



## Analiza stateczności zbocza

### Dane wejściowe

#### Projekt

Data : 20.11.2015

#### Ustawienia

(definiowanie dla bieżącego zadania)

#### Analiza stateczności

Obliczenia wpływu obciążeń sejsmicznych : Standard

Metodyka obliczeń : Współczynniki bezpieczeństwa

#### Współczynniki bezpieczeństwa Trwała sytuacja obliczeniowa

Współczynnik bezpieczeństwa :  $SF_s = 1,50$  [-]


#### Warstwa

Nr	Lokalizacja warstwy	Współrzędne punktów warstwy [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20,00	115,32	0,00	115,32	7,89	115,20
		11,54	116,85	17,20	117,99	17,25	118,00
		17,25	119,00	19,00	119,00	20,00	122,98
		21,50	122,98	26,50	122,98	29,80	124,92
		32,39	125,92	36,16	127,92	38,69	128,51
		41,22	128,69	50,00	128,75	70,00	128,75
2		17,20	117,99	21,50	117,90	21,50	120,02
		21,50	122,98				
3		21,50	120,02	36,18	120,75	53,99	121,70
		70,00	122,34				
4		-20,00	105,06	-3,99	104,21	24,73	103,26
		49,75	104,63	70,00	105,48		




#### Parametry gruntów - naprężenia efektywne

Nr	Nazwa	Szrafura	$\Phi_{ef}$ [°]	$C_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Soil No. 1		21,00	12,00	20,00
2	Soil No. 2		26,50	16,00	18,00



Nr	Nazwa	Szrafura	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
3	Soil No. 3		40,00	50,00	19,00

### Parametry gruntów - wypór

Nr	Nazwa	Szrafura	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Soil No. 1		22,00		
2	Soil No. 2		18,00		
3	Soil No. 3		22,00		

### Parametry gruntu

#### Soil No. 1

Ciężar objętościowy :  $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$   
Stan naprężeń : efektywne  
Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 21,00^\circ$   
Spójność gruntu :  $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$   
Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

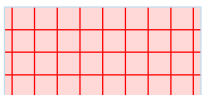
#### Soil No. 2

Ciężar objętościowy :  $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$   
Stan naprężeń : efektywne  
Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 26,50^\circ$   
Spójność gruntu :  $c_{ef} = 16,00 \text{ kPa}$   
Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

#### Soil No. 3

Ciężar objętościowy :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$   
Stan naprężeń : efektywne  
Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$   
Spójność gruntu :  $c_{ef} = 50,00 \text{ kPa}$   
Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

### Elementy sztywne

Nr	Nazwa	Szrafura	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Rigid body No. 1		25,00



### Przyporządkowanie i powierzchnie

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
1		36,18	120,75	53,99	121,70	Soil No. 1 
		70,00	122,34	70,00	128,75	
		50,00	128,75	41,22	128,69	
		38,69	128,51	36,16	127,92	
		32,39	125,92	29,80	124,92	
		26,50	122,98	21,50	122,98	
		21,50	120,02			
2		21,50	117,90	21,50	120,02	Rigid body No. 1 
		21,50	122,98	20,00	122,98	
		19,00	119,00	17,25	119,00	
		17,25	118,00	17,20	117,99	
3		-3,99	104,21	24,73	103,26	Soil No. 2 
		49,75	104,63	70,00	105,48	
		70,00	122,34	53,99	121,70	
		36,18	120,75	21,50	120,02	
		21,50	117,90	17,20	117,99	
		11,54	116,85	7,89	115,20	
		0,00	115,32	-20,00	115,32	
4		49,75	104,63	24,73	103,26	Soil No. 3 
		-3,99	104,21	-20,00	105,06	
		-20,00	93,26	70,00	93,26	
		70,00	105,48			

### Obciążenie

Nr	Rodzaj	Oddziaływanie	Lokalizacja z [m]	Początek x [m]	Długość l [m]	Szerokość b [m]	Nachylenie $\alpha$ [°]	Wartość	
								q, q <sub>1</sub> , f, F	q <sub>2</sub> jednostka
1	pasmowe	stałe	na powierzchni	x = 22,40	l = 3,50		0,00	12,00	kN/m <sup>2</sup>

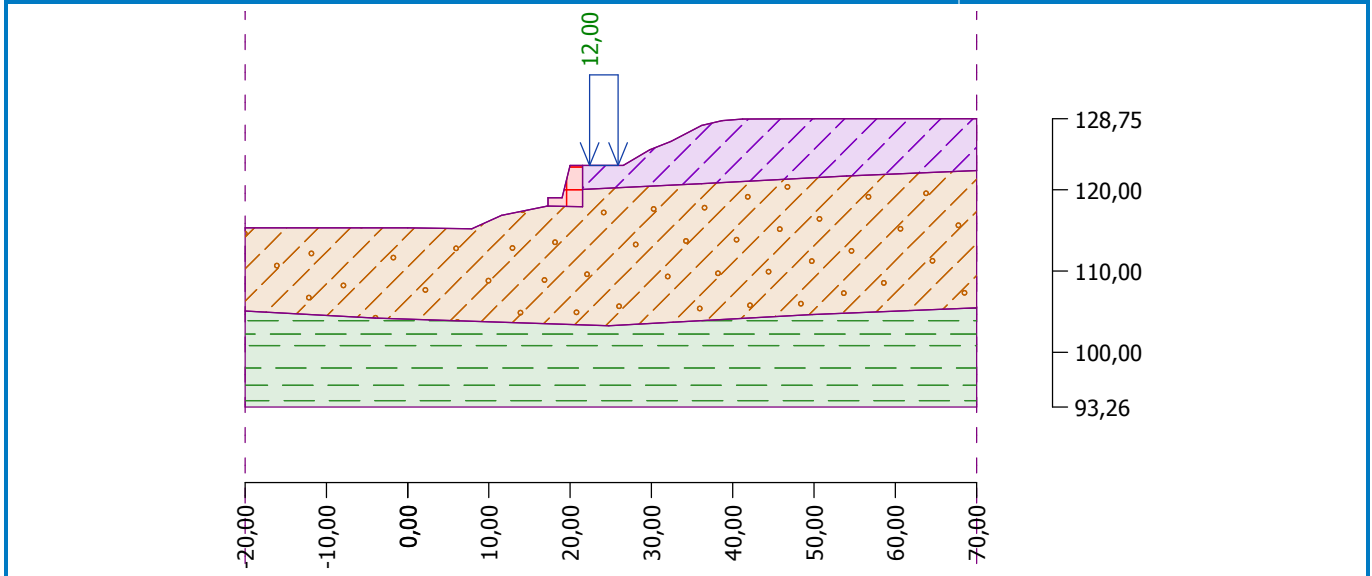
### Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Surcharge No. 1



**Nazwa : Obciążenie**

**Faza : 1**



**Woda**

Rodzaj wody : Brak wody

**Spękanie tensyjne**

Spękanie tensyjne nie zostało zdefiniowane.

**Obciążenie sejsmiczne**

Nie uwzględniono obciążeń sejsmicznych.

**Ustawienia obliczeń fazy**

Sytuacja obliczeniowa : trwała

**Wyniki (Faza budowy 1)**

**Obliczenie 1 (faza 1)**

**Kołowa powierzchnia poślizgu**

Parametry powierzchni poślizgu					
Środek :	x =	11,89 [m]	Kąty :	$\alpha_1 =$	-5,91 [°]
	z =	153,34 [m]		$\alpha_2 =$	49,96 [°]
Promień :	R =	38,32 [m]			
Powierzchnia poślizgu po optymalizacji.					

**Analiza stateczności zbocza (Bishop)**

Suma sił aktywnych :  $F_a = 945,71$  kN/m

Suma sił biernych :  $F_p = 1703,57$  kN/m

Moment przesuwający :  $M_a = 36239,76$  kNm/m

Moment utrzymujący :  $M_p = 65280,65$  kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,80 > 1,50

**Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA**

**Obliczenie 2 (faza 1)**

**Kołowa powierzchnia poślizgu**

Parametry powierzchni poślizgu					
Środek :	x =	11,89 [m]	Kąty :	$\alpha_1 =$	-5,91 [°]
	z =	153,34 [m]		$\alpha_2 =$	49,96 [°]
Promień :	R =	38,32 [m]			
Analiza bez optymalizacji powierzchni poślizgu.					

### Analiza stateczności zbocza (wszystkie metody)

Bishop :	FS = 1,80 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
Fellenius / Petterson :	FS = 1,74 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
Spencer :	FS = 1,81 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
Janbu :	FS = 1,81 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
Morgenstern-Price :	FS = 1,81 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
Shachunyanc :	FS = 1,74 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
ITFM :	FS = 1,82 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>
ITFM rozwiązanie formalne :	FS = 1,88 > 1,50	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA</b>

### Dane wejściowe (Faza budowy 2)

#### Wykop

Nr	Lokalizacja wykopu	Współrzędne punktów wykopu [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		41,00	128,67	41,50	127,50	53,00	127,50
		54,00	128,75				

#### Przyporządkowanie i powierzchnie

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
1		36,18	120,75	53,99	121,70	Soil No. 1 
		70,00	122,34	70,00	128,75	
		54,00	128,75	53,00	127,50	
		41,50	127,50	41,00	128,67	
		38,69	128,51	36,16	127,92	
		32,39	125,92	29,80	124,92	
		26,50	122,98	21,50	122,98	
2		21,50	117,90	21,50	120,02	Rigid body No. 1 
		21,50	122,98	20,00	122,98	
		19,00	119,00	17,25	119,00	
		17,25	118,00	17,20	117,99	
3		-3,99	104,21	24,73	103,26	Soil No. 2 
		49,75	104,63	70,00	105,48	
		70,00	122,34	53,99	121,70	
		36,18	120,75	21,50	120,02	
		21,50	117,90	17,20	117,99	
		11,54	116,85	7,89	115,20	
		0,00	115,32	-20,00	115,32	
4		49,75	104,63	24,73	103,26	Soil No. 3 
		-3,99	104,21	-20,00	105,06	
		-20,00	93,26	70,00	93,26	
		70,00	105,48			

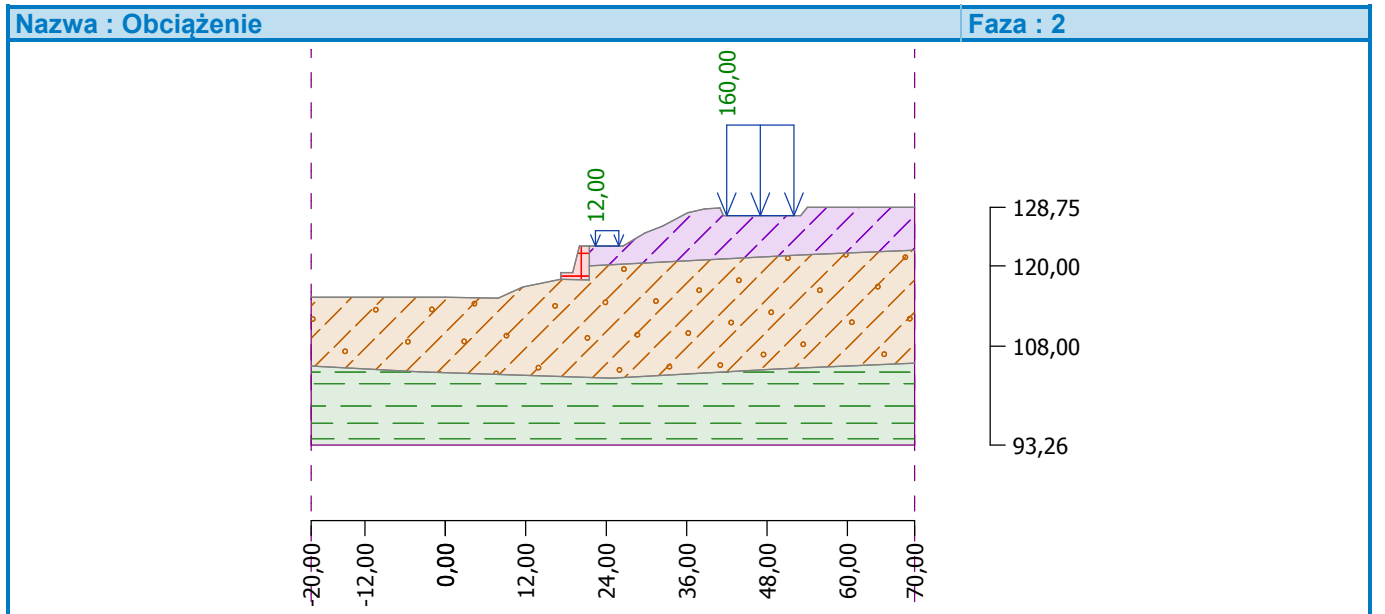


### Obciążenie

Nr	Obciążenie		Rodzaj	Oddziaływanie	okalizacja z [m]	Początek x [m]	Długość l [m]	szerokość b [m]	nachyleni α [°]	Wartość	
	nowe	zmiana								q, q <sub>1</sub> , f, F	q <sub>2</sub>
1	Nie	Nie	pasmowe	stałe	na wierzchni	x = 22,40	l = 3,50		0,00	12,00	kN/m <sup>2</sup>
2	Tak		pasmowe	stałe	na wierzchni	x = 42,00	l = 10,00		0,00	160,00	kN/m <sup>2</sup>

### Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Surcharge No. 1
2	Surcharge No. 2



### Woda

Rodzaj wody : Brak wody

### Spękanie tensyjne

Spękanie tensyjne nie zostało zdefiniowane.

### Obciążenie sejsmiczne

Nie uwzględniono obciążeń sejsmicznych.

### Ustawienia obliczeń fazy

Sytuacja obliczeniowa : trwała

### Wyniki (Faza budowy 2)

#### Obliczenie 1 (faza 2)

#### Kołowa powierzchnia poślizgu

Parametry powierzchni poślizgu					
Środek :	x =	14,56 [m]	Kąty :	α <sub>1</sub> =	-7,57 [°]
	z =	166,63 [m]		α <sub>2</sub> =	41,04 [°]
Promień :	R =	51,88 [m]			
Analiza bez optymalizacji powierzchni poślizgu.					

#### Analiza stateczności zbocza (wszystkie metody)

Bishop : FS = 1,61 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Fellenius / Petterson : FS = 1,55 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Spencer : FS = 1,62 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**



Janbu : FS = 1,62 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
Morgenstern-Price : FS = 1,62 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
Shachunyanc : FS = 1,55 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
ITFM : FS = 1,63 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
ITFM rozwiązanie formalne : FS = 1,68 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**

### Obliczenie 2 (faza 2)

#### Kołowa powierzchnia poślizgu

Parametry powierzchni poślizgu					
Środek :	x =	16,90 [m]	Kąty :	$\alpha_1 =$	-4,33 [°]
	z =	165,22 [m]		$\alpha_2 =$	38,44 [°]
Promień :	R =	48,16 [m]			

Analiza bez optymalizacji powierzchni poślizgu.

#### Analiza stateczności zbocza (Bishop)

Suma sił aktywnych :  $F_a = 1301,81$  kN/m

Suma sił biernych :  $F_p = 2135,11$  kN/m

Moment przesuwający :  $M_a = 62695,01$  kNm/m

Moment utrzymujący :  $M_p = 102826,95$  kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,64 > 1,50

**Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA**

### Dane wejściowe (Faza budowy 3)

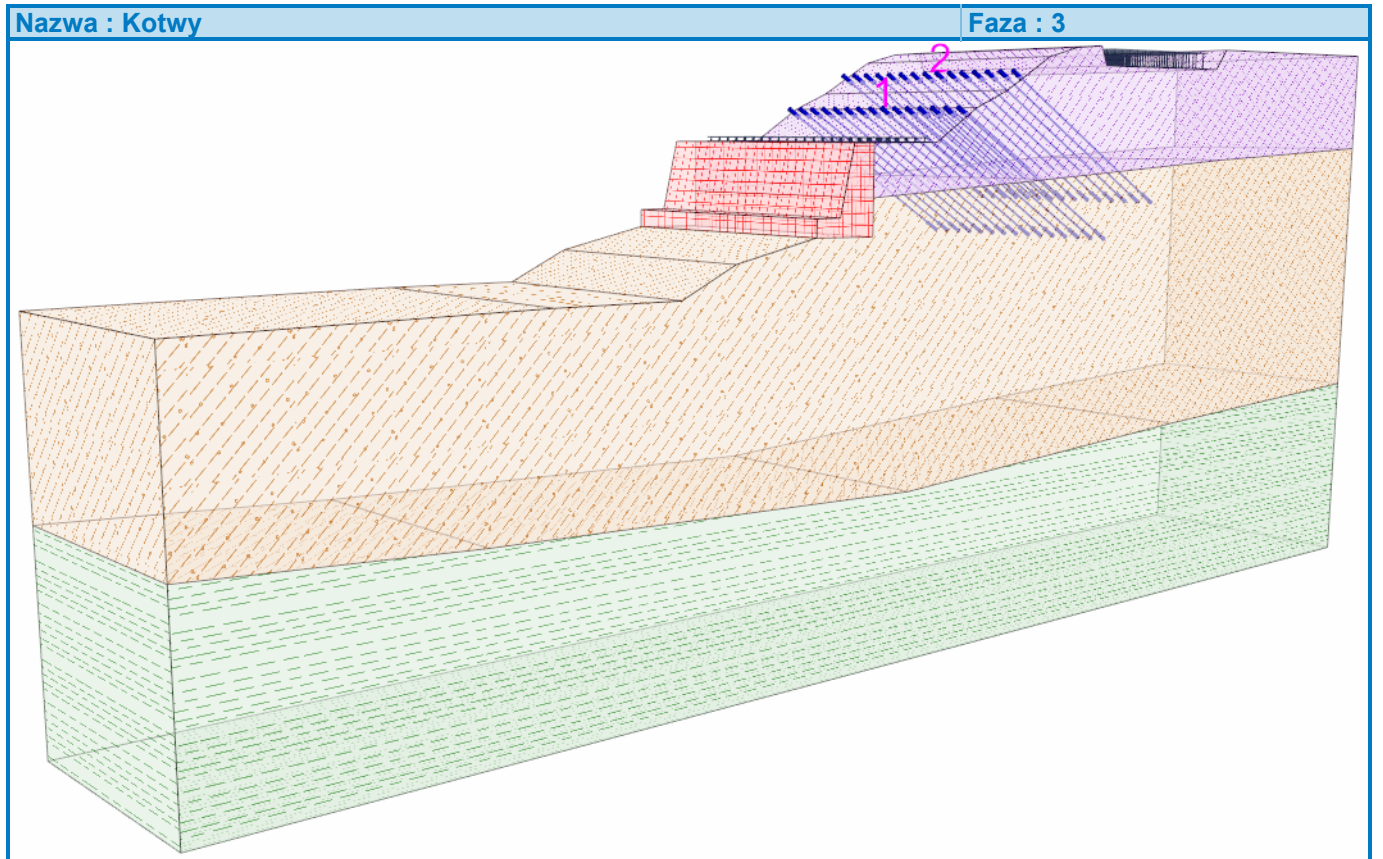
#### Przyporządkowanie i powierzchnie

Nr	Lokalizacja powierzchni	Współrzędne punktów powierzchni [m]				Przyporządkowany grunt
		x	z	x	z	
1		36,18	120,75	53,99	121,70	Soil No. 1 
		70,00	122,34	70,00	128,75	
		54,00	128,75	53,00	127,50	
		41,50	127,50	41,00	128,67	
		38,69	128,51	36,16	127,92	
		32,39	125,92	29,80	124,92	
		26,50	122,98	21,50	122,98	
2		21,50	117,90	21,50	120,02	Rigid body No. 1 
		21,50	122,98	20,00	122,98	
		19,00	119,00	17,25	119,00	
		17,25	118,00	17,20	117,99	
3		-3,99	104,21	24,73	103,26	Soil No. 2 
		49,75	104,63	70,00	105,48	
		70,00	122,34	53,99	121,70	
		36,18	120,75	21,50	120,02	
		21,50	117,90	17,20	117,99	
		11,54	116,85	7,89	115,20	
		0,00	115,32	-20,00	115,32	
4		-20,00	105,06			Soil No. 3 
		49,75	104,63	24,73	103,26	
		-3,99	104,21	-20,00	105,06	
		70,00	105,48	70,00	93,26	



### Kotwy

Nr	Kotew		Początek		Długość i nachylenie / współrzędne		Rozstaw kotew	Średn. / powierz.	Moduł sprężystość	Wytrzn.na rozciąg.	Uwzgl.	Siła
	nowa	sprężona	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	$\alpha$ [°] / z [m]	b [m]	d [mm] / A [mm <sup>2</sup> ]	E [MPa]	F <sub>c</sub> [kN]	w ścisk.	F [kN]
1	Tak		29,29	124,62	l = 14,00	$\alpha = 30,00$	1,00	d =			Nie	200,00
2	Tak		33,97	126,76	l = 14,00	$\alpha = 30,00$	1,00	d =			Nie	200,00

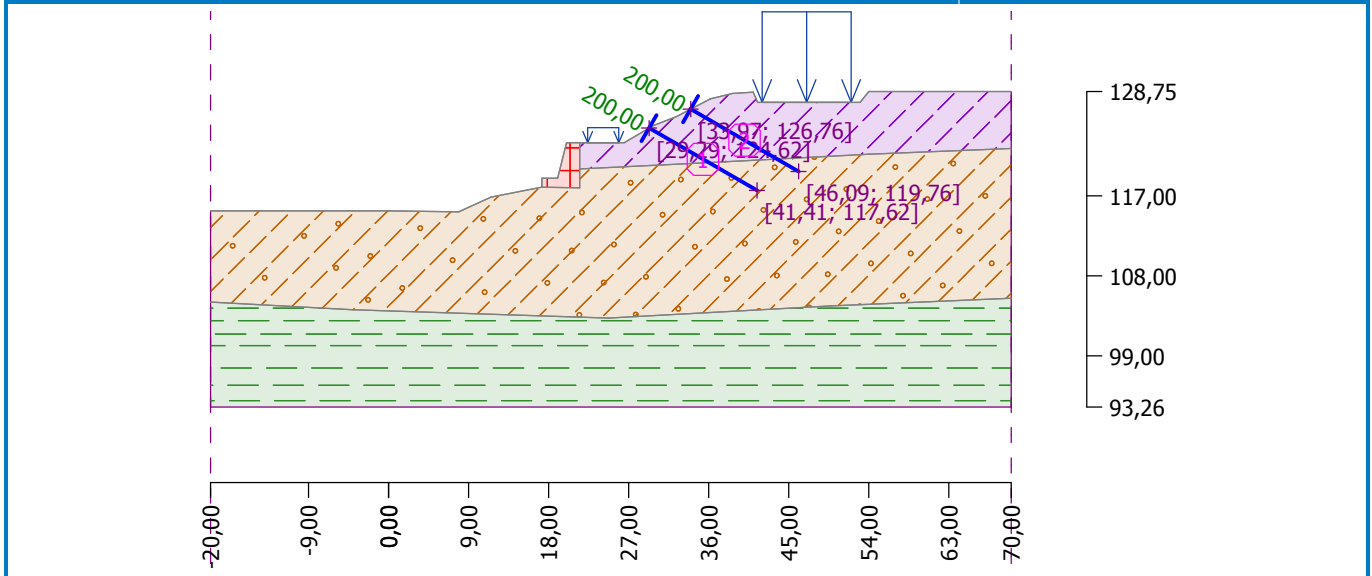






Nazwa : Kotwy

Faza : 3



### Obciążenie

Nr	Obciążenie		Rodzaj	Oddziaływanie	okalizacja z [m]	Początek x [m]	Długość l [m]	szerokość b [m]	nachyleni α [°]	Wartość		
	nowe	zmiana								q, q <sub>1</sub> , f, F	q <sub>2</sub>	jednostka
1	Nie	Tak	pasmowe	stałe	na wierzchni	x = 22,40	l = 3,50		0,00	22,00		kN/m <sup>2</sup>
2	Nie	Nie	pasmowe	stałe	na wierzchni	x = 42,00	l = 10,00		0,00	160,00		kN/m <sup>2</sup>

### Nazwy obciążeń

Nr	Nazwa
1	Surcharge No. 1
2	Surcharge No. 2

### Woda

Rodzaj wody : Brak wody

### Spękanie tensyjne

Spękanie tensyjne nie zostało zdefiniowane.

### Obciążenie sejsmiczne

Nie uwzględniono obciążeń sejsmicznych.

### Ustawienia obliczeń fazy

Sytuacja obliczeniowa : trwała

### Wyniki (Faza budowy 3)

#### Obliczenie 1 (faza 3)

#### Kołowa powierzchnia poślizgu

Parametry powierzchni poślizgu					
Środek :	x =	14,56 [m]	Kąty :	α <sub>1</sub> =	-7,57 [°]
	z =	166,63 [m]		α <sub>2</sub> =	41,04 [°]
Promień :	R =	51,88 [m]			

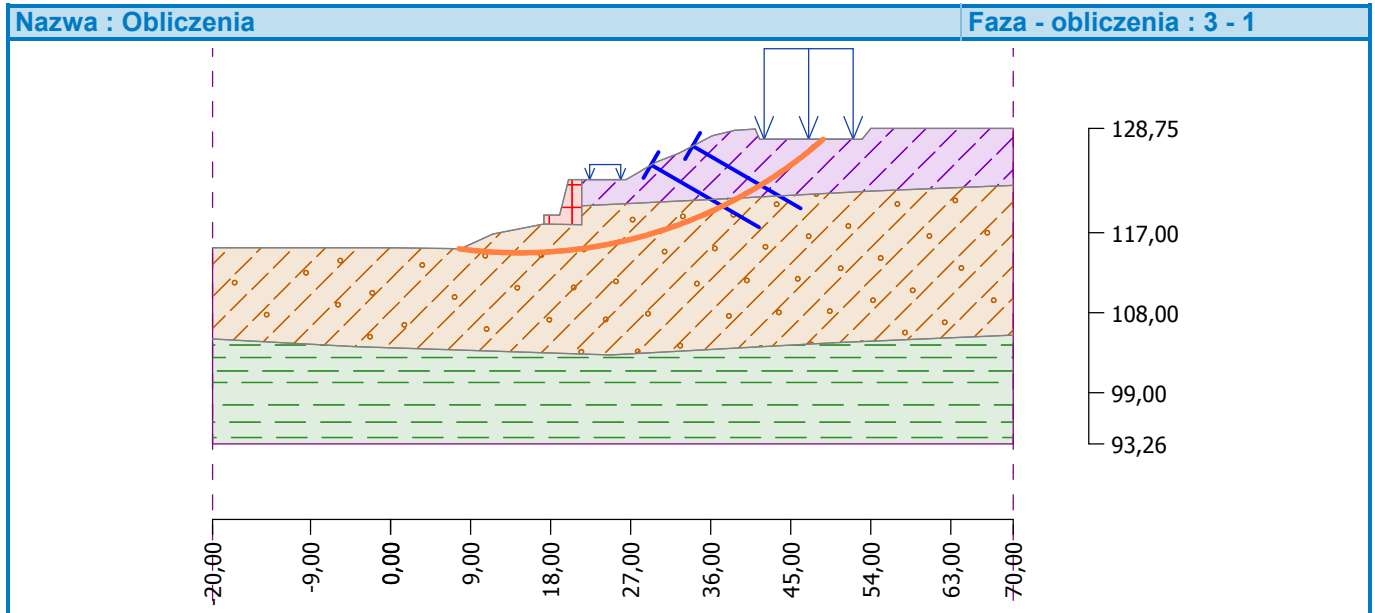
Analiza bez optymalizacji powierzchni poślizgu.

#### Analiza stateczności zbocza (wszystkie metody)

Bishop : FS = 1,79 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Fellenius / Petterson : FS = 1,74 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Spencer : FS = 1,90 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Janbu : FS = 1,90 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**



Morgenstern-Price : FS = 1,90 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 Shachunyanc : FS = 1,85 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 ITFM : FS = 1,99 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**  
 ITFM rozwiązanie formalne : FS = 1,92 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**



**Obliczenie 2 (faza 3)**

**Łamana powierzchnia poślizgu**

Współrzędne punktów powierzchni poślizgu [m]									
x	z	x	z	x	z	x	z	x	z
13,25	117,19	17,12	116,28	22,53	117,39	28,39	118,29	32,99	120,29
36,90	121,86	42,30	123,65	46,85	127,50				

Analiza bez optymalizacji powierzchni poślizgu.

**Analiza stateczności zbocza (wszystkie metody)**

Sarma : FS = 1,94 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA** Niektóre powierzchnie podziału przecinają element sztywny. Wyniki mogą być przeszacowane.

Spencer : FS = 1,94 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Janbu : FS = 1,96 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Morgenstern-Price : FS = 1,91 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Shachunyanc : FS = 1,91 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA**

ITFM : FS = 2,12 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA** Powierzchnia poślizgu ma bardzo ostre załamania. Wyniki mogą być przewymiarowane.

ITFM rozwiązanie formalne : FS = 1,98 > 1,50 **SPEŁNIA WYMAGANIA** Powierzchnia poślizgu ma bardzo ostre załamania. Wyniki mogą być przewymiarowane.



Nazwa : Obliczenia

Faza - obliczenia : 3 - 2

