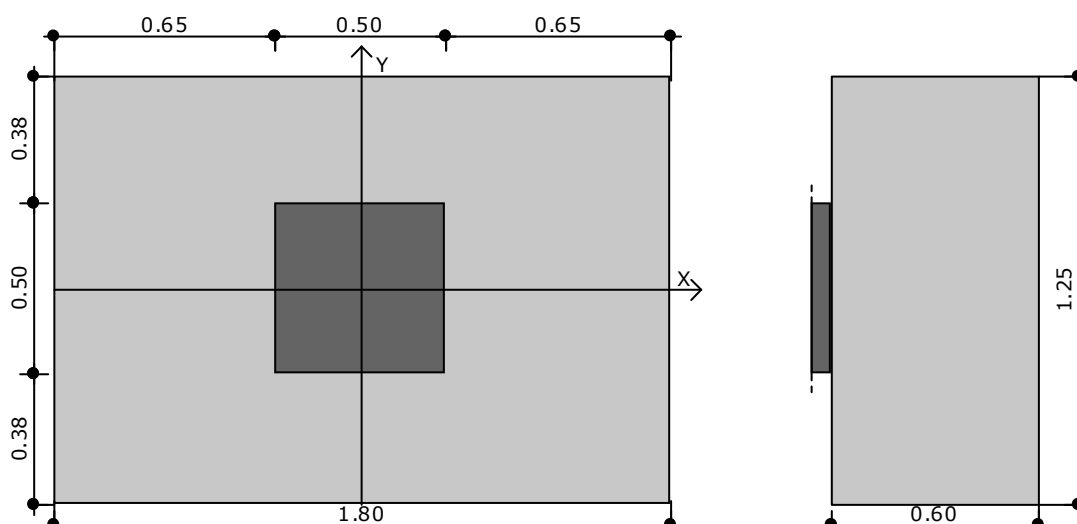


## Geometria

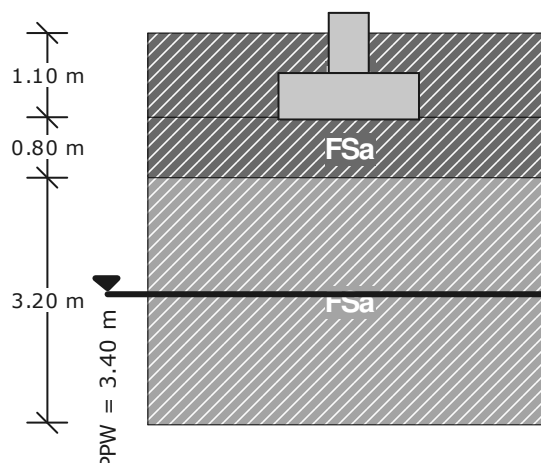
Szerokość stopy B	[m]	1.25
Długość stopy L	[m]	1.80
Wysokość stopy $H_f$	[m]	0.60
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.50
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.50
Mimośród $e_x$	[m]	0.00
Mimośród $e_y$	[m]	0.00



## Materialy

Klasa betonu		C25/30
Ciężar objętościowy betonu	[kN/m <sup>3</sup> ]	25.0
Ciężar zasypki	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.0
Czas realizacji budynku		poniżej roku
Element prefabrykowany		Nie
Granica plastyczności stali ( $f_{yk}$ )	[MPa]	500
Średnica zbrojenia	[mm]	12.00
Grubość otuliny	[mm]	50.00

## Warunki gruntowe



### Legenda:

Warstwa - numer porządkowy warstwy  
 Nazwa - nazwa warstwy gruntu  
 Miąższość - miąższość warstwy  
 $\gamma$  - ciężar właściwy  
 $\phi'$  - efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntu  
 $C'$  - spójność efektywna gruntu  
 $C_u$  - wytrzymałość na ścinanie  
 $M$  - moduł sprężystości  
 $M_o$  - moduł sprężystości pierwotnej

Warstwa	Nazwa gruntu	Miąższość [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$C'$ [kPa]	$C_u$ [kPa]	$M_o$ [kPa]	$M$ [kPa]
1	Piasek drobny (FSa)	1.9	15.3	26.7	0.0	0.0	46611.0	58264.0
2	Piasek drobny (FSa)	3.2	15.8	27.6	0.0	0.0	67912.0	84890.0

Głębokość posadowienia	[m]	1.1
Poziom wody gruntowej	[m]	3.4
Ciężar zasypki	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.0

## Kompletny zestaw obciążeń (ULS/SLS)

### Zestaw nr 1:

Nazwa	V [kN]	$M_B$ [kNm]	$M_L$ [kNm]	$H_B$ [kN]	$H_L$ [kN]
ULS	43.33	8.90	33.90	8.05	19.10
SLS	41.80	8.90	33.90	8.05	19.10

### Zestaw nr 2:

Nazwa	V [kN]	$M_B$ [kNm]	$M_L$ [kNm]	$H_B$ [kN]	$H_L$ [kN]
ULS	43.33	-8.90	-33.90	-8.05	-19.10
SLS	41.80	-8.90	-33.90	-8.06	-19.10

## Stan graniczny nośności (GEO)

Podejście obliczeniowe DA2

$$\gamma_{G, \text{niekorzystne}} = 1.35, \gamma_o = 1.50$$

$\gamma_R = 1,4$  - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na wyparcie

$\gamma_{R, h} = 1,1$  - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na ścięciu gruntu pod fundamentem

Głębokość posadowienia  $h_f = 1.10 \text{ m}$

## Schemat nr 1

### SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

#### Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{f,k} = V_f \cdot (\gamma_f - \gamma_w) = 1.35 \cdot (25.00 - 9.81) = 20.5 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 18.00 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_d + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{f,k} + G_k) = 43.33 + 1.35 \cdot (20.51 + 18.00) = 95.31 \text{ [kN]}$$

Obciążenia przekazywane na podłoże (charakterystyczne, wartości momentów bez uwzględnienia nieosiowego działania siły pionowej):

$$V_k = N_k + G_{f,k} + G_k = 41.80 + 20.51 + 18.00 = 80.31 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OB,k} + H_{Bk} \cdot h = 8.90 + 8.05 \cdot 0.60 = 13.73 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OL,k} + H_{Lk} \cdot h = 33.90 + 19.10 \cdot 0.60 = 45.36 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{8.05^2 + 19.10^2} = 20.73 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{13.73 + 0.00 \cdot 41.80}{80.31} = 0.17 < 0.3 \quad \cdot B = 0.38 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{45.36 + 0.00 \cdot 41.80}{80.31} = 0.56 < 0.3 \quad \cdot L = 0.54 \text{ [m]}$$

Warunek niespełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1.25 - 2 \cdot 0.17 = 0.91 [m]$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 1.80 - 2 \cdot 0.56 = 0.67 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 0.91 \cdot 0.67 = 0.61 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$= 0.00 \cdot 23.42 \cdot 1.00 \cdot 1.66 \cdot 0.60 + 16.83 \cdot 12.78 \cdot 1.00 \cdot 1.61 \cdot 0.63 + 0.5 \cdot 15.30 \cdot 0.91 \cdot 11.85 \cdot 1.00 \cdot 0.59 \cdot 0.47 = 240.43 [kPa]$$

q - napężenie w gruncie (obok fundamentu) w poziomie posadowienia (całkowite)

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{146.35}{1.40} = 104.54 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 95.31 < R_d = 104.54 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

#### SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIĘCIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

$$H < R_d + R_{p,d}$$

gdzie:

H<sub>d</sub> - wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,

R<sub>d</sub> - opór graniczny podłoża pod fundamentem na ścięcie,

R<sub>p,d</sub> - opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

#### Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left( \frac{\gamma'_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{R,h}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left( \frac{80.31 \cdot 0.50}{1.10}; 0.4 \cdot 95.31 \right) = 34.66 [kN]$$

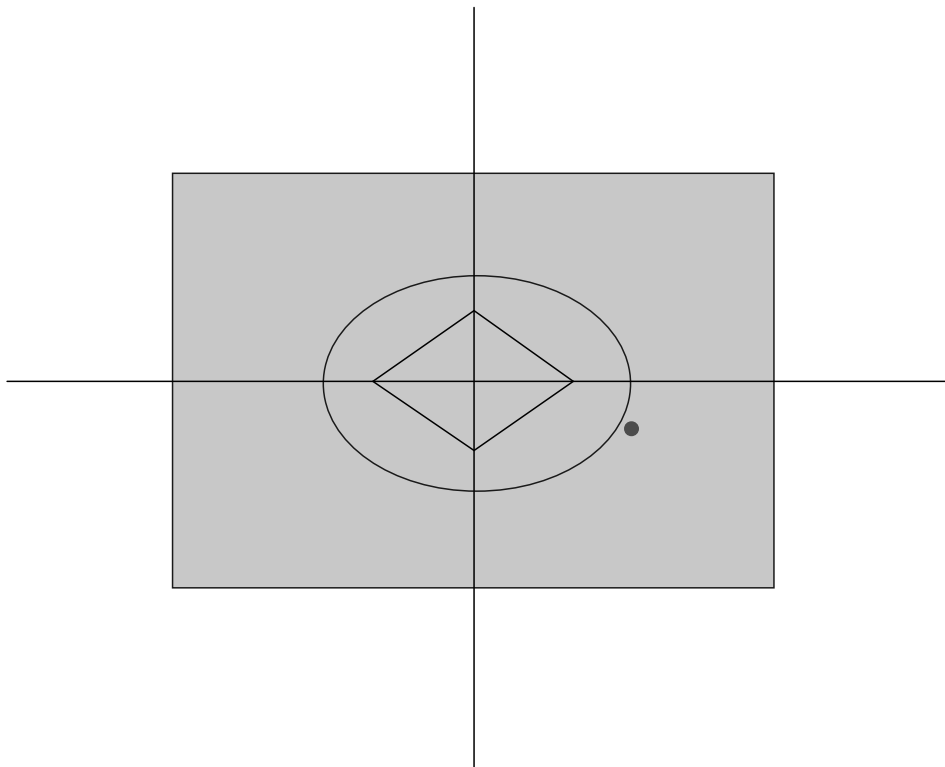
$$H_d = 20.73 < R_d = 34.66 [kN]$$

Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

Poziom spr.	Nawodniona	Warunki z odpływem		Warunki bez odpływu	
		Ed/Rd (H)	Ed/Rd (V)	Ed/Rd (H)	Ed/Rd (V)
1.90	NIE	0.387	0.324	–	–

Położenie wypadkowej sił:



Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$$\gamma_{G, dst} = 1.10$$

$$\gamma_{G, stb} = 0.90$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1.50$$

$$M_{B, dst} = 13.73 < M_{B, stb} = 50.01 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 45.36 < M_{L, stb} = 72.01 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

## Schemat nr 2

### SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

#### Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{f,k} = V_f \cdot (\gamma_f - \gamma_w) = 1.35 \cdot (25.00 - 9.81) = 20.5 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 18.00 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_d + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{f,k} + G_k) = 43.33 + 1.35 \cdot (20.51 + 18.00) = 95.31 \text{ [kN]}$$

Obciążenia przekazywane na podłoże (charakterystyczne, wartości momentów bez uwzględnienia nieosiowego działania siły pionowej):

$$V_k = N_k + G_{f,k} + G_k = 41.80 + 20.51 + 18.00 = 80.31 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OBk} + H_{Bk} \cdot h = (-8.90) + (-8.06) \cdot 0.60 = -13.73 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OLk} + H_{Lk} \cdot h = (-33.90) + (-19.10) \cdot 0.60 = -45.36 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{(-8.06)^2 + (-19.10)^2} = 20.73 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{(-13.73) + 0.00 \cdot 41.80}{80.31} = |-0.17| < 0.3 \quad B = 0.38 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{(-45.36) + 0.00 \cdot 41.80}{80.31} = |-0.56| < 0.3 \quad L = 0.54 \text{ [m]}$$

Warunek niespełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1.25 - 2 \cdot 0.17 = 0.91 \text{ [m]}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 1.80 - 2 \cdot 0.56 = 0.67 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 0.91 \cdot 0.67 = 0.61 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$= 0.00 \cdot 23.42 \cdot 1.00 \cdot 1.66 \cdot 0.60 + 16.83 \cdot 12.78 \cdot 1.00 \cdot 1.61 \cdot 0.63 + 0.5 \cdot 15.30 \cdot 0.91 \cdot 11.85 \cdot 1.00 \cdot 0.59 \cdot 0.47 = 240.41 [kPa]$$

q - naprężenie w gruncie (obok fundamentu) w poziomie posadowienia (całkowite)

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{146.32}{1.40} = 104.52 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 95.31 < R_d = 104.52 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

#### SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIĘCIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

$$H < R_d + R_{p,d}$$

gdzie:

H<sub>d</sub> - wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,

R<sub>d</sub> - opór graniczny podłoża pod fundamentem na ścięcie,

R<sub>p,d</sub> - opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

#### Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left( \frac{V'_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{R,h}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left( \frac{80.31 \cdot 0.50}{1.10}; 0.4 \cdot 95.31 \right) = 34.66 [kN]$$

$$H_d = 20.73 < R_d = 34.66 [kN]$$

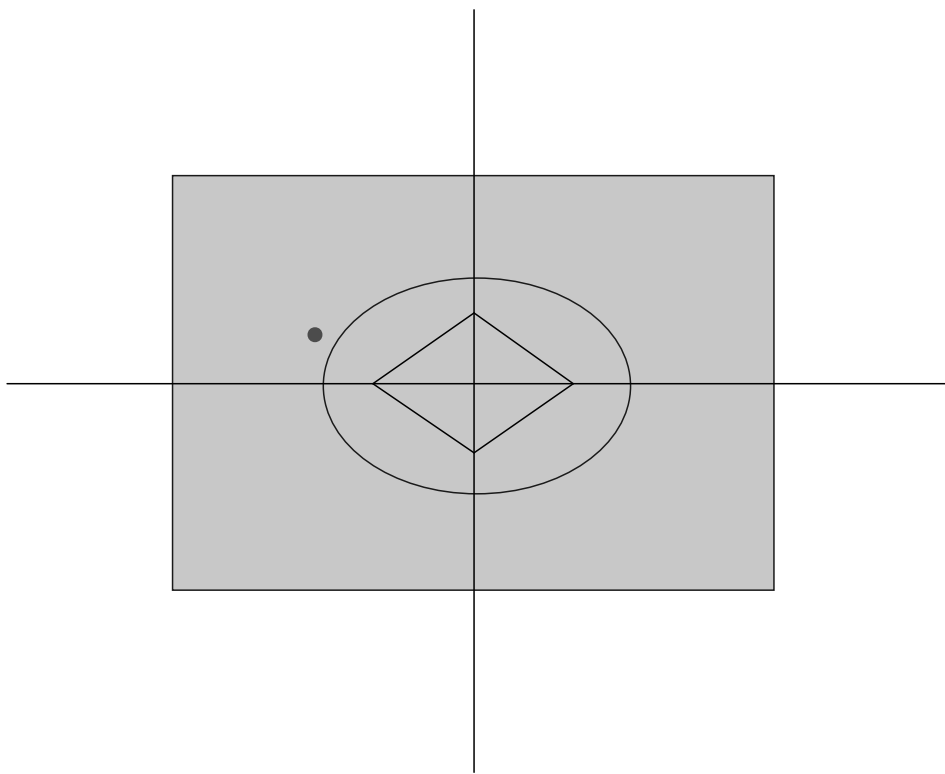
Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

Poziom spr.	Nawodniona	Warunki z odpływem Ed/Rd (H) Ed/Rd (V)	Warunki bez odpływu Ed/Rd (H) Ed/Rd (V)
-------------	------------	---	--

1.90	NIE	0.387	0.324	-	-
------	-----	-------	-------	---	---

**Położenie wypadkowej sił:**



**Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):**

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$$\gamma_{G, dst} = 1.10$$

$$\gamma_{G, stb} = 0.90$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1.50$$

$$M_{B, dst} = 13.73 < M_{B, stb} = 50.01 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 45.36 < M_{L, stb} = 72.01 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

**Sprawdzenie przebiecia fundamentu:**

Wymiary obwodu kontrolnego:



$$b_L = 2.68[m]$$

$$b_B = 2.68[m]$$

Nośność na przebicie spełniona, obwód krytyczny poza stopą.

### Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 1

$$A_y = 1.26 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_x = 1.81 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 2

$$A_y = 1.26 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_x = 1.81 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi:  $A_k = 7.34 \text{ cm}^2/\text{mb}$

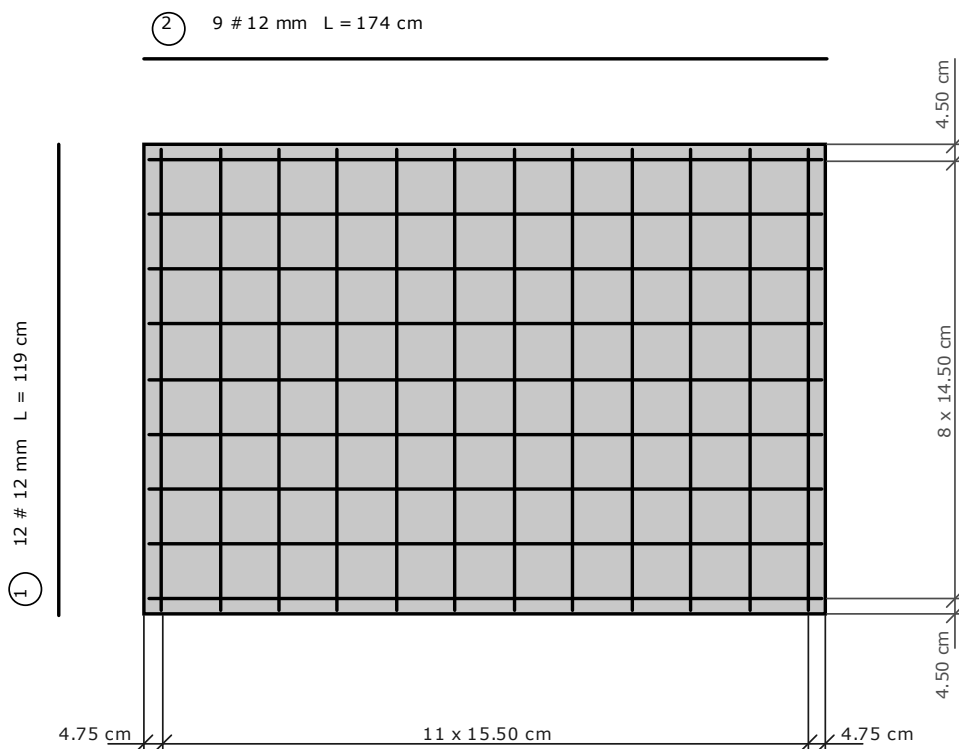
W kierunku y (B) przyjęto  $f_i = 12.0 \text{ mm}$  w rozstawie  $s_1 = 15.8 \text{ cm}$

$$A_{s1} = 7.54 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

W kierunku x (L) przyjęto  $f_i = 12.0 \text{ mm}$  w rozstawie  $s_2 = 14.9 \text{ cm}$

$$A_{s2} = 8.14 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

### **Rozkład prętów fundamentcie**



Nr pręta	Ilość	Długość pręta [cm]	Długość całkowita [m]
1	12	119	14.28
2	9	174	15.66

Średnica	[mm]	12.0
Granica plastyczności stali	[MPa]	500
Masa jednostkowa	[kg/m]	0.888
Długość ogółem	[m]	29.94
Masa ogółem	[kg]	26.6

### Osiadanie fundamentu

Schemat nr 1

Osiadania pierwotne = 0.051 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.051 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00062

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = -0.00030

Przechyłka = 0.00069 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\beta} = 0.2 \cdot 49.61 = 9.92 \sigma_{sd} = 8.87 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 3.20 m

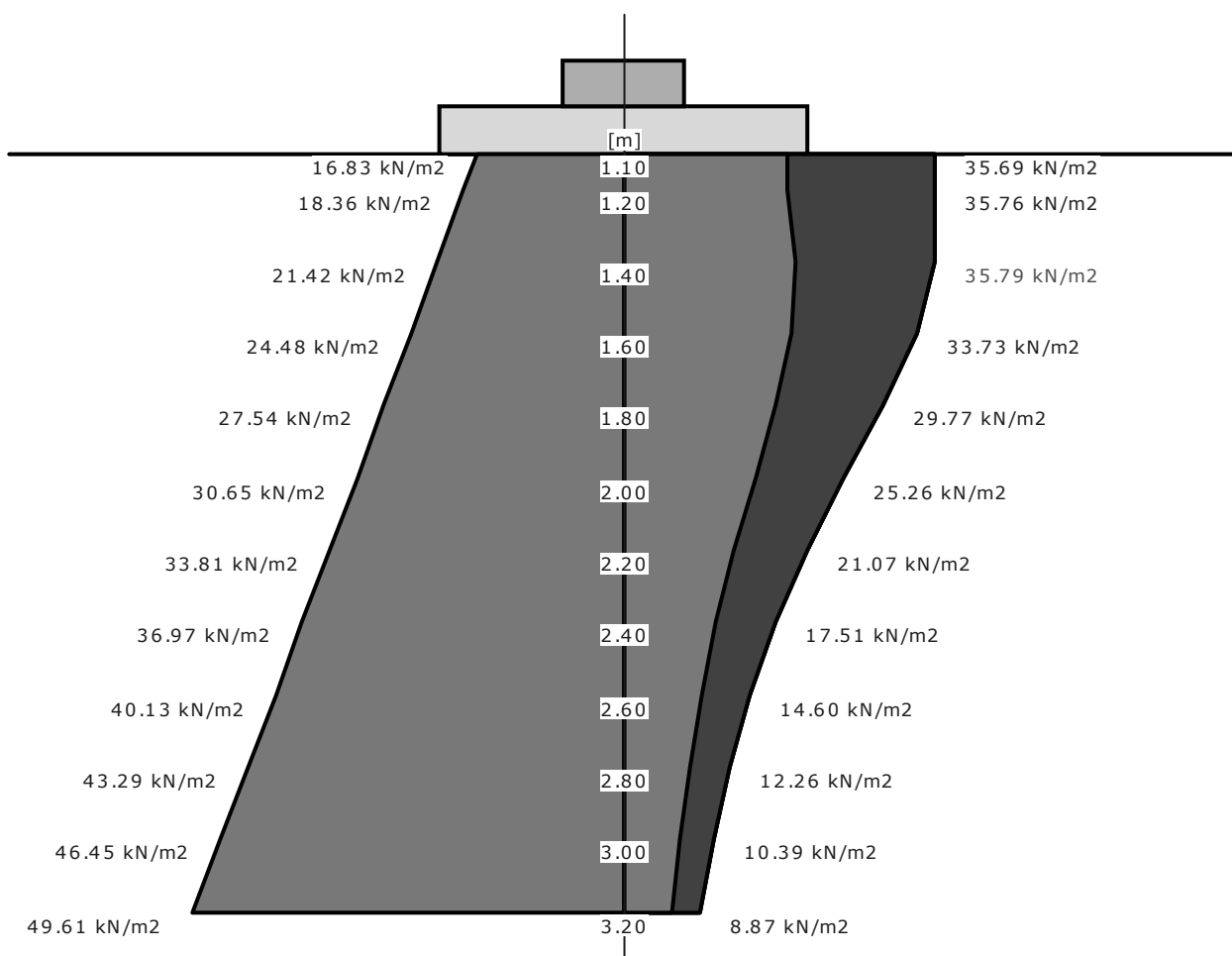


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	$\rho_{zR}$ [kN/m²]	$\rho_{zs}$ [kN/m²]	$\rho_{zD}$ [kN/m²]	Suma = $\rho_{zs} + \rho_{zD} + \rho_{zDsila} + \rho_{zDfund}$
0	1.10	16.83	16.83	18.86	35.69
1	1.20	18.36	16.80	18.96	35.76
2	1.40	21.42	16.08	19.70	35.79
3	1.60	24.48	14.39	19.33	33.73
4	1.80	27.54	12.25	17.53	29.77
5	2.00	30.65	10.12	15.14	25.26
6	2.20	33.81	8.28	12.78	21.07
7	2.40	36.97	6.80	10.71	17.51
8	2.60	40.13	5.62	8.98	14.60
9	2.80	43.29	4.69	7.57	12.26
10	3.00	46.45	3.95	6.43	10.39
11	3.20	49.61	3.36	5.51	8.87

Schemat nr 2

Osiadania pierwotne = 0.051 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.051 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = -0.00062

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00030

Przechyłka = 0.00069 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\rho} = 0.2 \cdot 49.61 = 9.922 \sigma_{sd} = 8.87 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 3.20 m

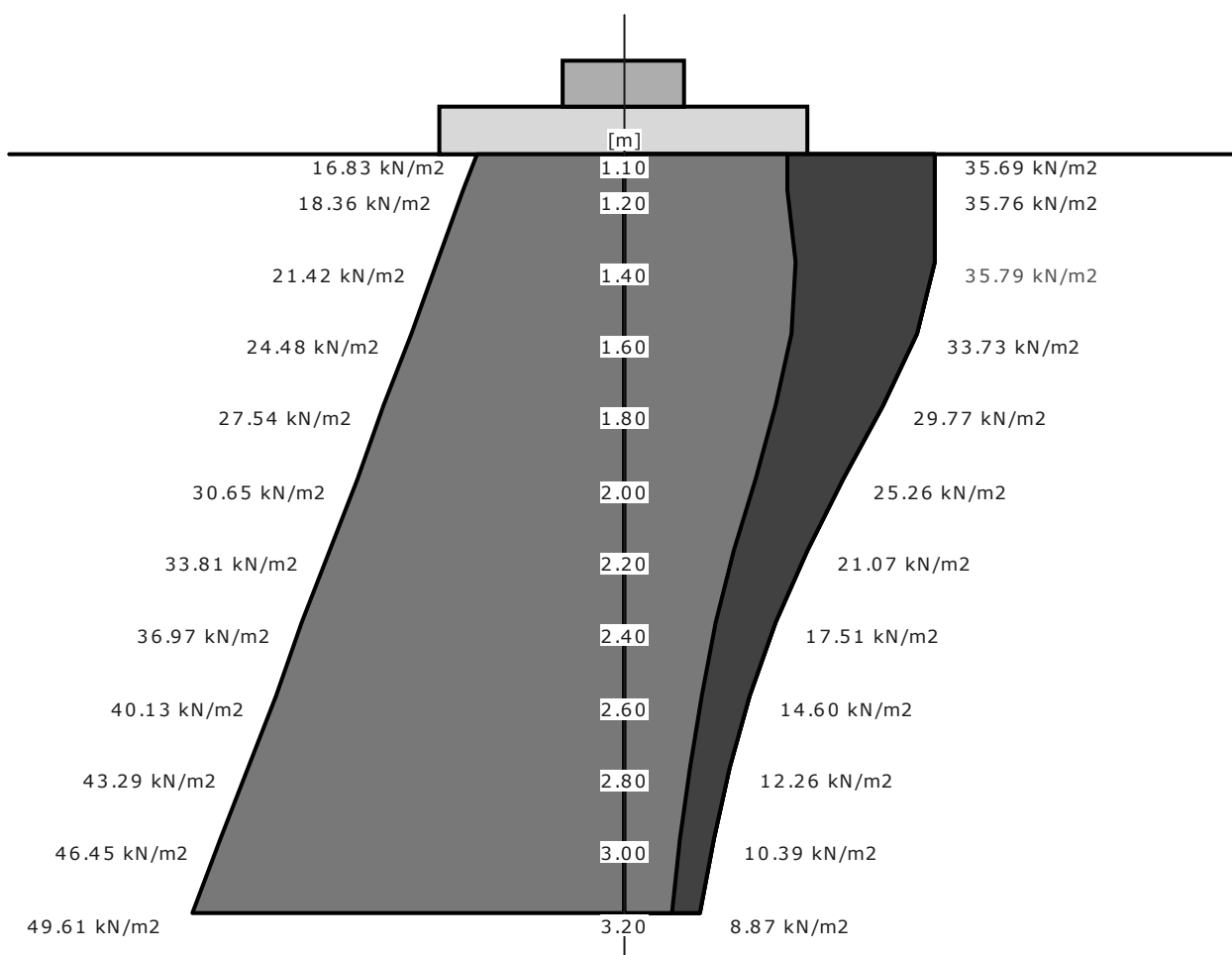


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	$\rho_{zR}$ [kN/m²]	$\rho_{zS}$ [kN/m²]	$\rho_{zD}$ [kN/m²]	Suma = $\rho_{zS} + \rho_{zD} + \rho_{zD_{sila}} + \rho_{zD_{fund}}$
0	1.10	16.83	16.83	18.86	35.69
1	1.20	18.36	16.80	18.96	35.76
2	1.40	21.42	16.08	19.70	35.79
3	1.60	24.48	14.39	19.33	33.73
4	1.80	27.54	12.25	17.53	29.77
5	2.00	30.65	10.12	15.15	25.26
6	2.20	33.81	8.28	12.78	21.07
7	2.40	36.97	6.80	10.71	17.51
8	2.60	40.13	5.62	8.98	14.60
9	2.80	43.29	4.69	7.57	12.26
10	3.00	46.45	3.95	6.43	10.39
11	3.20	49.61	3.36	5.51	8.87

Legenda:

H [m]	głębokość liczona od poziomemu terenu
$\rho_{zR}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	naprężenia pierwotne
$\rho_{zS}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	naprężenia wtórne
$\rho_{zD}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	naprężenia dodatkowe