

## SPIS TREŚCI

<b><u>UWAGI OGÓLNE .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
WPROWADZENIE .....	3
PRZEZNACZENIE PROGRAMU .....	4
WYMAGANIA SPRZĘTOWE .....	4
MOŻLIWOŚCI PROGRAMU .....	5
OGRANICZENIA PROGRAMU .....	7
INSTALACJA PROGRAMU W KOMPUTERZE .....	8
STOSOWANY UKŁAD JEDNOSTEK.....	11
<b><u>OPIS ELEMENTÓW MODELU KONSTRUKCJI PRĘTOWEJ .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>UŻYTKOWANIE PROGRAMU .....</u></b>	<b><u>17</u></b>
ELEMENTY STEROWANIA PROGRAMEM .....	17
OPIS OPCJI PROGRAMU .....	19
<b><u>ZAGADNIENIA OGÓLNE.....</u></b>	<b><u>33</u></b>
POSTAWY TEORETYCZNE ALGORYTMÓW OBLICZENIOWYCH .....	33
KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ .....	33
DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWE .....	37
SPORZĄDZANIE DOKUMENTU (WYDRUKU) .....	39
<b><u>PRZYKŁAD.....</u></b>	<b><u>45</u></b>
OPIS ZADANIA .....	45
KREOWANIE USTROJU .....	46
ANALIZA STATYCZNA I WYTRZYMAŁOŚCIOWA RAMY .....	56
DOKUMENTACJA ZADANIA - WYDRUKI.....	59



## UWAGI OGÓLNE

### Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie zawiera podstawowe informacje o programie komputerowym o skrótowej nazwie **RM\_WIN** (wersja 10.x), opracowanym przez **Biu-ro Komputerowego Wspomagania Projektowania CADSIS**, a przeznaczonym do wspomagania projektowania konstrukcji budowlanych i inżynierskich w zakresie obliczeń statycznych i wytrzymałościowych na komputerach klasy IBM-PC wyposażonych w system **Windows** w wersji NT/2000/XP/Vista. Wersja 10.x tego programu różni się tym od poprzednich jego wersji (od 1.xx do 9.xx), jest aplikacją 32-bitową, a więc może być użytkowana również pod kontrolą 64-bitowych wersji systemu Windows (XP-64 i Vista-64).

Instrukcja nie ma cech typowej dokumentacji technicznej programu komputerowego i nie zawiera szczegółowych opisów odnośnie sterowania programem oraz operowania jego poszczególnymi opcjami ponieważ szczegóły posługiwania się programem dostępne są poprzez System Pomocy (ang. Help) dla Windows, który umożliwia łatwy, wielofunkcyjny i kontekstowy dostęp do informacji podczas pracy z programem RM\_WIN.

Informacje zawarte w niniejszej instrukcji mają charakter ogólny i dotyczą:

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

### U W A G I

- Program RM\_WIN 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 szeregowy USB, to zaleca się podłączenie go do jednego z tych portów.

- Jeśli program RM\_WIN jest zabezpieczony kluczem HASP (LPT), a inne programy posiadane przez użytkownika wymagają również obecności kluczy elektronicznych w porcie LPT, to klucz dla programu RM\_WIN należy połączyć z innymi w szereg.
- Przed podłączaniem lub odłączaniem klucza typu HASP (LPT) należy bezwzględnie wyłączyć zasilanie komputera. Nie jest to wymagane w przypadku klucza typu HASP (USB).
- Dla prawidłowego działania programu RM\_WIN konieczna jest stała obecność klucza w komputerze.
- Dostarczony klucz jest niepowtarzalnym układem elektronicznym i należy go chronić przed utratą.
- Klucz protekcyjny wymaga regularnej jego autoryzacji dokonywanej raz na trzy miesiące. Polega to na łączeniu się programu RM\_WIN z naszym serwerem przez sieć internetową, co ma miejsce przy pierwszym uruchomieniu programu RM\_WIN po dacie ukazywanej w okienku "O programie" otwieranym poleceniem Pomoc/O programie. Operacja ta wymaga wpięrcw podłączenia klucza do komputera oraz połączenia komputera z siecią internetową.

### **Przeznaczenie programu**

Program RM\_WIN przeznaczony jest do wspomagania projektowania w zakresie analizy statycznej, kinematycznej i wytrzymałościowej płaskich konstrukcji prętowych o dowolnym schemacie statycznym i ze względu na:

- ⇒ *prostotę jego użytkowania w środowisku Windows,*
- ⇒ *graficzną wizualizację danych i wyników obliczeń,*
- ⇒ *dużą szybkość wykonywania operacji obliczeniowych,*
- ⇒ *swobodę tworzenia dokumentacji graficzno-tabelarycznej,*
- ⇒ *automatyzację większości operacji ekranowych,*
- ⇒ *pełną ochronę przed dokonywaniem merytorycznie lub logicznie niewłaściwych operacji,*

stanowi sprawne, merytorycznie zawansowane i efektywne narzędzie warsztatu pracy projektanta konstrukcji w zakresie budownictwa ogólnego i przemysłowego.

### **Wymagania sprzętowe**

Program RM\_WIN nie wymaga wyposażenia sprzętowego wykraczającego poza wymagania stawiane przez system Windows i może być użytkowany na każdym komputerze typu IBM-PC, który zapewnia poprawne funkcjonowanie systemu Windows w wersjach: NT / 2000 / XP / Vista.

Dla osiągnięcia zadowalających efektów zalecana jest następująca konfiguracja:

- procesor PENTIUM 2.0 GHz
- 512 MB pamięci operacyjnej RAM

- karta graficzna dowolnego typu
- mysz z rolką przewijania
- 8 MB wolnego miejsca na dysku sztywnym
- polskojęzyczny system MS Windows.

### ***Możliwości programu***

---

#### **... w zakresie kształtowania geometrii konstrukcji:**

- kreowanie dowolnej geometrii schematu statycznego konstrukcji
- automatyczne generowanie *regularnych struktur prętowych* (belki, kratownice, ramy wielokondygnacyjne i wielonawowe, łuki) oraz generowanie typowych (*nieregularnych* - wiazary, ramy portalowe i inne) struktur prętowych za pomocą predefiniowanych szablonów
- automatyczna symetryzacja geometrii schematu statycznego konstrukcji, dzięki czemu - do wygenerowania schematu statycznego ustroju symetrycznego - wystarczy wykreować jego "połowę"
- obracania całego schematu statycznego w jego płaszczyźnie o zamierzony kąt
- kreowanie przekrojów jednokształtnikowych (katalogowych lub własnych) oraz wielokształtnikowych o dowolnym złożeniu ich poszczególnych kształtowników, a także automatyczne generowanie - typowych dla konstrukcji stalowych i drewnianych - przekrojów wielogłęziowych
- kreowanie prętów (o przekrojach jednokształtnikowych lub wielogłęziowych) z liniowo zmiennymi wymiarami przekroju wzdłuż osi pręta
- dodawanie dodatkowych lub usuwanie zbędnych węzłów w prętach - bez utraty innych danych
- możliwość dokonywania korekty położenia węzłów (przesuwanie węzłów) schematu statycznego
- możliwość zadawania podporom wymuszeń kinematycznych oraz cech sprężystych
- zadawanie prętom imperfekcji geometrycznych pod kątem oceny wrażliwości konstrukcji w ramach jej analizy wg teorii II-go rzędu

#### **... w zakresie obciążeń:**

- automatyczne uwzględnianie ciężaru własnego konstrukcji w postaci odrębnego (predefiniowanego) schematu obciążeń wyznaczanego przez program na podstawie zadeklarowanych przekrojów poprzecznych prętów oraz przypisanych tym przekrojom rodzajów materiałów
- grupowanie poszczególnych obciążeń w merytorycznie odrębne schematy (grupy) obciążeń dla potrzeb tworzenia ich dowolnych kombinacji
- ręczne, automatyczne i półautomatyczne generowanie kombinacji grup obciążeń

- deklarowanie wzajemnych relacji pomiędzy grupami obciążeń w celu wyeliminowania nierealistycznych kombinacji grup obciążeń podczas automatycznego generowania kombinacji
- deklarowanie normowych cech poszczególnych grup obciążeń, pozwalające na generowanie kombinacji spełniających wymagania norm obciążeniowych
- łatwe modyfikowanie obciążeń za pomocą tzw. *listy obciążeń*, polegające na: grupowej zmianie wartości i położenia poszczególnych obciążeń, przenoszeniu obciążeń do innych grup, kopiowanie, usuwanie

#### ... w zakresie obliczeń:

- wyznaczanie rozkładów sił przekrojowych (momenty zginające, siły poprzeczne, siły osiowe) i przedstawianie ich zarówno w formie odpowiednio wyskalowanych wykresów jak i w postaci liczbowej
- wyznaczanie stanu przemieszczeń w formie rysunku zdeformowanej konstrukcji z możliwością skalowania wykresów
- wyznaczanie rozkładów naprężeń w płaszczyźnie dowolnie wybranego przekroju pręta oraz w kierunku jego osi we włóknach skrajnych, odrębnie dla wszystkich materiałów poszczególnych kształtowników przekroju
- wyznaczanie reakcji podpór oraz wielkości osiadań w przypadku podpór podatnych
- wyznaczanie stopnia wykorzystania nośności poszczególnych prętów w kontekście klasycznego warunku wytrzymałościowego
- automatyczne wyszukiwanie ekstremów bezwarunkowych i warunkowych dla wartości sił przekrojowych, naprężeń deformacji, przemieszczeń i reakcji
- automatyczne wyznaczanie obwiedni sił przekrojowych, deformacji i naprężeń dla zadeklarowanych relacji pomiędzy grupami obciążeń i klas kombinacji
- wykonywanie obliczeń wg teorii II-go rzędu (tzn. uwzględnieniem dodatkowych efektów wynikających z wpływu sił osiowych na momenty zginające), co pozwala na badanie wrażliwości konstrukcji na utratę jej stateczności
- analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji dla charakterystycznych lub obliczeniowych wartości obciążeń
- wyznaczanie długości wyboczeniowych poszczególnych prętów konstrukcji w sposób zapewniający zgodność z wymaganiami norm dotyczących projektowania
- wymiarowania poszczególnych prętów konstrukcji zgodnie z **PN** przy pomocy specjalnych (opcjonalnych) modułów wykorzystujących mechanizm dynamicznej wymiany danych z programem głównym, a mianowicie:
  - **RM\_STAL** - do wymiarowania prętów stalowych wg PN-90/B-03200
  - **RM\_ZB84** - do wymiarowania prętów żelbetowych wg PN-84/B-03264
  - **RM\_ZELB** - do wymiarowania prętów żelbetowych wg PN-B-03264:2002
  - **RM\_SPOL** - do wymiarowania połączeń prętów stalowych wg PN-90/B-03200, PN-85/B-03215 i PN-B-03215:1998
  - **RM\_DR81** - do wymiarowania prętów drewnianych wg PN-81/B-03150

- **RM\_DREW** - do wymiarowania prętów drewnianych wg PN-B-03150:2000
- **RM\_SIN** - do wymiarowania dźwigarów ze środkiem falistym
- **RM\_AZUR** - do wymiarowania dwuteowych dźwigarów ażurowych

**... w zakresie tworzenia dokumentacji zadania:**

- bezpośrednie wydruk lub eksport dokumentu w formie tabelaryczno-graficznej z podziałem na blok danych i blok wyników, z możliwością swobodnego wyboru zawartości wydruku
- skalowanie generowanych rysunków
- sporządzanie skalowanych wydruków dowolnego, aktywnego okna roboczego lub dialogowego
- określania parametrów typograficznych stron wydruku (marginesy, nagłówki, czcionka)
- przekazywanie do schowka lub bezpośrednio do edytora MS WORD wyników wymiarowania prętów w postaci przygotowanych i dostępnych dla użytkownika arkuszy stanowiących dokumentację wymiarowania
- możliwość wyboru wersji językowej wydruku (polska, angielska, francuska)

**... w zakresie użytkowym:**

- duża swoboda korzystania z poszczególnych opcji i funkcji programu w trybie interakcyjnym przy jednoczesnej jego ochronie przed próbami wykonywania operacji merytorycznie nielogicznych lub wykraczających poza zakres stosowalności programu
- graficzna wizualizacja wszelkich danych i wyników obliczeń w postaci konwencjonalnych wykresów wybranych wielkości z możliwością określania niektórych parametrów wyświetlania przez użytkownika
- możliwość korzystania ze standardowej funkcji „Pomocy” na zasadach oferowanych przez środowisko Windows
- gotowe katalogi - zgodnych z PN - kształtowników walcowanych i giętych, wyposażone w opcje modyfikowania (dodawania, usuwania i korekcji danych)
- możliwość zapisu zadania i jego odczytu ze wskazanego przez użytkownika katalogu dyskowego
- odzyskiwanie utraconych danych zadania w przypadku zawieszenia programu lub awarii systemu

### ***Ograniczenia programu***

Program RM\_WIN został opracowany z myślą o jego użytkowaniu na komputerach o minimalnej konfiguracji dla jakiegokolwiek jest prawidłowe działanie systemu Windows oraz przy założeniu, że operacje obliczeniowe wykonywane są na danych ulokowanych w pamięci operacyjnej RAM. Z tego względu program posiada następujące ograniczenia:

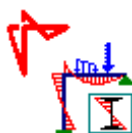
**... w zakresie ilościowym:**

- maksymalna liczba węzłów w układzie prętowym: **1000**
- maksymalna liczba prętów w układzie prętowym: **1000**
- maksymalna liczba przekrojów listy przekrojów zadania: **60**
- maksymalna liczba grup obciążeń: **24**
- maksymalna liczba prętów w węźle: **12**

Ograniczenia pozostałych struktur danych (np. obciążenia) i wyników obliczeń wynikają jedynie z wielkości wolnej pamięci operacyjnej (RAM) komputera i w praktyce prawdopodobieństwo ich przekroczenia jest niewielkie.

**... w zakresie merytorycznym:**

- układ prętów modelu konstrukcji i obciążenia leżą w jednej płaszczyźnie
- osie prętów modelu konstrukcji są proste
- pręty połączone są ze sobą sztywno lub przegubowo
- przekroje prętów składają się z typowych kształtowników (prostokąt, trójkąt, rura kołowa, rura prostokątna, dwuteownik, ceownik, kątownik, teownik, zetownik), które są powiązane ze sobą w sposób zapewniający zachowanie płaskości całego przekroju po deformacji pręta
- obciążenia (skupione: siła i moment, rozłożone: liniowe i trapezowe oraz temperatura) są przypisywane do prętów, mają charakter statyczny i są stacjonarne, a miejscem ich przyłożenia jest oś teoretyczna pręta
- rozkład obciążenia temperaturą wzdłuż pręta jest stały, a w płaszczyźnie przekroju - zmienny liniowo
- podpory (przegubowa-stała, przegubowa-przesuwna, utwierdzenie całkowite, utwierdzenie przesuwne) przypisywane są do węzłów
- węzły modelu konstrukcji nie mogą się pokrywać
- numeracja prętów, węzłów i przekrojów jest ciągła.

**Instalacja programu w komputerze****Ikona aplikacji RM\_WIN**

Program RM\_WIN dostarczany jest na płycie kompaktowej, która zawiera jego pliki robocze i konfiguracyjne oraz program instalacyjny o nazwie **setup.exe**, który musi być uruchamiany w środowisku Windows.

W celu zainstalowania programu w komputerze należy:

1. Podłączyć klucz zabezpieczający do komputera,
2. Załadować system Windows,
3. Włożyć płytę instalacyjną pakietu RM do czytnika CD i poczekać na automatyczne uruchomienie programu instalacyjnego. Jeżeli nie nastąpi automatyczne uruchomienie instalatora, to należy wymusić uruchomienie pro-



gramu **setup.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.

*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 blokowanie 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

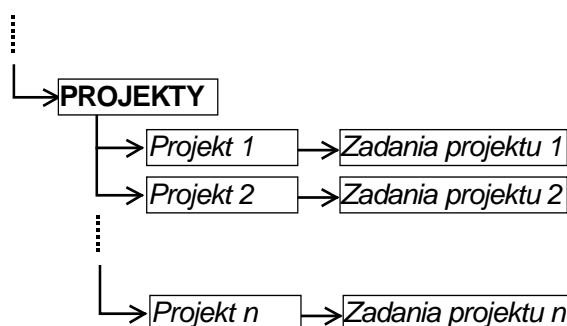
Po dokonaniu instalacji programu - w lokalizacji dyskowej wskazanej przez użytkownika (standardowo: C:\CADSIS) - folder tej lokalizacji powinien zawierać:

<b>PROJEKTY</b>	główny katalog dyskowy projektów (zadań kreowanych przez użytkownika), w którym tworzone będą przez program foldery projektów służące do archiwizacji plików pojedynczych zadań w ramach jednego projektu,
<b>KATALOGI</b>	katalog dyskowy kształtowników normowych,
<b>RM_WIN</b>	katalog dyskowy plików programu RM_WIN, a w nim:
<b>Arkusze</b>	folder zawierający wzorce arkuszy w formacie <b>rtf</b> , które służą do automatycznego generowania przez program dokumentu (wydruku),

<b>Szablony</b>	folder zawierający pliki szablonów, które służą do automatycznego kreowania schematów statycznych typowych struktur prętowych,
<b>RM_Win.exe</b>	program aplikacji RM_WIN,
<b>RM-Win.chm</b>	plik systemu pomocy aplikacji RM_WIN,
<b>rm_podgl.dll</b>	biblioteka ładowana przez program RM_WIN wykonująca funkcje i opcje związane z generowaniem i podglądem dokumentu,
<b>mater32.lib</b>	plik stanowiący rozszerzoną bibliotekę materiałów,
<b>nowe.rms</b>	plik zawierający domyślną listę przekrojów.
<b>uninsXXX.exe</b>	deinstalator programu RM_WIN,
<b>uninsXXX.dat</b>	plik zawierający informacje potrzebne do wykonania deinstalacji programu RM_WIN za pomocą deinstalatora <b>uninsXXX.exe</b> .

### Katalog **PROJEKTY**

jest przeznaczony do archiwizowania zadań kreowanych w pakiecie RM 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 katalogach będących podkatalogami katalogu **PROJEKTY**, co obrazowo przedstawiono na poniższym schemacie.



Zalecana struktura katalogów do archiwizowania zadań wynika z powiązania programu RM\_WIN z programem RM\_OBC służącym do sporządzania zestawień obciążeń. Przyjęto bowiem zasadę, że jednemu projektowi odpowiada jedno zestawienie obciążeń, z którym powiązane są poszczególne zadania tego projektu.

Dostęp do zadań archiwalnych zapewnia opcja **Pliki-Otwórz**. Droga dostępu do aktualnego katalogu zadań jest automatycznie zapamiętywana w rejestrach systemu Windows tak, że po ponownym uruchomieniu aplikacji bieżącym katalogiem zadań jest właśnie ten katalog.

Każde zadanie jest przechowywane w formie dwóch plików o tej samej nazwie lecz o różnych rozszerzeniach (*nazwa.rmt* i *nazwa.rms*).

Oprócz tego, w *katalogu projektu* zachowywane są wyniki obliczeń stanowiące rezultat analizy z kombinatoryką grup obciążeń, czyli obwiedni dla poszczególnych *zadań projektu*. Dzięki temu po załadowaniu do programu zadania, dla którego te obliczenia zostały wcześniej wykonane, są one dostępne bez potrzeby ponownego wykonywania obliczeń. Wszystkie pliki zawierające wyniki obliczeń mają tę samą nazwę przy różnych rozszerzeniach i mogą być archiwizowane przez użytkownika.

#### Katalog **KATALOGI**

jest przeznaczony do przechowywania plików zawierających dane o kształtownikach kształtowników znormalizowanych. Powinien zawierać następujące pliki dyskowe: *h.kat i.kat l.kat r.kat s.kat t.kat u.kat z.kat* - obejmujące kształtowniki walcowane oraz *h~.kat l~.kat u~.kat z~.kat* - obejmujące kształtowniki gięte na zimno.

Droga dostępu do dyskowego katalogu kształtowników może być wskazana przez użytkownika w zakładce Foldery dyskowe opcji Parametry/Parametry aplikacji.... Błędne wskazanie tej drogi, uniemożliwi pobieranie kształtowników przy edycji przekrojów.

#### **Stosowany układ jednostek**

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

- *długość* [m]
- *kąt* [stopnie]
- *siła* [kN]
- *moment* [kNm]
- *naprężenie* [MPa]
- *temperatura* [°C]

W podanych wyżej jednostkach zapamiętywane są wszystkie dane. Nie dotyczy to jednak wymiarów przekroju, dla których, w momencie ich wprowadzania lub korekty, możliwe jest deklarowanie jednostki w jakiej te wymiary są wprowadzane.



## OPIS ELEMENTÓW MODELU KONSTRUKCJI PRĘTOWEJ











Modelowanie rzeczywistej konstrukcja prętowej podlega ogólnym zasadom, których znajomość jest niezbędna dla poprawnego formułowania zadania analizy statyczno-wytrzymałościowej tej konstrukcji. Elementami modelu konstrukcji prętowej są:

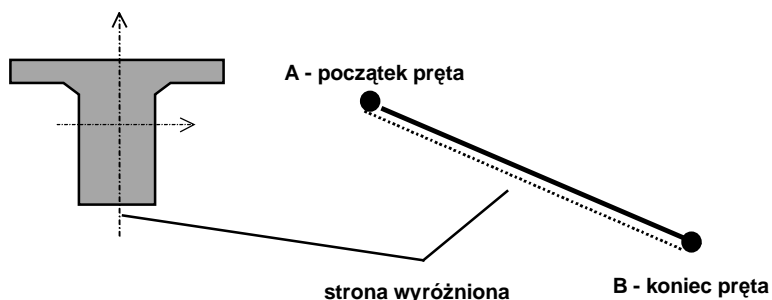
- pręt
- węzeł
- podpora
- obciążenie

**Pręt** jest to prostoliniowy lub łukowy, pryzmatyczny lub o liniowo zmiennych (wzdłuż jego osi) wymiarach poprzecznych, element konstrukcyjny o następujących cechach:

- schemat statyczny
- przekrój poprzeczny
- położenie w konstrukcji
- orientacja

**Schemat statyczny** pręta odzwierciedla sposób powiązania pręta z innymi prętami modelu konstrukcji, a mianowicie:

Typ	A:	B:	Połączenie
00			szttywno-szttywne
01			szttywne-przegubowe
10			przegubowo-szttywne
11			przegubowo-przegubowe
22			ciągno (lina)



Rys. 1 - orientacja pręta

**Przekrój poprzeczny** pręta jest pojedynczym kształtownikiem lub złożonym zestawem pojedynczych kształtowników i dowolnie usytuowanych względem siebie. Poszczególne kształtowniki przekroju mogą mieć przypisane różne materiały, co oznacza, że możliwe jest przypisywanie

prętom tzw. przekrojów zespolonych. Zakłada się jednak, że wszystkie kształtowniki przekrojów złożonych są powiązane ze sobą konstrukcyjnie w taki sposób, który zapewnia płaskość przekroju po deformacji pręta.

**Położenie w konstrukcji** określane jest poprzez kojarzenie początku i końca pręta z *węzłami* modelu konstrukcji. Program nie posiada odrębnego trybu deklarowania węzłów modelu konstrukcji, gdyż są one automatycznie generowane w trakcie kreowania struktury prętowej.

**Orientacja** pręta jest pojęciem wynikającym z konieczności odróżnienia stron (tzw. włókien) pręta względem jego osi (Rys. 1). Określenie orientacji pręta polega na wskazaniu który węzeł pręta jest początkowym (**A**), a który końcowym (**B**). Za *wyróżnioną stronę* pręta uważa się jego włókna skrajne, które leżą po prawej stronie pręta - patrząc z początku pręta (**A**) w kierunku końca pręta (**B**). Jest to podyktowane względami:

- jednoznacznego przypisania przekroju do pręta, co jest istotne w przypadku przekrojów niesymetrycznych oraz przekrojów o zmiennych wzdłuż osi wymiarach. Dla zachowania jednoznaczności przyjęto, że spód przekroju - widzianego w oknach jego kreowania i podglądu - jest skojarzony z *wyróżnioną stroną* pręta
- właściwego zadania wartości temperatury po obu stronach pręta, a mianowicie: dolna wartość temperatury  $T_d$  jest skojarzona z *wyróżnioną stroną* pręta.

**Węzeł** jest to punkt teoretyczny modelu konstrukcji prętowej określający:

- połączenie dwóch lub więcej prętów,
- swobodny koniec pręta (np. wspornika),
- punkt podparcia (niezależnie od typu podpory),
- punkt skokowej zmiany przekroju poprzecznego pręta,
- punkt skokowej zmiany w rozkładzie temperatury wzdłuż osi pręta,

Położenie poszczególnych prętów określane jest w prawoskrętnym, kartezjańskim układzie współrzędnych leżącym w płaszczyźnie modelu konstrukcji.

#### Rodzaj:

przegubowo-nieprzesuwna



przegubowo-przesuwna



utwierdzenie całkowite



utwierdzenie przesuwne



Rys. 2 - rodzaje podpór

**Podpora** jest to element modelu konstrukcji prętowej odzwierciedlający sposób konstrukcji prętowej podparcia, a tym samym zapewnienia jej geometrycznej niezmienności. Podpory kojarzone są tylko z węzłami, a ich rodzaje ukazuje Rys. 2.

Niezależnie od typu podpory możliwe jest zadawanie wymuszeń kinematycznych (osiadań) oraz nadawania cech sprężystych w kierunkach ograniczeń realizowanych przez te podpory.

**Obciążenie** jest to element modelu konstrukcji prętowej odzwierciedlający sposób działania obciążeń na konstrukcję. Możliwe jest modelowanie rodzajów obciążenia pokazanych na rysunku:

Wszystkie obciążenia traktowane są jako przęsłowe czyli przypisywane do prętów. Położenie obciążenia jest dowolne, zarówno co do miejsca jak i kierunku działania względem osi pręta.

**Rodzaj:**

siła skupiona

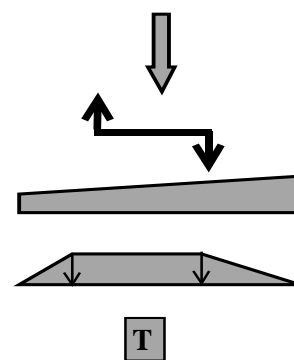
moment skupiony

ciągłe - rozłożone liniowo

ciągłe - rozłożone trapezowo

temperatura

**Symbol:**



**Rys. 3** - rodzaje obciążeń





## UŻYTKOWANIE PROGRAMU

### Elementy sterowania programem



Rys. 4 - Główne okno aplikacji RM\_WIN

Ogólne zasady sterowania programem i używania jego opcji są oparte na konwencji typowej dla aplikacji systemu Windows. A więc użytkownik, który korzysta z aplikacji dla Windows, może - po zainstalowaniu programu RM\_WIN - bezpośrednio przystąpić do pracy z programem. W tym celu należy załadować program do pamięci komputera, co polega na podwójnym kliknięciu klawiszem myszy na ikonie programu RM\_WIN. Po załadowaniu programu na ekranie monitora pojawi się główne okno aplikacji. Do interakcji użytkownika z programem służą następujące elementy sterowania:

- **menu główne**
- **okna robocze opcji**
- **pasek narzędzi**
- **okno statusu opcji**
- **okna dialogowe**

**Menu główne:** jest menu rozwijalnym, które zapewnia dostęp do poszczególnych podopcji aplikacji. Struktura menu odzwierciedla metodykę postępowania związaną z analizą statyczną konstrukcji. W poszczególnych opcjach głównych zgrupowane są opcje, które są merytorycznie powiązane z opcjami głównymi:

Pliki	Przekroje	Geometria	Obciążenia	Wyniki	Parametry	Okna	Pomoc
Nowe zadanie ...	Lista przekrojów	Definiowanie	Definiowanie	Naprężenia	Parametry aplikacji	Zoom	Pomoc kontekstowa
Otwórz ...	Katalogi...	Pręty	Lista obciążeń	Siły przekrojowe		Zoom 1:2	O „RM_WIN” ...
Zapisz	Materiały ...	Węzły	Zestawienie obc.	Reakcje-węzły		Auto-zoom	
Zapisz jako ...		Zmiana numeracji prętów	Grupy obciążeń	Przemieszczenia		Ułóż obok	
Metryka ...		Zmiana numeracji węzłów	Relacje grup obc.	Długości wybocheniowe		Kaskada	
Usuń zadanie ...		Imperfekcje	Kombinacje grup obc.	Stal - PN-90/B-03200		Zamknij wszystkie	
Kopiuj zadanie ...		Generowanie układu >		Stal - Połączenia		Uporządkuj ikony	
Kopiuj projekt ...				Stal - Środek falisty			
Usuń pliki >				Stal - Dźwigar ażurowy			
Drukuj ...				Żelbet - PN-8-03264:2002			
Wyjście				Żelbet - PN/84/B-03264			
				Drewno – PN-B-03150:2000			
				Drewno – PN-81/B-03150			
				v Teoria II-go rzędu			
				v Imperfekcje			
				v Kombinatoryka			
				v Obciążenia obliczeniowe			
				v Część długotrwała obc.			

## Struktura menu głównego aplikacji RM\_WIN

---

**Opis opcji programu**

---

**Pliki**

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

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

- |                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Nowe zadanie</b>    | Polecenie rozpoczęcia pracy nad nowym zadaniem. Domyślnie program po załadowaniu gotowy jest do rozpoczęcia pracy nad nowym zadaniem, przy czym bieżącym katalogiem <b>projektu</b> jest katalog, do którego zapisano lub odczytano zadanie w poprzedniej sesji z programem RM_WIN. 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 przekrojów zadania. Jeśli aktualne zadanie nie zostało wcześniej zapisane, to pojawi się stosowny komunikat ostrzegawczy. |
| <b>Otwórz ...</b>      | Załadowanie zadania z katalogu aktualnego <b>projektu</b> . W trakcie pracy z programem, w dowolnym momencie, można pobrać z katalogu aktualnego <b>projektu</b> 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.   |
| <b>Zapisz</b>          | Zapis danych zadania do katalogu aktualnego <b>projektu</b> . Każde zadanie zapisywane jest w postaci dwóch plików dyskowych o tych samych nazwach lecz różnych rozszerzeniach, a mianowicie: <i>nazwa.rmt</i> i <i>nazwa.rms</i> . Zapis zadania dokonywany jest pod aktualną jego nazwą i w katalogu bieżącego <b>projektu</b> . Jeśli zadaniu nie nadano wcześniej nazwy, to przy próbie zapisu program zażąda od użytkownika podania nazwy.   |
| <b>Zapisz jako ...</b> | Tak jak dla opcji <b>Zapisz</b> lecz z możliwością zmiany nazwy zadania lub katalogu <b>projektu</b> .  |
| <b>Metryka ...</b>     | Wypełnianie tzw. metryki pliku zadania zawierającej podstawowe informacje o zadaniu, które ułatwiają jego identyfikację przy przeglądaniu katalogu <b>projektu</b> .  |

<b>Usuń zadanie ...</b>	Usuwanie plików wskazanego zadania archiwalnego z katalogu aktualnego <b>projektu</b> . Przydatna do porządkowania katalogu <b>projektu</b> .
<b>Kopiuj zadanie ...</b>	Kopiowanie plików zadania z jednego katalogu <b>projektu</b> do innego. Przydatna w przypadku potrzeby wykonania archiwalnej kopii zapasowej na dyskietce lub płycie kompaktowej.
<b>Kopiuj projekt ...</b>	Kopiowanie wszystkich zadań z jednego katalogu <b>projektu</b> do innego. Przydatna w przypadku potrzeby wykonania archiwalnej kopii zapasowej <b>projektu</b> na dyskietce lub płycie kompaktowej.
<b>Usuń pliki &gt;</b>	<b>Kombinatoryki</b> - usunięcie pliku roboczego zadania ( <b>*.rmk</b> ) tworzonego przez procedurę automatycznego tworzenia kombinacji grup obciążeń. <b>Wymiarowania</b> - usunięcie pliku zadania zawierającego dane związane z wymiarowaniem prętów ( <b>*.rmw</b> ). Polecenia te zaleca się wykonać w przypadku "zawieszenia" programu lub awarii systemu - bez możliwości zapisu dokonanych zmian. W takich przypadkach może zachodzić niezgodność pomiędzy poszczególnymi plikami zadania.
<b>Drukuj ...</b>	Wydruk dokumentacji zadania. Opcja wyposażona w szereg przełączników i parametrów umożliwiających selektywne sporządzenie dokumentu zadania. Wydruk ma formę tabelaryczno-graficzną, a drukowane rysunki mogą być skalowane.
<b>Wyjście</b>	Zakończenie pracy z programem (zamknięcie aplikacji).
<b>Lista zadań</b>	Zawiera wykaz nazw zadań, które były ostatnio otwierane lub kreowane w programie, co pozwala na łatwy dostęp do tych zadań w kolejnych sesjach pracy z programem RM_WIN.

### Przekroje

<b>Lista przekrojów ...</b>	Przygotowanie listy przekrojów zadania, które są następnie przypisywane prętom ustroju przy pomocy innej opcji programu. Opcja ta umożliwia edycję przekrojów użytkownika ( <i>jedno- lub wielokształtownikowych, jednorodnych materiałowo lub wielomateriałowych</i> , tzw. zespolonych) oraz tzw. przekrojów <i>wielogąteziowych</i> 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. Lista przekrojów zadania może być uzupełniana o przekroje z listy innego zadania.
-----------------------------	--

<b>Katalogi ...</b>	Zapewnia obsługę katalogów znormalizowanych kształtowników stalowych.
<b>Materiały ...</b>	Obsługa biblioteki materiałów zawierającej charakterystykę mechaniczną materiałów przypisywanych kształtownikom przekrojów.

### Geometria

<b>Definiowanie</b>	Kreowanie struktury prętowej konstrukcji czyli geometrii jej schematu statycznego. Kreowanie struktury odbywa się w trybie graficznym i polega na „rysowaniu” geometrii w oddzielnym oknie aplikacji, a jest wspomagane wieloma funkcjami usprawniającymi ten proces zarówno przy użyciu myszki jak i klawiatury.
<b>Pręty</b>	Określanie właściwości prętów poprzez przypisywanie przekrojów do prętów, zmianę schematu prętów, dzielenie prętów poprzez tworzenie węzłów, usuwanie prętów.
<b>Węzły</b>	Określanie właściwości węzłów poprzez deklarowanie lub usuwanie podpór, zmianę położenia węzłów, usuwanie zbędnych węzłów, obracanie całej struktury w jej płaszczyźnie.
<b>Numeracja Prętów ...</b>	Zmiana porządku numerowania prętów. Może być dokonana pojedynczo, grupowo i za pomocą tzw. stemplowania sekwencyjnego.
<b>Numeracja Węzłów ...</b>	Zmiana porządku numerowania węzłów. Może być dokonana pojedynczo, grupowo i za pomocą tzw. stemplowania sekwencyjnego.
<b>Imperfekcje</b>	Zadawanie normowych imperfekcji geometrycznych prętom konstrukcji pod kątem analizy jej wrażliwości na efekty II-go rzędu wg teorii II-go rzędu.
<b>Generowanie Układu ...</b>	Automatyczne kreowanie struktur prętowych o regularnej geometrii (belki ciągłe, ramy prostokątne, kratownice, łuki) oraz typowych struktur nieregularnych (wiązary dachowe, ramy portalowe i inne).

### Obciążenia

<b>Definiowanie</b>	Zadawanie obciążeń konstrukcji. Obciążenia mogą mieć postać: <ul style="list-style-type: none"> <li>• siły skupionej,</li> <li>• momentu skupionego,</li> <li>• rozłożoną liniowo,</li> </ul>
---------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozłożoną trapezowo,</li> <li>• temperatury</li> </ul> <p>i są przypisywane do prętów oraz do grupy stanowiącej merytorycznie wydzielony schemat obciążeń. Każde obciążenie może być dowolnie zorientowane względem pręta, zarówno co do kierunku jak i położenia na przecie. Operacja grupowego kreowania obciążeń pozwala na szybkie utworzenie obciążeń tego samego typu.</p>
<b>Lista obciążeń</b>	Wyświetlanie obciążeń w formie listy z możliwościami ich modyfikacji, powielania, usuwania.
<b>Grupy obciążeń</b>	Deklarowanie charakteru poszczególnych grup obciążeń wg zasad ustanowionych w polskich normach obciążeniowych, tzn: określenie rodzaju obciążenia ( <i>stałe, zmienne, wyjątkowe</i> ); określenie jego znaczenia ze względu na kombinację obciążeń; zadawanie odpowiednich wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa; zadawanie współczynników określających długo trwałą część obciążeń zmiennych. Oprócz tego możliwe jest nadawanie nazw poszczególnym grupom obciążeń.
<b>Zestawienie obciążeń</b>	Wywołanie podprogramu RM-OBC do sporządzania zestawienia obciążeń wg polskich norm określających zasady ustalania i przyjmowania wartości poszczególnych rodzajów obciążeń.
<b>Relacje grup obciążeń</b>	Określanie tabeli relacji logicznych pomiędzy grupami obciążeń. Polega to na deklarowaniu kontekstu dla automatycznego i półautomatycznego tworzenia kombinacji grup obciążeń przy wyznaczaniu obwiedni, co pozwala na automatyczne wykluczenie z obliczeń kombinacji nierealistycznych merytorycznie (np. jednoczesne parcie wiatru z lewej i prawej strony).
<b>Kombinacje grup obciążeń</b>	Deklarowanie tzw. klas kombinacji. Umożliwia określanie warunków półautomatycznego tworzenia kombinacji obciążeń. Pozwala to na uzyskanie obwiedni w przypadku większej liczby grup obciążeń, przy której wykonanie przez program pełnej (automatycznej) kombinatoryki nie jest możliwe do wykonania w realnie akceptowanym czasie.

## Wyniki

<b>Naprężenia</b>	Wyznaczanie rozkładów naprężeń względnych wzdłuż skrajnych włókien prętów oraz rzeczywistych w płaszczyźnie dowolnie wskazanego przekroju pręta. Rozkłady naprężeń - wyświetlane w odrębnym oknie aplikacji - mają postać wyskalowanych wykresów i mogą być selekcjonowane względem rodzaju materiałów. Funkcja wyszukiwania naprężeń
-------------------	---

ekstremalnych pozwala na określenie miejsca i wartości tych naprężeń.

**Siły przekrojowe** Wyznaczanie rozkładów sił przekrojowych (momenty zginające, siły poprzeczne, siły osiowe). Rozkłady sił przekrojowych - wyświetlane w odrębnym oknie aplikacji - mają postać wyskalowanych wykresów i mogą być przełączane względem ich rodzaju. Funkcja wyszukiwania sił ekstremalnych pozwala na określenie miejsca i wartości tych sił. Wyszukiwanie może dotyczyć wyspecyfikowanej grupy prętów.

**Reakcje-Węzły** Wyznaczanie i prezentacja reakcji podpór, przemieszczeń węzłów oraz weryfikacja warunków równowagi węzłów. W odrębnym oknie programu wyświetlany jest schemat konstrukcji wraz z symbolami i wartościami reakcji podpór.

**Przemieszczenia** Wyznaczanie i prezentacja deformacji konstrukcji. W odrębnym oknie programu wyświetlany jest schemat konstrukcji oraz wyskalowany wykres przemieszczeń w postaci przesunięć i ugięć poszczególnych prętów. Funkcja wyszukiwania pozwala na wyszukanie pręta o największej wartości miary deformacji wyrażonego jako iloraz długości pręta do efektywnej strzałki ugięcia pręta.

#### **Długości**

**wyboczeniowe** Wyznaczanie długości wyboczeniowych dla poszczególnych prętów i prezentacja form ich wyboczenia. Wielkości te są wyznaczane metodą opisaną w dalszej części niniejszej instrukcji. Generalnie metoda ta polega na analizie zagadnienia Euler'a pręta zastępczego, w którym oddziaływania sąsiednich prętów (połączonych z analizowanym prętem) zastąpiono działaniem mechanicznie ekwiwalentnych sprężyn.

#### **Stal - PN-90/B-03200**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji wg **PN-90/B-03200** określającej zasady obliczeń i wymiarowania dla konstrukcji **stalowych**. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modułem RM\_STAL pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

#### **Stal - Połączenia**

Zintegrowane wymiarowanie połączeń prętów stosowanych w konstrukcjach **stalowych** wg norm określających zasady ich obliczeń i wymiarowania. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modułem RM\_SPOL pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Stal - Środek falisty**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji stalowych zaprojektowanych jako **dźwigary ze środkiem falistym** wg przepisów ustanowionych przez producenta dźwigarów typu SIN. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_SIN pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Stal - Dźwigar ażurowy**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji stalowych zaprojektowanych jako **dwuteowe dźwigary ażurowe** wg zasad zaczerpniętych z monografii M. Łubiński, A. Filipowicz, W. Żółtowski, Konstrukcje metalowe, Część I, Podstawy projektowania, Arkady W-wa 2000. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_AZUR pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Żelbet - PN-B-03264:2002**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji wg **PN-B-03264:2002**, określającej zasady obliczeń i wymiarowania dla konstrukcji **żelbetowych**. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_ZELB pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Żelbet - PN-84/B-03264**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji wg **PN-84/B-03264** określającej zasady obliczeń i wymiarowania dla konstrukcji **betonowych i żelbetowych**. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_ZB84 pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Drewno - PN-B-03150:2000**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji wg **PN-B-03150:2000**, określającej zasady obliczeń i wymiarowania dla konstrukcji **drewnianych**. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_DREW pakietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

**Drewno - PN-81/B-03150**

Zintegrowane wymiarowanie prętów konstrukcji wg **PN-81/B-03150**, określającej zasady obliczeń i wymiarowania dla konstrukcji **drewnianych**. Działanie tej opcji polega na ustanawianiu konwersacji z opcjonalnym modulem RM\_DR81 pa-



kietu RM z wykorzystaniem mechanizmu systemu Windows tzw. dynamicznej wymiany danych (ang. DDE).

- Teoria II rzędu** Włącznik wykonania obliczeń wg. teorii II-go rzędu. Jej włączenie sprawia, że wyniki obliczeń, o których mowa wyżej, będą wykonane zgodnie z założeniami teorii II-go rzędu czyli z uwzględnieniem interakcji sił osiowych i momentów zginających.
- Imperfekcje** Włącznik uwzględnienia imperfekcji w obliczeniach wg. teorii II-go rzędu. Jego włączenie sprawia, że we wszystkich wynikach obliczeń będą uwzględnione efekty II-go rzędu spowodowane zadanymi imperfekcjami.
- Kombinatoryka** Włącznik wykonania obliczeń dla zadeklarowanych kombinacji obciążeń. Jego włączenie powoduje wykonanie obliczeń dla obwiedni.
- Obciążenia obliczeniowe** Włącznik wykonania obliczeń dla obliczeniowych wartości obciążeń. Jego wyłączenie powoduje wyznaczanie wielkości przekrojowych dla charakterystycznych wartości obciążeń, tzn. z pominięciem wszystkich współczynników nałożonych na obciążenia.
- Część długotrwała obc.** Włącznik wykonania obliczeń dla obciążeń długotrwałych. Jego wyłączenie powoduje uwzględnianie w obliczeniach statycznych obciążeń stałych oraz obciążeń zmiennych pomnożonych przez współczynnik części długotrwałej obciążeń. Obciążenia wyjątkowe są pomijane.

## Parametry

### Parametry Aplikacji ...

Określanie parametrów domyślnych aplikacji RM\_WIN. Mają one charakter globalny, a od ich ustalenia zależy działanie niektórych opcji i funkcji programu.

Szczegółowe omówienie znaczenia i roli parametrów programu zawarte jest w systemie pomocy programu RM\_WIN.

### Numeracja prętów i węzłów

Przełącznik do wyświetlania lub ukrywania numeracji prętów i węzłów ukazywanych w oknach roboczych poszczególnych opcji na schemacie konstrukcji.

### Schemat obciążeń

Przełącznik do wyświetlania lub ukrywania obciążeń ukazywanych w oknach roboczych poszczególnych opcji wyników na schemacie konstrukcji. Po jego włączeniu na schemacie

ukazywane są obciążenia należące do aktywnych grup obciążeń, dla których zostały wykonane obliczenia.

#### Linie wymiarowe

Przełącznik do wyświetlania lub ukrywania kontrolnych linii wymiarowych ukazywanych w oknach roboczych poszczególnych opcji na schemacie konstrukcji.

#### Wartości

Przełącznik do wyświetlania lub ukrywania wartości rzędnych wykresów ukazywanych w oknach roboczych poszczególnych opcji wyników na schemacie konstrukcji.

#### Parametry opcji ...

Określanie parametrów mających wpływ na działanie niektórych opcji programu oraz sposób wizualizacji okien roboczych tych opcji.

### Okna

#### Zoom

Powiększanie skali wyświetlania schematu konstrukcji w oknach roboczych opcji. Pozwala na wybranie fragmentu rysunku, który ma być powiększony do rozmiarów okna roboczego. Wraz ze powiększeniem następuje proporcjonalne powiększenie poszczególnych elementów graficznych rysunku (grubość linii prętów, węzły, numeracja).

#### Zoom 1:2

Dwukrotne automatyczne pomniejszanie skali wyświetlania schematu konstrukcji w oknach roboczych opcji.. Wraz ze pomniejszeniem następuje proporcjonalne zmniejszenie poszczególnych elementów graficznych rysunku (grubość linii prętów, węzły, numeracja).

#### Auto-Zoom

Automatyczne dostosowanie skali wyświetlania rysunków do rozmiarów fizycznych okna roboczego czyli tzw. centrowanie.

#### Ułóż obok

Automatyczne rozmieszczenie wszystkich otwartych okien poszczególnych opcji sąsiadująco, z wykorzystaniem całego okna głównego aplikacji RM\_WIN. Przydatne, gdy zachodzi potrzeba wizualizacji obrazu konstrukcji dla porównania wyników obliczeń lub sprawdzenia poprawności danych wzajemnie powiązanych.

#### Kaskada

Automatyczne rozmieszczenie wszystkich otwartych okien poszczególnych opcji kaskadowo, z wykorzystaniem całego okna głównego aplikacji RM\_WIN. Przydatne, gdy zachodzi potrzeba częstego przełączania pomiędzy poszczególnymi oknami.

#### Zamknij wszystkie

Automatyczne zamknięcie wszystkich otwartych okien roboczych opcji.

- Uporządkuj ikony** Automatyczne uporządkowanie ikon wszystkich otwartych okien, które wcześniej zostały zwinięte do ikony.
- Lista okien** Zawiera nazwy otwartych okien aplikacji RM\_WIN, a jej zawartość zmienia się w trakcie wywoływania różnych opcji programu. Służy do przełączania (uaktywniania) okien za pośrednictwem menu, co jest szczególnie przydatne w przypadku wzajemnego przysłaniania się okien.

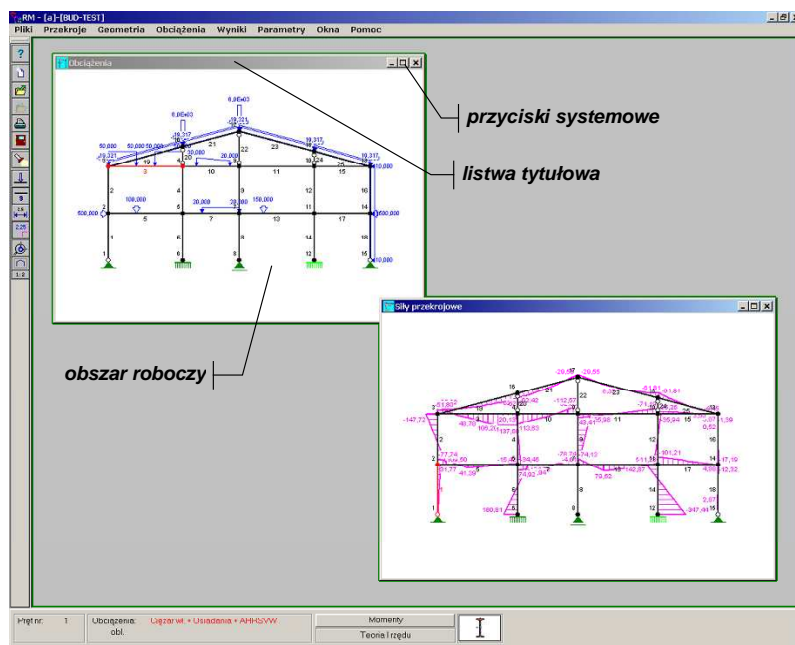
## Pomoc

- Pomoc kontekstowa** Wywołanie systemu pomocy dla aplikacji RM\_WIN i ukazanie tematu bezpośrednio związanego z aktywną opcją aplikacji, co można osiągnąć również przez użycie klawisza [F1].  
Informacje systemu pomocy dla aplikacji RM\_WIN 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 aplikacji RM\_WIN. Warunkiem poprawnego działania systemu pomocy jest obecność plików **rm-win.chm** w katalogu aplikacji RM\_WIN.
- O „RM-Win”...** Wyświetlenie okna informacyjnego o wersji programu, jego autorach, danych o użytkowniku oraz daty następnej autoryzacji klucza.

**Okna robocze opcji:** są tworzone automatycznie dla opcji związanych z kreowaniem elementów konstrukcji oraz prezentacji wyników analizy, a mianowicie:

- edycja przekrojów zadania
- kreowanie geometrii konstrukcji
- specyfikacja prętów
- specyfikacja węzłów
- zmiana numeracji prętów
- zmiana numeracji węzłów
- zadawanie imperfekcji
- deklarowanie obciążeń
- prezentacja naprężeń
- prezentacja sił przekrojowych
- prezentacja reakcji
- prezentacja przemieszczeń i deformacji prętów
- prezentacja długości wyboczeniowych
- wymiarowanie prętów konstrukcji stalowych wg PN-90/B-03200
- wymiarowanie połączeń prętów stalowych wg PN-90/B-03200, PN-85/B-03215 i PN-B-03215:1998

- wymiarowanie prętów konstrukcji stalowych zaprojektowanych jako dźwigary ze środkiem falistym typu SIN
- wymiarowanie prętów konstrukcji stalowych zaprojektowanych jako dwuteowe dźwigary ażurowe
- wymiarowanie prętów konstrukcji żelbetowych wg PN-B-03264:2002
- wymiarowanie prętów konstrukcji żelbetowych wg PN-84/B-03264
- wymiarowanie prętów konstrukcji drewnianych wg PN-B-03150:2000
- wymiarowanie prętów konstrukcji drewnianych wg PN-81/B-03150



Rys. 5 - Okno robocze opcji

Okna robocze dla wszystkich wyżej wymienionych trybów pracy programu są zarządzane za pomocą standardowego mechanizmu aplikacji wielodokumentowych (ang. MDI), co oznacza, że mają jednolity styl i są zaopatrzone w elementy kontrolne służące do zarządzania nimi, a mianowicie:

- **obszar roboczy**, w którym dokonywana jest wizualizacja schematu ustroju związana z odpowiadającą danemu oknu opcją,
- **listwa tytułowa** zawierająca nazwę-identyfikator okna, skojarzoną z nazwą opcji programu dla której to okno jest tworzone,
- **systemowe przyciski** służące do: maksymalizacji, minimalizacji, zwiłania do ikony i przywracania okna,

Szczegóły na temat operacji ekranowych wymienionych elementów kontrolnych okna roboczego są zawarte w systemie pomocy systemu Windows i w podręczniku jego użytkowania.

Domyślnie nowo tworzone okno robocze opcji jest rozwijane na cały obszar głównego okna roboczego aplikacji RM\_WIN ale jego wielkość i pozycja w

oknie głównym może być w każdej chwili zmieniona. Do tego celu służą polecenia opcji **Okna**.

Jednocześnie może być otwarte kilka okien roboczych opcji, co pozwala na równoległą pracę w kilku trybach pracy z programem i kontrolowania skutków dokonywanych zmian w różnych aspektach.

**Pasek narzędzi:** Jest usytuowany pionowo z lewej strony głównego okna aplikacji, składający się z ikon (piktogramów) stanowiących skróty często używanych funkcji w danej opcji programu.

Każda ikona paska narzędzi stanowi przycisk, którego kliknięcie powoduje natychmiastowe wykonanie przypisanej mu operacji, a mianowicie:



- wywołanie kontekstowego systemu pomocy dla aplikacji RM\_WIN,



- czytanie zadania z dyskowego katalogu zadań,



- zapis zadania do bieżącego, dyskowego katalogu zadań,



- zamknięcie aplikacji RM\_WIN - wyjście z programu,



- wywołanie opcji wydruku,



- automatyczne centrowanie rysunku wyświetlanego w oknie roboczym opcji,



- automatyczne dwukrotne zmniejszenie rysunku wyświetlanego w oknie roboczym opcji,



- wywołanie trybu dowolnego powiększania rysunku wyświetlanego w oknie roboczym opcji,



- usuwanie elementów konstrukcji,



- automatyczne wyszukiwanie wartości ekstremalnych wyników obliczeń,



- wygaszanie lub wyświetlanie symboli obciążeń na rysunku schematu konstrukcji,



- wygaszanie lub wyświetlanie numerów prętów i węzłów na schemacie konstrukcji,



- wygaszanie lub wyświetlanie linii wymiarowych na rysunku schematu konstrukcji,



- wygaszanie lub wyświetlanie wartości liczbowych rzędnych wykresów,



- wywołanie trybu sekwencyjnej zmiany numeracji prętów lub węzłów,



- wywołanie trybu przypisywania przekrojów do prętów poprzez stemplowanie,



- wyświetlanie liczbowej charakterystyki geometrycznej przekroju w oknie edycji przekroju,



- wywołanie opcji dzielenia pręta (tworzenia nowego węzła),



- obracanie kształtownika w przekroju,



- obracanie całej konstrukcji prętowej - w opcji **Właściwości węzłów** lub całego przekroju - przy jego edycji,



- pobranie nowego kształtownika przy edycji przekroju,



- dodanie nowego obciążenia do pręta,



- wyświetlanie diagramu stopnia wykorzystania nośności prętów, co jest dostępne z poziomu okien roboczych opcji:

**Wyniki-Napężenia,**

**Wyniki - Stal-PN-90/B-03200**

**Wyniki - Drewno-PN-B-03150:2000**

**Wyniki - Drewno-PN-81/B-03150,**



- automatyczna symetryzacja schematu ustroju polegająca na dołączeniu zwierciadlanego odbicia aktualnej części schematu w opcji **Geometria - Węzły**.



- umieszczanie w schowku systemu Windows struktur danych związanych z wymiarowaniem aktywnego pręta w opcjach:

**Wyniki - Stal-PN-90/B-03200**

**Wyniki - Stal-Środek falisty**

**Wyniki - Stal-Dźwigar ażurowy**

**Wyniki - Żelbet-PN-B-03264:2002**

**Wyniki - Żelbet-PN-84/B-03264,**

**Wyniki - Drewno-PN-B-03150:2000**

**Wyniki - Drewno-PN-81/B-03150**

z myślą kopiowania tych danych do danych innego pręta.



- kopiowanie ze schowka - uprzednio w nim umieszczonej - struktury danych związanej z wymiarowaniem pręta w opcjach:

**Wyniki - Stal-PN-90/B-03200**

**Wyniki - Stal-Środek falisty**

**Wyniki - Stal-Dźwigar ażurowy**

**Wyniki - Żelbet-PN-B-03264:2002**

**Wyniki - Żelbet-PN-84/B-03264,**

**Wyniki - Drewno-PN-B-03150:2000**

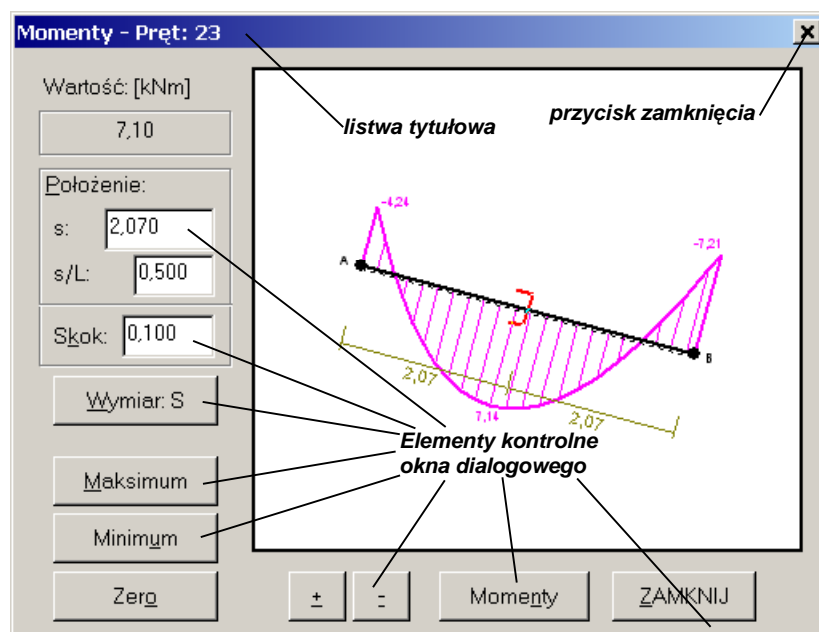
**Wyniki - Drewno-PN-81/B-03150**

do danych wymiarowania aktywnego pręta, czyli - po prostu - powielanie danych wymiarowania na pręty o podobnych warunkach i parametrach wymiarowania.

Każde okno robocze opcji jest wyposażone w indywidualny pasek narzędzi, w skład którego wchodzi tylko te przyciski, którym odpowiadają dostępne w danym momencie funkcje.

**Okno statusu:** Jest usytuowane w dolnej części głównego okna aplikacji RM\_WIN i jest ściśle związane z aktywnym oknem roboczym.

Okno statusu służy do wyświetlania najistotniejszych informacji mających związek z aktywnym oknem roboczym danej opcji. Informacje te są merytorycznie pogrupowane w prostokątnych polach wypełnionych kolorem szarym. Niektóre z tych pól pełnią rolę przycisków, co można rozpoznać po ich cieniowanych krawędziach. Oznacza to, że kliknięcie myszką na tym polu lub użycie kombinacji klawiszy **[Ctrl]+<podkreślona litera nazwy elementu pola>** spowoduje pojawienie się okna dialogowego, którego elementy kontrolne mają związek z informacjami wyświetlanymi w polu okna statusu pełniącym rolę przycisku.



Rys. 6 - okna dialogowe

**Okna dialogowe:** Są to okna specjalnego typu przeznaczone do wyświetlania i modyfikowania fragmentarycznych informacji związanych z zadaniem.

Okno dialogowe jest wyświetlane doraźnie, tzn. na czas wykonania operacji na jego elementach kontrolnych i wszelkie polecenia pochodzące z klawiatury lub od myszy dotyczą tylko tego okna. W celu zamknięcia okna dialogowego należy użyć elementu kontrolnego zamknięcia (najczęściej są to przyciski **OK**, **Anuluj**, **Zamknij**). Oprócz elementów kontrolnych, takich jak:

- pola liczbowe,
- przełączniki,
- listy,
- przyciski,

właściwych dla danego dialogu, każde okno dialogowe jest wyposażone jest w:

- **listwę tytułową**, w której wyświetlana jest nazwa dialogu.
- **przycisk zamknięcia** - systemowe narzędzie zamknięcia (ukrycia) okna dialogowego.





## ZAGADNIENIA OGÓLNE

### Postawy teoretyczne algorytmów obliczeniowych

Podstawą teoretyczną algorytmu obliczeń jest liniowa - zarówno pod względem geometrycznym jak i fizycznym - teoria pręta, a zastosowana w algorytmie metoda analizy statycznej i kinematycznej układów prętowych jest odpowiednio zmodyfikowaną metodą przemieszczeń uwzględniającą zarówno odkształcenia wywołane momentami zginającymi jak i siłami osiowymi. Dzięki tej metodzie uzyskiwane w programie wyniki obliczeń statycznych i kinematycznych mają charakter ścisły w ramach liniowej teorii pręta pryzmatycznego.

Zastosowana parametryzacja elementów (prętów) modelu obliczeniowego układu prętowego została pomyślana w taki sposób, że model obliczeniowy całkowicie pokrywa się z - kreowanym przez użytkownika - modelem (schematem) geometrycznym ustroju, tzn. przy agregacji układu równań nie dokonuje się dodatkowego podziału prętów na elementy, a wyniki odnoszące się do prętów (siły przekrojowe, ugięcia) są wyznaczane w sposób algebraiczny.

Algorytm obliczeń według teorii II-go rzędu wywodzi się ze ścisłego ujęcia wariacyjnego zagadnienia, co gwarantuje dobrą dokładność rozwiązania zadania nawet przy najbardziej skomplikowanych układach prętowych.

Szczegółowy opis algorytmu obliczeń wg teorii II-go rzędu przedstawiony jest w artykule pt. „**Analiza statyczna płaskich konstrukcji prętowych wg teorii II-go rzędu za pomocą pakietu RM**”, zamieszczonym w miesięczniku **Inżynieria i Budownictwo**, nr 7/94.

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

### Kombinacje obciążeń

Przez *kombinację grup obciążeń* należy rozumieć zestaw grup obciążeń, które są kreowane w opcji **Obciążenia**, a oznaczane literami alfabetu. A więc maksymalna liczba grup obciążeń wynosi 24. Z każdą *kombinacją grup obciążeń* jest stowarzyszony literał kombinacji będący ciągiem małych i dużych liter alfabetu. Jeśli w literale *kombinacji grup obciążeń* występuje duża litera alfabetu - oznacza to, że wartości charakterystyczne obciążeń zaliczonych do grupy oznaczonej tą literą są mnożone przez pierwszy współczynnik obciążeniowy  $\gamma_f$ , a w przypadku małej litery - wartości charakterystyczne są mnożone przez drugi współczynnik obciążeniowy  $\gamma_f$ . Dotyczy to oczywiście wszelkich wyników, które mają być uzyskane dla obliczeniowych wartości obciążeń.

Wszelkie obliczenia wykonywane przez program RM\_WIN są mogą być przeprowadzane dla tzw. *aktualnej kombinacji grup obciążeń* lub dla uzyskania odpowiedni wyznaczanych wielkości statycznych lub kinematycznych - automatycznie lub półautomatycznie.

Przy wyznaczaniu obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych, czyli przy wykonywaniu obliczeń z włączoną przełącznikiem **Kombinatoryka**, realizowana jest procedura automatycznego generowania kombinacji grup obciążeń. Sposób działania tej procedury może być w pełni automatyczny (tryb domyślny) lub półautomatyczny - określany poprzez klasy kombinacji, których deklaracja odbywa się w opcji **Obciążenia / Kombinacje grup obc.** W opcji tej można zadeklarować 9 klas kombinacji składających się z dwóch łańcuchów znakowych **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 wszystkie łańcuchy **Zawsze** inicjowana są jako puste, natomiast łańcuch **Ewentualnie** pierwszej klasy kombinacji zawiera wszystkie grupy obciążeń zdefiniowanych dla danego ustroju. W takiej sytuacji program generuje wszystkie możliwe kombinacje istniejących grup obciążeń.

*Uwaga: Deklarowanie tzw. klas kombinacji 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 generowania kombinacji:

##### 1. Zawsze:

Ewentualnie: **A+B+C+D**

Kombinacje:

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

##### 2. Zawsze:

**A**

Ewentualnie: **B+C+D**

Kombinacje:

1) <b>A</b>	5) <b>ABC</b>
2) <b>AB</b>	6) <b>ABD</b>
3) <b>AC</b>	7) <b>ACD</b>
4) <b>AD</b>	8) <b>ABCD</b>

##### 3. Zawsze:

Ewentualnie: **A+B+C/D/E**

Kombinacje:

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

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) <b>A</b>   | 5) <b>AD</b>  | 9) <b>BE</b>   | 13) <b>BDE</b> |
| 2) <b>AC</b>  | 6) <b>ADE</b> | 10) <b>BCE</b> |                |
| 3) <b>AE</b>  | 7) <b>B</b>   | 11) <b>BD</b>  |                |
| 4) <b>ACE</b> | 8) <b>BC</b>  | 12) <b>BE</b>  |                |

Zanim dla wygenerowanej kombinacji obciążeń zostaną przeprowadzone obliczenia statyczne sprawdzana jest jej zgodność z relacjami grup obciążeń zawartymi w specjalnej tabeli (opcja **Obciążenia / Relacje grup obc.**). Relacje zawarte w tej tabeli pozwalają na eliminację niedopuszczalnych kombinacji, które nie mogą wstąpić ze względu na fizyczny charakter niektórych obciążeń. W tabeli relacji można określić następujące relacje między dwoma grupami obciążeń:

- **wykluczenie** jednoczesnego działania obciążeń (Np. *Wiatr z lewej - wiatr z prawej*; *Śnieg - temperatura latem*),
- **łączne** działanie obciążeń - obie grupy obciążeń muszą występować w danej kombinacji,
- **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).

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

- **Obciążenia nie występują** - wykluczenie obciążeń danej grupy z kombinatoryki obciążeń,
- **Obciążenia występują zawsze** (Np. obciążenia stale działające na ustrój nie będące ciężarem własnym).

Jeżeli dana kombinacja obciążeń nie spełnia relacji grup obciążeń, wówczas nie jest ona brana pod uwagę podczas wyznaczania obwiedni wielkości statycznych.

#### Przykłady relacji grup obciążeń:

**Ad 1. a)** Obciążenia **B** i **C** wykluczają się wzajemnie.

W obliczeniach nie uwzględniane są kombinacje, w których występują obie grupy, tzn. kombinacja nr: **9, 12, 15 i 16**.

**b)** Obciążenia **C** i **D** występują łącznie.

W obliczeniach uwzględniane są tylko kombinacje, w których występują obie grupy, tzn. kombinacja nr: **11, 14, 15 i 16**.

**c)** Obciążenia **D** występują pod warunkiem występowania obciążeń **A**.

Nie uwzględniane są w obliczeniach kombinacje, w których występuje grupa **D** i nie występuje grupa **A**, tzn. kombinacja nr: **5, 10 i 11**.

**Ad 4. a)** Obciążenia **A** występują zawsze.

W obliczeniach uwzględniane są tylko kombinacje, w których występuje grupa **A**, tzn. kombinacja o numerach od **1** do **6**.

### Kombinacje dla obliczeniowych wartości obciążeń

Program RM\_WIN wykonuje obliczenia statyczne i kinematyczne dla obliczeniowych wartości obciążeń przy włączonej klauzuli **Wyniki / Obciążenia obliczeniowe**. Wartości te zależne są od częściowych współczynników bezpieczeństwa oraz od aktualnej kombinacji obciążeń zmiennych.

Ustalanie wartości obliczeniowych obciążeń realizowane przez program RM\_WIN jest w pełni zgodne z normą PN-82/B-02000 i odbywa się na podstawie danych określonych w opcji **Obciążenia / Grupy obciążeń**.

Dla **kombinacji podstawowych** wg PN-82/B-02000 p.4.2.2. współczynniki redukcji jednoczesności obciążeń ( $\psi_o$ ) ustalane są na podstawie uszeregowania obciążeń zmiennych występujących w danej kombinacji według ich znaczenia.

Temu celowi służy liczba **Znaczenie** definiowana w opcji **Obciążenia / Grupy obciążeń**. Liczba ta jest liczbą naturalną od 1 do 99 i służy jedynie określeniu kolejności obciążeń wg ich znaczenia od najmniejszej liczb do największej. Na podstawie 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  $\psi_o$ . W szczególności gdy wszystkie grupy posiadają **Znaczenie** równe 1, to współczynnik  $\psi_o$  dla wszystkich grupy obciążeń wynosi 1,0.

#### Przykład:

Dla grup obciążeń z przykładu 2 przypisane zostały znaczenia w następujący sposób:

**A** - obc. stałe;      **B** - 3;      **C** - 1;      **D** - 2

Wartości współczynnika  $\psi_o$  dla poszczególnych kombinacje:

- |                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1) <b>A</b>    |                |                |                |
| 2) <b>AB</b>   | <b>B</b> - 1,0 |                |                |
| 3) <b>AC</b>   | <b>C</b> - 1,0 |                |                |
| 4) <b>AD</b>   | <b>D</b> - 1,0 |                |                |
| 5) <b>ABC</b>  | <b>B</b> - 0,9 | <b>C</b> - 1,0 |                |
| 6) <b>ABD</b>  | <b>B</b> - 0,9 | <b>D</b> - 1,0 |                |
| 7) <b>ACD</b>  | <b>C</b> - 1,0 | <b>D</b> - 0,9 |                |
| 8) <b>ABCD</b> | <b>B</b> - 0,8 | <b>C</b> - 1,0 | <b>D</b> - 0,9 |

Dla **kombinacji wyjątkowej** wszystkim grupom obciążeń zmiennych nadawany jest współczynnik  $\psi_o = 0,8$  niezależnie od ich znaczenia.

Obciążenia należące do określonej grupy obciążeń mogą mieć zdefiniowane jedną lub dwie wartości częściowego współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma_f$ .

Uwzględnianie alternatywnej wartości współczynnika  $\gamma_{f2}$  dla określonej grupy obciążeń odbywa się automatycznie podczas generowania kombinacji obciążeń, a sygnalizowane jest przez wyświetlanie symbolu tej grupy jako małej litery.

Włączenie klauzuli **Wyniki / Część długotrwałą obc.** powoduje, że dodatkowo dla obciążeń zmiennych uwzględniane są współczynniki ich części długotrwałej, a obciążenia wyjątkowe są pomijane.

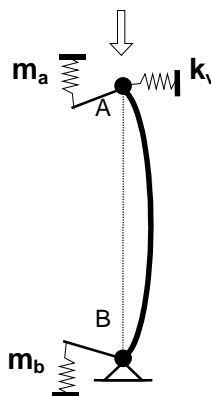
### Kombinacje dla charakterystycznych wartości obciążeń

Charakterystyczne wartości obciążeń uzyskuje się przy wyłączonej klauzuli **Wyniki / Obciążenia 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 w opcji **Obciążenia / Grupy obciążeń**.

Kombinacje obciążeń długotrwałych uzyskuje się przy włączonej klauzuli **Wyniki / Część długotrwałą obc.**

### Długości wyboczeniowe

Uaktywnienie opcji **Wyniki / Długości wyboczeniowe** powoduje wyznaczenie długości wyboczeniowych dla wszystkich prętów ustroju. Przyjęty algorytm wyznaczania długości wyboczeniowych prętów ram oparty został na sugestii zawartych w opracowaniu: *Stanisław Weiss, Marian Giżejowski: Stateczność konstrukcji metalowych. Układy prętowe. Arkady Warszawa 1991.*



Rys. 7 - model wyboczenia pręta.

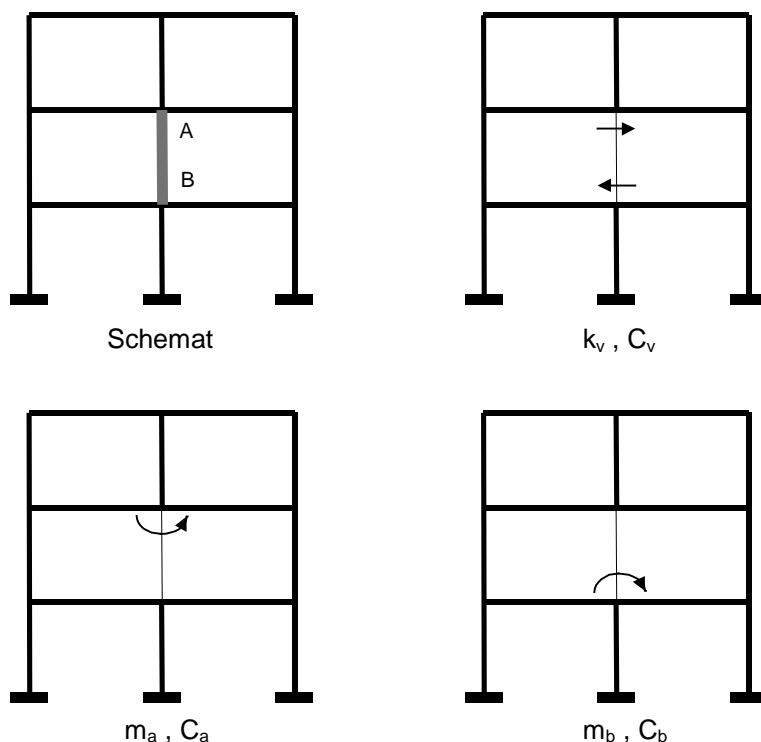
W celu wyznaczenia długości wyboczeniowej pręta ramy rozwiązywane jest zagadnienie wyboczenia pręta zastępczego podpartego i zamocowanego sprężysto. Podatności sprężyn mocujących pręt wyznaczone są jako rzeczywiste podatności węzłów ustroju, z którymi połączony jest pręt (węzeł A i B na rysunku poniżej). Wyznaczane są podatności węzłów na obrót ( $C_a$ ,  $C_b$ ) oraz podatność na przesuw w kierunku prostopadłym do pręta ( $C_v$ ) jako unormowane wielkości bezwymiarowe. Podatności węzłów przyjmują wartości z zakresu od 0 do 1, przy czym zero odpowiada całkowitemu zamocowaniu pręta, a jedynce - brak zamocowania.

Podatności węzłów określone są następującymi relacjami:

$$C_a = \frac{m_a}{m_a + 4EJ / L}, \quad C_b = \frac{m_b}{m_b + 4EJ / L}, \quad C_v = \frac{k_v}{k_v + EJ / L},$$

gdzie  $m_a$ ,  $m_b$ ,  $k_v$  - sztywności ustroju w węzłach A i B, natomiast  $EJ/L$  dotyczy analizowanego pręta.

Jeżeli w układzie występują pręty typu *ciągno*, wówczas wyznaczane są podatności węzłów w obu kierunkach i do dalszych obliczeń przyjmowane są większe z nich. Podczas wyznaczania podatności węzłów eliminowany jest wpływ sztywności analizowanego pręta, a na węzły A i B nakładane są dodatkowe więzy kinematyczne.




**Rys. 8** - sposób wyznaczania podatności węzłów A i B.


Przy wyznaczaniu podatności węzłów układu uwzględniany jest efekt redukcji sztywności giętej prętów ustroju zależny od stosunku siły osiowej występującej w pręcie do siły krytycznej dla tego pręta ( $N/N_{cr}$ ). Realizowane jest to poprzez poprawianie macierzy sztywności ustroju o tzw. macierz geometryczną, która jest wykorzystywana przez program RM\_WIN w obliczeniach wg teorii II-go rzędu. Uzyskiwane w ten sposób długości wyboczeniowe zależne są od rozkładu sił osiowych w prętach ustroju, a tym samym od aktualnego układu obciążeń. Oznacza to również, że dla obciążeń przewyższających obciążenie krytyczne ustroju może pojawić się brak sztywności węzłów utrzymujących pręt.

## Sporządzanie dokumentu (wydruku)

Opcja tworzenia dokumentów jest jedną z najważniejszych funkcji każdego użytkowego programu komputerowego dlatego dołożono starań aby opcję tą cechowała z jednej strony prostota, a z drugiej elastyczność w redagowaniu dokumentu.

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 okna podglądu dokumentu programu RM\_WIN 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.

Rys. 9 - Parametry wydruku

Dokument ma formę tabelaryczno-graficzną, a jego zawartość zależy od ustawień dokonanych przez użytkownika w oknie dialogowym **Wydruk** (Rys. 9) otwieranym za pomocą polecenia menu **Pliki/Drukuj...** lub bezpośrednio narzędziem  paska narzędzi programu.

Zawartość dokumentu (wydruku) zadania zależy od ustawienia parametrów w elementach dialogu, a mianowicie:

**Grupa Nagłówek stron wydruku** - zawiera elementy nagłówka, który będzie wydrukowany na wszystkich stronach wydruku:

- Projekt - nazwa projektu
- Pozycja - pozycja dokumentacji projektu

**Grupa Ustrój** - zawiera przełączniki, których stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu fragmentów wydruku dotyczących danych o zadaniu.

**Grupa Wyniki** - zawiera przełączniki, których stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu części wydruku dotyczących wyników analizy zadania.

**Przełącznik Stal** - umożliwia włączenie do wydruku - w formie tabelarycznej - wyników dotyczących wymiarowania prętów stalowych wg PN-90/B-03200.

**Przycisk Opcje** - związany z włącznikiem **Stal** i służy do ustalenia zakresu wydruku dotyczącego wymiarowania prętów stalowych.

**Włącznik Obciążenia oblicz.** - jego stan decyduje dla jakich obciążeń mają być wykonane obliczenia. Jeśli jest on włączony, to wyniki będą odpowiadały obciążeniom obliczeniowym, czyli pomnożonych przez częściowe współczynniki bezpieczeństwa.

**Włącznik Część długotrwałą obc.** - jego stan decyduje dla jakich obciążeń mają być wykonane obliczenia. Jeśli jest on włączony, to wyniki będą odpowiadały obciążeniom długotrwałym, czyli pomnożonych przez współczynniki części długotrwałej obciążenia, które są określone dla poszczególnych grup obciążeń.

**Włącznik Wyniki z komb. obciążeń** - jego stan decyduje o kontekście wyników określonych w grupie **Wyniki**. Jeśli jest on włączony, to wyniki będą odpowiadały analizie zadania dla zadeklarowanych kombinacji grup obciążeń (obwiednie).

**Włącznik Tekst** - jego włączenie sprawi, że do wydruku zostanie włączona jego część tekstowa.

**Włącznik Wartości na schematach** - jego stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu drukowania wartości liczbowych rzędnych wykresów na rysunkach schematów konstrukcji w części graficznej wydruku.

**Uwagi:** 1. Włączanie tego parametru nie jest wskazane przy małej skali rysunków lub przy dużym zagęszczeniu prętów konstrukcji ponieważ może to pogorszyć czytelność rysunków na wydruku.

2. Wielkość czcionki użytej do drukowania wartości na schematach jest zależna od parametru **Wysokość numeracji** określanego w opcji **Parametry aplikacji**.

**Włącznik Grafika** - jego stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu rysunków związanych z poszczególnymi fragmentami wydruku.

**Włącznik Wartości na schematach** - jego stan decyduje o ukazywaniu lub ukrywaniu wartości liczbowych rzędnych wykresów na schematach części



rysunkowych dokumentu.

**Włącznik Węzły** - umożliwia wyłączenie rysowania symboli węzłów na schematach konstrukcji w części graficznej wydruku.

**Uwaga:** Wyłączanie rysowania węzłów może poprawić czytelność wydruku w sytuacji, gdy informacje o sposobie połączenia prętów w węzłach są zbędne (np. dla kratownicy).

**Włącznik Tekst** - jego stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu części tekstowej (tabel) w dokumencie (wydruku). Po jego wyłączeniu dokument będzie zawierał jedynie części rysunkowe, po warunkiem, że włącznik **Grafika** będzie włączony.

**Włącznik Linie wymiarowe** - jego stan decyduje o włączeniu lub wyłączeniu rysowania linii wymiarowych na schematach konstrukcji w części graficznej wydruku.

**Włącznik Skala schematu** - jego włączenie umożliwia zadawanie przez użytkownika (w polu stowarzyszonym z tym włącznikiem) skali rysunków zawierających schemat ustroju w części graficznej dokumentu. Przy czym w przypadku, gdy wielkość rysunków wynikających z zadanej skali nie będzie mieścić się na stronie formatu A4, to program automatycznie dokona odpowiednio podziału obszarów rysunków na części tak, aby każda z nich mieściła się na arkuszu formatu A4.

Wyłączenie tego włącznika sprawi, że program automatycznie dobierze skalę rysunków tak, aby w całości mieściły się na arkuszu formatu A4.

**Pole edycyjne Współczynnik skali schematu** - zawiera liczbę stanowiącą współczynnik skali elementów graficznych (pręty, podpory, węzły) rysunków części graficznej dokumentu.

**Uwagi:** 1. Należy unikać zbyt małego lub zbyt dużej i zbyt małej wartości tego współczynnika ponieważ rysunki na wydruku mogą być mało czytelne.

2. Dla uzyskania na wydrukach pożądanej skali wykresów naprężeń, sił przekrojowych, przemieszczeń oraz symboli reakcji - można posłużyć się parametrem **Skala wykresu**, który jest dostępny w oknach dialogowych **Parametry opcji** dla każdej z wymienionych wielkości osobno, tzn.: w opcjach

**Naprężenia**

**Siły przekrojowe**

**Przemieszczenia**

**Reakcje**

**Pole edycyjne Współczynnik wielkości czcionki** - zawiera liczbę stanowiącą współczynnik skali czcionki użytej przez program do tekstów (wartości) umieszczanych na rysunkach części graficznej dokumentu. Wartość tą należy dobrać indywidualnie do własnych potrzeb mając na względzie właściwości sprzętowe i systemowe komputera.

**Przycisk Przeglądaj** - polecenie wyświetlania wydruku na ekranie monitora. jako podglądu wydruku przed jego wykonaniem na drukarce, co pozwala na

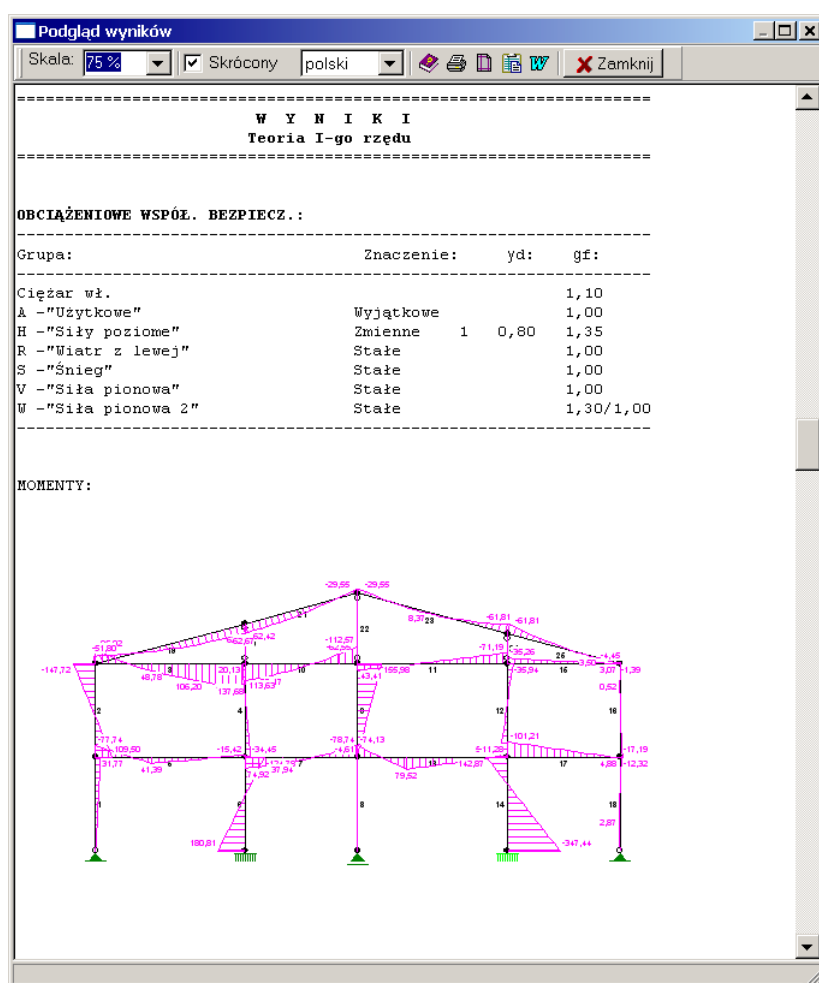
dokonanie ewentualnych korekt parametrów wydruku. Jeśli obliczenia nie zostały wcześniej wykonane, to przed sporządzeniem wydruku zostaną one automatycznie wykonane.

**Przycisk Zaznacz** - służy do automatycznego włączenia wszystkich przełączników grup **Ustrój** i **Wyniki**.

**Przycisk Wyłącz** - służy do automatycznego wyłączenia wszystkich przełączników grup **Ustrój** i **Wyniki**.

**Przycisk Wszystkich:**

- umieszczony obok przełącznika **Charakterystyka przekrojów** służy do wywołania dialogu umożliwiającego podanie sekwencji numerów przekrojów, których charakterystyka ma być wydrukowana.
- umieszczony obok przełącznika **Wyniki dla prętów...** służy do wywołania dialogu umożliwiającego podanie sekwencji numerów prętów, dla których mają być wydrukowane wyniki obliczeń.



Rys. 10 - przeglądanie dokumentu

*Przycisk Przeglądaj* - polecenie wyświetlenia wydruku na ekranie monitora, które umożliwia dokonanie podglądu wydruku przed jego wykonaniem na drukarce w oknie **Podgląd wyników**, co pozwala na dokonanie ewentualnych korekt parametrów wydruku. Jeśli obliczenia nie zostały wcześniej wykonane, to przed sporządzeniem wydruku zostaną one automatycznie wykonane.

*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 podstawowych informacji dotyczących danych i wyników wymiarowania dźwigara.

*Lista wyboru języka* - do wyboru języka w jakim dokument ma być sporządzony.

*Przyciski:*



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



- polecenie umieszczenia w schowku systemu Windows, wydruku graficzno-tekstowego. Użycie tego przycisku uruchamia procedurę przygotowania wydruku dokumentu w formacie RTF, (ang. Reach Text Format) i umieszczeniu go schowku systemu Windows. Dzięki temu możliwe jest wklejenie zawartości tego wydruku do dowolnego dokumentu edytora pracującego w systemie Windows i akceptującego format RTF (np. MS Word, WordPad, MS Works itp.). Forma tego wydruku jest podobna do formy wydruku bezpośredniego, a o jego zawartości decyduje stan przełączników okna dialogowego **Wydruk**. W przypadku złożonego zadania wykonanie procedury przygotowania wydruku 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.



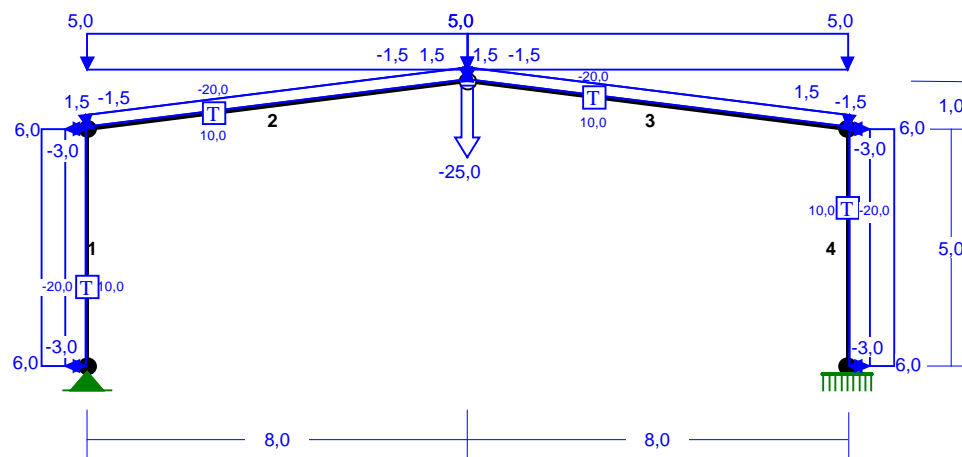
- polecenie bezpośredniego "wklejenia" wyświetlanego dokumentu do aktywnego dokumentu redagowanego w edytorze MS Word. Warunkiem pomyślnego wykonania tego polecenia jest obecność edytora MS Word w zasobach komputera.

Oprócz opisanej wyżej opcji wydruku dokumentu dla konkretnego zadania, stworzono również możliwość eksportu do schowka całej zawartości dowolnego aktywnego **okna roboczego** programu. W tym celu należy otworzyć **podręczne menu** za pomocą prawego przycisku myszy po uprzednim ulokowaniu kursora myszy w obrębie **okna roboczego**, a następnie wybrać polecenie **DoSchowka**.

Należy przy tym pamiętać, aby nie angażować prawego przycisku myszy do innej jego funkcji, a mianowicie przesuwania rysunku w oknie roboczym (włącznik Prawy klawisz myszy w sekcji Przesuwanie zawartości okien zakładki Ogólne okna dialogowego Parametry otwieranego za pomocą polecenia Parametry/Parametry Aplikacji... powinien być wyłączony).

## PRZYKŁAD

W niniejszym rozdziale zamieszczono przykład użycia "krok po kroku" aplikacji RM\_WIN do analizy statycznej i kinematycznej ramy jednonawowej o schemacie statycznym i obciążeniu jak na rysunku 1.



Rys. 1

## Opis zadania

### Schemat statyczny

Schemat statyczny ustroju stanowi geometrycznie symetryczna rama jednonawowa o rozpiętości 16 m i wysokości 6 m. Lewy słupek ramy jest oparty na podporze przegubowo-nieprzesuwnej, a prawy - sztywno zamocowany w fundamencie. Rygle są połączone ze słupami sztywno, natomiast między sobą - przegubowo.

### Przekroje

Wszystkie przekroje prętów ramy są oparte na dwuteowniku zwykłym I 400, tzn.:

- przekrój nr 1 wywodzi się z dwuteownika I 400 przez obniżenie jego wysokości do 300 mm,
- przekrój nr 2 wywodzi się z dwuteownika I 400 przez podwyższenie jego wysokości do 500 mm,

Przekrojom przypisano materiał biblioteczny z rodziny *stal* i o nazwie 18G2.

Słupowi lewemu ramy przypisano dwa przekroje; dla dolnego końca - przekrój nr 1, natomiast dla górnego końca - przekrój nr 2, co oznacza że słupek jest prętem o przekroju, którego wymiary (w tym przypadku wysokość) są zmienne liniowo wzdłuż jego osi.

Lewy rygiel ramy jest również prętem o przekroju zmiennym, co wynika z przypisania przekroju nr 2 do jego lewego (dolnego) końca i przekroju nr 1 - do prawego (górnego) końca.

Prawy rygiel jest odbiciem zwierciadlanym rygla lewego, a więc jest także prętem o przekroju zmiennym.

Prawemu słupowi przypisano przekrój nr 2, co oznacza, że jest on prętem o stałym przekroju.

### Obciążenia

Obciążenie ramy stanowią następujące grupy:

1. Grupa **L** „Parcie wiatru z lewej” - obejmująca obciążenia stanowiące ekwiwalent parcia wiatru z lewej strony ramy. Wszystkie obciążenia tej grupy są rozłożone wzdłuż osi prętów i działają prostopadle, mianowicie:
  - słup lewy - 6,0 kN/m (parcie)
  - rygiel lewy - 1,5 kN/m (parcie),
  - rygiel prawy - 1,5 kN/m (ssanie),
  - słup prawy - 3,0 kN/m (ssanie).
2. Grupa **P** „Parcie wiatru z prawej” - obejmująca obciążenia stanowiące ekwiwalent parcia wiatru z prawej strony ramy. Wszystkie obciążenia tej grupy są rozłożone wzdłuż osi prętów i działają prostopadle, mianowicie:
  - słup lewy - 3,0 kN/m (ssanie)
  - rygiel lewy - 1,5 kN/m (ssanie),
  - rygiel prawy - 1,5 kN/m (parcie),
  - słup prawy - 6,0 kN/m (parcie).
3. Grupa **S** „Obciążenie śniegiem” - jest ekwiwalentem ciężaru śniegu pochodzącego połaci przekrycia i jest rozłożony równomiernie na rzut rygli, a jego wartość wynosi 5,0 kN/m.
4. Grupa **U** „Obciążenie użytkowe” - stanowi siła skupiona o wartości 25,0 kN przyłożona w połączeniu rygli.
5. Grupa **T** „Działanie temperatury” - odpowiada oddziaływaniu różnicy temperatury względem temperatury stanu naturalnego (montażu), a konkretnie obniżeniu temperatury na zewnątrz konstrukcji ramy o 20 stopni i podwyższeniu wewnątrz konstrukcji ramy o 10 stopni.

Przykład ten ma na celu przybliżenie koncepcji i możliwości programu oraz wskazaniu sposobów postępowania w konkretnych sytuacjach. Niezależnie od charakteru zadania, ogólna strategia użycia programu polega na:

- ✓ wykreowania zadania w pamięci komputera, czyli na wyspecyfikowaniu wszystkich danych o ustroju prętowym
- ✓ dokonaniu analizy statycznej i wytrzymałościowej ustroju
- ✓ sporządzaniu dokumentacji zadania w formie wydruków

## **Kreowanie ustroju**

W tym zakresie program nie narzuca żadnego sztywnego toku postępowania ale po załadowaniu programu z poziomu systemu Windows może wykonywać tylko te polecenia, które są w danym momencie dostępne, czyli merytorycznie możliwe.

Do kreowania zadania służą opcje:



- **Przekroje** - przygotowanie listy przekrojów
- **Geometria** - określenie schematu statycznego ustroju
- **Obciążenia** - deklarowanie obciążeń ustroju

Po uruchomieniu programu dostępne są opcje **Przekroje** i **Geometria**, co oznacza, że kreowanie zadania można rozpocząć na dwa sposoby:

1. Wpierw przy pomocy opcji **Przekroje** przygotować listę przekrojów jakie występują w zadaniu, a następnie zdefiniować schemat statyczny ustroju w opcji **Geometria**.
2. Zacząć od zdefiniowania schematu statycznego, a następnie przygotować listę przekrojów.

Zalecany jest sposób pierwszy, gdyż w trakcie definiowania schematu statycznego można na bieżąco dokonywać przypisywania właściwych przekrojów generowanym prętom. Ma to szczególne znaczenie przy korzystaniu z opcji automatycznego generowania typowych struktur prętowych.

### Przygotowanie listy przekrojów

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Wywołanie listy przekrojów	Menu: <b>Przekroje</b> Podmenu: <b>Lista Przekrojów</b>	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[K]+[P]</b>	Na tle okna roboczego aplikacji pojawi się okno dialogowe <b>Lista przekrojów</b> . Okno Listy zawiera domyślny zestaw przekrojów zawarty w pliku <b>nowe.rms</b> .	Lista przekrojów może być wywoływana z poziomu dowolnego okna roboczego opcji. Jeśli przekroje listy domyślnej nie odpowiadają warunkom zadania, to należy je usunąć
Ewentualne usuwanie przekrojów listy domyślnej	Kliknąć na zamierzonej pozycji listy, a następnie na przycisku <b>Usuń</b> . Za pomocą przycisku <b>Usuń zbędne</b> można usunąć wszystkie pozycje listy z wyjątkiem pozycji pierwszej	Przy pomocy klawiszy <b>[↓] [↑]</b> zaznaczyć przekrój na liście, a następnie użyć klawisza <b>[Del]</b> .	Usunięcie przekroju z listy będzie każdorazowo poprzedzone komunikatem żądającym potwierdzenia dokonania operacji usuwania przekroju z listy. Lista musi zawierać co najmniej jeden przekrój, a więc ostatni przekrój nie może być usunięty.	Należy mieć na uwadze fakt, że po usunięciu przekroju następuje automatycznie renumeracja przekrojów listy, co powoduje zmianę ich przypisania do prętów ustroju. Dlatego przy ewentualnych późniejszych zmianach listy przekrojów należy unikać usuwania przekrojów. Zamiast tego lepiej usunąć profile z przekroju i zdefiniować przekrój na nowo.
<b>Przygotowanie przekroju nr 1 - „I 400 --&gt; 300”</b>				
Przejdźcie do trybu edycji przekroju nr 1	Ustawić kursor listy na pozycję pierwszą i kliknąć na przycisku <b>Edytuj</b> .	Użyć klawisza <b>[Enter]</b> lub kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[E]</b>	Otworzy się okno robocze trybu edycji przekroju (wraz z przynależnym mu paskiem narzędzi) z narysowanym przekrojem nr 1 domyślnej listy przekrojów.	Przełącznik wyboru <b>Składany / Wielogąteżiowy</b> musi być ustawiony na pozycji <b>Składany</b> .
Usunięcie zbędnych kształtowników z przekroju	Kliknąć w obrębie konturu kształtownika do usunięcia, a następnie użyć narzędzia  paska narzędzi.	Wyświetlić listę profili przekroju za pomocą kombinacji <b>[Ctrl]+[P]</b> , a w niej zaznaczyć profil do usunięcia, użyć przycisku <b>Usuń profil</b> i zamknąć okno listy profili przyciskiem <b>OK</b> .	Zamierzony profil zostanie usunięty z rysunku przekroju okna roboczego edycji przekroju.	Usuwanie pozostałych profili z przekroju odbywa się w analogiczny sposób. Należy pamiętać o tym, że przekrój musi zawierać co najmniej jeden profil, a liczba profili w przekroju nie jest ograniczona.
Dołączenie nowego kształtownika (dwuteownika)	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć klawisza <b>[Ins]</b> .	Pojawi się okno dialogowe <b>Nowy Profil</b> , zawierające listę kształtowników symbolizowanych przy pomocy przycisków ikonowych oraz przełącznik <b>Profil definiowany</b> .	Stan przełącznika <b>Profil definiowany</b> decyduje o tym, czy wymiary kształtownika mają być pobrane z katalogu dyskowego, czy zadawane przez użytkownika. W tym przypadku przełącznik powinien być wyłączony.
Wybranie rodzaju kształtownika (dwuteownika)	Kliknąć na ikonie symbolizującej dwuteownik	Użyć klawisza <b>[I]</b>	Pojawi się okno dialogowe <b>Nowy profil</b> zawierające listę nominalów dwuteowników wyposażoną w pasek jej przewijania	

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Pobranie kształtownika z katalogu dyskowego	Przy pomocy paska przewijania ustawić kursor listy kształtowników katalogowych na pozycji wskazującej dwuteownik <b>400</b> , a z listy materiałów wybrać <b>18G2(A)</b> i zaakceptować to przyciskiem <b>OK</b> .	Przy pomocy klawiszy-strzałek nasunąć kursor listy dwuteowników na pozycję <b>400</b> , a liście materiałów wskazać <b>18G2(A)</b> następnie użyć klawiszy <b>[Alt]+[O]</b> .	Nastąpi powrót do okna edycji przekroju, w którym ukaże się rysunek wybranego dwuteownika w pozycji domyślnej.	W linii statusu okna edycji przekroju aktywny są przyciski: <b>X Y Fi Skok</b> do otwierania okna dialogowego pozycjonowania profilu w układzie odniesienia <b>Profil</b> do otwarcia okna listy profili <b>Nazwa</b> do okna nadawania nazwy przekrojowi <b>Materiał</b> do otwarcia listy wyboru materiału aktywnego profilu <b>Mat pod</b> do otwarcia listy wyboru materiału przekroju
Zmiana wysokości kształtownika katalogowego	Kliknąć podwójnie w obrębie konturu dwuteownika, a po ukazaniu się okna dialogowego <b>Profile katalogowe</b> użyć przycisku <b>Wymiary</b> .	Użyć klawisza <b>[Enter]</b> , a po ukazaniu się okna dialogowego <b>Profile katalogowe</b> użyć klawiszy <b>[Alt]+[W]</b> .	Ukaże się okno dialogowe <b>Profile definiowane</b> , w którym należy w polu <b>H</b> : zmienić wartość <b>400</b> na <b>300</b> , a następnie zaakceptować - zamykając okno dialogowe przyciskiem <b>OK</b> lub klawiszem <b>[Enter]</b>	Ponieważ projektowany przekrój ma pracować na zginanie w płaszczyźnie środkowej, to nie ma potrzeby dokonywania żadnych operacji związanych z jego orientacją.
Nadanie nazwy przekrojowi	Kliknąć na przycisku <b>Nazwa</b> linii statusu.	Użyć kombinacji <b>[Ctrl]+[N]</b> .	Pojawi się okno dialogowe z polem edycyjnym, w którym należy wpisać: <b>"I 400"</b> .	Domyślnie program nadaje nazwę przekrojowi złożoną z symbolu profilu i zadanych wymiarów pierwszego profilu.

#### Przygotowanie przekroju nr 2 - „I 400 --> 500”

W celu przygotowania przekroju nr 2 należy powtórzyć tok postępowania opisany wyżej z tą różnicą, że wysokość katalogową dwuteownika należy zwiększyć z 400 mm do 500 mm.

### Kreowanie geometrii ramy

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Otwarcie okna roboczego kreowania geometrii ustroju	Wybrać z menu opcje: <b>Geometria-Definiowanie</b> .	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[G]+[D]</b>	Nastąpi otwarcie okna roboczego opcji kreowania geometrii ustroju. wraz z przynależnym mu paskiem narzędzi i linią statusu (w dolnej części ekranu). Z oknem tym jest związany specjalny kursor-krzyż, którego współrzędne położenia wyświetlane są w oknie statusu.	Współrzędne określające położenie kursora są względnymi, a więc są wyświetlane dopiero po utworzeniu pierwszego węzła schematu ustroju
Utworzenie pierwszego węzła	Naprowadzić ruchem myszy kursor na zamierzoną pozycję pierwszego węzła i kliknąć lewy przycisk myszy.	Przy pomocy klawiszy-strzałek nasunąć kursor na zamierzoną pozycję, a następnie użyć klawisza <b>[Enter]</b> .	W miejscu aktualnej pozycji kursora zostanie narysowany węzeł w postaci małego wypełnionego kółka opatrzonego numerem.	Pozycjonowanie kursora myszy za pomocą klawiszy-strzałek odbywa się ze skokiem zadawanym przez użytkownika (przycisk <b>Skok</b> linii statusu). Położenie pierwszego węzła jest całkowicie dowolne, a jego wybór zależy jedynie od kolejności w jakiej będą tworzone (rysowane) kolejne pręty ustroju.
Utworzenie pierwszego pręta ramy (słup lewy) <b>Sposób I</b>	Ruchami myszy nasunąć kursor na pozycję okna roboczego, o współrzędnych: <b>X:0,000, Y:5,000</b> i kliknąć lewym przyciskiem myszy	Przy pomocy klawiszy-strzałek naprowadzić kursor na pozycję okna o współrzędnych <b>X:0,000, Y:5,000</b> i zaakceptować klawiszem <b>[Enter]</b> .	Zostanie wygenerowany pierwszy pręt (lewy słup) ramy, narysowany w postaci grubej linii wraz z przynależnymi mu węzłami 1-2	Wodzeniu kursora towarzyszy zmiana położenia końca promienia wodzącego pręta domyślnego. Przy czym koniec nie jest ściśle związany z kurorem podąża za nim po oczkach siatki o module określonym przez wartość <b>Skok</b> i punkcie bazowym w początku promienia.
Utworzenie pierwszego pręta ramy (słup lewy) <b>Sposób II</b>	Kliknąć na sekcji <b>X</b> , <b>Y</b> : lub <b>L</b> ., <b>Alfa</b> : linii statusu.	Użyć jednej z następujących kombinacji klawiszy: <b>[Ctrl]+[X]</b> , <b>[Ctrl]+[Y]</b> , <b>[Ctrl]+[L]</b> , <b>[Ctrl]+[F]</b>	Pojawi się okno dialogowe <b>Położenie pręta</b> . W polu <b>X</b> : należy wpisać wartość <b>0</b> (zero), a w polu <b>Y</b> : - wartość <b>5</b> , a następnie zamknąć dialog (przycisk <b>OK</b> lub klawisz <b>[Enter]</b> )	Położenie generowanego pręta można również określać we współrzędnych biegunowych, co w tym przypadku polega na wpisaniu wartości <b>6</b> w polu <b>L</b> : i wartości <b>90</b> w polu <b>Alfa</b> :
Utworzenie drugiego pręta ramy (rygiel lewy) - <b>Sposób I</b>	Ruchami myszy nasunąć kursor na pozycję okna roboczego o współrzędnych: <b>X:6,000, Y:1,000</b> i kliknąć lewym przyciskiem myszy	Przy pomocy klawiszy-strzałek naprowadzić kursor na pozycję okna o współrzędnych <b>X:6,000, Y:1,000</b> i zaakceptować klawiszem <b>[Enter]</b> .	Zostanie wygenerowany drugi pręt (lewy rygiel) ramy, narysowany w postaci grubej linii wraz z przynależnymi mu węzłami 2-3.	Wodzeniu kursora towarzyszy zmiana położenia końca promienia wodzącego pręta domyślnego. Przy czym koniec nie jest ściśle związany z kurorem podąża za nim po oczkach siatki o module określonym przez wartość <b>Skok</b> i punkcie bazowym w początku promienia.
Utworzenie drugiego pręta ramy (rygiel lewy) - <b>Sposób II</b>	Kliknąć na sekcji <b>X</b> , <b>Y</b> : lub <b>L</b> ., <b>Alfa</b> : linii statusu.	Użyć jednej z następujących kombinacji klawiszy: <b>[Ctrl]+[X]</b> , <b>[Ctrl]+[Y]</b> , <b>[Ctrl]+[L]</b> , <b>[Ctrl]+[F]</b>	Pojawi się okno dialogowe <b>Położenie pręta</b> . W polu <b>X</b> : należy wpisać wartość <b>6</b> , a w polu <b>Y</b> : - wartość <b>-1</b> , a następnie zamknąć dialog (przycisk <b>OK</b> lub klawisz <b>[Enter]</b> )	Wraz z utworzeniem kolejnego węzła następuje automatyczne przeniesienie początku układu współrzędnych do tego węzła, co sprawia, że układ ten jest lokalny.



Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Zmiana schematu statycznego pręta drugiego (rygla lewego)	Zbliżyć kursor do węzła nr 3, a następnie - utrzymując wciśnięty klawisz [Ctrl] - kliknąć lewym przyciskiem myszy	Zbliżyć kursor do węzła nr 3 (przy pomocy klawiszy-strzałek), a następnie - utrzymując wciśnięty klawisz [Ctrl] - nacisnąć klawisz [Enter].	Węzeł 3, a zarazem koniec pręta trzeciego zostanie zamieniony na przegub	Zmiana schematu statycznego domyślnego pręta może być dokonywana na bieżąco poprzez wywołanie dialogu <b>Typ pręta</b> (kliknięcie na sekcji <b>Typ pręta</b> linii statusu lub kombinacja klawiszy [Ctrl]+[T])
Utworzenie trzeciego pręta ramy (rygiel prawy) - <b>Sposób II</b>	Kliknąć na sekcji <b>X</b> , <b>Y</b> : lub <b>L</b> , <b>Alfa</b> : linii statusu.	Użyć jednej z następujących kombinacji klawiszy: [Ctrl]+[X], [Ctrl]+[Y], [Ctrl]+[L], [Ctrl]+[F]	Pojawi się okno dialogowe <b>Położenie pręta</b> . W polu <b>X</b> : należy wpisać wartość <b>6</b> , a w polu <b>Y</b> : - wartość <b>-1</b> , a następnie zamknąć dialog (przycisk <b>OK</b> lub klawisz [Enter])	
Utworzenie czwartego pręta ramy (słup prawy) - <b>Sposób I</b>	Ruchami myszy nasunąć kursor na pozycję okna roboczego o współrzędnych: <b>X:0,000, Y:-5,000</b> i kliknąć lewym przyciskiem myszy	Przy pomocy strzałek naprowadzić kursor na pozycję okna o współrzędnych <b>X:0,000, Y:-5,000</b> i zaakceptować klawiszem [Enter].	Zostanie wygenerowany czwarty pręt (prawy słup) ramy, narysowany w postaci grubej linii wraz z przynależnymi mu węzłami 4-5	Wodzeniu kursora towarzyszy zmiana położenia końca promienia wodzącego pręta domyślnego. Przy czym koniec nie jest ściśle związany z kursorem podąża za nim po oczkach siatki o module określonym przez wartość <b>Skok</b> i punkcie bazowym w początku promienia.
Utworzenie czwartego pręta ramy (słup prawy) - <b>Sposób II</b>	Kliknąć na sekcji <b>X</b> , <b>Y</b> : lub <b>L</b> , <b>Alfa</b> : linii statusu.	Użyć jednej z następujących kombinacji klawiszy: [Ctrl]+[X], [Ctrl]+[Y], [Ctrl]+[L], [Ctrl]+[F]	Pojawi się okno dialogowe <b>Położenie pręta</b> . W polu <b>X</b> : należy wpisać wartość <b>0</b> , a w polu <b>Y</b> : - wartość <b>-5</b> , a następnie zamknąć dialog (przycisk <b>OK</b> lub klawisz [Enter])	

### Przydzielenie przekrojów prętom ramy

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Przejdźcie do opcji <b>Geometria-Pręty</b> dla przydzielenia przekrojów prętom ramy	Wybrać z menu kolejno opcje: <b>Geometria-Pręty</b> .	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[G]+[P]	Nastąpi otwarcie okna roboczego opcji <b>Pręty</b> , w którym rysowany jest schemat ramy z wyróżnionym ( <i>kolorem wyróżnienia</i> ) - prętem nr 1, który jest prętem aktywnym.	Z oknem roboczym opcji stowarzyszona jest linia statusu - właściwa dla tej opcji. Wszystkie funkcje dotyczą pręta aktywnego. Domyślnie program przydziela wszystkim prętom ramy pierwszy przekrój (nr 1) z listy przekrojów.
<b>Przydzielenie przekroju prętowi nr 1 (słup lewy)</b>				
Wywołanie dialogu <b>Przekrój pręta</b> dla lewego słupa ramy.	Kliknąć podwójnie na pręcie nr 1 lub na sekcji <b>Przekrój</b> linii statusu.	Użyć klawiszy [Enter] lub kombinacji klawiszy [Ctrl]+[P]	Pojawi się okno dialogu <b>Przekrój pręta</b> z elementami: <ul style="list-style-type: none"> <li>okno rysunku przekroju</li> <li>lista przekrojów</li> <li>przełącznik <b>Przekrój zmienny</b>,</li> <li>Pole <b>Redukcja EJ</b>:</li> </ul>	Pole <b>Redukcja EJ</b> : służy do wprowadzenia liczby bezwymiarowej (w zakresie od 0 do 1) określającej stopień redukcji sztywności przekroju. Konieczność redukcji sztywności może mieć miejsce w przypadku niepełnego zespolenia kształtowników przekrojów zespolonych.
Zadeklarowanie zmienności przekroju słupa	Włączyć przełącznik <b>Przekrój zmienny</b>	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[Z]	W dialogu pojawi się drugie okno rysunku przekroju wraz z przynależną mu listą przekrojów.	W obu oknach rysunków i listach przekrojów ukazane są te same przekroje ponieważ domyślnie program przydziela prętom przekrój stały wzdłuż ich osi.
Deklarowanie przekroju początkowego słupa	Na liście dialogu <b>Przekrój A</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 300</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -- &gt; 300</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój A</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -- &gt; 300</b> .	
Deklarowanie przekroju końcowego słupa	Na liście dialogu <b>Przekrój B</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 500</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -- &gt; 500</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój B</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -- &gt; 500</b> .	
Akceptacja deklaracji przydzielenia przekroju słupowi lewemu	Kliknąć na przycisku <b>OK</b> dialogu	Użyć klawisza [Enter]	Nastąpi zamknięcie dialogu i powrót do okna roboczego opcji <b>Pręty</b> oraz uaktualnienie numerów przekrojów przydzielonych do pręta nr 1 (słupa lewego) ramy.	Zaakceptowanie przekroju zmiennego będzie możliwe gdy oba przekroje: <ul style="list-style-type: none"> <li>są tego samego typu,</li> <li>mają przypisany ten sam materiał,</li> <li>mają identyczną orientację.</li> </ul>
<b>Przydzielenie przekroju prętowi nr 2 (rygiel lewy)</b>				
Uaktywnienie pręta nr 2 (rygla lewego) ramy.	Kliknąć na pręcie nr 2	Używając klawiszy bloku numerycznego [+] i [-] uaktywnić pręt nr 2	Wybrany pręt zostanie wyróżniony <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Uaktywnienia wprost dowolnego pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz [Alt] i nacisnąć kolejno klawisze bloku numerycznego klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>2</b> i zwolnić klawisz [Alt].

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Wywołanie dialogu <b>Przekrój pręta</b> dla lewego rygla ramy.	Kliknąć podwójnie na przycisk nr 2 lub na sekcji <b>Przekrój</b> linii statusu.	Użyć klawiszy <b>[Enter]</b> lub kombinacji klawiszy <b>[Ctrl]+[P]</b>	Pojawi się okno dialogu <b>Przekrój pręta</b> z elementami: <ul style="list-style-type: none"> <li>okno rysunku przekroju</li> <li>lista przekrojów</li> <li>przełącznik <b>Przekrój zmienny</b>,</li> <li>Pole <b>Redukcja EJ</b>.</li> </ul>	
Zadeklarowanie zmienności przekroju rygla lewego	Kliknąć na przełączniku <b>Przekrój zmienny</b>	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[Z]</b>	W dialogu pojawi się drugie okno rysunku przekroju wraz z przynależną mu listą przekrojów.	
Deklarowanie przekroju początkowego słupa	Na liście dialogu <b>Przekrój A</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 500</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -&gt; 500</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój A</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -&gt; 500</b> .	
Deklarowanie przekroju końcowego rygla lewego	Na liście dialogu <b>Przekrój B</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 300</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -&gt; 300</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój B</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -&gt; 300</b> .	
Akceptacja deklaracji przydzielenia przekroju ryglowi lewemu	Kliknąć na przycisku <b>OK</b> dialogu	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Nastąpi zamknięcie dialogu i powrót do okna roboczego opcji <b>Pręty</b> oraz uaktualnienie numerów przekrojów przydzielonych do pręta nr 2 (rygla lewego) ramy.	Zaakceptowanie przekroju zmiennego będzie możliwe gdy oba przekroje: <ul style="list-style-type: none"> <li>są tego samego typu,</li> <li>mają przypisany ten sam materiał,</li> <li>mają identyczną orientację.</li> </ul>

**Przydzielenie przekroju prętowi nr 3 (rygiel prawy)**



Uaktywnienie pręta nr 3 (rygla prawego) ramy.	Kliknąć na przycisku nr 3	Używając klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> uaktywnić pręt nr 3	Wybrany pręt zostanie wyróżniony <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Uaktywnienia pręta wprost przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Trzymać wciśnięty klawisz <b>[Alt]</b> i nacisnąć kolejno klawisze <b>bloku numerycznego</b> klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>3</b> i ostatecznie zwolnić klawisz <b>[Alt]</b> .
Wywołanie dialogu <b>Przekrój pręta</b> dla prawego rygla ramy.	Kliknąć podwójnie na przycisk nr 3 lub na sekcji <b>Przekrój</b> linii statusu.	Użyć klawiszy <b>[Enter]</b> lub kombinacji klawiszy <b>[Ctrl]+[P]</b>	Pojawi się okno dialogu <b>Przekrój pręta</b> z elementami: <ul style="list-style-type: none"> <li>okno rysunku przekroju</li> <li>lista przekrojów</li> <li>przełącznik <b>Przekrój zmienny</b>,</li> <li>Pole <b>Redukcja EJ</b>.</li> </ul>	
Zadeklarowanie zmienności przekroju rygla prawego	Kliknąć na przełączniku <b>Przekrój zmienny</b>	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[Z]</b>	W dialogu pojawi się drugie okno rysunku przekroju wraz z przynależną mu listą przekrojów.	
Deklarowanie przekroju początkowego rygla prawego	Na liście dialogu <b>Przekrój A</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 300</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -&gt; 300</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój A</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -&gt; 300</b> .	
Deklarowanie przekroju końcowego rygla prawego	Na liście dialogu <b>Przekrój B</b> : kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 500</b> .	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -&gt; 500</b> .	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój B</b> : pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -&gt; 500</b> .	
Akceptacja deklaracji przydzielenia przekroju ryglowi prawemu	Kliknąć na przycisku <b>OK</b> dialogu	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Nastąpi powrót do okna roboczego opcji <b>Pręty</b> i uaktualnienie numerów przekrojów przydzielonych do pręta nr 3 (rygla prawego) ramy.	Zaakceptowanie przekroju zmiennego będzie możliwe gdy oba przekroje: <ul style="list-style-type: none"> <li>są tego samego typu,</li> <li>mają przypisany ten sam materiał,</li> <li>mają identyczną orientację.</li> </ul>

**Przydzielenie przekroju prętowi nr 4 (słup prawy)**

Uaktywnienie pręta nr 4 (słupa prawego) ramy.	Kliknąć na przycisku nr 4	Używając klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> uaktywnić pręt nr 4	Wybrany pręt zostanie wyróżniony <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Bezpośredniego uaktywnienia pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz <b>[Alt]</b> i utrzymując go wciśniętym nacisnąć kolejno klawisze <b>bloku numerycznego</b> klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>4</b> i ostatecznie zwolnić klawisz <b>[Alt]</b> .
Wywołanie dialogu <b>Przekrój pręta</b> dla prawego słupa ramy.	Kliknąć podwójnie na przycisk nr 4 lub na sekcji <b>Przekrój</b> linii statusu.	Użyć klawiszy <b>[Enter]</b> lub kombinacji klawiszy <b>[Ctrl]+[P]</b>	Pojawi się okno dialogu <b>Przekrój pręta</b> z elementami: <ul style="list-style-type: none"> <li>okno rysunku przekroju</li> <li>lista przekrojów</li> <li>przełącznik <b>Przekrój zmienny</b>,</li> <li>Pole <b>Redukcja EJ</b>.</li> </ul>	



Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Deklarowanie przekroju dla słupa prawego	Na liście dialogu <b>Przekrój A:</b> kliknąć na pozycji <b>1 I400 -- &gt; 500.</b>	Klawiszami strzałkami naprowadzić kursor listy na pozycję <b>1 I400 -&gt; 500.</b>	W oknie rysunku przekroju odpowiadającemu liście <b>Przekrój:</b> pojawi się rysunek przekroju <b>1 I400 -&gt; 500.</b>	
Akceptacja deklaracji przydzielenia przekroju ryglowi lewemu	Kliknąć na przycisku <b>OK</b> dialogu	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Nastąpi zamknięcie dialogu i powrót do okna roboczego opcji <b>Pręty</b> oraz uaktualnienie numeru przekroju przydzielonego do pręta nr 4 (słupa prawego) ramy.	

### Deklarowanie podpór


Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Przejdźcie do opcji <b>Geometria-Węzły</b> dla zadeklarowania podpór	Wybrać z menu kolejno opcje: <b>Geometria-Węzły.</b>	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[G]+[W]</b>	Nastąpi otwarcie okna roboczego opcji <b>Węzły</b> , w którym narysowany jest schemat ramy z wyróżnionym (innym kolorem) węzłem nr 1, który jest węzłem aktywnym.	Z oknem roboczym opcji stowarzyszona jest linia statusu - właściwa dla tej opcji. Wszystkie funkcje dotyczą węzła aktywnego
Zadeklarowanie podpory stałej w węźle nr 1	Dwukrotnie kliknąć w pobliżu węzła nr 1 lub kliknąć na sekcji <b>Podpora</b> linii statusu.	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Pojawi się dialog <b>Podparcie węzła</b> umożliwiający wybranie zamierzonego rodzaju podpory.	Oprócz rodzaju podpory w oknie dialogu są dostępne pola liczbowe dla określenia wymuszeń kinematycznych i cech sprężystych podpory. Oprócz tego możliwe jest zadanie kąta pochylenia podpory, co jest istotne dla podpór przesuwnych. Obrotu podpory w sekwencjach co 90 stopni można dokonać przez kliknięcia na rysunku podpory.
Wybór typu podpory	Kliknąć na ikonie podpory stałej (przegubowo-nieprzesuwnej) i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK.</b>	Uaktywnić sekcję ikon <b>Rodzaj podpory</b> klawiszem <b>[Tab]</b> , a następnie klawiszami-strzałkami wybrać podporę stałą i nacisnąć klawisz <b>[Space]</b> i ostatecznie klawisz <b>[Enter]</b>	Nastąpi powrót do okna roboczego opcji <b>Węzły</b> , a w węźle nr 1 narysowana zostanie wybrana podpora	Ewentualnego usunięcia podpory z aktywnego węzła dokonuje się z poziomu okna roboczego opcji <b>Węzły</b> przez:  kliknięcie na ikonie paska narzędzi, użycie klawisza <b>[Del]</b> .
Zadeklarowanie sztywnego zamocowania w węźle nr 5	Dwukrotnie kliknąć w pobliżu węzła nr 5.	Uaktywnić węzeł nr 5 przy pomocy klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> , a następnie użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Pojawi się dialog <b>Podparcie węzła</b> umożliwiający wybranie zamierzonego rodzaju podpory.	Bezpośredniego uaktywnienia węzła przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz <b>[Alt]</b> i użyć kolejno klawiszy bloku numerycznego klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>5</b> i ostatecznie zwolnić klawisz <b>[Alt]</b> ..
	Kliknąć na ikonie sztywnego zamocowania.	Uaktywnić sekcję ikon <b>Rodzaj podpory</b> klawiszem <b>[Tab]</b> , a następnie klawiszami-strzałkami wybrać podporę stałą i nacisnąć klawisz <b>[Space]</b>	Na kontrolnym rysunku podpory okna dialogowego pojawi się wybrana podpora	
	Kliknąć na symbolu podpory do momentu osiągnięcia poziomej orientacji podpory, a następnie zamknąć dialog przyciskiem <b>OK.</b>	Wpisać wartość <b>90</b> w polu liczbowym <b>Alfa:</b> okna dialogowego, a następnie zamknąć dialog klawiszem <b>[Enter]</b> .	Nastąpi powrót do okna roboczego opcji <b>Węzły</b> , a w węźle nr 5 narysowana zostanie wybrana podpora (zamocowanie sztywne)	Ewentualnego usunięcia podpory z aktywnego węzła dokonuje się z poziomu okna roboczego opcji <b>Węzły</b> przez:  kliknięcie na ikonie paska narzędzi lub użycie klawisza <b>[Del]</b> .

### Deklarowanie obciążeń ramy


Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Przejdźcie do opcji <b>Obciążenia-Definiowanie</b>	Kliknąć kolejne pozycje menu: <b>Obciążenia-Definiowania</b>	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[O]+[D]</b> .	Nastąpi otwarcie okna roboczego opcji deklarowania obciążeń wraz z przynależną mu linią statusu.	
Włączenie do obliczeń obciążenia ciężarem własnym ramy	Kliknąć na sekcji <b>Ciężar własny</b> linii statusu.	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Ctrl]+[C]</b> .	Kolor tekstu sekcji <b>Ciężar własny</b> zmieni się na <i>kolor elementów wyróżnionych</i> określony w opcji <b>Parametry-Kolory.</b>	Ciężar własny ustroju jest ustalany na podstawie przydzielonych przekrojów do prętów.

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
<b>Zadanie obciążenia wiatrem (z lewej) na pręcie nr 1</b>				
Dodanie nowego obciążenia	Kliknąć na ikonie  paska narzędzi	Użyć klawisz [Ins].	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	Jeśli jednakowe obciążenie (co do rodzaju i wartości) działa na kilku prętach, to można posłużyć się procedurą grupowego deklarowania obciążeń. Polega to na wywołaniu wpięrow dialogu <b>Grupa prętów</b> przy pomocy dowolnego klawisza cyfrowego, a następnie wpisaniu sekwencji numerów prętów na których obciążenie działa.
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog klawiszem [Enter].	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:1</b> .	
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polach <b>pa:</b> i <b>pb:</b> wpisać wartość <b>6</b> , a w polu <b>Grupa:</b> wpisać literę <b>L</b> .		Rysunek obciążenia zostanie uaktualniony stosownie do zadanych wartości obciążenia.	Wszystkie obciążenia są przypisywane do prętów. Jeśli na pręcie zadano wcześniej obciążenie, to mogą one udostępnić przy pomocy przycisków [ <b>&lt;Wstecz</b> ] i [ <b>Dalej</b> ].
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza [Enter]	Zadane obciążenie zostanie narysowane na schemacie ramy w oknie roboczym opcji, a w linii statusu uaktualniona zostanie sekcja <b>Grupy obciążeń</b> (pojawi się przycisk z literą <b>L</b> w kolorze elementów wyróżnionych)	Wartości poszczególnych obciążeń mogą być - dla kontroli - wyświetlane na schemacie ramy. Do tego celu służy przycisk  paska narzędzi lub poprzez włączenie klauzuli <b>Wartości</b> opcji <b>Parametry</b> .

**Zadanie obciążenia wiatrem (z lewej) na pręcie nr 2**


Uaktywnienie pręta nr 2 (rygiel lewy).	Kliknąć na pręcie numer 2	Użyć sekwencyjnie klawiszy [+ ] i [- ].	Wybrany pręt wyróżniony zostanie <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Bezpośredniego uaktywnienia pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz [Alt] i utrzymując go wciśniętym nacisnąć kolejno klawisze bloku numerycznego klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>2</b> i ostatecznie zwolnić klawisz [Alt].
Dodanie nowego obciążenia	Kliknąć na ikonie  paska narzędzi	Użyć klawisz [Ins].	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog klawiszem [Enter].	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:2</b> .	W przypadku obciążenia rozłożonego istotna jest jego orientacja względem osi pręta. Domyślnie obciążenie to jest prostopadłe do pręta.
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polach <b>pa:</b> i <b>pb:</b> wpisać wartość <b>1,5</b> , a w polu <b>Grupa:</b> wpisać literę <b>L</b> .		Rysunek obciążenia zostanie uaktualniony stosownie do zadanych wartości obciążenia.	Wszystkie obciążenia są przypisywane do prętów. Jeśli na pręcie zadano wcześniej obciążenie, to mogą one udostępnić przy pomocy przycisków [ <b>&lt;Wstecz</b> ] i [ <b>Dalej</b> ].
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza [Enter]	Zadane obciążenie zostanie ukazane na schemacie ramy w oknie roboczym opcji.	

**Zadanie obciążenia wiatrem (z lewej) na pręcie nr 3**

Uaktywnienie pręta nr 3 (rygiel prawy).	Kliknąć na pręcie numer 3	Użyć sekwencyjnie klawiszy [+ ] i [- ] do momentu uaktywnienia pręta nr 3.	Wybrany pręt wyróżniony zostanie <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Bezpośredniego uaktywnienia pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz [Alt] i utrzymując go wciśniętym nacisnąć kolejno klawisze bloku numerycznego klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>3</b> i ostatecznie zwolnić klawisz [Alt].
Dodanie nowego obciążenia	Kliknąć na ikonie  paska narzędzi	Użyć klawisz [Ins].	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog klawiszem <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:3</b> .	W przypadku obciążenia rozłożonego istotna jest jego orientacja względem osi pręta. Domyślnie obciążenie to jest prostopadłe do pręta.
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polach <b>pa</b> : i <b>pb</b> : wpisać wartość <b>-1,5</b> , a w polu <b>Grupa</b> : wpisać literę <b>L</b> .		Z powodu ujemnej wartości obciążenia, jego zwrot na rysunku ulegnie zmianie na przeciwny, co - w tym przypadku - oznaczać będzie ssanie wiatru na ryglu prawnym	Zmiany orientacji obciążenia (kąta jego nachylenia względem kierunku pionowego) można dokonać poprzez: 1. Użycie klawisza <b>[Space]</b> , co powoduje sekwencyjną zmianę orientacji obciążenia wg reguły: globalnie co 90 stopni i lokalnie co 90 stopni. 2. Wpisanie wartości kąta nachylenia obciążenia - wyświetlany w polu <b>Beta</b> : jest odmierzany od pionu i zgodnie z ruchem wskazówek zegara
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Zadane obciążenie zostanie narysowane na schemacie ramy w oknie roboczym opcji.	


#### Zadanie obciążenia wiatrem (z lewej) na pręcie nr 4

Uaktywnienie pręta nr 4 (słup prawy).	Kliknąć na pręcie numer 4	Użyć sekwencyjnie klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> do momentu uaktywnienia pręta nr 4.	Wybrany pręt wyróżniony zostanie <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Bezpośredniego uaktywnienia pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz <b>[Alt]</b> i utrzymując go wciśniętym nacisnąć kolejno klawisze <u>bloku numerycznego</u> klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>4</b> i ostatecznie zwolnić klawisz <b>[Alt]</b> .
Dodanie nowego obciążenia	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć klawisz <b>[Ins]</b> .	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Obc. rozłożone</b> i zamknąć dialog klawiszem <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:4</b> .	W przypadku obciążenia rozłożonego istotna jest jego orientacja względem osi pręta. Domyślnie obciążenie to jest prostopadłe do pręta.
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polach <b>pa</b> : i <b>pb</b> : wpisać wartość <b>-3</b> , a w polu <b>Grupa</b> : wpisać literę <b>L</b> .		Z powodu ujemnej wartości obciążenia, jego zwrot na rysunku ulegnie zmianie na przeciwny, co - w tym przypadku - oznaczać będzie ssanie wiatru z lewej na słupie prawnym	

#### Zadanie obciążenia wiatrem (z prawej)


Deklarowanie obciążeń pochodzących o parcia wiatru z prawej strony odbywa się w podobny sposób jak dla obciążeń pochodzących od parcia wiatru z lewej strony lecz w kolejności prętów: 4-3-2-1 oraz literą grupy **P**.

#### Zadanie obciążenia śniegiem na pręty nr 2 i 3 (rygły)

Zaznaczenie grupy prętów dla zadania obciążenia	Utrzymując wciśnięty klawisz <b>[Shift]</b> kliknąć kolejno na pręty <b>2 i 3</b>		Wybrane pręty wyróżniony zostaną <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Grupę prętów można również zaznaczyć za pomocą tzw. prostokąta selekcji. Polega to na wciśnięciu klawisza <b>[Shift]</b> , a następnie ogarnięciu zamierzonych prętów prostokątem selekcji tak, aby te pręty mieściły się w całości w tym prostokącie
Zadanie obciążenia na zaznaczonych prętach	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć klawisz <b>[Ins]</b> .	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Obc. rozłożone-Y</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Obc. rozłożone-Y</b> i zamknąć dialog klawiszem <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:2</b> .	Obciążenie tego typu ma charakter globalny, a jego wartość liczona jest na rzut pręta (w tym przypadku na rzut poziomy). Jeśli w specyfikacji numerów prętów wystąpi numer pręta, który jest prostopadły do zamierzonego obciążenia globalnego, to ten typ obciążenia nie będzie dostępny.

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polach <b>pa:</b> i <b>pb:</b> wpisać wartość <b>5</b> , a w polu <b>Grupa:</b> wpisać literę <b>S</b> .			
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Zadane obciążenie zostanie ukazane na schemacie ramy w oknie roboczym opcji, a w sekcji <b>Grupa obciążeń:</b> linii statusu pojawi się przycisk z literą <b>S</b> .	


#### Zadanie obciążenia użytkowego w postaci siły skupionej w przegubie rygla

Uaktywnienie pręta nr 2 (rygiel lewy).	Kliknąć na przęcie numer <b>2</b>	Użyć sekwencyjnie klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> do momentu uaktywnienia pręta nr 2.	Wybrany pręt wyróżniony zostanie <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> .	Bezpośredniego uaktywnienia pręta przy pomocy klawiatury można dokonać również następująco: Wcisnąć klawisz <b>[Alt]</b> i utrzymując go wciśniętym nacisnąć kolejno klawisze <b>bloku numerycznego</b> klawiatury: <b>0</b> (zero) <b>2</b> i ostatecznie zwolnić klawisz <b>[Alt]</b> .
Dodanie nowego obciążenia	Kliknąć na ikonie  paska narzędzi	Użyć klawisz <b>[Ins]</b> .	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Siła skupiona</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawiszem strzałki) pozycję <b>Siła skupiona</b> i zamknąć dialog klawiszem <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:2</b> .	W przypadku obciążenia skupionego istotna jest jego orientacja względem osi pręta. Domyślnie obciążenie to jest prostopadłe do pręta i usytuowane środkiem jego rozpiętości.
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polu <b>pa:</b> wpisać wartość <b>-25</b> , a w polu <b>Grupa:</b> wpisać literę <b>U</b> .		Z powodu ujemnej wartości obciążenia, jego zwrot na rysunku ulegnie zmianie na przeciwny.	
Zmiana orientacji obciążenia	Sposób 1: W polu <b>Beta:</b> wpisać wartość <b>180</b> . Sposób 2: Uaktywnić okno rysunku obciążenia (kliknąć w jego obszarze), a następnie naciskać klawisz <b>[Space]</b> do momentu uzyskania pionowego położenia siły zwróconej w dół.		Każdej operacji zmiany orientacji obciążenia towarzyszy aktualizacja rysunku obciążenia.	Zmiany orientacji obciążenia (kąta jego nachylenia względem kierunku pionowego) dokonuje się poprzez: 1. Użycie klawisza <b>[Space]</b> , co powoduje sekwencyjną zmianę orientacji obciążenia wg reguły: globalnie co 90 stopni i lokalnie co 90 stopni. 2. Użycie klawiszy : • <b>[Z]</b> - dla obrócenia w lewo o 15° • <b>[V]</b> - dla obrócenia w prawo o 15° • <b>[X]</b> - dla obrócenia w lewo o 1° • <b>[C]</b> - dla obrócenia w prawo o 1°. 3. Wpisanie wartości kąta nachylenia obciążenia - wyświetlany w polu <b>Beta:</b> jest odmierzany od pionu i zgodnie z ruchem wskazówek zegara
Zmiana położenia obciążenia na przęcie	Uaktywnić okno rysunku pręta (kliknąć w jego obszarze), a następnie kliknąć na węźle <b>B</b> pręta.	W polu <b>a/L:</b> dialogu wpisać wartość <b>1</b> .	Obciążenie zostanie przeniesione na koniec pręta, co jest równoważne działaniu siły w węźle <b>3</b> .	Zmiany położenia siły można dokonać animacyjnie, tzn: 1. Wcisnąć lewy przycisk myszy w pobliżu punktu zaczepienia siły, a następnie - utrzymując wciśnięty przycisk myszy - nasuwać obciążenie na zamierzoną pozycję.
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza <b>[Enter]</b>	Zadane obciążenie zostanie narysowane na schemacie ramy w oknie roboczym opcji, a w sekcji <b>Grupa obciążeń:</b> pojawi się przycisk z literą <b>U</b> .	

#### Zadanie obciążenia temperaturą na wszystkich prętach

Grupa obciążeń pochodzących od działania temperatury odpowiada sytuacji obniżenia temperatury na zewnątrz ramy o 20°C podwyższenia o 20°C wewnątrz ramy - względem temperatury montażu.

Grupowe znaczenie prętów dla zadania obciążenia	Utrzymując wciśnięty klawisz <b>[Shift]</b> ogarnąć prostokątem selekcji cały schemat	Wszystkie pręty ramy zostaną wyróżnione <i>kolorem wyróżnienia</i>
---	---	--

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Kreowanie obciążenia	Kliknąć na ikonie  paska narzędzi	Użyć klawisz [Ins].	Pojawi się dialog <b>Nowe obciążenie</b> .	
Wybranie rodzaju obciążenia	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (kliknąć) pozycję <b>Temperatura</b> i zamknąć dialog przyciskiem <b>OK</b> .	Z listy <b>Rodzaj obciążenia</b> dialogu wybrać (klawisze-strzałki) pozycję <b>Temperatura</b> i zamknąć dialog klawiszem [Enter].	Pojawi się dialog <b>Obciążenie pręta nr:1</b> .	Rozkład obciążenia wzdłuż pręta jest stały, natomiast w kierunku prostym jest liniowy.
Nadanie wartości obciążenia oraz grupy	W polu <b>Tg</b> : wpisać wartość <b>-20</b> , w polu <b>Td</b> : wpisać wartość <b>10</b> , a w polu <b>Grupa</b> : wpisać literę <b>T</b> .		W oknie rysunku obciążenia uaktualniony zostanie wykres rozkładu temperatury w poprzek pręta	Wartość <b>Tg</b> : odnosi się zawsze do włókien wyróżnionych, natomiast wartość <b>Td</b> : - do włókien po stronie przeciwnej.
Zamknięcie okna dialogu.	Kliknąć na przycisku <b>Zamknij</b> .	Użyć klawisza [Enter]	Na prętach schematu ramy pojawiają się obramowane litery <b>T</b> , a w sekcji <b>Grupa obciążeń</b> : pojawi się przycisk z literą <b>T</b> .	

**Specyfikacja grup obciążeń**

Wywołanie opcji <b>Grupy obciążeń</b>	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Obciążenia-Grupy obciążeń</b> .	Użyć kombinacji klawiszy: [Alt]+[O]+[G].	Pojawi się dialog <b>Grupy obciążeń</b> , zawierający listę zadeklarowanych grup obciążeń.	Ta opcja umożliwia nadanie skrótowej nazwy każdej grupie obciążeń oraz wartości normowego współczynnika obciążeniowego. Pierwszą grupę obciążeń stanowi zawsze ciężar własny konstrukcji, ustalany automatycznie przez program na podstawie przydzielonych przekrojów.
Specyfikacja grupy obciążeń	Kliknąć podwójnie na zamierzonej pozycji listy grup obciążeń	Naprowadzić kursor listy przy pomocy klawiszy-strzałek na zamierzoną pozycję, a następnie użyć klawisza [Enter].	Pojawi się dialog <b>Grupa obciążeń</b> z polami <b>Nazwa</b> : i <b>Współczynnik</b> .	W polu <b>Nazwa</b> można wpisać dowolny tekst (do 26 znaków) charakteryzujący daną grupę obciążeń. W polu <b>Współczynnik</b> : można wpisać wartość współczynnika obciążeniowego wynikającego z normowego charakteru grupy obciążeń. Domyślnie wartość tego współczynnika wynosi <b>1,0</b> .
Specyfikacja grupy <b>L</b>	Nazwa: <b>Wiatr z lewej</b> Status normowy: <b>zmienne</b> Współczynnik obc. $\gamma_f = 1.45$ Część długotrwała: $\psi_d = 0$			
Specyfikacja grupy <b>P</b>	Nazwa: <b>Wiatr z prawej</b> Status normowy: <b>zmienne</b> Współczynnik obc. $\gamma_f = 1.45$ Część długotrwała: $\psi_d = 0$			
Specyfikacja grupy <b>S</b>	Nazwa: <b>Śnieg</b> Status normowy: <b>zmienne</b> Współczynnik obc. $\gamma_f = 1.4$ Część długotrwała: $\psi_d = 0,5$			
Specyfikacja grupy <b>T</b>	Nazwa: <b>Temperatura</b> Status normowy: <b>zmienne</b> Współczynnik obc. $\gamma_f = 1.25$ Część długotrwała: $\psi_d = 0,5$			
Specyfikacja grupy <b>U</b>	Nazwa: <b>Obc. użytkowe</b> Status normowy: <b>zmienne</b> Współczynnik obc. $\gamma_f = 1.25$ Część długotrwała: $\psi_d = 0,3$			

**Określenie relacji między grupami obciążeń**

Wywołanie opcji <b>Relacje grup obc.</b>	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Obciążenia-Relacje grup obc.</b>	Użyć kombinacji klawiszy: [Alt]+[O]+[R].	Pojawi się dialog <b>Relacje grup obciążeń</b> , zawierający tabelę relacji zadeklarowanych grup obciążeń.	Kolumnom i wierszom <b>tabeli relacji</b> są przypisane odpowiednio litery poszczególnych grup obciążeń. Pole wskazywane przez grupę wiersza i grupę kolumny jest przyciskiem służącym do zadeklarowania relacji pomiędzy dwiema grupami.
--	--	--	--	---

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Wykluczenie jednoczesności parcia wiatru z lewej i z prawej.	Klikać na polu tabeli, wskazywanym przez grupy <b>L</b> i <b>P</b> , do momentu pojawienia się w tym polu znaku <b>x</b> .	Uaktywnić tabelę relacji klawiszem <b>[Tab]</b> , a następnie - przy pomocy klawiszy-strzałek - na prowadzić kursor tabeli (mały kwadrat) na pole wskazywane przez grupy <b>L</b> i <b>P</b> . Po ustawieniu kursora naciskać klawisz <b>[Space]</b> do momentu pojawienia się znaku <b>x</b> .	Na skrzyżowaniu wiersza <b>L</b> i kolumny <b>P</b> będzie wyświetlony znak <b>x</b> , co oznacza, że w trakcie obliczeń związanych z kombinatoryką, kombinacja zawierająca grupy <b>L</b> i <b>P</b> , będzie odrzucona.	Możliwe są następujące relacje między grupami obciążeń: <b>x</b> - wykluczenie jednoczesności działania, <b>p</b> - połączenie dwóch grup w jedną, ☞ skojarzenie warunkowe grup, tzn. wskazywana grupa kolumny jest uwzględniana w kombinacji jeśli w niej występuje grupa wiersza. ☞ skojarzenie warunkowe grup, tzn. wskazywana grupa wiersza jest uwzględniana w kombinacji jeśli w niej występuje grupa kolumny. Dla pól diagonalnych obowiązują relacje: <b>W</b> - całkowite wykluczenie grupy z kombinatoryki, <b>S</b> - włączenie grupy na stałe do kombinatoryki (np. obc. stałe).

## Określenie klas kombinacji

Wywołanie opcji <b>Kombinacje grup obc.</b>	Klikać kolejno na pozycjach menu: <b>Obciążenia-Kombinacje grup obc.</b>	Użyć kombinacji klawiszy: <b>[Alt]+[O]+[K]</b> .	Pojawi się dialog <b>Kombinacje grup obciążeń</b> , zawierający listę klas kombinacji obciążeń.	Wszystkie ustawienia w tej opcji mają związek wyłącznie z obliczeniami dla odpowiedni wielkości statycznych i kinematycznych i są brane pod uwagę gdy jest włączona klauzula <b>Kombinatoryka</b> w opcji <b>Wyniki</b> . Lista zawiera dziewięć klas kombinacji. Każda klasa może mieć własną formułę tworzenia kombinacji.
Deklarowanie klasy kombinacji	Klikać podwójnie na pierwszej pozycji listy klas kombinacji.	Użyć klawisza <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Kombinacje obciążeń</b> zawierająca pola: 1. <b>Współczynnik</b> : - dla określenia współczynnika obciążeniowego dla całej klasy kombinacji obciążeń, 2. <b>Zawsze</b> : - dla określenia formuły kombinacji dla grup obciążeń o charakterze stałym, 3. <b>Ewentualnie</b> : - dla określenia formuły kombinacji dla grup obciążeń o charakterze zmiennym,	Domyślnie deklarowana jest przez program pierwsza klasa kombinacji, w której wszystkie grupy obciążeń zaliczane są jako zmienne (wchodzące do formuły w polu <b>Ewentualnie</b> ), a formuła jest prostą sumą symboli grup, co oznacza, że traktowane są one niezależnie ze współczynnikami obciążeniowymi o wartości <b>1,0</b> . W przykładzie przyjęto domyślne ustawienia dla pierwszej klasy kombinacji, czyli: <b>Zawsze</b> : (brak formuły) <b>Ewentualnie</b> : <b>L+P+S+T+U</b> natomiast pozostałe klasy kombinacji są „puste” (nie są brane pod uwagę).

## Analiza statyczna i wytrzymałościowa ramy



Do analizy statyczno-wytrzymałościowej ustroju służą opcje zgrupowane w opcji głównej **Wyniki**. Opcje te są podzielone na trzy sekcje:



1. Sekcja analizy statyczno-wytrzymałościowej obejmująca opcje: **Naprężenia, Siły przekrojowe, Reakcje - Węzły i Przemieszczenia, Długości wybożenia**
2. Sekcja wymiarowania konstrukcji stalowych obejmująca opcje: **Stal-PN-90/B-03200, Stal-Połączenia, Stal-Środek falisty, Stal-Dźwigar ażurowy**
3. Sekcja wymiarowania konstrukcji żelbetowych obejmująca opcje: **Żelbet-PN-B-03264:2002, Żelbet-PN-84/B-03264**
4. Sekcja wymiarowania konstrukcji drewnianych obejmująca opcje: **Drewno-PN-B-03150:2000, Drewno-PN-84/B-03150**
5. Sekcja klauzul obliczeniowych, która obejmuje:
  - klauzulę **Teoria II-go rzędu** (jej włączenie sprawia, że wszystkie obliczenia są wykonywane w ramach teorii II-go rzędu, a więc z inercją sił osiowych i momentów zginających),





- klauzulę **Imperfekcje** (jej włączenie sprawia, że przy obliczeniach wg teorii II-go rzędu uwzględniane są efekty II-go rzędu spowodowane imperfekcjami geometrycznymi zadeklarowanymi w opcji **Geometria-Imperfekcje**),
- klauzulę **Obciążenia obliczeniowe** (jej wyłączenie powoduje, że przeprowadzone zostaną obliczenia dla charakterystycznych wartości obciążeń, tzn. nie uwzględnione zostaną obciążeniowe współczynniki bezpieczeństwa).
- klauzulę **Kombinatoryka** (jej włączenie sprawia, że wszystkie obliczenia są wykonywane dla wyznaczenia obwiedni, a więc dla wszystkich realnych kombinacji grup obciążeń).

### Analiza statyczno-wytrzymałościowa ramy

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
<b>Wyznaczanie naprężeń w prętach ramy</b>				
Wywołanie opcji <b>Wyniki-Naprężenia</b> .	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Wyniki-Naprężenia</b> .	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[W]+[N]</b>	Nastąpi otwarcie odrębnego okna roboczego opcji, w którym rysowany jest schemat ramy wraz wykresami naprężeń normalnych w skrajnych włóknach przekrojów prętów. U dołu ekranu wyświetlana jest linia statusu związana z opcją.	W przypadku, gdy włączona jest klauzula <b>Kombinatoryka</b> , to wykresy będą obwiedniami naprężeń w skrajnych włóknach prętów. Przekroczenie wartości porównawczych naprężeń jest sygnalizowane <i>kolorem elementów wyróżnionych</i> na wykresach.
Wyświetlanie naprężeń na pręcie	Wybrać pręt przez podwójne kliknięcie na nim	Wybrać pręt przez sekwencyjne użycie klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> , a następnie użycie klawisza <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Naprężenia-Pręt nr.:</b> , w którym wyświetlane są szczegółowe wyniki odnośnie naprężeń w wybranym pręcie	Sposób prezentacji wyników zależy od stanu klauzuli <b>Kombinatoryka</b> .
Automatyczne wyszukanie miejsca naprężeń maksymalnych	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Ctrl]+[Enter]</b>	Zostaną wykonane obliczenia związane z wyszukiwaniem, a następnie wyświetlony zostanie dialog <b>Naprężenia-Pręt nr.:</b> , w którym wskazane będzie miejsce i wartość maksymalnych naprężeń porównawczych.	Wyszukiwanie zależy od jego zakresu określonego w parametrach opcji (klawisz <b>[F10]</b> ) oraz wyboru materiału (sekcja <b>Mat:</b> linii statusu).
Wyświetlanie diagramu stopni wykorzystania nośności dla klasycznego warunku naprężeniowego	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć klawisza <b>[Ins]</b> .	Pojawi się dialog <b>Wykorzystanie przekrojów</b> zawierający słupkowe diagramy stopni wykorzystania nośności prętów dla poszczególnych przekrojów.	Stopień wypełnienia słupków kolorem jest proporcjonalny do stosunku maksymalnego naprężenia porównawczego w pręcie, a kolor zależy od znaku tego naprężenia.
Zmiana skali wykresów	Za pomocą menu <b>Parametry-Parametry opcji</b> lub bezpośrednio - klawisz <b>[F10]</b> Z poziomu okna roboczego opcji - klawisze: <b>[&lt;]</b> - dla zmniejszania skali <b>[&gt;]</b> - dla zwiększania skali.		Wykresy w oknie roboczym opcji zostaną uaktualnione stosownie do polecenia zmiany skali.	
<b>Wyznaczanie sił przekrojowych w prętach ramy</b>				
Wywołanie opcji <b>Wyniki-Siły przekrojowe</b> .	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Wyniki-Siły przekrojowe</b> .	Użyć kombinacji klawiszy <b>[Alt]+[W]+[S]</b>	Nastąpi otwarcie odrębnego okna roboczego opcji, w którym rysowany jest schemat ramy wraz z wykresami momentów zginających na prętach. U dołu ekranu wyświetlana jest linia statusu związana z opcją.	W przypadku, gdy włączona jest klauzula <b>Kombinatoryka</b> , to wykresy będą obwiedniami momentów zginających.
Wyświetlanie sił przekrojowych na pręcie	Wybrać pręt przez podwójne kliknięcie na nim	Wybrać pręt przez sekwencyjne użycie klawiszy <b>[+]</b> i <b>[-]</b> , a następnie użycie klawisza <b>[Enter]</b> .	Pojawi się dialog <b>Momenty-Pręt nr.:</b> , w którym wyświetlane są szczegółowe wyniki odnośnie sił w wybranym pręcie	Sposób prezentacji wyników zależy od stanu klauzuli <b>Kombinatoryka</b> .


Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Automatyczne wyszukanie miejsca maksymalnej siły przekrojowej	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[Enter]	Zostaną wykonane obliczenia związane z wyszukiwaniem, a następnie wyświetlony zostanie dialog <b>Momenty-Pręt nr.</b> , w którym wskazane będzie miejsce i wartość maksymalnego momentu zginającego.	Wyszukiwanie zależy od jego zakresu określonego w parametrach opcji (klawisz [F10]) oraz wyboru rodzaju siły przekrojowej (sekcja <b>Momenty / Normalne / Tnące</b> linii statusu).
Przełączanie na inny rodzaj siły przekrojowej.	Kliknąć na sekcji <b>Momenty / Normalne / Tnące</b> linii statusu.	Użyć sekwencyjnie klawisza [Tab] do momentu wyświetlenia zamierzonego rodzaju siły przekrojowej.	Nastąpi aktualizacja wykresu stosownie do wybranego rodzaju siły przekrojowej.	Zmiany rodzaju siły przekrojowej można dokonać również w dialogu <b>Parametry opcji</b> dostępnym poprzez menu Parametry-Parametry opcji lub bezpośrednio - klawisz [F10].
Wyświetlanie lub gaszenie wartości liczbowych sił przekrojowych na wykresach.	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi lub poprzez menu: <b>Parametry-Wartości</b>	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[M]+[W]	W przekrojach charakterystycznych poszczególnych prętów wyświetlone zostaną wartości rzędnych aktualnej siły przekrojowej.	Wielkość czcionki wyświetlanych wartości liczbowych może być określona w opcji <b>Parametry-Parametry aplikacji</b> (pole Wysokość numeracji dialogu <b>Parametry aplikacji</b> )
Zmiana skali wykresów	Za pomocą menu <b>Parametry-Parametry opcji</b> lub bezpośrednio - klawisz [F10] Z poziomu okna roboczego opcji - klawisze: [ < ] - dla zmniejszania skali [ > ] - dla zwiększania skali.		Wykresy w oknie roboczym opcji zostaną uaktualnione stosownie do polecenia zmiany skali.	

#### Wyznaczanie reakcji podpór ramy i przemieszczeń węzłów

Wywołanie opcji <b>Wyniki-Reakcje-Węzły</b> .	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Wyniki-Reakcje-Węzły</b> .	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[W]+[R]	Nastąpi otwarcie odrębnego okna roboczego opcji, w którym rysowany jest schemat ramy wraz z symbolami sił reakcji. U dołu ekranu wyświetlana jest linia statusu związana z opcją.	W przypadku, gdy włączona jest klauzula <b>Kombinatoryka</b> symbole sił reakcji nie są rysowane.
Wyświetlanie sił reakcji na węzle.	Wybrać węzeł przez podwójne kliknięcie na nim	Wybrać węzeł przez sekwencyjne użycie klawiszy [ + ] i [ - ], a następnie użycie klawisza [Enter].	Pojawi się dialog <b>Węzeł</b> , w którym wyświetlane są szczegółowe wyniki odnośnie reakcji podpory (jeśli jest zadeklarowana) oraz przemieszczeń globalnych węzła.	Sposób prezentacji wyników zależy od stanu klauzuli <b>Kombinatoryka</b> .
Automatyczne wyszukanie węzła o maksymalnym przemieszczeniu	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[Enter]	Zostaną wykonane obliczenia związane z wyszukiwaniem, a następnie wyświetlony zostanie dialog <b>Węzeł</b> , w którym wyświetlane są wartości jego przemieszczeń i - ewentualnie - wartości sił reakcji	
Wyświetlanie lub gaszenie wartości liczbowych sił reakcji podpór.	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi lub poprzez menu: <b>Parametry-Wartości</b>	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[M]+[W]	Obok symboli sił reakcji wyświetlane są (lub gaszone) wartości liczbowe.	Wielkość czcionki wyświetlanych wartości liczbowych może być określona w opcji <b>Parametry-Parametry aplikacji</b> (pole Wysokość numeracji dialogu <b>Parametry aplikacji</b> )

#### Wyznaczanie przemieszczeń (deformacji) prętów ramy

Wywołanie opcji <b>Wyniki-Przemieszczenia</b> .	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Wyniki-Przemieszczenia</b> .	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[W]+[P]	Nastąpi otwarcie odrębnego okna roboczego opcji, w którym rysowany jest schemat ramy wraz wykresami przemieszczeń na prętach ramy. U dołu ekranu wyświetlana jest linia statusu związana z opcją.	W przypadku, gdy włączona jest klauzula <b>Kombinatoryka</b> , wykresy nie są rysowane.
Wyświetlanie przemieszczeń na pręcie	Wybrać pręt przez podwójne kliknięcie na nim	Wybrać pręt przez sekwencyjne użycie klawiszy [ + ] i [ - ], a następnie użycie klawisza [Enter].	Pojawi się dialog <b>Deformacja pręta nr.</b> , w którym wyświetlane są szczegółowe wyniki odnośnie przemieszczeń na wybranym pręcie	Przy włączonej klauzuli <b>Kombinatoryka</b> , dialog <b>Deformacja pręta nr</b> nie pojawia się a wynikami są maksymalne miary deformacji pręta ( $L/\delta$ ) spośród wszystkich realnych kombinacji grup obciążeń.

Operacja	Mysz	Klawiatura	Efekt	Uwagi
Automatyczne wyszukanie miejsca maksymalnej deformacji	Kliknąć na przycisku  paska narzędzi	Użyć kombinacji klawiszy [Ctrl]+[Enter]	Zostaną wykonane obliczenia związane z wyszukiwaniem, a następnie wyświetlony zostanie dialog <b>Deformacja pręta nr.</b> , w którym wskazana będzie wartość maksymalnej deformacji.	Wyszukiwanie zależy od jego zakresu określonego w parametrach opcji (klawisz [F10]).
Zmiana skali wykresów	Za pomocą menu <b>Parametry-Parametry opcji</b> lub bezpośrednio - klawisz [F10] Z poziomu okna roboczego opcji - klawisze: [<] - dla zmniejszania skali [>] - dla zwiększania skali.		Wykresy w oknie roboczym opcji zostaną uaktualnione stosownie do polecenia zmiany skali.	

#### Wyznaczanie długości wyboczeniowych prętów ramy

Wywołanie opcji <b>Wyniki-Długości wyboczeniowe</b>	Kliknąć kolejno na pozycjach menu: <b>Wyniki-Długości wyboczeniowe</b> .	Użyć kombinacji klawiszy [Alt]+[W]+[W]	Nastąpi wywołanie procedury obliczeń, a następnie otwarcie odrębnego okna roboczego opcji, w którym rysowany jest schemat ramy oraz linia statusu informująca o długości wyboczeniowej aktywnego pręta	Długości wyboczeniowe prętów dotyczą wyboczenia w płaszczyźnie ustroju i są wyznaczone zgodnie z zasadami klasycznej mechaniki budowli, a więc nie mają ścisłego związku z jakąkolwiek normą wymiarowania konstrukcji.
Wyświetlanie przemieszczeń na pręcie	Wybrać pręt przez podwójne kliknięcie na nim	Wybrać pręt przez sekwencyjne użycie klawiszy [+] i [-], a następnie użycie klawisza [Enter].	Pojawi się dialog <b>Postać wyboczeniowa pręta nr.</b> , w którym wyświetlane są: stopnie sztywności pręta (w węzłach i na przesuw), stopnie podatności (w węzłach i na przesuw), postać wyboczeniowa pręta	Wyznaczane wielkości wynikają z analizy zagadnienia Eulera modelu pręta, w którym oddziaływania sąsiednich prętów zastąpiono ekwiwalentnymi sprężynami (na obrót w węzłach i na przechył pręta).

#### Wymiarowanie prętów ramy wg PN-90/B-03200

Szczegóły odnośnie wymiarowania prętów stalowych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-STAL.

#### Wymiarowanie połączeń prętów ramy wg PN-90/B-03200

Szczegóły odnośnie wymiarowania połączeń prętów stalowych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-SPOL.

#### Wymiarowanie prętów jako dźwigarów ze środkiem falistym

Szczegóły odnośnie wymiarowania dźwigarów ze środkiem falistym są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-SIN.

#### Wymiarowanie prętów jako dźwigarów ażurowych

Szczegóły odnośnie wymiarowania dwuteowych dźwigarów ażurowych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-AZUR.

#### Wymiarowanie prętów ramy wg PN-B-03264:2002

Szczegóły odnośnie wymiarowania prętów żelbetowych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-ZELB.

#### Wymiarowanie prętów ramy wg PN-84/B-03264

Szczegóły odnośnie wymiarowania prętów konstrukcji żelbetowych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-ZB84.

#### Wymiarowanie prętów ramy wg PN-B-03150:2000

Szczegóły odnośnie wymiarowania prętów konstrukcji drewnianych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-DREW

#### Wymiarowanie prętów ramy wg PN-81/B-03150

Szczegóły odnośnie wymiarowania prętów konstrukcji drewnianych są omówione w instrukcji użytkownika modułu RM-DR81

## Dokumentacja zadania - wydruki

Dokumentację zadania można tworzyć z wykorzystaniem głównej opcji wydruku, dostępnej z poziomu menu głównego aplikacji RM\_WIN, tj. **Pliki-Drukuj...**, oraz za pomocą funkcji wydruków aktywnych okien roboczych i dialogowych **Wydrukuj...** dostępnej poprzez tzw. menu systemowe okna (przycisk umieszczony z lewej strony listwy tytułowej okna). Najwięcej swobody tworzenia dokumentu zadania stwarza funkcja eksportu

wydruku do schowka, co umożliwia jego importowanie do dowolnego edytora tekstu (np. MS Word dla Windows) akceptującego tzw. format **rtf**.

Dokumentacja zadania omawianego w tym rozdziale składa się z dwóch części:

1. Wydruk zadania przy włączonej klauzuli **Kombinatoryka**, a więc dla obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych z parametrami wydruku jak na rysunku 2:
2. Wydruk zadania dla kombinacji grup obciążeń przy której naprężenie normalne jest największe, a więc dla kombinacji grup obciążeń: **P+S+U**. Kombinację, dla której jest spełniony ten warunek ustalono w opcji **Wyniki-Naprężenia** na podstawie wyników obliczeń dla obwiedni z wykorzystaniem funkcji wyszukiwania wartości ekstremalnych. Zawartość wydruku określono przez odpowiednie ustawienie jego parametrów - rysunek 3.

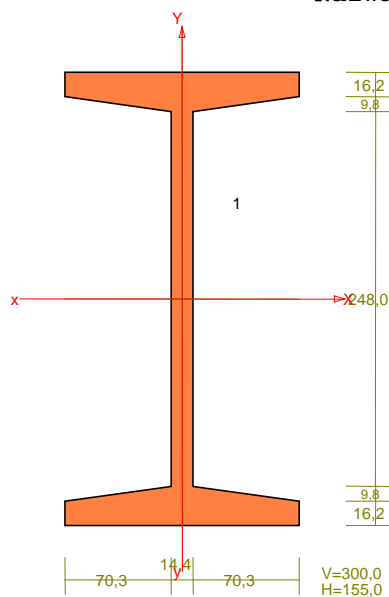
Rys. 2

Rys.3

# Wydruk 1

PRZEKRÓJ Nr: 1

Nazwa: "I 300"



Skala 1:5

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

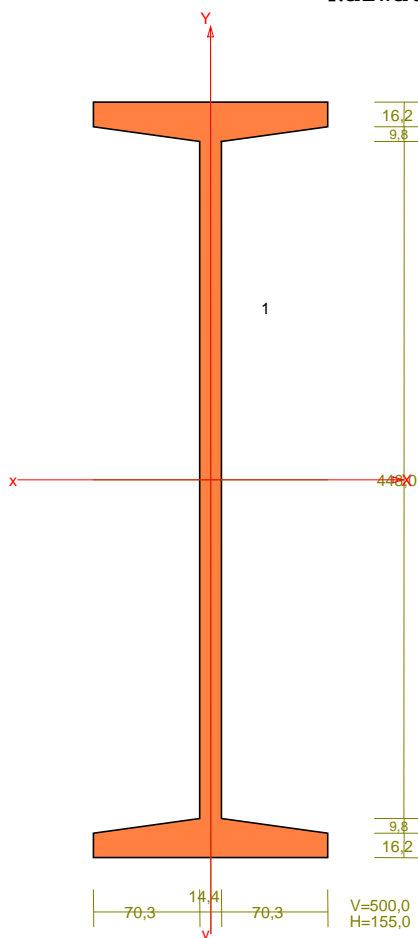
Materiał: 4 18G2 (A)

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	7,8	Yc=	15,0
			alfa=	-0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	14771,1	Jy=	1179,2
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	14771,1	Iy=	1179,2
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	12,0	iy=	3,4
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	984,7	Wy=	152,2
	Wx=	-984,7	Wy=	-152,2
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	102,5
Masa [kg/m]:			m=	80,5
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:			Jzg=	14771,1

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	I 300x155x16x14	0	0,00	0,00	0,0	0,0	102,5

PRZEKRÓJ Nr: 2

Nazwa: "I 500"



Skala 1:5

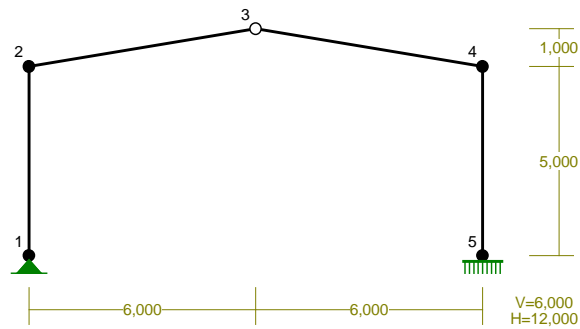
CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Materiał: 4 18G2 (A)

Gł.centrosie bezwładn. [cm]:	Xc=	7,8	Yc=	25,0
			alfa=	-0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	48990,0	Jy=	1184,2
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	48990,0	Iy=	1184,2
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	19,3	iy=	3,0
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	1959,6	Wy=	152,8
	Wx=	-1959,6	Wy=	-152,8
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	131,3
Masa [kg/m]:			m=	103,1
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł. [cm4]:			Jzg=	48990,0

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	I 500x155x16x14	0	0,00	0,00	0,0	0,0	131,3

WĘZŁY: Skala 1:200



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	4	12,000	5,000
2	0,000	5,000	5	12,000	0,000
3	6,000	6,000			

PODPORY:

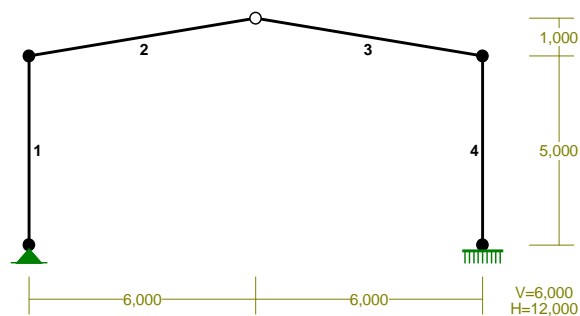
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx(Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
5	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

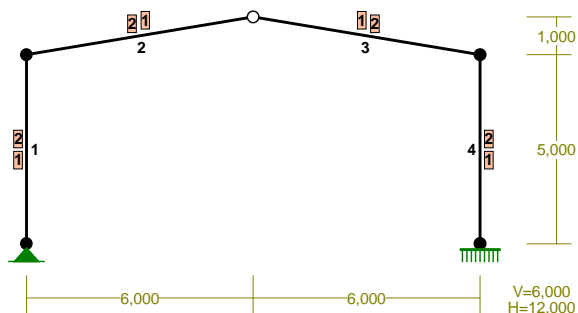
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx(Wo*) [m]:	Wy[m]:	Fio[grad]:
B r a k O s i a d a ń				

PRĘTY: Skala 1:200



PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:200



#### PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub  
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,000	5,000	5,000	1,000	1-2
2	01	2	3	6,000	1,000	6,083	1,000	2-1
3	10	3	4	6,000	-1,000	6,083	1,000	1-2
4	00	4	5	0,000	-5,000	5,000	1,000	2-1

#### WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Iy[cm <sup>4</sup> ]	Wg[cm <sup>3</sup> ]	Wd[cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	102,5	14771	1179	985	985	30,0	4 18G2 (A)
2	131,3	48990	1184	1960	1960	50,0	4 18G2 (A)

#### STAŁE MATERIAŁOWE:

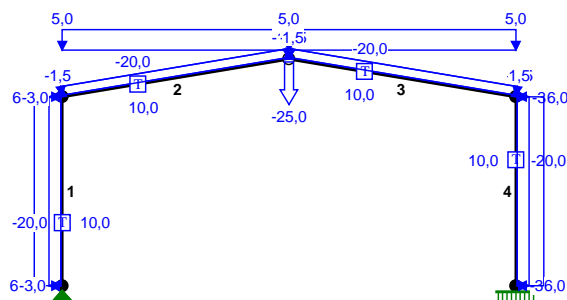
Materiał:	Moduł E: [N/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
4 18G2 (A)	205	295,000	1,20E-05

#### ZESTAWIENIE MATERIAŁU:

Oznaczenie:	Materiał:	Długość[m]	Masa[t]
Pozostałe przekroje		= 22,17	2,035
MASA CAŁKOWITA USTROJU:			<b>2,035</b>



OBCIĄŻENIA: Skala 1:200



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: L "Wiatr z lewej"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,45$	
1	Liniowe	90,0	6,0	6,0	0,00	5,00
2	Liniowe	9,5	1,5	1,5	0,00	6,08
3	Liniowe	-9,5	-1,5	-1,5	0,00	6,08
4	Liniowe	-90,0	-3,0	-3,0	0,00	5,00
Grupa: P "Wiatr z prawej"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,45$	
1	Liniowe	90,0	-3,0	-3,0	0,00	5,00
2	Liniowe	9,5	-1,5	-1,5	0,00	6,08
3	Liniowe	-9,5	1,5	1,5	0,00	6,08
4	Liniowe	-90,0	6,0	6,0	0,00	5,00
Grupa: S "Śnieg"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
2	Liniowe-Y	0,0	5,0	5,0	0,00	6,08
3	Liniowe-Y	0,0	5,0	5,0	0,00	6,08
Grupa: T "Temperatura"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
1	Temp.		-20,0	10,0		
2	Temp.		-20,0	10,0		
3	Temp.		-20,0	10,0		
4	Temp.		-20,0	10,0		
Grupa: U "Obc. użytkowe"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
2	Skupione	180,0	-25,0		6,08	

=====

**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**  
**Kombinatoryka obciążeń**

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			
L - "Wiatr z lewej"	Zmienne	1	1,10
P - "Wiatr z prawej"	Zmienne	1	1,45

S - "Śnieg"	Zmienne	1	0,50	1,40
T - "Temperatura"	Zmienne	1	0,00	1,25
U - "Obc. użytkowe"	Zmienne	1	0,30	1,30

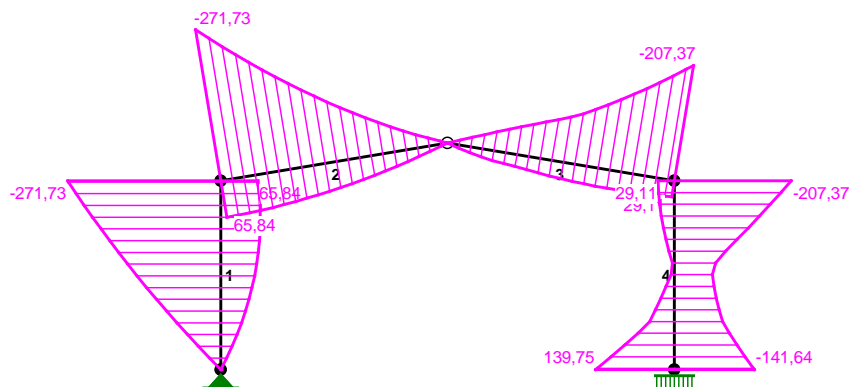
#### RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
L - "Wiatr z lewej"	EWENTUALNIE Nie występuje z: P
P - "Wiatr z prawej"	EWENTUALNIE Nie występuje z: L
S - "Śnieg"	EWENTUALNIE Nie występuje z: T
T - "Temperatura"	EWENTUALNIE Nie występuje z: S
U - "Obc. użytkowe"	EWENTUALNIE

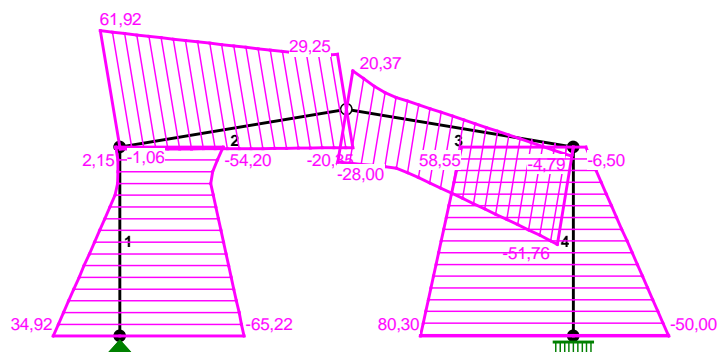
#### KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : EWENTUALNIE: L+P+S+T+U

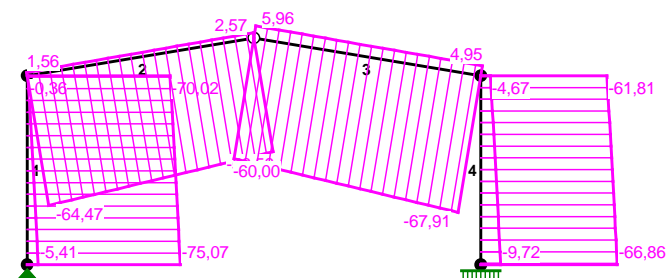
MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:200



TNĄCE-OBWIEDNIE: Skala 1:200



NORMALNE-OBWIEDNIE: Skala 1:200



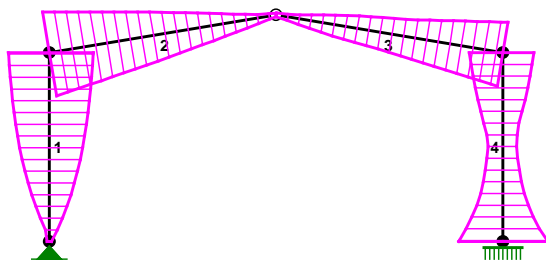
**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	4,063	<b>70,06*</b>	-0,43	-1,40	LT
	5,000	<b>-271,73*</b>	-43,47	-70,02	PSU
	0,000	-0,00	<b>-65,22*</b>	-75,07	PSU
	5,000	65,84	-8,58	<b>-0,36*</b>	LT
	0,000	-0,00	-65,22	<b>-75,07*</b>	PSU
2	0,000	<b>65,84*</b>	-1,06	-8,52	LT
	0,000	<b>-271,73*</b>	61,92	-54,39	PSU
	0,000	-271,73	<b>61,92*</b>	-54,39	PSU
	6,083	-0,00	10,88	<b>2,57*</b>	PT
	0,000	-162,26	57,15	<b>-64,47*</b>	LSU
3	4,562	<b>32,90*</b>	-0,02	1,76	P
	6,083	<b>-207,37*</b>	-51,34	-67,91	LSU
	6,083	-169,69	<b>-51,76*</b>	-53,91	SU
	0,000	0,00	9,46	<b>5,96*</b>	PT
	6,083	-207,37	-51,34	<b>-67,91*</b>	LSU
4	5,000	<b>139,75*</b>	80,30	-66,86	LSU
	0,000	<b>-207,37*</b>	58,55	-61,81	LSU
	5,000	139,75	<b>80,30*</b>	-66,86	LSU
	0,000	29,11	-2,28	<b>-4,67*</b>	P
	5,000	139,75	80,30	<b>-66,86*</b>	LSU

\* = Wartości ekstremalne

NAPEŁZENIA-OBWIEDNIE: Skala 1:200



#### NAPREŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG: ----- Ro	SigmaD: ----- Ro	Sigma: [MPa]	Kombinacja obciążeń:
1	5,000	<b>0,452*</b>		133,33	PSU
	3,125	<b>-0,144*</b>		-42,61	LT
	3,125		<b>0,143*</b>	42,21	LT
	5,000		<b>-0,488*</b>	-144,00	PSU
2	0,000	<b>0,456*</b>		134,52	PSU
	1,521	<b>-0,123*</b>		-36,27	LT
	1,521		<b>0,118*</b>	34,94	LT
	0,000		<b>-0,484*</b>	-142,81	PSU
3	6,083	<b>0,341*</b>		100,65	LSU
	3,422	<b>-0,069*</b>		-20,26	P
	3,422		<b>0,070*</b>	20,59	P
	6,083		<b>-0,376*</b>	-111,00	LSU
4	5,000	<b>0,483*</b>		142,48	PT
	5,000	<b>-0,503*</b>		-148,44	LSU
	5,000		<b>0,459*</b>	135,40	LSU
	5,000		<b>-0,492*</b>	-145,20	PT

\* = Wartości ekstremalne

#### REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>65,22*</b>	75,07	99,44		PSU
	<b>-34,92*</b>	5,41	35,33		LT
	65,22	<b>75,07*</b>	99,44		PSU
	-34,92	<b>5,41*</b>	35,33		LT
	65,22	75,07	<b>99,44*</b>		PSU
5	<b>50,00*</b>	13,93	51,90	-141,64	PT
	<b>-80,30*</b>	66,86	104,49	139,75	LSU
	-80,30	<b>66,86*</b>	104,49	139,75	LSU

45,78	<b>9,72*</b>	46,80	-91,06	P
-80,30	66,86	<b>104,49*</b>	139,75	LSU
-80,30	66,86	104,49	<b>139,75*</b>	LSU
50,00	13,93	51,90	<b>-141,64*</b>	PT

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000	0,00000	0,00000	PSU PSU PSU
2	0,02760	0,00043	0,02760	PSU PTU PSU
3	0,02068	0,04427	0,04873	LT PSU PSU
4	0,01518	0,00044	0,01519	LT LTU LT
5	0,00000	0,00000	0,00000	LSU LSU LSU

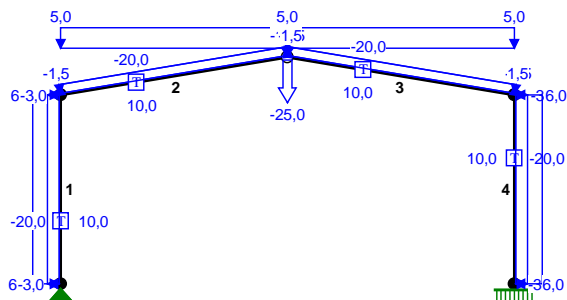
**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	680,9	PSU
2	702,7	LT
3	976,3	PT
4	1569,0	PSU

## Wydruk 2

OBCIĄŻENIA: Skala 1:200



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

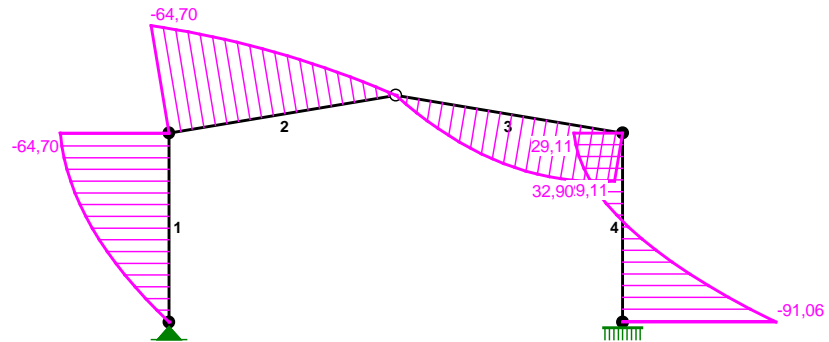
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	L "Wiatr z lewej"			Zmienne	$\gamma_f = 1,45$	
1	Liniowe	90,0	6,0	6,0	0,00	5,00
2	Liniowe	9,5	1,5	1,5	0,00	6,08
3	Liniowe	-9,5	-1,5	-1,5	0,00	6,08
4	Liniowe	-90,0	-3,0	-3,0	0,00	5,00
Grupa:	P "Wiatr z prawej"			Zmienne	$\gamma_f = 1,45$	
1	Liniowe	90,0	-3,0	-3,0	0,00	5,00
2	Liniowe	9,5	-1,5	-1,5	0,00	6,08
3	Liniowe	-9,5	1,5	1,5	0,00	6,08
4	Liniowe	-90,0	6,0	6,0	0,00	5,00
Grupa:	S "Śnieg"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
2	Liniowe-Y	0,0	5,0	5,0	0,00	6,08
3	Liniowe-Y	0,0	5,0	5,0	0,00	6,08
Grupa:	T "Temperatura"			Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
1	Temp.		-20,0	10,0		
2	Temp.		-20,0	10,0		
3	Temp.		-20,0	10,0		
4	Temp.		-20,0	10,0		
Grupa:	U "Obc. użytkowe"			Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
2	Skupione	180,0	-25,0		6,08	
-----						

## W Y N I K I Teoria I-go rzędu

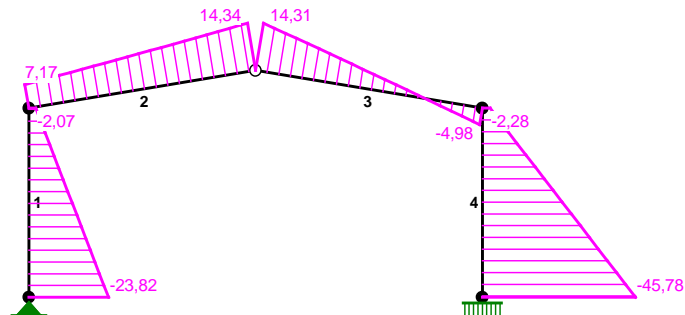
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
-----			
Ciężar wł.			1,10
P - "Wiatr z prawej"	Zmienne	1	0,00
-----			

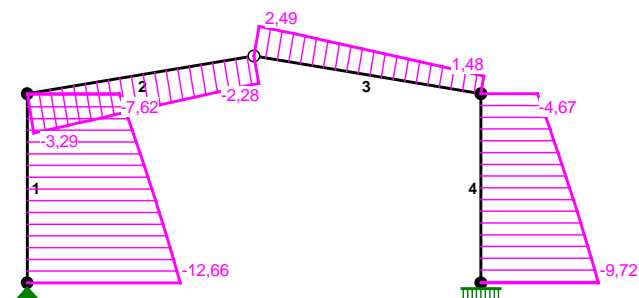
MOMENTY: Skala 1:200



SIŁY PRZĘCZNE: Skala 1:200



NORMALNE: Skala 1:200



# SIŁY PRZĘCZNE:

T.I rzędu

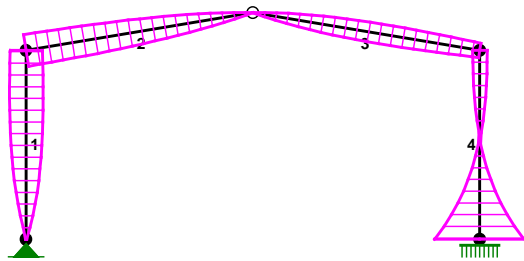
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,00	-23,82	-12,66
	1,00	5,000	-64,70	-2,07	-7,62
2	0,00	0,000	-64,70	7,17	-3,29
	1,00	6,083	-0,00	14,34	-2,28
3	0,00	0,000	0,00	14,31	2,49
	0,75	4,562	32,90*	-0,02	1,76
	1,00	6,083	29,11	-4,98	1,48

4	0,00	0,000	29,11	-2,28	-4,67
	1,00	5,000	-91,06	-45,78	-9,72

\* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: Skala 1:200



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

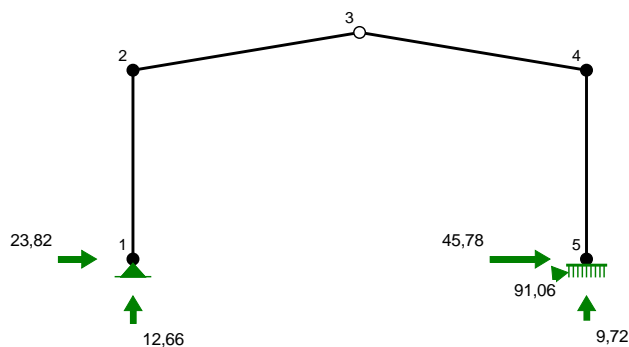
Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

4 18G2 (A)

1	0,00	0,000	-1,24	-1,24	0,004
	0,76	3,809	33,88	-35,32	<b>0,120*</b>
	1,00	5,000	32,44	-33,60	0,114
2	0,00	0,000	32,77	-33,27	<b>0,113*</b>
	1,00	6,083	-0,22	-0,22	0,001
3	0,00	0,000	0,24	0,24	0,001
	0,57	3,493	-20,28	20,60	<b>0,070*</b>
	1,00	6,083	-14,74	14,97	0,051
4	0,00	0,000	-15,21	14,50	0,052
	1,00	5,000	91,52	-93,42	<b>0,317*</b>

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: Skala 1:200



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P



Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	23,82	12,66	26,97	
5	45,78	9,72	46,80	-91,06

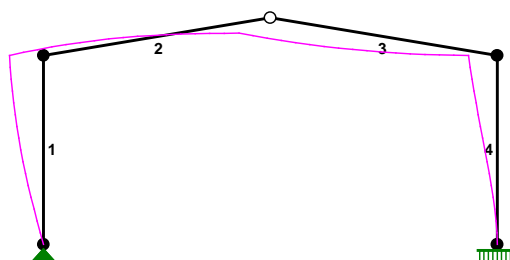
#### PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,00409 ( 0,234)
2	-0,01342	-0,00002	0,01342	0,00090 ( 0,051)
3	-0,01241	-0,00614	0,01384	
4	-0,01138	-0,00002	0,01138	0,00227 ( 0,130)
5	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,00000 ( 0,000)

PRZEMIESZCZENIA: Skala 1:200



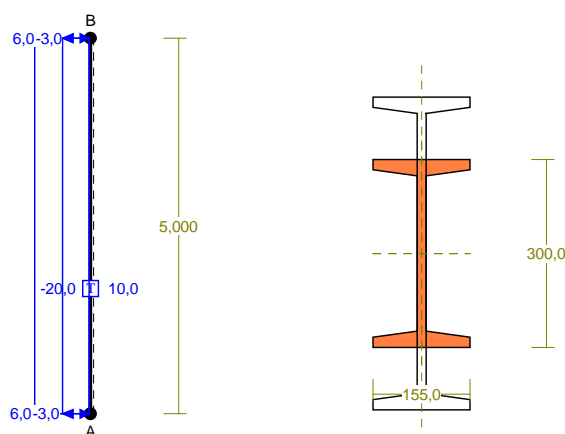
#### DEFORMACJE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F1a[deg]:	F1b[deg]:	f[m]:	L/f:
1	0,0000	0,0134	0,234	0,051	0,0022	2254,6
2	0,0022	-0,0040	0,051	-0,138	0,0027	2222,0
3	-0,0081	-0,0019	-0,005	0,130	0,0020	2967,8
4	-0,0114	-0,0000	0,130	0,000	0,0012	4133,5

#### PRĘT NR 1



DANE PRĘTA: ([m],[cm2],[cm4],[cm3],[MPa],[1/K])

GEOMETRIA PRĘTA:

PRZEKRÓJ: 1-2

Początek(A):1 Koniec(B):2

Sztywne Sztywne  
 Długość: 5,000 Kąt: 90,00

MATERIAŁ: 4 18G2 (A)

Rzuty

Imperfekcje

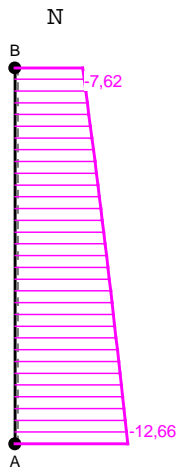
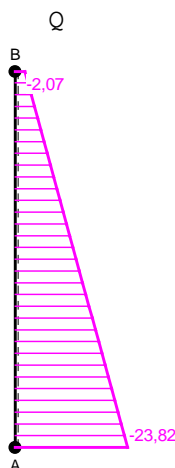
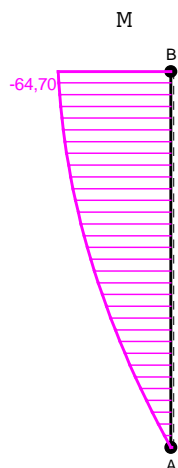
H: 0,000 V: 5,000

wo/L= 0,0000 fo/L= 0,0000

**OBCIĄŻENIA:** ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa:	L	"Wiatr z lewej"		Zmienne	$\gamma_f = 1,45$
1	Liniowe	90,0	6,0	6,0	0,00 5,00
Grupa:	P	"Wiatr z prawej"		Zmienne	$\gamma_f = 1,45$
1	Liniowe	90,0	-3,0	-3,0	0,00 5,00
Grupa:	T	"Temperatura"		Zmienne	$\gamma_f = 1,25$
1	Temp.		-20,0	10,0	



**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE PRĘTA:**

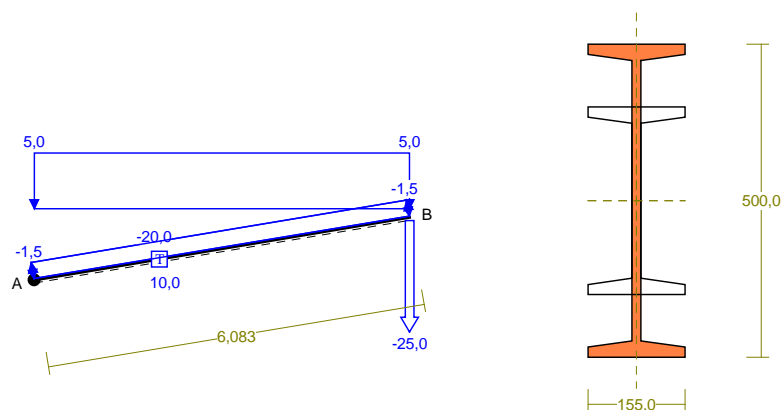
T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

x/L:	M: [kNm]	Q: [kN]	N: [kN]	W: [m]	SigmaG: [MPa]	SigmaD: [MPa]
0,00	-0,00	-23,82	-12,66	0,0000	-1,24	-1,24
0,10	-11,36	-21,64	-12,21	0,0020	9,43	-11,74
0,20	-21,64	-19,47	-11,75	0,0040	17,50	-19,67
0,30	-30,83	-17,29	-11,28	0,0058	23,52	-25,55
0,40	-38,93	-15,12	-10,79	0,0075	27,86	-29,76
0,50	-45,95	-12,94	-10,30	0,0089	30,85	-32,61
0,60	-51,87	-10,77	-9,78	0,0102	32,73	-34,36
0,70	-56,71	-8,59	-9,26	0,0113	33,68	-35,19
0,80	-60,46	-6,42	-8,72	0,0122	33,87	-35,26
0,90	-63,13	-4,24	-8,17	0,0129	33,42	-34,70
1,00	-64,70	-2,07	-7,62	0,0134	32,44	-33,60
0,00	<b>-0,00*</b>	-23,82	-12,66		-1,24	-1,24
1,00	<b>-64,70*</b>	-2,07	-7,62		32,44	-33,60
1,00	-64,70	<b>-2,07*</b>	-7,62		32,44	-33,60
0,00	-0,00	<b>-23,82*</b>	-12,66		-1,24	-1,24
1,00	-64,70	-2,07	<b>-7,62*</b>		32,44	-33,60
0,00	-0,00	-23,82	<b>-12,66*</b>		-1,24	-1,24
0,76	-59,16	-7,25	-8,93		33,88	<b>-35,32*</b>

\* = Wartości ekstremalne

## PRĘT NR 2



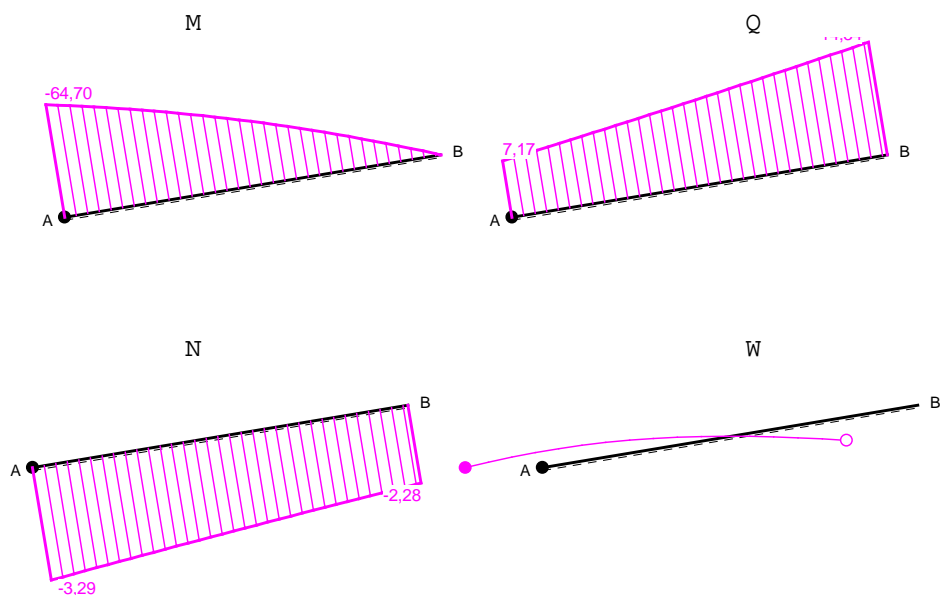
**DANE PRĘTA:** ([m], [cm<sup>2</sup>], [cm<sup>4</sup>], [cm<sup>3</sup>], [MPa], [1/K])

GEOMETRIA PRĘTA:				PRZEKRÓJ: 2-1	
Początek(A):	2	Koniec(B):	3	MATERIAŁ: 4 18G2 (A)	
Sztynne		Przegub			
Długość:	6,083	Kąt:	9,46	Imperfekcje w <sub>0</sub> /L= 0,0000 f <sub>0</sub> /L= 0,0000	
Rzuty					
H:	6,000	V:	1,000		

**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	L "Wiatr z lewej"			Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,45	
2	Linowe	9,5	1,5	1,5	0,00	6,08

Grupa:	P	"Wiatr z prawej"		Zmienne	$\gamma_f = 1,45$	
2	Liniowe	9,5	-1,5	-1,5	0,00	6,08
Grupa:	S	"Śnieg"		Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
2	Liniowe-Y	0,0	5,0	5,0	0,00	6,08
Grupa:	T	"Temperatura"		Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
2	Temp.		-20,0	10,0		
Grupa:	U	"Obc. użytkowe"		Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
2	Skupione	180,0	-25,0		6,08	



#### WIELKOŚCI PRZEKROJOWE PRĘTA:

T.I rzędu

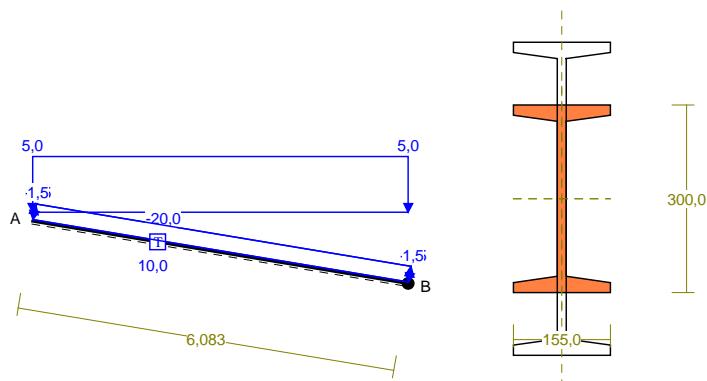
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

x/L:	M: [kNm]	Q: [kN]	N: [kN]	W: [m]	SigmaG: [MPa]	SigmaD: [MPa]
0,00	-64,70	7,17	-3,29	0,0022	32,77	-33,27
0,10	-60,14	7,83	-3,18	0,0026	32,20	-32,70
0,20	-55,18	8,49	-3,07	0,0028	31,30	-31,79
0,30	-49,81	9,17	-2,96	0,0027	30,01	-30,49
0,40	-44,02	9,87	-2,86	0,0024	28,23	-28,71
0,50	-37,80	10,57	-2,75	0,0018	25,88	-26,35
0,60	-31,15	11,30	-2,66	0,0010	22,82	-23,29
0,70	-24,06	12,04	-2,56	0,0000	18,91	-19,37
0,80	-16,50	12,79	-2,46	-0,0012	13,95	-14,40
0,90	-8,49	13,56	-2,37	-0,0026	7,68	-8,13
1,00	-0,00	14,34	-2,28	-0,0040	-0,22	-0,22
1,00	<b>-0,00*</b>	14,34	-2,28		-0,22	-0,22
0,00	<b>-64,70*</b>	7,17	-3,29		32,77	-33,27
1,00	-0,00	<b>14,34*</b>	-2,28		-0,22	-0,22
0,00	-64,70	<b>7,17*</b>	-3,29		32,77	-33,27
1,00	-0,00	14,34	<b>-2,28*</b>		-0,22	-0,22

0,00	-64,70	7,17	-3,29*	32,77	-33,27
0,00	-64,70	7,17	-3,29	32,77	-33,27*

\* = Wartości ekstremalne

### PRĘT NR 3

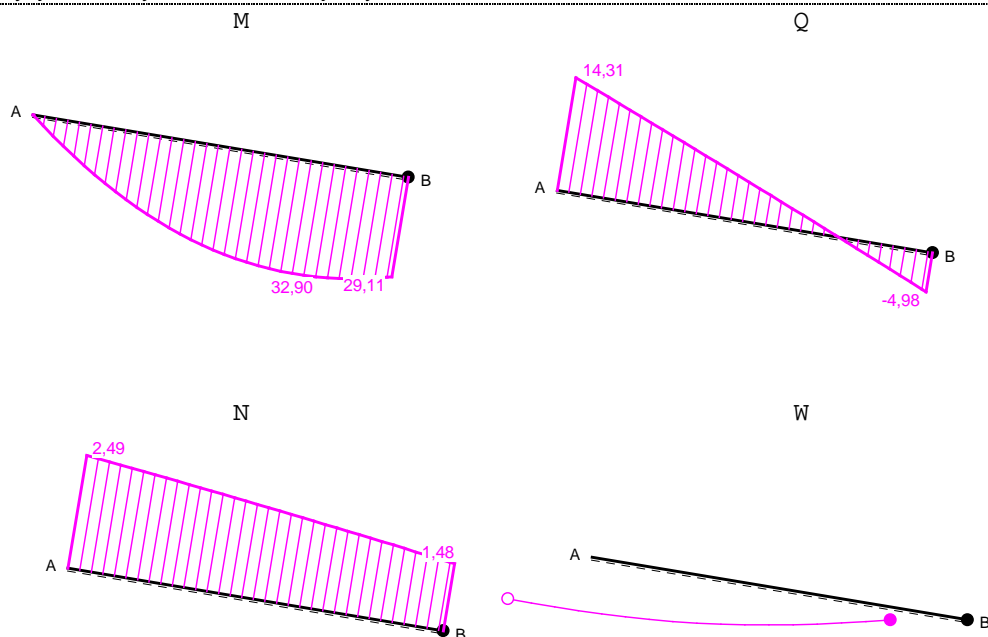


**DANE PRĘTA:** ([m], [cm<sup>2</sup>], [cm<sup>4</sup>], [cm<sup>3</sup>], [MPa], [1/K])

GEOMETRIA PRĘTA:			PRZEKRÓJ: 1-2		
Początek(A):	3	Koniec(B):	4		
Przegub		Sztywne		MATERIAŁ: 4 18G2 (A)	
Długość:	6,083	Kąt:	-9,46	Imperfekcje	
Rzuty					
H:	6,000	V:	1,000	wo/L=	0,0000 fo/L= 0,0000

**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: 3	L "Wiatr z lewej"	-9,5	-1,5	Zmienne -1,5	γf= 1,45 0,00	6,08
Grupa: 3	P "Wiatr z prawej"	-9,5	1,5	Zmienne 1,5	γf= 1,45 0,00	6,08
Grupa: 3	S "Śnieg"	0,0	5,0	Zmienne 5,0	γf= 1,40 0,00	6,08
Grupa: 3	T "Temperatura"		-20,0	Zmienne 10,0	γf= 1,25	



# WIELKOŚCI PRZEKROJOWE PRĘTA:

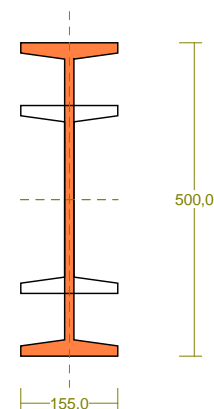
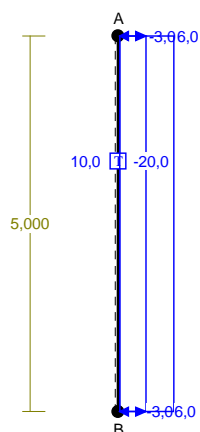
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

T.I rzędu

x/L:	M: [kNm]	Q: [kN]	N: [kN]	W: [m]	SigmaG: [MPa]	SigmaD: [MPa]
0,00	0,00	14,31	2,49	-0,0081	0,24	0,24
0,10	8,14	12,44	2,40	-0,0081	-7,35	7,81
0,20	15,13	10,57	2,31	-0,0081	-12,79	13,21
0,30	20,99	8,67	2,22	-0,0079	-16,50	16,90
0,40	25,69	6,77	2,12	-0,0076	-18,82	19,19
0,50	29,22	4,85	2,02	-0,0070	-20,01	20,35
0,60	31,58	2,91	1,92	-0,0063	-20,26	20,58
0,70	32,76	0,96	1,81	-0,0054	-19,74	20,04
0,80	32,74	-1,01	1,71	-0,0044	-18,58	18,86
0,90	31,53	-2,99	1,60	-0,0032	-16,89	17,14
1,00	29,11	-4,98	1,48	-0,0019	-14,74	14,97
0,75	<b>32,90*</b>	-0,02	1,76		-19,24	19,52
0,00	<b>0,00*</b>	14,31	2,49		0,24	0,24
0,00	0,00	<b>14,31*</b>	2,49		0,24	0,24
1,00	29,11	<b>-4,98*</b>	1,48		-14,74	14,97
0,00	0,00	14,31	<b>2,49*</b>		0,24	0,24
1,00	29,11	-4,98	<b>1,48*</b>		-14,74	14,97
0,57	31,08	3,41	1,94		-20,28	<b>20,60*</b>

\* = Wartości ekstremalne

**PRĘT NR 4**

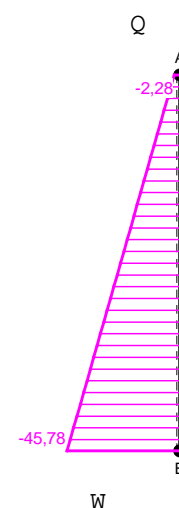
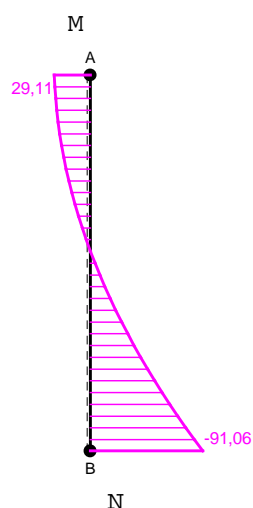


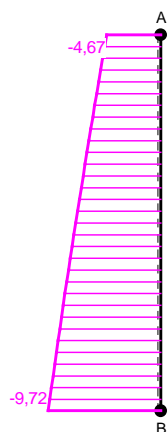
**DANE PRĘTA:** ( [m] , [cm<sup>2</sup>] , [cm<sup>4</sup>] , [cm<sup>3</sup>] , [MPa] , [1/K] )

GEOMETRIA PRĘTA:		PRZEKRÓJ: 2-1
Początek(A): 4	Koniec(B): 5	
Sztywne	Sztywne	MATERIAŁ: 4 18G2 (A)
Długość: 5,000	Kąt: -90,00	
Rzuty		Imperfekcje
H: 0,000	V: 5,000	w <sub>0</sub> /L= 0,0000 f <sub>0</sub> /L= 0,0000

**OBCIĄŻENIA:** ( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: 4	L "Wiatr z lewej"	-90,0	-3,0	Zmienne -3,0	γ <sub>f</sub> = 1,45 0,00	5,00
Grupa: 4	P "Wiatr z prawej"	-90,0	6,0	Zmienne 6,0	γ <sub>f</sub> = 1,45 0,00	5,00
Grupa: 4	T "Temperatura"		-20,0	Zmienne 10,0	γ <sub>f</sub> = 1,25	





# WIELKOŚCI PRZEKROJOWE PRĘTA:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

x/L:	M: [kNm]	Q: [kN]	N: [kN]	W: [m]	SigmaG: [MPa]	SigmaD:
						[MPa]
0,00	29,11	-2,28	-4,67	-0,0114	-15,21	14,50
0,10	26,88	-6,63	-5,22	-0,0102	-14,91	14,09
0,20	22,47	-10,98	-5,77	-0,0090	-13,31	12,39
0,30	15,89	-15,33	-6,31	-0,0076	-10,17	9,14
0,40	7,14	-19,68	-6,83	-0,0063	-5,19	4,05
0,50	-3,79	-24,03	-7,35	-0,0049	1,99	-3,25
0,60	-16,89	-28,38	-7,84	-0,0035	11,81	-13,19
0,70	-32,17	-32,73	-8,33	-0,0022	24,85	-26,35
0,80	-49,63	-37,08	-8,80	-0,0011	41,82	-43,44
0,90	-69,26	-41,43	-9,26	-0,0003	63,64	-65,40
1,00	-91,06	-45,78	-9,72	-0,0000	91,52	-93,42
0,00	<b>29,11*</b>	-2,28	-4,67		-15,21	14,50
1,00	<b>-91,06*</b>	-45,78	-9,72		91,52	-93,42
0,00	29,11	<b>-2,28*</b>	-4,67		-15,21	14,50
1,00	-91,06	<b>-45,78*</b>	-9,72		91,52	-93,42
0,00	29,11	-2,28	<b>-4,67*</b>		-15,21	14,50
1,00	-91,06	-45,78	<b>-9,72*</b>		91,52	-93,42
1,00	-91,06	-45,78	-9,72		91,52	<b>-93,42*</b>

\* = Wartości ekstremalne