

## Projektowanie ściany kątovej

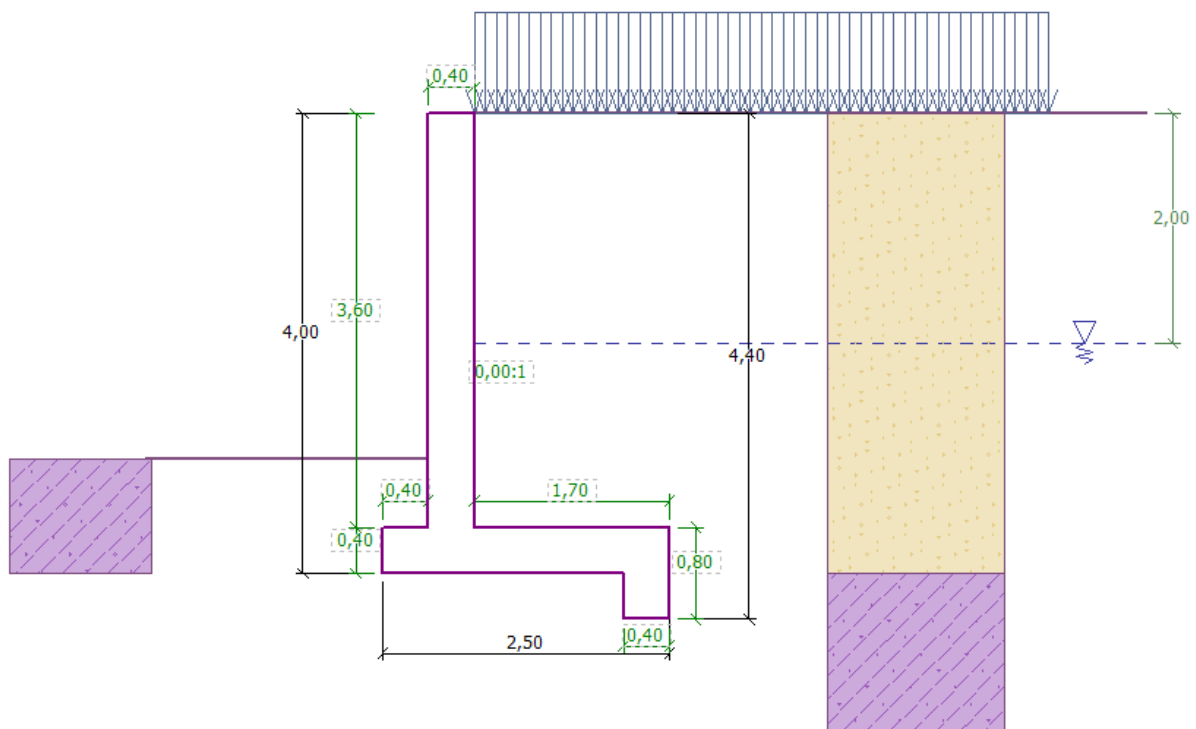
Program powiązany: Ściana kątovej

Plik powiązany: Demo\_manual\_02.guz

Niniejszy Przewodnik inżyniera prezentuje projektowanie i analizę ściany kątovej.

### Zadanie:

Zaprojektować kątovej ścianę oporową o wysokości 4,0 m zgodnie z podejściem obliczeniowym DA1 według normy EN 1997-1. Profil terenu za konstrukcją oporową jest poziomy. Poziom wody gruntowej znajduje się 2,0 m poniżej korony ściany oporowej. Obciążenie naziomu za ścianą oporową przyjąć jako pasmowe na długości 5,0 m o wartości 10 kN/m<sup>2</sup>. Podłoże gruntowe poniżej poziomu posadowienia ściany składa się z pyłu piaszczystego (saSi) o konsystencji twardoplastycznej i stopniu wilgotności gruntu  $S_r < 0.8$ . Nośność podłoża gruntowego wynosi 175 kPa. Zasyпка gruntowa znajdująca się bezpośrednio za ścianą oporową wykonana została z piasku drobnego średnio-zagęszczonego (FSa). Ścianę kątovej zaprojektować jako żelbetową z betonu klasy C20/25.



*Schemat projektowanej ściany kątovej*

Parametry gruntów zdefiniowane są następująco:

Grunt (Klasyfikacja gruntu)	Profil [m]	Ciężar objętościowy $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego $\varphi_{ef}$ [°]	Efektywna spójność gruntu $c_{ef}$ [kPa]	Kąt tarcia konstrukcja - grunt $\delta$ = [°]	Ciężar objętościowy gruntu nawodnionego $\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
FSa - piasek drobny, średniozagęszczony	0,0- 4,0	17,5	28,0	0,0	18,5	18,0
saSi - pył piaszczysty, konsystencja - twardo- plastyczny, $S_r < 0,8$	> 4,0	18,0	26,5	5,0	17,5	18,5

#### Rozwiązanie:

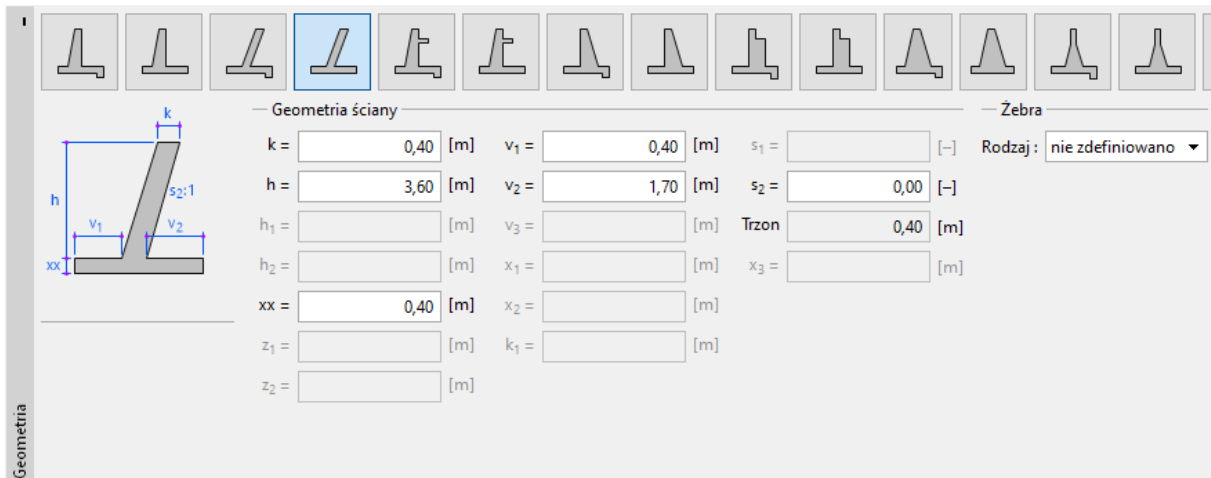
Aby wykonać zadanie skorzystaj z programu Ściana kątowna dostępnego w pakiecie GEO5. Przewodnik przedstawia kolejne kroki rozwiązania tego przykładu.

W pierwszej kolejności, w ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia", a następnie wybierz z listy dostępnych ustawień obliczeń numer 3 – "Standardowe – EN 1997 – DA1".



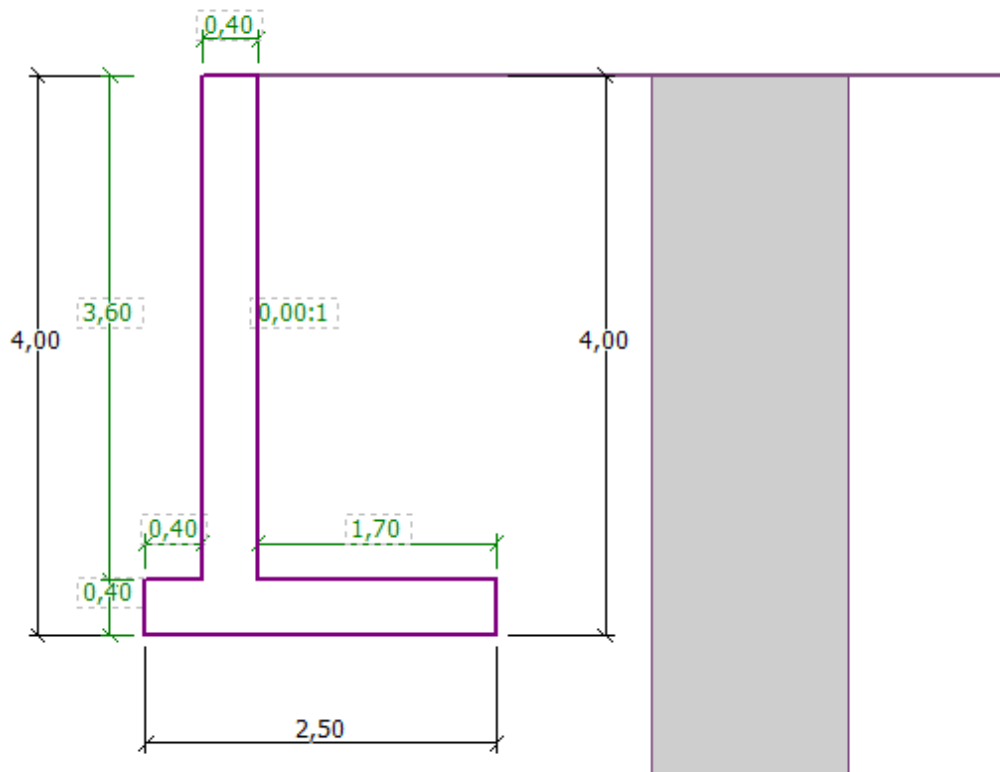
Okno dialogowe "Lista ustawień obliczeń"

Przejdź do ramki "Geometria" i wybierz kształt ściany oporowej (schemat czwarty od lewej) oraz wprowadź dane geometryczne ściany jak pokazano na rysunku poniżej.



Ramka "Geometria"

Konstrukcja wygląda teraz następująco:



Ramka „Geometria” – schemat konstrukcji ściany kątowej



Następnie przejdziemy do ramki „Grunty”. W ramce tej wybierając przycisk "Dodaj" zdefiniuj parametry gruntów, takie jak pokazano na kolejnych rysunkach. W pierwszej kolejności dodamy grunt FSa (piasek drobny), który znajduje się za ścianą oporową, a następnie saSi (pył piaszczysty), stanowiący podłoże pod fundamentem ściany.

**Identyfikacja**

Nazwa :

---

**Dane podstawowe** ?

Ciężar objętościowy :  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>]

Stan naprężeń :

Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} =$   [°]

Spójność gruntu :  $c_{ef} =$   [kPa]

Kąt tarcia konstrukcja-grunt :  $\delta =$   [°]

---

**Parcie spoczynkowe** ?

Grunt :

---

**Wypór** ?

Sposób obliczania wyporu :


Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} =$   [kN/m<sup>3</sup>]

**Pokazuj**

Kategoria szrafury :

Wyszukiwanie :

Podkategoria :

Szrafura : 

Kolor :

Tło :

Stopień wilgotności <10 - 90> :  [%]

Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt" – FSa (piasek drobny)

**Identyfikacja**

Nazwa :

---

**Dane podstawowe** ?

Ciężar objętościowy :  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>]

Stan naprężeń :

Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} =$   [°]

Spójność gruntu :  $c_{ef} =$   [kPa]

Kąt tarcia konstrukcja-grunt :  $\delta =$   [°]

---

**Parcie spoczynkowe** ?

Grunt :

---

**Wypór** ?

Sposób obliczania wyporu :

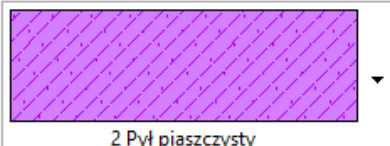
Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} =$   [kN/m<sup>3</sup>]

**Pokazuj**

Kategoria szrafury :

Wyszukiwanie :

Podkategoria :

Szrafura : 

Kolor :

Tło :

Stożek wilgotności <10 - 90> :  [%]


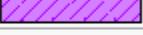
Klasyfikuj
Wyczyść
Dane IFC
OK + ↑
OK
Anuluj

Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt" – saSi (pył piaszczysty)

Uwaga: Wartość parcia czynnego zależy również od kąta tarcia konstrukcja - grunt. Kąt tarcia zależy od materiału konstrukcji oraz kąta tarcia wewnętrznego gruntu – zazwyczaj przyjmowany jest w przedziale  $\delta \approx \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot \varphi_{ef}$ .

Teraz przyporządkujemy grunty do warstw geologicznych w ramce „Przyporządkowanie”.


Przyporządkowanie lewym przyciskiem :  
FSa - piasek drobny, średniozagęszczony

Liczba	Mięszość [m]	Przyporządkowany grunt	
1	4,00	FSa - piasek drobny, średniozagęszczony	
2		saSi - pył piaszczysty, twardo-plastyczny	

Przyporządkowanie


Ramka „Przyporządkowanie”

Przejdź do ramki "Teren" i wybierz poziomy profil terenu znajdującego się za ścianą oporową.



Zagłębienie terenu poniżej wierzchu konstrukcji : h =  [m]

$\beta = 0$



Ramka "Teren"

Przejdź teraz do ramki "Woda" i wybierz typ zwierciadła gruntowej za konstrukcją i wprowadź jego parametry, jak pokazano na rysunku poniżej. Poziom wody gruntowej znajduje się 2,0 m poniżej korony ściany oporowej.

Woda

— Parametry zwierciadła wody gruntowej (ZWG) —

ZWG za konstrukcją :  $h_1 =$   [m]

ZWG przed konstrukcją :  $h_2 =$   [m]

Wypór w poziomie fundam. wynikający z różnicy ZWG :

Spękanie tensyjne

Głębokość strefy spękanej :  $h_t =$   [m]

Ramka "Woda"

Przejdź następnie do ramki "Obciążenie". Klikając przycisk „Dodaj” - dodaj stałe, pasmowe obciążenie naziomu zlokalizowane na powierzchni terenu, o długości 5m i o wartości 10 kN/m<sup>3</sup>. Dane wprowadź w oknie dialogowym jak pokazano na rysunku poniżej.

Nazwa :

— Charakterystyka obciążenia —

Rodzaj :

Rodzaj oddziaływania :

Lokalizacja :

Początek :  $x =$   [m]

Długość :  $l =$   [m]

— Wartość obciążenia —

Wartość :  $q =$   [kN/m<sup>2</sup>]

Okno dialogowe "Nowe obciążenie"

Następnie w ramce "Odpór na licu" wybierz profil terenu przed ścianą oporową oraz określ pozostałe parametry odporu – rodzaj gruntu i jego miąższość.

Ramka "Odpór na licu"

*Uwaga: Pomijając odpór na licu ściany oporowej otrzymamy bardziej zachowawcze wyniki obliczeń. Wartość odporu na licu zależy od parametrów gruntu oraz swobody przemieszczeń konstrukcji. Parcie spoczynkowe gruntu można uwzględniać w przypadku gruntów rodzimych oraz gruntów dobrze zagęszczonych. Parcie bierne można uwzględniać jedynie w przypadku, gdy dozwolona jest swoboda przemieszczeń konstrukcji. (Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).*

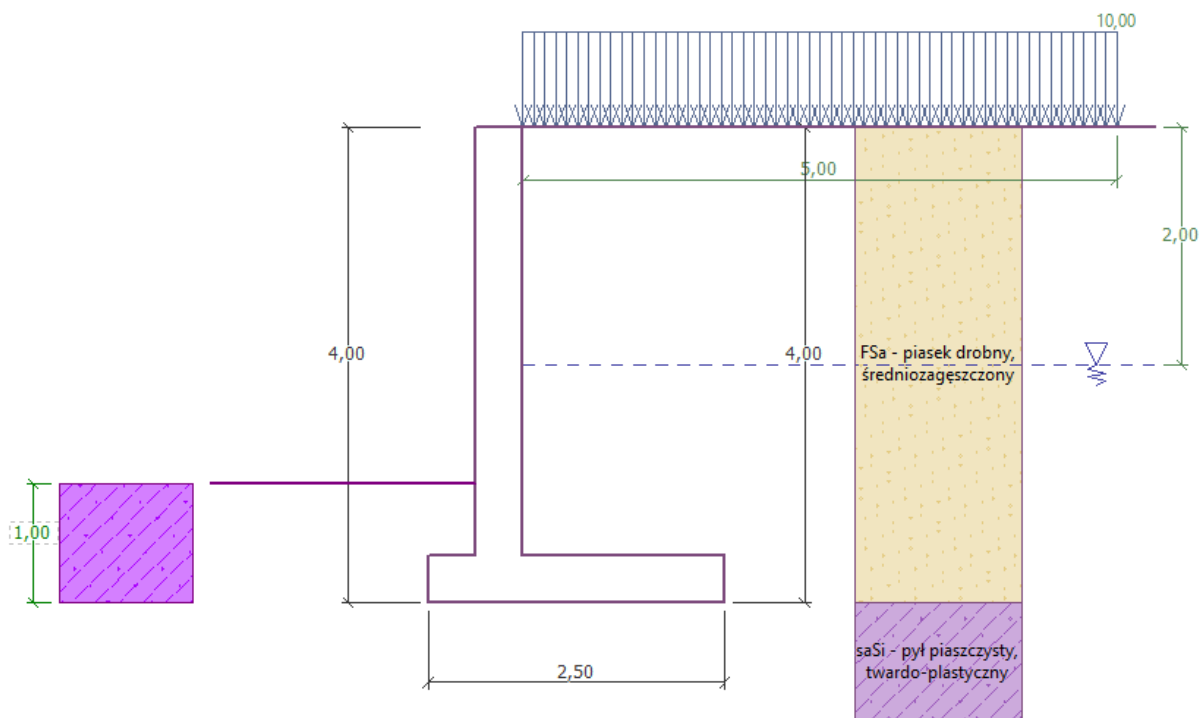
Przejdź do ramki "Ustawienia fazy" i wybierz sytuację obliczeniową. Przyjmij trwałą sytuację obliczeniową dla analizowanego przypadku. Następnie wybierz rodzaj parcia działającego na ścianę. Ściana ma swobodę przemieszczeń – wobec tego wybierzemy opcję „Ściana może się przemieścić (parcie czynne)”. (parcie czynne)”.

Ramka "Ustawienia fazy"

*Uwaga: Trzon ściany oporowej jest zwykle obciążany parciem spoczynkowym, czyli przy założeniu braku możliwości przemieszczenia ściany. Możliwość wymiarowania trzonu ściany przy uwzględnieniu*

parcia czynnego występuje jedynie w wyjątkowych przypadkach – przykładowo w przypadku analizowania trzęsienia ziemi (sejsmiczna sytuacja obliczeniowa ze współczynnikami częściowymi oddziaływań o wartości 1.0).

Teraz zdefiniowana konstrukcja wygląda następująco:



Analizowana konstrukcja

Teraz otwórz ramkę "Analiza", w której zobaczysz wyniki obliczenia ściany kątowej na obrót oraz przesuwn.

Nr	Siła	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Punkt przyłożenia x [m]    z [m]		Obciąż. drugorz.
1	Ciężar - ściana	0,00	61,00	0,87	-1,38	<input type="checkbox"/>
2	Ciężar - grunt	0,00	4,32	0,20	-0,70	<input type="checkbox"/>
3	Ciężar - klin odłamu	0,00	23,55	1,31	-1,54	<input type="checkbox"/>
4	Parcie czynne	-42,28	60,25	1,80	-1,46	<input type="checkbox"/>
5	Parcie wody	-20,00	0,00	0,80	-0,67	<input type="checkbox"/>
6	Wypór	0,00	0,00	0,80	-4,00	<input type="checkbox"/>
7	L1	-7,99	8,67	1,61	-2,08	<input type="checkbox"/>

Analiza

OBRÓT: **SPEŁNIA WYMAGANIA** (52,5%)

PRZESUW: **NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ** (119,7%)

Ramka "Analiza"

Uwaga: Przycisk "Szczegółowo" w prawym górnej rogu ramki otwiera okno dialogowe "Obliczenie" zawierające szczegółowe informacje o wynikach przeprowadzonych obliczeń.

## Wyniki obliczeń:

Nośność ściany oporowej ze względu na przesuw w poziomie posadowienia jest niewystarczająca. Poziom wykorzystania nośności analizowanej konstrukcji wynosi:

### Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący  $M_{res} = 209,03 \text{ kNm/m}$

Moment obracający  $M_{ovr} = 109,75 \text{ kNm/m}$

Obrót - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

### Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca  $H_{res} = 68,37 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuwająca  $H_{act} = 81,83 \text{ kN/m}$

Przesuw - ściana **NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ**

Sprawdzenie ogólne - **ŚCIANA NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ**

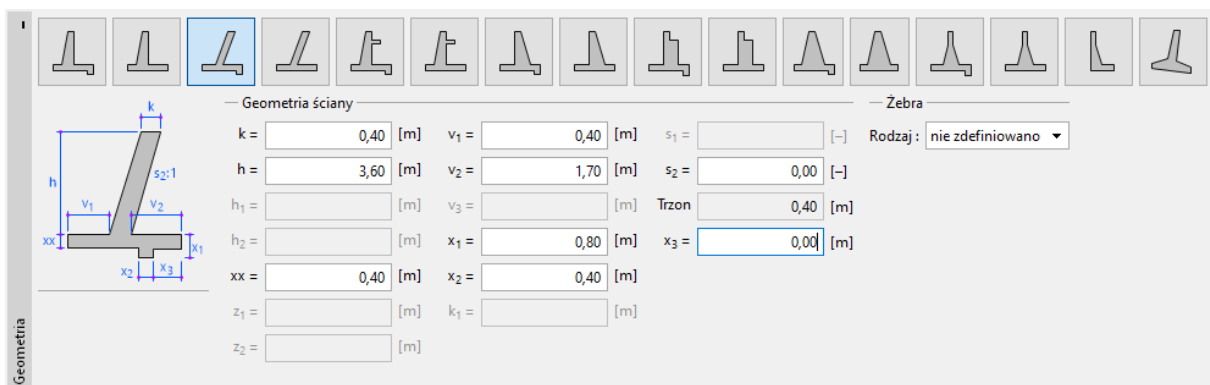
Istnieje kilka różnych możliwości zwiększenia nośności ściany, przykładowo można:

- Zastosować grunt o lepszych parametrach na zasypkę za ścianą
- Zakotwić fundament ściany
- Zwiększyć tarcie poprzez zakrzywienie powierzchni podstawy fundamentu
- Zakotwić trzon ściany oporowej

Zaproponowane powyżej rozwiązania są skomplikowane technologicznie lub nieefektywne ekonomicznie. Najskuteczniejszym sposobem zwiększenia nośności na przesuw jest zmiana geometrii ściany i zastosowanie odsadzki pionowej fundamentu ściany oporowej.

## Zmiana projektu: zmiana geometrii ściany

Wróć do ramki "Geometria", zmień kształt ściany. W celu zwiększenia nośności ściany na przesuw wprowadź odsadzkę pionową fundamentu ściany oporowej. Zmień kształt ściany oporowej i wprowadź wartości  $x_1$  i  $x_2$  jak na schemacie poniżej



Ramka "Geometria" (zmiana kształtu ściany kątowej)



Teraz przeprowadź ponownie obliczenia nośności ściany oporowej na obrót i przesuw.

Nr	Siła	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Punkt przyłożenia x [m]    z [m]		Obciąż. drugorz.
1	CieŜar - ściana	0,00	65,00	0,95	-1,28	<input type="checkbox"/>
2	CieŜar - grunt	0,00	4,32	0,20	-0,70	<input type="checkbox"/>
3	CieŜar - klin odłamu	0,00	23,55	1,31	-1,54	<input type="checkbox"/>
4	Parcie czynne	-47,11	61,78	1,82	-1,29	<input type="checkbox"/>
5	Parcie wody	-28,80	0,00	0,80	-0,40	<input type="checkbox"/>
6	Wypór	0,00	0,00	0,80	-4,00	<input type="checkbox"/>
7	L1	-9,28	9,07	1,65	-1,76	<input type="checkbox"/>

— Analiza

**OBRÓT:** SPEŁNIA WYMAGANIA (47,6%)

**PRZESUW:** SPEŁNIA WYMAGANIA (93,5%)

Ramka "Analiza"

Nośność ściany oporowej na obrót i przesuw po wprowadzeniu zmian jest wystarczająca. Poziom wykorzystania nośności analizowanej konstrukcji wynosi odpowiednio 47.6 % oraz 93.5%.

Następnie przejdź do ramki "Nośność" i wykonaj sprawdzenie nośności podłoża gruntowego przy nośności podłoża wynoszącej 175 kPa.

— Analiza nośności podłoża gruntowego —

Definiuj nośność podłoża gruntowego

Analiza posadowienia programem "Fundamenty bezpośrednie"

Analiza posadowienia programem "Fundamenty bezpośrednie CPT"

Nie obliczać

---

Kształt naprężeń pod fundamentem :

Nośność gruntu pod fundamentem : R =  [kPa]

Całkowita długość fundamentu ściany :  [m]

— Analiza

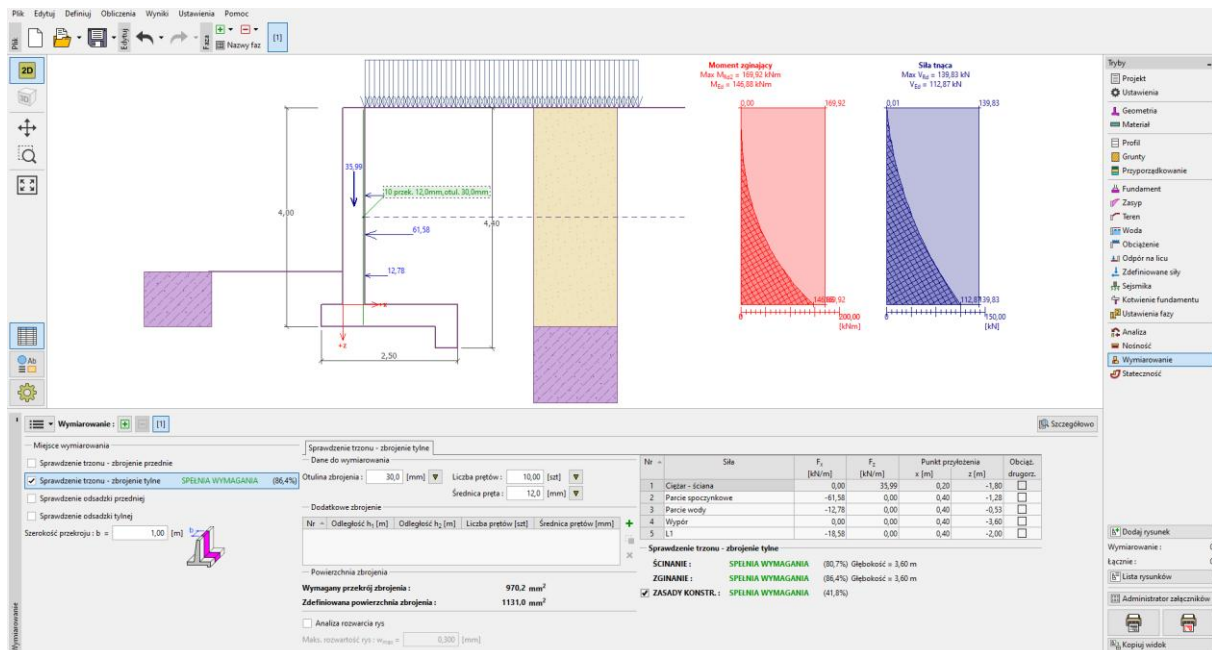
**MIMOŚRÓD:** SPEŁNIA WYMAGANIA (66,0%)

**NOŚN. PODŁOŻA:** SPEŁNIA WYMAGANIA (89,1%)

Ramka "Nośność"

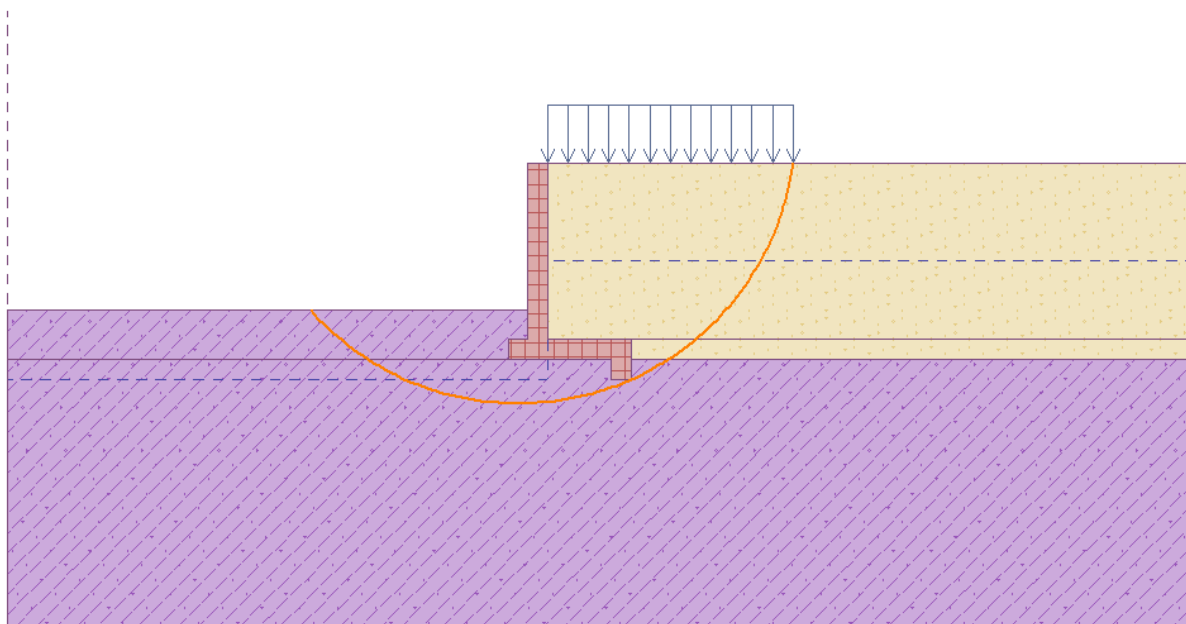
*Uwaga: Wprowadziliśmy nośność podłoża gruntowego jako daną uzyskaną wcześniej z innych źródeł, przykładowo z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej lub norm obliczeniowych. Przyjęte w ten sposób wartości są zwykle bardzo zachowawcze, stąd lepszym rozwiązaniem jest wykonanie analizy posadowienia w programie Fundament bezpośredni, który uwzględnia wpływ czynników takich jak kąt działania obciążenia czy głębokość posadowienia.*

Następnie przejdź do ramki "Wymiarowanie" i wybierz do analizy trzon ściany oporowej. Przyjmij zbrojenie główne trzonu jako 10sztuk  $\varnothing 12\text{mm}$ , co jest wystarczające ze względu na spełnienie wymogów normowych i zapewnienie odpowiedniej nośności przekroju.



## Ramka "Wymiarowanie"

Następnie wybierz zakładkę "Stateczność" i wykonaj obliczenia stateczności ogólnej ściany oporowej. W naszym przypadku do obliczenia stateczności zbrocza wykorzystamy metodę Bishopa, która daje stosunkowo zachowawcze rezultaty obliczeń. Przeprowadź obliczenia uwzględniające wybór najbardziej krytycznej kołowej powierzchni poślizgu wybierając opcję "Optymalizacja". Wybierz przycisk "Zakończ i prześlij dane" – wyniki obliczeń oraz powierzchnia poślizgu pokazane zostaną w programie Ściana kątowna.



Analiza: [1]

Powierzchnia poślizgu: kołowa Definiuj graficznie Edytuj tekstowo Usuń Konwertuj na łamaną Wyniki szczegółowe

Parametry obliczeń

Metoda: Bishop Środek:  $x = -0,60$  [m]  $z = 0,75$  [m]

Metoda obliczeń: Optymalizacja Promień:  $R = 5,65$  [m]

Ograniczenia: nie zdefiniowane Kąty:  $\alpha_1 = -48,42$  [°]  $\alpha_2 = 82,37$  [°]

**Analiza stateczności zbocza (Bishop)**

Suma sił aktywnych:  $F_a = 154,91$  kN/m

Suma sił biernych:  $F_p = 219,38$  kN/m

Moment przesuwający:  $M_a = 875,23$  kNm/m

Moment utrzymujący:  $M_p = 1239,51$  kNm/m

Wykorzystanie: 70,6 %

Stateczność zbocza **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Program "Stateczność zbocza" – ramka "Obliczenia"

## Podsumowanie

### Wyniki obliczeń – nośność konstrukcji:

–	Obrót:	47,6 %	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA.</b>
–	Przesuw:	93,5 %	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA.</b>
–	Nośność podłoża:	89,1 %	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA.</b>
–	Wymiarowanie trzonu:	86,4 %	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA.</b>
–	Stateczność ogólna:	70,6 %	<b>SPEŁNIA WYMAGANIA.</b>

Projektowana ściana kątowna **SPEŁNIA WYMAGANIA** wszystkich warunków nośności i stateczności.