



# Statické posouzení

Správa a údržba silnic JMK

Ořechovská 541/35, Brno

Datum: červenec 2023

Vypracoval: Ing. Radek Janka  
projekce@probeton.cz

# OBSAH

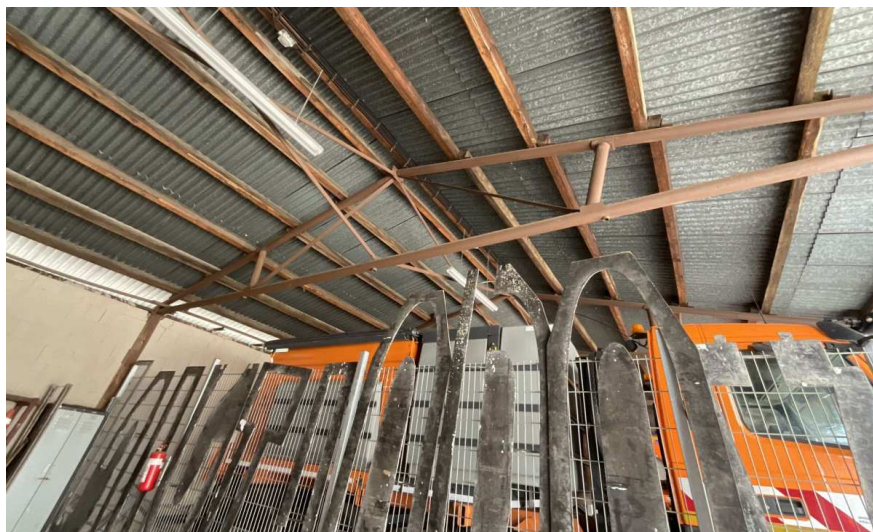
STATICKÉ POSOUZENÍ - SKLAD ZNAČEK	1
ÚVOD	1
Popis objektu	1
DOSTUPNÁ DOKUMENTACE A MÍSTNÍ PROHLÍDKA	2
ZATÍŽENÍ	3
Skladba střechy	3
Užitná zatížení, podhledy, TZB	3
Zatížení sněhem	3
Zatížení větrem	3
ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE	4
Vlastní tíha technologie FVE	4
Užitné zatížení střechy při údržbě FVE	5
Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem	5
POSOUZENÍ KONSTRUKCE	5
Rekapitulace zatížení	5
Vlnité plechy	5
Krokve	5
Ocelový vazník a sloupy	7
POUŽITÉ PODKLADY A NORMY	7
ZÁVĚR	8

# STATICKÉ POSOUZENÍ - SKLAD ZNAČEK

Objednatel posudku:	Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace
Název stavby:	Výstavba FVE na stávajících objektech Cestmistrovství Brno
Místo stavby:	Ořechovská 541/35, Horní Heršpice, 619 00 Brno
Stavebník:	Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, Žerotínovo náměstí 449/3, 602 00 Brno, IČ 709 325 81
Hlavní projektant:	PKB BUILD, s.r.o., Vlněna Office Park, Vlněna 526/3, 602 00 Brno
Stupeň projektu:	statické posouzení

## ÚVOD

Záměrem stavebníka je instalace fotovoltaické elektrárny (FVE) na střechy vybraných stávajících objektů v areálu střediska Správy a údržby silnic v Brně, ulice Ořechovská. V březnu 2023 bylo provedeno posouzení ocelové konstrukce haly cestmistrovství a budova garáží. Nyní je předmětem statického posouzení zhodnocení únosnosti konstrukce budovy skladu značek přitížením instalací FV technologie. Podkladem pro zpracování je zaměření realizované v rámci místní prohlídky a další zdroje uvedené v závěru tohoto dokumentu.

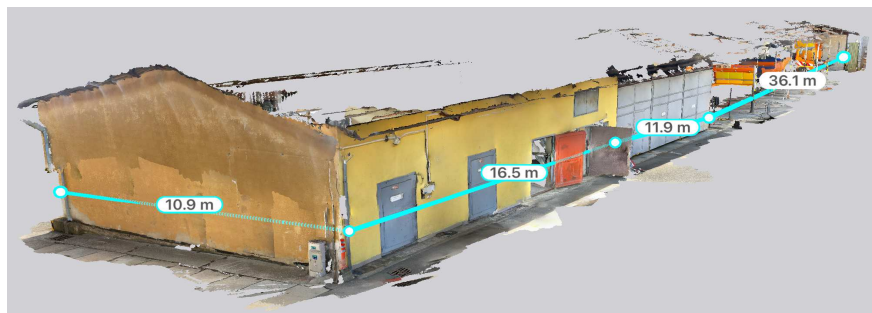


pohled na nosnou konstrukci

## Popis objektu

Řešený objekt je přízemní stavba celkových rozměrů  $\approx 64 \times 11$  metrů se sedlovou střechou sklonu  $15^\circ$ , výška v hřebeni  $\approx 5$  m. Ve většině půdorysu se jedná o polootevřený přístřešek. Na části půdorysu je přístřešek uzavřen ocelovými vraty, část je vyzdívaná. Slouží jako parkování pro vozidla údržby a sklad technického vybavení.

Nosnou konstrukci tvoří ocelové rámy v osové vzdálenosti 4 m, na které jsou uloženy dřevěné krokve po vlašsku. Střešní krytina je z ocelových vlnitých plechů, bez zateplení.



pracovní 3D sken budovy, vpředu vyzdívána část, následují ocelová vrata a polootevřený přístřešek

## DOSTUPNÁ DOKUMENTACE A MÍSTNÍ PROHLÍDKA

K objektu není k dispozici žádná dokumentace, bylo proto provedeno zaměření geometrie nosné konstrukce a rozměrů nosných profilů. Nátěry konstrukce jsou pouze částečné (sloupy), vazníky jsou bez funkční ochranné vrstvy. Konstrukce je chráněna proti dešti, korozní úbytky jsou zohledněny ve změřených tloušťkách stěny trubek.



uložení krokví na vazník, detail kotvení



styčník sloup - vazník; patka sloupu

# ZATÍŽENÍ

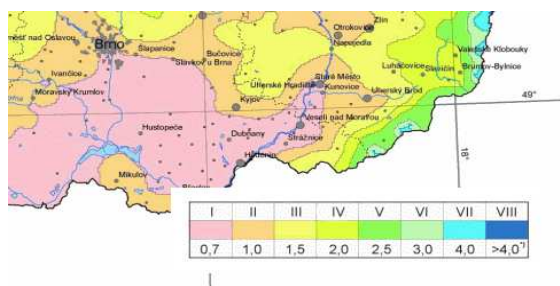
## Skladba střechy

Pozinkované ocelové vlnité plechy s rozměrem vlny 100/30, tloušťka plechu 0,9 mm. Hmotnost 9 kg/m<sup>2</sup>.

## Užitná zatížení, podhledy, TZB

Ve stávajícím stavu není uvažováno s užitným zatížením střechy. V objektu je instalováno pouze osvětlení, do posudku zanedbávám.

## Zatížení sněhem



Lokalita stavby Brno  $\Rightarrow$  sněhová oblast I., základní tíha sněhu na zemi:  $s_k = \underline{0,70 \text{ kN/m}^2}$

sedlová střecha, sklon střechy  $\alpha = 11^\circ$ ;  $\mu_s = 0,800$ ;  $C_t = 1,0$ ;  $C_e = 1,0$  (normální krajina)

$s_{0,k} = s_k \cdot C_t \cdot C_e \cdot \mu_s = \underline{0,560 \text{ kN/m}^2}$ ;  $\gamma_f = 1,50$

## Zatížení větrem



Lokalita stavby Brno  $\Rightarrow$  větrová oblast II., výchozí základní rychlost větru:  $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

$C_{dir} = 1,0$ ;  $C_{season} = 1,0$ ; základní rychlost větru  $v_b = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 25,0 \text{ m/s}$

základní dynamický tlak větru  $q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25,000^2 = 390,6 \text{ N/m}^2$

kategorie terénu: III. (předměstské stavby, průmyslové oblasti a malé zemědělské stavby)  $\Rightarrow z_0 = 0,300 \text{ m}$ ;



$z_{\min} = 5,000 \text{ m}$

součinitel terénu  $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,22$

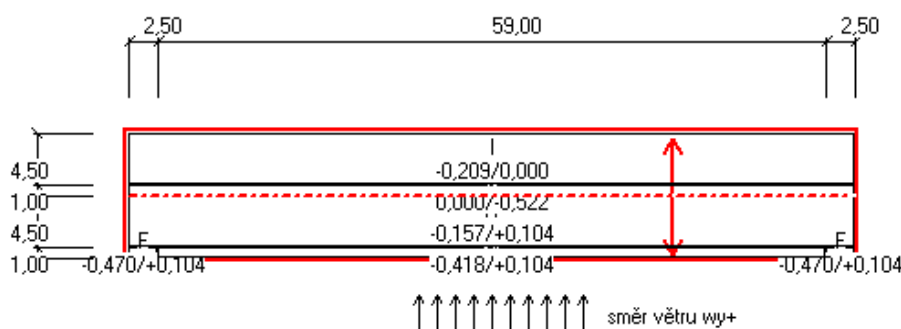
výška stavby  $h = 5,00 \text{ m}$ ; referenční výška  $z = 5,000 \text{ m}$

součinitel drsnosti  $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,22 \cdot \ln(5,00/0,30) = 0,62$ ; součinitel ortografie  $c_o = 1,00$ ; součinitel turbulence  $k_i = 1,00$

střední rychlost větru  $v_m = v_b \cdot c_r \cdot c_o = 25,00 \cdot 0,62 \cdot 1,00 = 15,47 \text{ m/s}$

intenzita turbulence  $I_v = (k_r \cdot v_b \cdot k_i) / v_m = (0,22 \cdot 25,00 \cdot 1,00) / 15,47 = 0,355$

maximální dynamický tlak větru:  $q_{p,k}(z) = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1 + 7 \cdot 0,36) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 15,47^2 = 522,0 \text{ N/m}^2 = \underline{\underline{0,522 \text{ kN/m}^2}}$ ;  $\gamma = 1,50$



## ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE

Statické posouzení řeší únosnost střešní konstrukce na přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE). Posouzení komponent FVE není předmětem tohoto dokumentu. Panely FVE budou instalovány rovnoběžně se střešní rovinou. Pro zajištění stability proti účinkům větru bude FVE mechanicky kotvena k nosným konstrukcím střechy (krokvím). Návrh a realizace kotvení je odpovědností dodavatele.

Celkové přitížení střechy instalací FVE je tvořeno vlastní tíhou panelů, systémových komponent (kabeláž, měniče atd), kotevních lišt.

### Vlastní tíha technologie FVE

- $g_0 = \text{vlastní tíha FV panelů} \approx 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,120 \text{ kN/m}^2$
- $g_1 = \text{kabeláž, měniče, montážní materiál} = 3,0 \text{ kg/m}^2 = 0,030 \text{ kN/m}^2$

$$\Sigma g_k = 15,0 \text{ kg/m}^2 = \underline{\underline{0,150 \text{ kN/m}^2}}$$

## Užitné zatížení střechy při údržbě FVE

Není uvažováno se zatížením šikmé střechy při údržbě FVE. Předpokládá se použití techniky nebo žebříků.

## Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem

Panely jsou na šikmé střeše umístěny rovnoběžně se střešní rovinou a s minimálním odstupem od stávající krytiny. Nebude docházet k hromadění sněhu pod panely. Nemění se sklony střešních ploch. Instalace FVE nemá negativní dopad na zatížení sněhem. Je potřeba zkontrolovat možná rizika sesuvu sněhu ze střechy.

## **POSOUZENÍ KONSTRUKCE**

### Rekapitulace zatížení

- $g_0$  = tíha plechů =  $0,10 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma=1,35$
- $g_{FVE}$  = technologie FVE =  $0,15 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma=1,35$
- $s$  = sníh =  $0,56 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma=1,50$
- $w$  = tlak větru na střechu a sání uvnitř budovy =  $0,104+0,185 = \underline{0,289} \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma=1,50$ ; kombinační součinitel  $\Psi=0,6$

$$\Sigma f_k = 0,10+0,15+0,56+0,289*0,6 = \underline{0,983} \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma f_d = 1,35*(0,10+0,15)+1,50*(0,56+0,289*0,6) = \underline{1,438} \text{ kN/m}^2$$

### Vlnité plechy

Změřený rozměr vlny je 100/30, tloušťka 0,9 mm. Vzdálenost podpor (krokví) je 1,0 m, uvažuji jako spojitý nosník o 2 polích. Průřezové charakteristiky podle statických tabulek [2]:  $W_y = 7560 \text{ mm}^3 / \text{m}$

$$M_{d,max} = 1/8*1,438*1,0^2 = \underline{0,180} \text{ kNm}$$

$$\sigma = M_d / W_y = 0,180\text{e}3/7560\text{e}-9/1\text{e}6 = \underline{23,810} \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa}$$

Plechvy bezpečně vyhoví.

### Krokve

Průřez krokví 100/140 mm, pevnostní třídu dřeva uvažuji C20. Krokve jsou ukládány jako prosté nosníky mezi

rámy, délka 4,0 m. Osová rozteč 1,0 m.

$$g_0 = 0,1 \cdot 0,14 \cdot 6 = \underline{0,084} \text{ kN/m}; \gamma = 1,35$$

$$f_d' = b \cdot \Sigma f_d = 1,0 \cdot 1,438 = \underline{1,438} \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot (0,084 \cdot 1,35 + 1,438) \cdot 4,0^2 = \underline{3,103} \text{ kNm}$$

**posouzení dřevěného ohýbaného průřezu:**

$$M_d = 3,103 \text{ kNm}; b = 100,00 \text{ mm}; h = 140,00 \text{ mm}; W_y = 326667 \text{ mm}^3$$

$$\text{třída dřeva C20} \Rightarrow f_{m,k} = 20,00 \text{ MPa (viz EN 338)}; k_{mod} = 0,900 \text{ (třída prostředí 2)}; k_h = \max [(150/h)^{0,2}; 1,30] = 1,014; \gamma_M = 1,300 \text{ (jehličnaté řezivo)}$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_h \cdot k_{mod} / \gamma_M = \underline{14,04} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_d / W_y = 3,103 \cdot 10^3 / 326667 \cdot 10^{-9} = \underline{9,49} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d \leq f_{m,d} \text{ vyhoví (využití 67,6 \%)}$$

**posouzení dřevěného prvku na průhyb:**

$$L_d = 4,000 \text{ m}; b = 100,0 \text{ mm}; h = 140,0 \text{ mm}; I_y = 22,867 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{zatížení: stálá } g_k = 0,33 \text{ kN/m; sníh } s_k = 0,56 \text{ kN/m, } \Psi_{s,2} = 0,00 \text{ (nadm.výška < 1000 m)}$$

$$\text{třída dřeva C20} \Rightarrow E_{0,mean} = 9,50 \text{ MPa (viz EN 338)}; k_{def} = 0,800 \text{ (třída prostředí 2)}$$

$$\text{referenční průhyb od jednotkového zatížení } q = 1,0 \text{ kN/m: } w_{ref} = 5/384 \cdot q \cdot L^4 / (E \cdot I_y) = 5/384 \cdot 1,00 \cdot 4,000^4 / (9,500 \cdot 10^9 \cdot 0,000023) = 15,344 \text{ mm}$$

$$\text{okamžitý průhyb: } w_{inst} = g_k \cdot w_{ref} + q_k \cdot w_{ref} + s_k \cdot w_{ref} = 0,3 \cdot 15,344 + 0,0 \cdot 15,344 + 0,6 \cdot 15,344 = \underline{13,718} \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{lim} = 13,333 \text{ mm} = L/300 \text{ vyhoví}$$

$$\text{finální čistý průhyb s vlivem dotvarování pro kvazistálou kombinaci zatížení: } w_{net,fin} = g_k \cdot (1 + k_{def}) \cdot w_{ref} + q_k \cdot (1 + \Psi_{q,2} \cdot k_{def}) + s_k \cdot (1 + \Psi_{s,2} \cdot k_{def}) = 0,3 \cdot (1 + 0,800) \cdot 15,344 + 0,0 \cdot (1 + 0,00 \cdot 0,800) \cdot 15,344 + 0,6 \cdot (1 + 0,00 \cdot 0,800) \cdot 15,344 = \underline{17,818} \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} > w_{lim} = 16,000 \text{ mm} = L/250 \text{ nevyhoví (překročení je ale nevýznamné)}$$

Únosnost dřevěných krokví **bezpečně vyhoví** na zatížení instalací FVE. Průhyb mírně překračuje doporučené hodnoty L/250, v absolutní hodnotě se ale jedná o plně akceptovatelné nevýznamné překročení průhybu o méně než 2 mm.



## Ocelový vazník a sloupy

Osová vzdálenost ráků je 4,0 m. Zadní stěnu posuzují z hlediska zatížení větrem jako samonosnou - nezatežují sloup vodorovným působením větru. Konstrukci uvažují jako otevřenou s vnitřním tlakem odpovídajícím teoretickému tlaku na vynechanou stěnu. Podrobný výpočet je uveden v Příloze 1.

Výpočtem byla zjištěna nutnost **doplnění středové svislice (3) u všech vazníků**. Tato je navržena z úhelníku L60/60/6 navařeného na vrcholový plech a ke spodnímu pasu vazníku.

Je také nutné opravit (doplnit) všechna chybějící táhla (1) a opravit podélná ztužení (2), viz schema níže:



## POUŽITÉ PODKLADY A NORMY

[1] *místní prohlídka stavby a zaměření*, Ing. Radek Janka, 4.7.2023

[2] *Statické tabulky*, TP51, J. Hořejší, J. Šafka, SNTL Praha, vydání 1987

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení stávajících konstrukcí

ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení

## ZÁVĚR

Bylo provedeno statické posouzení konstrukce přístřešku - skladu značek v areálu SÚS Brno, Ořechovská ulice na přitížení instalací technologie FVE. Před instalací je nutné opravit nefunkční ztužující prvky vazníků (chybějící diagonální táhla, utržená křížová podélná zavětrování) a zejména u **všech vazníků doplnit novou středovou svislici z profilu L60/60/6.**

Po takto realizované opravě a zesílení je možné konstrukci přitížit instalací FVE v maximální hmotnosti 15 kg/m<sup>2</sup>. Toto zatížení zahrnuje vlastní tíhu FV panelů, kotevní lišty, kabeláž a další součásti. FVE bude kotvena přes horní vlnu střešní krytiny do dřevěných krokví.

---

V Bystrovanech dne 13.7.2023

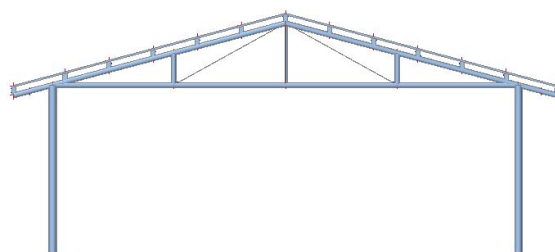
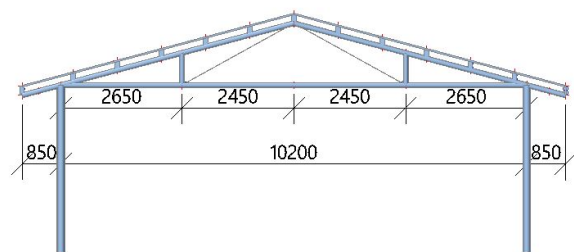
Ing. Radek Janka  
IČ 699 95 591 / ČKAIT 120 13 35  
Budovcova 3, 779 00 Bystrovany  
+420 721 048 805  
radek.janka@probeton.cz  
<http://www.probeton.cz>

**Příloha 1:** Posouzení ocelového vazníku, program SCIA Engineer, celkem 8 stran A4

# **PŘÍLOHA 1**

## 1. Výpočetní model

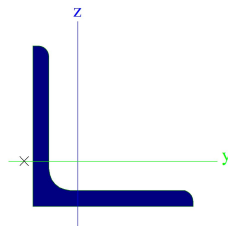
### 1.1. Geometrie

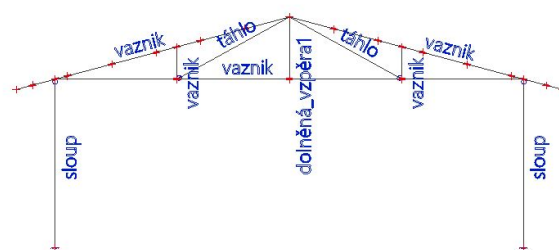
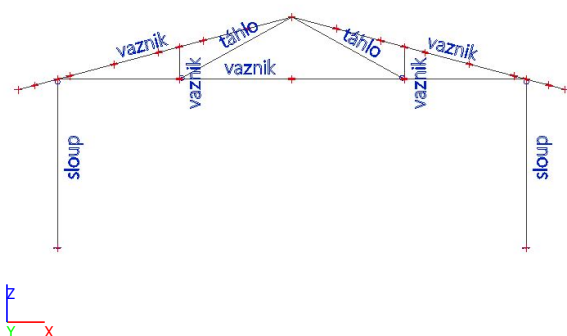


### 1.2. Průřezy

Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ] I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	Obrázek
	Detailní					
vazník	RO108X4	S 235	válcovaný	1,3100e-03	1,7700e-06	
sloup	RO168.3X5	S 235	válcovaný	2,5700e-03	1,7700e-06 8,5600e-06	
táhlo	FL60X6	S 235	válcovaný	3,6000e-04	8,5600e-06 1,0800e-09	
					1,0800e-07	

## Projekt SÚS Ořechovská

Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ] I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	Obrázek
dolněná_vzpěra1	L60/6	S 235	válcovaný	6,9100e-04	2,2782e-07	
					2,2782e-07	



## 2. Kapitola

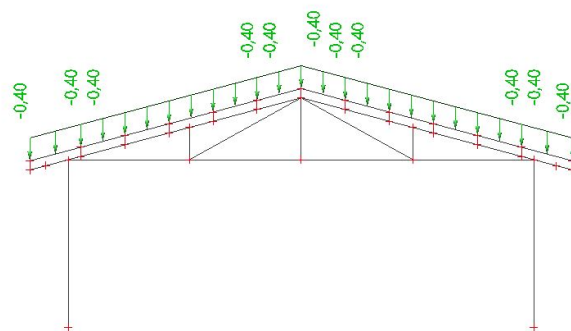
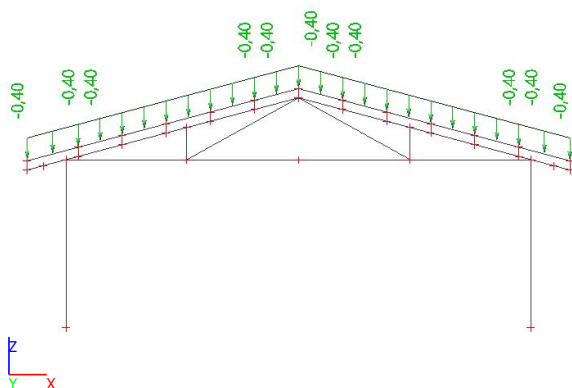
## 2.1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	střešní plášť, obvodový plášť	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS3	FVE	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS4	sníh	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS5	vítr L	Proměnné	SZ3		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS6	vítr P	Proměnné	SZ3		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				

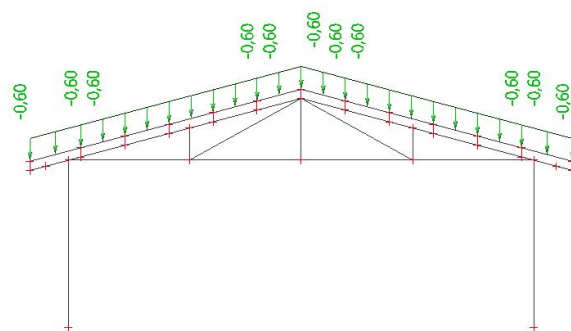
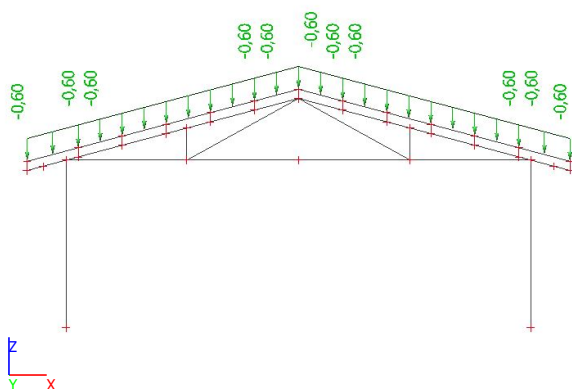
## 2.2. Skupiny zatížení

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

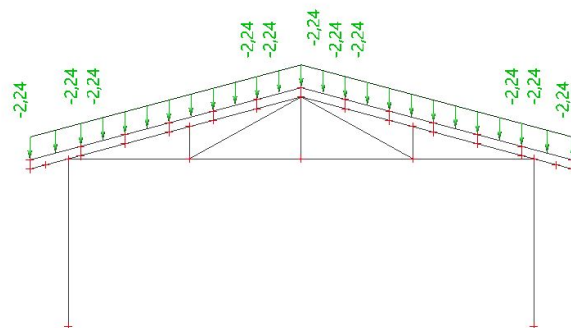
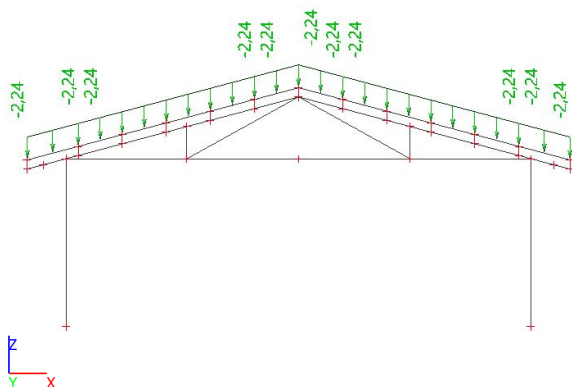
## 2.3. ZS2 / střešní plášť



## 2.4. ZS3 / FVE

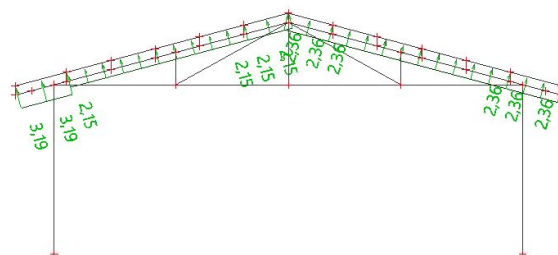
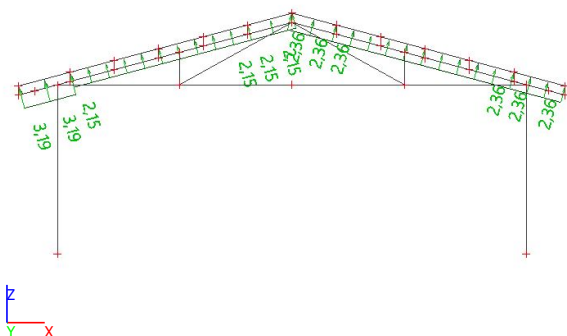


## 2.5. ZS4 / sních

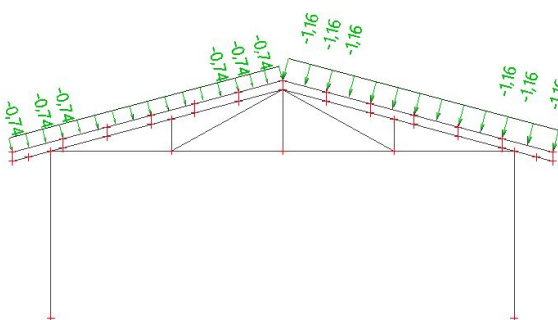
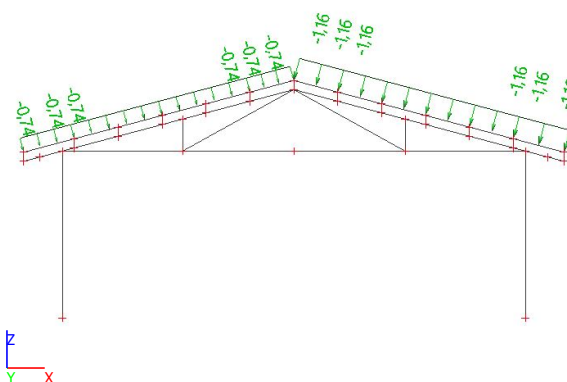




## 2.6. ZS5 / vítr L



## 2.7. ZS6 / vítr P



### 3. Vnitřní síly

#### 3.1. 3D přemístění; $U_{total}$ - varianta stávající

Hodnoty:  $U_{total}$

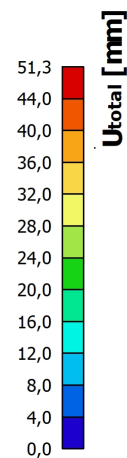
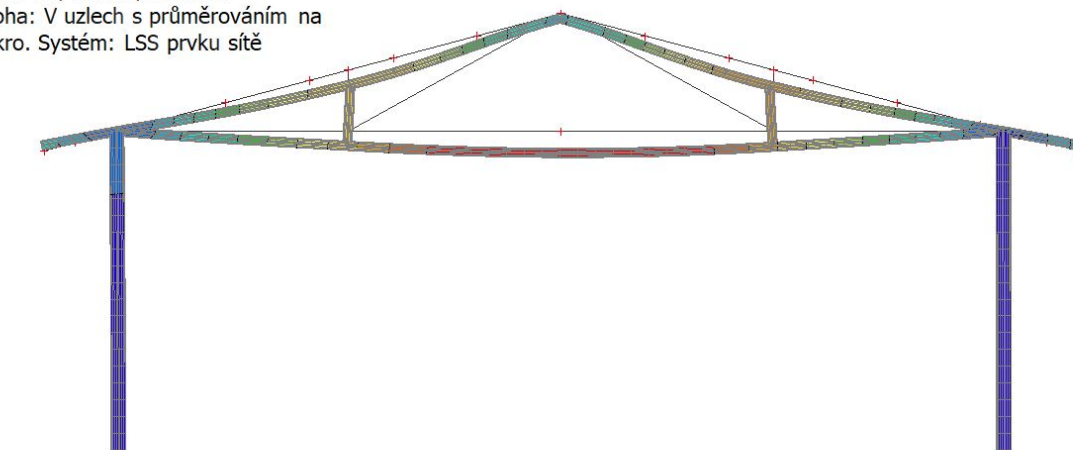
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37

Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku síť



#### 3.2. 3D přemístění; $U_{total}$ - varianta zesílená

Hodnoty:  $U_{total}$

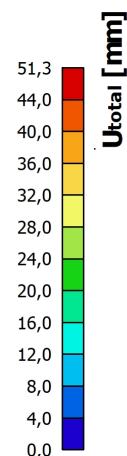
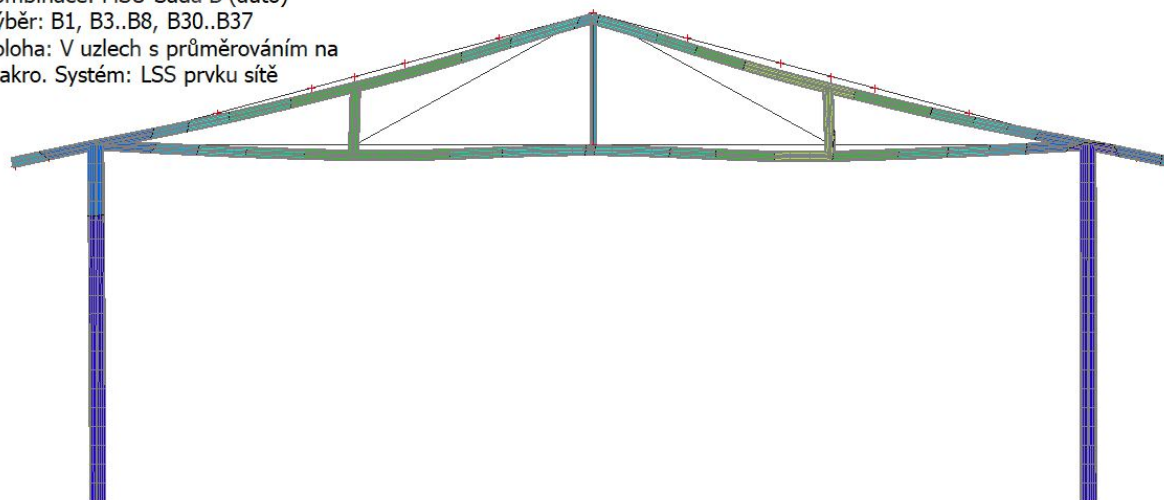
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37

Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku síť



### 3.3. 1D vnitřní síly; N - varianta stávající

Hodnoty: **N**

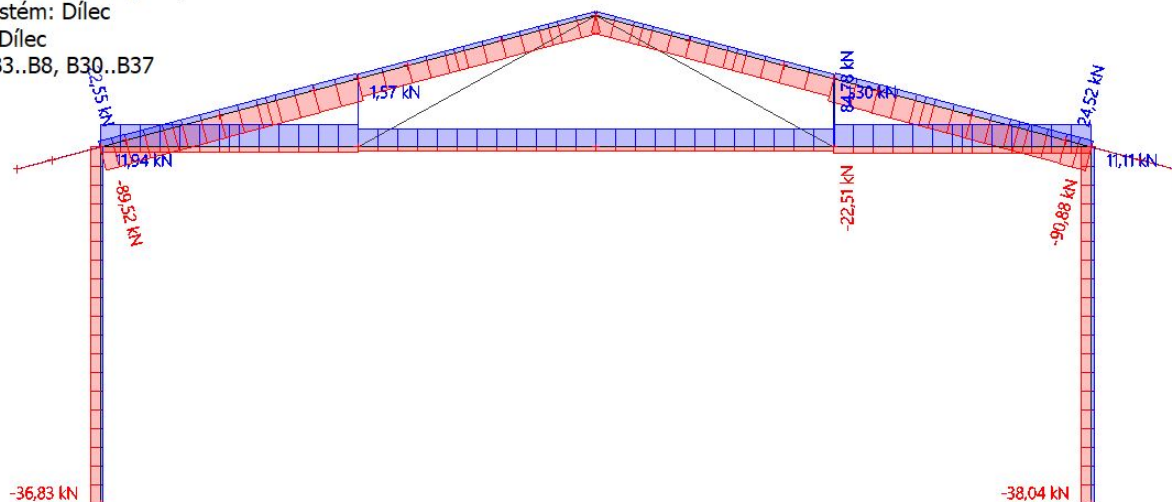
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37



### 3.4. 1D vnitřní síly; N - varianta zesílená

Hodnoty: **N**

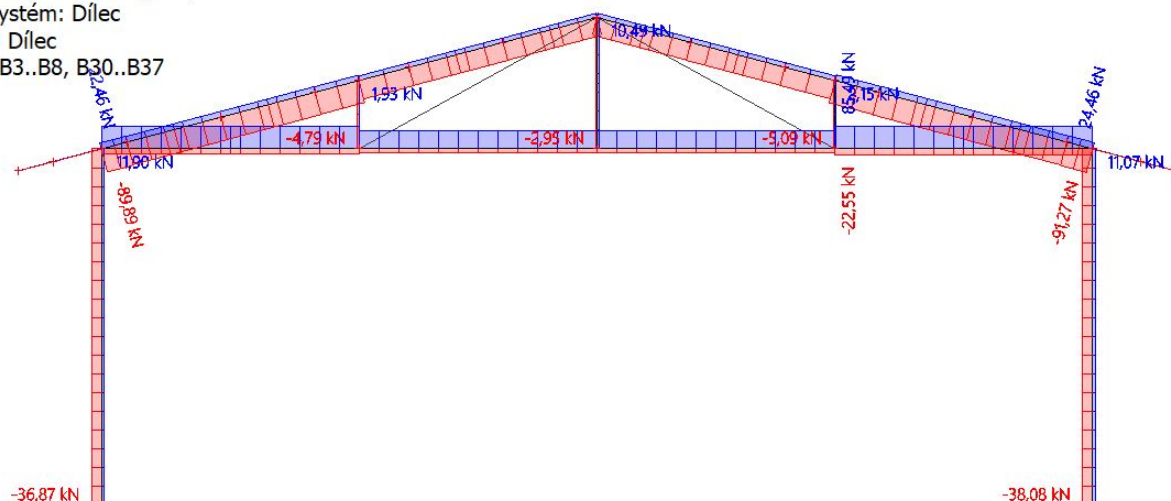
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37



## Projekt SÚS Ořechovská

### 3.5. 1D vnitřní síly; $M_y$ - varianta stávající

Hodnoty:  $M_y$

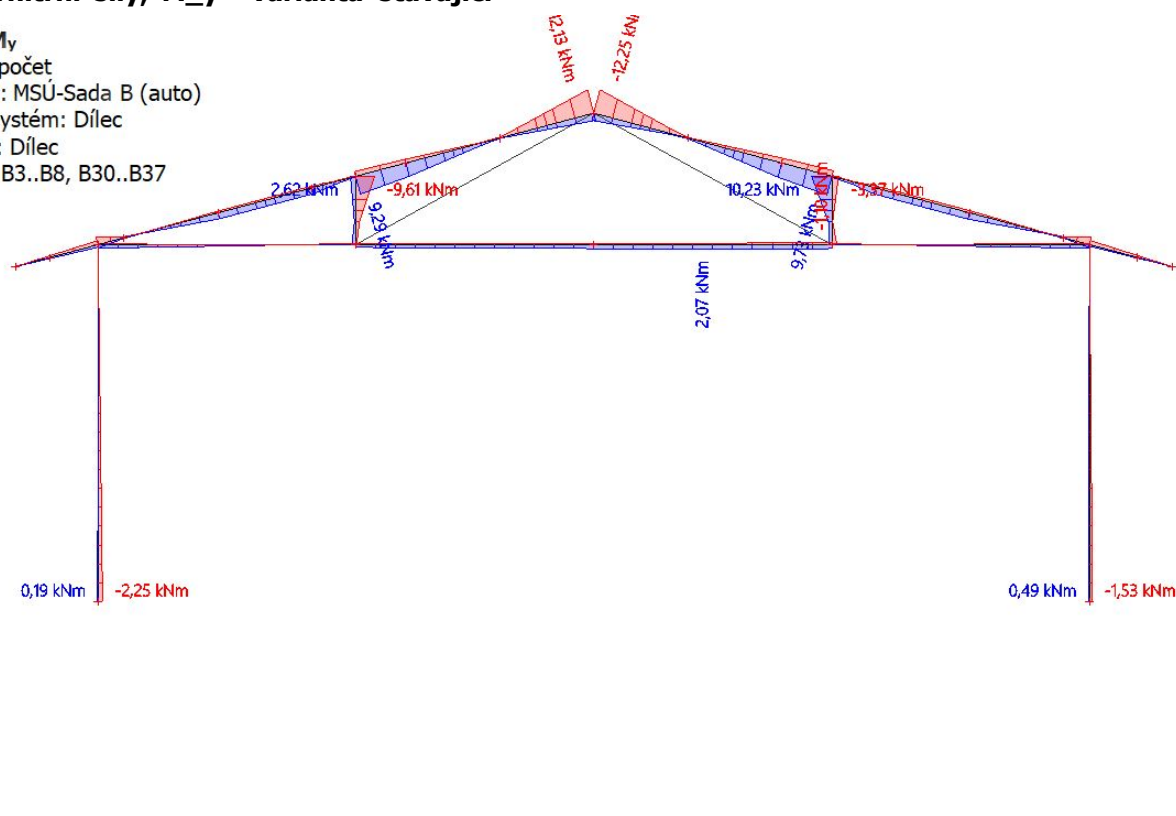
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37



### 3.6. 1D vnitřní síly; $M_y$ - varianta zesílená

Hodnoty:  $M_y$

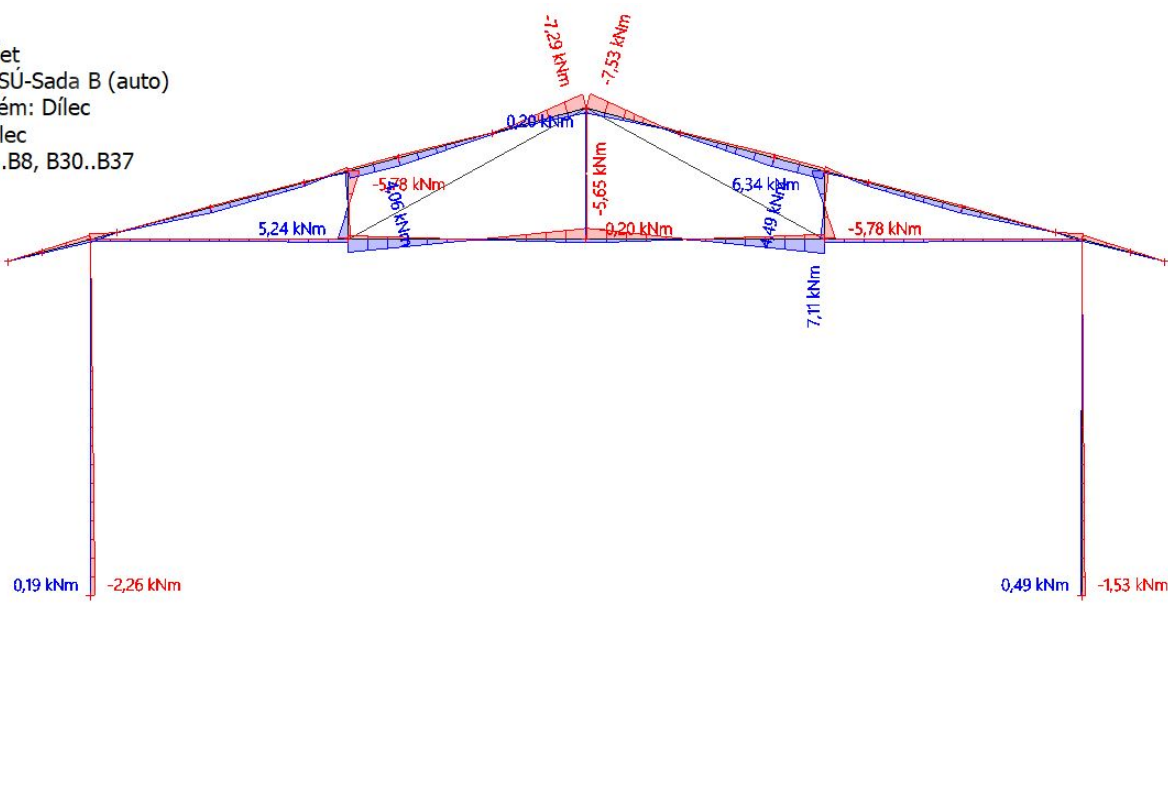
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1, B3..B8, B30..B37



## 4. Posudek ocelových prutů

### 4.1. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993; varianta stávající

Hodnoty:  $U_{C_{celkový}}$

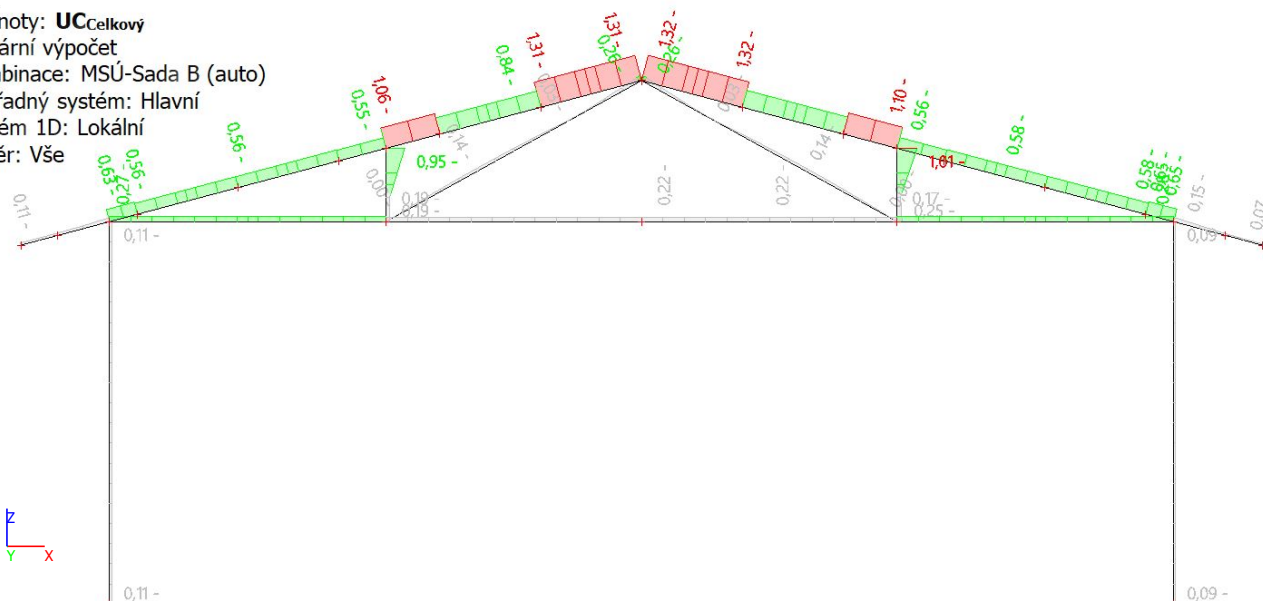
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: Vše



### 4.2. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993; varianta zesílená

Hodnoty:  $U_{C_{celkový}}$

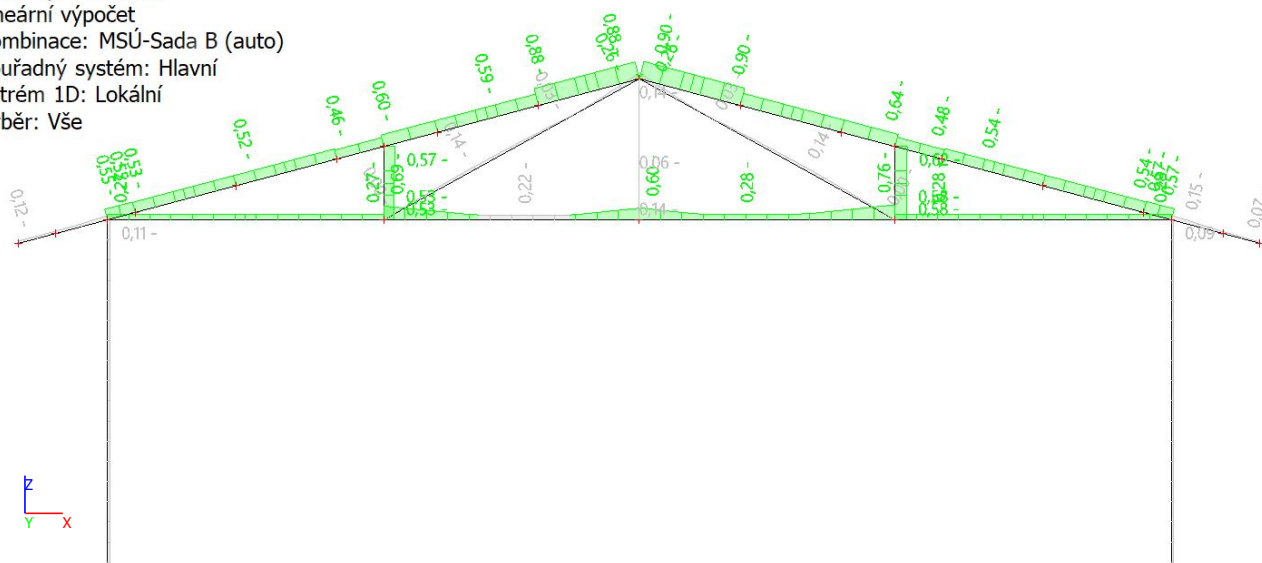
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Lokální

Výběr: Vše



## 5. Závěr

Byl proveden statický výpočet ocelové konstrukce přístřešku - skladu značek v areálu SÚS v Brně, ulice Ořechovská, pro přitížení instalací technologie FVE. Konstrukce je zatížena stálým zatížením (oplaštění, technologie FVE), sněhem a větrem: je uvažováno s polootevřenou konstrukcí, působí zde jednak vnější tlak/sání větru, jednak vnitřní přetlak/podtlak. Rozbor zatížení a interpretace výsledků jsou uvedeny v hlavní části dokumentu. Tento výpočet je nedílnou součástí statického posouzení přitížení střechy, nelze použít samostatně a k jinému než uvedenému účelu.

V Bystrovanech, 13.7.2023

vypracoval: Ing. Radek Janka