

Materiały dydaktyczne

z przedmiotu:

Mechanika gruntów i geotechnika

Kierunek: Rewitalizacja Terenów Zdegradowanych

Dr inż. Michał Kowalski

Poniżej znajdują Państwo niezbędne przykłady do wykonania projektu niezbędnego w celu uzyskania zaliczenia z ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu Mechanika gruntów i geotechnika.

Tematy projektu znajdują się na stronie internetowej pod adresem:

<http://home.agh.edu.pl/kowalski>

Projekt powinien składać się z następujących punktów:

1. Strona tytułowa zawierająca tytuł projektu, Imię, Nazwisko i nr indeksu autora, datę utworzenia.
2. Spis treści
3. Wstęp i założenia do projektu (rysunek z wymiarami modelu – najlepiej w jakimś programie CAD), parametry warstw geotechnicznych.
4. Analizy stateczności modelu bez zbrojenia (stateczność górnego nasypu, dolnej skarpy oraz całego zbocza).
5. Dobór zbrojenia: geosyntetyki do zbrojenia nasypu, gwoździe gruntowe do zbrojenia dolnej skarpy.
6. Analizy stateczności modelu z uwzględnieniem zbrojenia (stateczność górnego nasypu, dolnej skarpy oraz całego zbocza).
7. Rysunek techniczny ze zwymiarowanym zbrojeniem.
8. Podsumowanie i wnioski końcowe.

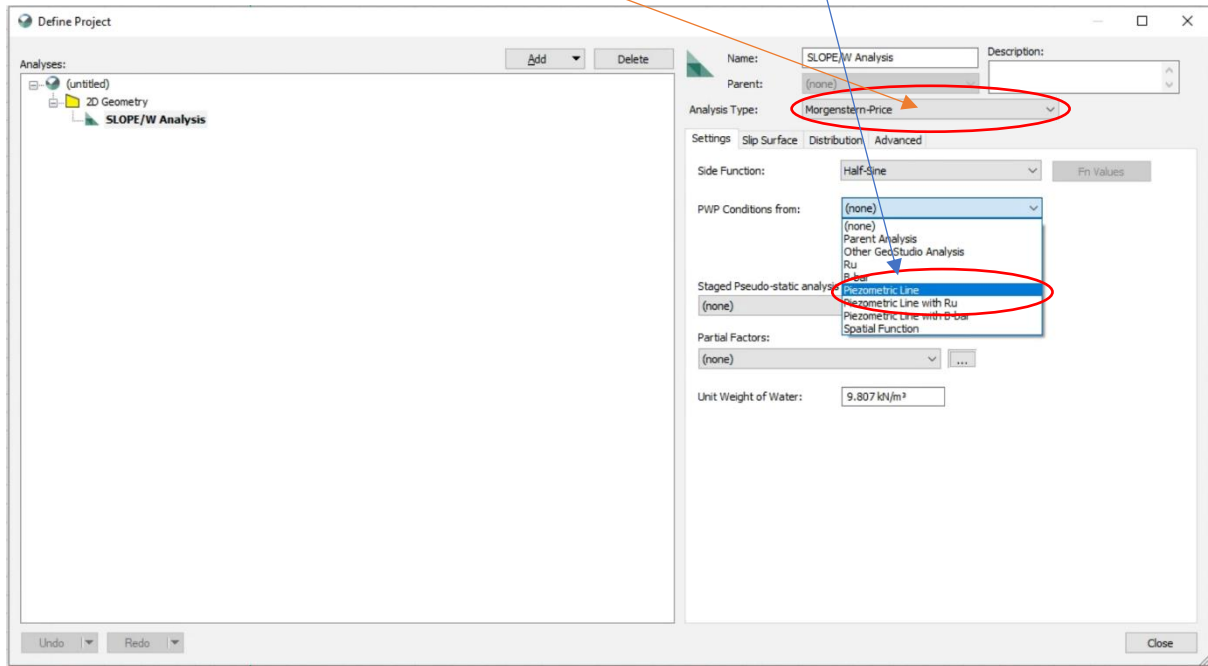
Poniżej instrukcja wykonania projektu (bazując na pierwszych zajęciach, które odbyły się na pracowni):

Skróty – PPM – prawy przycisk myszy; LPM – lewy przycisk myszy

1. Ustawienia wstępne projektu

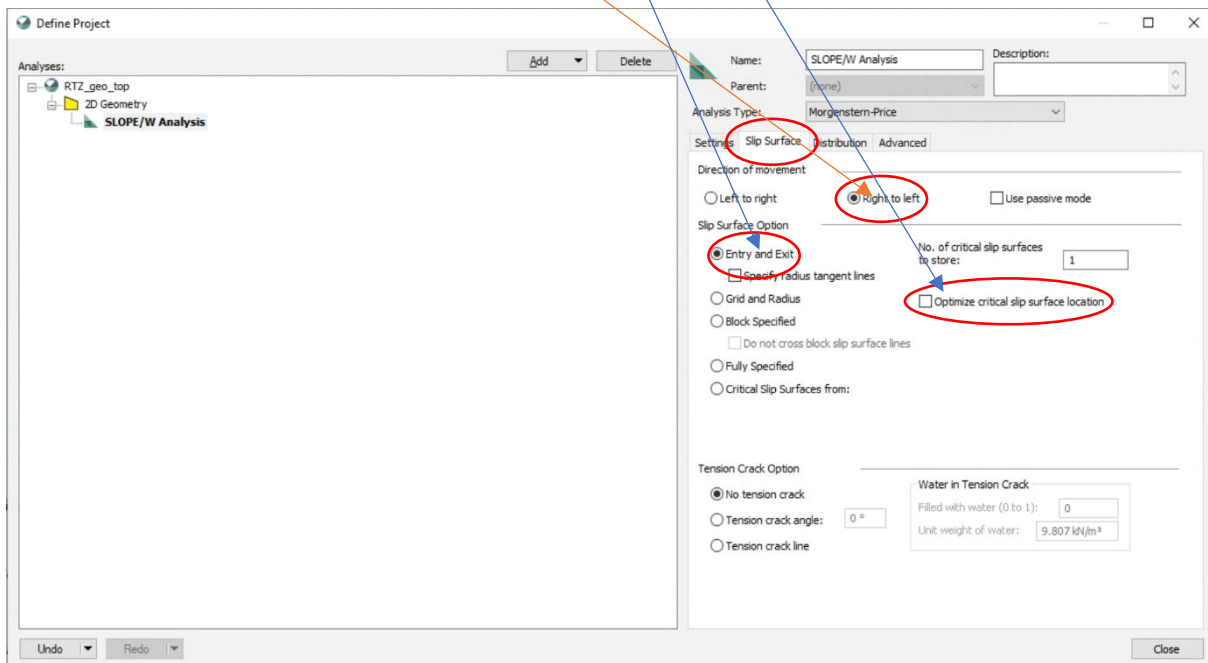
Wybór metody obliczeniowej

Wybór sposobu zadania warunków wodnych (linia piezometryczna)



Wybór właściwego kierunku ruchu

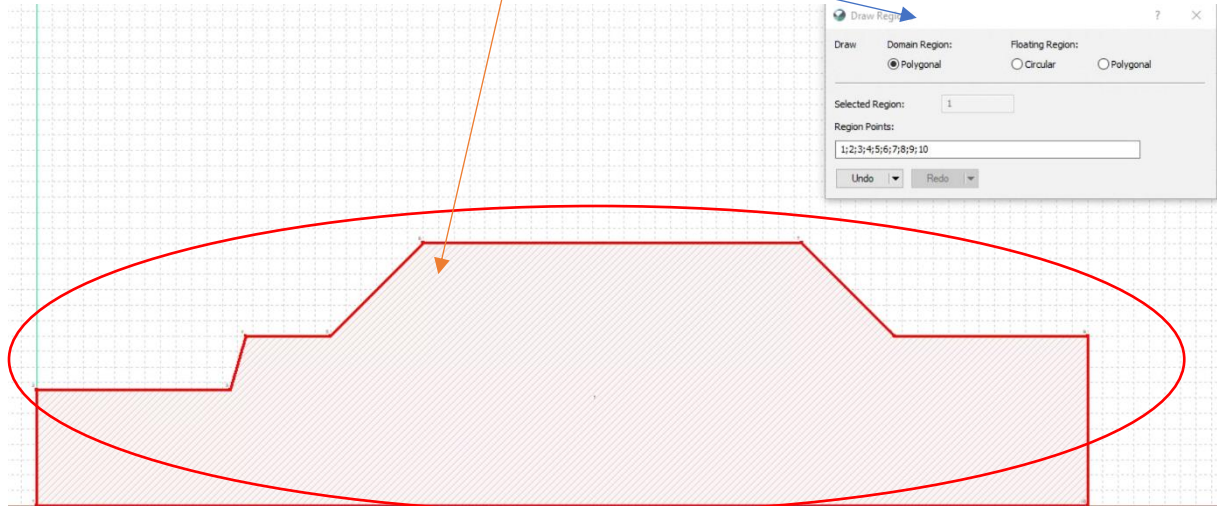
Wybór sposobu definiowania powierzchni poślizgu – *Entry & Exit* jest nową metodą, która zostanie omówiona w dalszej części. Proszę ustawić optymalizację na off.



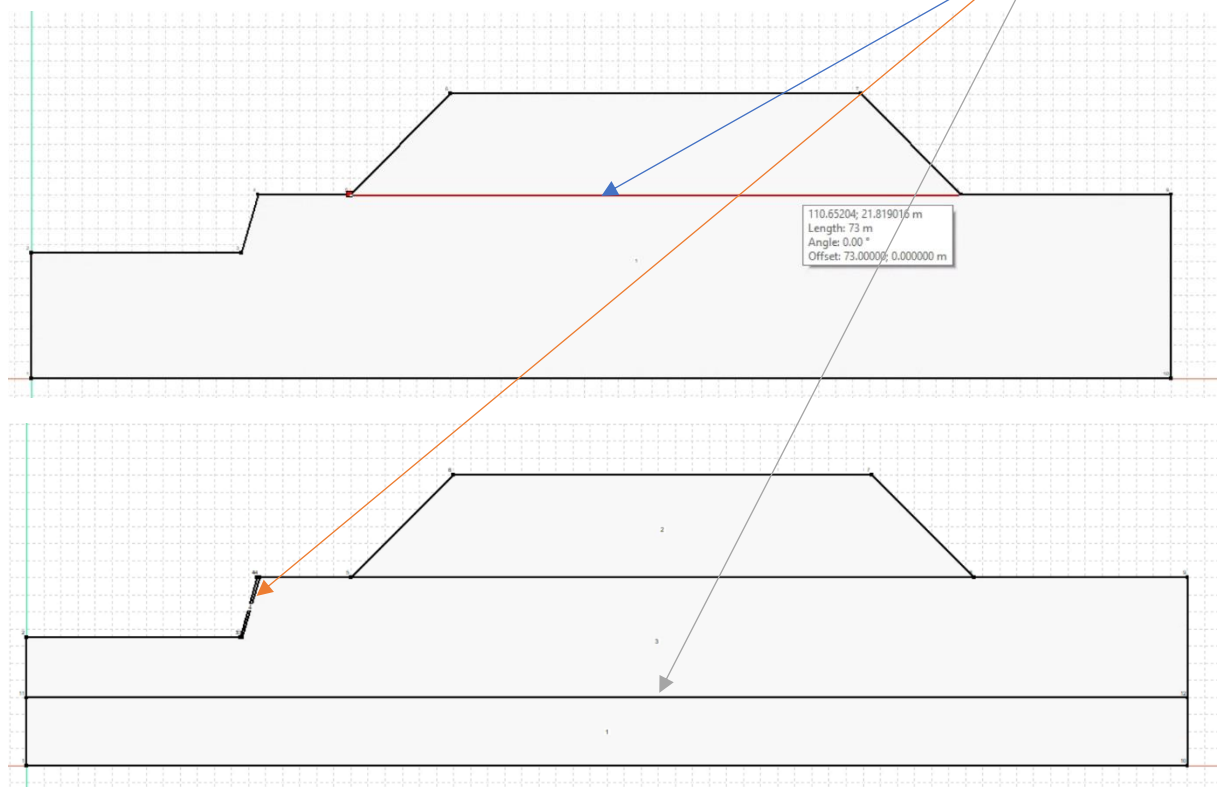
Następnie ustawiamy dokładność rysowania na 10 cm (0.1 m, prawy dolny róg obszaru roboczego) – i z taką dokładnością proszę rysować wszystkie elementy w modelu



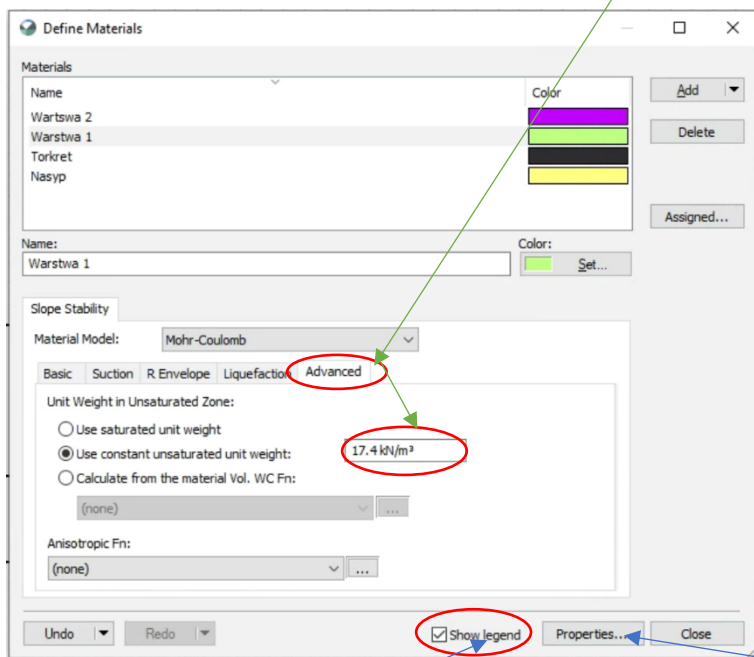
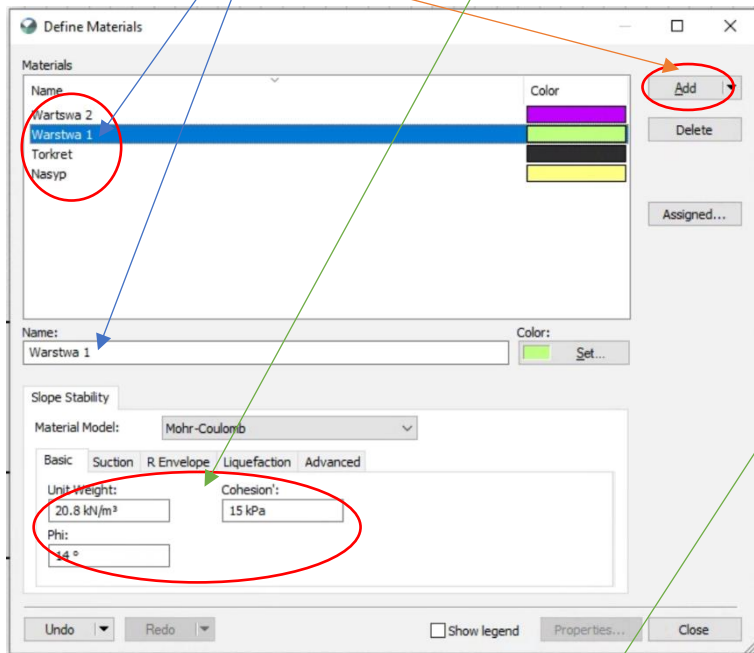
Poleceniem Draw -> Regions... rysujemy region zewnętrzny modelu. Należy pamiętać o zostawieniu odpowiednich zapasów po bokach i na dole modelu, aby później nie trzeba było modyfikować geometrii.



Korzystając z możliwości cięcia (*Draw -> Split regions...*) tnijemy model na poszczególne warstwy – cięcie kończymy PPM

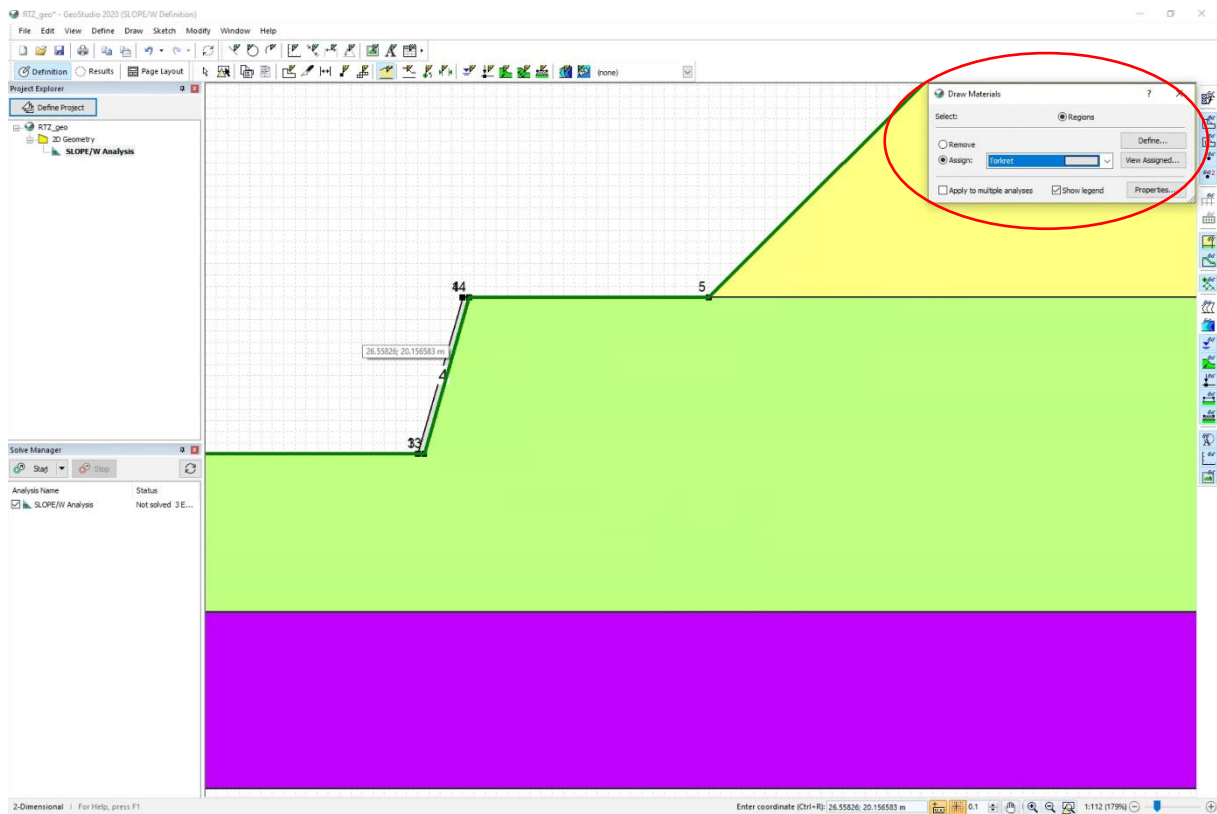


Kolejny krok to zdefiniowanie materiałów (*Define -> Materials...*). Dodajemy 4 materiały poleceniem *Add*, nadajemy im nazwy i odpowiednie parametry. W przypadku materiału warstwy 1, w związku z tym, że częściowo znajduje się pod wodą, a częściowo nad, należy zadać inny ciężar nad zwierciadłem wody – γ_d , natomiast w *Unit weight* zgodnie ze wzorem na γ_{sat} – ciężar gruntu w pełni zawodnionego.

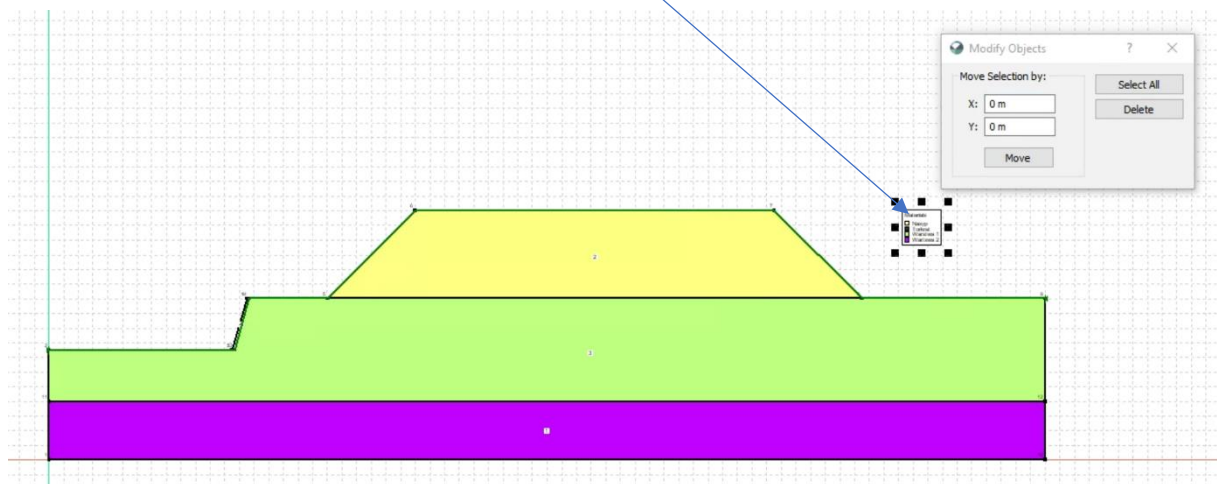


Przy okazji pokazujemy legendę na rysunku i ewentualnie zmieniamy wymiary czcionki.

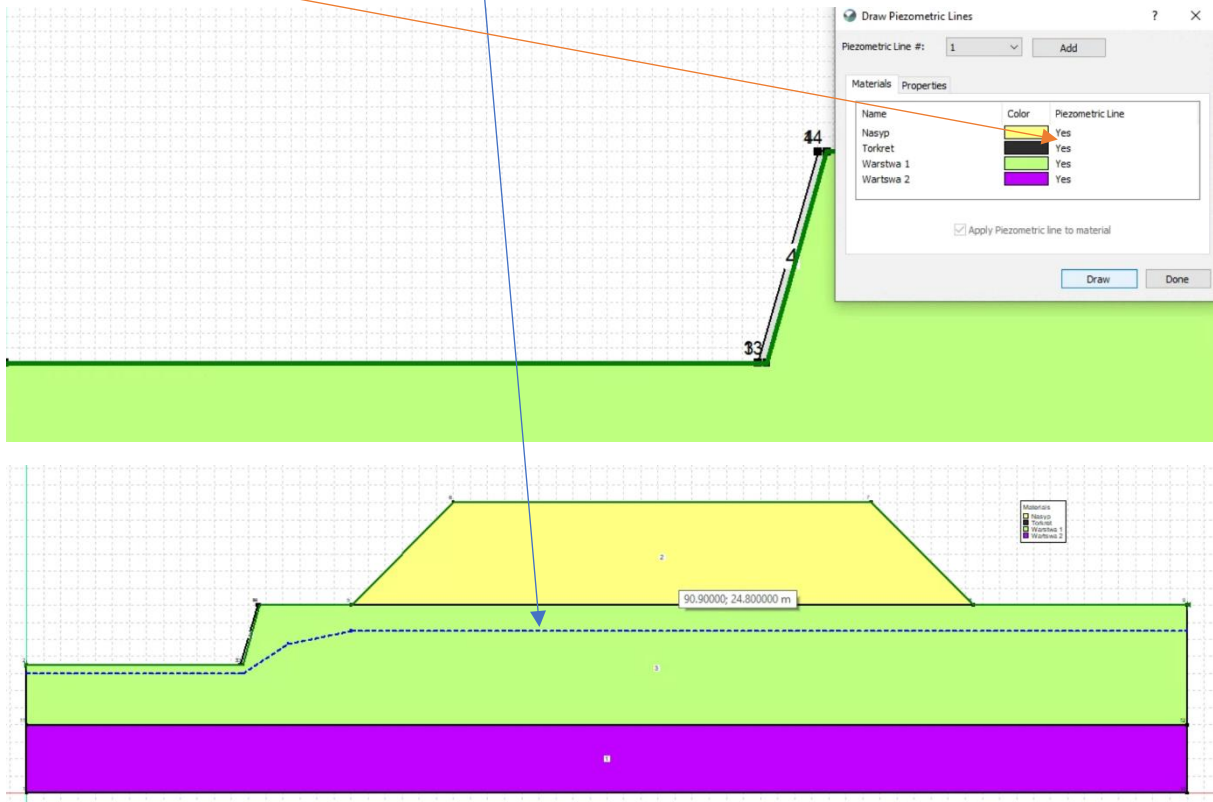
Następnie poleceniem *Draw* -> *Materials* przypisujemy odpowiednie warstwy do regionów



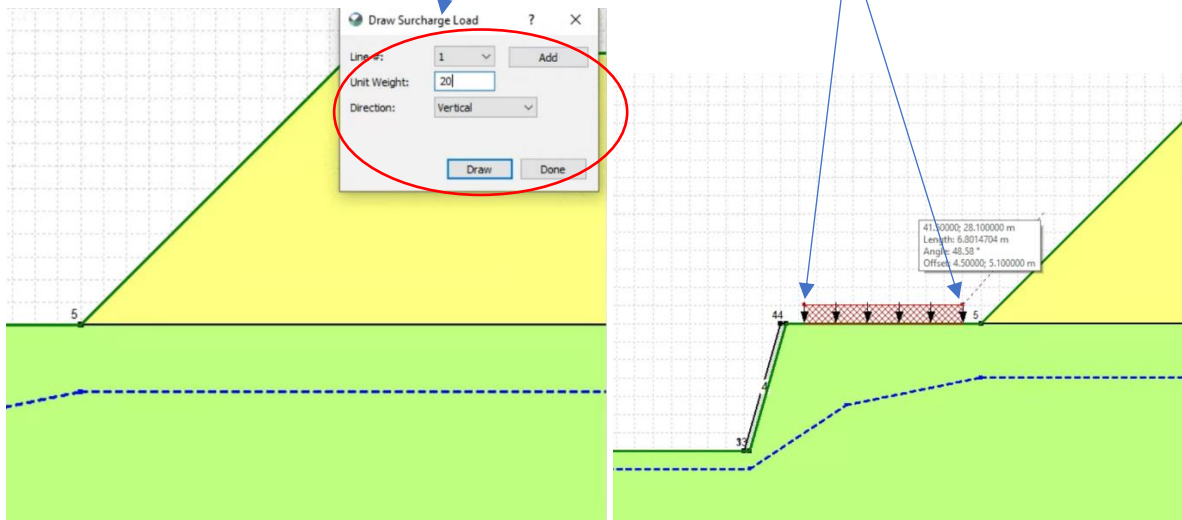
Poleceniem *Modify* -> *Objects* możemy przesunąć legendę w interesujące nas miejsce



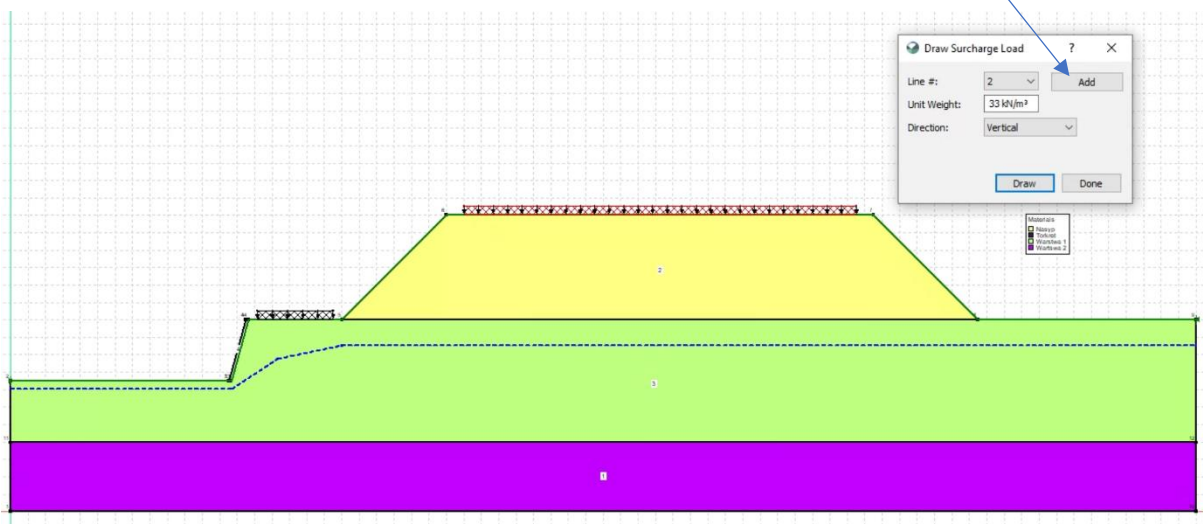
Poleceniem *Draw -> Pore-Water pressure...* rysujemy linię piezometryczną. Przypisujemy ją do wszystkich materiałów, te które są powyżej zwierciadła program i tak uzna za niezawodnione.



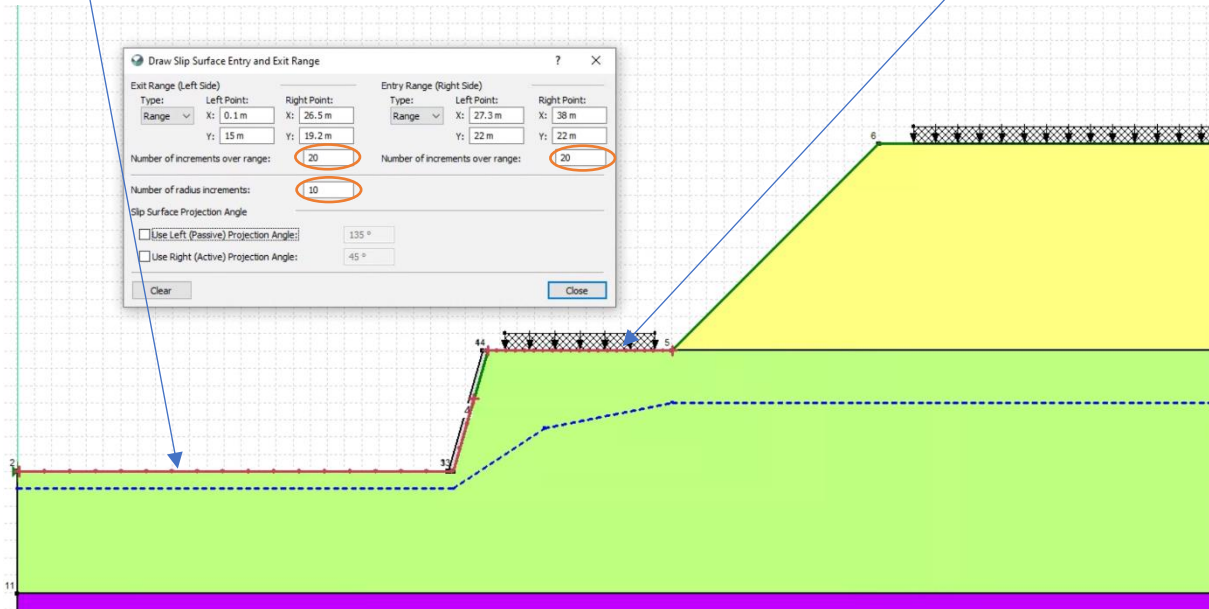
Za pomocą polecenia *Draw -> Surcharge Loads...* definiowane jest obciążenie powierzchniowe. Linie należy rysować metr nad powierzchnią terenu klikając w tych miejscach (kończymy rysowanie jak zwykle PPM)



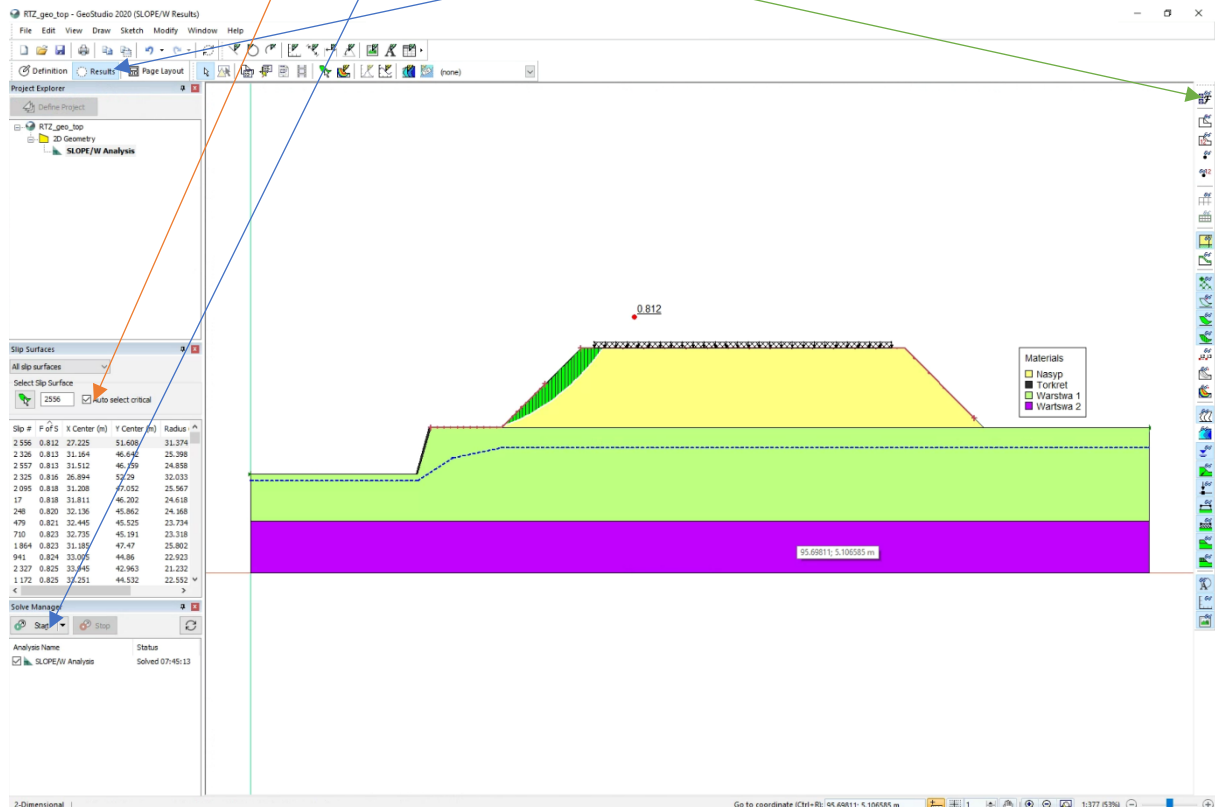
Podobnie postępujemy z drugim obciążeniem, pamiętając, aby dodać najpierw drugą linię.



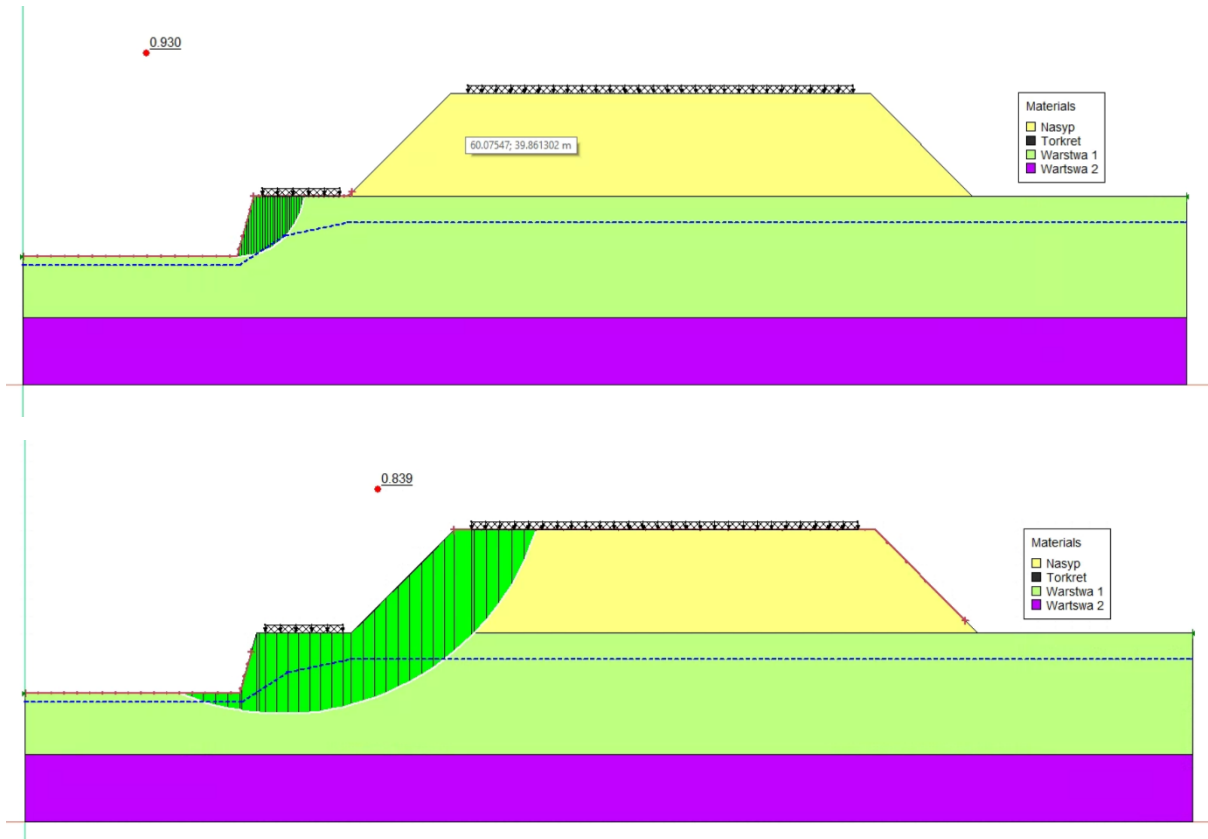
W kolejnym etapie poleceniem *Draw -> Slip Surface -> Entry and Exit...* rysujemy zakresy wejścia i wyjścia powierzchni poślizgu. Zaczynamy rysowanie od kliknięcia LPM i trzymając cały czas ten przycisk przeciągamy linie do interesującego nas miejsca. Następnie należy ustawić podziały, na potrzeby projektu minimalne wartości są podane poniżej w pomarańczowych elipsach. Wyższe wartości zwiększają dokładność obliczeń, ale proszę nie przesadzać, gdyż wzrasta wtedy czas obliczeń i rozmiar plików.



Po wykonaniu obliczeń (klikając *Start* w *Solve Manager*) program przejdzie do modułu wyników (*Results*, jeżeli chcemy wrócić do budowania modelu przełączamy się na *Definition*). Upewniamy się, że mamy wybraną krytyczną powierzchnię poślizgu, a następnie zwiększamy rozmiar czcionki dla *Factor of Safety*, klikając górną ikonę na prawym pasku (rozmiar czcionki najlepiej między 24 a 36)

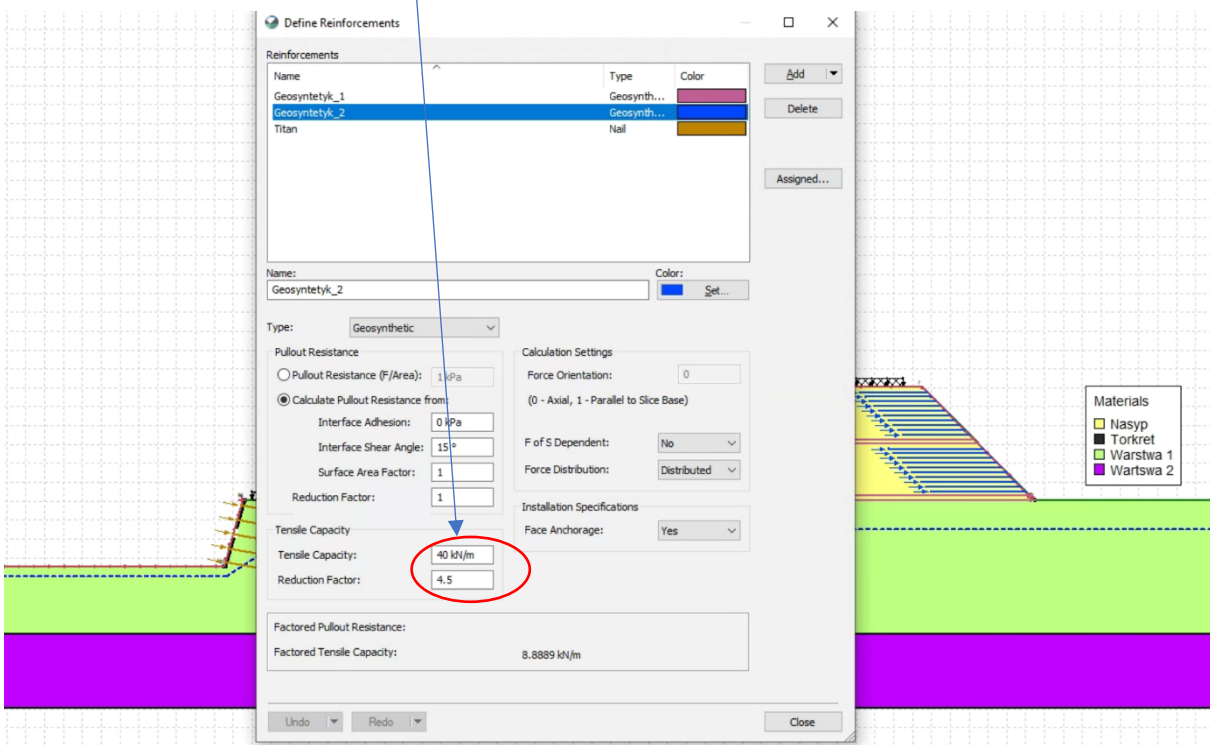
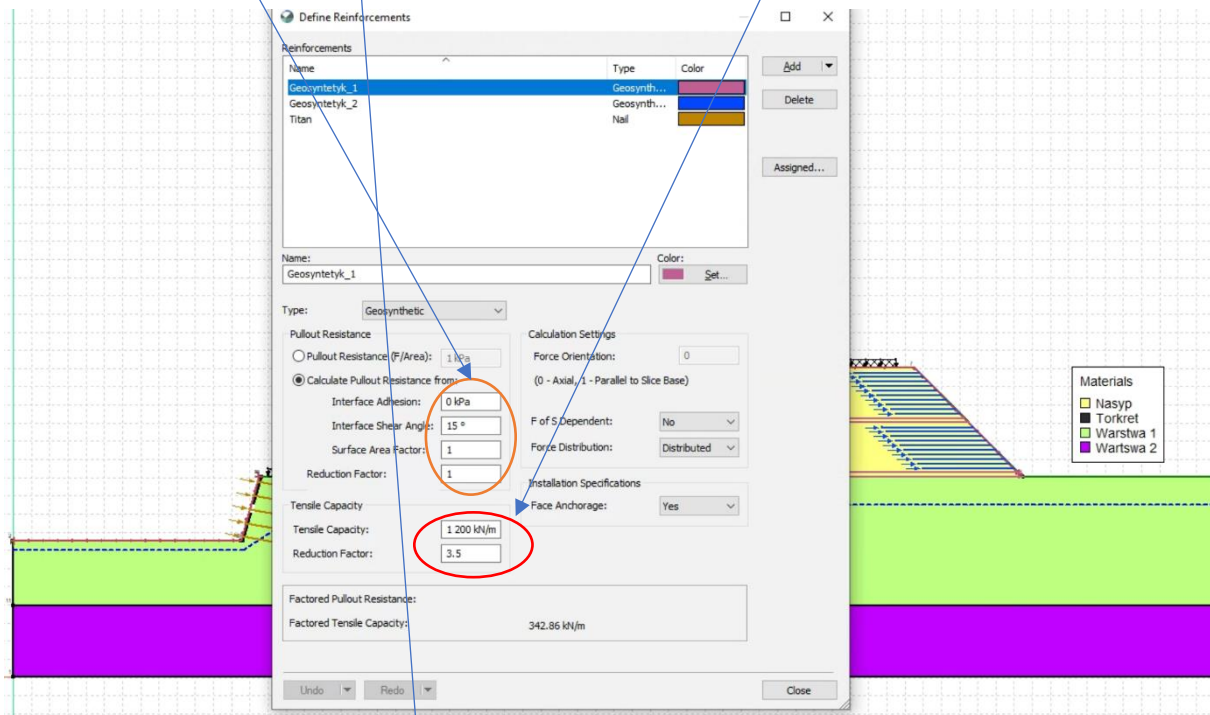


Proszę zwrócić uwagę jak są zdefiniowane zakresy wejścia i wyjścia w metodzie Entry and Exit dla powierzchni poślizgu w nasypie. Poniżej wyniki dla powierzchni poślizgu w dolnej skarpi oraz w całym zboczu. Żadna z tych wartości nie spełnia warunku $FS \geq 1.5$, więc skarpię i nasyp należy zazbroić.

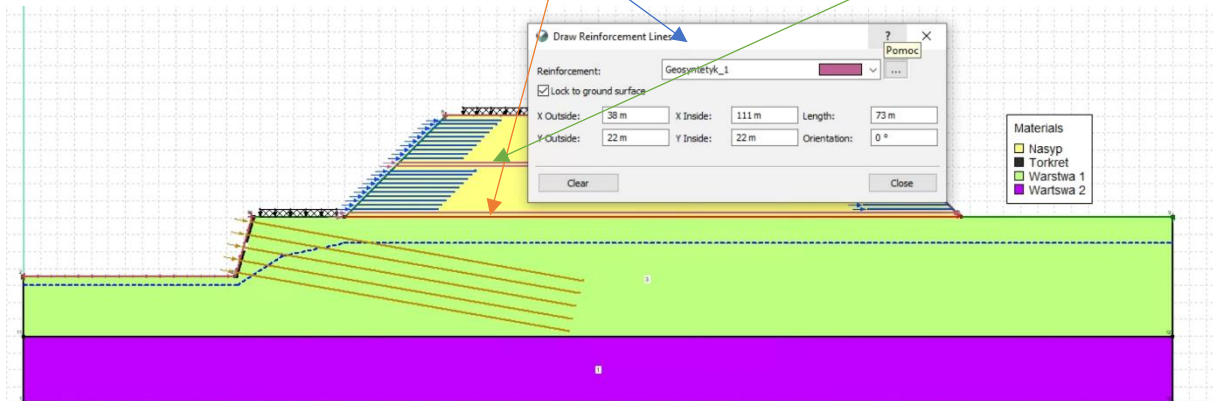


Zbrojenie definiujemy za pomocą polecenia *Define -> Reinforcement*.. Należy zdefiniować dwa rodzaje geosyntetyków – pierwszy, spinający nasyp, o znacznej wytrzymałości i drugi do zbrojenia przyskarpowego o mniejszej wytrzymałości. Parametry na kontakcie ustawiamy tak jak zaznaczono pomarańczową elipsą, za wyjątkiem tarcia na kontakcie (*Interface Shear Angle*), który obliczamy na podstawie kąta tarcia wewnętrznego gruntu w nasypie φ , zgodnie ze wzorem:

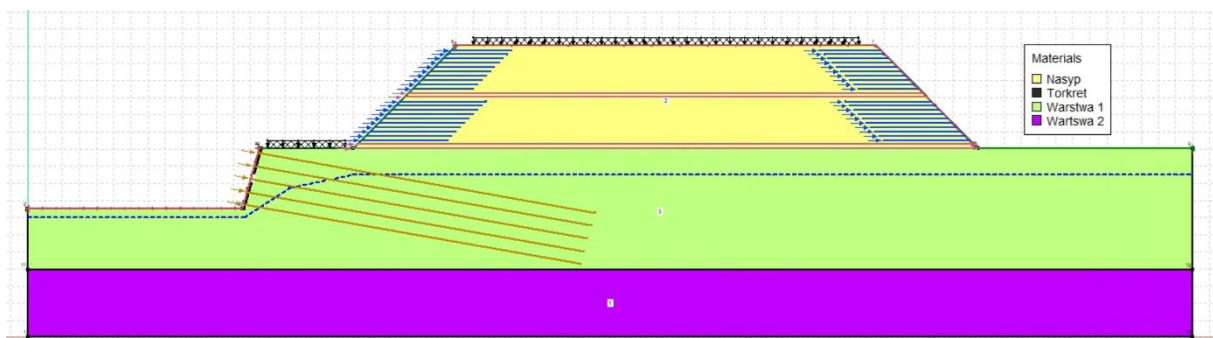
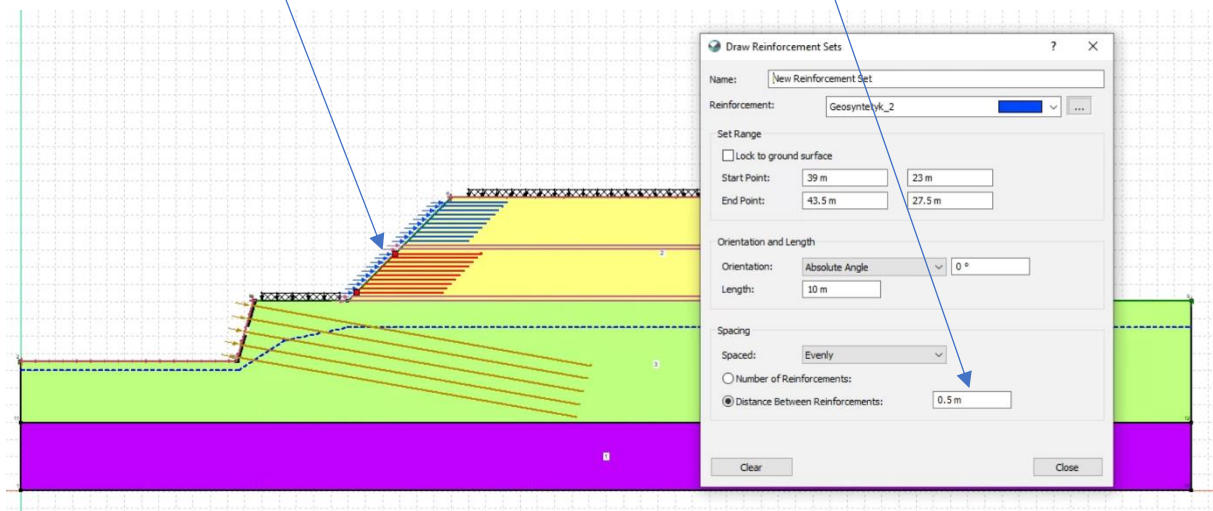
$$\varphi_i = \arctg(0.5 \cdot tg\varphi)$$



Następnie rysujemy geosyntytyki. Dolne dwie warstwy otulające matrac rysujemy za pomocą polecenia *Draw -> Reinforcement Lines...* z zaznaczoną opcją *Lock to ground Surface*. W niektórych projektach, w przypadku wysokich nasypów, niezbędne może się okazać wykonanie drugiej warstwy spinającej mniej więcej w połowie wysokości nasypu. Warstwy geosyntytyku należy układać co 0.3÷0.6 m.



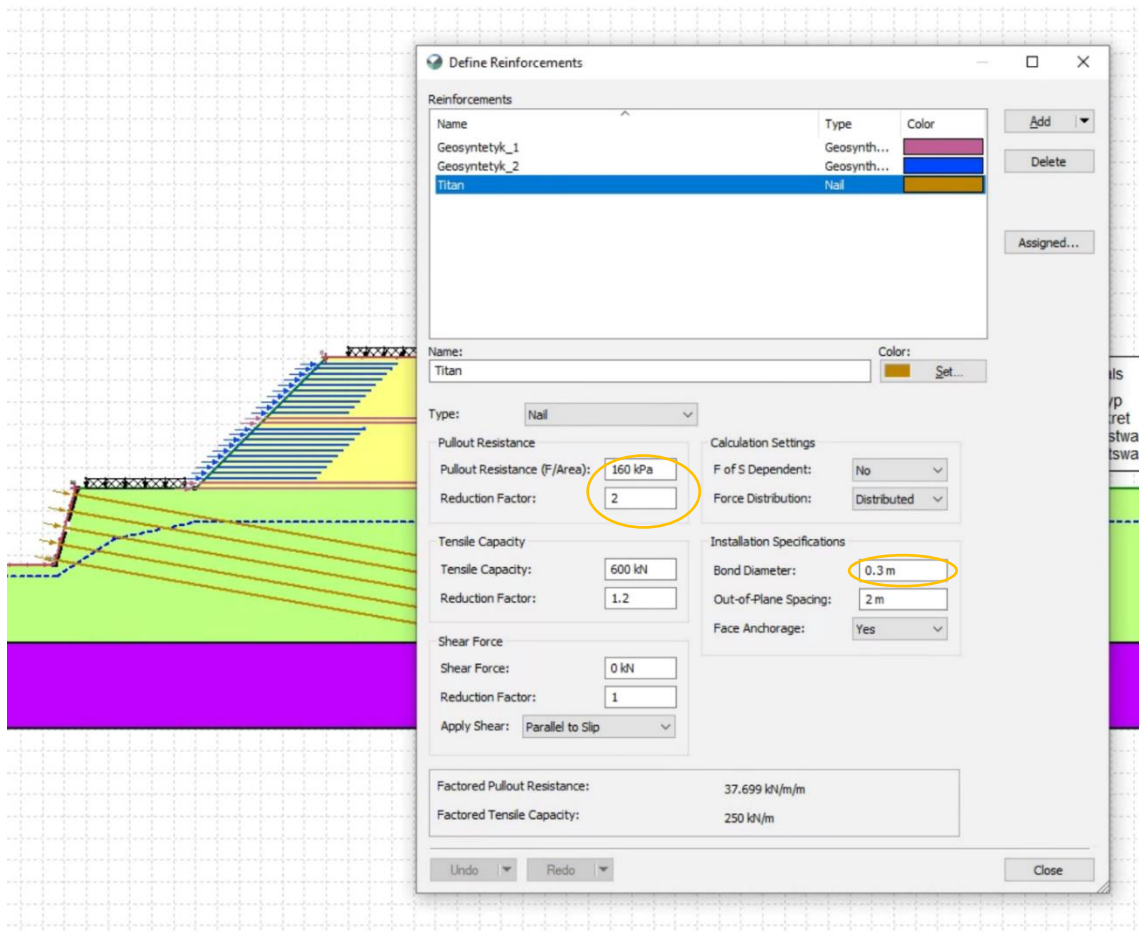
W kolejnym etapie poleceniem *Draw -> Reinforcement Sets...* rysujemy geosyntytyki do zabezpieczenia przyskarpowego. W polu *Distance Between Reinforcements* ustawiamy rozstaw pomiędzy geosyntytykami. To samo należy zrobić po prawej stronie nasypu. Proszę zwrócić uwagę na kierunek strzałek przy zbrojeniu – ze względu na ustawiony kierunek ruchu *Right to Left*, strzałki powinny być skierowane w prawo – mają przeciwdziałać ruchom osuwiskowym.



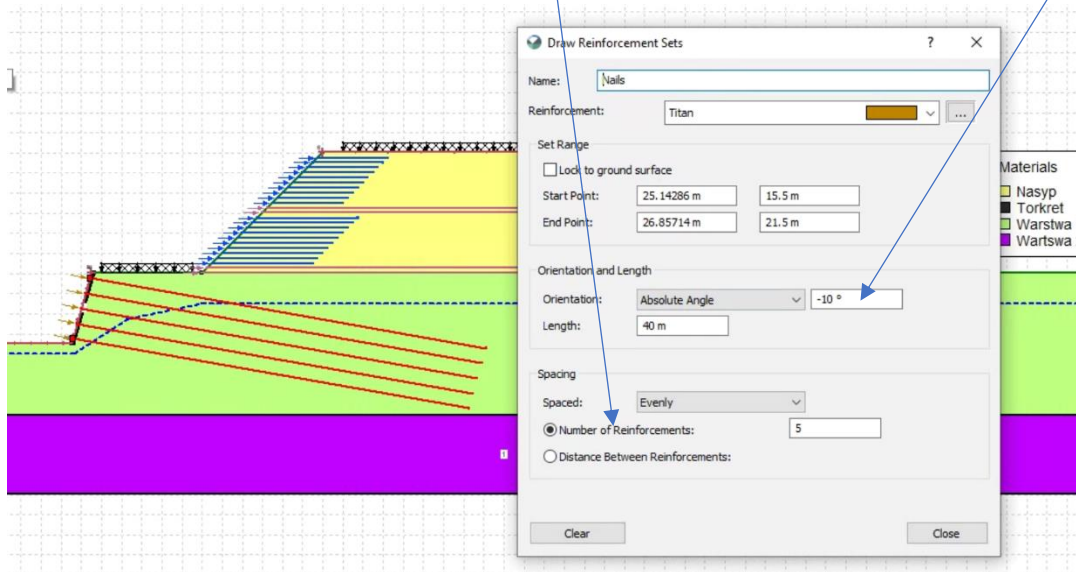
Zbrojenie gwoździami gruntowymi również definiujemy za pomocą polecenia *Define* -> *Reinforcement*.. Jako typ wybieramy *Nail*, *Pullout Resistance* i *Bond Diameter* ustawiamy jak w pomarańczowych elipsach. Dobieramy wytrzymałość gwoździ (*Tensile Capacity*), oraz rozstaw w kierunku prostopadłym do przekroju (*Out-of-Plane Spacing*) – typowy zakres to 1.5÷3.0 m.

Wytrzymałości gwoździ można dobrać np. ze strony:

https://www.titan.com.pl/uploaded/pdf/podstawowe_parametry_techiczne_erdzi_titan_2019_06.pdf/podstawowe_parametry_techiczne_erdzi_titan_2019_06.pdf



Gwoździe, podobnie jak przyskarpowe geosyntetyki, rysujemy poleceniem *Draw -> Reinforcement Sets...*, wybierając jednakże raczej *Number of Reinforcements* niż *Distance...* Typowe nachylenie gwoździ zawiera się pomiędzy $5\div 30^\circ$



Celem projektu jest taki dobór zbrojenia, aby uzyskać wszystkie trzy wartości wskaźników stateczności ≥ 1.5 , ale też nie jakieś bardzo wysokie, bo to oznacza przebrojenie konstrukcji. Wyjątkiem jest wskaźnik stateczności dla dolnej skarpy, który może znacząco przekraczać wartość wymaganą, z racji konieczności zapewnienia bezpieczeństwa dla całego zbocza.

