



DREW-3D

WERSJA 2.x

**WYMIAROWANIE
PRĘTÓW KONSTRUKCJI DREWNIANYCH
WG PN-B-03150:2000
pod kontrolą programu RM-3D**

INSTRUKCJA UŻYTKOWANIA



**BIURO KOMPUTEROWEGO
WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA**

OPOLE - MAJ 2016

SPIS TREŚCI

I. UWAGI OGÓLNE	I-1
WPROWADZENIE.....	I-1
PRZEZNACZENIE MODUŁU DREW-3D.....	I-2
PODSTAWOWE CECHY UŻYTKOWE MODUŁU DREW-3D	I-3
INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE	I-4
MERYTORYCZNY ZAKRES WYMIAROWANIA	I-4
II. ZASADY UŻYTKOWANIA.....	II-1
URUCHOMIENIE MODUŁU	II-1
STRATEGIA WYMIAROWANIA.....	II-3
<i>Wymiarowanie pojedynczego pręta</i>	<i>II-3</i>
<i>Wymiarowanie grupy prętów</i>	<i>II-6</i>
KONTEKSTY WYMIAROWANIA	II-9
<i>Przekrój.....</i>	<i>II-9</i>
<i>Oslabienia otworami.....</i>	<i>II-10</i>
<i>Podcięcia na podporach</i>	<i>II-11</i>
<i>Długości wybozeniowe</i>	<i>II-12</i>
<i>Stan graniczny nośności.....</i>	<i>II-16</i>
<i>Rozciąganie.....</i>	<i>II-17</i>
<i>Ściskanie</i>	<i>II-17</i>
<i>Zginanie - pręty jednolite</i>	<i>II-18</i>
<i>Zginanie - pręty złożone</i>	<i>II-19</i>
<i>Ścinanie.....</i>	<i>II-20</i>
<i>Skrećanie.....</i>	<i>II-21</i>
<i>Nośność łączników</i>	<i>II-22</i>
<i>Stan graniczny użytkowania.....</i>	<i>II-23</i>
III. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA - WYDRUKI	III-1
UWAGI OGÓLNE.....	III-1
TWORZENIE DOKUMENTU	III-2
IV. WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA.....	IV-1
DŹWIGARY JEDNO I DWUTRAPEZOWE Z DREWNA KLEJONEGO	IV-1
OKREŚLANIE DŁUGOŚCI WYBOCZENIOWYCH DLA PRĘTÓW DREWNIANYCH	IV-1
WYMIAROWANIE ŚCISKANYCH PRĘTÓW DREWNIANYCH, A TEORIA II-GO RZĘDU	IV-6

I. UWAGI OGÓLNE

Wprowadzenie

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

Instrukcja nie zawiera szczegółowych opisów korzystania z interfejsu ekranowego (przyciski, okna dialogowe, pola edycyjne, listy i td.), służącego do sterowania programem oraz operowania jego poszczególnymi opcjami i funkcjami ponieważ zagadnienia te są wyjaśnione w podręcznikach i książkach poświęconych eksploracji systemu Windows, a więc są zgodne z konwencjami jakie obowiązują w użytkowaniu zdecydowanej większości aplikacji działających pod systemem Windows.

Przy opracowaniu niniejszej instrukcji położono akcent na opis idei realizacyjnej modułu oraz wyjaśnieniu kluczowych kwestii związanych z zadawaniem danych i interpretacją wyników obliczeń w ramach wymiarowania prętów konstrukcji drewnianych.

DREW-3D jest następcą znanego i chętnie użytkowanego od kilkunastu lat modułu RM-DREW zintegrowanego z programem RM-WIN do analizy płaskich konstrukcji prętowych. Doświadczenie własne uzyskane przy rozwijaniu modułu RM-DREW oraz liczne sugestie zgłoszone przez jego użytkowników stworzyło podstawę idei realizacyjnej modułu **DREW-3D**.

Przy opracowaniu modułu dołożono wiele starań, aby zachować wszystkie walory modułu RM-DREW, wzbogacając go o aspekty wynikające ze specyfiki konstrukcji przestrzennych. Dzięki temu użytkownicy znający ten moduł dla płaskiej wersji pakietu RM z łatwością przyswoją sobie jego nową formę zarówno w zakresie interfejsu jaki i tworzenia dokumentów zwłaszcza, że wiele opcji i funkcji zostało uproszczonych.

Informacje podane w niniejszej instrukcji dotyczą:

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

Większość informacji zawartych w niniejszej instrukcji jest dostępna również poprzez system pomocy dla programu **RM-3D**. Sposób korzystanie z tego systemu pomocy jest typowy dla aplikacji środowiska Windows.

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

Moduł **DREW-3D** nie jest samodzielną aplikacją systemu Windows, a więc nie może być użytkowany autonomicznie. Jego użytkowanie odbywa się pod kontrolą programu głównego RM-3D.

Przeznaczenie modułu DREW-3D

Moduł **DREW-3D** przeznaczony jest do wymiarowania prętów przestrzennych konstrukcji drewnianych ściśle wg postanowień i zaleceń normy **PN-B-03150:2000 - Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie**, a zakres wymiarowania jest sprecyzowany w dalszej części instrukcji.

Moduł **DREW-3D** jest zintegrowanym składnikiem pakietu programów oznaczonych skrótową nazwą RM3D przeznaczonych do analizy statyczno-kinematycznej oraz wymiarowania przestrzennych konstrukcji prętowych o dowolnym schemacie statycznym.

Integralność modułu **DREW-3D** z programem głównym RM-3D polega na tym, że wyniki analizy statycznej i kinematycznej - dokonywanej przez program RM-3D - dla poszczególnych prętów przekazywane są do modułu w celu sprawdzania normowych warunków stanów granicznych nośności i użytkowania. Oznacza to, że moduł **DREW-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 drewnianych konstrukcji.

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

W przypadku wymiarowania grupy prętów o konstrukcji mieszanej, czyli składającej się z prętów o różnych rodzajach materiałów, użytkownik musi dokonać wyboru modułu, który ma być użyty do wykonania analizy związanej z wymiarowaniem.

Podstawowe cechy użytkowe modułu DREW-3D

Moduł **DREW-3D** nie jest samodzielnym 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.

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 **DREW-3D** oraz interakcyjnie wykonuje obliczenia statyczne na żądanie modułu, a wynikające z dokonywanych zmian w procesie wymiarowania, mających wpływ na pracę statyczną i kinematyczną konstrukcji.

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

- ✓ pełna zgodność z wymaganiami i zaleceniami normy **PN-B-03150:2000**,
- ✓ wymiarowanie prętów jednolitych,
- ✓ wymiarowania prętów o przekrojach złożonych, tj. o gałęziach łączonych za pomocą łączników mechanicznych (gwoździe, wkręty, śruby) oraz wielogałęziowych, których gałęzie łączone są za pomocą przewiązek,
- ✓ automatyczne określanie niektórych aspektów normowych wynikających ze stanu 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,
- ✓ całkowitą swobodę tworzenia dokumentacji graficzno-tekstowej dzięki korzystaniu z gotowych arkuszy, opracowanych w konwencji obliczeń ręcznych, automatycznie przesyłanych do zaawansowanych edytorów tekstu (WordPad, MS Word, MS Works, StarOffice, OpenOffice).

Dzięki tym cechom oraz przyjaznemu interfejsowi moduł **DREW-3D** jest wyjątkowo sprawnym i efektywnym narzędziem warsztatu projektanta konstrukcji w zakresie wymiarowania prętów drewnianych konstrukcji przestrzennych, zwłaszcza w przypadku, gdy geometryczna forma konstrukcji uniemożliwia racjonalne wyodrębnienie płaskich schematów prętowych do analizy statyczno kinematycznej oraz wymiarowania za pomocą narzędzi (metod i programów) 2D.

Instalacja modułu w komputerze

Wszystkie potrzebne do instalacji składniki pakietu są dostarczane na płycie kompaktowej, którą należy włożyć do czytnika CD (lub nagrywarki CD/DVD) i poczekać na wykonanie przez Windows funkcji "autostart". Jeśli z jakiegoś powodu to nie nastąpi, to należy bezpośrednio z CD uruchomić instalator **setup3d.exe**.

Jeśli instalacja dotyczy uaktualnienia istniejącego już pakietu RM3D, to zalecane jest dokonanie wpierrw deinstalacji poprzedniej (starszej) wersji tego pakietu za pomocą deinstalatora **uninsxxx.exe**, który jest rejestrowany w systemie Windows i umieszczany w folderze docelowym pakietu RM3D wraz z jego plikami.

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_drew.dll** stanowiący bibliotekę procedur i funkcji realizujących proces wymiarowania prętów drewnianej konstrukcji przestrzennej. Oprócz tego do podkatalogu **ARKUSZE** kopiowane są pliki szablonów dokumentów w formie RTF, które służą jako wzorce do tworzenia dokumentacji 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 ich zamknięcie.

Merytoryczny zakres wymiarowania

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

- ✓ przekroje **składane jednokształtownikowe** wszystkich typów możliwych do zadeklarowania w programie RM-3D,
- ✓ przekroje **składane wielokształtownikowe** zbudowane z wielu kształtowników połączonych ze sobą w sposób zapewniający całkowite (pełne) zespolenie,
- ✓ przekroje **złożone**, których gałęzie łączone są za pomocą łączników mechanicznych,
- ✓ przekroje **wielogałęziowe** zadeklarowane jako "drewniane - wielogałęziowe".

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 podstawowych (tzw. składane *wielokształtownikowe*), w których wszystkie kształtowniki są ze sobą połączone w sposób zapewniający pełne zespolenie poszczególnych kształtowników tak, jakby cały przekrój został wykonany z litego drewna.

Formalnie nie ma żadnych ograniczeń co do wzajemnej konfiguracji poszczególnych kształtowników w przekroju, ale należy mieć na uwadze fakt, że takie przekroje traktowane są w wymiarowaniu jako w pełni zespolone, a sposób ich powiązania nie jest określony.

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 programie głównym,
- ✓ schemat i geometria pręta oraz jego uwarunkowanie kinematyczne wynikające z jego powiązania z innymi prętami konstrukcji, określone 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-B-03150:2000.

Działanie modułu **DREW-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 *kontekstów wymiarowania*, którymi operuje moduł **DREW-3D** w procesie wymiarowania prętów drewnianych:

- ✓ *Przekrój*
- ✓ *Oslabienie otworami*
- ✓ *Podcięcia na podporach*
- ✓ *Długości wyboczeniowe*
- ✓ *Stan graniczny nośności, a w nim:*
 - *Rozciąganie*
 - *Ściskanie*
 - *Zginanie prętów jednolitych*
 - *Zginanie prętów złożonych*
 - *Ścinanie*
 - *Skręcanie*
 - *Przewiązki*
- ✓ *Stan graniczny użytkowania*

Lista kontekstów jest ustalana przez moduł **DREW-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.

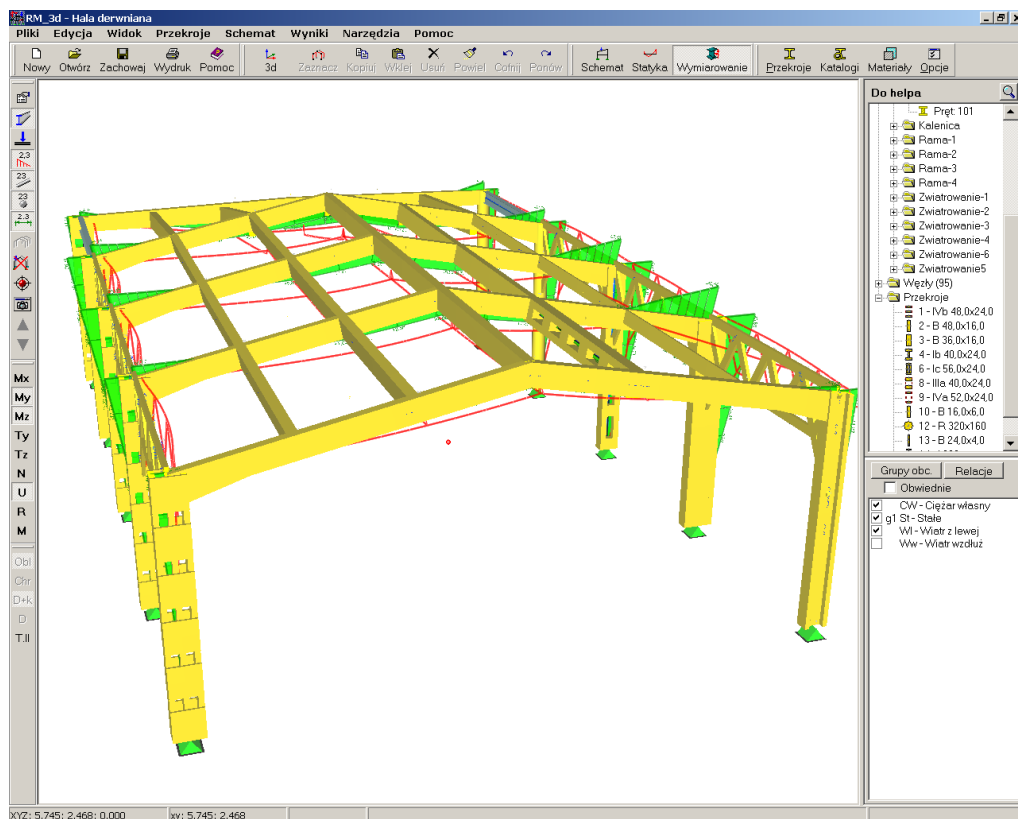
II. ZASADY UŻYTKOWANIA

Użytkowanie modułu **DREW-3D** do wymiarowania prętów drewnianych 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 drewnianych.

Uruchomienie modułu

Moduł **DREW-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. 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 akcję wykonania analizy statyczno-kinematycznej.

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

Po 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 sił przekrojowych.

Wymiarowanie prętów drewnianych przy użyciu modułu **DREW-3D** bazuje na wynikach analizy statyczno-kinematycznej przeprowadzonej dla obliczeniowych oraz charakterystycznych wartości obciążeń (*wartości obliczeniowe* - dla wszystkich warunków stanu granicznego nośności, *wartości charakterystyczne* - dla warunków stanu granicznego użytkowania). Oznacza to, że obliczenia przeprowadzane są niezależnie od stanu włączników pozycji **Obliczeniowe** i **Obc. długotrwałe** opcji menu **Wyniki** - które są niedostępne - a wykresy sił przekrojowych wyświetlanych w *oknie sceny* odpowiadają obciążeniom obliczeniowym.

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



akcja włączania / wyłączania widoku konstrukcji.



akcja włączania i gaszenia numeracji prętów.



akcja włączania i gaszenia numeracji węzłów.



akcja włączania i gaszenia widoku obciążeń.



akcja włączania i gaszenia wartości liczbowych obciążeń.



akcja włączania i gaszenia linii wymiarowych.



akcja kopiowania zawartości okna *sceny* do schowka.



akcja zwiększania skali symboli graficznych *sceny*:



akcja zmniejszania skali symboli graficznych *sceny*:



akcja automatycznego umieszczania widoku modelu całej konstrukcji lub jej wyselekcjonowanego fragmentu w środku okna *sceny*,



akcja ukrywania i ukazywania części modelu konstrukcji.

udostępniane są przyciski związane z *trybem wymiarowania*, a w niej:



akcja "ukryj schemat", czyli wyświetlanie schematu modelu konstrukcji w stylu "draft" dla wyeksponowania wykresów sił przekrojowych i ugięć.



wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów skręcających


- My** wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie xz pręta
- Mz** wyświetlanie / gaszenie wykresu momentów zginających w płaszczyźnie xy pręta
- Ty** wyświetlanie / gaszenie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie xy pręta
- Tz** wyświetlanie / gaszenie wykresu sił poprzecznych w płaszczyźnie xz pręta
- N** wyświetlanie / gaszenie wykresu sił normalnych (osiowych) pręta
- U** wyświetlanie / gaszenie wykresu ugięć pręta
- R** wyświetlanie / gaszenie wektorów reakcji podpór
- T.II** włączenie / wyłączenie opcji analizy statycznej wg teorii II-go rzędu.

Przyciski **Obl**, **Chr**, **D**, **D+k** w trybie wymiarowania nie są aktywne ponieważ moduł **DREW-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 drewnianych 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 jaki i odpowiednio wyselekcjonowanej grupy prętów oraz dla konkretnej (pojedynczej) kombinacji grup obciążeń jak i dla obwiedni sił przekrojowych i przemieszczeń.

Wymiarowanie pojedynczego pręta

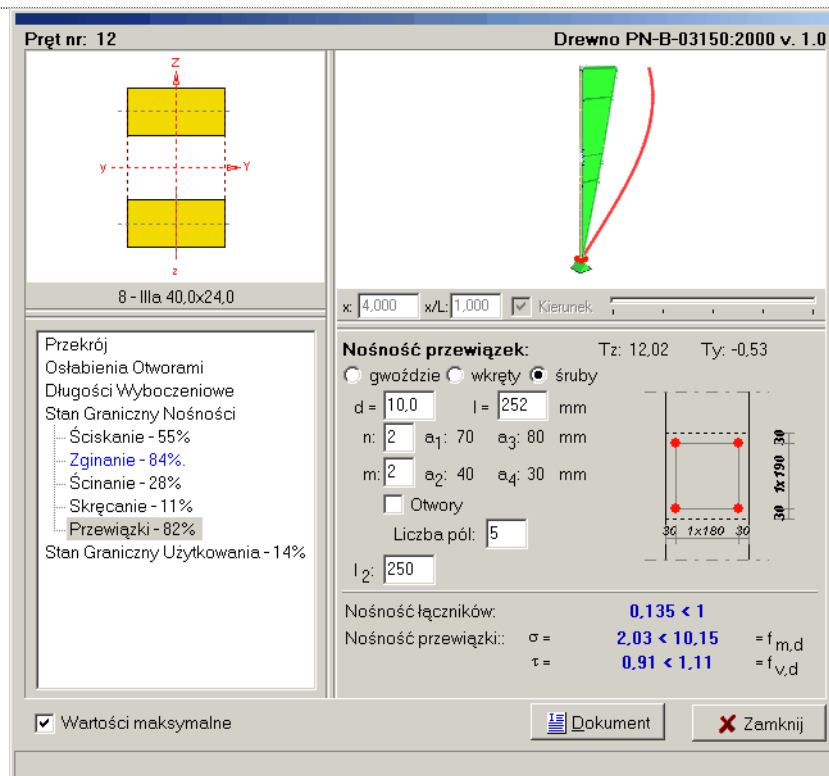
Odbywa się w **oknie właściwości wymiarowania** (Rys. 2), które pojawia się na tle *okna sceny* po podwójnym kliknięciu na zamierzonym pręcie modelu konstrukcji lub przez wskazanie (zaznaczenie) pręta i włączenie przycisku  paska narzędzi.

Otwarcie okna modułu **DREW-3D** nie będzie możliwe jeśli przypisany przekrój przydzielony do pręta nie spełnia warunków normowych lub przypisany mu materiał jest inny niż "drewno". Zamiast tego zostanie wywołany moduł normy właściwej dla wybranego pręta lub pojawi się odpowiedni komunikat informujący o przyczynie niemożliwości wymiarowania pręta.

Elementy *okna właściwości wymiarowania*:

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

Akcja podwójnego kliknięcia w obszarze tego okna powoduje otwarcie okna **Przekrój** (patrz: instrukcja użytkownika do programu RM-3D), co umożliwia dokonanie zamierzonej zmiany przekroju.



Rys. 2

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

Oprócz tego, po uaktywnieniu *okna przekroju* (kliknięciu w jego obszarze) i użyciu klawisza [F9], istnieje możliwość:

- ✓ zwiększania skali rysunku, co polega na "ogarnięciu" prostokątem selekcji zamierzonego fragmentu rysunku,
- ✓ przesuwania rysunku przekroju w obrębie okna za pomocą suwaków, które pojawiają się w sytuacji, gdy rysunek nie mieści w całości w obszarze okna,
- ✓ centrowanie rysunku w oknie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Ctrl]+[F9].

Okno schematu pręta (ulożone w prawej górnej części *okna właściwości wymiarowania*) zawierające schematyczny rysunek pręta wraz z wykresami włączonych 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 wyznaczane przez program warunki stanów granicznych. Położenie *znacznika przekroju* może być zmieniane za pomocą:

- ✓ operacji przeciągania, 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 położenia *znacznika przekroju*, wskazując pozycje, dla których relacja wskazanego warunku stanu granicznego jest najniekorzystniejsza.

Lista kontekstów wymiarowania (ulożona w lewej dolnej części *okna właściwości wymiarowania*), której elementami są tytuły *kontekstów wymiarowania*. Pozycje odpowiadające poszczególnym warunkom stanów granicznych są z prawej strony opatrzone liczbami (wyrażonymi w procentach) określającymi stopień wykorzystania danego warunku stanu granicznego. 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 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 Grupy 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.

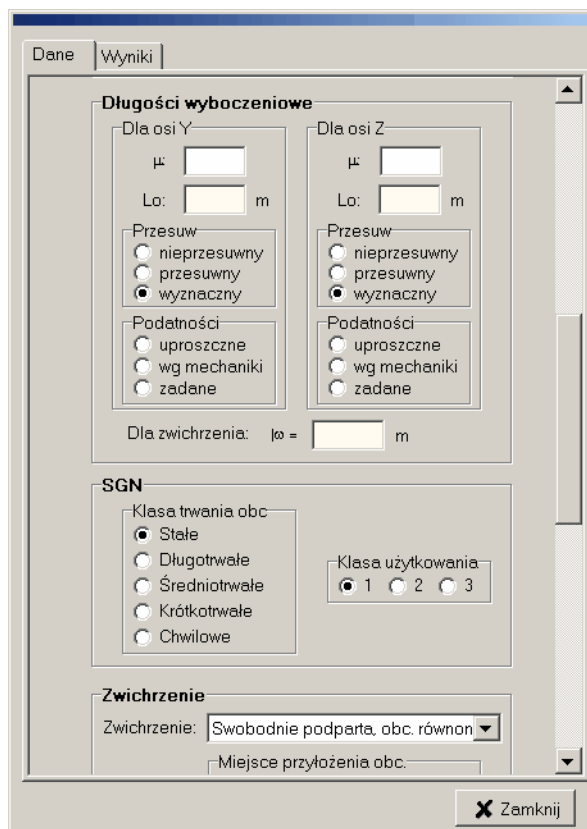
Przycisk Dokument służy do otwarcia *okna podglądu dokumentu* (w formacie RTF) pozwalającego na zapoznanie się ze szczegółami obliczeń (wzory, podstawienia, wyniki) związanych z poszczególnymi *kontekstami wymiarowania*.

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*.

wania 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 włączenie przycisku  paska narzędzi w sytuacji, gdy wcześniej dokonano selekcji grupy prętów modelu konstrukcji za pomocą operacji opisanych w instrukcji użytkownika programu głównego RM-3D.



Rys. 3

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 ułożone 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 wyselekcjonowanych (zaznaczonych) prętów.

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 kontrolek mogą nie mieć wpływu na wyniki obliczeń dla prętów, dla których odpowiadające im ustawienia nie mają znaczenia (np. ustawianie parametrów wymiarowania związanych z łącznikami mechanicznymi dla prętów o przekrojach litych).

Nr	Grupa	Przek.	Warunek	Wyk.
68	Zwiatrowanie-6	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,314
60	Zwiatrowanie-5	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,314
38	Zwiatrowanie-3	10 - B 16,0x6,0	Skrećanie	0,329
70	Zwiatrowanie-6	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,339
41	Zwiatrowanie-3	10 - B 16,0x6,0	Skrećanie	0,340
51	Zwiatrowanie-4	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,359
56	Zwiatrowanie-4	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,377
66	Zwiatrowanie-5	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,378
61	Zwiatrowanie-5	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,379
71	Zwiatrowanie-6	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,390
76	Zwiatrowanie-6	10 - B 16,0x6,0	Ściskanie	0,405
92	Grupa nr 19	3,2,3	Ściskanie	0,406
2	Rama-1	2,3,3	Zbyt duży kąt nachlenia krawędzi dźwigara !	0,487
3	Rama-1	3,3,2	Zginanie	0,518
94	Grupa nr 19	12 - R 320x160	Ściskanie	0,569

Rys. 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).

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 formatów typu "lista". Daje to możliwość zawężenia listy prętów i skupienie się nad nimi w procesie wymiarowania.

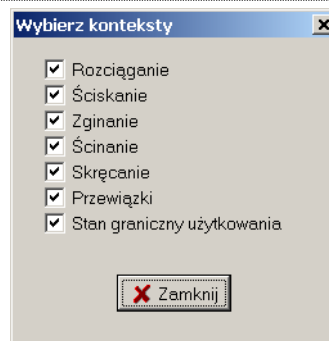
Podwójne kliknięcie na zamierzonej pozycji tabeli (odpowiadającej konkretnemu prętowi modelu konstrukcji) spowoduje otwarcie *okna właściwości wymiarowania* dla pojedynczego pręta (patrz: wyżej), co pozwala na skupienie się nad szczegółowymi danymi i wynikami obliczeń dla wybranego z tabeli pręta w trakcie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

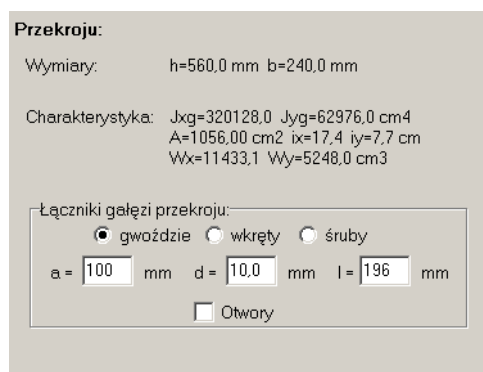


Rys. 5

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.

Konteksty wymiarowania

Przekrój



Rys. 6

Odniesienie: Nie związany z normą.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* obejmuje wielkości ściśle związane z charakterystyką geometryczną i wytrzymałościową przekroju pręta, przekazywaną do modułu **DREW-3D** przez program główny RM-3D.

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*.

W oznaczeniu głównych osi centralnych przekroju $x-X$, $y-Y$ obowiązuje zasada, że osią $x-X$ jest zawsze oś większego momentu bezwładności.

Zakres: Wszystkie przypadki.

Elementy

sterowania: Dla przekrojów o gałęziach łączonych bezpośrednio za pomocą łączników mechanicznych w *oknie kontekstów* udostępniane są formanty umożliwiające określenie właściwości tych łączników, a mianowicie:

Grupa przelączników gwoździe/wkręty/śruby do określenia rodzaju łącznika,

Pola edycyjne:

a - rozstaw łączników wzdłuż osi pręta

d - średnica łącznika

l - długość robocza łącznika

Włącznik otwory, którego włączenie oznacza, że włączeniu gałęzi pręta za pomocą gwoździ wykonane będą uprzednio odpowiednie nawiercenia w łączonych gałęziach,

Oslabienia otworami

Oslabienia [cm]:

Nr	w	b	h	x	y	z
1	2,0	2,0	8,0	200,0	-8,0	16,0
2	2,0	2,0	8,0	200,0	-8,0	-16,0
3	2,0	2,0	8,0	200,0	8,0	16,0
4	2,0	2,0	8,0	200,0	8,0	-16,0
*						

W osiach głównych

Rys. 7

Odniesienie: Pkt. 3.7 w powiązaniu z pkt. 7 normy - nośności złącz.

Komentarz: Ten kontekst wymiarowania pozwala na uwzględnienie w obliczeniach osłabień wymiarowanego elementu spowodowanych wycięciami lub otworami na łączniki, co wynika z konieczności ich uwzględniania przy wyznaczaniu charakterystyki (pole, wskaźników wytrzymałości, momentów bezwładności) przekroju netto.

Oprócz tego, w przypadku prętów litych, istnieje możliwość sprawdzania naprężeń ścinających w miejscach osłabionych spowodowanych podcięciami w strefach przypodporowych.

Uwzględnianie osłabień polega na deklarowaniu otworów o

kształcie prostokątów oraz określaniu ich położenia wzdłuż osi pręta.

Zakres: Wszystkie przypadki.

Elementy

sterowania: *Tabela* Osłabienia rozmieszczenia osłabień do określenia wymiarów oraz położenia prostokątnych otworów (osłabień), która zawiera:

w - długość pojedynczego otworu wzdłuż osi pręta w [cm]

b - szerokość (poziomo) pojedynczego otworu w płaszczyźnie przekroju w [cm],

h - wysokość (pionowo) pojedynczego otworu w płaszczyźnie przekroju w [cm],

x - współrzędna położenia środka pojedynczego otworu (prostokątnianu) na osi pręta w [cm],

y - współrzędna y środka pojedynczego otworu w [cm],

z - współrzędna z środka pojedynczego otworu w [cm],

Włącznik W osiach głównych, którego włączenie powoduje przetransformowanie wymiarów i położenia pojedynczego otworu (prostokątnianu) do układu osi głównych przekroju, a więc wielkości deklarowanych w polach edycyjnych tabeli (w, h, b, x, y, z) będą kojarzone z kierunkami osi głównych przekroju.

Uwaga: Wszelkiego rodzaju korekty (dodawanie, usuwanie, zmiana wartości) związane z deklarowaniem osłabień należy dokonywać bezpośrednio na odpowiednich polach liczbowych tabeli.

Podcięcia na podporach

Podcięcia na podporach:

<input checked="" type="checkbox"/> Podpora A	<input checked="" type="checkbox"/> Podpora B
he = <input type="text" value="120"/> mm	he = <input type="text" value="120"/> mm
x = <input type="text" value="0"/> mm	x = <input type="text" value="0"/> mm
i (h-he) = <input type="text" value="200"/> mm	i (h-he) = <input type="text" value="200"/> mm
Krawędź <input type="radio"/> górna <input checked="" type="radio"/> dolna	Krawędź <input type="radio"/> górna <input checked="" type="radio"/> dolna

Rys. 8

Odniesienie: Punkt 4.1.8.2

Komentarz: Ten kontekst służy do określania parametrów geometrycznych podcięć pręta na jego podpartych końcach.

Ma to wpływ na sprawdzanie zarówno warunku nośności pręta na ścinanie jak i warunków naprężeniowych, w których uwzględniane jest osłabienie przekroju.

Zakres: Tylko pręty o przekrojach prostokątnych.

Elementy

sterowania: Okno kontekstów jest podzielone na dwie sekcje odpowiadające końcom pręta *A* i *B*. Każda z sekcji zawiera:

Włączniki

Podpora A, Podpora B służące do zadeklarowania podcięcia na zamierzonym końcu pręta, a jego włączenie powoduje uaktywnienie pozostałych elementów sekcji,

Edycyjne pola liczbowe:

- he wysokość przekroju nad podporą,
- x długość odcinka prostego nad podporą
- i(h-he) długość odcinka skośnego,

Przełączniki Krawędź do wybrania strony podcięcia.

Uwaga: Domyślnie stan włączników Podpora A/B zależy od tego, czy do węzła (*A* lub *B*) pręta została przypisana podpora. Jeśli tak, to włącznik stowarzyszony z węzłem jest włączany i - w związku z tym - należy zadać parametry geometryczne podcięcia.

Długości wyboczeniowe

Rys. 9

Odniesienie: Elementy ściskane, punkty 4.1.3 oraz 4.2.1

Komentarz: Służy do określania współczynników długości wyboczeniowych pręta w związku z koniecznością wyznaczenia smukłości pręta dla wyboczenia giętnego.

Współczynniki długości wyboczeniowych dla wyboczenia giętnego pręta w płaszczyźnie ustroju są wyznaczone na podstawie tzw. stopni podatności węzłów na obrót oraz na przechył pręta z

uwzględnieniem jego uwarunkowań kinematycznych (powiązania z innymi prętami) w modelu konstrukcji.

Możliwe są trzy sposoby określania współczynnika długości wyboyczeniowej pręta w obu płaszczyznach głównych pręta:

uproszczone zgodny z klasyczną teorią wyboyczenia giętego pojedynczego pręta o podatności wynikającej ze sztywności obrotowej węzłów **A** i **B** pręta.

W tym przypadku współczynniki podatności węzłów wyznaczane są na podstawie rzeczywistych sztywności prętów bezpośrednio łączących z danym prętem i na podstawie rozwiązania zagadnienia Euler'a wyboyczenia pręta. Przesuwność pręta w ustroju prętowym, czyli jego podatność na obrót tzw. cięciwy, jest przez program określana również w sposób uproszczony. Polega na sprawdzaniu warunków kinematycznych w węzłach końcowych pręta i jeśli przemieszczenia tych węzłów w danej płaszczyźnie głównej przekroju pręta są ograniczone, to pręt traktowany jest jako nieprzesuwny, a w przeciwnym razie - przesuwny. Właściwość ta może być jednak określona bezpośrednio przez użytkownika przez odpowiednie określenie stanu włącznika przesuwny związanego z daną płaszczyzną możliwego wyboyczenia pręta.

wg mechaniki zgodny z klasyczną teorią stateczności pręta będącego elementem konstrukcji.

W tym przypadku współczynniki podatności węzłów wyznaczane są na podstawie rzeczywistych sztywności węzłów pręta w kontekście całej konstrukcji i na podstawie rozwiązania zagadnienia stateczności ogólnej. W tym przypadku przesuwność (wrażliwość na przechył przy wyboyczeniu) pręta jest sprawdzana przez program w sposób ścisły - w ramach ogólnej teorii stateczności - w związku z tym użytkownik nie ma wpływu na określanie tej właściwości (włącznik przesuwny nie jest dostępny).

zadane polegający na bezpośrednim zadaniu przez użytkownika wartości współczynnika długości wyboyczeniowej μ oraz długości obliczeniowej **L_o**. Długości obliczeniowe pręta **L_o** mogą być w tym kontekście zmienione stosownie do rzeczywistych warunków podparcia pręta i to niezależnie w obu

kierunkach.

Dzięki temu można np. dokonać zmniejszenia długości obliczeniowej pręta biorąc pod uwagę odległość w świetle podparć, połączeń lub dodatkowych stężeń albo zwiększenia długości pręta np. przy braku stężeń pasa górnego kratownicy w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ustroju. W tym przypadku stam włącznika przesuwany nie ma znaczenia, a więc nie jest dostępny.

W polach Lw wyświetlane są informacyjnie wielkości długości wyboczeniowych pręta w obu płaszczyznach.

Zakres: Pręty drewniane, w których występuje ściskająca siła osiowa. Szczegółowy opis i ilustracja tego zagadnienia zawarte są w rozdziale **Wskazówki dotyczące wymiarowania**.

Elementy sterowania: *Okno kontekstów wymiarowania* jest podzielone na dwie sekcje Dla osi Y i Dla osi Z, z których każda obejmuje:

Liczbowe pole edycyjne:

μ : współczynnik długości wyboczeniowej w płaszczyźnie, której sekcja odpowiada, a jest wyznaczany automatycznie przez program główny RM-3D - przy wybranym przełączniku wg mechaniki lub uproszczone i zadawany bezpośrednio - przy wybranym przełączniku zadane.

Przy wybranym przełączniku wg mechaniki lub uproszczone - pole edycyjne - z oczywistych względów -nie jest dostępne.

Lo: długości obliczeniowe pręta w obu płaszczyznach zginania, które są przyjmowane nominalnie jako rzeczywista długość pręta wynikająca z odległości pomiędzy węzłami *A* i *B* lub pomiędzy sąsiednimi podparciami pośrednimi pręta w modelu konstrukcji.

Przy wybranym przełączniku zadane wielkości te mogą być zmienione, w przeciwnym razie - przywracana jest wielkość nominalna, a pole edycyjne nie jest dostępne.

Włączniki

przesuwany które pozwalają na ingerencję użytkownika w rozstrzygnięciu o przesuwności pręta przy wyboczeniu, a więc określaniu jego współczynnika długości wyboczeniowej.

Włączniki te są dostępne tylko wtedy, gdy został wybrany uproszczony sposób wyznaczania współczynnika μ .

Możliwe są trzy stany włączników:

1. włączony i z wypełnieniem w kolorze szarym (ustawienie domyślne), co oznacza, że pro-

- gram rozstrzyga o przesuwności pręta automatycznie i po wartości współczynnika μ rozpoznaje się wrażliwość pręta na przechył. Jeśli $\mu < 1$ pręt nie jest wrażliwy na przechył (nieprzesuwny). W przeciwnym razie przesuwny,
2. włączony z wypełnieniem w kolorze tła okna właściwości ekranu systemu Windows (najczęściej biały), co oznacza, że pręt będzie traktowany w obliczeniach jako przesuwny, $\mu > 1$,
 3. wyłączony z wypełnieniem w kolorze tła okna właściwości ekranu systemu Windows (najczęściej biały), co oznacza, że pręt będzie traktowany w obliczeniach jako nieprzesuwny, $\mu < 1$.

W sposobach wyznaczania podatności wg mechaniki oraz jako zadane włączniki te - z oczywistych względów - nie są dostępne, ponieważ moduł DREEW-3D ustala je automatycznie na gruncie zagadnienia Euler'a.

Przełączniki:

uproszczone
wg mechaniki
zadane

do wyboru sposobu zadawania współczynnika długości wybozeniowej oraz określania długości obliczeniowej pręta w obu płaszczyznach zginania pręta.

Pole edycyjne L_0 : długość obliczeniowa na zwichrzenie pręta w płaszczyźnie większej sztywności pręta. Wartość domyślna jest równa długości pręta wynikającej z odległości pomiędzy węzłami *A* i *B* pręta w modelu konstrukcji. Wielkość tą należy ustalać indywidualnie na podstawie rzeczywistych uwarunkowań kinematycznych pręta wynikających ze sposobu jego podparcia w kontekście możliwości jego zwichrzenia.

Uwagi:

Jeśli dla określenia współczynników μ oraz długości L_0 - został wybrany sposób wg mechaniki, to przy zmianie wymiarów przekroju oraz przy zmianie schematu statycznego układu wielkości te są aktualizowane automatycznie.

Zmiana obciążeń również powoduje uaktualnienie tych wielkości. W przypadku, gdy pręt posiada tzw. *podparcia pośrednie*, to opisane wyżej właściwości są wyznaczane odrębnie dla każdej sekcji pręta pomiędzy kolejnymi podparciami.

Zadawania lub odczytywania tych właściwości dla konkretnej

sekcji dokonuje się przez naprowadzenie *znacznika przekroju* (w oknie schematu pręta) w obręb tej sekcji.

Stan graniczny nośności

Materiał: 94 - Drewno C22

Klasa trwania obc.:		$\gamma_M = 1.3$	$k_{mod} = 0.60$
<input checked="" type="radio"/> Stałe		$f_{m,k} = 22.00$	$f_{m,d} = 10.15$
<input type="radio"/> Długotrwałe		$f_{t0,k} = 13.00$	$f_{t0,d} = 6.00$
<input type="radio"/> Średniotrwałe		$f_{t90,k} = 0.50$	$f_{t90,d} = 0.23$
<input type="radio"/> Krótkotrwałe		$f_{c0,k} = 20.00$	$f_{c0,d} = 9.23$
<input type="radio"/> Chwilowe		$f_{c90,k} = 2.40$	$f_{c90,d} = 1.11$
Klasa użytkowania:		$f_{v,k} = 2.40$	$f_{v,d} = 1.11$
<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	$E_{0,mean} = 10000$

Rys. 10

Odniesienie: Zagadnienia związane z punktem 3.2 normy.

Komentarz: Okno kontekstów wymiarowania (Rys. 10) zawiera dwie grupy przełączników oraz pola informacyjne ściśle związane z określaniem właściwości materiału pręta w zależności od klasy trwania obciążenia oraz warunków użytkowania. Ten kontekst obejmuje aspekty wymiarowania pręta związane z normowymi warunkami dotyczącymi stanów granicznych nośności.

Ze względu na jego obszerność lista kontekstów została rozwinęta na cztery podrzędne - tematycznie wyodrębnione w Normie - pozycje:

- Ściskanie / Rozciąganie
- Zginanie
- Ścinanie
- Skręcanie
- Przewiązki

Zakres: Wszystkie pręty o przekrojach, którym przypisano materiał z grupy "drewno" wg klasyfikacji zgodnej z Normą

Elementy sterowania:

Grupa przełączników:

Klasa trwania obc. do wyboru klasy trwania obciążenia wg tabeli 3.2.4 Normy.

Grupa przełączników:

Klasa użytkowania do wyboru klasy użytkowania konstrukcji wg punktu 3.2.3 Normy.

Rozciąganie

Rozciąganie:	N: 6,93	My: -0,03	Mz: -0,03
	$A_n = 76,00 \text{ cm}^2$		
$\sigma_{t,p,d} = \frac{N}{A_n} =$	0,91 < 6,00	$= f_{t,0,d}$	

Rys. 11

Odniesienie: Punkt 4.1.1 - Rozciąganie równoległe do włókien.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* obejmuje warunki stanu granicznego nośności pręta, w którym działa rozciągająca siła osiowa, a związanym z warunkiem 4.1.1 Normy.

Zakres: Wszystkie przypadki.

Elementy sterowania: Brak.

Ściskanie

Ściskanie:	N: -21,55	My: -39,22	Mz: -0,12
	$A_d = 1056,00 \text{ cm}^2$		
	$\lambda_y = 28,60$	$k_{c,y} = 1,004$	
	$\lambda_z = 25,52$	$k_{c,z} = 1,017$	
$\sigma_{c,p,d} = \frac{N}{A_d} =$	0,20 < 9,73	$= k_c f_{c,0,d}$	
Warunek (4.2.1 i,j):	0,874 < 1		

Rys. 12

Odniesienie: Punkty 4.1.3 i 4.2.1.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* obejmuje warunki stanu granicznego nośności pręta, w którym działa ściskająca siła osiowa. Kontekst ma charakter informacyjny i zawiera:

- wartości sił przekrojowych w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*
- pole powierzchni obliczeniowej przekroju
- smukłości i współczynniki wybozczeniowe pręta w obu płaszczyznach

- warunek 4.1.3 nośności na ściskanie
- warunek 4.2.1i,j nośności pręta uwzględniający wpływ zginania.

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

Elementy sterowania: Brak.

Zginanie - pręty jednolite

Zginanie:	N: -5,39	My: -9,03	Mz: 0,06
Zwicherungie:	Swobodnie podparta, obc. równomierni		
ld=	2300 mm	Miejsce przyłożenia obc.	
$\lambda_{rel,m}$	0,22	<input checked="" type="radio"/> góra <input type="radio"/> środek <input type="radio"/> dół	
k_{crit}	1,000		
$\sigma_{m,d}$	5,88 < 13,85	= $k_{crit} f_{m,d}$	
Włókna równoległe do krawędzi:			
<input checked="" type="radio"/> górnej <input type="radio"/> dolnej		t:	20 mm
Warunek (4.2.4.a):	7,43 < 13,85		
Warunek (4.2.4.h):	0,28 < 0,35		
Zginanie (4.1.5) lub (4.1.6):			
Zginanie z siłą ściskającą (4.1.7):	0,45 < 1		

Rys. 13

Odniesienie: Punkty 4.1.5, 4.1.6 i 4.1.7 w powiązaniu z 4.2.2 - dla prętów jednolitych.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* łączy się bezpośrednio z warunkami nośności pręta (jednolitego z drewna litego lub klejonego) na zginanie.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* zawiera:

Pola N, My, Mz w których wyświetlane są obliczeniowe wartości sił przekrojowych w przekroju pręta wskazywanym przez *znacznik przekroju*.

ld długość obliczeniowa pręta lub jego segmentu pomiędzy podparciami pośrednimi

$\lambda_{rel,m}$ smukłość sprowadzona pręta lub jego segmentu pomiędzy podparciami pośrednimi

k_{crit} współczynnik stateczności giętej zależny o smukłości $\lambda_{rel,m}$.

Relacja dla $\sigma_{m,d}$ podstawowego warunku na zginanie z uwzględnieniem wpływu zwicherungia.

Relacje warunków (4.2.4.a) i (4.2.4.h) naprężeń w strefach kalenicowych prętów o kształcie trapezowym i dwutrapezowym, prostym lub łukowym.

Relacja warunku (4.1.5) lub (4.1.6) naprężeń od zginania z ewentualnym udziałem siły rozciągającej

Relacja warunku (4.1.7) naprężeń od zginania z udziałem siły ściskającej

Zakres: Pręty zginane z ewentualnym udziałem siły osiowej.

Elementy sterowania:

Lista

Zwicherungie służy do wyboru warunków pracy statycznej pręta z punktu widzenia możliwości jego zwicherungia - zgodnie z tablicą 4.2.2 Normy. Od wyboru pozycji tej listy zależy długość obliczeniowa l_d pręta.

Lista jest uzupełniona o przypadek, w którym pręt jest całkowicie zabezpieczony przed zwicherungiem.

Grupa przełączników:

Miejsce przyłożenia obc. do określenia położenia obciążenia względem środka ciężkości przekroju, co decyduje o wpływie zwicherungia na warunek nośności pręta na zginanie.

Przełączniki Włókna równoległe do krawędzi: dla określenia, do której krawędzi są równoległe włókna drewna dla prętów wykonanych z drewna klejonego wraz z *polem edycyjnym t*: do zadania grubości tarcicy użytej do produkcji drewna klejonego. Oba te elementy sterowania pojawiają się w przypadku, gdy materiał pręta został określony jako drewno klejone.

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

Zginanie - pręty złożone

Zginanie	N: -12,56	My: -21,93	Mz: -0,03
Nośność dla zginania:			
$\sigma_{m,i} + \sigma_i =$	5,39 < 6,46	= $f_{m,d}$	
Nośność dla głęzi ściskanej:			
$\sigma_i =$	5,35 < 7,38	= $f_{c,0,d}$	
Nośność dla głęzi rozciąganej:			
$\sigma_i =$	5,35 > 3,69	= $f_{t,0,d}$	
Zginanie (4.1.5) lub (4.1.6):			
Zginanie z siłą ściskającą (4.1.7):	0,84 < 1		

Rys. 14

Odniesienie: Punkty 4.1.5, 4.1.6 i 4.1.7 oraz 6.3 - dla prętów złożonych.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* łączy się bezpośrednio z warunkami nośności pręta złożonego (jedno- lub wielogałęziowego z zastosowaniem łączników mechanicznych) na zginanie.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* zawiera:

Pola N, My, Mz w których wyświetlane są obliczeniowe wartości sił przekrojowych w przekroju pręta wskazywanym przez *znacznik przekroju*.

Relacja Nośność dla zginania, czyli porównanie wartości naprężeń krawędziowych z wytrzymałością drewna przy zginaniu.

Relacja Nośność dla gałęzi ściskanej, czyli porównanie wartości naprężeń w gałęzi ściskanej z wytrzymałością drewna przy ściskaniu.

Relacja Nośność dla gałęzi rozciąganej, czyli porównanie wartości naprężeń w gałęzi ściskanej z wytrzymałością drewna przy rozciąganiu.

Relacja Zginanie (4.1.5) lub (4.1.6) warunku na zginanie z ewentualnym udziałem siły rozciągającej przy założeniu pełnego zespolenia gałęzi pręta.

Relacja Zginanie z siłą ściskającą (4.1.7) warunku na zginanie z udziałem siły ściskającej przy założeniu pełnego zespolenia gałęzi pręta.

Zakres: Złożone pręty zginane z ewentualnym udziałem siły osiowej.

Elementy sterowania: Brak.

Ścinanie

Ścinanie:	Tz: 11,35	Ty: 0,00
$k_v =$	1,000	
$\tau_{z,d} =$	0,96 MPa	$\tau_{y,d} =$ 0,00 MPa
$\sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} =$	0,96 < 1,15	$= k_v f_{v,d}$
Nośność łączników:		
$F_i =$	951,48 < 2500,93	$= R_d$

Rys. 15

Odniesienie: Punkt 4.1.8.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* łączy się bezpośrednio z warunkami nośności pręta na ścinanie - zgodnie z postanowieniami punktu 4.1.8 Normy.

Okno kontekstów wymiarowania zawiera sekcje grupujące pola informacyjne wielkości liczbowych związanych z tym warunkiem wymiarowania oraz relację warunku na ścinanie, a mianowicie:

T_z i T_y wartości sił poprzecznych w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*,
 k_v współczynnik wpływu ewentualnego podcięcia pręta na podporze
 $\tau_{z,d}$ i $\tau_{y,d}$ do wyświetlania wartości naprężeń ścinających w obu płaszczyznach ścinania.

Relacja warunku nośności pręta za ścinanie

Sekcja *Nośność łączników*, w której ukazuje się relacja nośności łączników dla prętów wykonanych z elementów łączonych łącznikami mechanicznymi.

Zakres: Pręty, w których działa siła poprzeczna.

Elementy sterowania: Brak.

Skręcanie

Skręcanie: Mtor: -0,92 T_z : 2,57 T_y : -1,49

$\eta = 1,333$

$$\tau_{\text{tor}} = \frac{3M_{\text{tor}}}{b^2 h} \eta = \mathbf{0,40 < 1,38} = f_{v,d}$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor},d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \mathbf{0,29 < 1}$$

Rys. 16

Odniesienie: Punkty 4.1.9 i 4.1.10.

Komentarz: Obejmuje obliczenia związane ze sprawdzaniem warunków nośności przekrojów pręta na skręcanie i skręcanie ze ścinaniem.

Okno kontekstów wymiarowania zawiera:

M_{tor}, T_y, T_z wartości: momentu skręcającego i sił poprzecznych w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*,

Relację warunku nośności na skręcanie

Relację warunku nośności na skręcanie ze ścinaniem

Zakres: Pręty, w których działa moment skręcający oraz ewentualnie siły poprzeczne.

Elementy sterowania: Brak

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

Nośność łączników

Nośność przewiązek: Tz: -4.49 Ty: -0.02

gwoździe wkręty śruby

d = 10.0 l = 120 mm

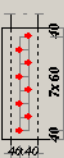
n: 8 a₁: 70 a₃: 80 mm

m: 2 a₂: 40 a₄: 40 mm

Otwory

Liczba pól: 5

l₂: 500 t: 30 mm



Nośność łączników: $F_j = 1509.62 < 1717.39 = R_{d}$

Nośność przewiązki: $\sigma = 0.80 < 6.46 = f_{m,d}$

$\tau = 0.42 < 0.78 = f_{v,d}$

Rys. 17

Odniesienie: Punkt 6.4.6. w powiązaniu z punktem 6.4.4.

Komentarz: Ten *kontekst wymiarowania* służy do określania właściwości oraz sprawdzania nośności przewiązek zewnętrznych lub wewnętrznych wielogałęziowych słupów złożonych.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* zawiera:

Tz, Ty - wartości sił poprzecznych w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*.

Relacje Nośność łączników i Nośność przewiązek.

Schematyczny rysunek połączenia przewiązki z gałęzią pręta złożonego, na którym ukazywane jest rozmieszczenie łączników (gwoździ, wkrętów lub śrub) stosownie właściwości połączenia, przy zadawaniu których sprawdzane są normowe warunki konstrukcyjne tak, że na rysunku ukazywane są tylko łączniki spełniające te warunki.

Zakres: Wielogałęziowe pręty złożone z przewiązkami łączonymi za pomocą łączników mechanicznych.

Elementy sterowania: *Grupa przełączników* gwoździe/wkręty/śruby do wyboru rodzaju łącznika w połączeniu przewiązki z gałęzią.

Pola edycyjne:

d średnica łącznika

l	długość łącznika
n	liczba łączników w kierunku gałęzi pręta
m	liczba łączników w poprzek gałęzi pręta
Liczba pól	liczba sekcji pręta określająca odległość między przewiązkami wzdłuż pręta.
l2	szerokość przewiązki, czyli jej wymiar wzdłuż gałęzi pręta.
t	grubość przewiązki (tylko dla przewiązek zewnętrznych)

Włącznik Otwory, którego włączenie oznaczać będzie, że w trakcie wykonania połączenia z zastosowaniem gwoździ - w miejscach ich rozmieszczenia - będą uprzednio nawiercone otwory, Ma to wpływ na nośność łącznika w obliczeniach.

Uwaga

Włączenie włącznika Wartości maksymalne okna wymiarowania powoduje wyszukanie przekroju pręta, w którym relacje warunków nośności dla przewiązek lub łączników są najniekorzystniejsze.

Stan graniczny użytkowania

Rys. 18

Odniesienie: Punkt 5.

Komentarz: Służy do sprawdzania warunków stanu granicznego użytkowania w zakresie wygięć pręta.

Ugięcia brane do sprawdzania warunków SGU dla charakterystycznych wartości obciążeń.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* (Rys. 18) zawiera:

W sekcjach Ugięcia Y: i Ugięcia Z:

u_{fin} wartość przemieszczenia końcowego osi pręta w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*.

$u_{net,fin}$ graniczna wartość ugięcia pręta, która zależy od zadanego ograniczenia wybranego z *list wyboru*,

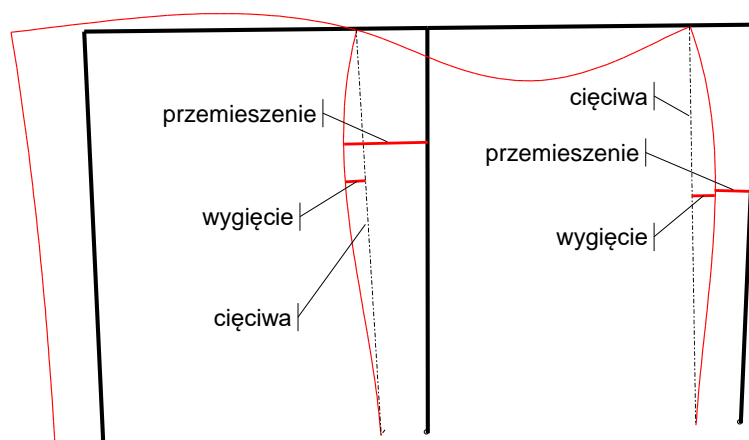
Relacje warunków stanu granicznego użytkowania w obu płaszczyznach głównych przekroju pręta.

Elementy sterowania:

Włączniki

Liczone od cięciwy pręta służy do przełączania sposobu wyznaczania relacji SGU dla wymiarowanego pręta.

Przy włączonym włączniku lewa strona relacji jest maksymalną strzałką wygięcia pręta - odmierzaną od tzw. cięciwy linii ugięcia pręta. W przeciwnym razie (przy wyłączonym włączniku) lewa strona relacji jest maksymalnym przemieszczeniem osi pręta (**Rys. 19**).



Rys. 19

Obiekt remontowany którego włączenie powoduje zwiększenie wartości granicznej $u_{net,fin}$ o 50% - zgodnie z tabelą 5.2.3 normy.

W sekcjach Ugięcia Y: i Ugięcia X:

Włączniki Cały pręt których włączenie sprawi, że dla wyznaczenia warunek SGU zostanie ustalone największe ugięcie na wszystkich odcinkach pomiędzy podparciami pośrednimi i odniesione do całej długości pręta. W przeciwnym razie dla każdego odcinka pręta pomiędzy podparciami pośrednimi będzie ustalane największe ugięcie w tym odcinku i odnoszone do długości tego odcinka.

W przypadku braku podparć pośrednich stan tych włączników nie jest istotny.

Listy wyboru służące do zadawania ograniczenia warunku SGU jako ułamka *długości odniesienia* L.

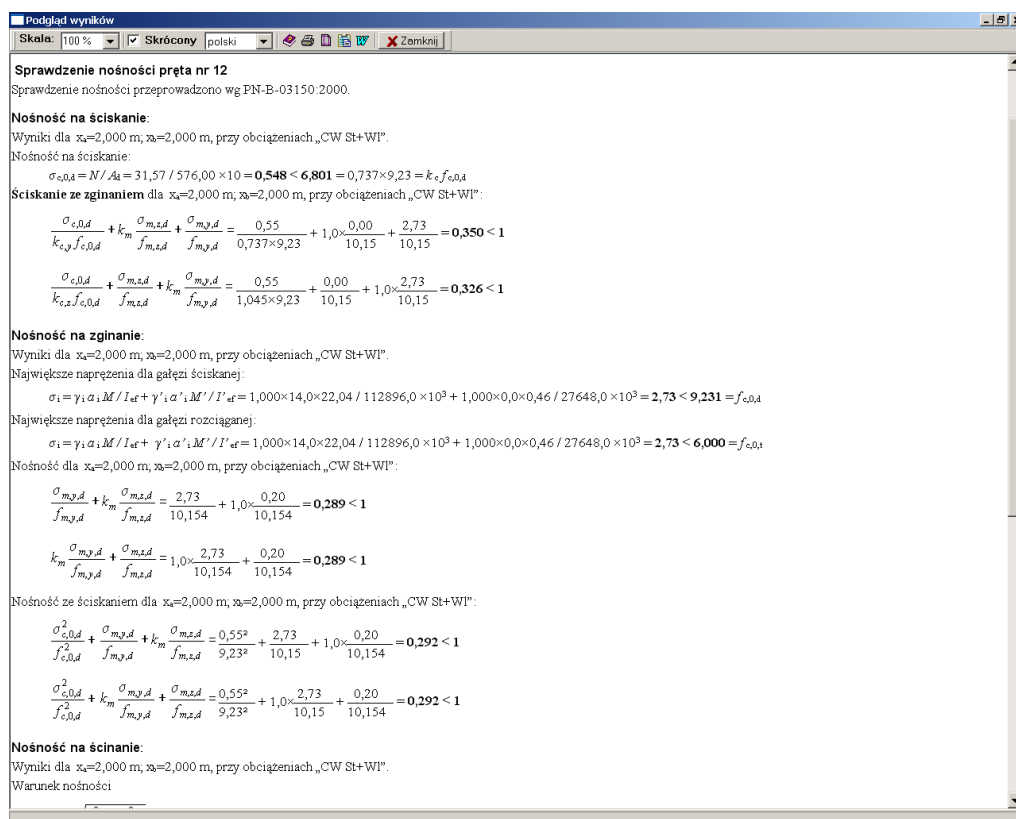
Pola edycyjne L do zadawania wielkości tzw. długości odniesienia, które jest dostępne tylko przy wyłączonym włączniku Liczone od cięciwy pręta.

Zakres: Wszystkie przypadki.

III. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA - WYDRUKI

Uwagi ogólne

Konceptę 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. 20), które jest otwierane za pomocą przycisku Dokument *okienka właściwości wymiarowania* trybu Wymiarowanie.



Rys. 20


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 przód i w tył (↓, ↑, 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, która 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 , który 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 typograficzną i należy go raczej traktować jako konieczność zwłaszcza, 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.
- ✓ Tabelaryczna - dla grupy prętów, generowana jako zestaw tabel zawierających podstawowe dane i wyniki wymiarowania dla poszczególnych prętów grupy. Ta forma ma również dwa stopnie szczegółowości.

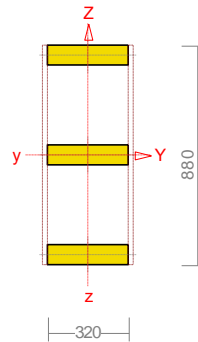
Pierwsza forma (tekstowo-graficzna) dokumentu jest dostępna z poziomu *okna właściwości wymiarowania* dla pojedynczego pręta, a więc wywołanego przy zaznaczonym jednym pręcie na modelu konstrukcji.

Podgląd dokumentu wymiarowania oraz jego wydruk lub eksport zapewnia przycisk Dokument tego okna. Poniżej przedstawiono przykład takiego dokumentu (w obu stopniach szczegółowości) dla słupa wielogałęziowego ramy portalowej, jednonawowej hali drewnianej stanowiącej przykład do instrukcji użytkownika programu głównego RM-3D.

Przykład dokumentu szczegółowego w formie pełnej:

Pręt nr 9

Zadanie: Hala derwniana.rm3



Przekrój: 1 „IVb 88,0x32,0”

Wymiary przekroju: $h=880,0$ mm $b=320,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=823296,0$; $J_{zg}=65536,0$ cm⁴; $A=768,00$ cm²; $i_y=32,7$; $i_z=9,2$ cm; $W_y=18711,3$; $W_z=4096,0$ cm³.

Charakterystyka zastępcza przekroju:

Moment bezwładności względem osi prostopadłej do przewiązek:

$$I_{tot} = b [(3h + 2a)^3 - (h + 2a)^3 + h^3] / 12 = 32,0 \times [(3 \times 8,0 + 2 \times 32,0)^3 - (8,0 + 2 \times 32,0)^3 + 8,0^3] / 12 = 823296,0 \text{ cm}^4$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C22.**

$$f_{m,k} = 22,00$$

$$f_{m,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 13,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,00 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 20,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,40$$

$$f_{c,90,d} = 1,11 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,40$$

$$f_{v,d} = 1,11 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 10000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 330 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 6700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 630 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 1,393 \times 1,732 = 2,413 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie Z (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,729 \times 1,732 = 1,263 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{tot,y} / A_{tot}} = 241,3 / \sqrt{823296,0 / 768,00} = 7,4$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{tot,z} / A_{tot}} = 126,3 / \sqrt{65536,0 / 768,00} = 13,7$$

$$\lambda_1 = \sqrt{12} l_1 / h = 3,464 \times 0,800 / 8,0 = 34,6$$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \lambda_1^2 n / 2} = \sqrt{7,4^2 + 6,0 \times 34,6^2 \times 3 / 2} = 104,2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,y}^2 = 9,87 \times 6700 / (104,18)^2 = 6,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,z}^2 = 9,87 \times 6700 / (13,67)^2 = 353,93 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{20 / 6,09} = 1,812$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{20 / 353,93} = 0,238$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,812 - 0,5) + (1,812)^2] = 2,273$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,238 - 0,5) + (0,238)^2] = 0,502$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (2,273 + \sqrt{2,273^2 - 1,812^2}) = 0,274$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,502 + \sqrt{0,502^2 - 0,238^2}) = 1,059$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 768,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 17,06 / 768,00 \times 10 = \mathbf{0,222} < \mathbf{2,533} = 0,274 \times 9,23 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=4,000 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,22}{0,274 \times 9,23} + 1,0 \times \frac{0,00}{10,15} + \frac{1,52}{10,15} = \mathbf{0,238} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,22}{1,059 \times 9,23} + \frac{0,00}{10,15} + 1,0 \times \frac{1,52}{10,15} = \mathbf{0,173} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=4,000 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Największe naprężenia dla gałęzi ściskanej:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} + \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 40,0 \times 31,20 / 819200,0 \times 10^3 + 1,000 \times 0,0 \times 0,13 / 65536,0 \times 10^3 = \mathbf{1,52} < \mathbf{9,231} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla gałęzi rozciąganej:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} + \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 40,0 \times 31,20 / 819200,0 \times 10^3 + 1,000 \times 0,0 \times 0,13 / 65536,0 \times 10^3 = \mathbf{1,52} < \mathbf{6,000} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla $x_a=4,000 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,52}{10,154} + 1,0 \times \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,153} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,0 \times \frac{1,52}{10,154} + \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,153} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=4,000 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,22^2}{9,23^2} + \frac{1,52}{10,15} + 1,0 \times \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,154} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,22^2}{9,23^2} + 1,0 \times \frac{1,52}{10,15} + \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,154} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=4,000 \text{ m}$; $x_b=0,000 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Naprężenia tnące:

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do przewiązek:

$$\tau = 1,5 V / (n b h) = 1,5 \times 10,20 / (3 \times 32,0 \times 8,0) \times 10 = 0,199 \text{ MPa}$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do przewiązek:

$$\tau' = 1,5 V' / (n b h) = 1,5 \times 0,05 / (3 \times 32,0 \times 8,0) \times 10 = 0,001 \text{ MPa}$$

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,20^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,00} < \mathbf{1,11} = 1,000 \times 1,108 = k_v f_{v,d}$$

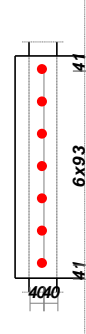
Nośność przewiązek:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Do połączenia przewiązek, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci śrub o średnicy 10,0 mm.

Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Minimalne odległości łączników: $a_1 = 70,0$; $a_2 = 40,0$; $a_3 = 80,0$; $a_4 = 40,0$ mm.



Nośność łącznika obciążonego poprzecznie:

$$f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 10,0) \times 340 = 25,09$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,500$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 25,09 / (1,500 \times \sin^2 0,00 + \cos^2 0,00) = 25,09$$

$$f_{h,d} = f_{h,a,k} k_{mod} / 1,3 = 25,09 \times 0,60 / 1,3 = 7,72 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 10,0^3 / 6 = 40000,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 36363,64 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 7,72 \times 40,0 \times 10,0 = 3088,2 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = 0,5 f_{h,1,d} t_2 d \beta = 0,5 \times 7,72 \times 320,0 \times 10,0 \times 1,00 = 12353,0 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + \beta) [\sqrt{2\beta(1 + \beta) + 4\beta(2 + \beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - \beta] =$$

$$1,1 \times 7,72 \times 40,0 \times 10,0 / (2 + 1,00) \times [$$

$$\sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 36363,64 / (7,72 \times 10,0 \times 40,0^2)} - 1,00] = 1975,4 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2\beta / (1 + \beta)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 36363,64 \times 7,72 \times 10,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} =$$

$$2606,6 \text{ N}$$

$$R_d = 1975,4 \text{ N.}$$

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyobczeniu:

$$\text{dla } \lambda_{ef} > 60 \quad V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 17,06 / (60 \times 0,274) = 1,04 \text{ kN}$$

Siły działające na łącznik:

$$V_p = 0,5 V l_1 / (n a_1) = 0,5 \times 11,24 \times 80 / (2 \times 40,0) = 5,62 \text{ kN}$$

$$M_p = 2 V_p a_1 / 3 = 2 \times 5,62 \times 0,400 / 3 = 1,50 \text{ kNm}$$

$$F_1 = \sqrt{(V_p / n + M_p r_y / \Sigma r^2)^2 + (M_p r_x / \Sigma r^2)^2} =$$

$$\sqrt{(5,62 / 7 + 1,50 \times 0,0000 / 0,2422)^2 + (1,50 \times 0,2790 / 0,2422)^2} \times 10^3 = 1903,7 \text{ N}$$

Nośność łączników:

$$F_1 = \mathbf{1903,7} < \mathbf{1975,4} = R_d$$

Przyjęto przewiązki szerokości $l_2 = 640,0$ mm i grubości $t = 40,0$ mm.

Nośność przewiązek:

$$\sigma = M_p / W = 1,50 / 2730,67 \times 10^3 = \mathbf{0,55} < \mathbf{10,15} = f_{m,d}$$

$$\tau = 1,5 V_p / A = 1,5 \times 5,62 / 256,00 \times 10 = \mathbf{0,33} < \mathbf{1,11} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

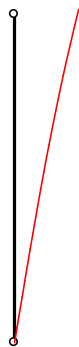
Wyniki dla $x_a=2,268$ m; $x_b=1,732$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{3 M_{\text{tor}}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,41}{8,0^2 \times 32,0 / 1,180 + 8,0^2 \times 32,0 / 1,180 + 8,0^2 \times 32,0 / 1,180} \times 10^3 = \mathbf{0,24} < \mathbf{1,11}$$

$$= f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor},d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,24}{1,11} + \frac{0,00^2}{1,11^2} = \mathbf{0,216} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=3,134$ m; $x_b=0,866$ m, przy obciążeniach „CW St+WI” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin},z} = l / 150 = 1732,1 / 150 = 11,5 \text{ mm}$$

$$u_{\text{net,fin},y} = l / 150 = 1732,1 / 150 = 11,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,1 \times (1 + 0,60) = 0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,2 + 0,0 = \mathbf{0,2} < \mathbf{11,5} = u_{\text{net,fin}}$$

$$u_{y,\text{fin}} = 0,0 + 0,0 = \mathbf{0,0} < \mathbf{11,5} = u_{\text{net,fin}}$$

Przykład dokumentu szczegółowego w formie skróconej:

Pręt nr 9

Zadanie: Hala derwniana.rm3

Przekrój: 1 „IVb 88,0x32,0”

Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 17,06 / 768,00 \times 10 = \mathbf{0,222} < \mathbf{2,533} = 0,274 \times 9,23 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,22}{0,274 \times 9,23} + 1,0 \times \frac{0,00}{10,15} + \frac{1,52}{10,15} = \mathbf{0,238} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,22}{1,059 \times 9,23} + \frac{0,00}{10,15} + 1,0 \times \frac{1,52}{10,15} = \mathbf{0,173} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Największe naprężenia dla gałęzi ściskanej:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} + \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 40,0 \times 31,20 / 819200,0 \times 10^3 + 1,000 \times 0,0 \times 0,13 / 65536,0 \times 10^3 = \mathbf{1,52} < \mathbf{9,231} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla gałęzi rozciąganej:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} + \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 40,0 \times 31,20 / 819200,0 \times 10^3 + 1,000 \times 0,0 \times 0,13 / 65536,0 \times 10^3 = \mathbf{1,52} < \mathbf{6,000} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,52}{10,154} + 1,0 \times \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,153} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,0 \times \frac{1,52}{10,154} + \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,153} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,22^2}{9,23^2} + \frac{1,52}{10,15} + 1,0 \times \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,154} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,22^2}{9,23^2} + 1,0 \times \frac{1,52}{10,15} + \frac{0,03}{10,154} = \mathbf{0,154} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,20^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,00} < \mathbf{1,11} = 1,000 \times 1,108 = k_v f_{v,d}$$

Nośność przewiązek:

Wyniki dla $x_a=4,000$ m; $x_b=0,000$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

Do połączenia przewiązek, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci śrub o średnicy 10,0 mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Nośność łączników:

$$F_1 = \mathbf{1903,7} < \mathbf{1975,4} = R_d$$

Przyjęto przewiązki szerokości $l_2 = 640,0$ mm i grubości $t = 40,0$ mm.

Nośność przewiązek:

$$\sigma = M_p / W = 1,50 / 2730,67 \times 10^3 = \mathbf{0,55} < \mathbf{10,15} = f_{m,d}$$

$$\tau = 1,5 V_p / A = 1,5 \times 5,62 / 256,00 \times 10 = \mathbf{0,33} < \mathbf{1,11} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=2,268$ m; $x_b=1,732$ m, przy obciążeniach „CW St+WI”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,41}{8,0^2 \times 32,0 / 1,180 + 8,0^2 \times 32,0 / 1,180 + 8,0^2 \times 32,0 / 1,180} \times 10^3 = \mathbf{0,24} < \mathbf{1,11}$$

$$= f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,24}{1,11} + \frac{0,00^2}{1,11^2} = \mathbf{0,216 < 1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=3,134$ m; $x_b=0,866$ m, przy obciążeniach „CW St+Wl” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,2 + 0,0 = \mathbf{0,2 < 11,5} = u_{net,fin}$$

$$u_{y,fin} = 0,0 + 0,0 = \mathbf{0,0 < 11,5} = u_{net,fin}$$

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 użytkowania programu głównego RM-3D.

*Przykład dokumentu tabelarycznego w formie pełnej:***Wyniki wymiarowania wg PN-B-03150:2000**

Nazwa pliku: Hala derwniana.rm3

Obciążenia: CW St+Wl

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:
1	Rama-1	1 - IVb 88,0x32,0	SGU	0,470
2	Rama-1	2,3,3	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	0,470
3	Rama-1	3,3,2	Zginanie	0,603
4	Rama-1	4 - Ib 44,0x24,0	Ściskanie	0,991

Nazwa pliku: Hala derwniana.rm3

Obciążenia: CW St+Wl

Nr pręta:	Rozciąganie:	Ściskanie:	Zginanie:	Ścinanie:	Skręcanie:	Przewiązki:	SGU:
1		0,084	0,081	0,065	0,161	0,470	0,004
2		0,156	0,470	0,100	0,092		0,052
3		0,248	0,603	0,186	0,208		0,103
4		0,991	0,973	0,210	0,252		0,426

*Przykład dokumentu tabelarycznego w formie skróconej:***Wyniki wymiarowania wg PN-B-03150:2000**

Nazwa pliku: Hala derwniana.rm3

Obciążenia: CW St+Wl

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:
1	Rama-1	1 - IVb 88,0x32,0	SGU	0,470
2	Rama-1	2,3,3	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	0,470
15	Rama-4	2,3,3	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	0,508
13	Rama-4	3,3,2	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	0,585
3	Rama-1	3,3,2	Zginanie	0,603
16	Rama-4	12 - R 320x160	Ściskanie	0,607
12	Rama-3	8 - IIIa 40,0x24,0	Ścinanie	0,769
9	Rama-3	1 - IVb 88,0x32,0	SGU	0,835
4	Rama-1	4 - Ib 44,0x24,0	Ściskanie	0,991
8	Rama-2	6 - Ic 56,0x24,0	Ściskanie	1,006
11	Rama-3	3,3,2	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	1,075
6	Rama-2	2,3,3	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	1,099
10	Rama-3	2,3,3	Zbyt duży kąt nachylenia krawędzi dźwigara !	1,161
14	Rama-4	9 - IVa 52,0x24,0	Zbyt mała szerokość przewiązek !	1,232

IV. WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA

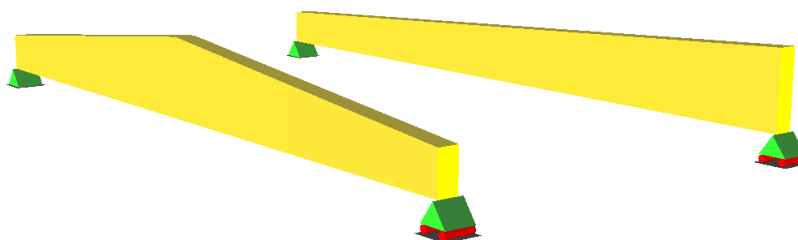
W tej części instrukcji omówione zostaną wybrane aspekty wymiarowania konstrukcji drewnianych przy użyciu modułu **DREW-3D**.

Dźwigary jedno i dwutrapezowe z drewna klejonego

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.

Do tak modelowanych prętów należą, między innymi, tzw. dźwigary jedno- i dwutrapezowe o przekroju prostokątnym wykonane z drewna klejonego, w stosunku do których norma określa szczególne (dodatkowe) warunki nośności odnoszące się do naprężeń krawędziowych - dla dźwigarów jednotrapezowych (punkt 4.2.3 normy) oraz dodatkowo dla tzw. stref kalenicowych - dla dźwigarów trapezowych (punkt 4.2.4 normy).

Zagadnienie to zostało w module DREW-3D uwzględnione w kontekście **zginanie** wymiarowania pręta i obejmuje wszystkie pręty, którym przypisano sekwencję przekrojów prostokątnych o liniowej zmienności ich wymiarów wzdłuż osi pręta (Rys. 21).



Rys. 21

W takich przypadkach moduł DREW-3D sprawdza zmienność przekrojów pręta i ustala odcinki, które wyczerpują znamiona tzw. stref kalenicowych. Dla tych odcinków sprawdzane są dodatkowo warunki 4.2.4a i 4.2.4h normy.

Określanie długości wyboczeniowych dla prętów drewnianych

Sprawdzanie nośności ściskanych prętów drewnianych wg **PN-B-03150:2000 - Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie** wymaga uwzględniania wpływu ewentualnego wyboczenia pręta (punkty 4.1.3 i 4.2.1) polegającego na określaniu współczynnika stateczności ogólnej (wyboczeniowego) k_c . Kluczową kwestią przy wyznaczaniu tego współczynnika jest prawidłowe określenie tzw. *długości wyboczeniowej* pręta. Norma nie reguluje tego zagadnienia w sposób ogólny, a jedynie podaje wartości współczynnika długości wyboczeniowej μ dla prostych warunków kinematycznych na końcach pręta.

Jednak w praktyce dość często zdarza się, że realne warunki kinematyczne końców pręta ściskanego są dalekie od tych idealizowanych w normie, zwłaszcza gdy pręt ściskany w modelu obliczeniowym konstrukcji jest podparty pośrednio.

W module DREW-3D zagadnienie wyznaczania długości wyboczeniowych prętów ściskanych zostało ujęte w sposób uniwersalny, a więc taki, który wyczerpuje wszystkie możliwe sytuacje kinematyczne pręta ściskanego pod tym względem. Służą temu trzy sposoby określania długości wyboczeniowej pręta, które w konsekwencji sprowadzają się do wyznaczenia współczynnika długości wyboczeniowej μ , a mianowicie:

Uproszczony - realizowany przez moduł DREW-3D, a polegający na przyjęciu najbardziej niekorzystnego schematu pręta pod kątem jego stateczności ogólnej w obu jego płaszczyznach głównych.

Współczynniki długości wyboczeniowych są w tym sposobie wyznaczane na podstawie podatności pręta na obroty w węzłach jego połączenia z innymi prętami lub na podparciach pośrednich, a przesuwność węzłów pręta jest badana na podstawie uwarunkowań kinematycznych (podpór) tych węzłów. Jeśli przesunięcia węzłów pręta są - w określonej płaszczyźnie możliwego wyboczenia - ograniczone, to pręt jest traktowany jako nieprzesuwny ($\mu \leq 1$), a w przeciwnym razie - jako przesuwny ($\mu > 1$) niezależnie od stopnia podatności węzłów w modelu konstrukcji.

Ten sposób wyznaczania współczynników długości wyboczeniowych jest przyjmowany domyślnie, a więc w momencie inicjowania trybu wymiarowania pręta. Użytkownik ma jedynie możliwość decydowania o przesuwności lub nieprzesuwności pręta.

Należy mieć na uwadze fakt, że w przypadku prętów z podparciami pośrednimi właściwości z tym związane są określane oddzielnie dla każdej sekcji pręta pomiędzy podparciami pośrednimi.

Wg mechaniki - realizowany przez moduł DREW-3D, a polegający na przyjęciu schematu pręta - pod kątem jego stateczności ogólnej w obu jego płaszczyznach głównych - na podstawie rzeczywistych stopni podatności (na obroty końców pręta w węzłach oraz warunków przesuwności), a wynikających ze całego schematu statycznego modelu konstrukcji.

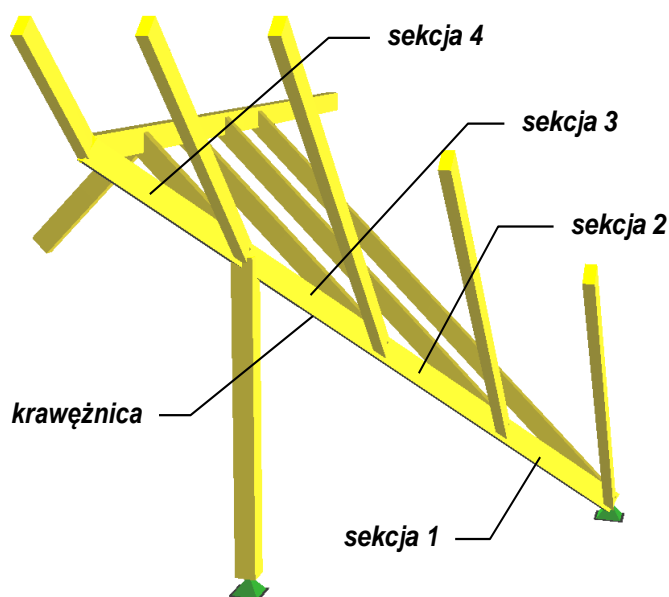
Ponieważ sposób ten jest realizowany wg zaawansowanego i skomplikowanego algorytmu, to - w przypadku modelu konstrukcji o dużej liczbie prętów - jego wykonanie dla pojedynczego pręta może potrwać kilka minut. W związku z tym stosowanie tego sposobu należy ograniczać do prętów o szczególnym znaczeniu, w których udział ściskającej siły osiowej jest znaczący, a sposób powiązania tego pręta z innymi prętami uniemożliwia przyjęcie idealizowanego (uprosz-

zonego) schematu.

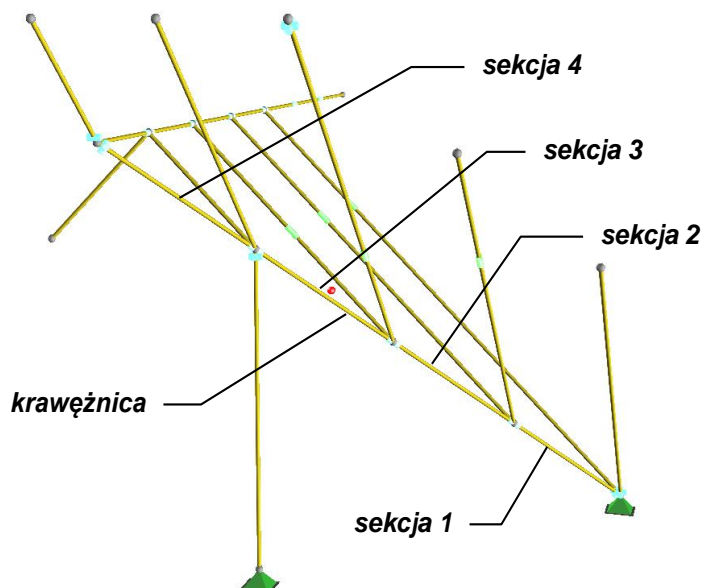
W tym sposobie użytkownik nie ma żadnego bezpośredniego wpływu na wynik obliczeń, a jedynie zmiana uwarunkowań (właściwości kinematycznych) pręta w modelu konstrukcji może prowadzić do jego oczekiwanego zachowania przy ewentualnym wyboczeniu.

Użytkownika - polegający na bezpośrednim zadaniu wartości współczynnika długości wyboczeniowej μ przez użytkownika. Pozwala on na uwzględnienie wpływu wyboczenia na podstawie wartości współczynnika μ wziętego bezpośrednio z normy (Rysunek 4.2.1) lub pochodzącego z odrębnej analizy. Podobnie jak sposobie uproszczonym w przypadku prętów z podparciami pośrednimi wartości bezpośrednie współczynnika μ należy zadawać oddzielnie dla każdej sekcji pręta pomiędzy podparciami pośrednimi.

Kwestię deklarowania sposobu określania współczynników długości wyboczeniowych pręta ilustruje poniższy przykład (Rys. 22 i Rys. 23 - model kinematyczny). Przedmiotem przykładu jest krawężnica koszowa więźby dachowej. Dolny koniec krawężnicy jest oparty na murłacie natomiast górny łączy się z płatwią kalenicową jednej z połaci dachowej. Pośrednio krawężnica opiera się przegubowo na słupie oraz łączy się również przegubowo z krokwiami połaci dachowych, które łączy. Ponieważ krawężnica została wykreowana jako jeden element obliczeniowy, to - z punktu widzenia wymiarowania - posiada cztery sekcje.



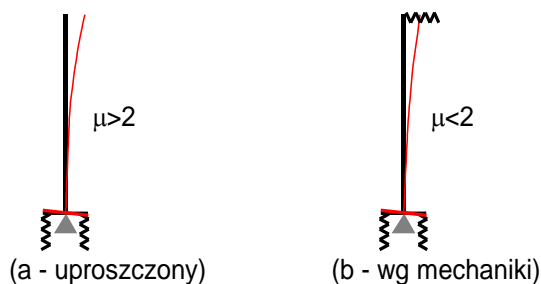
Rys. 22 - widok fragmentu więźby



Rys. 23 - model kinematyczny

Porównanie wartości współczynników μ wyznaczonych przez moduł DREW-3D (uproszczony i wg mechaniki) przedstawiono w poniższej tabeli:

Płaszczyzna	Sposób	Sekcja 1	Sekcja 2	Sekcja 3	Sekcja 4
xz (dla osi y)	uproszczony	2,484	1,631	1,631	0,820
	wg mechaniki	1,413	1,024	1,144	0,866
xy (dla osi z)	uproszczony	0,820	0,727	0,727	0,820
	wg mechaniki	0,865	0,723	0,726	0,856

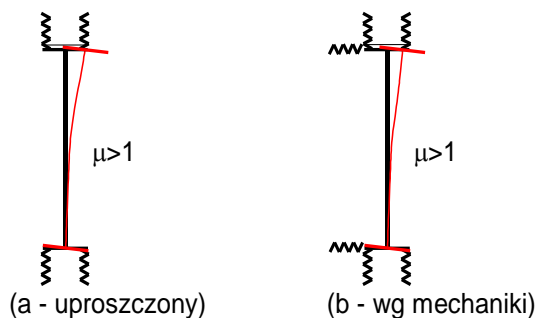


Rys. 24

Jak widać największa różnica wartości współczynnika μ w obu sposobach ma miejsce w sekcji 1 dla płaszczyzny xz (pionowej) wyboczenia. Wynika ona z tego, że w sposobie **uproszczonym** został przyjęty schemat pręta pracujący w układzie przesuwym, którego początek jest nieprzesuwany (podpora nieprzesuwana), a koniec - przesuwny (możliwe przemieszczenie pionowe), a połączenie z sekcją 2 jest sprężyste (wynikające z ciągłości krawężnicy), co w konsekwencji prowadzi do schematu pokazanego na Rys. 24a. Natomiast w sposobie **wg mechaniki** (Rys. 24b) uwzględniane jest rzeczywiste podparcie końca sekcji 1

wynikające z połączenia krawężnicy z krokiewiami, co w sposób oczywisty ogranicza przemieszczenie tego końca w płaszczyźnie pionowej, a w konsekwencji prowadzi do istotnego zmniejszenia współczynnika długości wyboczeniowej.

W pozostałych sekcjach widoczne są również istotne różnice wartości współczynników μ w obu sposobach w płaszczyźnie xz, co wynika z tego, że w sposobie **uproszczonym** brane są tylko sztywności giętne końców sekcji, ale - w przeciwieństwie do sposobu **wg mechaniki** - nie są uwzględniane ograniczenia wynikające z przytrzymania tych sekcji krokiewiami przyległych połaci (Rys. 25).



Rys. 25

W płaszczyźnie xy wyboczenia krawężnicy wartości współczynników długości wyboczeniowych μ dla poszczególnych sekcji są do siebie zbliżone, co wynika z faktu, że styki tych sekcji są dobrze uwarunkowane kinematycznie w tej płaszczyźnie bowiem krokiewie skutecznie ograniczają przemieszczenia punktów styku sekcji w kierunku poziomym w poprzek krawężnicy. Dlatego schematy ideowe sekcji pod kątem wyboczenia są w obu sposobach do siebie zbliżone.

Dobór sposobu wyznaczania współczynników μ w płaszczyznach możliwego wyboczenia pręta zależy od konkretnej jego sytuacji statycznej i kinematycznej. Jak wspomniano wcześniej, domyślnie moduł DREW-3D wyznacza te wielkości sposobem **uproszczonym**, który - z punktu widzenia warunku nośności pręta na ściskanie - jest generalnie asekuracyjny, czyli daje bezpieczne wartości współczynników μ .

W praktyce projektowej bywa, że schemat statyczny konkretnego pręta nie w pełni uwzględnia jego rzeczywiste warunki pracy statycznej. Chodzi o takie sytuacje, w których pręt ma dodatkowe ograniczenia kinematyczne elementami nienośnymi (pokrycia, wypełnienia ścianami, usztywnienia). Klasycznym przykładem takiego przypadku jest krokiew połaci dachowej, której możliwość wyboczenia w płaszczyźnie pionowej jest uwarunkowana tylko elementami nośnymi (murłaty, płatwie, jętki), natomiast możliwość jej wyboczenia w płaszczyźnie połaci jest praktycznie wyeliminowana konstrukcją pokrycia (łaty, dachówki i tp.), które nie są elementami modelu obliczeniowego konstrukcji. Podobna sytuacja ma miejsce w odniesieniu do słupów konstrukcji, pomiędzy którymi projektowane są sztywne ściany. W takich przypadkach współczynniki

μ mogą być wręcz wyzerowane, na co pozwala sposób określony mianem **zadane**.

Wymiarowanie ściskanych prętów drewnianych, a teoria II-go rzędu

W przypadku wysokich konstrukcji drewnianych o smukłych prętach i skomplikowanym schemacie statycznym metoda współczynnika stateczności ogólnej pręta może okazać się nieefektywna bowiem nie uwzględnia ona interakcji sił osiowych i momentów zginających wywołanych przemieszczeniami i ugięciami prętów oraz niedokładnościami wykonawczymi. W takich przypadkach bardziej racjonalne jest podejście do wymiarowania oparte na analizie statycznej z wykorzystaniem teorii II-go rzędu, która jest realizowana przez program RM-3D, a szczegółowo opisana w instrukcji użytkowania tego programu.

Przy zastosowaniu teorii II-go rzędu w wymiarowaniu prętów należy unikać podwójnego uwzględnienia wpływu wyboczenia prętów konstrukcji bowiem ten wpływ uwzględnia teoria II-go rzędu. W tym celu dla wszystkich prętów konstrukcji (zwłaszcza ściskanych) należy zastosować sposób wyznaczania współczynników μ określony mianem **zadane** i wyzerować wartości tych współczynników.