Wirtualne prototypowanie

Właściwości siatki elementów skończonych

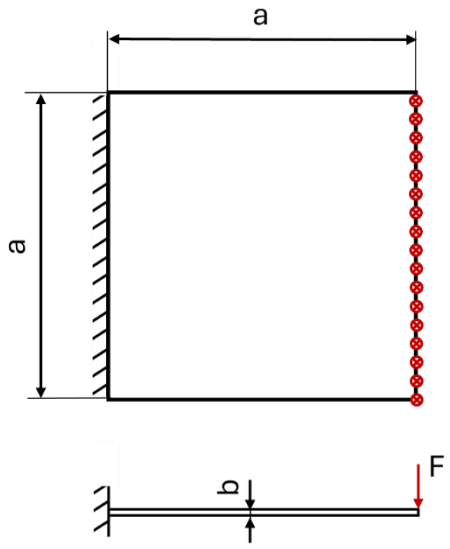
Cele zajęć:

1. Poznanie podstaw symulacji z wykorzystaniem elementów dwuwymiarowych (2D) i trójwymiarowych (3D).
2. Nabycie umiejętności doboru elementów skończonych z uwzględnieniem ich geometrii i liczby węzłów.
3. Nabycie umiejętności łączenia różnych rodzajów elementów skończonych w jednym modelu konstrukcji.

1. Analiza cienkiej płyty z wykorzystaniem elementów 2D

Kwadratowa płyta jest utwierdzona wzdłuż całej jednej krawędzi. Na przeciwległą krawędź działa obciążenie prostopadłe do powierzchni płyty.

Dane do przykładu: **a = 500 mm, b = 6 mm, F = 100 N**.



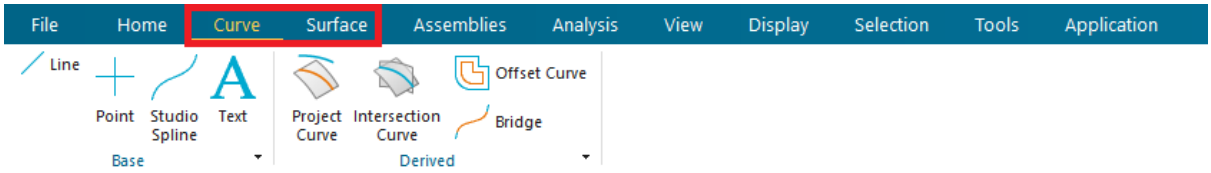
a) Tworzenie geometrii

Utwórz nowy plik części. Wybierz katalog zapisu i nadaj plikowi nazwę.

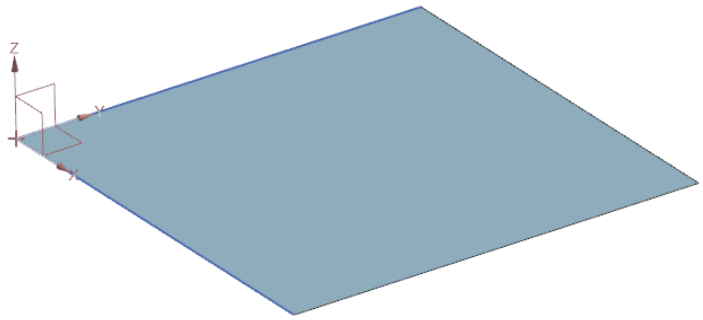
Powierzchnię płyty możesz utworzyć za pomocą poleceń z zakładek ***Curve*** i ***Surface*** (obraz poniżej). Jedną z możliwości jest użycie polecenia ***Swept*** z zakładki ***Surface***.

1. Za pomocą ***Curve*** → ***Line*** narysuj dwa prostopadłe odcinki o długości **500 mm**, które będą krawędziami powierzchni.

2. Wybierz ***Surface*** → ***Swept***, a następnie wskaż narysowane odcinki w polach **Select Curve**.



Gotową powierzchnię pokazano na obrazie poniżej.

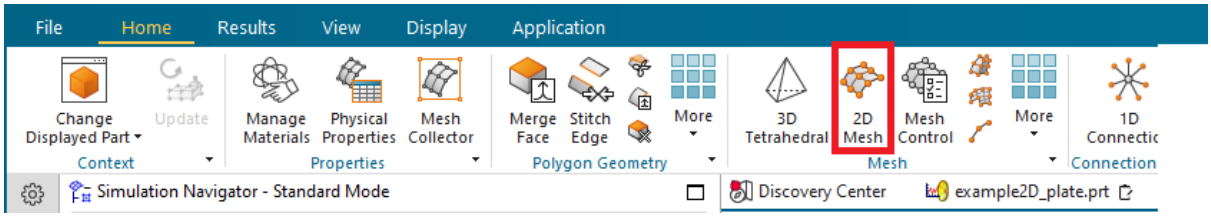


b) Dyskretyzacja modelu

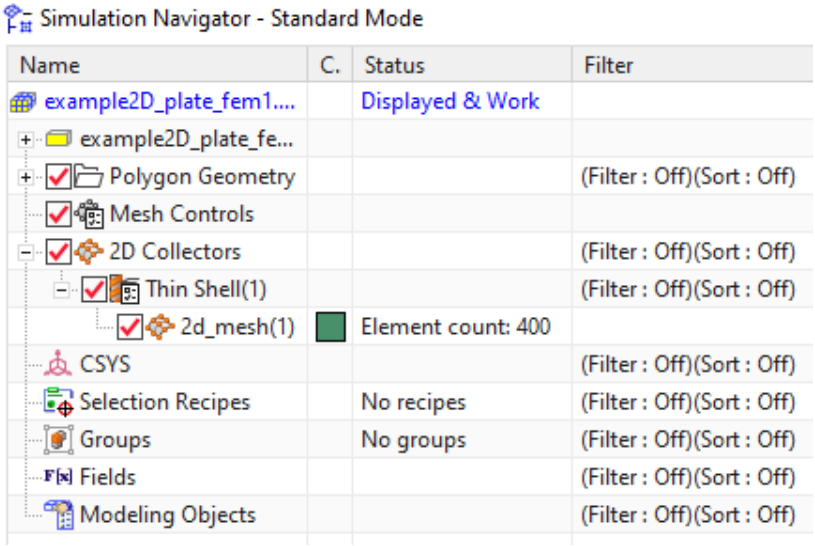
Po przygotowaniu geometrii utwórz symulację tak jak na poprzednich zajęciach. Wybierz ***File → Pre/Post***, a następnie ***New FEM and Simulation → New FEM and Simulation***.

W oknie ustawień symulacji kliknij ***OK***. W tym przypadku nie musisz dodatkowo wskazywać elementów geometrii. W kolejnym oknie kliknij ***Create Solution***.

Przejdź do pliku ***.fem*** i na górnym pasku wybierz ***2D Mesh***. W oknie ustawień siatki wskaż powierzchnię, pozostaw domyślny typ elementów ***CQUAD4*** i ustaw rozmiar elementu (Element Size) na **25 mm**.



W drzewie po lewej stronie pojawi się pozycja **2D Collector**, którą można rozwinąć (obraz poniżej).



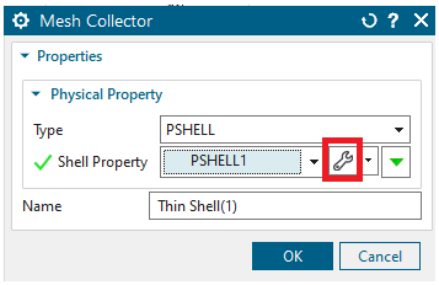
c) Przypisywanie właściwości

1. W drzewie po lewej stronie kliknij dwukrotnie ***Thin Shell(1)***. Otworzy się okno wyboru właściwości powłoki. Program automatycznie utworzył właściwość ***PSHELL1*** (obraz **1** poniżej).

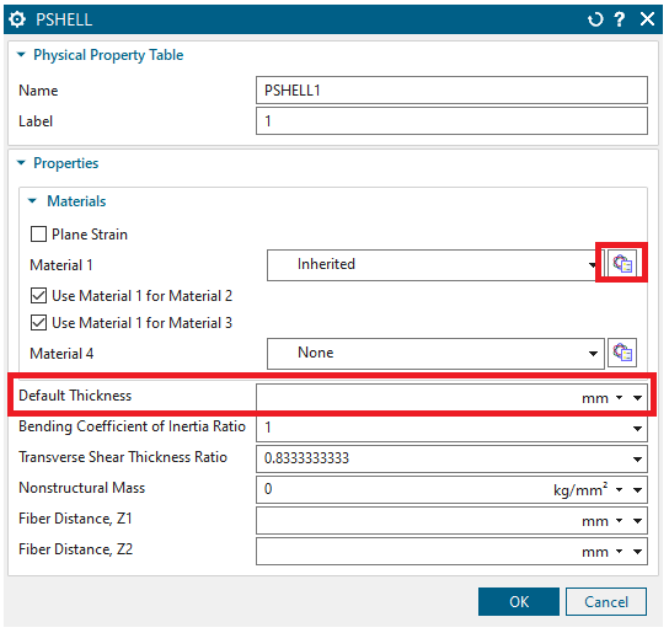
2. Kliknij ikonę klucza, aby otworzyć okno edycji właściwości (obraz **2**).

3. Wybierz materiał ***Steel*** z biblioteki i ustaw grubość płyty na **6 mm**. Zatwierdź ustawienia przyciskiem ***OK***.

1



2

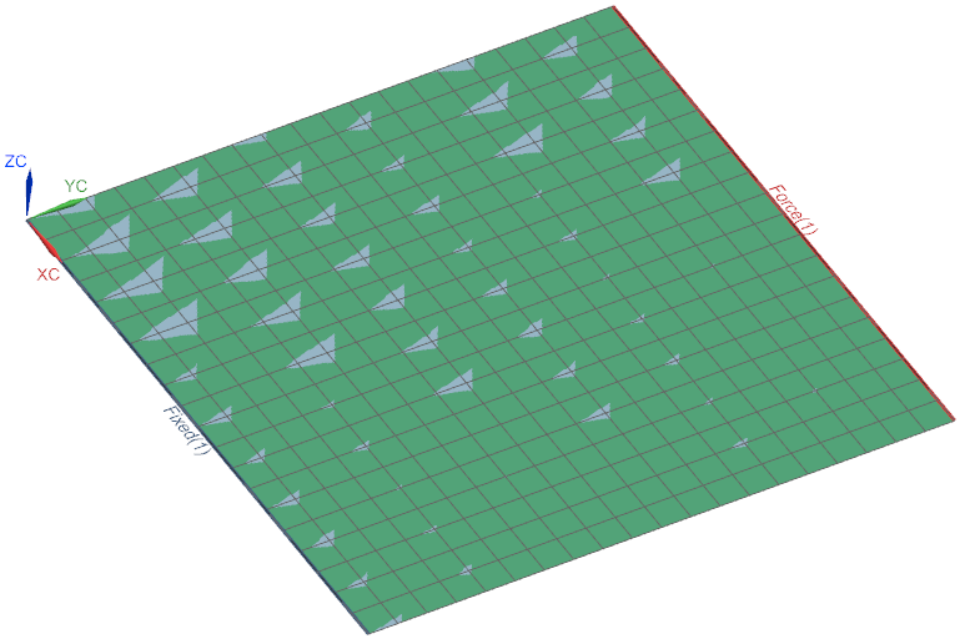


d) Dodawanie podpór i obciążenia

Na jednej z krawędzi płyty zdefiniuj utwierdzenie za pomocą ***Constraint Type → Fixed Constraint***, blokując wszystkie stopnie swobody.

Następnie wybierz ***Load Type → Force*** i przyłóż siłę do przeciwległej krawędzi, prostopadle do powierzchni płyty.

Model z podporą i obciążeniem pokazano poniżej.

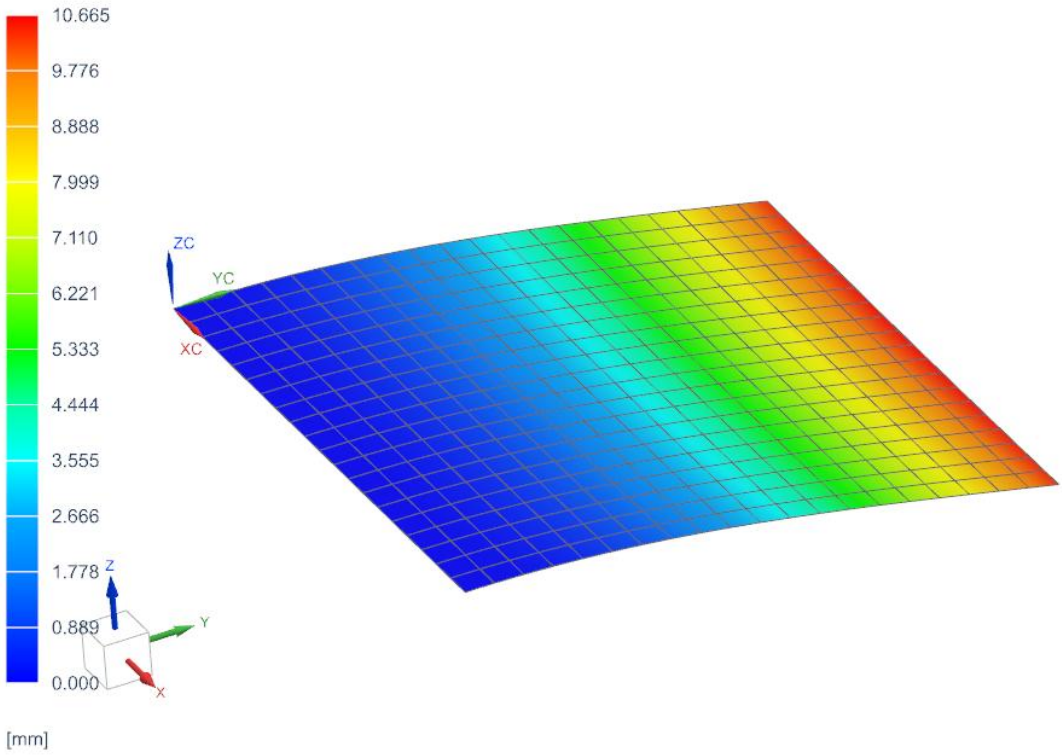


e) Uruchamianie symulacji

Na górnym pasku przejdź do grupy ***Solution*** i wybierz ***Solve***. W nowym oknie kliknij ***OK***. Rozpoczną się obliczenia i otworzy się kilka dodatkowych okien. Po wyświetleniu komunikatu potwierdzającego zakończenie obliczeń możesz zamknąć te okna.

f) Wizualizacja wyników

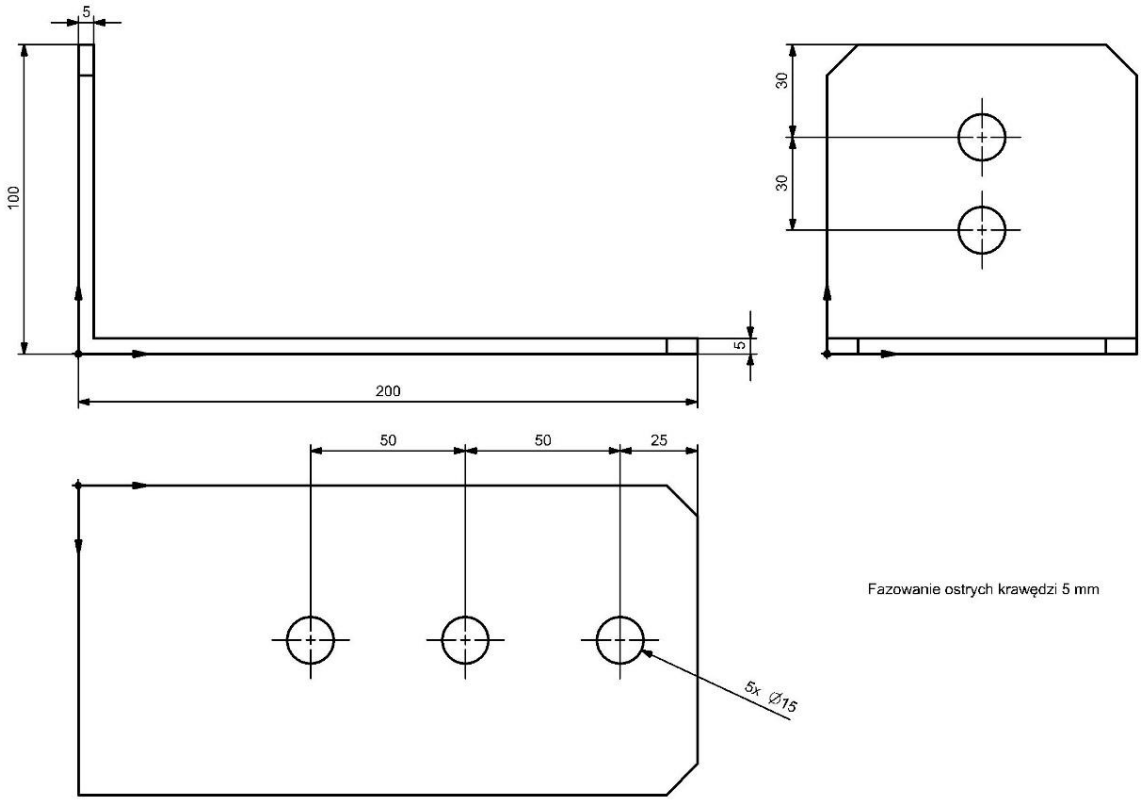
W zakładce wyników wyświetl przemieszczenia węzłów. Przykładowy widok wyników pokazano poniżej.



2. Analiza modelu z wykorzystaniem elementów 3D

a) Tworzenie geometrii

Utwórz nowy plik części. Wybierz katalog zapisu i nadaj plikowi nazwę. Utwórz model 3D zgodnie z poniższym rysunkiem. Możesz kolejno użyć poleceń ***Extrude***, ***Shell*** i ***Hole*** z zakładki ***Home***.

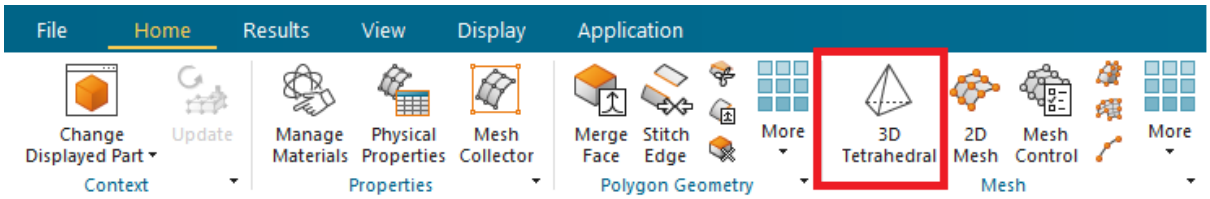


b) Dyskretyzacja modelu

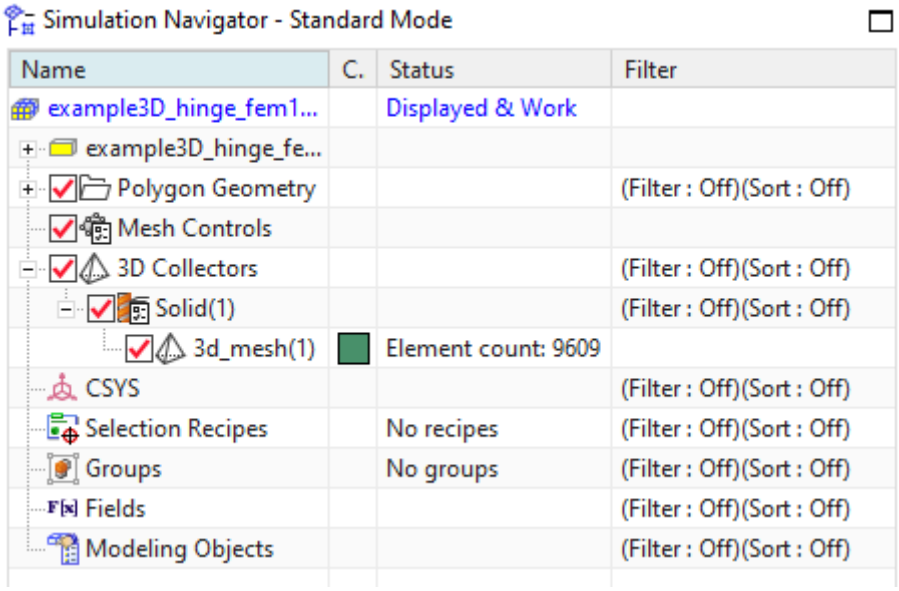
Utwórz symulację: wybierz ***Application → Pre/Post***, a następnie ***New FEM and Simulation → New FEM and Simulation***.

W oknie ustawień symulacji kliknij ***OK***. W kolejnym oknie kliknij ***Create Solution***.

Przejdź do pliku ***.fem*** i na górnym pasku wybierz ***3D Tetrahedral***. W oknie ustawień siatki wskaż model, pozostaw domyślny typ elementów ***CTETRA10*** i ustaw rozmiar elementu na **5 mm**.



W drzewie po lewej stronie pojawi się pozycja ***3D Collectors***, którą można rozwinąć (obraz poniżej).

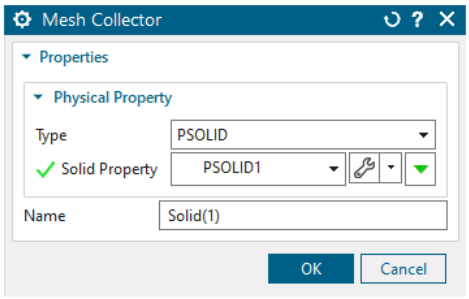


c) Przypisywanie właściwości

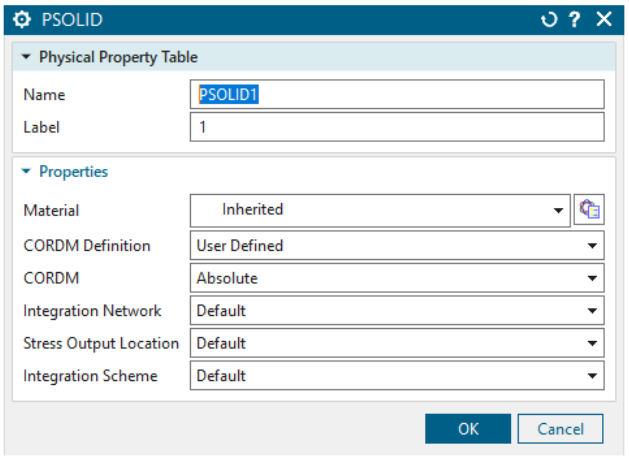
1. W drzewie po lewej stronie kliknij dwukrotnie ***Solid(1)***. Otworzy się okno wyboru właściwości. Program automatycznie utworzył właściwość ***PSOLID1*** (obraz **1** poniżej).

2. Kliknij ikonę klucza, aby otworzyć okno edycji właściwości (obraz **2**). Wybierz materiał ***Aluminum_6061*** z biblioteki.

1



2

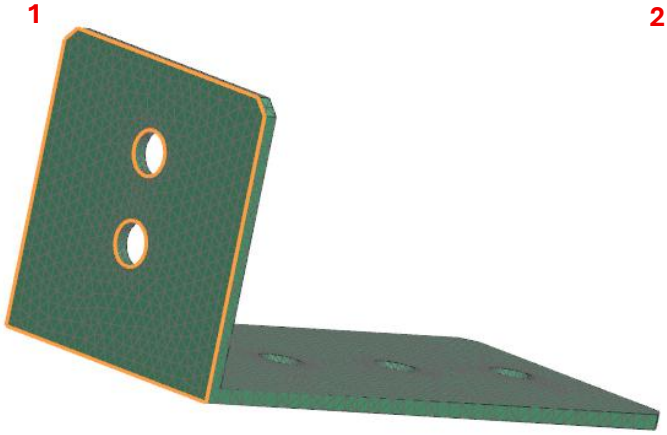


d) Dodawanie podpór i obciążenia

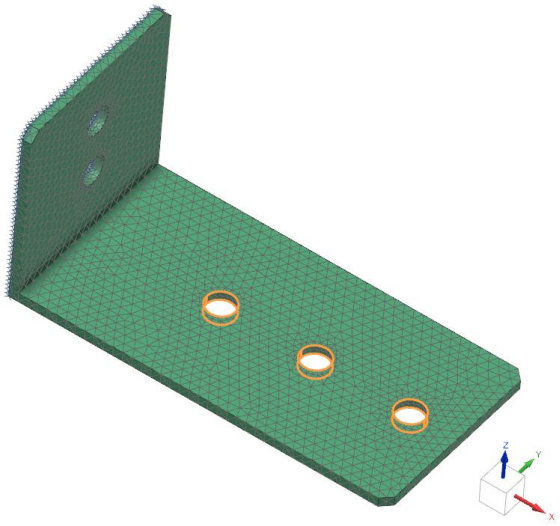
Za pomocą ***Constraint Type → Fixed Constraint*** zdefiniuj utwierdzenie na jednej ze ścian krótszego ramienia kątownika (obraz **1** poniżej).

Następnie wybierz ***Load Type → Force*** i przyłóż siłę o wartości **2000 N** do cylindrycznych powierzchni otworów. Ustaw kierunek siły zgodnie z obrazem **2**, wzdłuż osi ***y***.

1



2

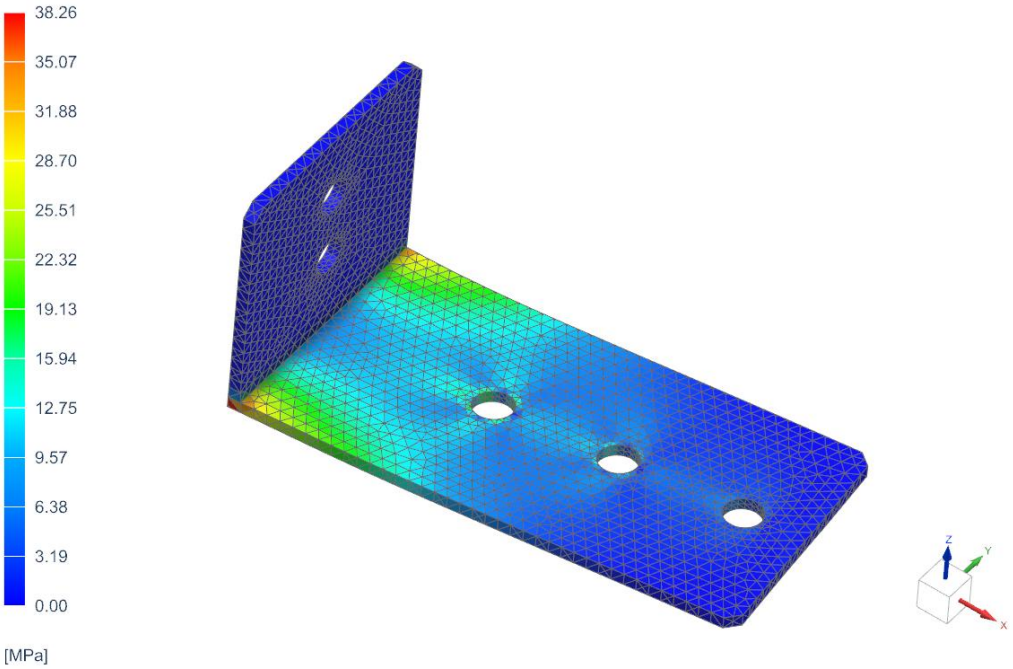


e) Uruchamianie symulacji

Na górnym pasku przejdź do zakładki ***Solution*** i wybierz ***Solve***. W nowym oknie kliknij ***OK***. Rozpoczną się obliczenia i otworzy się kilka dodatkowych okien. Po wyświetleniu komunikatu potwierdzającego zakończenie obliczeń możesz zamknąć te okna.

f) Wizualizacja wyników

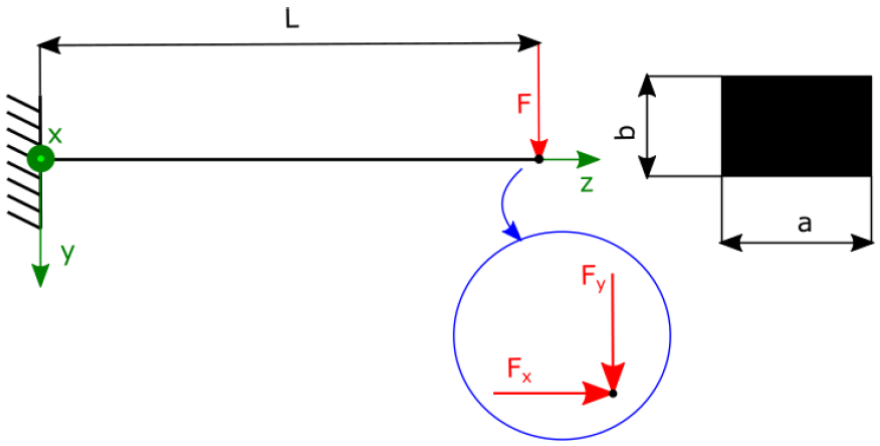
W zakładce wyników wyświetl naprężenia zredukowane ***von Misesa***. Przykładowy widok wyników pokazano poniżej.



3. Zadanie 1

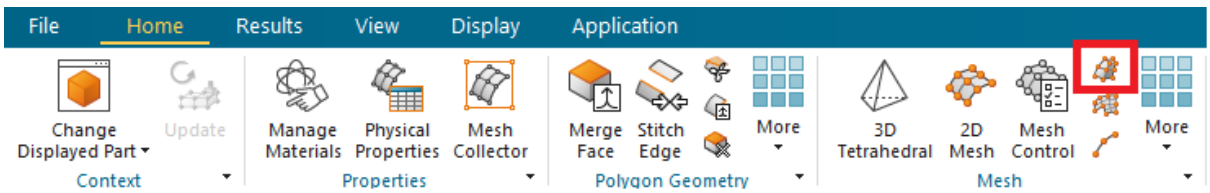
Utwórz trzy modele belki - 1D, 2D i 3D - zgodnie z poniższym schematem. W modelu 2D rozłóż obciążenie na całej krawędzi swobodnego końca belki, a w modelu 3D - na całej ścianie tego końca. Na drugim końcu zdefiniuj utwierdzenie obejmujące całą krawędź (2D) lub całą ścianę (3D). Siła F ma dwie prostopadłe składowe w płaszczyźnie XY: **Fx** i **Fy**.
Dla każdego modelu przeprowadź analizy z różnymi typami i rozmiarami elementów siatki MES, zgodnie z tabelą pod schematem. Po każdej analizie odczytaj przemieszczenie (***Displacement***) swobodnego końca belki w miejscu przyłożenia siły **F** i wpisz wynik do tabeli. W modelach 2D i 3D odczytaj przemieszczenie jednego wybranego węzła na swobodnym końcu.

Przyjmij: **a = 60 mm, b = 20 mm, L = 1000 mm, Fx = Fy = 100 N**. Wybierz materiał **Steel** z biblioteki NX.

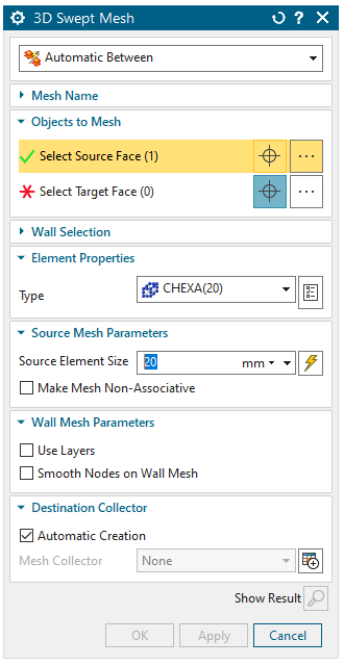


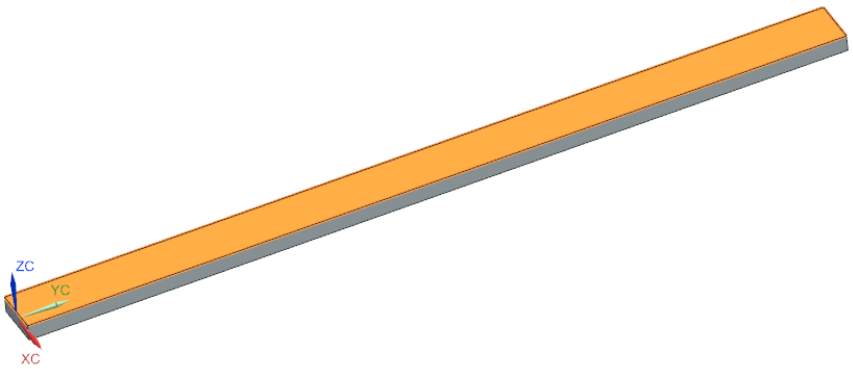
Wielkość siatki [mm]	**Topologia siatki**					
	1D	**2D**		**3D**		
	CBEAM	**CTRIA3**	**CQUAD4**	**CTETRA4**	**CTETRA10**	**CHEX8**
20						
5						
3						

W zadaniu, dla modelu 3D, użyj również siatki **Hex8**. Tworzy się ją w inny sposób niż siatki czworościenne **Tet4** i **Tet10**. Wybierz ***3D Swept Mesh***. Uwaga: nie można bezpośrednio przekonwertować gotowej siatki czworościennej (TET) na sześciościenną (CHEX8). Siatkę sześciościenną należy wygenerować od nowa na podstawie geometrii (bryły).



Wskaż dwie równoległe ściany belki: pierwszą w polu ***Select Source Face***, a drugą w polu ***Select Target Face***. W polu ***Source Element Size*** wpisz rozmiar elementu.

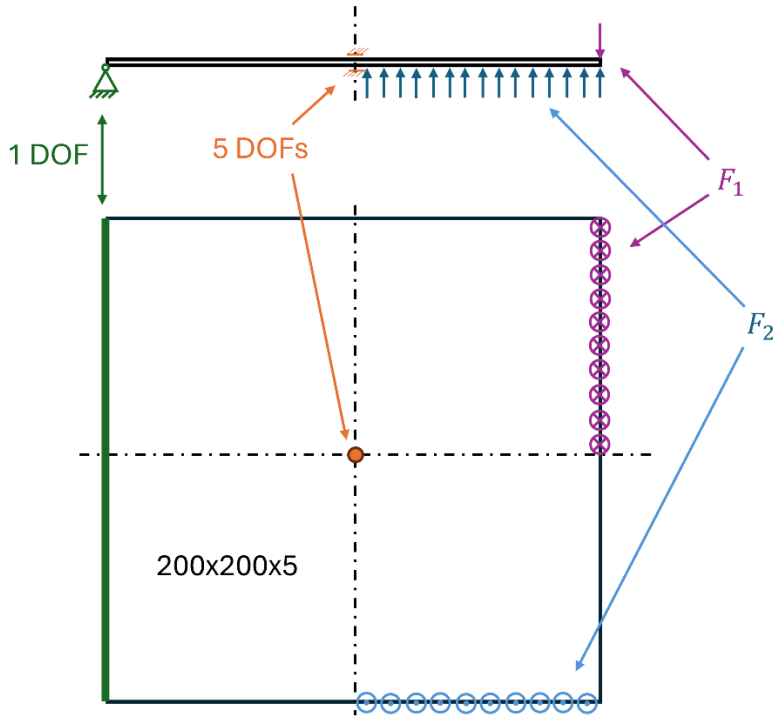




4. Zadanie 2

Przeprowadź analizę płyty przedstawionej poniżej. Geometrię możesz utworzyć jako jedną dużą powierzchnię lub cztery mniejsze, sąsiadujące powierzchnie. Wybór wpływa na dalszą pracę w plikach **.fem** i **.sim**. Zalecany jest wariant z czterema powierzchniami; wariant z jedną powierzchnią możesz wykonać jako dodatkowe ćwiczenie. Jeśli wybierzesz cztery powierzchnie, **koniecznie** połącz je za pomocą narzędzia ***Sew*** z zakładki ***Surface*** w pliku części.

Przyjmij siły $\mathbf{F_1 = F_2 = 500\ N}$ i wybierz materiał **steel** z biblioteki NX.

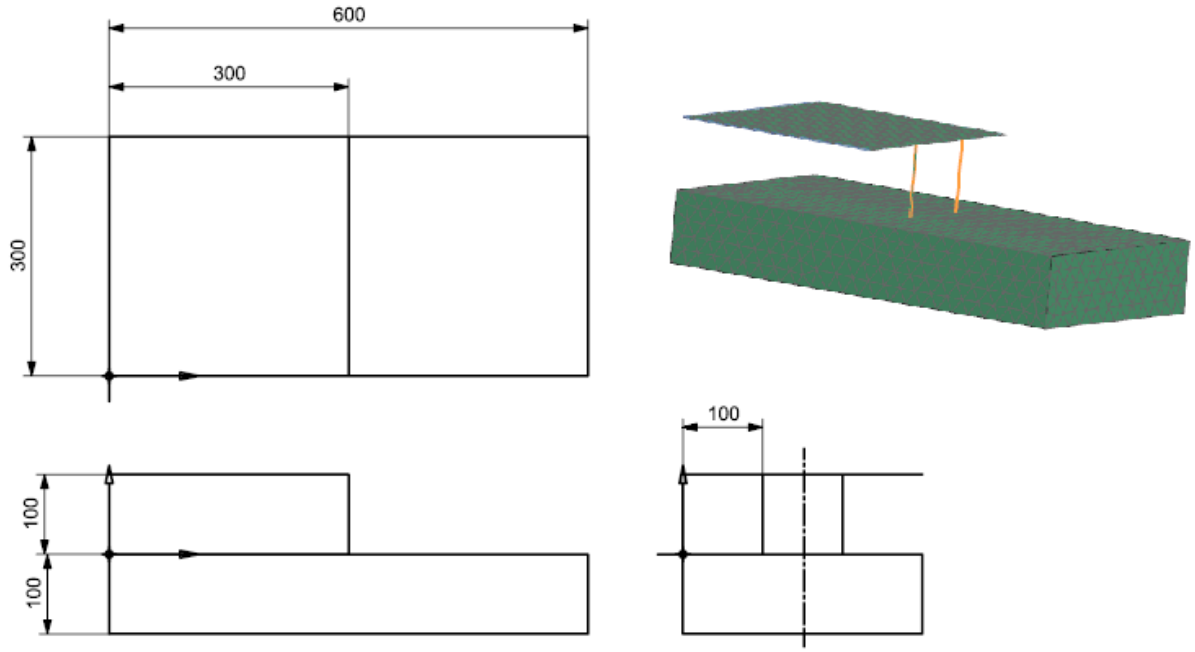


5. Zadanie 3

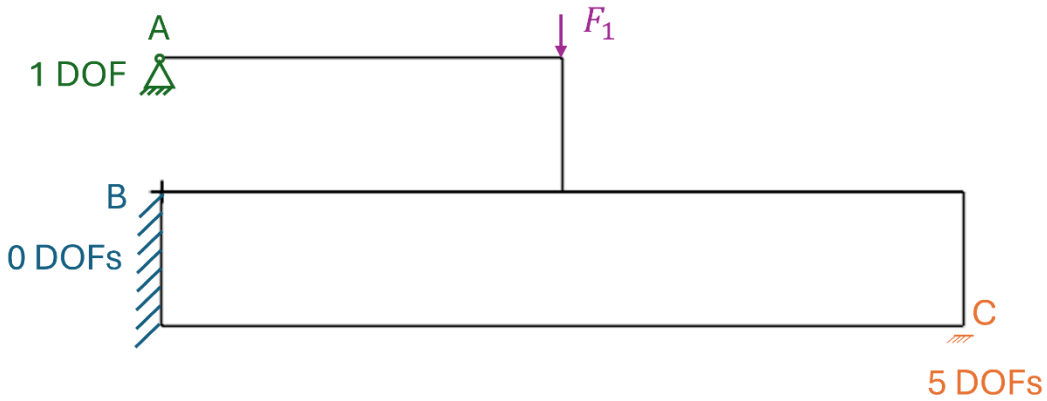
Przeprowadź analizę modelu przedstawionego poniżej. Całą geometrię możesz utworzyć w jednym pliku części. Górną płytę zamodeluj jako powierzchnię.

Model zawiera trzy rodzaje elementów skończonych. Połącz je za pomocą narzędzia ***1D Connection***, wskazując siatkę 1D oraz krawędź/powierzchnię, z którą ma zostać połączona (patrz obraz poniżej). **Zaleca się utworzenie osobnej siatki 1D dla każdej belki.**

Dla płyty i belek wybierz materiał **steel**, a dla podpory trójwymiarowej - **ABS**. Warunki brzegowe podano poniżej.



Zdefiniuj warunki brzegowe zgodnie z poniższym schematem. Podpory **A** i **C** zastosuj na całych wskazanych krawędziach, a podporę **B** - na całej wskazanej ścianie. Przyjmij siłę $\mathbf{F_1 = 5\ kN}$.



1D Connection

