

ArCADia-RAMA  
R3D3-Rama 3D  
R2D3-Rama 3D  
R2D2-Rama2D  
podręcznik użytkownika

---

Podręcznik do programu

05.12.2022

#### Wydawca

ArCADiasoft Chudzik sp. j.

ul. Sienkiewicza 85/87

90-057 Łódź

[www.arcadiasoft.pl](http://www.arcadiasoft.pl)

#### Prawa autorskie

Zwracamy Państwu uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia software'owe i hardware'owe oraz nazwy markowe danych firm są prawnie chronione.

Program komputerowy oraz podręcznik użytkownika zostały opracowane z najwyższą starannością i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków kontrolnych.

Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Pragniemy w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie możemy udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki.

Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

This product includes software developed by L2FProd.com

(<http://www.L2FProd.com/>).

|  |    |
|--|----|
| Opis programu R3D3-Rama 3D .....   | 11 |
| 1. Opis głównych zmian.....  | 12 |
| 1.1. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.3.0.....           | 13 |
| 1.2. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.2.1.....           | 13 |
| 1.3. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.2.....             | 14 |
| 1.4. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.1.....             | 14 |
| 1.5. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.0.....             | 15 |
| 1.6. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 18.0.....             | 17 |
| 1.7. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 17.0.1.....           | 17 |
| 1.8. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 16.0.....             | 19 |
| 1.9. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 15.5.....             | 22 |
| 1.10. Opis głównych zmian w programie R3D3 v.15.0.....                     | 22 |
| 1.11. Opis głównych zmian w programie R3D3 v.14.0.....                     | 24 |
| 1.12. Ograniczenia płaskiej wersji programu R2D2 Rama 2D .....             | 26 |
| 2. Wprowadzenie .....  | 27 |
| 2.1. O programie.....  | 28 |
| 2.2. Cechy i możliwości programu.....                                      | 28 |
| 3. Instalowanie i uruchamianie programu .....                              | 33 |
| 3.1. Wymagania sprzętowe i programowe .....                                | 34 |
| 3.2. Instalowanie .....  | 34 |
| 3.3. Uruchamianie .....  | 34 |
| 3.4. Struktura programu ArCADia-RAMA .....                                 | 34 |
| 3.5. Wersja programu R2D3-Rama 3D .....                                    | 35 |
| 3.6. R3D3-Rama 3D – Praca na trzech rzutniach.....                         | 36 |
| 3.7. Wyświetlanie modelu prętowego na głównym ekranie graficznym .....     | 37 |
| 3.8. Eksport i wyświetlanie modelu z ArCADii w programie R3D3-Rama 3D..... | 39 |
| 3.9. Ekran programu.....   | 42 |
| 3.10. Funkcja chowania panelu zakładek i „drzewa projektu”.....            | 53 |
| 3.11. Otwieranie projektu .....  | 54 |
| 3.12. Zapis projektu.....  | 55 |
| 3.13. Autozapis i kopia bezpieczeństwa.....                                | 55 |
| 3.14. Dołącz projekt.....  | 55 |
| 3.15. Zapis i odczyt struktury układu w pliku DXF.....                     | 57 |

## Podręcznik do programu

### Opis programu R3D3-Rama 3D

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.15.1. | Import DXF.....  | 57 |
| 3.15.2. | Export DXF .....   | 59 |
| 3.16.   | Funkcja podrysu .....  | 60 |
| 3.16.1. | Funkcja wczytywania podrysu z pliku DXF .....                                      | 60 |
| 3.16.2. | Funkcja zamiany i kopiowania prętów na podrys .....                                | 62 |
| 3.17.   | Generowanie i edycja podrysów .....  | 63 |
| 3.17.1. | Tworzenie podrysów .....   | 65 |
| 3.17.2. | Selekcja podrysów .....  | 65 |
| 3.17.3. | Struktura podrysów w projekcie.....  | 67 |
| 3.17.4. | Edycja podrysów.....   | 68 |
| 3.18.   | Generator konstrukcji dachu z systemu ArCADia.....                                 | 69 |
| 3.18.1. | Struktura okna generatora konstrukcji dachu.....                                   | 69 |
| 3.18.2. | Struktura i funkcje „drzewa” konstrukcji dachu.....                                | 72 |
| 3.19.   | Wstawianie układu szkieletowego z R3D3 do modelu ArCADii- ARCHITEKTURY.....        | 74 |
| 3.20.   | Funkcje oczyszczania i weryfikacji projektu .....                                  | 75 |
| 3.20.1. | Funkcja oczyszczania projektu.....   | 76 |
| 3.20.2. | Funkcja weryfikacji projektu.....  | 77 |
| 3.21.   | Funkcja sprawdzania nowych wersji programu oraz aktualnie dostępnych licencji..... | 79 |
| 3.22.   | Przywracanie baz, projektów i ustawień .....                                       | 80 |
| 4.      | Podstawy .....   | 82 |
| 4.1.    | Elementy projektu .....  | 83 |
| 4.1.1.  | Węzły i pręty.....   | 83 |
| 4.1.2.  | Wprowadzanie prętów do modelu .....  | 83 |
| 4.1.3.  | Wprowadzanie węzłów i podpór do modelu .....                                       | 83 |
| 4.1.4.  | Oznaczenie dojścia przegubowego pręta.....   | 84 |
| 4.1.5.  | Globalny układ współrzędnych.....  | 85 |
| 4.1.6.  | Układy lokalne prętów .....  | 86 |
| 4.1.7.  | Własności elementów projektu.....  | 87 |
| 4.1.8.  | Ustawianie kierunku układu lokalnego .....   | 88 |
| 4.1.9.  | Funkcja Uporządkowania kierunków układów lokalnych .....                           | 89 |
| 4.1.10. | Grupowanie prętów .....  | 89 |
| 4.1.11. | Profile .....  | 92 |
| 4.1.12. | Przeguby .....   | 92 |
| 4.1.13. | Podpory .....  | 93 |
| 4.1.14. | Obciążenia .....   | 94 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.1.15. | Grupy obciążeń.....  | 94  |
| 4.1.16. | Okno grup obciążeń, obwiednia i kombinatoryka dla Norm Polskich.....     | 95  |
| 4.1.17. | Okno grup obciążeń, obwiednia i kombinatoryka według Eurokodu PN-EN..... | 95  |
| 4.1.18. | Grupy obciążeń typu „multi” .....  | 100 |
| 4.1.19. | Zależności grup obciążeń.....  | 104 |
| 4.1.20. | Kombinacje użytkownika.....  | 104 |
| 4.1.21. | Wprowadzanie wymiarów do modelu .....                                    | 107 |
| 4.1.22. | Grupowe wstawianie wymiarów.....   | 109 |
| 4.2.    | Wizualizacja .....   | 110 |
| 4.3.    | Zapisywanie widoków i praca z widokami.....                              | 111 |
| 4.4.    | Szczegółowa wizualizacja 3D .....  | 113 |
| 4.5.    | Wprowadzanie danych o geometrii .....                                    | 114 |
| 4.6.    | Pomoce rysunkowe przy tworzeniu konstrukcji.....                         | 115 |
| 4.6.1.  | Siatka .....   | 115 |
| 4.6.2.  | Dociąganie do węzłów.....  | 116 |
| 4.6.3.  | Śledzenie.....   | 116 |
| 4.6.4.  | Funkcja zaawansowanego śledzenia .....                                   | 117 |
| 4.6.5.  | Funkcja przełączania węzła początkowego .....                            | 119 |
| 4.6.6.  | Funkcja zmierz odległość.....  | 120 |
| 4.6.7.  | Funkcja pomiaru kąta między prętami .....                                | 120 |
| 4.6.8.  | Punkty przyciągania.....   | 121 |
| 4.6.9.  | Wprowadzanie elementów w trybie Orto.....                                | 125 |
| 4.6.10. | Podgląd 2D przekroju elementu.....                                       | 126 |
| 4.6.11. | Blokowanie kursora (chwilowe) .....                                      | 128 |
| 4.7.    | Pierwszy węzeł.....  | 128 |
| 4.8.    | Widoki przy wprowadzaniu elementów modelu .....                          | 128 |
| 4.9.    | Modelowanie struktury prętowej widoku 3D .....                           | 131 |
| 4.10.   | Generatory konstrukcji.....  | 134 |
| 4.11.   | Generatory kratownic, wiązarów i wież kratowych .....                    | 135 |
| 4.11.1. | Kratownice płaskie .....   | 136 |
| 4.11.2. | Wiązary dachowe .....  | 137 |
| 4.11.3. | Wieże kratowe.....   | 139 |
| 4.12.   | Generator przekryć geodezyjnych.....                                     | 140 |
| 4.12.1. | Przekrycia geodezyjne .....  | 140 |
| 4.12.2. | Opis generatora przekryć geodezyjnych .....                              | 140 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.12.3. | Opis okna generatora przekryć geodezyjnych .....   | 142 |
| 4.13.   | Generator trójwarstwowych przekryć strukturalnych .....                                    | 143 |
| 4.13.1. | Opisy typów przekryć strukturalnych dostępnych w generatorze .....                         | 143 |
| 4.13.2. | Okno generatora przekryć strukturalnych .....  | 144 |
| 4.14.   | Selekcja węzłów, prętów i obciążeń .....   | 147 |
| 4.15.   | Funkcja zaznaczania prętów we wskazanej płaszczyźnie .....                                 | 148 |
| 4.16.   | Funkcje menu kontekstowego .....   | 149 |
| 4.17.   | Kopiowanie wielokrotne elementów układu .....  | 155 |
| 4.18.   | Funkcja kopiowania przez schowek .....   | 157 |
| 4.19.   | Podręczne funkcje kopiowania, odsuwania i przesuwania .....                                | 159 |
| 4.20.   | Obrót i lustro .....   | 160 |
| 4.21.   | Funkcja wydłużania elementów .....   | 161 |
| 4.22.   | Grupowe wydłużanie elementów prętowych .....   | 163 |
| 4.23.   | Ukrywanie prętów .....   | 164 |
| 4.24.   | Obliczanie naprężeń normalnych .....   | 165 |
| 4.25.   | Naprężenia w przekroju .....   | 167 |
| 4.25.1. | Naprężenia normalne w przekroju .....  | 168 |
| 4.25.2. | Naprężenia styczne w przekroju .....   | 170 |
| 4.25.3. | Naprężenia zredukowane w przekroju .....   | 172 |
| 4.26.   | Gradient kolorów dla naprężeń w przekroju .....  | 175 |
| 4.27.   | Raport z obliczeń statycznych .....  | 176 |
| 4.28.   | Tworzenie animacji deformacji .....  | 179 |
| 4.29.   | Właściwości projektu .....   | 179 |
| 4.30.   | Załączniki krajowe do Eurokodów .....  | 183 |
| 4.31.   | Ustawienia programu .....  | 185 |
| 4.32.   | Ustawienia w pasku stanu .....   | 188 |
| 4.33.   | Funkcja Napraw projekt .....   | 189 |
| 4.34.   | Praca ze złożonymi strukturami prętowymi .....   | 192 |
| 4.35.   | Typowe błędy modelowania układu statycznego .....  | 192 |
| 4.36.   | Kalkulator współczynników długości wybozeniowej .....                                      | 196 |
| 4.36.1. | Wywołanie kalkulatora i sposób wykorzystania współczynników przez moduły wymiarujące ..... | 196 |
| 4.36.2. | Parametry kalkulatora pobierane z modelu .....   | 197 |
| 4.36.3. | Okno kalkulatora współczynników długości wybozeniowych .....                               | 199 |
| 4.36.4. | Opis działania kalkulatora .....   | 202 |

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.36.5. | Edycja współczynników długości wyboczeniowej .....                           | 203 |
| 4.36.6. | Zbiorcze wyznaczanie współczynników długości wyboczeniowej i ich edycja..... | 204 |
| 5.      | Przekroje elementów .....  | 206 |
| 5.1.    | Manager przekrojów .....   | 207 |
| 5.2.    | Przekroje tablicowe .....  | 208 |
| 5.3.    | Biblioteka użytkownika.....  | 211 |
| 5.4.    | Przekroje o dowolnym kształcie .....   | 212 |
| 5.5.    | Edycja przekrojów .....  | 213 |
| 5.6.    | Przekroje o zmiennej geometrii .....   | 221 |
| 5.6.1.  | Definiowanie profili zmiennych, ich możliwości i ograniczenia .....          | 221 |
| 5.6.2.  | Edycja przekrojów o zmiennej geometrii .....                                 | 223 |
| 5.6.3.  | Podział proporcjonalny prętów o zmiennej geometrii.....                      | 225 |
| 5.6.4.  | Obliczenia prętów o przekroju zmiennym.....                                  | 226 |
| 5.7.    | Biblioteka materiałów .....  | 226 |
| 5.8.    | Profile wielogałęziowe – wymiarowane.....                                    | 228 |
| 6.      | Tworzenie przykładowej konstrukcji.....                                      | 234 |
| 6.1.    | Opis konstrukcji .....   | 235 |
| 6.2.    | Przygotowanie .....  | 235 |
| 6.3.    | Generator ram prostokątnych.....   | 236 |
| 6.4.    | Usuwanie zbędnych prętów .....   | 238 |
| 6.5.    | Generator łuków .....  | 238 |
| 6.6.    | Wprowadzanie przegubów .....   | 240 |
| 6.6.1.  | Połącz pręty .....   | 240 |
| 6.6.2.  | Odłącz pręty.....  | 241 |
| 6.6.3.  | Dołącz pręty do podpory .....  | 241 |
| 6.7.    | Rysowanie prętów połączonych przegubami.....                                 | 242 |
| 6.8.    | Dzielenie prętów węzłami .....   | 242 |
| 6.9.    | Scalanie prętów .....  | 245 |
| 7.      | Modyfikowanie wprowadzonego układu.....                                      | 247 |
| 7.1.    | Informacje o geometrii i obciążeniach .....                                  | 248 |
| 7.2.    | Modyfikacje prętów .....   | 248 |
| 7.3.    | Modyfikacje podparcia .....  | 249 |
| 7.4.    | Funkcja Cofnij i Przywróć.....   | 249 |
| 7.5.    | Edycja elementów z poziomu „drzewa projektu” .....                           | 250 |
| 7.6.    | Funkcja filtrowania elementów projektu .....                                 | 258 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 7.7.    | Wstawianie i obsługa komentarzy użytkownika .....   | 262 |
| 7.8.    | Numeracja prętów i węzłów .....   | 265 |
| 8.      | Obciążenia układu .....   | 268 |
| 8.1.    | Grupy obciążeń.....   | 269 |
| 8.2.    | Zależności grup obciążeń.....   | 270 |
| 8.3.    | Wprowadzenie obciążeń .....   | 272 |
| 8.4.    | Obciążenia zadawane na rzut pręta .....   | 278 |
| 8.5.    | Modyfikacje wprowadzonych obciążeń .....  | 281 |
| 8.6.    | Zmiany w obciążeniach wywołane zmianą geometrii układu .....  | 282 |
| 8.7.    | Obciążenia ruchome.....   | 282 |
| 8.7.1.  | Opis ogólny .....   | 282 |
| 8.7.2.  | Definiowanie grupy obciążenia ruchomego.....  | 284 |
| 8.7.3.  | Edycja obciążenia ruchomego .....   | 287 |
| 8.7.4.  | Wpływ modyfikacji układu na obciążenia ruchome.....   | 290 |
| 8.7.5.  | Synchronizacja grup obciążenia ruchomego .....  | 291 |
| 8.7.6.  | Obliczenia oraz prezentacja wyników dla grupy obciążenia ruchomego.....                               | 292 |
| 8.8.    | Identyfikacja obciążeń powielonych .....  | 294 |
| 8.9.    | Grupowa edycja obciążeń prętowych i węzłowych .....   | 295 |
| 8.10.   | Obciążenia powierzchniowe.....  | 298 |
| 8.10.1. | Informacje ogólne .....   | 298 |
| 8.10.2. | Zadawanie obciążeń powierzchniowych.....  | 300 |
| 8.10.3. | Zadawanie obciążeń powierzchniowych trapezowych .....   | 304 |
| 8.10.4. | Definowanie otworów w powierzchni obciążenia .....  | 308 |
| 8.10.5. | Rozkład obciążenia powierzchniowego na wybrane pręty i węzły układu .....                             | 309 |
| 8.10.6. | Edycja i wizualizacja obciążeń powierzchniowych .....   | 311 |
| 8.11.   | Podział obciążenia powierzchniowego na strefy obciążeń .....  | 316 |
| 8.11.1. | Narzędzia tworzenia odrębnych stref obciążeń w ramach obciążenia powierzchniowego .....               | 316 |
| 8.11.2. | Funkcja zadawania obciążenia równomiernego i trapezowego dla całego obciążenia powierzchniowego ..... | 320 |
| 8.11.3. | Funkcja zadawania obciążenia równomiernego i trapezowego dla strefy.....                              | 321 |
| 8.11.4. | Edycja nazw stref i wartości obciążenia równomiernego i trapezowego .....                             | 322 |
| 8.11.5. | Funkcja ukrywania obciążenia powierzchniowego .....   | 323 |
| 8.11.6. | Pozostałe funkcje.....  | 324 |
| 8.12.   | Obciążenia klimatyczne .....  | 325 |
| 9.      | Cięgna.....   | 331 |



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 9.1.     | Definiowanie prętów typu ciągnio .....   | 332 |
| 9.2.     | Modyfikacje cięgien.....   | 333 |
| 9.3.     | Obliczanie układów z ciągniami.....  | 334 |
| 9.4.     | Statyka i wymiarowanie cięgien .....   | 336 |
| 10.      | Pręty na mimośrodku .....  | 338 |
| 10.1.    | Definiowanie prętów na mimośrodku .....  | 339 |
| 10.2.    | Edycja i modyfikacje prętów na mimośrodku.....   | 343 |
| 10.3.    | Edycja mimośrodków .....   | 343 |
| 10.4.    | Obliczenia prętów na mimośrodku.....   | 344 |
| 11.      | Obliczenia statyczne .....   | 346 |
| 11.1.    | Optymalizacja obliczeń statycznych .....   | 347 |
| 11.2.    | Wyświetlanie obrazu macierzy sztywności .....  | 348 |
| 11.3.    | Obliczenia według teorii II rzędu .....  | 349 |
| 11.4.    | Uwzględnianie imperfekcji przechyłowych dla wielokondygnacyjnych ram stalowych według normy PN-EN 1993-1-1 i PN-90/B-03200 ..... | 352 |
| 11.5.    | Tworzenie kombinacji użytkownika na podstawie obwiedni.....  | 356 |
| 12.      | Analiza wyników .....  | 360 |
| 12.1.    | Zapamiętywanie wyników obliczeń.....   | 361 |
| 12.2.    | Analiza wyników na ekranie .....   | 363 |
| 12.3.    | Funkcja wizualizacji reakcji.....  | 366 |
| 12.4.    | Funkcja wizualizacji wartości na wykresach globalnych.....   | 367 |
| 12.5.    | Etykiety globalnych ekstremów wykresów sił wewnętrznych i naprężeń .....   | 371 |
| 12.6.    | Przyjęte w programie główne reguły znakowe .....   | 373 |
| 12.7.    | Funkcja raportu z ekranu graficznego .....   | 374 |
| 12.8.    | Podstawowe typy raportów .....   | 377 |
| 12.9.    | Raport z przemieszczeń węzłów w układzie globalnym .....   | 378 |
| 12.10.   | Funkcje szybkich zmian ustawień widoku na zakładkach .....   | 379 |
| 12.10.1. | Pasek szybkich ustawień widoku na zakładkach .....   | 379 |
| 12.10.2. | Panel zmiany widocznych grup obciążeń na zakładce Obciążenia .....   | 379 |
| 12.10.3. | Włączanie wartości ekstremów i reakcji na zakładce Wyniki .....  | 380 |
| 12.10.4. | Szybkie usuwanie i ustawianie podpór przegubowych i sztywnych .....  | 380 |
| 12.11.   | Przygotowanie do wymiarowania .....  | 381 |
| 12.12.   | Obwiednia ugięć względnych .....   | 386 |
| 12.13.   | Wykazy materiałowe .....   | 388 |
| 13.      | Przykładowy raport wyników obliczeń.....   | 390 |

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 14.      | Przykładowe schematy układów statycznych .....  | 412 |
| 15.      | Wymiarowanie zbiorcze .....   | 417 |
| 15.1.    | Opis ogólny funkcji wymiarowania.....   | 418 |
| 15.2.    | Elementy wymiarowe.....   | 419 |
| 15.2.1.  | Tworzenie elementów wymiarowych .....   | 419 |
| 15.2.2.  | Edycja elementów wymiarowych.....   | 421 |
| 15.3.    | Edycja grup prętów i elementów w grupach.....   | 424 |
| 15.4.    | Grupy podpór .....  | 426 |
| 15.5.    | Definicje typu wymiarowania.....  | 427 |
| 15.6.    | Kalkulator współczynnika pełzania w module EuroŻelbet .....                                 | 428 |
| 15.7.    | Wymiarowanie zbiorcze .....   | 430 |
| 15.8.    | Wymiarowanie zbiorcze podpór w module EuroStopa.....  | 439 |
| 15.9.    | Wymiarowanie indywidualne podpór w module Fundamenty bezpośrednie programu Konstruktor..... | 441 |
| 15.10.   | Raport z wymiarowania zbiorczego.....   | 441 |
| 15.11.   | Współpraca z programem do wymiarowania złączy .....   | 443 |
| 15.11.1. | Definiowanie złącza .....   | 443 |
| 15.11.2. | Definiowanie zakotwienia .....  | 450 |
| 15.11.3. | Wymiarowanie złączy i wyniki wymiarowania .....   | 452 |
| 15.12.   | Raport z wymiarowania – przykład .....  | 455 |
| 16.      | Eksport stóp fundamentowych do modułu ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY.....                      | 473 |
| 16.1.    | Podstawowe informacje.....  | 474 |
| 16.2.    | Eksport danych z ArCADia-RAMA do ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY.....                           | 474 |
| 16.3.    | Okno Właściwości w zależności od rodzaju eksportowanej stopy fundamentowej ...              | 477 |
| 16.4.    | Okno Właściwości, automatyczne uzupełnianie wartości parametrów .....                       | 480 |
| 16.5.    | Eksplorator skryptów.....   | 486 |

# Opis programu R3D3-Rama 3D

# 1. Opis głównych zmian

### 1.1. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.3.0

- Dodanie możliwości definiowania wybranych parametrów załączników krajowych norm Eurokodowych.
- **EuroStal** – korekta symboli współczynników wybożenia w raporcie.
- **EuroStal BUILT-UP** – korekta symboli współczynników wybożenia w raporcie.
- **EuroŻelbet** - korekta obliczania wartości otuliny nominalnej generowanej w raporcie wymiarowania.
- Wersjonowanie plików projektów – zablokowanie wczytywania projektów pochodzących z nowszej wersji programu.
- Uzależnienie adresów stron internetowych w zasobach od wersji językowej programu.
- Korekta odświeżania dostępu do listy grup podpór przy zaznaczeniu węzłów podporowych tylko w drzewie projektu.
- **EuroDrewno** – korekta współczynnika do wyznaczania wytrzymałości na zginanie i rozciąganie wzdłuż włókien zależnego od wymiarów przekroju.
- **EuroDrewno** i **InterDrewno** - korekta uwzględniania współczynników  $k_{scz}$  i  $k_{scy}$  przy wyznaczaniu ugięcia względnego w raporcie szczegółowym.
- **EuroDrewno** i **InterDrewno** – korekta wyświetlania wartości ugięć i ugięć względnych w stanie reologicznym na ekranie o uwzględnione współczynniki  $k_{scz}$  i  $k_{scy}$ .

### 1.2. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.2.1

- Korekta zapisywania profili złożonych do pliku **DXF** oraz likwidacja redukcji punktów charakterystycznych konturu profili przy ich zapisie do pliku **DXF**.
- Umożliwiono wprowadzanie otworów w obciążeniu powierzchniowym zadawanych po konturze powierzchni obciążenia, konturze strefy obciążenia i konturze innego istniejącego otworu.
- Umożliwiono wyświetlanie listy grup obciążeń na zakładce **Wyniki** o maksymalnej możliwej wielkości dostępnej na zakładce.
- Poprawiono zapisywanie animacji deformacji przy zaznaczonej animacji na zakładce **Wyniki**.
- Korekta możliwości wprowadzania otworów o powierzchni zerowej i współliniowych wszystkich wierzchołkach w obszarze zdefiniowanego obciążenia powierzchniowego.
- Korekta funkcji **Ustaw kierunek układu lokalnego** przy zmianie wyjściowego położenia osi z naprzeciwległy kierunek (obróć układu lokalnego o 180 stopni z wyjściowego, domyślnego, pionowego położenia osi z).
- Korekta uaktualnienia kątów  $\alpha 1$  i  $\alpha 2$  przy zmianie parametru  $L$  w generatorze kratownic płaskich.
- Aktualizacja wyświetlania długości i kąta nachylenia pręta współrzędnych biegunowych przy chwilowej blokadzie prawym klawiszem myszki podczas wprowadzania pręta.
- Korekta blokady parametrów  $L/\alpha/dx/dy/dz$  pręta na zakładce **Geometria**, przy ich akceptacji klawiszem **Enter** podczas chwilowej blokady prawym klawiszem myszki przy wprowadzaniu tego pręta.
- Korekta odświeżania wartości statycznych na zakładce **Wyniki** przy przełączaniu poszczególnych kombinacji użytkownika na tej zakładce.
- Korekta jednolita znaczników na zakładce **Wyniki** i **Wymiarowanie** na **SGN** i **SGU** w wersji PL oraz **ULS** i **SLS** w pozostałych wersjach językowych.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Korekta uwzględniania współczynników przy kombinacjach przy wyznaczaniu ekstremów po kombinacjach dla przemieszczeń i ugięć względnych w raportach szczegółowych z wymiarowania na ekstrema po kombinacjach w modułach **EuroStal**, **EuroStal BUILT UP**, **InterStal**, **EuroDrewno**, **InterDrewno**, **EuroŻelbet**.
- **EuroStopa** – Korekta wypisywania wniosku że **Warunki stateczności są spełnione** gdy nie spełniony jest jeden z dwóch warunków stateczności na obrót.
- Korekta błędu wyświetlania grup obciążeń zamiast kombinacji przy powrocie z zakładki **Geometria** na **Wyniki**.
- Korekta właściwego rozpoznawania podziału na strefy o jednakowym zbrojeniu w przypadku tworzenia żelbetowych elementów wymiarowych obliczanych w module **EuroŻelbet**.

### 1.3. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.2

- Poprawka obliczania objętości całkowitej fundamentu dla stopy kielichowej.
- Poprawka obliczania ciężaru gruntu nad fundamentem dla: stopy trapezowej, stopy kielichowej, stopy schodkowej, stopy kołowej.
- Rozdzielenie okna definicji złącza w programie: na okno definicji ogólnej geometrii złącza uruchamianym przy jego definiowaniu i okna wyboru zestawu sił do wymiarowania, uruchamianym po uruchomieniu wymiarowania danego złącza.
- Zmieniono warunek na utworzenie złącza, polegający na sprawdzeniu czy liczba prętów stalowych schodzących się w węźle jest co najmniej taka jaką wymaga dane złącze. Ignorowane są przy tym wszystkie pręty inne niż stalowe schodzące się w danym węźle.
- Korekta ustawiania widoku z przodu.
- Aktualizacja blokad węzła podporowego na zakładce **Geometria** po wstawieniu nowej podpory.
- Korekta zwracania licencji na serwer przy zamykaniu **R3D3 Ramy 3D** uruchomionej w trybie edytora więźby dachowej.
- Korekta ucinania rysunków w raportach rtf przy przeniesieniu na kolejną stronę.
- Korekta sposobu wyboru zestawów sił do wymiarowania: Ekstremum po kombinacjach i poszczególnych kombinacji użytkownika przy wymiarowaniu złącz.

### 1.4. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.1

- Nowy widok orientacji globalnego układu współrzędnych z zachowaniem dotychczasowej kolorystyki i wyraźnym zaznaczeniem kierunku osi prostopadłej do płaszczyzny ekranu.
- Nowe ikony wszystkich typowych i predefiniowanych płaskich widoków, widziane w płaszczyznach głównych globalnego układu współrzędnych.
- Korekta tworzenia się raportu szczegółowego z wymiarowania zbiorczego i indywidualnego w module **EuroStal BUILT-UP** dla profili dalekogałęziowych złożonych z dwóch ceowników równoległościennych UPE.
- Zrezygnowano z narzędzia wyboru trybu pracy (płaski swobodny – przestrzenny między węzłami) na rzecz wyboru odpowiedniego widoku w którym wprowadzamy elementy modelu (w jednej z płaszczyzn głównych lub przy dowolnym skręceniu globalnego układu współrzędnych).

- Rozdzielono do osobnych funkcji pojedyncze i ciągłe wprowadzanie elementów prętowych (o węzłach przegubowych bądź sztywnych) do modelu.
- Dodano na głównym pasku narzędziowym możliwość wprowadzenia węzła na pręcie z automatycznym dzieleniem pręta węzłem.
- Dodano na głównym pasku narzędziowym możliwość wprowadzenia podpór całkowicie sztywnych i całkowicie przegubowych w węzłach układu lub na pręcie z automatycznym utworzeniem węzła w miejscu wstawionej podpory.
- W przypadku braku zaznaczenia jakiegokolwiek pręta bądź węzła układu umożliwiono zadawanie obciążeń przez wskazanie typu obciążenia a następnie jego lokalizacji na modelu (wskazanie pręta, węzła lub lokalizacji na pręcie – w zależności od wybranego typu obciążenia).
- Przy wprowadzaniu prętów łamaną w każdej chwili można zablokować kursor prawym klawiszem myszki i przejść na obracanie układu współrzędnych lewym klawiszem myszki (odblokowanie kursora – ponownie prawy klawisz myszki lub ESC).
- Usunięto lub przeniesiono do menu górnego niektóre rzadziej używane narzędzia dotychczas dostępne na głównym pasku narzędziowym.
- Korekta wyświetlania prostopadłych linii pomocniczych wystawionych do osi pręta przy prostopadłym ustawieniu tych prętów do płaszczyzny ekranu.
- Korekta wykresu momentu skręcającego likwidująca jego uzależnienie od kierunku układu lokalnego przyjętego na danym pręcie.
- Korekta likwidująca wyświetlanie niepotrzebnej siatki pomocniczej na zakładkach Wyniki i Wymiarowanie.
- Korekta wyświetlania komunikatu w trakcie uruchamiania obliczeń wymiarowania zbiorczego o pustych grupach obciążeń dla grupy ciężaru własnego, która z założenia nie jest pusta.

## 1.5. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 19.0

- Dla generatorów płaskich przekryć strukturalnych wprowadzono możliwość zadania strzałki wygięcia przekrycia (po łuku kołowym) lub wprowadzenia przekrycia ze spadkiem w kierunku osi X lub Y.
- Na dole głównego okna graficznego w pasku narzędzi graficznych udostępniono suwak umożliwiający zmianę skali dla poszczególnych elementów graficznych projektu wybranych z listy.
- Dla podstawowych elementów projektu: węzłów, prętów, podpór i obciążeń umożliwiono dostęp do okna edycji właściwości danego elementu przez dwuklik na tym elemencie.
- Wprowadzono okno edycji **Własności** dla poszczególnych prętów modelu.
- Uzupełniono okno edycji **Własności** dla węzła oraz węzła podporowego.
- Uzupełniono menu kontekstowe prawego klawisza myszki na poszczególnych elementach modelu w „drzewie projektu” o opcję dostępu do okna ich **Własności**.
- Zrezygnowano z suwaków w listach wyboru o stałej i niewielkiej ilości parametrów, wyświetlając od razu całą listę.
- Dodano dla zaznaczonych podrysów i prętów funkcje „**Separuj zaznaczone**”, która ukrywa wszystkie elementy modelu (pręty i podrysy) poza elementami zaznaczonymi.
- Wyciągnięto dodatkowo na główny pasek narzędziowy funkcje: **Weryfikacji** i **Oczyszczania projektu**.
- Na zakładce **Wyniki** oraz w oknie **Naprężenia w przekroju** dla ekstremów obwiedni i kombinacji wszystkie wartości danego ekstremum i ich opisy wyświetlane są jako pogrubione.

- Na ekranie graficznym ekstrema reakcji dla obwiedni i kombinacji wyświetlane są jako pogrubione i w kolorze czarnym.
- W lewym górnym rogu ekranu graficznego umieszczono znacznik wyświetlania ekstremów reakcji.
- Na zakładce **Wyniki** wydzielono osobny panel wyświetlania grup obciążeń opatrzony odpowiednim nagłówkiem „Schemat grup budujących ekstremum” dla obwiedni lub ekstremów kombinacji lub Wykresy globalne dla sumy grup/ Wykresy globalne dla kombinacji w pozostałych przypadkach.
- W drzewku projektu dla złącza dodano menu kontekstowe z opcjami: **Edytuj, Wymiaruj, Usuń**.
- Dla zaznaczonego węzła w którym zdefiniowano złącze lub zakotwienie w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dla ekranu głównego dodano opcję **Edytuj złącze/Edytuj zakotwienie**.
- Funkcję wydłużania do wskazanej granicy uzupełniono o funkcję skracania do granicy (rzeczywistej i wirtualnej).
- Dodano możliwość kreskowania wykresów sił, naprężeń i deformacji.
- W oknie **Ustawień** dodano pole wyboru dotyczące **Kreskowania wykresów sił, naprężeń i deformacji: Brak/Analizowany pręt/Wszystkie pręty**.
- W oknie **Ustawień** dodano pole wyboru dotyczące **Typu kreskowania wykresów** (sił, naprężeń i deformacji): **Liniowy/Solid/Liniowy i Solid**
- Na zakładce **Wyniki** w sekcji **Wykresy globalne** wprowadzono przycisk szybkiego włączania kreskowania wykresów.
- Skracanie lub wydłużanie wskazanych pojedynczo lub kilku prętów (wskazanych płotem) do wcześniej zaznaczonych granic lub ich wirtualnego przedłużenia.
- W oknie **Edycji obciążeń powierzchniowych** dołożono dwa przyciski włączające/wyłączające odpowiednio numerację węzłów oraz prętów (lub ich rzutów) wyświetlanych w tym oknie.
- Scalanie zaznaczonych profili w oknie **Edycji przekroju** gdy profil po scaleniu zawiera maksymalnie jeden otwór.
- Funkcja eksportu konturów wszystkich przekrojów z **Edytora przekrojów** do pliku DXF.
- Zabezpieczenie możliwości wczytania do **Edytora przekrojów** pojedynczego przekroju z pliku DXF zawierającego więcej niż jeden otwór oraz inne korekty przy imporcie profili z pliku DXF.
- Funkcja zoomowania rolką myszki do wskazanego punktu oraz funkcja przesuwania widoku profilu przytrzymanym prawym klawiszem myszki w oknie **Edytora przekrojów**.
- Przycisk wyśrodkowania przekroju w oknie **Edytora przekrojów**.
- Rozbudowa okna **Edytora przekrojów** o nowe parametry (obwód, położenie osi plastycznych itp.) i nowe funkcje edycyjne (selektywne zaznaczanie, scalania itp.).
- Przebudowa okna wyboru profilu tablicowego z bazy profili typowych programu.
- W oknie **Właściwości projektu** dodano zakładkę **Opisu** projektu umożliwiającą dodanie do projektu obszernego opisu z możliwością jego wydrukowania w raporcie.
- Rozbudowa „drzewa projektu” i raportu z **Edytora przekrojów** o pełen zestaw parametrów geometrycznych przekroju.
- Podpięto renderowany widok podpór wyświetlanych na głównym ekranie graficznym pod suwak skalowania umieszczony na dole okna graficznego oraz na oknie **Właściwości projektu**.
- Ograniczono przemieszczanie się części przekroju powstałych na skutek rozcięcia profilu w **Edytorze przekrojów**.
- Dodano znacznik wartości sił, naprężeń i deformacji na wykresach globalnych.



## 1.6. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 18.0

- Wprowadzono automatyczny tryb dzielenia prętów węzłem elementu dochodzącego z dościsłem sztywnym lub przegubowym, zależnie od ustawionego trybu wprowadzania prętów: sztywny-sztywny lub przegub-przegub.
- W oknie **Ustawień** wprowadzono przełącznik ustawiania automatycznego trybu dzielenia prętów węzłem elementu dochodzącego (domyślnie ustawiony na włączony). Przy wyłączeniu znacznika opcja dzielenia pręta węzłem potwierdzana jest, jak dotychczas, odpowiednim komunikatem.
- Wprowadzono oznaczenie dojścia przegubowego pręta dochodzącego do innego pręta w postaci niewypełnionej kulki.
- W oknie **Ustawień** wprowadzono możliwość wyboru oznaczenia przegubowego dojścia pręta do innego pręta w postaci kulki lub dotychczasowego odsunięcia (zależnie od wyboru użytkownika). Opcją domyślną jest dojście symbolizowane niewypełnioną kulką.
- Wprowadzono mechanizm regulujący widoczność wyświetlania elementów i ich oznaczeń do aktualnego powiększenia modelu.
- Wprowadzono funkcję zaznaczania (**Ctrl + Alt**) i odznaczania (**Ctrl + Shift + Alt**) prętów wraz z ich węzłami oknem przecinającym lub obejmującym.
- Wprowadzono edytowalną kolumnę opisu użytkownika dla zdefiniowanych obciążeń klimatycznych w tabeli wyboru tych obciążeń.
- Wprowadzono możliwość podziału obciążenia powierzchniowego na strefy obciążeń o różnym kształcie (równomierne, trapezowe) i wartości obciążeń w danej strefie.
- Wprowadzono możliwość ukrywania obciążeń powierzchniowych (tafli i reprezentacji prętowej po rozkładzie) z „drzewa projektu” i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki.
- Wprowadzono dodatkowy, wybieralny typ gradientu rozkładu naprężeń: normalnych, stycznych i zredukowanych przy analizie naprężeń w przekroju pręta.
- Wprowadzono grupowe wydłużanie elementów prętowych do zaznaczonej granicy i jej przedłużenia wirtualnego.
- Wprowadzono grupowe wstawianie wymiarów dla zaznaczonej grupy prętów leżących w jednej płaszczyźnie.
- Umożliwiono eksport wszystkich typów stóp fundamentowych wraz z wyliczonym zbrojeniem z modułu obliczeniowego **EuroStopa** do modułu skryptowego **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY**.
- Wprowadzono generator trójwarstwowych, płaskich przekryć strukturalnych.

## 1.7. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 17.0.1

- Zmieniona baza profili stalowych w programie statycznym i nakładkach wymiarujących: **InterStal**, **EuroStal** i **EuroStal BUILT-UP**.
- Wczytywanie i wyświetlanie na głównym ekranie graficznym modelu 3D z **ArCADii** w formacie pliku **OBJ** w widoku teksturowanym i przezroczystym oraz jego zapisywanie wraz z plikiem modelu **f3d**.
- Możliwość wyświetlania przekrojów prętów w widoku teksturowanym i przezroczystym nałożonym na widok siatkowy modelu obliczeniowego.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Eksport modelu z **ArCADii** do **R3D3** (elementów liniowych wraz z ich przekrojami: prętów, słupów, podciągów i elementów więźby jako potencjalnych liczonych elementów prętowych oraz pozostałych elementów: warstw konstrukcyjnych ścian, stropów, połąci dachowych, układu prętów i osi modułarnych w postaci odrębnych podrysów).
- Możliwość zaznaczania konturów poszczególnych podrysów.
- Wprowadzenie „drzewa podrysów” oraz ich dowolnego zaznaczania z poziomu „drzewa projektu”.
- Możliwość całkowitego ukrywania i przywracania widoczności oddzielnie dla wszystkich prętów i wszystkich podrysów.
- Możliwość zaznaczania, odznaczania i rewersu zaznaczania dla podrysów (analogicznie jak dla prętów i węzłów).
- Zmiana sposobu powiększania/zmniejszania modelu na jednozakresowy ze zwiększonym przybliżeniem.
- Zmiana skoku rolki myszki i skoku suwaka powiększenia na mniejszy, umożliwiający ustawienie powiększenia z większą precyzją.
- Zmiana sposobu dołączania projektu do projektu (zawierającego pręty i/lub podrys) – w tych samych współrzędnych, obok lub funkcją **Wskaz** z widocznym awatarem dołączanego projektu.
- Rozbudowa „drzewa projektu” o wielopoziomową „gałąź” podrysów wraz z narzędziami do jej edycji (m.in. zaznaczania, przenoszenia, usuwania, ukrywania oraz zmiany struktury podrysów i grup podrysów).
- Odtworzenie podstawowej, powierzchniowej struktury konstrukcyjnej projektu (ściany, stropy, dachy) wczytywanego z modelu systemu **ArCADia** do **R3D3** w postaci zagnieżdżonych grup podrysów w „drzewie projektu”.
- Wprowadzono rozpoznawanie po nazwie materiałów elementów prętowych wczytanych z modelu **ArCADii**.
- Wprowadzono w **R3D3** grupowanie przekrojów prętowych o takiej samej geometrii przekroju, wczytanych z modelu **ArCADii** i widocznych tam jako przekroje nietypowe.
- Wprowadzenie możliwości definiowania obciążeń równomiernych i ciągłych od sił/momentów definiowanych na jeden z dostępnych rzutów pręta w układzie globalnym wraz z możliwością ich modyfikacji.
- Wprowadzenie funkcji zamiany obciążenia zadanego na rzut pręta na adekwatne, zwykłe obciążenie prętowe: **Zamień obciążenia rzutowane na prętowe**.
- Oznaczenie obciążeń zadanych na rzut pręta jako rzutowanych na zakładce **Obciążenia**, w chmurkach opisowych, w „drzewie projektu”, w **Widoku 3D**, w raportach i w tabeli edycji obciążeń.
- Przystosowano program do współpracy z programem **EuroZłącza 4.0** – moduły zakotwienia słupów.
- Dodano funkcję menu kontekstowego pozwalającą wstawić kopię zaznaczonych prętów jako podrys – **Wstaw kopię jako podrys**.
- Dodano funkcje edycji wartości mimośrodków jednostronnego i dwustronnego w „drzewie projektu” i z menu kontekstowego.
- Wprowadzono funkcję podglądu obrazu macierzy sztywności pozwalającego zobaczyć rozkład niezerowych wyrazów w macierzy sztywności całego liczonego układu.
- Dodano funkcję podziału pręta na praktycznie dowolną liczbę równych części.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Dodano komunikaty o wykorzystaniu pamięci.
- Wprowadzono kalkulatory obciążeń klimatycznych – wiatru i śniegu dla projektów PN-EN oraz wiatru, śniegu i oblodzenia dla projektów według norm PN.
- Rozbudowano funkcję **Oczyszczania projektu** o usuwanie nieużywanych obciążeń klimatycznych.
- Korekta warunku współliniowości kolejnych prętów przy tworzeniu elementu wymiarowego – przyjęto maksymalny kąt załamania kolejnych segmentów elementu wymiarowego równy 15 stopni.
- Wprowadzono regułę, że jeśli oba mimośrodki dla mimośrodki dwustronnego lub jeden mimośród dla mimośrodki jednostronnego są „0”, to dla tych prętów w pliku modelu zapisujemy brak mimośrodków.
- Korekta funkcji **Pokaż najbliższe pręty** (dla prętów ukrytych) w przypadku natrafienia na pręt wirtualny definiujący mimośród pręta modelu.
- Korekta automatycznego rozdziału prętów na osobne grupy przy wymiarowaniu zbiorczym, gdy w jednej grupie znalazły się pręty jedno- i wielogłęziowe (inny moduł wymiarujący).
- Korekta wyświetlania osiadań podpór przy wymiarowaniu zbiorczym.
- **EuroStopa** – Korekta blokowania wyjścia z okna definicji wymiarowania dla stóp fundamentowych przy niepoprawnym zdefiniowaniu geometrii fundamentu.
- Korekta przypadkowego ukrywania prętów na mimośrodku po wyjściu z okna definicji typu podpory funkcją **Anuluj**.
- Korekta automatycznego rozpoznawania wsporników przegubowych przy wywołaniu funkcji **Oczyszczania projektu**.
- Korekta właściwego przypisania elementów (słupka i krzyżulca) w złączu **Kratowo-rurowo spawanym** i **Kratowym z blachą węzłową** typu **N** przy wysyłaniu danych do modułu **EuroZłącza**.
- Ograniczono sprawdzanie warunków zbieżności (przerwania) procesu iteracji przy obliczeniach według TIIR do dwóch sprawdzeń: sprawdzenia znaku wyznacznika macierzy sztywności oraz sprawdzenia  $(\text{displacement} - \text{displacementPrev}) / \text{displacementPrev} > 1$ ,

gdzie: displacement – maksymalne przemieszczenie węzła w dowolnym kierunku z aktualnej iteracji,

displacementPrev – maksymalne przemieszczenie węzła z poprzedniej iteracji (w tym samym kierunku co displacement).

- Korekta wyświetlania komunikatu o istniejącym podrysie przy zamianie pręta na podrys.
- Korekta braku uwzględniania przewiązek w **Widoku 3D** dla profili bliskogłęziowych w przypadku ustawienia na „0” grubości przewiązek.
- **EuroStopa** – Wprowadzenie komunikatu o przekroczeniu nośności warstw głębiej położonych w raporcie szczegółowym, jeśli w tabeli wartość  $E_d/R_d$  przekracza jeden.
- InterStal, InterDrewno, EuroDrewno, EuroStal, EuroStal BUILT-UP – korekta algorytmu wyznaczania ugięcia względnego.

## 1.8. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 16.0

- Korekta opisu dotyczącego publikacji wyników SGU w definicjach typu wymiarowania.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- **EuroStal BUILT-UP** – Korekta i przebudowa algorytmu wymiarującego stalowe przekroje jednoogązowe według Eurokodu.
- **EuroStal BUILT-UP** – Wprowadzenie modułu do wymiarowania przekrojów złożonych blisko- i dalekogaźziowych według Eurokodu.
- **EuroStal BUILT-UP** – Dodanie szczegółowego i zbiorczego raportu z wymiarowania typowych przekrojów wielogaźziowych (blisko- i dalekogaźziowych).
- Wizualizacja przekrojów blisko- i dalekogaźziowych w Widoku 3D wraz z rozkładem stężeń, przewiązek i łączników.
- Rozbudowanie definicji typu wymiarowania i listy dostępnych przekrojów w programie **ArCADia-RAMA** o definiowane profile blisko- i dalekogaźziowe.
- **Import** i **Eksport** modelu w formacie **DXF** w podziale na grupy prętów odpowiadające nazwom warstw z programów CAD, pozwalający przy imporcie przypisać tak ustalonym grupom prętów odrębne przekroje z listy.
- Rozbudowa okna **Zależności grup obciążeń** i **Kombinacji użytkownika** o funkcje kopiowania kombinacji i usuwania duplikatów wśród zdefiniowanych kombinacji użytkownika.
- Rozbudowa okna **Grup obciążeń** o funkcję kopiowania danej grupy wraz z przynależnymi do niej obciążeniami.
- Korekta uwzględniania zmiany modelu po użyciu funkcji **Podziel** decydująca o konieczności ponownego wykonania obliczeń statycznych.
- Wprowadzenie śladu przełączanych za pomocą spacji kolejnych składowych w układzie globalnym przy ustalaniu lokalizacji początkowej lub końcowej pręta.
- W opcji śledzenia końca pręta dla trybu płaskiego, poza linią pomocniczą jego przedłużenia, dołożono linię pomocniczą do niej prostopadłą wyprowadzoną z węzła położonego najbliżej punktu wskazanego na przecie.
- Przy wprowadzaniu elementu w trybie płaskim i w układzie biegunowym dołożono możliwość sterowania kątem nachylenia pręta za pomocą klawiatury (klawiszami **Alt + Kursor** domyślnie z dokładnością do 0.1 stopnia lub klawiszami **Ctrl + Alt + Kursor** z dokładnością do 0.01 stopnia, lub odwrotnie przy zmianie dokładności w oknie **Ustawień**).
- Rozbudowa funkcji weryfikacji o sprawdzenie występowania obciążeń poza prętem oraz funkcji oczyszczania projektu o znajdowanie i usuwanie wsporników przegubowych.
- Możliwość regulacji w oknie **Ustawień** programu koloru częściowych zeszywnień (domyślnie czerwony) oraz ustawiania grubości linii zeszywnień w oknie **Własności projektu**.
- Rozbudowa funkcji **Dołącz projekt** o dołączanie dodatkowych elementów projektu takich jak: obciążenia powierzchniowe, wymiary, podrysy i komentarze.
- Rozbudowa funkcji podręcznego kopiowania, przesuwania i odsuwania o możliwość numerycznego doprecyzowania (lub doprecyzowania kursorami klawiatury) wektora przemieszczenia w przypadku jego zaczepienia na punkcie bliskim konstrukcji.
- Przypisanie odrębnych wersji językowych programu do odrębnych setupów bez możliwości zmiany języka z poziomu interfejsu programu.
- Uzupełniono funkcję obrotu i odbicia lustrzanego podrysu o opcję zachowania podrysu źródłowego.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Korekta błędnego rozpoznawania punktów charakterystycznych przecięcia prętów i linii pomocniczych w przypadku ustawienia widoku w płaszczyźnie x-y w trybie płaskim.
- Wprowadzenie w menu Narzędzia funkcji Uporządkuj kierunki układów lokalnych.
- Automatyczne wywoływanie funkcji **Uporządkuj kierunki układów lokalnych** przy tworzeniu elementów wymiarowych, wczytywaniu konstrukcji z generatora dachów i innych generatorów, wczytywaniu układu z pliku **DXF** oraz budowaniu układu na bazie podrysu.
- Rozbudowa funkcji **Napraw** o sprawdzanie niedozwolonych (nieliczbowych) wartości parametrów przekrojów.
- Poszerzono ponad dwukrotnie bazę równoramiennych i nierównoramiennych kątowników europejskich zgodnie z najnowszym katalogiem **ArcelorMittal**.
- Korekta wpływu ustawienia wyświetlania ekstremum po kombinacjach na zakładce **Wyniki** na sprawdzanie stanu pracy w ciągnach (ściskanie/rozciąganie) przy ustawianiu parametrów wymiarowania ciągnięć.
- Wprowadzono dyskryminację do wartości 0 ujemnych wartości sił ściskających N o wartości bezwzględnej mniejszej niż założony próg 0.01 kN dla prętów typu ciągnio.
- Korekta ustawienia domyślnej siatki pomocniczej w kierunku y na 0.2 m przy wczytywaniu plików f2d do wersji **R3D3-Rama 3D**.
- Przy przekazywaniu danych do modułu **EuroZłącza** dołożono obsługę profili prętów o przekroju zmiennym dochodzących do węzła, w formie przybliżonej, poprzez potraktowanie ich jak profili o stałym, adekwatnym przekroju przylegającym do węzła, w którym utworzono dane złącze.
- Ograniczono wyświetlanie wyników SGU (przemieszczenia i/lub ugięcia) na zakładce **Wymiarowanie** i w raportach zbiorczych do grup prętów, dla których w przypisanych do nich definicjach typu zaznaczono opcję publikacji tego typu wyników, zachowując spójność wyników wyświetlanych na ekranie i publikowanych w raportach.
- Korekta raportu zbiorczego z wymiarowania stóp fundamentowych polegająca na usunięciu z raportu nadmiarowych tabel sprawdzeń nośności niezawierających rzeczywistych wyników tych sprawdzeń.
- **EuroStopa** – Korekta komunikatu w raporcie szczegółowym dotycząca braku możliwości wyznaczenia zbrojenia dolnego w stopie fundamentowej dla schematów z siłą normalną na stopie skierowaną do góry.
- Funkcję kopiowania rozbudowano o możliwość kopiowania wielokrotnego bez potrzeby przerywania jej działania.
- Funkcje kopiowania, odsuwania i przesuwania uzupełniono o widok wektora przemieszczenia oraz awatar przemieszczanej części układu.
- Korekta liniowości pręta pionowego przy usuwaniu mimośrodowo prowadząca do samoczynnej zmiany kierunku układu lokalnego według reguły jak dla prętów pochylonych.
- Korekta prawidłowego odrysowania pręta obróconego o kąt 90 stopni z mimośrodem jednostronnym po operacji jego odbicia lustrzanego względem płaszczyzny.
- Wprowadzono prezentację naprężeń normalnych, stycznych i zredukowanych w przekroju pręta w postaci map gradientowych.
- Korekta dostępu do funkcji **Utwórz złącze** po przejściu z zakładki **Wyniki** do zakładki **Geometria** lub **Obciążenia**.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Korekta wydajności obracania, przesuwania i powiększania widoku układu wraz z wykresami sił wewnętrznych i naprężeń (zwłaszcza obwiedni) dla całego modelu.
- Korekta dokładności wczytywania konturu przekroju z pliku **DXF** do takiej samej dokładności, z jaką są zapisywane współrzędne punktów konturu przekroju w pliku **f3d**, czyli do 0.1 mm (w metrach 4 miejsca po przecinku).
- Korekta błędnego ponownego otwierania się projektu na oknie **Własności projektu** po wcześniejszym jego zapisie z wczytanym profilem z pliku **DXF**.
- Korekta błędnego wyświetlania informacji o współrzędnych punktów charakterystycznych szepiania w oknie **Edycji przekroju**.
- Wprowadzono możliwość wymiarowania zakotwień stalowych węzłów podporowych w nowej wersji programu **EuroZłącza 4.0** (cztery typy: słup okrągły, prostokątny, dwuteowy i dwugałęziowy).
- Wprowadzono nowy sposób sprawdzania dostępności aktualizacji programu.

## 1.9. Opis głównych zmian w programie ArCADia-RAMA v. 15.5

- Wprowadzono jedną ikonę uruchomieniową dla wszystkich trzech wersji programów: **R2D2**, **R2D3** i **R3D3 – ArCADia-RAMA** z możliwością przełączania wersji z poziomu uruchomionego programu.
- Wprowadzono nową wersję programu **R2D3-Rama 3D** liczącą przestrzenne układy prętowe zadawane i edytowane wyłącznie na trzech płaskich wzajemnie prostopadłych widokach układu.
- W wersji **R3D3** wprowadzono dodatkową możliwość pracy na trzech widocznych, przestrzennych rzutniach z jednoczesnym podglądem na **Widok 3D** modelu układu.
- Wprowadzono funkcje podręcznego kopiowania, przesuwania i odsuwania.
- Korekta liczenia wskaźników plastycznych w module **EuroStal** dla przekrojów rurowych uwzględniająca wyokrąglenia naroży.

## 1.10. Opis głównych zmian w programie R3D3 v.15.0

- Wprowadzono w oknie **Ustawień** programu znacznik włączania/wyłączania podpowiedzi kontekstowych przy wskazywaniu elementów (prętów, węzłów, obciążeń).
- Wprowadzono w oknie **Ustawień** programu znacznik włączania/wyłączania numeracji zaznaczonych prętów i węzłów.
- Przebudowano sposób wyświetlania tabel i ich nagłówek w oknie **Ustawień** programu.
- Wprowadzenie funkcji **Napraw** dla projektów uszkodzonych wraz z raportem z działań przeprowadzonych funkcją **Napraw**.
- Wprowadzono funkcję automatycznego wyznaczania współczynników długości wyboczeniowej dla wielu wybranych prętów/elementów jednocześnie za pomocą kalkulatora współczynników długości wyboczeniowej.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Ujednolicono funkcjonalność wyświetlanych informacji w tooltipach na zakładce **Wymiarowanie** przy najeździe myszką na pręt, węzeł, węzeł ze zdefiniowanymi złączami i węzeł podporowy.
- Dodano obsługę komentarzy z poziomu „drzewa projektu” oraz dołożono możliwość dokładania komentarzy do elementów projektu, które nie mają swojej reprezentacji graficznej. Aktualnie komentarze można przypisać do: profili, węzłów, obciążeń węzłowych, podpór, prętów, obciążeń prętowych, grupy prętów, grupy podpór, grupy obciążeń, kombinacji użytkownika, elementów wymiarowych, widoków, obciążeń powierzchniowych, obciążeń ruchomych i złączy.
- Wprowadzono zapamiętywanie aktualnego stanu ukrycia prętów i węzłów modelu w pliku projektu przy jego zapisie.
- Wprowadzono w oknie głównym w **pasku stanu** programu przycisk-znacznik wskazujący aktualnie wybraną normę oraz umożliwiający bezpośrednie wejście do okna **Właściwości projektu**.
- Usunięto wyświetlanie okna **Właściwości projektu** przy tworzeniu nowego projektu.
- Z poziomu okna **Właściwości projektu** rozszerzono możliwość zapamiętywania w ustawieniach programu takich parametrów jak: domyślny autor projektu, domyślny rodzaj numeracji prętów i węzłów (automatyczna/użytkownika).
- Wydzielenie wersji 64-bitowej programu **R3D3-Rama 3D/R2D2-Rama 2D** wraz ze wszystkimi nakładkami wymiarującymi, umożliwiającą pełne wykorzystanie zainstalowanej pamięci fizycznej w procesie obliczeniowym i w efekcie pozwalającej na obliczanie znacznie większych układów statycznych.
- Wprowadzono oznaczenie aktualnej wersji 32- i 64-bitowej na dolnym **pasku stanu** okna programu i w oknie **O programie** (splash).
- Doprecyzowanie komunikatów dla wymiarowania zbiorczego przy niemożliwości przeprowadzenia wymiarowania dla danego pręta lub elementu wymiarowego.
- Dla projektów z ciągami liczonych jak dla ciągów oraz projektów liczonych według teorii II rzędu wprowadzono zapisywanie w projekcie parametru **Zbieżność iteracji obliczeń**.
- Zwiększono częstotliwość odświeżania progresu wykorzystania pamięci w pasku statusu, tak aby aktualizował się on na bieżąco podczas obliczeń statyki oraz wymiarowania zbiorczego.
- Wprowadzenie możliwości przełączania metody renderowania widoku 3D (OpenGL/DirectX) z poziomu interfejsu użytkownika w oknie **Ustawień** (dla wersji 32-bitowej).
- Wprowadzono w oknie głównym w pasku stanu programu przycisk-znacznik wskazujący aktualnie wybraną metodę renderowania w widoku 3D i umożliwiający wejście do okna **Ustawień**.
- Przygotowanie zapisu kształtów przekrojów w plikach projektu **f3d/f2d** do wczytywania modelu szkieletu **R3D3** do projektu **ArCADia-ARCHITEKTURA**.
- Umożliwiono rozpoczęcie wprowadzania elementów do pustego projektu w trybie przestrzennym zawsze od punktu o współrzędnych 0,0,0 z wykorzystaniem trybu **Orto** lub śledzenia ortogonalnego.
- W trybie przestrzennym wprowadzono możliwość precyzyjnego wprowadzania elementów układu z wykorzystaniem linii pomocniczych (półosi ortogonalnych) oraz śledzenia ortogonalnego i na wirtualnych przedłużeniach istniejących prętów.
- W trybie przestrzennym przy używaniu funkcji edycyjnych (np. **Kopiuj**, **Odsuń**, **Przesuń...**) umożliwiono precyzyjne korzystanie z pomocniczych półosi ortogonalnych oraz przestrzennego śledzenia ortogonalnego.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- W trybie płaskim i przestrzennym przy wprowadzaniu elementów, po wskazaniu precyzyjnej lokalizacji na układzie lub liniach pomocniczych umożliwiono przełączanie spacją wskazania węzła początkowego pręta.
- Wszystkie generatory typowych konstrukcji rozbudowano o możliwość wprowadzenia/wygenerowania parametrycznego podrysu konstrukcji.
- Wprowadzono obsługę podrysów z poziomu „drzewa projektu” (funkcje: **Usuń**, **Zmień nazwę**, **Ukryj/Pokaż**) oraz dodano funkcję **Ukryj** dla zaznaczonego podrysu z poziomu menu kontekstowego. Korelacja dotychczasowego ukrywania wszystkich podrysów z ukrywaniem z poziomu „drzewa projektu” oraz usuwanie zaznaczonego podrysu klawiszem **Delete**.
- Dodano możliwość dodawania komentarzy do podrysów oraz dodano funkcje: **Scalaj podrysy** i **Generuj na podrysie**.
- W raportach ze statyki dla obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń oraz ekstremów po kombinacjach wprowadzono kolejne sortowanie odpowiednio grup obciążeń i kombinacji budujących prezentowane ekstremum.
- Dołożono do bazy programu typoszeregi dwuteowników i połówek dwuteowników amerykańskich typu S oraz ceowniki amerykańskie typu C.
- Automatyczne tworzenie listy potencjalnie najbardziej niekorzystnych kombinacji użytkownika na podstawie automatycznie wyznaczonych ekstremów obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń.
- Wprowadzenie we **Własnościach projektu** znacznika umożliwiającego wyłączenie liczenia automatycznej obwiedni w projektach liczonych według teorii I rzędu.
- Wprowadzono możliwość selekcji wielu kolejnych kombinacji użytkownika z klawiszem **Shift** oraz przycisk zaznaczania wszystkich kombinacji użytkownika.
- Dla projektów według norm **PN** na zakładce **Wyniki** po zaznaczeniu obwiedni, przy grupach budujących dane ekstremum dołożono współczynniki obciążenia analogicznie jak dla projektów Eurokodowych.

### 1.11. Opis głównych zmian w programie R3D3 v.14.0

- Wprowadzono kalkulator współczynnika pełzania do definicji typu wymiarowania w module **EuroŻelbet**.
- Wprowadzono raport z wyznaczenia współczynnika pełzania w module **EuroŻelbet**.
- Wprowadzono funkcje szybkich zmian ustawień widoku na poszczególnych zakładkach.
- Wprowadzono funkcję szybkiego włączania widoczności grup obciążeń.
- Wprowadzono funkcję szybkiego włączania wartości ekstremów i reakcji.
- Wprowadzono funkcję szybkiego usuwania i ustawiania podpór przegubowych i sztywnych.
- Zmieniono sposób wyświetlania i skalowania układów lokalnych prętów.
- Wprowadzono możliwość wykonywania raportów dla przemieszczeń węzłów w układzie globalnym dla grup obciążeń, dowolnej sumy tych grup lub kombinacji użytkownika.
- Kalkulator współczynników wybożenia słupów według informacji uzupełniających do procedur projektowania według Eurokodów opracowanych przez **Access Steel - SN008a-PL-EU**.
- Wprowadzono blokadę możliwości nadawania takich samych nazw dla grup prętów, podpór, obciążeń, kombinacji, elementów wymiarowych i widoków.



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Wprowadzono inne oznaczenie węzłów w pełni przegubowych w postaci niewypełnionego czerwonego okręgu z urwaniami wszystkich prętów przed węzłem.
- Wprowadzono możliwość ograniczenia rozmiarów raportów przez pominięcie rysunków wykresów w raportach.
- Wprowadzono możliwość dodawania komentarzy do poszczególnych elementów modelu: węzłów, prętów, podpór, obciążeń itp.
- Rozbudowano funkcję obrotu zaznaczonej części układu o możliwość wskazywania kąta obrotu na układzie.
- Rozbudowano system „skórek” programu.
- Wprowadzono obciążenie naciągiem (sprężenie).
- Rozbudowano domyślne typy oddziaływań w definicji grup obciążeń dla projektów Eurokodowych.
- Wprowadzono przycisk centrowania układu.
- Poza dynamiczną numeracją automatyczną (unikalną, ciągłą i kolejną) wprowadzono możliwość ustawienia stałej numeracji użytkownika dla prętów i węzłów modelu (unikalną, ale niekoniecznie ciągłą i kolejną).
- Ujednolicono sposób obsługi ikon pojawiających się w prawym górnym rogu ekranu graficznego oraz ikon komentarzy i obciążeń powielonych przy elementach – dostęp do menu na lewym klawiszu myszki.
- W projektach Eurokodowych wprowadzono możliwość definiowania stalowych złączy płaskich w poszczególnych węzłach modelu.
- Wykonano moduł komunikacji z programem do sprawdzania nośności złączy stalowych uwzględniający zapamiętywanie ostatnio ustawionych parametrów sprawdzanego połączenia.
- Wprowadzono możliwość skróconego prezentowania wyników sprawdzania nośności złącza w programie **R3D3-Rama 3D/2D** oraz tworzenia bardziej lub mniej rozbudowanych raportów.
- Korekta działania etykiet globalnych ekstremów wykresów sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń.
- **EuroDrewno** – korekta liczenia współczynnika  $k_{shape}$  dla wytrzymałości drewna na skręcanie zgodnie z poprawką do normy **PN-EN 1995-1-1:2010/A2:2014-07E**.
- Nowe gatunki stali profilowej do wymiarowania stali według PN w module **InterStal** opisane według norm hutniczych: **PN-EN – 10025-2:2007** oraz **PN-EN-10025-5:2007**.
- Korekta synchronizacji komunikatów dotyczących sprawdzenia ugięcia w stanie zarysowanym z wynikiem sprawdzenia w module **EuroŻelbet**.
- Korekta wyświetlania liczby aktualnie zaznaczonych w modelu prętów, węzłów i obciążeń w dolnym pasku stanu.
- Dodanie plików **DXF** profili obudów górniczych V25, V29, V32 i V36 oraz ich złożeń w bibliotece użytkownika.
- Uzupelnienie zasobów programu w wersjach językowych DE, EN, SK.
- Korekta blokady modyfikacji konturu obciążenia powierzchniowego po wybraniu opcji **Utwórz obc. trapezowe** i naciśnięciu klawisza **Esc**.
- Korekta warunku wykonania obliczeń tylko wówczas, gdy w modelu dostępna jest przynajmniej jedna aktywna grupa zawierająca obciążenia.

### **1.12. Ograniczenia płaskiej wersji programu R2D2 Rama 2D**

Płaska wersja programu R2D2 Rama 2D generalnie odpowiada funkcjonalności opisanej w dokumentacji przestrzennej wersji programu R3D3 Rama 3D, jednak ze względu na swoją specyfikę oraz założenia projektowe producenta zawiera następujące główne ograniczenia:

- Ograniczono wprowadzanie, edycję i prezentację danych dotyczących podstawowych elementów modelu takich jak: pręty, węzły, podpory, obciążenia i podrysy do elementów płaskich, prezentowanych tylko w płaszczyźnie x-z, uzupełnionych o odpowiednie płaskie narzędzia ich zadawania i modyfikacji.
- Analogicznie ograniczono do płaszczyzny x-z wszelkie metody prezentacji wyników obliczeń.
- Ograniczono możliwości wprowadzania obciążeń prętowych i węzłowych do składowych, których działanie zawiera się w płaszczyźnie x-z.
- Zrezygnowano z generatorów konstrukcji przestrzennych takich jak: wieże kratowe, przekrycia strukturalne, kopuły geodezyjne, więźby dachowe a pozostałe generatory ograniczono do możliwości zadawania tylko płaskich konstrukcji w płaszczyźnie x-y.
- Zrezygnowano z możliwości zadawania obciążeń powierzchniowych.
- Zrezygnowano z możliwości wprowadzania przestrzennych struktur prętowych i podrysów z plików DXF.
- Zrezygnowano ze współpracy z systemem ArCADia w zakresie wczytywania modelu do programu ArCADia-RAMA (tylko w wersji 2D), wczytywania danych do generatora więźby dachowej w programie ArCADia-RAMA i wysyłania wyników wykonanych obliczeń do modułów: ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY i ArCADia-SLUP ŻELBETOWY.

## 2. Wprowadzenie

## 2.1. O programie

**ArCADia RAMA** – program do analizy statycznej i wymiarowania płaskich i przestrzennych konstrukcji prętowych według Eurokodów (moduły: **EuroDrewno**, **EuroStal**, **EuroStal BULT-UP**, **EuroŻelbet**, **EuroStopa**) i norm PN (moduły **InterDrewno** i **InterStal**). Pozwala też na wymiarowanie według Eurokodu podstawowych węzłów i zakotwień konstrukcji stalowych w zewnętrznym programie **EuroZłącza**. Główną zaletą programu poza jego merytorycznym zakresem, oczywistym i tym mniej znanym (ciągna, mimośrod, teoria II rzędu, imperfekcje, obciążania ruchome, powierzchniowe i oczywiście Eurokody) jest szybkość tworzenia modelu przestrzennego konstrukcji. Efekt taki dają narzędzia precyzyjnego modelowania takie jak: punkty przyciągania, śledzenie, praca na podrysach, użycie generatorów konstrukcji oraz wczytywanie modelu czy też kształtów przekrojów z plików DXF. Program zawiera również wiele przystosowań ułatwiających pracę z dużymi modelami prętowymi (ukrywanie, grupowanie, widokowanie itp.).

Program **R3D3-Rama 3D** służy do przeprowadzania obliczeń statycznych płaskich i przestrzennych układów prętowych. Dzięki wygodnemu i przejrzystemu interfejsowi użytkownika program można wykorzystywać nie tylko w projektowaniu, ale i do celów edukacyjnych.

Wprowadzanie danych w programie jest intuicyjne – geometrię układu można zdefiniować, używając wyłącznie myszki. Dostępne są generatory podstawowych konstrukcji. W programie zawarta jest biblioteka stalowych przekrojów walcowanych i zimnogiętych, elementów żelbetowych i drewnianych. Narysowanie dość skomplikowanego układu to kwestia minut, a obliczenia i prezentacja danych odbywają się w czasie rzeczywistym (dla niedużych układów do stu prętów). Program umożliwia łatwe wprowadzanie płaskich układów prętowych, niewielkich, złożonych z kilku prętów układów przestrzennych, jak i dużych struktur 3D zawierających setki prętów i węzłów. Dzięki temu możliwe jest liczenie takich układów konstrukcyjnych, jak np.: ramy wielokondygnacyjne i wielonawowe, kratownice płaskie i przestrzenne, wieże kratowe, powierzchniowe struktury prętowe, ruszty prętowe itp.

Wyniki prezentowane są na ekranie w postaci graficznej oraz numerycznej. Widok roboczy ekranu graficznego oraz widok 3D układu można płynnie przesuwac, powiększac i obracać – można obejrzeć go z dowolnej pozycji w rzucie prostokątnym i perspektywie.

Istnieje możliwość eksportu danych do innych programów CAD i wyników do formatu **RTF** akceptowanego przez większość edytorów tekstu. Dodatkowo można zapisać animację deformacji układu.

## 2.2. Cechy i możliwości programu

- Obliczenia statyczne płaskich i przestrzennych układów prętowych o stałym i zmiennym przekroju pręta na długości.
- Możliwość w pełni graficznego zadawania i modyfikacji danych jedynie na płaszczyźnie 2D ekranu, z możliwością przetaczania się między płaszczyznami prostopadłymi 3D.
- Wyświetlanie widoku tekstuowanego układu z nałożonym widokiem siatkowym.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Możliwość pełnego zapisywania i odczytywania geometrii układów statycznych (płaskich i przestrzennych) do plików **DXF** oraz praca na przestrzennym podrysie z pliku **DXF**.
- Funkcja wczytywania podrysu z pliku **DXF** i praca na podrysie.
- Funkcja zamiany prętów układu na podrys.
- Praca z wieloma podrysami i „drzewo podrysów”.
- Eksport modelu budynku systemu **ArCADia BIM** do programu **ArCADia-RAMA**.
- Możliwość wczytywania podrysów dachów z systemu **ArCADia** oraz automatyczna generacja konstrukcji połączeń dachowych.
- Możliwość precyzyjnego określania współrzędnych względnych z klawiatury w układzie kartezjańskim i biegunowym.
- Możliwość włączenia podpowiedzi kontekstowych, wyświetlanych przy kursorze, dla operacji graficznych.
- Możliwość przełączania między perspektywą a rzutem równoległym.
- Powiększanie i przesuwanie układu oraz jego dowolne obracanie w czasie rzeczywistym.
- Możliwość rysowania układów prętowych polinią o węzłach sztywnych lub przegubowych.
- Zaawansowany tryb śledzenia przy wprowadzaniu nowych elementów do układu.
- Narzędzia wzorowane na aplikacjach CAD, wykorzystujące przyciąganie do istniejących węzłów, punktów środkowych prętów, prostopadłych, punktów bliskich na prętach, punktów przecięcia prętów, punktów przyłożenia obciążenia i punktów zdefiniowanej siatki wraz z elementami śledzenia.
- Możliwość dodawania elementów w nowym trybie **Orto** na jednej z płaszczyzn głównych lub w dowolnym ustawieniu przestrzennym.
- Możliwość włączenia podglądu 2D przekroju wprowadzanego pręta w płaskim i przestrzennym trybie wprowadzania elementów.
- Możliwość blokowania ekranu graficznego przy dowolnym ustawieniu edytowanego układu.
- Grupowe możliwości modyfikacji węzłów, podpór, prętów i obciążeń.
- Możliwość edycji elementów układu z poziomu „drzewa projektu”.
- Wzorowane na aplikacjach narzędzia CAD do edycji wprowadzonych danych, takie jak: kopiowanie wielokrotne, kopiowanie w kierunku zadanego wektora (z ciągnięciem lub bez oraz ze skalowaniem lub bez), odsuwanie, przesuwanie, wydłużanie, usuwanie prętów i węzłów, obracanie, odbicia lustrzane, wyrównywanie węzłów, cofanie i przywracanie wprowadzonych zmian.
- Możliwość zeszywniania dowolnych grup prętów w węzle oraz prętów i podpór.
- Możliwość grupowania prętów i łatwej selekcji grup prętów.
- Możliwość selekcji prętów we wskazanej płaszczyźnie.
- Dla zaznaczonych podrysów i prętów funkcja **„Separuj zaznaczone”**, która ukrywa wszystkie elementy modelu (pręty i podrysy) poza elementami zaznaczonymi.
- Możliwość podziału pręta na części węzłami, z zachowaniem obciążeń.
- Możliwość scalania prętów współliniowych z zachowaniem obciążeń.
- Możliwość kopiowania przez schowek części lub całości układu między różnymi projektami i w ramach jednego projektu.
- Możliwość ustawiania, obracania i zmiany kierunku układu lokalnego pręta.
- Funkcja pomiaru odległości w projekcie oraz kąta między dwoma dowolnymi prętami układu.
- Manager profili prętów ze zdefiniowaną biblioteką profili stalowych, żelbetowych, drewnianych oraz możliwością rozszerzania biblioteki o własne profile i złożenia profili w danym projekcie.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Możliwość tworzenia przekrojów prętów o dowolnym kształcie, docinanie przekrojów pojedynczych, kopiowanie, obracanie, przesuwanie, scalanie części składowych przekroju złożonego.
- Możliwość automatycznego wyrównania osi głównych, centralnych do układu lokalnego pręta.
- Możliwość wczytywania geometrii przekroju pręta z pliku **DXF**.
- Automatyczne obliczanie wszystkich możliwych charakterystyk przekroju w układzie osi lokalnych i głównych, centralnych, łącznie z wyznaczaniem rdzenia przekroju.
- Możliwość definiowania i obliczania prętów o zmiennej geometrii.
- Podział proporcjonalny prętów o zmiennej geometrii przy każdym podziale pręta – jako funkcja globalna i lokalna działająca tylko przy funkcji **Podziel pręt węzłami**.
- Wyznaczanie momentów statycznych dowolnych części odciętych przekroju w układzie osi głównych, centralnych.
- Biblioteki predefiniowanych parametrów materiałowych w pliku XML, zawierające: stal, drewno lite i klejone, aluminium, betony oraz możliwość zapisu i edycji materiałów użytkownika.
- Możliwość tworzenia układów hybrydowych ze względu na materiał.
- Obciążenia: siły skupione, momenty skupione, obciążenia ciągłe, momenty ciągłe, podgrzanie pręta, różnica temperatur, naciąg/sprężenie, siły skupione węzłowe, osiadanie podpór, obroty podpór.
- Możliwość zadawania obciążeń równomiernych i ciągłych od sił/momentów na rzut pręta.
- Obciążenia zadawane w grupach obciążeń stałych i zmiennych (pojedynczych lub „multi”) z możliwością określania współczynników obciążenia.
- Możliwość ustawiania poszczególnych grup obciążeń jako aktywne lub nieaktywne (nieuwzględniane podczas obliczeń) oraz widoczne lub niewidoczne.
- Możliwość grupowej edycji obciążeń prętowych i węzłowych.
- Możliwość zadawania i edycji obciążeń powierzchniowych równomiernych i trapezowych oraz rozkład obciążeń powierzchniowych na obciążenia prętowe i węzłowe.
- Dla zaznaczonych obciążeń powierzchniowych z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wprowadzono możliwość ich kopiowania.
- Wprowadzono możliwość podziału obciążenia powierzchniowego na strefy obciążeń o różnym kształcie (równomierne, trapezowe) i wartości obciążeń w danej strefie.
- Identyfikacja obciążeń powielonych z możliwością usuwania duplikatów lub ich scalania.
- Możliwość zadawania, obliczania i wizualizacji wyników dla zdefiniowanych grup obciążeń ruchomych.
- Możliwość określania wzajemnych zależności między grupami obciążeń, wykorzystywanych przy budowaniu obwiedni z automatycznym sprawdzaniem ich poprawności.
- Możliwość dodatkowego zadawania własnych kombinacji użytkownika.
- Możliwość włączania i wyłączania aktywności zdefiniowanych kombinacji.
- Możliwość tworzenia i zapisywania w projekcie własnych widoków układu.
- Możliwość wprowadzenia do projektu wymiarów: pionowych, poziomych i równoległych oraz grupowe wprowadzanie wymiarów.
- Automatyczne uwzględnianie ciężaru własnego.
- Pełny zestaw typów podpór z możliwością określania ich sprężystości.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Generatory parametryczne konstrukcji: przestrzennych ram prostokątnych, łuków (parabolicznych i kołowych), kratownic płaskich, drewnianych wiązarów dachowych, wież przestrzennych i przekryć geodezyjnych.
- Generator trójwarstwowych przekryć strukturalnych.
- Możliwość definiowania prętów typu ciągnio i wykonywania obliczeń statycznych dla układów zawierających ciągnia dla poszczególnych grup obciążeń i zdefiniowanych kombinacji oraz ekstremów po kombinacjach.
- Możliwość definiowania w układzie prętów na mimośrodku (jednostronnym lub dwustronnym) z równolegle przesuniętą osią pręta.
- Możliwość selekcji grup prętów, elementów wymiarowych i grup obciążeń bezpośrednio z poziomu „drzewa projektu”.
- Możliwość filtrowania i selekcji poszczególnych typów obiektów projektu po zadanych parametrach filtrowania.
- Możliwość oczyszczania i weryfikacji utworzonego modelu projektu.
- Wyniki dla poszczególnych grup obciążeń, dowolnej kombinacji grup obciążeń i zdefiniowanej kombinacji oraz obwiednia wyliczana automatycznie przez program.
- Funkcja zapamiętywania wyników ostatnio wykonanych obliczeń statycznych układu i wymiarowania zbiorczego układu.
- Możliwość wykonywania obliczeń statycznych według teorii II rzędu.
- Możliwość uwzględniania imperfekcji przechyłowych dla wielokondygnacyjnych i wielonawowych ram stalowych według normy **PN-EN 1993-1-1** i **PN-90/B-03200** przy obliczeniach według teorii II rzędu.
- Możliwość wizualizacji kierunków i wartości reakcji podporowych.
- Odrębne zasady definicji grup i oddziaływań oraz automatycznej budowy kombinatoryki dla obliczeń statycznych według Polskich Norm i Eurokodów PN-EN.
- Wyznaczanie pełnej obwiedni naprężeń normalnych oraz obliczanie naprężeń normalnych dla poszczególnych grup i sumy grup obciążeń, kombinacji i obwiedni.
- Możliwość wizualizacji schematu statycznego, budującego wskazane ekstremum obwiedni.
- Wyznaczanie wykresu naprężeń normalnych, stycznych i zredukowanych w dowolnym punkcie na przekroju pręta.
- Znajdowanie na przekroju pręta miejsca występowania maksymalnego naprężenia zredukowanego.
- Szybki podgląd struktury w widoku 3D pozwalający na selekcję prętów o przekroczonych dopuszczalnych naprężeniach normalnych.
- Możliwość wizualizacji wyników sił wewnętrznych, reakcji, deformacji i naprężeń normalnych na ekranie monitora (dla całego układu i pojedynczego pręta).
- Możliwość kreskowania i cieniowania wykresów sił, naprężeń i deformacji.
- Funkcja wyświetlania i wygaszania wartości sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń na wykresach globalnych, na ekranie graficznym, dla wartości ekstremalnych oraz dla wybranych punktów użytkownika na zakładce **Wyniki**.
- Funkcja tworzenia raportu **RTF** z widoku ekranu graficznego układu z wykresami sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń lub wynikami wymiarowania zbiorczego dla zakładki **Wyniki i Wymiarowanie**.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Możliwość ukrywania części struktury projektu na etapie edycji danych i przeglądania wyników dla całości lub fragmentu konstrukcji.
- Wizualizacja deformacji układu – animacja w czasie rzeczywistym.
- Tworzenie wielu różnych raportów zawierających wyniki tabelaryczne i graficzne w formacie **RTF**.
- Możliwość dowolnego ustawiania zakresu raportu i jego formy (czcionki, ramki itp.).
- Zwięzła forma raportów.
- Szerokie możliwości modyfikacji interfejsu, ustawień programu i projektu oraz sposobu prezentacji danych i wyników.
- Dostosowanie obliczeń statycznych do potrzeb wymiarowania konstrukcji stalowych, drewnianych i żelbetowych.
- Możliwość tworzenia grup podpór i wymiarowania stóp fundamentowych.
- Dwustronna współpraca z modułami wymiarującymi **InterStal**, **InterDrewno**, **EuroStal**, **EuroStal BUILT-UP**, **EuroŻelbet**, **EuroStopa**, **EuroDrewno**, zewnętrznym programem **EuroZłącza** oraz jednostronna z modułem **Fundamenty bezpośrednio** programu **Konstruktor**.
- Eksport wszystkich typów stóp fundamentowych wraz z wyliczonym zbrojeniem z modułu obliczeniowego **EuroStopa** do modułu skryptowego **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY**.
- Eksport słupów żelbetowych wraz z wyliczonym zbrojeniem z modułu obliczeniowego **EuroŻelbet** do modułu graficznego **ArCADia-SŁUP ŻELBETOWY**.
- Wyznaczanie obwiedni ugięć względnych przy wymiarowaniu indywidualnym i zbiorczym.
- Możliwość automatycznego wymiarowania zbiorczego całości wprowadzonego układu, na podstawie typów wymiarowania przypisanych do grup prętów i zdefiniowanych elementów wymiarowych.
- Funkcja sprawdzania dostępności nowych wersji programu.
- Wykazy materiałowe.



## 3. Instalowanie i uruchamianie programu

### 3.1. Wymagania sprzętowe i programowe

- komputer z jednym z następujących systemów operacyjnych: **Windows 7, Windows 8.1, Windows 10**,
- 2 GB wolnej przestrzeni na dysku,
- min. 512 MB pamięci operacyjnej (zalecane 2 GB lub więcej przy obliczeniach układów z większą ilością elementów – kilkaset węzłów),
- zalecany procesor 2 GHz lub szybszy,
- minimalna rozdzielczość ekranu monitora 1024 x 768 (ze względu na prace na ekranie graficznym zalecana jak najwyższa).
- **MS Word** (od wersji 2003), bezpłatna przeglądarka **Word Viewer** lub przeglądarka raportów **ArCADia-TEXT**.

### 3.2. Instalowanie

Standardowo instalacja programu uruchamia się automatycznie po włożeniu płyty CD do napędu. W przypadku gdy wyłączony jest *Autostart*, należy samodzielnie uruchomić instalację z płyty CD lub innego nośnika. Należy otworzyć zawartość napędu CD (*Mój komputer/Stacja dysków CD*), a następnie uruchomić plik *Setup.exe* w katalogu właściwym dla danego programu. W przypadku innego nośnika lub setupu pobranego z sieci należy uruchomić odpowiedni plik instalacyjny. Po rozpoczęciu instalacji należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie. W przypadku płyty zaopatrzonej w menu startowe należy posłużyć się opcjami dostępnymi w tym programie, a następnie postępować zgodnie z poleceniami wyświetlanymi przez program instalacyjny.

### 3.3. Uruchamianie

Program można uruchomić, klikając dwukrotnie na ikonę programu znajdującą się na pulpicie.

### 3.4. Struktura programu ArCADia-RAMA

W pozycji menu **Wersja** użytkownik może ustawić jedną z trzech dostępnych wersji programu **ArCADia-RAMA**:

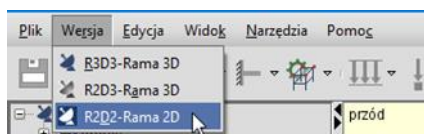
- R3D3-Rama 3D
- R2D3-Rama 3D
- R2D2-Rama 2D

Domyślnie program uruchamia się na najwyższej wersji programu, dla której dostępna jest licencja. Po jego uruchomieniu użytkownik w dodatkowym menu górnym **Wersja** może przełączyć się na jedną z dwóch pozostałych wyżej opisanych wersji. W przypadku próby zmiany wersji programu w trakcie

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

pracy nad modelem, aktualny model zostanie zapisany i zamknięty a program otworzy się w nowej wersji na nowym pustym projekcie.



Rys. 1 Menu Wersja – wybór wersji programu

Struktura plików projektu z podziałem na wersje programu przedstawia się następująco:

| Wersja programu | Format natywny pliku modelu | Format natywny pliku wyników | Wczytywane formaty plików modelu |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| R3D3-Rama 3D    | f3d                         | sw3d                         | f3d; f25d; f2d                   |
| R2D3-Rama 3D    | f25d                        | sw25d                        | f25d; f2d                        |
| R2D2-Rama 2D    | f2d                         | sw2d                         | f2d                              |

Licencja uruchamiająca pełne działanie programu w wyższej wersji automatycznie umożliwia pracę bez jakichkolwiek ograniczeń w niższych wersjach programu.

Program **R3D3-Rama 3D** (najwyższa wersja), w odróżnieniu od pozostałych wersji, udostępnia komunikację z programami **systemu ArcADia**.

Program **ArCADia-RAMA** występuje w dwóch niezależnych, odrębnych wersjach instalacyjnych: 32-bit i 64-bit. Wersja 64-bit może być instalowana tylko na systemach 64-bit.

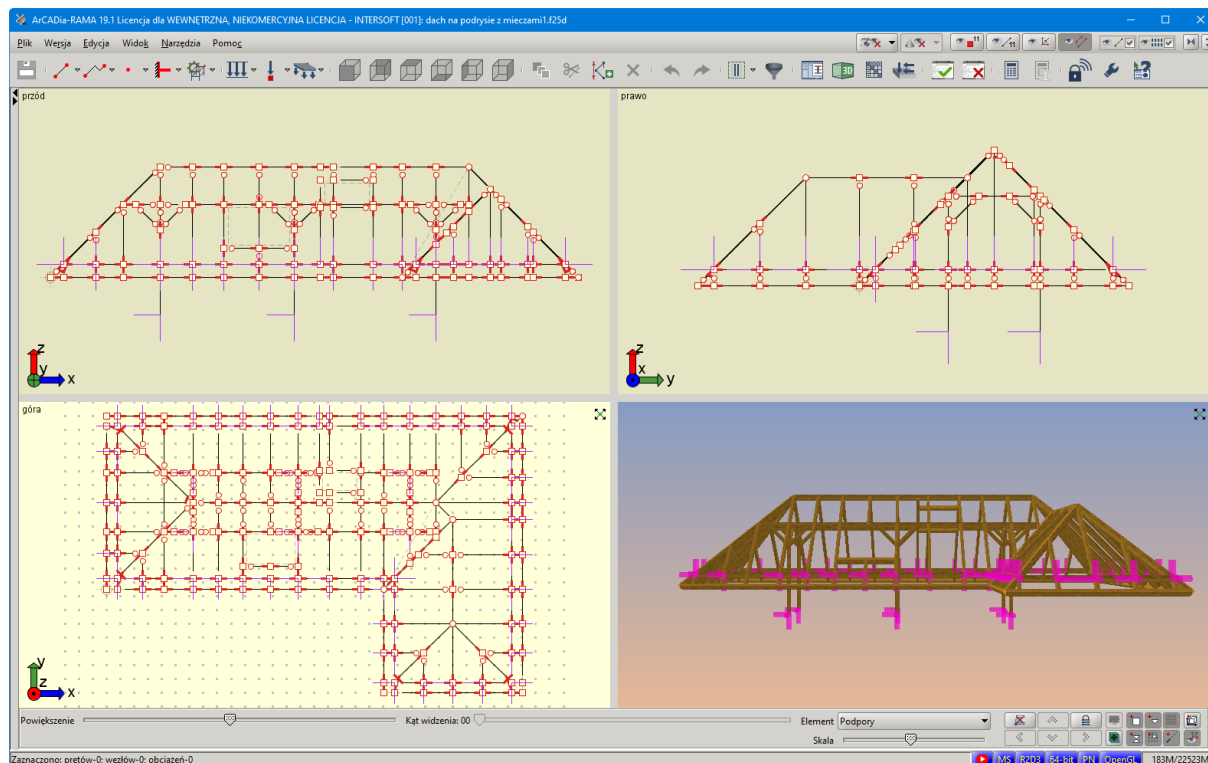
### 3.5. Wersja programu R2D3-Rama 3D

Wersja programu **R2D3-Rama 3D** o uproszczonym interfejsie zadawania danych w trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach, działa na osobnej licencji. Wersję tę wybieramy w menu górnym **Wersja**. Program ten przeznaczony jest do modelowania płaskich i przestrzennych układów prętowych ze wskazaniem na układy o niezbyt dużym poziomie skomplikowania modelu. Wersja ta współpracuje z wewnętrznymi modułami wymiarującymi: **InterStal**, **InterDrewno**, **EuroStal**, **EuroStal BUILT\_UP**, **EuroDrewno**, **EuroŻelbet**, **EuroStopa** w odmianie 3D oraz programem zewnętrznym **EuroZłącza**. Program w tej wersji ograniczony jest w stosunku do pełnej wersji **R3D3-Rama 3D** o możliwość zadawania widoków użytkownika oraz o możliwość zadawania i edytowania elementów modelu w dowolnym widoku przestrzennym z ustawianą perspektywą. Zamiast tego edycja modelu odbywa się w trzech wzajemnie prostopadłych rzutach prostokątnych, przedstawiających model z trzech stron, z jednoczesnym podglądem na **Widok 3D** wprowadzanego modelu. Przełączanie aktywnej rzutni odbywa się przez dowolne kliknięcie w obszarze tej rzutni. Aktywna rzutnia zmienia kolor tła na jaśniejszy. Wprowadzając lub edytując elementy modelu w jednym z trzech rzutów, zmiany na bieżąco

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

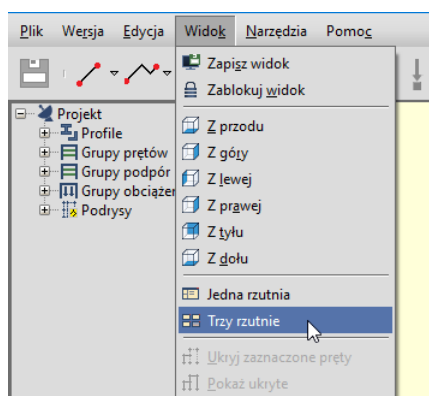
widzimy w pozostałych rzutach, a po zatwierdzeniu również w **Widoku 3D**. Ustawione widoki w trzech rzutach są niezmiennie za wyjątkiem przesunięcia modelu i jego powiększenia w każdym rzucie. Można również w każdej chwili powiększyć dowolny z trzech rzutów na cały ekran monitora (znacznik w prawym górnym rogu aktywnego rzutu). Wersja **R2D3-Rama 3D** umożliwia też wczytywanie płaskiego lub przestrzennego układu prętów z pliku **DXF** (ASCII).



Rys. 2 R2D3-Rama3D – wygląd interfejsu

### 3.6. R3D3-Rama 3D – Praca na trzech rzutniach

W programie **R3D3-Rama 3D** w menu **Widok** znajdują się opcje umożliwiające przełączanie się z pracy na jednej rzutni na pracę na trzech widocznych rzutniach z jednoczesnym podglądem na **Widok 3D**.

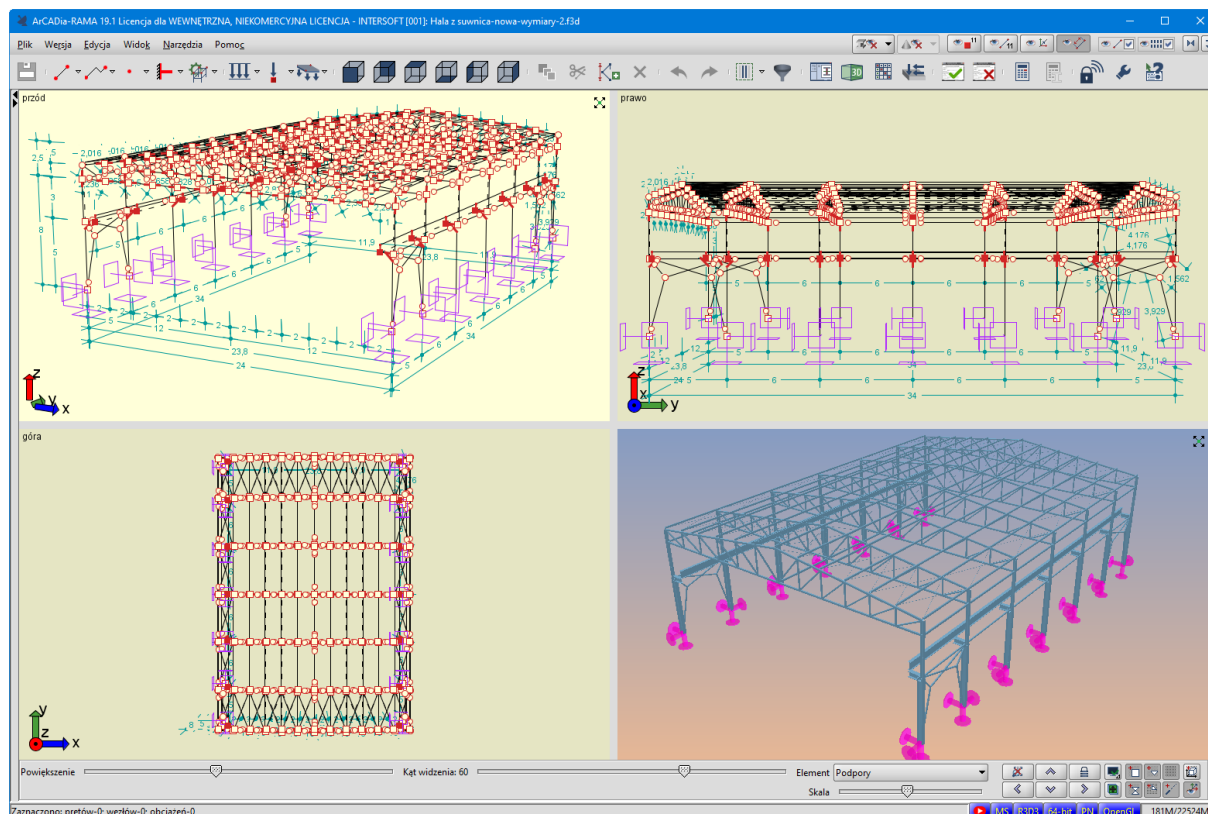


Rys. 3 R3D3-Rama 3D – wybór trybu interfejsu (Jedna rzutnia/Trzy rzutnie)

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Przełączanie aktywnej rzutni odbywa się przez dowolne kliknięcie w obszarze tej rzutni. Aktywna rzutnia zmienia kolor tła na jaśniejszy. Praca w aktywnej rzutni odbywa się dokładnie w taki sam sposób jak w przypadku ustawienia dotychczasowego trybu z jedną rzutnią. W aktywnej rzutni można pracować w dowolnym widoku 3D z dowolnie skręconym globalnym układem współrzędnych i dowolnie ustawioną perspektywą. Po wyjściu z aktywnej rzutni i przejściu do innej dotychczasowa aktywna rzutnia ustawia się automatycznie w odpowiednim, wyjściowym widoku głównym z zachowaniem ustawionej perspektywy, w taki sposób aby obejmowała ona widok całego układu. W przypadku zaznaczenia znacznika **Zachowaj ustawienia widoków przy zmianie rzutni** w oknie **Ustawień** zmiana jednej z trzech rzutni na inną nie będzie powodowała przywracania domyślnych ustawień po zmianie rzutni i w ramach sesji będzie zachowywała aktualne ustawienia użytkownika. Wprowadzając lub edytując elementy modelu w jednej z trzech rzutni, zmiany na bieżąco widzimy w pozostałych rzutniach, a po zatwierdzeniu również w **Widoku 3D**. Można też w każdej chwili powiększyć dowolną z trzech rzutni na cały ekran monitora (znacznik w prawym górnym rogu aktywnej rzutni).



Rys. 4 R3D3-Rama 3D w trybie **Trzy rzutnie**

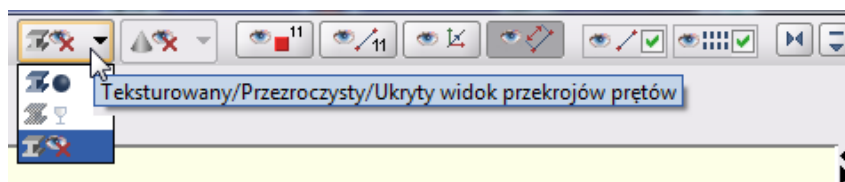
### 3.7. Wyświetlanie modelu prętowego na głównym ekranie graficznym

W programie **ArcADia-RAMA** możliwe jest wyświetlanie modelu prętowego na kilka sposobów. Można wyświetlić sam model siatkowy układu prętów, co jest wskazane w typowej pracy nad projektem. Inną opcją jest wyświetlenie modelu siatkowego z naniesioną widocznością rzeczywistych elementów 3D

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

modelu wraz z ich przekrojami. **Widok 3D** elementów prętowych na głównym ekranie graficznym realizowany może być przy zastosowaniu pełnego renderingu elementów lub z zachowaniem ich przezroczystości. Zmianę sposobu wyświetlania elementów prętowych realizujemy za pomocą pierwszej rozwijalnej ikony umieszczonej na pasku w lewym górnym rogu ekranu.

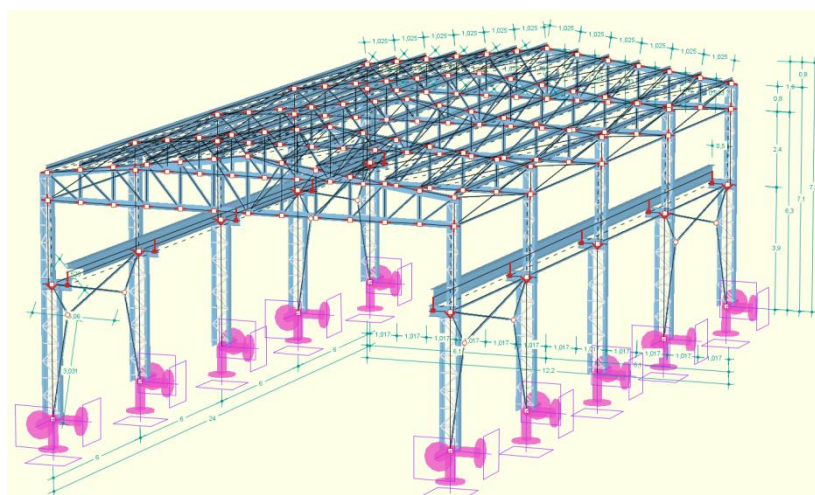


Rys. 5 Ikona zmiany sposobu wyświetlania elementów prętowych

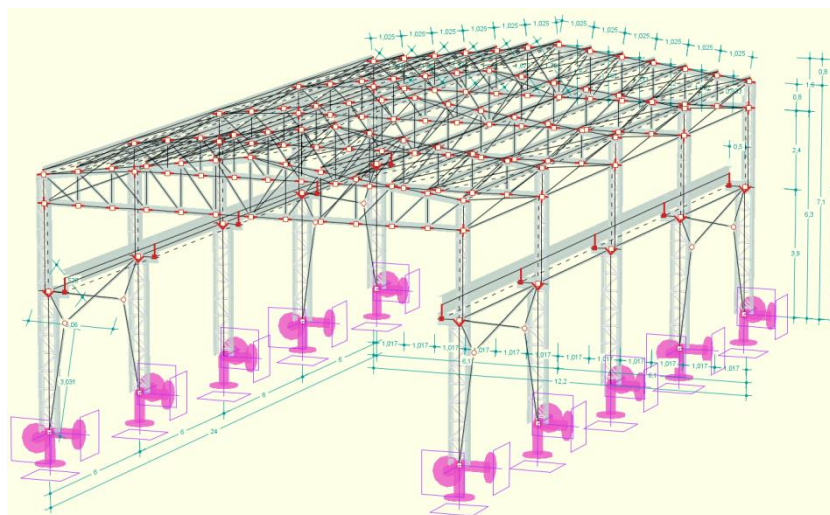
Mamy tu do dyspozycji trzy kolejne opcje:

- Teksturowany widok przekrojów prętów
- Przezroczysty widok przekrojów prętów
- Ukryty widok przekrojów prętów

Widok modelu w pierwszych dwóch trybach wygląda jak pokazano poniżej:



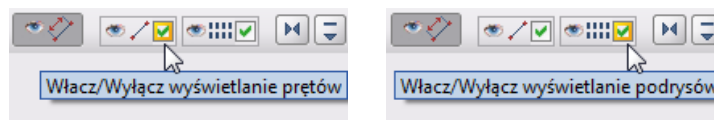
Rys. 6 Widok teksturowany przekrojów prętów



Rys. 7 Widok przezroczysty przekrojów prętów

Jak widać powyżej, w obu tych trybach widoczny jest również naniesiony widok siatkowy modelu umożliwiający jego pełną edycję. Dostępne są także wszystkie linie pomocnicze i punkty charakterystyczne modelu typowe dla modelu siatkowego.

Drugą opcją związaną z wyświetlaniem projektu jest możliwość szybkiego ukrycia lub pokazania całości modelu siatkowego (wraz z nim ukrywany jest także widok renderowany), a także ukrycia lub pokazania wszystkich podrysów umieszczonych w projekcie. Funkcje te są realizowane za pomocą dwóch znaczników umieszczonych na pasku w lewym górnym rogu ekranu.

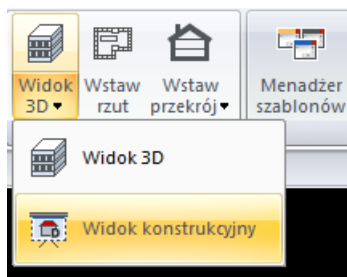


Rys. 8 Funkcje szybkiego włączania lub wyłączania widoczności wszystkich prętów i podrysów

Program posiada pełną możliwość jednozakresowego powiększania i pomniejszania modelu realizowaną za pomocą rolki myszki lub odpowiednim suwakiem na dolle ekranu pod widokiem graficznym (pierwszy suwak od lewej).

### 3.8. Eksport i wyświetlanie modelu z ArcADii w programie R3D3-Rama 3D

Mając projekt budynku wykonany w technologii **BIM** w programie **ArcADia**, możemy otworzyć go w **Widoku konstrukcyjnym**. W tym celu w menu **System** programu **ArcADia** wybieramy opcję **Widoku konstrukcyjnego**.

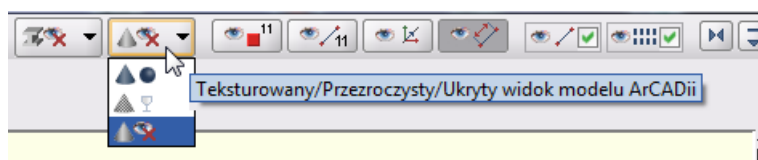


Rys. 9 Wywołanie Widoku konstrukcyjnego w systemie ArCADia

Na skutek działania powyższej funkcji wszelkie niezbędne dane przekazywane są z modelu systemu **ArCADia** do programu **ArCADia-RAMA**. Dane te można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- Dane modelowe – służące do zbudowania poprawnego modelu obliczeniowego w programie **ArCADia-RAMA**, takie jak: podciąg, belki, słupy, elementy szkieletu prętowego, więźby dachowej i pozostałe elementy prętowe. Elementy te rozpoznawane są w programie obliczeniowym jako elementy prętowe o właściwym kształcie przekroju. Rozpoznawany jest również ich podstawowy materiał (stal, drewno, żelbet, inny), którego klasę należy jednak uszczegółwić.
- Dane pomocnicze – są to elementy konstrukcji budynku, takie jak np.: osie modularne, podciąg, belki, słupy, schody, ściany, stropy, połączenia dachowe, fundamenty i inne. Elementy te przekazywane są do programu obliczeniowego w postaci tekstuowanego lub przezroczystego podglądu 3D zapisanego w odrębnym pliku **OBJ**, zapisywanym i odczytywanym przez program wraz z modelem **f3d** w tej samej lokalizacji. W modelu obliczeniowym elementy powierzchniowe (ściany, stropy, połączenia), układ elementów prętowych oraz odpowiednio zrzutowana siatka modułowa pamiętane są również jako odrębne podrysy. W przypadku ścian, stropów i połączeń jako ich podrys pamiętany jest kontur płaszczyzny środkowej warstwy konstrukcyjnej tego elementu. Ponieważ podrysy możemy dowolnie zaznaczać, ukrywać i usuwać, możemy też rozpoznawać punkty charakterystyczne ich konturów i mogą być one wykorzystane do lokalizacji pozostałych elementów modelu obliczeniowego.

Elementy tekstuowane budynku mogą być w każdej chwili wyświetlone jako przezroczyste lub nieprzezroczyste przez wybranie odpowiedniego trybu drugiej rozwijalnej ikony umieszczonej na pasku w lewym górnym rogu ekranu.



Rys. 10 Ikona zmiany sposobu wyświetlania elementów budynku z pliku OBJ

Mamy tu również do dyspozycji trzy kolejne opcje:

- Tekstuowany widok modelu **ArCADii**
- Przezroczysty widok modelu **ArCADii**



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

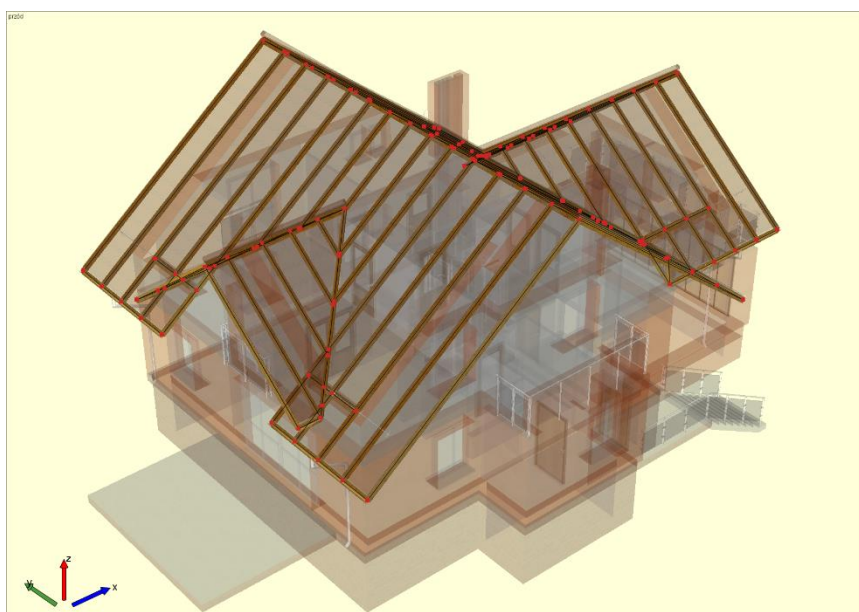
- Ukryty widok modelu **ArCADii**

Ikona ta dostępna jest tylko wówczas, gdy model został pobrany z systemu **ArCADia** i wraz z plikiem modelu **f3d** zapisany jest plik **OBJ**. Jeśli model został wczytany z systemu **ArCADia**, po użyciu funkcji **Zapisz** w programie **ArCADia-RAMA** wraz z plikiem **f3d** zapisywany jest odpowiadający mu plik **OBJ**.

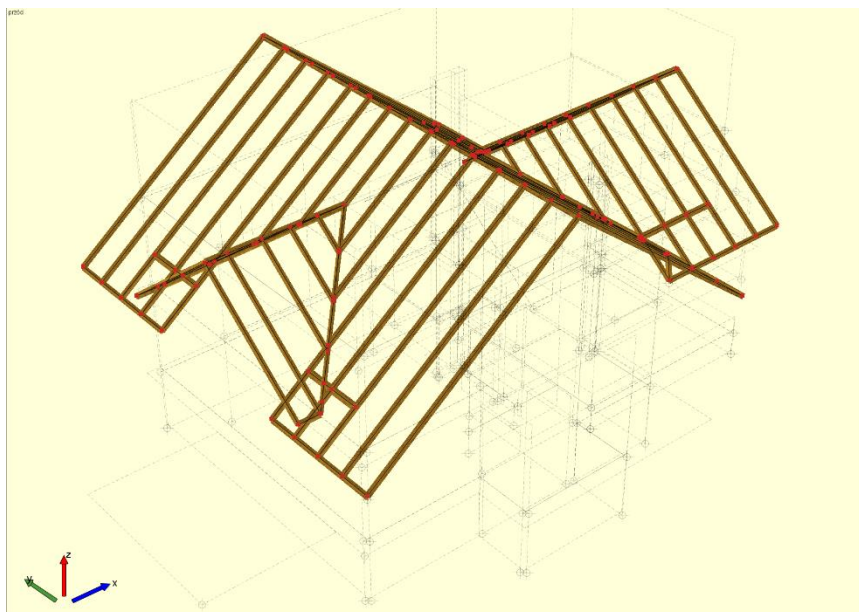
Poniżej przedstawiono widok prezentacji modelu z **ArCADii** w różnych dostępnych w programie trybach:



Rys. 11 Widok teksturowanego modelu z ArCADii



Rys. 12 Widok przezroczystego modelu z ArCADii



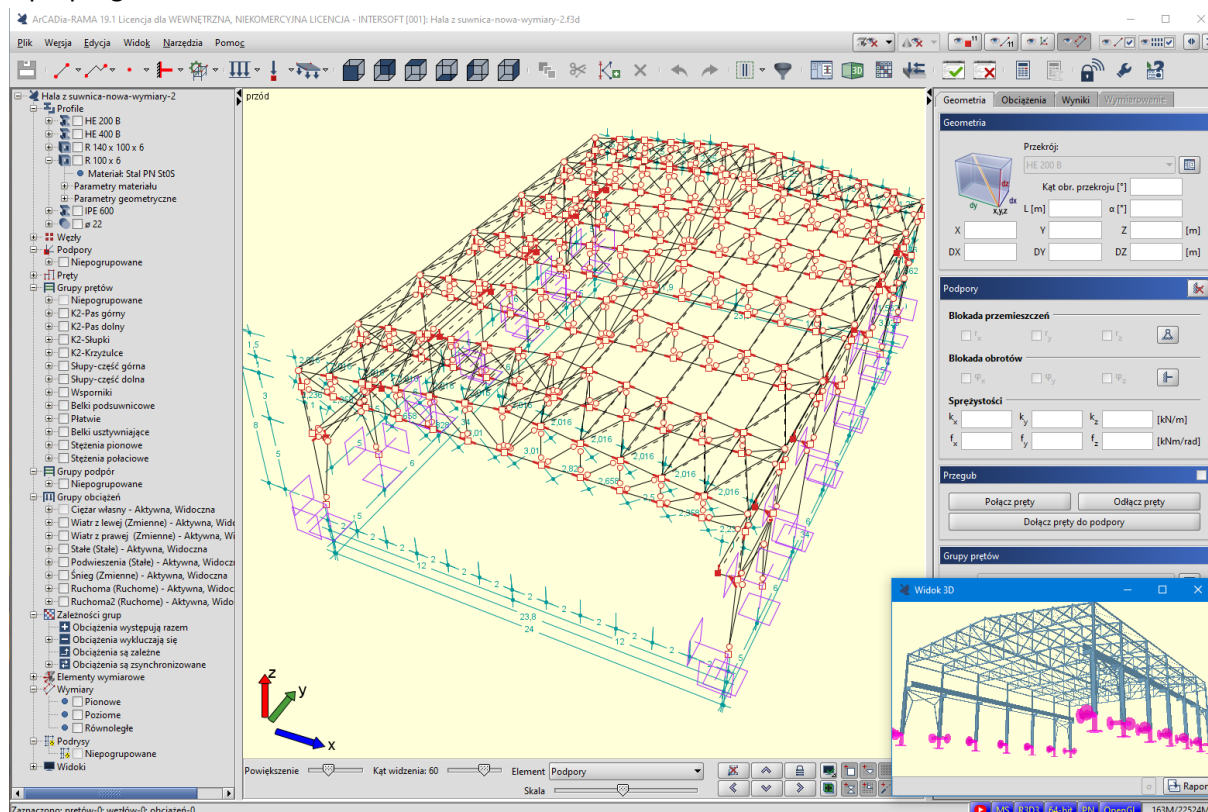
Rys. 13 Widok wyłączanego modelu z ArCADii z renderowanym widokiem prętów i włączonym wyświetlaniem podrysów

Jak widać na powyższym obrazku, ilość dostępnych podrysów może powodować, że projekt w trakcie pracy nad modelem staje się mało czytelny i nieprzejrzysty. Dlatego też zaleca się pracę na minimalnej niezbędnej ilości włączonych jednocześnie podrysów. W tym celu wbudowano w program zaawansowane narzędzia zarządzania podrysami.

### 3.9. Ekran programu

Wygląd okna programu przedstawiony jest na Rys. 14

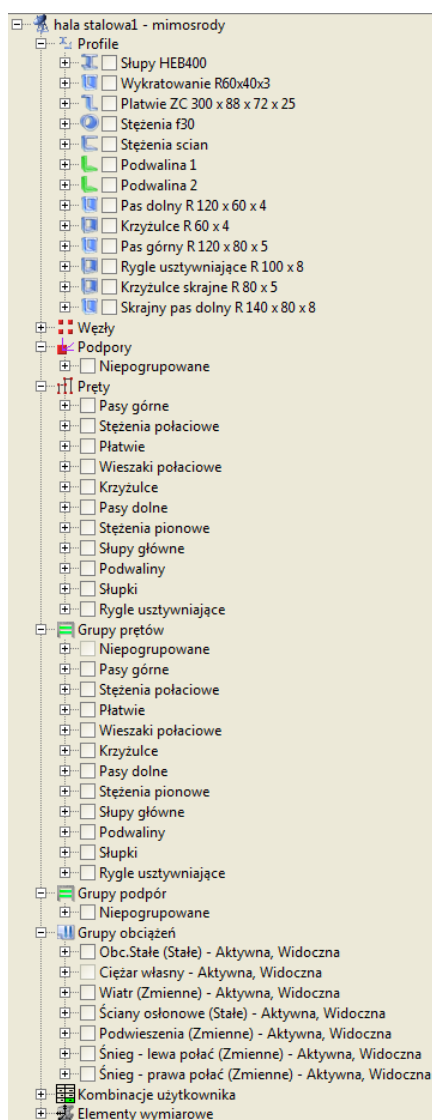
## Podręcznik do programu Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 14 Główne okno programu

W głównej części okna znajduje się pole używane do prezentacji oraz graficznego wprowadzania układu. Po prawej stronie znajdują się cztery zakładki: **Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki** i **Wymiarowanie** zawierające elementy pomocnicze dla poszczególnych funkcji programu. Poniżej znajdują się suwaki do regulacji powiększenia, kąta patrzenia, regulacji skali poszczególnych elementów modelu oraz przyciski do obracania i blokowania widoku układu.

Z lewej strony na krawędzi okna programu dostępny jest rozwijalny panel zawierający aktualną strukturę tworzonego lub edytowanego projektu w postaci „drzewa projektu”. Kliknięcie na dowolnym przęcie, węźle lub podporze w „drzewie” podświetla ten element w graficznej strukturze projektu, i odwrotnie, wskazanie pręta, węzła lub podpory na ekranie graficznym przy jednocześnie naciśniętym przycisku **Ctrl** powoduje przełączenie na odpowiedni element w „drzewie projektu”. Pręty wyświetlane są kolejno w „drzewie projektu” według numeracji w poszczególnych grupach prętów. Chwytając za prawą krawędź okna, w którym wyświetlane jest „drzewo projektu”, możemy je dowolnie poszerzać lub zwężać. Malutkie strzałki skierowane w prawo i lewo na tej krawędzi pozwalają na jego całkowite schowanie lub rozwinięcie. Ostatnie ustawienie „drzewa” zapamiętywane jest w programie. Analogiczne operacje można wykonać na prawym panelu zakładek.



Rys. 15 „Drzewo projektu”

Struktura „drzewa projektu” może składać się z następujących głównych grup danych: profile, węzły, podpory (wraz z obciążeniami), pręty (wraz z obciążeniami), grupy prętów i podpór, grupy obciążeń, obciążenia powierzchniowe, tablica relacji, kombinacje użytkownika, elementy wymiarowe, złącza, widoki, wymiary i podrysy. Gdy któraś grupa danych (np. zależności obciążeń lub kombinacje) nie występuje w projekcie, cała grupa może być pominięta w przedstawionej strukturze projektu. Elementy w „drzewie projektu” układane są kolejno tak, jak zostały wprowadzone do projektu, a w przypadku elementów numerowanych, takich jak pręty lub węzły, ułożone są zgodnie z kolejnością nadanych numerów. W przypadku występowania grup prętów wszystkie pręty projektu w pierwszej kolejności podzielone są na grupy, a następnie w każdej grupie ułożone są zgodnie z ich numeracją. Każda grupa danych jest rozwijalna i zawiera zagnieżdżoną strukturę wewnętrzną, w której użytkownik może znaleźć wszystkie dane wprowadzone do projektu.

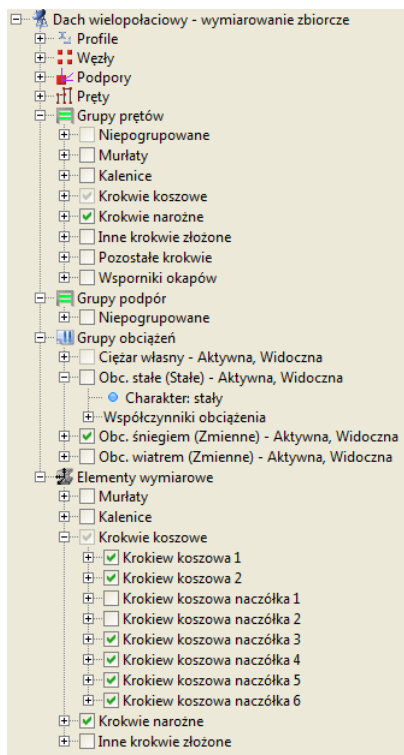
Klikając w „drzewie” projektu odpowiednie pole znacznika przed nazwą grupy, pręta, węzła lub elementu, możemy bezpośrednio wyselekcjonować następujące elementy:

## Podręcznik do programu

### Opis programu R3D3-Rama 3D

- Pojedynczy węzeł układu lub wybrany węzeł podporowy oraz zdefiniowane grupy węzłów podporowych.
- Wszystkie obciążenia wchodzące w skład danej grupy obciążeń.
- Wybrane bądź wszystkie obciążenia powierzchniowe.
- Wszystkie pręty wchodzące w skład danej grupy prętów lub jej pojedynczy pręt.
- Wszystkie pręty elementów wymiarowych w poszczególnych grupach prętów.
- Pręty wybranych (jednego lub więcej) elementów wymiarowych.
- Wybrany typ wprowadzonych do projektu wymiarów: poziomych, pionowych lub równoległych.
- Podręsy w postaci wielopoziomowej odrębnej gałęzi „drzewa projektu”.

Poszczególne selekcje można ze sobą łączyć, pamiętając, że selekcja elementu nadrzędnego w „drzewie” powoduje wybór wszystkich obiektów podrzędnych, a zaznaczenie obiektu podrzędnego powoduje szare (niepełne) zaznaczenie obiektu nadrzędnego.



Rys. 16 Selekcja grup w „drzewie projektu”

Na górze ekranu znajduje się menu oraz pasek narzędzi zawierający przyciski funkcji najczęściej wykonywanych w programie. Ikony paska można powiększać lub zmniejszać, wciskając niewielki przycisk ze strzałką i +/- znajdujący się w prawym górnym rogu ekranu. Na dole ekranu znajduje się pasek stanu przekazujący informacje podczas działania programu.

Ikony znajdujące się na głównym, górnym pasku narzędziowym:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Zapis projektu na dysk



Wstaw pręt sztywny



Wstaw pręt przegubowy



Wstaw pręty sztywne



Wstaw pręty przegubowe



Wstaw węzły sztywne



Wstaw węzły przegubowe



Wstaw podpory sztywne



Wstaw podpory przegubowe



Generators ram prostokątnych



Generator łuków



Generator kratownic płaskich



Generator wiązarów dachowych



Generator wież kratowych



Generator przekryć geodezyjnych



Generator przekryć strukturalnych

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Obciążenie równomierne



Obciążenie ciągłe



Siła skupiona



Moment skupiony



Moment ciągły



Naciąg/Sprężenie



Podgrzanie pręta



Różnica temperatur



Siła węzłowa



Osiadanie podpory



Obrót podpory



Obciążenie powierzchniowe (3 pkt. pł. obc.)



Obciążenie powierzchniowe (2 pkt. pł. obc.)



Widok z przodu



Widok z tyłu



Widok z góry

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Widok z dołu



Widok z lewej



Widok z prawej



Kopiowanie wielokrotne elementów



Dzielenie prętów węzłami



Wstawianie wymiarów



Usuwanie zaznaczonych elementów



Cofanie ostatniej operacji



Ponowne wykonanie cofniętej operacji



Separuj zaznaczone



Zaznaczanie wszystkich prętów



Zaznaczanie wszystkich prętów w płaszczyźnie



Odwracanie zaznaczenia prętów



Usuwanie zaznaczenia prętów



Zaznaczanie wszystkich węzłów



Odwracanie zaznaczenia węzłów



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Usuwanie zaznaczenia węzłów



Zaznaczanie wszystkich podrysów



Odwracanie zaznaczenia podrysów



Usuwanie zaznaczenia podrysów



Filtrowanie elementów projektu



Uruchamianie managera i edytora przekrojów



Wyświetlanie zaawansowanego podglądu 3D



Okno zależności grup obciążeń i kombinacji



Okno definicji grup obciążeń



Weryfikacja projektu



Oczyszczanie projektu



Uruchamianie obliczeń statycznych



Wymiarowanie zbiorcze



Menager licencji sieciowych



Ustawienia programu



Pomoc kontekstowa

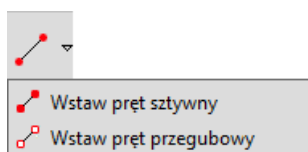
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

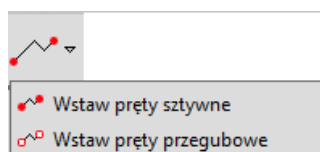
Wszystkie ikonki górnego paska narzędziowego zawierające z prawej strony trójkątną strzałkę są ikonami wielokrotnionego wyboru. Umożliwiają one wybór jednej z kilku dostępnych opcji z dodatkowego menu wyświetlanego po kliknięciu na tej strzałce. Ikony tego typu to: typ wprowadzanego pręta i prętów, typ wprowadzanych węzłów, typ wprowadzanych podpór, wybór generatora, wybór obciążenia prętowego, węzłowego i powierzchniowego oraz opcje zaznaczania prętów, węzłów i podrysów.

Ikony wielokrotnego wyboru:

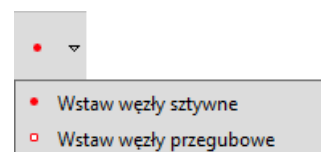
**Typ wstawianego pręta:**



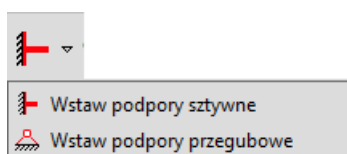
**Typ wstawianych prętów:**



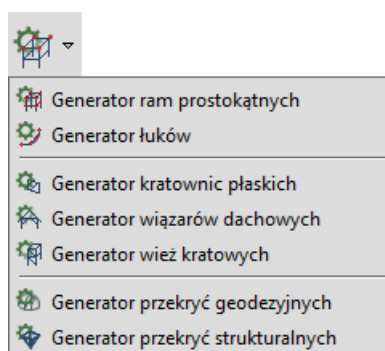
**Typ wstawianych węzłów:**



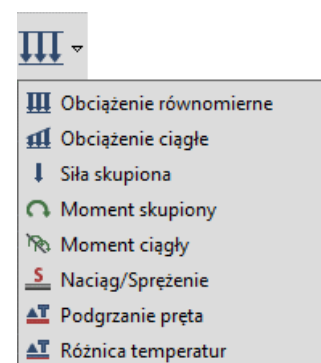
**Typ wstawianych podpór:**



**Wybór generatora:**



**Wybór obciążenia prętowego:**

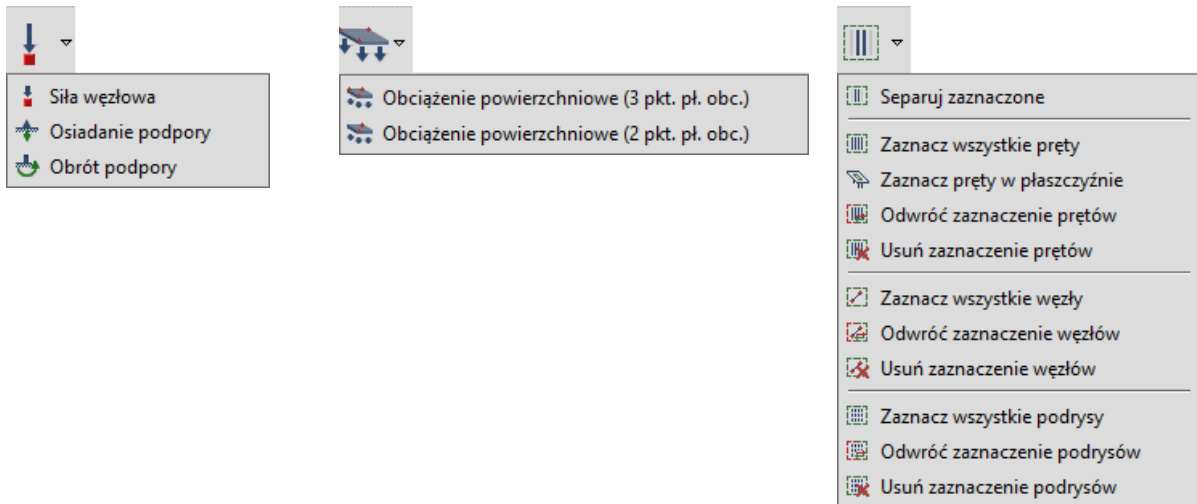


**Wybór obciążenia węzłowego:**

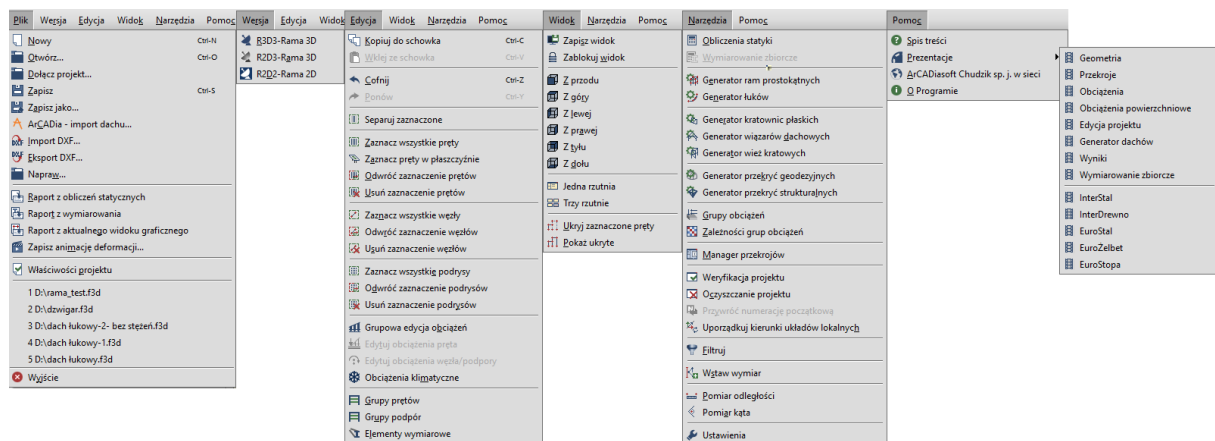
**Wybór obciążenia powierzchniowego:**

**Opcje zaznaczania prętów, węzłów i podrysów:**

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Menu górne zawiera po rozwinięciu następujące funkcje programu:



Rys. 17 Menu górne programu

W programie działają następujące skróty klawiszowe:

- |        |                   |       |                                 |
|--------|-------------------|-------|---------------------------------|
| Ctrl-N | Nowy...           | Alt-D | Włącza tryb dodawania elementów |
| Ctrl-O | Wczytaj...        | Alt-A | Widok z lewej                   |
| Ctrl-S | Zapisz            | Alt-S | Widok z prawej                  |
| Ctrl-A | Zaznacz wszystko  | Alt-W | Widok z góry                    |
| Ctrl-Z | Cofnij            | Alt-Z | Widok z dołu                    |
| Ctrl-Y | Ponów             |       |                                 |
| Ctrl-C | Kopiuj do schowka |       |                                 |
| Ctrl-V | Wklej ze schowka  |       |                                 |

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Oprócz powyższych skrótów w programie występuje kilka bardzo ważnych funkcji dostępnych za pomocą kombinacji działań przycisków klawiatury i klawiszy myszki:

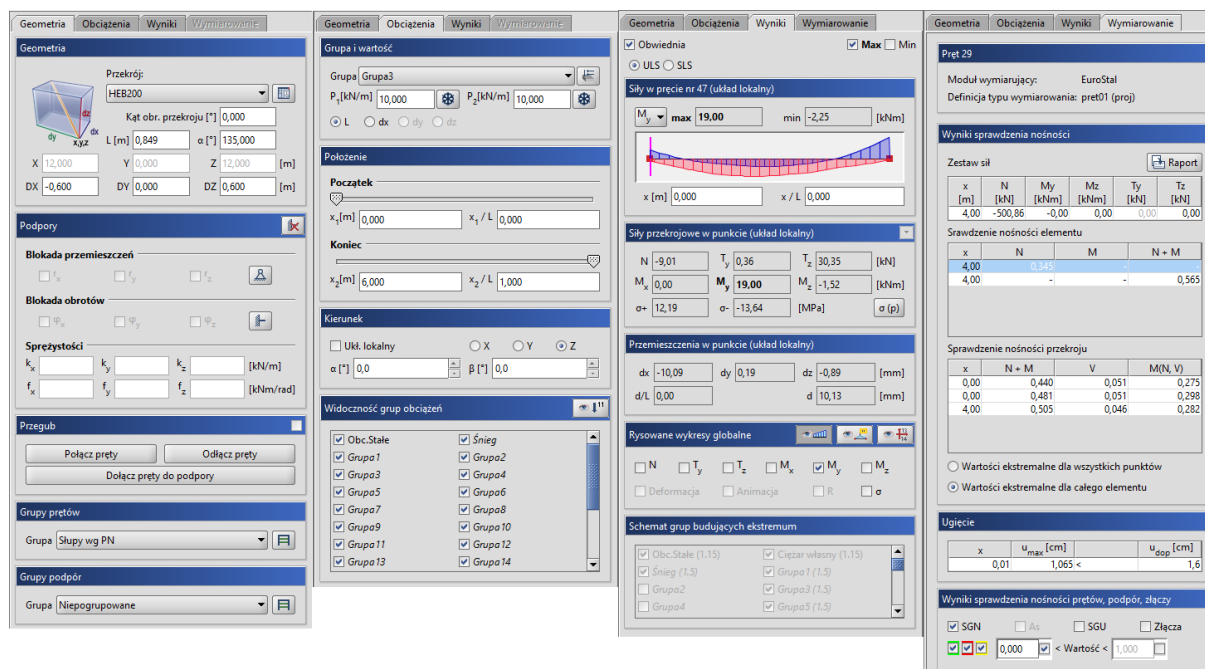
- **LKM** (lewy klawisz myszki) – zaznacza pojedynczy wskazany obiekt.
- **LKM** (ciągnięcie) – obraca układ względem punktu centralnego.
- **Shift** – przytrzymany w trybie wprowadzania elementu chwilowo włącza lub wyłącza tryb **Orto**.
- **Shift + LKM** – zaznacza kolejno wskazywane obiekty.
- **Ctrl + LKM** (kliknięcie) – pokazuje wskazany obiekt w „drzewie projektu”.
- **Ctrl + LKM** (ciągnięcie) – zaznacza obiekty oknem przecinającym lub obejmującym, a także zbiorczo zaznacza grupy w oknie zależności grup obciążeń.
- **Ctrl + Shift + LKM** (ciągnięcie) – odznacza zaznaczone obiekty oknem przecinającym lub obejmującym.
- **Ctrl + kursory** – w trybie śledzenia przełącza dokładność podanego domiaru z centymetrów na milimetry i odwrotnie.
- **PKM** (prawy klawisz myszki) – w trybie wprowadzania elementu powoduje chwilową blokadę kursora; kolejne kliknięcie powoduje zwolnienie blokady.
- **PKM** (ciągnięcie) – przesuwa układ.
- **Esc** – w trybie działania funkcji – powoduje szybkie wyjście z funkcji.
- **Esc** – powoduje szybkie odznaczenie zaznaczonych elementów.
- **Klawisze kursorów** – przełączają widok płaszczyzny głównej we wskazanych kierunkach.
- **Shift + Klawisze kursorów** – przesuwiają aktualny widok układu we wskazanych kierunkach.
- **Klawisze kursorów** – w trybie wprowadzania elementu z wykorzystaniem przyciągania (zwłaszcza dla punktu „bliski”) pozwalają na precyzyjne ustawienie położenia na pręcie z dokładnością do 1 mm lub 1 cm.
- **Rolka myszki** – zoomowanie na centralny punkt układu.
- **Delete** – klawiszem tym usuwa się zaznaczone elementy modelu.
- **Ctrl + Alt** - funkcja zaznaczania prętów wraz z ich węzłami oknem przecinającym lub obejmującym.
- **Ctrl + Shift + Alt** - funkcja odznaczenia prętów wraz z ich węzłami oknem przecinającym lub obejmującym.
- **Shift** – pozwala na kopiowanie zaznaczonych elementów modelu (prętów oraz dla zaznaczonych obciążeń tych prętów).
- **Alt** – pozwala na odsuwanie zaznaczonych elementów modelu.
- **Shift + Alt** – pozwala na przesuwanie zaznaczonych elementów modelu.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

O ile nie jest zaznaczone inaczej, skróty **LKM** i **PKM** oznaczają pojedyncze kliknięcie lewego lub prawego klawisza myszki. Ciągnięcie polega na wciśnięciu lewego lub prawego klawisza myszki i jej przesuwaniu.

Szczegółowe dane związane z operacjami na prętach, węzłach i podporach umieszczono na zakładce **Geometria**. Pozostałe zakładki to **Obciążenia**, **Wyniki** i **Wymiarowanie**. Na zakładce **Obciążenia** wprowadzane i edytowane są wartości obciążeń prętowych i węzłowych. Zakładka **Wyniki** zawiera funkcje dotyczące prezentacji wyników obliczeń statycznych na ekranie, a zakładka **Wymiarowanie** wyniki wymiarowania zbiorczego. Zawartość poszczególnych zakładek programu przedstawiona jest na rysunku poniżej:



Rys. 18 Zakładki programu


### 3.10. Funkcja chowania panelu zakładek i „drzewa projektu”

Panel zakładek (**Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki**, **Wymiarowanie**) oraz panel „drzewa projektu” znajdujące się po prawej i lewej stronie ekranu roboczego można w każdej chwili dowolnie rozszerzyć lub zawęzić, w zależności od potrzeb, aż do chwilowego całkowitego ich ukrycia. Do tego celu służy suwak pojawiający się przy najechaniu kursorem myszki na krawędź panelu oraz dwie przeciwnie skierowane strzałki w górnym rogu każdego z paneli. Ustawienie widoczności obu paneli jest ustawieniem programu i będzie pamiętane przy ponownym jego uruchomieniu do czasu wprowadzenia zmian wielkości lub widoczności paneli przez użytkownika. W ustawieniach programu zapamiętywana jest widoczność panelu (lub jej brak), a także wielkość ostatnio ustawionego rozwinięcia każdego z paneli.


Panel zakładek, mimo jego ukrycia, zawsze przywracany jest automatycznie po wywołaniu funkcji wprowadzenia dowolnego obciążenia do układu oraz po przeprowadzeniu obliczeń statycznych i obliczeń wymiarowania zbiorczego.

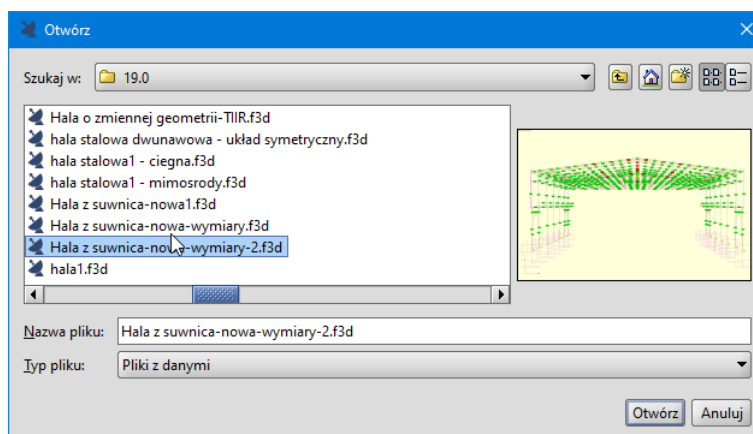
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

W programie wprowadzono również opcję **Automatycznego ukrywania paneli bocznych**. Opcję tę można wybrać (lub wyłączyć) w oknie  **Ustawień** programu. Przy włączonej funkcji **Automatycznego ukrywania paneli bocznych**, w trakcie pracy na ekranie graficznym, zarówno lewy panel „drzewa projektu”, jak i prawy panel zakładek pozostają ukryte. W każdej chwili jeden z tych paneli można wywołać, najjeżdżając kursorem myszki odpowiednio na lewą lub prawą krawędź ekranu graficznego. Po wysunięciu lewego lub prawego panelu pozostanie on widoczny na ekranie dopóki kursor myszki będzie znajdował się w obszarze panelu. Dowolne przesunięcie kursora poza panel spowoduje jego ponowne automatyczne ukrycie. Przy włączonej opcji **Automatycznego ukrywania paneli bocznych** na ekranie może być widoczny jednocześnie tylko jeden z paneli: albo „drzewo projektu”, albo panel z zakładkami. Funkcję **Automatycznego ukrywania paneli bocznych** w każdej chwili użytkownik może wyłączyć w oknie **Ustawień** programu.

### 3.11. Otwieranie projektu




Aby wczytać uprzednio zapisany projekt, należy wybrać odpowiednią ikonę z paska narzędzi lub wybrać opcję  **Wczytaj** menu górnego **Plik**. Okno służące do wyboru pliku pokazane jest na Rys. 19. Po lewej stronie znajduje się lista plików z aktualnego katalogu. Po zaznaczeniu nazwy dowolnego projektu zostanie po prawej stronie wyświetlony podgląd zawartości pliku. Pomaga to szybko odnaleźć szukany projekt. W menu górnym **Plik** znajduje się lista pięciu ostatnio otwieranych projektów. Dzięki niej szybko można otworzyć projekt, nad którym pracowano wcześniej.



Rys. 19 Okno wyboru pliku projektu

W wersji instalacyjnej programu zamieszczono kilkadziesiąt różnych projektów przykładowych pozwalających na wstępną orientację w możliwościach programu.

### 3.12. Zapis projektu

W programie istnieją dwie funkcje służące do zapisywania projektu na dysk. Korzystając z funkcji  **Zapisz jako**, należy każdorazowo przy zapisie podawać nazwę pliku. Inaczej działa funkcja  **Zapisz**. Wymaga ona podania nazwy pliku tylko w przypadku, gdy nie była ona jeszcze określona. Jeśli projekt został wczytany z dysku lub był już zapisywany (w bieżącej sesji), to nazwa pliku jest znana i nie jest konieczne ponowne jej określanie. Jeśli od ostatniego zapisu w projekcie nie dokonano żadnych zmian, to ikona  **Zapisz** będzie zablokowana, ponieważ nie ma niczego nowego do zapisania. W chwili wprowadzenia jakichkolwiek zmian do projektu ikona zostanie odblokowana, pozwalając na zapis. Przy próbie zamknięcia programu po wprowadzeniu zmian w projekcie program wyświetla okno z zapytaniem, czy zapisać zmiany na dysku.

Przed przystąpieniem do wykonania jakichkolwiek obliczeń aktualnego projektu musi zostać nadana mu nazwa i projekt musi być zapisany na dysku.



### 3.13. Autozapis i kopia bezpieczeństwa

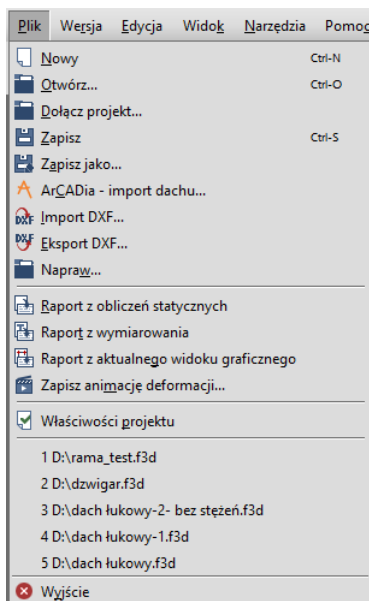
Przy zapisie zmodyfikowanego projektu pod tą samą nazwą program z oryginalnej kopii pliku projektu robi kopię bezpieczeństwa o nazwie projektu z rozszerzeniem „*bak*” i zapisuje ją w katalogu projektów, a wszystkie zmiany wykonywane są na otwartym projekcie, aż do ponownego jego zapisu (wówczas plik „*bak*” jest nadpisywany).

W oknie **Ustawień** programu użytkownik może podać interwał czasowy do autozapisu. Wówczas co określony odstęp czasu, podczas edycji, projekt jest zapisywany do pliku o nazwie projektu z rozszerzeniem „*f3\$*” w katalogu projektów.

Autozapis wyłączany jest na czas trwania obliczeń statycznych i wymiarowania.

### 3.14. Dołącz projekt

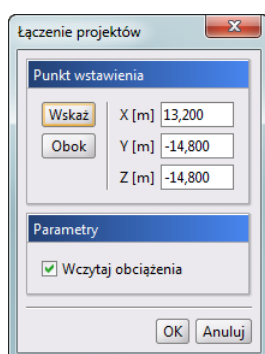
Funkcja  **Dołącz projekt** pozwala na dołączenie do aktualnego projektu innego, wcześniej wykonanego i zapisanego na dysku projektu. Pozwala to na budowanie finalnego projektu z kilku wcześniej wprowadzonych projektów oraz łatwe przechodzenie z projektów mniej do bardziej złożonych. Funkcja wywoływana jest z menu **Plik –  Dołącz projekt**.



Rys. 20 Menu Plik – Dołącz projekt

Po jej wywołaniu wyświetlone zostanie okno wczytania dowolnego projektu z dysku. Po wyborze projektu i jego zatwierdzeniu pokazane zostanie okno **Łączenia projektów** (aktualnego i wczytywanego), zawierające następujące opcje:

**Punkt wstawienia** pozwala na wskazanie (opcją **Wskaz**) lub wpisanie współrzędnych punktu wstawienia dołączanego projektu. Opcja **Obok** umożliwia wstawienie dołączanego projektu poza gabarytami projektu istniejącego, a punkt wstawienia dobierany jest przez program. Należy pamiętać, że we wskazanym (podanym) punkcie wstawienia umieszczany jest początek globalnego układu współrzędnych dołączanego projektu.



Rys. 21 Łączenie projektów

Parametr w postaci znacznika **Wczytaj obciążenia** decyduje, czy projekt ma być wczytany z obciążeniami czy bez. W przypadku pokrywania się węzłów układu aktualnego i wstawianego węzły są łączone z uzupełnieniem ewentualnych więzi, o ile takie występują. W przypadku pokrywania się prętów następuje ich dublowanie (bez eliminacji) – w takiej sytuacji najlepiej oba pręty usunąć i wstawić ponownie prawidłowy. Odpowiednio grupy obciążeń i grupy prętów z projektu dołączanego dodawane są do aktualnego, a w przypadku pokrywania się ich nazw automatycznie dla dodawanych grup tworzone są nazwy unikalne przez dodanie jedynek na końcu nazwy.





Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

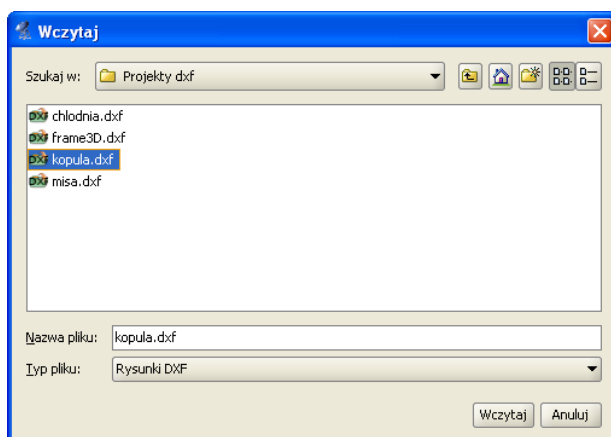
Po wywołaniu funkcji **Dołącz projekt** i wskazaniu modelu wstawiane są również do aktualnego układu dodatkowe elementy dołączanego projektu, takie jak: obciążenia powierzchniowe, wstawione wymiary, podrysy oraz komentarze.

### 3.15. Zapis i odczyt struktury układu w pliku DXF

Program wyposażono w funkcję eksportu płaskiej i przestrzennej struktury prętów do pliku **DXF** (w postaci linii) oraz importu układu linii 2D lub 3D z pliku **DXF** (CAD) jako układu płaskiego lub przestrzennego prętów. Funkcja ta umożliwia prostą wymianę danych między różnymi programami obliczeniowymi, które potrafią wczytać strukturę układu z podstawowych formatów CAD. Obie funkcje dostępne są w programie w menu **Plik** jako  **Import DXF** i  **Eksport DXF**.

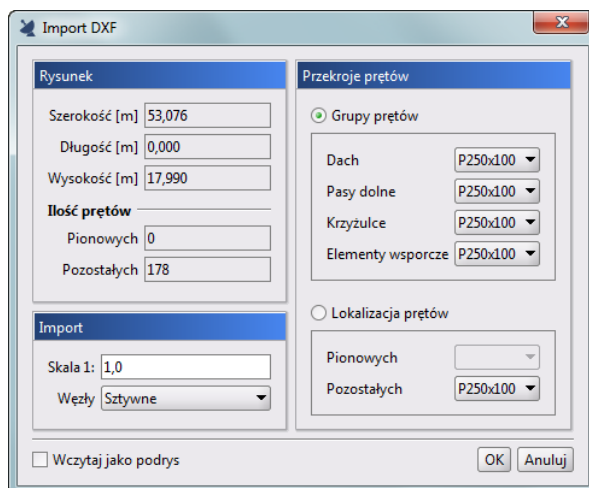
#### 3.15.1. Import DXF

Po wywołaniu funkcji  **Import DXF** program otworzy okno, w którym użytkownik powinien wskazać lokalizację pliku **DXF**:



Rys. 22 Wczytywanie plików DXF

Wykonany wcześniej rysunek w programie CAD powinien składać się wyłącznie ze zwykłych linii, z których każda zostanie zamieniona na pręt układu. Przy wczytywaniu linii pominięte zostaną tylko takie elementy, które po przeskalowaniu są nadal niewspółmiernie małe w stosunku do pozostałych. Taka koncepcja pozwala już na etapie wczytania eliminować z projektu przypadkowe elementy, które i tak później ciężko byłoby znaleźć w projekcie. Przy zapisywaniu rysunku należy pamiętać, aby został wybrany wyłącznie format tekstowy **DXF** (ASCII), a nie binarny. Program umożliwia wczytywanie plików **DXF** płaskich i przestrzennych. Po wskazaniu pliku i wciśnięciu przycisku **Wczytaj** otwarte zostanie dodatkowe okno **Import DXF**, jak niżej:



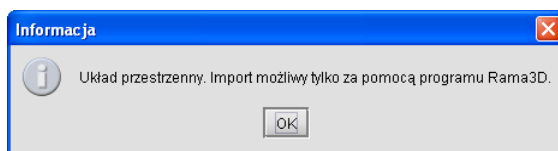
Rys. 23 Okno Importu DXF

W kolumnie **Rysunek** z lewej strony okna znajdują się pola informacyjne: **Szerokość**, **Długość** i **Wysokość**, które podają wielkość maksymalną układu (po przeskalowaniu), tak jak będzie on wprowadzony do projektu. Informacje te jeszcze przed wstawieniem do projektu łatwo pozwalają ustalić, czy prawidłowo została wybrana skala dla danego rysunku. Niżej w kolumnie podana jest informacja o ilości linii dokładnie pionowych i pozostałych, które zostaną zamienione na pręty układu. Prawa kolumna okna **Import** jest dostępna do edycji dla użytkownika i pozwala ustawić współczynnik skali, wybrać typ węzłów łączących wszystkie pręty oraz przypisać wstępnie profile, osobno dla prętów pionowych i pozostałych. Przy wczytywaniu rysunków **DXF** należy pamiętać, że wszelkie układy muszą być zawsze wprowadzone do projektu w metrach (stąd możliwość ich przeskalowania przy wczytywaniu). Po wciśnięciu przycisku **OK** rysunek zostanie zamieniony na układ prętów i węzłów oraz wstawiony do projektu.

Okno **Importu** modelu prętowego z pliku **DXF** rozbudowano o możliwość utworzenia w modelu grup prętów, odpowiadających warstwom na rysunku CAD. W grupach tych wczytywane są pręty, które rozmieszczono na odpowiednich warstwach pliku CAD. Do wczytywanych prętów rozmieszczonych w odpowiednich grupach w oknie pośrednim można przypisać właściwe profile z dostępnej w projekcie listy przekrojów. Przy wczytywaniu pliku **DXF**, którego elementy podzielono na warstwy, domyślnie ustawiona jest opcja podziału na grupy prętów. W innym przypadku domyślna jest opcja osobnego doboru przekrojów dla prętów pionowych i pozostałych zgodnie z ich lokalizacją.


Wszystkie rysunki układów płaskich wykonane w programie CAD w jednej z płaszczyzn globalnego układu współrzędnych lub do niej równoległej będą do programu wczytane zawsze w płaszczyźnie XZ. Natomiast rysunki płaskich układów wykonane w programach CAD w dowolnej płaszczyźnie nierównoległej do płaszczyzn układu globalnego będą traktowane jako układy przestrzenne i mogą być wczytane jedynie w programie **R3D3**.

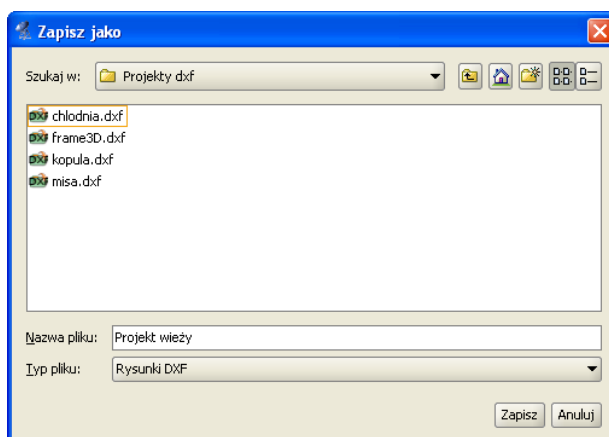
W przypadku próby wczytania do **R2D2** takiego rysunku płaskiego lub innego rysunku przestrzennego funkcja zostanie przerwana i pojawi się poniższy komunikat:



Rys. 24 Komunikat przy próbie wczytania struktury przestrzennej do R2D2

### 3.15.2. Export DXF

Poza importem plików **DXF**, w programie możliwy jest również proces odwrotny – eksportu utworzonej struktury prętów do rysunku CAD w formacie tekstowym **DXF** (ASCII). Analogicznie jak przy imporcie, podczas eksportu do pliku **DXF** zapisywana jest w postaci linii płaska lub przestrzenna struktura prętów. Jeśli w pliku DXF struktura linii podzielona jest na warstwy, to przy eksporcie utworzone na podstawie tych linii pręty będą podzielone na odpowiadające tym warstwom grupy prętów. Wszystkie pozostałe informacje zawarte w projekcie, takie jak: obciążenia, podpory, typy węzłów, rodzaje użytych profili, grupy obciążeń itp. są przy zapisie pomijane (ta informacja jest tracona). Tak więc przy ponownym imporcie tak zapisanego pliku otrzymamy taką samą strukturę tylko w odniesieniu do ułożenia prętów. Wszelkie pozostałe informacje musimy ponownie uzupełnić. Wywołanie funkcji realizowane jest w programie z menu **Plik –  Eksport DXF**. Po wywołaniu funkcji zostanie otwarte okno jak niżej, gdzie użytkownik wybiera lokalizację, w której zostanie zapisany plik **DXF** i nadaje mu nazwę (domyślnie jest to nazwa aktualnego projektu):



Rys. 25 Zapis projektu do pliku DXF

Przy zapisie wszystkie wymiary utworzonych na rysunku linii odpowiadają długościom poszczególnych prętów projektu wyrażoną w metrach, co po ponownym imporcie takiego pliku do programu skutkuje koniecznością ustawienia współczynnika skali na 1. W przypadku eksportu do pliku **DXF** projektów zawierających pręty na mimośrodku, do rysunku zapisane będą wszystkie pręty widoczne w projekcie, jak również niewidoczne pręty wirtualne, będące odpowiednikiem założonych mimośrodków. Taka metodologia zapewnia spójność zapisywanego projektu z układem prętów zdefiniowanych w programie.

Głównym przeznaczeniem funkcji eksportu do pliku **DXF** jest możliwość łatwego przenoszenia struktury układu między różnymi programami do obliczeń statycznych, mających możliwość wczytywania układu z otwartego tekstowego pliku **DXF**. W przypadku eksportu płaskich struktur

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

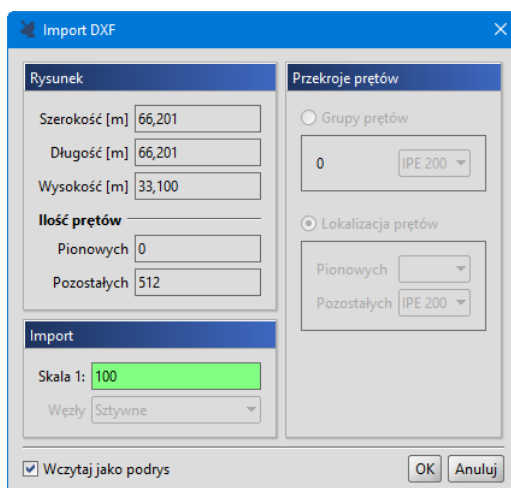
prętowych zdefiniowanych w płaszczyźnie XZ (domyślna płaszczyzna pracy programu **ArCADia-RAMA**), odwzorowane zostaną one w rysunku CAD w domyślnej płaszczyźnie rysunku XY. We wszystkich pozostałych przypadkach układ współrzędnych elementów rysunku **DXF** będzie odpowiadał takiemu samemu układowi współrzędnych programu **ArCADia-RAMA**.

Funkcję eksportu modelu do pliku **DXF** (ASCII) uzupełniono o zapis modelu **ArCADia-RAMA** do pliku CAD z zachowaniem podziału na zdefiniowane przez użytkownika grupy prętów, których odpowiednikiem w pliku **DXF** są tak samo nazwane warstwy, na których umieszczono odpowiednie osie prętów odpowiadające prętom znajdującym się w danej grupie.

## 3.16. Funkcja podrysu

### 3.16.1. Funkcja wczytywania podrysu z pliku DXF

Poza wczytywaniem do projektu plików **DXF** jako gotowych układów prętowych można też wczytać taki plik jako aktywny podrys. Aby wczytać do projektu plik **DXF** jako podrys, należy w oknie dialogowym **Import DXF** zaznaczyć opcję **Wczytaj jako podrys**.



Rys. 26 Wczytywanie pliku DXF jako podrys

Przy imporcie podrysu z pliku **DXF**, jako punkt wstawienia przyjmowany jest punkt (koniec linii) o najniższych współrzędnych x; y; z, oznaczony celownikiem. Wprowadzony do projektu podrys 2D lub 3D widoczny jest w programie jako zbiór cienkich szarych i przerywanych linii, po śladzie których można wprowadzać pręty układu. Podrys widziany jest w programie zawsze jako całość (a nie jako pojedyncze linie), nie można więc usunąć lub zmodyfikować części podrysu. Wszystkie linie podrysu przy wprowadzaniu prętów układu akceptują wszelkie dostępne w programie punkty przyciągania, takie jak: koniec, środek, prostopadły, przecięcia i punkty bliskie na linii podrysu. Rozpoznawany jest również punkt przecięcia linii podrysu z prętem. Gdy w projekcie aktywny jest podrys i na nim naniesione są pręty, priorytet rozpoznawania punktów przyciągania jest następujący (licząc od najwyższego):

- Pojedyncze punkty charakterystyczne pręta, takie jak: koniec, środek, prostopadły, przecięcia, punkt przyłożenia obciążenia, dla których priorytety ustawione są w kolejności jak dla prętów.

Podręcznik do programu

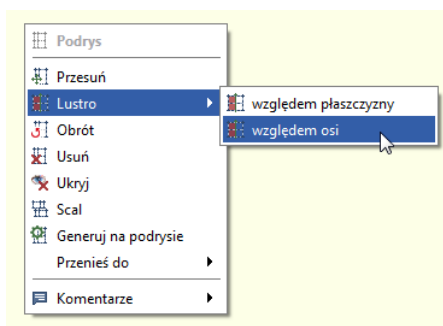
Opis programu R3D3-Rama 3D

- Punkt przecięcia linii podrysu i pręta rozpoznawany jako punkt pręta.
- Pojedyncze punkty charakterystyczne linii podrysu, takie jak: koniec, środek, prostopady, przecięcia, dla których priorytety ustawione są w kolejności jak dla prętów.
- Punkty bliskie na przecie.
- Punkty bliskie na linii podrysu.

Zawsze pojedynczy punkt charakterystyczny linii podrysu będący jednocześnie pojedynczym punktem charakterystycznym pręta rozpoznawany jest jednocześnie jako punkt pręta i przy wprowadzaniu elementu użytkownik musi zdecydować, czy w tym miejscu ma być utworzony węzeł na przecie. W takim przypadku zawsze wyższy priorytet będzie miał punkt charakterystyczny pręta w stosunku do punktu podrysu.

Wprowadzony do projektu podrys w każdej chwili można włączyć lub wyłączyć, można również sterować rozpoznawaniem poszczególnych punktów charakterystycznych, przy czym rozpoznawanie to zawsze jednocześnie dotyczy punktów charakterystycznych pręta i linii podrysu według opisanych powyżej priorytetów. Wprowadzony do projektu podrys zapisywany i pamiętany jest w pliku projektu (plik **f3d/f2d**). Do projektu aktualnie można wczytać wiele podrysów. Po zaimportowaniu podrysu z pliku **DXF** program automatycznie ustawia widok modelu z podrysem w dowolnym widoku 3D..

Każdy wprowadzony do projektu podrys posiada swój punkt wstawienia oznaczony symbolem celownika. Zaznaczenie podrysu odbywa się przez wskazanie punktu jego wstawienia lub dowolnego punktu na jego konturze. Wybranie samego podrysu lub podrysów (bez jakichkolwiek prętów lub węzłów) daje dostęp do menu kontekstowego prawego klawisza myszki zawierającego operacje dostępne dla podrysu, takie jak np.: **Przesuń**, **Lustro względem płaszczyzny**, **Lustro względem osi** i **Obrót**, **Usuń**, **Ukryj**, **Scal** i **Generuj na podrysie**. Wywołanie funkcji odbicia lustrzanego lub obrotu wywołuje dodatkowe okienko, w którym możemy zdecydować, czy w trakcie operacji ma zostać zachowana również lokalizacja podrysu źródłowego. Funkcja: **Przenieś do...** pozwala na przeniesienie danego podrysu do odpowiedniej, wcześniej zdefiniowanej grupy podrysów (domyślnie jest to grupa **Niepogrupowane**) a funkcja **Komentarze** umożliwia dodanie dowolnego komentarza do danego podrysu.



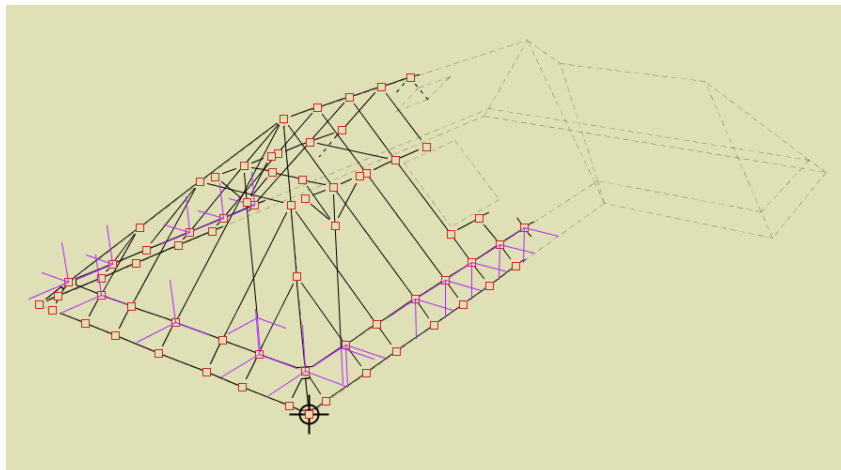
Rys. 27 Menu prawego klawisza myszki dla podrysu

Należy pamiętać, że każda z tych operacji możliwa jest zawsze tylko dla całego podrysu. Zaznaczenie dowolnych innych elementów układu statycznego wraz z punktem wstawienia lub konturem podrysu daje dostęp do menu kontekstowego operacji na tych elementach (bez możliwości dostępu do menu kontekstowego operacji na podrysie).

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

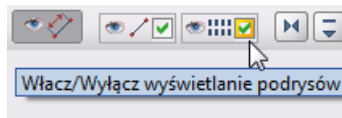
Do każdego projektu można wczytać wiele podrysów. Wszystkie kolejno wprowadzane do projektu podrysy z pliku **DXF** oraz podrysy dachu z plików **ArCADii „xproject”** są w kolejności ich wprowadzenia numerowane jako: **Podrys 1; Podrys 2...** itd. Natomiast wszystkie linie podrysu, które powstały na skutek zamiany prętów układu na podrys, zapisywane są zawsze w jednym, wydzielonym podrysie o numerze „0” (**Podrys 0**).



Rys. 28 Widok przestrzennego podrysu z częściowo wprowadzonym układem

Podrysy widoczne są w projekcie jedynie wówczas, gdy włączona jest zakładka **Geometria** lub **Obciążenia**, natomiast na zakładce **Wyniki** i **Wymiarowanie** nie są one widoczne.


Wprowadzone do projektu podrysy w każdej chwili można włączyć lub wyłączyć, wybierając odpowiedni znacznik w lewym górnym rogu ekranu.

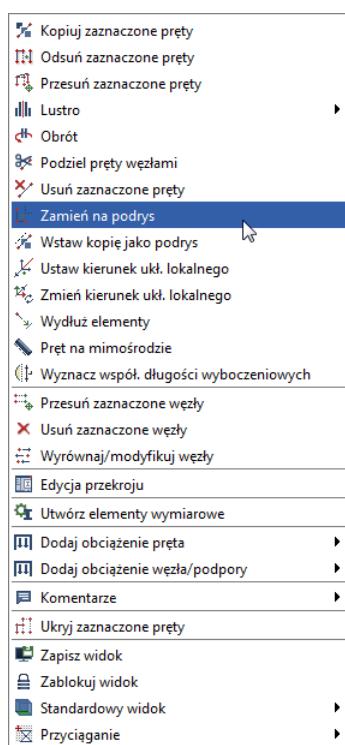


Rys. 29 Włączanie i wyłączanie podrysu w projekcie

### 3.16.2. Funkcja zamiany i kopiowania prętów na podrys

Dla zaznaczonej grupy prętów układu istnieje również możliwość zamiany tych elementów na linie podrysu.

W tym celu zaznaczamy odpowiednią grupę prętów układu i z menu podręcznego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Zmień na podrys**.



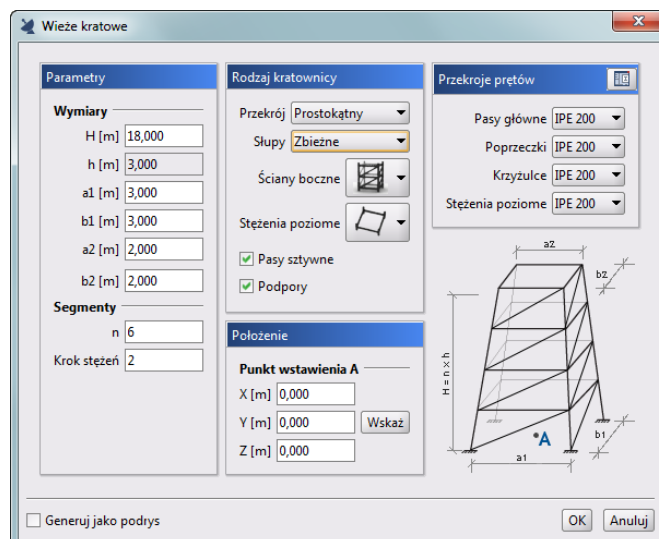
Rys. 30 Wybór opcji *Zamień na podrys* z menu kontekstowego

Pręty zamieniane na podrys, niezależnie od ilości wykonanych tego typu operacji, zawsze dokładane są do tego samego podrysu, który w projekcie widoczny jest jako **Podrys 0**. Operacja zamiany prętów na podrys polega na usunięciu zaznaczonych prętów z projektu oraz na wprowadzeniu w ich lokalizacji przerywanych i aktywnych linii podrysu.

Można również zastosować inną funkcję menu kontekstowego, **Wstaw kopię jako podrys**, która pozwala skopiować grupę zaznaczonych prętów i wstawić ją jako podrys w zmienionej lokalizacji. Po jej wywołaniu użytkownik wskazuje punkt bazowy i docelowy wstawianej kopii prętów zamienionych na podrys.

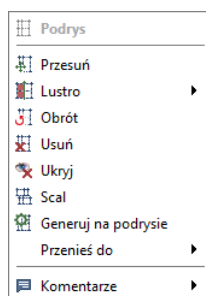
### 3.17. Generowanie i edycja podrysów

Wszystkie dostępne w programie parametryczne generatory konstrukcji (płaskie i przestrzenne) wyposażono w dodatkowy znacznik **Generuj jako podrys**, znajdujący się w lewym dolnym rogu okna generatora.



Rys. 31 Okno generatora konstrukcji z funkcją generowania podrysu

Jego zaznaczenie pozwala na automatyczne wygenerowanie płaskiej lub przestrzennej siatki pomocniczej o kształcie danej konstrukcji typowej, pozwalającej dalej na tej podstawie rysować szkielet prętowy z wykorzystaniem charakterystycznych punktów przyciągania do tej siatki i elementów śledzenia. Łatwe wprowadzenie do modelu podrysów przez: zamianę prętów na podrys, wczytanie ich z pliku **DXF**, wprowadzenie z generatora dachów z programu **ArCADia-ARCHITEKTURA** lub z pozostałych generatorów typowych konstrukcji, w postaci potencjalnie wielu siatek pomocniczych używanych w ramach jednego modelu, wymaga wprowadzenia odpowiedniego zarządzania podrysami w projekcie. Dlatego też do funkcji edycyjnych dostępnych z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla zaznaczonego podrysu przewidziano opcję **Ukryj**, umożliwiającą chwilowe ukrycie wybranego podrysu w widoku modelu. Ukryte podrysy można ponownie zobaczyć na modelu, wybierając funkcję **Pokaż** dla konkretnego podrysu w menu kontekstowym w „drzewie projektu” lub wybierając odpowiedni stan przycisku na dolnym pasku ekranu (włącza lub wyłącza widoczność wszystkich podrysów w modelu). Dla zaznaczonego podrysu w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dostępne są między innymi opcje takie jak: **Komentarze – Dodaj/Usuń komentarz, Scal** oraz **Generuj na podrysie**. Pierwsza z nich pozwala na dodanie do podrysu dowolnego komentarza użytkownika, druga scala zaznaczone podrysy w jeden podrys, a trzecia nanosi na wszystkie linie siatki podrysu pręty modelu połączone domyślnie węzłami sztywnymi z przypisanym do nich domyślnym przekrojem (pierwszym z listy).



Rys. 32 Menu kontekstowe dla zaznaczonego znacznika podrysu



Podręcznik do programu

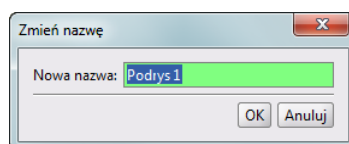
Opis programu R3D3-Rama 3D

Dodatkowo wszystkie podrysy, które wprowadzono do projektu, wyświetlone są w „drzewie projektu” w rozwijalnej i przeważnie podzielonej na grupy, gałęzi **Podrysy** w postaci domyślnej nazwy nadanej automatycznie każdemu podrysowi przez program przy jego wstawieniu do modelu. Dla całej gałęzi **Podrysy** w menu kontekstowym prawego klawisza myszki w „drzewie projektu” dostępna jest funkcja **Usuń** pozwalająca usunąć jednym ruchem wszystkie podrysy z projektu. Po rozwinięciu gałęzi **Podrysy** w „drzewie projektu” widoczne są nazwy poszczególnych podrysów. Kliknięcie na znacznik danego podrysu znajdującego się przed jego nazwą zaznacza punkt wstawienia danego podrysu umożliwiając dostęp do menu kontekstowego prawego klawisza myszki zawierającego funkcje edycyjne dla podrysu. Kliknięcie prawym klawiszem myszki na nazwie podrysu w „drzewie projektu” umożliwia dostęp do menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla tego podrysu, które zawiera trzy lub cztery funkcje:



Rys. 33 Menu kontekstowe podrysu w „drzewie projektu”

- **Ukryj/Pokaż** – ukrywa lub przywraca widoczność danego podrysu w modelu.
- **Zmień nazwę** – uruchamia okno edycyjne umożliwiające zmianę domyślnej zmiany danego podrysu.



Rys. 34 Okno zmiany nazwy podrysu

- **Usuń** – opcja usuwa dany podrys z modelu i „drzewa projektu”.
- **Dodaj komentarz** lub **Edytuj** i **Usuń komentarz** – opcje pozwalają dodać, edytować bądź usunąć wprowadzony komentarz użytkownika.

### 3.17.1. Tworzenie podrysów

W programie mamy kilka możliwości tworzenia podrysów:

- Wczytanie podrysu z pliku tekstowego **DXF**.
- Wczytanie podrysu z dowolnego generatora prętów.
- Wczytanie podrysu dachu z generatora dachów z **ArCADii**.
- Wczytanie układu zrzutowanych osi modularnych z programu **ArCADia**.
- Zamiana zaznaczonego układu prętów modelu na podrys funkcją z menu kontekstowego prawego klawisza myszki.
- Wczytanie całej struktury podrysów z modelu **BIM** programu **ArCADia** (ściany, stropy, połączenia, układ prętów i osi modularnych).

### 3.17.2. Selekcja podrysów

Selekcja podrysów od wersji 17. programu realizowana jest analogicznie jak w przypadku prętów:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Dla pojedynczego podrysu:

– Przez kliknięcie w dowolnym punkcie konturu podrysu.

– Przez zaznaczenie odpowiedniego znacznika pojedynczego podrysu w „drzewie projektu”.

- Dla wielu podrysów:

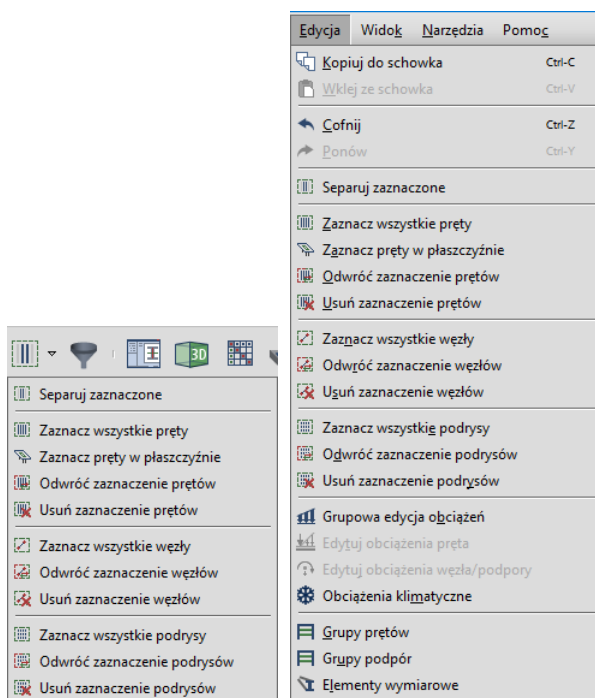
– Przez kolejne kliknięcia na dowolnym punkcie konturu podrysu z jednocześnie przytrzymaniem klawisza **Shift**.

– Zaznaczając oknem przecinającym lub obejmującym (z wciśniętym klawiszem **Ctrl**).

– Przez zaznaczenie odpowiedniego znacznika grupy podrysów w „drzewie projektu”.

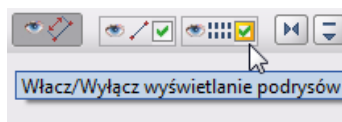
Odnaczanie wcześniej zaznaczonych podrysów odbywa się również dokładnie według reguł dostępnych dla prętów modelu.

Po zaznaczeniu wybranej grupy podrysów możemy też odwrócić zaznaczenie podrysów funkcją dostępną na górnym pasku narzędzi i w menu **Edycja**.



Rys. 35 Funkcja odwracania zaznaczenia podrysów

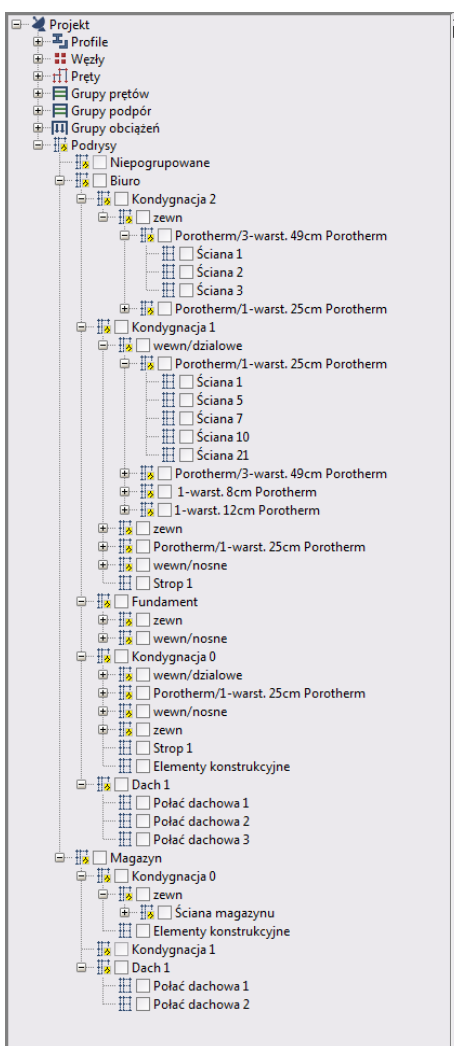
Poza opisaną funkcją odwracania zaznaczenia podrysów z menu **Edycja** i paska górnego możemy zaznaczyć lub odznaczyć wszystkie podrysy, choć łatwiej jest to zrobić znacznikiem w prawym górnym rogu ekranu.



Rys. 36 Funkcja szybkiego przełączania widoczności wszystkich podrysów

### 3.17.3. Struktura podrysów w projekcie

Pojedynczo tworzone bądź wczytywane podrysy umieszczane są w nieusuwalnej grupie podrysów **Niepogrupowane**. Inaczej sytuacja wygląda przy jednorazowym imporcie wielu podrysów w przypadku wczytywania modelu **BIM** z programu **ArCADia**. Wówczas w „drzewie projektu” wczytywana jest cała struktura podrysów wzorowana na strukturze modelu **BIM** w programie **ArCADia**.



Rys. 37 Przykładowa struktura podrysów wczytana wraz z modelem BIM

Struktura zagłębień kolejnych poziomów grup podrysów:

Poziom 1 – **Niepogrupowane**, podział na budynki.

Poziom 2 – kondygnacje, dach, fundamenty.

Podręcznik do programu

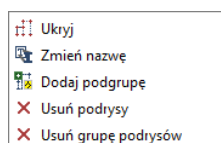
Opis programu R3D3-Rama 3D

Poziom 3 – typy ścian (zewnątrzne, wewnętrzne, działowe, nośne), stropy, elementy konstrukcyjne, połacie.

Poziom 4 – rodzaje ścian ze względu na ich strukturę, elementy połaci (facjatki).

Każda z grup podrysów dowolnego poziomu, jak również każdy pojedynczy podrys w „drzewie projektu” posiada znacznik umożliwiający selekcję wszystkich podrysów znajdujących się poniżej danego elementu.

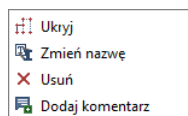
Dla każdej zaznaczonej grupy podrysów w „drzewie projektu” w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dostępne są poniższe opcje:



Rys. 38 Funkcje dostępne dla grupy podrysów w menu kontekstowym prawego klawisza myszki

Wyjątek stanowi tu grupa podrysów **Niepogrupowane**, dla której dostępna jest jedynie opcja **Dodaj podgrupę**.

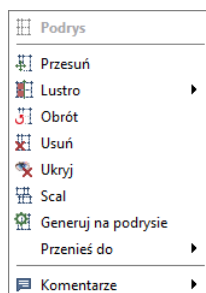
Dla każdego zaznaczonego podrysu w „drzewie projektu” w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dostępne są poniższe opcje:



Rys. 39 Funkcje dostępne dla zaznaczonego podrysu w menu kontekstowym prawego klawisza myszki

### 3.17.4. Edycja podrysów

Funkcje edycyjne dla podrysów dostępne są w menu kontekstowym prawego klawisza myszki w przypadku zaznaczenia wyłącznie jednego lub kilku podrysów (bez zaznaczania żadnych innych elementów projektu). Menu kontekstowe prawego klawisza myszki wygląda wówczas jak niżej:



Rys. 40 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla zaznaczonych podrysów

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

**Przesuń** – funkcja przesuwa zaznaczone podrysy o wskazany wektor.

**Lustro** – funkcja pozwala na odbicie lustrzane zaznaczonych podrysów względem osi lub płaszczyzny.

**Obrót** – funkcja pozwala na obrót zaznaczonych podrysów względem wskazanej osi.

**Usuń** – funkcja usuwa z modelu zaznaczone podrysy.

**Ukryj** – funkcja ukrywa w modelu widoczność zaznaczonych podrysów.

**Scala** – funkcja scala w jeden zaznaczone podrysy.


**Generuj na podrysie** – funkcja tworzy automatycznie model prętowy po konturze zaznaczonych podrysów.

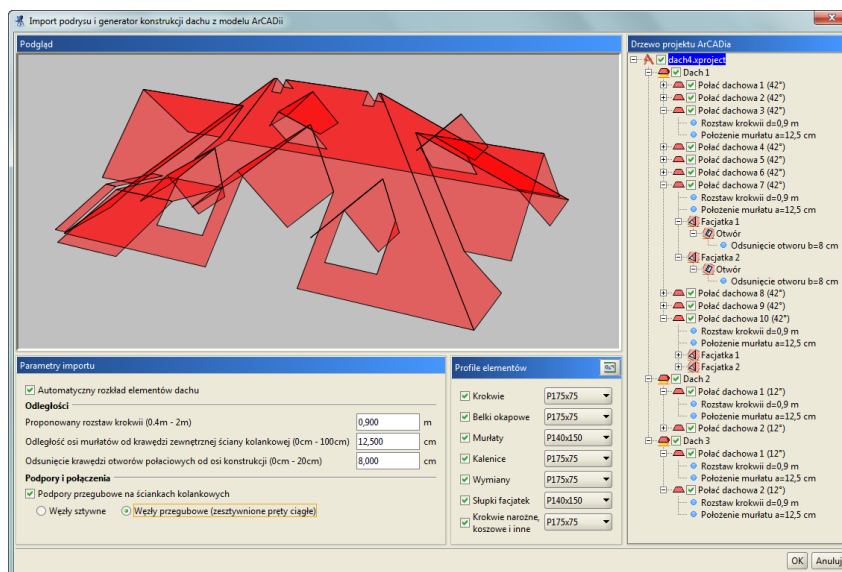
**Przenieś do** – funkcja pozwala na przeniesienie zaznaczonych podrysów do wybranej grupy podrysów dostępnej w odpowiedniej gałęzi „drzewa projektu”.

**Komentarze** – funkcja pozwalająca dodać i usunąć komentarz użytkownika do zaznaczonych podrysów.

## 3.18. Generator konstrukcji dachu z systemu ArcADia

### 3.18.1. Struktura okna generatora konstrukcji dachu

Wywołanie generatora konstrukcji dachu w programie **R3D3-Rama 3D** odbywa się inaczej niż dla wszystkich innych generatorów konstrukcji. Jest to związane z tym, że program do automatycznego wykonania wstępnej konstrukcji dowolnego dachu wymaga jego podrysu, ustalającego parametry geometryczne dachu. Podrys taki możemy uzyskać przez wczytanie pliku „**xproject**”, utworzonego w systemie **ArcADia**. Opisaną powyżej funkcję wywołać można z menu górnego **Plik** opcją  **ArcADia** – **import dachu**. Po jej uruchomieniu zostanie wywołane okno dialogowe umożliwiające użytkownikowi wskazanie lokalizacji pliku **XML** systemu **ArcADia**, zawierającego między innymi informacje o kształcie projektowanego dachu. Są to pliki o rozszerzeniu „**xproject**” (np. Dach z facjatka.xproject). Kilka przykładowych projektów „**xproject**”, zawierających dachy z systemu **ArcADia**, zamieszczono w katalogu przykładów programu **R3D3-Rama 3D**. W przypadku próby importu dachu z pliku „**xproject**”, który tego dachu nie zawiera, użytkownik zostanie poinformowany o tym fakcie odpowiednim komunikatem. Po wczytaniu prawidłowego pliku, zawierającego minimum jeden dach, w programie zostanie wyświetlone okno dialogowe **Import podrysu i generator konstrukcji dachu z modelu ArcADii** o widoku jak niżej:



Rys. 41 Okno dialogowe Import podrysu i generator konstrukcji dachu z modelu ArCADii

Powyższe okno składa się z czterech odrębnych paneli. W lewym górnym rogu okna znajduje się dynamiczny podgląd geometrii wczytywanego dachu. Widok tego dachu można dowolnie obracać, przybliżać i oddalać, posługując się wciśniętym prawym klawiszem myszki i rollką (analogicznie jak w przypadku głównego ekranu graficznego programu). Na widoku dynamicznym, na czerwono lub za pomocą zielonej obwódki, zaznaczone są te elementy dachu (połacie, fasjatkę, otwory), które aktualnie wybrano w „drzewie” struktury dachu (lub dachów) znajdującym się po prawej stronie okna.

Poniżej widoku umieszczono panel **Parametrów importu**, w którym użytkownik może określić parametry niezbędne do wykonania propozycji automatycznego rozkładu konstrukcji dachu. Zawiera on zestaw edytowalnych parametrów i opcji obowiązujących dla całej struktury dachów widocznej aktualnie na podglądzie.


W celu wykonania konstrukcji dachu należy w oknie zaznaczyć opcję **Automatyczny rozkład elementów dachu**. W przypadku jej odznaczenia do projektu zostanie wstawiony sam podrys dachu. Następnie należy podać **Proponowany rozstaw krokwi [m]** oraz określić **Odległość osi murłatów od krawędzi zewnętrznej ściany kolankowej [cm]**. Dalej należy podać minimalne **Odsunięcie krawędzi otworów połączonych od osi konstrukcji [cm]**. Przy wszystkich powyższych parametrach w nawiasach podano zakres dostępnych w danym przypadku wartości.

W dalszej kolejności użytkownik powinien podjąć decyzję dotyczącą podpór i połączeń prętów generowanego układu. Mamy tu do dyspozycji możliwość automatycznego założenia **Podpór przegubowych na ściankach kolankowych**. Podpory te zakładane są pod krokiewiami w miejscu ich oparcia na ścianie kolankowej. Kolejną decyzją użytkownika jest ustalenie sposobu łączenia prętów i elementów między sobą. Mamy tu do wyboru dwie możliwe opcje: połączenie na **Węzły sztywne** lub łączenie elementów **Węzłami przegubowymi**. W tym drugim przypadku węzłami przegubowymi łączone są jedynie elementy między sobą, natomiast wszystkie pręty ciągłe i współliniowe dalej pozostają połączone ze sobą sztywno. Wybór odpowiedniej opcji jest o tyle istotny, że na skutek jej działania uzyskujemy różne cele. Wybór węzłów sztywnych daje model znacznie odbiegający od rzeczywistości w zakresie połączeń, lecz otrzymany układ jest w większości przypadków geometrycznie

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

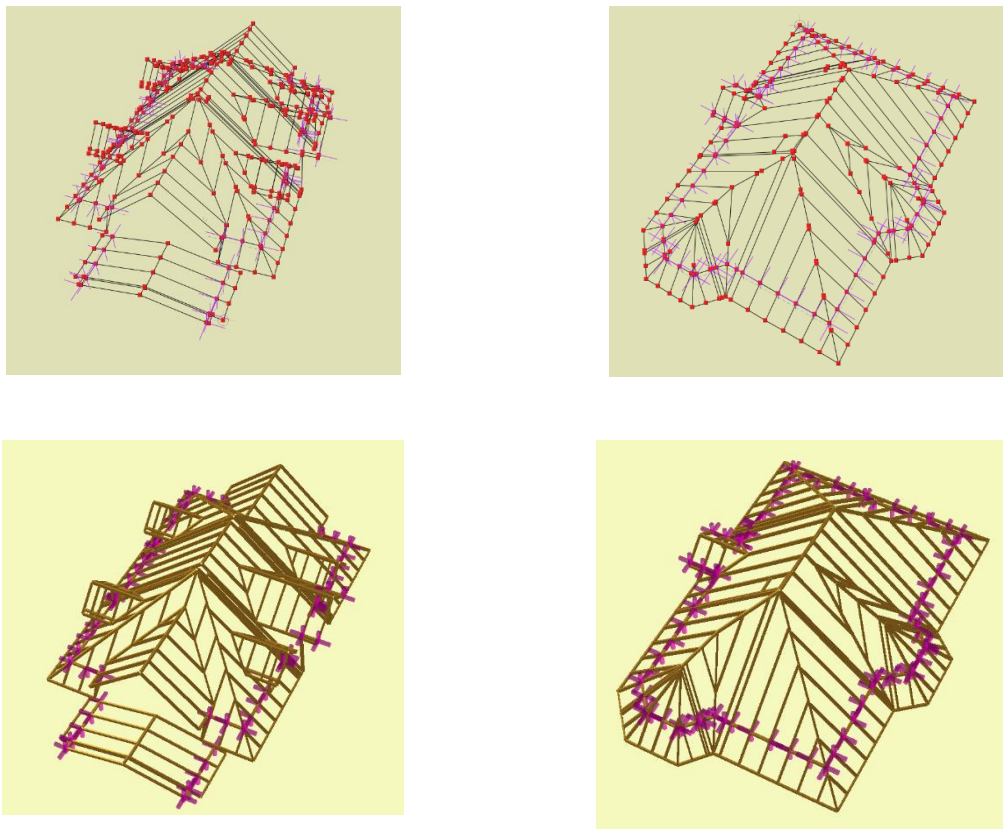
niezmienny. Wybór węzłów przegubowych daje ustrój bliższy rzeczywistości, ale w wielu przypadkach bez modyfikacji połączeń węzłów i wprowadzenia dodatkowych układów poprzecznych dachu otrzymamy układ geometrycznie zmienny.

Następnie w panelu **Profile elementów** należy przypisać odpowiednim typom elementów dachu profile z listy dostępnej w projekcie (listę właściwych profili użytkownik powinien przygotować w projekcie przed wywołaniem funkcji generatora lub wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Profile elementów** w celu uzupełnienia listy projektu o odpowiednie przekroje). Zaznaczając odpowiednie znaczniki przy grupach elementów, można również wybrać, które z nich w postaci prętów mają zostać umieszczone na podrysie. Należy przy tym pamiętać, że wykonanie automatycznego rozkładu konstrukcji dachu dotyczy jedynie dachów, dla których w danej chwili wczytywany jest podrys. Automatyczny rozkład dachu w programie wykonywany jest na podstawie kilku poniższych założeń:

- Krokwie połaci dachu lub facjatki rozliczane są dla każdej połaci osobno, w miarę równomiernie, w rozstawach jak najbardziej zbliżonych do wartości określonej przez użytkownika oraz zawsze prostopadle do linii oparcia połaci na ścianie kolankowej.
- Krokwie zakładane są zawsze we wszystkich punktach charakterystycznych danej połaci dachu lub facjatki.
- Przy rozkładzie stosowana jest zasada, że rzeczywisty minimalny i maksymalny rozstaw krokwi powinien zawierać się w przedziale od 67% do 133% rozstawu zdefiniowanego przez użytkownika.
- Przy wszelkich otworach połaciowych krokwie trafiające na otwór są docinane na jego szerokości i w odpowiednim, podanym przez użytkownika odsunięciu od krawędzi otworu zakładany jest układ wymianów na obrysie wypukłym otworu.

Dla większości prostych układów dachowych tego typu założenia pozwalają uzyskać w miarę prawidłowy układ konstrukcji połaci dachowych. Czasem otrzymany w ten sposób układ będzie wymagał uzupełnienia lub niewielkich modyfikacji. Konieczne będzie również uzupełnienie projektu o ewentualne wrysowanie układu poprzecznego dachu. Kontrola użytkownika wymaga również automatyczne przypisanie poszczególnych prętów do **Grup prętów** utworzonych w programie, zwłaszcza dla dachów o nietypowych, ukośnych kalenicach. Dlatego też wykonaną przez program automatyczną konstrukcję dachu należy traktować jako zaawansowaną propozycję, która zawsze wymaga dodatkowej, uważnej kontroli użytkownika oraz wprowadzenia niezbędnych modyfikacji.

Skutkiem działania wyżej opisanej funkcji jest uzyskanie w projekcie **Ramy 3D** pełnego, aktywnego podrysu kształtu dachu, ze wszystkimi cechami zwykłego podrysu oraz opcjonalnie rozłożenia na połaciach prętów w postaci: murłat, krokwi, belek okapowych, kalenic, krokwi koszowych i narożnych, wymianów przy otworach, a także elementów facjatek. Automatycznie wprowadzone do projektu pręty dachu podzielone są na odpowiednie grupy prętów z przypisanymi do nich przez użytkownika właściwymi profilami i założonymi podporami w miejscach ścian kolankowych.



Rys. 42 Przykłady projektów dachów z systemu ArcADia z automatycznie wygenerowanym układem konstrukcji połączeń w modelu siatkowym i widoku 3D

### 3.18.2. Struktura i funkcje „drzewa” konstrukcji dachu

Z prawej strony okna **Import podrysu i generator konstrukcji dachu z modelu ArcADii** znajduje się „drzewo” struktury dachów przejmowanych z **ArcADii**. Dwa podstawowe poziomy zagłębienia „drzewa” to dach i połącz dachu. Każdy z nich posiada znacznik wyboru dachu lub połączeń do wstawienia. Każde odznaczenie znacznika spowoduje usunięcie odpowiedniego dachu lub połączeń z dynamicznego podglądu. Wszystkie dachy są domyślnie zaznaczone do wczytania jako podrys. Odznaczenie któregoś z dachów w „drzewie” spowoduje, że nie będzie dla niego wczytany podrys. Wszystkie dachy wczytane naraz do projektu **Ramy 3D** widziane będą łącznie jako jeden podrys, nawet wówczas gdy będą to dachy rozłączne. Gdy użytkownik chce wczytać poszczególne dachy jako odrębne podrysy, powinien wczytywać dachy pojedynczo, każdy w osobnej sesji omawianej funkcji. Należy przy tym pamiętać, że wczytywanie dachów jednego projektu jako odrębne podrysy skutkuje tym, że w projekcie można je przesuwać względem siebie, a w związku z tym można zmienić ich wzajemną relację założoną przez architekta w projekcie **ArcADii**. Analogiczna sytuacja dotyczy poszczególnych połączeń dachu.

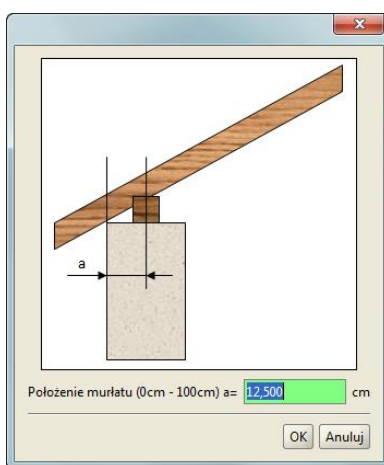
Dowolne podświetlenie na niebiesko aktualnie wybranego elementu „drzewa” spowoduje jego wskazanie na dynamicznym podglądzie dachu. W przypadku dachu lub połączeń jest to podświetlenie kolorem czerwonym powierzchni, a w przypadku otworów lub facjatek wyróżnienie obrysu zieloną obwódką. Ta funkcjonalność pozwala użytkownikowi na pełną orientację, który element „drzewa” jest aktualnie wybierany lub edytowany.



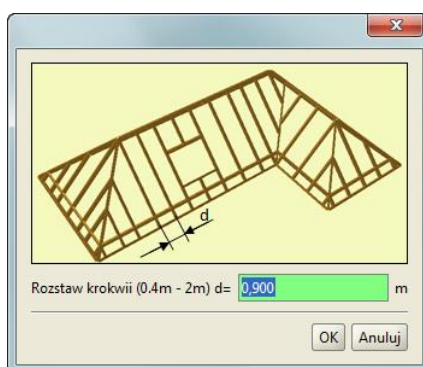
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

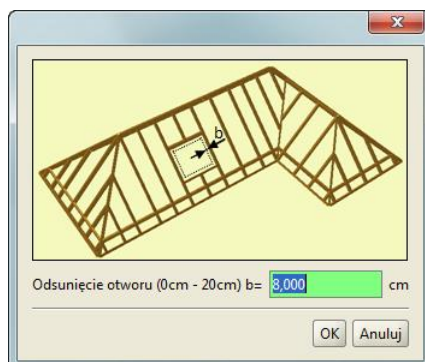
Kolejnymi poziomami zagłębienia „drzewa” (po dachu i połaci) są otwór w połaci i facjatka, przy czym w ramach facjatki również przeważnie występuje otwór połaciowy pod facjatkę, stanowiąc jej element podrzędny. Elementy struktury „drzewa” takie jak połać i otwór w połaci posiadają przypisane do siebie parametry analogiczne jak parametry ogólne przypisane do całego dachu i zawarte w panelu **Parametrów importu**. Edycja tych parametrów dotyczy zawsze jednej wybranej połaci lub wybranego otworu połaci (facjatki), a ich wartość może być ustawiona na różną dla każdej połaci lub otworu. Edycja każdego parametru w „drzewie” projektu dachu wywoływana jest przez dwuklik myszką na danym parametrze lub z menu kontekstowego **Edytuj...** wywoływanego prawym klawiszem myszki dla danego elementu. Wówczas wyświetlone zostanie dodatkowe okno dialogowe zawierające odpowiedź graficzną i pole edycyjne tego parametru. Widoki okien edycyjnych parametrów „drzewa” projektu dachu przedstawiono poniżej:



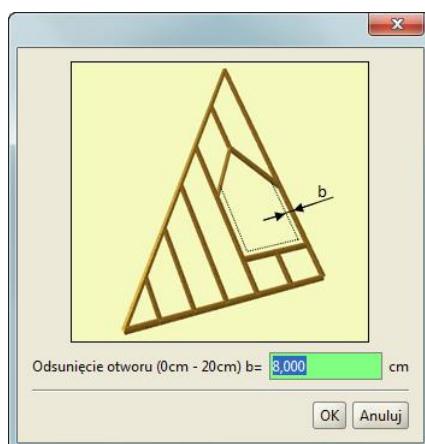
Rys. 43 Okno edycji odległości osi murłaty od krawędzi zewnętrznej ścianki kolankowej dla danej połaci



Rys. 44 Okno edycji rozstawu krokwi dla danej połaci



Rys. 45 Okno edycji odsunięcia osi elementów konstrukcji od krawędzi otworu połaciowego dla danego otworu



Rys. 46 Okno edycji odsunięcia osi elementów konstrukcji od krawędzi otworu facjatki dla danego otworu facjatki

Przy odsuwaniu osi elementów konstrukcyjnych dachu od krawędzi otworu pod facjatkę, odsuwane są wszystkie elementy wokół otworu, z wyjątkiem górnych wymianów otworu, stanowiących jednocześnie krokwie koszowe facjatki, które pozostają w osi podrysu dachu. Konstrukcja nośna facjatki wsparta jest na układzie belek podpierających powstałych przez zrzutowanie elementów konstrukcyjnych wokół otworu facjatki na jej połacie, a także wsparta jest na połaci krokwiemi koszowymi w miejscu styku połaci facjatki i dachu oraz dodatkowo podparta dwoma słupkami.

### 3.19. Wstawianie układu szkieletowego z R3D3 do modelu ArcADii-ARCHITEKTURY

Najbardziej optymalną procedurą modelowania dowolnego szkieletu prętowego w *R3D3-Rama 3D*, a następnie jego wstawienia do modelu systemu *ArcADia* jest rozpoczęcie modelowania szkieletu od eksportu podrysów z programu *ArcADia-ARCHITEKTURA* (funkcja: *Eksportuj podrys do R3D3-Rama 3D*). Za pomocą powyższej funkcji do automatycznie otwartego pustego projektu w *R3D3* wczytywane są dwa podrysy. Jeden zawiera układ wszystkich osi modułarnych danego projektu *ArcADii* zrzutowany na najniższy poziom kondygnacji z wyprowadzonymi osiami pionowymi w punktach przecięcia osi poziomych, wyprowadzonych na całkowitą wysokość wszystkich kondygnacji lub do płaszczyzny połaci

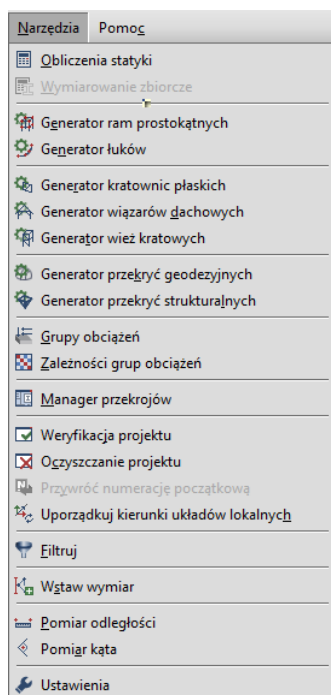
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

dachu. Drugi zawiera podrys połaci dachu/dachów z naniesionymi na odpowiednie połacie rzutami poziomymi osi modularnych lub ich przedłużeń. Na bazie tak przygotowanych podrysów ustalających lokalizację poszczególnych elementów w programie **R3D3-Rama 3D** użytkownik buduje szkielet prętowy, a po skończeniu modelu zapisuje go tak jak każdy inny projekt w pliku **f3d**. Następnie w programie **ArcADia-ARCHITEKTURA** wywołujemy funkcję **Importu szkieletu prętowego z pliku f3d** i wskazujemy lokalizację pliku na dysku. Przed wprowadzeniem szkieletu prętowego do rzutu budynku w systemie **ArcADia** program wyświetla dynamiczny podgląd osi szkieletu z wybranym przez użytkownika punktem wstawienia, ułatwiając w ten sposób jego lokalizację na rzucie. Ewentualny kąt obrotu i poziom wstawienia szkieletu użytkownik może zmienić w oknie **Właściwości** paska akcji wyświetlanego przy wstawianiu szkieletu. Oczywiście do modelu **ArcADii** można wstawiać dowolne modele prętowe z plików **f3d**, niekoniecznie odrysowane na bazie podrysów z **ArcADii**. Przy ponownym wstawianiu modelu prętowego **f3d** do projektu **ArcADii**, w którym już wcześniej wstawiono szkielet prętowy, użytkownik zostanie zapytany, czy program ma podmienić istniejący układ prętowy czy też dołożyć nowy szkielet prętowy do projektu. Szkielet prętowy wprowadzony do projektu **ArcADii** po wstawieniu widziany jest w modelu zawsze jako całość, a po jego zaznaczeniu w pasku akcji można wywołać okno **Właściwości** wskazanego pojedynczego elementu szkieletu prętowego. Można taki szkielet po jego zaznaczeniu przesuwać jako całość w poziomie na rzucie lub w pionie na przekroju. Można zaznaczony szkielet usunąć klawiszem **Delete** lub rozbić na pojedyncze pręty. W tym drugim przypadku nie mamy już do czynienia ze szkieletem, lecz z pojedynczymi prętami przypisanymi do poszczególnych kondygnacji budynku. Dla wprowadzonego do modelu **ArcADii** szkieletu prętowego użytkownik może również wstawić wykazy materiałowe. Układ prętowy wczytany do projektu **ArcADii** zachowuje wszystkie kształty przekrojów prętów i ich długości zapisane w pliku **f3d**. Model układu szkieletowego wstawiony do projektu **ArcADii** można zapisać w pliku **IFC**, a następnie przenieść go w tym formacie do innych aplikacji **BIM**.


### 3.20. Funkcje oczyszczania i weryfikacji projektu

Wywołanie funkcji oczyszczania lub weryfikacji projektu można wykonać z menu górnego **Narzędzia** lub z głównego paska narzędziowego:



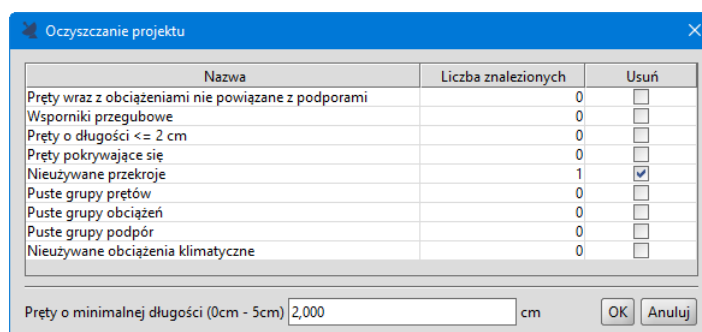
Rys. 47 Wywołanie funkcji oczyszczania lub weryfikacji projektu z menu Narzędzia i na głównym pasku narzędziowym

### 3.20.1. Funkcja oczyszczania projektu

W menu górnym **Narzędzia** oraz na głównym pasku narzędziowym znajduje się opcja  **Oczyszczanie projektu**. Służy ona do automatycznego eliminowania z projektu nadmiarowych elementów, które nie mają związku z liczoną strukturą i mogą być z niego usunięte. Po wywołaniu funkcji program analizuje aktualną strukturę projektu i wyszukuje następujące obiekty:

- Pręty wraz z obciążeniami niepowiązane z podporami (bezpośrednio ani pośrednio).
- Wsporniki przegubowe (wahacze).
- Pręty o długości mniejszej niż wartość zdefiniowana przez użytkownika w dole okna – domyślnie 2 cm.
- Pręty pokrywające się.
- Nieużywane w projekcie przekroje prętów.
- Puste grupy prętów.
- Puste grupy obciążeń.
- Puste grupy podpór.
- Nieużywane obciążenia klimatyczne.

Następnie wyświetlane jest poniższe okno, w którym użytkownik może zobaczyć, ile zostało znalezionych poszczególnych elementów oraz ewentualnie zaznaczyć je do usunięcia ze struktury projektu.



Rys. 48 Funkcja Oczyszczanie projektu

W czasie działania funkcji czyszczenia projektu, w przypadku braku jakiejkolwiek deklaracji przypisania do grupy prętów, przywracane są również ewentualne deklaracje przypisania prętów do domyślnej grupy prętów **Niepogrupowane**. Usuwanie ze struktury prętów o zdefiniowanej przez użytkownika długości wykonywane jest przez usunięcie takiego pręta oraz założenie w środku jego rozpiętości nowego węzła, do którego sprowadzane są wszystkie pręty schodzące się w węzle początkowym i końcowym usuniętego pręta. Mogą być w ten sposób usunięte z układu pręty do długości nie większej niż 5 cm. Zastosowanie tej funkcji z jednej strony wprowadza do układu niewielkie niedokładności geometryczne, lecz z drugiej eliminuje elementy, które są bardzo trudne do selekcji (np. 1 mm lub kilka mm) i często powodują znaczne wydłużenie obliczeń statycznych. Na dole okna umieszczono pole edycyjne, w którym użytkownik może określić w cm minimalną długość prętów, które zostaną w modelu po usunięciu prętów o mniejszej długości według powyżej opisanej procedury. Zmiana wartości minimalnej w dolnym polu edycyjnym za każdym razem na bieżąco uaktualniana jest w tabelce powyżej, łącznie z ilością znalezionych w modelu prętów do usunięcia.



Funkcja oczyszczania projektu dodatkowo „niejawnie” wykonuje następujące czynności:

- Usuwa węzły swobodne (od których nie odchodzą żadne pręty).
- Usuwa pręty istniejące na listach w węzłach, ale nieistniejące na głównej liście prętów.
- Usuwa pręty istniejące w zmiennych pomocniczych dla częściowych przegubów, a niebędące na głównej liście prętów układu.
- Usuwa pręty zerowe (obydwa końce takiego pręta dochodzą do tego samego węzła).

Funkcję oczyszczania projektu najczęściej użytkownik powinien uruchamiać: przed obliczeniami projektu o skomplikowanej strukturze, po wczytaniu projektu wykonanego w starszej wersji programu oraz w każdym innym przypadku, gdy działanie programu dla danego projektu wydaje się niezgodne z oczekiwaniem.


Funkcja oczyszczania projektu działa zawsze dla wszystkich elementów zdefiniowanego modelu, niezależnie od selekcji poszczególnych jego elementów.

### 3.20.2. Funkcja weryfikacji projektu

Obok opisanej powyżej funkcji  **Oczyszczania projektu**, w menu **Narzędzia** oraz na głównym pasku narzędziowym znajduje się opcja  **Weryfikacji projektu**. Jej działanie jest podobne do funkcji oczyszczania, z tym że nie usuwa ona elementów modelu, ale je modyfikuje według opisanych poniżej

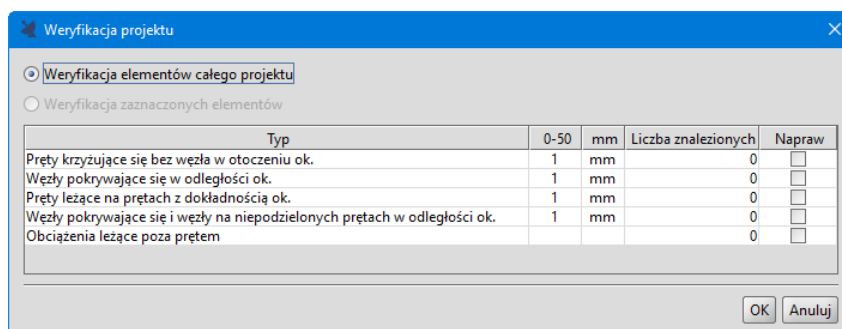
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

reguł. Druga podstawowa różnica między obiema funkcjami polega na tym, że funkcja weryfikacji może dotyczyć wszystkich prętów modelu lub wyselekcjonowanej ich grupy. Przy braku selekcji jakichkolwiek elementów modelu lub przy selekcji wszystkich obiektów modelu funkcja weryfikacji uruchomi się z zaznaczoną opcją  **Weryfikacja elementów całego projektu**. W każdym innym przypadku funkcja weryfikacji uruchomi się tylko dla wyselekcjonowanej grupy prętów i węzłów.

Na funkcję  **Weryfikacji projektu** składają się następujące operacje:

- Wyszukiwanie **węzłów leżących na niepodzielonych prętach w odległości ok. .... mm** – wówczas węzły te w modelu nie stykają się z tymi prętami. Opcja **Napraw** spowoduje podzielenie wszystkich zaznaczonych prętów w miejscach położenia węzłów na tych prętach.
- Wyszukiwanie **prętów krzyżujących się bez węzła w otoczeniu ok. .... mm** na długości (bez utworzenia węzła w miejscu skrzyżowania) i leżących w tej samej płaszczyźnie. Opcja **Napraw** dzieli wszystkie pręty w miejscach ich rzeczywistego skrzyżowania, a utworzone w ten sposób węzły scala w jeden wspólny węzeł.
- Wyszukiwanie prętów leżących w całości lub w części wzdłuż innych prętów – **pręty leżące na prętach z dokładnością do ok. .... mm**. Opcja **Napraw** dla prętów krótszych leżących w długości innych prętów, w miejscach ich końców, dzieli długość tych prętów węzłami i scala wszystkie węzły pokrywające się.
- Kolejną operacją funkcji weryfikacji modelu jest opcja scalania w zadanym przez użytkownika otoczeniu wszystkich węzłów modelu – **scalaj węzły pokrywające się w odległości ok. .... mm**. Operacja ta pozwala uchronić projekt przed niewielkimi niedokładnościami geometrycznymi wprowadzonymi do modelu i powodującymi brak połączenia prętów w węzłach leżących prawie w tej samej lokalizacji.
- Ostatnią funkcją przy weryfikacji projektu jest kontrola poprawności lokalizacji obciążeń na długości pręta. Jeśli jakieś obciążenie zlokalizowane jest poza długością pręta, zostanie w ramach tej operacji usunięte.



Rys. 49 Funkcja weryfikacji projektu

Dla każdej z wyżej wymienionych operacji z wyjątkiem ostatniej, w zależności od rozpatrywanej sytuacji, można osobno definiować: otoczenie, odległość lub dokładność danego sprawdzenia w zakresie 0 – 50 mm (widoczną w nagłówku tabeli). Domyślnie wielkość otoczenia, odległości lub dokładności danego sprawdzenia ustawiono na 1 mm. Każda zmiana wartości otoczenia, odległości lub dokładności operacji na bieżąco aktualizuje odpowiednią kolumnę w tabeli, zawierającą liczbę znalezionych elementów modelu przewidzianych do modyfikacji. O tym, czy przewidziana modyfikacja

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

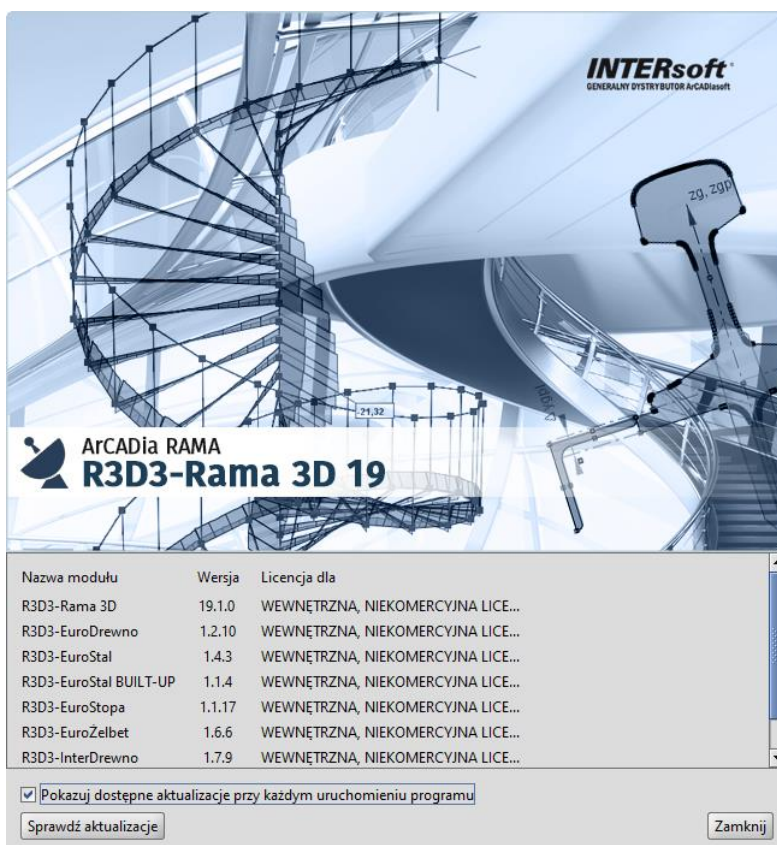
dla danej operacji ma się wykonać po naciśnięciu przycisku OK, decyduje odhaczony znacznik w kolumnie **Napraw** dla danej operacji.

### 3.21. Funkcja sprawdzania nowych wersji programu oraz aktualnie dostępnych licencji

W programie zaimplementowano funkcję sprawdzania dostępności nowych wersji programu. Działa ona

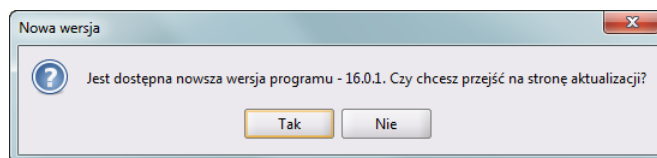
w dwóch trybach, które są zapamiętywane w ustawieniach programu:

- Automatyczne sprawdzanie nowych wersji programu. Opcja domyślna przy starcie programu. Funkcję tę można włączyć/wyłączyć, wywołując w menu górnym **Pomoc** okno dialogowe **O programie** i zaznaczając odpowiedni znacznik – **Sprawdzaj aktualizacje przy starcie programu**.
- Sprawdzanie nowych wersji programu na żądanie, przez wciśnięcie przycisku **Sprawdź aktualizacje** w oknie **O programie**.



Rys. 50 Okno O programie

Po sprawdzeniu aktualizacji, w przypadku pojawienia się nowej wersji, użytkownik jest o tym powiadamiany odpowiednim komunikatem i po potwierdzeniu przełączany na odpowiednią stronę internetową, z której może ją pobrać.



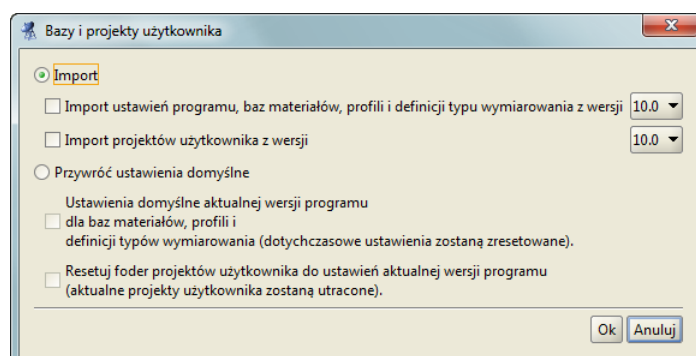
Rys. 51 Komunikat o dostępności nowej wersji programu

Program nigdy nie pobiera automatycznie aktualizacji i decyzję w tej sprawie zawsze pozostawia użytkownikowi.

W dolnej części okna wyświetlana jest lista dostępnych modułów w danej wersji programu, aktualny numer wersji każdego z modułów oraz lista udzielonych licencji na poszczególne moduły (wraz z opisem, komu została udzielona licencja).

### 3.22. Przywracanie baz, projektów i ustawień

W oknie **Ustawień** dołożono funkcję **Importu danych użytkownika**. Jest to funkcja przewidziana dla użytkownika zaawansowanego w pracy z programem. Funkcję tę wywołuje się dużym przyciskiem znajdującym się na dole okna **Ustawień**. Po jej wywołaniu zostanie wyświetlone okno jak niżej:



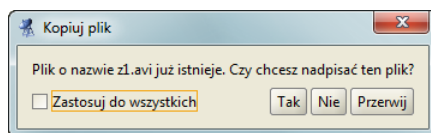
Rys. 52 Okno przywracania baz i projektów użytkownika

Funkcja ta pozwala na import ustawień programu i projektów z wybranej poprzedniej wersji programu lub przywrócenie domyślnych ustawień programu i reset folderu projektów do domyślnych ustawień aktualnej wersji.

Funkcja **Importu** umożliwia nadpisanie aktualnych ustawień programu, baz materiałowych, profili i definicji typu wymiarowania odpowiednimi danymi z wcześniejszej wybranej wersji programu. W niektórych przypadkach użycie tej funkcji może prowadzić do niepoprawnego działania programu. Wówczas mamy do dyspozycji funkcję przywracania ustawień domyślnych (baz materiałowych, profili, definicji typu wymiarowania) do ustawień domyślnych aktualnej wersji programu.

W przypadku importu projektów użytkownika z poprzedniej wybranej wersji może się tak zdarzyć, że wystąpią różne projekty o takiej samej nazwie (a na pewno tak będzie w przypadku projektów przykładowych). Wówczas to użytkownik musi zdecydować, które z projektów mają być nadpisane, a które nie.





Rys. 53 Okno nadpisywania plików projektów

W przypadku resetowania folderu projektów z założenia usunięte będą wszystkie dotychczasowe projekty użytkownika, a folder projektów zostanie zastąpiony folderem z projektami przykładowymi, takimi jakie były wyjściowo zaraz po instalacji programu.

Funkcji przywracania baz, ustawień i projektów należy używać z dużą ostrożnością i tylko wówczas, gdy użytkownik jest dobrze zorientowany w strukturze programu. W innych przypadkach użycie tej funkcji może prowadzić do nieodwracalnego usunięcia dotychczas wykonanych projektów lub uszkodzenia działania programu.

## 4. Podstawy

## 4.1. Elementy projektu

### 4.1.1. Węzły i pręty

Wprowadzane prętowe układy statyczne składają się z węzłów, podpór, prętów, połączeń prętów w węzłach i obciążeń.

W programie węzły nierozdzielnie związane są z prętami i jako takie nie istnieją samodzielnie (bez prętów, do których należą). W związku z tym usunięcie węzła z projektu usuwa automatycznie wszystkie pręty, które schodzą się w tym węźle. Natomiast usunięcie pręta z projektu usuwa również jego węzły tylko w takim przypadku, gdy nie są one wspólne dla innych prętów.

Pręt jest podstawowym elementem obliczeniowym w programie. Jego położenie w przestrzeni określają dwa węzły: początkowy i końcowy. Pręt ma stałe lub zmienne pole przekroju na długości.

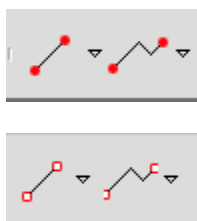
Położenie węzła w przestrzeni określają trzy współrzędne:  $x$ ,  $y$  i  $z$ . Dla każdego węzła można określać występowanie pełnego przegubu momentowego oraz typ podparcia i jego sprężystości.

Do prętów i węzłów można przykładać odpowiednie dla danego elementu obciążenia. Obciążenie zależnie od jego charakteru może być przyłożone do pręta, węzła oraz w dowolnej lokalizacji na pręcie i skierowane pod dowolnym kątem względem układu lokalnego pręta lub układu globalnego.

Przy wprowadzaniu prętów do modelu jego końce mogą być zadane jako węzeł sztywny lub przegubowy. W przypadku gdy rozpoczynamy wprowadzanie nowego pręta od dowolnego punktu po długości pręta istniejącego, aby istniało fizyczne połączenie obu prętów, wprowadzany na długości pręta węzeł powinien dzielić pręt istniejący na dwa osobne pręty.

### 4.1.2. Wprowadzanie prętów do modelu

Wprowadzanie prętów można realizować za pomocą dwóch odrębnych funkcji znajdujących się na głównym pasku narzędziowym. Jest to pojedyncze lub grupowe wprowadzanie prętów (jednym ciągiem, jako łamaną). Każda z tych opcji dostępna jest w dwóch trybach (dla prętów zakończonych przegubowo lub sztywno). Przy każdej z tych opcji dostępne jest: śledzenie, rozpoznawanie punktów charakterystycznych oraz domyślne dzielenie pręta wskazanym węzłem pręta.



Rys. 54 Wprowadzanie prętów do modelu

### 4.1.3. Wprowadzanie węzłów i podpór do modelu

Program nie pozwala na wprowadzenie do modelu samodzielnego węzła. Może on być tylko elementem wprowadzonego pręta, jego węzłem początkowym lub końcowym. Na głównym pasku

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

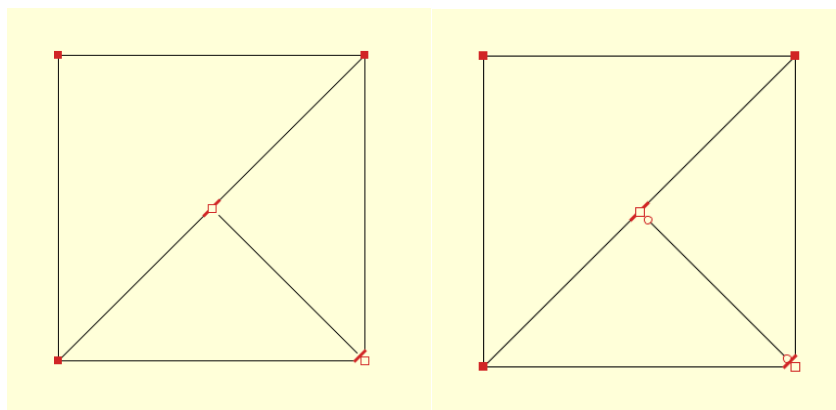
narzędziowym dodano dwie funkcje: wprowadzanie węzła i wprowadzanie podpory. Do modelu można wprowadzić nowy węzeł (przegubowy bądź sztywny) tylko na długości istniejącego pręta, przy czym węzeł ten domyślnie będzie dzielił pręt na dwa pręty. Jeśli w trakcie wstawiania węzła wybierzemy opcję bez podziału pręta węzłem, węzeł ten nie zostanie wstawiony. Wprowadzanie podpory (w pełni przegubowej lub sztywnej) dostępne jest dla dowolnego pręta, tylko po jego długości lub w jego węzłach. (pręt dzielony jest węzłem) i w węźle tym zakładane są więzy odpowiadające podporze danego typu.



Rys. 55 Wprowadzanie węzłów i podpór

#### 4.1.4. Oznaczenie dościa przegubowego pręta

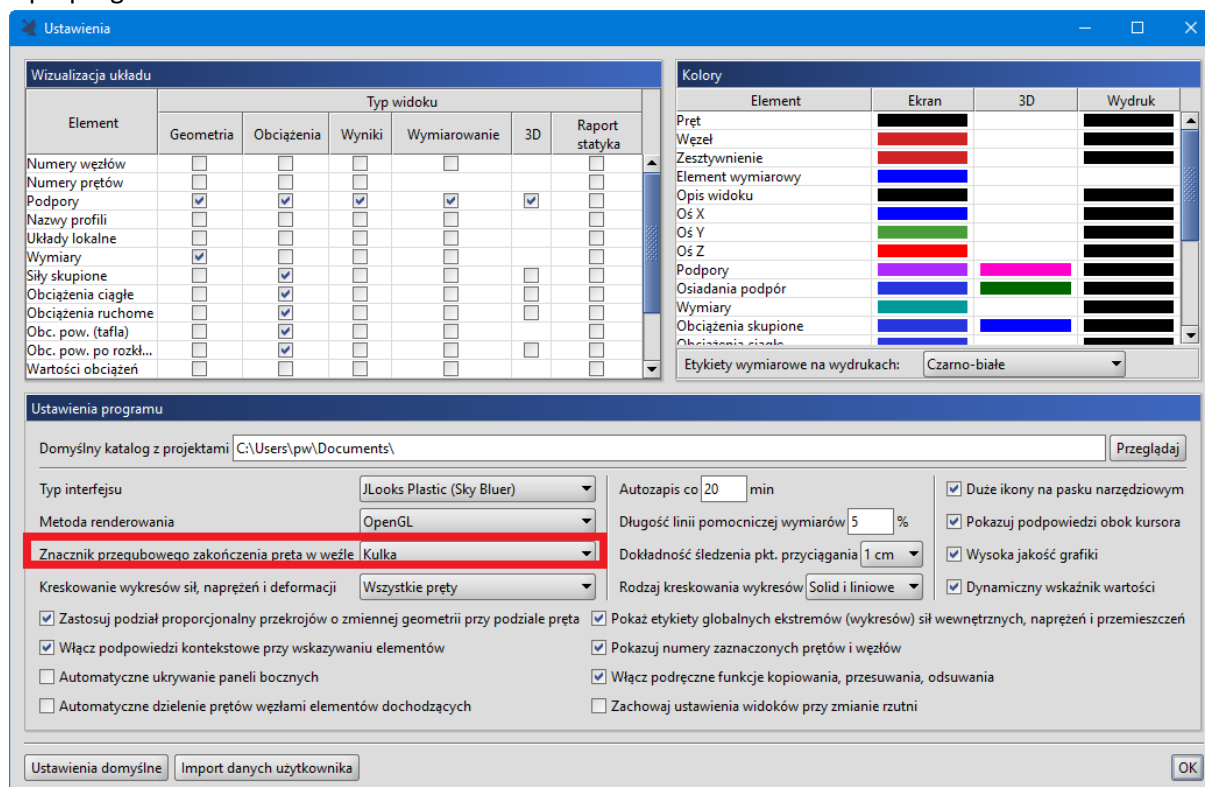
W programie **ArCADia-RAMA** wprowadzono możliwość wyboru sposobu prezentacji przegubowego dościa elementu prętowego do węzła w modelu. Może to być, odsunięcie pręta przegubowego od węzła lub zakończenie pręta dochodzącego przegubem małym kółkiem (niewypełnioną kulką) symbolizującym przegub (opcja domyślna).



Rys. 56 Prezentacja dościa przegubowego pręta do węzła za pomocą odsunięcia (dotychczasowa – na lewo) lub niewypełnionej kulki (na prawo)

W oknie **Ustawień** wprowadzono możliwość wyboru typu oznaczenia przegubowego dościa pręta do węzła w postaci kulki lub odsunięcia (zależnie od wyboru użytkownika). Opcją domyślną jest doście symbolizowane niewypełnioną kulką.

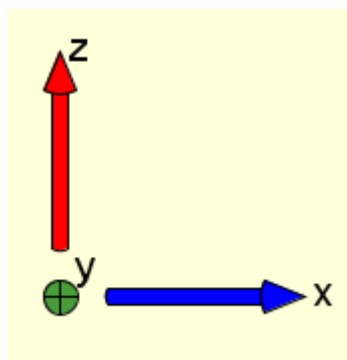
## Podręcznik do programu Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 57 Znacznik przegubowego zakończenia pręta w węźle  
w oknie Ustawień

### 4.1.5. Globalny układ współrzędnych

W lewym dolnym rogu ekranu graficznego wyświetlany jest poglądowy widok prawoskrętnego, globalnego układu współrzędnych, o zachowanej kolorystyce poszczególnych osi: x –niebieska, y – zielona, z - czerwona. Przy ustawieniu układu globalnego w jednej z płaszczyzn głównych osi skierowana prostopadle do płaszczyzny ekranu pokazana jest w formie wyraźnej kropki bądź krzyżyka, zależnie od tego, czy jest ona skierowana od czy też do ekranu. W układzie tym prezentowane są wyniki w postaci przemieszczeń węzłów i podpór oraz wartości reakcji podpór.



Rys. 58 Widok globalnego układu współrzędnych

#### 4.1.6. Układy lokalne prętów

Z każdym prętem związany jest prawoskrętny lokalny układ współrzędnych. W układzie lokalnym przeważnie wprowadzane są obciążenia ciągłe i skupione działające na pręt. W układzie tym prezentowane są również wyniki sił wewnętrznych, przemieszczeń i naprężeń dla poszczególnych prętów.

Możliwe jest włączenie rysowania układów lokalnych prętów. Są one rysowane w postaci trzech odcinków o kolorach: niebieskim (x), zielonym (y) i czerwonym (z), analogicznie do kolorów globalnego układu współrzędnych.

W programie są dwie główne reguły definiowania domyślnych układów lokalnych pręta (z domyślnym kątem obrotu układu względem lokalnej osi „x” równym „0”). Jedna obowiązuje dla prętów pionowych, a druga (inna) dla wszystkich pozostałych prętów:

- Dla prętów pionowych (rysowanych w dowolną stronę):

Lokalna oś „x” pokrywa się z osią pręta i jest skierowana od węzła początkowego do końcowego wprowadzanego pręta, lokalna oś „y” jest równoległa i tak samo skierowana jak oś globalna „y”, a trzecia lokalna oś „z” jest do pozostałych dwóch osi prostopadła i skierowana jak dla układu prawoskrętnego, tzn. kręcąc od lokalnej osi „x” do lokalnej osi „y” reguła śruby prawoskrętnej wskazuje kierunek lokalnej osi „z”.

- Dla prętów innych niż pionowe:

Lokalna oś „x” pokrywa się z osią pręta i jest skierowana od węzła początkowego do końcowego pręta, lokalna oś „z” jest prostopadła do lokalnej osi „x” i zawiera się w płaszczyźnie wyznaczonej przez lokalną oś „x” leżącą wzdłuż pręta i rzut tej osi „x” na globalną płaszczyznę „xy”, Kierunek osi lokalnej „z” jest tak wyznaczony, że rzut tej osi na globalną oś „z” i globalna oś „z”, mają ten sam kierunek. Lokalna oś „y” jest prostopadła do obu osi lokalnych „x” i „z”, a jej kierunek wyznaczony jest przez regułę śruby prawoskrętnej, tzn. kręcąc od lokalnej osi „x” do lokalnej osi „y” reguła śruby prawoskrętnej wskazuje kierunek lokalnej osi „z”.

Wyjątkowo dla prętów uzyskanych z generatora łuków obowiązuje dodatkowa reguła, dla której domyślnym kątem obrotu układu względem lokalnej osi „x” równym „0” jest sytuacja, gdy lokalna oś „x” pokrywa się z osią pręta i jest skierowana od węzła początkowego do końcowego wygenerowanego pręta, oś „z” jest prostopadła do osi „x”, leży w płaszczyźnie generowanego łuku i jest skierowana do środka łuku, a oś „y” jest prostopadła do obu osi „x” i „z”, tworząc układ lokalny prawoskrętny.

Lokalna oś „y” pręta jest domyślnie osią, względem której moment bezwładności przekroju jest największy (np. dla przekrojów I, T, C).

Uwaga:

Poniżej opisano sposób liczenia prętów o przekrojach, dla których osie główne, centralne przekroju nie pokrywają się z osiami lokalnego układu współrzędnych.

Dla tego typu prętów w czasie obliczeń tworzony jest wewnętrzny, zastępczy, lokalny układ współrzędnych o osiach pokrywających się z osiami głównymi, centralnymi przekroju, do którego

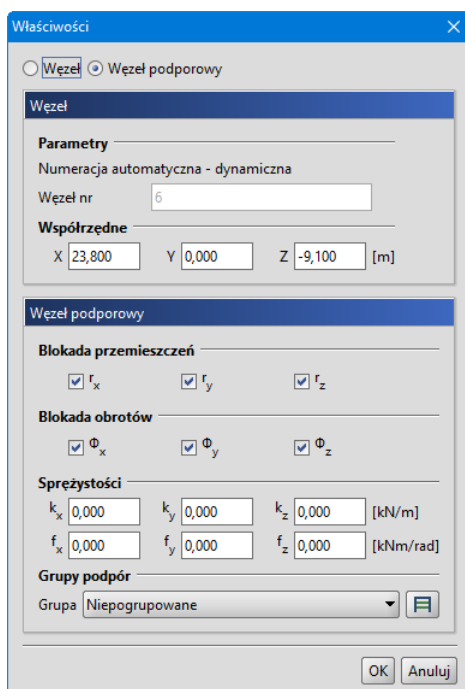
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

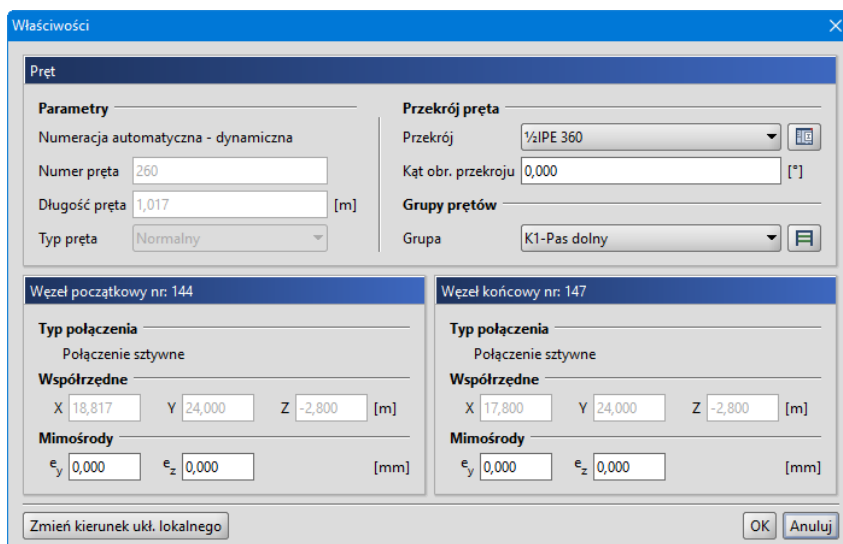
transformowane są obciążenia, a następnie dla tak zdefiniowanego układu liczone są siły wyjściowe, wykonywane są dalsze obliczenia, a następnie wartości wynikowe sił wewnętrznych i przemieszczeń transformowane są ponownie z zastępczego, lokalnego układu współrzędnych do lokalnego układu współrzędnych zdefiniowanego przez użytkownika. Metoda ta pozwala użytkownikowi na dowolne definiowanie lokalnego układu współrzędnych, niezależnie od osi głównych, centralnych przekroju.

#### 4.1.7. Własności elementów projektu

W programie przewidziano dostęp do okien **Własności** poszczególnych elementów projektu takich jak: węzły, pręty, podpory i obciążenia (prętowe, węzłowe, powierzchniowe i ruchome) poprzez dwuklik lewym klawiszem myszki na wskazanym elemencie (jego reprezentacji graficznej). Dołożono również dostęp do okien **Własności** elementów projektu w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dla wskazanego elementu w „drzewie projektu”. W celu zapewnienia spójności wszystkich danych dodatkowo opracowano okno **Własności** prętów oraz rozbudowano okno **Własności** podpór.



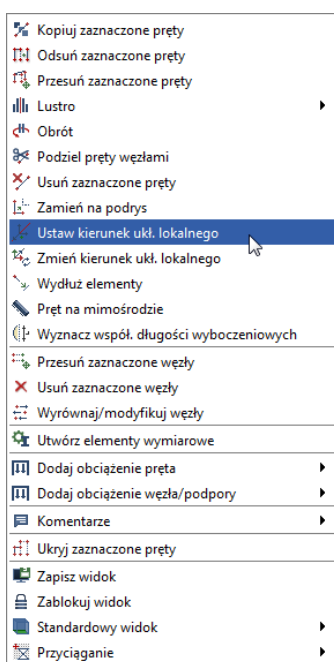
Rys. 59 Okno Własności podpór




Rys. 60 Okno Właściwości prętów

#### 4.1.8. Ustawianie kierunku układu lokalnego

Funkcja ustawiania kierunku układu lokalnego pręta dostępna jest z menu kontekstowego przy wcześniejszym zaznaczeniu jednego lub więcej prętów układu.



Rys. 61 Ustawianie kierunku układu lokalnego


Po wywołaniu funkcji  **Ustaw kierunek ukl. lokalnego** ekran graficzny ustawiany jest w tryb płaskiego zadawania danych w jednej z płaszczyzn głównych i program oczekuje wskazania (podania) dwóch punktów definiujących wektor ustawienia układu lokalnego. Zaznaczony pręt i kierunek podanego wektora tworzą płaszczyznę, w której ustawione będą dwie prostopadłe osie lokalnego



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

układu współrzędnych, przy czym jedna z nich będzie pokrywała się z osią pręta. Trzecia oś układu lokalnego będzie prostopadła do wyznaczonej płaszczyzny i dwóch osi w niej zawartych. W czasie wskazywania wektora dostępne są funkcje przyciągania i śledzenia.

Ustawienie lokalnego układu współrzędnych dla danego pręta można również wykonać w inny sposób, definiując bezpośrednio **kąt obrotu przekroju** na zakładce **Geometria**. Ustawienie to powoduje obrót przekroju pręta wokół jego osi o podany kąt, wraz z lokalnym układem współrzędnych pręta, względem ustawienia początkowego. Aby zmienić kierunek lokalnego układu współrzędnych zaznaczonych prętów, wybieramy z menu kontekstowego prawego klawisza myszki funkcję  **Zmień kierunek ukł. lokalnego**. Działanie tej funkcji polega na takim przestawieniu układu lokalnego, że jego oś x ułożona wzdłuż pręta skierowana jest przeciwnie w stosunku do jej lokalizacji wyjściowej. Opcja ta powoduje również zamianę numeru węzła początkowego i końcowego pręta oraz zachowuje układ wszystkich osi układu lokalnego w tych samych płaszczyznach.



#### 4.1.9. Funkcja Uporządkowania kierunków układów lokalnych

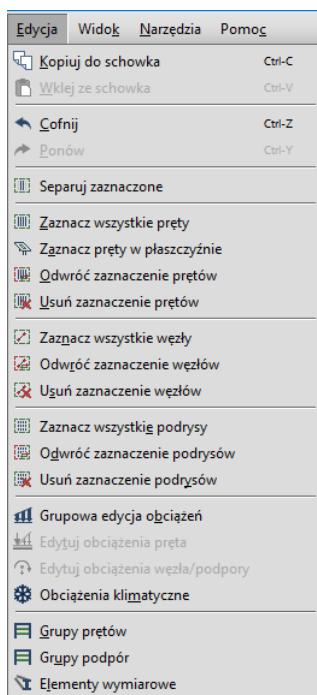
Funkcję **Uporządkowania kierunków układów lokalnych** znajdziemy w menu górnym **Narzędzia**. Funkcja ta działa zawsze dla całości aktualnego modelu. Znajduje ona w modelu wszystkie ciągi prętów ciągłych, współliniowych o takim samym przekroju i uzgadnia w nich lokalizację kierunku osi „x” układu lokalnego (położonej wzdłuż pręta) w ten sposób, by zawsze koniec danego pręta był jednocześnie początkiem kolejnego pręta w ciągu (taki sam kierunek osi „x” wszystkich prętów w ciągu). W przypadku gdy przed wywołaniem operacji **Uporządkowania kierunków układów lokalnych** do prętów było przypisane obciążenie prętowe zadane w układzie lokalnym, przed zmianą kierunku osi „x” w danym pręcie jest ono zamieniane na adekwatne obciążenie zadane w układzie globalnym na tym pręcie.

Funkcja **Uporządkuj kierunki układów lokalnych** jest niejawnie automatycznie wywoływana przy: tworzeniu elementów wymiarowych, wczytywaniu konstrukcji z generatora dachów i innych generatorów, wczytywaniu układu z pliku **DXF** oraz budowaniu układu na bazie podrysu.

#### 4.1.10. Grupowanie prętów

Program umożliwia przypisanie prętów do zdefiniowanych w projekcie charakterystycznych grup. Opcja ta pozwala na łatwą selekcję określonych grup prętów w projekcie (np. w celu późniejszego przykładania właściwych obciążeń do określonych grup prętów). Do tego celu służy okno dialogowe

**Grupy prętów** wywoływane z menu górnego **Edycja** –  **Grupy prętów** lub bezpośrednio ikonką  przy liście **Grupa** na zakładce **Geometria**:



Rys. 62 Menu Edycja – Grupy prętów

Ponieważ w oknie **Grupy prętów i elementy wymiarowe** większość danych dotyczy wymiarowania zbiorczego, aktualnie omówiony zostanie jedynie proces edycji grup, bez uwzględniania danych do wymiarowania, które opisano szczegółowo w rozdziale 15 **Wymiarowanie zbiorcze**.

| Nazwa grupy     | Ilość prętów (elementów) | Materiał wymiarowany | Klasa materiału | Przekrój       | Moduł wymiarujący  | Definicja typu wymiarowania |                                     | $\sigma^+$ dop [MPa] | $\sigma^-$ dop [MPa] | Ukryj                    |
|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
|                 |                          |                      |                 |                |                    | dla prętów                  | dla elementów                       |                      |                      |                          |
| Nieogrupowane   | 0                        |                      |                 |                |                    |                             |                                     | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Murlaty         | 50                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Belki okapowe   | 58                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Krokwie         | 128                      | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Krokwie narozne | 23                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Wymiany         | 6                        | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Słupki          | 12                       | Drewno               | Lite C18        | P100x100       | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Miecze          | 18                       | Drewno               | Lite C18        | P100x100       | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Płatwie         | 31                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| <b>Kleszcze</b> | <b>13</b>                | <b>Drewno</b>        | <b>Lite C18</b> | <b>P160x75</b> | <b>InterDrewno</b> | <b>Krokiew</b>              | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>5,9</b>           | <b>-9,7</b>          | <input type="checkbox"/> |
| Kalenice        | 14                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75        | InterDrewno        | Krokiew                     | <input type="checkbox"/>            | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |

Buttons at the bottom: Nowa grupa, Usuń zaznaczone grupy, Dodaj do selekcji, Selekcja wybranych grup, Usuń z selekcji, Rozdziel, OK, Anuluj

Rys. 63 Grupy prętów

W dolnej części okna znajdują się następujące funkcje:

**Nowa grupa** – funkcja definiuje pokazaną w tabeli okna nową grupę prętów. Klikając dwukrotnie na nazwie domyślnej „Grupa1”, użytkownik może nadać grupie dowolną nazwę jednoznacznie identyfikującą grupę prętów. Po utworzeniu nowej grupy prętów nie są do niej przypisane żadne pręty. Przy pierwszym otwarciu okna dialogowego wszystkie pręty opisane są jako nieogrupowane.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


**Usuń zaznaczone grupy** – funkcja ta usuwa z projektu zaznaczone grupy, a pręty do nich przypisane przekazywane są do trybu „**Niepogrupowane**” (pręty nie są usuwane z projektu, usuwane jest jedynie przypisanie prętów do grupy).

**Dodaj do selekcji** – dodaje pręty wybranej (zaznaczonej) grupy (lub grup) do selekcji prętów zaznaczonych.

**Selekcja wybranych grup** – funkcja selekcjonuje z projektu wybrane grupy prętów

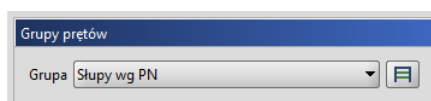
**Usuń z selekcji** – funkcja usuwa z selekcji zaznaczone grupy prętów.

**Rozdziel** – funkcja automatycznie rozdziela grupy prętów hybrydowe ze względu na materiał na odrębne grupy, z których każda zawiera pręty wykonane z jednego typu materiału.

W tabeli okna znajduje się lista zdefiniowanych w projekcie grup wraz z liczbą prętów objętych daną grupą. Nazwy grup są dostępne do edycji (z wyjątkiem grupy domyślnej **Niepogrupowane**). Dalej w dwóch kolejnych kolumnach użytkownik może przypisać wartości dopuszczalnych wytrzymałości materiału na ściskanie –  $\sigma_{dop}$  (wartość ujemna) i rozciąganie –  $\sigma^+_{dop}$ , przypisane do danej grupy prętów. Wstępne określenie tych wartości pozwoli (po obliczeniach statycznych) na automatyczną wstępną selekcję prętów o przekroczonych sprężystych naprężeniach normalnych (w stosunku do wartości dopuszczalnych). Selekcja tych prętów dostępna jest w  **Widoku 3D** po przeprowadzeniu obliczeń statycznych (przycisk  $\sigma$  – pręty o przekroczonych naprężeniach zaznaczone są na czerwono). Wartości dopuszczalnych wytrzymałości wykorzystywane są również w programie do ustalenia stosunku tych naprężeń, dla materiałów o ortotropowych właściwościach mechanicznych, przy liczeniu naprężeń zredukowanych w przekroju, według hipotezy Coulomba-Mohra. Do każdej grupy prętów możemy przypisać inne wartości dopuszczalnych wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie (w ramach grupy są one stałe). Ostatnia kolumna zawiera znacznik ukrywania danej grupy prętów w projekcie.

Na samej górze listy wyświetlona jest liczba prętów projektu nieprzypisanych do żadnej grupy (**Niepogrupowane**). Wybór przycisku **OK** potwierdza ustawienia wykonane w oknie dialogowym **Grupy prętów**, wybór opcji **Anuluj** pozwala opuścić okno z pominięciem wprowadzonych zmian.

Po zdefiniowaniu grup w projekcie należy przypisać wybrane pręty do poszczególnych grup. Proces ten odbywa się na głównym ekranie graficznym i polega na selekcji wybranej grupy prętów i następnie przypisaniu ich do określonej grupy przez wybór z listy znajdującej się w dolnej części zakładki **Geometria**:



Rys. 64 Przypisanie wybranych prętów do grupy


Przypisanie prętów do określonych grup jest procesem jednoznacznym, to znaczy, że jeden pręt może być przypisany tylko do jednej grupy prętów. Każde ponowne przypisanie pręta wcześniej przypisanego do jakiejś grupy powoduje zmianę jego przypisania. Pręty te zostaną usunięte ze starej grupy i przepisane do nowej.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Można również postąpić odwrotnie i najpierw zdefiniować w projekcie grupy prętów, a następnie przed wprowadzeniem prętów do układu ustawiać na zakładce **Geometria** odpowiednią grupę prętów i wszystkie nowo wprowadzone pręty będą przypisane do tej właśnie grupy aż do momentu, kiedy ponownie zmienimy grupę, w której mają być wprowadzane nowe pręty.

#### 4.1.11. Profile

Parametry geometryczne oraz fizyczne pręta opisane są w tzw. profilu. Dowolna ilość prętów może mieć przypisany ten sam profil. Profile są zapisywane w pliku projektu, ale można zapisywać je również w zewnętrznej bibliotece użytkownika w celu ich wykorzystania w innych projektach. Do zarządzania profilami służy  **Manager Profili**.

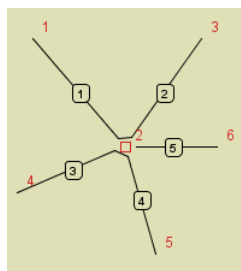
Kształt przekroju pręta do obliczeń statycznych może być dowolny. Program automatycznie wylicza wartości wszystkich parametrów geometrycznych (pole przekroju, momenty bezwładności, wskaźniki itd.). Dostępna jest również biblioteka typowych przekrojów stalowych, żelbetowych i drewnianych.

#### 4.1.12. Przeguby

Węzły wprowadzanego układu mogą być węzłami sztywnymi lub przegubowymi. Węzeł w pełni sztywny jest symbolizowany wypełnionym kwadratem, natomiast pełen przegub kółkiem niewypełnionym.

Przegub charakteryzuje się tym, że umożliwia wzajemne obroty połączonych prętów w trzech płaszczyznach.

W węźle przegubowym można zdefiniować grupy prętów sztywno ze sobą połączonych. Wówczas mamy do czynienia z węzłem częściowo zeszywnionym. Ilość prętów w grupie oraz ilość grup prętów w węźle są dowolne. Przykład prętów zeszywnionych w węźle przedstawiony jest na rysunku. Pręty 1 i 2 oraz 3 i 4 są sztywno połączone. Symbolizują to odcinki łączące te pręty.



Rys. 65 Pręty częściowo zeszywnione w węźle

Niekiedy konieczne jest wprowadzenie pręta o obu węzłach przegubowych. W ogólnym przypadku pręt taki w przestrzeni 3D jest geometrycznie zmienny, ponieważ istnieje zawsze możliwość jego obrotu wokół własnej osi. Program automatycznie wykrywa takie przypadki i wstawia lokalną podporę, blokującą obrót wokół własnej osi. Jest ona niewidoczna dla użytkownika. Także pręty współliniowe połączone między sobą sztywno (i nieuszywnione w inny sposób), z przegubami na końcach prętów skrajnych, są blokowane w ten sposób. Takie podejście automatycznie eliminuje wiele przypadków układów geometrycznie zmiennych i odciąża użytkownika od poszukiwania przyczyny takiego stanu rzeczy.

Uwaga:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Poniżej opisano regułę automatycznego blokowania prętów dwuprzegubowych na skręcanie:

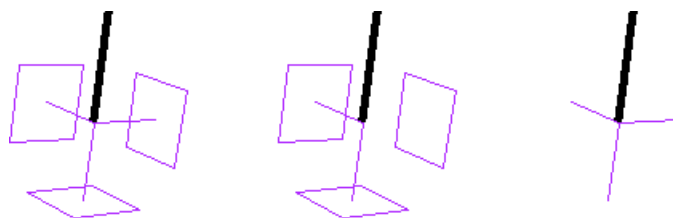
Wszystkie pręty lub elementy ciągłe dwuprzegubowe (również te zakończone wolnym końcem), które nie są sztywno połączone na długości z żadnym innym prętem dochodzącym i niewspółliniowym (sprawdzanym z dokładnością do ok. 0,5 stopnia), mają w trakcie obliczeń zakładaną automatyczną podporę (blokade) na skręcanie. Opcja powyższa nie dotyczy prętów lub elementów ciągłych dwuprzegubowych, do których w dowolnym miejscu na długości przyłożony jest: skupiony moment skręcający, inny moment skupiony mający składową skręcającą (o kącie pochylecia wektora momentu powyżej 0,1 stopnia) lub dowolny moment skręcający ciągły. Dla układów posiadających pręty lub elementy dwuprzegubowe obciążone siłami skręcającymi obliczenia statyczne będą przerywane, z komunikatem, że układ jest geometrycznie zmienny, wynikającym z braku rozwiązania układu równań lub z dodatkowego sprawdzenia wykonywanego po obliczeniach i polegającego na kontroli, czy kąt obrotu pręta wokół własnej osi nie przekracza 100 radianów (ok. 16 pełnych obrotów wokół własnej osi).

#### 4.1.13. Podpory

Podpory umożliwiają wprowadzenie blokad przemieszczeń i obrotów węzłów w kierunkach X, Y i Z globalnego układu współrzędnych. Poszczególne blokady są niezależne od siebie.

Blokady przemieszczeń dla poszczególnych kierunków symbolizowane są odcinkami równoległymi do osi globalnego układu współrzędnych. Blokady obrotów są symbolizowane kwadratami prostopadłymi do odpowiedniej osi układu.

Na rysunku poniżej przedstawione są trzy rysunki podpór. Na pierwszym wszystkie przemieszczenia i obroty są zablokowane (trzy odcinki i trzy kwadraty) – jest to pełne zamocowanie. Na kolejnym zablokowane są wszystkie obroty (trzy kwadraty) i przemieszczenia na dwóch kierunkach. Na ostatnim natomiast zablokowane są tylko przemieszczenia węzła – jest to podpora przegubowa.



Rys. 66 Przykładowe podpory

Odpowiednio zwalniając poszczególne więzy, można otrzymać wszystkie podstawowe typy podpór.

Dla każdej blokady przemieszczenia na podporze można określić jej sprężystość. Blokada przemieszczenia z określoną sprężystością przedstawiona jest na ekranie w postaci sprężynki. Jej jednostką jest kN/m. Blokada obrotu z określoną sprężystością to kwadrat narysowany linią przerywaną. Zadajemy ją w kNm/radian. Dla węzłów podporowych mogą być wprowadzone do projektu dodatkowe obciążenia w postaci osiadań i ewentualnie wstępnego kąta obrotu podpory. Obciążenia te mogą być założone tylko wówczas, gdy podpora w danym kierunku nie jest zdefiniowana jako sprężysta i odwrotnie. Nie można w programie jednocześnie dla tej samej więzi podporowej założyć osiadania i sprężystości.

#### 4.1.14. Obciążenia

W programie stosowane są trzy główne rodzaje obciążeń: obciążenia węzłów, obciążenia prętów oraz obciążenia powierzchni.

Obciążenia węzłowe to siła skupiona w węzłach, osiadanie i obrót podpory. Obciążenia kinematyczne (osiadanie i obrót podpory) można wprowadzić w węzle podporowym jedynie, gdy występują w nim odpowiednie blokady przemieszczeń i obrotów oraz nie są to podpory sprężyste.

Obciążenia w węzłach w postaci sił i momentów skupionych zadawane są w programie w postaci odpowiednich obciążeń prętowych zlokalizowanych na początku lub końcu pręta, lub, w przypadku sił węzłowych, również jako siły przypisane do węzłów.

Obciążenia prętów to: siła skupiona, moment skupiony, obciążenie równomierne i ciągłe, moment ciągły, naciąg/sprężenie, różnica temperatur, podgrzanie pręta. Pierwsze pięć obciążeń ma dowolną długość i można je wprowadzić w dowolnym miejscu pręta, pod dowolnym kątem. Obciążenia temperaturą oraz naciąg/sprężenie działają zawsze na całej długości pręta.

#### 4.1.15. Grupy obciążeń

Każde obciążenie wprowadzane w programie jest przypisane do pewnej grupy obciążeń. Rodzaj grupy obciążeń określa sposób traktowania obciążeń podczas obliczeń obwiedni sił wewnętrznych.

W programie mogą występować cztery typy grup obciążeń: grupy obciążeń stałych, zmiennych, grupy obciążeń zmiennych typu „multi” oraz jedna grupa ciężaru własnego. Może również wystąpić dodatkowa grupa obciążeń ruchomych, ale ponieważ nie jest ona dostępna do wyboru z listy, została opisana przy tworzeniu obciążeń ruchomych.

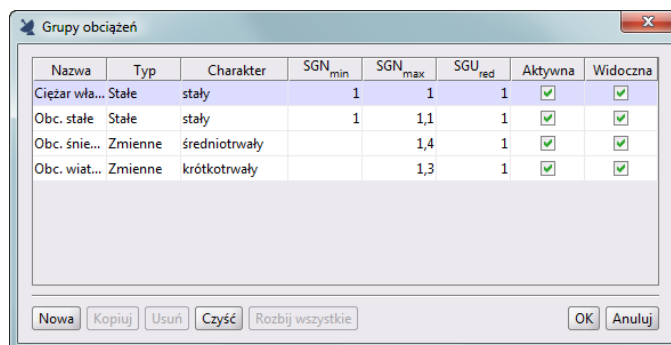
W odróżnieniu od obciążeń należących do grup zmiennych, obciążenia należące do grup stałych są zawsze brane do obliczeń przy określaniu obwiedni. Podczas budowania obwiedni grupy zmienne są odpowiednio dobierane, tak aby otrzymać ekstremalne wartości sił przekrojowych, naprężeń i reakcji w danym punkcie.

Ostatnim typem grup obciążeń jest grupa ciężaru własnego. Jest to specjalna grupa obciążeń stałych, do której nie można dodawać innych obciążeń i dla której nie można zmienić nazwy grupy. Grupa ta, niewidoczna dla użytkownika, jest automatycznie budowana przez program. Na podstawie kształtów przekroju oraz ciężaru własnego użytych materiałów konstrukcyjnych program przyjmuje automatycznie odpowiednie obciążenia, zakładając kierunek działania siły grawitacji przeciwnie do osi „z” globalnego układu współrzędnych. Jeśli grupa ta jest aktywna, to ciężar własny konstrukcji jest uwzględniany w obliczeniach.

Oprócz typu danej grupy obciążeń, w kolejnej kolumnie okna określamy jej charakter (jest to parametr potrzebny jedynie na etapie wymiarowania, np. w drewnie). Wszystkie grupy stałe mają również założenia stały charakter. Inaczej jest z typem grup zmiennych (i „multi”), dla których charakter obciążenia określa użytkownik, wybierając z listy następujących możliwości: stały, długotrwały, średniotrwały, krótkotrwały i chwilowy. Parametr ten ma znaczenie np. przy ustalaniu wartości współczynników  $k_{mod}$  i  $k_{def}$  przy wymiarowaniu drewna.

#### 4.1.16. Okno grup obciążeń, obwiednia i kombinatoryka dla Norm Polskich

W oknie grup obciążeń do każdej grupy obciążeń zdefiniowanej przez użytkownika przypisane są współczynniki obciążenia oznaczone jako  $SGN_{min}$  i  $SGN_{max}$ . Oba typy współczynników przypisane są do grup stałych, a do grup zmiennych jedynie  $SGN_{max}$ . Przy budowie obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń oba typy współczynników są uwzględniane przy wyznaczaniu wartości ekstremalnych tych obwiedni. Tak wyliczone wartości obwiedni przeważnie wykorzystywane są do sprawdzania stanu granicznego nośności (SGN) w modułach wymiarujących według Norm Polskich. Dopuszczalna wartość współczynnika  $SGN_{min}$  zawiera się w przedziale  $<0; 99$ , a współczynnika  $SGN_{max}$  w przedziale  $(0; 99)$ , przy czym zawsze  $SGN_{max} \geq SGN_{min}$ .




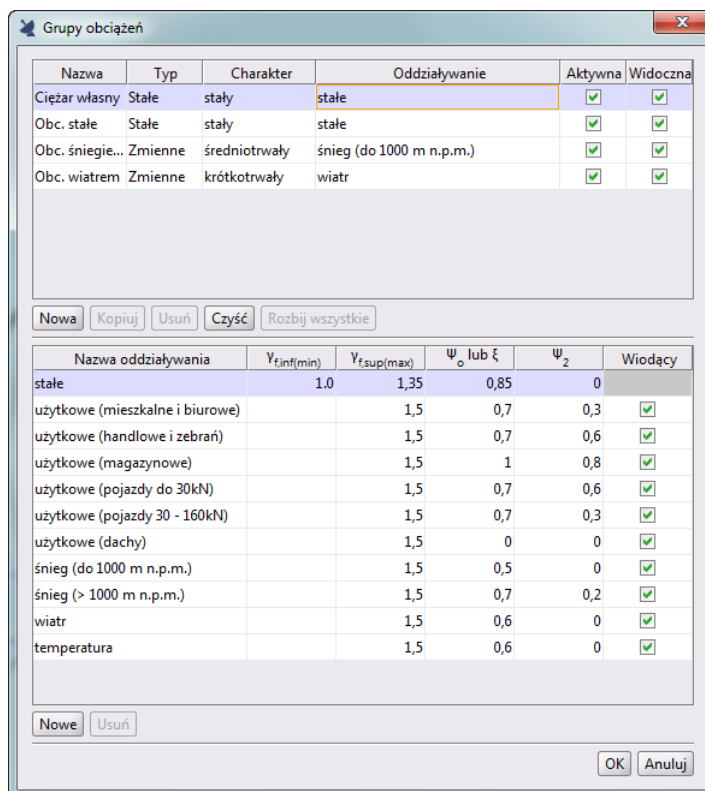
| Nazwa         | Typ     | Charakter     | $SGN_{min}$ | $SGN_{max}$ | $SGU_{red}$ | Aktywna                             | Widoczna                            |
|---------------|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ciążar wła... | Stale   | stały         | 1           | 1           | 1           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. stałe    | Stale   | stały         | 1           | 1,1         | 1           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. śnie...  | Zmienne | średniotrwały |             | 1,4         | 1           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. wiat...  | Zmienne | krótkotrwały  |             | 1,3         | 1           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Rys. 67 Okno Grup obciążeń dla Norm Polskich


Poza opisanymi współczynnikami obciążenia w kolejnej kolumnie okna **Grup obciążeń** znajduje się współczynnik  $SGU_{red}$ . Jest to współczynnik redukcyjny o wartości z przedziału  $<0; 1>$ , który będzie użyty do ewentualnej redukcji obciążeń zmiennych (dla grup stałych jest zawsze równy 1) przy wyznaczaniu obwiedni przemieszczeń i ugięć względnych dla stanu granicznego użytkowania, w modułach wymiarujących według Norm Polskich.

#### 4.1.17. Okno grup obciążeń, obwiednia i kombinatoryka według Eurokodu PN-EN

W przypadku wybrania przez użytkownika dla danego projektu zestawu norm eurokodowych zmianie ulega dotychczasowe okno  **Grup obciążeń**.



Rys. 68 Okno Grup obciążeń dla zestawu norm eurokodowych

Okno  **Grup obciążeń** zostało podzielone na dwie odrębne tabele: górną i dolną. W tabeli górnej zdefiniowano, analogicznie jak w przypadku **Polskich Norm**, grupy obciążeń zadane w projekcie przez użytkownika. Między tymi grupami użytkownik ustawia relacje w **Oknie definiowania zależności grup obciążeń**, na podstawie których budowana jest obwiednia sił wewnętrznych i naprężeń. Analogicznie jak w przypadku obliczeń dla **Polskich Norm** tabela zawiera definicję typu grupy obciążenia (**stała**, **zmienna**, „**multi**”, **ruchoma**) oraz jej charakteru. Nowością w tym przypadku jest przypisanie do danej grupy obciążeń zdefiniowanych przez użytkownika rodzaju oddziaływania określonego przez normy eurokodowe. Zlikwidowano również bezpośrednie przypisanie współczynników obciążenia do grup obciążenia użytkownika i przypisano je do grup obciążeń pośrednio, właśnie przez określenie rodzaju oddziaływania. W programie predefiniowano pięć podstawowych rodzajów oddziaływania określonych przez **Eurokody**: **stałe**, **użytkowe**, **wiatr**, **śnieg** i **temperatura**. Wszystkie predefiniowane rodzaje oddziaływania występują zawsze w projekcie i nie można ich usunąć. Natomiast przypisanie rodzaju oddziaływań do grup obciążeń użytkownika zależy w całości od jego wyboru. Przeważnie do wszystkich grup stałych powinien być przypisany stały rodzaj oddziaływania, do grup obciążenia wiatrem – rodzaj oddziaływania „wiatr”, do grup obciążenia śniegiem – rodzaj oddziaływania „śnieg”. Największą niejasność wprowadza **Eurokod** w kwestii pozostałych obciążeń zmiennych: czy i kiedy należy je traktować całościowo jako jeden rodzaj oddziaływania użytkowego (choć oczywiście ze względu na kombinatorykę po grupach zawsze w postaci wielu grup obciążeń), czy też raczej rozбивać pozostałe obciążenia zmienne w zależności od pochodzenia obciążenia i wówczas oddzielnym grupom przypisywać odrębne rodzaje oddziaływania użytkowego. Czy np. powierzchnie handlowe i powierzchnie ruchu pojazdów, ze względu na tę samą wartość współczynnika kombinacyjnego  $\psi_0 = 0,7$ , traktować jako ten sam typ oddziaływania użytkowego czy jako odrębne (i wówczas tylko jedno



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

z nich będzie jednocześnie wiodące). Tego typu decyzje projektant musi podejmować samodzielnie, a funkcjonalność programu nie stanowi tu żadnego ograniczenia.

W dolnej tabeli podano definicję oddziaływań predefiniowanych oraz ewentualnie dodatkowe definicje oddziaływań zdefiniowane przez użytkownika. Na definicję oddziaływania składają się parametry umieszczone w kolejnych kolumnach tabeli dolnej:

- nazwa oddziaływania – predefiniowana lub nadawana przez użytkownika nazwa widoczna w tabeli górnej jako dostępny rodzaj oddziaływania,
- $\gamma_{f,inf (min)}$  i  $\gamma_{f,sup (max)}$  – współczynnik częściowy dla oddziaływania, minimalny i maksymalny (współczynniki obciążenia),
- $\psi_0$  lub  $\xi$  – współczynnik kombinacyjny jednoczesności występowania danego oddziaływania w kombinacji lub współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych,
- $\psi_2$  – współczynnik redukcyjny dla oddziaływań quasi-stałych (używany w programie do wyznaczania ugięcia i przemieszczenia finalnego z uwzględnieniem pełzania, przy wymiarowaniu drewna według Eurokodu).

Ostatnią kolumnę tabeli definicji oddziaływania stanowi znacznik określający, czy dane oddziaływanie zmienne ma być rozpatrywane w trakcie budowania kombinacji jako wiodące. Jeśli użytkownik ma pewność, że jakieś oddziaływanie zmienne w ramach danego projektu nigdy nie powinno być rozpatrywane jako wiodące, może ten znacznik dla danego oddziaływania odznaczyć. W każdym innym przypadku wszystkie oddziaływania zmienne powinny móc być rozpatrywane jako obciążenie wiodące w rozumieniu **Eurokodu PN-EN 1990**.

Kombinatoryka po grupach obciążeń przy obliczeniach według **Eurokodu** przebiega nieco inaczej niż w przypadku norm polskich. Obwiednia sił wewnętrznych i naprężeń w każdym punkcie pręta budowana jest na podstawie zadanych zależności grup obciążeń, dla obciążeń charakterystycznych. W ten sposób ustalana jest minimalna i maksymalna wartość obwiedni w danym punkcie i zestawy grup obciążeń budujące te ekstrema. Następnie tak wybrany zestaw wartości od kombinacji grup obciążeń wymnażany jest przez najbardziej niekorzystny dla danego ekstremum zestaw współczynników  $\gamma_{f,inf (min)}$  i  $\gamma_{f,sup (max)}$  oraz  $\psi_0$  lub  $\xi$  (z uwzględnieniem najbardziej niekorzystnego dla danego ekstremum oddziaływania wiodącego), zgodnie z poniższymi wzorami kombinacyjnymi **Eurokodu PN-EN 1990** stosowanymi w przypadku trwałych lub przejściowych sytuacji obliczeniowych (kombinacje podstawowe), zalecanymi do projektowania przez załącznik krajowy:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (1)$$

gdzie:

$\Sigma$  – oznacza „należy uwzględnić w kombinacji”, a „+” oznacza „łączny efekt oddziaływań”,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

$G_{k,i}$  – oznacza charakterystyczne oddziaływanie stałe,

$Q_{k,1}$  – oznacza charakterystyczne oddziaływanie zmienne wiodące,

$Q_{k,i}$  – oznacza pozostałe charakterystyczne oddziaływania zmienne,

$\gamma_{G,j}, \gamma_{Q,1}, \gamma_{Q,j}$  – oznaczają współczynniki obciążenia do oddziaływań stałych i odpowiednich zmiennych,

$\psi_{0,1}$  – odpowiedni współczynnik kombinacyjny dla danego oddziaływania wiodącego,

$\psi_{0,i}$  – współczynniki kombinacyjne dla pozostałych oddziaływań zmiennych,

$\xi$  – współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych  $G_{k,j}$ .

Współczynniki obciążenia dla obciążeń charakterystycznych (stałych i zmiennych) powinny być przyjmowane według zaleceń Eurokodu, zgodnie z tabelą jak niżej:

Współczynniki obciążenia według norm eurokodowych:

| Sytuacja obliczeniowa trwała i przejściowa   |                     |           |                       |           |
|--|---------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Stan graniczny   | Oddziaływanie stałe |           | Oddziaływanie zmienne |           |
|  | Niekorzystne        | Korzystne | Niekorzystne          | Korzystne |
| STR/GEO  | 1.35*               | 1.00      | 1.50                  | 0.00      |
| *Przy korzystaniu ze wzoru dolnego opisanego powyżej przyjmuje się<br>$\xi = 0.85$ , tak żeby $0.85 * 1.35 = 1.15$ |                     |           |                       |           |

Analogicznie współczynniki kombinacyjne  $\psi_{0,1}$  i  $\psi_{0,i}$  należy przyjmować zgodnie z wytycznymi poniższej tabelki (przy czym dla stanów nieodwracalnych ULS i SLS wybieramy wartość kombinacyjną –  $\psi_0$ , a dla odwracalnych stanów ULS i SLS – wartość częstą –  $\psi_1$ ):

Zalecane wartości współczynników  $\psi$  dla budynków:


| Oddziaływanie:  | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---|----------|----------|----------|
| Obciążenie zmienne w budynkach – kategoria (patrz PN-EN 1991-1-1) |          |          |          |
| A – powierzchnie mieszkalne                                       | 0.7      | 0.5      | 0.3      |
| B – powierzchnie biurowe  | 0.7      | 0.5      | 0.3      |
| C – miejsca zebrań  | 0.7      | 0.7      | 0.6      |
| D – powierzchnie handlowe   | 0.7      | 0.7      | 0.6      |
| E – powierzchnie magazynowe                                       | 1.0      | 0.9      | 0.8      |
| F – powierzchnie ruchu pojazdów $\leq 30$ kN                      | 0.7      | 0.7      | 0.6      |

|   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
| G – powierzchnie ruchu pojazdów > 30 kN, ≤ 160 kN           | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| H – dachy   | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Obciążenie budynków śniegiem (patrz PN-EN 1991-1-3)         |     |     |     |
| Miejscowość położona na wysokości H > 1000 m n.p.m.         | 0.7 | 0.5 | 0.2 |
| Miejscowość położona na wysokości H < 1000 m n.p.m.         | 0.5 | 0.5 | 0.0 |
| Obciążenie wiatrem (patrz PN-EN 1991-1-4)                   | 0.6 | 0.2 | 0.0 |
| Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz PN-EN 1991-1-5) | 0.6 | 0.5 | 0.0 |

W programie domyślne, predefiniowane typy oddziaływania w stanie granicznym nośności (ULS) i użytkowania (SLS) potraktowano jako nieodwracalne i zastosowano wartości kombinacyjne współczynników –  $\psi_0$ .

Poza predefiniowanymi oddziaływaniami użytkownik może dodawać i usuwać własne definicje oddziaływania zmiennego (np. z wartościami częstymi współczynników  $\psi$ ) i następnie przypisać je do odpowiedniej grupy obciążeń. Sytuacja taka może pojawić się najczęściej wówczas, gdy w ramach jednego projektu wystąpią oddziaływania użytkowe o różnym charakterze i różnych współczynnikach kombinacyjnych. Należy przy tym pamiętać, że każde rozbudowanie projektu o dodatkowe grupy obciążeń i przypisane do nich dodatkowe rodzaje oddziaływań może istotnie wpływać na czas wykonywanych obliczeń, a zwłaszcza na czas budowania obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń.

Kombinatoryka według zaleceń **Eurokodu**, z uwzględnieniem oddziaływań wiodących, współczynników kombinacyjnych i redukcyjnych, uwzględniana jest również dla grup zmiennych typu „multi” i grup obciążenia ruchomego.

W aktualnej wersji programu kombinatoryka według zaleceń **Eurokodu PN-EN 1990**, z wykorzystaniem opisanych powyżej współczynników kombinacyjnych i redukcyjnych, uwzględniana jest przy wymiarowaniu konstrukcji w stanie granicznym nośności (ULS) we wszystkich modułach wymiarujących według **Eurokodu** oraz przy wyznaczaniu szerokości rozwarcia rys w module  **EuroŻelbet**. Przy obliczeniach wielkości obwiedni ugięć i przemieszczeń według **Eurokodu** aktualnie uwzględniane są obciążenia charakterystyczne, bez uwzględniania współczynników kombinacyjnych i redukcyjnych.

W przypadku występowania w projekcie ciągów i wybraniu opcji obliczeń z uwzględnieniem ciągów, analogicznie jak w przypadku **Polskich Norm**, w trakcie obliczeń nie jest wykonywana obwiednia i kombinatoryka według założeń **Eurokodu**. Dla tego typu projektów użytkownik sam powinien zbudować właściwe kombinacje obciążeń, uwzględniając odpowiednie współczynniki obciążenia,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

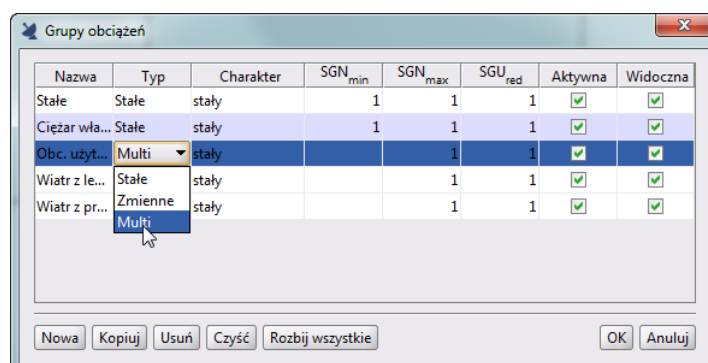
częściowe współczynniki kombinacyjne i współczynniki redukcji wynikające z założeń **Eurokodu** oraz dokonać wyboru odpowiednich grup wiodących w ramach definiowanej kombinacji.

Poza opisanymi powyżej zmianami interfejsu dotyczącymi kombinatoryki obciążeń według norm eurokodowych niewielkiej zmianie uległ również sposób prezentacji wyników statyki, gdzie dla obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń, dla grup obciążeń budujących dane ekstremum, widocznych na zakładce **Wyniki**, w nawiasie podano dodatkowo wynikowy mnożnik, przez jaki przemnożono wartości charakterystyczne od tej grupy dla danego ekstremum.


Analogicznie rozbudowano raport z obliczeń statycznych, który w tym przypadku uzupełniono o tabelę definicji rodzajów oddziaływań zdefiniowanych w projekcie, ich przypisanie do poszczególnych grup obciążeń, a wyniki ekstremów obwiedni uzupełniono o podane w nawiasach wynikowe mnożniki przypisane do poszczególnych grup obciążeń, budujących dane ekstremum (analogicznie jak na zakładce **Wyniki**).

#### 4.1.18. Grupy obciążeń typu „multi”

Grupa obciążeń typu „**multi**” jest to grupa obciążeń zmiennych, która wewnętrznie (podczas obliczeń) rozpatrywana jest przez program jako zestaw niezależnych względem siebie grup obciążeń zmiennych, z których każda jest osobnym zestawem obciążeń przyłożonych do pojedynczego pręta. W ramach grupy typu „**multi**” występuje tyle niezależnych grup obciążeń zmiennych, na ilu prętach przyłożono obciążenia w ramach tej grupy. Opcja ta pozwala np. na szybkie wariantowanie obciążeń zmiennych po ryglach rama (nie trzeba tworzyć osobnych grup obciążeń zmiennych dla każdego pręta).



Rys. 69 Grupy obciążeń typu „multi”

Poszczególne grupy obciążeń wchodzące w skład grupy typu „**multi**” nie są widoczne w oknie  **Zależności grup obciążeń** i nie można dla nich zdefiniować relacji (są one zawsze niezależne). Natomiast między grupą „**multi**” (jako całością) a innymi grupami obciążeń zmiennych można definiować dowolne relacje.

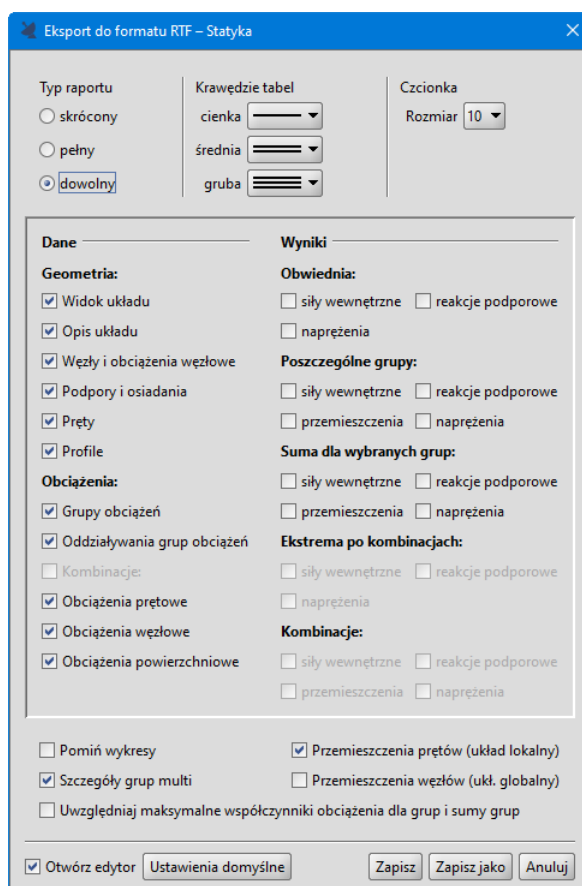
Warunkiem zastosowania grupy „**multi**” jest niezależność poszczególnych obciążeń na kolejnych prętach w ramach tej grupy. Grupa ta wizualizowana jest na ekranie jako całość, niezależnie od tego, że w ramach grupy podczas obliczeń odbywa się wariantowanie obciążeń po poszczególnych prętach. W każdym projekcie może występować wiele różnych grup obciążeń typu „**multi**”, a ich ilość i wielkość w procesie obliczeń wpływa znacząco jedynie na czas budowy obwiedni sił wewnętrznych. Dla grupy obciążeń typu „**multi**”, tak jak dla pozostałych grup obciążeń zmiennych, dostępny jest jeden

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

maksymalny współczynnik obciążenia, przez który przemnażane są podczas budowy obwiedni wszystkie rozpatrywane w jej ramach kombinacje.

Wykaz grup budujących dane ekstremum obwiedni w raporcie zawiera również numery grup „**multi**” oraz, w przypadku zaznaczenia opcji **Szczegóły grup multi** w oknie **Eksport do formatu RTF**, w nawiasie obok numeru grupy „**multi**” podawane są numery prętów, na których przyłożono obciążenia w ramach tej grupy.



Rys. 70 Eksport do formatu RTF

W przypadku przeglądania wyników obwiedni na ekranie i zaznaczeniu opcji **Obciążenia...** i **Schematy obciążeń** w oknie **Ustawień**, na ekranie wyświetlane są na bieżąco schematy obciążeń budujące dane ekstremum z uwzględnieniem wewnętrznych schematów grupy „**multi**”.

W przypadku gdy użytkownik chciałby jednak przeanalizować wyniki od poszczególnych wewnętrznych grup zawartych w grupie „**multi**”, istnieje możliwość rozbicia grup „**multi**” przez zastosowanie funkcji **Rozbij** w oknie **Grup obciążeń**. Efektem działania tej funkcji jest rozbicie wszystkich grup „**multi**” w projekcie na pojedyncze, niezależne grupy obciążeń zmiennych. Nazwa nowych grup tworzona jest automatycznie przez sklejenie nazwy dotychczasowej grupy „**multi**” z numerem odpowiedniego pręta, którego dana grupa dotyczy. Maksymalne współczynniki obciążenia nowych grup przyjmowane są jak dla grupy „**multi**”, a typ nowych grup ustawiany jest jako zmienny. Po zastosowaniu funkcji rozbicia grupy „**multi**” z opcji można się wycofać, wciskając klawisz **Anuluj** w oknie **Grup obciążeń**. W przypadku zaakceptowania operacji istnieje jeszcze możliwość jej cofnięcia (tylko w ramach jednej sesji działania programu) opcją cofania dowolnej operacji w programie. Po wyjściu z programu i zapisaniu zmian nie

Podręcznik do programu

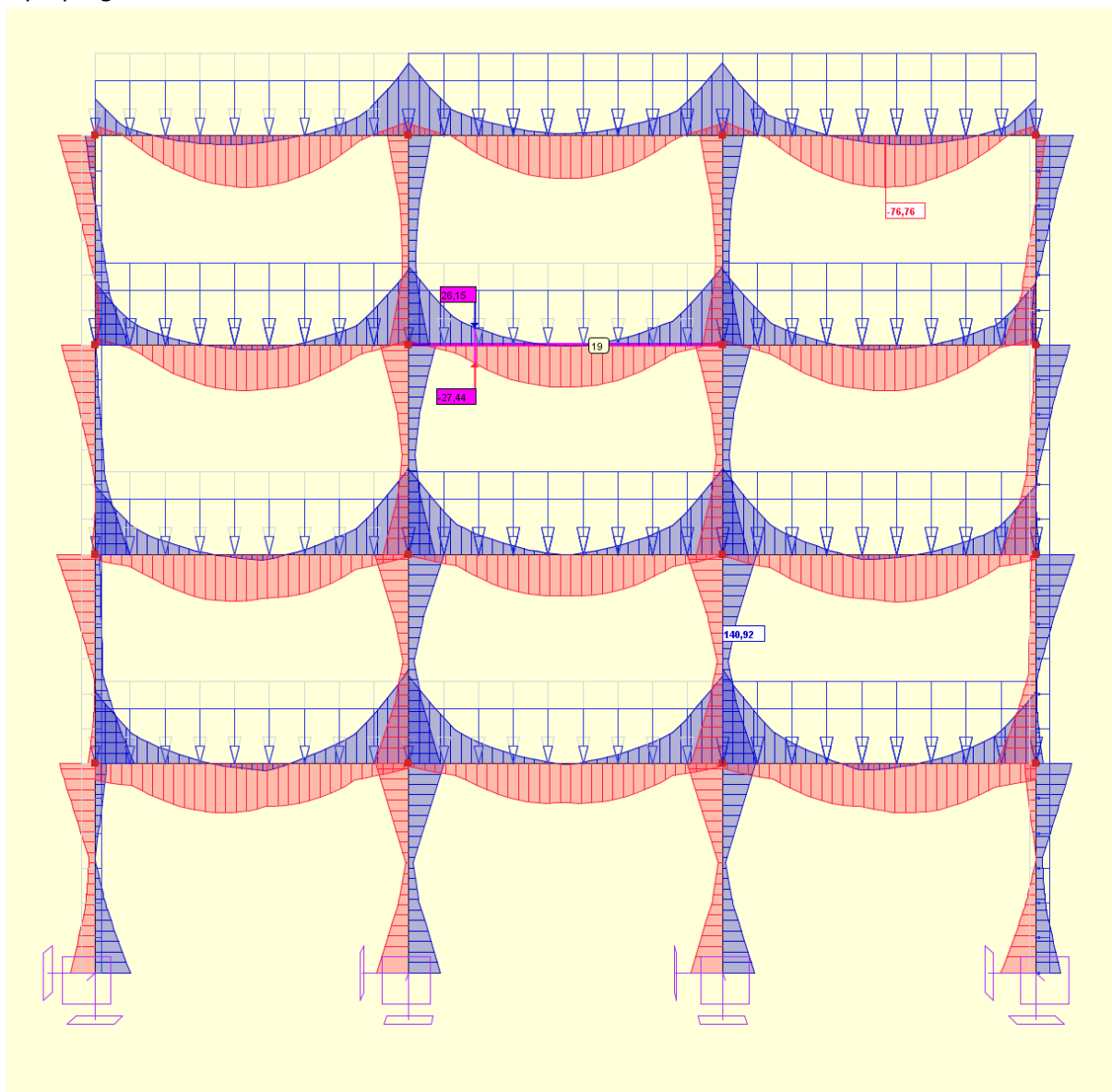
Opis programu R3D3-Rama 3D

ma możliwość cofnięcia skutków działania tej operacji. Efekt działania funkcji rozbijania grup „*multi*” widać na rysunku poniżej:

| Nazwa        | Typ     | Charakter | SGN <sub>min</sub> | SGN <sub>max</sub> | SGU <sub>red</sub> | Aktywna                             | Widoczna                            |
|--------------|---------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Stałe        | Stale   | stały     | 1                  | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Obc. użyt... | Zmienne | stały     |                    |                    | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Rys. 71 Działanie funkcji Rozbij

Ze względu na dołożenie grup obciążeń typu „*multi*” (opisanych poniżej) użytkownik pozbawiony został, w przypadku ich użycia, możliwości oceny dokładnego przypadku obciążenia budującego dane ekstremum obwiedni (na zakładce **Wyniki** wyświetlane są jedynie nazwy zdefiniowanych grup, bez uwzględnienia numerów wewnętrznych podgrup). Aby tę niedogodność zniwelować, wprowadzono dodatkowo w ustawieniach programu możliwość wizualizacji schematów obciążeń budujących dane ekstremum obwiedni. Aby wizualizacja ta była dostępna przy włączonej zakładce **Wyniki**, w ustawieniach programu musi być zaznaczona łącznie wizualizacja obciążeń ciągłych i skupionych oraz schematów obciążeń. Zmiana wybranego pręta układu, rodzaju siły wewnętrznej oraz punktu na analizowanym pręcie powoduje automatyczne dostosowanie wyświetlanego schematu obciążenia do aktualnego ekstremum obwiedni.



Rys. 72 Schemat obciążeń budujący ekstremum gnącego momentu przęsłowego w zaznaczonym ryglu

W przypadku podziału pręta, na którym występuje obciążenie ciągłe przyłożone w grupie „*multi*”, odpowiednio dzielone jest obciążenie (zgodnie z podziałem pręta) i każde z tych obciążeń przydzielane jest do osobnej podgrupy grupy „*multi*”.


W przypadku scalania prętów, na których występują obciążenia ciągłe przyłożone w tej samej grupie „*multi*”, odpowiednio przenoszone jest obciążenie na jeden scalony pręt i przydzielone jest do jednej podgrupy grupy „*multi*”. Charakter zachowania obciążeń w grupie „*multi*” przy scalaniu i podziale pręta wyraźnie widać po rozbiciu grupy „*multi*”.

Grupy „*multi*”, analogicznie jak grupy obciążenia ruchomego, ze względu na swój charakter i przeznaczenie (służą do wyznaczania obwiedni) nie są uwzględniane przy budowie kombinacji użytkownika, nie można ich wybrać przy obliczeniach cięgien oraz nie mogą wchodzić w skład grup lub sumy grup do wymiarowania.

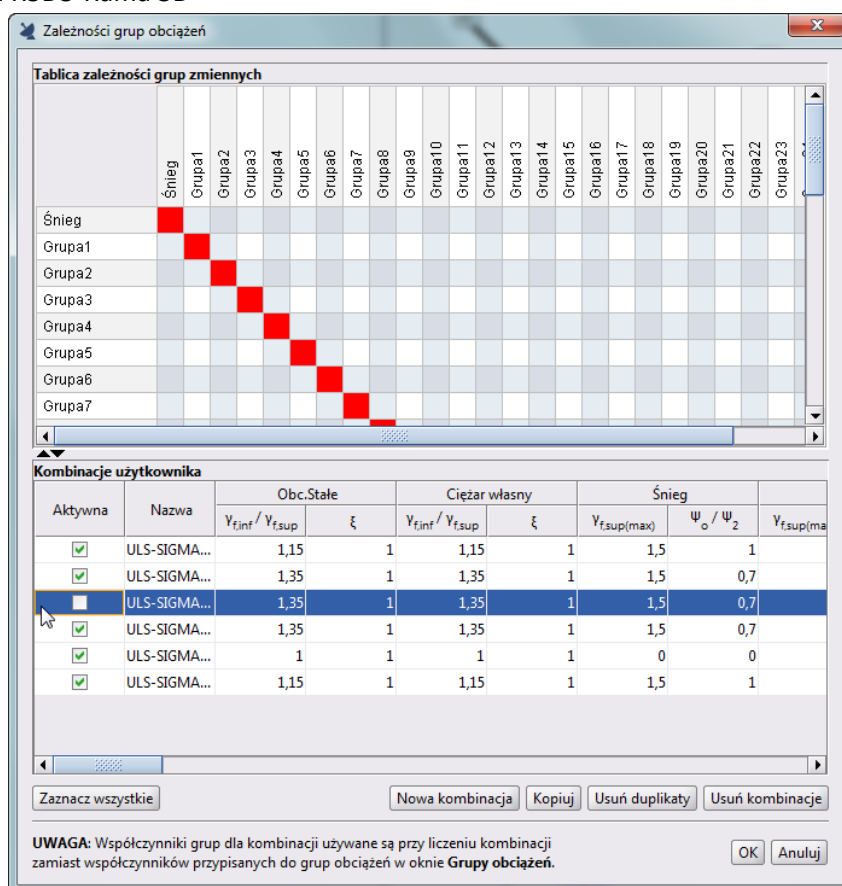
#### 4.1.19. Zależności grup obciążeń

Dla grup obciążeń zmiennych można określać ich wzajemne zależności. Zależności te są wykorzystywane podczas budowania obwiedni sił wewnętrznych i reakcji. Można określić, że niektóre grupy mają występować zawsze razem lub mają się wzajemnie wykluczać. Może również wystąpić relacja „pociągania”, tzn. występowanie jednej grupy obciążeń pociąga za sobą konieczność wystąpienia innej grupy obciążeń (przypadek suwnicy, gdy siła hamowania może wystąpić tylko wówczas, gdy jednocześnie działa odpowiednia siła nacisku). Zależności występują jedynie między grupami obciążeń zmiennych i domyślnie wszystkie te grupy ustawione są jako oddziaływania niezależne. W przypadku grup „*multi*” takie same zależności jak ustawione dla grupy „*multi*” dotyczą wszystkich wewnętrznych podgrup grupy „*multi*”. Zależności te określa się w tabeli zależności grup obciążeń. W przypadku konieczności grupowego zadania zależności w oknie grup obciążeń możemy posłużyć się oknem (przy wciśniętym przycisku **Ctrl**), które zaznacza wiele pól w relacji grup naraz (kolor zielony) i nadać im tę samą zależność (np. brak relacji lub wykluczenie).

#### 4.1.20. Kombinacje użytkownika

W oknie **Zależności grup obciążeń** wprowadzono również możliwość definiowania dodatkowych kombinacji użytkownika (dolna część okna dialogowego). Kombinacja rozumiana jest przez program jako zdefiniowana przez użytkownika suma wybranych grup z uwzględnieniem odpowiednich współczynników obciążenia (w domyśle innych niż w przypadku grup obciążeń branych do obwiedni). Eliminacja danej grupy w ramach kombinacji odbywa się przez podanie dla niej współczynnika obciążenia równego zero. Użytkownik ma możliwość zdefiniowania dowolnej liczby kombinacji w ramach projektu. Definiowanie nowej kombinacji użytkownika w projekcie odbywa się w oknie  **Zależności grup obciążeń – Kombinacje użytkownika** przez naciśnięcie przycisku **Nowa**. Wówczas pojawia się w tabeli nowy wiersz, zawierający współczynniki dla kombinacji, przy każdej grupie zdefiniowanej w projekcie. Domyślnie wszystkie współczynniki ustawione są na 1. Po ustawieniu przez użytkownika właściwych współczynników, przy każdej z grup kombinacja jest już zdefiniowana. Każdy wiersz w tabeli jest osobną kombinacją. W każdej chwili, analogicznie jak w przypadku grup obciążeń, można chwilowo wyłączyć zdefiniowaną kombinację z obliczeń, odznaczając parametr **Aktywna**. W celu usunięcia zdefiniowanej w projekcie kombinacji należy zaznaczyć odpowiedni wiersz tej kombinacji, a następnie wybrać przycisk **Usuń**. Usunięcie wszystkich kombinacji w projekcie spowoduje, że na zakładce **Wyniki** nie będą wyświetlały się przetłaczniaki dotyczące kombinacji.





Rys. 73 Okno zależności grup obciążeń i kombinacji według Eurokodu

Po zdefiniowaniu kombinacji i wykonaniu obliczeń statycznych, na zakładce **Wyniki** pojawi się nowy przełącznik **Kombinacje**, włączenie którego spowoduje wyświetlenie wyników dla danej kombinacji. W przypadku kilku kombinacji przełączanie między wynikami dla poszczególnych kombinacji następuje na dole zakładki **Wyniki** w polu **Rysowane wykresy globalne**. W przypadku włączenia na zakładce **Wyniki** obu przełączników: **Ekstrema** i **Kombinacje**, program jako wynik pokazuje wartości ekstremalne sił wewnętrznych tylko w ramach zdefiniowanych kombinacji z pominięciem zwykłej obwiedni po grupach obciążeń.

W oknie definicji kombinacji użytkownika umożliwiono nadawanie dowolnych nazw poszczególnym kombinacjom.

Dla projektów wykonanych według Eurokodów okno definicji kombinacji użytkownika ma nieznacznie zmienioną formę w stosunku do widoku tego samego okna dla projektów według norm PN. Dla każdej grupy stałej przypisane są dwa współczynniki: obciążenia  $\gamma_{f,inf}$  lub  $\gamma_{f,sup}$  oraz w osobnej kolumnie współczynnik redukcyjny  $\xi$ , których iloczyn odpowiada pojedynczemu współczynnikowi przypisanemu do grupy stałej w projektach według norm PN. Analogicznie w przypadku grup zmiennych przypisano dwa współczynniki: maksymalny współczynnik obciążenia  $\gamma_{f,sup}$  oraz w osobnej kolumnie współczynnik kombinacyjny  $\psi_0$  lub współczynnik redukcyjny dla obciążeń quasi-stałych  $\psi_2$ , których iloczyn odpowiada pojedynczemu współczynnikowi przypisanemu do odpowiedniej grupy zmiennej w projektach według norm PN. Przy wczytywaniu starszych projektów lub przy zmianie w projekcie zestawu norm z PN na Eurokod, dotychczasowy pojedynczy współczynnik przypisany do grupy

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

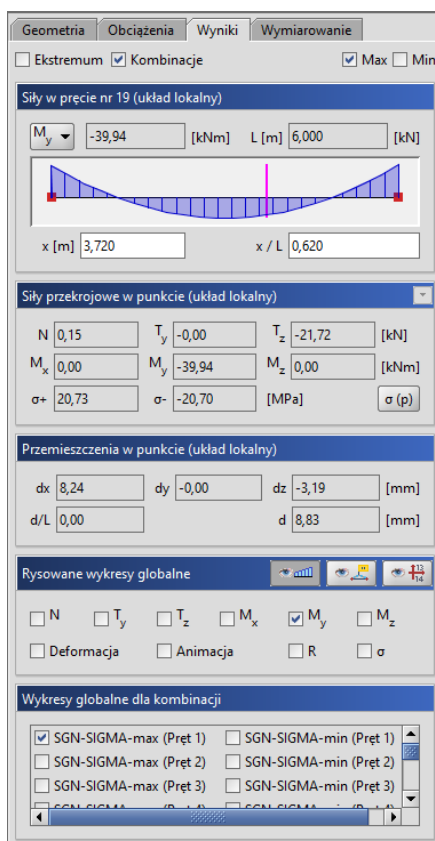
w kombinacji przepisany zostanie do kolumny współczynników obciążenia, a współczynnik w drugiej kolumnie zostanie ustawiony domyślnie na 1. W przypadku odwrotnej zamiany zestawu norm w projekcie, jako pojedynczy współczynnik przy odpowiednich grupach w kombinacji według norm PN zostanie domyślnie podstawiony iloczyn dwóch współczynników przypisanych do odpowiedniej grupy w oknie definicji kombinacji według Eurokodu. Wszystkie współczynniki przypisane do grup obciążeń w kombinacjach eurokodowych są wyszczególnione przy kombinacjach w „drzewie projektu” i w raportach ze statyki.

W oknie **Kombinacji użytkownika**, pod tabelą zawierającą kombinacje oraz poza funkcją dodawania i usuwania kombinacji użytkownika, znajdują się dwie dodatkowe funkcje: **Kopiuj** i **Usuń duplikaty**. Funkcja **Kopiuj** wstawia pod każdym zaznaczonym wierszem kombinacji dodatkowy wiersz kopii tej kombinacji z nazwą rozszerzoną o dopisek „kopia”. Wszystkie pozostałe parametry wiersza kombinacji i utworzonej kopii tej kombinacji są takie same.

Funkcja **Usuń duplikaty** automatycznie przeszukuje listę wszystkich kombinacji i usuwa wszelkie powielone typy kombinacji, o wszystkich identycznie ustawionych parametrach, a różniące się co najwyżej nazwą kombinacji.

Uwaga:

W przypadku zmiany w trakcie wykonywania projektu zestawu norm projektowych z PN na Eurokod lub odwrotnie szczególnej ponownej kontroli wymagają: definicje grup obciążeń, definicje kombinacji użytkownika, ustawienia imperfekcji oraz klasy materiałów przypisane do poszczególnych przekrojów elementów w modelu.




Rys. 74 Okno zakładki Wyniki przy zdefiniowanych kombinacjach

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Analogicznie format pełnego raportu z obliczeń statycznych w oknie **Eksport do formatu RTF** zawiera możliwość publikowania raportów dla poszczególnych kombinacji i ekstremów po kombinacjach.

Przy definiowaniu kombinacji użytkownika należy pamiętać, że grupy „multi” i grupy obciążenia ruchomego jako grupy złożone, mimo że są one grupami obciążenia zmiennego, nie będą dostępne do budowania kombinacji. Aby grupy te były dostępne w oknie kombinacji, należy przed przystąpieniem do budowania kombinacji grupy te rozbić w oknie  **Grup obciążeń**.

#### 4.1.21. Wprowadzanie wymiarów do modelu

Do modelu układu, poza elementami schematu statycznego, można wprowadzić również inne elementy, niemające wpływu na obliczenia statyczne i wymiarowanie, ale pamiętane w projekcie. Takimi elementami są również definiowane przez użytkownika wymiary. Wprowadzanie wymiarów do modelu dostosowane jest do potrzeb programu statycznego i ma swoją specyfikę, inną niż w typowych programach CAD przeznaczonych do tworzenia rysunków wykonawczych. Linie wymiarowe można wprowadzić w projekcie tylko między wskazanymi dowolnymi węzłami układu statycznego (inaczej niż przy funkcji pomiaru odległości, którą można wykonać między dowolnymi punktami układu). Tak wprowadzony wymiar jest bezpośrednio związany z węzłami, między którymi następuje pomiar i w konsekwencji każde przesunięcie lub usunięcie wymiarowanego węzła powoduje bieżącą aktualizację lub usunięcie przypisanych do niego wymiarów. Ewentualne uzupełnienie projektu o podstawowe wymiary zaleca się wykonać po zdefiniowaniu całości modelu statycznego układu.



Wymiary wprowadzamy do projektu, wybierając odpowiednią opcję z głównego paska narzędziowego programu (lub menu górnego **Narzędzia**). Opcja wstawiania wymiarów dostępna jest w programie tylko wówczas, gdy w modelu układu występuje przynajmniej jeden pręt. Po wywołaniu funkcji wstawiania wymiaru program przekręca układ do jednej z płaszczyzn głównych i oczekuje od użytkownika wskazania dwóch węzłów, między którymi ma być poprowadzony wymiar. W trakcie wprowadzania wymiaru użytkownik może zmienić automatycznie ustawioną płaszczyznę główną tylko na inną płaszczyznę główną. Następnie użytkownik powinien wskazać odsunięcie wymiaru od elementu (w tym wypadku można wykorzystać przyciąganie po punktach siatki pomocniczej). Dodatkowo, w przypadku pokrywania się linii pomocniczych kolejnych wymiarów, działa wzajemne przyciąganie znajdujących się blisko siebie punktów bazowych kolejnych wymiarów. Umożliwia to tworzenie w łatwy sposób wymiarów szeregowych. W taki sposób wprowadzane są wymiary równoległe do wymiarowanego elementu układu. W przypadku gdy podczas wprowadzania wymiaru jednocześnie przytrzymamy klawisz **Shift**, wprowadzany wymiar zawsze zostanie odłożony w kierunku jednej z osi globalnego układu współrzędnych (jakby użyto trybu **Orto**). Po wprowadzeniu pojedynczego wymiaru, przy kolejnym wskazaniu węzła, punkt końcowy ostatnio wprowadzonego wymiaru rozpoznawany jest przez program jako punkt początkowy kolejnego wymiaru (wymiarowanie szeregowe). Jednokrotne kliknięcie klawisza **Esc** przerywa wprowadzanie kolejnego wymiaru (powiązanego z ostatnio wprowadzonym), a dwukrotne kliknięcie klawisza **Esc** przerywa działanie funkcji wprowadzania wymiarów. Jeśli oba węzły, między którymi wprowadzany jest wymiar, znajdują się w jednej płaszczyźnie, równoległej (w trakcie jego wprowadzania) do ekranu monitora, wówczas wymiar równoległy, poziomy lub pionowy (z klawiszem **Shift**) w całości wprowadzany jest również w tej płaszczyźnie, w lokalizacji zadanej przez użytkownika. W przypadku gdy w trakcie wprowadzania wymiaru wskazane węzły znajdują się na różnych płaszczyznach równoległych do ekranu monitora, możliwe jest wprowadzanie jedynie wymiarów równoległych do elementu (niezależnie od tego, czy

Podręcznik do programu



Opis programu R3D3-Rama 3D

podczas wprowadzania klawisz **Shift** był wciśnięty czy też nie), a wskazane przez użytkownika położenie przestrzenne wymiaru w pierwszej chwili wydaje się być nieprzewidywalne. Jednak po kilku próbach i przy pewnej wyobraźni przestrzennej użytkownika daje się zlokalizować wymiar w żądanej płaszczyźnie.

Wygląd i widoczność wprowadzonych do projektu wymiarów użytkownik może zdefiniować w oknie

 **Ustawień** programu. Można tam zdefiniować widoczność wymiarów dla poszczególnych typów widoku dostępnych w programie oraz kolor wyświetlanych linii wymiarowych. W oknie  **Ustawień** można również zdefiniować długość linii pomocniczych wymiaru jako procent odległości między wymiarowanym węzłem a odpowiednim znacznikiem wymiaru. W przypadku gdy użytkownik określi długość linii pomocniczych na bardzo małą wartość lub na wartość 0%, długość linii pomocniczej będzie wyświetlona o stałej minimalnej długości dopuszczalnej przez program, niezależnie od stopnia powiększenia modelu. Przedłużenia linii pomocniczej i linii wymiarowej na ekranie monitora zawsze wyświetlane są o stałej wartości, niezależnie od stopnia powiększenia modelu. Przy wymiarowaniu złożonych układów przestrzennych, w celu poprawienia widoczności wymiarowanych elementów, zaleca się stosowanie długości linii pomocniczych ustawionych na 100% ich nominalnej wartości.

Wprowadzone do projektu wymiary można w każdej chwili usunąć. W tym celu należy (analogicznie jak w przypadku prętów i węzłów) zaznaczyć wymiar lub wymiary (pojedynczo, grupowo lub oknem), a następnie wcisnąć klawisz **Delete**, wybrać opcję usuwania na głównym pasku narzędziowym lub odpowiednią funkcję z menu kontekstowego prawego klawisza myszki (**Usuń zaznaczone wymiary**). Wymiary zaznaczone w modelu odrysowywane są na ekranie linią przerywaną.

W przypadku gdy chcemy usunąć jednocześnie wszystkie wymiary z projektu, możemy kliknąć prawym klawiszem myszki w „drzewie projektu” na głównej gałęzi **Wymiary** i z menu kontekstowego wybrać opcję  **Usuń** wszystkie wymiary. Po rozwinięciu w „drzewie projektu” gałęzi **Wymiary** możemy zaznaczyć jedną z grup wymiarów:  **pionowe** (mierzone po osi „z”),  **poziome** (mierzone po osi „x” i „y”) oraz  **równoległe** (wszystkie pozostałe) i usunąć je klawiszem **Delete** lub wybrać opcję  **Usuń wymiary** z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla grupy wymiarów danego typu.

Przy obracaniu widokiem przestrzennym układu wymiary, które w bieżącym widoku stają się nieczytelne, są chwilowo wygaszane i pojawiają się ponownie, gdy ich widok stanie się czytelny. Dotyczy to następujących przypadków:

- Punkty bazowe wymiaru są zbyt blisko siebie (sytuacja taka występuje przeważnie wówczas, gdy wymiar jest prawie prostopadły do powierzchni ekranu).
- Linie pomocnicze wymiarów są prostopadłe do powierzchni ekranu.
- Kąt widziany na ekranie (rzeczywisty jest zawsze równy 90°) między liniami pomocniczymi i linią wymiarową danego wymiaru jest bliski 0° lub 180°.

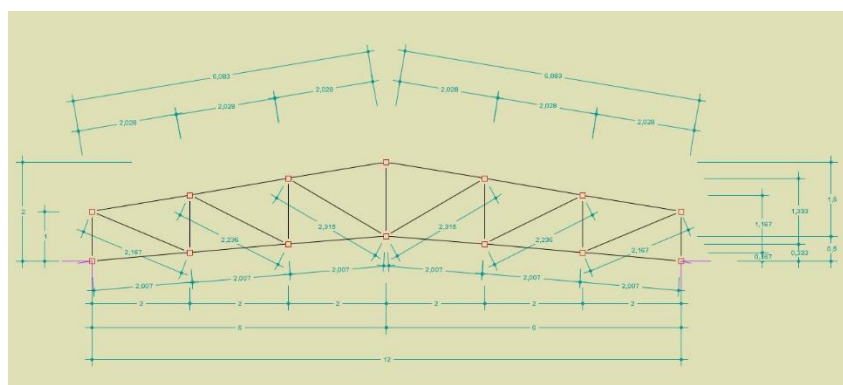
Wszystkie wymiary, jako elementy drugorzędne, wyświetlane są na ekranie jako pierwsze i elementy układu statycznego je przesłaniają, co umożliwia niezakłóconą edycję prętów i węzłów układu. Wszystkie wprowadzone wymiary, jako elementy drugorzędne w modelu statycznym, nie posiadają cech charakterystycznych prętów układu, takich jak punkty przyciągania czy możliwości edycji (kopiowanie, przesuwanie, odsuwanie, odbicie lustrzane itp.). Można je jedynie wstawić do modelu,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

a następnie zaznaczyć (zbiorczo lub indywidualnie) i usunąć z modelu. Jedyną pośrednią możliwością edycji wymiarów występuje wówczas, gdy edytowany jest element, do którego węzłów podpięty jest dany wymiar. Dotyczy to następujących przypadków:

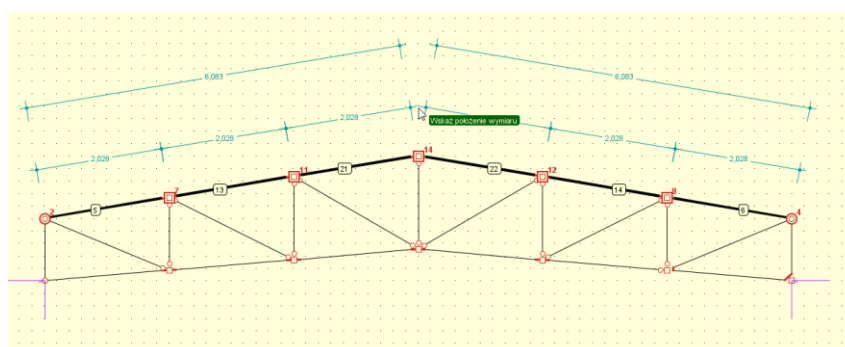
- Dowlolne przesunięcie węzła, do którego podpięty jest wymiar, zamienia wymiar na równoległy i przesuwa go również w nową lokalizację, odpowiadającą nowemu położeniu wymiarowanego węzła.
- Usunięcie węzła, do którego podpięte są wymiary, usuwa jednocześnie te wymiary z modelu.
- Ukrycie elementu wraz z węzłami, do których podpięte są wymiary, jednocześnie ukrywa te wymiary.



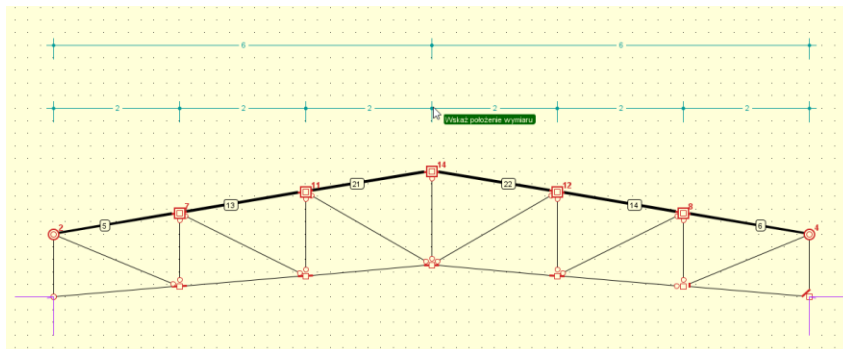
Rys. 75 Przykład projektu kratownicy z wstawionymi wymiarami

#### 4.1.22. Grupowe wstawianie wymiarów

Dla zaznaczonej grupy prętów ciągłych i współliniowych, po wybraniu funkcji wstawiania wymiarów, do modelu wstawiane są wymiary cząstkowe poszczególnych prętów zaznaczonego ciągu prętowego oraz wymiar całkowity takiego ciągu. Wymiary te domyślnie wstawiane są jako wymiary równoległe do danego ciągu prętowego lub, jeśli wywołamy funkcję wstawiania wymiarów przy wciśniętym klawiszu **Shift**, jako wymiary poziome lub pionowe, w zależności od wskazania położenia ciągu wymiarowego.



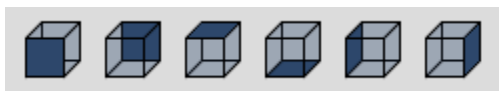
Rys. 76 Grupowe wprowadzanie wymiarów równoległych dla zaznaczonych ciągów prętów



Rys. 77 Grupowe wprowadzanie wymiarów poziomych (z klawiszem Shift) dla zaznaczonych ciągów prętów

## 4.2. Wizualizacja

Wprowadzony przestrzenny układ prętowy jest wyświetlany na monitorze w rzutowaniu perspektywicznym lub równoległym. Na głównym pasku narzędziowym wprowadzono sześć czytelnych ikon odpowiadających za wyświetlanie sześciu podstawowych i predefiniowanych widoków modelu widocznego w jednej z płaszczyzn głównych. Przy wyświetlaniu projektu w jednym z widoków podstawowych można włączyć przyciąganie do siatki pomocniczej. Siatka ta widoczna jest tylko na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia** (nie jest dostępna na zakładkach **Wyniki** i **Wymiarowanie**). W wersji **R2D2-RAMA 2D** dostępny jest jedynie widok z przodu.



Rys. 78 Widoki płaszczyzn głównych

Przy ustawionym widoku w jednej z płaszczyzn głównych układ można dowolnie obracać za pomocą myszki. Wciskając i trzymając lewy przycisk myszki, a następnie przesuwając ją, powodujemy, że układ się obraca i można obejrzeć go z dowolnej strony, pod dowolnym kątem.

Alternatywnym sposobem zmiany płaszczyzny głównej widoku jest wciskanie odpowiednich kursorów klawiatury lub odpowiadających im przycisków ze strzałkami, umieszczonych na dolnym pasku stanu, pokazanych na rysunku poniżej:



Rys. 79 Przyciski do obracania oraz blokowania układu i podglądu wprowadzanego przekroju

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Przyciski te obracają układ do jednej z płaszczyzn głównych w następujący sposób: patrząc na układ np. z prawej strony (kierunek, z którego obserwowany jest układ, jest wyświetlany w lewym górnym rogu okna edycyjnego) i wciskając strzałkę, powodujemy, że skierowana w prawo kamera przemieści się tak, aby obserwować układ z tyłu. Natomiast po wciśnięciu strzałki skierowanej w lewo układ byłby obserwowany z przodu. Używając przycisków ze strzałkami, wywołujemy zmianę obrotu układu względem aktualnego położenia. Aby ustawić układ od razu w określonym położeniu, należy wybrać odpowiedni widok z menu górnego **Widok** lub analogiczny widok na głównym pasku narzędziowym.

Obok dolnych strzałek przełączających widoki główne ekranu umieszczono dodatkowy przycisk włączania/wyłączania blokady ustawienia położenia aktualnego widoku. Opcja ta może być bardzo istotna w przypadku wprowadzania prętów w dowolnym widoku przestrzennym (blokuje przypadkowe poruszenie ekranu podczas rysowania pręta). Działanie blokady widoczne jest w postaci symbolu kłódki w prawym górnym rogu ekranu roboczego.

Z lewej strony strzałek umieszczono przycisk włączania podglądu 2D przekroju podczas wprowadzania elementu do układu. Działanie funkcji widoczne jest w postaci odpowiedniego symbolu w prawym górnym rogu ekranu roboczego.

Poza obrotem układu można także regulować jego położenie na ekranie. Dokonuje się tego, wciskając i trzymając prawy przycisk myszki, a następnie przesuwając ją.

Suwaki znajdujące się na dole okna głównego programu służą do regulacji powiększenia oraz kąta widzenia kamery. Funkcję regulacji powiększenia można też realizować bezpośrednio za pomocą rolki na myszce..



Rys. 80 Parametry kamery

Po ustawieniu kąta widzenia kamery na zero stopni układ jest przedstawiany w rzutowaniu równoległym. Na pasku stanu znajduje się również suwak umożliwiający skalowanie wyświetlanych elementów modelu (lista dostępnych elementów wyświetlana jest powyżej suwaka).

### 4.3. Zapisywanie widoków i praca z widokami


Do modelu układu, poza elementami schematu statycznego, można wprowadzić również inne elementy, niemające wpływu na obliczenia statyczne, ale pamiętane w projekcie. Takimi elementami są definiowane przez użytkownika widoki.


W celu ułatwienia pracy ze złożonymi konstrukcjami prętowymi oraz w przypadku potrzeby szybkiej prezentacji wybranych fragmentów konstrukcji, można w projekcie posługiwać się zapisanymi w modelu widokami. Widok w programie określony jest przez kilka podstawowych parametrów zapamiętywanych w chwili jego zapisywania w modelu, takich jak: powiększenie, kąt widoku, przesunięcie, obrót, chwilowa blokada ekranu i stan ukrycia prętów modelu. Utworzenie kilku

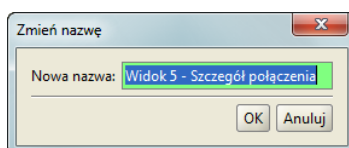
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

podstawowych widoków w projekcie pozwala na bardzo szybkie przełączanie się między nimi w trakcie pracy lub prezentacji wprowadzonej konstrukcji.

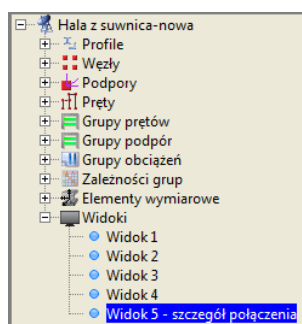
Aby zapisać widok w programie, należy w pierwszej kolejności ustawić jego pożądaną wygląd za pomocą podstawowych funkcji programu, takich jak: powiększenie, kąt widoku, przesunięcie, obrót, chwilowa blokada ekranu i stan ukrycia prętów. Następnie klikając na dowolnym punkcie ekranu graficznego prawym klawiszem myszki, z menu kontekstowego wybieramy opcję  **Zapisz widok**.

Inną możliwością zapisania widoku jest (po jego ustawieniu) wybranie funkcji  **Zapisz widok** z menu górnego **Widok**. Po wywołaniu funkcji na ekranie pojawi się okienko dialogowe umożliwiające wpisanie charakterystycznej nazwy widoku (domyślnie: **Widok 1; Widok 2; ...**), po której dany widok będzie identyfikowany w projekcie.



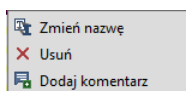
Rys. 81 Okienko definiowania nazwy widoku

Po wpisaniu nazwy widoku, w panelu „drzewa projektu” pojawi się gałąź **Widoki**, po rozwinięciu której będą widoczne nazwy widoków utworzonych w projekcie. W ramach jednego projektu można utworzyć wiele widoków tworzonej konstrukcji.



Rys. 82 „Drzewo projektu” ze zdefiniowanymi widokami

Przełączanie się między zdefiniowanymi w projekcie widokami polega na kliknięciu na żądaną nazwę widoku w „drzewie projektu”. Dla każdego widoku w „drzewie projektu” po kliknięciu na nim prawym klawiszem myszki dostępne jest menu kontekstowe pozwalające na zmianę nazwy widoku i jego usunięcie z projektu.



Rys. 83 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla widoku

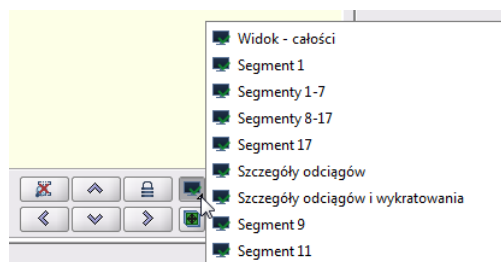
Ustawienie wybranego w danej chwili widoku powoduje, że jest on aktywny i pozwala na bieżącą dowolną modyfikację układu. Po schowaniu „drzewa projektu” przełączanie widoków można




Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

realizować z podręcznego, rozwijalnego menu, dostępnego pod odpowiednią ikoną na dolnym panelu pomocy graficznych.




Rys. 84 Wybór widoku z dolnego panelu pomocy graficznych


W przypadku gdy chcemy usunąć wszystkie widoki z projektu, klikamy prawym klawiszem myszki w „drzewie projektu” na głównej gałęzi **Widoki** i wybieramy z menu kontekstowego opcję  **Usuń**.




#### 4.4. Szczegółowa wizualizacja 3D

W programie istnieje dodatkowy tryb wizualizacji układu. Jest to tryb szczegółowy, w którym nie są rysowane osie prętów, lecz rzeczywisty kształt ich przekrojów. Umożliwia to łatwą weryfikację poprawności zadanych przekrojów oraz orientacji lokalnych układów współrzędnych prętów w przestrzeni 3D. Dodatkowo pokazane są również wszystkie obciążenia i podpory.



Sterowanie widokiem układu prezentowanym w szczegółowej wizualizacji jest analogiczne do sterowania widokiem w głównym oknie programu (lewy przycisk myszy – obrót układu, prawy przycisk – przesuwanie układu, rolka myszki – powiększanie). Widok układu jest odświeżany po zamknięciu i ponownym otwarciu okna szczegółowej wizualizacji 3D.

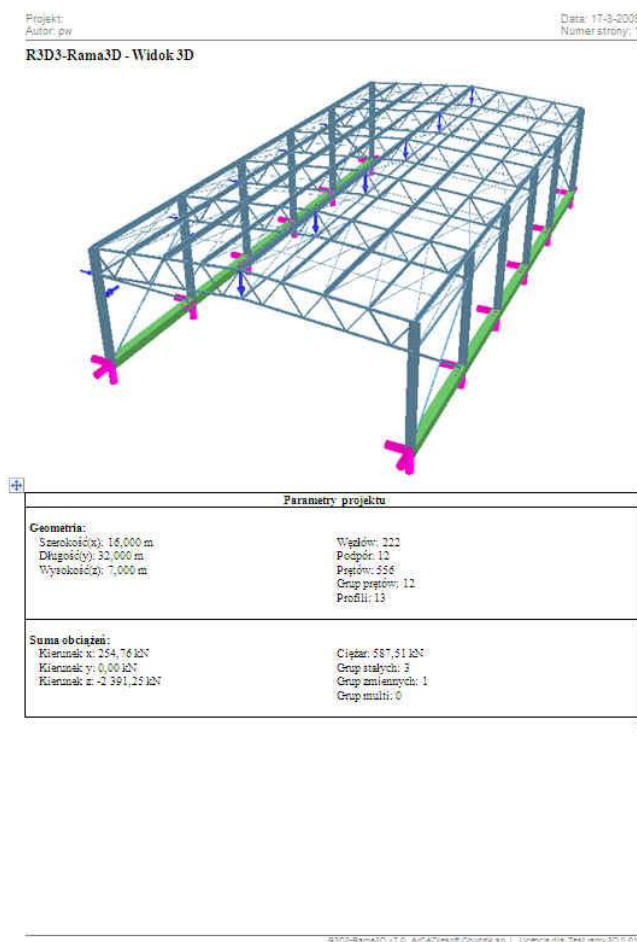
Zakres i formę wyświetlanych elementów w szczegółowym widoku 3D można ustawić w oknie  **Ustawień**. Dotyczy to takich elementów jak: pręty, podpory, obciążenia ciągłe i skupione, tło i podłoże.

W przypadku wyświetlania obciążeń ciągłych i skupionych w  **Widoku 3D** ich reprezentacja graficzna przesunięta jest na krawędź zewnętrzną profili, tak aby były one widoczne dla użytkownika, natomiast należy pamiętać, że w rzeczywistym modelu obliczeniowym obciążenia te przyłożone są do osi elementu.

Po wykonaniu obliczeń statycznych, na dole okna  **Widok 3D**, obok przycisku **Raporty**, pojawi się dodatkowy przycisk –  $\sigma$  – którego wciśnięcie spowoduje podświetlenie na czerwono (na  **Widoku 3D**) elementów, dla których przekroczone zostały graniczne wartości sprężystych naprężeń normalnych na ściskanie i rozciąganie (przypisane w grupach prętów). Po wciśnięciu tego przycisku program porównuje ekstremalne wartości naprężeń normalnych otrzymanych w trakcie obliczeń z obwiedni naprężeń z granicznymi wartościami wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie, określonymi przez użytkownika dla danej grupy prętów w oknie  **Grup prętów**. Ponowne naciśnięcie przycisku  $\sigma$  eliminuje podświetlenie tych prętów.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

Na dole okna  **Widoku 3D** umieszczony jest również przycisk **Raport**. Jego naciśnięcie spowoduje wygenerowanie dodatkowego jednostronicowego raportu w formacie **RTF**, zawierającego aktualny widok 3D układu oraz podstawowe dane ogólne projektu, które wyświetlane są w oknie  **Właściwości projektu**. Przykładowy widok takiego raportu przedstawiono poniżej:



Rys. 85 Raport z Widoku 3D

## 4.5. Wprowadzanie danych o geometrii

Program rozwiązuje statykę prętowych układów przestrzennych, w których każdy węzeł posiada trzy współrzędne (x, y, z). Wprowadzanie wszystkich danych i prezentacja wyników odbywają się na płaszczyźnie ekranu graficznego monitora komputera. W programie zostało użyte rzutowanie perspektywiczne, co daje wrażenie głębi obrazu.

Głównym założeniem programu jest możliwość wygodnego, graficznego wprowadzania danych. Całą konstrukcję można wymodelować, korzystając tylko z myszy. Nie jest konieczne wprowadzanie danych z klawiatury, ale ten sposób wprowadzania danych jest również dostępny.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D



Tryb wprowadzania danych geometrycznych uruchamia się przez kliknięcie na odpowiedniej ikonie wprowadzania pręta lub ciągu prętów. Aby zakończyć wprowadzanie danych, należy ponownie kliknąć na tej ikonie lub wcisnąć klawisz **Esc**. Generalnie klawisz **Esc** przewidziany jest w programie do szybkiego przerwania działania wybranej funkcji programu.

W trakcie wprowadzania geometrii możliwość dowolnego obracania układu nie jest zablokowana. Dostępnych jest sześć prostokątnych widoków poprowadzonych wzdłuż osi globalnego układu współrzędnych, z których można obserwować układ. Są to: przód, tył, lewo, prawo, góra i dół. Można przełączać się między nimi za pomocą przycisków ze strzałkami znajdującymi się na dole okna graficznego programu lub wybierając odpowiedni widok z menu górnego **Widok** lub głównego paska narzędziowego.

Tworzenie układu polega na klikaniu lewym przyciskiem myszki na ekranie – we wskazanych miejscach tworzone są węzły, które następnie łączone są prętami. Koniec jednego pręta staje się automatycznie początkiem następnego (przy wprowadzaniu ciągu prętów). Wciśnięcie klawisza **Esc** podczas rysowania pręta przerywa szereg i pozwala na wskazanie początku nowego pręta w dowolnym punkcie ekranu. Pracując w jednym widoku, można podać graficznie tylko dwie współrzędne punktu. Trzecia nadawana jest automatycznie w zależności od ustawionej współrzędnej płaszczyzny ekranu. Aby określić graficznie dowolne położenie punktu w przestrzeni, należy prawym klawiszem myszki zablokować chwilowo kursor we właściwym położeniu, przełączyć się na inny widok prostokątny do początkowego i wskazać głębokość jego położenia lub bezpośrednio wpisać głębokość punktu z klawiatury przez podanie współrzędnej względnej **dx, dy, dz** na zakładce **Geometria**.

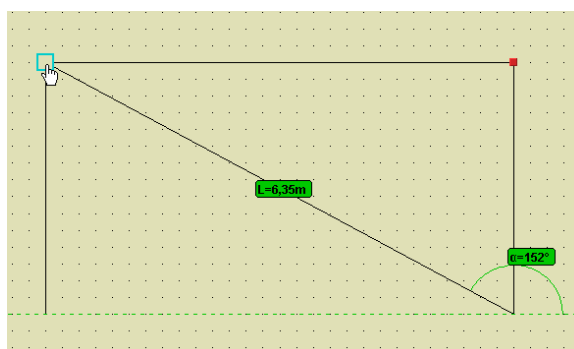
## 4.6. Pomoce rysunkowe przy tworzeniu konstrukcji

### 4.6.1. Siatka


W trakcie rysowania układu w jednej z płaszczyzn głównych, na ekranie widoczna jest płaska siatka punktów przyciągania. Za pomocą myszki można wstawiać nowe węzły układu między punktami tej siatki . Wielkość oczek siatki można ustawić w oknie  **Własności projektu**. Obszar siatki dopasowuje się automatycznie do rozmiaru układu. Przy dużym pomniejszeniu widoku siatka mogłaby być rysowana zbyt gęsto. Aby temu zapobiec, rysowanie niektórych wierszy i kolumn siatki jest pomijane. Mimo że niektóre z punktów siatki nie są wtedy rysowane, to kursor nadal jest do nich dociągany. Opcja siatki nie jest dostępna w dowolnym ustawieniu przestrzennym wprowadzania prętów, niezależnie od ustawienia ekranu.

Włączona opcja siatki pomocniczej bywa bardzo przydatna w trakcie wprowadzania do modelu wymiarów szeregowych.

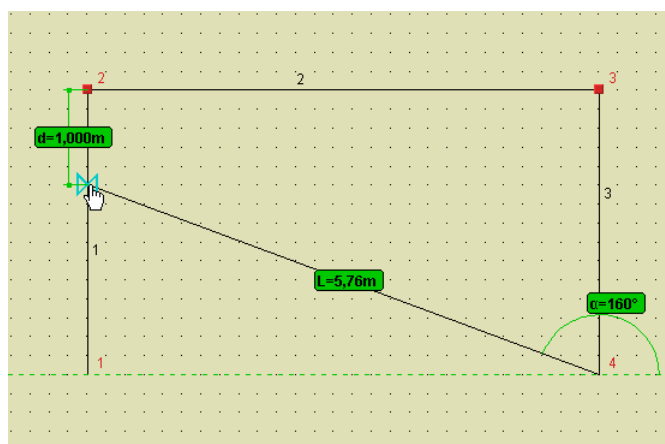
#### 4.6.2. Dociąganie do węzłów



Rys. 86 Dociąganie do węzła

Łatwe dołączanie nowych prętów do istniejących węzłów zapewnia funkcja dociągania. Gdy podczas rysowania wskaźnik myszki znajdzie się w pobliżu istniejącego węzła, zostanie on obramowany grubą obwódką w kształcie kwadratu . Sygnalizuje to, że odnaleziono pobliski węzeł, do którego (po zatwierdzeniu lewym przyciskiem myszy) zostanie dołączony rysowany pręt. Najechnięcie myszką na istniejący węzeł powoduje ustawienie „głębokości” rysowania aktualnego węzła takiej jak węzła wskazanego, z przeniesieniem siatki na „głębokość” wskazanego węzła. Ponieważ po przesunięciu myszki poza węzeł głębokość ta nie znika, opcja umożliwia przestrzenne wprowadzenie pręta, mimo że ekran ustawiony jest w jednej z płaszczyzn głównych. W celu ponownego płaskiego wprowadzania pręta na płaszczyźnie ekranu należy ponownie wskazać węzeł początkowy lub inny leżący w danej płaszczyźnie ekranu. Dodatkowym znacznikiem tego, czy pręt będzie rysowany w płaszczyźnie ekranu, czy nie, są opcje śledzenia. W przypadku rysowania pręta w płaszczyźnie ekranu, przy jego ciągnięciu pokazywana jest aktualna długość pręta i kąt jego nachylenia do poziomu. W przypadku gdy wprowadzany pręt rysowany jest w innej płaszczyźnie, nierównoległej do płaszczyzny ekranu, przy jego ciągnięciu podawana jest jego aktualna długość, lecz brak jest możliwości określenia kąta nachylenia na ekranie graficznym. Wygaszony jest on wówczas również na zakładce **Geometria**.

#### 4.6.3. Śledzenie



Rys. 87 Widok w trybie śledzenia

Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

W trakcie wprowadzania nowego pręta do układu pomocą dla użytkownika jest bieżące podawanie na ekranie długości wprowadzanego elementu i kąta jego nachylenia do poziomu (tylko w płaszczyźnie głównej). Wprowadzając pręt w układzie biegunowym (długość i kąt), w każdej chwili użytkownik może przejść do precyzyjnego podawania wymiarów (długości i kąta lub składowych względnych) znajdujących się na zakładce **Geometria**. W tym celu można bezpośrednio przejść kursorem na zakładkę, wpisać odpowiednie wartości i nacisnąć klawisz **Enter**. Należy tu pamiętać, że współrzędne biegunowe i składowe względne są od siebie zależne i przy zmianie jednych drugie przeliczają się automatycznie. Kąt nachylenia do poziomu liczony jest od zera do 180 stopni (zawsze dodatni), przy czym jeśli kursor myszki znajduje się nad poziomą linią odniesienia, kąt liczony jest przeciwnie do wskazówek zegara, a jeśli pod linią odniesienia – zgodnie ze wskazówkami zegara. Sposób liczenia kąta na bieżąco pokazywany jest w trybie śledzenia. W związku z tym lepszym rozwiązaniem, eliminującym przypadkowe położenie kursora, jest ustawienie kursora nad lub pod linią odniesienia (zależnie od potrzeby), chwilowe zablokowanie go prawym przyciskiem myszki, przejście na zakładkę **Geometria**, precyzyjne podanie odpowiednich wymiarów i wciśnięcie klawisza **Enter**.

Przy wprowadzaniu elementu w układzie biegunowym (długość i kąt) w trybie płaskim, poza wpisaniem obu wartości na zakładce **Geometria**, będąc na ekranie graficznym, możemy długość pręta podać, wpisując ją bezpośrednio z klawiatury. Wskazany myszką kąt nachylenia pręta możemy doprecyzować z domyślną dokładnością 0,1 stopnia za pomocą klawisza **Alt** i wciśniętego odpowiedniego kursora klawiatury. Kombinacja klawiszy **Ctrl + Alt + Kursory** doprecyzowuje wartość kąta nachylenia pręta z dokładnością do 0,01 stopnia. Zmiana **Dokładności śledzenia punktów przyciągania** z 1 cm na 1 mm w oknie **Ustawień** powoduje również zamianę dokładności wprowadzania kąta nachylenia pręta za pomocą odpowiedniej, opisanej powyżej kombinacji klawiszy. Metoda doprecyzowania kąta nachylenia pręta dostępna jest również przy chwilowym zablokowaniu kursora ekranowego za pomocą prawego klawisza myszki.

W dowolnym ustawieniu widoku 3D na ekranie, program będzie wyświetlał jedynie długość wprowadzanego pręta po najechaniu na węzeł końcowy elementu lub inny punkt charakterystyczny modelu.

#### 4.6.4. Funkcja zaawansowanego śledzenia

Funkcja zaawansowanego śledzenia elementów dostępna jest w płaskim i przestrzennym widoku 3d elementów projektu. Włączanie i wyłączanie opcji śledzenia odbywa się za pomocą odpowiedniego przycisku umieszczonego w dolnej części ekranu , znajdującego się obok innych przycisków wspierających graficzne wprowadzanie danych na ekranie. Wybranie funkcji śledzenia za każdym razem automatycznie włącza przyciąganie do wszystkich dostępnych w programie punktów charakterystycznych. Następnie użytkownik może wyłączyć zbędne punkty charakterystyczne.

Tryb śledzenia polega na możliwości wystawienia układu linii pomocniczych, dla których dostępne są wszystkie punkty przyciągania wraz z domiarem, co w znacznym stopniu ułatwia graficzne wprowadzanie elementów. W programie przy ustawieniu widoku w jednej z płaszczyzn głównych, dostępne są dwa typy linii pomocniczych:

- Przy najechaniu na dowolny węzeł układu (bez klikania) wystawiany jest z tego węzła układ pionowej i poziomej linii pomocniczej (jednocześnie mogą być dostępne na ekranie dwa układy

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

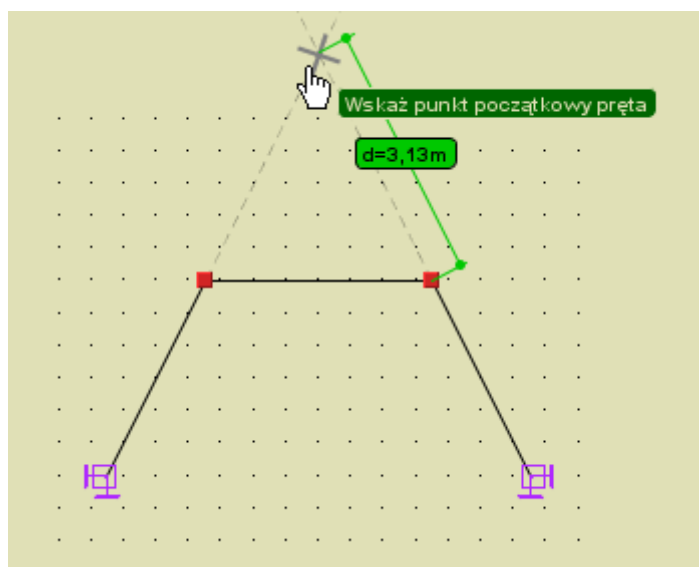
takich linii: jeden wystawiony zawsze z węzła początkowego, z którego rozpoczynamy rysowanie, a drugi z ostatnio wskazanego węzła).

- Przy najechaniu na koniec dowolnego pręta (bez klikania) wystawiana jest linia pomocnicza w postaci przedłużenia tego pręta, wystawiona z bliższego węzła (tu również jednocześnie mogą być dostępne dwie ostatnio wskazane linie pomocnicze tego typu). W ustawieniu ekranu w jednej z płaszczyzn głównych, poza linią pomocniczą przedłużenia pręta, wystawiana jest również linia pomocnicza do niej prostopadła, poprowadzona w tym samym węźle pręta.

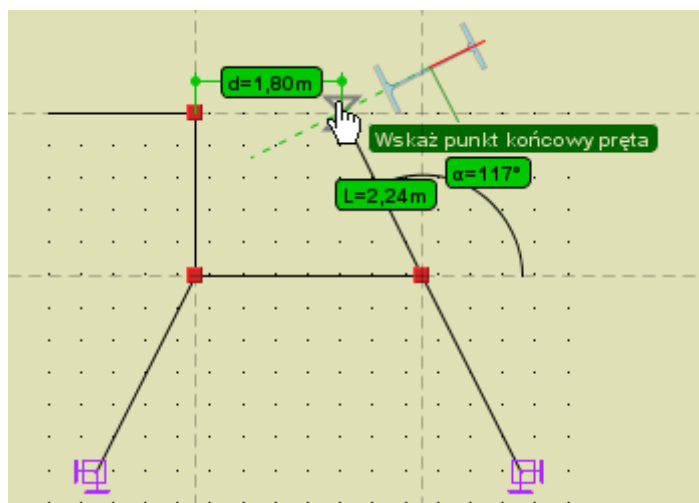
W dowolnym widoku przestrzennym wprowadzania elementu dostępne są jedynie linie pomocnicze w postaci przedłużenia prętów (zamiast układu linii poziomej i pionowej dostępny jest tu przestrzenny tryb ortogonalny wprowadzania prętów).

Układ tak określonych linii pomocniczych daje dodatkowe punkty charakterystyczne (bliski, prostopadły i przecięcia) wraz z ich pomiarami do najbliższego węzła, które w wielu przypadkach pozwolą na łatwe graficzne zdefiniowanie odpowiednich elementów układu, bez potrzeby posługiwania się metodą numeryczną.

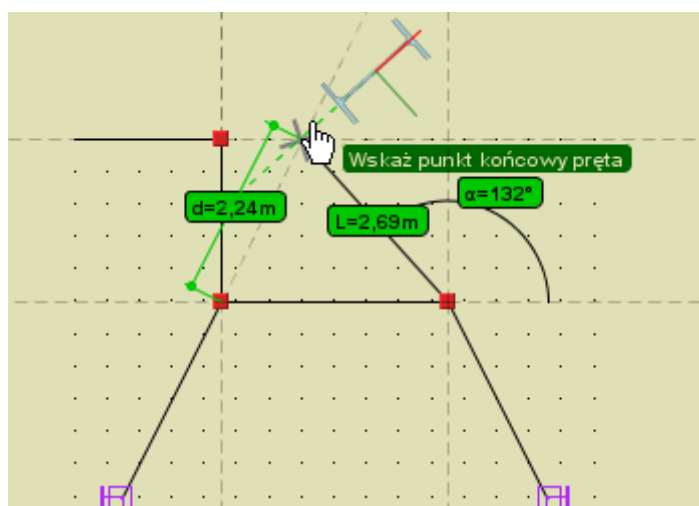
Tryb zaawansowanego śledzenia graficznego uruchamiany jest jedynie dla funkcji, których działanie polega na wprowadzaniu prętów układu, ich edycji wymagającej wskazania na ekranie odpowiedniego wektora, a także przy funkcji mierzenia odległości. Dla pozostałych funkcji tryb ten jest z założenia niedostępny, nawet gdy jego działanie jest włączone. Układ wyświetlanych linii pomocniczych pozostawiany jest bez zmian przy zoomowaniu i przesuwaniu ekranu. Przy obracaniu układu linie pomocnicze są usuwane i ich wyświetlenie wymaga ponownego wskazania odpowiednich końców prętów i węzłów.



Rys. 88 Śledzenie punktu przecięcia przedłużenia dwóch prętów



Rys. 89 Linie pomocnicze śledzenia wystawione z węzła początkowego i ostatnio wskazanego węzła





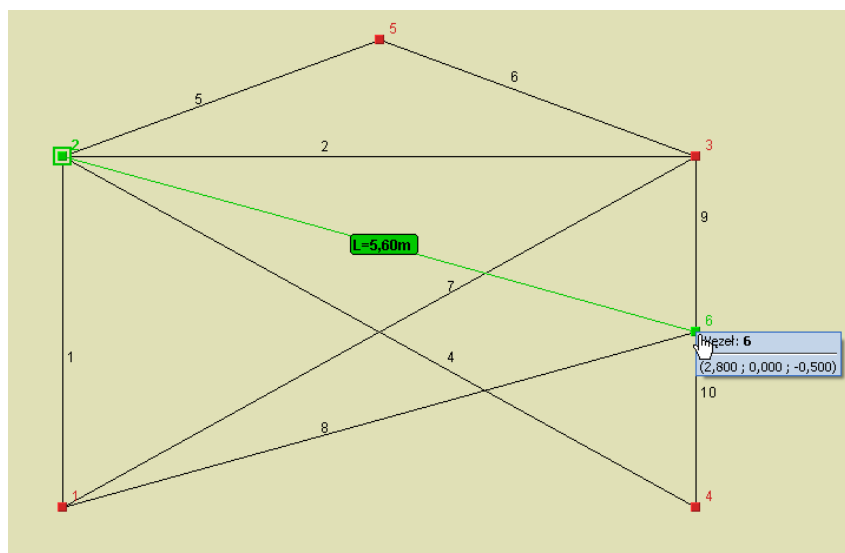
Rys. 90 Kombinacja linii śledzących w postaci dwóch układów linii pionowych i poziomych wystawionych z dwóch węzłów i jednego przedłużenia pręta

#### 4.6.5. Funkcja przełączania węzła początkowego

W przypadku próby wprowadzenia do istniejącego układu nowego pręta po śladzie istniejącego pręta, tj. gdy węzeł początkowy i końcowy wprowadzanego pręta pokrywają się z węzłami już istniejącego pręta, nastąpi przełączenie węzła początkowego nowego pręta na ostatnio wskazany węzeł pręta istniejącego, z pominięciem wprowadzenia pręta pokrywającego się z już istniejącym elementem układu. Funkcjonalność ta dotyczy również sytuacji, gdy wprowadzany pręt pokryje się ze skończonym ciągiem prętów ciągłych i współliniowych. W takim przypadku również nastąpi przełączenie węzła na ostatnio wskazany węzeł. Funkcjonalność taka pozwala w łatwy sposób (bez przerywania funkcji wprowadzania prętów) budować złożone struktury prętowe, np. ciągi skratowań typu X.


#### 4.6.6. Funkcja zmierz odległość

Funkcja zmierz odległość przeznaczona jest do pomiaru dowolnej odległości między węzłami i innymi punktami charakterystycznymi układu. Funkcja ta wywoływana jest z menu górnego **Narzędzia** –  **Pomiar odległości**. Po jej uruchomieniu wskazujemy w układzie węzeł, który będzie bazą pomiarów, a następnie, po przesunięciu kursora myszki w pobliże innego węzła lub punktu charakterystycznego na przecię, program oblicza odległość między punktem wskazanym i węzłem bazowym i wyświetla ją na tle zielonej linii pomocniczej łączącej oba punkty. Punktem bazowym pomiaru odległości może być jedynie dowolny węzeł początkowy lub końcowy pręta, a punktem docelowym dowolny punkt charakterystyczny na przecię. W ramach wywołanej funkcji można wykonać wiele pomiarów od węzła bazowego. Chcąc zmienić węzeł bazowy na inny, klikamy na nim lewym klawiszem myszki i teraz on staje się nowym węzłem bazowym pomiaru. W trakcie działania funkcji pomiaru odległości użytkownik ma dostęp do ustawień aktywnych punktów zaczepienia wraz z ich śledzeniem, z wyjątkiem węzłów końcowych, które są z założenia aktywne i nie mogą być w tym trybie wyłączone. Z funkcji  **Pomiar odległości** wychodzimy, wciskając klawisz **Esc**. Przy pomiarze odległości można posługiwać się punktami przyciągania na liniach pomocniczych zaawansowanego śledzenia.



Rys. 91 Działanie funkcji Pomiar odległości

#### 4.6.7. Funkcja pomiaru kąta między prętami

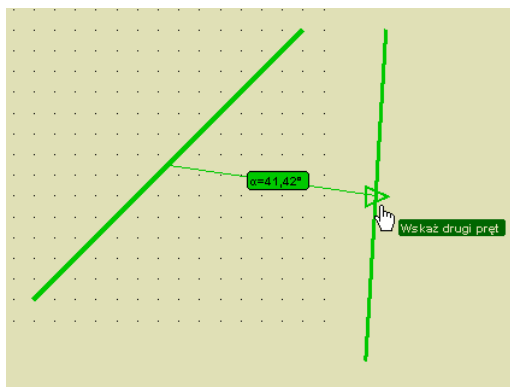
Funkcja pomiaru kąta między dwoma prętami działa analogicznie jak funkcja pomiaru odległości. Po jej wywołaniu w menu **Narzędzia** –  **Pomiar kąta** wskazujemy pręt bazowy pomiaru (zaznacza się on na zielono), a następnie, po najechaniu kursorem myszki na dowolny inny pręt układu (bez klikania), zaznacza się on również na zielono, a środki tak zaznaczonych prętów połączone są linią pomocniczą, na której wyświetla się etykieta z wartością pomierzonego kąta. Kliknięcie na dowolnym innym przecię układu zmienia wybór pręta bazowego pomiaru. Z funkcji pomiaru kąta wychodzimy, wciskając dwukrotnie klawisz **Esc**. Pomiar kąta realizowany jest przez program przez równoległe przesunięcie pręta wskazanego do pręta bazowego, tak aby uzyskały wspólny wierzchołek, a następnie pomiar zwykłego kąta płaskiego między dwoma prętami w płaszczyźnie, którą oba pręty tworzą po zsunięciu.



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

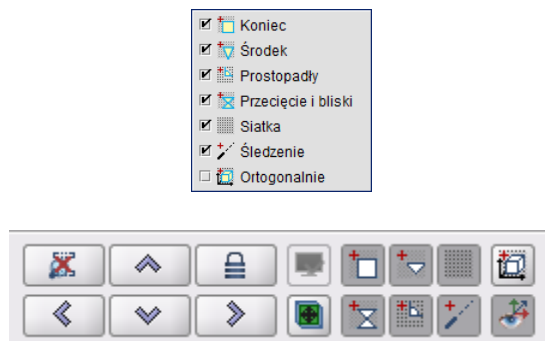
Przy pomiarze kąta można posługiwać się liniami pomocniczymi zaawansowanego śledzenia. Przykładowy pomiar kąta między dwoma prętami pokazano poniżej:



Rys. 92 Działanie funkcji pomiaru kąta między prętami

#### 4.6.8. Punkty przyciągania

W programie można korzystać z kilku podstawowych trybów przyciągania do punktów charakterystycznych. Są to: punkty siatki, węzły (koniec), punkty środkowe prętów, punkty prostopadłe, punkty przecięcia oraz punkty bliskie na prętach. Możliwe jest również korzystanie z trybu ortogonalnego. Włączanie i wyłączenie punktów przyciągania odbywa się za pomocą czterech odpowiednich przycisków, umieszczonych po prawej stronie strzałek ustawienia ekranu, poniżej obszaru roboczego lub z menu kontekstowego prawego klawisza myszki.



Rys. 93 Włączanie i wyłączenie punktów przyciągania

Pierwsze dwa z nich (siatka i węzły) zostały dokładnie omówione w poprzednich rozdziałach. Warto tu jeszcze powiedzieć, że działanie punktów przyciągania do siatki różni się zasadniczo od wszystkich pozostałych w tym znaczeniu, że przyciąganie to działa jedynie przy ustawieniu widoku układu w jednej z płaszczyzn głównych (przy ustawieniu dowolnym siatka będzie automatycznie wygaszona). Ustawienie układu w jednej z płaszczyzn głównych wykonujemy za pomocą strzałek umieszczonych na dole ekranu roboczego. W przypadku pozostałych punktów (węzłów, środkowych i bliskich) nie ma takiego ograniczenia i są one dostępne w dowolnym ustawieniu ekranu.




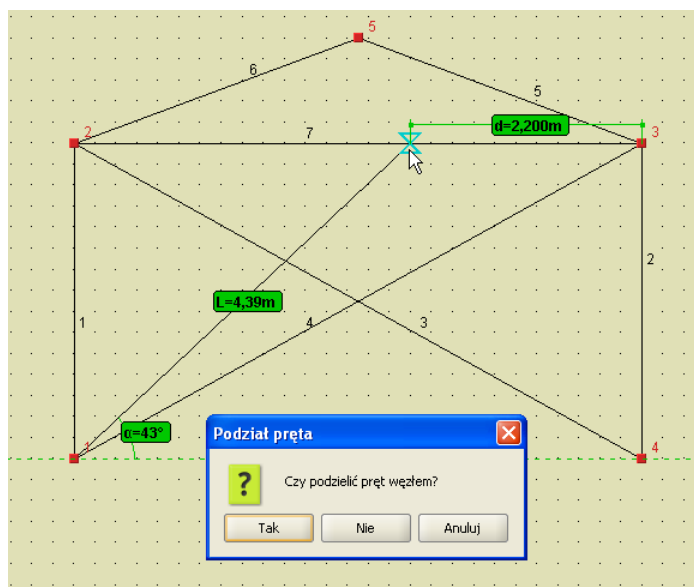
Bliski punkt przyciągania:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Przy najechaniu kursorem myszki na dowolny pręt wprowadzony do układu na pręcie tym rozpoznawany jest punkt leżący najbliżej położenia kursora. Rozpoznanie takie odbywa się tylko w otoczeniu danego pręta i sygnalizowane jest zmianą oznaczenia symbolu przyciągania myszki na „szarą klepsydrę” (zwężenie klepsydry pokrywa się z miejscem wskazanym na pręcie). Dodatkowo pojawia się wówczas chwilowa linia wymiarowa w kolorze zielonym, lokalizująca położenie wskazanego punktu na pręcie zawsze w stosunku do jego najbliższego węzła. W trakcie przesuwania kursorem myszki wzdłuż pręta automatycznie aktualizuje mu się wymiar lokalizujący dany punkt na pręcie. W celu precyzyjnego ustawienia położenia wskazanego punktu na pręcie ustawiamy kursor myszki jak najbliżej potrzebnej lokalizacji, a następnie precyzyjnie ustawiamy jego lokalizację za pomocą strzałek na klawiaturze. Przy precyzyjnym wskazywaniu położenia punktu na pręcie za pomocą kursorów, odległość zawsze domierzana jest od tego samego węzła, niezależnie od tego, czy jest ona mniejsza czy większa od połowy długości pręta. Precyzja takiej lokalizacji punktu na pręcie wynosi domyślnie 1 cm, gdyż kliknięcie na dowolnym kursorze klawiatury zmienia położenie wskazanego punktu właśnie o  $0,01\text{ m} = 1\text{ cm}$ .

Przy wskazywaniu dokładnego położenia na pręcie za pomocą kursorów, w programie występuje możliwość szybkiego, chwilowego przełączenia dokładności domiaru na przeciwny (np. z „cm” na „mm” i odwrotnie, zależnie od ustawienia podstawowego), realizowana przez jednoczesne użycie strzałek kursorów z wciśniętym klawiszem **Ctrl**. Ustawienie precyzji śledzenia dla punktów przyciągania można zmienić w  **Ustawienia programu – Dokładność śledzenia pkt. przyciągania** z 1 cm na 1 mm i odwrotnie. Akceptacja wybranej lokalizacji może odbywać się w dwojaki sposób: w przypadku precyzyjnego wskazania kursorem myszki – przez naciśnięcie lewego klawisza myszki (ryzykujemy tu utratę lokalizacji przy przypadkowym poruszeniu myszką) lub potwierdzenie lokalizacji bardziej zalecane w dowolnym przypadku – przez wciśnięcie klawisza **Enter**.



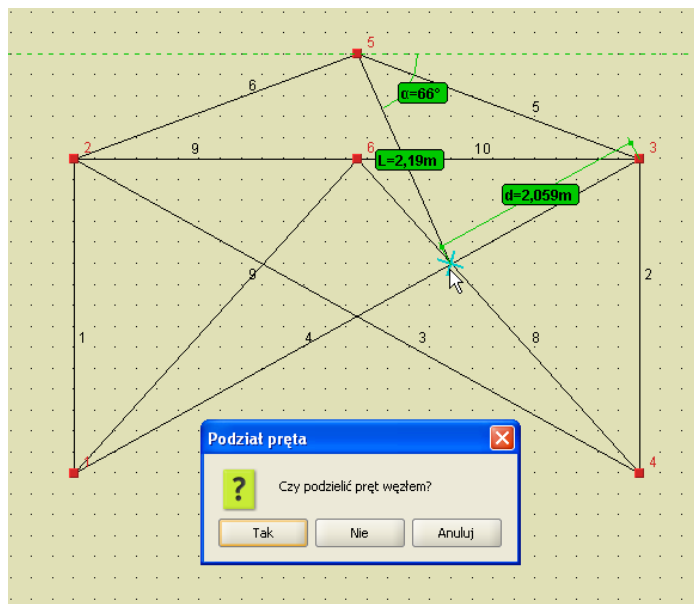
Rys. 94 Bliski punkt przyciągania na pręcie

Odmianą punktu „bliski” o wyższym priorytecie jest punkt przyciągania „przecięcie”. Tryb ten włączany jest łącznie z trybem „bliski” i dotyczy punktu przyciągania będącego punktem przecięcia dwóch prętów leżących w jednej płaszczyźnie. Jego wybór sygnalizowany jest zmianą symbolu przyciągania na

Podręcznik do programu

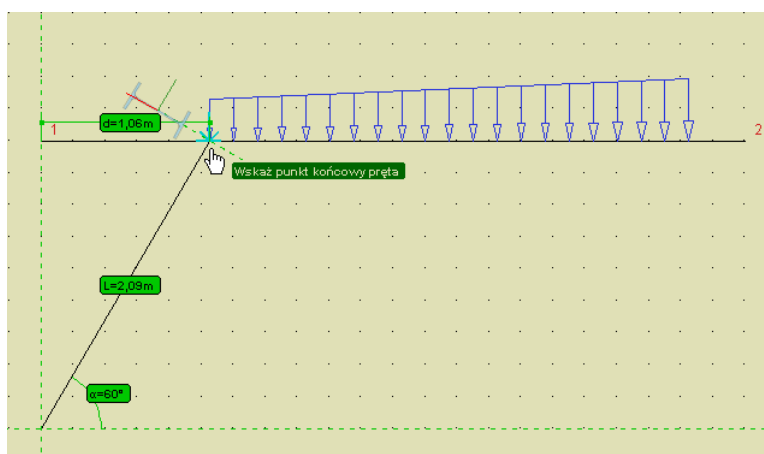
Opis programu R3D3-Rama 3D

krzyżyk przecinający się w punkcie przecięcia dwóch prętów (nie dotyczy to pozornego punktu przecięcia). Przy wyborze lokalizacji w tego typu punkcie należy pamiętać, że ewentualne rozcięcie węzłem pręta istniejącego będzie dotyczyło tylko jednego pręta z krzyżujących się – tego, dla którego podana jest lokalizacja położenia wskazanego punktu względem węzła początkowego.



Rys. 95 Punkt przecięcia jako punkt przyciągania

Jeszcze inną odmianą punktu „bliski” jest przyciąganie do wszystkich punktów charakterystycznych (punktów początkowych i końcowych) zadanych obciążeń skupionych, ciągłych i ruchomych (uruchamiane są w programie przyciskiem, łącznie z bliskim punktem charakterystycznym). Punkt przyciągania do początku lub końca obciążenia ciągłego lub punktu przyłożenia obciążenia skupionego oznaczony jest odrębnym symbolem pokazanym na rysunku poniżej:



Rys. 96 Punkt przyłożenia obciążenia jako punkt przyciągania

Priorytet przyciągania do punktu charakterystycznego obciążenia jest wyższy od bliskiego punktu charakterystycznego i niższy od wszystkich pozostałych. Funkcja przyciągania do punktów

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

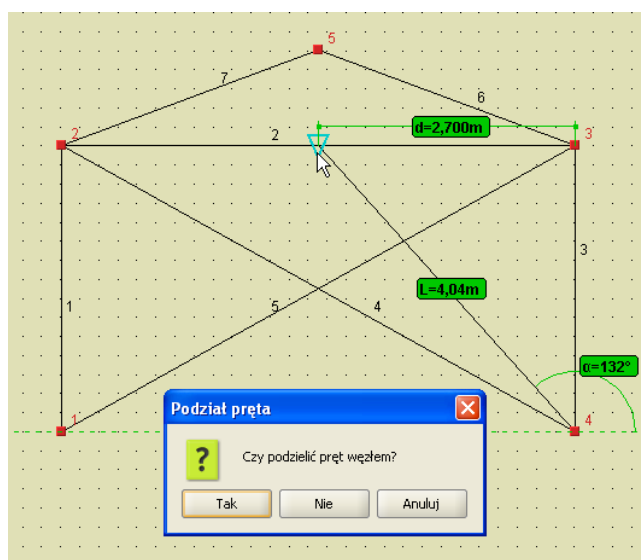
charakterystycznych obciążenia jest aktywna tylko wówczas, gdy dane obciążenie jest widoczne na ekranie monitora. Opcja ta działa w trybie wprowadzania elementów oraz w trybie pomiaru odległości.



Środkowy punkt przyciągania:

Przy najechaniu kursorem myszki w pobliże środka pręta program rozpoznaje to położenie, co jest sygnalizowane zmianą symbolu przyciągania na trójkąt (środek trójkąta pokrywa się ze środkiem pręta). Akceptacja wskazanej lokalizacji odbywa się przez wciśnięcie lewego przycisku myszki lub naciśnięcie przycisku **Enter** na klawiaturze.

Po wybraniu przez użytkownika właściwego punktu przyciągania na pręcie (poza jego węzłami końcowymi), pojawia się dodatkowe pytanie: Czy we wskazanej lokalizacji ma nastąpić podział istniejącego pręta węzłem, czy nie? W przypadku wyboru braku akceptacji dla podziału pręta nowy element będzie wprowadzany od lub do wskazanej lokalizacji, bez połączenia z prętem, na którym wybrano punkt przyciągania.



Rys. 97 Środkowy punkt przyciągania

Punkty przyciągania bliski i środkowy mogą być wykorzystane do wprowadzania punktu początkowego nowo wprowadzonego elementu, jego punktu końcowego lub obu naraz. Umożliwia to np. wprowadzanie elementu między środkami dwóch prętów, z automatycznym ich podziałem (lub bez) i połączeniem z nowym elementem. Wycofanie się z operacji klawiszem **Esc** w trakcie wprowadzania takiego elementu spowoduje powrót do sytuacji wyjściowej sprzed podziału pręta istniejącego. Należy również pamiętać, że w przypadku wskazania punktu przyciągania na pręcie może nastąpić podział tego pręta na dwa i obowiązują tu reguły takie jak przy zwykłym podziale pręta (zachowanie podzielonych obciążeń, przekroju układu lokalnego itp.). O tym, czy nastąpi podział pręta, czy nie, decyduje użytkownik, wciskając odpowiedni przycisk w oknie komunikatu (na rysunku jak wyżej). Należy pamiętać również o tym, że komunikat taki pojawi się tylko wówczas, gdy wskażemy punkt leżący na pręcie i nie będzie to żaden z węzłów końcowych tego pręta (wówczas, niezależnie od oznaczenia punktu przyciągania, wykonywane jest przyciągnięcie do węzła).

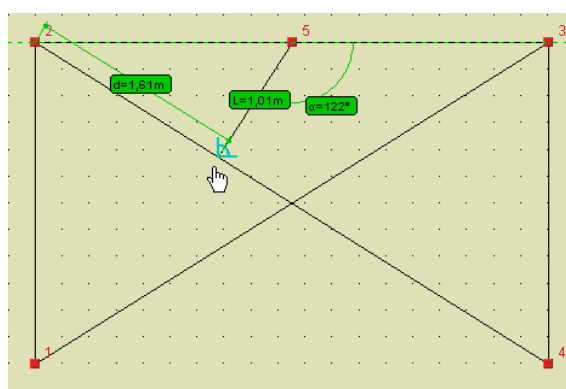


Prostopadły punkt przyciągania:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Przy ustawieniu widoku w jednej z płaszczyzn głównych lub dowolnym widoku 3D dodano możliwość wykorzystania kolejnego, „prostokątnego” punktu przyciągania. Na ekranie graficznym znalezienie punktu prostokątnego sygnalizowane jest wyświetleniem odpowiedniej ikony, złożonej z dwóch prostokątnych linii i kąta, oraz wyświetleniem domiaru do wskazanego punktu. Włączenie lub wyłączenie tego trybu odbywa się tak, jak dla pozostałych punktów charakterystycznych, za pomocą odpowiedniej ikonki usytuowanej obok strzałek przełączania widoków lub z podręcznego menu kontekstowego prawego klawisza myszki (**Przyciąganie**). Prostokątny punkt przyciągania działa analogicznie jak przyciąganie do punktu środkowego, lecz ma niższy od niego priorytet (tzn. w przypadku gdy punkt prostokątny i środkowy pokrywają się, program w pierwszej kolejności odnajdzie punkt środkowy). W przypadku wykorzystania punktu prostokątnego, przy wprowadzaniu pręta w przestrzeni należy pamiętać, że perspektywa widoku ekranu graficznego będzie zniekształcać wyobrażenie użytkownika o jego lokalizacji, jak również kąt jego dojścia do pręta.




Rys. 98 Prostokątny punkt przyciągania

Wszystkie wykorzystywane w programie punkty przyciągania mają ustawiony odpowiedni priorytet, decydujący o kolejności znajdowania właściwego punktu, w przypadku gdy w otoczeniu kursora myszki znajduje się kilka różnych punktów charakterystycznych. I tak w kolejności od największego do najmniejszego priorytetu są to: koniec, środek, prostokątny, przecięcie, bliski, siatka.

Należy również pamiętać, że przy dowolnym ustawieniu widoku układu i przy włączonej perspektywie (kąt widzenia różny od zera) rzeczywiste punkty środkowe pręta nie będą środkami geometrycznymi obrazów elementów wyświetlanych na ekranie.

Punkty charakterystyczne przyciągania są również rozpoznawane przy wskazywaniu punktu (np. w generatorach) oraz dla innych funkcji przy wskazywaniu wektora (np. przy przesuwaniu węzłów/prętów).

#### 4.6.9. Wprowadzanie elementów w trybie Orto

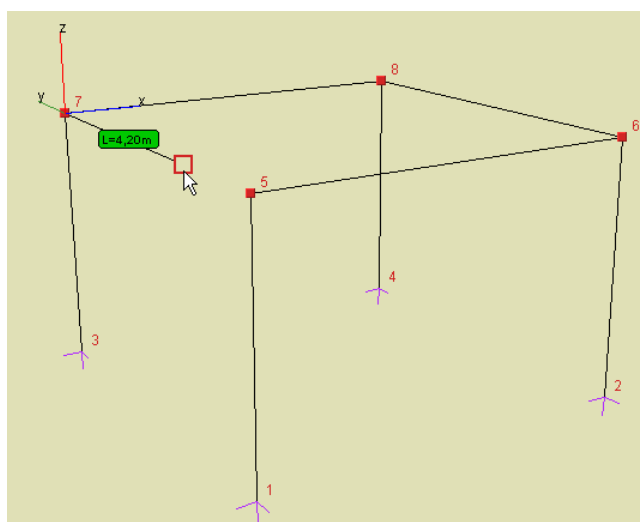
Obok ikonki prostokątnego punktu przyciągania oraz w podręcznym menu kontekstowym prawego klawisza myszki (w sekcji **Przyciąganie**) wprowadzono ikonkę włączania i wyłączenia wprowadzania elementów w trybie ortogonalnym .

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 99 Tryb ortogonalny

Chwilowy tryb **Orto** można również uzyskać bez włączania właściwej ikonki, przez naciśnięcie i przytrzymanie klawisza **Shift** przy wprowadzaniu elementu. Analogicznie, przy włączonej ikonke trybu **Orto**, wciśnięcie i przytrzymanie klawisza **Shift** spowoduje chwilowe wyjście z tego trybu (na czas przytrzymania klawisza). Tryb ortogonalny dostępny jest w programie przy płaskim i przestrzennym wprowadzaniu elementów.

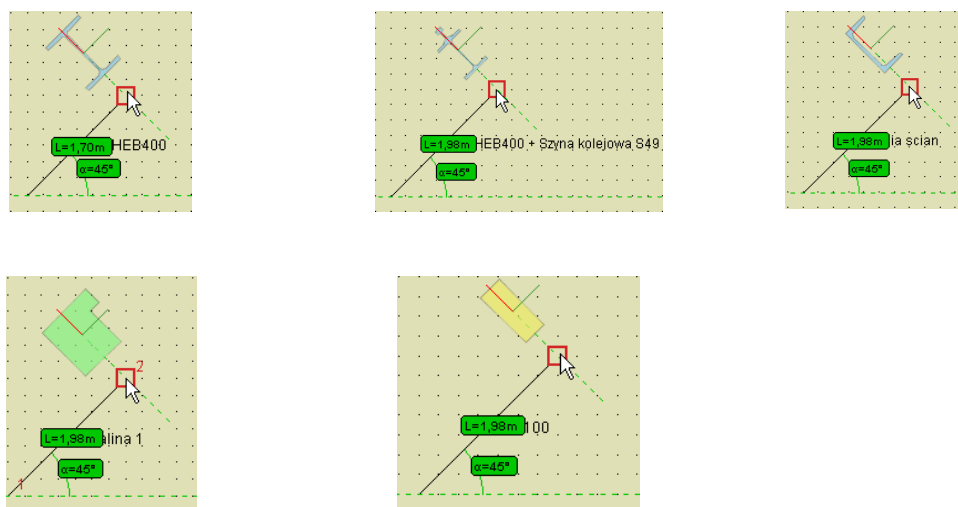


Rys. 100 Tryb ortogonalny w przestrzeni 3D

Jego działanie sygnalizowane jest chwilowym wprowadzeniem dodatkowego układu współrzędnych (równoległego do globalnego układu współrzędnych) w punkcie, od którego zaczynamy rysować. Tryb **Orto** pozwala z danego punktu wprowadzić element (również o określonej długości) tylko w kierunku trzech wzajemnie prostopadłych osi równoległych do osi globalnego układu współrzędnych. Podczas wprowadzania prętów w trybie **Orto** dostępne jest również precyzyjne (z dokładnością do cm lub mm) wprowadzanie elementu za pomocą kursorów klawiatury, przy wciśniętym (lub nie) klawiszu **Ctrl**, powodującym zmianę jednostki precyzji.

#### 4.6.10. Podgląd 2D przekroju elementu


W celu bezpośredniej kontroli ułożenia przekroju wprowadzanego do układu pręta dodano w programie możliwość bieżącego podglądu przekroju w trakcie wprowadzania elementu. Przykłady działania funkcji podano poniżej:



Rys. 101 Przykłady podglądu 2D przekroju przy wprowadzaniu elementu

Włączenie tej funkcji powoduje odrysowanie na aktywnym końcu wprowadzanego pręta, w miejscu kursora, przerywanej linii prostopadłej do osi pręta, która symbolizuje kład prostopadły wprowadzanego przekroju elementu do osi pręta. Na linii tej pokazane jest położenie lokalnego układu współrzędnych rysowanego pręta (osie y i z) wraz z jego ewentualnym obrotem oraz na tym tle odrysowany symbol rzeczywistego przekroju pręta, odpowiednio usytuowany względem osi układu lokalnego. Funkcja ta działa zarówno w widoku płaskim, jak i przestrzennym przy wprowadzaniu elementu i pozwala na bieżąco kontrolować układ przekroju wprowadzanego elementu. Używanie tej funkcji w dowolnym widoku przestrzennym wymaga od użytkownika większej wyobraźni przestrzennej, gdyż pokazany kład jest przekrojem zawsze prostopadłym do osi wprowadzanego pręta, a nie przekrojem rzutu tego elementu na płaski ekran monitora. Przy widoku w jednej z płaszczyzn głównych problem ten nie występuje, gdyż wprowadzany pręt i jego rzut na ekranie monitora pokrywają się. Elementy podglądu 2D przekroju elementu nie podlegają żadnej transformacji wynikającej ze zmiany skali lub perspektywy wyświetlanego układu. Całościową kontrolę poprawności ułożenia przekrojów poszczególnych elementów w zdefiniowanym układzie można wykonać w oknie

#### **Widoku 3D.**

Włączenie lub wyłączenie funkcji podglądu 2D przekroju wprowadzanego elementu odbywa się odpowiednią ikonką usytuowaną w dolnej części ekranu, na lewo od strzałek zmiany kierunku patrzenia . Podczas wprowadzania elementu włączony tryb podglądu 2D sygnalizowany jest wyświetlaniem odpowiedniej ikonki w prawym górnym rogu ekranu roboczego. Ustawienie funkcji podglądu 2D przekroju zapamiętywane jest w ustawieniach programu, więc w kolejnej sesji program uruchomi się z ostatnio włączonym lub wyłączonym ustawieniem.

Zmiana przekroju lub jego kąta obrotu na zakładce **Geometria** w trakcie wprowadzania elementu powoduje odpowiednie zaktualizowanie kładu podglądu 2D widocznego przy wprowadzaniu elementu.

#### 4.6.11. Blokowanie kursora (chwilowe)

Wciskając prawy przycisk myszki można chwilowo zablokować położenie rysowanego węzła. Przy kursorze pojawia się wówczas dodatkowy znak zakazu, co sygnalizuje włączenie blokady. Wyłączenie blokady następuje w chwili ponownego wciśnięcia prawego przycisku myszki.

Funkcja ta jest potrzebna w chwili przełączania widoków. Należy ustawić pożądane współrzędne na jednej płaszczyźnie, zablokować chwilowo kursor, przełączyć się na inny widok i tam wprowadzić graficznie trzecią współrzędną punktu. W tym trybie zaleca się przed operacją wyłączenie perspektywy, co pozwoli zachować zgodność wyświetlania elementu z oczekiwaniem użytkownika. W przypadku pozostawienia włączonej perspektywy należy liczyć się ze złudzeniem optycznym, które będzie się objawiało tym, że np. wprowadzany pręt poziomy będzie wyświetlany pod kątem. W przypadku włączonej perspektywy należy bezwzględnie zaufać współrzędnym względnym, podawanym na zakładce **Geometria**, lub skorygować wartości tych współrzędnych, pamiętając, że są one odliczane od ostatnio wprowadzonego węzła, a nie od węzła chwilowo blokowanego.

Inne zastosowanie tej funkcji to chwilowe blokowanie kursora i przejście do zakładki **Geometria** w celu precyzyjnej korekty współrzędnych względnym pręta lub korekty długości pręta i jego kąta pochylenia (bez zmiany płaszczyzny głównej). Akceptacja tak wprowadzonych zmian następuje przez naciśnięcie przycisku **Enter**.

### 4.7. Pierwszy węzeł

Jeśli przed włączeniem trybu wprowadzania prętów dokładnie jeden węzeł układu będzie zaznaczony, to zostanie on potraktowany jako pierwszy węzeł rysowanego pręta.

### 4.8. Widoki przy wprowadzaniu elementów modelu

W programie występują dwa podstawowe rozróżnialne ustawienia widoku przy wprowadzaniu elementów modelu:

- Widok jednej z sześciu dostępnych. płaszczyzn głównych – przełączany kursorami na dolnym pasku programu, kursorami klawiatury, opcjami na głównym pasku narzędziowym lub analogicznymi funkcjami w menu **Widok**. W tych widokach można dowolnie wskazywać węzły początkowe i końcowe prętów.
- Dowolny widok 3D który powstał na skutek „skręcenia” płaszczyzny głównej względem płaszczyzny ekranu. W takim widoku dostępne jest dowolne wskazanie pierwszego węzła, pierwszego wprowadzanego do modelu pręta, natomiast każdy następny węzeł wymaga wskazania już punktu charakterystycznego istniejącego modelu lub linii pomocniczej śledzenia dostępnej w programie. Wskazanie wtedy dowolnego, nieokreślonego punkt ekranu nie jest dostępne gdyż na jego podstawie nie można sprecyzować jego dokładnego położenia.

W wielu przypadkach dowolny widok 3D znacznie ułatwia dodawanie prętów, zwłaszcza wówczas gdy zakres widoku w perspektywie nie daje wystarczającego rozsunięcia (głębokości) łączonych węzłów. Podczas rysowania pręta przy ustaleniu dowolnego widoku 3D nie widać podczas ciągnięcia, wartości długości



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

rysowanego pręta, aż do momentu najechania kursorem na potencjalny węzeł końcowy wskazany w punkcie charakterystycznym modelu.

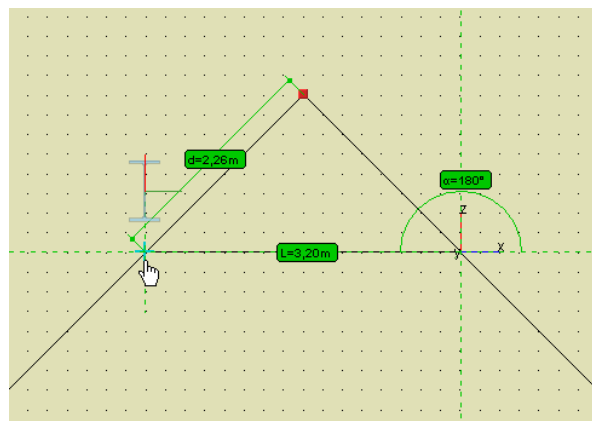
W obu typach widoków przy wprowadzaniu prętów można dowolnie wykorzystywać ustawienia punktów charakterystycznych. Można również wprowadzać dowolne elementy przez wpisanie współrzędnych względnych na zakładce **Geometria**. Niektóre operacje graficzne mogą sporadycznie wymuszać użycie jednej z płaszczyzn głównych (np. lustra względem płaszczyzny). Inne, jak np. wczytanie przestrzennego podrysu, domyślnie ustawią widok 3D.

Możliwości graficznego zadawania i modyfikacji układu w programie Rama 3D pozwalają między innymi na następujące działania:

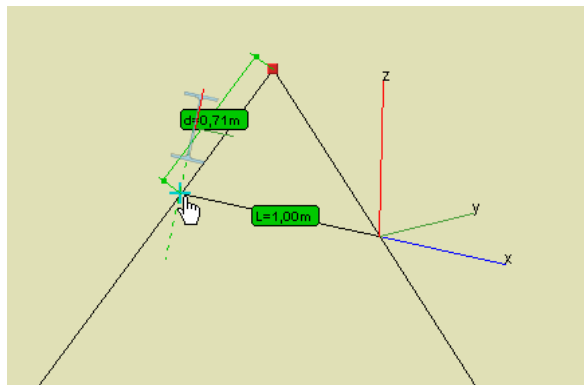
- Możliwość lokalizacji punktu przecięcia wprowadzanego pręta, równoległego do jednej z osi głównych, z innym dowolnym istniejącym prętem układu (lub jego śladem) leżącym w tej samej płaszczyźnie (w jednym z widoków głównych lub dowolnym widoku 3D).
- Opcję bezpośredniego zadawania elementu o podanej długości w kierunku wskazanego wektora (w jednym z widoków głównych lub dowolnym widoku 3D).
- Opcję przyciągania do pomocniczej linii pionowej i poziomej w jednym z widoków głównych (bez konieczności włączania trybu **Orto**).

Opcja pierwsza umożliwi np. wprowadzenie pręta poziomego między dwa dowolne pręty ukośne. Zaczynamy wprowadzanie elementu poziomego od dowolnego wskazanego punktu leżącego na prawym pręcie ukośnym. Z tego punktu program wystawia pionową i poziomą przerywaną linię pomocniczą. Następnie, przy przesuwaniu kursora poziomo w lewo w otoczeniu spodziewanego punktu, program znajduje punkt przecięcia poziomej linii pomocniczej z lewym prętem ukośnym, oznaczony niebieskim pionowym krzyżykiem. Kliknięcie w ten punkt spowoduje wrysowanie pręta poziomego dokładnie między dwa pręty ukośne. Punkt przyciągania oznaczony pionowym krzyżykiem ma wyższy priorytet niż punkt bliski i niższy priorytet niż punkt środkowy.

Analogicznie tego typu punkt można znaleźć w dowolnym ustawieniu widoku 3D, a jedyną różnicą w stosunku do widoku w płaszczyźnie głównej będzie to, że zamiast przerywanych linii pomocniczych równoległych do układu globalnego, w punkcie początkowym rysowanego pręta pojawi się kolorowy, przestrzenny układ współrzędnych równoległy do globalnego układu współrzędnych. Poniżej przedstawiono opisany przypadek dla widoku w płaszczyźnie głównej i dowolnym widoku 3D.

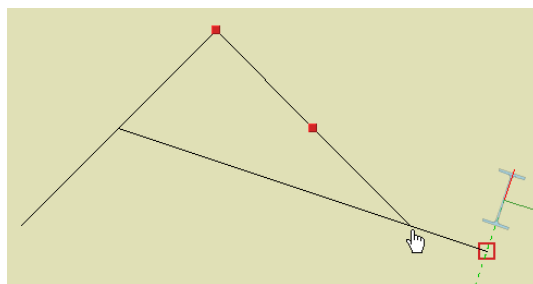


Rys. 102 Widok w jednej z płaszczyzn głównych



Rys. 103 Dowolny widok 3D

Opcja zadawania elementu o podanej długości w kierunku wskazanego wektora działa zarówno w każdej z płaszczyzn głównych jak i w dowolnym ustawieniu 3D. Jest to funkcja dobrze znana z programów typu CAD, polegająca na graficznym wskazaniu kierunku wektora, a następnie wpisaniu z klawiatury długości pręta w tym kierunku i zatwierdzeniu jej klawiszem **Enter**. Kierunek wektora definiujemy, zaznaczając punkt początkowy pręta i wskazując (bez potwierdzenia) inny punkt charakterystyczny układu. Po wpisaniu z klawiatury właściwej długości i potwierdzeniu klawiszem **Enter**, w podanym kierunku zostanie wprowadzony pręt o zadanej długości. Funkcja zaczyna działać automatycznie bez jakiegokolwiek wywołania, gdy po wskazaniu kierunku zaczniemy wpisywać wartość numeryczną z klawiatury. W czasie wykorzystywania funkcji wprowadzania elementu w kierunku danego wektora chwilowo wyłączone zostają wszystkie funkcje przyciągania do pozostałych punktów charakterystycznych. Chwilowe wyłączenie przyciągania działa tak długo, jak długo wpisujemy długość wprowadzanego elementu i po zaakceptowaniu wartości klawiszem **Enter** zostaje ono ponownie przywrócone. Dowolny ruch myszką w czasie wprowadzania długości pręta przerywa działanie funkcji i również przywraca przyciąganie do punktów charakterystycznych. Ponieważ konsekwencją wprowadzania pręta w kierunku wskazanego wektora z wyłączonym trybem przyciągania jest to, że w przypadku gdy koniec pręta trafi dokładnie na dowolny punkt na istniejącym elemencie, nie nastąpi połączenie obu prętów, więc trzeba dokładnie rozważyć, jaki efekt chcemy osiągnąć. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy dokładnie w tej samej lokalizacji znajdzie się istniejący węzeł układu – wówczas nastąpi ich automatyczne scalenie. Gdy chcemy, aby nowy pręt był połączony na końcu z dowolnym punktem charakterystycznym istniejącego pręta, wykorzystujemy punkty przyciągania z pominięciem trybu wprowadzania pręta w kierunku wskazanego wektora. Tryb wprowadzania prętów w kierunku wskazanego wektora jest zawsze priorytetowy i szybszy w stosunku do pozostałych możliwości (np. od chwilowej blokady kursora i wprowadzania danych na zakładce **Geometria**). Przykład działania funkcji przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 104 Opcja zadawania elementu o podanej długości w kierunku wskazanego wektora


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Opcja przyciągania do pionowej i poziomej linii pomocniczej działa dla każdego ustawienia w jednej z płaszczyzn głównych. W dowolnym ustawieniu 3D działa przyciąganie do przedłużeń kolejnych osi równoległych do układu globalnego, wystawionych z węzła początkowego. Obie te funkcje pozwalają stale wykorzystywać tryb ortogonalny bez konieczności jego ustawiania. Gdy włączona jest siatka punktów pomocniczych, poruszanie się po liniach pomocniczych możliwe jest jedynie o skok siatki w danym kierunku. Przy wyłączonej siatce po liniach pomocniczych możemy poruszać się płynnie. Opcja ta umożliwia szybkie używanie trybu ortogonalnego, przy jednoczesnym dostępie do możliwości rysowania w innym dowolnym kierunku. Przy ustawionym trybie **Orto** możliwość jednoczesnego rysowania w dowolnym kierunku jest niedostępna.

Funkcja zadawania elementu w kierunku wskazanego wektora może być wykorzystywana również przy definiowaniu wektora przesunięcia, odsunięcia, kopiowania oraz przy innych funkcjach edycyjnych, wymagających wskazania wektora lub osi.

W przypadku wskazania końca wprowadzanego pręta na dowolnym elemencie układu lub linii pomocniczej i naciśnięciu spacji nie zostanie wprowadzony do układu nowy pręt, lecz zmieniona zostanie lokalizacja węzła początkowego pręta. W ten sposób zmieniając kilkakrotnie kolejną lokalizację węzła początkowego pręta, możemy ustalić jego właściwą lokalizację. Kolejne zmiany lokalizacji potencjalnego węzła początkowego sygnalizowane są na ekranie monitora śladem w postaci szarej cienkiej linii z naniesioną odległością. Ślad ten wyświetlany jest na ekranie do momentu zaakceptowania ostatecznej lokalizacji węzła początkowego przez użytkownika przez zwykłe kliknięcie lub do czasu opuszczenia funkcji wprowadzania pręta przez naciśnięcie klawisza **Esc**. Opisana funkcja może łatwo posłużyć do odkładania składowych względnych węzła początkowego.

Dodatkowym ułatwieniem w trybie graficznym może również być włączenie podpowiedzi kontekstowych pojawiających się przy kursorze myszki, które przy każdej funkcji graficznej na bieżąco podają informację, czego program w danej chwili oczekuje od użytkownika. Włączenia podpowiedzi kontekstowych można dokonać w oknie  **Ustawień**, zaznaczając znacznik **Pokazuj podpowiedzi obok kursora**. Przykłady działania podpowiedzi kontekstowej pokazano przy omawianiu zadawania obciążeń ruchomych.

## 4.9. Modelowanie struktury prętowej widoku 3D

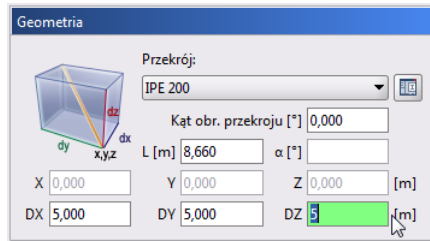
W programie **R3D3-Rama 3D** umożliwiono rozpoczęcie modelowania struktury prętowej dla pustego projektu również przy wstępnie wybranym dowolnym widoku 3D. W tym trybie dowolnie skręcony widok przestrzenny reprezentowany przez widok skręconego globalnego układu współrzędnych w lewym dolnym rogu ekranu graficznego, po wybraniu funkcji wprowadzania prętów („**sztywny-sztywny**” lub „**przegub-przegub**”) nie ulega automatycznemu obrotowi do jednej z płaszczyzn głównych. W takim przypadku dowolne kliknięcie na płaskim ekranie monitora nie precyzuje trzech współrzędnych lokalizacji takiego kliknięcia. Aby tego uniknąć, pierwsze kliknięcie w pustym projekcie powoduje automatyczne przemieszczenie punktu o współrzędnych (0,0,0) określonych w globalnym układzie współrzędnych do orientacyjnego punktu kliknięcia. W ten sposób użytkownik zawsze zaczyna w tym trybie wprowadzanie elementów modelu od punktu o globalnych współrzędnych 0,0,0. Po wyznaczeniu położenia węzła początkowego pierwszego pręta pozostaje nam wyznaczenie położenia

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

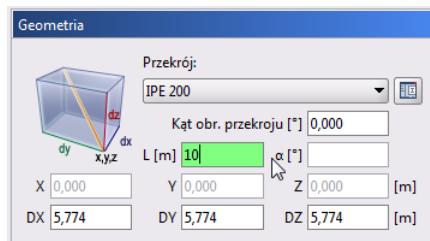
węzła końcowego pręta. Ponowne dowolne kliknięcie na płaskim ekranie monitora nie precyzuje trzech współrzędnych lokalizacji węzła końcowego pręta, ale mamy tu kilka innych możliwości:

- Po pierwsze, możemy przez kliknięcie prawego klawisza myszki chwilowo rozdzielić kursor graficzny i edycyjny, przejść na zakładkę **Geometria** i w polach edycyjnych **dx**, **dy**, **dz** wpisać współrzędne względne węzła końcowego pręta względem węzła początkowego. Wciśnięcie klawisza **Enter** akceptuje wpisane współrzędne.



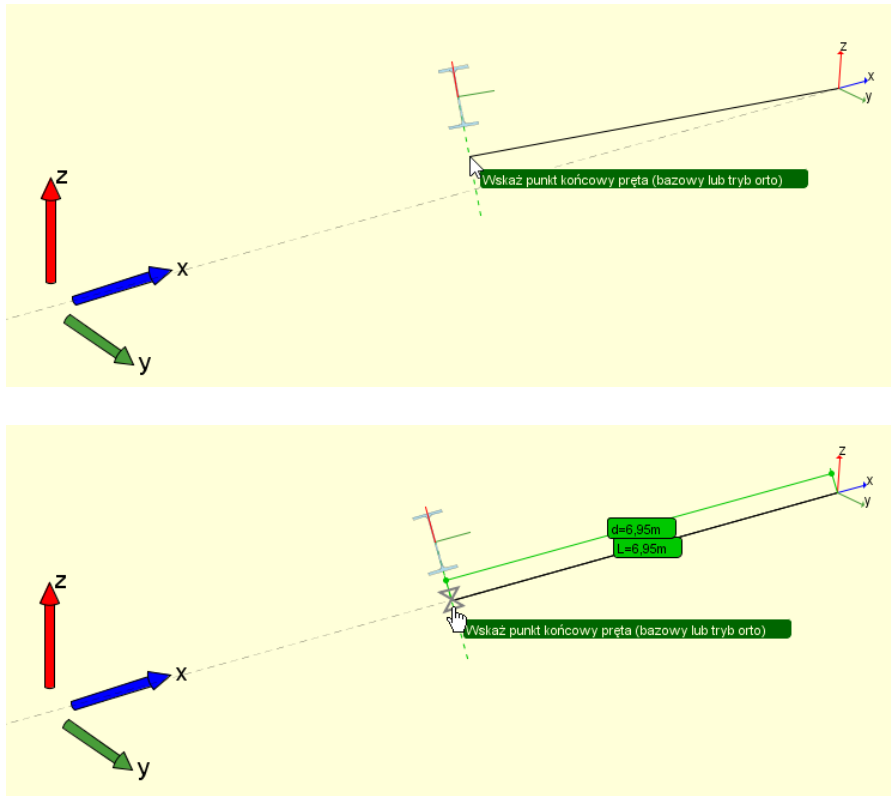
Rys. 105 Węzeł końcowy pręta lokalizowany przez współrzędne względne

- Po drugie, tak jak poprzednio, określamy lokalizację przez podanie współrzędnych względnych **dx**, **dy**, **dz**, traktując ją tym razem jako wskazanie kierunku wektora, a długość pręta we wskazanym kierunku określamy przez podanie długości **L** w odpowiednim polu edycyjnym na zakładce **Geometria**. Nowe położenie końca pręta akceptujemy, wciskając klawisz **Enter**.



Rys. 106 Węzeł końcowy lokalizowany przez podanie długości pręta we wskazanym kierunku

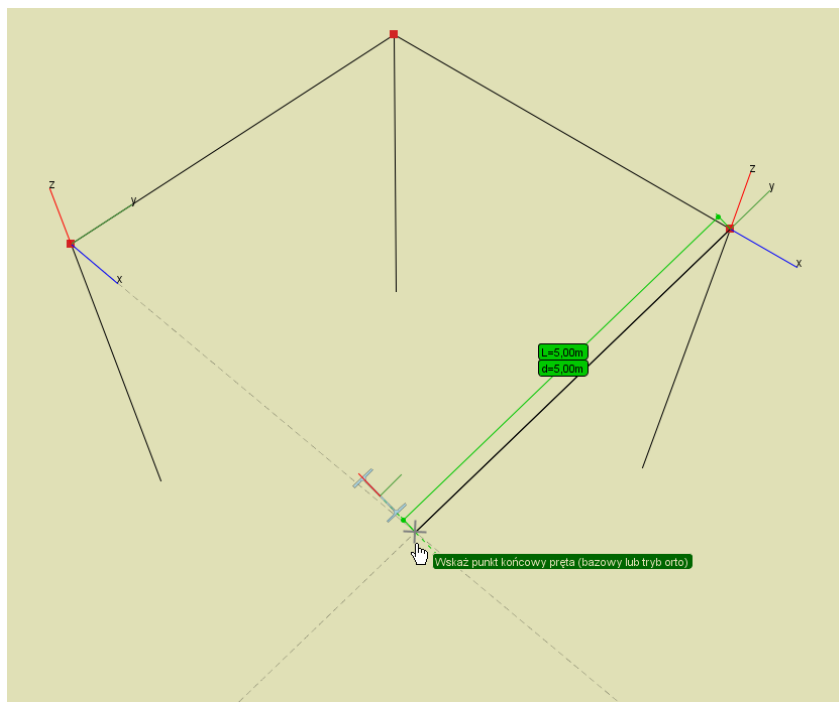
- Po trzecie, w przypadku wprowadzania bardzo częstych konstrukcji ortogonalnych posługujemy się jedną z sześciu pól zawsze równoległych do jednej z osi układu globalnego, wystawianych automatycznie z węzła początkowego, do których program realizuje przyciąganie. Po określeniu w ten sposób kierunku wprowadzania pręta puszcza myszkę i z klawiatury wpisujemy odpowiednią jego długość w danym kierunku. Po zdefiniowaniu węzła końcowego pręta funkcja wprowadzania prętów jest kontynuowana, a węzeł ten staje się węzłem początkowym kolejnego pręta, z którego ponownie wystawianych jest sześć pól, do których program realizuje przyciąganie.



Rys. 107 Węzeł końcowy lokalizowany na jednej z półosi wyprowadzonych z węzła początkowego

Korzystając z trzeciej z opisanych możliwości w bardzo łatwy i szybki sposób można w trybie przestrzennym wprowadzić dowolną konstrukcję ortogonalną.

Dalsze możliwości przy wprowadzaniu elementów dowolnym widoku 3D dotyczą wykorzystania śledzenia (przy włączonym trybie śledzenia). Śledzenie w tym widoku polega na wystawieniu z węzła, na który naprowadzono kursor myszką (bez klikania na węzeł) linii pomocniczej w postaci jednej z sześciu półosi (zawsze najbliższej kursora myszki), równoległej do osi globalnego układu współrzędnych oraz wyprowadzeniu linii pomocniczej w postaci przedłużenia pręta przy najechaniu kursorem myszki na jeden z jego końców (bez klikania). Aby zachować maksymalną czytelność przy wprowadzaniu prętów, zawsze jednocześnie mogą być rysowane w trybie śledzenia maksymalnie 4 linie pomocnicze (2 półosie z węzłów i 2 przedłużenia prętów).



Rys. 108 Lokalizowanie punktu przecięcia za pomocą śledzenia

Do tak wystawionych linii pomocniczych realizowane jest przyciąganie w postaci punktów charakterystycznych: bliski z domiarem (ustawianym precyzyjnie za pomocą odpowiednich kursorów-strzałek klawiatury), prostopady oraz rzeczywisty punkt przecięcia linii pomocniczych lub linii pomocniczych i prętów. Wszystkie te punkty charakterystyczne na liniach pomocniczych oraz te i pozostałe punkty przyciągania na istniejących prętach pozwalają precyzyjnie lokalizować w trybie przestrzennym wprowadzane węzły początkowe i końcowe nowych prętów. Po wprowadzeniu fragmentu konstrukcji, będąc w dowolnym widoku 3D, po wywołaniu funkcji wprowadzania pręta jako węzeł początkowy możemy wskazać punkt charakterystyczny na linii pomocniczej lub na istniejącym przecie. W tym drugim przypadku po wskazaniu węzła początkowego (jak również węzła końcowego) na długości istniejącego pręta, wyświetlone zostanie zapytanie, czy istniejący pręt ma zostać podzielony węzłem. Jeśli chcemy, by oba elementy były w tym węzle w jakikolwiek sposób fizycznie połączone, należy zawsze potwierdzić podzielenie pręta węzłem.

W przypadku gdy przy wykorzystaniu wyżej opisanych możliwości jako potencjalny punkt końcowy pręta wskażemy dowolny punkt charakterystyczny układu i zamiast zatwierdzić jego lokalizację klawiszem **Enter**, naciśniemy klawisz spacji, wówczas nie zostanie do układu wprowadzony pręt o takiej lokalizacji zakończenia, a zamiast tego węzeł początkowy wprowadzanego pręta zostanie przeniesiony w nową wskazaną ostatnio lokalizację.

## 4.10. Generatory konstrukcji


W programie zawarte są parametryczne generatory konstrukcji. Służą one do automatycznego tworzenia gotowych układów prętowych: ram prostokątnych, łuków, kratownic płaskich, wiązarów dachowych, wież przestrzennych, przekryć geodezyjnych i trójwarstwowych przekryć strukturalnych.

Podręcznik do programu




Opis programu R3D3-Rama 3D

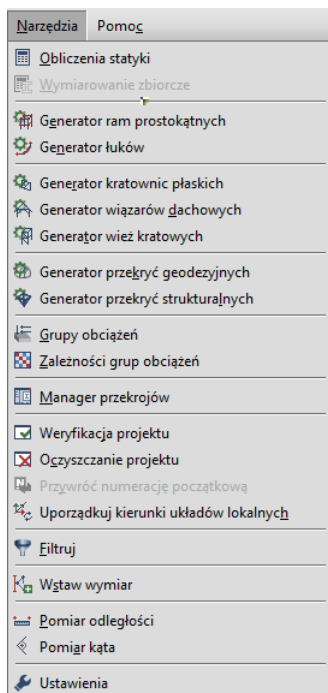
Należy określić punkt wstawienia tworzonego obiektu, określić jego parametry (np. ilość prętów ramy, ilość segmentów łuku itp.), a program automatycznie wygeneruje cały obiekt. Przykładowe generatory kratownic płaskich, wiązarów dachowych, wież przestrzennych, przekryć geodezyjnych i trójwarstwowych przekryć strukturalnych opisano poniżej. Pozostałe generatory ram prostokątnych i łuków zostały omówione szczegółowo w rozdziale 6 – Tworzenie przykładowej konstrukcji.

Należy pamiętać, że przy wprowadzaniu do projektu elementów przy pomocy generatorów pręty utworzone z generatora są automatycznie dzielone i przypisywane do odpowiednich grup prętów.

Następnie użytkownik może dowolnie zmieniać te przypisania lub nazwy grup w oknie  **Grupy prętów**.

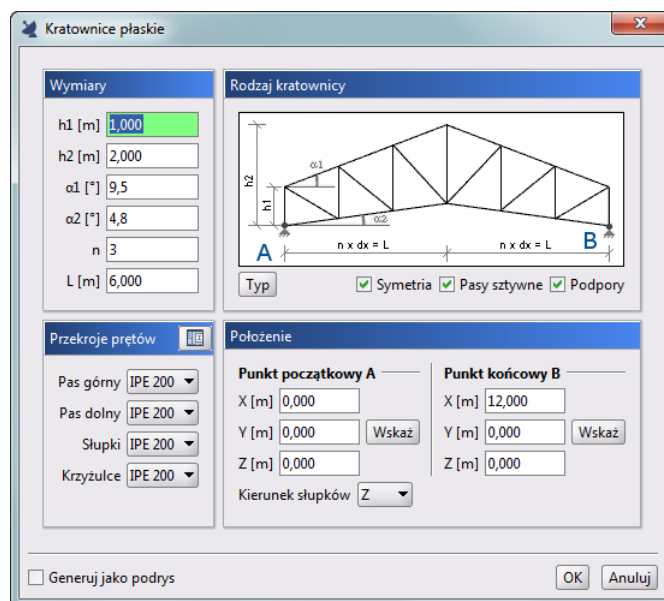
#### 4.11. Generatory kratownic, wiązarów i wież kratowych

Generatory kratownic i wiązarów, tak jak wszystkie pozostałe generatory, można wywołać z paska głównego programu lub z menu: **Narzędzia** –  **Generator kratownic płaskich**/  **Generator wiązarów dachowych**/  **Generator wież kratowych**.




Rys. 109 Menu Narzędzia

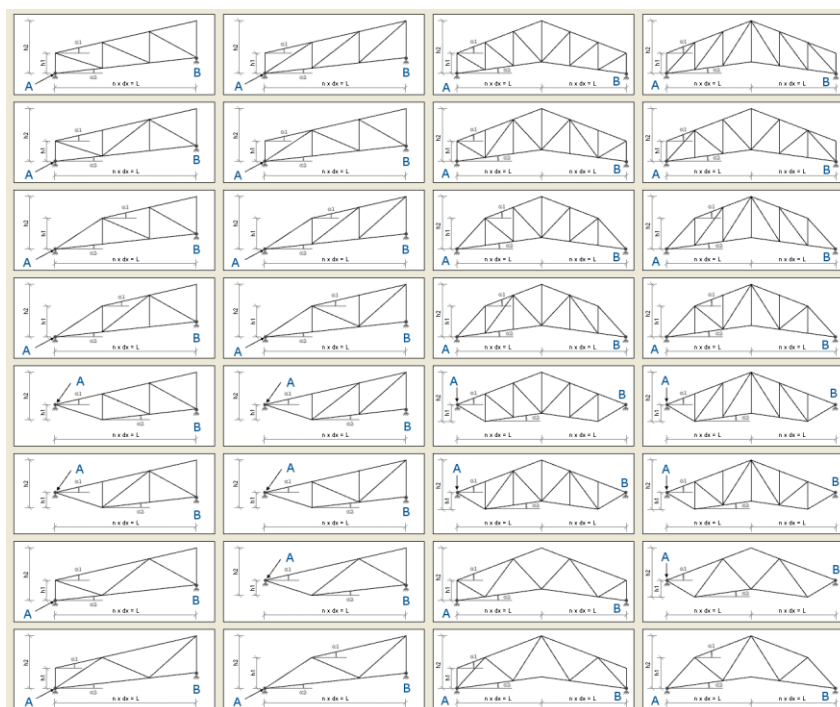
### 4.11.1. Kratownice płaskie



Rys. 110 Generator kratownic płaskich

Okno  **Kratownice płaskie** przeznaczony jest do wprowadzania do projektu parametrycznie zdefiniowanych, płaskich układów kratowych. Podzielony jest on na cztery grupy danych: **Rodzaj kratownicy**, **Wymiary**, **Przekroje prętów** i **Polozenie**.

Pierwszym krokiem jest określenie typu wprowadzanej kratownicy przez naciśnięcie przycisku **Typ** i wybranie odpowiedniego kształtu (16 dostępnych typów symetrycznych lub połówek) z okna jak niżej:



Rys. 111 Typy kratownic płaskich




Podręcznik do programu

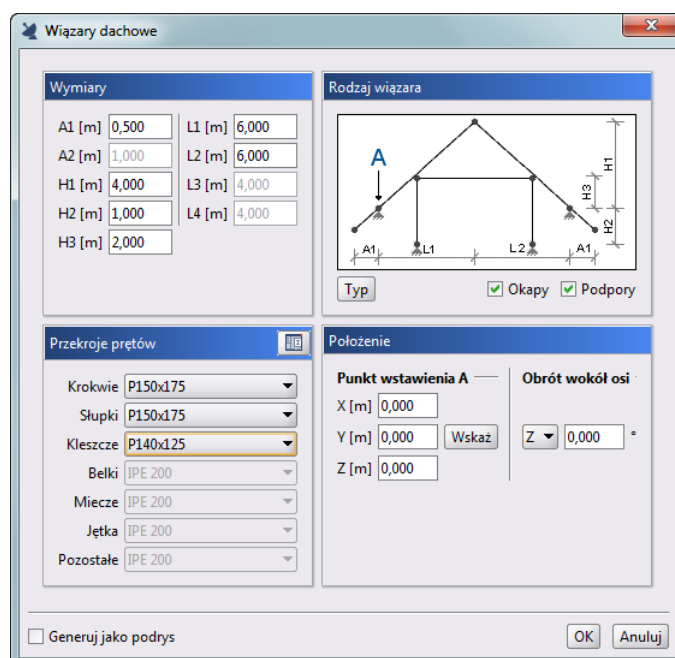
Opis programu R3D3-Rama 3D

Kolejnym elementem przy określaniu rodzaju kratownicy jest zaznaczenie (lub nie) kolejnych elementów widocznych pod rysunkiem kratownicy, takich jak: **Symetria**, **Pasy sztywne**, **Podpory** (przegubowe).


Po zdefiniowaniu typu kraty należy, posługując się podpowiedzią rysunkową, określić wszystkie niezbędne parametry geometryczne wprowadzanego układu, zawarte z lewej strony okna dialogowego, wraz z przekrojami poszczególnych elementów kratownicy. Ilość i rodzaj tych danych zależy od wybranego typu kraty. Są to dane często wzajemnie zależne (wyliczają się automatycznie), a ich nadmiarowość wynika z potrzeby maksymalnego uproszczenia wprowadzanych danych.

Ostatnim elementem jest określenie położenia kratownicy w układzie. Można tego dokonać, podając: długość kraty L, punkt początkowy oraz wskazując kierunek rysowania słupków kratownicy (wówczas kratownica o długości L zostanie narysowana w domyślnej płaszczyźnie XZ) lub wskazać (podać) dwa dowolne punkty (początkowy i końcowy), na podstawie których obliczana jest długość L kratownicy oraz wskazać kierunek rysowania słupków kratownicy (X, Y lub Z). W przypadku rysowania kratownic symetrycznych punkt początkowy i końcowy powinny znajdować się na tym samym poziomie (mieć tę samą współrzędną w kierunku rysowania słupków). W innym przypadku kratownica symetryczna będzie narysowana w rzucie wskazanych punktów. Ostatnim etapem jest przypisanie z listy odpowiednich przekrojów prętów. W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Przekroje prętów** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje.

#### 4.11.2. Wiązary dachowe



Rys. 112 Generator wiązarów dachowych

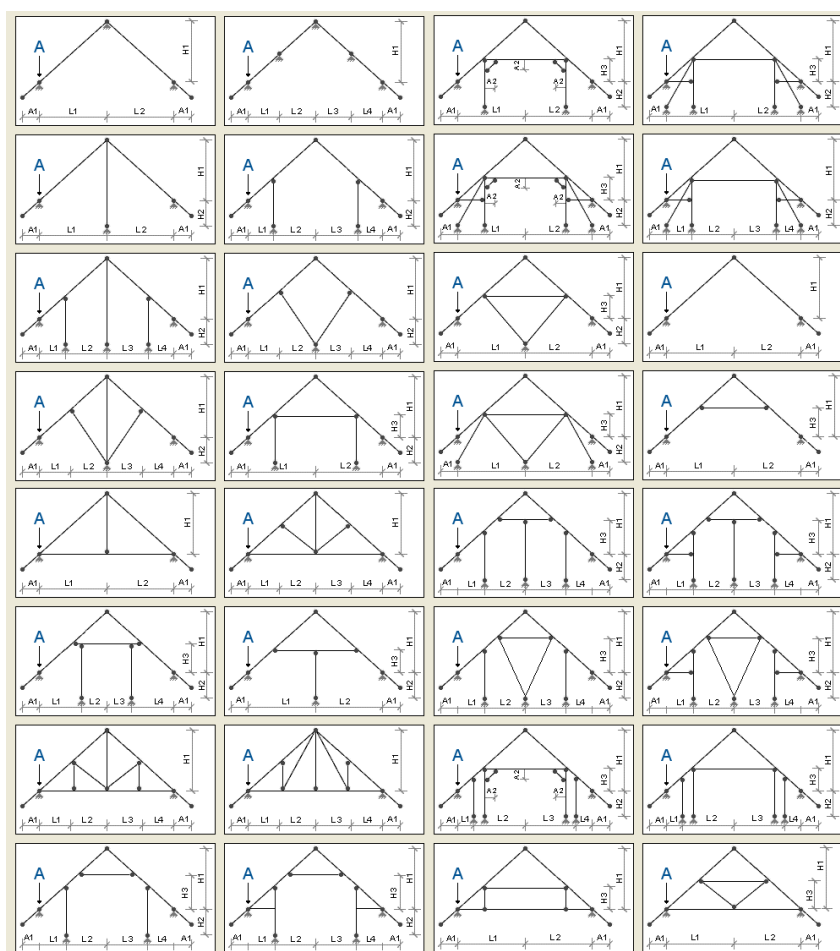
Działanie generatora  **Wiązarów dachowych** jest analogiczne do poprzedniego generatora kratownic płaskich. Z prawej strony zakładki, w grupie **Rodzaj wiazara**, wybieramy z dostępnej listy typ

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

geometryczny więzara oraz decydujemy, czy po wstawieniu ma on zawierać podpory i wystawione okapy. Poniżej, w grupie **Położenie**, wskazujemy lub definiujemy przez podanie współrzędnych punkt wstawienia więzara na płaszczyźnie „xz” (węzeł lewej skrajnej podpory) oraz ewentualnie podajemy kąt obrotu więzara względem pionowej osi „z” lub poziomej „x”. Z lewej strony zakładki podajemy kolejno oznaczone na rysunku parametry geometryczne więzara oraz przypisujemy poszczególnym typom elementów przekroje z listy. Po zdefiniowaniu wszystkich danych i naciśnięciu przycisku **OK** dźwigar zostanie automatycznie wstawiony do projektu. W przypadku próby wprowadzenia wymiarów wzajemnie sprzecznych lub takich, które zmieniają typ geometryczny więzara, operacja wstawiania więzara zostanie przerwana z wyprowadzeniem odpowiedniego komunikatu. Po wstawieniu więzara do układu wszystkie pręty więzara zostaną wstępnie pogrupowane w odpowiednie dla danego typu grupy prętów. Tak jak dla innych generatorów, w przypadku natrafienia na węzeł istniejący przy wstawianiu nowego węzła, oba węzły zostaną scalone w jeden. Analogicznie, gdy oba węzły nowo wstawianego pręta natrąfią w tej samej lokalizacji na istniejące węzły połączone prętem, oba pręty zostaną scalone.


Poniżej przedstawiono dostępne w programie typy geometryczne dachowych więzarów drewnianych (32 schematy):



Rys. 113 Typy więzarów dachowych

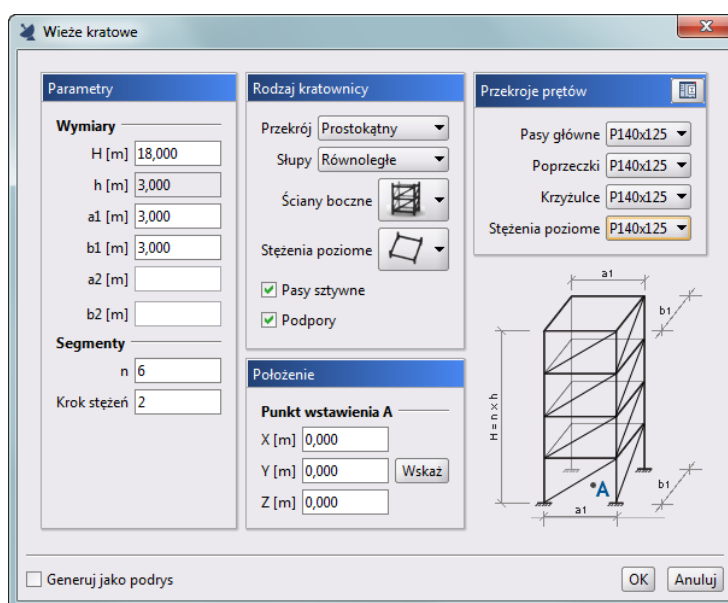
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


Ostatnim etapem jest przypisanie z listy odpowiednich przekrojów prętów. W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Przekroje prętów** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje.


#### 4.11.3. Wieże kratowe

Generator wież kratowych przeznaczony jest do automatycznego wstawiania do projektu kratownic przestrzennych o przekroju prostokątnym lub trójkątnym (równobocznym), o pasach równoległych lub zbieżnych. Każdy typ wieży może występować w czterech odmianach skratowania bocznego, a w przypadku kratownic prostokątnych posiadać dodatkowo stężenia poziome. Pasy kratownic mogą być ciągłe lub przegubowe, na dole podparte (lub nie) podporą przegubową. Stężenia poziome typu X, zakładane równomiernie co zadaną ilość pól, mogą w miejscu skrzyżowania być połączone przegubowo lub krzyżować się bezстыkowo.



Rys. 114 Wieże kratowe

Dane zawarte w oknie  **Wieże kratowe** podzielone zostały na cztery odrębne grupy: **Rodzaj kratownicy**, **Przekroje prętów**, **Parametry**, **Położenie**.

W ramach **Rodzaju kratownicy** możemy określić typ przekroju wieży (prostokątny, trójkątny równoboczny), zbieżność pasów, rodzaj skratowania bocznego i występowanie stężeń poziomych. Dodatkowo możemy zdecydować, czy ma być zachowana ciągłość pasów i czy mają być automatycznie założone podpory przegubowe. W grupie **Przekroje prętów** poszczególnym elementom kratownicy możemy przypisać wcześniej zdefiniowane przekroje prętów. W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Przekroje prętów** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje.

W grupie **Parametry** podajemy wysokość całkowitą wieży i jej wymiary przy podstawie i na głowicy. Dodatkowo w tej grupie należy określić liczbę segmentów, na które wieża zostanie podzielona oraz miejsca występowania skratowań poziomych i sposób ich łączenia w miejscu skrzyżowania.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Ostatnim elementem zakładki jest wskazanie lub podanie współrzędnej punktu wstawienia wieży w grupie **Położenie**. Punkt wstawienia określony jest zawsze w środku ciężkości podstawy wieży. Po naciśnięciu przycisku **OK** zdefiniowany element zostanie wstawiony do projektu.

## 4.12. Generator przekryć geodezyjnych

### 4.12.1. Przekrycia geodezyjne

Kopuła (sfera) geodezyjna powstaje przez rzutowanie sferycznych wierzchołków wypukłego wielościanu foremego wpisanego w tę sferę (np. dwudziestościanu, ośmiościanu lub czworościanu) wraz z regularną siatką triangulacyjną naniesioną na wszystkie ściany wielościanu (najczęściej w postaci trójkątów równobocznych), na powierzchnię tej sfery. Tak otrzymana struktura jest sferą geodezyjną 1. stopnia, a otrzymany przez połączenie wierzchołków wypukły wielościan może posłużyć do dalszej triangulacji i rzutowania pozwalającego otrzymywać sfery geodezyjne wyższego stopnia. Sfera tego typu stanowi podstawę do konstruowania zaawansowanych technologicznie i architektonicznie szkieletów prętowych przekryć dachowych (np. Złote Tarasy w Warszawie). Wprowadzenie do programu struktur prętowych opartych na kształcie sfery i elipsoidy geodezyjnej przez podawanie współrzędnych kolejnych węzłów jest bardzo żmudne, a przy bardziej złożonych obiektach całkowicie nieefektywne. Dlatego też w programie umieszczono gotowy generator struktur prętowych w kształcie sfery (elipsoidy) geodezyjnej, który może zostać wykorzystany do projektowania tego typu układów. Algorytm wyznaczania współrzędnych węzłów przekryć geodezyjnych został oparty na uznanej implementacji Geodesic Dome Design „*DOMES*” Version 4.6, której autorem jest Richard J. Bono. Wyznaczony w ten sposób wielościan w kształcie sfery (elipsoidy) lub jej wycinka, wraz z dostępnymi w programie narzędziami edycyjnymi, może posłużyć do kształtowania złożonych struktur szkieletowych, których ostateczny kształt zależy jedynie od inwencji projektanta.

### 4.12.2. Opis generatora przekryć geodezyjnych

W odróżnieniu od pozostałych generatorów konstrukcji umieszczonych w programie generator przekryć geodezyjnych ma inne przeznaczenie funkcjonalne. Tak jak w przypadku dotychczasowych układów parametrycznych, generowany schemat można uznać w jakimś stopniu za kompletny ze względów statycznych, tak w przypadku generatora powierzchni geodezyjnych mamy raczej do czynienia z propozycją modelu siatki prętów, która może zostać wykorzystana przez użytkownika do zbudowania odpowiedniego modelu statycznego przekrycia. Dlatego też otrzymany układ siatki prętów, mający kształt pełnej sfery, elipsoidy lub jej wycinka, użytkownik powinien odpowiednio zmodyfikować narzędziami dostępnymi w programie, np. w najprostszym przypadku usunąć połowę sfery w celu uzyskania kopuły geodezyjnej i dołożyć podpory we właściwych węzłach. W generatorze zastosowano kilka ograniczeń wynikających z możliwości algorytmu oraz wydajności interfejsu programu. Jednak ich przyjęcie jest na tyle nadmiarowe, że nie stanowi istotnego ograniczenia dla użytkownika i pozwala na wygenerowanie układów znacznie większych, niż użytkownik jest w stanie policzyć na aktualnie używanym sprzęcie. Górną granicę możliwości generatora ustawiono tak, by w każdym możliwym ustawieniu jego parametrów liczba prętów nie przekraczała dla sfery lub elipsoidy około 30 000, a liczba węzłów 10 000 i połowy tych wartości dla wycinka. Należy również pamiętać, że dla siatki Bucky’ego dostępne są w generatorze tylko pełna sfera lub elipsoida zbudowana w klasie 1. Również dla dowolnego wielościanu podstawy, przy siatce trójkątnej, zbudowanego w 2.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

klasie powierzchni, zaleca się stosować parzystą gęstość podziału geodezyjnego. W innym przypadku otrzymana powierzchnia będzie składała się z rozdzielnych fragmentów sfery. Należy również zwrócić uwagę, że podana przez użytkownika gęstość podziału geodezyjnego nie przekłada się wprost na ilość otrzymanych prętów i węzłów siatki, choć oczywiście im większa gęstość podziału, tym większa gęstość otrzymanej siatki. Szczegółowy zakres ograniczeń generatora pokazano w tabeli poniżej:


Tabela wartości granicznych parametrów generatora przekryć geodezyjnych

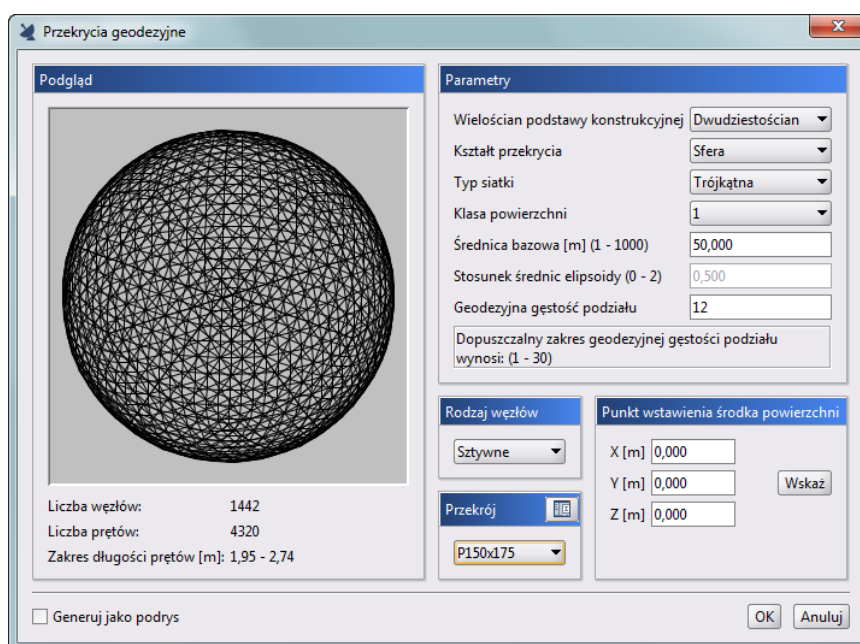
| Wielościان podstawy: | Typ siatki: | Kształt: | Klasa pow. | Gęstość podziału: |     | Wielokrotność gęstości podziału: |
|----------------------|-------------|----------|------------|-------------------|-----|----------------------------------|
|                      |             |          |            | min               | max |                                  |
| Dwudziestościan      | Trójkątna   | Sfera    | 1          | 1                 | 30  | 1                                |
| Dwudziestościan      | Trójkątna   | Sfera    | 2          | 2                 | 30  | 1*                               |
| Dwudziestościan      | Trójkątna   | Wycinek  | 1          | 1                 | 100 | 1                                |
| Dwudziestościan      | Trójkątna   | Wycinek  | 2          | 2                 | 200 | 1                                |
| Dwudziestościan      | Bucky'ego   | Sfera    | 1          | 3                 | 51  | 3                                |
| Dwudziestościan      | Bucky'ego   | Sfera    | 2          | -                 | -   | -                                |
| Dwudziestościan      | Bucky'ego   | Wycinek  | 1          | -                 | -   | -                                |
| Dwudziestościan      | Bucky'ego   | Wycinek  | 2          | -                 | -   | -                                |
| Ośmiościan           | Trójkątna   | Sfera    | 1          | 1                 | 50  | 1                                |
| Ośmiościan           | Trójkątna   | Sfera    | 2          | 2                 | 50  | 1*                               |
| Ośmiościan           | Trójkątna   | Wycinek  | 1          | 1                 | 100 | 1                                |
| Ośmiościan           | Trójkątna   | Wycinek  | 2          | 2                 | 200 | 1                                |
| Ośmiościan           | Bucky'ego   | Sfera    | 1          | 3                 | 72  | 3                                |
| Ośmiościan           | Bucky'ego   | Sfera    | 2          | -                 | -   | -                                |
| Ośmiościan           | Bucky'ego   | Wycinek  | 1          | -                 | -   | -                                |
| Ośmiościan           | Bucky'ego   | Wycinek  | 2          | -                 | -   | -                                |

|             |           |         |   |   |     |    |
|-------------|-----------|---------|---|---|-----|----|
| Czworościan | Trójkątna | Sfera   | 1 | 1 | 70  | 1  |
| Czworościan | Trójkątna | Sfera   | 2 | 2 | 70  | 1* |
| Czworościan | Trójkątna | Wycinek | 1 | 1 | 100 | 1  |
| Czworościan | Trójkątna | Wycinek | 2 | 2 | 200 | 1  |
| Czworościan | Bucky'ego | Sfera   | 1 | 3 | 102 | 3  |
| Czworościan | Bucky'ego | Sfera   | 2 | - | -   | -  |
| Czworościan | Bucky'ego | Wycinek | 1 | - | -   | -  |
| Czworościan | Bucky'ego | Wycinek | 2 | - | -   | -  |

\* – zalecane użycie wartości parzystych

#### 4.12.3. Opis okna generatora przekryć geodezyjnych

Okno generatora wywołujemy, wybierając na górnym pasku narzędziowym z rozwijalnego menu **Generatorów** konstrukcji opcję  **Generator przekryć geodezyjnych**.



Rys. 115 Widok okna generatora przekryć geodezyjnych

Z lewej strony okna dialogowego znajduje się dynamiczny podgląd generowanego aktualnie układu. Podgląd ten jest na bieżąco aktualizowany przy każdej zmianie dowolnego parametru generatora. Dodatkowo w oknie podglądu dostępne są funkcje: obracania, powiększania i przesuwania, działające analogicznie jak dla głównego ekranu graficznego programu. Pod okienkiem podglądu wyświetlane są również na bieżąco aktualizowane informacje o ilości węzłów i prętów w generowanym modelu oraz minimalna i maksymalna długość pręta, jaka będzie potrzebna do zbudowania układu. Należy pamiętać, że ilość prętów i węzłów dotyczy zawsze całej sfery (elipsoidy) lub jej wycinka, a w przypadku

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


gdy sferę będziemy chcieli modyfikować do np. kopuły, docelowo ilości te będą o około połowę mniejsze. Minimalna i maksymalna długość prętów zależy zawsze od wybranych przez użytkownika parametrów przekrycia, a zwłaszcza jego średnicy bazowej i geodezyjnej gęstości podziału.

Z prawej strony okna znajdują się główne **Parametry** sterujące kształtem i wielkością generowanej struktury. Są to:

- Wielościan podstawy konstrukcyjnej: Dwudziestościan, Ośmiościan lub Czwościan.
- Kształt przekrycia: Sfera lub Wycinek sfery, Elipsoida lub Wycinek elipsoidy.
- **Typ siatki:** *Trójkątna* lub *Bucky'ego* (siatka Bucky'ego dostępna jest jedynie dla pełnej sfery lub elipsoidy oraz powierzchni klasy 1.).
- Klasa powierzchni: 1. lub 2.
- **Średnica bazowa sfery lub elipsoidy:** edytowalny parametr podany w metrach, w zakresie od 1 do 1000 m.
- **Stosunek średnic elipsoidy:** wartość w zakresie od 0 do 2 (parametr dostępny jedynie dla elipsoidy i wycinka elipsoidy).
- **Geodezyjna gęstość podziału:** parametr będący liczbą całkowitą, decydujący o gęstości otrzymanej siatki.

Na końcu listy **Parametrów** wyświetlany jest zawsze komunikat podpowiadający użytkownikowi zakres dostępnych wartości gęstości podziału dla aktualnego ustawienia. W komunikacie tym podpowiadana jest również wymagana, będąca wielokrotnością liczby 3, wartość gęstości podziału dla siatki Bucky'ego oraz zalecana parzysta wartość dla sfery lub elipsoidy klasy 2.

Pod grupą **Parametrów** umieszczone są trzy dodatkowe dane definiujące charakter wstawianego do programu układu. Są to:

- **Rodzaj węzłów:** *Przegubowe* lub *Sztywne* (dla siatki Bucky'ego zaleca się stosowanie tylko węzłów sztywnych ze względu na geometryczną niezmiennosc układu).
- **Przekrój:** lista przekrojów dostępnych w projekcie, z której wybrany przekrój zostanie przypisany do prętów utworzonych w generatorze (pręty te zostaną umieszczone w automatycznie stworzonej grupie prętów o nazwie: PG nr - siatka). W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Przekrój** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje.
- **Punkt wstawienia środka powierzchni:** określany jest on przez wpisanie lub wskazanie na ekranie graficznym współrzędnych punktu będącego środkiem wstawianej struktury (sfery lub elipsoidy).

## 4.13. Generator trójwarstwowych przekryć strukturalnych

### 4.13.1. Opisy typów przekryć strukturalnych dostępnych w generatorze

Trójwarstwowe przekrycia strukturalne to ustroje prętowe o powtarzalnej strukturze prętowej wzorowanej na siatkach krystalograficznych molekuł, przeznaczone do wykonywania zadasznień o dużych rozpiętościach. Takie podejście do budowy ustroju prętowego zapewnia znaczną sztywność struktury dachu, a jej dwu- lub kilkukierunkowa praca znacząco zmniejsza ugięcia całego zadasznienia.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Wyjściowo płaski charakter zadania zapewnia równoległy układ elementów prętowych płaszczyzny górnej i dolnej struktury. Na trójwarstwowy układ przekrycia składają się trzy podstawowe warstwy: elementy pasa górnego, elementy skratowania i elementy pasa dolnego ustroju. Poniżej wyszczególniono podstawowe typy przekryć strukturalnych dostępnych w generatorze:

**Ruszt dwukierunkowy ortogonalny** – Ruszt kratowy z niską odpornością na skręcanie – zwykle wymaga stężeń połączeniowych.

**Ruszt dwukierunkowy diagonalny** – Kratownice o różnych przęsłach ułożone w kierunkach diagonalnych – lepsza praca przestrzenna.

**Ruszt trójkierunkowy** – Ruszt sztywny – możliwe różne kształty przekrycia – duża liczba prętów schodzących się w węzłach.

**Ruszt jednokierunkowy** – Nachylone kratownice w kierunku dominującym – wymagane stężenia zwiększające sztywność w kierunku drugorzędym.

**Ortogonalna siatka piramid** – Siatka kwadratowa dolnej warstwy przesunięta o kwadrat względem siatki górnej – równe długości prętów obu warstw.

**Ortogonalna siatka piramid z pustką** – Zmniejszona liczba prętów – możliwość założenia świetlików, bez sztywnych belek obwodowych segmentów, układ może być geometrycznie zmienny.


**Diagonalna siatka piramid** – Zwiększona sztywność skrętna struktury – układ stabilny geometrycznie.

**Diagonalna siatka piramid z pustką** – Układ z mniejszą liczbą prętów schodzących się w węzłach.

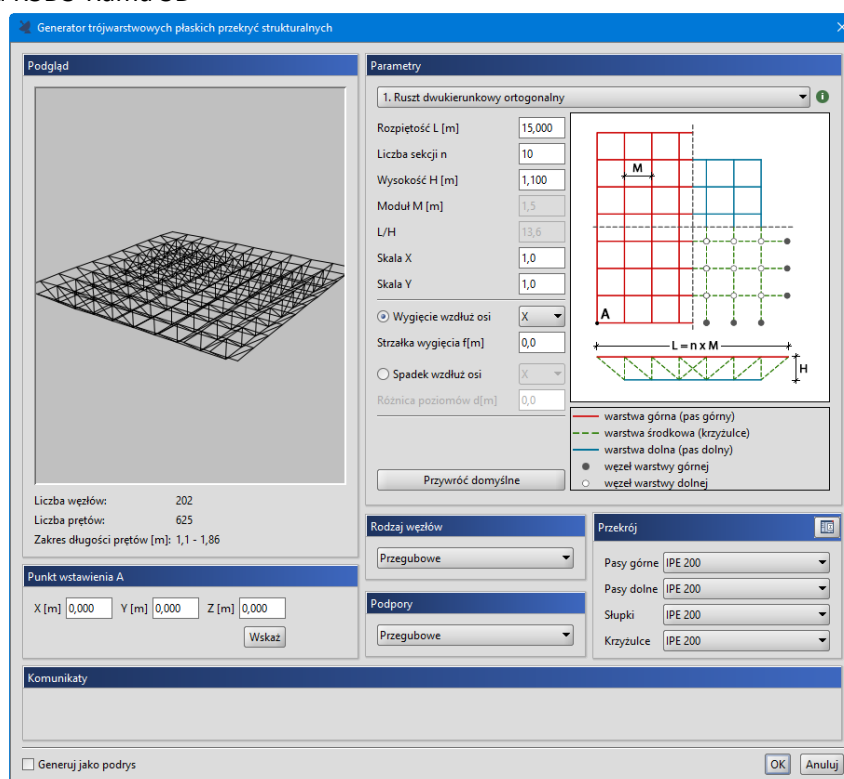
**Siatka piramid trójkątnych** – Siatki trójkątów górnych i dolnych przesunięte względem siebie – stała długość krzyżulców.

**Siatka piramid trójkątnych z pustką** – Trójkątna siatka górna i sześciokątna siatka dolna przesunięta względem górnej.

#### 4.13.2. Okno generatora przekryć strukturalnych

Po wywołaniu funkcji  **Generatora przekryć strukturalnych** w menu **Narzędzia** lub odpowiednią ikoną na głównym pasku narzędziowym wyświetlone zostanie okno **Generatora trójwarstwowych płaskich przekryć strukturalnych**.





Rys. 116 Okno Generатора trójwarstwowych płaskich przekryć strukturalnych

Z lewej strony okna umieszczony jest dynamiczny podgląd tworzonej struktury wybudowany na podstawie parametrów zdefiniowanych przez użytkownika znajdujących się po prawej stronie okna generatora. Pod oknem **Podglądu** umieszczone są dane statystyczne dotyczące tworzonej struktury, takie jak: liczba węzłów, liczba prętów oraz zakres długości prętów składających się na tworzony model. Po prawej stronie okna, w panelu **Parametry**, wybieramy jeden z 10 dostępnych typów przekrycia strukturalnego. Obok listy z nazwami dostępnych modeli znajduje się ikonka informacyjna, najechanie na którą kursorem myszki wyświetla krótką informację na temat wybranego modelu. Pod wybranym typem przekrycia strukturalnego znajduje się panel z poszczególnymi parametrami danego typu przekrycia oraz statyczny podgląd struktury z naniesionymi parametrami i legendą opisu poszczególnych elementów. Generalnie tworzone w generatorze przekrycia strukturalne rozplanowane są na kształcie kwadratu lub sześciokąta foremnego. Na poszczególne parametry dowolnego przekrycia składają się następujące dane:

- **Rozpiętość L, [m]** – liczona w poziomie maksymalna rozpiętość między skrajnymi węzłami pasa górnego przekrycia. Dopuszczalny zakres parametru <1; 1000>, [m].
- **Liczba sekcji n** – liczona w poziomie liczba całkowita podziałów rozpiętości L na równe sekcje o module M. Parametr musi być mniejszy/równy od 120. Musi też być większy od 2-3 w zależności od wybranego typu modelu. Na parametr „n” w zależności od wybranego typu struktury nałożone też mogą być inne ograniczenia (liczba parzysta, nieparzysta lub spełniająca określony wzór).
- **Wysokość H, [m]** – liczona w pionie odległość między osią płaszczyzny górnej i dolnej przekrycia (pasa górnego i dolnego). Dopuszczalny zakres parametru <0.1; 100>, [m].
- **Moduł M, [m]** – parametr wynikowy modułu przekrycia (nie do edycji), stanowiący stosunek rozpiętości L do liczby sekcji n.
- **L/H** – parametr wynikowy stosunku rozpiętości przekrycia L do jego wysokości H (nie do edycji). Powinien zawierać się w granicach <12.5; 25>. Nie jest to zalecenie bezwzględne, lecz wynika z czynnika ekonomicznego dla przekryć strukturalnych.

Kolejne parametry możliwe do zdefiniowania to współczynniki skali: Skala X i Skala Y, oba w zakresie  $\langle 0.5; 2 \rangle$ , pozwalające na przeskalowanie wytworzonej w generatorze struktury odpowiednio w kierunku osi X lub Y.

W generatorze przekryć strukturalnych jest też możliwość wygięcia przekrycia w kierunku globalnej osi X lub Y po łuku kołowym o podanej strzałce wygięcia. W tym celu zaznaczamy opcję **Wygięcie wzdłuż osi**, wybieramy z listy płaszczyznę (X lub Y) i podajemy **Strzałkę wygięcia  $f[m]$** .

Jako alternatywę można zastosować również pochylenie przekrycia w kierunku globalnej osi X lub Y określając różnicę poziomów spadku przekrycia w danym kierunku. W tym celu zaznaczamy opcję **Spadek wzdłuż osi**, wybieramy z listy odpowiednią płaszczyznę (X lub Y) i podajemy **Różnicę poziomów  $d[m]$** .

Poniżej umieszczono przycisk **Przywróć domyślne**, pozwalający przywrócić wartości wszystkich parametrów do sytuacji wyjściowej.

Analogicznie jak dla pozostałych generatorów pod panelem **Parametry** umieszczono cztery mniejsze panele pozwalające na ustawienie:

**Rodzaj węzłów** – (wybór: **Przegubowe**, **Sztywne**, **Pasy sztywne**).

**Podpory** – (wybór: **Przegubowe**, **Sztywne**, **Brak**) – węzły podporowe tworzone są w węzłach obwodowych (skrajnych) górnej płaszczyzny przekrycia.

**Przekrój** – pozwala na przypisanie poszczególnych przekrojów dla podstawowych grup prętów składających się na przekrycie: **Pasy górne**, **Pasy dolne**, **Śłupki**, **Krzyżulce**. Generator automatycznie dzieli model na powyższe grupy prętów.

**Punkt wstawienia A** – współrzędne punktu wstawienia A oznaczonego na podglądzie statycznym powyżej. Przycisk **Wskaż** pozwala na wskazanie oznaczonego punktu wstawienia na istniejącym modelu.

Na dole okna generatora umieszczono panel wyświetlania komunikatów – **Komunikaty**. W tej sekcji wyświetlane są na czerwono informacje o błędach i przekroczonych zakresach poszczególnych parametrów generatora oraz na czarno inne komunikaty informacyjne.

Zaznaczenie w lewym dolnym rogu okna znacznika **Generuj jako podrys** pozwala zamiast układu prętów struktury wprowadzić do modelu tylko podrys struktury.

Wybranie na dole okna przycisku **OK** powoduje wygenerowanie struktury o przyjętych przez użytkownika parametrach. Wybór przycisku **Anuluj** na dole okna lub zamknięcie okna generatora górnym krzyżykiem powoduje opuszczenie okna bez wygenerowania struktury.

Funkcja **Generatora trójwarstwowych przekryć strukturalnych** dostępna jest tylko w wersji **R3D3-RAMA 3D** programu.



## 4.14. Selekcja węzłów, prętów i obciążeń

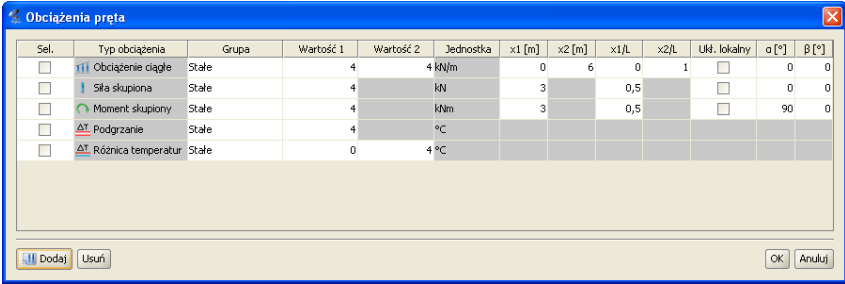
Przed uruchomieniem funkcji modyfikujących układ należy uprzednio zaznaczyć elementy do modyfikacji. Zaznaczone elementy (węzły, pręty, obciążenia) otoczone są grubą linią – obwódką w kolorze danego elementu.

Elementy można zaznaczać na kilka sposobów. Klikając lewym przyciskiem myszy na elemencie, zaznaczamy pojedyncze elementy. Zaznaczenie jednego elementu powoduje usunięcie zaznaczenia pozostałych elementów tego samego typu. W ten sposób tylko jeden element (osobno wśród prętów, węzłów i obciążeń) układu może być zaznaczony. Aby zaznaczyć kilka elementów, należy podczas klikania myszką trzymać wciśnięty klawisz **Shift**.

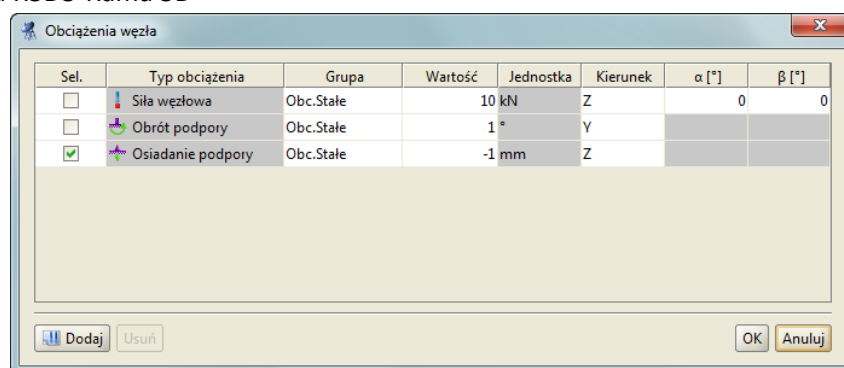
Szybszym sposobem na zaznaczenie większej ilości elementów jest przytrzymanie klawisza Ctrl i wskazanie elementów oknem. Trzymając wciśnięty klawisz Ctrl, należy wcisnąć (i trzymać!) lewy przycisk myszy, a następnie przesunąć myszkę. Po zwolnieniu klawisza myszki obiekty, które znajdowały się w narysowanym oknie, zostaną zaznaczone.

Jeśli okno było rysowane od strony lewej do prawej, to zaznaczone zostaną tylko te obiekty, które w całości zmieściły się w rysowanym oknie (okno obejmujące). Pręty, które częściowo zawierały się w oknie, nie zostaną zaznaczone. W przypadku rysowania od strony prawej do lewej wszystkie obiekty przecięte oknem zostaną zaznaczone – nawet te, które tylko częściowo zawierały się w oknie (okno przecinające).

Jeśli do jednego pręta lub węzła przyłożonych jest kilka obciążeń, to ich graficzna selekcja może być utrudniona. Można wtedy skorzystać z narzędzia  **Edycja obciążenia pręta** oraz  **Edycja obciążenia węzła**. Uruchamiamy je z menu górnego **Edycja**. Przed uruchomieniem należy zaznaczyć jeden pręt lub jeden węzeł. W oknie, które zostanie wyświetlone, przedstawione jest zestawienie wszystkich obciążeń wybranego pręta lub węzła. Klikając na pola wyboru w pierwszej kolumnie tabeli, możemy modyfikować selekcję poszczególnych obciążeń.



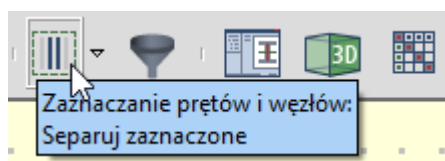
| Sel.                     | Typ obciążenia     | Grupa | Wartość 1 | Wartość 2 | Jednostka | x1 [m] | x2 [m] | x1/L | x2/L | Ukł. lokalny             | α [°] | β [°] |
|--------------------------|--------------------|-------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|------|------|--------------------------|-------|-------|
| <input type="checkbox"/> | Obciążenie ciągłe  | Stałe | 4         |           | kN/m      | 0      | 6      | 0    | 1    | <input type="checkbox"/> | 0     | 0     |
| <input type="checkbox"/> | Siła skupiona      | Stałe | 4         |           | kN        | 3      |        | 0,5  |      | <input type="checkbox"/> | 0     | 0     |
| <input type="checkbox"/> | Moment skupiony    | Stałe | 4         |           | kNm       | 3      |        | 0,5  |      | <input type="checkbox"/> | 90    | 0     |
| <input type="checkbox"/> | Podgrzanie         | Stałe | 4         |           | °C        |        |        |      |      |                          |       |       |
| <input type="checkbox"/> | Różnica temperatur | Stałe | 0         | 4         | °C        |        |        |      |      |                          |       |       |



Rys. 117 Obciążenia pręta, węzła i podpory

W menu górnym **Edycja** znajdują się także funkcje umożliwiające zaznaczenie, usunięcie zaznaczenia i odwrócenie zaznaczenia wszystkich: prętów, węzłów i podrysów.

W grupie narzędzi zaznaczania prętów, węzłów i podrysów układu, na głównym pasku narzędziowym oraz w menu **Edycja**, znajduje się dodatkowa funkcja: **Separuj zaznaczone**. Po zaznaczeniu dowolnej ilości prętów i podrysów oraz wywołaniu tej funkcji, wszystkie pręty i podrysy poza zaznaczonymi zostaną w modelu ukryte.



Rys. 118 Funkcja Separuj zaznaczone

Aby szybko usunąć wszystkie zaznaczenia wszystkich elementów projektu, należy wcisnąć klawisz **Esc**.

Szybką selekcję całych grup prętów lub elementów wymiarowych można przeprowadzić, zaznaczając odpowiedni znacznik w „drzewie projektu” lub wybierając odpowiednią funkcję w oknie **Grup prętów i elementów wymiarowych**. Analogicznie selekcję całych grup obciążeń można wykonać, zaznaczając odpowiednie znaczniki w „drzewie projektu”.

Przy selekcji elementów w projekcie należy pamiętać, że na zakładce **Geometria** obowiązuje priorytet zaznaczania prętów i węzłów, a na zakładce **Obciążenia** zaznaczania obciążeń.

#### 4.15. Funkcja zaznaczania prętów we wskazanej płaszczyźnie

Funkcja **Zaznacz pręty w płaszczyźnie** przewidziana jest w programie **R3D3-Rama 3D** do dwóch podstawowych celów: sprawdzania poprawności modelu pod względem współpłaszczyznowości wprowadzonych prętów oraz do szybkiej selekcji prętów w celu zadania obciążenia powierzchniowego (np. na połaciach dachowych). Funkcję wywołujemy z głównego paska narzędziowego, z grupy narzędzi do zaznaczania lub z menu górnego **Edycja**. Po wywołaniu funkcji użytkownik zostanie poproszony o wskazanie trzech punktów niewspółliniowych na elementach układu w celu wyznaczenia właściwej

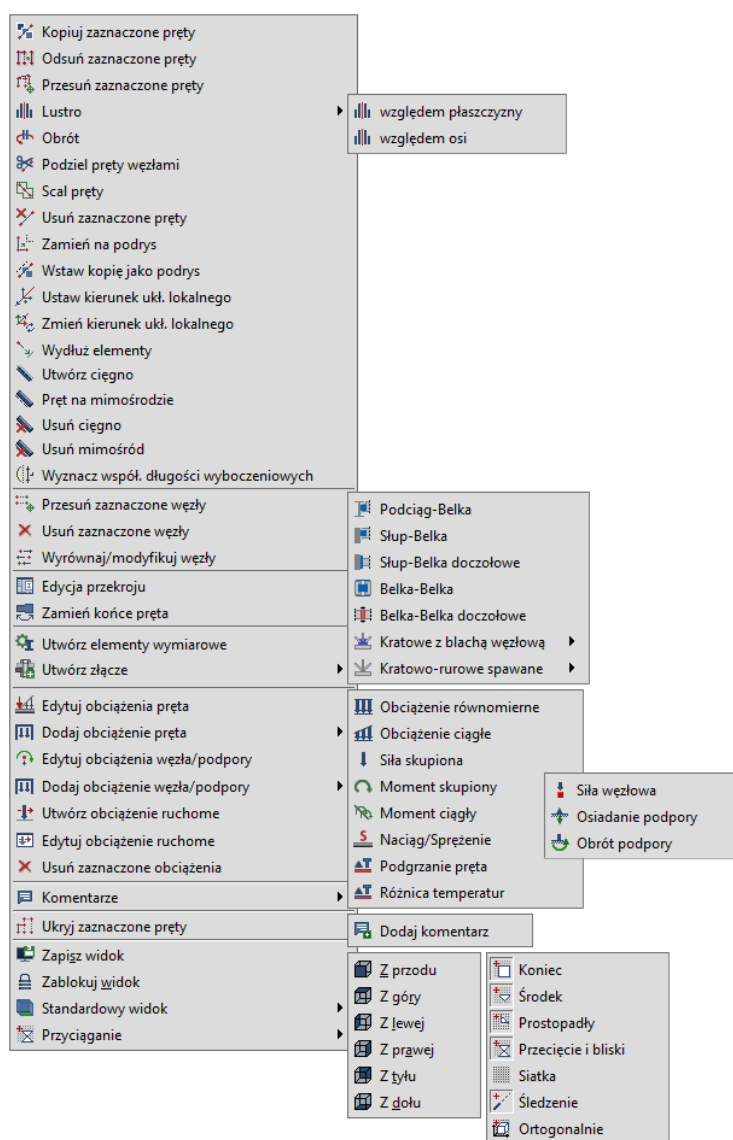
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

płaszczyzny. Następnie program przeszuka wszystkie widoczne pręty układu i wyselekcjonuje te z nich, dla których oba węzły oddalone są od wskazanej płaszczyzny o nie więcej niż 1 cm. Efektem działania funkcji jest zaznaczenie prętów leżących w jednej płaszczyźnie z określoną powyżej dokładnością. Przy wskazywaniu trzech punktów płaszczyzny zaleca się wybierać takie punkty układu, które tworzą najbardziej oddalone wierzchołki trójkąta.

## 4.16. Funkcje menu kontekstowego

Część operacji edycyjnych dla zakładki **Geometria** i **Obciążenia** dostępna jest z poziomu menu kontekstowego. Menu kontekstowe wywołuje się, klikając prawym przyciskiem myszy na oknie roboczym programu. Menu jak niżej pojawi się tylko wtedy, gdy w projekcie zaznaczone są jakieś elementy (np. węzły, podpory, pręty, obciążenia). W innych przypadkach menu kontekstowe będzie ograniczone do możliwych dla danego wyboru operacji.



Rys. 119 Menu kontekstowe dla zakładki Geometria i Obciążenia

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D



Wygląd menu zmienia się w zależności od tego, jakie elementy są wybrane.

Operacje dostępne w menu dla zaznaczonych prętów:



-  **Kopiuj zaznaczone pręty** – kopiuje zaznaczone pręty o podany/wskazany wektor. Funkcja kopiowania działa po uruchomieniu wielokrotnie. Jednorazowe kliknięcie klawisza **Esc** umożliwia zmianę punktu początkowego wektora kopiowania, a dwukrotne kliknięcie klawisza **Esc** wyłącza funkcję. W trakcie kopiowania widoczny jest wektor przemieszczenia i awatar kopiowanej części układu.
-  **Odsuń zaznaczone pręty** – odsuwa zaznaczone pręty o podany/wskazany wektor. Pręty niezaznaczone, które są połączone z odsuwanymi węzłami, pozostają niezmienione (zerwanie połączenia). W trakcie odsuwania widoczny jest wektor przemieszczenia i awatar odsuwanej części układu. Jednorazowe kliknięcie klawisza **Esc** wyłącza funkcję.
-  **Przesuń zaznaczone pręty** – przesuwa zaznaczone pręty o podany/wskazany wektor. Pręty niezaznaczone, które są połączone z przesuwanymi węzłami, zostaną zmodyfikowane i zachowują połączenie z prętami przesuwanymi. W trakcie przesuwania widoczny jest wektor przemieszczenia i awatar przesuwanej części układu. Jednorazowe kliknięcie klawisza **Esc** wyłącza funkcję.
-  **Lustro** – odbija w lustrze zaznaczone pręty względem wskazanej płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny ekranu lub wskazanej, dowolnie usytuowanej w przestrzeni osi.
-  **Obrót** – obraca zaznaczone pręty o dowolny kąt względem wskazanej, dowolnie usytuowanej w przestrzeni osi.
-  **Podziel pręty węzłami** – dzielenie prętów węzłami.
-  **Scalaj** – funkcja scalania kilku kolejnych prętów współosiowych (dostępna jedynie dla prętów spełniających określone warunki).
-  **Usuń zaznaczone pręty** – usuwanie zaznaczonych prętów.
-  **Zamień na podrys** – zamienia zaznaczone pręty na podrys.
-  **Wstaw kopię jako podrys** – wstawia kopię zaznaczonych prętów jako podrys (w zmienionej lokalizacji).
-  **Ustaw kierunek układu lokalnego** – funkcja ustawia kierunek układu lokalnego pręta przez wskazanie kierunku wektora jednej z jego osi (prostopadłej do osi pręta).
-  **Zmień kierunek układu lokalnego** – funkcja zamienia kierunek układu lokalnego prętów tak, że oś „x”, ułożona wzdłuż pręta, skierowana jest w przeciwnym kierunku. Obciążenia zadane w układzie lokalnym, pozostają w układzie lokalnym i mogą ulec zmianie co do kierunku.
-  **Wydłuż elementy** – funkcja wydłużania wskazanych elementów o zadaną wartość lub do zaznaczonych wcześniej granic.
-  **Ustaw/**  **Usuń cięgno** – ustawia lub usuwa dla pręta dwuprzegubowego typ pręta „ciągno”.
-  **Usuń mimośród/**  **Pręt na mimośrodzie** – ustawia, edytuje lub usuwa dla pręta mimośród w węzłach końcowych.
-  **Wyznacz współ. długości wyboczeniowej** – funkcja uruchamia automatyczny kalkulator współczynników długości wyboczeniowej dla prętów.

Podręcznik do programu




Opis programu R3D3-Rama 3D

-  **Kalkulator współ. długości wybocheniowej** – opcja dostępna dla pojedynczo zaznaczonego pręta o stałym przekroju niebędącego cięgnem. Funkcja dostępna na zakładkach **Geometria**, **Obciążenia** i **Wyniki**.
-  **Renumeracja prętów i węzłów** – funkcja dostępna dla dowolnej liczby zaznaczonych prętów i węzłów, o ile w oknie **Właściwości projektu** wybrano opcję **Numeracja użytkownika – statyczna**. Funkcja dostępna na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia**.


Operacje na przekrojach zaznaczonych prętów:

-  **Edycja przekroju** – funkcja wywołująca okno **Edycji przekroju** (dostępna jedynie przy zaznaczeniu pojedynczego pręta lub grupy prętów o takim samym przekroju).
-  **Zamień końce pręta** – funkcja dla prętów o zmiennej geometrii, zamienia miejscami przekrój początkowy i końcowy.
















Operacje dla zaznaczonych węzłów:

-  **Przesuń zaznaczone węzły** – przesuwa węzły o podany wektor.
-  **Usuń zaznaczone węzły** – usuwa węzły wraz z prętami dołączonymi do nich.
-  **Wyrównaj/Modyfikuj węzły** – opcja pozwala na grupową korektę współrzędnych węzłów lub jednej składowej współrzędnych.

Operacja usuwania wymiarów:

-  **Usuń zaznaczone wymiary** – funkcja usuwająca z projektu zaznaczone wymiary.




Operacja tworzenia elementów wymiarowych i złączy:

-  **Utwórz elementy wymiarowe** – funkcja tworząca elementy wymiarowe z grupy prętów współliniowych o takim samym przekroju.
-  **Utwórz złącze** – grupa funkcji definiująca w modelu typ złącza, dostępna tylko w projektach Eurokodowych dla pojedynczo zaznaczonego węzła niepodporowego lub zaznaczonego pojedynczego węzła niepodporowego i kilku prętów schodzących się w tym węźle. Dostępne typy złączy:  **Podciąg – Belka**,  **Słup – Belka**,  **Słup – Belka doczołowe**,  **Belka – Belka**,  **Belka – Belka doczołowe**,  **Kratowe z blachą węzłową (typu: K, KT, N, T, Y)**,  **Kratowo-rurowe spawane (typu: K, KT, N, T, X, Y)**. Funkcje dostępne na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia**.
-  **Utwórz zakotwienie** – grupa funkcji definiująca w modelu typ zakotwienia, dostępna tylko w projektach Eurokodowych dla pojedynczo zaznaczonego węzła podporowego lub zaznaczonego pojedynczego węzła podporowego i jednego pręta w tym węźle. Dostępne typy zakotwień:  **Zakotwienie słupa dwugałęziowego**,  **Zakotwienie słupa prostokątnego**,  **Zakotwienie słupa dwuteowego**,  **Zakotwienie słupa okrągłego**.
-  **Usuń złącze** – funkcja dostępna dla zaznaczonych węzłów projektu Eurokodowego, w których zdefiniowano wcześniej złącza. Funkcja dostępna na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia**. Zmiana









Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D







typu złącza wymaga usunięcia dotychczasowego typu i zdefiniowania nowego lub dołożenia dodatkowego nowego typu w danym węźle.

-  **Usuń zakotwienie** – funkcja dostępna dla zaznaczonych węzłów podporowych projektu Eurokodowego, w których zdefiniowano wcześniej zakotwienia. Funkcja dostępna na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia**. Zmiana typu zakotwienia wymaga usunięcia dotychczasowego typu zakotwienia i zdefiniowania nowego typu.
-  **Wymiaruj złącze** – funkcja dostępna tylko na zakładce **Wyniki** dla pojedynczo zaznaczonego węzła projektu Eurokodowego w którym wcześniej zdefiniowano typ złącza. Funkcja ta pozwala również edytować wszystkie podstawowe parametry połączenia w ramach wybranego typu złącza.
-  **Wymiaruj zakotwienie** – funkcja dostępna tylko na zakładce **Wyniki** dla pojedynczo zaznaczonego węzła podporowego projektu Eurokodowego, w którym wcześniej zdefiniowano typ zakotwienia. Funkcja ta pozwala również edytować wszystkie podstawowe parametry połączenia w ramach wybranego typu zakotwienia.

Operacje dla zaznaczonych obciążeń:

-  **Edytuj obciążenie pręta** – pozwala na edycję obciążeń prętowych.
-  **Dodaj obciążenie pręta** – pozwala na szybki dostęp do definicji poszczególnych obciążeń prętowych.
-  **Edytuj obciążenie węzła/podpory** – pozwala na edycję obciążeń kinematycznych węzłów podporowych oraz sił skupionych w węzłach.
-  **Dodaj obciążenie węzła/podpory** – pozwala na szybki dostęp do definicji poszczególnych obciążeń kinematycznych węzłów podporowych i sił skupionych w węzłach.
-  **Utwórz obciążenie ruchome** – wywołuje funkcję budowania grupy obciążeń ruchomych.
-  **Edytuj obciążenie ruchome** – wywołuje okno edycji wartości obciążeń wchodzących w skład wybranego obciążenia ruchomego.
-  **Zamień obciążenia rzutowane na prętowe** – w przypadku zaznaczenia obciążenia zadanego na rzut pręta zamienia to obciążenie na prętowe z odpowiednim przeliczeniem wartości i zachowaniem położenia.
-  **Usuń zaznaczone obciążenia** – usuwa obciążenia.






Pozostałe:

-  **Komentarze** – grupa funkcji dostępna dla dowolnej liczby zaznaczonych prętów, węzłów i obciążeń.  
W zależności od tego, czy komentarz istnieje dla danego obiektu, czy też nie, składa się ona z funkcji:  
 **Dodaj komentarz**,  **Edytuj komentarz**,  **Usuń komentarz**. Funkcje dostępne na zakładkach **Geometria** i **Obciążenia**.
-  **Ukryj zaznaczone pręty** – ukrywa zaznaczone elementy układu.
-  **Pokaż wszystkie ukryte pręty** – pokazuje wszystkie ukryte pręty.



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

-  **Pokaż najbliższe ukryte pręty** – pokazuje najbliższe ukryte pręty.
-  **Zapisz widok** – zapisuje w strukturze projektu jego aktualny widok.
-  **Zablokuj/Odblokuj widok** – opcja blokująca widok ekranu w aktualnym położeniu.
-  **Standardowy widok** – opcja ułatwiająca szybki dostęp do właściwego predefiniowanego widoku ekranu, niedostępna przy zablokowanym widoku.
-  **Przyciąganie** – opcja pozwalająca na włączanie i wyłączenie punktów przyciągania: koniec, środkowy, prostopady, przecięcia, bliski, siatka oraz trybów graficznych: ortogonalnego i śledzenia.

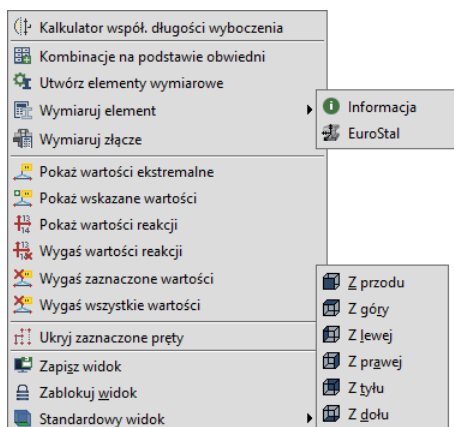
Dla zaznaczonego pojedynczego pręta lub kilku prętów o tym samym przekroju, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dodatkowo pojawia się opcja bezpośredniego dostępu do **Edytora przekrojów**. Jeśli przy wywoływaniu menu kontekstowego w projekcie część prętów jest ukryta, to pojawią się dwie dodatkowe opcje do pokazywania ukrytych prętów: **Pokaż wszystkie pręty** oraz **Pokaż najbliższe ukryte pręty**. Ich znaczenie wyjaśnione jest w punkcie **Ukrywanie prętów**.

Funkcje kopiowania, przesuwania i odsuwania, dostępne na prawym klawiszu myszki, kopiuja, przesuwać lub odsuwają zaznaczone elementy w następujący sposób: pręty, jeśli zaznaczone są tylko pręty, lub pręty wraz z przyłożonymi na nich obciążeniami, jeśli zaznaczone są pręty i obciążenia na nich przyłożone. Nie mogą być tą metodą kopiowane same obciążenia.

Przy kopiowaniu, przesuwaniu i odsuwaniu należy wskazać wektor przesunięcia. Wektor można wskazać graficznie (długość wektora podawana jest na ekranie) lub podać jego współrzędne z klawiatury na zakładce **Geometria**. Operacje te wyglądają identycznie jak tryb rysowania prętów. Współrzędne wektora można podać z klawiatury w grupie **Wskaż wektor**, znajdującej się na zakładce **Geometria**. Przy graficznym wskazywaniu wektora mogą być wykorzystane punkty przyciągania wraz z elementami śledzenia.

Funkcje kopiowania, przesuwania i odsuwania pręta o wskazany wektor zachowują takie właściwości jak: przekrój, ustawienie lokalnego układu współrzędnych oraz sposób połączenia z innymi prętami układu (przegubowy lub sztywny).




Menu kontekstowe prawego klawisza myszki występuje również dla zakładki **Wyniki**. Menu to zapewnia dostęp do funkcji niezbędnych po wykonaniu obliczeń statycznych:




Rys. 120 Menu kontekstowe dla zakładki Wyniki

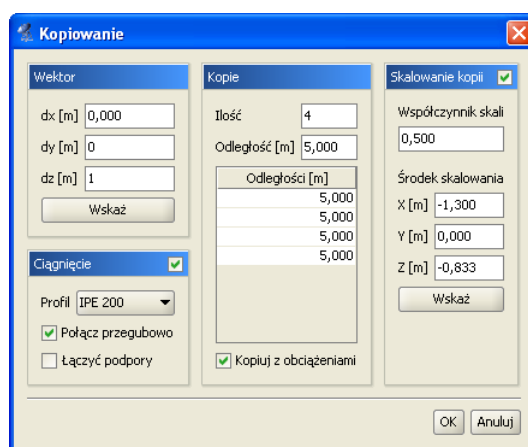
- **Wyznacz współ. długości wybożeniowych** – funkcja uruchamia kalkulator współczynników długości wybożeniowych dla pręta lub prętów.
- **Kombinacje na podstawie obwiedni** – funkcja pozwalająca dla zaznaczonych prętów i węzłów stworzyć kombinacje użytkownika na podstawie wybranych obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń.
- **Utwórz elementy wymiarowe** – pozwala na utworzenie elementów wymiarowych z kilku prętów ciągłych i współliniowych o takich samych własnościach.
- **Wymiaruj element** – funkcja pozwalająca na pojedyncze wymiarowanie prętów lub kilku prętów współliniowych w modułach wymiarujących: **InterStal**, **InterDrewno**, **EuroDrewno**, **EuroStal** i **EuroZelbet** lub wymiarowanie podpór w module **EuroStopa**. W przypadku projektów według norm PN obwiednie lub ekstrema reakcji przekazywane są do modułu **Fundamenty bezpośrednie** programu **Konstruktor**.
- **Wymiaruj złącze** – funkcja pozwalająca wywołać zewnętrzny moduł **EuroZłącza** dla zaznaczonego węzła, w którym zdefiniowano połączenie.
- **Wymiaruj zakotwienie** – funkcja pozwalająca wywołać zewnętrzny moduł **EuroZłącza** dla zaznaczonego węzła podporowego, w którym zdefiniowano połączenie.
- **Pokaż wartości ekstremalne** – dla wybranych prętów układu pokazuje na ekranie graficznym wartości ekstremalne wykresów sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń.
- **Pokaż wskazane wartości** – dla wybranych prętów układu pokazuje na ekranie graficznym wartości wykresów sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń we wskazanych przez użytkownika lokalizacjach.
- **Wygaś zaznaczone wartości** – dla zaznaczonych prętów wygasza wartości na wykresach.
- **Wygaś wszystkie wartości** – wygasza wszystkie wartości na wykresach dla całego układu.
- **Pokaż wartości reakcji** – opcja wyświetla wartości reakcji, których symbole w danej chwili widoczne są na ekranie.
- **Wygaś wartości reakcji** – wygasza wszystkie widoczne na ekranie wartości reakcji.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

-  **Ukryj zaznaczone pręty** – ukrywa zaznaczone elementy układu.
-  **Zablokuj/Odblokuj widok** – opcja blokująca widok ekranu w aktualnym położeniu.
-  **Standardowy widok** – opcja ułatwiająca szybki dostęp do właściwego widoku ekranu, niedostępna przy zablokowanym widoku.

## 4.17. Kopiowanie wielokrotne elementów układu

Funkcję  **Kopiowania wielokrotnego** uruchamiamy odpowiednią ikoną z głównego paska narzędziowego. Umożliwia ona kopiowanie zaznaczonych fragmentów lub całości układu. Możliwe jest jednoczesne wykonanie wielu oddalonych o określone odległości kopii zaznaczonych elementów. Funkcja **Ciągnięcie** służy do automatycznego łączenia prętami odpowiadających sobie węzłów kolejnych kopii. Umożliwia to np. automatyczne wygenerowanie rygli łączących kolejne dźwigary hali. Funkcję kopiowania wielokrotnego wywołujemy odpowiednią ikoną z głównego paska narzędziowego, w odróżnieniu od kopiowania pojedynczego, które wywoływane jest z menu kontekstowego prawego klawisza myszki. Dodatkową różnicą między obiema funkcjami jest to, że przy kopiowaniu wielokrotnym wyświetlane jest dodatkowo pośrednie okno dialogowe, natomiast przy kopiowaniu pojedynczym użytkownik od razu proszony jest o wskazanie wektora, o jaki skopiowany ma być zaznaczony fragment układu.



Rys. 121 Widok okna kopiowania z ciągnięciem i skalowaniem

Okno dialogowe kopiowania wielokrotnego jest podzielone na cztery grupy.

- Wektor

W tej grupie określa się kierunek kopiowania. Należy podać wartości **dx**, **dy**, **dz** w polach tekstowych lub wcisnąć przycisk **Wskaż**, aby graficznie określić kierunek wektora (opis sposobu wskazywania wektora opisany jest w punkcie **Menu kontekstowe**).

- Kopie

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Samo określenie kierunku wektora nie jest wystarczające do jednoznacznego określenia kopiowania. Dodatkowo należy także określić ilość kopii, które mają zostać wykonane oraz odległości między nimi. Tabela, która znajduje się w tej grupie, służy do określenia różnych odległości między kolejnymi kopiami. Gdy wprowadzone zostaną różne odległości między kopiami, to w polu **Odległość** pojawia się symbol [..].

- Ciągnięcie

Uaktywnienie tej opcji powoduje wstawianie prętów łączących odpowiadające węzły w kolejnych kopiach. Dodatkowo należy określić:

- **Profil** – rozwijana lista, z której należy wybrać profil dla nowych prętów łączących wstawiane kopie.
- **Połącz przegubowo** – po uaktywnieniu tej opcji będą wstawiane przeguby na końcach prętów (przydatne np. przy wprowadzaniu płatwi przegubowych).
- **Łączyć podpory** – domyślnie węzły, w których wstawione są podpory, nie są łączone prętami. Aby to zmienić, należy aktywować tę funkcję.

- Skalowanie kopii

Uaktywnienie tej opcji pozwala na wprowadzenie kolejnych kopii zaznaczonego fragmentu układu (przeważnie płaskiego), z których ostatnia przeskalowana jest o współczynnik skali, a wszystkie poprzednie kopie przeskalowane są proporcjonalnie do odległości kopiowania.

- **Współczynnik skali** – parametr określający stosunek wymiarów kopii końcowej do elementu wyjściowego.
- **Środek skalowania** – współrzędne położenia środka skalowania.

Funkcja kopiowania wielokrotnego, niezależnie od tego, czy zaznaczone są same pręty czy pręty wraz z obciążeniami, kopiuje albo same pręty, albo pręty wraz z obciążeniami, w zależności od ustawienia znacznika **Kopiuj z obciążeniami** w oknie dialogowym kopiowania wielokrotnego.

Funkcję kopiowania z ciągnięciem rozbudowano o opcję skalowania kolejnych kopii względem wyliczonego punktu centralnego lub wskazanego przez użytkownika punktu układu. W przypadku gdy zaznaczone do kopiowania elementy układu znajdują się w jednej płaszczyźnie, program na podstawie średniej arytmetycznej współrzędnych wszystkich węzłów (prętów wybranych do kopiowania) automatycznie określa środek skalowania. W przypadku gdy zaznaczone pręty leżą w różnych płaszczyznach, za środek skalowania domyślnie zawsze obierany jest punkt o współrzędnych (0, 0, 0). W każdej chwili przed kopiowaniem użytkownik może zmienić punkt skalowania przez jego wskazanie w dowolnym punkcie charakterystycznym układu. Współczynnik skalowania określa, jaki będzie stosunek długości elementów ostatniej kopii do długości odpowiednich elementów zaznaczonych do kopiowania. Wszystkie pośrednie kopie będą miały pośredni współczynnik skali kopiowania, wynikający z proporcji, czyli odległości między kolejnymi kopiami i wartości końcowego współczynnika skali. Ustawienie końcowego współczynnika skalowania na zero pozwala na skalowanie wybranych elementów do punktu. W tym przypadku przy wyborze do kopiowania płaskiego układu prętów tworzących wielobok zamknięty efektem kopiowania z ciągnięciem i skalowaniem będzie układ prętów przypominający ostrosłup. Przy współczynniku skalowania większym od zera efektem kopiowania z ciągnięciem i skalowaniem będzie układ prętów przypominający ostrosłup ścięty. Podczas kopiowania

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

bez włączonego ciągnięcia, lecz ze skalowaniem ustawionym na „0” lub bardzo bliskim zera, ostatnia kopia, będąca tak naprawdę pojedynczym, „luźnym” węzłem, jest automatycznie usuwana z projektu. Przy współczynniku skali ustawionym na „1” będziemy mieć do czynienia z równoległym przesunięciem kopii bez skalowania (tak samo jakby skalowanie było wyłączone). Każdy współczynnik skali w zakresie od 0 do 1 powoduje zmniejszanie wyjściowego układu, natomiast ustawienie współczynnika skali na wartość większą niż 1 powoduje powiększanie układu wyjściowego w kolejnych jego kopiach.

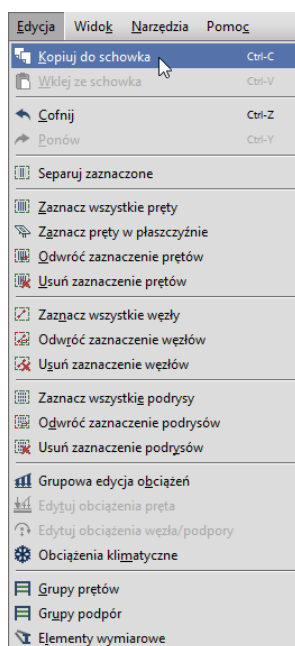
Funkcja kopiowania z ciągnięciem i skalowaniem może między innymi posłużyć do szybkiego kształtowania prętowych układów wieżowych o dowolnym kształcie podstawy takiej wieży.

Dodatkowe możliwości kształtowania przestrzennego układu prętowego daje również możliwość samego skalowania wprowadzonego układu. Wówczas w parametrach funkcji ilość kopii ustalamy na 1, przesunięcie kopii na 0, a powiększeniem układu steruje tylko określony przez użytkownika współczynnik skali. Opcja ta może być przydatna w wielu różnych sytuacjach projektowych. Przykładowo mamy wprowadzony układ prętowy o kształcie kopuły geodezyjnej. Wówczas funkcję skalowania przy kopiowaniu możemy wykorzystać do dwóch celów: powiększenia wprowadzonej kopuły do żądanej średnicy jej podstawy lub powielenia kopuły w odległości np. 0,5 m od układu wyjściowego, z wykorzystaniem ciągnięcia i możliwością założenia wykratowania między obiema powierzchniami sferycznymi.

## 4.18. Funkcja kopiowania przez schowek

Funkcja kopiowania elementów przez schowek może być realizowana w ramach jednego dokumentu (projektu), jak również między różnymi projektami. Aby skorzystać z funkcji, należy w pierwszej kolejności zaznaczyć (wyselekcjonować) obiekty projektu do skopiowania. Następnie z menu górnego

**Edycja** wybieramy opcję  **Kopiuj do schowka (Ctrl + C)**.

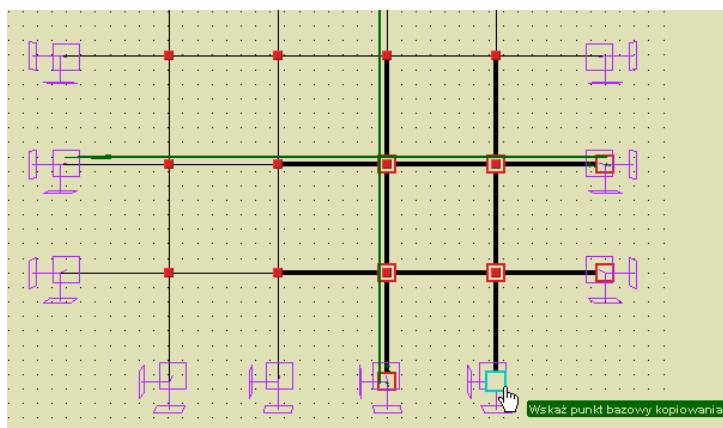


Rys. 122 Wywołanie funkcji kopiowania do schowka


Podręcznik do programu

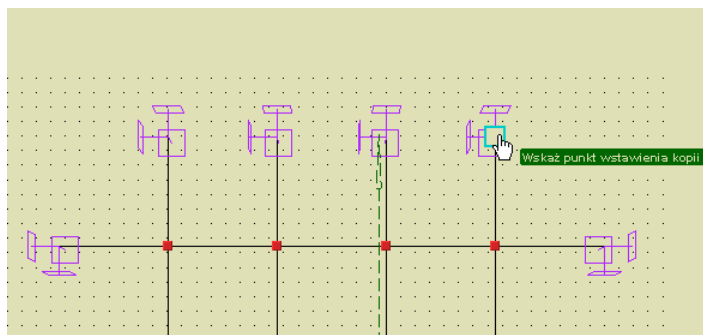
Opis programu R3D3-Rama 3D

Po wywołaniu funkcji na ekranie pojawi się polecenie **Wskaż punkt bazowy kopiowania**, po którym wskażemy na układzie wyjściowym punkt, który będzie punktem bazowym wstawiania kopii.



Rys. 123 Wskazywanie punktu bazowego kopiowania

Po tej operacji w menu górnym **Edycja** uaktywni się opcja  **Wklej ze schowka (Ctrl + V)**. Po jej wybraniu w nowym lub tym samym projekcie na ekranie pokaże się polecenie **Wskaż punkt wstawienia kopii**. Wskazanie odpowiedniego punktu na ekranie spowoduje skopiowanie zaznaczonych obiektów projektu wyjściowego do nowego lub tego samego projektu.



Rys. 124 Wskazywanie punktu wstawienia kopii

Przy kopiowaniu elementów przez schowek należy pamiętać o kilku obowiązujących zasadach analogicznych jak te, które dotyczą dołączania jednego projektu do drugiego:

- Pręty przypisane do grup prętów przy kopiowaniu również pozostają w grupach, a jeśli grupa o takiej nazwie istnieje w projekcie docelowym, zostanie ona powielona z dopisanym kolejnym numerem na końcu nazwy. Wyjątek stanowią pręty w grupie **Niepogrupowane**, które po skopiowaniu znajdą się w tej samej grupie.
- Pręty, z których stworzono elementy wymiarowe, przy skopiowaniu elementów w całości, po operacji będą również należały do elementów wymiarowych o takiej nazwie jak element wyjściowy, lecz z dodatkowym numerem na końcu.
- Analogiczna reguła jak przy elementach wymiarowych dotyczy grup obciążeń, oczywiście tylko wówczas, gdy wraz z prętami kopiowane będą obciążenia przypisane do odpowiednich grup obciążeń. Kopiowanie grup obciążeń ruchomych jest możliwe tylko wtedy, gdy kopiowane są

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

wszystkie pręty, do których daną grupę przyłożono. Grupa multi kopiowana jest tylko w zakresie prętów, które również podlegają kopiowaniu.

- Przy kopiowaniu przez schowek nie są przenoszone ustawienia definicji typów wymiarowania i po operacji wymagają one ponownego ustawienia.

Pozostałe własności prętów, takie jak przekrój, układ współrzędnych i typ pręta, przenoszone są wprost do nowego projektu.

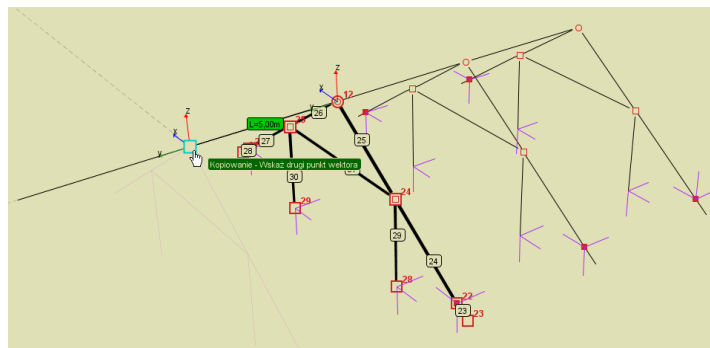
#### 4.19. Podręczne funkcje kopiowania, odsuwania i przesuwania

Poza funkcjami kopiowania, odsuwania i przesuwania dostępnymi w menu kontekstowym prawego klawisza myszki wprowadzono możliwość szybkiego uruchomienia zmodyfikowanych komend jak wyżej za pomocą skrótów klawiszowych. Funkcje te dostępne są dla zaznaczonych elementów modelu (prętów oraz dla zaznaczonych obciążeń tych prętów) po wybraniu odpowiedniego skrótu klawiszowego:

- Kopiuj – Shift
- Odsuń – Alt
- Przesuń – Shift + Alt

Po wciśnięciu odpowiedniej kombinacji klawiszy oraz wskazaniu i przytrzymaniu lewym klawiszem myszki jednego z zaznaczonych prętów kursor zmienia kształt na „łapkę” i uruchamia się tryb podręcznego kopiowania, odsuwania lub przesuwania. Jako punkt bazowy wektora przesunięcia przyjmowany jest bliższy z węzłów pręta, dla którego pokazano „łapkę”. Podczas przeciągania myszką działa standardowe przyciąganie i śledzenie oraz pokazywany jest awatar zaznaczonych prętów (jeśli można precyzyjnie określić w danym momencie punkt końcowy wektora przesunięcia), dodatkowo cały czas wyświetlana jest nazwa wykonywanej operacji. Po puszczeniu przycisku myszki w dokładnie ustalonej lokalizacji wykonywana jest odpowiednio operacja kopiowania, odsuwania lub przesuwania.

Funkcje podręcznego kopiowania, odsuwania i przesuwania można włączać i wyłączać w oknie **Ustawień** programu.



Rys. 125 Funkcja podręcznego kopiowania (Shift)



W przypadku gdy dla którejś z powyższych funkcji punktem końcowym wektora przemieszczenia jest dowolny punkt charakterystyczny na pręcie lub linii pomocniczej oraz w ustawieniu w jednej

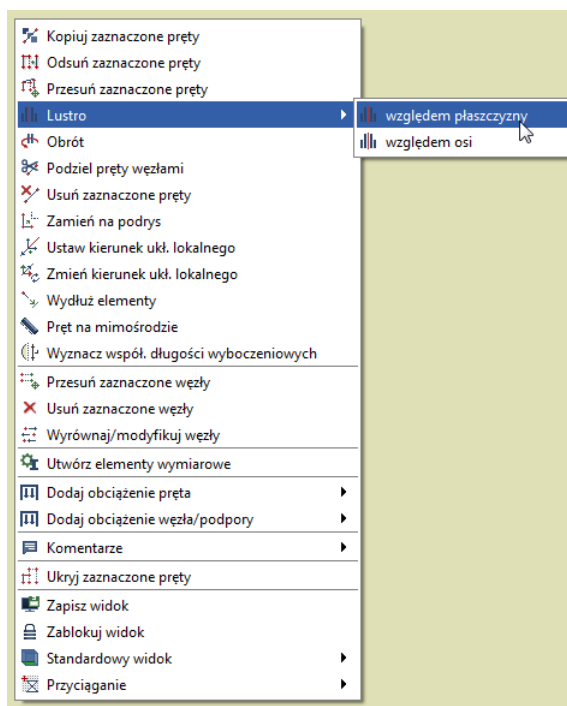
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

z płaszczyzn głównych, dowolny inny punkt ekranu, uwolnienie wciśniętych klawiszy klawiatury i myszki nie przerywa funkcji, lecz pozwala doprecyzować długość wektora przemieszczenia przez dokładne podanie jego długości za pomocą klawiatury numerycznej oraz ewentualnie zmodyfikować lokalizację punktu „bliskiego” za pomocą kursorów klawiatury. Naciśnięcie klawisza **Enter** akceptuje tak określoną lokalizację wektora przemieszczenia i wykonuje jedną z powyższych operacji, a wciśnięcie klawisza **Esc** przerywa i kończy działanie funkcji.

## 4.20. Obrót i lustro

W ogólnym przypadku funkcje  **Obrót** i  **Lustro** pozwalają na obrócenie o dowolny kąt lub odbicie lustrzane zaznaczonych elementów konstrukcji względem dowolnie usytuowanej w przestrzeni osi obrotu lub odbicia lustrzanego względem wskazanej płaszczyzny, zawsze prostopadłej do płaszczyzny ekranu. W szczególnym przypadku ramy płaskiej w programie **R2D2** funkcje te sprowadzają się do odbicia lustrzanego względem wskazanej dowolnej osi leżącej w płaszczyźnie ekranu i obrotu zaznaczonej części układu względem wskazanego punktu (środka obrotu). Obie funkcje dostępne są po zaznaczeniu elementów układu z menu podręcznego, uruchamianego prawym klawiszem myszki.



Rys. 126 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki – funkcja Lustro

Funkcja lustrzanego odbicia w **R3D3** posiada dwa tryby: odbicie lustrzane względem wskazanej dowolnej osi i odbicie lustrzane względem wskazanej płaszczyzny.

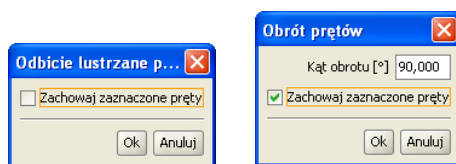
W obu przypadkach (obróć i lustro) po wywołaniu funkcji program oczekuje na wskazanie na ekranie roboczym dwóch punktów definiujących oś lub płaszczyznę odbicia lub obrotu (lub jednego punktu obrotu w przypadku **R2D2**). Przy odbiciu lustrzanym względem płaszczyzny punkty te definiują prostopadłą do ekranu roboczego płaszczyznę odbicia. Po wskazaniu punktów definiujących oś



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


(płaszczyznę) odbicia lub obrotu (środką obrotu w przypadku **R2D2**) wywołane zostanie dodatkowe okienko parametrów funkcji: dla obrotu pozwalające na podanie kąta obrotu, a dla obrotu i lustra dodatkowo znacznik pozwalający zachować (lub nie) obracane (odbijane) elementy układu.

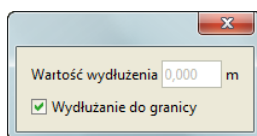


Rys. 127 Okienka parametrów dla funkcji lustro i obrót


Wraz z elementami układu obracane lub odbijane są zaznaczone obciążenia przynależne do wybranych prętów, przy czym obciążenia zadane w układzie lokalnym nadal pozostaną obciążeniami w układzie lokalnym nowych prętów (zachowane będzie dla nich pełne odbicie), natomiast obciążenia zadane w układzie globalnym również pozostają takimi samymi obciążeniami w układzie globalnym (dla nich funkcja lustra wywoła przesunięcie translacyjne bez zmiany kierunku). Przy odbiciu lustrzanym i obrocie należy pamiętać, że przy założeniu tej samej skrętności układu lokalnego nie ma możliwości jego pełnego odbicia. W tym przypadku zawsze któraś z osi układu lokalnego x, y, z musi być odbita antysymetrycznie. Dlatego też w przypadku stosowania funkcji obrotu i lustra dla prętów wraz z obciążeniami zadanymi w układzie lokalnym, zawsze należy przeprowadzić kontrolę poprawności obciążeń po operacji i w razie konieczności zmienić im odpowiednio znaki.

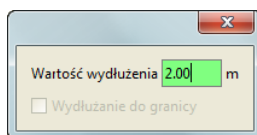
## 4.21. Funkcja wydłużania elementów

Funkcja wydłużania elementów dostępna jest zawsze z menu kontekstowego prawego klawisza myszki, niezależnie od tego, czy jakieś pręty układu są zaznaczone czy też nie. Jednak już samo działanie funkcji zależy od tego, czy przed jej wywołaniem były zaznaczone jakieś pręty układu czy też nie. W przypadku wywołania funkcji dla wcześniej zaznaczonych prętów domyślnie wywoływane jest tzw.  **Wydłużanie do granic**, dla którego granicą wydłużenia są właśnie te zaznaczone pręty. Operację wydłużania prętów do granic można zawsze zamienić na operację wydłużenia o podaną wartość, wówczas w okienku jak niżej należy odznaczyć znacznik **Wydłużenia do granic** i wpisać wartość wydłużenia.




Rys. 128 Okienko wydłużania do granic

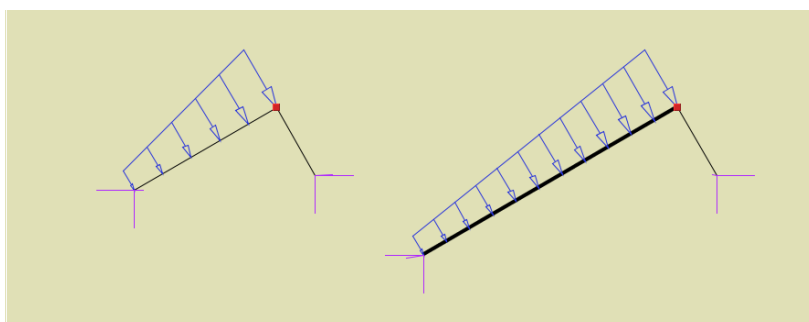
W przypadku gdy przed wywołaniem funkcji nie były zaznaczone żadne pręty układu, do dyspozycji mamy tylko opcję wydłużania o podaną wartość, a funkcja  **Wydłużenia do granic** będzie niedostępna.



Rys. 129 Okienko wydłużenia o zadaną wartość

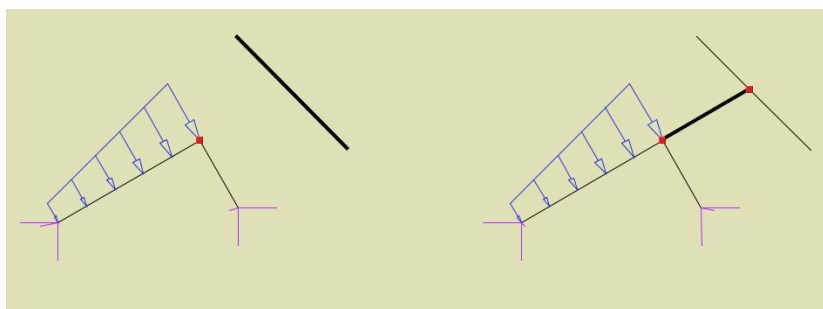
W obu opisanych powyżej przypadkach samo wydłużanie prętów realizowane jest dalej przez klikanie myszką na końce prętów, które mają zostać wydłużone. Aby operacja została wykonana w przypadku  **Wydłużenia do granic**, oba pręty (wydłużany i wcześniej zaznaczony) stanowiące granicę wydłużenia muszą znajdować się w tej samej płaszczyźnie. Na koniec każdej operacji wydłużania do granic użytkownik zostanie poproszony o potwierdzenie (lub nie) utworzenia nowych węzłów na prętach granicznych, w miejscach dojsć prętów wydłużanych.

Operacja wydłużania prętów w obu wariantach ma dwie metody realizacji: Przy wydłużaniu pręta o końcu swobodnym, niepołączonym z innymi prętami, a co najwyżej zakończonym podporą, operacja wydłużania polega na przesunięciu w nową lokalizację istniejącego węzła, wraz ze wszelkimi konsekwencjami takiego przesunięcia, jak np. rozciągnięcie obciążeń na pręcie wydłużanym. Dla pręta o węźle swobodnym funkcja wydłużenia o zadaną wartość może wykorzystywać wartości ujemne wydłużenia, czyli jego skrócenie. Funkcja skracania pręta (czyli wydłużenia o wartość ujemną) nie jest realizowana dla pręta o węźle nieswobodnym.



Rys. 130 Wydłużenie o podaną wartość pręta podpartego o końcu swobodnym

Przy próbie wydłużenia pręta nieswobodnego, którego wydłużany koniec łączy się z innymi prętami układu, wydłużenie realizowane jest przez dołożenie nowego pręta na fragmencie wydłużanym, współosiowo do wydłużanego pręta. Wydłużenie realizowane w ten sposób nie zmienia lokalizacji pozostałych prętów schodzących się w węźle końcowym pręta wydłużanego.



Rys. 131 Wydłużanie do granicy pręta o nieswobodnym końcu

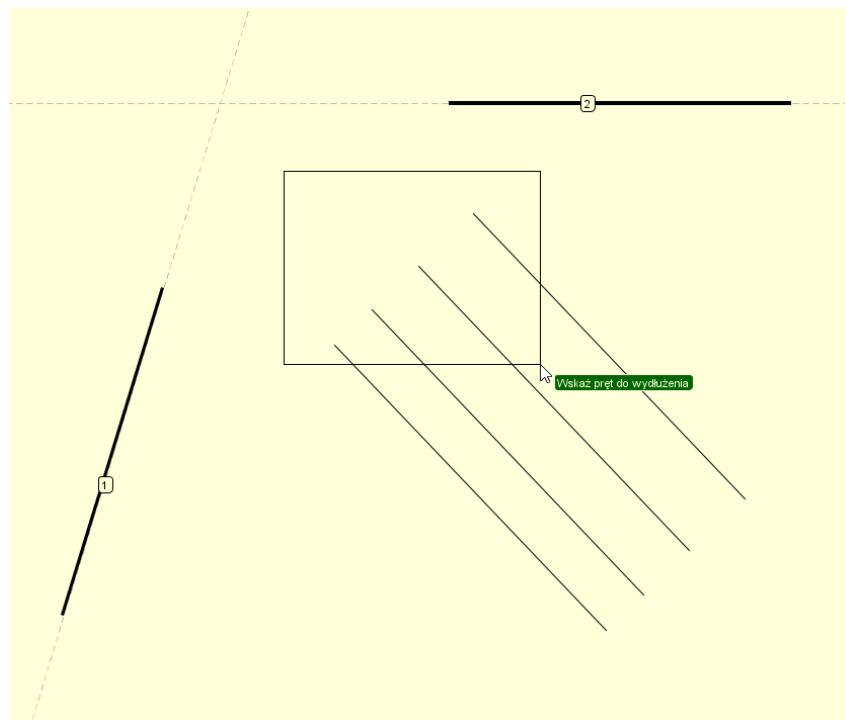
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

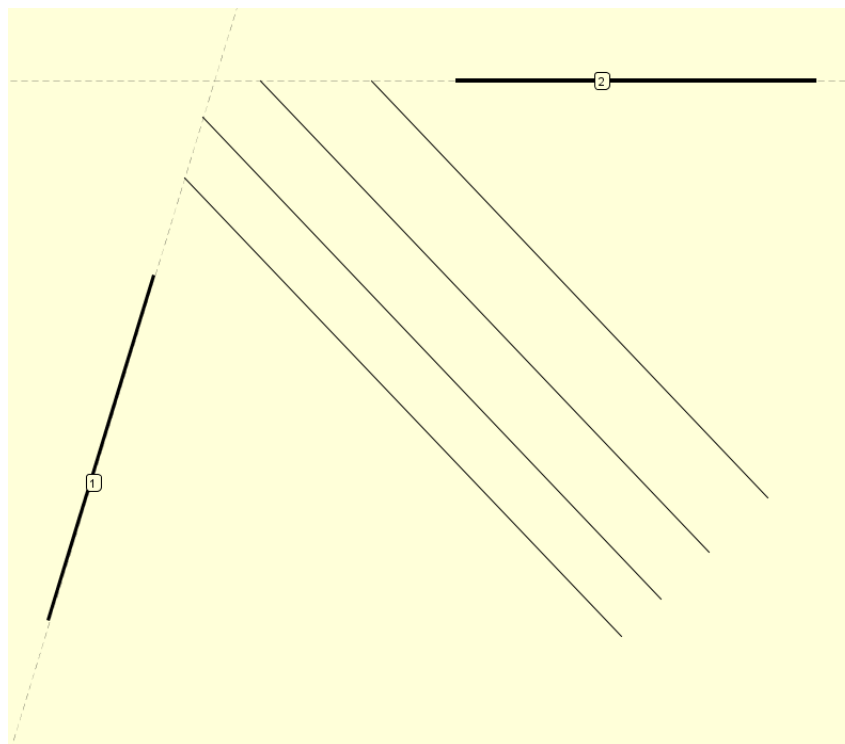
Operację wydłużania elementów można przerwać w każdej chwili, wciskając klawisz **Esc**. Po wyjściu z funkcji wydłużania pręty wydłużone oraz pręty nowe, powstałe na skutek wydłużenia, pozostaną zaznaczone. Pręty wydłużone oraz ewentualne nowe pręty powstałe na skutek wydłużania mają cechy tych prętów, które wydłużaliśmy (przekrój, przynależność do grupy prętów i kierunek układu lokalnego).

## 4.22. Grupowe wydłużanie elementów prętowych

Dla zaznaczonego pręta lub kilku prętów stanowiących potencjalną granicę wydłużenia dla innych prętów, po wybraniu z menu kontekstowego prawego klawisza myszki funkcji **Wydłuż elementy**, wyświetlane jest obustronne wirtualne i nieskończone przedłużenie tych prętów w postaci pomocniczej linii przerywanej. Linia ta wraz z leżącymi na niej prętami stanowi granicę wydłużenia dla innych wskazanych prętów trafiających na tę granicę. Przy tym wskazanie prętów przewidzianych do wydłużenia można realizować przez pojedyncze wskazanie jednego z końców pręta albo oknem obejmującym lub przecinającym węzły końcowe kilku prętów jednocześnie. Po skończeniu wydłużania prętów do wskazanych granic z funkcji wychodzimy przez wciśnięcie klawisza **Esc**.



Rys. 132 Zaznaczanie oknem kilku prętów przewidzianych do wydłużenia do wskazanych granic




Rys. 133 Efekt wydłużenia wskazanych oknem kilku prętów do zaznaczonych granic

Funkcję wydłużania do wskazanej granicy rzeczywistej lub wirtualnej uzupełniono o funkcję skracania do tak samo określonej granicy (również rzeczywistej lub wirtualnej). Jednoczesne wydłużanie bądź skracanie wielu prętów na raz możliwe jest przez wskazanie tych elementów prostoliniowym „płatem” (odcinkiem prostoliniowym przecinającym wydłużane bądź skracane pręty). O tym czy nastąpi wydłużenie czy też skrócenie danego pręta decyduje położenie wskazanej granicy operacji. Przy skracaniu pozostaje zawsze wskazana część pręta. Jeśli granice wydłużenia/skrócenia są obustronne to wydłużenie/skrócenie takiego pręta odbywa się obustronnie do najbliższej zaznaczonej granicy.

### 4.23. Ukrywanie prętów

W programie istnieje możliwość ukrycia części prętów. Pręty ukryte są niewidoczne i nie mogą podlegać selekcji ani edycji. Są jednak nadal uwzględniane w obliczeniach. Umożliwia to pracę nad wybraną częścią projektu i poprawia czytelność prezentowanych danych i wyników, zwłaszcza dla dużych układów prętowych.

Pręty niewidoczne, które łączą się z prętami widocznymi, rysowane są częściowo linią przerywaną. Umożliwia to określenie kierunku najbliższych prętów niewidocznych i sygnalizuje ukrycie części konstrukcji.





Aby ukryć pręty, należy najpierw wskazać je za pomocą selekcji, a następnie skorzystać z funkcji  **Ukryj zaznaczone pręty**, znajdującej się w menu głównym **Widok** lub w menu kontekstowym. Aby ukryć

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

wszystkie pręty poza zaznaczonymi, należy po prostu odwrócić zaznaczenie, klikając na odpowiedni przycisk w pasku narzędzi lub wybierając opcję w menu górnym **Edycja** przed wywołaniem ukrywania.

Funkcję ukrywania prętów układu można również wywołać z menu podręcznego prawego klawisza myszki dla całych grup prętów w „drzewie projektu” (gałąź **Pręty**) lub zaznaczając odpowiedni znacznik w oknie **Grup prętów i elementów wymiarowych**. W „drzewie projektu” funkcję ukrywania można również wywołać dla pojedynczego, wybranego pręta układu.

Ukrycie części prętów symbolizowane jest dodatkowo znakiem w kształcie przekreślonego oka  wyświetlanym w prawym górnym rogu okna roboczego. Po kliknięciu lewym klawiszem myszki na ten znak wyświetlane jest menu kontekstowe. Pierwsza opcja menu  **Pokaż najbliższe ukryte pręty** powoduje włączenie wyświetlania najbliższych ukrytych prętów – tych, które rysowane są liniami przerywanymi. Druga opcja  **Pokaż wszystkie ukryte pręty** powoduje włączenie wyświetlania wszystkich prętów. Wyświetlanie wszystkich prętów można włączyć także za pomocą opcji  **Pokaż ukryte** w menu górnym **Widok**.

Funkcja ukrywania prętów może być również wykorzystana do generowania raportów z obliczeń statycznych tylko dla wybranej (widocznej) grupy prętów.

## 4.24. Obliczanie naprężeń normalnych

W programie dołożono obliczanie prostych naprężeń normalnych według ogólnego wzoru:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M_z J_y + M_y J_{zy}}{J_y J_z - J_{zy}^2} \times y \pm \frac{M_y J_z + M_z J_{zy}}{J_y J_z - J_{zy}^2} \times z \text{ [MPa]} \quad (2)$$


Jako ujemne opisane są naprężenia ściskające, a jako dodatnie rozciągające. Program oblicza dla każdego punktu pręta minimalne i maksymalne naprężenia dla poszczególnych grup i sum grup obciążeń. Dodatkowo wykonywana jest pełna obwiednia naprężeń normalnych, niezależna od innych obwiedni (dla każdego punktu pręta poszukiwane są ekstremalne wartości naprężeń). Ponieważ w programie można zadać dowolnie złożony przekrój pręta, z uwagi na zachowanie rozsądnego czasu obliczeń sprawdzanie ekstremalnych naprężeń w przekroju pręta ograniczono do ustalonych punktów charakterystycznych konturu zewnętrznego przekroju.

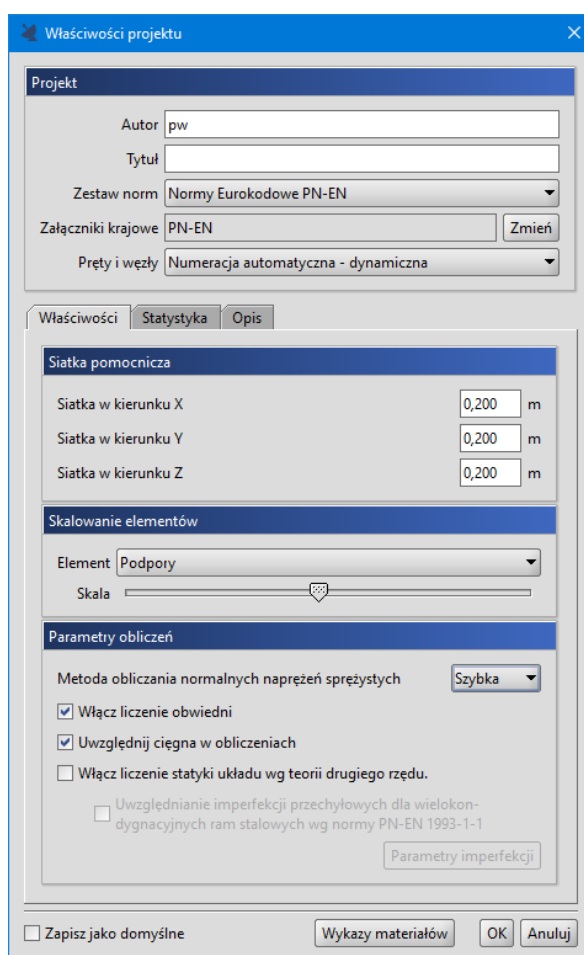
Ustalenie punktów przekroju do liczenia naprężeń wykonywane jest według następującego algorytmu:

- Przez środek ciężkości przekroju przeprowadzana jest linia prosta, obracana wokół tego środka o zadany kąt, decydujący o dokładności metody.
- Dla każdego położenia prostej ustalane są dwa punkty na konturze przekroju, leżące po obu jej stronach i najbardziej od niej oddalone.
- Eliminowane są kolejne punkty na konturze o powtarzających się współrzędnych.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

W tak ustalonych punktach przekroju sprawdzane są naprężenia normalne. Dla większości typowych profili (prostokąt, teownik, dwuteownik, ceownik, kątownik, zetownik itp.) i ich typowych złożeń, tą metodą ustalane są do liczenia cztery skrajne punkty przekroju, co w efekcie daje 100-procentową dokładność wyników naprężeń. Natomiast dla innych przekrojów (kołowe, rurowe, owalne itp.) dokładność obliczeń naprężeń wynosi ok. 95-100% (przekrój kołowy), w zależności od kąta obrotu prostej i kształtu przekroju. Naprężenia rzeczywiste mogą być większe od wyliczonych o 0-5%, w zależności od ustawionej dokładności obliczeń. I tak na przykład dla przekroju kołowego przy podziale konturu koła na 12, 20 i 24 punkty (co odpowiada kątowi obrotu prostej odpowiednio o 30, 18 i 15 stopni) maksymalne niedoszacowanie naprężeń, jakie może wystąpić, wynosi odpowiednio: 4,9%, 2,2% i 1,5% (łącznie z uwzględnieniem dokładności definiowania przekroju kołowego w programie). Błąd ten oczywiście dotyczy jedynie części naprężenia uzyskanego od momentów, natomiast naprężenia uzyskane od siły normalnej liczone są zawsze dokładnie. Dokładność obliczania naprężeń użytkownik może ustawić samodzielnie we  **Właściwościach projektu** w polu **Metoda obliczania normalnych naprężeń sprężystych**:



Rys. 134 Wybór metody obliczania naprężeń

Mamy tu do dyspozycji trzy możliwości: metoda **szybka** (odpowiada podziałowi konturu przekroju na 12 punktów), **zwykła** (20 punktów) i **dokładna** (24 punkty).

Podręcznik do programu

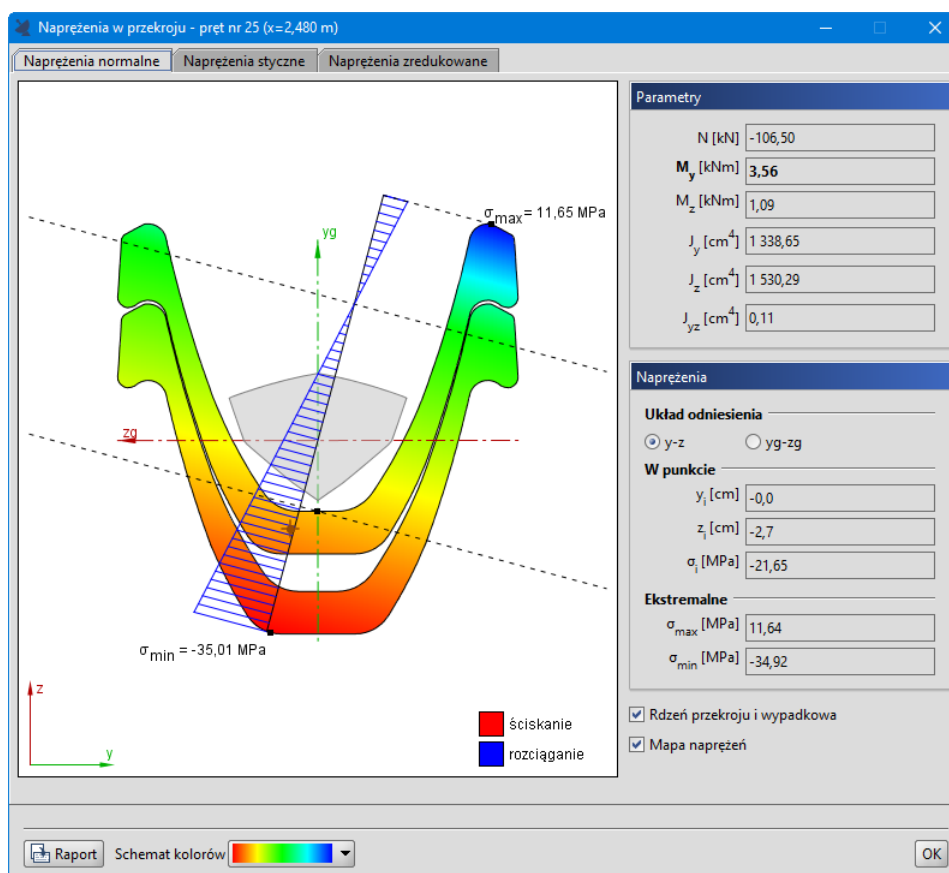
Opis programu R3D3-Rama 3D

Aby otrzymać raport obliczeń zawierający wyniki obliczania naprężeń, należy w oknie definicji raportu (**Eksport do formatu RTF**) wybrać opcję raportu pełnego lub dowolnego i zaznaczyć odpowiednią opcję. Raport skrócony nie zawiera wartości obliczanych naprężeń. W raportach z obliczanych naprężeń dla każdego pręta podane są minimalne i maksymalne wartości naprężenia oraz zestawy sił wewnętrznych i grup im odpowiadających, osobno dla obwiedni naprężeń, poszczególnych grup obciążeń, jak i wybranej sumy grup lub kombinacji.

Odrębnym zagadnieniem w programie jest analiza naprężeń dla pojedynczego pręta w dowolnym jego przekroju. Analiza ta zawiera również własne odrębne raporty z obliczeń i została szczegółowo opisana w kolejnym punkcie podręcznika.

## 4.25. Naprężenia w przekroju

Program umożliwia wyświetlanie wykresu naprężeń normalnych, stycznych i zredukowanych w przekroju pręta dla: obwiedni sił lub naprężeń (max. lub min.), poszczególnych grup obciążeń, sumy grup lub kombinacji użytkownika. Funkcję można wywołać przyciskiem  $\sigma(p)$  znajdującym się na zakładce **Wyniki** w grupie **Siły przekrojowe w punkcie**. Naprężenia te wyświetlane są dla wybranego trybu (obwiednia, grupy, kombinacje), wybranego pręta oraz wskazanego punktu na pręcie (ustalonego suwakiem na wykresie **Sił w pręcie**). Po wywołaniu funkcji **Naprężenia w przekroju** na ekranie otwarte zostanie dodatkowe okno jak niżej:



Rys. 135 Naprężenia w przekroju

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Okno składa się z trzech zakładek, na których wyświetlane są: naprężenia normalne w przekroju, naprężenia styczne i naprężenia zredukowane. Przy tym zakładki naprężeń stycznych i zredukowanych dostępne są tylko dla prętów, których przekrój posiada minimum jedną oś symetrii. Dla pozostałych typów prętów możliwa jest jedynie analiza naprężeń normalnych. W nagłówku okna podany jest numer pręta, którego dotyczy analiza oraz położenie wyświetlanego przekroju na pręcie.

Punkt na przekroju, w którym analizowane są wielkości poszczególnych naprężeń w przekroju, pokrywa się z domyślnie ustawionym punktem przekroju, przy zmianie rodzaju analizowanych naprężeń realizowanej przez zmianę zakładki.

Po wywołaniu okna **Naprężenia w przekroju** użytkownik ma dostęp do zmiany parametrów na głównym ekranie graficznym (bez potrzeby zamykania okna z wykresem naprężeń). Opcja ta pozwala na bieżącą zmianę aktualnie wyświetlanego zestawu sił, pręta i miejsca na przecięcie oraz pozwala na obserwowanie zmienności wykresu naprężeń przy zmianie lokalizacji przekroju na długości pręta. Funkcjonalność ta dostępna jest dla analizy naprężeń normalnych, stycznych i częściowo zredukowanych. W przypadku tych ostatnich zmiana pręta, położenia na przecięcie lub hipotezy wytrzymałościowej wymaga powtórzonego poszukiwania wartości maksymalnej i położenia wartości maksymalnej dla naprężeń zredukowanych.

W oknie **Naprężenia w przekroju** dla ekstremów obwiedni i kombinacji, wszystkie wartości widocznego w danej chwili ekstremum i ich opisy wyświetlane są jako pogrubione. Pozwala to na szybkie zorientowanie się czy dana wartość jest odpowiednim ekstremum obwiedni bądź kombinacji.

#### 4.25.1. Naprężenia normalne w przekroju

Zakładka **Naprężeń normalnych** składa się z dwóch części: ekranu graficznego (lewa strona okna) i nieedytowalnego panelu z danymi (prawa strona okna). Na ekranie graficznym pokazane są następujące elementy: aktualny widok przekroju wraz z osiami lokalnego układu współrzędnych i osiami głównymi, oś obojętna (o ile występuje) oraz prostopadła do niej oś wykresu sił normalnych (przechodząca przez środek ciężkości przekroju). Dodatkowo na konturze przekroju opisane są dwa punkty pokazujące miejsca wystąpienia ekstremalnych naprężeń normalnych w przekroju. Użytkownik, klikając dowolny punkt wewnątrz konturu przekroju (lub poza nim – wskazując położenie prostej równoległej do osi obojętnej i jej punkt przecięcia z konturem), może wskazać dodatkowy punkt, w którym z prawej strony okna wyświetlone zostaną jego współrzędne (w układzie osi głównych lub układzie lokalnym) i wielkość naprężenia w tym punkcie. Z prawej strony panelu, w grupie **Parametry**, wyświetlane są wartości sił (**N**, **My**, **Mz**) i momenty bezwładności, jakie posłużyły do wyznaczenia bryły naprężeń w przekroju. Niżej, w grupie **Naprężenia**, wyświetlane są kolejno współrzędne wskazanego punktu, naprężenia w tym punkcie oraz stałe wartości naprężenia maksymalnego i minimalnego w przekroju. Wszystkie wartości sił i naprężeń pokazane w oknie **Naprężenia w przekroju** dokładnie odpowiadają wartościom podanym w grupie **Siły przekrojowe w punkcie** na zakładce **Wyniki**. Może się tak zdarzyć, że wartości skrajne, wskazane przez użytkownika na wykresie naprężeń, są większe od opisanych wartości  $\sigma_{\max}$  i  $\sigma_{\min}$  w granicach od 0 do maksimum 5%. Wynika to stąd, że wartości na wykresie liczone są z dużą dokładnością, natomiast wartości  $\sigma_{\max}$  i  $\sigma_{\min}$  określane są z dokładnością opisaną w poprzednim rozdziale (mogą być liczone minimalnie w innych punktach). Dotyczy to zwłaszcza metody szybkiej obliczania naprężeń i przekrojów kołowych lub zbliżonych.



Podręcznik do programu

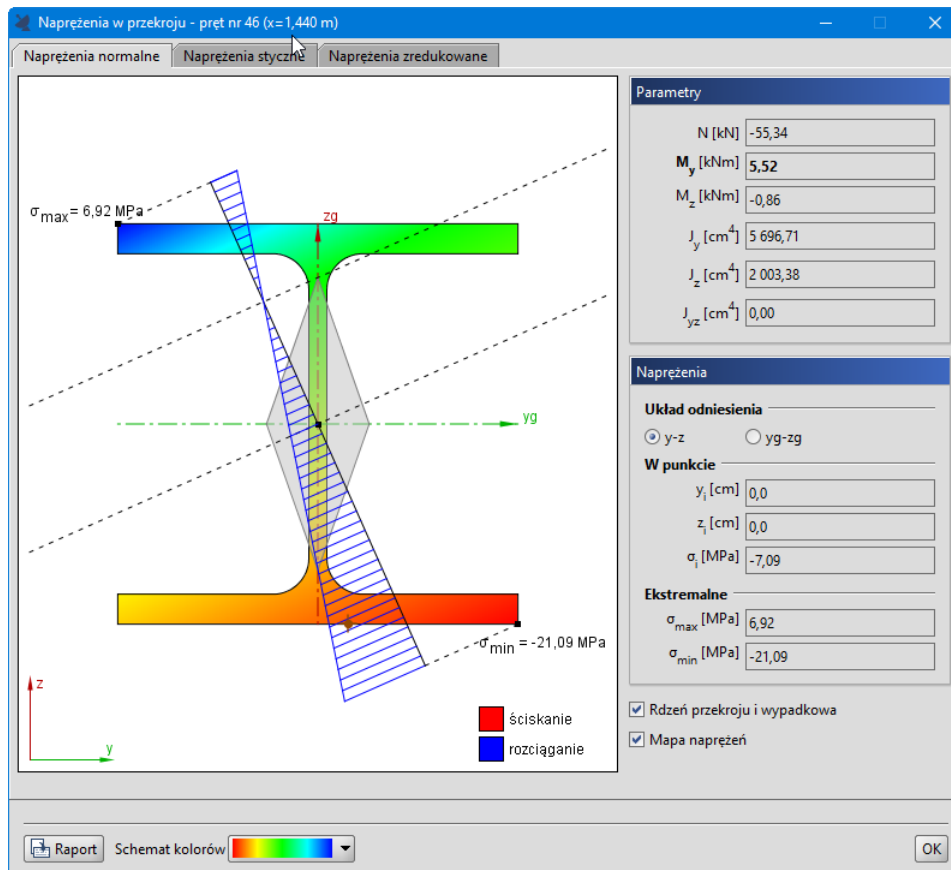
Opis programu R3D3-Rama 3D

Po prawej stronie na dole każdej zakładki umieszczono znacznik umożliwiający włączanie lub wyłączenie widoku rdzenia przekroju (może być on pomocny przy analizie naprężeń normalnych w słupach ściskanych).

Z lewej strony na dole okna umieszczono przycisk **Raportów**, którego użycie spowoduje wygenerowanie jednostronicowych raportów w formacie **RTF**, odpowiadających poszczególnym typom naprężeń.

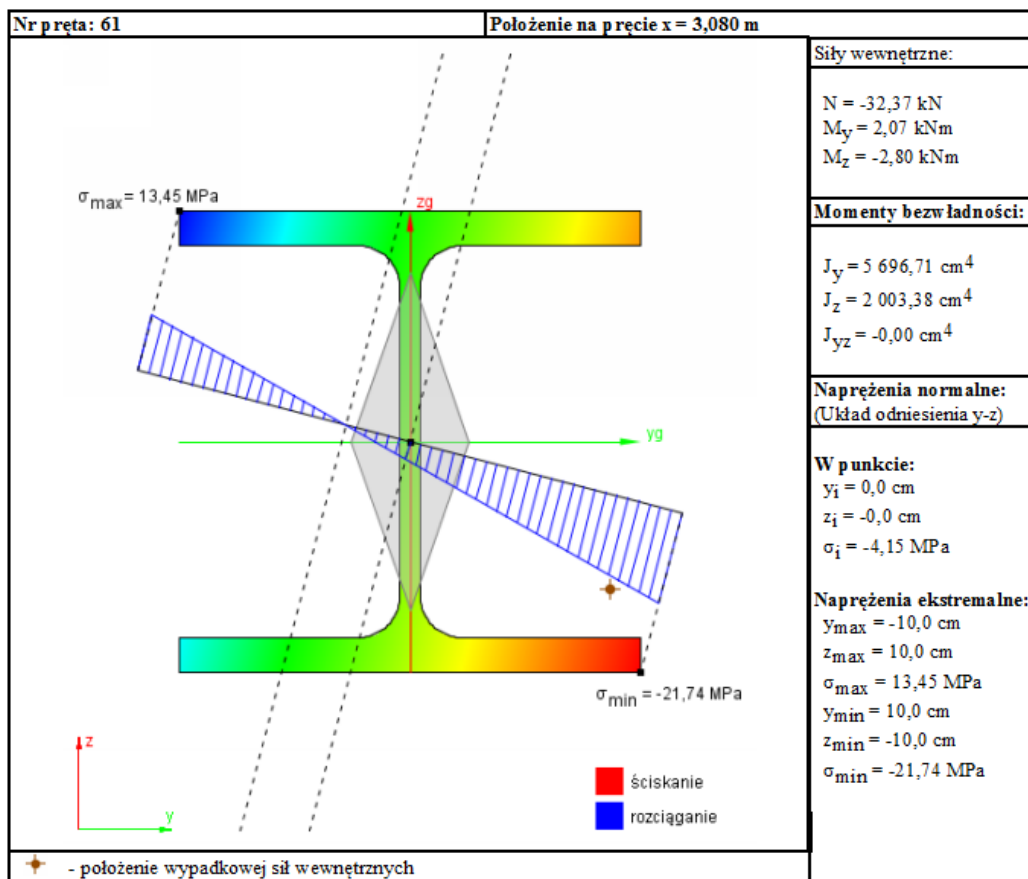
W przypadku przekrojów złożonych z kilku elementów odsuniętych od siebie wykres naprężeń rysowany będzie na całą, łączną wysokość przekroju, ale na odcinku, na którym nie ma materiału przekroju, nie będzie wykonane kreskowanie wykresu i nie będzie tam można zlokalizować kursora i odczytać wartości naprężenia.

Wykresy naprężeń normalnych rysowane są z uwzględnieniem ich znaku (ujemne – ściskanie, dodatnie – rozciąganie).



Rys. 136 Naprężenia normalne w przekroju

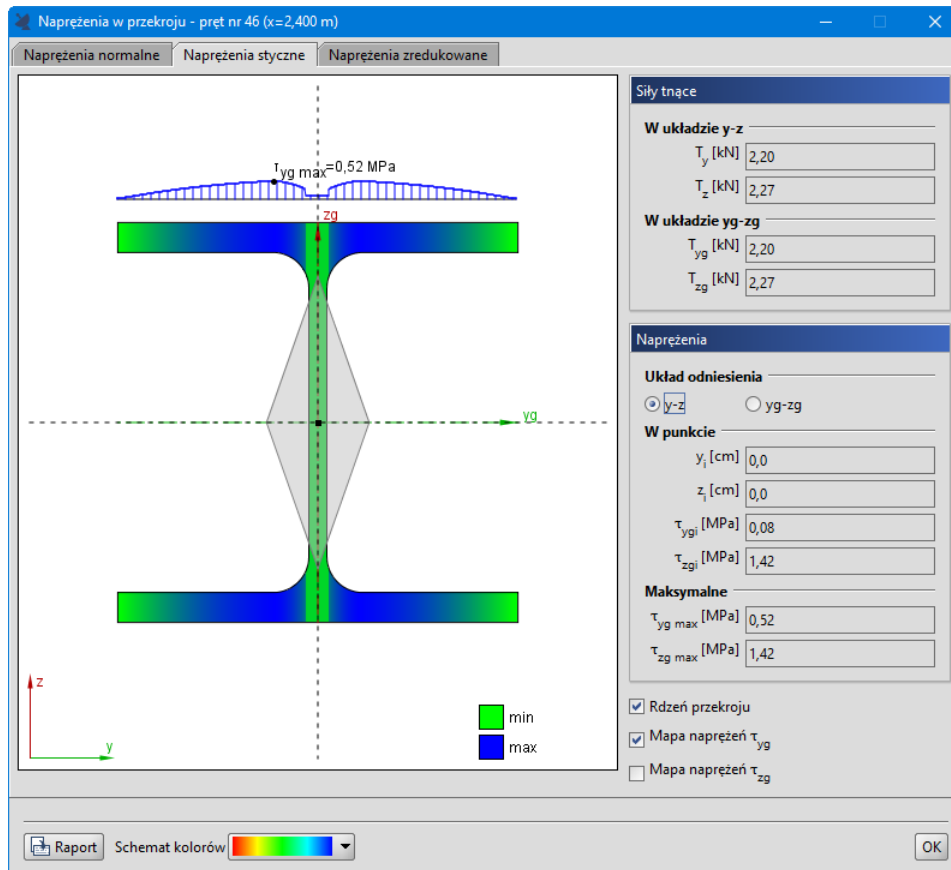
**R3D3-Rama 3D - Naprężenia normalne w przekroju**



Rys. 137 Przykładowy raport dla naprężeń normalnych

#### 4.25.2. Naprężenia styczne w przekroju

Druga zakładka jest aktywna tylko dla przekrojów z minimum jedną osią symetrii i pozwala ona na prezentację wykresów naprężeń stycznych w przekroju. Wykresy naprężeń stycznych są interaktywne i pozwalają na wyznaczenie wartości naprężenia w dowolnym punkcie przekroju. Siły tnące, brane do wyznaczenia naprężeń stycznych, rzutowane są na kierunki główne i w takich kierunkach rysowane są wykresy naprężeń. Z prawej strony okna, u góry, podane są w układzie lokalnym i układzie osi głównych wartości sił tnących. Niżej, w analogicznych układach odniesienia, podane są wartości naprężeń tnących we wskazanym punkcie oraz maksymalne wartości naprężeń. Wykresy naprężeń stycznych rysowane są bez uwzględniania ich znaku. Przy obliczaniu naprężeń stycznych pomijane są naprężenia tego typu powstałe w przekroju pręta na skutek działania momentu skręcającego. Wynika to z braku możliwości ustalenia dokładnej wartości wskaźnika na skręcanie dla dowolnie zdefiniowanego przekroju.



Rys. 138 Naprężenia styczne w przekroju

Wzory, według których policzono naprężenia styczne w programie, przedstawiono poniżej (tylko w osiach głównych i dla przekrojów monosymetrycznych):

$$\tau_{xz}(z) = \frac{T_z \times S_{yg}(z)}{b(z) \times J_{yg}}; \quad \tau_{xy}(y) = \frac{T_{yg} \times S_{zg}(y)}{b(y) \times J_{zg}}; \quad (3)$$

gdzie:

$b(z)$ ,  $b(y)$  – suma szerokości przekroju odpowiednio na odciętej  $z$  lub  $y$ ,

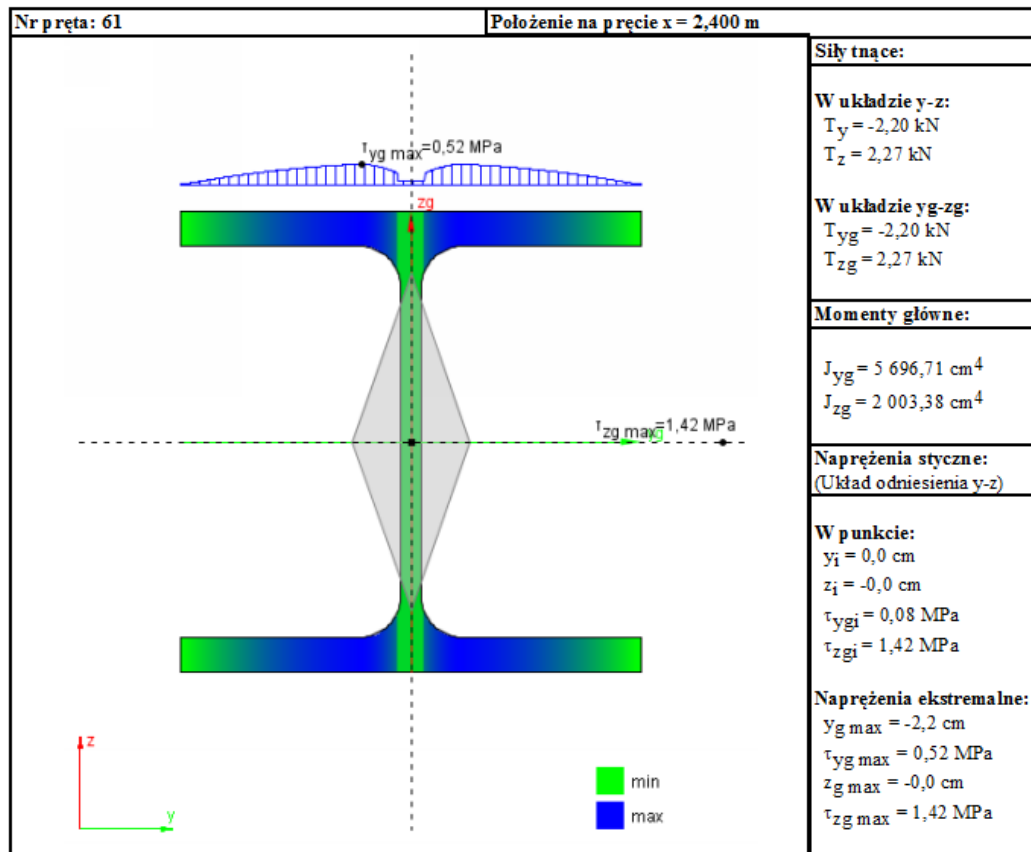
$Tzg$ ;  $Tyg$  – siły tnące działające wzdłuż osi głównych,

$Jzg$ ;  $Jyg$  – momenty bezwładności przekroju w osiach głównych,

$Szg(y)$ ;  $Syg(z)$  – momenty statyczne części odciętej odpowiednio przez  $y$  lub  $z$ .

Należy tu pamiętać, że zastosowana do obliczeń naprężeń metoda (pokazana powyżej) jest metodą przybliżoną, jednak jej wyniki są wystarczająco dokładne w większości zastosowań inżynierskich.

**R3D3-Rama 3D - Naprężenia styczne w przekroju**



Rys. 139 Przykładowy raport z naprężeń stycznych w przekroju

Analogicznie jak dla naprężeń normalnych, w raporcie wyświetlane są siły tnące, dla których policzono naprężenia styczne (podane w układzie osi lokalnych i głównych), momenty bezwładności przekroju, wartości naprężeń maksymalnych oraz wartości naprężeń w punkcie wraz z ich lokalizacją podaną w układzie osi głównych lub lokalnych przekroju.

#### 4.25.3. Naprężenia zredukowane w przekroju

Trzecia zakładka, analogicznie jak druga, jest aktywna tylko dla przekrojów z minimum jedną osią symetrii i pozwala ona na prezentację wykresów bezwzględnych wartości naprężeń zredukowanych w przekroju.

Gdy dla przekroju pręta możemy policzyć naprężenia normalne i styczne, wówczas dla takiego przekroju możemy również przedstawić bryłę naprężeń zredukowanych według jednej z trzech poniższych hipotez wytrzymałościowych:

- **Coulomba** – hipoteza największych naprężeń stycznych (dla materiałów izotropowych, np. metali).

$$\sigma_{red} = \frac{1}{2} |\sigma_i| + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_i^2 + 4 * (\tau_{ygi}^2 + \tau_{zgi}^2)} \quad (4)$$

- **Coulomba-Mohra** – dla materiałów o różnej wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie (anizotropowych, jak np. drewno, beton, żelbet).

$$\sigma_{red} = \frac{\kappa-1}{2\kappa} |\sigma_i| + \frac{\kappa+1}{2\kappa} \sqrt{\sigma_i^2 + 4 * (\tau_{ygi}^2 + \tau_{zgi}^2)} \quad (5)$$


gdzie:  $\kappa$  – stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie dla danego materiału:

$$\kappa = \left| \frac{f_c}{f_t} \right|.$$

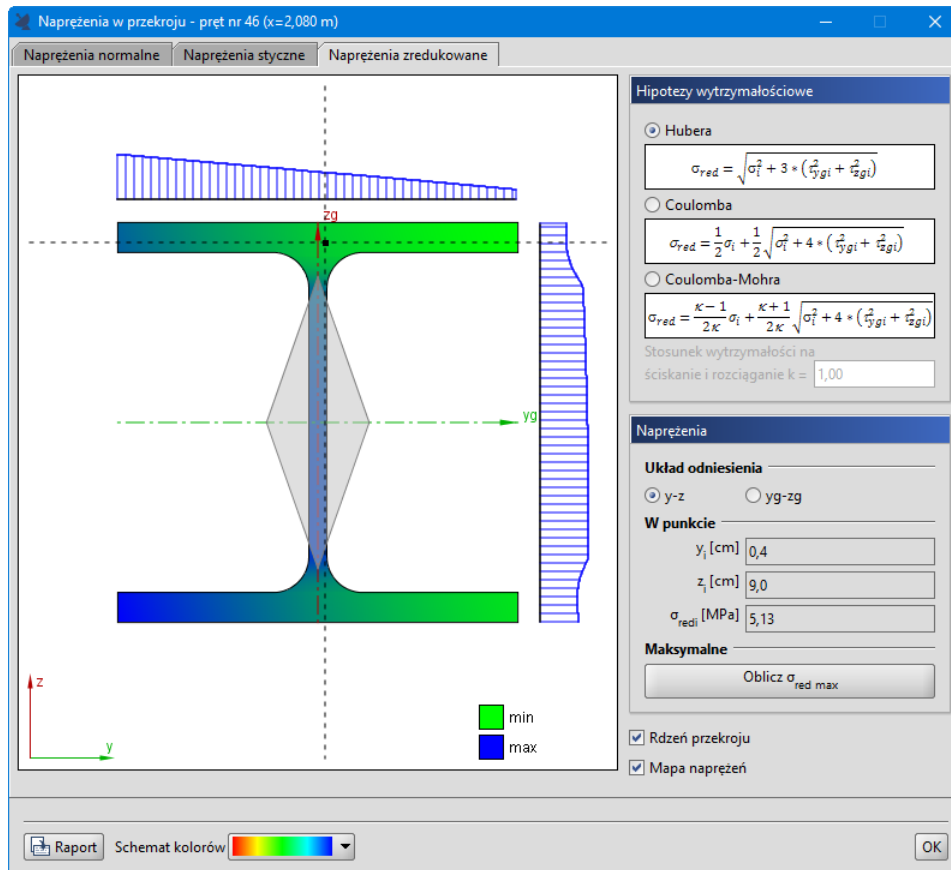
- **Hubera** – hipoteza oparta na energii odkształcenia postaciowego (dla materiałów izotropowych, np. metali).

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_i^2 + 3 * (\tau_{ygi}^2 + \tau_{zgi}^2)} \quad (6)$$

Wartości  $\sigma_i$ ,  $\tau_{ygi}$ ,  $\tau_{zgi}$ ,  $\kappa$  są wartościami bezwzględnymi.

Przy hipotezie Coulomba-Mohra bezwzględny stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie  $\kappa$  domyślnie przyjmowany jest na podstawie danych wytrzymałościowych zdefiniowanych przez użytkownika w oknie  **Grupa prętów**, dla danego pręta w tej grupie. W oknie naprężeń współczynnik ten może zostać zmieniony, przy czym  $\kappa \geq 1$ .

Bryłę naprężeń zredukowanych przedstawiono jako dwa wzajemnie prostopadłe wykresy uzyskane przez przecięcie przekroju krzyżem nitkowym równoległym do osi głównych, analogicznie jak wykresy naprężeń tnących (z tą różnicą, że wykres znajduje się tylko na obszarze przekroju przeciętym krzyżem nitkowym).



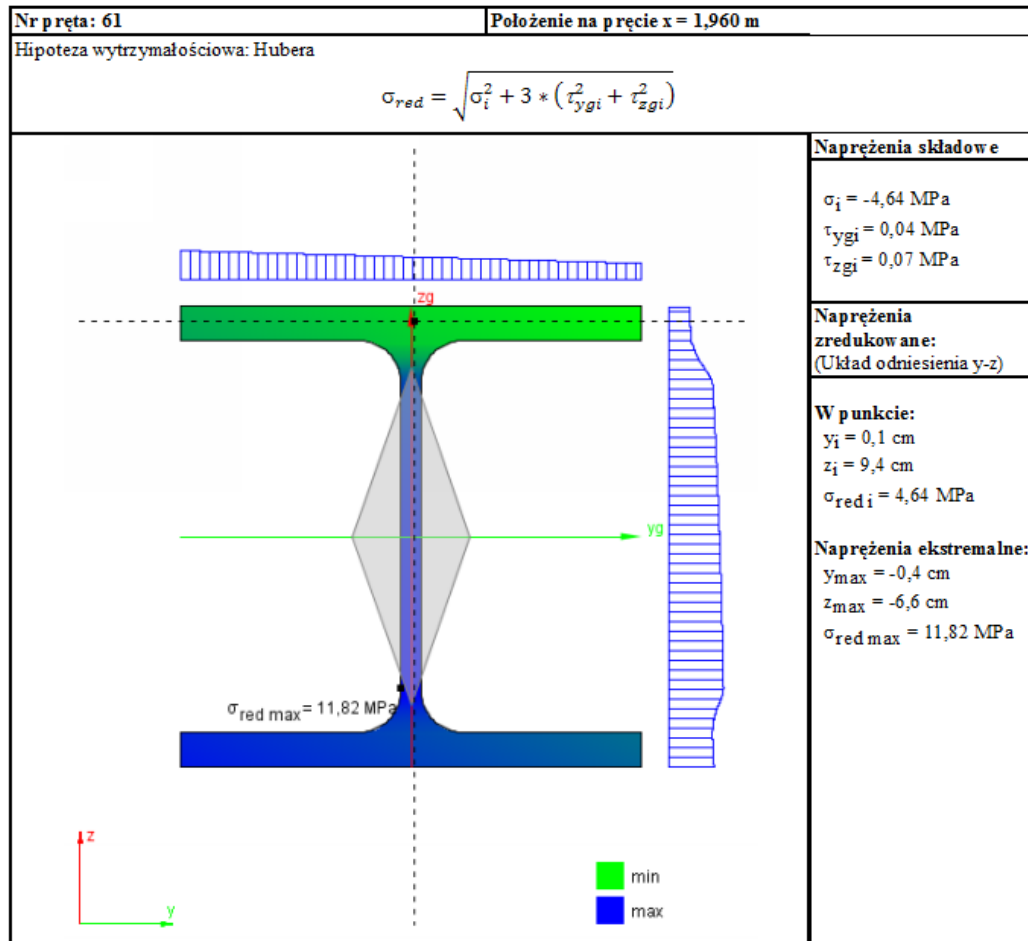
Rys. 140 Naprężenia zredukowane w przekroju

Z lewej strony zakładki na przekroju pokazano wykresy naprężeń zredukowanych, odpowiadające położeniu krzyża nitkowego na przekroju. Z prawej strony pokazano hipotezy wytrzymałościowe i ich podstawowe wzory, dostępne przez wybór odpowiedniego znacznika w oknie, oraz lokalizację i wartość naprężenia zredukowanego we wskazanym punkcie. Poniżej znajduje się przycisk, którym dla danej lokalizacji przekroju na pręcie i wybranej hipotezy można policzyć wartość maksymalną naprężenia zredukowanego w przekroju oraz miejsce lokalizacji tego ekstremum na przekroju. Obliczenie to jest wartością chwilową i każda zmiana hipotezy, położenia punktu na pręcie, pręta lub zestawu sił powoduje ponowną konieczność wyznaczenia tej wartości przez naciśnięcie przycisku **Oblicz  $\sigma_{red\ max}$** .

Projekt:  
Autor: pw

Data: 25-10-2017  
Numer strony: 1

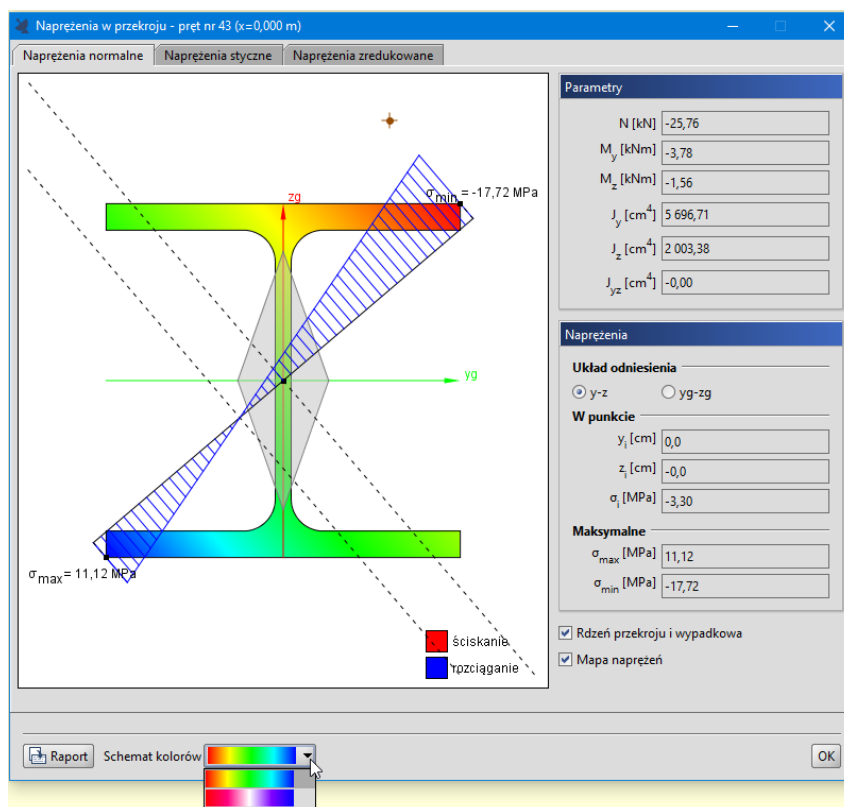
### R3D3-Rama 3D - Naprężenia zredukowane w przekroju



Rys. 141 Przykładowy raport z naprężeń zredukowanych w przekroju

## 4.26. Gradient kolorów dla naprężeń w przekroju

Na dole okna **Naprężenia w przekroju** obok przycisku **Raport** umieszczono listę wyboru schematu kolorów dla wyświetlanych naprężeń. Dostępny jest dwukolorowy lub wielokolorowy, wybieralny typ gradientu rozkładu naprężeń: normalnych, stycznych i zredukowanych przy analizie naprężeń w przekroju pręta.

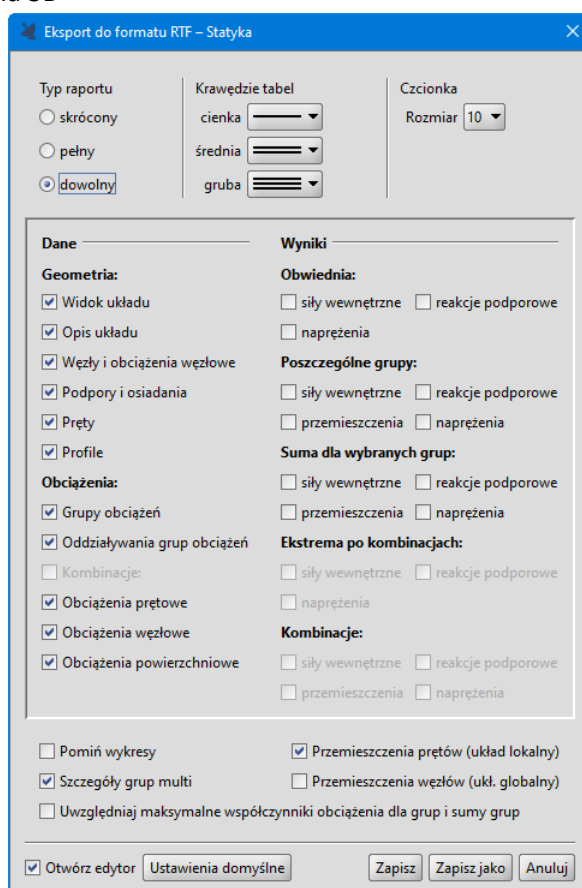


Rys. 142 Wybór typu gradientu kolorów dla naprężeń w przekroju


## 4.27. Raport z obliczeń statycznych

Dane wprowadzone w programie oraz wyniki obliczeń układu można umieścić w raporcie i zapisać na dysku w celu późniejszej obróbki lub wydrukowania. Raporty zapisywane są w uniwersalnym formacie **RTF** (Rich Text Format). Można otworzyć je na przykład w programie *MS Word* (od wersji 2003), *Word Viewerze* lub bezpłatnym edytorze *ArCADia-TEXT*.





Rys. 143 Eksport do formatu RTF

Parametry raportu określa się w oknie **Eksport do formatu RTF** wywoływanym z menu **Plik** –  **Raport obliczeń statycznych**.

Typ raportu określa, jakie dane zostaną w nim zawarte. Wybierać można między raportem skróconym (tylko wyniki obwiedni, bez przemieszczeń), pełnym i dostosowanym przez użytkownika. W ostatnim trybie można samodzielnie określić, które elementy mają się znaleźć w raporcie. Należy pamiętać, że umieszczanie w raporcie wyników sił przekrojowych, przemieszczeń, naprężeń oraz reakcji podporowych będzie możliwe dopiero po wykonaniu obliczeń projektu. Raport z przemieszczeń może być wykonany dla prętów a także dla węzłów układu zależnie od ustawienia odpowiedniego znacznika znajdującego się na dole okna Raportów. Raport z obliczeń statycznych może być wykonany z pominięciem wykresów. Mogą być wyświetlone szczegóły w przypadku grup „multi” jak również wyniki od grup i sumy grup mogą być wymnożone przez maksymalne współczynniki obciążenia. O wszystkich tych ustawieniach decydują odpowiednie znaczniki znajdujące się na dole okna. Przed obliczeniami do raportu można przenosić jedynie geometrię układu.

W raportach umieszczane są wyniki wyłącznie dla widocznych prętów oraz węzłów podporowych. Dzięki temu, ukrywając część konstrukcji, można ograniczyć rozmiar raportów i przedstawiać w nich tylko najbardziej istotne informacje. Z funkcji ukrywania prętów należy skorzystać przed wywołaniem okna generowania raportu.

Możliwość ukrywania wybranej części układu, wraz z możliwością zmian fragmentu ukrytego, występuje bezpośrednio na zakładce **Wyniki**, bez potrzeby ponownych obliczeń układu (ukrywanie



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

części układu dostępne jest w tej opcji tylko za pomocą okna przecinającego lub obejmującego, bezpośrednio zaznaczenie pręta, jak wcześniej, wybiera pręt do wizualizacji wyników). Opcja ta pozwala sterować ilością wydawanych w raportach wyników bez potrzeby ponownego przeliczania układu (wyniki wydawane są tylko dla widocznej w danej chwili części układu).

Poza modyfikowaniem zawartości raportu możliwa jest zmiana jego wyglądu. W tabelach umieszczanych w raporcie stosowane są różne grubości krawędzi: cienkie, średnie i grube. Możliwe jest określenie typów linii przypisanych do poszczególnych krawędzi. Można także wyłączyć rysowanie krawędzi, wybierając ostatnią pozycję z listy. Ustawienia grubości krawędzi są zapamiętywane po wyjściu z programu – wystarczy ustawić je jeden raz. Aby przywrócić domyślne ustawienia raportu, należy wcisnąć przycisk **Ustawienia domyślne**.

Aby dodatkowo zmniejszyć objętość raportu, można użyć mniejszej czcionki. Do wyboru są trzy wielkości dostępne z rozwijanej listy.

Po dostosowaniu zawartości i wyglądu raportu należy wcisnąć przycisk  **Zapisz**. Spowoduje to zapisanie raportu w domyślnym katalogu projektów pod nazwą taką, jak nazwa projektu. Jeśli projekt nie ma jeszcze nadanej nazwy, wówczas program poprosi o podanie nazwy pliku.  **Zapisz jako** działa podobnie, z tym że zawsze prosi o podanie nazwy zapisywanego pliku.

Zaznaczenie opcji **Otwórz edytor** spowoduje, że po zapisaniu raportu zostanie on automatycznie otwarty w domyślnym edytorze skojarzonym z plikami **RTF**. Jeśli w systemie zainstalowany jest np. edytor **ArCADia-TEXT** to właśnie w nim zostanie otwarty raport. Aby temu zapobiec, należy tę opcję odznaczyć.

W oknie raportu umieszczono znacznik **Uwzględniaj maksymalne współczynniki obciążenia dla grup i sumy grup**. W przypadku jego zaznaczenia wyniki sił, reakcji i naprężeń dla grup i sumy grup (bez przemieszczeń) podawane są w raporcie z uwzględnieniem maksymalnych współczynników obciążenia.

Struktura raportu w jego pełnej wersji może zawierać następujące dane i wyniki obliczeń:

Geometria i inne dane:

- Widok układu.
- Opis układu.
- Dane dotyczące węzłów i obciążeń węzłowych.
- Dane dotyczące podpór i osiadania.
- Dane dotyczące prętów.
- Dane dotyczące użytych w projekcie profili prętów.
- Dane dotyczące zdefiniowanych w projekcie grup obciążeń.
- Dane dotyczące oddziaływań grup obciążeń.
- Dane dotyczące zdefiniowanych w projekcie kombinacji.
- Dane dotyczące obciążeń (prętowych, węzłowych i powierzchniowych).

Wyniki:

- Obwiednia sił wewnętrznych, reakcji i naprężeń.


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Wyniki dla poszczególnych grup: sił wewnętrznych, reakcji, przemieszczeń i naprężeń.
- Wyniki dla sumy wybranych grup: sił wewnętrznych, reakcji, przemieszczeń i naprężeń.
- Wyniki dla poszczególnych kombinacji: sił wewnętrznych, reakcji, przemieszczeń i naprężeń.
- Wyniki ekstremów po kombinacjach: sił wewnętrznych, reakcji i naprężeń.


W przypadku zdefiniowania w projekcie grup prętów wyniki wartości sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń będą wydawane dla kolejnych prętów w ramach zdefiniowanej grupy. W przypadku gdy wszystkie pręty należą do grupy **Niepogrupowane**, a wszystkie inne zdefiniowane w projekcie grupy prętów są puste lub nie występują, wyniki dla prętów będą wyświetlane w kolejności ich numeracji w projekcie, bez podziału na grupy.

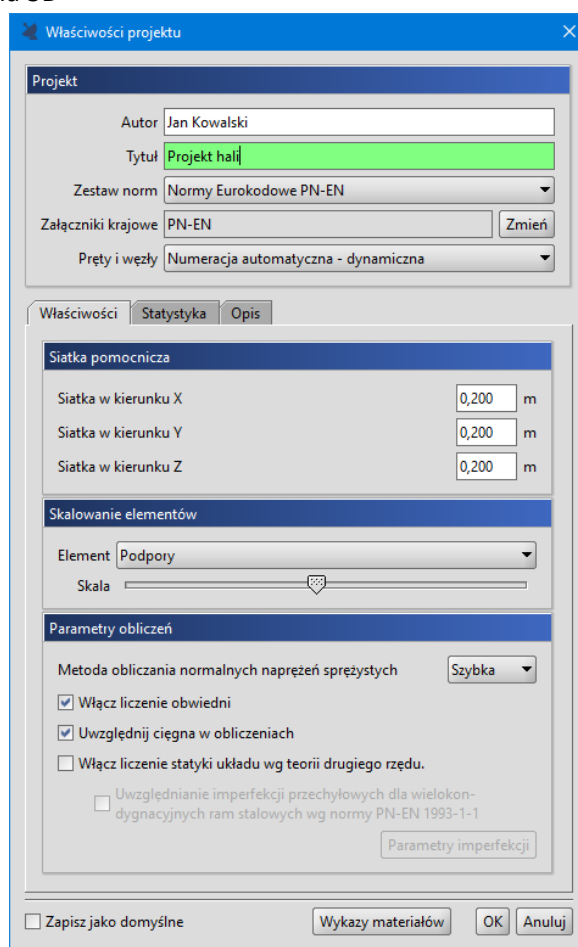
## 4.28. Tworzenie animacji deformacji

Ta opcja służy do zapisu na dysk animacji deformacji układu. Wywoływana jest z menu **Plik** –  **Zapisz animację deformacji...** Można ją uruchomić po przełączeniu się na zakładkę **Wyniki**. Animacja deformacji wykonywana jest dla wybranej grupy obciążeń lub sumy grup obciążeń. W przypadku wybrania opcji obwiedni animacja deformacji nie jest dostępna.





Po wywołaniu należy wybrać nazwę pliku animacji. Animacja zapisywana jest w formacie AVI. Można otworzyć ją na przykład za pomocą *Windows Media Playera*.

## 4.29. Właściwości projektu


Okno  **Właściwości projektu** zawiera podstawowe informacje o aktualnym projekcie użytkownika. Można je w każdej chwili wywołać odpowiednią funkcją z menu głównego **Plik**. W górnej części okna znajdują się główne informacje o aktualnym projekcie zamieszczone w grupie **Projekt**, takie jak: **Autor**, **Tytuł** i **Zestaw norm**. W przypadku wyboru zestawu norm Eurokodowych, w górnej części tego okna istnieje możliwość zmiany niektórych parametrów umieszczonych w załącznikach krajowych.




Rys. 144 Okno Właściwości projektu – zakładka **Właściwości**

Podawanie autora i tytułu projektu nie jest obligatoryjne. Natomiast przed rozpoczęciem modelowania należy koniecznie wybrać odpowiedni zestaw norm, według którego będzie wykonywany projekt: **Polskie Normy** czy **Normy Eurokodowe PN-EN**. Dlatego też po otwarciu nowego projektu za każdym razem zostanie wywołane okno  **Właściwości projektu**, w którym użytkownik powinien wybrać właściwy dla danego projektu zestaw norm. Zaznaczając na dole okna znacznik **Zapisz jako domyślne** i wciskając przycisk **OK**, zapiszemy aktualny stan okna  **Właściwości projektu** i w takiej postaci tak będzie się on podpowiadał przy każdym ponownym wywołaniu nowego projektu. Wybór normy decyduje o tym, jakie klasy materiałów będą dostępne w projekcie, w jaki sposób będzie wykonana kombinatoryka obciążeń i jakie moduły wymiarujące będą dostępne w programie w ramach danego projektu. W przypadku wczytania starszych projektów, w których ustawione są w jednym projekcie klasy materiałowe z różnych zestawów norm, po wczytaniu projektu okno  **Właściwości** zostanie uruchomione automatycznie i użytkownik zostanie zobligowany do wybrania tylko jednego z dostępnych zestawów norm. Wówczas, po dokonaniu wyboru, wszystkie przekroje używane w projekcie otrzymają z założenia klasy materiałowe wybranego zestawu norm; dotychczasowe, gdy klasa materiału odpowiada wybranemu zestawowi norm lub nowe, domyślne, w przypadku konieczności zmiany klasy materiału. W takim przypadku po wciśnięciu przycisku **OK** w oknie  **Właściwości projektu** zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat informujący użytkownika o zmianie materiałów i ustawieniu klas domyślnych dla zmienianych przekrojów. W każdej chwili


Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

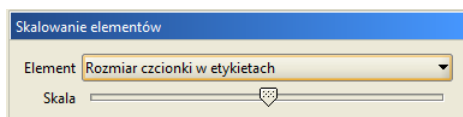
podczas pracy nad projektem można ponownie wejść do okna  **Właściwości projektu** i zmienić zestaw norm obowiązujący dla danego projektu. Taka modyfikacja będzie powodowała, że oprócz zmiany sposobu budowania obwiedni w trakcie obliczeń oraz zmiany dostępnych modułów wymiarujących, modyfikacji ulegną wszystkie klasy materiałowe przypisane dotychczas do przekrojów zdefiniowanych w projekcie (ustawione zostaną na klasy domyślne). Aby projekt był wówczas poprawny, użytkownik powinien dla wszystkich zdefiniowanych w projekcie przekrojów ustawić ponownie prawidłową klasę materiału.

W przypadku wykonywania operacji dołączania jednego projektu do drugiego sytuacja wygląda analogicznie jak przy wczytywaniu istniejącego projektu (składającego się z sumy łączonych projektów).

Poniżej w oknie  **Właściwości projektu** umieszczono trzy zakładki: **Właściwości**, **Statystyka** i **Opis** zawierające pozostałe informacje związane z projektem (zapisywane w pliku projektu), dane statystyczne dotyczące projektu oraz dane opisowe użytkownika.

Na zakładce **Właściwości** umieszczono kolejno wymiary oczek siatki pomocniczej, ustawienia dotyczące skali poszczególnych elementów projektu, takich jak: obciążenia, podpory, wykresy, czcionki itp.

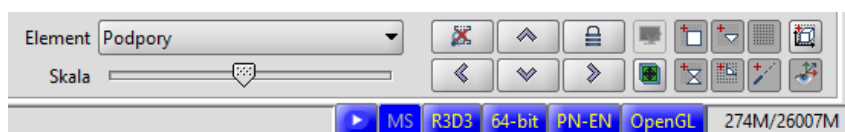
W celu poprawy czytelności projektu na ekranie wprowadzono możliwość ustawiania wielkości etykiet i czcionek w etykietach. Ustawienie to dotyczy zielonych etykiet wyświetlanych na ekranie w czasie śledzenia i pomiaru odległości przy wprowadzaniu elementów układu, a także etykiet z wynikami wymiarowania prętów i elementów na głównym ekranie graficznym. Opcja ta dostępna jest w sekcji **Skalowanie elementów**, w oknie  **Właściwości projektu**.



Rys. 145 Ustawienie wielkości etykiet

W sekcji tej można za pomocą suwaka skalować inne elementy projektu udostępnione na liście znajdującej się powyżej suwaka.

Na dole głównego okna graficznego, w pasku narzędzi graficznych, udostępniono analogiczny suwak umożliwiający szybką zmianę skali dla poszczególnych elementów graficznych projektu wybranych z listy umieszczonej powyżej.



Rys. 146 Suwak skalowania elementów na głównym oknie graficznym

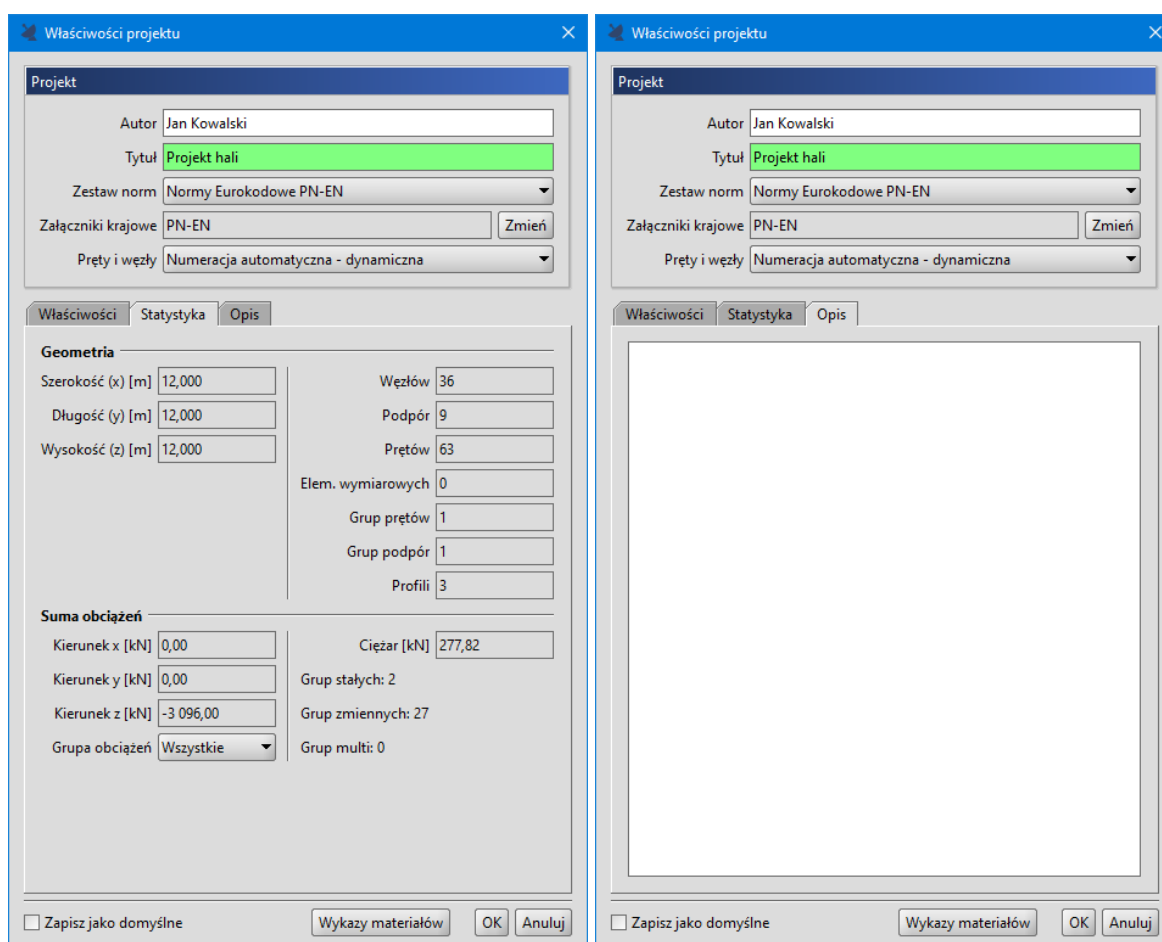
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Na końcu umieszczono parametry istotne w procesie obliczeń statycznych:

- wybór metody obliczania normalnych naprężeń sprężystych: **Szybka, Zwykła, Dokładna**,
- znacznik włączający/wyłączający liczenie automatycznej obwiedni,
- znacznik uwzględniania ciągnięć w obliczeniach (obliczenia prowadzone jak dla ciągnięć). Przy jego wyłączeniu program w trakcie obliczeń rozpoznaje ciągnięcia jako zwykłe pręty. Przy włączonych obliczeniach dla ciągnięć są one wykonywane iteracyjnie dla wybranych grup lub kombinacji z eliminacją możliwości ściskania ciągnięcia.
- włączenie liczenia statyki układu według teorii II rzędu,
- dla obliczeń wg teorii II rzędu istnieje możliwość automatycznego uwzględniania imperfekcji przechyłowych opisanych dokładnie w osobnym rozdziale.

W oknie **Właściwości projektu** w panelu **Parametry obliczeń** znajduje się znacznik **Włącz liczenie obwiedni** (domyślnie zawsze włączony). Jego odznaczenie spowoduje podczas liczenia statyki pominięcie wyznaczania obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń w projektach liczonych według teorii I rzędu. Będą liczone wówczas wyniki dla grup, kombinacji użytkownika i ekstrema po tych kombinacjach.



Rys. 147 Okno Właściwości projektu – zakładka **Statystyka** i zakładka **Opis**



Zakładka **Statystyka** zawiera podstawowe informacje statystyczne dotyczące zadanego modelu, takie jak:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- całkowite wymiary zewnętrzne zadanej konstrukcji,
- ilości: węzłów, podpór, prętów, grup prętów i podpór, typów przekrojów, elementów wymiarowych,
- sumę sił na poszczególne kierunki głównego układu współrzędnych, łącznie dla całego układu statycznego, oraz dla poszczególnych grup obciążeń (wybór grupy obciążeń lub wszystkich z listy),
- całkowity ciężar własny konstrukcji,
- ilość zadanych grup obciążeń z podziałem na ich typy (stałych, zmiennych i „multi”).

W przypadku sumy obciążeń na poszczególne kierunki, dla grup „multi” brana jest suma wszystkich podgrup wchodzących w skład danej grupy, a w przypadku grupy obciążenia ruchomego – jedna podgrupa odpowiadająca jednemu położeniu obciążenia ruchomego.

Wydruk raportu (w formacie **RTF**) zawierającego dane statystyczne zawarte w oknie  **Właściwości projektu** wraz z widokiem 3D układu można wykonać z okna  **Widok 3D**.

Na ostatniej zakładce **Opis** umożliwiono użytkownikowi zamieszczenie obszernego komentarza do całości projektu z możliwością jego wydrukowania w raporcie z obliczeń.

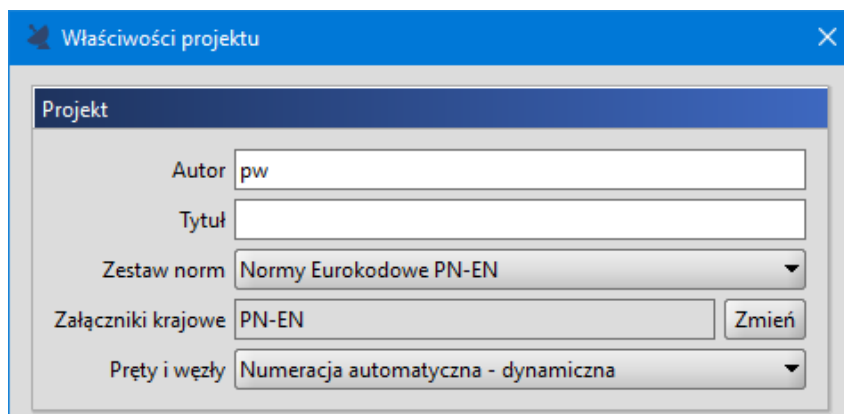
Uwaga:

Wyjątkowo w oknie **Właściwości projektu** górny przycisk z krzyżykiem (działający zwykle w pozostałych oknach dialogowych jak funkcja Anuluj) powoduje akceptację wprowadzonych w oknie zmian (działa analogicznie jak dolny przycisk OK.).

W oknie **Właściwości projektu** parametry, takie jak: domyślny zestaw norm, domyślny autor projektu, domyślny rodzaj numeracji prętów i węzłów (automatyczna lub użytkownika), zapamiętywane są na podstawie ostatniego ich ustawienia przez użytkownika.

### 4.30. Załączniki krajowe do Eurokodów

Od wersji **ArCADii RAMY 19.3.0** dodano w oknie **Właściwości projektu** możliwość definiowania wybranych parametrów **Załączników krajowych** norm Eurokodowych i ich zapisywania w programie. Wybranie w oknie **Właściwości projektu** zestawu **Norm Eurokodowych PN-EN** oraz załączników krajowych **PN-EN** oznacza że główne zasady obliczeń w programie prowadzone są zgodnie z tymi normami.



Rys. 148 Przycisk dostępu do okna definicji załączników krajowych

W oknie **Właściwości projektu** w grupie **Projekt**, przy wybranym zestawie załączników krajowych (domyślnie **PN-EN**), przez naciśnięcie przycisku **Zmień** wchodzimy do okna edycji wybranych parametrów załączników krajowych.

Na definicję załączników krajowych składa się nazwa **Listy załączników** (np. **PN-EN**) która zawiera definicję poszczególnych parametrów, podzielonych na poszczególne normy Eurokodowe reprezentowane w postaci zakładek. Lista załączników **PN-EN** w odróżnieniu od pozostałych list jest domyślna, nieedytowalna i nieusuwalna. Na dole pod nazwami list załączników zdefiniowanych w programie wyświetlana jest aktywna w danym projekcie lista załączników. Na dole okna umieszczone są kolejno następujące przyciski:

**Dodaj** – dodaje nową listę załączników krajowych,

**Usuń** – usuwa zaznaczoną listę załączników krajowych,

**Zmień nazwę** – zmienia nazwę zaznaczonej listy załączników krajowych,

**Ustaw jako aktywną** – ustawia zaznaczoną listę załączników krajowych jako aktywną w aktualnym projekcie,

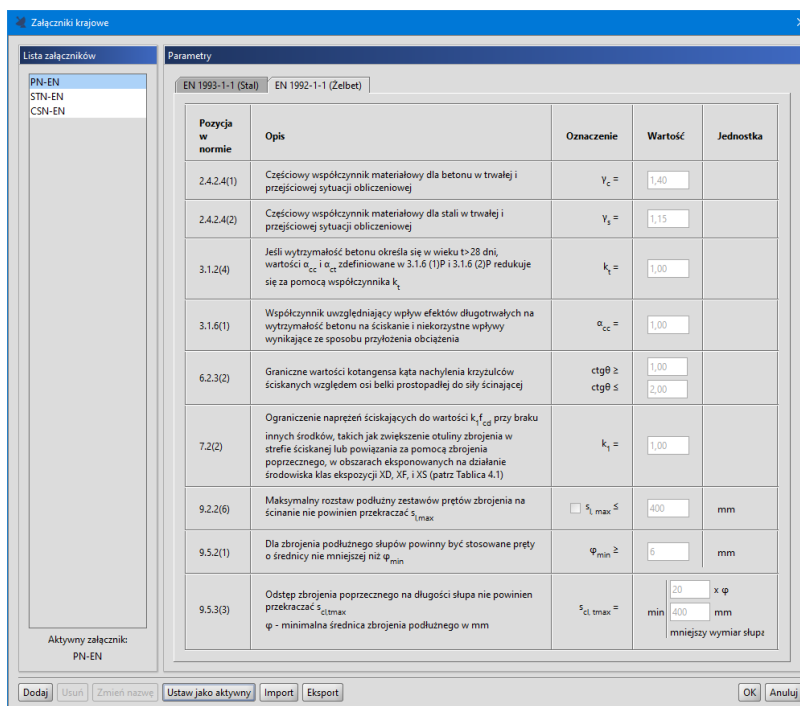
**Import** – importuje listę załączników krajowych z pliku,

**Eksport** - eksportuje zaznaczoną listę załączników krajowych do pliku,

**Ok.** - akceptuje wszelkie zmiany wykonane w oknie,

**Anuluj** – powoduje opuszczenie okna bez wprowadzonych w nim zmian.






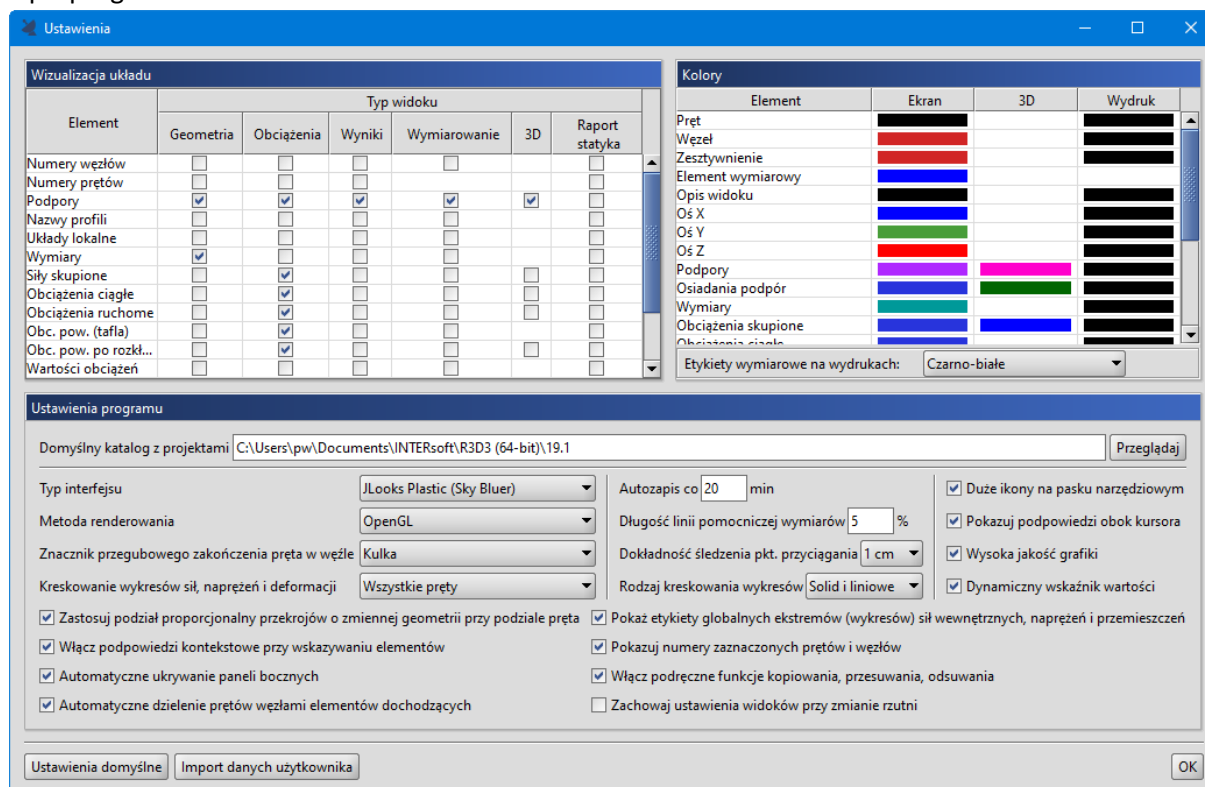
Rys. 149 Okna definicji załączników krajowych

Zdefiniowane dane w oknie **Załączniki krajowe** zapisywane są w programie w postaci plików XML a ustawienie aktywnego załącznika krajowego zapisywane jest w bieżącym projekcie jako odwołanie do tego załącznika.

### 4.31. Ustawienia programu

Okno  **Ustawienia** służy do zmiany ustawień programu oraz tego, co użytkownik widzi na ekranie monitora. Wywoływane jest ono odpowiednim przyciskiem na głównym pasku narzędziowym. Składa się ono z kilku grup ustawień, takich jak: uwzględnianie wizualizacji danego elementu w poszczególnych trybach pracy i wydruku, ustawienia kolorystyki elementów wyświetlanych i drukowanych oraz ustawień programu.

## Podręcznik do programu Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 150 Ustawienia programu

Grupa **Wizualizacja układu** służy do określania, które elementy mają być rysowane na ekranie przy włączonych poszczególnych zakładkach (**Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki**, **Wymiarowanie**), w podglądzie 3D i na wydruku widoku układu w głównym raporcie ze statyki. Można wyłączyć rysowanie niektórych elementów, które są w danej chwili zbędne i zaciemniają widok układu. Przez **Schematy obciążeń** w tej grupie należy rozumieć wizualizację na ekranie graficznym schematów budujących wskazane ekstremum obwiedni na zakładce **Wyniki**. Aby ta opcja była aktywna, jednocześnie muszą być wizualizowane (włączone) obciążenia ciągłe i skupione na zakładce **Wyniki**. Wówczas obciążenia biorące udział w budowaniu wskazanego ekstremum wyświetlane są wyraźnym kolorem, a pozostałe są wyszarzane. Przesuwanie lokalizacji ekstremum po przecię najczęściej powoduje dynamiczną zmianę schematów.

Użytkownik ma możliwość dostosowania palety kolorów używanych w programie do swoich potrzeb. Możliwa jest niezależna zmiana kolorów układu na ekranie, w widoku 3D i na wydruku, a także wyświetlanego tła. Klikając lewym przyciskiem myszy w grupie **Kolory** na kolorowe kwadraty, otwieramy okno wyboru koloru. W tym oknie można wybrać kolor z palety lub określić go samemu, podając wartości poszczególnych składowych (Czerwona, Zielona, Niebieska). W tej grupie można również określić sposób wizualizacji kolorowych etykiet wymiarowych na wydruku.

W grupie **Ustawienia programu** określa się np. domyślną ścieżkę do katalogu z projektami, metodę obliczania naprężeń, „skórkę”, czyli rodzaj interfejsu oraz dokładność śledzenia punktów przyciągania.

Katalog z projektami określany jest podczas instalacji programu. Domyślnie przyjmowany jest katalog **\Projekty\** w katalogu **Moje Dokumenty**. W tym katalogu zapisywane są tworzone projekty, pliki raportów oraz pliki animacji.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Skórki to kompozycje graficzne umożliwiające zmianę wyglądu programu. W programie zawartych jest kilka takich kompozycji, które można wybierać z listy. Zmiana będzie widoczna dopiero po ponownym uruchomieniu programu. Inne zmienne ustawienia programu to: wybór metody renderowania **OpenGL/DirectX**, włączanie lub wyłączenie **Automatycznego ukrywania paneli bocznych**, procentowe ustawianie **Długości linii pomocniczych wymiarów**, **Dokładność śledzenia punktów przyciągania** (1 cm lub 1 mm) i podany w minutach interwał czasowy **Autozapisu**.

W oknie **Ustawień** programu można również włączyć pokazywanie podpowiedzi kontekstowych obok kursora myszki przez postawienie znacznika przy pozycji **Pokazuj podpowiedzi obok kursora** oraz ustawić **Duże ikony na pasku narzędziowym**. Przykładowe działanie podpowiedzi kontekstowych obok kursora pokazano przy omawianiu obciążeń ruchomych.

W oknie **Ustawień** wprowadzono przełącznik pozwalający wyświetlać elementy projektu na ekranie graficznym w podwyższonej jakości (funkcja **Wysoka jakość grafiki**). Działanie funkcji sprowadza się do włączenia funkcji wygładzania (antialiasingu) dla wszystkich wyświetlanych obiektów (linii i tekstów). W przypadku wyłączenia tej funkcji opcja wygładzania działa tylko dla linii wprowadzonego do projektu podrysu. Należy pamiętać, że funkcja zwiększania jakości grafiki powoduje poprawę jakości wyświetlania elementów projektu, ale jednocześnie spowalnia pracę na ekranie graficznym. W niektórych przypadkach, przy znacznym skomplikowaniu układu lub słabszej karcie graficznej, w celu zapewnienia optymalnej funkcjonalności pracy wskazane może być wyłączenie tej funkcji.

Powyższe ustawienia (**Wizualizacja, Kolory, Ustawienia programu**) są ustawieniami programu i są zapisywane w pliku konfiguracyjnym **settings.ini** w katalogu **Danych aplikacji**.

Pozostałe ustawienia to krok siatki pomocniczej opisanej w punkcie **Pomoce rysunkowe/Siatka**.

Klikając na przycisk **Ustawienia domyślne**, przywracamy domyślne ustawienia widoczności elementów oraz ich kolorów.

Pozostałe parametry programu, które można zdefiniować w oknie Ustawień:

- **Włącz podpowiedzi kontekstowe przy wskazywaniu elementów** – znacznik włączania/wyłączenia wyświetlania podpowiedzi kontekstowych przy wskazywaniu elementów modelu – prętów, węzłów, obciążeń.
- **Pokazuj numery zaznaczonych prętów i węzłów** – znacznik włączania/wyłączenia numeracji zaznaczonych prętów i węzłów modelu (numery prętów i węzłów widoczne są po ich zaznaczeniu niezależnie od globalnego ustawienia ich widoczności).
- **Włącz podręczne funkcje kopiowania, przesuwania i odsuwania** – ustawienie znacznika udostępnia na interfejsie graficznym funkcje podręcznego kopiowania, przesuwania i odsuwania.
- **Zachowaj ustawienia widoków przy zmianie rzutni** – ustawienie znacznika powoduje zachowanie aktualnego widoku po zmianie rzutni (przy włączonych trzech rzutniach). W przeciwnym przypadku przy wyjściu z danej rzutni ustawienia widoku przywracane są do stanu wyjściowego.
- **Metoda renderowania** – ustawienie możliwości przełączania metody renderowania modelu w **Widoku 3D** – **OpenGL** lub **DirectX**. Ustawienie to pozwala na wybranie bardziej zachowawczej metody wyświetlania widoku 3D (**OpenGL**), w przypadku gdy wystąpią problemy ze wsparciem sprzętowym karty graficznej.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- **Kreskowanie wykresów sił, naprężeń i deformacji** - można włączyć wypełnienie wykresów tylko dla analizowanego pręta (na modelu i zakładce **Wyniki**) lub dla wszystkich prętów układu albo ustawić brak wypełnienia.
- **Rodzaj kreskowania wykresów – solid/liniowe/solid i liniowe** – można ustawić sposób wypełnienia wykresów sił, naprężeń i przemieszczeń.
- **Dynamiczny wskaźnik wartości** – przełącznik włączający bądź wyłączający wyświetlanie dynamicznego wskaźnika wartości ekstremalnych na wykresach globalnych we wskazanym punkcie wykresu.
- **Automatyczne dzielenie prętów węzłami elementów dochodzących** - przełącznik ustawiania automatycznego trybu dzielenia prętów węzłem elementu dochodzącego (domyślnie ustawiony jest na włączony). Przy wyłączeniu tego znacznika opcja dzielenia pręta węzłem potwierdzana jest odpowiednim komunikatem.
- **Znacznik przegubowego zakończenia pręta w węźle** - wybór oznaczenia przegubowego dojścia pręta do węzła w postaci kulki lub odsunięcia (zależnie od wyboru użytkownika). Opcją domyślną jest dojście symbolizowane niewypełnioną kulką.

### 4.32. Ustawienia w pasku stanu



Rys. 151 Pasek stanu

W prawym dolnym rogu okna programu, na tzw. pasku stanu, umieszczono sześć znaczników informujących użytkownika o aktualnym trybie, w jakim działa aplikacja. Są to: włącz/wyłącz ikony wideo pomocy (aktualnie nieobsługiwana), obraz macierzy sztywności (**MS**), wersja interfejsu (**R3D3**, **R2D3**, **R2D2**), tryb pracy programu (64-bit lub 32-bit), aktualny zestaw norm obliczeniowych (PN lub PN-EN) oraz metoda wyświetlania obrazu w **Widoku 3D** (**OpenGL** lub **DirectX**).

Kliknięcie na znaczniku **MS** otwiera okno podglądu macierzy sztywności (tylko jeśli jest zdefiniowany projekt).

Kliknięcie na znaczniku wersji programu (**R3D3/R2D3/R2D2**) lub trybu pracy (**64-bit** lub **32-bit**) pozwala na otworenie okna **O programie** wyświetlającego aktualne numery poszczególnych modułów oraz informacje o licencjach.

Kliknięcie na znaczniku aktualnego zestawu norm otwiera okno **Właściwości projektu**.

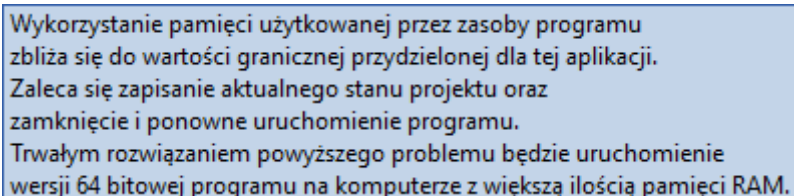
Kliknięcie ostatniego znacznika wyboru metody wyświetlania widoku 3D powoduje otwarcie okna **Ustawień** programu i umożliwia w nim zmianę tego ustawienia z **OpenGL** na **DirectX** lub odwrotnie. Zmiana opisanego parametru będzie widoczna i aktywna po ponownym uruchomieniu aplikacji.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

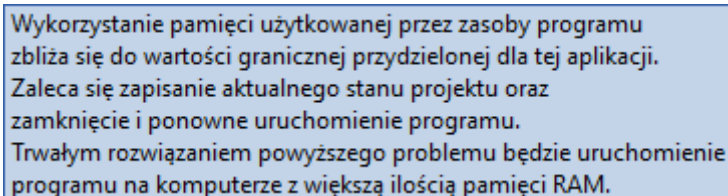
Na prawym końcu paska stanu wyświetlono aktualną wartość wykorzystania pamięci fizycznej (w MB) przez dany projekt łamaną przez maksymalną wielkość pamięci fizycznej dostępną dla tego projektu. Parametr ten jest szczególnie istotny w trakcie obliczeń dużych projektów w wersji 32-bitowej programu.

Gdy w trakcie pracy nad modelem wskaźnik wykorzystania pamięci RAM przez aplikację (znajdujący się w prawym dolnym rogu ekranu na pasku stanu) dojdzie do 80% przydzielonych zasobów, w narożniku ekranu zostanie wyświetlony komunikat:



Wykorzystanie pamięci użytkowanej przez zasoby programu zbliża się do wartości granicznej przydzielonej dla tej aplikacji. Zaleca się zapisanie aktualnego stanu projektu oraz zamknięcie i ponowne uruchomienie programu. Trwałym rozwiązaniem powyższego problemu będzie uruchomienie wersji 64 bitowej programu na komputerze z większą ilością pamięci RAM.

Rys. 152 Dla wersji 32-bitowej programu



Wykorzystanie pamięci użytkowanej przez zasoby programu zbliża się do wartości granicznej przydzielonej dla tej aplikacji. Zaleca się zapisanie aktualnego stanu projektu oraz zamknięcie i ponowne uruchomienie programu. Trwałym rozwiązaniem powyższego problemu będzie uruchomienie programu na komputerze z większą ilością pamięci RAM.

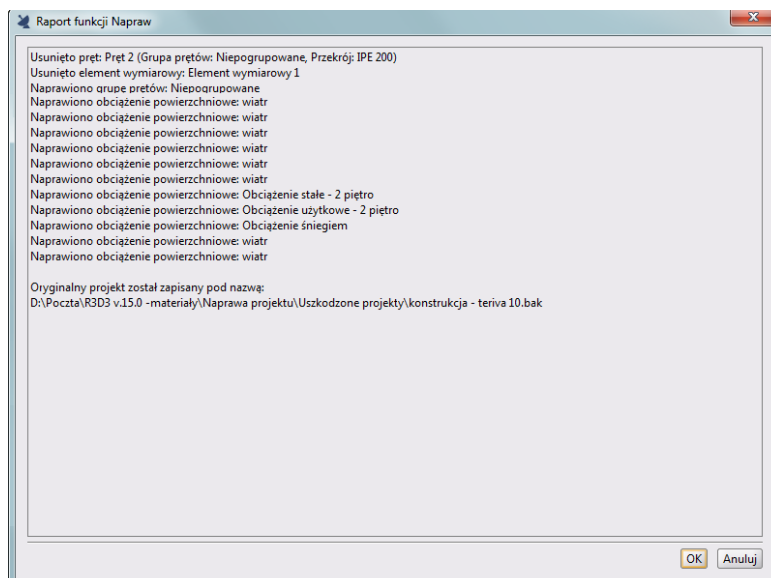
Rys. 153 Dla wersji 64-bitowej programu

Komunikaty o wykorzystaniu pamięci RAM

### 4.33. Funkcja Napraw projekt

W przypadku gdy z jakiegoś powodu nie powiedzie się próba wczytania wcześniej zapisanego pliku projektu do programu, możemy spróbować wczytać taki projekt za pomocą funkcji **Napraw...** Funkcję **Napraw...** uruchamiamy z menu górnego **Plik** i wskazujemy na dysku lokalizację potencjalnie uszkodzonego pliku projektu. Wczytanie pliku za pomocą funkcji **Napraw...** polega na tym, że przed jego wczytaniem program przegląda plik projektu pod kątem jego poprawności formalnej (nie merytorycznej) i dokonuje szeregu sprawdzeń i ewentualnie korekt pliku, jeśli zachodzi taka konieczność. Na koniec procesu naprawiania tworzony i wyświetlany jest raport z naprawy pliku, w którym użytkownik informowany jest, jakie czynności naprawcze przeprowadził program. Raport z działania funkcji **Napraw...** tworzony jest również w postaci pliku **.txt** o takiej samej nazwie jak projekt w miejscu jego lokalizacji. Przykład raportu z naprawy uszkodzonego projektu pokazano poniżej.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 154 Widok okna raportu funkcji Napraw

Wciśnięcie przycisku **OK** w oknie raportu z funkcji **Napraw...** spowoduje wczytanie do programu naprawionego projektu. Wciśnięcie przycisku **Anuluj** lub krzyżyka w prawym górnym rogu okna spowoduje wycofanie się programu z naprawiania uszkodzonego pliku projektu.

Ponieważ w niektórych przypadkach proces naprawy uszkodzonego projektu może być procesem stratnym, zawsze po udanej naprawie pliku projektu użytkownik powinien przeprowadzić jego szczegółową kontrolę, ze szczególnym uwzględnieniem zmian, jakie opisane zostały w raporcie z naprawy i ich ewentualnych skutków. Po uruchomieniu pliku projektu za pomocą funkcji **Napraw...** jego oryginalna, wyjściowa forma zostanie przepisana do pliku o rozszerzeniu **.bak**, umożliwiając powrót do wersji oryginalnej przez zmianę rozszerzenia pliku z **.bak** na **.f3d** lub **.f2d**.

Działanie funkcji **Napraw...** polega na wykonaniu przez program kilku podstawowych czynności:

1. Dodanie typowych domyślnych elementów projektu (jeśli nie istnieją), takich jak:
  - domyślny przekrój (**IPE 200**),
  - domyślna grupa prętów (**Niepogrupowane**),
  - domyślna grupa podpór (**Niepogrupowane**),
  - domyślna grupa obciążeń (**Stale**).
2. Usunięcie nienaprawialnych elementów projektu:
  - prętów (jeśli uszkodzony jest którykolwiek z węzłów pręta),
  - elementów wymiarowych (jeśli uszkodzone są pręty składowe elementów),
  - wymiarów (jeśli uszkodzony jest którykolwiek z węzłów wymiaru),
  - złączy (jeśli uszkodzony jest węzeł lub lista prętów złącza).
3. Naprawa wybranych elementów projektu:

|                   |          |                  |
|-------------------|----------|------------------|
| Element projektu: | Problem: | Akcja naprawcza: |
|-------------------|----------|------------------|

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|   |   |  |
|---|---|--|
| Grupa obciążeń                              | brak oddziaływania o danym id                                       | przypisanie oddziaływania domyślnego               |
| Schemat – tafla obciążenia powierzchniowego | brak grupy obciążenia o danym id                                    | przypisanie grupy domyślnej                        |
|   | brak pręta o danym id   | usunięcie pręta z listy tafla                      |
|   | nieistniejące indeksy wierzchołków obciążenia trapezowego na liście | przypisanie indeksom wartości domyślnych           |
| Pręt zwykły                                 | brak węzła o danym id   | usunięcie pręta z projektu                         |
|   | brak węzła o danym id   | usunięcie pręta z projektu                         |
|   | brak przekroju o danym id   | przypisanie przekroju domyślnego                   |
| Obciążenie                                  | brak schematu obciążeń powierzchniowych o danym id                  | konwersja na zwykłe obciążenie                     |
|   | brak grupy obciążeń o danym id                                      | przypisanie grupy domyślnej                        |
|   | brak węzła o danym id   | zmiana obciążenia na równoważne obciążenie prętowe |
| Relacje grup obciążeń                       | brak grupy o danym id   | usunięcie grupy z listy (w relacjach)              |
| Kombinacje użytkownika                      | brak grupy o danym id   | usunięcie grupy z listy (w kombinacjach)           |
| Grupa prętów                                | brak pręta o danym id   | usunięcie pręta z listy                            |
|   | brak definicji typu wymiarowania o danym id                         | przypisanie domyślnej definicji typu               |
| Grupa podpór                                | brak węzła o danym id   | usunięcie węzła z listy                            |
|   | brak definicji typu wymiarowania o danym id                         | przypisanie domyślnej definicji typu               |
| Element wymiarowy                           | brak pręta o danym id   | usunięcie elementu wymiarowego z projektu          |
|   | brak definicji typu wymiarowania o danym id                         | przypisanie domyślnej definicji typu               |
| Wymiar                                      | brak węzła o danym id   | usunięcie wymiaru z projektu                       |
|   | brak węzła o danym id   | usunięcie złącza z projektu                        |

|                     |                                 |   |
|---------------------|---------------------------------|---|
| Złącze              | brak pręta o danym id           | usunięcie złącza z projektu                             |
| Parametry przekroju | wartość nieokreślona w danym id | przypisanie zerowej wartości dla danego pola liczbowego |

4. Przebudowa projektu uwzględniająca usunięte elementy.
5. Zmiana rozszerzenia oryginalnego pliku projektu na **.bak**.
6. Zapis naprawionego projektu w pliku o oryginalnej nazwie.
7. Utworzenie tekstowego pliku raportu z naprawy projektu oraz wyświetlenie raportu w oknie dialogowym programu.

#### 4.34. Praca ze złożonymi strukturami prętowymi

W programie przewidziano wiele narzędzi znacznie ułatwiających pracę ze złożonymi strukturami prętowymi. Są to w szczególności:

- Możliwość podziału modelu na logiczne i łatwe do selekcji grupy prętów.
- Możliwość pracy na wydzielonej części układu przy wprowadzaniu danych i analizie wyników (pozostała część układu jest ukryta).
- Możliwość ukrycia na ekranie już zdefiniowanych grup obciążeń.
- Możliwość pracy z powiększonym zakresem zoomowania.
- Możliwość definiowania i zapisywania w projekcie dowolnych widoków całości lub wydzielonej części układu statycznego.
- Możliwość grupowej selekcji i edycji węzłów, prętów i obciążeń.
- Możliwość maksymalnego powiększenia głównego ekranu graficznego programu (minimalizacja paska narzędzi oraz chwilowe ukrycie paneli lub włączenie opcji automatycznego ukrywania panelu „drzewa projektu” i panelu zakładek).
- Możliwość użycia gotowych generatorów podstawowych układów konstrukcyjnych.
- Możliwość wykorzystania funkcji kopiowania wielokrotnego z ciągnięciem i skalowaniem.
- Funkcje kopiowania, odsuwania, przesuwania, odbicia lustrzanego i obrotu całości lub wybranej części układu statycznego.

#### 4.35. Typowe błędy modelowania układu statycznego

Najczęstsze przypadki błędów popełnianych przez użytkowników przy modelowaniu układu sprowadzają się do dwóch bardzo istotnych kwestii, mających bardzo poważne skutki w obliczeniach statycznych.

Pierwsza z nich dotyczy wprowadzania prętów do układu i polega na przeświadczeniu, że dwa stykające się ze sobą na ekranie monitora pręty są ze sobą zawsze połączone. Aby tak było, wszystkie pręty stykające się w danym węźle muszą tam mieć swój koniec lub początek, czyli muszą się w tym węźle kończyć lub zaczynać. Niestety, często zdarza się, że początkujący użytkownik dociąga wprowadzany



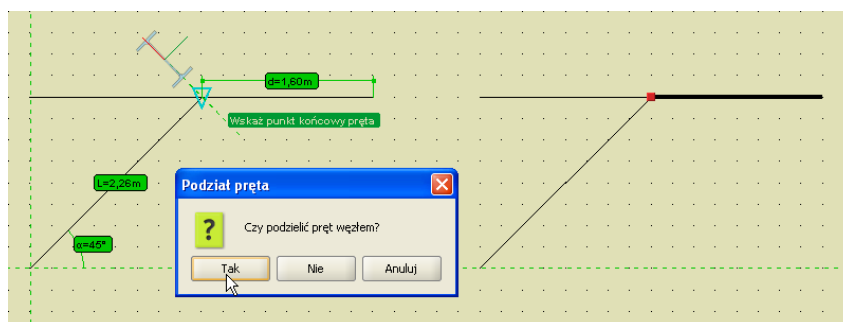
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

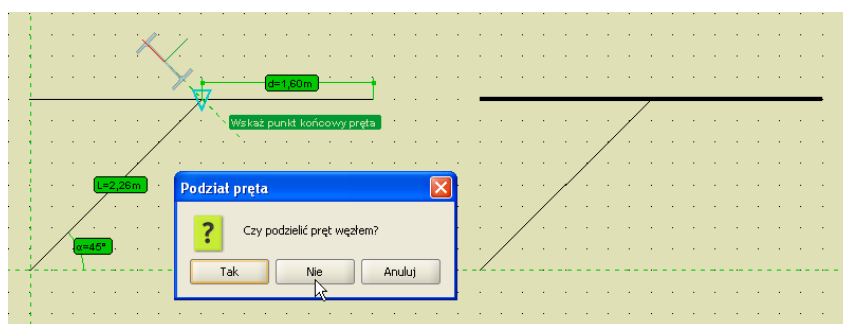
pręt do punktu leżącego na długości innego istniejącego pręta i nie tworzy w tym miejscu na pręcie węzła (opcja podziału pręta węzłem). W takim przypadku pręty te stykają się ze sobą, ale w modelu statycznym nie są ze sobą połączone. W konsekwencji użytkownik uzyskuje często układy geometrycznie zmienne (luźne pręty) lub wyniki obliczeń statycznych są całkowicie niezgodne z jego oczekiwaniem. Analogiczna sytuacja występuje w przypadku widocznego na ekranie przecięcia dwóch elementów. Jeśli jeden z prętów w punkcie przecięcia nie ma swojego węzła początkowego lub końcowego, to nie jest on połączony w tym punkcie z innymi elementami.

Uwaga:

Aby połączyć wprowadzany pręt układu z innym istniejącym prętem na jego długości, należy w miejscu ich styku utworzyć węzeł (podzielić istniejący pręt węzłem).

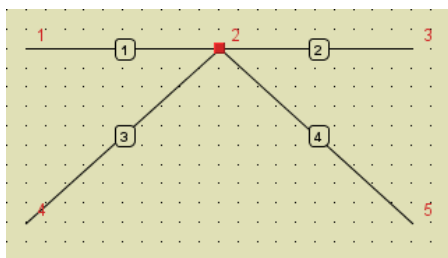


Rys. 155 Wprowadzany pręt połączony w węźle

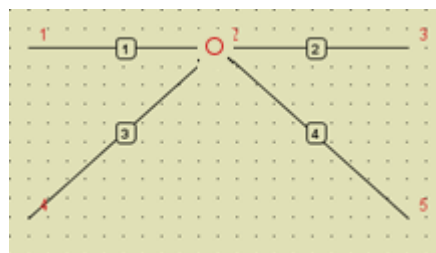


Rys. 156 Wprowadzany pręt niepołączony (luźny)

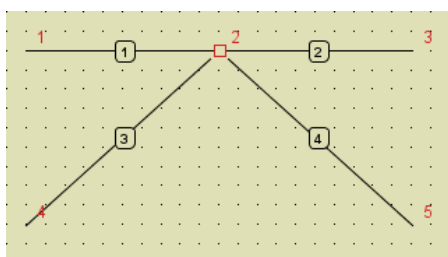
Drugi najczęściej spotykany problem w programie dotyczy sposobu połączenia prętów w węźle. Generalnie węzeł wypełniony czerwonym kolorem jest węzłem sztywnym, natomiast węzeł bez wypełnienia (rysowany tylko obwódką), z prętami „urwanymi” przed dojściem do węzła, jest węzłem przegubowym. W przypadku węzłów przegubowych bardzo istotna jest druga część definicji połączenia. W programie można definiować węzły, w których część prętów dochodzi do węzła przegubowo, a część jest połączona ze sobą w tym samym węźle sztywno. Wówczas przeważnie taki węzeł rysowany jest na ekranie samą obwódką bez wypełnienia. O tym, czy dany pręt dochodzi do węzła przegubowo, decydują dwa warunki: musi on być przerwany przed obwódką węzła i nie może on być połączony linią z innym prętem dochodzącym do tego węzła. W każdym innym przypadku rozpatrywany pręt połączony jest sztywno z innymi prętami schodzącymi się w węźle (tymi, z którymi połączony jest linią).



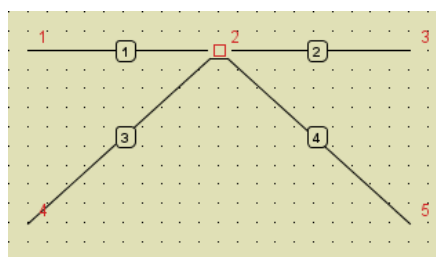
Rys. 157 Pełny węzeł sztywny



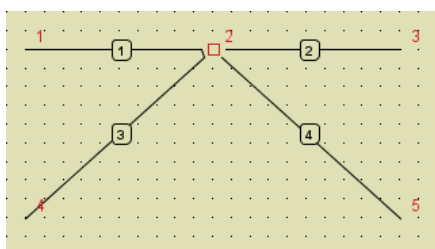
Rys. 158 Pełny węzeł przegubowy



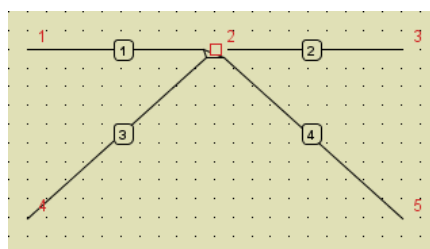
Rys. 159 Pręty nr 1 i 2 zesztywnione, a nr 3 i 4 przegubowe



Rys. 160 Pręty nr 3 i 4 zesztywnione, a nr 1 i 2 przegubowe



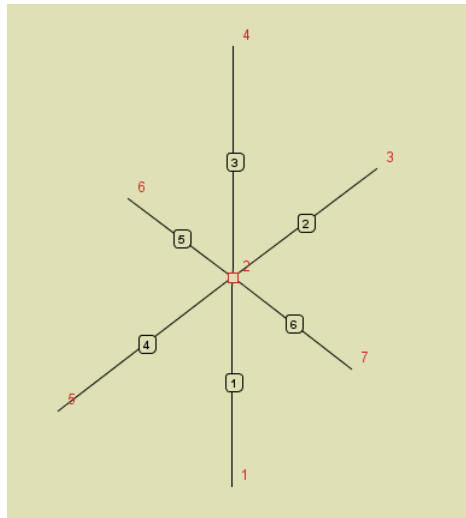
Rys. 161 Pręty nr 1 i 3 zesztywnione, a nr 2 i 4 przegubowe



Rys. 162 Pręty nr 1, 3 i 4 zesztywnione, a nr 2 przegubowy

#### Szczegóły połączeń w węzłach

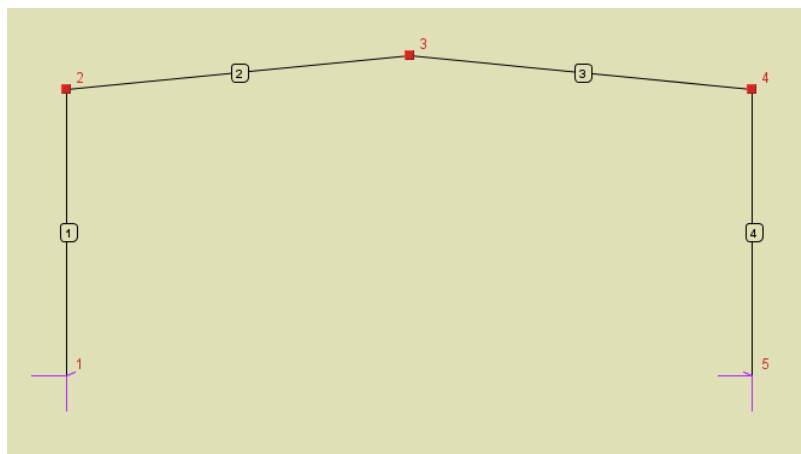
W przypadku gdy dwa zesztywniane w węźle pręty są współliniowe lub prawie współliniowe, linia je łącząca przechodzi przez węzeł. We wszystkich pozostałych przypadkach linia łącząca pręty zesztywniane w węźle przebiega poza węzłem. W konsekwencji w skrajnym przypadku możemy otrzymać widok węzła jak niżej:



Rys. 163 Trzy grupy prętów zeszywnionych połączone między sobą przegubami

Widok węzła na powyższym rysunku oznacza, że występują trzy grupy prętów zeszywnianych, między którymi występują połączenia przegubowe. Zeszywnione są tu pręty współliniowe ujęte w nawiasy: (1 i 3); (4 i 2); (6 i 5).

Należy jeszcze zwrócić uwagę na jeden bardzo poważny problem występujący w układach liczonych przestrzennie. Dotyczy on geometrycznej niezmienności układu. Trzeba tu zawsze pamiętać, że układ, który w obliczeniach płaskich jest geometrycznie niezmienny, w obliczeniach przestrzennych w pewnych przypadkach może być geometrycznie zmienny. Rozważmy przykład najprostszej płaskiej ramy sztywnej podpartej przegubowo, jak na rysunku poniżej:



Rys. 164 Płaska rama sztywna podparta przegubowo

Układ taki, pod wpływem dowolnych obciążeń działających w płaszczyźnie ramy, będzie się liczył w programie **R3D3** i wyniki obliczeń będą prawidłowe. Jednak w ogólnym przypadku obciążenia, w **Ramie 3D**, jest to układ geometrycznie zmienny. Wystarczy założyć dowolne obciążenie prostopadłe do płaszczyzny ramy i obliczenia zostaną przerwane, a użytkownik zostanie poinformowany o geometrycznej zmienności układu. W przypadku zadania obciążeń tylko w płaszczyźnie ramy mamy tu do czynienia z układem samostatecznym (dlatego da się go policzyć w programie **R3D3**).


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Aby zabezpieczyć się przed ryzykiem wystąpienia obciążeń prostopadłych do układu, wystarczy w tym przypadku zablokować możliwość obrotu z płaszczyzny układu w miejscach podparcia. Oczywiście przedstawiony układ jest banalny, lecz w ogólnym przypadku złożonych układów przestrzennych nałożenie więzi eliminujących geometryczną zmienność układu może wcale nie być takie proste i może wymagać sporego doświadczenia w zakresie statyki. W wersji płaskiej programu, **R2D2**, opisane powyżej zabezpieczenia nie są konieczne, gdyż z jednej strony nie ma możliwości wprowadzenia obciążeń prostopadłych do płaszczyzny układu, a z drugiej program sam w odpowiedni sposób dodaje niezbędne i niewidoczne dla użytkownika więzi, eliminując możliwość wystąpienia geometrycznej zmienności z płaszczyzny układu.

### 4.36. Kalkulator współczynników długości wyboczeniowej

#### 4.36.1. Wywołanie kalkulatora i sposób wykorzystania współczynników przez moduły wymiarujące

Kalkulator współczynników długości wyboczeniowej można wywołać na zakładkach: **Geometria**, **Obciążenia** i **Wyniki** z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla pojedynczo zaznaczonego pręta lub pojedynczo zaznaczonego, wcześniej zdefiniowanego elementu wymiarowego o stałym przekroju i nie będącego ciągnem, używając polecenia  **Kalkulator współ. długości wyboczeniowej**. Wyznaczone w kalkulatorze współczynniki długości wyboczeniowej przypisane zostaną do odpowiedniego pręta lub elementu wymiarowego modelu jako jego własność. Tak przypisane do pręta lub elementu współczynniki można zmodyfikować przez ponowne uruchomienie kalkulatora i wyznaczenie ich nowych wartości lub wpisać ręcznie przez wywołanie odpowiedniej funkcji modyfikacyjnej dostępnej w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dla danego pręta lub elementu w „drzewie projektu”.

Zdefiniowane dla pręta lub elementu współczynniki długości wyboczeniowej wykorzystane będą przy ich wymiarowaniu (indywidualnym lub zbiorczym) tylko wówczas, gdy w przypisanej do niego definicji typu wymiarowania będzie zaznaczony znacznik **W pierwszej kolejności użyj współczynników długości wyboczenia określonych dla pręta lub elementu wymiarowego**. Wówczas podczas wymiarowania zbiorczego dla prętów i elementów, do których przypisano współczynniki długości wyboczeniowej, będą one użyte do obliczeń, a dla pozostałych prętów i elementów będą użyte współczynniki długości wyboczeniowej określone w definicji typu wymiarowania. Analogicznie będzie przy wymiarowaniu indywidualnym pojedynczego pręta. Jeśli ma on przypisane współczynniki długości wyboczeniowej i zaznaczony jest opisany znacznik w definicji typu wymiarowania, zostaną one użyte przy wymiarowaniu. W trakcie indywidualnego wymiarowania grupy prętów ciągłych i współliniowych o takim samym przekroju, jeśli w modelu pręty te tworzą element wymiarowy zawierający przypisane do niego współczynniki długości wyboczeniowej i zaznaczony jest znacznik w definicji typu wymiarowania, współczynniki te będą użyte do wymiarowania. We wszystkich pozostałych przypadkach użyte będą współczynniki długości wyboczeniowej określone w odpowiedniej definicji typu wymiarowania. W przypadku gdy wymiarowany będzie pręt lub element, dla którego nie przypisano współczynników wyboczeniowych, a w definicji typu zaznaczony będzie znacznik jak wyżej, moduł wymiarujący do wymiarowania pobierze wartości współczynników wyboczenia tak jak dotychczas – z definicji typu wymiarowania przypisanej do tego pręta lub elementu wymiarowego.

Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

Analogicznie gdy do prętów lub elementów wymiarowych przypisane będą (lub nie będą) współczynniki długości wybozeniowej, a w definicji typu wymiarowania opisany powyżej znacznik będzie odznaczony, program wymiarujący posłuży się współczynnikami długości wybozeniowej określonymi w odpowiedniej definicji typu wymiarowania i pominie współczynniki przypisane do prętów i elementów. Skrócony opis powyższej funkcjonalności przedstawiono w tabeli:

| Stan znacznika w definicji typu pręta lub elementu         | zaznaczony   |           | odznaczony   |           |
|--|--------------|-----------|--------------|-----------|
|  | nieokreślony | określony | nieokreślony | określony |
| Współczynniki długości wybozeniowej pręta lub elementu     |              |           |              |           |
| Wymiarowanie na współczynniki przypisane do pręta/elementu | -            | +         | -            | -         |
| Wymiarowanie na współczynniki określone w definicji typu   | +            | -         | +            | +         |

Taka funkcjonalność programu z jednej strony zachowuje kompatybilność z projektami utworzonymi we wcześniejszych wersjach programu, a z drugiej pozwala na użycie takiej samej definicji typu wymiarowania dla całej grupy prętów, przy czym współczynniki długości wybozeniowej mogą być różne dla kilku lub wszystkich prętów/elementów w tej grupie.

#### 4.36.2. Parametry kalkulatora pobierane z modelu

Po zaznaczeniu pojedynczego pręta lub elementu wymiarowego i wywołaniu  **Kalkulatora współ. długości wybozeniowej** z menu kontekstowego prawego klawisza myszki otwiera się okno kalkulatora, do którego przekazywane są dane z projektowanego modelu. Dane te można podzielić na trzy odrębne grupy:

- dane dotyczące liczonego pręta lub elementu,
- dane dotyczące elementów przyległych w węźle początkowym liczonego pręta lub elementu,
- dane dotyczące elementów przyległych w węźle końcowym liczonego pręta lub elementu.

Dane dotyczące liczonego pręta lub elementu:

Element, dla którego liczone są współczynniki długości wybozeniowej, jest zawsze pojedynczym prętem lub elementem wymiarowym. Dla niego ustalane są dwie wzajemnie prostopadłe płaszczyzny wybożenia (XZ i XY) pokrywające się z odpowiednimi osiami lokalnymi tego pręta lub elementu i których linia przecięcia pokrywa się z osią lokalną X zlokalizowaną wzdłuż osi pręta lub elementu. Dla pręta lub elementu liczonego ustalana jest jego długość, moduł Younga oraz momenty bezwładności przekroju w obu płaszczyznach wybożenia oraz sposób zakończenia pręta lub elementu w węźle początkowym i końcowym (przegubowy lub sztywny). Jeśli w węźle początkowym lub końcowym pręt

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

lub element zakończony jest przegubem, wówczas w dalszych rozważaniach pomijane są wszystkie elementy dochodzące w tym węźle z wyjątkiem podpór.

Dane dotyczące elementów przyległych w węźle początkowym i końcowym liczonego pręta lub elementu:

W pierwszej kolejności w węzłach początkowym i końcowym elementu liczonego rozpoznawane są podpory: przegubowa lub sztywna. Jeśli jedna z tych podpór zostanie rozpoznana w węźle, pomijane są w dalszych rozważaniach wszystkie pozostałe elementy dochodzące w tym węźle (ewentualne rygle i słupy).

Przez podparcie przegubowe pręta lub elementu liczonego w węźle początkowym lub końcowym rozumie się taką blokadę przemieszczeń w tym węźle, dla której przynajmniej jedna z tych blokad tworzy z osią pręta liczonego kąt mniejszy niż 90 stopni.

Przez podparcie sztywne pręta lub elementu liczonego w węźle początkowym lub końcowym rozumie się opisane powyżej podparcie przegubowe, dla którego dodatkowo wektor prostopadły do przynajmniej jednej z płaszczyzn blokady obrotu ma składową prostopadłą do rozpatrywanej płaszczyzny wyboczenia.

Z takiej definicji podpór wynika, że podpora przegubowa rozpoznawana jest jednocześnie dla obu płaszczyzn wyboczenia, a podpora sztywna osobno dla płaszczyzny XZ i osobno dla płaszczyzny XY. Stąd też wynika, że pręt/element liczony może być w jednej płaszczyźnie podparty przegubowo, a w drugiej np. sztywno.

Jeśli w węzłach początkowym i końcowym elementu liczonego nie zidentyfikowano podpór według powyższych wytycznych, program przechodzi do identyfikacji pozostałych elementów dochodzących, czyli rygli i słupów. W pierwszej kolejności wśród wszystkich elementów dochodzących w dalszych rozważaniach eliminowane są te, które do danego węzła początkowego lub końcowego dochodzą przegubem oraz te, które na przeciwległym końcu zakończone są „wolnym końcem”. Wszystkie pozostałe elementy dochodzące do węzłów początkowego i końcowego dzielone są na słupy i rygle w danej płaszczyźnie wyboczenia. Za słupy uważa się wszystkie elementy dochodzące do węzła i dokładnie współliniowe z prętem/elementem liczonym, a za rygle wszystkie elementy do niego prostopadłe w danej płaszczyźnie wyboczenia. Wszystkie takie elementy mają ustawiony współczynnik liniowości na wartość 1. Program pozwala również uwzględnić przy ustalaniu sztywności połączeń w węzłach elementy dochodzące ukośnie do pręta/elementu liczonego w węźle. Przy tym uwzględniane są zarówno elementy dochodzące ukośnie w danej płaszczyźnie wyboczenia, jak i elementy ukośnie dochodzące w dowolny sposób. Wszystkie te elementy można zidentyfikować w kalkulatorze po tym, że ich **współczynnik liniowości** jest zawsze mniejszy od 1 i zależy on od proporcji kąta ułożenia elementu ukośnego względem rzeczywistych lokalizacji słupów i rygli w obu płaszczyznach wyboczenia. Sztywność takiego elementu rozkładana jest **współczynnikiem liniowości** na słup i rygle w obu płaszczyznach wyboczenia. Stąd wniosek, że ilość słupów i rygli dochodzących do węzła pręta/elementu liczonego może być w ogólnym przypadku dowolna. Jeśli jednak użytkownik chce wyeliminować z rozważań wszystkie elementy dochodzące ukośnie (wariant bardziej konserwatywny), wystarczy w poszczególnych tabelkach, gdzie **współczynnik liniowości** jest mniejszy niż 1, ustawić ten współczynnik na „0” lub usunąć taki wiersz z tabelki. Dla wszystkich elementów dochodzących do węzła przyjmowany jest w rozpatrywanej płaszczyźnie wyboczenia moment

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

beźwładności względem tej osi lokalnej elementu dochodzącego, dla której kąt względem tej płaszczyzny wyboczenia jest największy. Jeśli kąt ten jest mniejszy niż  $90^\circ$ , to tak przyjęty moment bezwładności dodatkowo jest redukowany współczynnikiem stanowiącym stosunek wartości tego kąta do kąta prostego. Pozostałe parametry potrzebne do ustalenia sztywności pręta dochodzącego, takie jak moduł Younga i długość, pobierane są z danych modelu.

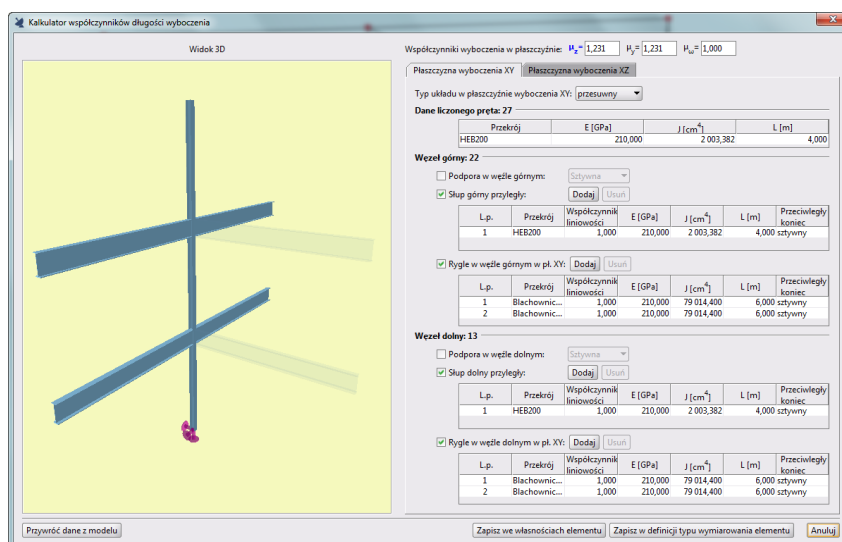
Na koniec ustalany jest sposób zakotwienia (w pozostałych elementach konstrukcji lub podporze) dla każdego elementu dochodzącego, na przeciwległym jego końcu (przegubowy lub sztywny). W przypadku przegubowego zakończenia elementu dochodzącego na przeciwległym końcu do dalszych rozważań brana jest zachowawczo połowa sztywności tego pręta.

Ustalenia te realizowane są dla wszystkich elementów dochodzących w węzłach, osobno w każdej płaszczyźnie wyboczenia.

Opisane powyżej automatyczne przekazywanie danych z modelu do kalkulatora współczynników długości wyboczeniowej w większości typowych przypadków pozwala na szybkie ustalenie właściwych współczynników wyboczenia dla prętów i elementów układu ramowego. Jednakże ze względu na to, że model prętowy zbudowany w programie może być całkowicie dowolny i ogólny, mogą zdarzyć się przypadki, w których użytkownik powinien dostosować tak otrzymane dane do konkretnej sytuacji projektowej występującej w modelu (np. gdy element dochodzący z jakichś powodów został podzielony na kilka prętów współliniowych). Dlatego też w opisywanym kalkulatorze umożliwiono pełną edycję wszystkich danych przekazanych z modelu, jak również ręczną możliwość usuwania i dodawania nowych elementów dochodzących.

#### 4.36.3. Okno kalkulatora współczynników długości wyboczeniowych

Po wywołaniu kalkulatora współczynników długości wyboczeniowych dla pręta lub elementu wymiarowego otwarte zostanie okno jak niżej.



Rys. 165 Okno kalkulatora współczynników długości wyboczeniowych

Na górze okna, z prawej strony, wyświetlane są wyznaczone w kalkulatorze współczynniki wyboczenia opisane indeksem względem danej osi lokalnej elementu liczonego ( $\mu_z$  odpowiada wyboczeniu

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

w płaszczyźnie XY, a  $\mu_y$  wyboczeniu w płaszczyźnie XZ). Współczynnik wyboczenia giętnego, który odpowiada danym w odpowiedniej płaszczyźnie zamieszczonym na aktualnie wyświetlanej zakładce, oznaczony jest pogrubioną czcionką niebieską. Niżej znajdują się dwie zakładki zawierające dane wczytane z modelu odpowiednio dla: **Płaszczyzny wyboczenia XY** i **Płaszczyzny wyboczenia XZ**. Dane te podzielone są na cztery grupy zawierające:

- Typ układu w płaszczyźnie wyboczenia XY/XZ (przesuwny/nieprzesuwny).
- Dane elementu/pręta liczonego.
- **Węzeł górny** – zawiera dane dotyczące podpór lub elementów schodzących się w danej płaszczyźnie w węźle górnym.
- **Węzeł dolny** – zawiera dane dotyczące podpór lub elementów schodzących się w danej płaszczyźnie w węźle dolnym.

Dane elementu liczonego zawierają nazwę przekroju wczytanego z modelu, jego moduł sprężystości i moment bezwładności względem osi prostopadłej do danej płaszczyzny wyboczenia oraz długość tego elementu.

Dane dotyczące węzłów (górnego lub dolnego) zawierają informacje o ewentualnym sposobie podparcia węzła (sztywnym lub przegubowym), a jeśli nie rozpoznano podpory – dane dotyczące elementów dochodzących w danej płaszczyźnie wyboczenia podzielone osobno na słupy i rygle. Dane te są analogiczne jak w przypadku elementu liczonego, lecz dodatkowo uzupełnione są o liczbę porządkową (elementów dochodzących może być kilka), współczynnik liniowości (przyjmujący wartości od 0 do 1 i określający, w jakim stopniu dany element ukośny jest słupem, a w jakim rygłem) oraz parametr określający sposób mocowania elementu dochodzącego na jego przeciwległym końcu.

Wszystkie powyżej opisane dane czytane są domyślnie z modelu w chwili uruchomienia okna kalkulatora osobno dla obu płaszczyzn wyboczenia. Wszystkie te dane są również dostępne do edycji dla użytkownika wraz z możliwością dodawania i usuwania elementów dochodzących w węzłach.

Dowolna zmiana danych w oknie kalkulatora zawsze powoduje przeliczenie na bieżąco wyznaczonych przez program współczynników wyboczenia. W niektórych przypadkach program nie jest w stanie wyznaczyć współczynnika wyboczenia (wówczas w jego polu wyświetli się znak „-”) lub wyznaczony współczynnik zbliża się do nieskończoności (wówczas w jego polu wyświetli się znak „∞”). W takich przypadkach użytkownik musi tak zmienić dane, by pojawiła się akceptowalna wielkość współczynnika wyliczonego przez program lub bezpośrednio zmienić wartość samego współczynnika, wpisując jego wartość w odpowiednie pole. Z takim przypadkiem będziemy mieć do czynienia prawie zawsze w układach płaskich w **R3D3** i **R2D2**, gdzie współczynnik z płaszczyzny układu przeważnie będzie nieokreślony (brak danych z modelu, co dzieje się w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu).

Na dole okna umieszczono trzy przyciski: **Zapisz we własnościach pręta/elementu**, **Zapisz w definicji typu wymiarowania dla pręta/elementu** oraz **Anuluj**. Pierwsze dwa przyciski zapisują wyznaczone lub wpisane współczynniki odpowiednio we własnościach pręta/elementu liczonego lub odpowiadającej im definicji typu wymiarowania. Warunkiem koniecznym do zapisania współczynników jest to, że żaden z nich nie jest nieokreślony lub równy nieskończoności. Przycisk **Anuluj** pozwala na bezwzględne opuszczenie okna kalkulatora bez zapisania współczynników. Do definicji typu

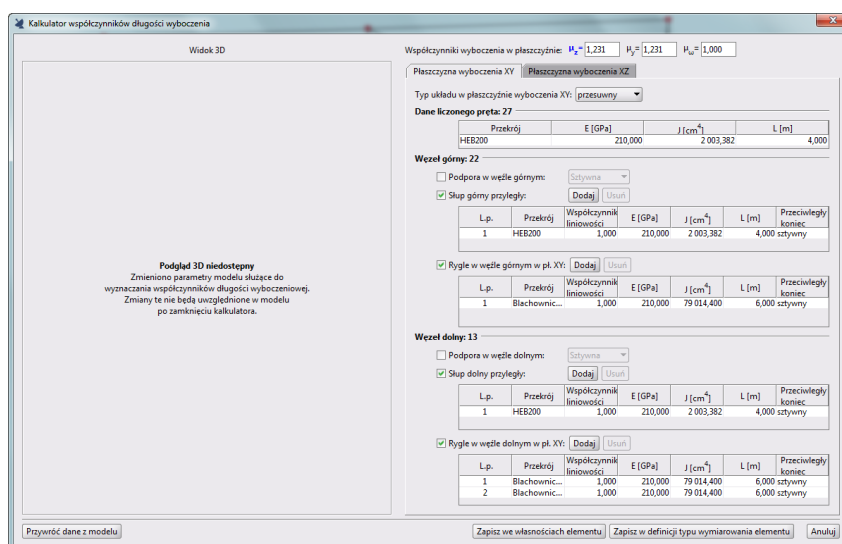


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

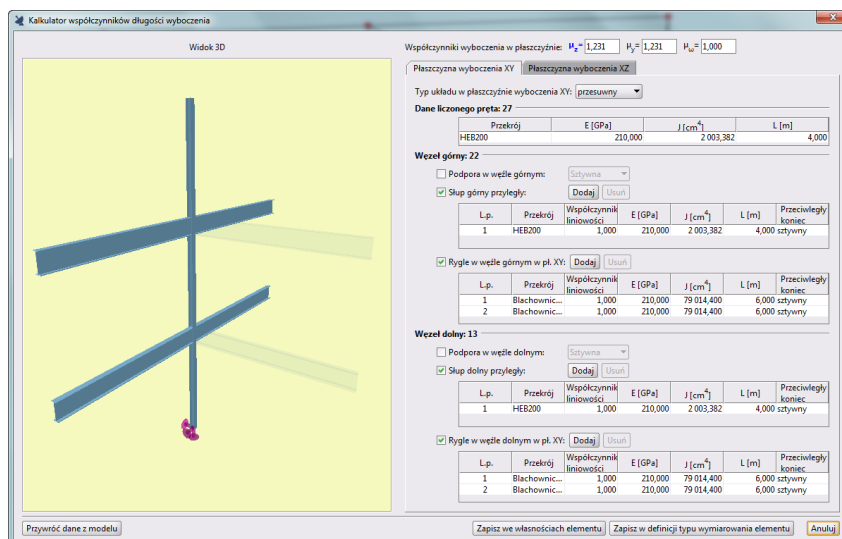
wymiarowania modułów **InterStal** i **EuroStal** lub **EuroStal BUILT-UP** przepisywane są wszystkie trzy współczynniki wybożenia, a do definicji typu wymiarowania modułów **EuroŻelbet**, **InterDrewno** i **EuroDrewno** tylko giętkie współczynniki wybożenia. We własnościach pręta lub elementu zapisane są zawsze wszystkie trzy współczynniki, niezależnie od tego, z jakiego materiału jest on wykonany. Choć kalkulator współczynników długości wybożeniowych generalnie przeznaczony jest dla układów słupowo-ryglowych w konstrukcjach stalowych, to ze względu na jego ogólne i konserwatywne podejście, wyniki wyznaczonych współczynników można również potraktować jako akceptowalne przybliżenie dla analogicznych układów w konstrukcjach żelbetowych.

Po lewej stronie okna wyświetlany jest podgląd fragmentu **Widoku 3D** układu, składający się z elementów (prętów i podpór) pobranych z modelu i uwzględnionych w wyznaczaniu współczynników długości wybożeniowej w kalkulatorze dla danego pręta lub elementu wymiarowego. Podgląd ten będzie wyświetlany tylko do momentu, gdy użytkownik zmieni dane po prawej stronie okna (z wyjątkiem typu układu: przesuwny/nieprzesuwny). Po wprowadzeniu dowolnej zmiany w danych do obliczeń w dowolnej z płaszczyzn wybożenia, zamiast podglądu zostanie wyświetlony komunikat: **Podgląd 3D niedostępny. Zmieniono parametry modelu służące do wyznaczania współczynników długości wybożeniowej. Zmiany te nie będą uwzględnione w modelu po zamknięciu kalkulatora.**



Rys. 166 Widok kalkulatora do wyznaczania współczynników długości wybożeniowej po ręcznej modyfikacji danych

W lewym dolnym rogu okna kalkulatora, pod polem z komunikatem, znajduje się przycisk **Przywróć dane z modelu**, wciśnięcie którego w każdej chwili usuwa dotychczas wprowadzone przez użytkownika zmiany w danych do wyznaczania współczynników i ponownie przywraca dane wyjściowe pobrane z modelu, a wraz z nimi podgląd **Widoku 3D** liczonego elementu.



Rys. 167 Widok okna kalkulatora po przywróceniu danych z modelu

W podglądzie **Widoku 3D** z lewej strony okna kalkulatora, jako nieprzezroczyste wyświetlane są te elementy (pręty i podpory), które brane są pod uwagę przy wyznaczaniu współczynnika długości wybočenja w danej, aktualnej płaszczyźnie XY lub XZ. Pozostałe elementy uwzględnione do obliczeń tylko w płaszczyźnie do niej prostopadłej wyświetlane są jako przezroczyste. Będzie tak do momentu zmiany płaszczyzny (zakładki) z prawej strony okna kalkulatora, gdy nieprzezroczyste staną się elementy uwzględniane w obliczeniach na danej aktywnej zakładce. Dodatkowo kolorem czerwonym wyróżniony będzie zawsze tylko jeden element – ten, którego parametry w danej chwili podlegają zaznaczeniu lub edycji w jednej z tabel z prawej strony okna kalkulatora.

#### 4.36.4. Opis działania kalkulatora

Działanie kalkulatora współczynników długości wybočenja słupów oparto na informacji uzupełniającej do procedur projektowania według Eurokodów opracowanych przez **Access Steel - SN008a-PL-EU „Informacje uzupełniające. Długości wybočenja słupów: podejście ścisłe”**.

W przypadku obustronnego podparcia podporami węzłów elementu liczonego lub wspornika przyjęto w kalkulatorze bardziej rzeczywiste wartości współczynników długości wybočenja, niż wynikałoby to z teoretycznego modelu wytrzymałości materiałów.

| Podpora w węźle początkowym | Podpora w węźle końcowym | Teoretyczny współczynnik długości wybočenja | Przyjęty współczynnik długości wybočenja |
|-----------------------------|--------------------------|---|--|
| sztwna                      | sztwna                   | 0.5   | 0.695                                    |
| przegubowa                  | przegubowa               | 1.0   | 1.0                                      |
| sztwna                      | przegubowa               | $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$                | 0.806                                    |

|        |              |   |   |
|--------|--------------|---|---|
| szywna | wolny koniec | 2 | 2 |
|--------|--------------|---|---|

Przyjęto również, że w węźle początkowym i końcowym stosunek sztywności elementów słupowych do sztywności wszystkich elementów (słupów i rygli) w tym węźle w układach rzeczywistych nie może być mniejszy niż 0,3.

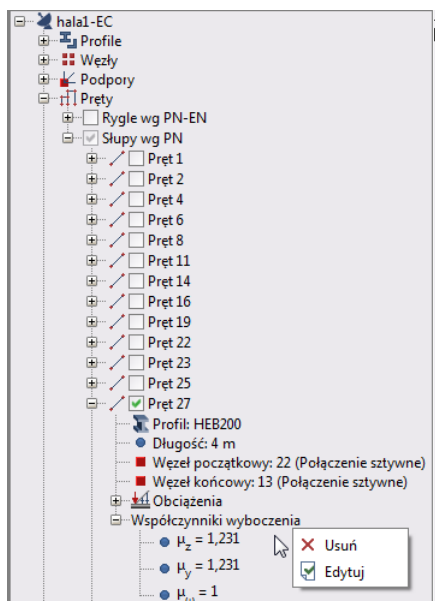
Przy wyznaczaniu sztywności poszczególnych elementów dochodzących przyjęto do obliczeń: dla elementu zamocowanego sztywno na drugim końcu – 100% jego sztywności, a dla elementu z przegubem na drugim końcu, mającego przeważnie pojedynczą krzywiznę – 50% jego sztywności (podejście konserwatywne). Założono również, że wszystkie elementy dochodzące pozostają w trakcie obciążenia w stanie sprężystym. Jeśli w trakcie wymiarowania elementu stalowego w którymś punkcie na jego długości (przeważnie na podporze) przekroczono nośność sprężystą na zginanie, czyli powstanie przegub plastyczny, wówczas współczynniki długości wyboczeniowej uzyskane w kalkulatorze z udziałem takiego elementu należy przeliczyć ponownie, zakładając w tym miejscu przegub.

Jeśli w jednym z węzłów elementu liczonego występują elementy dochodzące, a w drugim podpora, to przyjęto, że sztywność zamocowania tego elementu w podporze wynosi dla utwierdzenia tyle co sztywność elementu mocowanego a dla podpory przegubowej 10% sztywności elementu mocowanego. Wówczas stosunek sztywności elementu liczonego względem sztywności całego mocowania w tej podporze przyjęto: dla podpory sztywnej 0,5, a dla podpory przegubowej 0,909.

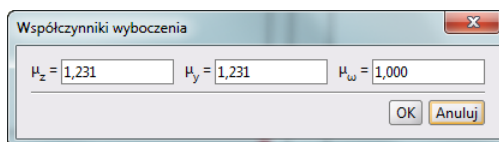
Przy wyznaczaniu współczynników w konstrukcjach stalowych, poza giętnymi współczynnikami długości wyboczeniowej  $\mu_z$  i  $\mu_y$ , potrzebny jest również współczynnik długości wyboczeniowej skrętnej  $\mu_\omega$ . Ponieważ w „**Informacjach uzupełniających: Siły krytyczne przy wyboczeniu skrętnym i giętno-skrętnym**” – SN001a-PL-EU opracowanych przez **Access Steel** zalecane jest, aby w elementach, które nie są w specjalny sposób zabezpieczone na końcach przed spaceniem, jako długość wyboczeniową skrętną przyjmować fizyczną długość elementu. Dlatego też w kalkulatorze zawsze przyjmowana jest wartość tego współczynnika  $\mu_\omega = 1$ .

#### 4.36.5. Edycja współczynników długości wyboczeniowej

Po zdefiniowaniu współczynników długości wyboczeniowych przypisanych do poszczególnych prętów lub elementów wymiarowych, wartości tych współczynników można edytować na dwa sposoby. Jeden to ponowne wywołanie kalkulatora długości wyboczeniowej dla danego pręta lub elementu i ponowne wyliczenie ich wartości lub ręczne wpisanie innych wartości współczynników w odpowiednie pola edycyjne oraz ponowne ich zapisanie we własnościach prętów lub elementów z poziomu okna kalkulatora. Druga możliwość to wywołanie okna edycji wartości współczynników z „drzewa projektu”. Edycja ta dostępna będzie jedynie dla tych prętów lub elementów wymiarowych, dla których wcześniej określono współczynniki za pomocą kalkulatora. Wówczas w „drzewie projektu” dla gałęzi **Pręty** lub **Elementy wymiarowe** dla wybranego pręta lub elementu pojawi się grupa **Współczynniki długości wyboczeniowej**, po zaznaczeniu której w menu kontekstowym prawego klawisza myszki pojawią się opcje **Usuń** i **Edycja**. Opcja **Usuń** likwiduje współczynniki przypisane do pręta lub elementu wymiarowego, a funkcja **Edycja** wywołuje dodatkowe okno edycji wszystkich współczynników dla tego pręta lub elementu.



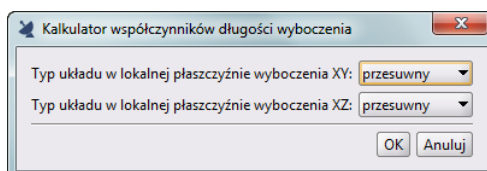
Rys. 168 Wywołanie edycji współczynników długości wyboczeniowej z „drzewa projektu



Rys. 169 Okno edycji współczynników długości wybożenia

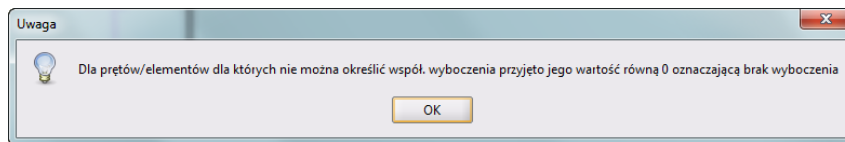
#### 4.36.6. Zbiorcze wyznaczanie współczynników długości wyboczeniowej i ich edycja

Po zaznaczeniu wielu prętów oraz ciągów prętów tworzących elementy wymiarowe w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dostępna jest dla nich funkcja: **Wyznacz współ. długości wyboczeniowych**. Po jej wybraniu uruchamiane jest mocno zredukowane okno **Kalkulatora współczynników długości wybożenia**, w którym użytkownik powinien określić typ układu (**przesuwny/nieprzesuwny**) w obu lokalnych płaszczyznach wybożenia zaznaczonych prętów układu. Wszystkie dodatkowe opcje edycyjne kalkulatora dostępne przy jego uruchomieniu dla pojedynczego pręta lub elementu wymiarowego są w tym przypadku niedostępne, a dalsze wyznaczanie wartości współczynników wybożenia odbywa się na podstawie danych zaczytanych w tle bezpośrednio z modelu dla każdego pręta oddzielnie. Dane te są identyczne jak dane widoczne w oknie kalkulatora przy jego wywołaniu dla pojedynczego pręta lub elementu wymiarowego.



Rys. 170 Zredukowane okno Kalkulatora współczynników długości wyboczeniowej uruchomionego dla wielu prętów

W przypadku gdy dla jednego z zaznaczonych prętów nie ma możliwości wyznaczenia współczynnika długości wyboczeniowej (jest on nieokreślony), zostanie wyświetlony poniższy komunikat:



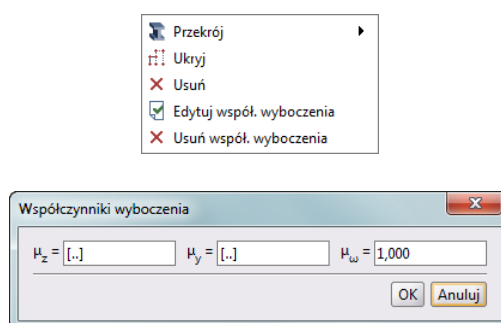
Rys. 171 Komunikat dla prętów, których współczynnik długości wyboczeniowej jest nieokreślony

Oznacza on, że dla płaszczyzn wyboczenia zaznaczonych prętów, dla których nie ma możliwości wyznaczenia współczynnika długości wyboczeniowej (są one nieokreślone), przyjęty zostanie współczynnik równy zero, oznaczający brak wyboczenia. Dla wszystkich zaznaczonych prętów, do których przypisano współczynniki długości wyboczeniowej wyznaczone z kalkulatora, wyświetlane będzie oznaczenie „ $\mu$ ” (o ile wykonano odpowiednie zaznaczenie dla danej zakładki w oknie **Ustawień**). W przypadku gdy przynajmniej jeden ze współczynników wyboczenia danego pręta przyjęty został równy zero – brak wyboczenia, oznaczenie wyznaczenia współczynników wyboczenia „ $\mu$ ” dla tego pręta wyświetlone zostanie z podkreśleniem.

W „drzewie projektu” w gałęzi **Pręty** na poziomie **Grup prętów** i pojedynczych prętów wprowadzono w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dwie opcje:

- **Edytuj współ. wyboczenia** – pozwala na ręczną edycję wartości współczynników długości wyboczeniowej prętów lub grup prętów wyznaczonych za pomocą **Kalkulatora współczynników długości wyboczeniowej**.
- **Usuń współ. wyboczenia** – pozwala na usunięcie wszystkich współczynników długości wyboczeniowej przypisanych do prętów lub grup prętów za pomocą **Kalkulatora współczynników długości wyboczeniowej**. Wówczas przy wymiarowaniu program będzie posługiwał się współczynnikami określonymi dla tych prętów w przypisanej im definicji typu wymiarowania.

Powyższe opcje są dostępne dla pojedynczych prętów lub kilku prętów w grupie prętów, dla których wcześniej wyznaczono współczynniki za pomocą kalkulatora.



Rys. 172 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki w „drzewie projektu” dla prętów i grup prętów oraz okno edycji wartości współczynników długości wyboczeniowej



## 5. Przekroje elementów

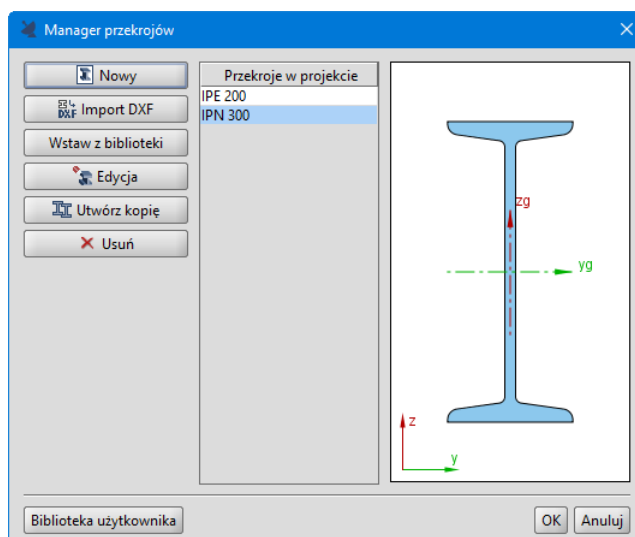
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Dla każdego pręta w projekcie musi być określony kształt jego przekroju poprzecznego. Program **R3D3-Rama 3D** umożliwia tworzenie przekrojów pojedynczych lub złożonych o dowolnym kształcie, typowych przekrojów wielogałęziowych, a także przekrojów pojedynczych o zmiennej geometrii. Wszystkie charakterystyki geometryczne przekroju są automatycznie obliczane przez program.

## 5.1. Manager przekrojów

Podstawowym oknem służącym do pracy z przekrojami jest okno  **Managera przekrojów**. Służy ono do zarządzania przekrojami zdefiniowanymi w projekcie oraz w bibliotece użytkownika. Dostęp do  **Managera przekrojów** możliwy jest bezpośrednio z głównego paska narzędziowego lub z ikonki usytuowanej na zakładce **Geometria**, przy liście wyboru **Przekrój**.





Rys. 173 Manager przekrojów

W centralnej części okna znajduje się lista przekrojów zdefiniowanych w projekcie. Po prawej stronie wyświetlany jest zaznaczony przekrój. Po lewej stronie znajdują się przyciski z dostępnymi opcjami. W dolnej części okna znajduje się przycisk służący do wywoływania **Biblioteki użytkownika**.

Podczas otwierania okna **Managera** program odczytuje profil zaznaczonych prętów w projekcie i automatycznie wybiera go w **Managerze**. Jeśli żaden pręt nie był zaznaczony lub zaznaczone pręty miały różne przekroje, to w **Managerze** nie zostanie wybrany żaden przekrój. Po wciśnięciu przycisku **OK** profil wybrany w **Managerze** zostaje przypisany do uprzednio zaznaczonych prętów.

Przyciski funkcyjne:

-  **Nowy** – pozwala na utworzenie nowego przekroju. Po wciśnięciu tego przycisku otwierane jest okno z przekrojami tablicowymi, z których należy wybrać zadany przekrój.
-  **Import DXF** – pozwala na import przekrojów ze specjalnie przygotowanego pliku **DXF**.

Podręcznik do programu

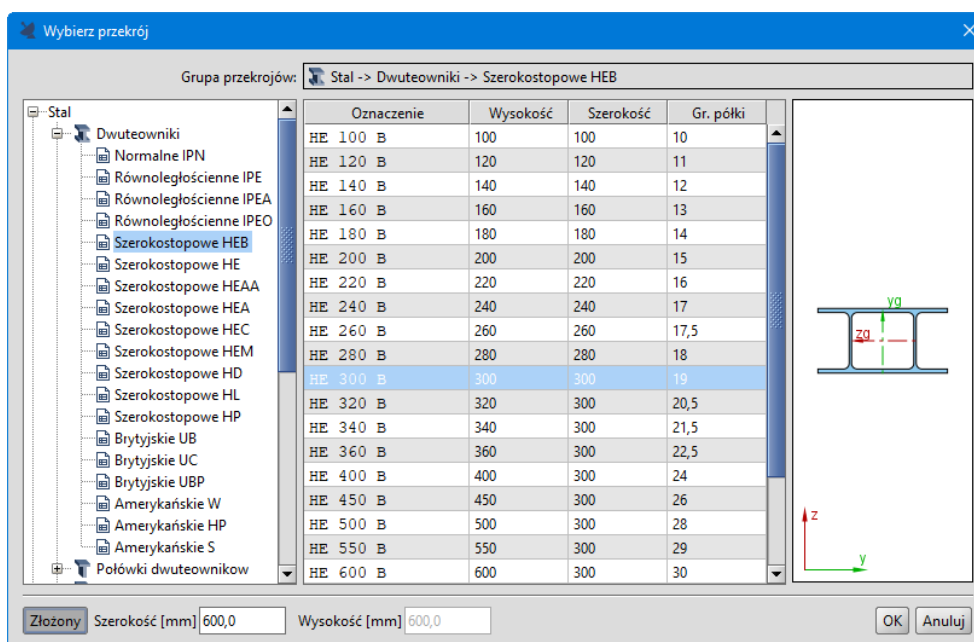
Opis programu R3D3-Rama 3D

- **Wstaw z biblioteki** – otwiera okno **Biblioteki użytkownika**, z której należy wybrać przekrój. Przekrój jest kopiowany do projektu, więc jego edycja nie wpływa na zawartość biblioteki.
- **Edycja** – rozpoczyna edycję zaznaczonego przekroju z projektu. Edycję przekroju rozpoczyna również dwukrotne kliknięcie myszką na nazwie przekroju umieszczonego na liście.
- **Utwórz kopię** – funkcja tworząca kopię przekroju wybranego z listy **Przekroje w projekcie**.
- **Usuń** – usuwa zaznaczony przekrój z projektu. Aby cofnąć usunięcie (oraz wszystkie inne dokonane zmiany), należy wcisnąć przycisk **Anuluj**.
- **Zamień końce pręta** – funkcja opcjonalna (tylko dla przekrojów o zmiennej geometrii), pozwalająca zamienić przekroje na początku i końcu pręta.

## 5.2. Przekroje tablicowe

W programie zawarta jest biblioteka przekrojów stalowych, żelbetowych oraz drewnianych. Przekrój wybiera się z okna biblioteki przekrojów typowych – **Wybierz przekrój**.

Rodzaj prezentowanej w oknie tablicy określamy przez rozwinięcie w „drzewie” profili typowych opisanych w nagłówku jako **Grupa przekrojów**. Z „drzewa” należy wybrać właściwą tablicę profili a po rozwinięciu również jego rozmiar.



Rys. 174 Wybierz przekrój

Zaznaczony przekrój jest wyświetlany po prawej stronie okna. Aby zatwierdzić wybór, należy wcisnąć przycisk **OK**.

Baza podstawowych profili tablicowych zapisana jest w programie w postaci pliku XML na podstawie najnowszych danych zawartych w katalogach firm ARCELOR GROUP i STALPRODUKT S.A. Informacje o profilach zawierają dane o podstawowych grupach profili europejskich oraz o wybranych grupach

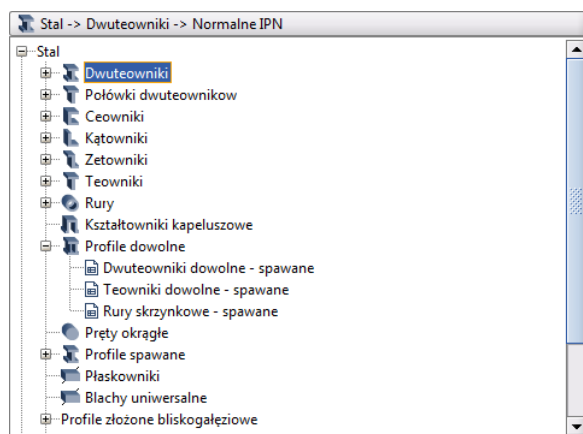


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

profilu brytyjskich i amerykańskich. W programie zamieszczono również bibliotekę stalowych profili zimnogiętych otwartych firmy Blachy Pruszyński; są to profile typu C, Z i  $\Sigma$ . Wszystkie profile tablicowe można edytować w zakresie ich podstawowych wymiarów w oknie **Edytora przekroju**.

Przy wstawianiu profili dodano możliwość automatycznego wstawiania podstawowych złożeń dwóch dwuteowników, połówek dwuteowników, teowników, ceowników, rur i profili drewnianych, a także dwóch lub czterech kątowników. Do tego celu służy przycisk **Złożony** umieszczony w lewym dolnym rogu okna **Wybierz przekrój**. Po jego wybraniu okno to zostanie uzupełnione o dodatkowe parametry złożenia, które użytkownik może modyfikować, takie jak **Szerokość**, a w przypadku 4 profili również **Wysokość**. W przypadku profili niesymetrycznych, takich jak na przykład kątowniki lub ceowniki, możemy dodatkowo zaznaczyć opcję **Lustra**, która odwraca ustawione profile „plecami”.



Rys. 175 Wybór grupy przekrojów tablicowych

Strukturę pliku bazy danych profili można podejrzeć w dowolnym edytorze plików XML (np. Internet Explorer). Baza ta zawiera typoszeregi podstawowych grup profili wraz z ich wymiarami i charakterystykami geometrycznymi zawartymi w katalogach producentów. Jednak w trakcie działania programu, w celu zapewnienia spójności danych, większość charakterystyk danego profilu wyliczana jest bezpośrednio przez program, a nie pobierana z bazy. Stąd mogą występować niewielkie różnice między wartościami podanymi przez producenta a wartościami wyliczonymi przez program. W wyjątkowych przypadkach, gdy potrzebna przy wymiarowaniu charakterystyka wymagana jest jedynie przy danym typie profilu, zacytywana jest ona bezpośrednio z bazy. Dotyczy to na przykład położenia środka ścinania dla przekrojów ceowych.

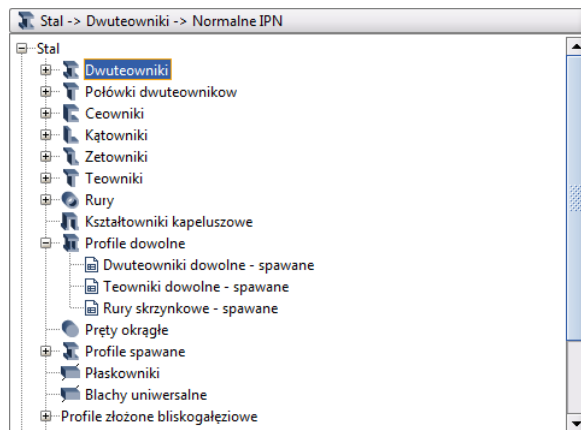
Aktualnie w bazie zamieszczono następujące typy profili stalowych walcowanych, spawanych i zimnogiętych otwartych i zamkniętych, złożonych, blisko- i dalekogałęziowych, żelbetowych i drewnianych oraz grupę przekroi o zmiennej geometrii:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 176 Wszystkie podstawowe grupy profili zawarte w programie

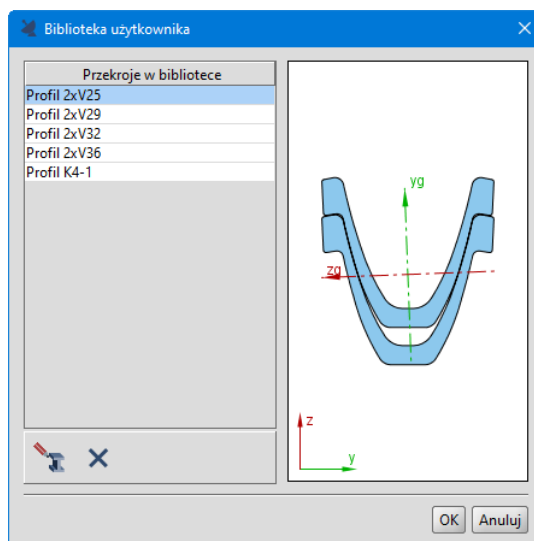
W bazie profili dołożono również grupę stalowych profili dowolnych (w domyśle spawanych), obejmującą trzy typy profili dowolnych: dwuteowy (o dowolnych szerokościach i grubościach poszczególnych pasów), teowy i skrzynkowy. Profile te (z wyjątkiem zimnogiętych otwartych) mogą być obliczane w zewnętrznych modułach do wymiarowania stali: **InterStal**, **EuroStal** i **EuroStal BUILT-UP**.



Rys. 177 Grupa stalowych profili dowolnych

### 5.3. Biblioteka użytkownika

Przekroje stworzone podczas pracy z projektem są zapisywane w pliku projektu. Aby wykorzystać je w różnych projektach, należy stworzone przekroje zapisać do **Biblioteki użytkownika**. Biblioteka jest niezależna od projektu i jest dostępna od razu po uruchomieniu programu.



Rys. 178 Biblioteka użytkownika

Okno biblioteki wywołuje się z okna **Managera przekrojów** przez wciśnięcie przycisków **Wstaw z biblioteki** lub **Biblioteka użytkownika**. Pierwszy przycisk służy do skopiowania przekroju z biblioteki do aktualnego projektu. Aby skopiować przekrój z biblioteki, należy wskazać go na liście i wcisnąć przycisk **OK**. Drugi tylko otwiera okno biblioteki, na przykład w celu sprawdzenia jej zawartości.

Poniżej listy przekrojów znajdują się ikony działań na aktywnym przekroju:

-  Edycja zaznaczonego przekroju z biblioteki,

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D


- ✕ Usunięcie zaznaczonego przekroju z biblioteki.

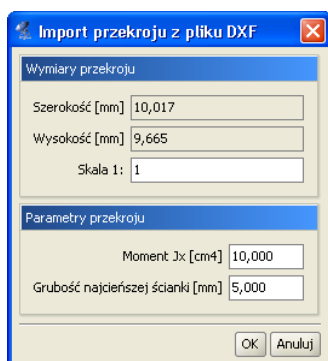
Aby cofnąć wszystkie wykonane zmiany (usuwanie i edycję przekrojów), należy wcisnąć przycisk **Anuluj**. **Biblioteka użytkownika** zawiera domyślnie 4 podwójne profile typowych obudów górniczych i 1 przykładowy profil ramy okiennej.

## 5.4. Przekroje o dowolnym kształcie

W programie istnieje możliwość importu nietypowego kształtu przekroju z pliku w formacie **DXF**. Daje to możliwość tworzenia przekrojów o dowolnym kształcie.

Dane muszą być specjalnie przygotowane, aby mogły zostać zaimportowane. W programie CAD kształt przekroju musi zostać narysowany polilinią, która znajduje się na warstwie o nazwie „0”. Polinia nie musi być zamknięta – program zamknie ją automatycznie podczas importu. Każda zdefiniowana w pliku **DXF** polinia może składać się jedynie z linii i nie może zawierać innych obiektów, takich jak na przykład łuki czy fragmenty okręgu (tego typu obiekty należy przybliżać łamaną). W celu stworzenia wycięcia w przekroju należy narysować je polilinią na warstwie o nazwie „1”.

Plik **DXF** musi zostać zapisany w formacie **DXF ASCII**. W definiowanym przekroju istnieje możliwość wykonania tylko jednego wycięcia w przekroju. W przypadku potrzeby wykonania kilku osobnych wycięć przekrój należy „rozciąć” tak, by w jednym przekroju znajdowało się jedno wycięcie. Następnie „rozcięte” części należy wczytać jako osobne pliki **DXF** do  **Managera przekrojów** i złożyć je w jeden przekrój w **Edytorze**.







Rys. 179 Import przekroju z pliku DXF

Podczas importu program wyświetli okno informacyjne, w którym można określić skalę dla importowanego kształtu (wymiary przekroju muszą być wczytane do programu w milimetrach). Dodatkowo należy podać także moment bezwładności na skręcanie, liczony jak dla przekroju otwartego oraz grubość jego najcieńszej ścianki.

## 5.5. Edycja przekrojów

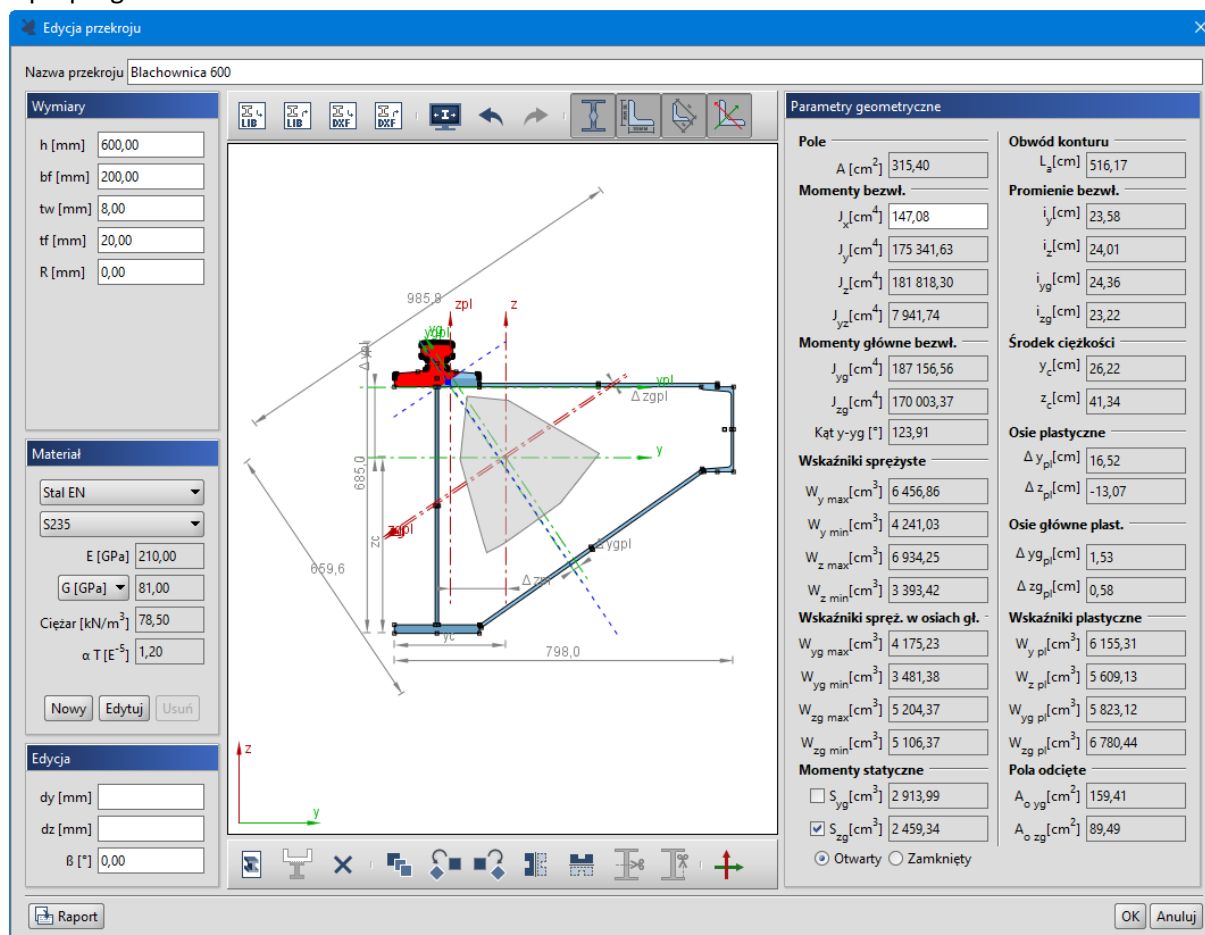
Modyfikacje oraz tworzenie przekrojów złożonych wykonuje się w oknie **Edycji przekroju**. Również w tym oknie określa się materiał przekroju pręta.

Wywołanie okna  **Edycji przekroju** można wykonać z  **Managera przekrojów** po zaznaczeniu przekroju przewidzianego do edycji. Inną opcją wywołania okna  **Edycji przekroju** jest zaznaczenie pojedynczego pręta układu lub grupy prętów o takim samym przekroju na ekranie graficznym i wybranie odpowiedniej opcji z menu prawego klawisza myszki. W tym drugim przypadku, jeśli nie zaznaczymy wszystkich prętów o takim samym przekroju, lecz kilka lub jeden, wówczas edytowany profil otrzymuje automatycznie nową nazwę, złożoną z nazwy dotychczasowej i dołożonego indeksu numerycznego. Operacja ta pozwala prętom niezaznaczonym pozostawić dotychczasowy przekrój, a prętom zaznaczonym do edycji nadać nowy o zmodyfikowanej nazwie. W przypadku wycofania się z edycji bez zmian profil o nowej nazwie nie zostanie wprowadzony do projektu. W przypadku celowej zmiany przez użytkownika nowej nazwy profilu na poprzednią, po edycji profilu zostanie on „podpięty” do wszystkich prętów w projekcie, do których ten profil był wcześniej przypisany, niezależnie od tego, czy były one zaznaczone do edycji, czy też nie.

Po lewej stronie okna  **Edycji przekroju** znajdują się grupy pól tekstowych przeznaczone do modyfikacji właściwości przekroju: **Wymiary**, **Materiał**, **Edycja**. W przypadku przekrojów wczytanych do edytora z biblioteki profili tablicowych, dla zaznaczonego pojedynczego profilu, w górnej części będą wyświetlone poszczególne jego wymiary (w innym przypadku grupa ta będzie pusta). Środkową część okna zajmuje ekran graficzny z widokiem przekroju oraz umieszczonymi pod nim przyciskami głównych funkcji edycyjnych. Natomiast po prawej stronie okna wyświetlane są informacje o parametrach i charakterystykach geometrycznych przekroju wyliczonych przez program. Oznaczenia poszczególnych parametrów zawierają indeksy dolne o następującym znaczeniu:

- $y$  – charakterystyka liczona względem osi „y”,
- $z$  – charakterystyka liczona względem osi „z”,
- $x$  – charakterystyka na skręcanie względem osi „x”
- $g$  – charakterystyka liczona względem osi głównej, centralnej,
- $pl$  – charakterystyka plastyczna,
- $c$  – środek ciężkości,
- $min$  – wartość minimalna,
- $max$  – wartość maksymalna.

W przypadku pokrywania się osi głównych i lokalnych dla danego przekroju (kąt obrotu y-yg równa się zero), odpowiednie charakterystyki liczone w obu układach będą sobie równe.



Rys. 180 Edycja przekroju

**Widok przekroju** – Podczas pracy w edytorze na przekrojach aktywne są punkty uchwytu. Rysowane są one jako niewielkie czarne kwadraty. Po najechaniu myszką na punkt uchwytu i wciśnięciu lewego przycisku myszy można przesuwać dany przekrój. Punkty uchwytu poszczególnych przekrojów przyciągają się – jeśli dwa punkty znajdą się dostatecznie blisko siebie, to przesuwany przekrój zostanie przyciągnięty. Umożliwia to wyrównywanie położenia przekrojów względem siebie. W środku ciężkości przekroju zaczepione są główne centralne osie bezwładności. Zielona oś  $y_g$  jest osią, względem której moment bezwładności jest największy.

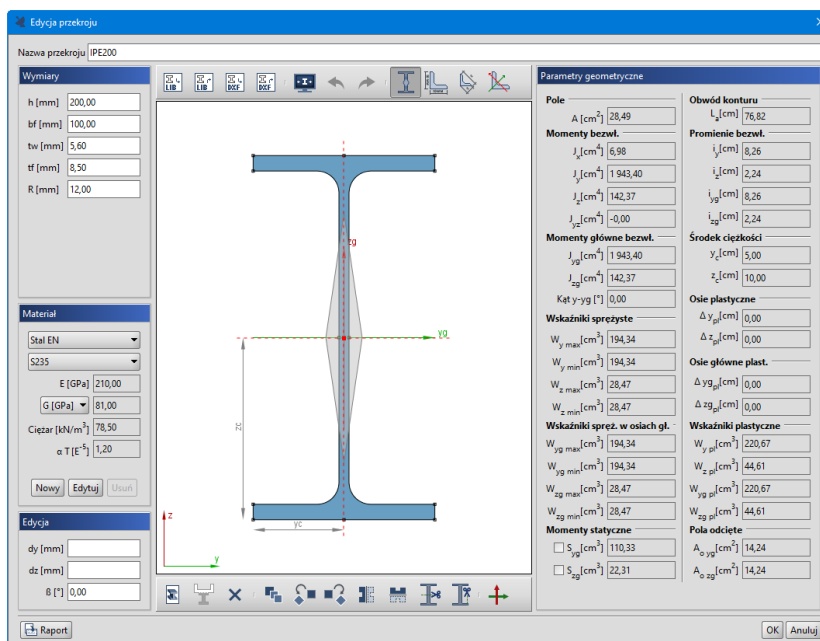
W części graficznej okna umożliwiono dowolne zoomowanie do wskazanego punktu i przesuwanie widoku. Funkcje te realizuje się rolką i prawym klawiszem myszki, analogicznie jak zoomowanie i przesuwanie na głównym ekranie graficznym programu.

W oknie graficznym przekroju można przez kliknięcie lewym klawiszem myszki zaznaczać poszczególne profile przekroju lub z wciśniętym klawiszem **SHIFT** zaznaczać wiele wskazanych profili w przekroju (**CTRL+A** – zaznacza wszystkie profile przekroju, **ESC** – odznacza wszystkie zaznaczone profile). Można scalać wiele nachodzących na siebie lub stykających się ze sobą, zaznaczonych profili, pod warunkiem że po scaleniu stanowią będą profil o co najwyżej jednym otworze w profilu. Umożliwiono zapis i odczyt (import i eksport) edytowanego przekroju w bazie użytkownika jak i w postaci pliku **DXF**. Można utworzone w generatorze przekroje zapisać (wyeksportować) do pliku **DXF** jako ciągłą zamkniętą polilinię o konturze zewnętrznym umieszczonym na warstwie „0” i konturze otworu w przekroju

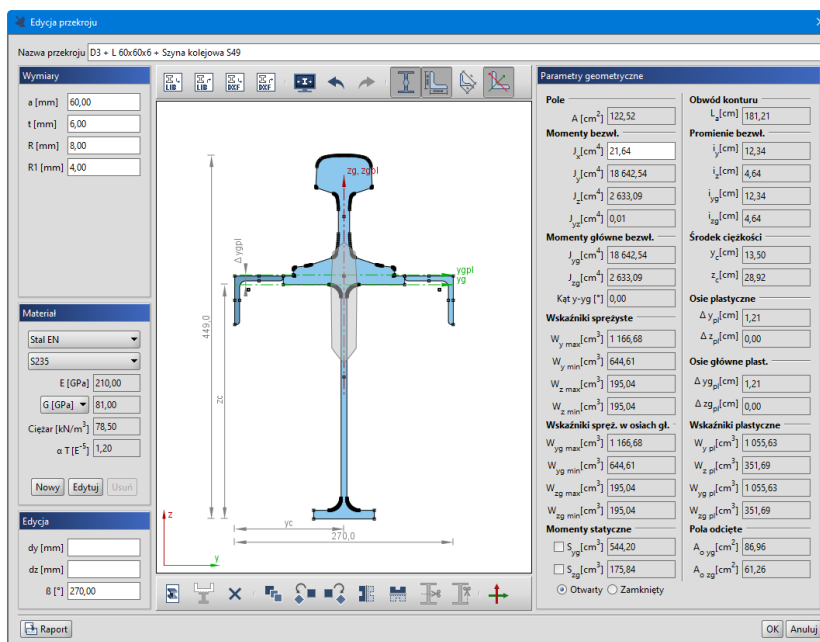
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

umieszczonym na warstwie „1”. W każdej chwili można wycentrować edytowany przekrój powiększając go do rozmiaru okna graficznego **Edytora przekroju**. Można również wyświetlić skrajne wymiary przekroju w układzie osi lokalnych lub układzie osi głównych. W oknie edytora wyświetlono wszystkie liczone charakterystyki geometryczne: wskaźniki, momenty i promienie bezwładności, momenty statyczne, pola powierzchni, obwód i wartości odsunięcia odpowiednich osi plastycznych od osi lokalnych i osi głównych centralnych danego przekroju. Umożliwiono wyświetlenie położenia odpowiednich osi plastycznych na widoku graficznym przekroju. O wszystkie wyliczone charakterystyki geometryczne przekroju uzupełniono też raport otrzymywany z **Edytora przekrojów** oraz odpowiednie pozycje w „drzewie projektu”.



Rys. 181 Okno Edytora przekrojów – jeden profil



Rys. 182 Okno Edytora przekrojów – kilka profili

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

**Edycja przekroju** polega na dodawaniu, usuwaniu oraz modyfikacji położenia i wymiarów przekrojów tworzących przekrój złożony. Aktualnie modyfikowany przekrój jest wyróżniony ciemniejszą barwą. Przekrój do modyfikacji należy wskazać przez kliknięcie lewym przyciskiem myszy na jego dowolnym punkcie przekroju. Po wskazaniu przekroju, w lewej części okna pojawiają się pola tekstowe służące do modyfikacji wymiarów (tylko w przypadku przekrojów tablicowych). Podczas wpisywania wartości wymiarów na widoku rysowane są odpowiednie linie wymiarowe ułatwiające rozpoznanie, który wymiar jest modyfikowany. Przekroje można przesuwać nie tylko myszką, ale również przez podanie z klawiatury współrzędnych wektora przesunięcia. Pola tekstowe do określenia wektora znajdują się w grupie **Edycja**. Wartości dx oraz dz oznaczają odpowiednio przesuw względny elementu w poziomie i w pionie. Wartości należy podawać w milimetrach. Kąt obrotu  $\beta[^\circ]$  jak i składowe wektora przesunięcia, dotyczą pojedynczo zaznaczonego lub zaznaczonych elementów przekroju złożonego lub całego przekroju gdy nie zaznaczono żadnego elementu przekroju.

Pozostałe funkcje edycyjne są dostępne z paska przycisków znajdującego się pod i nad widokiem przekroju lub z menu kontekstowego pod prawym klawiszem myszki na ekranie graficznym okna. Są to następujące funkcje:

- dla dolnego paska narzędziowego:



Wstawianie nowego przekroju tablicowego.



Scalanie zaznaczonych profili.



Usunięcie zaznaczonego przekroju (można użyć klawisza **Delete**).



Wstawianie kopii zaznaczonego profilu.



Obrót zaznaczonego przekroju w lewo o 45 stopni. W polu tekstowym znajdującym się w grupie **Edycja** można podać dokładną wartość kąta obrotu dla zaznaczonego przekroju.



Obrót zaznaczonego przekroju w prawo o 45 stopni (edycja obrotu jw.).



Lustrzane odbicie zaznaczonego przekroju względem osi pionowej.



Lustrzane odbicie zaznaczonego przekroju względem osi poziomej.



Funkcja docinania pojedynczego elementu w poziomie.





Funkcja docinania pojedynczego elementu w pionie.



Wyrównanie osi głównych, centralnych przekroju do osi lokalnego układu współrzędnych – funkcja ta wykonuje taki obrót przekroju, aż osie obu układów pokryją się.

- dla górnego paska narzędziowego:



Wczytanie przekroju z biblioteki użytkownika.



Zapis aktualnego przekroju do biblioteki użytkownika.



Wczytanie przekroju z pliku **DXF**.



Zapis aktualnego przekroju do pliku **DXF**.



Wycentrowanie przekroju.



Cofanie ostatniej operacji wykonanej na geometrii przekroju (**Ctrl + Z**).



Ponawianie ostatnio cofniętej operacji na geometrii przekroju (**Ctrl + Y**).



Funkcja włączania lub wyłączania widoku rdzenia przekroju.



Funkcja wyświetlania wymiarów skrajnych przekroju w osiach lokalnych.



Funkcja wyświetlania wymiarów skrajnych przekroju w osiach głównych, centralnych.



WyróFunkcja wyświetlania osi plastycznych przekroju w układzie osi lokalnych i głównych.,  
centralnych

Funkcje docinania przekroju aktywne są tylko wówczas, gdy edytowany jest pojedynczy profil. Wtedy na ekranie graficznym widoczny jest dodatkowo przerywany, czerwony krzyż nitkowy, który jest niczym innym, jak linią przecięcia przekroju (pionową lub poziomą). Funkcja cięcia uruchamiana jest naciśnięciem odpowiedniej ikony pod widokiem profilu lub przez wybór funkcji z menu kontekstowego prawego klawisza myszki. Aby precyzyjnie ustawić linię docięcia, należy ustawić środek przecięcia krzyża nitkowego na dowolnym punkcie charakterystycznym przekroju, a następnie zmodyfikować parametry tego ustawienia w grupie **Edycja** (dy, dz). Na skutek docięcia przekroju tablicowego dostajemy dwa lub więcej osobnych elementów, dla których nie mogą być już edytowane **Wymiary**.

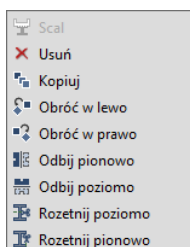
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Jeśli żaden przekrój nie jest zaznaczony, to funkcje obrotu i lustrzanego odbicia działają na całym przekroju. Dodatkowo można wtedy też obracać cały przekrój o podany kąt – należy wpisać go w polu  $\beta$ .

Przy lustrzanym odbiciu zaznaczonego elementu program spyta użytkownika, czy przy odbiciu ma być zachowany profil źródłowy.

**Menu kontekstowe** prawego klawisza myszki udostępnia część funkcji edycyjnych.



Rys. 183 Menu prawego klawisza myszki w oknie Edycji przekroju

W przypadku zaznaczenia elementu dostępne są w ten sposób funkcje: scalania, usuwania, kopiowania, obrotu, lustra i rozcinania (tylko przy edycji pojedynczego przekroju). W przypadku gdy żaden element nie jest zaznaczony, dostępne są jedynie funkcje: obrotu, lustra i rozcinania (również tylko przy edycji pojedynczego przekroju).

**Materiał** – W edytorze zdefiniowane są parametry podstawowych materiałów. Materiał przekroju można wybrać z rozwijanej listy znajdującej się w grupie **Materiał** lub samodzielnie zdefiniować jego parametry w polach tekstowych. Rodzaj materiału określa kolor przekroju. Przekroje metalowe są rysowane kolorem błękitnym, betonowe zielonym, a drewniane żółtym.

**Parametry geometryczne** – Wartości parametrów geometrycznych przekroju złożonego są aktualizowane po każdej operacji. W przekrojach złożonych parametry są obliczane dla części wspólnej przekrojów jednokrotnie. Oznacza to, że np. pola przekrojów, które się pokrywają, nie zostaną podwójnie zliczone. Oczywiście dotyczy to również wszystkich pozostałych parametrów.

W **Edytorze przekrojów** liczone są następujące charakterystyki geometryczne:

Pokazane na ekranie i w raporcie:

- Pole przekroju
- Momenty bezwładności na zginanie i skręcanie, moment dewiacyjny w osiach lokalnego układu współrzędnych pręta **LUW**.
- Momenty główne bezwładności i kąt skręcenia układu osi głównych, centralnych względem **LUW**.
- Wskaźniki sprężyste w osiach **LUW**.
- Wskaźniki sprężyste w osiach głównych, centralnych.
- Obwód konturu.
- Promienie bezwładności w **LUW** i układzie osi głównych, centralnych.
- Położenie środka ciężkości.
- Położenie osi plastycznych.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- Położenie osi głównych plastycznych.
- Wskaźniki plastyczne w osiach **L<sub>UW</sub>** i głównych, centralnych.
- Momenty statyczne części odciętych, liczone względem tych osi głównych.
- Pola powierzchni części odciętych jw.

Domyślnie na ekranie i w raporcie pokazywane są momenty statyczne części odciętych przez osie główne, liczone względem tych osi. Aby ustalić wartość momentów statycznych dowolnych części odciętych przekroju liczonych względem osi głównych, centralnych należy zaznaczyć jeden ze znaczników umieszczonych przy momentach statycznych w sekcji **Parametry przekroju**. Wówczas na ekranie graficznym część odcięta zostanie wyświetlona na czerwono i będzie ją można ustawiać dowolnie za pomocą niebieskiego krzyża nitkowego. Aby precyzyjnie ustawić linię odcięcia, należy ustawić środek przecięcia krzyża nitkowego na dowolnym punkcie charakterystycznym przekroju, a następnie zmodyfikować parametry tego ustawienia w grupie **Edycja** (dy, dz).

W przypadku momentu skręcającego  $J_x$  dostępne są dwie metody wyznaczania jego wartości. Pierwsza to suma momentów skręcających poszczególnych przekrojów składowych przekroju złożonego. Momenty składowe obliczane są jak dla przekrojów cienkościennych otwartych według wzoru:

$$J_x = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n h * t^3 \quad (7)$$

gdzie:

$h$  – wysokość ścianki,

$t$  – grubość ścianki.

Drugą możliwością jest potraktowanie przekroju jako przekroju cienkościennego zamkniętego. Przykładem takiego przekroju są dwa ceowniki zespawane w rurę. Zaznaczając opcję **Zamknięty** znajdującą się w grupie **Parametry geometryczne**, uaktywniamy ten tryb obliczeń. Moment  $J_x$  jest wówczas obliczany ze wzoru:

$$J_x = \frac{4 * A_0^2 * \Delta_{\min}}{s} \quad (8)$$

gdzie:

$A_0$  – pole powierzchni wielokąta wypukłego opisanego na grupie przekrojów, ograniczone linią środkową najcieńszej ścianki,

$\Delta_{\min}$  – grubość najcieńszej ścianki,

$S$  – długość obwodu obliczona dla wielokąta jw. pocienionego o pół grubości najcieńszej ścianki.

$J_y$  oraz  $J_z$  to momenty bezwładności liczone odpowiednio względem osi poziomej oraz pionowej, zaczepionych w środku ciężkości przekroju.  $J_{y_g}$  oraz  $J_{z_g}$  to główne centralne momenty bezwładności przekroju. Kąt **y-yg** to kąt między poziomą osią  $y$  a osią główną  $y_g$ .

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Wskaźniki wytrzymałości policzone są względem osi poziomej  $y$  oraz pionowej  $z$ . Podane są maksymalna i minimalna wartość obu wskaźników. Dalej podane są promienie bezwładności liczone w układzie lokalnym oraz w osiach głównych, centralnych, a na samym końcu współrzędne położenia środka ciężkości.

Dla profili pojedynczych z pliku **DXF** użytkownik definiuje wartość  $J_x$  oraz podaje minimalną grubość ścianki dla tego profilu (dla pojedynczego profilu z pliku **DXF** dostępne są przełączniki zamknięty/otwarty oraz edycja wartości  $J_x$ ).

W przypadku profilu złożonego program może policzyć  $J_x$  jak dla profilu otwartego ze wzoru (1) (jako sumę momentów bezwładności na skręcanie elementów składowych) lub jak dla profilu zamkniętego ze wzoru (2) (biorąc pole i obwód figury wypukłej opisanej na przekroju i minimalną grubość ścianki elementów, na których opisywana jest figura). Wartość momentu dla całego przekroju złożonego może też użytkownik podać zamiennie bezpośrednio w polu edycyjnym.

W przypadku rozcinania pojedynczego elementu wstępnie całkowity moment wyjściowy figury rozdzielany jest stosunkiem pól na poszczególne części rozcięte i do każdej z nich przypisywana jest minimalna grubość elementu wyjściowego (działanie podobne jak przy wczytywaniu **DXF**). Po rozcięciu  $J_x$  nie zmienia się (z wyjątkiem profili zamkniętych) aż do usunięcia jakiejś części, kiedy to spada o  $J_{xi}$  części usuniętej. Zaraz po rozcięciu profilu tablicowego pokazują się przełączniki otwarty/zamknięty, przy czym domyślnie zaznaczony jest otwarty ( $J_x$  jest sumą  $J_{xi}$  części). Można też wpisać wartość użytkownika – wówczas oba przełączniki są odznaczone. W przypadku rozcinania pojedynczych przekrojów zamkniętych (rury okrągłe, prostokątne, kwadratowe i skrzynki) powstaje przeważnie profil otwarty (lub rozcięty). Wówczas przed rozdziałem momentu  $J_x$  przeliczany jest on dla danego profilu jak dla profilu otwartego, a następnie rozdzielany na części stosunkiem pól.

Należy również pamiętać, że przy zapisie do biblioteki użytkownika wartości  $J_x$  (policzone przez program lub wpisane przez użytkownika), łącznie z grubością minimalną ścianki elementu, zapisują się w bibliotece i mogą być z niej odczytane. W bibliotece zapisują się wartości  $J_{xi}$  i grubości części składowych oraz  $J_x$  całego zapisywanego złożenia, niezależnie od tego, czy suma  $J_{xi}$  równa się  $J_x$ , czy nie.

W przypadku dokładania jednego profilu do drugiego moment  $J_x$  jest sumą momentów  $J_{xi}$  części składowych, a w przypadku odejmowania różnicą, przy czym odejmowanie ma miejsce aż do momentu, gdy jako jego skutek dostalibyśmy wartość ujemną – wówczas wartością końcową  $J_x$  jest ostatnia wartość dodatnia.

**Biblioteka użytkownika** – Podczas pracy w edytorze w każdej chwili można zapisać aktualny stan przekroju do biblioteki użytkownika. Każdorazowe wciśnięcie przycisku **Zapisz do biblioteki** spowoduje stworzenie nowego przekroju w bibliotece. Można również w każdej chwili wczytać tak zapisany profil z biblioteki funkcją **Wczytaj z biblioteki**.

Aby cofnąć wszystkie wykonane zmiany (usuwanie i edycje przekrojów), należy wcisnąć przycisk **Anuluj**.

Po zakończeniu edycji przekroju, wciskając przycisk **Raport**, można wykonać dodatkowy jednostronicowy raport zawierający wszystkie parametry i charakterystyki edytowanego przekroju. Przykład widoku takiego raportu pokazano poniżej:

**R3D3-Rama 3D - Parametry przekroju**

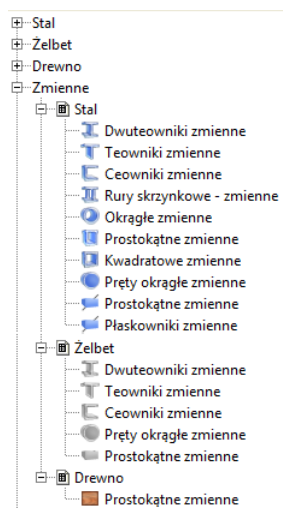
| Nazwa przekroju: I 300  |  | Parametry geometryczne   |
|---|--|--|
|   |  | <b>Pole</b><br>$A = 64,24 \text{ cm}^2$  |
|   |  | <b>Momenty bezwł.</b><br>$J_x = 23,14 \text{ cm}^4$<br>$J_y = 9\,162,56 \text{ cm}^4$<br>$J_z = 1\,707,69 \text{ cm}^4$<br>$J_{yz} = 0,00 \text{ cm}^4$  |
| <b>Momenty główne bezwł.</b><br>$J_{y\bar{g}} = 9\,162,56 \text{ cm}^4$<br>$J_{z\bar{g}} = 1\,707,69 \text{ cm}^4$<br><b>Kąty-<math>y\bar{g}</math></b><br>$\alpha = 0,00^\circ$                                  |  | <b>Wskaźniki sprężyste</b><br>$W_{y\max} = 831,57 \text{ cm}^3$<br>$W_{y\min} = 482,71 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\max} = 136,61 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\min} = 136,61 \text{ cm}^3$                                       |
|   |  | <b>Wskaźniki spręż. w osiach gł.</b><br>$W_{y\bar{g}\max} = 831,57 \text{ cm}^3$<br>$W_{y\bar{g}\min} = 482,71 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\bar{g}\max} = 136,61 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\bar{g}\min} = 136,61 \text{ cm}^3$ |
| <b>Momenty statyczne</b><br>$S_{y\bar{g}} = 309,11 \text{ cm}^3$<br>$S_{z\bar{g}} = 113,55 \text{ cm}^3$  |  | <b>Obwód konturu</b><br>$L_a = 132,40 \text{ cm}$  |
|   |  | <b>Promienie bezwł.</b><br>$i_y = 11,94 \text{ cm}$<br>$i_z = 5,16 \text{ cm}$<br>$i_{y\bar{g}} = 11,94 \text{ cm}$<br>$i_{z\bar{g}} = 5,16 \text{ cm}$  |
| <b>Środek ciężkości</b><br>$y_c = 12,50 \text{ cm}$<br>$z_c = 11,02 \text{ cm}$   |  | <b>Osie plastyczne</b><br>$\Delta_{y\text{pl}} = -7,17 \text{ cm}$<br>$\Delta_{z\text{pl}} = 0,00 \text{ cm}$  |
|   |  | <b>Osie główne plast.</b><br>$\Delta_{y\bar{g}\text{pl}} = -7,17 \text{ cm}$<br>$\Delta_{z\bar{g}\text{pl}} = 0,00 \text{ cm}$   |
| <b>Wskaźniki plastyczne</b><br>$W_{y\text{pl}} = 661,10 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\text{pl}} = 227,95 \text{ cm}^3$<br>$W_{y\bar{g}\text{pl}} = 661,10 \text{ cm}^3$<br>$W_{z\bar{g}\text{pl}} = 227,95 \text{ cm}^3$ |  | <b>Pola odcięte</b><br>$A_{o\ y\bar{g}} = 18,19 \text{ cm}^2$<br>$A_{o\ z\bar{g}} = 27,09 \text{ cm}^2$  |
| <b>Materiał:</b><br>Stal EN S235  | <b>Wymiary:</b><br>$h = 300,00 \text{ mm}$<br>$bf1 = 120,00 \text{ mm}$<br>$bf2 = 250,00 \text{ mm}$<br>$tw = 8,00 \text{ mm}$<br>$tf1 = 10,00 \text{ mm}$<br>$tf2 = 12,00 \text{ mm}$ |  |
| <b>Moduł Younga:</b><br>$E = 210,00 \text{ GPa}$  |  |  |
| <b>Moduł Kirchhoffa:</b><br>$G = 81,00 \text{ GPa}$   |  |  |
| <b>Ciężar:</b><br>$C = 78,50 \text{ kN/m}^3$  |  |  |
| <b>Współczynnik rozszerzalności termicznej:</b><br>$\alpha = 1,20 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  |  |  |

Rys. 184 Przykładowy raport z Edycji przekroju

## 5.6. Przekroje o zmiennej geometrii

### 5.6.1. Definiowanie profili zmiennych, ich możliwości i ograniczenia

Przekroje o zmiennej geometrii definiujemy w programie tak, jak wszystkie pozostałe typy przekrojów, wybierając odpowiedni ich rodzaj z biblioteki przekrojów.



Rys. 185 Dostępne profile zmienne w podstawowej bibliotece programu

Dostępne w programie przekroje o zmiennej geometrii zostały w bibliotece profili podzielone na trzy podstawowe grupy materiałowe, z których do każdej przypisano odpowiednie typy przekrojów. Choć formalnie zastosowano podział materiałowy, w programie nie ma przeszkód, aby wykonać np. przekrój zmienny drewniany o kształcie dwuteownika. W tym celu wystarczy wybrać profil z grupy profili stalowych, a następnie zmienić przypisany do niego materiał na odpowiednią klasę drewna.

Stosowanie profili o zmiennej geometrii w programie podlega następującym ograniczeniom:



- Z profili o zmiennej geometrii nie można budować profili złożonych – tzn. nie można do profilu o stałym przekroju dodać przekroju zmiennego i odwrotnie; do profilu zmiennego nie można dołożyć żadnego innego profilu stałego, zmiennego lub wczytanego z pliku **DXF**.
- Dla prętów typu „ciągno” nie można stosować profili o zmiennej geometrii i odwrotnie; pręty mające przekrój zmienny na długości nie mogą być prętami typu „ciągno”.
- Zmienność przekroju realizowana jest w programie zawsze jedynie po jednym wybranym przez użytkownika parametrze przekroju, np. wysokości przekroju albo szerokości póltek.


Profile zmienne zawarte w ogólnej bibliotece profili zawierają po jednym edytowalnym przykładzie każdego typu przekroju, natomiast każdy profil zdefiniowany indywidualnie przez użytkownika może zostać zapisany w **Bibliotece użytkownika** i w dowolnej chwili wykorzystany w innym projekcie.



Dla profili o zmiennej geometrii można (a czasem jest to wręcz wskazane) stosować również mimośrodowo jedno- lub dwustronne.

Definiowanie przekroju o zmiennej geometrii w programie realizowane jest przez przypisanie do początku i końca pręta dwóch różnych przekrojów, różniących się co najwyżej jednym parametrem. Zmienność wybranego parametru przekroju przypisanego do określonego pręta realizowana jest w programie liniowo względem jego długości, przy czym jako początek pręta rozpoznawany jest zawsze ten węzeł, który do układu został wprowadzony jako pierwszy.

### 5.6.2. Edycja przekrojów o zmiennej geometrii

Edycja przekrojów o zmiennej geometrii odbywa się w oknie  **Edytora przekroju**, analogicznie jak w przypadku pozostałych przekrojów. Jednak sam wygląd okna  **Edycji przekrojów** różni się nieznacznie w przypadku profili zmiennych. Główną część okna zajmują dwa widoki przekroju, przedstawiające widok przekroju początku pręta (górny) i jego końca (dolny). Po lewej i prawej stronie widoków przekroju umieszczono **Wymiary** przekroju i jego **Parametry geometryczne**, które zawsze jednocześnie wyświetlane są dla początku albo końca pręta. O tym, które parametry aktualnie są wyświetlane, decyduje to, który z profili jest w danej chwili zaznaczony. Zaznaczenie to sygnalizowane jest pociemnionym podświetleniem przekroju pręta i pogrubionym napisem **Początek przekroju** pręta lub **Koniec przekroju** pręta. Pod listą wymiarów przekroju widoczną z lewej strony okna umieszczony jest wybór aktualnego **Parametru zmienności**. Lista dostępnych parametrów zmienności przekroju dostosowana jest do aktualnie edytowanego typu przekroju. Wybór parametru zmienności, np. wysokości przekroju „h”, mówi o tym, że wartość tego parametru może być ustawiona inna dla początku i końca pręta (pozostałe parametry dla obu końców ustawione są zawsze tak samo). W przypadku niektórych typów przekrojów mamy do dyspozycji tzw. parametry synchroniczne, które zmieniają się jednocześnie według takiej samej proporcji. Chodzi tu o takie np. parametry, jak grubości lub szerokości obu półek dwuteownika. W przypadku gdy wyjściowo mamy np. do czynienia z dwuteownikiem o takiej samej szerokości obu półek oraz gdy parametr zmienności ustawimy na szerokość półek dwuteownika, zmiana jednej półki dwuteownika będzie skutkowała identyczną zmianą szerokości drugiej półki. W przypadku gdy wyjściowo półki są różnej szerokości i parametr zmienności ustawimy na szerokość półek dwuteownika, wówczas zmiana szerokości jednej półki będzie skutkowała zmianą szerokości drugiej w ten sposób, aby zostały zachowane takie same proporcje szerokości odpowiednich półek między początkiem i końcem pręta.

Poniżej pola wyboru **Parametru zmienności** znajduje się przycisk **Zamień końce pręta**, którego każdorazowe wciśnięcie powoduje zamianę przekrojów przypisanych odpowiednio do początku i końca pręta. Dostęp do tej funkcji możliwy jest jeszcze z trzech miejsc w programie: z okna  **Managera przekrojów**, z „drzewa projektu” dla przekrojów zmiennych oraz z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla zaznaczonych prętów, do których został przypisany przekrój zmienny.

W przypadku  **Managera przekrojów** funkcja  **Zamień końce pręta** pojawia się tylko dla przekrojów o zmiennej geometrii i zamienia przekroje przypisane do końców pręta bez zmiany nazwy profilu. W menu podręcznym funkcja ta działa różnie na pręty, w zależności od tego czy w układzie zaznaczone są wszystkie pręty o danym przekroju zmiennym czy tylko ich część. W tym drugim przypadku tworzona jest kopia przekroju zmiennego o zmienionej nazwie i dla niej zamieniane są przekroje na końcach pręta.

Dla przekrojów o zmiennej geometrii niedostępne są niektóre funkcje edycyjne dostępne dla zwykłych przekrojów, takie jak:

- dołączanie innego przekroju z biblioteki,
- dołączanie profili wczytywanych z pliku **DXF**,
- wstawianie kopii przekroju,
- obracanie przekroju względem układu lokalnego,
- docinanie przekroju,


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

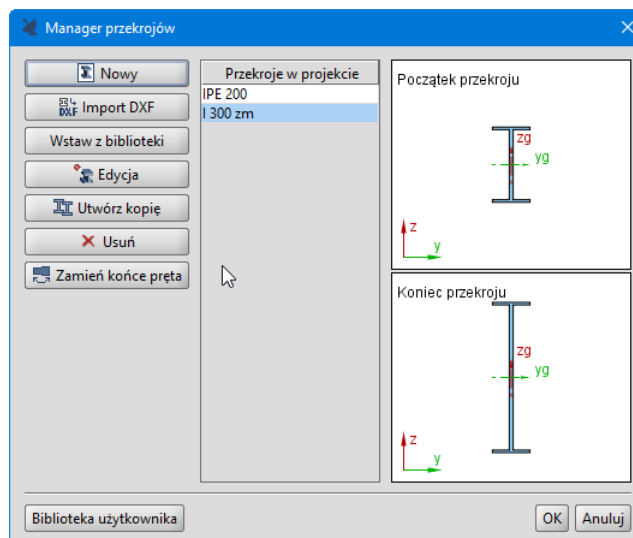
- obracanie (wyrównywanie) przekroju o kąt między osiami lokalnego układu współrzędnych i osiami głównymi (w niektórych przypadkach może on być inny dla początku i końca przekroju zmiennego).
- konsekwentnie również funkcja scalania profili.

Dla przekrojów o zmiennej geometrii dostępne są funkcje:

- odbicia lustrzanego przekroju względem poziomej i pionowej osi lokalnej, bez pozostawiania wyjściowej kopii (brak możliwości wykonywania złożzeń),
- funkcja wczytywania i zapisywania do biblioteki użytkownika,
- funkcja wycentrowania przekroju,
- funkcje wyświetlania rdzenia, wymiarów skrajnych w **LWU** i osiach głównych, centralnych oraz wyświetlania osi plastycznych.

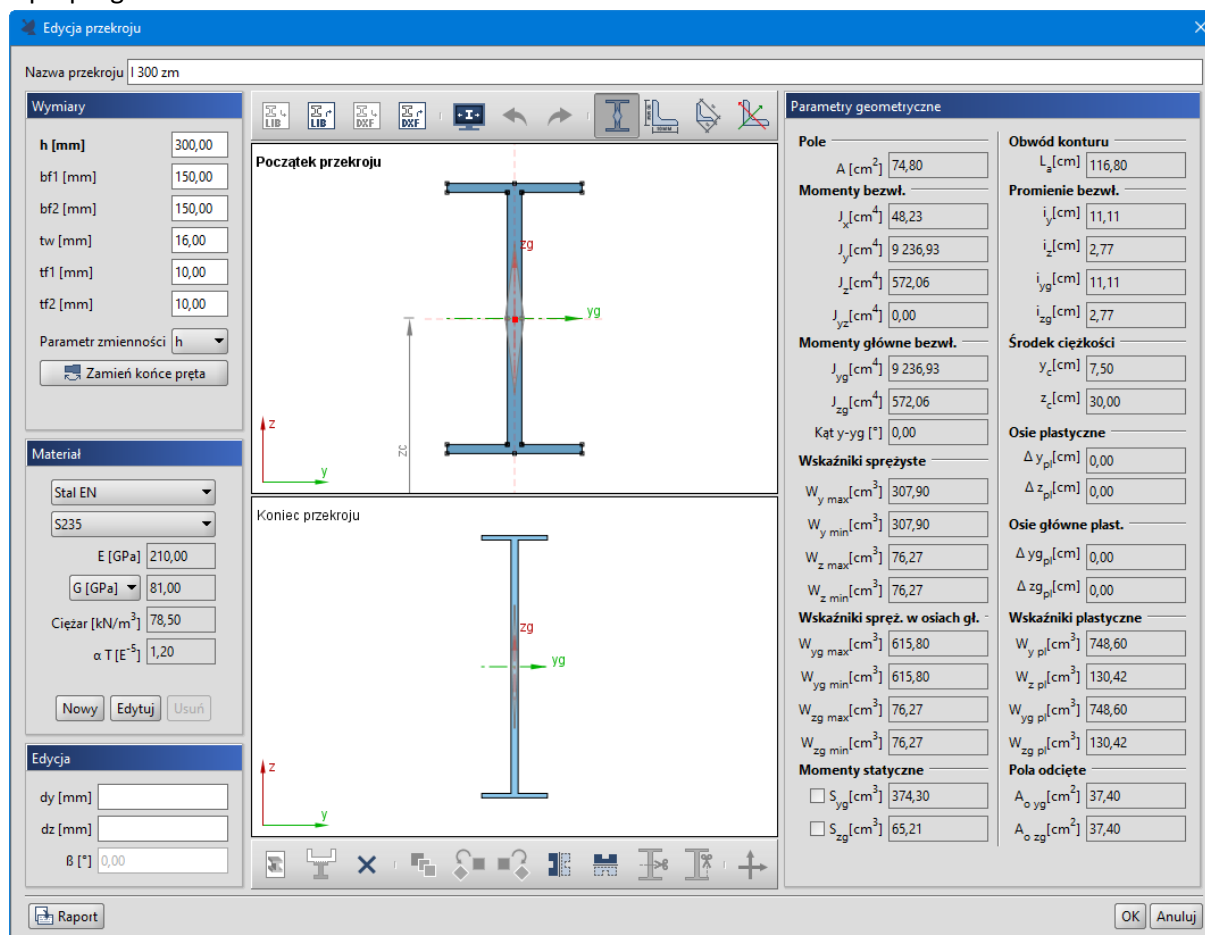
Wykonanie raportu z okna  **Edycji przekroju** dla przekrojów o zmiennej geometrii sprowadza się do wykonania dwóch kartek raportu, zawierających osobno wymiary i parametry początku i końca pręta o zmiennej geometrii.

Widok i poprawność ułożenia przekroju zmiennego wprowadzonego do układu można zawsze sprawdzić na szczegółowym widoku 3D.



Rys. 186 Widok przekroju zmiennego w Managerze przekrojów





Rys. 187 Widok okna Edycji przekroju dla przekroju o zmiennej geometrii

Uwaga:

Dla przekrojów o zmiennej geometrii w Edytorze przekrojów niedostępna jest opcja obrotu przekroju względem układu lokalnego pręta (kąt  $\beta$ ).

### 5.6.3. Podział proporcjonalny prętów o zmiennej geometrii


W przypadku prętów o zmiennej geometrii można stosować podział proporcjonalny takiego pręta z zachowaniem kształtu i zmienności pręta wyjściowego z przed podziału. Funkcja ta może działać (lub nie) globalnie dla całego projektu przy wszelkich podziałach pręta o zmiennej geometrii realizowanych funkcją **Podziel pręty węzłami** lub dowolną inną funkcją, której działanie polega na dołożeniu węzła lub węzłów na długości pręta o zmiennej geometrii. Najczęstszym przykładem działania globalnego tej funkcji, jest podział proporcjonalny pręta o zmiennej geometrii przy dojściu do tego pręta innym prętem na jego długości i utworzeniu w tym miejscu węzła. Ustawienie globalne funkcji proporcjonalnego podziału prętów o zmiennej geometrii wykonuje się w oknie **Ustawień** programu (domyślnie jest ona włączona). Lokalnie działanie funkcji można włączyć lub nie analogicznym znacznikiem w oknie **Dzielenie zaznaczonych prętów** ukazującym się po uruchomieniu funkcji **Podziel pręty węzłami**. Domyślne ustawienie znacznika podziału proporcjonalnego w tym oknie jest takie samo jak ustawienie globalne w oknie **Ustawień** programu. Skutkiem użycia funkcji proporcjonalnego podziału prętów o zmiennej geometrii jest automatyczne pojawienie się w modelu dodatkowych przekrojów profili o zmiennej geometrii (widoczne w oknie **Managera przekrojów**),

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

których nazwa zawiera informacyjnie nowe zakresy danego parametru zmienności, powstałe po podziale pręta.

#### 5.6.4. Obliczenia prętów o przekroju zmiennym

W rzeczywistości pręty o przekroju zmiennym, dla których jeden z parametrów zmienia się liniowo, mają przeważnie proste krawędzie. Tak też jest w  **Widoku 3D**, który powstaje przez liniowe połączenie odpowiednich punktów przekroju początkowego i końcowego pręta o zmiennej geometrii. Ponieważ dla przekrojów niesymetrycznych lub monosymetrycznych, przy liniowej zmienności dowolnego parametru przekroju, linia środków ciężkości nie jest linią prostą, w modelu obliczeniowym takiego pręta zmiennego zastosowano dopuszczalne przybliżenie polegające na tym, że to środki ciężkości przekroju zmiennego leżą na linii prostej, a jego krawędzie są minimalnie wygięte.


**Macierze sztywności elementów:** dla każdego pręta o zmiennej sztywności tworzona jest indywidualnie macierz sztywności poprzez poszukiwanie kątów obrotów węzłów wywołanych siłami przywęzłowymi.

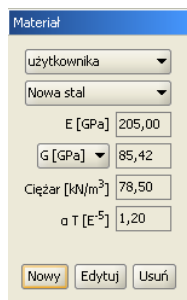
**Wektory sił węzłowych:** siły węzłowe od kolejnych obciążeń zewnętrznych obliczane są dla każdego pręta przy wykorzystaniu metody sił.

Tworzenie globalnej macierzy sztywności i określenie wektora przemieszczeń węzłowych wykonywane jest tak, jak dla ram z prętami o stałej sztywności.

Określenie końcowych sił wewnętrznych jest wykonywane z wykorzystaniem macierzy sztywności rozpatrywanego pręta. Macierz sztywności pręta i wyjściowe siły przywęzłowe określono bez podziału pręta na dodatkowe elementy, przeprowadzając całkowanie na długości pręta. Całki oznaczone obliczono numerycznie, korzystając z przybliżonej kwadratury Gaussa.

### 5.7. Biblioteka materiałów

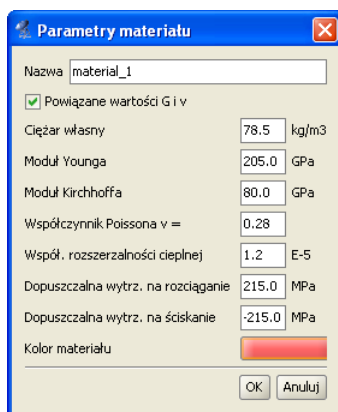
W programie zaimplementowano nową bazę parametrów materiałowych w postaci pliku **XML** zawierającą predefiniowane, podstawowe typy materiałów konstrukcyjnych podzielone na odpowiednie klasy i gatunki. Aktualnie są to: **Stal PN, Stal EN, Aluminium, Beton, Drewno**. Do każdej klasy materiałowej przypisano domyślne wartości granicznych wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie, pozwalające w niektórych przypadkach oszacować przekroczenie sprężystych naprężeń normalnych. Wartości te wykorzystywane są jako ustawienia domyślne (użytkownik może je później zmienić) wartości granicznych w oknie **Grup prętów i elementów wymiarowych**, natomiast nie są one w żadnym razie wykorzystywane przy pełnym wymiarowaniu prętów i elementów wymiarowych. Poza materiałami predefiniowanymi, nowa biblioteka umożliwi wprowadzenie do programu nowych materiałów użytkownika. W odróżnieniu od materiałów predefiniowanych, materiały użytkownika mogą podlegać pełnej edycji (mogą być usuwane i modyfikowane). Definiowanie materiałów użytkownika realizowane jest w programie w oknie  **Edycja przekroju w grupie Materiał:**



Rys. 188 Definicja materiału widoczna w oknie Edycji przekroju

W dolnej części ramki grupy **Materiał** znajdują się przyciski: **Nowy**, **Edytuj** i **Usuń**:

- Opcja **Nowy** otwiera nowe okno pozwalające zdefiniować parametry nowego materiału użytkownika, takie jak: nazwa, ciężar własny, moduł Younga i Kirchhoffa, współczynnik Poissona i rozszerzalności termicznej oraz dopuszczalną wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, a także kolor materiału.



Rys. 189 Okno definicji i edycji Parametrów materiału

- Opcja **Edytuj** otwiera to samo okno co powyżej, pozwalając edytować wprowadzone wcześniej parametry materiału użytkownika (dla materiału predefiniowanego opcja uruchamia powyższe okno w trybie podglądu bez możliwości edycji).
- Opcja **Usuń** usuwa wcześniej wprowadzony materiał użytkownika z biblioteki materiałów (opcja ta nie jest aktywna dla materiałów predefiniowanych).

Zaznaczenie opcji powiązania wartości współczynnika Poissona i modułu Kirchhoffa spowoduje przeliczenie jednej wartości na podstawie wprowadzonej drugiej wartości. Odznaczenie tej opcji pozwoli na zapamiętanie oddzielnie obu wartości, takich jakimi je zdefiniował użytkownik. Przy definicji własnych materiałów należy pamiętać, że w żadnej sytuacji nie będzie dla nich przeprowadzone wymiarowanie, natomiast statyka przy poprawnie wprowadzonych parametrach powyżej będzie również przeliczona prawidłowo.

Tak zdefiniowane i zapisane w bibliotece programu materiały użytkownika mogą być używane we wszystkich projektach. W przypadku użycia w projekcie materiału użytkownika dane tego materiału również są zapisywane w projekcie i przeniesienie projektu na inny komputer z inną bazą materiałów

Podręcznik do programu

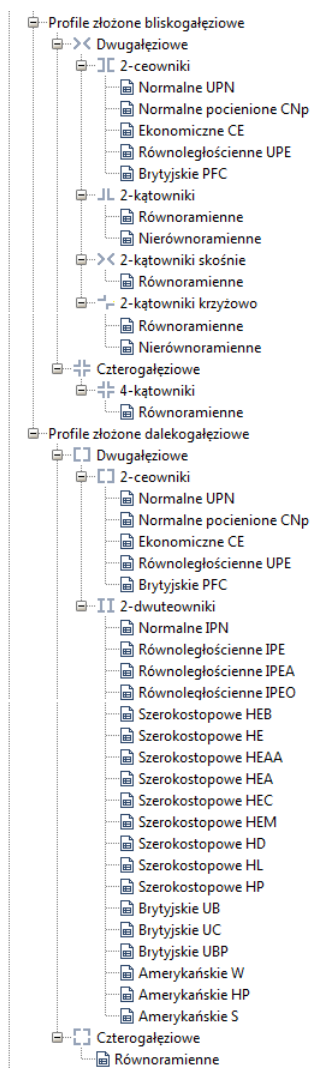
Opis programu R3D3-Rama 3D

nie powoduje utraty informacji o użytych materiałach. Praca z materiałami użytkownika przy przenoszeniu projektów między różnymi komputerami jest analogiczna do funkcjonalności opisanej przy pracy z definicjami typów wymiarowania.

## 5.8. Profile wielogałęziowe – wymiarowane

Profile wielogałęziowe, stalowe, wymiarowane w module **EuroStal BUILT-UP**, zgrupowane są w bibliotece profili w dwóch odrębnych gałęziach:

- Profile złożone bliskogałęziowe (dwugałęziowe i czterogałęziowe),
- Profile złożone dalekogałęziowe (dwugałęziowe i czterogałęziowe).



Rys. 190 Profile wielogałęziowe – wymiarowane

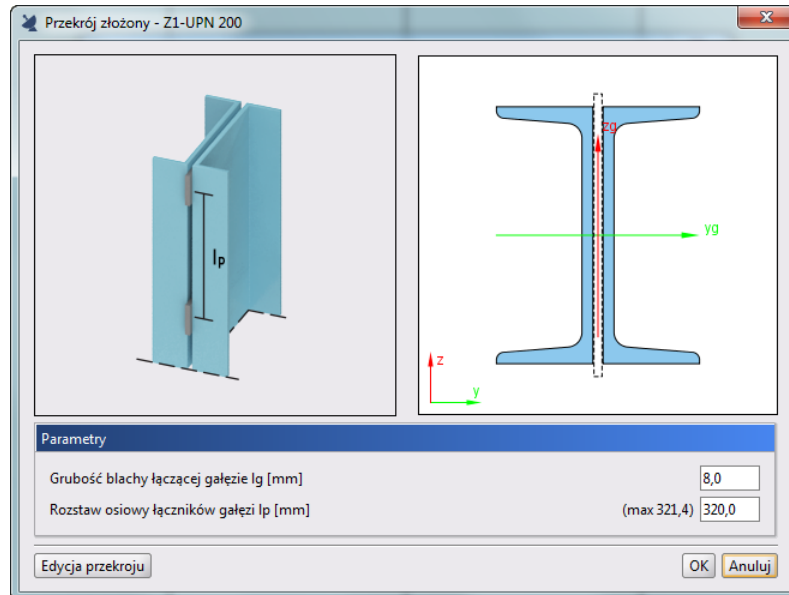
Dla każdego typu takiego profilu dostępne są właściwe typoszeregi profili pojedynczych, z których zbudowany jest przekrój wielogałęziowy. Po wybraniu konkretnego pojedynczego profilu, z którego ma być zbudowany przekrój złożony, wyświetlane jest okno pośrednie, w którym użytkownik definiuje:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Dla profili złożonych bliskogałęziowych (dwugałęziowych i czterogałęziowych):

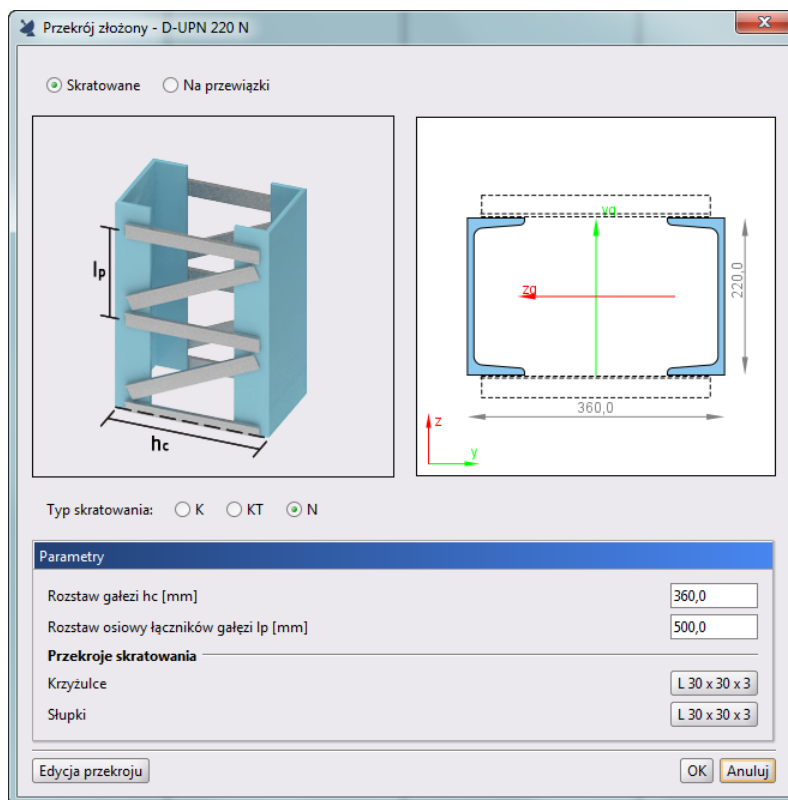
- Grubość blachy łączącej gałęzie [mm],
- Rozstaw osiowy łączników gałęzi [mm] (w nawiasie podano maksymalny i nieprzekraczalny rozstaw łączników, poniżej którego w trakcie sprawdzania nośności według Eurokodu przekrój może być nadal traktowany jako bliskogałęziowy).



Rys. 191 Okno pośrednie dla profili złożonych bliskogałęziowych (dwugałęziowych i czterogałęziowych)

Dla profili złożonych dalekogałęziowych (dwugałęziowych):

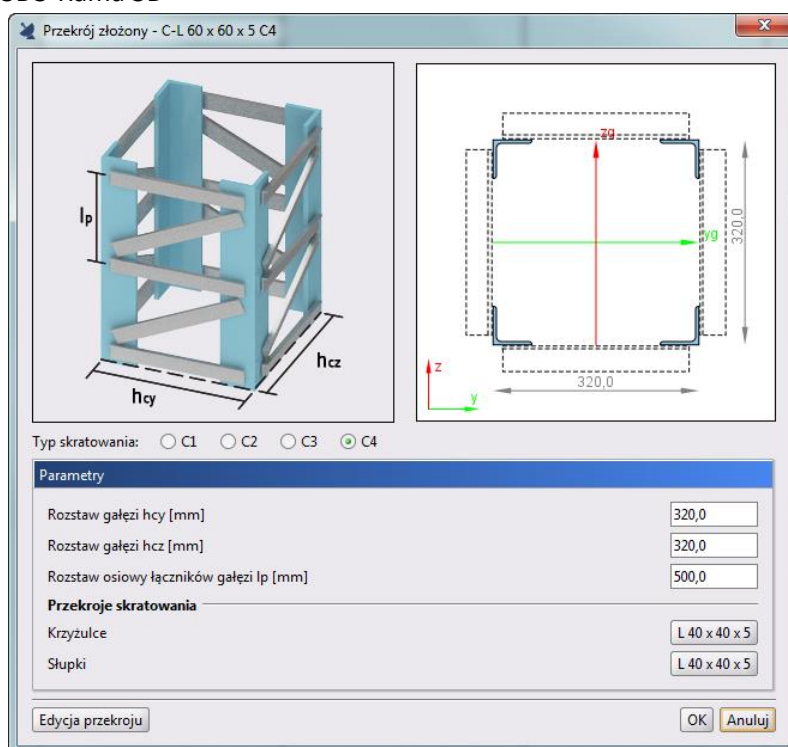
- Wybór typu połączenia – skratowanie lub na przewiązki.
- W przypadku skratowania – typ skratowania (K; KT; N).
- Parametry połączenia:
  - dla skratowania: rozstaw gałęzi [mm], rozstaw osiowy łączników gałęzi [mm], profil słupków i profil krzyżulców,
  - dla przewiązek: rozstaw gałęzi [mm], rozstaw osiowy przewiązek [mm], wysokość i grubość przewiązek [mm].



Rys. 192 Okno pośrednie dla profili złożonych dalekogałęziowych (dwugałęziowych)

Dla profili złożonych dalekogałęziowych (czterogałęziowych):

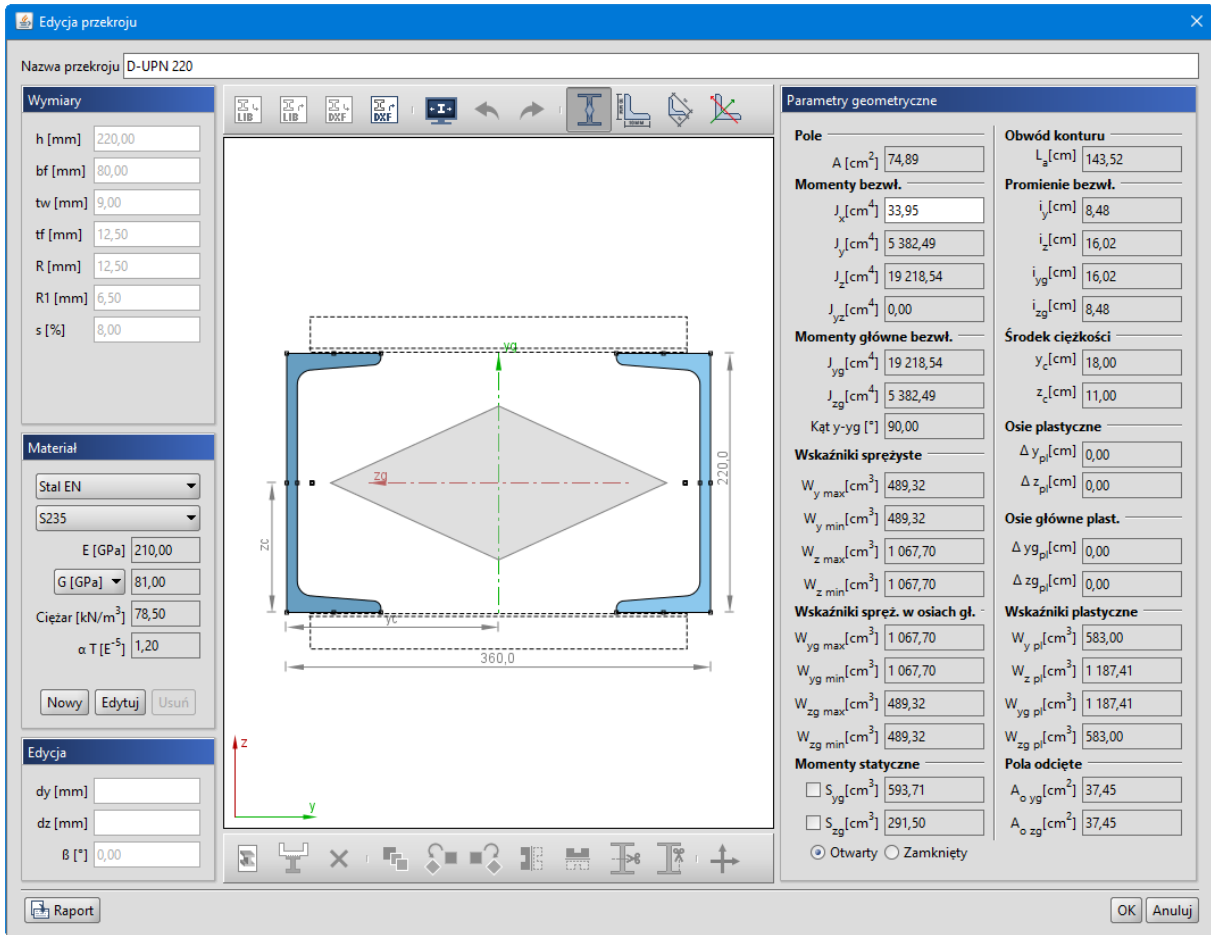
- Typ skratowania.(C1; C2; C3; C4)
- Parametry połączenia:
  - dla skratowania: rozstaw gałęzi w kierunku y i z [mm]; rozstaw osiowy łączników gałęzi [mm];
  - profil słupków i profil krzyżulców.



Rys. 193 Okno pośrednie dla profili złożonych dalekogałęziowych (czterogałęziowych)

Po wczytaniu profilu wielogałęziowego do **Managera profili** w projekcie, klikając na nim lub wybierając funkcję **Edycji**, ponownie możemy wejść w odpowiednie okno pośrednie. Na dole każdego okna pośredniego znajduje się dodatkowy przycisk **Edycja przekroju** umożliwiający wejście do typowego dla innych profili okna edycji, w którym jednak dla profilu złożonego można jedynie przypisać materiał i klasę materiałową, obejrzeć wyznaczone automatycznie charakterystyki geometryczne dla profilu złożonego i wykonać raport szczegółowy z obliczonych parametrów przekroju. Wszelki inne narzędzia edycji przekroju, takie jak: kopiowanie, odsuwanie, obracanie, odbijanie, docinanie czy też zmiana wymiarów przekroju, są w tym oknie zablokowane.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

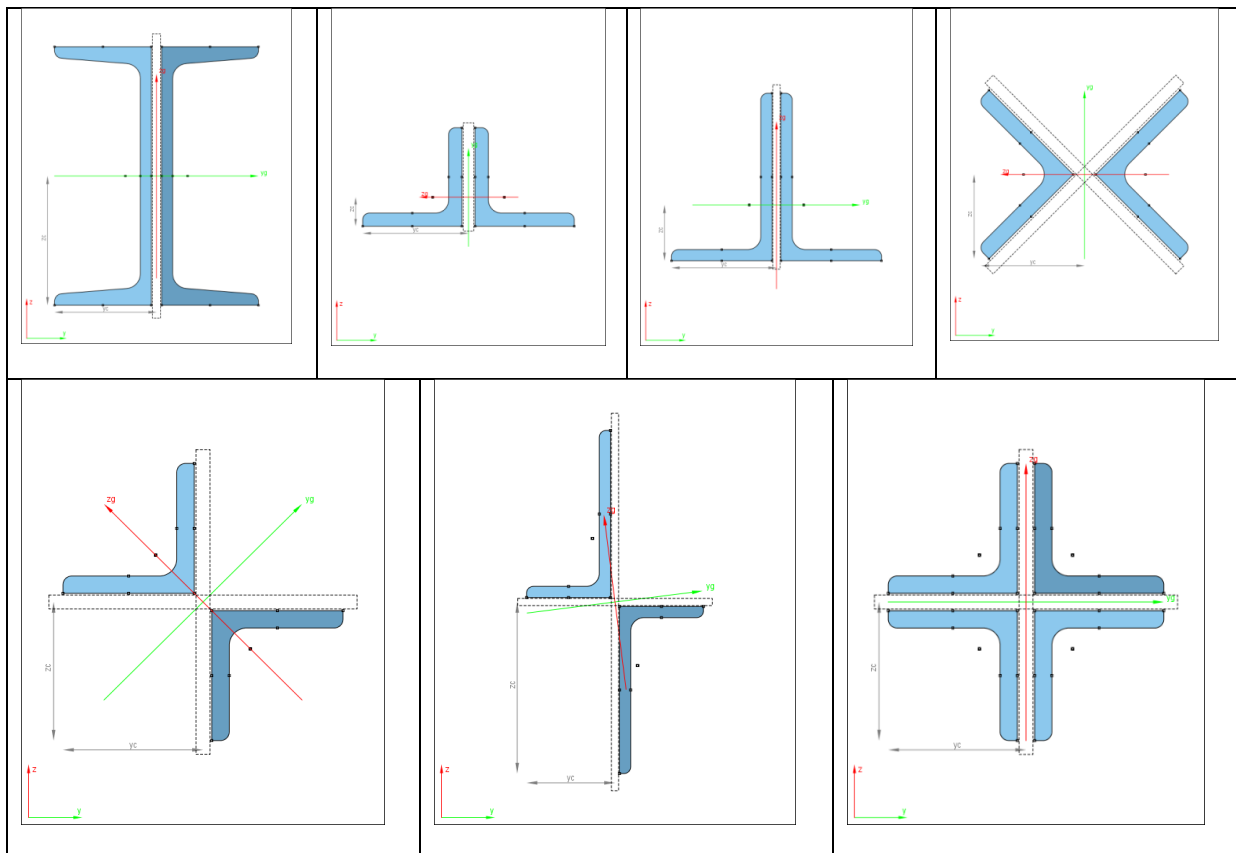


Rys. 194 Okno Edytora przekroju dla profili złożonych

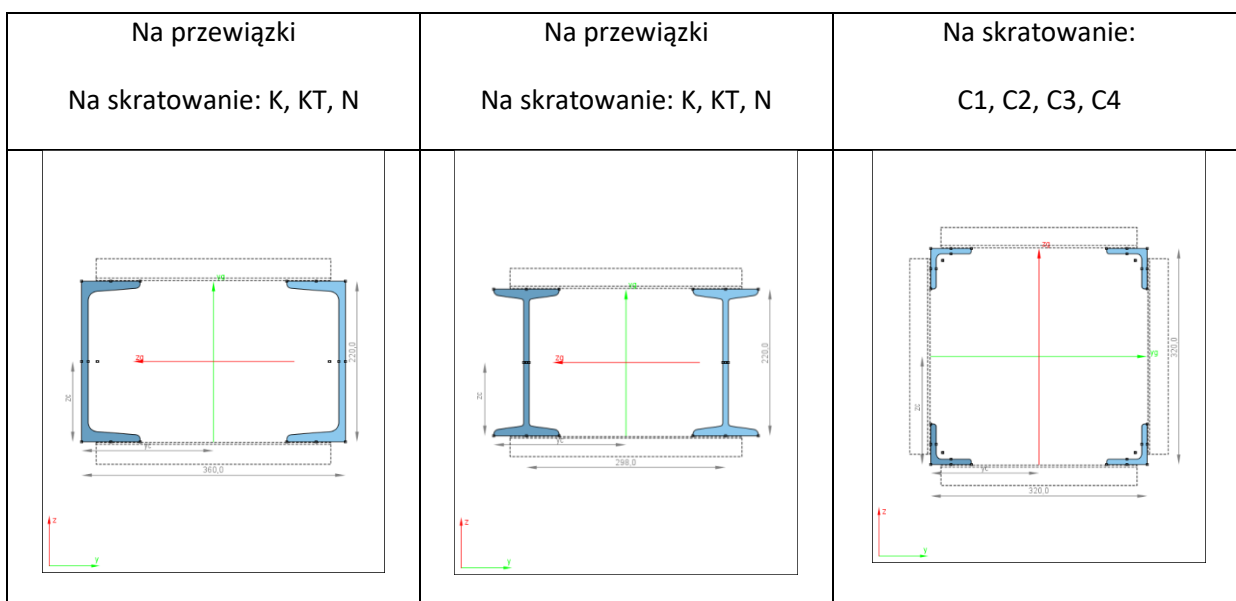


Podręcznik do programu  
 Opis programu R3D3-Rama 3D  
 Typy wymiarowanych przekrojów wielogąziowych:

Bliskogałęziowe na przewiązki:



Dalekogałęziowe:



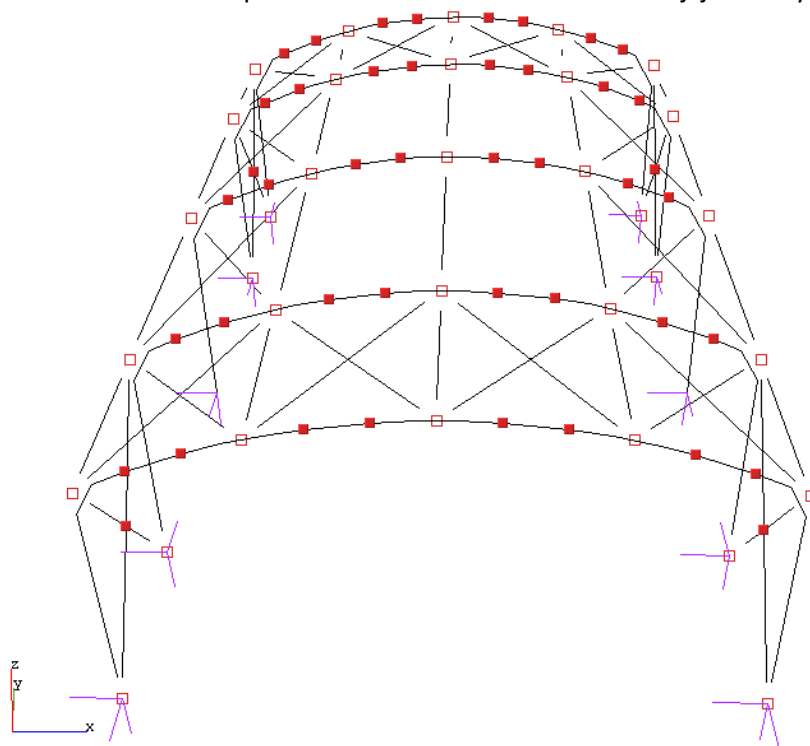
## 6. Tworzenie przykładowej konstrukcji

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Wprowadzanie konstrukcji w programie można przeprowadzać na kilka sposobów. Dane można wprowadzać z klawiatury lub myszką. Można także użyć generatorów konstrukcji.

W tym rozdziale zostanie zaprezentowane utworzenie konstrukcji jak na Rys. 195.




Rys. 195 Przykładowa konstrukcja

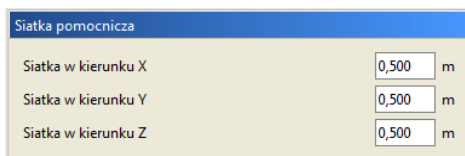
## 6.1. Opis konstrukcji

Jest to hala stalowa o wymiarach 12 m x 20 m x 6,5 m. Strzałka łuku wynosi 1,5 m. Odległości pomiędzy kolejnymi dźwigarami wynoszą: 4 m, 6 m, 6 m, 4 m. Układ składa się ze sztywnych ram połączonych przegubowo płattwiami oraz stężeniami ścian i dachu. Podparcie układu stanowią podpory przegubowe.

## 6.2. Przygotowanie

Przed rozpoczęciem rysowania wygodnie jest ustawić odpowiedni krok siatki w oknie  **Właściwości projektu**, zakładka **Właściwości - Siatka pomocnicza** oraz zdefiniować potrzebne profile elementów.


W przypadku tej konstrukcji ustawiono siatkę o oczkach 0,5 m ( Rys. 196)

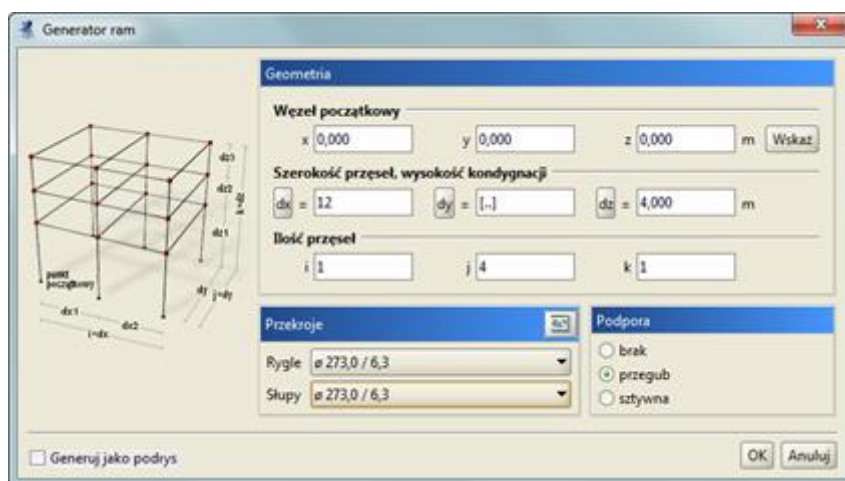


Rys. 196 Ustawienie siatki

W przykładzie wprowadzono pięć profili: słup, rygiel, płatew, stężenia dachu, stężenia ścian.

### 6.3. Generator ram prostokątnych

W programie zawarty jest  **Generator ram prostokątnych** (Rys. 197). Z jego pomocą będzie można szybko stworzyć część konstrukcji. Następnie trzeba będzie wprowadzić kilka modyfikacji: usunąć poziome rygle i wstawić łuki.

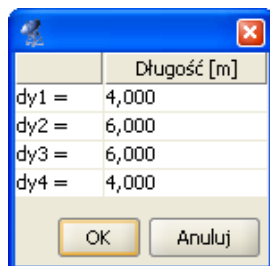


Rys. 197 Generator ram prostokątnych

Generator umożliwia generowanie ram prostokątnych w dowolnym miejscu przestrzeni. Punkt początkowy tworzonej ramy można określić przez wpisanie jego współrzędnych do odpowiednich pól tekstowych lub jego wskazanie na ekranie. Jeśli przed uruchomieniem generatora jeden węzeł układu będzie zaznaczony, to współrzędne tego węzła zostają potraktowane jako punkt początkowy.

Parametry  $i$ ,  $j$ ,  $k$  odpowiadają za ilość przęseł układu odpowiednio na kierunkach: szerokość, długość, wysokość. Niektóre ustawienia parametrów umożliwiają nie tylko generowanie ram prostokątnych. Ustawiając wartość parametru  $k$  równą zero, można generować płaskie ruszty. Jeśli dwa z parametrów są równe zero, wynikiem działania generatora będzie belka wieloprzęsłowa.

Szerokości wszystkich przęseł oraz wysokości wszystkich kondygnacji określa się w polach tekstowych opisanych jako  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ . Istnieje również możliwość określenia różnych szerokości i wysokości dla poszczególnych przęseł i kondygnacji. W tym celu należy skorzystać z przycisków umieszczonych obok pól tekstowych. Klikając na przyciski, otworzymy okno z tabelą, w której można zdefiniować wymiary kolejnych przęseł (Rys. 198).



Rys. 198 Wymiary kolejnych przęseł


Wpisane w tym oknie wartości zatwierdzone są po wciśnięciu klawisza **Enter** lub po przejściu do innej komórki tablicy.

Podczas dodawania nowych węzłów i prętów do układu generator sprawdza, czy nie pokrywają się one z istniejącymi elementami. Mogłoby to prowadzić do geometrycznej zmienności układu. Dla odnalezionych prętów modyfikowany jest ich profil, natomiast w węzłach wstawiana jest ewentualna podpora.

W naszym przykładzie nie ma jeszcze żadnych obiektów, więc nie trzeba określać punktu początkowego generowanej ramy. Można pozostawić wpisane wartości domyślne **(0, 0, 0)**.

Następnie określamy ilość przęseł. Na kierunkach **i** (szerokość) oraz **k** (wysokość) występuje po jednym przęśle. Na długości (**j**) są cztery przęsa.

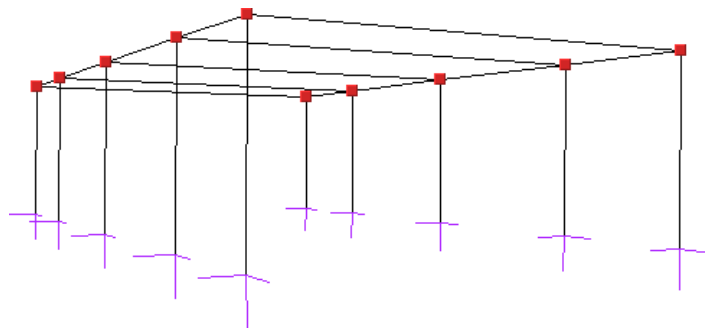
Szerokość ramy wynosi 12 m, więc w polu oznaczonym **dx** należy wpisać 12. Wysokość ramy (nie licząc łuku) to 5 m. Tę wartość wpisujemy w polu **dz**. Gdyby odległość pomiędzy kolejnymi dźwigarami była stała, należałoby ją podać w polu **dy**. W tym przypadku jednak tak nie jest. Odległości między dźwigarami określamy w oknie, które otworzy się po wciśnięciu przycisku **dy** (Rys. 198). Wpisane wartości były różne (4 m, 6 m, 6 m, 4 m), co jest sygnalizowane przez pole tekstowe **dy** w następujący sposób: **[.].**

Teraz pozostało tylko określić profile elementów oraz typy podpór. Profile rygli i słupów wybieramy z listy uprzednio zdefiniowanych profili. W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Przekroje** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje.

Podpory mogą być przegubowe lub sztywne. Można również wyłączyć generowanie podpór. Określamy to, wybierając jedną z opcji w oknie generatora ram.

Wprowadzana rama będzie miała podpory przegubowe.


Po wciśnięciu przycisku **OK** rama zostaje wygenerowana (Rys. 199).




Rys. 199 Rama z generatora ram prostokątnych

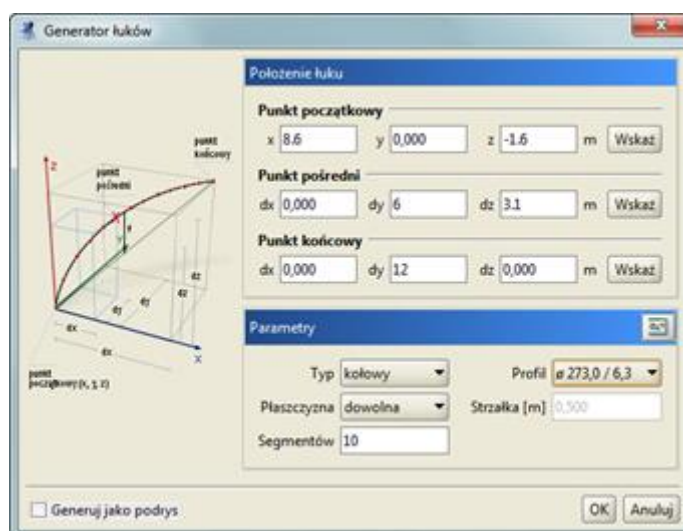
## 6.4. Usuwanie zbędnych prętów

Rama stworzona generatorem posiada poziome rygle. Należy je usunąć i zastąpić łukami.

Aby usunąć pręty, należy je najpierw zaznaczyć. Sposoby selekcji prętów są opisane w punkcie **Selekcja**. Po wciśnięciu ikony usuwania wszystkie zaznaczone pręty zostaną usunięte. Innym sposobem usuwania zaznaczonych prętów jest wybór funkcji  **Usuń zaznaczone pręty** z menu prawego klawisza myszki lub naciśnięcie klawisza **Delete**.

## 6.5. Generator łuków

Okno  **Generatora łuków** przedstawione jest na (Rys. 200)



Rys. 200 Generator łuków

Umożliwia on tworzenie łuków kołowych oraz parabolicznych, składających się z zadanej ilości segmentów.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Do jednoznacznego określenia położenia łuku w przestrzeni potrzebne są współrzędne trzech jego punktów. Generator pozwala tworzyć łuki po określeniu trzech lub tylko dwóch punktów. W ostatnim przypadku należy dostarczyć jednak dodatkowych informacji o strzałce łuku oraz jego położeniu. Dwa podane punkty określają punkt początkowy i końcowy łuku. Położenie określamy, wybierając płaszczyznę łuku: pionową lub poziomą.

Współrzędne punktów można wpisać w polach tekstowych lub wskazać je na ekranie graficznym. Znacznie wygodniejsze jest jednak wcześniejsze wskazanie (zaznaczenie) węzłów, przez które ma być poprowadzony łuk. Przed uruchomieniem generatora należy zaznaczyć dwa lub trzy węzły. Na podstawie ich wzajemnego położenia zostaną one potraktowane jako węzeł początkowy i końcowy lub początkowy, pośredni i końcowy łuku. Jako węzły początkowy i końcowy wybierane są dwa najodleglejsze spośród trzech zaznaczonych węzłów. Należy zaznaczyć, że punkt pośredni nie zawsze staje się jednym z węzłów łuku. Jest on używany do wyznaczenia matematycznego równania łuku. Łuk przybliżany jest linią łamaną o zadanej ilości segmentów.

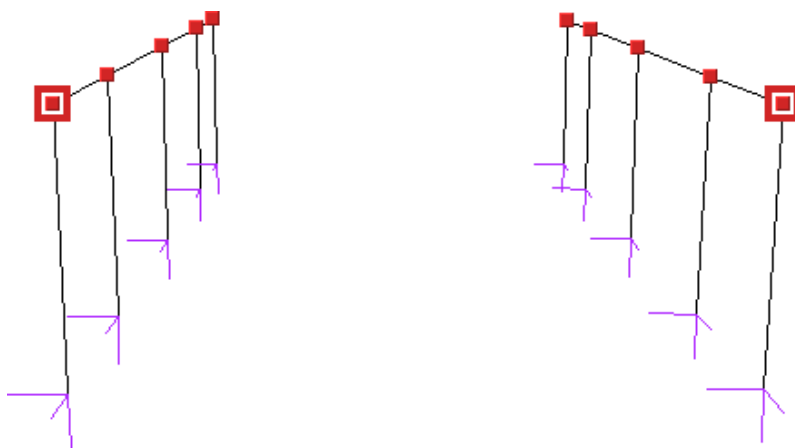
Możliwe jest, że żaden z węzłów wyliczonych z równania łuku nie pokryje się z węzłem pośrednim. W przypadku łuku kołowego kolejne jego węzły umieszczane są w równych odległościach. Jeśli odległość punktu pośredniego (mierzona po łuku) od punktu początkowego łuku nie jest wielokrotnością zadanej długości kroku, to żaden z tworzonych węzłów łuku nie pokryje się z punktem pośrednim.

Podobnie jest w przypadku łuku parabolicznego. Tam stałe są jednak odległości między rzutami węzłów łuku na odcinek łączący punkt początkowy i końcowy łuku.

Aby poprowadzić łuk przez węzeł pośredni, najprościej wybrać na niego węzeł położony w równych odległościach od punktu początkowego i końcowego łuku oraz ustawić parzystą ilość segmentów. Taki węzeł będzie znajdował się w punkcie, przez który przechodzi oś symetrii łuku.

W przykładzie strzałka łuku ma 1,5 m. Łuk składa się z dwunastu segmentów.


Przed uruchomieniem generatora wskazujemy punkty, przez które zostanie poprowadzony łuk (Rys. 201).



Rys. 201 Przed uruchomieniem generatora łuków

Podręcznik do programu

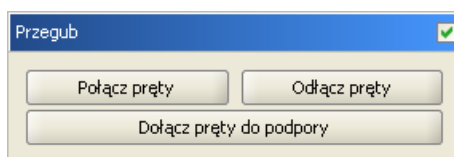
Opis programu R3D3-Rama 3D

W oknie generatora ustawiamy odpowiednie parametry: łuk kołowy, płaszczyzna pionowa, ilość segmentów (12), strzałka łuku (1,5 m) oraz odpowiedni profil przekroju. W celu zmiany listy dostępnych w projekcie przekrojów należy wywołać okno  **Managera przekrojów** przyciskiem w nagłówku panelu **Parametry** i uzupełnić listę projektu o odpowiednie przekroje. Po wciśnięciu przycisku **OK** łuk zostanie wygenerowany. Czynność tę powtarzamy dla pozostałych dźwigarów.

## 6.6. Wprowadzanie przegubów

Płatwie oraz pręty stężające konstrukcję mają być zamocowane przegubowo. Wynikiem pracy generatora jest jednak konstrukcja, której wszystkie węzły są sztywne. Zmodyfikujemy teraz konstrukcję tak, aby płatwie łączące kolejne dźwigary były zamocowane przegubowo.

Modyfikacja będzie polegała na utworzeniu przegubów w węzłach płatwi skrajnych. Słup oraz rygiel łączące się w tych węzłach powinny być połączone sztywno. Narzędzia służące do wykonania tych operacji znajdują się w grupie **Przegub** zakładki **Geometria** (Rys. 202).



Rys. 202 Narzędzia do operacji w przegubach

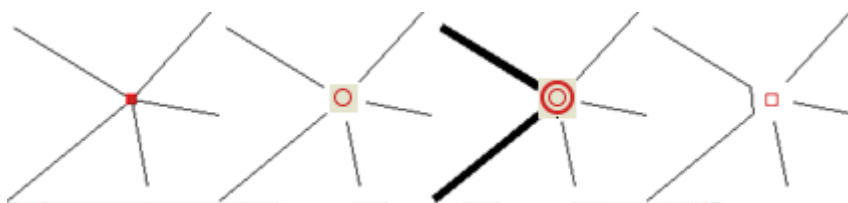
Narzędzia te operują na uprzednio zaznaczonych węzłach i prętach.

W polu wyboru znajdującym się na pasku grupy **Przegub** można określić, czy zaznaczone węzły mają być przegubami.

### 6.6.1. Połącz pręty

Ta opcja służy do zeszywniania grup prętów w węźle. Jej działanie polega na tym, że dla wszystkich zaznaczonych przegubów i prętów zeszywnia **zaznaczone** pręty łączące się w nich.

Rys. 203 przedstawia typowe użycie tej funkcji.



Rys. 203 Zeszywnianie grup prętów w przegubie

Na początku pręty w węźle są sztywno połączone. W kolejnym kroku na rysunku wstawiany jest przegub. Następnie należy wskazać modyfikowany przegub oraz pręty do połączenia. Po uruchomieniu funkcji wybrane pręty zostaną połączone.

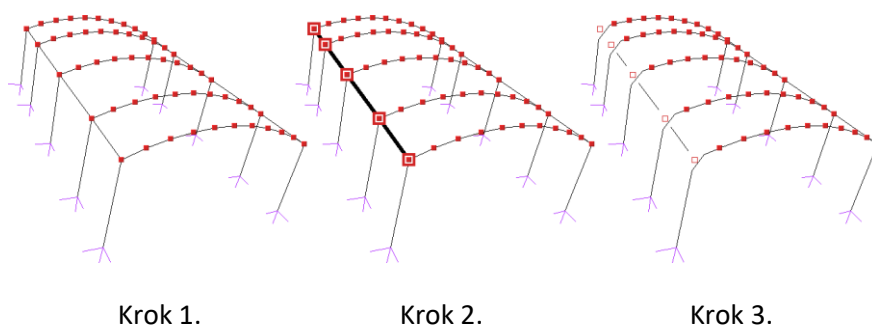


### 6.6.2. Odłącz pręty

Działanie tej funkcji jest przeciwieństwem działania funkcji **Połącz pręty**. Służy ona do rozłączania zeszywnionych prętów. Przed jej uruchomieniem należy również wskazać węzły oraz pręty do modyfikacji.

Jeśli wskazany węzeł nie jest przegubem, to zostanie on automatycznie zamieniony na przegub. Pręty, które nie były zaznaczone, zostaną w tym przegubie sztywno połączone.

Ta funkcja została użyta do wprowadzenia przegubów w płatwiach. Rys. 204 ilustruje kolejne kroki postępowania.



Rys. 204 Wprowadzanie przegubów w płatwiach

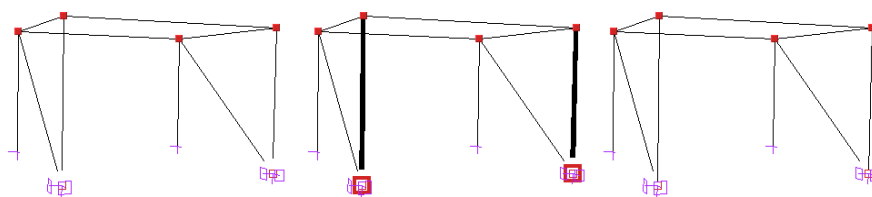
Po zaznaczeniu odpowiednich elementów: węzłów i prętów (krok 2. na Rys. 204) płatwie zostały połączone przegubowo ze sztywnymi ramami. Jak widać na rysunku, jedno uruchomienie funkcji wystarczyło do wprowadzenia kilku przegubów jednocześnie. Należy jeszcze podobną czynność wykonać dla płatwi znajdujących się po prawej stronie. Oczywiście można było zaznaczyć od razu wszystkie elementy do modyfikacji i wprowadzić przeguby za jednym uruchomieniem funkcji **Odłącz pręty**.

### 6.6.3. Dołącz pręty do podpory

Przy podporach sztywnych, tzn. nieprzegubowych, istnieje możliwość określenia, które z prętów mają być połączone z podporami sztywno, a które przegubowo.

Użycie tej funkcji jest analogiczne do powyższych – przed jej uruchomieniem należy wskazać węzły podporowe oraz pręty, które mają zostać sztywno do nich dołączone. Pręty sztywno połączone z podporą można odłączać od niej za pomocą funkcji **Odłącz pręty**.

Na Rys. 205 pokazane są kolejne etapy sztywnego łączenia słupów z podporami. Pręty ukośne nie zostają połączone sztywno z podporą – pozostają połączone przegubowo.



Rys. 205 Sztywne łączenie prętów z podporą

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

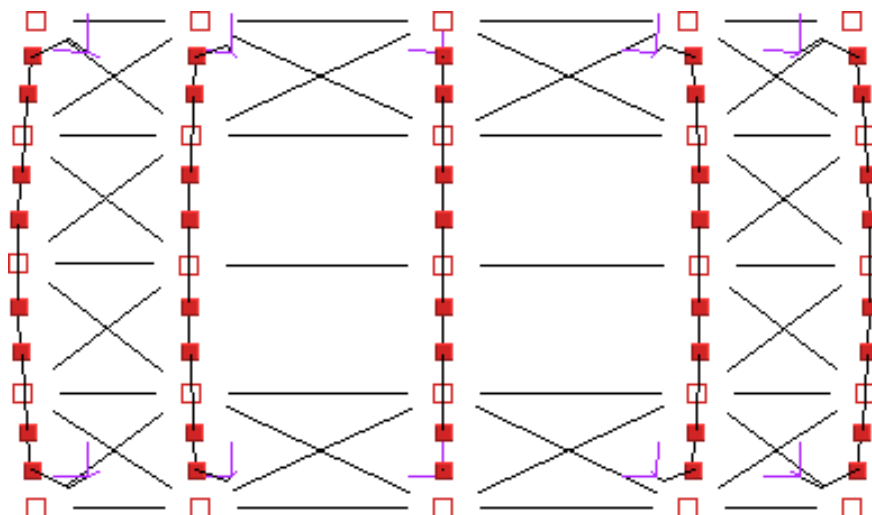
Użycie tej funkcji nie jest potrzebne w przedstawionym przykładzie.

## 6.7. Rysowanie prętów połączonych przegubami

Funkcja rysowania prętów układu może działać w jednej z płaszczyzn głównych lub w dowolnym widoku 3D, i umożliwia rysowanie prętów połączonych sztywno lub przegubowo. W praktyce działa jak połączenie funkcji rysowania układu z funkcją **Odlącz pręty**.

Gdy definiowany układ wyświetlany jest w jednej z płaszczyzn głównych (widać zdefiniowaną siatkę pomocniczą) w każdej chwili można przejść do dowolnego widoku 3D, skręcając dowolnie globalny układ współrzędnych (przytrzymanie lewego klawisza myszki i ciągnięcie).

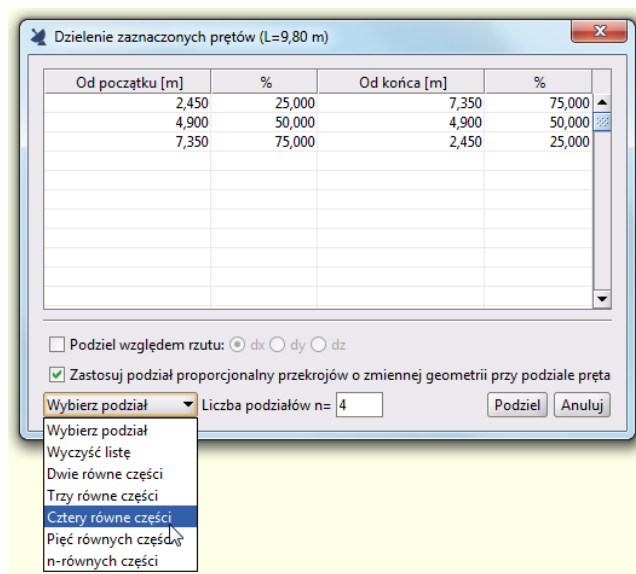
W przykładowej konstrukcji ten tryb rysowania zostanie użyty podczas rysowania płatwi dachowych oraz stężeń. Konstrukcja z wprowadzonymi płatwiami i stężeniami dachu przedstawiona jest na Rys. 206.



Rys. 206 Płatwie dachowe i stężenia – widok z góry

## 6.8. Dzielenie prętów węzłami

Okno funkcji dzielenia prętów węzłami przedstawione jest na Rys. 207.



Rys. 207 Podział prętów węzłami

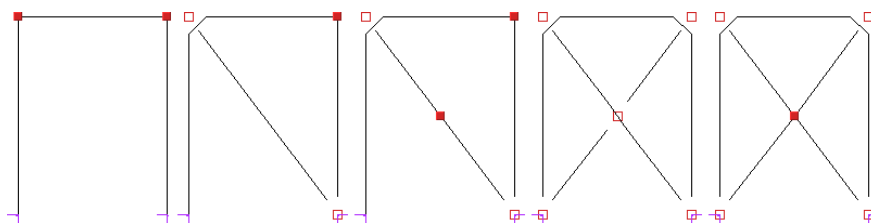
Przed uruchomieniem tej funkcji należy zaznaczyć pręty, na których zostaną wprowadzone dodatkowe węzły.

Położenie nowych węzłów należy podać w tabeli. Jeśli długości zaznaczonych prętów nie są równe, wówczas można podawać jedynie odległości procentowe nowych węzłów od początkowego lub końcowego węzła pręta. Jeśli wszystkie zaznaczone pręty mają jednakową długość (lub gdy wybrany jest tylko jeden pręt), można określać odległości węzłów w metrach.


Przy prostym dzieleniu na dwie, trzy, cztery, pięć czy n równych części nie trzeba samodzielnie określać położenia węzłów – wystarczy wybrać z listy typ podziału, a program sam ustali położenie węzłów.

Podczas dzielenia prętów, na których występują obciążenia, po podziale pręta wcześniej zadane obciążenia znajdują się w przestrzeni dokładnie w tej samej lokalizacji co przed podziałem. Zachowana zostanie również wartość obciążeń i ich kierunek. Zachowanie obciążeń ciągłych przy podziale pręta, zadanych w grupie typu „multi” opisano wcześniej, przy omawianiu grup tego typu.

Funkcja dzielenia prętów zostanie użyta podczas wprowadzania stężeń ścian. Stężenia mają postać dwóch krzyżujących się prętów połączonych sztywno ze sobą. Kolejne kroki wykonywane podczas tworzenia stężeń ścian pokazane są na Rys. 208.



Rys. 208 Wprowadzanie stężeń ścian

Najpierw należy wprowadzić pierwszy ukośny pręt, następnie zaznaczyć go i uruchomić funkcję  **Dzielenie prętów węzłami**. Z listy należy wybrać podział na dwie części i wcisnąć przycisk **Podziel**. Następnym krokiem jest narysowanie dwóch ukośnych prętów. Na koniec trzeba tylko zaznaczyć węzeł, w którym łączą się stężenia i usunąć przegub.

Należy pamiętać, że funkcja dzielenia pręta zachowuje również jego własności, takie jak np. przekrój, ustawienie lokalnego układu współrzędnych itp.

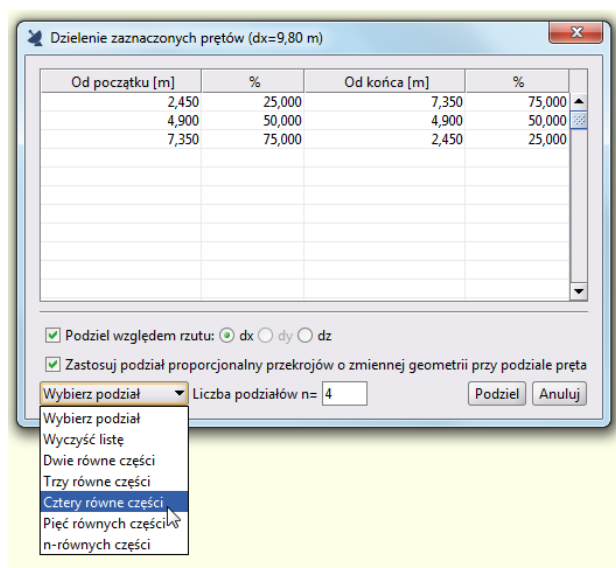
Opcja dzielenia pręta na dowolne odcinki względem jednego z jego rzutów jest rozbudowaną opcją dotychczasowego podziału pręta węzłami względem jego długości. Może być ona wykorzystywana np. przy nierównomiernym podziale prętów krokwi narożnych dachów, gdy znana jest wymagana odległość pozioma krokwi dochodzących, bez konieczności przestrzennego przeliczania tych odległości na odpowiednie odcinki liczone po długości dzielonej krokwi narożnej.

Dla pojedynczego pręta lub kilku prętów o dokładnie takiej samej długości dostępna jest opcja podziału względem jego długości w jednostkach metrycznych lub w procentach.

Dla pojedynczego pręta lub kilku prętów o dokładnie takiej samej długości i takim samym kierunku dostępna jest opcja podziału względem wybranego rzutu prostopadłego tego pręta na jedną z osi układu globalnego, w jednostkach metrycznych lub w procentach.

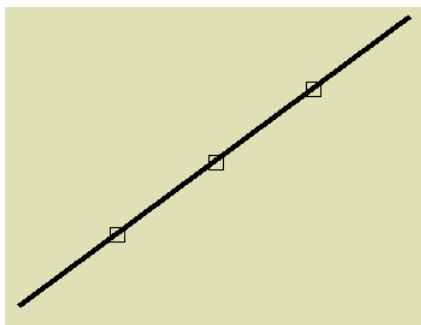
We wszystkich pozostałych przypadkach możliwy jest jedynie procentowy podział kilku prętów naraz względem długości lub jednego z trzech rzutów (co oczywiście daje dokładnie ten sam rezultat).

W programie wprowadzono również dowolność w podawaniu kolejnych podziałów. Nie muszą one być podawane w kolejności od najmniejszego do największego lub odwrotnie. Zachowana jest również zasada, że pomyłkowe podziały, wychodzące poza wymiar długości pręta, pomijane są przy użyciu tej funkcji oraz że nie można wprowadzić podziału pręta w dwóch tak samo opisanych lokalizacjach w ramach każdej sesji działania funkcji. W programie możliwe są następujące typy predefiniowanych podziałów równomiernych na 2, 3, 4 i 5 części. Okno podziału pręta węzłami względem jego rzutu pokazano poniżej:

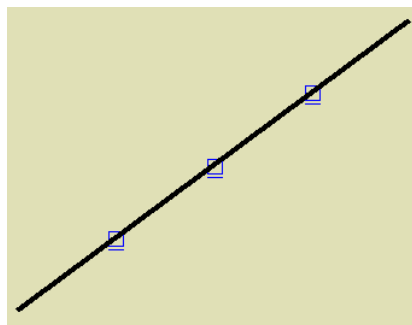


Rys. 209 Podział pręta względem jego rzutu

W trakcie definiowania podziału pręta lub prętów na ekranie graficznym pokazywane są przewidywane położenia nowych węzłów pozwalające na orientacyjną kontrolę poprawności wprowadzanego podziału. Symbole wskazujące położenie nowych węzłów różnią się w zależności od tego, czy podział wykonywany jest względem długości czy względem jednego z trzech rzutów prostokątnych na osie układu globalnego.

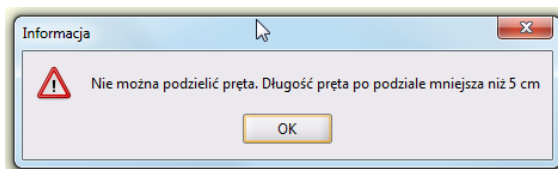


Rys. 210 Symbole punktów podziału pręta względem jego długości




Rys. 211 Symbole punktów podziału pręta względem jego rzutu dx

W oknie podziału pręta węzłami dołożono na liście podział zaznaczonych prętów na  $n$  równych części. Po podaniu w polu edycyjnym: **Liczba podziałów  $n$**  = liczbie całkowitej z przedziału  $\langle 2; 100 \rangle$  oraz wybraniu z listy opcji podział na  $n$  równych części program w tabeli powyżej przygotuje podział prętów na wskazaną liczbę. Wyjątek stanowi tu przypadek, gdy na skutek takiego podziału dostaniemy pręty o długości mniejszej niż 5 cm. Wówczas wyświetli się komunikat „**Nie można podzielić pręta. Długość pręta po podziale mniejsza niż 5 cm**” i operacja podziału pręta nie zostanie wykonana.



Rys. 212 Komunikat o braku możliwości podzielenia pręta

## 6.9. Scalanie prętów

Funkcją odwrotną do podziału pręta węzłami jest operacja scalania prętów w jeden pręt . Dostępna jest ona z menu kontekstowego prawego klawisza myszki jedynie w przypadku zaznaczenia kilku kolejnych, połączonych ze sobą współliniowych prętów. Aby operacja ta była możliwa do realizacji, pręty, które mają być scalone, muszą jednocześnie spełniać kilka warunków:

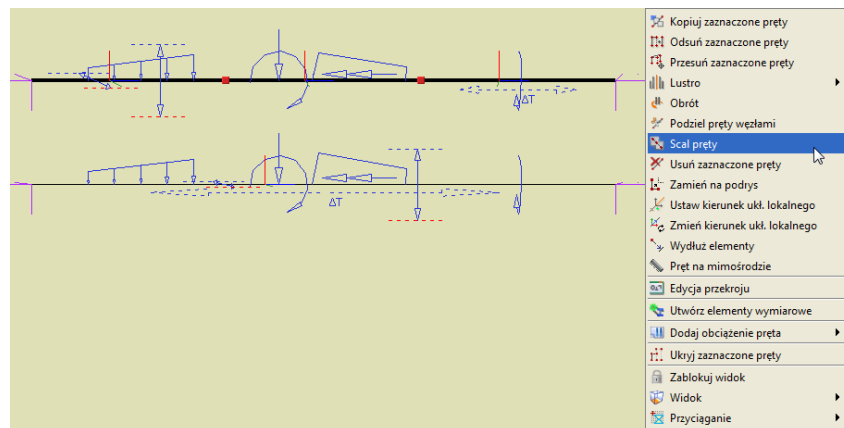
- wszystkie kolejne pręty muszą być współliniowe,
- wszystkie pręty muszą mieć taki sam przekrój,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

- wszystkie pręty muszą należeć do jednej grupy prętów,
- wszystkie pręty muszą mieć jednakowo zlokalizowany układ współrzędnych.

Skutkiem działania tej funkcji jest zamiana kilku kolejnych, współliniowych prętów w jeden pręt o początku i końcu pokrywających się z węzłem początkowym i końcowym scalanych prętów skrajnych. Tak otrzymany element przejmuje wszystkie cechy (przekrój, grupę, **LUV**) łączonych prętów. W przypadku występowania obciążeń na prętach scalanych, po operacji scalania są one dodawane w taki sposób, że nadal pozostają na swoich miejscach w przestrzeni (jak przed scaleniem). Wyjątek stanowią tu obciążenia termiczne, które zawsze przyłożone są do całego pręta po scaleniu. W przypadku gdy do węzłów pośrednich scalanych prętów dochodzą inne, niewspółliniowe pręty, po operacji scalania pozostają one nadal w pierwotnej lokalizacji, a jedynie pręty scalane są od nich odłączone. Po przypadkowym podziale pręta węzłem (np. na skutek włączonej opcji przyciągania do punktu bliskiego pręta) funkcja ta pozwala na ponowne jego scalenie bez potrzeby wykorzystania funkcji **Cofnij**.



Rys. 213 Wywołanie funkcji scalania i widok obciążeń przed i po scaleniu

Zachowanie obciążeń przy scalaniu pręta, zadanych w grupie typu „**multi**”, opisano wcześniej, przy omawianiu grup tego typu.

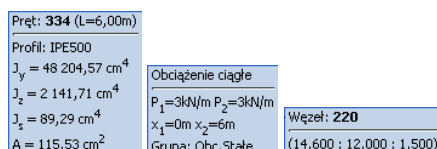
## 7. Modyfikowanie wprowadzonego układu

Po skończeniu wprowadzania układu możliwa jest modyfikacja wszystkich jego elementów: geometrii, obciążeń oraz podparcia. Funkcje modyfikujące powyższe elementy mają podobną zasadę działania: najpierw należy wybrać elementy (węzły, pręty, obciążenia), które mają być modyfikowane, a następnie uruchomić odpowiednią funkcję. W przypadku zadawania nowych obciążeń (z wyjątkiem obciążeń powierzchniowych) można również wybrać typ obciążenia a następnie wskazać jego położenie na właściwych prętach lub w odpowiednim węźle.

## 7.1. Informacje o geometrii i obciążeniach

Modyfikacji geometrii oraz obciążeń układu dokonuje się za pomocą pól tekstowych opisanych w kolejnych punktach tego oraz następnego rozdziału. Pola te są wykorzystywane także do prezentacji informacji o geometrii oraz obciążeniach prętów i węzłów. Zaznaczenie pręta (węzła) powoduje wyświetlenie informacji o nim na zakładce **Geometria**, a przy zaznaczeniu obciążenia jego parametry pojawią się na zakładce **Obciążenia**. Wartości w odpowiednich polach można modyfikować. W przypadku gdy zaznaczonych jest kilka prętów, węzłów lub obciążeń, parametry dla nich wspólne wyświetlane są na odpowiednich zakładkach. W przypadku gdy dla zaznaczonych obiektów parametry są różne, wyświetlany jest znak [..], a w przypadku list wyboru puste pole.

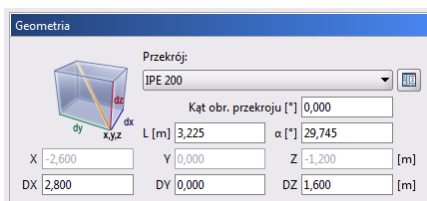
Inną możliwością uzyskania informacji o elementach projektu są tzw. **chmurki pomocy (tooltipy)**. Są to niewielkie pola tekstowe wyświetlane po zatrzymaniu wskaźnika myszy nad obiektem przez kilka sekund.



Rys. 214 Chmurki pomocy (tooltipy)

## 7.2. Modyfikacje prętów

Po zakończeniu rysowania układu możliwości modyfikacji jego geometrii są w programie następujące: zmiana profili prętów, ich kąta obrotu, zmiana położenia węzłów układu, ich usuwanie i wyrównanie, usuwanie, przesuwanie, kopiowanie, odsuwanie prętów, dzielenie prętów węzłami oraz wprowadzanie odpowiednich połączeń w węzłach (przegubowych lub sztywnych) a także dodawanie, usuwanie i modyfikacja obciążeń.



Rys. 215 Modyfikacje geometrii



Podręcznik do programu

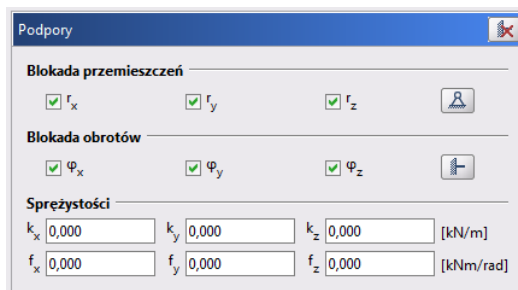
Opis programu R3D3-Rama 3D

Wybór profilu oraz kąta obrotu dla zaznaczonych prętów dokonuje się w grupie **Geometria** na pierwszej zakładce. Pozostałe operacje edycyjne zostały omówione we wcześniejszych rozdziałach podręcznika (m.in. w punkcie **Menu kontekstowe**).

### 7.3. Modyfikacje podparcia

Dla zaznaczonych węzłów można definiować podpory – określać, które przemieszczenia i obroty mają być zablokowane. Modyfikacje te wykonuje się, korzystając z pól znajdujących się w grupie **Podpory** na zakładce **Geometria**. Zaznaczając odpowiednie pola ( $r_x$ ,  $r_y$ ,  $r_z$ ,  $\varphi_x$ ,  $\varphi_y$ ,  $\varphi_z$ ), włącza się blokady przemieszczeń i obrotów na poszczególnych kierunkach globalnego układu współrzędnych.

Dla każdej blokady można dodatkowo określić wartość jej sprężystości (pola  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ ,  $f_x$ ,  $f_y$ ,  $f_z$ ).



Rys. 216 Podpory

W programie nie jest możliwe wykonanie obliczeń dla układu, w którym występuje obciążenie osiadaniem lub obrotem na podporze sprężystej. Można wprowadzić takie dane w edytorze, jednak przy próbie uruchomienia obliczeń zostanie wyświetlony komunikat. Do wyboru mamy wtedy automatyczną poprawę danych (przez usunięcie obciążeń lub sprężystości podpory) lub przerwanie obliczeń. Funkcja automatycznej poprawy danych działa tylko dla podpór, w których występują błędy. Wybranie usunięcia osiadań spowoduje usunięcie ich tylko dla podpór sprężystych. Pozostałe osiadania nie zostaną zmodyfikowane. Analogicznie jest dla sprężystości.

Wprowadzanie i modyfikacje obciążeń omówiono w następnym rozdziale podręcznika.

### 7.4. Funkcja Cofnij i Przywróć

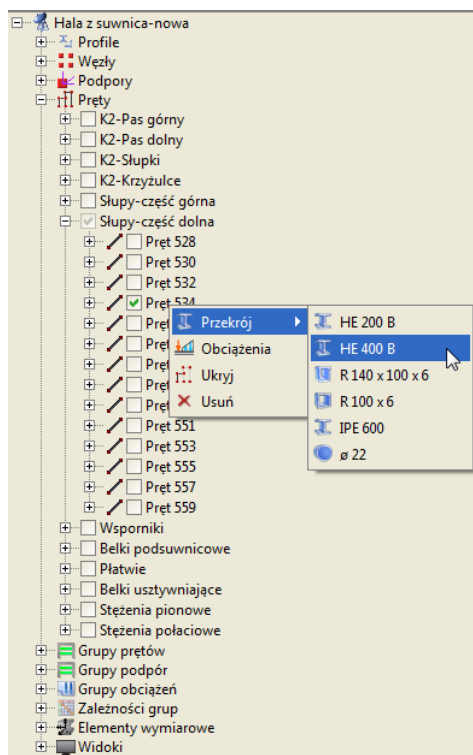
W ramach każdej otwartej sesji programu użytkownik może dowolną ilość razy wykorzystać funkcje **Cofnij** i **Przywróć**. Pozwala to na wycofanie się w każdej chwili z błędnie wykonanej operacji lub przywrócenie stanu projektu sprzed operacji **Cofnij**. Należy tu pamiętać, że program zapamiętuje listę zmian jedynie w ramach jednej sesji jego działania. Po zapisaniu projektu, zamknięciu programu i ponownym uruchomieniu tego samego projektu, lista wcześniejszych zmian nie będzie pamiętana.

## 7.5. Edycja elementów z poziomu „drzewa projektu”

W programie wprowadzono możliwość edycji parametrów większości elementów zdefiniowanego układu z poziomu „drzewa projektu”. Poszczególne funkcje edycyjne dostępne są z menu kontekstowego prawego klawisza myszki w momencie, gdy jej kursor ustawiony jest nad odpowiednim elementem „drzewa projektu”. Podstawowe informacje zamieszczone w głównych gałęziach „drzewa projektu” to:

- W gałęzi **Profile** – informacje dotyczące większości charakterystyk geometrycznych przekroju (łącznie ze wskaźnikami plastycznymi), dla przekrojów zmiennych podane osobno dla początku i końca pręta.
- W gałęzi **Węzły** – informacje dotyczące współrzędnych węzłów w układzie globalnym.
- W gałęzi **Podpory** – informacje dotyczące założonych blokad podporowych.
- W gałęzi **Pręty** – informacje dotyczące sposobu dojścia pręta w węźle początkowym i końcowym. W gałęzi **Pręty** – umożliwiono zaznaczanie w „drzewie” całej grupy prętów, analogicznie jak w gałęzi **Grupy prętów**.
- W gałęzi **Grupy prętów** – informacje dotyczące podziału prętów na grupy.
- W gałęzi **Grupy podpór** – informacje dotyczące podziału podpór na grupy.
- W gałęzi **Grupy obciążeń** – parametry dotyczące zadanych w modelu grup obciążeń oraz parametr **Widoczna/Niewidoczna** (w „drzewie projektu” nie można zaznaczyć niewidocznej grupy).
- W gałęzi **Kombinacje użytkownika** – informacje o zdefiniowanych w projekcie kombinacjach użytkownika.
- W gałęzi **Zależności grup** – parametry relacji między zdefiniowanymi w modelu grupami obciążeń.
- W gałęzi **Obciążenia powierzchniowe** – parametry zdefiniowanych w modelu obciążeń powierzchniowych.
- W gałęzi **Elementy wymiarowe** – informacje o prętach składających się na utworzone elementy wymiarowe.
- W gałęzi **Złącza** – informacje o zdefiniowanych w projekcie złączach stalowych przewidzianych do wymiarowania wg eurokodów w module **EuroZłącza**.
- W gałęzi **Widoki** – informacje o zdefiniowanych w projekcie widokach użytkownika.
- W gałęzi **Wymiary** – informacje o wprowadzonych do modelu wymiarach.
- W gałęzi **Podrysy** – informacje o użytych w modelu podrysach i grupach podrysów.

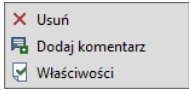
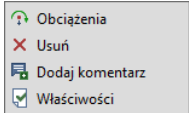
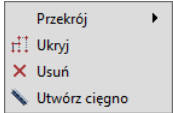
Przykład wywołania menu podręcznego edycji z poziomu „drzewa projektu” przedstawiono poniżej:



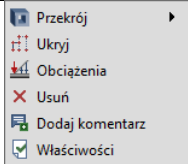

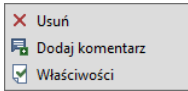
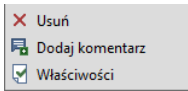
Rys. 217 Edycja elementów z poziomu „drzewa projektu”

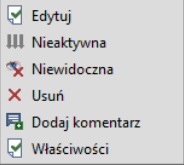
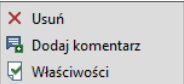
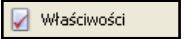
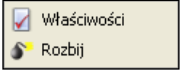
Z poziomu „drzewa projektu” można edytować następujące elementy: profile przekroju, węzły i podpory, niektóre parametry prętów, grupy prętów, grupy podpór, grupy obciążeń, obciążenia powierzchniowe, kombinacje użytkownika, zależności grup obciążeń zmiennych, elementy wymiarowe, widoki, podrysy i wymiary. W większości przypadków tak wywołane funkcje edycyjne wykonują bezpośrednie działanie lub przełączają użytkownika do odpowiedniego istniejącego okna odpowiedzialnego za ustawienie parametrów wskazanego elementu. W przypadku edycji właściwości prętów, węzłów i podpór poza edycją na zakładce **Geometria**, dostępne są odpowiednie okna edycyjne **Właściwości**, wywoływane przez dwuklik na danym elemencie lub z poziomu menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla „drzewa projektu”. Poniżej w tabeli przedstawiono poszczególne elementy i przypisane do nich dostępne funkcje edycyjne wraz z opisem działania tych funkcji:

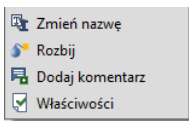
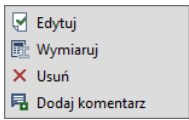
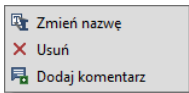
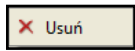
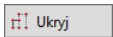
| Gałąź drzewka (menu)         | Dostępne pozycje menu               | Opis działania funkcji  |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
| Profile → (konkretny profil) | Właściwości                         | Otwiera okno <b>Edycji profilu</b> na wybranym profilu.                           |
|                              | Zamień końce pręta<br>(opcjonalnie) | Zamienia początkowy i końcowy przekrój pręta dla przekrojów o zmiennej geometrii. |
|                              | Dodaj/Usuń komentarz                | Dodaje/Usuwa komentarz do profilu.  |

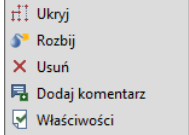
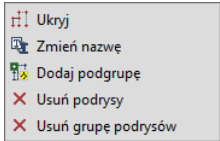
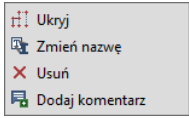
|   |  |  |
|---|--|--|
|   | Usuń   | Usuwa profil z projektu.   |
| <p>Węzły → (konkretny węzeł)</p>           | Właściwości  | Otwiera nowe okno umożliwiające edycję współrzędnych węzła.  |
|   | Dodaj/Usuń komentarz                                     | Dodaje/Usuwa komentarz do węzła.   |
|   | Usuń   | Usuwa węzeł z projektu (wraz ze schodzącymi się w nim prętami).  |
| <p>Podpory → (konkretna podpora)</p>       | Właściwości  | Otwiera nowe okno umożliwiające edycję współrzędnych i parametrów podpory:<br>$r_x, r_y, r_z, \phi_x, \phi_y, \phi_z, k_x, k_y, k_z, f_x, f_y, f_z.$ |
|   | Dodaj/usuń komentarz                                     | Dodaje/Usuwa komentarz do podpory.   |
|   | Obciążenia ( <i>opcja</i> )                              | Otwiera okno edycyjne <b>Obciążenia węzła podporowego</b> dla danej podpory.   |
|   | Usuń   | Likwiduje podporę w danym węźle (bez jego usunięcia).  |
| <p>Pręty → (konkretna grupa prętów)</p>  | Przekrój > (rozwijalna lista)                            | Pozwala na przypisanie do wszystkich prętów w grupie wybranego profilu z listy.  |
|   | Utwórz cięgno/Usuń cięgno ( <i>opcja</i> ) (przełącznik) | Ustawia lub usuwa dla wszystkich prętów w grupie typ cięgno (dostępna, jeśli wszystkie są tego samego typu).   |
|   | Ukryj/Pokaż (przełącznik)                                | Ukrywa lub pokazuje grupę prętów w układzie.   |
|   | Usuń   | Usuwa z projektu wszystkie pręty zawarte w danej grupie prętów bez usuwania nazwy grupy.   |
| <p>Pręty → (konkretna grupa prętów) → (konkretny pręt)</p>  | Przekrój > (rozwijalna lista)                            | Pozwala na przypisanie do pręta innego profilu z listy.  |
|   | Właściwości  | Otwiera okno <b>Właściwości pręta</b> .  |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|   |   |  |
|---|---|--|
|    | Utwórz cięgno/Usuń cięgno ( <i>opcja</i> )<br>(przełącznik) | Ustawia lub usuwa dla danego pręta typ cięgno (dostępna, jeśli pręt jest dwuprzegubowy).   |
|   | Obciążenia ( <i>opcja</i> )                                 | Otwiera okno edycyjne <b>Obciążenia pręta</b> dla danego pręta.                            |
|   | Wymiarowanie > (opcjonalna lista)                           | Pozwala na przejście do wymiarowania danego pręta.   |
|   | Ukryj/Pokaż (przełącznik)                                   | Ukrywa lub pokazuje pręt w układzie.   |
|   | Dodaj/Usuń komentarz  | Dodaje/Usuwa komentarz do pręta.   |
|   | Usuń  | Usuwa pręt z projektu.   |
| <p>Pręty → (konkretna grupa prętów) → (konkretny pręt) → (mimośród jedno- lub dwustronny)</p>  | Edytuj  | Wywołuje okno edycji wartości mimośrodów jednostronnego lub dwustronnego dla danego pręta. |
|   | Usuń  | Usuwa mimośród jednostronny lub dwustronny dla danego pręta.                               |
| <p>Grupy prętów → (konkretna grupa prętów)</p>   | Właściwości   | Otwiera okno edycyjne <b>Grup prętów i elementów wymiarowych</b> na danej grupie prętów.   |
|   | Dodaj/Usuń komentarz  | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Grupy prętów</b> .  |
|   | Usuń  | Usuwa zdefiniowaną grupę prętów z układu (bez usuwania samych prętów).                     |
| <p>Grupy podpór<br/>→ (konkretna grupa podpór)</p>   | Właściwości   | Otwiera okno edycyjne <b>Grup podpór</b> na danej grupie podpór.                           |
|   | Dodaj/Usuń komentarz  | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Grupy podpór</b> .  |
|   | Usuń  | Usuwa zdefiniowaną grupę podpór z układu (bez usuwania samych podpór).                     |

|  |                                    |  |
|--|------------------------------------|--|
| <p>Grupy obciążeń → (konkretna grupa obciążeń)</p>        | Właściwości                        | Otwiera okno edycyjne <b>Grupy obciążeń</b> na zaznaczonej grupie obciążeń.            |
|  | Edytuj (opcja)                     | Otwiera okno edycji grupy obciążenia ruchomego.  |
|  | Aktywna/Nieaktywna (przełącznik)   | Ustawia grupę obciążeń jako aktywną lub nieaktywną.                                    |
|  | Widoczna/Niewidoczna (przełącznik) | Ustawia grupę obciążeń jako widoczną lub niewidoczną.                                  |
|  | Dodaj/Usuń komentarz               | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Grupy obciążeń</b> .                                      |
|  | Usuń                               | Usuwa grupę obciążeń wraz ze wszystkimi obciążeniami zdefiniowanymi w tej grupie.      |
| <p>Kombinacje użytkownika → (konkretna kombinacja)</p>  | Właściwości                        | Otwiera do edycji okno <b>Kombinacji użytkownika</b> .                                 |
|  | Dodaj/Usuń komentarz               | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Kombinacji użytkownika</b> .                              |
|  | Usuń                               | Usuwa daną kombinację z projektu.  |
| <p>Zależności grup</p>                                  | Właściwości                        | Otwiera do edycji okno <b>Zależności grup obciążeń</b> .                               |
| <p>Elementy wymiarowe → (konkretna grupa prętów)</p>    | Właściwości                        | Otwiera okno edycyjne Listy złożonych elementów wymiarowych.                           |
|  | Rozbij                             | Rozbija elementy wymiarowe na pręty w danej grupie prętów (usuwa element z projektu).  |
| <p>Elementy wymiarowe → (konkretna grupa prętów) →</p>   | Właściwości                        | Otwiera okno edycyjne <b>Listy złożonych elementów wymiarowych</b> na danym elemencie. |

|   |                      |  |
|---|----------------------|--|
| <p>(konkretny element wymiarowy)</p>                                       | Zmień nazwę          | Otwiera okienko edycji <b>Zmień nazwę</b> elementu wymiarowego.                    |
|   | Dodaj/Usuń komentarz | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Elementu wymiarowego</b> .                            |
|   | Rozbij               | Rozbija element wymiarowy na pręty (usuwa element z projektu).                     |
| <p>Złącza → (konkretne złącze stalowe)</p>                                 | Edytuj               | Edytuje parametry złącza/zakotwienia w module EuroZłącze.                          |
|   | Wymiaruj             | Wymiaruje złącze/zakotwienie w module EuroZłącze.                                  |
|   | Usuń                 | Usuwa dany typ złącza/zakotwienia z projektu.                                      |
|   | Dodaj/Usuń komentarz | Dodaje lub usuwa komentarz do konkretnego złącza/zakotwienia.                      |
| <p>Widoki → (konkretny widok użytkownika)</p>                            | Usuń                 | Likwiduje wszystkie widoki (dla gałęzi głównej) lub zaznaczony widok.              |
|   | Dodaj/Usuń komentarz | Dodaje/Usuwa komentarz do <b>Widoku</b> .  |
|   | Zmień nazwę          | Otwiera okienko edycji <b>Zmień nazwę</b> widoku użytkownika.                      |
| <p>Wymiary → (konkretny typ wymiarów: poziome, pionowe, równoległe)</p>  | Usuń                 | Likwiduje wszystkie wymiary (dla gałęzi głównej) lub zaznaczonego typu.            |
| <p>Obciążenia powierzchniowe → (konkretna grupa obciążeń)</p>            | Ukryj/Pokaż          | Ukrywa lub pokazuje wszystkie obciążenia powierzchniowe w danej grupie obciążeń.   |
| <p>Obciążenia powierzchniowe → (konkretna obciążenie powierzchniowe w podziale na grupy obciążeń)</p>   | Właściwości          | Otwiera okno edycyjne <b>Obciążenia powierzchniowego</b> dla wybranego obciążenia. |
|   | Ukryj/Pokaż          | Ukrywa lub pokazuje konkretne obciążenie powierzchniowe                            |

|  |                      |   |
|--|----------------------|---|
|   | Dodaj/Usuń komentarz | Dodaje/Usuwa komentarz do konkretnego obciążenia powierzchniowego.  |
|  | Rozbij               | Rozbija dane obciążenie powierzchniowe na odpowiadające mu zwykłe obciążenia prętowe i węzłowe.                             |
|  | Usuń                 | Usuwa z modelu dane obciążenie powierzchniowe wraz z przypisanymi do niego obciążeniami powstałymi na skutek jego rozkładu. |
| <p>Grupy podrysów →<br/>(konkretna grupa podrysów)</p>  | Ukryj/Pokaż          | Ukrywa lub pokazuje wszystkie podrysy umieszczone poniżej danej grupy podrysów.   |
|  | Zmień nazwę          | Pozwala na zmianę nazwy danej grupy podrysów.   |
|  | Dodaj podgrupę       | Pozwala na dodanie podgrupy podrysów poniżej danej grupy  |
|  | Usuń podrysy         | Usuwa wszystkie podrysy znajdujące się poniżej danej grupy  |
|  | Usuń grupę podrysów  | Usuwa daną grupę podrysów bez usuwania samych podrysów, które przekładane są do nieusuwalnej grupy <b>Niepogrupowane</b> .  |
| <p>Podrysy → (konkretny podrys w danej grupie)</p>      | Ukryj/Pokaż          | Ukrywa lub pokazuje konkretny podrys.   |
|  | Zmień nazwę          | Zmienia nazwę konkretnego podrysu.  |
|  | Usuń                 | Usuwa konkretny podrys.   |
|  | Dodaj/Usuń komentarz | Dodaje lub usuwa komentarz do konkretnego podrysu.  |

Podczas edycji elementów z „drzewa projektu” należy zwrócić uwagę, w jakiej głównej gałęzi „drzewa” jesteśmy, bo właśnie tych elementów będzie zawsze dotyczyła edycja, niezależnie od tego, dla jakiej podgałęzi czy elementu wywołano edycję. I tak na przykład będąc w gałęzi **Pręty**, klikając prawym klawiszem na wybranej **Grupie prętów** i wybierając opcję **Usuń**, będziemy usuwać z układu wszystkie pręty znajdujące się w danej grupie, natomiast sama grupa nie ulegnie usunięciu (pozostanie pusta).



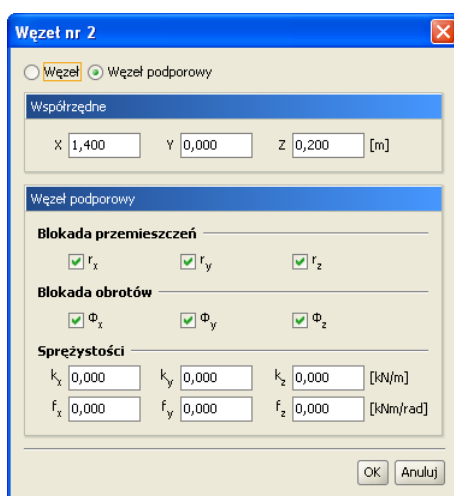
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Zupełnie inny efekt otrzymamy, będąc w gałęzi głównej **Grupy prętów** lub **Grupy podpór**, klikając tu prawym klawiszem na wybranej **Grupie prętów/podpór** i wybierając opcję **Usuń** – będziemy usuwać z układu wskazaną grupę prętów/podpór, bez usuwania z układu samych prętów/podpór (pręty i podpory zostaną przydzielone do domyślnej grupy i nieusuwalnej **Niepogrupowane**).

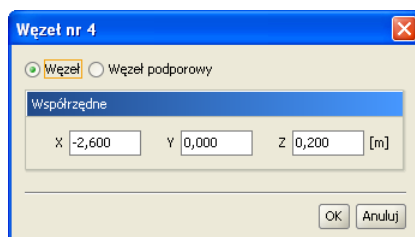
Przed zastosowaniem funkcji **Usuń** dla prętów i węzłów pojawi się komunikat proszący użytkownika o potwierdzenie operacji, a po jego wykonaniu układ zostanie przenumerowany. Opcja usuwania prętów i węzłów dostępna jest jedynie dla elementów widocznych (nieukrytych).

Poniżej pokazano nowe okno edycji własności dla węzłów i podpór, dostępne z menu kontekstowego prawego klawisza myszki w „drzewie projektu”:



Rys. 218 Edycja węzłów podporowych

W przypadku edycji każdego z tych elementów wywoływane jest to samo okno, posiadające dwa widoki. Jeden, widoczny powyżej, pozwala na edycję współrzędnych oraz innych parametrów węzłów podporowych. Drugi, widoczny poniżej, pozwala jedynie na edycję współrzędnych węzłów niebędących podporami.



Rys. 219 Edycja węzłów

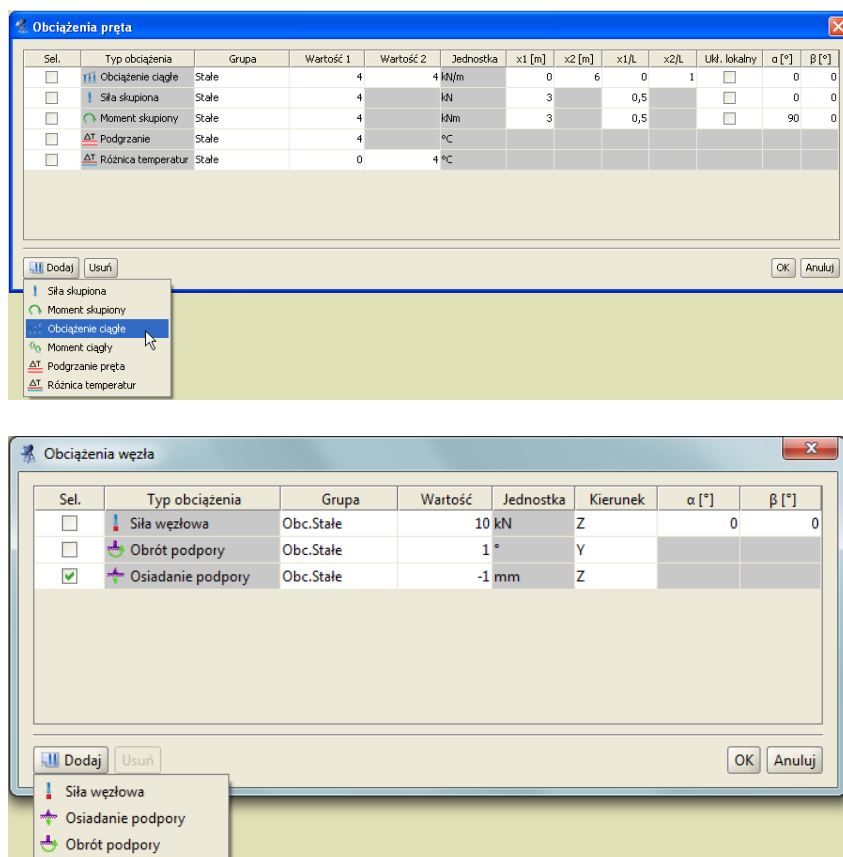
Zmianę widoku może użytkownik wywołać w każdej chwili, przełączając odpowiednio górny znacznik: **Węzeł** lub **Węzeł podporowyy**. Takie rozwiązanie umożliwia w każdym momencie utworzenie w dowolnym węźle podpory i odwrotnie, każdą podporę można zamienić w zwykły węzeł układu.

Dla zaznaczonego pręta, przez dwuklik na nim lub wywołanie odpowiedniej funkcji z „drzewa projektu” możemy wywołać okno **Właściwości pręta** (pokazane w rozdziale: 4.1.7)

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


Poza oknem edycji parametrów węzłów i podpór, o parametry edycji rozbudowane są również okna **Obciążeń** dla pręta i węzła podporowego. Widok okien przedstawiono poniżej:

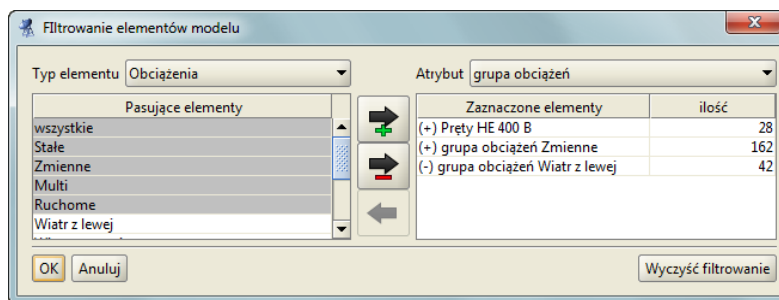


Rys. 220 Okna edycji obciążeń prętowych i węzłowych dla pojedynczego pręta, węzła lub węzła podporowego

Okna te, jak już wcześniej opisano, służą do selekcji pojedynczego obciążenia na pręcie lub w węźle. Opcja ta jest istotna wówczas, gdy obciążenia na pręcie lub w węźle pokrywają się i trudno jest je wyselekcjonować graficznie. Okna te wyposażono w możliwości edycji parametrów **Obciążeń**, łącznie z funkcją dodawania i usuwania nowych obciążeń dla pojedynczego pręta, węzła lub podpory z poziomu okna dialogowego. Znaczenie parametrów zawartych w poszczególnych kolumnach okien jest analogiczne do odpowiednich danych definiowanych na zakładce **Obciążenia**, zależnie od typu dodawanego oddziaływania.

## 7.6. Funkcja filtrowania elementów projektu

Dla dużych projektów, zawierających znaczne ilości elementów modelu układu statycznego, do ich prostej selekcji można wykorzystać wbudowane do programu filtry. Okno funkcji filtrowania projektu można wywołać z menu głównego **Narzędzia** opcją  **Filtruj** lub odpowiednim przyciskiem z głównego paska narzędziowego. Widok okna filtrowania pokazano poniżej:



Rys. 221 Okno funkcji filtrowania

Funkcja filtrowania elementów modelu dostępna jest dla trzech podstawowych typów obiektów: prętów, węzłów i obciążeń. W ramach każdego z tych elementów dostępnych jest kilka atrybutów (do wyboru), po których przeprowadzone będzie filtrowanie. W ramach każdego z wybranych atrybutów można wybrać jedną z dostępnych dla niego wartości logicznych lub zakres wartości liczbowych, po których filtrowana będzie baza projektu. W ramach jednego filtrowania można jednocześnie wyselekcjonować odpowiednią grupę: prętów, węzłów i obciążeń.

W przypadku filtrowania węzłów po ich typie:

- za **węzły przegubowe** uważa się takie węzły, w których wszystkie schodzące się w nich pręty dochodzą do węzła przegubowo, wszystkie węzły swobodne niepodparte oraz węzły swobodne podparte przegubowo lub przegubowo-przesuwne,
- za **węzły sztywne** uważa się takie węzły, w których wszystkie schodzące się w nich pręty dochodzą do węzła sztywno oraz węzły swobodne, zamocowane,
- za **węzły zesztynwiane** uważa się wszystkie pozostałe węzły niespełniające jednego z dwóch powyższych warunków,
- za **węzły swobodne** uważa się takie węzły, do których dochodzi co najwyżej jeden pręt i węzeł nie jest podparty.

W przypadku filtrowania węzłów podporowych po typie podpory:

- za **wszystkie węzły podporowe** uważa się te węzły, w których odebrano minimum jedną z sześciu więzi (trzy przesuwu i trzy obroty),
- za **podpory przegubowe** uważa się takie węzły podporowe, dla których zablokowano wszystkie przesuwu i nie zablokowano żadnego obrotu,
- za **podpory sztywne** uważa się takie węzły podporowe, dla których zablokowano wszystkie przesuwu i wszystkie obroty,
- za **podpory przegubowo-przesuwne** uważa się takie węzły podporowe, dla których zablokowano jeden lub dwa przesuwu i odblokowano wszystkie obroty,
- za **inne podpory** uważa się wszystkie węzły podporowe niespełniające jednego z trzech powyższych warunków.

Poniżej w tabeli przedstawiono wszystkie dostępne poszczególnym elementom atrybuty filtrowania i ich wartości:

Tabela dostępnych możliwości filtrowania projektu:





| Typ elementu do filtrowania: | Podstawowe atrybuty filtrowania:  | Dostępny zakres wartości atrybutu do filtrowania:   |
|------------------------------|-----------------------------------|---|
| Pręty:                       | – wszystkie pręty                 | – wszystkie pręty   |
|                              | – po grupach prętów               | – wszystkie grupy prętów<br>– lista grup prętów projektu  |
|                              | – po typach prętów                | – wszystkie typy prętów<br>– pręty pionowe<br>– pręty poziome<br>– pręty typu ciągnio<br>– pręty na mimośrodzie |
|                              | – po przekrojach prętów           | – wszystkie typy przekrojów<br>– lista przekrojów projektu  |
|                              | – po typach materiału             | – wszystkie typy materiałów<br>– lista materiałów projektu  |
|                              | – po klasach materiału            | – wszystkie klasy materiałów<br>– lista klas materiałów projektu  |
|                              | – po długości pręta               | – określony zakres długości (od-do) [m]   |
|                              | – po kącie obrotu przekroju pręta | – określony zakres kąta obrotu pręta  |
|                              | Węzły:                            | – wszystkie węzły   |
| – po typie węzła             |                                   | – wszystkie węzły<br>– węzły przegubowe<br>– węzły sztywne<br>– węzły zeszywniane<br>– węzły swobodne           |

|             |                                  |   |
|-------------|----------------------------------|---|
|             | – po typie podpory               | – wszystkie węzły podporowe<br>– podpory przegubowe<br>– podpory sztywne<br>– podpory przegubowo-przesuwne<br>– inne podpory  |
|             | – po współrzędnej „x”            | – węzły o wsp. „x” (od-do) [m]  |
|             | – po współrzędnej „y”            | – węzły o wsp. „y” (od-do) [m]  |
|             | – po współrzędnej „z”            | – węzły o wsp. „z” (od-do) [m]  |
|             | – po grupach podpór              | – wszystkie grupy podpór<br>– lista grup podpór projektu  |
| Obciążenia: | – wszystkie obciążenia           | – wszystkie obciążenia  |
|             | – po grupach obciążeń            | – wszystkie grupy obciążeń<br>– stałe<br>– zmienne<br>– multi<br>– ruchome<br>– lista grup obciążeń projektu  |
|             | – po typie i wartości obciążenia | – wszystkie typy obciążeń (od-do) [–]<br>– obciążenie równomierne (od-do) [kN/m]<br>– obciążenie ciągłe (od-do) [kN/m]<br>– siła skupiona (od-do)[kN]<br>– moment ciągły (od-do)[kNm/m]<br>– moment skupiony (od-do)[kNm]<br>– podgrzanie pręta (od-do)[°C]<br>– różnica temp na pręcie (od-do) [°C]<br>– osiadanie podpory (od-do)[mm] |

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
|  |  | – obrót podpory (od-do) [°] |
|--|--|-----------------------------|

Po wybraniu na górnych listach i w lewym panelu okna definicji filtra, opcją **Dodaj** dodajemy wybrane elementy do elementów zaznaczonych (pokazują się na prawym panelu okna z plusem), a opcją **Odejmij** odejmujemy wybrane elementy z sumy zaznaczonych obiektów (pokazują się na prawym panelu z minusem). Opcja **Usuń** pozwala na usunięcie wybranej w prawym panelu okna selekcji (dodawanej lub odejmowanej). Przy każdej z tych operacji ilość elementów wyselekcjonowanych jest na bieżąco aktualizowana. W prawym panelu okna wyświetlane są zawsze wszystkie zastosowane reguły filtracji, dla wszystkich elementów, a także wyświetlana jest informacja o ilości wybranych elementów w ramach każdej selekcji. Elementy wyselekcjonowane na bieżąco zaznaczane są na ekranie graficznym, a wciśnięcie przycisku **OK** akceptuje zapamiętanie aktualnej selekcji. W trakcie działania funkcji filtracji całkowicie wygaszana jest aktualna selekcja elementów projektu przed procesem filtracji i przywracana jest ona powtórnie przy zamknięciu okna filtracji w inny sposób niż przyciskiem **OK**. Po wybraniu w oknie filtracji przycisku **OK** dotychczasowa selekcja elementów projektu zastępowana jest selekcją wykonaną w oknie filtracji. Ustawiona funkcja filtrowania pamiętana jest w ramach każdej sesji programu i po ponownym jej uruchomieniu na bieżąco aktualizowana jest do aktualnego stanu modelu układu. Wszystkie ustawione opcje filtrowania można w każdej chwili usunąć, wciskając przycisk **Wyczyść filtrowanie**, znajdujący się w dole okna, po prawej stronie. Każde filtrowanie (dodawane lub odejmowane) po dowolnie wybranym atrybucie za każdym razem odbywa się po wszystkich elementach zdefiniowanych w modelu, a nie tylko po elementach już wcześniej wyfiltrowanych.

## 7.7. Wstawianie i obsługa komentarzy użytkownika

Do poszczególnych obiektów modelu takich jak: pręty, węzły, podpory, obciążenia ciągłe, skupione, ruchome, termiczne, kinematyczne i powierzchniowe można dodawać krótkie komentarze tekstowe użytkownika. Wstawianie i edycja komentarzy może się odbywać tylko na zakładce **Geometria** i **Obciążenia**. Wszystkie wstawione do modelu komentarze zapisywane są w projekcie. Przypisane do poszczególnych elementów projektu komentarze użytkownika widoczne są na ekranie pod postacią niewielkiej ikony z symbolem komentarza wyświetlanym przy oznaczeniu graficznym danego elementu. Najeżdżenie kursorem myszki na ikonę komentarza spowoduje automatyczne wyświetlenie jego treści w żółtym polu tekstowym. Symbole komentarzy i ich zawartość mogą być wyświetlane na dowolnej zakładce (**Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki** i **Wymiarowanie**) zależnie od ustawień wykonanych w oknie **Ustawień** w sekcji **Wizualizacja układu**. Warunkiem koniecznym wyświetlania symbolu komentarza przy danym obiekcie jest (poza ustawieniem samego ich wyświetlania) widoczność tego obiektu na ekranie monitora, którego komentarz dotyczy. Wstawianie komentarzy odbywa się na zakładce **Geometria** lub **Obciążenia** z głównego menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla zaznaczonej dla modelu grupy takich samych lub różnych obiektów (opcja  **Komentarze – Dodaj komentarz**). Do jednego obiektu modelu można przypisać tylko jeden komentarz. Dla zaznaczonego obiektu, dla którego wcześniej wstawiono komentarz, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki, w grupie  **Komentarze** będą dostępne dwie dodatkowe funkcje:  **Edytuj komentarz** i  **Usuń komentarz**. Jednoczesna edycja kilku komentarzy dla kilku obiektów modelu możliwa jest tylko pod warunkiem, że dotyczy komentarza o dokładnie takiej samej treści. Pojedyncze

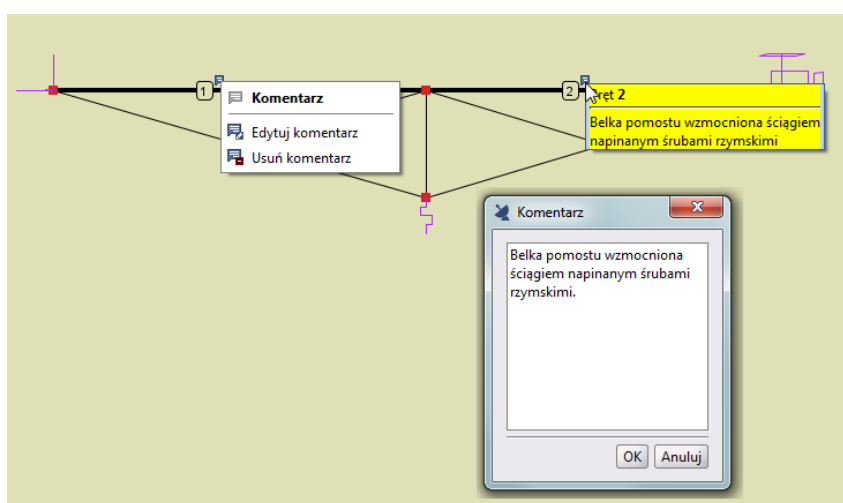
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

kliknięcie lewym klawiszem myszki na ikonie komentarza wywołuje menu podręczne dla tego komentarza pozwalające edytować lub usunąć komentarz (opcje **Edytuj komentarz** i **Usuń komentarz**). W projekcie zawierającym komentarze użytkownika, po ustawieniu ich widoczności na aktualnej zakładce, w prawym górnym rogu ekranu graficznego wyświetlana jest ogólna ikona komentarzy. Kliknięcie na niej lewym klawiszem myszki pozwala wywołać funkcję usuwania wszystkich komentarzy

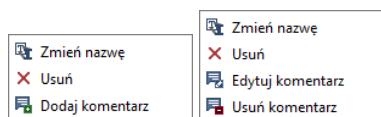
w całym projekcie. Choć długość przypisanych do obiektów komentarzy nie jest formalnie ograniczona, to

w podglądzie komentarza (przy najechaniu na jego ikonę) wyświetlanych jest maksymalnie 160 znaków i nie więcej niż 5 wierszy. Ewentualną dalszą część dłuższego komentarza oznaczoną trzema kropkami na końcu jego podglądu można przeczytać tylko w trybie edycji tego komentarza. W polu edycji komentarza działa możliwość przeklepania tekstu przez schowek.



Rys. 222 Okno edycji komentarza i podgląd komentarza

Poza możliwością dodawania komentarzy użytkownika do graficznych elementów projektu takich jak: węzły, podpory, pręty, elementy wymiarowe, obciążenia, podrysy i złącza, umożliwiono ich edycję z poziomu „drzewa projektu”. Umożliwiło to również rozszerzenie możliwości dodawania komentarzy użytkownika o elementy niemające swojej graficznej reprezentacji w modelu, takie jak: profile, grupy prętów, podpór, obciążeń, kombinacje użytkownika i widoki. Przypisane do elementu projektu komentarze zamieszczone w „drzewie projektu” oznaczone są symbolem komentarza analogicznie jak w przypadku symbolu komentarza przypisanego do graficznej reprezentacji elementu w modelu. Również analogicznie jak w przypadku komentarza na ekranie graficznym, najechanie myszką na symbol komentarza w „drzewie projektu” wyświetla jego treść. Kliknięcie prawym klawiszem myszki na poszczególnych elementach „drzewa projektu” powoduje wyświetlenie menu kontekstowego zawierającego funkcję **Dodaj komentarz**. W przypadku takiego samego kliknięcia w „drzewie projektu” na elemencie, do którego wcześniej przypisano już komentarz, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki pojawią się dwie funkcje: **Edytuj komentarz** i **Usuń komentarz**.



Rys. 223 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki z obsługą komentarzy w „drzewie projektu”

Komentarze przyłożone do poszczególnych elementów projektu:

| Typ elementu w modelu statycznym | Miejsce usytuowania komentarza |                 |   |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|---|
|                                  | Drzewo projektu                | Model graficzny | Reprezentacja graficzna, do której podpięto znacznik komentarza |
| Profil                           | +                              | -               | -   |
| Węzeł/Podpora                    | +                              | +               | Znacznik węzła  |
| Obciążenie węzła                 | +                              | +               | Symbol obciążenia   |
| Pręt                             | +                              | +               | Linia pręta   |
| Obciążenie pręta                 | +                              | +               | Symbol obciążenia   |
| Obciążenie ruchome               | -                              | +               | Symbol obciążenia   |
| Grupa prętów                     | +                              | -               | -   |
| Grupa podpór                     | +                              | -               | -   |
| Grupa obciążeń                   | +                              | -               | -   |
| Kombinacja użytkownika           | +                              | -               | -   |
| Element wymiarowy                | +                              | +               | Element wymiarowy na zakładce Wymiarowanie*                     |
| Widok                            | +                              | -               | -   |
| Podrys                           | +                              | +               | Znacznik punktu wstawienia podrysu i kontur podrysu             |
| Obciążenie powierzchniowe        | +                              | +               | Tafla obciążenia powierzchniowego                               |
| Złącze                           | +                              | +               | Symbol złącza*  |



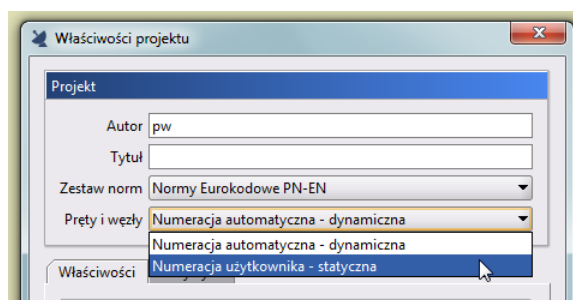
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


\*Tylko wyświetlanie, usuwanie i edycja, bez możliwości dodawania (dodawanie tylko z poziomu „drzewa projektu”)


## 7.8. Numeracja prętów i węzłów

Domyślnie w projektach ustawiona jest automatyczna numeracja prętów i węzłów, na którą użytkownik nie ma wpływu. Jest ona dla projektów zawsze unikalna, kolejna, ciągła i zmienia się dynamicznie wraz z dodawaniem i usuwaniem kolejnych prętów i węzłów układu podczas pracy nad projektem. W każdej chwili przy pracy nad projektem użytkownik może w oknie **Właściwości projektu** zmienić dynamiczną numerację automatyczną na statyczną numerację użytkownika.



Rys. 224 Wybór trybu numeracji prętów i węzłów w oknie Właściwości projektu


Statyczna, czyli stała numeracja prętów i węzłów użytkownika również jest unikalna (każdy pręt i węzeł ma unikalny i niepowtarzalny numer). Jednak numeracja użytkownika nie musi być już ciągła i kolejna (część kolejnych numerów może być nieużywana w projekcie – „dziury” w numeracji). Za to numeracja użytkownika jest zawsze stała i nie podlega dynamicznej zmianie przy dodawaniu i usuwaniu prętów i węzłów w projekcie. W przypadku wyboru numeracji użytkownika istnieje dodatkowo możliwość pojedynczego lub zbiorczego modyfikowania numerów wybranych prętów i węzłów przez użytkownika (pod warunkiem zachowania ich unikalności, tzn. żadne dwa pręty lub węzły nie mogą mieć tego samego numeru). Włączenie numeracji statycznej użytkownika dla projektu sygnalizowane jest wyświetlaniem odpowiedniej ikonki informacyjnej  w prawym górnym rogu ekranu graficznego.

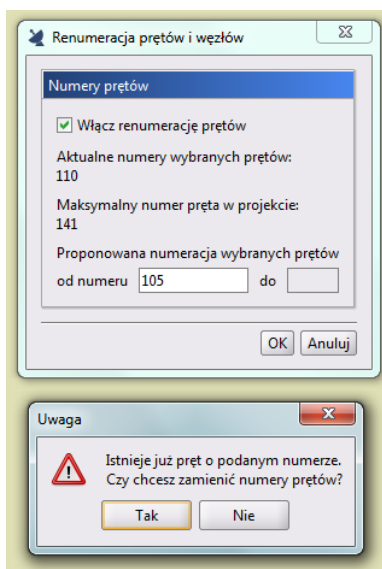
Domyślnie po założeniu nowego projektu oba rodzaje numeracji: automatyczna i użytkownika pokrywają się ze sobą do momentu, aż użytkownik pierwszy raz wybierze we **Właściwościach projektu** numerację użytkownika. Od tego momentu numeracja użytkownika jest stała i nie ulega dalszej zmianie przy dodawaniu lub usuwaniu kolejnych prętów i węzłów. Oba rodzaje numeracji współistnieją ze sobą w ramach projektu i są zapamiętywane w pliku projektu. Pozwala to w każdej chwili na przejście z numeracji automatycznej na numerację użytkownika i odwrotnie. Będąc w trybie numeracji użytkownika w każdej chwili można przywrócić identyczność tej numeracji z numeracją automatyczną poleceniem  **Przywróć numerację początkową** w menu głównym **Narzędzia** (jest to operacja nieodwracalna i po zapisaniu i zamknięciu projektu nie ma już powrotu do poprzedniej numeracji użytkownika).

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

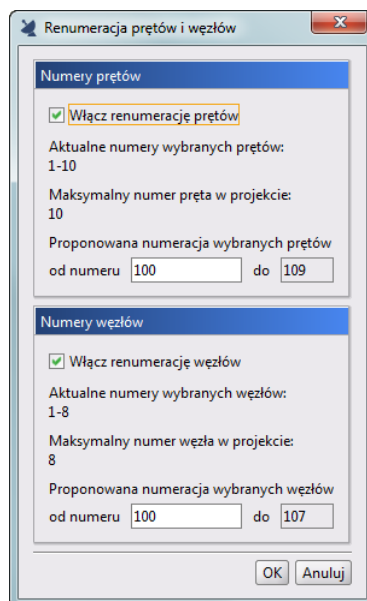
W przypadku ustawienia numeracji użytkownika przy dodawaniu kolejnych prętów i węzłów program nadaje im domyślnie kolejne numery od najwyższego numeru użytego dotychczas w projekcie, bez sprawdzania, czy któreś z poprzednich numerów są wolne i nieużywane.

W trybie numeracji użytkownika dla zaznaczonych prętów i węzłów (jednego lub wielu) użytkownik może z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wywołać funkcję ręcznego numerowania –  **Renumeracja prętów i węzłów**. Przy tym dla pojedynczego węzła lub pręta istnieje możliwość nadania dowolnego nieużywanego numeru lub, w przypadku gdy numer ten jest już użyty w projekcie, zamiany numerów między elementami.



Rys. 225 Zamiana numerów prętów dla zaznaczonego pojedynczego pręta

Dla zaznaczonej grupy prętów lub węzłów istnieje jedynie możliwość nadania nowych numerów, z których żaden dotąd nie był używany. Nowe numery dla zaznaczonej grupy prętów lub węzłów nadawane są losowo. Powyższa funkcja pozwala np. zanumerować słupy od 50 do 74 numeru, a rygle od 100 do 150 numeru i wszystkie te numery pozostaną stałe i niezmiennie podczas dalszej modyfikacji projektu, oczywiście z wyjątkiem usunięcia słupa lub rygła zanumerowanego w taki sposób, że spowoduje to powstanie kolejnej „dziury” w numeracji.



Rys. 226 Okno renumeracji dla wielu prętów i węzłów

Okno **Renumeracji prętów i węzłów** składa się z dwóch paneli: osobnego dla prętów i węzłów. Panele te wyświetlają się po wywołaniu renumeracji zależnie od tego, jakie elementy (pręty i/lub węzły) zostały przez użytkownika zaznaczone w modelu. Górny znacznik w obu panelach pozwala na wybór, które z zaznaczonych elementów (pręty i/lub węzły) mają podlegać renumeracji (domyślnie oba). Poniżej znaczników wyświetlana jest lista aktualnie wybranych prętów i węzłów, a niżej maksymalny numer pręta/węzła użyty aktualnie w projekcie. Na samym dole obu paneli znajduje się pole edycyjne, gdzie użytkownik może wpisać numer początkowy, który ma być nadany zaznaczonym elementom. Domyślnie jako numer początkowy podawany jest zaokrąglony do 100 numer większy niż najwyższy dotąd używany w projekcie. Numer końcowy wyświetlany jest automatycznie na podstawie ilości zaznaczonych elementów i nie podlega on edycji. Jeśli w grupie proponowanych nowych numerów elementów znajdzie się numer już użyty w projekcie, program podświetli dolne pole edycyjne na czerwono (jako numery niewłaściwe) i nie pozwoli na wykonanie takiej renumeracji.

Uwaga:

Każda zmiana numeracji prętów lub węzłów w trybie statycznej numeracji użytkownika wymaga zawsze ponownego przeliczenia projektu.

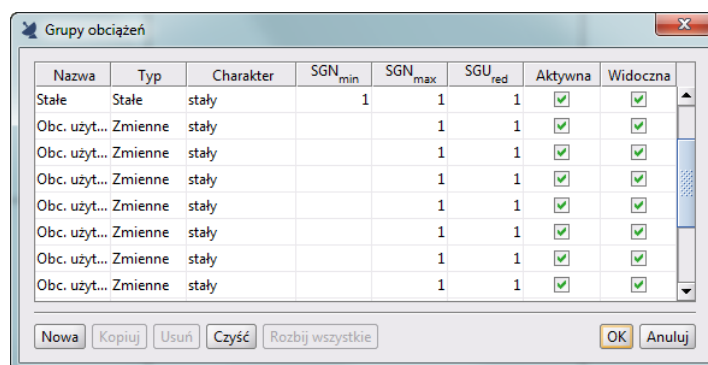
W celu zachowania jak największej czytelności programu wprowadzono automatyczny mechanizm pomijający wyświetlanie: oznaczeń węzłów, numerów węzłów, układów lokalnych, etykiet z numerami prętów, a także symboli obciążeń prętowych i węzłowych, wykresów oraz etykiet wyników wymiarowania zbiorczego dla znacznie pomniejszonych widoków układu, gdy węzły w znacznym stopniu nachodzą na siebie i zasłaniają geometrię modelu.

## 8. Obciążenia układu

## 8.1. Grupy obciążeń

Każde obciążenie zdefiniowane w projekcie musi być przypisane do odpowiedniej grupy obciążeń stałych lub zmiennych. Wyjątek stanowi grupa obciążeń stałych **Ciążar własny**, która definiowana jest przez program automatycznie i jej nazwa nie może być modyfikowana. Nie jest ona wizualizowana na ekranie, natomiast może być uwzględniona w procesie obliczeń.

Obciążenia zdefiniowane w projektach wykonanych w starszych wersjach programu są odczytywane w kolejnych wersjach programu. Podczas otwierania starego projektu (do wersji 2.0 włącznie) obciążenia zostaną przypisane do jednej stałej grupy obciążeń. Następnie użytkownik może zdefiniować nowe grupy obciążeń i zmienić przypisanie poszczególnych (wybranych) obciążeń do odpowiednich grup. Zmiana przypisania obciążeń do poszczególnych grup odbywa się przez zaznaczenie (wskazanie dla wielu z klawiszem **Shift**) obciążeń i wybór właściwej grupy na zakładce **Obciążenia**.



Rys. 227 Okno definicji Grup obciążeń dla projektów wg norm PN

Po wywołaniu okna **Grup obciążeń**, nową grupę obciążeń definiuje się w projekcie przez naciśnięcie przycisku **Nowa**. Pojawia się ona w oknie grup obciążeń jako kolejny wiersz tabeli.

W pierwszej kolumnie tabeli użytkownik może zdefiniować nazwę wprowadzanej grupy. W drugiej kolumnie definiowany jest (przez wybór z listy) typ obciążeń działających w danej grupie (stały, zmienny lub multi), a w kolejnej jej charakter. Następne trzy kolumny (w przypadku obliczeń według Norm Polskich) definiują współczynniki obciążenia osobno dla SGN i SGU: minimalny dla obciążeń stałych i zmiennych oraz maksymalny tylko dla obciążeń stałych (w przypadku SGU jest to jeden współczynnik redukcyjny). Domyślne wartości wszystkich współczynników są ustawione na 1,0. Zakresy wartości poszczególnych współczynników wynoszą 0...99, przy czym współczynnik minimalny musi być mniejszy od maksymalnego. Przy próbie wpisania złej wartości program automatycznie skoryguje wartości współczynników.

Współczynniki obciążenia są uwzględniane przy budowaniu obwiedni sił wewnętrznych, naprężeń i reakcji. Ostatnie dwie kolumny ustalają chwilowe parametry grupy w projekcie. Grupa, dla której wyłączona jest opcja aktywności, istnieje w projekcie, ale nie jest uwzględniana w obliczeniach i przy tworzeniu raportów. Parametr widoczności grupy steruje wyświetlaniem obciążeń z danej grupy na ekranie. Nie ma on żadnego wpływu na obliczenia. grupa niewidoczna, ale aktywna jest uwzględniana w obliczeniach.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


Funkcja **Kopiuj** dla zaznaczonego wiersza danej grupy obciążeń lub kilku zaznaczonych grup wstawia kopię tej grupy lub grup o takiej samej nazwie jak grupa kopiowana, lecz z dopiskiem „kopia”. Wraz z grupą obciążeń kopiowane są zawsze wszystkie obciążenia założone w tej grupie. Nie może być kopiowana grupa **Ciążaru własnego**.

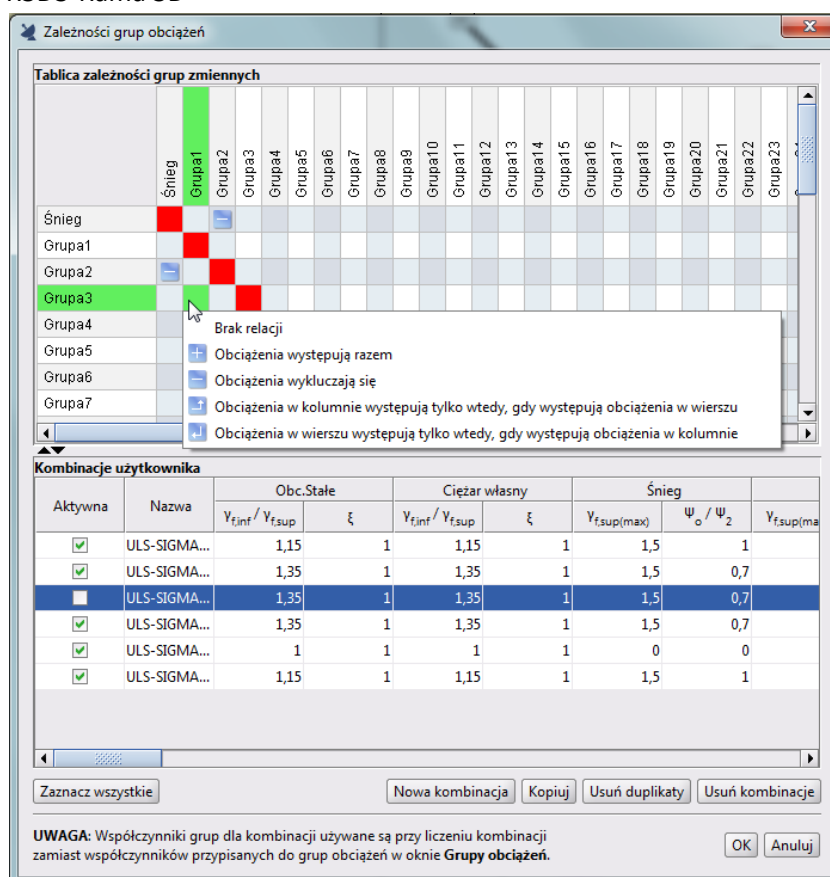
Aby usunąć grupę obciążeń, należy zaznaczyć odpowiedni wiersz i nacisnąć przycisk **Usuń**. Jeśli usuwana grupa zawiera obciążenia, to wyświetlone zostanie okno z prośbą o potwierdzenie, a wraz z grupą usunięte zostaną wszystkie obciążenia do niej przypisane. Nie można usuwać grupy ciężaru własnego. Gdy chcemy wykonać obliczenia bez uwzględniania ciężaru własnego, ustawiamy tę grupę jako nieaktywną.

W oknie definicji grup dostępna jest także funkcja usunięcia wszystkich pustych grup obciążeń. Po naciśnięciu przycisku **Czyść** zostaną usunięte wszystkie grupy niezawierające obciążeń. Do tego celu może być również użyta funkcja oczyszczania projektu.

Pozostałe elementy dotyczące okna **Grup obciążeń**, np. specyfika działania grup multi, a zwłaszcza różnice w budowie okna **Grup obciążeń** dla wymiarowania według norm eurokodowych PN-EN, zostały omówione w poprzednich rozdziałach podręcznika.

## 8.2. Zależności grup obciążeń

W programie istnieje możliwość określania wzajemnych zależności (relacji) grup obciążeń zmiennych. Zależności te są uwzględniane tylko przy budowaniu automatycznej obwiedni sił wewnętrznych i reakcji. Zależności określa się w oknie  **Zależności grup obciążeń**. Składa się ono z dwóch części: górnej – zawierającej zależności grup obciążeń zmiennych (wykorzystywanych tylko przy budowie automatycznej obwiedni sił i naprężeń) oraz dolnej – zawierającej definicję kombinacji użytkownika.



Rys. 228 Okno zależności grup obciążeń

Stanowi ono kwadratową tabelę, w której wierszach i kolumnach wypisane są kolejno wszystkie grupy obciążeń zmiennych zdefiniowane w projekcie. Domyślnie wszystkie grupy obciążeń zmiennych są obciążeniami niezależnymi (brak relacji). Kliknięcie myszką na polu przecięcia odpowiedniej kolumny i wiersza pozwala ustalić relację między dwiema różnymi grupami obciążeń zmiennych. Do wyboru mamy wówczas następujące opcje:

- Brak relacji (opcja domyślna).
- Obciążenia występują razem (oba obciążenia mogą wystąpić tylko łącznie).
- Obciążenia wykluczają się (jeśli jedno, to nie drugie).
- Obciążenia w kolumnie występują tylko wtedy, gdy występują obciążenia w wierszu.
- Obciążenia w wierszu występują tylko wtedy, gdy występują obciążenia w kolumnie.
- Synchronizacja grup obciążenia ruchomego (opcja dostępna jedynie dla grup obciążenia ruchomego).

Przy wprowadzaniu relacji istnieje potencjalnie możliwość takiego ich zadania, że tworzą układ relacji wzajemnie sprzecznych. Aby do tego nie dopuścić, program sprawdza logikę wprowadzonych relacji i uniemożliwia zadanie relacji sprzecznej z pozostałymi.

W oknie zależności grup obciążeń definiowane są również dodatkowe kombinacje użytkownika, które omówione zostały szczegółowo poprzednich rozdziałach podręcznika.

### 8.3. Wprowadzenie obciążeń

Wszystkie typy obciążeń (poza powierzchniowym i ruchomym) można wprowadzać w programie na dwa różne sposoby. Pierwszy, gdy nie jest zaznaczony żaden pręt lub węzeł modelu – przez wywołanie typu obciążenia a następnie wskazanie pręta bądź węzła na którym to obciążenie będzie przyłożone oraz określenie jego wartości, kierunku, przynależności do grupy obciążeń i dokładnej lokalizacji na pręcie. Po wprowadzeniu jednego obciążenia program umożliwi wprowadzenie kolejnego obciążenia tego samego typu. Drugi, gdy na początku zaznaczamy pręty lub węzły a następnie wybieramy typ obciążenia, jego wartość, kierunek, przynależność do grupy i lokalizację na pręcie. W drugim przypadku możemy wprowadzić takie samo obciążenie na wielu prętach (węzłach) na raz. W każdej chwili na zakładce **Obciążenia** możemy zmodyfikować wartość i kierunek działania obciążenia oraz jego przypisanie do poszczególnych grup obciążeń.

Wszystkie obciążenia zadawane w programie (dla projektów PN i PN-EN) powinny być wpisywane w odpowiednie pola wartości jako wielkości charakterystyczne, a odpowiednie współczynniki obciążenia powinny być przypisane do poszczególnych grup obciążeń (lub przypisanych im oddziaływań w przypadku projektów wg PN-EN), w których zadano te obciążenia.

Aby zdefiniować obciążenia w projekcie, należy np. zaznaczyć jeden lub wiele elementów (prętów lub węzłów), na których ma być wprowadzone jednakowe obciążenie. Obciążenia węzłów podporowych to osiadanie i obrót podpory, a dowolnych węzłów to siła skupiona w węźle. Obciążenia kinematyczne można wprowadzać tylko w węzłach, w których istnieją podpory. Pozostałe typy obciążeń są dostępne tylko dla prętów i mogą one być następujące: siła skupiona, moment skupiony, obciążenie ciągłe i równomierne, moment ciągły, sprężenie/naciąg, różnica temperatur i podgrzanie pręta.

Przez naciśnięcie przycisku obciążeń prętowych lub węzłowych na górnym pasku narzędziowym należy wybrać rodzaj zadawanego obciążenia. Przycisk ten dostępny jest, gdy wcześniej zaznaczony został przynajmniej jeden pręt układu, węzeł lub węzeł podporowy lub nie wybrano żadnego elementu modelu. Innym sposobem zadania obciążenia jest wybór odpowiedniej opcji z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla wcześniej zaznaczonej grupy prętów lub węzłów podporowych.

Po wybraniu właściwego obciążenia następuje automatyczne przełączenie na zakładkę definicji obciążeń. Należy tam podać wszystkie niezbędne parametry wprowadzanego obciążenia. Jednocześnie na głównym ekranie roboczym, na zaznaczonych prętach lub węzłach dynamicznie wyświetlana jest reprezentacja graficzna wprowadzanego obciążenia.

W trakcie wprowadzania nowych obciążeń w polu **Grupa** na zakładce **Obciążenia** dostępna jest zawsze lista wszystkich grup ustawionych jako widoczne w projekcie (poza specyficzną grupą ciężaru własnego, która nigdy nie jest widoczna w liście wyboru). W przypadku definiowania nowego obciążenia domyślnie ustawiana jest pierwsza widoczna grupa z listy. Aby przypisać obciążenie do grupy niewidocznej, należy zmienić jej ustawienie na widoczną i wówczas grupa ta będzie dostępna na liście wyboru **Grupy**. W skrajnym przypadku, gdy wszystkie grupy ustawione są jako niewidoczne lub widoczna jest tylko grupa ciężaru własnego, nie będzie można wprowadzić obciążeń do zaznaczonych prętów i węzłów. Do grupy ciężaru własnego, która tworzona jest automatycznie, nie można w programie przypisać żadnego obciążenia użytkownika.



Rys. 229  Siły skupione

Rys. 230  Momenty skupione

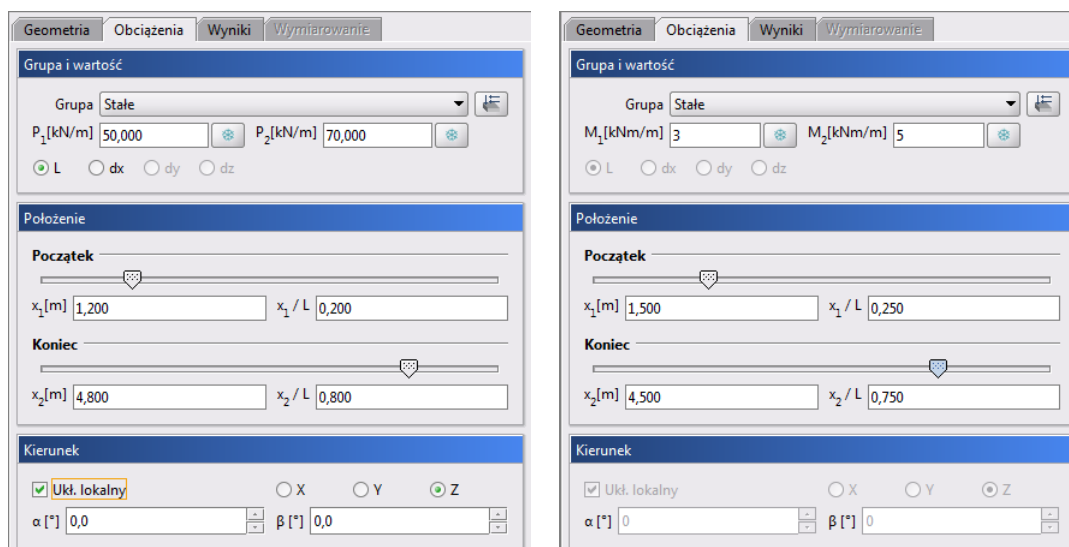
Przy wprowadzaniu sił skupionych lub momentów skupionych należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia skupionego grupę obciążeń.
- Odpowiednio w polu **P** [kN] lub **M** [kNm] podać wartość obciążenia we właściwych jednostkach.
- Za pomocą wartości bezwzględnej  $x_1$  [m], względnej  $x_1/L$  lub suwaka należy ustawić miejsce przyłożenia obciążenia na pręcie (prętach).
- Przełączając przyciski **X**, **Y**, **Z** oraz wybierając układ lokalny pręta lub globalny całego układu, można ustawić kierunek obciążenia zgodny z zaznaczoną osią.
- Wybierając układ lokalny pręta lub globalny całego układu oraz ustawiając odpowiednio kąty  $\alpha$  oraz  $\beta$  [°], można ustawić dowolny kierunek obciążenia względem pręta lub całości układu. Dla układu lokalnego kąt  $\alpha$  jest kątem obrotu obciążenia wokół pręta, a kąt  $\beta$  kątem obrotu obciążenia w płaszczyźnie pręta. Strzałkami przy polach tekstowych  $\alpha$  oraz  $\beta$  można zmieniać wartości kątów skokowo co 45°.

Obciążenia ciągłe prętów:

Rys. 231  Obciążenia ciągłe

Rys. 232  Momenty ciągłe



Przy wprowadzaniu obciążeń ciągłych lub momentów ciągłych należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia ciągłego grupę obciążeń.
- Odpowiednio w polach  $P_1$  [kN] i  $P_2$  [kN] lub  $M_1$  [kNm] i  $M_2$  [kNm] podać wartość początkową i końcową obciążenia ciągłego w odpowiednich jednostkach.
- Za pomocą wartości bezwzględnych  $x_1$  [m] i  $x_2$  [m], względnych  $x_1/L$  i  $x_2/L$  lub suwaków należy ustawić miejsca początku i końca obciążenia ciągłego na pręcie (prętach). Przy obciążeniach ciągłych początek obciążenia nie może wypadać dalej niż jego koniec. Obciążenie ciągłe o początku i końcu zlokalizowanym w tym samym punkcie oznaczane jest na ekranie graficznym etykietą z wykrzyknikiem.
- Przełączając przyciski **X**, **Y**, **Z** oraz wybierając układ lokalny pręta lub globalny całego układu, można ustawić kierunek obciążenia ciągłego zgodny z zaznaczoną osią.
- Wybierając układ lokalny pręta lub globalny całego układu oraz ustawiając odpowiednio kąty  $\alpha$  i  $\beta$  [°], można ustawić dowolny kierunek obciążenia ciągłego względem pręta lub całości układu. Dla układu lokalnego kąt  $\alpha$  jest kątem obrotu obciążenia wokół pręta, a kąt  $\beta$  kątem obrotu obciążenia w płaszczyźnie pręta. Strzałkami przy polach tekstowych  $\alpha$  oraz  $\beta$  można zmieniać wartości kątów skokowo co 45°.

Obciążenie momentem ciągłym jest zdefiniowane w układzie lokalnym pręta – jest to moment skręcający. Dlatego nie ma możliwości zmiany kątów nachylenia tego obciążenia.

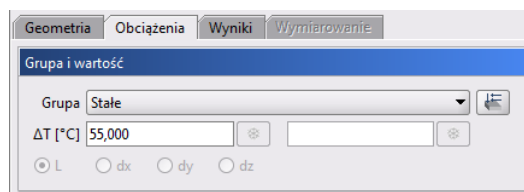


**Obciążenie równomierne** jest to często wykorzystywana uproszczona wersja obciążeń ciągłych o stałej wartości obciążenia. Przy wyborze obciążenia równomiernego użytkownik podaje tylko jedną wartość obciążenia. Po wprowadzeniu obciążeń równomiernych (np. przy ich edycji) każde obciążenie wprowadzone jako równomierne traktowane jest przez program jak zwykle obciążenie ciągłe (można osobno zmieniać wartości na początku i końcu obciążenia).

Obciążenia termiczne prętów:



Podgrzanie pręta. Obowiązuje dla całości pręta, nie może być podgrzana jedynie część pręta.



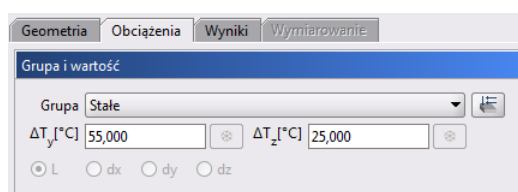
Rys. 233 Podgrzanie

Przy wprowadzaniu obciążeń termicznych polegających na podgrzaniu całości pręta należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia termicznego grupę obciążeń.
- W polu  $\Delta T$  [°C] należy podać w stopniach Celsjusza różnicę temperatur, o jaką podgrzano wybrane pręty.



Różnica temperatur dla pręta. Obowiązuje dla całości pręta.



Rys. 234 Różnica temperatur

Przy wprowadzaniu obciążeń różnicą temperatur należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia termicznego grupę obciążeń.
- W polu  $\Delta T_y$  i  $\Delta T_z$  [°C] należy podać w stopniach Celsjusza różnicę temperatur między cieplejszą a chłodniejszą stroną pręta. Kierunki y oraz z pokrywają się z kierunkami lokalnych układów współrzędnych prętów.

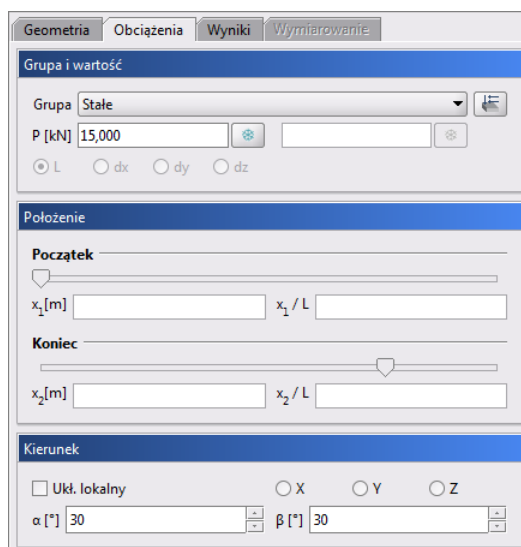
W strukturze tworzonego projektu wszystkie zadane obciążenia prętowe widoczne w „drzewie projektu” przypisane są do odpowiednich prętów.

Obciążenia skupione węzłów – siły skupione:

Rys. 235



Siły skupione  
węzłowe



Przy wprowadzaniu sił skupionych w zaznaczonych węzłach układu należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia skupionego grupę obciążeń.
- W polu **P [kN]** podać wartość obciążenia w odpowiednich jednostkach.
- Przelączając przyciski **X**, **Y**, **Z**, ustawić kierunek obciążenia zgodny z zaznaczoną osią układu globalnego całego układu.
- Ustawiając odpowiednio kąty  $\alpha$  oraz  $\beta$  [°], można ustawić dowolny kierunek obciążenia względem osi układu globalnego. Strzałkami przy polach tekstowych  $\alpha$  oraz  $\beta$  można zmieniać wartości kątów skokowo co 45°.

W strukturze tworzonego projektu wszystkie zadane siły węzłowe, widoczne w „drzewie projektu”, przypisane są do odpowiednich węzłów układu.

Obciążenia węzłów podporowych:

Przy wprowadzaniu obciążeń: osiadania i obrotu podpory, należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

- Wybrać z listy **Grupa** właściwą grupę obciążeń.
- Podać wartość osiadania podpory (**O**) w mm lub kąt (**K**) jej obrotu w stopniach.
- Zdefiniować kierunek obciążenia przez zaznaczenie odpowiedniego znacznika (kąt obrotu podpory określony jest względem wybranej osi). W dolnych polach tekstowych nie można wpisywać wartości kątów nachylenia obciążenia, a w pamięci zostaną zapisane te, które pokrywają się z zaznaczonymi kierunkami podpory.

Rys. 236

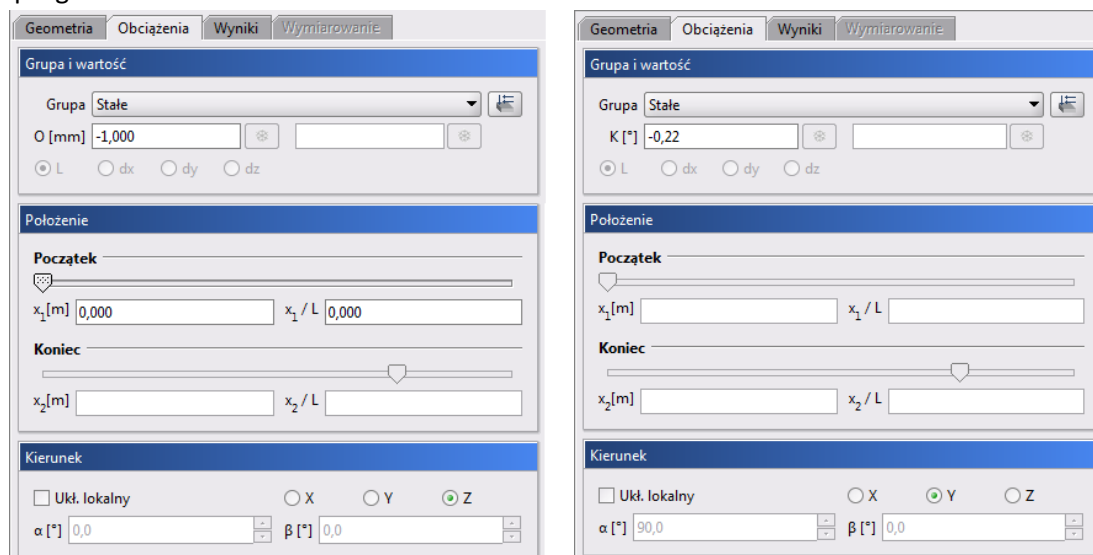


Osiadanie podpory

Rys. 237



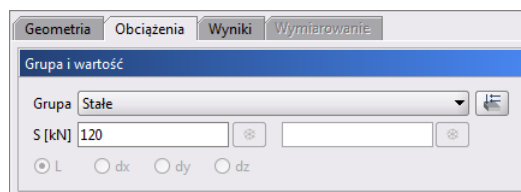
Obrót podpory



W strukturze tworzonego projektu wszystkie zadane obciążenia kinematyczne podpór, widoczne w „drzewie projektu”, przypisane są do odpowiednich węzłów podporowych układu.

### **S** Obciążenia prętów naciągiem/sprężeniem:

**S** Naciąg/sprężenie pręta. Obowiązuje dla całości pręta, nie może być sprężona jedynie część pręta. Obciążenie działa analogicznie do obciążenia podgrzaniem pręta. Może być zadawane dla dowolnych prętów, w tym ciągien i prętów o zmiennej geometrii, przy czym pręty o zmiennej geometrii traktowane są tak samo jak pręty o stałym przekroju wziętym jako średnia z obu ich końców. Naciąg/sprężenie prętów stosowany jest czasami w konstrukcji, zwłaszcza tam, gdzie zależy nam na ograniczeniu jej ugięć.



Rys. 238 Sprężenie – Naciąg

Przy wprowadzaniu obciążeń polegających na sprężeniu całości pręta należy na zakładce **Obciążenia** zdefiniować następujące parametry:

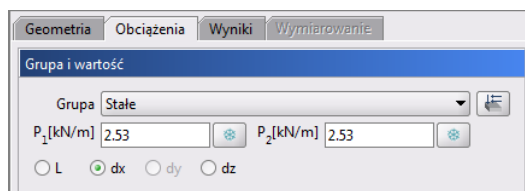
- Wybrać z listy **Grupa** właściwą dla wprowadzanego obciążenia sprężeniem grupę obciążeń.
- W polu **S [kN]** należy podać w kiloniuutonach zawsze dodatnią wartość siły naciągu sprężającej wybrane pręty.

Uwaga:

Ze względu na nieprzewidywalność działania nie zaleca się definiowania obciążeń węzłowych, termicznych i kinematycznych w grupach obciążeń typu „multi”.

## 8.4. Obciążenia zadawane na rzut pręta

Przy wprowadzaniu do modelu obciążenia równomiernego lub ciągłego w postaci sił, jeśli zaznaczone pręty (pręt) nie są równoległe do jednej z osi globalnego układu współrzędnych, można wprowadzane obciążenie przyłożyć na wybrany rzut pręta: dx, dy, dz. Funkcję tę realizujemy na zakładce **Obciążenia** w panelu górnym **Grupa i wartość**, przełączając domyślnie włączoną długość pręta na jeden z jego rzutów: dx, dy lub dz.

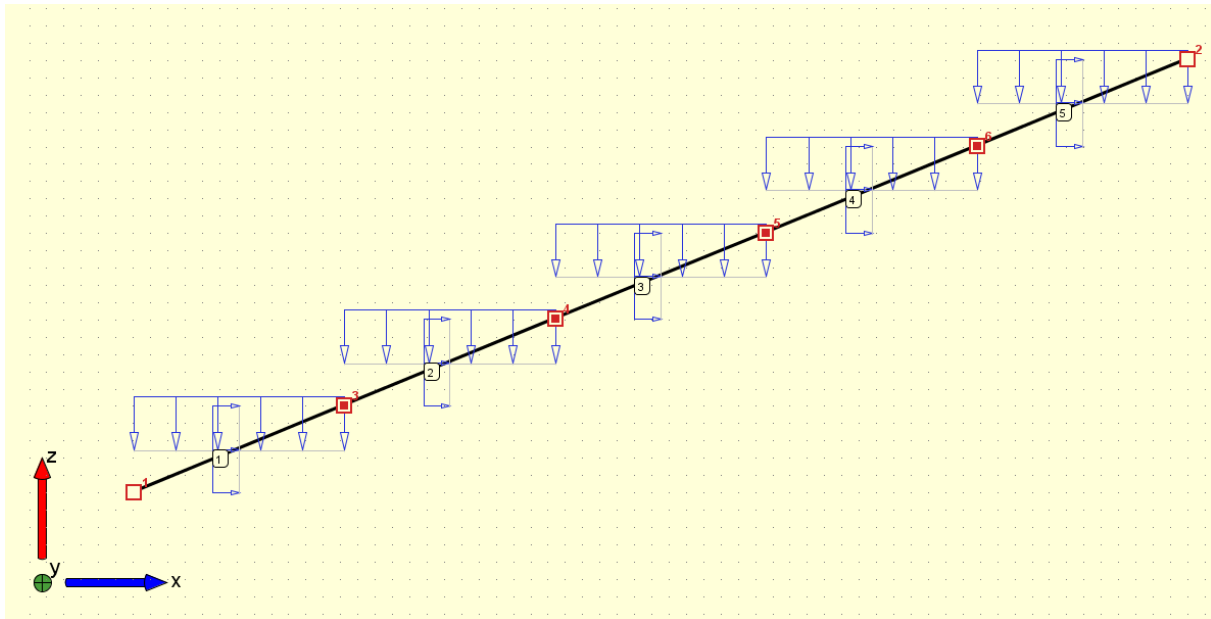


Rys. 239 Znaczniki obciążeń zadawanych na rzut pręta na zakładce Obciążenia

Jeśli wszystkie z zaznaczonych prętów nie mają rzutu w danym kierunku (wzdłuż danej osi globalnej), nie jest dostępne wprowadzenie obciążenia na tym rzucie. Dla zaznaczonych prętów, z których choć jeden ma rzut w danym kierunku, możliwe jest założenie obciążenia rzutowanego w tym kierunku, przy czym jeśli któryś z zaznaczonych prętów ma w kierunku zadawanego obciążenia rzutowanego rzut pręta o długości zerowej, obciążenie rzutowane na tym pręcie nie jest zadawane.


Obciążenie wprowadzane na rzucie dx, dy lub dz może być wprowadzone tylko w układzie globalnym i tylko w kierunku prostopadłym do tego rzutu, czyli dla obciążenia zadawanego na rzut pręta nie są aktywne kąty obrotu obciążenia i jeden z trzech kierunków obciążenia równoległy do danego rzutu. Obciążenie równomierne, rzutowane wprowadzane jest zawsze na całej długości danego rzutu pręta, a w przypadku obciążenia ciągłego jego położenie początkowe i końcowe odnosi się nie do długości pręta lecz do długości odpowiedniego jego rzutu. Obciążenia wprowadzone na rzut prętów pamiętane są jako takie w zapisanym projekcie.

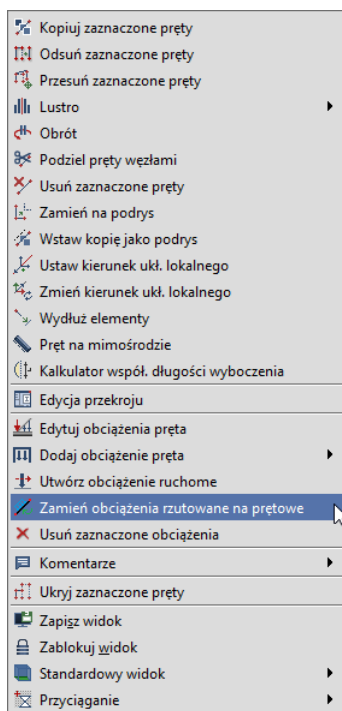
W momencie dowolnej edycji geometrii pręta, na którym zadano obciążenie na rzut, pozostaje ono dalej obciążeniem na rzut pręta o takiej samej wartości, o takich samych względnych położeniach początku i końca obciążenia. Jeżeli w trakcie dowolnej operacji edycyjnej pręta znika rzut pręta, na którym zadano obciążenie rzutowane, znika również to obciążenie rzutowane.



Rys. 240 Reprezentacja graficzna obciążeń zadanych na rzut prętów

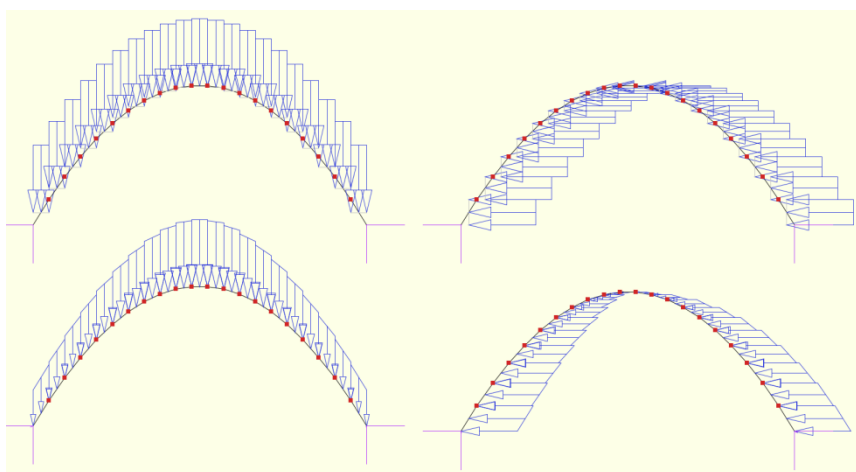
Na ekranie graficznym obciążenie zadane na rzut pręta jest odrysowywane na rzucie tego pręta, naniesionym w połowie jego długości. Obciążenie na rzut może być zadawane na wielu zaznaczonych prętach naraz, ale tylko na jeden wybrany rzut:  $dx$  lub  $dy$  lub  $dz$  jednocześnie, przy czym przynajmniej jeden zaznaczony pręt musi mieć niezerowy rzut w danym kierunku. Jeśli wśród zaznaczonych prętów choć jeden ma wartość zerową rzutu, obciążenie tego pręta jest usuwane. W przypadku wielu zaznaczonych prętów o różnej długości rzutu, obciążenia będą zadawane w lokalizacjach opisanych współrzędnymi względnymi.

Dla zaznaczonych obciążeń rzutowanych (przykładanych na rzut pręta) dostępna jest w menu kontekstowym prawego klawisza myszki opcja:  **Zmień obciążenia rzutowane na prętowe**. Wówczas obciążenie na rzut przeliczane jest na obciążenie prętowe wzorem  $g_1 = g * dx/L$ , osobno dla położenia początkowego i końcowego.



Rys. 241 Funkcja zamiany obciążenia rzutowanego na prętowe

Obciążenia rzutowane opisane są w chmurce informacyjnej, „drzewie projektu”, raporcie i tabeli edycji obciążeń jako: obciążenie/dx obciążenie/dy lub obciążenie/dz. Program dla obciążeń rzutowanych rozpoznaje również obciążenia powielone. Jeśli dla obciążenia rzutowanego wywołamy opcję tworzenia obciążenia ruchomego, w pierwszej kolejności zostanie ono zamienione na obciążenie prętowe w układzie globalnym, a następnie z tak utworzonego obciążenia prętowego ciągłego utworzone będzie obciążenie ruchome.




Rys. 242 Przykład zadanych obciążeń na rzut łuku parabolicznego (górne łuki) i odpowiadających im obciążeń prętowych (dolne łuki)



## 8.5. Modyfikacje wprowadzonych obciążeń

Przed modyfikacją obciążeń należy je najpierw zaznaczyć. Selekcja obciążeń jest możliwa na kilka sposobów:


- Można wybrać pojedyncze obciążenie przez jego wskazanie na ekranie monitora.
- Gdy na jednym pręcie występuje wiele obciążeń, co powoduje problem z ich graficznym zaznaczeniem, można zaznaczyć ten pręt, a następnie z menu **Edycja** wybrać opcję **Obciążenia pręta**. Wyświetli się wtedy okno dialogowe z listą widocznych obciążeń pręta. Można w nim określić selekcję poszczególnych obciążeń. Funkcja ta działa jedynie dla jednego wybranego pręta. Analogiczna funkcja istnieje również dla obciążeń węzłowych.
- W oknie dialogowym  **Grupy obciążeń** można chwilowo ograniczyć widoczność poszczególnych grup na ekranie, co w skrajnym przypadku pozwala na selekcję obciążeń tylko w ramach jednej grupy obciążeń.
- Analogicznie przy dużym stopniu skomplikowania układu zaleca się chwilowe ukrycie części prętów i edycję obciążeń tylko dla widocznych prętów.
- Można wybrać kilka obciążeń przez wskazanie kolejnych obciążeń przy jednocześnie wciśniętym klawiszu **Shift**.
- Można wybrać kilka obciążeń (wraz z prętami i węzłami) oknem obejmującym lub przecinającym (jak w programach CAD) z wciśniętym klawiszem **Ctrl**.

W przypadku selekcji jedynie obciążeń program automatycznie przełącza się na zakładkę **Obciążenia**. W przypadku gdy oprócz obciążeń wybrane są jeszcze inne elementy, takie jak pręty lub węzły, użytkownik w celu edycji obciążeń sam musi przełączyć się na zakładkę **Obciążenia**.

Po zaznaczeniu kilku obciążeń, na zakładce **Obciążenia** wyświetlane są wartości sił, odległości i przypisanie do grupy obciążeń wspólne dla wybranych obciążeń. W przypadku gdy dla zaznaczonych obciążeń wartości te są różne, sygnalizowane jest to następującym symbolem **[..]**, a w przypadku list wyboru pustym polem.

Przy grupowej zmianie parametrów obciążenia należy pamiętać, że zmieniany parametr zostanie zmieniony na taki sam dla wszystkich zaznaczonych obciążeń. I tak np. przy jednoczesnym zaznaczeniu siły skupionej i momentu skupionego oraz zmianie wartości obciążenia na 100 oba obciążenia otrzymają taką samą wartość równą 100. Ta sama filozofia dotyczy zmiany położenia oraz przypisania do odpowiedniej grupy obciążeń i kierunku.

Usuwanie wprowadzonych obciążeń:

Po selekcji (zaznaczeniu) odpowiedniego zestawu obciążeń przeznaczonego do usunięcia, prawym klawiszem myszki wywołujemy menu podręczne i wybieramy opcję  **Usuń zaznaczone obciążenia** lub używamy przycisku **Delete** bezpośrednio z klawiatury.

## 8.6. Zmiany w obciążeniach wywołane zmianą geometrii układu

- Usunięcie pręta lub węzła powoduje usunięcie przypisanych do nich obciążeń.
- Kopiowanie pręta powoduje powstanie jego kopii wraz z przypisanymi do niego obciążeniami.
- Przesunięcie i odsunięcie pręta nie zmienia przypisanych do niego obciążeń.
- Wydłużenie pręta powstałe przy przesunięciu węzła początkowego lub końcowego powoduje zmianę lokalizacji obciążenia. Zostają zachowane względne położenia początku i końca obciążenia ( $x_1/L$  oraz  $x_2/L$ ), natomiast zmieniają się odległości bezwzględne  $x_1$  oraz  $x_2$ . Pozostałe parametry obciążenia pozostają bez zmian.
- Podział pręta obciążonego obciążeniem ciągłym na kilka prętów powoduje odpowiedni podział tego obciążenia na poszczególne pręty. Zostaje zachowany charakter i działanie obciążenia pierwotnego (wypadkowe obciążeń dla pręta przed podziałem są takie same jak dla sumy prętów po podziale).
- W przypadku podziału pręta, na którym występuje obciążenie ciągłe przyłożone w grupie „*multi*”, odpowiednio dzielone jest obciążenie (zgodnie z podziałem pręta) i każde z nich przydzielane jest do osobnej podgrupy grupy „*multi*”.
- W przypadku scalania prętów, na których występują obciążenia ciągłe przyłożone w tej samej grupie „*multi*”, obciążenie odpowiednio przenoszone jest na jeden scalony pręt i przydzielone jest do jednej podgrupy grupy „*multi*”. Charakter zachowania obciążeń w grupie „*multi*” przy scalaniu i podziale pręta wyraźnie widać po rozbiciu grupy „*multi*”.

## 8.7. Obciążenia ruchome

### 8.7.1. Opis ogólny

Obciążenie ruchome zdefiniowane jest w programie jako odrębna i specyficzna grupa obciążeń zmiennych, składająca się z wewnętrznych, wzajemnie wykluczających się podgrup, odpowiadających kolejnym położeniom przemieszczającego się obciążenia. Grupa obciążenia ruchomego jest grupą inną od wszystkich pozostałych, które można zdefiniować w programie. Podstawowa różnica polega na tym, że po zdefiniowaniu grupy obciążenia ruchomego nie można do tej grupy dodać żadnego obciążenia oraz nie można z tej grupy żadnego obciążenia usunąć. Jedynym działaniem, jakie można wykonać na grupie obciążenia ruchomego, jest jej usunięcie lub zmiana wartości sił wchodzących w skład obciążenia ruchomego we wszystkich położeniach jednocześnie. Po zdefiniowaniu w programie grupy obciążeń ruchomych, w przypadku gdy chcemy zmienić relacje między obciążeniami wchodzącymi w skład obciążenia ruchomego, ich typ lub wektor przemieszczenia i liczbę jego podziałów, należy dotychczasową grupę usunąć i wprowadzić odpowiednio obciążenie ruchome od nowa. Zdefiniowana grupa obciążeń ruchomych widoczna jest na ekranie graficznym w postaci pierwszej pełnej lokalizacji sił opatrzonych dodatkowo symbolem graficznym wektora przemieszczenia oraz w oknie grup obciążeń, ale bez możliwości zmiany jej typu. Dla zdefiniowanej grupy obciążeń ruchomych w oknie



**Grup obciążeń** dostępne są jedynie następujące operacje: usunięcie grupy, zmiana nazwy grupy, zmiana współczynników obciążenia i rozbicie grupy obciążenia ruchomego na odpowiadający jej zestaw zwykłych, wzajemnie wykluczających się grup obciążeń zmiennych. Na ekranie graficznym

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

grupa obciążenia ruchomego zawsze traktowana jest jako całość (i tak się zaznacza), niezależnie od tego, ile sił powiązanych relacjami wchodzi w skład obciążenia ruchomego.

Obciążenie ruchome może być zadane w programie jedynie na grupie ciągłych, współliniowych prętów, przy czym pręty z przesuniętym mimośrodem traktowane są jako nadal współliniowe. Chcąc zadać obciążenie ruchome ciągłe (jeden pojazd) o zadanym kierunku, zadajemy na każdym kierunku odrębne grupy obciążeń ruchomych i ustawiamy między nimi relację wzajemnego wykluczenia w tabeli relacji. Gdy pominiemy relację wykluczenia między grupami obciążeń ruchomych, będą one w czasie obliczeń traktowane przez program jak dwa niezależne pojazdy. Przy przykładaniu kolejnych położeń obciążenia ruchomego na prętach ciągłych i współliniowych, w przypadku gdy któreś z obciążeń nie trafi na pręt współliniowy z wcześniejszymi (wyjdzie poza układ), obciążenie takie zostanie częściowo lub całkowicie pominięte w obliczeniach. Sytuacja taka może się zdarzyć na początku lub na końcu wektora przemieszczenia, w zależności od ustawienia punktu bazowego wstawiania.

W skład prawidłowo zdefiniowanej grupy obciążeń ruchomych wchodzi następujące elementy:

- **„Zespół pojazdu”** składający się z wybranych kilku sił (obciążeń) w ustalonym rozstawie, przyłożonych na pręcie lub grupie prętów ciągłych i współliniowych z określonym na tych prętach punktem bazowym wstawiania. W rzeczywistości odpowiadają one obciążeniom od kół pojazdu.
- **Wektor przemieszczenia** zdefiniowany przez podanie początku i końca wektora określonego na pręcie lub grupie prętów ciągłych i współliniowych. Przy tym tak określona grupa prętów może być inną grupą niż ta, na której definiowany był „zespół pojazdu”. W rzeczywistości odpowiada on trasie poruszającego się pojazdu.
- **Liczba podziałów wektora przemieszczenia**, która odpowiada za ilość równomiernych, kolejnych położeń „zespołu pojazdu” na wektorze przemieszczenia. Kolejne położenia realizowane są zawsze od węzła początkowego w kierunku węzła końcowego wektora przemieszczenia. Im gęstszy podział wektora przemieszczenia, tym dokładniejszy będzie model ruchu pojazdu, ale jednocześnie znacznie wydłuży się czas obliczeń statycznych.

W skład zestawu sił „zespołu pojazdu” mogą wchodzić dowolne obciążenia o określonej lokalizacji na pręcie z wyjątkiem obciążeń termicznych i kinematycznych.

Po zdefiniowaniu „zespołu pojazdu” i określeniu wektora przemieszczenia układ sił wchodzących w skład zespołu usuwany jest z miejsca, w którym był definiowany i przykładany jest w pierwszym położeniu na wektorze przemieszczenia (punkt wstawiania pokrywa się z węzłem początkowym wektora przemieszczenia). Ta metoda pozwala na definiowanie „zespołu pojazdu” na wyodrębnionym pręcie lub grupie prętów, a następnie przyłożenie go we właściwej lokalizacji w układzie statycznym. W przypadku gdy w pierwszym położeniu obciążenia ruchomego na wektorze przemieszczenia wszystkie siły zespołu pojazdu nie mieszczą się na grupie prętów ciągłych, współliniowych, na ekranie graficznym pokazywane jest pierwsze kolejne, pełne położenie obciążenia (takie w którym widać cały „zespół pojazdu”).

Po zdefiniowaniu grupy obciążenia ruchomego poszczególne położenia „zespołu pojazdu” nie są widoczne w układzie statycznym na ekranie graficznym. Zamiast tego widoczny jest jedynie symbol graficzny wektora przemieszczenia i pierwsze pełne położenie „zespołu pojazdu”. Analogicznie wszystkie obciążenia wchodzące w skład niewidocznych podgrup obciążenia ruchomego nie są również widoczne jako własności poszczególnych prętów układu w „drzewie projektu”. Aby zostały one

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

uzewnętrzzone wizualnie na ekranie graficznym i jako własności prętów w „drzewie projektu”, należy grupę obciążenia ruchomego rozbić w oknie  **Grup obciążeń**.

Przy wykorzystaniu w projekcie grup obciążeń ruchomych należy pamiętać, że czas obliczeń statycznych znacząco rośnie wraz z ilością grup obciążeń ruchomych w tym projekcie i z gęstością podziału wektora przemieszczenia.


### 8.7.2. Definiowanie grupy obciążenia ruchomego

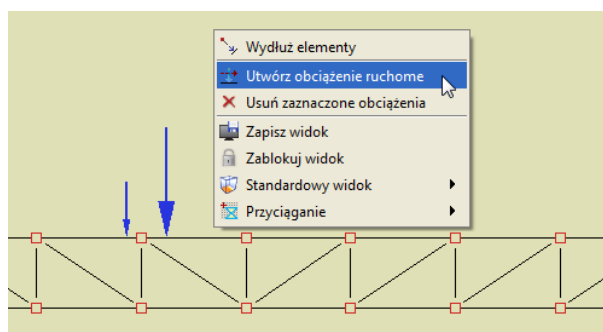
Wprowadzanie grupy obciążenia ruchomego rozpoczynamy od zdefiniowania „zespołu pojazdu”. W tym celu na dowolnym pręcie lub grupie prętów ciągłych i współliniowych wprowadzamy zwykłe obciążenia o zdefiniowanych wartościach i w zadanych położeniach względem siebie. Do „zespołu pojazdu” mogą należeć dowolne obciążenia ciągłe i skupione z pominięciem obciążeń termicznych i kinematycznych. Układ sił „zespołu pojazdu” można wprowadzać na dowolnym ciągu prętów współliniowych, zarówno tych, po których będzie później przemieszczał się zespół, jak i dowolnych innych. W wielu przypadkach wygodnie będzie narysować luźny pręt niezwiązany z wprowadzonym układem statycznym i na nim zdefiniować „zespół pojazdu” (wówczas należy pamiętać o usunięciu tego luźnego pręta przed obliczeniami). W czasie definiowania obciążeń należy zastanowić się, w jakim układzie (lokalnym czy globalnym) będziemy wprowadzać obciążenia, gdyż od tego będzie zależał kształt obciążenia przyłożonego do wektora przemieszczenia. W większości przypadków zaleca się wprowadzanie obciążeń od razu w układzie globalnym.

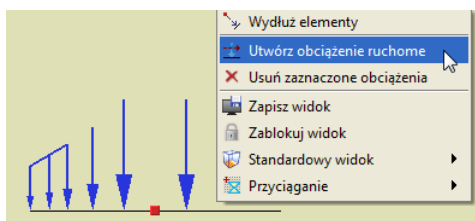
Obciążenia zdefiniowane wyjściowo w układzie globalnym, w pierwszym i każdym następnym położeniu na wektorze przemieszczenia definiowane są również w układzie globalnym.

Obciążenia zdefiniowane wyjściowo w układzie lokalnym, w pierwszym położeniu na wektorze przemieszczenia ustawiane są również w układzie lokalnym pręta (lub prętów), na którym są przykładane, a następnie przeliczane są na układ globalny bez zmiany ich dotychczasowego kierunku. W każdym następnym położeniu tak przyłożone obciążenia odbijane są już w układzie globalnym.


Generalnie docelowo wszystkie obciążenia wchodzące w skład podgrup obciążenia ruchomego są zadane w układzie globalnym.

Po zdefiniowaniu i zaznaczeniu obciążeń, które mają wchodzić w skład „zespołu pojazdu” (wszystkie te obciążenia muszą znajdować się na ciągu prętów współliniowych), z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Utwórz obciążenie ruchome**.

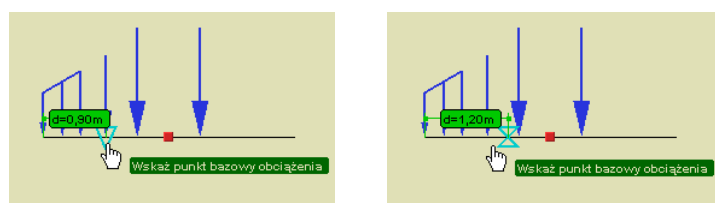




Rys. 243 Przykłady „zespołu pojazdu”, z których można utworzyć obciążenie ruchome

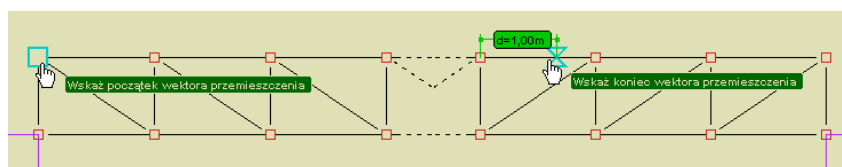
Gdy zaznaczymy kilka obciążeń zlokalizowanych na różnych prętach lub ciągach prętów i w przypadku gdy jedno z zaznaczonych obciążeń będzie typu kinematycznego lub termicznego, funkcja  **Utwórz obciążenie ruchome** nie będzie dostępna w menu prawego klawisza myszki.

Następnie program prosi użytkownika o podanie punktu bazowego wstawiania obciążenia przez wyświetlenie przy kursorze polecenia: **Wskaż punkt bazowy obciążenia**. Punkt ten powinien być wskazany na tym samym ciągu prętów, na którym występują zaznaczone obciążenia. Dla jego precyzyjnej lokalizacji mamy dostęp do wszystkich dostępnych dla pręta punktów przyciągania, łącznie z możliwością precyzyjnego ustawienia domiaru do węzła początkowego lub końcowego pręta.



Rys. 244 Punkt bazowy obciążenia

Kolejną operacją, jaką musimy wykonać, jest zdefiniowanie wektora przemieszczenia. Operacja ta sygnalizowana jest przez program kolejnymi poleceniami umieszczonymi przy kursorze myszki: **Wstaw początek wektora przemieszczenia** i **Wstaw koniec wektora przemieszczenia**. Oba punkty muszą być wskazane na tym samym ciągu prętów współliniowych, z których żaden element nie jest ciągnem, ale niekoniecznie na tym samym ciągu, na którym wskazywaliśmy punkt bazowy obciążenia przy definiowaniu „zespołu pojazdu”. Również w tym przypadku działają punkty przyciągania i domiary precyzyjne.



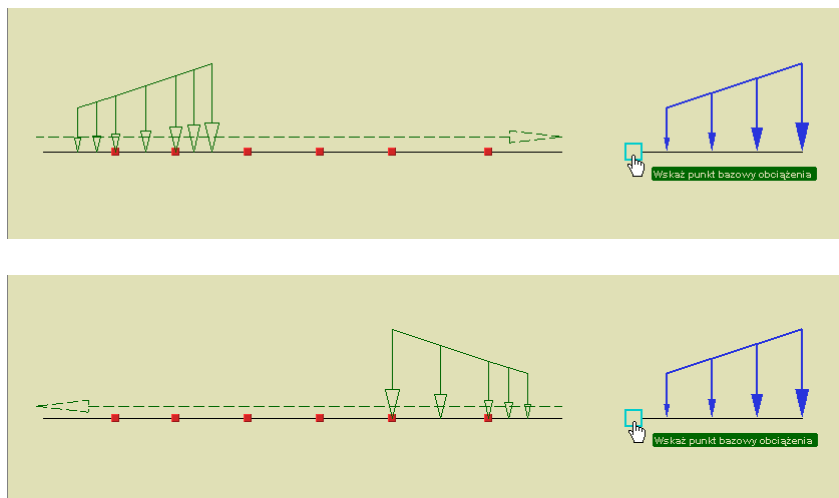
Rys. 245 Definiowanie wektora przemieszczenia

Dla każdego z obciążeń wchodzących w skład obciążenia wyjściowego ustalany jest jego kierunek względem wskazanego punktu bazowego, a następnie zgodnie z tym kierunkiem obciążenia wyjściowe odkładane są na podanym wektorze przemieszczenia. Jeśli wektor kierunku obciążenia wyjściowego względem punktu bazowego jest zgodny z wektorem przemieszczenia, obciążenie odkłada się tak, jak

Podręcznik do programu

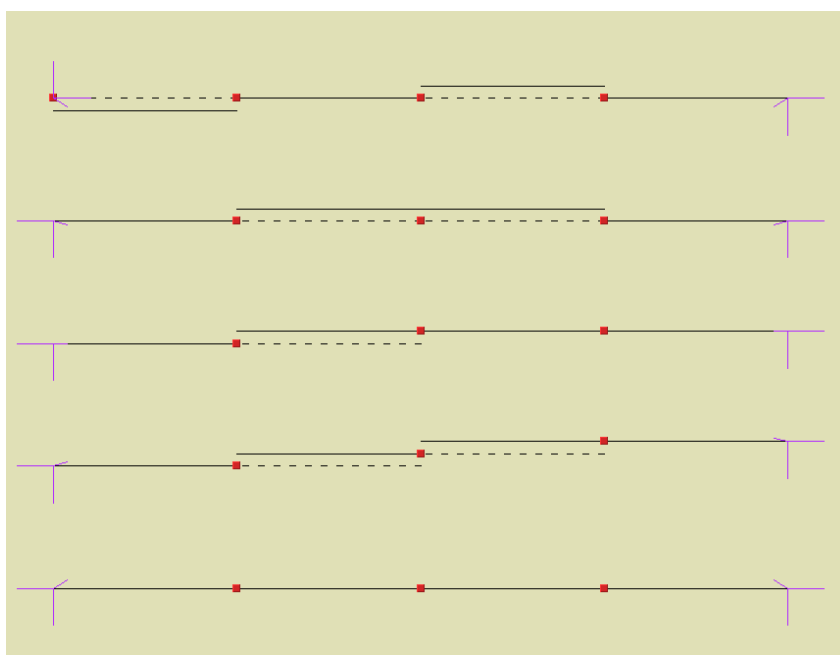
Opis programu R3D3-Rama 3D

je widać, natomiast jeśli wektory te są przeciwne, wówczas obciążenie wyjściowe odkładane jest jako odwrócone.



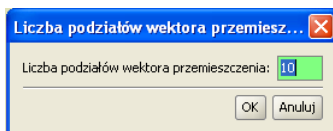
Rys. 246 Przykład obciążenia wyjściowego i jego widok na wektorze przemieszczenia

W przypadku gdy w ramach ciągu prętów, na których wskazano wektor przemieszczenia, występują pręty na mimośrodku jedno- lub dwustronnym, układ taki będzie traktowany jako ciągły i współliniowy, na którym można wprowadzić obciążenie ruchome. Poniżej przedstawiono przykłady ciągów prętów z mimośrodkami, na których można wprowadzić obciążenie ruchome:



Rys. 247 Układy prętów z mimośrodkami, na których można wprowadzić obciążenie ruchome

Po zdefiniowaniu wektora przemieszczenia program wyświetla dodatkowe okienko, w którym użytkownik powinien podać **Liczbę podziałów wektora przemieszczenia**:

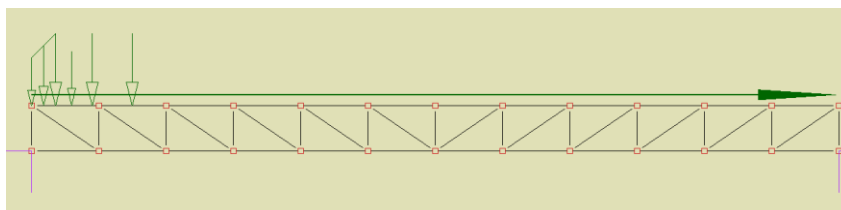


Rys. 248 Definiowanie liczby podziałów wektora przemieszczenia

Jeśli odległość między początkiem i końcem wektora przemieszczenia pozwoli na ustawienie przynajmniej jednego częściowego położenia „zespołu pojazdów”, obciążenie ruchome zostanie zdefiniowane. W innym przypadku grupa obciążenia ruchomego nie zostanie wstawiona do projektu. Prawidłowe wstawienie obciążenia ruchomego sygnalizowane jest na ekranie graficznym przeniesieniem obciążeń „zespołu pojazdów” z miejsca jego definiowania w pierwsze pełne położenie na wektorze przemieszczenia oraz strzałką kierunku ruchu prowadzoną od węzła początkowego do węzła końcowego wektora.

Należy pamiętać, że liczba rzeczywistych położzeń zespołu pojazdów na wektorze przemieszczenia nie zawsze będzie odpowiadała zadanej liczbie podziałów wektora przemieszczenia. Może być ona mniejsza, gdyż pierwsze i ostatnie położenia mogą, w zależności od sytuacji, wychodzić poza ciąg prętów współliniowych, do którego przykładane jest obciążenie ruchome.

Liczba rzeczywistych położzeń zespołu pojazdów na wektorze przemieszczenia dla danej grupy obciążeń ruchomych widoczna jest zawsze w „chmurce” wyświetlanej przy najechaniu kursorem na daną grupę obciążeń ruchomych na ekranie graficznym lub we własnościach grupy obciążeń ruchomych w „drzewie projektu”.



Rys. 249 Widok wprowadzonego obciążenia ruchomego

W przypadku gdy przy definiowaniu „zespołu pojazdów” wskażemy punkt bazowy na innym ciągu prętów niż zaznaczone obciążenia lub gdy przy wskazywaniu wektora przemieszczenia początek i koniec wektora będą leżały na różnych ciągach prętów, operacje takie nie zostaną przez program wykonane. Taki stan będzie sygnalizowany ponawianiem aż do skutku (lub przerwania funkcji klawiszem **Esc**) poprzedniego polecenia wyświetlanego przy kursorze myszki.


Wprowadzanie grupy obciążenia ruchomego możliwe jest w dowolnym widoku 3D jak również w jednej z płaszczyzn głównych.


### 8.7.3. Edycja obciążenia ruchomego

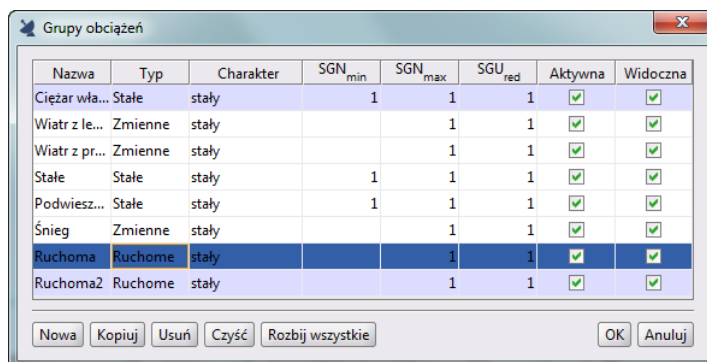
Na dostępną w programie edycję obciążenia ruchomego składają się dwa odrębne elementy:

- Edycja parametrów grupy obciążenia ruchomego.
- Edycja wartości obciążeń wchodzących w skład obciążenia ruchomego.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

Edycja parametrów grupy obciążenia ruchomego dostępna jest w oknie  **Grup obciążeń**, gdzie można zmienić nazwę grupy obciążenia ruchomego, jej charakter, współczynnik obciążenia oraz ustawić, czy grupa ta jest w projekcie aktywna i widoczna. Dla grupy obciążenia ruchomego nie można natomiast zmienić typu obciążenia, którym jest zawsze w tym przypadku obciążenie ruchome.




Poza opisanymi powyżej elementami edycji, w oknie  **Grup obciążeń** możliwe jest jeszcze całościowe (łącznie z podgrupami) usunięcie grupy obciążeń ruchomych lub jej rozbitcie na zestaw zwykłych grup obciążeń zmiennych wykluczających się, odpowiadających grupie obciążenia ruchomego.



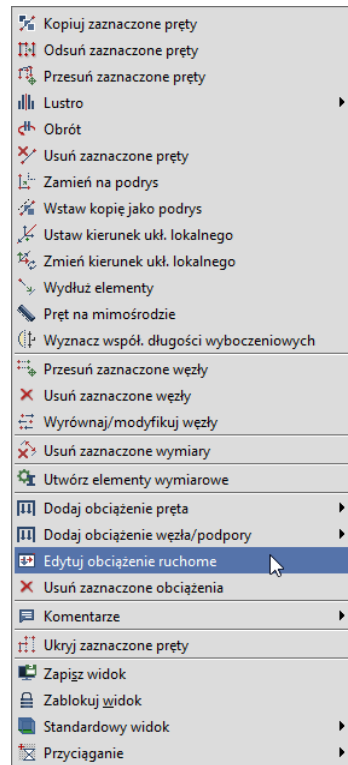
| Nazwa         | Typ     | Charakter | SGN <sub>min</sub> | SGN <sub>max</sub> | SGU <sub>red</sub> | Aktywna                             | Widoczna                            |
|---------------|---------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Cieżar wła... | Stale   | stały     | 1                  | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Wiatr z le... | Zmienne | stały     |                    | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Wiatr z pr... | Zmienne | stały     |                    | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Stale         | Stale   | stały     | 1                  | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Podwiesz...   | Stale   | stały     | 1                  | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Śnieg         | Zmienne | stały     |                    | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Ruchoma       | Ruchome | stały     |                    | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Ruchoma2      | Ruchome | stały     |                    | 1                  | 1                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Buttons: Nowa, Kopiuj, Usuń, Czyść, Rozbij wszystkie, OK, Anuluj


Rys. 250 Grupa obciążenia ruchomego

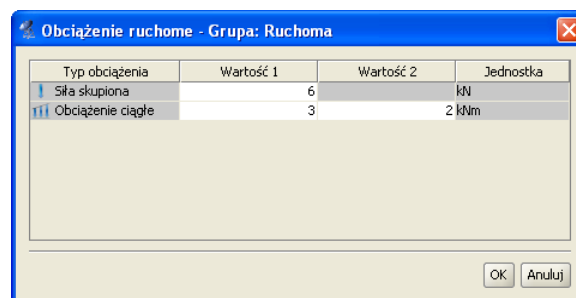
Zaznaczenie grupy obciążenia ruchomego na ekranie graficznym możliwe jest przez kliknięcie na strzałce wektora przemieszczenia lub na dowolnym obciążeniu składowym w pierwszym jego położeniu (zaznacza się tylko symbol wektora przemieszczenia). Po zaznaczeniu pojedynczej grupy obciążenia ruchomego w menu kontekstowym prawego klawisza myszki mamy dostęp do dwóch funkcji:  **Usuń zaznaczone obciążenie** (usuwa w tym przypadku grupę obciążenia ruchomego analogicznie jak funkcja **Usuń** w oknie  **Grup obciążeń**), oraz  **Edytuj obciążenie ruchome**.





Rys. 251 Wywołanie edycji wartości obciążenia ruchomego

Edycja wartości obciążeń wchodzących w skład obciążenia ruchomego dostępna jest dla zaznaczonego na ekranie graficznym pojedynczego obciążenia ruchomego z menu kontekstowego prawego klawisza myszki  **Edytuj obciążenie ruchome**. Funkcja ta pozwala tylko na zmianę wartości obciążeń wchodzących w skład „zespołu pojazdu”, natomiast zmianie nie może podlegać charakter obciążeń i ich położenie. Należy pamiętać, że przy wpisaniu wartości z przeciwnym znakiem możemy również zmienić zwrot obciążenia w ramach danego kierunku. Po wywołaniu funkcji otwarte zostanie okno **Obciążenie ruchome**, w którym pojedynczo możemy edytować wartości obciążeń „zespołu pojazdu” danej grupy obciążenia ruchomego.



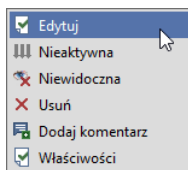
Rys. 252 Okno edycji wartości obciążenia ruchomego

Przy edycji poszczególnych wartości na ekranie graficznym podświetlane jest obciążenie, którego edycja aktualnie dotyczy i na bieżąco zmieniana jest jego graficzna reprezentacja. Po wciśnięciu klawisza **OK** wszystkie wprowadzone zmiany zostaną uwzględnione w schemacie statycznym. Tak wprowadzona zmiana wartości obciążeń odnosi się do wszystkich położen „zespołu pojazdu”. Funkcja

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

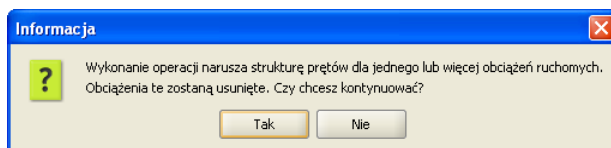
**Edycji** obciążenia ruchomego dostępna jest również w menu kontekstowym prawego klawisza myszki w „drzewie projektu” w gałęzi **Grupy obciążeń** dla grupy obciążenia ruchomego.



Rys. 253 Menu w „drzewie projektu” dla grupy obciążenia ruchomego

#### 8.7.4. Wpływ modyfikacji układu na obciążenia ruchome

Każda zmiana (usunięcie, przesunięcie lub odsunięcie pręta, zmiana położenia węzła) w układzie statycznym prowadząca do utraty ciągłości lub współliniowości ciągu prętów, na których przyłożono obciążenie ruchome, powoduje usunięcie grupy obciążenia ruchomego po zatwierdzeniu odpowiedniego komunikatu jak niżej:



Rys. 254 Komunikat o konieczności usunięcia grupy obciążenia ruchomego

Każda próba zamiany pręta na cięgno, do którego przyłożono obciążenie ruchome a także początek i koniec wektora przemieszczenia, prowadzi do usunięcia grupy obciążenia ruchomego po zatwierdzeniu odpowiedniego komunikatu.

Kopiowanie pojedynczego pręta z grupy prętów współliniowych obciążonych obciążeniem ruchomym wykonywane jest zawsze bez kopiowania obciążenia ruchomego, niezależnie od miejsca jego przyłożenia.

Dla jednocześnie zaznaczonej całej grupy prętów, do której przyłożone jest obciążenie ruchome, możliwa jest opcja przesuwania, odsuwania i kopiowania prętów z tym obciążeniem ruchomym, gdy jest ono również zaznaczone. Analogiczna możliwość dla tak zdefiniowanej grupy prętów występuje przy kopiowaniu wielokrotnym z zaznaczoną opcją **Kopiuj z obciążeniami**.

Funkcje modyfikujące odbicia lustrzanego i obrotu również mogą prowadzić do usunięcia obciążenia ruchomego, o ile na skutek ich działania dojdzie do utraty ciągłości lub współliniowości ciągu prętów, na których przyłożono obciążenie ruchome.

Ponieważ, jak widać, obciążenia ruchome są bardzo wrażliwe na wiele modyfikacji prętów, do których są przyłożone, wskazane jest definiowanie obciążeń ruchomych po ustaleniu ostatecznej struktury prętowej układu.



Funkcje dzielenia i scalania prętów, do których przyłożono obciążenie ruchome, nie zmieniają ciągłości i współliniowości prętów i w związku z tym nie mają wpływu na przyłożone obciążenie ruchome.

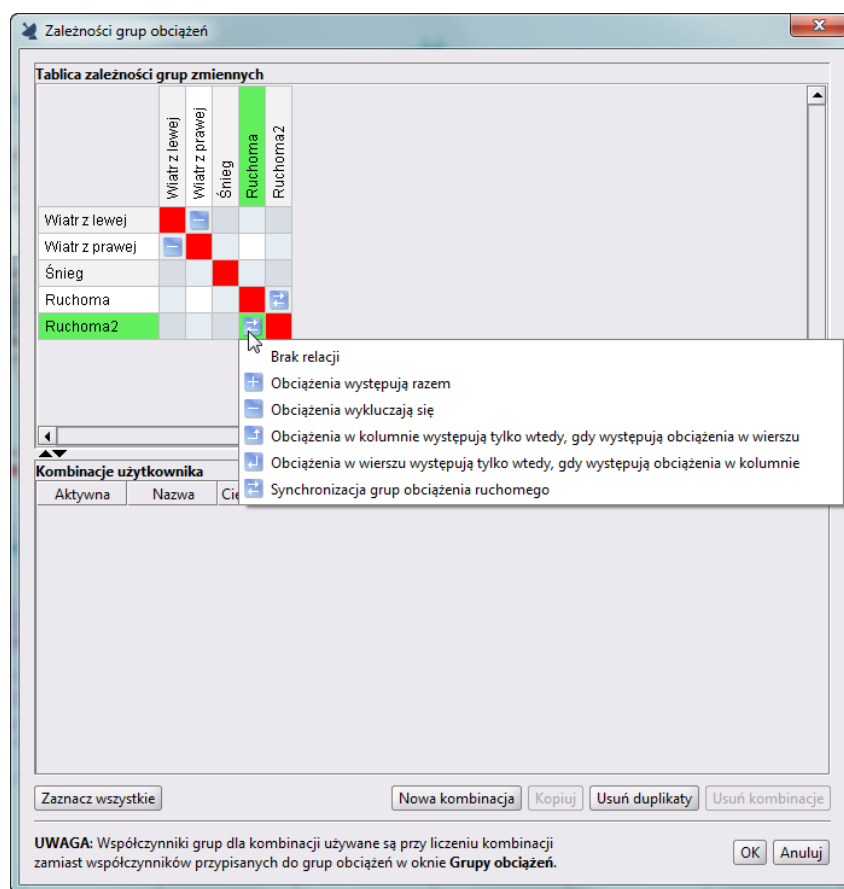
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Zmiany pozostałych obciążeń, przekrojów prętów, położenia układu lokalnego oraz wprowadzenie w prętach mimośrodów, a także ukrywanie części układu nie wpływają na grupę obciążenia ruchomego.

### 8.7.5. Synchronizacja grup obciążenia ruchomego

Dla dwóch lub więcej grup obciążenia ruchomego, w przypadku gdy zawierają one taką samą liczbę położenia obciążenia na wektorze przemieszczenia, można zastosować funkcję ich synchronizacji. Opcja synchronizacji kilku grup obciążenia ruchomego w trakcie obliczeń statycznych wpływa jedynie na budowę obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń. Funkcję tę wywołujemy w oknie  **Zależności grup obciążeń w Tabelcy zależności grup zmiennych**. Na przecięciu wiersza jednej grupy ruchomej z kolumną drugiej grupy ruchomej wybieramy relację  **Synchronizacji grup obciążenia ruchomego**.



Rys. 255 Synchronizacja grup obciążenia ruchomego

Relacja ta jest dostępna tylko dla takich dwóch grup obciążenia ruchomego, które zawierają taką samą ilość rzeczywistych położenia obciążenia na wektorze przemieszczenia. Po ustawieniu takiej relacji program dalej kolejne położenia obciążenia ruchomego w ramach jednej grupy będzie widział jako wzajemnie wykluczające się, ale dodatkowo wewnętrznie będzie zakładał, że pierwsze położenie jednej grupy występuje zawsze razem z pierwszym położeniem drugiej grupy obciążenia ruchomego i tak dalej. Funkcja ta może być wykorzystywana np. przy obciążeniu pojazdem, gdy jego prawa i lewa grupa kół poruszają się po innej grupie prętów współliniowych, jak w przypadku suwnicy. Przy jednoczesnym rozbiciu dwóch zsynchronizowanych grup obciążenia ruchomego, w tabeli relacji zachowane zostaną wszystkie wewnętrzne relacje podgrup, łącznie z relacjami synchronizacji.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

W przypadku rozbicia jednej z grup obciążenia ruchomego, która ma ustawioną relację synchronizacji z inną grupą ruchomą, w tabeli relacji utracone zostaną tylko relacje synchronizacji obciążeń (relacje wykluczania pozostaną bez zmian). Synchronizacja grup obciążenia ruchomego nie wpływa na wyniki dla poszczególnych grup obciążeń ruchomych i ich prezentację na zakładce **Wyniki**. W tym przypadku synchronizację grup obciążenia ruchomego można przeprowadzić ręcznie, wybierając odpowiednie położenie w ramach danej grupy.

Przy synchronizacji dwóch grup obciążenia ruchomego należy pamiętać, że sprawdzany warunek podziału wektora przemieszczenia na jednakową ilość połączeń nie gwarantuje całkowitej równoległości zadanego obciążenia. Aby równoległość ta była zachowana, muszą być spełnione jeszcze dwa dodatkowe warunki, które zależą od działań użytkownika: długość i kierunek obu wektorów przemieszczenia muszą być takie same.

#### **8.7.6. Obliczenia oraz prezentacja wyników dla grupy obciążenia ruchomego**

Posługiwanie się w projekcie grupami obciążenia ruchomego, analogicznie jak w przypadku grup typu „multi”, ma sens tylko w przypadku, gdy chcemy analizować wyniki dla automatycznie budowanej obwiedni.

Grupa obciążeń ruchomych podczas obliczeń statycznych widziana jest jako kilka (kilkanaście) wzajemnie wykluczających się podgrup, odpowiadających kolejnym położeniom „zespołu pojazdu” na wektorze przemieszczenia. Obwiednia sił wewnętrznych i naprężeń od tak zdefiniowanych podgrup i ich wzajemnych relacji wykonywana jest w programie automatycznie. W przypadku poszukiwania wyników dla konkretnej zdefiniowanej kombinacji lub przy obliczeniach dla układów z cięgnami oraz przed wymiarowaniem grup i sumy grup obciążeń, zaleca się rozbicie wszystkich grup obciążenia ruchomego. W przypadku braku takiego rozbicia należy pamiętać, że zarówno grupy „multi”, jak i grupy obciążeń ruchomych nie będą dostępne w oknie budowania kombinacji (nie mogą wchodzić w skład kombinacji) ani w oknie wyboru grup i sumy grup do wymiarowania. W przypadku obliczeń statycznych układów z cięgnami, grupy typu „multi” oraz grupy obciążeń ruchomych nie będą również dostępne w oknie wyboru do obliczeń statycznych. Grupy obciążeń ruchomych można wykorzystywać w programie do analizy wyników sił wewnętrznych i naprężeń dla obwiedni. Po rozbiciu grupy obciążenia ruchomego, utworzone w ten sposób grupy mogą zostać wykorzystane do analizy wyników dla kombinacji użytkownika oraz dowolnej sumy grup obciążeń. W przypadku zastosowania w projekcie grup obciążeń ruchomych wymiarowanie indywidualne lub zbiorcze należy zawsze prowadzić jedynie dla obwiedni. We wszystkich innych przypadkach należy się posługiwać rozbitymi grupami obciążeń ruchomych. Inaczej nie będą one dostępne do wymiarowania.

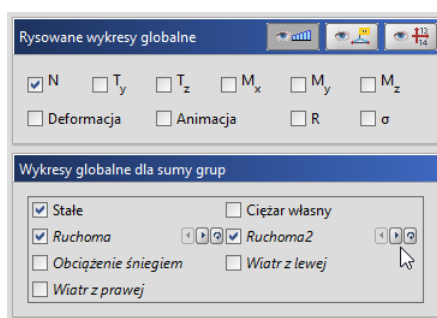
W raporcie ze statyki wyniki dla grupy obciążenia ruchomego można drukować jedynie dla wybranego na zakładce **Wyniki** w danej chwili położenia obciążenia ruchomego. Analogicznie w przypadku wydawania wyników dla sumy grup, w skład której wchodzi obciążenie ruchome, wyniki brane są dla aktualnego, konkretnego położenia tego obciążenia ruchomego. Gdyby użytkownik jednak chciał zobaczyć naraz wyniki statyki od wszystkich podgrup obciążenia ruchomego, należy przed wykonaniem raportu grupy te rozbić i przeliczyć ponownie projekt. W przypadku raportów z obwiedni dla projektów zawierających obciążenia ruchome, przy każdym ekstremum wyszczególnione są grupy, które to ekstremum budują. Jak pamiętamy, w przypadku grup „multi” był to numer tej grupy i w nawiasie podana lista prętów, na których występuje obciążenie zmienne. Analogicznie w przypadku grupy obciążenia ruchomego jest to numer tej grupy i w nawiasie podane wybrane położenie „zespołu

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

pojazdu” na wektorze przemieszczenia (zawsze jedno, bo wszystkie podgrupy są wzajemnie wykluczające się).

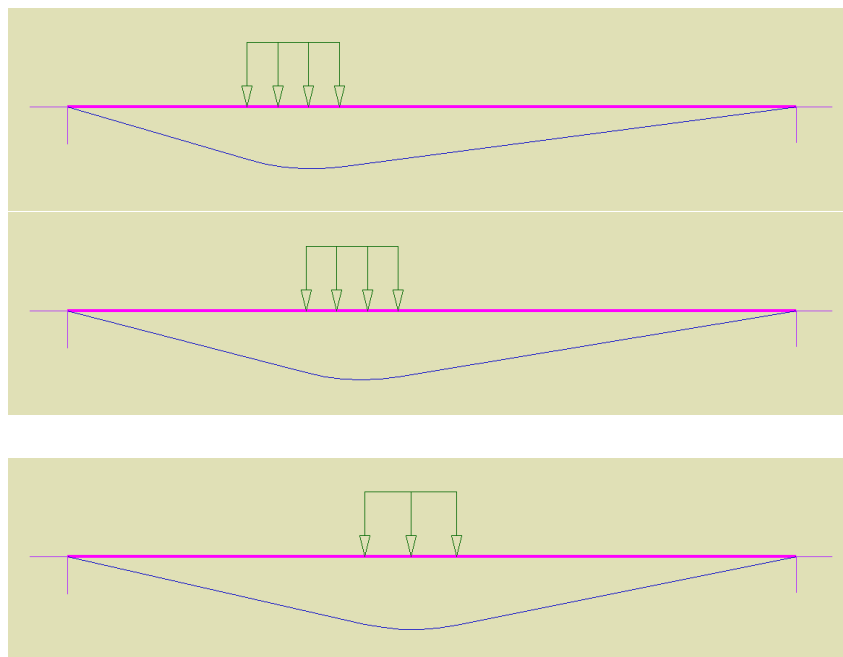
Po obliczeniach statycznych, analizując wyniki dla grupy obciążeń ruchomych na zakładce **Wyniki**, mamy do dyspozycji dodatkową możliwość przeglądania wykresów sił wewnętrznych układu, uwzględniającą zmienność położenia „zespołu pojazdu” w kolejnych położeniach na wektorze przemieszczenia. Aby taka analiza była możliwa, należy wybrać grupę obciążenia ruchomego, zaznaczając odpowiedni znacznik przed nazwą grupy na zakładce **Wyniki**. Wówczas funkcję wizualizacji można realizować na pomocą malutkich strzałek zlokalizowanych za nazwą każdej grupy obciążeń ruchomych, pozwalających przełączać kolejną lokalizację obciążenia ruchomego wraz z odpowiadającym jej wykresem sił wewnętrznych lub naprężeń (wstecz lub do przodu). Każde pojedyncze kliknięcie strzałeczki zmienia położenie pojazdu o jedną lokalizację w lewo lub w prawo. Za strzałkami przy grupie znajduje się jeszcze jeden dodatkowy przycisk, którego wciśnięcie powoduje automatyczne, płynne przełączanie kolejnych położen pojazdu, łącznie z zapętleniem ruchu w danej grupie.




Rys. 256 Zakładka Wyniki – sterowanie grupą obciążenia ruchomego

Przy włączonym zapętleniu ruchu wskazane jest odczekanie do przynajmniej dwóch pełnych przebiegów obciążenia ruchomego, co pozwala programowi prawidłowo wyskalować wielkości zmieniających się wykresów (skalowanie odbywa się zawsze w pierwszym pełnym przebiegu obciążenia ruchomego). Na czas obracania, przesuwania i zoomowania układu ruch zapętlony obciążenia ruchomego jest wstrzymywany i ponownie uruchamiany po zakończeniu operacji.

W przypadku wykorzystania w projekcie kilku grup obciążeń ruchomych, przy zapętlnym ruchu wszystkich lub kilku pojazdów, za pomocą strzałek przy danej grupie (działających także w fazie zapętlenia) można odpowiednio synchronizować ruch pojazdów. Wizualizację zmienności położenia pojazdu, a w konsekwencji również zmienność wykresów sił wewnętrznych i naprężeń, można analizować dla pojedynczej grupy obciążeń ruchomych, kilku grup obciążeń ruchomych z odpowiednią synchronizacją lub dla dowolnej sumy zwykłych grup stałych i zmiennych oraz obciążenia ruchomego. Jedynym wyjątkiem jest zablokowanie możliwości obliczenia  $\sigma_{red\ max}$  w oknie naprężeń zredukowanych przy włączonym zapętleniu grupy obciążenia ruchomego. Na zakładce **Wyniki** grupa obciążeń ruchomych zawsze prezentowana jest w jednej lokalizacji, takiej której odpowiadają prezentowane wyniki sił wewnętrznych zarówno dla obwiedni sił wewnętrznych, jak i dla grup i sumy grup obciążeń.



Rys. 257 Widoki przemieszczającego się obciążenia ruchomego

Przy włączonej widoczności obciążeń i schematów statycznych w oknie **Ustawień** dla zakładki **Wyniki**, przy prezentacji wyników dla obwiedni, podczas zmieniania lokalizacji na wybranym pręcie, prezentowane są wyniki obwiedni sił wewnętrznych oraz odpowiadające im schematy obciążenia (tylko te, które budują aktualnie prezentowaną wartość). Także w tym przypadku, gdy w skład prezentowanej obwiedni wchodzi grupa obciążenia ruchomego, obciążenie to pokazywane jest tylko w lokalizacji która dokładnie odpowiada wartościom prezentowanych sił wewnętrznych. Różnica w stosunku do zwykłych grup obciążeń jest taka, że przy prezentacji schematów dla obwiedni obciążenia ją budujące są podświetlane, a pozostałe wyszarzone, natomiast dla grupy obciążenia ruchomego wyświetlane jest zawsze tylko jedno właściwe położenie, a pozostałe położenia są niewidoczne. W przypadku gdy schematy statyczne w oknie  **Ustawień** są wyłączone, grupa obciążeń ruchomych zawsze prezentowana jest w położeniu wyjściowym, niezależnie od tego, które jej rzeczywiste położenie buduje aktualnie wyświetlane wyniki obwiedni.



## 8.8. Identyfikacja obciążeń powielonych


Ponieważ w programie łatwo jest wprowadzić na jednym pręcie kilka takich samych obciążeń, program identyfikuje taką sytuację jako potencjalny błąd użytkownika przy wprowadzaniu danych. Błąd ten nie skutkuje żadnymi konsekwencjami obliczeniowymi, oczywiście poza tym, że wyniki będą wyświetlane od tak zadanych obciążeń powielonych. Dodatkowym utrudnieniem przy identyfikacji tego typu obciążeń jest fakt, że ich reprezentacja graficzna na ekranie programu idealnie się pokrywa. Przez obciążenia powielone program rozumie zadane na tym samym pręcie i w tej samej grupie obciążeń, obciążenia tego samego typu, tak samo zlokalizowane, zadane w tym samym kierunku i o tej samej wartości. Obciążenia tego samego typu zadane w różnych grupach obciążeń, o różnej wartości lub różnym kierunku nie są rozpoznawane jako zdublikowane. W przypadku zadania tak

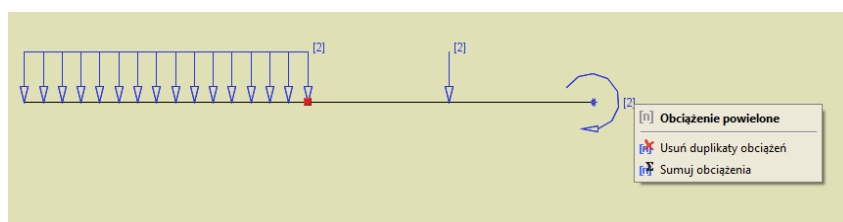
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

zdefiniowanych obciążeń powielonych, przy oznaczeniu graficznym danego obciążenia, na widoku modelu wyświetlana jest ilość powieleń obciążenia zapisana w nawiasie kwadratowym, np. [3], co oznacza, że na danym pręcie trzykrotnie powielono dany typ obciążenia. Kliknięcie prawym klawiszem myszki na tym oznaczeniu powoduje pojawienie się dodatkowego krótkiego menu, zawierającego dwie funkcje:


-  **Usuń duplikaty obc.** – powoduje usunięcie wszystkich duplikatów i pozostawienie jednego obciążenia tego typu na pręcie.
-  **Sumuj obciążenia** – powoduje sumowanie wszystkich duplikatów w jedno obciążenie o nowych wartościach, powstałych przez wymnożenie dotychczasowych przez ilość duplikatów.


Dodatkowo, w przypadku gdy na minimum jednym pręcie w modelu wystąpi obciążenie powielone, w prawym górnym narożniku ekranu graficznego pojawi się symbol [n], również oznaczający występowanie obciążeń powielonych, tym razem w całym modelu. Przy kliknięciu prawym klawiszem myszki na tym symbolu pojawi się dodatkowe menu (jak opisane powyżej), przy czym tym razem operacje usuwania lub sumowania duplikatów będą dotyczyły wszystkich prętów układu, na których wystąpiło obciążenie powielone. Symbole obciążeń powielonych wyświetlane są tylko wówczas, gdy na widoku danej zakładki programu, w oknie  **Ustawień** zaznaczona jest widoczność tych obciążeń.



Rys. 258 Oznaczenia duplikatów dla obciążeń powielonych



## 8.9. Grupowa edycja obciążeń prętowych i węzłowych

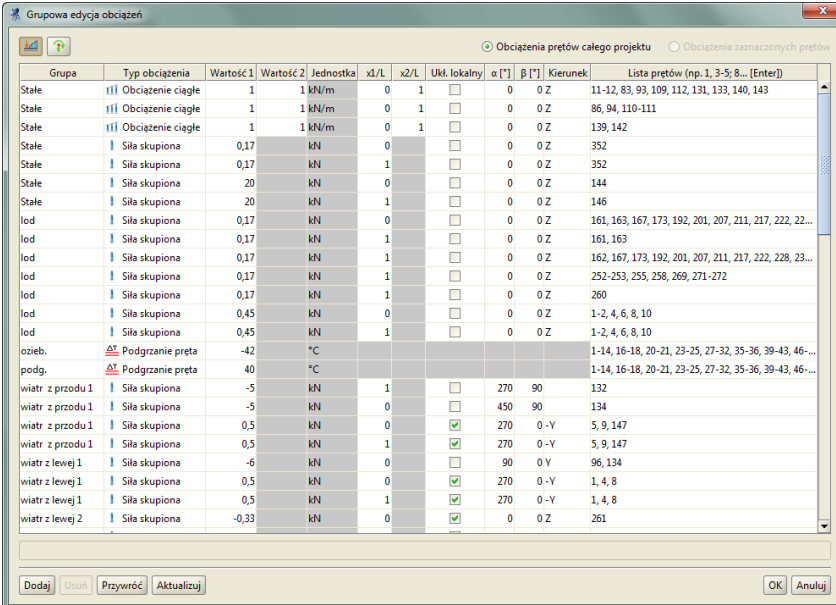
Funkcję grupowej edycji obciążeń wywołujemy z menu górnego **Edycja** –  **Grupowa edycja obciążeń**. Jeśli w układzie przed wywołaniem funkcji nie były zaznaczone żadne obiekty projektu (pręty lub węzły), wówczas edycja będzie dotyczyła wszystkich obciążeń zadanych w modelu (prętowych i węzłowych), z wyjątkiem obciążeń ruchomych, niezależnie od tego, czy pręty i węzły są widoczne czy też częściowo ukryte. Nie ma tu też znaczenia, czy dana grupa obciążeń jest widoczna czy też ukryta. Gdy przed wywołaniem funkcji były zaznaczone jakieś elementy modelu (pręty lub węzły), wówczas domyślnie edycja będzie dostępna jedynie dla wybranych elementów, z możliwością przełączenia się w każdej chwili na edycję wszystkich obciążeń prętowych lub węzłowych. Wówczas elementy wcześniej nie zaznaczone zostaną dodane do selekcji. Ponieważ w trakcie edycji obciążeń użytkownik może na bieżąco śledzić skutki zmian wprowadzanych na głównym ekranie graficznym, zalecane jest takie ustawienie widoku, by można było swobodnie obserwować skutki zmian wprowadzonych do układu.

Ze względu na przyjęty model  **Grupowej edycji obciążeń**, przed przystąpieniem do edycji użytkownik musi pozbyć się z modelu wprowadzonych obciążeń powielonych (o ile one występują).

Podręcznik do programu

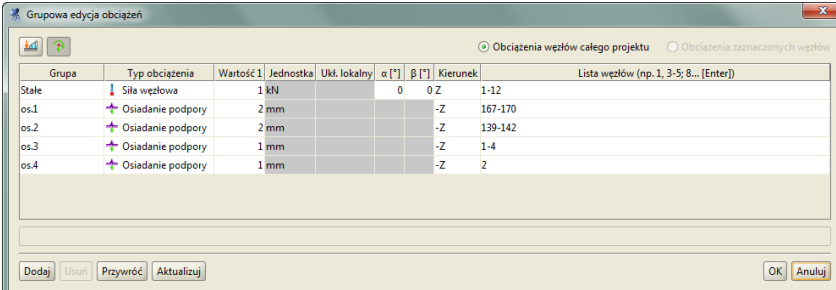
Opis programu R3D3-Rama 3D

Obciążenia powielone to takie, które są identyczne co do typu, wartości i kierunku oraz zadane zostały w tej samej grupie i na tych samych prętach. W przypadku gdy w modelu występują obciążenia powielone i użytkownik wywoła funkcję  **Grupowej edycji obciążeń**, przed jej uruchomieniem zostanie poproszony o scalenie lub usunięcie tego typu obciążeń. Po wywołaniu funkcji  **Grupowej edycji obciążeń** otwarte zostanie okno edycyjne jak niżej:





| Grupa            | Typ obciążenia    | Wartość 1 | Wartość 2 | Jednostka | x1/L | x2/L | Ukł. lokalny                        | $\alpha$ [°] | $\beta$ [°] | Kierunek | Lista prętów (np. 1, 3-5; 8... [Enter])                 |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------|------|-------------------------------------|--------------|-------------|----------|---|
| Stale            | Obciążenie ciągłe | 1         | 1         | kN/m      | 0    | 1    |                                     | 0            | 0           | Z        | 11-12, 83, 93, 109, 112, 131, 133, 140, 143             |
| Stale            | Obciążenie ciągłe | 1         | 1         | kN/m      | 0    | 1    |                                     | 0            | 0           | Z        | 86, 94, 110-111   |
| Stale            | Obciążenie ciągłe | 1         | 1         | kN/m      | 0    | 1    |                                     | 0            | 0           | Z        | 139, 142  |
| Stale            | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 0    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 352   |
| Stale            | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 352   |
| Stale            | Siła skupiona     | 20        |           | kN        | 0    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 144   |
| Stale            | Siła skupiona     | 20        |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 146   |
| lod              | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 0    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 161, 163, 167, 173, 192, 201, 207, 211, 217, 222, 22... |
| lod              | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 161, 163  |
| lod              | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 162, 167, 173, 192, 201, 207, 211, 217, 222, 228, 23... |
| lod              | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 252-253, 255, 258, 269, 271-272                         |
| lod              | Siła skupiona     | 0,17      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 260   |
| lod              | Siła skupiona     | 0,45      |           | kN        | 0    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 1-2, 4, 6, 8, 10  |
| lod              | Siła skupiona     | 0,45      |           | kN        | 1    |      |                                     | 0            | 0           | Z        | 1-2, 4, 6, 8, 10  |
| ozieb.           | Podgrzanie pręta  | -42       |           | °C        |      |      |                                     |              |             |          | 1-14, 16-18, 20-21, 23-25, 27-32, 35-36, 39-43, 46...   |
| podg.            | Podgrzanie pręta  | 40        |           | °C        |      |      |                                     |              |             |          | 1-14, 16-18, 20-21, 23-25, 27-32, 35-36, 39-43, 46...   |
| wiatr z przodu 1 | Siła skupiona     | -5        |           | kN        | 1    |      |                                     | 270          | 90          |          | 132   |
| wiatr z przodu 1 | Siła skupiona     | -5        |           | kN        | 0    |      |                                     | 450          | 90          |          | 134   |
| wiatr z przodu 1 | Siła skupiona     | 0,5       |           | kN        | 0    |      | <input checked="" type="checkbox"/> | 270          | 0-Y         |          | 5, 9, 147   |
| wiatr z przodu 1 | Siła skupiona     | 0,5       |           | kN        | 1    |      | <input checked="" type="checkbox"/> | 270          | 0-Y         |          | 5, 9, 147   |
| wiatr z lewej 1  | Siła skupiona     | -6        |           | kN        | 0    |      |                                     | 90           | 0-Y         |          | 96, 134   |
| wiatr z lewej 1  | Siła skupiona     | 0,5       |           | kN        | 0    |      | <input checked="" type="checkbox"/> | 270          | 0-Y         |          | 1, 4, 8   |
| wiatr z lewej 1  | Siła skupiona     | 0,5       |           | kN        | 1    |      | <input checked="" type="checkbox"/> | 270          | 0-Y         |          | 1, 4, 8   |
| wiatr z lewej 2  | Siła skupiona     | -0,33     |           | kN        | 0    |      | <input checked="" type="checkbox"/> | 0            | 0-Z         |          | 261   |

Rys. 259 Okno Grupowej edycji obciążeń dla obciążeń prętowych



| Grupa | Typ obciążenia     | Wartość 1 | Jednostka | Ukł. lokalny | $\alpha$ [°] | $\beta$ [°] | Kierunek | Lista węzłów (np. 1, 3-5; 8... [Enter]) |
|-------|--------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|----------|---|
| Stale | Siła węzłowa       | 1         | kN        |              | 0            | 0           | Z        | 1-12                                    |
| os.1  | Osiedzenie podpory | 2         | mm        |              |              |             | -Z       | 167-170                                 |
| os.2  | Osiedzenie podpory | 2         | mm        |              |              |             | -Z       | 139-142                                 |
| os.3  | Osiedzenie podpory | 1         | mm        |              |              |             | -Z       | 1-4                                     |
| os.4  | Osiedzenie podpory | 1         | mm        |              |              |             | -Z       | 2                                       |

Rys. 260 Okno Grupowej edycji obciążeń dla obciążeń węzłowych

Z lewej strony, w górnej części okna znajdują się dwa przyciski   przełączające edycję obciążeń prętowych lub węzłowych układu. Na głównym ekranie graficznym przy edycji obciążeń prętowych widok automatycznie przełącza się na zakładkę **Obciążenia** i automatycznie włączana jest numeracja prętów. Analogicznie przy edycji obciążeń węzłowych, również zostaniemy przełączeni na zakładkę **Obciążenia**, ale tym razem włączona zostanie automatycznie numeracja węzłów. W obu przypadkach numeracja prętów i węzłów zostanie zawsze włączona na czas działania funkcji edycji, niezależnie od ustawień użytkownika w zakresie widoczności numeracji w oknie **Ustawień**. W górnej części okna, po prawej stronie, znajdują się przełączniki pozwalające w każdej chwili rozszerzyć zakres aktualnie edytowanych obciążeń, odpowiednio do wszystkich prętów lub węzłów układu. Po wybraniu tej opcji nie ma już powrotu do edycji obciążeń dla wcześniej zaznaczonych prętów lub węzłów, gdyż selekcja




Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

została już poszerzona na wszystkie elementy układu. W dolnej części okna po lewej stronie znajdują się cztery przyciski:

- **Dodaj** – pozwala na dodanie kolejnego wiersza w tabeli, umożliwiające wprowadzenie dowolnych, nowych obciążeń na odpowiednio zdefiniowanej przez użytkownika liście prętów lub węzłów.
- **Usuń** – opcja pozwalająca usunąć zaznaczony wiersz tabeli, a wraz z nim wybrane obciążenie, z przypisanej do niego listy prętów lub węzłów.
- **Przywróć** – opcja przywracająca stan wyjściowy (taki jak zaraz po wywołaniu funkcji) bez potrzeby wychodzenia z okna opcją **Anuluj**.
- **Aktualizuj** – opcja porządkująca wprowadzone dotychczas zmiany edycyjne w oknie, polegająca na uszeregowaniu listy obciążeń według przyjętych reguł, scalająca wiersze opisujące takie same obciążenia i porządkująca listy prętów lub węzłów z maksymalnym wykorzystaniem ich agregacji.

W prawym dolnym narożniku okna znajdują się dwa przyciski:

- **OK** – akceptujący wszystkie zmiany wprowadzone w oknie  **Grupowej edycji obciążeń** (pod warunkiem, że funkcja nie sygnalizuje błędów edycyjnych).
- **Anuluj** – funkcja pozwalająca na wyjście z okna dialogowego bez akceptacji jakichkolwiek zmian wprowadzonych w tym oknie przez użytkownika.

Nad dolnymi przyciskami znajduje się pojedynczy wiersz, w którym wyświetlane są komunikaty o ewentualnych błędach w edycji i zadawaniu obciążeń. W przypadku wystąpienia takiego błędu zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat, a wiersz, którego on dotyczy zostanie wyświetlony na czerwono. Po poprawieniu błędu edycji wyświetlony zostanie kolejny komunikat błędu itd., do momentu aż wszystkie błędy w oknie edycji nie zostaną poprawione. W przypadku wyświetlania przez program komunikatu błędu użytkownik nie może opuścić okna edycji, z uwzględnieniem akceptacji wprowadzonych zmian, do momentu usunięcia wszystkich problemów w oknie edycji (można zawsze przerwać działanie funkcji bez wprowadzania zmian opcją **Anuluj**).

W głównej części okna znajduje się tabela z kolejno wyświetlonymi w wierszach obciążeniami prętów. Domyślnie wszystkie obciążenia są posortowane kolejno, względem trzech pierwszych kolumn, czyli grupy: obciążenia, typu obciążenia i jego wartości. Ułatwia to szukanie danego obciążenia na liście. Przy dołożeniu przez użytkownika kolejnych obciążeń lub modyfikacji istniejących, wciśnięcie przycisku **Aktualizuj** spowoduje ponowne posortowanie tabeli. W pozostałych kolumnach tabeli użytkownik może dowolnie modyfikować pozostałe parametry obciążenia, takie jak: wartość, położenie, układ współrzędnych i kierunek. Zakres dostępnych do modyfikacji parametrów, zależy od typu obciążenia i aktualnie uruchomionej wersji programu (2D lub 3D), a także od tego czy na liście prętów w danym wierszu znajdują się pręty typu ciągnio (mają znacznie ograniczoną liczbę możliwych obciążeń i ich lokalizacji).

W ostatniej kolumnie tabeli znajduje się w pełni edytowalna lista prętów lub węzłów, do których przyłożone jest dane obciążenie. Kolejne numery prętów na liście muszą być oddzielone od siebie przecinkiem lub średnikiem (spacje są bez znaczenia, gdyż program pomija je w analizie numerów). Numerację prętów lub węzłów można również podawać w formie zagregowanej, wówczas zapis typu: 8-15; oznacza, że obciążenie zostanie wprowadzone na wszystkich prętach lub węzłach od numeru 8 do 15. Przy wprowadzaniu i modyfikacji listy prętów nie mają znaczenia takie elementy, jak kolejność


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

wprowadzonej numeracji czy podwójne użycie tego samego numeru w ramach jednego wiersza (wówczas obciążenie i tak zostanie przyłożone jednokrotnie). Po użyciu funkcji **Aktualizuj** program automatycznie przebuduje listy, porządkując ich kolejność z ewentualnym wykorzystaniem agregacji i pozbywając się ewentualnych powtórzeń.

## 8.10. Obciążenia powierzchniowe

### 8.10.1. Informacje ogólne

W programie  **R3D3 Rama 3D** umożliwiono zadawanie obciążeń powierzchniowych na dowolną konstrukcję prętowo-szkieletową. Funkcja ta jest dostępna jedynie dla przestrzennej odmiany programu **R3D3**. Dla założonych w modelu obciążeń powierzchniowych program sam dokonuje rozkładu zdefiniowanego obciążenia powierzchniowego na najbardziej odpowiadające mu obciążenia ciągłe prętowe (równomierne lub trapezowe) i skupione siły węzłowe. Funkcja w szczególności przeznaczona jest do modelowania następujących typów obciążeń:

- Obciążenia śniegiem i wiatrem połączeń dachowych oraz prętowych struktur płaskich i przestrzennych, np. stropodachów i kopuł.
- Obciążenia wiatrem konstrukcji prętowych konstrukcji ścian.
- Obciążenia ciężarem własnym pokrycia: połączeń dachowych, dachów, stropów o konstrukcji prętowej oraz prętowych struktur przestrzennych.
- Obciążeń użytkowych równomiernych stropów o konstrukcji prętowej (pojedynczo o konstrukcji indywidualnej lub zbiorczo o konstrukcji powtarzalnej).
- Obciążeń trapezowych lub trójkątnych od parcia gruntu na konstrukcję szkieletową.
- Obciążenia pojedynczych prętów lub elementów (dowolnego pochodzenia) zbierane z obszaru o typowym lub nieregularnym kształcie.

Jak widać z powyższego wykazu, zakres stosowania funkcji obciążenia powierzchniowego jest bardzo szeroki i obejmuje praktycznie wszystkie główne obciążenia występujące w typowych konstrukcjach budowlanych.

Na obciążenie powierzchniowe w programie składają się następujące, podstawowe elementy:

- **Pręty obciążenia powierzchniowego** – wyselekcjonowana przez użytkownika lista prętów, do której będzie przypisane zadawane obciążenie powierzchniowe (do tego samego pręta może być przypisanych kilka obciążeń powierzchniowych w modelu). Pręty takie przeważnie dla większości obciążeń i konstrukcji powinny znajdować się na jednej płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny obciążenia (np. na jednej połaci dachu lub ścianie budynku). Algorytm rozkładu obciążeń powierzchniowych jest na tyle ogólny, że będzie działał również dla prętów obciążenia powierzchniowego usytuowanych dowolnie w przestrzeni. Wówczas przed rozkładem zostaną one rzutowane prostokątnie na zdefiniowaną płaszczyznę obciążenia, np. pozioma płaszczyzna obciążenia i pręty szkieletu kopuły. Stąd wniosek, że w rozkładzie zostaną zawsze pominięte pręty (niezależnie od ich selekcji), które będą dokładnie prostopadłe do płaszczyzny obciążenia (nie będą miały liniowego rzutu na tę płaszczyznę). Analogicznie będzie w przypadku prętów typu ciągnó,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

które z założenia nie mogą być obciążone prostopadle do osi pręta na ich długości. Pręty tego typu zostaną pominięte w rozkładzie.

- **Płaszczyzna obciążenia** – zdefiniowana przez użytkownika płaszczyzna, na której zadane będzie obciążenie powierzchniowe. Płaszczyzna obciążenia może być zdefiniowana w widoku płaskim, w jednej z płaszczyzn głównych, przez wskazanie dwóch punktów (będzie ona wówczas zawsze prostopadła do powierzchni ekranu monitora) lub w ogólnym widoku 3D przez wskazanie trzech dowolnych punktów płaszczyzny na elementach układu. Ponieważ płaszczyzna obciążenia jest praktycznie dowolna, w programie można zadawać np. zarówno obciążenia połaciowe, jak i na rzut połaci. Stąd np.:

- **obciążenie wiatrem** – będzie obciążeniem połaciowym prostopadłym do połaci.

- **obciążenie ciężarem własnym pokrycia** – będzie obciążeniem połaciowym pionowym,

- **obciążenie śniegiem** – będzie obciążeniem pionowym zadany na rzut połaci.

Dla wszystkich tego typu obciążeń, zadanych zgodnie z fizyką ich działania, nie jest wymagane przeliczanie ich wartości (pobrane bezpośrednio z norm obciążeniowych) przez współczynniki funkcji trygonometrycznych, wynikających z nachylenia połaci i kierunku rozkładu. W przypadku obciążeń powierzchniowych dachów zaleca się zachować następującą kolejność działania: pierwsze zadajemy (odsunięte od układu) obciążenie powierzchniowe śniegiem na wszystkie połacie naraz, następnie obciążenie powierzchniowe ciężarem własnym pokrycia dla każdej połaci osobno, a na końcu wszystkie te obciążenia odsuwamy pionowo. Na samym końcu zadajemy na każdej połaci osobno obciążenie wiatrem. Zachowanie takiej kolejności zadawania obciążeń powierzchniowych dla dachów zapewni największą przejrzystość modelu w trakcie definiowania tych obciążeń.

- **Obszar obciążenia** – określony i wydzielony przez użytkownika obszar jednopłaski leżący w płaszczyźnie obciążenia, na którym przyłożone będzie obciążenie powierzchniowe. Domyślnie jest to otoczka wypukła opisana na wszystkich rzutowanych na płaszczyznę obciążenia prętach.
- **Wartość, kierunek i zwrot obciążenia powierzchniowego** - wartość obciążenia w  $\text{kN/m}^2$ , kierunek działania obciążenia powierzchniowego (jeden z kierunków osi globalnego układu współrzędnych lub kierunek prostopadły do płaszczyzny obciążenia) oraz jego zwrot określony znakiem plus lub minus wartości obciążenia.

W modelu układu statycznego może być zdefiniowanych wiele obciążeń powierzchniowych, przypisanych do tych samych lub różnych prętów. Obciążenie powierzchniowe pamiętane jest w modelu oraz zapisane jest w pliku projektu wraz z przypisanym do niego rozkładem na poszczególne, wybrane pręty układu. Każda modyfikacja wprowadzona do tego obciążenia odpowiednio modyfikuje również rozkład obciążeń na odpowiednich prętach przypisanych do tego obciążenia.




Ponieważ w trakcie rozkładu obciążenia powierzchniowego na wybrane pręty i węzły układu, przed wykonaniem rozkładu program rzutuje prostopadnie wszystkie wybrane pręty na płaszczyznę obciążenia, należy pamiętać o konsekwencjach takiego działania w niektórych przypadkach szczególnych. Pierwszy z nich to taki, w którym po rzutowaniu na płaszczyznę obciążenia rzuty dwóch prętów znajdujących się jeden za drugim w części lub w całości pokrywają się. W takim przypadku obciążenie po rozkładzie przypadnie po połowie na oba pręty, których rzuty się pokrywają. Tego przypadku należy przeważnie unikać, wybierając zawsze właściwe pręty do rozkładu. Jedyne wyjątek



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

stanowią tu mogą elementy prętowe kolejnych stropów budynku o dokładnie takim samym układzie konstrukcyjnym i takich samych obciążeniach. W takim przypadku dla np. 3 kondygnacji można zadać dla elementów stropowych każdej z nich trzy odrębne obciążenia powierzchniowe lub zadać jedno obciążenie powierzchniowe o wartości 3 razy większej, działające jednocześnie na elementy stropowe wszystkich trzech kondygnacji naraz. Efekt obliczeniowy w obu przypadkach będzie dokładnie taki sam. Drugi przypadek to taki, w którym wybrane zostały pręty, których rzuty wprawdzie się nie pokrywają, ale w rzeczywistej konstrukcji część prętów i rozpiętych między nimi osłon zasłania pręty pozostałe. Jak widać, dla prawidłowego działania funkcji rozkładu obciążenia powierzchniowego na pręty bardzo istotny jest prawidłowy wybór przez użytkownika, na jakie pręty ma być to obciążenie rozłożone. Dla ilustracji problemu wróćmy do przykładu szkieletu kopuły. Dla pionowego obciążenia śniegiem możemy wybrać wszystkie pręty kopuły, gdyż żaden z nich po zrzutowaniu na płaszczyznę obciążenia nie powinien się pokryć i nie będzie zasłaniał pozostałych prętów. Natomiast dla poziomego obciążenia wiatrem powinna być bezwzględnie wybrana jedynie połowa prętów kopuły, gdyż pozostałe pręty są przesłonięte (ewentualne ssanie zakładamy dla pozostałych prętów jako odrębne obciążenia powierzchniowe zadane w tej samej grupie obciążeń).


### 8.10.2. Zadawanie obciążeń powierzchniowych

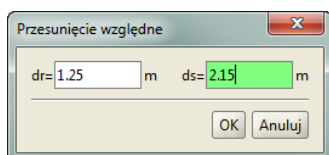
Funkcję zadawania obciążenia powierzchniowego wywołujemy z głównego paska narzędziowego tak jak pozostałe typy obciążeń. Jeśli użytkownik chce określić elementy (współpłaszczyznowe lub nie), na których ma być przyłożone obciążenie powierzchniowe, przed wywołaniem funkcji należy koniecznie wyselekcjonować pręty, na które będzie działać zadawane obciążenie powierzchniowe. Jeśli nie zostały wybrane żadne pręty, aktywna jest tylko funkcja zadawania  (3 pkt. pł. obc.) obciążenia powierzchniowego przez wskazanie trzech punktów definiujących płaszczyznę obciążenia i wówczas automatycznie obciążenie zadawane jest na wszystkie pręty leżące we wskazanej płaszczyźnie obciążenia. Funkcja zadawania obciążenia powierzchniowego dla wybranej grupy prętów ma dwa podstawowe warianty, zależne od sposobu wyznaczenia płaszczyzny obciążenia. W jednym z nich  (3 pkt. pł. obc.) płaszczyzna obciążenia definiowana jest przez wskazanie trzech dowolnych i niewspółliniowych punktów na elementach struktury. W drugim  (2 pkt. pł. obc.) płaszczyzna obciążenia definiowana jest tylko w jednej z płaszczyzn głównych, (gdy płaszczyzna ekranu monitora pokrywa się z jedną z płaszczyzn głównych głównego układu współrzędnych), gdy wskazane zostaną dodatkowo dwa punkty (nieleżące jeden za drugim) na ekranie, należące do tej płaszczyzny (na elementach układu lub poza nim). W tym przypadku płaszczyzna obciążenia wyznaczona jest przez te dwa punkty i dodatkowo jest ona zawsze prostopadła do płaszczyzny ekranu w danym widoku płaskim. W przypadku nieprawidłowego wskazania trzech punktów współliniowych lub dwóch punktów leżących jeden za drugim przy definiowaniu płaszczyzny, program będzie nadal oczekiwał wskazania ostatniego prawidłowego punktu, jednoznacznie określającego płaszczyznę obciążenia.

Po wybraniu jednej z dwóch powyżej opisanych funkcji zadawania obciążenia powierzchniowego oraz zdefiniowaniu jej przez 2  lub 3  punkty płaszczyzny obciążenia, program otworzy dodatkowe okno graficzno-dialogowe, w którym użytkownik powinien określić: nazwę obciążenia, przypisanie do grupy obciążeń, obszar działania obciążenia, jego wartość, kierunek i zwrot. Po otwarciu dodatkowego okna na jego płaskim widoku graficznym widoczna będzie płaszczyzna obciążenia widziana w rzucie prostokątnym, ze zrzutowanymi na nią (prostokątnie) widokami wybranych przez użytkownika prętów. Na widoku graficznym wszystkich widocznych rzutów prętów zostanie opisana za

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

pomocą wielokąta otoczka wypukła reprezentująca domyślny obszar działania obciążenia powierzchniowego. Głównym zadaniem użytkownika jest tu określenie rzeczywistego obszaru działania obciążenia powierzchniowego na wybrane pręty układu. W tym celu do płaszczyzny obciążenia przypisano chwilowy, płaski, lokalny układ współrzędnych „r -s”. Wszystkie wierzchołki wielokąta obszaru obciążenia można dowolnie przesuwać ręcznie, z wykorzystaniem wyświetlanych domiarów względnych, punktów przyciągania oraz możliwością doprecyzowania domiarów za pomocą kursorów klawiatury. Dodatkowo dla każdego wierzchołka obszaru obciążenia, pod prawym klawiszem myszki istnieje możliwość wywołania okna numerycznego określenia przesunięcia względnego wierzchołka o wartości  $dr$  i  $ds$  względem położenia wyjściowego –  **Przesunięcie względne**.



Rys. 261 Przesunięcie względne punktu na konturze obszaru obciążenia

Generalnie w oknie definiowania obszaru działania obciążenia powierzchniowego posługujemy się zawsze jedynie współrzędnymi względnymi (względem położenia wyjściowego wierzchołka). Przy przesuwanie wierzchołków obszaru obciążenia należy pamiętać, że definiowany obszar musi być jednospójny i w związku z tym niepoprawne jest takie przesunięcie wierzchołka konturu, przy którym przecięty by został aktualny obwód obszaru obciążenia. Próba wprowadzenia obszaru obciążenia, w którym linie jego konturu krzyżują się, spowoduje wycofanie przesuwanego węzła do położenia wyjściowego. Poza przesuwanie wierzchołków konturu obszaru obciążenia, funkcja umożliwia w każdej chwili dołożenie kolejnych wierzchołków w dowolnym punkcie na obwodzie konturu (i ich dalsze przesuwanie). W tym celu wystarczy wskazanie dowolnego punktu na liniach konturu z wykorzystaniem punktów przyciągania do konturu i doprecyzowaniem domiaru od sąsiedniego wierzchołka za pomocą kursorów. W celu usunięcia zbędnych wierzchołków konturu wystarczy taki wierzchołek przesunąć do wierzchołka sąsiedniego (i tylko takiego), wówczas nastąpi ich scalenie. Przy próbie scalania węzłów nie sąsiednich węzeł przesuwany zostanie wycofany do położenia wyjściowego. Generalnie wycofanie przesunięcia węzła do stanu wyjściowego oznacza, że dany ruch jest w programie niedopuszczalny, niezależnie od tego, czy przesunięcie wykonywane jest graficznie, za pomocą kursorów klawiatury czy też przez podanie współrzędnych względnych w oknie dialogowym. W każdej chwili po zmianach konturu obszaru obciążenia użytkownik może wrócić do stanu wyjściowego (otoczki wypukłej opisanej na wybranych prętach), przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku na dole okna.

Otwory w obszarze obciążenia można modelować na dwa sposoby:

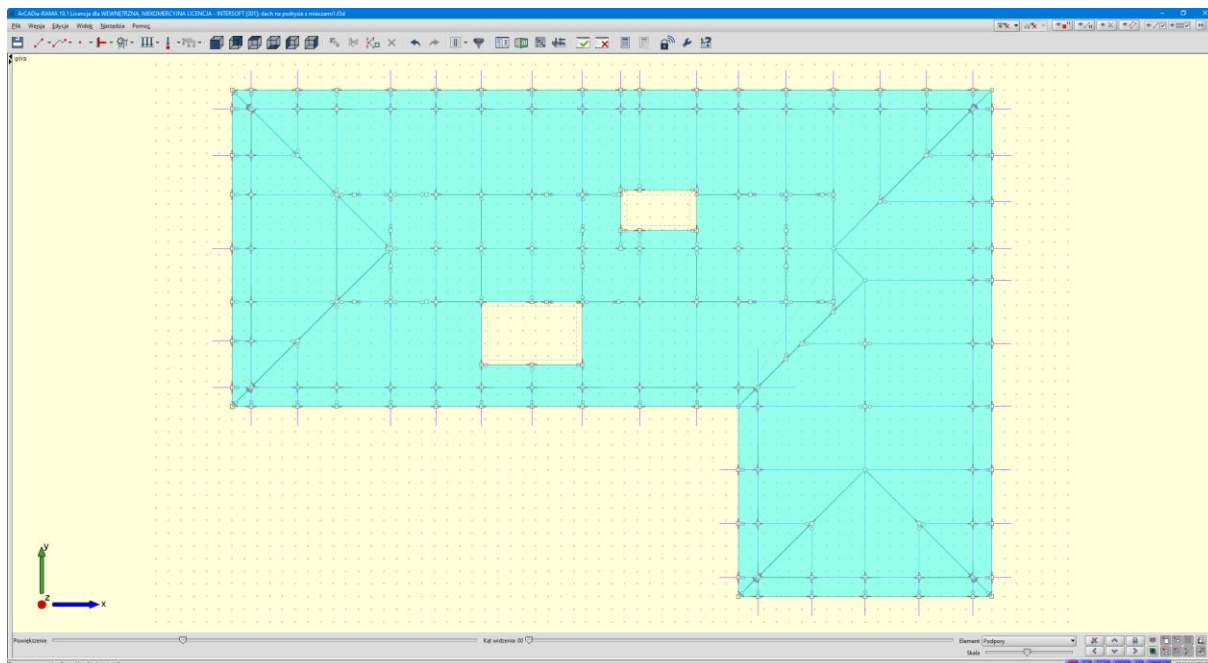
- przez odpowiednie ułożenie i modyfikacje konturu obszaru obciążenia (metoda przybliżona opisana poniżej),
- z wykorzystaniem odpowiedniej funkcji, przewidzianej w programie do wstawiania otworów, opisanej w odrębnym rozdziale (metoda dokładna w granicy podziału dyskretnego).

Otwory w powierzchni obciążenia należy modelować przez takie ułożenie konturu obszaru obciążenia, by jego linie nie uległy przecięciu, a jednocześnie ostatnie punkty zamykające kontur otworu były jak

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

najbliżej siebie, ale się nie pokrywały (praca w dużym zbliżeniu). Taka metoda zmusza użytkownika do wprowadzenia nieznacznych niedokładności w obszarze obciążenia (widocznych przy dużym powiększeniu, bez praktycznego wpływu na całkowite obciążenie powierzchni). Można również modelować obszar obciążenia wokół otworów w postaci kilku odrębnych obciążeń powierzchniowych stykających się na krawędzi otworu. Wówczas dokładność zadania obszarów obciążenia jest praktycznie 100%, lecz w modelu mamy więcej odrębnych obciążeń powierzchniowych.



Rys. 262 Przykład modelowania obciążenia powierzchniowego (pionowego od ciężaru pokrycia) na głównych połaciach, z uwzględnieniem otworów w połaci

W dolnej części okna znajdują się pola edycyjne określające: nazwę, wartość (w  $\text{kN/m}^2$ ) danego obciążenia (zwrot obciążenia określa znak jego wartości) oraz pole wyboru (z listy) kierunku działania obciążenia: prostopadłego do zadanej płaszczyzny obciążenia lub równoległego do jednej z osi globalnego układu współrzędnych. W dolnej części okna znajduje się, również wybierane z listy przypisanie definiowanego obciążenia powierzchniowego do jednej z grup obciążeń (stałych, zmiennych lub „multi”) zdefiniowanych w modelu.

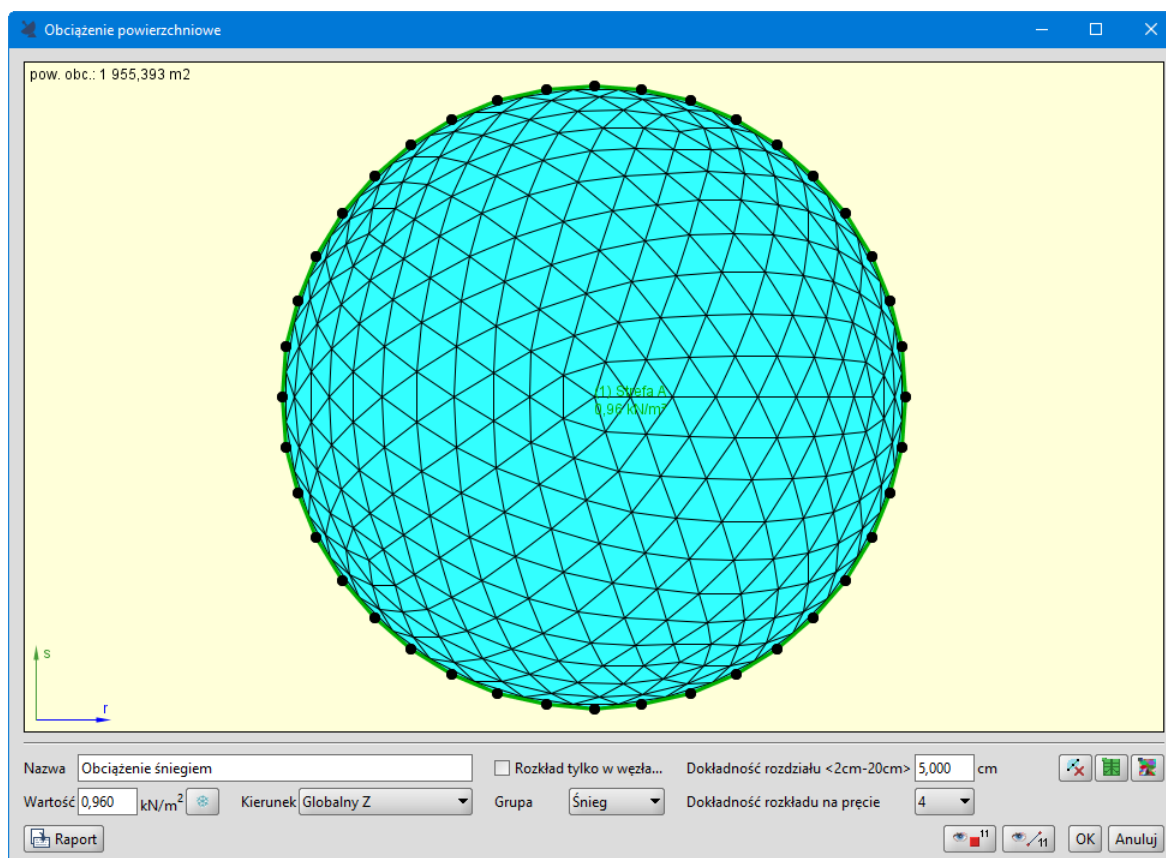
W oknie definicji obciążenia użytkownik może także określić parametr dokładności rozkładu, zawierający się w przedziale od 2 do 20 cm (czym niższy, tym dokładniejszy rozkład, ale również wydłużony czas rozkładu). Parametr dokładności rozkładu powinien być dobrany zależnie od wielkości konstrukcji, na którą przykładamy dane obciążenie powierzchniowe. Dla niewielkich konstrukcji, do kilkunastu metrów, może to być 2 cm, dla średnich, do 50 m, ok. 5 cm, a dla dużych, do 200 m, ok. 10-20 cm. Generalnie można założyć, że parametr dokładności rozkładu raczej nie powinien przekraczać  $1/1000$  rozpiętości konstrukcji, na którą przykładamy obciążenie powierzchniowe.

Drugim parametrem sterującym dokładnością rozkładu obciążenia powierzchniowego jest **Dokładność rozkładu na pręcie** (1-10). Określa ona, ile maksymalnie odcinków różnego obciążenia ciągłego, równomiernego (o jednakowej długości) na danym pręcie ma odpowiadać przypadającemu na ten pręt obciążeniu powierzchniowemu, przypisanemu do tego pręta wskutek rozkładu. Przy tym dla bardzo

Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

małych prętów ilość ustawionych podziałów jest automatycznie redukowana niezależnie od ustawień powyższego parametru. Po ustawieniu **Dokładności rozkładu na pręcie**, np. na sześć, rozkład obciążenia ciągłego na pręcie jest identyczny, jakby ustawiono **Dokładność rozkładu na pręcie** na jeden, a wcześniej w modelu podzielono ten pręt na sześć równych prętów. Stosowanie zwiększonej dokładności podziału pręta przy generowaniu obciążeń powierzchniowych znacznie poprawia dokładność wyników dla samego pręta, nie wymaga sztucznego dzielenia prętów w modelu, ale znacznie też zwiększa ilość obciążeń ciągłych wprowadzonych do modelu (np. zamiast jednego jest ich sześć, ustawionych kolejno na jednym pręcie). Domyślną **Dokładność rozkładu na pręcie** ustawiono na 1, czyli całemu obciążeniu powierzchniowemu przypisanemu do pręta w skutek jego rozdziału odpowiada jedno obciążenie ciągłe na pręcie. W wielu przypadkach jest to wystarczająca dokładność do celów inżynierskich, a błąd momentu na długości pręta nie powinien w takim przypadku przekroczyć 25%. Przy rozkładzie obciążeń powierzchniowych tylko na siły w węzłach, parametr **Dokładność rozkładu na pręcie** nie jest dostępny do edycji dla użytkownika (domyślnie ustawiony jest na 1 i zablokowany do edycji).





Rys. 263 Okno definiowania i edycji obciążeń powierzchniowych

Po wybraniu prętów, określeniu płaszczyzny i obszaru działania obciążenia, nadaniu nazwy obciążenia oraz podaniu jego wartości, kierunku, zwrotu i przypisania do grupy obciążeń, wciskamy klawisz **OK** i generujemy rozkład obciążenia powierzchniowego na wybranych prętach układu.

Przed wykonaniem rozkładu możemy przyciskiem  **Podgląd rozkładu** podejrzeć proponowany przez program podział obszaru obciążeń na pola przypisane poszczególnym prętom i węzłom. Poszczególne pola przypisane określonym prętom i węzłom oznaczone są na podglądzie rozkładu jednym kolorem.




Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Każda zmiana kształtu obszaru obciążenia lub parametru dokładności rozkładu, spowoduje usunięcie kolorowanego podglądu rozkładu. Aby go przywrócić, należy ponownie wcisnąć przycisk  **Podgląd rozkładu**. Po wyświetleniu podziału obszaru obciążeń na pola przypisane poszczególnym prętom i węzłom, w lewym górnym narożniku okna wyświetlane jest dodatkowo aktualne pole powierzchni obszaru obciążenia, ilość elementów podziału oraz współczynnik sprawności rozdziału. Drugim przyciskiem, znajdującym się w dolnej części okna  **Domyślny obszar obciążenia**, zawsze można przywrócić domyślny kształt obszaru obciążeń (otoczka wypukła opisana na zaznaczonych rzutach prętów).

Generalnie proces rozkładu obciążeń powierzchniowych składa się z dwóch kolejnych etapów:

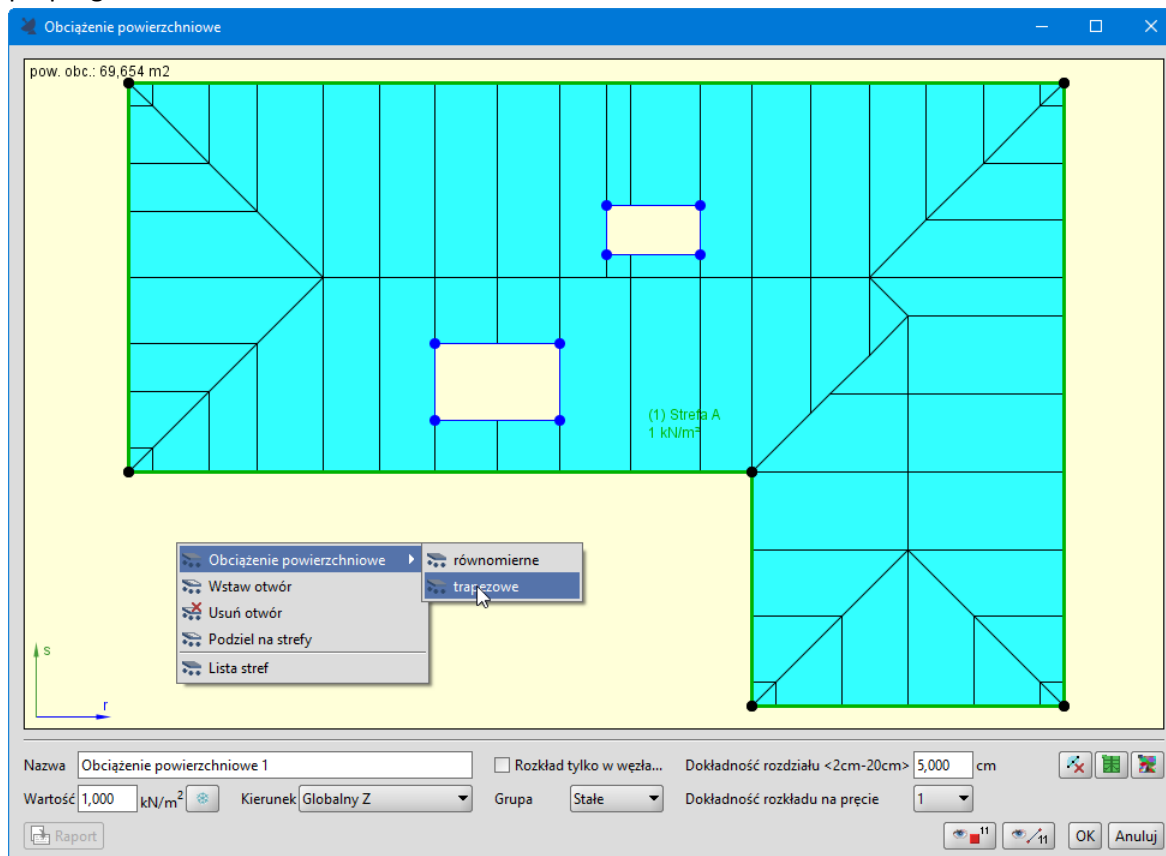
- rozdziału całego obszaru obciążenia na pola obciążeń przypisane do poszczególnych prętów i węzłów,
- wyliczenia wartości sił skupionych w węzłach lub sił w węzłach i obciążeń ciągłych na prętach.

Pierwszy proces zależy od kształtu obszaru obciążenia ustawionej przez użytkownika dokładności rozdziału (każda zmiana tych wartości będzie powodowała konieczność powtórzenia tego etapu). Na drugi proces decydujące znaczenie będą miały: wartość i kierunek obciążenia, przypisanie do grupy i typ rozkładu (na same węzły czy na węzły i pręty). Zmiana tych parametrów (z wyjątkiem ostatniego) nie powoduje konieczności powtórnego rozdziału na pola obciążeń. Przy wciśnięciu przycisku  **Podgląd rozkładu** wykonywany jest jedynie pierwszy etap, przy wciśnięciu przycisku **OK** wykonywane są kolejno oba etapy, chyba że wcześniej włączony był  **Podgląd rozkładu** (wykonał się etap pierwszy) i w międzyczasie nie zmieniono obszaru obciążenia i dokładności, wówczas wciśnięcie **OK** wykonuje jedynie etap drugi. Ma to istotne znaczenie przy niektórych rozkładach i przy ustawieniu dużej ich dokładności, co może powodować znaczne wydłużenie czasu operacji. Wyciśnięcie przycisku  **Podgląd rozkładu** spowoduje powrót do widoku niepodzielonego obszaru obciążenia, a ponowne jego wciśnięcie włączy wcześniej wykonany rozkład. Ponieważ rozkład na pola obciążeń nie jest pamiętany w modelu (zajmowałby niepotrzebnie zbyt wiele pamięci), przy każdym ponownym wejściu do okna edycji obciążenia powierzchniowego w celu obejrzenia podglądu rozkładu, proces z tym związany musi być wykonany ponownie.


### 8.10.3. Zadawanie obciążeń powierzchniowych trapezowych

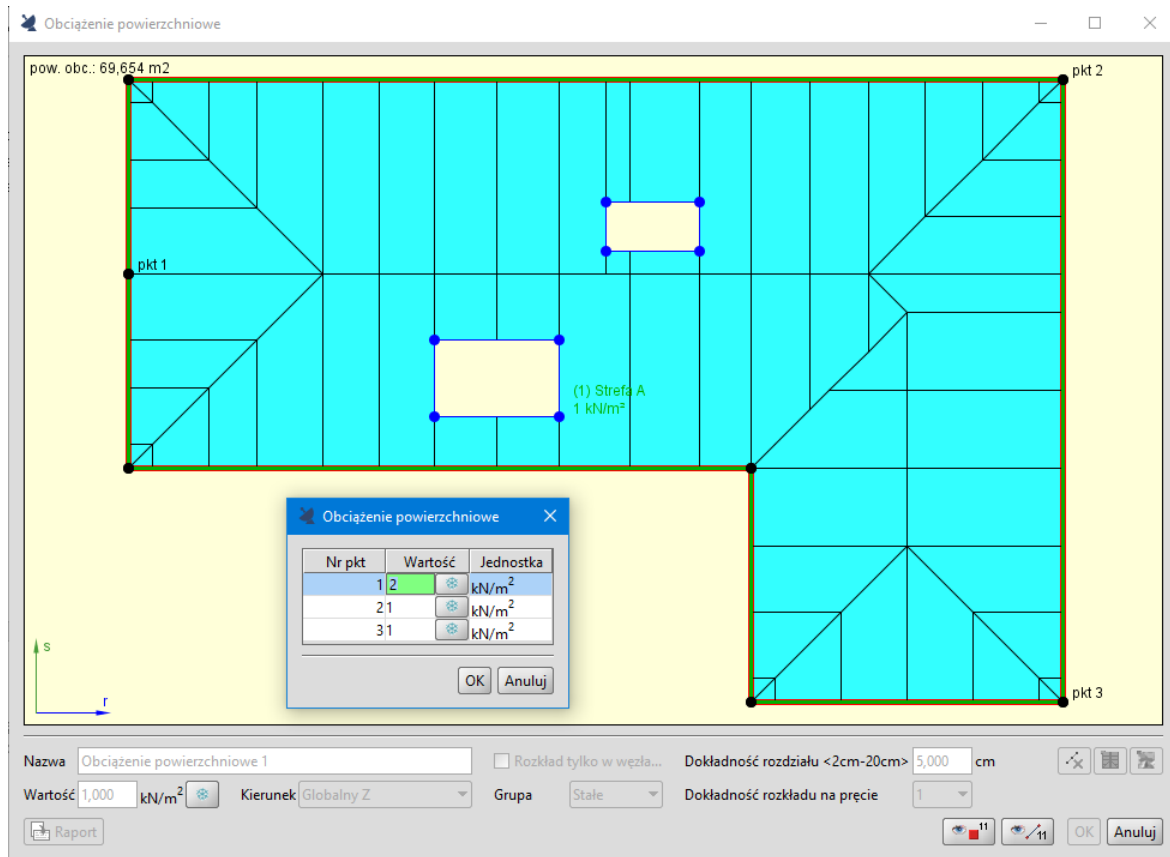
W programie, poza obciążeniem powierzchniowym równomiernym, można również zadać obciążenie powierzchniowe trapezowe lub trójkątne. W tym celu, będąc w oknie definiowania i edycji obciążenia powierzchniowego, klikamy prawym klawiszem myszki w dowolnym punkcie ekranu roboczego okna.





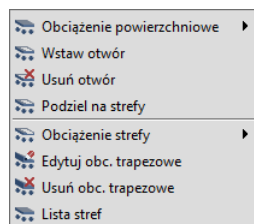
Rys. 264 Definiowanie obciążenia trapezowego dla powierzchni obciążenia

Z wyświetlonego menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Obciążenie powierzchniowe - trapezowe**, a następnie, zgodnie z podpowiedzią kontekstową kursora, wskazujemy trzy kolejne i niewspółliniowe punkty na konturze zadanego obszaru obciążenia. Po ich wskazaniu zostaną one kolejno ponumerowane i utworzy się niewielkie okno zawierające tabelkę umożliwiającą wpisanie trzech wartości obciążenia powierzchniowego, trapezowego w trzech kolejno wskazanych punktach (domyślnie wartości te są takie same i równe wartości obciążenia powierzchniowego równomiernego). Pozostawienie tych wartości bez zmian lub nadanie wszystkim trzem punktom takiej samej, ale zmienionej wartości, spowoduje, że po wciśnięciu klawisza **OK** nadal będziemy mieć do czynienia z obciążeniem powierzchniowym równomiernym, co najwyżej o zmienionej wartości. Przypisanie wskazanym punktom minimum dwóch różnych wartości i wciśnięcie klawisza **OK** spowoduje zdefiniowanie obciążenia powierzchniowego trapezowego o wpisanych wartościach we wskazanych trzech punktach, które zdefiniują płaszczyznę wartości obciążenia powierzchniowego trapezowego, odpowiednio nachyloną do zadanej płaszczyzny obciążenia.



Rys. 265 Wpisywanie wartości obciążenia trapezowego w zdefiniowanych punktach













W trakcie definiowania obciążenia powierzchniowego trapezowego pozostałe funkcje edycyjne okna edycji obciążenia powierzchniowego są zablokowane do czasu zakończenia funkcji lub jej przerwania klawiszem **Esc**. Po zadaniu obciążenia powierzchniowego trapezowego, na dole okna edycji obciążenia powierzchniowego, w polu wartości obciążenia równomiernego wyświetlany będzie symbol nieoznaczoności w postaci kropek, natomiast na ekranie graficznym we wskazanych punktach wyświetlą się wartości zadanej obciążenia trapezowego. Ponowne wpisanie zamiast kropek wartości obciążenia powierzchniowego przywróci ponownie obciążenie powierzchniowe równomierne o zadanej wartości, dla całego obszaru obciążenia. Przy przesuwaniu punktów konturu obszaru obciążenia, do których przypisano jedną z wartości obciążenia trapezowego, przesunięcie realizowane jest wraz z odpowiednim przesunięciem wartości obciążenia trapezowego. Po wciśnięciu przycisku **Domyślny obszar obciążenia**, wcześniej zdefiniowane obciążenie powierzchniowe trapezowe zostanie usunięte i przywrócone zostanie domyślne obciążenie równomierne (obciążenie trapezowe trzeba wówczas zdefiniować ponownie).

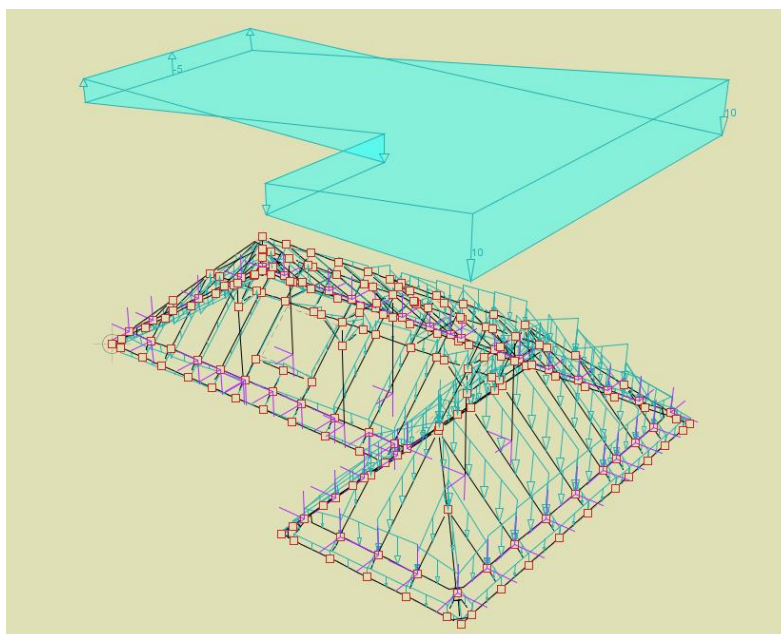


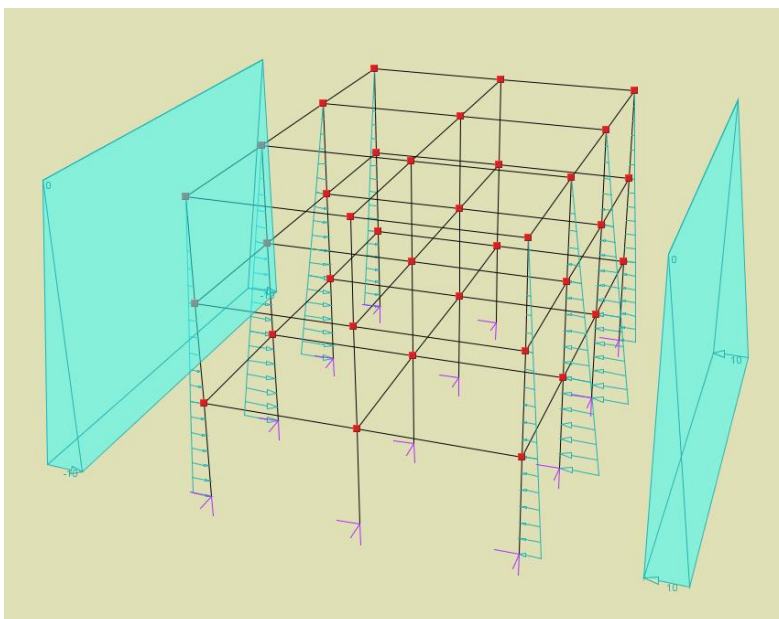
Rys. 266 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla okna Obciążeń powierzchniowych

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Dla już zadanego powierzchniowego obciążenia trapezowego, w oknie edycji, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki, przy kliknięciu w obszarze roboczym okna dostępne są dwie dodatkowe funkcje:  **Edytuj obc. trapezowe** i  **Usuń obc. trapezowe**. Pierwsza z nich ponawia dostęp do edycji tabelki wartości obciążenia trapezowego, a druga usuwa obciążenie trapezowe i przywraca domyślne obciążenie równomierne dla całego obszaru obciążenia. Aby w programie zadać obciążenie powierzchniowe trójkątne, dla dwóch punktów wskazanych na jednej krawędzi obszaru obciążenia podajemy wartość zerową obciążenia, a dla punktu na przeciwległej krawędzi wartość szczytową obciążenia trójkątnego. W programie można zadawać obciążenia powierzchniowe trapezowe o różnych znakach wartości przypisanych do poszczególnych punktów. Kierunek działania obciążenia powierzchniowego trapezowego wyznacza odpowiedni dobór parametru z listy umieszczonej na dole okna edycji obciążenia, analogicznie jak definiowany jest kierunek dla obciążenia powierzchniowego równomiernego. Po zdefiniowaniu obciążenia trapezowego ponowne wybranie funkcji  **Wstaw obc. trapezowe** spowoduje usunięcie dotychczasowego obciążenia trapezowego, a następnie użytkownik będzie mógł zdefiniować obciążenie trapezowe ponownie (wskazać trzy punkty na konturze obszaru obciążenia i podać w nich wartości obciążenia). Na głównym ekranie graficznym, dla zaznaczonej tafli obciążenia powierzchniowego, trapezowego i przy braku zaznaczenia innych elementów projektu, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki, poza funkcjami:  **Edytuj**,  **Przesuń**,  **Kopiuj**,  **Rozbij**,  **Usuń**,  **Zmień znak obciążenia**,  **Ukryj** dostępna jest dodatkowa funkcja -  **Włącz/Wyłącz pozostałe wartości**, która przy włączonym wyświetlaniu wartości obciążeń, w oknie  **Ustawień** programu, wyświetla wartości obciążenia trapezowego w każdym punkcie charakterystycznym tego obciążenia. W pozostałych przypadkach wartości obciążenia trapezowego wyświetlane są tylko w zdefiniowanych przez użytkownika punktach, definiujących to obciążenie.





Rys. 267 Przykłady zdefiniowanego obciążenia powierzchniowego trapezowego

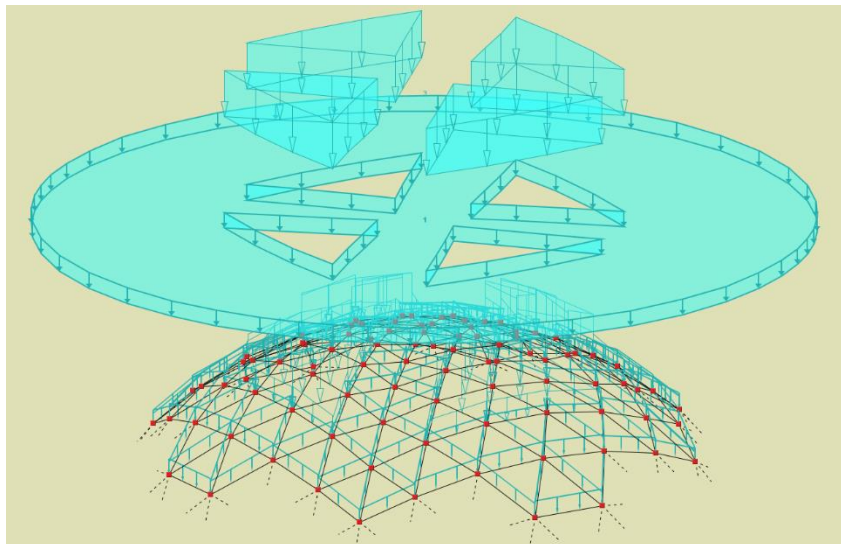
#### 8.10.4. Definiowanie otworów w powierzchni obciążenia

Na zadanej powierzchni obciążenia można nanieść obszary symbolizujące otwory w zadanym obszarze obciążenia. W tym celu, będąc w oknie definicji obciążenia powierzchniowego, klikamy prawym klawiszem myszki w dowolnym punkcie obszaru roboczego i z menu kontekstowego wybieramy funkcję  **Wstaw otwór**. Następnie za pomocą myszki, punktów przyciągania oraz funkcji przesunięcia względnego wskazujemy kolejne punkty konturu wprowadzonego otworu. Aby zdefiniować otwór w obszarze obciążenia, użytkownik musi wprowadzić minimum trzy niewspółliniowe punkty konturu otworu (w innym przypadku otwór nie zostanie zdefiniowany). Przy definiowaniu konturu otworu obowiązują zasady analogiczne jak przy definiowaniu konturu obszaru obciążenia. Po wprowadzeniu kolejnych punktów konturu otworu, w celu zakończenia funkcji wstawiania otworu, wciskamy klawisz **Enter**, **Esc** lub klikamy na ostatnio wprowadzonym punkcie ponownie. Po wprowadzeniu otworu w obszarze obciążenia dalsza ewentualna edycja konturu odbywa się analogicznie jak edycja konturu obszaru obciążenia. Ponieważ powierzchnia zadanego otworu nakładana jest na obszar obciążenia niezależnie dla każdego otworu, nie obowiązuje w programie sprawdzanie prawidłowości relacji między zadanymi otworami, a także między otworami i obszarem obciążenia. Skutkiem tego za prawidłowy kształt otworów odpowiada użytkownik, a program nie ogranicza go przed zadaniem otworu w części lub całości poza obszarem obciążenia lub otworów wzajemnie na siebie nachodzących. Każdy wprowadzony w obszarze obciążenia otwór zmniejsza przy rozkładzie obciążeń zdefiniowany obszar obciążenia o powierzchnię otworu, powierzchnię sumy geometrycznej otworów w przypadku kilku rozdzielnych lub nakładających się otworów oraz o fragmenty otworów, które pokrywają się z powierzchnią obciążenia, w przypadku gdy otwór jedynie we fragmencie położony jest w obszarze obciążenia. Wprowadzone przez użytkownika otwory w obszarze obciążenia można w każdej chwili usunąć funkcją  **Usuń otwór**, dostępną w menu kontekstowym prawego klawisza myszki, w oknie edycji obciążenia powierzchniowego, a następnie wskazać otwór do usunięcia. Raz wywołana funkcja usuwania otworów będzie działała dla wielu kolejno wskazywanych otworów, do momentu przerwania jej działania klawiszem **Esc**.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Za pomocą otworów w obszarze obciążenia można dowolnie wycinać i kształtować ten obszar, jak również wstawiać w otwory obciążenia powierzchniowe o innej wartości (jako drugie obciążenie powierzchniowe). Poniżej przedstawiono przykład wykorzystania otworów w obszarze obciążenia. W dolnym okrągłym obszarze obciążenia wycięto cztery otwory, a górny obszar obciążenia, o większej wartości, rozcięto otworem na cztery części pasujące do otworów w dolnym obszarze obciążenia.



Rys. 268 Przykłady wykorzystania otworów zdefiniowanych w obszarze obciążenia powierzchniowego

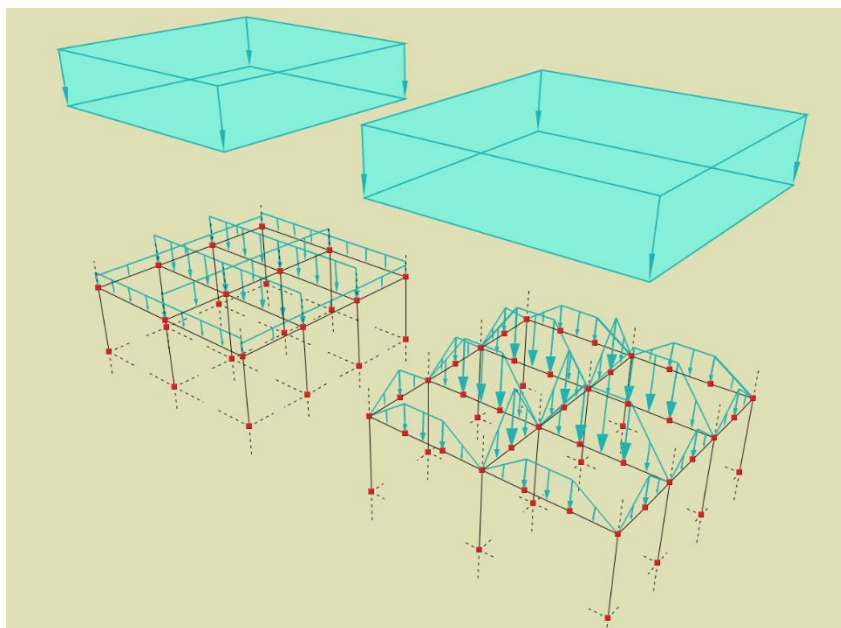
#### 8.10.5. Rozkład obciążenia powierzchniowego na wybrane pręty i węzły układu

Po zdefiniowaniu obciążenia powierzchniowego wykonywany jest automatyczny rozkład całości obciążenia powierzchniowego na poszczególne węzły i pręty przypisane do tego obciążenia. Rozkład dokonywany jest przez dyskretyzację obszaru obciążenia, gdzie głównym kryterium rozdziału jest odległość obciążenia od poszczególnych rzutów prętów na płaszczyznę obciążenia i ich węzłów. Obciążenie, które jest jednocześnie równo odległe od kilku prętów (węzłów), rozdzielane jest proporcjonalnie na wszystkie te pręty (węzły). Ponieważ obszar obciążenia podlega dyskretyzacji, rozkład obciążenia dokonywany jest z określoną dokładnością, zależną głównie od zastosowanej gęstości podziału. Tak wyznaczone obciążenia (w postaci dyskretnych sił skupionych), rzutowane zostaną prostopadłe na pręt i przypisywane są do poszczególnych prętów i ich węzłów, a następnie, w przypadku węzłów, sumowane do sił skupionych, zaś dla prętów zamieniane na odpowiednie obciążenie ciągłe, którego położenie i wartość wypadkowej pokrywa się z wypadkową wyjściowych sił skupionych (zachowana jest równowaga sił i momentów względem węzłów końcowych pręta). Metoda ta zapewnia z jednej strony wystarczającą dokładność do celów inżynierskich (zachowane są wartości reakcji na węzły, a różnice w momentach, w ekstremalnym punkcie na długości danego pręta, w żadnym wypadku nie powinny przekraczać ok. 25%). Z drugiej generuje minimalną ilość obciążeń (maksymalnie 2 siły skupione w węzłach i liniowe obciążenie ciągłe rozłożone na całej długości pręta). W trakcie wykonywania rozkładu obciążenia powierzchniowego na poszczególne pręty i węzły, rozkładana jest zawsze cała zadana powierzchnia obciążenia. Tak więc suma wszystkich sił węzłowych i obciążeń ciągłych przypisanych do danego obciążenia powierzchniowego odpowiada wartości wypadkowej tego obciążenia. Ponieważ jednak zastosowana metoda jest dyskretna, ma ona swoją dokładność określoną współczynnikiem sprawności rozkładu, który definiowany jest w programie jako

Podręcznik do programu

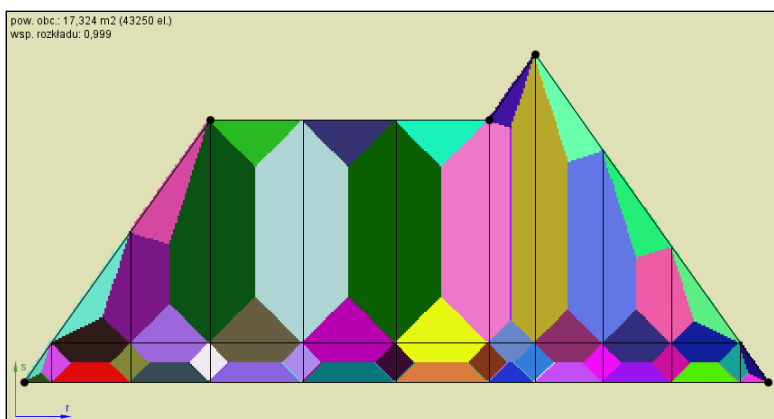
Opis programu R3D3-Rama 3D

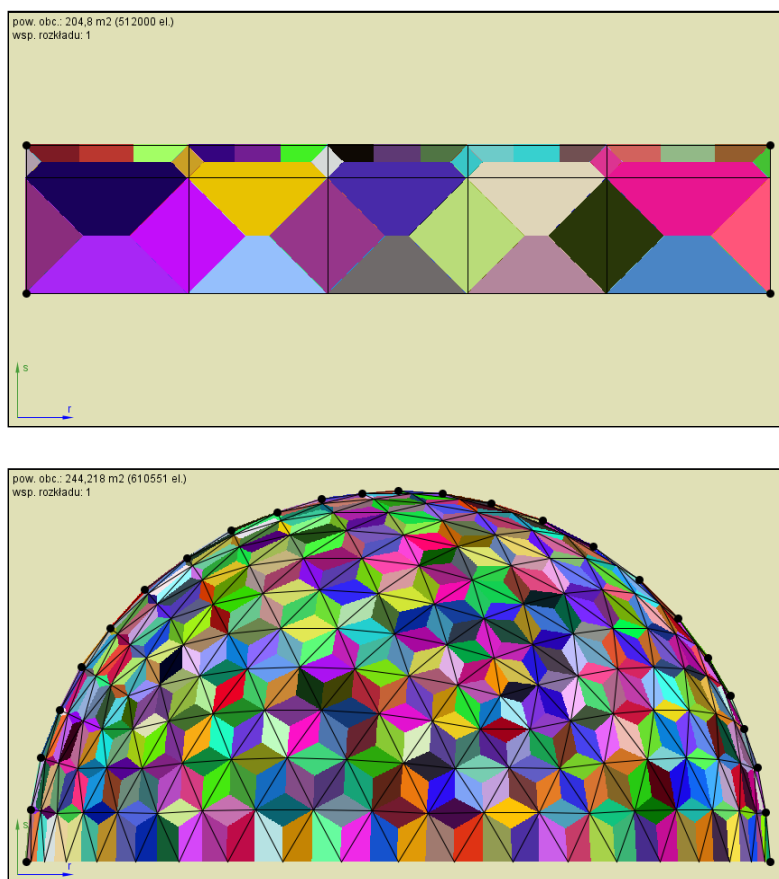
stosunek sumy wszystkich obciążeń przyłożonych do prętów i węzłów po rozkładzie do całkowitej wypadkowej założonego obciążenia powierzchniowego. Czym współczynnik sprawności jest bliższy wartości 1.0, tym globalna dokładność rozkładu jest większa. Na dokładność rozkładu (poza stopniem dyskretyzacji) ma również wpływ odległość między poszczególnymi wybranymi prętami; im ta odległość większa, tym rozkład dokładniejszy. Dokładność rozkładu obciążeń na poszczególne pręty można również zwiększyć, dzieląc te pręty węzłami na odcinki, przy czym wydłużony będzie wówczas czas rozkładu obciążenia powierzchniowego. Stopień dyskretyzacji obszaru obciążenia oraz podział prętów i odległość między prętami mają większy wpływ na rozkład na poszczególnych prętach niż na globalny rozkład całego obciążenia powierzchniowego.



Rys. 269 Dwa różne rozkłady takiego samego obciążenia zależnie od podziału prętów

W przypadku zaznaczenia w dolnej części okna definicji obciążeń powierzchniowych przełącznika **Rozkład tylko w węzłach** – całość obciążenia powierzchniowego sprowadzana jest jedynie do obciążeń skupionych we wszystkich węzłach zaznaczonych prętów, z pominięciem wszelkich obciążeń ciągłych na prętach (sam podział na pola przypisane poszczególnym prętom i węzłom nie ulega jednak w tym przypadku zmianie). Przykładowe podglądy rozkładu obciążeń na płaszczyźnie obciążenia przedstawiono poniżej:

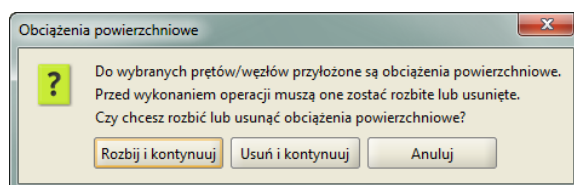




Rys. 270 Przykłady podglądu rozkładu obciążenia powierzchniowego

### 8.10.6. Edycja i wizualizacja obciążeń powierzchniowych

Każda operacja modyfikacji prętów (lub ich węzłów), do których przyłożono obciążenie powierzchniowe, polegająca na zmianie ich lokalizacji przez: usunięcie, kopiowanie, przesunięcie, odsunięcie, obrót, odbicie, wydłużenie, dzielenie lub scalanie prętów, zmianę współrzędnych węzłów itp. spowoduje wyświetlenie komunikatu, że operacja taka jest niedopuszczalna dla obciążeń powierzchniowych i ulegną one rozbiciu, usunięciu lub operacja ta będzie anulowana (zależnie od wyboru użytkownika).



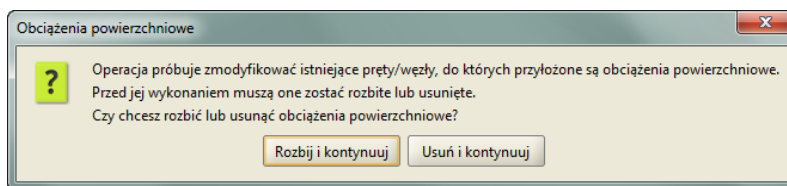
Rys. 271 Komunikat przy próbie edycji prętów z obciążeniem powierzchniowym

Dla prętów, do których przyłożono obciążenie powierzchniowe, nie jest również dostępna opcja zamiany pręta na ciągnio. Może się również zdarzyć, że skutkiem działania powyżej opisanych operacji na prętach nieobciążonych powierzchniowo, a także funkcji weryfikacji i oczyszczania lub kopiowania przez schowek, będzie próba modyfikacji innych prętów, na których występuje obciążenie

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D







powierzchniowe. Wówczas również pojawi się komunikat o konieczności usunięcia lub rozbicia obciążenia powierzchniowego lecz bez możliwości anulowania operacji.



Rys. 272 Komunikat dla operacji modyfikujących pręty z przyłożonym obciążeniem powierzchniowym

Aby powrócić do stanu wyjściowego sprzed operacji, należy ją zakończyć (wybierając opcję **Rozbij** lub **Usuń**), a następnie wykonać funkcję **Cofnij**. Stąd wniosek, że obciążenia powierzchniowe, analogicznie jak obciążenia ruchome, powinny być wprowadzone do projektu pod koniec prac nad modelem, po pełnym określeniu jego geometrycznych kształtów, oczyszczeniu i weryfikacji. Obciążenia powierzchniowe nie biorą również udziału w typowych operacjach edycyjnych na modelu, takich jak: kopiowanie, przesuwanie, odsuwanie, obrót, odbicia lustrzane itp. Obciążenie powierzchniowe można jedynie usunąć, rozbić lub wprowadzić je powtórnie. Podobne ograniczenia nałożone są na obciążenia węzłowe i prętowe powstałe na skutek rozkładu obciążenia powierzchniowego na przypisane do niego pręty. Do momentu rozbicia obciążenia powierzchniowego przypisane do niego obciążenia prętowe i węzłowe nie egzystują samodzielnie w modelu, lecz są silnie powiązane z zadaniem obciążeniem powierzchniowym. Można je usunąć z modelu tylko przez usunięcie całego obciążenia powierzchniowego. Takich obciążeń nie ma również na listach, przy grupowej lub indywidualnej edycji obciążeń prętowych i węzłowych.


W przypadku przypisania obciążenia powierzchniowego do grupy obciążeń typu „multi”, w trakcie obliczeń obciążenia rozłożone na poszczególne pręty będą wariantowane po tych prętach, tak jak dla zwykłych obciążeń prętowych zadanych w grupie „multi”. Jednak w przypadku próby rozbicia grupy „multi”, rozbiciu na zwykłe obciążenia będą podlegać również wszystkie obciążenia powierzchniowe przypisane do tej grupy. Próba rozbicia grupy „multi”, w której zadano obciążenia powierzchniowe, poprzedzona będzie komunikatem o konieczności równoczesnego rozbicia tych obciążeń powierzchniowych.

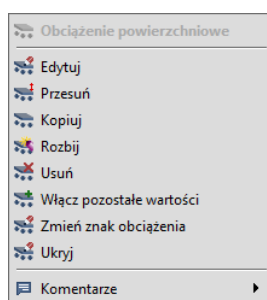
Obciążenia powierzchniowe widziane są w strukturze „drzewa” danego projektu jako jego odrębna gałąź:  **Obciążenia powierzchniowe**. Składa się ona z kolejno wyszczególnionych grup obciążeń i ich podgałęzi, opisanych nazwami zadanych w projekcie obciążeń powierzchniowych, które następnie zawierają podstawowe cechy takiego obciążenia, jak np.: typ, wartość i kierunek obciążenia, grupę obciążeń, pole powierzchni obszaru obciążeń, liczbę elementów rozkładu czy też listę prętów, do których przyłożono obciążenie. W menu kontekstowym dostępnym z prawego klawisza myszki dla obciążeń powierzchniowych w „drzewie projektu” dostępne są funkcje:  **Usuń** i  **Rozbij**, a dla pojedynczego obciążenia również funkcja  **Właściwości**. Funkcja  **Usuń** usuwa z modelu wybrane obciążenie powierzchniowe (analogicznie jak klawisz **Delete** przy zaznaczonym obciążeniu) wraz z przypisanymi do niego obciążeniami prętowymi i węzłowymi, otrzymanymi na skutek rozkładu. Użycie funkcji  **Rozbij** spowoduje usunięcie obciążenia powierzchniowego z modelu i zastąpienie






Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

go adekwatną listą zwykłych obciążeń prętowych i węzłowych wynikłych z rozkładu obciążenia powierzchniowego. Funkcja  **Właściwości** pozwala na ponowne wejście do okna obciążeń powierzchniowych i edycję: typu, wartości obciążenia powierzchniowego, jego kierunku, zwrotu, przypisania do grupy obciążeń, dokładności rozdziału, typu rozdziału, a także zmianę obszaru obciążenia i ponowny podgląd rozkładu. W trybie edycji obciążeń powierzchniowych nie da się zmienić listy prętów przypisanych do danego obciążenia powierzchniowego. Aby to zrobić, należy wprowadzone obciążenie powierzchniowe usunąć i wprowadzić je ponownie dla zmienionej listy prętów. W „drzewie projektu” do każdego obciążenia powierzchniowego przypisane są znaczniki jego zaznaczania w modelu. Znaczniki takie są również dostępne dla każdej listy prętów obciążenia powierzchniowego, co pozwala szybko zadać kilka obciążeń powierzchniowych dla tej samej listy prętów.



Rys. 273 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla obciążeń powierzchniowych

Analogiczna lista funkcji (zamiast  **Właściwości** jest funkcja  **Edytuj**) dostępna jest dla zaznaczonego obciążenia powierzchniowego (jednego lub wielu, gdy nie są zaznaczone inne elementy modelu) na głównym ekranie graficznym, w menu kontekstowym prawego klawisza myszki. W tym przypadku lista ta rozbudowana jest o dodatkową funkcję  **Przesuń**, która pozwala na nieprecyzyjne przesunięcie tafli obciążenia powierzchniowego tylko w kierunku działania obciążenia (niezależnie od wskazanego wektora przesunięcia). Przesunięcie to ma charakter czysto wizualny, bez jakiegokolwiek wpływu na obciążenie powierzchniowe i jego rozkład. W przypadku gdy po przesunięciu tafli obciążenia zostanie zmieniony kierunek działania obciążenia, tafla zostanie odrysowana ponownie w położeniu wyjściowym (na zadanej płaszczyźnie obciążenia) i ewentualnie będzie wymagała ponownego przesunięcia w zmienionym kierunku obciążenia. Zaleca się raczej nie przesuwać obciążeń powierzchniowych zadanych prostopadle do połączeń dachowych (np. obciążenie wiatrem), gdyż w złożonych konstrukcjach dachowych można w ten sposób pogorszyć czytelność całego modelu. Ponieważ symbol obciążenia powierzchniowego w postaci tafli nie jest bezpośrednio związany z modelem (zwłaszcza po jego przesunięciu) i widok całości układu nie jest do niego skalowany, w skrajnym przypadku można przesunąć go na taką odległość, że przestanie być widoczny w obszarze roboczym projektu, w dowolnym jego powiększeniu. Wówczas do dyspozycji użytkownika pozostanie jedynie reprezentacja obciążenia powierzchniowego w postaci obciążeń skupionych w węzłach i ciągłych na prętach, odpowiadających temu obciążeniu, które są zawsze widoczne. Z niewłaściwego przesunięcia tafli można się zawsze wycofać ogólną funkcją **Cofnij**.

W menu kontekstowym prawego klawisza myszki dla zaznaczonego obciążenia powierzchniowego wprowadzono możliwość wstawienia jego kopii. Wprowadzona w ten sposób kopia obciążenia


Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

powierzchniowego jest identyczna co do wartości, rozkładu i listy przypisanych prętów do obciążenia kopiowanego. Różni się wstępnie od niego nazwą i przesunięciem równoległym tafli kopiowanego obciążenia. Opisaną funkcję można wykorzystać np. do łatwego zdublowania obciążenia wiatrem na danej połaci i zmodyfikowania tak otrzymanej kopii na obciążenie od ciężaru własnego pokrycia (przeważnie ta sama lista prętów i kształt powierzchni obciążenia – wystarczy zmienić wartość, kierunek i nazwę obciążenia oraz przypisanie do właściwej grupy obciążeń funkcją **Edytuj** obciążenie powierzchniowe). W analogiczny sposób możliwa jest również zamiana odwrotna. Warunkiem prawidłowego wykorzystania funkcji kopiowania obciążenia powierzchniowego jest zachowanie w przypadku obu obciążeń tej samej listy prętów, na które działa obciążenie oraz tej samej płaszczyzny działania obciążenia (np. płaszczyzny danej połaci). W trakcie edycji możemy bez konieczności usuwania obciążenia zmieniać jego: wartość, kierunek, nazwę, przypisanie do grupy obciążeń, powierzchnię działania oraz parametry rozkładu, przy czym zmiana ostatnich dwóch parametrów wymaga ponownego wykonania rozkładu obciążenia na poszczególne pręty.

Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla obciążeń powierzchniowych wywołane może być tylko wówczas, gdy zaznaczone jest jedno lub kilka obciążeń powierzchniowych i nie zaznaczone są inne elementy modelu.

W odróżnieniu od pozostałych obciążeń obciążenie powierzchniowe ma podwójną reprezentację graficzną widoczną na głównym ekranie graficznym. Jest to z jednej strony tafla obciążenia powierzchniowego w kształcie graniastopsłupa o skalowanej wysokości zależnej od wartości przyłożonego obciążenia, założona na płaszczyźnie obciążenia oraz związane z nią siły skupione i obciążenia ciągłe przyłożone na wybranych prętach układu. Selekcja jednego z tych elementów (nawet pojedynczego obciążenia ciągłego na pręcie lub skupionego, powstałego automatycznie po rozkładzie) powoduje zawsze wybór wszystkich elementów danego obciążenia powierzchniowego (elementy składowe obciążenia powierzchniowego są do momentu jego rozbicia nierozdzielne).

Grubość tafli obciążeń powierzchniowych może być skalowana w oknie  **Właściwości projektu** analogicznie jak i inne obciążenia prętowe i węzłowe.

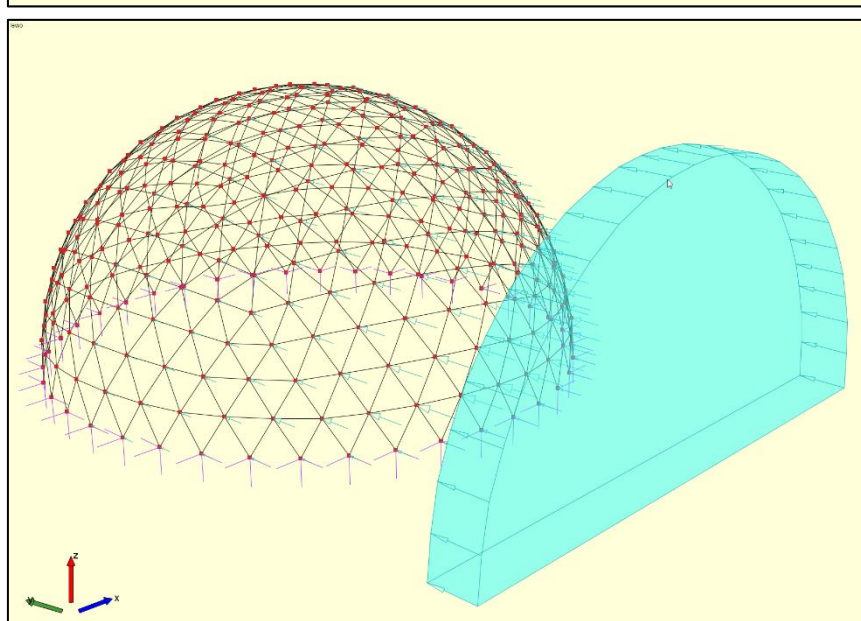
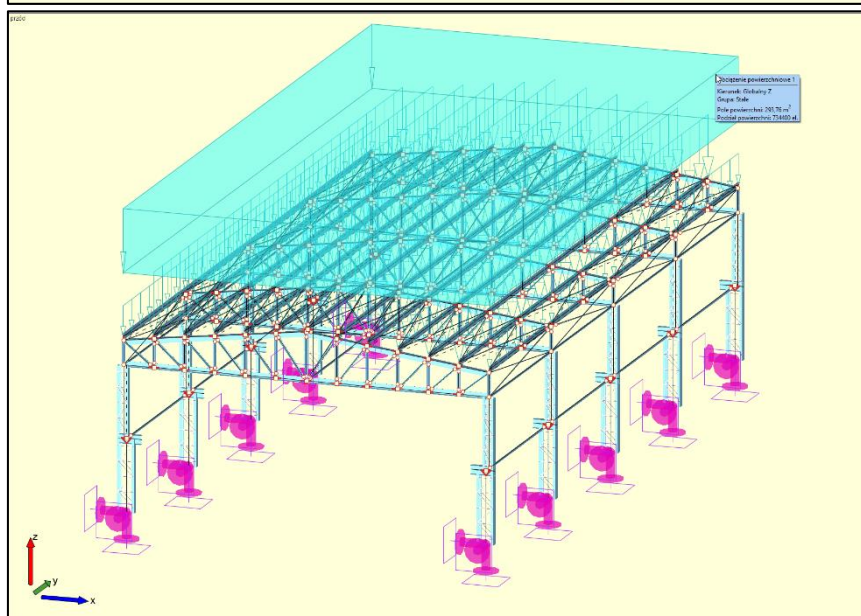
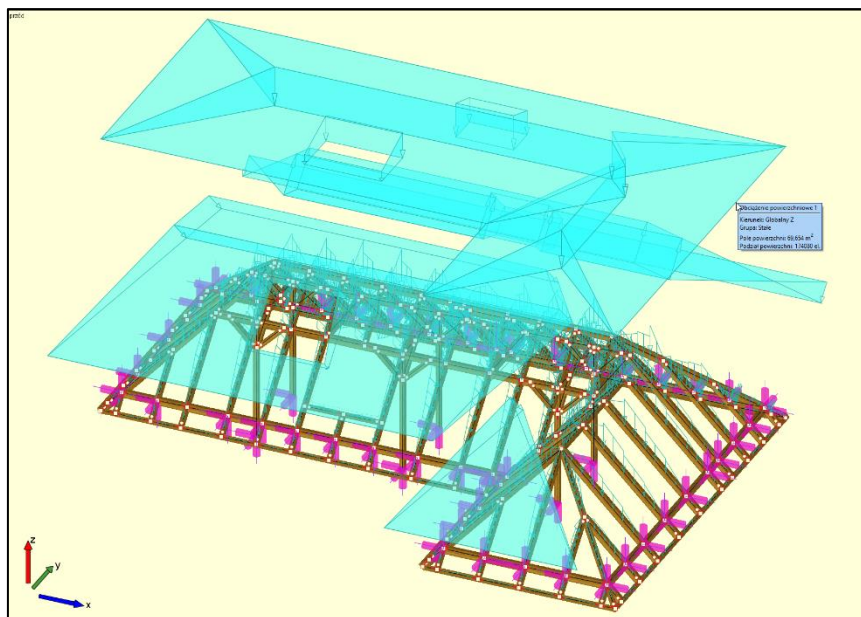
Tafla obciążenia powierzchniowego jest chwilowo niewidoczna w przypadku, gdy ukryte zostaną wszystkie pręty, na które dokonany jest rozkład tego obciążenia. W każdym innym przypadku tafla ta będzie widoczna, chyba że dla aktualnej zakładki wyłączona jest widoczność obciążeń powierzchniowych w oknie  **Ustawień** programu.

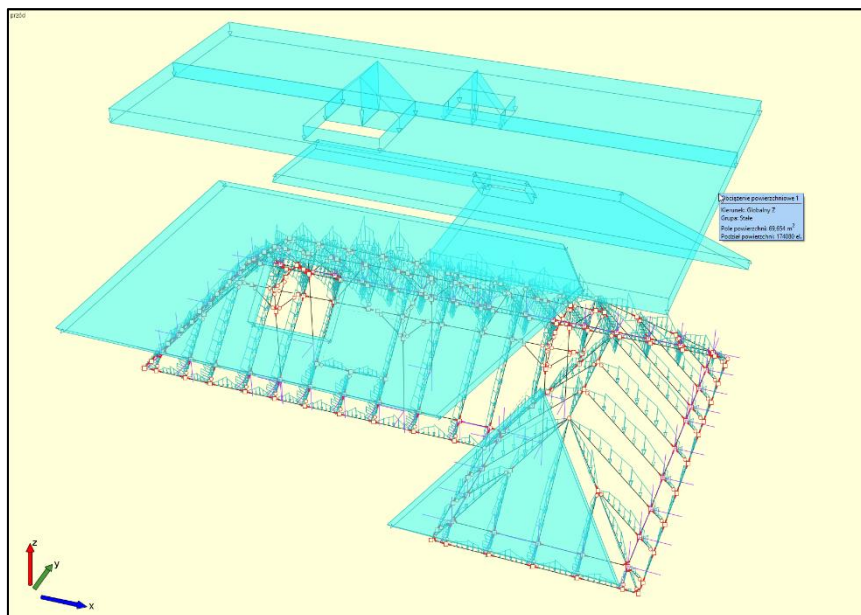
Obciążenia prętowe i węzłowe powstałe na skutek rozkładu obciążenia powierzchniowego nie mogą być edytowane grupowo, nie będą również widoczne przy edycji obciążeń poszczególnych prętów lub węzłów. Analogicznie nie będą one dostępne przy filtrowaniu pojedynczych obciążeń prętowych i węzłowych, mogą być filtrowane tylko jako całe obciążenie powierzchniowe.

Zadane obciążenie powierzchniowe wraz z przypisanym do niego rozkładem na poszczególne pręty i węzły zapisywane jest w pliku modelu.

Przykładowe obciążenia powierzchniowe wraz z obciążeniami przyłożonymi na pręty po rozkładzie przedstawiono poniżej:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D






Rys. 274 Przykłady zadanych obciążeń powierzchniowych

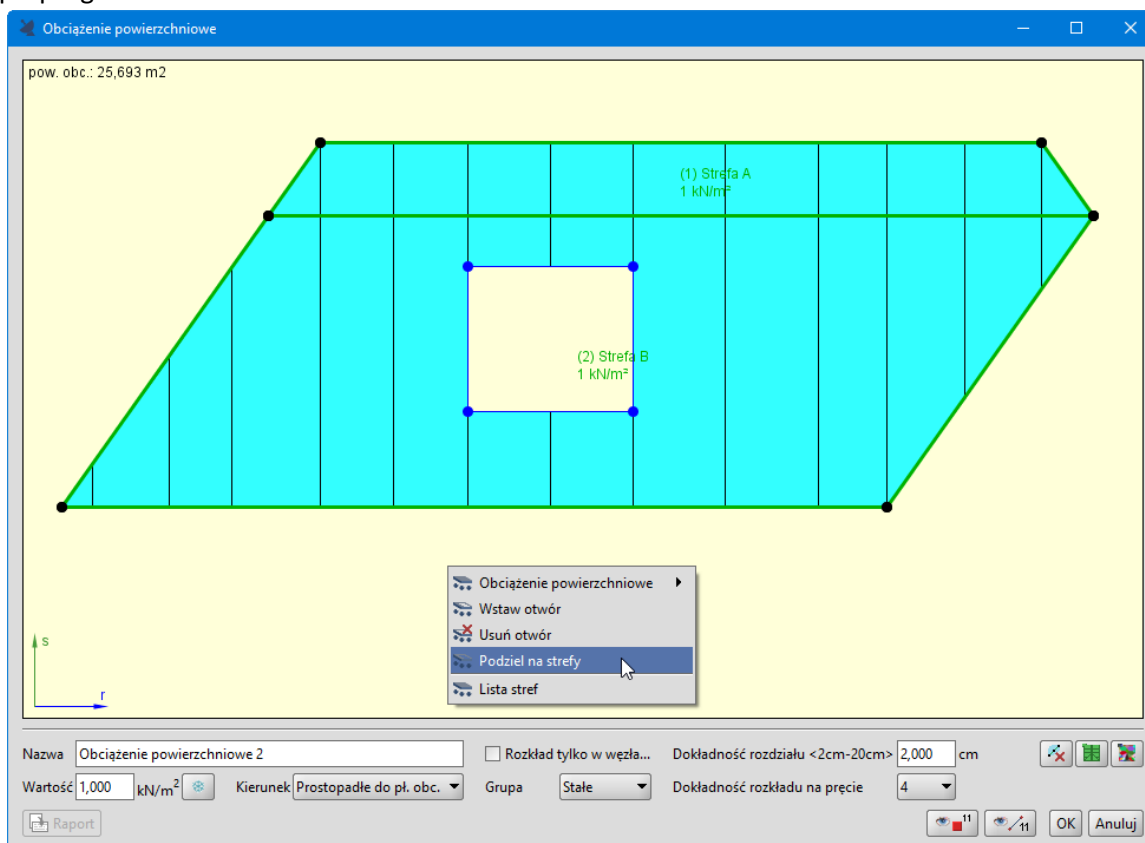
## 8.11. Podział obciążenia powierzchniowego na strefy obciążeń

### 8.11.1. Narzędzia tworzenia odrębnych stref obciążeń w ramach obciążenia powierzchniowego

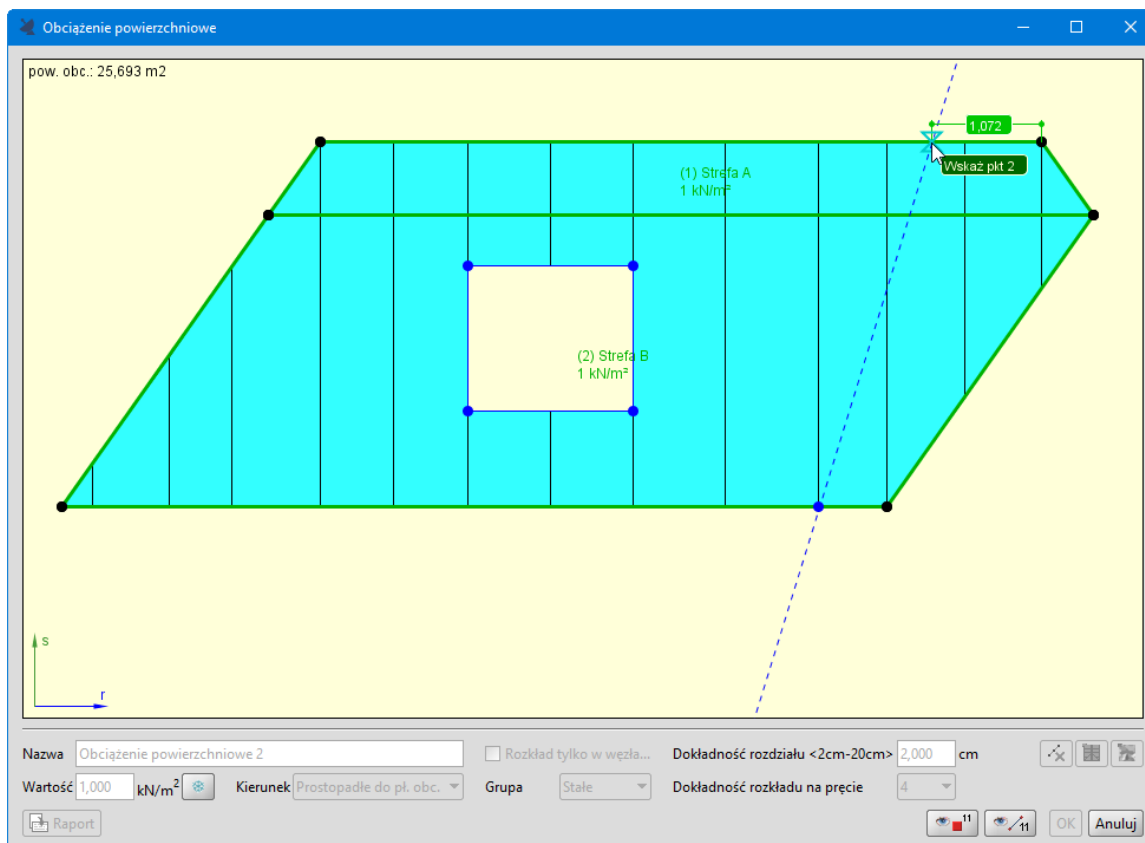
- **Funkcja podziału na strefy:**

Będąc w oknie **Obciążenia powierzchniowe** i klikając w dowolnym miejscu okna graficznego prawym klawiszem myszki, z menu kontekstowego możemy wybrać funkcję  **Podziel na strefy**. Po jej uruchomieniu klikamy na dwa dowolne punkty (przeważnie charakterystyczne) na powierzchni obciążenia, przez które będzie przeprowadzona nieskończona prosta dzieląca powierzchnię obciążenia i już istniejące strefy na nowe strefy obciążenia. Po kliknięciu pierwszego punktu przy wciśniętym klawiszu **Shift**, nieskończona linia podziału na strefy będzie przeprowadzona przez ten punkt w trybie ORTO, jako pionowa lub pozioma linia podziału. W przypadku podziału obciążenia powierzchniowego (lub jego stref) na nowe strefy, dziedziczą one cechy obszaru dzielonego. Czyli w przypadku obciążenia równomiernego strefy po podziale mają wartość obciążenia równomiernego sprzed podziału, a w przypadku obciążenia trapezowego po podziale obciążenie to jest zachowane w niezmienionej formie (w nowych strefach dodane są po trzy punkty obciążenia trapezowego na konturze każdej strefy).

Granice i opisy wydzielonych w powierzchni obciążenia stref obciążeń wyświetlane są w oknie **Obciążenia powierzchniowe** pogrubioną linią zieloną. Wybrana krawędź strefy i jej opisy, a także granice wskazanej strefy wyświetlane są pogrubioną linią czerwoną. Granice dwóch sąsiednich stref i ich opisy, których krawędź wspólna została wybrana, wyświetlane są pogrubioną linią niebieską.





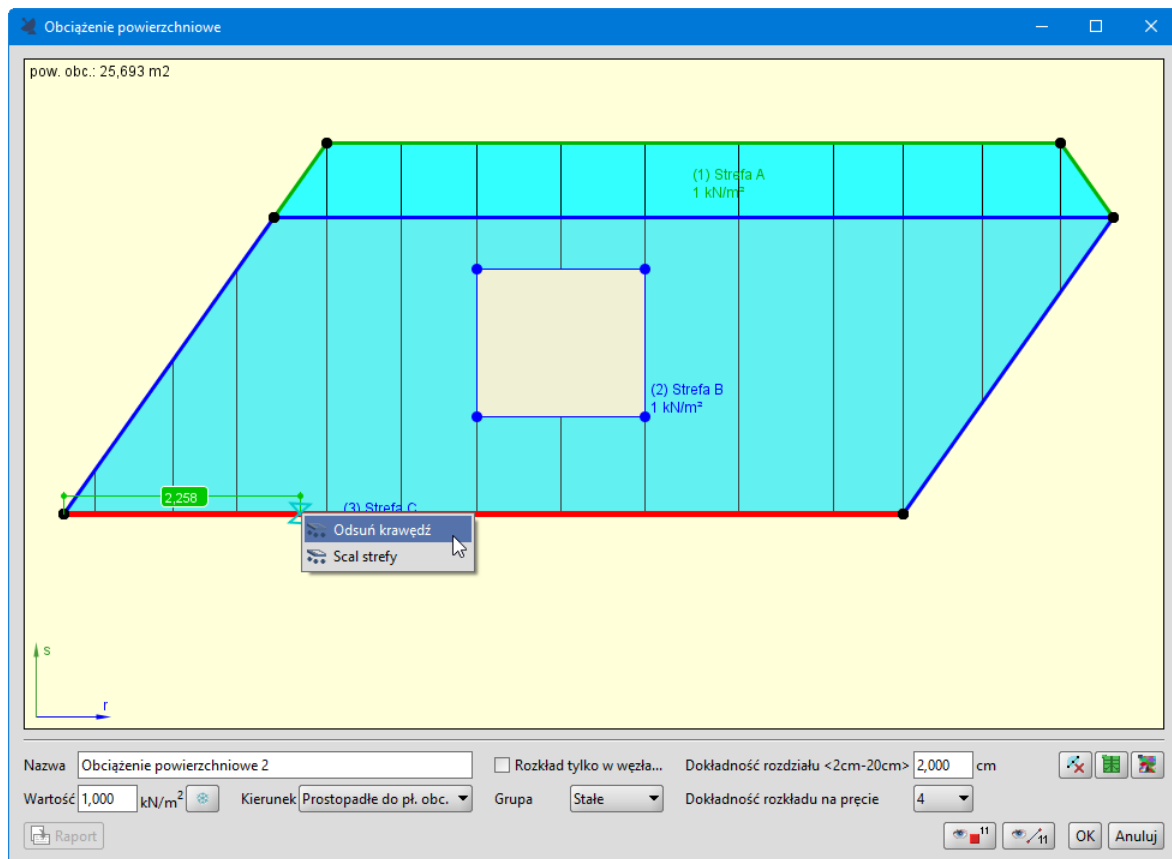
Rys. 275 Wywołanie funkcji Podział na strefy



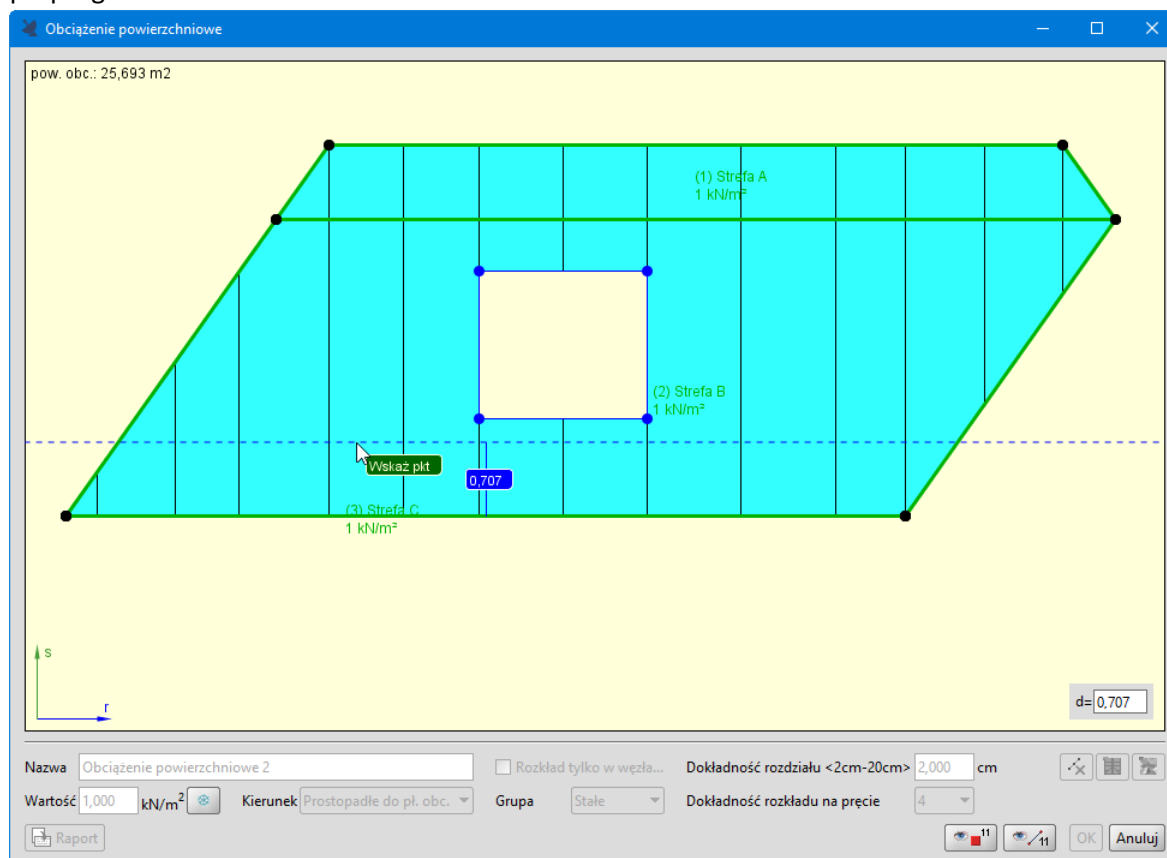
Rys. 276 Wprowadzanie linii podziału na strefy

- **Funkcja odsuwania wskazanej krawędzi strefy/obciążenia:**

Klikając na dowolnej krawędzi powierzchni obciążenia lub krawędzi strefy z menu kontekstowego prawego klawisza myszki, możemy wybrać funkcję  **Odsuń krawędź**, która pozwala przeprowadzić prostą dzielącą powierzchnię obciążenia wraz z dotychczasowymi strefami na nowe strefy w zadanym odsunięciu równoległym od wskazanej krawędzi. Klikając funkcję  **Odsuń krawędź**, wskazujemy myszką kierunek odsunięcia względem tej krawędzi i wpisujemy na klawiaturze wartość odsunięcia (wpisuje się ona w odpowiednio wyświetlonym polu). Odległość odsunięcia krawędzi można też wskazać myszką, klikając na punkt charakterystyczny, przez który ma przechodzić odsunięta krawędź. Funkcja podziału na strefy przez odsunięcie wskazanej krawędzi może być bardzo przydatna przy definiowaniu stref obciążenia śniegiem, a zwłaszcza wiatrem, według Eurokodu, dla połaci dachowych i ścian, gdzie granice stref przebiegają przeważnie równoległe do linii kalenic, krokwi narożnych i koszowych oraz okapów.




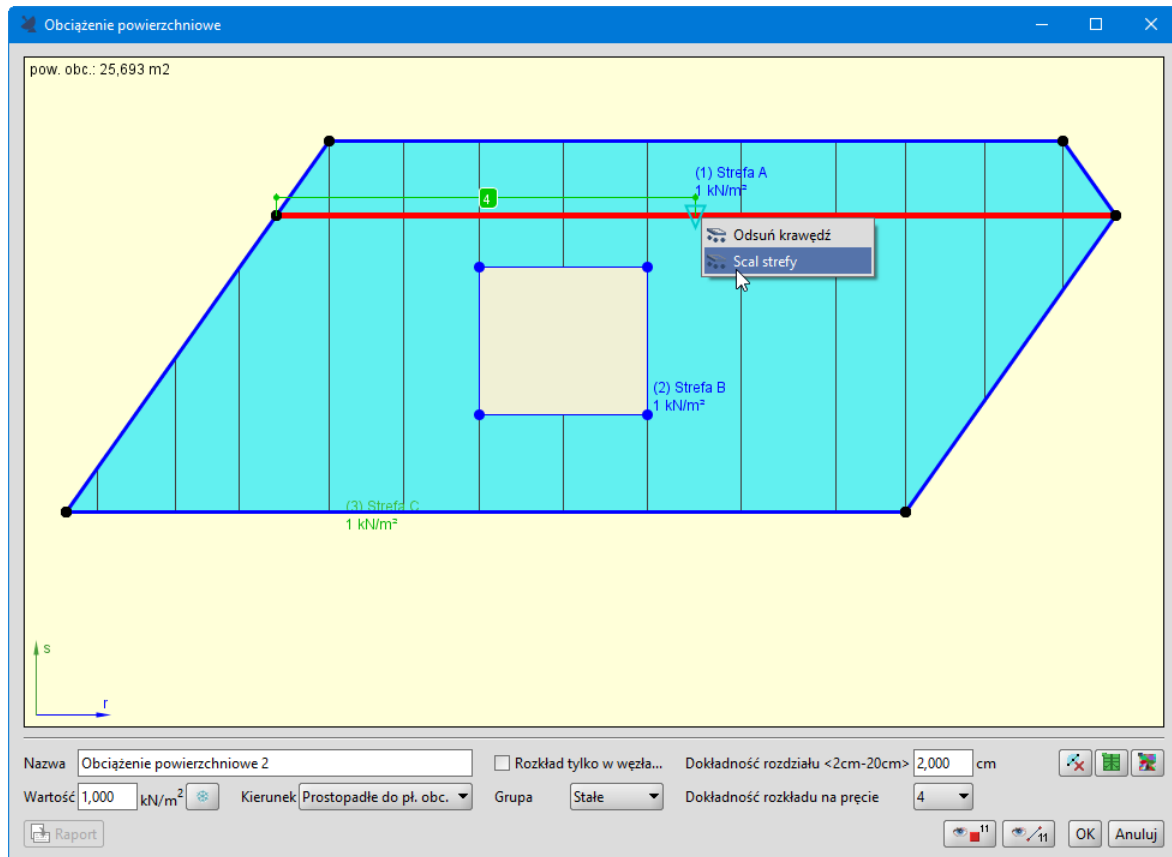
Rys. 277 Wywołanie funkcji odsuwania krawędzi



Rys. 278 Podział na strefy przez odsunięcie równoległe krawędzi

- **Funkcja scalania stref:**

Po kliknięciu na dowolną krawędź dwóch stref na granatowo zaznaczają się granice tych stref, a krawędź między nimi zaznacza się na czerwono. Wówczas z menu kontekstowego prawego klawisza myszki możemy wybrać opcję  **Scal strefy**, która pozwala na scalenie obszarów dwóch stref w jedną strefę. Wyjątkiem jest tu próba takiego scalenia stref, które powodowałyby, że strefa graniczy sama ze sobą. Wówczas opcja scalania stref jest dla takiej krawędzi niedostępna. W przypadku scalenia dwóch stref o takiej samej wartości obciążenia równomiernego strefa scalona ma również tę samą wartość obciążenia równomiernego. W przypadku scalenia dwóch stref o różnej wartości obciążenia równomiernego w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dostępny będzie wybór jednej z dwóch opcji scalenia, z jedną bądź drugą wartością obciążenia równomiernego. W przypadku próby scalenia dwóch stref, jednej z obciążeniem równomiernym, a drugiej z obciążeniem trapezowym, strefa scalona przejmie domyślnie wartość obciążenia równomiernego. W każdym innym przypadku strefa po scaleniu uzyska domyślną wartość obciążenia równomiernego.

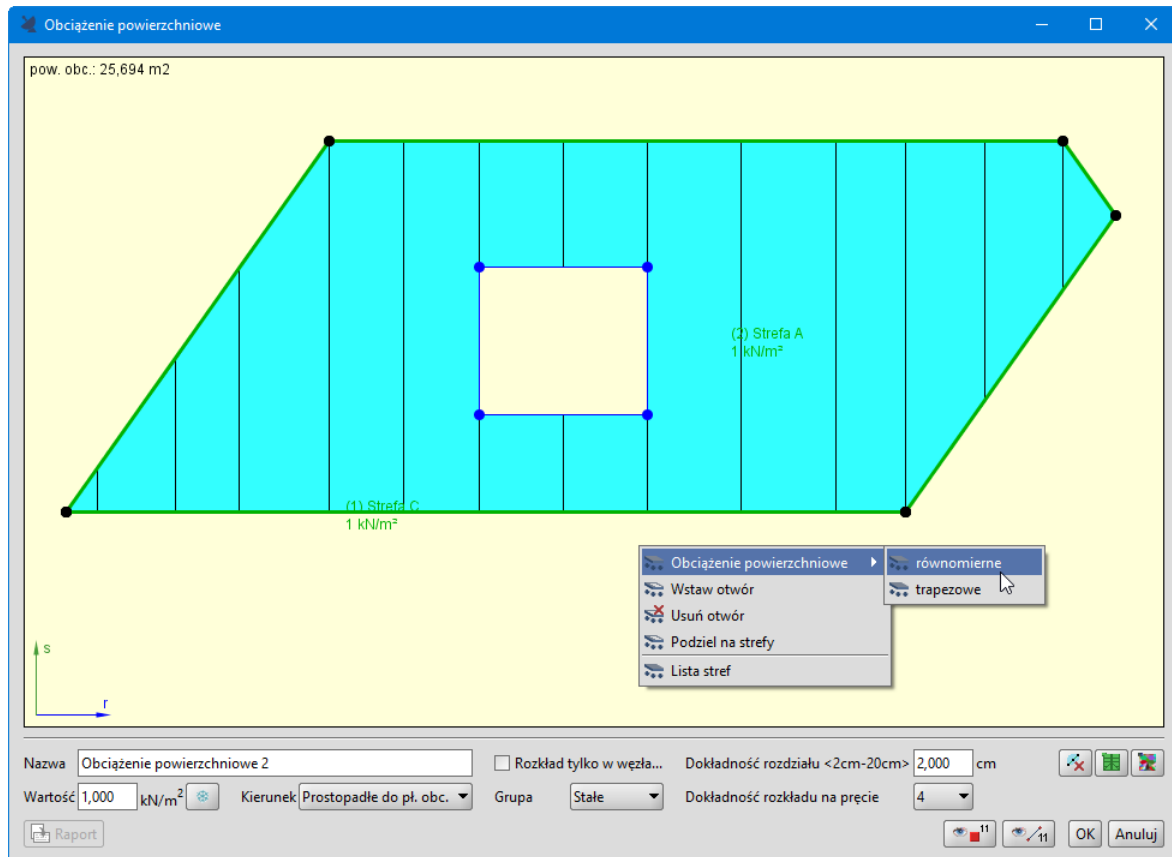


Rys. 279 Wywołanie funkcji scalania dwóch stref na ich krawędzi

### 8.11.2. Funkcja zadawania obciążenia równomiernego i trapezowego dla całego obciążenia powierzchniowego

W programie mamy możliwość zdefiniowania obciążenia równomiernego lub trapezowego dla całej powierzchni obciążenia (niezależnie od tego, czy jest ona podzielona na strefy czy też nie) albo osobno dla każdej wydzielonej strefy. W pierwszym przypadku klikamy prawym klawiszem myszki w dowolnym punkcie okna graficznego **Obciążenie powierzchniowe** i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy odpowiednio: **Obciążenie powierzchniowe – równierne** lub **trapezowe**. W przypadku wyboru obciążenia równomiernego podajemy jego wartość, a w przypadku obciążenia trapezowego wskazujemy trzy charakterystyczne punkty na konturze obciążenia, w których definiujemy jego wartości.

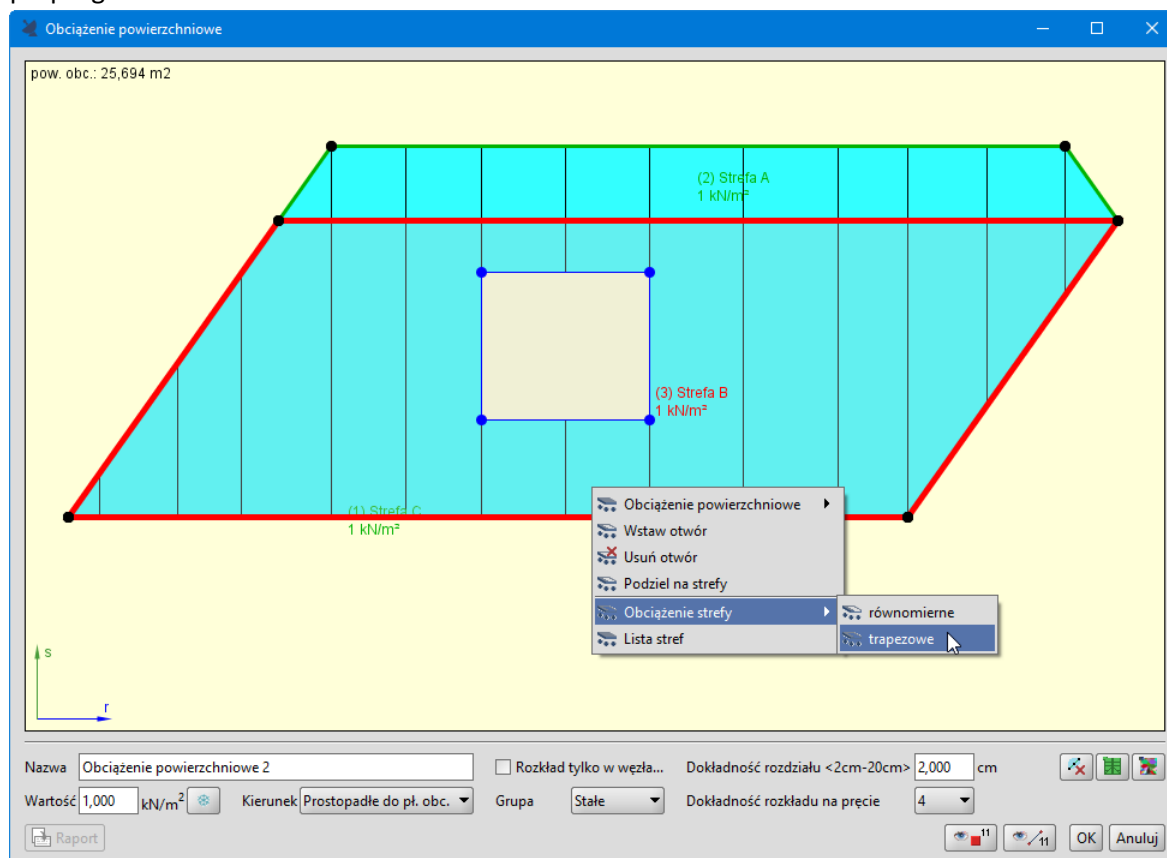




Rys. 280 Zadawanie obciążenia równomiernego lub trapezowego dla całego obciążenia powierzchniowego





### 8.11.3. Funkcja zadawania obciążenia równomiernego i trapezowego dla strefy

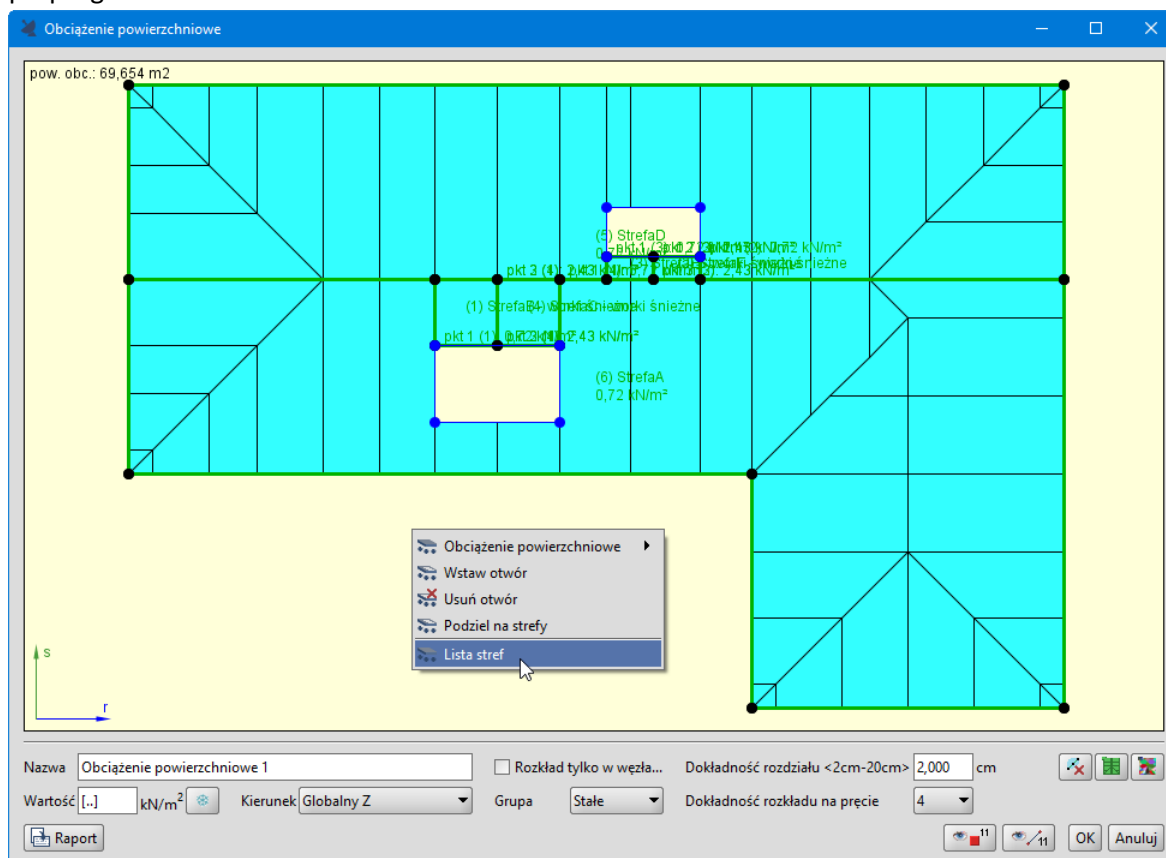
W przypadku wydzielonej strefy również mamy możliwość zdefiniowania obciążenia równomiernego lub trapezowego dla całej strefy. W tym celu w oknie **Obciążenia powierzchniowe** najeżdżamy kursorem myszki na obszar właściwej strefy. Jej kontur podświetla się na czerwono i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję **Obciążenie strefy** – wybieramy **równomierne** lub **trapezowe**. W przypadku wyboru obciążenia równomiernego podajemy jego wartość, a w przypadku obciążenia trapezowego wskazujemy trzy charakterystyczne punkty na konturze danej strefy, w których definiujemy jego wartości.



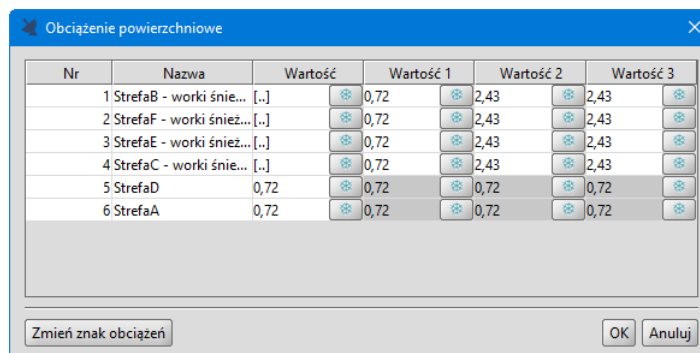
Rys. 281 Zadawanie obciążenia równomiernego lub trapezowego dla danej strefy

#### 8.11.4. Edycja nazw stref i wartości obciążenia równomiernego i trapezowego

Po zdefiniowaniu stref i obciążeń w strefach możemy w każdej chwili uruchomić okno  **Listy stref** i przedefiniować nazwy stref i wartości obciążeń w strefach. W tym celu w oknie **Obciążenia powierzchniowe** wskazujemy prawym klawiszem myszki dowolny punkt okna graficznego i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy pozycję  **Lista stref**. Domyślnie przy tworzeniu stref program nadaje poszczególnym strefom kolejną wolną nazwę według szablonu **Strefa A, B, C, .... Z** itd. W oknie  **Listy stref** użytkownik może dowolnie zmienić domyślną nazwę strefy. Należy tu pamiętać, że nazwy własne stref warto nadawać wówczas, gdy wszystkie są już zdefiniowane dla danego obciążenia powierzchniowego i ich ilość i lokalizacja nie ulegną już zmianie. W oknie tym można również zmienić wartości poszczególnych obciążeń w strefach. Nie można natomiast zmienić charakteru obciążenia z równomiernego na trapezowe. Odwrotnie, chcąc zdefiniować obciążenie równomierne w miejsce trapezowego, wystarczy we wszystkich trzech punktach takiego obciążenia wpisać tę samą wartość. Na dole okna  **Listy stref** znajduje się przycisk **Zmień znak obciążeń**, który pozwala zmienić globalnie znaki obciążeń na przeciwne dla wszystkich obciążeń w strefach. Analogicznie działająca funkcja **Zmień znak obciążeń** dostępna jest w menu kontekstowym prawego klawisza myszki dla zaznaczonej na modelu tafli obciążenia powierzchniowego.



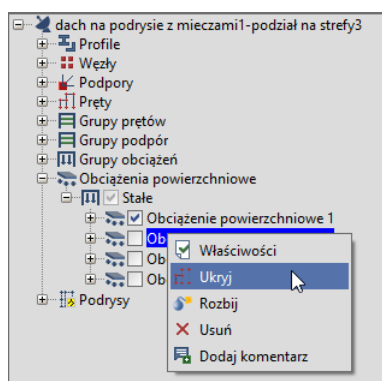
Rys. 282 Wywołanie okna dialogowego Listy stref



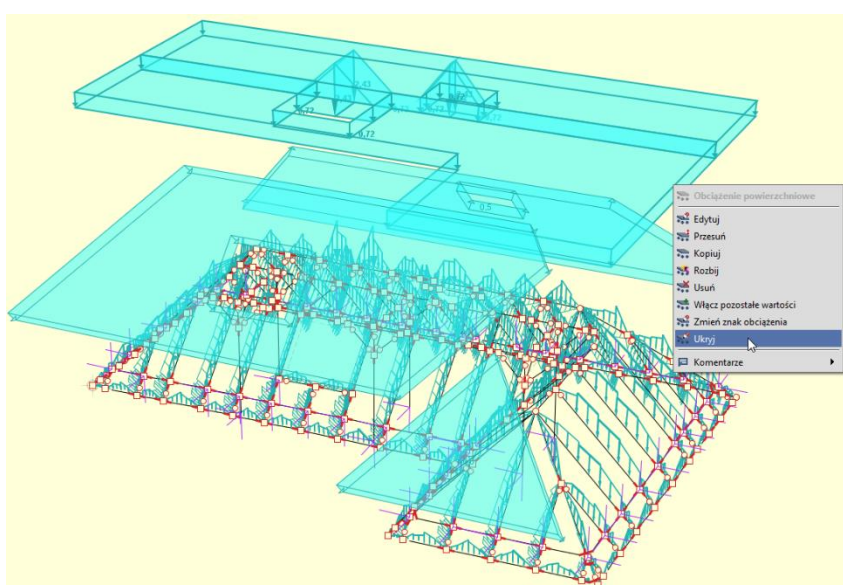
Rys. 283 Okno dialogowe edycji obciążeń Lista stref

### 8.11.5. Funkcja ukrywania obciążenia powierzchniowego

W przypadku gdy w złożonym modelu wprowadzono wiele obciążeń powierzchniowych, a dodatkowo podzielono je na strefy, widok całości modelu wraz z tymi obciążeniami może stawać się mniej czytelny. Dlatego też w programie umożliwiono ukrywanie zaznaczonych obciążeń powierzchniowych. Można to zrobić na dwa sposoby: z „drzewa projektu” z menu prawego klawisza myszki dla „gałęzi” obciążenia powierzchniowego oraz z menu kontekstowego prawego klawisza myszki dla zaznaczonego obciążenia powierzchniowego na głównym ekranie graficznym – funkcja **Ukryj**. Analogicznie, w tych samych miejscach oraz z menu prawego klawisza myszki dla symbolu ukrycia elementów (przekreślone oko) w prawym górnym rogu ekranu graficznego dostępna jest odwrotna funkcja **Pokaż/Pokaż wszystkie ukryte obc. powierzchniowe**.



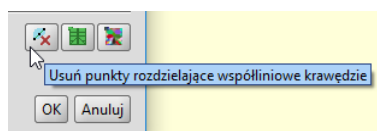
Rys. 284 Ukrywanie obciążenia powierzchniowego w „drzewie projektu”



Rys. 285 Ukrywanie obciążenia powierzchniowego z poziomu menu kontekstowego

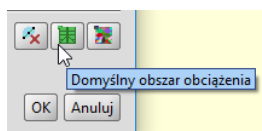
### 8.11.6. Pozostałe funkcje

Funkcja usuwania punktów rozdzielających współliniowe krawędzie pozwala na usunięcie zbędnych i nadmiarowych punktów występujących na współliniowych krawędziach obciążenia i wydzielonych w nim stref.



Rys. 286 Funkcja usuwająca punkty rozdzielające współliniowe krawędzie

Funkcja przywracania domyślnego obszaru obciążenia zachowuje otwory wprowadzone w powierzchni obciążenia. Obszary otworów wprowadzone do powierzchni obciążenia są niezależne od tej powierzchni, jak również wydzielonych w niej stref.

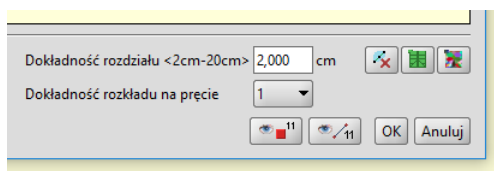


Rys. 287 Funkcja przywracania domyślnego obszaru obciążenia

Wielkość liczbowa wyświetlana w oknie **Obciążenia powierzchniowego** w dolnym jego polu **Wartość** oznacza zawsze, że niezależnie od tego, czy powierzchnia obciążenia podzielona jest na strefy czy też nie, do jej całej powierzchni przypisana jest taka sama wartość obciążenia równomiernego. W każdym innym przypadku, gdy w polu **Wartość** wyświetlane są trzy kropki (...), oznacza to, że mamy do czynienia z obciążeniem trapezowym przyłożonym do całej powierzchni obciążenia, do wydzielonej strefy w tej powierzchni, kilkoma obciążeniami równomiernymi o różnej wartości w poszczególnych strefach lub kombinacją obciążenia równomiernego i trapezowego o różnych wartościach zadanych w strefach. Likwidując trzy kropki w polu **Wartość** przywracamy dla całego obciążenia powierzchniowego i wszystkich jego stref obciążenie równomierne o stałej wartości.

Informacje o zdefiniowanych w ramach obciążenia powierzchniowego wydzielonych strefach oraz rodzaju i wartości obciążenia w tych strefach umieszczono również w „drzewie projektu” w gałęzi **Obciążenia powierzchniowe** oraz w raporcie szczegółowym wywoływanym z okna dialogowego dla tego obciążenia.

Na dole okna **Edycji obciążeń powierzchniowych** znajdują się dwa przyciski włączające/wyłączające odpowiednio numerację węzłów oraz prętów (lub ich rzutów) wyświetlanych w tym oknie. Pozwala to zwłaszcza dla obciążeń zadawanych przez 3 punkty na większe rozeznanie co do kierunku przykładanego obciążenia względem powierzchni jego działania.



Rys. 288 Numeracja węzłów, prętów lub ich rzutów w oknie Edycji obciążeń powierzchniowych

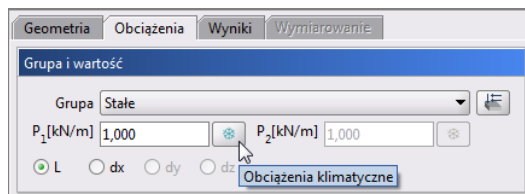
## 8.12. Obciążenia klimatyczne

Przy zadawaniu dowolnego obciążenia (prętowego, węzłowego lub powierzchniowego) można jego wartość wpisać w odpowiednim polu edycyjnym lub w przypadku definiowania obciążenia klimatycznego posłużyć się odpowiednim kalkulatorem tego obciążenia. W programie dla projektów według norm PN dostępne są trzy kalkulatory obciążeń klimatycznych: obciążenie śniegiem według **PN-80/B-02010/Az1**, obciążenie wiatrem według **PN-B-02011:1977/Az1** oraz obciążenie oblodzeniem według **PN-87/B-02013**. W projektach według norm Eurokodowych dostępne są dwa podstawowe kalkulatory: obciążenia śniegiem według **PN-EN 1991-1-3 2005** oraz wiatrem według **PN-EN 1991-1-4 2008**. Obciążenia klimatyczne można zdefiniować w dwóch miejscach. Pierwsze w postaci przycisku z gwiazdką znajduje się przy każdym polu edycyjnym przeznaczonym do wpisania wartości obciążenia.

Podręcznik do programu

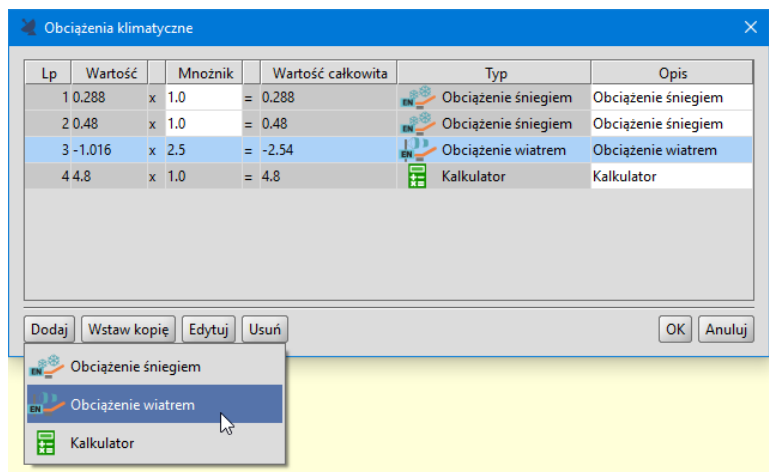
Opis programu R3D3-Rama 3D

Dotyczy to wszystkich typowych obciążeń zadawanych na zakładce **Obciążenia** (z wyjątkiem obciążenia temperaturą, osiadaniem lub sprężeniem) oraz obciążeń powierzchniowych równomiernych i trapezowych.



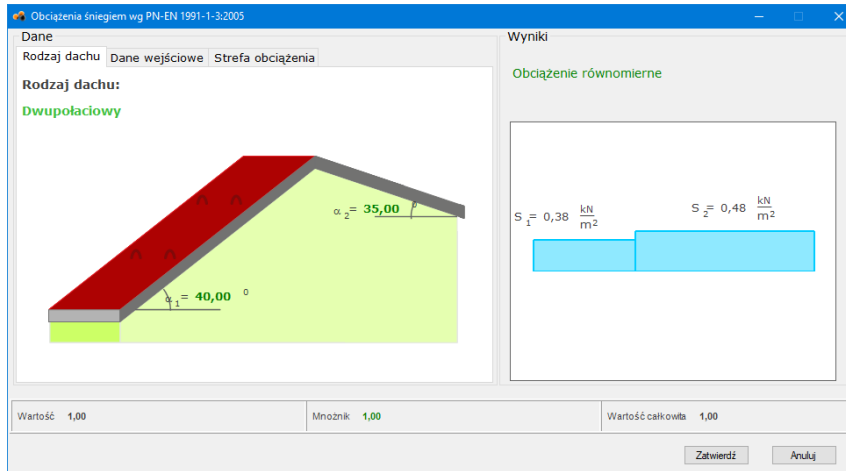
Rys. 289 Przycisk wywołania obciążenia klimatycznego przy definiowaniu np. obciążenia równomiernego

Naciśnięcie przycisku z gwiazdką powoduje wyświetlenie tabeli pośredniej z wcześniej zdefiniowanymi obciążeniami klimatycznymi, z której możemy wybrać odpowiednią wartość. Możemy również na dole pod tabelą wcisnąć przycisk **Dodaj**, następnie wybrać właściwy kalkulator obciążenia i zdefiniować jego nową wartość. Kolejnymi przyciskami na dole okna możemy wstawić kopię zaznaczonego obciążenia, przejść do jego edycji w oknie kalkulatora bądź usunąć zaznaczone obciążenie. W wierszach poszczególnych obciążeń możemy również zastosować odpowiedni mnożnik czy też dodać do danego obciążenia edytowalny opis użytkownika. Drugim miejscem definicji obciążeń klimatycznych jest funkcja **Obciążenia klimatyczne** w menu **Edycja**, pozwalająca dodawać kolejne wartości obciążeń klimatycznych do projektu (tabeli pośredniej) bez potrzeby ich natychmiastowego użycia w konkretnym przypadku.

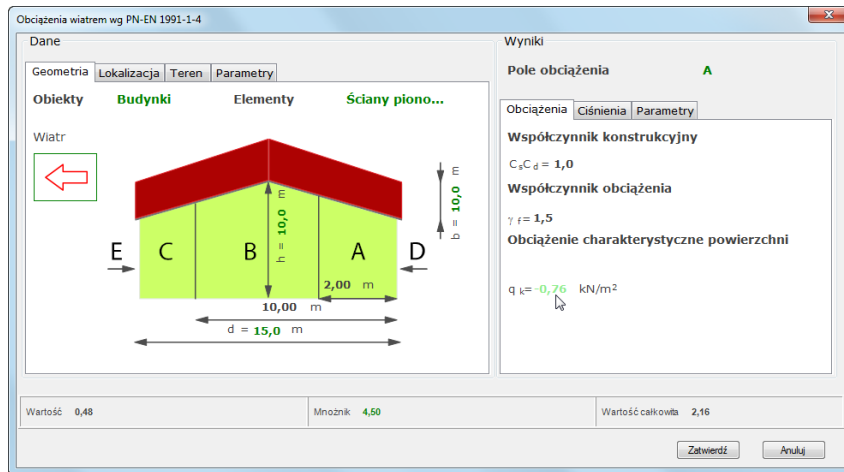


Rys. 290 Tabela pośrednia wyboru obciążenia klimatycznego dla projektów PN-EN z możliwością dodania wartości z poszczególnych kalkulatorów

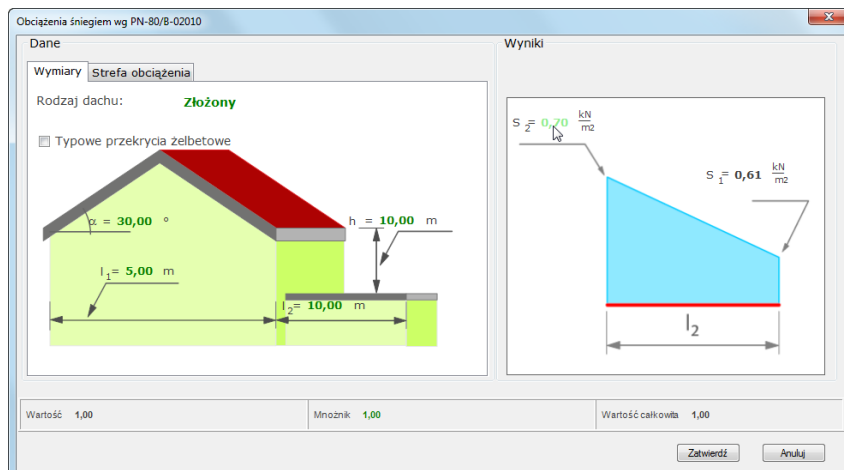
Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 291 Kalkulator obciążenia śniegiem według normy PN-EN

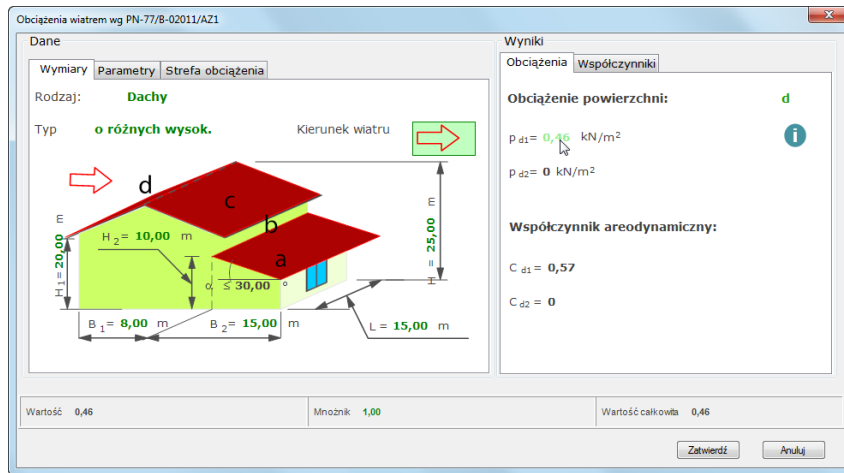


Rys. 292 Kalkulator obciążenia wiatrem według normy PN-EN

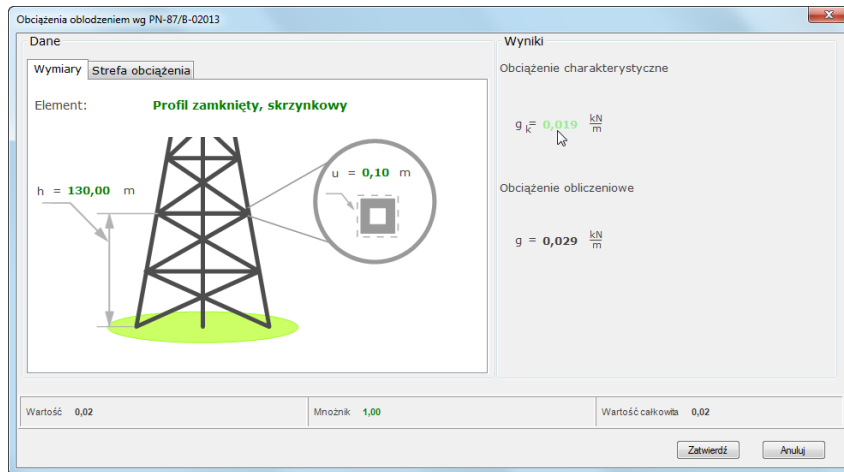


Rys. 293 Kalkulator obciążenia śniegiem według normy PN

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 294 Kalkulator obciążenia wiatrem według normy PN



Rys. 295 Kalkulator obciążenia oblodzeniem według normy PN



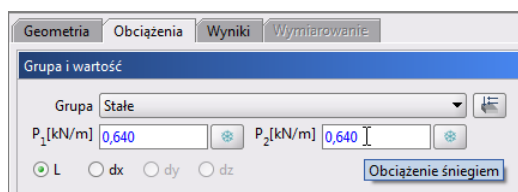
Rys. 296 Kalkulator matematyczny

Wyznaczoną wartość obciążenia klimatycznego, podaną w **kN**, **kN/m** lub **kN/m<sup>2</sup>**, wskazujemy kursorem myszki na prawym panelu **Wyniki** każdego kalkulatora, a po jej przepisaniu do dolnego pola

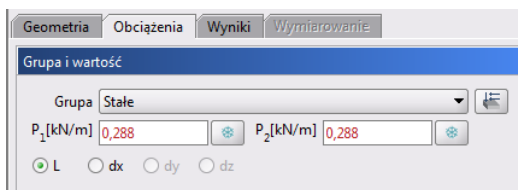


**Wartość** i ewentualnym dołożeniu mnożnika przekazujemy do tabeli pośredniej, naciskając przycisk **Zatwierdź** w prawym dolnym rogu okna kalkulatora.

Wartości obciążeń klimatycznych wpisane w pola edycyjne konkretnego obciążenia wyświetlane są na niebiesko, opisane w chmurce informacyjnej i są ściśle powiązane z zestawem danych użytym w danym kalkulatorze obciążenia do zbudowania wartości tego obciążenia. Każda ręczna modyfikacja wartości obciążenia klimatycznego w polu edycyjnym powoduje że jego wartość zaczyna się wyświetlać na czarno i traci ona wszelkie powiązania z zestawem danych użytym w kalkulatorze obciążenia klimatycznego do otrzymania tej wartości. Analogicznie działa użycie kalkulatora matematycznego, przy czym wartość otrzymana w takim kalkulatorze i wpisana w pole edycyjne wyświetlana jest na czerwono a w chmurce podane jest działanie które pozwoliło na otrzymanie danej wartości obciążenia.



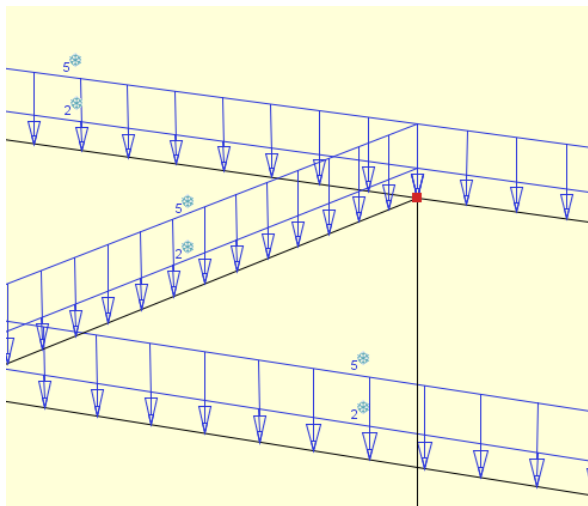
Rys. 297 Niebieskie wartości obciążenia powiązane z kalkulatorem klimatycznym



Rys. 298 Czerwone wartości obciążenia powiązane z kalkulatorem matematycznym

Jeśli chcemy zmienić znak danego obciążenia klimatycznego na przeciwny nie zmieniamy wartości obciążenia otrzymanej z kalkulatora lecz zmieniamy na przeciwny znak mnożnika dla danego obciążenia w tabeli pośredniej. W ten sposób zachowujemy powiązanie wartości obciążenia klimatycznego z odpowiadającym mu zestawem danych użytych w danym kalkulatorze. Chcąc dwukrotnie użyć w modelu tego samego obciążenia klimatycznego, raz ze znakiem dodatnim, a raz z ujemnym, w tabeli pośredniej wstawiamy kopię danego obciążenia i dla kopii zmieniamy znak mnożnika. Wszystkie wartości obciążeń klimatycznych wpisane w pole edycyjne danego typu obciążenia możemy edytować przechodząc do tabeli pośredniej (podświetla się dana wartość) a następnie wybierając przycisk **Edytuj** umieszczony pod tabelą. Po jego wybraniu przechodzimy do odpowiedniego kalkulatora obciążenia klimatycznego z danymi ustawionymi w taki sposób by otrzymać edytowaną wartość obciążenia. Każda modyfikacja tych danych będzie powodowała zmianę wartości obciążenia klimatycznego, taką samą we wszystkich polach edycyjnych w których użyto tego samego obciążenia klimatycznego.

Wartości obciążeń wpisane w pola edycyjne i powiązane z odpowiednim kalkulatorem klimatycznym lub matematycznym wyświetlane są na głównym ekranie graficznym tak jak wszystkie pozostałe wartości obciążeń lecz dodatkowo dla rozróżnienia oznaczone są gwiazdką.




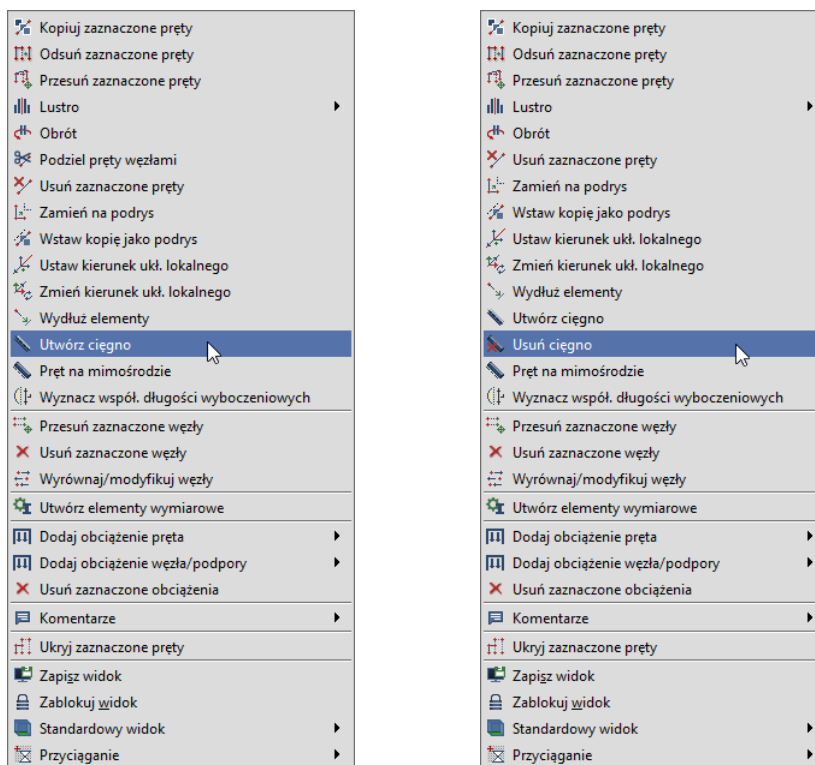
Rys. 299 Oznaczenie obciążeń klimatycznych i uzyskanych za pomocą kalkulatora matematycznego na głównym ekranie graficznym

Zmiana zestawu norm z PN na PN-EN lub odwrotnie, w projekcie w którym zdefiniowano obciążenia klimatyczne spowoduje zerwanie wszystkich powiązań takich obciążeń z odpowiednimi kalkulatorami lecz same wartości użytych obciążeń w polach edycyjnych nie ulegną zmianie. Zmieni się jedynie ich status i kolor wyświetlania z niebieskiego na czarny. Zmiana zestawu norm z PN na PN-EN lub odwrotnie nie wpłynie na wartość i status obciążenia powiązanego ze zwykłym kalkulatorem matematycznym.

## 9. Ciężna

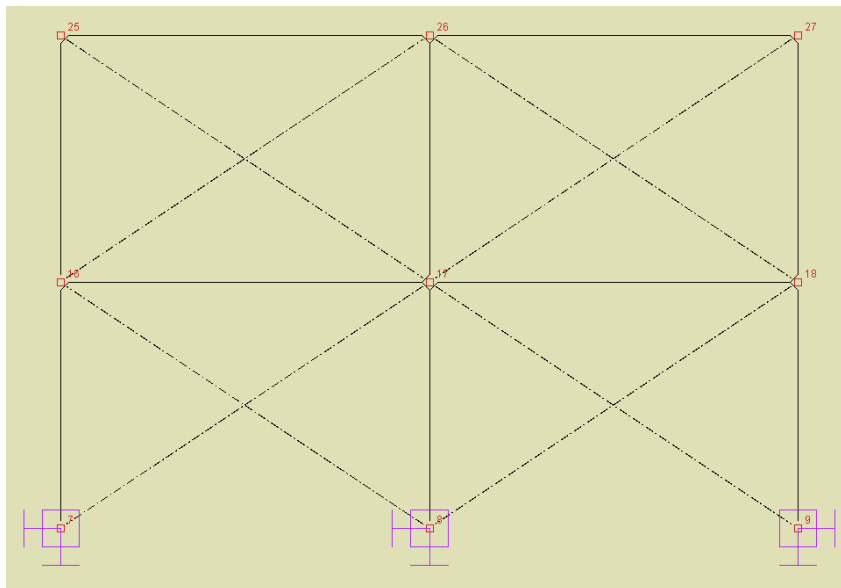
## 9.1. Definiowanie prętów typu cięgno

Aby zdefiniować w układzie pręty typu cięgno, należy zaznaczyć jeden lub kilka prętów dwuprzegubowych (które na obu końcach mają przeguby momentowe) oraz nie posiadających obciążenia założonego prostopadle do osi pręta i z menu podręcznego prawego klawisza myszki wybrać opcję  **Utwórz cięgno**.




Rys. 300 Funkcje Utwórz i Usuń cięgno


Aby wybrany pręt mógł być cięgnem, nie może występować na nim obciążenie przyłożone na długości pręta, wyjątkiem są tu siły skupione w węzłach (przyłożone na końcach pręta) i podgrzanie pręta. Po tej operacji obraz pręta w układzie zmieni się z linii ciągłej na linię punktową - przerywaną i element ten w czasie obliczeń (przy włączonych obliczeniach dla cięgien w oknie **Własności projektu**) będzie traktowany jako cięgno przenoszące jedynie siły rozciągające. Jeśli obliczenia dla cięgien będą wyłączone, niezależnie od tego, czy pręty są oznaczone jako cięgno, czy nie, będą przez program traktowane jako zwykłe pręty (przenoszące ściskanie, rozciąganie, ścinanie i zginanie).



Rys. 301 Widok cięgien w układzie

## 9.2. Modyfikacje cięgien

Aby zamienić cięgno na zwykły pręt, należy zaznaczyć element będący cięgnem i z podręcznego menu kontekstowego wybrać opcję  **Usuń cięgno**. Opcja ta zamienia powtórnie cięgno na zwykły pręt.

Całkowicie można usunąć cięgno (pręt) z układu, wybierając dla niego opcję:  **Usuń zaznaczone pręty**. Dla pręta typu cięgno, analogicznie jak dla zwykłych prętów, dostępne są również inne opcje modyfikacyjne, takie jak: kopiowanie, odsuwanie, przesuwanie, lustro, obrót, zmiana kierunku układu lokalnego i zmiana przekroju.

Dla cięgien nie są dostępne następujące funkcje modyfikacji (dostępne dla innych prętów):

- Dzielenie pręta typu cięgno węzłem, a w konsekwencji dla takiego pręta nie jest dostępne również wprowadzanie elementu od dowolnego punktu środkowego cięgna z opcją jego podziału węzłem.
- Scalanie kolejnych, ciągłych współliniowych prętów, z których jeden lub więcej jest cięgnem.
- Wprowadzanie na cięgno jakichkolwiek obciążeń z wyjątkiem sił skupionych w węzłach końcowych cięgna i podgrzania pręta. Niedostępna jest również operacja odwrotna, czyli utworzenie cięgna z pręta obciążonego na jego długości.
- Dla węzłów końcowych pręta będącego cięgnem nie jest możliwe ustawienie węzła sztywnego.
- Nie ma możliwości sztywnego łączenia (zesztywniania) pręta będącego cięgnem w węzłach końcowych z innymi prętami schodzącymi się w tych węzłach.

Jeśli jedną z powyższych funkcji chcemy zastosować, należy to zrobić przed przypisaniem do pręta opcji cięgna.

Pręty typu cięgno nie mogą wchodzić w skład elementów wymiarowych (są wymiarowane jako pojedyncze pręty).

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Informacja o przypisanym typie „ciągno” do poszczególnych prętów układu umieszczona jest dodatkowo w raporcie z obliczeń, w danych o prętach.

### 9.3. Obliczanie układów z cięgnami


Uwaga:

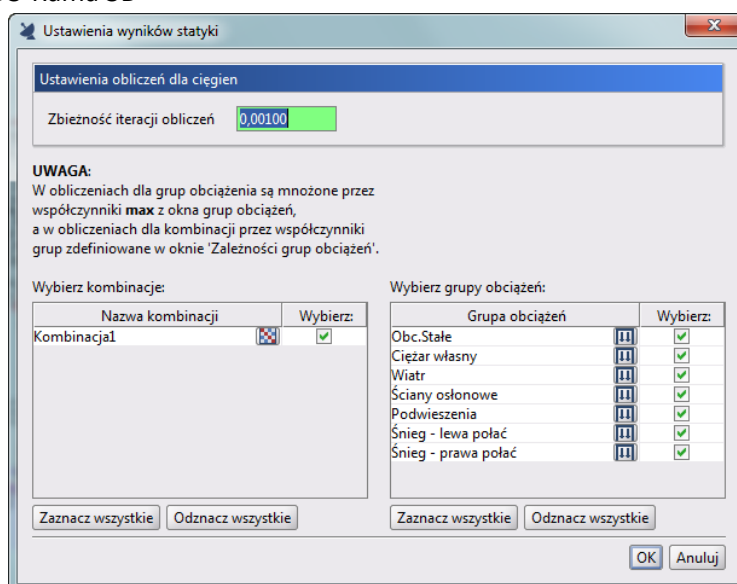
Dla układów chwilowo kinematycznie zmiennych, ale samostatecznych, z cięgnami, przy obliczeniach dla cięgien wyniki przemieszczeń nie odpowiadają obliczeniom jak dla cięgien lecz wynikiom jak dla zwykłych prętów sztywnych, natomiast siły wewnętrzne obliczane są jak dla układu z cięgnami.

Po zdefiniowaniu cięgien w układzie obliczenia można prowadzić w dwóch wariantach:


- **Bez uwzględniania obliczeń jak dla cięgien** (tak jak dotychczas) – gdzie wszystkie pręty mogą przenosić siły ściskające i rozciągające, a obliczenia mogą być wykonywane dla grup obciążeń, sumy grup obciążeń, zdefiniowanych kombinacji i obwiedni. Cięgna są wówczas traktowane podczas obliczeń jak zwykłe pręty.
- **Z uwzględnieniem obliczeń jak dla cięgien** – gdzie pręty oznaczone jako ciągno mogą przenosić jedynie siły rozciągające, a obliczenia mogą być wykonane jedynie dla wybranych grup obciążeń i kombinacji. Obliczenia wówczas wykonywane są metodą iteracyjną w taki sposób, że eliminują możliwość wystąpienia sił ściskających w cięgnach.

Oba opisane powyżej warianty obliczeń nie mogą być wykonywane jednocześnie, ale w każdej chwili można się między nimi przełączyć (obliczenia statyki wówczas należy wykonać powtórnie).


Aby uruchomić wariant obliczeń z uwzględnieniem cięgien, należy w oknie  **Właściwości projektu** zaznaczyć znacznik **Uwzględnij cięgna w obliczeniach**. Wówczas, jeśli w układzie występują pręty typu ciągno, po naciśnięciu ikonki obliczeń statycznych (lub w czasie przełączania na zakładkę **Wyniki**) wyświetli się dodatkowe okno dialogowe jak niżej:



Rys. 302 Okno obliczeń statycznych przy obliczeniach jak dla ciągien

W oknie tym możemy ustawić parametr zbieżności iteracji przy obliczaniu ciągien (czym niższa wartość parametru, tym więcej iteracji będzie musiał wykonać program i tym dłużej będą trwały obliczenia, ale wyniki będą dokładniejsze). Niżej w dwóch kolumnach użytkownik powinien wybrać dla jakich grup i kombinacji mają być przeprowadzone obliczenia. Ponieważ wszystkie obliczenia z uwzględnieniem ciągien wykonywane są iteracyjnie, zasada jest tu podobna: im więcej elementów wybierzemy do obliczeń, tym dłużej będą one trwały. W grupach obciążeń do wyboru, jak również w kombinacjach, przy obliczaniu układów z ciągami pomijana jest grupa ciężaru własnego konstrukcji, ponieważ daje ona siły zginające w ciągach, które dla tego modelu są niedopuszczalne. W oknie **Ustawień wyników statyki**, przy nazwach grup i kombinacji, dołożono ikonki umożliwiające dostęp do ustawień grupy lub kombinacji, pozwalające szybko zmodyfikować współczynniki obciążenia. W przypadku grup obciążeń stałych do obliczeń ciągien uwzględniany jest tylko maksymalny współczynnik obciążenia (minimalny jest pomijany). Poszczególne grupy obciążeń i te same grupy w kombinacjach mogą mieć ustawione inne współczynniki obciążenia, przy czym przy liczeniu kombinacji uwzględniane są współczynniki zdefiniowane w oknie  **Zależności grup obciążeń**, natomiast przy liczeniu wyników dla poszczególnych grup uwzględniane są współczynniki maksymalne ustawione w oknie definicji grup.

Po naciśnięciu przycisku **OK** w oknie jw. program przechodzi do wykonania obliczeń z uwzględnieniem ciągien. Ponieważ proces ten może trwać dość długo, w jego trakcie wyświetlane jest okienko, w którym użytkownik jest informowany o postępie procesu obliczeniowego.

W przypadku wykonywania obliczeń dla ciągien, nie będą uwzględniane w obliczeniach zdefiniowane w projekcie grupy obciążeń typu „multi” oraz grupy obciążeń ruchomych, które z założenia przeznaczone są do szybkiego budowania obwiedni sił wewnętrznych dla niezależnych obciążeń zmiennych w układach ramowych. Jedynym rozwiązaniem w tym przypadku jest rozbięcie grup „multi” i grup obciążenia ruchomego w oknie  **Grup obciążeń** na odpowiednie podgrupy przed wykonaniem obliczeń dla ciągien (podobną metodologię powinno się również stosować przy zwykłych obliczeniach dla kombinacji bez uwzględniania ciągien).

## 9.4. Statyka i wymiarowanie ciągów

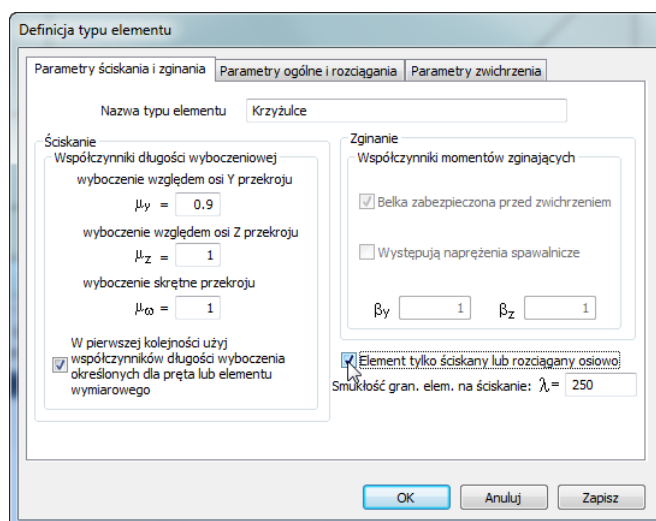
Cięgnem nazywamy w programie pręt prostoliniowy, obustronnie przegubowy, który przenosi tylko siły normalne rozciągające.

Obliczenia sił wewnętrznych i przemieszczeń dokonywane są w sposób iteracyjny. W kolejnych krokach iteracyjnych wprowadza się wirtualne obciążenia zerujące, czyli w każdym kolejnym kroku iteracyjnym siłę w ściskanym ciągu o wartości największej siły ściskającej. Iteracja jest przeprowadzana tak długo, aż siły w ściskanych ciągach są mniejsze od iloczynu współczynnika zbieżności iteracji i największej początkowej wartości siły ściskającej w ciągach.

Dla układów z ciągami użytkownik nie może korzystać z zasady superpozycji dla różnych obciążeń. Stąd, w przeciwieństwie do układów bez ciągów, program nie wykonuje automatycznych obwiedni sił i przemieszczeń. Obliczenia są wykonywane tylko dla wybranych grup i kombinacji obciążeń.

Należy pamiętać, że podczas obliczeń statycznych dla ciągów, w grupie ciężaru własnego zachodzi modyfikacja eliminująca ciężar własny samych ciągów. Ciągna modelowane są w układzie jako elementy nieważkie i ich ciężar jest pomijany w dalszych obliczeniach.

Ponieważ na skutek dokładności numerycznej obliczeń może się zdarzyć, że w prętach typu ciągno mogą wystąpić, poza siłą rozciągającą, inne, niezerowe (ale bliskie zera) wartości sił wewnętrznych, które mogłyby niewłaściwie wpływać na ścieżkę wymiarowania. Zaleca się do wymiarowania wszystkie pręty typu „ciągno” definiować w osobnych grupach prętów, z przypisanymi do nich odpowiednimi typami wymiarowania, zawierającymi zaznaczony parametr: **Element tylko ściskany lub rozciągany osiowo** (zakładka **Parametry ściskania i zginania** w definicji typu pręta dla **InterStali**). Ustawienie tego parametru powoduje automatyczne obcięcie („śmieciowych” w tym przypadku) wartości momentów i sił tnących do zera.



Rys. 303 Ustawienia definicji typu wymiarowania dla ciągów

Wymiarowanie zbiorcze prętów i elementów wymiarowych, po przeprowadzonych obliczeniach dla ciągów, wykonywane jest dla całego układu tylko dla jednej grupy lub kombinacji, zaznaczonej przez



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

użytkownika na zakładce **Wyniki**. Analogicznie po obliczeniach dla ciągów, pojedynczy pręt lub grupę prętów współliniowych możemy zwymiarować tylko dla jednej wybranej grupy obciążeń lub kombinacji. Gdy chcemy zmienić grupę lub kombinację do wymiarowania, zaznaczamy odpowiedni znacznik wyboru (grupy lub kombinacji) na dole zakładki **Wyniki** i ponownie naciskamy ikonę wymiarowania zbiorczego (wymiarowanie dla innych sił wewnętrznych musi być wówczas przeprowadzone powtórnie). Jest to jedna z podstawowych różnic między zwykłymi obliczeniami dla których wymiarowanie przeprowadzane jest zawsze dla obwiedni, a obliczeniami dla ciągów, gdzie wymiarowana jest zawsze jedna wybrana grupa obciążeń lub kombinacja.

Dla układów zawierających ciąga i w których jednocześnie zdefiniowano grupy obciążeń typu „multi” lub grupy obciążenia ruchomego, założono blokadę uniemożliwiającą wybór tych grup do obliczeń.

Uwaga:


Dla dwóch krzyżujących się ciągów nie wolno w miejscu ich przecięcia tworzyć węzła przegubowego, gdyż taki układ traktowany jest przez program jako geometrycznie zmienny i prowadzi do nieskończonej liczby iteracji przy obliczeniach statycznych.

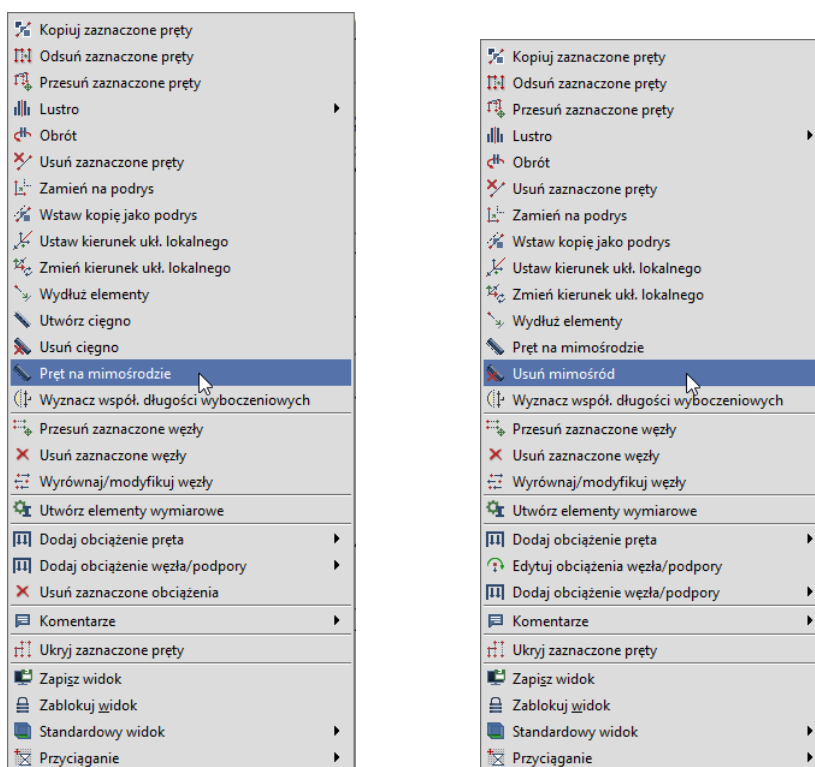
## 10. Pręty na mimośrodzie

## 10.1. Definiowanie prętów na mimośrodku

W programie można definiować dwa podstawowe typy prętów na mimośrodku (z przeniesioną osią pręta):

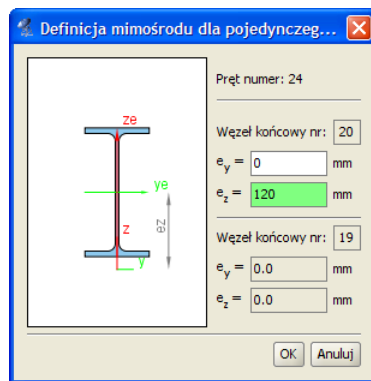
- Pręt z mimośrodem wprowadzonym na jednym końcu pręta.
- Pręty z takim samym mimośrodem na obu końcach pręta.

Niezależnie od typu wprowadzonego mimośrodu pręty, dla których wprowadzono mimośród są zawsze całkowicie równoległe do tych samych prętów przed wprowadzeniem mimośrodu. Mimośród na jednym końcu pręta można wprowadzić tylko pojedynczo dla każdego pręta w układzie osobno. Aby to zrobić, należy zaznaczyć pojedynczy pręt, dla którego chcemy wprowadzić mimośród oraz jeden z jego węzłów, w którym będziemy wprowadzać wartości mimośrodu. Następnie z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Pręt na mimośrodku**.



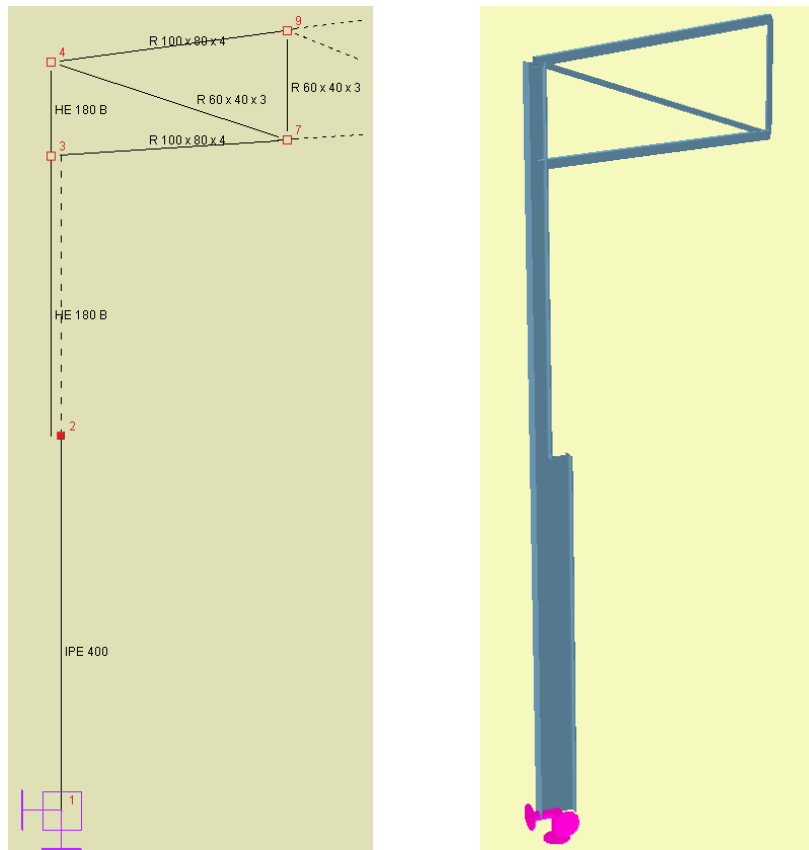
Rys. 304 Funkcje wprowadzania i usuwania mimośrodów

Po wyborze opisanej funkcji otrzymamy okno jak niżej:



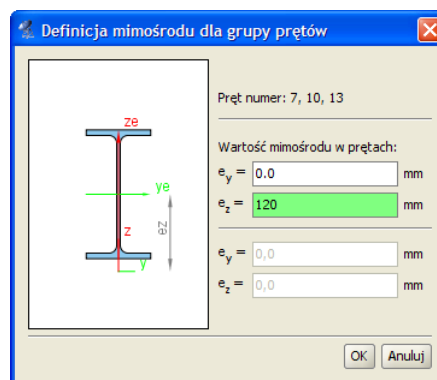
Rys. 305 Definiowanie mimośrodów jednostronnego

W okienku jak wyżej z lewej strony odrysowany jest rzeczywisty przekrój wybranego pręta, na którym pokazywane jest jego przesunięcie mimośrodowe. Z prawej strony okienka podany jest numer wybranego pręta oraz dla wybranego numeru węzła aktywne są pola edycyjne mimośrodków  $e_y$  i  $e_z$ . Dla drugiego węzła oba mimośrodów ustawione są na zero i są nieaktywne. Należy tu pamiętać, że wprowadzane mimośrodów przekroju podawane mogą być tylko w kierunku dwóch wzajemnie prostopadłych osi układu lokalnego pręta. Na skutek wprowadzenia mimośrodu w jednym z węzłów pręt odsuwany jest w tym węźle o wprowadzone wielkości i łączony z węzłem wyjściowym wirtualnym (niewidocznym dla użytkownika) prętem o dużej sztywności, z przeniesieniem typu połączenia do nowego węzła. Po wprowadzeniu mimośrodu na jednym końcu pręta, na drugim końcu następuje przesunięcie istniejącego węzła o taki sam mimośród z odpowiednią modyfikacją prętów dochodzących w tym węźle. Powyższa metoda wprowadzania mimośrodu najczęściej wykorzystywana będzie przy definiowaniu słupów o skokowo zmiennej sztywności, z płaską powierzchnią pod obudowę z jednej strony. Oznaczenie pręta mimośrodowego składa się z dwóch równoległych linii ciągłej i przerywanej. Wygląd pręta w układzie i widoku 3D, z mimośrodem na jednym jego końcu przedstawiono poniżej:



Rys. 306 Widok mimośrodowy jednostronny w edytorze graficznym i widoku 3D

Dla wielu zaznaczonych prętów (z zaznaczonymi węzłami lub nie), a także dla pojedynczego pręta z zaznaczonymi obydwoma węzłami, przy wyborze opcji **Pręt na mimośrodku** można zdefiniować jedynie taki sam mimośrodek na obu jego końcach. Dla pojedynczego pręta z zaznaczonymi węzłami zostanie otwarte wówczas okienko jak poprzednio, lecz z aktywnymi polami edycyjnymi mimośrodków dla obu węzłów. Przy tym należy pamiętać, że wówczas zmiana mimośrodu w jednym węźle będzie automatycznie powodowała taką samą zmianę odpowiedniego mimośrodu w drugim węźle. Wybranie opcji **Pręt na mimośrodku** dla wybranego pojedynczego pręta (bez zaznaczonych węzłów) pozwala jedynie na podgląd zdefiniowanego w tym pręcie mimośrodu bez możliwości jego edycji. Wybranie funkcji **Pręt na mimośrodku** dla wielu zaznaczonych prętów powoduje wywołanie okna jak niżej:

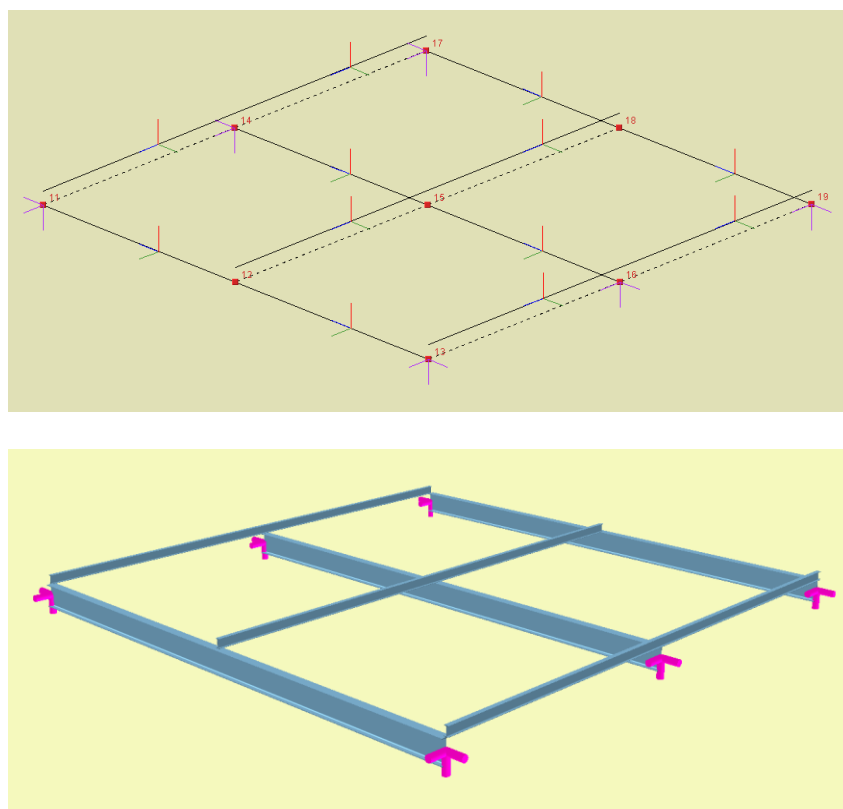


Rys. 307 Definiowanie mimośrodu jednostronnego dla wielu prętów

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


W oknie wyświetlą się wówczas numery wszystkich zaznaczonych prętów, pominięte zostaną numery węzłów, a dwa aktywne pola edycyjne pozwolą na zdefiniowanie mimośrodków  $e_y$  i  $e_z$  dla wszystkich zaznaczonych prętów na obu końcach naraz. Tak jak w pierwszym przypadku, wprowadzane mimośrodki przekroju podawane mogą być tylko w kierunku dwóch wzajemnie prostopadłych osi układu lokalnego pręta. Na skutek wprowadzenia mimośrodków, na obu końcach pręty odsuwane są w tych węzłach o wprowadzone wielkości mimośrodków i łączone z węzłami wyjściowymi wirtualnymi (niewidocznymi dla użytkownika) prętami o dużej sztywności, z przeniesieniem typu połączenia do nowych węzłów. Opisana metoda wprowadzania mimośrodu najczęściej wykorzystywana będzie przy definiowaniu elementów belkowych opartych na innych podciągach (np. oparcie płatwi na ryglach). Oznaczenie pręta mimośrodowego składa się z dwóch równoległych linii, ciągłej i przerywanej. Wygląd pręta w układzie i widoku 3D, z mimośrodem na obu jego końcach przedstawiono poniżej:





Rys. 308 Widoki mimośrodu dwustronnego w edytorze graficznym i widoku 3D

Ponieważ wprowadzenie dużej ilości prętów na mimośrodzie może mieć istotny wpływ na szybkość przeprowadzanych obliczeń, za każdym razem przed zdefiniowaniem tego typu prętów należy rozważyć, czy taka definicja jest konieczna i może mieć istotny wpływ na wyniki obliczeń statycznych.

Niewidoczne pręty wirtualne, których długość reprezentuje wprowadzony mimośród, mają sztywność ok. 1000 razy większą od pręta o największej sztywności, wybranego z listy prętów schodzących się w węzle, dla którego ten mimośród został zdefiniowany.

Po zdefiniowaniu mimośrodków dla poszczególnych prętów, poprawność ich wprowadzenia można obejrzeć na  **Widoku 3D**.

## 10.2. Edycja i modyfikacje prętów na mimośrodzie

Aby usunąć wprowadzony mimośród, na pręcie zaznaczamy element lub elementy z mimośrodem i z menu podręcznego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Usuń mimośród**. Na skutek tej operacji wszystkie mimośrodowe w prętach zostaną ustawione na wartość „0”, a w przypadku mimośrodu na jednym końcu pręta, drugi koniec powraca do położenia wyjściowego. Całkowicie można usunąć z układu pręt na mimośrodzie, wybierając dla niego opcję  **Usuń zaznaczone pręty**. Operacja usuwania z układu takiego pręta odbywa się w dwóch etapach niewidocznych dla użytkownika. W pierwszej kolejności dla takiego pręta wszystkie mimośrodowe ustawiane są na „0” (ze wszystkimi konsekwencjami tej operacji), a w drugim etapie pręt całkowicie usuwany jest z układu. Złożony proces tej operacji widać jedynie gdy po usunięciu pręta na mimośrodzie z układu zastosujemy funkcję **Cofnij**, która przywraca stan poprzedni w dwóch ruchach. Dla prętów z mimośrodem, tak jak dla pozostałych prętów, dostępne są dodatkowo następujące opcje modyfikacyjne: kopiowanie, odsuwanie, przesuwanie, lustro, obrót, zmiana kierunku układu lokalnego i zmiana przekroju. Zmiana kierunku układu lokalnego dla pręta z mimośrodem spowoduje, że kierunki wprowadzonych mimośrodów zostaną również obrócone o taki sam kąt.

Dla prętów z mimośrodem nie są dostępne następujące funkcje modyfikacji:

- Dzielenie pręta z mimośrodem. W konsekwencji dla takiego pręta nie jest dostępne również wprowadzanie elementu od dowolnego punktu środkowego tego pręta z opcją jego podziału.
- Scalanie kolejnych, ciągłych współliniowych prętów, z których jeden lub więcej ma ustawiony mimośród.
- Dla węzłów końcowych pręta z mimośrodem nie jest możliwa zmiana typu węzła z przegubowego na sztywny i odwrotnie.

Jeśli chcemy zastosować jedną z powyższych funkcji, należy to zrobić przed zdefiniowaniem mimośrodów w pręcie.

Jeśli dla jednego pręta wchodzącego w skład elementu wymiarowego będziemy chcieli ustawić mimośród, element zostanie rozbity, a operacja poprzedzona odpowiednim komunikatem.

Jeśli kilka ciągłych i współliniowych prętów ma ten sam przekrój, tak samo ustawiony układ lokalny, tak samo ustawione mimośrodowe i takie same pozostałe własności, wówczas można z nich utworzyć element wymiarowy wykorzystywany przy wymiarowaniu zbiorczym.

Informacje o zadanych w poszczególnych prętach mimośrodkach umieszczone są w raporcie ze statyki, w dodatkowej tabeli, w informacjach o wprowadzonym układzie.

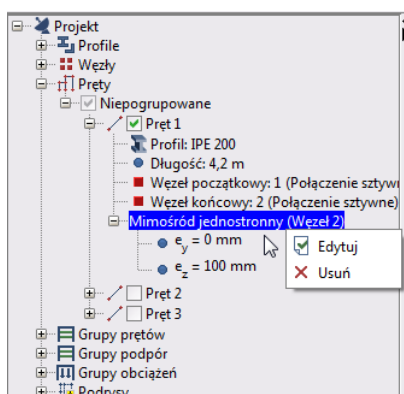
## 10.3. Edycja mimośrodów

Edycję wartości zadanych mimośrodów (jednostronnego lub dwustronnego) można przeprowadzić dla pojedynczego pręta rozwijając jego gałąź w grupie **Pręty** w „drzewie projektu” i klikając na jego mimośrodku prawym klawiszem myszki. Wywołujemy wówczas odpowiednie okna edycji mimośrodu

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

jednostronnego lub dwustronnego analogicznie jak w przypadku zadawania mimośrodków. Z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wywołanego dla mimośrodu w „drzewie projektu” możemy również usunąć mimośród funkcją **Usun**.



Rys. 309 Wywołanie edycji mimośrodu z „drzewa projektu”

Można również na ekranie graficznym zaznaczyć jeden pręt z pojedynczym węzłem, w którym zdefiniowano mimośród jednostronny lub kilka prętów (bez mimośrodu, z mimośrodem dwustronnym lub jednostronnym). Dla tak zaznaczonych prętów z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy funkcję **Pręt na mimośrodzie** i wywołujemy odpowiednio okno edycji wartości mimośrodu jednostronnego w pierwszym przypadku lub dwustronnego w pozostałych przypadkach, analogicznie jak w przypadku zadawania mimośrodków (w przypadku różnych wartości istniejących mimośrodków w polach edycyjnych wpisywania ich wartości pokażą się 3 kropki).

## 10.4. Obliczenia prętów na mimośrodzie

Obliczenia statyczne układu zawierającego pręty na mimośrodzie wykonywane są tak samo, jak obliczenia zwykłego układu. Jediną różnicą jest uwzględnianie na etapie obliczeń niewidocznych dla użytkownika prętów wirtualnych o dużej sztywności, które reprezentują odpowiednie przesunięcia mimośrodowe prętów układu. W celu przyspieszenia obliczeń dla tego typu układów, przed przystąpieniem do procesu obliczeń przeprowadzana jest dodatkowa optymalizacja polegająca kolejno na:

- Scalaniu prętów wirtualnych o takiej samej długości, znajdujących się dokładnie w takiej samej lokalizacji i mających takie same typy połączeń na jednym i drugim końcu.
- Eliminowaniu z układu prętów wirtualnych, których jeden koniec połączony jest z innymi prętami układu (z zachowaniem ich połączeń w tym węźle), a drugi jest swobodny.
- Renumeracji prętów i węzłów (niewidocznej dla użytkownika) – operacja ta wykonywana jest na początku obliczeń, a po ich zakończeniu obliczone wartości ponownie przepisywane są ponownie do listy prętów i węzłów, widzianej dla użytkownika na interfejsie.

Operacje te znacznie przyspieszają obliczenia układów zawierających pręty na mimośrodzie, ale mimo to należy liczyć się ze znacząco dłuższymi czasami obliczeń (w stosunku do układów niezawierających



Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

prętów na mimośrodkach), wynikającymi ze zwiększonej ilości liczonych prętów i węzłów, a także znacznych różnic w sztywnościach liczonych elementów.

# 11. Obliczenia statyczne

## 11.1. Optymalizacja obliczeń statycznych

Obliczenia statyczne w programie wykonywane są dokładną macierzową metodą przemieszczeń. W każdym projekcie na podstawie macierzy sztywności poszczególnych prętów układu, budowana jest globalna macierz sztywności układu, a następnie na podstawie zadanych obciążeń ustalany jest dla poszczególnych grup obciążeń wektor wyrazów wolnych. Dla tak zbudowanego układu równań wyznaczane są wszystkie przemieszczenia węzłowe, osobno dla każdej grupy obciążeń, przez wielokrotne rozwiązywanie układu równań liniowych z dużą liczbą niewiadomych. Na podstawie otrzymanych przemieszczeń węzłowych i obciążeń przyłożonych do poszczególnych prętów wyznaczane są wartości sił wewnętrznych, przemieszczeń, reakcji, a następnie liczone są naprężenia normalne w poszczególnych przekrojach prętów.

W aktualnej wersji programu **Rama 3D** w znacznym stopniu zmieniono metodologię wykonywania obliczeń statycznych, a zwłaszcza rozwiązywania wielkich układów równań liniowych. Wprowadzone zmiany przyspieszają działanie algorytmów liczących w różnych przypadkach obliczeniowych ze szczególnym uwzględnieniem układów zawierających pręty na mimośrodku. Wprowadzone w programie zmiany i modyfikacje obejmują:

- Wymianę podstawowej biblioteki matematycznej „mtj.jar” na nowszą wersję z poprawioną obsługą pamięci.
- Optymalizację algorytmu przygotowania danych do obliczeń dla układów z prętami na mimośrodku.
- Zmianę współczynnika stosunku sztywności między prętami na mimośrodku a prętami wirtualnymi z 1000 na 100 000, skutkującą zwiększoną dokładnością wyników, bez wpływu na szybkość obliczeń.
- Implementację algorytmu renumeracji węzłów o najniższej różnicy numerów kolejnych węzłów metodą „reverse Cuthill-McKee” - renumeracja działa tylko podczas obliczeń i jest niezauważalna dla użytkownika.
- Zmianę metodologii przygotowania macierzy sztywności do obliczeń oraz rozdzielanie metod przygotowania macierzy dla układów z mimośrodkami i pozostałych układów. Aktualnie do rozwiązywania układu równań liniowych stosowana jest iteracyjna metoda gradientów sprzężonych (Conjugate Gradient Method, CG). Do realizacji uwarunkowania wstępnego (preconditioning) dla układów zawierających mimośrodku stosowany jest algorytm niekompletnej faktoryzacji Cholesky’ego (Incomplete Cholesky Factorization, Incomplete Cholesky Preconditioning, ICC), dla układów bez mimośrodków stosowany jest algorytm realizacji uwarunkowania wstępnego na podstawie głównej przekątnej macierzy współczynników (Diagonal preconditioner).
- Wprowadzenie obsługi możliwości wykorzystania do czterech wątków na komputerach HT, Core 2 Duo i Quad, przy rozwiązywaniu układów równań dla wielu grup obciążeń, skutkujące dalszą redukcją czasu obliczeń.

Dodatkowo w programie wykonano optymalizację algorytmu oczyszczania i weryfikacji projektu na etapie kontroli modelu obliczeniowego.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Ponieważ rozwiązanie układów równań metody przemieszczeń wykonywane jest przez program przybliżoną metodą iteracyjną, w niektórych przypadkach uzyskuje się wymaganą zbieżność metody, mimo tego że układ jest faktycznie geometrycznie zmienny. Dlatego też pod koniec obliczeń statycznych wprowadzono dodatkowe zabezpieczenie polegające na sprawdzeniu przemieszczeń liniowych wszystkich węzłów od sumy wszystkich grup obciążeń i ich porównaniu z maksymalnym rozmiarem układu. W przypadku gdy przemieszczenia te przekraczają maksymalny rozmiar układu po obliczeniach wyprowadzony jest odpowiedni komunikat informacyjny podający numery prętów, dla których wystąpiło to przekroczenie. Pozostawiono również w tym przypadku możliwość analizy otrzymanych wyników (mimo że układ z dużym prawdopodobieństwem jest geometrycznie zmienny lub przyjęte w modelu obciążenia są absolutnie nieadekwatne do założonych w projekcie przekrojów prętów). Dla wielu złożonych układów statycznych takie podejście umożliwia łatwe wychwycenie (na podstawie wartości ugięć) miejsc, w których założono niewłaściwe więzi, skutkujące powstaniem układów geometrycznie zmiennych.

#### Uwaga:

Ze względu na wykorzystanie w programie automatycznego systemu przydzielania pamięci, przed przystąpieniem do procesu obliczeń złożonych struktur prętowych, zaleca się zapisanie gotowego projektu na dysku oraz zamknięcie programu. W takich przypadkach (dla złożonych struktur) zaleca się rozpocząć proces obliczeń statycznych i budowania obwiedni zaraz po ponownym wczytaniu zapisanego na dysku projektu. Taka procedura pozwala na optymalne wykorzystanie przydzielonej przez program pamięci w trakcie obliczeń.

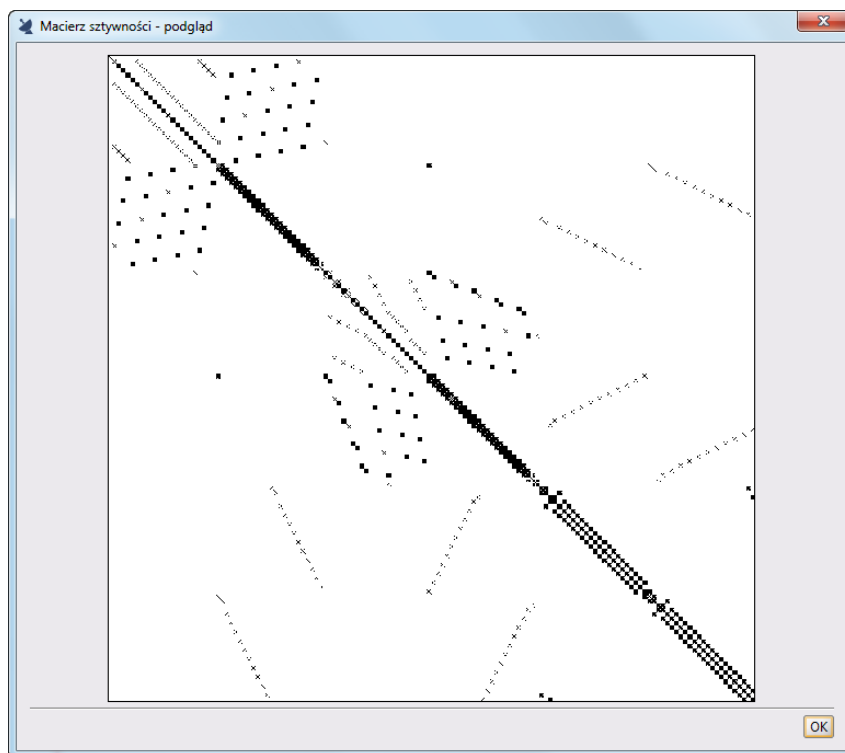
## 11.2. Wyświetlanie obrazu macierzy sztywności

W prawym dolnym rogu ekranu, na pasku stanu z jego lewej strony aktywny jest niebieski przycisk z oznaczeniem MS.



Rys. 310 Przycisk uruchamiania obrazu macierzy sztywności

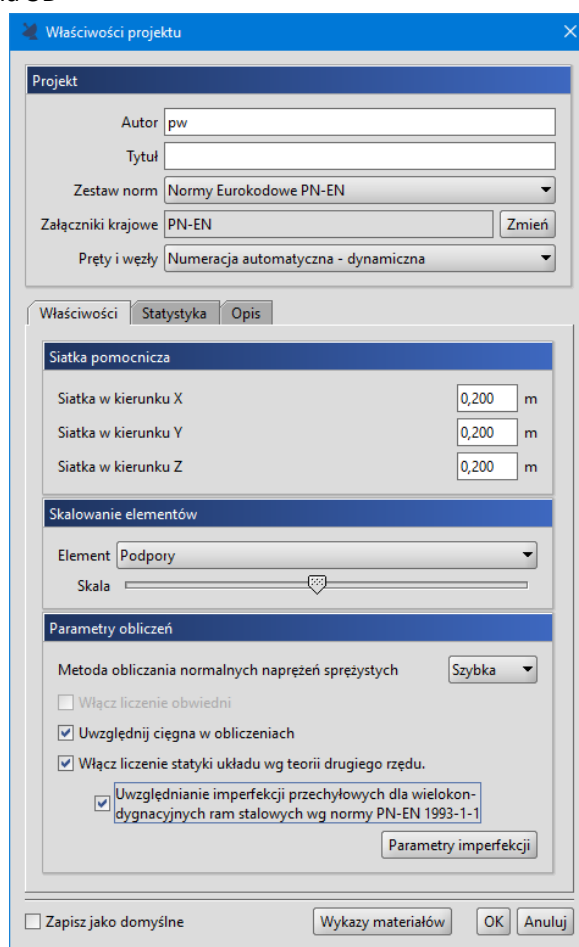
Jego naciśnięcie pozwala wyświetlić w osobnym oknie programu widok obrazu macierzy sztywności przedstawiający rozłożenie niezerowych wyrazów tej macierzy. W przypadku bardzo dużych macierzy sztywności widok takiej macierzy jest obrazem przybliżonym.



Rys. 311 Okno podglądu obrazu macierzy sztywności

### 11.3. Obliczenia według teorii II rzędu

Aby wykonać obliczenia statyczne projektu według teorii II rzędu, należy taką opcję ustawić przed obliczeniami w oknie **Własności projektu** (opcja **Włącz liczenie statyki układu według teorii drugiego rzędu**).



Rys. 312 Włączanie obliczeń statycznych według teorii II rzędu

W takim trybie obliczenia statyczne mogą być wykonane jedynie dla zdefiniowanych przez użytkownika kombinacji (suma grup z przypisanymi do nich współczynnikami) i wybranych grup obciążeń (analogicznie jak w przypadku ciągnięć). W przypadku obliczeń według teorii II rzędu nie ma możliwości uzyskania wyników dla automatycznej obwiedni, budowanej przez program na podstawie zdefiniowanych grup obciążeń, przypisanych do nich parametrów, oraz zadanych relacji między grupami zmiennymi. W przypadku kombinacji należy pamiętać, że w tym przypadku, tak jak dla układów z ciągnami, również nie obowiązuje zasada superpozycji i wyniki uzyskujemy tylko od całej kombinacji, która w programie widziana jest jako „supergrupa”, będąca sumą obciążeń wszystkich grup składających się na daną kombinację, wymnożonych przez odpowiednie współczynniki.

W przypadku obliczeń statycznych według Eurokodu współczynniki przypisane poszczególnym grupom w ramach kombinacji powinny być ilorzem odpowiedniego współczynnika obciążenia dla danej grupy stałej lub zmiennej oraz odpowiedniego współczynnika kombinacyjnego dla grup zmiennych, z uwzględnieniem jego modyfikacji dla wybranej grupy wiodącej. W tym trybie, o wartościach przyjętych współczynników w ramach kombinacji oraz wyborze grupy zmiennej wiodącej, decyduje zawsze użytkownik poprzez przypisanie odpowiednich ilorazów współczynników poszczególnym grupom obciążeń, w ramach zdefiniowanych w projekcie kombinacji. Wynika to stąd, że dla obliczeń według teorii II rzędu (analogicznie jest również dla układów z ciągnami) nie mogą być dostępne wyniki sił wewnętrznych i przemieszczeń od poszczególnych grup składających się na daną kombinację, a jedynie wyniki dla całej kombinacji. Z tego też powodu przy obliczeniach według norm PN

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

lub Eurokodu, przy obliczeniach prowadzonych według teorii II rzędu lub dla układów z ciągnami, osobne kombinacje powinny być zdefiniowane dla stanu granicznego nośności, a osobne dla stanu granicznego użytkownika (inne współczynniki). W tych też przypadkach wszystkie współczynniki powinny być przypisane do grup w kombinacji (po stronie obciążeń), gdyż po stronie wyników nie ma możliwości wydzielenia wartości od poszczególnych grup w kombinacji i pomnożenia ich przez odpowiednie współczynniki.

Przy obliczeniach według teorii II rzędu nie są wyliczane wyniki dla grupy typu „multi” oraz grup ruchomych. Grupy te nie biorą również udziału w budowie kombinacji użytkownika. Aby uwzględnić w wynikach kombinacji udział takich grup, należy przed zbudowaniem kombinacji rozbić te grupy na zwykłe grupy zmienne i wybrać jedną z nich w przypadku obciążenia ruchomego lub kilka w przypadku grup zmiennych powstałych po rozbięciu grupy „multi”.

W trakcie wykonywania obliczeń projektu według teorii II rzędu w pewnych sytuacjach mogą zostać one przerwane jednym z następujących komunikatów:

1. Obliczenia według teorii drugiego rzędu nie uzyskały ustalonej zbieżności procesu iteracyjnego. Prawdopodobnie niedostateczna sztywność układu. – komunikat występuje, gdy przekroczona zostanie setna iteracja w procesie obliczeń według teorii II rzędu lub rozwiązywanie układu równań zakończy się niepowodzeniem ze względu na rozbieżność iteracji w procesie rozwiązania układu równań.
2. **Model zbyt wiotki dla zadanego schematu obciążeń. Obliczenia przerwane.** – komunikat występuje, gdy znaczące przemieszczenia dowolnego węzła o wartości powyżej 1 mm, uzyskane z obliczeń w teorii I rzędu, w danej iteracji obliczeń według teorii II rzędu przekroczą 5-krotność jego przemieszczeń z teorii pierwszego rzędu lub przekroczyły 2.5% największej rozpiętości modelu w kierunku „x” lub „z”. Pierwszy napotkany węzeł, dla którego spełniony jest jeden z powyżej opisanych warunków, pozostanie wyselekcjonowany po zamknięciu komunikatu.
3. Model zawiera pręty o smukłości większej niż 350 lub siła normalna jest większa niż 90% siły krytycznej w tych prętach. Do obliczeń według teorii drugiego rzędu powinny być one przyjęte jako ciągną. Obliczenia przerwane. – sprawdzenie wykonywane dla wszystkich prętów układu niebędących ciągnami po wykonaniu obliczeń według teorii pierwszego rzędu wewnątrz obliczeń według teorii II rzędu. Pręty, dla których spełniony jest jeden z powyżej opisanych warunków, pozostaną wyselekcjonowane po zamknięciu komunikatu.

W zasadzie wszystkie trzy powyższe komunikaty informują użytkownika o zbyt małej sztywności prętów liczonego układu, przy czym w przypadku wystąpienia trzeciego komunikatu lepszym wyjściem niż zwiększanie sztywności jest zamiana wskazanych przez program prętów na pręty typu ciągną.

Obliczenia według teorii II rzędu oparte są na równaniu różniczkowym zginania pręta z udziałem siły osiowej. Równania równowagi są zapisane dla układu zdeformowanego (nie obowiązuje zasada zeszywnienia). Poszczególne współczynniki macierzy sztywności zależą od wartości siły normalnej działającej w elemencie.

Obliczenia numeryczne są przeprowadzone w sposób iteracyjny. Na każdym kroku iteracji jest aktualizowana wartość współczynników macierzy sztywności dla aktualnej geometrii układu i wartości sił normalnych. Generalnie w metodzie tej nie obowiązuje zasada superpozycji, stąd obliczenia są

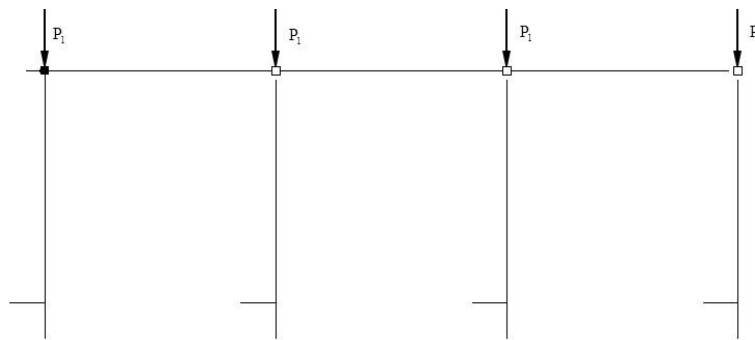
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

przeprowadzane dla sumy wszystkich grup obciążeń występujących w danej kombinacji lub dla pojedynczej grupy obciążeń. Stąd dla obliczeń według teorii II rzędu nie działa w programie opcja automatycznej obwiedni.

W przypadku prętów zbyt smukłych iteracja może być rozbieżna, dlatego w przypadku występowania prętów ściskanych o smukłości większej niż 350 pojawia się komunikat o konieczności zadeklarowania takiego pręta jako ciągnio.

W przeciwieństwie do teorii I rzędu może się zdarzyć, że przemieszczenia będą przyrastały do bardzo dużych wartości, a w przypadku skrajnym będą dążyć do nieskończoności. Program sygnalizuje to komunikatem, że iteracja jest rozbieżna i układ jest geometrycznie zmienny dla teorii II rzędu. Przykładowo dla poniższego zadania:



Rys. 313 Przykład

W teorii I rzędu otrzymujemy zawsze rozwiązania niezależnie od wartości sił  $P_1$ . W obliczeniach dla teorii II rzędu wraz ze wzrostem wartości sił  $P_1$  rosną deformacje, aż przy pewnych wartościach sił  $P_1$  (zależnych od sztywności układu) deformacje te będą tak duże, że iteracja będzie rozbieżna i otrzymamy komunikat „układ zbyt wiotki, geometrycznie zmienny”.

Przystępując do obliczeń według teorii II rzędu, trzeba pamiętać, że związki pomiędzy siłami wewnętrznymi i obciążeniami są opisane funkcjami trygonometrycznymi (dla sił ściskających) lub hiperbolicznymi (dla sił rozciągających). Użytkownik programu musi sam stworzyć poszczególne kombinacje obciążeń, włączając do nich odpowiednie grupy obciążeń wraz z przynależnymi współczynnikami przeciążenia. W wyniku obliczeń otrzymujemy deformację układu i wykresy sił wewnętrznych i naprężeń. W omawianym programie jako siły tnące przedstawiono wykresy sił poprzecznych prostopadłych do niezdeformowanej osi pręta, a nie rzeczywiste siły tnące, które są prostopadłe do zdeformowanej osi pręta.

#### **11.4. Uwzględnianie imperfekcji przechyłowych dla wielokondygnacyjnych ram stalowych według normy PN-EN 1993-1-1 i PN-90/B-03200**

W programie dla wielokondygnacyjnych ram stalowych, których statykę liczymy teorią II rzędu według Eurokodów lub według norm PN, istnieje możliwość uwzględnienia wstępnych imperfekcji

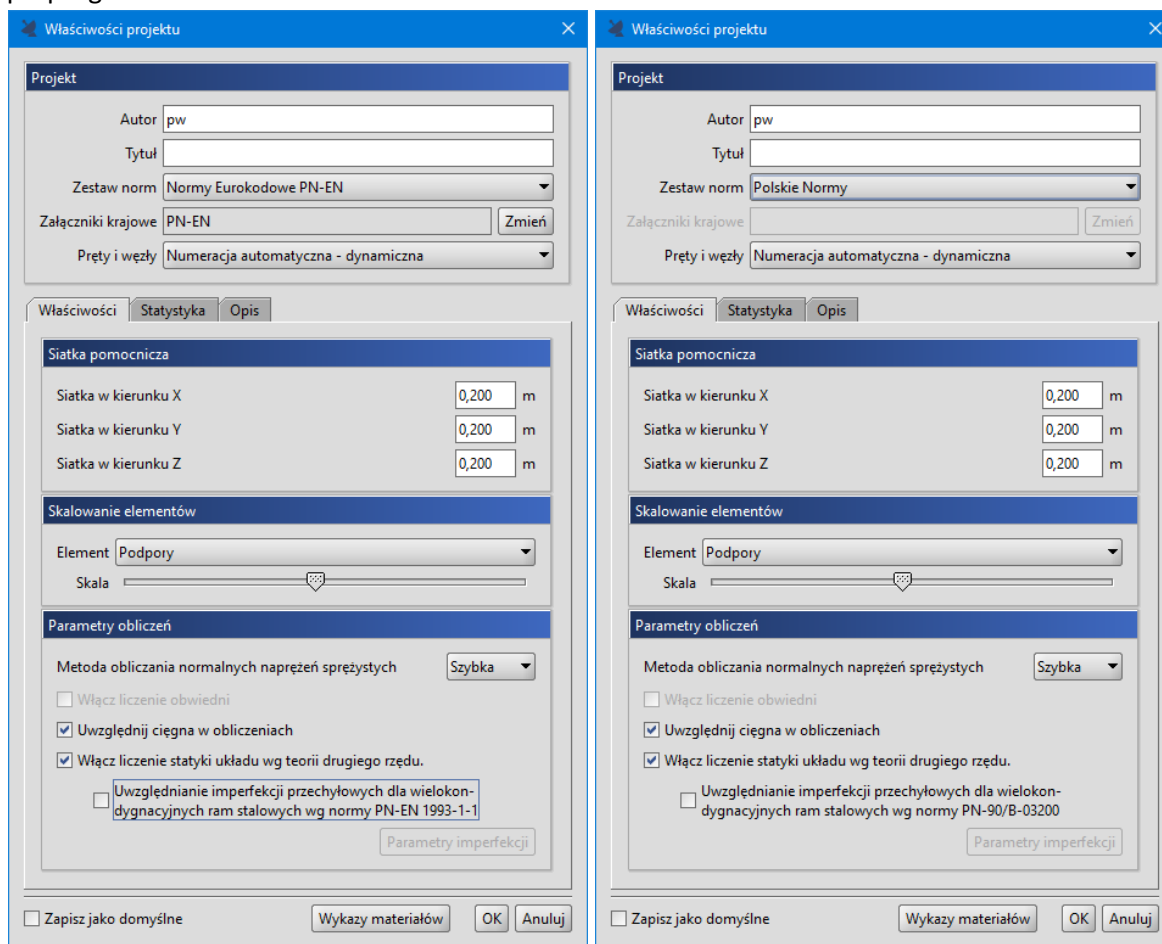


Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

przechyłowych zgodnie z punktem 5.3.2.(a) normy PN-EN 1993-1-1 lub punktem 5.4.2 normy PN-90/B-03200. Imperfekcje mogą być uwzględniane (lub nie) tylko w jednym z globalnych, głównych kierunków poziomych x i y lub w obu tych kierunkach jednocześnie, zależnie od wyboru użytkownika. Ponieważ kierunki wstępnych imperfekcji są ściśle określone (kierunek globalny x i/lub y) należy ten fakt brać pod uwagę przy lokalizowaniu projektowanej hali względem płaszczyzn głównych globalnego układu współrzędnych (główne kierunki hali powinny być równoległe do osi głównych x i y). Wartości wstępnych imperfekcji w obu kierunkach poziomych wyznaczane są przez pochylenie całej konstrukcji o kąt  $\varphi$  wyznaczony ze wzoru 5.5 normy PN-EN 1993-1-1 lub wzoru (68) normy PN-90/B-03200 względem poziomu odniesienia, znajdującego się przeważnie w poziomie najniższych podpór pionowych hali. Poziomej imperfekcji wstępnej doznają wszystkie węzły hali znajdujące się powyżej poziomu odniesienia, które nie mają zablokowanego przesuwu (podpory) w kierunku działania danej imperfekcji. W przypadku istnienia w rozpatrywanym węźle podpory poziomej, wartość imperfekcji w tym węźle dla danego kierunku zredukowana jest do zera. W trybie automatycznym zwrot wstępnych imperfekcji poziomych w danym węźle przyjmowany jest zgodnie z kierunkiem rzeczywistego przemieszczenia tego węzła od rozpatrywanego schematu obciążeń, wyznaczonego dla tego schematu z obliczeń według teorii I rzędu. Stąd wniosek, że wstępne imperfekcje przechyłowe nadawane są automatycznie poszczególnym węzłom układu w trakcie obliczeń statycznych, po pierwszym etapie obliczeń według teorii I rzędu oraz przed przystąpieniem do obliczeń według teorii II rzędu. W przypadku gdy któryś z węzłów po obliczeniach według teorii I rzędu nie doznał przemieszczenia w jednym z kierunków głównych, kierunek wstępnej imperfekcji przechyłowej w tym kierunku dla tego węzła przyjmowany jest losowo. Po obliczeniach według teorii II rzędu wyznaczone z obliczeń przemieszczenia układu powiększane są o wstępnie wyznaczone imperfekcje. Widoczne w programie wyniki przemieszczeń są więc sumą przemieszczeń układu od danego schematu obciążeń oraz wstępnie założonych przez program imperfekcji przechyłowych poszczególnych węzłów hali. Takie też wartości przemieszczeń podawane są w raportach ze statyki i w raporcie szczegółowym z wymiarowania. Należy pamiętać że zgodnie z punktem 5.2.2 (7) a normy PN-EN 1993-1-1 oraz punktem 5.4.4 b normy PN-90/B-03200, jeśli w globalnej analizie konstrukcji według teorii II rzędu zostały uwzględnione odpowiednie imperfekcje w poszczególnych elementach to wówczas indywidualne sprawdzanie stateczności elementów przy ich wymiarowaniu nie jest wymagane. To znaczy, że po uwzględnieniu imperfekcji przechyłowych można przy wymiarowaniu stosować współczynniki wyboczenia giętnego jak dla układów nieprzesuwnych, czyli nie większe niż 1 (ewentualny przesuw całości układu został uwzględniony w postaci odpowiednich imperfekcji). Przy obliczaniu układów płaskich w programie **R3D3-Rama3D** według teorii II rzędu, zwłaszcza z uwzględnieniem dwukierunkowych imperfekcji przechyłowych, w niektórych przypadkach układy, które w obliczeniach według teorii I rzędu były samostateczne (np. ramy płaskie podparte przegubowo), przy obliczeniach według teorii II rzędu mogą stać się geometrycznie zmienne.

Wywołanie obliczeń statycznych z uwzględnieniem imperfekcji przechyłowych realizujemy w programie w oknie **Właściwości projektu** przez zaznaczenie opcji **Uwzględnianie imperfekcji przechyłowych dla wielokondygnacyjnych ram stalowych według normy PN-EN 1993-1-1** w projektach Eurokodowych lub **Uwzględnianie imperfekcji przechyłowych dla wielokondygnacyjnych ram stalowych według normy PN-90/B-03200** w projektach według norm PN.

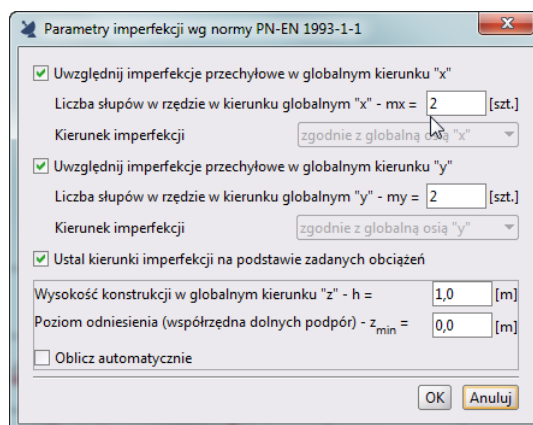


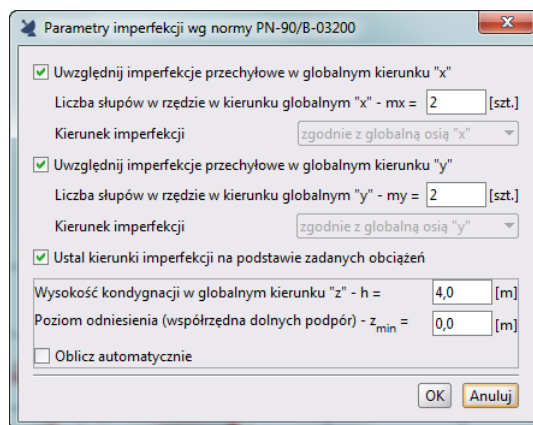
Rys. 314 Wywołanie okna Parametrów imperfekcji dla norm Eurokodowych i norm PN

Opcja ta jest dostępna tylko wówczas gdy spełnione są w projekcie następujące warunki:

- w oknie **Właściwości projektu** ustawione są obliczenia według teorii II rzędu,
- model zawiera węzły o różnych globalnych współrzędnych „z”,
- model zawiera węzły podparte w kierunku globalnym „z”.

Po zaznaczeniu opcji uwzględniania imperfekcji, odpowiednim przyciskiem można wywołać okno **Parametrów imperfekcji**.





Rys. 315 Okno Parametrów imperfekcji dla PN-EN 1993-1-1 i PN-90/B-03200

W pierwszej kolejności wybieramy w oknie **Parametrów imperfekcji** metodę ustalenia kierunków założonych imperfekcji. Do dyspozycji użytkownik ma tu dwie możliwości. Pierwsza, domyślna, ustala automatycznie kierunki imperfekcji na podstawie kierunków przemieszczeń poszczególnych węzłów od obciążeń zadanych przez użytkownika w danej grupie lub kombinacji (zaznaczona opcja **Ustal kierunki imperfekcji na podstawie zadanych obciążeń**). Druga metoda określania kierunków imperfekcji polega na samodzielnym określeniu przez użytkownika kierunków imperfekcji (odznaczona opcja **Ustal kierunki imperfekcji na podstawie zadanych obciążeń**). Wówczas użytkownik wybiera zwrot imperfekcji zgodny ze zwrotem globalnej osi lub do niej przeciwny, oddzielnie dla każdego poziomego kierunku globalnego x i y. Metoda samodzielnego ustalania kierunku imperfekcji powinna być stosowana wówczas, gdy dla liczonego schematu obciążeń nie występują składowe siły poziome lub założony układ tych sił poziomych jest równoważny. W pozostałych przypadkach kierunki imperfekcji należy ustalać automatycznie na podstawie zadanych schematów obciążeń. Niewłaściwy wybór kierunku imperfekcji przez użytkownika przy zadanych, nierównoważących się obciążeniach poziomych będzie skutkowało zmniejszeniem całkowitych przemieszczeń poziomych, a w skrajnym przypadku może doprowadzić również do zmiany ich kierunku.

Następnie w oknie wybieramy jeden lub dwa poziome kierunki główne, w których mają być uwzględniane imperfekcje przechyłowe oraz podajemy liczbę słupów w rzędzie w danym kierunku. Następnie określamy całkowitą wysokość konstrukcji (lub kondygnacji dla normy PN-90/B-03200) w globalnym kierunku „z” oraz podajemy poziom odniesienia w postaci minimalnej współrzędnej „z<sub>min</sub>” węzła podpartego w kierunku globalnej, pionowej osi „z”. Można również wybrać opcję **Oblicz automatycznie**, po zaznaczeniu której wysokość konstrukcji i poziom odniesienia ustalane są automatycznie przez program. Wysokość konstrukcji w trybie automatycznym wyznaczana jest jako bezwzględna różnica współrzędnych najwyższego węzła w modelu i najniższego węzła podpartego w kierunku „z”, natomiast za poziom odniesienia w tym trybie przyjmowana jest współrzędna „z” najniższego węzła podpartego w kierunku „z”.

Przy zmianie w trakcie pracy nad projektem zestawu norm z PN na Eurokod lub odwrotnie imperfekcje zostaną automatycznie wyłączone a ponowne ich włączenie wymaga ponownego ustawienia parametrów imperfekcji według zmienionej normy.

Uwaga:

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

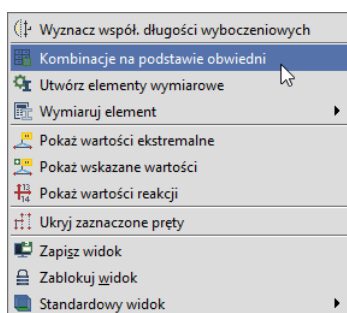
Gdy przy obliczeniach według teorii II rzędu pojawią się przemieszczenia niezgodne z zadaniem kierunku imperfekcji lub niezgodne z kierunkiem zadanych obciążeń (przy braku imperfekcji), wówczas w celu uzyskania prawidłowych wyników należy konieczne zagęścić podział prętów ściskanych - słupów (np. równomiernie na 8-10 prętów).

Uwaga:

W przypadku zmiany w trakcie wykonywania projektu, zestawu norm projektowych z PN na Eurokod lub odwrotnie, szczególnej ponownej kontroli wymagają: definicje grup obciążeń, definicje kombinacji użytkownika, ustawienia imperfekcji oraz klasy materiałów przypisane do poszczególnych przekrojów elementów w modelu.

## 11.5. Tworzenie kombinacji użytkownika na podstawie obwiedni

Przy obliczeniach według teorii II rzędu lub gdy chcemy policzyć model zawierający ciągną, obliczenia takie prowadzone są metodą nieliniową, dla której nie obowiązuje zasada superpozycji a w konsekwencji program nie może dodawać do siebie wyników od poszczególnych grup obciążeń oraz zbudować automatycznej obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń. Wówczas to po stronie projektanta pozostaje określenie najbardziej niekorzystnych kombinacji użytkownika. Na podstawie tych kombinacjach będą ustalone ekstrema potrzebne do dalszego wymiarowania konstrukcji. W przypadku bardzo prostych projektów zwłaszcza liczonych według norm PN, zawierających 2-3 grupy obciążeń zmiennych, ustalenie najbardziej niekorzystnych kombinacji użytkownika nie jest nadmiernie skomplikowane. Jednak już dla projektów Eurokodowych, zwłaszcza zawierających znacznie większą ilość grup zmiennych oraz przypisanych do nich różnych typów oddziaływań, ustalenie listy najbardziej niekorzystnych kombinacji użytkownika wraz z odpowiednimi kombinacjami współczynników może nie być zadaniem prostym. W takim przypadku w pierwszej fazie wskazane jest policzenie takiego projektu metodą zwykłą, bez obliczeń według teorii II rzędu i bez ciągnięć ale z możliwością automatycznego wyznaczenia przez program obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń. Wówczas takie obliczenia traktujemy jako pierwsze przybliżenie pozwalające na ustalenie potencjalnie ekstremalnych zestawów grup obciążeń budujących poszczególne ekstrema obwiedni sił wewnętrznych, naprężeń i reakcji. Dlatego też po obliczeniach statycznych z wyznaczoną automatycznie obwiednią, będąc na zakładce **Wyniki**, dla zaznaczonej w modelu grupy prętów i podpór możemy z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wywołać funkcję: **Kombinacje na podstawie obwiedni**.

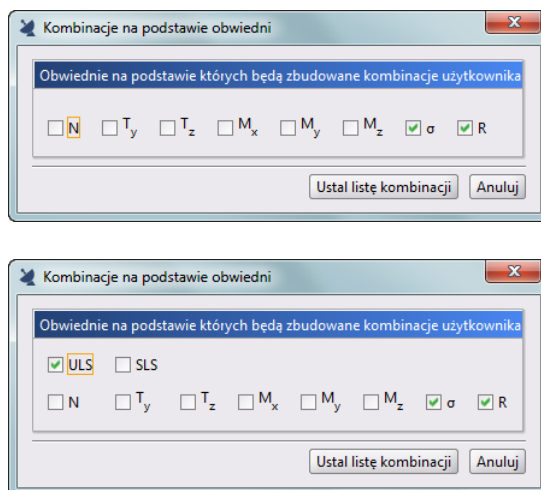


Rys. 316 Wywołanie funkcji Kombinacje na podstawie obwiedni

Podręcznik do programu

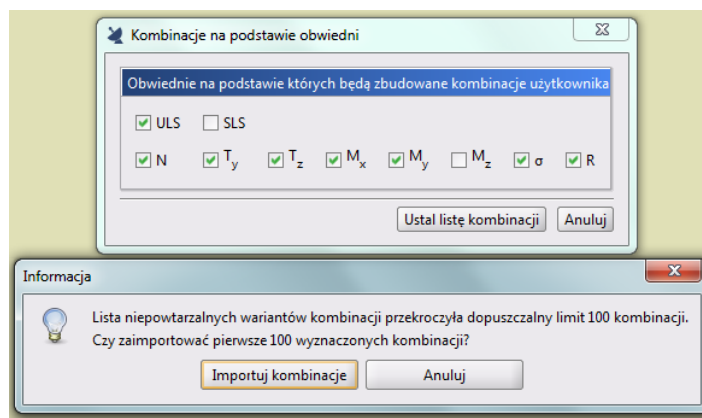
Opis programu R3D3-Rama 3D

Po wybraniu powyższej opcji zostanie otworzone dodatkowe okno ustawień, w którym użytkownik wybiera typ obwiedni **ULS/SLS** (tylko dla projektów Eurokodowych) oraz rodzaje obwiedni, jakie mają być brane pod uwagę przy ustalaniu kombinacji. Do wyboru mamy wszystkie sześć obwiedni sił wewnętrznych (3 dla wersji płaskiej **R2D2**), obwiednię naprężeń normalnych i ewentualnie obwiednie poszczególnych reakcji w przypadku zaznaczenia węzłów podporowych.



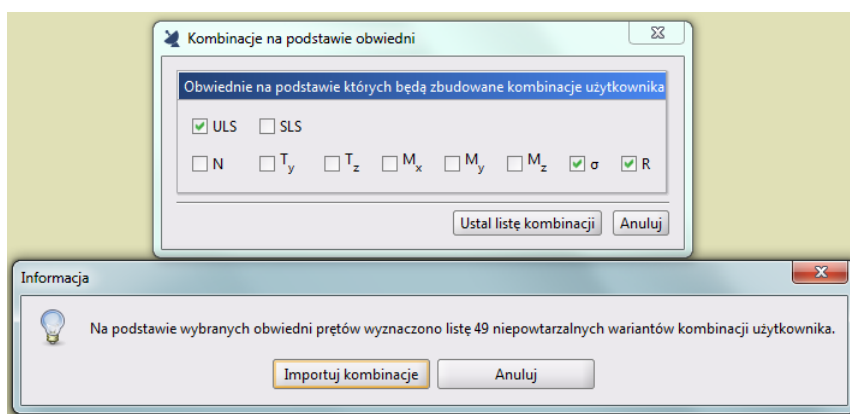
Rys. 317 Okna ustawień Kombinacji na podstawie obwiedni dla projektów PN i PN-EN

Po zaznaczeniu w oknie odpowiednich obwiedni i wciśnięciu przycisku **Ustal listę kombinacji** program kolejno po zaznaczonych prętach, typie i rodzaju obwiedni oraz na końcu po zaznaczonych podporach wyznacza odpowiadające tym obwiedniom kombinacje użytkownika, eliminując z tak powstałej listy kombinacje powtarzające się. Ilość wyznaczonych w ten sposób kombinacji w bardzo dużym stopniu zależy od poziomu skomplikowania konstrukcji a zwłaszcza od ilości przyjętych grup zmiennych i wybranych obwiedni. Dlatego też aby nie komplikować nadmiernie obliczeń na podstawie tak ustalonych kombinacji domyślnie przyjęto ustalenie kombinacji tylko na podstawie obwiedni naprężeń normalnych dla prętów oraz obwiedni reakcji dla podpór. W przypadku gdy w projekcie występuje jeden z dwóch typów grup złożonych (multi lub ruchoma), aby uzyskać dostęp do powyżej opisanej funkcji automatycznego ustalania kombinacji, należy przed obliczeniami grupy te rozbić na zwykłe grupy zmienne. W tym ostatnim przypadku oraz w przypadku zaznaczenia większej ilości obwiedni bardzo łatwo uzyskać automatyczną ilość wyznaczonych kombinacji powyżej 100. Dlatego też w programie uznano wartość 100 automatycznie wyznaczonych kombinacji użytkownika jako wartość graniczną nad którą użytkownik może jeszcze zapanować w programie (biorąc pod uwagę iteracyjny charakter obliczeń nieliniowych). Przy ustalaniu kombinacji, gdy program wyznaczy listę pierwszych 100 niepowtarzalnych kombinacji użytkownika, działanie funkcji jest przerywane, a przycisk **Importuj kombinacje** wczytuje tę listę (100 kombinacji) do okna kombinacji użytkownika.



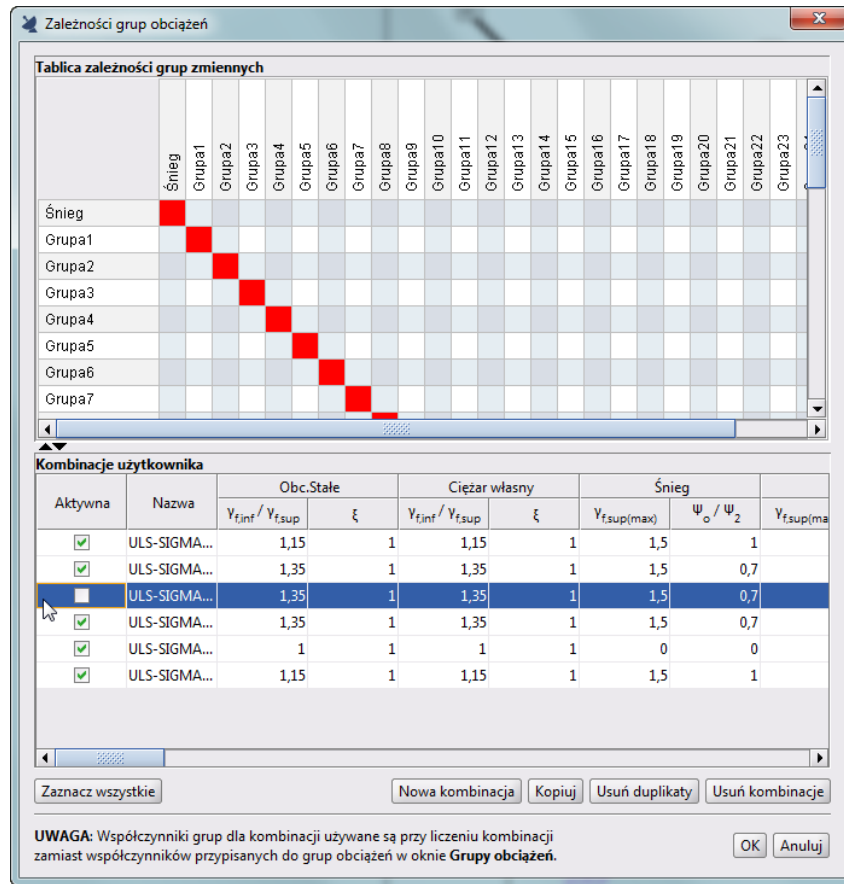
Rys. 318 Komunikat po przekroczeniu limitu 100 kombinacji

Biorąc pod uwagę powyższe, należy raczej tak sterować wyborem prętów i podpór istotnych dla konstrukcji jak również typem i rodzajem obwiedni aby lista ustalonych na tej podstawie kombinacji nie była większa niż 50 do maksymalnie 100 pozycji.



Rys. 319 Komunikat, gdy ilość nie przekracza limitu 100 kombinacji

Wciśnięcie przycisku **Importuj kombinacje** w oknie komunikatu z wyznaczania kombinacji na podstawie obwiedni spowoduje dodanie listy wyznaczonych automatycznie kombinacji użytkownika do tabeli **Kombinacje użytkownika** w oknie **Zależności grup obciążeń**.



Rys. 320 Tabela kombinacji użytkownika po dodaniu automatycznie wyznaczonej listy kombinacji

W tabeli kombinacji w oknie **Zależności grup obciążeń** umożliwiono grupowe zaznaczanie kombinacji (z klawiszem **Shift**) oraz dodano przycisk **Zaznacz wszystkie**. Opcje powyższe ułatwią w razie konieczności szybkie pozbycie się z projektu listy niechcianych kombinacji.

## 12. Analiza wyników



## 12.1. Zapamiętywanie wyników obliczeń

W aktualnej wersji programu wprowadzono zapamiętywanie wyników obliczeń statycznych i wymiarowania

w postaci dodatkowego pliku o takiej samej nazwie jak plik modelu projektu **f3d (f2d)** lecz o rozszerzeniu **sw3d(sw2d)**. Każdy plik **sw3d** i **sw2d** jest plikiem archiwum typu zip, zawierającym wewnątrz jeden lub dwa pliki typu XML, w których zapisane zostały osobno wyniki obliczeń statycznych i wymiarowania zbiorczego. Wyniki obliczeń statycznych i wymiarowania zapisywane są do pliku zaraz po wykonaniu odpowiednich obliczeń, a także podczas użycia przez użytkownika funkcji



**Zapisz projekt jako**. Po zapisaniu przeliczonego projektu i zamknięciu programu oraz po ponownym jego uruchomieniu plik projektu wczytuje się wraz z ostatnio przeliczonymi wynikami. Dostęp do tych wyników obliczeń możliwy jest przez zmianę zakładki na **Wyniki** lub **Wymiarowanie**. Wyniki obliczeń będą zawsze pamiętane w projekcie do momentu istotnej zmiany modelu liczonego układu, przeważnie mającej wpływ na ich wartości. W przypadku gdy model układu ulegnie zmianie, każde wywołanie obliczeń za pomocą odpowiedniego przycisku lub próba zmiany zakładek na **Wyniki** lub **Wymiarowanie** spowoduje automatyczne usunięcie dotychczasowych wyników obliczeń i ponowne wywołanie procesu obliczeniowego. W przypadku uruchomienia obliczeń statycznych lub wymiarowania z odpowiedniego przycisku w pasku narzędziowym obliczenia zawsze będą się wykonywały od początku, niezależnie od tego, czy model uległ zmianie, czy też nie. W przypadku gdy model nie uległ zmianie i są już dla niego wyniki obliczeń, ponowne wykonanie obliczeń będzie poprzedzone odpowiednim komunikatem: **„Aktualny projekt jest już przeliczony, ponowne jego przeliczenie spowoduje utratę dotychczasowych wyników. Czy chcesz wykonać ponownie obliczenia?”**. Plik z wynikami zapisywany jest na dysku w miejscu lokalizacji pliku modelu projektu (**f3d/f2d**) w postaci dodatkowego archiwum, zawierającego w osobnych plikach **XML** wyniki z obliczeń statycznych i wyniki z wymiarowania zbiorczego. Plik wyników obliczeń może zawierać same wyniki obliczeń statycznych lub wyniki obliczeń statycznych i wymiarowania zbiorczego, w zależności od tego jakie obliczenia były wykonywane dla danego projektu. W przypadku gdy dla wykonanego projektu układu nie zostały wykonane żadne obliczenia, na dysku zapisywany jest jedynie plik **f3d/f2d** zawierający model układu statycznego. Wczytywanie wyników już przeliczonego projektu jest dla większości układów statycznych znacznie szybsze niż prowadzenie ponownych obliczeń. Funkcja ta nabiera szczególnego znaczenia przy przeliczaniu dużych projektów zawierających dużą liczbę prętów lub dużą liczbę grup obciążeń, wówczas różnica między ponownym wykonaniem obliczeń a wczytaniem wyników z istniejącego pliku jest bardzo duża. Należy również pamiętać, że przy obliczeniach statycznych układów z cięgnami oraz przy wymiarowaniu zbiorczym użytkownik decyduje, na jakie zestawy obciążeń lub sił wewnętrznych mają być przeprowadzone obliczenia. Zmiana tych zestawów w stosunku do dotychczasowych wymusza w programie ponowne wykonanie obliczeń. W celu zapewnienia spójności wyników obliczeń wprowadzono również następujące zasady:

- Wymuszenie ponownych obliczeń statycznych (przez program lub użytkownika) powoduje usunięcie dotychczasowych wyników obliczeń statycznych i wymiarowania zbiorczego.
- Wymuszenie ponownych obliczeń wymiarowania zbiorczego (przez program lub użytkownika) powoduje usunięcie dotychczasowych wyników wymiarowania zbiorczego, a wyniki obliczeń statycznych pozostają bez zmian.

Podręcznik do programu

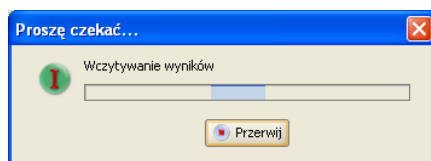
Opis programu R3D3-Rama 3D

Jeśli użytkownik przez pomyłkę wymusi z paska narzędziowego ponowne wykonanie obliczeń statyki lub wymiarowania dla uprzednio przeliczonego i niezmienionego modelu, może je jeszcze w każdej chwili przerwać, co spowoduje powrót do wcześniejszych wyników obliczeń (wyniki ulegają nadpisaniu tylko po prawidłowych i całkowicie ukończonych obliczeniach statycznych lub wymiarowaniu).

Uwaga:

- Każde wywołanie obliczeń statycznych lub wymiarowania zbiorczego z górnego paska narzędziowego powoduje ponowne przeliczenie projektu, niezależnie czy wcześniej istniały wyniki obliczeń, czy też nie.
- Każde pierwsze wywołanie obliczeń statycznych lub wymiarowania zbiorczego przez przełączenie na zakładkę Wyniki lub Wymiarowanie powoduje wczytanie dotychczasowych wyników obliczeń do pamięci, o ile wcześniej były one wykonane oraz ich zakres i model układu nie uległ istotnej zmianie. W każdym innym przypadku przełączenie zakładek wywoła ponowny proces obliczeniowy jak w punkcie pierwszym.
- Każde kolejne wywołanie obliczeń statycznych lub wymiarowania zbiorczego przez przełączenie na zakładkę Wyniki lub Wymiarowanie powoduje zmianę zakresu wyświetlanych wyników, umieszczonych w pamięci komputera, o ile model układu nie uległ istotnej zmianie. W każdym innym przypadku przełączenie zakładek wywoła ponowny proces obliczeniowy jak w punkcie pierwszym.


Po wykonaniu obliczeń lub ich wczytaniu wyniki obliczeń przechowywane są w pamięci komputera do czasu zamknięcia programu lub do czasu ponownego (automatycznego lub wymuszonego) uruchomienia obliczeń lub ich wczytania. Proces wczytywania gotowych wyników obliczeń do pamięci komputera może trwać do kilkunastu sekund (w zależności od skomplikowania układu) i opatrzony jest odpowiednim komunikatem na ekranie:



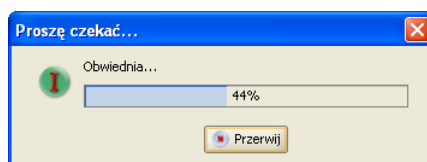
Rys. 321 Komunikat o wczytywaniu wyników

Gdy wczytamy do programu wcześniej zapisany dowolny układ statyczny, wykonamy jego istotną modyfikację, a następnie przeliczymy statykę i wymiarowanie, przy zamykaniu programu użytkownik zostanie zapytany, czy ma być zapisany zmieniony projekt. Jeśli użytkownik potwierdzi zapis, układ w zmienionej formie zostanie zapisany wraz z wynikami obliczeń. W przeciwnym przypadku wyjściowy układ nie zostanie zmodyfikowany, a wyniki przeprowadzonych obliczeń (dla zmienionego układu) nie zostaną zapisane na dysku. Taka metodologia zapewnia zachowanie spójności danych wyjściowych i przypisanych im wyników obliczeń statycznych oraz wymiarowania.

## 12.2. Analiza wyników na ekranie

Obliczenia w programie rozpoczynają się po kliknięciu ikony  **Uruchomienia obliczeń** lub po uaktywnieniu zakładki **Wyniki**. Po przeliczeniu projektu przetaczanie się między zakładkami nie będzie powodowało kolejnego uruchomienia obliczeń. Będzie tak do chwili dokonania zmian w projekcie – po wykonaniu zmian i uaktywnieniu zakładki **Wyniki** obliczenia zostaną uruchomione ponownie.

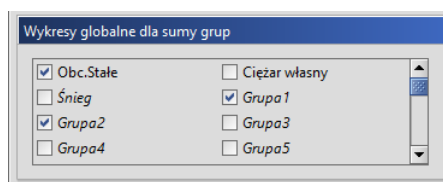
Czas rozwiązywania układu zależy od stopnia jego skomplikowania. Do zwiększenia czasu obliczeń wydatnie przyczynia się większa ilość grup obciążeń zmiennych w projekcie. Dla każdej grupy zmiennej program musi ponownie rozwiązywać układ równań. Dodatkowo większa ilość grup zmiennych powoduje zwiększenie rozpatrywanej ilości kombinacji grup przez program podczas szukania obwiedni sił przekrojowych. W trakcie obliczeń wyświetlany jest na ekranie pasek postępu oraz aktualna informacja o ich stanie. W przypadku gdy liczony układ jest geometrycznie zmienny, obliczenia są przerywane i wydawany jest odpowiedni komunikat. W każdej chwili proces liczenia może zostać przerwany przez użytkownika przyciskiem **Przerwij**.




Rys. 322 Pasek postępu w trakcie obliczeń

Zakładka **Wyniki** umożliwia graficzną i numeryczną analizę wyników obliczeń. Na zakładce przedstawione są wyniki tylko dla jednego wybranego pręta lub węzła podporowego. Wyboru elementu dokonujemy, klikając na nim myszką w oknie widoku układu. Wybrany element jest wyróżniony kolorem na ekranie.

Na dole zakładki **Wyniki** znajduje się lista grup obciążeń zdefiniowanych w projekcie. Na liście możemy określić, które grupy obciążeń mają być wykorzystywane do obliczania wyników – wartości przeliczają się automatycznie w czasie rzeczywistym. W przypadku obwiedni lub ekstremów po kombinacjach w tej sekcji zaznaczone są grupy (wraz z przyjętymi współczynnikami) budujące dane ekstremum lub właściwa kombinacja.



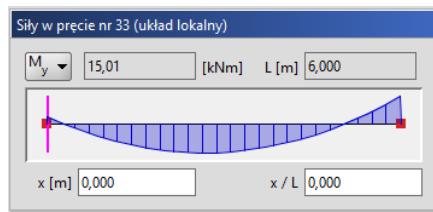
Rys. 323 Wybór grup obciążeń

Niektóre pozycje na liście grup mogą być nieaktywne. Oznacza to, że dana grupa jest grupą nieaktywną (wyłączona w oknie  **Grup obciążeń**) i nie ma dla niej wyników w pamięci. Nad listą grup znajdują się przełączniki włączające lub wyłączające widok wykresów poszczególnych sił wewnętrznych na ekranie graficznym.

Podręcznik do programu

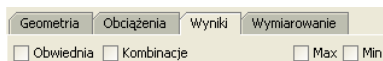
Opis programu R3D3-Rama 3D

Po zaznaczeniu pręta wyświetlane są wartości sił przekrojowych oraz przemieszczeń w punkcie. Wartości określone są względem lokalnego układu współrzędnych pręta. Dla pręta wyświetlany jest dodatkowy podgląd wykresu jednej wybranej siły przekrojowej lub przemieszczenia. Typ prezentowanego wykresu określa się w rozwijanym polu.



Rys. 324 Wykresy sił dla pojedynczego pręta

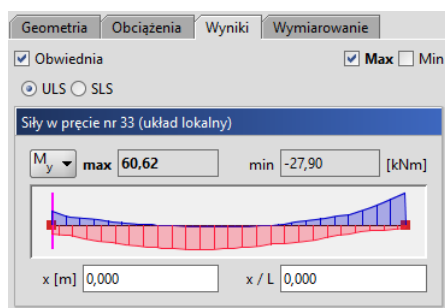
Punkt, z którego odczytywane są wartości, można określić za pomocą zielonego suwaka ustawionego na wykresie oraz podając jego współrzędne z klawiatury. Na podglądzie pręta oraz na widoku układu rysowane są znaczniki pokazujące, z którego punktu pręta odczytywane są wyniki.



Rys. 325 Przełączniki Grupy/Obwiednia/Kombinacje

Po przełączeniu wyświetlania wyników w tryb **Obwiedni** lista grup obciążeń staje się nieaktywna. W tym trybie pracy programu automatycznie ustalany jest zestaw grup dających wyniki ekstremalne. Lista grup pokazuje wtedy na bieżąco, które grupy są brane do obliczeń.

W trybie **Obwiedni** należy określić typ wyświetlanych danych numerycznych. Można wyświetlać wartości minimalne lub maksymalne w danym punkcie pręta (lub dla reakcji podporowej). Wyboru dokonujemy przez zaznaczenie jednego z dwóch pól: **min** lub **max**, znajdujących się na górze zakładki **Wyniki**. Na ekranie wyświetlane są jednocześnie wykresy maksymalne i minimalne.



Rys. 326 Wykresy obwiedni dla pojedynczego pręta

Rodzaj siły wewnętrznej, dla której szukane są wartości maksymalne i minimalne określa się w rozwijanej liście znajdującej się w grupie **Siły w pręcie**. Nazwa i wartość wybranej ekstremalnej siły wewnętrznej jest dodatkowo wytłuszczona w grupie **Siły przekrojowe w punkcie**. Pozostałe wartości sił przekrojowych są wartościami odpowiadającymi tej sile. Nie są one wartościami obwiedni dla tych sił.

|                |       |                |        |                |       |       |
|----------------|-------|----------------|--------|----------------|-------|-------|
| N              | -8,13 | T <sub>y</sub> | 0,00   | T <sub>z</sub> | 80,70 | [kN]  |
| M <sub>x</sub> | 0,00  | M <sub>y</sub> | 60,62  | M <sub>z</sub> | -0,00 | [kNm] |
| σ <sub>+</sub> | 22,36 | σ <sub>-</sub> | -23,67 |                |       | [MPa] |

Rys. 327 Siły przekrojowe w punkcie

Po zaznaczeniu podpory (węzła podporowego) wyświetlane są wartości obwiedni reakcji. Wyboru reakcji, dla której obliczana jest obwiednia, dokonuje się z rozwijanego menu. Menu jest wyświetlane po wciśnięciu przycisku znajdującego się w nagłówku okna **Obwiednia reakcji**. Nazwa wybranej reakcji wyświetlana jest pogrubioną czcionką, podobnie jak ma to miejsce przy siłach przekrojowych w przecię. Pozostałe wartości reakcji są wartościami odpowiadającymi.

|                |       |                |       |                |        |       |
|----------------|-------|----------------|-------|----------------|--------|-------|
| R <sub>x</sub> | 18,70 | R <sub>y</sub> | 1,24  | R <sub>z</sub> | 221,21 | [kN]  |
| M <sub>x</sub> | -1,72 | M <sub>y</sub> | 32,81 | M <sub>z</sub> | -0,01  | [kNm] |
| σ <sub>+</sub> |       | σ <sub>-</sub> |       |                |        | [MPa] |

|                |      |                |      |                |      |                        |
|----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------------|
| dx             | 0,00 | dy             | 0,00 | dz             | 0,00 | [mm]                   |
| φ <sub>x</sub> | 0,00 | φ <sub>y</sub> | 0,00 | φ <sub>z</sub> | 0,00 | [10 <sup>-3</sup> rad] |

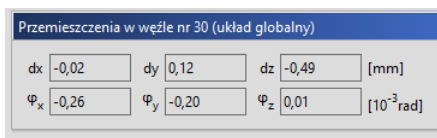
Rys. 328 Obwiednia reakcji

Okno **Przemieszczenia w punkcie** pokazuje wartości przemieszczeń dla sumy wybranych grup obciążeń, niezależnie od trybu pracy programu.

|     |        |    |       |    |       |      |
|-----|--------|----|-------|----|-------|------|
| dx  | -10,34 | dy | 0,00  | dz | -1,57 | [mm] |
| d/L | 0,00   | d  | 10,46 |    |       | [mm] |

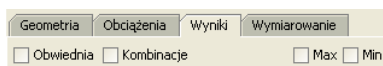
Rys. 329 Wartości przemieszczeń pręta (układ lokalny)

W przypadku zaznaczenia na ekranie graficznym pręta, na zakładce **Wyniki** w grupie **Przemieszczenia w punkcie** pokazywane są jedynie wartości przemieszczeń liniowych wybranego punktu pręta, wyświetlane zawsze w układzie lokalnym tego pręta dla wybranej: obwiedni, grupy, sumy grup lub kombinacji. Przy analizie wyników obwiedni reakcji podporowych, dla zaznaczonego węzła podporowego wyświetlane są przemieszczenia liniowe i obroty tego węzła, podane zawsze w układzie globalnym całego układu i odpowiadające zestawowi grup obciążeń, budującemu dane ekstremum reakcji. W programie nie jest dostępna obwiednia przemieszczeń i obrotów węzłów i podpór, a jedynie na etapie szczegółowego wymiarowania dostępna jest obwiednia przemieszczeń i ugięć względnych dla prętów lub elementów wymiarowych. Dodatkowo przy analizie wyników dla dowolnej grupy, wybranej sumy grup lub kombinacji, dla zaznaczonego dowolnego węzła układu (również podporowego), w grupie **Przemieszczenia węzła** na zakładce **Wyniki** wyświetlane są w układzie globalnym wszystkie przemieszczenia i kąty obrotu danego węzła, otrzymane dla danego zestawu grup obciążeń.




Rys. 330 Przemieszczenia i kąty obrotu węzła (układ globalny)

Prezentacja wyników dla zdefiniowanych przez użytkownika kombinacji oraz analiza naprężeń zostały omówione szczegółowo w rozdziale 3 (**Kombinacje użytkownika i Naprężenia w przekroju**).

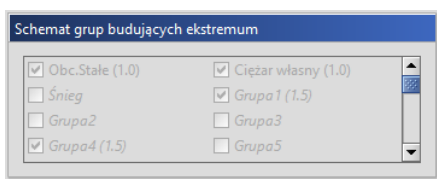


Rys. 331 Przełączniki Min/Max

W przypadku analizy wyników prowadzonej na ekranie, dla poszczególnych grup i sumy grup obciążeń, aktywne są górne przełączniki **Min/Max** na zakładce **Wyniki**. Mogą one w tym trybie przyjmować trzy stany: oba wyłączone lub włączony jeden z nich, co odpowiada wyświetlaniu wyników charakterystycznych lub obliczeniowych (ze współczynnikami obciążenia odpowiednio min. lub max.) dla wybranych grup lub sumy grup obciążeń. Wyniki dla grup i sumy grup w raportach podawane są jako charakterystyczne lub obliczeniowe, zależnie od ustawienia odpowiedniego przełącznika w oknie  **Eksport do formatu RTF**.

Na zakładce **Wyniki** dla ekstremów obwiedni i kombinacji, wszystkie wartości widocznego w danej chwili ekstremum i ich opisy wyświetlane są jako pogrubione (Bold). Na ekranie graficznym ekstrema wyświetlanej w danej chwili reakcji dla obwiedni i kombinacji również wyświetlane są zawsze jako pogrubione i w kolorze czarnym. Pozwala to na szybkie zorientowanie się czy dana wartość jest odpowiednim ekstremum obwiedni bądź kombinacji.

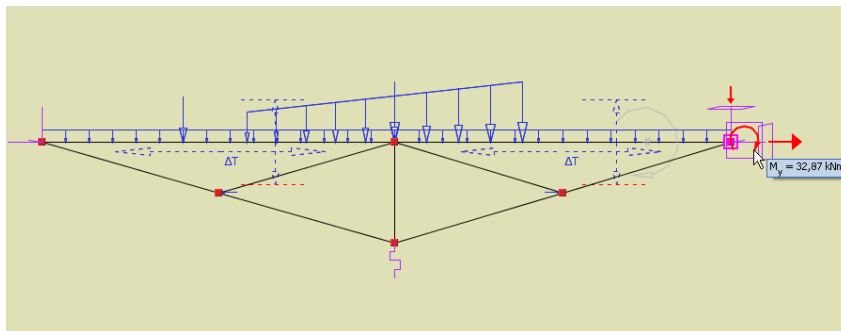
Na zakładce **Wyniki** wydzielono osobny panel wyświetlania grup obciążeń opatrzony odpowiednim nagłówkiem „**Schemat grup budujących ekstremum**” dla obwiedni lub ekstremów kombinacji lub **Wykresy globalne dla sumy grup/ Wykresy globalne dla kombinacji** w pozostałych przypadkach.



Rys. 332 Schemat grup budujących ekstremum

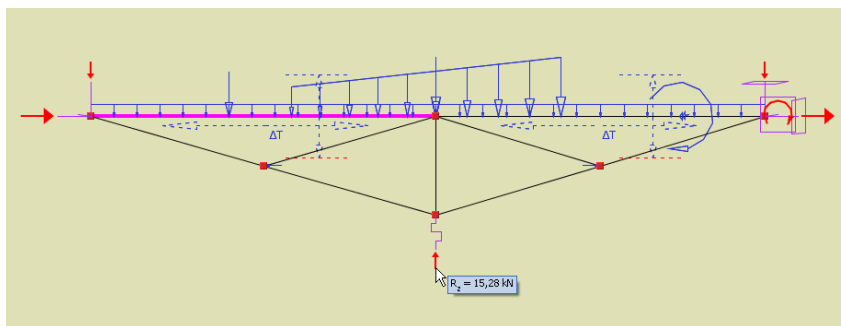
## 12.3. Funkcja wizualizacji reakcji

Na zakładce **Wyniki** istnieje możliwość wizualizacji kierunków i wartości reakcji podpór. Wizualizacja reakcji możliwa jest w programie w dwóch trybach.



Rys. 333 Widok reakcji dla pojedynczego węzła (obwiednia)

Dla pojedynczego węzła podporowego (zaznaczonego na zakładce **Wyniki**) dostępna jest wizualizacja reakcji i ich wartości: dla grup i wybranej sumy grup obciążeń, wybranej kombinacji lub wybranego ekstremum obwiedni reakcji.





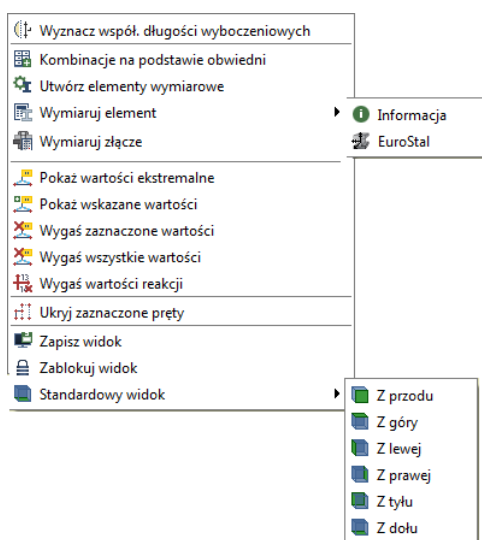
Rys. 334 Widok reakcji dla całego układu (suma grup obciążeń)

Drugi tryb wizualizacji reakcji dotyczy całości układu i dostępny jest na zakładce **Wyniki** po zaznaczeniu znacznika **R** w panelu **Rysowane wykresy globalne**. Wówczas dla całego układu wyświetlane są odpowiednie kierunki reakcji w węzłach podporowych dla grup i sumy grup obciążeń oraz wybranych kombinacji. W tym trybie nie jest dostępne wyświetlanie reakcji dla jakiegokolwiek obwiedni. Przy wybraniu **Obwiedni** sił na zakładce **Wyniki** użytkownik traci możliwość zaznaczenia wspomnianego znacznika **R**. Podgląd wartości poszczególnych reakcji w obu trybach dostępny jest w wyświetlanej dynamicznie podpowiedzi, widocznej po najechaniu kursorem myszki na symbol odpowiedniej reakcji. W węzłach podporowych, dla których jedna z reakcji ma wartość 0, symbol tej reakcji nie jest wyświetlany, niezależnie od tego, że więź danego typu jest założona.



## 12.4. Funkcja wizualizacji wartości na wykresach globalnych

Dla wykresów globalnych całości układu (sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń) istnieje możliwość wyświetlania ich wartości ekstremalnych lub innych wartości we wskazanych przez użytkownika punktach. W tym celu, będąc na zakładce **Wyniki**, po zaznaczeniu kilku wybranych prętów można wybrać z menu kontekstowego prawego klawisza myszki jedną z dwóch funkcji:

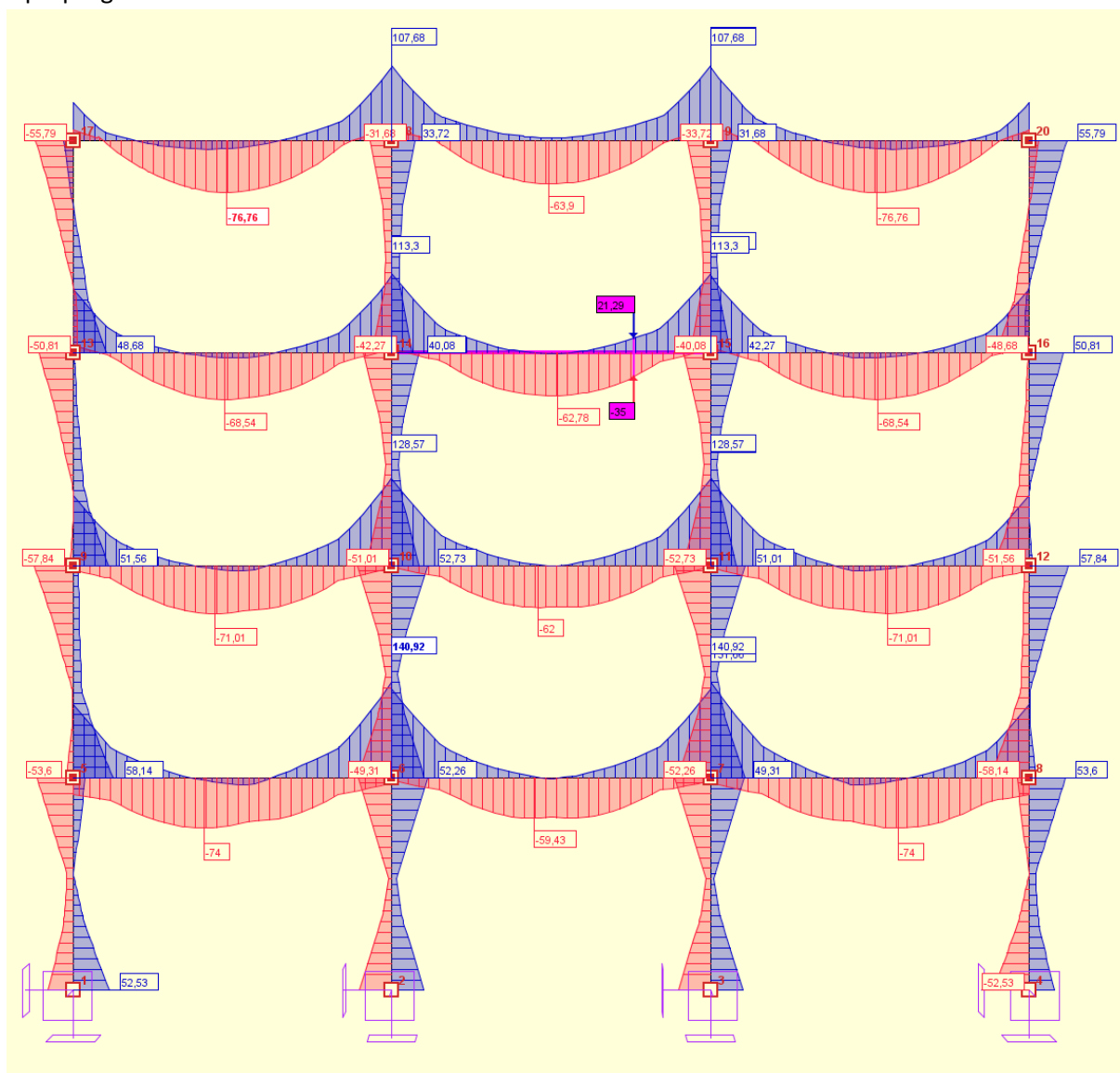
-  **Pokaż wartości ekstremalne** (pozycja dostępna w menu, jeśli zaznaczone są pręty, dla których nie są pokazywane wartości ekstremalne) – funkcja ta dla wskazanych prętów układu automatycznie wyświetla w odpowiednich punktach ekstremalne wartości wykresów (sił wewnętrznych, naprężeń lub przemieszczeń). Przy wyświetlaniu pomijane są wartości zerowe, nawet wówczas gdy stanowią ekstremum.
-  **Pokaż wskazane wartości** – wybranie tej funkcji pozwala użytkownikowi wskazać na prętach układu dodatkowe lokalizacje, w których mają zostać wyświetlone wartości aktualnie widocznych wykresów. Podczas działania tej funkcji uruchamiane jest działanie punktów przyciągania do pręta, wraz z domiarem lokalizacyjnym i precyzyjnym ustawianiem położenia za pomocą kursorów. Aby zakończyć działanie tej funkcji, należy wcisnąć klawisz **Esc**.




Rys. 335 Menu kontekstowe prawego klawisza myszki dla zakładki Wyniki



Wartości na wykresach globalnych wyświetlane będą w etykietach z uwzględnieniem znaku i z pominięciem jednostki, która jest taka sama, jak dla odpowiednich wartości wyświetlanych na zakładce **Wyniki**. Prezentacja wartości na wykresach działa jedynie w ramach danej sesji programu lub do momentu ponownego przeliczenia statyki układu. Po wykonaniu powtórnych obliczeń statycznych procedurę włączania wyświetlania wartości na wykresie należy powtórzyć. Samo przejście między zakładkami nie powoduje usunięcia wyświetlanych wartości na wykresach. W celu wygaszenia wyświetlania wszystkich wartości na wykresach należy z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wywołać funkcję:  **Wygaś wszystkie wartości** (pozycja dostępna w menu, jeśli wyświetlane są jakiegokolwiek wartości ekstremalne lub zdefiniowane przez użytkownika). W przypadku gdy chcemy wyłączyć wyświetlanie wartości na jednym lub kilku prętach, wybieramy z menu kontekstowego opcję:  **Wygaś zaznaczone wartości** (pozycja dostępna w menu, jeśli zaznaczone są pręty, dla których pokazywane są wartości ekstremalne lub zdefiniowane przez użytkownika).





Rys. 336 Widok układu z wartościami pokazanymi na wykresach

Przy dużych złożonych układach statycznych zaleca się używanie funkcji wyświetlania wartości na wykresach tylko dla ograniczonej liczby prętów z jednoczesnym ukryciem części układu oraz przy włączonym pojedynczym wykresie, np.  $M_y$ . W przeciwnym razie użycie tych funkcji może prowadzić do dużego zwolnienia działania programu, a zwłaszcza spowoduje utratę czytelności wyświetlanych wartości i odpowiadających im wykresów. W celu poprawienia czytelności wyświetlanych wartości można w pewnym zakresie posługiwać się sterowaniem wielkością etykiet w oknie  **Ustawień** programu i projektu.

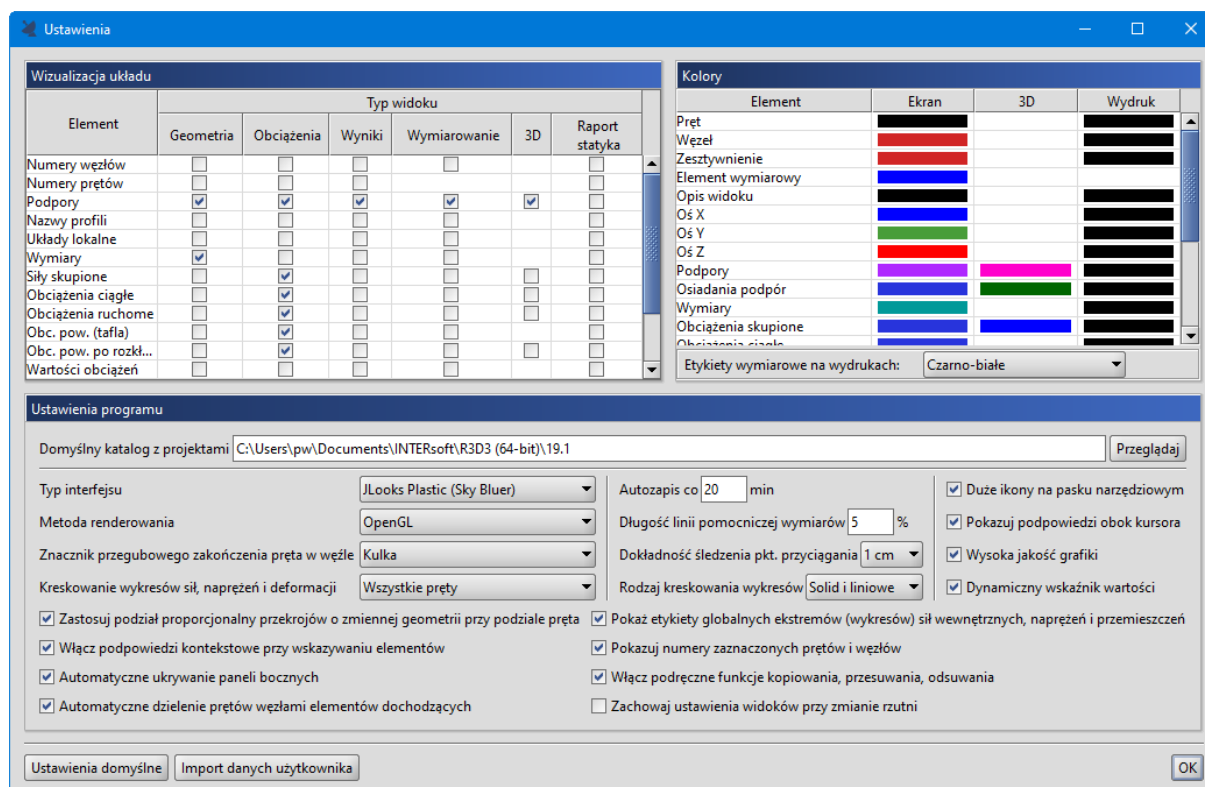
Analogicznie jak w przypadku wartości sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń na wykresach, w menu prawego klawisza myszki dla zakładki **Wyniki** można włączyć lub wyłączyć wyświetlanie wartości widocznych na ekranie reakcji podporowych. Do tego celu służą funkcje menu prawego klawisza myszki:  **Pokaż wartości reakcji** i  **Wygaś wartości reakcji**. Wartości reakcji wyświetlane są bez etykiety, zawsze w kolorze czarnym, bezpośrednio przy symbolu danej reakcji. Wartości reakcji wyświetlane są w postaci ułamka gdzie dla danego kierunku w liczniku podana jest wartość siły,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

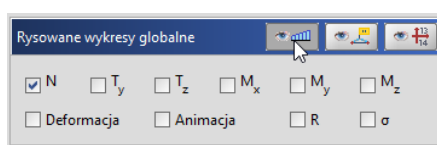
a w mianowniku wartość momentu w podporze. W przypadku gdy jedna z tych wartości jest zerowa, wyświetlana jest dla danego kierunku tylko pojedyncza wartość.

W celu poprawienia czytelności otrzymanych wyników a zwłaszcza czytelności otrzymanych wykresów sił wewnętrznych, naprężeń i deformacji wprowadzono możliwość ich kolorowania i kreskowania. Sposób wyświetlania wykresów można włączyć tylko dla analizowanego pręta (na modelu i zakładce **Wyniki**) lub dla wszystkich prętów układu. Wybór odpowiedniej opcji dostępny jest w oknie **Ustawień – Kreskowanie wykresów sił, naprężeń i deformacji**.



Rys. 337 Ustawienia kreskowania wykresów

Poza wyborem dla jakich elementów ma być wykonane wypełnianie wykresów można również ustawić w tym oknie sposób wypełnienia wykresów. Dostępne jest wypełnienie kreskowaniem liniowym, wypełnienie przezroczystym solidem lub wariantem łączącym oba te wypełnienia. Kolor wypełnienia i kreskowania odpowiada kolorom danego wykresu lub danego ekstremum w programie (które również można zmieniać w oknie **Ustawień** programu). W przypadku ustawienia kreskowania wykresów dla wszystkich prętów, będą kreskowane odpowiednio również wszystkie wykresy w raportach z obliczeń. Na zakładce **Wyniki** w sekcji **Wykresy globalne** wprowadzono dodatkowy przycisk szybkiego włączania wypełnienia wykresów. Niżej umieszczono przełączniki umożliwiające globalne wyświetlanie poszczególnych wykresów.

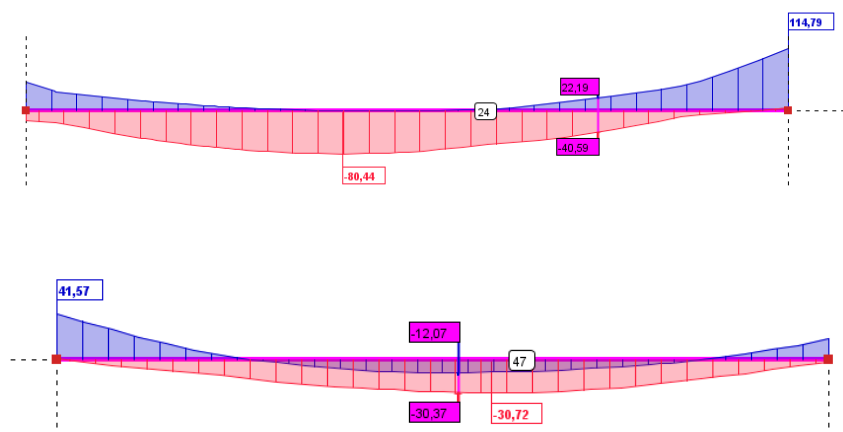


Rys. 338 Przycisk szybkiego włączania wypełnienia wykresów

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

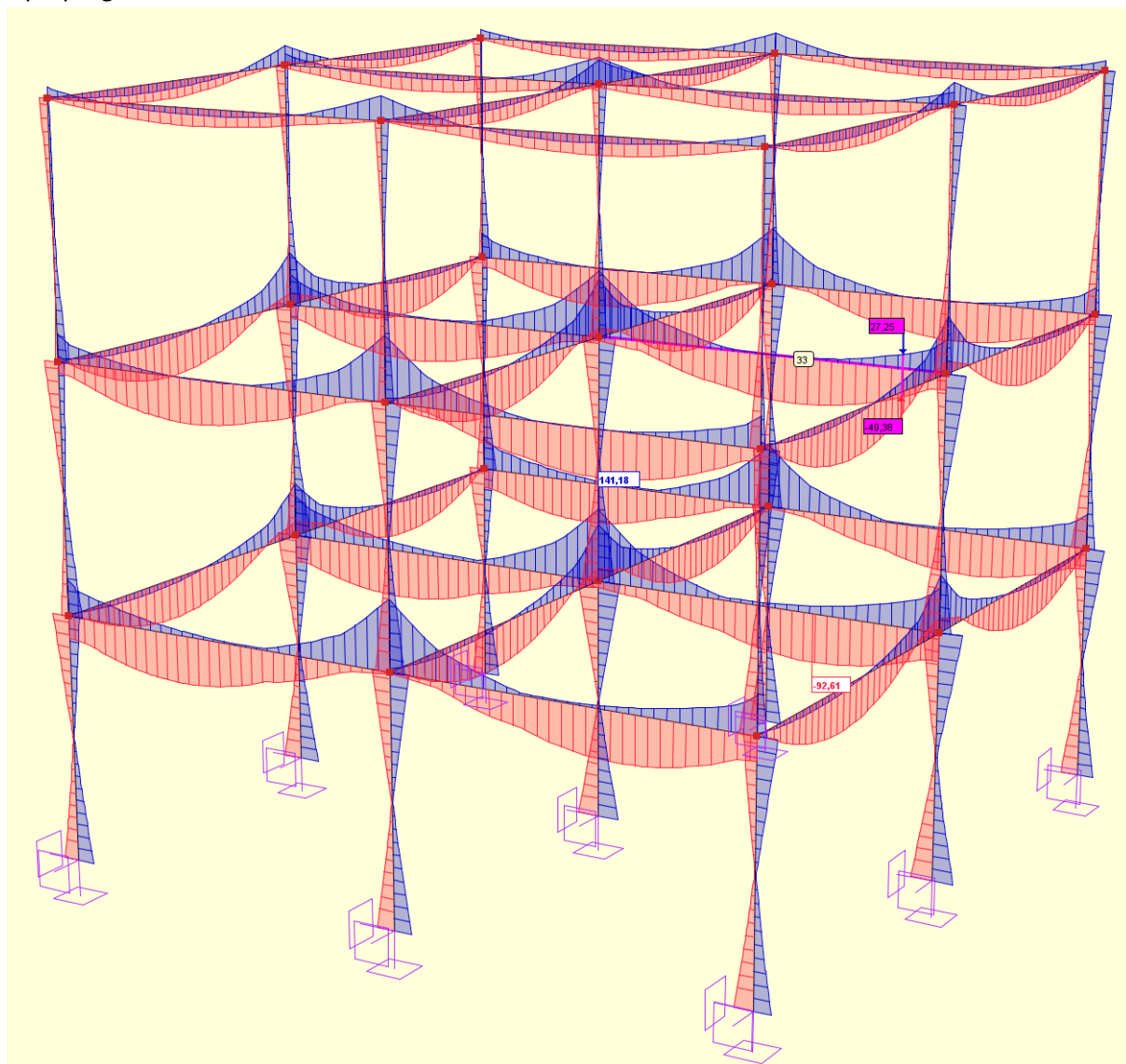
Analizując globalne wykresy sił wewnętrznych, naprężeń lub deformacji na zakładce **Wyniki**, możemy na wykresie zamieszczonym w górnym panelu tej zakładki - **Siły na pręcie...** zmieniać lokalizację na pręcie, przesuwaną odpowiedni znacznik na pręcie. Wraz z przemieszczaniem tego znacznika, dla wykresu wybranego w tym panelu, na głównym ekranie graficznym odwzorowany jest dla wybranego pręta analogiczny znacznik opisujący strzałkami odpowiednie wartości wykresu wyświetlone w dołączonych etykietach. Dla wyników dla grup, sumy grup i poszczególnych kombinacji jest to jedna etykieta z wartością wykresu, natomiast dla obwiedni i ekstremum po kombinacjach są to dwie wartości w etykietach odpowiadające wartości minimum i maksimum w danym punkcie pręta. Dynamiczny wskaźnik wartości na wykresach globalnych można wyłączyć odznaczając odpowiednią opcję w oknie **Ustawień**.



Rys. 339 Znacznik wartości sił na wykresie globalnym

## 12.5. Etykiety globalnych ekstremów wykresów sił wewnętrznych i naprężeń

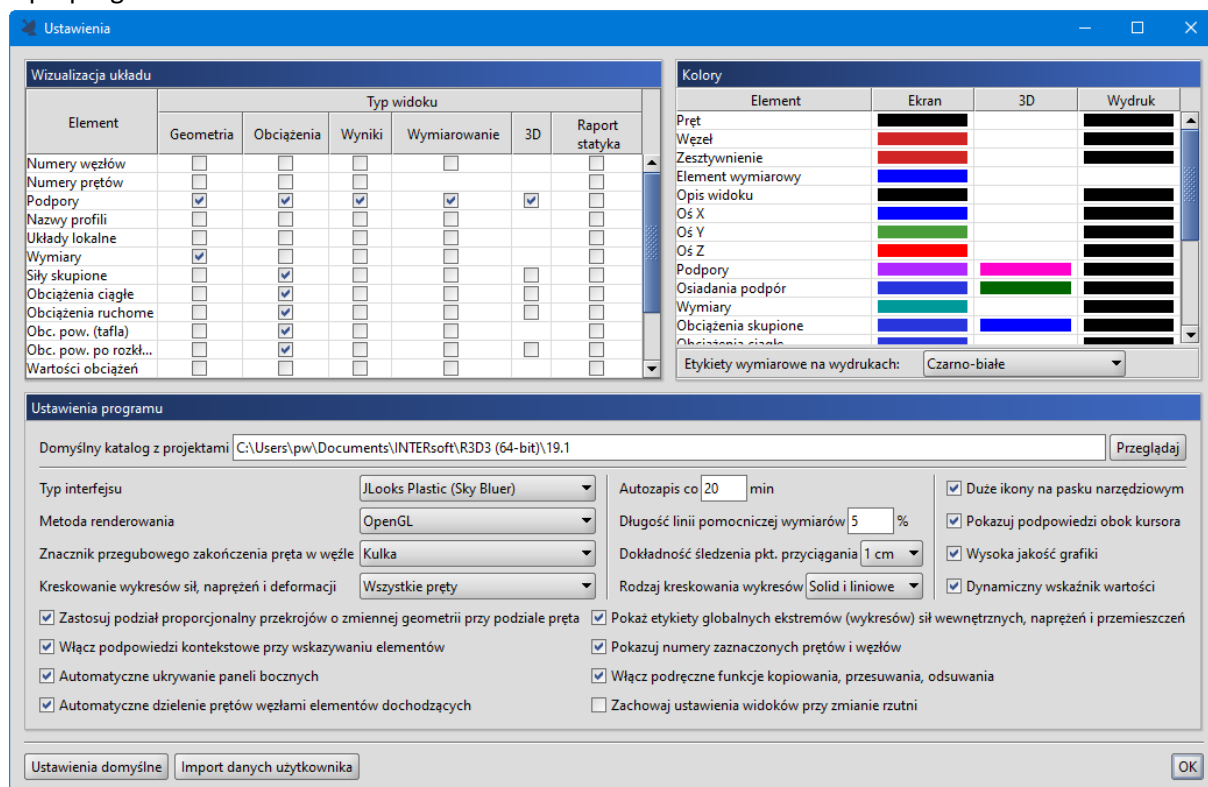
Domyślnie po włączeniu globalnego wykresu przemieszczeń, sił wewnętrznych lub naprężeń dla widocznego na ekranie graficznym układu, wykresy te wyświetlają się wraz z dwiema wyszczególnionymi etykietami przedstawiającymi lokalizację i wartość globalnego ekstremum dla danego wykresu (minimum globalne i maksimum globalne).



Rys. 340 Etykiety globalne wykresów

Dla wykresów przemieszczeń wyświetlana jest tylko jedna etykieta globalnego maksimum. W przypadku gdy część elementów modelu zostanie ukryta przez użytkownika, wartości i lokalizacje globalnych ekstremów zostaną odpowiednio zmodyfikowane i ograniczone do widocznej w danej chwili części układu. Wartości w etykietach globalnych ekstremów wyświetlane są na wykresach w kolorze danego wykresu, lecz w odróżnieniu od pozostałych etykiet wartości sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń wyświetlane są one **boldem** na białym tle, co wyróżnia je na tle pozostałych etykiet. Wyświetlanie etykiet globalnych na wykresach można wyłączyć w oknie **Ustawień** programu, odznaczając znacznik: ***Pokaż etykiety globalnych ekstremów sił wewnętrznych, naprężeń i przemieszczeń.***

## Podręcznik do programu Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 341 Okno Ustawień

## 12.6. Przyjęte w programie główne reguły znakowe

### Obciążenia

Wszystkie obciążenia wektorowe zadawane w programie ArcADia-RAMA są zakładane dodatnie wówczas, gdy wektor ich działania lub wypadkowej ich działania skierowany jest przeciwnie do danej osi globalnego układu współrzędnych (dla obciążeń zadawanych w GUW) lub przeciwnie do osi lokalnego układu współrzędnych (dla obciążeń zadawanych w LUW).

### Siły wewnętrzne

Wykresy momentów gnących  $M_z$  i  $M_y$  rysowane są zawsze po stronie rozciągniętej pręta (przez ten moment). Wartości dodatnie momentów gnących przyjmowane są, gdy moment występuje po górnej stronie pręta, a ujemne, gdy moment występuje po dolnej stronie pręta, przy czym górną i dolną stronę pręta wskazuje oś układu lokalnego zawarta w płaszczyźnie, w której działa dany moment i prostopadła do tego pręta. Kierunek tej osi wyznaczony jest zawsze od strony dolnej do strony górnej pręta.

Wartości sił normalnych dla ściskania przekroju pręta podawane są jako ujemne, a dla rozciągania pręta jako dodatnie.

### Reakcje


Reakcje węzłów podporowych zgodne z kierunkiem osi globalnego układu współrzędnych są dodatnie, a przeciwnie ujemne, tak samo naniesione w węzłach podporowych strzałki reakcji zawsze wskazują

Podręcznik do programu


Opis programu R3D3-Rama 3D

rzeczywisty kierunek działania danej reakcji – dodatni zgodnie z osią GUW, a ujemny przeciwnie do osi GUW. Kierunek wektora reakcji i jego wartość, naniesione w węzłach podporowych, są zawsze ze sobą zgodne i nie oznaczają, że np. przy wartości ujemnej kierunek wektora reakcji jest tak naprawdę przeciwny do narysowanego na modelu.

## 12.7. Funkcja raportu z ekranu graficznego

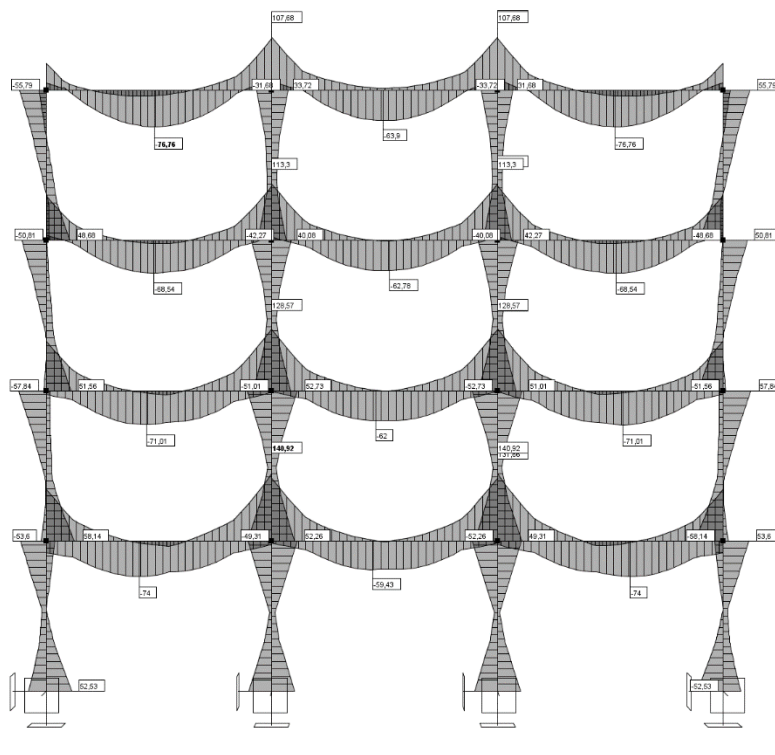
W programie, będąc na dowolnej zakładce (**Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki** lub **Wymiarowanie**), można wykonać zrzut aktualnego widoku ekranu graficznego do raportu **RTF**. W tym celu z menu rozwijalnego głównego paska narzędziowego **Raporty** wybieramy opcję:  **Raport aktualnego widoku ekranu graficznego**. Na powyższy raport składają się:

- tytuł odpowiadający zakładce, z której wykonano zrzut,
- powiększony na całą kartkę aktualny widok ekranu graficznego, wykonany zawsze na białym tle, przedstawiający aktualny widok układu, widziany w identycznym położeniu jak na ekranie,
- opis wartości i ich jednostek przedstawianych na układzie (tylko dla zakładek **Wyniki** i **Wymiarowanie**).

Funkcja raportu z ekranu graficznego przewidziana jest do prezentacji w formie wydruku wybranych przez użytkownika fragmentów lub całości układu, zawierających np. wykresy dowolnych sił wewnętrznych, naprężeń lub przemieszczeń wraz z ich wartościami opisanymi w punktach ekstremalnych i wskazanymi przez użytkownika oraz prezentacji kierunków reakcji lub wyników wymiarowania zbiorczego w zakresie stanu granicznego nośności lub użytkowania. Przy wykonywaniu tego raportu należy zawsze pamiętać, że widok w raporcie będzie dokładnym odzwierciedleniem widoku układu na ekranie i w przypadku ustawienia jednoczesnego wyświetlania zbyt dużej ilości informacji może on być w obu przypadkach nieczytelny. Domyślnie raport wykonywany jest jako czarno-biały. W przypadku gdy chcemy wykonać raport w kolorach lub odcieniach szarości, należy ustawić odpowiednią opcję kolorów etykiet na wydruku, w oknie  **Ustawień** programu.

Przykładowe raporty z ekranu graficznego dla zakładek **Wyniki** i **Wymiarowanie** przedstawiono poniżej:

### R3D3-Rama 3D - Wyniki



|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Typ obciążenia:</b> |  |
| Obwiednia              |  |

|                              |       |       |
|------------------------------|-------|-------|
| <b>Rodzaj oddziaływania:</b> |       |       |
| Momenty gnące:               | $M_y$ | [kNm] |

### R3D3-Rama 3D - Wymiarowanie



|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| <b>Typ:</b> |                             |
| Obwiednia:  | sił wewnętrznych i naprężeń |


Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                                  |     |  |
|----------------------------------|-----|--|
| <b>Stan graniczny nośności:</b>  |     |  |
| Stopień wykorzystania przekroju: | SGN |  |




## 12.8. Podstawowe typy raportów


W programie **R3D3-Rama 3D** mogą być wykonane następujące rodzaje raportów:

-  **Raport z obliczeń statycznych** – obejmuje siły wewnętrzne, reakcje, przemieszczenia i naprężenia dla obwiedni, poszczególnych grup obciążeń, sumy grup, kombinacji i obwiedni po kombinacjach.

Wywołanie: menu **Plik - Raport obliczeń**.

-  **Raport z wymiarowania** – skrócony raport z wymiarowania całości układu, zawierający informacje o przekrojach, grupach prętów, elementach wymiarowych, definicjach typu wymiarowania, sprawdzeniach nośności oraz ugięciu i zarysowaniu.

Wywołanie: menu **Plik - Raport z wymiarowania**.

-  **Raport z ekranu graficznego** – obejmuje pojedynczy raport z aktualnego widoku graficznego całego układu lub jego widocznej części wraz włączonymi wartościami sił, naprężeń lub przemieszczeń lub etykietami wymiarowymi.

Wywołanie: **Plik – Raport z aktualnego widoku graficznego**.

- **Raport z edycji przekroju** – obejmuje wszystkie charakterystyki edytowanego przekroju.

Wywołanie: Edytor przekrojów – Raport.

- **Raport z widoku 3D** – obejmuje widok 3D układu z zaznaczeniem elementów, dla których przekroczone zostały dopuszczalne naprężenia sprężyste.

Wywołanie: Widok 3D – Raport.

- **Raport z naprężeń normalnych w przekroju** – obejmuje wykres naprężeń normalnych w przekroju.

Wywołanie: **Naprężenia w przekroju – Raport** (ustawiona zakładka naprężeń normalnych).

- **Raport z naprężeń stycznych w przekroju** – obejmuje wykresy naprężeń stycznych w danym przekroju (tylko dla przekrojów monosymetrycznych).

Wywołanie: **Naprężenia w przekroju – Raport** (ustawiona zakładka naprężeń stycznych).

- **Raport z naprężeń zredukowanych w przekroju** – obejmuje wykresy bryły naprężeń zredukowanych w danym przekroju (tylko dla przekrojów monosymetrycznych).

Wywołanie: **Naprężenia w przekroju – Raport** (ustawiona zakładka naprężeń zredukowanych).

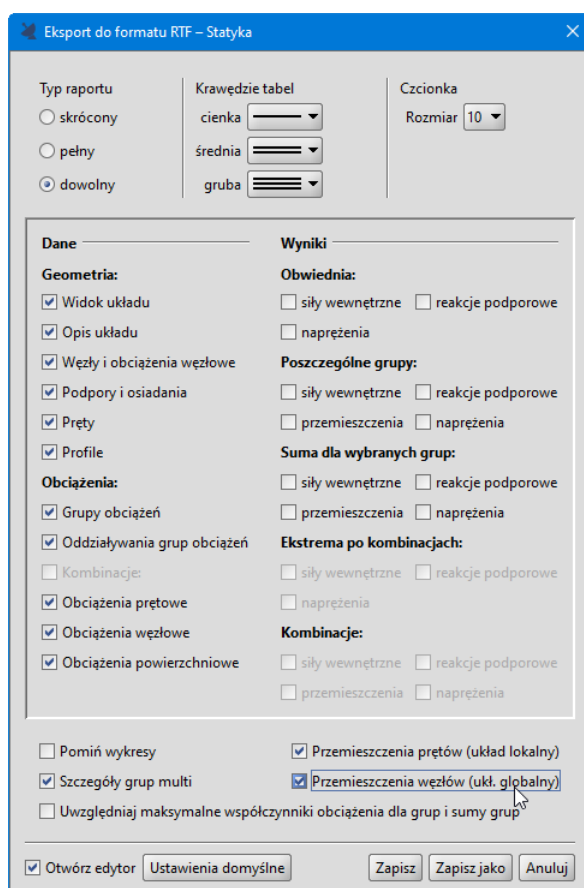
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Szczegółowy opis ich zawartości i sposobu uzyskania został omówiony w poprzednich i następnym rozdziałach. Poza opisanymi powyżej raportami, uzyskanymi z głównego programu obliczeniowego, każda z nakładek wymiarujących dla pojedynczego pręta, elementu złożonego lub elementu wymiarowego tworzy osobny szczegółowy raport z wymiarowania.

## 12.9. Raport z przemieszczeń węzłów w układzie globalnym

Dla poszczególnych grup obciążeń, dowolnej sumy tych grup oraz kombinacji użytkownika wprowadzono możliwość utworzenia raportu z przemieszczeń węzłów publikowanych w układzie globalnym. Zależnie od ustawienia dolnych przełączników: **Przemieszczenia prętów (układ lokalny)** i **Przemieszczenia węzłów (układ globalny)** w oknie **Eksportu do formatu RTF** wyników obliczeń, po wybraniu przemieszczeń dla grup, sumy grup lub kombinacji, eksportowane są do raportu tabele przemieszczeń prętów lub węzłów lub obie tabele jednocześnie.

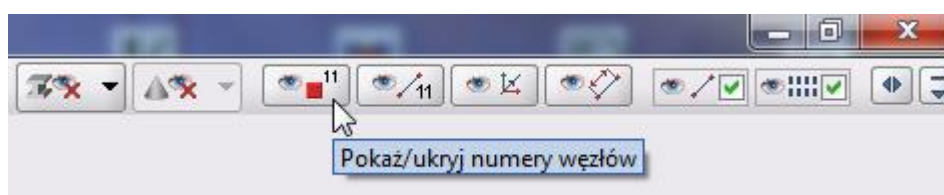


Rys. 342 Przełączniki dla przemieszczeń prętów w układzie lokalnym i węzłów w układzie globalnym przy tworzeniu raportów dla grup, sumy grup obciążeń i kombinacji

## 12.10. Funkcje szybkich zmian ustawień widoku na zakładkach





### 12.10.1. Pasek szybkich ustawień widoku na zakładkach

W prawym górnym narożniku głównego okna programu umieszczono cztery przyciski, za pomocą których użytkownik może sterować podstawowymi ustawieniami widoku głównego na poszczególnych zakładkach. Stan powyższych przycisków może być różnie ustawiony i zapamiętany dla każdej zakładki programu: **Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki** i **Wymiarowanie**. Odpowiada on takim samym ustawieniom odpowiednich znaczników umieszczonych w oknie **Ustawień** programu, ale pozwala na znacznie szybszy do nich dostęp w trakcie pracy nad projektem.



Rys. 343 Przyciski szybkiej zmiany ustawień na poszczególnych zakładkach

Generalnie na wszystkich zakładkach możliwa jest zmiana wszystkich dostępnych ustawień, a jedyny wyjątek stanowi brak możliwości wyświetlania numerów prętów na zakładce **Wymiarowanie** (zamiast nich wyświetlane są wyniki najgorszych sprawdzeń nośności, zbrojenia lub stanu granicznego użytkownika). Poniżej opisano funkcjonalność poszczególnych przycisków szybkich zmian ustawień:


-  – Włącza/wyłącza numery węzłów układu na poszczególnych zakładkach
-  – Włącza/wyłącza numery prętów układu na poszczególnych zakładkach (z wyjątkiem zakładki **Wymiarowanie**)
-  – Włącza/wyłącza widoczność układów lokalnych dla wszystkich prętów na poszczególnych zakładkach
-  – Włącza/wyłącza widoczność wszystkich wprowadzonych do modelu wymiarów na poszczególnych zakładkach

### 12.10.2. Panel zmiany widocznych grup obciążeń na zakładce Obciążenia





Na dole zakładki **Obciążenia** umieszczono dodatkowy panel umożliwiający szybką zmianę ustawień widocznych w danej chwili na ekranie graficznym grup obciążeń. W panelu tym wyświetlana jest lista wszystkich grup obciążeń zdefiniowanych w projekcie (z wyjątkiem grupy **Ciążaru własnego** konstrukcji) oraz odpowiednie pole znacznika przy każdej z nich. Dla rozróżnienia grup stałych i zmiennych wszystkie nazwy grup zmiennych, w tym także „multi” i ruchomych, wyświetlane są na panelu kursywą. Szybkie ustawienie widoczności poszczególnych grup obciążeń na zakładce **Obciążenia** odpowiada takiemu samemu ustawieniu parametru **Widoczna** wykonanemu w oknie definicji **Grup obciążeń**.

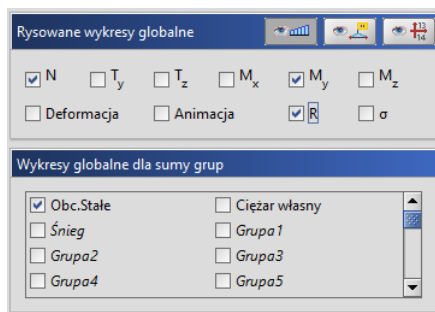


Rys. 344 Panel szybkich zmian ustawień grup obciążeń na zakładce *Obciążenia*

W nagłówku panelu z prawej strony umieszczono dodatkowy przycisk  <sup>11</sup> umożliwiający włączenie lub wyłączenie wyświetlania wszystkich wartości zadanych obciążeń w grupach widocznych aktualnie na ekranie graficznym. Odpowiada ono ustawieniu parametru widoczności wartości obciążeń na zakładce **Obciążenia**, który możemy zdefiniować w oknie **Ustawień** programu.

### 12.10.3. Włączanie wartości ekstremów i reakcji na zakładce Wyniki

Na zakładce **Wyniki** w nagłówku panelu **Rysowane wykresy globalne** dla sił wewnętrznych i naprężeń, z prawej strony, umieszczono dwa przyciski. Jeden   umożliwia włączanie i wyłączenie etykiet z wartościami ekstremów dla wszystkich prętów na wyświetlonych w danej chwili wykresach globalnych. Drugi   włącza lub wyłącza wyświetlanie wartości widocznych na modelu reakcji podpór. Ustawienia te odpowiadają odpowiednim funkcjom dostępnym z menu kontekstowego prawego klawisza myszki na zakładce **Wyniki**. Włączenie lub wyłączenie wartości ekstremów dla wszystkich prętów eliminuje zawsze wcześniejsze ustawienia wyświetlania ekstremów na wybranych prętach ale nie wyłącza wartości wykresów we wskazanej lokalizacji, dla których zmiany możemy wprowadzić tylko z menu kontekstowego prawego klawisza myszki na zakładce **Wyniki**.



Rys. 345 Przyciski wyświetlania wartości ekstremów i reakcji na zakładce *Wyniki*

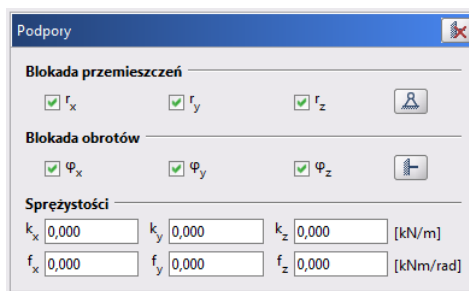
### 12.10.4. Szybkie usuwanie i ustawianie podpór przegubowych i sztywnych

Na zakładce **Geometria** w panelu **Podpory** obok znaczników blokady poszczególnych więzi węzła podporowego znajdują się dwie dodatkowe ikony. Jedna na poziomie znaczników blokady przesuwów, blokująca jednym kliknięciem wszystkie przesuwu zaznaczonych węzłów w modelu i tworząca dla nich w ten sposób podpory przegubowe nieprzesuwne oraz druga w poziomie znaczników blokady obrotów, blokująca dla zaznaczonych w modelu węzłów wszystkie obroty i przesuwu oraz dająca w efekcie zamocowanie sztywne w tych węzłach. Działanie obu przycisków jest zawsze identyczne do

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

opisanego powyżej, niezależnie od tego czy w wybranych przez użytkownika węzłach występowała dotychczas dowolna blokada więzi czy też nie.




Rys. 346 Przyciski szybkiego ustawiania podpór przegubowych i sztywnych

W nagłówku panelu **Podpory** na zakładce **Geometria** umieszczono również dodatkowy przycisk umożliwiający likwidację dowolnych podpór dla zaznaczonych węzłów układu.

## 12.11. Przygotowanie do wymiarowania


Przed przystąpieniem do końcowego wymiarowania elementów układ statyczny powinien być dokładnie sprawdzony, policzony i poddany wstępnej analizie. Aby to zrobić sprawnie, zaleca się wykonanie następujących czynności:







- Dzielimy pręty układu na grupy prętów, które, naszym zdaniem, powinny mieć ten sam przekrój i być zrobione z materiału o tych samych własnościach mechanicznych (tej samej klasie).
- Do poszczególnych grup prętów przypisujemy własności w postaci granicznych wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie (w przypadku elementów żelbetowych proponuje się na ściskanie przyjąć wytrzymałość betonu, a na rozciąganie wytrzymałość stali).
- Liczymy statykę i w  **Widoku 3D** sprawdzamy, dla których prętów nastąpiło przekroczenie założonych naprężeń (warto również sprawdzić, jak duże jest to przekroczenie), następnie dla tych prętów zwiększamy przekrój lub zmieniamy parametry materiału i ponownie przeliczamy statykę do momentu, aż wszystkie pręty będą mieściły się w granicy założonych naprężeń sprężystych.
- Na koniec przystępujemy do rzeczywistego wymiarowania właściwym modulem wymiarującym w stali lub drewnie.


Metoda sprawdzania naprężeń sprężystych jako warunku wstępnego do wymiarowania może być zawodna w przypadku wymiarowania konstrukcji stalowych według Eurokodu, całkowicie zabezpieczonych przed utratą stateczności. Spowodowane jest to tym że do liczenia naprężeń sprężystych wykorzystywane są sprężyste charakterystyki przekroju, a przy wymiarowaniu przekrojów stalowych klasy 1 i 2 według Eurokodu wykorzystywane są plastyczne wskaźniki wytrzymałości, przeważnie większe niż wskaźniki sprężyste tego samego przekroju.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Program **R3D-Rama 3D** współpracuje z wewnętrznymi programami wymiarującymi, takimi jak np. 

**InterStal** (wymiarowanie profili stalowych według normy PN),  **InterDrewno** (wymiarowanie elementów drewnianych według normy PN),  **EuroStal** (wymiarowanie profili stalowych według normy EN),  **EuroStal BUILT-UP** (wymiarowanie profili stalowych wielogałęziowych),  **EuroZelbet** (wymiarowanie elementów żelbetowych według normy EN),  **EuroStopa** (wymiarowanie fundamentów bezpośrednich według normy EN) i  **EuroDrewno** (wymiarowanie elementów drewnianych według normy EN). Wszystkie one wymagają osobnej licencji. Komunikacja między programem statycznym i wymiarującym odbywa się za pomocą pliku XML i odpowiedniego zestawu funkcji.

 **InterStal** – jest głównym, wewnętrznym programem wymiarującym profile stalowe według **PN-90/B-03200**. W tym celu oba programy przystosowane zostały do korzystania z jednej spójnej bazy danych o profilach stalowych, zawartej w pliku XML. Opracowany został również sposób dwustronnej komunikacji

i wymiany danych między programem statycznym i wymiarującym.

Typy wymiarowanych profili:

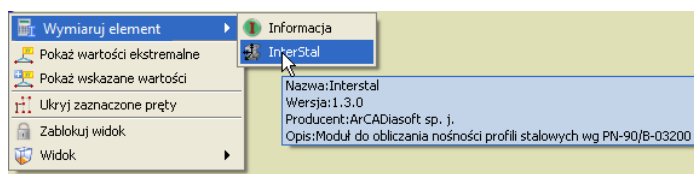
- walcowane – dwuteownik, połówka dwuteownika, teownik, ceownik, kątownik równoramienny i nierównoramienny, rura prostokątna, kwadratowa i okrągła,
- spawane – dowolny dwuteownik niesymetryczny, dowolny teownik, skrzynka.
- zimnogięte – rura prostokątna, kwadratowa i okrągła.

Typy profili liczone w stanie nadkrytycznym to:

- walcowane – dwuteownik, rura prostokątna i kwadratowa,
- spawane – dowolny dwuteownik, skrzynka,
- zimnogięte – rura prostokątna i kwadratowa.

Program wymiaruje pojedyncze pręty oraz elementy złożone współliniowe (o różnicy kątów kolejnych prętów poniżej 3%) i takim samym przekroju.

Wywołanie modułu wymiarującego odbywa się po wykonaniu obliczeń statycznych (z poziomu zakładki **Wyniki**), przez kliknięcie prawym klawiszem myszki na wybranym pręcie układu i wybranie z menu kontekstowego opcji **Wymiaruj pręt**.



Rys. 347 Wywołanie wymiarowania w stali według PN-B-03150:2000


Aktualnie istnieją dwie opcje wymiarowania:

Podręcznik do programu

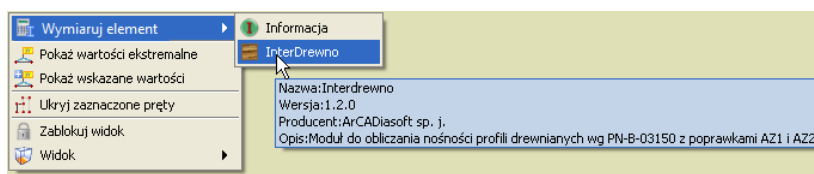
Opis programu R3D3-Rama 3D

- pojedynczego wybranego pręta układu,
- elementu złożonego z kilku połączonych ze sobą, współliniowych prętów o takim samym przekroju.


Wymiarowanie wykonywane może być domyślnie na podstawie wszystkich obwiedni sił wewnętrznych (siły normalnej, sił tnących, momentów gnących) z wyjątkiem obwiedni momentów skręcających, a także na podstawie obwiedni sprężystych naprężeń normalnych. W programie istnieje również możliwość indywidualnego wymiarowania pręta lub grupy prętów współliniowych na wybraną kombinację grup, sumę grup lub pojedynczą grupę obciążeń z pominięciem w tych przypadkach grup obciążeń typu „multi” i grup obciążenia ruchomego.

 **InterDrewno** – jest głównym, wewnętrznym programem do wymiarowania przestrzennych konstrukcji drewnianych o przekrojach prostokątnych z drewna litego i klejonego według **PN-B-03150:2000 Az1 i Az2**, w dwukierunkowym stanie naprężenia z uwzględnieniem momentu skręcającego.

- Współczynnik modyfikacyjny  $k_{mod}$  przyjmowany automatycznie na podstawie grupy obciążeń o największym oddziaływaniu na konstrukcję w danej kombinacji lub ręcznie, na podstawie decyzji użytkownika.



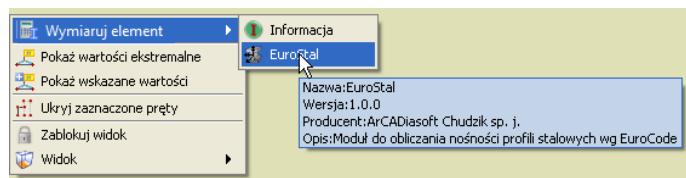
Rys. 348 Wywołanie wymiarowania w drewnie według PN-B-03150:2000

 **EuroStal** – jest głównym, wewnętrznym programem wymiarującym podstawowe profile stalowe według **PN-EN 1993-1-1 Eurokod3: czerwiec 2006**.


Program sprawdza nośność dla następujących typów przekrojów prętów:

- dwuteowniki walcowane,
- półteowniki dwuteowników walcowanych,
- teowniki walcowane,
- ceowniki walcowane,
- kątowniki równoramienne i nierównoramienne walcowane,
- walcowane rury prostokątne, kwadratowe i okrągłe,
- dowolne dwuteowniki monosymetryczne spawane,
- dowolne teowniki monosymetryczne spawane,
- spawane przekroje skrzynkowe (monosymetryczne),
- zimnogięte rury prostokątne, kwadratowe i okrągłe.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 349 Wywołanie wymiarowania stali według PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3

 **EuroStal BUILT-UP** – program do wymiarowania prętów złożonych blisko- i dalekogałęziowych o pasach równoległych zgodnie z normą **PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: czerwiec 2006**.

Program sprawdza nośność dla następujących typów przekrojów prętów:

Pręty złożone bliskogałęziowe:

a) dwugałęziowe

- 2 ceowniki,
- 2 kątowniki,
- 2 kątowniki skośnie,
- 2 kątownik krzyżowo.

b) czterogałęziowe

- 4 kątowniki.

Pręty złożone dalekogałęziowe:

a) dwugałęziowe

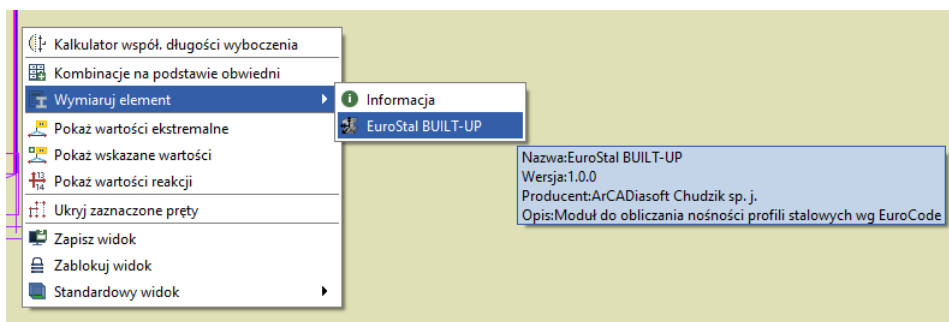
- 2 ceowniki,
- 2 dwuteowniki.

b) czterogałęziowe


- 2 kątowniki równoramienne.



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

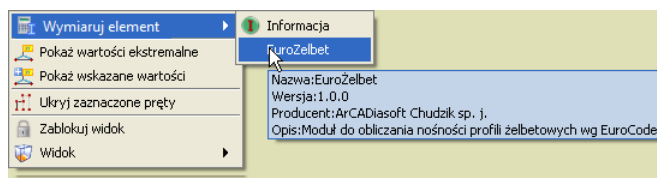


Rys. 350 Wywołanie wymiarowania profili stalowych wielogałęziowych według PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3


 EuroŻelbet - podstawowy moduł do wymiarowania elementów prętowych w żelbecie według normy: PN-EN 1992-1-1 Eurokod2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków: wrzesień 2008.

Program sprawdza następujące stany pracy i typy przekrojów:

- Obliczenie powierzchni zbrojenia podłużnego na dwukierunkowe zginanie, ściskanie mimośrodowe, rozciąganie mimośrodowe i skręcanie z uwzględnieniem nieprzekroczenia rys prostopadłych.
- Obliczenie zbrojenia poprzecznego (strzemion) na ścinanie dwukierunkowe i skręcanie.
- Obliczenie ugięcia dwukierunkowego w stanie zarysowanym.
- Wymiarowane przekroje: okrągły, prostokątny, kątowy, teowy, dwuteowy, ceowy, zetowy.

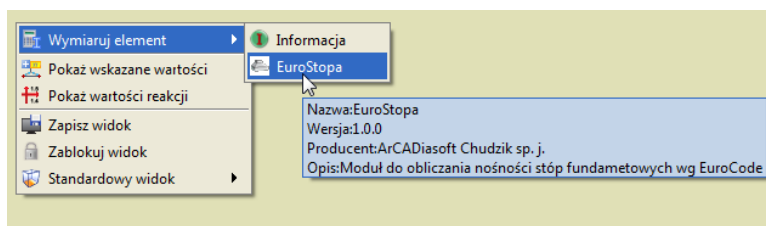


Rys. 351 Wywołanie wymiarowania żelbetu według PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2

 EuroStopa - podstawowy moduł do wymiarowania fundamentów bezpośrednich według normy: PN-EN 1997-1 Eurokod7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne: maj 2008.

Program sprawdza następujące stany pracy i typy fundamentów:

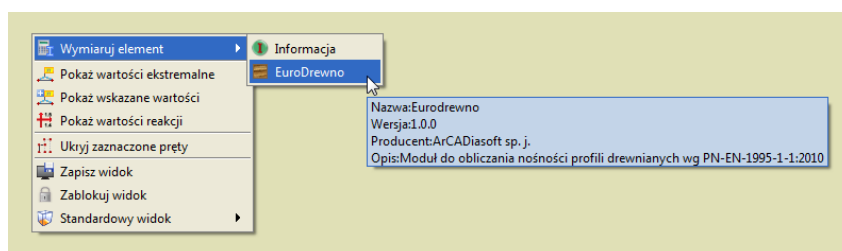
- Stopy: prostopadłościenne, trapezowe, schodkowe, kielichowe, okrągłe.
- Sprawdzanie nośności gruntu pod fundamentem z odpływem i bez odpływu na poszczególnych warstwach.
- Sprawdzanie położenia wypadkowej.
- Wyznaczenie zbrojenia stopy fundamentowej.
- Sprawdzenie stateczności fundamentu na obrót.
- Sprawdzenie osiadania fundamentu na podłożu warstwowym.
- Wyznaczenie współczynnika podatności pionowej podłoża Winklera pod fundamentem.



Rys. 352 Wywołanie wymiarowania fundamentu według PN-EN 1997-1 Eurokod 7

**EuroDrewno** - jest głównym, wewnętrznym programem do wymiarowania przestrzennych konstrukcji drewnianych o przekrojach prostokątnych z drewna litego i klejonego według **PN-EN 1995-1-1 z 2010 r.** w dwukierunkowym stanie naprężenia z uwzględnieniem momentu skręcającego.

- Współczynnik modyfikacyjny  $k_{mod}$  przyjmowany automatycznie na podstawie grupy obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływania na konstrukcję w danej kombinacji lub ręcznie, na podstawie decyzji użytkownika.



Rys. 353 Wywołanie wymiarowania w drewnie według PN-EN 1995-1-1

## 12.12. Obwiednia ugięć względnych

Poza obwiednią przemieszczeń na etapie wymiarowania indywidualnego lub zbiorczego, dla każdego pręta i zdefiniowanego elementu wymiarowego ustalana jest obwiednia ugięć względnych pręta lub elementu.

Obwiednia ugięć względnych, tak jak obwiednia przemieszczeń, budowana jest w układzie osi lokalnych pręta lub elementu, lecz ostateczne wyniki przeliczone są na kierunki osi głównych przekroju (w przypadku elementów stalowych i drewnianych) lub na kierunki prostopadłe i równoległe do krawędzi przekroju dla elementów żelbetowych.

Obwiednia ugięć względnych budowana jest na podstawie osobnego algorytmu liczącego, gdzie sprawdzane są zestawy grup budujące ekstremum ugięć względnych. W tym celu dla wszystkich grup stałych i grup zmiennych działających na pręcie, zgodnie z tablicą relacji, szukane są punkty ekstremalnych przemieszczeń w danym kierunku.

Następnie dla tak wyznaczonych punktów na pręcie dodawane są przemieszczenia (jeśli powiększają ekstremum) od pozostałych grup zmiennych, również zgodnie z tabelą relacji. Dla tak ustalonego zestawu grup wyznaczone są ugięcia względne. Jeśli maksymalne przemieszczenie pręta lub elementu zlokalizowane jest na jego długości, to ugięcie względne wyznaczone jest jako odległość punktu

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

maksymalnego przemieszczenia na pręcie od linii łączącej początek i koniec przemieszczonego pręta lub elementu. Jeśli maksymalne przemieszczenie pręta lub elementu zlokalizowane jest na jednym z jego końców oraz maksymalna różnica przemieszczeń punktów na pręcie odpowiada różnicy przemieszczeń jego końców, wówczas ugięcie względne wyznaczone jest jako odległość punktu maksymalnego przemieszczenia od linii stycznej do wykresu ugięć, poprowadzonej w drugim końcu tego pręta lub elementu. W pozostałych przypadkach ugięcie względne wyznaczone jest jako maksymalna różnica przemieszczeń punktów na pręcie lub elemencie. Na koniec ekstremalne ugięcie względne składane jest z ugięć względnych z obu kierunków, zgodnie z tabelą relacji, przez sumowanie i eliminację grup powtarzających się w obu kierunkach. Przy analizie ugięć względnych należy zawsze pamiętać, że poprawność ich wyznaczenia przez program w dużym stopniu zależy od prawidłowego zdefiniowania przez użytkownika elementów wymiarowych. W niektórych przypadkach może okazać się, że kształt elementów wymiarowych do liczenia stanu granicznego nośności powinien być inny niż przy liczeniu stanu granicznego użytkownika, a zwłaszcza przy wyznaczaniu ugięć względnych. Wówczas dla takiego przypadku wymiarowanie należy przeprowadzić dwa razy: raz dla elementu wymiarowego przeznaczonego do liczenia nośności (i sprawdzać jedynie nośność elementu), a raz dla innego elementu wymiarowego zbudowanego ze względu na ugięcia względne (i wówczas sprawdzać dla niego jedynie ugięcia względne).

Uwaga:

Przy obliczeniach ugięć względnych niewłaściwe zdefiniowanie elementów wymiarowych lub ich brak tam, gdzie są wymagane, będzie prowadził do wyznaczenia nieprawidłowych wartości obliczonych przez program ugięć względnych.

Element wymiarowy prawidłowo zdefiniowany ze względu na ugięcia względne to ciąg prętów współliniowych, do którego na długości nie dochodzą żadne inne pręty niewspółliniowe i na którego końcach występuje podpora, wolny koniec lub połączony jest z innymi prętami niewspółliniowymi. W wielu przypadkach już sam pojedynczy pręt będzie spełniał powyższe warunki i wówczas nie ma potrzeby budować z niego innych elementów wymiarowych.

Należy również pamiętać, że obwiednia przemieszczeń (ugięć) i obwiednia ugięć względnych to dwa całkowicie odrębne stany fizyczne, liczone odrębnymi algorytmami, dające bardzo często zupełnie inne wyniki i równie często wyznaczone dla innych zestawów grup obciążeń.

Obwiednia ugięć względnych, analogicznie jak obwiednia przemieszczeń, ustalana jest na etapie wymiarowania zbiorczego lub indywidualnego prętów i elementów. Dla pręta lub elementu typu wspornikowego, dla którego maksymalne przemieszczenie znajduje się na jego wolnym końcu, a maksymalna różnica przemieszczeń występuje na obu jego końcach, przy liczeniu ugięć względnych eliminowany jest wpływ sztywnego obrotu wspornika na różnicę przemieszczeń.

Obwiednia ugięć względnych wykonywana jest również na etapie wymiarowania zbiorczego. Wówczas, aby otrzymać jej wyniki ugięć względnych, będąc na zakładce **Wymiarowanie**, ustawiamy przełącznik na stan graniczny użytkownika: **SGU** i wybieramy znacznik ugięć względnych  $\Delta u_{\max}$ . Analogicznie jak dla obwiedni przemieszczeń, w przypadku ugięć względnych ich wartości, widoczne w etykietach poszczególnych prętów i elementów wymiarowych, możemy wyświetlać w dwóch trybach :

- Jako wartości bezwzględne  $\Delta u_{\max}$  podane w centymetrach

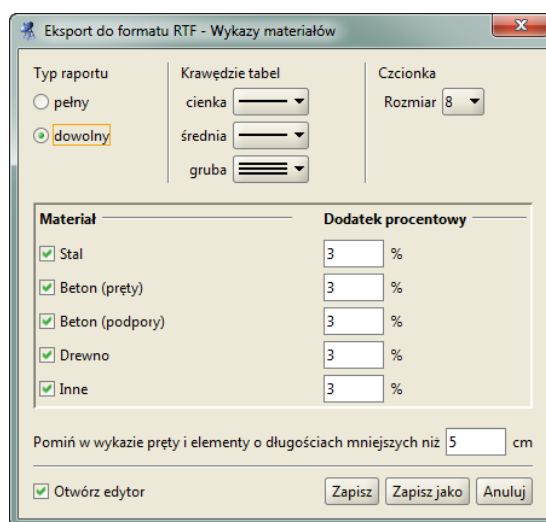
Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

- Jako bezwymiarowe wartości względne  $\Delta u_{\max}/\Delta u_{\text{dop}}$ , liczone względem ustalonej wartości dopuszczalnej, określonej na podstawie definicji typu wymiarowania.

Algorytm liczenia obwiedni ugięć względnych, ze względu na brak precyzyjnej definicji ugięcia względnego, może w niektórych przypadkach dawać wyniki niezgodne z oczekiwaniem, zwłaszcza dla prętów nieobciążonych, których wygięcie jest skutkiem obrotów węzłów początkowego i końcowego. Dlatego też w raporcie szczegółowym, oprócz wartości wyliczonego ugięcia względnego, dodatkowo podana jest zawsze dla danego przypadku obciążenia maksymalna różnica przemieszczeń poszczególnych punktów pręta.

## 12.13. Wykazy materiałowe

Na oknie dialogowym **Właściwości projektu** wprowadzono możliwość publikowania w formie raportów **RTF** wykazów materiałowych. Do tego celu przewidziano odpowiedni przycisk na dole okna **Wykazy materiałowe**. Jego wybranie otwiera kolejne okno dialogowe **Eksport do formatu RTF – Wykazy materiałowe**.



Rys. 354 Okno dialogowe Eksport do formatu RTF – Wykazy materiałów

Przy ustawieniu pełnego typu raportu publikowane są wszystkie wykazy materiałowe dla danego projektu. Po wyborze dowolnego typu raportu użytkownik ma poniżej możliwość wyboru dla jakich typów materiałów ma być tworzony raport. Do wyboru mamy: stal, beton w podziale na pręty i podpory, drewno i inne. Do każdego materiału użytkownik może przypisać dodatek procentowy wagowy lub objętościowy zależnie od typu materiału. W wykazach można również pominąć pręty i elementy o długości mniejszej niż wskazana przez użytkownika.

Raport z wykazów tworzony jest w podziale na typy materiałowe, które z kolei dzielone są na klasy materiałowe a następnie na poszczególne typy przekrojów. Dla każdej klasy materiałowej wykonywane jest sumowanie całkowite materiału w danej klasie. Materiały stal i inne zliczane są w wykazach wagowo a beton i drewno objętościowo.

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

W wykazach materiałowych uwzględniane są wszystkie pręty i elementy danego modelu (również ciągna), niezależnie od tego czy są w danej chwili widoczne czy też pozostają ukryte. Dla prętów o zmiennej geometrii przekroju, masa jednostkowa do wykazu brana jest zawsze dla przekroju średniego w środkowym punkcie pręta. W przypadku projektów Eurokodowych dla grup węzłów podporowych zliczane są w wykazie tylko te fundamenty dla których przypisano odpowiednią definicję typu wymiarowania fundamentu, która jednoznacznie identyfikuje geometrię stopy fundamentowej.

Przykład tworzonych przez program wykazów przedstawiono poniżej:

Projekt: Data: 05-12-2013  
Autor: pw Numer strony: 1

**Wykazy materiałów**

**Wykazy stali**

Wykaz stali: S235

| L.p.                         | Przekrój        | Grupa prętów    | Nazwa elementu wymiarowego | Numery prętów  | Ilość | Długość prętów lub elementów | Długość całkowita | Masa jednostk. | Masa całkowita |
|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|--|-------|------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| -                            | -               | -               | -                          | -  | szt.  | m                            | m                 | kg/m           | kg             |
| 1                            | Błachownica 600 | Rygle wg PN-EN  | -                          | 3, 5, 7, 9-10, 12-13, 15, 17-18, 20-21, 24, 26, 28, 30-31, 33-34, 36, 38-39, 41-42, 45, 47, 49, 51-52, 54-55, 57, 59-60, 62-63 | 36    | 6                            | 216               | 97,968         | 21 161,088     |
| <b>SUMA: Błachownica 600</b> |                 |                 |                            |  |       |                              | 216               | 97,968         | 21 161,088     |
| 2                            | HEB200          | Skłupy wg PN-EN | -                          | 1-2, 4, 6, 8, 11, 14, 16, 19, 22-23, 25, 27, 29, 32, 35, 37, 40, 43-44, 46, 48, 50, 53, 56, 58, 61                             | 27    | 4                            | 108               | 61,301         | 6 620,461      |
| <b>SUMA: HEB200</b>          |                 |                 |                            |  |       |                              | 108               | 61,301         | 6 620,461      |
| <b>SUMA</b>                  |                 |                 |                            |  |       |                              |                   |                | 27 781,549     |
| <b>DODATEK (3 %)</b>         |                 |                 |                            |  |       |                              |                   |                | 833,446        |
| <b>SUMA CAŁKOWITA</b>        |                 |                 |                            |  |       |                              |                   |                | 28 614,995     |

**Wykazy betonów dla podpór**

Wykaz betonu: C25/30

| L.p.                  | Typ podpory | Grupa podpór  | Numery podpór | Ilość | Objętość jednostk. | Objętość całkowita |
|-----------------------|-------------|---------------|---------------|-------|--------------------|--------------------|
| -                     | -           | -             | -             | szt.  | m <sup>3</sup>     | m <sup>3</sup>     |
| 1                     | Prostokątny | Nieogrupowane | 1-9           | 9     | 2,592              | 23,328             |
| <b>SUMA</b>           |             |               |               |       |                    | 23,328             |
| <b>DODATEK (3 %)</b>  |             |               |               |       |                    | 0,7                |
| <b>SUMA CAŁKOWITA</b> |             |               |               |       |                    | 24,028             |

**Wykazy drewna**

Wykaz drewna: Lite C18

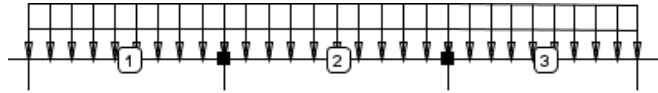
| L.p.                  | Przekrój | Grupa prętów    | Nazwa elementu wymiarowego | Numery prętów                        | Ilość | Długość prętów lub elementów | Długość całkowita | Objętość jednostk. | Objętość całkowita |
|-----------------------|----------|-----------------|----------------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| -                     | -        | -               | -                          | -                                    | szt.  | m                            | m                 | m <sup>3</sup> /m  | m <sup>3</sup>     |
| 1                     | P160x75  | Miżkiaty        | -                          | 10-11, 22-25, 28, 31                 | 8     | 0,85                         | 6,8               | 0,012              | 0,082              |
| 2                     | P160x75  | Balki okapowe   | -                          | 35-36, 41-42                         | 4     | 0,3                          | 1,2               | 0,012              | 0,014              |
| 3                     | P160x75  | Balki okapowe   | -                          | 33-34, 37-40, 43-44                  | 8     | 0,85                         | 6,8               | 0,012              | 0,082              |
| 4                     | P160x75  | Krokwie         | -                          | 4, 8-9, 13, 15-16, 20-21, 26, 29, 32 | 11    | 0,424                        | 4,667             | 0,012              | 0,056              |
| 5                     | P160x75  | Krokwie         | -                          | 7, 14, 19, 27                        | 4     | 1,202                        | 4,808             | 0,012              | 0,058              |
| 6                     | P160x75  | Krokwie         | -                          | 3, 12, 30                            | 3     | 2,404                        | 7,212             | 0,012              | 0,087              |
| 7                     | P160x75  | Krokwie narożne | -                          | 1-2                                  | 2     | 0,52                         | 1,039             | 0,012              | 0,012              |
| 8                     | P160x75  | Krokwie narożne | -                          | 5-6, 17-18                           | 4     | 1,472                        | 5,889             | 0,012              | 0,071              |
| <b>SUMA: P160x75</b>  |          |                 |                            |                                      |       |                              | 38,416            | 0,012              | 0,461              |
| <b>SUMA</b>           |          |                 |                            |                                      |       |                              |                   |                    | 0,461              |
| <b>DODATEK (3 %)</b>  |          |                 |                            |                                      |       |                              |                   |                    | 0,014              |
| <b>SUMA CAŁKOWITA</b> |          |                 |                            |                                      |       |                              |                   |                    | 0,475              |

## 13. Przykładowy raport wyników obliczeń

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

W dalszej części podręcznika znajduje się przykładowy raport ze statyki, wygenerowany z jednego z zamieszczonych w programie przykładów. Jest on umieszczony wyłącznie w celu przedstawienia formy i wyglądu raportów generowanych przez program. Plik projektu znajduje się w katalogu projektów programu, więc w razie potrzeby użytkownik może samodzielnie wygenerować kompletny raport z tego projektu.

Geometria:



Węzły w globalnym układzie współrzędnych:

| Nr | x [m]  | y [m] | z [m] | Przegub |
|----|--------|-------|-------|---------|
| 1  | -5,800 | 0,000 | 0,000 |         |
| 2  | 0,200  | 0,000 | 0,000 |         |
| 3  | 7,200  | 0,000 | 0,000 |         |
| 4  | 13,200 | 0,000 | 0,000 |         |

Pręty:

| Nr                | Węzły          |                | Pręty zeszywnione w |                | Przekrój pręta | Długość [m] |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------|
|                   | w <sub>1</sub> | w <sub>2</sub> | w <sub>1</sub>      | w <sub>2</sub> |                |             |
| 1: Niepogrupowane | 1 (S)          | 2 (S)          | wszystkie           | wszystkie      | IPE 400        | 6,000       |
| 2: Niepogrupowane | 2 (S)          | 3 (S)          | wszystkie           | wszystkie      | IPE 400        | 7,000       |
| 3: Niepogrupowane | 3 (S)          | 4 (S)          | wszystkie           | wszystkie      | IPE 400        | 6,000       |

Podpory i osiadania podpór w globalnym układzie współrzędnych:

| Nr | r <sub>x</sub> | r <sub>y</sub> | r <sub>z</sub> | φ <sub>x</sub> | φ <sub>y</sub> | φ <sub>z</sub> | Spreżystość [kN/m] |                |                | Spreżystość [kN/rad] |                |                |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|    |                |                |                |                |                |                | k <sub>x</sub>     | k <sub>y</sub> | k <sub>z</sub> | f <sub>x</sub>       | f <sub>y</sub> | f <sub>z</sub> |
| 1  | +              | +              | +              |                |                |                |                    |                |                |                      |                |                |
| 2  | +              | +              | +              |                |                |                |                    |                |                |                      |                |                |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | $r_x$ | $r_y$ | $r_z$ | $\phi_x$ | $\phi_y$ | $\phi_z$ | Spreżystość [kN/m] |       |       | Spreżystość [kN/rad] |       |       |
|----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|--------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|    |       |       |       |          |          |          | $k_x$              | $k_y$ | $k_z$ | $f_x$                | $f_y$ | $f_z$ |
| 3  | +     | +     | +     |          |          |          |                    |       |       |                      |       |       |
| 4  | +     | +     | +     |          |          |          |                    |       |       |                      |       |       |

Grupy obciążeń:

| Nazwa grupy   | Nr | Rodzaj obciążeń | Charakter | min  | max  | Grupa aktywna |
|---------------|----|-----------------|-----------|------|------|---------------|
| Ciężar własny | 1  | Stałe           | stały     | 1,00 | 1,00 | +             |
| Stałe         | 2  | Stałe           | stały     | 1,00 | 1,00 | +             |
| Zmienne1      | 3  | Zmienne         | stały     |      | 1,00 | +             |
| Zmienne2      | 4  | Zmienne         | stały     |      | 1,00 | +             |
| Zmienne3      | 5  | Zmienne         | stały     |      | 1,00 | +             |

Obciążenia układu:

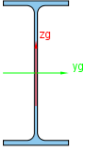
| Grupa    | Pręt | Typ               | Wartość 1 | Wartość 2 | $x_1$ [m] | $x_2$ [m] | $\alpha$ [°] | $\beta$ [°] | Lok. |
|----------|------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|------|
| Stałe    | 1    | Obciążenie ciągłe | 8,00kN/m  | 8,00kN/m  | 0,00      | 6,00      | 0,0          | 0,0         |      |
|          | 2    | Obciążenie ciągłe | 8,00kN/m  | 8,00kN/m  | 0,00      | 7,00      | 0,0          | 0,0         |      |
|          | 3    | Obciążenie ciągłe | 8,00kN/m  | 8,00kN/m  | 0,00      | 6,00      | 0,0          | 0,0         |      |
| Zmienne1 | 1    | Obciążenie ciągłe | 15,00kN/m | 15,00kN/m | 0,00      | 6,00      | 0,0          | 0,0         |      |
| Zmienne2 | 2    | Obciążenie ciągłe | 15,00kN/m | 15,00kN/m | 0,00      | 7,00      | 0,0          | 0,0         |      |



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

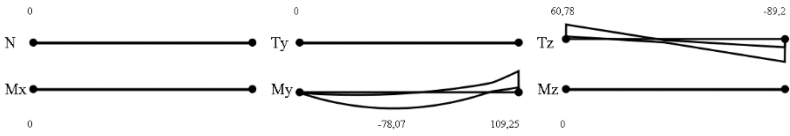
| Grupa    | Pręt | Typ               | Wartość 1 | Wartość 2 | x <sub>1</sub> [m] | x <sub>2</sub> [m] | α [°] | β [°] | Lok. |
|----------|------|-------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|-------|-------|------|
| Zmienne3 | 3    | Obciążenie ciągłe | 15,00kN/m | 15,00kN/m | 0,00               | 6,00               | 0,0   | 0,0   |      |

Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

|                     |   |   |   |                                |   |
|---------------------|---|---|---|--------------------------------|---|
| Nazwa               | IPE 400                                       |   |   |                                |  |
| Parametry przekroju | A = 84,48 cm <sup>2</sup>                     |   |   |                                |   |
|                     | J <sub>x</sub> = 51,08 cm <sup>4</sup>        | J <sub>y</sub> = 23 132,14 cm <sup>4</sup>  | J <sub>z</sub> = 1 317,85 cm <sup>4</sup>     |                                |   |
|                     | α <sub>y-yg</sub> = 0°                        | J <sub>yg</sub> = 23 132,14 cm <sup>4</sup> | J <sub>zg</sub> = 1 317,85 cm <sup>4</sup>    |                                |   |
|                     | W <sub>y max</sub> = 1 156,61 cm <sup>3</sup> |   | W <sub>y min</sub> = 1 156,61 cm <sup>3</sup> |                                |   |
|                     | W <sub>z max</sub> = 146,43 cm <sup>3</sup>   |   | W <sub>z min</sub> = 146,43 cm <sup>3</sup>   |                                |   |
| Materiał            | Stal PN St3S                                  | E = 205GPa                                  | G = 80GPa                                     | Cieź. = 78,5 kN/m <sup>3</sup> |   |

Wyniki:

Obwiednia sił wewnętrznych:

| Nr   | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | Numery grup |
|--|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 60,78               | 0,00                 | -0,00                | -0,00                | 2, 3, 1, 5  |
|  | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -89,20              | 0,00                 | 109,25               | 0,00                 | 4, 2, 3, 1  |
|  | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -89,20              | 0,00                 | 109,25               | 0,00                 | 4, 2, 3, 1  |
|  | 2,57  | 0,00   | 0,00                | 0,01                | 0,00                 | -78,07               | 0,00                 | 2, 3, 1, 5  |
|  |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |             |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | Numery grup |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 88,91               | 0,00                 | 109,25               | -0,00                | 4, 2, 3, 1  |
|    | 7,00  | 0,00   | 0,00                | -88,91              | 0,00                 | 109,25               | -0,00                | 4, 2, 1, 5  |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 88,91               | 0,00                 | 109,25               | -0,00                | 4, 2, 3, 1  |
|    | 3,50  | 0,00   | -0,00               | 0,01                | 0,00                 | -69,27               | -0,00                | 4, 2, 1     |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |             |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | Numery grup |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 89,20               | 0,00                 | 109,25               | 0,00                 | 4, 2, 1, 5  |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -60,78              | 0,00                 | -0,00                | -0,00                | 2, 3, 1, 5  |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 89,20               | 0,00                 | 109,25               | 0,00                 | 4, 2, 1, 5  |
|    | 3,43  | 0,00   | -0,00               | -0,01               | 0,00                 | -78,07               | 0,00                 | 2, 3, 1, 5  |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |             |

Obwiednia reakcji:

| Nr | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | Numery grup |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1  | 0,00                | -0,00               | 60,78               | 0,00                 | 0,00                 | -0,00                | 2, 3, 1, 5  |
|    | 0,00                | -0,00               | 13,38               | 0,00                 | 0,00                 | -0,00                | 4, 2, 1     |
| 2  | 0,00                | 0,00                | 178,11              | 0,00                 | -0,00                | -0,00                | 4, 2, 3, 1  |
|    | 0,00                | 0,00                | 54,83               | 0,00                 | 0,00                 | -0,00                | 2, 1, 5     |
| 3  | 0,00                | 0,00                | 178,11              | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 | 4, 2, 1, 5  |
|    | 0,00                | 0,00                | 54,83               | 0,00                 | -0,00                | 0,00                 | 2, 3, 1     |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | $R_x$ [kN] | $R_y$ [kN] | $R_z$ [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | Numery grup |
|----|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 4  | 0,00       | -0,00      | 60,78      | 0,00        | -0,00       | 0,00        | 2, 3, 1, 5  |
|    | 0,00       | -0,00      | 13,38      | 0,00        | -0,00       | 0,00        | 4, 2, 1     |

Obwiednia naprężeń:

| Nr | x [m] | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{max}$ [MPa] | $\sigma_{min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1  | 6,00  | 0,00   | 109,25      | 0,00        | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 3, 1  |
|    | 6,00  | 0,00   | 109,25      | 0,00        | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 3, 1  |
|    |       |        |             |             |                      |                      |             |

| Nr | x [m] | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{max}$ [MPa] | $\sigma_{min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | 109,25      | -0,00       | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 3, 1  |
|    | 0,00  | 0,00   | 109,25      | -0,00       | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 3, 1  |
|    |       |        |             |             |                      |                      |             |

| Nr | x [m] | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{max}$ [MPa] | $\sigma_{min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | 109,25      | 0,00        | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 1, 5  |
|    | 0,00  | 0,00   | 109,25      | 0,00        | 94,46                | -94,46               | 4, 2, 1, 5  |
|    |       |        |             |             |                      |                      |             |

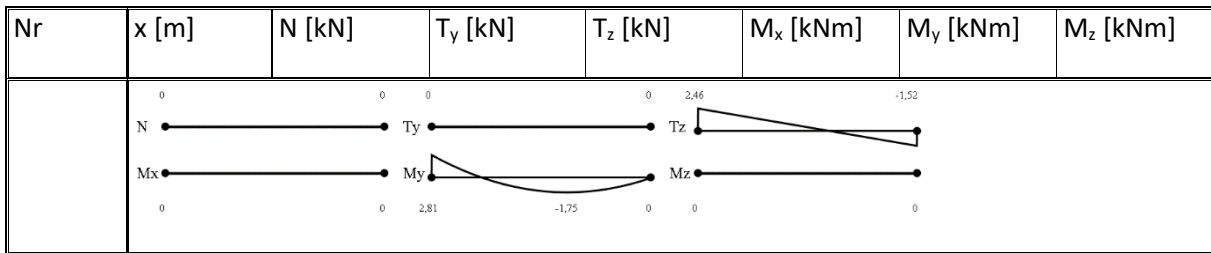
Siły wewnętrzne dla grupy obciążeń Ciężar własny:

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 1,52                | 0,00                 | -0,00                | -0,00                |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -2,46               | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -2,46               | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 2,28  | 0,00   | 0,00                | 0,01                | 0,00                 | -1,75                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

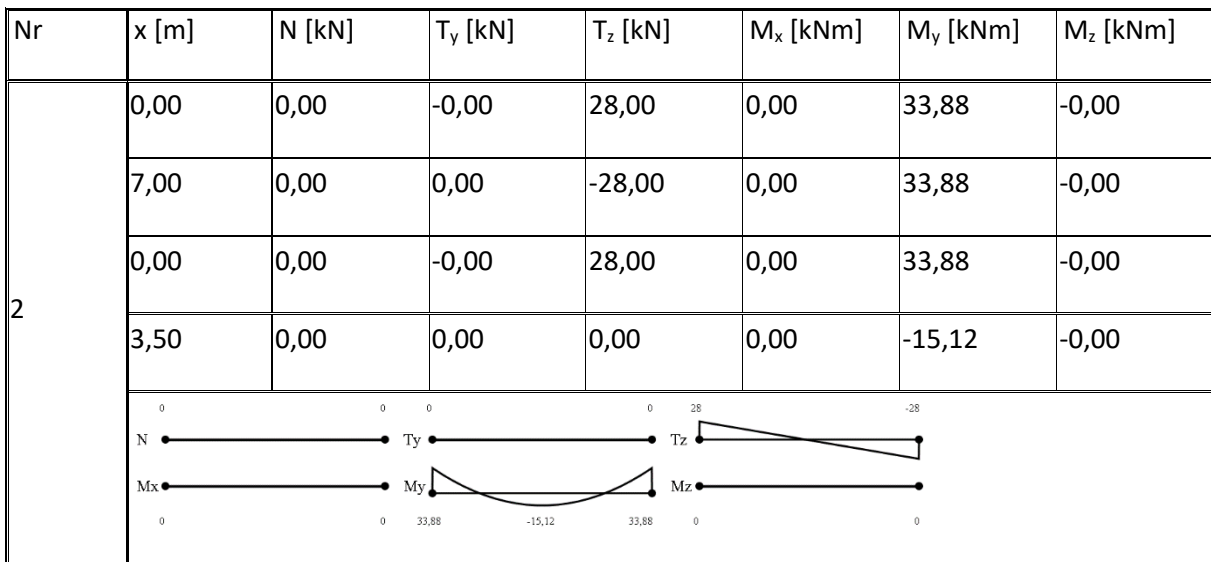
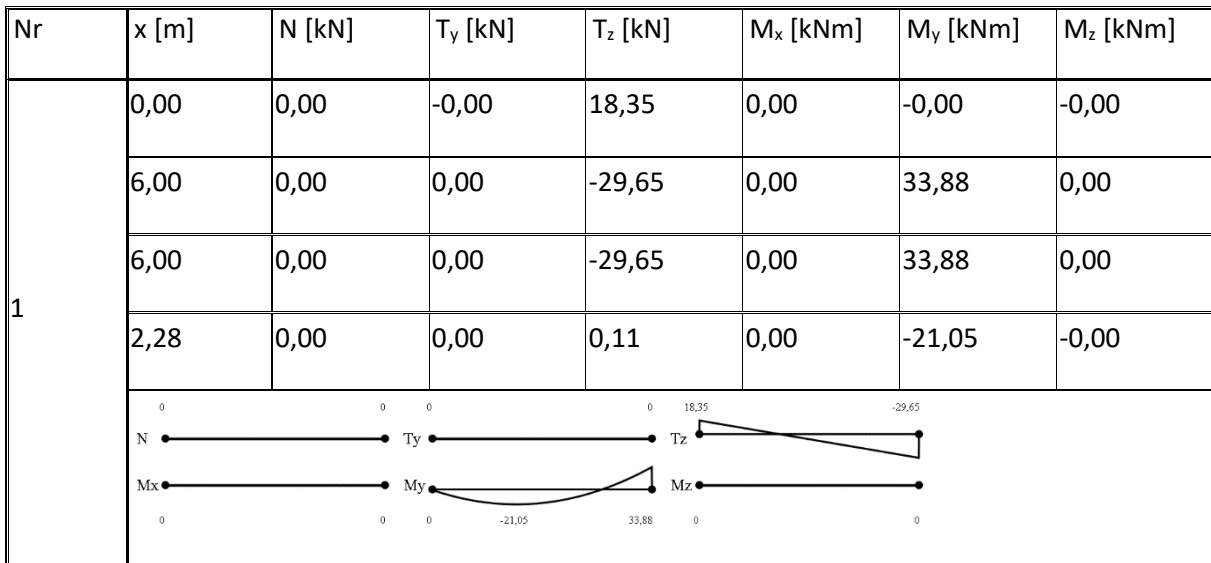
| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 2,32                | 0,00                 | 2,81                 | -0,00                |
|    | 7,00  | 0,00   | 0,00                | -2,32               | 0,00                 | 2,81                 | -0,00                |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 2,32                | 0,00                 | 2,81                 | -0,00                |
|    | 3,50  | 0,00   | -0,00               | 0,00                | 0,00                 | -1,25                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 2,46                | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -1,52               | 0,00                 | -0,00                | -0,00                |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 2,46                | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 3,72  | 0,00   | -0,00               | -0,01               | 0,00                 | -1,75                | -0,00                |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Siły wewnętrzne dla grupy obciążeń Stałe:



| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 29,65               | 0,00                 | 33,88                | 0,00                 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -18,35              | 0,00                 | -0,00                | -0,00                |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 29,65               | 0,00                 | 33,88                | 0,00                 |
|    | 3,72  | 0,00   | -0,00               | -0,11               | 0,00                 | -21,05               | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

Siły wewnętrzne dla grupy obciążeń Zmienne1:

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 39,40               | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -50,60              | 0,00                 | 33,59                | -0,00                |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -50,60              | 0,00                 | 33,59                | -0,00                |
|    | 2,62  | 0,00   | -0,00               | 0,16                | 0,00                 | -51,75               | 0,00                 |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 6,09                | 0,00                 | 33,59                | 0,00                 |
|    | 7,00  | 0,00   | -0,00               | 6,09                | 0,00                 | -9,04                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3  | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -1,51               | 0,00                 | -0,00                | 0,00                 |
|    | 0,00  | 0,00   | 0,00                | -1,51               | 0,00                 | -9,04                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

Siły wewnętrzne dla grupy obciążeń Zmienne2:

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -6,50               | 0,00                 | 38,98                | 0,00                 |
|    | 0,00  | 0,00   | 0,00                | -6,50               | 0,00                 | -0,00                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 52,50               | 0,00                 | 38,98                | 0,00                 |
|    | 7,00  | 0,00   | 0,00                | -52,50              | 0,00                 | 38,98                | 0,00                 |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 52,50               | 0,00                 | 38,98                | 0,00                 |
|    | 3,50  | 0,00   | -0,00               | -0,00               | 0,00                 | -52,90               | 0,00                 |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 6,50                | 0,00                 | 38,98                | 0,00                 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|    | 6,00  | 0,00   | -0,00               | 6,50                | 0,00                 | 0,00                 | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

Siły wewnętrzne dla grupy obciążeń Zmienne3:

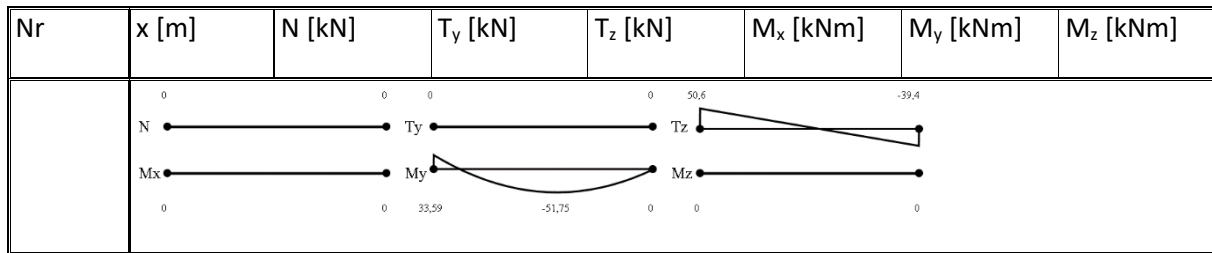
| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 1,51                | 0,00                 | -0,00                | 0,00                 |
|    | 6,00  | 0,00   | -0,00               | 1,51                | 0,00                 | -9,04                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2  | 7,00  | 0,00   | 0,00                | -6,09               | 0,00                 | 33,59                | 0,00                 |
|    | 0,00  | 0,00   | 0,00                | -6,09               | 0,00                 | -9,04                | -0,00                |
|    |       |        |                     |                     |                      |                      |                      |

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 50,60               | 0,00                 | 33,59                | -0,00                |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -39,40              | 0,00                 | -0,00                | 0,00                 |
|    | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 50,60               | 0,00                 | 33,59                | -0,00                |
|    | 3,38  | 0,00   | 0,00                | 0,00                | -0,16                | 0,00                 | -51,75               |



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Przemieszczenia dla grupy obciążeń Ciężar własny:

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1<br>(1 - 2) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,578 | 0,00    | 0,00    | -0,11   | 0,11   | 0,00    | 0,00    | 0,11    | 0,11   |
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,519 | 0,00    | 0,00    | -0,07   | 0,07   | 0,00    | 0,00    | 0,07    | 0,07   |
|              | 7,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,423 | 0,00    | 0,00    | -0,11   | 0,11   | 0,00    | 0,00    | 0,11    | 0,11   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |

Przemieszczenia dla grupy obciążeń Stałe:

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1<br>(1 - 2) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,578 | 0,00    | 0,00    | -1,28   | 1,28   | 0,00    | 0,00    | 1,28    | 1,28   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,519 | 0,00    | 0,00    | -0,90   | 0,90   | 0,00    | 0,00    | 0,90    | 0,90   |
|              | 7,000 | 0,00    | -0,00   | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,423 | 0,00    | 0,00    | -1,28   | 1,28   | 0,00    | 0,00    | 1,28    | 1,28   |
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |

Przemieszczenia dla grupy obciążeń Zmienne1:

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1<br>(1 - 2) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,836 | 0,00    | 0,00    | -3,76   | 3,76   | 0,00    | 0,00    | 3,76    | 3,76   |
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,663 | 0,00    | -0,00   | 1,70    | 1,70   | 0,00    | -0,00   | -1,70   | 1,70   |
|              | 7,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,540 | 0,00    | -0,00   | -0,44   | 0,44   | 0,00    | -0,00   | 0,44    | 0,44   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |

Przemieszczenia dla grupy obciążeń Zmienne2:

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1<br>(1 - 2) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,464 | 0,00    | -0,00   | 1,90    | 1,90   | 0,00    | -0,00   | -1,90   | 1,90   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,519 | 0,00    | 0,00    | -4,85   | 4,85   | 0,00    | 0,00    | 4,85    | 4,85   |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
|              | 7,000 | 0,00    | -0,00   | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 2,540 | 0,00    | -0,00   | 1,90    | 1,90   | 0,00    | -0,00   | -1,90   | 1,90   |
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |

Przemieszczenia dla grupy obciążeń Zmienne3:

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1<br>(1 - 2) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,464 | 0,00    | -0,00   | -0,44   | 0,44   | 0,00    | -0,00   | 0,44    | 0,44   |
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 4,339 | 0,00    | -0,00   | 1,70    | 1,70   | 0,00    | -0,00   | -1,70   | 1,70   |
|              | 7,000 | 0,00    | -0,00   | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,175 | 0,00    | 0,00    | -3,76   | 3,76   | 0,00    | 0,00    | 3,76    | 3,76   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |

Reakcje podporowe dla grupy obciążeń Ciężar własny:

|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | -0,00               | 1,52                |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | 0,00                | 4,78                |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | 0,00                | 4,78                |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | -0,00               | 1,52                |                      |                      |                      |

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Reakcje podporowe dla grupy obciążeń Stałe:

|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | -0,00               | 18,35               |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | 0,00                | 57,65               |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | 0,00                | 57,65               |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | -0,00               | 18,35               |                      |                      |                      |

Reakcje podporowe dla grupy obciążeń Zmienne1:

|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | 0,00                | 39,40               |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | -0,00               | 56,69               |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | -0,00               | -7,60               |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | 0,00                | 1,51                |                      |                      |                      |


Reakcje podporowe dla grupy obciążeń Zmienne2:


|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | -0,00               | -6,50               |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | 0,00                | 59,00               |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | 0,00                | 59,00               |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | -0,00               | -6,50               |                      |                      |                      |


Reakcje podporowe dla grupy obciążeń Zmienne3:

|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | 0,00                | 1,51                |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | -0,00               | -7,60               |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | -0,00               | 56,69               |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | 0,00                | 39,40               |                      |                      |                      |


Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D  
Naprężenia dla grupy obciążeń Ciężar własny:

| Nr | x [m]   | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{\max}$ [MPa] | $\sigma_{\min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 1  | 6,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    | 6,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    |  |        |             |             |                       |                       |             |


| Nr | x [m]  | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{\max}$ [MPa] | $\sigma_{\min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|--|--------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 2  | 0,00   | 0,00   | 2,81        | -0,00       | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    | 0,00   | 0,00   | 2,81        | -0,00       | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    |  |        |             |             |                       |                       |             |


| Nr | x [m]   | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{\max}$ [MPa] | $\sigma_{\min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    | 0,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                  | -2,43                 | 1           |
|    |  |        |             |             |                       |                       |             |

Naprężenia dla grupy obciążeń Stałe:


| Nr | x [m]   | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{\max}$ [MPa] | $\sigma_{\min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 1  | 6,00  | 0,00   | 33,88       | 0,00        | 29,29                 | -29,29                | 2           |
|    | 6,00  | 0,00   | 33,88       | 0,00        | 29,29                 | -29,29                | 2           |
|    |  |        |             |             |                       |                       |             |


Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m]   | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | 33,88                | -0,00                | 29,29                  | -29,29                 | 2           |
|    | 0,00  | 0,00   | 33,88                | -0,00                | 29,29                  | -29,29                 | 2           |
|    | <p>29,29 -29,29</p>  |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m]   | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | 33,88                | 0,00                 | 29,29                  | -29,29                 | 2           |
|    | 0,00  | 0,00   | 33,88                | 0,00                 | 29,29                  | -29,29                 | 2           |
|    | <p>29,29 -29,29</p>  |        |                      |                      |                        |                        |             |

Napężenia dla grupy obciążeń Zmienne1:

| Nr | x [m]   | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1  | 2,62  | 0,00   | -51,75               | 0,00                 | 44,74                  | -44,74                 | 3           |
|    | 2,62  | 0,00   | -51,75               | 0,00                 | 44,74                  | -44,74                 | 3           |
|    | <p>44,74 -44,74</p>  |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m]   | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | 33,59                | 0,00                 | 29,04                  | -29,04                 | 3           |
|    | 0,00  | 0,00   | 33,59                | 0,00                 | 29,04                  | -29,04                 | 3           |
|    | <p>29,04 -29,04</p>  |        |                      |                      |                        |                        |             |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m]             | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 3  | 0,00              | 0,00   | -9,04                | -0,00                | 7,82                   | -7,82                  | 3           |
|    | 0,00              | 0,00   | -9,04                | -0,00                | 7,82                   | -7,82                  | 3           |
|    | <p>7,82 -7,82</p> |        |                      |                      |                        |                        |             |

Naprężenia dla grupy obciążeń Zmienne2:

| Nr | x [m]             | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1  | 6,00              | 0,00   | 38,98                | 0,00                 | 33,70                  | -33,70                 | 4           |
|    | 6,00              | 0,00   | 38,98                | 0,00                 | 33,70                  | -33,70                 | 4           |
|    | <p>33,7 -33,7</p> |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m]               | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|---------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2  | 3,50                | 0,00   | -52,90               | 0,00                 | 45,74                  | -45,74                 | 4           |
|    | 3,50                | 0,00   | -52,90               | 0,00                 | 45,74                  | -45,74                 | 4           |
|    | <p>45,74 -45,74</p> |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m]             | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 3  | 0,00              | 0,00   | 38,98                | 0,00                 | 33,70                  | -33,70                 | 4           |
|    | 0,00              | 0,00   | 38,98                | 0,00                 | 33,70                  | -33,70                 | 4           |
|    | <p>33,7 -33,7</p> |        |                      |                      |                        |                        |             |

Naprężenia dla grupy obciążeń Zmienne3:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr | x [m] | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1  | 6,00  | 0,00   | -9,04                | -0,00                | 7,82                   | -7,82                  | 5           |
|    | 6,00  | 0,00   | -9,04                | -0,00                | 7,82                   | -7,82                  | 5           |
|    |       |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m] | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2  | 7,00  | 0,00   | 33,59                | 0,00                 | 29,04                  | -29,04                 | 5           |
|    | 7,00  | 0,00   | 33,59                | 0,00                 | 29,04                  | -29,04                 | 5           |
|    |       |        |                      |                      |                        |                        |             |

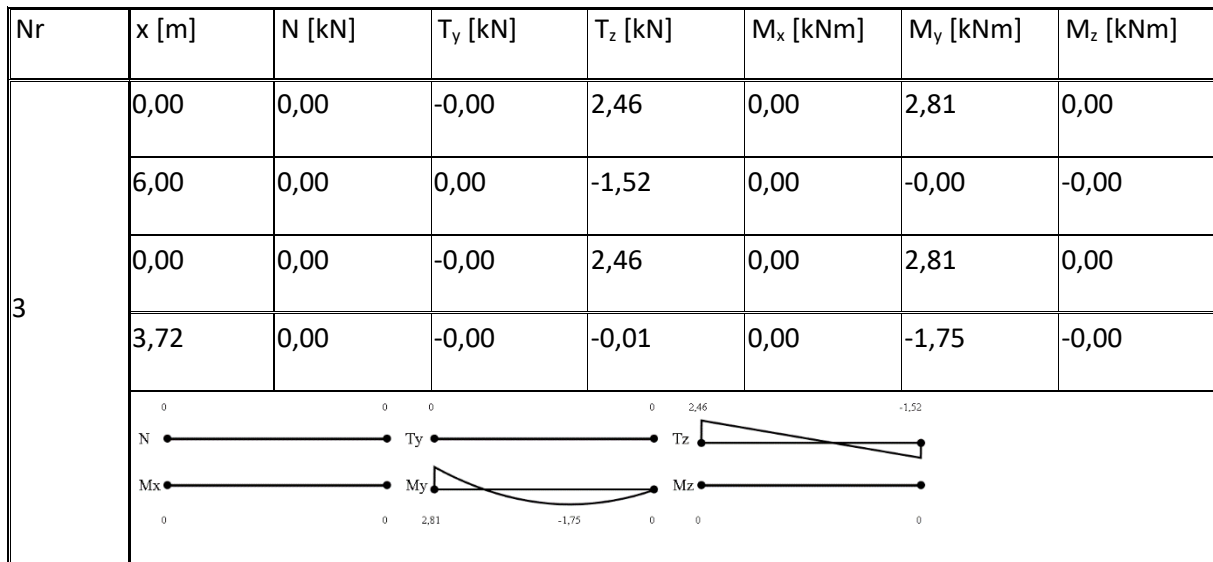
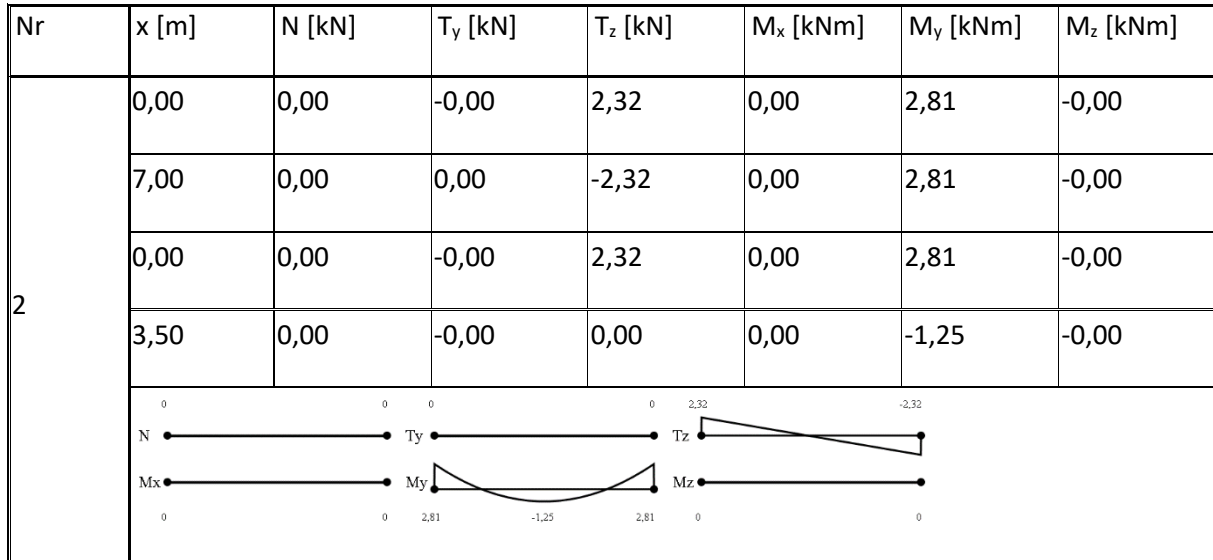
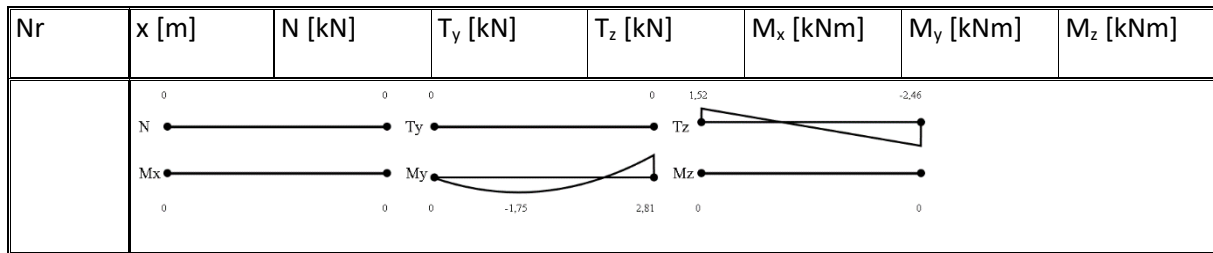
| Nr | x [m] | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 3  | 3,38  | 0,00   | -51,75               | 0,00                 | 44,74                  | -44,74                 | 5           |
|    | 3,38  | 0,00   | -51,75               | 0,00                 | 44,74                  | -44,74                 | 5           |
|    |       |        |                      |                      |                        |                        |             |

Siły wewnętrzne dla sumy grup (Ciężar własny):

| Nr | x [m] | N [kN] | T <sub>y</sub> [kN] | T <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|----|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 0,00  | 0,00   | -0,00               | 1,52                | 0,00                 | -0,00                | -0,00                |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -2,46               | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 6,00  | 0,00   | 0,00                | -2,46               | 0,00                 | 2,81                 | 0,00                 |
|    | 2,28  | 0,00   | 0,00                | 0,01                | 0,00                 | -1,75                | -0,00                |



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Przemieszczenia dla sumy grup (Ciężar własny):

| Nr      | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|---------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1       | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
| (1 - 2) | 2,578 | 0,00    | 0,00    | -0,11   | 0,11   | 0,00    | 0,00    | 0,11    | 0,11   |


Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nr           | x [m] | dx [mm] | dy [mm] | dz [mm] | d [mm] | fx [mm] | fy [mm] | fz [mm] | f [mm] |
|--------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
|              | 6,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 2<br>(2 - 3) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,519 | 0,00    | 0,00    | -0,07   | 0,07   | 0,00    | 0,00    | 0,07    | 0,07   |
|              | 7,000 | 0,00    | 0,00    | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |
| 3<br>(3 - 4) | 0,000 | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   |         |         |         |        |
|              | 3,423 | 0,00    | 0,00    | -0,11   | 0,11   | 0,00    | 0,00    | 0,11    | 0,11   |
|              | 6,000 | 0,00    | -0,00   | -0,00   | 0,00   |         |         |         |        |

Reakcje podporowe dla sumy grup (Ciężar własny):


|   | R <sub>x</sub> [kN] | R <sub>y</sub> [kN] | R <sub>z</sub> [kN] | M <sub>x</sub> [kNm] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,00                | -0,00               | 1,52                |                      |                      |                      |
| 2 | 0,00                | 0,00                | 4,78                |                      |                      |                      |
| 3 | 0,00                | 0,00                | 4,78                |                      |                      |                      |
| 4 | 0,00                | -0,00               | 1,52                |                      |                      |                      |


Naprężenia dla sumy grup (Ciężar własny):

| Nr  | x [m] | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|---|-------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1   | 6,00  | 0,00   | 2,81                 | 0,00                 | 2,43                   | -2,43                  | 1           |
|   | 6,00  | 0,00   | 2,81                 | 0,00                 | 2,43                   | -2,43                  | 1           |
|  |       |        |                      |                      |                        |                        |             |

| Nr | x [m] | N [kN] | M <sub>y</sub> [kNm] | M <sub>z</sub> [kNm] | σ <sub>max</sub> [MPa] | σ <sub>min</sub> [MPa] | Numery grup |
|----|-------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2  | 0,00  | 0,00   | 2,81                 | -0,00                | 2,43                   | -2,43                  | 1           |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

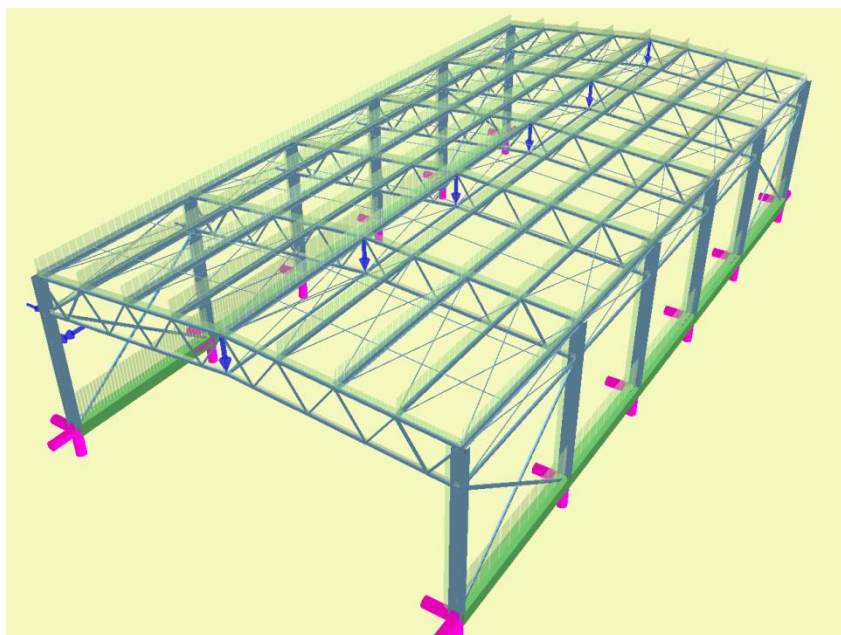
| Nr  | x [m] | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{max}$ [MPa] | $\sigma_{min}$ [MPa] | Numery grup |
|---|-------|--------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
|   | 0,00  | 0,00   | 2,81        | -0,00       | 2,43                 | -2,43                | 1           |
| <p>2,43 -2,43</p>  |       |        |             |             |                      |                      |             |

| Nr | x [m]   | N [kN] | $M_y$ [kNm] | $M_z$ [kNm] | $\sigma_{max}$ [MPa] | $\sigma_{min}$ [MPa] | Numery grup |
|----|---|--------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 3  | 0,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                 | -2,43                | 1           |
|    | 0,00  | 0,00   | 2,81        | 0,00        | 2,43                 | -2,43                | 1           |
|    | <p>2,43 -2,43</p>  |        |             |             |                      |                      |             |

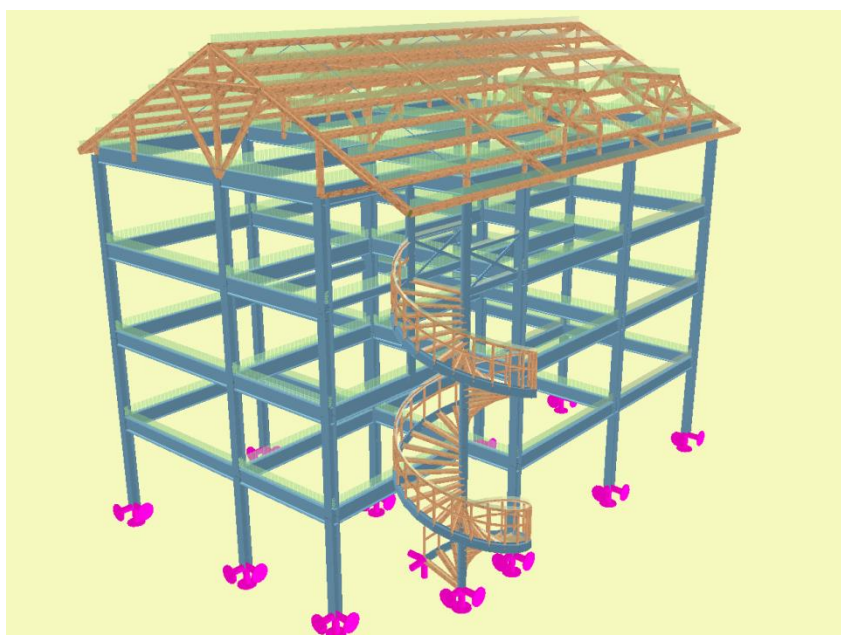
## 14. Przykładowe schematy układów statycznych

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

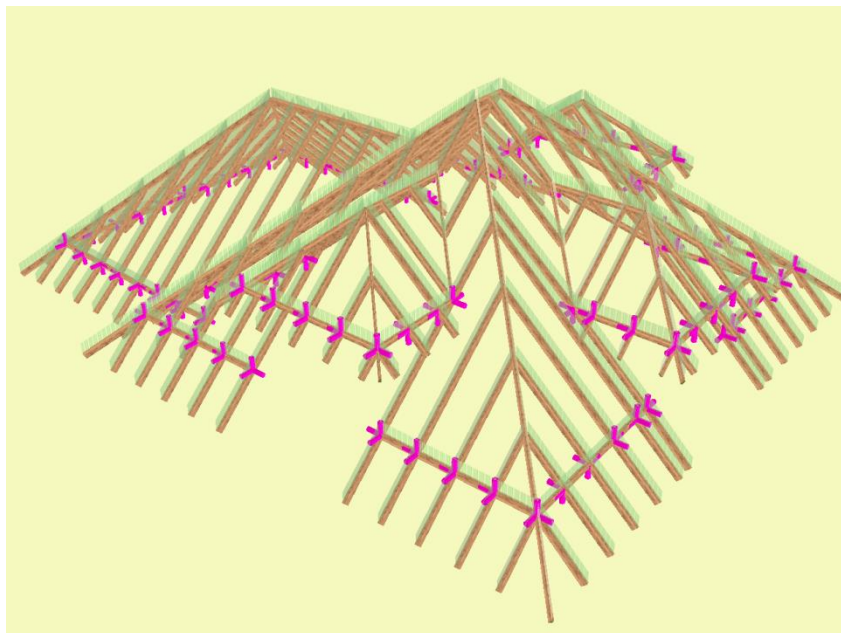
Poniżej przedstawiono kilka przykładowych układów statycznych modelowanych i liczonych w programie **R3D3-Rama 3D**:



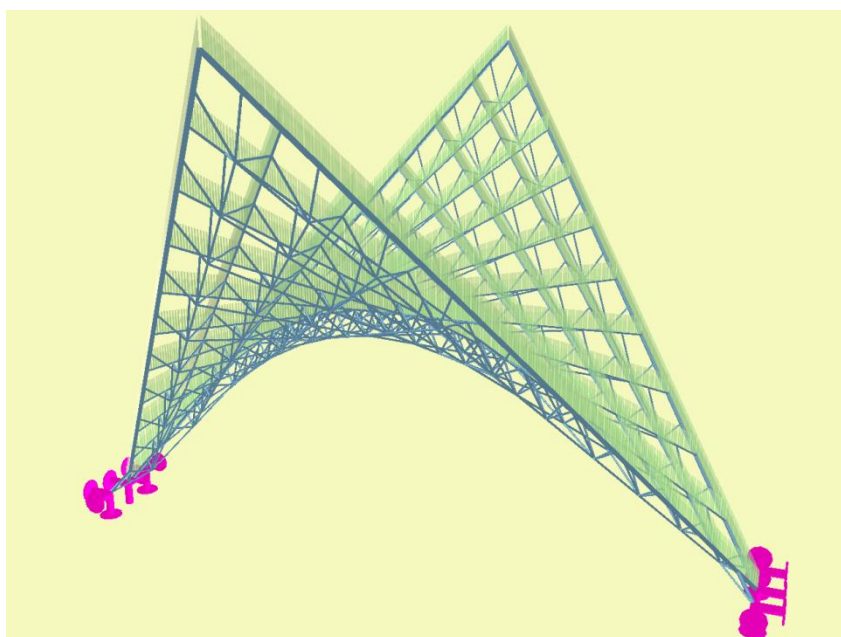
Rys. 355 Hala stalowa



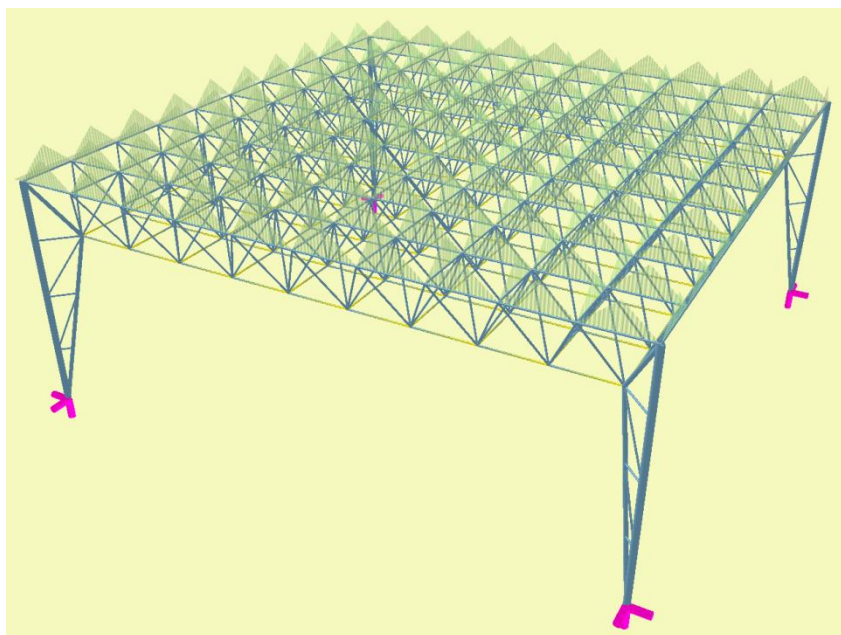
Rys. 356 Budynek o konstrukcji mieszanej



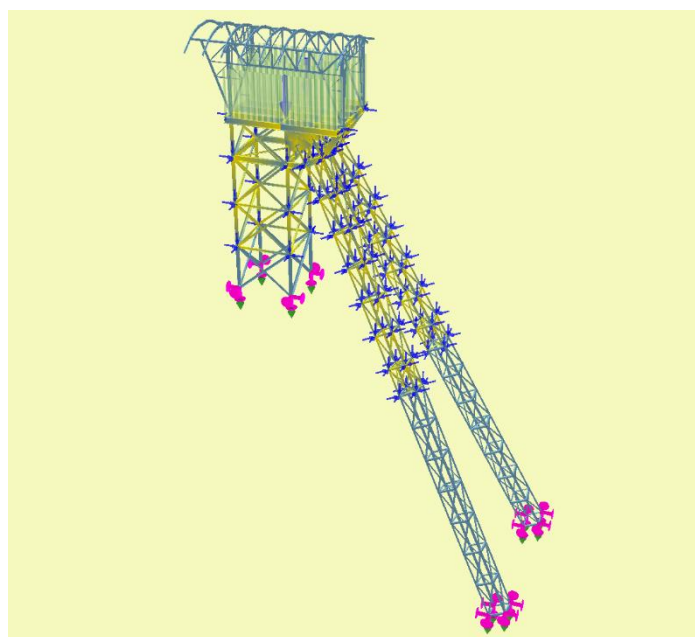
Rys. 357 Więżba dachowa



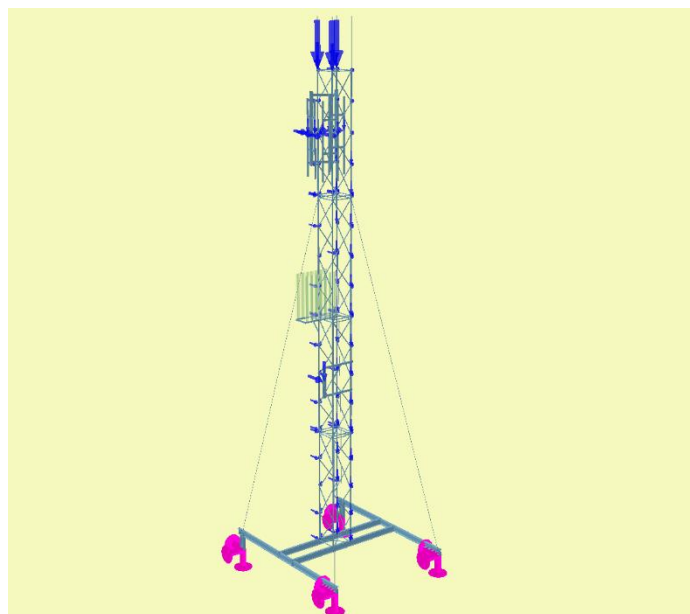
Rys. 358 Przekrycie strukturalne – prostokreślne



Rys. 359 Przekrycie strukturalne – kratownicowe



Rys. 360 Wieża górnicza



Rys. 361 Maszt telekomunikacyjny



# 15. Wymiarowanie zbiorcze

## 15.1. Opis ogólny funkcji wymiarowania

Wprowadzenie trybu wymiarowania zbiorczego w żadnym razie nie eliminuje dotychczasowego sposobu wymiarowania pojedynczych prętów, podpór lub wskazanej grupy takich samych prętów współliniowych. Oba tryby są dostępne w programie niezależnie i korzystają z tych samych zdefiniowanych przez użytkownika typów wymiarowania.

Wymiarowanie zbiorcze, tak jak wymiarowanie pojedynczych prętów i podpór, dostępne jest w programie w pełnej wersji wówczas, gdy użytkownik ma wykupioną licencję na poszczególne moduły wymiarujące.

Aby wykonać automatyczne wymiarowanie zbiorcze całego układu, muszą być spełnione następujące warunki:

- Statyka układu musi być poprawnie przeliczona.
- Cały układ musi być odpowiednio podzielony na grupy prętów/podpór i elementów wymiarowych z przypisanymi do nich właściwymi typami wymiarowania.

Należy pamiętać, że podział układu na grupy prętów/podpór i wydzielone w ramach grup prętów elementy wymiarowe nie ma żadnego wpływu na obliczenia statyczne i w związku z tym może być wykonany po zakończeniu liczenia statyki. Jednak ze względów praktycznych (możliwość selekcji prętów/podpór po grupach na etapie edycji) zaleca się dokonanie wstępnego podziału na grupy prętów/podpór już przed obliczeniami statycznymi. Po wykonaniu obliczeń statycznych użytkownik powinien dokonać ostatecznego podziału na grupy prętów/podpór, pamiętając że każdej z nich będzie mógł przypisać tylko jeden typ wymiarowania (wszystkie pręty/podpory w ramach grupy będą miały ten sam typ wymiarowania). W ramach każdej grupy prętów użytkownik może wydzielić kilka elementów wymiarowych. Element wymiarowy może stanowić kilka ciągłych, współliniowych prętów o takim samym przekroju i takich samych właściwościach. Pojedynczy pręt nie może stanowić elementu wymiarowego i jeżeli chcemy go wymiarować innym typem wymiarowania niż grupa, do której należy, musi on znaleźć się w odrębnej wydzielonej grupie prętów. Wydzielonym w ramach danej grupy elementom wymiarowym można przypisać odrębny typ wymiarowania, inny niż pozostałym prętom w tej grupie. Każdy zdefiniowany element wymiarowy może mieć przypisany inny typ wymiarowania. Element wymiarowy jest obiektem podrzędnym danej grupy prętów, co oznacza, że pręty składające się na element nie mogą należeć do różnych grup prętów. Każdy pręt może należeć tylko do jednego elementu wymiarowego. Każdy pręt układu jest przypisany do określonej przez użytkownika grupy prętów (lub do grupy **Niepogrupowane**) lub stanowi część składową wydzielonego elementu wymiarowego, wchodzącego w skład grupy prętów i elementów.

Przy wymiarowaniu zbiorczym należy również pamiętać, że wymiarowane będą tylko te pręty, dla których materiał i przekrój odpowiada zakresowi wymiarowania danego modułu wymiarującego. W przypadku próby wymiarowania nieodpowiedniego przekroju lub materiału, jako wynik wymiarowania program wyświetli jedynie komunikat informujący użytkownika, z jakiej przyczyny nie przeprowadzono wymiarowania danego pręta lub elementu. Może się również zdarzyć, że wymiarowanie nie zostanie wykonane z powodu przekroczenia jakiegoś warunku geometrycznego (najczęściej warunku smukłości) – wówczas również wynik zostanie opatrzony odpowiednim komunikatem. Generalnie zasada działania jest taka, że niezależnie od tego, jakie pręty próbujemy

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


wymiarować zbiorczo, program w przypadku natrafienia na przeszkody nie przerywa obliczeń, jako wynik dla danego elementu ustawia odpowiedni komunikat i przechodzi do wymiarowania następnego elementu. W ten sposób, przeglądając wyniki obliczeń dla całości układu, możemy kontrolować, które pręty (elementy) nie zostały zwymiarowane i dłaczego.


## 15.2. Elementy wymiarowe

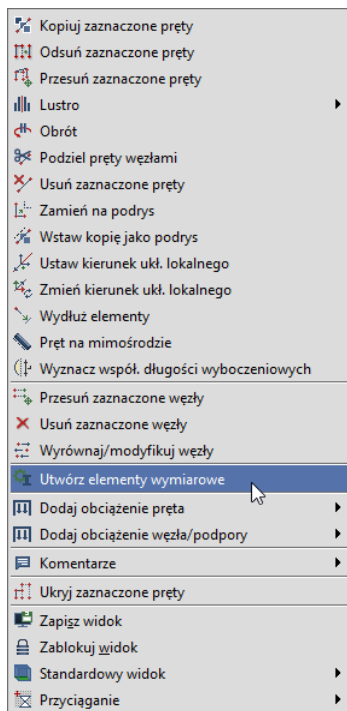
W programie można definiować elementy wymiarowe złożone z kilku prętów ciągłych i współliniowych (z dokładnością do 15 stopni) o takim samym przekroju i właściwościach (materiał, klasa, obrót przekroju i lokalnego układu współrzędnych itp.). Pręty składające się na element muszą również należeć do jednej grupy prętów, stąd elementy wymiarowe są podrzędne względem zdefiniowanych grup prętów. Elementy wymiarowe służą w programie do jednolitego i całościowego traktowania podczas wymiarowania obiektów, które na etapie statyki muszą być podzielone na osobne pręty (np. z powodu połączenia na ich długości z innymi prętami). Złożony element wymiarowy podczas wymiarowania traktowany jest jak jeden pręt. To znaczy, że na przykład dopuszczalne ugięcie oraz długość wyboczeniowa brane są przy wymiarowaniu dla całej długości elementu, będącej sumą długości prętów składających się na element. Do każdego zdefiniowanego w układzie elementu wymiarowego można przypisać osobny typ wymiarowania.

### 15.2.1. Tworzenie elementów wymiarowych


Tworzenie elementów wymiarowych w projekcie można wykonać na dwa sposoby:


**Pojedynczo** – zaznaczając kilka ciągłych i współliniowych prętów niebędących cięgnami, o takim samym przekroju i właściwościach oraz należących do tej samej grupy prętów i wybierając z menu podręcznego prawego klawisza myszki opcję  **Utwórz elementy wymiarowe**.

**Zbiorczo** – zaznaczając dowolnie wybraną grupę prętów układu niebędących cięgnami, zdefiniowaną grupę prętów lub wręcz cały układ i wybierając z menu podręcznego prawego klawisza myszki opcję  **Utwórz elementy wymiarowe**.



Rys. 362 Funkcja tworzenia elementów wymiarowych

W drugim przypadku program sam selekcjonuje możliwe elementy wymiarowe na podstawie wyżej wymienionych cech, które pręty wchodzące w skład elementu muszą spełniać. Oczywiście dla całego zaznaczonego układu nie zawsze dostaniemy efekt, o który nam chodzi, ale selekcjonując właściwie pręty i wywołując kolejno opcję  **Utwórz elementy wymiarowe**, zawsze jesteśmy w stanie uzyskać właściwy efekt.

Po wywołaniu funkcji  **Utwórz elementy wymiarowe** na ekranie otrzymamy okno **Lista tworzonych elementów wymiarowych** o wyglądzie jak niżej, zawierające odpowiednio jeden lub więcej elementów wymiarowych.

| Nazwa elementu       | Material  | Numerы prętów (liczba prętów) | Grupa prętów | Definicja typu wymiarowania | Utwórz element                      |
|----------------------|-----------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Element wymiarowy-1  | Stal St35 | 14-17 (4)                     | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-2  | Stal St35 | 53-56 (4)                     | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-3  | Stal St35 | 92-95 (4)                     | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-4  | Stal St35 | 131-134 (4)                   | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-5  | Stal St35 | 170-173 (4)                   | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-6  | Stal St35 | 209-212 (4)                   | Pasy dolne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-7  | Stal St35 | 6-9 (4)                       | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-8  | Stal St35 | 45-48 (4)                     | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-9  | Stal St35 | 84-87 (4)                     | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-10 | Stal St35 | 123-126 (4)                   | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-11 | Stal St35 | 162-165 (4)                   | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Element wymiarowy-12 | Stal St35 | 201-204 (4)                   | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input checked="" type="checkbox"/> |

Rys. 363 Lista tworzonych elementów wymiarowych


Do momentu kliknięcia w tym oknie przycisku **OK** wyselekcjonowane elementy wymiarowe nie są jeszcze zdefiniowane w projekcie. W oknie powyżej pola edytowalne oznaczone są na biało, a na szaro

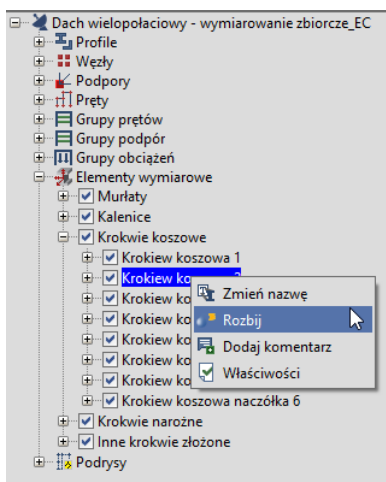
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

pola informacyjne. I tak kolejno w tabeli wyświetlane są następujące informacje: domyślna nazwa elementu (można ją zmienić), rodzaj materiału i jego klasa, numery i liczba prętów składających się na dany element, nazwa grupy prętów, do której element należy, domyślna definicja typu wymiarowania (można przypisać właściwą przez wybór z listy) wraz z przyciskiem dostępu do okna definicji typu wymiarowania dla danego materiału. W ostatniej kolumnie umieszczono znaczniki pozwalające użytkownikowi wybrać, które z zaproponowanych elementów tak naprawdę mają być utworzone w projekcie (domyślnie wszystkie zaznaczone). Dolne przyciski **Zaznacz/Odznacz wszystkie** powodują zaznaczenie lub odznaczenie znaczników w ostatniej kolumnie. Wciśnięcie przycisku **OK** spowoduje utworzenie w projekcie zaznaczonych elementów, a przycisku **Anuluj** przerwanie operacji bez utworzenia nowych elementów wymiarowych. Operację tworzenia elementów wymiarowych można wykonywać wielokrotnie, pamiętając, że ponowne tworzenie elementów z prętów, które są już składnikiem istniejących elementów, spowoduje automatyczne rozbięcie dotychczasowych elementów i utworzenie nowych. Jest to związane z założeniem programu, że dowolny pręt układu w danej chwili może należeć tylko do jednego elementu wymiarowego.

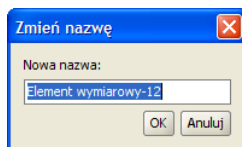
### 15.2.2. Edycja elementów wymiarowych

Po utworzeniu elementów wymiarowych w „drzewie projektu” z lewej strony ekranu graficznego pojawi się nowa rozwijalna pozycja  **Elementy wymiarowe**. Po jej rozwinięciu możemy przeglądać, jakie elementy w poszczególnych grupach prętów zostały utworzone w projekcie. Przed nazwą elementu w „drzewie projektu” znajduje się pole znacznika, pozwalające na selekcję wybranych elementów w projekcie. Klikając na nazwie elementu w „drzewie” prawym klawiszem myszki, mamy dostęp do menu podręcznego zawierającego trzy funkcje: **Właściwości**, **Rozbij**, **Dodaj komentarz** i **Zmień nazwę** – pozwalające odpowiednio wyświetlić okno edycji elementów wymiarowych, rozbić dany element na poszczególne pręty, dodać komentarz do elementu wymiarowego i zmienić nazwę elementu.



Rys. 364 Funkcje właściwości, rozbitcia i zmiany nazwy elementu wymiarowego

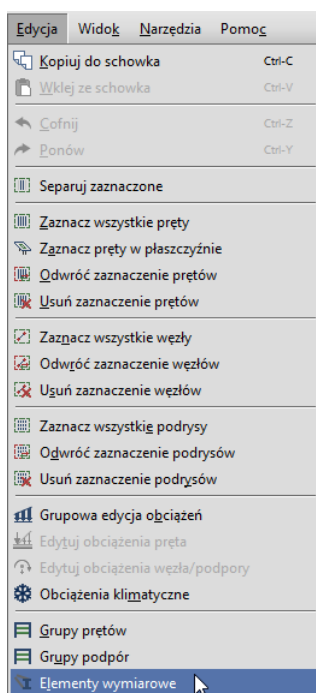
Rozbicie elementu na pręty równoważne jest jego likwidacji w ramach projektu, ale oczywiście nie usuwa żadnych prętów z układu. Wybranie opcji **Zmień nazwę** wywołuje okienko jak niżej, pozwalające na dowolną zmianę nazwy zdefiniowanego elementu.



Rys. 365 Okno Zmień nazwę elementu

Dodatkowo edycję zdefiniowanych w projekcie elementów wymiarowych można wykonywać w specjalnie przeznaczonym do tego oknie dialogowym, które wywołujemy z menu górnego: **Edycja** –

 **Elementy wymiarowe.**



Rys. 366 Wywołanie edycji elementów wymiarowych

Jest ono co do funkcjonalności bardzo podobne do okna, które otrzymywaliśmy przy tworzeniu nowych elementów wymiarowych. Oba okna różnią się tylko nagłówkiem okna i nazwą ostatniej kolumny oraz dostępem do funkcji na dole okna – **Rozbij zaznaczone**. Główna różnica w funkcjonalności między tymi oknami polega na tym, że przy tworzeniu elementów wyświetlane są jedynie te elementy, które w danej chwili będą tworzone (nie ma ich jeszcze w projekcie), natomiast przy wywołaniu okna **Lista złożonych elementów wymiarowych** wyświetlane są w tabeli wszystkie dotychczas utworzone w projekcie elementy. Dodatkową różnicą jest dostęp w drugim przypadku do funkcji **Rozbij zaznaczone**, pozwalającej na rozbicie na pojedyncze pręty wybranych i zaznaczonych elementów w kolumnie **Wybierz element**. Po rozbiciu dany element znika z listy, ale tak naprawdę zmiany w projekcie akceptowane są po wyjściu z okna przez naciśnięcie przycisku **OK**. Wyjście z okna klawiszem **Anuluj** nie akceptuje zmian wprowadzonych w tym oknie. Poza rozbijaniem elementów **Listę złożonych elementów wymiarowych** można wykorzystać do zmiany nazwy elementów i zmiany przypisania typu wymiarowania do elementu.

| Nazwa elementu | Materiał  | Numery prętów (liczba prętów) | Grupa prętów | Definicja typu wymiarowania | Wybierz element          |
|----------------|-----------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pas górny-10   | Stal St35 | 49-52 (4)                     | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-11   | Stal St35 | 6-9 (4)                       | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-12   | Stal St35 | 10-13 (4)                     | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-1     | Stal St35 | 342-346, 385-394 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-2     | Stal St35 | 347-351, 395-404 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-3     | Stal St35 | 352-356, 405-414 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-4     | Stal St35 | 357-361, 415-424 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-5     | Stal St35 | 362-366, 425-434 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-6     | Stal St35 | 367-371, 435-444 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-7     | Stal St35 | 372-374, 445-450, 47...       | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-8     | Stal St35 | 375-379, 451-460 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Płatew P-9     | Stal St35 | 380-384, 461-470 (15)         | Płatwie      | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-1       | Stal St35 | 1-2 (2)                       | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-2       | Stal St35 | 4-5 (2)                       | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-3       | Stal St35 | 40-41 (2)                     | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-4       | Stal St35 | 43-44 (2)                     | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-5       | Stal St35 | 79-80 (2)                     | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-6       | Stal St35 | 82-83 (2)                     | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-7       | Stal St35 | 118-119 (2)                   | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-8       | Stal St35 | 121-122 (2)                   | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-9       | Stal St35 | 157-158 (2)                   | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-10      | Stal St35 | 160-161 (2)                   | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Stup S-11      | Stal St35 | 196-197 (2)                   | Stupy główne | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |

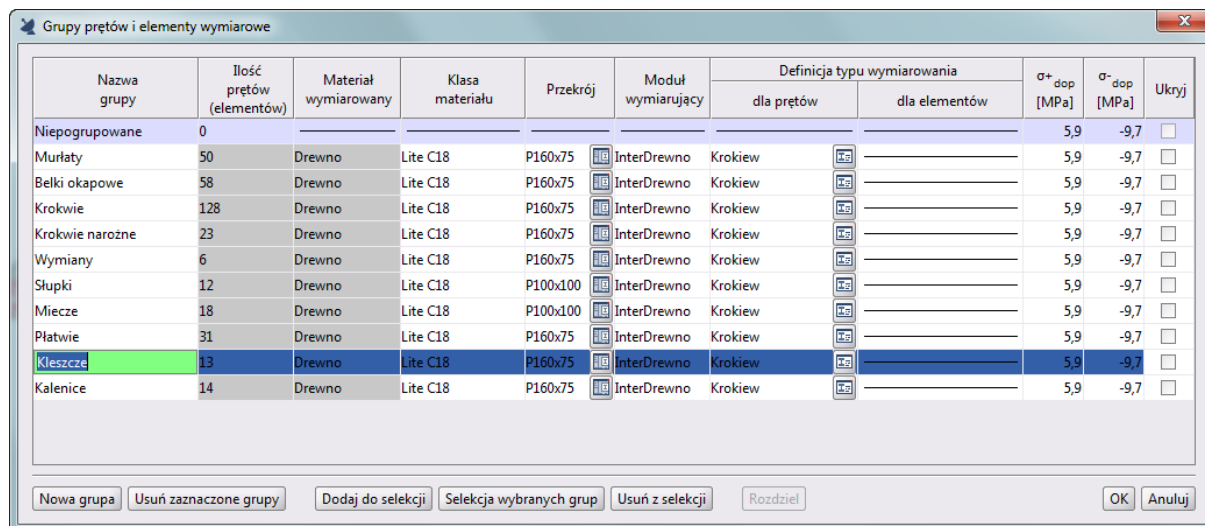
Rys. 367 Okno edycji złożonych elementów wymiarowych

W celu lepszej orientacji w projekcie, każde zaznaczenie elementu w ostatniej kolumnie **Wybierz element** lub **Utwórz element** w obu oknach podświetla zaznaczone pręty (elementy) na ekranie graficznym.

Zdefiniowane w projekcie elementy wymiarowe widoczne są w oknie jak wyżej i „drzewie projektu”, natomiast na ekranie graficznym, przy włączonych zakładkach **Geometria**, **Obciążenia**, **Wyniki**, możemy zaznaczać jedynie poszczególne pręty. Inaczej sytuacja wygląda, gdy wykonaliśmy wymiarowanie zbiorcze i jesteśmy na zakładce **Wymiarowanie**. Wówczas na ekranie graficznym możemy zaznaczać również pręty, które nie należą do żadnych elementów wymiarowych, ale w przypadku kliknięcia na pręt, który jest częścią elementu, zaznacza się cały element. Wynika to stąd, że wyniki wymiarowania zbiorczego prezentowane są dla pojedynczych prętów (niewchodzących w skład elementów) i właśnie elementów wymiarowych. Elementy wymiarowe na ekranie graficznym, przy włączonej zakładce **Wymiarowanie**, wyświetlane są w innym kolorze (można go zmienić w **Ustawieniach**) – domyślnie na niebiesko. W przypadku próby zmiany prętów wchodzących w skład elementu wymiarowego na cięgną, element zostanie rozbity, a operacja ta zostanie poprzedzona odpowiednim komunikatem.

### 15.3. Edycja grup prętów i elementów w grupach

W programie zaimplementowano okno definiowania  **Grup prętów i elementów wymiarowych**.



| Nazwa grupy     | Ilość prętów (elementów) | Materiał wymiarowany | Klasa materiału | Przekrój | Moduł wymiarujący | Definicja typu wymiarowania |               | $\sigma^+$ dop [MPa] | $\sigma^-$ dop [MPa] | Ukryj                    |
|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----------|-------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
|                 |                          |                      |                 |          |                   | dla prętów                  | dla elementów |                      |                      |                          |
| Niepogrupowane  | 0                        |                      |                 |          |                   |                             |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Murlaty         | 50                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Belki okapowe   | 58                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Krokwie         | 128                      | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Krokwie narożne | 23                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Wymiany         | 6                        | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Słupki          | 12                       | Drewno               | Lite C18        | P100x100 | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Miecze          | 18                       | Drewno               | Lite C18        | P100x100 | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Platwie         | 31                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Kleszcze        | 13                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |
| Kalenice        | 14                       | Drewno               | Lite C18        | P160x75  | InterDrewno       | Krokiew                     |               | 5,9                  | -9,7                 | <input type="checkbox"/> |

Rys. 368 Okno edycji grup prętów i elementów wymiarowych

W dolnej części okna usytuowano przyciski pozwalające tworzyć i usuwać grupy prętów, a także dodawać i usuwać selekcję poszczególnych grup prętów. Z prawej strony na dole umieszczono przyciski **OK** i **Anuluj**, akceptujące lub pomijające wprowadzone w oknie zmiany. Pozostałą część okna stanowi rozbudowana tabelka, w której pola białe przewidziane są do edycji, a pola szare są polami informacyjnymi. Dodatkowo w niektórych kolumnach dostępne są ikony przycisków wywołujących: **Edytor przekrojów**, **Edytor elementów w grupie prętów** i **Edytor typów wymiarowania**. Pierwsza i dwie ostatnie kolumny są polami edycyjnymi umożliwiającymi wpisanie właściwej nazwy lub wartości. W pozostałych kolumnach edycyjnych użytkownik ma możliwość zmiany zawartości pola przez odpowiedni wybór z listy. Grupa prętów **Niepogrupowane** jest wyróżniona kolorystycznie jako grupa nieusuwalna, dla której niedostępna jest zmiana nazwy. W grupie tej będą definiowane wszystkie nowe pręty, w przypadku gdy nie są zdefiniowane inne grupy użytkownika. Kolejno w tabeli zamieszczono następujące kolumny:

- **Nazwa grupy** – dowolna nazwa identyfikująca grupę prętów, określona przez użytkownika. Wyjątek stanowi grupa **Niepogrupowane**, która jest nieusuwalna i nie można zmienić jej nazwy.
- **Ilość prętów (elementów)** – w kolumnie program podaje łączną ilość prętów wchodzących w skład grupy, a w nawiasie ilość elementów wymiarowych zdefiniowanych w grupie.
- **Materiał wymiarowany** – program podaje rodzaj materiału, z jakiego wykonane są pręty w grupie. W przypadku gdy w danej grupie prętów znajdują się pręty (elementy) wykonane z różnych materiałów, wyświetlony będzie znak [...] i grupa taka nie będzie mogła być wymiarowana zbiorczo.
- **Klasa materiału** – w kolumnie podana jest klasa materiału, która będzie uwzględniona przy wymiarowaniu. W przypadku gdy w danej grupie prętów znajdują się pręty (elementy) wykonane z materiałów o różnych klasach, wyświetlony będzie znak [...]. Użytkownik może



przez wybór z listy zmienić klasę materiału dla wszystkich prętów i elementów w danej grupie. Jeśli zmieniamy klasę materiału i nie zmieniamy przekroju, a przekrój ten jest wykorzystywany również w innej grupie prętów, program tworzy w projekcie kopię przekroju ze zmienioną klasą.

- **Przekrój** – w kolumnie podana jest nazwa przekroju, jeśli wszystkie pręty w danej grupie mają taki sam przekrój. W innym przypadku wyświetlany jest znak [...]. Użytkownik może przypisać wszystkim prętom i elementom w grupie nowy przekrój przez wybór z listy przekrojów zdefiniowanych w projekcie lub rozpocząć edycję wybranego przekroju przez kliknięcie na ikonkę **Edytora przekrojów**. W przypadku próby edycji przekroju, który jest również używany w innej grupie prętów, tworzona jest w projekcie jego kopia z kolejnym numerem w nazwie i na niej odbywa się edycja. W ten sposób program zabezpiecza projekt przed nieprzewidywalnymi zmianami w modelu.
- **Moduł wymiarujący** – użytkownik może wybrać z listy dostępny dla danego typu materiału moduł wymiarujący.
- **Definicja typu wymiarowania dla prętów** – użytkownik może dla wszystkich prętów w grupie przypisać z listy charakterystyczny dla danego modułu wymiarującego typ wymiarowania. Przez kliknięcie na ikonkę **Edytora typów wymiarowania** można zdefiniować nowy typ i przypisać go do danej grupy prętów. Ikona ta uruchamia edytor charakterystyczny dla danego modułu wymiarującego. W kolumnie tej użytkownik może również wybrać z listy opcję **Brak wymiarowania**. Wówczas wszystkie pręty w danej grupie będą pominięte przy wymiarowaniu zbiorczym.
- **Definicja typu wymiarowania dla elementów** – użytkownik może dla wszystkich elementów wymiarowych w grupie przypisać z listy charakterystyczny dla danego modułu wymiarującego typ wymiarowania. Przez kliknięcie na ikonkę **Edytora typów wymiarowania** można zdefiniować nowy typ i przypisać go do elementów w danej grupie prętów. Ikona ta uruchamia edytor charakterystyczny dla danego modułu wymiarującego. W kolumnie tej użytkownik może również wybrać z listy opcję **Brak wymiarowania**. Wówczas wszystkie elementy w danej grupie będą pominięte przy wymiarowaniu. Wciskając ikonkę **Elementów wymiarowych** w danej grupie, wywołujemy dodatkowe okno edycji elementów wymiarowych dla tej grupy (**Lista złożonych elementów wymiarowych** dla danej grupy), które pozwala między innymi przypisać każdemu elementowi inny typ wymiarowania.

| Nazwa elementu | Materiał  | Numer prętów (liczba prętów) | Grupa prętów | Definicja typu wymiarowania | Wybierz element          |
|----------------|-----------|------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pas górny-1    | Stal St35 | 201-204 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-2    | Stal St35 | 205-208 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-3    | Stal St35 | 162-165 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-4    | Stal St35 | 166-169 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-5    | Stal St35 | 123-126 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-6    | Stal St35 | 127-130 (4)                  | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-7    | Stal St35 | 84-87 (4)                    | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-8    | Stal St35 | 88-91 (4)                    | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-9    | Stal St35 | 45-48 (4)                    | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-10   | Stal St35 | 49-52 (4)                    | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-11   | Stal St35 | 6-9 (4)                      | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |
| Pas górny-12   | Stal St35 | 10-13 (4)                    | Pasy górne   | Krzyżulce                   | <input type="checkbox"/> |

Buttons: Rozbij zaznaczone, Zaznacz wszystkie, Odznacz wszystkie, OK, Anuluj




Rys. 369 Lista tworzonych elementów wymiarowych

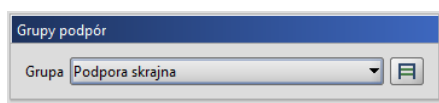
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D


- $\sigma(+)$ <sub>dop</sub> [MPa] – dopuszczalna wytrzymałość materiału prętów w danej grupie na rozciąganie, uwzględniana jedynie przy szacunkowym sprawdzaniu przekroczenia normalnych naprężeń sprężystych.
- $\sigma(-)$ <sub>dop</sub> [MPa] – dopuszczalna wytrzymałość materiału prętów w danej grupie na ściskanie, uwzględniana jedynie przy szacunkowym sprawdzaniu przekroczenia normalnych naprężeń sprężystych.
- **Ukryj** – kolumna zawierająca znaczki ukrycia danej grupy prętów w projekcie.

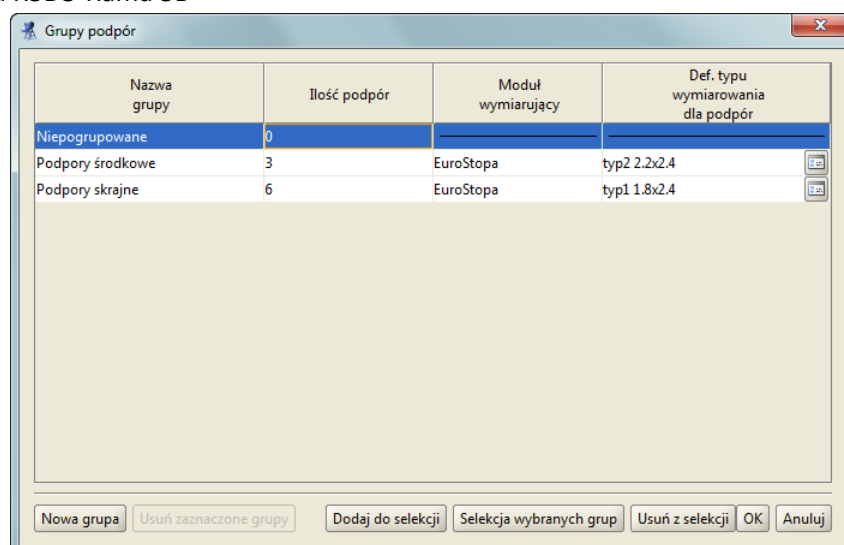
## 15.4. Grupy podpór

Przed przystąpieniem do wymiarowania indywidualnego, a zwłaszcza zbiorczego, warto przydzielić wszystkie zdefiniowane w projekcie podpory do odpowiedniej grupy podpór. Operację tę wykonuje się na zakładce **Geometria** analogicznie jak w przypadku grup prętów (zaznaczamy odpowiednie węzły podporowe i w panelu  **Grupy podpór** przypisujemy je do odpowiedniej grupy wybranej z listy). Domyślnie wszystkie węzły podporowe lokalizowane są w nieusuwalnej grupie podpór o nazwie **Niepogrupowane** (jak dla prętów). Własne grupy podpór użytkownik może zdefiniować w oknie  **Grup podpór** wywoływanym z menu **Narzędzia**, lub odpowiednim przyciskiem w panelu  **Grup podpór** na zakładce **Geometria**.



Rys. 370 Panel Grup podpór na zakładce Geometria

Po przypisaniu węzłów podporowych do odpowiednich grup podpór, w oknie **Grup podpór** do odpowiednich grup możemy przypisać definicję typu wymiarowania podpory zawierającą informację o: typie i wymiarach fundamentu, warunkach gruntowych, głębokości posadowienia, danych materiałowych dotyczących fundamentu itp. Szczegółowe informacje o parametrach definicji typu wymiarowania podpór oraz dostępnych typach fundamentów bezpośrednich znajdzie użytkownik w opisie modułu  **EuroStopa**, przeznaczonego do wymiarowania fundamentów bezpośrednich według **Eurokodu 7**.



Rys. 371 Okno Grup podpór

## 15.5. Definicje typu wymiarowania

Głównym założeniem przy pracy z definicjami typów wymiarowania w wymiarowaniu zbiorczym jest konieczność zachowania przypisanych typów wymiarowania do prętów, podpór i elementów w pliku danego projektu.

W związku z tym informacje o użytych w projekcie typach wymiarowania i ich własnościach zapisywane są od wersji 6.0 programu w plikach projektów. Oprócz tego tak jak dotychczas istnieje osobna baza typów wymiarowania definiowanych przez użytkownika w programie i dostępnych w każdym innym projekcie. Obie opisane powyżej bazy są bazami biernymi i nie są bezpośrednio wykorzystywane podczas pracy nad projektem. Przy otwieraniu istniejącego projektu program tworzy zawsze tymczasową bazę dostępnych typów wymiarowania, która jest sumą bazy zawartej w projekcie i bazy w programie. Ta tymczasowa baza jest właśnie dostępna podczas pracy w programie. Przy tworzeniu bazy tymczasowej, w przypadku gdy dwa typy wymiarowania mają tę samą nazwę lecz różnią się własnościami, typ z projektu dodawany jest do bazy tymczasowej z dodatkowym oznaczeniem (proj) na końcu nazwy. Typy, które mają tę samą nazwę i własności, przy budowaniu bazy tymczasowej nie są dublowane. Podczas pracy nad projektem nowe typy wymiarowania dodawane są do bazy tymczasowej. Przy zapisie projektu wykonywana jest na podstawie pliku tymczasowego synchronizacja baz typów wymiarowania w pliku projektu i w programie, a po synchronizacji plik bazy tymczasowej jest usuwany. Synchronizacja baz polega na tym, że do bazy programu kopiowane są wszystkie definicje typów z pliku tymczasowego z wyjątkiem tych z przyrostkiem (proj). Natomiast do projektu kopiowane są wszystkie używane w danym projekcie typy wymiarowania z ewentualnym pominięciem dodanego przyrostka (proj), o ile taki wystąpi. Jeśli zdarzyłoby się, że po usunięciu przyrostka (proj) nazwy typów się powtarzają, to do nazwy jest dodawany automatycznie numer porządkowy.

Wszystkie bazy definicji typów wymiarowania są wykonane w postaci plików **XML**.

Podręcznik do programu

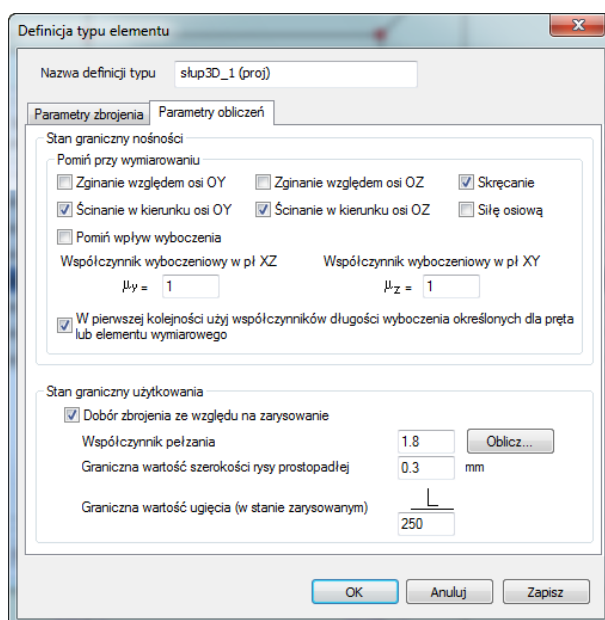
Opis programu R3D3-Rama 3D

Przy definiowaniu grup prętów i elementów należy pamiętać o zasadzie:

W wymiarowaniu zbiorczym dowolnej grupie prętów/podpór można przypisać tylko jedną wybraną definicję typu wymiarowania. Natomiast w przypadku zdefiniowania w tych samych grupach prętów, złożonych elementów wymiarowych, każdemu z nich można przypisać osobną definicję typu wymiarowania.

## 15.6. Kalkulator współczynnika pełzania w module EuroŻelbet

W definicji typu wymiarowania w module **EuroŻelbet** na zakładce **Parametry obliczeń**, obok wpisanej wartości współczynnika pełzania znajduje się przycisk **Oblicz...** wywołujący **Kalkulator współczynnika pełzania**. Kalkulator ten wyznacza wartość współczynnika pełzania w oparciu o wytyczne zawarte w załączniku B.1 normy **PN-EN 1992-1-1**.



Rys. 372 Wywołanie kalkulatora współczynnika pełzania

Po wywołaniu okna kalkulatora użytkownik uzyskuje możliwość ustawienia parametrów niezbędnych do wyznaczenia wartości współczynnika pełzania. Podstawą do wyznaczenia współczynnika pełzania jest przekrój żelbetowy pobrany z definicji typu wymiarowania, z której wywołano kalkulator (opcja domyślna). W każdej chwili użytkownik ma możliwość zmiany przekroju na inny z listy przekrojów żelbetowych zdefiniowanych w danym projekcie. Pod listą przekrojów wyświetlane są dwa pola edycyjne podające pole powierzchni i obwód całkowity wybranego przekroju z listy. Wartości obu tych pól mogą być modyfikowane przez użytkownika. Możliwość ta dotyczy zwłaszcza obwodu przekroju, który powinien być zredukowany do obwodu wystawionego na bezpośrednie działanie powietrza. Na podstawie obu powyższych parametrów wyznaczany jest w programie miarodajny wymiar elementu. Niżej w oknie znajduje się lista wszystkich klas betonu, przy czym domyślnie ustawiona jest klasa betonu pobrana z definicji typu wymiarowania, dla której został wywołany kalkulator.

Kalkulator współczynnika pęczania

Przekrój żelbetowy  
P550x300

Pole powierzchni przekroju  $A_c = 1650.00$  cm<sup>2</sup>  
Obwód przekroju  $u = 170.00$  cm

Klasa betonu  
C25/30

Wilgotność względna otoczenia  $RH = 50$  %  
Wiek betonu w chwili obciążenia  $t_0 = 28$  dni  
Temperatura w okresie dojrzewania betonu  $T = 20$  °C  
Przyjęty okres użytkowania konstrukcji  $t = 50$  lat  
Rodzaj użytego cementu  
normalny

Wyznaczony współczynnik pęczania  $\varphi(t, t_0) = 2.51$

Raport OK Anuluj

Rys. 373 Okno Kalkulatora współczynnika pęczania

Kolejne parametry które powinien określić użytkownik to:

- Wilgotność względna otoczenia  $<0; 100>$  [%] – wartość domyślna 50%.
- Wiek betonu w chwili obciążenia  $> 0$  [dni] – domyślnie 28 dni
- Temperatura w okresie dojrzewania betonu  $<0; 80>$  [°C] – domyślnie 20 °C
- Przyjęty okres użytkowania konstrukcji  $> 0$  [lat] – domyślnie 50 lat
- Rodzaj użytego cementu – wolno twardniejący, normalny (domyślnie), szybko twardniejący

Na dole okna wyświetlana jest na bieżąco wartość wyznaczonego współczynnika pęczania  $\varphi(t, t_0)$ . Przy wprowadzaniu danych do kalkulatora należy pamiętać by przyjęty okres użytkowania konstrukcji był znacząco większy od wieku betonu w chwili obciążenia. W innym przypadku zamiast wyznaczenia współczynnika może zostać wyświetlony komunikat: **„Prawdopodobnie przyjęty okres użytkowania konstrukcji jest mniejszy od wieku betonu w chwili obciążenia”**. W okienku komunikatu znajduje się tylko przycisk **„Przywróć wartości domyślne”**, który przywraca wartości domyślne parametrów:  $t$ ,  $t_0$ ,  $T$ .

Wciśnięcie przycisku **OK** powoduje przepisanie wyliczonej wartości współczynnika pęczania do odpowiedniego pola w definicji typu wymiarowania. Funkcja **Anuluj** powoduje wyjście z okna kalkulatora bez przepisywania współczynnika, natomiast wciśnięcie przycisku **Raport** tworzy jednostronicowy raport z wyznaczania współczynnika pęczania w formacie **RTF**.

**Wyznaczenie współczynnika pelzania wg załącznika B.1 normy PN-EN 1992-1-1**

**Dane:**

|  |                                  |   |                   |
|--|----------------------------------|---|-------------------|
| Nazwa przekroju żelbetowego:               | P550x300                         | Wilgotność względna otoczenia:          | RH=50 [%]         |
| Pole przekroju poprzecznego:               | $A_c=1650.00$ [cm <sup>2</sup> ] | Przyjęty rodzaj cementu:                | normalny          |
| Obwód elementu mający kontakt z atmosferą: | $u=170.00$ [cm]                  | Wykładnik zależny od rodzaju cementu:   | $\alpha=0$        |
| Klasa betonu C25/30:                       | $f_{cm}=33.00$                   | Wiek betonu w chwili obciążenia:        | $t_0=28.00$ [dni] |
| Temperatura w okresie dojrzewania betonu   | $T=20.00$ [°C]                   | Przyjęty okres użytkowania konstrukcji: | $t=50.00$ [lat]   |

Miarodajny wymiar elementu:

$$h_o = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 165000.00}{1700.00} = 194.118 [\text{mm}]$$

Współczynniki zależne od wytrzymałości betonu:

$$\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.7} = \left(\frac{35}{33.00}\right)^{0.7} = 1.042; \quad \alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.2} = \left(\frac{35}{33.00}\right)^{0.2} = 1.012; \quad \alpha_3 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.5} = \left(\frac{35}{33.00}\right)^{0.5} = 1.030$$

Współczynnik wpływu wilgotności względnej na pelzanie:

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{(1-0.01 \cdot RH)}{(0.1 + \sqrt{h_o})} = 1 + \frac{(1-0.01 \cdot 50.00)}{(0.1 + \sqrt{194.12})} = 1.864$$

Współczynnik wpływu wytrzymałości betonu na pelzanie:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{33.00}} = 2.785$$

Zmodyfikowany wiek betonu w chwili obciążenia:

$$t_{0,t} = t_0 \cdot \exp\left(-\left(\frac{4000}{273+T} - 13.65\right)\right) = 28.00 \cdot \exp\left(-\left(\frac{4000}{273+20.00} - 13.65\right)\right) = 27.947 [\text{dni}]$$

$$t_0 = t_{0,t} \cdot \left(\frac{9}{2+t_{0,t}} + 1\right)^\alpha = 27.95 \cdot \left(\frac{9}{2+27.95} + 1\right)^0 = 27.947 [\text{dni}]$$

Współczynnik wpływu wieku betonu w chwili obciążenia na pelzanie:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = \frac{1}{(0.1 + 27.95^{0.2})} = 0.489$$

Współczynnik zależny od wilgotności względnej i miarodajnego wymiaru elementu:

$$\beta_H = \min\left(1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18}\right) \cdot h_o + 250; 1500\right) = \min\left(1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot 50.00)^{18}\right) \cdot 194.12 + 250; 1500\right) = 541.206$$

Współczynnik wpływu rozwoju pelzania w czasie:

$$\beta(t,t_0) = \left(\frac{365.25 \cdot t - t_0}{\beta_H + 365.25 \cdot t - t_0}\right)^{0.5} = \left(\frac{365.25 \cdot 50.00 - 27.95}{541.21 + 365.25 \cdot 50.00 - 27.95}\right)^{0.5} = 0.991$$


Współczynnik pelzania:

$$\alpha(t,t_0) = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \cdot \beta(t,t_0) = 1.86 \cdot 2.79 \cdot 0.49 \cdot 0.99 = 2.514$$

Rys. 374 Raport z wyznaczania współczynnika pelzania

## 15.7. Wymiarowanie zbiorcze

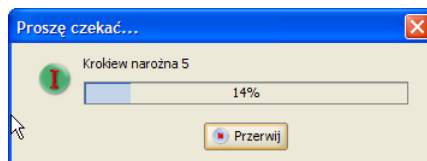
Po przeliczeniu statyki, zdefiniowaniu grup prętów, podpór i elementów wymiarowych oraz przypisaniu im odpowiednich typów wymiarowania, można przystąpić do wymiarowania zbiorczego całości układu. Dopóki statyka układu nie jest przeliczona, ikona wymiarowania zbiorczego i zakładka **Wymiarowanie** nie są aktywne w programie.

Aby włączyć obliczenia wymiarowania zbiorczego, należy kliknąć odpowiednią ikonkę  na głównym pasku narzędziowym (następną po ikonie obliczeń statycznych) lub przełączyć się na zakładkę **Wymiarowanie**.

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

Po tej operacji powinien pokazać się pasek postępu obliczeń, informujący jakie elementy, pręty i podpory są kolejno wymiarowane:



Rys. 375 Pasek postępu przy wymiarowaniu zbiorczym

Naciśnięcie przycisku **Przerwij** w trakcie obliczeń spowoduje przerwanie wymiarowania po skończeniu obliczeń dla ostatnio liczonego pręta lub elementu.

Między wymiarowaniem zbiorczym całego układu i indywidualnym istnieje jedna podstawowa różnica. Wymiarowanie zbiorcze wykonywane jest we wszystkich punktach charakterystycznych pręta lub elementu wybranych przez program, natomiast przy wymiarowaniu indywidualnym użytkownik może dodatkowo wskazać punkty na pręcie lub elemencie, w których ma być dodatkowo sprawdzona nośność.

W przypadku wymiarowania zbiorczego układów prętowych, dla których liczona jest obwódca sił wewnętrznych, sprawdzenia nośności zostaną wykonane dla wartości maksymalnych i minimalnych obwiedni sił wewnętrznych i naprężeń we wszystkich punktach charakterystycznych obwiedni danego pręta lub elementu.

W przypadku wymiarowania zbiorczego lub indywidualnego układów prętowych z cięgnami, dla których znane są jedynie wyniki dla wskazanych grup i kombinacji, wymiarowanie będzie przeprowadzone jedynie dla tej grupy lub kombinacji, która w danej chwili wybrana jest na zakładce **Wyniki** (której wyniki sił wewnętrznych aktualnie widoczne są na ekranie graficznym). Wymiarowanie to również przeprowadzone będzie dla stałych w danym punkcie sił wewnętrznych we wszystkich punktach charakterystycznych (dla danej grupy lub kombinacji) danego pręta lub elementu. Przy wyborze dodatkowego punktu wymiarowania użytkownika w wymiarowaniu indywidualnym, dla statyki liczonej jak dla cięgien, wszystkie obwiednie będą zawierać ten sam zestaw sił wewnętrznych wybranej grupy lub kombinacji.

Przy wymiarowaniu zbiorczym układów hybrydowych (wykonanych z różnych typów materiałów), których wszystkie pręty znalazły się w jednej grupie, lub układ podzielony został na grupy prętów bez zachowania podziału ze względu na typ materiału, program przed wykonaniem wymiarowania zapyta użytkownika czy ma automatycznie rozdzielić te grupy prętów na odrębne ze względu na materiał. Jeśli użytkownik wyrazi zgodę grupy te zostaną rozdzielone ze względu na materiał, zostaną im przypisane domyślne definicje typu wymiarowania i przekroje zostaną sprawdzone. W innym przypadku grupy hybrydowe zostaną pominięte przy wymiarowaniu. Po wykonaniu całości obliczeń program przełączy się na zakładkę **Wymiarowanie**. Na głównym ekranie graficznym widzimy wówczas układ podzielony na pręty i elementy z przypisanymi do nich kolorowymi etykietami, zawierającymi wartość maksymalnego sprawdzenia dla danego pręta lub elementu. Na ekranie graficznym w trybie zakładki **Wymiarowanie** użytkownik może wskazać pojedynczy pręt niewchodzący w skład elementu wymiarowego lub cały element wymiarowy. Nie może natomiast wskazać pojedynczego pręta będącego składnikiem elementu wymiarowego. Dla wskazanego pręta lub elementu z prawej strony

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

okna, na zakładce wyświetlone zostaną wówczas wszystkie skrócone wyniki wymiarowania dla wskazanego obiektu. Dla zakładki **Wymiarowanie**, tak jak dla pozostałych zakładek, można zaznaczyć oknem przecinającym lub obejmującym część układu i ukryć zaznaczone pręty i elementy. Po najechaniu na dowolny pręt lub element kursorem myszki w tym trybie wyświetli się tooltip informacyjny zawierający: numer pręta lub nazwę elementu, jego długość, opis modułu wymiarującego i użytej definicji typu wymiarowania, a także opis i wartość maksymalnego sprawdzenia.

|   |
|---|
| Krokiew narożna 5 (L=8,12m)                         |
| Moduł wymiarujący: <b>InterDrewno</b>               |
| Definicja typu wymiarowania: <b>Krokiew</b>         |
| Sprawdzenie $\sigma$ na: N + My + Mz - <b>0,938</b> |

Rys. 376 Tooltip („chmurka”) dla elementu wymiarowego

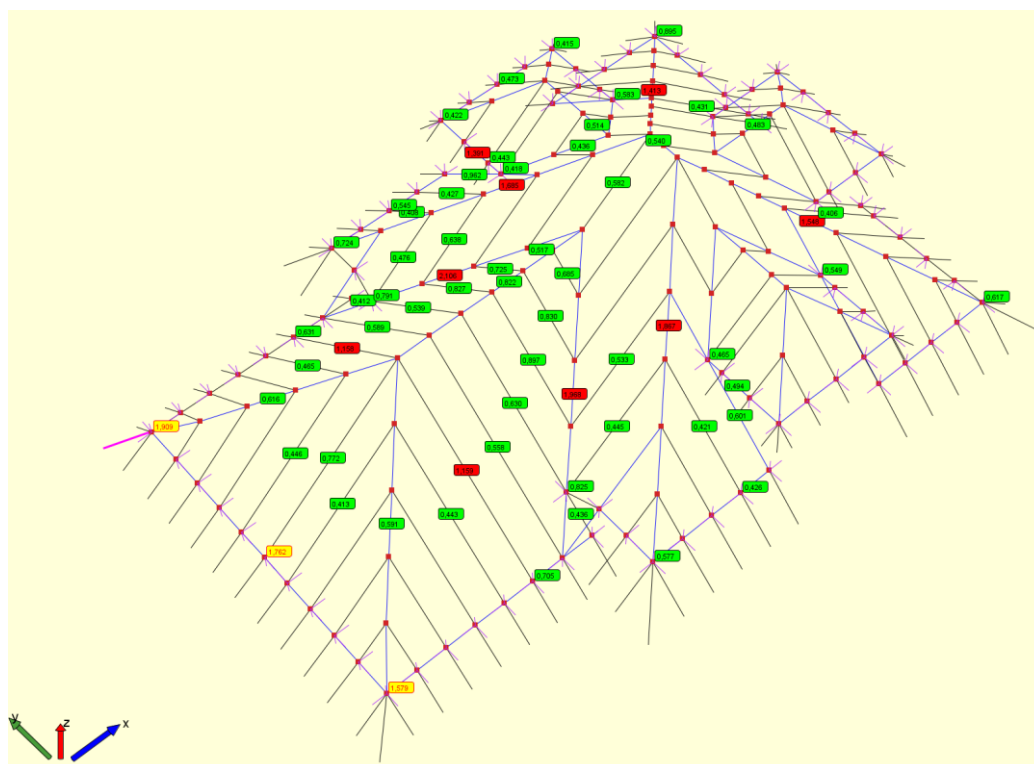
W przypadku wystąpienia komunikatu z wymiarowania zostanie on również podany w okienku informacyjnym.

|   |
|---|
| Krokiew narożna 2 (L=9,99m)                         |
| Moduł wymiarujący: <b>InterDrewno</b>               |
| Definicja typu wymiarowania: <b>Krokiew</b>         |
| Sprawdzenie $\sigma$ na: N + My + Mz - <b>2,273</b> |
| (Za duża smukłość pręta $\lambda > 150$ )           |

Rys. 377 Tooltip („chmurka”) dla elementu wymiarowego z przekroczoną smukłością

Zaznaczenie na ekranie graficznym, przy włączonej zakładce **Wymiarowanie**, pojedynczego węzła podporowego spowoduje wyświetlenie wyników wymiarowania dla danej podpory.








Widok okna głównego ekranu graficznego w trybie wymiarowania zbiorczego przedstawiono poniżej:




Rys. 378 Widok ekranu graficznego po wymiarowaniu zbiorczym



Opis oznaczeń kolorowych etykiet sprawdzenia nośności pokazano poniżej:

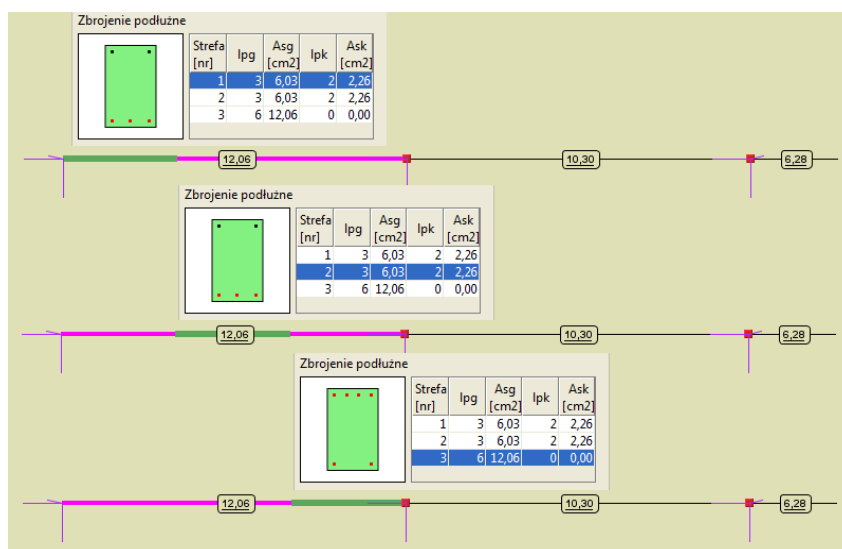
|   |   |   |
|---|---|---|
|    | Etykieta zielona  | Maksymalne sprawdzenie nośności pręta lub elementu nie przekracza jedności (wszystkie warunki spełnione).   |
|    | Etykieta czerwona   | Maksymalne sprawdzenie nośności pręta lub elementu przekracza wartość jeden (minimum jeden z warunków nie został spełniony).  |
|    | Etykieta żółta  | W czasie wymiarowania zbiorczego wystąpił dodatkowy komunikat o niespełnieniu jakiegoś warunku (najczęściej przekroczona smukłość pręta) lub komunikat o przyczynie braku wymiarowania. |
|    | Etykieta żółta - wartość i ramka etykiet na czerwono          | Dodatkowo przekroczony jeden z warunków nośności.   |
|  | Etykieta żółta - wartość i ramka etykiety na zielono          | Mimo komunikatu wszystkie warunki nośności spełnione.   |
|  | Etykieta żółta - wykrzyknik                                   | Brak wymiarowania wynikający z niespełnienia jakiegoś warunku (warunek opisany w tooltipie).  |
|  | Etykieta żółta - znak zapytania                               | Użytkownik ustawił dla danego elementu opcję <b>Brak wymiarowania</b> .   |
|  | Etykieta przezroczysta, wartość podkreślona w kolorze czarnym | Maksymalna wartość powierzchni zbrojenia podłużnego dla pręta lub elementu wymiarowego.   |

Przy wymiarowaniu zbiorczym modułem  **EuroZelbet** użytkownik może wskazywać na ekranie graficznym pręty i elementy wymiarowe oraz odpowiednią ich strefę, dla której będą podświetlone wyniki podłużnego zbrojenia głównego na zakładce **Wymiarowanie**. Analogicznie wskazanie danej

Podręcznik do programu

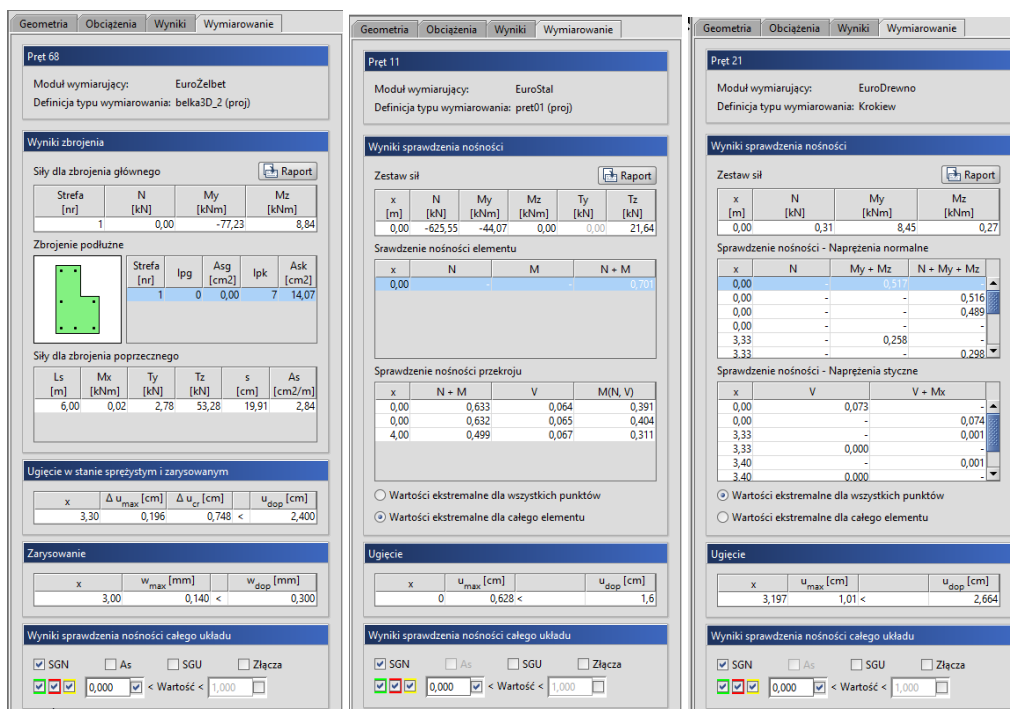
Opis programu R3D3-Rama 3D

strefy zbrojenia podłużnego na zakładce **Wymiarowanie** będzie powodować jej „zapalenie” na danym przęcie lub elemencie wymiarowym układu.



Rys. 379 Widok stref zbrojenia belki

Oprócz wyników na ekranie graficznym użytkownik może wyświetlić skrócone wyniki wszystkich sprawdzeń na prawym panelu zakładki **Wymiarowanie**. W tym celu na ekranie graficznym klikamy na wybranym przęcie lub elemencie. Okno zakładki **Wymiarowanie** różni się nieznacznie w zależności od tego, w jakim materiale zostało ono wykonane i odpowiada odpowiednim tabelom przedstawionym przy indywidualnym wymiarowaniu prętów. Przykładowy wygląd zakładki dla wymiarowania w żelbecie, stali i drewnie przedstawiono poniżej:



Rys. 380 Widok zakładki Wymiarowanie dla elementu żelbetowego, stalowego i drewnianego według norm EN

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

The image shows two side-by-side windows from the R3D3-Rama 3D software. The left window is titled 'Krokiew koszowa 2' and the right window is titled 'Pręt 8'. Both windows have tabs for 'Geometria', 'Obciążenia', 'Wyniki', and 'Wymiarowanie'. The 'Wyniki' tab is active in both.

**Left Window: Krokiew koszowa 2**

- Moduł wymiarujący: InterDrewno
- Definicja typu wymiarowania: Krokiew 3D (proj)

**Wyniki sprawdzenia nośności**

Zestaw sił

| x [m] | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|--------|----------|----------|
| 0,00  | -31,94 | 5,13     | 0,43     |

Sprawdzenie nośności - Naprężenia normalne

| x    | N | My + Mz | N + My + Mz |
|------|---|---------|-------------|
| 0,00 | - | 0,395   | -           |
| 0,00 | - | -       | 0,733       |
| 0,83 | - | 0,097   | -           |
| 0,83 | - | -       | 0,528       |
| 1,67 | - | 0,377   | -           |
| 1,67 | - | -       | 0,691       |

Sprawdzenie nośności - Naprężenia styczne

| x    | V     | V + Mx |
|------|-------|--------|
| 0,00 | 0,038 | -      |
| 0,00 | -     | 0,132  |
| 0,83 | 0,017 | -      |
| 0,83 | -     | 0,116  |
| 1,67 | 0,046 | -      |
| 1,67 | -     | 0,106  |

Ugięcie

| x     | u <sub>max</sub> [cm] | u <sub>dop</sub> [cm] |
|-------|-----------------------|-----------------------|
| 3,341 | 2,902 <               | 3,331                 |

**Right Window: Pręt 8**

- Moduł wymiarujący: InterStal
- Definicja typu wymiarowania: Krzyżulce

**Wyniki sprawdzenia nośności**

Zestaw sił

| x [m] | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] |
|-------|---------|----------|----------|---------|---------|
| 0,00  | -572,06 | 30,01    | -1,34    | -0,53   | -14,74  |

Sprawdzenie nośności - Stan krytyczny

| x    | N + M | N + M + V | V     |
|------|-------|-----------|-------|
| 0,00 | 0,991 | 0,758     | 0,081 |
| 2,00 | 0,728 | 0,474     | 0,074 |
| 4,00 | 1,003 | 0,749     | 0,074 |

Sprawdzenie nośności - Stan nadkrytyczny

| x    | N + M | N + M + V | V     |
|------|-------|-----------|-------|
| 0,00 | 0,991 | 0,758     | 0,081 |
| 2,00 | 0,728 | 0,474     | 0,074 |
| 4,00 | 1,003 | 0,749     | 0,074 |

Ugięcie

| x    | u <sub>max</sub> [cm] | u <sub>dop</sub> [cm] |
|------|-----------------------|-----------------------|
| 0,05 | 0,641 <               | 1,6                   |

Wyniki sprawdzenia nośności całego układu

SGN  As  SGU  Złącza

0,000 < Wartość < 1,000

Rys. 381 Widok zakładki Wymiarowanie dla elementu drewnianego i stalowego według norm PN

W górnej części zakładki podano nazwę i numer wymiarowanego pręta lub elementu, rodzaj użytego modułu wymiarującego i użyty typ wymiarowania. Gdy dla elementu w trakcie wymiarowania wystąpi jakiś dodatkowy komunikat, jest on również wyświetlany w pierwszej sekcji zakładki. Niżej w kolejnej części podane są siły wewnętrzne, na które przeprowadzone było wymiarowanie w poszczególnych punktach pręta lub elementu. Wartości tych sił zmieniają się w zależności od tego, który punkt wymiarowania na pręcie lub elemencie wybierzemy w tabelkach poniżej. Tabelki wyników sprawdzenia nośności w poszczególnych punktach dokładnie odpowiadają takim samym tabelom omówionym w wymiarowaniu indywidualnym w modułach **InterStal**, **InterDrewno**, **EuroStal**, **EuroStal BUILT-UP**, **EuroŻelbet**, **EuroStopa** lub **EuroDrewno**. Na górze omawianej sekcji znajduje się dodatkowy przycisk **Raport**, pozwalający przejść do szczegółowego raportu z wymiarowania w formacie **RTF**. Jest to taki sam raport, jaki otrzymujemy na końcu wymiarowania indywidualnego w poszczególnych modułach. Poniżej wyników sprawdzania nośności znajduje się jednowierszowa tabelka sprawdzająca wartość obwiedni ugięcia pręta lub elementu z ugięciem dopuszczalnym określonym w definicji typu wymiarowania. Na samym dole zakładki znajduje się sekcja **Wyniki sprawdzenia nośności całego układu**, pozwalająca na filtrowanie wyników wyświetlanych na ekranie graficznym. Trzy znaczniki w kolorach zielonym, czerwonym i żółtym włączają lub wyłączają wyświetlanie etykiet o odpowiadających im kolorach dla poszczególnych prętów i elementów. Pole


Podręcznik do programu

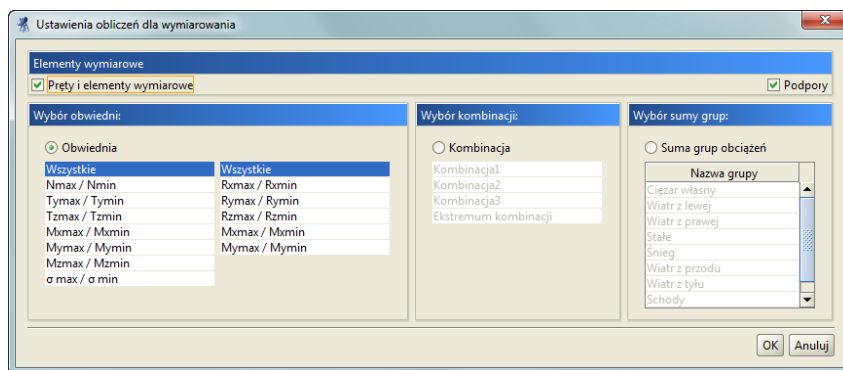
Opis programu R3D3-Rama 3D

edycyjne **Wartość** pozwala użytkownikowi eliminować z wyświetlania na ekranie graficznym etykiety, dla których wartości maksymalnego sprawdzenia nośności nie przekroczą podanego limitu.

Dla projektów, w których nie zdefiniowano cięgien i nie wybrano obliczeń z ich uwzględnieniem oraz dla układów z cięgnami wywołanie obliczeń statycznych lub wymiarowania zbiorczego za pomocą menu lub ikon paska narzędziowego zawsze, niezależnie od sytuacji, wywołuje ponowne wykonanie przeliczenia układu. Inaczej działają zakładki **Wyniki** i **Wymiarowanie**. Ich wybór uruchamia obliczenia tylko wówczas, gdy wcześniej, w ramach danej sesji, nie wykonano odpowiednich obliczeń lub gdy obliczenia te zostały wykonane, a w międzyczasie układ uległ istotnej z punktu obliczeniowego zmianie. Taka metodologia pozwala po obliczeniach przełączać się między zakładkami bez potrzeby ponownego przeliczania układu. Pozostała aktualna zasada, że ikonkę (zakładkę) **Wymiarowania** można uruchomić jedynie w tym przypadku, gdy wcześniej zostały wykonane dla tego samego układu obliczenia statyczne. Aktualnie jedyna różnica między obliczeniami dla zwykłych układów i układów zawierających cięgna polega na tym, że w przypadku wywoływania obliczeń statycznych dla cięgien pojawia się okno wyboru zestawów sił, dla których mają być przeprowadzone obliczenia, a w przypadku pozostałych układów takiego okna nie ma i program bezpośrednio przechodzi do wykonania obliczeń.

W aktualnej wersji programu umożliwiono przy wymiarowaniu indywidualnym i zbiorczym ustalenie, dla jakich elementów i jakich zestawów sił ma być przeprowadzone wymiarowanie. W tym celu po uruchomieniu wymiarowania (zbiorczego lub indywidualnego) wyświetlane jest okno umożliwiające wybór elementu (prętów/podpór) i zakresu sił do wymiarowania.

W przypadku układów, które nie zawierają cięgien, użytkownik może wybrać wymiarowanie wszystkich (opcja domyślna) lub jednej wybranej obwiedni sił lub naprężeń oraz obwiedni reakcji w przypadku podpór. Alternatywą dla tego wyboru jest wymiarowanie jednej zaznaczonej kombinacji, ekstremum po kombinacjach lub dowolnej grupy lub sumy grup obciążeń zdefiniowanych w projekcie. Przy wyborze sumy grup do wymiarowania użytkownik, w oknie jak niżej, powinien zaznaczyć grupę lub sumę grup (kilka grup naraz zaznaczamy z klawiszem **Shift** lub **Ctrl**). Wybrane grupy, zaznaczone w oknie, podświetlone są na niebiesko. W przypadku wymiarowania wybranej w oknie kombinacji program uwzględni współczynniki zdefiniowane dla tej kombinacji, a pomija współczynniki przypisane do poszczególnych grup obciążeń. Przy wybranej grupie lub sumie grup do wymiarowania nie są uwzględniane żadne współczynniki obciążenia; ani te przypisane do grup obciążeń (zdefiniowane w oknie  **Grup obciążeń**), ani te ustawiane w oknie definicji kombinacji.

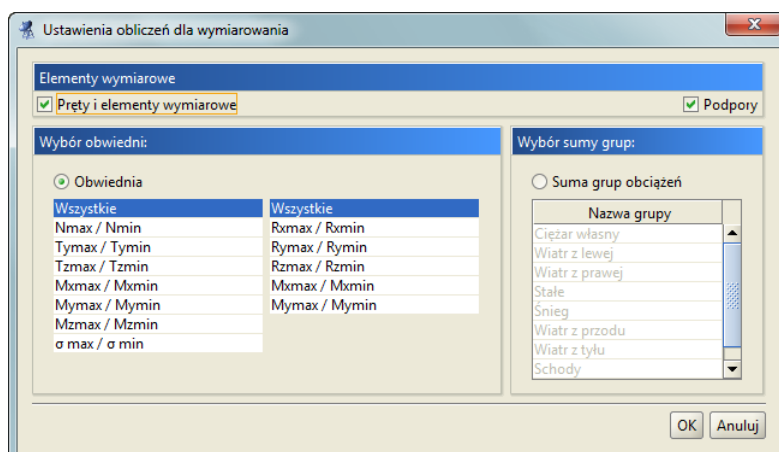


Rys. 382 Widok okna ustawień do wymiarowania prętów i podpór

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

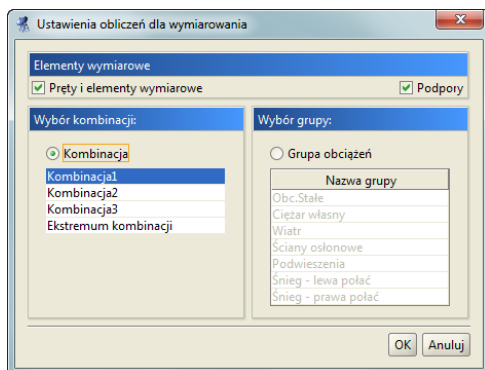
W przypadku gdy w projekcie nie będzie zdefiniowanych kombinacji, powyższe okno wyboru zostanie zawężone do widoku jak niżej:



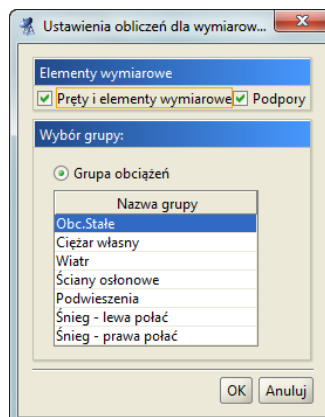
Rys. 383 Widok okna ustawień do wymiarowania prętów i podpór (dla układu bez kombinacji)

Na skutek wyboru zestawu sił do wymiarowania, przy uruchomieniu obliczeń odpowiedniemu ograniczeniu ulega także wybór zestawów sił dla dodatkowo definiowanych punktów użytkownika, dostępnych w poszczególnych modułach wymiarujących przy wymiarowaniu indywidualnym. To znaczy, że jeśli przy wymiarowaniu indywidualnym wybierzemy np. wymiarowanie dla jakiejś kombinacji lub sumy grup, to dla dodatkowych punktów wymiarowania użytkownika zostanie ono przeprowadzone dla tej właśnie kombinacji lub sumy grup. Wyjątek, tak jak dotychczas, stanowi wymiarowanie domyślne na wszystkie obwiednie, gdzie dla dodatkowych punktów użytkownika możemy przeprowadzić również wymiarowanie na wszystkie obwiednie lub wybrać tylko jedną z nich. Takiego wyboru oczywiście nie będzie, gdy już na początku przy starcie obliczeń określimy, że wymiarowanie pojedynczego pręta lub kilku prętów ma być wykonane na jedną wybraną obwiednię.

W przypadku wymiarowania układów, które zawierają w swojej strukturze pręty typu ciągnio, wybór zestawu sił ograniczony jest do jednej wskazanej kombinacji, ekstremum po zdefiniowanych kombinacjach lub jednej wskazanej grupy. W tym wypadku przy wymiarowaniu współczynniki obciążenia uwzględniane są tak, jak dla zwykłych układów opisanych powyżej. Ponieważ przy obliczaniu statyki układów z ciągniami obwiednia nie jest liczona, nie jest też na nią wykonywane wymiarowanie. Inna sytuacja występuje przy wyborze wymiarowania dla grup obciążeń przy liczeniu układów z ciągniami. W tym przypadku wyniki obliczeń statycznych od zestawu sił będącego sumą grup (jak w kombinacji) są zupełnie inne niż suma wyników sił wewnętrznych od grup wchodzących w skład tego samego zestawu. Przy tym te ostatnie dadzą nieprawdziwe wartości sił wewnętrznych. Stąd w programie nie ma możliwości wymiarowania układów z ciągniami na siły wewnętrzne będące sumą sił z grup obciążeń, a jedynie na siły dla jednej wybranej i zaznaczonej grupy. Zakres dostępnych wyborów przy wymiarowaniu układów z ciągniami pokazano w poniższych oknach dialogowych:



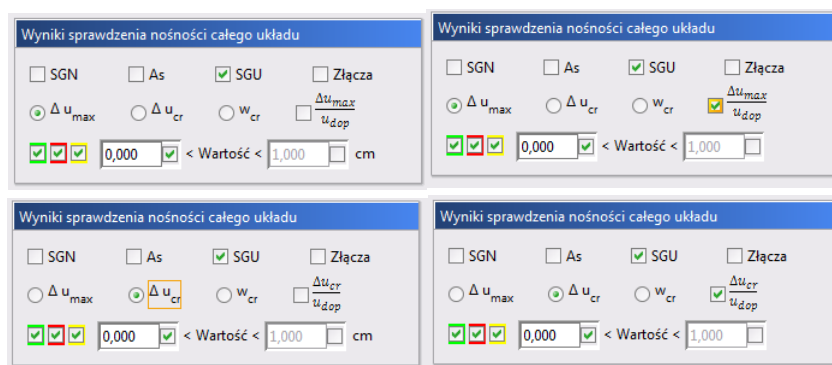
Rys. 384 Gdy w projekcie występują grupy i kombinacje obciążeń



Rys. 385 Gdy w projekcie występują jedynie grupy obciążeń

Wszystkie powyżej opisane opcje wyboru zestawów sił wykonywane są zarówno przy wymiarowaniu indywidualnym, jak i zbiorczym przy starcie tego wymiarowania i obowiązują dla całego procesu obliczeń.

Po wykonaniu wymiarowania zbiorczego i przełączeniu programu na zakładkę **Wymiarowanie** istnieje obecnie możliwość przełączenia wyników na ekranie graficznym między stanem granicznym nośności (SGN) i stanem granicznym użytkowania (SGU).



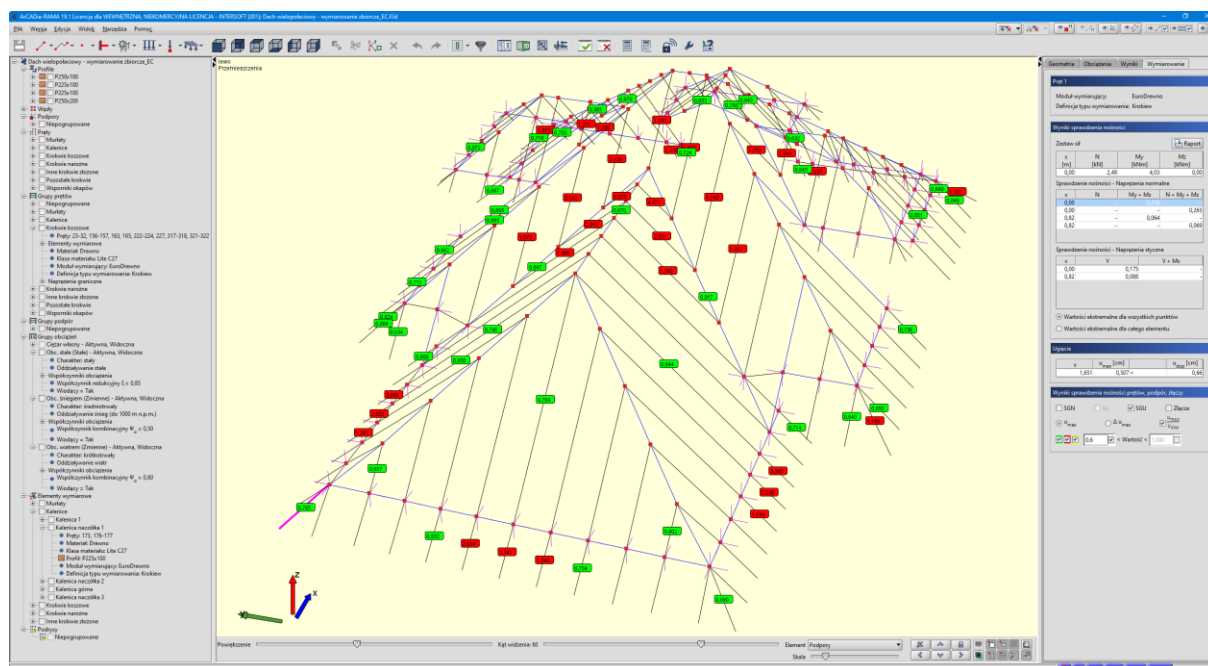
Rys. 386 Filtrowanie wyników dla prętów i stanu granicznego użytkowania

Przy włączonym SGN wyniki wymiarowania zbiorczego prezentowane są tak jak dotychczas, natomiast przy włączeniu SGU na ekranie graficznym, w etykietach, prezentowane są dla każdego pręta i elementu wymiarowego wartości maksymalnego ugięcia podane bezwzględnie w centymetrach lub względnie jako stosunek ugięcia rzeczywistego i dopuszczalnego. Sposób prezentacji wybierany jest odpowiednim przełącznikiem  $u_{max}/u_{dop}$ . Etykieta zielona na prętach układu pokazuje wartość ugięcia, które nie przekroczyło wartości dopuszczalnej, zaś etykieta czerwona wartość ugięcia, która przekracza ugięcie dopuszczalne zdefiniowane w definicji typu wymiarowania. Etykieta żółta została zarezerwowana dla tych przypadków, dla których ugięcie lub sprawdzenie nośności nie mogło być

Podręcznik do programu

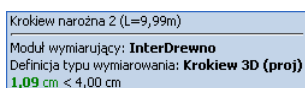
Opis programu R3D3-Rama 3D

przeprowadzone. Tak jak w przypadku sprawdzenia nośności, wyniki ugięć maksymalnych dla poszczególnych prętów można filtrować. Widok całego ekranu graficznego w tym trybie pokazano poniżej:



Rys. 387 Widok wyników wymiarowania zbiorczego dla stanu granicznego użytkowania

Po najechaniu kursorem myszki na dowolny pręt lub element wymiarowy w „chmurce” zostanie pokazana informacja zawierająca pełne sprawdzenie ugięcia dopuszczalnego dla danego pręta lub elementu.



Rys. 388 Tooltip („chmurka”) dla elementu wymiarowego w trybie stanu granicznego użytkowania

## 15.8. Wymiarowanie zbiorcze podpór w module EuroStopa

Przy wymiarowaniu układów konstrukcyjnych według **Eurokodu** użytkownik ma również możliwość zbiorczego zwymiarowania węzłów podporowych w module **EuroStopa** (według **Eurokodu 7**). Aby takie wymiarowanie przeprowadzić prawidłowo, należy wszystkie podpory projektu podzielić na grupy podpór, do których zostaną przypisane odpowiednie definicje typu wymiarowania. W tym przypadku definicja typu wymiarowania zawiera następujące podstawowe parametry: typ stopy fundamentowej i jej wymiary geometryczne, warunki gruntowe i wodne, głębokość posadowienia oraz dane materiałowe fundamentu (stal, beton) i zasyпки. Przy wymiarowaniu fundamentu na kilka zestawów reakcji, przed wymiarowaniem eliminowane są zestawy powtarzające się co do kierunku i wartości wszystkich reakcji. Po wykonaniu wymiarowania zbiorczego na wybrane zestawy reakcji podporowych,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

przy zaznaczeniu pojedynczego węzła podporowego na zakładce **Wymiarowanie** pokazane zostaną skrócone wyniki wymiarowania fundamentu: sprawdzenie nośności, stateczności i osiadania. Na głównym ekranie graficznym, na zakładce **Wymiarowanie** dla podpór wyświetlane są etykiety zawierające wynik ekstremalnego sprawdzenia nośności (przy włączonym przełączniku SGN) lub wynik maksymalnego osiadania fundamentu (przy włączonym przełączniku SGU). W ramach obliczeń podpór wyznaczana jest również sprężystość pionowa każdej podpory jak dla podłoża Winklera (dla danego typu fundamentu i założonych warunków gruntowych podłoża warstwowego). Tak wyliczona sprężystość może być w programie przekazana do modelu statycznego układu jako sprężystość pionowa podpory (przycisk **Przepisz podatności podpór**). Przy wymiarowaniu indywidualnym do modelu statycznego przypisywana jest sprężystość jednej aktualnie liczonej podpory, a przy wymiarowaniu zbiorczym zawsze przepisywane są podatności wszystkich podpór modelu. Jeśli użytkownik chce, aby jednak część podpór nie była uwzględniana w obliczeniach jako sprężysta, wówczas w modelu statycznym należy wyzerować przejęte sprężystości dla wybranych węzłów podporowych.

Geometria Obciążenia Wyniki Wymiarowanie

Podpora 3

Moduł wymiarujący: EuroStopa  
Definicja typu wymiarowania: prost 1.7x1.7 (proj)

Wyniki sprawdzenia nośności

Wymiar stopy: B=1,70, L=1,70 m Raport

Zestaw sił na poziomie posadowienia (1,2 m)

Przepisz podatności podpór

Warunki z odpływem  
 Warunki bez odpływu

| Schemat | V [kN] | Mx(B) [kNm] | My(L) [kNm] | Ed/Rd |
|---------|--------|-------------|-------------|-------|
| 1       | 288,59 | -0,11       | -51,72      | 0,12  |
| 2       | 369,35 | 1,93        | 79,89       | 0,17  |
| 3       | 349,06 | 50,83       | -32,41      | 0,17  |
| 4       | 309,89 | 10,00       | 60,59       | 0,16  |

| Schemat | Ty(B) [kN] | Tx(L) [kN] | Ed/Rd |
|---------|------------|------------|-------|
| 1       | -2,37      | -16,67     | 0,16  |
| 2       | 0,92       | 29,43      | 0,24  |
| 3       | 18,09      | -6,31      | 0,16  |
| 4       | 10,52      | 10,07      | 0,24  |

Wszystkie schematy  
 Maks. wykorzystanie nośności

Osiadanie

| Schemat | S <sub>p</sub> [mm] | S <sub>w</sub> [mm] | S <sub>max</sub> [mm] |
|---------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1       | 8,3                 | 2,2                 | 10,5                  |
| 2       | 10,0                | 2,2                 | 12,2                  |
| 3       | 9,3                 | 2,2                 | 11,5                  |
| 4       | 9,0                 | 2,2                 | 11,1                  |

Wyniki sprawdzenia nośności całego układu











SGN  As  SGU  Złącza

0,000 < Wartość < 1,000

Rys. 389 Widok zakładki Wymiarowanie dla zaznaczonego węzła podporowego



## 15.9. Wymiarowanie indywidualne podpór w module Fundamenty bezpośrednie programu Konstruktor

W przypadku projektów wykonywanych według Norm Polskich istnieje również możliwość indywidualnego wymiarowania podpór (brak możliwości wymiarowania zbiorczego podpór) w module **Fundamenty bezpośrednie** (według **PN-81/B-03020**) programu  **Konstruktor** (od wersji 6.2). W tym celu po obliczeniach statycznych modelu, gdy jesteśmy na zakładce **Wyniki**, zaznaczamy dowolny węzeł podporowy układu i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję **Wymiaruj element** –  **Fundamenty bezpośrednie w programie Konstruktor**. Opcja ta będzie aktywna tylko wówczas, gdy na komputerze użytkownika zainstalowany jest program  **Konstruktor** w wersji nie niższej niż 6.2. Po uruchomieniu funkcji użytkownik w odpowiednim oknie dialogowym powinien wybrać zestaw reakcji jaki zostanie przekazany do modułu **Fundamenty bezpośrednie** programu  **Konstruktor** (analogicznie jak w przypadku wymiarowania indywidualnego i zbiorczego w module  **EuroStopa**). W ogólnym przypadku do wyboru mamy tu: obwiednię reakcji, reakcje od kombinacji, ekstrema reakcji po kombinacjach, reakcje od grupy obciążeń lub wybranej sumy grup. Następnie otwarty zostanie program  **Konstruktor** na nowo utworzonym projekcie o takiej samej nazwie jak projekt w programie **R3D3/R2D2**. W projekcie tym zostanie utworzony element modułu **Fundamenty bezpośrednie** o nazwie: „Podpora nr (węzła podporowego)”. W przypadku gdy podczas przekazywania danych program  **Konstruktor** jest już otwarty, zostanie utworzony nowy element aktualnego projektu  **Konstruktor** o nazwie: „nazwa projektu (w **R3D3/R2D2**) – Podpora nr (węzła podporowego)”. Wybrane zestawy reakcji zostaną przekazane do zakładki **Obciążenia** modułu **Fundamenty bezpośrednie**. Pozostałe dane dotyczące wymiarowanego fundamentu (warunki gruntowe, geometrię stopy itp.) użytkownik definiuje indywidualnie w module **Fundamenty bezpośrednie** programu  **Konstruktor**. Generalnie reakcje podpór otrzymane w modelu statycznym powinny być przekazane na fundament z przeciwnymi znakami. Ponieważ układ osi „x” i „y” w programie  **Konstruktor** i **R3D3/R2D2** jest identyczny, wszystkie reakcje poziome i momenty podporowe zostaną przekazane ze zmienionymi znakami na przeciwne. Natomiast ze względu na to, że oś pionowa „z” w obu programach skierowana jest przeciwnie, reakcja „Rz” zostanie przekazana bez zmiany znaku.

## 15.10. Raport z wymiarowania zbiorczego




Do wykonania raportu można przystąpić po wykonaniu obliczeń z wymiarowania zbiorczego, gdy jego wyniki są już wyświetlane na ekranie (włączona zakładka **Wymiarowanie**). W innym przypadku raport ten będzie niedostępny. Należy pamiętać, że dla układu niezawierającego cięgien wymiarowanie będzie przeprowadzone dla obwiedni sił wewnętrznych. Natomiast jeśli w układzie występują cięgna i dodatkowo włączone są obliczenia statyczne jak dla cięgien, program wykona obliczenia dla aktualnej w danej chwili grupy lub kombinacji i dla takich obliczeń będzie stworzony raport z wymiarowania zbiorczego.

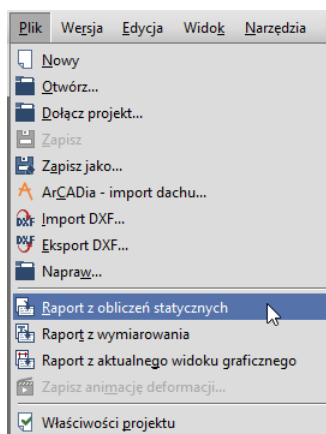
Po wykonaniu wymiarowania zbiorczego i przejrzaniu wyników na ekranie można przystąpić do tworzenia raportu skróconego z wymiarowania. Analogicznie jak w przypadku raportu ze statyki,

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

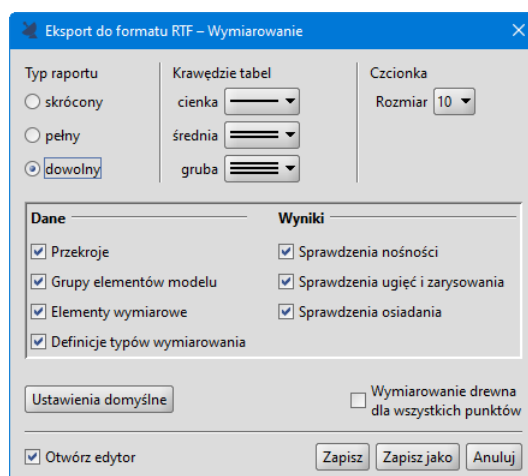
zostanie on wykonany jedynie dla tych prętów i elementów, które w danej chwili widoczne są na ekranie graficznym. Sterując wyświetlaniem i ukrywaniem odpowiednich prętów i elementów możemy uzyskać raport dla tych obiektów, które wybierzemy. Klikając na górnym menu **Plik** po wykonaniu obliczeń wymiarowania zbiorczego, mamy do wyboru trzy aktywne opcje raportu:

-  Raport z obliczeń statycznych,
-  Raport z wymiarowania,
-  Raport z aktualnego widoku graficznego.



Rys. 390 Wywołanie raportu z wymiarowania zbiorczego

Pierwsza opcja uruchamia, tak jak dotychczas, okno eksportu raportu z obliczeń statycznych do formatu **RTF**. Natomiast druga uruchamia analogiczne okno eksportu do formatu **RTF** dla raportu z wymiarowania.



Rys. 391 Eksport raportu do formatu RTF dla wymiarowania zbiorczego

Struktura powyższego okna jest analogiczna jak w przypadku statyki. Wybór typu raportu: **skrócony**, **pełny**, **dowolny** pozwala decydować, jakie elementy znajdują się w raporcie. Dolny znacznik **Wymiarowanie drewna dla wszystkich punktów** decyduje o tym, czy w raporcie wyniki wymiarowania drewna mają być przedstawione we wszystkich sprawdzanych punktach, czy wydane mają być jedynie









Podręcznik do programu

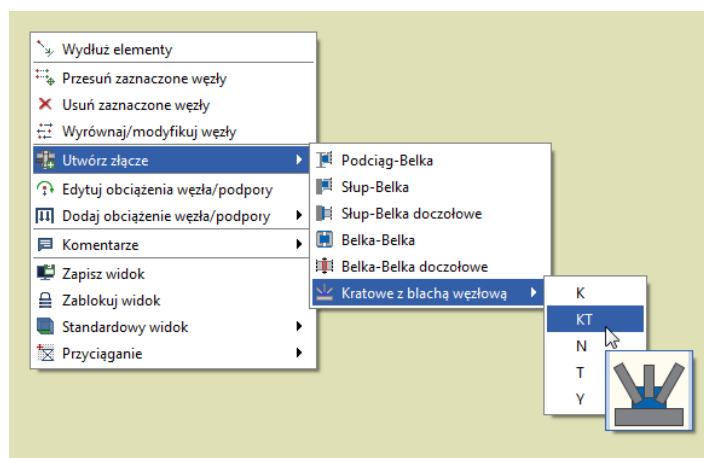
Opis programu R3D3-Rama 3D

wartości ekstremalne poszczególnych sprawdzeń. Po wciśnięciu przycisku **Zapisz** lub **Zapisz jako** i podaniu nazwy pliku raportu utworzony zostanie dokument w formacie **RTF**, zawierający raport z wymiarowania zbiorczego. Przykładowy raport z wymiarowania zbiorczego zamieszczono w rozdziale 15.10.

## 15.11. Współpraca z programem do wymiarowania złączy

### 15.11.1. Definiowanie złącza

Wymiarowanie płaskich złączy dostępne jest w programie dla projektów Eurokodowych w konstrukcjach stalowych. Aby zwymiarować połączenie elementów, należy utworzyć między nimi złącze. W tym celu będąc na zakładce **Geometria** lub **Obciążenia**, zaznaczamy pojedynczy węzeł niepodporowy lub pojedynczy węzeł niepodporowy i kilka prętów schodzących się w tym węźle i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy grupę  **Utwórz złącze**, a po jej rozwinięciu wybieramy typ liczonego złącza. Aktualnie dostępne są do wymiarowania następujące typy złączy:  **Podciąg – Belka**,  **Słup – Belka**,  **Słup – Belka doczołowe**,  **Belka – Belka**,  **Belka – Belka doczołowe**,  **Kratowe z blachą węzłową (typu: K, KT, N, T, Y)**,  **Kratowo rurowe spawane (typu: K, KT, N, T, X, Y)**. Warunkiem koniecznym przy tworzeniu złącza jest to, że minimalna liczba prętów stalowych schodzących się w danym węźle jest nie mniejsza niż ilość wymagana przez dany typ złącza, przy czym pręty inne niż stalowe, schodzące się w węźle są w tych rozważaniach ignorowane.



Rys. 392 Wybór typu złącza z menu kontekstowego prawego klawisza myszki

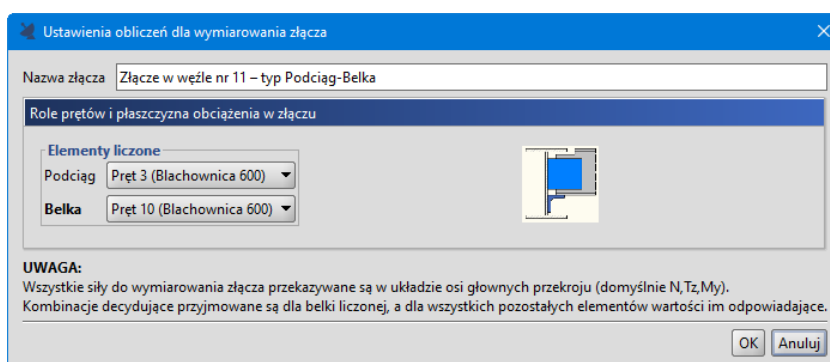
Różnica między wyborem samego węzła a wyborem węzła i kilku schodzących się w tym węźle prętów polega na tym, że w przypadku samego węzła potencjalnie w budowie złącza mogą dalej uczestniczyć wszystkie schodzące się w nim pręty a przy zaznaczeniu kilku z nich dalszy wybór będzie ograniczony tylko do nich. Po wybraniu typu złącza otwarte zostanie okno jego definicji, które dla każdego dostępnego w programie typu połączenia może się nieznacznie różnić. Głównym zadaniem w oknie definicji złącza jest nadanie ról poszczególnym prętom w złączu zależnie od wybranego typu połączenia. Aby maksymalnie ułatwić użytkownikowi to zadanie program stara się w miarę możliwości domyślnie przypisać role poszczególnych prętów w złączu. W pierwszej kolejności program na

Podręcznik do programu

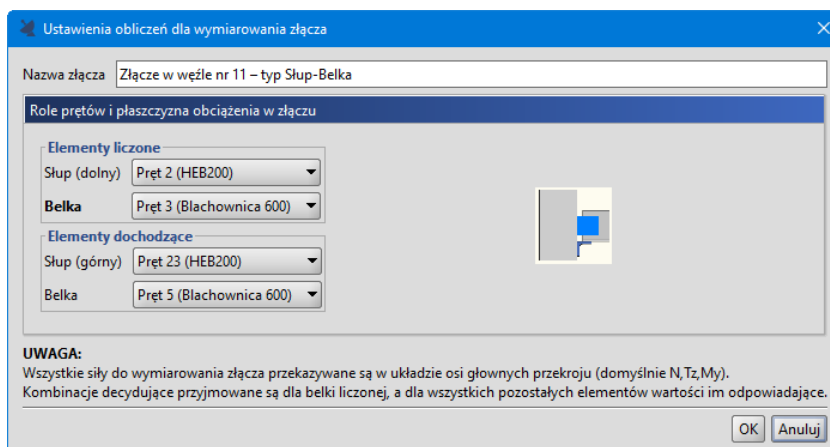
Opis programu R3D3-Rama 3D

podstawie geometrii schodzących się (lub zaznaczonych) prętów w złączu ustala wszelkie możliwe płaszczyzny połączenia. Następnie z tak zdefiniowanych, możliwych płaszczyzn na podstawie kryterium ich pionowości i ilości prętów w danej płaszczyźnie wybierana jest płaszczyzna połączenia najbardziej odpowiednia dla danego typu złącza. Jeśli nie można wyznaczyć żadnej płaszczyzny połączenia lub w wybranej płaszczyźnie nie ma wystarczającej liczby prętów dla danego typu złącza, dalej pod uwagę brane są wszystkie pręty schodzące się w danym węźle. Następnie wszystkie pręty sortowane są według ich pionowości i zgodnie z tym kryterium nadawane są im domyślne role: najbardziej pionowe to słupy, najbardziej poziome to belki, ukośne to krzyżulce itd. Uwzględniany jest tu również preferowany kąt między elementami poziomymi np. połączeniu **Belka-Belka** lub **Podciąg-Belka**. Powyżej opisane reguły domyślnego doboru przez program ról prętów w złączu w żadnym wypadku nie gwarantują jego poprawności w każdym przypadku i zawsze wymagają pełnej kontroli użytkownika w odniesieniu do tego ustawienia.

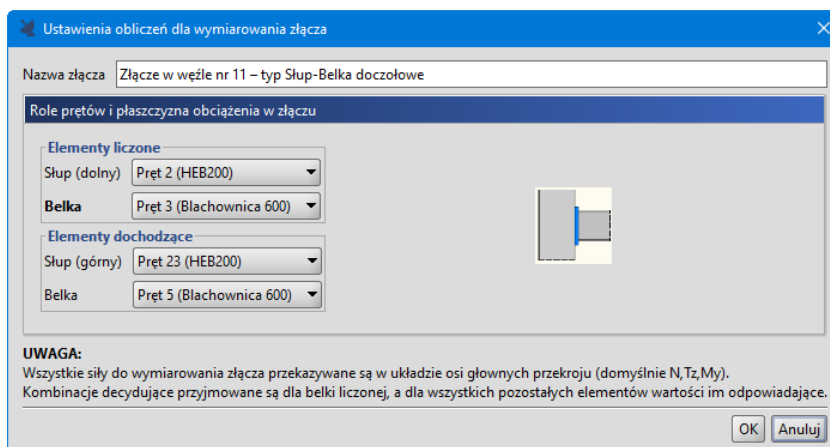
Poniżej przedstawiono widok okien definicji złącza dla poszczególnych typów.



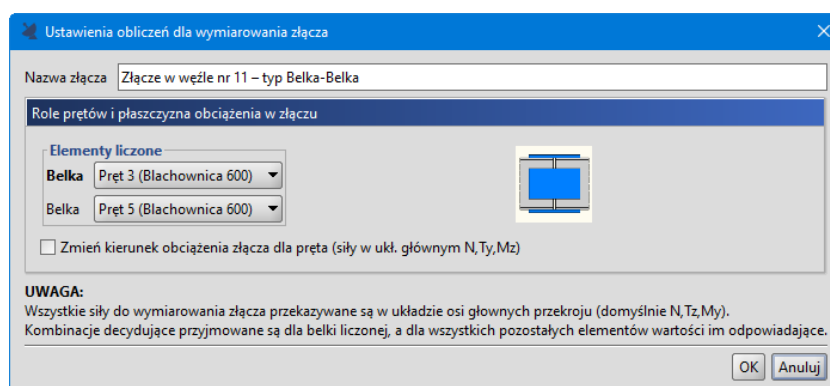
Rys. 393 Okno definicji złącza Podciąg-Belka



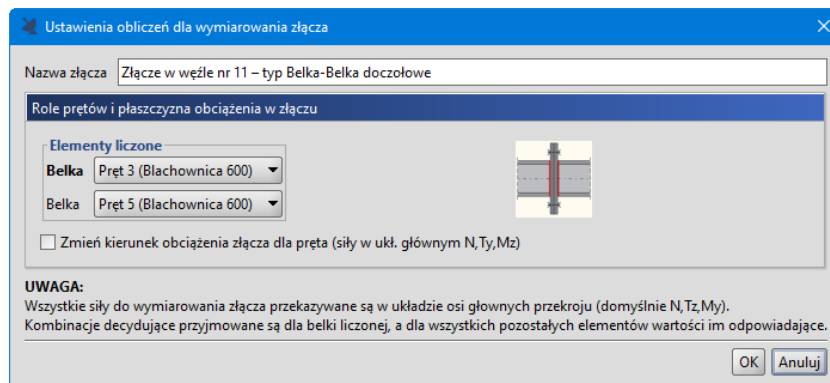
Rys. 394 Okno definicji złącza Słup-Belka



Rys. 395 Okno definicji złącza Słup-Belka doczołowe

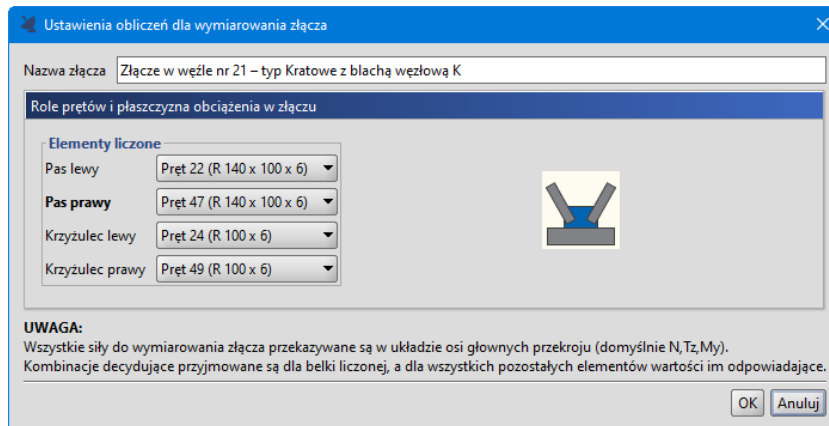


Rys. 396 Okno definicji złącza Belka-Belka

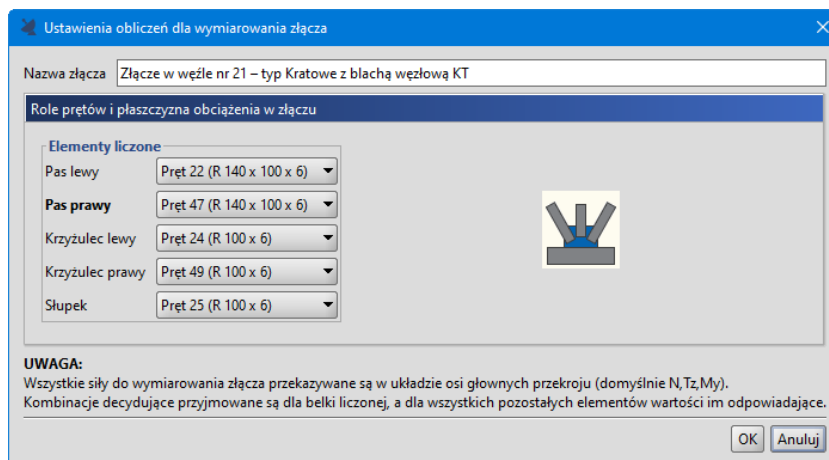


Rys. 397 Okno definicji złącza Belka-Belka doczołowe

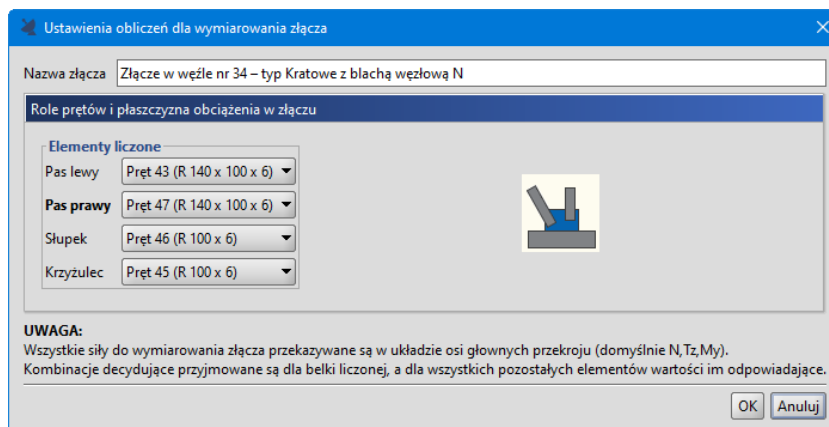
Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 398 Okno definicji złącza Kratowego z blachą węzłową typu K

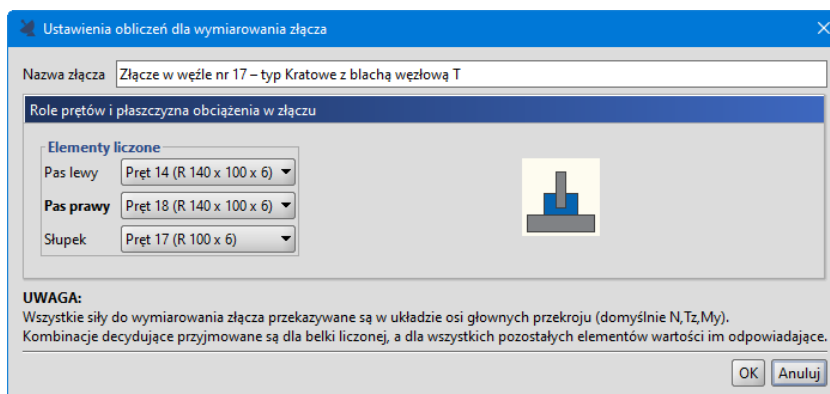


Rys. 399 Okno definicji złącza Kratowego z blachą węzłową typu KT

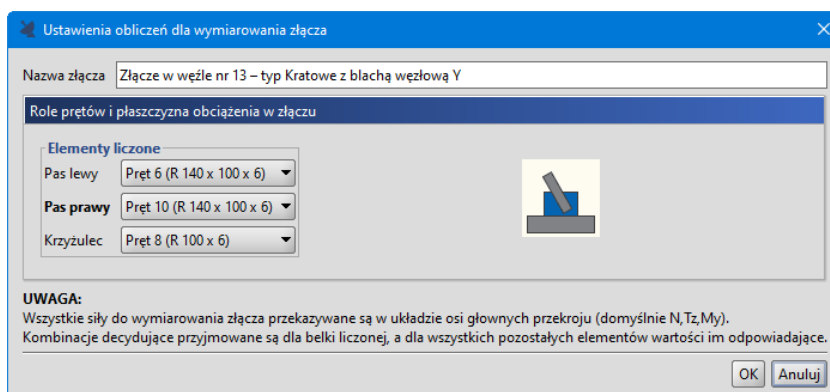


Rys. 400 Okno definicji złącza Kratowego z blachą węzłową typu N

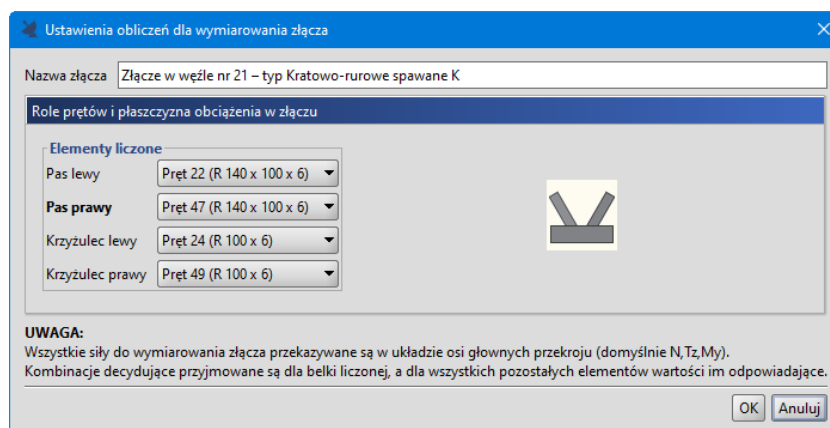
Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 401 Okno definicji złącza Kratowego z blachą węzłową typu T

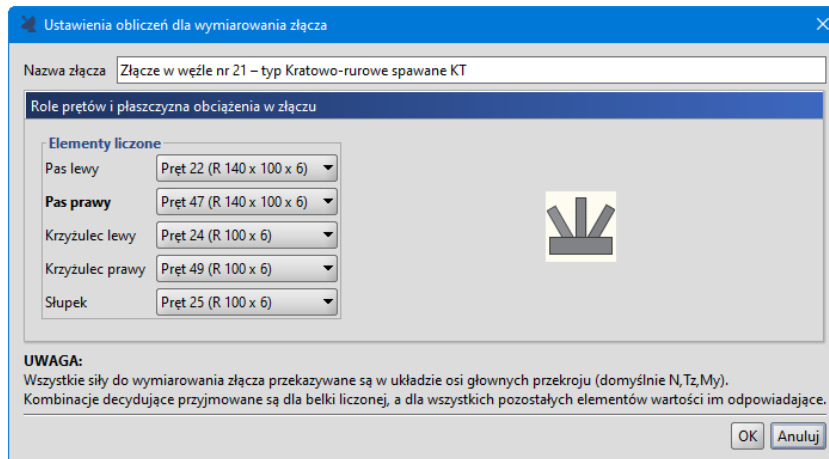


Rys. 402 Okno definicji złącza Kratowego z blachą węzłową typu Y

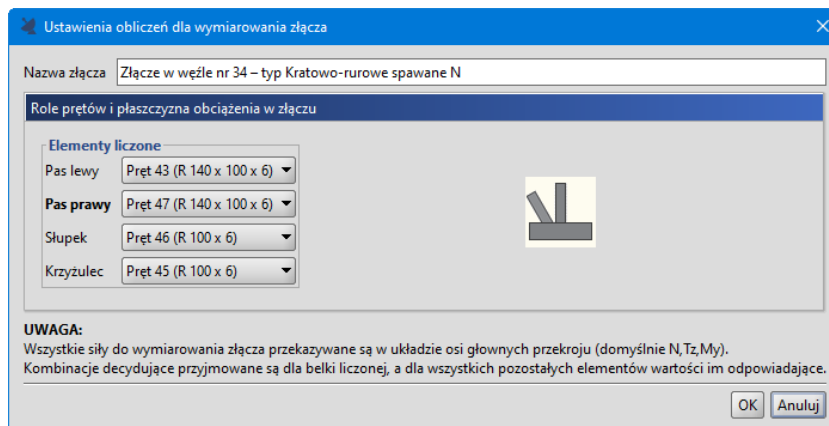


Rys. 403 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu K

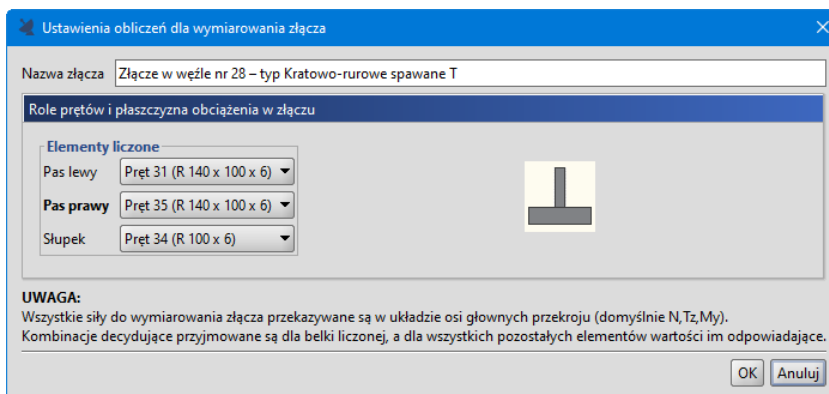
Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D



Rys. 404 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu KT

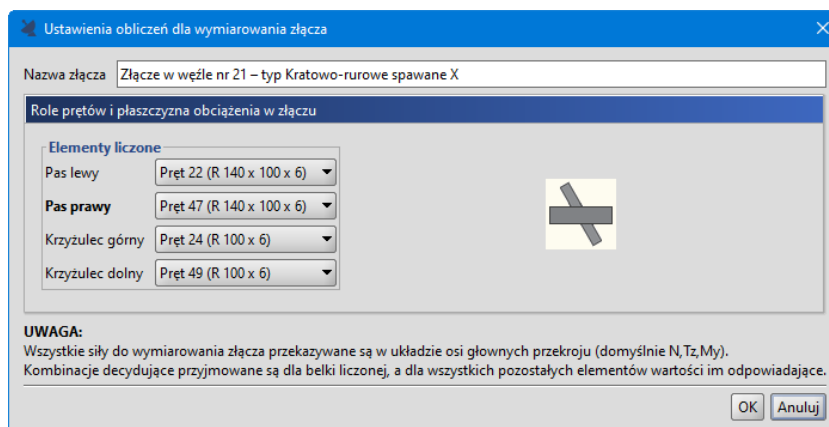


Rys. 405 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu N

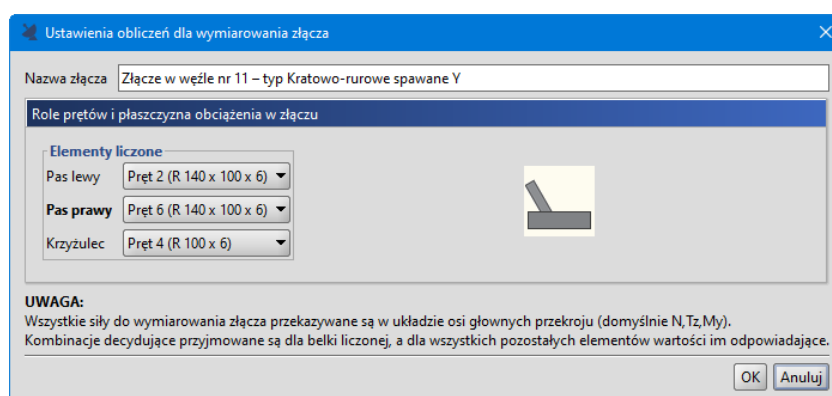


Rys. 406 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu T





Rys. 407 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu X



Rys. 408 Okno definicji złącza Kratowo rurowego spawanego typu Y

Każde z powyższych okien dialogowych składa się z podobnych elementów. U góry okna znajduje się nazwa identyfikująca złącze w projekcie. Domyślnie składa się ona z numeru węzła, w którym zdefiniowano złącze oraz nazwy typu złącza.

W dolnej części okien poszczególnym elementom dochodzącym przypisana jest ich rola w złączu. Wstępnie po otwarciu okna definicji role poszczególnym prętom w złączu przypisywane są losowo z uwzględnieniem wcześniej opisanego algorytmu i użytkownik musi prawidłowo przypisać poszczególne pręty z listy do odpowiedniej roli w złączu. Na liście zawsze dostępne są wszystkie elementy schodzące się w danym węźle lub tylko te, które wybrano przed utworzeniem złącza. Wybrany pręt z listy może pełnić zawsze tylko jedną rolę w złączu oraz nie wszystkie pręty z listy muszą być przypisane do odpowiednich ról w złączu.

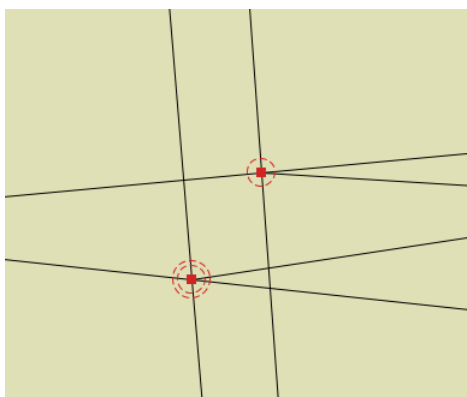
Dla niektórych typów złączy role poszczególnych prętów w złączu podzielone są na dwie grupy: **Elementy liczone** i **Elementy dochodzące**. **Elementy liczone** to te, z których brane są siły do sprawdzania nośności złącza, przy czym jako pogrubiony wyświetlany jest ten element główny, dla którego określony jest powyżej wybrany zestaw sił (np. obwiednia) i odpowiadający mu zestaw grup obciążeń. Dla pozostałych elementów brane są siły odpowiadające wyborowi dla elementu głównego. **Elementy liczone** muszą być zdefiniowane zawsze w złączu. Wybrany zestaw sił głównego **Elementu liczonego** posłuży do sprawdzania nośności poszczególnych elementów złącza (śrub, spoin, nakładek, żeber itp.). Jako **Elementy dochodzące** uwzględniane są te elementy złącza, z których siły

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D






odpowiadające elementowi głównemu brane są do sprawdzania nośności w przypadku gdy wymaga tego algorytm sprawdzania danego typu złącza. **Elementy dochodzące** są zawsze opcjonalne i ich ewentualny brak nie determinuje możliwości policzenia połączenia **Elementów liczonych**. Ponieważ program sprawdza tylko złącza płaskie na zestawy maksymalnie trzech sił wewnętrznych N, M, T, wszystkie elementy liczone i dochodzące powinny być tak wybrane, by znajdowały się w modelu w jednej płaszczyźnie. Domyślnie dla elementu liczonego do obliczeń złącza brane są siły N, T i M z końca pręta w danym węźle w odpow. dniej płaszczyźnie złącza. W przypadku gdy dla kilku wybranych elementów złącza układy lokalne poszczególnych prętów są względem siebie obrócone o 90 stopni, wszystkie siły w danym połączeniu brane są również z płaszczyzny danego połączenia, niezależnie od ustawienia układów lokalnych. Takie podejście gwarantuje, że w razie potrzeby będą dodawane do siebie siły w tych samych kierunkach, niezależnie od układu osi lokalnych danego pręta. Wyjątek stanowią tu połączenia typu **Belka-Belka** lub **Belka-Belka doczołowe**, dla których połączenie dwóch prętów przeważnie współliniowych nie może wyznaczyć płaszczyzny połączenia i wówczas użytkownik może zmienić płaszczyznę połączenia, zaznaczając odpowiedni znacznik wybierający właściwy zestaw sił N, T, M do obliczeń połączenia lub nie zaznaczając go.

W jednym węźle użytkownik może zdefiniować kilka złączy (np. dwa złącza w dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach). Każde z nich oznaczone jest w modelu współosiowym przerywanym okręgiem opisanym na danym węźle modelu.



Rys. 409 Widok złączy (pojedynczego i podwójnego) zdefiniowanych w węzłach modelu statycznego

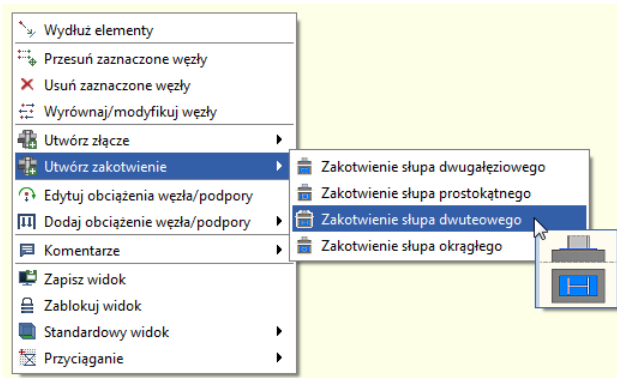
### 15.11.2. Definiowanie zakotwienia

Wymiarowanie przestrzennych zakotwień w module **EuroZłącza 4.0** i nowszym, dostępne jest w programie **ArCADia-RAMA** dla projektów Eurokodowych w konstrukcjach stalowych. Aby zwymiarować zakotwienie słupów, należy w węźle podporowym utworzyć odpowiednie zakotwienie. W tym celu będąc na zakładce **Geometria** lub **Obciążenia** zaznaczamy pojedynczy węzeł podporowy i z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy grupę  **Utwórz zakotwienie**, a po jej rozwinięciu wybieramy typ liczonego zakotwienia. Aktualnie dostępne są do wymiarowania następujące typy zakotwień:  **Zakotwienie słupa dwugąłowego**,  **Zakotwienie słupa prostokątnego**,  **Zakotwienie słupa dwuteowego**,  **Zakotwienie słupa okrągłego**. Warunkiem koniecznym przy tworzeniu zakotwienia jest to, że minimalna liczba prętów stalowych schodzących się

Podręcznik do programu

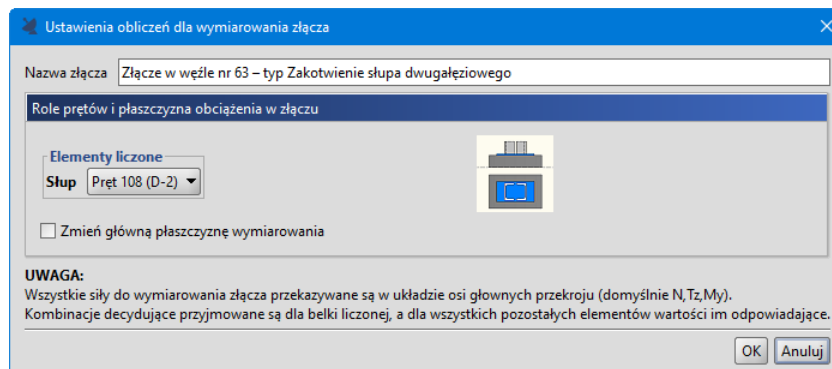
Opis programu R3D3-Rama 3D

w danym węźle jest nie mniejsza niż ilość wymagana przez dany typ zakotwienia (czyli nie mniejsza niż jeden), przy czym pręty inne niż stalowe, schodzące się w węźle są w tych rozważaniach ignorowane.

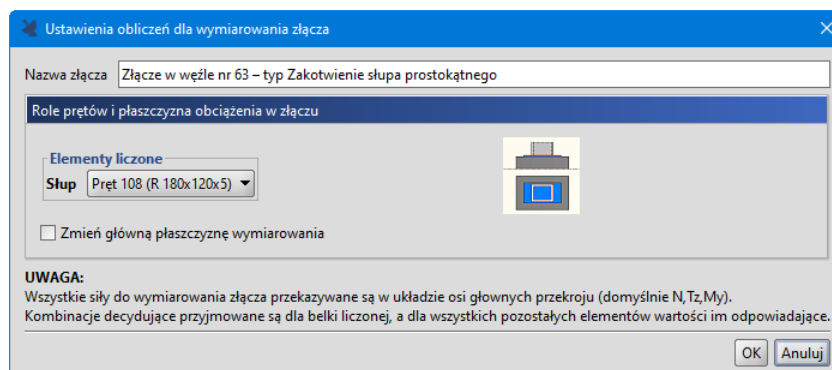


Rys. 410 Wybór typu zakotwienia z menu kontekstowego prawego klawisza myszki

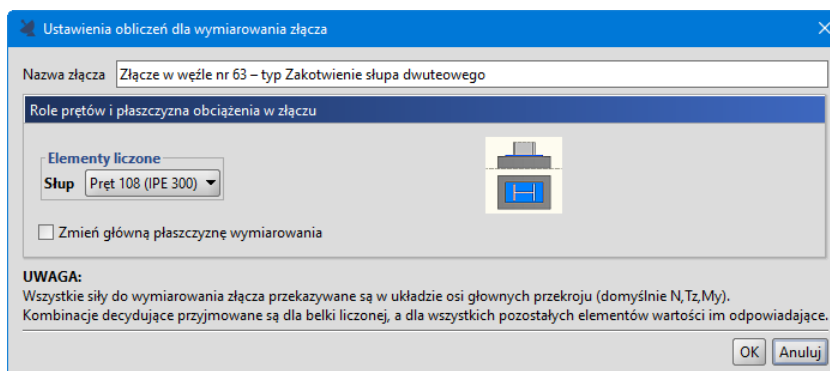
Domyślnie najbardziej pionowy element dochodzący do węzła podporowego przyjmowany jest w definicji zakotwienia jako kotwiony słup. Poniżej przedstawiono widok okien definicji zakotwienia dla poszczególnych typów połączeń słupa stalowego ze stopą fundamentową.



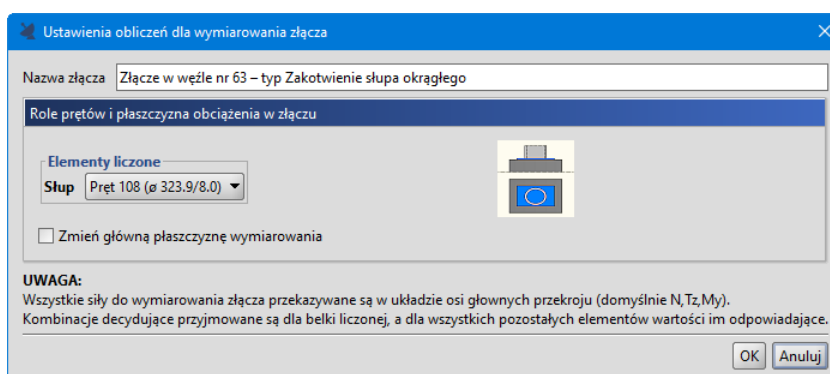
Rys. 411 Okno definicji zakotwienia słupa dwugałęzowego



Rys. 412 Okno definicji zakotwienia słupa prostokątnego




Rys. 413 Okno definicji zakotwienia słupa dwuteowego



Rys. 414 Okno definicji zakotwienia słupa okrągłego

### 15.11.3. Wymiarowanie złączy i wyniki wymiarowania

Wymiarowanie złączy w odróżnieniu od wymiarowania prętów, elementów czy też podpór w programie odbywa się tylko indywidualnie. Wynika to stąd, że przy wymiarowaniu złączy ilość dodatkowych parametrów, które musi określić przed wymiarowaniem użytkownik, jest przeważnie bardzo duża i niewspółmierna do innych typów wymiarowania. W tym celu po obliczeniach statycznych modelu, będąc na zakładce **Wyniki**, dla zaznaczonego pojedynczego węzła, w którym wcześniej zdefiniowano złącze, z menu kontekstowego prawego klawisza myszki wybieramy opcję  **Wymiaruj złącze**. W przypadku gdy w danym węźle zdefiniowane jest więcej niż jedno złącze, powyższa opcja jest rozwijalna i możemy z niej wybrać konkretne połączenie identyfikowane na podstawie nazwy, jaką podał użytkownik przy definicji złączy.

Po wywołaniu wymiarowania złącza, analogicznie jak w przypadku wymiarowania prętów, wyświetlane jest dodatkowe okno w którym użytkownik wybiera zestaw sił, na jaki ma być przeprowadzone wymiarowanie. Okno to opatrzone jest nagłówkiem z wyświetlaną informacyjnie nazwą wymiarowanego złącza. Niżej znajduje się tabela lub tabele umożliwiające wybór właściwego zestawu sił do wymiarowania. Mogą to być, w zależności od liczonego modelu, następujące warianty:

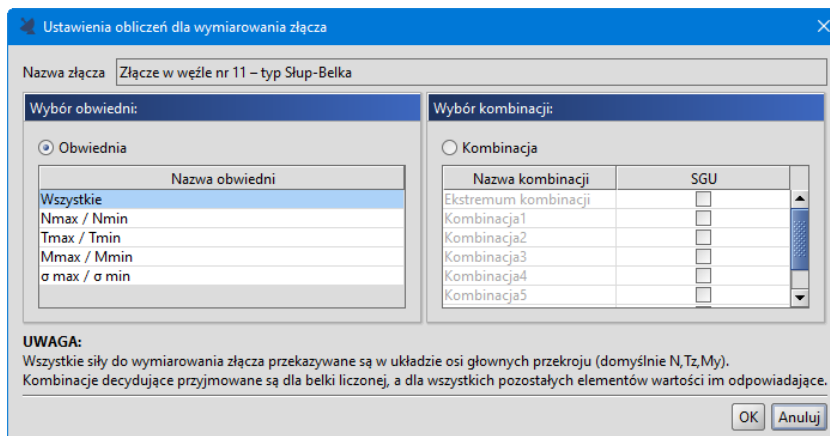
- wszystkie obwiednie
- jedna wybrana obwiednia sił lub naprężeń
- jedna lub kilka wybranych kombinacji użytkownika (wybór kilku z wciśniętym klawiszem **Shift**), przy czym dla każdej z nich należy określić, czy ma być uwzględniana przy sprawdzaniu stanu

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

granicznego użytkownika w złączu (stan graniczny nośności złącza sprawdzany jest zawsze dla wszystkich wybranych kombinacji).

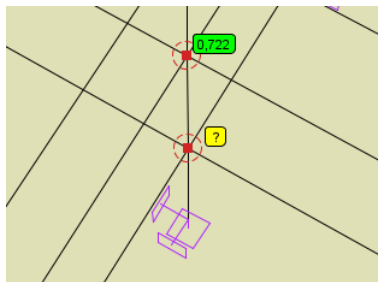
- ekstremum kombinacji – przy czym SGN sprawdzany jest dla wszystkich ekstremów kombinacji jak wyżej, a SGU tylko dla tych ekstremów kombinacji jak wyżej, dla których zaznaczono w oknie znacznik **SGU**.



Rys. 415 Okno Ustawienia obliczeń do wymiarowania złącza

Aby wymiarowanie złącza mogło być wykonane, dla obliczeń liniowych musi być policzona obwiednia sił wewnętrznych i naprężeń lub zdefiniowana w projekcie minimum jedna kombinacja użytkownika. W przypadku liczenia statyki nieliniowej (teoria II rzędu, obliczenia jak dla cięgien) w projekcie musi być zdefiniowana minimum jedna kombinacja użytkownika.

Po wywołaniu wymiarowania program uruchomi w specjalnym trybie moduł do wymiarowania złączy i przekaże do niego wcześniej ustalone role prętów w złączu ich przekroje, kąty między prętami oraz wartości statyczne odpowiednich sił wewnętrznych na końcach prętów w wymiarowanym węźle. Pozostałe parametry, dotyczące pozostałych elementów połączenia takich jak: śruby, spoiny, blachy czołowe, przykładki, nakładki, stoliki oraz żebra definiuje użytkownik bezpośrednio w module do wymiarowania złączy. W module tym można obejrzeć szkic zdefiniowanego połączenia, skrócone wyniki sprawdzenia złącza a także mniej lub bardziej rozbudowany raport z wymiarowania połączenia. Po wykonaniu obliczeń dla danego złącza przy zamykaniu programu do wymiarowania złączy wszystkie szczegółowe parametry dotyczące złącza i ustawione przez użytkownika są zapamiętywane w plikach wyników programu **R3D3** wraz z skróconą informacją o wynikach sprawdzenia złącza. Ponowne wejście w tryb wymiarowania tego samego złącza na zakładce **Wyniki** spowoduje, że wszystkie ostatnio ustawione parametry elementów złącza zostaną ponownie wczytane do modułu wymiarującego i od takiego stanu wyjściowego zaczynamy dalszą ewentualną modyfikację parametrów złącza. Dla złączy, dla których przeprowadzono wymiarowanie, znacznik złącza w modelu w postaci przerywanego okręgu zmienia kolor z czerwonego na zielony. Po zwymiarowaniu wszystkich zdefiniowanych w modelu złączy możemy przejść na zakładkę **Wymiarowanie**. Wówczas po zaznaczeniu na dole tej zakładki znacznika **Złącza** na modelu przy poszczególnych złączach pojawią się zielone lub czerwone etykiety z najgorszym wynikiem sprawdzenia nośności połączenia, a dla złączy niewymiarowanych etykiety żółte ze znakiem zapytania.

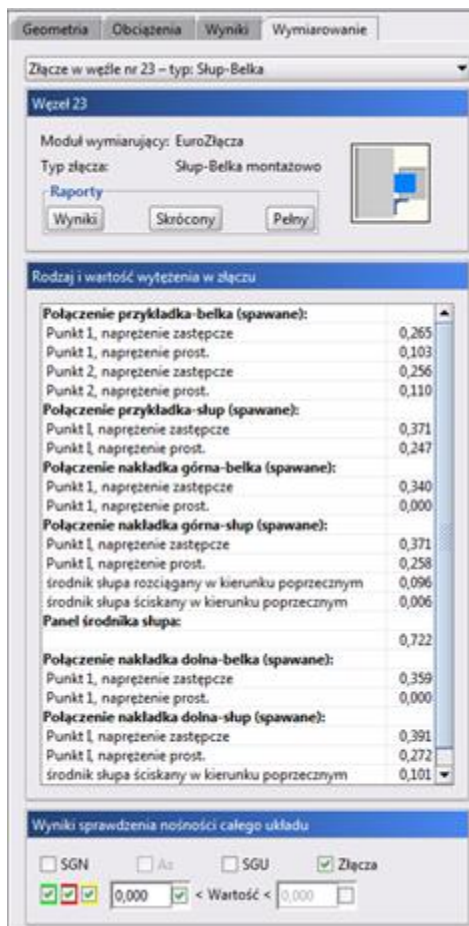


Rys. 416 Widok etykiet dla wymiarowanego złącza

Po zaznaczeniu węzła, w którym zdefiniowano złącze, na zakładce **Wymiarowanie** wyświetlona zostanie lista z nazwami dostępnych w tym węźle połączeń. poniżej której wyświetlone zostaną wszystkie najbardziej niekorzystne wyniki poszczególnych typów sprawdzeń dla tego połączenia. Na zakładce tej dostępne są również przyciski raportu samych **Wyników** wymiarowania oraz **Skróconego** lub **Pełnego** raportu z wymiarowania złącza wykonywanych w formacie **RTF**.

Zalecaną w programie kolejność wykonywanych obliczeń przedstawiono poniżej:

- Obliczenia statyczne modelu i wstępna ocena sił wewnętrznych i naprężeń na zakładce **Wyniki**.
- Wymiarowanie zbiorcze lub indywidualne prętów, elementów wymiarowych i podpór oraz ocena wyników wymiarowania.
- Powrót na zakładkę **Wyniki** i pojedyncze wymiarowanie zdefiniowanych złączy stalowych.
- Analiza zbiorcza wszystkich efektów wymiarowania prętów, elementów wymiarowych, podpór oraz złączy na zakładce **Wymiarowanie**.



Rys. 417 Widok wyników wymiarowanego złącza na zakładce Wymiarowanie dla zaznaczonego węzła

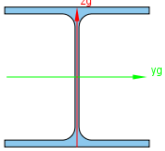
Zdefiniowane w modelu złącza płaskie oraz ich szczegółowe parametry wymiarowania elementów składowych, będą pamiętane w projekcie tylko do momentu istotnej zmiany geometrii tego modelu, wymuszającej ponowną konieczność wykonania obliczeń statycznych zmodyfikowanego projektu i powtórne jego wymiarowanie.

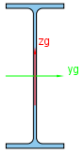
## 15.12. Raport z wymiarowania – przykład

Dane:

Przekroje:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                     |                                       |                                    |                                       |                               |   |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---|
| Nazwa               | HEA300                                |                                    |                                       |                               |  |
| Parametry przekroju | $A = 112,55 \text{ cm}^2$             |                                    |                                       |                               |   |
|                     | $J_x = 85,17 \text{ cm}^4$            | $J_y = 18\,266,37 \text{ cm}^4$    | $J_z = 6\,309,61 \text{ cm}^4$        |                               |   |
|                     | $\alpha_{y-yg} = 0^\circ$             | $J_{yg} = 18\,266,37 \text{ cm}^4$ | $J_{zg} = 6\,309,61 \text{ cm}^4$     |                               |   |
|                     | $W_{y \max} = 1\,259,75 \text{ cm}^3$ |                                    | $W_{y \min} = 1\,259,75 \text{ cm}^3$ |                               |   |
|                     | $W_{z \max} = 420,64 \text{ cm}^3$    |                                    | $W_{z \min} = 420,64 \text{ cm}^3$    |                               |   |
| Materiał            | Stal PN St3S                          | $E = 205 \text{ GPa}$              | $G = 78,85 \text{ GPa}$               | Cięż. = $78,5 \text{ kN/m}^3$ |   |

|                     |                                       |                                    |                                       |                               |   |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---|
| Nazwa               | IPE500                                |                                    |                                       |                               |  |
| Parametry przekroju | $A = 115,53 \text{ cm}^2$             |                                    |                                       |                               |   |
|                     | $J_x = 89,29 \text{ cm}^4$            | $J_y = 48\,204,57 \text{ cm}^4$    | $J_z = 2\,141,71 \text{ cm}^4$        |                               |   |
|                     | $\alpha_{y-yg} = 0^\circ$             | $J_{yg} = 48\,204,57 \text{ cm}^4$ | $J_{zg} = 2\,141,71 \text{ cm}^4$     |                               |   |
|                     | $W_{y \max} = 1\,928,18 \text{ cm}^3$ |                                    | $W_{y \min} = 1\,928,18 \text{ cm}^3$ |                               |   |
|                     | $W_{z \max} = 214,17 \text{ cm}^3$    |                                    | $W_{z \min} = 214,17 \text{ cm}^3$    |                               |   |
| Materiał            | Stal PN St3S                          | $E = 205 \text{ GPa}$              | $G = 78,85 \text{ GPa}$               | Cięż. = $78,5 \text{ kN/m}^3$ |   |

Grupy prętów:

Rygle nad parterem (pręty: 3, 5, 7)



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Materiał     | Przekrój | Moduł wym. | Def. wym. | typu | Naprężenia graniczne |                 |
|--------------|----------|------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
|              |          |            |           |      | $\sigma_{\min}$      | $\sigma_{\max}$ |
| Stal PN St3S | IPE500   | InterStal  | Krzyżulce |      | -215,00              | 215,00          |

Rygle stropodachu (pręty: 24, 26, 28)

| Materiał     | Przekrój | Moduł wym. | Def. wym. | typu | Naprężenia graniczne |                 |
|--------------|----------|------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
|              |          |            |           |      | $\sigma_{\min}$      | $\sigma_{\max}$ |
| Stal PN St3S | IPE500   | InterStal  | Krzyżulce |      | -215,00              | 215,00          |

Rygle stropowe (pręty: 10, 12, 14, 17, 19, 21)

| Materiał     | Przekrój | Moduł wym. | Def. wym. | typu | Naprężenia graniczne |                 |
|--------------|----------|------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
|              |          |            |           |      | $\sigma_{\min}$      | $\sigma_{\max}$ |
| Stal PN St3S | IPE500   | InterStal  | Krzyżulce |      | -215,00              | 215,00          |

Słupy skrajne (pręty: 1, 6, 8, 13, 15, 20, 22, 27)

| Materiał     | Przekrój | Moduł wym. | Def. wym. | typu | Naprężenia graniczne |                 |
|--------------|----------|------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
|              |          |            |           |      | $\sigma_{\min}$      | $\sigma_{\max}$ |
| Stal PN St3S | HEA300   | InterStal  | Krzyżulce |      | -215,00              | 215,00          |

Słupy środkowe (pręty: 2, 4, 9, 11, 16, 18, 23, 25)

| Materiał     | Przekrój | Moduł wym. | Def. wym. | typu | Naprężenia graniczne |                 |
|--------------|----------|------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
|              |          |            |           |      | $\sigma_{\min}$      | $\sigma_{\max}$ |
| Stal PN St3S | HEA300   | InterStal  | Krzyżulce |      | -215,00              | 215,00          |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D  
Definicje typów wymiarowania:

Krzyżulce (InterStal)

|  |                                       |  |  |
|--|---------------------------------------|--|--|
| Parametry ściskania i zginania           |                                       |  |  |
| Współczynniki długości wybozeniowej      |                                       | $\mu_y = 0,90, \mu_z = 1,00, \mu_w = 1,00$ |  |
| Współczynniki momentów zginających       |                                       | $\beta_y = 1,00, \beta_z = 1,00$           |  |
| Smukłość graniczna elementu na ściskanie |                                       | $\lambda = 250,00$                         |  |
| Parametry ogólne i rozciągania           |                                       |  |  |
| Pręt obciążony statycznie                |                                       |  |  |
| Osiowe połączenia pręta w węźle          | $A_{\text{netto}}$ części przylgowej  | 0,00 cm <sup>2</sup>                       |  |
|  | $A_{\text{brutto}}$ części przylgowej | 0,00 cm <sup>2</sup>                       |  |
| Dopuszczalne ugięcie                     |                                       | L/250,00                                   |  |

Wyniki:

Sprawdzenia nośności:

|                   |        |                |          |           |         |       |           |       |
|-------------------|--------|----------------|----------|-----------|---------|-------|-----------|-------|
| Pręt 3            |        | Moduł wym.     |          | InterStal |         |       |           |       |
|                   |        | Def. typu wym. |          | Krzyżulce |         |       |           |       |
| Stan krytyczny    |        |                |          |           |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm]       | Mz [kNm] | Ty [kN]   | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 0,00              | -4,04  | -86,44         | -86,44   | 0,00      | 0,00    | 0,214 | 0,210     | 0,091 |
| 3,00              | -6,61  | 42,80          | 42,80    | 0,00      | 0,00    | 0,111 | 0,106     | 0,024 |
| Stan nadkrytyczny |        |                |          |           |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm]       | Mz [kNm] | Ty [kN]   | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 3,54              | -7,01  | 49,66          | 0,00     | 0,00      | 9,59    | 0,128 | 0,123     | 0,028 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|      |       |        |      |      |        |       |       |       |
|------|-------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|
| 6,00 | 11,89 | -67,55 | 0,00 | 0,00 | -43,55 | 0,168 | 0,168 | 0,074 |
|------|-------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 5            |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | 3,94   | -77,66   | -77,66   | 0,00           | 0,00    | 0,189     | 0,189     | 0,080 |
| 3,00              | 4,65   | 30,87    | 30,87    | 0,00           | 0,00    | 0,076     | 0,076     | 0,000 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,37              | 1,36   | 33,64    | 0,00     | 0,00           | 5,34    | 0,082     | 0,082     | 0,031 |
| 6,00              | 3,94   | -77,66   | 0,00     | 0,00           | -50,83  | 0,189     | 0,189     | 0,080 |

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 7            |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | 11,89  | -67,55   | -67,55   | 0,00           | 0,00    | 0,168     | 0,168     | 0,074 |
| 2,54              | -7,01  | 48,77    | 48,77    | 0,00           | 0,00    | 0,126     | 0,120     | 0,026 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,00              | -6,61  | 42,80    | 0,00     | 0,00           | -15,58  | 0,111     | 0,106     | 0,024 |
| 6,00              | -4,04  | -86,44   | 0,00     | 0,00           | -57,68  | 0,214     | 0,210     | 0,091 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 24           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -25,81 | -53,34   | -53,34   | 0,00           | 0,00    | 0,161     | 0,139     | 0,073 |
| 3,00              | -22,65 | 49,04    | 49,04    | 0,00           | 0,00    | 0,146     | 0,127     | 0,006 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,04              | -22,65 | 49,17    | 0,00     | 0,00           | 3,53    | 0,147     | 0,128     | 0,006 |
| 6,00              | -8,98  | -19,73   | 0,00     | 0,00           | -32,83  | 0,059     | 0,051     | 0,054 |

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 26           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -21,59 | -55,72   | -55,72   | 0,00           | 0,00    | 0,161     | 0,143     | 0,070 |
| 3,00              | -17,84 | 36,86    | 36,86    | 0,00           | 0,00    | 0,111     | 0,096     | 0,013 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,05              | -17,84 | 36,92    | 0,00     | 0,00           | 0,86    | 0,111     | 0,096     | 0,014 |
| 6,00              | -21,59 | -55,72   | 0,00     | 0,00           | -44,30  | 0,161     | 0,143     | 0,070 |

|         |  |  |  |                |  |           |  |  |
|---------|--|--|--|----------------|--|-----------|--|--|
| Pręt 28 |  |  |  | Moduł wym.     |  | InterStal |  |  |
|         |  |  |  | Def. typu wym. |  | Krzyżulce |  |  |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Stan krytyczny    |        |          |          |         |         |       |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------|-------|
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 0,00              | -8,98  | -19,73   | -19,73   | 0,00    | 0,00    | 0,059 | 0,051     | 0,054 |
| 2,88              | -21,91 | 49,57    | 49,57    | 0,00    | 0,00    | 0,147 | 0,128     | 0,005 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |         |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 3,00              | -22,65 | 49,04    | 0,00     | 0,00    | -3,95   | 0,146 | 0,127     | 0,006 |
| 6,00              | -25,81 | -53,34   | 0,00     | 0,00    | -46,35  | 0,161 | 0,139     | 0,073 |

| Pręt 10           |        |          | Moduł wym.     |         | InterStal |       |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------------|---------|-----------|-------|-----------|-------|
|                   |        |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |       |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |                |         |           |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm]       | Ty [kN] | Tz [kN]   | N + M | N + M + V | V     |
| 0,00              | -15,58 | -74,57   | -74,57         | 0,00    | 0,00      | 0,199 | 0,186     | 0,083 |
| 3,00              | -10,38 | 42,31    | 42,31          | 0,00    | 0,00      | 0,115 | 0,106     | 0,027 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |                |         |           |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm]       | Ty [kN] | Tz [kN]   | N + M | N + M + V | V     |
| 3,44              | -10,74 | 45,64    | 0,00           | 0,00    | 5,10      | 0,123 | 0,114     | 0,024 |
| 6,00              | 1,69   | -49,64   | 0,00           | 0,00    | -45,44    | 0,120 | 0,120     | 0,072 |

| Pręt 12        |        |          | Moduł wym.     |         | InterStal |       |           |   |
|----------------|--------|----------|----------------|---------|-----------|-------|-----------|---|
|                |        |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |       |           |   |
| Stan krytyczny |        |          |                |         |           |       |           |   |
| x [m]          | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm]       | Ty [kN] | Tz [kN]   | N + M | N + M + V | V |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |        |          |          |         |         |       |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------|-------|
| 0,00              | -7,46  | -70,89   | -70,89   | 0,00    | 0,00    | 0,180 | 0,174     | 0,078 |
| 3,00              | -2,59  | 34,11    | 34,11    | 0,00    | 0,00    | 0,085 | 0,083     | 0,022 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |         |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 3,22              | -2,59  | 35,42    | 0,00     | 0,00    | 4,66    | 0,089 | 0,086     | 0,026 |
| 6,00              | -6,29  | -72,54   | 0,00     | 0,00    | -49,77  | 0,183 | 0,178     | 0,078 |

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 14           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | 1,69   | -49,64   | -49,64   | 0,00           | 0,00    | 0,120     | 0,120     | 0,072 |
| 2,64              | -10,74 | 45,14    | 45,14    | 0,00           | 0,00    | 0,122     | 0,113     | 0,022 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,00              | -10,38 | 42,31    | 0,00     | 0,00           | -10,08  | 0,115     | 0,106     | 0,027 |
| 6,00              | -15,58 | -74,57   | 0,00     | 0,00           | -52,30  | 0,199     | 0,186     | 0,083 |

|                |        |          |          |                |         |           |           |       |
|----------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 17        |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]          | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00           | -12,51 | -59,26   | -59,26   | 0,00           | 0,00    | 0,158     | 0,148     | 0,073 |
| 3,00           | -16,03 | 37,22    | 37,22    | 0,00           | 0,00    | 0,110     | 0,096     | 0,018 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Stan nadkrytyczny |        |          |          |         |         |       |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------|-------|
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 3,21              | -16,03 | 37,98    | 0,00     | 0,00    | 2,26    | 0,111 | 0,098     | 0,014 |
| 6,00              | 16,68  | -48,31   | 0,00     | 0,00    | -37,72  | 0,123 | 0,123     | 0,067 |

| Pręt 19           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -4,02  | -61,74   | -61,74   | 0,00           | 0,00    | 0,154     | 0,151     | 0,074 |
| 2,84              | -0,36  | 35,99    | 35,99    | 0,00           | 0,00    | 0,087     | 0,087     | 0,020 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 3,00              | 3,09   | 35,56    | 0,00     | 0,00           | 0,00    | 0,087     | 0,087     | 0,000 |
| 6,00              | 0,41   | -63,24   | 0,00     | 0,00           | -46,76  | 0,153     | 0,153     | 0,074 |

| Pręt 21           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | 16,68  | -48,31   | -48,31   | 0,00           | 0,00    | 0,123     | 0,123     | 0,067 |
| 2,86              | -16,03 | 37,77    | 37,77    | 0,00           | 0,00    | 0,111     | 0,098     | 0,013 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|      |        |        |      |      |        |       |       |       |
|------|--------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|
| 3,00 | -16,03 | 37,22  | 0,00 | 0,00 | -4,81  | 0,110 | 0,096 | 0,018 |
| 6,00 | -12,51 | -59,26 | 0,00 | 0,00 | -46,66 | 0,158 | 0,148 | 0,073 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 1            |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -380,57 | 51,37    | 51,37    | 0,00           | 0,00    | 0,390     | 0,347     | 0,074 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -357,78 | 6,73     | 0,00     | 0,00           | -10,37  | 0,213     | 0,173     | 0,034 |
| 4,00              | -386,94 | -51,35   | 0,00     | 0,00           | -28,67  | 0,393     | 0,350     | 0,093 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 13           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -278,74 | -55,88   | -55,88   | 0,00           | 0,00    | 0,353     | 0,322     | 0,082 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -283,58 | -8,54    | 0,00     | 0,00           | 21,75   | 0,181     | 0,149     | 0,071 |
| 4,00              | -282,28 | 57,72    | 0,00     | 0,00           | 31,52   | 0,362     | 0,330     | 0,103 |



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 15           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -180,91 | 48,28    | 48,28    | 0,00           | 0,00    | 0,274     | 0,253     | 0,069 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -181,83 | 9,38     | 0,00     | 0,00           | -17,21  | 0,130     | 0,110     | 0,056 |
| 4,00              | -183,10 | -50,91   | 0,00     | 0,00           | -27,89  | 0,284     | 0,264     | 0,091 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 20           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -180,91 | -48,28   | -48,28   | 0,00           | 0,00    | 0,274     | 0,253     | 0,069 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -181,83 | -9,38    | 0,00     | 0,00           | 17,21   | 0,130     | 0,110     | 0,056 |
| 4,00              | -183,10 | 50,91    | 0,00     | 0,00           | 27,89   | 0,284     | 0,264     | 0,091 |

|                |        |          |          |                |         |           |           |   |
|----------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|---|
| Pręt 22        |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |   |
|                |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |   |
| Stan krytyczny |        |          |          |                |         |           |           |   |
| x [m]          | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |        |          |          |         |         |       |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------|-------|
| 0,00              | -87,87 | 55,79    | 55,79    | 0,00    | 0,00    | 0,252 | 0,242     | 0,093 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |         |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 2,00              | -88,15 | 14,48    | 0,00     | 0,00    | -18,58  | 0,100 | 0,090     | 0,084 |
| 4,00              | -90,08 | -48,48   | 0,00     | 0,00    | -28,86  | 0,226 | 0,216     | 0,094 |

|                   |        |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|--------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 27           |        |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |        |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -87,87 | -55,79   | -55,79   | 0,00           | 0,00    | 0,252     | 0,242     | 0,093 |
| Stan nadkrytyczny |        |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -88,15 | -14,48   | 0,00     | 0,00           | 18,58   | 0,100     | 0,090     | 0,084 |
| 4,00              | -90,08 | 48,48    | 0,00     | 0,00           | 28,86   | 0,226     | 0,216     | 0,094 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 6            |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -380,57 | -51,37   | -51,37   | 0,00           | 0,00    | 0,390     | 0,347     | 0,074 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -357,78 | -6,73    | 0,00     | 0,00           | 10,37   | 0,213     | 0,173     | 0,034 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|      |         |       |      |      |       |       |       |       |
|------|---------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 4,00 | -386,94 | 51,35 | 0,00 | 0,00 | 28,67 | 0,393 | 0,350 | 0,093 |
|------|---------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 8            |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -278,74 | 55,88    | 55,88    | 0,00           | 0,00    | 0,353     | 0,322     | 0,082 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -283,58 | 8,54     | 0,00     | 0,00           | -21,75  | 0,181     | 0,149     | 0,071 |
| 4,00              | -282,28 | -57,72   | 0,00     | 0,00           | -31,52  | 0,362     | 0,330     | 0,103 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 11           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -506,17 | 50,32    | 50,32    | 0,00           | 0,00    | 0,452     | 0,395     | 0,080 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -564,15 | -5,29    | 0,00     | 0,00           | 9,46    | 0,317     | 0,253     | 0,031 |
| 4,00              | -570,36 | -44,27   | 0,00     | 0,00           | -20,20  | 0,464     | 0,399     | 0,066 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |         |          |          |         |                |       |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|----------------|-------|-----------|-------|
| Pręt 16           |         |          |          |         | Moduł wym.     |       | InterStal |       |
|                   |         |          |          |         | Def. typu wym. |       | Krzyżulce |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |         |                |       |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN]        | N + M | N + M + V | V     |
| 0,00              | -319,71 | 41,43    | 41,43    | 0,00    | 0,00           | 0,321 | 0,285     | 0,065 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |         |                |       |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN]        | N + M | N + M + V | V     |
| 2,00              | -380,39 | 6,03     | 0,00     | 0,00    | -3,73          | 0,223 | 0,179     | 0,012 |
| 4,00              | -318,61 | -39,48   | 0,00     | 0,00    | -19,87         | 0,314 | 0,277     | 0,065 |

|                   |         |          |          |         |                |       |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|----------------|-------|-----------|-------|
| Pręt 18           |         |          |          |         | Moduł wym.     |       | InterStal |       |
|                   |         |          |          |         | Def. typu wym. |       | Krzyżulce |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |         |                |       |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN]        | N + M | N + M + V | V     |
| 0,00              | -319,71 | -41,43   | -41,43   | 0,00    | 0,00           | 0,321 | 0,285     | 0,065 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |         |                |       |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN]        | N + M | N + M + V | V     |
| 2,00              | -380,39 | -6,03    | 0,00     | 0,00    | 3,73           | 0,223 | 0,179     | 0,012 |
| 4,00              | -318,61 | 39,48    | 0,00     | 0,00    | 19,87          | 0,314 | 0,277     | 0,065 |

|                |        |          |          |         |                |       |           |   |
|----------------|--------|----------|----------|---------|----------------|-------|-----------|---|
| Pręt 2         |        |          |          |         | Moduł wym.     |       | InterStal |   |
|                |        |          |          |         | Def. typu wym. |       | Krzyżulce |   |
| Stan krytyczny |        |          |          |         |                |       |           |   |
| x [m]          | N [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN]        | N + M | N + M + V | V |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|                   |         |          |          |         |         |       |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------|-------|
| 0,00              | -699,51 | -49,79   | -49,79   | 0,00    | 0,00    | 0,552 | 0,473     | 0,079 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |         |         |       |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN] | Tz [kN] | N + M | N + M + V | V     |
| 2,00              | -761,30 | 2,40     | 0,00     | 0,00    | 19,36   | 0,410 | 0,323     | 0,082 |
| 4,00              | -763,07 | 41,12    | 0,00     | 0,00    | 19,36   | 0,554 | 0,467     | 0,082 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 23           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -126,93 | -33,72   | -33,72   | 0,00           | 0,00    | 0,191     | 0,177     | 0,050 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -188,90 | -6,85    | 0,00     | 0,00           | -1,67   | 0,125     | 0,103     | 0,005 |
| 4,00              | -137,76 | 29,44    | 0,00     | 0,00           | 15,18   | 0,181     | 0,166     | 0,050 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 25           |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -126,93 | 33,72    | 33,72    | 0,00           | 0,00    | 0,191     | 0,177     | 0,050 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -188,90 | 6,85     | 0,00     | 0,00           | 1,67    | 0,125     | 0,103     | 0,005 |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

|      |         |        |      |      |        |       |       |       |
|------|---------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|
| 4,00 | -137,76 | -29,44 | 0,00 | 0,00 | -15,18 | 0,181 | 0,166 | 0,050 |
|------|---------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 4            |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -699,51 | 49,79    | 49,79    | 0,00           | 0,00    | 0,552     | 0,473     | 0,079 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -761,30 | -2,40    | 0,00     | 0,00           | -19,36  | 0,410     | 0,323     | 0,082 |
| 4,00              | -763,07 | -41,12   | 0,00     | 0,00           | -19,36  | 0,554     | 0,467     | 0,082 |

|                   |         |          |          |                |         |           |           |       |
|-------------------|---------|----------|----------|----------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Pręt 9            |         |          |          | Moduł wym.     |         | InterStal |           |       |
|                   |         |          |          | Def. typu wym. |         | Krzyżulce |           |       |
| Stan krytyczny    |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 0,00              | -506,17 | -50,32   | -50,32   | 0,00           | 0,00    | 0,452     | 0,395     | 0,080 |
| Stan nadkrytyczny |         |          |          |                |         |           |           |       |
| x [m]             | N [kN]  | My [kNm] | Mz [kNm] | Ty [kN]        | Tz [kN] | N + M     | N + M + V | V     |
| 2,00              | -564,15 | 5,29     | 0,00     | 0,00           | -9,46   | 0,317     | 0,253     | 0,031 |
| 4,00              | -570,36 | 44,27    | 0,00     | 0,00           | 20,20   | 0,464     | 0,399     | 0,066 |

Sprawdzenia ugięć:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nazwa   | Długość [m] | Maks. przemieszczenie [cm] | Maks. ugięcie względne [cm] | Maks. ugięcie w stanie zarysowanym [cm] | Dopuszczalne ugięcie [cm] |
|---------|-------------|----------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|
| Pręt 3  | 6,00        | 0,109                      | 0,068                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 5  | 6,00        | 0,087                      | 0,034                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 7  | 6,00        | 0,109                      | 0,070                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 24 | 6,00        | 0,161                      | 0,065                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 26 | 6,00        | 0,156                      | 0,035                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 28 | 6,00        | 0,161                      | 0,065                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 10 | 6,00        | 0,124                      | 0,058                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 12 | 6,00        | 0,125                      | 0,037                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 14 | 6,00        | 0,124                      | 0,058                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 17 | 6,00        | 0,136                      | 0,053                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 19 | 6,00        | 0,149                      | 0,039                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 21 | 6,00        | 0,136                      | 0,053                       | -                                       | 2,400                     |
| Pręt 1  | 4,00        | 0,247                      | 0,012                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 13 | 4,00        | 0,486                      | 0,010                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 15 | 4,00        | 0,633                      | 0,007                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 20 | 4,00        | 0,633                      | 0,007                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 22 | 4,00        | 0,697                      | 0,015                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 27 | 4,00        | 0,697                      | 0,015                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 6  | 4,00        | 0,247                      | 0,000                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 8  | 4,00        | 0,486                      | 0,007                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 11 | 4,00        | 0,484                      | 0,238                       | -                                       | 1,600                     |

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Nazwa   | Długość [m] | Maks. przemieszczenie [cm] | Maks. ugięcie względne [cm] | Maks. ugięcie w stanie zarysowanym [cm] | Dopuszczalne ugięcie [cm] |
|---------|-------------|----------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|
| Pręt 16 | 4,00        | 0,632                      | 0,148                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 18 | 4,00        | 0,632                      | 0,148                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 2  | 4,00        | 0,246                      | 0,246                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 23 | 4,00        | 0,688                      | 0,057                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 25 | 4,00        | 0,688                      | 0,057                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 4  | 4,00        | 0,246                      | 0,246                       | -                                       | 1,600                     |
| Pręt 9  | 4,00        | 0,484                      | 0,238                       | -                                       | 1,600                     |



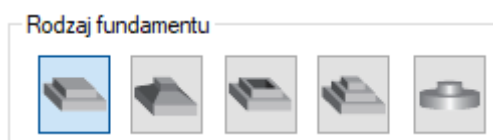
# 16. Eksport stóp fundamentowych do modułu ArCADia- KOMPONENT ŻELBETOWY

## 16.1. Podstawowe informacje

Program **ArCADia-RAMA** umożliwia eksport danych z modułu **EuroStopa** do modułu **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY**. Funkcjonalność ta pozwala na automatyczną generację modelu 3D stopy fundamentowej wraz ze zbrojeniem w programie **ArCADia**. Dodatkowo po eksporcie stopy fundamentowej w programie **ArCADia** wstawione zostaną w obszarze roboczym programu takie elementy rysunkowe jak: widoki, przekroje, szczegóły prętów, wykaz stali.

Program **ArCADia-RAMA** pozwala na eksport do modułu **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** następujących typów stóp fundamentowych:

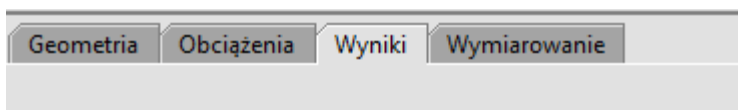
- stopy prostopadłościennej,
- stopy trapezowej,
- stopy kielichowej,
- stopy schodkowej,
- stopy kołowej.



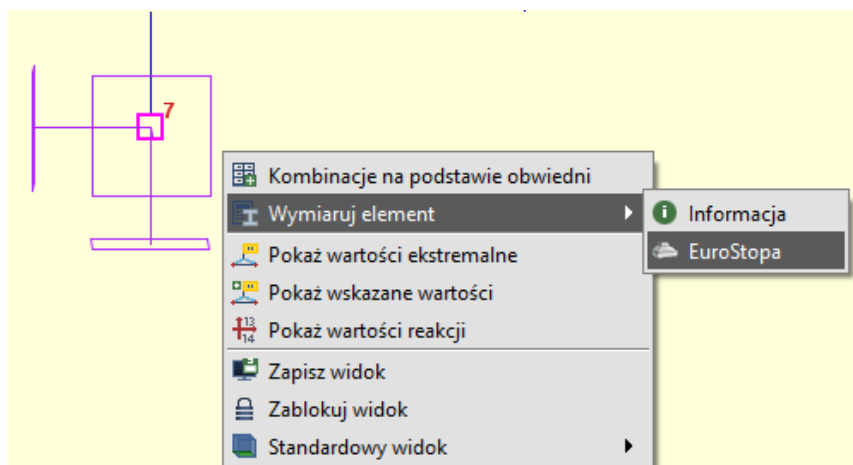
Rys. 418 Typy stóp fundamentowych w ArCADia-RAMA, dla których możliwy jest eksport do modułu ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

## 16.2. Eksport danych z ArCADia-RAMA do ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

Eksport danych z programu **ArCADia-RAMA** do **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** możliwy jest przy indywidualnym wymiarowaniu wybranego węzła podporowego. Aby uruchomić wymiarowanie pojedynczego węzła podporowego, należy na aktywnej zakładce **Wyniki** zaznaczyć węzeł, kliknąć prawym klawiszem myszy i z menu kontekstowego wybrać kolejno **Wymiaruj element – EuroStopa**.

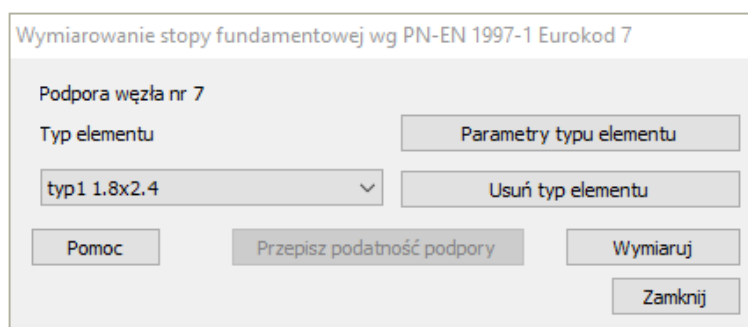


Rys. 419 Aktywna zakładka Wyniki w panelu bocznym programu ArCADia-RAMA



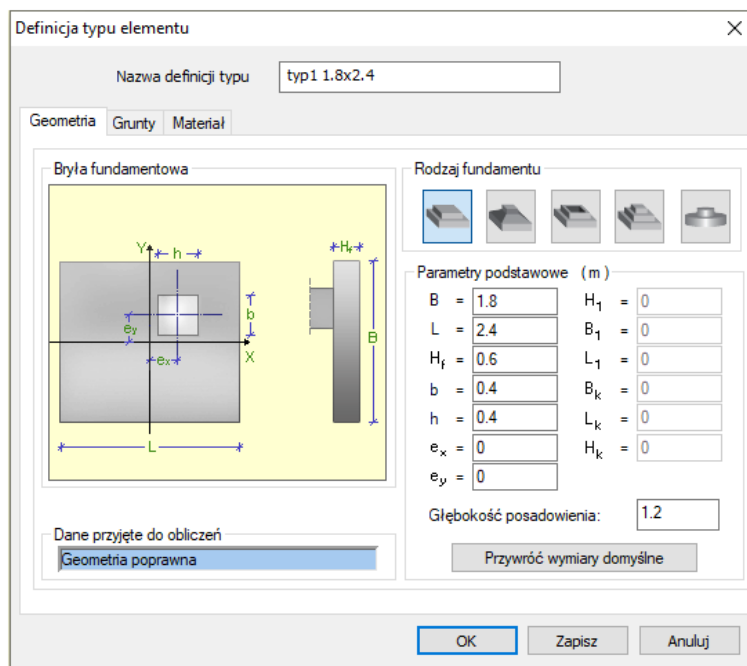
Rys. 420 Uruchomienie wymiarowania pojedynczego węzła podporowego w ArCADia-RAMA, w module obliczeniowym EuroStopa

W automatycznie wyświetlonym okienku **Ustawienie obliczeń do wymiarowania** należy określić i zatwierdzić ustawienia. Następnie w okienku **Wymiarowanie stopy fundamentowej według PN-EN 1997-1 Eurokod 7** dla podpory należy wybrać **Typ elementu**.



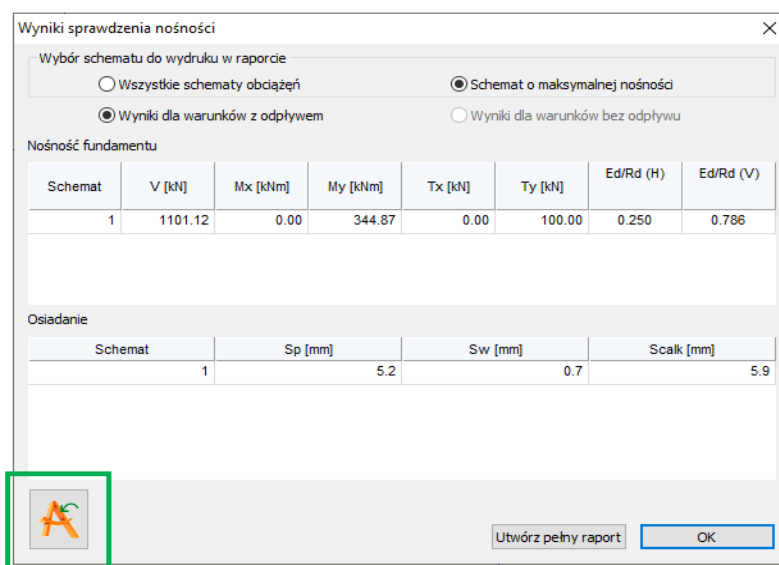
Rys. 421 Okno Wymiarowanie stopy fundamentowej według PN-EN 1997-7 Eurokod 7 w ArCADia-RAMA

Po kliknięciu na przycisk **Parametry typu elementu** wyświetlone zostanie okno **Definicji typu elementu**. **Typ elementu** zawiera informacje o geometrii stopy fundamentowej, materiale, z jakiego będzie wykonana oraz warunkach gruntowych. Parametry te można modyfikować i zapisywać. Po zapisaniu typu elementu pod nową nazwą zostanie utworzony nowy typ elementu.



Rys. 422 Okno Definicji typu elementu w ArcADia-RAMA

Klikając w oknie **Wymiarowanie stopy fundamentowej wg PN-EN 1997-7 Eurokod 7** na przycisk **Wymiaruj**, uruchamiamy okno **Wyniki sprawdzenia nośności**. Aby uruchomić funkcję eksportu stopy fundamentowej, w lewym dolnym rogu okna **Wyniki sprawdzenia nośności** należy kliknąć przycisk **ArCADii**, który następnie uruchomi okno **Właściwości stopy fundamentowej** w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY**. Aby wykorzystać funkcję bezpośredniego eksportu danych obliczeniowych, przed uruchomieniem przycisku eksportu musi być otwarty program **ArCADia** z zainstalowanym w pełnej wersji modulem **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY**.

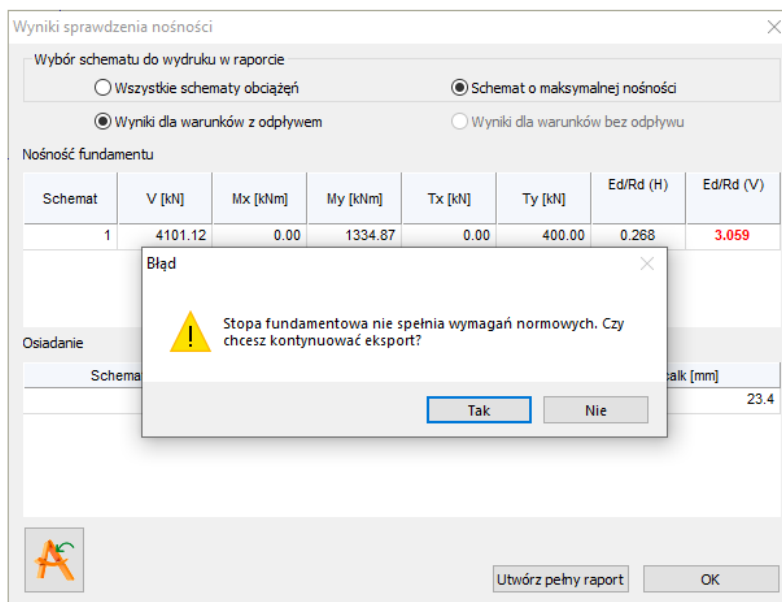


Rys. 423 Przycisk uruchamiający eksport stopy fundamentowej z ArcADia-RAMA do ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY w oknie Wyniki sprawdzenia nośności

Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

W przypadku gdy przyjęta stopa fundamentowa nie spełnia wymagań normowych, po naciśnięciu przycisku eksportu stopy fundamentowej wyświetlone zostanie okno dialogowe z komunikatem informującym o tej sytuacji. W oknie tym będziemy mieć wybór, czy chcemy kontynuować eksport stopy fundamentowej.



Rys. 424 Okno z komunikatem w ArCADia-RAMA przy próbie eksportu stopy fundamentowej, która nie spełnia wymagań normowych

Eksportowane dane pobierane są z **Typu elementu** oraz z **raportu obliczeniowego**. Po prawidłowym eksporcie danych w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko **Właściwości** odpowiedniego skryptu stopy fundamentowej. W zależności od uzyskanych danych zostaną zaktualizowane wartości poszczególnych parametrów w oknie **Właściwości**. Nie wszystkie parametry w oknie **Właściwości** uzyskają automatycznie wartość. To dlatego, że nie wszystkie wartości potrzebne do celów stworzenia modelu stopy fundamentowej w **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** zostały zdefiniowane lub obliczone po stronie **ArCADia-RAMA**. Użytkownik na tym etapie powinien zdefiniować ręcznie wartości parametrów w oknie **Właściwości**, które nie zostały zdefiniowane lub obliczone po stronie **ArCADia-RAMA**. W dalszej części dokumentu dla każdego typu stopy omówione zostaną parametry, które na zakładce **Właściwości** automatycznie uzyskały wartość podczas eksportu, a które należy ręcznie określić.

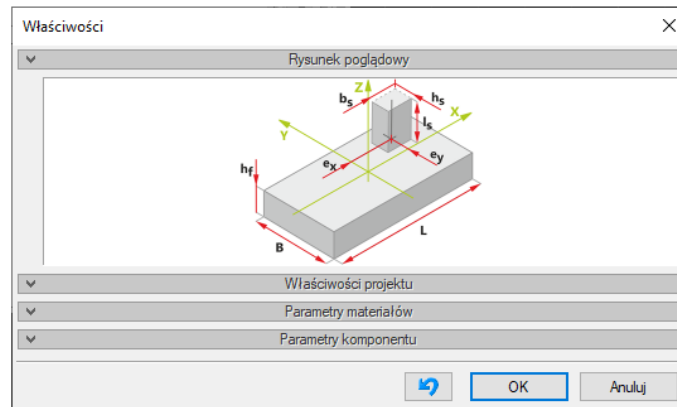
### 16.3. Okno Właściwości w zależności od rodzaju eksportowanej stopy fundamentowej

W zależności od rodzaju wymiarowanej stopy fundamentowej w **ArCADia-RAMA** po wywołaniu funkcji eksportu w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okno **Właściwości** odpowiedniego skryptu.

Podręcznik do programu

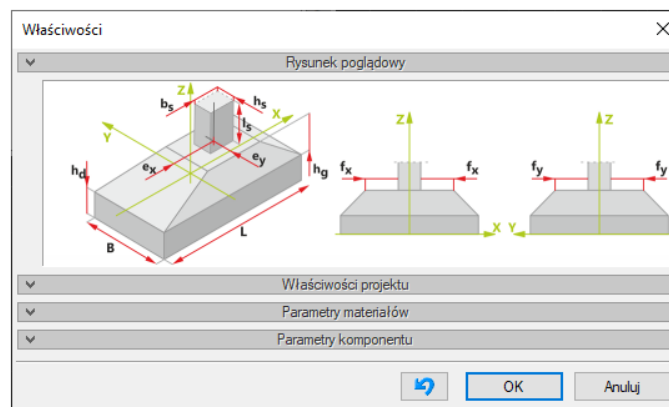
Opis programu R3D3-Rama 3D

Gdy w **ArcADia-RAMA** wymiarowana będzie stopa prostopadłościenna, po wybraniu przycisku eksportu w module **ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko skryptu **Stopa fundamentowa prostokątna ze słupem prostokątnym**.



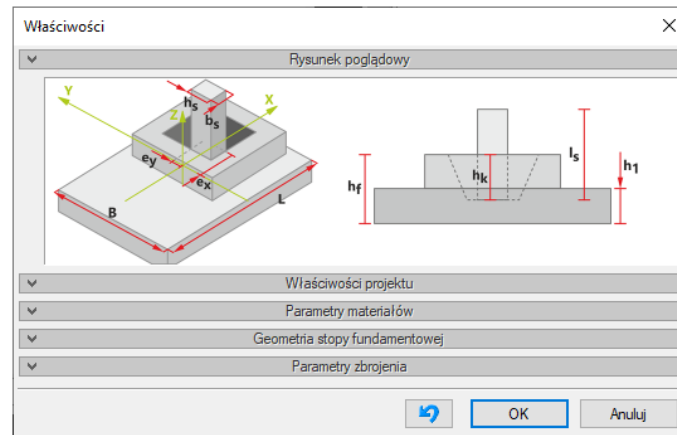
Rys. 425 Okno Właściwości skryptu Stopa fundamentowa prostokątna ze słupem prostokątnym po eksporcie stopy prostopadłościennej z ArcADia-RAMA do ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

Gdy w **ArcADia-RAMA** wymiarowana będzie stopa trapezowa, po wybraniu przycisku eksportu w module **ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko skryptu **Stopa fundamentowa trapezowa ze słupem prostokątnym**.



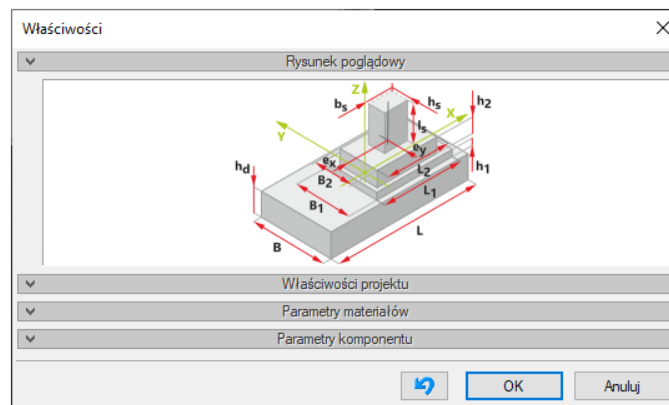
Rys. 426 Okno Właściwości skryptu Stopa fundamentowa trapezowa ze słupem prostokątnym po eksporcie stopy trapezowej z ArcADia-RAMA do ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

Gdy w **ArcADia-RAMA** wymiarowana będzie stopa kielichowa, po wybraniu przycisku eksportu w module **ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko skryptu **Stopa fundamentowa kielichowa**.



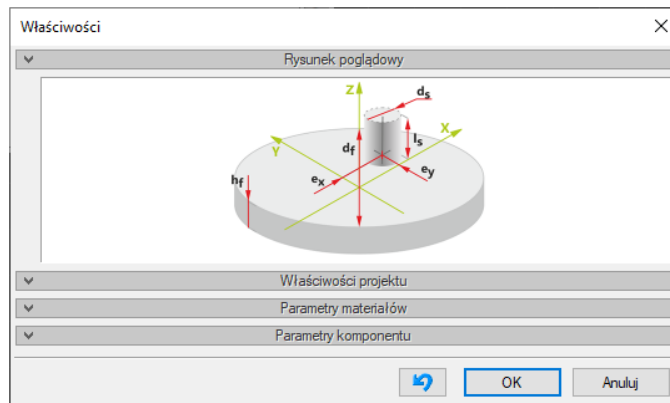
Rys. 427 Okno Właściwości skryptu Stopa fundamentowa kielichowa po eksporcie stopy kielichowej z ArCADia-RAMA do ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

Gdy w **ArCADia-RAMA** wymiarowana będzie stopa schodkowa, po wybraniu przycisku eksportu w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko skryptu **Stopa fundamentowa schodkowa ze słupem prostokątnym**



Rys. 428 Okno Właściwości skryptu Stopa fundamentowa schodkowa ze słupem prostokątnym po eksporcie stopy schodkowej z ArCADia-RAMA do ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

Gdy w **ArCADia-RAMA** wymiarowana będzie stopa kołowa, po wybraniu przycisku eksportu w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** uruchomione zostanie okienko skryptu **Stopa fundamentowa okrągła ze słupem okrągłym**.



Rys. 429 Okno Właściwości skryptu Stopa fundamentowa okrągła ze słupem okrągłym po eksporcie stopy kołowej z ArcADia-RAMA do ArcADia-KOMPONENT ŻELBETOWY

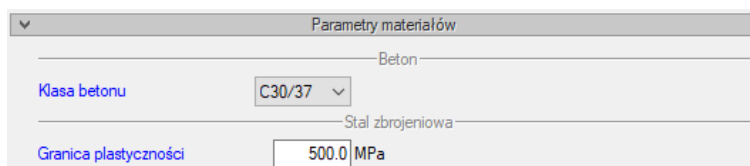
## 16.4. Okno Właściwości, automatyczne uzupełnianie wartości parametrów

W oknie **Właściwości** automatycznie uzyskały wartość te parametry, których opis jest wyróżniony kolorem niebieskim. Pozostałe wartości, czyli te, których opis jest wyróżniony kolorem czarnym, uzyskały wartości domyślne i użytkownik musi je określić samodzielnie.

W dalszej części przedstawiono, w zależności od rodzaju stopy fundamentowej, tylko te panele i zakładki, na których parametry automatycznie otrzymały wartość z programu **ArCADia-RAMA**.

Stopa prostopadłościenna

Panel Parametry materiałów:



Rys. 430 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Parametry komponentów:

– zakładka Geometria fundamentu:



Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Parametry komponentu   |          |                             |         |
|------------------------|----------|-----------------------------|---------|
| Geometria fundamentu   |          |                             |         |
| Stopa fundamentowa     |          |                             |         |
| Długość (L)            | 200.0 cm | Wysokość (h f)              | 45.0 cm |
| Szerokość (B)          | 180.0 cm |                             |         |
| Stup                   |          |                             |         |
| Szerokość (b s)        | 50.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi X (e x) | 0.0 cm  |
| Wysokość (h s)         | 40.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi Y (e y) | 0.0 cm  |
| Widoczna długość (l s) | 130.0 cm |                             |         |

Rys. 431 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Zbrojenie dołem, otulina:

| Parametry komponentu                                      |         |                             |        |
|---|---------|-----------------------------|--------|
| Zbrojenie dołem, otulina                                  |         |                             |        |
| Parametry otuliny prętów                                  |         |                             |        |
| Otulina nominalna (c nom)                                 | 5.5 cm  |                             |        |
| Zbrojenie w kierunku Y                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø L)  | 16.0 mm | Długość haka (l hL)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s L)   | 25.0 cm | Odsunięcie od otuliny (u L) | 0.0 cm |
| Zbrojenie w kierunku X                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø B)  | 16.0 mm | Długość haka (l hB)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s B)   | 25.0 cm | Odsunięcie od otuliny (u B) | 0.0 cm |
| Układ warstw zbrojenia                                    |         |                             |        |
| <input type="radio"/> Pręty w kierunku X dołem            |         |                             |        |
| <input checked="" type="radio"/> Pręty w kierunku Y dołem |         |                             |        |

Rys. 432 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Stopa trapezow

Panel Parametry materiałów:

| Parametry materiałów  |           |
|-----------------------|-----------|
| Beton                 |           |
| Klasa betonu          | C30/37    |
| Stal zbrojeniowa      |           |
| Granica plastyczności | 500.0 MPa |

Rys. 433 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Parametry komponentów:

– zakładka Geometria fundamentu:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Parametry komponentu         |          |                              |         |
|------------------------------|----------|------------------------------|---------|
| Zbrojenie dołem, otulina     |          |                              |         |
| Stopa fundamentowa           |          |                              |         |
| Długość (L)                  | 280.0 cm | Wysokość części górnej (h g) | 20.0 cm |
| Szerokość (B)                | 200.0 cm | Odsadzka wzdłuż osi X (f x)  | 10.0 cm |
| Wysokość części dolnej (h d) | 40.0 cm  | Odsadzka wzdłuż osi Y (f y)  | 10.0 cm |
| Słup                         |          |                              |         |
| Szerokość (b s)              | 70.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi X (e x)  | 0.0 cm  |
| Wysokość (h s)               | 60.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi Y (e y)  | 0.0 cm  |
| Widoczna długość (l s)       | 130.0 cm |                              |         |

Rys. 434 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Zbrojenie dołem, otulina:

| Parametry komponentu                                      |         |                             |        |
|---|---------|-----------------------------|--------|
| Zbrojenie dołem, otulina                                  |         |                             |        |
| Parametry otuliny prętów                                  |         |                             |        |
| Otulina nominalna (c nom)                                 | 5.5 cm  |                             |        |
| Zbrojenie w kierunku Y                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø L)  | 12.0 mm | Długość haka (l hL)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s L)   | 13.5 cm | Odsunięcie od otuliny (u L) | 0.0 cm |
| Zbrojenie w kierunku X                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø B)  | 12.0 mm | Długość haka (l hB)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s B)   | 13.5 cm | Odsunięcie od otuliny (u B) | 0.0 cm |
| Układ warstw zbrojenia                                    |         |                             |        |
| <input type="radio"/> Pręty w kierunku X dołem            |         |                             |        |
| <input checked="" type="radio"/> Pręty w kierunku Y dołem |         |                             |        |

Rys. 435 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Stopa schodkowa

Panel Parametry materiałów:

| Parametry materiałów  |           |
|-----------------------|-----------|
| Beton                 |           |
| Klasa betonu          | C30/37    |
| Stal zbrojeniowa      |           |
| Granica plastyczności | 500.0 MPa |

Rys. 436 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Parametry komponentów:

– zakładka Geometria fundamentu:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

Rys. 437 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Zbrojenie dołem, otulina:

Rys. 438 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Stopa kielichowa

Panel Parametry materiałów:

Rys. 439 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Geometria stopy fundamentowej:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D  
– zakładka Geometria – stopa, słup:

| Geometria stopy fundamentowej |          |                              |         |
|-------------------------------|----------|------------------------------|---------|
| Geometria - stopa, słup       |          | Geometria - kielich          |         |
| Stopa fundamentowa            |          |                              |         |
| Długość (L)                   | 320.0 cm | Wysokość części dolnej (h 1) | 40.0 cm |
| Szerokość (B)                 | 240.0 cm | Głębokość kielicha (h k)     | 70.0 cm |
| Wysokość całkowita (h f)      | 110.0 cm |                              |         |
| Słup                          |          |                              |         |
| Szerokość (b s)               | 50.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi X (e x)  | 0.0 cm  |
| Wysokość (h s)                | 50.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi Y (e y)  | 0.0 cm  |
| Widoczna długość (l s)        | 130.0 cm |                              |         |

Rys. 440 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Geometria – kielich:

| Geometria stopy fundamentowej      |         |                             |         |
|------------------------------------|---------|-----------------------------|---------|
| Geometria - stopa, słup            |         | Geometria - kielich         |         |
| Kielich                            |         |                             |         |
| Wymiar dolnej części - oś X (c xb) | 50.0 cm | Grubość ściany - oś X (w x) | 35.0 cm |
| Wymiar dolnej części - oś Y (c yb) | 50.0 cm | Grubość ściany - oś Y (w y) | 35.0 cm |
| Wymiar górnej części - oś X (c xt) | 80.0 cm |                             |         |
| Wymiar górnej części - oś Y (c yt) | 80.0 cm |                             |         |

Rys. 441 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Parametry zbrojenia:

– zakładka Zbrojenie dołem, otulina:

| Parametry zbrojenia   |         |                             |                   |
|---|---------|-----------------------------|-------------------|
| Zbrojenie dołem, otulina  |         | Zbrojenie pionowe           | Zbrojenie poziome |
| Zbrojenie dodatkowe   |         |                             |                   |
| Parametry otuliny prętów  |         |                             |                   |
| Otulina nominalna (c nom)   | 4.5 cm  |                             |                   |
| Zbrojenie w kierunku Y  |         |                             |                   |
| Średnica (Ø L)  | 20.0 mm | Długość haka (l hL)         | 0.0 cm            |
| Rozstaw (s L)   | 19.5 cm | Odsunięcie od otuliny (u L) | 0.0 cm            |
| Zbrojenie w kierunku X  |         |                             |                   |
| Średnica (Ø B)  | 20.0 mm | Długość haka (l hB)         | 0.0 cm            |
| Rozstaw (s B)   | 19.0 cm | Odsunięcie od otuliny (u B) | 0.0 cm            |
| Układ warstw zbrojenia  |         |                             |                   |
| <input type="radio"/> Pręty w kierunku X dołem<br><input checked="" type="radio"/> Pręty w kierunku Y dołem |         |                             |                   |

Rys. 442 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Zbrojenie pionowe:

Podręcznik do programu  
Opis programu R3D3-Rama 3D

| Parametry zbrojenia    |         |                              |        |
|------------------------|---------|------------------------------|--------|
| Zbrojenie pionowe      |         |                              |        |
| Zbrojenie w kierunku X |         |                              |        |
| Średnica (Ø xv)        | 12.0 mm | Odległość odsunięcia (u xv)  | 0.0 cm |
| Długość haka (l hxv)   | 20.0 cm | Redukcja wysokości (red zxv) | 0.0 cm |
| Rozstaw (s xv)         | 25.0 cm |                              |        |
| Zbrojenie w kierunku Y |         |                              |        |
| Średnica (Ø yv)        | 12.0 mm | Odległość odsunięcia (u yv)  | 0.0 cm |
| Długość haka (l hyv)   | 20.0 cm | Redukcja wysokości (red zyv) | 0.0 cm |
| Rozstaw (s yv)         | 25.0 cm |                              |        |

Rys. 443 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

– zakładka Zbrojenie poziome:

| Parametry zbrojenia        |         |                            |         |
|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| Zbrojenie poziome          |         |                            |         |
| Zbrojenie w kierunku X     |         |                            |         |
| Średnica (Ø xh)            | 10.0 mm | Odsunięcie od dołu (u xhb) | 60.0 cm |
| Rozstaw (s xh)             | 10.0 cm | Długość zakładu (l oxh)    | 20.0 cm |
| Odsunięcie od góry (u xht) | 2.0 cm  |                            |         |
| Zbrojenie w kierunku Y     |         |                            |         |
| Średnica (Ø yh)            | 10.0 mm | Odsunięcie od dołu (u yhb) | 60.0 cm |
| Rozstaw (s yh)             | 10.0 cm | Długość zakładu (l oyh)    | 20.0 cm |
| Odsunięcie od góry (u yht) | 2.0 cm  |                            |         |

Rys. 444 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Stopa kołów

Panel Parametry materiałów:

| Parametry materiałów  |           |
|-----------------------|-----------|
| Beton                 |           |
| Klasa betonu          | C30/37    |
| Stal zbrojeniowa      |           |
| Granica plastyczności | 500.0 MPa |

Rys. 445 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

Panel Parametry komponentów:

– zakładka Geometria fundamentu:

| Parametry komponentu     |          |                             |         |
|--------------------------|----------|-----------------------------|---------|
| Zbrojenie dołem, otulina |          |                             |         |
| Stopa fundamentowa       |          |                             |         |
| Średnica (d f)           | 250.0 cm | Wysokość (h f)              | 40.0 cm |
| Słup                     |          |                             |         |
| Średnica (d s)           | 50.0 cm  | Mimośród wzdłuż osi X (e x) | 0.0 cm  |
| Widoczna długość (l s)   | 130.0 cm | Mimośród wzdłuż osi Y (e y) | 0.0 cm  |

Rys. 446 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

–zakładka Zbrojenie dołem, otulina:

| Parametry komponentu                                      |         |                             |        |
|---|---------|-----------------------------|--------|
| Zbrojenie dołem, otulina                                  |         |                             |        |
| Parametry otuliny prętów                                  |         |                             |        |
| Otulina nominalna (c nom)                                 | 5.5 cm  |                             |        |
| Zbrojenie w kierunku Y                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø L)  | 20.0 mm | Długość haka (l hL)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s L)   | 24.0 cm | Odsunięcie od otuliny (u L) | 1.0 cm |
|   |         | Wartość skrócenia (c L)     | 0.0 cm |
| Zbrojenie w kierunku X                                    |         |                             |        |
| Średnica (Ø B)  | 20.0 mm | Długość haka (l hB)         | 0.0 cm |
| Rozstaw (s B)   | 24.0 cm | Odsunięcie od otuliny (u B) | 1.0 cm |
|   |         | Wartość skrócenia (c B)     | 0.0 cm |
| Układ warstw zbrojenia                                    |         |                             |        |
| <input type="radio"/> Pręty w kierunku X dołem            |         |                             |        |
| <input checked="" type="radio"/> Pręty w kierunku Y dołem |         |                             |        |

Rys. 447 Parametry wyróżnione kolorem niebieskim uzyskały wartość automatycznie po eksporcie z programu ArCADia-RAMA

## 16.5. Eksplorator skryptów

Po wyeksportowaniu pierwszej stopy fundamentowej z programu **ArCADia-RAMA** w oknie **Eksplorator skryptów** w module **ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY** utworzy się folder o nazwie **ArCADia-RAMA**.

Po wyeksportowaniu pierwszej stopy fundamentowej z pliku projektu stworzonego w programie **ArCADia-RAMA** utworzy się automatycznie w oknie **Eksplorator skryptów** folder podrzędny (w stosunku do folderu **ArCADia-RAMA**) o tej samej nazwie co plik projektu w programie **ArCADia-RAMA**.

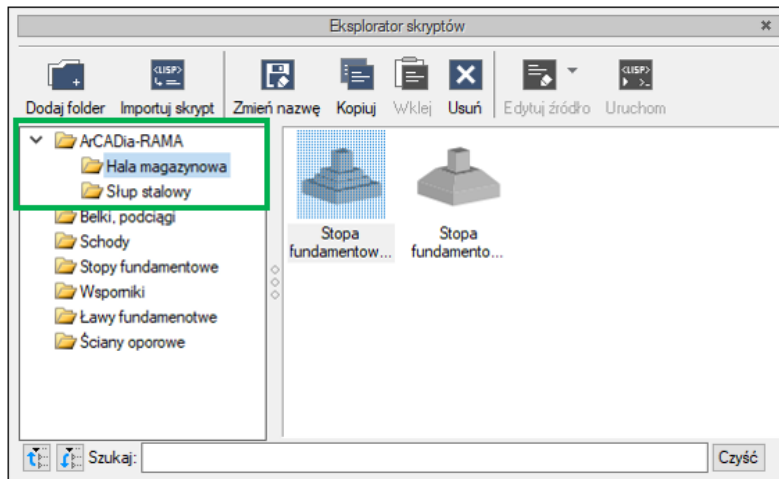
Po każdym eksporcie stopy fundamentowej z programu **ArCADia-RAMA** w folderze odpowiadającym danemu projektowi powstanie skrypt z zapamiętanymi wartościami parametrów z okna **Właściwości**, ale jeżeli w folderze danego projektu dany rodzaj stopy istnieje, skrypt ten zostanie nadpisany z nowymi wartościami.

Gdy w oknie **Eksplorator skryptów** w folderze odpowiadającym projektowi z programu **ArCADia-RAMA** istnieje już skrypt danego rodzaju stopy, to przy kolejnym eksporcie danego rodzaju stopy parametry, których wartości nie są uzupełniane automatycznie, otrzymują wartości zapisane w tym

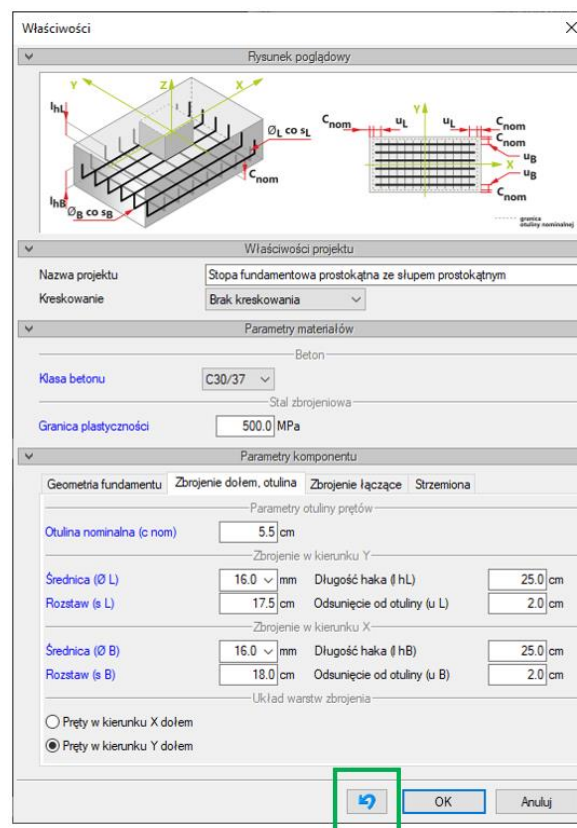
Podręcznik do programu

Opis programu R3D3-Rama 3D

skrypcie. Dzięki temu rozwiązaniu przy powtórnych eksporcie danego rodzaju stopy użytkownik nie musi za każdym razem określać wartości parametrów, które nie są uzupełniane automatycznie. Użytkownik może jednak w każdej chwili przywrócić w oknie wartości parametrów, które nie są uzupełniane automatycznie, do wartości domyślnych, klikając przycisk **Przywróć ustawienia początkowe** w oknie **Właściwości**.



Rys. 448 Okno Eksploratora skryptów w ArCADia-KOMPONENT ŻELBETOWY z utworzonym automatycznie katalogiem głównym o nazwie ArCADia-RAMA oraz z podkatalogami projektów zawierającymi zaimportowane skrypty stóp fundamentowych



Rys. 449 Zakładka Właściwości, przycisk przywracania wartości parametrów, które nie są uzupełniane automatycznie, do wartości domyślnych