

Výpočet sil ve směru Y na jednotlivých tyčích panelů pro střední rychlost větru 30 m.s-1, směr 180 stupňů, panely sklopeny do bezpečnostní polohy

**Tlak větru (180 deg):**

Základní rychlost větru:	$v_b := 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Měrná hmotnost vzduchu:	$\rho := 1.25 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Základní dynamický tlak větru:	$q_b := \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = 562.5 \text{ Pa}$
Výška v místě účinku:	$z := 1 \text{ m}$
Výška podle kategorie terénu:	$z_0 := 0.003 \text{ m}$
Účinky orografie:	$c_{0z} := 1$
Součinitel turbulence (v ČR):	$k_I := 1$
Intenzita turbulence ve výšce z:	$I_{vz} := \frac{k_I}{c_{0z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0.17$
Součinitel terénu pro plochý ter.:	$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z}\right)^{0.07} = 0.19$
Součinitel drsnosti terénu:	$c_{rz} := k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1.1$
Střední rychlost větru ve výšce z:	$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{0z} \cdot v_b = 33.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Maximální dynamický tlak:	$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \rho \cdot v_{mz}^2 \cdot \frac{1}{2} = 1510.99 \text{ Pa}$
Součinitel tlaku v 10m 1:	$c_{pe10} := 0.3$
Součinitel tlaku v 1m 1:	$c_{pe1} := 0.3$
Součinitel tlaku v 10m 3:	$c_{3pe10} := -0.7$
Součinitel tlaku v 1m 3:	$c_{3pe1} := -1.2$
Zatěžovaný povrch:	$A_1 := 12.1$
Zatěžovaný povrch:	$A_3 := 50$
Součinitel vnějšího tlaku 1:	$c_{pe} := c_{pe1} + (c_{pe10} - c_{pe1}) \cdot \log(A_1) = 0.3$
Součinitel vnějšího tlaku 3:	$c_{3pe} := c_{3pe1} + (c_{3pe10} - c_{3pe1}) \cdot \log(A_3) = -0.35$
Tlak větru na řadě bez krytí 1:	$w_{ep} := q_p \cdot c_{pe} = 453.3 \text{ Pa}$
Tlak větru na řadách v zákrytu 1:	$w_{ec} := w_{ep} \cdot 0.6 = 271.98 \text{ Pa}$

Tlak větru na řadě bez krytí 3:  $w_{3ep} := q_p \cdot c_{3pe} = -529.62 \text{ Pa}$

### **Obecné údaje:**

Úhel síly:  $\alpha := 21.87 \text{ deg}$   
Horní souř. zatížené pl. panelu:  $r_h := 419 \text{ mm}$   
Dolní souř. zatížené pl. panelu:  $r_d := 32.6 \text{ mm}$   
Horní souř. zatížené pl. panelu 3:  $r_{h3} := 396 \text{ mm}$   
Dolní souř. zatížené pl. panelu 3:  $r_{d3} := -18 \text{ mm}$   
Délka 1 panelu:  $d_m := 330 \text{ mm}$   
Rozměr 1:  $v_1 := r_h - r_d = 386.4 \cdot \text{mm}$   
Rozměr 3:  $v_3 := r_{h3} - r_{d3} = 414 \cdot \text{mm}$

### **Řada 1:**

Počet panelů v řadě bez krytí:  $x_{p1} := 4$   
Počet panelů v řadě s krytím:  $x_{c1} := 0$   
Celkový počet panelů v řadě:  $x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 4$   
Délka panelů bez krytí:  $d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 1.32 \text{ m}$   
Délka panelů s krytím:  $d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 0$   
  
Síla od panelů bez krytí 1:  $F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 231.2 \cdot \text{N}$   
Síla od panelů v zákrytu 1:  $F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 0 \cdot \text{N}$   
Síla od panelů bez krytí 3:  $F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -289.43 \cdot \text{N}$   
  
Celková síla v y:  $F_{y1} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 503.99 \text{ N}$

### **Řada 2:**

Počet panelů v řadě bez krytí:  ~~$x_{p1} := 3$~~   
Počet panelů v řadě s krytím:  ~~$x_{c1} := 4$~~   
Celkový počet panelů v řadě:  ~~$x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 7$~~   
Délka panelů bez krytí:  ~~$d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 0.99 \text{ m}$~~

Délka panelů s krytím:	$d_{o1} := d_m \cdot x_{c1} = 1.32 \text{ m}$
Síla od panelů bez krytí 1:	$F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 173.4 \cdot \text{N}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{o1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 138.72 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -506.5 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y2} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 796.16 \text{ N}$

### **Řada 3:**

Počet panelů v řadě bez krytí:	$x_{p1} := 2$
Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{o1} := 7$
Celkový počet panelů v řadě:	$x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 9$
Délka panelů bez krytí:	$d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 0.66 \text{ m}$
Délka panelů s krytím:	$d_{o1} := d_m \cdot x_{c1} = 2.31 \text{ m}$
Síla od panelů bez krytí 1:	$F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 115.6 \cdot \text{N}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{o1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 242.76 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -651.22 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y3} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 983.79 \text{ N}$

### **Řada 4:**

Počet panelů v řadě bez krytí:	$x_{p1} := 1$
Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{o1} := 9$
Celkový počet panelů v řadě:	$x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 10$
Délka panelů bez krytí:	$d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 0.33 \text{ m}$
Délka panelů s krytím:	$d_{o1} := d_m \cdot x_{c1} = 2.97 \text{ m}$
Síla od panelů bez krytí 1:	$F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 57.8 \cdot \text{N}$

Síla od panelů v zákrytu 1:

$$F_{a1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 312.12 \cdot \text{N}$$

Síla od panelů bez krytí 3:

$$F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -723.57 \cdot \text{N}$$

Celková síla v y:

$$F_{y4} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1066.88 \text{ N}$$

#### **Řada 5:**

Počet panelů v řadě bez krytí:

$$x_{p1} := 1$$

Počet panelů v řadě s krytím:

$$x_{c1} := 10$$

Celkový počet panelů v řadě:

$$x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 11$$

Délka panelů bez krytí:

$$d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 0.33 \text{ m}$$

Délka panelů s krytím:

$$d_{a1} := d_m \cdot x_{c1} = 3.3 \text{ m}$$

Síla od panelů bez krytí 1:

$$F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 57.8 \cdot \text{N}$$

Síla od panelů v zákrytu 1:

$$F_{a1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 346.81 \cdot \text{N}$$

Síla od panelů bez krytí 3:

$$F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -795.93 \cdot \text{N}$$

Celková síla v y:

$$F_{y5} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1171.42 \text{ N}$$

#### **Řada 6:**

Počet panelů v řadě bez krytí:

$$x_{p1} := 1$$

Počet panelů v řadě s krytím:

$$x_{c1} := 11$$

Celkový počet panelů v řadě:

$$x_1 := x_{c1} + x_{p1} = 12$$

Délka panelů bez krytí:

$$d_{p1} := d_m \cdot x_{p1} = 0.33 \text{ m}$$

Délka panelů s krytím:

$$d_{a1} := d_m \cdot x_{c1} = 3.63 \text{ m}$$

Síla od panelů bez krytí 1:

$$F_{p1} := d_{p1} \cdot w_{ep} \cdot v_1 = 57.8 \cdot \text{N}$$

Síla od panelů v zákrytu 1:

$$F_{a1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 381.49 \cdot \text{N}$$

Síla od panelů bez krytí 3:

$$F_{3p1} := x_1 \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -868.29 \cdot \text{N}$$

Celková síla v y:

$$F_{y6} := F_{p1} \cdot \cos(\alpha) + F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1275.96 \text{ N}$$

### **Řada 7:**

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 12$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 3.96 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 416.17 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -868.29 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y7} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1254.5 \text{ N}$

### **Řada 8:**

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 11$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 3.63 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 381.49 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -795.93 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y8} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1149.96 \text{ N}$

### **Řada 9:**

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 10$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 3.3 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 346.81 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -723.57 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y9} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 1045.42 \text{ N}$

### **Řada 10:**

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 9$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 2.97 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 312.12 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -651.22 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y10} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 940.88 \text{ N}$

### Řada 11:

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 7$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 2.31 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 242.76 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -506.5 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y11} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 731.79 \text{ N}$

### Řada 12:

Počet panelů v řadě s krytím:	$x_{c1} := 4$
Délka panelů s krytím:	$d_{c1} := d_m \cdot x_{c1} = 1.32 \text{ m}$
Síla od panelů v zákrytu 1:	$F_{c1} := d_{c1} \cdot w_{ec} \cdot v_1 = 138.72 \cdot \text{N}$
Síla od panelů bez krytí 3:	$F_{3p1} := x_{c1} \cdot d_m \cdot w_{3ep} \cdot v_3 = -289.43 \cdot \text{N}$
Celková síla v y:	$F_{y12} := F_{c1} \cdot \cos(\alpha) - F_{3p1} = 418.17 \text{ N}$

### Výsledky:

Síly:

Z výpočtu (jedna strana trackeru):

$$\begin{aligned} F_{y1} &= 503.99 \text{ N} \\ F_{y2} &= 796.16 \text{ N} \\ F_{y3} &= 983.79 \text{ N} \\ F_{y4} &= 1066.88 \text{ N} \\ F_{y5} &= 1171.42 \text{ N} \\ F_{y6} &= 1275.96 \text{ N} \\ F_{y7} &= 1254.5 \text{ N} \\ F_{y8} &= 1149.96 \text{ N} \\ F_{y9} &= 1045.42 \text{ N} \\ F_{y10} &= 940.88 \text{ N} \\ F_{y11} &= 731.79 \text{ N} \\ F_{y12} &= 418.17 \text{ N} \end{aligned}$$

Obě strany:

$$\begin{aligned} F_{oy1} &:= F_{y1} \cdot 2 = 1007.99 \text{ N} \\ F_{oy2} &:= F_{y2} \cdot 2 = 1592.33 \text{ N} \\ F_{oy3} &:= F_{y3} \cdot 2 = 1967.58 \text{ N} \\ F_{oy4} &:= F_{y4} \cdot 2 = 2133.75 \text{ N} \\ F_{oy5} &:= F_{y5} \cdot 2 = 2342.84 \text{ N} \\ F_{oy6} &:= F_{y6} \cdot 2 = 2551.92 \text{ N} \\ F_{oy7} &:= F_{y7} \cdot 2 = 2509.01 \text{ N} \\ F_{oy8} &:= F_{y8} \cdot 2 = 2299.92 \text{ N} \\ F_{oy9} &:= F_{y9} \cdot 2 = 2090.84 \text{ N} \\ F_{oy10} &:= F_{y10} \cdot 2 = 1881.76 \text{ N} \\ F_{oy11} &:= F_{y11} \cdot 2 = 1463.59 \text{ N} \\ F_{oy12} &:= F_{y12} \cdot 2 = 836.34 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_y := F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + F_{y4} + F_{y5} + F_{y6} + F_{y7} + F_{y8} + F_{y9} + F_{y10} + F_{y11} + F_{y12} = 11.34 \cdot \text{kN}$$

$$F_{oy} := F_y \cdot 2 = 22.68 \cdot \text{kN}$$

Hmotnost talíře s panely:  $m_t := 1500 \text{kg}$

Gravitační síla talíře:  $F_g := m_t \cdot g = 14.71 \cdot \text{kN}$

Rozdílová síla:  $F_r := F_{oy} - F_g = 7.97 \cdot \text{kN}$

Počet vnějších chytů:  $i_{vch} := 20$

Síla na jeden chyt:  $F_{lch} := \frac{F_r}{i_{vch}} = 398.39 \text{ N}$