


HL. PROJEKTANT	ZODP. PROJEKTANT ING. HURYTA	VYPRACOVAL ING. JANUŠ	KONTROLOVAL ING. HURYTA	 <b>HURYTA<sup>®</sup></b> s.r.o. STATIKA A PROJEKTOVÁNÍ STAVEB BRNO, STAŇKOVA 557/18a tel.: 541 420 711 e-mail: lhuryta@huryta.cz
MÍSTO STAVBY	VEDROVICE			
INVESTOR	OBEC VEDROVICE, Č.P. 326, 671 75 LODĚNICE U MOR. KRUMLOVA			
AKCE <b>MŠ VEDROVICE</b> <b>OCELOVÁ KONSTRUKCE PRO FVE PANELY</b> D.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ				DATUM LISTOPAD 2023
				FORMÁT 11 A4
				STUPEŇ DPS
				ZAK. Č. H23111
				MĚŘÍTKO
VÝKRES <b>STATICKÝ VÝPOČET</b>				Č. SOUPRAVY
				Č. VÝKRESU <b>D.1.2.03</b>

# Statický výpočet

## 1. Průvodní zpráva

Účelem statického výpočtu je navrhnout roznášecí ocelové konstrukce pro roznesení zatížení od fotovoltaických panelů umístěných na střeše objektu do míst svislých nosných konstrukcí (atik a svislých nosných stěn) a vyhnout se tak dodatečnému přetížení keramicko-betonových střešních panelů.

## 2. Podklady

- Původní projekt mateřské školy z roku 1980
- Půdorys umístění panelů na střeše
- Hmotnost FVE panelů  $50 \text{ kg/m}^2$

## 3. Použité normy

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

## 4. Zatížení

Ocelová konstrukce je zatížena vlastní tíhou, fotovoltaickými panely, sněhem a větrem.

Průměrná plošná hmotnost fotovoltaických panelů je  $50 \text{ kg/m}^2$ .

Zatížení sněhem – I. sněhová oblast. Hodnota zatížení sněhem na zemi  $0,7 \text{ kN/m}^2$ . Charakteristická hodnota zatížení sněhem na FVE panelech  $0,56 \text{ kN/m}^2$ .

I . sněhová oblast		
$s_k$	$0,7 \text{ kN/m}^2$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$\mu_1(\alpha_1)$	0,80 -	tvarový součinitel zatížení sněhem
$C_e$	1,0 -	součinitel expozice
$C_t$	1,0 -	tepelný součinitel
$\alpha_1$	$30^\circ$	úhel sklonu FVE panelů
$s_1(\alpha_1)$	$0,56 \text{ kN/m}^2$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na FVE panelech

Zatížení větrem – II. větrná oblast. Výchozí základní rychlost větru  $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$ . Základní tlak větru  $q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$ .

## Rychlost větru a dynamický tlak

### II . větrná oblast

$v_{b,0}$	25 m/s	charakteristická desetiminutová střední rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu s nízkou vegetací (terén)
$v_b$	25 m/s	základní rychlost větru
$c_{dir}$	1,0 -	součinitel směru větru
$c_{sason}$	1,0 -	součinitel ročního období

### Střední rychlost větru

$v_m(z)$	15,15 m/s	střední rychlost větru ve výšce $z$ nad terénem
$c_r(z)$	0,61 -	součinitel drsnosti terénu
$c_o(z)$	1,00 -	součinitel orografie - horopisu
$z$	4,0 m	výška objektu
$z_0$	0,3 m	parametr drsnosti terénu
$z_{min}$	5,0 m	minimální výška
$z_{max}$	200,0 m	maximální výška (200 m)

### III . kategorie terénu

$k_r$	0,22 -	součinitel terénu
$z_{0,II}$	0,05 m	parametr drsnosti pro kategorii terénu II

### Turbulence větru

$I_v(z)$	0,36 -	intenzita turbulence ve výšce $z$
$k_I$	1,00 -	součinitel turbulence

### Maximální dynamický tlak

$q_p(z)$	500 N/m <sup>2</sup>	maximální dynamický tlak ve výšce $z$
$c_e(z)$	1,28 -	součinitel expozice
$\rho$	1,25 kg/m <sup>3</sup>	tlak vzduchu
$q_b$	391 N/m <sup>2</sup>	základní dynamický tlak

Typ střechy: **Střecha s atikou**

$h_p$	0,50 m	výška atiky
$h$	3,5 m	úroveň ploché střechy od upraveného terénu
$z_e$	4,0 m	celková výška
$h_p/h$	0,143 -	

Součinitel vnějšího tlaku		Tlak větru	
$C_{pe} [-]$		$w_e [kN/m^2]$	
$C_{pe,F}$	-1,20	$w_{e,F}$	-0,60
$C_{pe,G}$	-0,80	$w_{e,G}$	-0,40
$C_{pe,H}$	-0,70	$w_{e,H}$	-0,35
$C_{pe,I}$	0,20	$w_{e,I}$	0,10
	-0,20		-0,10

## 5. Kombinace zatížení

Pro výpočet kombinací byl použit předpis dle ČSN EN 1990.

Charakteristická (6.14b)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Návrhová (6.10a)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Návrhová (6.10b)

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$\gamma_G$  ... dílčí součinitel bezpečnosti pro stálé zatížení

$\gamma_Q$  ... dílčí součinitel bezpečnosti pro krátkodobé proměnné zatížení

$G_k$  ... charakteristická hodnota stálého zatížení

$Q_k$  ... charakteristická hodnota proměnného zatížení

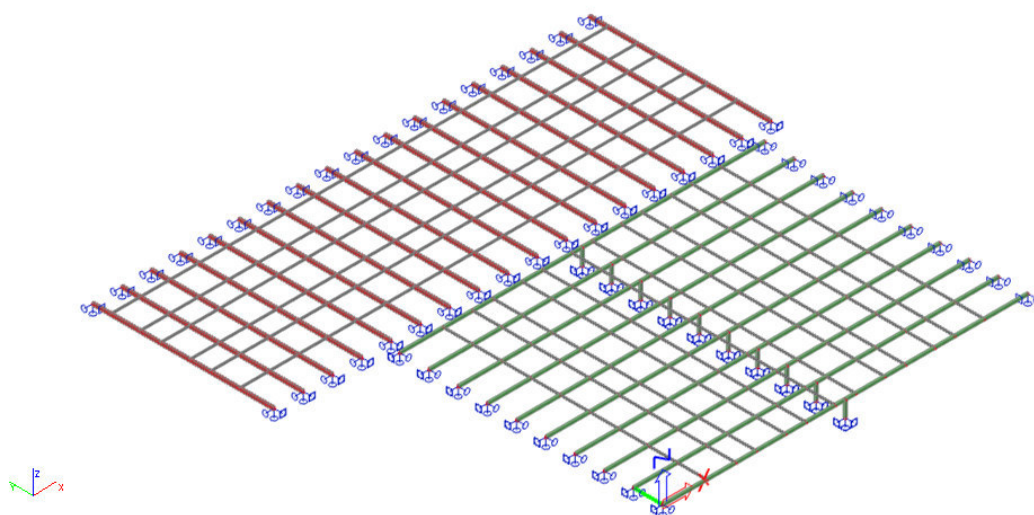
$\psi_0$  ... součinitel kombinace


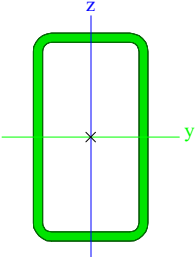
$\xi$  ... redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení


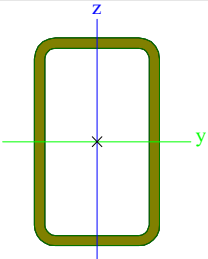
Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Standard	Sníh
SZ3	Proměnné	Výběrová	Vítr


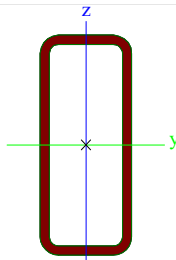
## 6. Návrh pomocné konstrukce pro uložení panelů

### 6.1 Výpočtový model konstrukce



CS1		
Typ	CFRHS90X50X4	
Kód tvaru	2 - Obdélníkové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	tvářený za studena	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m <sup>2</sup> ]	1,0150e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,6215e-04	6,5188e-04
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,6600e-01	5,0730e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	25	45
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,0271e-06	4,0710e-07
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	32	20
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,2820e-05	1,6280e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,8820e-05	1,9090e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	6,77e+03	6,77e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	4,48e+03	4,48e+03
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	9,7700e-07	4,7250e-10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

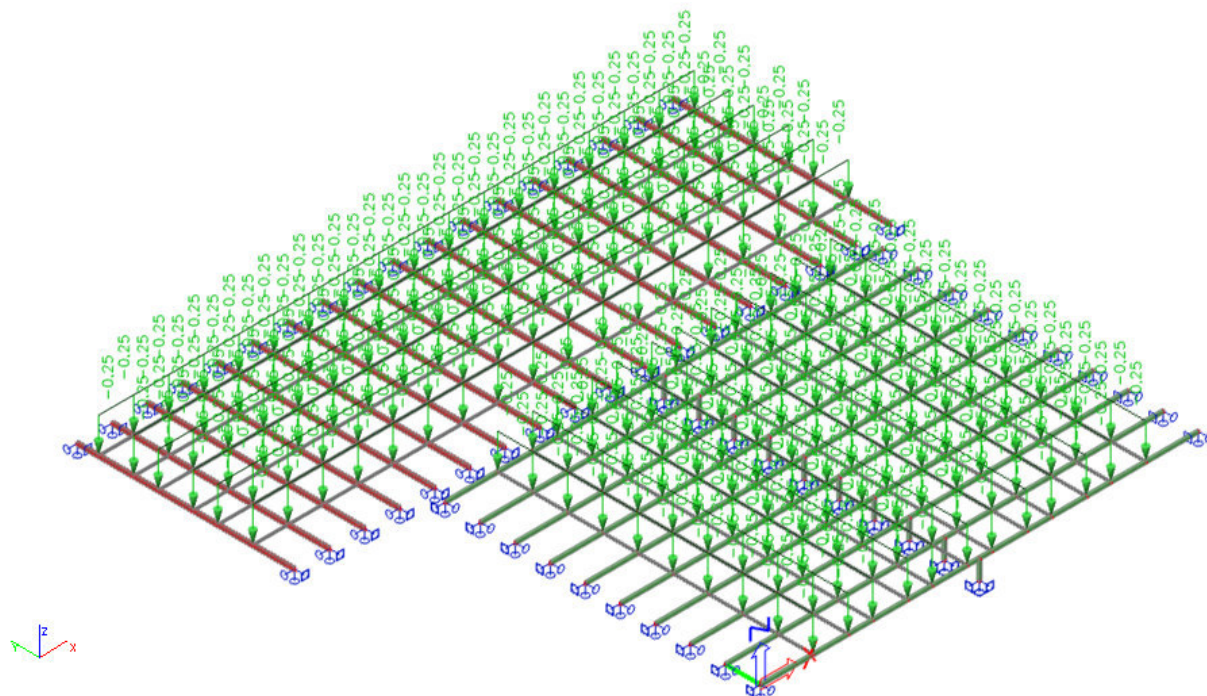
CS2		
Typ	CFRHS50X30X2.5	
Kód tvaru	2 - Obdélníkové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	tvářený za studena	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m <sup>2</sup> ]	3,5900e-04	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,3448e-04	2,2413e-04
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,5100e-01	2,8706e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	15	25
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,1300e-07	5,0500e-08
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	18	12
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,5200e-06	3,3700e-06
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,7000e-06	3,9800e-06
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,34e+03	1,34e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	9,35e+02	9,35e+02
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,1740e-07	1,8750e-11
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

CS3		
Typ	CFRHS120X50X5	
Kód tvaru	2 - Obdélníkové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	tvářený za studena	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m <sup>2</sup> ]	1,5360e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,5130e-04	1,0831e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,2300e-01	6,1413e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	25	60
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,5389e-06	6,2620e-07
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	41	20
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,2320e-05	2,5050e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,5200e-05	2,9450e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,30e+04	1,30e+04
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	6,91e+03	6,91e+03
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	1,7244e-06	1,2750e-09
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

## 6.2 Zatížení (přepočteno na liniové zatížení (zatěžovací šířka 0,5 m))

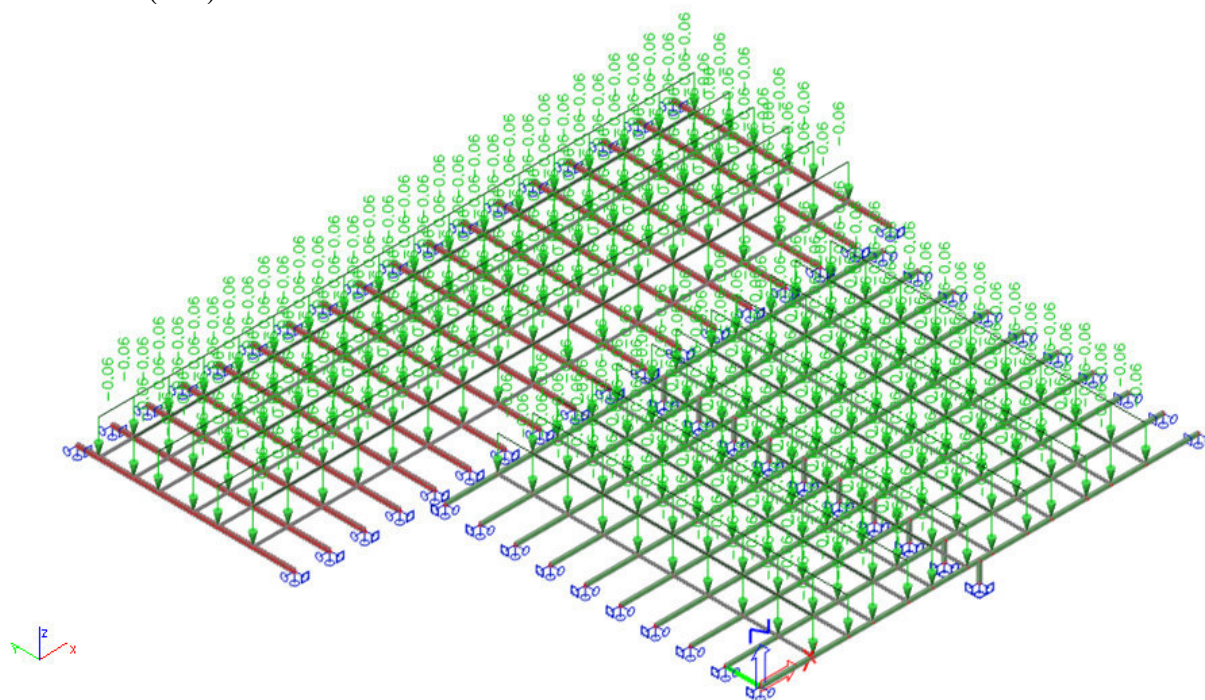
ZS1 – vlastní tíha (generováno automaticky programem)

ZS2 – zatížení od FVE

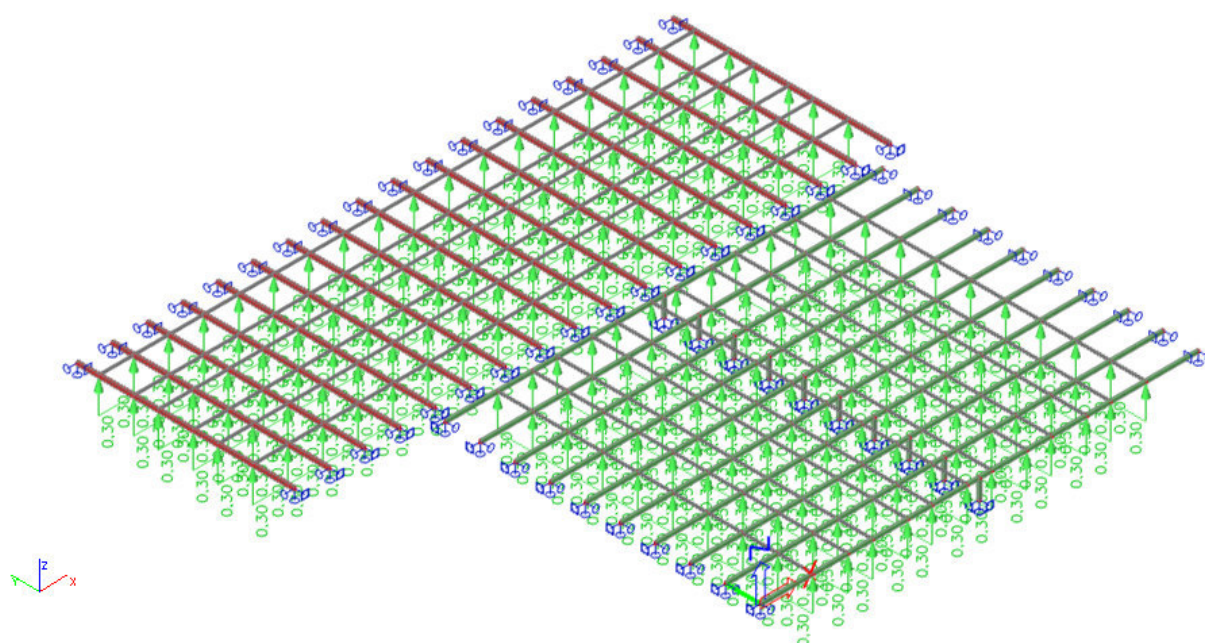


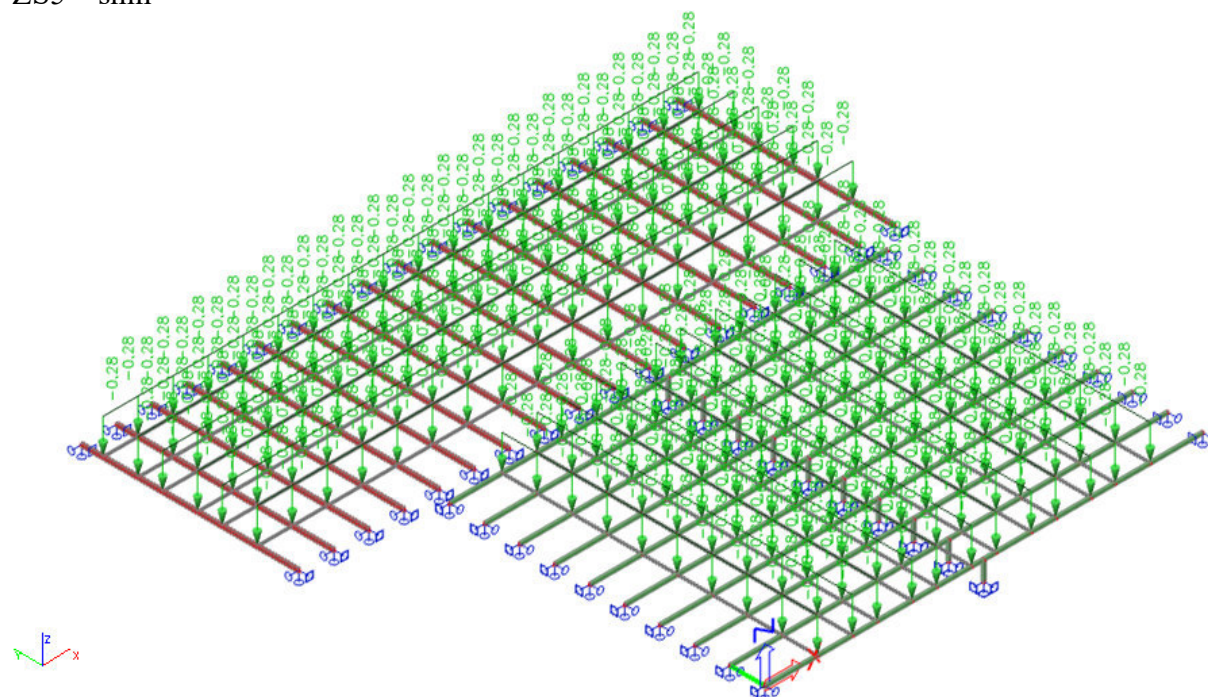


ZS3 – vítr (tlak)



ZS4 – vítr (sání)





## 6.3 Výsledky

### Reakce

#### Reakce

Hodnoty:  $R_z$

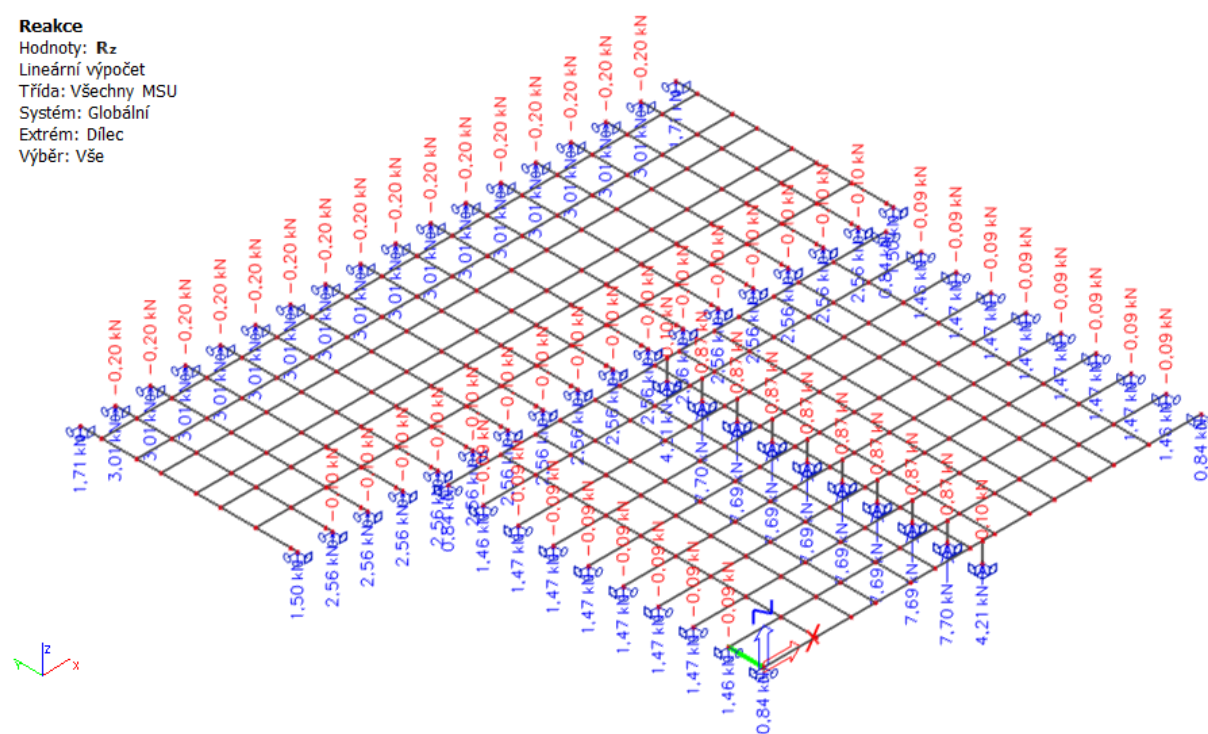
Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Systém: Globální

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

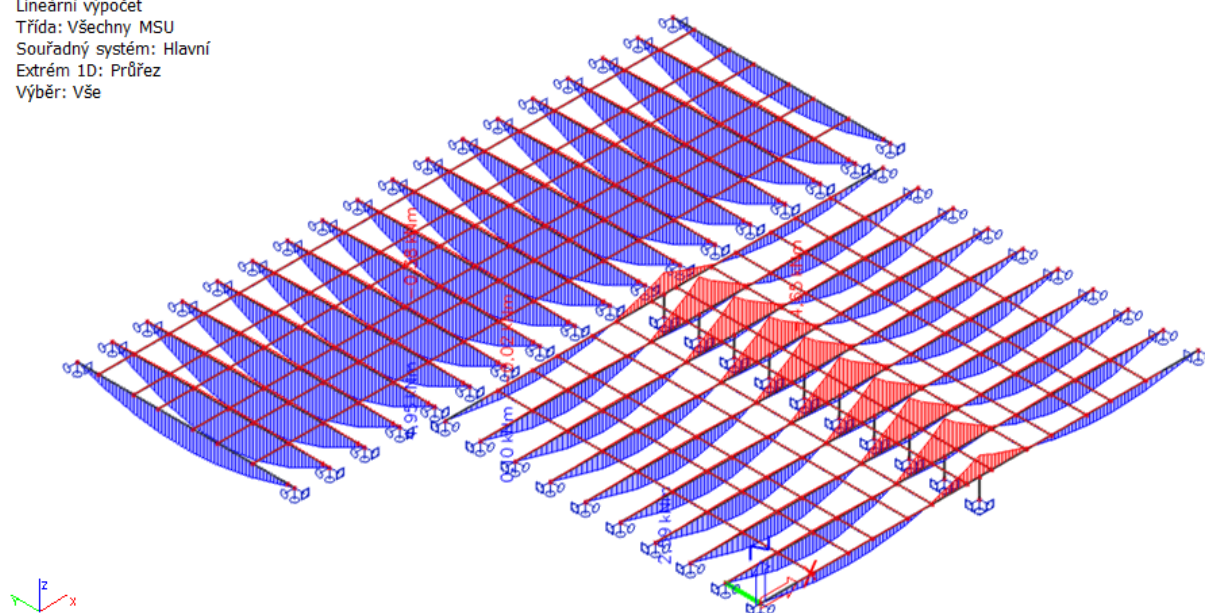




## Ohybové momenty $M_y$

### 1D vnitřní síly

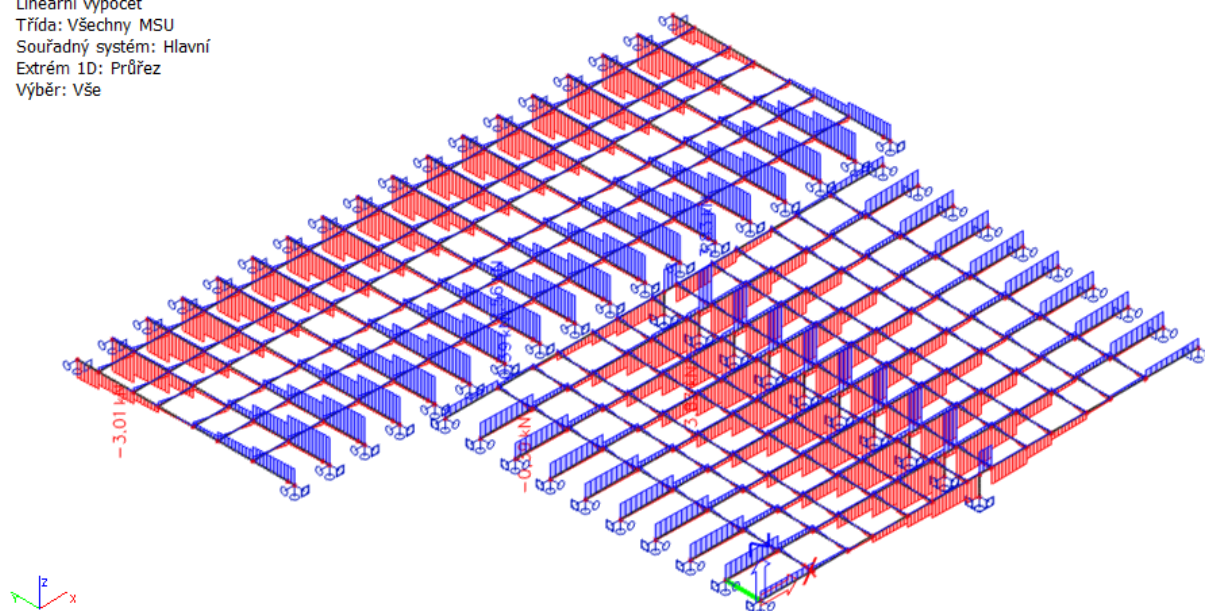
Hodnoty:  $M_y$   
Lineární výpočet  
Třída: Všechny MSU  
Souřadný systém: Hlavní  
Extrém 1D: Průřez  
Výběr: Vše



## Posouvající síly $V_z$

### 1D vnitřní síly

Hodnoty:  $V_z$   
Lineární výpočet  
Třída: Všechny MSU  
Souřadný systém: Hlavní  
Extrém 1D: Průřez  
Výběr: Vše



## 6.4 Posouzení ocelových prvků

### Posudek ocelových prvků na mezní stav únosnosti

Posudek ocelových prvků na MSÚ  
EC-EN 1993

Hodnoty: UC Celkový

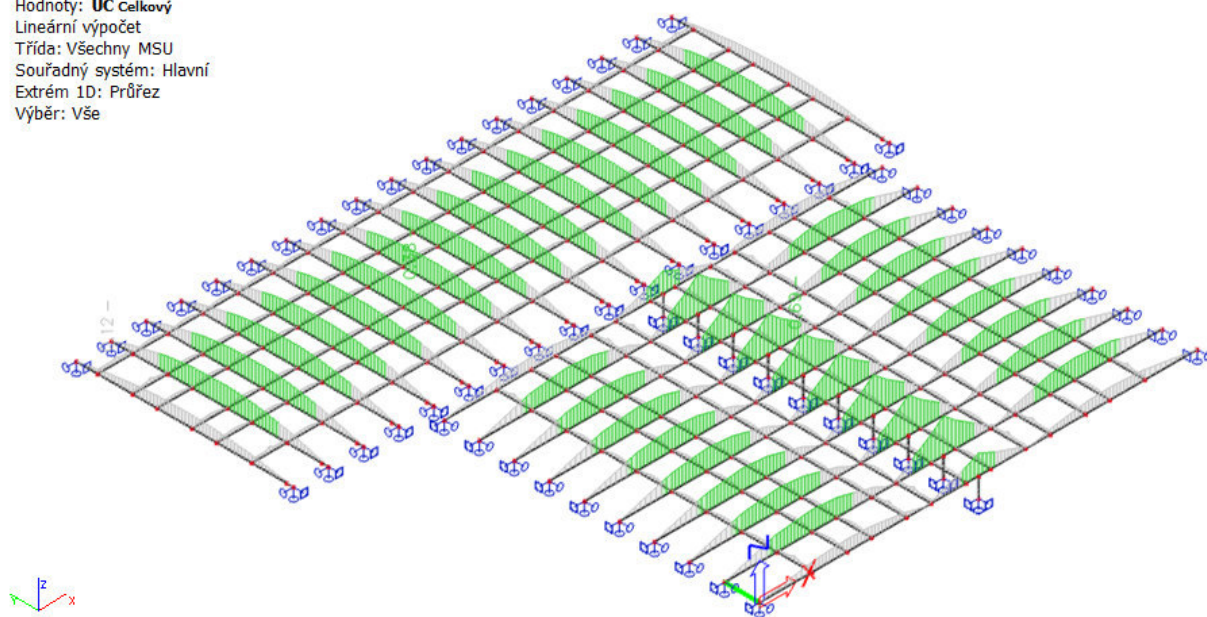
Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

Výběr: Vše



Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

Výběr: Vše

**Celkový posudek**

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	Materiál	UC <sub>Celkový</sub> [-]	UC <sub>Průřez</sub> [-]	UC <sub>Stabilita</sub> [-]
B209	0,350-	MSÚ-Sada B (auto)/1	90X50X4	S 235	0,69	0,69	0,00
B362	0,500-	MSÚ-Sada B (auto)/1	50X30X2,5	S 235	0,12	0,12	0,00
B441	0,700-	MSÚ-Sada B (auto)/1	120X50X5	S 235	0,38	0,38	0,00

**Prvky vyhovují na mezní stav únosnosti**

## Posudek ocelových prvků na mezní stav použitelnosti

EC-EN 1993 Posudek oceli MSP

Hodnoty: **Posudek** Celkový

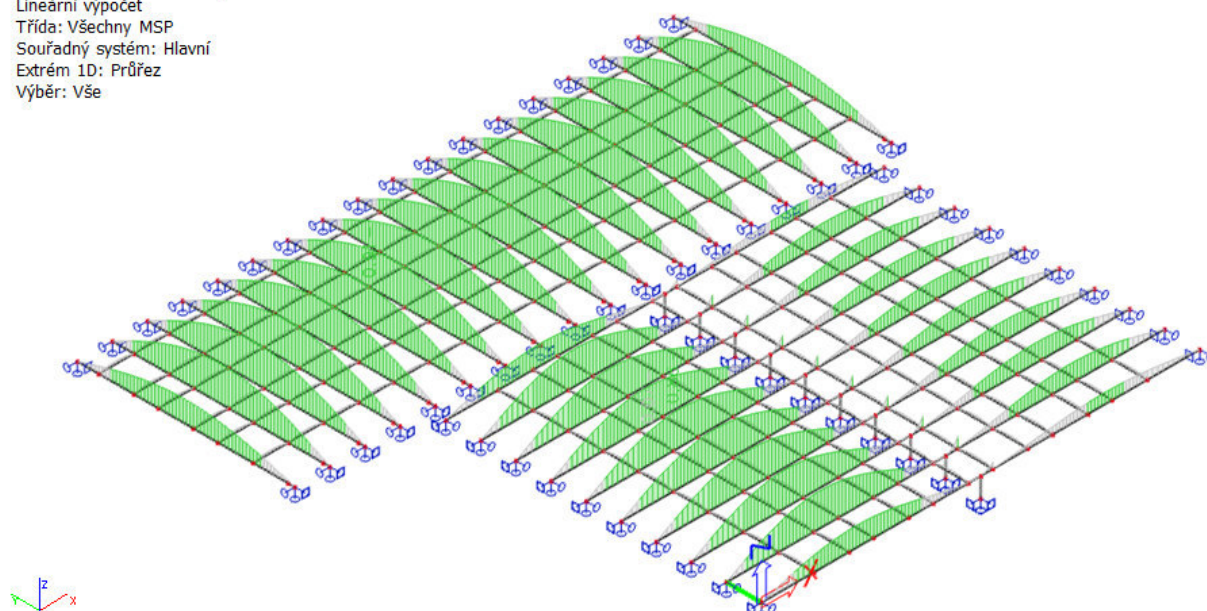
Lineární výpočet

Třída: Všechny MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

Výběr: Vše



Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	$u_{y,max}$ [mm] $u_{z,max}$ [mm]	$u_{y,var}$ [mm] $u_{z,var}$ [mm]	Lim. $u_{y,max}$ [mm] Lim. $u_{z,max}$ [mm]	Lim. $u_{y,var}$ [mm] Lim. $u_{z,var}$ [mm]	Posudek $u_{y,max}$ [-] $u_{z,max}$ [-]	Posudek $u_{y,var}$ [-] $u_{z,var}$ [-]	Posudek Celkový [-]
B205	0,200-	MSP- Char (auto)/1	90X50X4	0,0 -26,8	0,0 -12,6	3,5 31,2	1,9 17,3	0,00 0,86	0,00 0,73	<b>0,86</b>
B217	0,500-	MSP- Char (auto)/1	50X30X2,5	0,0 -0,3	0,0 -0,2	5,0 5,0	2,8 2,8	0,00 0,07	0,00 0,06	<b>0,07</b>
B428	0,200-	MSP- Char (auto)/1	120X50X5	0,0 -28,2	0,0 -12,7	5,0 31,0	2,8 17,2	0,00 0,91	0,00 0,73	<b>0,91</b>

**Prvky vyhovují na mezní stav použitelnosti**

## 7. Závěr

Statický posudek řeší pouze návrh ocelové nosné konstrukce pro vynesení FVE panelů.

Navržená nosná ocelová konstrukce vyhovuje na mezní stav únosnosti i mezní stav použitelnosti.

Pomocnou konstrukci fotovoltaických panelů je nutno kotvit do nosného ocelového roštu. Ocelový rošt je nutno zakotvit do dodatečně vybetonovaných betonových bloků a do atik. Půdorysné rozměry betonových bloků musí být 300 mm x 300 mm, výška 430 mm.

Betonové patky a atiky je nutno dodatečně zaizolovat.

Brno, listopad 2023

Ing. Ondřej Januš, Ph.D.  
HURYTA s.r.o.