

## Projektowanie nie kotwionej (wspornikowej) obudowy wykopu

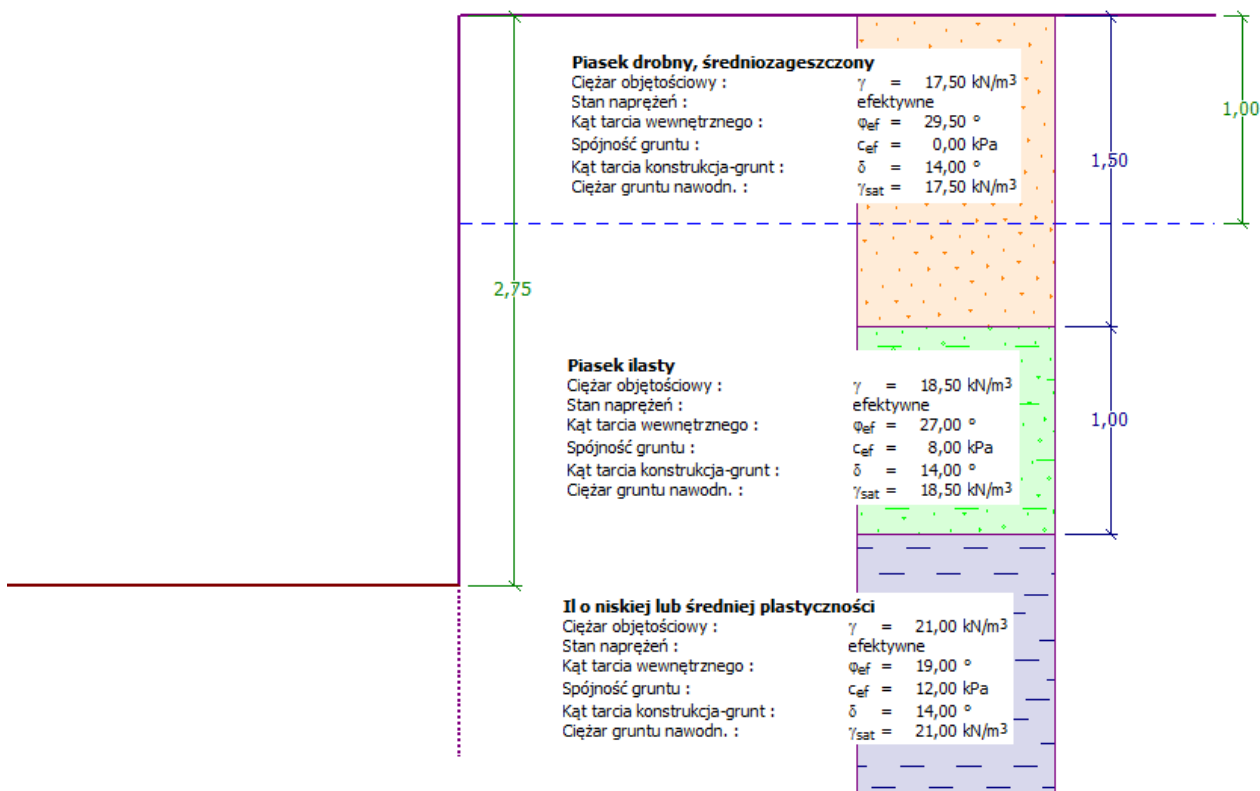
Program powiązany: Ściana projekt

Plik powiązany: Demo\_manual\_04.gp1

Niniejszy przewodnik inżyniera przedstawia problematykę projektowania nie kotwionej (wspornikowej) obudowy wykopu w trwałej oraz wyjątkowej sytuacji obliczeniowej (powódź).

### Zadanie:

Zaprojektować obudowę wykopu w postaci nie kotwionej ściany szczelnej z grodzic stalowych VL 601 zgodnie z podejściem obliczeniowym DA3 według normy EN 1997-1 w uwarstwowionym podłożu gruntowym. Ściana wykonana jest ze stali S 240 GP. Głębokość wykopu wynosi 2,75 m. Poziom zwierciadła wody gruntowej znajduje się 1,0 m poniżej poziomu terenu. Przeprowadź dodatkowo analizę obudowy z uwagi na stan powodziowy, w którym poziom wody znajduje się 1,0 m powyżej korony ściany szczelnej i zastosowano mobilne systemy ochrony przeciwpowodziowej.



Schemat projektowanej wspornikowej obudowy wykopu z grodzic stalowych – przyporządkowanie

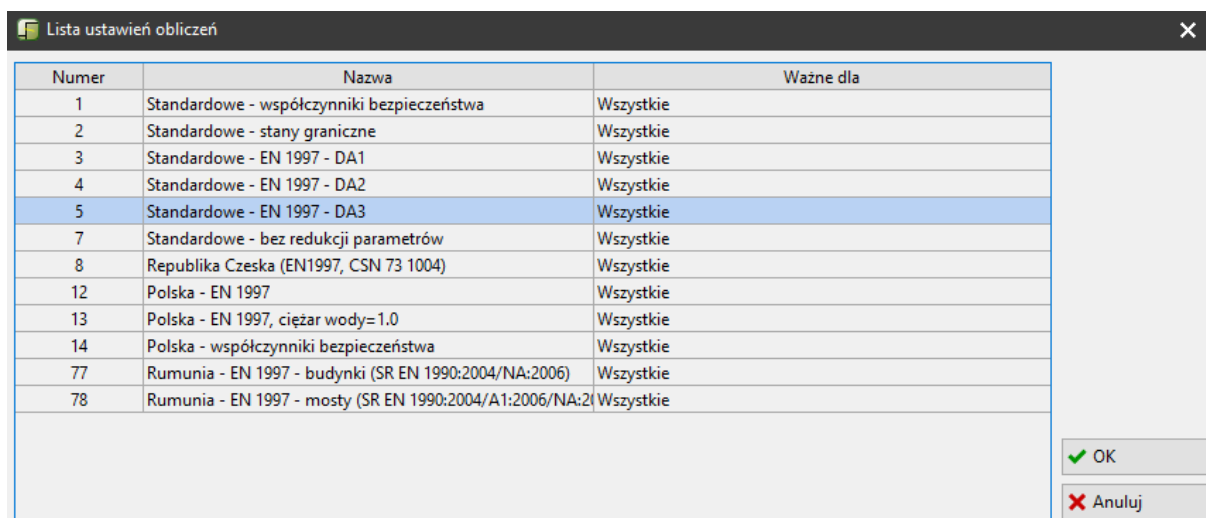
## Rozwiązanie:

W celu wykonania zadania skorzystaj z programu GEO5 Ściana projekt. Przewodnik przedstawia kolejne kroki wykonania niniejszego przykładu:

- Faza 1: trwała sytuacja obliczeniowa
- Faza 2: wyjątkowa sytuacja obliczeniowa
- Wymiarowanie przekroju ściany z grodzic stalowych
- Sprawdzenie stateczności
- Wyniki obliczeń i podsumowanie

## Faza 1


W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia", a następnie wybierz z listy dostępnych ustawień obliczeń numer 5 – "Standardowe – EN 1997 – DA3".



*Okno dialogowe "Lista ustawień obliczeń"*

Najpierw przejdź do ramki „Profil” i korzystając z przycisku „Dodaj” dodaj dwie nowe warstwy gruntu do profilu. Pierwszą na głębokości 1,5 m, a drugą na głębokości 2,5 m.


Nr	Mięższość warstwy t [m]	Głębokość z [m]
1	1,50	0,00 .. 1,50
2	1,00	1,50 .. 2,50
3	-	2,50 .. ∞



— Informacja o lokalizacji  
 Rzędna terenu :  [m]  

Współrzedne GPS

GPS : (nie zdefiniowano)



Pokaż na mapie

*Ramka „Profil” - Dodawanie nowych warstw gruntu*

Następnie przejdź do ramki „Grunty” i kliknij przycisk „Dodaj”, aby dodać nowe grunty oraz zdefiniować ich parametry zgodnie z poniższą tabelą i rysunkami, a następnie przypisać je do profilu. Stan naprężenia przyjmujemy jako **efektywny**, parcie spoczynkowe wyznaczane jest dla gruntów **niespoistych**. Ponadto, dla każdego gruntu obliczenia wyporu należy wybrać jako **standardowe**. Nie będziemy brać pod uwagę zmiany masy jednostkowej spowodowanej nasyceniem.

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  $\delta$ = [°]
FSa - piasek drobny, średniozagęszczony	0,0 – 1,5	17,5	29,5	0,0	14,0
clSa - piasek ilasty, średniozagęszczony	1,5 – 2,5	18,5	27,0	8,0	14,0
Cl - ił o niskiej lub średniej plastyczności, konsystencja - twardo- plastyczny,	> 2,5	21,0	19,0	12,0	14,0

*Tabela z parametrami gruntu*

Identyfikacja

Nazwa :

Piasek drobny, średniozagęszczony

Dane podstawowe

Ciężar objętościowy :  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>] 17,5

Stan naprężeń :

Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} =$   [°] 28 - 31

Spójność gruntu :  $c_{ef} =$   [kPa] 0

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 :


GEO

Wyszukiwanie :

Podkategoria :


Grunty (1 - 16)

Szrafura :



9 Piasek

Kolor :



Tło :

automatyczne

Stopień wilgotności <10 - 90> :

[%]

Klasyfikuj

Wyczyść

Dane IFC

OK +

 OK

Anuluj

Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt" – piasek drobny

Identyfikacja

Nazwa : 

Piasek ilasty

Dane podstawowe

Ciężar objętościowy :  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>] 18,5
 Stan naprężeń : 
 Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} =$   [°] 26 - 28
 Spójność gruntu :  $c_{ef} =$   [kPa] 4 - 12
 Kąt tarcia konstrukcja-grunt :  $\delta =$   [°]

Parcie spoczynkowe

Grunt :

Wypór

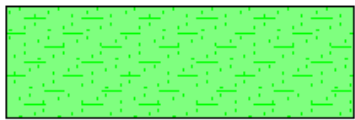
Sposób obliczania wyporu : 
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} =$   [kN/m<sup>3</sup>]

Pokazuj

Kategoria szrafury :

Wyszukiwanie :

Podkategoria :

Szrafura : 

11 Piasek ilasty

Kolor :

Tło :

Stopień wilgotności <10 - 90> :  [%]

Klasyfikuj

Wyczyść

Dane IFC

OK + ↑

OK + ↓

✓ OK

✗ Anuluj

Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt" – piasek ilasty

### Identyfikacja

Nazwa :

Il o niskiej lub średniej plastyczności, konsystencja twardoplastyczna

### Dane podstawowe

Ciężar objętościowy :  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>] 21,0

Stan naprężeń :

Kąt tarcia wewnętrznego :  $\varphi_{ef} =$   [°] 17 - 21

Spójność gruntu :  $c_{ef} =$   [kPa] 8 - 16

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

### Parcie spoczynkowe

Grunt :

### Wypór

Sposób obliczania wyporu :

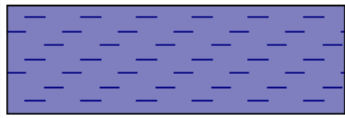
Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} =$   [kN/m<sup>3</sup>]

### Pokazuj

Kategoria szrafury :

Wyszukiwanie :

Podkategoria :

Szafura : 

4 II

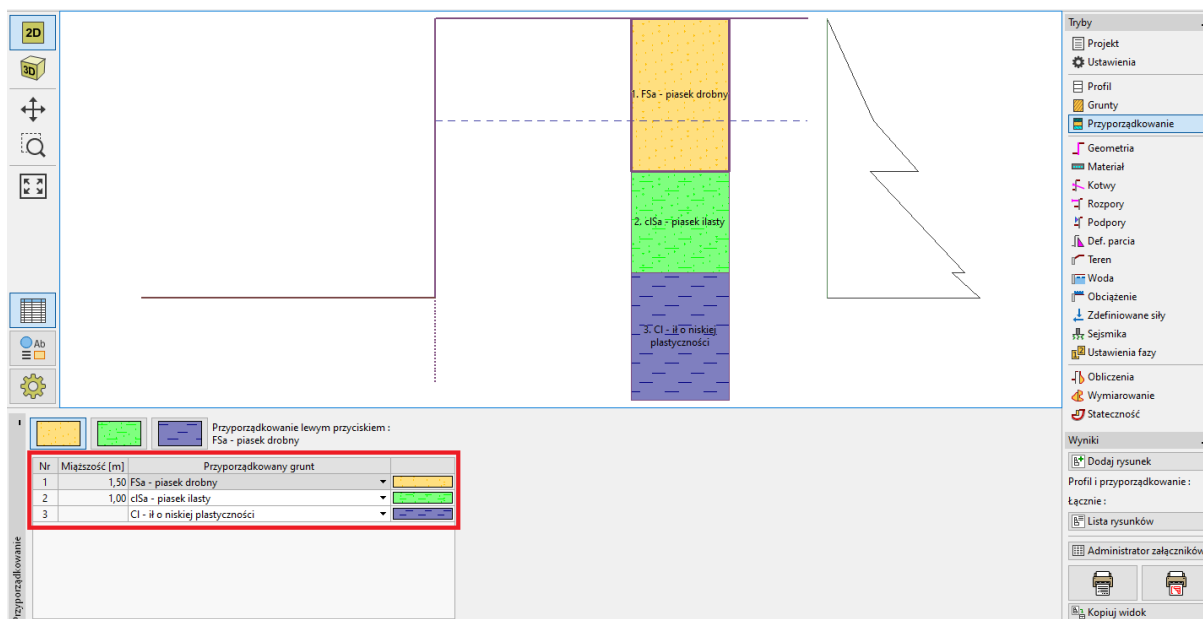
Kolor :

Tło :

Stopień wilgotności <10 - 90> :  [%]

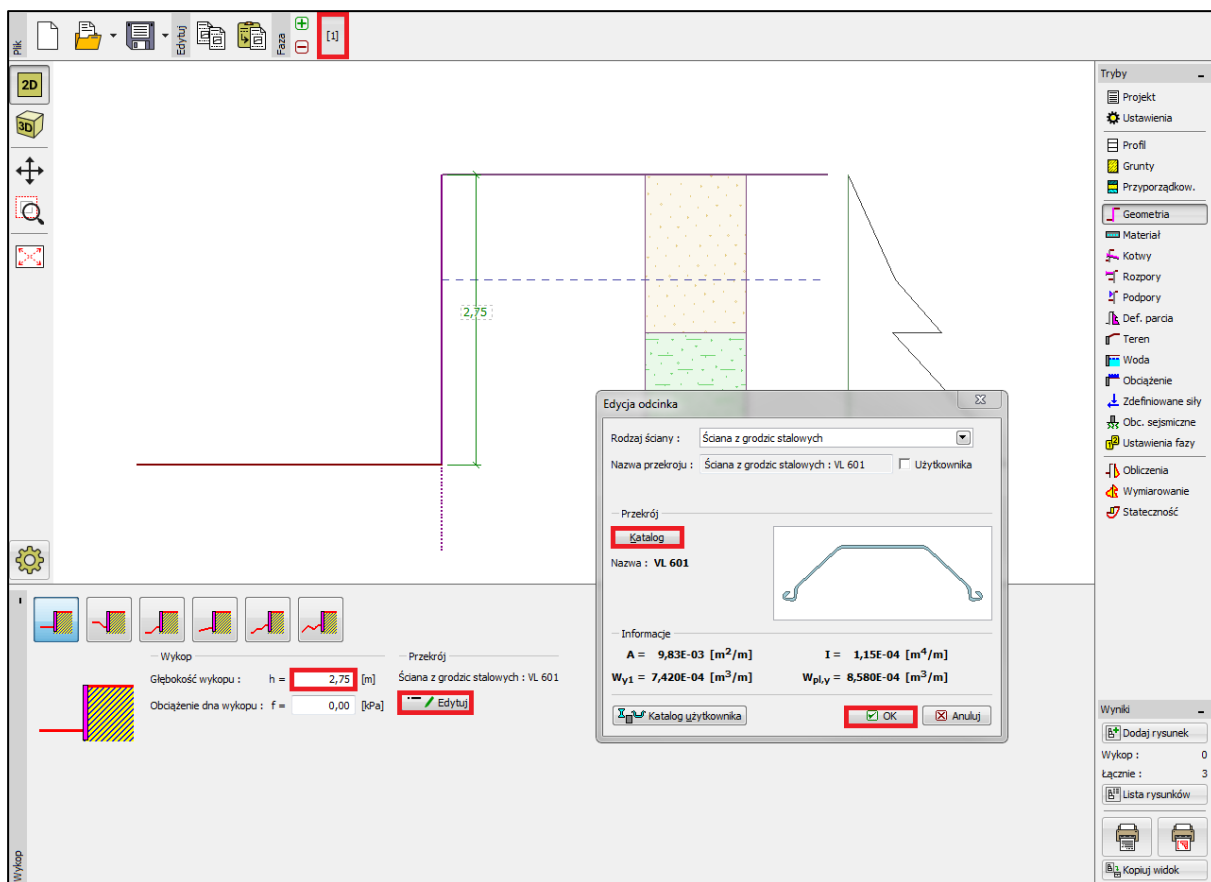
Okno dialogowe "Dodaj nowy grunt" – il o niskiej plastyczności

Następnie w ramce „Przyporządkowanie” przypisz grunty do warstw, jak pokazano na poniższym obrazku.



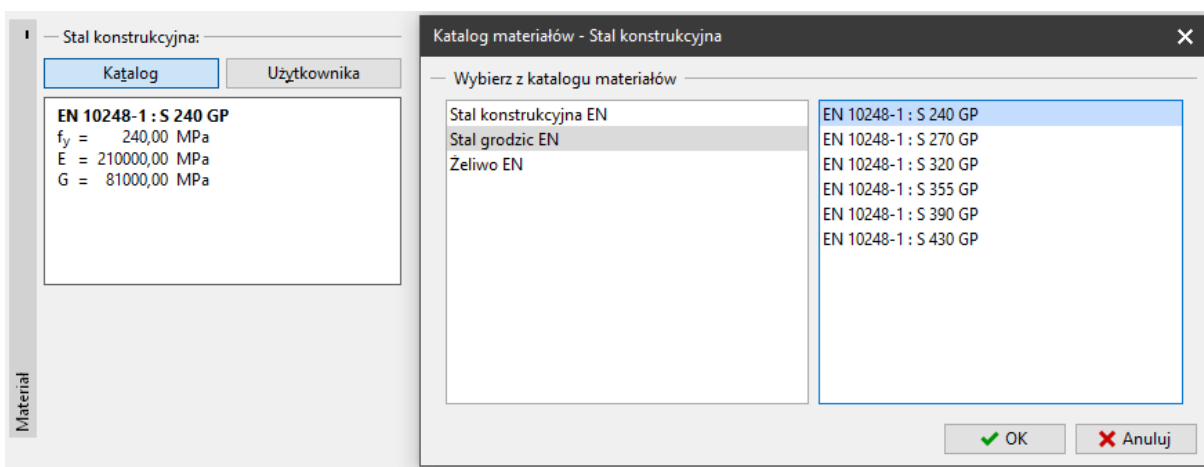
Ramka "Przyporządkowanie" – przyporządkowanie gruntów do warstw profilu

Przejdź do ramki "Geometria" i wybierz kształt dna wykopu oraz zdefiniuj głębokość wykopu (2.75m). Następnie kliknij przycisk „Edycja” w celu wyboru rodzaju przekroju. W naszym przykładzie będzie to ściana z grodzic stalowych VL 601.



### Ramka "Geometria"

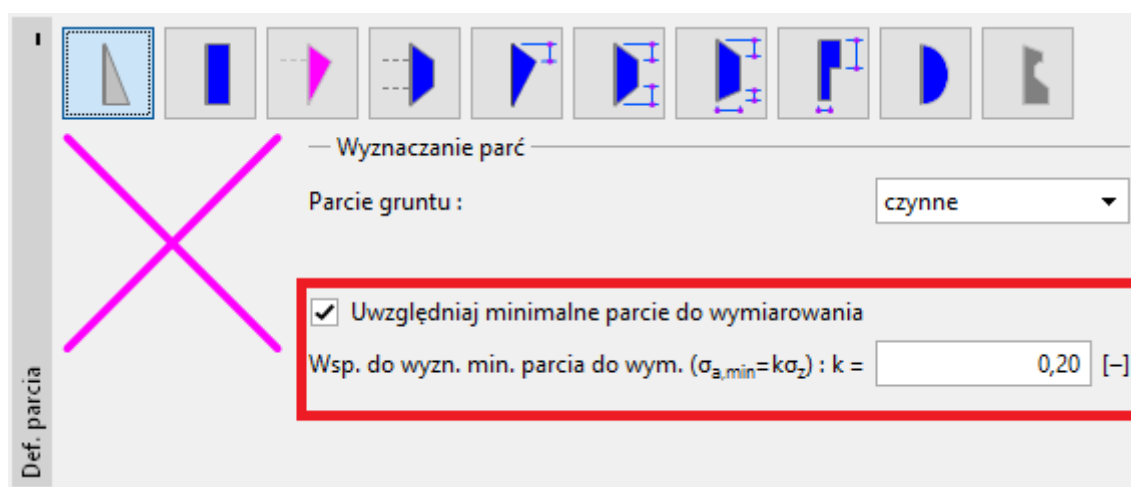
W ramce "Materiał" wybieramy odpowiedni rodzaj stali - S 240 GP (stal grodzic stalowych).



### Ramka "Materiał"

Przykład nie wymaga wykorzystania ramek "Kotwy", "Rozpory", "Podpory", "Obciążenie" oraz "Zdefiniowane siły". Ramka "Obciążenie sejsmiczne" również nie ma zastosowania w tym przypadku, ponieważ konstrukcja nie znajduje się na obszarze aktywnym sejsmicznie. W ramce "Teren" profil terenu za obudową pozostaw poziomy.

W kolejnym kroku, przechodzimy do ramki „Definicja parcia”. W ramce tej wybieramy dostępną opcję „Uwzględnij minimalne parcie do wymiarowania”.



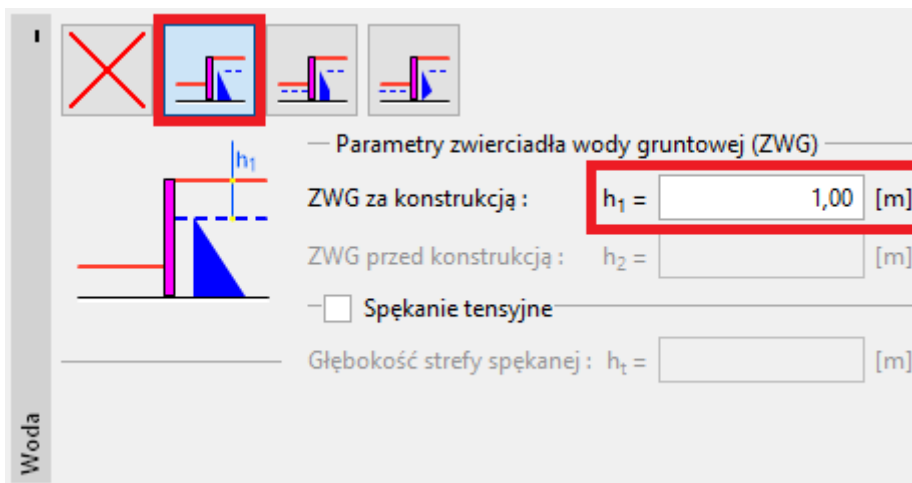
Ramka „Definicja parcia”

*Uwaga: Wiele norm zaleca w przypadku gruntów spoistych uwzględnianie do wymiarowania minimalnego parcia działającego na konstrukcję. Domyślnie przyjęta w programie wartość współczynnika minimalnego parcia do wymiarowania wynosi  $K_a = 0.2$ . Oznacza to, że wartość obliczonego parcia gruntu wywieranego na konstrukcję nie będzie niższa niż 20% wartości naprężenia geostatycznego (pierwotnego).*

*Uwaga: Podczas analizy ścian kotwionych lub rozpiętych zaleca się stosowanie redystrybucji parcia czynnego ze względu na podparcie. Jeśli chcemy zmniejszyć deformację ściany można także, w tej samej ramce, zwiększyć parcie oddziałujące na ścianę (zwiększone parcie czynne, bierne). Obydwie możliwości opisane są dokładnie w pomocy programu (F1) lub w kolejnym Przewodniku Inżyniera [Nr 5 – Projektowanie kotwionej obudowy wykopu](#).*



W ramce "Woda" wybierz typ zwierciadła gruntowego za konstrukcją oraz wprowadź jego głębokość jako 1,0 m poniżej poziomu terenu.



Woda

— Parametry zwierciadła wody gruntowej (ZWG) —

ZWG za konstrukcją :  $h_1 =$  1,00 [m]

ZWG przed konstrukcją :  $h_2 =$  [m]

☐ Spękanie tensyjne

Głębokość strefy spękania :  $h_t =$  [m]

*Ramka "Woda" – 1. faza budowy*

Następnie, przejdź do ramki "Ustawienia fazy" i wybierz trwałą sytuację obliczeniową.

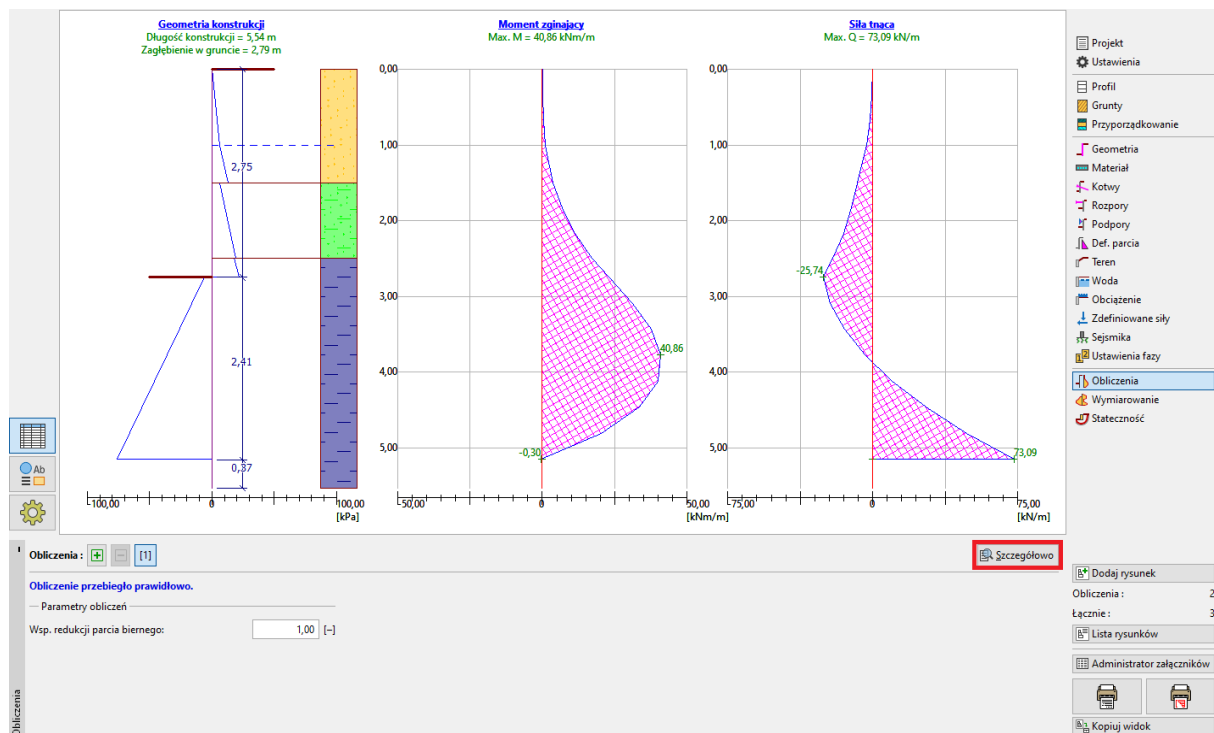


Ustawienia fazy

Sytuacja obliczeniowa : trwała

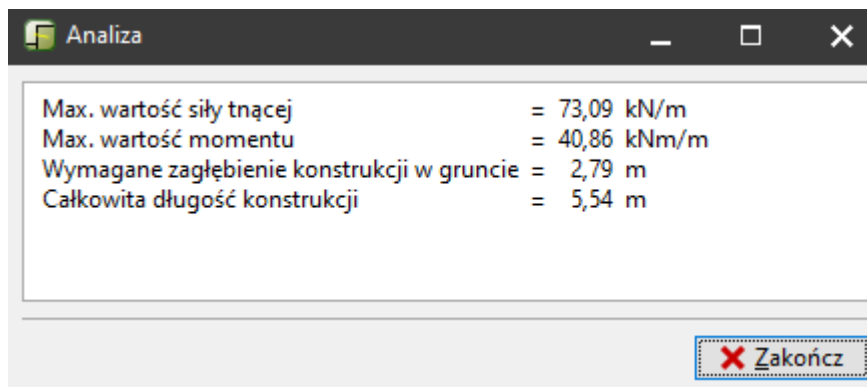
*Ramka "Ustawienia fazy" – faza 1*

Teraz przejdź do ramki "Obliczenia". W ramce tej program automatycznie przeprowadza obliczenia analizowanej obudowy wykopu, wyznacza siły wewnętrzne oraz określa niezbędne zagłębienie konstrukcji w gruncie poniżej dna wykopu.



Ramka "Obliczenia"

Szczegółowe wyniki można wyświetlić korzystając z przycisku "Szczegółowo".

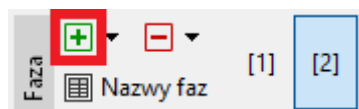


Ramka "Obliczenia" – faza 1 – okno dialogowe "Analiza"

Kolejna faza budowy pozwoli na przedstawienie sposobu obliczania minimalnego zagłębienia obudowy w gruncie i wyznaczania sił wewnętrznych w przypadku wyjątkowej sytuacji obliczeniowej – powodzi.

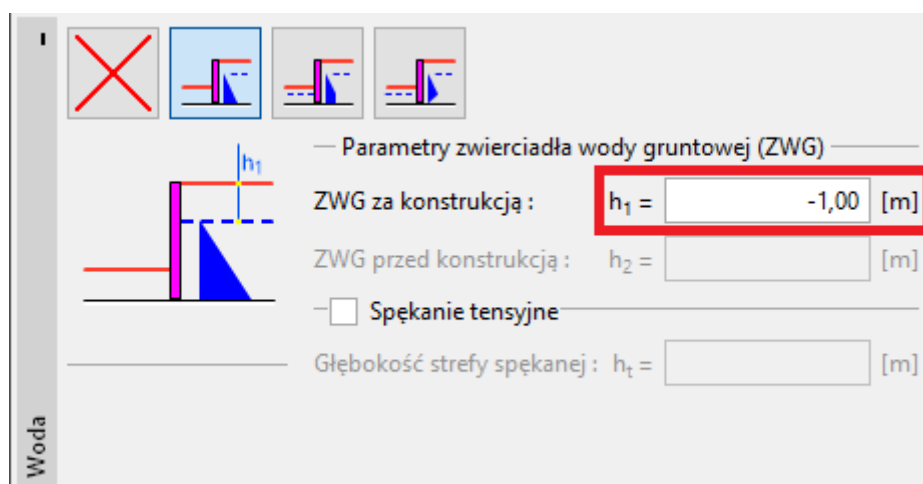
## Dane podstawowe - Faza 2

Dodaj nową fazę budowy korzystając z paska narzędzi "Faza budowy" znajdującego się w lewym górnym rogu ekranu.



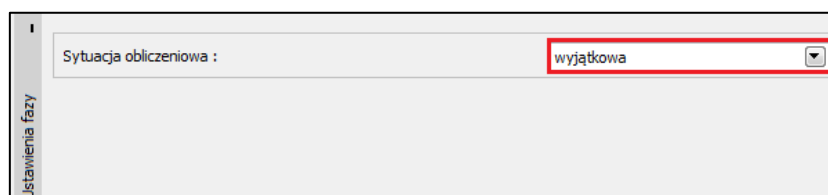
*Pasek narzędzi "Faza budowy"*

W ramce "Woda" zmień poziom zwierciadła wody gruntowej (ZWG) na -1,0m. Biorąc pod uwagę zastosowanie barier przeciwpowodziowych nie będziemy uwzględniać wody wewnątrz wykopu.



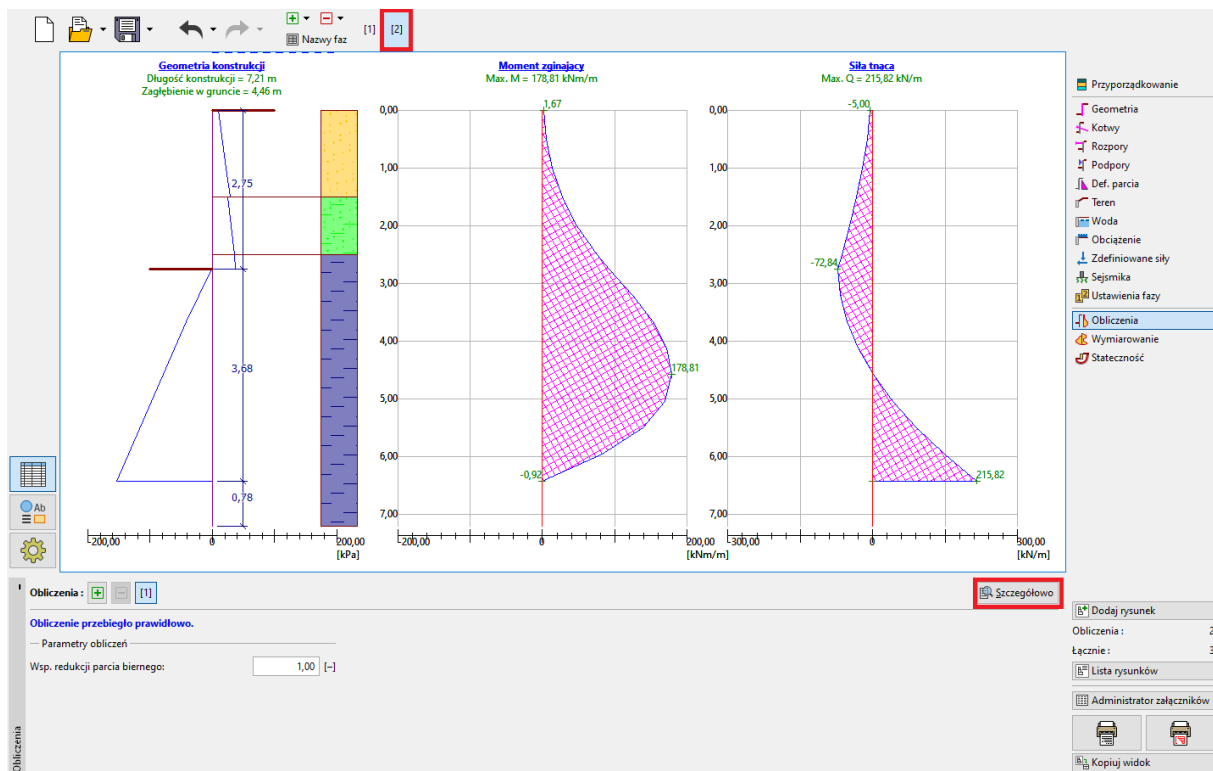
*Ramka "Woda"*

Następnie, w ramce "Ustawienia fazy" wybierz wyjątkową sytuację obliczeniową.

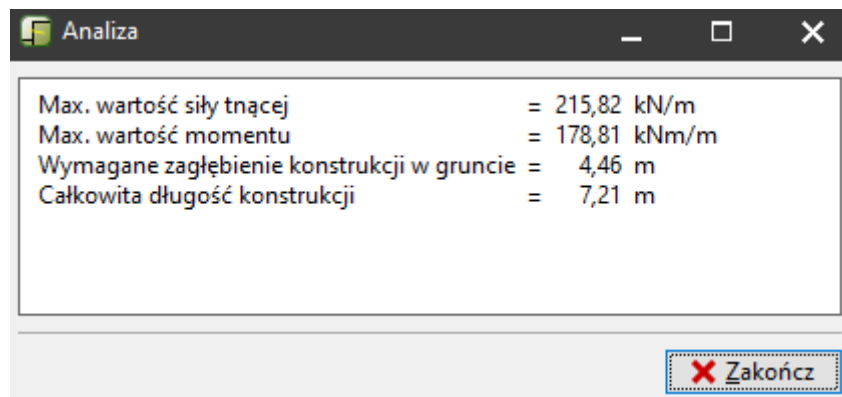


*Ramka "Ustawienia fazy" – faza 2*

Wszystkie pozostałe dane są takie same jak w 1. fazie budowy, więc nie musimy wprowadzać zmian w pozostałych ramkach. Przejdź bezpośrednio do ramki "Obliczenia" i zobacz wyniki obliczeń.



Ramka "Obliczenia"

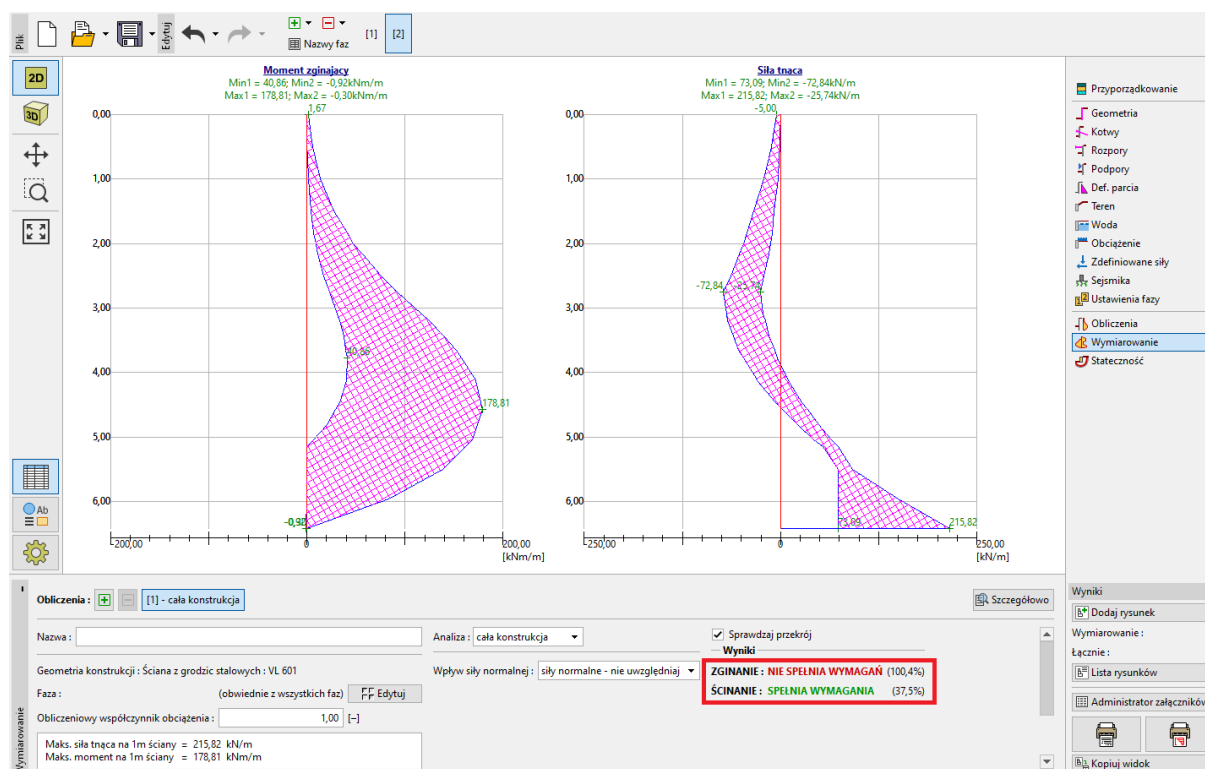


Ramka "Obliczenia" – faza 2 – okno dialogowe "Szczegółowo"

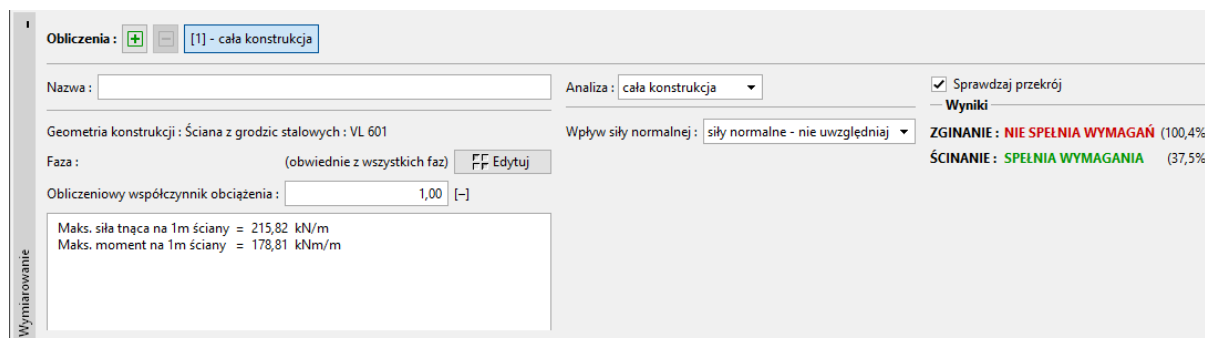
Teraz należy wykonać sprawdzenie przekroju ściany z grodzic na zginanie ze ściskaniem oraz ścinanie.

## Wymiarowanie przekroju

Przechodzimy do ramki „Wymiarowanie”.



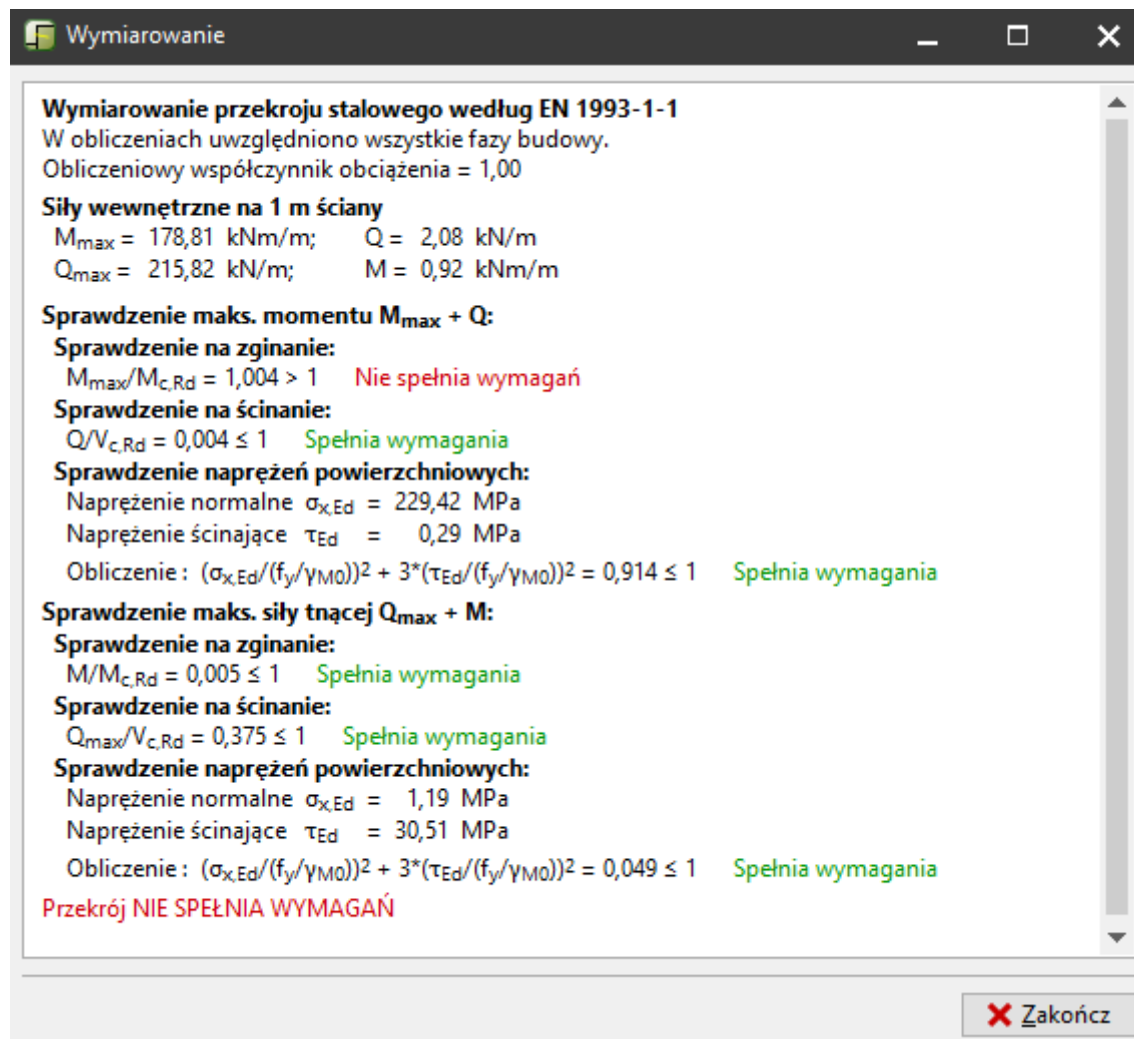
Ramka „Wymiarowanie”



Ramka „Wymiarowanie” - wyniki

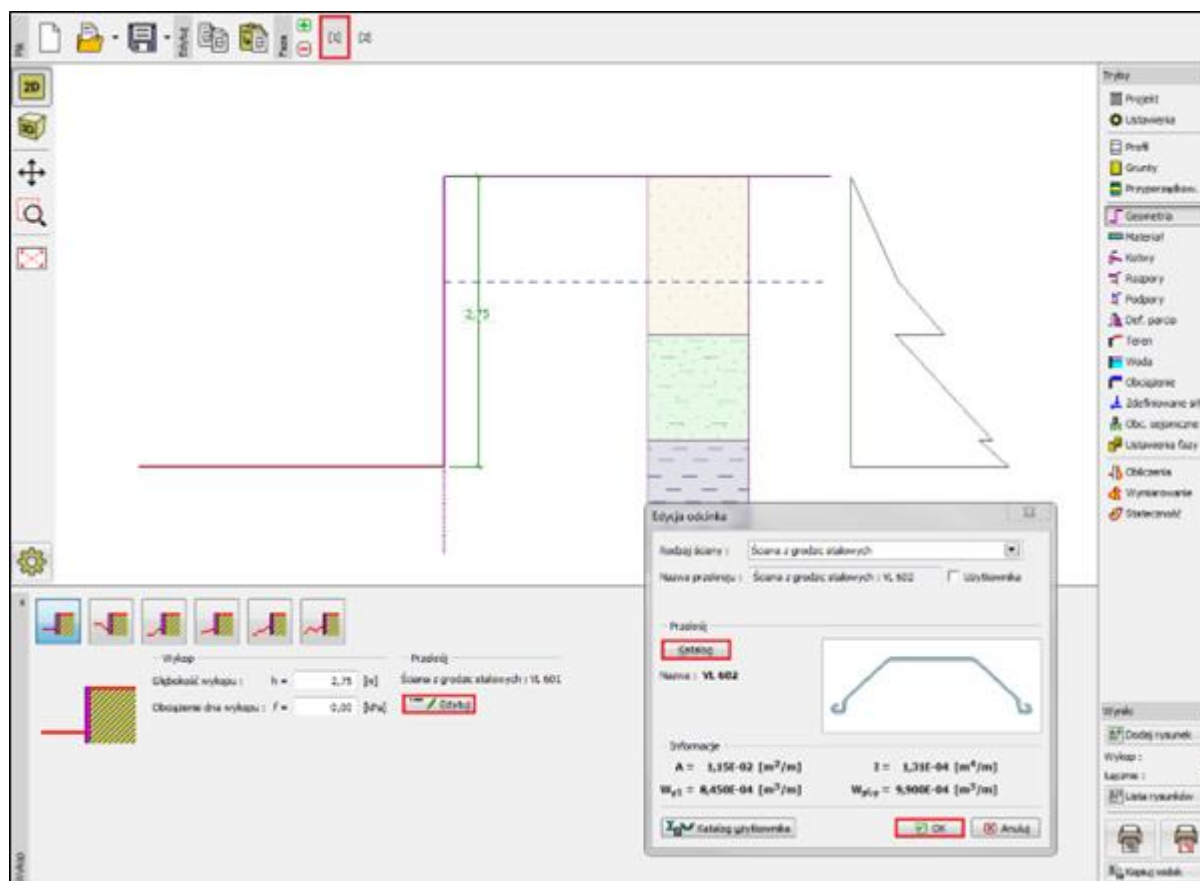
*Uwaga: W ramce „Wymiarowanie” wyświetlone są maksymalne wartości sił wewnętrznych z wszystkich faz budowy. Jeśli chcemy zastosować do wymiarowania wartości z konkretnych faz obliczeniowych, należy najpierw dokonać wyboru odpowiednich faz stosując przycisk „Edytuj”.*

Widzimy, że przekrój nie spełnia wymagań na „Zginanie + ściskanie”, wykorzystanie przekroju wynosi ponad 100%. Szczegółowe wyniki można wyświetlić korzystając z przycisku „Szczegółowo”.



Ramka "Wymiarowanie" – przycisk „Szczegółowo”

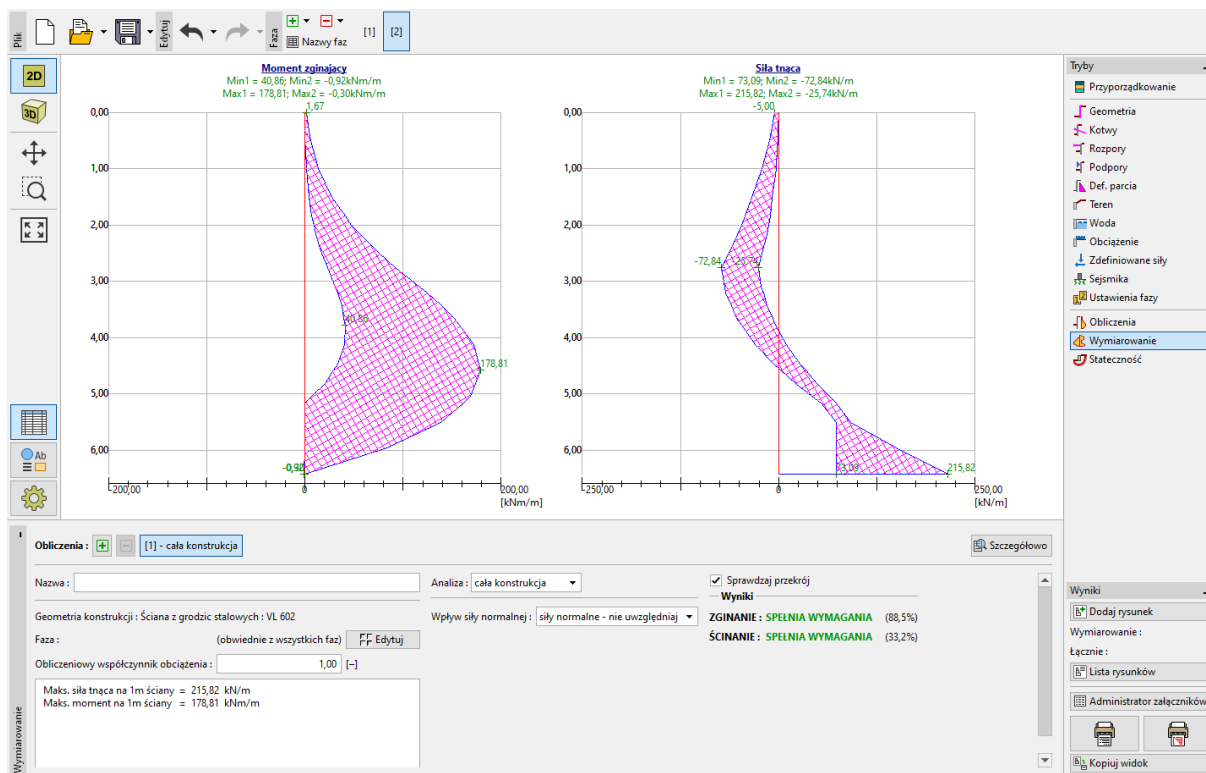
Ponieważ przekrój nie spełnia wymagań, musimy przeprowadzić analizę ponownie wracając do pierwszej fazy budowy i, w ramce „Geometria”, zmieniając przekrój grodzicy na większy – VL 602.



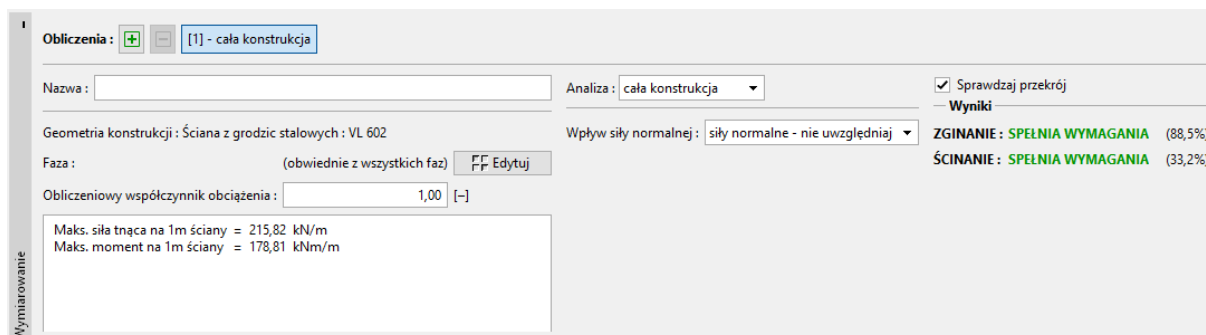
Ramka "Geometria" – zmiana grodzicy

*Uwaga: Geometrię grodzic stalowych można zmienić wyłącznie w 1. fazie budowy.*

Po dokonaniu edycji i zmiany geometrii przekroju (profilu grodzicy) powracamy do ramki „Wymiarowanie”. Nowy przekrój spełnia wymagania dla obydwu sprawdzanych warunków.



Ramka "Wymiarowanie" – sprawdzenie nowego przekroju



Ramka "Wymiarowanie" – sprawdzenie nowego przekroju

Uwaga: Zmiana przekroju grodzicy nie ma wpływu na wynik analizy sił wewnętrznych. Szytywność konstrukcji ma wpływ na uzyskiwane wyniki w programie "[Ściana analiza](#)".



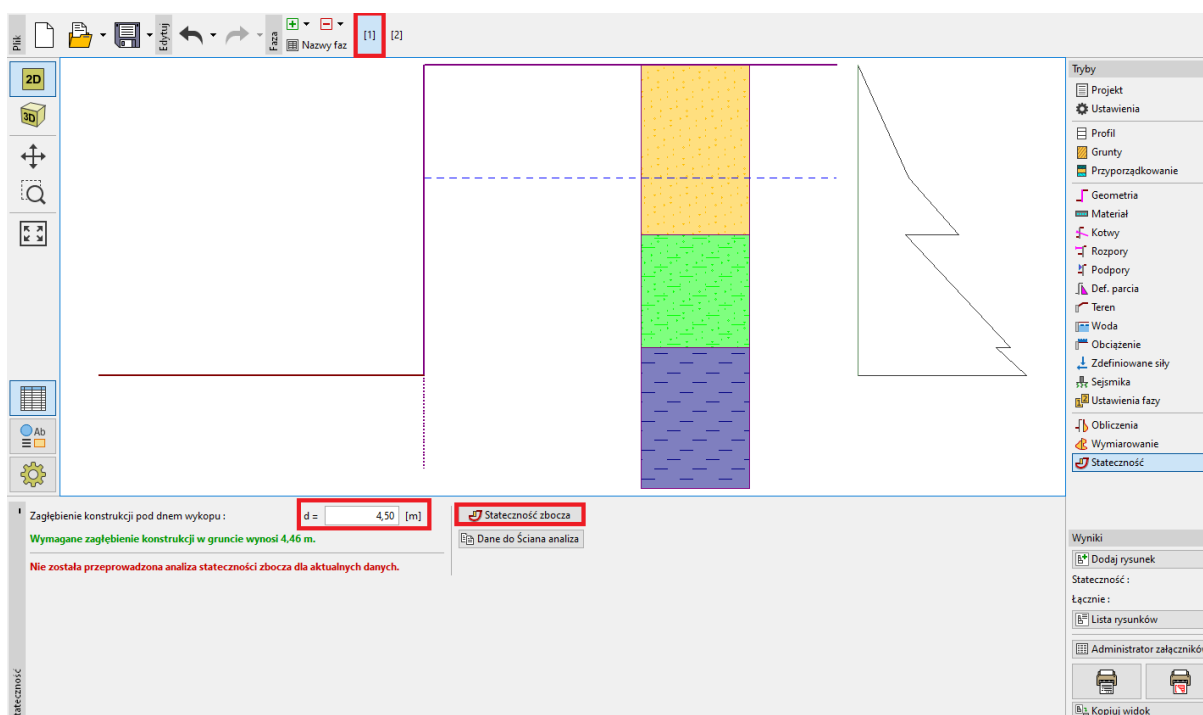
## Sprawdzenie stateczności

Na zakończenie należy przeprowadzić analizę stateczności globalnej konstrukcji. Sprawdzenie to wykonywane jest w ramce „Stateczność”.

W ramce tej program pokazuje minimalną długość konstrukcji w gruncie. Analiza stateczności powinna być przeprowadzona w każdej fazie budowy osobno.

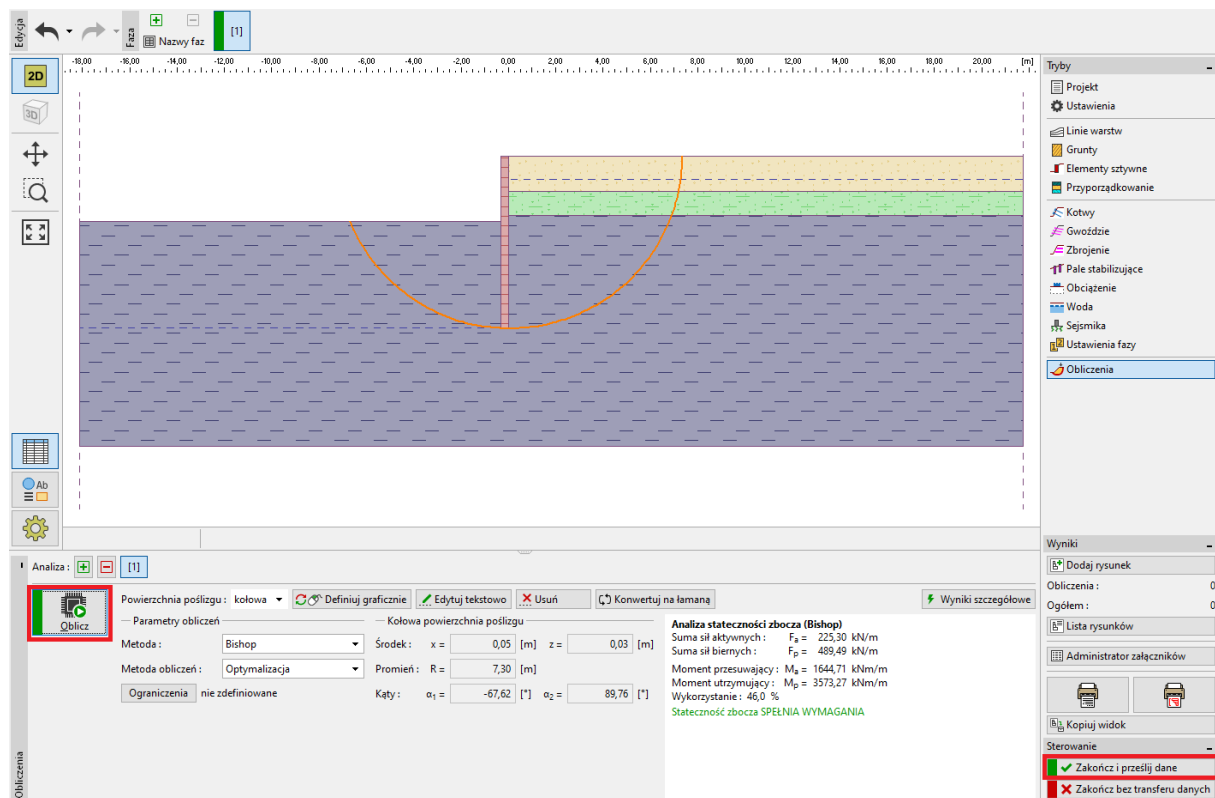
Minimalne zagłębienie konstrukcji w gruncie (wyznaczone w obliczeniach w drugiej fazie budowy) wynosi 4.46 m. Zaprojektujemy wobec tego ścianę zagłębioną 4.5 m poniżej dna wykopu.

W pierwszej kolejności wykonamy obliczenia w 1. fazie budowy.



Ramka „Stateczność” – faza 1

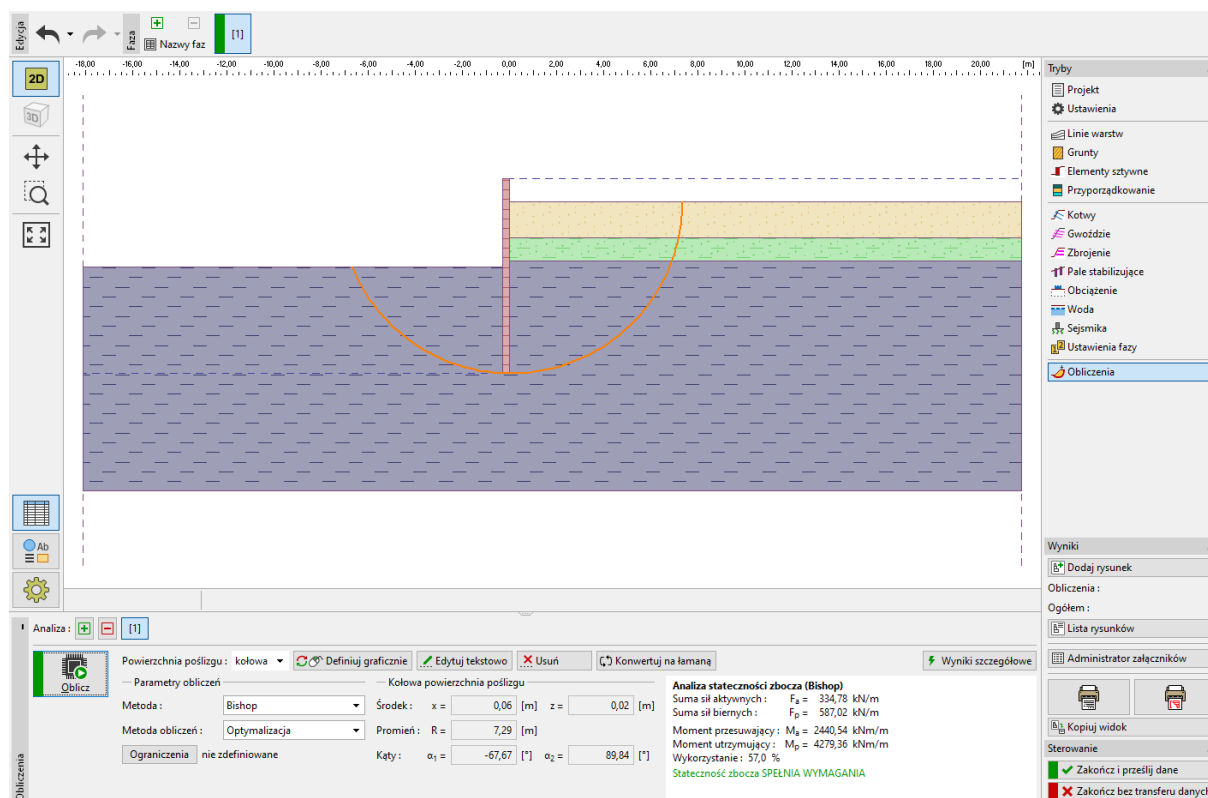
Po przyciśnięciu przycisku „Stateczność zbocza” uruchamiany jest program „Stateczność zbocza” i wszystkie dane wejściowe przekazywane są do tego programu automatycznie. W programie przejdź do ramki „Obliczenia”. Wybierz metodę „Bishopa” z optymalizacją kołowej powierzchni poślizgu, jak pokazano na poniższym obrazku i kliknij przycisk „Oblicz”.



## Program "Stateczność zbocza" – ramka "Obliczenia" (faza 1)

Po zakończeniu analizy stateczności w pierwszej fazie budowy kliknij przycisk „Zakończ i prześlij dane” znajdujący się z prawej strony ekranu.

Analogiczne obliczenia przeprowadzimy w 2. fazie budowy.



Program "Stateczność zbocza" – ramka "Obliczenia" (faza 2)

## Wyniki obliczeń i podsumowanie:

Celem niniejszego zadania było zaprojektowanie obudowy wykopu o głębokości 2.75 m.

Projektując nie kotwioną obudowę wykopu uzyskujemy wartości sił wewnętrznych działających w konstrukcji oraz minimalną wartość zagłębienia konstrukcji w gruncie. Całkowite zagłębienie ściany w gruncie należy przyjąć jako wartość maksymalną z wszystkich analizowanych faz budowy.

- Minimalne zagłębienie konstrukcji w gruncie w 1. fazie budowy: 2,79 m
- Minimalne zagłębienie konstrukcji w gruncie w 2. fazie budowy: 4,46 m

W tym przypadku zaprojektujemy obudowę zagłębioną 4.5 m poniżej dna wykopu, a więc o całkowitej wysokości wynoszącej 7.25m (4.5m + 2.75m).

W ten sposób zaprojektowana konstrukcja spełnia również warunek stateczności globalnej. Maksymalne wykorzystanie przekroju nie przekracza 60%.

Grodzica typu VL 601, pierwotnie przyjęta do obliczeń nie spełniała wymagań na zginanie. Z tego względu zastąpiona została większą grodzicą typu VL 602, która spełnia wszystkie wymagania.

**Zaprojektowana obudowa wykopu wykonana z grodzic VL 602 ze stali S240 GP o długości całkowitej 7,25 m spełnia wszystkie analizowane wymagania.**