro příznivá stálá zatížení (vlastní hmotnost konstrukce) se součinitel zatížení uvažuje 0,9 a 1,5 pro nepříznivá zatížení jako je sání větru.

Vzhledem k třídě následků CC1 (malé následky) lze použít koeficient  $K_{fl} = 0.9$ . Musí být splněna podmínka  $E_{d,dst} < E_{d,stab}$  rovnice (6.7) ČSN EN 1990

kde  $E_{d,dst}$  je návrhová hodnota účinků destabilizujících zatížení (sání větru)

$E_{d,stab}$  je návrhová hodnota účinků stabilizujících zatížení (vlastní hmotnost)

Sací síla  $F_{d,w}$  se pak spočítá z tlaku větru  $W_e$  (spočítáno programem AXIS VM pro jednotlivé 2 sestavy z FV panelů) přenásobeného plochou a koeficienty (viz statický výpočet).

Po odečtení vlastní hmotnosti FV panelů se získá hmotnost zátěže, která se přepočítá na počet betonových dlaždic o rozměrech 50x50x5 cm a hmotnosti 31 kg (doporučuji použití i polovičních dlaždic). Nebo je možné použití i jiné zátěže.

Ve statickém výpočtu je schéma 2 sestav z FV panelů s přesným počtem zátěží pro každý panel. Počet zátěží je v rozpětí 2,5-6 na každý panel podle místa na konstrukci (nejnepříznivější je to u nároží).

### **2. Posouzení stávající střechy.**

Druhý plášť střechy tvoří fošny průřezu 60/160 mm v osových vzdálenostech  $a=0.85$ m. Pro posouzení byl vybrán případ spojitého nosníku o dvou polích o rozpětí 2.72 m. K zatížení střešního pláště se připočetlo zatížení FV panelů a zátěží. Dále se uvažovalo proměnné-užitné zatížení ve výši 1.0 KN/m<sup>2</sup> (výběr se zatížení sněhem pro II. oblast). Střecha zvýšeným zatěžovacím účinkům vyhoví - viz statický výpočet.

---

## **Projekt Působení větru na panely**

Výpočet provedl Ing. Fornusek

AxisVM 12.0 R3s · Registrováno Ing. Fornusek

Sázava-FVP1.axs

Dokument

---

<i>Položka</i>	<i>Strana</i>
Model 3D - sestava FVI panelů	3
Zatížení proměnné - Vítr X+.S.P, Horní pohled	3
Zatížení proměnné - Vítr X-.S.P, Horní pohled	4
Zatížení proměnné - Vítr Y+.S.P, Horní pohled	4
Zatížení proměnné - Vítr Y-.S.P, Horní pohled	5
Vítr X+.S.P, Čelní pohled	5

# Projekt Působení větru na panely

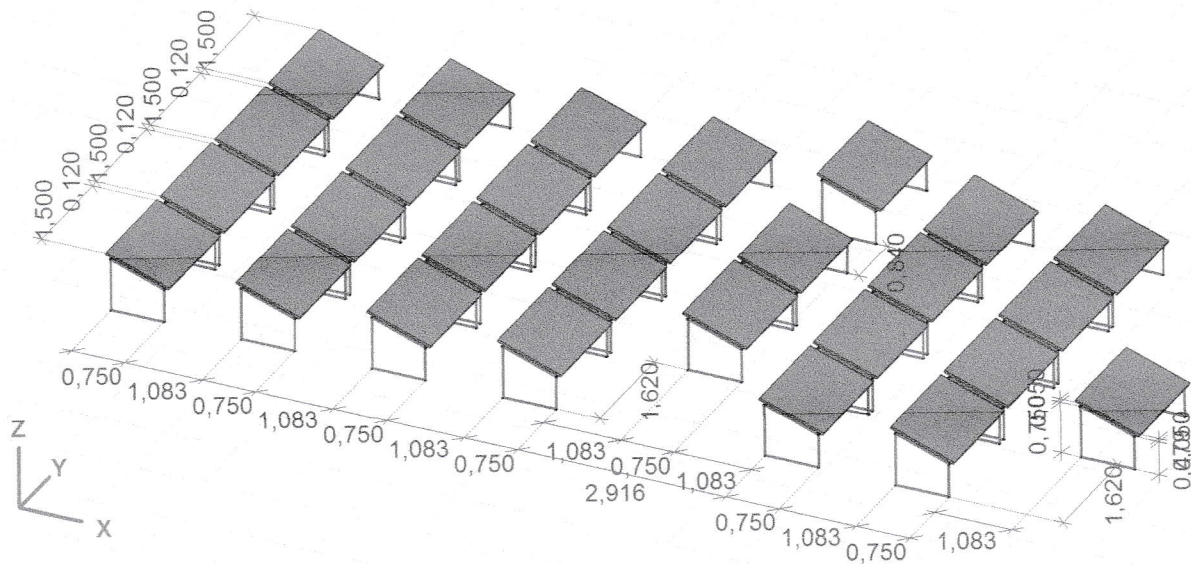
Výpočet provedl Ing. Fornusek

Model: Sázava-FVP1.axs

3.11.2017

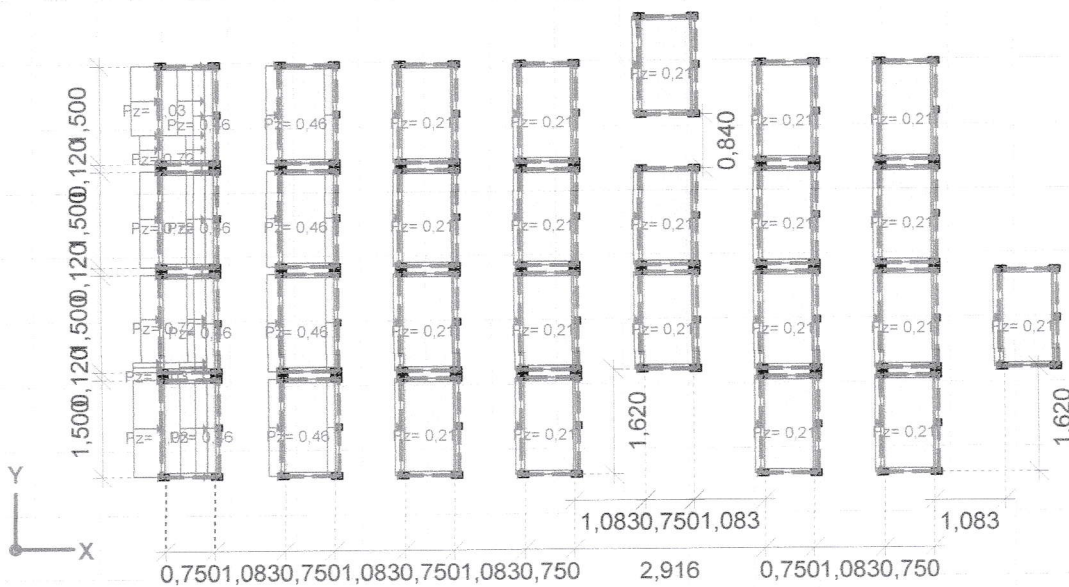
Strana 3

Norma	Eurocode-CZ
Stav	: vl.v.



Model 3D - sestava FV1 panelů

Norma	Eurocode-CZ
Stav	: Vitr X+.S.P



Zatížení proměnné - Vitr X+.S.P, Horní pohled



# Projekt Působení větru na panely

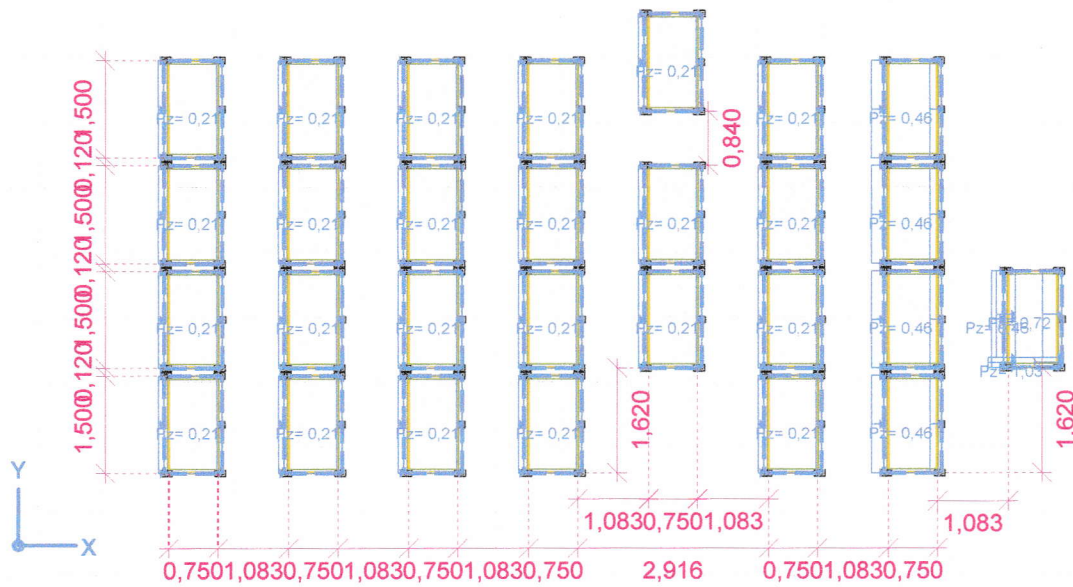
Výpočet provedl Ing. Fornusek

Model: Sázava-FVP1.axs

3.11.2017

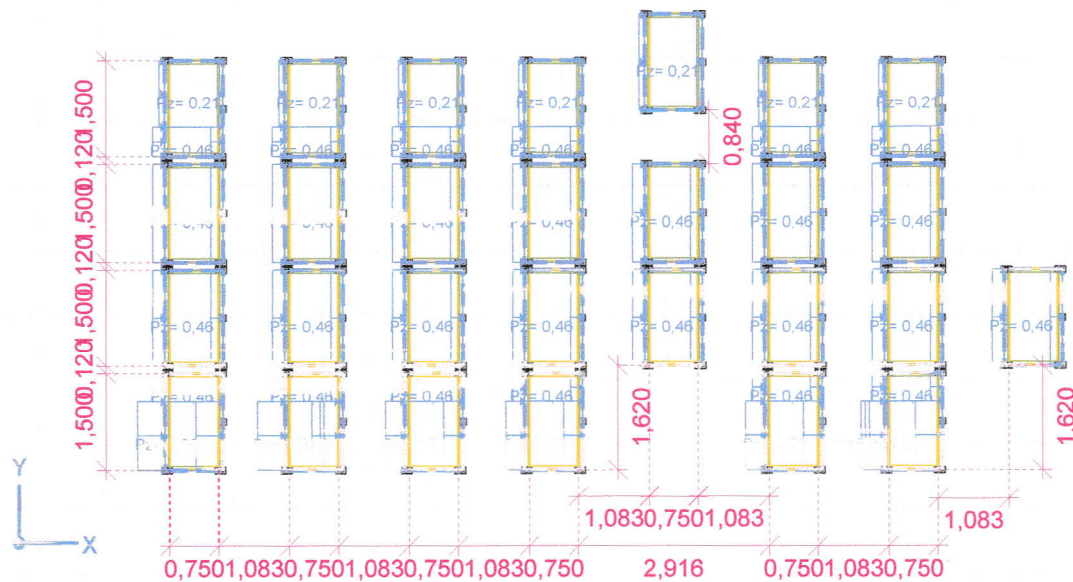
Strana 4

Norma	Eurocode-CZ
Stav	: Vitr X-.S.P



Zatížení proměnné - Vitr X-.S.P, Horní pohled

Norma	Eurocode-CZ
Stav	: Vitr Y+.S.P



Zatížení proměnné - Vitr Y+.S.P, Horní pohled

# Projekt Působení větru na panely

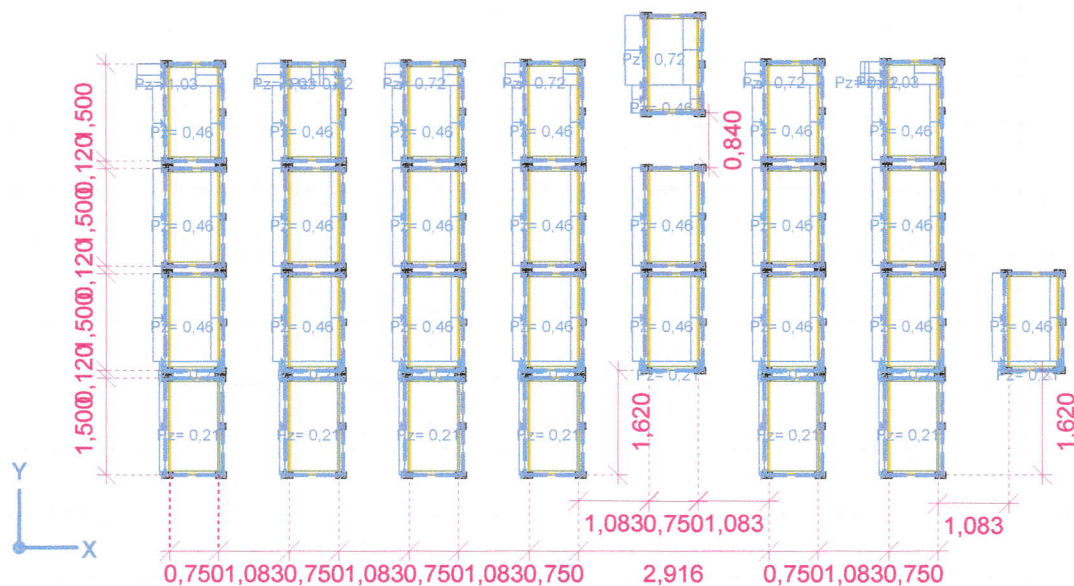
Výpočet provedl Ing. Fornusek

Model: Sázava-FVP1.axs

3.11.2017

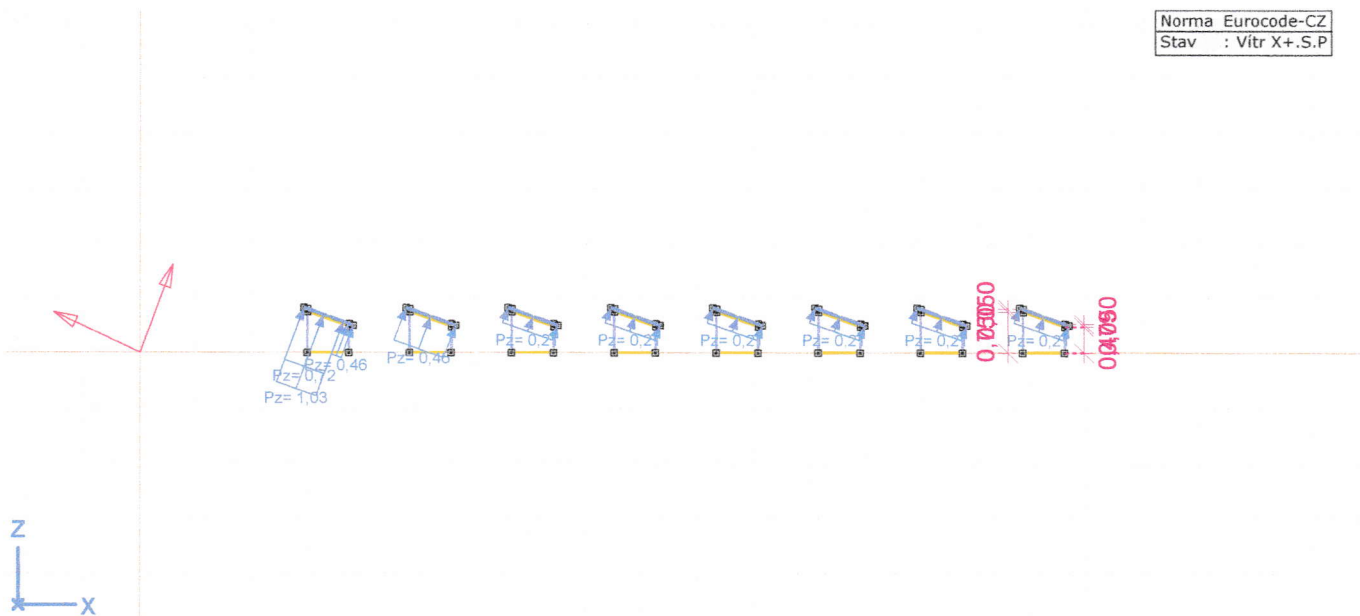
Strana 5

Norma Eurocode-CZ  
Stav : Vitr Y-.S.P



Zatížení proměnné - Vitr Y-.S.P, Horní pohled

Norma Eurocode-CZ  
Stav : Vitr X+.S.P



Vitr X+.S.P, Čelní pohled

Výpočet zátěže pro FV panely

Sací síla na 1 panel

Plocha panelu  $A = 1,545 \cdot 0,9 = 1,384 \text{ m}^2$

Hmotnost 1 panelu  $G = 27,8 \text{ kg}$

Dle třídy nákladu CC1 (male)  $\Rightarrow K_{F1} = 0,9$

Pro stálá zatížení (vlastní hmot.)... souč. 0,9

Pro nepříznivá zatížení (sání větru)... souč. 1,5

$$F_{d,w} = K_{F1} \cdot A \cdot W_a \cdot 1,5$$

Panel:

- ①  $F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-1,03) \cdot 1,5 = 1,93 \text{ KN}$
- ②  $F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-0,72) \cdot 1,5 = 1,35 \text{ "}$
- ③  $F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-0,46) \cdot 1,5 = 0,86 \text{ "}$
- ④  $F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-0,21) \cdot 1,5 = 0,393 \text{ "}$

Zatížení:

- ①  $(1,93 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 1,866 \text{ KN}$
- ②  $(1,35 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 1,222 \text{ KN}$
- ③  $(0,86 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 0,678 \text{ KN}$
- ④  $(0,393 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 0,159 \text{ KN}$

Počet dlaždic na 1 panel (1 dlaždice váží 31,1 kg)

①  $186,6 \text{ kg} \dots 6,0 \text{ dl.}$

②  $122,2 \text{ kg} \dots 4,0 \text{ dl.}$

③  $67,8 \text{ kg} \dots 2,5 \text{ dl.}$

④  $15,9 \text{ kg} \dots 1,0 \text{ dl.} - \text{neobsazena}$



# Projekt Působení větru na panely

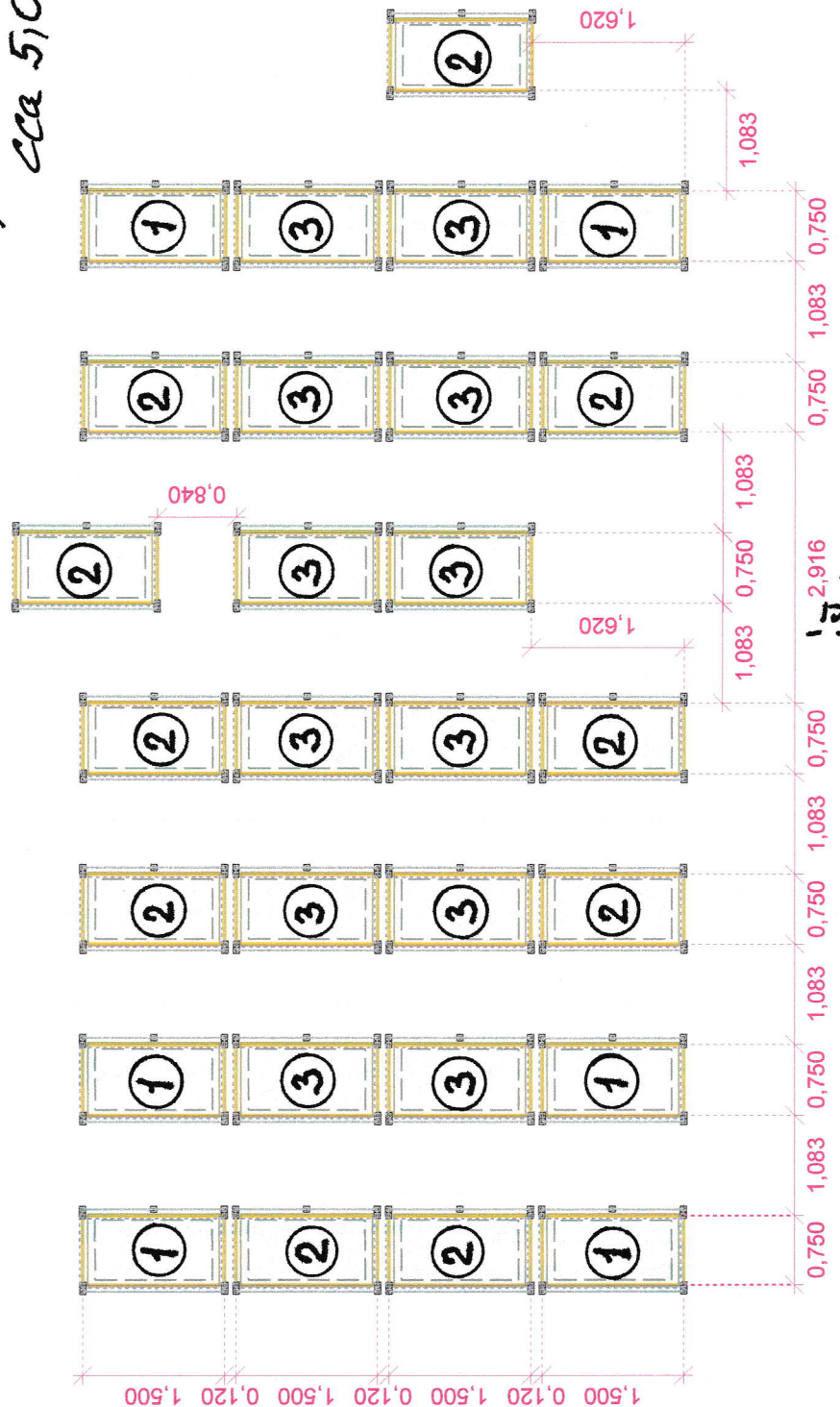
Výpočet provedl Ing. Fornusek  
Model: Sázava-FVP1.axs

3.11.2017

Strana 3

Norma Eurocode-CZ  
Stav : vl.v.

Výška osazení panelů FV  
cca 5,0m nad terénem



-7-

průvlastice  
účinak  $V_g$

Počet dlaždic na 1 FV panel ( $A=1,384m^2$ )  
① 6 KS ② 4 KS ③ 2,5 KS

Rozměry dlaždic: 50x50x5cm  
1/2 25x50x5cm

---

## **Projekt Působení větru na panely**

Výpočet provedl Ing. Fornusek

AxisVM 12.0 R3s · Registrováno Ing. Fornusek

Sázava-FVP2.axs

Dokument

---

<i>Položka</i>	<i>Strana</i>
Model 3D - sestava FV2 panelů	3
Zatížení proměnné - Vítr X+.S.P, Horní pohled	3
Zatížení proměnné - Vítr X-.S.P, Horní pohled	4
Zatížení proměnné - Vítr Y+.S.P, Horní pohled	4
Zatížení proměnné - Vítr Y-.S.P, Horní pohled	5
Vítr Y-.S.P, Čelní pohled	5

# Projekt Působení větru na panely

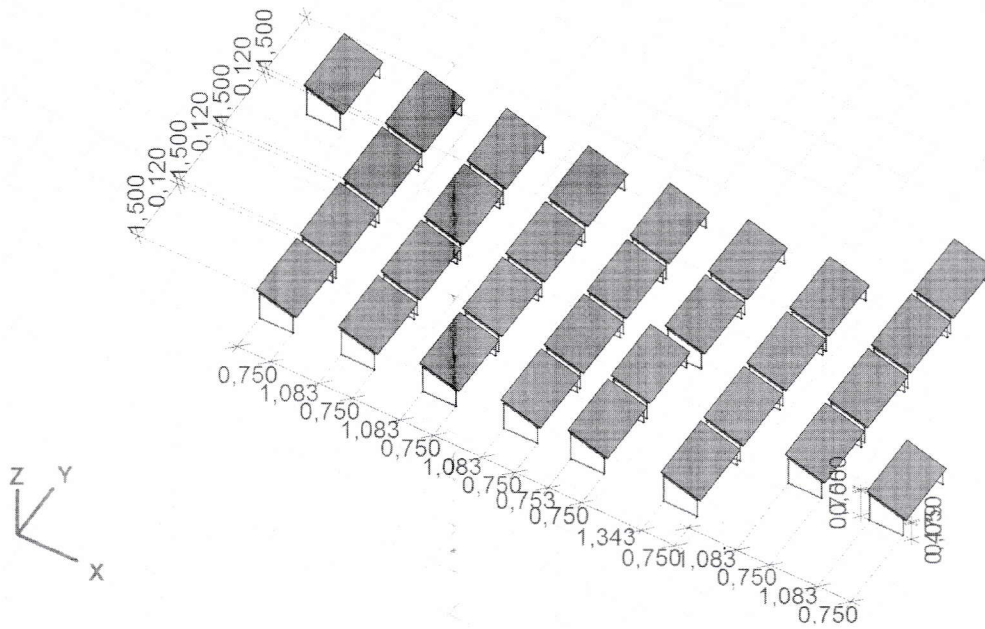
Výpočet provedl Ing. Fornusek

Model: Sázava-FVP2.axs

3.11.2017

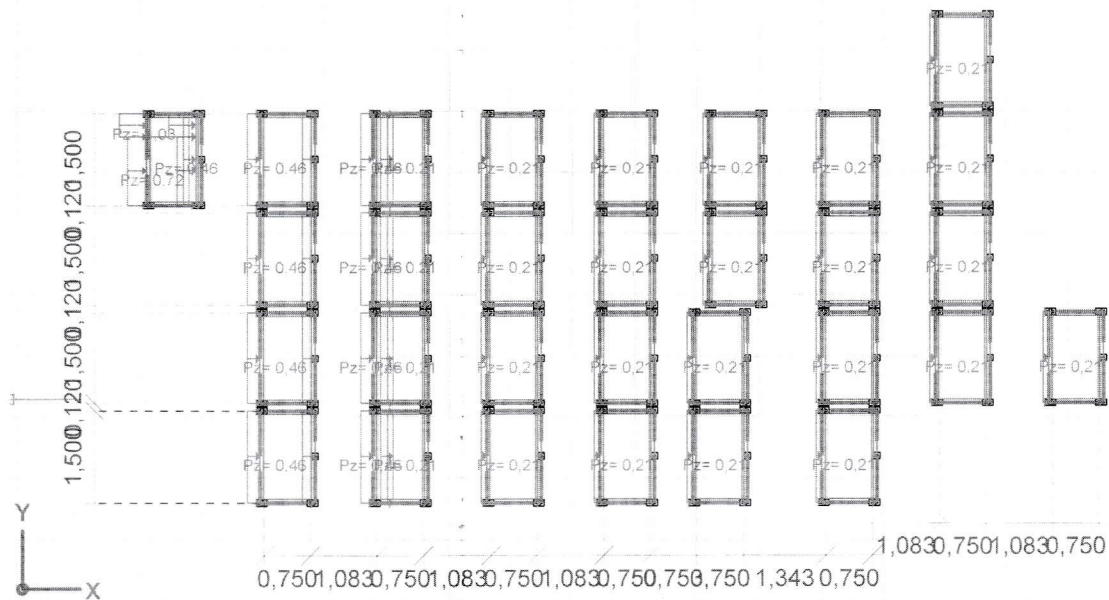
Strana 3

Norma Eurocode-CZ  
Stav : vl.v.



Model 3D - sestava FV2 panelů

Norma Eurocode-CZ  
Stav : Vitr X+.S.P



Zatížení proměnné - Vitr X+.S.P, Horní pohled



# Projekt Působení větru na panely

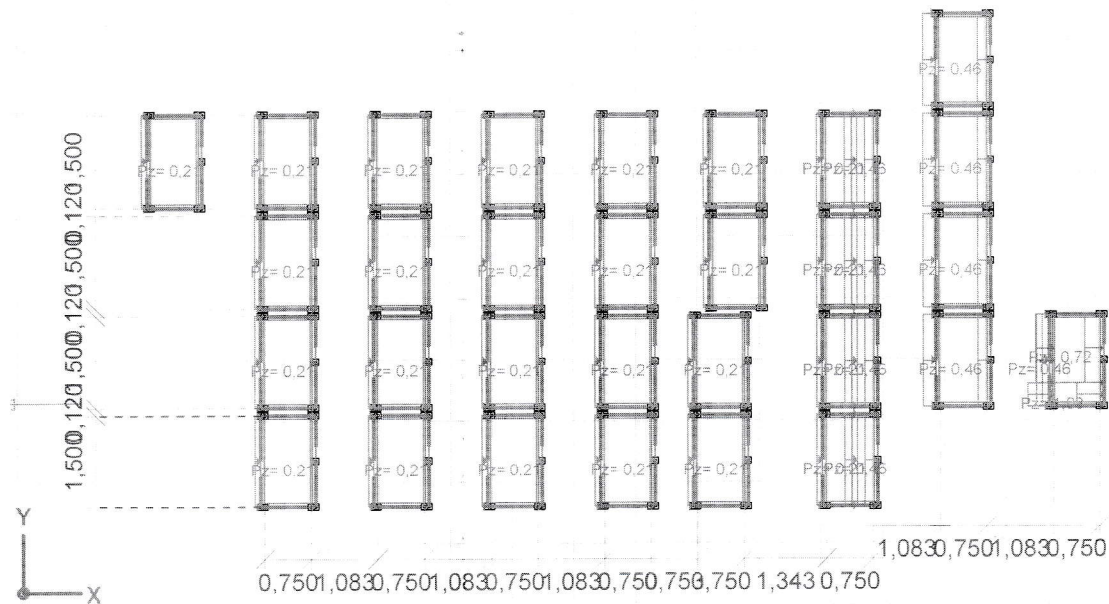
Výpočet provedl Ing. Fornusek

Model: Sázava-FVP2.axs

3.11.2017

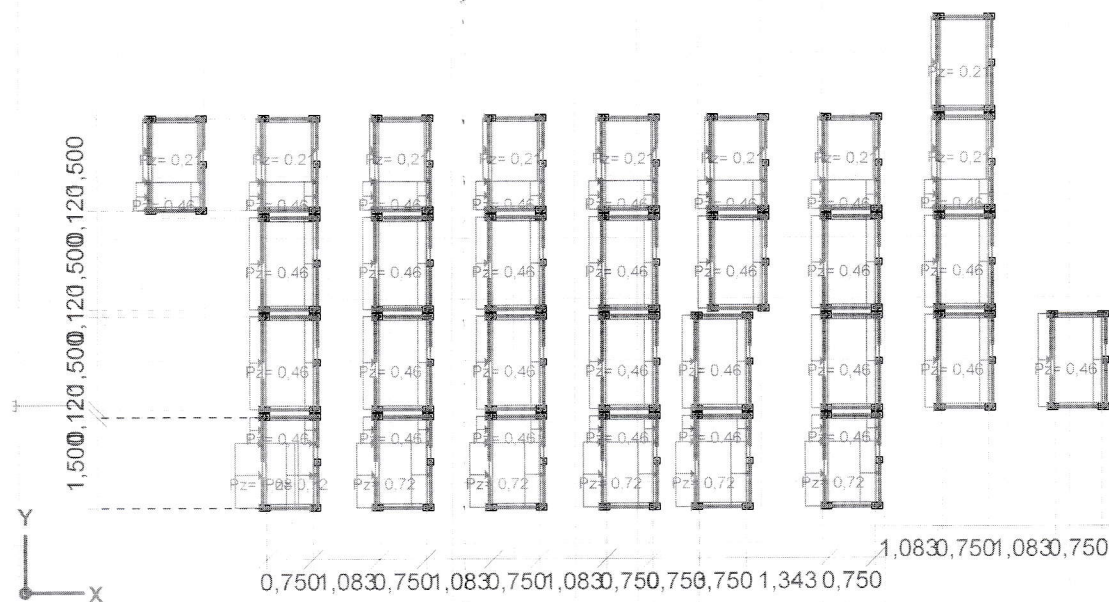
Strana 4

Norma Eurocode-CZ  
Stav : Vitr X-.S.P



Zatížení proměnné - Vitr X-.S.P, Horní pohled

Norma Eurocode-CZ  
Stav : Vitr Y+.S.P



Zatížení proměnné - Vitr Y+.S.P, Horní pohled

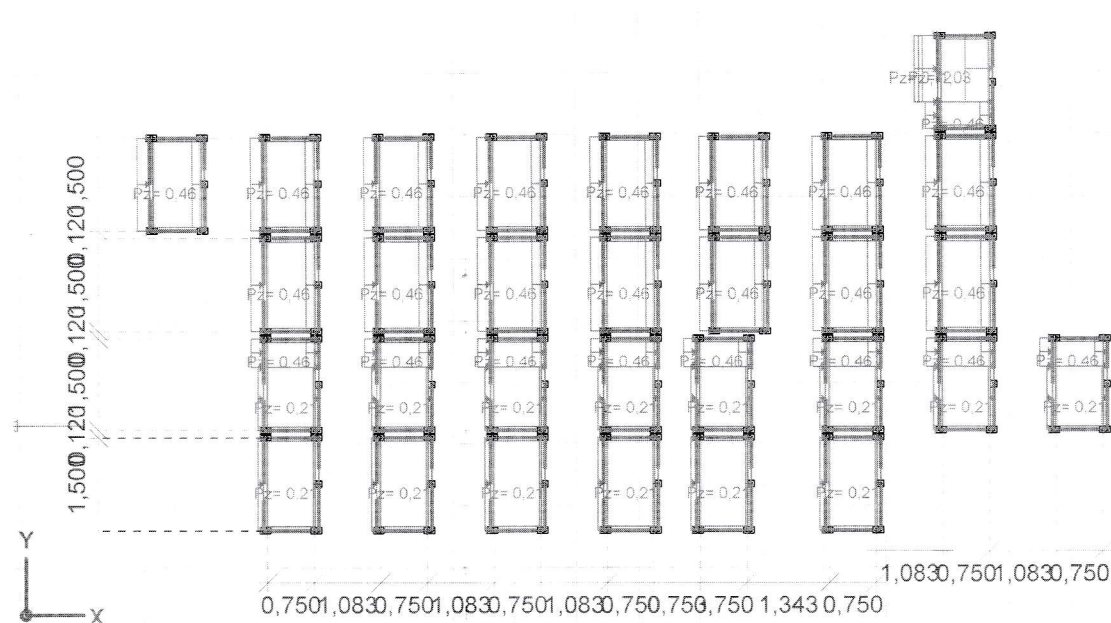
## Projekt Působení větru na panely

Výpočet provedl Ing. Fornusek  
Model: **Sázava-FVP2.axs**

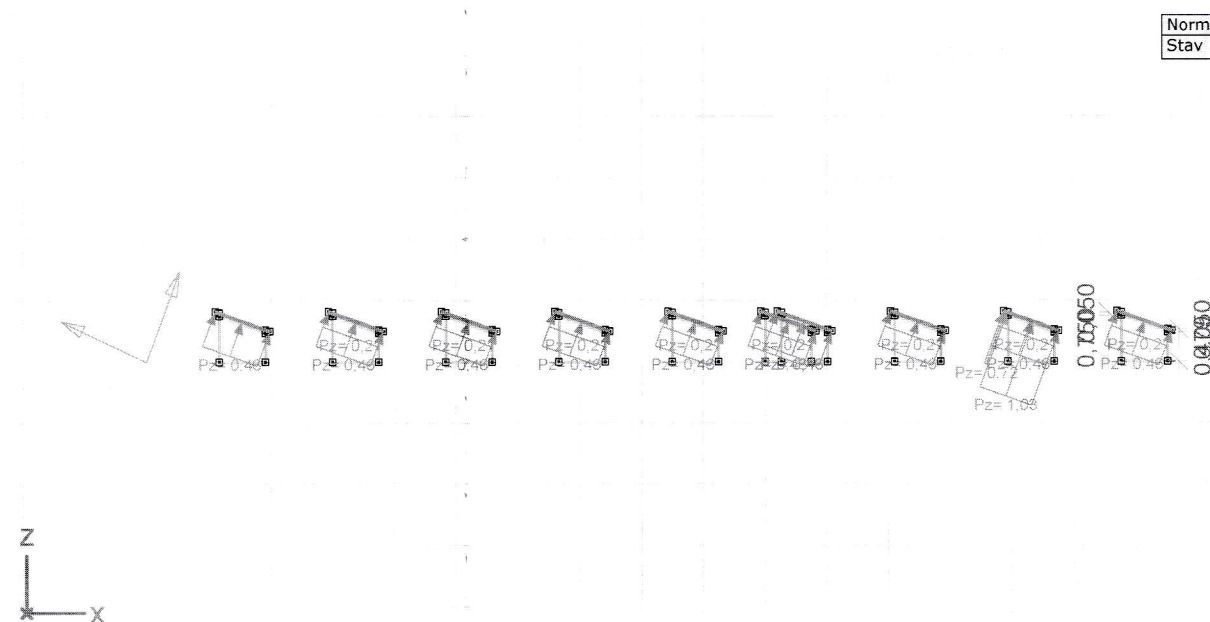
Model: **Sázava-FVP2.axs**

3.11.2017

Strana 5



Zatížení proměnné - Vítr Y-.S.P, Horní pohled



Vítr Y-.S.P, Čelní pohled

Výpočet zátěže pro FV panely

Sací síla na 1 panel

$$\text{Plocha panelu } A = 1,545 \cdot 0,9 = 1,384 \text{ m}^2$$

$$\text{Hmotnost 1 panelu } G = 27,8 \text{ kg}$$

$$\text{Dle třídy následku CC1 (male)} \Rightarrow K_{F1} = 0,9$$

Pro stálá zatížení (vlastní hmot.) ... souč. 0,9

Pro nepříznivá zatížení (sání větru) ... souč. 1,5

$$F_{d,w} = K_{F1} \cdot A \cdot W_s \cdot 1,5$$

$$\text{Panel: } ① F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-1,03) \cdot 1,5 = 1,93 \text{ kN}$$

$$② F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-0,72) \cdot 1,5 = 1,35 \text{ "}$$

$$③ F_{d,w} = 0,9 \cdot 1,384 \cdot (-0,46) \cdot 1,5 = 0,86 \text{ "}$$

$$\text{Zátěž: } ① (1,93 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 1,866 \text{ kN}$$

$$② (1,35 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 1,222 \text{ kN}$$

$$③ (0,86 - 0,9 \cdot 0,278) / 0,9 = 0,678 \text{ kN}$$

Počet dlaždic na 1 panel (1 dlaždice váží 31,-k

$$① 186,6 \text{ kg} \dots 6,0 \text{ dl.}$$

$$② 122,2 \text{ kg} \dots 4,0 \text{ dl.}$$

$$③ 67,8 \text{ kg} \dots 2,5 \text{ dl.}$$



# Projekt Působení větru na panely

Výpočet provedl Ing. Fornusek

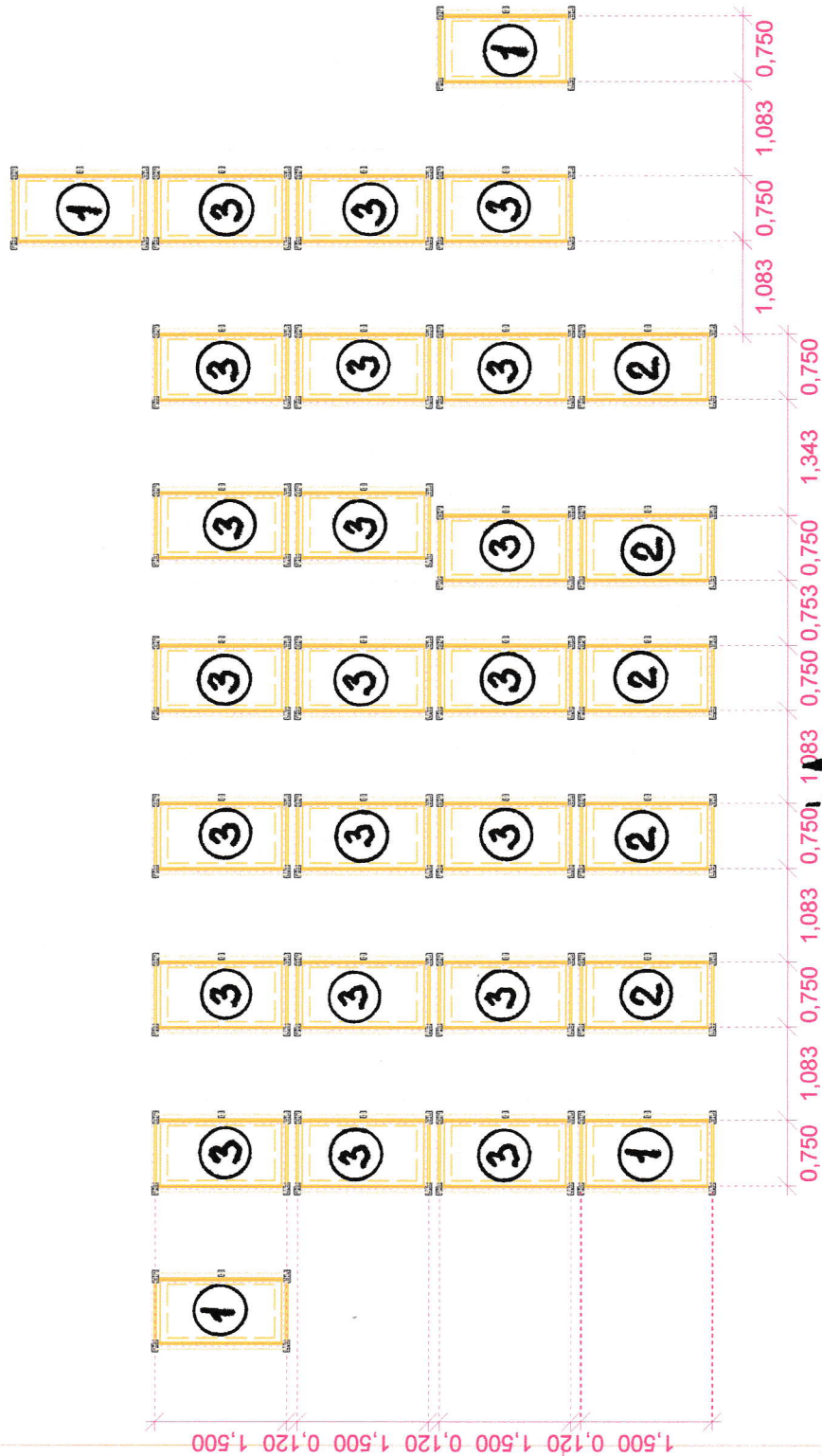
Model: Sázava-FVP2.axs

3.11.2017

Strana 1

Výška osazených panelů FV  
cca 5,0m nad terénem

Norma Eurocode-CZ
Stav : vl.v.



Počet dlaždic na 1 FV panel ( $A = 1,384 \text{ m}^2$ )  
 ① 6 KS    ② 4 KS    ③ 2,5 KS  
 Rozměry dlaždic: 50 x 50 x 5 cm  
 1/2 25 x 50 x 5 cm

útlina  $V_{\text{převládající}}$



# Posouzení nosných prvků střechy

- zatížení

STÁLE

N

Kačínek -  $0,05 \cdot 16,0$

0,8

Hydroizolace

0,05

Bednění -  $0,025 \cdot 5,0$

0,125

Fošny ve směru 60/160 -  $0,06 \cdot 5,0 = 0,3$

$$g_{o1}^n = 1,28 \text{ KN/m}^2$$

PROMĚNNÉ - užitečné

$$q^n = 1,0 - 1,1$$

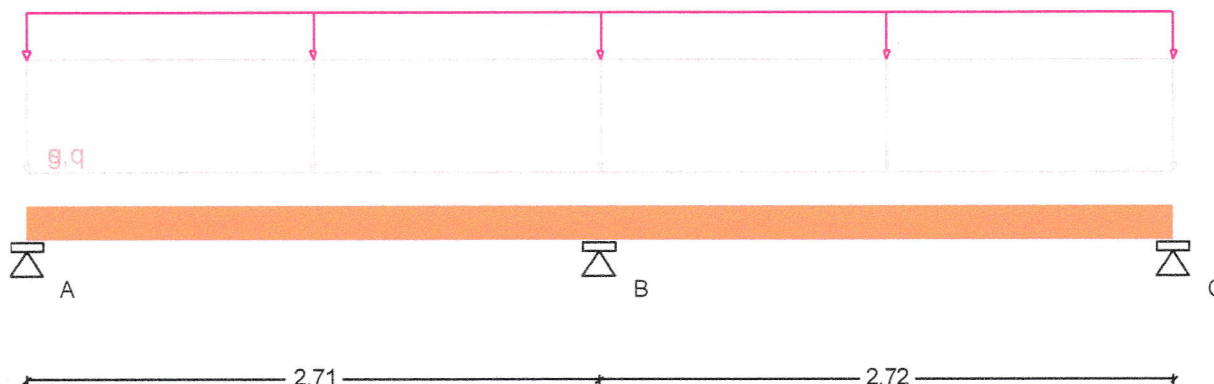
- přídavné zatížení od FV panelů a zářivky

$$g_{o2}^n = 0,278 + 0,31 \times 3 = 1,21 \text{ KN/m}^2$$

žatěv. š. fošer  $b = 0,85 \text{ m}$

$$q^n = [(1,28 + 1,21) + 1,0] \cdot 0,85 = \underline{\underline{2,94 \text{ KN/m}}}$$

## Dřevěný nosník



Návrhová norma : ČSN EN 1995-1  
Druh dřeva : C24  
Užitná třída : 1  
Kategorie proměnných zatížení: B

$E_{mean} / G_{mean} = 11000 / 690 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{m,k} / f_{c,k} / f_{v,k} = 24.0 / 21.0 / 4.0 \text{ N/mm}^2$   
dov. průhyb  $w_{inst} = L/300$ ,  $w_{fin} = L/250$ ,  $k_{def} = 0.60$

Průřez  $b/h = 6 / 16 \text{ cm}$

### Zatížení

Stálé zat.  $g_1 = 2.12 \text{ kN/m}$  ( $x = 0.00$  až  $5.43 \text{ m}$ )  
Proměnné zat.  $q_1 = 0.85 \text{ kN/m}$  ( $x = 0.00$  až  $5.43 \text{ m}$ ) po polích

Součinitele:  $\gamma_{m,sup}$   $\gamma_{m,inf}$   $\psi_{1.0}$   $\psi_{1.1}$   $\psi_{1.2}$   
Stálé 1.35 1.00 1.00 1.00 1.00  
Proměn.zat. 1.50 0.00 0.70 0.50 0.30

### Charakteristické vnitřní účinky

Pole ZS	x	max $M_k$	x	min $M_k$	x	max $V_k$	x	min $V_k$
	[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]
1 sum	1.06	1.69	2.71	-2.70	0.00	3.17	2.71	-5.02
2 sum	1.66	1.71	0.00	-2.70	0.00	5.03	2.72	-3.19

Posudek RIB dřevěný spojitý nosník © 2013 RIB Software AG

**Charakteristický průhyb**

Pole	ZS	L'	x	w, inst. min	x	w, inst. max
		[m]	[m]	[cm]	[m]	[cm]
1	sum	2.71	0.00	0.00	1.08	0.50
2	sum	2.72	0.00	0.00	1.63	0.51

**Posouzení průhybu**

$w_{inst} : w_{G,inst} + w_{Q,inst,s}$   
 $w_{G,fin} : w_{G,inst} * (1 + k_{def})$   
 $w_{Q,fin,s} : w_{Q,inst,s} * (1 + k_{def} * \psi_{i,2})$   
 $w_{fin,s} : w_{G,fin} + w_{Q,fin,s}$   
 $w_{fin,q} : w_{G,fin} + w_{Q,fin,q}$

Pole	L'	x	w, inst	dov.L'/w		x	w, fin.s	dov.L'/w		x	w, fin.q	L'/w
	[m]	[m]	[cm]	[cm]	[-]	[m]	[cm]	[cm]	[-]	[m]	[cm]	[-]
Komb. maximum												
1	2.71	1.08	0.50	0.90	542	1.08	0.72	1.08	377	1.08	0.58	465
2	2.72	1.63	0.51	0.91	534	1.63	0.73	1.09	371	1.63	0.59	457
Komb. minimum												
1	2.71	0.00	0.00	0.90	0	0.00	0.00	1.08	0	0.00	0.00	0
2	2.72	0.00	0.00	0.91	0	0.00	0.00	1.09	0	0.00	0.00	0

**Posudek podélného napětí**Průřezové hodnoty:  $A = 96 \text{ cm}^2$   $W_y = 256 \text{ cm}^3$   $I_y = 2048 \text{ cm}^4$ 

Pole	x	Md	sig-h/dov. <= 1.00	x	Md	sig-d/dov. <= 1.00
	[m]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[m]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Komb. maximum - max Eta						
1	2.71	-3.76	14.69/14.77 = <b>0.99</b>	1.08	2.37	9.28/14.77 = <b>0.63</b>
2	0.00	-3.76	14.69/14.77 = <b>0.99</b>	1.63	2.40	9.37/14.77 = <b>0.63</b>
Komb. minimum - max Eta						
1	1.08	2.37	-9.28/14.77 = <b>0.63</b>	2.71	-3.76	-14.69/14.77 = <b>0.99</b>
2	1.63	2.40	-9.37/14.77 = <b>0.63</b>	0.00	-3.76	-14.69/14.77 = <b>0.99</b>
Komb. maximum - max Md						
1	1.08	2.37	-9.28/14.77 = <b>0.63</b>	1.08	2.37	9.28/14.77 = <b>0.63</b>
2	1.63	2.40	-9.37/14.77 = <b>0.63</b>	1.63	2.40	9.37/14.77 = <b>0.63</b>
Komb. minimum - max Md						
1	2.71	-3.76	14.69/14.77 = <b>0.99</b>	2.71	-3.76	-14.69/14.77 = <b>0.99</b>
2	0.00	-3.76	14.69/14.77 = <b>0.99</b>	0.00	-3.76	-14.69/14.77 = <b>0.99</b>

**Posudek smykových napětí**

Pole	x	Vd	tau/dov. <= 1.00
	[m]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]
max Eta			
1	2.71	-6.99	1.63/ 2.46 = <b>0.66</b>
2	0.00	7.01	1.63/ 2.46 = <b>0.66</b>
max tau			
1	2.71	-6.99	1.63/ 2.46 = <b>0.66</b>
2	0.00	7.01	1.63/ 2.46 = <b>0.66</b>

Posudek RIB dřevěný spojitý nosník © 2013 RIB Software AG

**Reakce**

Podpora	ZS	max Ak [kN]	min Ak [kN]	max Myk [kNm]	min Myk [kNm]
A	sum	3.17	2.02	-0.00	-0.00
B	sum	10.05	7.18	-0.00	-0.00
C	sum	3.19	2.03	-0.00	-0.00

**Kontaktní napětí**

Podpora	ZS	max Ad [kN]	Šířka [cm]	sig-90 [N/mm2]	/ dov.<= 1.00 [N/mm2]
A	max Eta	4.43	0.00	0.00	2.31 = 0.00
B	max Eta	14.00	0.00	0.00	2.31 = 0.00
C	max Eta	4.46	0.00	0.00	2.31 = 0.00
A	max Ad	4.43	0.00	0.00	2.31 = 0.00
B	max Ad	14.00	0.00	0.00	2.31 = 0.00
C	max Ad	4.46	0.00	0.00	2.31 = 0.00



## Výsledková grafika

