

EuroStopa

podręcznik użytkownika

Podręcznik do programu EuroStopa

06.02.2018

1 SPIS TREŚCI

1	<i>Spis treści</i>	2
2	<i>Wiadomości ogólne</i>	4
2.1	Opis ogólny i wymagania programu	4
2.2	Wymiarowanie wg PN-EN 1997-1 Eurokod 7	4
2.3	Wybór podpór do obliczeń	6
2.4	Typy fundamentów	6
2.5	Wprowadzanie danych	6
2.5.1	Zakładka „Geometria”	7
2.5.2	Zakładka „Grunty”	11
2.5.3	Zakładka „Materiał”	12
2.6	Wywołanie Obliczeń	13
3	<i>Sprawdzenie nośności podpory</i>	14
3.1	Parametry typu elementu	14
3.2	Wyniki sprawdzania nośności	15
3.3	Pełny raport wymiarowania	15
3.3.1	Przykładowy raport z wymiarowania	16

Wydawca

ArCADiasoft Chudzik sp. j.
ul. Sienkiewicza 85/87
90-057 Łódź
www.arcadiasoft.pl

Prawa autorskie

Zwracamy Państwu uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia software'owe i hardware'owe oraz nazwy markowe danych firm są prawnie chronione.

Program komputerowy oraz podręcznik użytkownika zostały opracowane z najwyższą starannością i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków kontrolnych.

Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Pragniemy w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie możemy udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki.

Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

2 WIADOMOŚCI OGÓLNE

2.1 OPIS OGÓLNY I WYMAGANIA PROGRAMU

Moduł wymiarujący *EuroStopa* przeznaczony jest do projektowania fundamentów bezpośrednich wg „*PN-EN 1997-1 Eurokod 7*” w programie *R3D3/R2D2*, w złożonym stanie obciążenia. Program jest wykonany w postaci zintegrowanej instalacji, wbudowanej w program do obliczeń statycznych *R3D3/R2D2*, który do działania wymaga odrębnej licencji. Aktualnie *R3D3-Rama 3D* i *R2D2-Rama 2D* mogą pracować w dwóch konfiguracjach:

- Osobno jako program tylko do obliczeń statycznych (wówczas moduł *EuroStopa* działa jedynie w wersji demo) – wymagana licencja na *R3D3 (R2D2)*.
- W połączeniu z modułem *EuroStopa* jako program do obliczeń statycznych i wymiarowania stóp fundamentowych - wymagana licencja na *R3D3 (R2D2)* i *EuroStopa*.

Do poprawnego i pełnego działania modułu *EuroStopa* wymagana jest obecność w systemie programu do edycji lub przeglądania plików raportów (format RTF) w postaci np. *MS Word* (od wersji 2003) lub *MS Word Viewer*.

W ogólnym przypadku program może wykonać następujące obliczenia i sprawdzenia:

- Sprawdzenie nośności gruntu w dwóch kierunkach, w poziomie posadowienia i na stopie każdej warstwy gruntu dla wszystkich schematów obciążeń, zgodnie z PN *PN-EN 1997-1 Eurokod 7*.
- Sprawdzenie warunku normowego dotyczącego wielkości mimośrodów.
- Wymiarowanie bloku fundamentu na zginanie wywołane odporem gruntu, liczone dla ekstremalnych naprężeń w kierunku x i y (wg *PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2*) wraz ze sprawdzeniem warunków konstrukcyjnych na zbrojenie minimalne i odpowiednim doбором prętów.
- Sprawdzenie stateczności na obrót dla kolejnych schematów obciążeń.
- Sprawdzenie przebicia w przekrojach charakterystycznych stopy fundamentowej.
- Obliczenia średniej wartości osiadania pierwotnego i wtórnego bloku fundamentu na podłożu warstwowym dla wszystkich schematów obciążeń metodą naprężeń (zgodną z Eurokodem) zawartą w PN-81/B-03020 „Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli”.
- Dla stopy kielichowej wykonuje wymiarowanie zbrojenia poziomego i pionowego kielicha wraz z odpowiednim doбором prętów.

Poza szerokim zakresem obliczeń moduł dodatkowo charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Uwzględnia piezometryczny poziom wody gruntowej.
- Program pozwala na uwzględnienie dodatkowych mimośrodków w usytuowaniu oddziaływań na fundamencie.
- Umożliwia obliczenie podatności pionowej podpory (współczynnik Winklera).
- Jest ergonomiczny i prosty w obsłudze.

2.2 WYMIAROWANIE WG PN-EN 1997-1 EUROKOD 7

Dokument „*PN-EN 1997-1 Eurokod 7*” zwany dalej „normą” jest obszernym zbiorem przepisów i wymagań dotyczących projektowania geotechnicznego. Wprowadza on konieczność znacznie bardziej obszernej analizy stanów granicznych nośności i użyteczności fundamentów konstrukcji budowlanych.

Norma rozróżnia sposób projektowania zależnie od trzech kategorii geotechnicznych. Wyróżnione zostały proste przypadki, które można bezpiecznie rozwiązać w oparciu o jakościowe badania gruntu i doświadczenie (kategoria geotechniczna 1) oraz przypadki standardowe (kategoria geotechniczna 2) i skomplikowane (kategoria geotechniczna 3). Program ma zastosowanie głównie w przypadku kategorii 2.

Norma wprowadza następujące, podstawowe stany graniczne:

- STR – zniszczenie lub nadmierna deformacja fundamentów, w którym decydującą rolę odgrywa wytrzymałość fundamentów lub elementów konstrukcji współpracujących z podłożem gruntowym
- GEO - zniszczenie lub nadmierna deformacja podłoża gruntowego, w którym podstawowe znaczenie ma wytrzymałość podłoża

Wiadomości ogólne

- STA – utrata stateczności globalnej lub nadmierne deformacje gruntu, w którym również decydujące są parametry wytrzymałościowe gruntu
- UPL – zniszczenie przez wypiętrzenie fundamentu, np. na skutek wyporu wody, gdzie decydujące znaczenie ma ciężar konstrukcji
- HYD – zniszczenie spowodowane ciśnieniem spływowym (nadmiernym spadkiem hydraulicznym)

Stan STR najczęściej zostaje usatysfakcjonowany poprzez odpowiedni dobór zbrojenia fundamentu.

Stan GEO możemy przestawić jako zestawienie poniższych warunków dotyczących podłoża pod fundamentem:

- wyczerpania nośności na skutek przebiccia lub wypierania
- utraty stateczności na skutek przesunięcia (poślizg)
- utraty ogólnej stateczności podłoża pod obiektem
- łącznej utraty stateczności podłoża i zniszczenia konstrukcji
- zniszczenia konstrukcji na skutek przemieszczenia fundamentu
- nadmiernych osiadań
- nadmiernych wypiętrzeń spowodowanych pęcznieniem, przemarzaniem lub innymi przyczynami
- niedopuszczalnych drgań

Przy tym pierwszych pięć warunków wywodzi się ze stanów granicznych nośności, a pozostałe są stanami granicznymi użyteczności.

Szczęśliwie w większości przypadków obliczenia sprowadzają się do sprawdzenia pierwszych dwóch warunków.

Stany STA, UPL, HYD nie będą rozpatrywane.

Przy projektowaniu norma podaje trzy podejścia obliczeniowe które można stosować równorzędnie. Polski załącznik preferuje podejście 2., dlatego też w programie obliczenia prowadzone są zgodnie z nim. Charakteryzując je warunek nośności przyjmuje postać:

$$E_d = E (\gamma_f F_{rep}, \gamma_f G_k) \leq R (X_k) / \gamma_m = R_d$$

Zapis ten oznacza, że przy wyznaczaniu wartości obliczeniowych oddziaływań gruntowych stosować się będzie częściowy współczynnik oddziaływania, a wartość charakterystyczna oddziaływania gruntu wyznaczona będzie na podstawie wartości charakterystycznych parametrów gruntowych. Również opór graniczny gruntu wyznaczany będzie na podstawie wartości charakterystycznych parametrów gruntu, a jego wartość charakterystyczna będzie dzielona przez częściowy współczynnik materiałowy do oporu granicznego gruntu.

Należy pamiętać, iż jedynie kompleksowe stosowanie norm europejskich w całym procesie modelowania konstrukcji jest miarodajne i zabrania się stosowania współbieżnie Eurokodów i np. dotychczasowych norm krajowych (patrz uwaga poniżej).

Uwaga:

Ze względu na inne podejście do częściowych współczynników bezpieczeństwa po stronie obciążeń i wytrzymałości materiału w normach PN i PN-EN, nie wolno w ramach jednego projektu stosować jednocześnie do wymiarowania podpór i elementów normy PN i PN-EN. Zawsze powinien być stosowany albo zestaw norm PN, albo zestaw PN-EN.

Norma nie wymaga minimalnego zagłębienia fundamentu w gruncie, równego 0,5 m. Istnieje natomiast ogólne wymaganie zabezpieczenia podłoża pod fundamentem przed podmyciem. Dlatego, jeżeli nie stosuje się innych zabezpieczeń przed rozmyciem podłoża (np. na skutek wód opadowych czy awarii instalacji wodnej), wymagane zagłębienia fundamentu równe 0,5 m powinno się zachować.

Norma nie stawia w zasadzie ograniczeń co do rozmiarów mimośrodów obciążeń, wymaga jedynie aby przy mimośrodkach większych od 1/3 wymiaru fundamentu, przy ocenie nośności, szczególnie dokładnie analizować obliczeniowe wartości obciążeń oraz uwzględniać niekorzystne odchyłki w wymiarach fundamentu (zaleca się dodawać 0,10 m).

Obliczenia osiadań prowadzone są według metody naprężeń, zgodnie z polską normą PN-81/B-03020. Program wyznacza średnie osiadania pod fundamentem, tangensy kątów obrotu względem osi x oraz y oraz maksymalną przechyłkę.

Grunt zalegający pod stopą fundamentową jest dzielony na warstwy, których grubość nie przekracza $0,5 \times B$ oraz uwzględnia się naturalny rozkład warstw geotechnicznych. Naprężenia pionowe w dowolnym punkcie pod fundamentem obliczanie są wg normowego wzoru Boussinesqua:

$$\sigma_z = \frac{3 \times Q}{2 \times \pi} \times \frac{z^3}{R_0^5}, \text{ gdzie } Q = \sigma(x_s, y_s) \times dx \times dy,$$

Wiadomości ogólne

przy uwzględnieniu rozkładu naprężeń pod całym fundamentem. Dla uzyskania poprawnych wyników wymaga się aby był spełniony warunek $R_0 \geq 2 \times b$. Z tego powodu grubość pierwszej warstwy nie powinna być mniejsza niż 0,4 m. Następnie wyznaczane są osiadania pierwotne i wtórne zgodnie ze wzorami 20 i 21 wyżej wspomnianej normy. Osiadania wtórne są uwzględniane tylko w przypadku, gdy czas wznoszenia budowli (od wykonania wykopów fundamentowych do zakończenia stanu surowego, z montażem urządzeń stanowiących obciążenia) jest dłuższy niż 1 rok. Osiadanie w poszczególnej warstwie jest sumą osiadania wtórnego i pierwotnego. Sumowanie osiadań poszczególnych warstw w celu wyznaczenia całkowitego osiadania fundamentu przeprowadzane jest do głębokości z_{\max} , na której jest spełniony warunek:

$$\sigma_{z_{\max}d} \leq 0,2 \times \sigma_{z_{\max}\rho}.$$

W przypadku gdy głębokość z_{\max} wypada w obrębie warstwy geotechnicznej o module ścisłości M_0 przy najmniej dwukrotnie mniejszym niż w warstwie geotechnicznej zalegającej bezpośrednio głębiej, to głębokość ta jest zwiększona do spągu warstwy słabszej. W ten sposób wyznaczane są osiadania dla siatki punktów równomiernie rozłożonych pod fundamentem. Następnie powierzchnia osiadań aproksymowana jest do płaszczyzny przy użyciu metody najmniejszych kwadratów. Współczynniki tej płaszczyzny są tangensami kątów obrotu względem poszczególnych osi oraz średnim osiadaniami.

2.3 WYBÓR PODPÓR DO OBLICZEŃ

Sprawdzenie nośności można przeprowadzić dla wybranej podpory w programie **R3D3 (R2D2)** po wykonaniu obliczeń statycznych liczonego układu.

Wybór pojedynczej podpory następuje poprzez jej podświetlenie lewym klawiszem myszy.

Sprawdzenie nośności podpory odbywa się dla obwiedni sił wewnętrznych określonych w osiach głównych.

Przed przystąpieniem do obliczeń układ statyczny powinien być dokładnie sprawdzony, policzony i poddany wstępnej analizie. Aby to zrobić sprawnie, zaleca się przed właściwym wymiarowaniem wykonanie następujących czynności:

Dzielimy podpory układu na grupy, które, naszym zdaniem, powinny znajdować się w podobnych warunkach gruntowych oraz o takich samych własnościach geometrycznych i materiałowych. Liczymy statykę układu i przystępujemy do rzeczywistego wymiarowania modulem wymiarującym **EuroStopa**.

2.4 TYPY FUNDAMENTÓW

Program pozwala na zdefiniowanie następujących typów fundamentów:

- Stopy żelbetowej prostopadłościowej
- Stopy żelbetowej trapezowej
- Stopy żelbetowej kielichowej
- Stopy żelbetowej schodkowej
- Stopy żelbetowej kołowej

2.5 WPROWADZANIE DANYCH

Nawiasy używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególne wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość.

2.5.1 Zakładka „Geometria”

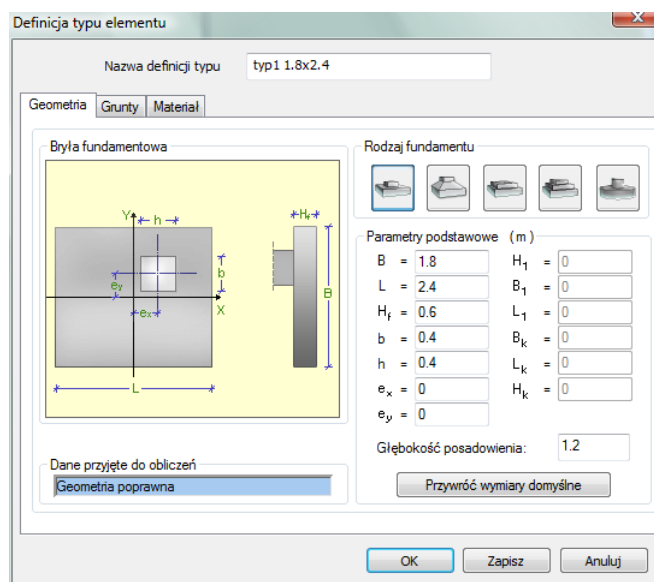
Okienko wprowadzania geometrii fundamentu składa się z następujących elementów:

- Okna rysunku bryły fundamentu wraz z opisem oznaczeń.
- Grupy ikon wyboru rodzaju fundamentu.
- Okna podstawowych parametrów geometrycznych.
- Przycisku przywracającego wartości domyślne dla danego typu fundamentu.
- Okienka poprawności geometrycznej danych przyjętych do obliczeń.

W przypadku wprowadzenia danych geometrycznych niezgodnych z ich zakresem w okienku dolnym zakładki pojawia się odpowiedni komunikat: „Geometria niepoprawna – brak rysunku”, co oznacza, że program nie może wykonać skalowalnego rysunku w dole ekranu i przejąć danych do obliczeń. W ramach modułu przewidziano następujące typy brył fundamentowych:

- Stopa fundamentowa prostopadłościenna.
- Stopa fundamentowa trapezowa.
- Stopa fundamentowa kielichowa.
- Stopa fundamentowa 3-schodkowa.
- Stopa fundamentowa kołowa.

2.5.1.1 Stopa prostopadłościenna



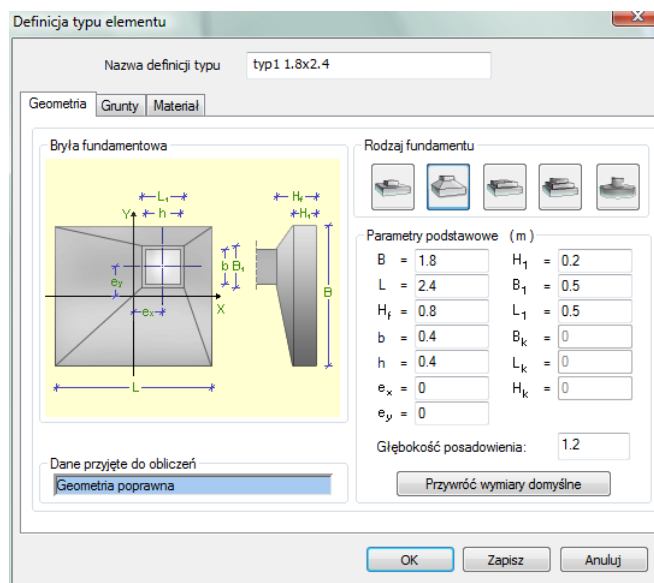
Parametry podstawowe:

B	[m]	Szerokość stopy.	{B > 0}
L	[m]	Długość stopy.	{L > 0}
H_f	[m]	Wysokość stopy.	{H _f > 0}
b	[m]	Szerokość słupa na stopie.	{b > 0; b < B}
h	[m]	Wysokość słupa na stopie.	{h > 0; b < L}
e_y	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y < (0.5 x B – b/2)}
e_x	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x < (0.5 x L – h/2)}

Wiadomości ogólne

Głębokość posadowienia [m] Głębokość posadowienia spodu fundamentu. {D > 0}

2.5.1.2 Stopa trapezowa



Parametry podstawowe:

B [m] Szerokość stopy. {B > 0}

L [m] Długość stopy. {L > 0}

H_f [m] Wysokość stopy. {H_f > 0}

b [m] Szerokość słupa na stopie. {b > 0; b < B}

h [m] Wysokość słupa na stopie. {h > 0; b < L}

e_y [m] Mimośród ustawienia słupa względem osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi. { $|e_y| < (0.5 \times B - b/2)$ }

e_x [m] Mimośród ustawienia słupa względem osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi. { $|e_x| < (0.5 \times L - h/2)$ }

H₁ [m] Wysokość podstawy stopy. {0 < H₁ < H_f}

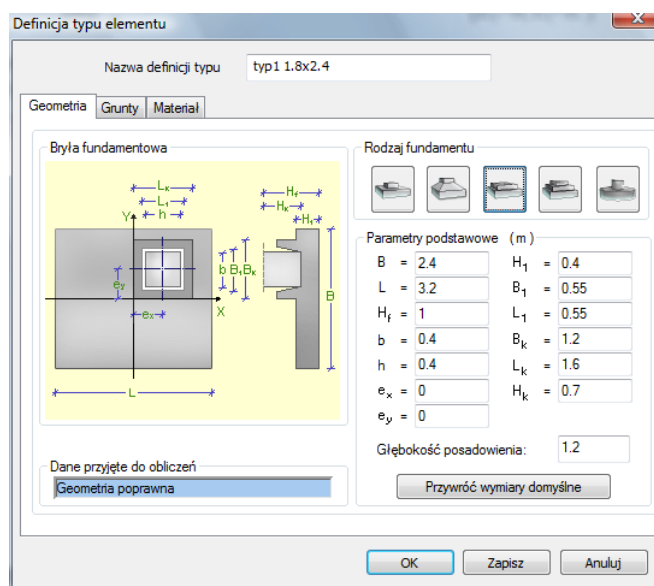
B₁ [m] Szerokość górnej odsadzki w kierunku y. {B₁ > b; B₁ < B}

L₁ [m] Długość górnej odsadzki w kierunku x. {L₁ > h; L₁ < L}

Głębokość posadowienia [m] Głębokość posadowienia spodu fundamentu. {D > 0}

Parametry B₁ i L₁ są zawsze ustawione symetrycznie względem odpowiednich osi słupa.

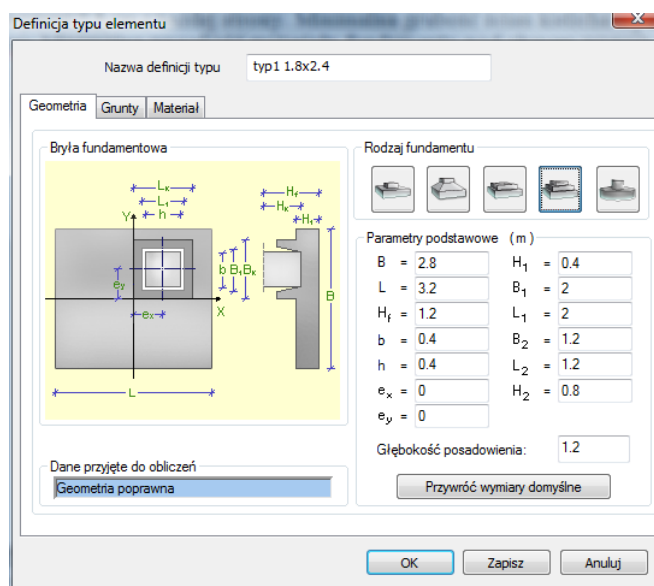
2.5.1.3 Stopa kielichowa



Parametry podstawowe:

B	[m]	Szerokość stopy.	{B > 0}
L	[m]	Długość stopy.	{L > 0}
H_f	[m]	Wysokość stopy.	{H _f > 0}
b	[m]	Szerokość słupa na stopie.	{b > 0; b < B}
h	[m]	Wysokość słupa na stopie.	{h > 0; b < L}
e_y	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y < (0.5 x B - B _k / 2)}
e_x	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x < (0.5 x L - L _k / 2)}
H₁	[m]	Wysokość podstawy stopy.	{0 < H ₁ < H _f }
B₁	[m]	Szerokość otworu kielicha w kierunku y.	{B ₁ >= b+0.15; B ₁ < B _k - 0.30}
L₁	[m]	Długość otworu kielicha w kierunku x.	{L ₁ >= h+0.15; L ₁ < L _k - 0.30}
B_k	[m]	Szerokość kielicha w kierunku y.	{B _k > B ₁ +0.30; B _k < B}
L_k	[m]	Długość kielicha w kierunku x.	{L _k > L ₁ +0.30; L _k < L}
H_k	[m]	Głębokość kielicha.	{max(h,b) < H _k ; H _k = < H _f - 0.20}
Głębokość posadowienia	[m]	Głębokość posadowienia spodu fundamentu.	{D > 0}

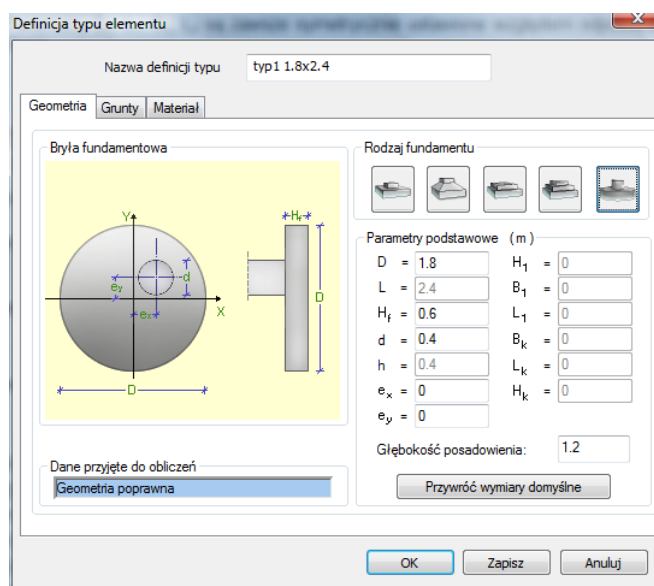
Parametry B₁; L₁; B_k; L_k są zawsze ustawione symetrycznie względem odpowiednich osi słupa. Minimalny luz w otworze kielicha przy jego wlocie wynosi 7,5 cm z każdej strony. Minimalna grubość ścian kielicha wynosi 15 cm. Minimalna wysokość materiału fundamentu pod słupem wynosi 20 cm.



Parametry podstawowe:

B	[m]	Szerokość stopy.	{B > 0}
L	[m]	Długość stopy.	{L > 0}
H_f	[m]	Wysokość stopy.	{H _f > 0}
b	[m]	Szerokość słupa na stopie.	{b > 0; b < B}
h	[m]	Wysokość słupa na stopie.	{h > 0; b < L}
e_y	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y < (0.5 x B – B ₁ / 2)}
e_x	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x < (0.5 x L – L ₁ / 2)}
H₁	[m]	Wysokość dolnego cokołu.	{0 < H ₁ < H ₂ }
B₁	[m]	Szerokość środkowego cokołu w kierunku y.	{B ₁ > B ₂ ; B ₁ < B}
L₁	[m]	Długość środkowego cokołu w kierunku x.	{L ₁ >= L ₂ ; L ₁ < L}
B₂	[m]	Szerokość górnego cokołu w kierunku y.	{B ₂ > b; B ₂ < B ₁ }
L₂	[m]	Długość górnego cokołu w kierunku x.	{L ₂ > h; L ₂ < L ₁ }
H₂	[m]	Wysokość dolnego i środkowego cokołu łącznie.	{H ₁ < H ₂ ; H ₂ < H _f }
Głębokość posadowienia	[m]	Głębokość posadowienia spodu fundamentu.	{D > 0}

Parametry B₁; L₁; B₂; L₂ są zawsze ustawione symetrycznie względem odpowiednich osi słupa.

**Parametry podstawowe:**

D	[m]	Średnica stopy.	{D > 0}
H_f	[m]	Wysokość stopy.	{H _f > 0}
d	[m]	Średnica słupa lub średnica zastępcza słupa prostokątnego.	{d > 0; d < D}
e_y	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y < (0.5 x D - d / 2)}
e_x	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x < (0.5 x D - d / 2)}
Głębokość posadowienia	[m]	Głębokość posadowienia spodu fundamentu.	{D > 0}

W ramach obliczeń fundamentu kołowego przewidziano możliwość mimośrodowego ustawienia na nim jedynie słupa okrągłego. W przypadku gdyby użytkownik projektował ustawienie na stopie kołowej słupa kwadratowego lub prostokątnego, zalecane jest podanie przy obliczeniach średnicy okrągłego słupa zastępczego o takiej samej powierzchni jak projektowany.

Prostokątna siatka zbrojeniowa stopy kołowej zaprojektowana jest w ten sposób, że jest ona niezależna od kierunku maksymalnego naprężenia pod fundamentem. Nie zachodzi więc konieczność regulowania ustawienia siatki względem maksymalnych sił, co pozwala na budowie uniknąć pomyłek w jej ułożeniu (dowolne obrócenie siatki w poziomie jej ułożenia nie powoduje obawy o niewłaściwe zazbrojenie bloku fundamentu).

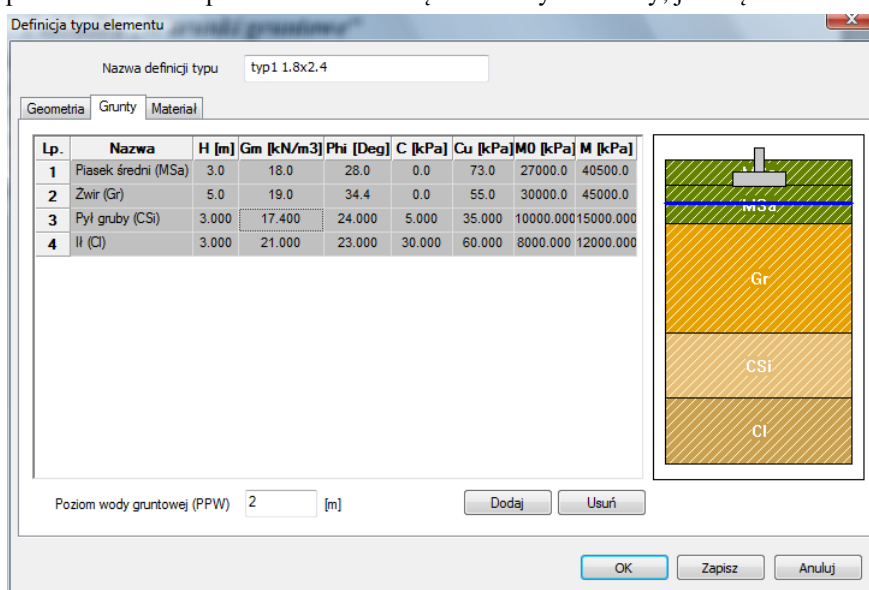
Przy obliczeniach fundamentów zwłaszcza kołowych należy pamiętać, że blok fundamentu traktowany jest przez program jako bryła sztywna i obliczanie tym programem fundamentów okrągłych pod kominy lub zbiorniki okrągłe może prowadzić do niewłaściwych wyników (tu zalecany jest raczej program MES, np. Plato 4.0). Oczywiście w niektórych przypadkach takich fundamentów, a zwłaszcza w pewnym zakresie obliczeń, program może być wykorzystany jako pierwsze przybliżenie.

2.5.2 Zakładka „Grunty”

Zakładka **Grunty** pozwala na określenie podstawowych parametrów warstw geotechnicznych. Za pomocą przycisków Dodaj/Usuń dodajemy kolejną warstwę lub usuwamy zaznaczoną. W polu **Poziom wody gruntowej** można zdefiniować piezometryczny poziom wody gruntowej. Wartość 0.0 jest zarezerwowana dla warunków braku wody

Wiadomości ogólne

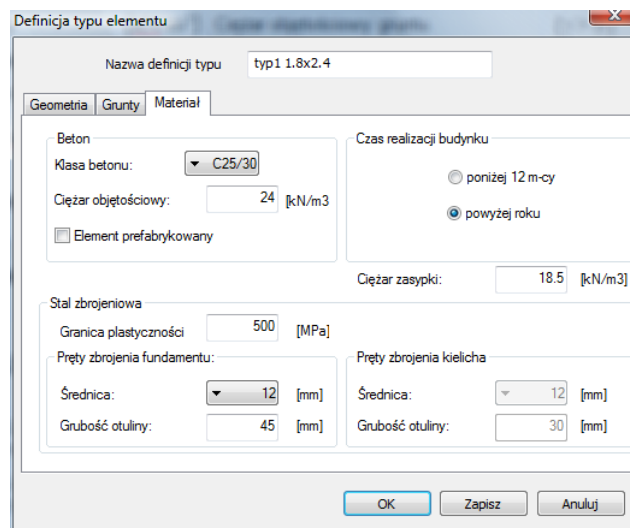
w zadaniu. W przypadku, gdy jedna z warstw poniżej fundamentu zostanie przedzielona zwierciadłem wody gruntowej, program podczas obliczeń sprawdzi zarówno część warstwy bez wody, jak i tę nawodnioną.

**Opis parametrów poszczególnych warstw gruntowych:**

Nazwa gruntu	[-]	Pole określające nazwę warstwy, pozwala na wybranie gruntu z predefiniowaną charakterystyką.	
H	[m]	Mięższość warstwy	{Wartość > 0}
γ	[kN/m ³]	Ciężar objętościowy gruntu.	{ $\gamma > 0$ }
ϕ'	[°]	Efektywny kąta tarcia wewnętrznego.	{ $0 < \phi' < 45^\circ$ }
c'	[kPa]	Efektywna spójność.	{ $c' > 0$ }
c_u'	[-]	Wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu.	{ $c_u' > 0$ }
M₀	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej (ogólnej).	{ $M_0 > 0$ }
M	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości wtórnej (sprężystej).	{ $M > 0$ }

2.5.3 Zakładka „Material”

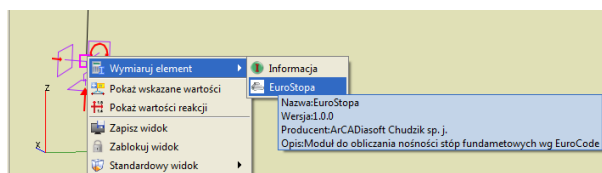
Okno pozwalające na zdefiniowanie materiałów stopy fundamentowej, takich jak beton oraz stal zbrojeniowa. Dodatkowo określeniu w oknie podlega czas realizacji budynku oraz ciężar zasyпки.



Klasa betonu	[-]	Określa klasę betonu dla fundamentu.	{C12/15-C90/105}
Ciężar objętościowy	[kN/m ³]	Ciężar betonu bloku fundamentu.	{> 0}
Ciężar zasypki	[kN/m ³]	Wartość charakterystyczna ciężaru zasypki.	{>= 0}
Granica plastyczności	[MPa]	Charakterystyczna granica plastyczności stali prętów zbrojeniowych.	{> 0}
Pręty zbrojenia fundamentu (kielicha) - średnica	[mm]	Definiuje średnicę prętów wymaganych obliczeniowo (dla kielicha).	{8-32}
Pręty zbrojenia fundamentu (kielicha) – grubość otuliny	[mm]	Średnia otulina zbrojenia dolnego fundamentu (kielicha).	{> 0}

2.6 WYWOŁANIE OBLICZEŃ

Po obliczeniu statyki układu i zaznaczeniu wymiarowanego elementu naciskamy prawy klawisz myszki i wywołujemy poniższe menu kontekstowe:



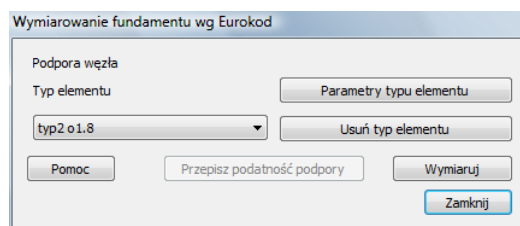
Rys. 1.16 Wywołanie modułu EuroStopa

Wywołanie funkcji wymiarującej możliwe jest w programie statycznym tylko wówczas, gdy program przełączony jest w tryb analizy wyników (zakładka **Wyniki**).

Wybierając opcję **EuroStopa** wywołujemy sprawdzanie nośności wybranej podpory wg **PN-EN 1997-1 Eurokod 7**.

3 SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI PODPORY

Wybierając z menu opcję *EuroStopa* wywołujemy okno pośrednie *Ustawienie obliczeń do wymiarowania* (w którym wybieramy, na co ma być przeprowadzone wymiarowanie), a następnie okno dialogowe *Wymiarowanie fundamentu wg Eurokodu*, pozwalające zdefiniować dodatkowe parametry wymagane przy sprawdzaniu nośności.



Rys. 2.1 Okno główne modułu EuroStopa

Okno informuje o numerze podpory, która będzie sprawdzana oraz pozwala na wywołanie definicji typu tej podpory *Parametry typu elementu*. Możliwa jest również zmiana przypisanej definicji typu na czas sprawdzenia za pomocą listy wyboru. Przycisk *Przepisz podatność podpory* pozwala na przepisanie wyliczonej podatności (opcja dostępna po wykonaniu obliczeń) do modelu ramy i wykorzystaniu jej w obliczeniach statycznych. Podatność danej podpory wyznaczana jest dla podłoża warstwowego wg następujących reguł:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n k(i) * h(i)}{\sum_{i=1}^n h(i)} * A_{stopy}$$

gdzie:

- i – numer kolejnej warstwy,
- $h(i)$ – miąższość warstwy „ i ”,
- A_{stopy} – powierzchnia danej stopy,
- $k(i)$ – współczynnik podatności podłoża Winklera dla danej warstwy „ i ” wyznaczony ze wzoru wg Witłuna¹ jak niżej:

$$k(i) = \frac{E_0(i)}{w * \min(B, L) * (1 - \nu_0^2)}$$

gdzie:

- $E_0(i)$ – jest modułem odkształcenia warstwy ściśliwej „ i ”,
- B i L – wymiary fundamentu w rzucie lub jego średnica,
- ν_0 - jest współczynnikiem Poissona gruntu ściśliwego,
- w – współczynnik zależny od kształtu podstawy fundamentu:

- $w = 0.79$ dla stopy kołowej,
- $w = 4$ dla ławy,
- dla pozostałych stóp:

- jeśli $d_{iff} > 10$ to $w = 2.12$
 - jeśli $d_{iff} < 10$ to $w = d_{iff} * \arctan(d_{iff})^2$
- gdzie:

$$d_{iff} = \max\left(\frac{B}{L}, \frac{L}{B}\right)$$

3.1 PARAMETRY TYPU ELEMENTU

W oknie dialogowym *Wymiarowanie fundamentu wg Eurokodu* wybieramy z listy *Typ elementu* i przypisujemy je do wymiarowanej podpory. *Typ elementu* – jest to zbiór dodatkowych cech i własności przypisanych do podpory, które będą wpływać na jej sprawdzenie. Może to być typ istniejący, wybrany z listy, którego własności

¹ Witun Z., Zarys geotechniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, wydanie 4, Warszawa, 2000.

Sprawdzenie nośności podpory

można poznać wybierając przycisk **Parametry typu elementu**. Istnieje możliwość modyfikacji już istniejących typów, poza typami predefiniowanymi (utworzonymi przez autorów programu), ale na ich bazie dopuszcza się tworzenie nowych typów o różniących się nazwach. Każdy nowy typ elementu musi posiadać swoją unikalną nazwę, po której będzie identyfikowany podczas wymiarowania.

Aby zdefiniować własności nowego typu elementu po wybraniu opcji **Parametry typu elementu** nadajemy nową nazwę typu elementu. Okno **Definicja typu elementu** zostało opisane powyżej.

3.2 WYNIKI SPRAWDZANIA NOŚNOŚCI

Wybranie przycisku **Wymiaruj** wywołuje uruchomienie obliczeń dla podpory. Wymiarowanie odbywa się dla wszystkich wybranych przypadków obciążeniowych.

Wyniki sprawdzenia nośności

Wybór schematu do wydruku w raporcie

Wszystkie schematy obciążeń Schemat o maksymalnej nośności

Wyniki dla warunków z odpływem Wyniki dla warunków bez odpływu

Nośność fundamentu

Schemat	V [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	Ed/Rd (H)	Ed/Rd (V)
1	568.99	100.60	-230.00	1.00	-100.00	0.499	0.839
2	568.99	100.60	0.00	1.00	0.00	0.005	0.412

Osiadanie

Schemat	Sp [mm]	Sw [mm]	Scalk [mm]
1	6.1	0.8	6.9
2	5.9	0.8	6.7

Utórz pełny raport OK

Rys. 2.6 Okno sprawdzania nośności

Okno **Wyniki sprawdzania nośności** poglądowo przedstawia rezultaty obliczeń zależnie od wyboru, dla wszystkich wybranych schematów obciążeń bądź dla schematu dającego ekstremalne wykorzystanie nośności.

Wyświetlone rezultaty dotyczą sprawdzenia warstwy bezpośrednio pod fundamentem. Wyniki dla warstw kolejnych są zawarte w raporcie szczegółowym. Kolumny E_d/R_d (H), E_d/R_d (V) w części dotyczącej nośności odpowiadają wykorzystaniu nośności na przesuw (H) oraz nośności na przebicie/wypieranie (V).

Obliczenia i wyniki dla warunków „z odpływem” przeprowadzane i wyświetlane są zawsze. Jeżeli spójność efektywna danej warstwy będzie większa od 5 kPa ($c' > 5.0$ kPa) i będzie znajdowała się poniżej zwierciadła wody gruntowej, będą przeprowadzone także obliczenia dla warunków „bez odpływu”.

Wybór przycisku **Utórz pełny raport** powoduje wygenerowanie pełnego raportu z przebiegu obliczeń sprawdzania nośności pręta w formacie **RTF**.

Wybranie przycisku **OK** powoduje powrót do okna dialogowego **Wymiarowanie stopy**.

3.3 PEŁNY RAPORT WYMIAROWANIA

Pełny raport zawiera większość pośrednich wyników potrzebnych do określenia nośności podpory.

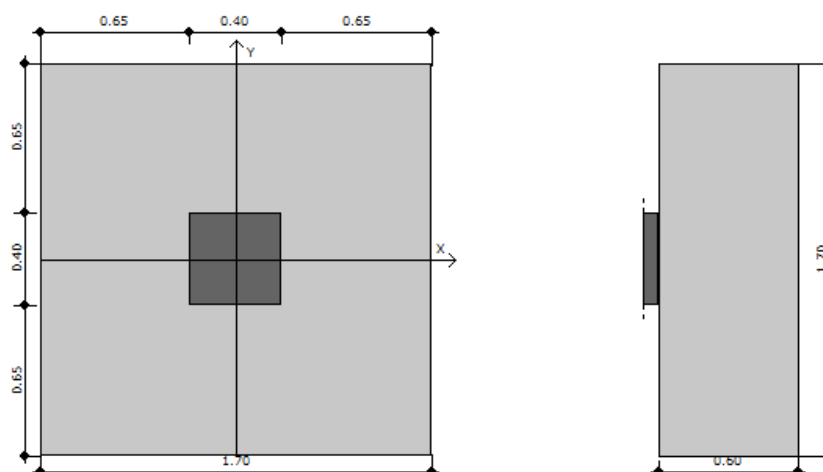
Pełny raport jest tworzony zależnie od wyboru w oknie dla schematu ekstremalnego, bądź dla wszystkich dostępnych schematów obciążeń. Utworzenie raportu następuje po wyborze przycisku **Utórz pełny raport** w oknie dialogowym **Wyniki sprawdzania nośności**.

3.3.1 Przykładowy raport z wymiarowania

Raport wymiarowania stopy fundamentowej wg PN-EN 1997-1 Eurokod 7 do programu Rama3D/2D:

Geometria

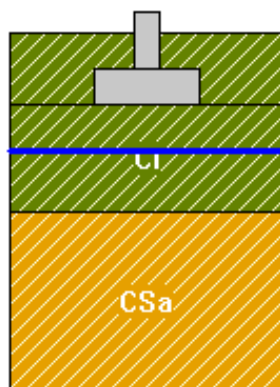
Szerokość stopy B	[m]	1.70
Długość stopy L	[m]	1.70
Wysokość stopy H_f	[m]	0.60
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.40
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.40
Mimośród e_x	[m]	0.00
Mimośród e_y	[m]	0.00



Materialy

Klasa betonu		C25/30
Ciężar objętościowy betonu	[kN/m ³]	24.00
Stopa prefabrykowana		NIE
Granica plastyczności stali	[kPa]	500
Średnica zbrojenia	[mm]	12.00
Grubość otuliny	[mm]	70.00
Czas realizacji budynku		powyżej roku
Ciężar zasypki	[kN/m ³]	18.50

Warunki gruntowe



Legenda:

- Warstwa - Numer porządkowy
- Nazwa - Nazwa warstwy
- H - Miąższość
- γ - Ciężar właściwy
- c' - Spójność efektywna
- c_u - Wytrzymałość na ścinanie
- ϕ' - Efektywny kąt tarcia wewnętrznego
- M - Moduł sprężystości
- M_o - Moduł sprężystości pierwotnej

Warstwa	Nazwa gruntu	H [m]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	c_u [kPa]	ϕ' [°]	M [kPa]	M_o [kPa]
1	ł (Cl)	3.0	21.0	30.0	60.0	25.0	12000.0	8000.0
2	Piasek gruby (CSa)	3.0	18.5	0.0	0.0	32.0	52500.0	35000.0

Stan graniczny nośności (GEO)

Podejście obliczeniowe DA2

$\gamma_{G, niekorzystne} = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_R = 1.4$ – 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 $h_f = 1.20$ m

Schemat nr 8

Sprawdzenie nośności podłoża na wyparcie gruntu spod fundamentu.

Warunki „z odpływem”

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{fk} = V_f \cdot \gamma_f = 1.73 \cdot 24.00 = 41.6 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 32.08 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_{,d} + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{fk} + G_k) = 531.99 + 1.35 \cdot (41.62 + 32.08) = 631.48 \text{ [kN]}$$

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

Sprawdzenie nośności podpory

$$V_k = N_k + G_{fk} + G_k = 420.33 + 41.62 + 32.08 = 494.02 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OB,k} + H_{Bk} \cdot h = 0.05 + 15.65 \cdot 0.60 = 40.42 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OL,k} + H_{Lk} \cdot h = 61.91 + 29.97 \cdot 0.60 = 79.90 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{15.65^2 + 29.97^2} = 33.81 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} - e_{OB} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{40.42 - 0.00 \cdot 420.33}{494.02} = |0.08| < 0,3 \cdot B = 0.51 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{79.90 + 0.00 \cdot 420.33}{494.02} = |0.16| < 0,3 \cdot L = 0.51 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

Sprawdzone wymiary fundamentu

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1.70 - 2 \cdot 0.08 = 1.54 \text{ [m]}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 1.70 - 2 \cdot 0.16 = 1.38 \text{ [m]}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1.54 \cdot 1.38 = 2.11 \text{ [m}^2\text{]}$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

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

$$30.00 \cdot 20.72 \cdot 1.00 \cdot 1.52 \cdot 0.91 + 25.20 \cdot 10.66 \cdot 1.00 \cdot 1.47 \cdot 0.92 + 0.5 \cdot 21.00 \cdot 1.54 \cdot 9.01 \cdot 1.00 \cdot 0.67 \cdot 0.87 = 1309.39 \text{ [kPa]}$$

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

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{2769.19}{1.40} = 1977.99 \text{ [kN]}$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 631.48 < R_d = 1977.99 \text{ kN}$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

Sprawdzenie stanu granicznego na ścięcie gruntu w poziomie posadowienia:

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

gdzie:

H_d – wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,R_d – opór graniczny podłoża pod fundamentem na ścięcie,R_{p,d} – opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

Warunki „z odpływem”

$$R_{d,h} = \min \left(\frac{V_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{Rh}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{494.02 \cdot 0.47}{1.10}; 0.4 \cdot 631.48 \right) = 209.42 \text{ [kN]}$$

$$H_d = 47.91 \leq R_{d,h} = 209.42 \text{ [kN]}$$

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)
2.00	TAK	0.204	0.249	0.337	0.963

Sprawdzenie nośności podpory

3.00	TAK	0.124	0.105	-	-
------	-----	-------	-------	---	---

Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$\gamma_{G, dst} = 1.10$

$\gamma_{G, stb} = 0.90$

$\gamma_{Q, dst} = 1.50$

$$M_{B, dst} = 59.09 \leq M_{B, stb} = 508.57 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 114.13 \leq M_{L, stb} = 508.57 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

Sprawdzenie przebicia fundamentu:

Wymiary obwodu kontrolnego:

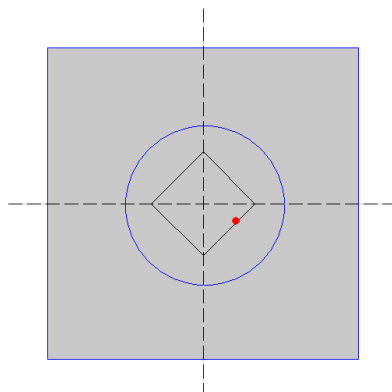
$$b_L = 2.50 \text{ [m]}$$

$$b_B = 2.50 \text{ [m]}$$

Nośność na przebicie spełniona, obwód krytyczny poza stopą.

Położenie wypadkowej sił

Schemat nr 8

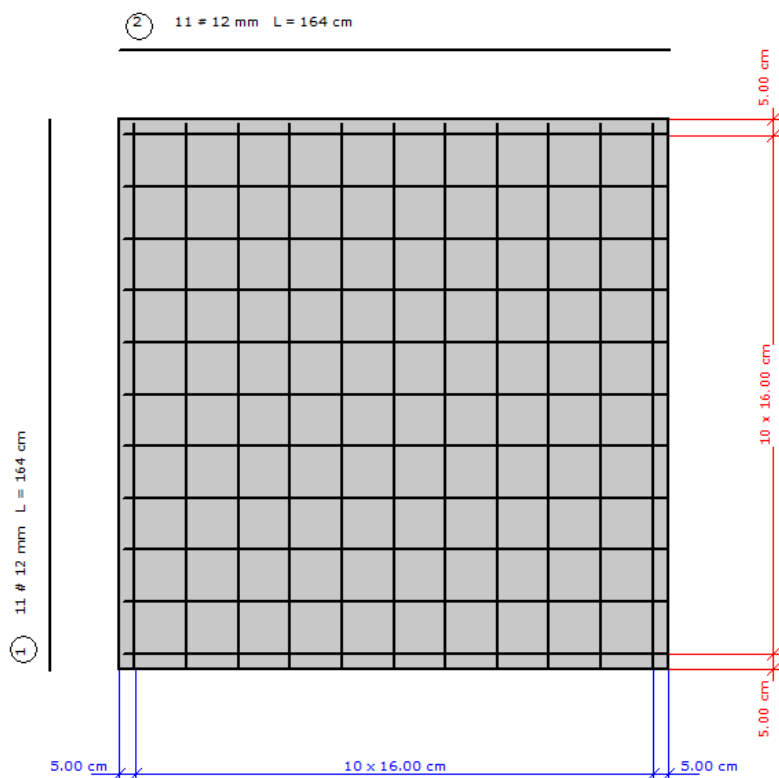
**Wymiarowanie zbrojenia**

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 8

$A_B = 2.00 \text{ cm}^2/\text{mb}$

$A_L = 2.00 \text{ cm}^2/\text{mb}$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi: $A_k = 7.07 \text{ cm}^2/\text{mb}$ W kierunku y (B) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_1 = 16.4 \text{ cm}$ $A_{s1} = 7.32 \text{ cm}^2/\text{mb}$ W kierunku x (L) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_2 = 16.4 \text{ cm}$ $A_{s2} = 7.32 \text{ cm}^2/\text{mb}$



Nr pręta	Ilość	Długość pręta [cm]	Długość całkowita [m]
1	11	164	18.04
2	11	164	18.04

Średnica	[mm]	12.0
Granica plastyczności stali	[MPa]	500
Masa jednostkowa	[kg/m]	0.888
Długość ogółem	[m]	36.08
Masa ogółem	[kg]	32.0

Osiadanie fundamentu

Legenda:

- H [m] - głębokość liczona od poziomu terenu
- σ_{ZR} [kN/m²] - naprężenia pierwotne
- σ_{ZS} [kN/m²] - naprężenia wtórne
- σ_{ZD} [kN/m²] - naprężenia dodatkowe

Schemat nr 8

Osiadania pierwotne = 1.939 cm

Osiadania wtórne = 0.224 cm

Osiadania całkowite = 2.163 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00877

Sprawdzenie nośności podpory

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = -0.00444

Przechyłka = 0.00983 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\text{pr}} = 0.2 \cdot 73.18 = 14.64 \geq \sigma_{\text{zd}} = 13.14 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 5.30 m

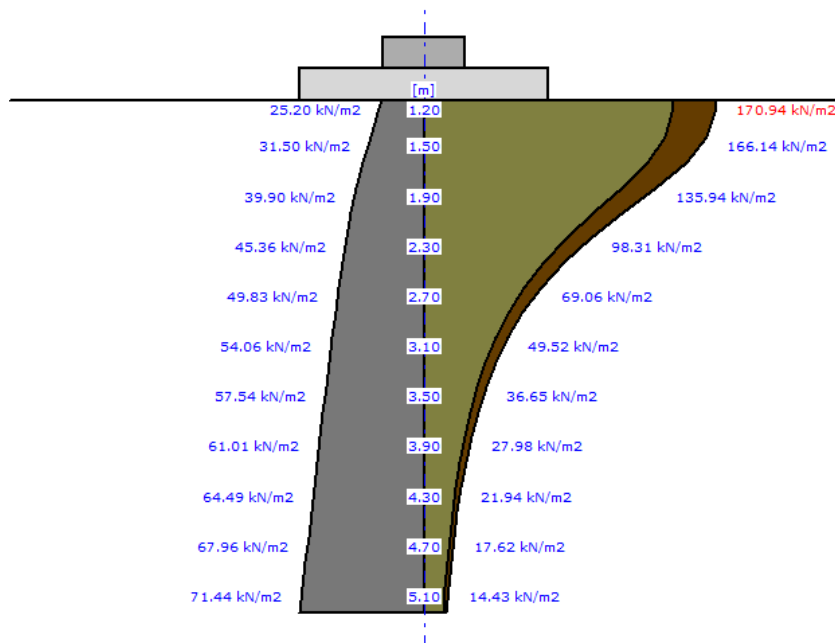


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	σ _{ZR} [kN/m ²]	σ _{ZS} [kN/m ²]	σ _{ZD} [kN/m ²]	Suma = σ _{ZS} + σ _{ZD} + σ _{ZD} _{siła} + σ _{ZD} _{fund}
0	1.20	25.20	25.20	145.74	170.94
1	1.30	27.30	25.17	145.54	170.71
2	1.50	31.50	24.49	141.65	166.14
3	1.70	35.70	22.66	131.04	153.70
4	1.90	39.90	20.04	115.90	135.94
5	2.10	43.12	17.22	99.59	116.81
6	2.30	45.36	14.49	83.81	98.31
7	2.50	47.60	12.13	70.18	82.31
8	2.70	49.83	10.18	58.88	69.06
9	2.90	52.07	8.59	49.67	58.26
10	3.10	54.06	7.30	42.22	49.52
11	3.30	55.80	6.26	36.18	42.43
12	3.50	57.54	5.40	31.25	36.65
13	3.70	59.27	4.70	27.20	31.90
14	3.90	61.01	4.12	23.85	27.98
15	4.10	62.75	3.64	21.06	24.70
16	4.30	64.49	3.24	18.71	21.94

Sprawdzenie nośności podpory

17	4.50	66.23	2.89	16.72	19.61
18	4.70	67.96	2.60	15.02	17.62
19	4.90	69.70	2.35	13.56	15.91
20	5.10	71.44	2.13	12.30	14.43
21	5.30	73.18	1.94	11.21	13.14