

Analiza nośności pionowej oraz osiadania pali projektowanych z wykorzystaniem wyników sondowań CPT

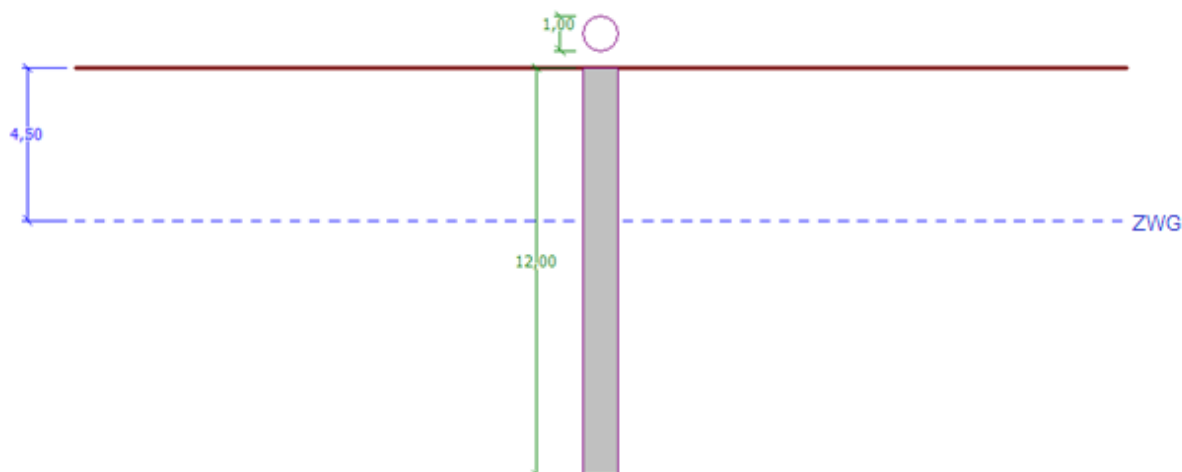
Program: Pal CPT

Plik powiązany: Demo_manual_15.gpn

Celem niniejszego przewodnika jest wyjaśnienie funkcjonowania programu GEO5 PAL CPT.

Sformułowanie problemu

Ogólne sformułowanie problemu zostało przedstawione w rozdziale 12 (*Przewodnik Inżyniera nr 12 Pale fundamentowe – wprowadzenie*). Niniejszy Przewodnik przedstawia analizę nośności i osiadania pojedynczego pala oraz grupy pali zgodnie z normą EN 1997-2.

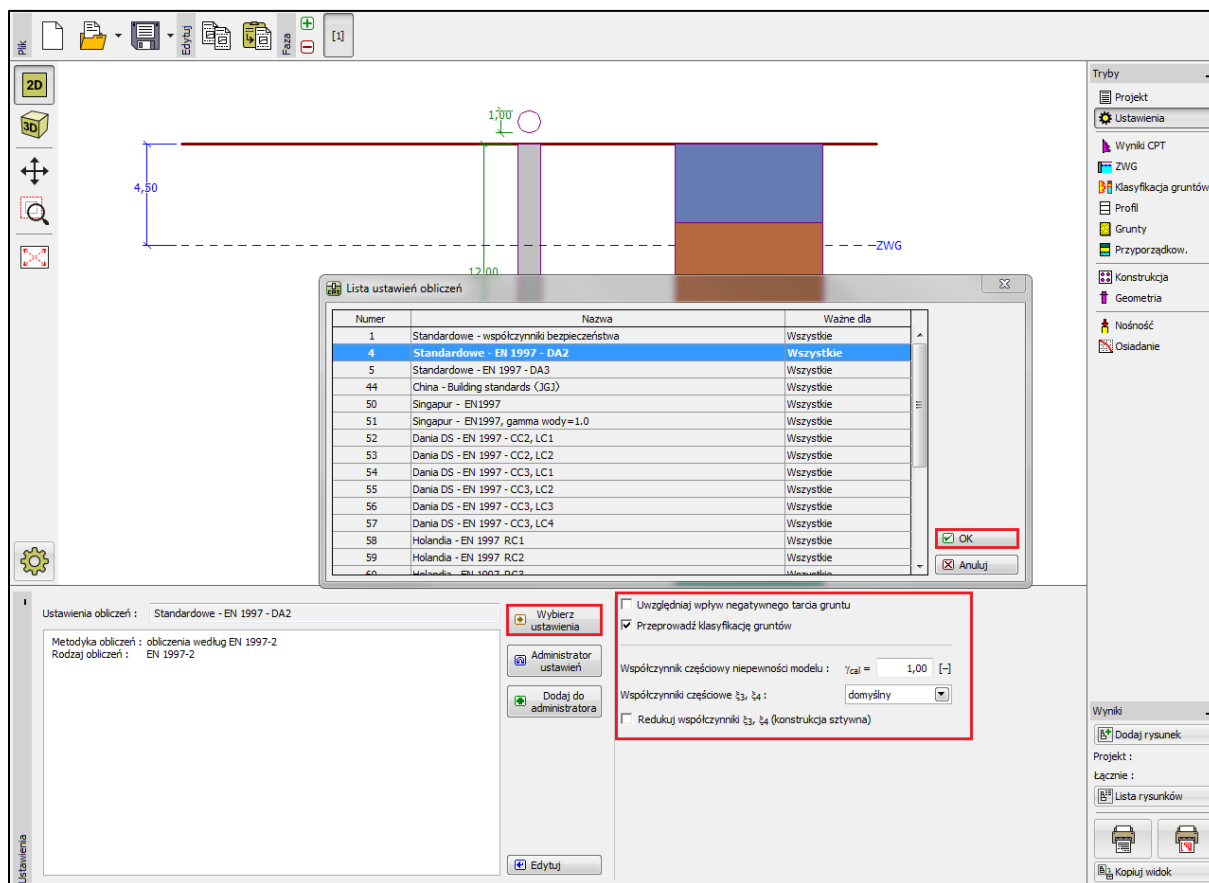


Schemat zadania – pojedynczy pal projektowany z wykorzystaniem wyników sondowań CPT

Rozwiązanie

W celu wykonania zadania skorzystaj z programu Pal CPT zawartego w pakiecie GEO5. Przewodnik przedstawia kolejne kroki rozwiązania tego przykładu.

W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia" (lewy dolny róg ekranu), a następnie wybierz z listy dostępnych ustawień obliczeń "Standardowe – EN 1997". Podejście obliczeniowe nie ma znaczenia, gdyż obliczenia będą prowadzone zgodnie z normą EN 1997-2: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.



Ramka "Ustawienia"

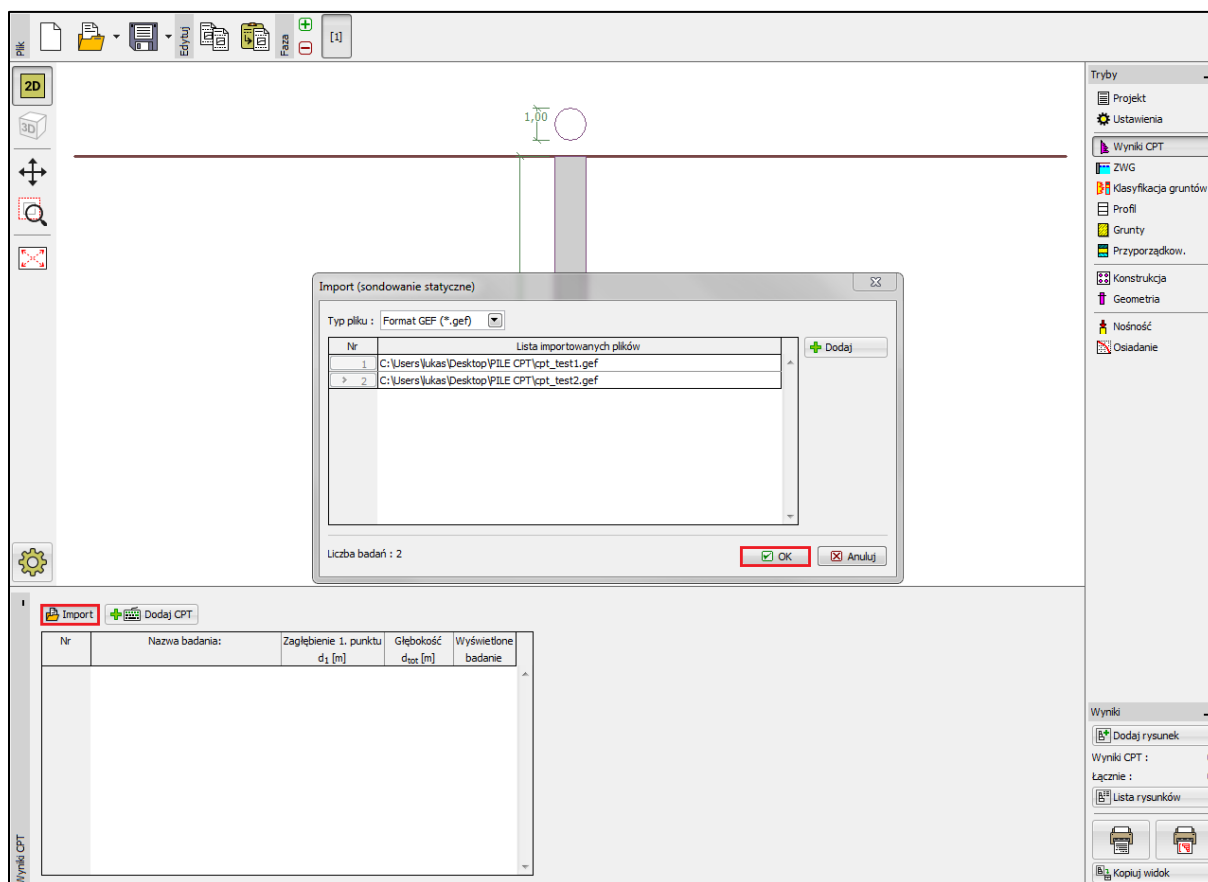
W pierwszym etapie przeprowadzimy obliczenia pojedynczego pala, nie musimy więc uwzględniać redukcji współczynników korelacyjnych ξ_3, ξ_4 . Nie będziemy także uwzględniać wpływu tarcia negatywnego gruntu. W przedmiotowej ramce możemy dodatkowo określić *współczynnik częściowy niepewności modelu*, który jest wykorzystywany do redukcji całkowitej nośności pala – pozostawimy domyślną wartość 1.0.

W ramce tej, dokonamy wyboru opcji "Przeprowadź klasyfikację gruntów". Zapewni to, że wszystkie parametry gruntów zostaną automatycznie przypisane w całym zadaniu na podstawie wykonanych badań CPT.

Uwaga: Współczynniki korelacyjne ξ_3, ξ_4 , a zatem i całkowita nośność pala, zależą od liczby przeprowadzonych badań CPT. Im większa liczba przeprowadzonych sondowań CPT, tym wartość współczynników korelacyjnych jest mniejsza. Dla przeprowadzonego jednego badania współczynniki

korelacyjne wynoszą odpowiednio $\xi_3, \xi_4 = 1.4$ zgodnie z **Tabelą A.10** – [Współczynniki korelacyjne do wyznaczania nośności charakterystycznej pali](#) zamieszczoną w normie EN 1997-1 (Część A.3.3.3).

Następnie, w ramce „Import CPT” zaimportujemy do programu wykonane badania CPT.

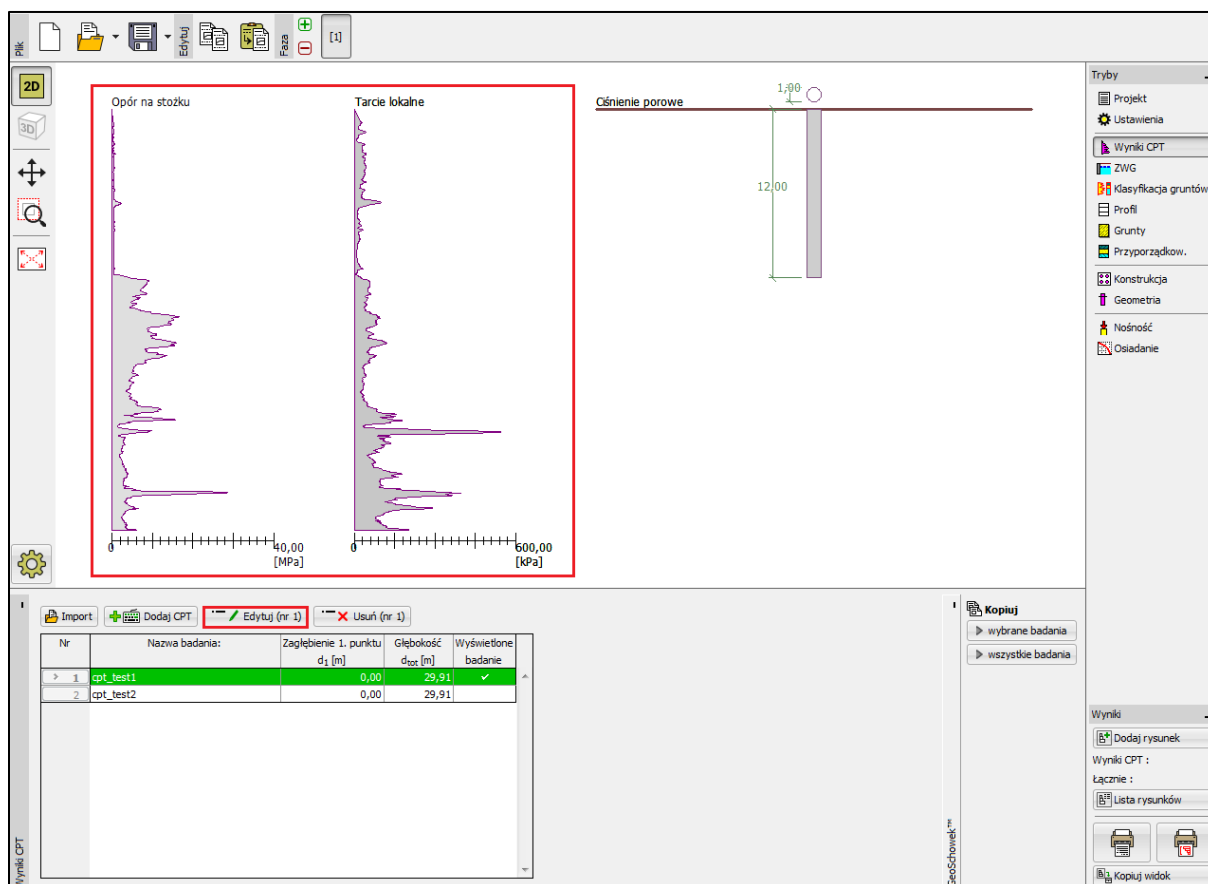


Ramka „Wyniki CPT”

Uwaga: Sondowania CPT można importować w różnych formatach. W analizowanym przykładzie, wykorzystany będzie format holenderski - GEF. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w pomocy programu – naciśnij przycisk F1 lub sprawdź [online](#).

Uwaga: Istnieje także możliwość ręcznego wprowadzenia badania CPT za pomocą przycisku „Dodaj CPT”. Ponieważ liczba punktów pomiarowych jest zwykle znacząca, najczęściej stosuje się jednak import badań.

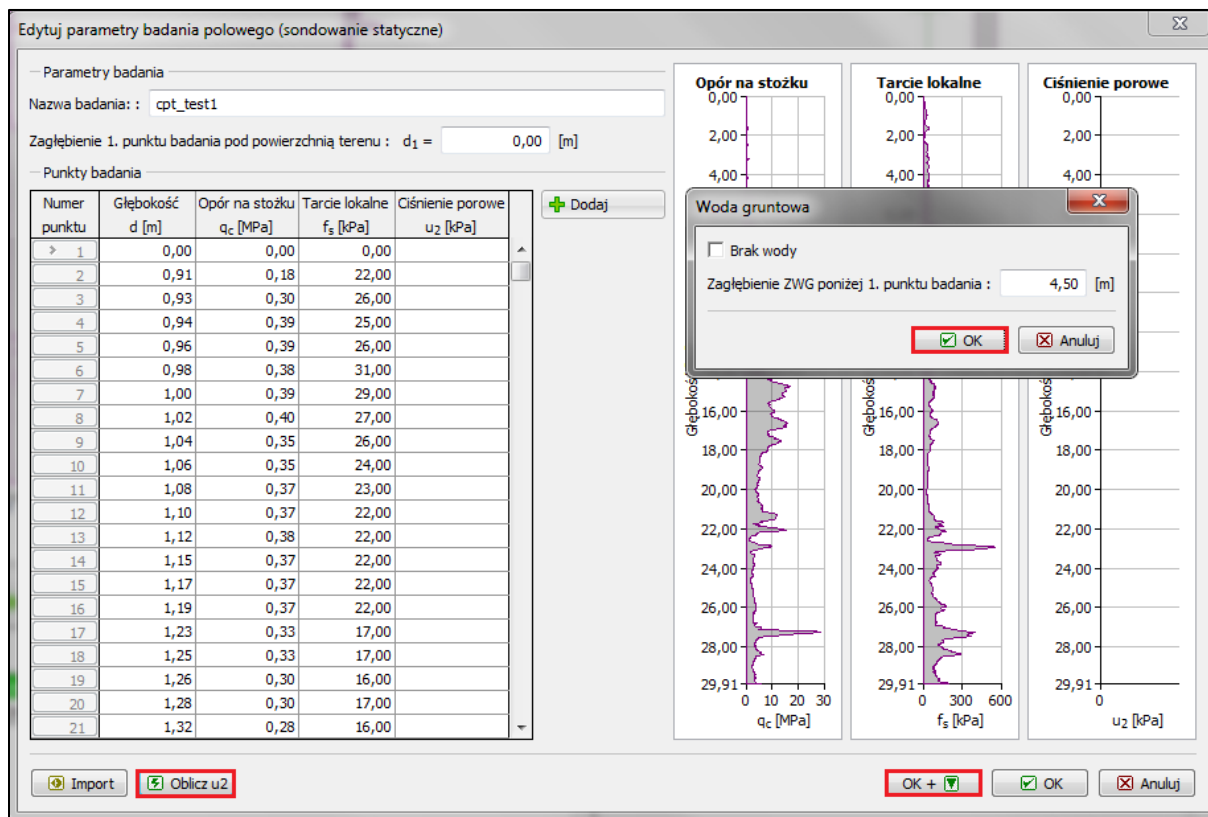
Kliknięcie przycisku “OK”, powoduje wczytanie badań i wykresy wartości pomierzonych zostają wyświetlone na ekranie.



Ramka “Wyniki CPT” – zaimportowane badania

Uwaga: Najprościej, badania CPT można podzielić na dwa rodzaje. Badania standardowe CPT, w których mierzone są opór na stożku (q_c) i tarcie na pobocznicy (f_s) oraz bardziej szczegółowe badania nazywane CPTu, w których dodatkowo mierzone jest ciśnienie porowe. Badania CPTu są bardziej wymagające technicznie oraz kosztowniejsze. Jednakże znajomość ciśnienia porowego (u) jest niezbędna do prawidłowego sklasyfikowania gruntu na podstawie badań CPT. Jeśli w zadaniu znany jest poziom zwierciadła wody gruntowej ciśnienia porowe mogą być wyznaczone automatycznie przez program. Procedura ta wyjaśniona została poniżej.

Wciśnięcie przycisku “Edytuj” spowoduje wyświetlenie okna dialogowego ze szczegółowymi wynikami wybranego badania.

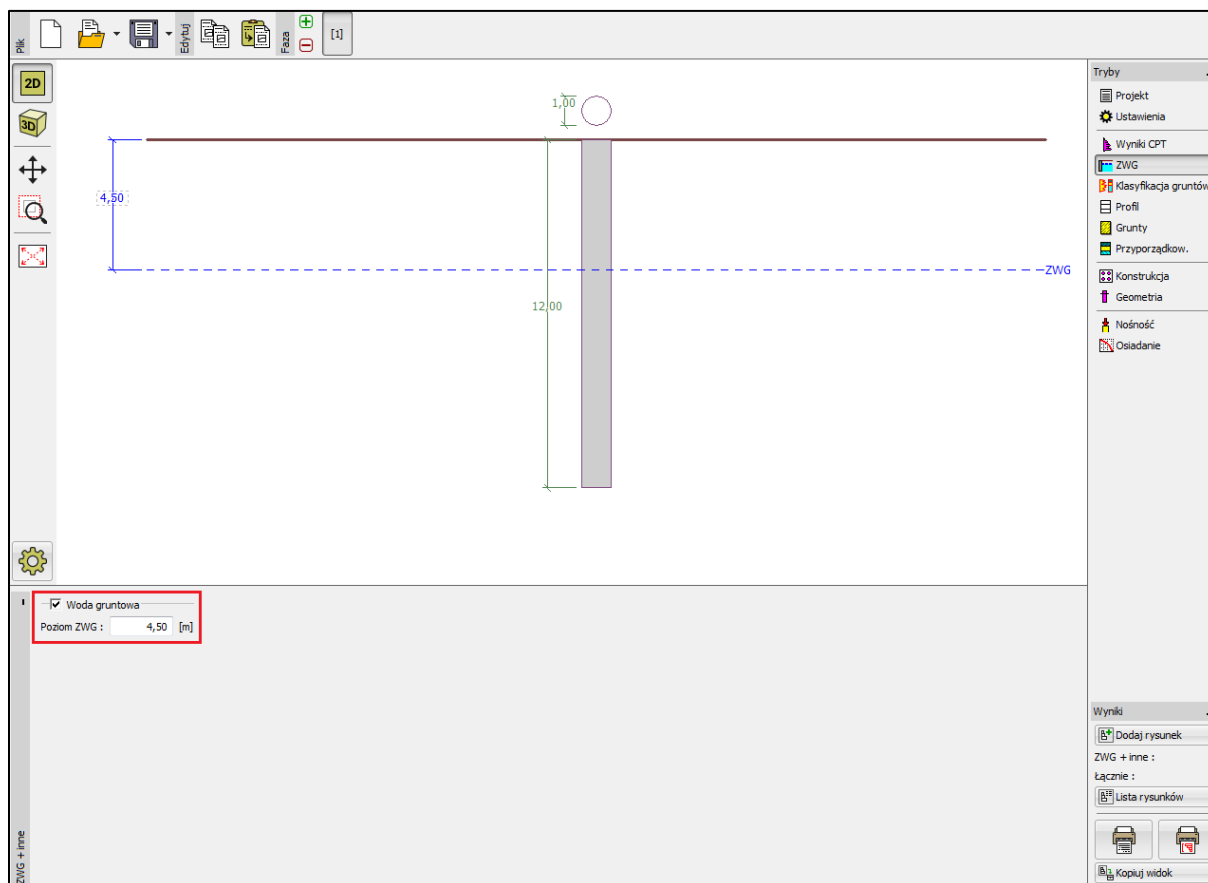


Frame “CPT” – pore pressure calculation

W oknie tym klikamy przycisk “Oblicz u_2 ”, a następnie definiujemy poziom zwierciadła wody gruntowej.

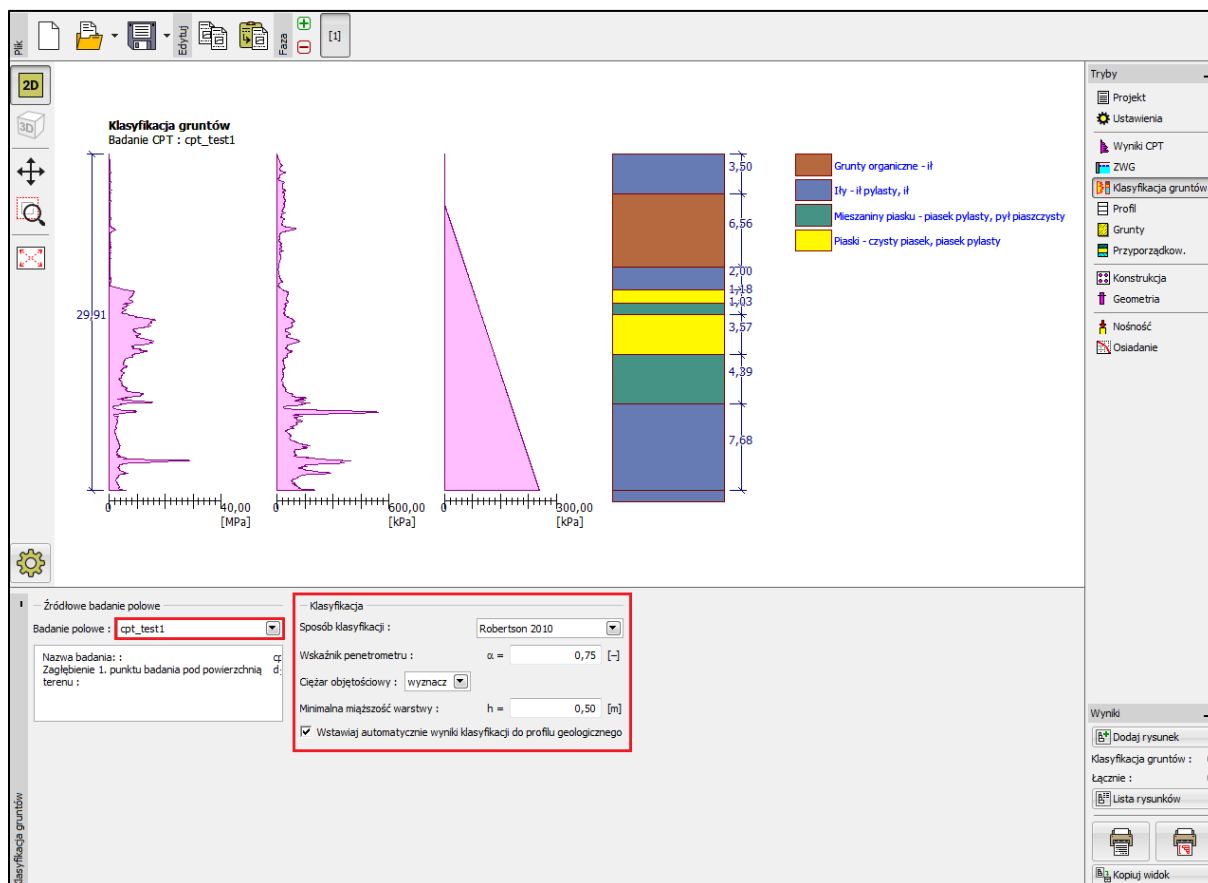
W ten sposób ciśnienia porowe zostają wyznaczone dla obydwu badań CPT.

Należy podkreślić, że konieczne będzie również zdefiniowanie zwierciadła wody gruntowej w ramce “ZWG”.



Ramka “ZWG”

W tym momencie można przejść do ramki “Klasyfikacja gruntów”.



Ramka "Klasyfikacja gruntów"

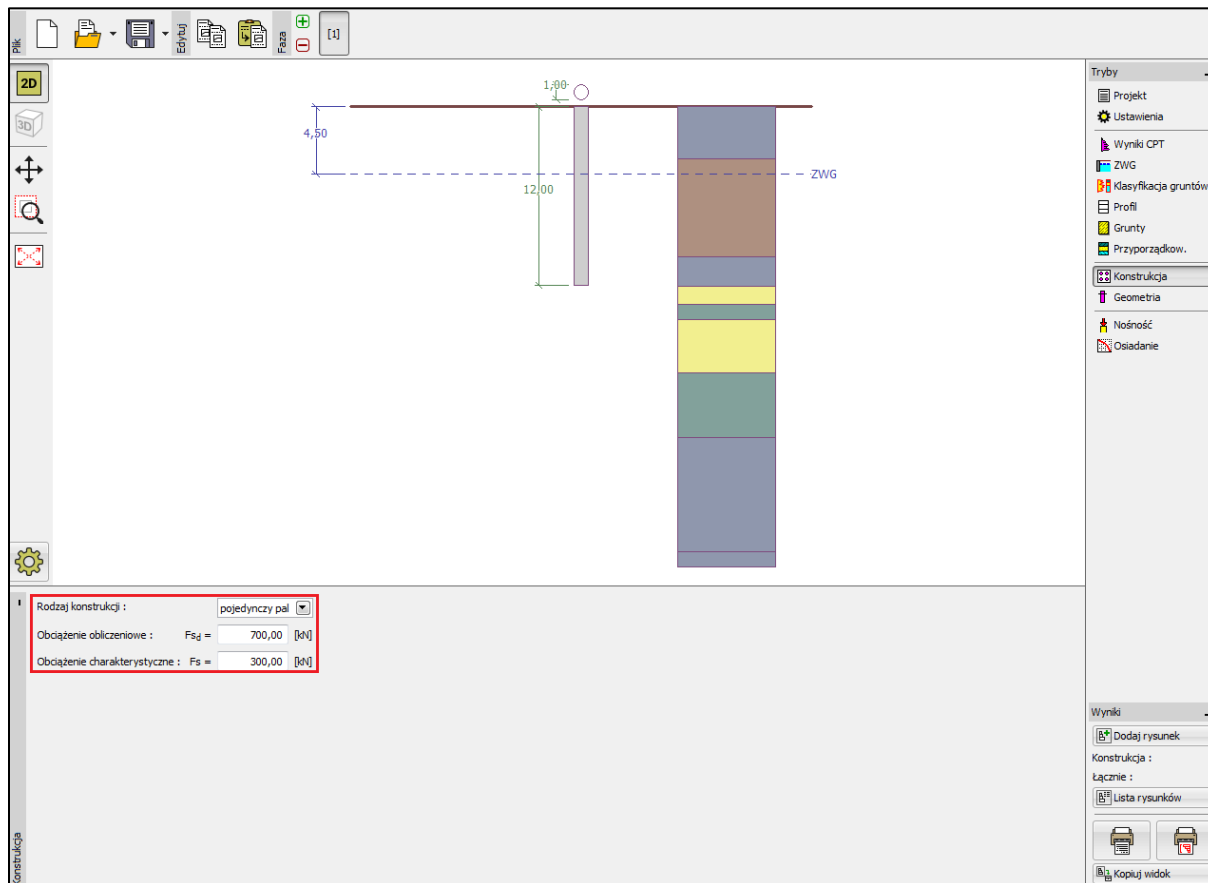
Wybieramy klasyfikację według Robertsona (2010). Wartość wskaźnika penetrometru pozostawiamy o wartości domyślnej 0,75, a ciężar objętościowy wyznaczany jest na podstawie sondowania CPT. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w pomocy programu – naciśnij przycisk F1 lub sprawdź [online](#).

Definiujemy minimalną miąższość warstwy jako 0,5 m w celu uzyskania przejrzystego obrazu profilu geologicznego.

Uwaga: Klasyfikacja gruntów przeprowadzana jest zawsze tylko dla jednego sondowania CPT – należy je określić w oknie "Źródłowe badanie polowe".

Ramki "Profil", "Grunty" oraz "Przyporządkowanie" mogą być pominięte – wszystkie dane zostaną automatycznie wypełnione na podstawie wartości uzyskanych z badań CPT.

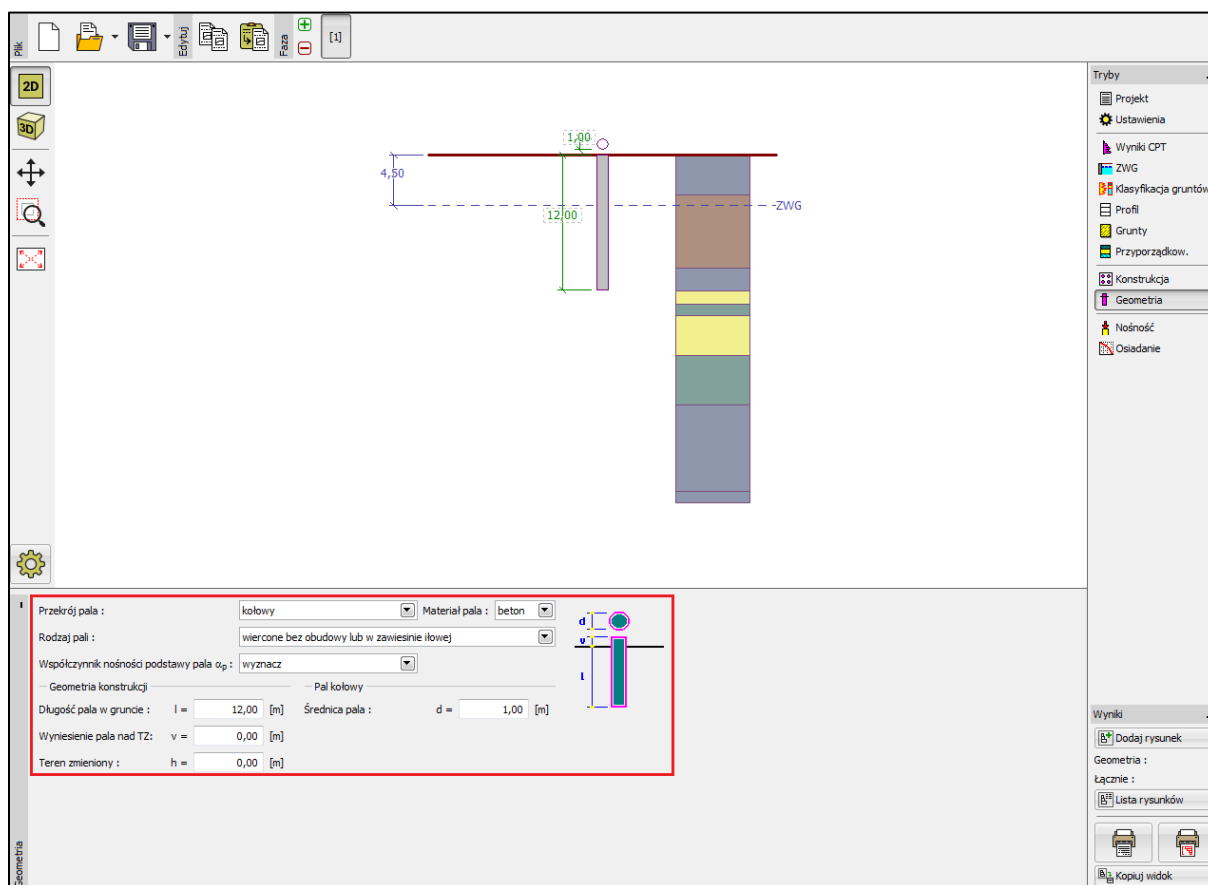
W ramce “Konstrukcja”, jako rodzaj konstrukcji wybieramy z okna rozwijanego opcję “pojedynczy pal”. Następnie definiujemy maksymalną wartość obciążenia pionowego oddziałującego na pal. Obciążenie obliczeniowe wykorzystywane jest do analizy nośności pala, a obciążenie charakterystyczne do analizy osiadań.



Ramka “Konstrukcja”

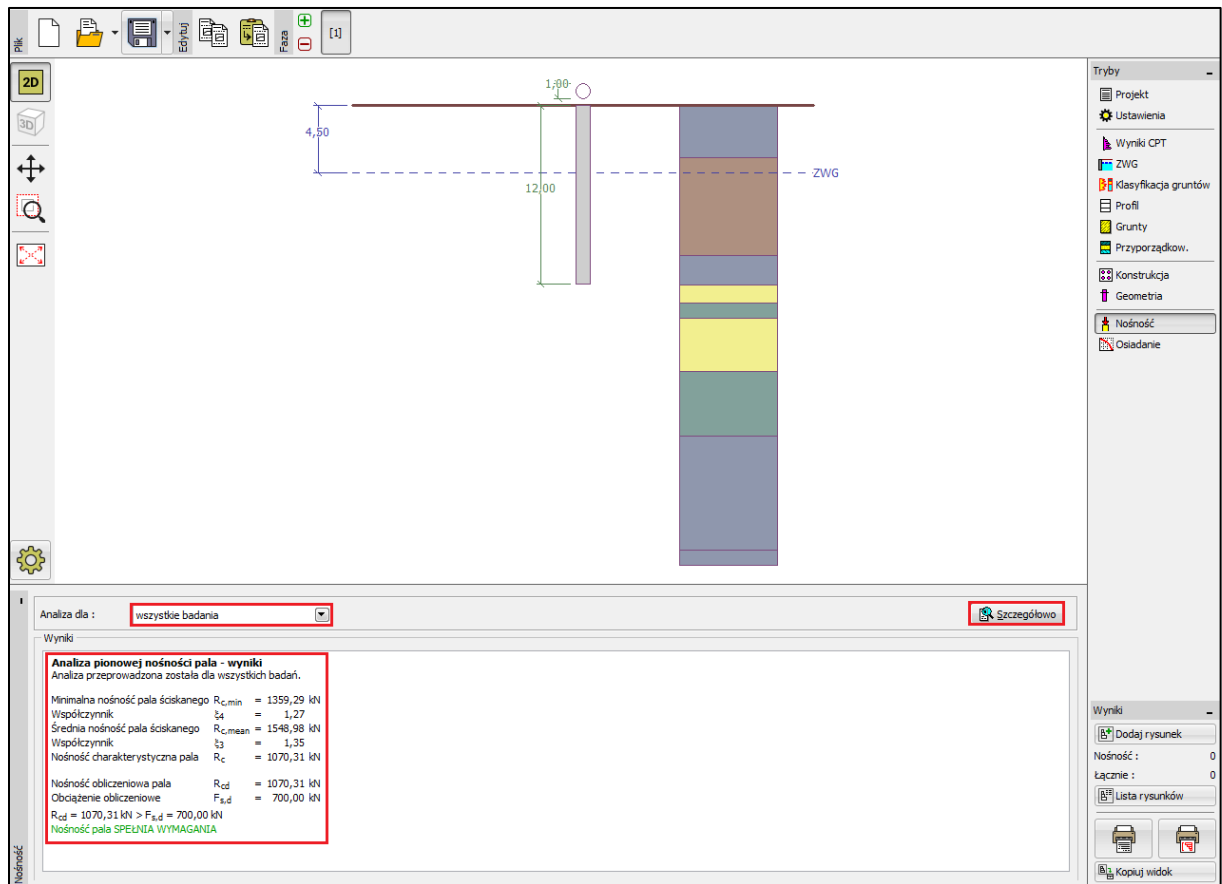
Przejdziemy teraz do ramki „Geometria”, wprowadzimy materiał oraz przekrój pała, a także podstawowe wymiary, tj. średnicę i zagłębienie pała w gruncie. Następnie określimy technologię wykonania pała. W analizowanym przypadku przyjmijmy pały wiercone bez obudowy lub w zawieszinie łożowej.

Współczynnik nośności podstawy pała α_p wyznaczany jest automatycznie (domyślna opcja *wyznacz*).



Ramka „Geometria”

Następnie przejdziemy do analizy nośności pionowej pojedynczego pala wybierając ramkę „Nośność”, w której przedstawione zostały wyniki obliczeń.



Ramka „Nośność”

Pośrednie wyniki obliczeń nośności pionowej pojedynczego pala można wyświetlić klikając na przycisk „Szczegółowo”.

Analiza pionowej nośności pala - wyniki pośrednie	
Średnica pala	$d_{eq} = 1,00 \text{ m}$
Średnica pala w podstawie	$d_{s,eq} = 1,00 \text{ m}$
Powierzchnia pala w podstawie	$A_b = 0,79 \text{ m}^2$
Wsp. redukcji nośności pala	$\alpha_p = 0,50$
Wsp. wpływu kształtu pala	$s = 1,00$
Wsp. wpływu poszerzenia podstawy	$\beta = 1,00$
Analiza pionowej nośności pala - wyniki	
Analiza przeprowadzona została dla wszystkich badań.	
Minimalna nośność pala ściskanego	$R_{c,min} = 1359,29 \text{ kN}$
Współczynnik	$\xi_4 = 1,27$
Średnia nośność pala ściskanego	$R_{c,mean} = 1548,98 \text{ kN}$
Współczynnik	$\xi_3 = 1,35$
Nośność charakterystyczna pala	$R_c = 1070,31 \text{ kN}$
Nośność obliczeniowa pala	$R_{cd} = 1070,31 \text{ kN}$
Obciążenie obliczeniowe	$F_{s,d} = 700,00 \text{ kN}$
$R_{cd} = 1070,31 \text{ kN} > F_{s,d} = 700,00 \text{ kN}$	
Nośność pala SPEŁNIA WYMAGANIA	

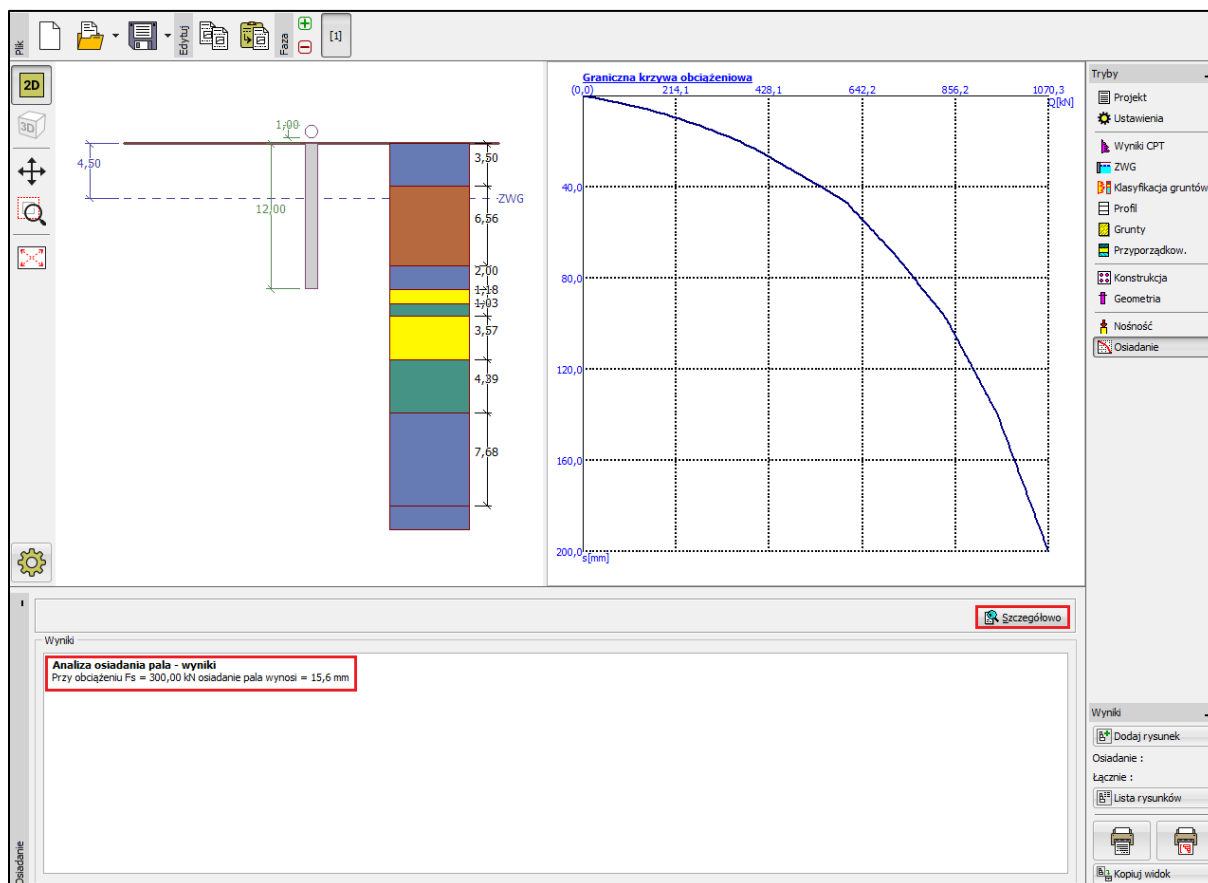
Okno dialogowe "Szczegółowo" – Nośność pionowa

Uwaga: Analiza nośności pionowej może być przeprowadzona dla jednego wybranego badania lub dla wszystkich badań.

Nośność pionowa pojedynczego pala $R_{c,d}$ jest sumą tarcia pobocznicy oraz oporu podstawy pala (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1). Aby spełnić warunek stanu granicznego wartość nośności musi być większa od wartości obciążenia obliczeniowego $F_{s,d}$.

– **EN 1997-2:** $R_{c,d} = 1070,31 \text{ kN} > F_{s,d} = 700,0 \text{ kN}$ **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Następnie przejdziemy do ramki "Osiadanie", w której przedstawiona jest krzywa obciążeniowa pala oraz wyświetlone są wyniki obliczeń osiadań. Wartość całkowitego osiadania pala wynosi $w_{1,d} = 15,6 \text{ mm}$ przy obciążeniu charakterystycznym $F_s = 300 \text{ kN}$.



Ramka „Osiadanie” – graniczna krzywa obciążeniowa dla pala

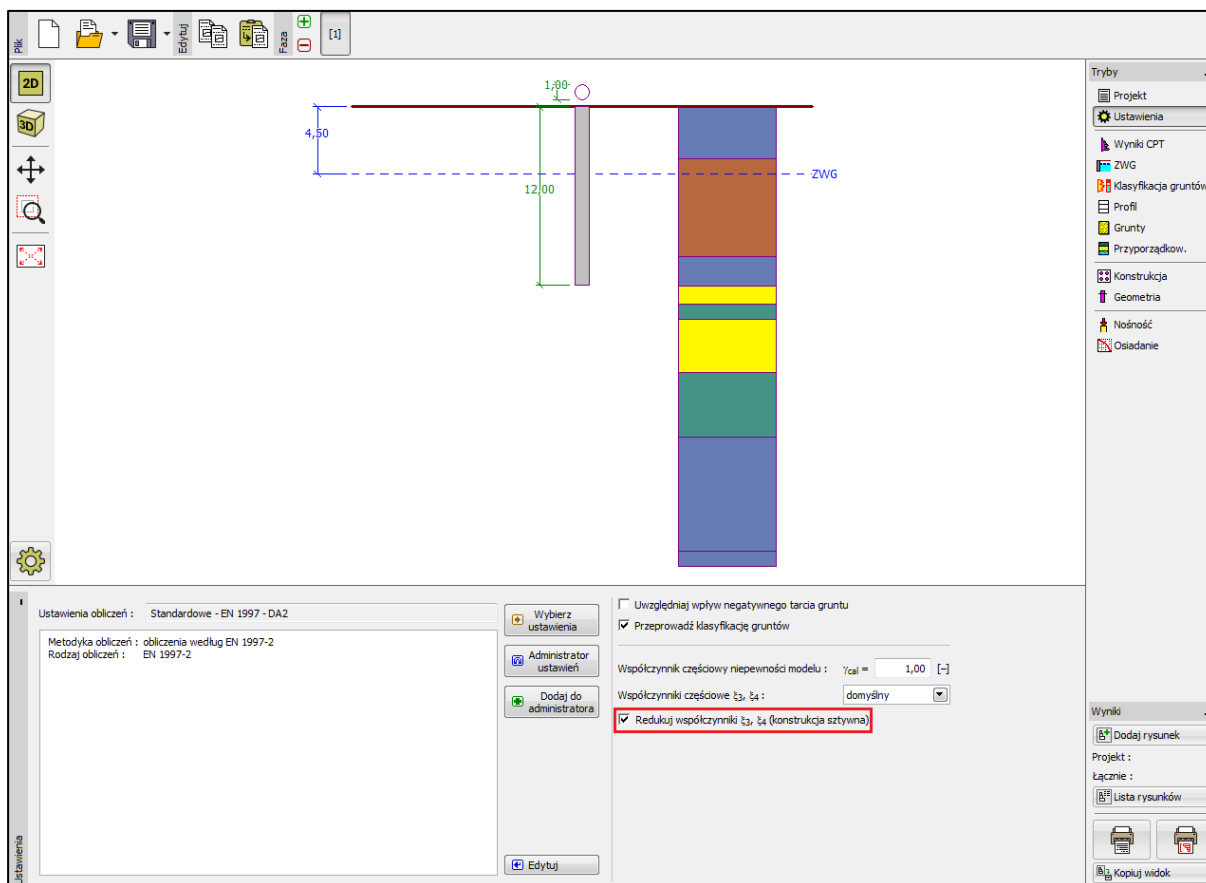
Szczegółowe wyniki obliczeń osiadania pojedynczego pala można wyświetlić klikając na przycisk „Szczegółowo”.

Analiza osiadania:	
Obciążenie charakterystyczne F_s	= 300,00 kN
Nośność pobocznic R_s	= 119,11 kN
Nośność pala w podstawie R_b	= 180,89 kN
Osiadanie podstawy pala w_{base}	= 15,4 mm
Odształcenie sprężyste pala $w_{el,d}$	= 0,2 mm
Osiadanie całkowite $w_{1,d}$	= 15,6 mm
Analiza osiadania pala - wyniki	
Przy obciążeniu $F_s = 300,00$ kN osiadanie pala wynosi = 15,6 mm	

Okno dialogowe „Szczegółowo” – Osiadanie

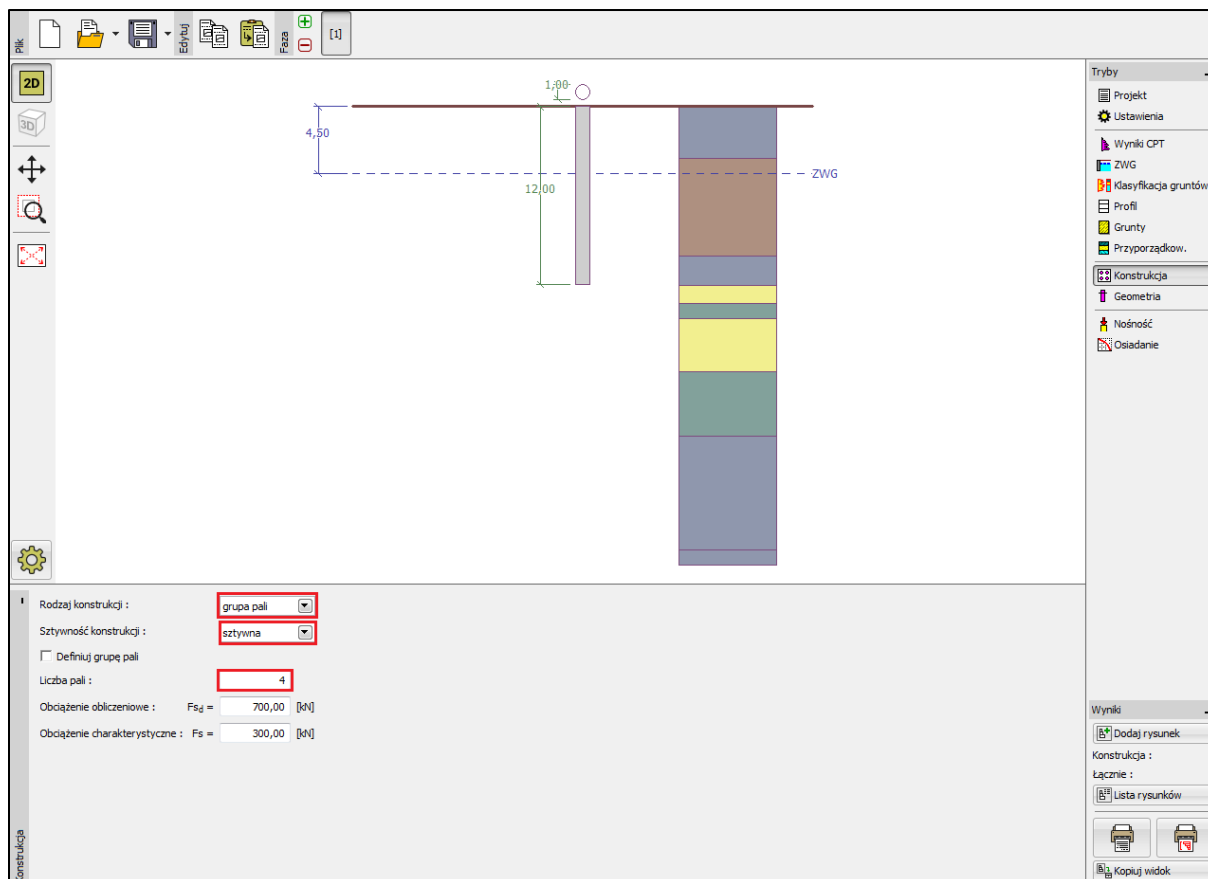
Grupa pali

Kolejnym krokiem będzie przeprowadzenie obliczeń grupy pali ze sztywnym oczepem. W ramce "Ustawienia" wybierz opcję "Redukuj współczynniki ξ_3, ξ_4 (konstrukcja sztywna)".



Ramka „Ustawienia”

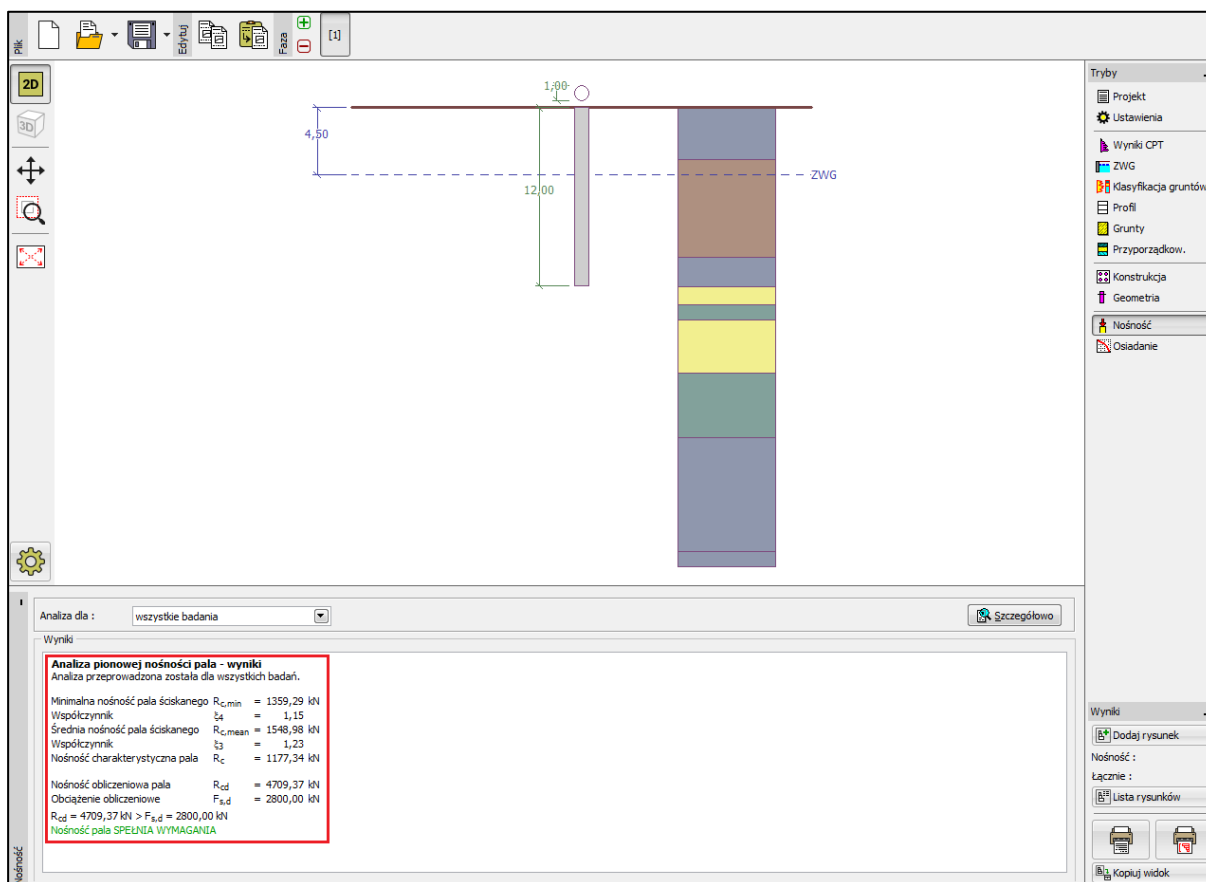
W kolejnym kroku przejdziemy do ramki „Konstrukcja”, w której zdefiniujemy parametry niezbędne do analizy grupy pali. Przyjmijmy, że projektowany fundament palowy (pale zwieńczone oczepek) stanowi **szttywną konstrukcję**, co powoduje, że **pale osiadają równomiernie**. Następnie wprowadzimy liczbę pali w grupie $n = 4$.



Ramka „Konstrukcja”

Pozostałe ramki nie wymagają wprowadzania żadnych zmian.

Powrócimy teraz do ramki „Nośność”, w której przedstawione są wyniki obliczeń.



Okno dialogowe „Nośność” – Nośność pionowa pala

– **EN 1997-2:** $R_{c,d} = 4709.37 \text{ kN} > F_{s,d} = 2800.0 \text{ kN}$ **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wnioski

Analizowana nośność pionowa pojedynczego pala i grupy pali spełnia wymagania projektowe. Główną zaletą projektowania z wykorzystaniem badań CPT jest szybkość oraz jednoznaczność wyników. Procedura projektowa jest dokładnie opisana w normie *EN 1997-2: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego*, a definiowanie, często niejednoznaczne, parametrów wytrzymałościowych gruntów nie jest w tym wypadku konieczne.