SPIS TREŚCI

I. UWAGI OGÓLNE I-1
WPROWADZENIE I-1
PRZEZNACZENIE PROGRAMU ORAZ JEGO MOŻLIWOŚCI I-4
WYMAGANIA SPRZĘTOWE I-8
OGRANICZENIA PROGRAMU I-9
INSTALACJA PROGRAMU W KOMPUTERZE I-9
STOSOWANY UKŁAD JEDNOSTEK I-13

II. IDEA PROGRAMU I MODELOWANIE KONSTRUKCJI PRZESTRZENNEJ II-1
KREOWANIE MODELU KONSTRUKCJI PRZESTRZENNEJ II-1
Podstawowe pojęcia i konwencje II-1
Rola "płaszczyzny roboczej" II-2
Elementy modelu konstrukcji II-5
Opis modelu pręta II-5
Opis modelu węzła II-10
Opis modelu obciążenia II-12
ZAKRES ANALIZY STATYCZNEJ I KINEMATYCZNEJ II-15
Podstawy teoretyczne analizy II-15
Siły przekrojowe w przekrojach pręta II-15
Deformacja pręta II-16
Reakcje podpór II-16

III. UŻYTKOWANIE PROGRAMU III-1
URUCHOMIENIE PROGRAMU III-1
ELEMENTY STEROWANIA OPCJAMI I FUNKCJAMI PROGRAMU III-1
Okno sceny III-2
Animacje wizualne obiektów *sceny* III-3
Sytuowanie płaszczyzny roboczej III-3
Kreowanie pręta III-5
Selekcja prętów lub węzłów III-6
Kopiowanie i wklejanie struktur prętów III-7
Opcje wizualizacji modelu konstrukcji III-8
Menu główne III-9
Pasek skrótów III-19
Paski narzędzi III-21
Panel identyfikacji modelu konstrukcji III-23
Panel grup obciążeń III-25
Belka statusowa III-25
WSTĘPNE USTAWIENIA PROGRAMU III-27
Lista przekrojów III-27
Edycja nowego przekroju III-28
Biblioteka materiałów III-36
Grupy obciążeń III-39
Opcje kreowania i prezentacji wyników III-40
KREOWANIE MODELU KONSTRUKCJI III-48
Kreowanie geometrii schematu III-48
Kreowanie pręta III-48
Dzielenie pręta (dodawanie węzłów) III-50
Scalanie prętów (usuwanie węzłów) III-51
Kopiowanie struktury prętowej III-51
Symetryzacja geometrii modelu konstrukcji III-52
Automatyczne generowanie typowych struktur prętowych III-53
Właściwości prętów III-53

Właściwości węzłów III-57
Kreowanie obciążeń *III-59*
Zadawanie obciążenia prętowego III-59
Zadawanie obciążenia płaszczyznowego III-62
Korekta obciążeń III-65
Kopiowanie grupy obciążeń III-66
Kombinacje grup obciążeń III-66
ANALIZA STATYCZNA I KINEMATYCZNA - PREZENTACJA WYNIKÓW III-71
Postawy teoretyczne algorytmów obliczeniowych *III-71*
Wykonanie obliczeń i prezentacja wyników *III-71*
Wyniki dla pojedynczego pręta III-72
Wyniki dla grupy prętów III-73
Wyniki dla pojedynczego węzła III-75
Wyniki dla grupy węzłów III-75
SPORZĄDZANIE DOKUMENTU (WYDRUK) III-77

IV. PRZYKŁAD IV-1

CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI HALI IV-1
Geometria *IV-1*
Przekroje *IV-1*
Obciążenia *IV-2*
TOK POSTĘPOWANIA IV-2
Przygotowanie listy przekrojów *IV-2*
Kreowanie geometrii schematu statycznego *IV-4*
Zadawanie obciążeń *IV-9*
Analiza statyczna *IV-11*
TWORZENIE DOKUMENTU IV-12
Przykład dokumentu *IV-12*

V. DODATEK V-1

STRESZCZENIE NAJCZĘŚCIEJ UŻYWANYCH OPERACJI V-1

I. UWAGI OGÓLNE

Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie zawiera podstawowe informacje na temat idei oraz zasad użytkowania programu komputerowego o skrótowej nazwie **RM-3D** (wersja 7.x), opracowanego przez **Biuro Komputerowego Wspomagania Projektowania CADSIS**, a przeznaczonego do użytkowania na komputerach klasy PC wyposażonych w system **MS Windows** począwszy od wersji **Windows XP** do wersji **Windows 7**.

Instrukcja jest pomyślana jako uzupełnienie Systemu Pomocy zintegrowanego z programem, zapewniającego łatwy, wielofunkcyjny i kontekstowy dostęp do informacji na temat szczegółów użytkowania podczas pracy z programem **RM-3D**, a więc nie zawiera szczegółowych opisów korzystania z ekranowych elementów kontrolnych (przyciski, okna dialogowe, pola edycyjne, listy itd.), służących do sterowania programem oraz operowania jego poszczególnymi opcjami i funkcjami ponieważ są one zgodne z konwencjami jakie obowiązują w użytkowaniu zdecydowanej większości aplikacji działających pod systemem Windows. Ponadto - dla uniknięcia niejednoznaczności - opisy większości opcji i funkcji programu są dostępne poprzez - typowy dla środowiska Windows - kontekstowy System Pomocy dla programu.

Program **RM-3D** został pomyślany jako narzędzie przede wszystkim dla projektantów konstrukcji obiektów inżynierskich budownictwa ogólnego i przemysłowego, zwłaszcza w sytuacji, gdy forma geometryczna projektowanej konstrukcji nie pozwala na racjonalne wydzielenie struktur płaskich, do analizy których ogół projektantów ma lepsze predyspozycje oraz zdolność intuicyjnej weryfikacji zarówno modelu obliczeniowego jaki i wyników analizy.

RM-3D jest następcą znanego i powszechnie użytkowanego od kilkunastu lat programu RM-WIN do analizy płaskich konstrukcji prętowych, cieszącego się dużą popularnością wśród projektantów ze względu na jego intuicyjność w użytkowaniu oraz zaawansowanie merytoryczne.

Doświadczenie własne uzyskane przy rozwijaniu programu RM-WIN oraz liczne sugestie zgłoszone przez użytkowników programu RM-WIN stworzyło podstawę idei realizacyjnej programu **RM-3D**.

Przy jego opracowaniu włożono wiele wysiłku, aby kreowanie modelu obliczeniowego przestrzennej konstrukcji prętowej było z jednej strony możliwie proste i komunikatywne, zaś z drugiej - maksymalnie oddające uwarunkowania statyczne i kinematyczne rzeczywistej konstrukcji prętowej.

Mamy nadzieję, że dzięki:

- ✓ traktowaniu prętów konstrukcji jako elementów obliczeniowych w rozumieniu inżynierskim (belki, słupy płatwie, rygle itd.), a nie jako elementów skończonych modelu MES (metoda elementów skończonych)

- ✓ uwzględnieniu w modelu obliczeniowym konstrukcji szeregu technicznych właściwości konstrukcyjnych (węzły podatne, mimośrody)
- ✓ zastosowaniu realistycznej wizualizacji geometrii konstrukcji prętowej
- ✓ zaprojektowaniu prostych operacji ekranowych, pozwalających na szybki dostęp do szczegółów modelu konstrukcji
- ✓ operowaniu tzw. ***płaszczyzną roboczą*** do kreowania płaskich struktur prętowych
- ✓ zastosowaniu funkcji kopiowania i wklejania oraz cofania niezamierzonych operacji lub zdarzeń i ponawiania pomyłkowych cofnięć
- ✓ udostępnieniu wielu opcji umożliwiających użytkownikowi indywidualne ustawienia w zakresie wizualizacji modelu konstrukcji
- ✓ umożliwieniu "wklejania" płaskich struktur prętowych zawartych w plikach zadań sporządzonych przy pomocy programu RM-WIN
- ✓ zapewnieniu ochrony przed dokonywaniem merytorycznie lub logicznie niewłaściwych operacji

program **RM-3D** spełni oczekiwania wielu jego użytkowników i - podobnie jak program RM-WIN - stanie się równie wygodnym i merytorycznie zaawansowanym narzędziem warsztatu projektanta konstrukcji budowlanych.

Informacje podane w niniejszej instrukcji mają charakter ogólny i dotyczą:

- ✓ **przeznaczenia programu oraz jego możliwości**
- ✓ **wymagań odnośnie sprzętu komputerowego**
- ✓ **ograniczeń ilościowych i merytorycznych**
- ✓ **instalacji programu w komputerze**
- ✓ **układu jednostek**
- ✓ **opisu elementów modelu przestrzennej konstrukcji prętowej**
- ✓ **podstaw teoretycznych algorytmów obliczeniowych**
- ✓ **zasad użytkowania programu**
- ✓ **sporządzania wydruków**
- ✓ **przykładów**

U W A G I

- **Program RM-3D jest chroniony przed nieuprawnionym kopiowaniem i użytkowaniem za pomocą specjalnego klucza elektronicznego (ang. hardlock) dostarczanego przez autorów wraz z programem.**
- **Do zabezpieczenia programu stosowane są dwa typy kluczy elektronicznych: typu HASP (LPT) - który powinien być podłączony do dowolnego portu równoległego typu LPT, do którego z reguły podłączona jest drukarka oraz typu HASP (USB) - który powinien być podłączony do dowolnego portu tzw. uniwersalnej magistrali szeregowej USB. Jeśli komputer wyposażony jest w dodatkowe porty równoległe LPT lub szeregowe USB, to zaleca się podłączenie go do jednego z tych portów.**

- **Jeśli program RM-3D jest zabezpieczony kluczem HASP (LPT), a inne programy posiadane przez użytkownika wymagają również obecności kluczy elektronicznych w porcie LPT, to klucz dla programu RM-3D należy połączyć z innymi w szereg.**
- **Przed podłączaniem lub odłączaniem klucza typy HASP (LPT) należy bezwzględnie wyłączyć zasilanie komputera. Nie jest to wymagane w przypadku klucza typu HASP (USB).**
- **Dla prawidłowego działania programu RM-3D konieczna jest stała obecność klucza w komputerze.**
- **Dostarczony klucz jest niepowtarzalnym układem elektronicznym i należy go chronić przed utratą.**

Przeznaczenie programu oraz jego możliwości

Program **RM-3D** jest przeznaczony do wspomagania projektowania przestrzennych konstrukcji prętowych o dowolnym schemacie statycznym - zarówno pod względem geometrycznym jak i oddziaływań mechanicznych (obciążeń) oraz niemechanicznych (temperatura, wymuszenia kinematyczne) - w zakresie analizy statycznej, kinematycznej i wytrzymałościowej wg teorii I-go i II-go rzędu.

Najważniejszymi cechami programu są:

... w kształtowaniu geometrii modelu konstrukcji:

- ✓ możliwość kreowania dowolnego schematu statycznego prętowej konstrukcji przestrzennej,
- ✓ automatyczna generacja prętów o łukowym kształcie ich osi,
- ✓ możliwość kreowania przekrojów jednokształtownikowych (katalogowych lub własnych) oraz wielokształtownikowych o dowolnym złożeniu ich poszczególnych kształtowników, a także automatyczne generowanie - typowych dla konstrukcji stalowych i drewnianych - przekrojów wielogałęziowych,
- ✓ możliwość deklarowania prętów (o przekrojach jednogałęziowych składanych lub wielogałęziowych) z liniowo zmiennymi wymiarami przekroju wzdłuż zamierzonych odcinków osi pręta, co praktycznie oznacza całkowitą dowolność zmienności przekroju pręta, pod warunkiem zapewnienia zgodności kształtu przekroju na odcinku zmienności przekroju,
- ✓ możliwość deklarowania tzw. mimośrodów połączeń prętów w węzłach mających wpływ na stan sił wewnętrznych w prętach,
- ✓ operowanie prętami jako elementami obiektu inżynierskiego (belki, słupy, rygle, płatwie, stężenia itd.), a nie modelu MES, jak na ogół ma to miejsce w tego typu programach. Oznacza to, że przy kreowaniu schematu modelu prętowej konstrukcji przestrzennej operuje się elementami w ich sensie konstrukcyjnym (belki, słupy, rygle, płatwie, stężenia itd.) bez potrzeby tworzenia węzłów teoretycznych pod kątem modelu obliczeniowego. Program automatycznie dokonuje identyfikacji modelu obliczeniowego, czyli ustalania potencjalnych punktów wzajemnych powiązań prętów,
- ✓ możliwość generowania dodatkowych węzłów oraz korekty ich położenia (przesuwanie węzłów),
- ✓ możliwość realizacji dowolnego sposobu podparcia węzła oraz zadawania podporom wymuszeń kinematycznych, mimośrodów oraz cech sprężystych,
- ✓ możliwość "wklejania" płaskich struktur prętowych zadań utworzonych w programie RM-WIN w dowolne miejsce kreowanej konstrukcji przestrzennej, dzięki czemu doświadczenie zdobyte w użytkowaniu programu RM-WIN może być efektywnie wykorzystane do usprawnienia procesu kreowania modelu konstrukcji przestrzennej w programie **RM-3D,**
- ✓ możliwość automatycznego generowania geometrii schematu statycznego modelu konstrukcji bezpośrednio z pliku w formacie DXF utworzonego w dowolnym programie typu CAD, np. AutoCad,

- ✓ zastosowanie tzw. *panelu identyfikacji modelu* konstrukcji do grupowania prętów w merytorycznie wydzielone struktury (ramy, stężenia, wiązary itd.) dla zapewnienia łatwej identyfikacji podstruktur przy określaniu ich właściwości i zadawaniu obciążeń oraz szybkiego odnajdywania poszczególnych prętów lub węzłów w bardziej skomplikowanych schematach konstrukcji,
- ✓ zaawansowane kopiowanie dowolnie wyselekcjonowanej grupy prętów i wklejanie w dowolne miejsce kreowanego modelu konstrukcji z możliwością automatycznego powielania dowolnej liczby kopii (tzw. *klonowanie*),
- ✓ automatyczna symetryzacja modelu konstrukcji względem dowolnie ustawionej płaszczyzny,
- ✓ automatyczne generowanie geometrii typowych przestrzennych struktur prętowych (hala o ramach portalowych, rama wielonawowa i wielokondygnacyjna, kratownice płaskie, krokwie i żebra),
- ✓ automatyczne generowanie modelu obliczeniowego dla konstrukcji drewnianej wykreowanej w programie systemu Dietrich's. Polega to na imporcie pliku zapisanego w tym systemie, identyfikacji prętów, a następnie wygenerowaniu schematu statycznego konstrukcji zaprojektowanej w tym systemie.

... w kreowaniu obciążeń:

- ✓ automatyczne uwzględnianie ciężaru własnego konstrukcji w postaci odrębnego schematu obciążeń wyznaczanego przez program na podstawie zadeklarowanych przekrojów poprzecznych prętów oraz przypisanych tym przekrojom rodzajów materiałów z możliwością wyłączania ciężaru własnego poszczególnych prętów lub ich grup,
- ✓ grupowanie poszczególnych obciążeń w merytorycznie odrębne schematy obciążeń dla potrzeb tworzenia ich dowolnych kombinacji z możliwością nadawania nazw zarówno pojedynczych obciążeń, jak i ich grup,
- ✓ deklarowanie normowych cech poszczególnych grup obciążeń, pozwalające na generowanie kombinacji spełniających wymagania norm obciążeniowych,
- ✓ operowanie tzw. *tabelą relacji* służącą do określania relacji pomiędzy poszczególnymi grupami obciążeń pod kątem automatycznego generowania przez program ich kombinacji, spełniających określone kryteria normowe, dzięki czemu nie ma potrzeby ręcznego specyfikowania tych kombinacji,
- ✓ łatwe modyfikowanie właściwości obciążeń polegające na: grupowej zmianie wartości i położenia poszczególnych obciążeń, przenoszeniu obciążeń do innych grup, kopiowanie, usuwanie itp.,
- ✓ kopiowanie i "wklejanie" obciążeń z jednego pręta na inny.
- ✓ operowanie obciążeniami działającymi na powierzchnię (tzw. *obciążenia płaszczyznowe*) określoną poprzez wyselekcjonowanie grupy prętów wraz z automatycznym ich rozdziałem na poszczególne pręty wg tzw. *reguły rusztu*,
- ✓ określanie wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi grupami obciążeń pod kątem procedury automatycznego generowania ich kombinacji w analizie statycznej (obwiednie sił wewnętrznych i naprężeń).

... w zakresie wyników analizy:

- ✓ wyznaczanie rozkładów sił przekrojowych (momenty zginające, siły poprzeczne, siły osiowe, momenty skręcające) i ich prezentacja w formie odpowiednio wyskalowanych wykresów lub w postaci tabel liczbowych,
- ✓ wyznaczanie stanu przemieszczeń w formie rysunku zdeformowanej konstrukcji z możliwością skalowania wykresów,
- ✓ wyznaczanie ekstremalnych naprężeń normalnych wg klasycznych zasad wytrzymałości materiałów,
- ✓ wyznaczanie reakcji podpór oraz wielkości osiadań w przypadku podpór podatnych,
- ✓ analiza modelu konstrukcji dla charakterystycznych lub obliczeniowych wartości obciążeń całkowitych lub długotrwałych,
- ✓ analiza konstrukcji w ramach teorii II-go rzędu, czyli z uwzględnieniem interakcji sił osiowych i momentów zginających, szczególnie przydatna w wymiarowaniu wiotkich konstrukcji stalowych,
- ✓ automatyczne wyznaczanie tzw. obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych przy zachowaniu zadeklarowanych relacji pomiędzy poszczególnymi grupami obciążeń oraz normowych zasad tworzenia kombinacji obciążeń.

... w tworzeniu dokumentacji zadania:

- ✓ generowanie tabelaryczno-graficznego dokumentu w formacie RTF z możliwością wyboru jego merytorycznej zawartości,
- ✓ podgląd dokumentu, bezpośredni wydruk lub jego eksport do schowka lub bezpośrednio do edytora MS Word (w pełnej formie lub skróconej), co stwarza możliwość włączenia tego dokumentu do całej dokumentacji projektu,
- ✓ kopiowanie do schowka dowolnie ustawionego widoku aksonometrycznego modelu konstrukcji w oknie głównym programu.

... w zakresie użytkowym:

- ✓ łatwość posługiwania się opcjami programu dzięki przeniesieniu wielu sprawdzonych konwencji z programu RM-WIN,
- ✓ zastosowanie różnych form wizualizacji geometrii modelu przestrzennej konstrukcji prętowej (kinematyczna i realistyczna), z intencją uzyskania kompromisu między wymaganiami programu, a możliwościami średniej klasy sprzętu komputerowego,
- ✓ zastosowanie prostych operacji ekranowych, pozwalających na szybki dostęp do szczegółów modelu konstrukcji przestrzennej,
- ✓ operowanie tzw. ***płaszczyzną roboczą*** - swobodnie pozycjonowaną w przestrzeni trójwymiarowej - do kreowania płaskich podstruktur prętowych,
- ✓ udostępnienie wielu opcji umożliwiających użytkownikowi indywidualne ustawienia parametrów wizualizacji modelu konstrukcji oraz prezentacji wyników obliczeń,
- ✓ zastosowanie sprawnych animacji widoku modelu konstrukcji na ekranie monitora (obracanie w poziomie i pionie, zbliżanie i oddalanie, przesuwanie,

wyszukiwanie obiektu modelu z automatycznym lokowaniem w tzw. *centrum obserwacji*,

- ✓ eksponowanie wybranej (zaznaczonej) części modelu konstrukcji, czyli ukrywanie części pozostałej,
- ✓ umożliwienie pobierania zadań utworzonych w programie RM-WIN, dzięki czemu doświadczenie zdobyte w użytkowaniu programu RM-WIN może być efektywnie wykorzystane do usprawnienia procesu kreowania modelu konstrukcji przestrzennej w programie **RM-3D**.

Wymagania sprzętowe

Program **RM-3D** nie wymaga wyposażenia sprzętowego wykraczającego poza wymagania aktualnie stawiane przez system Windows i może być użytkowany na każdym komputerze typu PC, który pozwala na poprawne funkcjonowanie systemu Windows w wersjach: 2000/ XP/Vista/Windows 7.

Dla osiągania zadowalających efektów zalecana jest następująca konfiguracja:

- procesor o częstotliwości taktowania minimum 2 GHz
- minimum 4 GB pamięci operacyjnej RAM
- karta graficzna z pamięcią minimum 256 MB
- mysz dwuprzyciskowa (najlepiej z rolką przewijania)
- 20 MB wolnego miejsca na dysku sztywnym
- polskojęzyczny system Microsoft Windows w wersji 2000 / XP / Vista / Windows 7

Uwagi: Ważnym aspektem sprzętowym jest maksymalne wykorzystanie właściwości karty graficznej zainstalowanej w komputerze, co zasadniczo zależy od ustawień sterownika tej karty. Zalecane jest, aby instalować sterownik pochodzący od producenta karty i odpowiedni do jej typu oraz użytkowanego systemu Windows.

Ponieważ wizualizacja modelu konstrukcji programie **RM-3D** wymaga dokonywania tzw. teksturowania (ang. rendering) z uwzględnieniem palety kolorów ustawianej w systemie, to szybkość wykonywania operacji związanych z wizualizacją zależeć będzie również od tych ustawień. W szczególności istotny jest wybór opcji kolorów w ustawieniach właściwości Ekran systemu Windows, a konkretnie - im wyższa opcja (liczba kolorów) tym szybkość wykonywania funkcji związanych z wizualizacją modelu konstrukcji będzie wolniejsza.

Inną ważną kwestią związaną z wydajnością karty graficznej jest odpowiednie ustawienie jej sterownika pod kątem wykonywania funkcji biblioteki **OpenGL**. Większość nowoczesnych kart graficznych pozwala na optymalne ich wykorzystanie w tym względzie.

Dla przyśpieszenia operacji ekranowych zaleca się również wyłączenie opcji (jeśli taką karta graficzna posiada), która jest określana terminem angielskim **antialiasing**. Wprawdzie wyłączenie tej opcji pogarsza nieco jakość obrazu, ale znacząco polepsza wydajność karty w animacji obrazu.

Typ karty graficznej oraz informację o obsługiwanej przez tą kartę wersji OpenGL można odczytać w okienku „O programie”, wyświetlanym za pomocą polecenia menu Pomoc/O programie, w którym jest dostępny przycisk Grafika. Po jego użyciu ukażą się informacje na ten temat.

Ograniczenia programu

Program **RM-3D** nie posiada formalnych ograniczeń ilościowych, a wielkość możliwych do kreowania zadań, pod tym względem, zależy od zdolności sprzętowych i systemowych konkretnego komputera.

Pod względem merytorycznym program posiada następujące uwarunkowania:

- osie prętów modelu konstrukcji są proste lub w kształcie łuku kołowego,
- końce prętów są połączone są ze sobą w węzłach sztywno, przegubowo lub podatnie,
- przekroje prętów mogą się składać z dowolnej liczby typowych kształtowników (prostokąt, trójkąt, rura kołowa, rura prostokątna, dwuteownik, ceownik, kątownik. teownik, zetownik), przy czym zakłada się, że są one powiązane ze sobą w sposób zapewniający zachowanie płaskości całego przekroju po deformacji pręta
- obciążenia (skupione: siła i moment, rozłożone: liniowe i trapezowe oraz płaszczyznowe) są przypisywane do prętów, mają charakter statyczny i są stacjonarne,
- rozkład obciążenia temperaturą wzdłuż pręta jest stały, a w płaszczyźnie przekroju pokrywającej się z tzw. *płaszczyzną orientacji pręta*- zmienny liniowo,
- podpory przypisywane są do węzłów,
- węzły modelu konstrukcji nie mogą się pokrywać,
- numeracja prętów, węzłów i przekrojów jest ciągła i nie może być zmieniana przez użytkownika.

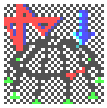
Instalacja programu w komputerze

Program **RM-3D** dostarczany jest na płycie kompaktowej, która zawiera pliki aplikacji oraz program instalacyjny o nazwie **`setup3d.exe`**, który musi być uruchamiany w środowisku Windows.

W celu zainstalowania programu w komputerze należy wykonać następujące czynności:

1. Włożyć klucz zabezpieczający do portu LPT lub USB komputera,
2. Załadować system Windows,
3. Włożyć płytę instalacyjną programu **RM-3D** do czytnika CD-ROM lub nagrywarki płyt CD lub DVD i zaczekać na automatyczne uruchomienie programu instalacyjnego. Jeżeli nie nastąpi automatyczne uruchomienie instalatora, to należy wymusić uruchomienie programu **`setup3d.exe`** bezpośrednio z płyty instalacyjnej (np. przy pomocy eksploratora systemu Windows),
4. Po wyświetleniu okna dialogowego programu instalacyjnego należy stosować się do zaleceń instalatora programu w komputerze,
5. Po pomyślnym zakończeniu instalacji wskazane jest ponowne uruchomienie systemu Windows (reset), a następnie należy odszukać ikonę programu w

grupie wskazanej w oknie dialogowym programu instalacyjnego i załadować program do pamięci komputera.



Ikona aplikacji RM-3D

Uwagi: System Windows pozwala na przypisanie innej ikony, co pozostaje w gestii użytkownika programu.

Może się zdarzyć, że po zainstalowaniu programu i jego pierwszym uruchomieniu pojawi się komunikat o braku klucza zabezpieczającego, a następnie nastąpi zamknięcie programu. Wówczas należy podjąć akcję jego ponownego uruchomienia.

Zdarzyć się może sytuacja, że kolejne próby uruchomienia programu kończą się komunikatem o braku klucza zabezpieczającego. Przyczyną tego może być blokowania przez systemu Windows rejestrów w trakcie instalowania programu. W takim przypadku należy posłużyć się programem **`hinstall.exe`** dołączanym do plików programu i instalowanym w głównym folderze pakietu (domyślnie: `C:\CADSIS`), a mianowicie:

1. Przy pomocy funkcji systemowej "Start/Uruchom" uruchomić jednorazowo program **`hinstall.exe`** z opcją **`-r`**
   np. **`c:\{ścieżka}\hinstall.exe -r`**
2. Zamknąć system Windows i ponownie uruchomić komputer
3. Przy pomocy funkcji systemowej " Start/Uruchom" uruchomić jednorazowo program **`hinstall.exe`** z opcją **`-i`**
   np. **`c:\{ścieżka}\hinstall.exe -i`**
4. Zamknąć system Windows i ponownie uruchomić komputer

Po dokonaniu instalacji programu - w lokalizacji dyskowej wskazanej przez użytkownika (domyślnie: **`C:\CADSIS\RM_3D`**) - folder tej lokalizacji powinien zawierać:

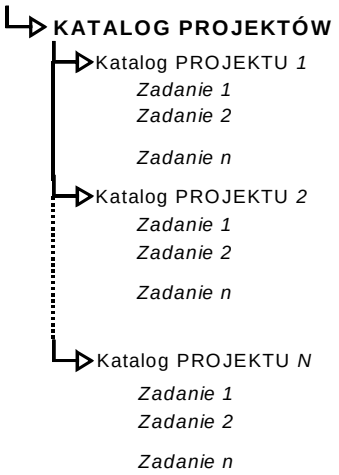
ARKUSZE		dyskowy folder szablonów dokumentów,
PROJEKTY		dyskowy folder projektów,
KATALOGI		dyskowy folder kształtowników znormalizowanych,
rm-3d	**exe**	plik wykonawczy programu **RM-3D**,
CadsisGL	**bpl**	biblioteka programu **RM-3D**,
CadsisDXF	**bpl**	biblioteka programu **RM-3D**,
dclCadsis	**bpl**	biblioteka programu **RM-3D**,
rm3	**bpl**	biblioteka programu **RM-3D**,
rm_podgl	**dll**	biblioteka programu **RM-3D**,
rm_stat	**dll**	biblioteka programu **RM-3D**,
rm-3d	**chm**	plik systemu pomocy programu **RM-3D**,
mater32	**lib**	plik z rozszerzoną biblioteką materiałów,

Folder **PROJEKTY**

jest przeznaczony do archiwizowania zadań kreowanych w programie **RM-3D** i może mieć dowolną nazwę oraz lokalizację na dowolnym urządzeniu dyskowym. Zaleca się, aby pliki zadań związane z konkretnymi projektami technicznymi były archiwizowane w odrębnych folderach będących podfolderami folderu **PROJEKTY**, co obrazowo przedstawiono na schemacie (patrz niżej).
Sugestia odnośnie struktury folderów do archiwizacji zadań (projektów) wynika z powiązania programu **RM-3D** z modułem RM-OBC służącym do sporządzania zestawień obciążeń wg PN. Wskazane jest bowiem, aby jednemu projektowi odpowiadało jedno zestawienie obciążeń, z którym powiązane są poszczególne zadania tego projektu tworzone w programie **RM-3D**.

Dostęp do zadań archiwalnych zapewnia opcja Pliki-Otwórz lub skrót

tzw. paska skrótów. Droga dostępu do aktualnego folderu zadań jest automatycznie zapamiętywana w rejestrach systemu Windows tak, że po ponownym uruchomieniu aplikacji, aktualnym folderem zadań jest właśnie ten folder.



Każde zadanie jest przechowywane w jednym pliku o nazwie nadanej przez użytkownika, a program automatycznie nadaje mu rozszerzenie **rm3**, aby pliki zadań mogły być rozróżniane w systemie plików Windows.
Pliki zadania mogą być zapisywane wraz z wynikami obliczeń (jeśli przez zapisem zostały one wykonane). Ta opcja archiwizacji zadania sprawia, że przy ponownym otwarciu pliku zadania w programie, pobierane są również z pliku wyniki obliczeń, a więc po przejściu do trybu **Statyka** lub **Wymiarowanie** pomijane są procedury związane w analizą statyczną modelu konstrukcji. Jest to szczególnie polecane w sytuacji, gdy obliczenia zostały wykonane z pełną kombinatoryką grup obciążeń.

Folder **KATALOGI**

jest przeznaczony do przechowywania plików zawierających dane katalogowe kształtowników znormalizowanych. Powinien zawierać następujące pliki dyskowe:

h.kat katalog rur prostokątnych i kwadratowych
i.kat katalog dwuteowników
l.kat katalog kątowników
r.kat katalog rur okrągłych
t.kat katalog teowników
u.kat katalog ceowników
z.kat katalog zetowników
obejmujące standardowe kształtowniki walcowane oraz
s.kat katalog dwuteowników spawanych,
a także
h~.kat katalog rur prostokątnych
l~.kat katalog ceowników
u~.kat katalog ceowników
z~.kat katalog zetowników
obejmujące kształtowniki gięte na zimno z blach.

Listy kształtowników zawarte w w/w plikach mogą być uzupełniane lub modyfikowane przez użytkownika za pomocą opcji Przekroje/Katalogi. Warunkiem otwarcia listy kształtowników do jej edycji jest obecność w systemie Windows aplikacji Microsoft Excel.

Droga dostępu do dyskowego folderu kształtowników jest zapisywana do rejestrów, ale może być również określana w ustawieniach opcji programu. Brak tej informacji lub jej błędne podanie, uniemożliwi pobieranie kształtowników przy edycji listy przekrojów.

Stosowany układ jednostek

Dla wszystkich wprowadzanych wielkości liczbowych przyjęto następujący, bazowy układ jednostek:

- *długość, wymiar* [**m**]
- *kąt* [**stopnie**]
- *siła* [**kN**]
- *moment* [**kNm**]
- *naprężenie* [**MPa**]
- *temperatura* [**^{o}C**]

W podanych wyżej jednostkach zapamiętywane są wszystkie dane. Nie dotyczy to jednak wymiarów przekroju, dla których – w momencie ich kreowania lub korekty - mogą być zadawane w [mm] lub [cm].

II. IDEA PROGRAMU I MODELOWANIE KONSTRUKCJI PRZESTRZENNEJ

Przy realizacji programu **RM-3D** położono główny nacisk na dwa aspekty jego użytkowania. Pierwszy obejmuje opcje i funkcje związane z kreowaniem modelu konstrukcji, natomiast drugi skupia opcje i funkcje przeznaczone do prezentacji wyników obliczeń oraz tworzenia dokumentacji.

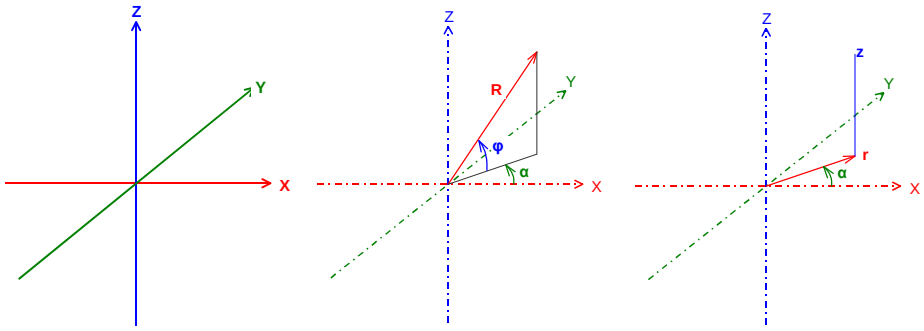
Kreowanie modelu konstrukcji przestrzennej

Podstawowe pojęcia i konwencje

Tryb kreowania modelu przestrzennej konstrukcji prętowej w programie **RM-3D** został pomyślany tak, aby w maksymalnym stopniu kojarzył się z programem RM-WIN przeznaczonym do analizy statycznej i kinematycznej płaskich konstrukcji prętowych. Do takiego stopnia, że po uruchomieniu programu **RM-3D** jest on nastawiony na konstrukcje płaskie i generalnie tryb kreowania geometrii modelu konstrukcji przestrzennej cechuje płaszczyznowość. Polega to na tym, że generowanie geometrii konstrukcji za pomocą myszki sprowadza się do "rysowania" prętów na tzw. ***płaszczyźnie roboczej*** w sposób podobny do tego, jaki obowiązuje w opcji Geometria/Definiowanie programu RM-WIN.

Kreowanie modelu przestrzennej konstrukcji prętowej odbywa się w trójwymiarowym, prawoskrętnym globalnym układzie kartezjańskim, przy czym określanie współrzędnych obiektów modelu konstrukcji (pręty, węzły, obciążenia) może być dokonywane za pomocą współrzędnych prostokątnych ***XYZ***, biegunowych ***αφR*** lub cylindrycznych ***αrZ*** (Rys. II:1 Układy współrzędnych).

Poszczególnym osiom globalnego układu odniesienia przypisano szczególne role, a mianowicie: osie ***X*** i ***Y*** są zawsze poziome i tworzą płaszczyznę poziomą, natomiast oś ***Z*** jest zawsze pionowa. a więc należy ją kojarzyć z kierunkiem grawitacji, czyli np. linia działania obciążeń pochodzących od ciężaru własnego ma zawsze kierunek osi ***Z***.

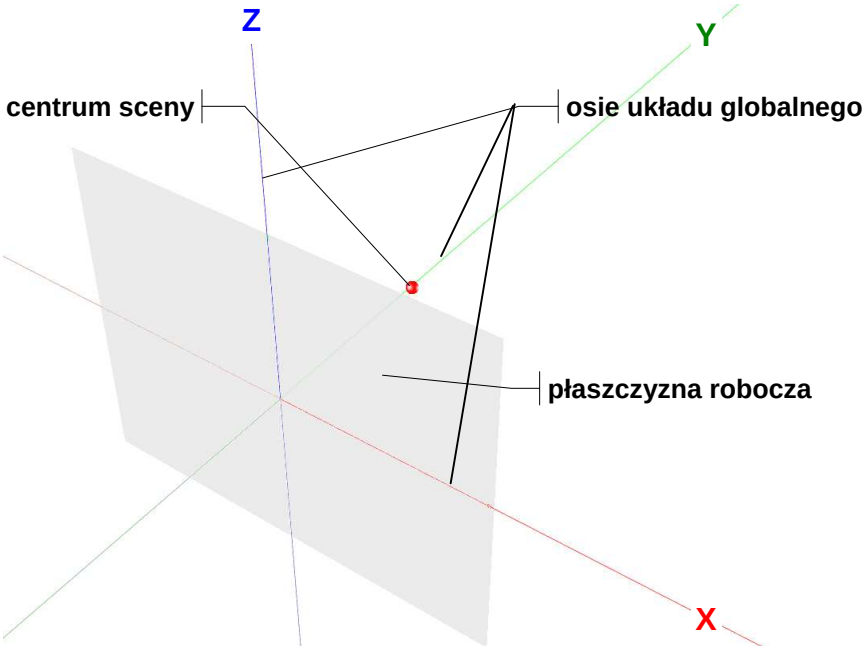


Rys. II:1 Układy współrzędnych

Na ekranie monitora - w oknie kreowania zwanym ***sceną*** - widoczne są osie prostokątnego układu współrzędnych globalnych, który jest trwale związany ze *sceną* i podlega jedynie operacjom wizualnym polegającym na obracaniu, zbliżaniu, oddalaniu i przesuwaniu *sceny*.

Scena jest kanwą, na której osadzany jest model przestrzennej konstrukcji prętowej. Integralnymi obiektami graficznymi *sceny* są (patrz: Rys. II:1):

- *Osie globalnego układu odniesienia* (X-czerwona, Y-zielona, Z-niebieska), przy czym dodatnie części tych osi są opatrzone ich symbolami literowymi oraz wyróżnione intensywniejszym kolorem.
- ***Płaszczyzna robocza*** reprezentowana przez prostokąt, którego wymiary oraz położenie na scenie mogą być dowolnie określane. Z ***płaszczyzną roboczą*** są związane lokalne układy współrzędnych; prostokątny, biegunowy oraz cylindryczny.
- *centrum sceny* - w formie czerwonej kulki - które stanowi środek sceny, czyli punkt skupienia obserwacji *sceny*. Niezależnie od dokonywanych operacji ekranowych na scenie - *centrum* zajmuje zawsze pozycję w środku okna roboczego opcji kreowania i prezentacji wyników obliczeń.



Rys. II:2 Obiekty sceny

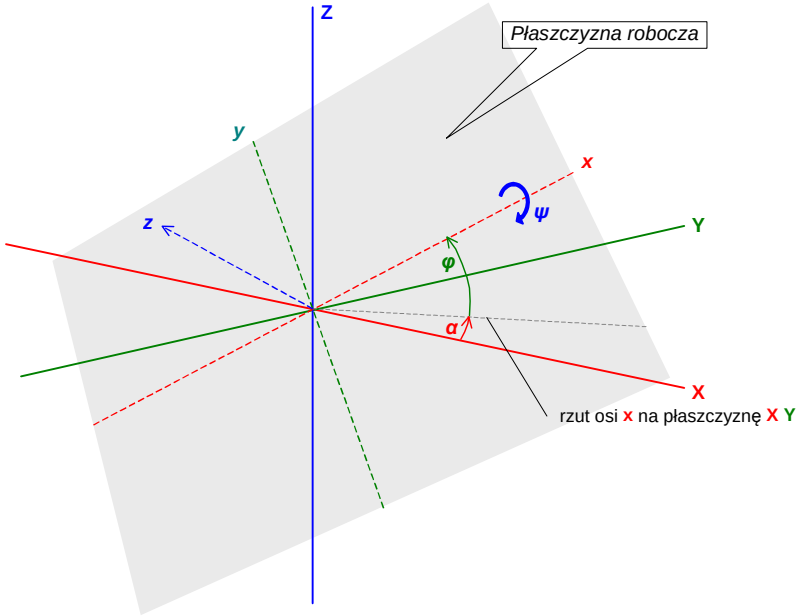
Rola "płaszczyzny roboczej"

Podstawowym obiektem wizualnym *sceny* prezentowanej w głównym oknie programu, a zarazem kluczowym obiektem wspomagania kreowania geometrii modelu przestrzennej konstrukcji prętowej, jest ***płaszczyzna robocza***, której zadaniem jest ułatwienie i przyśpieszenie trybu kreowania modelu, zwłaszcza w przypadku, gdy schemat konstrukcji zawiera struktury prętów o osiach leżących

we wspólnej płaszczyźnie. Wówczas kreowanie modelu konstrukcji może być realizowane za pomocą myszki poprzez "rysowanie" prętów na ***płaszczyźnie roboczej***, co daje gwarancję, że osie wszystkich prętów kreowanej struktury będą leżeć we wspólnej płaszczyźnie.

Wizualnie ***płaszczyzna robocza*** jest prezentowana jako półprzezroczysty prostokąt o (regulowanych przez użytkownika) wymiarach ***b*** i ***h*** z naniesionymi na nim osiami tzw. *lokalnego układu* współrzędnych ***x***, ***y*** i ***z*** o początku w środku prostokąta (Rys. II:2). Przy czym oś ***z*** (prostopadła do ***płaszczyzny roboczej***) nie jest widoczna, a jej zwrot wynika z reguły prawoskrętności *układu lokalnego*.

Położenie i orientacja ***płaszczyzny roboczej*** w globalnym układzie odniesienia ***XYZ*** może być dowolnie określane przez użytkownika, co może być dokonywane na dwa sposoby, tj. **bezpośrednio** lub **pośrednio** przez tzw. **dokowanie** (osadzanie) na węzłach modelu konstrukcji.



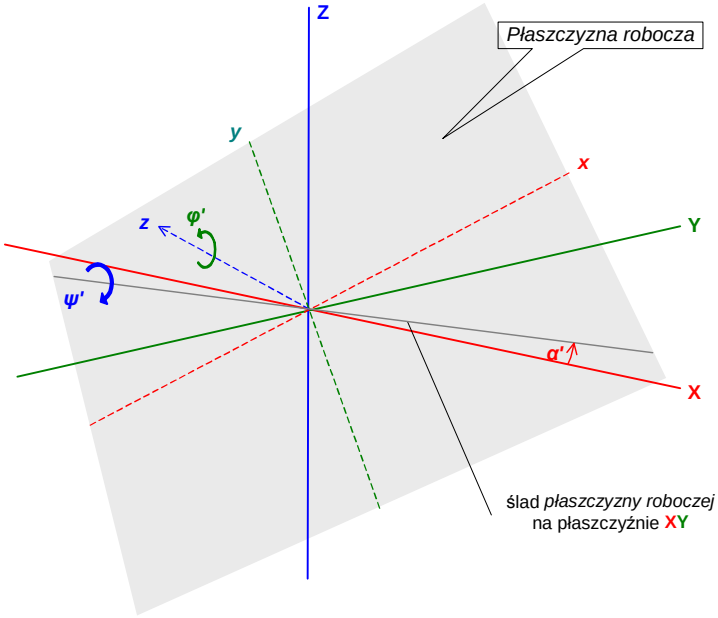
Rys. II:3

Sposób **bezpośredni** sytuowania polega na zadawaniu przez użytkownika położenia początku *lokalnego układu* (środka prostokąta) w układzie globalnym oraz alternatywnym określeniu jego kątów orientacji:

α, **φ** i **ψ** - dla konwencji z zachowaniem kąta nachylenia osi ***x***, co polega na tym, że po zadaniu kąta obrócenia **α** (kąt między rzutem osi ***x*** na płaszczyznę ***XY***, a osią ***X***) zmiany wartości kątów **φ** i **ψ** nie powodują zmiany tego kąta. Inaczej mówiąc, po zadaniu kąta **α** kąt **φ** jest obrotem osi ***x*** w płaszczyźnie pionowej, a kąt **ψ** jest obrotem ***płaszczyzny roboczej*** wokół osi ***x*,** (Rys. II:3).

α', **φ'** i **ψ'** - dla konwencji zachowania kąta nachylenia ***płaszczyzny roboczej***, co polega na tym, że po zadaniu kąta obrócenia **ψ'** (kąt między ***płaszczy-***

zną roboczą, a osią ***Z***) zmiany wartości kątów **α'** i **φ'** nie powodują zmiany kąta między ***płaszczyzną roboczą***, a osią ***Z***. Inaczej mówiąc, kąt **α'** jest kątem między śladem ***płaszczyzny roboczej*** na płaszczyźnie ***XY***, a osią ***X***, zaś kąt **φ'** wyraża obrót ***płaszczyzny roboczej*** wokół lokalnej osi ***z***, natomiast kąt **ψ'** wyraża obrót ***płaszczyzny roboczej*** wokół śladu ***płaszczyzny roboczej*** z płaszczyzną ***XY*** (Rys. II:4).



Rys. II:4

Przyjęcie tych dwóch konwencji określania orientacji ***płaszczyzny roboczej*** ma na celu zapewnienie alternatywy jej sytuowania w układzie globalnym.

Niezależnie od tych konwencji możliwe jest również sytuowanie płaszczyzny roboczej za pomocą niezależnych obrotów wokół osi układu osi związanych z *płaszczyzną roboczą*.

Pośredni sposób sytuowania ***płaszczyzny roboczej*** polega na tzw. **dokowaniu** na węzłach modelu konstrukcji, czyli wskazaniu trzech węzłów modelu, na których ma ona być oparta. Obowiązuje przy tym zasada, że pierwszy węzeł określa położenie początku układu lokalnego, drugi wskazuje kierunek osi ***x***, natomiast trzeci określa nachylenie ***płaszczyzny roboczej*** i zwrot osi ***y***. Szczegółowy opis tego zagadnienia zawarty jest w rozdziale poświęconym zasadom użytkowania programu.

Płaszczyzna robocza odgrywa jeszcze jedną ważną rolę w kreowaniu modelu konstrukcji, polegającą na kojarzeniu jej z prętami modelu. Bowiem wszystkie pręty wygenerowane przy niezmienionym położeniu ***płaszczyzny roboczej*** stanowią podgrupę, dla której program zapamiętuje położenie tej płaszczyzny. W ten sposób tworzy się tzw. mapa identyfikacji całej struktury prętowej ułatwiająca identyfikację poszczególnych podgrup prętów, a co za tym idzie, łatwe i czy-

telne modyfikowanie modelu konstrukcji polegające na kopiowaniu i powielaniu tych podgrup, a także przy określaniu orientacji przypisywanych przekrojów poszczególnym prętom i innych ich właściwości oraz obciążeń.

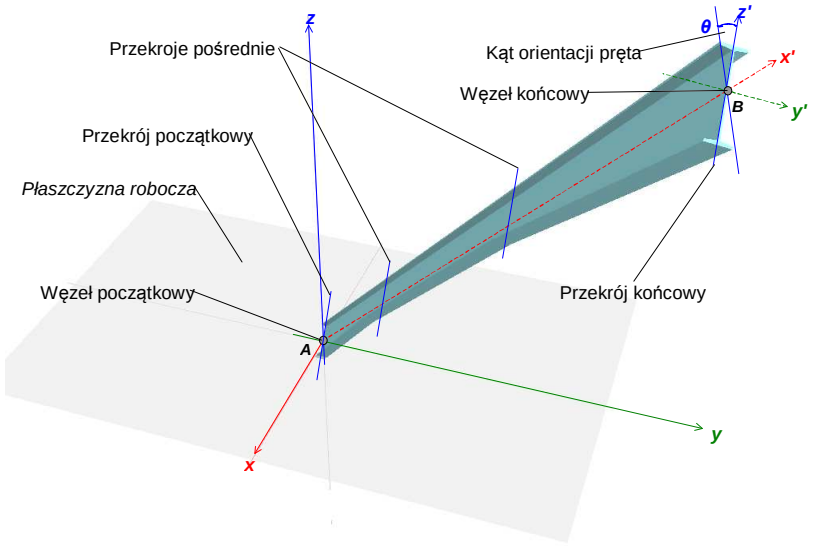
Elementy modelu konstrukcji

Przestrzenna konstrukcja prętowa jest traktowana jako zbiór elementów konstrukcyjnych zwanych ***prętami***, które są połączone ze sobą w ***węzłach*** oraz z podłożem za pośrednictwem ***podpór***, a całość poddana jest działaniu sił zewnętrznych, czyli ***obciążeń***.

Kreowanie modelu obliczeniowego przestrzennej konstrukcji prętowej w programie **RM-3D** polega na wygenerowaniu cyfrowego modelu obliczeniowego takiej konstrukcji. Dla zrozumienia zasad modelowania konstrukcji w programie **RM-3D** oraz jego działania niezbędnym jest zapoznanie się z przyjętą koncepcją cyfrowego ujęcia w/w wymienionych elementów konstrukcji, tj.:

- **pręty**
- **węzły**
- **obciążenia**

Opis modelu pręta



Rys. II:5 - Model pręta

Przyjęta w programie idea tworzenia modelu przestrzennej konstrukcji prętowej zasadza się na założeniu, że pręt jest elementem konstrukcyjnym, a nie elementem skończonym modelu obliczeniowego. Oznacza to, że przy kreowaniu schematu statycznego nie ma potrzeby dzielenia projektowanych elementów konstrukcyjnych (belek, słupów, płatwi, skratowań itp.) na części (elementy) dla potrzeb modelu obliczeniowego. Ten zabieg jest w programie wykonywany automatycznie.

Na Rys. II:5 poglądowo przedstawiono model pojedynczego pręta oraz jego usytuowanie i orientację względem ***płaszczyzny roboczej***.

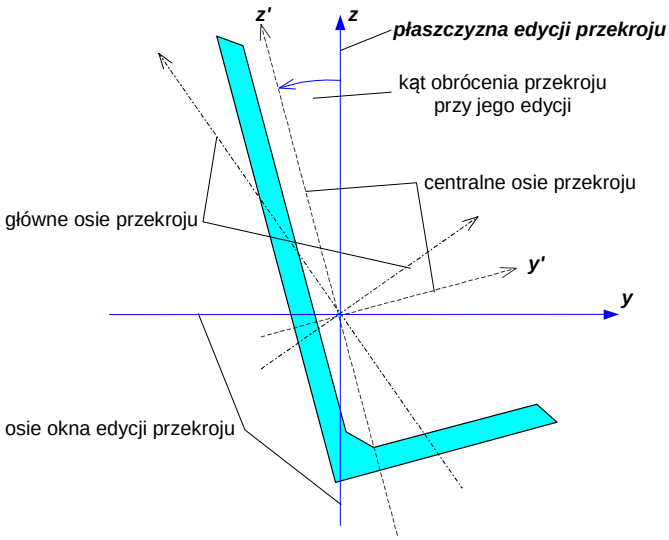
Dla zapewnienia jednoznaczności usytuowania pręta w modelu konstrukcji wykorzystywane są:

- lokalny układ osi (***x***, ***y***, ***z***) związanych z ***płaszczyzną roboczą***,
- układ osi własnych pręta (***x'*** - wzdłuż ***y'***, ***z'*** - osie centralne przekroju pręta),
- kąt orientacji θ przekroju pręta względem ***płaszczyzny roboczej***, który określa obrócenie przekrojów pręta wokół osi ***x'***.

Generalnie operacja kreowania pręta w programie **RM-3D** wymaga:

- określenia położenia początku i końca jego osi,
- określenia jego orientacji ze względu na przekrój (w układzie lokalnym lub globalnym),
- wyspecyfikowania jego właściwości geometrycznych i konstrukcyjnych.

Położenie osi pręta w konstrukcji określają współrzędne (lokalne lub globalne) jej końców (początkowym - ***A*** i końcowym - ***B***), które zawsze pokrywają się z konkretnymi węzłami modelu konstrukcji. W programie nie ma oddzielnego trybu kreowania węzłów, bowiem są one tworzone automatycznie w trakcie kreowania prętów. Początek układu własnego pręta jest zaczepiony do końca ***A***, a oś własna ***x'*** jest zwrócona ku końcowi ***B***.



Rys. II:6

Orientacja pręta ze względu na przekrój. Należy mieć na uwadze to, że każdemu wykreowanemu prętowi jest automatycznie przypisywana aktualna ***płaszczyzna robocza***. Oprócz tego wykreowany pręt jest automatycznie przydzielany do grupy prętów. Obowiązuje przy tym zasada, że wszystkie pręty - kreowane przy określonym i nie zmienianym położeniu i orientacji ***płaszczyzny roboczej*** - są zaliczane do jednej grupy, przy czym jest to tryb domyślny i nie wyklucza możliwości przeniesienia pręta do innej - dowolnie utworzonej przez

użytkownika - grupy prętów jak również zmiany położenia przypisanej mu ***płaszczyzny roboczej***.

W trakcie przygotowywania **listy przekrojów** ustalana jest pierwotna orientacja przekroju (Rys. II:6). Dokonuje się tego w oknie edycji przekroju, w którym rysowany jest kontur przekroju oraz:

- układ osi centralnych, o początku w środku ciężkości przekroju i kierunkach pierwotnych czyli takich, dla jakich zostały określone jego wymiary podstawowe. Z reguły kierunkami tymi są poziom i pion okna edycji przekroju,
- układ osi głównych wynikających z charakterystyki geometrycznej przekroju.

Kierunek pionowy okna edycji przekroju oraz kierunek prostopadły do tego okna tworzą tzw. ***płaszczyznę edycji przekroju*** (Rys. II:6).

Przy generowaniu pręta obowiązuje zasada, że jeśli pręt został wygenerowany w ***płaszczyźnie roboczej***, to w momencie przypisania przekroju do tego pręta *płaszczyzna edycji przekroju* utożsamiana jest z przypisaną mu ***płaszczyzną roboczą***. W przeciwnym razie - z płaszczyzną pionową układu globalnego, w której leży oś wygenerowanego pręta.

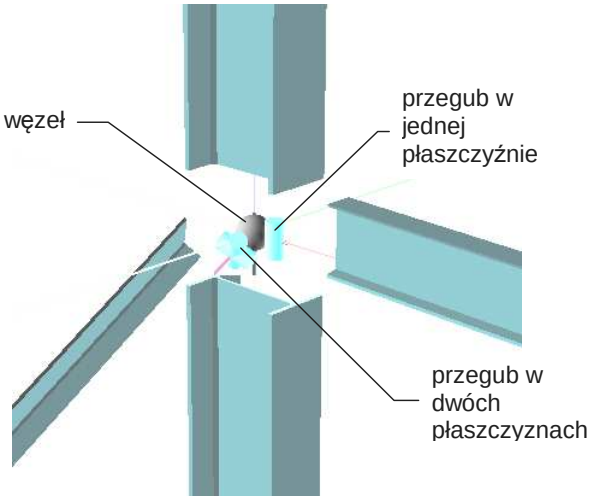
Uwagi: W kwestii orientacji pręta w modelu konstrukcji istotnym jest kąt obrócenia (odchylenia) przekroju względem *płaszczyzny edycji przekroju* w trakcie edycji tego przekroju, bowiem w momencie przypisania przekroju do pręta kąt ten jest automatycznie uwzględniany w określaniu orientacji pręta, ale wartość kąta orientacji - nadawana przez program w momencie przypisania przekroju do pręta - jest równa wartości kąta dwuściennego między *płaszczyzną edycji przekroju* (***x'z***) i płaszczyzną wyznaczoną przez prostopadłą do ***płaszczyzny roboczej*** i oś pręta ***x'*** - dla orientacji lokalnej oraz między *płaszczyzną edycji przekroju* (***x'z***), a płaszczyzną pionową (grawitacyjną), na której leży oś ***x'*** - dla orientacji globalnej.

Innymi słowy, jeśli np. w edycji przekroju dwuteowego jego środnik pozostał pionowy, a pręt został wygenerowany przy pionowej ***płaszczyźnie roboczej***, to po przypisaniu tego przekroju do pręta jego środnik będzie pokrywał się z ***płaszczyzną roboczą***, ale kąt dla orientacji lokalnej wyniesie ±90°, natomiast dla orientacji globalnej 0°. Jeśli zaś przy edycji przekrój został obrócony o jakiś kąt, to jego środnik będzie odchylony od tej ***płaszczyzny roboczej*** o ten kąt, ale kąty obu orientacji będą takie same jak w przypadku pierwszym.

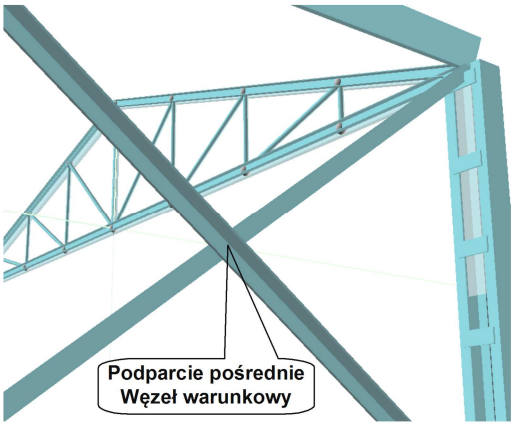
Właściwości geometryczne i konstrukcyjne pręta. Położenie i orientacja pręta są jego fundamentalnymi cechami niezbędnymi dla zbudowania standardowego modelu obliczeniowego inżynierskiej konstrukcji przestrzennej. W programie **RM-3D** dodatkowo wprowadzono możliwość nadawania prętowi szeregu właściwości ponad standardowych przybliżających model obliczeniowy do realnych warunków pracy pręta w konstrukcji, a uwzględniających takie jego aspekty jak:

- sposoby mocowania prętów w węzłach (tzw. mimośrody konstrukcyjne) oraz ewentualne podparcia pośrednie i podatności połączeń pręta w węzłach,

- zmienność przekrojów prętów wzdłuż ich osi własnych,
- kształt osi pręta i pozycjonowanie oraz usytuowanie zarysu pręta względem tej osi oraz jego węzłów,
- imperfekcje geometryczne wynikające z nie osiowego łączenia pręta z innymi prętami konstrukcji oraz niedokładności wykonania prętów i montażu konstrukcji,



Rys. II:7



Rys. II:8

Sposoby mocowania prętów w węzłach i podparcia pośrednie stanowią kluczowy aspekt kreowania modelu przestrzennej konstrukcji prętowej w programie **RM-3D**. Sprowadza się to do określania warunków kinematycznych połączeń końców pręta ***A*** i ***B*** z innymi prętami w węźle, a polega to na:

- zadeklarowaniu ewentualnych przegubów umożliwiających swobodę obrotów przekrojów końcowych pręta odpowiednio wokół osi ***y'*** lub ***z'*** oraz obrotu przekroju wokół osi ***x'*** z ewentualnym ograniczeniem tzw. deplanacji przekroju w miejscu jego połączenia w węźle, (Rys. II:7),

- zadaniu podatności połączeń przekrojów końcowych pręta na obrót wokół osi ***y'*** lub ***z'*** , czyli uwzględnienie w analizie statycznej tzw. *węzłów podatnych*.
- ewentualnym potraktowaniu pręta jako cięgno, czyli jako pręta nie przenoszącego sił ściskających.
- określeniu sposobu realizacji tzw. *podparć pośrednich*, co ma miejsce w tzw. *węzłach warunkowych*, czyli w teoretycznych punktach przecięcia osi dwóch lub więcej elementów konstrukcyjnych (prętów). W takich węzłach zachodzi konieczność rozstrzygnięcia w jaki sposób pręty są ze sobą połączone (Rys. II:8).

  Możliwe są trzy przypadki podparcia pośredniego pręta:
  - brak połączenia
  - przegubowe połączenie
  - sztywne połączenie

Kinematyczne konsekwencje zadeklarowania typów podparć pośrednich dla dwóch krzyżujących się prętów wyjaśnia poniższa tabela:

pręt 2 pręt 1	brak	przegubowe	sztywne
brak	Brak wzajemnych oddziaływań prętów na siebie	Brak wzajemnych oddziaływań prętów na siebie	Brak wzajemnych oddziaływań prętów na siebie
Przegubowe	Brak wzajemnych oddziaływań prętów na siebie	Przemieszczenia przekrojów prętów w miejscu skrzyżowania obu prętów są zgodne	Obrót przekroju pręta 2 w miejscu podparcia wywołuje skręcanie pręta 1
Sztywne	Brak wzajemnych oddziaływań prętów na siebie	Obrót przekroju pręta 1 w miejscu podparcia wywołuje skręcanie pręta 2	Całkowita zgodność przemieszczeń i obrotów przekrojów prętów w miejscu podparcia

Domyślnie przyjmuje się, że pręty krzyżujące się są połączone sztywno, a więc w sposób nie pozwalający na swobodne wzajemne obroty prętów wokół ich osi przy deformacji konstrukcji prętowej.

Zmienność przekrojów wzdłuż pręta. Program pozwala na deklarowanie dowolnej zmienność przekrojów pręta wzdłuż jego osi. Polega to na odpowiednim przydzielaniu z listy przekrojów zadania *sekwencji przekrojów* na odcinkach pręta od końca ***A*** do ***B***. Na każdym odcinku pręta mogą być zadeklarowane dwa przekroje, tzn. przekrój na początku odcinka i na jego końcu. Oznacza to, że wzdłuż odcinka wymiary przekroju zmieniają się liniowo (Rys. II:9).

Wszystkie przekroje w *sekwencji przekrojów* muszą być tego samego typu co do kształtu, identyczną orientację względem *płaszczyzny edycji przekroju* oraz muszą mieć przydzielony jednakowy materiał.

Kształt pręta, pozycjonowanie przekroju oraz dopasowanie widoku jego końców. Dla urealnienia modelu obliczeniowego konstrukcji prętowej pod kątem trójwymiarowości jej prętów, wprowadzono możliwość pozycjonowania bryły pręta względem jego osi teoretycznej, co sprowadza się do wyrównania zarysu bryły do:

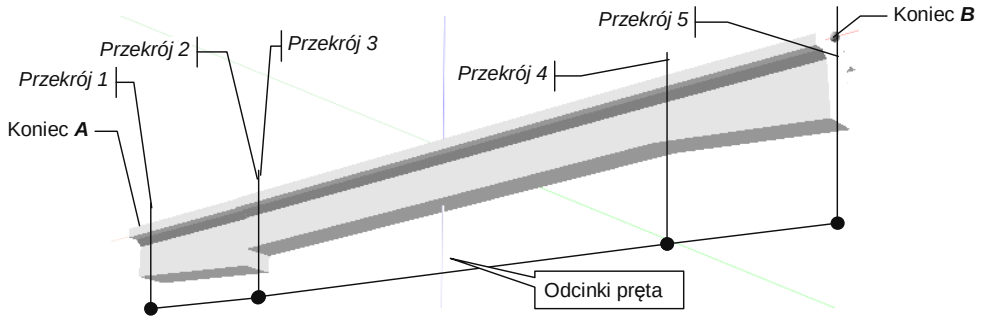
- krawędzi górnej bryły,

- osi pręta,
- krawędzi dolnej bryły

- w *płaszczyźnie edycji przekroju* oraz

- lewej krawędzi bryły
- osi pręta
- prawej krawędzi bryły

- w kierunku prostopadłym do *płaszczyzny edycji przekroju*.



Rys. II:9

Wyrównywanie bryły pręta względem jego osi teoretycznej umożliwia usuwanie kolizji materialnej elementów konstrukcyjnych (prętów) oraz wprowadza tzw. ***imperfekcje geometryczne*** w połączeniach węzłowych, które mają wpływ na rozkłady sił przekrojowych w prętach konstrukcji.

Na Rys. II:9 przedstawiono przykład wyrównania linii obrysu bryły pręta do krawędzi górnej.

Imperfekcje geometryczne. Pod tym pojęciem kryją się:

- *mimośrody w węźle*, czyli przesunięcia końców osi teoretycznej pręta względem teoretycznego punktu węzłowego, a zadawane (z odpowiednimi znakami) w kierunkach osi własnych pręta ***y'***, ***z'***, ***x'***,
- *imperfekcje*, czyli wstępne wygięcia i przechyły osi pręta w płaszczyznach ***x'y'*** i ***x'z'***, które są uwzględniane w obliczeniach wg teorii II-go rzędu.

Opis modelu węzła

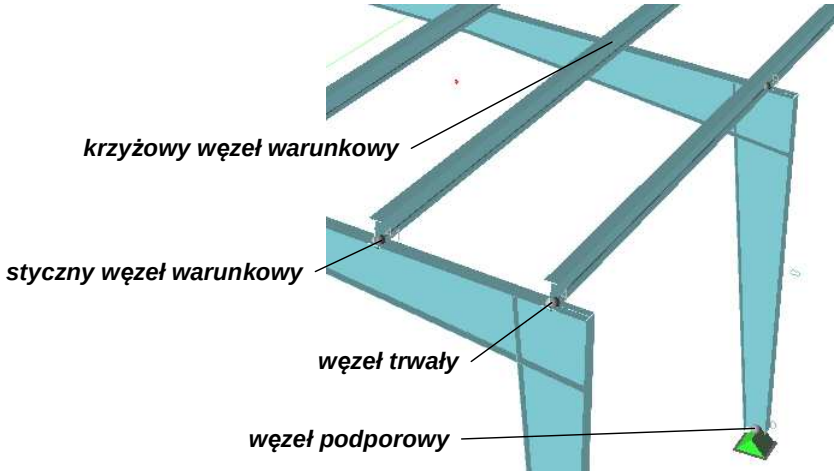
Węzeł jest to teoretyczny punkt połączenia dwóch lub więcej prętów albo swobodny koniec pręta.

W programie nie ma odrębnego trybu kreowania węzłów ponieważ ich tworzenie następuje automatycznie w trakcie kreowania modelu konstrukcji.

W dokonywanej przez program identyfikacji modelu obliczeniowego konstrukcji rozróżniane są trzy rodzaje węzłów (Rys. II:10), a mianowicie:

- ***węzeł trwały***, który stanowi połączenie trwałe schodzących się w nim końców prętów,
- ***krzyżowy węzeł warunkowy***, który stanowi tzw. podparcie pośrednie krzyżujących się prętów,

- ***styczny węzeł warunkowy***, jako styk końca pręta z innym prętem w jego punkcie pośrednim.



Rys. II:10 - Rodzaje węzłów

Zasadnicza różnica między tymi rodzajami węzłów zaznacza się przy operacjach związanych ze zmianą ich położenia przy modyfikacji modelu konstrukcji. Zmiana położenia *węzła trwałego* nie powoduje rozłączania schodzących się w nim prętów, natomiast zmiana położenia *stycznego węzła warunkowego* może to spowodować, a zmiana położenia *krzyżowego węzła warunkowego* nie jest możliwa bowiem położenie tego węzła jest ona ustalane automatycznie przez program.

W przeciwieństwie do węzłów trwałych i stycznych, które mogą być punktami podparcia, węzły krzyżowe nie mogą być podparte.

Podpory są kinematycznymi ograniczeniami przemieszczeń węzłów, a ich właściwości powinny być określone w taki sposób, aby odpowiadały rzeczywistym warunkom konstrukcyjnym projektowanych podparć konstrukcji prętowej.

Model podpory składa się z *podstawy* i *korpusu*, a dla podpór przesuwnych - z *rolek* lub *kulek*. Elementy te wyczerpują możliwości realizacji wszystkich wariantów kinematycznych więzów (podparcia) węzła.

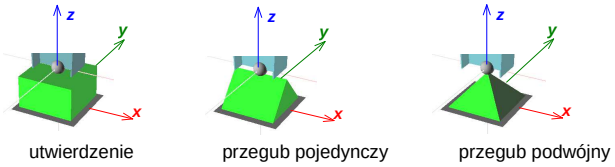
Z podporą związany jest układ osi własnych **x**, **y**, **z**, który jest przypisany do *podstawy* w taki sposób, że zmiana orientacji podpory powoduje rekonfigurację tych osi. Wyznaczane przez program reakcje podpory są wyrażane w tym układzie. Sytuowanie podpory polega na określaniu orientacji jej *podstawy* w sposób podobny do określania orientacji *płaszczyzny roboczej*.

Dla nałożenia więzów kinematycznych (podpory) w węźle należy określić:

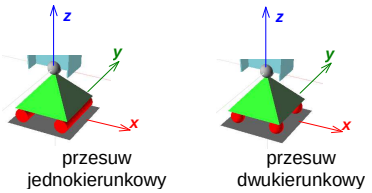
- ***obroty*** i ***przesuwy***, co polega na uwalnianiu lub całkowitym ograniczaniu tych więzi stosownie do rodzaju realizowanej podpory, (Rys. II:11 i Rys. II:12),
- ***orientację*** płaszczyzny *podstawy* podpory w lokalnym lub globalnym układzie współrzędnych, co polega na zadaniu wartości kątów obrócenia *podstawy* i *korpusu* podpory zgodnie z konwencją zachowania kąta nachylenia osi ***x*** płaszczyzny *podstawy* względem płaszczyzny globalnej (***XY***) - podobnie jak

przy określaniu orientacji ***płaszczyzny roboczej*** z konwencją zachowania stałego nachylenia osi lokalnej x względem płaszczyzny globalnej (***XY***),

- ***wymuszenia kinematyczne (osiadania)***, co polega na zadaniu wartości liczbowych wymuszeń (obrotów i przesuwów),
- ***podatności*** na przesuwy i obroty podpory w kierunkach i płaszczyznach ograniczeń jakie dana podpora realizuje, co polega na zadaniu ich wartości liczbowych.



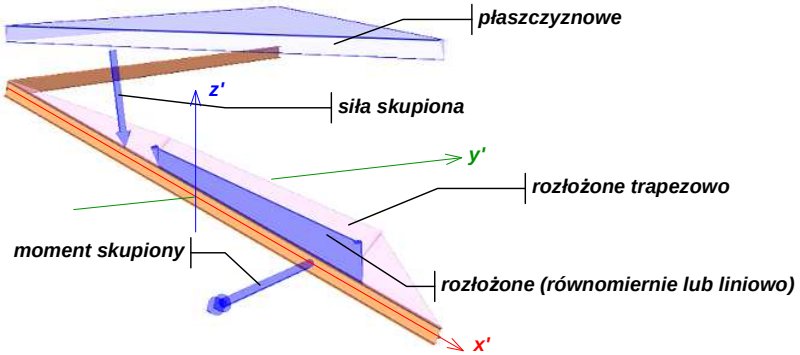
Rys. II:11 - Podpory nieprzesuwne



Rys. II:12 - Podpory przesuwne

Opis modelu obciążenia

Model konstrukcji prętowej może być poddany w programie **RM-3D** następującym rodzajom obciążeń (Rys. II:13):



Rys. II:13 - Rodzaje obciążeń

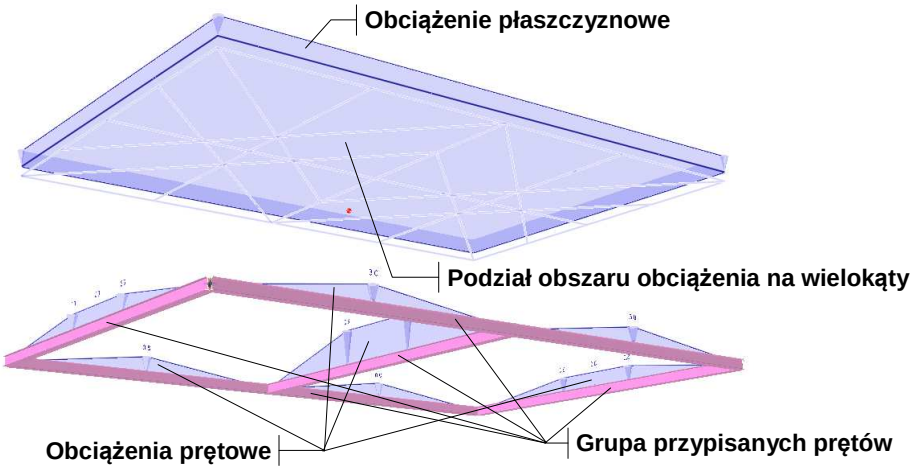
- **skupione** (siła skupiona)
- **rozłożone** (równomiernie lub nierównomiernie (liniowo)
- **rozłożone pionowe** (o kierunku działania wzdłuż globalnej osi **Z**).
- **rozłożone trapezowe**
- **moment skupiony**
- **temperatura**

Wszystkie rodzaje obciążeń są przypisywane do prętów, a więc ich położenie na pręcie jest określane wzdłuż *osi własnej* ***x'***, natomiast kierunek i orientacja może być określana zarówno względem *osi własnych* pręta jak i układu globalnego. Wyjątek stanowi *temperatura*, której właściwości ograniczają się do wartości liczbowych po dwóch stronach pręta oraz orientacji gradientu temperatury w poprzek pręta.

Każde pojedyncze obciążenie charakteryzuje:

- wartości charakterystyczne,
- zwiększający (γ_{f1}) i zmniejszający (γ_{f2}) (dla obciążeń stałych) częściowy współczynnik bezpieczeństwa,
- współczynnik części długotrwałej obciążeń zmiennych (ψ_d),
- położenie na pręcie jako odległości od jego końców ***A*** lub ***B*** (nie dotyczy temperatury),
- mimośrody punktu przyłożenia obciążenia w kierunkach osi własnych ***y'*** i ***z'*** jako odsunięcia linii działania obciążenia od *osi własnej* pręta ***x'*** (nie dotyczy temperatury i momentu skupionego),
- kierunek działania jako kąt odchylenia linii działania od płaszczyzny ***y' z'*** (lokalnie) lub od płaszczyzny ***y'*****Z** (globalnie),
- orientacja linii działania obciążenia jako kąt obrócenia tej linii w płaszczyźnie ***y' z'*** (lokalnie - odmierzany od osi ***z'***) lub w płaszczyźnie ***y'*** **Z** (globalnie - odmierzany od osi ***Z***),
- *grupa obciążeń*, do której jest ono przydzielone.

Uwagi: Przyjęte właściwości poszczególnych rodzajów obciążeń charakteryzują się tym, że - dla realizacji wszelkich schematów możliwych obciążeń konstrukcji - nie wymagają tworzenia węzłów.
Poszczególne obciążenia mogą być przenoszone z jednego pręta na inny lub do innej grupy oraz kopiowane.



Rys. II:14 - Rozdział obciążenia płaszczyznowego

Dla ułatwienia i uproszczenia procesu kreowania obciążeń modelu konstrukcji wprowadzono dodatkowy rodzaj obciążenia, a mianowicie **obciążenie płaszczyznowe**, które są szczególnie przydatne w przypadku takich oddziaływań jak ciężar pokrycia, parcie wiatru lub ciężar śniegu.

Ten rodzaj obciążenia jest przypisywany grupie prętów (na ogół leżących w jednej płaszczyźnie). A więc warunkiem jego kreowania jest zaznaczenie co najmniej dwóch nie współliniowych prętów modelu konstrukcji.

Kreowanie obciążenia płaszczyznowego jest ściśle powiązane z *płaszczyzną roboczą*, która określa jego orientację (kierunek działania) w globalnym układzie współrzędnych.

Obciążenie płaszczyznowe ma charakter pośredni, tzn. w momencie przejścia do trybu **Statyka** lub **Wymiarowanie** program najpierw dokonuje automatycznego rozdziału tego obciążenia na poszczególne (przypisane mu) pręty, czyli zamienia obciążenie płaszczyznowe na pojedyncze obciążenia prętowe, a następnie wykonuje obliczenia związane z analizą statyczną.

Rozdział obciążenia płaszczyznowego dokonywany jest wg tzw. "reguły rusztu", co polega na odpowiednim podziale obszaru obciążenia na wieloboki, a następnie zbieranie z nich obciążeń cząstkowych i przypisywanie do prętów grupy, **względem których są one najbliżej położone** (Rys. II:14). Operacja ta zapewnia równoważność obciążenia płaszczyznowego i wynikających z rozdziału obciążeń prętowych pod względem ich wartości, tzn. suma wartości obciążeń prętowych jest równa całkowitemu obciążeniu płaszczyznowemu. Ponadto operacja rozdziału może być dokonywana z dodatkowymi warunkami, a mianowicie:

- pionowości obciążeń prętowych niezależnie od orientacji płaszczyzny obciążenia płaszczyznowego,
- prostopadłości obciążeń prętowych do osi prętów, do których są przypisywane,
- przeliczania obciążeń prętowych na długości prętów, do których są przypisywane.

Zakres analizy statycznej i kinematycznej

Podstawy teoretyczne analizy

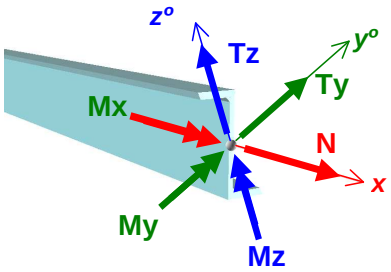
Analiza statyczna modelu konstrukcji przestrzennej oparta jest na teorii pręta prostego z możliwością uwzględniania tzw. efektów II-go rzędu (wynikających z interakcji sił osiowych i momentów zginających) i bazuje na ścisłym rozwiązaniu przemieszczeniowego równania równowagi pręta, w ramach zaimplementowanych w programie rodzajów obciążeń. Dzięki temu nie ma potrzeby tworzenia dodatkowych węzłów podyktowanej zróżnicowaniem obciążeń wzdłuż pręta. Taka idea modelowania pręta wynika z założenia, że podstawowym obiektem modelu konstrukcji przestrzennej jest element konstrukcyjny (belka, płatew, rygiel, słup itd.), a nie tzw. element skończony modelu MES. Model MES jest przez program generowany automatycznie na podstawie geometrycznych i konstrukcyjnych właściwości prętów i węzłów.

Analiza statyczna i kinematyczna poprawnie wykreowanego modelu konstrukcji polega na:

- automatycznym generowaniu modelu obliczeniowego MES,
- wyznaczeniu macierzy sztywności poszczególnych elementów modelu MES,
- dokonaniu tzw. agregacji globalnego układu przemieszczeniowych równań równowagi z uwzględnieniem wszelkich uwarunkowań mocowania prętów w węzłach (sposoby łączenia końców pręta, mimośrody konstrukcyjne),
- modyfikacji globalnego układu równań równowagi uwzględniającej podpory,
- rozwiązaniu globalnego układu równań równowagi i wyznaczeniu przemieszczeń węzłów,
- wyznaczeniu sił przekrojowych oraz deformacji w poszczególnych prętach konstrukcji.

Warunkiem pomyślnej analizy statycznej i kinematycznej modelu konstrukcji jest jego poprawność pod względem kinematycznym, a więc wzajemne połączenia prętów oraz właściwości podpór muszą zapewniać geometryczną niezmienność modelu konstrukcji.

Siły przekrojowe w przekrojach pręta



Rys. II:15 - Konwencja znakowania sił przekrojowych

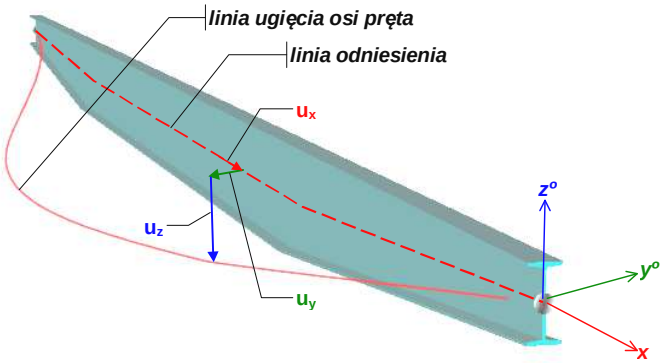
Siły wewnętrzne w przekrojach pręta wyznaczane przez program są zawsze związane z tzw. własnym układem pręta ($x\ y^o\ z^o$), gdzie osie y^o i z^o są tzw. głównymi centralnymi osiami bezwładności przekroju pręta, a oś x - osią pręta, (Rys. II:15).

Znakowanie sił przekrojowych opiera się na klasycznej konwencji wytrzymałościowej, tzn. dla przekroju o normalnej dodatniej (o zwrocie zgodnym ze zwrotem osi x - od końca A do B) siły przekrojowe, których zwroty wektorów są zgodne ze zwrotami osi są dodatnie, natomiast w przekroju o normalnej ujemnej - przeciwnie (Rys. II:15).

Deformacja pręta

Deformacja pręta (ugięcie) wynika z przemieszczeń i obrotów węzłów w układzie globalnym oraz obciążeń działających na pręt. Wyraża się przez przemieszczenia punktów osi x pręta - będących zarazem miejscem geometrycznym środków ciężkości przekrojów pręta - oraz obrotów przekrojów wokół osi własnych, a za dodatnie uważa się takie, których zwroty są zgodne ze zwrotami osi własnych pręta (Rys. II:16).

Należy przy tym mieć na uwadze, że linią odniesienia dla wartości przemieszczeń punktów osi pręta jest linia, której położenie uwzględnia również przesunięcia (względem prostej łączącej punkty węzłowe pręta) wynikające ze zmienności przekroju, zadanych mimośrodów oraz wyrównania krawędzi bryły pręta.



Rys. II:16 - Deformacja pręta

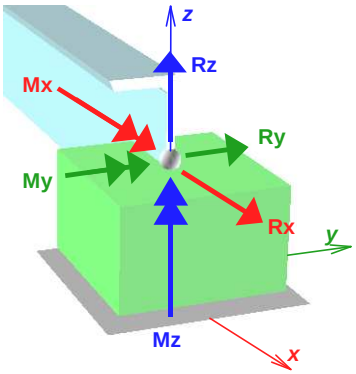
Reakcje podpór

Reakcje podpory zależą od typu podpory i wyrażają się jako siły skupione ***Rx***, ***Ry***, ***Rz*** oraz momenty skupione ***Mx***, ***My***, ***Mz*** przyłożone do węzła podpartego.

Wielkości te są związane z układem osi własnych *podstawy* podpory (x,y,z) i za dodatnie uważa się takie, których zwroty są zgodne ze zwrotami osi tego układu. Położenie osi własnych (x,y,z) względem osi układu globalnego zależy od orientacji płaszczyzny *podstawy* podpory.

Położenie węzła podporowego względem osi prętów, których węzły ***A*** lub ***B*** nominalnie pokrywają się z tym węzłem, mogą być przesunięte względem tych osi przez zadanie mimośrodów lub wyrównania brył prętów.

Spowoduje to również mimośrodowość oddziaływania reakcji podpory na końcowe przekroje prętów, a więc wywołanie dodatkowych sił przekrojowych z tego wynikających. Niezależnie od tego samym podporom można zadawać mimośrody podparcia, tzn. przesunięcia ich punktów podparcia względem węzłów, do których zostały przypisane.



Rys. II:17 - Reakcje podpory

III. UŻYTKOWANIE PROGRAMU

Uruchomienie programu

Po zainstalowaniu programu **RM-3D** w systemie Windows jest on gotowy do użytkowania na takich samych zasadach jak każda 32-bitowa aplikacja systemu Windows, a więc może być uruchamiany poprzez eksplorator systemu lub za pomocą skrótu na pulpicie, który jest tworzony w trakcie instalowania w komputerze.

Przed pierwszym uruchomieniem programu zalecane jest zapoznanie się z możliwościami zainstalowanej w komputerze karty graficznej pod kątem ich wykorzystania do usprawnienia operacji ekranowych związanych z wizualizacją modelu konstrukcji przestrzennej. Szerzej na ten temat była mowa w poprzednim rozdziale (patrz: Wymagania sprzętowe).

Ponieważ program **RM-3D** dokonuje realistycznej wizualizacji modelu konstrukcji przestrzennej z animacją obrazu w czasie rzeczywistym, co angażuje znaczną pamięć operacyjną, to przy kreowaniu konstrukcji o dużej liczbie prętów wskazane jest maksymalne zredukowanie (zamknięcie) załadowanych w systemie aplikacji.

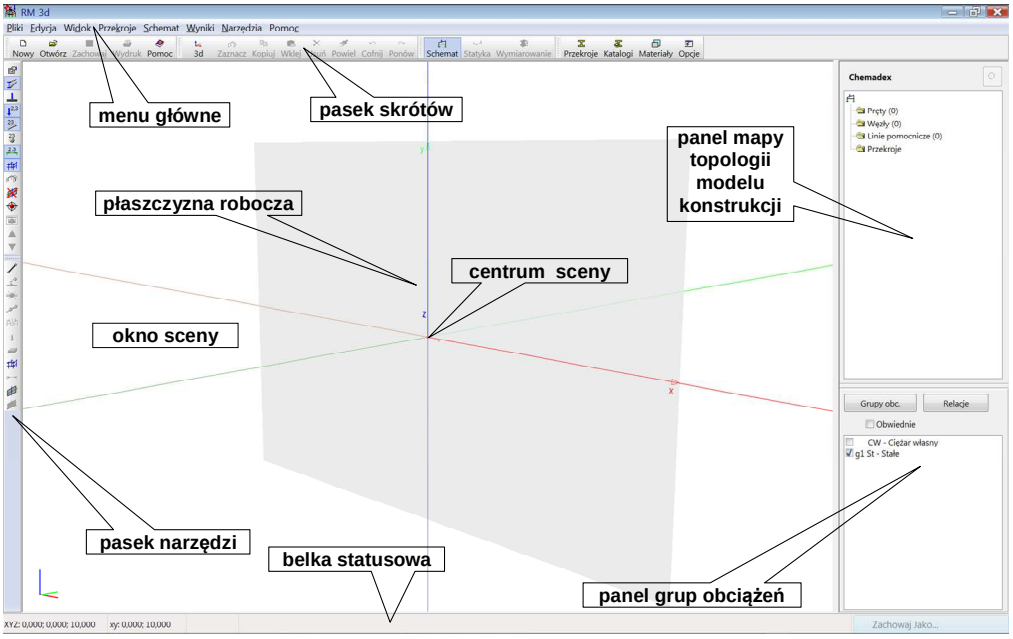
Po załadowaniu programu **RM-3D** ukazuje się jego ***okno główne*** wyposażone w elementy kontrolne (menu główne, paski narzędzi, przyciski itp.) służące do wyboru jego opcji oraz sterowania jego funkcjami.

Ogólne zasady użytkowania programu są oparte na konwencji typowej dla aplikacji systemu Windows. A więc użytkownik, który korzysta z aplikacji dla Windows, może - po zainstalowaniu programu **RM-3D** - bezpośrednio przystąpić do pracy z programem. W tym celu należy załadować program do pamięci komputera, co polega na podwójnym kliknięciu klawiszem myszy na ikonie skrótu.

Elementy sterowania opcjami i funkcjami programu

Po uruchomieniu programu na ekranie pojawia się jego okno główne, którego elementami ekranowymi służącymi do sterowania opcjami i funkcjami programu są (Rys. III:1):

- okno sceny
- menu główne
- pasek skrótów
- pasek narzędzi
- panel identyfikacji modelu konstrukcji
- panel grup obciążeń
- belka statusowa



Rys. III:1 - Okno główne programu

Okno sceny

Okno *sceny* jest kluczowym elementem ekranowym sterowania programem i służy do kreowania modelu konstrukcji, jego wizualizacji oraz prezentacji wyników obliczeń. Po uruchomieniu programu w oknie *sceny* ukazywane są osie *globalnego układu odniesienia* (***X*** - linia czerwona, ***Y*** - linia zielona i ***Z*** - linia niebieska) oraz półprzeźroczysty prostokąt reprezentujący tzw. ***płaszczyznę roboczą*** wraz z jej osiami lokalnymi (***x*** i ***y*** - w płaszczyźnie i ***z*** - prostopadła do niej, ale niewidoczna na ekranie monitora). Dla wizualnego uwydatnienia dodatnich części osi globalnych są one wyświetlane w sposób bardziej wyrazisty niż ich części ujemne, a ponadto są one dodatkowo opatrzone symbolami literowymi.

Oprócz tego na *scenie* (ulokowana dokładnie w środku jej okna) widoczna jest czerwona kulka spełniająca rolę tzw. *centrum sceny* (punkt skupienia wzroku na *scenie*, od którego zależy perspektywa, czyli aksonometryczne odwzorowanie modelu rzeczywistego na płaszczyznę ekranu monitora), a jej pozycja względem ramki okna *sceny* nie ulega zmianie.

Operacje ekranowe na oknie *sceny*:

- animacje wizualne obiektów *sceny*
- sytuowanie ***płaszczyzny roboczej***
- kreowanie *linii pomocniczych*
- kreowanie pręta
- selekcja prętów i węzłów
- kopiowanie i wklejanie struktur prętów
- opcje wizualizacji

Animacje wizualne obiektów *sceny*

Osie układu globalnego mogą być dowolnie usytuowane na *scenie*, czyli względem *centrum widzenia*, a do tego służą następujące operacje ekranowe dokonywane za pomocą myszki:

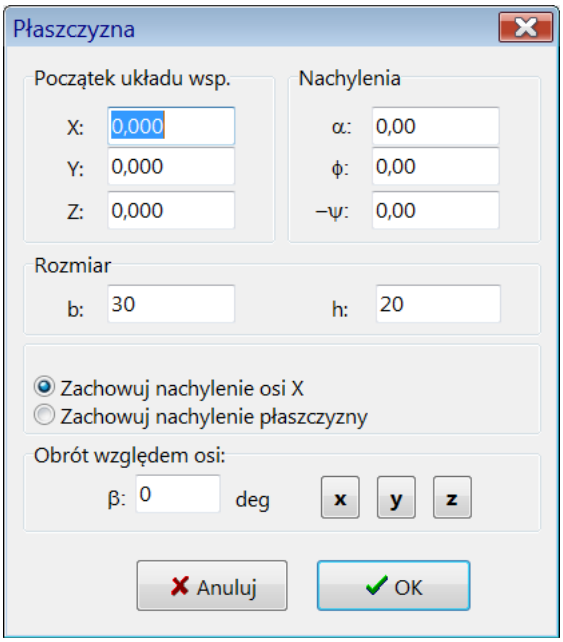
- zbliżanie/oddalanie *sceny* do/od *obserwatora* (tzw. fokus) - dokonuje się za pomocą tzw. rolki przewijania, przy czym obrót rolki "od siebie" powoduje zbliżanie *sceny*, natomiast "do siebie" - oddalanie *sceny*. Konwencja ta może być zmieniona przez użytkownika w ustawienia parametrów programu (opcja Narzędzia/Opcje).
  Alternatywą tej operacji (np. jeśli myszka nie jest wyposażona w rolkę) są odpowiednie ruchy "pionowe" kursora myszki przy wciśniętym jej prawym przycisku oraz wciśniętych klawiszach [**Shift**] i [**Ctrl**].
  Wizualnie ta operacja ekranowa nie powoduje zmiany położenia osi układu globalnego względem tzw. *centrum obserwacji*.
- zbliżanie/oddalanie *obserwatora* do/od sceny - dokonuje się za pomocą "pionowych" ruchów kursora myszki przy wciśniętej rolce myszki.
  Alternatywą tej operacji (np. jeśli myszka nie jest wyposażona w rolkę) są odpowiednie ruchy "pionowe" kursora myszki przy wciśniętym jej prawy przycisku oraz wciśniętym klawiszu [Shift].
  Wizualnie ta operacja ekranowa powoduje zmiany położenia osi układu globalnego względem tzw. *centrum obserwacji*.
- obracanie *sceny* wokół *centrum obserwacji* - dokonuje się za pomocą ruchów kursora myszki przy wciśniętym jej lewym przycisku. Ruchy "poziome" powodują obroty *sceny* wokół osi pionowej okna *sceny*, a "pionowe" - wokół osi poziomej okna *sceny*. Obie osie przechodzą przez *centrum obserwacji* (czerwoną kulkę).
- przesuwaniu *sceny* wraz z *obserwatorem* - dokonuje się za pomocą ruchów myszki z wciśniętym jej prawym przyciskiem oraz wciśniętym klawiszu [Ctrl]. Wizualny efekt tej operacji sprowadza się do tego, że *obserwator* przesuwa się w oknie *sceny* wraz globalnym układem odniesienia.
- przesuwaniu *sceny* przed *obserwatorem* - dokonuje się za pomocą ruchów myszki z wciśniętym jej prawym przyciskiem.
  Wizualny efekt tej operacji sprowadza się do tego, że globalny układ odniesienia przesuwa się w oknie *sceny* względem nieruchomego *obserwatora*.

Sytuowanie płaszczyzny roboczej

Podstawowym trybem kreowania modelu konstrukcji przestrzennej jest tryb ***płaszczyzny roboczej***, a więc wodzenie kursora początku i końca kreowanego pręta odbywa się w tej płaszczyźnie. Dzięki temu model konstrukcji przestrzennej można kreować jako kolekcję struktur płaskich. W związku z tym konieczne jest opanowanie sprawnego sytuowania ***płaszczyzny roboczej*** w globalnym układzie odniesienia. W programie umożliwiono dwa sposoby sytuowania ***płaszczyzny roboczej***:

- **sytuowanie bezpośrednie** - polega na bezpośrednim zadaniu współrzędnych położenia środka *płaszczyzny* w układzie globalnym oraz jej orientacji wzglę-

dem płaszczyzn układu globalnego, a także wymiarów prostokąta związanego z ***płaszczyzną roboczą***. Do tego służy okno dialogowe Płaszczyzna (Rys. III:2) otwierane za pomocą przycisku **paska narzędzi** lub poprzez podwójne kliknięcie w obszarze prostokąta.
Rola współrzędnych **X Y Z** oraz wymiarów **b** i **h** okna dialogowego nie wymaga komentarza. Natomiast funkcje kątów nachylenia **α**,**φ**,**ψ** płaszczyzny zależą od wyboru przełącznika określającego dodatkowy warunek jednoznaczności interpretacji geometrycznej tych kątów (patrz: Rola "płaszczyzny roboczej").
Stan "Zachowuj nachylenie osi X" sprawia, że przy obrotach **ψ** i **α** zachowywane jest nachylenie osi lokalnej **x** (związanej z płaszczyzną) względem płaszczyzny globalnej ***XY***.
Stan "Zachowuj nachylenie płaszczyzny" sprawia że, przy obrotach **α** i **φ** zachowywane jest nachylenie ***płaszczyzny roboczej*** względem globalnej osi ***Z***.



Rys. III:2 - Okno dialogowe "Płaszczyzna"

- **<u>dokowanie (osadzanie) na węzłach</u>** - polega na "oparciu" ***płaszczyzny roboczej*** na trzech węzłach modelu konstrukcji. W tym celu należy użyć narzędzia paska narzędzi trybu kreowania modelu, a następnie wskazać kursorem myszki kolejno trzy węzły modelu konstrukcji.
  Obowiązują przy tym następujące zasady: pierwszy węzeł wskazuje środek prostokąta ***płaszczyzny roboczej*** (czyli początek układu lokalnego związanego z tą płaszczyzną), drugi węzeł nadaje kierunek lokalnej osi x, a trzeci - determinuje nachylenie płaszczyzny, a zarazem kierunek osi ***y*** układu lokalnego. Operacja dokowania może być przerwana w dowolnym momencie przez naciśnięcie klawisz [Esc]. Jeśli np. zachodzi potrzeba jedynie przesunięcia środka prostokąta ***płaszczyzny roboczej*** (początku układu lokalnego) do zamierzonego

węzła, to - po wybraniu narzędzia wystarczy wskazać jeden węzeł, a następnie użyć klawisza [Esc]. Jeśli natomiast zachodzi potrzeba. aby oś ***x*** układu lokalnego pokrywała się z jakimś prętem, to - po włączeniu narzędzia należy kolejno wskazać wpierw węzeł początkowy, a następnie węzeł końcowy tego pręta i wyłączyć narzędzie dokowania ***płaszczyzny roboczej*** (klawisz [Esc]).

Kreowanie linii pomocniczych

Dla ułatwienia kreowania geometrii schematu statycznego modelu konstrukcji stworzono możliwość generowania tzw. ***linii pomocniczych*** w oknie kreowania modelu. Linie te stanowią aktywną osnowę ułatwiającą kreowanie prętów modelu konstrukcji.

Korzystanie z linii pomocniczych polega na tym, że w trakcie kreowania pręta, tzn. wodzenia kursora początku lub końca pręta ma miejsce automatyczne jego przyciąganie do linii pomocniczych lub ich punktów przecięcia, po odpowiednim zbliżeniu kursora myszy do zamierzonej *linii pomocniczej* lub punktu jej przecięcia z inną *linią pomocniczą*.

Linie pomocnicze mogą być generowane automatycznie jako zbiór wzajemnie ortogonalnych linii prostych w lokalnym układzie współrzędnych (związanych z *płaszczyzną roboczą*) za pomocą opcji Schemat/Generowanie układu/Linie pomocn. lub dodawane pojedynczo za pomocą narzędzia . Oprócz tego istnieje możliwość importowania *linii pomocniczych* z pliku DXF utworzonego za pomocą programu typu CAD do tworzenia rysunków trójwymiarowych (np. AutoCAD 3D). Pobierane *linie pomocnicze* z pliku DXF mogą być "wklejone" do aktualnie wykreowanego modelu konstrukcji przestrzennej. Kierownicą operacji importu linii pomocniczych okna kreowania modelu konstrukcji z pliku DXF jest *płaszczyzna robocza*. Oznacza to, że przed wykonaniem operacji importu należy odpowiednio określić położenie tej płaszczyzny.

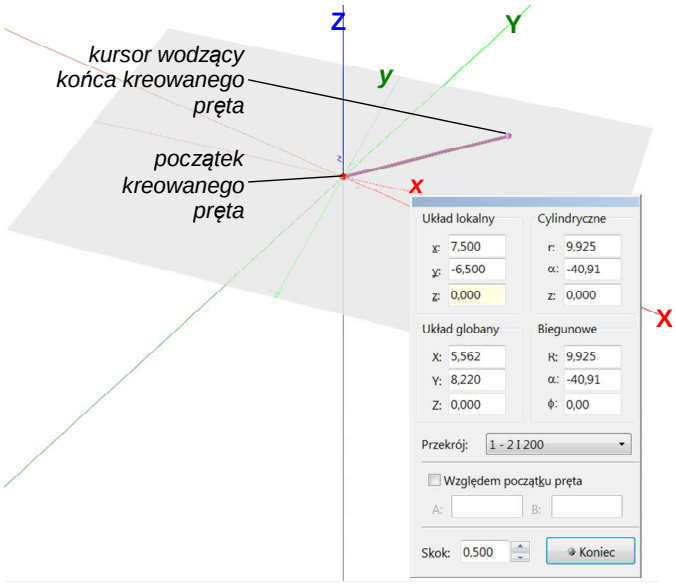
Szczegóły odnośnie ręcznego i automatycznego generowania oraz pobierania z pliku DXF *linii pomocniczych*, a także posługiwania się nimi są zawarte w systemie pomocy programu RM-3D.

Kreowanie pręta

Dokonuje się przy pomocy narzędzia paska narzędzi. Włączenie tego narzędzia powoduje przejście w tryb kreowania prętów modelu konstrukcji. Towarzyszy temu pojawienie się *okienka kreowania pręta*, które zawiera kontrolki ułatwiające pozycjonowanie kursora wodzącego początku lub końca pręta z dokładnością 1 mm rzeczywistego modelu konstrukcji.

Wodzenie kursora *węzła początkowego* lub *węzła końcowego* kreowanego pręta odbywa się po ***płaszczyźnie roboczej***, po istniejących prętach, po istniejących węzłach oraz po *liniach pomocniczych*. Wodzenie po płaszczyźnie roboczej i po prętach oraz *liniach pomocniczych* odbywa się po niewidocznych punktach przyciągania (ang. grid), których gęstość zależy od parametru Skok *okienka kreowania pręta*. W trakcie wodzenia kursora w okienku wyświetlane są współrzędne położenia kursora w różnych układach odniesienia:

- Lokalny prostokątny - związany z ***płaszczyzną roboczą***
- Lokalny cylindryczny - związany z ***płaszczyzną roboczą***
- Lokalny biegunowy - związany z ***płaszczyzną roboczą***
- Globalny prostokątny



Rys. III:3 - Kreowanie pręta

Wyboru obiektu wodzenia dokonuje się przez zbliżenie kursora myszy (mały krzyżyk) do zamierzonego obiektu (***płaszczyzny roboczej***, pręta lub węzła) i wstrzymanie na moment ruchów myszy. Wówczas - w zależności od wybranego obiektu - nastąpi przechwycenie kursora *węzła początkowego* lub *węzła końcowego* przez wybrany obiekt, a w odpowiedniej sekcji linii statusu zostanie wyświetlona informacja o obiekcie, który przechwycił kursor. Od tego momentu wodzenie kursora odbywa się po wybranym obiekcie (oczywiście z wyjątkiem, gdy obiektem tym jest istniejący węzeł).

Możliwe jest również kreowanie modelu konstrukcji w trybie alfanumerycznym, co polega na zadawaniu wartości liczbowych współrzędnych położeń kursora w *okienku kreowania pręta* i zatwierdzaniu przyciskiem "Początek/Koniec".

Włączenie włącznika Względem początku pręta sprawia, że po zatwierdzeniu początku pręta, współrzędne w układach odniesienia *okienka kreowania pręta* stają się względnymi tak, jakby doraźnie początki układu zarówno globalnego jak i lokalnego (związanego z ***płaszczyzną roboczą***) zostały przesunięte do zatwierdzonego początku pręta.

Selekcja prętów lub węzłów

Selekcja obiektów modelu konstrukcji służy do wskazania przez użytkownika pręta/węzła lub ich grup z zamiarem określenia ich właściwości.

Sposoby selekcji obiektów:

Pojedynczy pręt/węzeł - naprowadzić kursor myszki na zamierzony obiekt i kliknąć lewy przycisk lub wskazać (przez kliknięcie) zamierzony obiekt na liście *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

Grupa prętów/węzłów - Selekcja sekwencyjna. Utrzymując wciśnięty klawisz [Shift] klikać lewy przycisk na kolejnych obiektach lub zaznaczyć zamierzoną liczbę pozycji na liście *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*. W trakcie sekwencyjnej selekcji grupy obiektów obowiązuje zasada jednorodności, tzn. jeśli pierwszym obiektem selekcji jest pręt, to nie jest możliwe zaznaczanie węzłów i na odwrót.

Grupa prętów/węzłów - Selekcja za pomocą prostokąta. Przed wykonaniem tej operacji należy wskazać, które obiekty mają być zaznaczone. W tym celu należy wpierw wskazać dowolny obiekt (pręt lub węzeł). Jeśli zostanie zaznaczony węzeł, to selekcji podlegać będą węzły. W przeciwny razie - pręty.
Utrzymując wciśnięty klawisz [Shift] ogarnąć prostokątem selekcji na oknie *sceny* zamierzoną grupę prętów/węzłów. Selekcji podlegają tylko te pręty/węzły, których widok w całości zmieścił się w prostokącie selekcji. Jeśli przy selekcji prętów dodatkowo zostaje przyciśnięty klawisz [Ctrl], to selekcji podlegać będą również pręty, których osie tylko w części znajdą się w obrębie prostokąta selekcji.

Uwagi: Wyselekcjonowane obiekty są odróżniane na widoku modelu kolorem określonym w opcjach programu (patrz: *Pasek skrótów*).
W przypadku trafienia na obiekt kursora myszki w trakcie jego wodzenia następuje "zapalenie" tego obiektu na czerwono, co oznacza, że staje się aktywnym i może podlegać selekcji.
W celu odwołania selekcji wystarczy kliknąć na dowolny, wcześniej zaznaczony obiekt (węzeł lub pręt).

Kopiowanie i wklejanie struktur prętów

Funkcje "Zaznacz", "Kopiuj" i "Wklej" opcji "Schemat" - dostępne poprzez *pasek skrótów* - pozwalają na wydatne usprawnienie kreowania modelu konstrukcji. Przed użyciem funkcji "Wklej" należy wcześniej użyć funkcji "Kopiuj", która jest aktywna wówczas, gdy co najmniej jeden pręt został uprzednio wyselekcjonowany (patrz: Selekcja prętów lub węzłów).

Przy wykonaniu funkcji "Kopiuj" ważne jest położenie i orientacja ***płaszczyzny roboczej***, bowiem kopiowana (do schowka) grupa prętów jest skojarzona z tą płaszczyzną. Przed wykonaniem funkcji skrótu Wklej należy dokonać usta-

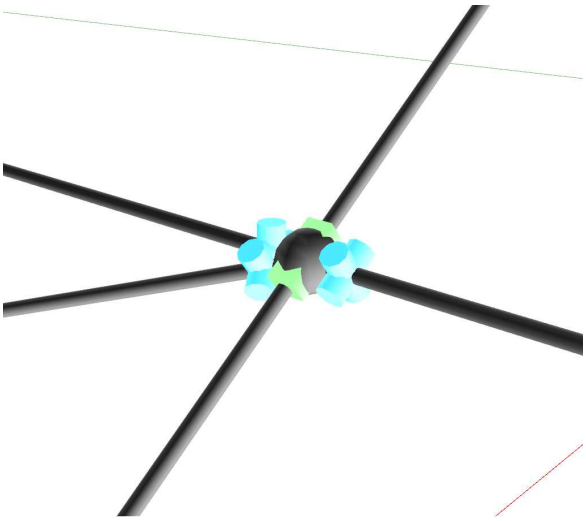
wienia ***płaszczyzny roboczej*** w taki sposób, aby "wklejenie" prętów nastąpiło w zamierzone miejsce *sceny*.

Działanie funkcji skrótu Zaznacz odnosi się zarówno do prętów jak i węzłów i jest możliwe wówczas, gdy na widoku modelu konstrukcji wyróżniony jest pręt lub węzeł przy czym efekt działania tej funkcji zależy od położenia pręta/węzła względem ***płaszczyzny roboczej***. Jeśli pręt/węzeł leży w ***płaszczyźnie roboczej***, to zaznaczone zostaną wszystkie pręty/węzły leżące w tej płaszczyźnie, w przeciwnym razie zaznaczone zostaną wszystkie pręty/węzły modelu.

Uwagi: Kojarzenie kopiowanej grupy prętów z ***płaszczyzną roboczą*** daje praktycznie nieograniczone możliwości w efektywnym kreowaniu nawet najbardziej skomplikowanego - pod względem geometrycznym - modelu konstrukcji.
Ewentualne błędy dokonane przy operacji "wklejania" mogą być szybko korygowane za pomocą funkcji skrótu Cofnij, która pozwala na przywrócenie stanu modelu sprzed operacji "wklejania", a niezamierzone wykonanie operacji Cofnij może być skorygowane za pomocą funkcji skrótu Ponów. Obie te funkcje nie są ograniczone w stopniu ich zagłębienia, tzn. obejmują całą historię zdarzeń związanych z kreowaniem modelu konstrukcji.

Opcje wizualizacji modelu konstrukcji

W zależności od doraźnych potrzeb wygląd modelu konstrukcji w oknie *sceny* może mieć różne formy:



Rys. III:4 Symbole więzów kinematycznych

Uproszczona - wszystkie pręty - niezależnie od przypisanych im przekrojom - są jednakowe i mają formę linii, której grubość może być regulowana w oknie ustawień parametrów programu.
Kolory linii mogą odpowiadać kolorom materiałów przypisa-

nych przekrojom prętów.
Ta forma wizualizacji (**kinematyczna**) jest zalecana w sytuacji większej liczby prętów, zwłaszcza gdy zachodzi potrzeba częstych animacji oraz wówczas, gdy zachodzi potrzeba weryfikacji więzów kinematycznych na końcach prętów w węzłach trwałych i warunkowych. Więzy kinematyczne są w widoku modelu reprezentowane przez specjalne symbole bryłowe (Rys. III:4). Niebieski cylinder oznacza przegub, a orientacja jego osi leży w płaszczyźnie głównej przekroju pręta. Jeśli połączenie pręta jest dwuprzegubowe, to ukazywane są dwa cylindry niebieskie. Zielony prostopadłościan symbolizuje połączenie sztywne pręta z innym prętem lub węzłem. Wielkość tych symboli jest ściśle związana z wielkością średnicy modelu pręta, która jest zadawana w zakładce Schemat okna Parametry opcji programu.

Realistyczna - wszystkie pręty przedstawiane są jako mają wygląd zbliżony do rzeczywistego z uwzględnieniem kształtu przekrojów prętów oraz koloru materiału przypisanego do przekroju pręta.
Ta forma wyglądu - przy większej liczbie prętów - na komputerze o mniejszej wydajności może znacznie spowolnić operacje ekranowe związane z animacjami modelu konstrukcji w oknie *sceny*.

Przełączenia formy wyglądu prętów dokonuje się za pomocą narzędzia paska narzędzi.

W obu formach wizualizacji możliwe jest ukrywanie części modelu konstrukcji przydatne w sytuacjach, gdy zachodzi potrzeba wyeksponowania w *oknie sceny* zamierzonej części modelu tak, aby pozostała część modelu nie przysłaniała tej pierwszej. Do operacji ukrywania służy narzędzie paska narzędzi we wszystkich trybach pracy programu, przy czym działanie tej operacji dokonuje się na dwa sposoby:

- Wyeksponowanie tej części modelu konstrukcji, która znajdzie się w obszarze ograniczonym dwiema płaszczyznami równoległymi do *płaszczyzny roboczej* i oddalonych od niej o wielkości określane w opcjach programu (patrz: III-40). Ten sposób ukrywania (odsłaniania) - przez odpowiednie ustawienie płaszczyzny roboczej i dobranie parametrów ukrywania - pozwala również na dokonywanie przekrojów poprzez model konstrukcji.
  Warunkiem realizacji tego sposobu ukrywania jest brak zaznaczenia (wyróżnienia) jakiegokolwiek pręta.
- Wyeksponowanie grupy prętów, co polega na uprzednim zaznaczeniu (wyselekcjonowaniu) zamierzonej grupy prętów, a następnie użyciu narzędzia. Jeśli żaden pręt nie został zaznaczony, wówczas operacja ukrywania dokonuje się wg sposobu pierwszego.

Menu główne

Główne menu programu zawiera następujące polecenia:

Pliki	Edycja	Widok	Przekroje	Schemat	Wyniki	Narzędzia	Pomoc
Nowe zadanie	Cofnij	Widok konstruk-cji	Lista przekrojów...	Definiowanie	Statyka	Właściwości	Pomoc kontekstowa
Otwórz	Ponów	Numeracja prętów	Katalogi ...	Lista obcią-żeń	Wymiarowanie	Kopiuj zawar-tość okna	O progra-mie ...
Zachowaj	Kopiuj	Numeracja węzłów	Materiały ...	Grupy obciążeń	Obliczeniowe	Komunikaty	
Zachowaj jako ...	Wklej	Widok ob-ciążeń		Zestawienia obciążeń	Obc. długotrwałe	Opcje ...	
Import zadania 2D	Usuń	Wartości		Relacje ob-ciążeń	Teoria II-go rzędu		
Import prętów z DXF	Zaznacz wszystko	Linie wy-miarowe		Korekta poło-żenia węzłów	Obwiednie		
Import linii po-mocn. z DXF	Znajdź	Linie po-mocnicze		Generowanie układu ...			
Import prętów z Dietrichs		Ukryj płaszczy-znę					
Wydruk		Ukryj po-zostałe					
Własności zadania		Płaskie przyciski narzędzi					
Wyjście		Obracanie					
		Ustawie-nia widoku					

Tabela 1 - Struktura menu głównego programu RM-3D

Opis opcji programu

Pliki

Opcja Pliki menu głównego grupuje wszystkie funkcje i polecenia programu związane z archiwizacją oraz dokumentowaniem zadań.

W celu zarządzania zadaniami archiwalnymi przyjęto dwupoziomową strukturę katalogów do ich archiwizacji. Pierwszy poziom zawiera katalogi tzw. *projektów*, których nazwy określane są przez użytkownika. Drugi poziom stanowią pliki poszczególnych zadań tworzonych w ramach danego *projektu*. Domyślnie - po zainstalowaniu programu **RM-3D** - pierwszy poziom archiwizacji stanowi katalog o nazwie PROJEKTY, który jest tworzony w katalogu (folderze) aplikacji o lokalizacji wskazanej przez użytkownika w trakcie jej instalowania w komputerze (domyślnie: C:\CADSIS 3D\RM-3D).

Nowe zadanie Rozpoczęcie pracy nad nowym zadaniem. Domyślnie program po załadowaniu gotowy jest do rozpoczęcia pracy nad nowym zadaniem, przy czym bieżącym katalogiem *projektu* jest katalog, do którego zapisano lub odczytano zadanie w poprzedniej sesji z programem **RM-3D**. W trakcie pracy z programem - w dowolnym momencie - można rozpocząć pracę nad nowym zadaniem. Wybranie tej opcji powoduje usunięcie z pamięci danych aktualnego zadania i załadowanie domyślnej listy przekro-

jów zadania. Jeśli aktualne zadanie nie zostało wcześniej zapisane, to pojawi się stosowny komunikat ostrzegawczy.
Alternatywą dla tej pozycji menu są: skrót klawiaturowy - [Ctrl]+[N] lub przycisk *paska skrótów* - Nowy.

Otwórz ... Załadowanie zadania z katalogu aktualnego *projektu*. W trakcie pracy z programem, w dowolnym momencie, można pobrać z katalogu aktualnego *projektu* zadanie archiwalne. Wybranie tej opcji powoduje usunięcie z pamięci danych aktualnego zadania i załadowanie do pamięci komputera danych zadania pobranego. Jeśli aktualne zadanie nie zostało wcześniej zapisane, to pojawi się stosowny komunikat ostrzegawczy.
Alternatywą dla tej pozycji menu są: skrót klawiaturowy - [Ctrl]+[O] lub przycisk *paska skrótów* - Otwórz.
Jeśli zadanie zostało wcześniej zapisane wraz z wynikami obliczeń, to w momencie jego otwierania możliwe jest pobranie do pamięci tych wyników, dzięki czemu - po przejściu do trybu Statyka lub Wymiarowanie - nie będzie potrzeby wykonania obliczeń dla wyznaczenia wielkości statycznych i kinematycznych. W tym celu należy włączyć włącznik Wyniki w oknie dialogowym **Otwieranie**.

Zachowaj ... Zapis danych zadania do katalogu aktualnego *projektu*. Każde zadanie zapisywane jest w postaci pliku dyskowych o nazwie zadanej przez użytkownika, a program automatycznie nadaje temu plikowi rozszerzenie "rm3". Zapis zadania dokonywany jest pod aktualną jego nazwą i w katalogu bieżącego *projektu*. Jeśli aktualnemu zadaniu nie nadano wcześniej nazwy, to przy próbie zapisu program zażąda od użytkownika podania jego nazwy.
Alternatywą dla tej pozycji menu są: skrót klawiaturowy - [Ctrl]+[S] lub przycisk *paska skrótów* - Zachowaj.

Zachowaj jako ... Tak jak dla opcji Zachowaj lecz z możliwością zmiany nazwy zadania lub katalogu *projektu*.

Import zadania 2D ... Pobranie z pamięci zewnętrznej (dysku) zadania utworzonego za pomocą programu RM-WIN. Schemat pobieranego zadania może być "wklejony" do aktualnie wykreowanego modelu konstrukcji przestrzennej i zawsze jest "wklejane" w ***płaszczyznę roboczą***, a więc przed wykonaniem tego polecenia należy dokonać zamierzonego ustawienia tej płaszczyzny.

Import prętów z DXF ... Pobranie z pamięci zewnętrznej (dysku) schematu modelu konstrukcji utworzonego za pomocą programu typu CAD w wersji trójwymiarowej (np. AutoCAD 3D) i zapisanego w tym programie w formacie DXF.

Pobierany schemat może być "wklejony" do aktualnie wykreowanego modelu konstrukcji przestrzennej. Kierownicą operacji Importu schematu modelu konstrukcji z pliku **DXF** jest *płaszczyzna robocza*. Oznacza to, że przed wykonaniem operacji importu należy odpowiednio określić położenie tej płaszczyzny.

Import linii pomocn. z DXF ... Pobranie z pamięci zewnętrznej (dysku) *linii pomocniczych* utworzonych za pomocą programu typu CAD w wersji trójwymiarowej (np. AutoCAD 3D) i zapisanego w tym programie w formacie DXF.
Pobierane linie pomocnicze mogą być "wklejone" do aktualnie wykreowanego modelu konstrukcji przestrzennej. Kierownicą operacji importu linii pomocniczych okna kreowania modelu konstrukcji z pliku **DXF** jest *płaszczyzna robocza*. Oznacza to, że przed wykonaniem operacji importu należy odpowiednio określić położenie tej płaszczyzny.

Import prętów z Dietrichs ... Import schematu konstrukcji drewnianej z pliku (o rozszerzeniu „gbd”) utworzonego w systemie o nazwie Dietrich’s służącym do projektowania konstrukcji drewnianych. Polecenie to jest dedykowane użytkownikom tego systemu i pozwala na automatyczne wygenerowanie obliczeniowego schematu statycznego zaprojektowanej w tym systemie konstrukcji drewnianej.

Wydruk ... Wydruk dokumentacji zadania. Opcja wyposażona w szereg przełączników i parametrów umożliwiających selektywne sporządzenie dokumentu zadania. Wydruk sporządzany jest na papierze formatu A-4 i ma formę tabelaryczno-graficzną, a drukowane rysunki mogą być skalowane.
Alternatywą tej opcji jest kombinacja klawiszy [Ctrl]+[P] lub przycisk *paska skrótów* - Wydruk.

Własności zadania ... Otwarcie okna dialogowego "Własności", które zawiera tzw. metrykę zadania oraz pola informacyjne podstawowych cech zadania (masa, liczba prętów, liczba węzłów, wymiary gabarytowe modelu konstrukcji).

Wyjście Zakończenie pracy z programem (zamknięcie aplikacji).

Edycja

Cofnij Cofnięcie ostatnio wykonanych operacji związanych z kreowaniem modelu konstrukcji. Alternatywą polecenia są: skrót klawiaturowy - [Alt]+[BkSp] lub przycisk *paska skrótów* Cofnij.

Ponów Ponowienie uprzednio cofniętych operacji związanych z kreowaniem modelu konstrukcji. Alternatywą polecenia są: skrót klawiaturowy - [Shift]+[Alt]+[BkSp] lub przycisk *paska skrótów* Ponów.

Kopiuj Kopiowanie do schowka wyselekcjonowanej struktury prętów z zamiarem jej "wklejenia". Alternatywą polecenia jest kombinacja klawiszy [Ctrl]+[C] lub przycisk paska skrótów Kopiuj.

Wklej Wklejanie uprzednio skopiowanej do schowka wyselekcjonowanej struktury prętów w określoną pozycję kreowanego schematu konstrukcji. Alternatywą polecenia jest kombinacja klawiszy [Ctrl]+[V] lub przycisk paska skrótów Wklej.

Usuń Usunięcie wyselekcjonowanej (zaznaczonej) struktury prętowej lub obciążeń z modelu konstrukcji. Alternatywą polecenia jest klawisz [Del].

Zaznacz wszystko Zaznaczenie prętów lub węzłów z modelu konstrukcji. Alternatywą polecenia jest kombinacja klawiszy [Ctrl]+[A] lub przycisk paska skrótów Zaznacz.
Operacja Zaznacz wszystko działa alternatywnie. Jeśli przed jej wykonaniem został zaznaczony pręt lub węzeł leżący w ***płaszczyźnie roboczej***, to zaznaczeniu podlegają wszystkie pręty lub węzły leżące w tej płaszczyźnie. W przeciwnym razie zaznaczane są pręty lub węzły całego modelu konstrukcji.

Znajdź Funkcja ustalania położenia (odnajdywania) pręta lub węzła w modelu konstrukcji na podstawie jego numeru. Alternatywą polecenia jest kombinacja klawiszy [Ctrl]+[F].
Po pomyślnym wykonaniu wyszukiwania widok modelu konstrukcji zostanie wyświetlony w taki sposób, że poszukiwany obiekt (pręt lub węzeł) będzie zajmował pozycję w centrum okna *sceny* i zostanie wyróżniony kolorem wyróżnienia.

W i d o k

Widok konstrukcji Włączanie i wyłączanie widoku realistycznego modelu konstrukcji w oknie *sceny*. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*.
Realistyczny widok modelu konstrukcji służy przede wszystkim do weryfikacji poprawności przydzielenia przekrojów do prętów, orientacji brył prętów w modelu oraz ich właściwości związanych z wzajemnych powiązań w węzłach.

Numeracja prętów Gaszenie i wyświetlanie numerów prętów na widoku modelu konstrukcji. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*. Wielkość czcionki dla cyfr numerów prętów może być określana przez użytkownika w opcjach programu (Patrz: skrót Opcje).

Numeracja węzłów Gaszenie i wyświetlanie numerów węzłów na widoku modelu konstrukcji. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska*

narzędzi. Wielkość czcionki dla cyfr numerów węzłów może być określana przez użytkownika w opcjach programu (Patrz: skrót Opcje).

Widok obciążeń Gaszenie i wyświetlanie symboli obciążeń na widoku modelu konstrukcji. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*.

Wartości Gaszenie i wyświetlanie wartości obciążeń na widoku modelu konstrukcji w trybie schemat lub wartości rzędnych wykresów wyników obliczeń w trybach Statyka i Wymiarowanie. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*.

Linie wymiarowe Gaszenie i wyświetlanie linii wymiarowych na widoku modelu konstrukcji, które zostały uprzednio naniesione przez użytkownika za pomocą narzędzi *paska narzędzi*. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*.

Linie pomocnicze Gaszenie i wyświetlanie linii pomocniczych na widoku modelu konstrukcji, które zostały uprzednio naniesione przez użytkownika za pomocą narzędzia *paska narzędzi* lub wygenerowane za pomocą opcji Schemat/Generowanie układu/Linie pomocnicze albo zaimportowane z pliku DXF za pomocą opcji Schemat/Import Linii pomocniczych. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi*.

Ukryj płaszczyznę Gaszenie i wyświetlanie płaszczyzny roboczej w *oknie sceny* w trybie Schemat. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi* tego trybu.

Ukryj schemat Ukrywanie i ukazywanie modelu konstrukcji w *oknie sceny* w trybach Statyka i Wymiarowanie. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi* tych trybów.

Ukryj pozostałe Ukrywanie i ukazywanie części modelu konstrukcji w *oknie sceny*. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska narzędzi* tych trybów.

Ustawienia widoku Otwieranie okna dialogowego **Ustawienia widoku** pozwalającego na bezpośrednie zadawanie współrzędnych obserwatora oraz punktu obserwacji w oknie sceny.

Przekroje

Lista przekrojów ... Otwarcie okna dialogowego Lista przekrojów służącego do przygotowania listy przekrojów zadania, które są następnie przypisywane są prętom modelu konstrukcji w oknie właściwości prętów.

Opcja ta umożliwia edycję przekrojów użytkownika (jedno- lub wielokształtownikowych, jednorodnych materiałowo lub wielomateriałowych, tzw. zespolonych) oraz tzw. przekrojów wielogałęziowych stosowanych w konstrukcjach stalowych i drewnianych. Każdy przekrój kreowany przez użytkownika może składać się z dowolnej liczby kształtowników i dowolnie usytuowanych względem siebie. Kształtowniki mogą być pobierane z gotowych katalogów normowych (walcowane, gięte i spawane) lub definiowane przez użytkownika.
Alternatywą tej opcji jest przycisk *paska skrótów* - Przekroje.

Katalogi ... Otwarcie okna dialogowego Katalogi umożliwiającego obsługę katalogów znormalizowanych kształtowników stalowych.

Materiały ... Otwarcie okna dialogowego Lista materiałów umożliwiającego obsługę biblioteki materiałów, która zawiera charakterystykę mechaniczną oraz normową materiałów przypisywanych kształtownikom przekrojów.
Alternatywą tej opcji jest przycisk *paska skrótów* - Materiały.

Schemat

Definiowanie Przejście do trybu kreowania modelu konstrukcji w oknie *sceny*. Alternatywą tej operacji jest przycisk *paska skrótów* - Schemat. Z tym trybem działania programu związany jest odpowiedni zestaw narzędzi ładowany przez program do *paska narzędzi*.

Lista obciążeń Otwarcie okna listy obciążeń zawierającej wielokolumnową tabelę właściwości poszczególnych obciążeń, która stanowi alternatywny sposób selekcji obciążeń oraz dostęp do ich właściwości.

Grupy obciążeń Otwarcie okna dialogowego Grupy obciążeń służącego do kreowania grup obciążeń i deklarowania ich właściwości pod kątem zasad ustanowionych w polskich normach obciążeniowych, tzn.:
- określenie rodzaju obciążenia (*stałe, zmienne, wyjątkowe*),
- określenie jego znaczenia ze względu na kombinację obciążeń,
- zadawanie odpowiednich wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa,
- zadawanie współczynników określających długotrwałą część obciążeń zmiennych.

Oprócz tego możliwe jest nadawanie symboli i nazw poszczególnym grupom obciążeń dla potrzeb ich identyfikacji na dokumentach.

Relacje Otwarcie okna dialogowego Relacje grup obciążeń służącego do określania warunków dla grup obciążeń pod kątem procedury generowania obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych na podstawie realnych kombinacji grup obciążeń.

Zestawienie obciążeń Otwarcie okna dialogowego Zestawienie obciążeń służącego do kreowania zestawienia obciążeń na podstawie norm obciążeniowych PN-82/B-02001, PN-82/B-02002, PN-82/B-02003, PN-80/B-02010 i PN-77/B-02011. Funkcja kreowania zestawienia obciążeń jest realizowana przez opcjonalny moduł RM-OBC, a szczegóły jego użytkowania są zawarte w instrukcji użytkowania tego modułu.

Korekta położenia węzłów ... Otwieranie okna dialogowego Dociągnięcie węzłów służącym do określania warunków (parametrów korekcji) dla procedury dokonującej korekty położenia węzłów modelu konstrukcji. Ta usługa programu może być pomocna lub wręcz konieczna w sytuacji, gdy – na skutek licznych modyfikacji geometrii schematu modelu konstrukcji – nastąpi pokrycie się węzłów lub ich takie zbliżenie, że zachodzi niejednoznaczność modelu konstrukcji.

Generowanie układu ... Uruchamianie generatorów automatycznego kreowania typowych struktur prętowych:

Rama 3D Generator przestrzennych układów ramowych o prostokątnym układzie prętów (słupów i rygli).

Hala Generator konstrukcji nośnej hali o ramach portalowych połączonych płatwiami.

Kratownica Generatory kratownic płaskich o typowych skratowaniach.

Żebra/Krokwie Generator grupy prętów, które regularnie wypełniają zamknięty (istniejącymi prętami) kontur. Przydatny przy kreowaniu żeber rusztów oraz krokwi więźb dachowych.

Linie pomocnicze Generator linii pomocniczych lub konstrukcyjnych w oknie kreowania geometrii schematu modelu konstrukcji

W y n i k i

Statyka Przejście do trybu prezentacji wyników obliczeń modelu konstrukcji w oknie *sceny*. Alternatywą tej operacji jest przycisk *paska skrótów* - Wyniki. Z tym trybem działania programu związany jest odpowiedni zestaw narzędzi ładowany do *paska narzędzi*.

Wymiarowanie Przejście do trybu wymiarowania prętów modelu konstrukcji w oknie *sceny*. Alternatywą tej operacji jest przycisk *paska skrótów* - Wymiarowanie. Z tym trybem działania programu związany jest odpowiedni zestaw narzędzi ładowany do *paska narzędzi*.

Przekaż reakcje Polecenie służące do wygenerowania pliku o nazwie **reakcje.bin**, z którego możliwe jest zaimportowanie wartości reakcji jako obciążeń fundamentów w programie FD-Win przeznaczonym do analizy posadowienia konstrukcji na fundamentach bezpośrednich Iławy, stopy).
Plik **reakcje.bin** jest tworzony w folderze roboczym, w którym zostały zainstalowane nasze programy (domyślnie o nazwie **CADSIS**). Opcja importu reakcji jako obciążeń fundamentu projektowanego w programie FD-Win sprawdza obecność tego pliku i dokonuje jego otwarcia oraz pobrania zapisanych w nim wartości do tabeli obciążeń fundamentu.

Kombinacje Polecenie umożliwiające dokonanie przez użytkownika wyboru sposobu tworzenia kombinatoryki grup obciążeń stosownie do wybranej normy związanej w wymiarowaniem. Do wyboru są następujące opcje:

- **Auto** - ustawienie to sprawia, że użytkownik pozwala, aby program sam dokonał wyboru normy, wg której ma być realizowana przez program kombinatoryka grup obciążeń. Jeśli co najmniej jeden pręt modelu konstrukcji ma przekrój któremu przypisano materiał z grupy Stal PN-EN, to kombinatoryka będzie wykonana zgodnie z **PN-EN 1990**. W przeciwnym razie kombinatoryka będzie realizowana zgodnie z PN-82/B-02000.
- **PN-82/B-02000** – wybór tego przełącznika sprawi, że kombinatoryka grup obciążeń będzie realizowana zgodnie z zasadami określonymi w **PN-82/B-02000** - niezależnie od tego z jakiej grupy materiałowej przypisano materiały przekrojom prętów.
- **PN-EN 1990** – wybór tego przełącznika sprawi, że kombinatoryka grup obciążeń będzie realizowana zgodnie z zasadami określonymi w **PN-EN 1990** - niezależnie od tego z jakiej grupy materiałowej przypisano materiały przekrojom prętów.

Obliczeniowe Włącznik wykonania obliczeń dla obliczeniowych wartości obciążeń. Jego wyłączenie sprawia, że wyznaczone przez program wielkości przekrojowe oraz deformacje prętów odpowiadają obliczeniowym wartościom obciążeń, tzn. z uwzględnieniem wszystkich normowych współczynników obciążeniowych nadanych poszczególnym obciążeniom.

Charakterystyczne Włącznik wykonania obliczeń dla charakterystycznych wartości obciążeń. Jego wyłączenie sprawia, że wyznaczone przez program wielkości przekrojowe oraz deformacje prętów odpowiadają charakterystycznym wartościom obciążeń, tzn. z pominięciem wszystkich normowych współczynników obcią-

żeniowych nadanych poszczególnym obciążeniom.

Długotrwałe Włącznik wykonania obliczeń dla obciążeń długotrwałych. Jego wyłączenie powoduje uwzględnianie w obliczeniach statycznych obciążeń stałych oraz obciążeń zmiennych w części wynikającej z pomnożenia ich wartości przez zadany współczynnik części długotrwałej obciążeń. Obciążenia wyjątkowe są pomijane.
Ta opcja prezentacji wyników obliczeń obowiązuje w sytuacji gdy obliczenia zostały wykonane wg zasad **PN-82/B-02000**.

Quasi-stałe Włącznik wykonania obliczeń dla kombinacji obciążeń określanych w **PN-EN 1990** jako quasi-stałe.
Przełącznik ten jest aktywny jeśli co najmniej jeden ze współczynników ψ_0, ψ_1 lub ψ_2 którejkolwiek z grup obciążeń zmiennych jest mniejszy od **1**
Ta opcja prezentacji wyników obliczeń obowiązuje w sytuacji, gdy obliczenia zostały wykonane wg zasad **PN-EN 1990**.

Częste Włącznik wykonania obliczeń dla kombinacji obciążeń określanych w **PN-EN 1990** jako częste.
Przełącznik ten jest aktywny jeśli co najmniej jeden ze współczynników ψ_0, ψ_1 lub ψ_2 którejkolwiek z grup obciążeń zmiennych jest mniejszy od **1**
Ta opcja prezentacji wyników obliczeń obowiązuje w sytuacji, gdy obliczenia zostały wykonane wg zasad **PN-EN 1990**.

Teoria II-go rzędu Włącznik wykonania analizy statycznej z uwzględnieniem tzw. efektów II-go rzędu (teoria II-go rzędu), tzn. wpływu sił osiowych na zginanie prętów.

Obwiednie Włącznik wykonania analizy statycznej dla wyznaczenia obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych, czyli wykonania obliczeń dla wszystkich realnych kombinacji grup obciążeń.

Narzędzia

Własności Otwarcie okienka dla właściwości - odpowiedniego do aktualnego trybu pracy programu. Zarówno w trybie kreowania modelu konstrukcji jak i prezentacji wyników obliczeń okienko właściwości zależy od zaznaczonego obiektu modelu konstrukcji (pręt lub węzeł).

Kopiuj zawartość okna Umieszczenie w schowku systemu Windows obrazu w postaci mapy bitowej zawartego w oknie głównym programu z myślą importu tego obrazu jako rysunku do dokumentu tworzonego w edytorze zdolnym do takich operacji.

Komunikaty Polecenie wyświetlenia okna komunikatów o błędach jakie mogą wystąpić w trakcie sprawdzania przez program poprawności modelu obliczeniowego konstrukcji. Lista ewentualnych

komunikatów jest zapamiętywana w pliku tekstowym o nazwie **komunikaty.log** w folderze określonym w zakładce Foldery dyskowe okna Parametry jako Folder roboczy (domyślnie CADSIS). Każda pozycja tej listy zawiera: datę i godzinę zdarzenia, nazwę pliku zadania (projektu) oraz treść komunikatu.

Opcje — Otwarcie okna dialogowego Parametry służącego do określania parametrów domyślnych programu **RM-3D**. Mają one charakter globalny, a od ich ustawienia zależy działanie niektórych opcji i funkcji programu. Alternatywą tego polecenia jest przycisk *paska skrótów* - Opcje.

Pomoc

Spis treści — Wywołanie systemu pomocy dla programu **RM-3D** i ukazanie spisu treści, co można osiągnąć również przez użycie kombinacji klawiszy [Shift]+[F1].

Pomoc kontekstowa — Wywołanie systemu pomocy dla programu **RM-3D** i ukazanie tematu bezpośrednio związanego z aktywną opcją aplikacji, co można osiągnąć również przez użycie klawisza [F1].

Informacje systemu pomocy dla programu **RM-3D** są udostępniane przez system pomocy środowiska Windows. Opis posługiwania się opcjami i funkcjami tego systemu jest osiągalny przez użycie klawisza [F1] w momencie wyświetlania informacji systemu pomocy dla programu **RM-3D**. Warunkiem poprawnego działania systemu pomocy jest obecność pliku **rm-3d.chm** w katalogu programu **RM-3D**.

O Programie ... — Wyświetlenie okna informacyjnego o wersji programu, jego autorach oraz danych o użytkowniku.

Pasek skrótów

Zawiera następujące przyciski:

- zwolnienie pamięci komputera dla rozpoczęcia pracy nad nowym zadaniem.

- otwarcie archiwalnego zadania z *katalogu projektu*.

- zapis aktualnego zadnia do bieżącego *katalogu projektu*.

- otwarcia okna dialogowego parametrów podglądu i wydruku dokumentu.

- otwarcie okna pomocy kontekstowej.

- przełączanie pomiędzy perspektywą, a aksonometrycznymi rzutami modelu konstrukcji na płaszczyzny globalnego układu współrzędnych w *oknie sceny*. Przełączanie dokonuje się sekwencyjnie, tzn. kolejne

użycie skrótu zmienia widok modelu konstrukcji w kolejności: perspektywa → rzut na płaszczyznę XY → rzut na płaszczyznę XZ → rzut na płaszczyznę YZ → rzut na *płaszczyznę roboczą* → perspektywa.

- selekcja wszystkich prętów lub węzłów modelu konstrukcji. Polecenie jest aktywne wówczas, gdy został wyróżniony pręt lub węzeł. Jeśli przed wykonaniem polecenia został wyróżniony pręt leżący w ***płaszczyźnie roboczej***, to selekcja obejmuje tylko pręty leżące w ***płaszczyźnie roboczej***. Takie same zasady obowiązują przy selekcji węzłów.

- kopiowanie do schowka wyselekcjonowanej (zaznaczonej) grupy prętów z zamiarem ich wklejania do modelu konstrukcji. Wraz z kopiowaną grupą prętów zapamiętywane jest położenie ***płaszczyzny roboczej***, która stanowi "kierownicę" dla skopiowanej grupy prętów. Bowiem "wklejanie" kopii odbywa się zawsze względem ***płaszczyzny roboczej***. A więc przez kopiowaniem wskazane jest rozważenie ewentualnej zmiany położenia ***płaszczyzny roboczej*** pod kątem planowanego "wklejenia" kopii do modelu konstrukcji.

- "wklejanie" ze schowka grupy prętów do modelu konstrukcji. Przed dokonaniem "wklejenia" kopii grupy prętów ze schowka należy dokonać odpowiedniego ustawienia ***płaszczyzny roboczej*** tak, aby "wklejenie" nastąpiło w zamierzone miejsce modelu.

- usunięcie zaznaczonego pręta/obciążenia lub wyselekcjonowanej grupy prętów/obciążeń z modelu konstrukcji.

- włączenie lub wyłączenie trybu powielania właściwości na pręty lub węzły. Przycisk skrótu staje się aktywny po zaznaczeniu (wskazaniu) dowolnego pręta lub węzła, co oznacza, że operacja powielania będzie towarzyszyć kopiowanie właściwości zaznaczonego pręta lub węzła na inne pręty lub węzły.

- cofnięcie ostatniej operacji dokonanej na modelu konstrukcji. Każde następne użycie tego przycisku cofa stan modelu o kolejną operację wstecz. Liczba możliwych cofnięć zależy od sekwencji wcześniej dokonanych zmian na modelu konstrukcji.

- ponowienie ostatnio cofniętej operacji na modelu konstrukcji.

- przejście do trybu edycji (kreowania) modelu konstrukcji.

- przejście do trybu wyników analizy statycznej modelu konstrukcji.

- przejście do trybu wymiarowania prętów wg norm,

- otwarcie okna dialogowego edycji ***listy przekrojów***.

- otwarcie okna dialogowego edycji ***listy materiałów***.

Opcje - otwarcie okna dialogowego ustawiania ***opcji programu***.

Paski narzędzi

Z trybami kreowania Schemat i prezentacji wyników obliczeń Statyka związane są paski narzędzi do wykonania różnych akcji programu.

Grupa narzędzi dla wszystkich trybów okna *sceny*:

- akcja wyświetlania okienka właściwości, którego zawartość zależy od kontekstu kreowania lub prezentacji wyników obliczeń.
- akcja włączania / wyłączania widoku konstrukcji.
- akcja ukazywania i ukrywania numeracji prętów.
- akcja ukazywania i ukrywania numeracji węzłów.
- akcja ukazywania i ukrywania widoku obciążeń.
- akcja ukazywania i ukrywania wartości liczbowych obciążeń.
- akcja ukazywania i ukrywania wymiarowych.
- akcja ukazywania i ukrywania linii pomocniczych.
- akcja ukazywania i ukrywania części modelu konstrukcji.
- akcja kopiowania zawartości okna *sceny* do schowka.
- akcja zwiększania skali symboli graficznych *sceny*:
  w trybie Schemat - aktywnych obciążeń na modelu konstrukcji. Przyjęto zasadę, że operacji tej podlegają zawsze obciążenia tego samego co do wymiaru fizycznego, a wyboru dokonuje się przez uaktywnienie reprezentanta zamierzonego rodzaju obciążenia.
  w trybach Statyka i Wymiarowanie - wykresów wyświetlanych rodzajów wyników.
- akcja zmniejszania skali symboli graficznych *sceny*:
  w trybie Schemat - aktywnych obciążeń na modelu konstrukcji. Przyjęto zasadę, że operacji tej podlegają zawsze obciążenia tego samego co do wymiaru fizycznego, a wyboru dokonuje się przez uaktywnienie reprezentanta zamierzonego rodzaju obciążenia.
  w trybach Statyka i Wymiarowanie - wykresów wyświetlanych rodzajów wyników.
- akcja automatycznego umieszczania widoku modelu całej konstrukcji lub jej wyselekcjonowanego fragmentu w środku okna *sceny*.
  Jeśli przed wykonaniem akcji nie został zaznaczony żaden obiekt *sceny*, to program wyznacza środek aktualnego widoku modelu, a następnie przenosi całość tak, że ten środek pokryje się z *centrum sceny* (czerwona kulka). Jeśli natomiast dokonana została wcześniej selekcja grupy obiektów (prętów, węzłów), to bazą wyznaczania środka jest tylko ta grupa.

Grupa narzędzi w trybie Schemat:

- akcja wyświetlania i gaszenia ***płaszczyzny roboczej***.

- akcja przejścia do **kreowania pręta** w modelu konstrukcji.
- akcja wstawiania węzłów (podział zaznaczonego pręta lub grupy prętów). Przed wykonaniem tej akcji należy zaznaczyć co najmniej jeden pręt.
- akcja usuwania węzła (scalania współliniowych prętów). Przed wykonaniem tej akcji należy zaznaczyć pręty, które mają być scalone (przekształcone w jeden pręt). Scalane pręty muszą być współliniowe i mieć ten sam rodzaj przekroju,
- akcja otwarcia okna dialogowego Wydłużanie pręta, co umożliwia dokonanie operacji wydłużenia lub skrócenia pręta (od końca ***A*** lub ***B*** i wzdłuż jego osi) o zadaną wielkość ΔL - mierzoną wzdłuż osi pręta lub Δx - zadawaną jako rzut wielkości wydłużenia lub skrócenia pręta na oś ***x*** płaszczyzny roboczej przy jej aktualnym położeniu.
- akcja dodania nowego obciążenia prętowego do zaznaczonych prętów.
- akcja dodania nowego obciążenia płaszczyznowego dla zaznaczonych prętów.
- akcja otwarcia okna generatora linii pomocniczych.
- akcja symetryzacji modelu konstrukcji. Przed jej wykonaniem należy zaznaczyć pręty, które mają podlegać symetryzacji oraz ustawić ***płaszczyznę roboczą*** jako płaszczyznę symetryzacji. Wykonanie tej operacji polega na powieleniu zaznaczonych prętów - leżących po jednej stronie ***płaszczyzny roboczej*** - po przeciwnej stronie jako ich odbicie lustrzane.
- akcja naniesienia linii wymiarowych pomiędzy zaznaczonymi węzłami - kierunek wzdłuż osi ***x płaszczyzny roboczej***.
- akcja naniesienia linii wymiarowych pomiędzy zaznaczonymi węzłami - kierunek wzdłuż osi ***y płaszczyzny roboczej***.
- akcja naniesienia linii wymiarowych pomiędzy zaznaczonymi węzłami - kierunek linii określają węzły.
- akcja otwarcia okna dialogowego sytuowania ***płaszczyzny roboczej***.
- akcja rozpoczęcia operacji dokowania ***płaszczyzny roboczej*** na węzłach modelu konstrukcji

Grupa narzędzi w trybach Statyka i Wymiarowanie:

- akcja ukrywania i wyświetlania wartości liczbowych na wykresach sił przekrojowych na modelu konstrukcji *w oknie sceny*. Ukrycie tych obiektów wpływa na przyśpieszenie operacji ekranowych związanych z animacją modelu konstrukcji.
- akcja "ukryj schemat", czyli wyświetlanie schematu modelu konstrukcji w stylu "draft" dla uwydatnienia w oknie *sceny* wykresów sił przekrojowych i ugięć.
- Mx - wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów skręcających
- My - wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie ***xz*** pręta

Mz - wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie ***xy*** pręta

Ty - wyświetlanie / gaszenie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie ***xy*** pręta

Tz - wyświetlanie / gaszenie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie ***xz*** pręta

N - wyświetlanie / gaszenie wykresu sił normalnych (osiowych) pręta

U - wyświetlanie / gaszenie wykresu ugięć pręta

R - wyświetlanie / gaszenie wektorów reakcji podpór

Obl - włączenie / wyłączenie opcji obliczeń dla wartości obliczeniowych obciążeń. Nieaktywna w trybie Wymiarowanie.

Chr - włączenie / wyłączenie opcji obliczeń dla wartości charakterystycznych obciążeń. Nieaktywna w trybie Wymiarowanie.

D - włączenie / wyłączenie opcji obliczeń dla części długotrwałych wartości obciążeń. Obowiązuje dla wyników uzyskanych dla kombinacji obciążeń wg **PN-82/B-02000**. Nieaktywna w trybie Wymiarowanie.

Cz - włączenie / wyłączenie opcji obliczeń dla wartości obciążeń określanych przez normę **PN-EN 1990** jako częste. Obowiązuje dla wyników uzyskanych dla kombinacji obciążeń wg **PN-EN 1990**. Nieaktywna w trybie Wymiarowanie.

QS - włączenie / wyłączenie opcji obliczeń dla wartości obciążeń określanych przez normę **PN-EN 1990** jako quasi-statyczne. Obowiązuje dla wyników uzyskanych dla kombinacji obciążeń wg **PN-EN 1990**. Nieaktywna w trybie Wymiarowanie.

T.II - włączenie / wyłączenie opcji analizy statycznej wg teorii II-go rzędu.

Panel identyfikacji modelu konstrukcji

Zajmuje prawą górną część okna programu i ma strukturę hierarchiczną umożliwiającą swobodne zarządzanie grupami prętów, węzłów i przekrojów przypisanych do prętów.

Zarządzanie prętami, węzłami i obciążeniami

Służy do tego komponent zwany "drzewkiem" (ang. tree view), którego głównymi (nadrzędnymi) pozycjami są:

- Tytuł - stanowiąca korzeń (pień) "drzewka" i zawierająca nazwę zadania (nieaktywna)
- Pręty - stanowiąca konar hierarchicznej struktury panelu dla prętów.
- Węzły - stanowiąca konar hierarchicznej struktury panelu dla węzłów.
- Przekroje - stanowiąca konar listy przekrojów przypisanych do prętów konstrukcji.
- Linie pomocnicze - stanowiąca konar listy linii pomocniczych.

Zarówno hierarchia Pręty jak i Węzły są tworzone automatycznie przez program w trakcie kreowania modelu konstrukcji, ale użytkownik może ingerować w jej porządek. Natomiast hierarchia Przekroje pełni jedynie rolę informacyjną i słu-

ży głównie do selekcji prętów, którym przypisano przekrój wskazany kursorem myszy na pozycji tej hierarchii. Podwójne kliknięcie na określonej pozycji tej hierarchii powoduje otwarcie okna edycji przekroju, co pozwala na wizualizację jego geometrii oraz ewentualną modyfikację (patrz: Edycja nowego przekroju).

Każda automatycznie utworzona gałąź hierarchii Pręty/Węzły zawiera tą grupę prętów/węzłów modelu konstrukcji, które zostały wykreowane przy niezmienionym położeniu ***płaszczyzny roboczej***, a więc każda grupa prętów/węzłów w hierarchii Pręty/Węzły ma przypisaną ***płaszczyznę roboczą***, co może być wykorzystane dla usprawnienia kreowania większych struktur prętowych oraz określania ich właściwości geometrycznych lub konstrukcyjnych.

Każda utworzona gałąź obu hierarchii zawiera grupy ponumerowanych prętów/węzłów.

Operacje na panelu hierarchii Pręty/Węzły:

Zmiana tytułu gałęzi: - zaznaczyć kursorem myszki zamierzoną pozycję (gałąź), a następnie kliknąć jeszcze raz na tej pozycji. Wówczas nastąpi udostępnienie pola edycyjnego, w którym można dokonać zmiany nazwy tytułu.

Przeciąganie prętów/węzłów: - zaznaczyć pręt/węzeł (grupę prętów/węzłów), a następnie uchwycić kursorem myszki jeden z zaznaczonych prętów/węzłów i - utrzymując wciśnięty lewy przycisk myszki przeciągnąć kursor na gałąź, w której zaznaczona grupa prętów/węzłów ma być umieszczona.

Dodanie gałęzi: - kliknąć na konarze hierarchii Pręty/Węzły, a następnie użyć klawisza [Ins], co spowoduje pojawienie się nowej gałęzi wybranej hierarchii na panelu.

Usunięcie gałęzi prętów: - kliknąć na zamierzonej gałęzi hierarchii Pręty, a następnie użyć klawisza [Del], co spowoduje usunięcie wszystkich prętów zgrupowanych w tej gałęzi, a tym samym - z modelu konstrukcji.

Drugim poziomem hierarchii Pręty są obciążenia przypisane do poszczególnych prętów.

Uwagi: Zaznaczenie dowolnej gałęzi hierarchii Pręty lub Węzły powoduje automatyczne przestawienie ***płaszczyzny roboczej*** w oknie *sceny* do pozycji odpowiadającej wskazanej gałęzi z jednoczesnym wyróżnieniem wszystkich prętów tej gałęzi na modelu konstrukcji w oknie *sceny*. A więc przy pomocy *panelu identyfikacji modelu konstrukcji* można również dokonywać selekcji prętów lub węzłów modelu.

Panel grup obciążeń

Zajmuje prawą dolną część okna programu i zawiera listę zadeklarowanych w zadaniu **grup obciążeń**. Każda pozycja tej listy zawiera symbol i nazwę grupy oraz włącznik do aktywowania i dezaktywowania danej grupy.

Operacje na panelu grup obciążeń:

Zaznaczenie grupy obciążeń - zaznaczyć kursorem myszki zamierzoną pozycję listy. Wówczas nastąpi rozwinięcie "drzewka" *panelu identyfikacji modelu konstrukcji* w taki sposób, że ukazane zostaną wszystkie pręty z zaznaczonymi przypisanymi do nich obciążeniami należącymi do wskazanej grupy obciążeń. Pozwala to na grupowe określanie właściwości obciążeń oraz przenoszenie obciążeń z jednej grupy do innej. Ponadto w oknie *sceny* wszystkie obciążenia zaznaczonej grupy zostaną wyróżnione kolorem wyróżnienia.
Jeśli trybie Schemat widok obciążeń jest wyłączony (wyłączony przycisk), to operacja wskazania grupy spowoduje doraźne wyświetlenie na widoku konstrukcji oraz selekcję wszystkich obciążeń tej grupy.

Aktywacja/deaktywacja - kliknąć na włączniku obok zamierzonej pozycji listy grup obciążeń. Stan włącznika ☑ oznacza, że ta grupa obciążeń będzie uwzględniona w obliczeniach.

Kopiowanie grupy obciążeń - wskazać kursorem grupę obciążeń, której kopia ma być dołączona do listy, a następnie otworzyć menu podręczne prawym przyciskiem myszy i kliknąć na pozycji **kopiuj obc. grupy** tego menu. Spowoduje to powielenie zaznaczonej grupy obciążeń oraz dołączenie do listy nowej grupy o takiej samej nazwie z dopiskiem "kopia".
Właściwości nowej grupy można skorygować w oknie dialogowym Grupy obciążeń, które można otworzyć za pomocą pozycji Edytuj menu podręcznego.

Belka statusowa

Zajmuje dolną część okna programu i składa się z czterech sekcji:

- sekcja XYZ - do wyświetlania współrzędnych kursora myszki w globalnym układzie odniesienia. Jeśli w trakcie wodzenia kursora zostanie przechwycony węzeł modelu konstrukcji, to wyświetlane są jego współrzędne globalne.
- sekcja xy - do wyświetlania współrzędnych kursora na ***płaszczyźnie roboczej***. Jeśli w trakcie wodzenia kursora zostanie przechwycony węzeł modelu konstrukcji, to wyświetlane są współrzędne rzutu węzła na ***płaszczyznę roboczą***.

- sekcja "numer" - do wyświetlania numeru przechwyconego pręta, węzła lub sygnalizowania przechwyconego obciążenia w trakcie wodzenia kursora myszki.
- sekcja "info" - do wyświetlania krótkiej charakterystyki przechwyconego obiektu modelu konstrukcji.

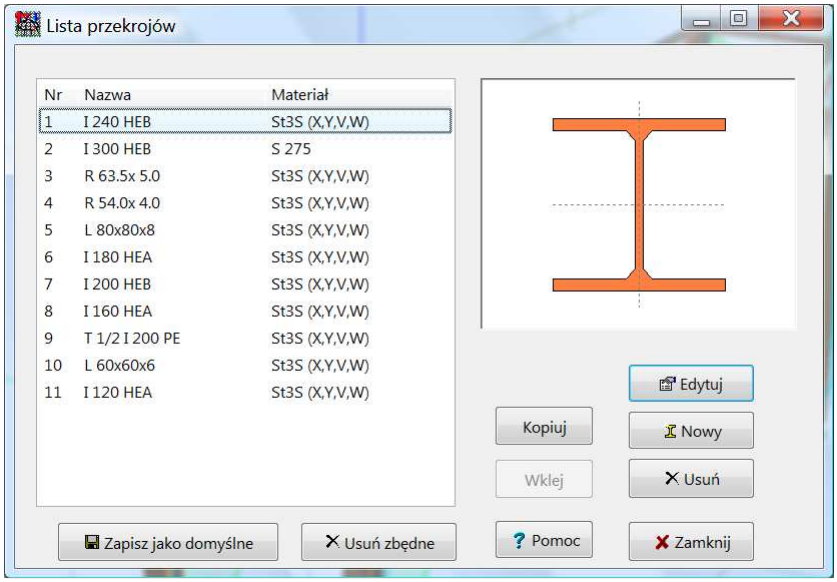
Wstępne ustawienia programu

Przed rozpoczęciem kreowania nowego zadania wskazane jest dostosowanie ustawień programu do szczególnych cech podejmowanego zadania oraz indywidualnych upodobań co do wizualnej formy wyświetlanych na ekranie monitora obiektów graficznych, a mianowicie:

- lista przekrojów,
- biblioteka materiałów,
- grupy obciążeń,
- opcje kreowania i prezentacji wyników.

Lista przekrojów

Przygotowanie listy przekrojów odbywa się w oknie dialogowym Lista przekrojów (Rys. III:5) otwieranym za pomocą menu głównego programu (Opcja: Przekroje / Lista przekrojów ...) lub - bezpośrednio - za pomocą skrótu Przekroje paska skrótów.



Rys. III:5 - Okno listy przekrojów zadania

Elementami sterowania opcjami tego okna są:

Okno listy przekrojów - służy do wyświetlania listy przekrojów i zawiera trzy kolumny: numer przekroju, nazwa robocza przekrojów (nadawane przez użytkownika) i nazwa materiału bazowego.

Selekcji pozycji listy (przekroju) dokonuje się przez nasunięcie kursora okna listy na wybraną pozycję listy.

Uwaga: Od ustawienia kursora okna listy zależeć będzie działanie funkcji: Nowy i Wklej dialogu, przyjęto bowiem zasadę, że nowy przekrój lub

dołączane przekroje z listy innego zadania albo przekrój "wklejany" ze schowka, wstawiane będą w miejsce wskazane przez położenie kursora okna listy, a wskazywany przekrój zostanie odpowiednio przesunięty w dół listy. Z operacją wstawiania nowego przekroju związana jest zmiana ich numerów porządkowych na liście. Nie powoduje to jednak konieczności ponownego przypisania ich do prętów konstrukcji, ponieważ odbywa się to automatycznie w taki sposób, że zachowany jest stan przypisania samych przekrojów, a nie ich numerów porządkowych na liście przekrojów.

Okno widoku przekroju - spełnia funkcję kontrolną ukazując skalowany rysunek przekroju wskazanego w oknie listy.

Przycisk Edytuj - służy do otwarcia okna dialogowego Przekrój, w którym odbywa się kreowanie przekroju.

Przycisk Nowy - służy do wywołania okna edycji przekroju dla kreowania nowego przekroju. Do edycji nowego przekroju służy to samo okno dialogowe, co w przypadku edycji przekroju istniejącego.

Przycisk Usuń - powoduje usunięcie wskazywanego przez kursor listy (podświetlonego) przekroju z listy przekrojów. Alternatywą tej operacji jest użycie klawisza [Del].

Przycisk Zapisz jako domyślne - powoduje zapisanie listy przekrojów jako domyślny zestaw, który będzie automatycznie ładowany przy uruchomieniu programu lub przy przejściu do nowego zadania..

Przycisk Usuń zbędne - powoduje usunięcie z listy wszystkich tych przekrojów, które nie zostały przypisane do żadnego pręta modelu konstrukcji.

Przycisk Kopiuj - powoduje umieszczenie w schowku systemu Windows wybranego przekroju z listy, który może być następnie "wklejony" (powielony) do listy.

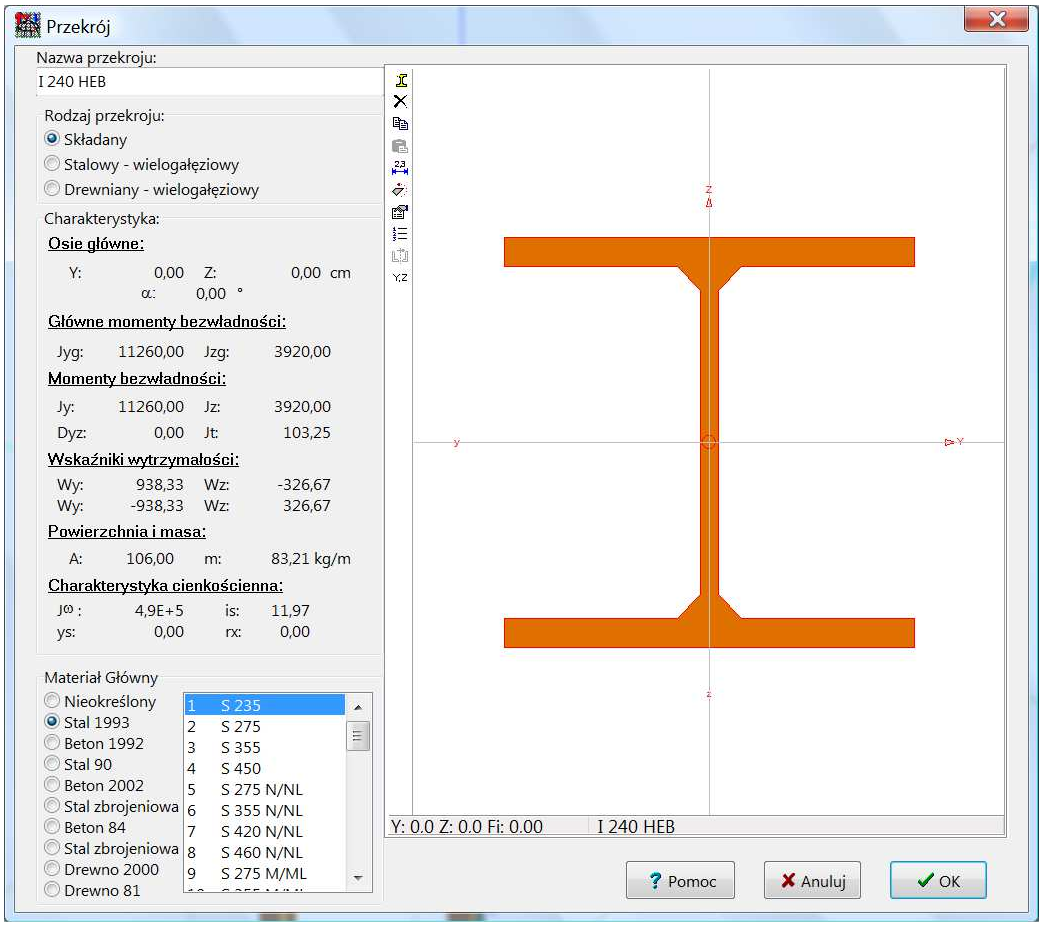
Przycisk Wklej - powoduje "wklejenie" uprzednio umieszczonego w schowku systemu Windows przekroju w miejsce poprzedzające pozycję kursora listy. "Wklejenie" nie powoduje żadnego naruszenia porządku przypisania przekrojów prętom.

Edycja nowego przekroju

Okno edycji przekroju służy zarówno do kreowania nowego przekroju jak i modyfikacji przekroju istniejącego. Elementami kontrolnymi tego okna są:

- *pole edycyjne* Nazwa przekroju,
- *sekcja* Rodzaj przekroju,
- *sekcja* Charakterystyka,
- *sekcja* Materiał główny,
- *okno* edycji przekroju.

Pole edycyjne Nazwa przekroju służy do nadania przez użytkownika dowolnej nazwy kreowanego przekroju tak, aby przekrój był łatwo identyfikowany zarówno podczas przypisywania do prętów modelu konstrukcji jak i na sporządzanym dokumencie.



Rys. III:6 - Okno kreowania przekroju

Sekcja Rodzaj przekroju zawiera grupę przełączników do wyboru rodzaju przekroju, a mianowicie:

Składany - przekrój złożony z dowolnej liczby *kształtowników podstawowych*, które mogą być pobierane z katalogów lub o wymiarach zadawanych przez użytkownika. Każdy kształtownik przekroju składanego może mieć przypisany inny materiał.

Niezależnie od geometrycznej formy złożenia oraz zróżnicowania materiałowego przekroju składanego, obowiązuje założenie, że poszczególne kształtowniki są powiązane ze sobą w sposób zapewniający pełne zespolenie przekroju uprawniające do stosowania zasady płaskich przekrojów (zasada Bernoulli'ego) przy deformacji pręta.

Stalowy - wielogałęziowy - jest to przekrój generowany przy pomocy specjalnego trybu edycji typowych przekrojów stosowanych w konstrukcjach stalowych. Przekroje te mają z góry narzuconą konfigurację zawartych w nich kształtowników i są jednorodne materiałowo.

Norma PN-B/90-03200 określa szczególne warunki konstruowania i wymiarowania tego typu przekrojów.

Ważną cechą tego typu przekrojów jest możliwość ich przypisywania

do prętów o zmiennej wzdłuż ich osi geometrii przekroju. W odróżnieniu od przekrojów składanych, zmienność dotyczy wymiarów charakterystycznych przekroju wielogałęziowego, a nie kształtowników.

Drewniany – wielogałęziowy - jest to przekrój generowany przy pomocy specjalnego trybu edycji typowych przekrojów stosowanych w konstrukcjach drewnianych. Normy PN-81/B-3150 i PN-B-3150:2000 określają szczególne warunki projektowania i wymiarowania prętów o takich przekrojach. Przekroje te mają z góry narzuconą konfigurację zawartych w nich kształtowników i mogą być zróżnicowane materiałowo.

Sekcja Charakterystyka służy do wyświetlania wartości liczbowych wielkości określających charakterystykę geometryczną przekroju.

Sekcja Materiał główny służy do przypisania przekrojowi tzw. *materiału głównego* przekroju z listy materiałów. Charakterystyka przekroju *składanego* zróżnicowanego materiałowo jest zawsze sprowadzana do *materiału głównego*. Ponieważ sztywności przekroju na siłę osiową i momenty są wyznaczane dla właściwości tego materiału, to charakterystyka geometryczna poszczególnych kształtowników w przekroju jest sprowadzana do właściwości mechanicznych tego materiału. Zalecaną praktyką jest przyjmowanie za *materiał główny* materiał przypisany dominującego kształtownika w przekroju.
Przypisanie *materiału głównego* polega na wyborze odpowiedniego przełącznika *rodzaju materiału* oraz wskazaniu z sąsiadującej listy konkretnego jego *gatunku*.

Okno edycji przekroju stanowi kanwę dla edycji przekroju *składanego* lub dla wizualizacji przekrojów *wielogałęziowych* (stalowego lub drewnianego).

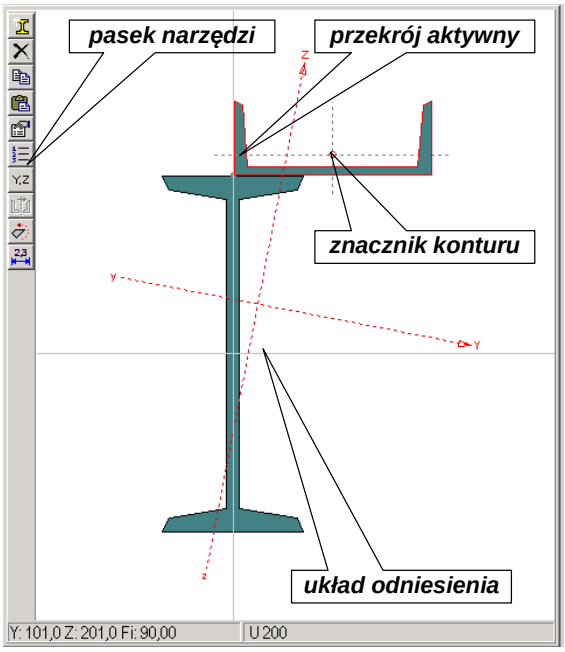
Edycja przekroju składanego

Jeśli w oknie dialogowym Przekrój w sekcji Rodzaj przekroju został wybrany przełącznik Składany, to kreowanie (składanie) przekroju odbywa się w oknie edycji, co sprowadza się do korzystania z narzędzi stowarzyszonego z tym oknem paska narzędzi (Rys. III:7).

Przyciski paska narzędzi oraz operacje myszką umożliwiają:

Dołączanie nowego kształtownika do przekroju. Aby dołączyć nowy kształtownik do przekroju składanego należy użyć narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju lub użyć klawisza [Ins], co spowoduje otwarcie okna dialogowego Profil (Rys. III:8), które umożliwia wybór nominału lub zadanie wymiarów kształtownika oraz określenie jego innych właściwości. Elementami sterowania okna Profil są:

- *Grupa przełączników* Rodzaj służąca do wyboru tzw. technologii kształtownika, a więc: *walcowane i spawane* - pobierane z katalogów, *gięte* - kształtowane na zimno, również pobierane z katalogów oraz *definiowane* - o wymiarach zadawanych przez użytkownika.
- *Włącznik* Otwór do deklarowania kształtownika jako otworu w innym kształtowniku. Pozwala to na uwzględnianie ewentualnych osłabień przekroju spowodowanych wycięciami.
- *Sekcja przycisków-piktogramów* do wyboru rodzaju kształtownika.



Rys. III:7 - Okno edycji przekroju składanego

- Sekcja Materiał do przypisanie kształtownikowi rodzaju i gatunku materiału.
- Sekcja wymiarów kształtownika, która zawiera:
  listę nominałów - dla kształtowników znormalizowanych rodzaju *walcowanie* i *gięte* (Rys. III:8),
  rysunek kształtownika wraz z polami edycyjnymi do zadawania wymiarów - dla kształtowników rodzaju *definiowane* (Rys. III:9).

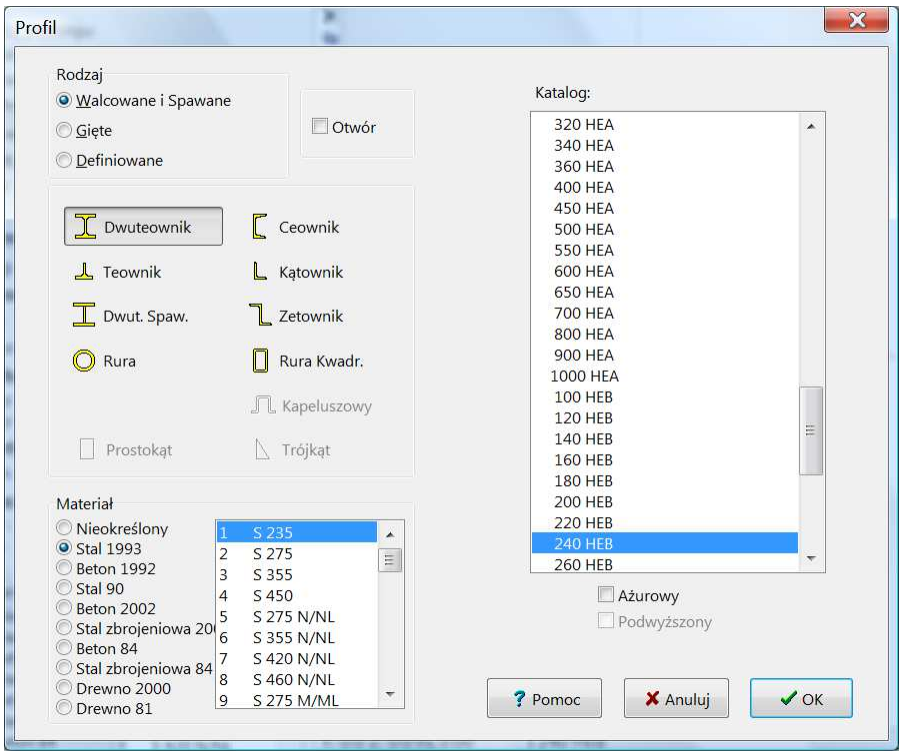
Po zamknięciu okna Profil pobierania kształtownika przyciskiem OK pobrany kształtownik ukazuje się w oknie edycji *przekroju składanego* i na ogół wymagana jest korekta jego ustawienia względem wcześniej dołączonych kształtowników.

Uaktywnianie kształtownika w oknie edycji przekroju. Kliknąć wewnątrz jego konturu, co spowoduje jego wyróżnienie przez narysowanie jego konturu kolorem wyróżnienia.

Zmiana pozycji kształtownika w przekroju. Może być dokonana na dwa sposoby:

- Przez przeciąganie za pomocą myszki, co polega na nasunięciu kursora myszki w obszar kształtownika, wciśnięciu lewego przycisku i przeciągnięciu kształtownika na zamierzoną pozycję. W trakcie przeciągania kształtownika wychwytywane są takie jego położenia względem pozostałych kształtowników, przy których ma miejsce pokrywanie wierzchołków konturu kształtownika z wierzchołkami pozostałych kształtowników w przekroju, dzięki czemu można łatwo osiągnąć dokładny wierzchołkowy styk dwóch kształtowników.
- Bezpośrednio za pomocą narzędzia X,Y paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego, które powoduje otwarcie okienka umożliwiającego zadanie liczbowych wartości współrzędnych tzw. *znacznika konturu* (w postaci czerwonego kółka rysowanego w wierzchołku konturu aktywnego kształtownika)

w układzie odniesienia oraz kąta obrotu kształtownika względem *znacznika*. *Znacznik* może być ulokowany w dowolnym wierzchołku konturu, co polega na wciśnięciu klawisza [Ctrl], zbliżeniu kursora do zamierzonego wierzchołka konturu aktywnego kształtownika i kliknięciu lewym przyciskiem myszki.



Rys. III:8 - Okno pobrania kształtownika z katalogu

Usuwanie kształtownika z przekroju. Aby usunąć kształtownik z przekroju składanego należy go uaktywnić (kliknąć w jego obszarze), a następnie użyć narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju lub użyć klawisza [Del].

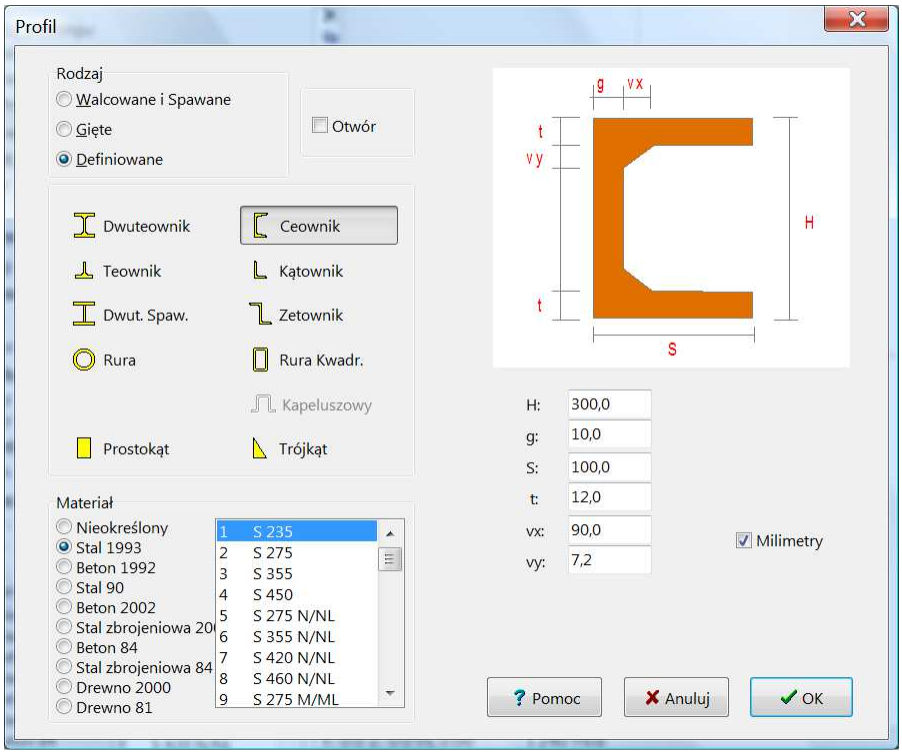
Kopiowanie kształtownika do schowka. Należy wpierw uaktywnić zamierzony kształtownik, a następnie użyć narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego lub użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[C].

Wklejanie kształtownika ze schowka. Kliknąć na narzędziu paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego lub użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[V].

Obrót całego przekroju. Użyć narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego, które powoduje otwarcie okienka umożliwiającego zadanie wartości liczbowej kąta obrócenia całego przekroju wokół jego środka ciężkości.

Zmiana właściwości kształtownika. Podwójne kliknięcie w obszarze kształtownika lub użycie narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju

składanego spowoduje otwarcie okna dialogowego Profil, które umożliwia nadanie cech (rodzaj, kształt, wielkość, materiał) wybranemu kształtownikowi.



Rys. III:9 - Okno kreowania kształtownika *definiowanego*

Transformacja lustrzana kształtownika. Polega na zmianie położenia profilu w przekroju tak, że po jej wykonaniu nowe położenie profilu jest odbiciem lustrzanym poprzedniego położenia względem osi pionowej przechodzącej przez punkt wskazywany przez znacznik konturu. Operacja ta może być nieodzowna w odniesieniu do kształtowników nie mających osi symetrii, takich jak kątownik nierównoramienny, zetownik lub trójkąt. W celu dokonania tej operacji należy: uaktywnić kształtownik przekroju, który ma być poddany transformacji, określić płaszczyznę transformacji poprzez odpowiednie ustawienie *znacznika konturu*, a następnie dokonać transformacji za pomocą narzędzia paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego.

Zmiana położenia osi układu odniesienia. Zbliżyć kursor do początku układu odniesienia i wcisnąć lewy przycisk myszki, a następnie przeciągnąć osie układu na zamierzoną pozycję okna edycji przekroju. W trakcie przeciągania następuje przechwytywanie wierzchołków konturu przeciąganego układu odniesienia przez wierzchołki i boki konturów kształtowników w przekroju, co ułatwia pozycjonowanie osi układu względem nich.

Przypisanie materiału głównego do przekroju. W tym celu należy:

1. W sekcji Materiał główny okna dialogowego Przekrój wybrać wpierw rodzaj (grupę) materiału.

2. Z odpowiadającej temu rodzajowi (grupie) listy gatunków/klas wskazać zamierzoną pozycję.

   Uwaga: W przypadku przekrojów wielomateriałowych (zespolonych), należy deklarować materiał jako główny, tzn. wskazać materiał jednego z kształtowników składowych, do którego będą się odnosić wielkości opisujące charakterystykę geometryczno-wytrzymałościową przekroju.

Deklarowanie połączeń spawanych w przekroju składanym. Dla przekrojów złożonych z wielu elementów (kształtowników) stalowych zachodzi konieczność wskazania punktów ich wzajemnego połączenia (zespawania). Jest to niezbędne do prawidłowego określenia geometrii przekroju cienkościennego oraz określenia smukłości poszczególnych ścianek podczas wymiarowania pręta stalowego wg PN-90/B-03200. Spawy mogą wstępować tylko w wierzchołkach konturu kształtownika, które leżą się na konturze innego kształtownika. Podczas wprowadzania nowego kształtownika i jego ustawiania automatycznie przyjmowane są spawy w punktach spełniających powyższy warunek. Oprócz tego można ręcznie wprowadzać lub usuwać spawy w następujący sposób: Utrzymując wciśnięty klawisz [Shift] kliknąć lewym przyciskiem myszy na zamierzonym punkcie konturu (potencjalnego połączenia).

Uwaga: Jeżeli wskazany punkt może być punktem połączenia kształtowników, wówczas wprowadzony zostanie w tym punkcie spaw. Jeżeli w wybranym punkcie był już wprowadzony spaw, wówczas nastąpi jego usunięcie.

Zmiana obszaru roboczego okna edycji przekroju (zoom). W celu powiększenia fragmentu przekroju należy:

1. Użyć klawisza [F9], co spowoduje zmianę kursora na "krzyżyk"
2. Ogarnąć prostokątem powiększania obszar okna edycji utrzymując wciśnięty lewy przycisk myszki
3. Zwolnić przycisk myszki, co spowoduje powiększenie rysunku przekroju do rozmiarów określonych prostokątem powiększania

W celu automatycznego centrowania przekroju w oknie edycji należy użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[F9].

Wyświetlanie / gaszenie linii wymiarowych przekroju. W tym celu należy kliknąć na narzędziu paska narzędzi stowarzyszonego z oknem edycji przekroju składanego.

Edycja stalowego przekroju wielogałęziowego

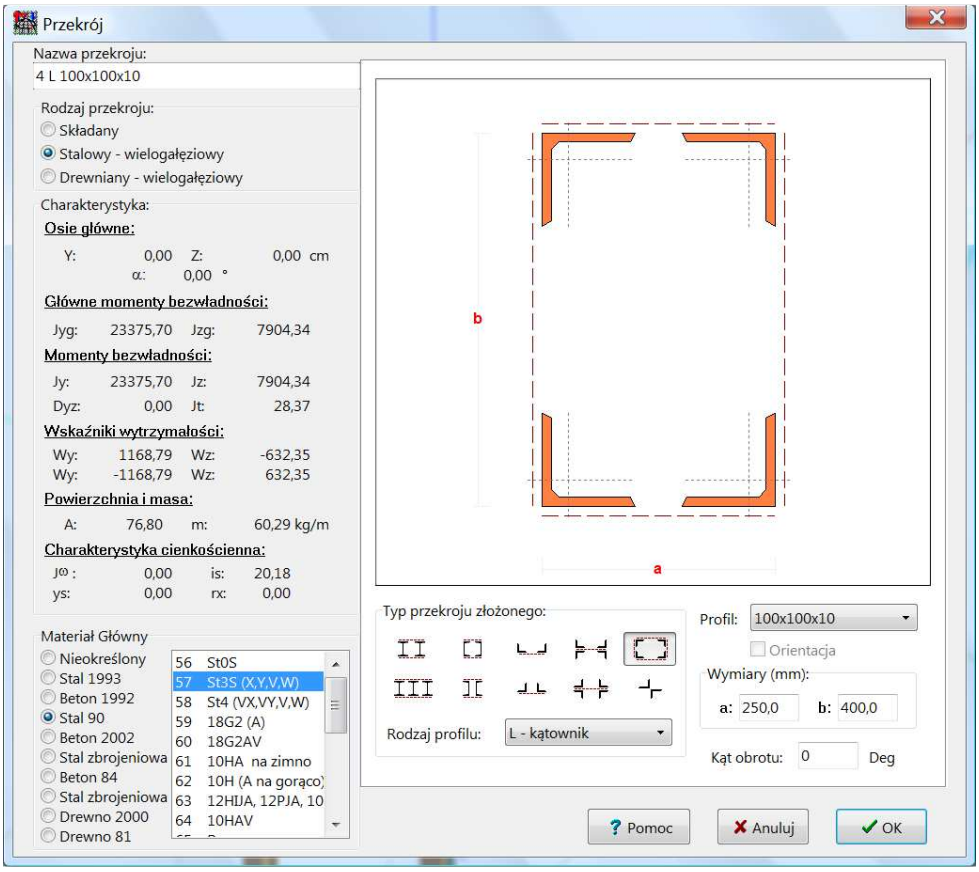
Jeśli w oknie dialogowym Przekrój został wybrany przełącznik Stalowy - wielogałęziowy, to następuje wywołanie trybu kreowania **stalowych przekrojów wielogałęziowych** w tym oknie dialogowym (Rys. III:10).

Kreowanie stalowego przekroju wielogałęziowego polega na:

1. Wybraniu jego typu przez kliknięcie na odpowiednim przycisku sekcji Typ przekroju złożonego
2. Wybraniu kształtownika z listy rozwijalnej Rodzaj profilu. Z każdym typem przekroju wielogałęziowego stowarzyszona jest lista kształtowników zawie-

rająca symbole tych kształtowników, których użycie w wybranym typie przekroju wielogałęziowego ma sens pod względem konstrukcyjnym.

3. Wybraniu nominału katalogowego kształtownika składowego przekroju z listy Profil
4. Zadaniu wymiarów określających wzajemną konfigurację kształtowników składowych
5. Przypisaniu materiału do przekroju w sekcji Materiał Główny.



Rys. III:10 - Kreowanie stalowego przekroju wielogałęziowego

Uwaga: Jeżeli po wykreowaniu przekroju wielogałęziowego zostanie zmieniony jego rodzaj na *składany*, to utraci on wszelkie atrybuty przekroju wielogałęziowego i stanie się przekrojem *składanym*.

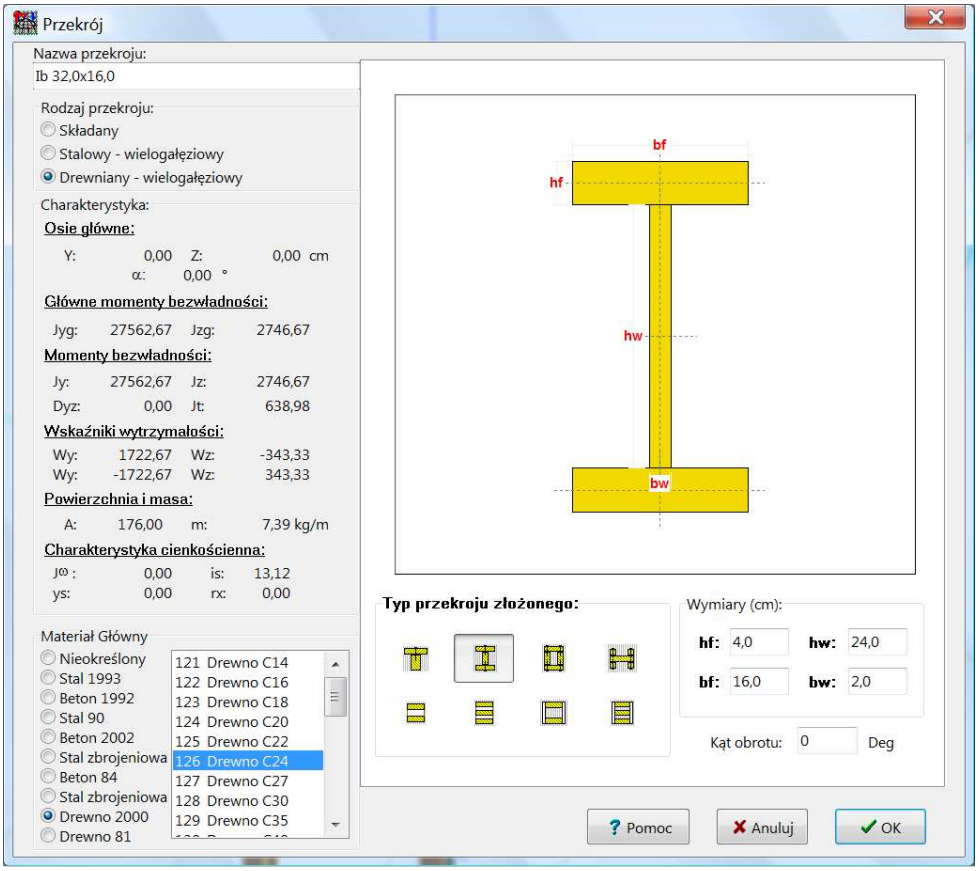
Edycja drewnianego przekroju złożonego

Jeśli w oknie dialogowym Przekrój został wybrany przełącznik Drewno - wielogałęziowy, to następuje wywołanie trybu generowania **drewnianych przekrojów złożonych** w tym oknie dialogowym (Rys. III:11).

Kreowanie drewnianego przekroju złożonego polega na:

1. Wybraniu jego typu przez kliknięcie na odpowiednim przycisku sekcji Typ przekroju złożonego

2. Zadaniu wymiarów określających wzajemną konfigurację kształtowników składowych
3. Przypisaniu materiału do przekroju w sekcji Materiał Główny.



Rys. III:11 - Kreowanie drewnianego przekroju złożonego

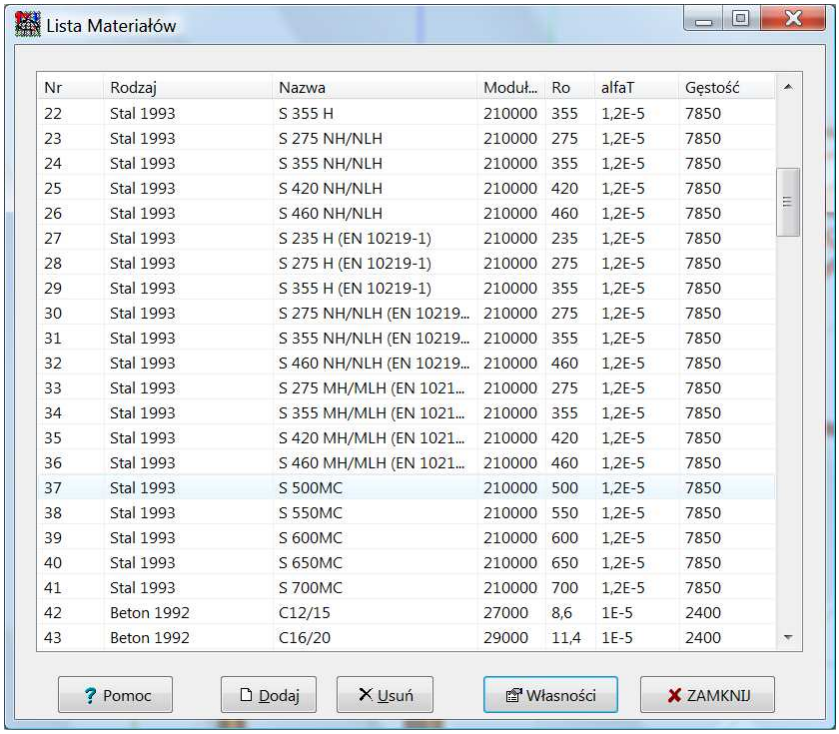
Uwaga: Jeżeli po wykreowaniu przekroju wielogałęziowego zostanie zmieniony jego rodzaj na *składany*, to utraci on wszelkie atrybuty przekroju wielogałęziowego i stanie się przekrojem *składanym*.

Biblioteka materiałów

Jednym z ważnych zasobów programu **RM-3D** jest biblioteka materiałów przechowywana w pliku dyskowym o nazwie **`mater32.lib`**. Zawiera ona dane fizyczne i mechaniczne materiałów stosowanych w konstrukcjach budowlanych. Wszystkie zawarte w bibliotece materiały zostały sklasyfikowane wg ich rodzajów, tzn. wg norm określających ich właściwości technologiczne i mechaniczne, a mianowicie:

- Nieokreślony (nie związany z żadną normą)
- Stal 1993 (PN-EN 1993)
- Stal 90 (PN-90/B-03200)
- Beton 2002 (PN-B-03264:2002)

- Stal zbrojeniowa (PN-B-03264:2002)
- Beton 84 (PN-84/B-03264)
- Stal zbrojeniowa (PN-84/B-03264)
- Drewno (PN-B-03150:2000)
- Drewno 81 (PN-81/B-03150)



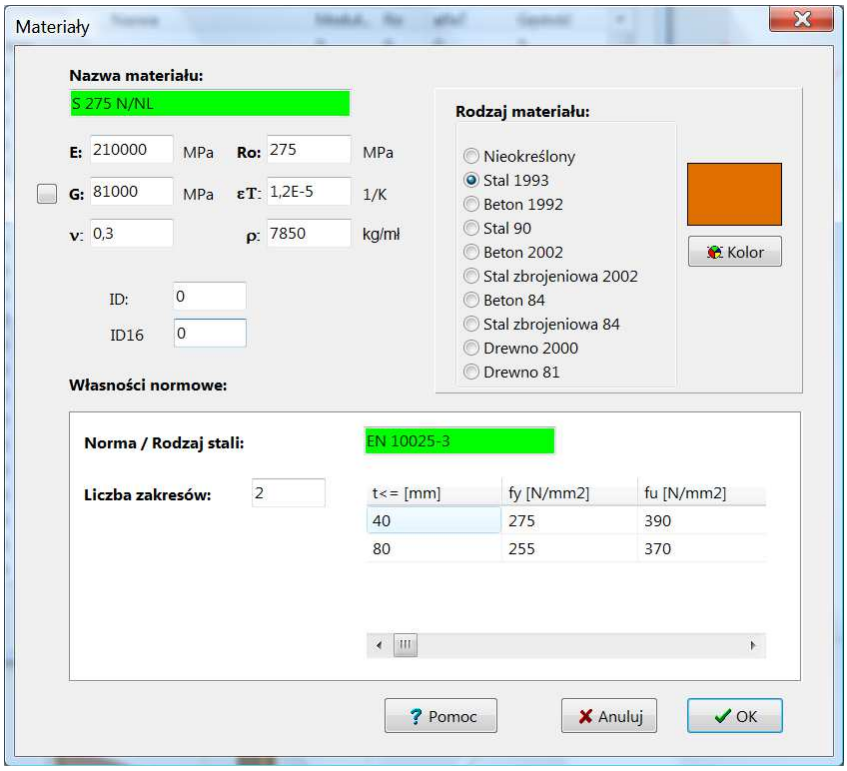
Nr	Rodzaj	Nazwa	Moduł...	Ro	alfaT	Gęstość
22	Stal 1993	S 355 H	210000	355	1,2E-5	7850
23	Stal 1993	S 275 NH/NLH	210000	275	1,2E-5	7850
24	Stal 1993	S 355 NH/NLH	210000	355	1,2E-5	7850
25	Stal 1993	S 420 NH/NLH	210000	420	1,2E-5	7850
26	Stal 1993	S 460 NH/NLH	210000	460	1,2E-5	7850
27	Stal 1993	S 235 H (EN 10219-1)	210000	235	1,2E-5	7850
28	Stal 1993	S 275 H (EN 10219-1)	210000	275	1,2E-5	7850
29	Stal 1993	S 355 H (EN 10219-1)	210000	355	1,2E-5	7850
30	Stal 1993	S 275 NH/NLH (EN 10219...	210000	275	1,2E-5	7850
31	Stal 1993	S 355 NH/NLH (EN 10219...	210000	355	1,2E-5	7850
32	Stal 1993	S 460 NH/NLH (EN 10219...	210000	460	1,2E-5	7850
33	Stal 1993	S 275 MH/MLH (EN 1021...	210000	275	1,2E-5	7850
34	Stal 1993	S 355 MH/MLH (EN 1021...	210000	355	1,2E-5	7850
35	Stal 1993	S 420 MH/MLH (EN 1021...	210000	420	1,2E-5	7850
36	Stal 1993	S 460 MH/MLH (EN 1021...	210000	460	1,2E-5	7850
37	Stal 1993	S 500MC	210000	500	1,2E-5	7850
38	Stal 1993	S 550MC	210000	550	1,2E-5	7850
39	Stal 1993	S 600MC	210000	600	1,2E-5	7850
40	Stal 1993	S 650MC	210000	650	1,2E-5	7850
41	Stal 1993	S 700MC	210000	700	1,2E-5	7850
42	Beton 1992	C12/15	27000	8,6	1E-5	2400
43	Beton 1992	C16/20	29000	11,4	1E-5	2400

Rys. III:12 - Okno biblioteki materiałów

Biblioteka materiałów jest otwarta, a więc może być uzupełniana o materiały, które nie są w niej ujęte. Jeśli dołączany materiał nie można zaklasyfikować do żadnej z w/w norm (ze względu na brak właściwości normowych), to należy go traktować jako *nieokreślony*.

Dostęp do biblioteki (listy) materiałów zapewnia polecenie Przekroje/Materiały ... menu głównego lub alternatywnie - przycisk Materiały paska skrótów. Obie te akcje powodują otwarcie okna dialogowego Lista Materiałów (Rys. III:12), którego elementami sterowania są:

- *Lista materiałów*, której wiersze odpowiadają poszczególnym materiałom biblioteki, natomiast kolumny zawierają tzw. *główne cechy* materiału, które są obligatoryjne, ale nie związane z żadną normą.
- *Przycisk* Dodaj pozwalający na dodanie nowego materiału do biblioteki.
- *Przycisk* Usuń umożliwiający usunięcie materiału z biblioteki.
  Uwaga: Usunięcie z biblioteki materiału, który został wcześniej przypisany przekrojom zadania uniemożliwi wykonanie analizy tego zadania.



Rys. III:13 - Okno właściwości materiału

- *Przycisk* Właściwości otwierający okno właściwości materiału, którego kontrolki służą do zadawania wymaganych przez program cech materiałowych (Rys. III:13), a mianowicie:

  Pole Nazwa materiału - do wpisania nazwy gatunku lub klasy materiału.

  Grupa pól edycyjnych - do zadawania tzw. głównych cech mechanicznych, czyli:

  E - moduł sprężystości podłużnej,

  G - moduł sprężystości poprzecznej,

  ν - współczynnik Poisson'a,

  Ro - wytrzymałość umowna (nie związana z żadną normą),

  εT - współczynnik liniowej odkształcalności cieplnej,

  ρ - gęstość masowa.

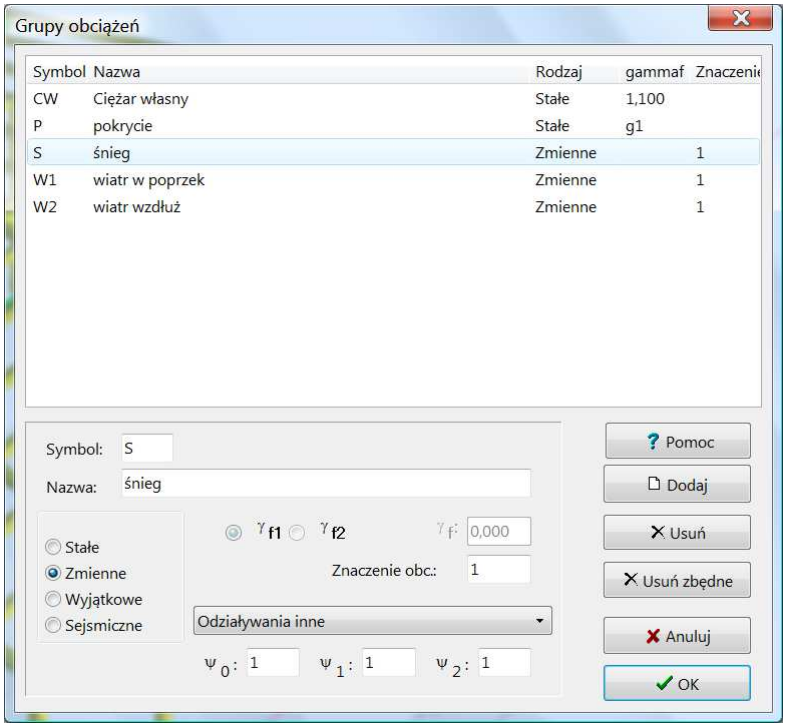
  Sekcja przełączników Rodzaj materiału - do zaklasyfikowania materiału do grupy normowej. Domyślnie nowy materiał ma status *nieokreślony*.

  Przycisk Kolor - do otwarcia okna wyboru koloru przypisywanego do danego materiału, którym wypełniane są obszary kształtowników przekrojów prętów oraz brył prętów na widoku konstrukcji w oknie *sceny*.

  Sekcja Własności normowe - do nadawania cech normowych. W zależności od rodzaju materiału zostają udostępniane odpowiednie pola edycyjne do zadawania cech normowych branych pod uwagę przy wymiarowaniu prętów konstrukcji wg normy, z którą dany rodzajowi materiału został związany.

Grupy obciążeń

Wszystkie pojedyncze obciążenia zadawane w programie **RM-3D** muszą być ujmowane w *grupy* tworzone pod kątem normowych wymogów uwzględnianych w obliczeniach statycznych i wymiarowaniu.



Rys. III:14 - Okno kreowania grup obciążeń

Tworzenie *grup obciążeń* oraz zarządzanie nimi odbywa się w oknie dialogowym Grupy obciążeń otwieranym za pomocą plecenia Schemat/Grupy obciążeń menu głównego lub przy użyciu przycisku paska narzędzi oraz przycisku Grupy obciążeń stowarzyszonego z *panelem grup obciążeń*.

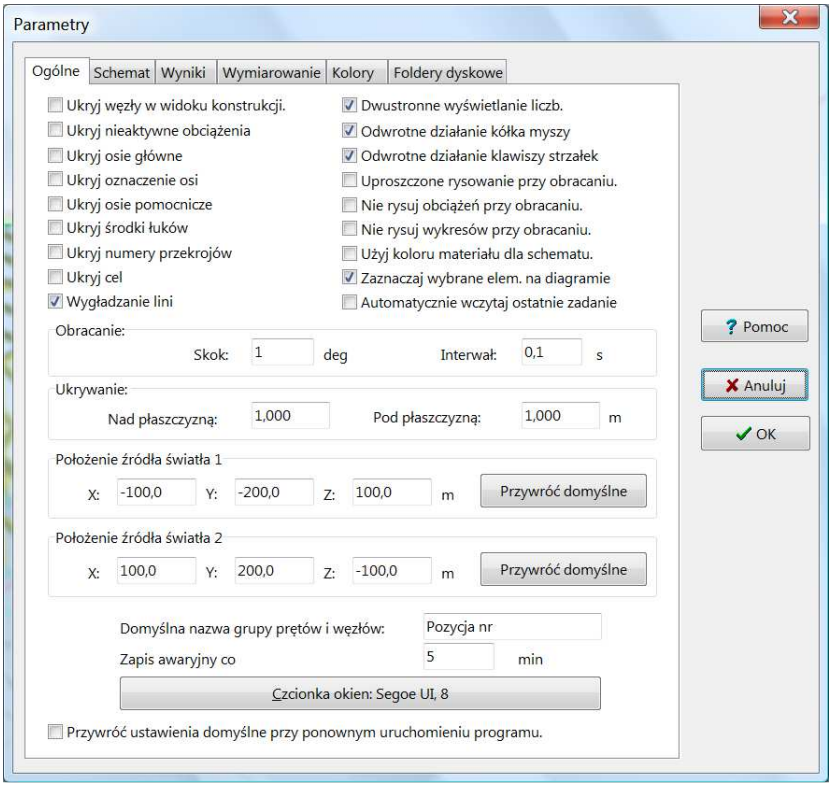
Elementami sterowania okna dialogowego Grupy obciążeń są (Rys. III:14):

- *Lista grup*, która zawiera wykaz wszystkich grup obciążeń zadeklarowanych w zadaniu, a kolumnami tej listy są:
  Symbol - literał składający się maksymalnie z trzech liter alfabetu łacińskiego i musi zawierać co najmniej jedną literę.
  Nazwa - dowolny tekst zawierający opis grupy obciążeń.
  Rodzaj - wyraz określający status normowy grupy obciążeń (Stałe, Zmienne, Wyjątkowe, Sejsmiczne).
  γ_f - wartość częściowego współczynnika bezpieczeństwa - dla predefiniowanej grupy CW (ciężar własny) lub symbol wskazywanego współczynnika (γ_{f1} lub γ_{f2}) - dla grupy obciążeń o statusie normowym Stałe, dla której obowiązują dwa współczynniki, a ponieważ w programie **RM-3D** współczynniki są przypisywane do poszczególnych obciążeń, to konieczne jest wskazanie, przez któ-

ry współczynnik γ_f mają być mnożone wartości charakterystyczne poszczególnych obciążeń w obrębie danej grupy obciążeń o statusie Stałe.

- Znaczenie - liczba naturalna nadająca znaczenie danej grupy obciążeń, która ma wpływ na wartość współczynnika redukcji jednoczesności obciążeń przy tworzeniu kombinacji obciążeń.
- Sekcja pól Symbol, Nazwa, Znaczenie obc. i γ_f (aktywne tylko dla grupy CW) oraz przełączników Stałe/Zmienne/Wyjątkowe/Sejsmiczne i γ_{f1}/γ_{f2} (aktywne tylko dla grup o statusie Stałe) służących do wyspecyfikowania w/w właściwości wskazanej na liście grupy obciążeń.
- Przycisk listy rozwijalnej do określania kategorii obciążenia o statusie Zmienne pod kątem normy **PN-EN 1990**.
- *Przycisk* Dodaj - do dodawania nowej grupy obciążeń. Niezależnie od pozycji kursora *listy grup obciążeń*, nowa grupa jest dodawana do *listy* na jej pozycję, która wynika z porządku alfabetycznego wg *symboli* grup obciążeń.
- *Przycisk* Usuń - do usuwania - wskazywanej przez kursor *listy* - grupy obciążeń z *listy*, ale dotyczy to wyłącznie grup pustych, czyli takich, które nie mają przypisanych żadnych obciążeń pojedynczych.
- *Przycisk* Usuń zbędne - do usuwania wszystkich grup obciążeń z *listy*, które nie mają przypisanych żadnych obciążeń pojedynczych.

Opcje kreowania i prezentacji wyników



Rys. III:15 - Okno ustawień parametrów programu

Doboru opcji i ustawień programu dokonuje się w oknie dialogowym Parametry otwieranym poprzez menu (Narzędzia / Opcje) lub za pomocą przycisku Opcje paska skrótów.

Poszczególne parametry i ustawienia programu są ujęte w czterech zakładkach (Rys. III:15):

Zakładka Ogólne

Grupuje kontrolki, które służą do ustawienia opcji programu związanych z wizualizacją modelu w *oknie sceny*, a mianowicie:

Grupa włączników:

Ukryj węzły w widoku konstrukcji - włączony spowoduje, że symbole graficzne węzłów (w postaci kulek) nie będą wyświetlane przy włączonym widoku konstrukcji, ale wówczas nie będzie możliwa selekcja węzłów w oknie *sceny* za pomocą myszki.

Ukryj nieaktywne obciążenia - włączony powoduje, że obciążenia nieaktywne (wyłączone na panelu Grupy obciążeń) nie będą ukazywane na widoku modelu konstrukcji.

Ukryj osie główne - włączony spowoduje, że nie będą wyświetlane osie globalnego układu odniesienia w oknie *sceny*.

Ukryj oznaczenie osi - włączony sprawia, że na osiach globalnego i lokalnego (związanego z *płaszczyzną roboczą*) układu odniesienia w oknie *sceny* nie będą wyświetlane symbole literowe tych osi.

Ukryj osie pomocnicze - włączony spowoduje, że nie będą wyświetlane osie pomocnicze, jeśli zostały one wcześniej zdefiniowane.

Ukryj środki łuków - włączony spowoduje wygaszenie w oknie *sceny* obiektów graficznych (w postaci małych kulek), służących do wizualizacji środków łuków osi prętów łukowych.

Ukryj numery przekrojów - włączony spowoduje wygaszenie w oknie *sceny* numerów przekrojów wyświetlanych przy środkach prętów.

Ukryj cel - włączony spowoduje ukrycie (wygaszenie) w oknie *sceny* tzw. *centrum sceny* w postaci czerwonej kulki.

Wygładzanie linii - włączony sprawi, ze linie konturów obiektów graficznych modelu konstrukcji (pręty, węzły, obciążenia, podpory) będą wyświetlane bardziej wygładzone. Ten efekt będzie

zależał od zdolności karty graficznej i jej ustawień do realizowania tej funkcji.

Dwustronne wyświetlanie liczb - włączony powoduje, że cyfry liczb (numerów węzłów i prętów, wymiarów, wartości wyników itd.) będą zawsze wyświetlane obserwatorowi w szyku od lewej do prawej, niezależnie od kąta obrócenia modelu konstrukcji w płaszczyźnie poziomej *sceny*.

Odwrotne działanie kółka myszy - włączony powoduje, że działanie tzw. rolki przewijania myszki (jeśli myszka taką posiada) będzie odwrotne od domyślnego, czyli takiego, przy którym obracanie rolką do siebie powoduje oddalanie *sceny*, a od siebie - zbliżanie, co jest uważane za standard i symuluje zbliżanie lub oddalanie obserwatora względem *sceny*.

Odwrotne działanie klawiszy strzałek - włączony powoduje, że efekt reakcji na używanie klawiszy strzałek na klawiaturze będzie odwrotny od domyślnego.

Uproszczone rysowanie przy obracaniu - włączony spowoduje, że obiekty modelu konstrukcji rysowane będą w sposób uproszczony w trakcie wykonywania animacji (np. obracania *sceny*), co wydatnie zwiększa ich szybkość, zwłaszcza na komputerach z kartą graficzną o mniejszych możliwościach przetwarzania grafiki.

Nie rysuj obciążeń przy obracaniu - włączony spowoduje, że obciążenia nie będą rysowane przy wykonywania animacji (np. obracaniu *sceny*), co wydatnie zwiększa szybkość animacji, zwłaszcza na komputerach z kartą graficzną o mniejszych możliwościach przetwarzania grafiki.

Nie rysuj wykresów przy obracaniu - włączony spowoduje, że wykresy wyników obliczeń (sił przekrojowych, ugięć) nie będą rysowane w trakcie wykonywania animacji, co wydatnie zwiększa szybkość animacji, zwłaszcza na komputerach z kartą graficzną o mniejszych możliwościach przetwarzania grafiki.

Użyj koloru materiału dla schematu - włączony powoduje, że kolory prętów na schemacie *kinematycznym* modelu konstrukcji będą identyczne z kolorem materia-

łu przypisanego do przekrojów poszczególnych tych prętów w trakcie tworzenia listy przekrojów.

Zaznaczaj wybrane elem. na diagramie - włączony powoduje, zaznaczaniu obiektów graficznych na w oknie *sceny* towarzyszyć będzie jednoczesne wyróżnianie odpowiadającym im pozycjom na drzewku panelu identyfikacji modelu konstrukcji.

Automatycznie wczytaj ostatnie zadanie - włączony spowoduje, że otwarciu programu towarzyszyć będzie wczytanie pliku zadania, z którym program został ostatnio zamknięty.

Sekcja Obracanie

Zawiera dwa pola liczbowe dla określenia parametrów funkcji automatycznego obracania modelu konstrukcji w oknie *sceny*, tj. Skok: do zadania liczby określającej o jaki kąt poziomy ma się obrócić model konstrukcji w jednostce czasu określonej w polu Interwał.

Sekcja Ukrywanie

Zawiera dwa pola liczbowe dla określenia położeń płaszczyzn określających warstwę strefy eksponowania modelu konstrukcji. Wartość Nad płaszczyzną określa płaszczyznę równoległą do *płaszczyzny roboczej* w odległości równej zadawanej wielkości w [m] w kierunku dodatniej części osi lokalnej ***z*** układu związanego z *płaszczyzną roboczą*, natomiast wartość Pod płaszczyzną określa położenie drugiej płaszczyzny w odległości zadawanej wielkości w [m] w kierunku ujemnej części osi lokalnej ***z***. Akcja ukrywania modelu konstrukcji polega na wygaszeniu wszystkich szczegółów widoku, które nie zawierają się pomiędzy tymi płaszczyznami. Wartości obu liczb muszą być dodatnie i różne od zera.

Sekcje Położenie źródła światła nr 1 i Położenie źródła światła nr 2:

Zawierają pola liczbowe dla określenia położeń dwóch źródeł światła względem globalnego układu odniesienia oraz przyciski Przywróć domyślne do przywracania współrzędnych domyślnych położenia tych źródeł światła. Położenie źródeł światła ma jedynie wpływ na efekty wizualne modelu konstrukcji w oknie *sceny*.

Pole edycyjne Domyślna nazwa grupy prętów i węzłów

Służy do wpisania nazwy grup prętów i węzłów nadawanej automatycznie na *panelu identyfikacji modelu konstrukcji* przy ich generowaniu w trakcie kreowania modelu konstrukcji.

Pole edycyjne Zapis awaryjny co:

Służy do zadania interwału czasu między kolejnymi zapisami zadania do pliku awaryjnego, który jest automatycznie wczytywany po powtórnym uruchomieniu programu nieprawidłowo zamkniętego. Dzięki temu zapisowi awaryjnemu możliwe jest odzyskanie zadania utraconego wskutek niespodziewanego zamknięcia lub zawieszenia programu.

Zakładka Schemat

Grupuje kontrolki, które służą do ustawienia opcji programu związanych z kreowaniem modelu w *oknie sceny*, a mianowicie:

Pola liczbowe:

Tolerancja - wielkość określająca promień przechwytywania obiektów modelu konstrukcji w trakcie wodzenia kursora myszki po ***płaszczyźnie roboczej*** w trakcie kreowania pręta.

Skok - parametr tzw. grida, tzn. skoku kursora początku lub końca kreowanego pręta w ***płaszczyźnie roboczej***.

Średnica prętów - ma zastosowania w *kinematycznej* wizualizacji modelu konstrukcji, w której pręty są ukazywane jako wydłużone walce.

Średnica węzłów - ukazywanych w postaci kul na modelu konstrukcji zarówno w jego *kinematycznej* jak i r*ealistycznej* formie wizualizacji.

Wielkość podpory - ma zastosowania do symboli graficznych podpór na modelu konstrukcji i determinuje ich wielkość.

Średnica wektorów obc. - ma zastosowania do symboli graficznych obciążeń skupionych na modelu konstrukcji i determinuje średnicę wektorów tych symboli.

Skala obc. skupionych - ma zastosowania do symboli graficznych obciążeń skupionych na modelu konstrukcji i determinuje wielkość (długość) tych symboli względem geometrii obiektów modelu konstrukcji. Wartość tej skali można również określać za pomocą narzędzi ▲ ▼ paska narzędzi stowarzyszonego z trybem Schemat. (Patrz: **Paski narzędzi**).

Skala obc. rozłożonych - ma zastosowania do symboli graficznych obciążeń rozłożonych na modelu konstrukcji i determinuje wielkość tych symboli względem geometrii modelu konstrukcji. Wartość tej skali można również określać za pomocą narzędzi ▲ ▼ paska narzędzi stowarzyszonego z trybem Schemat. (Patrz: **Paski narzędzi**).

Skala obc. powierzch. - ma zastosowania do symboli graficznych obciążeń płaszczyznowych na modelu konstrukcji i determinuje wielkość tych symboli względem geometrii modelu konstrukcji. Wartość tej skali można również określać za pomocą narzędzi ▲ ▼ paska narzędzi stowarzyszonego z trybem Schemat. (Patrz: **Paski narzędzi**).

Sekcja Ilość cyfr dziesiętnych

Zawiera pola liczbowe do określania liczby cyfr po przecinku wartości obciążeń i opisów naniesionych linii wymiarowych.

Sekcja Wielkość czcionki

Zawiera pola liczbowe do określania rozmiaru czcionki numeracji prętów i węzłów, wartości obciążeń oraz wielkości wymiarów względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Zakładka Wyniki

Grupuje kontrolki, które służą do ustawienia opcji programu związanych z generowaniem modelu obliczeniowego konstrukcji oraz prezentacją wyników obliczeń w trybie Statyka *okna sceny*, a mianowicie:

Pola liczbowe:

Dokładność identyfikacji schematu - liczba wyrażona w [m], a określająca promień przyciągania tzw. węzłów warunkowych (np. końców swobodnych prętów położonych w pobliżu osi innych prętów) do innych prętów. Brana jest pod uwagę przy generowaniu modelu obliczeniowego konstrukcji dla rozstrzygnięcia, czy ten węzeł leży na osi innego pręta.

Dokładność podziału łuku - liczba określająca wielkość kąta segmentu łuku na jakie mają być dzielone - w modelu obliczeniowym konstrukcji - pręty zadeklarowane jako łuki kołowe.

Domyślny podział przek. zmiennego - liczba całkowita określająca gęstość podziału pręta o zmiennym przekroju w modelu obliczeniowym konstrukcji.

Ilość cyfr dziesiętnych - liczba cyfr dziesiętnych po przecinku z jaką mają być wyświetlane wartości liczbowe wyników.

Wielkość czcionki - wysokość czcionki wartości liczbowych wyników wyświetlanych na wykresach wyników obliczeń.

Dokładność wykresów - odległość pomiędzy rysowanymi rzędnymi wykresów sił przekrojowych (gęstość kreskowania).

Skala wykresów momentów - mnożnik rzędnych wykresów momentów zginających (Mx, My, Mz), który determinuje ich wielkość względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Skala wykresów sił - mnożnik rzędnych wykresów sił (Ty, Tz i N), który determinuje ich wielkość względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Skala reakcji - mnożnik długości wektorów reakcji podporowych, który determinuje ich wielkość względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Skala wykresów przemieszczeń - mnożnik rzędnych wykresów przemieszczeń, który determinuje ich wielkość względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Średnica wektorów reakcji - wartość określająca wymiar poprzeczny wektorów reakcji podporowych, który determinuje ich wielkość względem geometrii obiektów modelu konstrukcji.

Wypełnianie wykresu - *włącznik*, którego włączenie spowoduje, że wykresy sił przekrojowych - zamiast kreskowania - będą wypełniane kolorem określonym w zakładce Kolory.

Język wydruków - *lista rozwijalna (*ang. *combobox)* służąca do wyboru języka w jakim mają być sporządzane dokumenty (wydruki). Lista ta zawiera cztery pozycje odpowiadające językom: polski, angielski, francuski, niemiecki.

Opóźnienie przy zmianie obciążeń - *pole edycyjne* do zadawania czasu (w sekundach) opóźnienia reakcji programu na zmiany kombinacji grup obciążeń dokonywanych na panelu Grupy obciążeń. Parametr ten ma znaczenie jedynie w trybach Statyka i Wymiarowanie, w których każda zmiana kombinacji grup obciążeń wymaga ponownego wykonania obliczeń. W celu umożliwienia wyspecyfikowania zamierzonej kombinacji grup obciążeń (włączeniu lub wyłączaniu włączników przy poszczególnych grupach obciążeń) bez natychmiastowej inicjacji obliczeń po każdej elementarnej operacji na panelu Grupy obciążeń, program oczekuje na kolejną operację na panelu (włączenie lub wyłączenie włącznika) zanim upłynie czas określony w tym parametrze. Jeśli w tym czasie nie zostanie wykonana kolejna operacja na panelu, to dopiero wówczas program inicjuje procedurę obliczeń. Jeśli wyspecyfikowanie konkretnej kombinacji grup obciążeń wymaga dłuższego czasu na zastanowienie się, to mechanizm ten może być doraźnie zawieszony przez utrzymywanie wciśniętego klawisza [Ctrl].

Zachowaj wyniki w pliku zadania - *włącznik*, którego włączenie spowoduje, że wyniki obliczeń zostaną zapisane do pliku zadania wraz z danymi. Dzięki temu, po ponownym otwarciu tego zadania z folderu archiwalnego, nie będzie potrzeby ponownego wykonywania obliczeń.

Zakładka Wymiarowanie

Zawiera dwa *włączniki*:

Aktualizuj wyniki obliczeń - którego włączenie spowoduje, że po każdej zmianie parametrów wymiarowania prętów w trybie Wymiarowanie mającej wpływ na pracę statyczną modelu konstrukcji (np. zmiana

przekroju lub metody wyznaczania długości wyboczeniowej pręta) automatycznie będą powtórzone obliczenia w zakresie analizy statycznej i kinematycznej dla aktualnej kombinacji grup obciążeń.

Aktualizuj obwiednie sił wewn. - którego włączenie spowoduje, że po każdej zmianie parametrów wymiarowania prętów w trybie Wymiarowanie mającej wpływ na pracę statyczną modelu konstrukcji (np. zmiana przekroju lub metody wyznaczania długości wyboczeniowej pręta) automatycznie będą powtórzone obliczenia w zakresie analizy statycznej i kinematycznej dla pełnej kombinatoryki grup obciążeń (obwiedni).

Zakładka Kolory

Służy do ustawiania kolorów obiektów graficznych wizualizacji modelu konstrukcji i prezentacji wyników obliczeń. Dla większości obiektów ustawienie koloru polega na określeniu koloru rozproszenia wraz ze współczynnikiem rozproszenia i koloru otaczającego wraz ze współczynnikiem odbicia światła. Ustawienie kolorów obiektów graficznych ma jedynie aspekt czysto wizualny.

Zakładka Katalogi dyskowe

Umożliwia wskazanie domyślne ścieżek dostępu do odpowiednich katalogów dyskowych (folderów) opisanych w oknie zakładki.

Ustawienia dokonane w zakładkach okna dialogowego Parametry te są zapamiętywane przy zamykaniu programu.

Kreowanie modelu konstrukcji

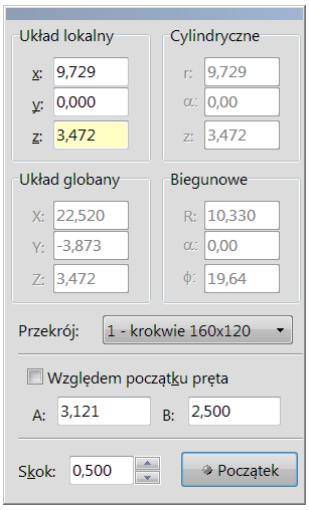
Ogólna koncepcja kreowania modelu przestrzennej konstrukcji prętowej polega na generowaniu schematu statycznego i określeniu właściwości jego obiektów (pręty, węzły, obciążenia).

Po uruchomieniu programu aktywny jest tryb Schemat okna sceny, a ***płaszczyzna robocza*** zorientowana jest w taki sposób, że jej osie ***x*** i ***y*** leżą w płaszczyźnie ekranu. Można więc powiedzieć, że wstępnie program **RM-3D** jest domyślnie nastawiony na zadanie "płaskie". Jeśli ustawienie płaszczyzny nie zostanie zmienione, to sposób kreowania schematu podobny jest do tego, jaki obowiązuje w programie RM-WIN w opcji Geometria/Definiowanie.

Kreowanie geometrii schematu

Kreowanie pręta

Kreowanie geometrii schematu statycznego wymaga użycia narzędzia paska narzędzi, co powoduje ukazanie się kursora (w postaci krzyżyka) oraz *węzła początkowego pręta* (w postaci kulki o średnicy równej średnicy symbolu węzła, określanej w zakładce Schemat okna dialogowego ustawień parametrów programu). Jednocześnie pojawia się *okienko kreowania pręta* (Rys. III:16).



Rys. III:16 - Okienko kreowania pręta

Ruchy myszką sprawiają, że *węzeł początkowy pręta* jest wodzony:

- Po ***płaszczyźnie roboczej***, a wodzenie *węzła początkowego* odbywa się po niewidocznych punktach tzw. grida, którego gęstość określa parametr Skok *okienka kreowania pręta*. Jednocześnie w *okienku kreowania pręta* aktualizowane są współrzędne położenia tego węzła.
- Po istniejącym pręcie, a wodzenie *węzła początkowego* odbywa się wzdłuż osi tego pręta ze skokiem określonym przez parametr Skok *okienka kreowania pręta*. Jeśli *włącznik* Względem początku pręta jest włączony, to położe-

nie *węzła początkowego* na pręcie jest wielokrotnością wartości Skok od początku pręta ***A***. Jeśli natomiast ów włącznik jest wyłączony, to położenie *węzła początkowego* na pręcie jest wielokrotnością wartości Skok od końca pręta ***B***. Niezależnie od tego, podczas wodzenia kursora początku lub końca pręta możliwe jest zadanie bezpośrednich wartości liczbowych określających położenie tego kursora w polach A i B okienka kreowania pręta.

- Po istniejących węzłach modelu konstrukcji, co następuje po zbliżeniu kursora „+” do dowolnego węzła istniejącego.

Uwaga: Wyboru obiektu wodzenia dokonuje się poprzez zbliżenie kursora do zamierzonego obiektu (płaszczyzny roboczej, pręta lub węzła) i wstrzymaniu na krótki moment ruchu myszką. Wówczas nastąpi przechwycenie *węzła początkowego* kreowanego pręta, a trzecia sekcja linii statusu będzie:
pusta - w przypadku przechwycenia *węzła początkowego* kreowanego pręta przez płaszczyznę roboczą,
zawierać nr pręta - w przypadku przechwycenia *węzła początkowego* kreowanego pręta przez pręt istniejący,
zawierać nr węzła - w przypadku przechwycenia *węzła początkowego* kreowanego pręta przez węzeł istniejący,

Zamierzone położenie początku pręta może być osiągnięte **bezpośrednio** - przez ulokowanie kursora za pomocą ruchów myszki lub **pośrednio** - przez nadanie wartości współrzędnym lokalnym (kartezjańskim, biegunowym lub cylindrycznym) lub globalnym. Najbardziej efektywne jest łączenie tych sposobów, co polega na wstępnym (wizualnym) nasunięciu *węzła początkowego pręta* na zamierzoną pozycję, a następnie - jeśli nie zostały w pełni osiągnięte współrzędne tego węzła - zadać dokładne wartości tych współrzędnych w *okienku kreowania pręta*, co polega na przeniesieniu kursora myszki do pól edycyjnych *okienka*. Aby jednak przy przenoszeniu kursora myszki do *okienka* nie utracić wstępnej pozycji *węzła początkowego* należy wcześniej wcisnąć i utrzymywać klawisz [Ctrl].

Przy sposobie **bezpośrednim** zatwierdzenia położenia początku pręta na ***płaszczyźnie roboczej*** lub istniejącym pręcie dokonuje się wprost przez kliknięcie lewym przyciskiem myszki. Natomiast przy sposobie pośrednim należy użyć przycisku Początek *okienka kreowania pręta*.

Po zatwierdzeniu początku pręta pojawia się *kursor pręta* w postaci wydłużonego walca oraz *węzeł końcowy pręta* (w postaci identycznej z *węzłem początkowym*). Od tego momentu wodzenie kursora myszki pociąga za sobą wodzenie *węzła końcowego pręta*, a sposoby jego pozycjonowania i zatwierdzania są takie same jak dla *węzła początkowego*.

Jeśli schemat statyczny projektowanej konstrukcji ma strukturę płaszczyznową, to zalecane jest korzystanie z ***płaszczyzny roboczej*** przy kreowaniu poszczególnych podstruktur płaskich tej konstrukcji.

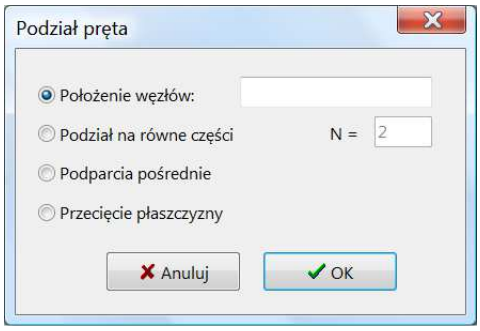
Po wykreowaniu części geometrii schematu statycznego na ***płaszczyźnie roboczej*** wodzenie *węzła początkowego* lub *końcowego* może odbywać się po istnieją-

cych węzłach lub prętach. Pozwala to na szybkie kreowanie prętów łączących ze sobą dowolne części schematu statycznego. Dla upewnienia się czy zamierzony węzeł lub pręt przechwycił *węzeł wodzony* należy obserwować linię statusu, w której wyświetlany jest numer węzła lub pręta, który przechwycił *wodzony węzeł*. Dopiero wówczas można zatwierdzić koniec lub początek kreowanego pręta mając pewność, że będzie pokrywał się z zamierzonym węzłem lub leżał na zamierzonym pręcie.

Uwaga: W trakcie kreowania prętów schematu statycznego konstrukcji tworzony jest tzw. *panel identyfikacji modelu konstrukcji*, którego odzwierciedleniem jest hierarchiczna (drzewiasta) struktura tekstowa wyświetlana w panelu umieszczonym z prawej strony okna *sceny* (patrz: *Panel identyfikacji modelu konstrukcji*).

Dzielenie pręta (dodawanie węzłów)

Jeśli z jakichś względów zachodzi potrzeba utworzenia węzła lub kilku węzłów na pręcie lub grupie prętów (np. w przypadku konieczności zróżnicowania przekrojów wzdłuż pręta lub utworzenia tzw. węzła trwałego), to można tego dokonać przy pomocy narzędzia paska narzędzi, którego użycie spowoduje wyświetlenie okienka Podział pręta (Rys. III:17). Podział pręta, czyli tworzenie węzłów na pręcie może być dokonane na cztery sposoby:



Rys. III:17 - Podział pręta

1. Przez utworzenie węzłów w określonych odległościach od końca ***A*** pręta, co polega na uprzednim wskazaniu pręta lub grupy prętów, wybraniu przełącznika Położenie węzłów i zadaniu sekwencji wartości liczbowych (odległości w [m] oddzielonych spacjami) w polu edycyjnym obok tego przełącznika, a następnie potwierdzenie tej operacji przyciskiem OK.
2. Poprzez podział pręta na *n* równych części, co polega na uprzednim wskazaniu pręta lub grupy prętów, wybraniu przełącznika Podział na równe części i zadaniu liczby odcinków w polu edycyjnym N =, stowarzyszonym z tym przełącznikiem, a następnie potwierdzenie tej operacji przyciskiem OK.
3. Poprzez utworzenie węzłów w miejscach krzyżowania się osi wskazanego pręta z innymi prętami (w tzw. podparciach pośrednich), co polega na

uprzednim wskazaniu zamierzonego pręta lub grupy prętów, wybraniu przełącznika Podparcie pośrednie, a następnie potwierdzeniu tej operacji przyciskiem OK. Po wykonaniu tej funkcji na wybranym pręcie lub prętach zostaną utworzone węzły w punktach podparć pośrednich pręta (prętów) innymi prętami, a tym samym, nastąpi podział pręta (prętów).

4. Poprzez tworzenie węzłów na osiach zaznaczonych prętów w miejscach, które są punktami przebicia osi tych prętów z *płaszczyzną roboczą*. Ten sposób podziału pręta (prętów) wymaga: odpowiedniego ustawienia *płaszczyzny roboczej* (patrz: **Sytuowanie płaszczyzny roboczej**), zaznaczenia pręta lub grupy prętów, wybrania przełącznika Przecięcie płaszczyzny, a następnie potwierdzenia tej operacji przyciskiem OK.

Scalanie prętów (usuwanie węzłów)

Jeśli z jakichś względów zachodzi potrzeba scalenia grupy współliniowych prętów, czyli usuwania węzłów (np. jeśli te pręty mają stanowić jeden element konstrukcyjny), to można tego dokonać przy pomocy narzędzia paska narzędzi, które jest dostępne wówczas, gdy co najmniej dwa pręty zostały zaznaczone. Użycie tego narzędzia po uprzednim zaznaczeniu grupy prętów spowoduje usunięcie zbędnych węzłów i zamianę tych prętów na jeden pręt.

Uwaga: Operacja będzie możliwa do wykonania tylko wówczas, gdy wybrane do scalenia pręty są współliniowe, mają tą samą orientację oraz ten sam rodzaj przekroju. W przeciwnym razie próba scalenia spowoduje wyświetlenie komunikatu: "Nie można scalić prętów".

Kopiowanie struktury prętowej

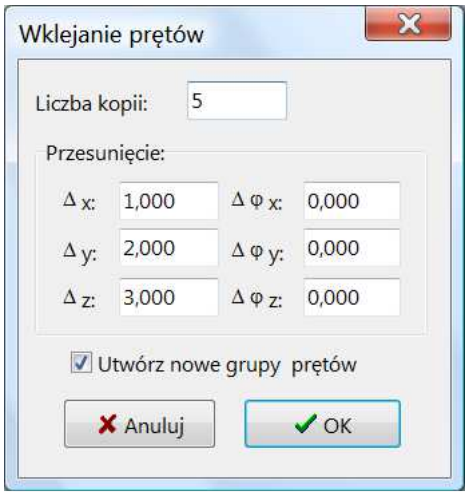
W przypadku konstrukcji o regularnych strukturach prętowych istnieje możliwość znacznego uproszczenia i przyśpieszenia procesu kreowania geometrii schematu statycznego modelu konstrukcji. Służą do tego polecenia Zaznacz, Kopiuj i Wklej paska skrótów.

Aby powielić określony fragment modelu konstrukcji należy wyselekcjonować uprzednio zamierzony fragment. Służą do tego operacje przeznaczone do selekcji prętów lub węzłów (patrz: Selekcja prętów lub węzłów). Przed tą czynnością ważna jest pozycja i orientacja ***płaszczyzny roboczej***, ponieważ grupa zaznaczonych prętów jest zawsze kojarzona z aktualną ***płaszczyzną*** w momencie wykonania polecenia Kopiuj.

Po wyselekcjonowaniu grupy prętów należy użyć polecenia Kopiuj paska skrótów, a następnie koniecznie odwołać dokonaną selekcję fragmentu modelu konstrukcji poprzez kliknięcie na dowolnym pustym obszarze okna *sceny*, co spowoduje uaktywnienie przycisku Wklej paska skrótów, który służy do wykonania polecenia "wklejania" uprzednio skopiowanej do schowka struktury.

Poleceniu Wklej towarzyszy pojawienie się okienka Wklejanie prętów (Rys. III:18), które służy do określania sposobu działania tej operacji, czyli liczbę kopii (zadawaną w polu edycyjnym Liczba kopii:) oraz tzw. strategię klonowania (określaną za pomocą wielkości geometrycznych zadawanych w polach edycyj-

nych sekcji Przesunięcie). Domyślnie parametr Liczba kopii jest równy jeden, a wielkości przesunięć i obrotów w sekcji Przesunięcie są równe zeru.



Rys. III:18 - Parametry "wklejania" struktury prętowej

Strategia klonowania jest ściśle związana z ***płaszczyzną roboczą***, która stanowi tzw. *kierownicę klonowania*. Jej rola polega na tym, że przed kolejnym wygenerowaniem kopii struktury prętowej w modelu konstrukcji początek jej układu lokalnego jest przesuwany na scenie o przyrosty (Δx, Δy, Δz), sama płaszczyzna jest obracana wokół osi jej układu lokalnego o kąty (Δφx, Δφy, Δφz) względem jej poprzedniego położenia. Dzięki temu możliwe jest kopiowanie umieszczonej uprzednio struktury prętowej zarówno w szyku prostym jak i kołowym. Jeśli np. umieszczonym uprzednio w schowku (skopiowanym) fragmentem modelu była rama hali, a kopie tej ramy mają być umieszczone w szyku prostym i w płaszczyznach równoległych do oryginału, to należy wcześniej skojarzyć ***płaszczyznę roboczą*** z płaszczyzną ramy i skopiować ramę do schowka, a następnie zadać takie wartości przesunięć w polach (Δφx, Δφy, Δφz), aby określały zamierzony kierunek klonowania względem lokalnego układu odniesienia, związanym z *kierownicą klonowania*.

Włączenie *włącznika* Utwórz nowe grupy prętów sprawi, że dla każdej „wklejonej” grupy prętów zostanie utworzona osobna podgrupa w hierarchii Pręty w *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

Symetryzacja geometrii modelu konstrukcji

Jeśli schemat statyczny podejmowanego zadania cechuje płaszczyznowa symetria geometryczna, to do jego kreowania warto wykorzystać funkcję automatycznego generowania tzw. odbicia lustrzanego zaznaczonego fragmentu schematu. W tym celu należy wpierw zaznaczyć (wyselekcjonować) pręty fragmentu schematu, a następnie ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby stała się płaszczyzną symetryzacji, czyli pełniła rolę lustra. Teraz wystarczy użyć narzędzia paska narzędzi, co spowoduje wygenerowanie zaznaczonego wcześniej fragmentu schematu jako jego odbicia lustrzanego, po drugiej stronie ***płaszczyzny roboczej***.

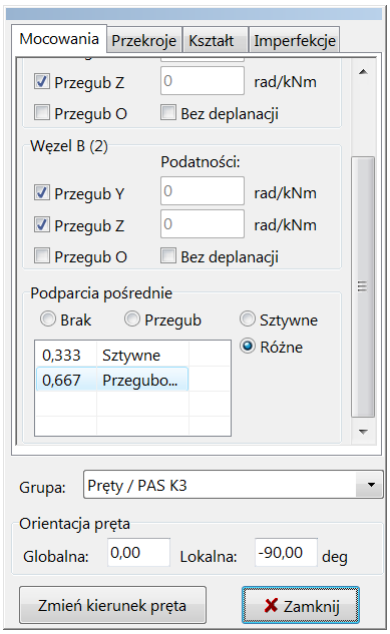
Automatyczne generowanie typowych struktur prętowych

Tryb Schemat programu **RM-3D** wyposażono w generatory automatycznego kreowania typowych struktur prętowych, a mianowicie:

- przestrzenna rama wielokondygnacyjna i wielonawowa o wzajemnie prostopadłych prętach
- jednonawowa hala o ramach portalowych
- kratownice płaskie o różnych typach skratowań
- wypełnienia prętami (krokwiami, żebrami) płaskich obszarów zamkniętych, tworzonych przez uprzednio wykreowane pręty

Korzystanie z generatorów jest ściśle związane z *płaszczyzną roboczą*, tzn. sytuowanie generowanej struktury w modelu konstrukcji zależy od położenia tej płaszczyzny, która stanowi tzw. kierownicę (bazę) generacji. Dzięki tym generatorom można znacznie usprawnić kreowanie modelu całej konstrukcji. Każde użycie generatora jest zapamiętywane jako obiekt *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*. Umożliwia to korygowanie wygenerowanej struktury, ale do momentu, gdy za pomocą elementarnych operacji kreowania (korekta węzłów, podział lub scalanie prętów) struktura ta nie zostanie naruszona.

Właściwości prętów



Rys. III:19 - Okienko właściwości prętów

Właściwości prętów - konieczne dla uwzględnienia ich cech mających wpływ na realną pracę statyczną i kinematyczną - zostały w programie ujęte w cztery kategorie:

- Mocowania
- Przekroje
- Kształt
- Imperfekcje

Określanie właściwości prętów odbywa się w *okienku właściwości pręta* (Rys. III:19) otwieranym za pomocą narzędzia paska narzędzi lub przez podwójne kliknięcie na pręcie modelu. Poszczególnym kategoriom właściwości odpowiadają zakładki tego okienka.

Stałymi elementami kontrolnymi *okienka właściwości pręta* są:
Lista Grupa, która służy do desygnowania specyfikowanego pręta lub grupy prętów do określonej grupy w hierarchii Pręty na *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

W sekcji Orientacja pręta:

Pole Globalna - określa odchylenie płaszczyzny kreowania przekroju pręta od pionowej płaszczyzny globalnej pokrywającej się z osią ***x*** pręta (patrz: **Opis modelu pręta**).

Pole Lokalna - określa odchylenie płaszczyzny kreowania przekroju pręta od płaszczyzny prostopadłej do ***płaszczyzny roboczej***, a pokrywającej się z osią ***x*** pręta (patrz: **Opis modelu pręta**).

Przycisk Zmień kierunek pręta - powoduje transformację pręta polegającą na zamianie węzłów ***A*** i ***B***, czyli obrót pręta w płaszczyźnie orientacji o kąt 180°.

W zakładce Mocowania ujęto:
Włącznik Cięgno, którego włączenie sprawi, że w obliczeniach pręt będzie traktowany jako element konstrukcji nie przenoszący siły ściskającej.

W sekcjach Węzeł A i Węzeł B:

Włącznik PrzegubY - jego włączenie uwalnia obrót pręta względem węzła ***A*** lub ***B*** wokół osi własnej ***y*** pręta. Włączenie ma dwa stany:
"szary" - przy którym możliwe jest zadanie liczbowej wartości podatności połączenia pręta w węźle w [rad/kNm] - w stowarzyszonym z włącznikiem polu liczbowym,
"biały" - który oznacza, że połączenie pręta w tym węźle zapewnia całkowicie swobodny obrót pręta.

Włącznik PrzegubZ - jak wyżej, lecz dla obrotu wokół osi ***z*** pręta w węźle ***A*** lub ***B***.

Włącznik PrzegubO - włączenie tego włącznika uwalnia obrót pręta względem węzła ***A*** lub ***B*** wokół osi własnej ***x*** pręta. Stowarzyszony włącznik Bez deplanacji służy do ograniczenia deplanacji przekroju w węźle na skutek skręcania nieswobodnego.

W sekcji Podparcia pośrednie *przełączniki*:

Brak - miejsca skrzyżowań osi pręta z osiami innych prętów nie będą niczym skrępowane (brak jakiegokolwiek połączenia).

Przegub - miejsca skrzyżowań osi pręta z osiami innych prętów będą traktowane jako przegubowe (nożycowo).

Sztywne - miejsca skrzyżowań osi pręta z osiami innych prętów będą traktowane jako sztywne.

Różne - podparcia na poszczególnych skrzyżowaniach osi pręta z osiami innych prętów mogą być zróżnicowane, co polega na określaniu sposobu każdego podparcia (brak, przegub, sztywne) w pozycjach tabelki stowarzyszonej z tym przełącznikiem. Tabelka zawiera dwie kolumny. W pierwszej wyświetlane są liczby ułamkowe określające względne położenie poszczególnych podparć pośrednich od węzła początkowego pręta. W drugiej kolumnie wyświetlane są zadeklarowane przez użytkownika rodzaje podparć. W celu dokonania zmiany sposobu podparcia w zamierzonym miejscu podparcia należy wskazać kursorem odpowiadającą mu pozycję w tabelce i wykonywać podwójne kliknięcia do momentu uzyskanie zamierzonego sposobu podparcia (brak, przegubowe, sztywne).

Zakładka Przekroje wyposażona jest w specjalny komponent do deklarowania zmienności przekroju wzdłuż osi pręta, a składający się z sekcji zmienności przekroju. Każda z sekcji zawiera:

Okno przekroju - do wizualizacji wybranego przekroju
Listę nazw przekrojów - do wyboru przekroju z listy przekrojów
Pola x: i x/L: - do określania pozycji przydzielanego przekroju
Włącznik Następny - do dołączenia następnej sekcji zmienności przekroju
Pole Mnożnik ciężaru własnego - do ewentualnego zwiększenia, zmniejszenia lub wyłączenia ciężaru własnego pręta jaki wynika z jego przekrojów i przypisanym im materiałów.

Uwaga: Kreowanie sekwencji zmienności przekrojów wzdłuż osi pręta rozpoczyna się od przydzielenia przekroju do pręta w węźle ***A*** (x=0). Następne kroki polegają na przydzielaniu przekrojów w zamierzonych punktach zmienności przekrojów wzdłuż pręta. Jeśli w konkretnym miejscu pręt doznaje skokowej zmienności przekroju, to w tym miejscu muszą być zadeklarowane dwa przekroje.

Zakładka Kształt zawiera kontrolki do kształtowania bryły pręta wzdłuż jego osi:

Włącznik Łuk - włączenie tego włącznika sprawi, że pręt będzie traktowany jako element o kształcie łuku z zadaną strzałką łuku w *polu liczbowym* F, przy czym wartość może być ujemna, co oznacza, że łukowe wygięcie osi pręta może dokonane w obu kierunkach płaszczyzny orientacji pręta.

Sekcja *przełączników* Wyrównanie (w płaszczyźnie orientacji):

krawędź górna - wyrównanie górnych krawędzi wszystkich sekcji pręta do jednej linii łączącej węzły pręta

oś pręta - osie sekcji pręta leżą w jednej linii równoległej do linii łączącej węzły pręta (ustawienie domyślne)

krawędź dolna - wyrównanie dolnych krawędzi wszystkich sekcji pręta do jednej linii łączącej węzły pręta

Sekcja *przełączników* Wyrównanie
(w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny orientacji):

do lewej - wyrównanie lewych (od strony dodatniej części osi ***y*** pręta) krawędzi wszystkich sekcji pręta do jednej linii łączącej węzły pręta

oś pręta - płaszczyzny kreowania przekrojów poszczególnych sekcji pręta leżą w linii łączącej węzły pręta (ustawienie domyślne)

do prawej - wyrównanie prawych (od strony ujemnej części osi ***y*** pręta) krawędzi wszystkich sekcji pręta do jednej linii łączącej węzły pręta

Sekcje Widok węzła A/B:

Δx - skrócenie/wydłużenie pręta w widoku konstrukcji poza węzeł. Dla węzła ***A*** wartość ujemna oznacza wydłużenie pręta poza węzeł ***A***, natomiast dla węzła ***B*** oznacza jego skrócenie

Φy - obrócenie przekroju początkowego (końcowego) wokół osi ***y***, co może być wykorzystane do pasowania końców prętów zbiegających się w węźle

Φz - obrócenie przekroju początkowego (końcowego) wokół osi ***z***, co może być wykorzystane do pasowania końców prętów zbiegających się w węźle

Sekcje Łączniki (dotyczy tylko wielogałęziowych przekrojów stalowych):

Pole Liczba pól - liczba naturalna określająca liczbę pól na jakie dzielą pręt przewiązki.

Przyciski Przewiązki/Skratowanie - przełączniki wyboru sposobu łączenia gałęzi pręta wielogałęziowego oraz związane z tym wyborem: h - wysokość blachy przewiązki, g - grubość blachy przewiązki lub *przełączniki* kątownik/ceownik i lista Profil skratowania do wyboru nominału kształtownika skratowania.

Zakładka Imperfekcje zawiera pola liczbowe do zadawania mimośrodów połączeń prętów w węzłach oraz geometrycznych imperfekcji dla potrzeb analizy konstrukcji w ramach teorii II-go rzędu, a mianowicie:

Sekcje Mimośrody w węźle A/B:

x - przesunięcie końca pręta względem węzła w kierunku osi własnej ***x***,
y - przesunięcie końca pręta względem węzła w kierunku osi własnej ***y***,
z - przesunięcie końca pręta względem węzła w kierunku osi własnej ***z***.

Sekcja Imperfekcje pręta (Teoria II-go rzędu):

Włącznik PN-EN 1993 - służy do udostępnienia pól $\mathbf{m_{\bar{y}}}$ i $\mathbf{m_{\bar{z}}}$ dla zadania liczby prętów (z reguły słupów) jakie występują w rzędzie wraz z wymiarowanym prętem w kierunkach osi **y** i **z** pręta, które są ukazywane na pręcie w widoku modelu konstrukcji. Parametry te służą do określenia globalnych imperfekcji przechyłowych dla potrzeb teorii II-rzędu w ujęciu normy **PN-EN 1993**, zgodnie z pkt. 5.3 normy.

Jeśli *włącznik* PN-EN 1993 nie jest włączony, to imperfekcje dla potrzeb teorii II-go rzędu należy zadawać w polach:

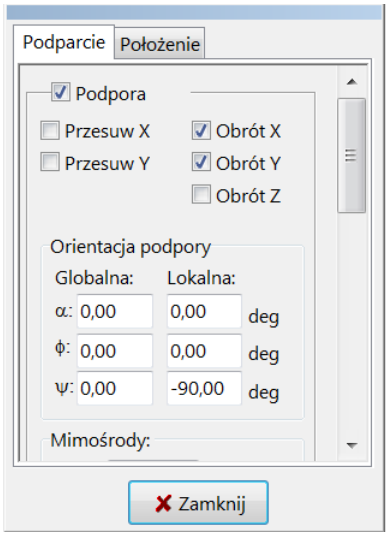
w_{oy}/L - przechyłowy parametr imperfekcji - tangens kąta pochylenia pręta w lokalnej płaszczyźnie ***xy***,

w_{oz}/L - przechyłowy parametr imperfekcji - tangens kąta pochylenia pręta w lokalnej płaszczyźnie ***xz***,

f_{oy}/L - krzywoliniowy parametr imperfekcji - stosunek strzałki wygięcia pręta w lokalnej płaszczyźnie ***xy*** do długości pręta,

f_{oz}/L - krzywoliniowy parametr imperfekcji - stosunek strzałki wygięcia pręta w lokalnej płaszczyźnie ***xz*** do długości pręta.

Właściwości węzłów



Rys. III:20 - Okienko właściwości węzła

Węzły schematu statycznego modelu konstrukcji są tworzone w trakcie kreowania prętów jako punkty zbiegających się końców osi prętów. Węzłom można nadawać różne właściwości kinematyczne, które odzwierciedlają rzeczywiste warunki posadowienia konstrukcji na podłożu lub jej wsparcia na innej konstrukcji.

Określanie właściwości węzłów odbywa się w *okienku właściwości węzła* (Rys. III:20) otwieranym za pomocą narzędzia paska narzędzi (w przypadku selekcji grupy węzłów) lub przez podwójne kliknięcie na pojedynczym węźle modelu. *Okienko właściwości węzła* zawiera dwie zakładki o nazwach Podparcie i Położenie.

W zakładce Podparcie ujęto kontrolki do określania sposobu podparcia węzła, a mianowicie:

Włącznik Podpora - do deklarowania podpory w węźle, z którym związane są włączniki:

PrzesuwX - zwolnienie więzi przesuwu w kierunku osi ***X*** płaszczyzny podstawy podpory

PrzesuwY - zwolnienie więzi przesuwu w kierunku osi ***Y*** płaszczyzny podstawy podpory

ObrótX - zwolnienie więzi obrotu wokół osi ***X*** płaszczyzny podstawy podpory

ObrótY - zwolnienie więzi obrotu wokół osi ***Y*** płaszczyzny podstawy podpory

ObrótZ - zwolnienie więzi obrotu wokół osi ***Z*** prostopadłej do płaszczyzny podstawy podpory

Sekcja Orientacja podpory (w układzie globalnym i lokalnym)

α - kąt obrócenia podstawy podpory wokół osi Z (globalnej lub lokalnej)
φ - kąt obrócenia podstawy podpory wokół osi Y (globalnej lub lokalnej)
ψ - kąt obrócenia podstawy podpory wokół osi X (globalnej lub lokalnej)

Uwaga: Szczegółowe zasady pozycjonowania płaszczyzny podstawy podpory są takie same jak dla ***płaszczyzny roboczej*** z konwencją zachowania kąta nachylenia osi ***X*** względem płaszczyzny globalnej (***X Y***) lub lokalnej (***x y***).

Sekcja: Mimośrody

x: - mimośród punktu podparcia względem węzła w kierunku osi ***X*** podstawy podpory
y: - mimośród punktu podparcia względem węzła w kierunku osi ***Y*** podstawy podpory
z: - mimośród punktu podparcia względem węzła w kierunku osi ***Z*** podstawy podpory

Sekcja: Wymuszenia

W_x: - wymuszenie przesuwu podpory w kierunku osi ***X*** jej podstawy
W_y: - wymuszenie przesuwu podpory w kierunku osi ***Y*** jej podstawy
W_z: - wymuszenie przesuwu podpory w kierunku osi ***Z*** jej podstawy
Φ_x: - wymuszenie obrotu podpory wokół osi ***X*** jej podstawy
Φ_y: - wymuszenie obrotu podpory wokół osi ***Y*** jej podstawy
Φ_z: - wymuszenie obrotu podpory wokół osi ***Z*** jej podstawy

Sekcja Podatności podpory

D_x: - podatność na przesuw podpory w kierunku osi ***X*** jej podstawy
D_y: - podatność na przesuw podpory w kierunku osi ***Y*** jej podstawy
D_z: - podatność na przesuw podpory w kierunku osi ***Z*** jej podstawy
$D_{\Phi x}$: - podatność podpory na obrót wokół osi ***X*** jej podstawy
$D_{\Phi y}$: - podatność podpory na obrót wokół osi ***Y*** jej podstawy
$D_{\Phi z}$: - podatność podpory na obrót wokół osi ***Z*** jej podstawy

W zakładce Położenie ujęto liczbowe pola edycyjne związane z określaniem położenia węzła w modelu konstrukcji, a mianowicie:

Sekcja: Względem płaszczyzny

x,y,z - współrzędne położenia węzła w układzie lokalnym, związanym z ***płaszczyzną roboczą***.

Δx,Δy,Δz - wartości ewentualnych przesunięć węzła lub grupy węzłów podyktowanych zamiarem dokonania korekty ich położenia w modelu.

Sekcja: W układzie globalnym

X,Y,Z - współrzędne położenia węzła w układzie globalnym,
ΔZ,ΔY,ΔZ - wartości ewentualnych przesunięć węzła lub grupy węzłów.

Sekcja: Współrzędne cylindryczne

r,α,z - współrzędne cylindryczne położenia węzła w układzie lokalnym, związanym z ***płaszczyzną roboczą***,
Δr,Δα,Δz - wartości ewentualnych przesunięć węzła lub grupy węzłów wyrażonych jako przyrosty współrzędnych cylindrycznych.

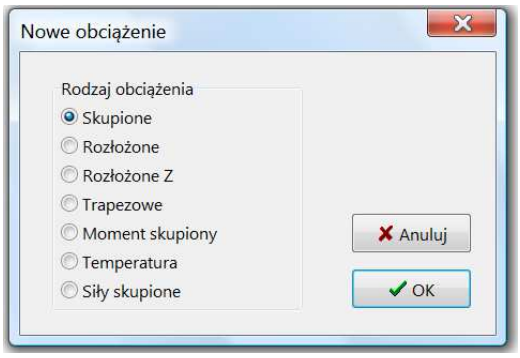
Sekcja: Współrzędne biegunowe

R,α,φ - współrzędne cylindryczne położenia węzła w układzie lokalnym, związanym z ***płaszczyzną roboczą***,
ΔR,Δα,Δφ - wartości ewentualnych przesunięć węzła lub grupy węzłów wyrażonych jako przyrosty współrzędnych biegunowych.

Kreowanie obciążeń

Zadawanie obciążenia prętowego

Wszystkie kreowane obciążenia są przypisywane do prętów, a więc dla ich zadawania należy uprzednio wskazać (zaznaczyć) pręt lub grupę prętów wg reguł jakie obowiązują z selekcją prętów (patrz: Selekcja prętów lub węzłów).



Rys. III:21 - Okno wyboru rodzaju obciążenia

W momencie zaznaczania pręta (grupy prętów) w trybie Schemat okna *sceny*, uaktywniane jest narzędzie paska narzędzi, którego użycie uruchamia sekwencję zdarzeń związanych z zadawaniem nowego obciążenia na zaznaczony pręt (grupę prętów). Najpierw pojawia się okienko Nowe obciążenie (Rys. III:21), zawierające grupę przełączników, które służy do wskazania rodzaju obciążenia.

Po dokonaniu tego wyboru i zaakceptowaniu przyciskiem OK - pojawia się *okienko właściwości obciążenia* (Rys. III:22) wyposażone w:

Edycyjne pola liczbowe:

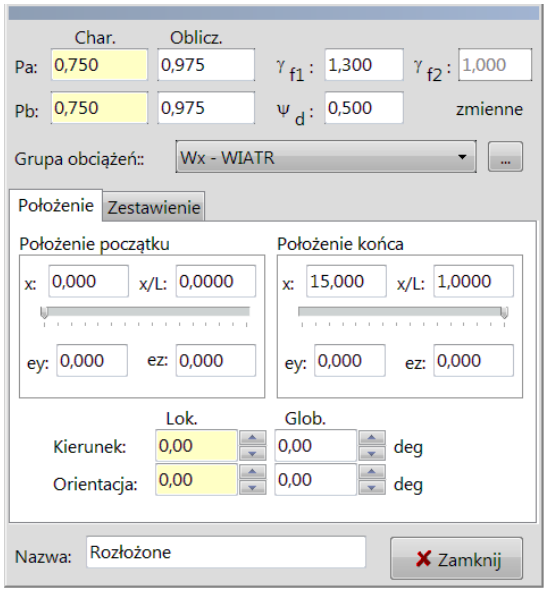
Pa - wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) obciążenia rozłożonego (liniowego lub trapezowego) od strony węzła ***A***

wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) siły skupionej lub momentu skupionego
wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) temperatury w płaszczyźnie orientacji - po stronie dodatniej części jej osi pionowej

Pb - wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) obciążenia rozłożonego (liniowego lub trapezowego) od strony węzła ***B***
wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) temperatury w płaszczyźnie orientacji - po stronie ujemnej części jej osi pionowej

γ_{f1}, γ_{f2} - częściowe współczynniki bezpieczeństwa obciążenia

ψ_d - współczynnik części długotrwałej obciążenia



Rys. III:22 - Okienko właściwości obciążenia

Lista Grupa obciążeń - dla przypisania obciążenia do grupy obciążeń. Przycisk **[...]** ulokowany obok listy stanowi skrót do otwarcia okna dialogowego Grupy obciążeń, co umożliwia utworzenie nowej grupy obciążeń w trakcie zadawania obciążenia.

Zakładka Położenie, a w niej:

Sekcja Położenie początku:

x: - bezwzględna odległość:
- początku obciążenia rozłożonego od węzła ***A*** pręta
- siły skupionej lub momentu skupionego od węzła ***A*** pręta

x/L: - względna odległość
- początku obciążenia rozłożonego od węzła ***A*** pręta
- siły skupionej lub momentu skupionego od węzła ***A*** pręta

e_y - odległość punktu przyłożenia siły skupionej lub początku linii obciążenia rozłożonego od osi ***x*** pręta w kierunku osi ***y***.

e_z - odległość punktu przyłożenia siły skupionej lub początku linii obciążenia rozłożonego od osi ***x*** pręta w kierunku osi ***z***.

Sekcja Położenie końca:

x: - bezwzględna odległość końca obciążenia rozłożonego od węzła ***A*** pręta
x/L: - względna odległość końca obciążenia rozłożonego od węzła ***A*** pręta
e_y - odległość końca linii obciążenia rozłożonego od osi ***x*** pręta w kierunku osi ***y***.
e_z - odległość końca linii obciążenia rozłożonego od osi ***x*** pręta w kierunku osi ***z***.

Pola liczbowe:

Kierunek - kąt między kierunkiem działania obciążenia, a płaszczyzną przekroju pręta (Lok.)
lub między kierunkiem obciążenia, a płaszczyzną pionową przechodzącą przez oś pręta (Glob.)

Orientacja - kąt między rzutem obciążenia na płaszczyznę przekroju pręta, a osią ***z*** (Lok.)
lub między rzutem obciążenia na płaszczyznę pionową (prostopadłą do płaszczyzny orientacji pręta), a globalną osią ***Z*** (Glob.) (patrz: Opis modelu obciążenia)

Uwagi: Żółte tło pola liczbowego oznacza, że odpowiadająca mu wartość będzie zachowana przy ewentualnej rekonfiguracji pręta spowodowana przesunięciem jego końców lub reorientacją.
Pola liczbowe wyposażone są w przyciski (strzałki), które ułatwiają zadawanie wartości kątów będących wielokrotnością kąta prostego (90˚).

Zakładka Zestawienie, a w niej:

Przycisk Pobierz z zestawienia obc., którego użycie uruchamia program RM-OBC służący do sporządzania zestawień obciążeń na podstawie PN, co umożliwia pobranie normowych właściwości kreowanego obciążenia z tworzonego lub przygotowanego wcześniej *zestawienia obciążeń*. Szczegółowe informacje na temat tworzenie *zestawienia obciążeń* w programie RM-OBC są zawarte w instrukcji użytkowania tego programu oraz w jego systemie pomocy.

Sekcja pól informacyjnych:

Poz. - numer i nazwa pozycji zestawienia,
Rodzaj: - normowy charakter obciążenia,
Qk: - wartość charakterystyczna obciążenia.

Sekcja pól edycyjnych: b:, L:, h:, r: do zadawania wymiarów obszaru przeliczania (zbierania) obciążenia na pręt modelu konstrukcji. Chodzi mianowicie o zapewnienie zgodności jednostek pobieranej wielkości obciążenia z *zestawienia*, a wielkością obciążenia kreowanego w programie **RM-3D**.
Jeśli np. pobierane obciążenie ma wymiar powierzchniowy [kN/m^2], a zadeklarowanym rodzajem kreowanego obciążenia jest siła skupiona, to domyślnie przyjmuje się, że wartość liczbowa tej siły jest równoważna pobieranemu obciążeniu, zebranemu z powierzchni prostokąta o wymiarach b·L. Wówczas pozostałe liczbowe pola edycyjne są niedostępne, gdyż ich zawartość nie ma wpływu na wynik.

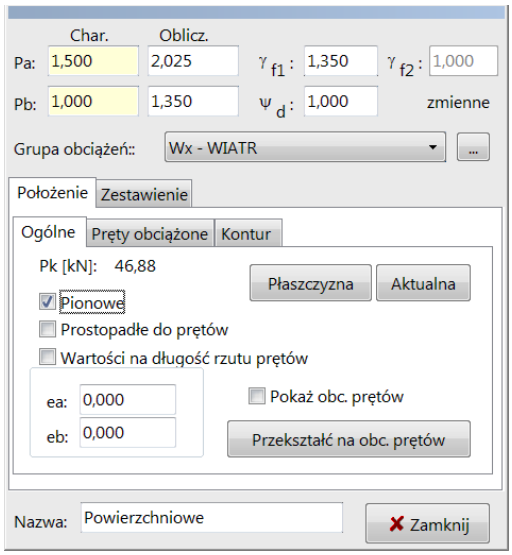
Włącznik Zestawienie służy do uwalniania obciążenia od *zestawienia obciążeń*. W momencie pobrania wartości obciążenia z *zestawienia* jest on automatycznie włączany, co oznacza trwałe sprzężenie wartości obciążenia z wielkością pobraną z *zestawienia*, polegające na tym, że wszelkie ewentualne zmiany wartości pozycji

zestawienia dokonywane w programie RM-OBC są automatycznie uwzględniane w sprzężonym z tą pozycją obciążeniu kreowanym w programie **RM-3D**.

Pole tekstowe Nazwa - do wpisania dowolnego tekstu dla zapewnienia łatwiejszej identyfikacji obciążenia na *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

W trakcie określania właściwości kreowanego obciążenia w oknie *sceny* dokonuje się wizualna aktualizacja symboli graficznych reprezentujących zadawane lub korygowane obciążenia, pod warunkiem, że włączona jest opcja wizualizacji obciążeń (przycisk paska narzędzi) oraz że grupa, do której należy zadawane obciążenie, jest aktywna (włączony włącznik grupy na panelu obciążeń) .

Zadawanie obciążenia płaszczyznowego



Rys. III:23 - Okienko właściwości obciążenia płaszczyznowego

W celu zadania obciążenia płaszczyznowego należy:

1. Zaznaczyć (wyselekcjonować) grupę prętów, na które ma być przekazane zadawane obciążenie płaszczyznowe (patrz: Selekcja prętów lub węzłów - str. III-6).
2. Ustawić *płaszczyznę roboczą* (patrz: Sytuowanie płaszczyzny roboczej - str. III-3) w taki sposób, aby określała ona kierunek działania zamierzonego obciążenia płaszczyznowego, które z założenia działa prostopadle do *płaszczyzny roboczej*, a dodatnia wartość tego obciążenia oznacza, że jego zwrot jest przeciwny do zwrotu lokalnej (związanej z płaszczyzną roboczą) osi ***z***.
3. Użyć narzędzia paska narzędzi w trybie Schemat, co spowoduje pojawienie się w *oknie sceny* wizualnej formy tego obciążenia oraz *okienka właściwości* obciążenia płaszczyznowego (Rys. III:23 - Okienko właściwości obciążenia płaszczyznowego). Kształt obszaru tego obciążenia będzie zależał od konfiguracji wyselekcjonowanej grupy prętów, na które ma ono być rozłożone. Kształt tego obszaru jest wyznaczany przez program, ale użytkownik może dokonać jego korekty w *okienku właściwości*.

Okienko właściwości obciążenia płaszczyznowego jest wyposażone w następujące kontrolki:

Edycyjne pola liczbowe:

Pa - wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) obciążenia płaszczyznowego w wierzchołku jego obszaru, którego współrzędna ***x*** na skojarzonej *płaszczyźnie roboczej* jest najmniejsza,

Pb - wartość (charakterystyczna i obliczeniowa) obciążenia płaszczyznowego w wierzchołku jego obszaru, którego współrzędna ***x*** na skojarzonej *płaszczyźnie roboczej* jest największa,

γ_{f1}, γ_{f2} - częściowe współczynniki bezpieczeństwa obciążenia płaszczyznowego,

ψ_d - współczynnik części długotrwałej obciążenia płaszczyznowego.

Lista Grupa obciążeń - dla przypisania obciążenia płaszczyznowego do grupy obciążeń. Przycisk **[...]** ulokowany obok listy stanowi skrót do otwarcia okna dialogowego Grupy obciążeń, co umożliwia utworzenie nowej grupy obciążeń w trakcie zadawania obciążenia płaszczyznowego.

Zakładka Położenie, a w niej *grupa zakładek*:

Zakładka Ogólne zawierająca:

Przycisk Płaszczyzna otwierający okno dialogowe Płaszczyzna do określania położenia i orientacji płaszczyzny obciążenia płaszczyznowego, co jest analogiczne z pozycjonowaniem *płaszczyzny roboczej* (patrz: str. II-2).

Przycisk Aktualna, którego użycie spowoduje automatyczne ustawienie obciążenia płaszczyznowego w aktualnym położeniu *płaszczyzny roboczej*. Przed wykonaniem tej operacji zaleca się ustawienie *płaszczyzny roboczej* w zamierzonej pozycji, np. za pomocą narzędzia jej pozycjonowania.

Grupę *włączników*:

Pionowe, którego włączenie wymusza kierunek działania obciążenia płaszczyznowego jako równoległy do globalnej osi ***Z***.

Prostopadle do prętów, którego włączenie sprawi, że kierunek wygenerowanych obciążeń prętowych, w trakcie redystrybucji obciążenia płaszczyznowego na poszczególne pręty, będzie prostopadły do osi tych prętów. Jest to przydatne w sytuacji, gdy obciążenie płaszczyznowe ma być przekazane na grupę prętów jako parcie (np. wiatru lub cieczy), zwłaszcza, gdy pręty mają kształt łuku.

Wartości na długość rzutu prętów, którego włączenie sprawi, że wartości wygenerowanych obciążeń prętowych, w trakcie redystrybucji obciążenia płaszczyznowego na poszczególne pręty, będą wyrażać intensywność tych obciążeń na rzut pręta, do którego zostały przypisane. Przy czym chodzi tu o rzut pręta na płaszczyznę skojarzoną z obciążeniem płaszczyznowym.

Pokaż obc. prętów, którego włączenie spowoduje ukazanie na schemacie konstrukcji w *oknie sceny* wszystkich obciążeń prętowych pochodzących z redystrybucji aktywnego obciążenia płaszczyznowego.

Pola edycyjne **ea** i **eb** do zadawania rozkładu mimośrodów obciążenia płaszczyznowego. Za pomocą tych wielkości możliwe jest określenie miejsca przyłoże-

nia obciążeń prętowych (względem osi *x'* prętów) pochodzących z rozłożenia obciążenia płaszczyznowego na poszczególne pręty grupy, z którą związane jest to obciążenie. Należy przy tym mieć na uwadze, że kierunek mimośrodów jest zawsze prostopadły do płaszczyzny obciążenia płaszczyznowego oraz to, że zwrócone są zawsze (przy dodatnich wartościach **ea** i **eb**) od osi pręta ku płaszczyźnie obciążenia płaszczyznowego. Mimośrody umożliwiają przyłożenie obciążeń prętowych (wynikających z rozłożenia) do zewnętrznych powierzchni prętów (od strony płaszczyzny obciążenia) jak to ma miejsce np. przy przekazywaniu obciążenia pokrycia dachowego na płatwie połaci dachowej.

Przycisk **Przekształć na obc. prętów**, którego użycie spowoduje wykonanie trwałego przekształcenia obciążenia płaszczyznowego na pojedyncze obciążenia prętowe. Operacja ta może być cofnięta jedynie za pomocą *skrótu* **Cofnij**.

Uwaga: Po wykonaniu tej operacji, zapisaniu zadania i zamknięciu programu, obciążenie płaszczyznowe jest tracone.

Zakładka **Pręty obciążone** zawierająca:

Listę **Pręty** - stanowiącą wykaz numerów prętów schematu, na które ma być rozdzielane aktywne obciążenie płaszczyznowe.

Przycisk **Dodaj pręt** - umożliwiający dodanie do *listy* Pręty kolejnego pręta schematu konstrukcji.

Przycisk **Usuń pręt** - umożliwiający usunięcie z *listy* Pręty wskazanego pręta.

Przycisk **Ze schowka** - umożliwiający dołączenie do *listy* Pręty numerów prętów uprzednio zaznaczonych i skopiowanych do schowka za pomocą funkcji Kopiuj *paska skrótów*. Umożliwia to poszerzenie grupy prętów, na które ma być rozłożone *obciążenie płaszczyznowe*.

Zakładka **Kontur** zawierająca:

Listę stanowiącą wykaz numerów węzłów schematu konstrukcji, na których został oparty kontur obszaru obciążenia płaszczyznowego.

Przycisk **Dodaj węzeł** - umożliwiający dodanie do *listy* kolejnego węzła schematu konstrukcji.

Przycisk **Usuń węzeł** - umożliwiający usunięcie z *listy* wskazanej pozycji (węzła).

Przyciski ⇑ ⇓ - do porządkowania *listy* węzłów dla osiągnięcia zamierzonego kształtu obszaru *obciążenia płaszczyznowego*.

Przycisk **Wyznacz** - do korekty konturu obszaru *obciążenia płaszczyznowego* po modyfikacji listy węzłów określającej płaszczyznę obszaru tego obciążenia.

Pola liczbowe **dx**, **dy** - służące do zadawania przesunięć wierzchołków konturu obszaru *obciążenia płaszczyznowego* względem odpowiadającym im węzłom schematu konstrukcji umieszczonym na *liście*. Pozwala to na modyfikację obszaru tego obciążenia względem jego kształtu nominalnego.

Korekta obciążeń

Do korekty właściwości obciążeń służy to samo *okienko* z tym, że przed jego otwarciem należy zaznaczyć obciążenie lub grupę obciążeń w oknie *sceny*.

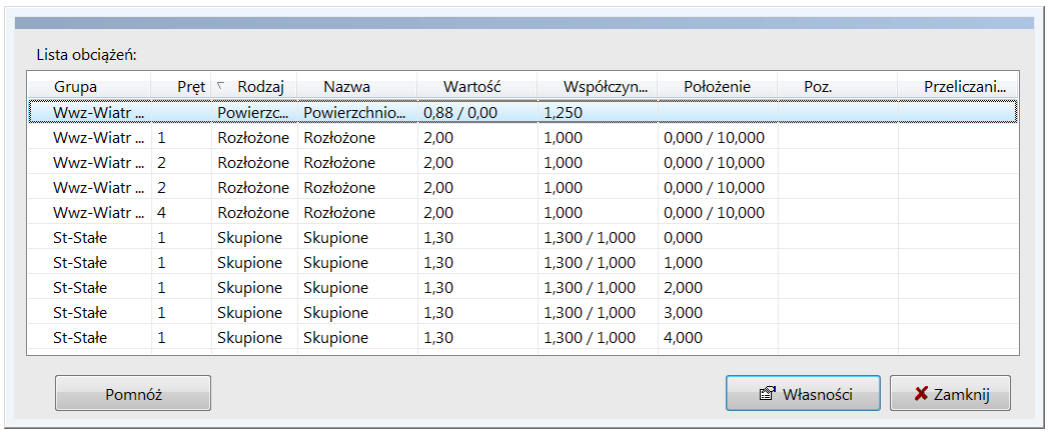
Selekcji obciążeń dokonuje się w sposób analogiczny do selekcji prętów lub węzłów. Selekcja pojedynczego obciążenia polega na nasunięciu kursora myszki na obszar symbolu graficznego obciążenia w oknie *sceny* tak, aby jego symbol został wyróżniony kolorem wyróżnienia. W tym momencie wystarczy podwójnie kliknąć lewym przyciskiem myszki lub użyć narzędzia paska narzędzi, co spowoduje wyświetlenie *okienka właściwości obciążenia*. Alternatywą tej operacji jest odszukanie i zaznaczenie zamierzonego obciążenia na *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

Selekcja grupy obciążeń polega na sekwencyjnym zaznaczaniu pojedynczych obciążeń przy wciśniętym klawiszu [Shift] lub przez ogarnięcie *prostokątem selekcji* zamierzonej grupy obciążeń. Warunkiem prawidłowego wykonania selekcji za pomocą *prostokąta selekcji* jest uprzednie wyróżnienie dowolnego obciążenia na schemacie modelu konstrukcji. Selekcji wszystkich obciążeń przypisanych do określonej grupy obciążeń można dokonać wprost przez zaznaczenie nazwy tej grupy na panelu obciążeń.

Usuwanie obciążeń sprowadza się do zaznaczenia obciążenia lub grupy obciążeń, a następnie użyciu klawisza [Del] lub przycisku Usuń paska skrótów.

Podobnie jak w kreowaniu geometrii schematu modelu konstrukcji, wszelkie operacje związane z kreowaniem obciążeń mogą być łatwo anulowane za pomocą skrótów Cofnij i Ponów.

Oprócz bezpośredniego dostępu do właściwości pojedynczego obciążenia lub ich wyselekcjonowanej liczby, istnieje możliwość przeglądania i korekty właściwości obciążeń za pośrednictwem tzw. *listy obciążeń*. W celu wyświetlenia listy obciążeń na tle *okna sceny* należy użyć polecenia Schemat/Lista obciążeń głównego menu programu, którego efektem będzie pojawienie się *okna listy obciążeń*.



Grupa	Pręt	Rodzaj	Nazwa	Wartość	Współczyn...	Położenie	Poz.	Przeliczani...
Wwz-Wiatr ...		Powierzc...	Powierzchnio...	0,88 / 0,00	1,250			
Wwz-Wiatr ...	1	Rozłożone	Rozłożone	2,00	1,000	0,000 / 10,000		
Wwz-Wiatr ...	2	Rozłożone	Rozłożone	2,00	1,000	0,000 / 10,000		
Wwz-Wiatr ...	2	Rozłożone	Rozłożone	2,00	1,000	0,000 / 10,000		
Wwz-Wiatr ...	4	Rozłożone	Rozłożone	2,00	1,000	0,000 / 10,000		
St-Stałe	1	Skupione	Skupione	1,30	1,300 / 1,000	0,000		
St-Stałe	1	Skupione	Skupione	1,30	1,300 / 1,000	1,000		
St-Stałe	1	Skupione	Skupione	1,30	1,300 / 1,000	2,000		
St-Stałe	1	Skupione	Skupione	1,30	1,300 / 1,000	3,000		
St-Stałe	1	Skupione	Skupione	1,30	1,300 / 1,000	4,000		

Rys. III:24 - Okno listy obciążeń

Okno to zawiera tabelę, której wiersze odpowiadają poszczególnym zadanym obciążeniom, a kolumny zawierają istotniejsze właściwości tych obciążeń, pozwalających na łatwiejszą ich identyfikację, a mianowicie:

Grupa - nazwa grupy obciążeń, do której zadane obciążenie zostało przypisane,

Pręt - numer pręta, do którego zadane obciążenie zostało przyłożone,

Rodzaj - nazwa rodzaju obciążenia (rozłożone, skupione itd.),

Nazwa - nadana przez użytkownika nazwa obciążenia,

Wartość - wartość obliczeniowa zadanego obciążenia,

Położenie - parametry położenia obciążenia na pręcie, do którego zostało one przyłożone,

Poz. - numer pozycji *zestawienia obciążeń* z której została pobrana jego wartość w zakładce Zestawienie *okienka właściwości obciążenia*,

Przelicz. - geometryczne parametry przeliczeniowe z wartości pobranej z *zestawienia obciążeń* na wartość zadanego obciążenia.

W oknie listy obciążeń można dokonywać następujących operacji:

- Selekcja obciążeń, co polega na podświetlaniu kursorem myszy pojedynczego wiersza tabeli lub kilku wierszy z dodatkowym użyciem klawiszy [Shift] i [Ctrl]
- Sortowanie wierszy tabeli wg wskazanego klucza, co polega na kliknięciu zamierzonej pozycji nagłówka tabeli. Zasada sortowania polega na tym, że dla kolumny o wartościach numerycznych sortowanie dokonuje się od wartości algebraicznie najmniejszej do największej, natomiast dla kolumn o wartościach alfanumerycznych (tekstowych) - alfabetycznie wg pierwszej litery tekstu
- Wyświetlenie *okienka właściwości obciążenia* przez podwójne kliknięcie na pozycji tabeli - dla korekty pojedynczego obciążenia - lub za pomocą przycisku Zmień - dla korekty właściwości wyselekcjonowanej grupy obciążeń.

Kopiowanie grupy obciążeń

W razie konieczności powielenia obciążeń należących do jednej grupy można tego dokonać poprzez skopiowanie grupy. Operacji tej dokonuje się w *panelu grup obciążeń* za pomocą polecenia Kopiuj obc. grupy menu poręcznego (otwieranego prawym przyciskiem myszy) - patrz: ***Panel grup obciążeń***.

Kombinacje grup obciążeń

Wszelkie obliczenia wykonywane przez program **RM-3D** są mogą być przeprowadzane dla tzw. *aktualnej kombinacji grup obciążeń* lub dla wszystkich realnych kombinacji grup obciążeń, wynikiem czego są tzw. obwiednie wielkości statycznych lub kinematycznych.

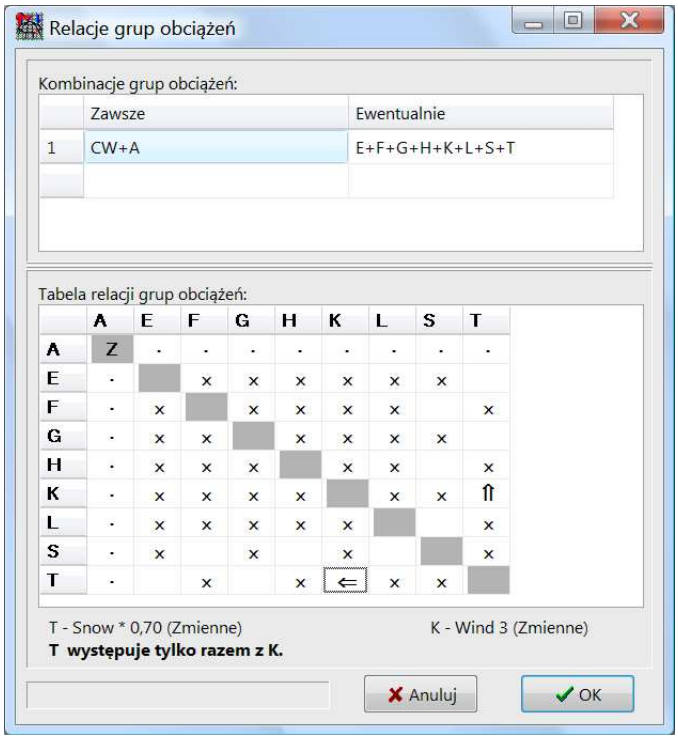
Kreowanie kombinacji aktualnej

Aby uzyskać wyniki obliczeń dla określonej (aktualnej) kombinacji grup obciążeń należy posłużyć się *panelem grup obciążeń* który zawiera listę nazw grup opatrzonych z lewej strony włącznikami przeznaczonymi do włączania i wyłączania grup obciążeń. Tworzenie aktualnej kombinacji sprowadza się do tych operacji. Jeśli okno *sceny* jest w jednym z trybów opcji Wyniki, to każda zmiana stanu tych włączników powoduje ponowne wykonanie procedury obliczeń i uak-

tualnienie prezentacji wyników na modelu konstrukcji w *oknie sceny*. Ten tryb analizy pod kątem kombinacji grup obciążeń jest możliwy tylko wtedy, gdy wyłączony jest włącznik Obwiednie na *panelu grup obciążeń*.

Kreowanie kombinatoryki automatycznej - obwiednie

Przy wyznaczaniu obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych, czyli przy wykonywaniu obliczeń z włączonym włącznikiem Obwiednie na *panelu grup obciążeń*, w jednym z trybów opcji **Wyniki** realizowana jest procedura automatycznego generowania kombinacji grup obciążeń. Sposób działania tej procedury może być w pełni automatyczny (tryb domyślny) lub półautomatyczny - określany poprzez tzw. klasy kombinacji, których deklaracja odbywa się w oknie **Relacje grup obciążeń** otwieranym przez użycie przycisku Relacje *panelu grup obciążeń* (Rys. III:25).



Rys. III:25 Okno relacji grup obciążeń

Głównymi elementami okna warunków dla automatycznej kombinatoryki są:

- *Tabela* Kombinacje grup obciążeń, której wiersze służą do deklarowania tzw. *klas kombinacji* w postaci dwóch łańcuchów znakowych umieszczonych w kolumnach Zawsze i Ewentualnie. Łańcuchy te mogą zawierać jedynie symbole grup obciążeń oraz znaki „+” i „/”. Użycie znaku „/” między symbolami dwu lub więcej grup obciążeń oznacza generowanie kombinacji, w których występuje tylko jedna z wymienionych w danej sekwencji grup obciążeń (patrz przykłady poniżej).
  Domyślnie tabela ta ma jeden wiersz, a łańcuchy w kolumnach Zawsze i

Ewentualnie są inicjowane na podstawie normowych statusów poszczególnych grup obciążeń. Deklarowanie kolejnych *klas kombinacji* polega na dodawaniu kolejnych wierszy tej tabeli i odpowiednim specyfikowaniu reguł w kolumnach Zawsze i Ewentualnie. Kreowanie kolejnych klas nie jest obowiązkowe i ma sens wówczas, gdy - w związku z dużą liczbą grup obciążeń - czas konieczny do wykonania procedury w pełni automatycznego tworzenia kombinacji dla konkretnego zadania będzie zbyt długi.

Przykłady zasad generowania kombinacji:

1. Zawsze: *(pusta)*
Ewentualnie: **A+B+C+D**
Kombinacje:

1)	5) **D**	9) **BC**	13) **ABD**
2) **A**	6) **AB**	10) **BD**	14) **ACD**
3) **B**	7) **AC**	11) **CD**	15) **BCD**
4) **C**	8) **AD**	12) **ABC**	16) **ABCD**

2. Zawsze: **A**
Ewentualnie: **B+C+D**
Kombinacje:

1) **A**	5) **ABC**
2) **AB**	6) **ABD**
3) **AC**	7) **ACD**
4) **AD**	8) **ABCD**

3. Zawsze: *(pusta)*
Ewentualnie: **A+B+C/D/E**
Kombinacje:

1)	5) **AB**	9) **D**	13) **E**
2) **A**	6) **AC**	10) **AD**	14) **AE**
3) **B**	7) **BC**	11) **BD**	15) **BE**
4) **C**	8) **ABC**	12) **ABD**	16) **ABE**

Sekwencja „**C/D/E**” powoduje generację kombinacji grup obciążeń tak jak dla trzech klas prostych: „**A+B+C**”, „**A+B+D**”, „**A+B+E**”.

4. Zawsze: **A/B**
Ewentualnie: **C/D+E**
Kombinacje:

1) **A**	5) **AD**	9) **BE**	13) **BDE**
2) **AC**	6) **ADE**	10) **BCE**	
3) **AE**	7) **B**	11) **BD**	
4) **ACE**	8) **BC**	12) **BE**	

- Tabela relacji grup obciążeń, która służy do określania współzależności (relacji) pomiędzy poszczególnymi grupami obciążeń podyktowanymi specyfiką obciążeń przypisanych do tych grup, co pozwala na pominięcie nierealnych kombinacji w wynikach obliczeń.
  W Tabeli relacji można określić następujące współzależności między dwiema dowolnymi grupami obciążeń:
  - **wykluczenie** jednoczesnego działania obciążeń (Np. *Wiatr z lewej* - *wiatr z prawej*; *Śnieg* - *temperatura latem*). Symbolem tej relacji jest znak ×.
  - **łączne** działanie obciążeń - obie grupy obciążeń muszą występować w danej kombinacji. Symbolem tej relacji jest znak +.

- **warunkowe** występowanie obciążeń - obciążenia jednej grupy mogą występować tylko pod warunkiem występowania obciążeń drugiej grupy (Np. obciążenia poziome pochodzące od suwnicy mogą występować tylko wtedy, gdy występują obciążenia pionowe od suwnicy). Symbolem tej relacji są znaki ⇐, ⇑, przy czy obowiązuje zasada, że znak "strzałka" wskazuje grupę podrzędną, a więc tą, która ma być brana do kombinacji warunkowo, czyli wówczas, gdy w danej kombinacji występuje grupa nadrzędna.

Oprócz tego możliwe jest również określenie atrybutu dla pojedynczej, wybranej grupy obciążeń:

- **Obciążenia nie występują** - wykluczenie obciążeń danej grupy z kombinatoryki obciążeń. Symbolem tego atrybutu jest znak X (nigdy).

- **Obciążenia występują zawsze** (Np. obciążenia stale działające na ustrój nie będące ciężarem własnym). Symbolem tego atrybutu jest znak Z (zawsze).

Tabela relacji grup obciążeń pełni rolę podrzędną w stosunku do tabeli Kombinacje grup obciążeń. Oznacza to, że jeżeli konkretna kombinacja obciążeń - ustalona na podstawie *klas kombinacji* - nie spełnia relacji grup obciążeń, wówczas nie jest ona brana pod uwagę podczas wyznaczania obwiedni wielkości statycznych.

Uwagi

Przy kreowaniu kombinacji aktualnej grup obciążeń należy mieć na względzie aspekty związane z częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa obciążeń oraz współczynnikami ich części długotrwałej. O tym w jaki sposób wartości obciążeń są brane do obliczeń decydują stany przycisków Obl, Chr i D, D+k paska narzędzi w trybie Wyniki okna *sceny* lub alternatywnie - stany włączników Obliczeniowe i Obc. długotrwałe opcji Wyniki menu głównego.

Kombinacje dla obliczeniowych wartości obciążeń

Program **RM-3D** wykonuje obliczenia statyczne i kinematyczne dla obliczeniowych wartości obciążeń przy włączonej opcji Wyniki / Obliczeniowe. Wartości te zależne są od częściowych współczynników bezpieczeństwa oraz od aktualnej kombinacji obciążeń zmiennych.

Ustalanie wartości obliczeniowych obciążeń dokonywane przez program jest w pełni zgodne z normą PN-82/B-02000 i odbywa się na podstawie właściwości określonych dla grup obciążeń w oknie dialogowym Grupy obciążeń.

Dla *kombinacji podstawowych* wg PN-82/B-02000 p.4.2.2. współczynniki redukcji jednoczesności obciążeń (ψ_o) ustalane są na podstawie uszeregowania obciążeń zmiennych występujących w danej kombinacji według ich znaczenia. Temu celowi służy właściwość **Znaczenie** nadawana *grupom obciążeń*. Liczba ta jest liczbą naturalną od 1 do 99 i służy jedynie określeniu kolejności obciążeń wg ich znaczenia od najmniejszej liczby do największej. Na postawie tej kolejności ustalany jest współczynnik redukcji jednoczesności obciążeń. Jeżeli kilka grup obciążeń posiada taką samą liczbę **Znaczenie**, wówczas nadawana jest im ta sama wartość współczynnika ψ_o. W szczególności gdy wszystkie grupy posiadają **Znaczenie** równe **1**, to współczynnik ψ_o dla wszystkich grupy obciążeń wynosi **1,0**.

Dla ***kombinacji wyjątkowej*** wszystkim grupom obciążeń zmiennych nadawany jest współczynnik ψ_o = 0,8 niezależnie od wartości ich właściwości Znaczenie.

Włączenie opcji **Wyniki / Obc. długotrwałe** powoduje, że dodatkowo dla obciążeń zmiennych uwzględniane są współczynniki ich części długotrwałej, a obciążenia wyjątkowe są pomijane.

Kombinacje dla charakterystycznych wartości obciążeń

Charakterystyczne wartości obciążeń uzyskuje się przy wyłączonej opcji Wyniki / Obliczeniowe. Są to kombinacje obciążeń w stanach granicznych użytkowania, dla których nie stosuje się współczynników jednoczesności obciążeń i częściowych współczynników bezpieczeństwa. W tego rodzaju obliczeniach pomijane są zawsze obciążenia wyjątkowe. Dla *kombinacji obciążeń długotrwałych* uwzględniane są dodatkowo współczynniki części długotrwałej obciążeń zmiennych przypisywane poszczególnym grupom obciążeń.

Kombinacje obciążeń długotrwałych uzyskuje się przy włączonej opcji Wyniki / Obc. długotrwałe.

Analiza statyczna i kinematyczna - prezentacja wyników

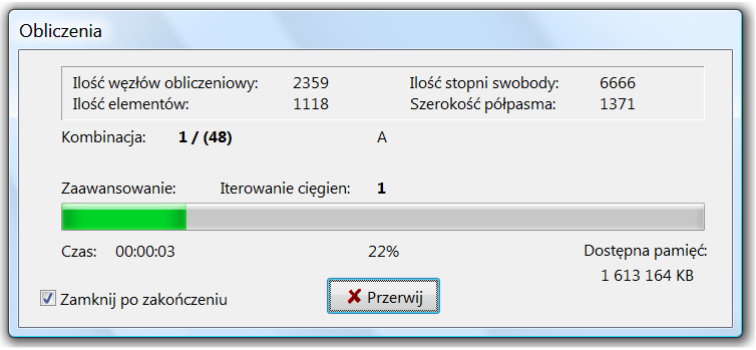
Postawy teoretyczne algorytmów obliczeniowych

Podstawą teoretyczną algorytmu obliczeń jest liniowa pod względem fizycznym teoria pręta prostego I-go rzędu lub II-go rzędu, czyli z uwzględnieniem interakcji między momentami zginającymi i siłą osiową, a zastosowana w algorytmie metoda analizy statycznej i kinematycznej układów prętowych jest odpowiednio zmodyfikowaną metodą przemieszczeń uwzględniającą zarówno odkształcenia wywołane momentami zginającymi i skręcającymi jak i siłami osiowymi. Dzięki tej metodzie uzyskiwane w programie wyniki obliczeń statycznych i kinematycznych mają charakter ścisły w ramach teorii pręta pryzmatycznego I-go rzędu.

Zastosowana parametryzacja elementów (prętów) modelu obliczeniowego schematu konstrukcji prętowej została pomyślana w taki sposób, że model obliczeniowy całkowicie pokrywa się z kreowanym przez użytkownika schematem geometrycznym modelu konstrukcji, tzn. przy agregacji układu równań nie dokonuje się dodatkowego podziału prętów na elementy ze względu na obciążenia, a wyniki odnoszące się do prętów (siły przekrojowe, ugięcia) są wyznaczane w sposób algebraiczny - na podstawie wyznaczonych kinematycznych parametrów węzłowych.

Naprężenia normalne wyznaczane są według formuły ściskania ze zginaniem ukośnym, przy założeniu zachowania płaskości przekroju po deformacji pręta.

Wykonanie obliczeń i prezentacja wyników



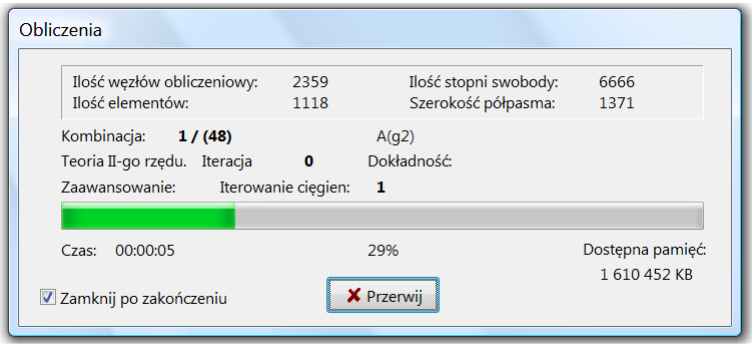
Rys. III:26 - Okno stanu obliczeń

Jeśli schemat statyczny modelu konstrukcji został poprawnie wykreowany, to możliwe staje się wykonanie obliczeń i przeglądanie wyników obliczeń. W tym celu należy użyć przycisku paska skrótów lub za pomocą polecenia Wyniki/Statyka menu głównego programu. Na czas wykonywania obliczeń pojawia się *okienko stanu obliczeń* informujące o rozmiarach zadania pod względem numerycznym oraz o stopniu zaawansowania obliczeń (Rys. III:26). Jeśli obliczenia mają być wykonane dla obwiedni, to w *okienku stanu obliczeń* dodatkowo wyświetlana jest liczba porządkowa kombinacji grup obciążeń wraz z cał-

kowitą liczbą możliwych kombinacji oraz odpowiadający jej literał grup obciążeń.

Po pomyślnym wykonaniu obliczeń następuje przejście w tryb Statyka okna *sceny*. Domyślnie na prętach modelu konstrukcji - wzdłuż ich osi - rysowane są wykresy momentów zginających My i Mz oraz dokonuje się aktualizacja paska narzędzi, udostępniając narzędzia do prezentacji wyników obliczeń (patrz: Paski narzędzi).

Obliczenia mogą być wykonane w ramach tzw. teorii I-go rzędu (zalecane w przypadku konstrukcji o małej wiotkości) lub w ramach tzw. teorii II-go rzędu, czyli z uwzględnieniem interakcji pomiędzy siłami osiowymi, a momentami zginającymi w prętach, wywołanej ich ugięciami (zalecana w obliczeniach konstrukcji wiotkich, czyli o prętach wrażliwych na wyboczenie giętne). Wyboru opcji dokonuje się poprzez menu główne (włączenie opcji: Wyniki/Teoria II-go rzędu) lub przez włączenie narzędzia T.II paska narzędzi w trybach Statyka i Wymiarowanie. W tym przypadku obliczenia są wykonywane iteracyjnie, aż do osiągnięcia takiego stanu równowagi modelu konstrukcji, w którym zmiany przemieszczeń w kolejnych iteracjach są mniejsze od założonej dokładności obliczeń, (Rys. III:27).



Rys. III:27 - Okno stanu obliczeń wg teorii II-go rzędu

Wyniki obliczeń mogą być prezentowane szczegółowo dla pojedynczego pręta lub w formie skrótowej dla wyselekcjonowanej grupy prętów.

Wyniki dla pojedynczego pręta

Szczegółowa prezentacja wielkości statycznych i kinematycznych dla pojedynczego pręta jest przedstawiana w *okienku wyników dla pręta* otwieranym przez podwójne kliknięcie na zamierzonym pręcie modelu konstrukcji. Elementami kontrolnymi tego okienka są (Rys. III:28).

Okno wykresów - zawiera schematyczny (uproszczony) rysunek pojedynczego (wskazanego w oknie *sceny*) pręta wraz z wykresami włączonych wielkości na pasku narzędzi w trybie Statyka.
Okno wykresów ma takie same właściwości jak okno *sceny*, tzn. pozwala na zbliżanie, oddalanie, obracanie zawartego w nim rysunku za pomocą odpowiednich manipulacji myszką.

Suwak - ulokowany pod oknem wykresów służy do ustawiania tzw. *znacznika przekroju* (w formie czerwonego krążka) na osi pręta

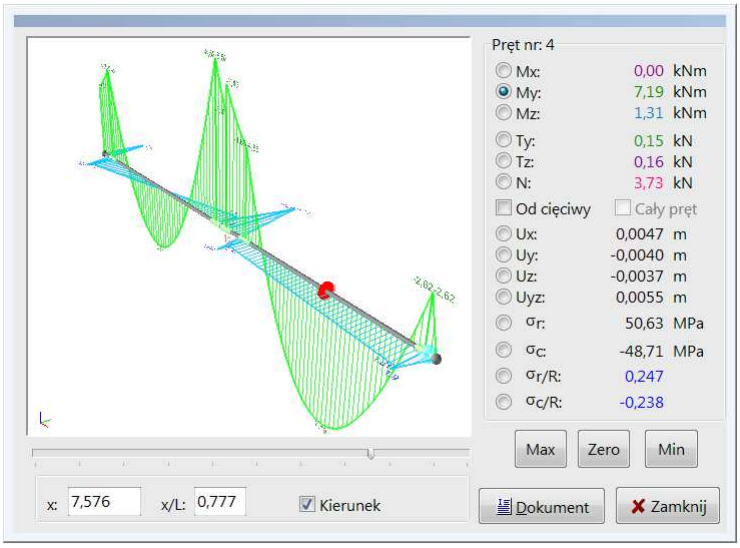
za pomocą myszki. Ustawianie *znacznika przekroju* może być dokonywane bezpośrednio w oknie rysunku przez uchwycenie kursorem myszki i przeciąganie na zamierzoną pozycję na osi pręta.

x: / x/L: - pola liczbowe do bezpośredniego określania położenia *znacznika przekroju* na osi pręta

Kierunek - włącznik do zmiany orientacji *znacznika przekroju* względem zwrotu osi ***x*** pręta, co jest istotne w sytuacji, gdy w przekroju dana wielkość przekrojowa ma różne wartości (skok wykresu) po obu stronach tego przekroju.

Pręt nr ... - Sekcja pól liczbowych wartości poszczególnych ***sił przekrojowych*** oraz ***przemieszczeń (ugięć)*** w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*.
Dodatkowo wyświetlane są również wartości naprężeń: σ_r (rozciągających) i σ_c (ściskających) - największych bezwzględnie w przekroju oraz ich relacji (σ_r/R i σ_c/R) do umownej granicy wytrzymałości materiału przypisanego do przekroju pręta
Każde pole liczbowe związane z wielkością wynikającą z analizy jest zaopatrzone w przełącznik wyboru służący do wskazania wielkości, która z nich ma podlegać operacji wyszukiwania jej wartości ekstremalnej za pomocą przycisków Max, Zero i Min.

Max, Zero, Min - przyciski do wyszukiwania wartości ekstremalnych oraz miejsc zerowych wskazanej wielkości przekrojowej. Użycie któregoś z nich powoduje wskazanie przekroju, czyli ustawienie *znacznika przekroju* na osi pręta w miejscu, gdzie wskazana wielkość ma oczekiwaną wartość (**maksimum zero** lub **minimum**) w sensie algebraicznym.



Rys. III:28 - Okienko wyników dla pręta

Wyniki dla grupy prętów

W sytuacji, gdy została wyselekcjonowana grupa prętów, to użycie narzędzia (*własności*) w trybie Wyniki powoduje wyświetlenie *okienka wyników zbiorczych* (Rys. III:29) zawierającego tabelę wyników liczbowych oraz okienko *sceny* z ukazaną wyselekcjonowaną grupą prętów.

Elementami sterowania tego okna są:

Tabela wyników:

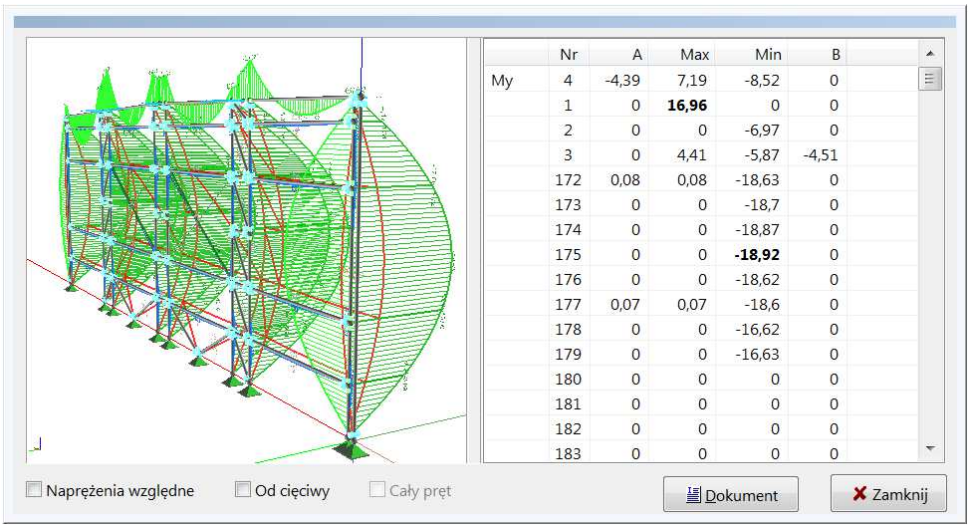
Nr - numer pręta,

A - wartość wielkości przekrojowej na początku pręta,

Max - wartość maksymalna wielkości przekrojowej w pręcie,

Min - wartość minimalna wielkości przekrojowej w pręcie,

B - wartość wielkości przekrojowej na końcu pręta.



Rys. III:29 - Okno wyników zbiorczych

Wyniki prezentowane w tabeli są pogrupowane bloki, z których każdy obejmuje poszczególne wielkości przekrojowe, a wartości ekstremalne w obrębie bloku są wyróżnione pogrubieniem czcionki.

Podwójne kliknięcie na wybranej pozycji tabeli powoduje takie ustawienie modelu konstrukcji w okienku *sceny*, że wybrany pręt w tabeli znajdzie się w centrum *sceny*.

Niezależnie od wyboru wielkości statycznych na pasku narzędzi trybu Statyka, do tabeli dołączane są dwa bloki wyników z wartościami naprężeń (rozciągających i ściskających).

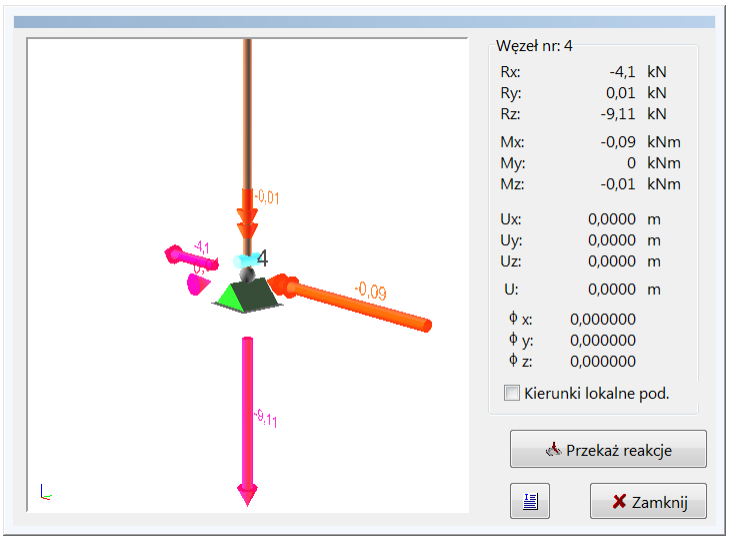
Włączniki:

Naprężenia względne - włączenie tego włącznika spowoduje, że wartości naprężeń będą odniesione do umownej granicy wytrzymałości materiału przypisanego do przekroju pręta.

Od cięciwy - włączenie tego włącznika spowoduje, że wartości przemieszczeń (ugięć) pręta będą wyznaczone względem

tzw. cięciwy, czyli z pominięciem przesunięcia sztywnego osi pręta.

Wyniki dla pojedynczego węzła



Rys. III:30 - Okienko wyników dla węzła

Szczegółowa prezentacja wielkości statycznych (*reakcji*) i kinematycznych (przemieszczeń) dla pojedynczego węzła jest przedstawiana w *okienku wyników dla węzła* otwieranym przez podwójne kliknięcie na zamierzonym węźle modelu konstrukcji. Elementami kontrolnymi tego okienka są (Rys. III:30):

Okno węzła - zawiera schematyczny (uproszczony) rysunek pojedynczego (wskazanego w oknie *sceny*) węzła wraz z ewentualnymi wektorami reakcji podporowymi.
Okno wykresów ma takie same właściwości jak okno *sceny*, tzn. pozwala na zbliżanie, oddalanie, obracanie zawartego w nim rysunku za pomocą odpowiednich manipulacji myszką.

Węzeł nr ... - Sekcja pól wartości *reakcji* oraz przemieszczeń Ux, Uy, Uz i U (wypadkowe) i obrotów Φ_x, Φ_y, Φ_z węzła w układzie globalnym.

Wyniki dla grupy węzłów

W sytuacji, gdy uprzednio została wyselekcjonowana grupa węzłów, to użycie narzędzia (*własności*) w trybie Wyniki powoduje wyświetlenie *okienka wyników zbiorczych dla grupy węzłów*. Elementami kontrolnymi tego okienka są (Rys. III:31):

Tabela wyników:

Nr - numer węzła,

Ux,Uy,Uz,U - wartości składowych przemieszczeń oraz przemieszczenie wypadkowe (całkowite) w układzie globalnym,

Fix,Fiy,Fiz,Fi - wartości obrotów węzłów oraz obroty wypadkowe (całkowite) w układzie globalnym.

przy wybranym przełączniku Przemieszczenia lub

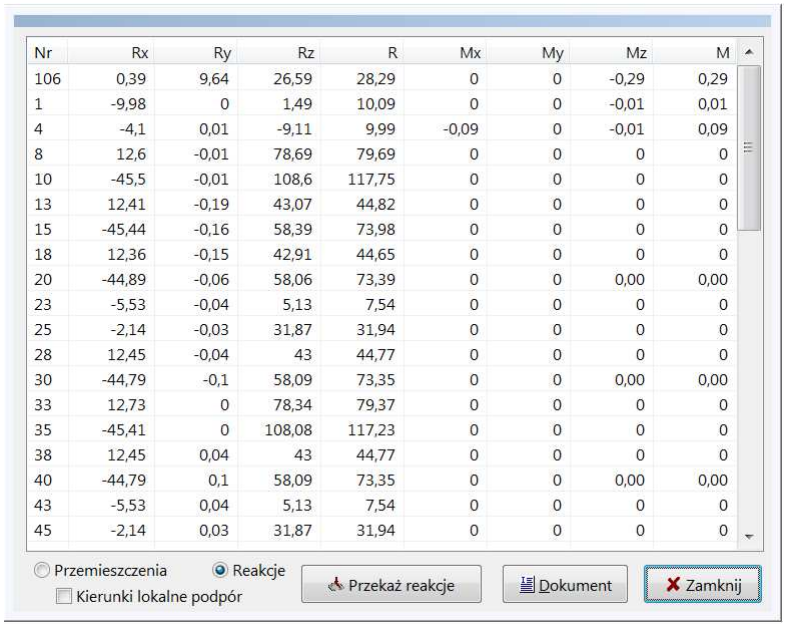
Nr - numer węzła,

Rx,Ry,Rz,R - wartości składowych reakcji podpór oraz reakcja wypadkowa (całkowita) w układzie globalnym

Mx,My,Mz,M - wartości momentów podporowych oraz moment wypadkowy (całkowity) w układzie globalnym

przy wybranym przełączniku Reakcje, których wartości mogą być prezentowane zarówno w układzie globalnym (wyłączony włącznik Kierunki lokalne podpór) jak i w układach lokalnych poszczególnych podpór (włączony włącznik Kierunki lokalne podpór).

Oprócz tego wartości prezentowanych reakcji mogą być wyeksportowane do pliku z myślą ich importu w programie FD-Win jako obciążenia fundamentów. Do tego celu służy przycisk Przekaż reakcje.

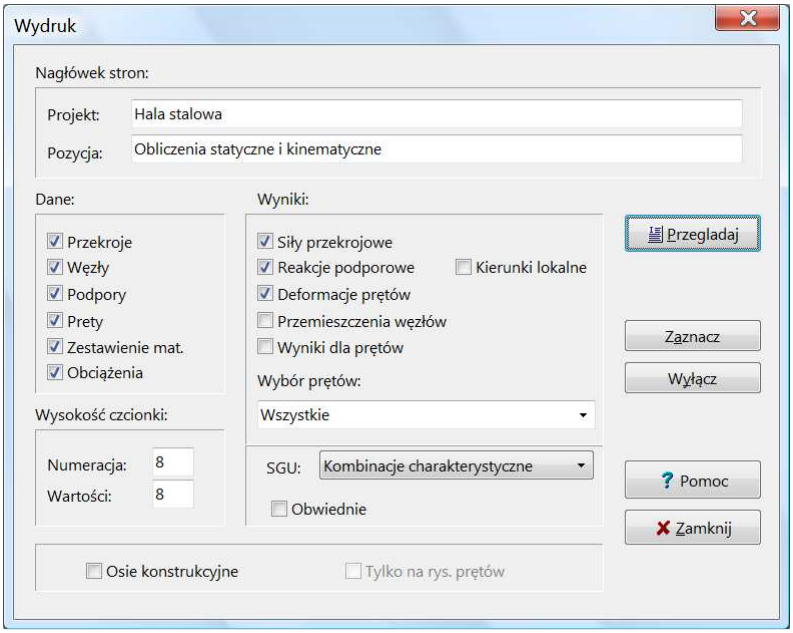


Nr	Rx	Ry	Rz	R	Mx	My	Mz	M
106	0,39	9,64	26,59	28,29	0	0	-0,29	0,29
1	-9,98	0	1,49	10,09	0	0	-0,01	0,01
4	-4,1	0,01	-9,11	9,99	-0,09	0	-0,01	0,09
8	12,6	-0,01	78,69	79,69	0	0	0	0
10	-45,5	-0,01	108,6	117,75	0	0	0	0
13	12,41	-0,19	43,07	44,82	0	0	0	0
15	-45,44	-0,16	58,39	73,98	0	0	0	0
18	12,36	-0,15	42,91	44,65	0	0	0	0
20	-44,89	-0,06	58,06	73,39	0	0	0,00	0,00
23	-5,53	-0,04	5,13	7,54	0	0	0	0
25	-2,14	-0,03	31,87	31,94	0	0	0	0
28	12,45	-0,04	43	44,77	0	0	0	0
30	-44,79	-0,1	58,09	73,35	0	0	0,00	0,00
33	12,73	0	78,34	79,37	0	0	0	0
35	-45,41	0	108,08	117,23	0	0	0	0
38	12,45	0,04	43	44,77	0	0	0	0
40	-44,79	0,1	58,09	73,35	0	0	0,00	0,00
43	-5,53	0,04	5,13	7,54	0	0	0	0
45	-2,14	0,03	31,87	31,94	0	0	0	0

Rys. III:31 - Okienko wyników dla grupy węzłów

Sporządzanie dokumentu (wydruk)

Wydruki są jedną z najważniejszych funkcji każdego użytkowego programu komputerowego, dlatego dołożono starań, aby opcję wydruku programu **RM-3D** cechowała z jednej strony prostota, a z drugiej elastyczność w redagowaniu dokumentu.



Rys. III:32 - Parametry wydruku

Forma redakcyjna stron wydruku dokumentu nie jest w programie sztywno narzucana ponieważ dokument generowany jest w postaci tabelaryczno-graficznej w standardowym formacie RTF (ang. Rich Text Format) i może być drukowany wprost z programu albo eksportowany do dowolnego edytora akceptującego format RTF (np. MS Word, MS Works, Star Office, Open Office). Jednak przy wydruku bezpośrednim podział na strony odbywa się automatycznie zgodnie z parametrami strony wydruku określonymi w oknie dialogowym Ustawienia strony otwieranym w oknie Podglądu wyników za pomocą przycisku tego okna.

Do określenia zawartości sporządzanego dokumentu zadania służy okno dialogowe Wydruk (Rys. III:32) otwierane za pomocą przycisku Wydruk paska skrótów lub poleceniem Plik/Wydruk menu głównego.

Elementy sterowania opcjami okna:

Sekcja Dane - zawiera grupę włączników, za pomocą których można określić zakres wydruku w części obejmującej wprowadzone dane w trakcie kreowania modelu konstrukcji. Włączenie włącznika przy określonej pozycji grupy włączników spowoduje, że przy tworzeniu dokumentu zostanie wygenerowana jego część, która jest ściśle związana z tą pozycja.

Sekcja Wyniki - zawiera grupę włączników, za pomocą których można określić zakres wydruku w części obejmującej wyniki analizy statycznej i kinematycznej.

Spośród tych włączników wyjaśnienia wymaga włącznik Wyniki dla prętów i związana z nim lista wyboru. Włącznik umożliwia wzbogacenie dokumentu o szczegółowe wyniki tabelaryczno-graficzne dla poszczególnych prętów modelu konstrukcji, natomiast stowarzyszona z min lista wyboru pozwala na selekcję prętów bazującą na grupach prętów *panelu identyfikacji modelu konstrukcji*.

Przyciski:

Przeglądaj - otwiera okno dialogowe Podgląd wyników, które służy do tabelaryczno-graficznej prezentacji dokumentu wygenerowanego na podstawie zadeklarowanych opcji wydruku w standardowym formacie RTF co stwarza użytkownikowi dużą swobodę w tworzeniu ostatecznej formy dokumentu.

Elementy sterowania okna Podgląd wyników:

Lista wyboru Skala - służy do wyboru skali wyświetlania tekstu i rysunku dokumentu w oknie, co pozwala na odpowiednie dostosowanie jego czytelności stosownie do możliwości monitora i warunków pracy.

Włącznik Skrócony - służy zadeklarowania skróconej wersji dokumentu, którego zawartość ogranicza się do zbiorczych informacji o danych i wynikach analizy modelu konstrukcji, w odróżnieniu od wersji pełnej, w której dane i wyniki analizy są wyodrębnione dla poszczególnych grup prętów.

Przyciski:

- polecenie bezpośredniego wydruku wyświetlanego dokumentu na drukarce zainstalowanej w systemie Windows,

- polecenie otwarcia okna dialogowego Ustawienia strony dla określenia parametrów typograficznych podziału wydruku bezpośredniego na strony.

- polecenie umieszczenia wyświetlanego dokumentu w schowku systemu Windows, czyli eksport dokumentu do schowka, z zamiarem ewentualnego pobrania ze schowka i "wklejenia" do dokumentu redagowanego przy użyciu edytora zdolnego do "wklejania" tekstu w formacie RTF (np. WordPad, Star Office, Open Office, MS Works),

- polecenie bezpośredniego "wklejenia" wyświetlanego dokumentu do aktywnego dokumentu redagowanego w edytorze MS Word. Warunkiem pomyślnego wykonania tego polecenia jest obecność programu w systemie Windows.

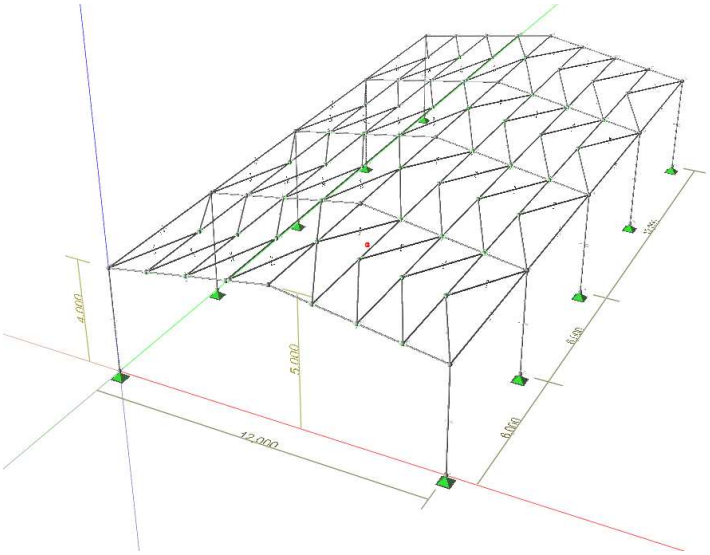
Uwagi: Części graficzne tworzonego przez program dokumentu są rysunkami wektorowymi, co pozwala na ich formatowanie (powiększane, pomniejszanie, modyfikowanie) bez utraty stopnia ich szczegółowości. Większość rysunków jest odwzorowaniem perspektywicznym modelu konstrukcji na płaszczyznę ekranu monitora przy aktualnym ustawieniu tej perspektywy. Dlatego przed wywołaniem funkcji podglądu dokumentu wskazane jest dokonanie w oknie *sceny* pożądanego ustawienia perspektywy modelu konstrukcji, tzn. odpowiedniego ustawienia obserwatora względem obiektów *sceny*.
Polecenie Przeglądaj uruchamia procedurę przygotowania dokumentu w formacie RTF. W przypadku złożonego zadania wykonanie procedury przygotowania dokumentu może trwać dłuższy czas, a czas oczekiwania zależy od mocy obliczeniowej komputera. Dlatego w trakcie działania procedury wyświetlane jest okno komunikatów informujące o stanie zaawansowania procedury oraz umożliwiające przerwanie jej działania.

Zaznacz - włącza wszystkie włączniki sekcji Dane i Wyniki.
Wyłącz - wyłącza wszystkie włączniki sekcji Dane i Wyniki.

Oprócz opisanej wyżej opcji wydruku dokumentu, istnieje również możliwość eksportu widoku modelu konstrukcji wyświetlanego w oknie *sceny*. Służy temu przycisk paska narzędzi. Wyeksportowany widok konstrukcji ma postać bitmapy i może być "wklejony" do dokumentu tworzonego w edytorze zdolnym do importu tego typu obiektów. Przed dokonaniem eksportu należy odpowiednio ustawić model konstrukcji w oknie *sceny*.

IV. PRZYKŁAD

W niniejszym rozdziale zamieszczono przykład użycia "krok po kroku" programu **RM-3D** do analizy statycznej i kinematycznej hali jednonawowej o konstrukcji stalowej (Rys. IV:1).



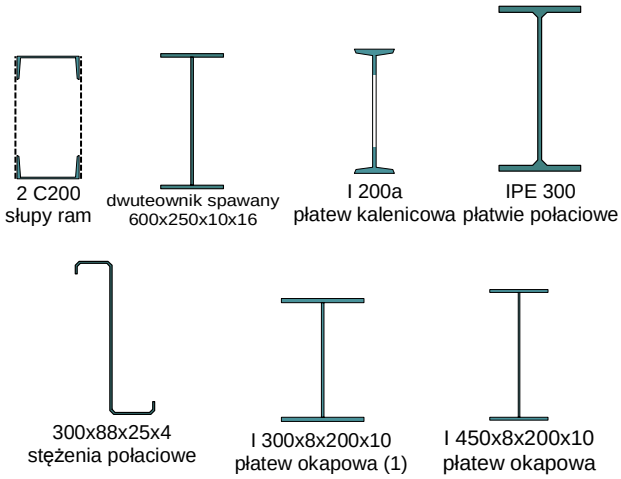
Rys. IV:1 - Poglądowy schemat hali

Charakterystyka konstrukcji hali

Geometria

Konstrukcja hali składa się z ram portalowych powiązanych płatwiami i stężeniami połaciowymi. Wymiary hali wynoszą: szerokość (rozpiętość ram) - 12,00 m, długość (4 x 6,00 m) - 24,00 m, wysokość w okapie - 4,00 m, wysokość w kalenicy - 5,00 m.

Przekroje



Obciążenia

Ciężar pokrycia połaci dachowej	1,25 kN/m^2	γ=1,1
Obciążenie śniegiem	0,67 kN/m^2	γ=1,4
Parcie wiatru w poprzek (nawietrzna)	0,41 kN/m^2	γ=1,3
Parcie wiatru w poprzek (zawietrzna)	0,18 kN/m^2	γ=1,3
Parcie wiatru wzdłuż	0,32 kN/m^2	γ=1,3

Tok postępowania

Przygotowanie listy przekrojów

- użyć skrótu do okna dialogowego Lista przekrojów, a w nim użyć przycisku Usuń zbędne
- przejść do edycji pierwszego przekroju przyciskiem Nowy w oknie dialogowym Przekrój

Przekrój "słupy ram":

- wybrać rodzaj przekroju - Stalowy-wielogałęziowy
- z sekcji Typ przekroju złożonego wybrać przekrój złożony z dwóch ceowników zwróconych do siebie półkami
- z listy Profil wybrać ceownik 200, a w polu a zadać wartość 400 oraz kąt obrotu - 90 stopni
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "18G2(A)"
- w polu nazwa wpisać "słupy ram" i zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "rygle ram":

- w oknie Lista przekrojów ustawić kursor listy na koniec i przejść do edycji przekroju przyciskiem Nowy
- w oknie Przekrój użyć klawisza [Ins], a w oknie Profil wybrać: Rodzaj - definiowane, kształt - Dwut. Spaw.
- zadać wymiary (w [mm]) dwuteownika spawanego odpowiednio: H=400, g=8, S=160, t=12, S'=160, t'=12
- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, w oknie Przekrój nadać nazwę - "rygle ram"
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "18G2(A)"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "płatew kalenicowa":

- w oknie Lista przekrojów ustawić kursor listy na koniec i przejść do edycji przekroju przyciskiem Nowy
- w oknie Przekrój użyć klawisza [Ins], a w oknie Profil wybrać: Rodzaj - Walcowane i Spawane, kształt - Dwuteownik
- włączyć włącznik Ażurowy i z listy Katalog wybrać nominał 200a
- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, a w oknie Przekrój nadać nazwę - płatew kalenicowa

- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "St3SX"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "płatwie połaciowe":

- w oknie Lista przekrojów ustawić kursor listy na koniec i przejść do edycji przekroju przyciskiem Nowy
- w oknie Przekrój użyć klawisza [Ins], a w oknie Profil wybrać: Rodzaj - Walcowane, kształt - Dwuteownik
- z listy Katalog wybrać nominał 300 PE
- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, a w oknie Przekrój nadać nazwę - płatwie połaciowe
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "St3SX"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "stężenia połaciowe":

- w oknie Lista przekrojów ustawić kursor listy na koniec i przejść do edycji przekroju przyciskiem Nowy
- w oknie Przekrój użyć klawisza [Ins], a w oknie Profil wybrać: Rodzaj - Gięte, kształt - Zetownik
- z listy Katalog wybrać nominał 300x88x25x4
- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, a w oknie Przekrój nadać nazwę - stężenia połaciowe
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "18G2(A)"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "płatew okapowa (1)":

- w oknie Lista przekrojów ustawić kursor listy na koniec i przejść do edycji przekroju przyciskiem Nowy
- w oknie Przekrój użyć klawisza [Ins], a w oknie Profil wybrać: Rodzaj - Definiowane, kształt - Dwut. Spaw.
- zadać wymiary (w [mm]): H=300, g=8, S=200, S'=200, t=10, t'=10
- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, a w oknie Przekrój nadać nazwę - płatew okapowa (1)
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "St3SX"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK.

Przekrój "płatew okapowa (2)":

- w oknie Lista przekrojów użyć przycisku Kopiuj, ustawić kursor listy na koniec, użyć przycisku Wklej i przejść do edycji przekroju przyciskiem Edytuj
- w oknie Przekrój podwójnie kliknąć w obszarze kształtownika, a w oknie Profil zmienić wymiar H z 300 na 450

- zamknąć okno Profil przyciskiem OK, a w oknie Przekrój nadać nazwę - płatew okapowa (2)
- w sekcji Materiał wskazać rodzaj "Stal", a z listy wybrać gatunek "St3SX"
- zamknąć okno Przekrój przyciskiem OK
- zamknąć okno Lista przekrojów przyciskiem Zamknij.

Kreowanie geometrii schematu statycznego

Pręty ramy nr 1:

- w oknie *sceny* włączyć narzędzie paska narzędzi
- ulokować kursor w pozycji (x=0,y=0) i kliknąć (początek słupa lewego)
- ulokować kursor w pozycji (x=0,y=4) i kliknąć (koniec słupa lewego), a następnie - nie zmieniając pozycji kursora - kliknąć (początek rygla lewego)
- ulokować kursor w pozycji (x=6,y=5) i kliknąć (koniec lewego rygla), a następnie - nie zmieniając pozycji kursora - kliknąć (początek prawego rygla)
- ulokować kursor w pozycji (x=12,y=4) i kliknąć (koniec rygla prawego), a następnie - nie zmieniając pozycji kursora - kliknąć (początek słupa prawego)
- ulokować kursor w pozycji (x=12,y=0) i kliknąć (koniec słupa prawego)
- na panelu Projekt zmienić nazwę grupy z Pozycja nr 1 na Rama-1.

Uwaga: Alternatywą graficznego sposobu kreowania schematu jest korzystanie z *okienka właściwości kreowania*.

Podpory ramy:

- w oknie *sceny* wyłączyć narzędzie paska narzędzi
- nasunąć kursor na dolny koniec słupa lewego i kliknąć (wyróżnić) węzeł nr 1, a następnie - przy wciśniętym klawiszu [Shift] nasunąć kursor na dolny koniec słupa prawego (węzeł nr 5) i kliknąć (wyróżnić)
- włączyć narzędzie (*właściwości węzłów*), a w okienku właściwości włączyć włącznik Podpora, a następnie włączniki Obrót X i Obrót Y i zamknąć *okienko właściwości*

Przydzielanie przekrojów prętom ramy:

- zaznaczyć słupy ramy (przy wciśniętym klawiszu [Shift] kliknąć na słupach ramy lub - przy wciśniętym klawiszu [Shift] - ogarnąć słupy ramy *prostokątem selekcji*)
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w okienku właściwości przejść do zakładki Kształt a następnie przewinąć zawartość zakładki do pozycji łączniki i wybrać: Przewiązki oraz zadać: Liczba pól - 5, Wysokość h - 150, Grubość g - 10
- zamknąć *okienko właściwości pręta*
- zaznaczyć rygle ramy (przy wciśniętym klawiszu [Shift] kliknąć na ryglach ramy lub - przy wciśniętym klawiszu [Shift] - ogarnąć rygle ramy *prostokątem selekcji*)
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w *okienku właściwości* przejść do zakładki Przekrój a następnie z listy przekrojów wybrać przekrój "rygle ram"
- zamknąć okienko właściwości pręta

Uwaga: Na bieżąco można weryfikować poprawność wykonanych operacji, przechodząc wizualizacji modelu Widok konstrukcji (narzędzie).

Powielanie ram hali:

- zaznaczyć wszystkie pręty ramy nr 1 (ogarniając prostokątem selekcji wszystkie pręty ramy lub zaznaczyć pozycję Rama-1 na panelu Projekt albo (alternatywnie) wskazać dowolny pręt ramy, a następnie użyć skrótu Zaznacz paska skrótów.
- kliknąć na przycisku Kopiuj paska skrótów, co spowoduje umieszczenie kopii ramy w schowku systemu Windows
- kliknąć na przycisku Wklej, co spowoduje pojawienie się okienka klonowania Wklejanie prętów, a następnie w polu Liczba kopii tego okienka zadać liczbę 4, natomiast w polu Δz - wartość -6,00 i potwierdzić operację powielania przyciskiem OK. Spowoduje to automatyczne powielenie ramy w szyku prostym wzdłuż dodatniego kierunku osi Y układu globalnego
- na *panelu identyfikacji modelu konstrukcji* zmienić odpowiednio nazwy ram: Rama-2, Rama-3, Rama-4, Rama-5.

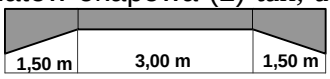
Kreowanie prętów kalenicy:

- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby była pionowa, a wszystkie węzły kalenicowe ram w niej leżały. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi i kolejno wskazać kursorem węzły kalenicowe ramy nr 1 i nr 2 (węzły 3 i 8), a następnie użyć klawisza [Esc] (dla wyłączenia narzędzia)
- włączyć narzędzie paska narzędzi wykreować pręty kalenicowe pomiędzy węzłami kalenicowymi ram, tj. 3-8, 8-13, 13-18, 18-23.

Uwaga: W trakcie kreowania należy utrzymywać wciśnięty klawisz [Ctrl] przy włączonym przełączniku Przyciąganie do: węzła *okienka kreowania*. Bowiem w takich warunkach następuje przechwytywanie kursora kreowania pręta przez węzły.

- na panelu Projekt nadać nazwę tej grupie prętów: Pręty kalenicy
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w *okienku właściwości* przejść do zakładki Przekrój i z listy przekrojów wybrać przekrój płatew kalenicowa, natomiast w zakładce Imperf. w polach "z" mimośrodów zadać wartości 0,35 (dla wyrównania z płaszczyzną połaci) i zamknąć *okno właściwości prętów*.

Kreowanie prętów okapu prawego:

- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby wszystkie słupy prawe w niej leżały. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi wskazać kursorem prawy-górny węzeł ramy nr 1 (węzeł 4), a następnie użyć klawisza [Esc] (dla wyłączenia narzędzia)
- włączyć narzędzie paska narzędzi wykreować pręty prawego okapu pomiędzy węzłami narożnymi ram (nr 4,9,14,19,24)
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w *okienku właściwości* przejść do zakładki Przekrój, a następnie z listy przekrojów dokonać przypisania sekwencji przekrojów płatew okapowa (1) i płatew okapowa (2) tak, aby uzyskać następującą zmienność przekroju pręta 

, co po-

lega na zadeklarowaniu kolekcji zmienności przekrojów w zakładce Przekrój z użyciem włącznika następny i wskazywaniu przekroju z listy oraz określaniu położenia tego przekroju za pomocą pola "x=". W sumie w kolekcji powinno być 4 przekroje (x=0 - płatew okapowa (2), x=1,50 - płatew okapowa (1), x=4,50 - płatew okapowa (1), x=6,00 - płatew okapowa (2)

- wybrać zakładkę Kształt i w sekcji Wyrównanie przełącznik krawędź górna

Kreowanie prętów okapu lewego:

- na panelu Projekt zaznaczyć pozycję Okap prawy (zostaną wyróżnione pręty prawej płatwi okapowej)
- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby była płaszczyzną symetrii wzdłuż hali. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi wskazać kursorem górny węzeł ramy nr 1 (węzeł 3), a następnie użyć klawisza [Esc] (dla wyłączenia narzędzia)
- kliknąć na narzędziu paska narzędzi, co spowoduje wygenerowanie prętów lewej płatwi okapowej
- zmienić nazwę grupy prętów na panelu Projekt na: Okap lewy.

Kreowanie płatwi prawej połaci:

- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby pokrywała się z prawą połacią. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi wskazać kursorem kolejno:
  prawy-górny węzeł ramy nr 1 (węzeł 4)
  prawy-górny węzeł ramy nr 2 (węzeł 9)
  górny węzeł ramy nr 1 (węzeł 3)
  co sprawi, że ***płaszczyzna robocza*** będzie pokrywać się z prawą połacią hali
- włączyć narzędzie paska narzędzi i w okienku właściwości kreowania korzystać ze współrzędnych układu lokalnego (w ***płaszczyźnie roboczej***)

Uwaga: Długość rygla ramy wynosi 6,083 m i zakładając trzy płatwie na połaci, to odległość między nimi wzdłuż rygla wyniesie około 1,52 m.

- w okienku *właściwości kreowania* wykonać:
  (x=0, y=1,52) - przycisk Początek
  (x=24, y=1,52) - przycisk Koniec" - pojawi się pierwsza płatew
  (x=0, y=3,04) - przycisk Początek
  (x=24, y=3,04) - przycisk Koniec - pojawi się druga płatew
  (x=0, y=4,56) - przycisk Początek
  (x=24, y=4,56) - przycisk Koniec - pojawi się trzecia płatew
- na panelu Projekt nadać nazwę tej grupy prętów - Płatwie prawe
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w *okienku właściwości* przejść do zakładki Przekrój, a następnie z listy przekrojów wybrać przekrój płatwie połaciowe, natomiast w zakładce Imperf. w polach mimośrodów w węzłach *A* i *B* zadać z=0,4 m i zamknąć *okno właściwości prętów*.

Kreowanie płatwi lewej połaci:

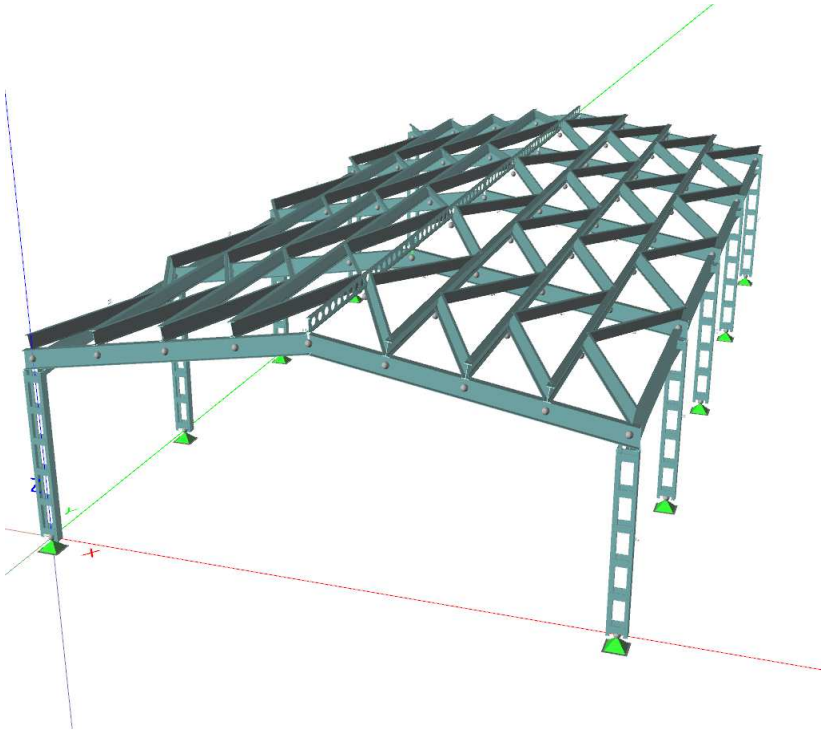
- na panelu Projekt zaznaczyć pozycję Płatwie prawe (zostaną wyróżnione płatwie prawej połaci)

- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby była płaszczyzną symetrii wzdłuż hali. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi wskazać kursorem górny węzeł ramy nr 3 (węzeł 13), a następnie użyć narzędzia paska narzędzi i w okienku Płaszczyzna wyzerować kąt ψ
- kliknąć na narzędziu paska narzędzi, co spowoduje wygenerowanie płatwi lewej połaci
- zmienić nazwę nowej grupy prętów na panelu Projekt na: Płatwie lewe.

Uwaga: Tej grupie prętów została przypisana płaszczyzna, przy której zostały one wygenerowane, ale z innych względów byłoby korzystniej przypisać im płaszczyznę połaci lewej. W tym celu należy:
- na panelu Projekt zaznaczyć grupę Płatwie lewe
- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** w płaszczyźnie połaci lewej przy pomocy narzędzia
- na panelu Projekt użyć prawego przycisku myszki i z wyświetlonego menu wybrać pozycję Zmień płaszczyznę, a po pojawieniu się okna Płaszczyzna użyć przycisku OK.

<u>Kreowanie stężeń prawej połaci</u>:
- za pomocą narzędzia ustawić ***płaszczyznę roboczą*** w płaszczyźnie połaci prawej tak, aby początek układu lokalnego pokrywał się ze środkiem pierwszego pręta prawej płatwi okapowej, a oś **x** pokrywała się z prętami tej płatwi
- włączyć narzędzie paska narzędzi i w okienku właściwości kreowania skorzystać ze współrzędnych układu lokalnego (w ***płaszczyźnie roboczej***)
  (x=-3, y=0) - przycisk Początek
  (x=0, y=1,52) - przycisk Koniec (pojawi się pierwsze stężenie) przycisk Początek
  (x=3, y=0) - przycisk Koniec (pojawi się drugie stężenie)
  (x=-3, y=1,52) - przycisk Początek
  (x=0, y=3,04) - przycisk Koniec (pojawi się trzecie stężenie) przycisk Początek
  (x=3, y=1,52) - przycisk Koniec (pojawi się czwarte stężenie)
  .....
  (x=-3, y=4,56) - przycisk Początek
  (x=0, y=6,083) - przycisk Koniec (pojawi się siódme stężenie) przycisk Początek
  (x=3, y=4,56) - przycisk Koniec (pojawi się ósme stężenie)
- na panelu Projekt nadać nazwę tej grupy prętów - Stężenia -p1 i pozostawić tą pozycję panelu zaznaczoną
- włączyć narzędzie (*właściwości prętów*), a w okienku właściwości przejść do zakładki Przekrój, a następnie z listy przekrojów wybrać przekrój stężenia połaciowe, natomiast w zakładce Imperf. w polach mimośrodów w węzłach *A* i *B* zadać z=0,39 m i zamknąć *okno właściwości prętów*
- użyć skrótu Kopiuj paska skrótów, a następnie przesunąć ***płaszczyznę roboczą*** do pozycji y=9 i użyć skrótu Wklej
- powtórzyć akcje Wklej dla położeń płaszczyzny: y=15 i y=21.
- na panelu Projekt nadać nazwy nowym grupom prętów stężenia odpowiednio:- Stężenia-p2, Stężenia-p3 i Stężenia-p4
- na panelu Projekt poprzeciągać pręty grup: Stężenia-p2, Stężenia-p3 i Stęże-

nia-p4 do grupy Stężenia-p1 i usunąć puste grupy, a nazwę grupy Stężenia-p1 zmienić na Stężenia prawe.



Rys. IV:2 - Końcowy efekt trybu kreowania geometrii modelu konstrukcji hali

Kreowanie stężeń prawej połaci:

- na panelu Projekt zaznaczyć pozycję Stężenia prawe (zostaną wyróżnione stężenia prawej połaci)
- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** tak, aby była płaszczyzną symetrii wzdłuż hali. W tym celu można włączyć narzędzie paska narzędzi wskazać kursorem górny węzeł ramy nr 3 (węzeł 13), a następnie użyć narzędzia paska narzędzi i w okienku Płaszczyzna wyzerować kąt ψ
- kliknąć na narzędziu paska narzędzi, co spowoduje wygenerowanie stężeń lewej połaci
- zmienić nazwę nowej grupy prętów na panelu Projekt na: Stężenia lewe.

Uwaga: Tej grupie prętów została przypisana płaszczyzna, przy której zostały one wygenerowane, ale z innych względów byłoby korzystniej przypisać im płaszczyznę połaci lewej. W tym celu należy:
- na panelu Projekt zaznaczyć grupę Stężenia lewe
- ustawić ***płaszczyznę roboczą*** w płaszczyźnie połaci lewej przy pomocy narzędzia
- na panelu Projekt użyć prawego przycisku myszki i z wyświetlonego menu wybrać pozycję Zmień płaszczyznę, a po pojawieniu się okna Płaszczyzna użyć przycisku OK.

- wyróżnić wszystkie pręty (na panelu Projekt zaznaczyć pozycję Pręty)

- włączyć narzędzie , a w okienku właściwości przejść do zakładki Mocowania, a następnie w sekcji Podparcia pośrednie wybrać przełącznik Sztywne.

Zadawanie obciążeń

Deklarowanie grup obciążeń:

- otworzyć okno dialogowe Grupy obciążeń (narzędzie lub przycisk Grupy obciążeń panelu obciążeń)
- zmienić nazwę pierwszej grupy (domyślnej) z Stałe na Ciężar pokrycia
- dodać nową grupę: Symbol - Wl, nazwa - Wiatr z lewej, status normowy - zmienne
- dodać nową grupę: Symbol - Ww, nazwa - Wiatr wzdłuż, status normowy - zmienne
- dodać nową grupę: Symbol - Sn, nazwa - Śnieg, status normowy - zmienne

Zadawanie obciążeń grupy Ciężar pokrycia (St):

- na panelu Projekt włączyć grupę St-Ciężar pokrycia, a pozostałe wyłączyć
- na panelu Projekt zaznaczyć grupy prętów: "Płatwie lewe", "Stężenia lewe", "Pręty kalenicy".
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:

- w polach Pa i Pb wpisać wartość 1,25,
- z listy Grupa obciążeń wybrać St-Ciężar pokrycia,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,1,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Pionowe,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,2,
- w polu Nazwa wpisać: "Pokrycie lewe".

- powtórzyć powyższe operacje dla połaci prawej, zaznaczając wcześniej na panelu Projekt grupy "Płatwie prawe", "Stężenia prawe", "Pręty kalenicy" i nadać obciążeniu nazwę: "Pokrycie prawe".

Zadawanie obciążeń grupy Śnieg (Sn):

- na panelu Projekt włączyć grupę Sn-Śnieg, a pozostałe wyłączyć
- zaznaczyć na panelu Projekt grupy prętów: "Płatwie lewe", "Stężenia lewe", "Płatwie prawe", "Stężenia prawe"
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:

- za pomocą przycisku Zmień płaszczyznę otworzyć okno Płaszczyzna, a w polu -ψ wpisać wartość 90, co ma na celu ustawienie płaszczyzny obciążenia w poziomie,
- w polach Pa i Pb wpisać wartość 0,67,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Sn-Śnieg,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,4,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Pionowe,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,2,
- w polu Nazwa wpisać: "Śnieg na całej połaci".

Zadawanie obciążeń grupy Wiatr z lewej (Wl):

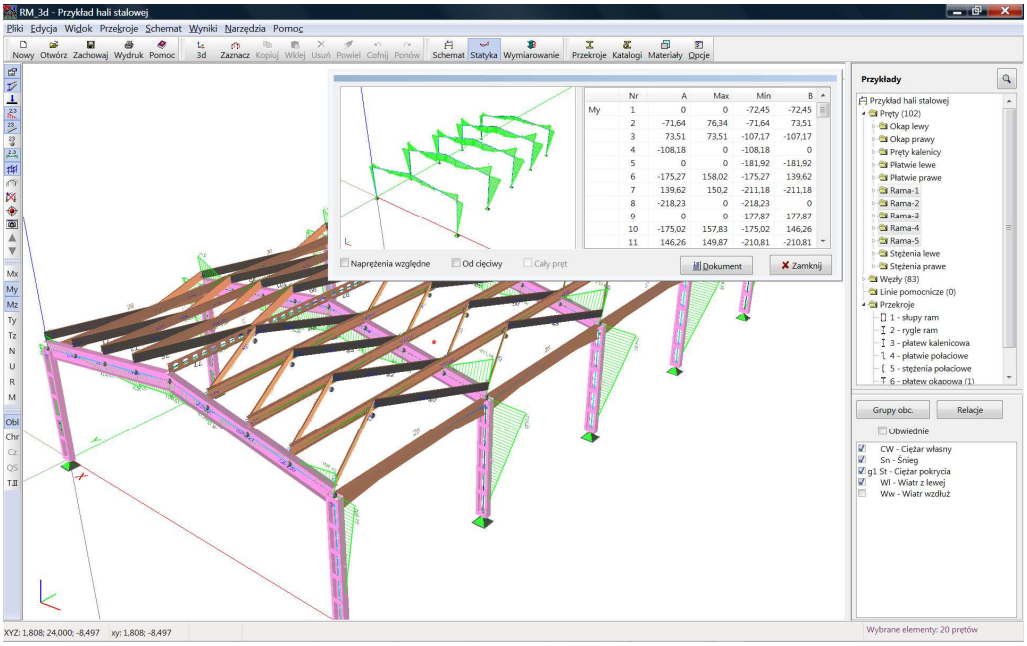
- na panelu Projekt włączyć grupę Wl-Wiatr z lewej, a pozostałe wyłączyć
- zaznaczyć (wyróżnić) wszystkie lewe słupy ram

- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:
- w polach Pa i Pb wpisać wartość 0,41,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Wl-Wiatr z lewej,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,3,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Prostopadle do prętów,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,2,
- w polu Nazwa wpisać: "Parcie".
- zaznaczyć (wyróżnić) wszystkie prawe słupy ram
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:
- w polach Pa i Pb wpisać wartość -0,18,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Wl-Wiatr z lewej,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,3,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Prostopadle do prętów,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,2,
- w polu Nazwa wpisać: "Ssanie".
- zaznaczyć na panelu Projekt grupy prętów: "Płatwie lewe", "Stężenia lewe", "Pręty kalenicy"
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:
- w polach Pa i Pb wpisać wartość -0,18,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Wl-Wiatr z lewej,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,3,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Prostopadle do prętów,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,2,
- w polu Nazwa wpisać: "Ssanie na połaci lewej".
- powtórzyć powyższe operacje dla grup prętów "Płatwie prawe", "Stężenia prawe", "Pręty kalenicy"

<u>Zadawanie obciążeń grupy Wiatr wzdłuż (Ww)</u>:

- na panelu Projekt włączyć grupę Ww-Wiatr wzdłuż, a pozostałe wyłączyć
- zaznaczyć (wyróżnić) grupę prętów Rama-1
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:
- w polach Pa i Pb wpisać wartość 0,32,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Ww-Wiatr wzdłuż,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,3,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Prostopadle do prętów,
- w polach ea i eb wpisać wartość 0,1,
- w polu Nazwa wpisać: "Nawietrzna".
- zaznaczyć (wyróżnić) grupę prętów Rama-5
- włączyć narzędzie i w okienku *właściwości obciążenia* wykonać:
- w polach Pa i Pb wpisać wartość 0,14,
- z listy Grupa obciążeń wybrać Ww-Wiatr wzdłuż,
- w polu γ_{f1} wpisać wartość 1,3,
- w zakładce Ogólne włączyć włącznik Prostopadle do prętów,
- w polach ea i eb wpisać wartość -0,1,
- w polu Nazwa wpisać: "Zawietrzna".

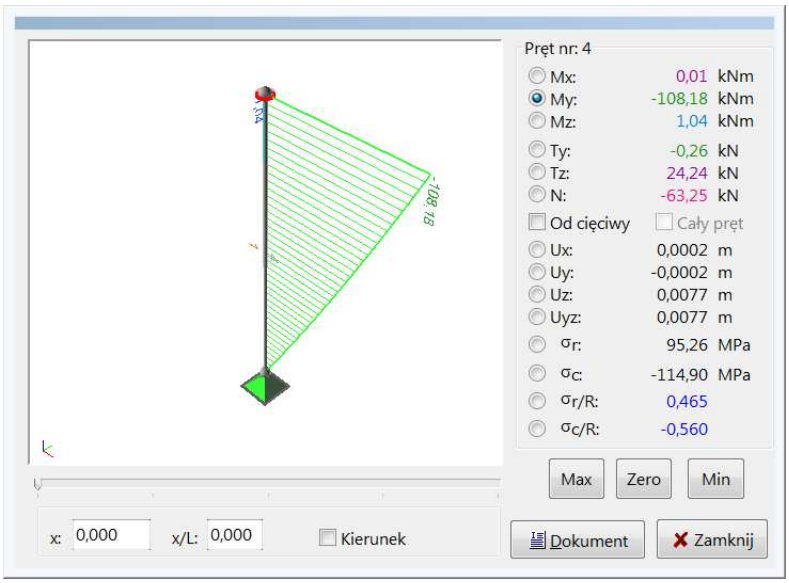
Analiza statyczna



Rys. IV:3 - Obraz monitora po wykonaniu obliczeń

Analiza statyczna jest dokonywana w opcji Wyniki/Statyka (skrót

). Przed wykonaniem obliczeń każdorazowo należy określić kombinację grup obciążeń na panelu Projekt przez włączanie lub wyłączanie włączników stowarzyszonych z grupami obciążeń.



Rys. IV:4 - Okienko szczegółowych wyników analizy dla pręta

Wyniki dla kombinacji: Ciężar własny + Ciężar pokrycia + Śnieg + Wiatr z lewej

- na panelu **Obciążenia** włączyć wyżej wymienione grupy obciążeń, a pozostałe wyłączyć
- kliknąć skrót Statyka i zaczekać na zakończenie procedury obliczeń statycznych
- na pasku narzędzi włączyć opcje wyników: My, U, R
- na panelu Projekt zaznaczyć pozycje od "Rama-1" do "Rama-5"
- włączyć okienko zbiorczych wyników liczbowych narzędziem , co spowoduje wyświetlenie *okna tabeli wyników zbiorczych* (Rys. IV:3)
- w okienku wyników liczbowych odszukać pozycję największej dodatniej wartości dla momentu My i wykonać na niej podwójne kliknięcie, co spowoduje ustawienie widoku modelu konstrukcji w oknie *sceny*, że pręt o maksymalnej wartości My zostanie umieszczony w centrum *sceny*, a to ułatwia identyfikację i selekcję pręta na modelu konstrukcji.
- zaznaczyć (wyróżnić) wyszukany pręt i włączyć narzędzie w celu wyświetlenia okienka szczegółów wyników dla tego pręta (Rys. IV:4).

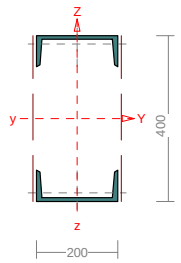
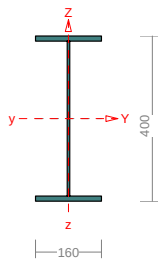
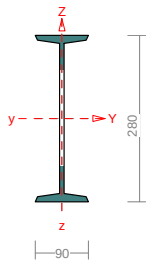
Tworzenie dokumentu

- użyć skrótu Wydruk lub kombinacji klawiszy [Ctrl]+[P] w celu otwarcia okna dialogowego Wydruk
- dokonać ustawień włączników sekcji Dane i Wyniki tego okna, określających zakres dokumentu
- użyć przycisku Przeglądaj, które umożliwia przeglądanie, sporządzenie wydruku oraz bezpośredni eksport dokumentu do edytora MS Word lub do schowka systemu Windows.

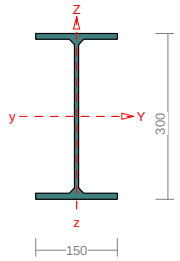
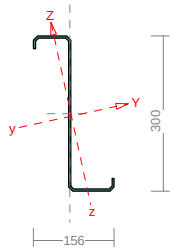
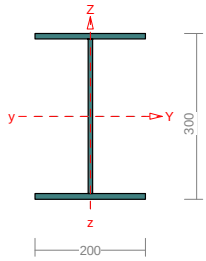
Przykład dokumentu

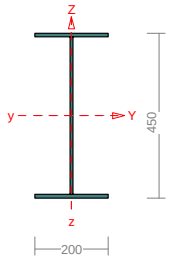
Poniżej załączono przykład dokumentu dla przedstawionego wyżej przykładu hali stalowej. Dokument został wyeksportowany do edytora MS Word i sformatowany do właściwości typograficznych niniejszej instrukcji. Dokument zawiera: charakterystykę przekrojów, dane prętów, dane obciążeń, wyniki zbiorcze dla wszystkich prętów i wyniki szczegółowe dla prętów grupy Rama-1.

Przekroje:

1 - słupy ram	2 - rygle ram	3 - płatew kalenicowa
		

Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)	Materiał:	4 - 18G2 (A)	Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)
A [cm^2]	64,40	A [cm^2]	60,96	A [cm^2]	27,44
Jy [cm^4]	21138,42	Jy [cm^4]	17114,70	Jy [cm^4]	4437,00
Jz [cm^4]	3820,00	Jz [cm^4]	819,88	Jz [cm^4]	116,72
Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00
Iy [cm^4]	21138,42	Iy [cm^4]	17114,70	Iy [cm^4]	4437,00
Iż [cm^4]	3820,00	Iz [cm^4]	819,88	Iz [cm^4]	116,72
Jt [cm^4]	25,50	Jt [cm^4]	21,23	Jt [cm^4]	14,25
Jω [cm^4]	0,00	Jω [cm^4]	308314,11	Jω [cm^4]	21147,55
iy [cm]	18,12	iy [cm]	16,76	iy [cm]	12,72
iz [cm]	7,70	iz [cm]	3,67	iz [cm]	2,06
is [cm]	19,69	is [cm]	17,15	is [cm]	12,88
m [kg/m]	50,55	m [kg/m]	47,85	m [kg/m]	26,30

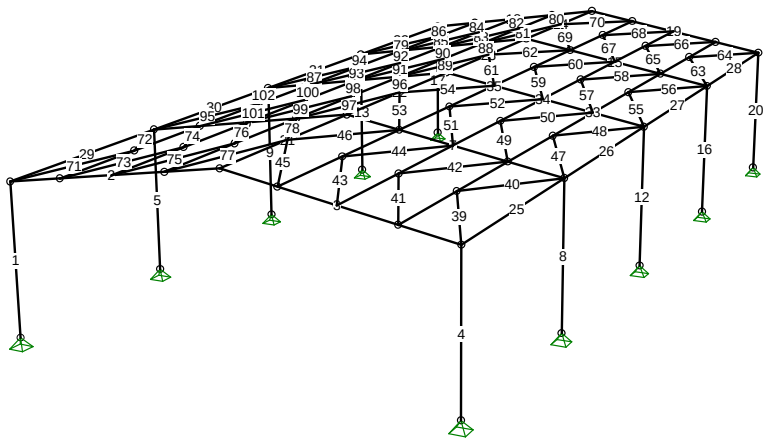
4 - płatwie połaciowe		5 - stężenia połaciowe		6 - płatew okapowa (1)	
					
Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)	Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)	Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)
A [cm^2]	53,80	A [cm^2]	18,97	A [cm^2]	62,40
Jy [cm^4]	8360,00	Jy [cm^4]	2301,00	Jy [cm^4]	9876,80
Jz [cm^4]	604,00	Jz [cm^4]	203,00	Jz [cm^4]	1334,53
Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]	-481,91	Dyz [cm^4]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	12,34	α [Deg]	0,00
Iy [cm^4]	8360,00	Iy [cm^4]	2406,40	Iy [cm^4]	9876,80
Iż [cm^4]	604,00	Iz [cm^4]	97,60	Iz [cm^4]	1334,53
Jt [cm^4]	18,84	Jt [cm^4]	1,14	Jt [cm^4]	18,28
Jω [cm^4]	125934,05	Jω [cm^4]	31227,36	Jω [cm^4]	280333,33
iy [cm]	12,47	iy [cm]	11,26	iy [cm]	12,58
iz [cm]	3,35	iz [cm]	2,27	iz [cm]	4,62
is [cm]	12,91	is [cm]	11,49	is [cm]	13,40
m [kg/m]	42,23	m [kg/m]	14,89	m [kg/m]	48,98

7 - płatew okapowa (2)					
					
Materiał:	2 - St3S (X,Y,V,W)	Materiał:		Materiał:	
A [cm^2]	74,40	A [cm^2]		A [cm^2]	
Jy [cm^4]	24663,80	Jy [cm^4]		Jy [cm^4]	
Jz [cm^4]	1335,17	Jz [cm^4]		Jz [cm^4]	
Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]		Dyz [cm^4]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]		α [Deg]	
Iy [cm^4]	24663,80	Iy [cm^4]		Iy [cm^4]	
Iż [cm^4]	1335,17	Iz [cm^4]		Iz [cm^4]	
Jt [cm^4]	20,84	Jt [cm^4]		Jt [cm^4]	
Jω [cm^4]	645333,33	Jω [cm^4]		Jω [cm^4]	

iy [cm]	18,21	iy [cm]		iy [cm]	
iz [cm]	4,24	iz [cm]		iz [cm]	
is [cm]	18,69	is [cm]		is [cm]	
m [kg/m]	58,40	m [kg/m]		m [kg/m]	

Materiały:

Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E: [GPa]	G: [GPa]	ν: [-]	α_T: [1/K]	ρ: [kg/m^3]	Ro: [MPa]
2	Stal	Przykład hali stalowej.rm3	205,0	80,0	0,3	0,0	7850,0	205,0
4	Stal	Przykład hali stalowej.rm3	205,0	80,0	0,3	0,0	7850,0	295,0



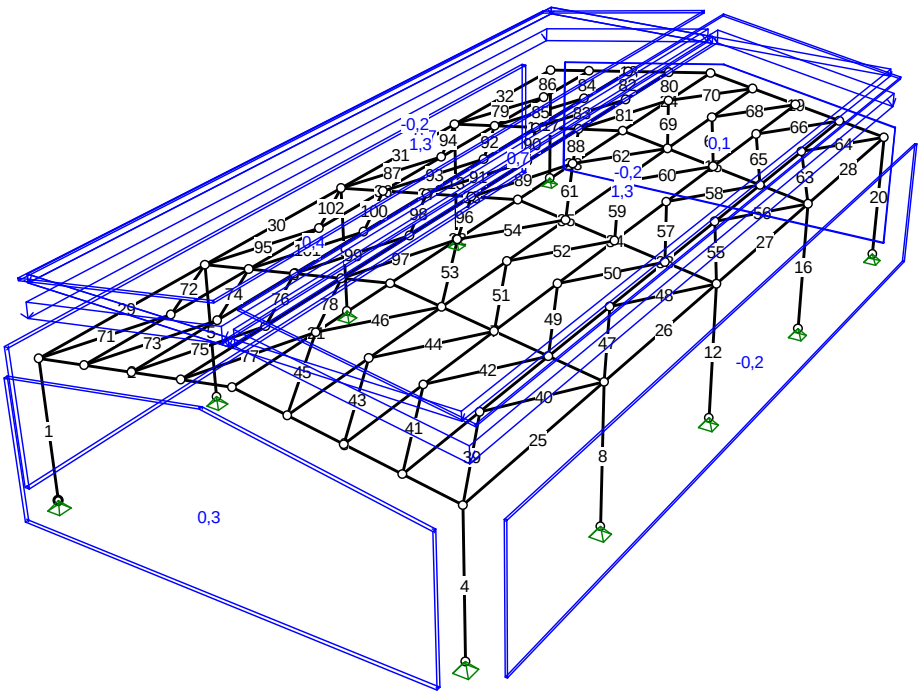
Pręty:

Nr:	Węzły: A:	Węzły: B:	Mocowania	Podat -ności	Mimośrody Imperfekcje	Orient. [deg]	L[m]:	F [m]:	Przekrój:
Rama-1									
1	1	2	P.P.: Sztywne			180,0	4,000		1 słupy ram
2	2	3	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
3	3	4	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
4	4	5	P.P.: Sztywne			0,0	4,000		1 słupy ram
Rama-2									
5	6	7	P.P.: Sztywne			180,0	4,000		1 słupy ram
6	7	8	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
7	8	9	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
8	9	10	P.P.: Sztywne			0,0	4,000		1 słupy ram
Rama-3									
9	11	12	P.P.: Sztywne			180,0	4,000		1 słupy ram
10	12	13	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
11	13	14	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
12	14	15	P.P.: Sztywne			0,0	4,000		1 słupy ram
Rama-4									
13	16	17	P.P.: Sztywne			180,0	4,000		1 słupy ram
14	17	18	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
15	18	19	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
16	19	20	P.P.: Sztywne			0,0	4,000		1 słupy ram
Rama-5									
17	21	22	P.P.: Sztywne			180,0	4,000		1 słupy ram
18	22	23	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
19	23	24	P.P.: Sztywne			0,0	6,083		2 rygle ram
20	24	25	P.P.: Sztywne			0,0	4,000		1 słupy ram
Pręty kalenicy									
21	8	3	P.P.: Sztywne		az:0,350	0,0	6,000		3 płatew kalenicowa
					bz:0,350				
22	13	8	P.P.: Sztywne		az:0,350	0,0	6,000		3 płatew kalenicowa
					bz:0,350				
23	18	13	P.P.: Sztywne		az:0,350	0,0	6,000		3 płatew kalenicowa

					bz:0,350				
24	23	18	P.P.: Sztywne		az:0,320	0,0	6,000		3 płatew kalenicowa
					bz:0,320				
Okap prawy									
25	4	9	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
26	9	14	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
27	14	19	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
28	19	24	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
Okap lewy									
29	2	7	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
30	7	12	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
31	12	17	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
32	17	22	P.P.: Sztywne		Wyr. Góra	0,0	6,000		7(0,000) 6(0,250) 6(0,750) 7(1,000)
Płatwie prawe									
33	27	26	P.P.: Sztywne		az:-0,350	170,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:-0,350				
34	29	28	P.P.: Sztywne		az:-0,350	170,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:-0,350				
35	31	30	P.P.: Sztywne		az:-0,350	170,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:-0,350				
Płatwie lewe									
36	32	33	P.P.: Sztywne		az:0,350	-9,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:0,350				
37	34	35	P.P.: Sztywne		az:0,350	-9,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:0,350				
38	36	37	P.P.: Sztywne		az:0,350	-9,5	24,000		4 płatwie połaciowe
					bz:0,350				
Stężenia prawe									
39	4	38	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
40	38	9	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
41	26	39	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
42	39	40	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
43	28	41	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
44	41	42	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
45	30	43	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				

46	43	44	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
63	19	59	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
70	62	31	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
69	58	62	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
68	61	29	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
67	56	61	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
66	60	27	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
65	54	60	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
64	59	24	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
55	14	52	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
62	57	58	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
61	51	57	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
60	55	56	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
59	49	55	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
58	53	54	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
57	47	53	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
56	52	19	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
47	9	45	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
54	50	51	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
53	44	50	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
52	48	49	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
51	42	48	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
50	46	47	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
49	40	46	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
48	45	14	P.P.: Sztywne		az:0,350	8,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:0,350				
Stężenia lewe									
71	63	2	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
72	7	63	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
73	64	32	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
74	65	64	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
75	66	34	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
76	67	66	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
77	43	36	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe

					bz:-0,350				
78	68	43	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
79	69	17	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
80	37	62	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
81	62	70	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
82	35	71	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
83	71	72	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
84	33	73	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
85	73	74	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
86	22	69	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
87	75	12	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
88	70	57	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
89	57	76	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
90	72	77	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
91	77	78	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
92	74	79	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
93	79	80	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
94	17	75	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
95	81	7	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
96	76	50	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
97	50	68	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,364		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
98	78	82	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
99	82	67	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
100	80	83	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
101	83	65	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				
102	12	81	P.P.: Sztywne		az:-0,350	-171,5	3,363		5 stężenia połaciowe
					bz:-0,350				

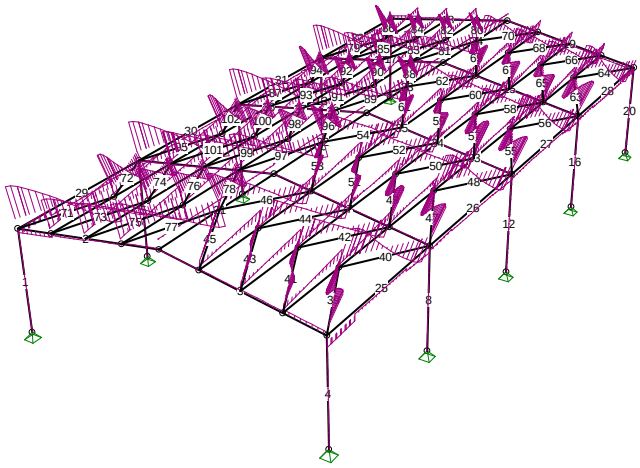


Obciążenia:

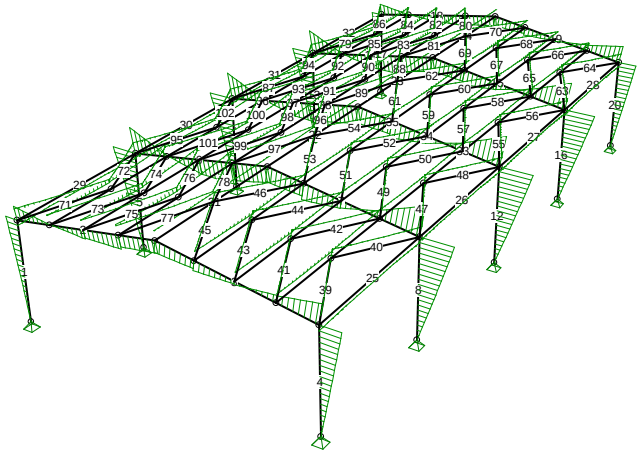
Nr pręta	Rodzaj:	Wartości obl. Pa:	Pb:	Współczynniki γf1:	γf2:	ψd:	Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie xa:	xb:	Nazwa:	
Snl: Śnieg - Zmienne(Znaczenie: 1)												
	Powierzchniowe	0,94	0,94	1,40		1,00					Powierzchniowe	1.1. Śnieg
	Powierzchniowe	0,94	0,94	1,40		1,00	Pionowe				Śnieg na całej połaci	
St: Ciężar pokrycia - Stałe(Znaczenie: 1)												
	Powierzchniowe	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	Pionowe				Pokrycie lewe	
	Powierzchniowe	1,38	1,38	1,10	1,00	1,00	Pionowe				Pokrycie prawe	
Wl: Wiatr z lewej - Zmienne(Znaczenie: 1)												
	Powierzchniowe	0,55	0,55	1,34		1,00					Parcie	
	Powierzchniowe	-0,23	-0,23	1,30		1,00					Ssanie	
	Powierzchniowe	-0,23	-0,23	1,30		1,00					Ssanie na połaci lewej	
	Powierzchniowe	-0,23	-0,23	1,30		1,00					Ssanie na połaci prawej	
Ww: Wiatr wzdłuż - Zmienne(Znaczenie: 1)												
	Powierzchniowe	0,42	0,42	1,30		1,00					Nawietrzna	
	Powierzchniowe	0,18	0,18	1,30		1,00					Zawietrzna	2.2. Wiatr na ściany szczyto-we - zawietrzna

Wyniki Obliczeń
Teoria I rzędu

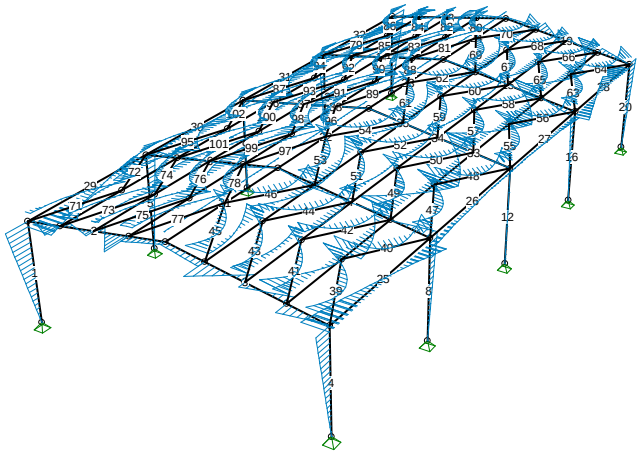
Mx



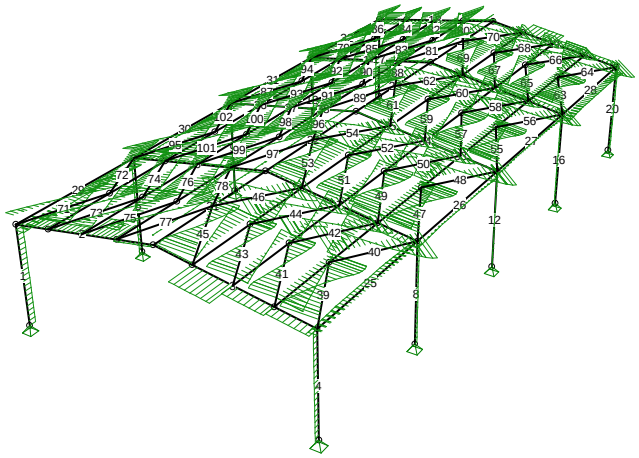
My



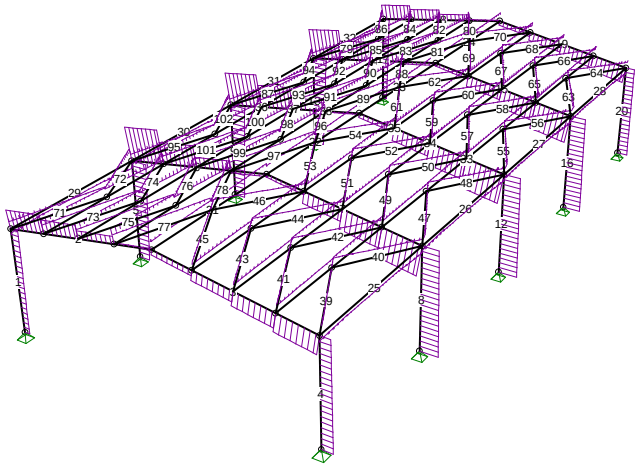
Mz



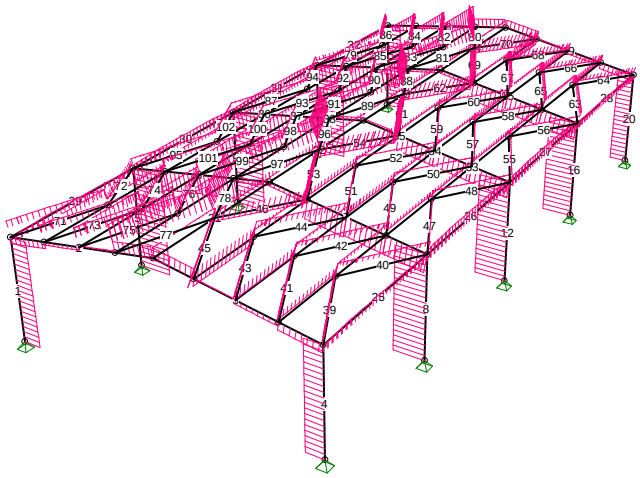
Ty



Tz



N



Siły Przekrojowe: Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl (fragment wydruku)

Nr preta:	x [m]:	x/L:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
Rama-1								
1	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,3	-14,2	-60,3
	4,000	1,000	0,0	-69,8	1,4	0,3	-20,7	-58,1
2	0,000	0,000	0,0	-68,9	-0,3	0,8	44,5	-20,3
	3,040	0,500	0,0	38,1	***-0,7***	**1,5**	18,5	4,5
	4,560	0,750	0,0	**65,4**	**1,6**	**1,5**	17,6	4,6
	4,560	0,750	**0,0**	54,4	0,5	***-0,2***	3,5	32,9
	6,083	1,000	0,0	59,0	0,3	-0,2	2,6	33,1
3	0,000	0,000	0,0	59,0	0,3	0,1	-12,5	31,4
	1,523	0,250	0,0	49,9	**1,4**	***-1,4***	-24,6	2,2
	3,043	0,500	0,0	11,9	***-0,7***	***-1,4***	-25,4	2,1
	4,563	0,750	**0,0**	-35,0	0,8	-0,5	-44,7	-24,1
	6,083	1,000	0,0	-103,6	0,0	-0,5	-45,6	-24,3
4	0,000	0,000	0,0	-104,8	1,0	-0,3	24,8	-58,7
	4,000	1,000	0,0	0,0	0,0	-0,3	27,6	-60,9
Rama-2								
5	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	-0,2	-29,9	-116,9
	4,000	1,000	0,0	-146,0	-0,7	-0,2	-43,1	-114,7
6	0,000	0,000	0,0	-137,1	-0,6	0,4	85,5	-64,5
	1,520	0,250	***0,0***	-6,5	-0,2	0,2	54,0	-62,7
	3,040	0,500	0,0	74,8	0,1	0,1	24,5	***-65,4***
	4,560	0,750	0,0	**111,4**	0,3	0,1	23,6	-65,2
	4,560	0,750	**0,0**	90,4	**0,3**	***-0,2***	-5,4	-11,4
	6,083	1,000	0,0	81,4	0,0	-0,2	-6,3	-11,2
7	0,000	0,000	0,0	81,4	0,0	0,2	-7,8	-13,6
	1,523	0,250	0,0	**89,0**	**0,3**	-0,2	-31,1	-67,4
	3,043	0,500	0,0	41,0	0,0	-0,2	-32,0	***-67,5***
	3,043	0,500	**0,0**	39,4	0,1	-0,2	-52,5	-62,7
	4,563	0,750	0,0	-44,6	0,0	***-0,5***	-77,0	-62,1
	6,083	1,000	0,0	-162,4	-0,7	-0,5	-77,9	-62,2
8	0,000	0,000	0,0	-172,8	-0,7	0,2	40,4	-103,0
	4,000	1,000	0,0	0,0	0,0	0,2	46,0	-105,2
Rama-5								
17	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	-0,4	-14,1	-60,3
	4,000	1,000	0,0	-69,6	-1,6	-0,4	-20,7	-58,1
18	0,000	0,000	0,0	-68,6	0,3	-0,8	44,5	-20,3
	3,040	0,500	0,0	38,3	**0,7**	***-1,5***	18,4	4,2
	4,560	0,750	0,0	**65,5**	***-1,6***	***-1,5***	17,5	4,4
	4,560	0,750	***0,0***	54,5	-0,6	**0,3**	3,3	32,4
	6,083	1,000	0,0	58,8	-0,2	0,3	2,4	32,6
19	0,000	0,000	0,0	58,8	-0,2	-0,2	-12,4	30,9
	1,523	0,250	0,0	49,7	***-1,4***	**1,4**	-24,5	2,0
	3,043	0,500	0,0	11,7	**0,7**	**1,4**	-25,4	1,9
	4,563	0,750	***0,0***	-35,1	-0,8	0,5	-44,6	-24,2
	6,083	1,000	0,0	-103,6	0,0	0,5	-45,5	-24,3
20	0,000	0,000	0,0	-104,8	-1,1	0,3	24,8	-58,6
	4,000	1,000	0,0	0,0	0,0	0,3	27,6	-60,8
Pręty kalenicy								
21	0,000	0,000	0,0	1,7	0,0	0,0	3,3	-15,9
	3,000	0,500	0,0	3,6	***0,0***	**0,0**	1,1	**0,3**
	3,000	0,500	0,0	2,5	0,0	***0,0***	-2,0	***-15,9***
	3,844	0,641	0,0	**4,1**	0,0	**0,0**	0,0	**0,3**
	6,000	1,000	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,3	0,3
22	0,000	0,000	0,0	-0,3	0,0	0,0	2,9	-8,2
	3,000	0,500	0,0	-0,5	***0,0***	**0,0**	**3,0**	***-15,5***
	3,000	0,500	0,0	***-0,6***	0,0	***0,0***	***-2,4***	**-8,2**
	4,969	0,828	0,0	**2,9**	0,0	**0,0**	0,1	***-15,5***
	6,000	1,000	0,0	1,8	0,0	0,0	-2,3	-15,5
23	0,000	0,000	0,0	1,5	0,0	0,0	2,4	-13,1
	1,031	0,172	0,0	**2,7**	0,0	***0,0***	0,0	***-13,1***
	3,000	0,500	0,0	-0,6	***0,0***	***0,0***	***-3,0***	***-13,1***
	3,000	0,500	0,0	***-0,7***	0,0	**0,0**	**2,4**	**-8,2**
	6,000	1,000	0,0	-0,3	0,0	0,0	-2,9	-8,2
24	0,000	0,000	0,0	0,1	0,0	0,0	4,2	0,5
	3,000	0,500	0,0	3,5	***0,0***	***0,0***	-1,1	**0,5**
	3,000	0,500	0,0	2,6	0,0	**0,0**	2,0	***-13,5***
	4,406	0,734	0,0	**4,2**	0,0	**0,0**	0,1	***-13,5***
	6,000	1,000	0,0	1,8	0,0	0,0	-3,3	-13,5
Okap prawy								
25	0,000	0,000	0,0	-3,0	-1,4	0,4	3,0	17,9

	1,500	0,250	**0,0**	0,8	-0,8	***0,4***	1,2	**18,0**
	3,750	0,625	**0,0**	**2,1**	0,0	***0,4***	0,0	**18,0**
	5,750	0,958	0,0	-0,1	0,7	***0,4***	-2,0	18,0
	6,000	1,000	0,0	-0,6	0,8	0,4	-2,2	17,9
26	0,000	0,000	0,0	-7,0	0,3	-0,1	4,2	33,4
	0,500	0,083	**0,0**	-5,0	0,2	***-0,1***	3,9	33,4
	1,250	0,208	**0,0**	-2,3	0,2	***-0,1***	3,4	33,4
	1,500	0,250	0,0	-1,4	0,2	***-0,1***	1,6	**33,6**
	4,500	0,750	***0,0***	**1,0**	0,0	***-0,1***	-1,7	33,5
	4,500	0,750	0,0	**1,0**	0,0	***-0,1***	0,0	**33,6**
	6,000	1,000	0,0	-2,1	-0,1	-0,1	-2,6	33,5
27	0,000	0,000	0,0	-2,1	-0,1	0,1	2,5	33,4
	0,250	0,042	**0,0**	-1,4	0,0	***0,1***	2,4	33,4
	1,500	0,250	0,0	**1,1**	0,0	***0,1***	0,0	**33,4**
	1,500	0,250	**0,0**	**1,1**	0,0	***0,1***	1,6	33,4
	4,500	0,750	***0,0***	-1,4	0,2	***0,1***	-3,3	33,3
	5,750	0,958	***0,0***	-6,0	0,2	***0,1***	-4,0	33,3
	6,000	1,000	0,0	-7,1	0,3	0,1	-4,2	33,3
28	0,000	0,000	0,0	-0,6	0,8	-0,4	2,2	17,8
	1,500	0,250	***0,0***	2,0	0,3	***-0,4***	0,4	**17,9**
	2,250	0,375	***0,0***	**2,1**	0,0	***-0,4***	0,0	**17,9**
	4,500	0,750	**0,0**	0,8	-0,8	***-0,4***	-2,1	17,8
	5,750	0,958	**0,0**	-2,3	-1,3	***-0,4***	-2,8	17,8
	6,000	1,000	0,0	-3,1	-1,4	-0,4	-3,0	17,8
Okap lewy								
29	0,000	0,000	0,0	-3,8	1,4	-0,4	4,7	17,2
	0,750	0,125	**0,0**	-0,7	1,1	***-0,4***	3,7	17,3
	1,500	0,250	***0,0***	1,7	0,9	***-0,4***	1,9	**17,4**
	3,000	0,500	***0,0***	**3,1**	0,3	***-0,4***	0,0	**17,4**
	5,500	0,917	0,0	-1,7	-0,7	***-0,4***	-4,0	17,2
	6,000	1,000	0,0	-3,8	-0,8	-0,4	-4,7	17,2
30	0,000	0,000	0,0	-9,0	-0,3	0,1	6,1	30,4
	1,500	0,250	0,0	-1,3	-0,2	***0,1***	2,6	**30,6**
	3,656	0,609	0,0	**1,4**	-0,1	***0,1***	-0,1	**30,6**
	4,500	0,750	**0,0**	0,9	0,0	***0,1***	-2,6	30,5
	4,750	0,792	**0,0**	0,2	0,0	***0,1***	-2,9	30,5
	6,000	1,000	0,0	-4,4	0,1	0,1	-4,6	30,5
31	0,000	0,000	0,0	-4,3	0,1	-0,1	4,5	30,2
	0,750	0,125	***0,0***	-1,2	0,0	***-0,1***	3,5	30,3
	1,500	0,250	0,0	1,0	0,0	***-0,1***	1,1	**30,4**
	2,344	0,391	0,0	**1,5**	-0,1	***-0,1***	0,0	**30,4**
	4,500	0,750	**0,0**	-1,4	-0,2	***-0,1***	-4,2	30,2
	5,750	0,958	**0,0**	-7,6	-0,3	***-0,1***	-5,8	30,2
	6,000	1,000	0,0	-9,1	-0,3	-0,1	-6,1	30,1
32	0,000	0,000	0,0	-3,8	-0,8	0,4	4,6	17,0
	1,500	0,250	**0,0**	1,7	-0,3	***0,4***	1,8	**17,2**
	3,000	0,500	**0,0**	**3,1**	0,3	***0,4***	0,0	**17,2**
	4,500	0,750	***0,0***	1,7	0,9	***0,4***	-2,7	17,1
	5,750	0,958	***0,0***	-2,8	1,3	***0,4***	-4,3	17,0
	6,000	1,000	0,0	-3,9	1,4	0,4	-4,7	17,0
Płatwie prawe								
33	0,000	0,000	0,0	-2,9	-1,4	1,2	-5,4	20,0
	3,000	0,125	**0,1**	-10,6	0,5	0,1	0,3	20,0
	6,000	0,250	0,1	**8,8**	-1,1	-1,2	**8,7**	-10,6
	6,000	0,250	-0,1	6,8	***-1,8***	**1,5**	-6,7	12,3
	15,000	0,625	0,0	-4,8	**1,3**	-0,6	1,2	12,1
	18,000	0,750	-0,1	8,8	-1,1	1,2	***-8,7***	***-10,7***
	18,000	0,750	0,0	6,3	-1,8	***-1,5***	6,2	12,1
	21,000	0,875	***-0,1***	-10,6	0,5	-0,1	-0,3	**20,1**
	21,188	0,883	-0,1	***-10,7***	0,5	-0,2	0,0	**20,1**
	24,000	1,000	0,0	-3,0	-1,4	-1,2	5,4	20,1
34	0,000	0,000	0,0	-1,1	-0,7	0,6	-6,9	26,9
	3,000	0,125	**0,1**	-13,0	-0,4	-0,4	-1,1	26,9
	6,000	0,250	0,0	5,0	-0,5	**0,6**	-6,8	19,0
	6,000	0,250	0,1	6,3	-0,1	-0,6	**8,4**	-8,4
	12,000	0,500	0,0	**8,0**	-0,3	-0,5	7,5	8,6
	18,000	0,750	-0,1	6,2	-0,1	0,6	***-8,4***	***-8,5***
	19,688	0,820	0,0	-5,2	**0,4**	0,0	-5,2	***-8,5***
	21,000	0,875	***-0,1***	***-13,1***	-0,4	0,4	1,1	**27,0**
	24,000	1,000	0,0	-1,0	-0,7	-0,6	6,9	27,0
35	0,000	0,000	0,0	1,5	0,2	0,2	-8,1	53,3
	3,000	0,125	**0,1**	***-14,2***	-0,9	-0,9	-2,4	53,3
	3,000	0,125	-0,1	-12,8	-0,7	0,9	3,0	***6,6***

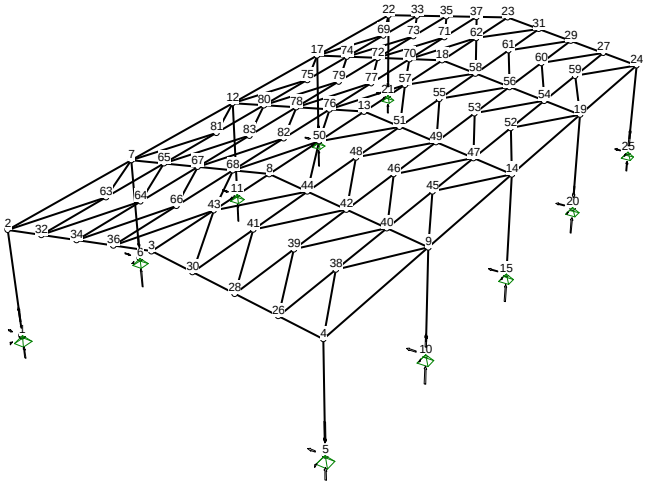
	6,000	0,250	0,0	4,9	0,5	-0,1	**8,8**	***6,6***
	12,000	0,500	0,0	8,2	**0,5**	0,0	8,1	8,5
	12,000	0,500	0,0	**8,8**	0,5	0,0	***-8,8***	9,6
	15,000	0,625	0,1	-9,0	-1,0	***-1,0***	-3,1	9,6
	15,000	0,625	-0,1	-9,3	***-1,0***	**1,0**	1,9	17,4
	21,000	0,875	***-0,1***	-14,2	-0,9	0,9	2,4	**54,0**
	24,000	1,000	0,0	1,4	0,2	-0,2	8,1	54,0
Płatwie lewe								
36	0,000	0,000	0,0	1,5	1,2	-1,2	8,9	17,8
	3,000	0,125	**0,1**	13,8	0,1	0,4	-0,7	**17,8**
	3,000	0,125	0,0	11,7	-0,4	-0,4	-3,5	***-9,5***
	6,000	0,250	0,0	***-13,2***	0,9	1,3	***-13,1***	***-9,5***
	6,000	0,250	0,0	-11,1	1,6	***-1,6***	10,8	10,3
	9,187	0,383	0,0	6,6	***-0,7***	0,0	-1,7	11,3
	18,000	0,750	0,0	-11,1	**1,6**	**1,6**	-10,8	10,5
	18,000	0,750	0,0	***-13,2***	0,9	-1,3	**13,1**	-9,3
	21,000	0,875	***-0,1***	13,8	0,1	-0,5	0,7	17,6
	21,187	0,883	-0,1	**13,8**	0,0	-0,3	0,1	17,6
	24,000	1,000	0,0	1,5	1,2	1,2	-8,9	17,6
37	0,000	0,000	0,0	-0,4	0,4	-0,7	10,5	25,3
	3,000	0,125	**0,1**	16,7	**0,9**	1,0	0,9	**25,3**
	3,000	0,125	0,0	14,0	0,4	-1,0	-3,4	***-4,5***
	4,781	0,199	0,0	2,8	***-0,5***	0,0	-9,1	***-4,5***
	6,000	0,250	0,0	-10,7	-0,1	0,7	***-13,1***	***-4,5***
	9,000	0,375	0,0	8,9	0,7	***-1,1***	-2,2	10,4
	12,000	0,500	0,0	***-12,1***	0,1	-0,6	11,8	10,1
	15,000	0,625	0,0	8,8	0,7	**1,1**	2,1	10,1
	18,000	0,750	0,0	-10,8	-0,1	-0,7	**13,1**	-4,2
	21,000	0,875	***-0,1***	**16,7**	0,9	-1,0	-0,9	25,2
	24,000	1,000	0,0	-0,3	0,4	0,7	-10,5	25,2
38	0,000	0,000	0,0	-3,0	-0,4	-0,3	11,6	51,9
	3,000	0,125	**0,1**	17,3	1,4	1,4	1,9	**51,9**
	6,000	0,250	0,0	-9,6	-0,6	0,2	***-13,4***	10,0
	9,000	0,375	0,1	11,1	1,5	**1,6**	1,8	18,1
	12,000	0,500	0,0	***-13,1***	-0,7	-0,1	12,8	10,7
	15,000	0,625	-0,1	11,2	**1,5**	***-1,6***	-2,1	17,7
	18,000	0,750	0,0	-9,6	-0,7	-0,2	**13,5**	***10,0***
	18,375	0,766	0,0	-4,8	***-0,7***	0,0	12,3	***10,0***
	21,000	0,875	***-0,1***	**17,6**	1,4	-1,4	-2,1	51,3
	24,000	1,000	0,0	-3,1	-0,4	0,3	-11,7	51,3
Stężenia prawe								
39	0,000	0,000	0,2	-9,5	-1,1	1,4	6,0	-20,0
	1,812	0,539	0,0	-1,4	**0,4**	0,0	2,4	-19,6
	2,613	0,777	-0,2	**-0,4**	0,0	-0,9	0,2	-19,4
	3,363	1,000	-0,2	-0,9	-0,9	-1,5	-1,2	-19,3
40	0,000	0,000	0,2	1,2	-0,9	1,4	0,9	15,2
	0,633	0,188	0,2	**1,6**	0,0	1,1	0,0	15,1
	1,554	0,462	0,0	0,4	**0,5**	0,0	-2,7	14,9
	3,363	1,000	-0,2	-8,1	-0,9	-1,4	-6,3	14,6
41	0,000	0,000	0,2	-3,2	-0,7	1,0	3,1	-22,5
	1,681	0,500	0,0	0,1	**0,3**	0,0	0,6	-22,3
	2,012	0,598	0,0	**0,1**	0,2	-0,2	0,0	-22,2
	3,363	1,000	-0,2	-1,4	-0,7	-1,0	-2,0	-22,1
42	0,000	0,000	0,2	1,7	-0,5	1,0	1,5	17,7
	0,003	0,001	**0,2**	1,7	-0,5	1,0	1,5	**17,7**
	1,022	0,304	0,1	**2,5**	0,2	0,4	0,0	17,6
	1,599	0,475	0,0	2,3	**0,4**	0,0	-1,0	17,5
	3,363	1,000	-0,2	-2,0	-0,6	-1,1	-3,7	17,3
43	0,000	0,000	0,2	-0,8	-0,7	1,0	2,6	-29,7
	1,679	0,499	0,0	**1,6**	**0,3**	0,0	0,1	-29,5
	3,363	1,000	-0,2	-0,7	-0,6	-1,0	-2,6	-29,2
44	0,000	0,000	0,2	1,0	-0,5	1,0	2,5	23,5
	1,664	0,495	0,0	3,4	**0,4**	0,0	0,1	23,3
	1,742	0,518	0,0	**3,4**	0,4	-0,1	-0,1	23,3
	3,363	1,000	-0,2	1,1	-0,6	-1,0	-2,5	23,0
45	0,000	0,000	0,2	1,2	-0,9	1,3	2,9	-62,5
	1,549	0,461	0,0	**3,7**	0,4	0,2	0,0	-62,3
	1,768	0,526	0,0	3,6	**0,4**	0,0	-0,5	-62,2
	3,364	1,000	-0,2	0,4	-0,6	-1,1	-3,2	-62,0
46	0,000	0,000	0,2	1,2	-0,6	1,1	3,2	-51,1
	1,668	0,496	0,0	4,4	**0,4**	0,0	0,3	-51,4
	1,814	0,539	0,0	**4,5**	0,4	-0,1	0,0	-51,4
	3,364	1,000	-0,2	1,9	-0,8	-1,3	-2,9	-51,7

63	0,000	0,000	0,2	-8,1	-1,0	1,4	6,3	14,5
	1,809	0,538	0,0	0,4	**0,5**	0,0	2,7	14,8
	2,726	0,810	-0,2	**1,6**	0,0	-1,1	0,0	15,0
	3,363	1,000	-0,2	1,2	-0,9	-1,5	-0,9	15,1
70	0,000	0,000	0,2	0,4	-0,6	1,1	3,2	-61,4
	1,596	0,474	0,0	3,6	**0,4**	0,0	0,5	-61,6
	1,815	0,539	0,0	**3,7**	0,4	-0,2	0,0	-61,6
	3,364	1,000	-0,2	1,2	-0,9	-1,3	-2,9	-61,9
69	0,000	0,000	0,2	2,2	-0,7	1,0	2,1	-52,4
	1,550	0,461	0,0	**4,4**	0,4	0,2	0,1	-52,2
	1,769	0,526	0,0	4,4	**0,4**	0,0	-0,4	-52,1
	3,364	1,000	-0,2	1,3	-0,6	-1,1	-3,1	-51,9
68	0,000	0,000	0,2	-0,7	-0,6	1,0	2,6	-29,0
	1,684	0,501	0,0	**1,6**	**0,3**	0,0	-0,1	-29,2
	3,363	1,000	-0,2	-0,8	-0,7	-1,0	-2,6	-29,5
67	0,000	0,000	0,2	1,0	-0,6	1,0	2,6	22,8
	1,699	0,505	0,0	**3,4**	**0,4**	0,0	0,0	23,0
	3,363	1,000	-0,2	1,0	-0,5	-1,0	-2,5	23,3
66	0,000	0,000	0,2	-1,3	-0,7	1,0	2,0	-22,0
	1,350	0,401	0,0	**0,2**	0,2	0,2	0,0	-22,1
	1,679	0,499	0,0	0,1	**0,3**	0,0	-0,6	-22,2
	3,363	1,000	-0,2	-3,2	-0,7	-1,0	-3,1	-22,4
65	0,000	0,000	0,2	-2,0	-0,6	1,1	3,7	17,2
	1,766	0,525	0,0	2,2	**0,4**	0,0	1,0	17,4
	2,344	0,697	-0,1	**2,5**	0,2	-0,4	0,0	17,5
	3,363	1,000	-0,2	1,6	-0,5	-1,0	-1,4	17,6
64	0,000	0,000	0,2	-0,9	-0,9	1,4	1,1	-19,2
	0,750	0,223	0,2	**-0,4**	0,0	0,9	-0,2	-19,3
	1,551	0,461	0,0	-1,4	**0,4**	0,0	-2,4	-19,5
	3,363	1,000	-0,2	-9,5	-1,1	-1,4	-6,1	-19,8
55	0,000	0,000	0,2	-9,2	-1,0	1,4	6,3	-1,8
	1,733	0,515	0,0	-0,9	**0,5**	0,0	2,8	-1,5
	2,723	0,810	-0,2	**0,5**	0,0	-1,1	0,0	-1,3
	3,363	1,000	-0,2	0,2	-0,9	-1,4	-0,9	-1,2
62	0,000	0,000	0,2	0,1	-0,6	1,1	3,4	-63,6
	1,596	0,474	0,0	3,6	**0,4**	0,0	0,6	-63,9
	1,888	0,561	0,0	**3,7**	0,4	-0,2	0,0	-63,9
	3,364	1,000	-0,2	1,5	-0,9	-1,3	-2,7	-64,1
61	0,000	0,000	0,2	1,0	-0,8	1,3	2,9	-65,6
	1,545	0,459	0,0	**3,5**	0,4	0,2	0,0	-65,3
	1,762	0,524	0,0	3,5	**0,4**	0,0	-0,4	-65,3
	3,364	1,000	-0,2	0,3	-0,6	-1,1	-3,1	-65,0
60	0,000	0,000	0,2	0,0	-0,6	1,0	2,4	-7,5
	1,594	0,474	0,0	**2,1**	0,3	0,0	0,0	-7,7
	1,677	0,499	0,0	2,1	**0,3**	0,0	-0,2	-7,7
	3,363	1,000	-0,2	-0,5	-0,7	-1,0	-2,7	-8,0
59	0,000	0,000	0,2	-0,5	-0,6	1,0	2,8	1,2
	1,687	0,502	0,0	2,2	**0,3**	0,0	0,2	1,4
	1,769	0,526	0,0	**2,2**	0,3	0,0	0,1	1,4
	3,363	1,000	-0,2	0,2	-0,6	-1,0	-2,3	1,6
58	0,000	0,000	0,2	0,3	-0,6	1,0	1,2	-8,2
	0,005	0,001	**0,2**	0,3	-0,6	1,0	1,2	**-8,2**
	0,858	0,255	0,1	**0,9**	0,1	0,5	-0,1	-8,4
	1,640	0,488	0,0	0,3	**0,3**	0,0	-1,4	-8,5
	3,363	1,000	-0,2	-4,5	-0,7	-1,0	-4,0	-8,7
57	0,000	0,000	0,2	-4,3	-0,9	1,3	4,5	2,8
	1,701	0,506	0,0	1,1	**0,5**	0,0	1,3	3,1
	2,161	0,643	-0,1	**1,3**	0,4	-0,5	0,1	3,2
	3,363	1,000	-0,2	0,0	-0,8	-1,3	-1,9	3,4
56	0,000	0,000	0,2	0,1	-0,9	1,5	0,7	-1,6
	0,529	0,157	0,2	**0,3**	-0,2	1,2	0,0	-1,6
	1,627	0,484	0,0	-1,4	**0,5**	0,0	-3,1	-1,9
	3,363	1,000	-0,2	-10,2	-0,9	-1,4	-6,6	-2,2
47	0,000	0,000	0,2	-10,2	-0,9	1,4	6,6	-2,1
	1,736	0,516	0,0	-1,4	**0,5**	0,0	3,1	-1,7
	2,827	0,841	-0,2	**0,3**	-0,2	-1,2	0,1	-1,5
	3,363	1,000	-0,2	0,1	-0,9	-1,6	-0,8	-1,4
54	0,000	0,000	0,1	0,5	-0,5	0,9	2,7	-66,3
	1,645	0,489	0,0	3,3	**0,3**	0,0	0,5	-66,5
	2,016	0,599	0,0	**3,4**	0,3	-0,2	0,0	-66,6
	3,364	1,000	-0,2	1,6	-0,7	-1,2	-2,4	-66,8
53	0,000	0,000	0,2	1,7	-0,9	1,3	2,6	-63,8
	1,398	0,416	0,0	**3,8**	0,4	0,3	0,0	-63,6

	1,764	0,524	0,0	3,6	**0,4**	0,0	-0,7	-63,5
	3,364	1,000	-0,2	0,0	-0,6	-1,1	-3,5	-63,3
52	0,000	0,000	0,2	0,3	-0,6	1,0	2,3	1,1
	1,517	0,451	0,0	**2,2**	0,3	0,1	0,0	0,9
	1,682	0,500	0,0	2,2	**0,3**	0,0	-0,3	0,9
	3,363	1,000	-0,2	-0,6	-0,6	-1,0	-2,9	0,7
51	0,000	0,000	0,2	-0,6	-0,7	1,0	2,8	-8,0
	1,686	0,501	0,0	2,1	**0,3**	0,0	0,2	-7,8
	1,768	0,526	0,0	**2,1**	0,3	0,0	0,1	-7,8
	3,363	1,000	-0,2	0,0	-0,6	-1,0	-2,4	-7,6
50	0,000	0,000	0,2	0,5	-0,6	1,0	1,3	3,2
	0,932	0,277	0,1	**1,2**	0,1	0,5	-0,1	3,1
	1,680	0,499	0,0	0,7	**0,3**	0,0	-1,3	3,0
	3,363	1,000	-0,2	-3,9	-0,7	-1,1	-4,0	2,8
49	0,000	0,000	0,2	-4,9	-0,9	1,3	4,7	-8,7
	1,708	0,508	0,0	0,7	**0,4**	0,0	1,4	-8,4
	2,225	0,662	-0,1	**1,0**	0,3	-0,5	0,1	-8,2
	3,363	1,000	-0,2	-0,2	-0,8	-1,2	-1,7	-8,1
48	0,000	0,000	0,2	0,2	-0,9	1,4	0,7	-1,4
	0,605	0,180	0,2	**0,5**	-0,1	1,1	0,0	-1,4
	1,614	0,480	0,0	-0,9	**0,5**	0,0	-2,8	-1,7
	3,363	1,000	-0,2	-9,2	-0,9	-1,4	-6,3	-2,0
Stężenia lewe								
71	0,000	0,000	0,2	1,0	0,9	-1,4	-1,3	-18,4
	0,759	0,226	0,1	***0,4***	0,0	-0,9	0,0	-18,6
	1,554	0,462	0,0	1,2	***-0,4***	0,0	2,1	-18,7
	3,363	1,000	-0,2	8,5	1,0	1,3	5,5	-19,1
72	0,000	0,000	0,2	7,2	0,9	-1,3	-5,8	11,6
	1,809	0,538	0,0	-0,6	***-0,5***	0,0	-2,4	11,9
	2,691	0,800	-0,2	***-1,7***	0,0	1,0	-0,1	12,1
	3,363	1,000	-0,2	-1,3	0,8	1,4	0,9	12,2
73	0,000	0,000	0,1	1,4	0,6	-1,0	-2,3	-20,0
	1,599	0,475	0,0	***-0,6***	-0,3	-0,1	0,0	-20,2
	1,681	0,500	0,0	-0,6	***-0,3***	0,0	0,1	-20,2
	3,363	1,000	-0,1	1,8	0,6	1,0	2,5	-20,4
74	0,000	0,000	0,1	0,7	0,6	-0,9	-3,0	13,1
	0,011	0,003	**0,1**	0,7	0,6	***-1,0***	***-3,1***	***13,1***
	1,748	0,520	0,0	-2,7	***-0,3***	0,0	-0,6	13,3
	2,139	0,636	0,0	***-2,9***	-0,3	0,3	0,0	13,4
	3,363	1,000	-0,1	-1,7	0,5	0,9	1,7	13,5
75	0,000	0,000	0,1	0,5	0,6	-0,8	-2,6	-27,3
	0,001	0,000	**0,1**	0,5	0,6	***-0,8***	***-2,6***	**-27,3**
	1,682	0,500	0,0	-2,4	***-0,3***	0,0	-0,4	-27,5
	1,929	0,574	0,0	***-2,4***	-0,3	0,2	0,0	-27,5
	3,363	1,000	-0,1	-0,9	0,6	1,0	2,0	-27,7
76	0,000	0,000	0,1	-2,3	0,5	-1,0	-2,0	19,3
	1,434	0,427	0,0	***-3,8***	-0,3	-0,2	0,0	19,5
	1,682	0,500	0,0	-3,8	***-0,4***	0,0	0,4	19,5
	3,363	1,000	-0,1	-0,8	0,5	1,0	2,8	19,7
77	0,000	0,000	0,2	-0,6	0,6	-1,0	-3,5	-60,0
	1,600	0,476	0,0	-4,4	***-0,4***	0,0	-0,9	-60,2
	2,036	0,605	0,0	***-4,6***	-0,3	0,3	0,0	-60,3
	3,364	1,000	-0,2	-2,9	0,8	1,2	2,3	-60,5
78	0,000	0,000	0,2	-3,1	0,6	-0,8	-1,4	-53,1
	0,674	0,200	0,1	-4,1	0,1	***-0,9***	-1,6	-53,1
	0,674	0,200	0,1	-4,1	0,1	-0,9	***-1,6***	-53,1
	1,401	0,416	0,0	***-4,7***	-0,4	-0,3	-0,1	-52,9
	1,764	0,524	0,0	-4,5	***-0,4***	0,0	0,7	-52,9
	3,364	1,000	-0,2	-1,1	0,5	1,0	3,3	-52,6
79	0,000	0,000	0,2	-1,3	0,8	-1,4	-1,0	12,0
	0,672	0,200	0,2	***-1,7***	0,0	-1,0	0,1	11,9
	1,554	0,462	0,0	-0,6	***-0,5***	0,0	2,4	11,7
	3,363	1,000	-0,2	7,2	0,9	1,3	5,8	11,4
80	0,000	0,000	0,2	-2,9	0,8	-1,2	-2,3	-60,0
	1,329	0,395	0,0	***-4,7***	-0,3	-0,3	0,0	-59,8
	1,765	0,524	0,0	-4,4	***-0,4***	0,0	0,9	-59,7
	3,364	1,000	-0,2	-0,6	0,6	1,0	3,5	-59,5
81	0,000	0,000	0,2	-1,1	0,6	-1,1	-3,3	-53,3
	1,672	0,497	0,0	-4,6	***-0,4***	0,0	-0,5	-53,5
	1,963	0,583	0,0	***-4,7***	-0,4	0,3	0,0	-53,5
	3,364	1,000	-0,2	-2,7	0,8	1,2	2,5	-53,8
82	0,000	0,000	0,1	-0,8	0,6	-1,0	-2,0	-27,5
	1,434	0,426	0,0	***-2,4***	-0,3	-0,2	0,0	-27,3

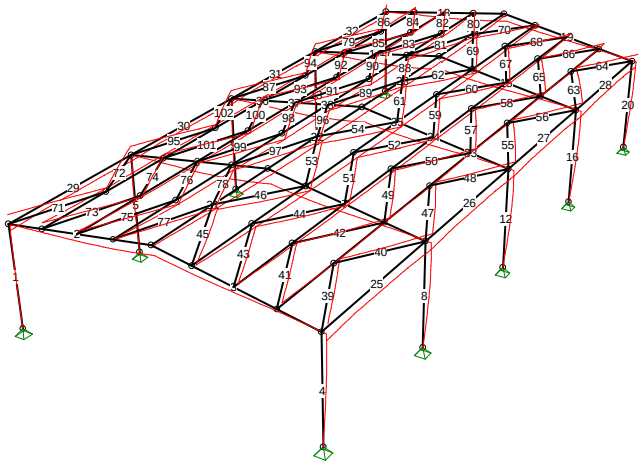
	1,681	0,500	0,0	-2,4	***-0,3***	0,0	0,4	-27,3
	3,363	1,000	-0,1	0,6	0,6	1,0	2,8	-27,1
83	0,000	0,000	0,1	-0,8	0,5	-1,0	-2,8	19,3
	1,681	0,500	0,0	-3,7	***-0,4***	0,0	-0,4	19,1
	1,929	0,573	0,0	***-3,8***	-0,3	0,2	0,0	19,1
	3,363	1,000	-0,1	-2,2	0,5	1,0	2,0	18,9
84	0,000	0,000	0,1	1,7	0,6	-1,0	-2,6	-20,1
	1,682	0,500	0,0	-0,7	***-0,3***	0,0	-0,1	-19,9
	1,764	0,525	0,0	***-0,7***	-0,3	0,1	0,0	-19,9
	3,363	1,000	-0,1	1,4	0,6	1,0	2,3	-19,7
85	0,000	0,000	0,1	-1,7	0,5	-0,9	-1,7	13,3
	1,269	0,377	0,0	***-2,9***	-0,3	-0,2	0,1	13,1
	1,599	0,475	0,0	-2,8	***-0,3***	0,0	0,6	13,1
	3,363	1,000	-0,1	0,7	0,6	1,0	3,2	12,8
86	0,000	0,000	0,2	8,5	1,0	-1,4	-5,5	-18,8
	1,809	0,538	0,0	1,2	***-0,4***	0,0	-2,1	-18,5
	2,604	0,774	-0,1	***0,4***	0,0	0,9	0,0	-18,3
	3,363	1,000	-0,2	1,0	0,9	1,4	1,3	-18,2
87	0,000	0,000	0,2	-0,2	0,8	-1,4	-1,0	-2,8
	0,687	0,204	0,2	***-0,6***	0,0	-1,0	0,0	-2,9
	1,627	0,484	0,0	0,6	***-0,4***	0,0	2,5	-3,2
	3,363	1,000	-0,2	8,2	0,9	1,3	5,8	-3,5
88	0,000	0,000	0,2	-2,5	0,7	-0,8	-1,3	-62,6
	0,673	0,200	0,1	-3,4	0,1	***-0,9***	-1,5	-62,5
	0,673	0,200	0,1	-3,4	0,1	-0,9	***-1,5***	-62,5
	1,401	0,417	0,0	***-3,9***	-0,3	-0,3	0,0	-62,4
	1,766	0,525	0,0	-3,8	***-0,4***	0,0	0,7	-62,3
	3,364	1,000	-0,2	-0,2	0,5	1,0	3,3	-62,1
89	0,000	0,000	0,2	-0,2	0,5	-1,0	-3,3	-66,2
	1,603	0,476	0,0	-3,7	***-0,4***	0,0	-0,7	-66,5
	1,966	0,584	0,0	***-3,9***	-0,4	0,3	0,0	-66,5
	3,364	1,000	-0,2	-1,9	0,8	1,2	2,5	-66,7
90	0,000	0,000	0,1	-0,4	0,6	-1,0	-2,3	-8,5
	1,599	0,475	0,0	***-2,4***	-0,3	-0,1	0,0	-8,3
	1,681	0,500	0,0	-2,4	***-0,3***	0,0	0,1	-8,3
	3,363	1,000	-0,1	0,0	0,6	0,9	2,5	-8,1
91	0,000	0,000	0,1	-0,3	0,5	-1,0	-2,4	-0,3
	1,681	0,500	0,0	***-2,6***	***-0,3***	0,0	0,0	-0,6
	3,363	1,000	-0,1	-0,4	0,6	1,0	2,4	-0,8
92	0,000	0,000	0,1	3,2	0,6	-1,0	-3,4	-9,5
	1,679	0,499	0,0	-0,7	***-0,3***	0,0	-1,0	-9,3
	2,255	0,670	-0,1	***-1,0***	-0,2	0,3	-0,1	-9,2
	3,363	1,000	-0,1	0,0	0,6	0,9	1,4	-9,1
93	0,000	0,000	0,1	-0,2	0,5	-0,9	-1,6	2,2
	1,184	0,352	0,0	***-1,3***	-0,2	-0,3	0,0	2,0
	1,679	0,499	0,0	-1,1	***-0,3***	0,0	0,8	2,0
	3,363	1,000	-0,1	2,5	0,6	1,0	3,3	1,7
94	0,000	0,000	0,2	9,1	0,9	-1,3	-6,1	-2,8
	1,736	0,516	0,0	1,1	***-0,4***	0,0	-2,8	-2,5
	2,775	0,825	-0,2	***-0,4***	0,1	1,1	-0,1	-2,3
	3,363	1,000	-0,2	-0,1	0,9	1,4	0,7	-2,2
95	0,000	0,000	0,2	-0,1	0,9	-1,4	-0,7	-1,9
	0,588	0,175	0,2	***-0,4***	0,1	-1,1	0,1	-2,0
	1,627	0,484	0,0	1,1	***-0,4***	0,0	2,8	-2,3
	3,363	1,000	-0,2	9,1	0,9	1,3	6,1	-2,5
96	0,000	0,000	0,2	-1,8	0,8	-0,9	-1,8	-68,0
	0,674	0,200	0,1	-3,1	0,1	***-1,0***	-2,0	-67,9
	0,674	0,200	0,1	-3,1	0,1	-1,0	***-2,0***	-67,9
	1,546	0,460	0,0	***-4,0***	-0,4	-0,2	0,0	-67,7
	1,800	0,535	0,0	-3,9	***-0,5***	0,0	0,5	-67,7
	3,364	1,000	-0,2	-0,1	0,7	1,3	3,8	-67,4
97	0,000	0,000	0,2	-0,5	0,6	-1,0	-3,3	-62,2
	1,598	0,475	0,0	-4,0	***-0,4***	0,0	-0,7	-62,4
	1,963	0,583	0,0	***-4,1***	-0,3	0,3	0,0	-62,5
	3,364	1,000	-0,2	-2,1	0,8	1,2	2,5	-62,7
98	0,000	0,000	0,1	-0,4	0,6	-1,0	-2,4	-1,1
	1,682	0,500	0,0	***-2,5***	***-0,3***	0,0	0,0	-0,9
	3,363	1,000	-0,1	-0,2	0,5	1,0	2,4	-0,7
99	0,000	0,000	0,1	-0,1	0,5	-0,8	-2,2	-7,7
	0,001	0,000	**0,1**	-0,1	0,5	***-0,8***	***-2,2***	***-7,7***
	1,682	0,500	0,0	-2,4	***-0,3***	0,0	-0,1	-7,9
	1,764	0,525	0,0	***-2,4***	-0,3	0,1	0,0	-7,9
	3,363	1,000	-0,1	-0,4	0,6	1,0	2,3	-8,1

100	0,000	0,000	0,1	2,5	0,6	-1,0	-3,3	1,4
	1,683	0,500	0,0	-1,1	***-0,3***	0,0	-0,8	1,7
	2,178	0,648	0,0	***-1,3***	-0,2	0,3	0,0	1,7
	3,363	1,000	-0,1	-0,2	0,5	0,9	1,6	1,9
101	0,000	0,000	0,1	-0,1	0,6	-0,9	-1,4	-8,8
	1,076	0,320	0,1	***-1,0***	-0,2	-0,4	0,0	-8,9
	1,651	0,491	0,0	-0,7	***-0,3***	0,0	0,9	-9,0
	3,351	0,996	***-0,1***	3,1	0,6	1,0	3,5	-9,2
	3,363	1,000	-0,1	3,2	0,6	1,0	3,5	-9,2
102	0,000	0,000	0,2	8,2	0,9	-1,3	-5,8	-3,7
	1,736	0,516	0,0	0,6	***-0,4***	0,0	-2,6	-3,4
	2,679	0,797	-0,2	***-0,6***	0,0	1,0	0,0	-3,2
	3,363	1,000	-0,2	-0,2	0,8	1,4	1,0	-3,1



Reakcje podporowe: **Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl**

Nr węzła:	α:	ϕ:	ψ:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
1	0,0	0,0	0,0	14,2	0,3	60,3	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	-27,6	0,3	60,9	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	29,9	-0,2	116,9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	-46,0	-0,2	105,2	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	31,6	0,0	116,9	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	-47,7	0,0	105,7	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	29,8	0,1	117,1	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	-45,8	0,1	104,6	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	14,1	-0,4	60,3	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	-27,6	-0,3	60,8	0,0	0,0	0,0



Deformacje: **Obciążenia charakterystyczne D+K: CW Snl St Wl** *(fragment wydruku)*

Nr preta:	x [m]:	x/L:	Ux [m]:	Uy [m]:	Uz [m]:	Uyz [m]:	Uy [m]:	Uz [m]:	Uyz [m]:
							Liczone od cięciwy		
Rama-1									
1	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,750	0,188	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0001	-0,0001	0,0006	0,0006
	2,250	0,563	-0,0001	***-0,0002***	-0,0004	0,0004	***-0,0002***	**0,0013**	***0,0014***
	2,375	0,594	-0,0001	***-0,0002***	-0,0005	0,0005	***-0,0002***	**0,0014**	***0,0014***
	2,625	0,656	-0,0001	***-0,0002***	-0,0007	0,0007	***-0,0001***	0,0013	0,0013
	4,000	1,000	-0,0002	-0,0001	-0,0031	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,000	0,000	0,0030	-0,0001	-0,0007	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000
	3,040	0,500	***0,0030***	-0,0010	-0,0114	0,0115	-0,0006	-0,0032	0,0033
	3,752	0,617	***0,0030***	-0,0011	-0,0135	0,0135	-0,0007	***-0,0035***	***0,0036***
	4,132	0,679	***0,0030***	-0,0012	-0,0143	0,0144	***-0,0007***	-0,0034	0,0035
	4,322	0,711	***0,0030***	***-0,0012***	-0,0147	0,0148	***-0,0007***	-0,0033	0,0034
	5,654	0,930	**0,0030**	-0,0009	-0,0159	***0,0159***	-0,0002	-0,0012	0,0012
	6,083	1,000	0,0030	-0,0007	-0,0158	0,0158	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,000	0,000	0,0080	-0,0007	-0,0140	0,0140	0,0000	0,0000	0,0000
	1,713	0,282	**0,0080**	***-0,0011***	-0,0112	0,0113	***-0,0006***	***-0,0015***	***0,0016***
	1,855	0,305	**0,0080**	***-0,0011***	-0,0109	0,0109	***-0,0006***	-0,0015	0,0016
	3,043	0,500	**0,0080**	-0,0009	-0,0072	0,0073	-0,0004	-0,0008	0,0009
	5,133	0,844	0,0080	-0,0005	-0,0004	0,0006	-0,0002	**0,0008**	0,0008
	6,083	1,000	0,0080	-0,0002	0,0012	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,000	0,000	0,0002	-0,0002	0,0080	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	0,250	0,063	**0,0001**	-0,0002	0,0082	***0,0082***	0,0000	0,0006	0,0006
	0,375	0,094	0,0001	-0,0002	0,0082	0,0082	0,0000	0,0009	0,0009
	1,125	0,281	0,0001	***-0,0002***	0,0077	0,0077	-0,0001	0,0019	0,0019
	1,750	0,438	0,0001	-0,0002	0,0066	0,0066	***-0,0001***	**0,0021**	***0,0021***
	4,000	1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rama-2									
5	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	1,625	0,406	-0,0001	**0,0000**	0,0018	0,0018	**0,0001**	0,0024	0,0024
	2,000	0,500	-0,0001	**0,0000**	0,0019	***0,0019***	**0,0001**	0,0027	0,0027
	2,125	0,531	-0,0002	**0,0000**	0,0019	***0,0019***	**0,0001**	0,0028	0,0028
	2,250	0,563	-0,0002	**0,0000**	0,0019	0,0019	**0,0001**	**0,0028**	***0,0028***
	2,375	0,594	-0,0002	**0,0000**	0,0018	0,0018	**0,0001**	**0,0028**	***0,0028***
	4,000	1,000	-0,0003	-0,0001	-0,0016	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,000	0,000	0,0015	-0,0001	-0,0006	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
	0,902	0,148	0,0015	**0,0000**	-0,0053	0,0053	**0,0001**	-0,0010	0,0010
	3,705	0,609	0,0014	-0,0003	-0,0222	0,0222	-0,0001	***-0,0060***	***0,0060***
	4,417	0,726	0,0013	***-0,0003***	-0,0247	0,0247	***-0,0002***	-0,0055	0,0055
	5,702	0,937	***0,0013***	-0,0002	-0,0263	***0,0263***	-0,0001	-0,0017	0,0017
	6,083	1,000	0,0013	-0,0001	-0,0262	0,0262	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,000	0,000	0,0098	-0,0001	-0,0243	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000
	1,713	0,282	0,0097	***-0,0003***	-0,0205	0,0205	***-0,0002***	-0,0034	0,0034
	1,950	0,321	0,0097	***-0,0003***	-0,0196	0,0196	***-0,0001***	***-0,0035***	***0,0035***
	5,180	0,852	0,0096	**-0,0001**	-0,0019	0,0019	**0,0001**	0,0006	0,0006
	5,418	0,891	0,0096	**-0,0001**	-0,0008	0,0008	**0,0001**	**0,0007**	0,0007

	6,083	1,000	0,0096	-0,0001	0,0013	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
8	0,000	0,000	0,0003	-0,0001	0,0097	0,0097	0,0000	0,0000	0,0000
	0,750	0,188	0,0002	-0,0001	0,0104	***0,0104***	0,0001	0,0025	0,0025
	1,750	0,438	0,0002	0,0000	0,0089	0,0089	**0,0001**	**0,0035**	***0,0035***
	2,750	0,688	0,0001	**0,0000**	0,0056	0,0056	0,0001	0,0026	0,0026
	4,000	1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Rama-5									
17	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,750	0,188	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0006	0,0006
	2,250	0,563	-0,0001	0,0003	-0,0004	0,0005	**0,0002**	**0,0013**	***0,0014***
	2,375	0,594	-0,0001	0,0003	-0,0005	0,0006	**0,0002**	**0,0013**	***0,0014***
	2,875	0,719	-0,0001	**0,0003**	-0,0010	0,0011	0,0002	0,0012	0,0012
	4,000	1,000	-0,0002	0,0002	-0,0031	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000
18	0,000	0,000	0,0031	0,0002	-0,0007	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000
	3,040	0,500	***0,0030***	0,0011	-0,0115	0,0115	0,0006	-0,0032	0,0033
	3,752	0,617	***0,0030***	0,0012	-0,0135	0,0136	0,0007	***-0,0035***	***0,0036***
	4,132	0,679	***0,0030***	**0,0013**	-0,0144	0,0144	**0,0007**	-0,0034	0,0035
	4,322	0,711	***0,0030***	**0,0013**	-0,0147	0,0148	**0,0007**	-0,0033	0,0034
	5,654	0,930	**0,0031**	0,0009	-0,0159	***0,0159***	0,0002	-0,0012	0,0012
	6,083	1,000	0,0031	0,0007	-0,0158	0,0158	0,0000	0,0000	0,0000
19	0,000	0,000	0,0080	0,0007	-0,0139	0,0140	0,0000	0,0000	0,0000
	1,713	0,282	**0,0080**	**0,0012**	-0,0112	0,0113	**0,0006**	***-0,0015***	***0,0016***
	1,855	0,305	**0,0080**	**0,0012**	-0,0108	0,0109	**0,0006**	-0,0015	0,0016
	3,043	0,500	**0,0080**	0,0009	-0,0072	0,0072	0,0004	-0,0008	0,0009
	5,133	0,844	0,0080	0,0005	-0,0004	0,0007	0,0002	**0,0008**	0,0008
	6,083	1,000	0,0080	0,0002	0,0012	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,000	0,000	0,0002	0,0002	0,0081	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	0,250	0,063	**0,0001**	0,0002	0,0082	***0,0082***	0,0000	0,0006	0,0006
	0,375	0,094	0,0001	0,0002	0,0082	0,0082	0,0001	0,0009	0,0009
	1,000	0,250	0,0001	**0,0003**	0,0079	0,0079	0,0001	0,0018	0,0018
	1,750	0,438	0,0001	0,0002	0,0067	0,0067	**0,0001**	**0,0021**	***0,0021***
	4,000	1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pręty kalenicy									
21	0,000	0,000	-0,0001	0,0054	-0,0256	0,0262	0,0000	0,0000	0,0000
	3,000	0,500	***-0,0002***	**0,0054**	-0,0219	0,0225	**0,0001**	***-0,0015***	***0,0015***
	3,188	0,531	***-0,0002***	**0,0054**	-0,0215	0,0222	**0,0001**	***-0,0015***	***0,0015***
	5,531	0,922	***-0,0002***	***0,0054***	-0,0163	0,0171	***0,0000***	-0,0004	0,0004
	6,000	1,000	-0,0002	0,0054	-0,0151	0,0160	0,0000	0,0000	0,0000
22	0,000	0,000	0,0000	0,0054	-0,0273	0,0279	0,0000	0,0000	0,0000
	0,562	0,094	**0,0000**	0,0054	-0,0273	***0,0279***	***0,0000***	-0,0002	0,0002
	3,281	0,547	-0,0001	**0,0054**	-0,0269	0,0275	**0,0001**	-0,0005	0,0005
	3,844	0,641	-0,0001	**0,0054**	-0,0268	0,0273	**0,0001**	***-0,0005***	***0,0005***
	6,000	1,000	-0,0001	0,0054	-0,0256	0,0262	0,0000	0,0000	0,0000
23	0,000	0,000	0,0001	0,0054	-0,0255	0,0261	0,0000	0,0000	0,0000
	2,062	0,344	0,0000	0,0054	-0,0266	0,0272	**0,0001**	***-0,0005***	***0,0005***
	2,625	0,437	0,0000	**0,0055**	-0,0268	0,0273	**0,0001**	-0,0005	0,0005
	6,000	1,000	0,0000	0,0054	-0,0273	0,0279	0,0000	0,0000	0,0000
24	0,000	0,000	0,0001	0,0054	-0,0151	0,0160	0,0000	0,0000	0,0000
	0,469	0,078	**0,0001**	0,0054	-0,0163	0,0172	***0,0000***	-0,0004	0,0004
	3,000	0,500	**0,0001**	**0,0055**	-0,0218	0,0225	**0,0001**	***-0,0015***	***0,0015***
	6,000	1,000	0,0000	0,0054	-0,0255	0,0261	0,0000	0,0000	0,0000
Okap prawy									
25	0,000	0,000	-0,0002	-0,0082	-0,0001	0,0082	0,0000	0,0000	0,0000
	1,172	0,195	-0,0002	**-0,0080**	-0,0003	0,0080	0,0006	-0,0001	0,0006
	1,781	0,297	-0,0002	-0,0081	-0,0004	0,0081	**0,0007**	-0,0002	***0,0007***
	3,188	0,531	-0,0001	-0,0087	-0,0005	0,0087	0,0005	***-0,0003***	0,0006
	3,469	0,578	-0,0001	-0,0088	-0,0005	0,0089	0,0005	***-0,0003***	0,0006
	6,000	1,000	-0,0001	-0,0101	-0,0003	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
26	0,000	0,000	-0,0001	-0,0101	-0,0003	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
	0,836	0,139	-0,0001	-0,0102	-0,0002	0,0102	***0,0000***	**0,0001**	***0,0001***
	1,211	0,202	-0,0001	-0,0102	-0,0002	0,0102	***0,0000***	**0,0001**	***0,0001***
	4,313	0,719	0,0000	-0,0104	-0,0003	0,0104	0,0001	***0,0000***	0,0001
	4,500	0,750	0,0000	-0,0104	-0,0003	0,0104	**0,0001**	***0,0000***	0,0001
	6,000	1,000	0,0000	-0,0105	-0,0003	0,0105	0,0000	0,0000	0,0000
27	0,000	0,000	0,0000	-0,0105	-0,0003	0,0105	0,0000	0,0000	0,0000
	1,500	0,250	0,0000	-0,0104	-0,0003	0,0104	**0,0001**	***0,0000***	0,0001
	4,789	0,798	0,0001	-0,0102	-0,0002	0,0102	***0,0000***	**0,0001**	***0,0001***
	5,156	0,859	0,0001	-0,0102	-0,0002	0,0102	***0,0000***	**0,0001**	***0,0001***
	6,000	1,000	0,0002	-0,0101	-0,0003	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
28	0,000	0,000	0,0001	-0,0101	-0,0003	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
	2,531	0,422	0,0002	-0,0089	-0,0005	0,0089	0,0005	***-0,0003***	0,0006

	2,813	0,469	0,0002	-0,0087	-0,0005	0,0087	0,0005	***-0,0003***	0,0006
	4,219	0,703	0,0002	-0,0081	-0,0004	0,0081	**0,0007**	-0,0002	***0,0007***
	4,805	0,801	0,0002	**-0,0080**	-0,0003	0,0080	0,0006	-0,0001	0,0006
	6,000	1,000	0,0002	-0,0083	-0,0001	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000

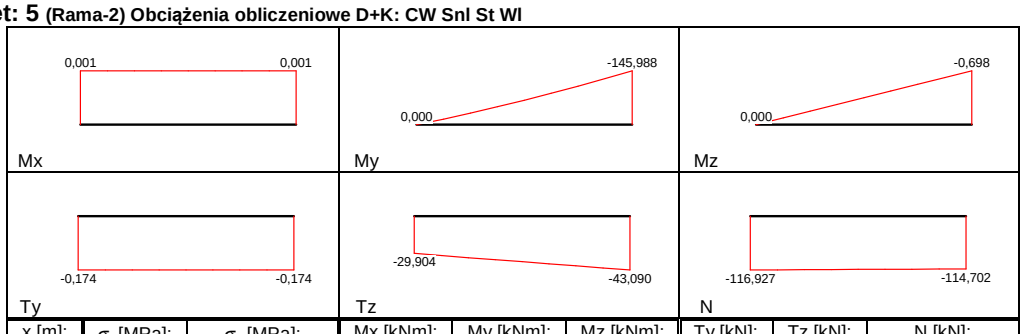
Stężenia prawe									
39	0,000	0,000	-0,0036	-0,0064	0,0026	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000
	0,211	0,063	**-0,0036**	-0,0064	0,0025	0,0069	**0,0001**	0,0002	0,0002
	1,156	0,344	-0,0036	-0,0077	0,0011	0,0078	-0,0006	**0,0006**	0,0009
	1,666	0,495	-0,0036	-0,0083	0,0002	0,0083	-0,0009	0,0006	***0,0011***
	1,812	0,539	-0,0037	-0,0084	-0,0001	0,0084	***-0,0010***	0,0005	***0,0011***
	2,103	0,625	-0,0037	***-0,0084***	-0,0007	0,0085	-0,0009	0,0004	0,0010
	3,363	1,000	-0,0037	-0,0083	-0,0034	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000
40	0,000	0,000	0,0037	-0,0083	-0,0034	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000
	0,508	0,151	0,0037	-0,0086	-0,0025	0,0089	-0,0004	***0,0000***	0,0004
	1,482	0,441	0,0038	***-0,0093***	-0,0005	***0,0093***	-0,0014	0,0001	0,0014
	1,626	0,484	0,0038	-0,0093	-0,0002	0,0093	***-0,0014***	0,0001	***0,0014***
	2,565	0,763	0,0038	-0,0083	0,0017	0,0085	-0,0006	**0,0003**	0,0007
	3,363	1,000	0,0038	-0,0075	0,0030	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
41	0,000	0,000	-0,0032	-0,0064	-0,0007	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000
	0,852	0,253	-0,0032	-0,0074	-0,0031	0,0081	-0,0004	**0,0001**	0,0004
	1,681	0,500	-0,0032	-0,0084	-0,0057	0,0102	***-0,0007***	0,0001	***0,0007***
	3,235	0,962	***-0,0033***	-0,0089	-0,0104	0,0137	**0,0000**	0,0000	0,0000
	3,363	1,000	-0,0033	-0,0090	-0,0108	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000
42	0,000	0,000	0,0033	-0,0091	-0,0108	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000
	1,352	0,402	0,0033	***-0,0097***	-0,0084	0,0128	-0,0011	***-0,0004***	0,0012
	1,599	0,475	0,0034	-0,0097	-0,0078	0,0124	***-0,0012***	***-0,0004***	***0,0013***
	3,363	1,000	0,0034	-0,0078	-0,0036	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000
43	0,000	0,000	-0,0031	-0,0074	-0,0057	0,0094	0,0000	0,0000	0,0000
	1,679	0,499	-0,0032	-0,0096	-0,0115	0,0150	***-0,0008***	***-0,0003***	***0,0008***
	3,363	1,000	-0,0034	-0,0103	-0,0167	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000
44	0,000	0,000	0,0033	-0,0104	-0,0167	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000
	1,585	0,471	0,0034	***-0,0113***	-0,0154	0,0191	***-0,0013***	***-0,0007***	***0,0015***
	1,742	0,518	0,0034	-0,0113	-0,0152	0,0189	***-0,0013***	***-0,0007***	***0,0015***
	3,363	1,000	0,0034	-0,0097	-0,0123	0,0157	0,0000	0,0000	0,0000
45	0,000	0,000	-0,0034	-0,0087	-0,0101	0,0133	0,0000	0,0000	0,0000
	1,622	0,482	-0,0036	-0,0116	-0,0149	0,0188	-0,0012	***-0,0008***	0,0014
	1,768	0,526	-0,0036	-0,0118	-0,0152	0,0192	***-0,0012***	***-0,0008***	***0,0014***
	3,364	1,000	-0,0039	-0,0123	-0,0184	0,0221	0,0000	0,0000	0,0000
46	0,000	0,000	0,0042	-0,0121	-0,0185	0,0221	0,0000	0,0000	0,0000
	1,595	0,474	0,0040	***-0,0134***	-0,0197	0,0239	***-0,0014***	***-0,0010***	***0,0017***
	1,814	0,539	0,0040	-0,0134	-0,0197	***0,0239***	-0,0014	***-0,0010***	0,0017
	1,960	0,582	0,0040	-0,0133	-0,0197	0,0238	-0,0013	-0,0009	0,0016
	3,364	1,000	0,0038	-0,0120	-0,0191	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000
63	0,000	0,000	-0,0038	-0,0075	0,0030	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	0,798	0,237	-0,0038	-0,0084	0,0018	0,0085	-0,0006	**0,0003**	0,0007
	1,737	0,516	-0,0037	-0,0093	-0,0002	0,0093	***-0,0014***	0,0001	***0,0014***
	1,881	0,559	-0,0037	***-0,0093***	-0,0005	***0,0093***	-0,0014	0,0001	0,0014
	2,865	0,852	-0,0037	-0,0086	-0,0025	0,0089	-0,0004	***0,0000***	0,0004
	3,363	1,000	-0,0037	-0,0083	-0,0034	0,0090	0,0000	0,0000	0,0000
70	0,000	0,000	0,0039	-0,0123	-0,0184	0,0221	0,0000	0,0000	0,0000
	1,596	0,474	0,0037	-0,0118	-0,0152	0,0192	***-0,0012***	***-0,0008***	***0,0014***
	1,742	0,518	0,0037	-0,0116	-0,0148	0,0188	-0,0012	***-0,0008***	0,0014
	3,364	1,000	0,0035	-0,0087	-0,0100	0,0133	0,0000	0,0000	0,0000
69	0,000	0,000	-0,0038	-0,0120	-0,0189	0,0224	0,0000	0,0000	0,0000
	1,478	0,439	-0,0040	-0,0134	-0,0196	0,0238	-0,0013	-0,0009	0,0016
	1,623	0,483	-0,0040	-0,0134	-0,0196	***0,0238***	-0,0013	***-0,0010***	***0,0017***
	1,769	0,526	-0,0040	***-0,0134***	-0,0196	***0,0238***	***-0,0014***	***-0,0010***	***0,0017***
	3,364	1,000	-0,0042	-0,0121	-0,0184	0,0221	0,0000	0,0000	0,0000
68	0,000	0,000	0,0034	-0,0103	-0,0166	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000
	1,684	0,501	0,0033	-0,0096	-0,0115	0,0150	***-0,0008***	***-0,0003***	***0,0008***
	3,363	1,000	0,0032	-0,0074	-0,0057	0,0094	0,0000	0,0000	0,0000
67	0,000	0,000	-0,0034	-0,0098	-0,0122	0,0156	0,0000	0,0000	0,0000
	1,699	0,505	-0,0033	-0,0114	-0,0152	0,0189	***-0,0013***	***-0,0007***	***0,0015***
	1,857	0,552	-0,0033	***-0,0114***	-0,0154	0,0191	-0,0013	***-0,0007***	0,0014
	3,363	1,000	-0,0032	-0,0104	-0,0166	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000
66	0,000	0,000	0,0034	-0,0091	-0,0108	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000
	0,120	0,036	**0,0034**	-0,0089	-0,0104	0,0137	**0,0000**	0,0000	0,0000
	1,679	0,499	0,0033	-0,0084	-0,0056	0,0101	***-0,0007***	0,0001	***0,0007***
	2,510	0,746	0,0033	-0,0075	-0,0031	0,0081	-0,0004	**0,0001**	0,0004
	3,363	1,000	0,0032	-0,0064	-0,0006	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000
65	0,000	0,000	-0,0034	-0,0078	-0,0035	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000

	1,766	0,525	-0,0033	-0,0097	-0,0077	0,0124	***-0,0012***	***-0,0004***	***0,0013***
	2,014	0,599	-0,0033	***-0,0097***	-0,0083	0,0128	-0,0011	***-0,0004***	0,0012
	3,363	1,000	-0,0033	-0,0091	-0,0107	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000
64	0,000	0,000	0,0038	-0,0083	-0,0034	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000
	1,260	0,375	0,0037	***-0,0085***	-0,0007	0,0085	-0,0009	0,0004	0,0010
	1,551	0,461	0,0037	-0,0084	-0,0001	0,0084	***-0,0010***	0,0005	***0,0011***
	1,697	0,505	0,0037	-0,0083	0,0002	0,0083	-0,0009	0,0006	***0,0011***
	2,207	0,656	0,0037	-0,0077	0,0012	0,0078	-0,0006	**0,0006**	0,0009
	3,152	0,937	***0,0036***	-0,0065	0,0025	0,0069	**0,0001**	0,0002	0,0002
	3,363	1,000	0,0036	-0,0064	0,0026	0,0070	0,0000	0,0000	0,0000
55	0,000	0,000	-0,0041	-0,0077	0,0031	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000
	1,080	0,321	***-0,0041***	-0,0091	0,0013	0,0092	-0,0009	**0,0005**	0,0010
	1,733	0,515	***-0,0041***	-0,0098	-0,0001	0,0098	***-0,0013***	0,0004	***0,0014***
	2,023	0,602	***-0,0041***	***-0,0099***	-0,0008	0,0099	-0,0012	0,0003	0,0013
	3,363	1,000	-0,0041	-0,0093	-0,0038	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
62	0,000	0,000	0,0044	-0,0140	-0,0231	0,0270	0,0000	0,0000	0,0000
	1,231	0,366	0,0043	***-0,0144***	-0,0223	0,0265	-0,0011	-0,0007	0,0013
	1,596	0,474	0,0042	-0,0143	-0,0219	0,0261	***-0,0013***	***-0,0008***	***0,0015***
	1,742	0,518	0,0042	-0,0142	-0,0217	0,0259	-0,0012	***-0,0008***	***0,0015***
	3,364	1,000	0,0040	-0,0119	-0,0189	0,0224	0,0000	0,0000	0,0000
61	0,000	0,000	-0,0040	-0,0125	-0,0204	0,0239	0,0000	0,0000	0,0000
	1,617	0,481	-0,0042	-0,0145	-0,0224	0,0267	-0,0012	***-0,0007***	0,0014
	1,762	0,524	-0,0042	-0,0145	-0,0226	0,0268	***-0,0013***	***-0,0007***	***0,0014***
	2,053	0,610	-0,0042	***-0,0146***	-0,0227	0,0270	-0,0012	-0,0007	0,0014
	2,415	0,718	-0,0043	-0,0145	-0,0229	***0,0271***	-0,0009	-0,0006	0,0011
	3,364	1,000	-0,0044	-0,0140	-0,0231	0,0270	0,0000	0,0000	0,0000
60	0,000	0,000	0,0036	-0,0118	-0,0208	0,0239	0,0000	0,0000	0,0000
	1,098	0,327	0,0036	***-0,0118***	-0,0184	0,0219	-0,0008	-0,0004	0,0008
	1,677	0,499	0,0036	-0,0117	-0,0169	0,0206	***-0,0010***	***-0,0004***	***0,0010***
	3,363	1,000	0,0036	-0,0097	-0,0122	0,0156	0,0000	0,0000	0,0000
59	0,000	0,000	-0,0035	-0,0101	-0,0131	0,0166	0,0000	0,0000	0,0000
	1,687	0,502	***-0,0035***	-0,0120	-0,0174	0,0212	***-0,0010***	***-0,0004***	***0,0011***
	2,100	0,624	***-0,0035***	***-0,0121***	-0,0183	0,0220	-0,0009	-0,0004	0,0010
	3,363	1,000	-0,0035	-0,0118	-0,0208	0,0239	0,0000	0,0000	0,0000
58	0,000	0,000	0,0036	-0,0101	-0,0135	0,0169	0,0000	0,0000	0,0000
	0,776	0,231	0,0036	-0,0100	-0,0112	0,0150	-0,0004	***0,0000***	0,0004
	1,640	0,488	0,0036	-0,0098	-0,0086	0,0130	***-0,0009***	0,0000	***0,0009***
	2,671	0,794	0,0035	-0,0085	-0,0054	0,0101	-0,0003	**0,0001**	0,0003
	3,363	1,000	0,0035	-0,0077	-0,0035	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000
57	0,000	0,000	-0,0035	-0,0080	-0,0038	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000
	0,375	0,111	***-0,0035***	-0,0085	-0,0048	0,0097	-0,0002	**0,0000**	0,0002
	1,701	0,506	-0,0035	-0,0105	-0,0088	0,0137	***-0,0014***	-0,0001	***0,0014***
	2,032	0,604	**-0,0035**	***-0,0106***	-0,0098	0,0144	-0,0013	***-0,0001***	0,0013
	2,139	0,636	**-0,0035**	***-0,0106***	-0,0101	0,0146	-0,0012	***-0,0001***	0,0012
	3,363	1,000	-0,0035	-0,0101	-0,0135	0,0169	0,0000	0,0000	0,0000
56	0,000	0,000	0,0042	-0,0093	-0,0039	0,0100	0,0000	0,0000	0,0000
	1,338	0,398	***0,0042***	***-0,0097***	-0,0007	0,0097	-0,0012	0,0004	0,0013
	1,627	0,484	***0,0042***	-0,0096	-0,0001	0,0096	***-0,0013***	0,0005	***0,0014***
	2,277	0,677	***0,0042***	-0,0089	0,0014	0,0090	-0,0009	**0,0006**	0,0011
	3,363	1,000	0,0042	-0,0073	0,0030	0,0079	0,0000	0,0000	0,0000
47	0,000	0,000	-0,0042	-0,0073	0,0030	0,0079	0,0000	0,0000	0,0000
	1,086	0,323	***-0,0042***	-0,0089	0,0013	0,0090	-0,0009	**0,0006**	0,0011
	1,736	0,516	***-0,0042***	-0,0096	-0,0001	0,0096	***-0,0013***	0,0005	***0,0014***
	2,026	0,602	***-0,0042***	***-0,0097***	-0,0008	0,0098	-0,0012	0,0004	0,0013
	3,363	1,000	-0,0042	-0,0093	-0,0039	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
54	0,000	0,000	0,0045	-0,0140	-0,0232	0,0271	0,0000	0,0000	0,0000
	0,698	0,208	0,0044	-0,0142	-0,0231	***0,0271***	-0,0006	-0,0004	0,0007
	1,275	0,379	0,0043	***-0,0144***	-0,0228	0,0270	-0,0010	-0,0007	0,0012
	1,604	0,477	0,0043	-0,0143	-0,0226	0,0268	***-0,0011***	***-0,0007***	***0,0013***
	1,748	0,520	0,0042	-0,0143	-0,0225	0,0266	-0,0011	***-0,0007***	***0,0013***
	3,364	1,000	0,0040	-0,0125	-0,0204	0,0239	0,0000	0,0000	0,0000
53	0,000	0,000	-0,0039	-0,0120	-0,0191	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000
	1,619	0,481	-0,0041	-0,0142	-0,0218	0,0261	-0,0012	***-0,0008***	0,0015
	1,764	0,524	-0,0041	-0,0143	-0,0220	0,0263	***-0,0013***	***-0,0008***	***0,0015***
	2,138	0,635	-0,0042	***-0,0144***	-0,0224	0,0266	-0,0011	-0,0007	0,0013
	3,364	1,000	-0,0044	-0,0141	-0,0232	0,0271	0,0000	0,0000	0,0000
52	0,000	0,000	0,0036	-0,0118	-0,0210	0,0241	0,0000	0,0000	0,0000
	1,270	0,377	***0,0036***	***-0,0121***	-0,0185	0,0221	-0,0009	-0,0004	0,0010
	1,682	0,500	***0,0036***	-0,0120	-0,0175	0,0212	***-0,0010***	***-0,0004***	***0,0011***
	3,363	1,000	0,0036	-0,0101	-0,0132	0,0166	0,0000	0,0000	0,0000
51	0,000	0,000	-0,0035	-0,0097	-0,0123	0,0157	0,0000	0,0000	0,0000
	1,686	0,501	-0,0035	-0,0117	-0,0171	0,0207	***-0,0009***	***-0,0004***	***0,0010***
	2,264	0,673	-0,0036	***-0,0119***	-0,0185	0,0220	-0,0007	-0,0004	0,0008

	3,363	1,000	-0,0036	-0,0118	-0,0210	0,0241	0,0000	0,0000	0,0000
50	0,000	0,000	0,0036	-0,0101	-0,0136	0,0169	0,0000	0,0000	0,0000
	1,098	0,326	***0,0036***	***-0,0102***	-0,0105	0,0146	-0,0008	***-0,0001***	0,0008
	1,680	0,499	0,0036	-0,0100	-0,0088	0,0133	***-0,0010***	-0,0001	***0,0010***
	2,926	0,870	**0,0036**	-0,0085	-0,0050	0,0098	-0,0002	**0,0001**	0,0002
	3,363	1,000	0,0036	-0,0080	-0,0038	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000
49	0,000	0,000	-0,0035	-0,0077	-0,0036	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000
	0,580	0,173	-0,0035	-0,0085	-0,0052	0,0100	-0,0004	**0,0001**	0,0004
	1,708	0,508	-0,0035	-0,0102	-0,0087	0,0134	***-0,0013***	0,0000	***0,0013***
	2,096	0,623	-0,0035	***-0,0104***	-0,0099	0,0143	-0,0011	***-0,0001***	0,0011
	2,354	0,700	-0,0035	-0,0103	-0,0106	0,0148	-0,0009	***-0,0001***	0,0009
	3,363	1,000	-0,0035	-0,0101	-0,0136	0,0169	0,0000	0,0000	0,0000
48	0,000	0,000	0,0042	-0,0093	-0,0039	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
	1,360	0,404	***0,0042***	***-0,0098***	-0,0007	0,0099	-0,0012	0,0003	0,0013
	1,614	0,480	***0,0042***	-0,0098	-0,0002	0,0098	***-0,0013***	0,0004	***0,0013***
	2,311	0,687	***0,0042***	-0,0090	0,0014	0,0092	-0,0009	**0,0005**	0,0010
	3,363	1,000	0,0042	-0,0077	0,0031	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000

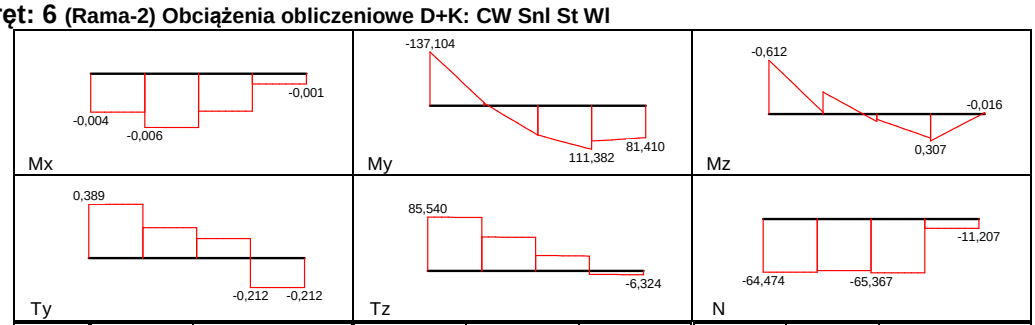
Przykład wyników szczegółowych dla prętów ramy "Rama-2"

Pręt: 5 (Rama-2) Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl



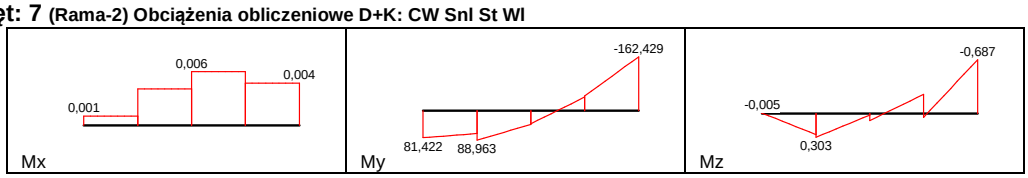
x [m]:	σ_r [MPa]:	σ_c [MPa]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
0,000	-18,2	-18,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-29,9	-116,9
4,000	122,1	-157,8	0,0	-146,0	-0,7	-0,2	-43,1	-114,7

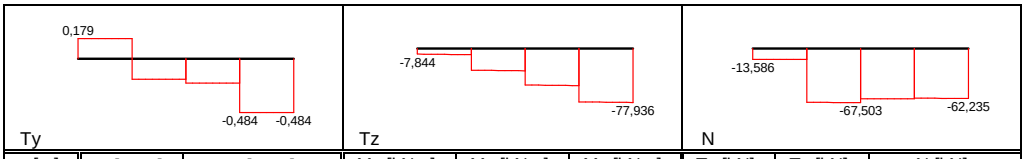
Pręt: 6 (Rama-2) Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl



x [m]:	σ_r [MPa]:	σ_c [MPa]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
0,000	148,9	-167,7	0,0	-137,1	-0,6	0,4	85,5	-64,5
1,520	0,5	-18,8	***0,0***	-6,5	-0,2	0,2	54,0	-62,7
3,040	74,2	-93,3	0,0	74,8	0,1	0,1	24,5	***-65,4***
4,560	116,9	-136,0	0,0	**111,4**	0,3	0,1	23,6	-65,2
4,560	101,7	-105,1	**0,0**	90,4	**0,3**	***-0,2***	-5,4	-11,4
6,083	89,0	-92,2	0,0	81,4	0,0	-0,2	-6,3	-11,2

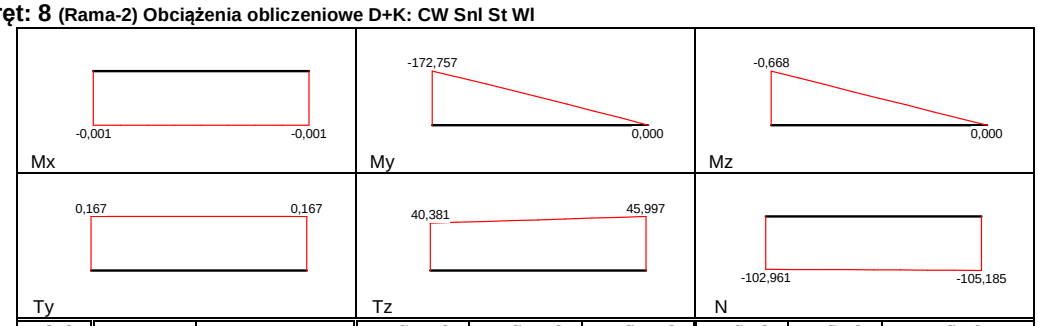
Pręt: 7 (Rama-2) Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl





x [m]:	σ_r [MPa]:	σ_c [MPa]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
0,000	88,5	-92,5	0,0	81,4	0,0	0,2	-7,8	-13,6
1,523	92,0	-111,6	0,0	**89,0**	**0,3**	-0,2	-31,1	-67,4
3,043	35,9	-55,6	0,0	41,0	0,0	-0,2	-32,0	***-67,5***
3,043	35,5	-53,8	**0,0**	39,4	0,1	-0,2	-52,5	-62,7
4,563	41,0	-59,1	0,0	-44,6	0,0	***-0,5***	-77,0	-62,1
6,083	178,1	-196,2	0,0	-162,4	-0,7	-0,5	-77,9	-62,2

Pręt: 8 (Rama-2) Obciążenia obliczeniowe D+K: CW Snl St Wl



x [m]:	σ_r [MPa]:	σ_c [MPa]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
0,000	149,2	-181,2	0,0	-172,8	-0,7	0,2	40,4	-103,0
4,000	-16,3	-16,3	0,0	0,0	0,0	0,2	46,0	-105,2

V. DODATEK

Streszczenie najczęściej używanych operacji

Poniżej zebrano najbardziej użyteczne skróty z klawiatury i myszki różnych operacji ekranowych dokonywanych w programie **RM-3D**.

Opis operacji	**Operacja**	Uwagi
Operacje związane z wizualizacją sceny		
Obracanie *sceny* wokół *centrum*	**Poziome ruchy kursorem myszki przy wciśniętym jej lewym przycisku.**	
Przesuwanie sceny przed *obserwatorem*	**Ruchy kursora myszki przy wciśniętym jej prawym przycisku.**	
Obracanie *sceny* wokół obserwatora	**Ruchy myszką przy wciśniętym jej prawym przycisku i klawiszu [Ctrl].**	
Zbliżanie lub oddalanie *sceny*	**Obroty rolki przewijania.**	Alternatywnie: pionowe ruchy kursora myszki przy wciśniętym jej prawym przycisku i klawiszy **[Ctrl] + [Shift]**.
Zbliżanie lub oddalanie *sceny* do/od *centrum*	**Pionowe ruchy kursorem myszki przy wciśniętej rolce przewijania.**	Alternatywnie: pionowe ruchy kursora myszki przy wciśniętym jej prawym przycisku i klawisza **[Shift]**.
Automatyczne umieszczanie widoku modelu całej konstrukcji lub jest wyselekcjonowanego fragmentu w środku okna *sceny*.	**Przycisk paska narzędzi.**	Operacja polega na ulokowaniu *sceny* w taki sposób, że *centrum* (czerwona kulka) znajdzie się w środku prostopadłościanu ogarniającego zaznaczone pręty lub węzły.
Automatyczne umieszczenie środka *pręta* lub *węzła* modelu konstrukcji w *centrum*.	**- zbliżyć kursor myszki do pręta lub węzła tak, aby został wyróżniony,** **- wcisnąć klawisz [Ctrl] i kliknąć lewym przyciskiem myszki.**	Ta operacja jest przydatna wówczas, gdy zachodzi potrzeba oglądania szczegółów pręta lub węzła, bowiem umożliwia obracanie modelu konstrukcji wokół środka pręta lub węzła.
Ustawianie *modelu konstrukcji* jako rzutów aksonometrycznych w *oknie sceny*.	**- użyć skrótu paska skrótów.**	Model konstrukcji zostanie wyświetlony w formie rzutu aksonometrycznego w płaszczyźnie globalnego układu współrzędnych. Kolejne użycie tego skrótu spowoduje wyświetlenie rzutu aksonometrycznego w innej płaszczyźnie układu.
Ukrywanie części modelu konstrukcji w *oknie sceny*.	**- zaznaczyć grupę prętów, która ma być widoczna w oknie sceny** **- użyć przycisku paska narzędzi**	Model konstrukcji zostanie wyświetlony w taki sposób, że zaznaczone pręty zostaną wyeksponowane, a pozostałe ukryte.

Opis operacji	**Operacja**	Uwagi
Ukazywanie przekroju płaskiego przez model konstrukcji.	**- zadbać, aby żaden pręt nie był zaznaczony na *modelu konstrukcji*** **- ustawić *płaszczyznę roboczą* w położenie gwarantujące zamierzony przekrój** **- użyć przycisku paska narzędzi**	Model konstrukcji zostanie wyświetlony w taki sposób, że ukazane zostaną wszystkie jego szczegóły, które znajdą się w warstwie określonej dwoma płaszczyznami równoległymi do płaszczyzny roboczej, położonymi względem niej w odległościach określanych w sekcji Ukrywanie zakładki Ogólne opcji programu.
Ustawianie *płaszczyzny roboczej*		
Ustawianie za pomocą współrzędnych	**Kliknąć podwójnie w obrębie prostokąta płaszczyzny lub użyć przycisku paska narzędzi.**	Nastąpi otwarcie okienka dialogowego Płaszczyzna z polami do zadawania współrzędnych położenia płaszczyzny i kątów jej orientacji. Dotyczy tylko trybu Schemat.
Ustawianie płaszczyzny przez tzw. dokowanie na węzłach modelu konstrukcji.	**- wybrać narzędzie paska narzędzi** **- kolejno wskazać trzy węzły:** **pierwszy - jako początek układu lokalnego (środek prostokąta płaszczyzny),** **drugi - wskazujący kierunek osi *x* układu lokalnego,** **trzeci - determinujący kierunek osi *y*, a zarazem orientację *płaszczyzny*.**	Sekwencja wskazywania węzłów może być przerwana klawiszem [Esc]. Przerwanie po wskazaniu pierwszego węzła spowoduje przestawienie *płaszczyzny* z zachowaniem jej orientacji.
Ustawianie *płaszczyzny roboczej* w *płaszczyźnie orientacji pręta*.	**- wybrać narzędzie paska narzędzi** **- na modelu konstrukcji wskazać (kliknąć na) zamierzony pręt.**	***Płaszczyzna robocza*** pokryje się z *płaszczyzną orientacji* wskazanego pręta.
Ustawianie płaszczyzny za pomocą *panelu identyfikacji modelu konstrukcji.*	**Kliknąć na zamierzonej pozycji listy Pręty lub Węzły panelu.**	***Płaszczyzna robocza*** pokryje się z płaszczyzną przypisaną do wskazanej grupy prętów lub węzłów w trakcie kreowania geometrii schematu statycznego modelu konstrukcji.
Operacje kreowania prętów		
Inicjowanie operacji kreowania pręta.	**Włączyć narzędzie trybu Schemat lub użyć klawisza [Ins].**	Pojawi się *okienko kreowania pręta* umożliwiające zadawanie współrzędnych początku końca lub kreowanego pręta.
Lokowanie początku lub końca kreowanego pręta w węźle.	**zbliżyć kursor myszki do zamierzonego węzła i wstrzymać na moment ruchy myszą, a po przechwyceniu przez zamierzony węzeł kursora węzła początkowego lub końcowego kreowanego pręta - kliknąć lewy przycisk myszki.**	Przed zatwierdzeniem początku lub końca kreowanego pręta należy upewnić się, czy w linii statusu wyświetlany jest numer zamierzonego węzła.

Opis operacji	Operacja	Uwagi
Lokowanie początku lub końca kreowanego pręta na pręcie.	**zbliżyć kursor myszki do zamierzonego pręta i wstrzymać na moment ruchy myszą, a po przechwyceniu przez zamierzony pręt kursora węzła początkowego lub końcowego kreowanego pręta - ustawić kursor w odpowiednie miejsce na pręcie i kliknąć lewy przycisk myszki.**	Przed zatwierdzeniem początku lub końca kreowanego pręta należy upewnić się, czy w linii statusu wyświetlany jest numer zamierzonego pręta. Wodzenie kursora po pręcie odbywa się ze skokiem zadanym w *okienku kreowania pręta*.
Selekcja obiektów modelu konstrukcji		
Sekwencyjna selekcja prętów.	**- kliknąć na pierwszym pręcie sekwencji** **- wcisnąć klawisz [Shift]** **- klikać (zaznaczać) następne pręty zamierzonej sekwencji** **- zwolnić klawisz**	Przed zaznaczeniem kolejnego pręta musi on być wyróżniony. Potwierdzeniem tego jest kolor wyróżnienia oraz napis "Pręt nr ..." w trzeciej sekcji linii statusu.
Sekwencyjna selekcja węzłów.	**- kliknąć na pierwszym węźle sekwencji** **- wcisnąć klawisz [Shift]** **- klikać (zaznaczać) kolejne węzły zamierzonej sekwencji** **- zwolnić klawisz**	Przed zaznaczeniem kolejnego węzła musi on być wyróżniony. Potwierdzeniem tego jest kolor wyróżnienia oraz napis "Węzeł nr ..." w trzeciej sekcji linii statusu.
Sekwencyjna selekcja obciążeń.	**- kliknąć na pierwszym obciążeniu sekwencji** **- wcisnąć klawisz [Shift]** **- klikać (zaznaczać) kolejne obciążenia zamierzonej sekwencji** **- zwolnić klawisz**	Przed zaznaczeniem kolejnego obciążenia musi ono być wyróżniony. Potwierdzeniem tego jest kolor wyróżnienia oraz napis "Obciążenie" w trzeciej sekcji linii statusu.
Selekcja prętów za pomocą *prostokąta selekcji*.	**- kliknąć na dowolnym pręcie** **- wcisnąć klawisz [Shift],** **- wskazać lewy-górny narożnik *prostokąta selekcji* i wcisnąć lewy przycisk myszki** **- wskazać prawy-dolny narożnik *prostokąta selekcji* i zwolnić przycisk myszki**	Po wykonaniu tej operacji zostaną zaznaczone wszystkie pręty, które w całości mieściły się w *prostokącie selekcji*. Jeśli w trakcie wykonywania tej operacji będzie dodatkowo wciśnięty klawisz [**Ctrl**], to będą uwzględnione również pręty, których widok tylko w części znajdzie się w obrębie *prostokąta selekcji*.
Selekcja węzłów za pomocą *prostokąta selekcji*.	**- kliknąć na dowolnym węźle** **- wcisnąć klawisz [Shift],** **- wskazać lewy-górny narożnik *prostokąta selekcji* i wcisnąć lewy przycisk myszki** **- wskazać prawy-dolny narożnik *prostokąta selekcji* i zwolnić przycisk myszki**	Po wykonaniu tej operacji zostaną zaznaczone wszystkie węzły, które w całości mieściły się w *prostokącie selekcji*.

Opis operacji	**Operacja**	Uwagi
Selekcja obciążeń za pomocą *prostokąta selekcji*.	**- kliknąć na dowolnym obciążeniu** **- wcisnąć klawisz [Shift],** **- wskazać lewy-górny narożnik *prostokąta selekcji* i wcisnąć lewy przycisk myszki** **- wskazać prawy-dolny narożnik *prostokąta selekcji* i zwolnić przycisk myszki**	Po wykonaniu tej operacji zostaną zaznaczone wszystkie obciążenia, których widok co najmniej w części mieściły się w *prostokącie selekcji*.
Selekcja prętów za pomocą drzewka panelu Projekt	**- rozwinąć "drzewko" Pręty panelu** **- wcisnąć klawisz [Ctrl]** **- klikać na kolejnych pozycjach "drzewka" Pręty odpowiadających zamierzonym prętom.**	Kliknięcie na nazwie grupy prętów powoduje selekcję wszystkich prętów tej grupy. Dla selekcji wszystkich prętów modelu konstrukcji wystarczy kliknąć na tytule Pręty(...).
Selekcja węzłów za pomocą drzewka panelu Projekt	**- rozwinąć "drzewko" Węzły panelu** **- wcisnąć klawisz [Ctrl]** **- klikać na kolejnych pozycjach "drzewka" Węzły odpowiadających zamierzonym prętom.**	Kliknięcie na nazwie grupy węzłów powoduje selekcję wszystkich węzłów tej grupy. Dla selekcji wszystkich węzłów modelu konstrukcji wystarczy kliknąć na tytule Węzły(...).
K o p i o w a n i e i w k l e j a n i e		
Kopiowanie prętów do schowka systemu Windows z zamiarem ich wklejania.	**- wyselekcjonować pręty** **- użyć skrótu Kopiuj paska skrótów**	Przed wykonaniem operacji należy mieć na uwadze to, wraz z kopiowanymi prętami zapamiętywane jest usytuowanie *płaszczyzny roboczej* jako tzw. kierownicy kopiowania. Po skopiowaniu prętów funkcja Wklej nie jest aktywna, bo wklejenie nie może nastąpić w to samo miejsce modelu konstrukcji. Należy zmienić położenie *płaszczyzny roboczej*.
Wklejanie prętów ze schowka systemu Windows do modelu konstrukcji.	**- odpowiednio ustawić *płaszczyznę roboczą*** **- użyć skrótu Wklej paska skrótów**	Sposób wklejenia grupy prętów będzie zależeć od ustawienia *płaszczyzny roboczej* przed wklejeniem. Wklejenie prętów odbywa się wraz z ich wszystkimi właściwościami i obciążeniami, dlatego po tej operacji może zajść konieczność dokonania ich korekty.
L i n i e w y m i a r o w e		
Nanoszenie linii wymiarowych	**- ustawić odpowiednio *płaszczyznę roboczą*** **- kliknąć na jednym z narzędzi , , paska narzędzi trybu Schemat**	W zależności od wybranego narzędzia zostaną wyświetlone linie wymiarowe pomiędzy wyselekcjonowanymi węzłami wraz z liczbowymi opisami odległości w [m].

Opis operacji	Operacja	Uwagi
Korygowanie położenia linii wymiarowych	**- kliknąć podwójnie na zamierzonej linii wymiarowej** **- uchwycić kursorem tą linię wymiarową (wcisnąć i trzymać wciśnięty lewy przycisk)** **- przeciągnąć myszką linię wymiarową na zamierzoną pozycję**	Przeciąganie linii wymiarowej odbywa się zawsze w kierunku prostopadłym do linii i w płaszczyźnie, przy której została ona wygenerowana.
Usuwanie linii wymiarowych	**- wyselekcjonować (zaznaczyć) linie wymiarowe przeznaczone do usunięcia** **- kliknąć skrót Usuń paska skrótów lub użyć klawisza [Del]**	
Wyszukiwanie prętów i węzłów		
Wyszukiwanie pręta (lub grupy prętów) o określonym numerze (numerach)	**- użyć kombinacji klawiszy [Ctrl] + [F]** **- w wyświetlonym okienku Znajdź wybrać przełącznik Pręty** **- w polu edycyjnym wpisać numer (lub sekwencję numerów oddzielonych spacjami) poszukiwanego pręta (poszukiwanych prętów)** **- kliknąć na przycisku OK.**	Po wyszukaniu pręta następuje rekonfiguracja widoku modelu w oknie *sceny* w taki sposób, że środek wyszukanego pręta (lub grupy prętów) ulokowany jest w *centrum sceny*.
Wyszukiwanie węzła (lub grupy węzłów) o określonym numerze (numerach)	**- użyć kombinacji klawiszy [Ctrl] + [F]** **- w wyświetlonym okienku Znajdź wybrać przełącznik Węzły** **- w polu edycyjnym wpisać numer (lub sekwencję numerów oddzielonych spacjami) poszukiwanego węzła (poszukiwanych węzłów)** **- kliknąć na przycisku OK.**	Po wyszukaniu węzła następuje rekonfiguracja widoku modelu w oknie *sceny* w taki sposób, że wyszukany węzeł ulokowany zostaje w *centrum sceny*.
Wyszukiwanie pręta o określonym numerze przekroju z listy przekrojów	**- użyć kombinacji klawiszy [Ctrl] + [F]** **- w wyświetlonym okienku Znajdź wybrać przełącznik Przekroje** **- w polu edycyjnym wpisać numer przekroju poszukiwanego węzła** **- kliknąć na przycisku OK.**	Po wyszukaniu pręta następuje rekonfiguracja widoku modelu w oknie *sceny* w taki sposób, że pręty o zadeklarowanym numerze przekroju ulokowane zostaną w *centrum sceny*.