

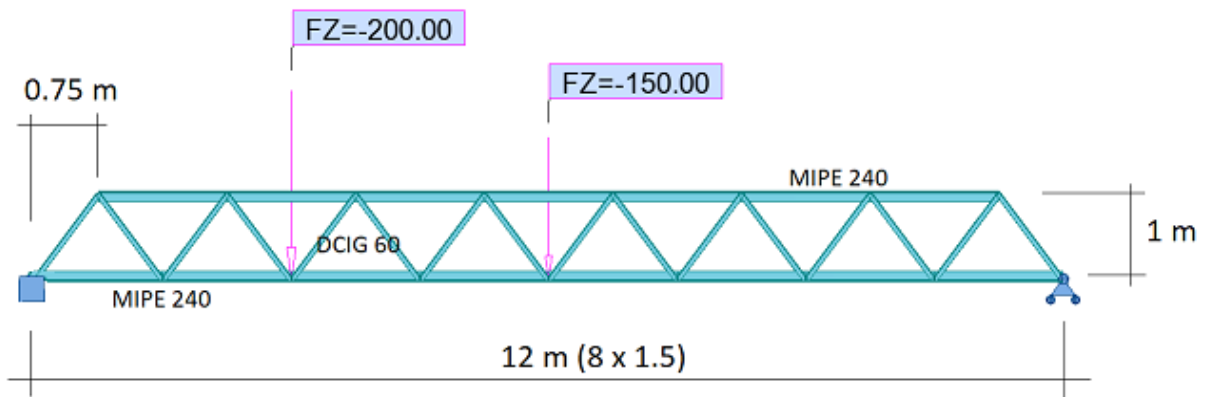


## Obliczenia KRATOWNICY 2D programem ROBOT - instrukcja

KRATOWNICE są konstrukcjami prętowymi, z prętami schodzącymi się bez mimośrodków w węzłach, w których też przykładane są główne obciążenia. Pod względem geometrycznym kratownice na ogół utworzone są przez rozsunięte dwie belki (tworzące tzw. pas dolny i górny) utrzymywane w zadanej odległości prętami pochyłymi (krzyżulcami) i pionowymi (słupkami). W efekcie powstające w prętach siły osiowe dominują nad niewielkimi momentami zginającymi. W praktyce obliczenia wykonuje się z wykorzystaniem modelu „kratownicy idealnej”, w którym wszystkie połączenia są przegubowe (szczegóły w [Wykłady z MO](#)). Kratownice stanowią samoistne elementy konstrukcyjne (belki kratowe) albo składowe części ram (ramy kratowe). Typowy stosunek wysokości do rozpiętości kratownic wynosi od 1:10 do 1:15, a ich rozpiętość może dochodzić (a nawet przekraczać) 100 m.

W programie ROBOT modele kratownic tworzy się wykorzystując „Projektowanie kratownicy płaskiej” (powstaje model „idealny” – wszystkie połączenia są przegubowe, dostępne są wyłącznie obciążenia skupione w węzłach, powstają jedynie siły osiowe), albo „Projektowanie ramy płaskiej” z koniecznością wskazywania prętów pracujących jako „kratownicowe” (z połączeniami przegubowymi na końcach).

**Przykład:** wyznaczyć siły wewnętrzne w kratownicy, jak na rysunku



Dla obliczeń (stworzenia modelu) potrzebne jest określenie: (1) geometrii, (2) cech materiałowych, (3) podpór oraz (4) obciążeń. Pokażemy kolejno wszystkie te elementy na przykładzie programu Autodesk Robot Structural Analysis.

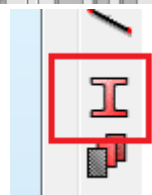
### Przygotowanie środowiska (preferencje programu)

Po uruchomieniu programu wybieramy „Projektowanie kratownicy płaskiej”. Po pokazaniu się ekranu sprawdzamy w menu „Narzędzia/Preferencje” czy pokazują układ: „Eurocode – Polski – Polski” (jeżeli NIE – zmieniamy ustawienia na wymagane, a po ich akceptacji restartujemy program). Zamykamy Preferencje i rozpoczynamy edycję modelu.



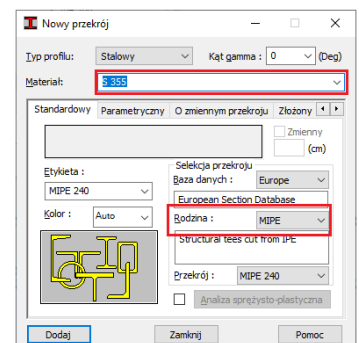
### (1) (2) Geometria oraz cechy fizyczne (materiałowe)

Zacniemy od wprowadzenia profili stalowych: połówki dwuteownika IPE240 – MIPE 240, oraz dwóch kątowników CAI 60x40x5, zestawionych dłuższymi ramionami– DCIG 60 (kształt profili można oglądać w *Narzędzia/Baza profili*). Po otwarciu dialogu „Przekroje” wybieramy „Definicja nowego przekroju” i po zmianie materiału na „S 355” wybieramy „rodzinę MIPE” i przekrój „MIPE 240” zatwierdzając wybór przez „Dodaj”. Podobnie dodajemy przekrój „DCIG 60”. Zamykamy dialog definicji. W dialogu profili zaznaczamy „MIPE 240” i zamykamy dialog.



Istnieje wiele dróg definiowania modelu – tu pokażemy wykorzystanie „ciągnięcia węzłów”. W dialogu „Węzły” - 3 pozycja od góry w prawym pasku ikon. Zaznaczamy go (wybieramy) i w menu „Edycja\Edytuj\Przesuń/Kopiuj..” wpisujemy jako wektor translacji „1.5; 0”, zaznaczamy „Ciągnięcie”, wprowadzamy liczbę powtórzeń = 8 i wykonujemy operację, co tworzy serię węzłów i łączących je prętów dolnego pasa kratownicy.

Analogicznie tworzymy górny pas (zaczynając od węzła o wsp. „0.75; 1.0”).



Otwieramy teraz dialog „Prętów” (4. pozycja w pasku) i zmieniamy przekrój na „DCIG 60” a następnie myszką wskazujemy węzły wprowadzając dwa skrajne, pochyłe krzyżulce (trzeba uważać, żeby myszką wskazywać utworzone już węzły – sygnalizowane okrągłą obwódką, w przeciwnym razie program utworzy dodatkowe węzły w miejscu kliknięcia)

Zamykamy dialog i wybieramy (zaznaczamy) oba wprowadzone pręty (ważne jest, by nie było zaznaczonych węzłów). Powtórne otwarcie dialogu „Przesuń/Kopiuj...” pozwala skopiować krzyżulce poprzez translacje o wektor (1,5; 0), z 7-krotnym powtórzeniem (tym razem bez zaznaczonego „ciągnięcia”).

Dla poprawnej geometrii odwrócimy jeszcze profil pasa dolnego o 180° (nie ma to wpływu na obliczenia, w których istotna jest jedynie powierzchnia przekroju pręta). Zaznaczamy wszystkie pręty pasa i w menu „Geometria\Charakterystyki\Kąt gamma...” wprowadzamy i zatwierdzamy wartość 180° (czerwone strzałki osi układów lokalnych dla obu pasów powinny być zorientowane „na zewnątrz”).

### (3) Podpory

Wprowadzamy podpory odbierające lewemu, skrajnemu węzłowi ruch w obu kierunkach (UX, UZ), a prawemu skrajnemu – tylko w kierunku UZ. Podporę nadajemy albo klikając myszką (z symbolem wybranej podpory) w odpowiedni węzeł, albo zaznaczając węzeł oknem wyboru (co wpisuje jego numer do pola edycyjnego dialogu podpór) i – po wybraniu właściwej podpory – przyciśnięcie klawisza „Zastosuj”.

### (4) Obciążenia

Obciążenia działają w obrębie „przypadków” (grupujących różne typy obciążeń działających równocześnie). Definicję zaczynamy od zdefiniowania 2 przypadków obciążeniowych (w pierwszym program automatycznie uwzględni ciężar własny konstrukcji, w drugim wprowadzimy zadane obciążenie). Klikamy w ikonę „Przypadki obciążenia” i w otwartym dialogu dwukrotnie naciskamy „DODAJ” (co tworzy przypadki 1:STA1 i 2: STA2). Zamykamy dialog. Upewniamy się, czy w kontrolce „przypadków” na górnej belce wyświetlony jest przypadek „2: STA2” (jak nie – to go wybieramy) i otwieramy dialog „Definicja obciążeń” (pod ikoną przypadków). W nim wybieramy zakładkę „Węzeł” i wprowadzamy wartość  $F_Z = -200$  kN. Po zatwierdzeniu klikamy myszką (z kursorem w postaci obciążenia węzłowego) w węzeł, w którym ma działać zdefiniowane obciążenie. Podobnie wprowadzamy drugi wektor obciążenia.

### Obliczenia (analiza)

Obliczenia wywołujemy z menu (Analiza\Obliczenia...) albo z poziomego paska ikon – czerwony „kalkulator”.

### Postprocessing (prezentacja wyników)

Program udostępnia wyniki w formie tekstowych tabel (3 grupa opcji „Rezultaty” – **Reakcje, Przemieszczenia, Siły, Naprężenia**), oraz w formie graficznych wykresów (2. grupa opcji „Rezultaty” – **Wykresy na prętach, Mapy na prętach**).

#### Reakcje (kontrolnie)

Zgodnie z dobrą praktyką rozpoczynamy od sprawdzenia wartości reakcji. Wybieramy „Rezultaty\Reakcje” i w otwartej tabeli sprawdzamy widoczną w ostatnich liniach wartość sumy sił i sumy reakcji dla obu przypadków.

#### Deformacje

Uruchamiamy opcję „Wykresy na prętach” i zaznaczamy na zakładce „Deformacje” pierwszą pozycję – Deformacja. (przyciski +/- sterują „wielkością wykresów”). Liczbowe wartości przemieszczeń węzłów prezentuje komenda „Rezultaty\Przemieszczenia”.

#### Siły i naprężenia

„Wykresy na prętach” pozwalają też oglądać wykresy sił, oraz naprężeń (każde sterowane osobną zakładką). Ostatnia zakładka (Parametry) steruje prezentacją opisów, oraz formą wykresów. Podobnie jak przy przemieszczeniach węzłów wartości sił i naprężenia w elementach można oglądać w odpowiednich tabelach w menu Rezultaty.

**UWAGA:** W Robocie ŚCISKAJĄCE siły i naprężenia w prętach są oznaczane jako DODATNIE (!)

