

**STAL 1993-3D**

WERSJA 1.x

**WYMIAROWANIE  
PRĘTÓW KONSTRUKCJI STALOWYCH  
wg PN-EN 1993  
pod kontrolą programu RM-3D**

**INSTRUKCJA UŻYTKOWANIA**



**BIURO KOMPUTEROWEGO  
WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA**

OPOLE - MAJ 2016



## SPIS TREŚCI

<b>I. UWAGI OGÓLNE .....</b>	<b>I-1</b>
WPROWADZENIE .....	I-1
PRZEZNACZENIE MODUŁU STAL1993-3D .....	I-2
PODSTAWOWE CECHY UŻYTKOWE MODUŁU STAL1993-3D .....	I-3
INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE.....	I-4
MERYTORYCZNY ZAKRES WYMIAROWANIA .....	I-4
<b>II. ZASADY UŻYTKOWANIA.....</b>	<b>II-1</b>
URUCHOMIENIE MODUŁU .....	II-1
STRATEGIA WYMIAROWANIA .....	II-3
<i>Wymiarowanie pojedynczego pręta</i> .....	II-3
<i>Wymiarowanie grupy prętów</i> .....	II-6
KONTEKSTY WYMIAROWANIA.....	II-10
<i>Przekrój</i> .....	II-10
<i>Ścianki</i> .....	II-11
<i>Łączniki</i> .....	II-13
<i>Długości wyboczeniowe</i> .....	II-15
<i>Zwichrzenie</i> .....	II-22
<i>Stan graniczny nośności</i> .....	II-25
<i>Rozciąganie</i> .....	II-26
<i>Ściskanie (stateczność)</i> .....	II-27
<i>Ścinanie</i> .....	II-29
<i>Zginanie</i> .....	II-29
<i>Zginanie (stateczność)</i> .....	II-31
<i>Zginanie i ściskanie (stateczność)</i> .....	II-32
<i>Środek pod obc. skup.</i> .....	II-34
<i>Nośność łączników</i> .....	II-37
<i>Stan graniczny użytkowania</i> .....	II-38
<b>III. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA - WYDRUKI.....</b>	<b>III-1</b>
UWAGI OGÓLNE.....	III-1
TWORZENIE DOKUMENTU .....	III-2
<b>IV. WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA .....</b>	<b>IV-1</b>
PRĘTY O ZMIENNYM PRZEKROJU (PRĘTY NIEPRYZMATYCZNE).....	IV-1
PRĘTY O PRZEKROJACH Z KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH.....	IV-2



## I. UWAGI OGÓLNE

---

### **Wprowadzenie**

---

Niniejsze opracowanie zawiera podstawowe informacje na temat użytkowania modułu o skrótowej nazwie **STAL1993-3D** (wersja 1.xx), będącego jednym ze składników pakietu programów - pod nazwą RM3D – przeznaczonego do analizy statycznej i kinematycznej oraz wymiarowania przestrzennych konstrukcji prętowych, a opracowanego przez **Biuro Komputerowego Wspomagania Projektowania "CADSiS"**.

Niniejsze opracowanie nie zawiera szczegółowych opisów korzystania z interfejsu ekranowego modułu (przyciski, okna dialogowe, pola edycyjne, listy i td.), służącego do jego sterowania oraz operowania jego poszczególnymi opcjami i funkcjami, ponieważ zagadnienia te są wyjaśnione w licznych podręcznikach i instrukcjach poświęconych użytkownikowi aplikacji w systemie Windows, a najważniejsze kwestie związane z interfejsem użytkownika modułu dostępne są poprzez kontekstowy system podpowiedzi (ang. Help) systemu Windows.

Przy redagowaniu niniejszego opracowania położono akcent na opis idei realizacyjnej modułu oraz wyjaśnieniu kluczowych kwestii związanych z zadawaniem danych i prezentacją wyników obliczeń w ramach wymiarowania prętów konstrukcji stalowych wg **PN-EN 1993 Projektowanie konstrukcji stalowych**.

Przy opracowaniu modułu **STAL1993-3D** dołożono wiele starań, aby obejmował swym zakresem szeroką klasę rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w konstrukcjach stalowych z pełną zgodnością reguł zawartych w normie PN-EN 1993 z równie należytą dbałością o komunikatywność i przejrzystość interfejsu użytkownika.

Informacje podane w niniejszej instrukcji dotyczą:

- ✓ **przeznaczenia modułu STAL1993-3D**
- ✓ **podstawowych cech użytkowych modułu**
- ✓ **instalacji modułu w komputerze**
- ✓ **merytorycznego zakresu wymiarowania**
- ✓ **zasad użytkowania modułu**
- ✓ **tworzenia dokumentacji zadania**
- ✓ **wskazówek na temat wymiarowania**
- ✓ **przykładów**

Niektóre informacje zawarte w niniejszym opracowaniu są dostępne również poprzez kontekstowy system pomocy dla programu **RM-3D**. Sposób korzystania z tego systemu pomocy jest typowy dla aplikacji systemu Windows.

Przy redagowaniu niniejszego opracowania przyjęto założenie, że użytkownik posiada wystarczającą wiedzę i doświadczenie w zakresie obliczeń statycznych oraz projektowania konstrukcji stalowych. Dlatego używana w instrukcji terminologia, oznaczenia oraz pojęcia dotyczące tej tematyki nie są bliżej wyjaśniane. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości z tym związanych, należy sięgnąć do odpowiedniej literatury fachowej.

Moduł **STAL1993-3D** w wymiarze informatycznym jest podprogramem, a więc nie jest autonomiczną aplikacją systemu Windows, czyli nie może być użytkowany niezależnie. Jego użytkowanie odbywa się pod kontrolą programu głównego RM-3D pakietu RM3D, a więc jest ładowany do pamięci komputera i uruchamiany z poziomu programu głównego.

### **Przeznaczenie modułu STAL1993-3D**

Moduł **STAL1993-3D** przeznaczony jest do wymiarowania prętów przestrzennych konstrukcji stalowych zgodnie z postanowieniami i zaleceniami normy **PN-EN 1993 – Projektowanie konstrukcji stalowych, część 1-1 i 1-5**, a merytoryczny zakres wymiarowania jest sprecyzowany w dalszej części instrukcji.

Moduł **STAL1993-3D** jest zintegrowanym składnikiem pakietu programów oznaczonych skrótową nazwą RM3D przeznaczonych do analizy statyczno-kinematycznej oraz wymiarowania przestrzennych konstrukcji prętowych o dowolnej geometrii ich schematu statycznego.

Integralność modułu **STAL1993-3D** z programem głównym RM-3D polega na tym, że wyniki analizy statycznej i kinematycznej - dokonywanej przez program główny RM-3D dla poszczególnych prętów - przekazywane są do modułu w celu sprawdzania normowych warunków stanów granicznych nośności (SGN) i użytkowania (SGU). Z tego właśnie względu moduł **STAL1993-3D** nie może być użytkowany jako program autonomiczny. Każda zmiana danych związanych z wymiarowaniem - a mająca wpływ na pracę statyczną całej konstrukcji - np. zmiana przekroju rozmiaru lub kształtu przekroju - powoduje warunkowe (rozstrzygane przez użytkownika) wykonanie analizy statyczno-kinematycznej oraz uaktualnienie wyników obliczeń dla wszystkich warunków wymiarowania prętów stalowych konstrukcji.

Procesem wymiarowania w module **STAL1993-3D** objęte są tylko pręty, przekrojom których przypisany został materiał z grupy "**Stal 1993**", a przekroje te spełniają odpowiednie warunki kształtu, pozwalające na określenie ich klasy wg reguł normowych. W przeciwnym razie wymiarowanie pręta za pomocą modułu **STAL1993-3D** nie będzie możliwe. Jeśli natomiast przekrój pręta odpowiada warunkom innego modułu (innej normy) wymiarowania - będącego składnikiem pakietu RM3D - to nastąpi jego automatyczne załadowanie i wykonanie obliczeń przy użyciu tego modułu.

W przypadku wymiarowania grupy prętów konstrukcji mieszanej, czyli składającej się z prętów o zróżnicowanych normowo rodzajach materiałów, użytkownik musi sam wskazać moduł wymiarujący pakietu RM3D, który ma być użyty do wykonania analizy związanej z wymiarowaniem, przy czym procesem obliczeń objęte zostaną tylko te pręty, których przekrojom przypisano materiał z grupy materiałowej właściwej dla normy, na której bazuje moduł wskazany przez użytkownika. Tak przyjęta strategia oznacza, że możliwe jest dokonywanie oceny nośności poszczególnych prętów konstrukcji zróżnicowanych materiałowo, np. stalowo-drewnianych lub żelbetowo-stalowych.

### ***Podstawowe cechy użytkowe modułu STAL1993-3D***

Moduł **STAL1993-3D** jest składnikiem pakietu RM3D i nie jest autonomicznym programem komputerowym, a więc nie może być uruchamiany bezpośrednio w systemie Windows. Jest on ładowany do pamięci komputera i uruchamiany przez program główny RM-3D w wersji 7.x lub wyższej.

Działanie modułu polega na interakcji z programem głównym RM-3D, co oznacza, że program główny przekazuje wszystkie potrzebne dane (pochodzące z analizy statycznej i kinematycznej) do wymiarowania pręta modułowi **STAL1993-3D** oraz interakcyjnie wykonuje obliczenia statyczne na żądanie modułu, a podyktowane dokonywanymi zmianami w procesie wymiarowania, mającymi wpływ na pracę statyczną i kinematyczną konstrukcji.

Do podstawowych cech użytkowych modułu **STAL1993-3D** należą:

- ✓ pełna zgodność z wymaganiami i zaleceniami grupy norm **PN-EN 1993**,
- ✓ wymiarowanie prętów dowolnie złożonych przekrojów jednogalęziowych,
- ✓ wymiarowania prętów o przekrojach wielogalęziowych o różnej konfiguracji i rodzaju kształtowników gałęzi,
- ✓ automatyczne określanie niektórych aspektów normowych wynikających z rozkładu sił przekrojowych w pręcie oraz typu jego przekroju,
- ✓ automatyczne wskazywanie najbardziej miarodajnego warunku nośności pręta dla "ręcznej" (określanej przez użytkownika) kombinacji grup obciążeń,
- ✓ automatyczne wskazywanie najbardziej miarodajnej kombinacji grup obciążeń z punktu widzenia określonego warunku nośności pręta, czyli określanie globalnego stopnia wykorzystania nośności pręta na gruncie wszystkich możliwych i realnych kombinacji grup obciążeń,
- ✓ wizualne sygnalizowanie przekroczenia warunków nośności pręta,
- ✓ łatwa lokalizacja pręta o najniekorzystniejszym warunku nośności,
- ✓ indywidualne i grupowe zadawanie danych wymiarowania
- ✓ prostotę posługiwania się jego opcjami i funkcjami,
- ✓ graficzną wizualizację danych i wyników obliczeń,
- ✓ generowanie tabeli warunków normowych wraz z diagramem stopni wykorzystania nośności prętów konstrukcji z możliwością selekcyjonowania i sortowania wg wskazanego klucza,
- ✓ dużą swobodę tworzenia dokumentacji graficzno-tekstowej dzięki korzystania z predefiniowanych arkuszy (formularzy), opracowanych w konwencji obliczeń ręcznych, automatycznie przesyłanych do zaawansowanych edytorów tekstu (WordPad, MS Word, MS Works, OpenOffice).

Dzięki tym cechom oraz intuicyjnemu i przyjaznemu interfejsowi moduł **STAL1993-3D** można uznać za wyjątkowo sprawne i efektywne narzędzie warsztatu projektanta konstrukcji w zakresie wymiarowania prętów stalowych konstrukcji przestrzennych, zwłaszcza w przypadku, gdy geometryczna forma konstrukcji nie pozwala na racjonalne wyodrębnienie płaskich schematów prętowych do analizy statyczno-kinematycznej oraz wymiarowania za pomocą narzędzi (metod i programów) w konwencji 2D.

## **Instalacja modułu w komputerze**

Moduł **STAL1993-3D** jest instalowany w komputerze wraz z innymi składnikami pakietu RM3D. Wszystkie potrzebne do prawidłowej instalacji składniki tego pakietu są dostarczane na płycie kompaktowej, którą należy włożyć do czytnika CD (lub nagrywarki CD) i poczekać na wykonanie przez Windows funkcji "autostart". Jeśli z jakiegoś powodu to nie nastąpi, to należy wymusić instalację przez bezpośrednie uruchomienie instalatora **cadsis\_instal.exe** z płyty instalacyjnej CD.

Szczegółowe informacje na temat instalowania pakietu RM3D oraz zasad jego uaktualniania są zawarte w instrukcji użytkownika programu głównego RM-3D pakietu.

Instalacja modułu w zasobach komputera dokonywana jest przez instalator pakietu RM3D (wraz z programem głównym pakietu) i nie wymaga wykonywania dodatkowych zabiegów. Jedynie w trakcie instalacji należy zadbać, aby był zaznaczony odpowiedni składnik pakietu na liście okna instalatora.

Po pomyślnym dokonaniu instalacji katalog docelowy pakietu powinien zawierać plik **rm stal1993.dll** stanowiący bibliotekę procedur i funkcji realizujących proces wymiarowania prętów stalowej konstrukcji przestrzennej. Oprócz tego do podkatalogu **ARKUSZE** kopiowane są pliki szablonów dokumentów w formacie RTF, które pełnią rolę wzorców do generowania dokumentów wymiarowania.

Ponieważ programy pakietu RM3D są zabezpieczone sprzętowo przed nieuprawnionym kopiowaniem, to w trakcie ich instalacji w komputerze dokonywana jest również rejestracja sterownika kluczy sprzętowych. Ta operacja polega - między innymi - na dokonywaniu odpowiednich wpisów do rejestru systemu Windows, a więc w tym czasie musi on być dostępny, czyli użytkownik komputera powinien mieć uprawnienia administratora. Ponieważ niektóre programy antywirusowe blokują dostęp do rejestru systemu, to na czas instalacji programów pakietu RM3D wskazane jest wstrzymanie ich działania.

## **Merytoryczny zakres wymiarowania**

Przedmiotem procesu wymiarowania dokonywanego przy pomocy modułu **STAL1993-3D** jest dowolny pręt lub grupa prętów przestrzennej konstrukcji stalowej (wykreowanej w trybie **Schemat** programu RM-3D) o przekrojach jedno- lub wielogłęziowym lub liniowo zmiennych wzdłuż osi pręta wymiarach, któremu został przypisany materiał z grupy **"stal 1993"**. Oznacza to, że przedmiotem wymiarowania mogą być pręty o następujących typach przekrojów:

- ✓ **jednokształtownikowe** (katalogowe i zadawane przez użytkownika) wszystkich możliwych do wykreowania typów w programie RM-3D,
- ✓ **wielogłęziowe** zadeklarowane, jako "stalowe - wielogłęziowe",
- ✓ **składane wielokształtownikowe** zbudowane z wielu kształtowników (z wyjątkiem rury okrągłej), ale połączonych ze sobą spawami w taki sposób aby pręt o takim przekroju był jedno- lub wielogłęziowy,



- ✓ **wielomateriałowe**, jeśli tzw. *materiałem podstawowym* przekroju jest materiał z grupy "**stal1993**",
- ✓ o przekrojach zawierających otwory wprowadzane w trybie definiowania przekroju programu RM-3D.

Dla przekrojów składających się z kilku kształtowników wykonanych z różnych gatunków stali, przyjmowany jest jeden rodzaj stali określony przez tzw. *materiał podstawowy* przekroju.

Podczas wymiarowania prętów o przekrojach wielokształtownikowych (złożonych) kształtowniki, którym przypisano inny materiał niż "**stal 1993**", są pomijane.

W dalszej części niniejszej instrukcji pod pojęciem przekroju **jednogałęziowego** należy rozumieć - oprócz przekrojów składających się z jednego kształtownika (tzw. składane *jednokształtownikowe*)- również przekroje składające się z wielu kształtowników (tzw. składane *wielokształtownikowe*), w których wszystkie kształtowniki są ze sobą połączone spawami w taki sposób aby stanowiły jedną gałąź. Aby pręty o przekrojach składanych *wielokształtownikowych* mogły być dopuszczone do wymiarowania, to przekroje te muszą spełniać następujące warunki:

- ✓ Nie mogą zawierać żadnego pojedynczego kształtownika, który nie jest połączony co najmniej jednym spawem z pozostałymi kształtownikami przekroju.
- ✓ Nie mogą zawierać kształtowników typu "rura okrągła" i "trójkąt" ponieważ dla tego typu kształtowników norma nie precyzuje sposobu określania smukłości ścianek, co jest konieczne dla ustalenia klasy przekroju.
- ✓ Poszczególne kształtowniki nie mogą się wzajemnie przenikać swoimi powierzchniami.

W przeciwnym razie wymiarowanie pręta nie będzie możliwe.

Dla osiągnięcia właściwego powiązania poszczególnych kształtowników w jednogałęziowym przekroju *wielokształtownikowym* należy posłużyć funkcjami trybu deklarowania przekroju składanego (opcja: **Przekroje/Lista Przekrojów.../Edytuj...** programu głównego RM-3D).

Dla precyzyjnego wzajemnego konfigurowania kształtowników w przekroju składanym zaleca się operowanie lokalnym układem odniesienia, znacznikiem punktów charakterystycznych konturu kształtownika aktywnego oraz współrzędnymi tego znacznika w układzie lokalnym.

Szczegółowy opis kreowania listy przekrojów jest zawarty w instrukcji użytkownika programu głównego RM-3D.

Podstawą wszelkich obliczeń związanych z wymiarowaniem pręta są:

- ✓ charakterystyka przekroju pręta określana w opcji **Przekroje/Lista przekrojów** (skrót: **Przekroje**) programu głównego RM-3D,
- ✓ schemat i geometria pręta oraz jego uwarunkowanie kinematyczne wynikające z jego powiązania z innymi prętami konstrukcji lub podparciami, określane w trybie **Schemat** programu głównego,
- ✓ wyniki obliczeń statycznych dla obliczeniowych i charakterystycznych wartości obciążeń dostarczanych przez program główny dla kombinacji aktywnych (włączonych do obliczeń) grup obciążeń,

- ✓ wzory i wyrażenia wynikające wprost z postanowień i zaleceń normy **PN-EN 1993**.

Zasada działania modułu **STAL1993-3D** polega na operowaniu tzw. *kontekstami wymiarowania* - właściwymi dla konkretnej sytuacji statycznej i kinematycznej pręta.

Każdy z *kontekstów* odnosi się do konkretnego punktu normy, a jego nazwa robocza nawiązuje do tytułu odpowiadającego mu punktowi normy.

Poniżej wymieniono nazwy wszystkich tzw. *kontekstów wymiarowania*, którymi operuje moduł **STAL1993-3D** w procesie wymiarowania prętów stalowych:

- ✓ **Przekrój**
- ✓ **Ścianki**
- ✓ **Długości wyboczeniowe**
- ✓ **Łączniki** (dla prętów o przekrojach wielogąłkowych)
- ✓ **Zwichrzenie** (dla prętów o przekrojach co najmniej monosymetrycznych i otwartych)
- ✓ **Stan graniczny nośności, a w nim:**
  - **Rozciąganie**
  - **Ściskanie** (stateczność)
  - **Skręcanie**
  - **Ścinanie**
  - **Zginanie** (stateczność)
  - **Zginanie z siłą podłużną**
  - **Zginanie ze ściskaniem**
  - **Środek pod obciążeniem skupionym (98)**
  - **Środek w stanie złożonym (24)**
  - **Nośność łączników** (dla prętów o przekrojach wielogąłkowych)
- ✓ **Stan graniczny użytkowania**

Lista *kontekstów* jest ustalana przez moduł **STAL1993-3D** automatycznie i nie wszystkie *konteksty wymiarowania* są wykazywane na tej liście, lecz tylko te, które są merytorycznie właściwe dla wymiarowanego pręta, a wynikające z jego stanu pracy statycznej, uwarunkowań kinematycznych, kształtu i charakterystyki geometrycznej przekroju.

Większość *kontekstów wymiarowania* jest dodatkowo opatrzona numerem wzoru związanego z konkretnym warunkiem określonym w normie oraz ewentualnie literałem kombinacji grup obciążeń, dla której został dany *kontekst* ustalony - przy obliczeniach dokonywanych dla obwiedni sił przekrojowych.

Obliczenia wykonywane przez moduł **STAL1993-3D** nie obejmują takich elementów konstrukcji jak: połączenia prętów, usztywnienia przekrojów (żebra poprzeczne), styki i oparcia oraz zagadnień związanych ze zmęczeniem materiału i dynamiki konstrukcji.

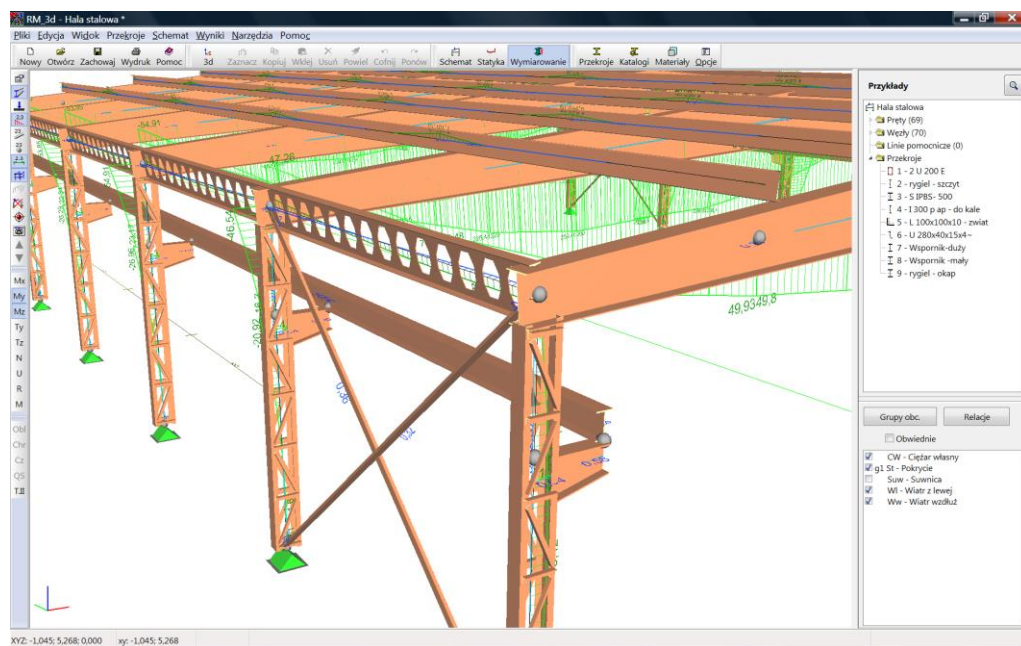
## II. ZASADY UŻYTKOWANIA

Użytkowanie modułu **STAL1993-3D** do obliczeń związanych z SGN i SGU prętów stalowych opiera się na podobnych zasadach, jakie obowiązują w innych trybach działania programu głównego RM-3D. Wszelkie operacje związane z procesem wymiarowania prętów konstrukcji wykonywane są w trybie **Wymiarowanie** programu głównego, a więc dotyczy to również wymiarowania prętów stalowych.

### Uruchomienie modułu

Moduł **STAL1993-3D** jest uruchamiany w trybie **Wymiarowanie** programu głównego, a dostępny jest wówczas, gdy możliwe jest wykonanie obliczeń dla modelu konstrukcji przestrzennej, czyli wówczas, gdy model ten jest poprawnie wykreowany pod względem statycznym i kinematycznym.

Po wykreowaniu modelu konstrukcji, tzn. jego geometrii, listy przekrojów i obciążeń, można przejść do wymiarowania poszczególnych prętów wg **PN-EN 1993**. W tym celu należy wybrać z menu głównego programu RM-3D opcję **Wyniki/Wymiarowanie** lub użyć skrótu **Wymiarowanie** paska skrótów.



Rys. 1

Jeśli model konstrukcji jest poprawnie wykreowany, a analiza statyczna modelu nie została wcześniej wykonana, to program główny podejmuje wykonanie procedury związanej z analizą statyczno-kinematyczną modelu konstrukcji.














Analiza może być wykonywana zarówno dla aktualnej (pojedynczej) kombinacji aktywnych grup obciążeń (czyli włączonych na liście panelu **Grupy obciążeń**).














zeń) jak i dla tzw. obwiedni wielkości statycznych i kinematycznych będących wynikiem automatycznej kombinatoryki grup obciążeń (patrz: instrukcja użytkownika programu głównego RM-3D). Zależy to od stanu włącznika **Obwiednie** ułożonego na panelu **Grupy obciążeń**.





Po pomyślnym wykonaniu analizy statyczno-kinematycznej następuje przejście w *tryb wymiarowania*. Wówczas w *oknie sceny* (Rys. 1) wyświetlany jest schemat konstrukcji (realistyczny lub kinematyczny) wraz z wykresami (włączonych na pasku narzędzi) wielkości statycznych (sił przekrojowych) lub kinematycznych (przemieszczeń). Jeśli przed uruchomieniem *trybu wymiarowania* został włączony włącznik **Obwiednie**, to wyświetlane na modelu konstrukcji wykresy są obwiedniami włączonych rodzajów sił przekrojowych.

Wymiarowanie prętów stalowych przy użyciu modułu **STAL1993-3D** bazuje na wynikach analizy statyczno-kinematycznej przeprowadzonej pod kątem stanów granicznych nośności (SGN), czyli dla obliczeniowych wartości obciążeń oraz pod kątem stanów granicznych użytkowania (SGU), czyli dla charakterystycznych wartości obciążeń. Oznacza to, że na wyniki obliczeń nie ma wpływu stan włączników **Obliczeniowe/Charakterystyczne/Częste/Quasi-stałe** dostępnych po rozwinięciu opcji menu **Wyniki** oraz ich odpowiedników **Obl/Chr/Cz/QS** w pasku narzędzi *okna sceny* trybu **Wymiarowanie**.

Oprócz standardowych funkcji paska narzędzi - dostępnych z poziomu okna roboczego opcji, takich jak:

-  otwieranie *okna właściwości wymiarowania* pręta lub grupy prętów
-  ukazywanie/ukrywanie widoku konstrukcji,
-  ukazywanie/ukrywanie widoku obciążeń
-  ukazywanie/ukrywanie wartości liczbowych rzędnych wykresów
-  ukazywanie/ukrywanie numeracji prętów,
-  ukazywanie/ukrywanie numeracji węzłów.
-  ukazywanie/ukrywanie linii wymiarowych,
-  ukazywanie/ukrywanie linii pomocniczych,
-  ukazywanie/ukrywanie części modelu konstrukcji.
-  "ukryj schemat", czyli wyświetlanie schematu modelu konstrukcji w stylu "draft" dla wyeksponowania wykresów sił przekrojowych i ugięć,
-  automatyczne pozycjonowanie widoku modelu całej konstrukcji lub jej wyselekcjonowanego fragmentu w środku *okna sceny*,
-  kopiowanie zawartości *okna sceny* do schowka.
-  zwiększanie skali wykresów w *oknie sceny*. Użycie tego narzędzia przy wciśniętym klawiszu **[Ctrl]** spowoduje zwiększenie wielkości wartości liczbowych rzędnych wykresów,


-  zmniejszanie skali wykresów w *oknie sceny*. Użycie tego narzędzia przy wciśniętym klawiszu **[Ctrl]** spowoduje zmniejszenie wielkości wartości liczbowych rzędnych wykresów,
  -  ustawienie widoku w *oknie sceny* wstecz w sekwencji widoków,
  -  ustawienie widoku w *oknie sceny* wprzód w sekwencji widoków
- udostępniane są przyciski związane z *trybem wymiarowania*, a w niej:
-  ukazywanie/ukrywanie wykresu momentów skręcających,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie *xz* pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie *xy* pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie *xy* pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie *xz* pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu sił normalnych (osiowych) pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wykresu ugięć pręta,
  -  ukazywanie/ukrywanie wektorów reakcji podpór jako sił skupionych,
  -  ukazywanie/ukrywanie wektorów reakcji podpór jako momentów
  -  włączenie / wyłączenie opcji analizy statycznej wg teorii II-go rzędu.

Przyciski , , ,  w *trybie wymiarowania* są aktywne, ale ich stan nie wpływa na obliczenie związane z SGN i SGU ponieważ moduł **STAL1993-3D** autonomicznie i automatycznie zarządza funkcjami związanymi z tymi przyciskami w sposób właściwy dla poszczególnych normowych warunków stanów granicznych.

### ***Strategia wymiarowania***

Proces wymiarowania prętów konstrukcji stalowych sprowadza się do interaktywnego zadawania parametrów wymiarowania i sprawdzania warunków stanów granicznych tych prętów. Czynność ta może być dokonywana zarówno w odniesieniu do pojedynczego (dowolnie wybranego) pręta jak i odpowiednio wyselekcjonowanej grupy prętów oraz dla konkretnej (pojedynczej) kombinacji grup obciążeń jak i dla obwiedni sił przekrojowych i przemieszczeń.

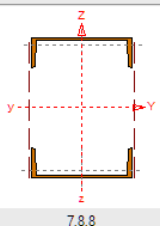
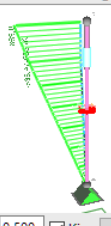
### **Wymiarowanie pojedynczego pręta**

Odbywa się w *oknie właściwości wymiarowania* (Rys. 2), które pojawia się na tle *okna sceny* po podwójnym kliknięciu na zamierzonym pręcie modelu konstrukcji lub przez wskazanie (zaznaczenie) pręta i włączenie przycisku  paska narzędzi.

Otwarcie okna nie będzie możliwe, jeśli przypisany przekrój przydzielony do pręta nie spełnia warunków normowych, a przypisany mu materiał jest inny niż

"stal 1993", a zamiast tego pojawi się odpowiedni komunikat informujący o przyczynie braku dostępu do modułu STAL1993-3D.

Pręt nr: 20 Stal PN-EN 1993 3d v. 1.42

7,8,8

xc: 1,862 x/L: 0,500  Kier. Przesła: 1

Metoda 2

Względem osi Y:		Względem osi Z:	
$C_{m1}$	: 0,602	$C_{m1}$	: 0,790
$\chi$	: 1,000	$\chi$	: 1,000
Mmax:	360,31	Mmax:	0
$M_{Rk}$ :	586,76	$M_{Rk}$ :	330,31
Nmin:	-148,48	$N_{Rk}$ :	2836,9
		$\chi_{LT}$ :	1,000

Warunek nośności (6.61) i (6.62):

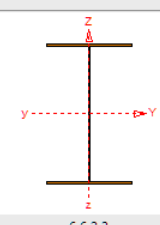
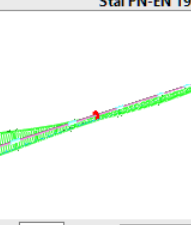
$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M2} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} M_{z,Rk}} = 0,424 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M2} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} M_{z,Rk}} = 0,052 < 1$$

Wartości maksymalne

Okno wymiarowania dla pojedynczej kombinacji

Pręt nr: 19 Stal PN-EN 1993 3d v. 1.42

6,6,2,3

xc: 6,695 x/L: 0,500  Kier. Przesła: 1,4,4

Krzywa wybozczeniowa: c  zadana

$\bar{\lambda}_{LT}$ : 0,000  $\chi_{LT}$ : 1,000

$M_{Ed,y}$ : -38,2  $M_{b,Rd}$ : 240,64

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,159 < 1$$

Wartości maksymalne 1,35·(CW+A)+1,5·(C+P+S)

Okno wymiarowania dla obwiedni

Rys. 2

Elementy *okna właściwości wymiarowania*:

**Okno przekroju** (ulokowane w lewej górnej części *okna właściwości wymiarowania*) służące do wyświetlania skalowanego rysunku przekroju przypisanego do wymiarowanego pręta.

Podwójne kliknięcie w obszarze tego okna powoduje otwarcie okna Przekrój (patrz: instrukcja użytkowania programu RM-3D), co umożliwi dokonanie zamierzonej zmiany parametrów przekroju.

Należy przy tym mieć na uwadze to, że dokonane zmiany parametrów przekroju (kształtu, wymiarów, materiału) będą dotyczyły wszystkich prętów, którym ten przekrój został przypisany.

Oprócz tego, po uaktywnieniu *okna przekroju* (kliknięciu w jego obszarze), istnieje możliwość:

- ✓ zwiększania lub zmniejszenia skali rysunku, co polega na użyciu rolki myszy,
- ✓ przesuwanie rysunku przekroju w obrębie okna poprzez jego uchwycenie lewym przyciskiem myszy i przeciągnięcie na zamierzoną pozycję,
- ✓ centrowanie rysunku w oknie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Ctrl]+[F9].

W zależności od kontekstu wymiarowania (wskazanego na liście kontekstów) rysunek może zawierać (oprócz konturu przekroju) dodatkowe elementy graficzne właściwe dla danego kontekstu, np. ścianki przekroju, żebra, otwory w kontekstach *ścianki* lub *ścinanie*.

**Okno schematu pręta** (ulokowane w prawej górnej części *okna właściwości wymiarowania*) zawierające schematyczny rysunek pręta wraz z wykresami włączonych do widoku wielkości statycznych. *Okno schematu pręta* ma podobne właściwości do *okna sceny* modelu konstrukcji, a więc ukazany w nim pręt może być poddany operacjom zbliżania, oddalania, przesuwania itd., co stwarza dostęp do wszystkich szczegółów schematu. Ponadto, na osi pręta ukazany jest tzw. *znacznik przekroju* w postaci czerwonego krążka określający położenie przekroju pręta, któremu odpowiadają wyznaczone przez program warunki stanów granicznych. Położenie *znacznika przekroju* może być zmieniane za pomocą:

- ✓ operacji przeciągnięcia, co polega na zbliżeniu kursora myszy do znacznika, uchwyceniu go i przeciągnięciu (ruchem myszki) na zamierzoną pozycję,
- ✓ przesuwaniu suwaka umieszczonego pod *oknem schematu pręta*,
- ✓ zadania bezpośredniej wartości liczbowej w polu edycyjnym x: lub x/L: określającej położenie znacznika na osi pręta.

Wymienione wyżej polecenia nie są możliwe, jeśli włączony jest włącznik **Wartości ekstremalne**, ponieważ w takiej sytuacji program automatycznie określa położenie *znacznika przekroju*, wskazując pozycje, dla których relacja danego warunku stanu granicznego jest najniekorzystniejsza.

**Lista kontekstów wymiarowania** (ulokowana w lewej dolnej sekcji *okna właściwości wymiarowania*), której elementami są tytuły *kontekstów wymiarowania*.

Pozycje odpowiadające poszczególnym warunkom stanów granicznych są z prawej strony opatrzone liczbami odzwierciedlającymi stopień wykorzystania danego warunku stanu granicznego w procentach.

Operowanie *listą kontekstów wymiarowania* sprowadza się na wskazywaniu konkretnej pozycji kursorem myszy, a towarzyszy temu ukazanie odpowiedniej grupy kontrolki w *oknie kontekstów wymiarowania*.


W przypadku włączenia włącznika **Obwiednie** na panelu **Grupy obciążeń**, relacje dla poszczególnych *kontekstów wymiarowania* są określane na podstawie obwiedni wielkości sił przekrojowych, a do nazwy każdego *kontekstu wymiarowania* dodawany literał kombinacji grup obciążeń, dla której - odpowiadająca temu kontekstowi relacja - jest najbardziej niekorzystna. Jednocześnie w dolnej części *okna właściwości wymiarowania* pojawia się przycisk wypełniony literałem kombinacji grup obciążeń identyczny z tym, który jest dołączony do nazwy wybranego (zaznaczonego) *kontekstu wymiarowania* na *liście kontekstów*. Użycie tego przycisku spowoduje automatyczne wygenerowanie (włączenie i wyłączenie włączników przy grupach obciążeń na panelu **Grup obciążeń**), tzw. kombinacji "ręcznej", zgodnej z w/w literałem kombinacji grup obciążeń.

**Okno kontekstów wymiarowania** (ulożone w prawej dolnej części *okna właściwości wymiarowania*), w którym ukazują się elementy sterowania (formanty) służące do zadawania parametrów wymiarowania oraz pola tekstowe do wyświetlania wyników procesu wymiarowania. Zawartość tego okna jest ściśle powiązana z *kontekstem wymiarowania* wskazanym na *liście kontekstów*, a rola poszczególnych elementów jest opisana w dalszej części instrukcji.

**Przycisk Dokument** służy do otwarcia *okna podglądu dokumentu* (w formacie RTF) pozwalającego na zapoznanie się ze szczegółami obliczeń (wzory, podstawienia, wyniki) związanych z poszczególnymi *kontekstami wymiarowania*.

**Włącznik Wartości maksymalne** pozwala na włączenie opcji obliczeń z automatycznym wyznaczeniem najbardziej niekorzystnych relacji dla poszczególnych warunków stanów granicznych. Włączenie tego włącznika powoduje, że program automatycznie określa miejsce ekstremum aktywnego *kontekstu wymiarowania* na osi pręta, czyli dokonuje odpowiedniego ustawienia znacznika przekroju na modelu pręta w *oknie schematu pręta*.

### **Wymiarowanie grupy prętów**

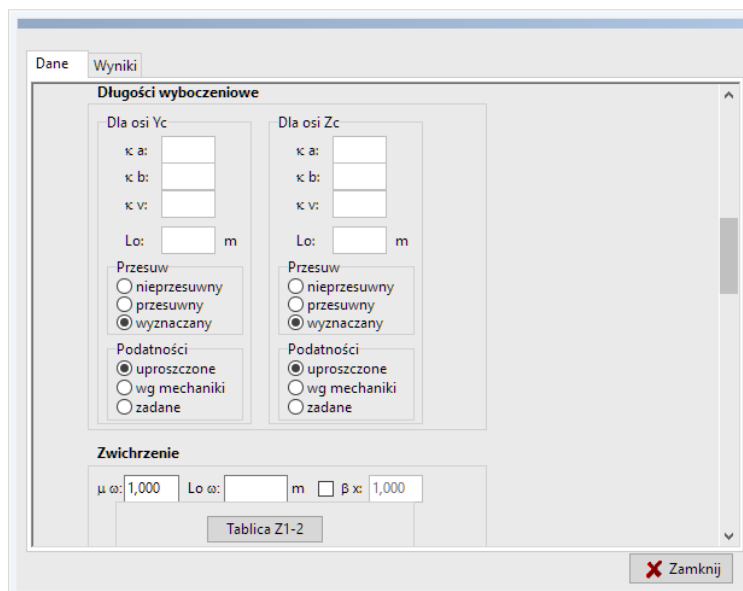
Odbywa się w *oknie właściwości wymiarowania zbiorczego* (Rys. 3), które pojawia się po włączeniu przycisku  paska narzędzi w sytuacji, gdy wcześniej dokonano selekcji grupy prętów (co najmniej dwóch) modelu konstrukcji za pomocą operacji opisanych w instrukcji użytkownika programu głównego.

Elementy sterowania oraz pola informacyjne *okna właściwości wymiarowania zbiorczego* są ujęte w dwóch zakładkach:

**Zakładka Dane** (Rys. 3) grupuje wszystkie kontrolki służące do grupowego określania parametrów wymiarowania, a ulokowane w sekcjach kojarzących



się z poszczególnymi *kontekstami wymiarowania*. Sekcje te zawierają pola edycyjne, włączniki i przełączniki oraz przyciski, za pomocą których możliwe jest bezpośrednie zadawanie wartości lub stanów parametrów wymiarowania wyselekcjonowanej grupy prętów. Puste pole edycyjne lub nieokreślony stan włączników lub przełączników oznacza, że wielkości lub stany parametrów wymiarowania - odpowiadające tym kontrolkom - różnią się dla poszczególnych prętów grupy. W przeciwnym razie - wartość w danym (nie pustym) polu jest jednakowa dla wszystkich prętów.



Rys. 3

Korzystanie z tej zakładki polega na zadawaniu wartości w polach edycyjnych oraz nadawanie zamierzonych stanów włączników i przełączników w poszczególnych sekcjach zakładki. Wartości i stany niektórych kontroltek mogą nie mieć wpływu na wyniki obliczeń dla prętów, dla których odpowiadające im ustawienia nie mają znaczenia (np. ustawianie stanu wymiarowania wg warunku stateczności miejscowej dla prętów o przekrojach klasy innej niż 4).

**Zakładka Wyniki** (Rys. 4) zawiera tabelę, której wiersze odpowiadają poszczególnym prętom grupy. Poszczególne kolumny tabeli obejmują:

- Nr - numer porządkowy pręta wyświetlany również na widoku modelu konstrukcji,
- Grupa - nazwa grupy, do której należy pręt,
- Przek. - nazwa przekroju przypisanego do pręta,
- Warunek - nazwa warunku stanu granicznego (opatrzone numerem wzoru normy), który decyduje o stopniu wykorzystania cech wytrzymałościowych pręta z punktu widzenia wymagań normy,

Wyk. - liczba będąca lewą stroną relacji warunku stanu granicznego, a określająca stopień wykorzystania cech wytrzymałościowych pręta z punktu widzenia decydującego warunku stanu granicznego. Obok tej kolumny - po prawej stronie - generowany jest diagram słupkowy oddający geometryczny obraz stanu grupy prętów wobec wymagań normy. Czerwony kolor słupka oznacza, że decydujący warunek stanu granicznego dla odpowiadającego mu pręta jest przekroczony, a stowarzyszona z nim liczba (po lewej stronie) jest większa od jeden. Należy pamiętać, że tak przedstawiony obraz wymiarowania grupy prętów odpowiada aktualnej kombinacji aktywnych *grup obciążeń*. Aby uzyskać obraz wymiarowania dla innej kombinacji obciążeń należy odpowiednio posłużyć się *panelem grup obciążeń* lub przełączyć tryb wymiarowania na obwiednie przez włączenie włącznika **Obwiednie** na panelu Grup obciążeń.

Obc. - literał kombinacji grup obciążeń, dla której decydujący warunek stanu granicznego jest najbardziej niekorzystny dla pręta.

Ta kolumna tabeli pojawia się w sytuacji, gdy wymiarowanie modelu konstrukcji odbywa się na podstawie obwiedni (włączony włącznik **Obwiednie** na panelu Grup obciążeń).

Nr	Grupa	Przek.	Warunek	^ Wyk.	Obc.
10	Rama-3	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,131	CW St•W1•{S} (a)
22	Rama-6	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,131	CW St•W1•{S} (a)
14	Rama-4	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,127	CW St•W1•{S} (a)
18	Rama-5	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,127	CW St•W1•{S} (a)
6	Rama-2	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,019	CW St•W1•{S} (a)
26	Rama-7	1,5	Zginanie i ściskanie (...)	1,019	CW St•W1•{S} (a)
11	Rama-3	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,949	CW St•W1•{S} (a)
23	Rama-6	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,949	CW St•W1•{S} (a)
15	Rama-4	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,943	CW St•W1•{S} (a)
19	Rama-5	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,943	CW St•W1•{S} (a)
9	Rama-3	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,938	CW St•W1•{S} (a)
21	Rama-6	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,938	CW St•W1•{S} (a)
13	Rama-4	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,933	CW St•W1•{S} (a)
17	Rama-5	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,933	CW St•W1•{S} (a)
12	Rama-3	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,915	CW St•W1•{S} (a)
24	Rama-6	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,915	CW St•W1•{S} (a)
16	Rama-4	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,907	CW St•W1•{S} (a)
20	Rama-5	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,907	CW St•W1•{S} (a)
7	Rama-2	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,879	CW St•(yf2)W1•{S} (a)
8	Rama-2	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,879	CW St•W1•{S} (a)
27	Rama-7	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,879	CW St•(yf2)W1•{S} (a)
28	Rama-7	1,2	Zginanie z siłą podłu...	0,879	CW St•W1•{S} (a)
5	Rama-2	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,874	CW St•W1•{S} (a)
25	Rama-7	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,874	CW St•W1•{S} (a)
3	Rama-1	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,623	CW St•W1•{S} (a)
31	Rama-8	5,1	Zginanie i ściskanie (...)	0,623	CW St•W1•{S} (a)
1	Rama-1	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,608	CW St•W1•{S} (a)
29	Rama-8	2,1	Zginanie z siłą podłu...	0,608	CW St•W1•{S} (a)

Rys. 4

Poszczególne nagłówki tabeli stanowią przyciski, które służą do sortowania listy wg odpowiadającego im kluczy, a konkretnie:

- Nr** - wg numeru pręta, od najmniejszego do największego,
- Grupa** - alfabetyczne wg pierwszych liter nazw grup prętów,
- Przek.** - wg numeru przypisanego przekroju,
- Warunek** - alfabetyczne wg pierwszych liter nazw warunków normowych,
- Wyk.** - wg stopnia wykorzystania prętów z punktu widzenia decydującego warunku stanu granicznego.

Za pomocą myszki (w połączeniu z klawiszami [Shift] i [Ctrl]) poszczególne wiersze tabeli mogą być wyselekcjonowane (podświetlane) w sposób typowy dla formantów typu "lista". Daje to możliwość zawężenia listy prętów i skupienie się nad nimi w procesie wymiarowania.

Podwójne kliknięcie na zamierzonej pozycji tabeli (odpowiadającej konkretnemu prętowi modelu konstrukcji) spowoduje otwarcie *okna właściwości wymiarowania* dla pojedynczego pręta (patrz: wyżej), co pozwala na skupienie się nad szczegółowymi danymi i wynikami obliczeń dla wybranego z tabeli pręta w trakcie analizy przeprowadzanej dla grupy prętów.

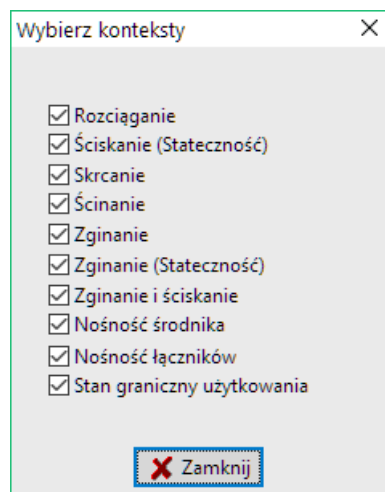
Z zakładką **Wyniki** związane są:

**Włącznik Wskaż pręt**, którego włączenie sprawia, że po każdym kliknięciu na zamierzonej pozycji tabeli model konstrukcji jest przesuwany w *oknie sceny* w taki sposób, że pręt odpowiadający wskazanej pozycji tabeli jest umieszczany w *centrum sceny*, co ułatwia lokalizację tego pręta na widoku modelu konstrukcji.

**Przycisk Dokument**, którego użycie spowoduje wyświetlenie *okna podglądu dokumentu* zawierającego wygenerowany przez program dokument zbiorczy dla wybranych prętów. W wersji skróconej dokument zawiera tabelę wyświetlaną w zakładce **Wyniki**, natomiast w wersji pełnej - dodatkowe tabele zawierające wyniki obliczeń dla wszystkich warunków normowych stanów granicznych wybranej grupy prętów.

**Przycisk Konteksty**, którego użycie spowoduje wyświetlenie okna *Wybierz konteksty*, (Rys. 5), pozwalające - za pomocą włączników - zawęzić analizę, związaną z wymiarowaniem, do wybranych kontekstów wymiarowania. Może to być przydatne w sytuacji, gdy z jakichś względów określony kontekst wymiarowania może być zignorowany, np. *kontekst zwichrzenia* dla grupy prętów, które w rzeczywistości są całkowicie zabezpieczone przed zwichrzeniem (np. sztywnym pokryciem).

**Przycisk Wybierz**, którego użycie spowoduje zredukowanie tabeli wyników wymiarowania do grupy prętów uprzednio zaznaczonych (podświetlonych). Jeśli np. wcześniej zostały zaznaczone pozycje tabeli, w których decydujące warunki stanów granicznych są przekroczone, a następnie został użyty przycisk *Wybierz*, to tabela zostanie zredukowana do tej grupy prętów, co pozwala na skupienie się nad wymiarowaniem tych prętów.



Rys. 5

## Konteksty wymiarowania

### Przekrój

Wymiary:	h=300,0 s=100,0 g=6,5 t=11,0 r=12,0 ey=25,2
Charakterystyka:	lyg=41587,4 lzg=11620,0 lyeff=40933,4 A=81,00 iy=22,7 iz=12,0 lw=97258,5 lt=23,8 is=13,7
Wytrzymałości:	S 355 0<t<=40 fy = 355 fu = 490 40<t<=80 fy = 335 fu = 470

Rys. 6

**Odniesienie:** Niezwiązany z normą.

**Komentarz:** Ten *kontekst wymiarowania* obejmuje wielkości ściśle związane z charakterystyką geometryczną i wytrzymałościową oraz materiałową przekroju pręta, przekazywaną do modułu **STAL1993-3D** przez program główny RM-3D i ma charakter wyłącznie informacyjny.

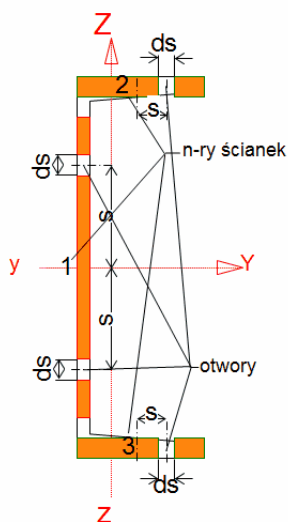
W przypadku pręta o przekroju zmiennym wzdłuż osi, wyświetlana w *oknie kontekstów* (Rys. 6) charakterystyka odpowiada przekrojowi wynikającemu z położenia znacznika przekroju *okna schematu pręta*.



**Żebra poprzeczne** z tabelą, w której można zadawać wymiary oraz położenie żebier poprzecznych usztywniających poszczególne ścianki przekroju:

- Sc** - numer porządkowy ścianki, której odpowiada dany wiersz tabeli. Numer ten musi odpowiadać numerowi przypisanemu ściance na rysunku przekroju.
- b1, b2** - szerokość żebier po obu stronach ścianki w [mm]. Na rysunku przekroju w oknie wymiarowania pręta żebra są rysowane jako pasy rysowane równoległe do osi ścianek w odległościach odpowiadających wymiarom **b1** i **b2**. Obowiązuje zasada, że wymiar **b1** odnosi się do żebra lewego lub górnego, a wymiar **b2** odnosi się do żebra prawego lub dolnego ścianki oznaczonej na rysunku przekroju numerem **Sc**.
- t** - grubość żebier w [mm].
- Położenie** - sekwencja liczb (oddzielonych spacjami) określających położenie żebier na długości pręta. W celu weryfikacji położenia żebier można posłużyć się *znacznikiem przekroju* przez ustawienie go w pozycji zaplanowanego żebra, wówczas na rysunku przekroju żebra zostaną narysowane jako prostokąty wypełnione deseniem.

Pod tabelą umieszczony jest włącznik **Sztywne żebra podporowe**, którego włączenie oznacza, że wymiarowany element zabezpieczony jest poprzecznymi żebkami sztywnymi w strefach przypodporowych (patrz p.5 normy **PN-EN 1993-1-5**).



Rys. 8

**Otwory** z tabelą, za pomocą której można uwzględnić osłabienie otworami w poszczególnych ściankach przekroju. Wiersze tabeli zawierają:

- Sc** - numer porządkowy ścianki, której odpowiada dany wiersz tabeli. Numer ten musi odpowiadać numerowi przypisanemu ściance na rysunku przekroju.
- ds** - wielkość otworu w ściance (np. średnica otworu na śrubę) w [mm], mierzona wzdłuż osi ścianki. Na rysunku przekroju (patrz Rys. 8) w oknie wymiarowania pręta otwór ten jest widoczny w postaci białego prostokąta o wymiarach **ds** x grubość ścianki, umieszczony na tle ścianki,
- s** - odległość środka otworu od środka ścianki mierzona wzdłuż osi ścianki w [mm],
- dx** - wielkość otworu wzdłuż osi elementu (pręta) w [mm],
- Wypełn.** - pole o zawartości "tak" lub "nie". Zawartość "nie" będzie skutkować tym, że przy wyznaczaniu pola efektywnego  $A_{eff}$  będzie ono pomniejszane o pole otworu, jeśli będzie się znajdował na odcinku przekroju współpracującego w strefie ściskanej.

**Uwagi:** Dla kontroli prawidłowości zadanych żeber i otworów w projektowanym elemencie na rysunku przekroju okna wymiarowania nanoszone są żebra (w postaci prostokątów o wymiarach  $b1 \times h$  lub  $b2 \times h$  ( $b1, b2$  - szerokości żeber,  $h$  - wysokość ścianki) oraz otworów w formie prostokątów o wymiarach  $ds \times t$  ( $ds$  - średnica otworu,  $t$  - grubość ścianki). Otwory pojawiają się na rysunku wówczas, gdy znacznik przekroju na rysunku schematu pręta jest ulokowany w przekroju, w którym otwory zostały zadane. Natomiast jeśli znacznik przekroju znajdzie się w przekroju, w którym występują żebra, to na rysunku prostokąty oznaczające zebra zostają wypełnione deseniem.

### Łączniki

**Odniesienie:** Punkt 6.4 (PN-EN 19931-1-1).

**Komentarz:** Grupuje kontrolki do zadawania danych odnoszących się do elementów łączących (przewiązki lub skratowania) gałęzie prętów o typowych przekrojach wielogałęziowych (Rys. 9). Dla większości przekrojów wielogałęziowych możliwy jest wybór typu łącznika i w zależności od tego wyboru (przewiązki lub skratowania) należy określić jego wymiary (w przypadku przewiązek) lub katalogowy nominał kształtownika (w przypadku skratowania) oraz wymiar określający ich rozmieszczenie wzdłuż pręta.

**Zakres:** Pręty o typowych (generowanych w opcji **Przekroje**) przekrojach wielogałęziowych.

### Elementy sterowania:

**Pole edycyjne Liczba pól:** do zadawania liczby sekcji, na które łączniki dzielą pręt. Obok tego pola informacyjnie wyświetlana jest teoretyczna długość sekcji wynikająca z podziału długości pręta przez liczbę pól.

**Przełączniki wyboru: Przewiązki/Skratowanie,** przy pomocy których dokonuje się wyboru rodzaju łącznika gałęzi przekroju.

Z **przełącznikiem Przewiązki** związane są liczbowe **polo edycyjne** określające:

**b:** - szerokość blachy przewiązki,

**g:** - grubość blachy przewiązki,

Z **przełącznikiem Skratowanie** związane są:

**Grupa przełączników wyboru: Kątownik/Ceownik** do wskazania profilu elementów skratowania.

**Włącznik gięty** do deklarowania łącznika jako kształtownika giętego z blach

**Lista** nominalów wybranego rodzaju profilu

**Przełącznik-piktogramy** Układ skrat.: do wyboru rodzaju skratowania.

**Lista wyboru** Materiał łącznika: do określenia gatunku stali, z której mają być wykonane łączniki.

### Uwagi:

Parametry związane z tym kontekstem są określane na etapie kreowania modelu konstrukcji w trybie **Schemat** programu RM-3D w zakładce **Kształt okna właściwości pręta**. (patrz: instrukcja użytkownika programu RM-3D - Kreowanie modelu konstrukcji / właściwości prętów).

Rys. 9



### Długości wyboczeniowe

**Odniesienie:** Punkt 6.3. - Stateczność elementów pełnościennych.

**Komentarz:** Służy do określania współczynników długości wyboczeniowych pręta w związku z koniecznością wyznaczania smukłości względnej pręta lub jego pojedynczego przęsła dla wyboczenia giętnego oraz dla wyboczenia giętno-skrętnego dla potrzeb warunku normy **Nośność na wyboczenie (6.46)**. Współczynniki długości wyboczeniowych dla wyboczenia giętnego pręta lub jego poszczególnych przęseł są wyznaczane na podstawie tzw. stopni podatności na obroty mocowań jego końców oraz na przechyły w obu jego płaszczyznach głównych.

Możliwe są trzy sposoby określania stopni podatności węzłów dla wyboczenia w obu płaszczyznach głównych pręta ( $\kappa_a$  - węzła A,  $\kappa_b$  - węzła B,  $\kappa_v$  - na przechył pręta).

1. **uproszczone** - polegające na wyznaczeniu stopni podatności mocowań pręta lub jego poszczególnych przęseł wyłącznie na podstawie sztywności wymiarowanego pręta oraz prętów sąsiednich, łączących się z prętem wymiarowanym na jego końcach (węzłach) A i B lub na końcach pojedynczego przęsła pręta wieloprzęsłowego. Przesuwność pręta (przęsła) jest określana przez program na podstawie uwarunkowań lokalnych, dlatego stan włączników przesuwne powiązanych z tą kwestią jest niekreślony, co oznacza, że użytkownik powinien ostatecznie przesądzić o przesuwności pręta. Ten sposób wyznaczania względnych stopni podatności jest przyjmowany przez program jako domyślny. Podziału na przęsła pręta mającego podparcia pośrednie dokonuje program automatycznie na podstawie rozmieszczenia jego podparć pośrednich i usytuowania geometrycznego osi oraz więzów kinematycznych prętów podpierających. Podział na przęsła dokonywany jest niezależnie w obu płaszczyznach możliwego wyboczenia giętnego y-Y i z-Z. Podział na przęsła oraz kinematyczne uwarunkowania ich styków można wyświetlić w okienku **Podział przęseł** otwieranym za pomocą przycisku **Przęsła**: ulokowanym pod rysunkiem schematu wymiarowanego pręta okna wymiarowania (Rys. 10). Okienko zawiera tabelę punktów podziału na przęsła, której kolumnami są: Nr – numer przęsła, x: - względne położenie punktu podziału oraz trzy kolumny zawierające trójstanowe przełączniki. Stan  oznacza, że użytkownik pozostawia programowi kwestię podziału na przęsła w danym podparciu pośrednim ze względu na wyboczenie giętno w obu płaszczyznach (**Y:**, **Z:**) oraz na wyboczenie giętno-skrętne (**ω:**). Stan  oznacza, że użytkownik decyduje, iż w danym punkcie (podparciu pośrednim) jest podział na przęsła dla wyboczeń

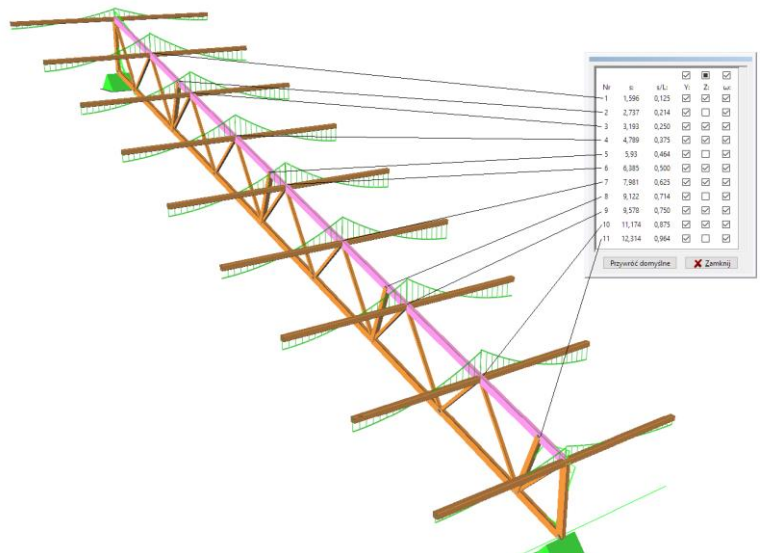
giętych (**Y:**, **Z:**) lub giętno-skrętnego (**ω:**). Stan  (pusty) oznacza, że w danym punkcie (podparciu pośrednim) nie ma podziału na przęsła dla wyboczenia **Y:**, **Z:** lub **ω:**.

Nr	s:	s/L:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
			Y:	Z:	ω:
1	1,596	0,125	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	2,737	0,214	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	3,193	0,250	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	4,789	0,375	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	5,93	0,464	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	6,385	0,500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	7,981	0,625	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	9,122	0,714	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	9,578	0,750	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	11,174	0,875	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	12,314	0,964	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

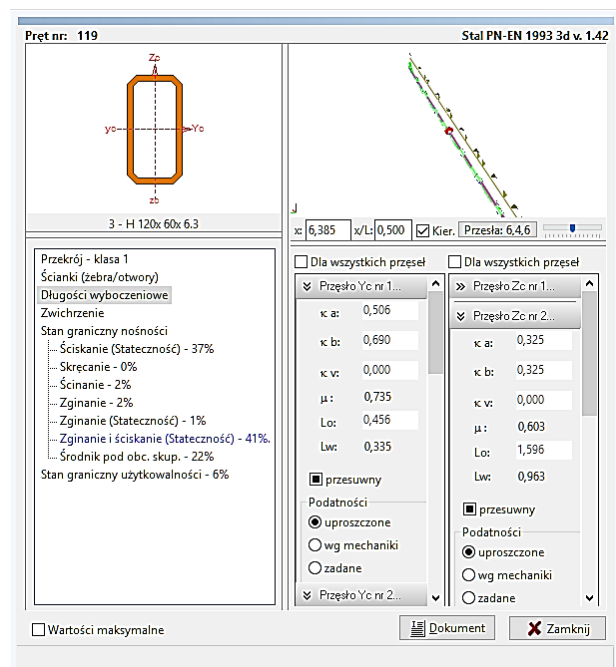
Przywróć domyślne  Zamknij

Rys. 10

Poniżej (Rys. 11) pokazany jest pręt stanowiący w całości pas górny wiażara kratowego konstrukcji przekrycia hali. W płaszczyźnie pionowej przykładowy pręt jest podparty słupkami i krzyżulcami wiażara kratowego w jedenastu punktach, a zatem w płaszczyźnie zginania **Y:** pręt musi być podzielony na sześć przęseł, co oznacza, że w kolumnie **Y:** tabelki Podział przęseł wszystkie włączniki mają stan . Natomiast w płaszczyźnie poziomej zginania pręta **Z:** pręt jest ograniczony przed wyboczeniem w jego środku za pomocą stężenia poprzecznego, a zatem jest podzielony na dwa przęsła, dlatego tylko w podparciu nr 3 włącznik kolumny **Z:** ma stan , a pozostałe są wyłączone. Kolumna włączników **ω:** służy do podziału na przęsła w aspekcie wyboczenia skrętnego. W tym przypadku można uznać, że tylko końce oraz środek pręta są zabezpieczone przed deplanacją, a więc pod tym względem – podobnie jak dla zginania w płaszczyźnie **Z:** – pręt ma dwa przęsła.



Rys. 11



Rys. 12

- wg mechaniki** - zgodny z klasyczną teorią stateczności pręta przy wyboczeniu giętnym. W tym przypadku względne stopnie przywęzłowych podatności obrotowych oraz podatność względna na przechył pręta wyznaczone są na podstawie rzeczywistych sztywności umocowań pręta z innymi prętami modelu konstrukcji. W tej metodzie warunki kinematyczne na końcach pręta wynikają z rozwiązania ogólnego zagadnie-

nia Eulera tego pręta traktowanego, jako integralna część całej konstrukcji.

Metoda ta jest zalecana w sytuacji, gdy uwarunkowania kinematyczne pręta nie pozwalają zakwalifikować go do jednego z przypadków prostych (klasycznych) lub gdy w szczególnej sytuacji zalecenia normy są zbyt rygorystyczne, a rzeczywista forma utraty stateczności pręta nie odpowiada sytuacji, jaką swymi regulacjami obejmuje norma.

3. **zadane** - polegający na bezpośrednim zadaniu przez użytkownika wartości względnych stopni podatności pręta, obliczonych we własnym zakresie.

Przy wyznaczaniu współczynników podatności pręta na obroty węzłów metodą **uproszczoną** program uwzględnia sposoby łączenia prętów węzle oraz warunki na przeciwległych (tzw. dalekich) końcach. Pozostaje jeszcze do rozstrzygnięcia kwestia kinematycznego uwarunkowania pręta na przechył w danej płaszczyźnie głównej. Rozróżnia się tylko dwie sytuacje uwarunkowania kinematycznego pręta pod tym względem:

- ✓ pręt pracujący w układzie przesuwным,
- ✓ pręt pracujący w układzie nieprzesuwным,

a rozstrzyganie o tym pozostawia projektantowi, odwołując się do zasad mechaniki budowli. Problem polega na tym, że wyłącznie na podstawie geometrii schematu statycznego konstrukcji, a więc uwarunkowań kinematycznych pręta, nie można jednoznacznie przesądzić o wrażliwości pręta na przechył i zazwyczaj tą kwestię traktuje się intuicyjnie i zakłada się, że jeśli węzły (końce) pręta mają potencjalną zdolność do wzajemnego przesunięcia w poprzek jego osi, to pracuje on w układzie przesuwным. Nie zawsze takie przyjęcie jest słuszne, bowiem np. w ramie prostokątnej, której słupy są o wyraźnie zróżnicowanej sztywności w płaszczyźnie możliwego wyboczenia, słup o mniejszej sztywności może okazać się nieprzesuwным, a drugi przesuwным, mimo że potencjalnie (bez analizy zagadnienia Euler'a) oba słupy należałoby traktować jako przesuwne. Reasumując, o tym czy pręt jest przesuwny nie decyduje jego potencjalna zdolność do wzajemnego przesunięcia jego końców w poprzek jego osi, lecz konstrukcyjna wrażliwość na przechył.

W module **STAL1993-3D** rozstrzyganie o tym, czy pręt w danej płaszczyźnie głównej jest wrażliwy na przechył (układ *przesuwny*) odbywa się poprzez wyznaczenie stopnia podatności pręta na przechył w tej płaszczyźnie na podstawie różnicy przemieszczeń końców *A* i *B* pręta liczonych w poprzek jego osi. Na tej podstawie przyjmowana jest podatność  $\kappa_v=1$  - dla układów przesuwnych i  $\kappa_v=0$  - dla nieprzesuwnych. Ponadto, dla umoż-

liwienia ingerencji użytkownika w to zagadnienie, wprowadzono przełączniki przesuwne.

Powyższe uwagi nie dotyczą wyznaczania współczynników podatności względnej węzłów **wg mechaniki**. W tym sposobie podatności węzłów na obroty w płaszczyznach zginania pręta wykonywana jest pełna analiza kinematyczna pręta polegająca na rozwiązaniu zagadnienia Euler'a dla tego pręta uwzględniająca całościowy kontekst pracy statycznej i kinematycznej pręta. Poza oczywistym walorem merytorycznym, sposób ten ma jednak istotny mankament użytkowy, który szczególnie zaznacza się przy dużej liczbie prętów i węzłów w modelu konstrukcji, a charakteryzujący się znaczną czasochłonnością obliczeń związanych z tą analizą. Dlatego nie jest wskazane deklarowanie tego sposobu w odniesieniu do prętów, których uwarunkowania kinematyczne kwalifikują te pręty do sposobu uproszczonego, bowiem w takich przypadkach oba sposoby (**wg mechaniki i uproszczony**) dają zbliżone wyniki.

Przy bezpośrednim zadawaniu (sposób: **zadane**) wartości stopni podatności w danej płaszczyźnie głównej muszą się zawierać w granicach od, 0 do 1, co wynika z ich definicji, a mianowicie:

$$\kappa = \frac{K_c}{K_c + K_o} - \text{dla stopni podatności węzłów, gdzie } K_c = (\text{moment}$$

bezwładności przekroju / długość obliczeniowa pręta) jest sztywnością pręta, a  $K_o$  jest sztywnością zamocowania pręta na obrót węzła oraz

$$\kappa_v = \frac{K_c}{K_c + K_v} - \text{dla stopnia podatności na przesuw, gdzie } K_v \text{ jest}$$

sztywnością zamocowania pręta na przesuw.

Jeśli pręt nie ma oporu na obrót w węźle (przegub), a więc  $K_o=0$  lub na przesuw (obustronnie przegubowy), a więc  $K_v=0$ , to wartości stopni podatności są równe **1**, natomiast, gdy pręt jest całkowicie zamocowany w węźle (sztywne zamocowanie), a więc  $K_o=\infty$  lub nieprzesuwne (węzły pręta nieprzesuwne, a więc  $K_v=\infty$ ), to stopnie podatności są równe **0**.

Na podstawie stopni podatności węzłów w obu płaszczyznach głównych wyznaczone są współczynniki długości wyboczeniowych  $\mu$  jako rozwiązania zagadnienia wyboczenia pręta podpartego sprężystości o zadanych wartościach podatności sprężyn.

Współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega$  oraz obliczeniowa długość pręta  $L_\omega$  dla wyboczenia skrętnego nie są przez moduł **STAL1993-3D** wyznaczone, a więc muszą być bezpośrednio podane przez użytkownika na podstawie odrębnej analizy. Do-

myślnie współczynnik długości wybojeniowej dla wybozenia skrętnego  $\mu_{\omega} = 1$ , a długość obliczeniowa w tym względzie jest równa długości teoretycznej pręta, jak dla wybozenia giętnego (czyli równa odległości między węzłami pręta). Szczegóły na ten temat są podane w opisie kontekstu *Zwichrzenie*.

**Zakres:** Pręty, w których występuje ściskająca siła osiowa.

**Elementy sterowania:**

*Edycyjne pola liczbowe* w sekcjach dla zginania **Y**: i dla zginania **Z**: (Rys. 12):

$\kappa_a$ : - względny stopień podatności pręta na obrót węzła *A*,

$\kappa_b$ : - względny stopień podatności pręta na obrót węzła *B*,

$\kappa_v$ : - względny stopień podatności pręta na przesuw,

$L_0$ : - długość obliczeniowa pręta,

dla wybozenia giętnego pręta odpowiednio w obu jego płaszczyznach zginania, tj. sekcja **Y**: - dla wybozenia w płaszczyźnie *z-Z* i sekcja **Z**: - dla wybozenia w płaszczyźnie *y-Y*.

Pola te są dostępne jedynie po wybraniu sposobu wyznaczania podatności jako **zadane**.

*Włączniki wyboru* w sekcjach dla zginania **Y**: i **Z**.: **przesuwny**, pozwalające na ingerencję w kwestię rozstrzygnięcia o przesuwności pręta. Możliwe są trzy stany włączników:

1.  - oznaczający, że program użytkownik zezwala programowi na określenie przesuwności pręta. Wówczas po wartości współczynnika  $\mu$  rozpoznaje się wrażliwość pręta na przechył. Jeśli  $\mu \leq 1$  - pręt nie jest wrażliwy na przechył (nieprzesuwny). W przeciwnym razie - przesuwny,
2.  - oznacza, że pręt ma być w obliczeniach traktowany jako przesuwny,  $\mu > 1$ ,
3.  (wyłączony) - oznacza, że pręt będzie traktowany w obliczeniach jako nieprzesuwny,  $\mu \leq 1$ .

W sposobach wyznaczania podatności **wg mechaniki** oraz jako **zadane** włączniki te (z oczywistych względów) nie są dostępne.

*Przelączniki wyboru* w sekcjach zginania **Y**: i **Z**:

**uproszczone** - dla obliczeń stopni podatności węzłów wybozenia pręta w płaszczyznach głównych pręta metodą uproszczoną bazującą na sztywnościach bezpośrednich połączeń pręta (przęsła) z innymi prętami (przęsłami).

**wg mechaniki** - dla obliczeń stopni podatności dla rzeczywistych uwarunkowań kinematycznych pręta (przęsła) na obroty w węzłach i przechyły wg zasad mechaniki budowli.

**zadane** - dla obliczeń współczynnika długości wyboczeniowej dla zadanych przez użytkownika stopni podatności węzłów pręta oraz jego podatności na przechyły.

**Uwagi:** Jednym z kluczowych zamysłów koncepcji realizacyjnej pakietu **RM3D** jest traktowanie pręta jako elementu konstrukcyjnego, co prowadzi do sytuacji, w której pojedynczy pręt (jako element konstrukcji) - oprócz węzłów końcowych *A* i *B* - może mieć również podparcia pośrednie (tzw. *węzły warunkowe* - patrz: instrukcja użytkownika do programu RM-3D). Ponadto pręt może mieć praktycznie dowolną zmienność przekroju poprzecznego wzdłuż jego osi. Te możliwości znajdują swoje odzwierciedlenie również w kontekście **długości wyboczeniowej** w taki sposób, że cały pręt (element konstrukcyjny) domyślnie – czyli przy inicjacji kontekstów wymiarowania – jest automatycznie dzielony na przęsła wynikające z podparć pośrednich i zmienności przekroju, a wartości względnych stopni podatności są wyznaczane dla każdego przęsła oddzielnie. W sposobach **uproszczone** i **zadane** wyznaczania długości wyboczeniowych jest możliwość dokonywania indywidualnego podziału na przęsła. Wówczas każdemu zadeklarowanemu przez użytkownika przęsłowi odpowiada oddzielna sekcja do określania warunków wyznaczania długości wyboczeniowych tymi sposobami. W sposobie wyznaczania długości wyboczeniowych **wg mechaniki** program dzieli pręt na przęsła automatycznie w opisany wyżej sposób, ale podział dokonany przez użytkownika jest zachowany, a na to, któremu przęsłowi pręta odpowiadają wyświetlane wartości stopni podatności, długości obliczeniowych oraz współczynników długości wyboczeniowych, ma wpływ położenie *znacznika przekroju w oknie schematu pręta*, a konkretnie - w którym przęsle znajduje się ten znacznik. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy w *oknie wymiarowania* włączony jest włącznik *Wartości ekstremalne*, bowiem wtedy wyświetlane są wartości dla przęsła, dla której warunek **Zginanie i ściskanie (stateczność)** jest najbardziej niekorzystny. Niezależnie od wybranego sposobu wyznaczania długości wyboczeniowych jego wynik, czyli współczynnik długości wyboczeniowej jest zawsze niejednoznaczny, bowiem wielkość ta zależy nie tylko od uwarunkowań kinematycznych pręta, ale także od stanu sił przekrojowych w modelu konstrukcji. Dlatego w sytuacjach niestandardowych, w których trudno jest racjonalnie zdecydować o sposobie wyznaczania długości wyboczeniowej pręta (np. w przypadku prętów o przekrojach zmiennych wzdłuż jego osi) zaleca się zaangażowanie teorii II-go rzędu. Wówczas wybór sposobu wyznaczania długości wyboczeniowych nie ma znaczenia, bowiem wrażliwość pręta na wyboczenie giętne jest uwzględniana poprzez interakcję siły osiowej z momentami zginającymi na ugięciach i imperfekcjach pręta, co w

konsekwencji polega na pominięciu przez program kontekstu *Zginanie i ściskanie (stateczność)*, aby uniknąć podwójnego uwzględnienia wrażliwości pręta na wyboczenie giętkie.

### Zwicherungie

Rys. 13

**Odniesienie:** Punkt 6.3.2, PN-EN 1993-1-1 oraz punkty 3.2. i 3.3 Załącznika 1 normy PN-90/B-03200.

**Komentarz:** Kluczową wielkością, od której zależy nośność pręta na zwichrzenie jest jego smukłość względna przy zwichrzeniu  $\bar{\lambda}_{LT}$ , która w sposób zasadniczy zależy od momentu krytycznego zwichrzenia pręta  $M_{cr}$ , a ten z kolei zależy od uwarunkowań kinematycznych pręta oraz rozkładu momentów zginających w płaszczyźnie możliwego zwichrzenia, co sprawia, że nie ma prostej metody ogólnej wyznaczenia tej wielkości dla dowolnego przypadku zginania pręta. Niestety, w normie PN-EN 1993 nie podano żadnego, nawet uproszczonego sposobu wyznaczania momentu krytycznego  $M_{cr}$  pozostawiając tą kwestię w gestii użytkownika. Dlatego w programie wykorzystano załącznik nr 1 normy PN-90/B-03200, w którym podano uogólniony wzór na obliczanie  $M_{cr}$  obejmujący kilka prostych schematów pręta pod kątem zwichrzenia pozwalający na wyznaczenia momentu krytycznego przy zwichrzeniu.

Wielkości krytyczne potrzebne do obliczenia  $M_{cr}$  wyznaczane są ze wzorów (Z1-4) do (Z1-9) na podstawie współczynników długości wyboczeniowych określonych w kontekście *Długości wyboczeniowe* oraz wielkości tablicowych  $A1$ ,  $A2$  i  $B$ , określających



schemat pręta na zwichrzenie, które użytkownik powinien zadać, posługując się Tablicą Z1-2. Ponadto, można dodatkowo określić współrzędną punktu przyłożenia obciążenia  $a_0$  względem środka ciężkości przekroju, co ma wpływ na wartość momentu krytycznego. Wielkość ta jest zawsze związana z kierunkiem osi  $z$ - $Z$ , czyli z osią mniejszego momentu bezwładności. Oznacza to, że znak wartości parametru  $a_0$  należy przyjmować tak jak dla współrzędnej z punktu przyłożenia obciążenia w płaszczyźnie zginania. Domyślnie wielkości, o których tu mowa, są wyzerowane, co oznacza, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem, czyli smukłość względna na zwichrzenie jest równa zero, a obciążenia przyłożone są do osi geometrycznej pręta.

*Okno kontekstów wymiarowania* (Rys. 13) zawiera następujące pola informacji:

$N_{cr,T}$  - siła krytyczna dla wyboczenia skrętnego,

$N_{cr,z}$  - siła krytyczna dla wyboczenia giętnego w płaszczyźnie mniejszego momentu bezwładności,

$M_{cr}$  - obliczony moment krytyczny dla wyboczenia giętno-skrętnego, który - w przypadku zerowej smukłości - jest liczbą nieskończoną, którą na ekranie reprezentuje symbol INF, co oznacza, że moment krytyczny ma wartość nieskończoną, a więc wpływ zwichrzenia nie jest uwzględniany.

**Zakres:** Pręty o mono-symetrycznych przekrojach jednoślazowych otwartych, zginane w płaszczyźnie większego momentu bezwładności przekroju.

#### Elementy sterowania:

*Edycyjne pola liczbowe* dla:

$L_{0\omega}$  - długość obliczeniowa pręta na wyboczenie skrętne (lub przęśła - w przypadku występowania podparć pośrednich). Domyślnie pole  $L_{0\omega}$  jest niedostępne, a wielkość tej długości jest równa długości geometrycznej pręta (przęśła), co odpowiada sytuacji, w której końce pręta (przęśła) są ograniczone przed skręcaniem widelkowo, czyli z możliwością deplacji przekrojów na tych końcach. Wówczas wartość współczynnika długości na wyboczenie giętno-skrętne  $\mu_{\omega} = 1$ . Jeśli długość  $L_{0\omega}$  ma być inna niż domyślna, to należy włączyć włącznik ulokowany obok tego pola i zadać bezpośrednio zamierzoną wartość liczbową.

$\mu_{\omega}$  - współczynnik długości wyboczeniowej dla wyboczenia giętno-skrętnego, którego wartość należy

ustalać odrębnie wg zasad mechaniki budowli odnoszących się do zagadnień niestateczności giętno-skrętnej. Dla prostych przypadków prętów zginanych wartości tego współczynnika zawarte są w tablicy Tablica Z1-2 normy.

- $\beta_x$  - współczynnik momentu dla zginania momentem  $M_y$  zależny od rozkładu momentów zginających w płaszczyźnie zwichrzenia. Program automatycznie ustala wartość tego współczynnika na podstawie charakteru rozkładu momentów zginających w danym przęciu (przęśle), ale - po włączeniu włącznika obok pola edycyjnego związanego z tą wielkością - jego wartość może być zmieniona przez użytkownika.
- A1,A2,B - wielkości tablicowe (Tablica Z1-2 normy PN-90/B-03200) zależne od schematu pręta na zwichrzenie,
- ao - współrzędna środka przyłożenia obciążenia względem środka ciężkości przekroju, a odmierzana na osi z-Z przekroju pręta,

#### **Przycisk** Tablica Z1-2

umożliwia ustalenie wielkości **A1**, **A2** i **B** dla normowych przypadków schematu i obciążenia pręta na podstawie tablicy zawartej w załączniku 1 normy (Tablica Z1-2). Po naciśnięciu tego przycisku na ekranie wyświetlane jest okno, w którym można dokonać wyboru odpowiedniej pozycji tablicy Z1-2. Zaakceptowanie wyboru przy pomocy przycisku **OK** powoduje przeniesienie wielkości **A1**, **A2** i **B** do kontekstu wymiarowania *zwichrzenie*.

W normie PN-90/B-03200 lista przypadków - dla których podane są wartości tych współczynników - jest bardzo skromna, ale normy zagraniczne (np. DIN) podają nieco szerszą listę schematów dla obliczania momentów krytycznych.

Jeżeli z tablicy Z1-2 wybrany zostanie przypadek momentów stałych lub zmiennych liniowo, wówczas będzie następowała automatyczna aktualizacja wielkości **A1**, **A2** i **B** na podstawie współczynnika  $\beta_x$  przy każdej zmianie rozkładu momentów zginających. Uwaga ta nie dotyczy pozostałych przypadków zwichrzenia oraz sytuacji, gdy którakolwiek z wielkości **A1**, **A2** i **B** zostanie zmieniona ręcznie.

#### **Włącznik** Dla wszystkich pręseł

którego rola na sens dla pręta wieloprzęsłowego, a jego włączenie sprawi, że zadawanie parametrów zwichrzenia będzie

dotyczyło również pozostałych przęseł. Wówczas przy wyświetlaniu wielkości **A1**, **A2**, **B** i  $\beta x$  obowiązuje zasada, że ich wartości są wyświetlane dla przęsa, w którym ulokowany jest *znacznik przekroju*, a dla pozostałych przęseł wartości te są niewidoczne.

### Stan graniczny nośności

Klasa przekroju: 1 Częściowe współczynniki bezpieczeństwa: $\gamma_{M0}$ : <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Przywróć domyślne"/> $\gamma_{M1}$ : <input type="text" value="1"/> $\gamma_{M2}$ : <input type="text" value="1,25"/> <input type="checkbox"/> Konstrukcja budynku		Klasa przekroju: 1 Częściowe współczynniki bezpieczeństwa: $\gamma_{M0}$ : <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Przywróć domyślne"/> $\gamma_{M1}$ : <input type="text" value="1"/> $\gamma_{M2}$ : <input type="text" value="1,25"/> <input type="checkbox"/> Konstrukcja budynku	
Siły przekrojowe: N: -270,24    My: 0,46    Tz: 4,54 Ms: 0,01    Mz: 0,02    Ty: 0,03		Siły przekrojowe (a): N: -215,63    My: -0,07    Tz: 2,31 Ms: 0,00    Mz: 0,04    Ty: 0,05	
		Siły przekrojowe (b): N: -249,15    My: 0,33    Tz: 4,41 Ms: 0,00    Mz: 0,03    Ty: 0,04	

Rys. 14

**Odniesienie:** Zagadnienia związane z punktem 6.1. normy.

**Komentarz:** W tym kontekście ujęto reguły normowe o charakterze ogólnym, które mają wpływ na relacje warunków nośności elementu (pręta), a mianowicie (Rys. 14):

- częściowe współczynniki bezpieczeństwa  $\gamma_{M0}$ ,  $\gamma_{M1}$ ,  $\gamma_{M2}$ ,
- siły przekrojowe w wymiarowanym elemencie (pręcie) w przekroju wskazywanym przez *wskaznik przekroju* – dla kombinacji obciążeń wg reguły (6.10) normy PN-EN 1990 W przypadku włączonego włącznika **Alternatywne kombinacje obliczeniowe** (opcja **Wyniki/Kombinacje obciążeń** programu głównego RM-3D) siły przekrojowe wyświetlane są alternatywnie w dwóch sekcjach stosownie do reguł 6.10a i 6.10b tej normy.

**Zakres:** Wszystkie przypadki.

**Elementy sterowania:**

**Edycyjne pola liczbowe** do zadawania częściowych współczynników bezpieczeństwa:

- $\gamma_{M0}$  - dla nośności przekroju poprzecznego, niezależnie od jego klasy (zalecana wartość wynosi 1)
- $\gamma_{M1}$  - dla nośności elementów przy ocenie ich stateczności (zalecana wartość wynosi 1)
- $\gamma_{M2}$  - dla nośności na rozerwanie przekrojów z otworami (zalecana wartość wynosi 1,25).

**Włącznik Konstrukcja budynku**, którego włączenie spowoduje (zgodnie z normą) automatyczne nadanie współczynnikowi  $\gamma_{M2}$  wartości równej 1,1 z jednoczesną dezaktywacją pola edycyjnego dla uniemożliwienia zmiany jego wartości.

**Uwagi:**

Rysunek przekroju przedstawiany w *oknie rysunku przekroju* jest w tym kontekście wymiarowania uzupełniony o widok ponumerowanych ścianek przekroju wydzielonych pod kątem stateczności lokalnej. Ma to na celu umożliwienie łatwej identyfikacji ścianki, której smukłość przesądza o klasie przekroju.

### Rozciąganie

Rozciąganie 6.2.3

A: 20,50 cm<sup>2</sup>      A<sub>net</sub>: 20,50 cm<sup>2</sup>

Połączenie kategorii C

Mimośrodowe połączenie kątownika

n:       d<sub>o</sub>:  mm

e<sub>2</sub>:  mm      p<sub>1</sub>:  mm

Połączenie węższym ramieniem

Warunek nośności (6.5):

N<sub>Ed</sub>: -166,26      N<sub>t,Rd</sub>: 727,75      kN

$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}}$     0,228 < 1      Pręt niezdolny do odkształceń plast.

**Rys. 15**

**Odniesienie:** Punkt 6.2.3. - Rozciąganie.

**Komentarz:** Odnosi się do wszystkich prętów (niezależnie od ich stanu wytrzymałościowego, a więc również ściskanych) w związku z punktem 6.2.3.(1)P normy.

*Okno kontekstów wymiarowania* (Rys. 15) zawiera:

**A** - pole przekroju pręta brutto,

**A<sub>net</sub>** - pole przekroju pręta netto,

**N<sub>Ed</sub>** - wartość siły osiowej w działającej w przekroju pręta.

**N<sub>t,Rd</sub>** - nośność pręta na rozciąganie.

Relację warunku (6.6), (6.7) lub (6.8).

**Zakres:** Wszystkie przypadki.

**Elementy sterowania:**

**Włącznik Połączenie kategorii C**, który służy do uwzględnienia, sytuacji, gdy w pręcie planowane jest połączenie kategorii C (patrz EN 1993-1-8/4.1(1)).

**Włącznik Mimośrodowe połączenie kątownika**, który jest aktywny w przypadku pręta o przekroju w kształcie kątownika,

a jego połączenie z innymi elementami konstrukcji jest mimośrodowe. Wówczas po jego włączeniu udostępniane są pola edycyjne:

**n:** - liczba śrub w połączeniu,

**d<sub>o</sub>:** - średnica otworu na śrubę,

**e<sub>2</sub>:** - odległość środka śruby od końca ramienia kątownika,

**p<sub>1</sub>:** - rozstaw śrub w rzędzie,

oraz **włącznik Połączenie węższym ramieniem** dla usankcjonowania sytuacji, gdy kątownik jest nierównoramienny, a połączenie jest realizowane na krótszym ramieniu tego kątownika.

**Uwaga:**

Jeżeli wymiarowany pręt jest niezdolny do odkształceń plastycznych (w rozumieniu EN 1998), to jest to sygnalizowane w oknie kontekstów odpowiednim komunikatem w kolorze czerwonym.

### Ściskanie (stateczność)

Ściskanie 6.2.4			
$N_{Ed}$ : -242,92	A: 20,50	$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,334 < 1$	
$N_{c,Rd}$ : 727,75	$A_{eff}$ : 20,50	$N_{c,Rd}$	
Stateczność			
Y:		Z:	
lw: 1,025	$\bar{\lambda}$ : 0,323	lw: 0,979	$\bar{\lambda}$ : 0,538
$\lambda$ : 24,662	Ncr: 6986,07	$\lambda$ : 41,136	Ncr: 2510,94
$N_{cr,T}$ : 101141,87	$N_{cr,TF}$ : INF	$\bar{\lambda}_T$ : 0,085	
Krzywe wybozczeniowe:			
Y: a	Z: a	<input type="checkbox"/> zadane	
$\chi$ : 0,912	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,366 < 1$		
$N_{b,Rd}$ : 663,65	$N_{b,Rd}$		

Rys. 16

**Odniesienie:** Punkt 6.2.4. - Ściskanie.

**Komentarz:** Ten kontekst wymiarowania dotyczy warunku (6.9) nośności elementu (pręta) na ściskanie, którego stateczność analizowana jest w aspekcie wybozczenia:

- ✓ giętnego w obu kierunkach - dla wszystkich typów przekrojów,
- ✓ skrętnego - dla otwartych przekrojów jedno gałęziowych,
- ✓ giętno-skrętnego - dla przekrojów ceowych, kątownikowych i teowych.

Przy czym do warunku nośności brany jest najniekorzystniejszy przypadek wybozczenia.

W oknie kontekstów wymiarowania (Rys. 16) wyświetlane są:

- $N_{Ed}$  - wartość siły osiowej działającej w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju w oknie schematu pręta,
- $N_{c,Rd}$  - nośność obliczeniowa przekroju przy osiowym ściskaniu,
- $A$  - pole przekroju brutto (przekroje klasy 1,2,3),
- $A_{eff}$  - pole przekroju brutto (przekroje klasy 4),
- $lw$  - długości wyboczeniowe pręta,
- $\underline{\lambda}$  - smukłości pręta przy wyboczeniu giętnym,
- $\bar{\lambda}$  - smukłości względne pręta przy wyboczeniu giętnym,
- $N_{cr}$  - siły krytyczne przy wyboczeniu giętnym, w obu płaszczyznach możliwego wyboczenia pręta, tzn. w płaszczyźnie prostopadłej do osi  $y$ - $Y$  (Sekcja  $Y$ :) i osi  $z$ - $Z$  (Sekcja  $Z$ :) oraz
- $N_{cr,T}$  - siła krytyczna przy wyboczeniu skrętnym,
- $N_{cr,TF}$  - siła krytyczna przy wyboczeniu giętno-skrętnym,
- $\bar{\lambda}_T$  - smukłości względne pręta przy wyboczeniu skrętnym lub giętno-skrętnym,
- $\chi$  - współczynnik wyboczenia wg odpowiedniej krzywej wyboczenia,
- $N_{b,Rd}$  - nośność na wyboczenie elementu ściskanego,
- Relacje warunków nośności pręta ściskanego (6.9) i (6.46).

**Zakres:** Pręty, w których działa ściskająca siła osiowa.

**Elementy sterowania:**

*Listy wyboru* Krzywe wyboczeniowe - umożliwiają dobór krzywych niestateczności ogólnej (odpowiednio w płaszczyznach wyboczenia prostopadłych do osi  $y$ - $Y$  i  $z$ - $Z$ ) w sytuacji gdy ustalone przez program krzywe nie odpowiadają warunkom analizowanego zadania.

Konieczność doboru krzywych przez użytkownika może mieć miejsce w przypadku wymiarowania tzw. przekrojów **jednogałęziowych składanych** z kilku kształtowników, dla których program domyślnie przyjmuje krzywe niekorzystne "c". Wynika to z tego, że program nie dokonuje identyfikacji kształtu przekroju składanego, np. program nie rozpozna faktu, że użytkownik "złożył" dwuteownik z pojedynczych blach. Dlatego przy tworzeniu listy przekrojów należy unikać "składania" przekrojów typowych, a więc takich, które mogą być dekladowane jako jednokształtownikowe.

Domyślnie, listy te nie są aktywne i w celu ich uaktywnienia należy włączyć włącznik zadane.

## Ścinanie

Wzdłuż osi Z:		Wzdłuż osi Y:	
$A_v$ :	25,20 cm <sup>2</sup>	$A_v$ :	35,20 cm <sup>2</sup>
$V_{Ed}$ :	50,47 kN	$V_{Ed}$ :	0 kN
$V_{c,Rd}$ :	516,5 kN	$V_{c,Rd}$ :	721,46 kN
$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}}$ :	<b>0,098 &lt; 1</b>	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}}$ :	<b>0,000 &lt; 1</b>
$V_{b,Rd}$ :	430,68 kN	$V_{b,Rd}$ :	701,78 kN
$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}}$ :	<b>0,117 &lt; 1</b>	$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}}$ :	<b>0,000 &lt; 1</b>

Rys. 17

**Odniesienie:** Punkt 6.2.6.

**Komentarz:** W tym kontekście wymiarowania sprawdzana jest nośność pręta wynikająca z nośności ścianek ścinanych jego przekroju.

*Okno kontekstów wymiarowania* (Rys. 17) zawiera dwie sekcje grupujące pola informacyjne wielkości liczbowych związanych z tym warunkiem wymiarowania oraz relacje warunków na ścinanie w obu płaszczyznach głównych przekroju, a mianowicie:

$A_v$  - pola przekrojów czynnych przy ścinaniu (wg 6.2.6 (3)),

$V_{c,Rd}$  - nośność przekroju na ścinanie w obu kierunkach,

$V_{Ed}$  - siły poprzeczne działające w przekroju w obu kierunkach.

**Zakres:** Pręty, w których działa siła poprzeczna towarzysząca zginaniu.

**Elementy sterowania:**

Brak.

## Zginanie

Względem osi Y:	Względem osi Z:	Względem osi Y:	Względem osi Z:	Względem osi Y:	Względem osi Z:
$\rho$ : 0,000	$\rho$ : 0,000	$\rho$ : 0,000	$\rho$ : 0,000	$\rho$ : 0,000	$\rho$ : 0,000
$W_{plf}$ : 1037,25	$W_{plf}$ : 306,92	$W_{ef}$ : 141,11	$W_{ef}$ : 16,51	$W_{eff}$ : 2776,20	$W_{eff}$ : 360,01
$M_{Ed}$ : 309,41	$M_{Ed}$ : -1,24	$M_{Ed}$ : 0,31	$M_{Ed}$ : 3	$M_{Ed}$ : 202,84	$M_{Ed}$ : 29,01
$M_{c,Rd}$ : 368,22	$M_{c,Rd}$ : 108,96	$M_{c,Rd}$ : 38,81	$M_{c,Rd}$ : 4,54	$M_{c,Rd}$ : 763,45	$M_{c,Rd}$ : 99
$M_{N,y,Rd}$ : 368,22	$M_{N,z,Rd}$ : 108,96	$W_{yf}$ : -172,59	$W_{zf}$ : 16,51	$W_{eff,y}$ : 2776,20	$W_{eff,z}$ : 360,01
$N_{Ed}$ : 3,7	$N_{pl,Rd}$ : 3088,5	$N_{Ed}$ : -0,85	$A$ : 17,87	$N_{Ed}$ : -17,01	$A_{eff}$ : 75,16
Warunek nośności (6.41):		Warunek nośności (6.42):		Warunek nośności (6.44):	
$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{M_{N,y,Rd}}{M_{N,y,Rd}} \leq 0,847 < 1$		$\sigma_{c,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed} \cdot z}{I_y} + \frac{M_{N,y,Rd}}{I_z} \leq 180,40 < 275$		$\frac{N_{Ed}}{A_{eff,y}} + \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,Ed}}{W_{eff,y}} + \frac{M_{N,y,Rd} + N_{Ed} \cdot e_{z,Ed}}{W_{eff,z}} \leq 0,567 < 1$	

klasa 1 i 2

klasa 3

klasa 4

Rys. 18

**Odniesienie:** Punkt 6.2.5

**Komentarz:** Ten kontekst wymiarowania odnosi się bezpośrednio do warunków nośności określonych w punktach 6.2.5, 6.2.8, 6.2.9 i 6.2.10 normy PN-EN 1991-1-1 z uwzględnieniem warunków pracy statycznej pręta oraz dodatkowych aspektów określonych w normie PN-EN 1993-1-5 w przypadku, gdy wymiarowany

pręt ma cechy blachownicy, tzn. ma przypisany przekrój w formie dwuteownika spawanego.

Zawartość *okna kontekstów wymiarowania* (Rys. 18) zależy od klasy przekroju pręta podanego zginaniu oraz stanu sił przekrojowych i zawiera:

dla przekrojów klasy 1 i 2:

- $\varrho$**  - współczynniki redukcji granicy plastyczności uwzględniający ewentualny udział siły poprzecznej wg 6.2.8(3) oraz wg 6.2.8(4) jeśli dodatkowo w miarodajnym przekroju działa moment skręcający,
- $W_{pl}$**  - wskaźnik oporu plastycznego przekroju,
- $M_{Ed}$**  - obliczeniowe wartości momentów zginających w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,
- $M_{c,Rd}$**  - obliczeniowe nośności przekroju na zginanie,
- $N_{pl,Rd}$**  - nośność przekroju na siłę osiową,
- $N_{Ed}$**  - wartość siły osiowej w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,

Relację warunku nośności na zginanie w jednej płaszczyźnie (6.31) lub w dwóch płaszczyznach (6.41).

dla przekrojów klasy 3:

- $\varrho$**  - współczynniki redukcji granicy plastyczności uwzględniający ewentualny udział siły poprzecznej wg 6.2.8(3) oraz wg 6.2.8(4) jeśli dodatkowo w miarodajnym przekroju działa moment skręcający,
  - $W_{el}$**  - sprężyste wskaźniki wytrzymałości przekroju,
  - $M_{Ed}$**  - obliczeniowe wartości momentów zginających w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,
  - $M_{c,Rd}$**  - obliczeniowe nośności przekroju na zginanie,
  - $N_{pl,Rd}$**  - nośność przekroju na siłę osiową,
  - $W_y, W_z$**  - wskaźniki wytrzymałości przekroju względem osi  $y$  i  $z$ ,
  - $N_{Ed}$**  - wartość siły osiowej w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,
  - $A$**  - pole powierzchni przekroju,
- Relację warunku nośności (6.42).

dla przekrojów klasy 4:

- $\varrho$**  - współczynniki redukcji granicy plastyczności uwzględniający ewentualny udział siły poprzecznej wg 6.2.8(3) oraz wg 6.2.8(4) jeśli dodatkowo w miarodajnym przekroju działa moment skręcający,



- $W_{eff}$  - minimalne wskaźniki wytrzymałości przekroju współpracującego,
- $M_{Ed}$  - obliczeniowe wartości momentów zginających w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,
- $M_{c,Rd}$  - obliczeniowe nośności przekroju na zginanie,
- $N_{pl,Rd}$  - nośność przekroju na siłę osiową,
- $W_{eff,y}$
- $W_{eff,z}$  - wskaźniki wytrzymałości przekroju współpracującego względem osi y-y i z-z,
- $N_{Ed}$  - wartość siły osiowej w przekroju wskazywanym przez znacznik przekroju pręta,
- $A_{eff}$  - pole powierzchni przekroju współpracującego,
- Relację warunku nośności (6.44).

**Zakres:** Pręty zginane z ewentualnym udziałem sił poprzecznych i siły podłużnej.

**Elementy sterowania:**

Brak

**Uwaga:** Włączenie włącznika Wartości maksymalne *okna wymiarowania* powoduje wyszukanie przekroju pręta, dla którego warunek nośności *kontekstu* jest najniekorzystniejszy.

### Zginanie (stateczność)

Krzywa wyboczeniowa:   zadana

$\bar{\lambda}_{LT}$ :   $\chi_{LT}$ : 1,000

$M_{Ed,y}$ : 250,05  $M_{b,Rd}$ : 495,71

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,504 < 1$$

Rys. 19

**Odniesienie:** Punkt 6.3.2.1

**Komentarz:** Obejmuje obliczenia związane ze sprawdzaniem warunków nośności określonych wzorem (6.54).

*Okno kontekstów wymiarowania* (Rys. 19) zawiera:

$\bar{\lambda}_{LT}$  - smukłość względna na zwichrzenie,

$\chi_{LT}$  - współczynnik zwichrzenia,

$M_{Ed,y(z)}$  - obliczeniowy moment zginający w płaszczyźnie zwichrzenia y-y lub z-z,

$M_{b,Rd}$  - obliczeniowa nośność pręta na zwichrzenie,

Relacja warunku (6.54).

**Zakres:** Pręty o przekroju co najmniej mono-symetrycznym zginane w płaszczyźnie symetrii.

#### Elementy sterowania:

*Lista wyboru* Krzywa wybożenia do określenia krzywej, za pomocą której ma być wyznaczony współczynnik zwichrzenia  $\chi_{LT}$ . Lista ta jest udostępniana (aktywna) pod warunkiem włączenia ulokowanego obok tej listy *włącznika* zadana.

*Pole edycyjne* opatrzone etykietą  $\bar{\lambda}_{LT}$  do bezpośredniego zadania wartości smukłości względnej na zwichrzenie

*Włącznik* usytuowany obok etykiety  $\bar{\lambda}_{LT}$ , którego włączenie udostępni w/w *pole edycyjne*,

**Uwaga:** W przypadku, gdy w kontekście **Zwichrzenie** zadeklarowano, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem, warunek nośności sprowadza się do relacji (6.12).

### Zginanie i ściskanie (stateczność)

Metoda ▾	
Względem osi Y:	Względem osi Z:
$C_{m,0}$ : 1,000	$C_{m,0}$ : 1,001
$\chi$ : 0,982	$\chi$ : 0,723
$M_{max}$ : 248,02	$M_{max}$ : 0
$M_{Rk}$ : 486,35	$M_{Rk}$ : 51,36
$N_{min}$ : -75	$N_{Rk}$ : 1793,39
	$\chi_{LT}$ : 0,858
Warunek nośności (6.61) i (6.62):	
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{\varphi} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{\varphi z} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = 0,772 < 1$	
$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{\varphi} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{\varphi} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = 0,783 < 1$	

Rys. 20

**Odniesienie:** Punkt 6.3.3

**Komentarz:** Łączy się bezpośrednio z warunkami nośności (6.61) i (6.62), które są sprawdzane w obu płaszczyznach głównych przekroju. Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* (Rys. 20) zawiera:

$C_{m,0}$ - współczynniki równoważnego stałego momentu dla potrzeb określenia współczynników interakcji,

- $\chi$  - współczynniki wybożenia wg odpowiedniej krzywej wybożenia,
- $M_{max}$  - maksymalne momenty zginające wyznaczone na podstawie ich rozkładów wzdłuż osi pręta,
- $M_{Rk}$  - nośności przekroju na zginanie w obu kierunkach, w obu płaszczyznach głównych przekroju pręta oraz
- $N_{min}$  - maksymalna siła ściskająca w pręcie (przęśle),
- $N_{Rk}$  - charakterystyczna nośność przekroju krytycznego przy obciążeniu siłą podłużną,
- $\chi_{LT}$  - współczynnik zwichrzenia,
- Relacje warunków nośności kontekstu dla obu płaszczyzn głównych przekroju.

**Zakres:** Pręty zginane przy udziale siły ściskającej.

**Elementy sterowania:**

*Lista wyboru* metody określania współczynników interakcji. Domyślnie przyjmowana jest zalecana przez PN-EN 1993 „Metoda 1”.

**Uwagi:**

Włączenie włącznika Wartości maksymalne *okna wymiarowania* powoduje wyszukanie przęsła pręta, dla którego warunek nośności *kontekstu* jest najniekorzystniejszy.

W przypadku wymiarowania prętów z opcją analizy statycznej wg teorii II-go rzędu (włączony włącznik Teoria II-go rzędu opcji Wyniki) w warunkach (6.61) i (6.62) nie są uwzględniane współczynniki wybożenia  $\chi$ , a konkretnie w formułach tych warunków nadawana jest im wartość równa 1,0. Ta reguła jest stosowana – zgodnie z normą – tylko wtedy, gdy w właściwościach pręta włączony jest włącznik PN-EN 1993 dostępny w zakładce Imperfekcje *okna właściwości pręta*. Więcej informacji z tym związanych jest zamieszczona w rozdziale IV.

Wyszukiwanie przekroju (przy włączonym włączniku Wartości maksymalne) - w tym przypadku - nie dotyczy bezpośrednio wprost relacji warunków (6.61) i (6.62) normy, ponieważ warunki ten mają wymiar globalny, lecz polega na ustaleniu nośności przekroju na zginanie w sytuacji, gdy rozkład sił wewnętrznych wzdłuż pręta oraz charakterystyka przekroju sprawiają, że pręt ma różne klasy przekroju na całej długości pręta, a tym samym różną nośność. Dotyczy to prętów o przekrojach, dla których – w zależności od rozkładów naprężeń w przekroju na różnych odcinkach pręta – mogą się kwalifikować do klasy 3 lub 4. Dlatego procedura wyszukiwania będzie się sprowadzać do określenia przekroju, którego nośność będzie decydować o miarodajności warunków (6.61) i (6.62).

Osobnym zagadnieniem jest sprawdzanie tych warunków dla prętów o liniowo zmiennych wymiarach przekroju poprzeczne-

go wzdłuż ich osi ponieważ norma ogranicza stosowanie tych warunków do prętów o stałym przekroju. Wynika to z trudności w ustalaniu współczynników wyboczeniowych  $\chi$ , które bezpośrednio zależą od smukłości pręta, w przypadku przekroju zmiennego. W takich przypadkach warunki (6.61) i (6.62) można uznać za miarodajne jedynie pod warunkiem, że obliczenia statyczne będą wykonane wg teorii II-go rzędu. Szersze wyjaśnienia na ten temat zawarte są w rozdziale IV (Pręty o zmiennym przekroju).

### Środek pod obc. skup.

>> Podparcie w węźle A

>> Podparcie w węźle B

>> Podparcia pośrednie

☑ Pozostałe

Pomiń

Obc. pasa  
 górnego  
 dolnego

$s_g$ : 50 mm  $F_g$ : 37,5 kN

$c$ : 0 mm  $F_{Rd}$ : 588,95 kN

Nośność  
 $a$ : 30,000 m

$$\eta_2 = \frac{F_{gd}}{F_{Rd}} = 0,064 < 1$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,305 < 1,4$$

Rys. 21

**Odniesienie:** Punkty 6 i 7 normy PN-EN 1993-1-5

**Komentarz:** Dotyczy sprawdzenia warunku nośności środka przekroju obciążonego siłą skupioną. Warunek ten można sprawdzać a w dowolnym przekroju pręta, a którym występuje obciążenie skupione. Jako miejsca potencjalnie obciążone siłą skupioną, przyjmuje się końce pręta **A** i **B**, podparcia pośrednie oraz punkty przyłożenia sił skupionych. Sprawdzenie warunku nośności w potencjalnym miejscu działania obciążenia skupionego polega na ulokowaniu *znacznika przekroju* w tym miejscu za pomocą suwaka lub poprzez bezpośrednie zadanie odległości  $x$  tego miejsca od końca (węzła) **A** pręta. Jeśli pręt nie jest obciążony żadną siłą skupioną, to do warunku nośności brane są poprzeczne siły przywęzłowe na końcach pręta oraz siły będące reakcjami na podparciach pośrednich.

W przypadku, gdy w miejscu podpory zachodzą następujące warunki:

- ✓ w węźle podporowym rozpatrywany pręt połączony jest tylko z jednym prętem,

✓ sąsiadujący pręt jest współliniowy z rozpatrywanym oraz posiada ten sam przekrój i tą samą orientację, to do warunku nośności środника pod obciążeniem skupionym brana jest reakcja tej podpory jako siła skupiona.

Dla przekrojów zawierających więcej niż jeden środek, rozdział siły skupionej na poszczególne środki odbywa się na podstawie ich grubości oraz ich orientacji względem kierunku działania siły. Dla końców pręta obciążonego w dwóch płaszczyznach, zamiast reakcji w węzłach pręta, do obliczeń brana jest ich wypadkowa, a rozdział siły skupionej zależy od orientacji środków względem tej wypadkowej.

*Okno kontekstów wymiarowania* (Rys. 21) zawiera zakładki, a każda z nich odpowiada potencjalnemu miejscu przyłożenia obciążenia skupione i uszeregowane następująco:

Podparcie w węźle A - poddane działaniu siły poprzecznej jako siły skupionej działającej na środek w węźle A pręta,

Podparcie w węźle B - poddane działaniu siły poprzecznej jako siły skupionej działającej na środek w węźle B pręta,

Podparcia pośrednie - poddane działaniu sił reakcji na podparciach pośrednich jako sił skupionych działających na środek,

Pozostałe - poddane działaniu sił skupionych zadanych na pręcie, działających na środek.

Operowanie zakładkami polega na rozwijaniu ich zawartości poprzez wskazanie jej wskaźnikiem myszki i kliknięciu. Elementy informacyjne i kontrolne zakładek są jednakowe dla wszystkich zakładek i stanowią:

*Włącznik Pomiń* - służy do pominięcia sprawdzania warunku nośności, gdy przyłożenie siły skupionej nie odpowiada sytuacji opisanej w punkcie 6 normy PN-EN 1993-1-5. Najczęściej dotyczy to będzie końców pręta A i B, bowiem zwykle w tych miejscach pręt jest połączony z innymi prętami tak, że siła poprzeczna rozkłada się po wysokości środnika w sposób nieodpowiadający omawianemu warunkowi nośności.

*Lista piktogramów* - ulokowana obok włącznika Pomiń, która zawiera trzy piktogramy symbolizujące trzy rozróżnione przez normę warianty przyłożenia siły skupionej do krawędzi środnika.

- Grupa Obc. pasa* - do wskazania pasa poprzez który przekazywane jest obciążenie na środnik. Użytych tu terminów górnego/dolnego nie należy traktować dosłownie, bo byłoby to niejednoznaczne. Pas usytuowany po dodatniej stronie osi z lokalnego (związanego z prętem) układu odniesienia jest pasem „górnym”, a usytuowany po ujemnej stronie tej osi – pasem „dolnym”,
- $s_s$  - szerokość na jaką rozkłada się obciążenie skupione działające na środnik. Do efektywnej szerokości rozkładu obciążenia automatycznie dodawany odcinek wynikający z rozłożenia obciążenie po grubości wskazanego za pomocą przełączników Obc. pasa,
- $c$  - *pole edycyjne* (dostępne tylko w przypadku wybrania trzeciego wariantu przyłożenia obciążenia skupionego za pomocą *listy* piktoqramów) do zadania odległości końca odcinka rozkładu obciążenia od swobodnego końca pręta,
- $F_s$  - wartość obciążenia skupionego ustalana przez program,
- $F_{Rd}$  - wartość obliczeniowej nośności środnika na niestateczność pod obciążeniem skupionym,
- $a$  - określana przez program odległość pomiędzy zadanymi w kontekście Ścianki (żebra/otwory) żebrami poprzecznymi bezpośrednio sąsiadującymi z miejscem przyłożenia obciążenia,
- Warunki nośności:- PN-EN 1993-1-5(6.14) – podstawowy warunek nośności,  
 PN-EN 1993-1-5(7.2) – interakcyjny warunek nośności rozpatrywany, gdy obciążeniu skupionym towarzyszy moment zginający i siła podłużna  
 PN-EN 1993-1-1(6.1) – dodatkowy warunek nośności, gdy obciążenie skupione działa na pas rozciągany.

**Zakres:** Pręty o przekrojach posiadających środnik i obciążonych siłami skupionymi.

**Uwaga:** Przy włączonym włączniku Wartości maksymalne program automatycznie wyszukuje miejsce przyłożenia obciążenia skupionego, dla którego warunki nośności kontekstu są najniekorzystniejsze. Towarzyszy temu otwarcie właściwej zakładki oraz ustawienie *znacznika przekroju* w przekroju pręta, któremu wyszukany warunek odpowiada.

### Nośność łączników

Nośność gałęzi słupa: $N_{ch}/N_{b,Rd} = \mathbf{0,571 < 1}$		Nośność gałęzi słupa: (6.61) <span style="color: red;"><math>\mathbf{1,003 &gt; 1}</math></span>	
Nośność krzyżulców skratowania:		Nośność przewiązek:	
W płaszczyźnie Y: $V_{Ed} : 32,09$ $N_{d,Ed} : 43,2$ $N_{b,Rd} : 179,41$ $\frac{N_{d,Ed}}{N_{b,Rd}} = \mathbf{0,241 < 1}$ $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \mathbf{0,824 < 1}$	W płaszczyźnie Z: $V_{Ed} : 1,11$ $N_{d,Ed} : 1,24$ $N_{b,Rd} : 177,33$ $\frac{N_{d,Ed}}{N_{b,Rd}} = \mathbf{0,007 < 1}$ $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \mathbf{0,028 < 1}$	W płaszczyźnie Y: $V_{Ed} : 37,64$ $M_{Ed} : 3,76$ $M_{Ed}/M_{v,Rd} = \mathbf{0,379 < 1}$ $M_{Ed}/M_{v,Rd} = \mathbf{0,368 < 1}$ $V_{Ed}/N_{p1,Rd} = \mathbf{0,128 < 1}$ $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \mathbf{0,407 < 1}$	W płaszczyźnie Z: $V_{Ed} : 0,98$ $M_{Ed} : 0,12$ $M_{Ed}/M_{v,Rd} = \mathbf{0,013 < 1}$ $M_{Ed}/M_{v,Rd} = \mathbf{0,012 < 1}$ $V_{Ed}/N_{p1,Rd} = \mathbf{0,003 < 1}$ $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \mathbf{0,011 < 1}$

**Rys. 22**

**Odniesienie:** Punkt 6.4.2 - dla prętów złożonych (wielogałęziowych) z przewiązkami oraz 6.4.3. - dla prętów złożonych ze skratowaniami.

**Komentarz:** W zależności od zadeklarowanego (we właściwościach pręta trybu Schemat programu głównego RM-3D (zakładka Kształt) typu łączników (przewiązki lub skratowania) sprawdzane są relacje wyznaczonych sił w łącznikach do ich nośności, przy czym o nośności przewiązek decydują moment zginający i siła poprzeczna, natomiast w prętach skratowania - ściskająca siła osiowa wyznaczana na podstawie obliczeniowej siły poprzecznej działającej w pręcie.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* zawiera:  
dla skratowań:

Warunek nośności gałęzi słupa wg (6.71),

$V_{Ed}$  - obliczeniowa siła poprzeczna w krzyżulcu skratowania,

$N_{Ed}$  - obliczeniowa siła podłużna w krzyżulcu skratowania,

$N_{b,Rd}$  - nośność obliczeniowa krzyżulca na wyoboczenie,

Relacje warunków nośności krzyżulców skratowania na ściskanie. Oprócz tego wyświetlany jest warunek nośności spoin łączących krzyżulce z gałęziami wg PN-EN 1993-1-8.

dla przewiązek:

$V_{Ed}$  - obliczeniowa siła poprzeczna w przewiązce,

$M_{Ed}$  - obliczeniowy moment zginający w przewiązce,  
Relacje warunków nośności przewiązek na zginanie i ścinanie.  
Do tych warunków dołączony jest warunek nośności spoin łączących przewiązek z gałęziami wg PN-EN 1993-1-8.

**Zakres:** Pręty o typowych (generowanych) przekrojach wielogałęziowych.

**Elementy sterowania:**

Brak.

**Uwagi:** Przy włączonym włączniku Wartości maksymalne następuje ulokowanie *znacznika przekroju* w przekroju, w którym relacje warunków nośności dla łączników są najniekorzystniejsze. Długości spoin pachwinowych łączących przewiązki lub krzyżulce przyjęto przy założeniu, że łączniki (przewiązka lub kształtownik skratowań) zachodzą na gałęzie na długość co najmniej 2/3 potencjalnego odcinka przylegania łącznika do gałęzi. Natomiast grubości spoin przyjmowane są o największej dopuszczalnej przez normę wielkości, która wynika z grubości ścianek łączonych elementów (łącznika i gałęzi).

### Stan graniczny użytkowania

<input checked="" type="checkbox"/> Liczone od cięciwy pręta	
Ugięcia Z: <input type="checkbox"/> Cały pręt <input type="text" value="L/250"/> L: 3500,0 mm a: 0,1 agr: 14,0 a / agr = <b>0,004 &lt; 1</b>	Ugięcia Y: <input type="checkbox"/> Cały pręt <input type="text" value="L/250"/> L: 3500,0 mm a: 4,9 agr: 14,0 a / agr = <b>0,348 &lt; 1</b>
Przemieszczenia poziome:	
<input type="text" value="Dowolne"/> ho: 0,0 mm	h: 3500,0 U: 0,0 Ugr: INF U / Ugr = <b>0,000 &lt; 1</b>

Rys. 23

**Odniesienie:** Punkt 7.

**Komentarz:** Służy do sprawdzania warunków stanu granicznego użytkowania w zakresie wygięć pręta i przemieszczeń poziomych węzłów. Przemieszczenia brane do oceny konstrukcji w odniesieniu do SGU wyznaczane są zawsze wg teorii I-go rzędu dla charakterystycznych wartości obciążeń.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* (Rys. 23) zawiera:

W sekcjach Ugięcia Y: i Ugięcia Z:

- a** - największe wygięcie lub przemieszczenie osi pręta,
- agr** - graniczna wartość ugięcia pręta, która zależy od zadanego ograniczenia za pomocą *list wyboru*, zawierają-



cych normatywne ograniczenia przemieszczeń (ugięć) dla SGU,

Relacje  $a/agr$  wyrażające stopień wyczerpania SGU w obu płaszczyznach pręta,

W sekcji Przemieszczenia poziome:

**h** - wysokość poziomą jednego z dwóch węzłów A lub B, dla którego jest większa wartość stosunku  $u/h$ . Wysokość ta liczona jest jako różnica wysokości miarodajnego węzła pręta (dla którego przemieszczenie poziome jest największe) i zadawanej wysokości **ho**,

**U** - przemieszczenie poziome węzła, dla którego wyznaczono wysokość **h**,

**Ugr** - graniczna wartość przemieszczenia poziomego węzła, wynikająca z wybranego ograniczenia z listy wyboru wielkości ograniczenia.

Relacja **U/Ugr** wyrażające stopień wyczerpania SGU dla przemieszczeń poziomych.

#### Elementy sterowania:

*Włącznik* Liczone od cięciwy pręta, którego włączenie spowoduje, że za wielkość miarodajną dla odniesienia do SGU przyjmowane jest ugięcie mierzone od tzw. cięciwy, czyli linii łączącej punkty osi pręta na jego końcach po deformacji ustroju, a w przypadku pręta wieloprzęsłowego (opierającego się na tzw. *podparciach pośrednich*), maksymalne ugięcie mierzone od linii łączącej punkty osi pręta na końcach przęsła, osobno dla każdego przęsła. Przy wyłączonym włączniku za miarodajną wielkość przyjmowane jest całkowite maksymalne przemieszczenie punktu osi pręta. Rolę tego włącznika zilustrowana na Rys. 24.

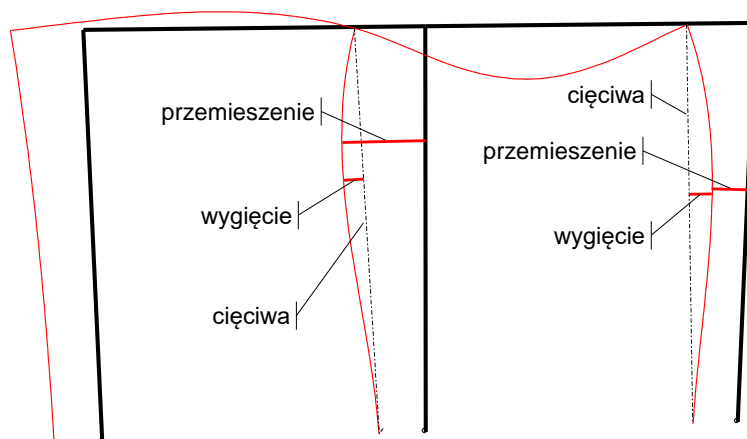
W sekcjach Ugięcia Y: i Ugięcia Z:

*Włącznik* Cały pręt - którego włączenie sprawi, że miarodajne (maksymalne) ugięcie pręta w danej płaszczyźnie ma być odniesione do całego pręta lub do długości przęsła. *Włącznik* ten jest dostępny tylko przy włączonym *włącznik* Liczone od cięciwy pręta.

**Lista wyboru** - służąca do zadawania ograniczenia przemieszczeń warunku SGU jako znormalizowanego ułamka *długości odniesienia L*. Jeśli warunek SGU dla danego pręta jest nieistotny, to z *listy wyboru* należy wybrać pozycję pierwszą, tj. Dowolne. Wówczas ten warunek SGU nie będzie uwzględniany w

**Pole edycyjne L**

procedurach wyszukiwania miarodajnego stopnia wyczerpania SGN i SGU. - do zadawania wielkości tzw. *długości odniesienia*, które jest dostępne tylko przy wyłączonym włączniku Liczone od cięciwy pręta. Domyślnie wartość w tym polu jest równa długości całego pręta, ale mogą zachodzić sytuacje, których tą wielkość należy zmienić, np. w przypadku dźwigarów kratownicowych, dla których *długością odniesienia* będzie na ogół ich rozpiętość, a nie długości poszczególnych prętów.

**Rys. 24**

W sekcji Przemieszczenia poziome:

**Lista wyboru**

- służąca do zadawania ograniczenia przemieszczeń poziomych warunku SGU jako znormalizowanego ułamka *wysokości odniesienia h*. Jeśli ten warunek SGU dla danego pręta jest nieistotny, to z *listy wyboru* należy wybrać pozycję pierwszą, tj. Dowlone. Wówczas ten warunek SGU będzie pomijany w procedurach wyszukiwania miarodajnego stopnia wyczerpania SGN i SGU..

**Pole edycyjne ho**

- służące do określania wysokości względnej, od której ma być wyznaczana wysokość miarodajnego węzła pręta.

**Zakres:** Wszystkie przypadki.

### III. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA - WYDRUKI

#### Uwagi ogólne

Koncepcję tworzenia dokumentacji wymiarowania prętów konstrukcji oparto na idei generowania pamięciowych plików tekstowo-graficznych w formacie RTF (ang. Rich Text Format), a ich podglądu dokonuje się w standardowym *oknie podglądu dokumentu* Podgląd wyników, (Rys. 25), które jest otwierane za pomocą przycisku Dokument *okienka właściwości wymiarowania* trybu **Wymiarowanie**.

**Stacność elementu ściskanego:**

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "d")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "d")	Wyboczenie skrajne (krzywa "d")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_c}{N_{ed}}} = \sqrt{\frac{61,2 \times 275}{61731,54 \times 10}} = 0,165$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_c}{N_{ed}}} = \sqrt{\frac{61,2 \times 275}{7217,85 \times 10}} = 0,483$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_c}{N_{ed}}} = \sqrt{\frac{61,2 \times 275}{1417,84 \times 10}} = 1,090$
$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,76 \times (0,165 - 0,2) + 0,165^2] = 0,500$	$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,76 \times (0,483 - 0,2) + 0,483^2] = 0,724$	$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,76 \times (1,090 - 0,2) + 1,090^2] = 1,432$
$\chi = \frac{1}{\phi - \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,500 - \sqrt{0,500^2 - 0,165^2}} = 1,028$	$\chi = \frac{1}{\phi - \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,724 - \sqrt{0,724^2 - 0,483^2}} = 0,791$	$\chi = \frac{1}{\phi - \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,432 - \sqrt{1,432^2 - 1,090^2}} = 0,424$
przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,791 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,424 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika  $\chi = 0,424$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_c}{\gamma_{M1}} = \frac{0,424 \times 61,20 \times 275}{1} \times 10^3 = 713,11 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stacności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{118,19}{713,11} = 0,166 < 1 \quad (6.46)$$

Możność przekroju na skręcanie:

$x_a = 1,500$ ;  $x_b = 3,500$ ; Pręśnio nr. 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35-St+1,5-Ww (b)

Nośność przekroju wielogłazowego wyznaczono przy założeniu zeszywnienia konturu przekroju (brak dystorsji).

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{max}} = \frac{15,24}{0,98} = 15,55 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{15,55 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,732 \times 1} \times 10^3 = 2,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,09}{2,47} = 0,036 < 1 \quad (6.23)$$

Możność przekroju na ścinanie:

$x_a = 5,000$ ;  $x_b = 0,000$ ; Pręśnio nr. 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35 (CW+St)+1,5 (Suw+Wl+Ww) (a)

- wzdłuż osi Z





$$V_{pl,Rd} = \frac{A_w (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{36,09 \times 275 / 1,732}{1} \times 10^3 = 573,04 \text{ kN}$$

Rys. 25

Okno to jest wyposażone w następujące elementy sterowania (kontrolki):

**Okno podglądu dokumentu**, w którym ukazuje się tekst dokumentu wraz z rysunkami. Do przeglądania dokumentu służą standardowe operacje ekranowe do poruszania się po tekście, dokonywane przy pomocy klawiatury i myszki, a pozwalające na:

- ✓ przewijanie tekstu w dół i w górę ( $\downarrow$ ,  $\uparrow$ , PgUp, PgDn),
- ✓ zaznaczanie całości [Ctrl+A] lub fragmentu dokumentu,
- ✓ umieszczanie zaznaczonego fragmentu w schowku [Ctrl+Ins] z zamiarem jego importu do innych aplikacji systemu Windows.

- Lista rozwijalna Skala** - służy do skalowania tekstu i rysunków dokumentu w oknie jego podglądu.
- Włącznik Skrócony** - którego włączenie sprawia, że dokument wymiarowania ma formę skróconą, czyli jego zawartość jest zredukowana do najistotniejszych aspektów wymiarowania (bez komentarzy, wyjaśnień i rysunków).
- Przycisk**  - służy do bezpośredniego wydruku dokumentu na drukarce lub innym urządzeniu drukującym. Jego użycie powoduje wyświetlenie systemowego okna dialogowego **Drukowanie** wyposażonego w kontrolki do ustawiania właściwości urządzenia drukującego. Alternatywą tego przycisku jest kombinacja klawiszy [Ctrl+P].  
Wydruk bezpośredni ma skromną formę pod względem typograficznym i należy go raczej stosować na potrzeby doraźne zwłaszcza oraz gdy nie ma zainstalowanego w komputerze zaawansowanego edytora tekstu, zdolnego do importu plików w formacie RTF.
- Przycisk**  - który służy do wywołania systemowego okna **Ustawienia strony**, w którym można określić podstawowe parametry typograficzne strony (marginesy, orientację, rozmiar papieru) przed dokonaniem wydruku bezpośredniego.
- Przycisk**  - który służy do bezpośredniego umieszczenia całego tekstu dokumentu w schowku systemowym. Ta operacja jest użyteczna, gdy użytkownik nie dysponuje edytorem MS Word. Bowiem umieszczenie w schowku dokumentu pozwala na zaimportowanie go do posiadanego edytora tekstu.
- Przycisk**  - który służy do bezpośredniego umieszczenia całego tekstu dokumentu w aktywnym dokumencie edytora MS Word. W sytuacji, gdy nie jest on załadowany do pamięci komputera, następuje jego automatyczne uruchomienie, otwarcie nowego dokumentu i wklejenie tekstu do tego dokumentu.

### ***Tworzenie dokumentu***

Tworzenie dokumentacji wymiarowania jest całkowicie swobodne i może być dokonywane w dwóch formach:

- ✓ Tekstowo-graficzna - dla pojedynczego pręta, generowana w konwencji obliczeń prowadzonych ręcznie (komentarze, wzory, podstawienia, rysunki) i może być o dwóch stopniach szczegółowości - pełnej i skróconej.
- ✓ Tabelaiczna - dla grupy prętów, generowana jako zestaw tabel zawierających podstawowe dane i wyniki wymiarowania dla poszczególnych prętów grupy. Ta forma ma również dwa stopnie szczegółowości.

Pierwsza forma (tekstowo-graficzna) dokumentu jest dostępna z poziomu *okna właściwości wymiarowania* dla pojedynczego pręta, a więc wywołanego przy zaznaczonym jednym pręcie na modelu konstrukcji. Podgląd dokumentu wymiarowania oraz jego wydruk lub eksport zapewnia przycisk Dokument tego okna. Poniżej przedstawiono przykład takiego dokumentu (w obu stopniach szczegółowości) dla słupa wielogłęziowego ramy portalowej, jednonawowej hali stalowej stanowiącej przykład do instrukcji użytkowania programu głównego RM-3D.

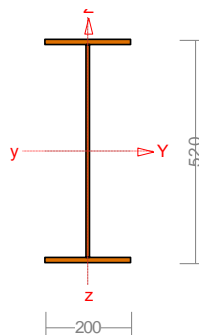
### Przykład dokumentu szczegółowego w formie pełnej

#### Pręt nr 15

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993\_3d v. 1.42 licencja nr 9001)

Zadanie: Przykład.rm3

Przekrój: 2 - rygle ram



Wymiary przekroju:

$$h=520,0 \quad g=8,0 \quad s=200,0 \quad t=12,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=39108,4 \quad I_{zg}=1602,1 \quad A=87,68 \quad i_y=21,1$$

$$i_z=4,3 \quad I_w=1032256,0 \quad I_t=31,7 \quad i_s=21,5.$$

Materiał: **S 275**. Granica plastyczności  $f_y=275$  MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie  $f_u = 430$  dla  $g=8,0$ .

#### Długości wyboczeniowe pręta:

##### Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,500 \quad \kappa_b = 0,357 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,361 \quad \text{dla } l_0 = 6,083$$

$$l_w = 1,361 \times 6,083 = 8,279 \text{ m}$$

##### Przęsło Zc 3 (3,043;4,563)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,800 \quad \kappa_b = 0,800 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,855 \quad \text{dla } l_0 = 1,520$$

$$l_w = 0,855 \times 1,520 = 1,300 \text{ m}$$

##### Przęsło $\omega$ 3 (3,043;4,563)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega 0} = 1,520$  m. Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 1,520$  m.

#### Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 39108,4}{8,279^2} \times 10^{-2} = 11826,9 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 1602,1}{1,300^2} \times 10^{-2} = 19660,46 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{21,5^2} \times \left( \frac{3,1416^2 \times 210 \times 1032256,0}{1,520^2} \times 10^{-2} + 81 \times 31,7 \times 10^2 \right) = 20497,25 \text{ kN}$$

**Zwichrzenie:**

Przęsło nr: 4 (4,563;6,083)

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 40,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-40,00)$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times (-40,00) = -21,200$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

$$(-0,212) \times 22289,22 + \sqrt{(-0,212 \times 22289,22)^2 + 1,140^2 \times 0,215^2 \times 22289,22 \times 20497,25} = 2338,44 \text{ kNm}$$

**Stan graniczny nośności.**

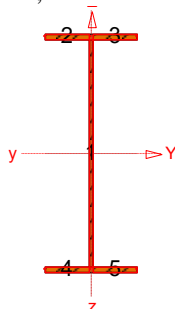
$x_a = 4,278$ ;  $x_b = 1,805$ ; Przęsło nr: 1, 3, 3. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Ww)$

Przyjęto następujące współczynniki częściowe  $\gamma_M$ :

$$\gamma_{M0} = 1;$$

$$\gamma_{M1} = 1;$$

$$\gamma_{M2} = 1,25.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,924$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	$\alpha$	$\psi$	$k_\sigma$	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	496,0	8,0	1,000	-0,122	-	30,506	35,128	61,652	62,000	4
2	96,0	12,0	1,000	0,000	0	8,320	9,244	INF	8,000	1
3	96,0	12,0	1,000	0,000	0	8,320	9,244	INF	8,000	1
4	96,0	12,0	1,000	0,904	0,465	8,320	9,244	13,231	8,000	1
5	96,0	12,0	1,000	0,913	0,437	8,320	9,244	12,827	8,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

**Nośność na ściskanie:**

$x_a = 4,278$ ;  $x_b = 1,805$ ; Przęsło nr: 1, 3, 3. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot Sn$

Powierzchnia efektywna przekroju:

Nr	$t$	$b$	$a$	$\psi$	$K_\sigma$	$\bar{\lambda}_p$	$\rho$	$\xi$	$\rho_c$	$b_c - b_{eff}$
	[mm]	[mm]	[m]	$(\sigma_2/\sigma_1)$	(T 4.1/2 EN 1993-1-5)	(4.3 EN 1993-1-5)	(4.13 EN 1993-1-5)	(4.13 EN 1993-1-5)	(T 4.1/2 EN 1993-1-5)	
1	8,0	496,0	6,083	1,000	4,000	1,181	0,689	1,000	0,689	154,21
2	12,0	96,0	6,083	1,000	0,431	0,464	1,000	1,000	1,000	0,00
3	12,0	96,0	6,083	1,000	0,431	0,464	1,000	1,000	1,000	0,00
4	12,0	96,0	6,083	1,000	0,431	0,464	1,000	1,000	1,000	0,00
5	12,0	96,0	6,083	1,000	0,431	0,464	1,000	1,000	1,000	0,00

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -103,12 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 87,68 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 75,34 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:  $e_{Ny} = 0,00$ ;  $e_{Nz} = 0,00$  cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{75,34 \times 275}{1} \times 10^{-1} = 2071,94 \text{ kN} \quad (6.11)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{103,12}{2071,94} = \mathbf{0,050} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "b")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{75,34 \times 275}{11826,9 \times 10}} = 0,419$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,419 - 0,2) + 0,419^2] =$ $0,625$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} =$ $\frac{1}{0,625 + \sqrt{0,625^2 - 0,419^2}} = 0,919$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{75,34 \times 275}{19660,46 \times 10}} = 0,325$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,325 - 0,2) + 0,325^2] =$ $0,583$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} =$ $\frac{1}{0,583 + \sqrt{0,583^2 - 0,325^2}} = 0,937$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{75,34 \times 275}{20497,25 \times 10}} = 0,318$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,318 - 0,2) + 0,318^2] =$ $0,579$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} =$ $\frac{1}{0,579 + \sqrt{0,579^2 - 0,318^2}} = 0,940$
przyjęto $\chi = 0,919 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,937 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,940 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika  $\chi = 0,919$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,919 \times 75,34 \times 275}{1} \times 10^{-1} = 1903,38 \text{ kN} \quad (6.48)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{103,12}{1903,38} = \mathbf{0,054} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

**Nośność przekroju na skręcanie:**

$x_a = 6,083$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 4, 4. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Ww)$

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = \frac{J_t}{t_{max}} = \frac{31,71}{1,20} = 26,42 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{26,42 \times 275}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 4,20 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,01}{4,20} = \mathbf{0,002} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 6,083$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 4, 4. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Ww)$   
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{47,62 \times 275 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 756,01 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}} \quad V_{pl,Rd} = \sqrt{1 - \frac{0,4}{1,25 \times (275/1,732)/1}} \times 756,01 = 755,28 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{143,41}{755,28} = \mathbf{0,190 < 1}$$

- wzdłuż osi Y:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{48,00 \times 275/1,732}{1} \times 10^{-1} = 762,1 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}} \quad V_{pl,Rd} = \sqrt{1 - \frac{0,4}{1,25 \times (275/1,732)/1}} \times 762,1 = 761,38 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,46}{761,38} = \mathbf{0,001 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 275 MPa, przyjęto  $\eta = 1,2$ .

Nośność na ścinanie z uwzględnieniem stateczności lokalnej:

Ścianki:

Nr	$t_w$	$h_w$ ( $b$ )	$a$	$k_\tau$	$\sigma_E$	$\tau_{cr}$	$\bar{\lambda}_w$	$\chi_w$	$V_{b,Rd}$	$V_{b,Rd,z}$	$V_{b,Rd,y}$
	[mm]	[mm]	[m]	(A.5 EN 1993-1-5)	(A.1 EN 1993-1-5)	(5.4 EN 1993-1-5)	(5.3 EN 1993-1-5)	(T 5.1 EN 1993-1-5)	(5.2 EN 1993-1-5)		
1	8,0	496,0	6,083	5,367	49,4	265,0	0,774	1,072	675,38	675,38	0,00
2	8,0	496,0	6,083	-	-	-	-	1,000	182,90	0,00	182,90
3	8,0	496,0	6,083	-	-	-	-	1,000	182,90	0,00	182,90
4	8,0	496,0	6,083	-	-	-	-	1,000	182,90	0,00	182,90
5	8,0	496,0	6,083	-	-	-	-	1,000	182,90	0,00	182,90

Warunek nośności przekroju z uwzględnieniem stateczności lokalnej:

- wzdłuż osi Z

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{143,41}{675,38} = \mathbf{0,212 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{0,46}{731,62} = \mathbf{0,001 < 1}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 6,083$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 4, 4. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Wl+Ww)$

**Nośność na zginanie względem osi Y:**

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1504,17 \times 275}{1} \times 10^{-3} = 413,65 \text{ kNm}$$

**Nośność na zginanie względem osi Z:**

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{160,21 \times 275}{1} \times 10^{-3} = 44,06 \text{ kNm}$$

Największe naprężenia normalne z uwzględnieniem ścinania:



$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed} z}{J_y} + \frac{M_{z,Ed} y}{J_z} = \frac{-101,46 \times 10}{87,68} - \frac{279,77 \times 26}{39108,37} \times 10^3 - \frac{1,18 \times 10}{1602,12} \times 10^3 = -204,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \mathbf{204,93} < \mathbf{275} = \frac{275}{1} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{101,46}{2411,2} + \frac{279,77}{413,65} + \frac{1,18}{44,06} = \mathbf{0,745} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

### Zginanie (stateczność):

$x_a = 6,083$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 4, 4. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Wl+Ww)$   
Przyjęto krzywą zwichrzenia „d”.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1504,17 \times 275}{2338,44 \times 10^3}} = 0,421$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,42 - 0,4) + 0,75 \times 0,42^2] = 0,574$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,574 + \sqrt{0,574^2 - 0,75 \times 0,421^2}} = 0,982;$$

$$\text{przyjęto } \chi_{LT} = \mathbf{0,982} \leq 1,000 = \min\{1; 1/\bar{\lambda}_{LT}^2\}$$

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,982 \times 1504,17 \times \frac{275}{1} \times 10^{-3} = 406,34 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{279,77}{406,34} = \mathbf{0,689} < \mathbf{1} \quad (6.54)$$

### Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 4, 4. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Wl+Ww)$

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$  - przechyłowa postaci wybożenia.

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times 0,412 = 0,765; \text{ przyjęto } C_{mz} = 0,765$$

przyjęto  $C_{mLT} = 0,900$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left( 1 + 0,6 \times 0,452 \times \frac{101,46}{0,905 \times 2411,20/1} \right) = 0,911$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,911} \leq 0,925 = 0,900 \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{101,46}{0,905 \times 2411,20/1} \right) = C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,765 \times \left( 1 + 0,6 \times 0,329 \times \frac{101,46}{0,934 \times 2411,20/1} \right) = 0,772$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,772} \leq 0,785 = 0,765 \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{101,46}{0,934 \times 2411,20/1} \right) = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,772$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0,05 \times 0,329}{(0,900 - 0,25)} \times \frac{101,46}{0,934 \times 2411,20/1} = 0,999$$

$$\text{przyjęto } k_{zy} = \mathbf{0,999} \geq 0,997 = 1 - \frac{0,05}{(0,900 - 0,25)} \times \frac{101,46}{0,934 \times 2411,20/1} = 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{101,46}{0,905 \times 2411,2/1} +$$

$$0,911 \times \frac{279,77+0}{0,982 \times 413,65/1} + 0,772 \times \frac{1,18+0}{44,06/1} = \mathbf{0,695} < \mathbf{1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{101,46}{0,934 \times 2411,2/1} +$$

$$0,999 \times \frac{279,77+0}{0,982 \times 413,65/1} + 0,772 \times \frac{1,18+0}{44,06/1} = \mathbf{0,753} < \mathbf{1} \quad (6.62)$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 1,523$ ;  $x_b = 4,560$ ; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot (Sn+Ww)$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $s_s = \mathbf{100,0}$  mm oraz typ obciążenia środnika (**a**).

Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych  $a = \mathbf{6,083}$  m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (496,0 / 6082,8)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 275 \times 200,0 / (275 \times 8,0) = 25,000$$

$$m_2 = 0,02 (h_w / t_f)^2 = 0,02 \times (496,0 / 12,0)^2 = 34,169$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 12,0 \times (1 + \sqrt{25,000 + 34,169}) = 308,6$$

przyjęto  $l_y = 308,6 \leq a$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,01 \times 210 \times 8,0^3 / 496,0 = 1173,18 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{308,6 \times 8,0 \times 275 \times 10^{-3}}{1173,18}} = 0,761$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,761} = 0,657 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 0,657 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 0,657 \times 308,6 = 202,8 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{275 \times 202,8 \times 8,0 \times 10^{-3}}{1} = 446,24 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{44,18}{446,24} = \mathbf{0,099} < \mathbf{1} \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{103,5}{87,68 \times 275/1} \times 10 +$$

$$\frac{177,39 + 103,5 \times 0,000}{1504,17 \times 275/1} \times 10^3 + \frac{0,1 + 103,5 \times 0,000}{160,21 \times 275/1} \times 10^3 = 0,474 \quad (4.15 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,099 + 0,8 \times 0,474 = \mathbf{0,478} < \mathbf{1,4} \quad (7.2 \text{ EN 1993-1-5})$$

### Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia:  $CW+St+Sn+Ww$

Ugięcia względem osi Y liczone od ciężkiwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 3,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 6083 / 250 = 24,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,2 < 24,3 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 1520 / 250 = 6,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,0 < 6,1 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 3,192 \text{ mm}; \quad L / a = 1520,0 / 3,192 = 476,2$$

Druga forma (tabelaryczna) jest dostępna z poziomu *okna właściwości wymiarowania* dla uprzednio zaznaczonej grupy prętów. Podgląd dokumentu wymiarowania oraz jego wydruk lub eksport zapewnia przycisk Dokument tego okna. Poniżej przedstawiono przykład takiego dokumentu (w obu stopniach szczegółowości) dla prętów ramy portalowej, jednonawowej hali stalowej stanowiącej przykład do instrukcji użytkownika programu głównego RM-3D.

### Przykład dokumentu tabelarycznego w formie pełnej:

**Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993** (Stal1993\_3d v. 1.42 licencja nr 9001)

Nazwa pliku: Przykład.rm3

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:		Kombinacja obc.
14	Rama-4	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,181		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
6	Rama-2	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,179		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
11	Rama-3	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,080		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Wl+Ww)
10	Rama-3	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,071		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
80	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	1,041		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
70	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	1,041		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
77	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	1,037		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
45	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	1,037		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
78	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,761		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
81	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,761		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
46	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,761		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
69	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,761		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
15	Rama-4	2 - rygle ram	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,753		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Wl+Ww)
36	Płatwie lewe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,745		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
7	Rama-2	2 - rygle ram	Zginanie	0,742		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Wl)
33	Płatwie prawe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,731		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
96	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,692		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
54	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,692		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
89	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,686		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
61	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,686		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
34	Płatwie prawe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stalność)	0,670		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)

37	Płatwie lewe	4 - płatwie połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,665		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
88	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,646		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
62	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,646		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
97	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,642		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
53	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,642		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
35	Płatwie prawe	4 - płatwie połączone	Środek pod obc. skup.	0,599		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
38	Płatwie lewe	4 - płatwie połączone	Środek pod obc. skup.	0,569		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
86	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,460		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
8	Rama-2	1 - 2 U 200	Zginanie	0,459		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI+Ww)$
5	Rama-2	1 - 2 U 200	Zginanie	0,449		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
16	Rama-4	1 - 2 U 200	Zginanie	0,449		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI+Ww)$
64	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,443		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
82	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,441		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
68	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,441		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
13	Rama-4	1 - 2 U 200	Zginanie	0,439		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
71	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,436		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
75	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,435		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
43	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,435		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
12	Rama-3	1 - 2 U 200	Zginanie	0,431		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI+Ww)$
9	Rama-3	1 - 2 U 200	Zginanie	0,420		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
39	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,419		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
3	Rama-1	2 - rygle ram	Zginanie	0,388		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI)$
19	Rama-5	2 - rygle ram	Zginanie	0,388		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI)$
2	Rama-1	2 - rygle ram	Zginanie	0,353		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
18	Rama-5	2 - rygle ram	Zginanie	0,353		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
40	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,301		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
63	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,292		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
84	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,271		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
66	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,271		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
73	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,263		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
41	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,263		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
4	Rama-1	1 - 2 U 200	Zginanie	0,230		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+WI+Ww)$
56	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,216		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
48	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,214		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
72	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,213		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
1	Rama-1	1 - 2 U 200	Zginanie	0,211		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
47	Stężenia prawe	5 - stężenia połączone	Zginanie	0,208		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
102	Stężenia lewe	5 - stężenia połączone	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,206		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$

79	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,204	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
65	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,201	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
55	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,196	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
42	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,195	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
17	Rama-5	1 - 2 U 200	Zginanie	0,193	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
20	Rama-5	1 - 2 U 200	Zginanie	0,193	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
87	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,189	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
94	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,183	<input type="checkbox"/>	$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
95	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,181	<input type="checkbox"/>	$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
49	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,178	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
58	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,178	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
92	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,166	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
101	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,163	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
51	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,154	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
60	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,154	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
50	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,142	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
57	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,142	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
85	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,133	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
74	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,132	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
90	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,128	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
99	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,116	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
32	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,112	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
28	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,112	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
83	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,112	<input type="checkbox"/>	$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
76	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,111	<input type="checkbox"/>	$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot Sn$
59	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,107	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
100	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,106	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
93	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,105	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
52	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,105	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
67	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,104	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
44	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,103	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
91	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,093	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
98	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Staceczność)	0,093	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
29	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,090	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
25	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,090	<input type="checkbox"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$

31	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,067	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
27	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,067	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
30	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,057	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
26	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,057	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·Sn

Nazwa pliku: Przykład.rm3

Nr pręta:	Rozciąganie:	Ściskanie:	Skręcanie:	Ścinanie:	Zginanie:
14		0,054	0,002	0,212	0,656
6		0,054	0,002	0,212	0,656
11		0,042	0,000	0,200	0,648
10		0,042	0,000	0,200	0,626
80		0,729		0,009	
70		0,729		0,009	
77		0,726		0,009	
45		0,725		0,009	
78		0,591		0,005	
81		0,591		0,005	
46		0,591		0,005	
69		0,591		0,005	
15		0,054	0,002	0,212	0,689
36	0,031	0,263	0,000	0,109	
7		0,054	0,002	0,212	0,676
33	0,031	0,250	0,000	0,109	
96		0,616		0,005	
54		0,616		0,005	
89		0,611		0,005	
61		0,611		0,005	
34	0,039	0,140	0,000	0,117	
37	0,039	0,137	0,000	0,117	
88		0,549		0,006	
62		0,549		0,006	
97		0,548		0,006	
53		0,548		0,006	
35	0,084		0,000	0,117	
38	0,084		0,000	0,117	
86		0,169	0,000	0,018	
8		0,045	0,001	0,102	0,408
5		0,045	0,001	0,095	0,397
16		0,045	0,001	0,102	0,408
64		0,161	0,000	0,018	
82		0,271	0,000	0,011	
68		0,270	0,000	0,011	
13		0,045	0,001	0,095	0,397
71		0,166	0,000	0,017	
75		0,265	0,000	0,011	
43		0,265	0,000	0,011	
12		0,042		0,096	0,385
9		0,042		0,089	0,372
39		0,158	0,000	0,017	
3	0,015	0,016	0,021	0,094	0,325
19	0,015	0,016	0,021	0,093	0,323
2	0,014	0,018	0,021	0,093	0,287
18	0,014	0,018	0,021	0,093	0,285
40	0,035		0,000	0,012	
63	0,035		0,000	0,011	
84		0,219	0,000	0,005	
66		0,219	0,000	0,005	
73		0,211	0,000	0,005	

41		0,211	0,000	0,005	
4		0,021	0,003	0,050	0,193
56	0,012			0,010	
48		0,056		0,011	
72	0,035		0,000	0,012	
1		0,021	0,003	0,042	0,171
47	0,015			0,009	
102		0,053		0,011	
79	0,035		0,000	0,011	
65	0,042		0,000	0,008	
55		0,044	0,000	0,010	
42	0,041		0,000	0,008	
17		0,022	0,003	0,041	0,170
20		0,022	0,003	0,050	0,192
87		0,042	0,000	0,010	
94	0,012			0,010	
95	0,015			0,009	
49	0,003	0,015		0,009	
58		0,024		0,009	
92		0,023		0,009	
101	0,003	0,014		0,009	
51	0,004			0,007	
60	0,003	0,001		0,007	
50	0,005			0,007	
57	0,007			0,007	
85	0,042		0,000	0,008	
74	0,041		0,000	0,008	
90	0,003	0,001		0,007	
99	0,004			0,007	
32	0,009		0,021	0,010	0,033
28	0,009		0,021	0,010	0,033
83	0,051			0,005	
76	0,050			0,005	
59	0,001	0,005		0,005	
100	0,005			0,007	
93	0,007			0,007	
52		0,009		0,005	
67	0,051			0,005	
44	0,050			0,005	
91	0,001	0,005		0,005	
98		0,009		0,005	
29	0,009		0,021	0,008	0,023
25	0,009		0,021	0,008	0,023
31	0,014		0,007	0,010	0,034
27	0,014		0,007	0,010	0,034
30	0,014		0,007	0,007	0,023
26	0,014		0,007	0,007	0,023

Nazwa pliku: Przykład.rm3

Nr pręta:	Zginanie (stateczność):	Zginanie ze ścisk.:	Środek pod obc. skup.:	Nośność łączników:	SGU:
14	0,727	0,668	1,181		0,138
6	0,724	0,667	1,179		0,138
11	0,685	0,629	1,080		0,122
10	0,664	0,610	1,071		0,129
80	0,430	1,041	0,165		0,123

70	0,517	1,041	0,271	0,123
77	0,433	1,037	0,164	0,123
45	0,510	1,037	0,271	0,123
78	0,372	0,761	0,164	0,079
81	0,372	0,761	0,164	0,079
46	0,367	0,761	0,215	0,079
69	0,367	0,761	0,215	0,079
15	0,745	0,753	0,342	0,131
36	0,540	0,745	0,440	0,154
7	0,742	0,683	0,000	0,131
33	0,570	0,731	0,557	0,154
96	0,305	0,692	0,177	0,027
54	0,306	0,692	0,177	0,027
89	0,303	0,686	0,176	0,026
61	0,304	0,686	0,176	0,026
34	0,597	0,670	0,594	0,189
37	0,494	0,665	0,526	0,189
88	0,291	0,646	0,179	0,031
62	0,306	0,646	0,169	0,031
97	0,290	0,642	0,179	0,032
53	0,305	0,642	0,168	0,032
35	0,493		0,599	0,173
38	0,493		0,569	0,174
86	0,327	0,460	0,284	0,114
8	0,459	0,303	0,225	0,143
5	0,449	0,294	0,220	0,137
16	0,449	0,300	0,225	0,143
64	0,391	0,443	0,090	0,114
82	0,234	0,441	0,075	0,061
68	0,161	0,441	0,153	0,061
13	0,439	0,291	0,220	0,137
71	0,303	0,436	0,264	0,107
75	0,233	0,435	0,077	0,061
43	0,161	0,435	0,153	0,061
12	0,431	0,285	0,200	0,135
9	0,420	0,275	0,194	0,129
39	0,367	0,419	0,077	0,107
3	0,388	0,333	0,262	0,055
19	0,388	0,331	0,259	0,054
2	0,353	0,300	0,231	0,065
18	0,353	0,298	0,228	0,065
40	0,301		0,078	0,096
63	0,292		0,073	0,094
84	0,096	0,271	0,077	0,046
66	0,093	0,271	0,079	0,046
73	0,096	0,263	0,077	0,053
41	0,093	0,263	0,078	0,053
4	0,230	0,150	0,048	0,068
56	0,216		0,042	0,069
48	0,214	0,212	0,033	0,066
72	0,213		0,186	0,096
1	0,211	0,133	0,041	0,059
47	0,208		0,038	0,066
102	0,169	0,206	0,145	0,066
79	0,204		0,180	0,094
65	0,201		0,032	0,042
55	0,196	0,194	0,029	0,062
42	0,195		0,032	0,042



17	0,193	0,136	0,040	0,059
20	0,193	0,153	0,048	0,068
87	0,157	0,189	0,134	0,062
94	0,183		0,135	0,069
95	0,181		0,130	0,066
49	0,178	0,165	0,026	0,055
58	0,178	0,169	0,026	0,055
92	0,139	0,166	0,118	0,055
101	0,139	0,163	0,116	0,055
51	0,154		0,016	0,040
60	0,154	0,128	0,016	0,040
50	0,142		0,016	0,043
57	0,142		0,016	0,043
85	0,133		0,126	0,042
74	0,132		0,122	0,042
90	0,116	0,128	0,099	0,040
99	0,116		0,099	0,040
32	0,112		0,034	0,052
28	0,112		0,034	0,052
83	0,112		0,070	0,029
76	0,111		0,069	0,028
59	0,107	0,093	0,008	0,032
100	0,106		0,090	0,043
93	0,105		0,090	0,043
52	0,105	0,093	0,013	0,032
67	0,104		0,012	0,029
44	0,103		0,012	0,028
91	0,081	0,093	0,068	0,032
98	0,081	0,093	0,068	0,032
29	0,090		0,049	0,052
25	0,090		0,049	0,052
31	0,067		0,016	0,008
27	0,067		0,016	0,009
30	0,057		0,009	0,008
26	0,057		0,009	0,009

**Przykład dokumentu tabelarycznego w formie skróconej:**

**Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993** (Stal1993\_3d v. 1.42 licencja nr 9001)

Nazwa pliku: Przykład.rm3

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
14	Rama-4	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,181	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
6	Rama-2	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,179	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
11	Rama-3	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,080	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Wl+Ww)
10	Rama-3	2 - rygle ram	Środek pod obc. skup.	1,071	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
80	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	1,041	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
70	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	1,041	1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
77	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	1,037	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
45	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	1,037	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
78	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,761	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
81	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,761	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
46	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,761	1,35·(CW+St)+1,5·Sn
69	Stężenia prawe	5 - stężenia	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,761	1,35·(CW+St)+1,5·Sn

15	Rama-4	2 - rygle ram	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,753		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI+Ww)
36	Płatwie lewe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,745		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
7	Rama-2	2 - rygle ram	Zginanie	0,742		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI)
33	Płatwie prawe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,731		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
96	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,692		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
54	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,692		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
89	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,686		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
61	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,686		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
34	Płatwie prawe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,670		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
37	Płatwie lewe	4 - płatwie połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,665		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
88	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,646		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
62	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,646		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
97	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,642		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
53	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,642		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
35	Płatwie prawe	4 - płatwie połączeniowe	Środek pod obc. skup.	0,599		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
38	Płatwie lewe	4 - płatwie połączeniowe	Środek pod obc. skup.	0,569		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
86	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,460		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
8	Rama-2	1 - 2 U 200	Zginanie	0,459		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI+Ww)
5	Rama-2	1 - 2 U 200	Zginanie	0,449		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
16	Rama-4	1 - 2 U 200	Zginanie	0,449		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI+Ww)
64	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,443		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
82	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,441		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
68	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,441		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
13	Rama-4	1 - 2 U 200	Zginanie	0,439		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
71	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,436		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
75	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,435		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
43	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,435		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
12	Rama-3	1 - 2 U 200	Zginanie	0,431		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI+Ww)
9	Rama-3	1 - 2 U 200	Zginanie	0,420		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
39	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,419		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
3	Rama-1	2 - rygle ram	Zginanie	0,388		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI)
19	Rama-5	2 - rygle ram	Zginanie	0,388		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI)
2	Rama-1	2 - rygle ram	Zginanie	0,353		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
18	Rama-5	2 - rygle ram	Zginanie	0,353		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
40	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,301		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
63	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie	0,292		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
84	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,271		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
66	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,271		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)
73	Stężenia lewe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,263		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
41	Stężenia prawe	5 - stężenia połączeniowe	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,263		1,35·(CW+St)+1,5·Sn
4	Rama-1	1 - 2 U 200	Zginanie	0,230		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+WI+Ww)
56	Stężenia prawe	5 - stężenia	Zginanie	0,216		1,35·(CW+St)+1,5·(Sn+Ww)

48	Stężenia prawe	połaciowe 5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,214		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
72	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,213		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
1	Rama-1	1 - 2 U 200	Zginanie	0,211		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
47	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,208		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
102	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,206		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
79	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,204		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
65	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,201		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
55	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,196		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
42	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,195		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
17	Rama-5	1 - 2 U 200	Zginanie	0,193		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
20	Rama-5	1 - 2 U 200	Zginanie	0,193		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
87	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,189		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
94	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,183		$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
95	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,181		$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
49	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,178		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
58	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,178		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
92	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,166		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
101	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,163		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
51	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,154		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
60	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,154		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
50	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,142		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
57	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,142		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
85	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,133		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
74	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,132		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
90	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,128		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
99	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,116		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
32	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,112		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
28	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,112		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
83	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,112		$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
76	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,111		$CW+1,35 \cdot St+1,5 \cdot Sn$
59	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,107		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
100	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,106		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
93	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,105		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
52	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,105		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
67	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,104		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
44	Stężenia prawe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie	0,103		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
91	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,093		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
98	Stężenia lewe	5 - stężenia połaciowe	Zginanie i ściskanie (Statecz- ność)	0,093		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
29	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,090		$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$

25	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,090	<input type="text"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
31	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,067	<input type="text"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
27	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,067	<input type="text"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot (Sn+Ww)$
30	Okap lewy	7,6,6,7	Zginanie	0,057	<input type="text"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$
26	Okap prawy	7,6,6,7	Zginanie	0,057	<input type="text"/>	$1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot Sn$

#### IV. WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA

W tej części instrukcji omówione zostaną wybrane aspekty wymiarowania konstrukcji stalowych przy użyciu modułu **STAL1993-3D**.

##### ***Pręty o zmiennym przekroju (pręty niepryzmatyczne)***

W programie głównym pakietu RM-3D istnieje możliwość deklarowania prętów o liniowo zmieniających się wzdłuż pręta wymiarach przekroju (patrz: instrukcja użytkownika RM-3D) oraz dokonywania obliczeń statycznych dla takich prętów.

**Norma PN-EN 1993 nie określa jednoznacznie reguł odnośnie SGU dla ściskanych prętów o liniowo zmiennych wymiarach przekroju poprzecznego**, a szczegółowe warunki normowe dla oceny nośności pręta z uwzględnieniem jego wrażliwości na wyboczenie giętne i giętno-skrętne (6.61) i (6.62) odnoszą się do prętów o stałym przekroju. Główną przeszkodą adaptowania tych warunków do prętów o zmiennym przekroju jest trudność w określeniu smukłości takiego pręta na wyboczenie giętne, a w konsekwencji w określeniu współczynników na wyboczenie  $\chi$  występujących w formułach warunków (6.61) i (6.62). Poniżej przedstawiona jest propozycja algorytmu (uzupełnienie algorytmu normowego) umożliwiającego sprawdzanie stateczności takich prętów, a polegającego na adaptowaniu w/w warunków do prętów o zmiennym przekroju.

Propozycja opiera się na zaangażowaniu teorii II-go rzędu, dzięki czemu wrażliwość pręta na wyboczenie jest uwzględniana jako skutek interakcji pomiędzy siłą osiową i momentami zginającymi, a nie poprzez współczynniki na wyboczenie  $\chi$ . Jednak warunkiem koniecznym takiego podejścia do zagadnienia stateczności prętów ściskanych o zmiennych przekrojach jest uwzględnienie imperfekcji geometrycznych pręta.

A zatem, w celu sprawdzenia stateczności niepryzmatycznego pręta ściskanego lub zginanego i zginanego przy użyciu modułu **STAL1993-3D** należy:

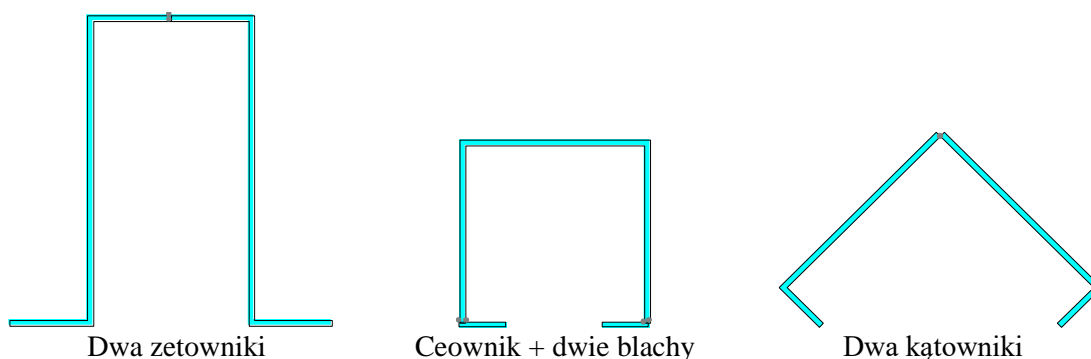
1. Wykreować model konstrukcji w programie RM-3D, tzn. przygotować listę przekrojów, wygenerować schemat statyczny ustroju, przypisać odpowiednie przekroje poszczególnym prętom i zadać obciążenia.
2. W oknie właściwości prętów trybu Schemat programu RM-3D w zakładce Imperfekcje włączyć włącznik PN-EN 1993 (ulożony w sekcji Imperfekcje pręta (Teoria II-go rzędu) oraz w polach  $m_y$  i  $m_z$  zadać odpowiednie liczby stosownie do reguł zawartych w p.5.3.2 normy PN-EN 1993.
3. Włączyć obliczenia wg teorii II rzędu (opcja Wyniki / Teoria II rzędu).
4. Przejść do trybu Wymiarowanie, wybrać pręt o zmiennym przekroju i wywołać moduł wymiarowania.
5. Wybrać kontekst wymiarowania **Zginanie i ściskanie (stateczność)** i włączyć włącznik Wartości maksymalne, co spowoduje ustalenie położenia przekroju pręta, w którym któryś z warunków (6.61) i (6.62) jest najniekorzystniejszy. Jeżeli warunki te są spełnione we wszystkich przekrojach pręta, można przyjąć, że stateczność pręta niepryzmatycznego jest zachowana. Jednocześnie

należy mieć na uwadze to, że współczynnikiem wybozeniowym  $\chi$  nadawane jest automatycznie wartości 1,0, zarówno bezpośrednio w formułach warunków normowych jak i w wyrażeniach na współczynniki interakcji  $k_{ij}$ .

Należy zauważyć, że przedstawiony sposób sprawdzania stateczności prętów pozwala na uwzględnianie wpływu wrażliwości na wyboczenie w obu płaszczyznach głównych pręta.

Jeśli z jakichś względów zaangażowanie teorii II-go rzędu nie będzie możliwe, to za miarodajne relacje warunków (6.61) i (6.62) można uznać po spójcyjonowaniu *znacznika przekroju* w odległości 0,6 długości pręta od końca pręta o „mniejszym” przekroju.

### Pręty o przekrojach z kształtników giętych



Mimo, że opcja Przekroje programu głównego RM-3D, służąca do kreowania przekrojów prętów zadania, zawiera jedynie katalogi standardowych kształtników giętych, to - dzięki rozszerzeniu zakresu wymiarowania na tzw. jednogałęziowe przekroje składane z wielu kształtników - możliwe jest również wymiarowanie prętów o niestandardowych przekrojach giętych.

W takich przypadkach należy posługiwać się dostępnymi w opcji Przekroje odpowiednimi typami giętych kształtników standardowych oraz kształtników o wymiarach deklarowanych przez użytkownika. Na przykład tzw. kątowniki trójgięte można wykreować przez odpowiednie złożenie dwóch kątowników.

Przy "składaniu" przekroju giętego należy pamiętać o zapewnieniu ciągłości poszczególnych elementów składowych (kształtników) tak, aby całość stanowiła przekrój jednogałęziowy.

Chociaż koncepcja składania przekroju z pojedynczych blach (prostokątów) wydaje się tu najbardziej naturalna, to użycie innych kształtników (jeśli jest to w konkretnym przypadku możliwe) znacznie ułatwia kreowanie zamierzonego przekroju oraz ułatwia procedurom obliczeniowym modułu identyfikację przekroju oraz wyznaczanie charakterystyki geometrycznej i wytrzymałościowej. Poniżej pokazano sposoby modelowania przekrojów giętych.