

Wytrzymałość materiałów

Zastosowanie MES do rozwiązywania zagadnień dwuwymiarowych

Studia I stopnia stacjonarne
Laboratorium

Ansys

DISCOVERY



Cel ćwiczenia

W ramach ćwiczenia:

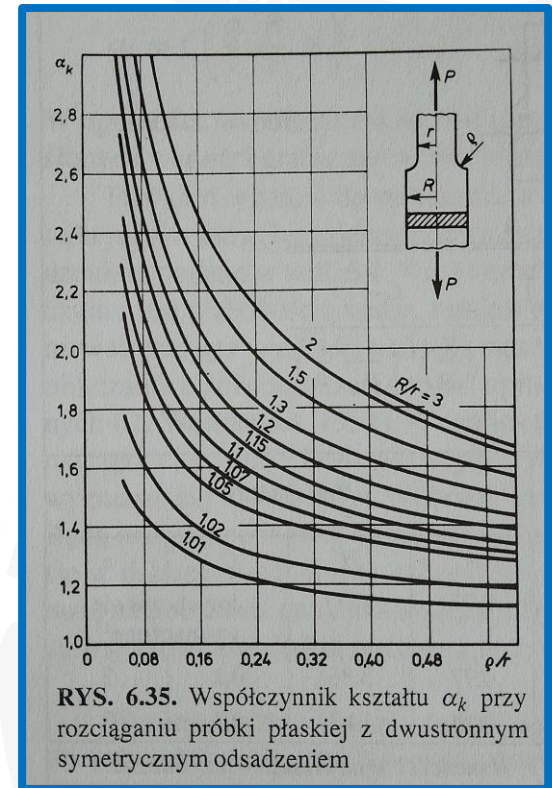
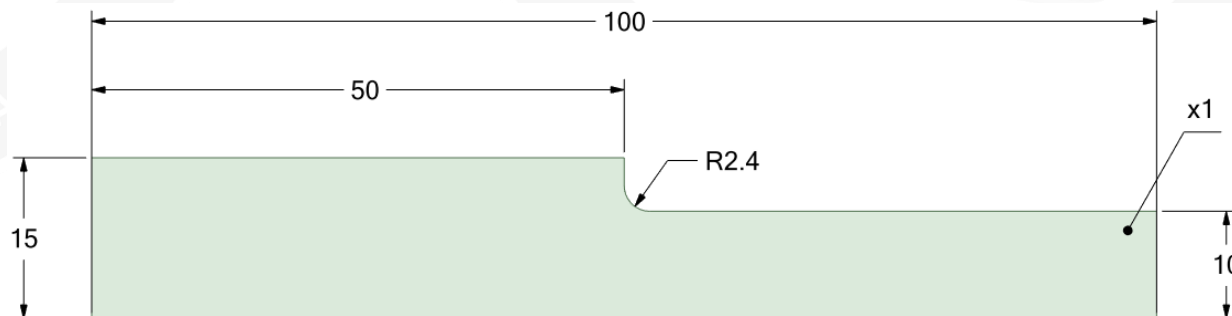
- Zapoznasz się z modelowaniem liniowosprężystego układu tarczowego z wykorzystaniem dwuwymiarowych elementów skończonych.
- Dokonasz sprawdzenia poprawności wyników przez porównanie ze znanymi rozwiązaniami wartości współczynnika kształtu.
- Do wykonania zadania wykorzystasz program **Ansys Workbench**, który możesz pobrać ze strony internetowej: <https://mesco.com.pl/strefa-akademicka/darmowy-ansys-student/>





Parametry układu

- Modelowana będzie **próbka płaska z dwustronnym symetrycznym odsadzeniem**. Wymiary na dolnym rysunku podane są w milimetrach.
- Materiał: **stal (Structural Steel** w Ansysie).
- Siła obciążająca: **$P=100$ N.**
- Ze względu na **symetrię** układu modelowana będzie połówka leżąca po jednej stronie osi symetrii. Symetria będzie uwzględniona przez zadanie odpowiedniego podparcia układu oraz odpowiedniej wartości siły (jakiej?).



Dietrich M. (red.): Podstawy konstrukcji maszyn, tom 1, WNT, Warszawa 1999.

Chart 3.1 Stress concentration factors K_t for a stepped flat tension bar with shoulder fillets (based on

Interactive graphs from Peterson's Stress Concentration Factors (4th Edition)



Rozwiązanie do porównania

3. Shoulder Fillets

Peterson's Stress Concentration Factors (4th Edition) Latest Edition

Contents

Navigation

Chapter Contents Table Of Contents

Peterson's Stress Concentration Factors (4th Edition)

See other editions

Author(s) / Editor(s) Pilkey, Walter D.; Pilkey, Deborah F.; Bi, Zhuming

Publisher John Wiley & Sons

Copyright / Publication Date 2020

Additional information →

3.5 Torsion

3.6 Methods of Reducing Stress Concentration at a Shoulder

References

Charts

Graphs (1)

Save Cite Export

X Axis 1. radius of a notch/minir 3 X significant Digits

Y Axis 1. Stress concentration factor 3 Y significant Digits

Data set Hide all Add set

Data set label Data Set 1

X Axis Y Axis

xxxx.xx yyyy.yy

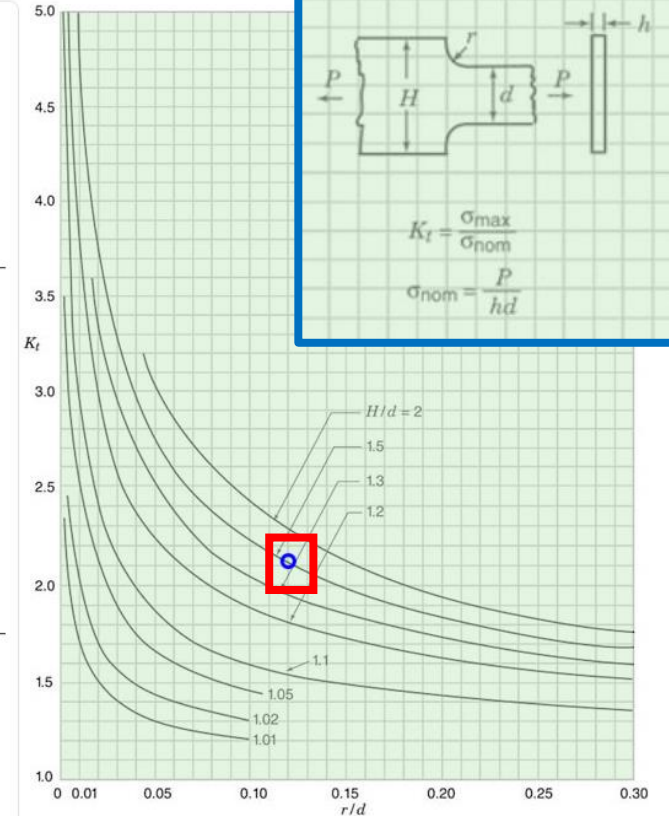
0.12 2.14

Graph area

Active area

Zoom 100

50 200



- Wartość współczynnika kształtu K_t (to ta sama wielkość co α_k na poprzednim slajdzie) możesz odczytać z interaktywnego wykresu.
- Zaloguj się do bazy **Knovel** przez stronę Biblioteki Politechniki Śląskiej i wyszukaj podaną książkę a w niej interaktywny wykres

Chart 3.1.

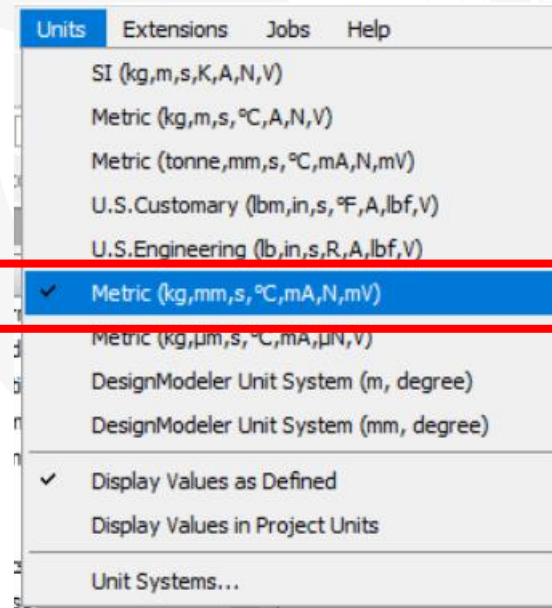
- <https://www.polsl.pl/bps/knovel/>





Jednostki

1. Uruchom program **Ansys Workbench**.
2. Utwórz nowy projekt i zapisz go: **File, Save As**. Wybierz lokalizację i wpisz nazwę projektu.
3. Ustaw jednostki wielkości fizycznych.





Geometria układu

1. Wybierz **Geometry**, przeciągnij i upuść na obszar roboczy – zielony prostokąt.
2. Kliknij prawym przyciskiem myszy (**PPM**) na pole **Geometry** i wybierz **Properties**.
3. Wybierz **Analysis Type, 2D**.

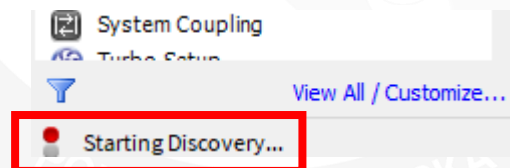
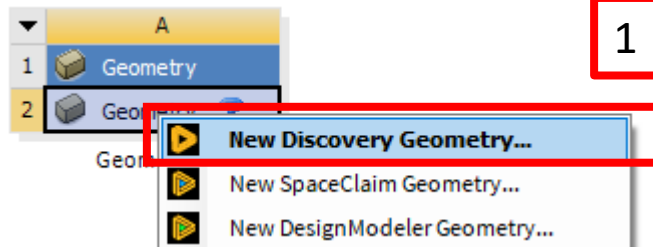
The screenshot illustrates the software interface with three numbered steps:

- 1**: The **Geometry** option in the **Toolbox** is highlighted with a red box.
- 2**: A context menu is open over the **Geometry** object in the **Project Schematic**, with the **Properties** option highlighted by a red box.
- 3**: The **Advanced Geometry Options** dialog box is shown, with the **Analysis Type** dropdown menu set to **2D**, highlighted by a red box.



Geometria układu

1. Kliknij **PPM** na pole **A2** i wybierz **New Discovery Geometry**.
2. Poczekaj na uruchomienie programu **Discovery**.

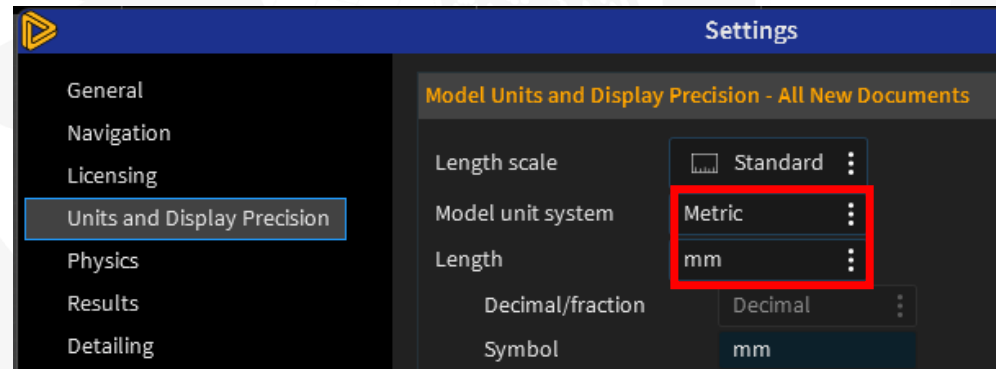




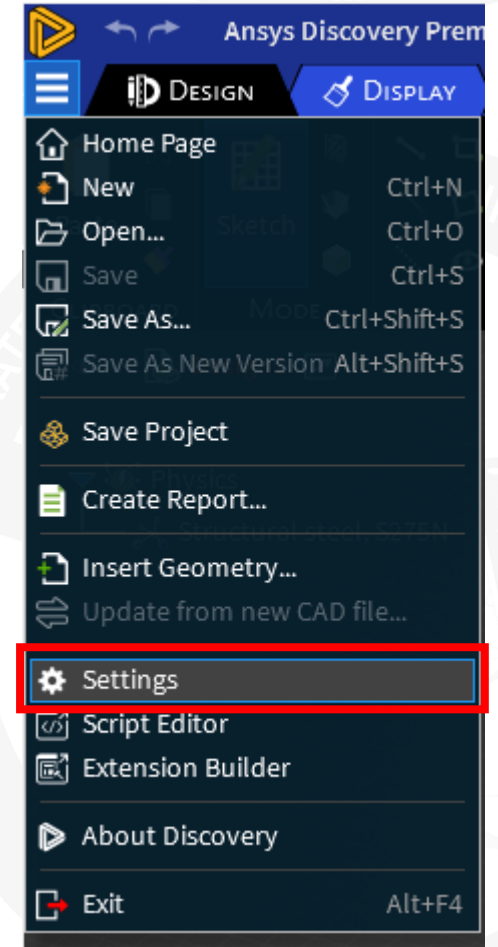
Jednostki w Discovery

1. W menu programu Discovery wybierz **File, Settings**.
2. Wybierz **Units** a następnie wskaż jednostkę długości stosowaną w **SpaceClaim**.

W każdym z programów wchodzącym w skład środowiska **Workbench** można stosować inny układ jednostek. Należy o tym pamiętać podczas wprowadzania danych!



2



1



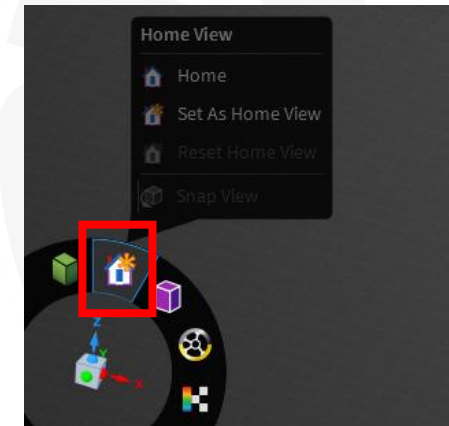
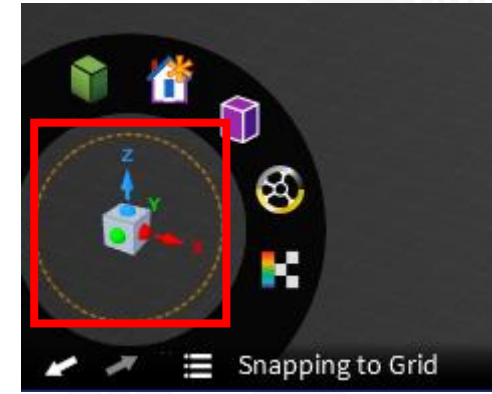


Manipulowanie widokiem modelu

Zanim przejdziesz do modelowania geometrii zapoznaj się ze sposobem manipulowania widokiem modelu:

- Przesuwanie modelu: **ŚPM** (środkowy przycisk myszy) + klawisz **Ctrl** + **ruch myszy**,
- Obracanie: **ŚPM** + **ruch myszy**,
- Powiększanie lub pomniejszanie: **obrót rolki myszy**; lub **ŚPM** + klawisz **Shift** + **ruch myszy**
- Wyśrodkowanie modelu z dopasowaniem wielkości: klawisz **Z**,
- Jeśli chcesz ustawić widok zgodny z wybraną płaszczyzną układu współrzędnych możesz posłużyć się symbolami osi widocznymi w lewym dolnym rogu przestrzeni roboczej **(1)**.
- Możesz również szybko powrócić do standardowych widoków korzystając z przycisków przyborników nawigacji **(2)**.

1



2

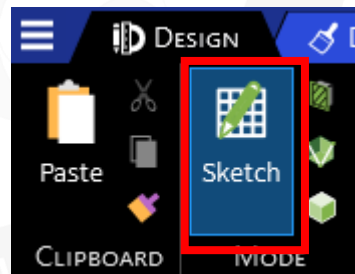




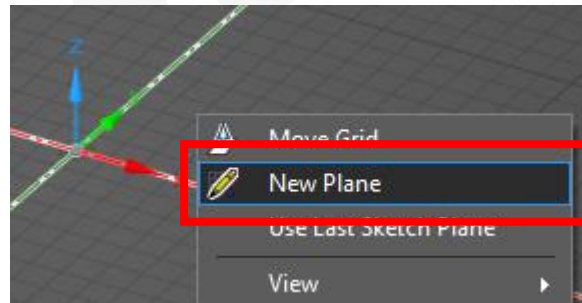
Wybierz płaszczyznę szkicu

1. Wybierz tryb **Sketch** w pasku **Design**.
2. Kliknij **PPM** w obszarze roboczym oraz wybierz **Select New Sketch Plane**.
3. Wybierz **LPM** (lewym przyciskiem myszy) oś **Z**. W efekcie płaszczyzną, na której będzie wykonany szkic będzie **XY**.
4. Wybierz widok prostopadły do płaszczyzny – **Plane View**.

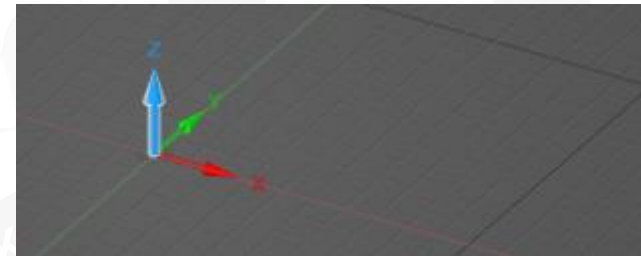
1



2



3

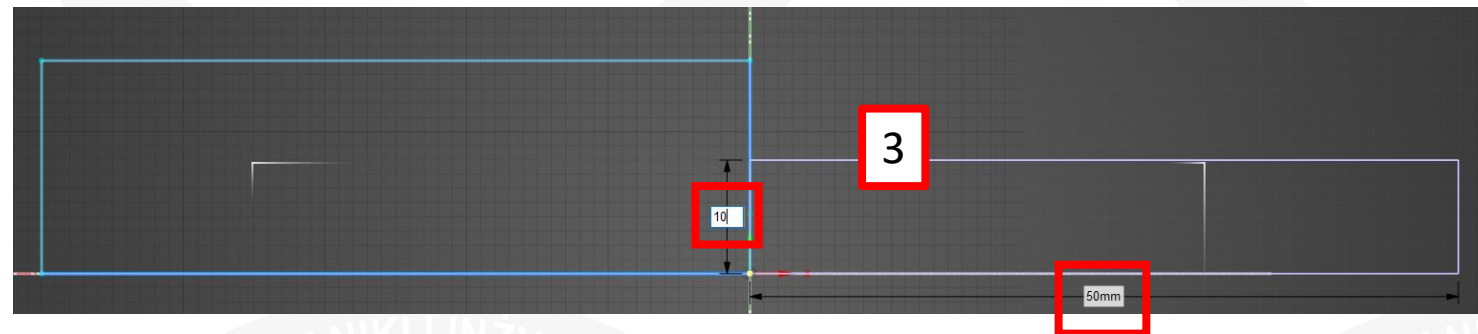
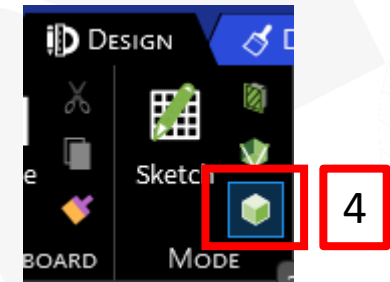
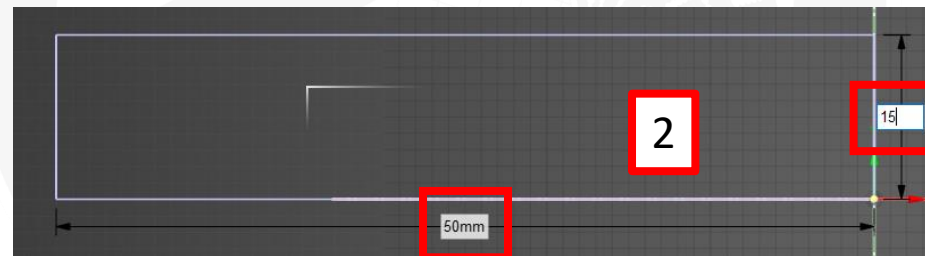
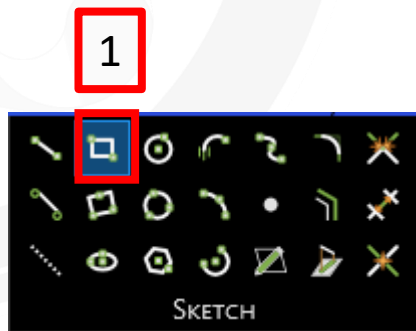


3



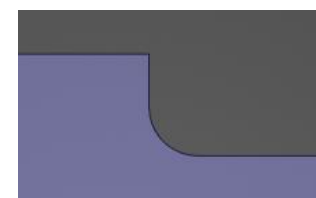
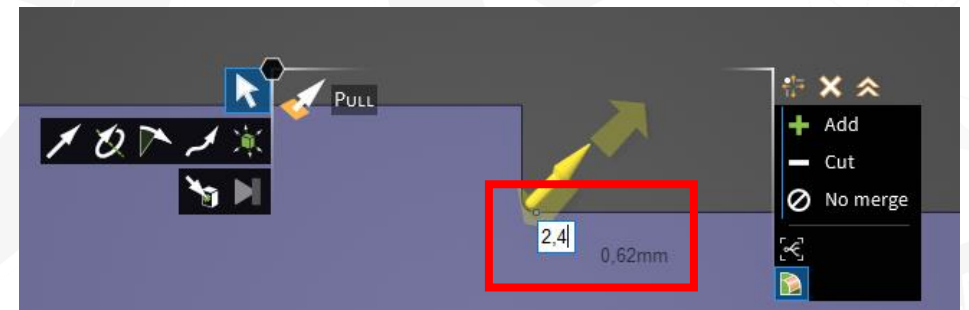
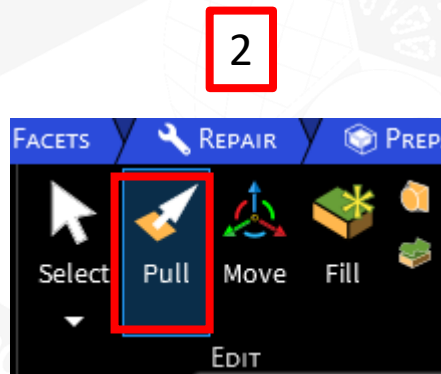
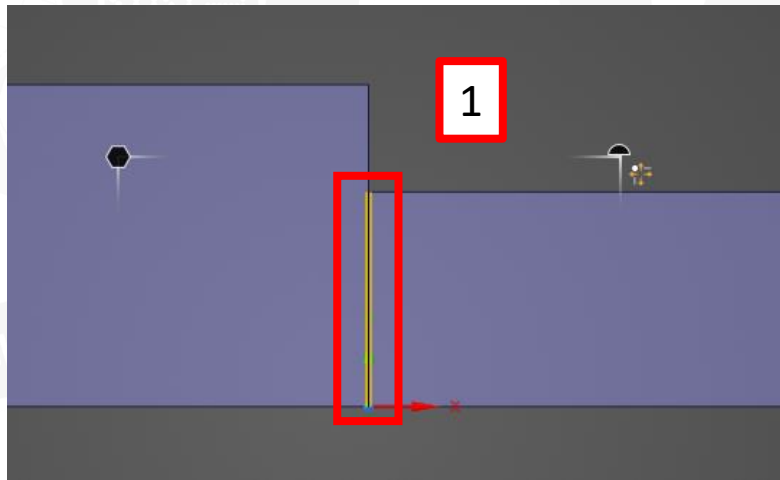
Zdefiniuj geometrię (1)

1. Wybierz narzędzie **Rectangle** i zacznij rysować prostokąt.
2. Wymiary prostokąta wpisz w odpowiednich polach. Możesz przemieszczać się pomiędzy tymi polami za pomocą klawisza **Tab**. Zatwierdź klawiszem **Enter**.
3. Narysuj w podobny sposób drugi z prostokątów. Operację zakończ klawiszem **Esc**.
4. Wybierz tryb **3D Mode**.



Zdefiniuj geometrię (2)

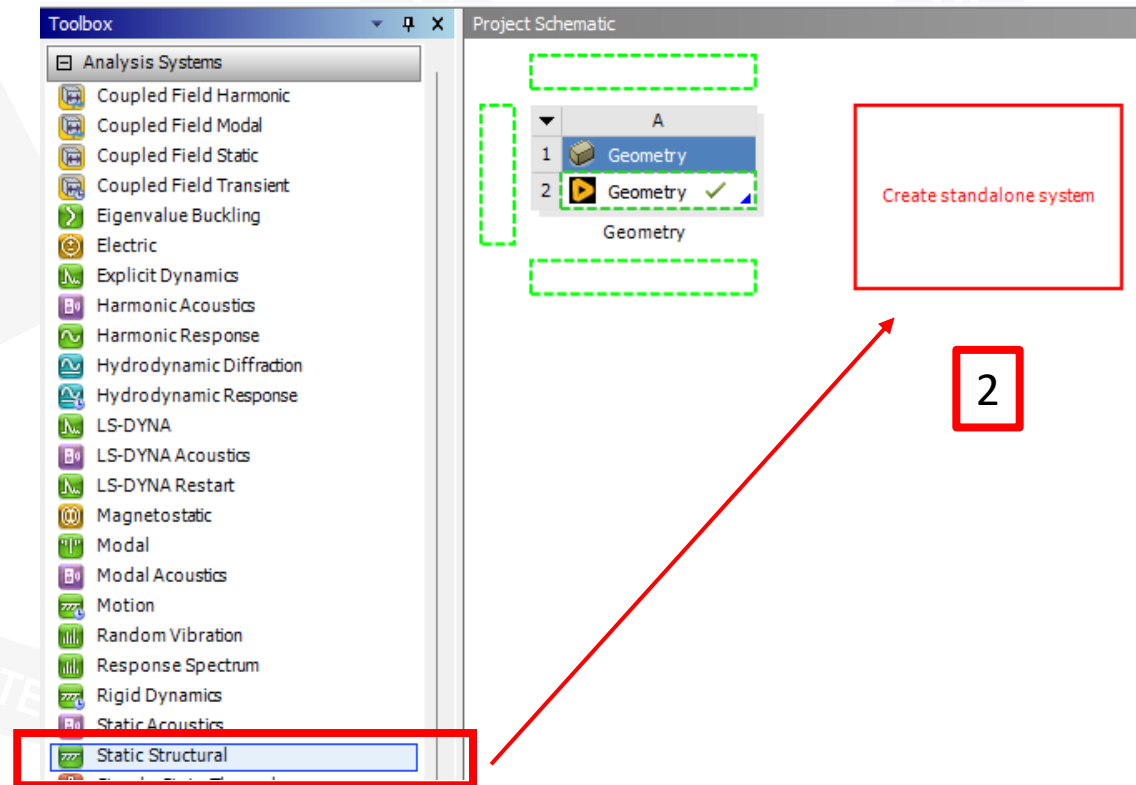
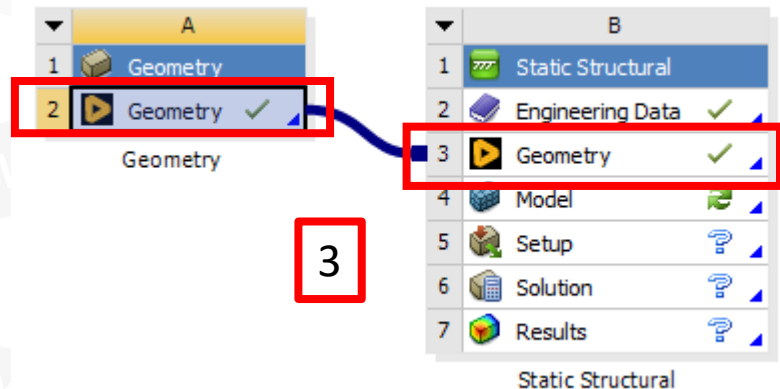
1. Wybierz **LPM** krawędź oddzielającą dwa składowe prostokąty i usuń ją klawiszem **Delete**.
2. Wybierz narzędzie **Pull**.
3. Wybierz punkt leżący w narożu pomiędzy dwoma prostokątami i zacznij przesuwać żółtą strzałkę. Utworzysz w ten sposób zaokrąglenie. Wpisz wartość promienia: **2.4 mm** (uważaj na stosowany separator dziesiętny). Potwierdź klawiszem **Enter** i operację zakończ klawiszem **Esc**.





Utwórz blok analizy i przypisz geometrię

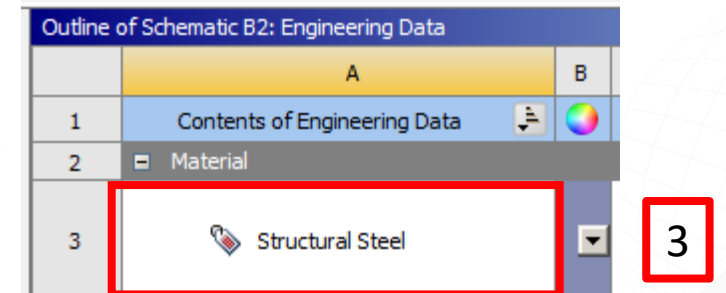
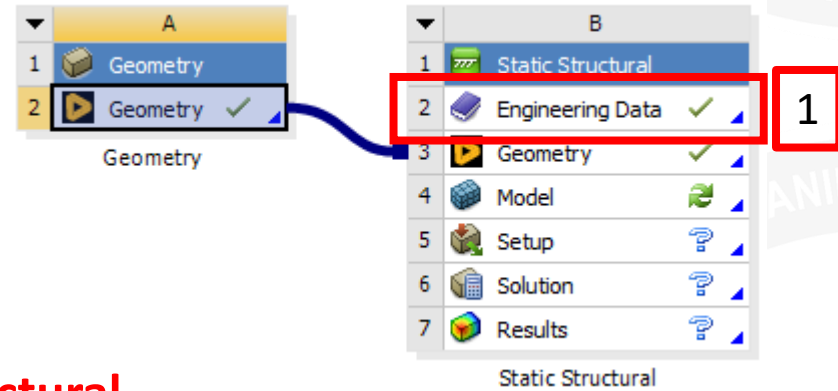
1. Wróć do okna programu **Workbench**.
2. Za pomocą **LPM** wybierz blok **Static Structural**, przeciągnij i upuść w obszarze roboczym (czerwony prostokąt).
3. Za pomocą **LPM** przeciągnij komórkę **A2** na **B3** i upuść.





Zdefiniuj materiał

1. Kliknij dwukrotnie na komórce **B2**.
2. W tym ćwiczeniu wykorzystasz gotowy materiał **Structural Steel**.
3. Kliknij dwukrotnie **LPM** na nazwie materiału i przejrzyj tabelę własności. Czy rozpoznajesz któreś z nich?



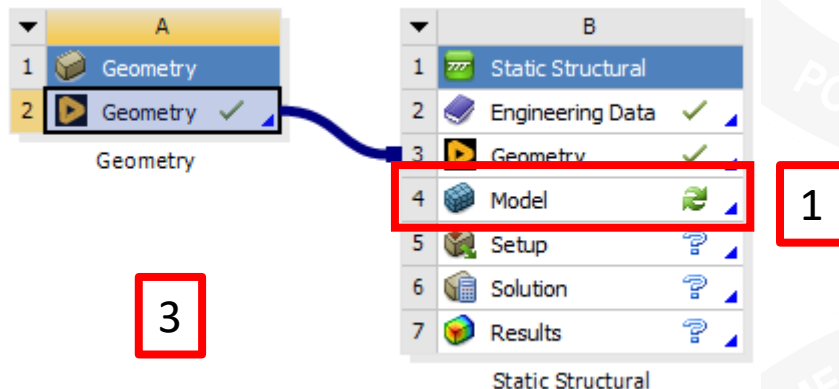
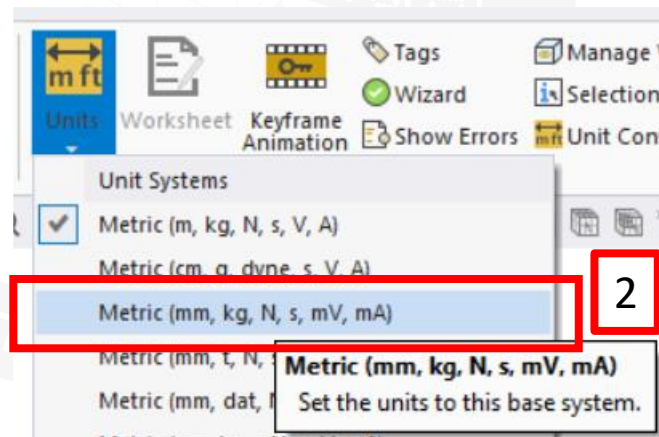
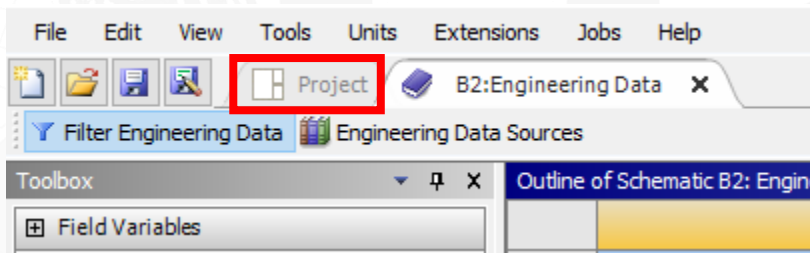
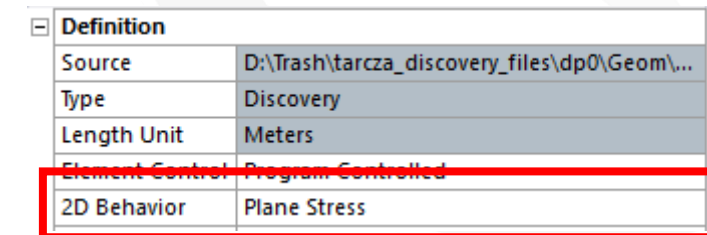
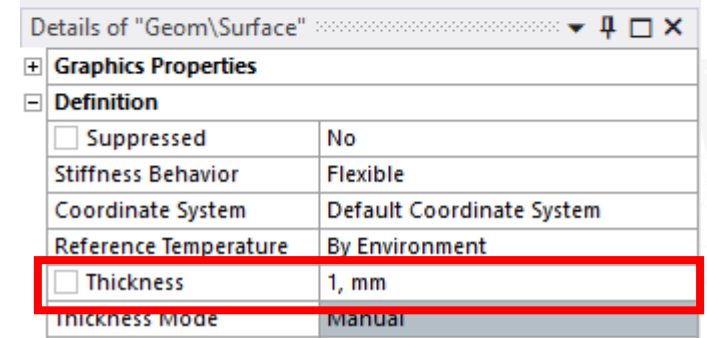
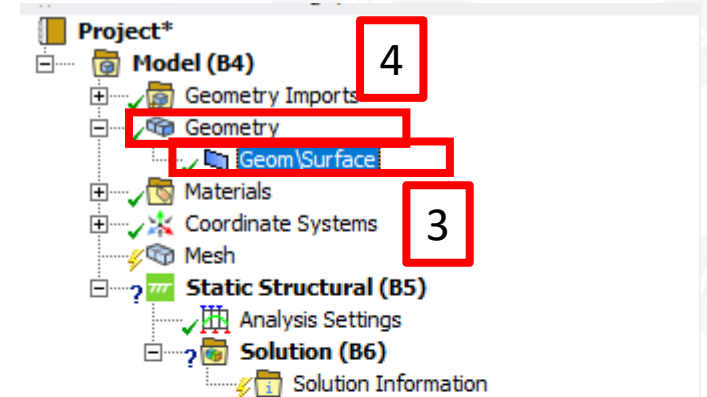
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulus an...			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		





Uruchom program Mechanical

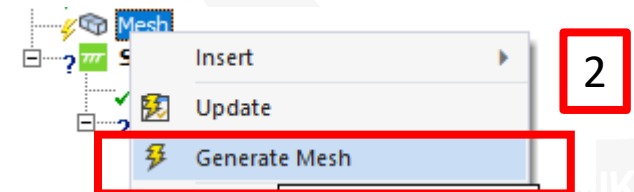
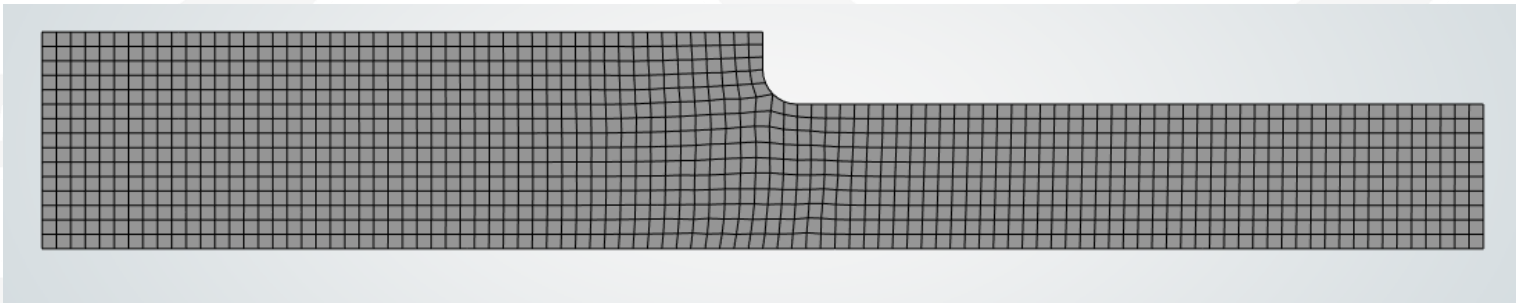
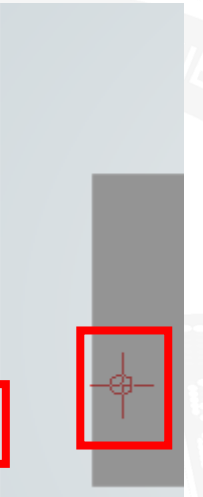
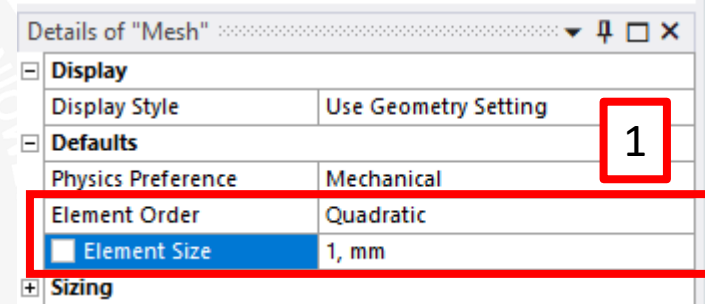
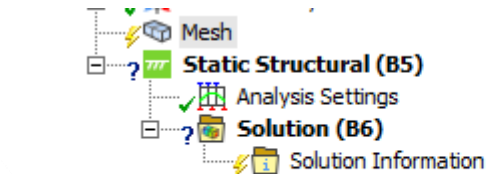
1. Wróć do panelu **Project** i kliknij **LPM** dwukrotnie na komórce **B4**. Zaczekaj na uruchomienie programu **Mechanical**.
2. Ustaw układ jednostek.
3. Wybierz **Geom/Surface**. Wpisz grubość **Thickness: 1mm**.
4. Wybierz **Geometry**. Ustaw **2D Behavior: Plane stress** - płaski stan naprężenia.





Wprowadź ustawienia siatki (1)

1. W drzewie projektu wybierz **Mesh**. W oknie **Details...** ustaw typ elementu **Quadratic** (kwadratowe funkcje kształtu) oraz globalny rozmiar siatki: **1 mm**. Rozmiar jest wskazywany przez kursor w kształcie „celownika”.
2. W drzewie projektu wybierz **PPM: Mesh, Generate Mesh**.



Wprowadź podparcie układu (1)

1. Wybierz **Displacement**.
2. Wybierz lewą krawędź tarczy i potwierdź **Apply**.
3. Wpisz składową **X** przemieszczenia równą **0 mm**. Taki sposób zamocowania odpowiada unieruchomieniu lewej krawędzi tarczy w kierunku działania obciążenia, które będzie zadane na przeciwległej, prawej krawędzi. Siła rozciągająca pojawi się tu jako reakcja podpory.

The screenshot illustrates the process of applying a displacement support in ANSYS. It is divided into three numbered steps:

- Step 1:** The 'Supports' menu is open, and the 'Displacement' option is highlighted with a red box and the number '1'.
- Step 2:** The 'Details of "Displacement"' dialog box is shown. The 'Scope' is set to '1 Edge', and the 'Type' is 'Displacement'. The 'X Component' is set to '0. mm (ramped)', highlighted with a red box and the number '2'.
- Step 3:** The 3D model of the part is shown with a red box around the left edge and the number '3'. A green arrow indicates the direction of the displacement constraint.

The background shows the ANSYS software interface with the 'Model (B4)' tree and the 'Static Structural (B5)' analysis type selected.





Wprowadź podparcie układu (2)

1. Wybierz **Displacement**.
2. Wybierz dolną krawędź układu i potwierdź **Apply**.
3. Wpisz składową **Y** przemieszczenia równą **0 mm**. Taki sposób podparcia odpowiada warunkowi symetrii układu (oś **X** jest osią symetrii).



Zadaj obciążenie

1. Wybierz **Force**.
2. Wskaż prawą krawędź i potwierdź **Apply**.
3. Wpisz wartość składowej **X** siły równą **50 N**.

Dlaczego zadana siła ma wartość **50 N**, skoro w danych podana jest wartość **100 N**?

1

2

3

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Edge

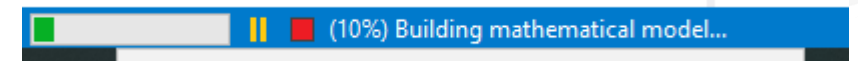
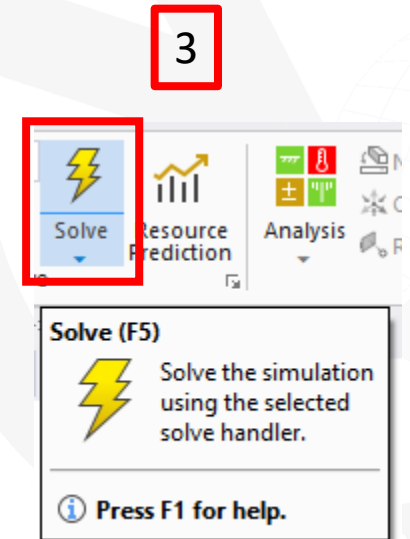
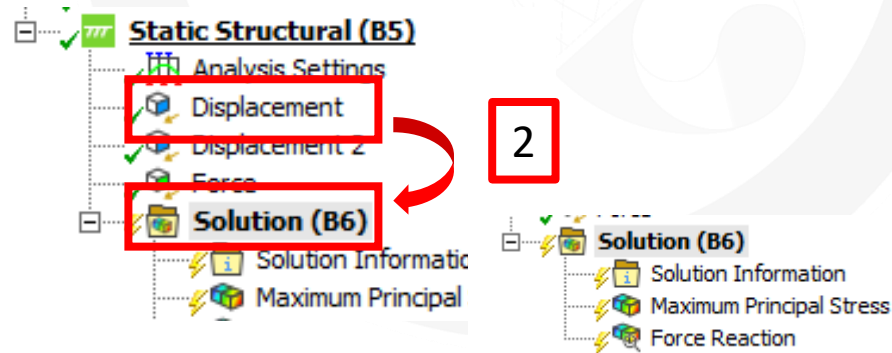
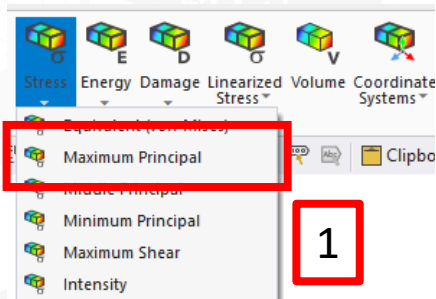
Definition	
Type	Force
Define By	Components
Applied By	Surface Effect
Coordinate System	Global Coordinate System
<input checked="" type="checkbox"/> X Component	50, N (ramped)
<input type="checkbox"/> Y Component	0, N (ramped)
Suppressed	No





Wybierz wyniki do obliczenia

1. Wybierz **Solution, Stress, Maximum Principal** (największe naprężenia główne, które są naprężeniami normalnymi).
2. Wskaż **LPM** obiekt **Displacement**, przeciągnij i upuść na **Solution**. Zdefiniujesz w ten sposób nowy obiekt **Force Reaction**, który będzie zawierał wartość reakcji podpory.
3. Wybierz **Solve**. Poczekaj...





Sprawdź wartość reakcji

1. Wybierz **Force Reaction**.
2. Porównaj wartość reakcji z zadaną siłą.

Sprawdzenie wartości reakcji podpór jest jednym z podstawowych sposobów sprawdzenia poprawności zbudowanego modelu.

The screenshot shows the ANSYS Workbench interface. In the tree view, the 'Force Reaction' option under 'Solution (B6)' is highlighted with a red box and labeled '1'. The 'Details of "Force Reaction"' window is open, showing the following data:

Definition	
Type	Force Reaction
Location Method	Boundary Condition
Boundary Condition	Displacement
Orientation	Global Coordinate System
Suppressed	No

Options	
Result Selection	All
<input type="checkbox"/> Display Time	End Time

Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	-50. N
<input type="checkbox"/> Y Axis	-4.5696e-004 N
<input type="checkbox"/> Total	50. N

Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	-50. N
<input type="checkbox"/> Y Axis	-4.5696e-004 N
<input type="checkbox"/> Total	50. N

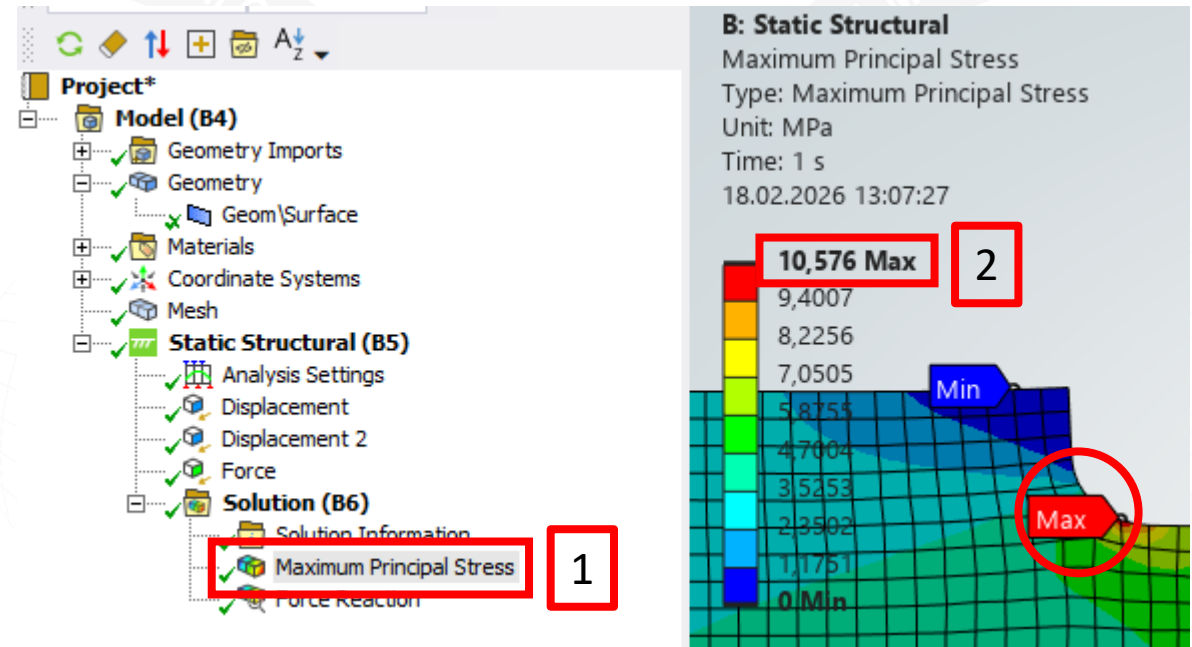
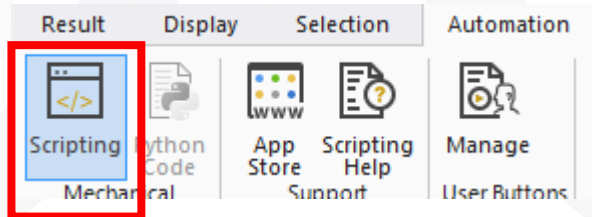
Information	
-------------	--

The 'Details' window also shows a red box labeled '2' around the 'X Axis' row in the 'Maximum Value Over Time' section. To the right, a 3D model of a vertical bar is shown with a horizontal force arrow pointing to the left. Below the model, the 'Graphics Annotations' window is open, showing a table with columns 'Type' and 'Value'.



Sprawdź wartości naprężeń (1)

1. Wskaż w drzewie obiekt **Maximum Principal Stress**.
2. Odczytaj z legendy maksymalną wartość naprężeń: **10.208 MPa**.
3. Oblicz wartość naprężeń nominalnych σ_n występujących w obszarze prawej krawędzi. Wykorzystasz do tego celu narzędzie **Automation, Scripting**.

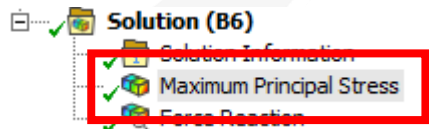
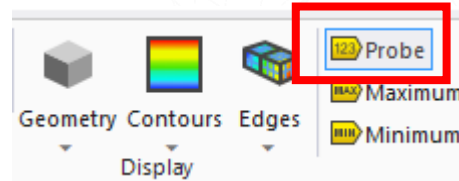
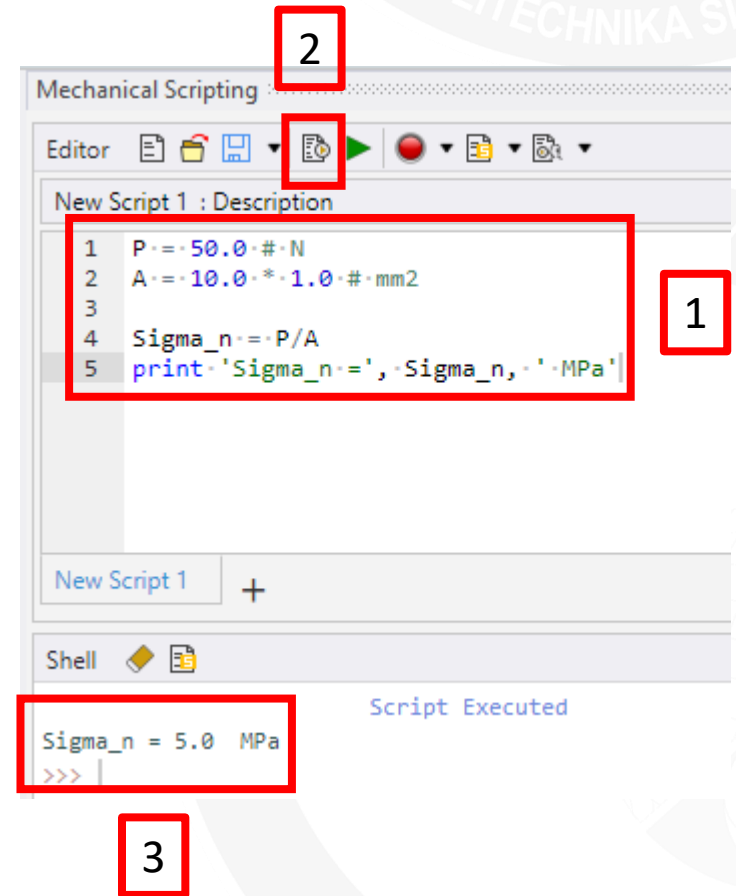


W obszarze zaokrąglenia (karbu) występuje tzw. **spiętrzenie naprężeń**, mogące powodować zniszczenie układu w tym przekroju.

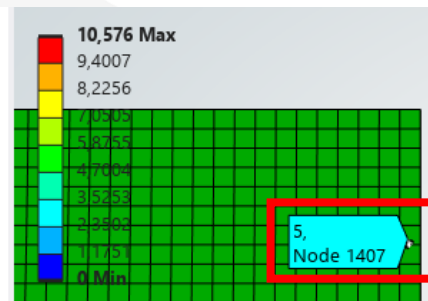


Sprawdź wartości naprężeń (2)

1. Wpisz treść skryptu **Pythona**. Jak określono pole powierzchni przekroju **A**?
2. Uruchom skrypt.
3. Odczytaj wartość naprężeń. Są to naprężenia nominalne σ_n , które powinny występować po prawej stronie układu, z dala od zaokrąglenia.
4. Sprawdź wartość naprężeń nominalnych i porównaj z obliczoną przez Ansysa.



4



Naprężenia nominalne są niższe od maksymalnych, występujących w obszarze karbu.





Sprawdź wartości naprężeń (3)

1. Oblicz współczynnik kształtu $K_t = \sigma_{max} / \sigma_n$.
2. Uruchom skrypt.
3. Odczytaj wartość współczynnika kształtu.
4. Porównaj wyznaczoną wartość z wartością odczytaną z interaktywnego wykresu – por. **slajd 4**.

- Jak możesz wpłynąć na wartość wyznaczonych naprężeń?
- Sprawdź wynik dla różnych wariantów siatki.

The screenshot shows the Mechanical Scripting interface. At the top, the title bar says 'Mechanical Scripting' with a red box labeled '2' around it. Below the title bar is an 'Editor' toolbar with a red box labeled '2' around the 'Run' button (a green play icon). The main area contains a script titled 'New Script 1 : Description' with the following code:

```
1 P = 50.0 # N
2 A = 10.0 * 1.0 # mm2
3
4 Sigma_n = P/A
5 print 'Sigma_n = ', Sigma_n, ' MPa'
6 Sigma_max = 10.576 # MPa
7 K_t = Sigma_max / Sigma_n
8 print 'Kt = ', K_t
9
```

A red box labeled '1' highlights lines 6 and 7. Below the script editor is a 'Shell' window with the text 'Script Executed' and the output:

```
Sigma_n = 5.0 MPa
Kt = 2.1152
```

A red box labeled '3' highlights the output line 'Kt = 2.1152'.





Podsumowanie

Wykonując ćwiczenie nauczyłeś/aś się jak:

- Wykonać analizę układu płaskiego z wykorzystaniem elementów 2D.
- Definiować zbiory wyników.
- Sprawdzić poprawność wyników analizy.





KONIEC

