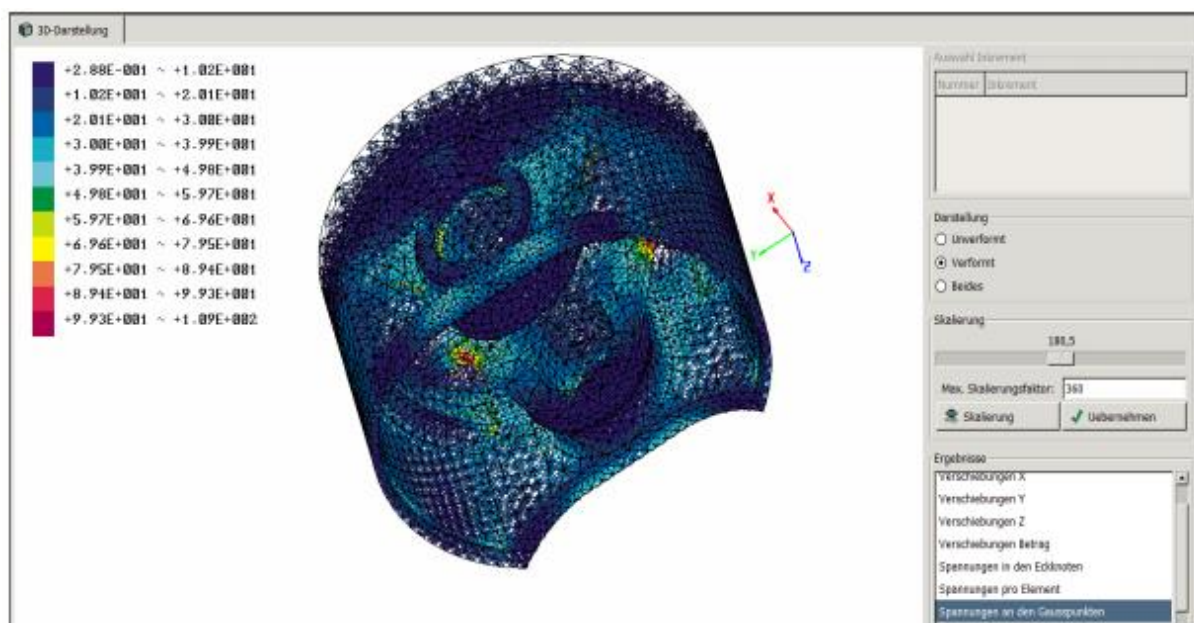




PODREČZNIK TEORII



WERSJA 4



Łatwa w użyciu analiza elementów skończonych
Program dla komputerów z systemem Windows, LINUX i MacOS
(Tylko 64-bitowe)

Ta darmowa wersja jest literacką własnością
katedry projektowania technicznego i CAD,
University of Bayreuth, Niemcy,
skomponowaną i zredagowaną przez
profesora Dr.-Ing. Franka Riega

We współpracy z:

Dr.-Ing. Bettina Alber-Laukant; Dipl.-Ing. Daniel Billenstein;
Maximilian Braun, M.Sc. ; Kevin Deese, mgr inż. Christian Dinkel,
M.Sc. ; Pascal Diwisch, M.Sc. ; Dr.-Ing. Michael Frisch; Johannes
Glamsch, M.Sc. ; Christian Glenk, M.Sc. ; Dipl.-Ing. Daniel Goller;
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Reinhard Hackenschmidt; Mgr Stefan Hautsch;
Dipl.-Ing. Claudia Kleinschrodt; Dr.-Ing. Dipl.-Math. Martin
Neidnicht; Dr.-Ing. Florian Nützel; Dr.-Ing. Bernd Roith; Frank
Rudolph, M.Sc. ; Dr.-Ing. Alexander Troll; Dipl.-Ing. Felix Viebahn;
Dr.-Ing. Christoph Wehmann; Aljoscha Zahn, M.Sc. ; Dr.-Ing. Jochen
Zapf; Dr.-Ing. Markus Zimmermann; Dr.-Ing. Martin Zimmermann

Wszelkie prawa zastrzeżone przez redaktora

Wersja 4 kwiecień 2017 r



jest zastrzeżonym znakiem towarowym (nr 30 2009 064 238) profesora Dr.-Ing. Frank Rieg

WITAJ W Z88AURORA!

Z88Aurora to pakiet oprogramowania do rozwiązywania strukturalnych problemów mechanicznych, liniowych i nieliniowych problemów statycznych, problemów własnych i problemów termicznych za pomocą analizy elementów skończonych (FEA) i jest rozwijany przez dziesięcioosobowy zespół pod kierunkiem profesora Franka Riega od 2009 roku. Z88Aurora jest oparty na Z88 OpenSource V14 i jest dostępny do bezpłatnego pobrania dla systemów Windows 64-bit, LINUX 64-bit i Mac OS-X (jako plik wykonywalny). Oprócz Z88 OpenSource V14, Z88Aurora oferuje graficzny interfejs użytkownika, zupełnie nowy preprocesor i rozszerzenie zatwierdzonego postprocesora Z88O wraz z wielordzeniowymi solverami do rozwiązywania statycznych problemów liniowych (Z88R), wibracji (Z88EI), termicznych problemy (Z88TH), nieliniowe problemy statyczne (Z88NL) i symulacje styków (Z88KONTAKT). Z88Aurora została opracowana z dużą dbałością o łatwą i intuicyjną obsługę.

Ta Z88Aurora V4 jest rozszerzonym rozwinięciem niezwykle udanej wersji V3 i jej poprzedników V1/V2 Z88. Umożliwia symulację współdziałających części i zespołów. W menu właściwości kontaktu można zdefiniować zarówno kontakt „beztarciowy”, jak i „stały”, co pozwala również na definicję typu kontaktu (powierzchnia węzła, powierzchnia-powierzchnia), algorytmu (Lagrange’a, zaburzonego Lagrange’a lub penalty) oraz sztywności w stycznej i normalnym kierunku. Menedżer montażu pomaga zarządzać różnymi częściami. To menu umożliwia translację, obrót i skalowanie części.

Z88Aurora nie chce konkurować z komercyjnymi programami FEA, które znacznie przekraczają funkcjonalność Z88Aurora, ale są mało przystępne cenowo i skomplikowane w obsłudze. Chociaż wciąż zastanawiasz się nad instalacją i uruchomieniem niektórych programów tego gatunku, pierwsze przykłady obliczyłeś już z Z88Aurora. Pomoc online jest zawsze dostępna tylko po jednym naciśnięciu klawisza lub kliknięciu myszą. System Z88 może działać w języku angielskim lub niemieckim, w zależności od ustawień (ANGIELSKI lub NIEMIECKI) w menu opcji. Oprócz tego podręcznika teoretycznego dostępna jest instrukcja użytkownika, instrukcja przykładowa, instrukcja instalacji i sekwencje wideo.

Jeśli masz już doświadczenia z MES, możesz zacząć od razu. Jeżeli jesteś początkujący w tej dziedzinie to polecam literaturę wtórną. Oto kilka możliwości:

- *Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The Finite Element Method, Volumes 1-3, 5th edition, Butterworth-Heinemann and John Wiley & Sons, 2000*
- *Bathe, K.J.: Finite Element Procedures. Prentice Hall, 1995*
- *Rieg, F.; Hackenschmidt, R., Alber-Laukant, B.: Finite Element Analyse for Engineers. Carl Hanser Verlag, Munich, Vienna: 2014, 1st edition*

Strona internetowa Z88: www.z88.de. Podziel się swoją opinią!

Professor Dr. Frank Rieg
Lehrstuhl Konstruktionslehre und CAD
(Chair for Engineering Design and CAD)
Faculty of Engineering Science
University of Bayreuth, Germany
frank.rieg@uni-bayreuth.de

Bayreuth, April 2017

<http://www.konstruktionslehre.uni-bayreuth.de>

Licencja

Software Products: Z88Aurora - Software as delivered, ("Software")

Licensor: Chair for Engineering Design and CAD ("LCAD")

Jest to umowa prawna pomiędzy Tobą, użytkownikiem końcowym, a Katedrą Projektowania Inżynierskiego i CAD, Universitaetsstr. 30, 95447 Bayreuth, Niemcy.

Instalując, pobierając lub wyrażając zgodę na zintegrowane warunki niniejszej Umowy licencyjnej użytkownika końcowego, wyrażasz zgodę na przestrzeganie warunków tej umowy. Jeśli nie zgadzasz się z warunkami tej umowy, niezwłocznie zwróć Oprogramowanie i towarzyszące mu elementy (w tym materiały pisemne i segregatory lub inne pojemniki) do miejsca, w którym je nabyłeś, aby otrzymać pełny zwrot pieniędzy.

1. Udzielenie licencji

Niniejsza umowa licencyjna LCAD (licencja) umożliwia korzystanie z kopii Oprogramowania nabytego wraz z tą licencją na dowolnym komputerze w ramach wielu instalacji. Oprogramowanie jest używane na komputerze po załadowaniu go do pamięci tymczasowej lub zainstalowaniu w pamięci stałej (np. na dysku twardym, płycie CD ROM lub innym urządzeniu magazynującym) tego komputera.

2. Prawa autorskie

Oprogramowanie jest własnością firmy LCAD i jest chronione prawem autorskim, postanowieniami traktatów międzynarodowych i innymi przepisami krajowymi. Dlatego należy traktować Oprogramowanie jak każdy inny materiał chroniony prawem autorskim (np. książkę). Zabronione jest wykorzystywanie znaków towarowych, zdjęć, dokumentacji m.in. bez nazywania LCAD.

3. Inne ograniczenia

Nie możesz wynajmować ani dzierżawić Oprogramowania, ale możesz przenieść swoje prawa wynikające z niniejszej umowy licencyjnej LCAD na stałe, pod warunkiem przeniesienia wszystkich kopii Oprogramowania i wszystkich materiałów pisemnych, a odbiorca zgodzi się na warunki tej umowy. Użytkownikowi nie wolno odtwarzać kodu źródłowego, dekompilować ani dezasemblować Oprogramowania. Każdy transfer musi obejmować najnowszą aktualizację i wszystkie wcześniejsze wersje. Oprogramowanie służy do obliczania struktur elementów skończonych; nie ma gwarancji na dokładność podanych wyników

4. Gwarancje

LCAD nie udziela żadnych warrantów; Oprogramowanie będzie działać zasadniczo zgodnie z załączoną dokumentacją. Nie udziela się żadnych dorozumianych gwarancji na Oprogramowanie.












5. Brak odpowiedzialności za szkody wtórne



















W żadnym wypadku firma LCAD nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek inne szkody (w tym, bez ograniczeń, szkody z tytułu utraty zysków biznesowych, przerwy w działalności, utraty informacji biznesowych lub innych strat finansowych, szkód osobistych) powstałe w wyniku użycia lub niemożności korzystać z tego oprogramowania, nawet jeśli firma LCAD została powiadomiona o możliwości wystąpienia takich szkód.









7. Obowiązujące prawo

Niniejsza Umowa podlega wyłącznie prawu niemieckiemu i będzie interpretowana zgodnie z nim, bez wpływu na przepisy kolizyjne.

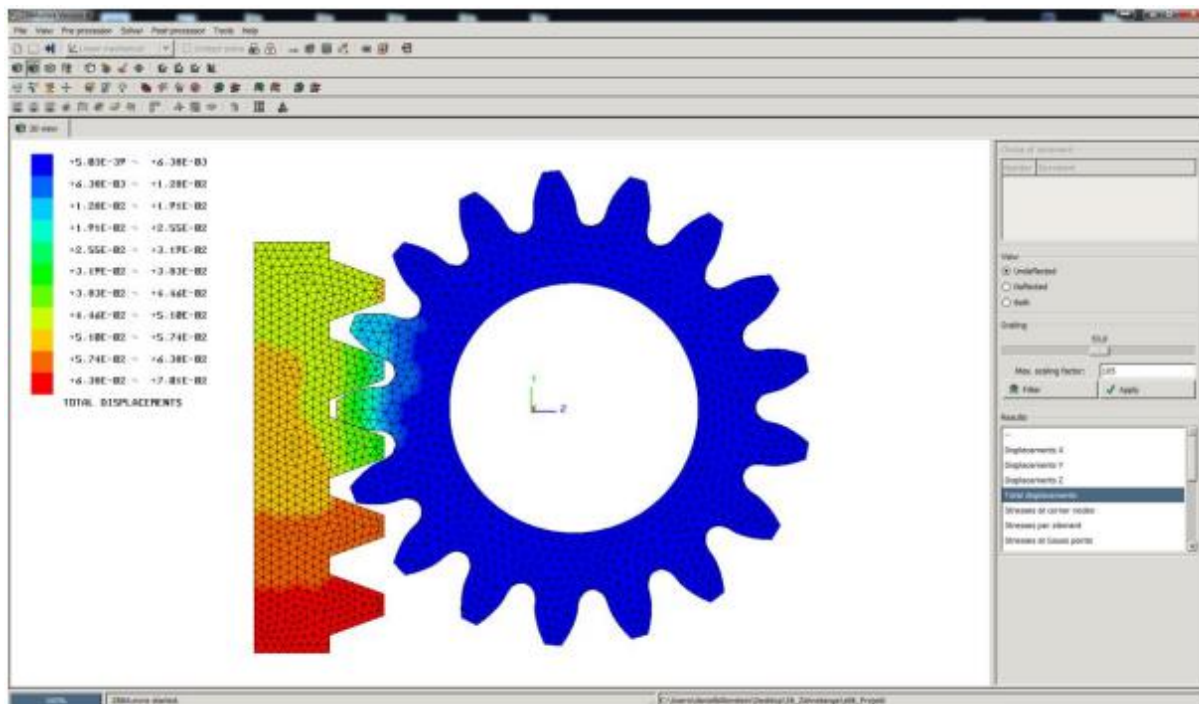
SPIS TREŚCI

WITAJ W Z88AURORA!	3
1. PROGRAM ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH Z88AURORA	8
1.1. OGÓLNY PRZEGLĄD Z88AURORA	8
1.2. PODSUMOWANIE BIBLIOTEKI ELEMENTÓW Z88	9
PROBLEMY 2D: naprężenia płaskie, płyty, belki, kratownice	9
PROBLEMY OSIOWO-SYMETRYCZNE:	12
PROBLEMY POWŁOKI:	14
PROBLEMY PRZESTRZENNE:	16
2. Jednostki obliczeniowe Z88:	
2.1. PRZEGLĄD	20
2.2. KRÓTKI OPIS MODUŁÓW:	20
I. PRE- I POST-PROCESOR  	20
II. SOLWERY 	20
2.2.1. SOLWER LINIOWY Z88R	20
2.2.2. SOLWER WIBRACYJNY Z88EI	22
2.2.3. TERMOSOLWER Z88TH	24
2.2.4. SOLWER NIELINIOWY Z88NL	25
III. INTERFEJSY DO SYSTEMU CAD I FEA       	26
IV. ZMAPOWANE SIATKI 	26
2.3. JAKIE ELEMENTY Z88 MOŻNA WYPRODUKOWAĆ AUTOMATYCZNIE?	27
3. Wejście i wyjście Z88Aurora	28
3.1. PORÓWNANIE FORMATÓW PLIKÓW Z88	30
3.2. UKŁAD PLIKU W Z88AURORA	31
3.2.1. OGÓLNE DANE KONSTRUKCYJNE Z88STRUCTURE.TXT	31
3.2.2. DANE GRUPOWE Z88MARKS.TXT i Z88SETS.TXT	33
3.2.3. PLIK CHARAKTERYSTYKI Z88SETSACTIVE.TXT	35
3.2.4. PLIK DANYCH MATERIAŁOWYCH Z88MAT.TXT	35
3.2.5. DANE MATERIAŁOWE *.TXT	36
3.2.6. PLIK WEJŚCIOWY GENERATORA SIATKI Z88NI.TXT	37
3.2.7. PLIK KONTROLNY SOLWERA Z88CONTROL.TXT	41
3.2.8. PLIK KONTROLNY SOLWERA Z88.DYN	47
3.2.9. PLIK DEFINICJI Z88ENVIRO.DYN	49
3.2.10. PLIK HISTORII ZMIENNYCH Z88NLI7.TXT	53
3.2.11. PLIKI WYJŚCIOWE Z88O.TXT	55
4. MODUŁY Z88	57
4.1. INTERFEJSY CAD I FE	57
4.1.1. IMPORTOWANIE PLIKÓW Z88	59
4.1.2. RĘCZNE TWORZENIE PLIKÓW Z88	60
4.1.3. PRZETWORNIK KROKÓW Z88GEOCON	71
4.1.4. KONWERTER STL Z88GEOCON	72
4.1.5. NARZĘDZIA STL	74
4.1.6. KONWERTER DXF Z88X	76

Z88X W SZCZEGÓŁACH	77
PRZYKŁAD 1 DLA Z88X: konstrukcja elementów skończonych	85
PRZYKŁAD 2 DLA Z88X: konstrukcja super elementów.....	95
4.1.7. KONWERTER NASTRAN I KOSMOS Z88G	102
4.1.8. KONWERTER ANSYS Z88ASY	104
4.1.9. KONWERTER ABAQUS Z88AINP	106
4.2. WYBIERANIE I ZARZĄDZANIE USTAWIENIAMI	107
4.2.1. OBCIĄŻENIA POWIERZCHNIOWE	108
4.3. SOLWER LINIOWY Z88R	111
4.3.1. WYBÓR ODPOWIEDNIEGO ROZWIĄZANIA	115
4.3.2. KILKA UWAG O OBLICZANIU NAPRĘŻEŃ	116
4.3.3. KILKA UWAGI O OBLICZANIU SIŁY WĘZŁOWEJ	116
4.4. ROZWIĄZANIE WIBRACJI Z88EI	117
4.5. ROZWIĄZANIE TERMICZNE Z88TH	120
4.6. ROZWIĄZANIE NIELINIOWE Z88NL	124
4.7. MODUŁ KONTAKTOWY Z88KONTAKT	127
4.8. MAPOWANE SIATKI 	130
4.8.2. Z88N DLA ELEMENTÓW 2D I 3D	130
4.8.3. RAFINER CZTEROŚCIANU	132
4.8.4. ZAGĘSZCZACZ POWŁOKI	134
4.9. POST-PROCESOR	135
5. OPIS ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH	139
5.1. SZEŚCIAN nr 1 Z 8 WĘZŁAMI 	139
5.2. BELKA nr 2 Z 2 WĘZŁAMI W PRZESTRZENI 	141
5.3. PŁASKI TRÓJKĄT NAPRĘŻENIA nr 3 Z 6 WĘZŁAMI 	143
5.4. KRATOWNICA nr 4 W PRZESTRZENI 	145
5.5. ELEMENT WAŁKA nr 5 Z 2 WĘZŁAMI 	146
5.6. TORUS nr 6 Z 3 WĘZŁAMI 	147
5.7. PŁASKI ELEMENT NAPRĘŻENIOWY nr 7 Z 8 WĘZŁAMI 	148
5.8. TORUS nr 8 Z 8 WĘZŁAMI 	150
5.9. KRATOWNICA nr 9 W PŁASZCZYZNIE 	152
5.10. SZEŚCIAN nr 10 Z 20 WĘZŁAMI 	153
5.11. PŁASKI ELEMENT NAPRĘŻENIOWY nr 11 Z 12 WĘZŁAMI 	155
5.12. TORUS nr 12 Z 12 WĘZŁAMI 	157
5.13. BELKA nr 13 W PŁASZCZYZNIE 	159
5.14. PŁASKI ELEMENT NAPRĘŻENIOWY nr 14 Z 6 WĘZŁAMI 	161
5.15. TORUS nr 15 Z 6 WĘZŁAMI 	163
5.16. CZWOROŚCIAN nr 16 Z 10 WĘZŁAMI 	165
5.17. CZWOROŚCIAN nr 17 Z 4 WĘZŁAMI 	167

5.18. PŁYTA nr 18 Z 6 WĘZŁAMI	169
5.19. PŁYTA nr 19 Z 16 WĘZŁAMI	171
5.20. PŁYTA nr 20 Z 8 WĘZŁAMI	174
5.21. POWŁOKA nr 21 Z 16 WĘZŁAMI	176
5.22. POWŁOKA nr 22 Z 12 WĘZŁAMI	178
5.23. POWŁOKA nr 23 Z 8 WĘZŁAMI	180
5.24. POWŁOKA nr 24 Z 6 WĘZŁAMI	182
5.25. BELKA nr 25 Z 2 WĘZŁAMI W PRZESTRZENI	184

1. PROGRAM ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH Z88AURORA



1.1 OGÓLNY PRZEGLĄD Z88AURORA

FILOZOFIA Z88 JEST PRAWDZIWA RÓWNIEŻ DLA Z88AURORA!

- Szybki i kompaktowy: opracowany dla komputerów PC, bez przeniesionego systemu mainframe
- pełne wsparcie dla systemów 64-bitowych dla systemów Windows, LINUX i Mac
- natywne programy Windows, LINUX i Mac OS-X, bez emulacji
- Wersje Windows, LINUX i Mac OS-X korzystają z tych samych jąder obliczeniowych
- pełna wymiana danych z i do systemów CAD (*.DXF, *.STP, *.STL)
- Import konstrukcji ES (*.COS, *.NAS, *.BDF, *.ANS, *.INP) i eksport ES (*.INP)
- pomoc kontekstowa online i samouczki wideo
- najprostsza instalacja za pomocą instalatora Microsoft® (MSI)
- Z88Aurora może ładować pliki wejściowe bezpośrednio z OpenSource Z88 V14
- Z88Aurora V4 jest w pełni kompatybilna z systemem operacyjnym Z88 V14 i Z88Aurora V2/V3.

Istniejące pliki i projekty z poprzednich wersji można łatwo migrować!

Uwaga: Zawsze porównuj obliczenia ES z przybliżonymi obliczeniami analitycznymi, wynikami eksperymentów, rozważaniami na temat wiarygodności i innymi bez wyjątku testami!

Należy pamiętać, że definicje znaków w Z88 (a także innych programach FEA) mogą od czasu do czasu różnić się od zwykłych definicji analitycznej mechaniki technicznej.

Formaty plików pięciu wersji Z88: Z88Aurora V4, Z88Aurora V3, Z88Aurora V2, Z88Aurora V1 i Z88 V14 OS są dość podobne, ale szczególnie Z88Aurora V4/V3/V2 wykorzystują więcej innych plików wejściowych niż poprzednie wersje, aby zapewnić lepsze działanie GUI. Odpowiednie narzędzia do migracji są zawarte w pakiecie oprogramowania.

Kompatybilność Z88Aurora z innymi programami i narzędziami nie została w pełni przetestowana! Celem tej wersji badawczej jest umożliwienie zrozumienia podstawowej koncepcji obsługi. Twórcy Z88Aurora są zainteresowani ciągłym ulepszaniem tego oprogramowania.

Propozycje, sugestie i uwagi można przysyłać na adres aurorasupport@z88.de. Ponadto na stronie głównej www.z88.de dostępne są często zadawane pytania, a użytkownicy mogą wymieniać się doświadczeniami na forum.

Obecna wersja Z88Aurora V4 została przetestowana na Windows 10 64-bitowy, Windows 8.1 64-bitowy, Windows 7 64-bitowy, Ubuntu 16.04 i openSuSE 12.2 LINUX oraz Mac OS-X Sierra.

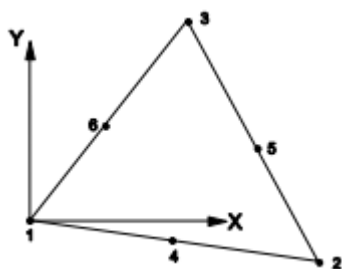
1.2 PODSUMOWANIE BIBLIOTEKI ELEMENTÓW Z88:

ZADANIA 2D: NAPRĘŻENIA PŁASKIE, PŁYTY, BELKI, KRATOWNICE

Element trójkąta naprężeń płaskich nr 3



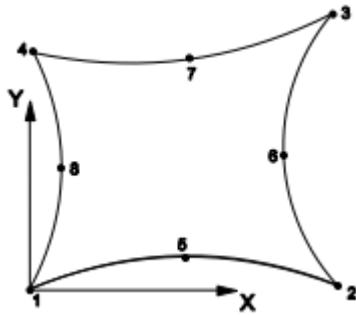
- Funkcje kształtu są kwadratowe, ale liniowe
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w środku ciężkości dobra
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12 x 12



Element izoparametryczny naprężenia płaskiego nr 7



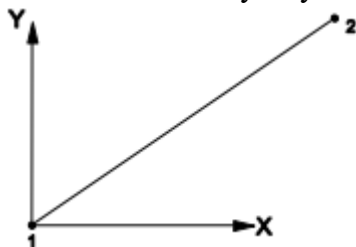
- Kwadratowy element izoparametryczny Serendipity
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa bardzo dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 16 x 16



Kratownica nr 9



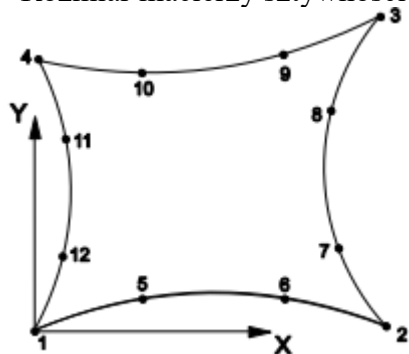
- Funkcja liniowa
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Minimalny
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 4×4



Element izoparametryczny naprężenia płaskiego nr 11



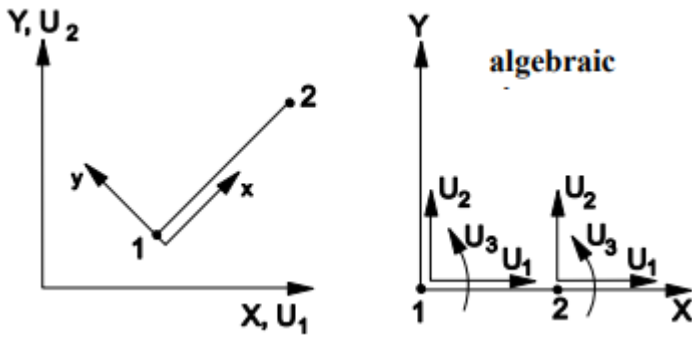
- Sześcienny element izoparametryczny Serendipity
- Jakość przemieszczeń doskonała
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa doskonała
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: Bardzo duży
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 24×24



Belka nr 13

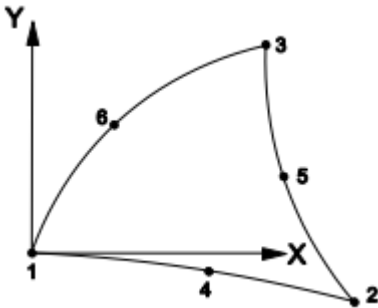


- Funkcja liniowa dla naprężenia rozciągającego, funkcja sześcienna dla naprężenia zginającego
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Niski
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 8×8



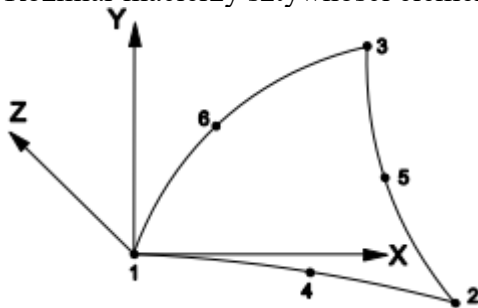
Element izoparametryczny naprężenia płaskiego nr 14

- Kwadratowy izoparametryczny element szczęścia (serendipity)
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa bardzo dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12 x 12



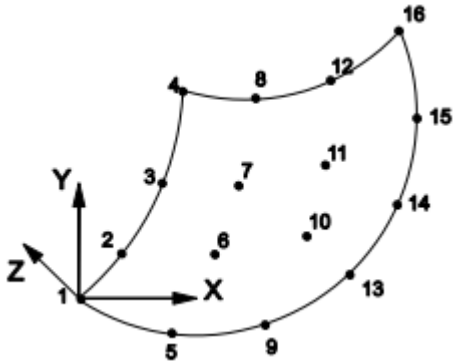
Izoparametryczny element płytowy nr 18

- Kwadratowy izoparametryczny element szczęścia zgodny z teorią Reissnera-Mindlina
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych akceptowalna
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 18 x 18



Izoparametryczny element płytowy nr 19

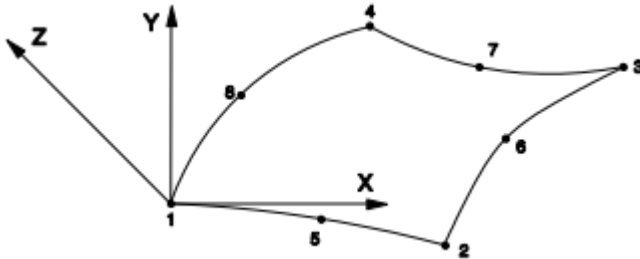
- Sześcienny izoparametryczny element Lagrange'a zgodnie z teorią Reissnera-Mindlina
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa bardzo dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 48 x 48



Izoparametryczny element płytowy nr 20



- Kwadratowy izoparametryczny element szczęcia zgodny z teorią Reissnera-Mindlina
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych całkiem dobra
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 24 x 24

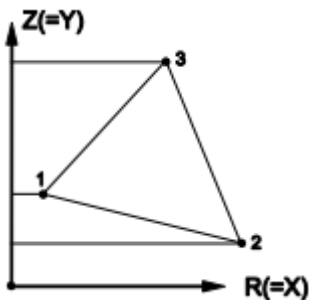


PROBLEMY AXISYMETRYCZNE:

Torus nr 6



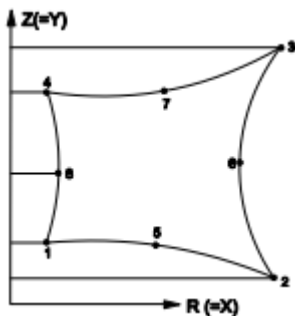
- Funkcja liniowa
- Jakość średnich przemieszczeń
- Niedokładna jakość naprężeń w węzłach narożnych
- Nakład obliczeniowy: Niski
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 6 x 6



Torus nr 8



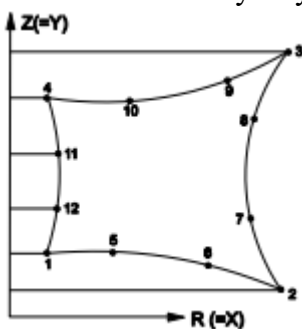
- Kwadratowy izoparametryczny element szczęcia
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa bardzo dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 16 x 16



Torus nr 12



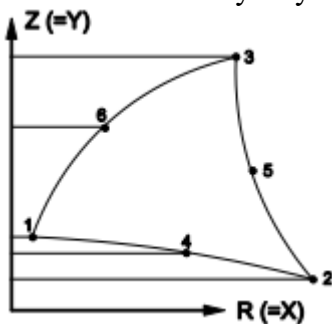
- Element sześcienny izoparametryczny Serendipity
- Jakość przemieszczeń doskonała
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa doskonała
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: Bardzo duży
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 24 x 24



Torus nr 15



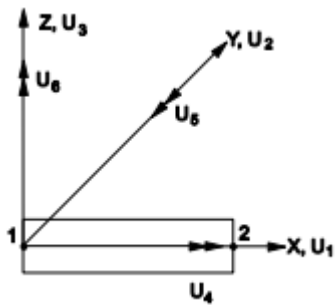
- Kwadratowy izoparametryczny element szczęścia
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Jakość naprężeń w punktach Gaussa bardzo dobra
- Jakość naprężeń w węzłach narożnych dobra
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12 x 12



Krzywka nr 5



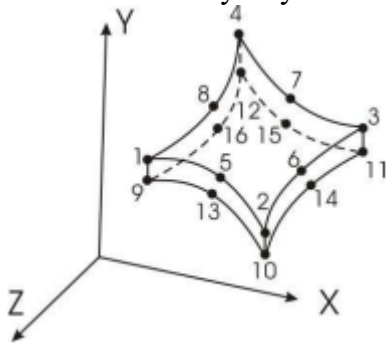
- Funkcja liniowa dla naprężenia skręcającego i rozciągającego, funkcja sześcienna dla naprężenia zginającego
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Niski
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12 x 12



PROBLEMY Z POWŁOKĄ:

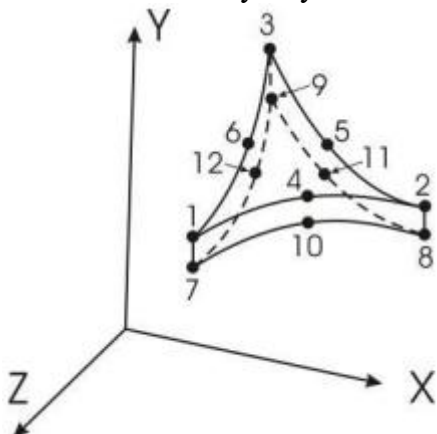
Powłoka nr 21

- krzywoliniowy, izoparametryczny element powłoki objętościowej Serendipity
- transformacja izoparametryczna
- możliwość dowolnej krzywizny elementu
- dobre obliczenia zarówno przemieszczeń, jak i naprężeń
- Naprężenia w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub w punktach Gaussa (znacznie dokładniejsze)
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 48 x 48



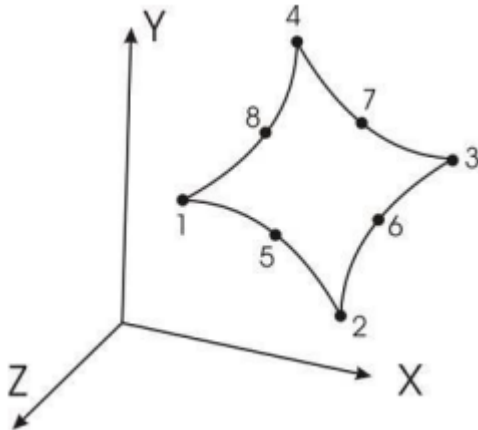
Powłoka nr 22

- krzywoliniowy, izoparametryczny element powłoki objętościowej Serendipity
- transformacja izoparametryczna
- możliwość dowolnej krzywizny elementu
- dobre obliczenia zarówno przemieszczeń, jak i naprężeń
- Naprężenia w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub w punktach Gaussa (w zasadzie dokładniejsze)
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 36 x 36



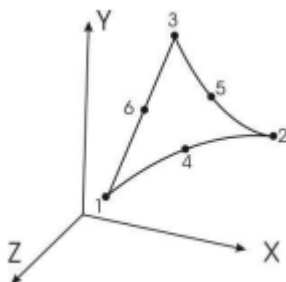
Powłoka nr 23

- krzywoliniowy, izoparametryczny element powłoki Serendipity
- Funkcje kształtu kwadratowego
- transformacja izoparametryczna
- wszystkie węzły w jednej płaszczyźnie
- dobre obliczenia zarówno przemieszczeń, jak i naprężeń
- Naprężenia w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub w punktach Gaussa (znacznie dokładniejsze)
- Nakład obliczeniowy: wysoki
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 48×48



Powłoka nr 24

- krzywoliniowy, izoparametryczny element powłoki Serendipity
- Funkcje kształtu kwadratowego
- transformacja izoparametryczna
- wszystkie węzły w jednej płaszczyźnie
- dobre obliczenia zarówno przemieszczeń, jak i naprężeń
- Naprężenia w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub w punktach Gaussa (znacznie dokładniejsze)
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 36×36

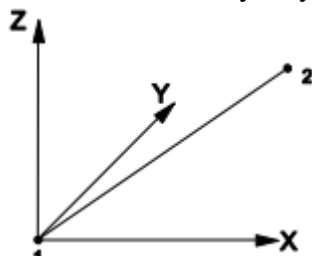


PROBLEMY PRZESTRZENNE:

Kratownica nr 4



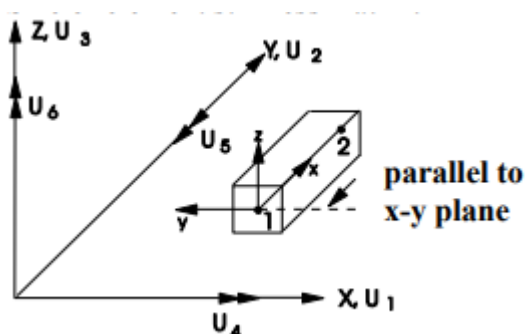
- Funkcja liniowa
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Minimalny
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 6×6



Belka nr 2



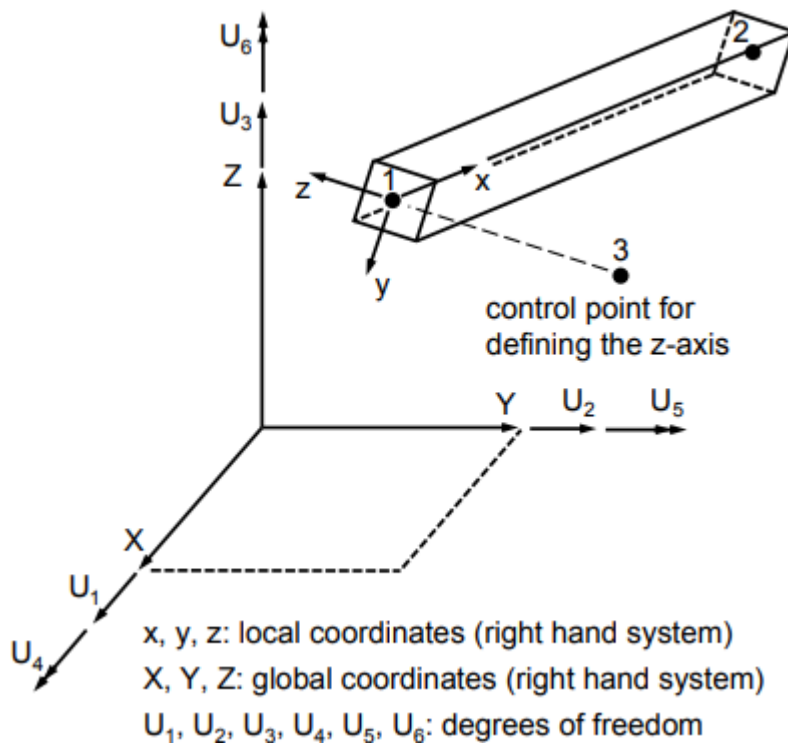
- Funkcja liniowa dla naprężenia rozciągającego, funkcja sześcienna dla naprężenia zginającego
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Niski
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12×12



Belka nr 25



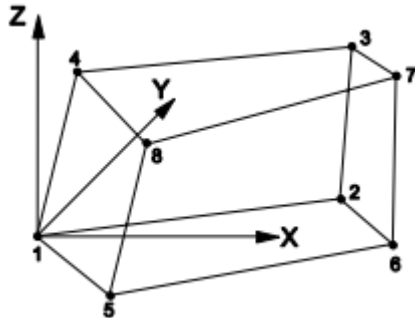
- Funkcja liniowa dla naprężenia rozciągającego, funkcja sześcienna dla naprężenia zginającego
- Dokładna jakość przemieszczeń (prawo Hooke'a)
- Jakość naprężeń dokładna (prawo Hooke'a)
- Nakład obliczeniowy: Niski
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12×12
- Możliwość dowolnej definicji orientacji przekroju poprzecznego w 3D
- Punkt kontrolny do definiowania orientacji
- Można zastosować teorię Bernoulliego i teorię Tymoszenko



Sześciościan nr 1



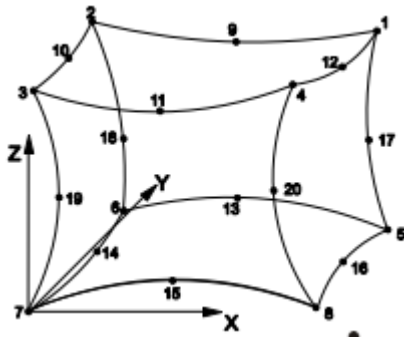
- Liniowe funkcje kształtu
- Jakość średnich przemieszczeń
- Naprężenia w punktach Gaussa użyteczne
- Naprężenia w węzłach narożnych są niedokładne
- Nakład obliczeniowy: bardzo duży
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 24 x 24



Sześciościan nr 10



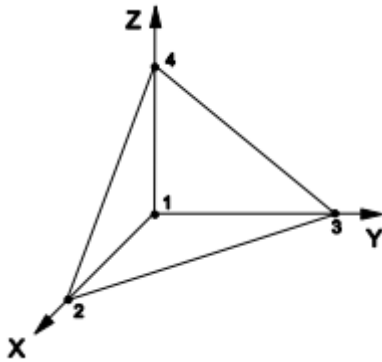
- Kwadratowy izoparametryczny element sześciana
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Naprężenia w punktach Gaussa bardzo dobre
- Naprężenia w węzłach narożnych dobre
- Nakład obliczeniowy: bardzo duży
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 60 x 60



Czworościan nr 17



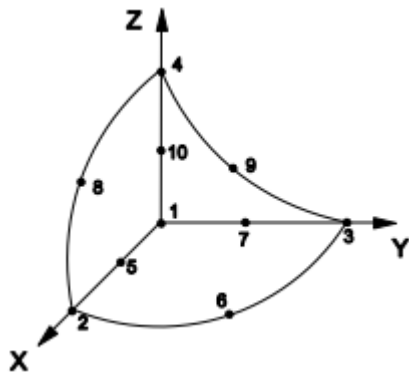
- Liniowe funkcje kształtu
- Jakość przemieszczeń zła
- Naprężenia w punktach Gaussa są niedokładne
- Naprężenia w węzłach narożnych bardzo niedokładne
- Nakład obliczeniowy: średni
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 12 x 12



Czworościan nr 16



- Kwadratowy izoparametryczny element szczęścia
- Jakość przemieszczeń bardzo dobra
- Naprężenia w punktach Gaussa bardzo dobre
- Naprężenia w węzłach narożnych dobre
- Nakład obliczeniowy: bardzo duży
- Rozmiar macierzy sztywności elementu: 30 x 30



2. JEDNOSTKI OBLICZENIOWE Z88:

2.1 PRZEGLĄD:

Z88Aurora zawsze pracuje wyłącznie nad zadaniami wymaganymi w danej chwili. W ramach nowego interfejsu użytkownika uruchamiane są ustalone programy Z88. Z88 nie jest gigantycznym, monolitycznym programem, ale składa się z kilku oddzielnych działających modułów zgodnie z filozofią UNIX-a „Małe jest piękne”. Są one ładowane do pamięci głównej zgodnie z Twoimi wymaganiami, wykonują swoje zadania i ponownie zwalniają pamięć główną. W ten sposób Z88 osiąga swoją ogromną prędkość i bezbłędną pokonując wiele innych programów FE! Moduły Z88 komunikują się za pomocą plików, por. Rozdział 3.

2.2 KRÓTKI OPIS MODUŁÓW:

I. PRE- I POST-PROCESOR



Oprócz uznanych modułów Z88, Z88Aurora posiada graficzny interfejs użytkownika. Wszystkie dane wejściowe, które w systemie Z88 V14 OS zostały wprowadzone poprzez pliki wejściowe Z88I1-Z88I5.TXT, są teraz wprowadzane bezpośrednio w Z88Aurora. Ale oczywiście pliki wejściowe z systemu Z88 V14 OS można załadować bezpośrednio do Z88Aurora V2/V3, podczas gdy istniejące pliki wejściowe z Z88 V14 OS i Z88Aurora V1 można łatwo migrować do Z88Aurora V4 (przez MITOO). W celu wykreślenia wyników zatwierdzony Z88O został rozszerzony i dostosowany. Ponadto, w celu dalszego wykorzystania wyników, można wyświetlić i wydrukować pliki Z88O0-Z88O4.TXT.

II. ROZWIĄZANIA (SOLVERS)



2.2.1 SOLWER LINIOWY Z88R

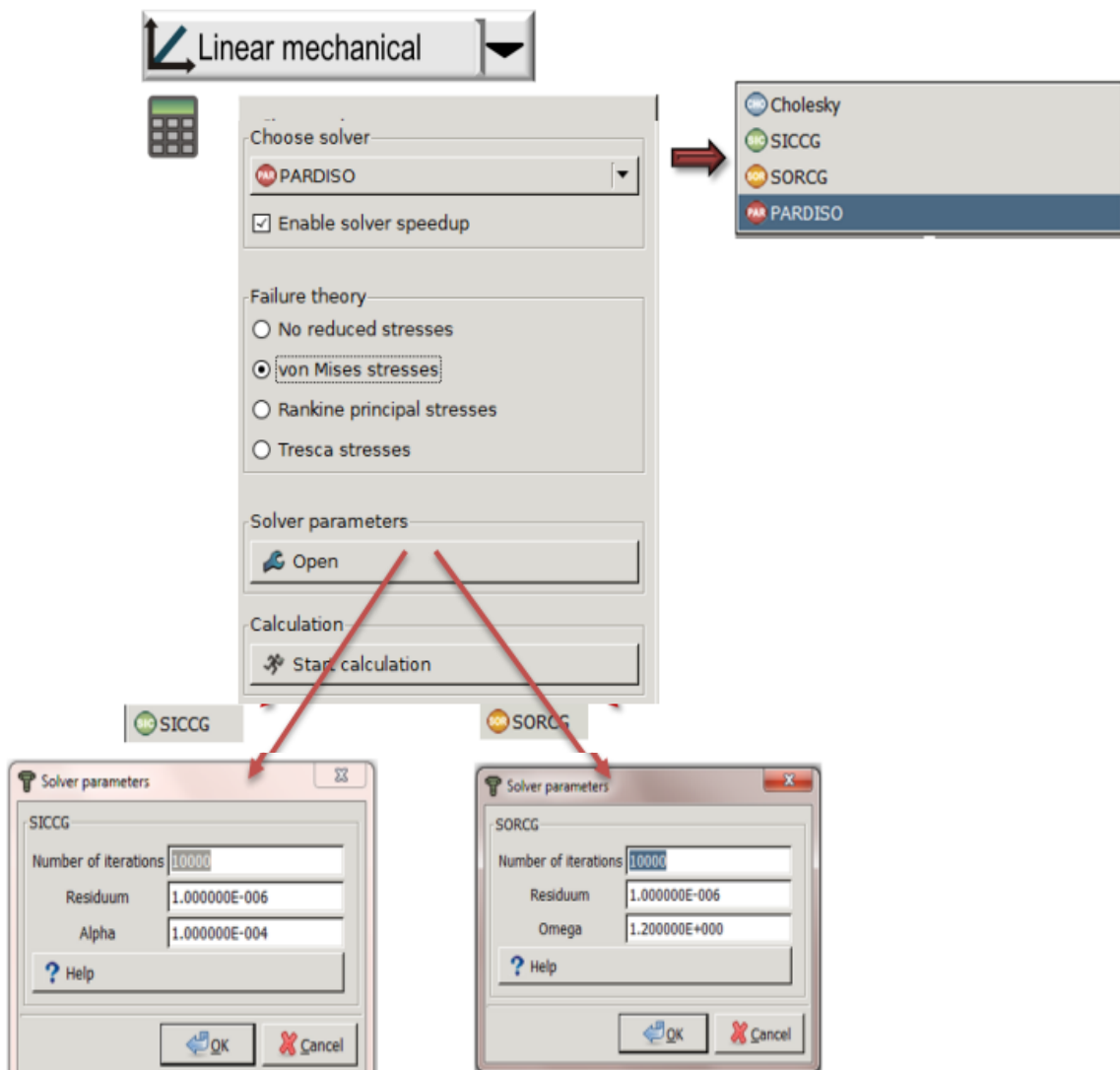
Solwer liniowy Z88R jest sercem każdego systemu MES. Odczytuje ogólne dane konstrukcji, dane dotyczące warunków brzegowych oraz obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych wraz z porządkiem całkowania, parametrami elementów i definicjami materiałów. Zasadniczo pliki wejściowe Z88 można utworzyć za pomocą konwertera CAD Z88X, konwertera 3D Z88G, generatora siatki Z88N, edytora lub edytora tekstu lub za pomocą procedury mieszanej, np. przez CAD i redaktora. Solver generuje przygotowane dane konstrukcji Z88O0.TXT i przetworzone warunki brzegowe Z88O1.TXT, oblicza macierze sztywności elementów, kompiluje całkowitą macierz sztywności, skaluje układ równań, rozwiązuje (ogromny) układ równań i zapisuje przemieszczenia w Z88O2. TEKST. W ten sposób rozwiązano główne zadanie każdego systemu MES, czyli obliczenie przemieszczeń. Następnie obliczane są naprężenia i zapisywane w Z88O3.TXT; następnie obliczane są siły węzłowe i zapisywane w Z88O4.TXT. Ponadto solver generuje dwa pliki Z88O5.TXT i Z88O8.TXT, które służą do komunikacji z Z88Aurora.

Z88R posiada trzy różne SOLWERY:

- Tzw. *solwer Choleskiego bez wypełnienia*. Jest łatwy w obsłudze i bardzo szybki w przypadku małych i średnich konstrukcji. To Twój wybór dla małych i średnich konstrukcji, do 20 000... 30 000 stopni swobody. **W Z88Aurora solwer Cholesky'ego może być używany tylko do konstrukcji kratowych lub belkowych!**

- Tak zwany *bezpośredni solver macierzy rzadkiej z wypełnieniem*. Wykorzystuje tzw. solver PARDISO. Solver ten jest bardzo szybki, ale zużywa bardzo dużo pamięci dynamicznej. Jest to dobry wybór dla średnich konstrukcji, do 150 000 stopni swobody na zwykłych komputerach PC. Jednak bardzo szybko obliczyliśmy struktury z ~ 1 milionem DoF (stopni swobody) przy użyciu komputera wyposażonego w 32 (!) GB pamięci, 4 procesory i 64-bitową wersję Z88 dla systemu Windows.
- Tak zwany *moduł iteracji macierzy rzadkiej*. Rozwiązuje układ równań metodą gradientów sprzężonych z zastosowaniem wstępnego kondycjonowania SOR (SORCG) lub wstępnego kondycjonowania poprzez niepełny rozkład Choleskiego (SICCG), w zależności od wyboru. Jak wykazały nasze testy, solver ten radzi sobie ze strukturami o ponad 100 000 DoF z niemal taką samą szybkością, jak solwery dużych i kosztownych komercyjnych programów MES. Ponadto potrzebna jest minimalna ilość miejsca do przechowywania. Ten solver jest Twoim wyborem w przypadku dużych konstrukcji z ponad 150 000... 200 000 DoF. Struktury FE z ~ 5 milionami DoF nie stanowią dla niego problemu, jeśli używasz 64-bitowego systemu operacyjnego (Windows lub LINUX lub Mac OS X) wraz z 64-bitową wersją Z88 i około 6 GB pamięci. Ten bardzo stabilny i zatwierdzony solver działa w każdej chwili, dlatego możesz go używać jako standardowego solwera.

W Z88Aurora typy solwerów wybiera się za pomocą menu solwera:

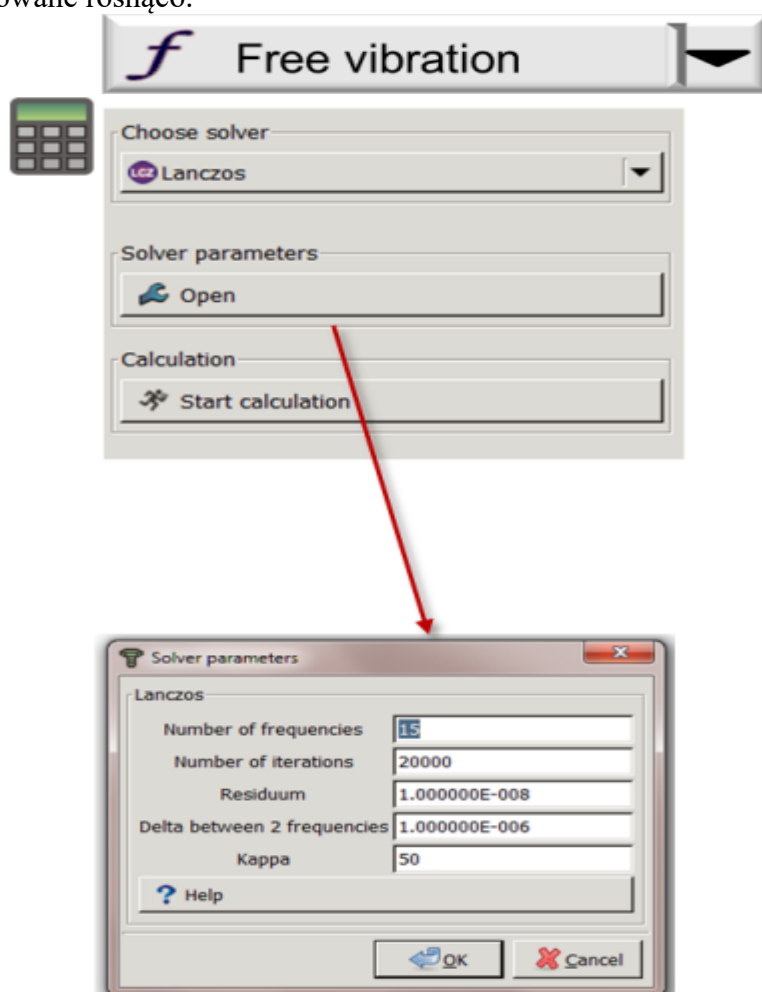


Rysunek 1: Menu Solwera

Nowością od wersji Z88Aurora V2b są przyspieszone wersje solverów liniowych. Można skrócić niektóre etapy procesu rozwiązywania problemów, bez uszczerbku dla jakości wyników. W szczególności, dwa warianty solvera iteracyjnego CG zostały zrównoleglone, dzięki czemu jednocześnie można używać nie tylko jednego procesora, ale dowolnej liczby. Dlatego wymaga dwukrotnie więcej pamięci niż solverzy CG z Z88R. Ponadto obecnie stosowane jest kryterium zakończenia reszty matematycznej, które obejmuje normę euklidesową wektora błędu. Próg ten odpowiada pierwiastkowi kryterium zakończenia Z88R. Nawet przy uwzględnieniu warunków brzegowych i innych modyfikacji w fazie zadaniowej, tak aby można było przyspieszyć już zrównoleglony solver Pardiso. Wszystkie zmiany będą nazywane Z88RS i będą stosowane, gdy zaznaczone jest pole wyboru "Solver Speedup" (Przyspieszenie Solver).

2.2.2 SOLWER WIBRACJI Z88EI

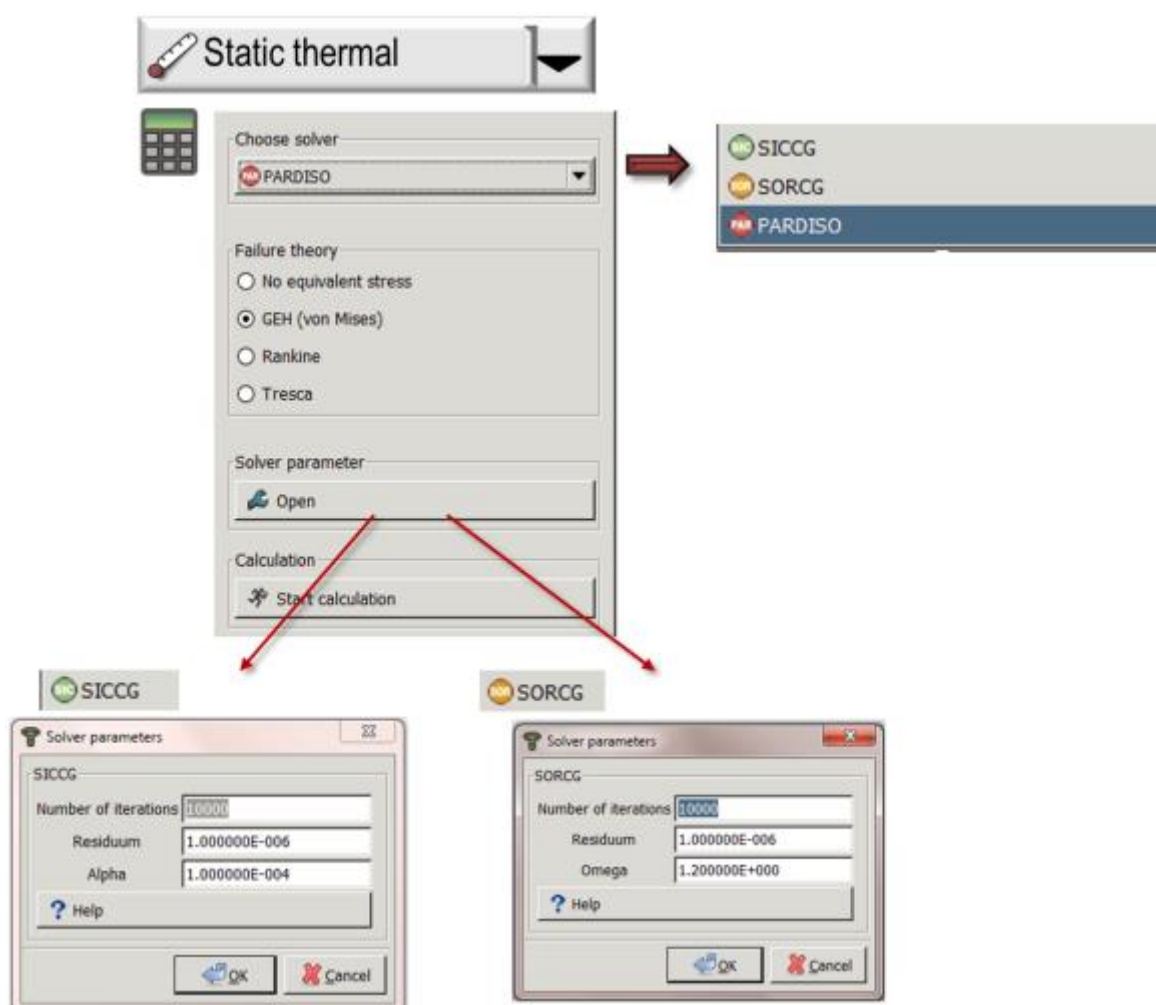
Ten moduł rozwiązywania problemów własnych dla częstotliwości drgań własnych wykorzystuje metodę numeryczną, która jest szczególnie zatwierdzona w MES i została wprowadzona już w 1950 roku przez Corneliusa Lanczosa. Chociaż nikt wtedy nie mógł pomyśleć o numerycznej analizie modelu, algorytm ma wiele zalet w programowaniu MES. Podstawowa idea, polegająca na zredukowaniu macierzy do macierzy trójdiagonalnej (niezerowe elementy tylko na głównej przekątnej i pierwszej przekątnej poniżej i powyżej) poprzez iterację jest bardzo skuteczna w zarządzaniu pamięcią. Dodatkowo matematycznie gwarantuje się, że wartości własne tej trójdiagonalnej macierzy są w przybliżeniu równe wartościom własnym macierzy pierwotnej. Każdą iterację solvera można podzielić na dwa etapy: Początkowo obliczany jest dodatkowy wiersz lub kolumna macierzy trójdiagonalnej – w zasadzie tylko trzy wartości macierzy, ponieważ wszystkie wcześniej obliczone wpisy zostają zachowane. W drugim etapie wyznaczane są wartości własne macierzy – począwszy od zera i sortowane rosnąco.



Rysunek 2: Menu solwera, solwera dla częstotliwości naturalnych.

2.2.3 THERMO SOLWER Z88TH

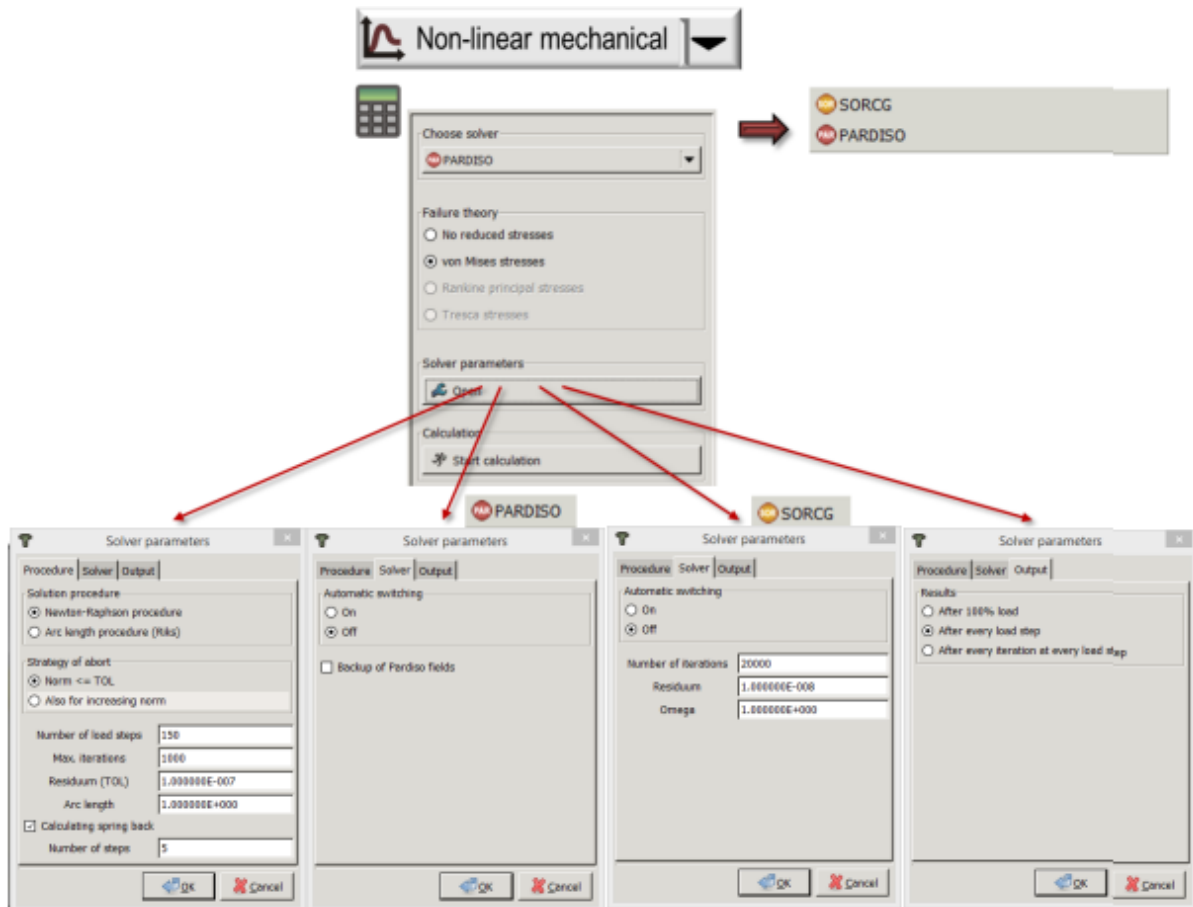
Do obliczeń moduł symulacji termomechanicznej wykorzystuje solwery typu Pardiso, SORCG i SICCG. Liczba wartości stosowanych w układzie równań jest zmniejszana poprzez wykorzystanie elementów skończonych do czystej analizy termicznej (sześciiany, czworościany) ze względu na redukcję DoF do jednego (zamiast trzech), a więc sam układ równań ulega redukcji. Natomiast w obliczeniach termomechanicznych nie ma żadnych zmian, należy wziąć pod uwagę zwykłe trzy DoF. Przewodność cieplna jest jedyną właściwością materiału niezbędną do określenia przewodnictwa cieplnego w stanie ustalonym. Jeśli ma zostać przeprowadzona symulacja termomechaniczna, potrzebny jest również współczynnik rozszerzalności cieplnej (oprócz właściwości materiału stosowanych w zagadnieniach elastostaticznych: moduł Younga, współczynnik Poissona). Do obliczeń termomechanicznych nie trzeba wykonywać żadnych dodatkowych regulacji. Solver Z88TH automatycznie przeprowadza żadaną symulację, jeśli zastosowano termiczne i mechaniczne warunki brzegowe. Jeżeli stosowane są tylko termiczne warunki brzegowe, przeprowadzane są obliczenia termiczne w stanie ustalonym.



Rysunek 3: Menu Solwera termosolwera Z88TH

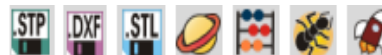
2.2.4 SOLWER NIELINIOWY Z88NL

Moduł Z88NL stanowi moduł rozwiązywania równań przeznaczony do obliczeń nieliniowych. Z88NL radzi sobie z dużymi efektami przemieszczenia (nieliniowość geometryczna) lub nieliniowością materiału (plastyczność).



Rysunek 4: Sterowanie solverem nieliniowym Z88NL

III. INTERFEJSY DO SYSTEMÓW CAD I MES



Z88Aurora oferuje możliwość importowania wielu ustalonych formatów plików z komercyjnych programów symulacyjnych, danych czystej geometrii lub superstruktur, a także migracji istniejących plików z Z88 OpenSource V13 lub Z88Aurora V1 za pomocą naszych narzędzi do migracji (MITOO). Każdy z tych konwerterów oferuje indywidualny zakres funkcji i własne możliwości ustawień, jeśli zajdzie taka potrzeba. W rozdziale 3.2 opisano szczegółowo funkcje programów pomocniczych oraz sposób ich wykorzystania. Masz następujące możliwości:



Import plików Z88 do Z88Aurora. Import pakietów danych z poprzednich wydań Z88, tj. plików Z88V13 i Aurora V1, może zostać najpierw przekonwertowany przez MITOO na pakiety danych systemu operacyjnego Z88V14



Import STEP: Możesz importować dane geometrii 3D w formacie danych STEP zgodnie z DIN ISO 10303 AP 203 i AP 214. Ten format jest obsługiwany przez większość systemów CAD 3D.



Import i eksport AUTOCAD DXF: Masz możliwość importowania i przetwarzania konstrukcji 2D i 3D FE, które zostały wygenerowane w programie AutoCAD. W tym celu potrzebne są pewne podstawy, zob. Rozdział 4.1.5



Import STL: Z88 przetwarza dane stereolitograficzne, które zawierają triangulowaną strukturę 3D. Ten format jest również zwykle używany jako dane wejściowe w programach CAM. Dlatego większość programów CAD może generować pliki tego typu.



Import NASTRAN: System CAD Pro/ENGINEER i inne programy komercyjne mogą zapisywać dane FE (elementy kontinuum i warunki brzegowe) jako plik *.nas. Można je bezpośrednio zaimportować do Z88Aurora.



Import ABAQUS: Podobnie jak w przypadku NASTRAN, można załadować pliki wejściowe (*.inp) programu ABAQUS.



Import ANSYS: Bezpośrednia transformacja danych ANSYS-PREP7 na dane dla Z88Aurora.



Import COSMOS: Import plików COSMOS znanych z poprzednich wersji jest nadal obsługiwany.

IV. MAPOWANE SIATKI
















W Z88Aurora istnieją trzy możliwości ulepszenia siatki:

- generator superelementów dla sześciątów, elementów osiowosymetrycznych, płaskich elementów naprężeniowych, płyt i powłok objętościowych
- polepszacz czworościanu
- zagęszczacz skorupowy dla skorup 2D
- Udoskonalcz STL dla importowanych siatek STL

W zależności od użytego elementu należy dokonać różnych regulacji.

2.3 JAKIE ELEMENTY Z88 MOŻNA WYPRODUKOWAĆ AUTOMATYCZNIE?

Tabela 1: Typy elementów produkowane automatycznie

<i>element type</i>	<i>function</i>	<i>%.COS</i> 	<i>%.NAS</i> 	<i>%.INP</i> 	<i>%.ANS</i> 	<i>%.DXF</i> 
hexahedron  PROSTOPADŁOŚCIAN						
hexahedron No. 1	linear	✗	✗	✓	✓	✓
hexahedron No. 10	quadratic	✗	✗	✓	✓	✓
tetrahedron  CZWOROŚCIAN						
tetrahedron No. 16	quadratic	✓	✓	✓	✓	✗
tetrahedron No. 17	linear	✓	✓	✓	✓	✗
plane stress  PŁASKIE NAPRĘŻENIE						
plane stress No. 3	quadratic	✗	✗	✗	✗	✓
plane stress No. 7	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
plane stress No. 11	cubic	✗	✗	✗	✗	✓
plane stress No. 14	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
torus 						
torus No. 6	linear	✗	✗	✗	✗	✓
torus No. 8	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
torus No. 12	cubic	✗	✗	✗	✗	✓
torus No. 15	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
plate  PLYTA						
plate No. 18	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
plate No. 19	cubic	✗	✗	✗	✗	✓
plate No. 20	quadratic	✓	✓	✗	✗	✓
shell  POWŁOKA						
shell No. 21	quadratic	✗	✗	✗	✗	✓
shell No. 22	quadratic	✗	✗	✗	✗	✓
shell No. 23	quadratic	✗	✓	✗	✗	✓
shell No. 24	quadratic	✗	✓	✗	✗	✓
truss and beam structures (with special cam)   KRATOWNICE I BELKI						
truss No. 4	exact	✗	✗	✗	✗	✓
truss No. 9	exact	✗	✗	✗	✗	✓
beam No. 2	exact	✗	✗	✗	✗	✓
beam No. 13	exact	✗	✗	✗	✗	✓
cam No. 5	exact	✗	✗	✗	✗	✓
beam No. 25	exact	✗	✗	✗	✗	✓

3. WEJŚCIE I WYJŚCIE Z88AURORA

Ogólnie rzecz biorąc, pliki wejściowe i wyjściowe w Z88Aurora, w przeciwieństwie do Z88 V14 OS, są tworzone podczas obsługi interfejsu użytkownika. Oczywiście możliwe jest bezpośrednie załadowanie istniejących plików Z88 V14 i migracja plików wejściowych Z88Aurora V1 przy użyciu naszych zewnętrznych narzędzi do migracji do Z88Aurora. Dodatkowo wszystkie warunki brzegowe z istniejących plików można edytować i zmieniać bezpośrednio w interfejsie użytkownika Z88Aurora. Poniższa tabela zawiera przegląd plików wejściowych i wyjściowych:

nazwa	przeznaczenie
pliki kontrolne	
Z88.DYN	plik nagłówkowy pamięci i języka
Z88.FCD	czcionki, kolory, wymiary pliku nagłówkowego
Z88ENVIRO.DYN	ustawianie zmiennych Aurora
Z88MAN.TXT	plik nagłówkowy Aurora
1.TXT - *.TXT	dane materiałowe do bazy danych w interfejsie użytkownika Aurora
Z88MARKS.TXT	znaczniki węzłów i elementów
Z88SETS.TXT	zestawy węzłów i elementów do stosowania warunków brzegowych i materiałów
Z88SETSACTIVE.TXT	aktualnie używane zestawy projektu
Z88STRUCTURE.TXT	dane struktury, podobne do Z88I1.TXT w Z88 V14
Pliki wyjściowe	
Z88O0.TXT	przetworzone dane konstrukcji
Z88O1.TXT	przetworzone ograniczenia
Z88O2.TXT	obliczone przemieszczenia
Z88O3.TXT	obliczone naprężenia
Z88O4.TXT	obliczone siły węzłowe
Z88O5.TXT	do użytku wewnętrznego w Z88Aurora
Z88O8.TXT	do użytku wewnętrznego w Z88Aurora
Z88O14.TXT	węzły kontaktowe master i slave (do użytku wewnętrznego)
Z88TO0.TXT	obliczona temperatura
Z88TO1.TXT	obliczony przepływ ciepła
Z88TO2.TXT	obliczone rozszerzalności cieplne
Z88TO3.TXT	obliczone siły cieplne
Z88TO4.TXT	obliczone przemieszczenia
Z88TO6.TXT	siły obliczone (termomechaniczne)
Z88TO6.TXT	naprężenia obliczone (termomechaniczne)
Z88NLO2.TXT	obliczone przemieszczenia, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL
Z88NLO3.TXT	obliczone naprężenia Cauchy'ego, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL
Z88NLOH.TXT	obliczone zmienne procesowe, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL
Z88AURORA.LOG	plik protokołu w Z88Aurora
Z88TRAIL.TXT	plik protokołu w Z88Aurora
Importowane pliki	
*.COS	Plik COSMOS-FE dla konwertera Z88G
*.NAS	Plik NASTRAN-FE dla konwertera Z88G
*.INP	Plik ABAQUS-FE dla konwertera Z88AINP
*.ASY	Plik ANSYS-PREP7-FE dla konwertera Z88ASY
*.DXF	Plik AUTOCAD-CAD dla konwertera Z88X
*.STP	import geometrii do wewnętrznego generatora siatek
*.STL	import geometrii do wewnętrznego generatora siatek
Z88NI.TXT	Plik wejściowy dla generatora siatki Z88N

Wymiary, czyli jednostki miary, nie są używane wprost. Możesz pracować w opcjonalnych systemach pomiarowych, np. G. w systemie metrycznym lub imperialnym. Używaj cali, niutonów, funtów, ton, milimetrów, metrów i jardów cokolwiek wolisz. Pamiętaj jednak, aby zachować jedną wybraną jednostkę miary we wszystkich obliczeniach tej struktury. Przykład: chcesz pracować z mm i N, dlatego moduł Younga musi zostać użyty w N/mm^2 .

Dlaczego warto pracować z plikami? Czy nie jest to przestarzałe i czy nie działa lepiej „interaktywnie”? W Z88Aurora masz obie możliwości!

Dowolny rodzaj obróbki wstępnej i końcowej jest możliwy bez ograniczeń. Możesz wygenerować pliki wejściowe za pomocą małych, samodzielnie napisanych programów wstępnych (takim programem wstępnym jest generator siatki Z88N) lub pozostawić przetwarzanie danych wyjściowych innym programom: Możesz całkiem łatwo załadować pliki wyjściowe Z88 – ponieważ to czysty ASCII - do EXCELA i tam je analizuj. Możesz też użyć Z88Aurora i później ręcznie dostosować dane wejściowe w edytorze tekstu, jeśli to konieczne, ponieważ zmieniło się tylko kilka warunków brzegowych lub chcesz użyć innego materiału do obliczeń. Bardzo często pliki wejściowe są tworzone **znacznie szybciej** niż w przypadku jakichkolwiek interaktywnych zapytań: Wiele linii wejściowych jest podobnych do poprzednich linii: Użyj operacji blokowych swojego edytora do kopiowania i wklejania!

Każdy program FEA może, podobnie jak Z88Aurora, od czasu do czasu generować ogromne ilości śmieci danych. Bardzo często interesują Cię tylko bardzo konkretne wyniki, np.: specjalnych węzłów. Pliki wyjściowe są prostymi plikami ASCII. Możesz je edytować i skracać według własnego uznania i drukować tylko **naprawdę interesujące wyniki**.

Kompatybilność w dół:

Pliki Z88 V13 i Z88Aurora V1 można migrować za pomocą zewnętrznych narzędzi do migracji (MITOO). Pliki Z88 V14 OS i Z88Aurora V2/V3 można otwierać bezpośrednio.

Dlatego nie chcemy powstrzymywać się od wyjaśniania danych wejściowych i wyjściowych programu. Z88Aurora V4 ma być tak samo przejrzysta dla doświadczonych użytkowników jak Z88 V14!

Zasady wprowadzania wartości w plikach:

Nie ma potrzeby stosowania specjalnych zasad ani podziału pól, obowiązują jedynie zwykłe zasady C:

- *Wszystkie wartości należy oddzielić przynajmniej jednym odstępem*
- *Liczby całkowite nie mogą zawierać żadnych punktów ani wykładników*
- *W przypadku liczb zmiennoprzecinkowych nie trzeba podawać punktów*
- *Wartości liczbowe wynoszące 0 (zero) należy wprowadzić jawnie*

Liczby całkowite

Właściwe	1 345 55555 0
Błędne	1. 345. 55555E+0 brak wpisu

Liczby zmiennoprzecinkowe (Z88 używa wewnętrznie liczb zmiennoprzecinkowych podwójnej precyzji [Double])

Właściwe	1. 345 5.5555E+10 0
Błędne	1, 345, O (litera O) brak wpisu

Pliki wejściowe Z88 mogą zawierać komentarze w każdej linii, jeśli wszystkie odpowiednie dane zostały wcześniej wprowadzone. Oddziel ostatnie dane i komentarz przynajmniej jednym odstępem. Linie w plikach wejściowych Z88 mogą zawierać 250 bajtów

(w rzeczywistości potrzebne są zauważalnie mniej niż 80). Puste linie i czyste linie komentarza są niedozwolone.

Problemy często pojawiające się podczas edycji plików tekstowych:

- Czy pliki są naprawdę plikami tekstowymi w formacie ASCII?
- Czy procesor tekstu dodał niezauważone ukryte znaki kontrolne?
- Czy ostatnia linia pliku wejściowego jest zakończona co najmniej jednym RETURN?
- Czy lista koincydencji jest poprawnie zdefiniowana? Zwłaszcza sześciany nr 10 są bardzo wrażliwe na złą numerację.

Pliki wejściowe Z88Aurora dla systemów UNIX i Windows mają tę samą strukturę. Możesz łączyć bez ograniczeń pliki Z88 UNIX (tj. pliki LINUX i Mac) do Windows i odwrotnie.

Zasadniczo użytkownik może w całości wygenerować żądany model obliczeniowy w Z88Aurora. Użytkownicy, którzy już znają Z88, powinni jednak otrzymać możliwość edycji plików wejściowych za pomocą zwykłego edytora lub edytora tekstu. Te edytowane pliki można załadować bezpośrednio do późniejszego wykorzystania w Z88Aurora. W przypadku systemów edytorów tekstu należy zwrócić uwagę na tworzenie tekstów w czystym ASCII, czyli bez ukrytych znaków kontrolnych. Każdy program do edycji tekstu zawiera taką opcję. Pliki wejściowe Solvera to:

3.1 PORÓWNANIE FORMATÓW PLIKÓW Z88

Formaty plików wersji Z88 Z88Aurora V4, Z88Aurora V3, Z88Aurora V2, Z88 V14 OS i Z88Aurora V1 są bardzo podobne, ale szczególnie w Z88Aurora V4/V3/V2 dane wejściowe są dystrybuowane do większej liczby różnych plików wejściowych w porównaniu do starszych wersji, więc aby można było efektywniej wykorzystywać GUI i uwzględnić możliwość jego rozbudowy. Ta sama struktura plików jest używana w systemie operacyjnym Z88 V14. Dostępne są odpowiednie konwertery dla starszych formatów.

Tabela 3: Formaty danych sześciu wersji Z88: Z88Aurora V4, Z88Aurora V3, Z88Aurora V2, Z88V14 OS, Z88V13 i Z88Aurora V1

	Z88 V14 OS	Z88Aurora V4/V3/V2	Z88Aurora V1	Z88 V13 OS
<i>Struktura danych</i>	<i>Z88I1.TXT</i>	<i>Z88STRUCTURE.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>
<i>Definicje materiałów</i>	<i>Z88MAT.TXT</i> <i>*.TXT</i>	<i>Z88SETSACTIVE.TXT</i> <i>*.TXT</i>	<i>Z88MAT.TXT</i> <i>*.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>
<i>Parametry elementu</i>	<i>Z88ELP.TXT</i>	<i>Z88SETSACTIVE.TXT</i>	<i>Z88ELP.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>
<i>Rozkazy całkowania dla obliczenia przemieszczenia.</i>	<i>Z88INT.TXT</i>	<i>Z88ENVIRO.DYN</i>	<i>Z88MAT.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>
<i>Rozkazy całkowania dla obliczeń naprężeń.</i>	<i>Z88INT.TXT</i>	<i>Z88ENVIRO.DYN</i>	<i>Z88MANAGE.TXT</i>	<i>Z88I3.TXT</i>
<i>Parametry Solwera</i>	<i>Z88MAN.TXT</i>	<i>Z88CONTROL.TXT</i>	<i>Z88MANAGE.TXT</i>	<i>Z88I4.TXT</i>
<i>Warunki brzegowe</i>	<i>Z88I2.TXT</i>	<i>Z88SETSACTIVE.TXT</i>	<i>Z88I2.TXT</i>	<i>Z88I2.TXT</i>
<i>Obciążenia powierzchniowe</i>	<i>Z88I5.TXT</i>	<i>Z88SETSACTIVE.TXT</i>	<i>Z88I5.TXT</i>	<i>Z88I5.TXT</i>
<i>Liczba mat. zasad</i>	<i>Z88MAT.TXT</i>	<i>Z88SETSACTIVE.TXT</i>	<i>Z88MANAGE.TXT</i>	<i>Z88I1.TXT</i>

NEG				
Flaga współrzędnych KFLAG	Z88I1.TXT	Z88STRUCTURE.TXT	Z88I1.TXT	Z88I1.TXT
Belka - Flaga IBFLAG	Z88MAN.TXT	Nie dotyczy	Z88I1.TXT	Z88I1.TXT
Płyta-flaga IPFLAG	Z88MAN.TXT	Nie dotyczy	Z88I1.TXT	Z88I1.TXT
Obciążenie powierzchniowe - Flaga IQFLAG	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Z88MANAGE.TXT	Z88I1.TXT
Flaga powłoki IHFLAG	Z88MAN.TXT	Nie dotyczy	Z88I1.TXT	Z88I1.TXT
Flaga promieniowa/styczna: KDFLAG	Z88MAN.TXT	Z88CONTROL.TXT	Z88MANAGE.TXT (tutaj: KSFLAG)	Z88I3.TXT (tutaj:: KFLAG)
Flaga naprężenia równoważnego: IFLAG	Z88MAN.TXT	Z88CONTROL.TXT	Z88MANAGE.TXT	Z88I3.TXT

3.2 UKŁAD PLIKU W Z88AURORA

Zasadniczo Z88Aurora V3 odzwierciedla strukturę plików Z88 V14 OS i Z88Aurora V2/V1, ale dane wejściowe są podzielone na więcej plików strukturalnych, aby zagwarantować optymalne działanie i możliwości rozbudowy. Pliki wejściowe Z88Aurora V3 to:

- Z88STRUCTURE.TXT (ogólne dane konstrukcji, współrzędne, koincydencja)
- Z88MARKS.TXT (zestawy danych węzłów lub elementów, które można wykorzystać do tworzenia SETów)
- Z88SETS.TXT (alokacja węzłów i elementów dla części, warunki brzegowe i definicje materiałów)
- Z88SETSACTIVE.TXT (właściwości SETS obowiązujące dla bieżących obliczeń)
- 1.TXT ~ ?.TXT (pliki danych materiałowych)
- Z88NI.TXT (plik wejściowy generatora siatki Z88N)
- Z88Control.TXT (parametry sterujące dla solwera)
- Z88DYN.TXT (plik kontrolny Z88)
- Z88ENVIRO.TXT (plik kontrolny dla Z88Aurora)

3.2.1 OGÓLNE DANE KONSTRUKCJI Z88STRUCTURE.TXT

W Z88STRUCTURE.TXT wprowadzone są dane geometryczne konstrukcji.

1. grupa wejść:

Dane ogólne w pierwszym wierszu zawierają ogólne dane konstrukcji. Wszystkie liczby wpis w wiersz, oddzielając je odpowiednio przynajmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long].

Pierwsza liczba: Wymiary konstrukcji (2 lub 3)

Druga liczba: Liczba węzłów konstrukcji MES

Trzecia liczba: Liczba elementów

Czwarta liczba: Liczba stopni swobody

Piąta liczba: Flaga współrzędnych KFLAG (0 lub 1) Uwaga: ta pozycja była poprzednio w wersjach Z88 zarezerwowane dla ilości materiałów NEG.

oraz identyfikator #AURORA_Vx

Wyjaśnienia:

KFLAG:

Po wprowadzeniu 0 oczekiwane są współrzędne kartezjańskie, natomiast po wprowadzeniu 1 oczekiwane są współrzędne biegunowe lub cylindryczne. Te ostatnie są następnie konwertowane na współrzędne kartezjańskie i następnie zapisywane w tej formie w Z8800.TXT. Uwaga: Elementy osiowosymetryczne nr 6, 8, 12 i 15 pozytywnie oczekują współrzędnych cylindrycznych, należy tutaj ustawić KFLAG na 0!

druga grupa wejściowa:

Zaczynając od linii 2, zawierającej współrzędne węzłów, po jednej linii na węzeł, numery węzłów ściśle rosnące.

Pierwsza liczba: numer węzła [Long]

Druga liczba: Liczba stopni swobody dla tego węzła [Long]

Trzecia liczba: współrzędna X lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna R [Double]

Czwarta liczba: współrzędna Y lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna PHI [Double]

Piąta liczba: współrzędna Z lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna Z [Double]

Współrzędna Z może zostać usunięta w strukturach dwuwymiarowych. Wprowadź kąty PHI w radianach.

Przykład 1: Węzeł nr 156 ma 2 stopnie swobody i współrzędne $X = 45,3$ i $Y = 89,7$. > *Zatem:*
156 2 45,3 89,7

Przykład 2: Węzeł nr 68 ma mieć 6 stopni swobody (dołączona jest belka nr 2) i współrzędne walcowe $R = 100.$, $PHI = 0,7854$ (odpowiada 45°), $Z = 56,87$. > *Zatem:* 68 6 100. 0,7854 56,87

trzecia grupa wejść:

Rozpoczynający się po ostatnim węźle, zawierający koincydencję, czyli przydział typu elementu i odpowiadających mu węzłów każdego elementu. Wprowadź dwie linie dla każdego elementu skończonego. Numery elementów, podobnie jak numery węzłów, należy wprowadzać ściśle rosnąco.

Pierwsza linia:

Pierwsza liczba: Numer elementu [Long].

Druga liczba: Typ elementu (1 do 25) [Long]

Druga linia: W zależności od typu elementu

Pierwsza liczba: pierwszy numer węzła dla koincydencji [Long]

Druga liczba: drugi numer węzła dla koincydencji [Long]

...

Dwudziesta liczba: dwudziesty numer węzła dla koincydencji [Long]

Wpisz wszystkie liczby w wierszu, oddzielając je odpowiednio co najmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long].

Przykład: Element naprężenia w płaszczyźnie izoparametrycznej nr 7 ma numer elementu 23. Zbieżność ma globalne węzły 14, 8, 17, 20, 38, 51, 55, 34 (lokalnie są to węzły 1-2-3-4 -5-6-7-8) > *W rezultacie powstają dwie linie:*

23 7

14 8 17 20 38 51 55 34

3.2.2 DANE GRUPY Z88MARKS.TXT i Z88SETS.TXT

W Z88Aurora możliwe jest tworzenie grup węzłów i elementów przy użyciu Z88MARKS.TXT i Z88SETS.TXT, a następnie zastosowanie definicji części, właściwości materiału lub warunków brzegowych w pliku Z88SETSACTIVE.TXT. Z88MARKS.TXT zawiera węzły i elementy, które zostały wybrane w interfejsie użytkownika, jako grupa. Można wybierać powierzchnie, krawędzie, oznaczone węzły i elementy. Więcej informacji można znaleźć w instrukcji obsługi. Z88MARKS.TXT działa jak funkcja znacznika w edytorze tekstu.

Z88MARKS.TXT składa się z następujących elementów:

Pierwsza wartość: liczba znaczników

Pierwsza grupa wejść:

1. identyfikator: #NODES, #ELEMENTS lub #SURFACE
2. wartość: kolejny numer znacznika
3. wartość: liczba węzłów/elementów w znaczniku
4. „nazwa znacznika”

Druga grupa wejść:

Lista węzłów/elementów odpowiedniego znacznika

Wyjaśnienia:

Znaczniki są zapisywane w plikach po kolei. O tym, ile znaczników można zaimportować, decyduje pierwsza wartość w pliku.

Przykład: Istnieją dwa znaczniki. Pierwszy, „lewy”, zawiera węzły nr 2174, 2175, 2176, 2177, 2179. Drugi, „prawy”, zawiera węzły nr 1929, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936.

```
>>
2
#NODES 1 5 "left"
    2174      2175      2176      2177      2179
#NODES 2 7 "right"
    1929      1931      1932      1933      1934      1935      1936
```

Dzięki operacjom boolowskim znaczniki te można wykorzystać do tworzenia zbiorów. Zbiory definiowały przydział węzłów i elementów do ich zastosowania jako warunki brzegowe, materiał, ...

Z88SETS.TXT składa się z następujących elementów:

Pierwsza wartość: liczba zestawów

Pierwsza grupa wejść:

1. identyfikator: #NODES, #ELEMENTS lub #SURFACE
2. słowo kluczowe (np. OGRANICZENIA, KONTAKT, MATERIAŁ, SIATKA, ELEMENTGEO, CZĘŚĆ, NIEZNANA)
3. kolejny numer zbioru
4. liczba węzłów/elementów w zestawie
5. „nazwa zestawu”

Druga grupa wejść:

Lista węzłów/elementów odpowiedniego zestawu

Wyjaśnienia:

Zestawy są zapisywane w plikach po kolei. Liczba zestawów, które można zaimportować, jest kontrolowana przez pierwszą wartość w pliku.

Przykład: Istnieje zbiór „Material”, który zawiera 22948 elementów.

```
>>
1
#ELEMENTS MATERIAL 1 22948 "Material"
      1          2          3          4          5          6          7...
```

Example:

```
3
#NODES CONSTRAINT 1 58 "Constraints"
      86          87          88          89          90          91          92
93      94          95          126          127          132          133          134
      96          125          126          127          132          133          134
135     136          137          140          141          142          143          144
172     173          466          469          470          471          472          473
474     467          475          476          479          480          481          482          483
484     477          478          479          480          481          482          483
      485          486          489          490          491          492          493
494     487          488          489          490          491          492          493
#NODES CONSTRAINT 2 54 "Pressure"
      174          175          176          177          178          179          180
181     182          183          186          187          188          189          190
      184          185          186          187          188          189          190
191     321          322          325          326          327          328          329
      323          324          325          326          327          328          329
330     331          332          335          336          337          338          339
      333          334          335          336          337          338          339
340     341          342          345          346          347          348          349
      343          344          345          346          347          348          349
350     351          352          355          356
      353          354          355          356
#ELEMENTS MATERIAL 3 2764 "Material"
      1          2          3          4          5          6          7
8      9          10          13          14          15          16          17
18     11          12          13          14          15          16          17
      19          20          23          24          25          26          27
28     21          22          23          24          25          26          27
      29          30          33          34          35          36          37
38     31          32          33          34          35          36          37
      39          40          43          44          45          46          47
48     41          42          43          44          45          46          47
      49          50          53          54          55          56          57
58     51          52          53          54          55          56          57
      59          60          63          64          65          66          67
68     61          62          63          64          65          66          67
      69          70          73          74          75          76          77
78     71          72          73          74          75          76          77
      79          80          83          84          85          86          87
88     81          82          83          84          85          86          87
      89          90          93          94          95          96          97
98     91          92          93          94          95          96          97
      99          100          103          104          105          106          107
108    101          102          103          104          105          106          107
      109          110          113          114          115          116          117
118    111          112          113          114          115          116          117
      119          120          123          124          125          126          127
128    121          122          123          124          125          126          127
```

3.2.3 PLIK CHARAKTERYSTYCZNY Z88SETSACTIVE.TXT

Oto szczegółowe informacje i ustalony status wniosku. Charakterystyka siatki, meshera, liczba elementów, wielkość elementów, wielkość obciążenia, nazwa materiału lub właściwości belki (przekrój, moment bezwładności,...) itp. są zapisywane w tym pliku.

Pierwsza wartość: liczba linii

Pierwsza grupa wejść:

1. identyfikator: #NODES, #ELEMENTS, #MESH, #CONTACT_DEF, #PART
2. słowo kluczowe (np. CONSTRAINTS, MATERIAL, FREE_MESH, MAPPED_MESH, ELEMENTGEO), pomijane przy użyciu #CONTACT_DEF lub #PART
3. wartość 1 (SET aktywny) lub 2 (SET nieaktywny)
4. kolejny numer
5. x: wartość: Właściwość, w zależności od zastosowania
x+1: „nazwa zestawu”

Przykład:

```
4
#MESH FREE_MESH 1 1 1 14 17 1.000000E+001 "mesh rule1"
#ELEMENTS MATERIAL 1 2 3 1 1 "steel"
#NODES CONSTRAINT 1 3 1 11 123 1 0.000000E+000 "fixed"
#NODES CONSTRAINT 1 4 2 11 123456 2 5.000000E+000 "pressure"
```

3.2.4. PLIK DANYCH MATERIAŁOWYCH Z88MAT.TXT

Plik Z88MAT.TXT zawiera dane materiałowe. Jest tworzony po uruchomieniu solwera. Definiuje się to następująco:

Pierwsza grupa wejść:

Zawiera jedną wartość, która deklaruje liczbę kolejnych wierszy. Liczba ta odpowiada liczbie danych materiałowych.

Pierwsza wartość: liczba danych materiałowych.

Druga grupa wejść:

Dane materiałowe. Jedna linia dla każdego materiału. Struktura linii:

Pierwsza wartość: z elementu

Druga wartość: do elementu

Trzecia wartość: nazwa pliku zawierającego materiał (opis w kolejnym rozdziale)

Czwarta wartość: prawo materialne (dotyczy tylko Z88NL)

3.2.5 DANE MATERIAŁOWE *.TXT

Aurora posiada bazę danych materiałów zawierającą 50 standardowych materiałów. Materiałów tych nie można edytować, ale można tworzyć i edytować kopie lub tworzyć nowy materiał. (Więcej informacji można znaleźć w instrukcji obsługi).

Przykład pliku danych materiałowych:

```
#AURORA_Vx_MATERIAL

#COMMON START
ID                1
NAME1             "Maschinenbau Stahl"
NAME2             "Engineering steel"
DESCRIPTION       "E295"
NUMBER           "1.0050"
ANNOTATION       "N/mm/t"
#COMMON END

#LINEAR START
YOUNG_MODULUS    210000.00
POISSON_RATIO    0.30
DENSITY          7.85E-009
#LINEAR END

#THERMAL START
THERMAL_CONDUCTIVITY 0.054
THERMAL_EXPANSION    1.11E-005
#THERMAL END

#NONLINEAR START
#MATERIAL MODELS START
#VON_MISES 6
+0.0000000E+000 +6.0000000E+002
+5.0000000E-002 +8.0000000E+002
+1.0000000E-001 +9.0000000E+002
+3.0000000E-001 +1.2000000E+003
+5.0000000E-001 +1.5000000E+003
+1.0000000E+000 +3.0000000E+003
#PDF_MODEL 6
FLOW_DIRECTION +7.0000000E-001
+0.0000000E+000 +6.0000000E+002
+5.0000000E-002 +8.0000000E+002
+1.0000000E-001 +9.0000000E+002
+3.0000000E-001 +1.2000000E+003
+5.0000000E-001 +1.5000000E+003
+1.0000000E+000 +3.0000000E+003
#PDFV_MODEL 6 6
+0.0000000E+000 +6.0000000E+002
+5.0000000E-002 +8.0000000E+002
+1.0000000E-001 +9.0000000E+002
+3.0000000E-001 +1.2000000E+003
+5.0000000E-001 +1.5000000E+003
+1.0000000E+000 +3.0000000E+003
+0.0000000E+000 +4.6000000E-001
+5.0000000E-003 +4.7000000E-001
+5.0000000E-002 +8.0000000E-001
+1.0000000E-001 +8.0000000E-001
+5.0000000E-001 +6.0000000E-001
+1.0000000E+000 +5.0000000E-001
#MATERIAL MODELS END
#NONLINEAR END
```

3.2.6 PLIK WEJŚCIOWY GENERATORA SIATKI Z88NI.TXT

Układ Z88NI.TXT jest bardzo podobny do układu Z88I1.TXT lub Z88STRUCTURE.TXT, tj. plików wejściowych dla liniowego solwera ES: dodatkowo wymagane są tylko dane oznaczone &.

Pamiętaj o następujących formatach:

[Long] = 4 bajty lub 8 bajtów liczba całkowita

[Double] = 8-bajtowa liczba zmiennoprzecinkowa, alternatywnie z kropką lub bez

[Character] = Litera A

Pierwsza grupa wejść:

Pierwsza liczba: Wymiary konstrukcji (2 lub 3)

Druga liczba: Liczba węzłów superstruktury

Trzecia liczba: Liczba superelementów

Czwarta liczba: Liczba stopni swobody

Piąta liczba: Flaga współrzędnych KFLAGSS dla superelementów (0 lub 1)

& Szósta liczba: Flaga promienia pułapki NIFLAG (0 lub 1)

& Siódma liczba: Flaga współrzędnych KFLAG dla elementów skończonych (0 lub 1)

Wpisz wszystkie liczby w wierszu, oddzielając je odpowiednio co najmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long].

Wyjaśnienia:

KFLAGSS:

Po wprowadzeniu 0 oczekiwane są współrzędne kartezjańskie, natomiast po wprowadzeniu 1 oczekiwane są współrzędne biegunowe lub cylindryczne. Te ostatnie są następnie konwertowane na współrzędne kartezjańskie i zapisywane w tej formie w Z88I1.TXT, jeśli KFLAG (patrz poniżej) jest ustawiony na 0. Uwaga: Elementy osiowosymetryczne nr 8 i 12 pozytywnie oczekują współrzędnych cylindrycznych, ustaw tutaj KFLAGSS na 0!

***Przykład:** Dwuwymiarowa superstruktura z 37 węzłami, 7 superelementami i 74 stopniami swobody. Współrzędne cylindryczne (= 1), domyślna wartość promienia pułapki (= 0), flaga współrzędnych KFLAG dla elementów skończonych 1 = wyprowadzana do Z88I1.TXT we współrzędnych cylindrycznych. Zatem:*

2 37 7 74 1 0 1

NIFLAG:

Aby zidentyfikować już zdefiniowane węzły, generator siatki potrzebuje promienia zalewki. Wartość domyślna wynosi 0,01 dla EPSX, EPSY i EPSZ, jeśli NIFLAG wynosi 0. Wartości te można modyfikować w przypadku bardzo małych i dużych struktur. Aby zainicjować tę zmianę, ustaw NIFLAG na 1. Nowe promienie pułapek EPSX, EPSY i EPSZ są następnie zdefiniowane w Z88NI.TXT jako 5. grupa wejściowa.

***Przykład:** Dwuwymiarowa superstruktura z 37 węzłami, 7 superelementami i 74 stopniami swobody. współrzędne kartezjańskie, domyślna wartość promienia pułapki (= 0), wyjście do Z88I1.TXT we współrzędnych kartezjańskich. Zatem:*

2 37 7 74 1 0 0 0

KFLAG:

Wewnętrznie Z88N współpracuje ze współzrędnymi naturalnymi lub kartezjańskimi. Czasami jednak możesz chcieć zapisać wynik Z88N jako współzrędnne biegunowe lub cylindryczne. Z tą flagą (=1) wyjście odbywa się we współzrędnnych biegunowych lub cylindrycznych. Jest to niezależne od flagi KFLAGSS dla pliku wejściowego Z88NI.TXT.

***Przykład:** Dwuwymiarowa superstruktura z 37 węzłami, 7 superelementami i 74 stopniami swobody. Współzrędnne cylindryczne (= 1), domyślna wartość promienia pułapki (= 0), flaga współzrędnnych KFLAG dla elementów skończonych 1 = wyprowadzana do Z88I1.TXT we współzrędnnych cylindrycznych. Zatem:*
2 37 7 74 1 0 1

Druga grupa wejść:

Zaczynając od linii 2, zawiera współzrędnne węzłów, po jednej linii na węzeł, numery węzłów ściśle rosnące.

Pierwsza liczba: numer węzła [Long]

Druga liczba: Liczba stopni swobody dla tego węzła [Long]

Trzecia liczba: współzrędnna X lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współzrędnna R [Double]

Czwarta liczba: współzrędnna Y lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współzrędnna PHI [Double]

Piąta liczba: współzrędnna Z lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współzrędnna Z [Double]

Współzrędnna Z może zostać pominięta w przypadku struktur dwuwymiarowych.

***Przykład:** Węzeł nr 8 ma 3 stopnie swobody i współzrędnne $X = 112.45$, $Y = 0.$, $Z = 56.75$. Zatem: 8 3 112.45 0. 56.75*

Trzecia grupa wejść:

Rozpoczęcie po ostatnim węźle zawiera koincydencję, czyli przydział typu elementu i odpowiadających mu węzłów każdego elementu. Edytuj dwie linie dla każdego superelementu. Numery elementów, podobnie jak numery węzłów, należy wprowadzać ściśle rosnąco.

Pierwsza linia:

Pierwsza liczba: Numer elementu [Long].

Druga liczba: typ superelementu (1, 7, 8, 10, 11, 12, 20, 21) [Long].

2. linia: W zależności od typu elementu

Pierwsza liczba: pierwszy numer węzła dla koincydencji [Long]

Druga liczba: drugi numer węzła dla koincydencji [Long]

.....

20. liczba: 20. numer węzła dla koincydencji [Long]

Wpisz wszystkie liczby w wierszu, oddzielając je odpowiednio co najmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long].

Oto elementy odpowiednie dla generatora siatki:

Element nr 1: Sześciościany izoparametryczne 8 węzłów

Element nr 7: Izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie Serendipity 8 węzłów

Element nr 8: Izoparametryczny torus serendipity 8 węzłów

Element nr 10: Izoparametryczny sześciąt serendipity 20 węzłów

Element nr 11: Izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie serendipity 12 węzłów

Element nr 12: Izoparametryczny torus serendipity 12 węzłów

Element nr 20: Izoparametryczna płytka serendipity 8 węzłów

Element nr 21: Izoparametryczna powłoka serendipity Shell 16 węzłów

Przykład: Izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie serendipity nr 7 ma element o numerze 23. Zbieżność ma globalne węzły 14, 8, 17, 20, 38, 51, 55, 34 (lokalnie są to węzły 1-2-3-4 -5-6-7-8, patrz rozdział 4.7). W rezultacie powstają dwie linie:

23 7

14 8 17 20 38 51 55 34

& Czwartha grupa wejściowa:

Rozpoczynająca się po ostatniej linii koincydencji zawiera opisowe szczegóły procesu generowania siatki. Dwie linie dla każdego superelementu.

Pierwsza linia:

Pierwsza liczba: Super element nr [Long]

2. liczba: Typ elementu skończonego (typy 1, 7, 8, 10, 19, 20, 21) do wygenerowania [Long]

Druga linia:

Pierwsza liczba: Liczba elementów skończonych w lokalnym kierunku x [Long]

Druga liczba: Rodzaj podziału CMODE x [Character]

Trzecia liczba: Liczba elementów skończonych w lokalnym kierunku y [Long]

Czwarta liczba: Typ podziału CMODE y [Character]

Piąta liczba: Liczba elementów skończonych w lokalnym kierunku z [Long]

Szоста liczba: Rodzaj podziału CMODE z [Character]

Dwie wartości Z są pomijane w strukturach dwuwymiarowych.

Objaśnienia: **CMODE** może przyjmować następujące wartości:

- „E”: Podział w równej odległości, „e” jest również dozwolone
- „L”: Podział rosnący geometrycznie w kierunku współrzędnych lokalnych
- „l”: Podział malejący geometrycznie w kierunku współrzędnych lokalnych

Lokalne osie x, y i z są zdefiniowane w następujący sposób:

- Lokalna oś x wskazuje w kierunku lokalnych węzłów 1 i 2
- Lokalna oś y wskazuje kierunek lokalnych węzłów 1 i 4
- Lokalna oś z wskazuje w kierunku lokalnych węzłów 1 i 5

Zobacz poniższy szkic.

Przykład: Podzielić izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie nieregularności z 12 węzłami (Element nr 11) na elementy skończone typu Izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie nieregularności z 8 węzłami (Element nr 7). Podziel w lokalnym kierunku x trzy razy w równych odstępach i podziel 5 razy, zwiększając geometrycznie w lokalnym kierunku y. Superelement powinien mieć liczbę 31. W rezultacie powstają dwie linie:

& Piąta. grupa wejść, opcjonalnie po zakończeniu grupy wejść 4:

Grupa wejściowa 6 jest wymagana, jeśli NIFLAG ustawiono na 1, czyli promień pułapki ma zostać zmodyfikowany. 1 linia:

Pierwsza liczba: Promień pułapki w globalnym kierunku X EPSX [Double]

Druga liczba: Promień pułapki w globalnym kierunku Y EPSY [Double]

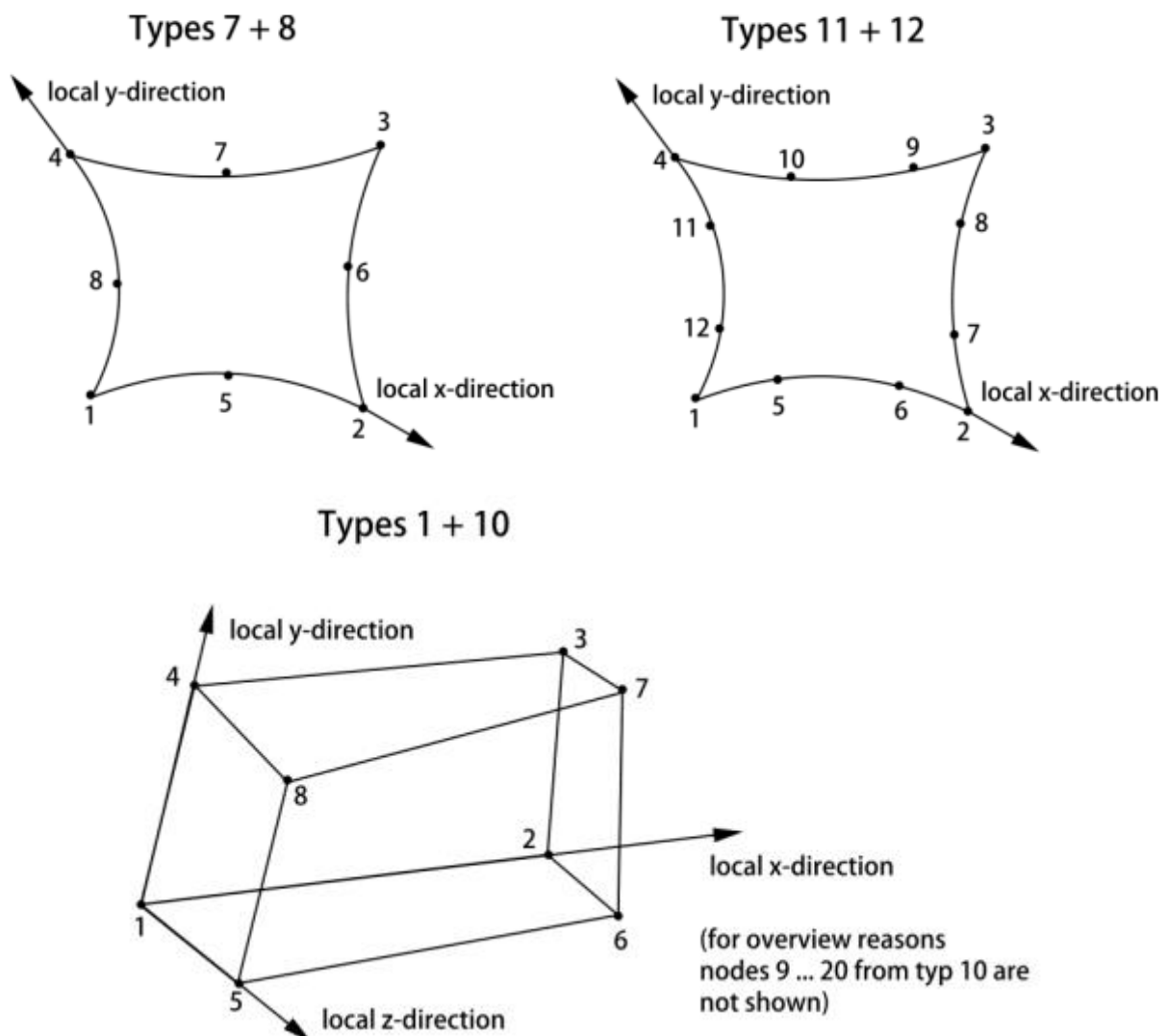
Trzecia liczba: Promień zalewki w globalnym kierunku Z EPSZ [Double]

Pomiń szczegół Z w przypadku struktur dwuwymiarowych

Przykład: Promienie pułapki należy ustawić odpowiednio na 0,0000003 dla X, Y i Z.

> Zatem: 0,0000003 0,0000003 0,0000003

Jest to skuteczne tylko wtedy, gdy NIFLAG był ustawiony na 1 w pierwszej grupie wejściowej!



Rysunek 5: Definicja lokalnego kierunku x, y i z na przykładzie różnych typów elementów

3.2.7 PLIK KONTROLNY SOLWERA Z88CONTROL.TXT

Plik kontrolny solwera Z88Control.TXT jest podzielony na trzy części: GLOBALNĄ, część solwera i część STRESS. Następnny rysunek przedstawia typowy Z88Control.TXT:

```
DYNAMIC START
*-----
Z88Aurora Version 4
*-----

GLOBAL
*-----

GLOBAL START
  SIMCASE      11
  ICORE        4
GLOBAL END

*-----
CONTACT SETTINGS
*-----

CONTACT START
  CONTACT      1
  FO10         0
  FO11         0
  FO12         0
  FO13         0
  FO14         1
  FO15         0
  FO16         0
  FO17         0
  FO18         0
  FO19         0
CONTACT END

*-----
LINEAR SOLVER
*-----

LMSOLVER START
  ICFLAG       4
  SOLVER_SPEEDUP -8
  MAXIT        10000
  EPS          1.00E-006
  ALPHA        1.00E-004
  OMEGA        1.20
LMSOLVER END

*-----
NONLINEAR SOLVER
*-----

NLSOLVER START
  ICFLAG       4
  MAXIT        20000
  EPS          1.00E-008
  ALPHA        1.00E-004
  OMEGA        1.20E+000
  NLFLAG       1
  NLAERH       25
  MAXNLIT      1000
  EXIT         1
  TOL          1.00E-007
  AUTOGAUSS    0
  OUTPUTFLAG   1
  OUT_CAUCHY   1
  OUT_INT90FFS 1
  PARSP        0
  ELEFORM      1
  BGLAENG      1.00E+000
  LASTST       0
  SPRING_BACK  0
NLSOLVER END

*-----
VIBRATION SOLVER
*-----

ESSOLVER START
  ICFLAG       5
  MAXIT        20000
  EPS          1.00E-008
  EIGDIFF      1.00E-006
  EIGNUM       15
  EIGSTEP      50
ESSOLVER END

*-----
THERMAL SOLVER
*-----
```

```

TMSOLVER START
  ICFLAG      4
  MAXIT      10000
  EPS        1.00E-006
  ALPHA      1.00E-004
  OMEGA      1.20
  THERMOMODE 1
  THERMOMECHANIC 0
TMSOLVER END

```

```

-----
STRESS
-----

STRESS START
  KDFLAG      0
  ISFLAG      1
STRESS END

DYNAMIC END

```

Wyjaśnienie:

GLOBAL (GLOBALNY)

SIMCASE

- 11** liniowa statyczna analiza mechaniczna
- 19** nieliniowa statyczna analiza mechaniczna
- 37** analiza częstotliwości drgań własnych
- 66** analiza termiczna w stanie ustalonym

ICORE jest parametrem kontrolnym do obliczania ograniczeń i dla solwera PARDISO. Określa liczbę procesorów w komputerach wielordzeniowych.

CONTACT SETTINGS (USTAWIENIE KONTAKTU):

- CONTACT 0** aktywuje metodę Lagrange'a
- CONTACT 1** aktywuje zaburzoną metodę Lagrange'a
- CONTACT 2** aktywuje metodę penalty (kary)

- FO10** Zapisz informacje o powierzchni (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)
- FO11** Zapisz wszystkie aspekty elementu (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)
- FO12** Zapisz informacje o urządzeniu master i slave (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)
- FO13** Zapisz dane kontaktowe (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)
- FO14** Zapisz węzły kontaktowe masera i urządzenia podrzędnego (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)
- FO15** Zapisz sztywności styku (0 = nieaktywne; 1 = aktywny)
- FO16** Zapis globalnej sztywności (0 = nieaktywne; 1 = aktywny)
- FO17** Nieużywane
- FO18** Oblicz nacisk kontaktowy (0 = nieaktywne; 1 = aktywny)
- FO19** Oblicz kontaktowe naprężenie ścinające (0 = nieaktywne; 1 = aktywne)

LINEAR SOLVER (SOLWER LINIOWY)

- ICFLAG 1** Cholesky solver
- ICFLAG 2** SIC solver
- ICFLAG 3** SOR solver
- ICFLAG 4** PARDISO solver

SOLVER_SPEEDUP określający, czy należy użyć przyspieszonego solvera liniowego (tak = -7) lub nie (nie = -8)

MAXIT jest pierwszym kryterium zakończenia. Po osiągnięciu tej liczby iteracji rozwiązania iteracyjne SICCG i analogicznie SORCG zostają w każdym przypadku zakończone. Drukowane są jednak wartości wektora rozwiązania osiągnięte do tego punktu.

EPS Wartość tę porównuje się z normą wektora rezydualnego. Kiedy ta wartość zostanie osiągnięta dla solverów iteracyjnych SICCG i SORCG, osiągnięte rozwiązanie powinno charakteryzować się dobrą precyzją. To jest drugie kryterium zakończenia. Wprowadź stosunkowo małą wartość, np. 0,00001 lub 0,0000001. Pamiętaj, że w tej dziedzinie nie ma prawdy absolutnej! Bez względu na to, która norma wektora resztkowego jest porównywana z tą granicą – nigdy nie można być pewnym, że wszystkie elementy wektora rozwiązania są dokładne. Wybór EPS ma ogromny wpływ na liczbę iteracji, a tym samym na szybkość obliczeń. Pamiętaj o tym, porównując Z88Aurora z dużymi, komercyjnymi solverami (i tak nie wiesz, jakie kryteria zakończenia są stosowane wewnętrznie): Limit, który możesz tam ustawić, może nie mieć absolutnie nic wspólnego z EPS Z88. Jednakże szeroko zakrojone testy wykazały, że ugięcie różnych węzłów jest dość dobre w porównaniu z ugięciami rozwiązań komercyjnych, jeśli EPS mieści się w przedziale od 0,00001 do 0,0000001 przy podobnym czasie obliczeń. Uwaga: podczas obliczania dużych struktur MES przy użyciu różnych solverów i tak nigdy nie dowiesz się, który solver zapewni najlepszy wynik!

ALPHA jest *parametrem przyspieszenia zbieżności α* . Za pomocą tego parametru dla wstępnego kondycjonowania SIC wybierasz współczynnik przesunięcia α dla solvera iteracyjnego SICCG (od 0 do 1, dobre wartości mogą wahać się od 0,0001 do 0,1). 0,0001 to dobra wartość początkowa.

OMEGA jest *parametrem przyspieszenia zbieżności ω* . Za pomocą tego parametru dla wstępnego warunku SOR wybierasz współczynnik relaksacji ω dla solvera iteracyjnego SORCG (od 0 do 2, dobre wartości mogą wahać się od 0,8 do 1,2). Jaką wartość wybrać dla ω ? Dobre pytanie! Spróbuj ω z 1, co nigdy nie doprowadzi do całkowicie złych wyników, a następnie wypróbuj inne wartości w dalszych uruchomieniach z tą strukturą.

Przykład 1:

Chcesz użyć narzędzia Solver macierzy Iterations Sparse i zatrzymać się po 5000 iteracjach, limit wynosi 0,0000001, a parametr przyspieszenia zbieżności ω dla SOR wynosi 0,9, ponieważ chcesz użyć narzędzia SORCG-Solver („SORCG: rzadki, iteracyjny”). Zatem:

<i>MAXIT</i>	<i>5000</i>
<i>EPS</i>	<i>0,0000001</i>
<i>ALPHA</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>
<i>OMEGA</i>	<i>0,9</i>

Przykład 2:

Chcesz użyć narzędzia Iteration Sparse Matrix Solver i chcesz zatrzymać się dodatkowo po 10000 iteracji, granica będzie wynosić 10^{-9} , a współczynnik przyspieszenia zbieżności α dla SIC będzie wynosić 0,001, ponieważ chcesz użyć SICCG-Solver („SICCG: rzadkie, iteracyjne”). Zatem:

<i>MAXIT</i>	<i>10000</i>
<i>EPS</i>	<i>1e-9</i>
<i>ALFA</i>	<i>0,001</i>
<i>OMEGA</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>

Przykład 3:

Chcesz użyć bezpośredniego narzędzia Sparse Matrix Solver z wypełnieniem („Pardiso: sparse, direct”) i masz zainstalowane w komputerze dwa dwurdzeniowe procesory. Zatem:

<i>MAXIT</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>
<i>EPS</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>
<i>ALPHA</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>
<i>OMEGA</i>	<i>Wartość standardowa bez znaczenia</i>
<i>ICORE</i>	<i>4</i>

Przykład 4:

Chcesz użyć solwera Cholesky'ego. Zatem wartości kontrolne MAXIT, EPS, ALPHA, OMEGA i ICORE mogą być dowolne i nie mają znaczenia.

VIBRATION SOLVER

ICFLAG 5 to solwer Lanczos Z88EI

MAXIT jest pierwszym kryterium zakończenia. Po osiągnięciu tej liczby iteracji solwer Lanczosa w każdym przypadku zostaje zakończony. Drukowane są jednak wartości wektora rozwiązania osiągnięte do tego punktu.

EPS jest kryterium zakończenia. Jest to pomiar mający na celu ustalenie, że obliczone wartości własne nie ulegną już znaczącym zmianom.

EIGDIFF to różnica między dwiema wartościami własnymi, która określa, że te dwie wartości własne są traktowane jako dwie różne wartości.

EIGNUM to liczba określonych częstotliwości. Obliczane są tylko najniższe częstotliwości.

EIGSTEP określa liczbę iteracji, po czym sprawdzane jest, czy osiągnięto EPS.

THERMAL SOLVER

ICFLAG 2 -> patrz Solver liniowy

ICFLAG 3 -> patrz Solver liniowy

ICFLAG 4 -> patrz Solver liniowy

MAXIT -> zobacz Solver liniowy

EPS -> zobacz Solver liniowy.

ALFA -> zobacz Solver liniowy

OMEGA -> zobacz Solver liniowy

THERMOMODE jest flagą kontroli wewnętrznej. W przypadku analizy termicznej w stanie ustalonym i analizy termomechanicznej należy ją ustawić na 1.

THERMOMECHANIC jest wymagany do analizy termomechanicznej. Musi być ustawiony na 1 (0: analiza termiczna w stanie ustalonym)

NONLINEAR SOLVER (SOLWER NIELINIOWY)

ICFLAG 2 -> patrz Solver liniowy

ICFLAG 3 -> patrz Solver liniowy

ICFLAG 4 -> patrz Solver liniowy

MAXIT -> zobacz Solver liniowy

EPS -> zobacz Solver liniowy.

ALFA -> zobacz Solver liniowy

OMEGA -> zobacz Solver liniowy

NLFLAG określa metodę: *Newtona-Raphsona* (1) lub metodę długości łuku według *Riksa* (2)

NLAERH określa liczbę kroków potrzebnych do przyłożenia całkowitego obciążenia.

MAXNLIT określa maksymalną liczbę iteracji solwera nieliniowego.

EXIT kończy pracę solwera, jeśli norma jest mniejsza niż TOL (1) lub jeśli norma wciąż rośnie (2)

TOL ograniczenie zakończenia: wartość normy musi być mniejsza niż TOL, aby można było znaleźć rozwiązanie.

AUTOGAUSS steruje automatyczną zmianą solwera: Jeśli flaga jest aktywna (1), zmiana odbywa się automatycznie w przypadku bardzo małych struktur, jeśli jest wyłączona (0) nie ma zmiany.

OUTPUTFLAG kontroluje wyjście rozwiązania: wyjście tylko dla całkowitego obciążenia na końcu algorytmu (0), wyjście po każdym częściowym obciążeniu (1) lub wyjście po każdej iteracji (2).

OUT_CAUCHY steruje obliczaniem naprężenia: (1) obliczane jest naprężenie lub (0): nie oblicza się naprężenia.

OUT_INT9OFFS aktywuje udostępnienie specjalnego pola pamięci, które jest wymagane np. dla obliczenia naprężenia (jeśli obliczanie naprężenia jest aktywne, flaga ta również musi być aktywna): 1=aktywna, 0=nieaktywna

PARSP organizuje zarządzanie pamięcią: jeśli flaga jest aktywna (1), zapewniana jest dodatkowa pamięć w celu zapisania rzadkiego wskaźnika IP i IEZ w celu przyspieszenia obliczeń; jeśli jest nieaktywny (0), przeprowadzane jest iteracyjne przeliczenie.

ELEFORM określa zastosowaną formułę elementu. Domyślną wartością jest 1 dla sformułowania elementu Lagrange'a, który wykrywa nieliniowość geometryczną. Formuła elementu Eulera, odpowiednia również dla nieliniowości geometrycznych, jest używana z 2. W przypadku nieliniowości materiałowych ELEFORM musi być ustawiona na 3. Następnie stosowane jest wielopolowe sformułowanie Simo i Hughesa. Zwykle tej flagi nie trzeba ustawiać ręcznie, ponieważ Z88Aurora lub konwerter AG2NL automatycznie ustawia flagę w zależności od modelu konstytutywnego.

LASTST określa albo użycie równoodległych stopni obciążenia (bez spring back (sprężyny powrotnej)) (ustaw LASTST na 0), albo aktywuj kontrolę obciążenia w pliku Z88NLI8.TXT (ustaw LASTST na 1). Kontrola obciążenia jest aktywowana automatycznie, jeśli konieczne jest obliczenie sprężyny powrotnej.

SPRING_BACK aktywuje obliczenia sprężyny powrotnej i określa liczbę stopni obciążenia do obliczeń. Wartość 5 oznacza, że na przykład sprężyna powrotna wykorzystuje pięć stopni. Obliczanie sprężyny powrotnej jest wyłączone przy wartości 0.

BGLAENG określa długość łuku dla metody *Riksa*

STRESS (NAPREŻENIE):

KDFLAG: [LONG]

0 = standardowe obliczenie naprężenia

1 = dodatkowe obliczenia naprężeń promieniowych i stycznych dla elementu nr 3, 7, 11, 14

ISFLAG: *Wybór hipotezy zredukowanego naprężenia [Long]*

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia *von Misesa*

2 = naprężenia główne lub *Rankine'a*

3 = naprężenia *Tresca*

Przykład 1: Konstrukcja zawierająca płaskie elementy naprężeniowe nr 7 może obliczać dodatkowo naprężenia promieniowe i styczne, zatem $KDFLAG = 1$. W obliczeniach naprężeń zredukowanych można zastosować kryterium *v.Misesa*: $ISFLAG = 1$.

Zatem:

$KDFLAG\ 1$

$ISFLAG\ 1$

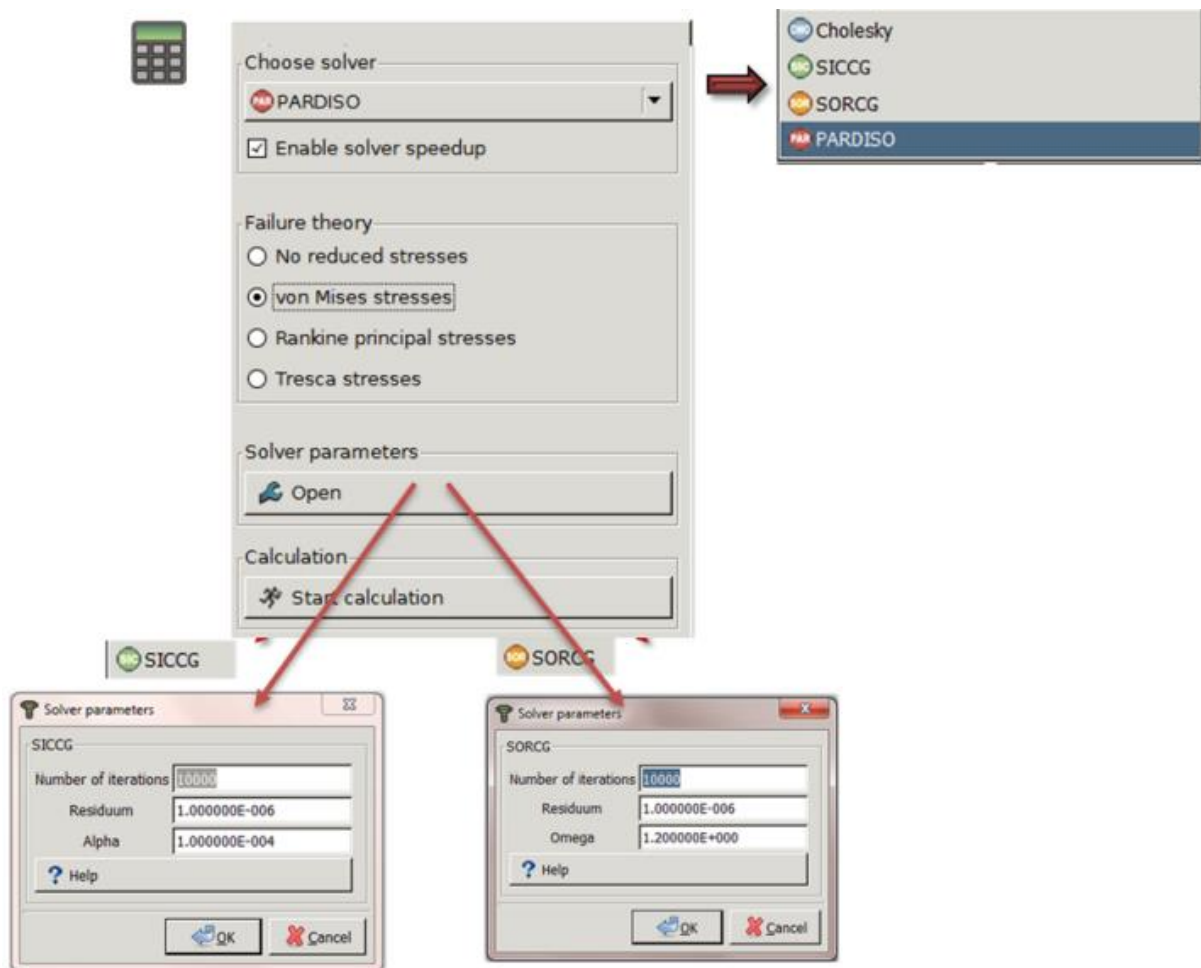
Przykład 2: Konstrukcja zawierająca płaskie elementy naprężenia nr 7 może obliczać tylko naprężenia domyślne, zatem $KDFLAG = 0$. Bez obliczania naprężeń zredukowanych: $ISFLAG = 0$.

Zatem:

$KDFLAG\ 0$

$ISFLAG\ 0$

W menu „Solver” w obszarze „Solver options (Opcje solwera)” można edytować parametry różnych solwerów. Więcej informacji na temat korzystania z menu solwera można znaleźć w instrukcji obsługi.



Rysunek 6: Menu opcji solwera do kontroli parametrów solwera czterech zintegrowanych typów solwera

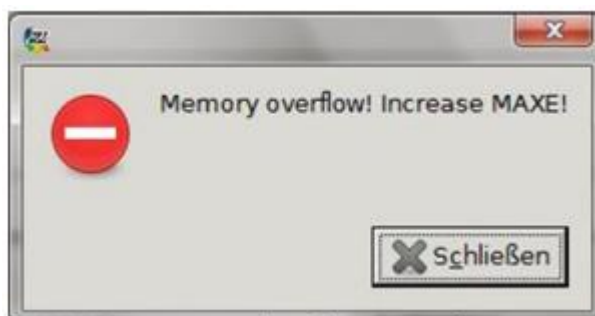
3.2.8 PLIK KONTROLNY SOLWERA Z88.DYN

Ustawienia ogólne, takie jak zapotrzebowanie na pamięć czy wygląd Z88Aurora, są zdefiniowane w dwóch plikach definicji Z88.DYN i Z88ENVIRO.DYN. Użytkownik może wpływać na swoje sterowanie poprzez menu opcji (pod „Pomoc” > „Opcje”). Więcej informacji na temat ustawień w menu opcji można znaleźć w instrukcji obsługi Z88Aurora.

Pliki znajdują się w katalogu roboczym Z88Aurora, czyli w zależności od platformy, w `c:/z88auroravxb/*` (Wybór system operacyjny/bin. Katalogu roboczego nie można mylić z katalogiem projektu, który jest wybierany lub zdefiniowany samodzielnie przez użytkownika podczas uruchamiania programu).

Cel i struktura pliku definicji Z88.DYN

Na początku programu Z88Aurora żąda określonej ilości pamięci, którą można kontrolować za pomocą pliku Z88.DYN. Oprócz tego Z88.DYN definiuje język dla Z88Aurora i wszystkich dostępnych modułów Z88. W celu alokacji pamięci plik zawiera różne parametry, które określają maksymalny możliwy rozmiar obliczanych struktur. Na przykład MAXE określa maksymalną liczbę elementów do obliczenia elementów skończonych. Jeśli podczas użytkowania Z88Aurora okaże się, że pamięć jest niewystarczająca, pojawi się odpowiedni komunikat o błędzie, patrz rysunek 7.



Rysunek 7: Przepelnienie pamieci z powodu zbyt wielu węzłów

Następnie otwiera się okno dialogowe „Opcje”, w którym w zakładce „Pamięć” można zwiększyć odpowiedni parametr, patrz rysunek 8. Ze względów bezpieczeństwa i stabilności parametry pamięci zawsze mają przesunięcie około pięciu. Zatem do obliczeń modelu zawierającego 1000 elementów parametr pamięci MAXE należy ustawić na 1005. Po zamknięciu okna dialogowego Z88Aurora zostaje zamknięta. W tle plik definicji został zmieniony zgodnie z ustawieniami. Zmiany te zostaną uwzględnione przy następnym uruchomieniu Z88Aurora. Nie będzie utraty danych! Parametry pamięci można także edytować bez wcześniejszego ostrzeżenia o przepelnieniu pamięci. W tym celu w menu „Pomoc” wybierz funkcję „Opcje”. Zakładka „Pamięć” zawiera wszystkie parametry pamięci MAXK dla maksymalnej liczby węzłów i MAXE dla maksymalnej liczby elementów. Po zamknięciu okna dialogowego należy ponownie uruchomić Aurorę. Plik Z88.DYN może być również edytowany ręcznie przez doświadczonych użytkowników. Ważne jest, aby w każdym przypadku określone słowa kluczowe pozostały. Puste linie lub komentarze są opcjonalne, rozpoznawane są tylko słowa kluczowe pisane wielkimi literami. Po słowie kluczowym następuje wartość całkowita oddzielona co najmniej jednym odstępem. Kolejność słów kluczowych jest opcjonalna.

Dla Z88 nie ma ograniczeń co do wielkości konstrukcji. Maksymalny rozmiar jest ograniczony jedynie wirtualną pamięcią Twojego komputera i Twoją wyobraźnią! Jednakże w przypadku bardzo dużych struktur można użyć Z88 z 64-bitowymi liczbami całkowitymi i wskaźnikami (tj. 64-bitowymi wersjami dla Windows i Mac OS X), aby uniknąć przepelnienia wewnętrznych liczników pętli.



Rysunek 8: Ustawienia pamięci w menu opcji

W wersji 64-bitowej używa Z88Aurora

- Liczby zmiennoprzecinkowe z Double = 8 bajtów i
- Liczby całkowite i wskaźniki z wartościami Long = 8 bajtów.

Rysunek 9 przedstawia przykład pliku Z88.DYN z wymienionymi słowami kluczowymi.

```
DYNAMIC START
*-----
Z88Aurora
-----

*-----
LANGUAGE
-----
GERMAN
-----

*-----
Common entries for all modules
-----

COMMON START
MAXE          500000
MAXK          500000
COMMON END
DYNAMIC END
```

Rysunek 9: Przykład pliku sterującego Z88.DYN

Plik musi zaczynać się od słowa kluczowego DYNAMIC START i kończyć się słowem kluczowym DYNAMIC END. Po wpisaniu języka GERMAN, jako język zostanie wybrany niemiecki, w przypadku języka angielskiego wybierz ENGLISH. Pomiedzy liniami COMMON START i COMMON END znajdują się parametry pamięci.

MAXK Maksymalna liczba węzłów w konstrukcji.

MAXE Maksymalna liczba elementów w konstrukcji.

3.2.9 PLIK DEFINICJI Z88ENVIRO.DYN

Z88Aurora zawiera funkcję zarządzania folderami projektów. Podczas pracy z Z88Aurora należy wybrać katalog projektu. Tutaj przechowywane są wszystkie pliki wejściowe i wyjściowe. Katalog główny zawiera dane protokołu. Oprócz tego przechowywanych jest tutaj również kilka innych ścieżek. Umożliwiają one na przykład zautomatyzowany dostęp do przeglądarek tekstu, takich jak Adobe Reader. Ponadto przechowywane są tutaj niektóre flagi kontrolne do konfiguracji interfejsu użytkownika, np. flaga określająca domyślnie ustawioną liczbę procesorów (CPU_NUM).

Tabela 4: Lista flag pliku Z88ENVIRO.DYN

flaga	przeznaczenie	możliwe wartości
SHOW_SURFACE	Kontroluje, czy po uruchomieniu programu, pokazane są wszystkie elementy (-8) lub tylko elementy powierzchniowe (-7)	-8 -7
SCROLLER	Szybkość kółka przewijania dla wyświetlania widoku	1 do 299
ROTATOR	Prędkość obrotowa dla wyświetlania widoku	0,1 do 2,0
TRANSLATOR	Prędkość przemieszczenia dla wyświetlenia widoku	0,1 do 2,0
RESOLUTION	Rozmiar okna wejściowego Aurora	Możliwe rozmiary, patrz menu opcji
MPC_RIGID	Brak wpływu na Z88Aurora	-
MPC_USER	Brak wpływu na Z88Aurora	-
MPC_TYP	Brak wpływu na Z88Aurora	-
CULLING	Usuwanie tylnej powierzchni. Usuwanie niewidocznych powierzchni w celu uzyskania szybszego wyświetlania	-8: brak usuwania -7: z usuwaniem
SPIDER_START	Wsparcie przepływu pracy SPIDER	-8: brak wsparcia -7: ze wsparciem
SHOW_START_INFO	Pokaż ekran startowy	-8: nie -7: tak
CPU_NUM	Liczba używanych jąder obliczeniowych w obliczeniach	1 do ...
CONFIRM_DIALOG_TRANSFORM_BC	Określa, czy każda manipulacja częścią (przesunięcie, obrót, skalowanie) powoduje wyświetlenie okna komunikatu	1: pokaż 0: nie pokazuj
CONFIRM_SOLVER_START	Określa, czy i kiedy klikniesz przycisk „Rozpocznij obliczenia”, solwer zostanie uruchomiony natychmiast, czy tylko przejdzie przez konwerter.	1: tylko konwerter 0: uruchom natychmiast
PICKING_USE_CTRL_KEY	Określa, czy kompletacja może odbywać się z klawiszem CTRL (1) czy bez (0).	1: wybieranie za pomocą CTRL 0: pobieranie bez CTRL
SHOW_LEGEND_BC	Określa, czy wyświetlana jest legenda warunków brzegowych	1: pokaż 0: nie pokazuj
SHOW_LEGEND_POST	Określa, czy wyświetlana jest legenda wyników.	1: pokaż 0: nie pokazuj
INTORD_TYP_1...24	Kolejność całkowania w kompilacji	wartość: liczba punktów Gaussa
INTOS_TYP_1...24	Kolejność całkowania dla wyświetlania naprężeń	wartość: liczba punktów Gaussa
TOOLBAR 1	Pokazuje pasek narzędzi; wartości odnoszą się do odpowiednich ikon, patrz instrukcja obsługi	0: ukryty 1: pokazane
TOOLBAR 2	Pokazuje dodatkowy pasek narzędzi; wartości odnoszą się do odpowiednich ikon, patrz instrukcja obsługi	0: ukryty 1: pokazane

TOOLBAR 3	Pokazuje dodatkowy pasek narzędzi; wartości odnoszą się do odpowiednich ikon, patrz instrukcja obsługi	0: ukryty 1: pokazane
TOOLBAR 4	Pokazuje dodatkowy pasek narzędzi; wartości odnoszą się do odpowiednich ikon, patrz instrukcja obsługi	0: ukryty 1: pokazane

INTOS_TYP_1...24 definiuje liczbę punktów Gaussa używanych do obliczeń naprężeń.

0 = Obliczenie naprężeń w węzłach narożnych, obliczenie naprężeń równoważnych nie jest możliwe.

Dla elementów izoparametrycznych nr 1, 7, 8, 10, 11, 12, 19, 20, 21 i 23:
1, 2, 3 lub 4 (tj. N x N) = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa, możliwe jest obliczenie naprężeń równoważnych. Dobra wartość wynosi 3 (= 3x3 punkty Gaussa). Dla typu 1 i typu 20 2 (=2x2 punkty Gaussa) może wystarczyć, np typ 19 4 (=4x4 punkty Gaussa) to właściwa wartość.

Dla elementów izoparametrycznych nr 14, 15, 18, 22 i 24:
3, 7 lub 13 (tj. N) = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa, możliwe jest obliczenie naprężeń zastępczych. Dobra wartość to 7 (=7 punktów Gaussa). Dla typu 18 wystarczą 3 punkty Gaussa

Dla elementów izoparametrycznych nr 16 i 17:
1, 4 lub 5 (tj. N) = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa, możliwe jest obliczenie naprężeń zastępczych. Dobra wartość to 7 dla typu 16. Dla typu 17 może wystarczyć 1 punkt Gaussa

Wartość ta nie ma znaczenia dla elementów nr 2, 3, 4, 5, 6, 9, 13 i 25. Najlepiej wpisać 1.

Na rysunku 10 znajdziesz przykład pliku definicji Z88ENVIRO.DYN. Z88ENVIRO.DYN znajduje się również w podkatalogu c : /z88auroraVx/ *(Wybór systemu operacyjnego)/bin.

```

*-----
Z88Aurora Version 4
-----

**FLAGS zum Ansteuern der verschiedenen Optionen
FLAG SHOW SURFACE      -8
FLAG SCROLLER          150
FLAG ROTATOR           1.000000
FLAG TRANSLATOR        1.000000

```

```

FLAG RESOLUTION          800 x 600
FLAG CULLING              -8
FLAG SPIDER_START        -8
FLAG SCOUNTER            916
FLAG SHOW_START_INFO     -8
FLAG LOAD_INFO_OFF       -8
FLAG CPU_NUM              2
FLAG CONFIRM_SOLVER_START 0
FLAG CONFIRM_DIALOG_TRANSFORM_BC 0
FLAG PICKING_USE_CTRL_KEY 1
FLAG SHOW_LEGEND_BC      1
FLAG GOD                  0
FLAG SHOW_LEGEND_POST    1
FLAG INTORD_TYP_1        3
FLAG INTORD_TYP_7        3
FLAG INTORD_TYP_8        3
FLAG INTORD_TYP_10       3
FLAG INTORD_TYP_11       3
FLAG INTORD_TYP_12       3
FLAG INTORD_TYP_14       7
FLAG INTORD_TYP_15       7
FLAG INTORD_TYP_16       4
FLAG INTORD_TYP_17       4
FLAG INTORD_TYP_18       3
FLAG INTORD_TYP_19       4
FLAG INTORD_TYP_20       2
FLAG INTORD_TYP_21       3
FLAG INTORD_TYP_22       7
FLAG INTORD_TYP_23       3
FLAG INTORD_TYP_24       7
FLAG INTOS_TYP_1         2
FLAG INTOS_TYP_7         3
FLAG INTOS_TYP_8         3
FLAG INTOS_TYP_10        3
FLAG INTOS_TYP_11        3
FLAG INTOS_TYP_12        3
FLAG INTOS_TYP_14        7
FLAG INTOS_TYP_15        7
FLAG INTOS_TYP_16        4
FLAG INTOS_TYP_17        4
FLAG INTOS_TYP_18        3
FLAG INTOS_TYP_19        4
FLAG INTOS_TYP_20        2
FLAG INTOS_TYP_21        3
FLAG INTOS_TYP_22        7
FLAG INTOS_TYP_23        3
FLAG INTOS_TYP_24        7

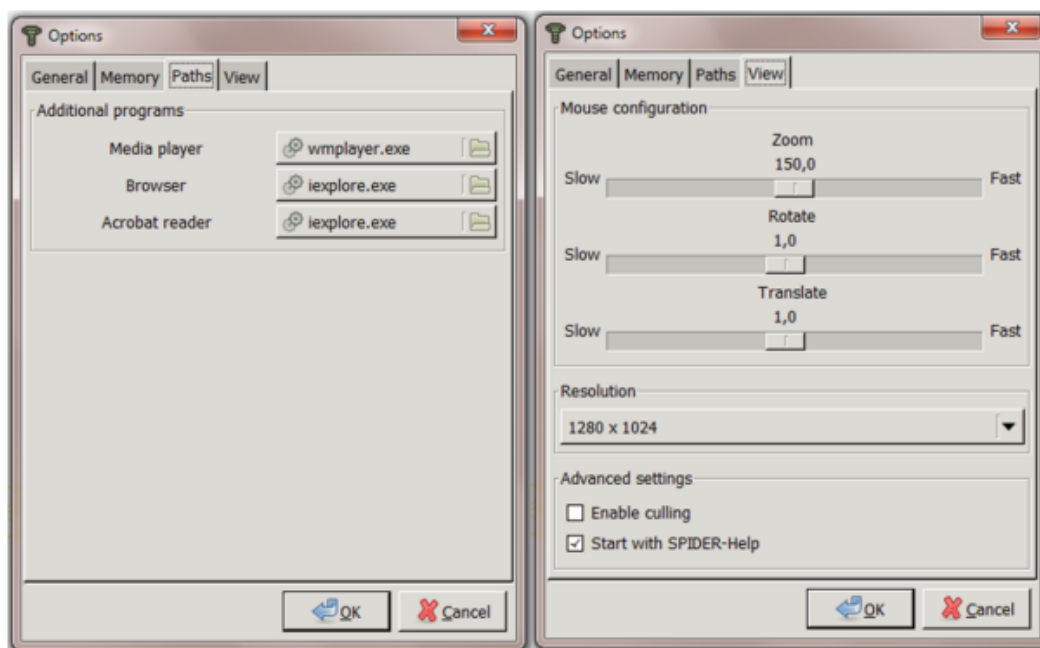
**PFADE zu externen Programmen
PATH P01_ACROBAT         "C:\ "
PATH P02_PLAYER          "C:\ "
PATH P03_BROWSER         "C:\ "
PATH P04_PROJECT         "C:\ "
**Buttons der Toolleisten
TOOLBAR 1 1
2 3 4 0 1 0 71 73 74 0 5 6 7 8 0 9 10 0 11 -1
TOOLBAR 2 1
50 51 52 53 0 54 55 27 72 0 22 23 24 25 -1
TOOLBAR 3 1
12 13 14 26 0 15 17 16 0 18 19 20 21 0 28 29 0 30 31 0 32 33 -1
TOOLBAR 4 1
41 42 43 44 45 46 47 48 0 35 0 36 37 64 0 65 0 39 0 40 -1

```

Rysunek 10: Przykład Z88ENVIRO.DYN

Linie poprzedzone * są ignorowane przez Z88Aurora. To są linie komentarzy. Za PATH znajduje się katalog programów zewnętrznych. Ścieżki muszą być zapisane wielkimi literami, w przeciwnym razie nie będzie można poprawnie zaimportować rolet. Flagi wymienione w tabeli 4 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden (Błąd! Nie można znaleźć źródła odniesienia) są oznaczone poprzedzającym słowem kluczowym FLAG. Można je zmienić poprzez „Help (Pomoc)” > „Options (Opcje)” w zakładce „View (Widok)”, patrz rysunek 11.

Za „PATH” znajdują się ścieżki programów zewnętrznych, do których można uzyskać automatyczny dostęp. Jeśli nie ma ścieżki, standardowo używany jest C:\. Ścieżki te, jak również wszystkie inne ustawienia Z88ENVIRO.DYN można modyfikować w opcji „Opcje” w menu „Pomoc”, patrz rysunek 11. Doświadczeni użytkownicy mogą je edytować bezpośrednio w pliku. Ścieżka „P04” zmienia się dynamicznie, gdyż zawiera ostatni katalog projektu, na podstawie którego otwierany jest folder projektu.



Rysunek 11: Flagi widoku standardowego (po lewej) i ustawienia ścieżki (po prawej)

3.2.10 PLIK HISTORII ZMIENNYCH Z88NLI7.TXT

Ten plik dotyczy tylko solwera nieliniowego Z88NL. Pozwala m.in. na rejestrowanie przemieszczeń węzła na poszczególnych etapach obciążenia. W ten sposób można szybko utworzyć charakterystykę siły i przemieszczenia w dyskretnych lokalizacjach. Ten plik nie jest tworzony automatycznie, należy go utworzyć ręcznie.

Poniżej pokazana jest struktura pliku Z88NLI7.TXT:

```
nhv
var[1] loc[1] iot[1]
var[2] loc[2] iot[2]
...
var[nhv] loc[nhv] iot[nhv]
```

Liczba nhv reprezentuje liczbę różnych zmiennych historycznych. Taką zmienną może być np. szczepek λ , przy czym w tym przypadku wymienione są wszystkie wpisy wektora odkształcenia. Dla każdej zmiennej plik Z88NLI7.TXT zawiera wiersz z trzema kluczowymi cyframi var, loc i iot. Liczba var określa wymiar fizyczny, np.: wydłużenia, liczba loc określa

lokalizację, na przykład numer węzła lub elementu, a liczba poza punktem całkowania, jeśli jest to element. Jeśli jest to węzeł, zaleca się ustawienie tej liczby na identyczną -1. Poniżej wymienione są wszystkie istotne wskaźniki:

kluczowa postać	znaczenie	przykład
nhv	liczba zmiennych historycznych	3
var	identyfikator zmiennych	2
loc	lokalizacja zmiennych	2589
iot	numer punktu integracji	4

Wymiary fizyczne, które można zarejestrować, mają unikalny typ zmiennej. Te typy zmiennych są wymienione poniżej:

typ zmiennej	wymiar fizyczny	lista wyjść
1	krok ładowania i	i
2	przemieszczenia \mathbf{u}	u, v, w
3	naprężenia \mathbf{P} (naprężenia nominalne)	$P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{21}, P_{22}, P_{23},$ P_{31}, P_{32}, P_{33}
4	odkształcenie λ	$\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{23}$
5	macierz materiałowa \mathbf{C}	$C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}$ $C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{26}$ $C_{61}, C_{62}, C_{63}, C_{64}, C_{65}, C_{66}$
6	naprężenia Cauchy'ego σ (naprężenia rzeczywiste)	$\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23}$
7	równoważne odkształcenie plastyczne	ε_{vgl}^{pl}
8	naprężenie porównawcze	σ_v
9	siły wewnętrzne	I_k
10	suma sił wewnętrznych	$\sum_k I_k$

Ostatni typ jest cechą szczególną: tutaj sumowane są wszystkie zmienne historyczne typu 9 (wewnętrzne siły węzłowe). Dlatego typ 10 może wystąpić tylko raz i wymaga również co najmniej jednej zmiennej typu 9. Typ 10 jest bardzo przydatny, jeśli np. chcesz: zalecić przemieszczenia i chciałbyś poznać odpowiadającą im siłę.

Na koniec pokazano przykład pliku wejściowego Z88NLI7.TXT.

```
3
2 27 -1
5 389 4
3 391 1
```

W tym przykładzie tworzone są trzy zmienne historyczne. Pierwsza zmienna przechowuje przemieszczenia węzła 27 po każdym kroku obciążenia. Druga to macierz materiałowa czwartego punktu integracji 389. elementu. Na koniec opracowanie naprężenia pierwszego punktu całkowania elementu nr 1. 391 jest zarejestrowany. Jeżeli istnieje plik Z88NLI7.TXT, Solver Z88NL tworzy dodatkowy plik wyjściowy Z88NLOH.TXT. Ma to następującą strukturę:

```
nhv
var[1] loc[1] iot[1]
var[2] loc[2] iot[2]
...
var[nhv] loc[nhv] iot[nhv]
var[1] loc[1] iot[1]
1 Wert_x Wert_y Wert_z
2 Wert_x Wert_y Wert_z
...
n Wert_x Wert_y Wert_z
var[2] loc[2] iot[2]
1 Wert_x Wert_y Wert_z
2 Wert_x Wert_y Wert_z
...
n Wert_x Wert_y Wert_z
...
var[nhv] loc[nhv] iot[nhv]
1 Wert_x Wert_y Wert_z
2 Wert_x Wert_y Wert_z
...
n Wert_x Wert_y Wert_z
```

Tutaj n jest liczbą kroków obciążenia. Jeśli chodzi o naprężenia, to odpowiednio są to wartości Wert_xx, Wert_yy, Wert_zz, Wert_xy itd.

3.2.11 PLIKI WYJŚCIOWE Z88O.TXT

Poniższa lista stanowi przegląd plików wyjściowych Z88Aurora:

- Z88O0.TXT – (przygotowane dane wejściowe)
- Z88O1.TXT – (przygotowane warunki brzegowe)
- Z88O2.TXT – (przemieszczenia obliczone)
- Z88O3.TXT – (naprężenia obliczone)

- Z88O4.TXT – (obliczone siły węzłowe)
- Z88TO0.TXT – (temperatura obliczona)
- Z88TO1.TXT – (obliczony przepływ ciepła)
- Z88TO2.TXT – (obliczona rozszerzalność cieplna)
- Z88TO3.TXT – (obliczone siły cieplne)
- Z88TO4.TXT – (przemieszczenia obliczone)
- Z88TO5.TXT – (obliczone siły węzłowe)
- Z88TO6.TXT – (siły obliczeniowe (termomechaniczne))
- Z88TO7.TXT – (naprężenie obliczone (termomechaniczne))
- Z88NLO2.TXT – (przemieszczenia obliczone, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL)
- Z88NLO3.TXT – (obliczone naprężenie Cauchy’ego, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL)
- Z88NLOH.TXT – (obliczone zmienne historyczne, obliczenia nieliniowe za pomocą Z88NL)

Pliki Z88O5.TXT, Z88O8.TXT, Z88TO5.TXT, Z88TO8.TXT i Z88O14.TXT nie są zwykłymi plikami wyjściowymi Z88. Są one wewnętrznie wykorzystywane przez postprocesor i przechowywane jako pliki ASCII, dzięki czemu doświadczeni użytkownicy mogą w razie potrzeby używać ich do własnych procedur.

4. MODUŁY Z88

Uwaga: Zawsze porównuj obliczenia ES z przybliżonymi obliczeniami analitycznymi, wynikami eksperymentów, rozważaniami na temat wiarygodności i innymi bez wyjątku testami!

4.1 INTERFEJSY CAD I FE

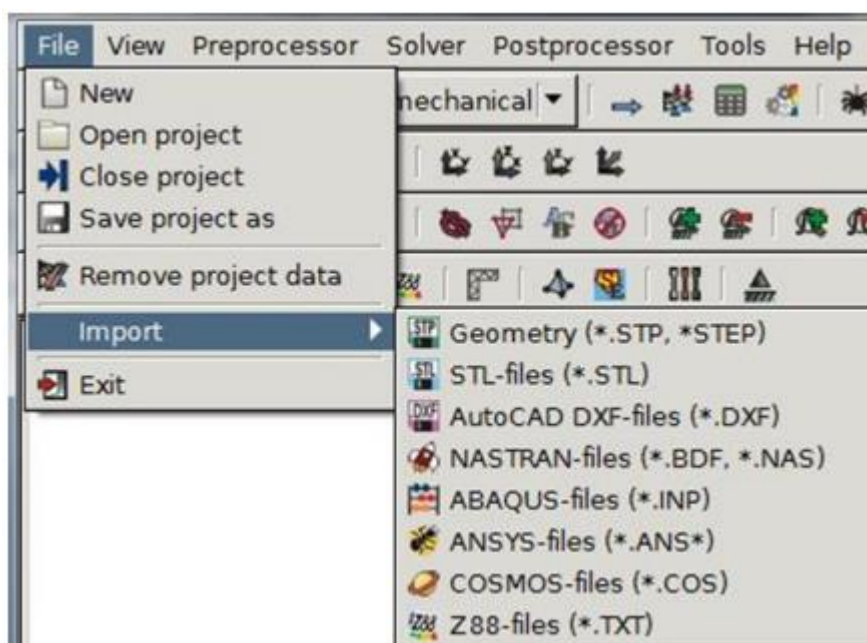
Z88Aurora oferuje możliwość importowania wielu ustalonych formatów plików z komercyjnych programów symulacyjnych, danych czystej geometrii lub superstruktur, a także ładowania istniejących danych FE z wersji 14 programu Open Source Z88. Każdy z tych konwerterów oferuje indywidualny zakres funkcji i własne możliwości ustawień, jeśli znajdzie taka potrzeba. Pliki Z88V13 i Z88Aurora V1 można migrować za pomocą zewnętrznego narzędzia do migracji MITOO do formatu pliku Z88V14.

Ponieważ jednak zwłaszcza rzeczywiste, zastrzeżone formaty danych programów symulacyjnych nie spełniają żadnych standardów krajowych ani międzynarodowych, odpowiedni producenci mogą przy wydawaniu nowej wersji wprowadzić zmiany w plikach, co może mieć wpływ na konwertery. W przypadku korzystania z neutralnych formatów geometrii lub danych produktu (STL lub STEP) może być konieczne dokonanie pewnych odpowiednich korekt w programach CAD, aby wygenerować funkcjonujący model ES z pożądaną dokładnością.

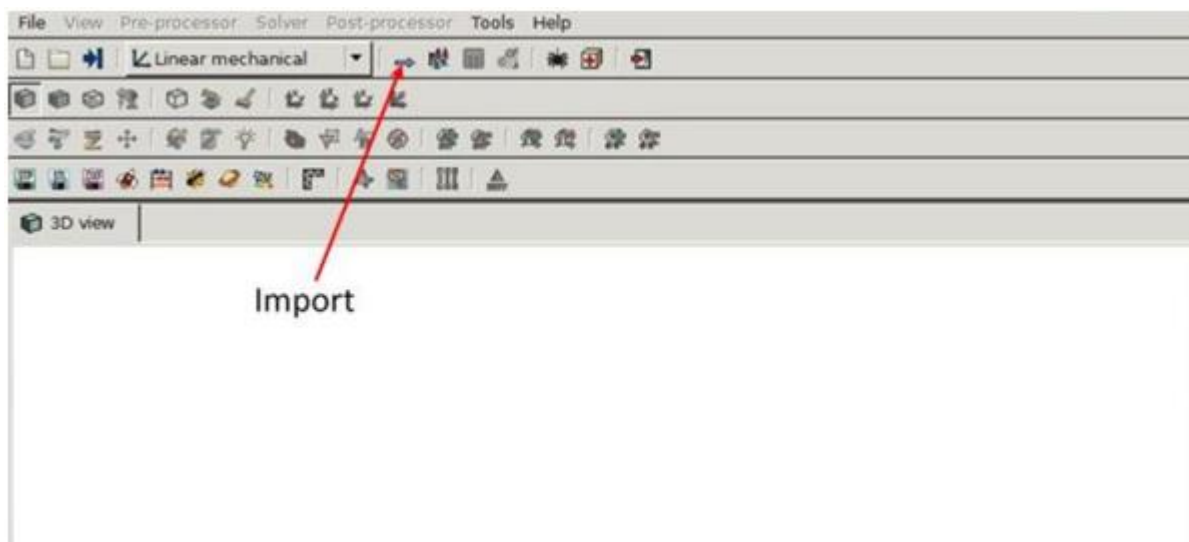
UWAGA: W poniższych akapitach podany jest zakres funkcji konwerterów oraz programy, z którymi były testowane. Pomimo intensywnych testów nie możemy zagwarantować kompatybilności plików z innych programów lub nowszych wersji. Proszę zwrócić uwagę na odpowiednie wsparcie w objaśnieniach.

Istnieją dwie możliwości dostępu do funkcji importu i eksportu plików:

1. Poprzez menu tekstowe (rysunek 12)
2. Za pomocą paska narzędzi (rysunek 13)



Rysunek 12: Import do menu tekstowego



Rysunek 13: Import i eksport za pomocą paska narzędzi

W zależności od zakresu funkcji konwertera można importować lub eksportować wiele danych modelu MES. Masz możliwość wygenerowania kompletnej struktury ES lub superstruktury, którą można dalej tworzyć siatkę za pomocą zintegrowanego mapowanego modułu mesher Z88N. Skończone elementy programu źródłowego są odpowiednio przekształcane w odpowiedni typ w Z88Aurora i można przyjąć dane materiałowe.

Zgodnie z oczekiwaniami interfejsy czystszej geometrii zawierają jedynie funkcję importowania obrazu trójwymiarowego bez żadnych informacji ES.

Tabela 5: Dane modelu, które można przenieść z danych konstrukcji ES

	Z88V14OS *	DXF AutoCAD	ABAQUS	ANSYS	COSMOS	NASTRAN
struktura ES	✓	✓	✓	✓	✓	✓
superstruktura ES	✓	✗	✗	✗	✗	✗
obciążenia punktowe	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Warunki Brzegowe	✓	✗	✓	✓	✓	✓
obciążenia powię i naciskowe	✓	✗	✓	✓	✗	✓

* (via MITOO)

Proszę zanotować:

Import plików AutoCAD DXF importuje tylko dane geometrii lub dane siatki ES z opcjonalnymi warunkami brzegowymi. Dane materiałowe, parametry elementów i kolejność integracji można później łatwo zdefiniować w Z88Aurora. Tylko wtedy można zagwarantować spójność danych w projektach Z88Aurora.

Pliki NASTRAN, ANSYS, ABAQUS i COSMOS można importować z warunkami brzegowymi. Właściwości materiału nie mogą zostać przeniesione w sposób zamierzony; są one dodawane w Z88Aurora. Przegląd danych materiałowych, które można zaimportować znajduje się w tabeli 5, informacje o możliwych typach elementów można znaleźć w tabeli 1 w rozdziale 2.3.

4.1.1 IMPORT PLIKÓW Z88

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Kompatybilność wsteczna jest jednym z podstawowych warunków skutecznego zastosowania systemu symulacyjnego. Kto chce zmieniać swoje modele co pół roku? Dlatego wszystkie pliki wejściowe z poprzednich wersji mogą być używane w Z88Aurora V4. Jeśli to konieczne, należy wprowadzić tylko kilka drobnych korekt.

Które wersje Z88 mogą współpracować z Z88Aurora V4?

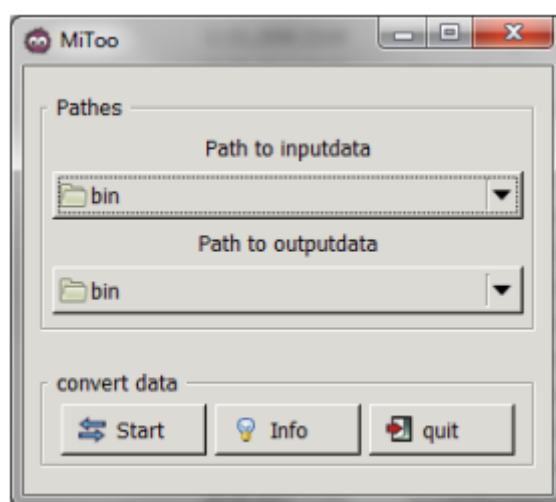
W zasadzie każdy plik wejściowy z każdej poprzedniej wersji może zostać zaimportowany. Funkcja przeznaczona jest głównie do importu plików z Z88 V14 OS lub Z88Aurora V2/V3 oraz – poprzez narzędzie do migracji MITOO – Z88 V13 i Z88Aurora V1. Dlatego starsze pliki należy zaktualizować do tych wersji. W tym celu często wystarczy dodać kilka flag lub wartości.

Narzędzie do migracji MITOO



Pliki z Z88V14 OS i Z88Aurora V2/V3 można importować bezpośrednio do Z88Aurora V4 bez MITOO

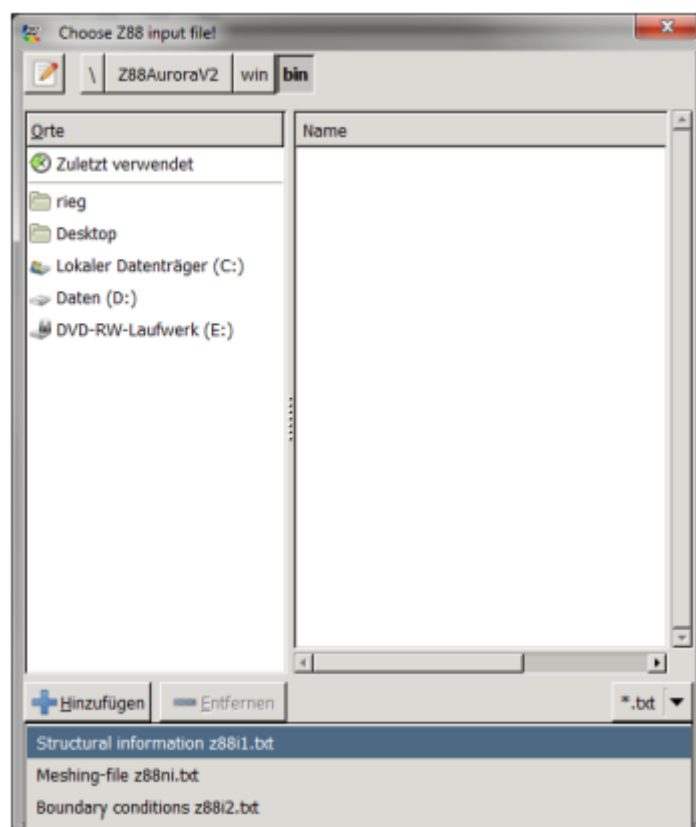
MITOO można wykorzystać do łatwej migracji plików Z88 V13 i Z88Aurora V1. MITOO generuje zestaw danych systemu operacyjnego Z88V14 (Z88I1.TXT, Z88I2.TXT, Z88I5.TXT, Z88MAN.TXT, Z88MAT.TXT, *.TXT, Z88INT.TXT, Z88ELP.TXT).



Rysunek 14: Narzędzie do migracji MITOO dla starszych plików Z88

Plik wykonywalny MITOO można znaleźć w folderze bin. Podwójne kliknięcie otwiera okno dialogowe migracji. Wybranie odpowiedniego folderu i „Start” powoduje konwersję danych.

Następnie menu importu i import można wykonać w zwykły sposób w Z88Aurora, patrz rys. 15. W przypadku kompletnych projektów można wybrać następującą opcję importu:



Rysunek 15: Import plików Z88

Zastosowanie plików Z88Aurora

W celu dalszego przetwarzania plików w systemie operacyjnym Z88V14 należy wstawić „enable write_only” w Z88 . FCD. Dzięki temu pliki są tworzone jako kompletny zestaw danych dla systemu operacyjnego Z88V14 w folderze Z88V14OSdata w katalogu bin. Ten folder jest nadpisany. Jeśli chcesz później wykorzystać te pliki, powinieneś przenieść je do innego folderu.

4.1.2 RĘCZNE TWORZENIE PLIKÓW Z88

Pliki Z88V14 można tworzyć ręcznie i importować do Z88Aurora. W tym celu pliki są montowane ręcznie.

OGÓLNE DANE KONSTRUKCYJNE Z88I1.TXT

W Z88I1.TXT wprowadzone są dane geometryczne konstrukcji.

Pierwsza grupa wejść:

Dane ogólne w pierwszym wierszu zawierają ogólne dane konstrukcji. Wszystkie liczby wpisz w wiersz, oddzielając je przynajmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long].

Pierwsza liczba: Wymiary konstrukcji (2 lub 3)

Druga liczba: Liczba węzłów konstrukcji MES

Trzecia liczba: Liczba elementów

Czwarta liczba: Liczba stopni swobody

Piąta liczba: Flaga współrzędnych KFLAG (0 lub 1) Uwaga: ta pozycja była w poprzednich wersjach Z88 zarezerwowana dla liczby materiałów NEG.

Wyjaśnienia:

KFLAG:

Po wprowadzeniu 0 oczekiwane są współrzędne kartezjańskie, natomiast po wprowadzeniu 1 oczekiwane są współrzędne biegunowe lub cylindryczne. Te ostatnie są następnie konwertowane na współrzędne kartezjańskie i następnie zapisywane w tej formie w Z8800.TXT. Uwaga: Elementy osiowosymetryczne nr 6, 8, 12 i 15 pozytywnie oczekują współrzędnych cylindrycznych, należy tutaj ustawić KFLAG na 0!

Druga grupa wejść:

Zaczynając od linii 2, zawierającej współrzędne węzłów, po jednej linii na węzeł, numery węzłów ściśle rosnące.

Pierwsza liczba: numer węzła [Long]

Druga liczba: Liczba stopni swobody dla tego węzła [Long]

Trzecia liczba: współrzędna X lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna R [Double]

Czwarta liczba: współrzędna Y lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna PHI [Double]

Piąta liczba: współrzędna Z lub, jeśli KFLAG wynosi 1, współrzędna Z [Double]

Współrzędna Z może zostać usunięta w strukturach dwuwymiarowych. Wprowadź kąty PHI w radianach.

Przykład 1: Węzeł nr 156 ma 2 stopnie swobody i współrzędne $X = 45.3$ i $Y = 89.7$.

> Zatem: 156 2 45.3 89.7

Przykład 2: Węzeł nr 68 ma mieć 6 stopni swobody (dołączona jest belka nr 2) i współrzędne cylindryczne $R = 100.$, $PHI = 0.7854$ (odpowiada 45°), $Z = 56.87$.

> Zatem: 68 6 100. 0.7854 56.87

Trzecia grupa wejść:

Rozpoczynający się po ostatnim węźle, zawierający koincydencję, czyli przydział typu elementu i odpowiadających mu węzłów każdego elementu. Wprowadź dwie linie dla każdego elementu skończonego. Numery elementów, podobnie jak numery węzłów, należy wprowadzać ściśle rosnąco.

Pierwsza linia:

Pierwsza liczba: Numer elementu [Long].

Druga liczba: Typ elementu (1 do 25) [Long].

Druga linia: W zależności od typu elementu

Pierwsza liczba: pierwszy numer węzła dla koincydencji [Long]

Druga liczba: drugi numer węzła dla koincydencji [Long]

...

20. liczba: 20. numer węzła dla koincydencji [Long]

Wpisz wszystkie liczby w wierszu, oddzielając je odpowiednio co najmniej jednym odstępem. Wszystkie liczby tutaj są typu [Long]

Przykład: Element naprężenia w płaszczyźnie izoparametrycznej nr 7 ma numer elementu 23. Zbieżność ma globalne węzły 14, 8, 17, 20, 38, 51, 55, 34 (lokalnie są to węzły 1-2-3-4 - 5-6-7-8) > W rezultacie powstają dwie linie:

23 7

14 8 17 20 38 51 55 34

PLIK WARUNKÓW BRZEGOWYCH Z88I2.TXT

W pliku Z88I2.TXT zapisywane są warunki brzegowe, przemieszczenia i siły działające na model. Obciążenia powierzchniowe umieszczane są w pliku Z88I5.TXT.

Pamiętaj o następujących formatach:

[Long] = 4 bajty lub 8 bajtów liczba całkowita

[Double] = 8-bajtowa liczba zmiennoprzecinkowa, alternatywnie z kropką lub bez.

Pierwsza grupa wejść:

Liczba warunków brzegowych/obciążeń

Pierwsza liczba: Liczba warunków brzegowych/obciążeń [Long]

.

Druga grupa wejść:

Zdefiniowano warunki brzegowe i obciążenia. Odpowiednio dla każdego warunku brzegowego i dla każdego obciążenia jedna linia.

Pierwsza liczba: numer węzła z warunkiem brzegowym: obciążenie lub ograniczenie [Long]

Druga liczba: Odpowiedni stopień swobody (1,2,3,4,5,6) [Long]

Trzecia liczba: Flaga stanu: 1 = siła [Long] lub 2 = przemieszczenie [Long]

Czwarta liczba: Wartość obciążenia lub przemieszczenia [Double]

Przykład: Węzeł 1 zostanie ustalony odpowiednio na 3 stopniach swobody. Węzeł 3 charakteryzuje się obciążeniem -1648 N w kierunku Y (tj. DoF 2), dla węzła 5 należy ustalić stopnie swobody 2 i 3. W rezultacie powstanie 6 warunków brzegowych.

> *Zatem:*

6

1 1 2 0

1 2 2 0

1 3 2 0

3 2 1 -1648

5 2 2 0

5 3 2 0

Dobrym pomysłem jest zdefiniowanie obciążeń powierzchniowych i nacisków w pliku Z88I5.TXT

W tym miejscu do Z88I2.TXT należy wprowadzić jedynie siły i ograniczenia.

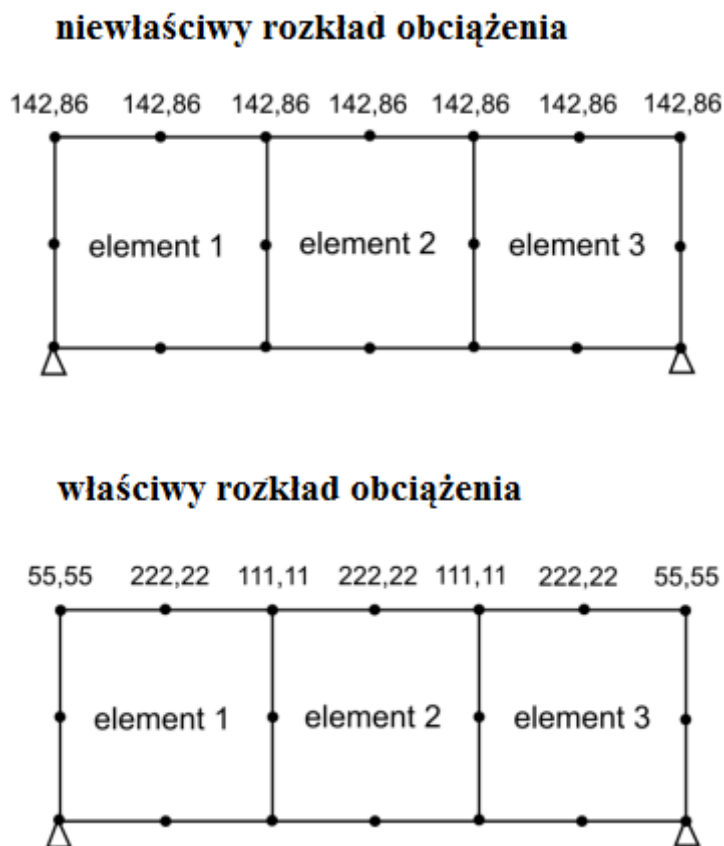
Oczywiście możliwe jest również „ręczne” przeliczenie obciążeń powierzchniowych na siły skupione i wprowadzenie tych sił do Z88I2.TXT (jest to klasyczny sposób, ale nieco uciążliwy).

Dla elementów o liniowej funkcji kształtu, np. W sześciianach nr 1 i torusie nr 6 obciążenia krawędziowe i powierzchniowe rozkładają się na elementy w prosty i bezpośredni sposób na odpowiednie węzły.

Natomiast dla elementów o wyższych funkcjach kształtu, tj. kwadratowych (naprężenie płaskie nr 3, nr 7, torus nr 8, sześciian nr 10 itd.) lub sześciennych (naprężenie płaskie nr 11 i torus nr 12) krawędzi i obciążenia powierzchniowe muszą być przyłożone do elementów według pewnych zasad, które nie zawsze są fizycznie oczywiste, ale matematycznie absolutnie poprawne. Co zaskakujące, niektóre składniki obciążenia mogą mieć wartości

ujemne. Choć fakty te nie są oczywiste, to jednak prowadzą do poprawnych wyników, co nie ma miejsca w przypadku intuicyjnego rozkładu obciążeń na poszczególne węzły.

Przykład może wyjaśnić fakty, patrz rysunek 16:



Rysunek 16: Rozkład obciążenia na węzłach

Konstrukcja MES składa się z trzech płaskich elementów naprężeniowych nr 7 z obciążeniem 1000 N rozłożonym na górnej krawędzi w kierunku Y, patrz rysunek 16:

Niepoprawnie: $1000 \text{ N} / 7 = 142.86 \text{ N}$ na węzeł. Nieprawidłowe dla elementów z funkcją kształtu kwadratowego.

Poprawnie: $2 \times 1/6 + 2 \times (1/6+1/6) + 3 \times 2/3 = 18/6 = 3$, odpowiada 1000 N

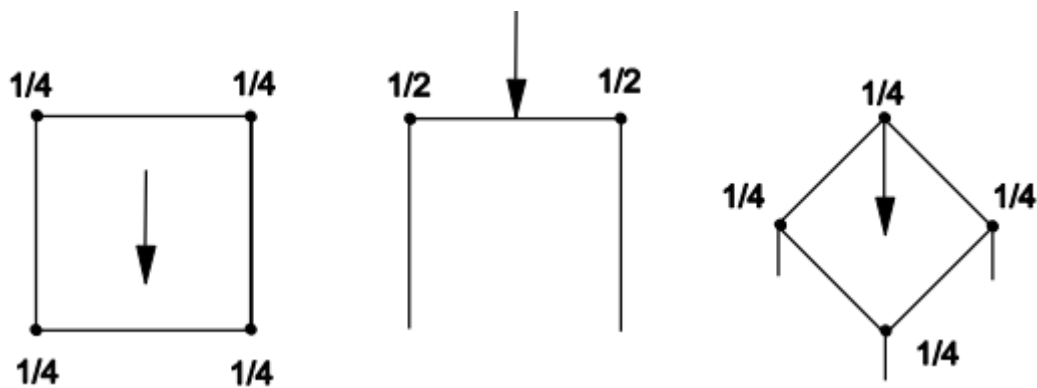
„1/6 punktu” = $1000/18 \times 1 = 55.55$

„2/6 punktów” = $1000/18 \times 2 = 111.11$

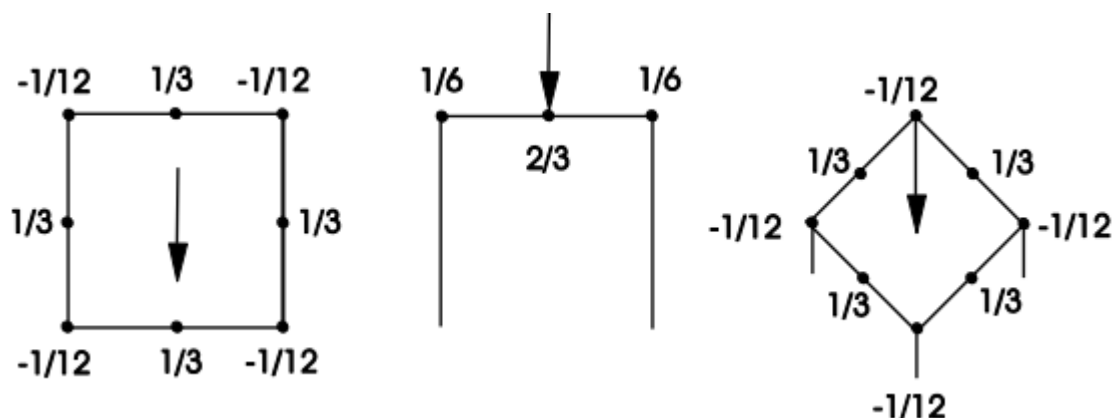
„2/3 punktów” = $1000/18 \times 4 = 222.22$

Kontrola: $2 \times 55.55 + 2 \times 111.11 + 3 \times 222.22 = 1000 \text{ N}$, ok.

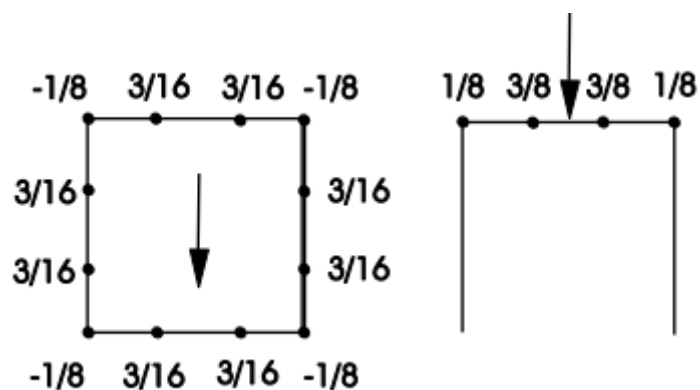
Dlatego:



Rysunek 17: Elementy z liniowymi funkcjami kształtu, np. Sześciościan nr 1



Rysunek 18: Elementy z kwadratowymi funkcjami kształtu, np. płaski element naprężenia nr 3 i 7, torus nr 8, sześcian nr 10



Rysunek 19: Elementy z funkcjami kształtu sześciennego, np. płaski element naprężający nr 11, torus nr 12

PLIK OBCIĄŻEŃ POWIERZCHNIOWYCH I CIŚNIENIOWYCH Z88I5.TXT

Ten plik musi zawsze istnieć. Jeśli nie masz żadnych obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych, wpisz 0 (zero) w pierwszej linii, dodaj RETURN i pomiń drugą grupę wprowadzania.

Pamiętaj o następujących formatach:

[Long] = 4 bajty lub 8 bajtów liczba całkowita

[Double] = 8-bajtowa liczba zmiennoprzecinkowa, alternatywnie z kropką lub bez

Pierwsza grupa wejść:

Pierwsza liczba: Liczba obciążeń powierzchniowych i naciskowych [Long]

Druga grupa wejść:

Obciążenia powierzchniowe i naciskowe – jedna linia na obciążenie. Oczywiście do elementu może być przyłożone więcej niż jedno obciążenie. Poniższe wpisy zależą od typu elementu z obciążeniem powierzchniowym i naciskiem, aby uniknąć niepotrzebnych wpisów danych. Jeśli chodzi o kierunki lokalne: Zdefiniuj lokalne kierunki r i s poprzez węzły i ich kolejność. Te lokalne kierunki obciążeń powierzchniowych mogą różnić się od lokalnego układu współrzędnych r i s elementu skończonego. Numeracja musi być zgodna z numeracją elementów, patrz rozdz. 5.

Zwykły element naprężający nr 7 i 14 oraz elementy torusowe nr 8 i 15:

Numer elementu z obciążeniem powierzchniowym [Double]

Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę krawędzi [Double]

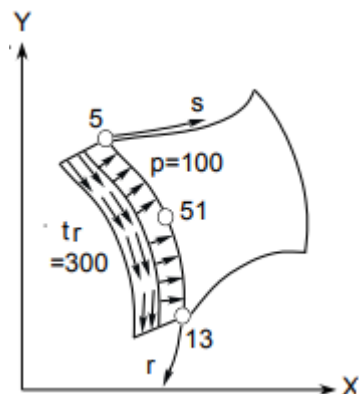
Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku r [Double]

3 węzły załadowanej krawędzi [3 × Double]

Przykład: Płaski element naprężający 97 charakteryzuje się obciążeniem powierzchniowym. Obciążenie należy przyłożyć na krawędź wyznaczoną przez węzły narożne 5 i 13 oraz węzeł środkowy 51. Jedno obciążenie powierzchniowe przykładane jest normalnie do krawędzi z siłą 100 N/mm, a drugie obciążenie powierzchniowe przykładane jest stycznie i dodatnio w lokalnym r kierunku z siłą 300 N/mm (określoną przez dwa węzły narożne).

Zatem:

> 97 100. 300. 5 13 51



Płaski element naprężający z obciążeniami powierzchniowymi

Sześcian nr 1:

Numer elementu z obciążeniem powierzchniowym i naciskiem [Long]

Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni [Double]

Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku r [Double]

Ścinanie styczne, dodatnie w kierunku lokalnym s [Double]

4 węzły obciążonej powierzchni [4 × Long]

Przykład: Sześcian 356 charakteryzuje się obciążeniami powierzchniowymi. Obciążenie należy przyłożyć do powierzchni wyznaczonej przez węzły narożne 51, 34, 99 i 12. Pierwszym obciążeniem powierzchniowym jest nacisk o wartości 100 N/mm. Drugie obciążenie powierzchniowe przykładane jest stycznie i dodatnio w lokalnym kierunku r z siłą 200 N/mm. Trzecie obciążenie powierzchniowe przykładane jest stycznie i dodatnio w kierunku lokalnym z siłą 300 N/mm. Zatem

> 356 100. 200. 300. 51 34 99 12

Sześcian nr 10:

Numer elementu z obciążeniem powierzchniowym i naciskiem [Long]
 Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni [Double]
 Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku r [Double]
 Ścinanie styczne, dodatnie w kierunku lokalnym s [Double]
 8 węzłów obciążonej powierzchni [$8 \times$ Double]

Przykład: Sześcian 456 charakteryzuje się obciążeniami powierzchniowymi. Obciążenie należy przyłożyć na powierzchnię wyznaczoną przez węzły narożne 51, 34, 99 i 12 oraz węzły środkowe 102, 151, 166 i 191. Pierwszym obciążeniem powierzchniowym jest nacisk o wartości 100 N/mm. Drugie obciążenie powierzchniowe przykładane jest stycznie i dodatnio w lokalnym kierunku r z siłą 200 N/mm. Trzecie obciążenie powierzchniowe przykładane jest stycznie i dodatnio w kierunku lokalnym s z siłą 300 N/mm. Zatem
 > 456 100. 200. 300. 51 34 99 12 102 151 166 191

Czworościan nr 17:

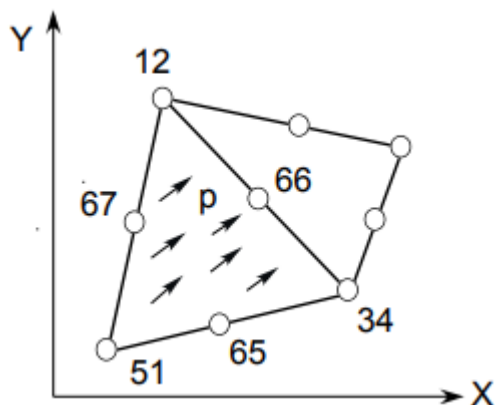
Numer elementu z obciążeniem naciskiem [Long]
 Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni [Double]
 3 węzły obciążonej powierzchni [$3 \times$ Double]

Przykład: Czworościan 356 charakteryzuje się obciążeniami powierzchniowymi. Obciążenie należy przyłożyć do powierzchni wyznaczonej przez węzły narożne 51, 34 i 12. Obciążenie powierzchniowe to nacisk o wartości 100 N/mm skierowany w stronę powierzchni, czyli dodatni. Zatem:
 > 356 100. 51 34 12

Czworościan nr 16:

Numer elementu z obciążeniem naciskiem [Long]
 Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni [Double]
 6 węzłów obciążonej powierzchni [$6 \times$ Double]

Przykład: Czworościan 888 charakteryzuje się obciążeniami powierzchniowymi. Obciążenie należy przyłożyć do powierzchni wyznaczonej przez węzły narożne 51, 34 i 12 oraz węzły środkowe 65, 66 i 67. Obciążenie powierzchniowe to nacisk o wartości 100 N/mm skierowany w stronę powierzchni, czyli dodatni. Zatem:
 > 888 100. 51 34 12 65 66 67



Tetraeder z obciążeniem naciskiem po jednej stronie elementu

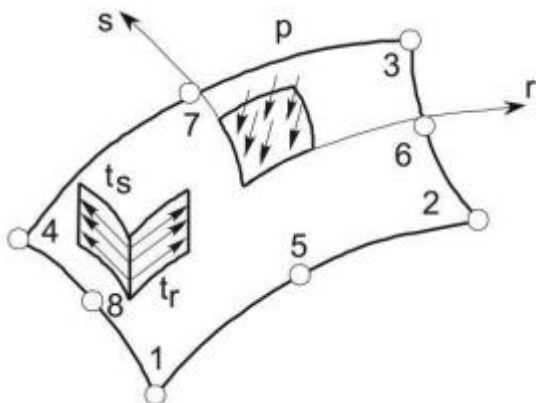
Elementy płytowe nr 18, 19 i 20:

Numer elementu z obciążeniem naciskiem [Long]
 Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni [Double]

Powłoka nr 21:

- > Numer elementu
- > Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni
- > Ścinanie styczne w lokalnym kierunku r
- > Ścinanie styczne w kierunku lokalnym
- > 4 węzły narożne i 4 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatni w widoku z góry.

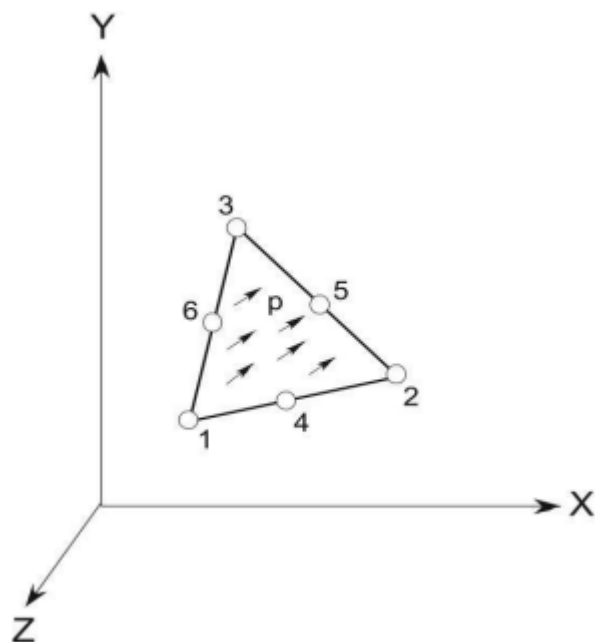
Lokalny kierunek r jest definiowany przez węzły 1 - 2; kierunek lokalny jest definiowany przez węzły 1-4. Węzły lokalne od 1 do 8 dla obciążenia powierzchniowego mogą różnić się od węzłów lokalnych od 1 do 8 używanych do koincydencji.



Powłoka nr 21 z obciążeniem ciśnieniowym

Powłoka nr 22:

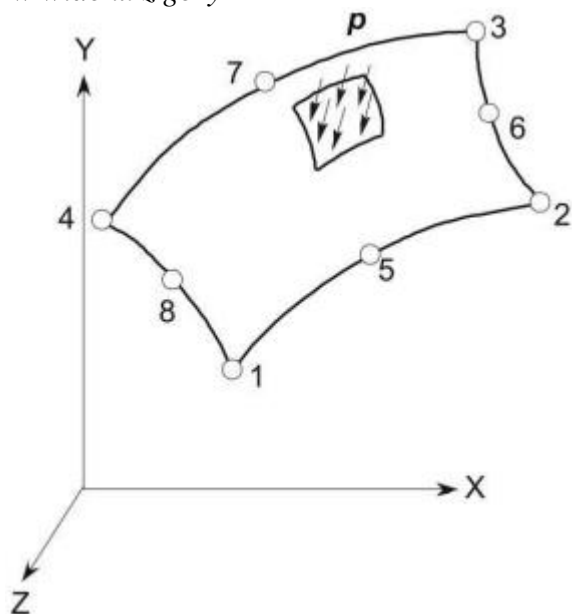
- > Numer elementu
- > Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni
- > 3 węzły narożne i 3 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatni w widoku z góry.



Powłoka nr 22 z obciążeniem ciśnieniowym

Powłoka nr 23:

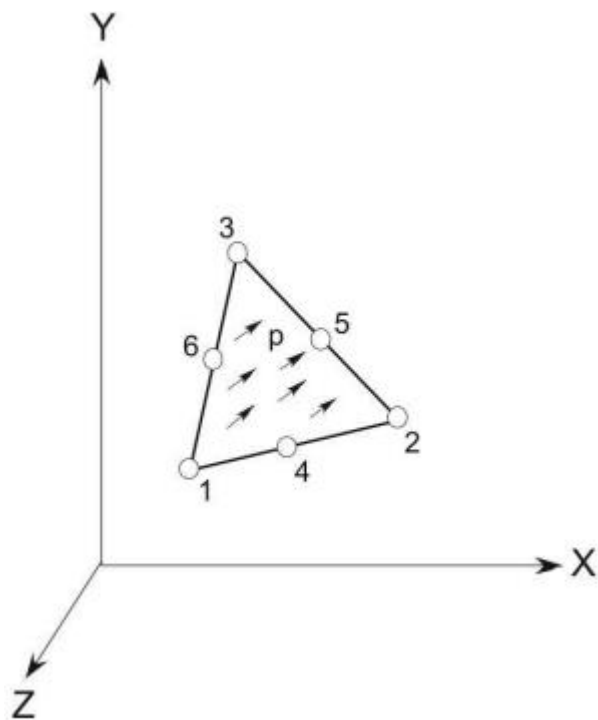
- > Numer elementu
- > Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni
- > 4 węzły narożne i 4 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatni w widoku z góry



Powłoka nr 23 z obciążeniem ciśnieniowym

Powłoka nr 24:

- > Numer elementu
- > Ciśnienie, dodatnie, jeśli jest skierowane w stronę powierzchni
- > 3 węzły narożne i 3 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatni w widoku z góry.



Powłoka nr 24 z obciążeniem ciśnieniowym

Sprawdzanie plików danych wejściowych Z88V14 przez Z88VRY

Moduł sprawdzania plików Z88VRY sprawdza zestawy danych wejściowych dla Z88 V14 i Z88Aurora. Z88VRY został napisany w Perlu, aby mieć jeden uniwersalny program dla wszystkich systemów operacyjnych, patrz dokument. Perl jest zawsze instalowany pod Linuksem i Snow Leopardem. W systemie Windows możesz załadować Perla ze strony www.perl.org. Możesz zainstalować Strawberry-Perl lub ActiveState-Perl. Jest to instalacja za pomocą jednego kliknięcia, bez żadnych problemów i nie powodująca szkód w systemie. Następnie uruchom moduł sprawdzania plików w „wierszu poleceń” systemu Windows lub terminalu UNIX w następujący sposób:

```
perl z88vry.pl -english -aurora
```

Spowoduje to sprawdzenie plików Z88 Z88I1.TXT, Z88I2.TXT i Z88I5.TXT

Chociaż Z88VRY rozpoznaje wiele możliwych błędnych możliwości i jest wewnętrznie dość skomplikowany, mogą wystąpić sytuacje takie jak w przypadku kompilatorów, gdzie błędy nie są wykrywane lub wydają się być rozpoznawane w innych fragmentach. Z88VRY zatrzymuje się po wykryciu pierwszego błędu, ponieważ w przeciwnym razie zazwyczaj generowane są z tego powodu błędy sekwencji. Dlatego też rozpoznany błąd należy natychmiast naprawić. Bezbłędny plik wejściowy rozpoznany przez Z88VRY może jednak prowadzić do subtelnych błędów w późniejszym uruchomieniu programu. Jednak prawdopodobieństwo jest w pewnym stopniu niskie. To stwierdzenie odnosi się do błędów formalnych: Z88VRY nie rozpoznaje niespójnych struktur, ani błędnych lub zbyt małych warunków brzegowych!



```
C:\puffer>perl z88vry.pl -english -aurora

      *****   ***   ***
       *         * * * * *
        *       * * * * *
         *     * * * * *
          *   * * * * *
           * * * * *
            *****   ***   ***

by Prof. FRANK RIEG (C), Germany 2012, V15
Z88VRY.PL: a Perl-written Z88 file checker

Start Z88VRY.PL, Aurora mode
1 --> Check of input data, no boundary conditions
2 --> Check of input data, boundary conditions included
3 --> Check of mapped mesher file z88ni.txt
9 --> Quit Z88VRY

Your choice: 1

*****
investigating 1st line of z88i1.txt
dimension 3 detected
17801 nodes detected
11209 elements detected
53403 degrees of freedom detected
cartesian coordinates for finite ele. detected
investigating nodal infos of z88i1.txt
nodal infos may be okay
investigating element infos of z88i1.txt
computed: ibflag=0, ipflag=0, ihflag=0
11209 elements of type 16 detected
element infos may be okay
z88i1.txt checked, no errors detected

all checks done - no errors detected.

C:\puffer>
```

Rysunek 20: Aplikacja konsolowa Z88VRY

4.1.3 PRZETWORNIK KROKÓW Z88GEOCON

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Obecny konwerter STEP opiera się na procedurach analizowania i przetwarzania danych pakietu Open Source 3D-Suite OpenCASCADE. Dlatego do Z88Aurora dołączone są odpowiednie źródła (stepread.cpp i geocon.cpp), a także kopia licencji GPL.

Większość systemów CAD 3D posiada możliwość przechowywania modeli w plikach zgodnych z międzynarodową normą DIN ISO 10303 (STEP: STandard for Exchange of Product model data). W większości przypadków używane są logi aplikacji AP203 i AP214. Przechowują one geometrię 3D opisaną w bardzo dokładnej formie w plikach tekstowych. W tej chwili tylko nieliczni producenci CAD godzą się z faktem, że STEP może przenieść o wiele więcej (notatki, parametry, materiały i wiele więcej) zgodnie z definicją. Jednakże geometrię można przeważnie dobrze zastosować również w programach ES, jeśli weźmie się pod uwagę kilka punktów:

- Każdy konwerter STEP programu CAD jest tak dobry, jak zastosowane jądro graficzne. Zatem, jeśli wyświetlacz CAD zawiera błędy, są one eksportowane wraz z danymi i mogą utrudniać przetwarzanie. Błędy te są częściowo spowodowane samym jądrem, częściowo eksportem zaśmieconych modeli.
- W systemie CAD zastosuj możliwie najwyższą tolerancję modelowania (tolerancja geometryczna np. $< 0,01$), jeśli masz możliwość wielokrotnego określenia tolerancji podczas eksportu, wybierz wyższą niż tolerancja modelowania (np. $= 0,01$).
- Upewnij się, że podczas eksportu używasz AP203 lub AP214.
- Jeżeli podczas importu pojawiają się problemy, rozważ uproszczenie modelu przed jego eksportem. Często małe zaokrąglenia lub fazowania są przyczyną bardzo małych krawędzi i powierzchni, które utrudniają obróbkę. Jeżeli nie są one obowiązkowe dla symulacji ES, można je wyeliminować i dlatego nie można ich eksportować.

Jakie systemy CAD mogą współpracować z konwerterem Step?

Dowolne systemy CAD, które mogą eksportować, czyli zapisywać pliki STEP. Nie możemy jednak zagwarantować żadnego sukcesu.

Jakie elementy obsługuje konwerter?

Z88Aurora najpierw generuje plik STL z zaimportowanych plików STEP w celu wizualizacji. Można to przenieść na struktury z elementów nr 16 lub nr 17 (czworokątne liniowe lub kwadratowe), a także elementy nr. 23 lub nr. 24 (powłoka z 8 lub 6 węzłami) za pomocą istniejących mesherów.

Jakie funkcje oferuje konwerter?

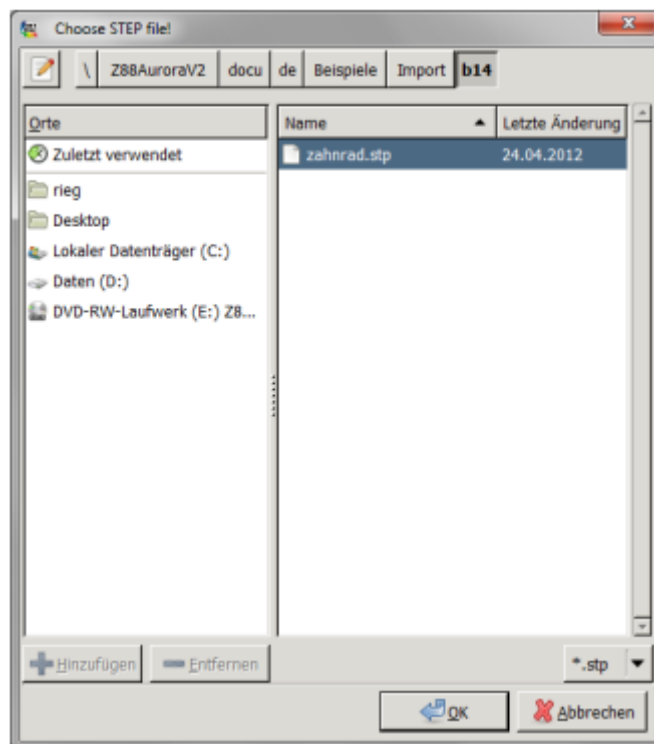
Z88Geocon > Konwersja > ze *.step lub *.stp do wizualizowanej superstruktury Z88I1.txt

Jak kontynuować?

1. Skonstruuj geometrię 3D do obliczenia w swoim systemie CAD. Należy przy tym pamiętać o wyżej wymienionych szczegółach i tylko o pojedynczych tomach (zespoły muszą być łączone) można importować. Eksportuj geometrię jako plik STEP AP203 lub AP214. Pamiętaj, aby wyeksportować model objętościowy, a nie model 2D lub model szkieletowy! Zaleca się sprawdzenie oryginalnego modelu i pliku wymiany ze zintegrowaną kontrolą geometrii pod kątem wadliwych i bardzo małych powierzchni.

2. W Z88Aurora wybierz File (Plik) > Import (Importuj) > Dane STEP. W kolejnym polu wyboru można wybrać tylko pliki STEP. Dlatego wybierz żądany plik (Rysunek 21).
3. Z Twojego pliku Z88GEOCON generuje STL, który jest wymagany do wizualizacji w Z88Aurora. Ten typ danych można teraz łączyć i przetwarzać.

Te same funkcje są dostępne po wejściu do importu STEP poprzez pasek narzędzi.



Rysunek 21: Importowanie plików STEP

4.1.4 KONWERTER STL Z88GEOCON

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Podobnie jak STEP, STL (stereolitografia) jest ustalonym i ustandaryzowanym formatem wymiany, który można wygenerować z wielu systemów CAD i CAM i jest często używany do szybkiego prototypowania i symulacji przepływu formy. Ponadto istnieją również systemy z obszaru Reverse Engineering, które potrafią generować dane STL z przechwytywania 3D. Oznacza to, że komponenty można symulować także bez użycia modelu CAD.

W przeciwieństwie do STEP – który potrafi bardzo dokładnie opisać powierzchnię elementu za pomocą krzywych Béziera lub splajnów – STL jest zawsze dyskretyzacją elementu, tj. wszystkie powierzchnie są podzielone na trójkąty o prostych krawędziach. Dlatego utrata dokładności występuje szczególnie w przypadku zaokrągleń, zaokrągleń lub otworów. Jednak i tak ma to miejsce w MES, najpóźniej po utworzeniu siatki. Należy jednak wziąć pod uwagę, że źle wygenerowany plik STL prowadzi do jeszcze bardziej rozległej utraty jakości w procesie tworzenia siatki. Dlatego też, jeśli Twój system źródłowy oferuje taką możliwość, podczas generowania danych STL powinieneś sprawdzić następujące ustawienia:

1. Kontrola kąta: Jeżeli w systemie CAD można zdefiniować minimalny kąt w trójkącie powierzchniowym, zaleca się dopuszczenie kątów o wartości co najmniej 30°. Bardzo ostre kąty, w zależności od meshera, w większości przypadków prowadzą do ostrych

- kątów w elementach siatki ES, co nieuchronnie albo generuje elementy, których nie można obliczyć (zbyt mały lub ujemny wyznacznik Jakobianu), albo daje złe wyniki.
2. Długość cięciwy: Bardzo mała długość cięciwy prowadzi również do powstania trójkątów równobocznych, jak to możliwe, i szczególnie małych trójkątów na wykresie powierzchniowym. Powinieneś wybrać najkrótszą prostą krawędź swojego modelu i przeprowadzić siatkę z np. połową tej wartości.
 3. Stosunek krawędzi: Iloraz najdłuższej i najkrótszej krawędzi trójkąta jest także miarą jego regularności. Tutaj należy wybrać wartość bliską 1.

Jakie systemy CAD mogą współpracować z Z88GEOCON?

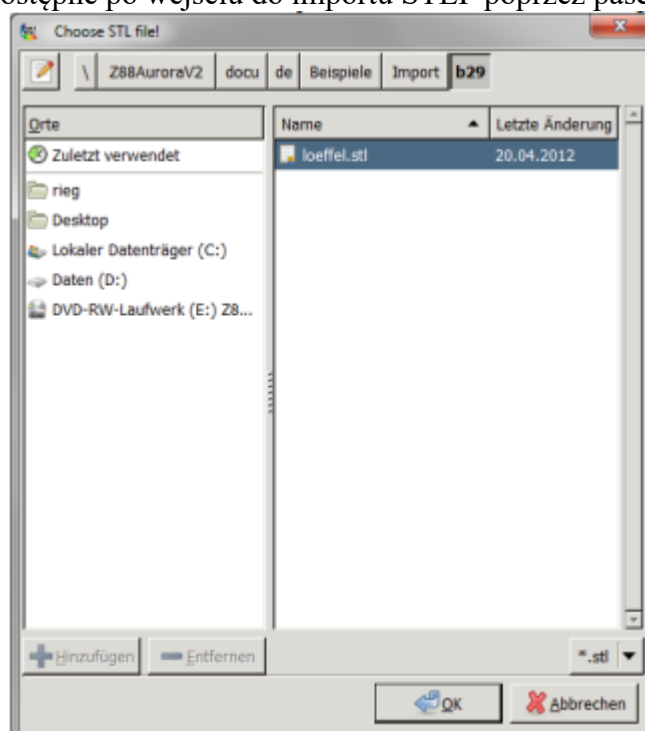
Dowolne systemy CAD, które umożliwiają eksport, czyli zapisywanie plików STL w formacie ASCII. Nie możemy jednak zagwarantować żadnego sukcesu.

Jakie elementy obsługuje konwerter?

Z88Aurora najpierw generuje wizualizację na podstawie zaimportowanych plików STL. Można to przenieść na struktury z elementów nr 16 lub nr 17 (czworokątne liniowe lub kwadratowe), a także elementy nr. 23 lub nr. 24 (powłoka z 8 lub 6 węzłami) za pomocą istniejących mesherów.

Jak kontynuować?

1. Skonstruuj geometrię 3D do obliczenia w swoim systemie CAD. Należy przy tym pamiętać o wyżej wymienionych szczegółach oraz o tym, że można importować tylko pojedyncze woluminy (zestawy muszą być łączone). Eksportuj geometrię jako plik STL. Zaleca się sprawdzenie oryginalnego modelu i pliku wymiany ze zintegrowaną kontrolą geometrii pod kątem wadliwych i bardzo małych powierzchni. Przyjrzyj się bliżej STL i poszukaj trójkątów o bardzo ostrych kątach. Jeżeli znajdują się one w istotnej dla obliczeń części komponentu, zaleca się jeszcze raz wyeksportować plik wymiany ze zmodyfikowanymi ustawieniami.
 2. W Z88Aurora wybierz File (Plik) > Import (Importuj) > STL Data (Dane STL). W kolejnym polu wyboru możesz wybrać tylko pliki STL. Dlatego wybierz żądany plik (rysunek).
 3. Geometria jest wizualizowana w Z88Aurora i może być przetwarzana.
- Te same funkcje są dostępne po wejściu do importu STEP poprzez pasek narzędzi.

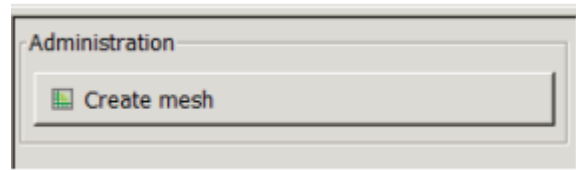


Rysunek 22: Importowanie plików STL

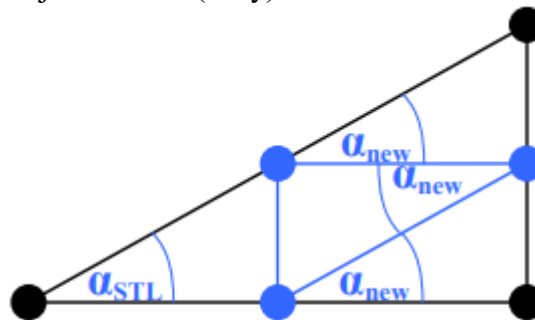
4.1.5 NARZĘDZIA STL

Rafiner STL

Pliki STL można udoskonalić przed uruchomieniem prawdziwego modułu mesher. Zaletą jest utrwalenie struktury STL. W ten sposób dostępne są wszystkie możliwości wspomnianych wcześniej generatorów siatek. Jako podmenu zaimplementowano przycisk „Create mesh (utwórz siatkę)”.



Wpisy parametrów nie są dostępne. Składający się z trójkąta STL jest automatycznie dzielony na cztery nowe trójkąty, jak widać na rysunku 23. Najmniejszy istniejący kąt α w nowej, udoskonalonej siatce pozostaje **constant** (stały).



STL-element

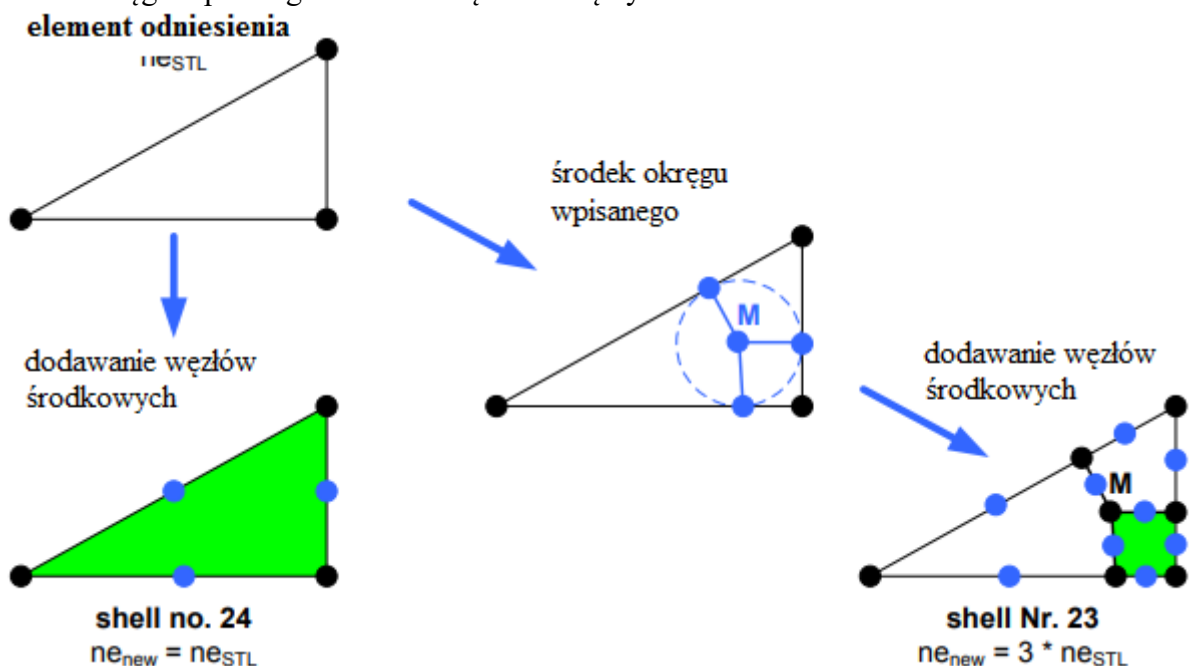
$$ne_{new} = 4 * ne_{STL}$$

Rysunek 23: Udoskonalenie STL



Konwertuj STL na element powłoki

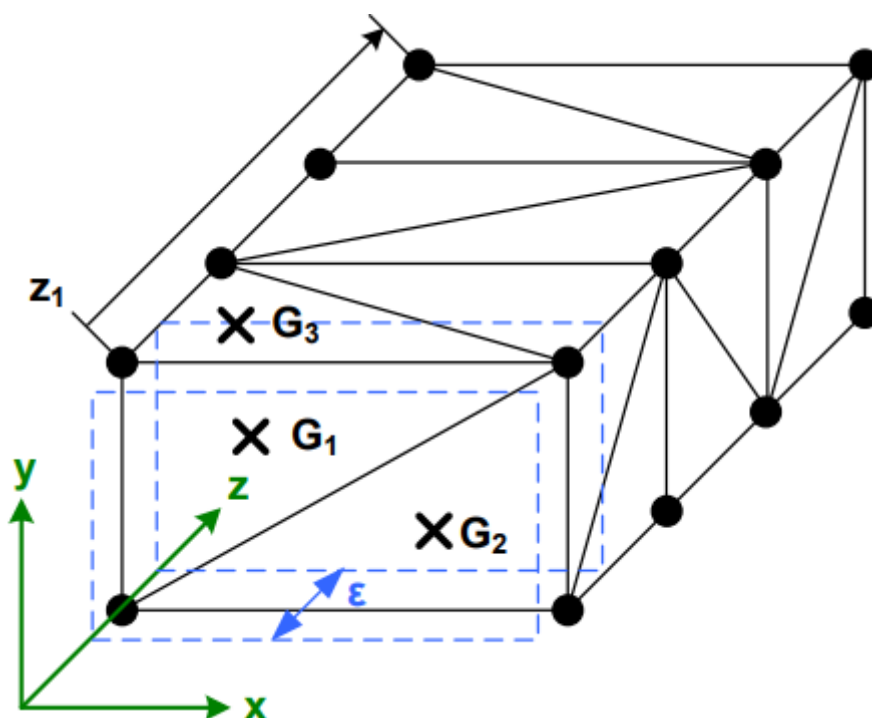
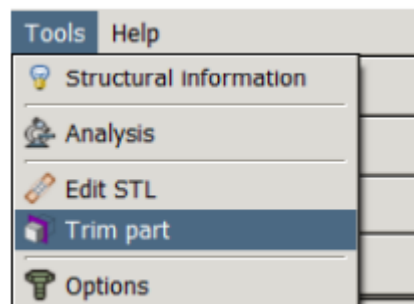
Za pomocą powyższego symbolu siatka STL jest bezpośrednio przekształcana w siatkę składającą się z powłoki. Jak wyjaśniono na rysunku Elementy powłoki nr. 23 lub nie. 24 można stworzyć. Gdy element powłoki nr. 23 zostaje wybrany i wdrażane jest automatyczne udoskonalanie. Oryginalny STL element jest dzielony na trzy powłoki nr. 23. Na podstawie środka okręgu wpisanego tworzone są nowe węzły narożne.



Rysunek 24: Konwersja siatki STL na siatkę powłoki

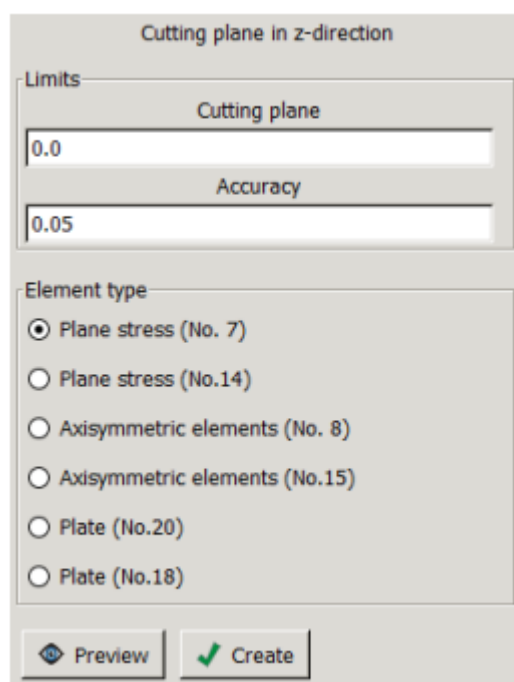
Część przycinana

Z88Aurora oferuje użytkownikowi mnóstwo różnorodnych elementów. W podmenu znajduje się wybór elementów 2D do konwersji struktur STL. Użytkownik wprowadza wartość współrzędnej z w (*cutting plane*) płaszczyźnie cięcia pola. Z dokładnością (*accuracy*) ϵ definiuje się obszar otaczający współrzędną z. W obszarze oznaczonym na niebiesko, patrz rysunek, wybrane są wszystkie punkty grawitacyjne G_x , które znajdują się w obszarze oznaczonym na niebiesko. Za pomocą przycisku podglądu można podświetlić wybrane trójkąty STL. Przycisk Create (Utwórz) rozpoczyna konwersję na wybrany wcześniej typ elementu. Ale uważaj, działa to tylko z plikami STL



Rysunek 25: Tworzenie nowej struktury STL

Menu wygląda następująco:



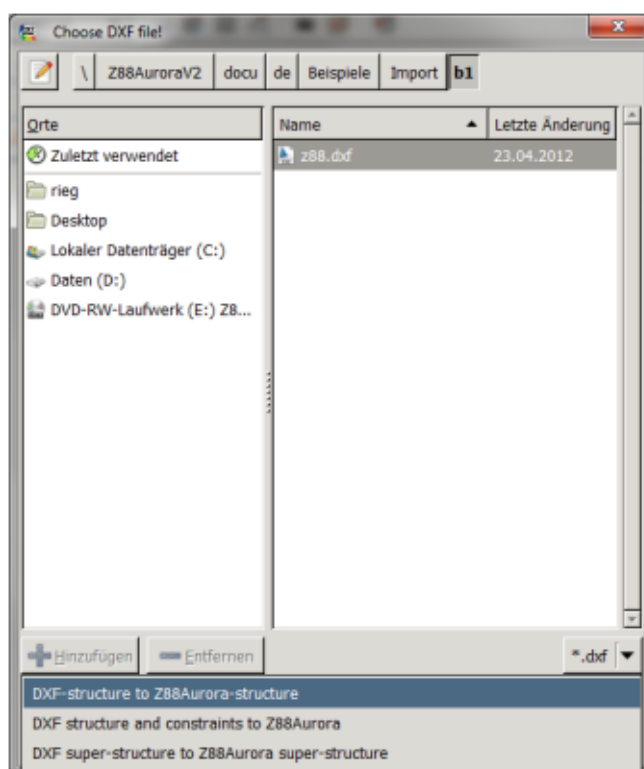
4.1.6 KONWERTER DXF Z88X

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Systemy CAD 2D, takie jak AutoCAD, oferują prostą możliwość przenoszenia złożonych struktur 2D lub 2½D do Z88Aurora bez drogiego systemu 3D. W tym celu doskonale nadaje się warstwowa struktura plików DXF.

Jakie systemy CAD mogą współpracować z Z88X?

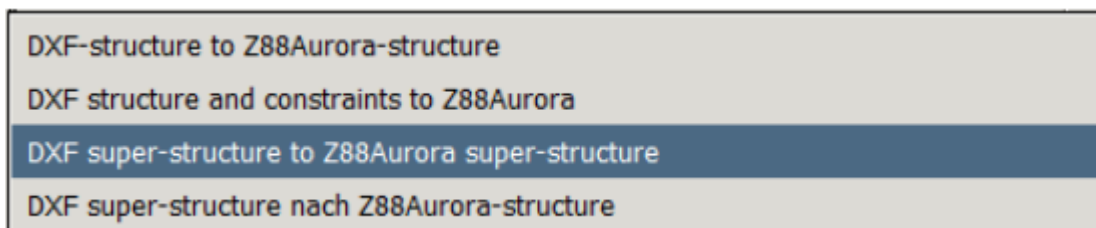
Dowolny system CAD, który może importować (odczytywać) i eksportować (zapisywać) pliki DXF. Nie możemy jednak zagwarantować żadnego sukcesu. Z88Aurora została przetestowana razem z różnymi wersjami AutoDesk AutoCAD i AutoCAD LT, a wytyczne DXF firmy AutoDesk zostały uznane za wynalazcę interfejsu DXF, czyli według AC1009 do AC1024. W razie wątpliwości wybierz format AutoCAD R12 DXF, ale AutoCAD 2011 DXF też działa.



Rysunek 26: Dostęp do konwertera DXF Z88X i opcji importu w Z88Aurora

Jakie elementy obsługuje konwerter? Wszystkie typy elementów od 1 do 25.

Jakie funkcje oferuje konwerter?



Jak kontynuować?

W systemie CAD:

- 1) Zaprojektuj swój komponent. Porządkuj i układaj warstwy według własnego uznania.
- 2) Zdefiniuj strukturę MES lub superstrukturę za pomocą linii i punktów. Dowolna kolejność i warstwy, dzięki czemu bezproblemowo i szybko.
- 3) Ponumeruj węzły z funkcją TEKST na warstwie Z88KNR. Każde zamówienie, zatem bezproblemowo i szybko.
- 4) Zapisz informację o elemencie funkcją TEKST na warstwie Z88EIO. Każde zamówienie, zatem bezproblemowo i szybko.
- 5) Obrysuj każdy element funkcją LINE na warstwie Z88NET. Jedyna sekcja z ustalonymi zasadami i porządkiem pracy (ze względu na informacje topologiczne).
- 6) Zapisz informacje ogólne, informacje o materiałach i informacje sterujące dla procesora naprężeń Z88D na warstwie Z88GEN.
- 7) Zdefiniuj warunki brzegowe na warstwie Z88RBD.
- 8) Zdefiniuj obciążenia powierzchniowe i nacisku (jeśli potrzebne) na warstwę Z88FLA.
- 9) Eksportuj lub przechowuj swój model 3D lub rysunek 2D pod nazwą **Z88X.DXF**.

W Z88Aurora: Uruchom konwerter CAD Z88X

W menu File (Plik) > Import (Importuj) > DXF Files (Pliki DXF) wybierz opcję Plik > Importuj > Pliki DXF.

W menu wyboru możesz wybrać, który z poniższych plików ma zostać utworzony:

- plik ogólnych danych konstrukcji Z88I1.TXT lub
- kompletny rekord danych Z88 z Z88I1.TXT, Z88I2.TXT, Z88I3.TXT i Z88I5.TXT, jeśli dotyczy
- Z88I1.TXT z superstruktury, którą można utworzyć ręcznie w Aurorze
- Z88I1.TXT z superstruktury, która jest meshowana z informacjami zdeponowanymi w pliku DXF (w tym celu bezpośrednio potem uruchamiany jest mapowany mesher Z88N)

Te same funkcje są dostępne, gdy uzyskujesz dostęp do importu Z88 za pośrednictwem paska narzędzi. Następnie zdefiniuj dane materiałowe, parametry elementów i zamówienia integracji w Z88Aurora.

Z88X W SZCZEGÓŁACH

Postępuj zgodnie z poniższymi krokami i zarezerwuj kolejne warstwy

Z88GEN: Warstwa *informacji ogólnych* (1. grupa wejściowa w pliku wejściowym generatora siatki Z88NI.TXT i pliku danych ogólnej konstrukcji Z88STRUCTURE.TXT).

Z88KNR: Warstwa zawierająca numery węzłów.

Z88EIO: Warstwa zawierająca *informacje o elemencie*, takie jak typ elementu oraz w przypadku pliku wejściowego generatora siatki Z88NI.TXT, informacje sterujące dla generatora siatki.

Z88NET: Warstwa zawierająca siatkę, która została narysowana lub obrysowana w określonej kolejności.

Kolejna warstwa, **Z88PKT**, jest tworzona przez Z88X, jeśli przekonwertujesz z Z88 do CAD. Pokazuje wszystkie węzły ze *znacznikiem punktowym*, aby lepiej rozpoznać węzły. Dla kroku odwrotnego, z CAD na Z88, jest to zupełnie nieistotne.

Krok 1: Zaprojektuj swój komponent w systemie CAD jak zwykle. Nie trzeba zachować określonego porządku, można zastosować dowolne warstwy. Zdecydowanie zaleca się umieszczanie symboli na jednej warstwie, krawędzi na innej warstwie, wymiarów na trzeciej warstwie, niewidocznych linii i linii środkowych na czwartej warstwie i tak dalej. Dzięki temu w kolejnym kroku będziesz mógł usunąć wszystkie niepotrzebne informacje.

Krok 2: Zaplanuj podział siatki, co oznacza odpowiednie typy elementów skończonych i ich rozkład. Podziel konstrukcję ES lub nadbudowę na elementy liniami, wstaw **wszystkie** punkty, które jeszcze nie istnieją (można wykorzystać np. punkty przecięcia lub punkty końcowe linii). Dowolna kolejność i warstwa. Zaleca się jednak, aby nie używać warstw Z88, takich jak Z88NET, Z88GEN, Z88PKT, Z88KNR, Z88EIO, Z88FLA i Z88RBD. Lepiej zdefiniuj w tym celu dowolną nową warstwę lub użyj już dostępnych warstw z kroku 1.

Krok 3: Zdefiniuj warstwę Z88 Z88KNR i ustaw ją jako warstwę aktywną. Złap lub zablokuj każdy węzeł ES, który został już zdefiniowany w 1. kroku przez twoją konstrukcję lub został ukończony w 2. kroku i ponumeruj go. Zapisz do każdego węzła **P pusty numer węzła**, np. P 33, za pomocą funkcji TEKST programu CAD. Zachowaj szczególną ostrożność, aby dokładnie przyciągnąć węzeł i dołączyć numer dokładnie do lokalizacji węzła. Nie spiesz się! W przypadku trybów przyciągania programu AutoCAD (punkt przecięcia, punkt końcowy, punkt itp.) działa to dobrze. Wybierz dowolną kolejność sekwencji roboczej, możesz ponumerować węzeł 1 (P 1), następnie węzeł 99 (P 99), a następnie węzeł 21 (P21). Jednakże numeracja węzłów musi mieć sens i mieć znaczenie dla analizy ES. Definiujesz, który węzeł w węźle 99, a który inny węzeł otrzymuje 21.

Krok 4: Zdefiniuj warstwę **Z88EIO** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Zapisz informacje o elemencie za pomocą funkcji TEKST w dowolnym miejscu (oczywiście wygląda to ładniej, gdy informacje o elemencie są umieszczone pośrodku odpowiedniego elementu skończonego lub superelementu). Kolejność sekwencji pracy zależy od Ciebie. Możesz najpierw opisać element 1, przejść do elementu dołączanego 17, a następnie przejść do elementu 8. Jednakże wybór i opis elementu muszą mieć sens dla analizy MES. Należy zapisać następujące informacje

Dla wszystkich typów elementów skończonych od 1 do 25:

FE Numer elementu Typ elementu

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem.

Przykład: Izoparametryczny element naprężenia serendipity w płaszczyźnie nr 7 ma otrzymać element nr 23. Napisz np.: w środku elementu za pomocą funkcji TEKST
FE 23 7

Dla superelementów dwuwymiarowych nr 7, 8, 11, 12 i 20:

SE

Numer elementu

Typ superelementu

Rodzaj elementów skończonych wytwarzanych metodą tworzenia siatki

Podział w lokalnym kierunku x

Typ podziału w lokalnym kierunku x

Podział w lokalnym kierunku y

Rodzaj podziału w lokalnym kierunku y

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem.

Przykład: Podziel izoparametryczny element naprężenia w płaszczyźnie nieregularności z 12 węzłami (typ elementu 11), użyty jako superelement, na elementy skończone typu 7, tj. izoparametryczne elementy naprężenia w płaszczyźnie nieregularności z 8 węzłami (typ elementu 7). Podziel w lokalnym kierunku x trzy razy w równych odstępach i podziel w lokalnym kierunku y 5 razy rosnąco geometrycznie. Superelement ma mieć liczbę 31. Napisz np: w środku elementu za pomocą funkcji TEKST: *SE 31 11 7 3 E 5 L* (odpowiednik e lub E dla równoodległych)

Dla superelementów trójwymiarowych sześcianów nr 10 i powłok nr 21:

SE

Numer elementu

Typ superelementu

Rodzaj elementów skończonych wytwarzanych metodą tworzenia siatki

Podział w lokalnym kierunku x

Typ podziału w lokalnym kierunku x

Podział w lokalnym kierunku y

Rodzaj podziału w lokalnym kierunku y

Podział w lokalnym kierunku z

Rodzaj podziału w lokalnym kierunku z

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem.

Przykład: Podziel sześcian izoparametryczny z 20 węzłami (typ elementu 10) jako superelement na elementy skończone typu sześcian izoparametryczny z 8 węzłami (typ elementu 1). Podziel w równych odstępach trzy razy w lokalnym kierunku x, 5 razy rosnąco geometrycznie w lokalnym kierunku y i podziel w równych odstępach 4 razy w lokalnym kierunku z. Superelement ma mieć liczbę 19. Napisz np.: w środku elementu z funkcją TEKST:

SE 19 10 1 3 E 5 L 4 E (e lub E dla równoodległych jest równoważne)

Krok 5: Zdefiniuj warstwę **Z88NET** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Na tym etapie potrzebna jest koncentracja, ponieważ ze względu na informacje topologiczne należy teraz zachować stałą i sztywną kolejność prac. Na tym etapie definiowana jest jedna z najważniejszych informacji, zbieżność, co oznacza, które elementy są definiowane lub zarysowane przez które węzły. Wybierz odpowiedni kolor, który znacznie różni się od kolorów stosowanych do tej pory i usuń wszelkie niepotrzebne informacje, wyłączając nieużywane warstwy. Wybierz polecenie LINIA **command LINE** i wybierz odpowiednie opcje przyciągania, np. punkty, punkty przecięcia i, jeśli to konieczne, punkty końcowe.

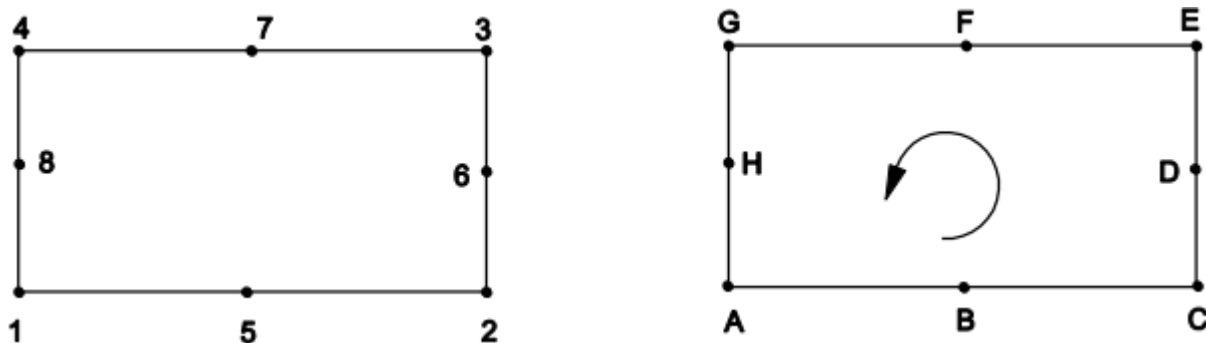
Zacznij od pierwszego elementu. Dla Z88 pierwszym elementem jest element, od którego teraz zaczynasz, czyli ten, który wybrałeś dla swojego pierwszego elementu (SE 1 lub FE 1). Wybierz węzeł, który chcesz, aby był pierwszym węzłem tego elementu (może to być np. globalnie węzeł 150) i narysuj linię do węzła, który będzie drugim węzłem tego elementu (może to być np. globalnie węzeł 67). Stamtąd narysuj linię do trzeciego węzła tego elementu (może to być np. globalnie węzeł 45). Połącz wszystkie wymagane węzły liniami i narysuj wreszcie linię do punktu początkowego, pierwszego węzła, a następnie wyjdź z funkcji LINE (LINIA).

Następnie robisz to samo z drugim elementem. Pamiętaj: **w tej kolejności określasz, który z elementów będzie teraz prawdziwym drugim elementem.** W poprzednim czwartym kroku zdefiniowałeś jedynie, jakiego rodzaju elementem jest drugi element. Tutaj określasz, **jak** element jest zdefiniowany topologicznie.

Następuje trzeci element i tak dalej. Jeśli popełnisz błąd przy obrysowaniu elementu, usuń wszystkie poprzednie linie tego elementu (np. funkcją UNDO) i zacznij od początku od pierwszego punktu danego elementu. Jeśli jednak zauważysz teraz, zarysowując element 17, że popełniłeś błąd w elemencie 9, musisz usunąć wszystkie linie elementów od 9 do 17 i zacząć od elementu 9.

Dla własnej wygody należy zachować poniższe porządki schematyczne, które częściowo różnią się od porządków pokazanych przy opisach elementów przy ręcznym wprowadzaniu zbieżności. Następnie Z88X sortuje wewnętrznie poprawnie.

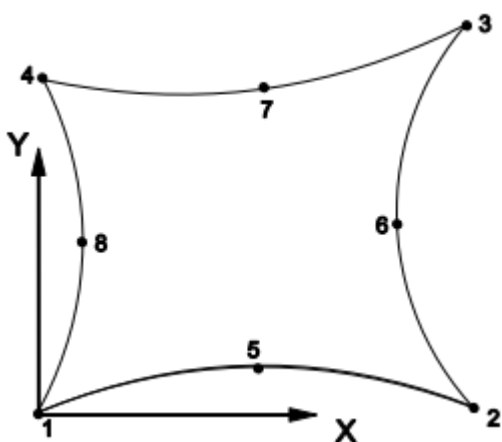
Przykład: Zbieżność typu elementu 7 jest następująca w opisie elementu: Najpierw węzły narożne, potem węzły środkowe, czytaj 1-2-3-4-5-6-7-8. Lista zbiegów okoliczności musi wyglądać tak w plikach wejściowych Z88. Jednakże, w przypadku Z88X' do wygodnego obrysowywania elementów, kolejność jest następująca: 1-5-2-6-3-7-4-8-1 (zdjęcie po lewej), odpowiednio A-B-C-D-E-F-G-H-A (zdjęcie po prawej):



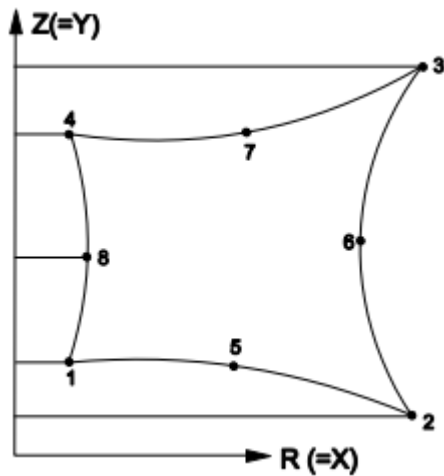
Rysunek 27: Przykład prawidłowej kolejności konspektu

Stosując się do porządku konspektu CAD dla wszystkich elementów:

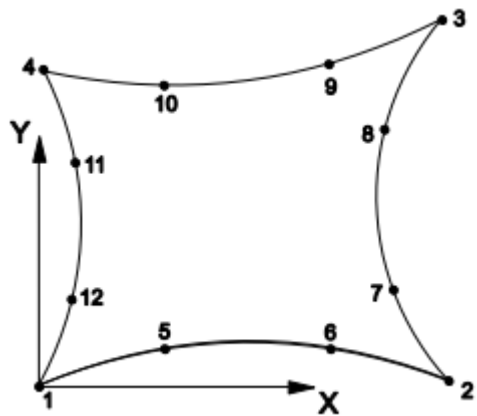
Element nr 7, nr 20 i nr 23: 1 - 5 - 2 - 6 - 3 - 7 - 4 - 8 - 1



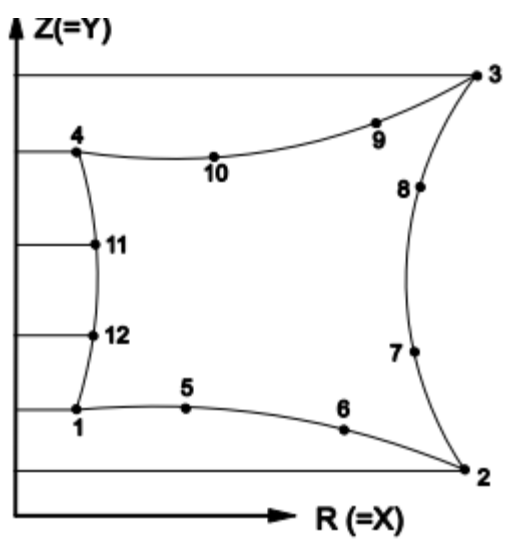
Element nr 8: 1 - 5 - 2 - 6 - 3 - 7 - 4 - 8 - 1



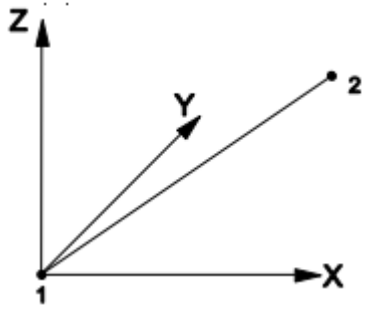
Element nr 11: 1 - 5 - 6 - 2 - 7 - 8 - 3 - 9 - 10 - 4 - 11 - 12 - 1



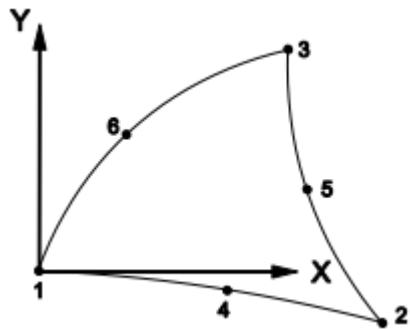
Element nr 12: 1 - 5 - 6 - 2 - 7 - 8 - 3 - 9 - 10 - 4 - 11 - 12 - 1



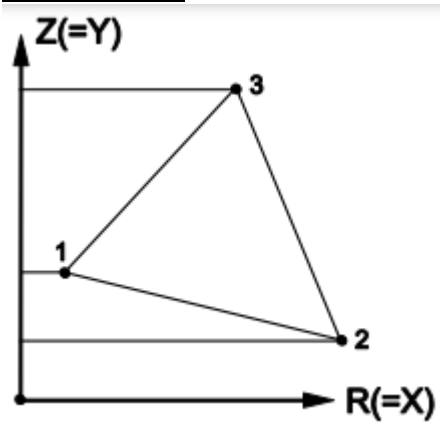
Element nr 2, 4, 5, 9, 13: Linia od węzła 1 do węzła 2



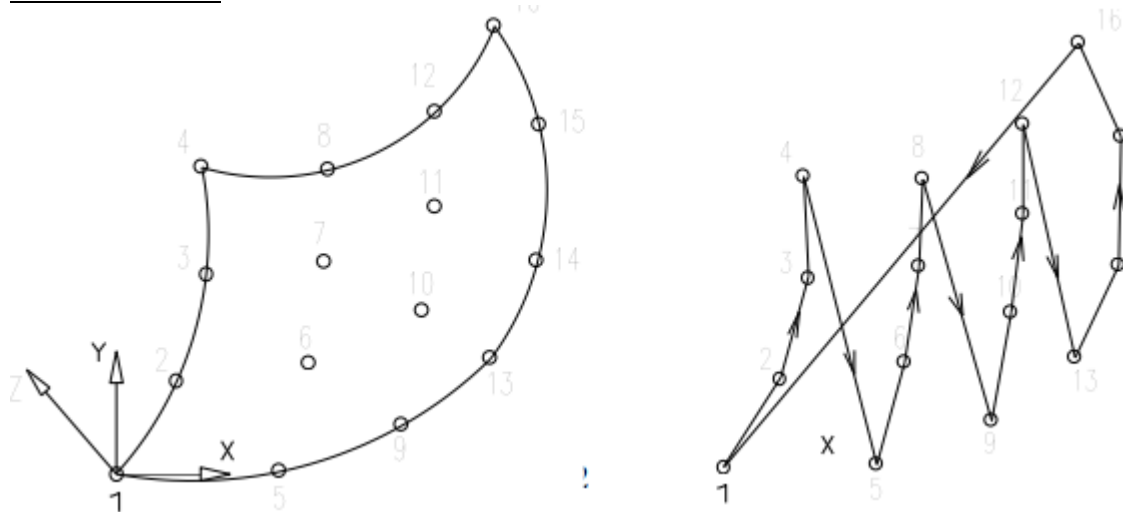
Element nr 3, 14, 15, 18 i 24: 1 - 4 - 2 - 5 - 3 - 6 - 1



Element nr 6: 1 - 2 - 3 - 1



Element No. 19: 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 1



Element nr 1:

Górna płaszczyzna: 1 - 2 - 3 - 4 - 1, wyjdź z funkcji LINE

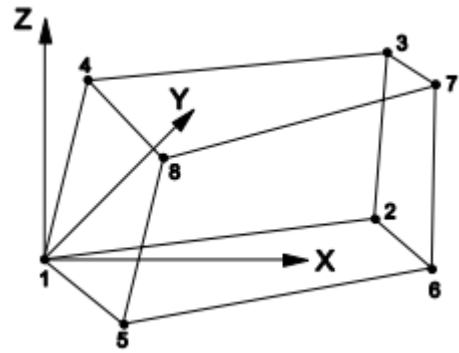
Dolna płaszczyzna: 5 - 6 - 7 - 8 - 5, wyjdź z funkcji LINE

1 - 5, wyjdź z funkcji LINE

2 - 6, wyjdź z funkcji LINE

3 - 7, wyjdź z funkcji LINE

4 - 8, wyjdź z funkcji LINE



Element nr 10:

Górna płaszczyzna: 1 - 9 - 2 - 10 - 3 - 11 - 4 - 12 - 1, opuść funkcję LINE

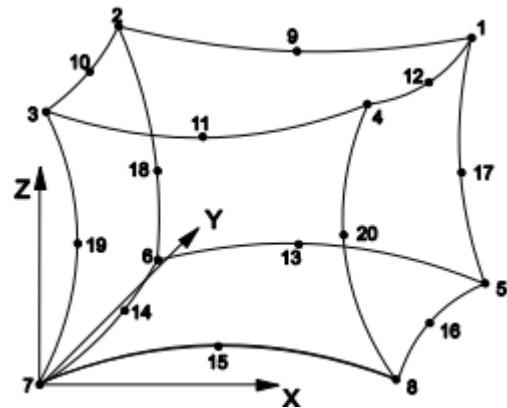
Dolna płaszczyzna: 5 - 13 - 6 - 14 - 7 - 15 - 8 - 16 - 5, opuść funkcję LINE

1 - 17 - 5, wyjdź z funkcji LINE

2 - 18 - 6, wyjdź z funkcji LINE

3 - 19 - 7, wyjdź z funkcji LINE

4 - 20 - 8, wyjdź z funkcji LINE



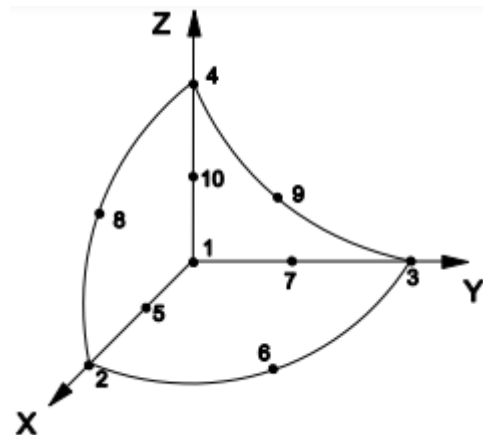
Element nr 16:

Płaszczyzna XY: 1 - 5 - 2 - 6 - 3 - 7 - 1, wyjdź z funkcji LINE

2 - 8 - 4 wyjdź z funkcji LINE

3 - 9 - 4, wyjdź z funkcji LINE

1 - 10 - 4, wyjdź z funkcji LINE



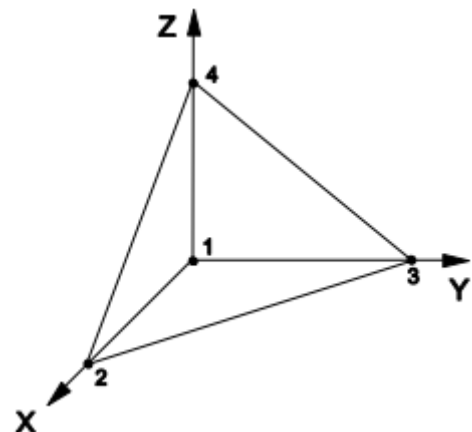
Element nr 17:

Płaszczyzna XY: 1 - 2 - 3 - 1, wyjdź z funkcji LINE

2 - 4, wyjdź z funkcji LINE

3 - 4, wyjdź z funkcji LINE

1 - 4, wyjdź z funkcji LINE



Element nr 21:

Górna płaszczyzna: 1 - 5 - 2 - 6 - 3 - 7 - 4 - 8 - 1,
wyjdź z funkcji LINE

Dolna płaszczyzna: 9 - 13 - 10 - 14 - 11 - 15 - 12
- 16 - 9,

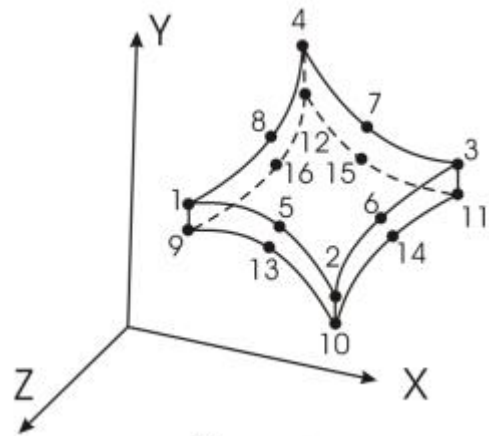
opuść funkcję LINE

1 - 9, wyjdź z funkcji LINE

2 - 10, wyjdź z funkcji LINE

3 - 11, wyjdź z funkcji LINE

4 - 12, wyjdź z funkcji LINE



Element nr 22:

Górna płaszczyzna: 1 - 4 - 2 - 5 - 3 - 6 - 1,

opuść funkcję LINE

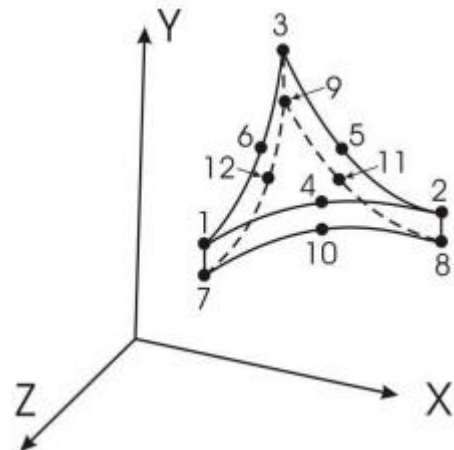
Dolna płaszczyzna: 7 - 10 - 8 - 11 - 9 - 12 - 7,

opuść funkcję LINE

1 - 7, wyjdź z funkcji LINE

2 - 8, wyjdź z funkcji LINE

3 - 9, wyjdź z funkcji LINE



Krok 6: Zdefiniuj warstwę **Z88GEN** i włącz ją jako aktywną. Wpisz za pomocą funkcji TEKST w dowolne miejsce swojego rysunku: **informacje ogólne**, czyli pierwszą grupę wejściową ogólnych danych konstrukcji Z88I1.TXT lub plik generatora siatki Z88NI.TXT.

W przypadku Z88I1.TXT (tj. siatki ES):

Z88I1.TXT

Wymiar konstrukcji

Liczba węzłów

Liczba elementów skończonych

Liczba stopni swobody DoF

Flaga współrzędnych (0 lub 1)

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem.

Zdecydowanie napisz w warstwie Z88GEN.

Przykład: trójwymiarowa konstrukcja ES ze 150 węzłami, 89 elementami skończonymi i 450 stopniami swobody. Wprowadzanie współrzędnych cylindrycznych. Zatem:

Z88I1.TXT 3 150 89 450 1

W przypadku Z88NI.TXT (czyli superstruktury):

Z88NI.TXT

Wymiar konstrukcji

Liczba węzłów

Liczba superelementów

Liczba stopni swobody DoF

Flaga współrzędnych dla superelementów (0 lub 1)

Flaga nagłówka promienia pułapki (przeważnie 0)

Flaga współrzędnych dla elementów skończonych (0 lub 1)

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem.

Przykład: dwuwymiarowa superstruktura z 37 węzłami, 7 superelementami i 74 stopniami swobody. Współrzędne biegunowe dla superelementów, użyj domyślnego promienia pułapki i użyj domyślnego (= współrzędnych kartezjańskich) dla flagi współrzędnych dla elementów skończonych. Zatem:

Z88NI.TXT 2 37 7 74 1 0 0

Zapisz w jednym wierszu, oddziel każdy element przynajmniej jednym odstępem. **Pamiętaj o wpisaniu w warstwie Z88GEN.**

9. krok: Zapisz swój model lub rysunek w formacie pliku DXF. W razie wątpliwości wybierz format AutoCAD R12 DXF, ale AutoCAD 2011 DXF też działa. Aby uzyskać dokładność pozycji dziesiętnych, należy przyjąć wartość domyślną, którą sugeruje program CAD.

Uwaga: słów kluczowych Z88X „Numer P, wartości FE, wartości SE, FLA, RBD, Z88NI.TXT, Z88I1.TXT, Z88I2.TXT i Z88I5.TXT” należy używać tylko tam, gdzie są naprawdę potrzebne. Uważaj, aby nie pojawiały się one w podpisach innych rysunków!
Uwaga: import pokładów wejściowych DXF, ABAQUS, ANSYS, NASTRAN i COSMOS jest w tej wersji Z88Aurora pozytywnie ograniczony do geometrii ES, warunków/sił brzegowych oraz obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych – w przeciwieństwie do Z88 V13 i Z88Aurora VI. A oto dlaczego: Po zaimportowaniu komercyjnych pokładów wejściowych możesz bardzo wygodnie zdefiniować dane materiałowe, parametry elementów i kolejność integracji w Z88Aurora (nawet jeśli niektóre z tych informacji są zawarte w pokładach wejściowych), ponieważ tylko w tym sposób możliwe jest właściwe wykorzystanie własnej bazy danych materiałów Aurory. Zapewni to czystą bazę danych dla projektów Z88Aurora.

PRZYKŁAD 1 DLA Z88X: KONSTRUKCJA ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

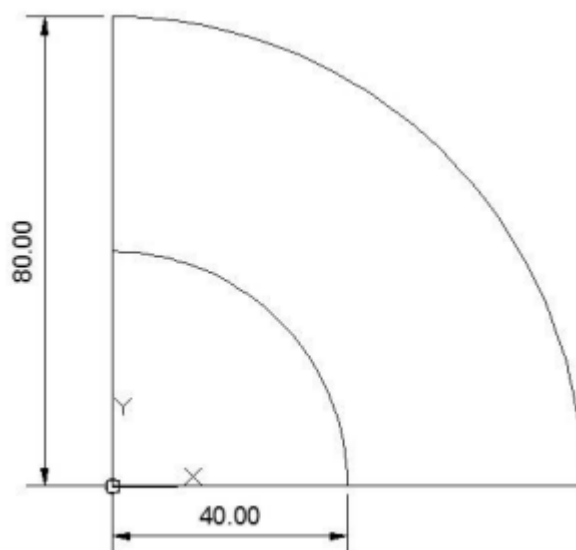
Rozważmy rurę pod ciśnieniem wewnętrznym 1000 barów (=100 N/mm²). Średnica wewnętrzna rury wynosi 80 mm, średnica zewnętrzna rury wynosi 160 mm. Długość wynosi 40 mm. Jeśli mądrze dobierzemy podpory, wystarczy ćwiartka rury, aby odzwierciedlić problem.

Takie struktury najlepiej nadają się do współrzędnych biegunowych. Ciśnienie wewnętrzne 1000 bar odpowiada sile 251 327 N, a obciążenie krawędziowe wynosi:

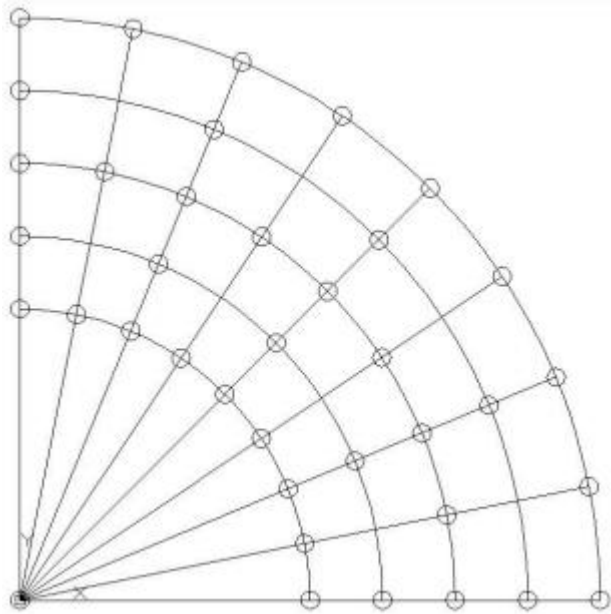
$$q = \frac{F}{\ell} = \frac{F}{r \varphi} = \frac{251327}{40 \pi / 2} = 4000 \text{ N/mm}$$

Krok 1: Zaprojektuj swój komponent w systemie CAD jak zwykle. Nie trzeba zachować określonego porządku, można zastosować dowolne warstwy. Zdecydowanie zaleca się umieszczanie symboli na jednej warstwie, krawędzi na innej warstwie, wymiarów na trzeciej warstwie, niewidocznych linii i linii środkowych na czwartej warstwie i tak dalej. Dzięki temu w kolejnym kroku będziesz mógł usunąć wszystkie niepotrzebne informacje. W tym przykładzie możesz wprowadzić główne dane za pomocą wiersza poleceń. Przypomnij sobie numeryczne formaty danych programu AutoCAD:

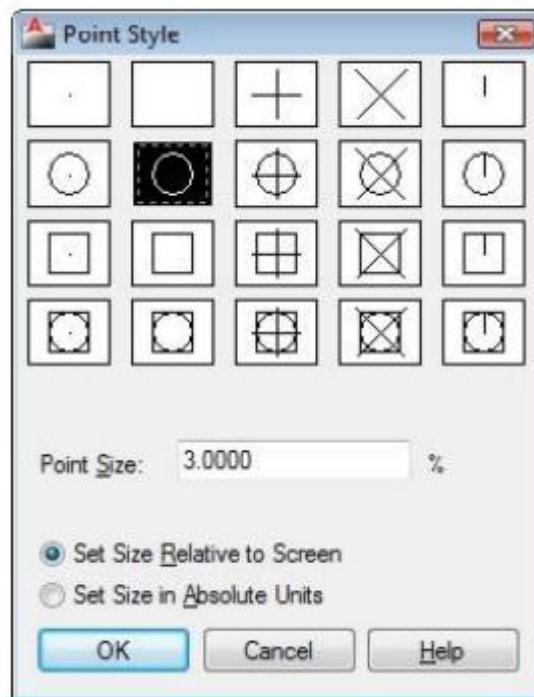
- bezwzględne współrzędne kartezjańskie: X, Y
- względne współrzędne kartezjańskie: @DeltaX,DeltaY
- absolutne współrzędne biegunowe: Promień<Kąt
- względne współrzędne biegunowe: @Radius<Angle



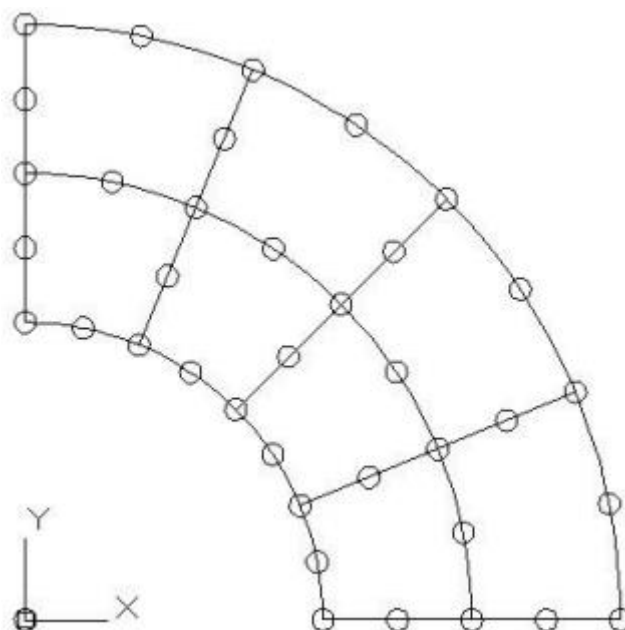
Krok 2: Zaplanuj podział siatki, co oznacza odpowiednie typy elementów skończonych i ich rozkład. Podziel konstrukcję ES lub superstrukturę na elementy liniami, wstaw wszystkie punkty, które jeszcze nie istnieją (można wykorzystać np. punkty przecięcia lub punkty końcowe linii). Dowolna kolejność i warstwa. Zaleca się jednak, aby nie używać warstw Z88, takich jak Z88NET, Z88GEN, Z88PKT, Z88KNR, Z88EIO, Z88FLA i Z88RBD. Lepiej zdefiniuj w tym celu dowolną nową warstwę lub użyj już dostępnych warstw z kroku 1.



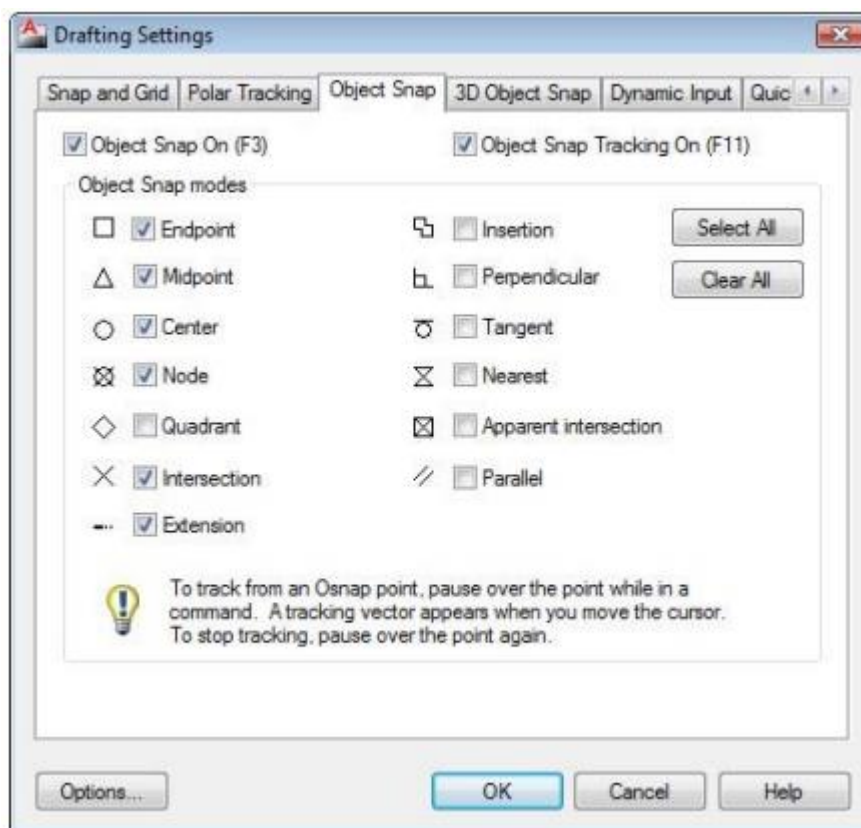
Zadbaj o ustawienie ładnie wyglądających punktów. Użyj polecenia AutoCAD DDPTYPE:

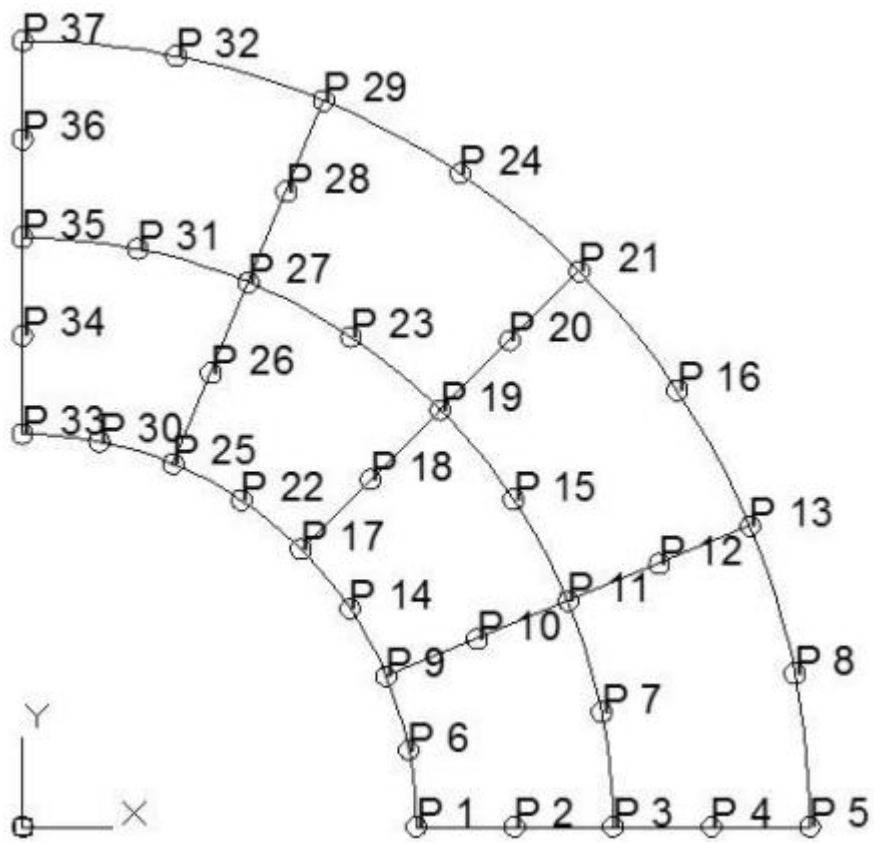


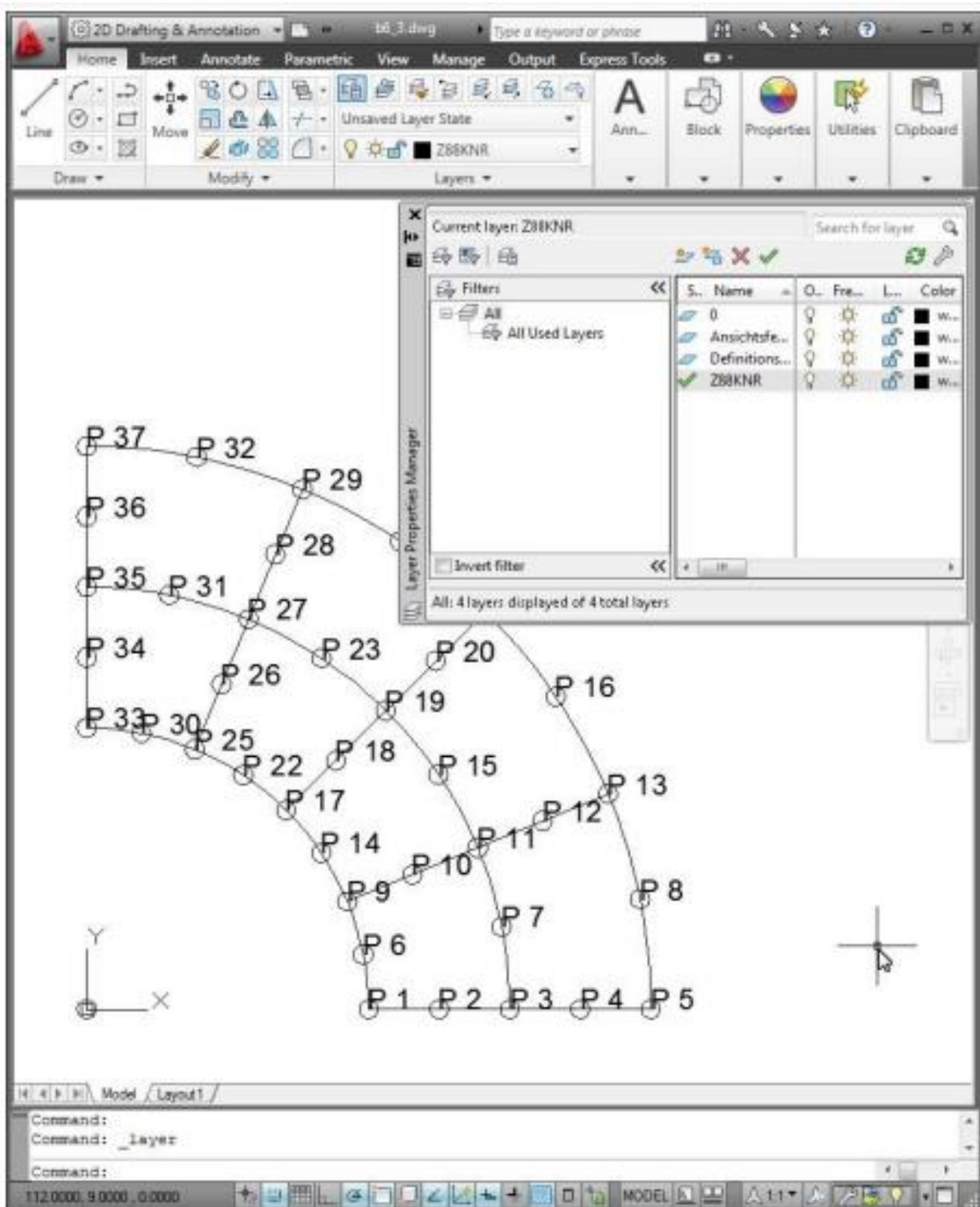
Teraz możesz usunąć wszelkie linie pomocnicze, łuki itp., aby zobaczyć prawdziwą strukturę ES:



Krok 3: Zdefiniuj warstwę Z88 Z88KNR i ustaw ją jako warstwę aktywną. Złap lub zablokuj każdy węzeł ES, który został już zdefiniowany w 1. kroku przez twoją konstrukcję lub został ukończony w 2. kroku i ponumeruj go. Zapisz do każdego węzła **P** pusty numer węzła, np. P 33, za pomocą funkcją TEKST programu CAD. Zachowaj szczególną ostrożność, aby dokładnie przyciągnąć węzeł i dołączyć numer dokładnie do lokalizacji węzła. Nie spiesz się! W przypadku trybów przyciągania programu AutoCAD (punkt przecięcia, punkt końcowy, punkt itp.) działa to bardzo dobrze. Wybierz dowolną kolejność sekwencji roboczej, możesz ponumerować węzeł 1 (P 1), następnie węzeł 99 (P 99), a następnie węzeł 21 (P21). Jednakże numeracja węzłów musi mieć sens i mieć znaczenie dla analizy ES. Definiujesz, który węzeł jest węzłem 99, a który inny węzłem 21.



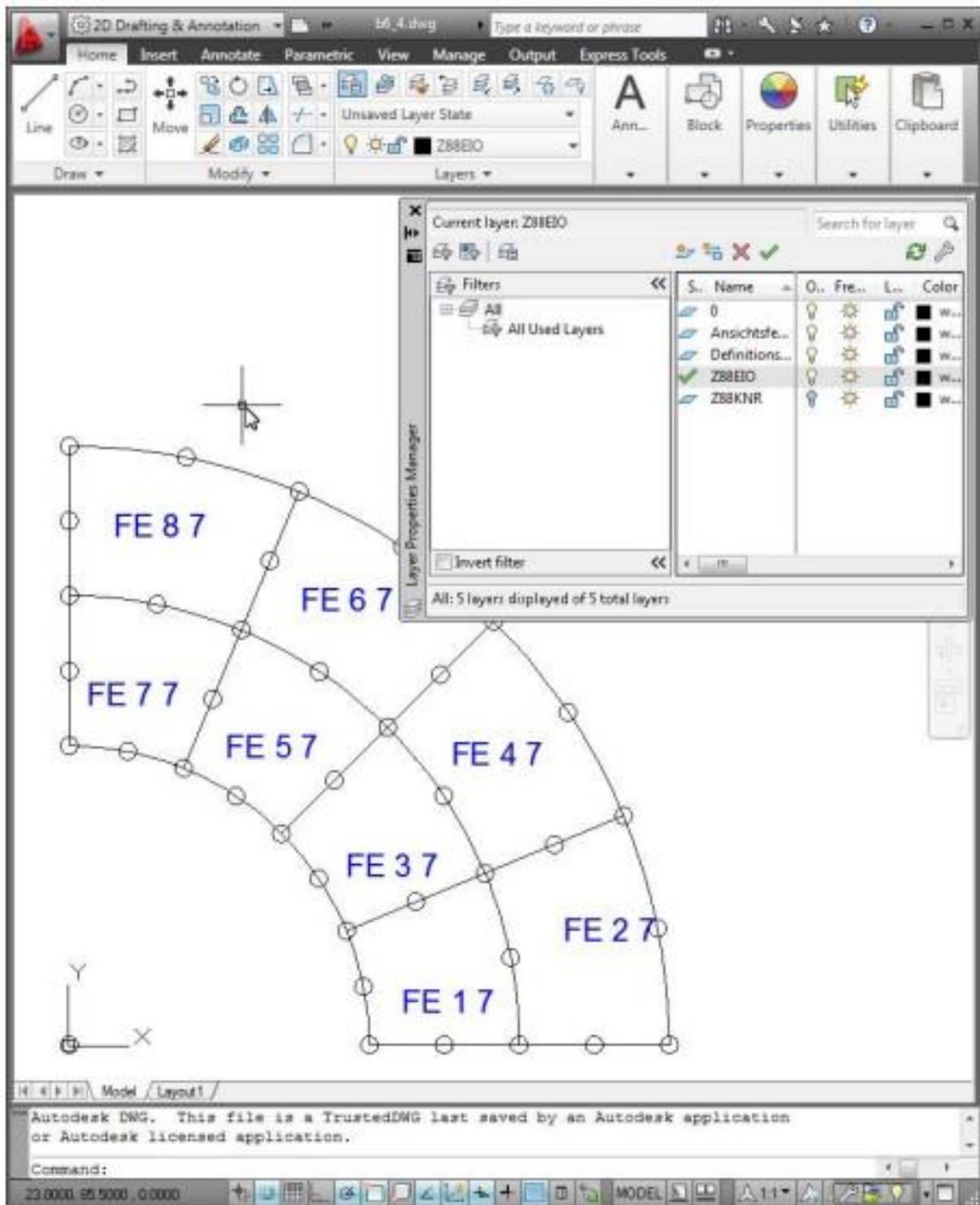




Krok 4: Zdefiniuj warstwę **Z88EIO** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Zapisz informacje o elemencie za pomocą funkcji TEKST w dowolnym miejscu (oczywiście wygląda to ładniej, gdy informacje o elemencie są umieszczone pośrodku odpowiedniego elementu skończonego lub superelementu). Kolejność sekwencji pracy zależy od Ciebie. Możesz najpierw opisać element 1, przejść do elementu dołączanego 17, a następnie przejść do elementu 8. Jednakże wybór i opis elementu muszą mieć sens dla analizy MES. Należy zapisać następujące informacje:

FE Numer elementu *Typ* elementu

Dobrym pomysłem może być zastosowanie innego koloru dla obiektów warstwy Z88EIO – tutaj niebieskiego. Jednak nie musisz. Dla lepszej informacji poprzednia warstwa Z88KNR jest wyłączona.

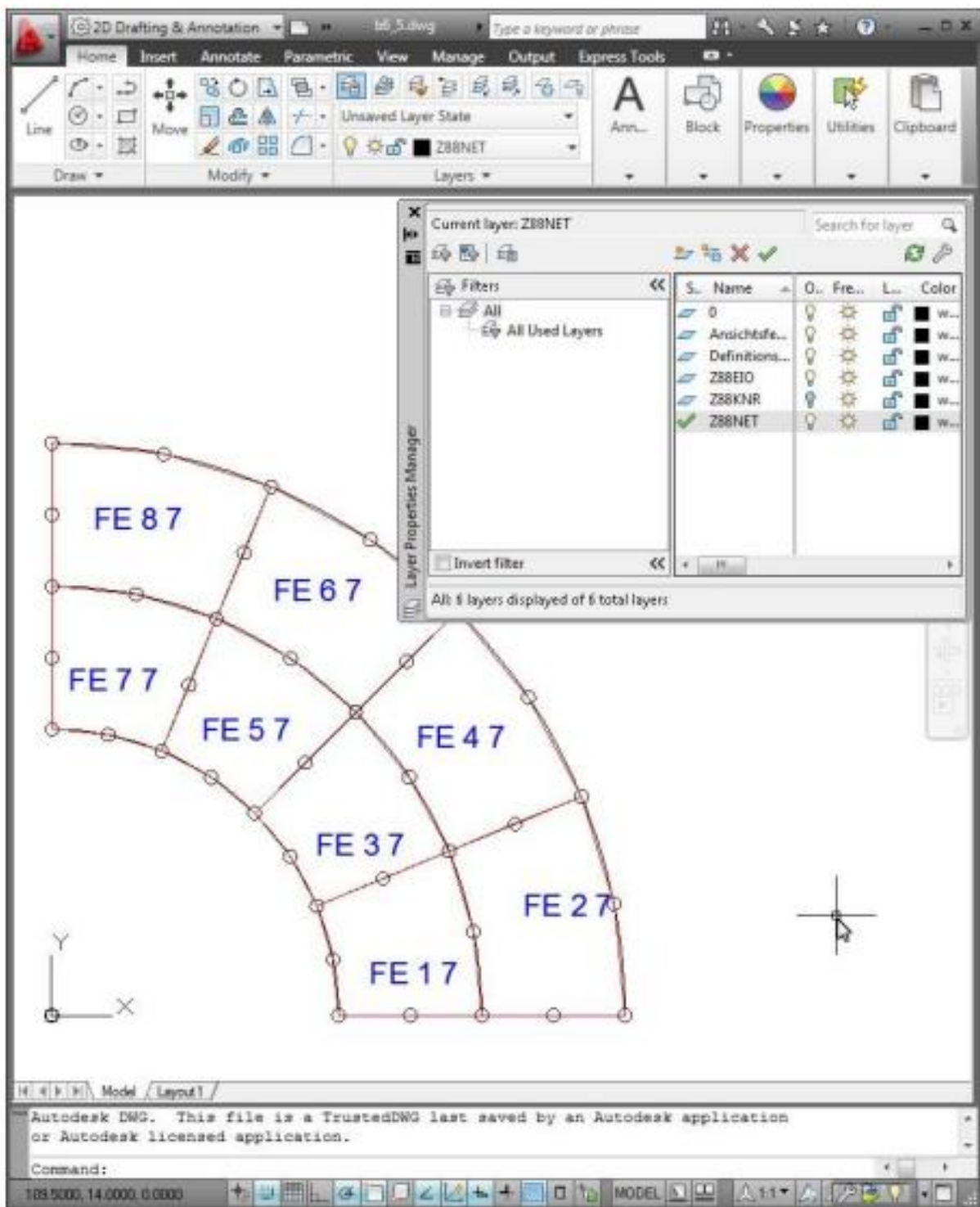


Krok 5: Zdefiniuj warstwę **Z88NET** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Na tym etapie potrzebna jest koncentracja, ponieważ ze względu na informacje topologiczne należy teraz zachować stałą i sztywną kolejność prac. Na tym etapie definiowana jest jedna z najważniejszych informacji, zbieżność, co oznacza, które elementy są definiowane lub zarysowane przez które węzły. Wybierz odpowiedni kolor, który znacznie różni się od kolorów stosowanych do tej pory i usuń wszelkie niepotrzebne informacje, wyłączając nieużywane warstwy. Wybierz polecenie **LINE** (LINIA) i wybierz odpowiednie opcje przyciągania, np. punkty, punkty przecięcia i, jeśli to konieczne, punkty końcowe.

Zacznij od pierwszego elementu. Dla Z88 pierwszym elementem jest ten element, od którego teraz zaczynasz, czyli ten, który wybrałeś dla swojego pierwszego elementu (FE 1). Wybierz węzeł, który chcesz by był pierwszym węzłem tego elementu i narysuj linię do węzła, który będzie drugim węzłem tego elementu. Stamtąd narysuj linię do trzeciego węzła tego elementu. Połącz wszystkie wymagane węzły liniami i narysuj wreszcie linię do punktu początkowego, pierwszego węzła, a następnie wyjdź z funkcji LINIA. Zatem moglibyśmy narysować tę linię: P1-P2-P3-P7-P11-P10-P9-P6-P1, wyjdź z LINE. Jednak te linie też będą w porządku: P9-P6-P1-P2-P3-P7-P11-P10-P9 lub P3-P7-P11-P10-P9-P6-P1-P2-P3 lub P11-P10- P9-P6-P1-P2-P3-P7-P11.

Następnie zrób to samo z drugim elementem. Pamiętaj: **w tej kolejności określasz, który z elementów będzie teraz prawdziwym drugim elementem.** W poprzednim czwartym kroku zdefiniowałeś jedynie, jakiego rodzaju elementem jest drugi element. Tutaj określasz, **jak** element jest zdefiniowany topologicznie. Zatem moglibyśmy narysować tę linię: P3-P4-P5-P8-P13-P12-P11-P7-P3, wyjdź z LINE. Niech pójdą za nimi pozostałe elementy.

Ta procedura brzmi dziwnie i skomplikowanie, ale możesz mieć pewność, że zadziała znacznie łatwiej i szybciej, niż można to opisać: z tymi 8 elementami wykonasz pracę w niecałe dwie minuty.



Krok 6: Zdefiniuj warstwę **Z88GEN** i włącz ją jako aktywną. Wpisz za pomocą funkcji TEKST w dowolne miejsce swojego rysunku **informacje ogólne**, czyli pierwszą grupę wejściową ogólnych danych konstrukcji Z88I1.TXT:

Z88I1.TXT

Wymiar konstrukcji

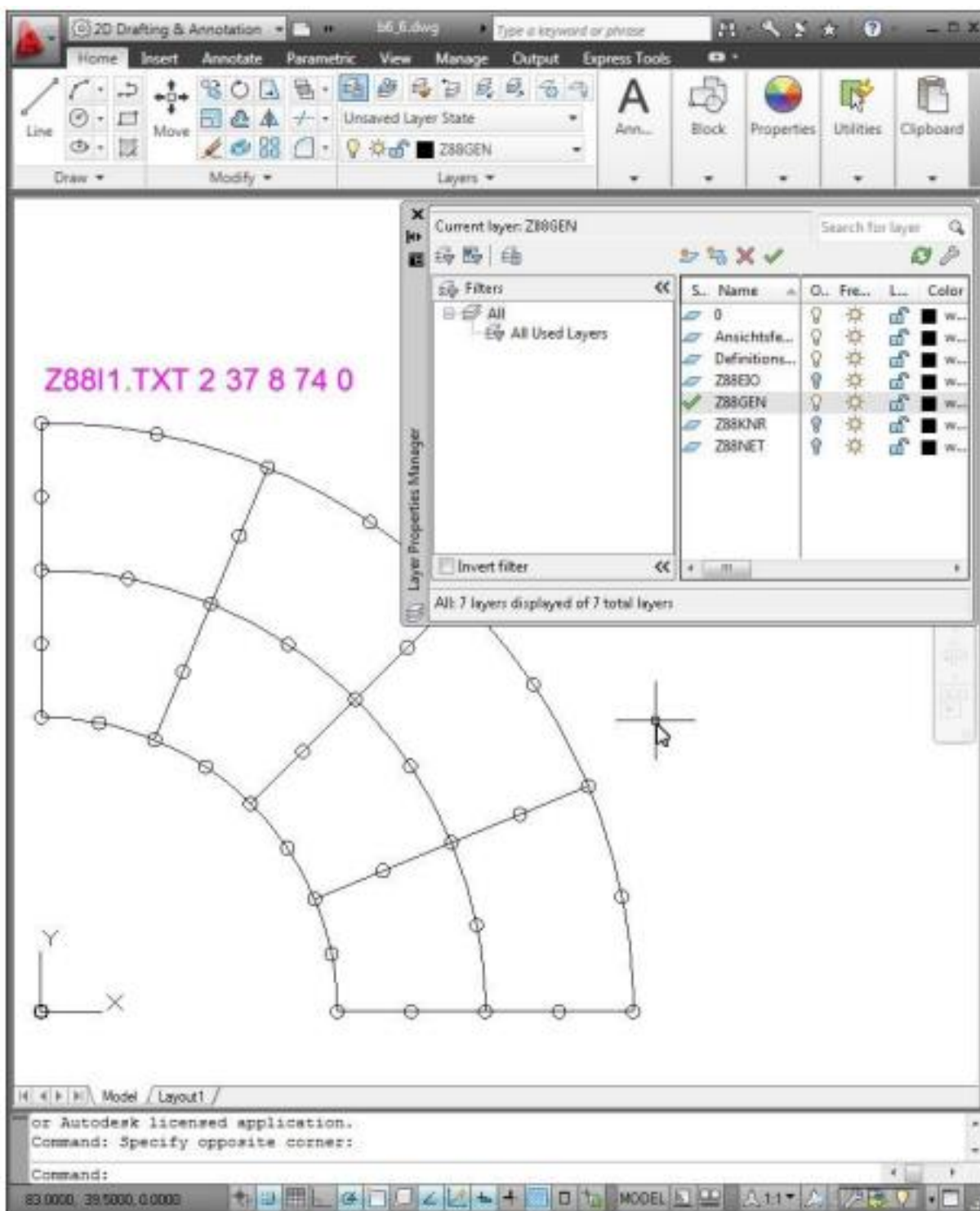
Liczba węzłów

Liczba elementów skończonych

Liczba stopni swobody DoF

Flaga współrzędnych (0 lub 1)

Zatem tutaj: Z88I1.TXT 2 37 8 74 0



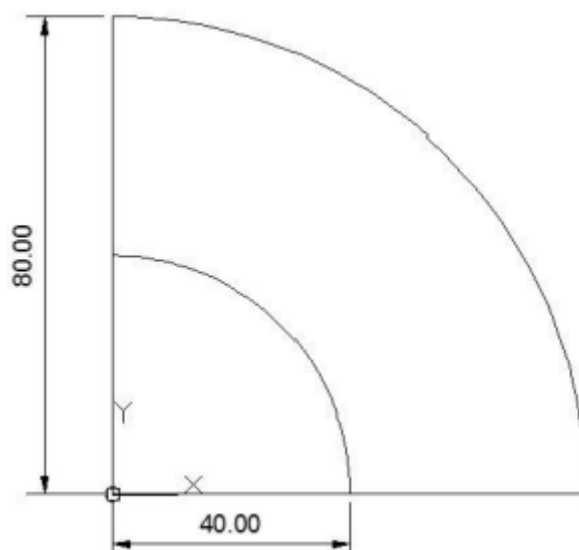
7. krok: Zapisz swój model lub rysunek w formacie pliku DXF. W razie wątpliwości wybierz format AutoCAD R12 DXF, ale AutoCAD 2011 DXF też działa. Aby uzyskać dokładność pozycji dziesiętnych, należy przyjąć wartość domyślną, którą sugeruje program CAD. Możesz zaimportować ten plik DXF do Aurory poprzez import DXF "DXF structure to Z88Aurora structure" (Struktura DXF do struktury Z88Aurora). Później w Aurorze możesz wprowadzić warunki brzegowe i obciążenia powierzchniowe.

PRZYKŁAD 2 DLA Z88X: KONSTRUKCJA SUPER ELEMENTÓW

Ten przykład jest bardzo podobny do pierwszego, ale teraz wygenerujemy superstrukturę. Ta superstruktura zostanie załadowana do Z88Aurora poprzez import DXF, a następnie automatycznie utworzona siatka przez odwzorowany moduł siatkowy Z88N, w wyniku czego powstanie struktura elementów skończonych.

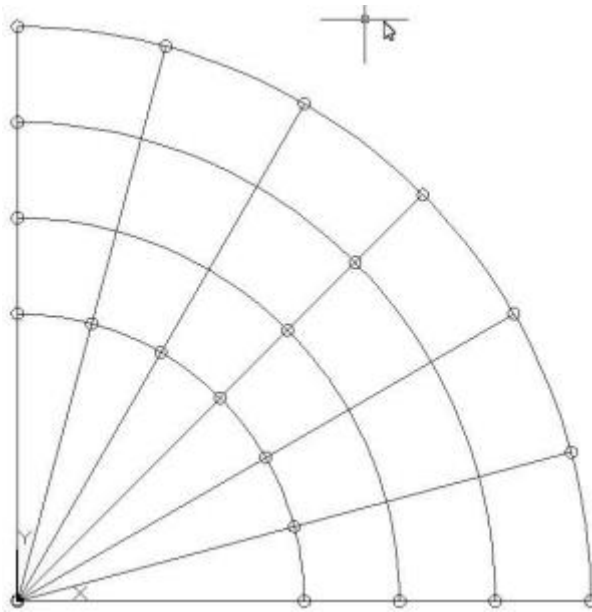
Rozważmy rurę pod ciśnieniem wewnętrznym 1000 barów ($=100 \text{ N/mm}^2$). Średnica wewnętrzna rury wynosi 80 mm; średnica zewnętrzna rury wynosi 160 mm. Długość wynosi 40 mm. Jeśli mądrze dobierzemy podpory, wystarczy ćwiartka rury, aby odzwierciedlić problem.

Krok 1: Zaprojektuj swój komponent w systemie CAD jak zwykle.

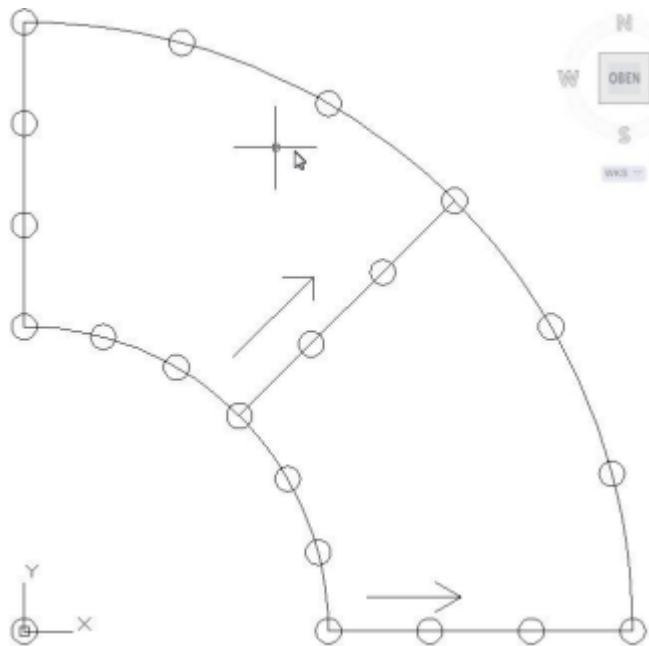


Krok 2: Użyjemy tylko 2 superelementów nr 11 z 12 węzłami każdy – i to wystarczy, aby uzyskać ładny łuk 90° ze względu na funkcje interpolacji sześcienniej elementu nr 11. Podziel superstrukturę na elementy liniami, wstaw **wszystkie** punkty, które jeszcze nie istnieją (np. można wykorzystać punkty przecięcia lub końce linii). Dowolna kolejność i warstwa. Zaleca się jednak, aby nie używać warstw Z88, takich jak Z88NET, Z88GEN, Z88PKT, Z88KNR, Z88EIO, Z88FLA i Z88RBD. Lepiej zdefiniuj w tym celu dowolną nową warstwę lub użyj już dostępnych warstw z kroku 1.

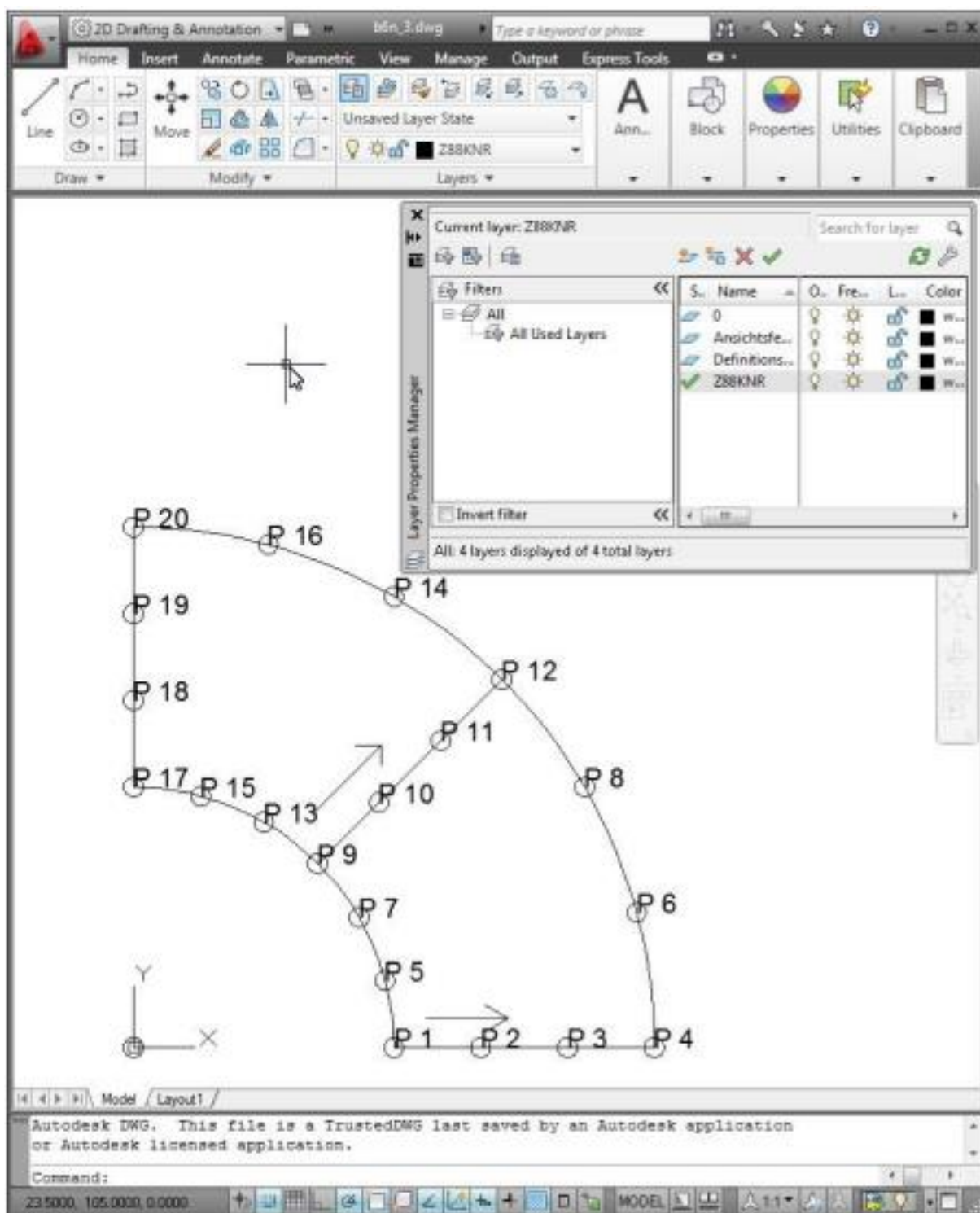
Zadbaj o ustawienie ładnie wyglądających punktów. Użyj polecenia AutoCAD DDPTYPE:



Teraz możesz usunąć wszelkie linie pomocnicze, łuki itp., aby zobaczyć prawdziwą strukturę superelementów. Podczas pracy z superelementami zawsze dobrze jest wstawić strzałki, aby zaznaczyć lokalną oś X, aby ułatwić późniejszą obsługę. W ten sposób będziesz mieć również punkt wyjścia dla multilinii.



Krok 3: Zdefiniuj warstwę Z88 Z88KNR i ustaw ją jako warstwę aktywną. Złap lub uwięź każdy superwęzeł, który został już zdefiniowany w pierwszym kroku przez twoją konstrukcję lub został ukończony w drugim kroku i ponumeruj go. Zapisz do każdego węzła **P pusty numer węzła**, np. P 33, z funkcją TEKST programu CAD. Zachowaj szczególną ostrożność, aby dokładnie przyciągnąć węzeł i dołączyć numer dokładnie do lokalizacji węzła. Nie spiesz się! W przypadku trybów przyciągania programu AutoCAD (punkt przecięcia, punkt końcowy, punkt itp.) działa to bardzo dobrze. Wybierz dowolną kolejność sekwencji pracy, jak chcesz.



Krok 4: Zdefiniuj warstwę **Z88EIO** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Zapisz informacje o super elemencie za pomocą funkcji TEKST w dowolnym miejscu (oczywiście wygląda to ładniej, gdy informacje o elemencie są umieszczone pośrodku odpowiedniego elementu skończonego lub superelementu). Kolejność sekwencji pracy zależy od Ciebie. Należy zapisać następujące informacje:

SE

Numer elementu

Typ superelementu

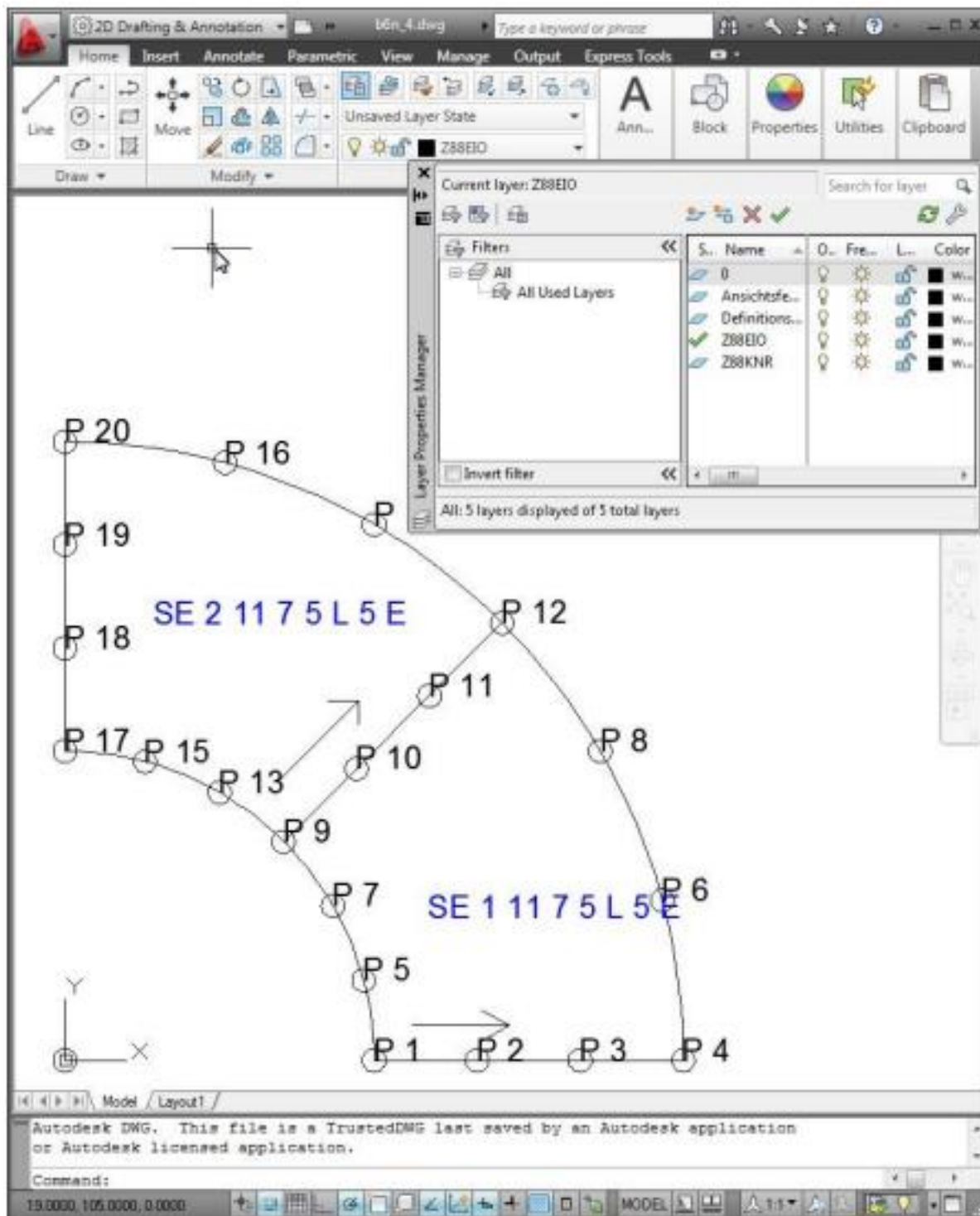
Rodzaj elementów skończonych wytwarzanych metodą tworzenia siatki

Podział w lokalnym kierunku x

Typ podziału w lokalnym kierunku x
Podział w lokalnym kierunku y
Rodzaj podziału w lokalnym kierunku y

Załóżmy, że pierwszy superelement typu nr 11 tworzy siatkę z elementami skończonymi typu nr 7. Podziel w lokalnym kierunku x 5 razy rosnąco geometrycznie i podziel w lokalnym kierunku y 5 razy w równych odstępach. Zatem: SE 1 11 7 5 L 5 E

Dobrym pomysłem może być zastosowanie innego koloru dla obiektów warstwy Z88EIO – tutaj niebieskiego. Jednak nie musisz.



Krok 5: Zdefiniuj warstwę **Z88NET** i ustaw ją jako warstwę aktywną. Na tym etapie potrzebna jest koncentracja, ponieważ ze względu na informacje topologiczne należy teraz zachować stałą i sztywną kolejność prac. Na tym etapie definiowana jest jedna z najważniejszych informacji, zbieżność, co oznacza, które superelementy są zdefiniowane lub zarysowane przez które węzły. Wybierz odpowiedni kolor, który znacznie różni się od kolorów używanych do tej pory i usuń wszystkie zbędne informacje poprzez wyłączenie nieużywanych warstw. Wybierz polecenie **LINE** (LINIA) i wybierz odpowiednie opcje przyciągania, np. punkty, punkty przecięcia i, jeśli to konieczne, punkty końcowe

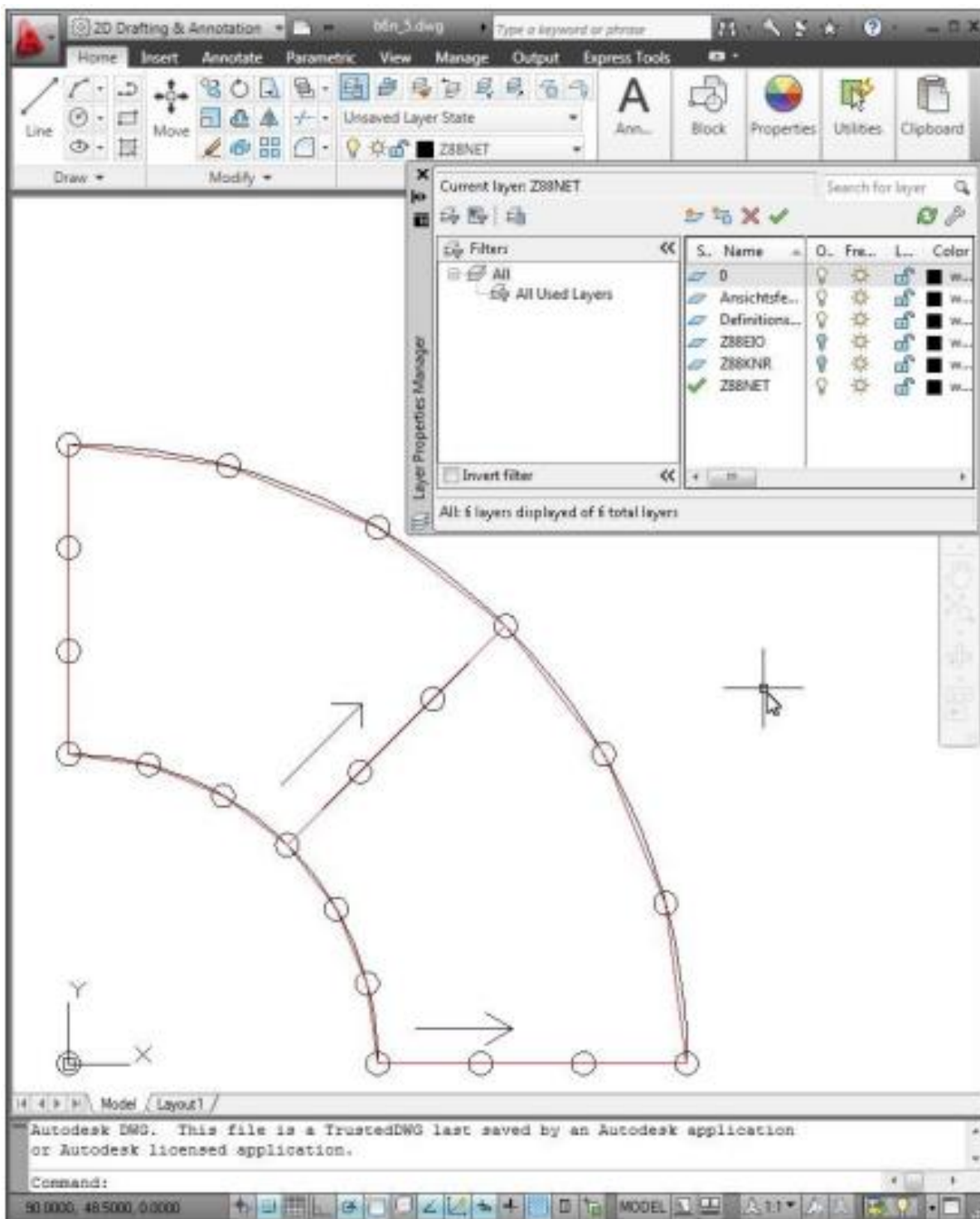
Zacznij od pierwszego elementu. Dla Z88 pierwszym elementem jest element, od którego teraz zaczynasz, czyli ten, który wybrałeś dla swojego pierwszego superelementu (SE 1). Wybierz węzeł, który ma być pierwszym węzłem tego elementu i narysuj linię do węzła, który będzie drugim węzłem tego elementu. Stamtąd narysuj linię do trzeciego węzła tego elementu. Połącz wszystkie wymagane węzły liniami i narysuj wreszcie linię do punktu początkowego, pierwszego węzła, a następnie wyjdź z funkcji LINIA.

Zatem możemy narysować tę linię: P1-P2-P3-P4-P6-P8-P12-P11-P10-P9-P7-P5-P1. Przez dwa węzły narożne P1 i P4 zdefiniowana jest lokalna oś x, co zazaczyliśmy już strzałką. Ta pomocnicza strzałka nie ma dla Z88X żadnego znaczenia – dla nas była to jedynie podpowiedź. Pasuje to dobrze do naszej definicji SE 1 11 7 5 L 5 E.

Co by się stało, gdybyśmy narysowali tę linię: P4-P6-P8-P12-P11-P10-P9-P7-P5-P1-P2-P3-P4? W zasadzie nic. Wystarczy zmienić definicję superelementu na SE 1 11 7 5 E 5 1 (□ mała litera L). A oto dlaczego: Rysując linię P4-P6-P8... zdefiniowałeś lokalną oś x przez węzły P4 i P12, a tym samym lokalną oś y od węzła P4 do węzła P1.

Następnie zrób to samo z drugim elementem. Pamiętaj: **w tej kolejności określasz, który z elementów będzie teraz prawdziwym drugim elementem.** W poprzednim czwartym kroku zdefiniowałeś jedynie, jakiego rodzaju elementem jest drugi element. Tutaj określasz, **jak** element jest zdefiniowany topologicznie. Zatem moglibyśmy narysować tę linię: P9-P10-P11-P12-P14-P16-P20-P19-P18-P17-P15-P13-P9, wyjdź z LINE.

Ta procedura zajmuje mniej niż pół minuty.



Krok 6: Zdefiniuj warstwę **Z88GEN** i włącz ją jako aktywną. Wpisz za pomocą funkcji TEKST w dowolne miejsce swojego rysunku **informacje ogólne**, czyli pierwszą grupę wejściową ogólnych danych konstrukcji Z88NI.TXT:

Z88NI.TXT

Wymiary superstruktury

Liczba węzłów

Liczba superelementów

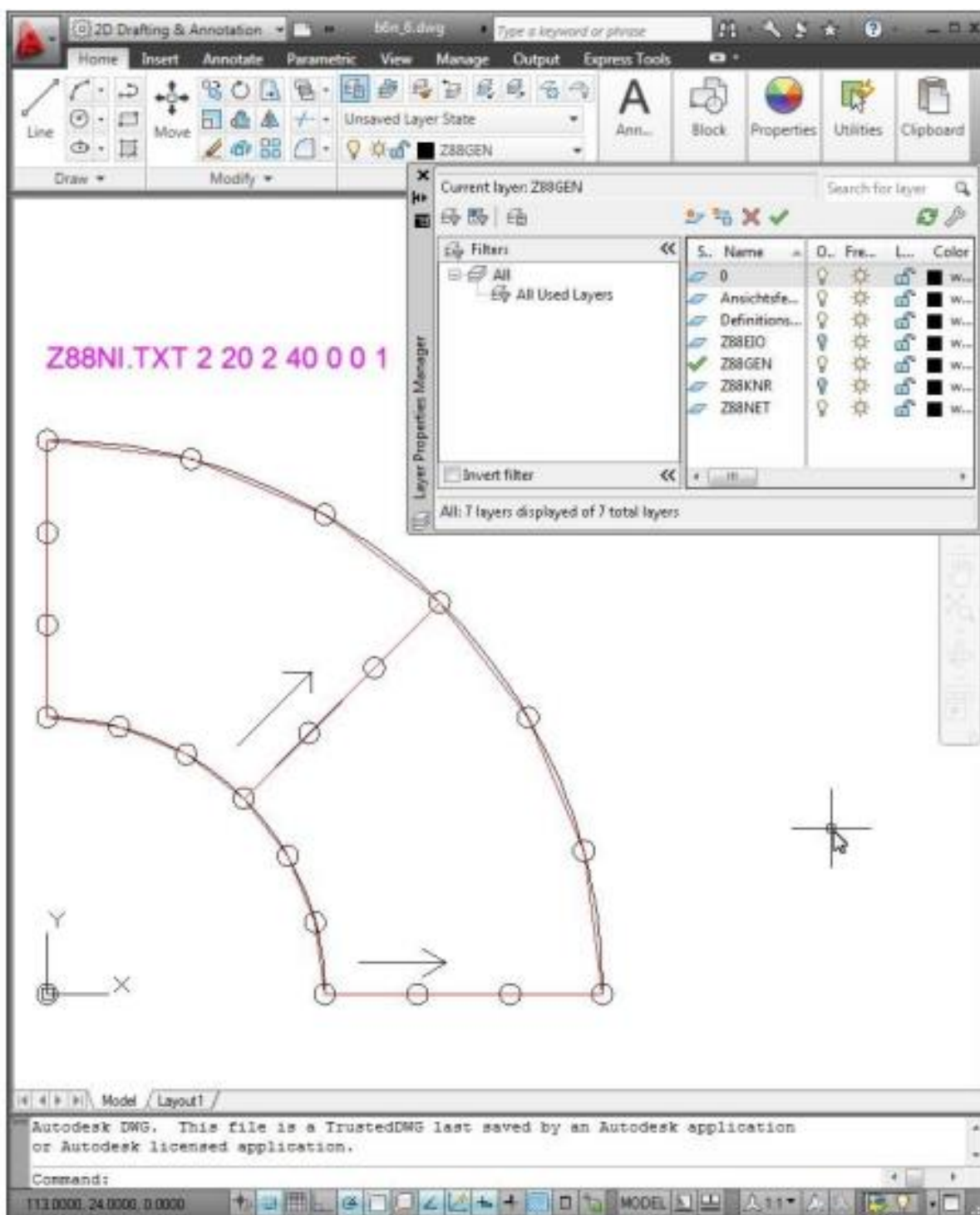
Liczba stopni swobody DoF

Flaga współrzędnych dla superelementów (0 lub 1)

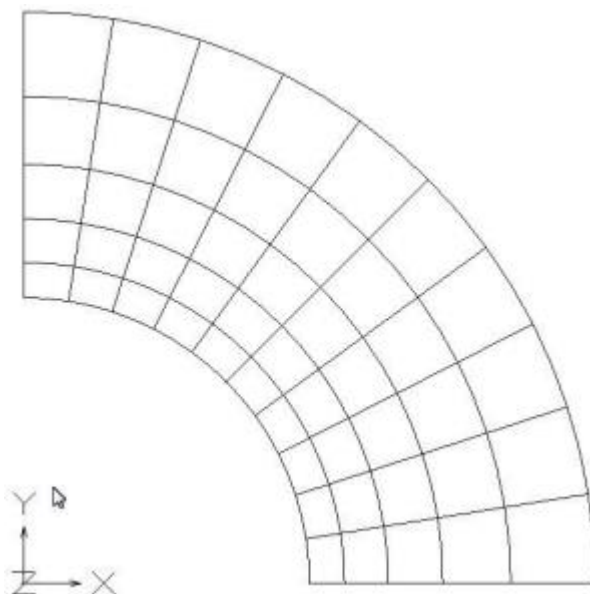
Flaga nagłówka promienia pałapki (przeważnie 0)

Flaga współrzędnych dla elementów skończonych (0 lub 1)

Jednakże tutaj: Z88NI.TXT 2 20 2 40 0 0 1. Zatem otrzymana struktura FE zostanie zapisana przez odwzorowany mesher Z88N we współrzędnych biegunowych.



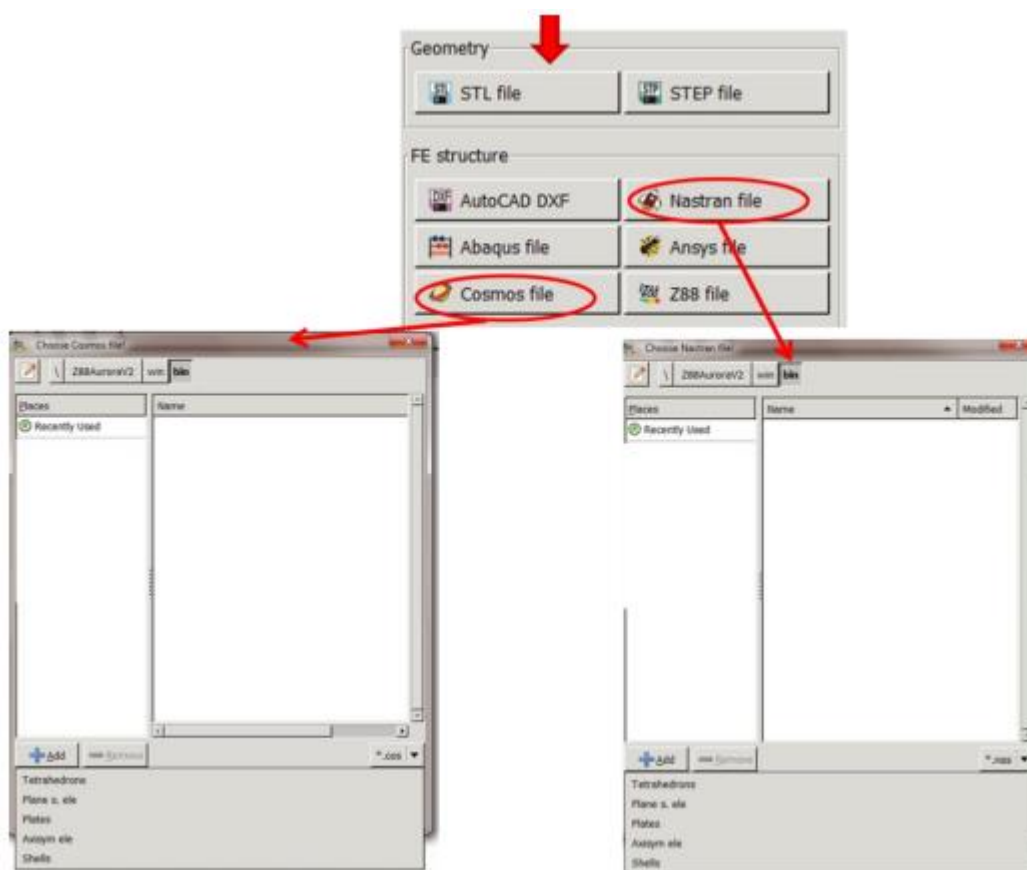
7. krok: Zapisz ten rysunek jako plik DXF. W Z88Aurora importujemy go poprzez import DXF z opcją "DXF super structure to Z88Aurora structure" (Super struktura DXF do struktury Z88Aurora). Zatem Z88Aurora interpretuje plik DXF jako superstrukturę i natychmiast uruchamia odwzorowany moduł siatki Z88N, w wyniku czego powstaje następująca struktura FE:



Teraz możesz wygodnie dodać do Aurory warunki brzegowe, materiały, zamówienia integracji i grubość elementu.

4.1.7 KONWERTER NASTRAN I KOSMOS Z88G

Niektóre programy 3D CAD zawierają tak zwane automeshery, które dzielą model CAD na elementy skończone. Wygenerowaną siatkę można zapisać w formacie wyjściowym dostosowanym do potrzeb różnych programów MES. Typowymi formatami wyjściowymi są format COSMOS i NASTRAN dla programu COSMOS lub NASTRAN FEA.



Rysunek 28: Dostęp do konwertera 3D Z88G i opcji importu w Z88Aurora

Z88G został opracowany i przetestowany dla Pro/ENGINEER przez Parametric Technology, USA. Pro/ENGINEER musi zawierać opcję (dodatkowy moduł) *Pro/MECHANICA*. Następnie możesz aktywować FEA (MES) w programie Pro/ENGINEER po zaprojektowaniu swojego modelu 3D, zdefiniować układ współrzędnych (który musi być zgodny z Z88!) oraz dodać siły i warunki brzegowe do pojedynczych punktów. Utwórz te pojedyncze punkty za pomocą opcji *Feature (Operacja) > Datum (Odniesienie) > Point (Punkt)*. W przypadku płyt dozwolone jest bezpośrednie wprowadzenie obciążenia ciśnieniem. Nie zapomnij zdefiniować analizy. W przeciwnym razie nie są wprowadzane żadne warunki brzegowe! Jeśli to konieczne, zmodyfikuj wartości kontrolne siatki. Utwórz siatkę za pomocą *Make Model* i wybierz typ elementu, np. *Tet Mesh (Siatka Tet)*. Przechowuj siatkę w modelu wyjściowym, wybierz NASTRAN lub COSMOS/M i liniową lub paraboliczną (*toggle „fix elements” (opcja przełączania „napraw elementy”)* nie jest zła do tego celu). Wpisz *filename.nas* w przypadku plików NASTRAN lub *filename.cos* w przypadku plików COSMOS jako nazwę pliku wyjściowego. Następnie konwerter **Z88G** zostanie uruchomiony automatycznie, jeśli załadujesz plik NASTRAN lub plik COSMOS, patrz rysunek 28. Określ typ elementu, który ma zostać wygenerowany. Oczywiście oba muszą korelować z tym, co wcześniej zaprojektowałeś w Pro/ENGINEER. Tłem, zwłaszcza wyboru typu elementu, jest to, że wyjściem Pro/ENGINEERA jest typ powłoki, nawet jeśli mamy do czynienia z płaskimi elementami naprężeniowymi, elementami osiowosymetrycznymi lub płytami. Konwerter automatycznie generuje pliki wejściowe Z88 Z88I1.TXT, Z88I2.TXT i Z88I5.TXT. Następnie możesz wprowadzić dane materiałowe, parametry elementów i zlecenia integracji bezpośrednio w Z88Aurora.

Uwaga: import płyt wejściowych DXF, ABAQUS, ANSYS, NASTRAN i COSMOS jest w tej wersji Z88Aurora pozytywnie ograniczony do geometrii ES, warunków/sił brzegowych oraz obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych – w przeciwieństwie do Z88 V13 i Z88Aurora V1. A oto dlaczego: Po zaimportowaniu komercyjnych pokładów wejściowych możesz bardzo wygodnie zdefiniować dane materiałowe, parametry elementów i kolejność integracji w Z88Aurora (nawet jeśli niektóre z tych informacji są zawarte w pokładach wejściowych), ponieważ tylko w ten sposób możliwe jest właściwe wykorzystanie własnej bazy danych materiałów Aurory. Zapewni to czystą bazę danych dla projektów Z88Aurora.

Jeśli stwierdzisz, że model 3D jest całkowicie płaski: Zdefiniowałeś układ współrzędnych CS0 w Pro/ENGINEER, który nie pasuje do potrzeb Z88. Po prostu zdefiniuj nowy, prawidłowy układ współrzędnych w Pro/ENGINEER i zdefiniuj go jako punkt odniesienia podczas wyprowadzania modelu. Należy pamiętać, że te formaty plików wymiany i ich dane wyjściowe Pro/ENGINEER mogą się zmieniać co kilka miesięcy.

Za pomocą Z88G możesz utworzyć następujące typy elementów Z88:

- Czworoscian nr 16 (czworoscian, paraboliczny w Pro/ENGINEER)
- Czworoscian nr 17 (czworoscian, liniowy w Pro/ENGINEER)
- Naprężenie płaskie nr 14 (powłoka, trójkąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Naprężenie płaskie nr 7 (powłoka, czworokąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Płyta nr 18 (powłoka, trójkąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Płyta nr 20 (powłoka, czworokąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Torus nr 15 (powłoka, trójkąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Torus nr 8 (powłoka, czworokąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Powłoka nr 23 (powłoka, czworokąt, parabola w Pro/ENGINEER)
- Powłoka nr 24 (powłoka, trójkąt, parabola w Pro/ENGINEER)

Należy pamiętać, że Z88G jest w stanie bezpośrednio poradzić sobie z obciążeniami ciśnieniowymi z Pro/ENGINEER tylko z plikami NASTRAN. W tym przypadku generowany

jest plik obciążeń powierzchniowych i nacisku Z88I5.TXT. Nie jest to możliwe w przypadku plików COSMOS: tutaj należy wprowadzić obciążenia ciśnieniem poprzez siły węzłowe.

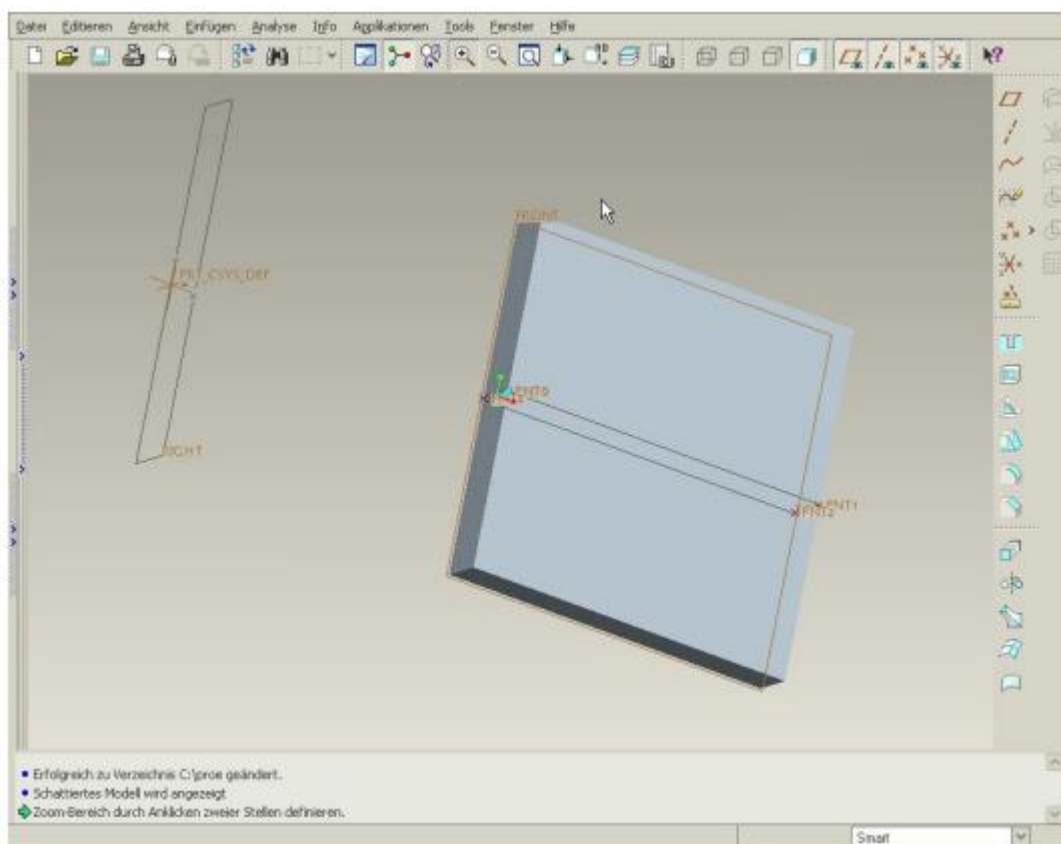
Przed rozpoczęciem wybierz typ elementu.

Pro/ENGINEER nie rozróżnia elementów objętościowych, płaskich elementów naprężeń, powłok, elementów osiowosymetrycznych i płyt, dlatego to od Ciebie zależy podanie Z88G odpowiednich informacji. Powodem tego jest to, że Pro/ENGINEER rozpoznaje tylko powłokę lub wolumin typu FE. Tutaj również musisz wpisać odpowiednie dane, czyli to, co już zaprojektowałeś w Pro/ENGINEERZE.

Przed uruchomieniem konwersji wybierz odpowiedni typ elementów.

Generowanie objętości jest łatwe, ale generowanie płaskich elementów naprężeń, płyt i elementów torusów (elementów osiowosymetrycznych) jest trudne: Najpierw zbuduj objętość o (małej) grubości w Pro/E. Ustaw *reference points (punkty odniesienia)*, zwłaszcza dla elementów osiowo-symetrycznych. Uruchom Pro/MECHANICA i *idealizuj (wyidealizuj)* objętość w postaci powłok: *Model > Idealizations (Idealizacje) > Shells (Powłoki) > Midsurfaces (Powierzchnie środkowe)*. To eliminuje głębokość. Pracując z elementami osiowosymetrycznymi, pamiętaj, że pracujesz we współrzędnych walcowych: Twój układ współrzędnych pokrywa się z osią obrotu, a „objętość” leży na odpowiednich promieniach (patrz rysunek):

Proszę pamiętać: Te formaty danych wyjściowych MES, zwłaszcza format NASTRAN, są modyfikowane niemal codziennie. Dlatego też sprawdzaj naszą stronę główną www.z88.org w celu uzyskania aktualizacji. W każdym razie: Z88G wygląda całkiem nieszkodliwie, ale prawidłowo obsługiwany jest Z88G, potężnym narzędziem, które pozwala na plikowanie bardzo dużych struktur FEA do Z88.

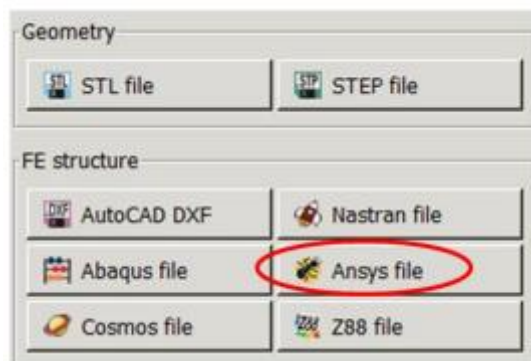


W ten sposób generowane są elementy torusa w Pro/ENGINEER. W przypadku płyt i powłok należy postępować analogicznie.

4.1.8 KONWERTER ANSYS Z88ASY

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Oprócz NASTRAN i COSMOS, Pro/ENGINEER obsługuje również wyprawdanie danych symulacyjnych w postaci pliku ANSYS (*.ans). Dane te można następnie przesłać do ANSYS, a także do Z88Aurora. Należy jednak pamiętać, że ten format danych może zostać dowolnie zmieniony przez producenta, co może prowadzić do problemów z kompatybilnością.



Rysunek 29: Dostęp do konwertera ANSYS Z88ANS

Można przekształcić bryłę z dowolną liczbą materiałów (sprężystość liniowa). Bryła musi składać się z jednego typu elementu. Można zastosować opcjonalne kartezjańskie warunki brzegowe, siły skupione i siły na obszarach, a także ciśnienia. Nie musisz definiować żadnego materiału w ANSYS, ponieważ:

Uwaga: import platform wejściowych DXF, ABAQUS, ANSYS, NASTRAN i COSMOS jest w tej wersji Z88Aurora pozytywnie ograniczony do geometrii ES, warunków/sił brzegowych oraz obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych – w przeciwieństwie do Z88 V13 i Z88Aurora V1. A oto dlaczego: Po zaimportowaniu komercyjnych pokładów wejściowych możesz bardzo wygodnie zdefiniować dane materiałowe, parametry elementów i kolejność integracji w Z88Aurora (nawet jeśli niektóre z tych informacji są jednak zawarte w pokładach wejściowych), ponieważ tylko w tym sposób możliwe jest właściwe wykorzystanie własnej bazy danych materiałów Aurory. Zapewni to czystą bazę danych dla projektów Z88Aurora.

Które systemy plików ANSYS mogą być importowane przez Z88Aurora?

Dane ANSYS PREP7 w formacie ASCII mogą mieć bardzo różną strukturę i zawartość, w zależności od ich pochodzenia. Dlatego nie można podać dokładnych stwierdzeń na temat kompatybilności. Szczególnie zintegrowane skrypty mogą powodować problemy. Ten konwerter został opracowany i przetestowany dla Pro/ENGINEER Wildfire 4. Dane wygenerowane przez ANSYS Workbench nie mogą być importowane.

Jakie elementy obsługuje konwerter?

Możesz używać czworościanów, jako typu liniowego lub kwadratowego:

Konwersja > z TET 4 na element typu 17 i odwrotnie

Konwersja > z TET 10 (E 92) na element typu 16 i odwrotnie

Jakie funkcje oferuje konwerter?

Funkcje importu konwertera Z88ASY:

Generacja > Z88I1.TXT z pliku ANSYS

Generacja > Z88I2.TXT z pliku ANSYS

Generacja > Z88I5.TXT z pliku ANSYS

Generacja > MAT.TXT z pliku ANSYS*

Jak kontynuować?

1. Skonstruuj swój model zgodnie z instrukcją dla konwertera NASTRAN Z88G.
2. Podczas wyprowadzania danych symulacyjnych pamiętaj o wybraniu formatu ANSYS.
3. Zaimportuj model symulacyjny do Z88Aurora w sposób opisany na rysunku 29. W tym celu wybierz *File (Plik) > Import (Importuj) > ANSYS File (Plik ANSYS)*.

4.1.9 KONWERTER ABAQUS Z88AINP

Jaka jest podstawowa idea i jakie są funkcje?

Obecnie ABAQUS stał się szeroko rozpowszechnionym narzędziem symulacyjnym w przemyśle, oferującym szeroki zakres wydajności i prostą obsługę. Ze względu na szeroki zakres funkcji wprowadzono następujące ograniczenia w funkcjonowaniu konwertera:

Można przekształcić jedną bryłę (1 wystąpienie) z jednym materiałem (sprężystość liniowa). Bryła musi składać się z jednego typu elementu. Można zastosować opcjonalne kartezjańskie warunki brzegowe, siły (siła skupiona) i ciśnienie. Nie musisz definiować żadnego materiału w ANSYS, ponieważ:

Uwaga: import platform wejściowych DXF, ABAQUS, ANSYS, NASTRAN i COSMOS jest w tej wersji Z88Aurora pozytywnie ograniczony do geometrii ES, warunków/sił brzegowych oraz obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych – w przeciwieństwie do Z88 V13 i Z88Aurora VI. A oto dlaczego: Po zaimportowaniu komercyjnych platform wejściowych możesz bardzo wygodnie zdefiniować dane materiałowe, parametry elementów i kolejność integracji w Z88Aurora (nawet jeśli niektóre z tych informacji są zawarte w pokładach wejściowych), ponieważ tylko w ten sposób możliwe jest właściwe wykorzystanie własnej bazy danych materiałów Aurory. Zapewni to czystą bazę danych dla projektów Z88Aurora.

Które wersje ABAQUS-a mogą współpracować z Z88Aurora?

Oferowany konwerter został przetestowany w programie ABAQUS 6.12.3; dlatego w tym przypadku dostępny jest pełny zakres funkcji. Ponieważ format ABAQUS jest zastrzeżony, w każdej chwili mogą nastąpić modyfikacje, skutkujące nieprawidłowym działaniem konwertera. Starsze wersje ABAQUS-a, np. 6.6 lub 6.7 również nie zapisują żadnych informacji o wersji w plikach. Dlatego konwersja zależna od wersji jest również trudna.

Jakie elementy obsługuje konwerter?

Możesz użyć dowolnych czworościanów i sześciąt z ABAQUS, ale ponieważ zwykle między ABAQUS i Z88Aurora nie są wymieniane żadne dane symulacji akustycznej ani termicznej, nastąpią następujące transformacje elementów:

- Konwersja > z C3D4 na element typu 17 i odwrotnie*
- Konwersja > z C3D10 na element typu 16 i odwrotnie*
- Konwersja > z C3D8 na element typu 1*
- Konwersja > z C3D20 na element typu 10*

Jakie funkcje oferuje konwerter?

Import > Z88STRUCTURE.TXT, Z88SETSACTIVE.TXT i Z88SETS.TXT z pliku wejściowego ABAQUS.

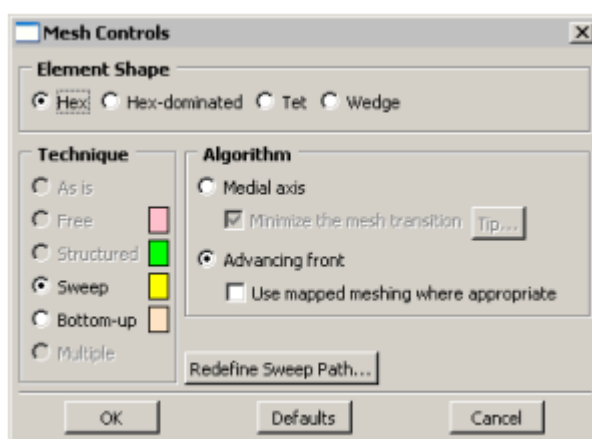
Jak kontynuować?

Możesz używać plików z Abaqus CAE, a także własnych talii wejściowych. Poszukaj odpowiednich słów kluczowych w dokumentacji ABAQUS, które możesz wprowadzić do pliku inpenviro.z88 i zwróć uwagę na znaki wyższych i dolnych. W przypadku Abaqus 6.12.3 jest zamknięty odpowiedni inpenviro.z88 w katalogu BIN Z888aurora. Skrypty Abaqus nie mogą być przetwarzane.

W celu importu pliku Abaqus postępuj w następujący sposób:

Importowanie i łączenie komponentu w Abaqus:

Konwerter Abaqus przetwarza tylko komponenty, które można arbitralnie zaimportować do Abaqus-CAE i zmieścić się do montażu. To zależy od Ciebie, niezależnie od tego, czy wybierzesz *Mesh on Part* (siatkę z części), czy *Mesh on Instance* (siatki na instancji). Przydziel *Hex* (sześciokąt) lub *Tet* jako właściwości siatki (patrz rysunek 30) i wygeneruj siatkę, która spełnia Twoje wymagania.



Rysunek 30: Przydział odpowiedniego typu elementu w ABAQUS 6.12.3

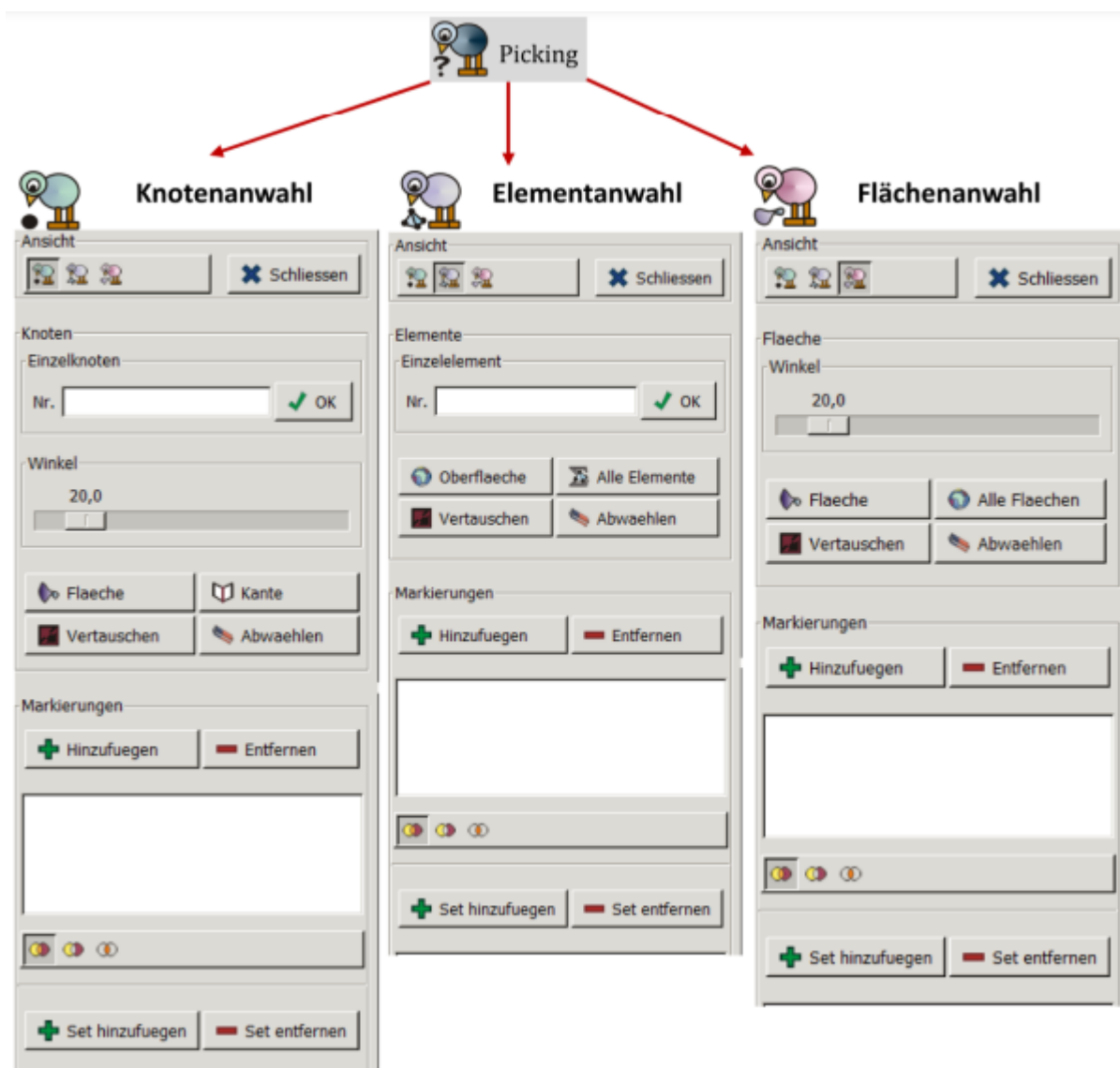
Uwaga: Rozszerzone ustawienia kontroli siatki i wyboru elementów nie są przyjęte, ponieważ w Z88aurora nie ma odpowiednich odpowiedników. Zatem w przypadku, gdy wybrałeś sformułowanie hybrydowe lub element do analizy akustycznej, zostanie to przekształcone w czysty typ Z88 podczas importowania do Z88.

Uwagi: Z88ANP przetwarza wszystkie ładunki kroku podanego w pliku ABAQUS. Jeśli zdefiniowałeś kilka etapów symulacji w modelu CAE, pamiętaj, że należy podać nowy model, kopiując, w którym wszystkie kroki są usuwane, z wyjątkiem pożądanego etapu symulacji.

1. Zapisz pokład wejściowy jako plik *.inp.
2. W Z88AURORA wybierasz z menu File (Plik) > Import (Importuj) > ABAQUS Data (Dane ABAQUS). W poniższym oknie dialogowym wyboru możesz wybrać tylko automatycznie pliki .inp. Wybierz żądany plik.
3. Przekształcona struktura jest wykreślona i możesz wykazywać ograniczenia i obciążenia w Z888aurora.

4.2 PICKING (Wybieranie) i SET MANAGEMENT (zarządzanie zestawem)

Warunki brzegowe, definicje materiałowe, obciążenia powierzchniowe - Wszystkie te cechy analizy FE, które są kontrolowane w wersji open source przez pliki wejściowe Z88i1.txt do Z88i5.txt są łączone razem w Z88aurora z *set management (zarządzaniem zestawem)*. Zasadniczo działanie jest zawsze takie samo. W węzłach menu wyboru można zaznaczyć grupy elementów lub powierzchni.



Rysunek 31: Wybór opcji w Z88aurora

Podczas wstępnego przetwarzania właściwości można przypisać do tego zestawu, takie jak materiały, obciążenia, warunki brzegowe, reguły siatki itp. Ostatnie wpisy w odpowiednich menu, przechowywane w pliku SETSACTIVE.TXT, są następnie kontrolowane do obliczeń. Z88aurora jest planowany w kształcie, w którym przetwarzanie wstępne jest przeprowadzane interaktywnie przez użytkownika w graficznym interfejsie powierzchniowym, tj. GUI. Chociaż pliki są jasne i budowane logicznie, jednak produkcja ręki jest trudna. To nie jest kluczowa funkcja Aurora, ale z Z88 V14 OS. Korzystanie z wybranych i zarządzania ustalonym znajduje się w podręczniku użytkownika.

4.2.1 SURFACE LOADS (OBCIĄŻENIA POWIERZCHNIOWE)

Chociaż wejście do warunków brzegowych nie jest ręcznie wymagane w Aurora, potrzebujesz pewnej wiedzy na temat osobliwości dotyczących obciążeń powierzchniowych. Z rozłożonymi obciążeniami i obciążeniami powierzchniowymi, takimi jak obciążenia ciśnienia i ścinanie styczne, należy przestrzegać określonych reguł.

Rzadko jest obciążeniem w kilku punktach na korpusie, głównie obciążeniem odbijającym obciążenia powierzchniowe. W przypadku rozkładu tych obciążeń na komponent istnieje kilka możliwości:

The image shows a software dialog box with the following sections:

- Directions / Rotations:** A grid of checkboxes for selecting directions and axes:
 - X direction, X Axis
 - Y direction, Y Axis
 - Z direction, Z Axis
- Type:** A list of radio buttons for selecting the load type:
 - Displacements
 - Pressure
 - Force (uniformly distributed)
 - Surface load
 - Projected surface load
 - Line load
 - Projected line load
- Value:** A text input field for entering a numerical value.

Rysunek 32: Możliwości warunków brzegowych w menu warunków brzegowych

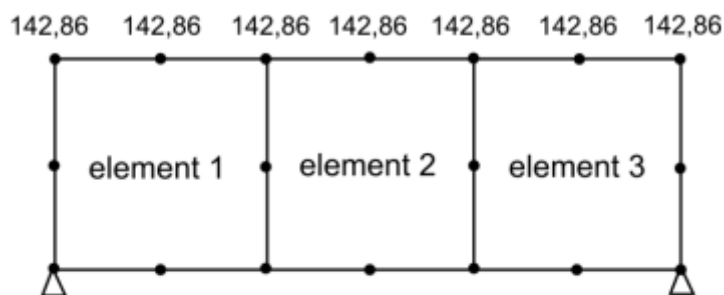
Siła (równomiernie rozłożona) stosuje zawsze tę samą siłę do węzłów, podczas gdy *Surface load (obciążenie powierzchniowe)* i *Line load (obciążenie liniowe)* rozkładają obciążenie zgodnie z regułami FEA:

Dla elementów z funkcją kształtu liniowego, np. Heksahedrony nr 1 i Torus nr 6, obciążenia krawędzi i obciążenia powierzchniowe są rozmieszczone na elementy prosto i prosto na odpowiednie węzły.

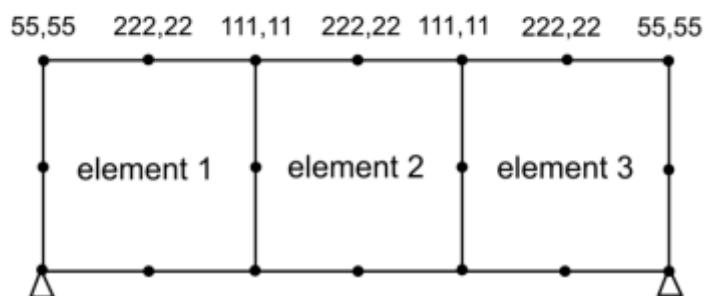
Jednak w przypadku elementów o wyższych funkcjach kształtu, tj. kwadratowe (naprężenie płaskie nr 3, nr 7, Torus nr 8, sześciokąt nr 10 itd.) lub sześciennie (naprężenie płaskie nr 11 i Torus nr 12) krawędź i obciążenia powierzchniowe należy umieścić na elementach zgodnie z pewnymi zasadami, które nie zawsze są oczywiste fizycznie, ale matematycznie absolutnie poprawne. O dziwo, niektóre elementy obciążenia mogą mieć wartości ujemne. Chociaż fakty te nie są oczywiste, niemniej prowadzą do poprawnych wyników, co nie dotyczy intuicyjnego rozkładu obciążeń na odpowiednie węzły.

Przykład może wyjaśnić fakty:

niewłaściwy rozkład obciążenia



właściwy rozkład obciążenia



Rysunek 33: Rozkład obciążeń

Konstrukcja ES składa się z trzech płaskich elementów naprężeniowych nr 7 z obciążeniem 1000 N rozłożonym na górnej krawędzi w kierunku Y, patrz rysunek 35:

Niepoprawnie: $1000 \text{ N}/7 = 142,86 \text{ N}$ na węzeł. Nieprawidłowe dla elementów z funkcją kształtu kwadratowego.

Poprawnie: $2 \times 1/6 + 2 \times (1/6+1/6) + 3 \times 2/3 = 18/6 = 3$, odpowiada 1000 N

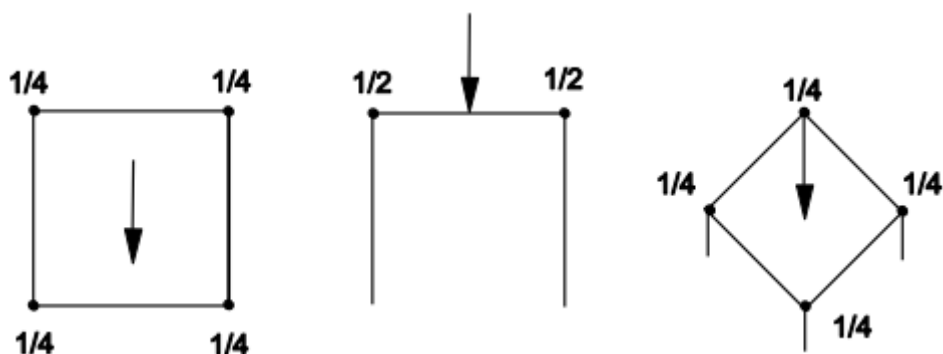
„1/6 punktu” = $1000/18 \times 1 = 55,55$

„2/6 punktów” = $1000/18 \times 2 = 111,11$

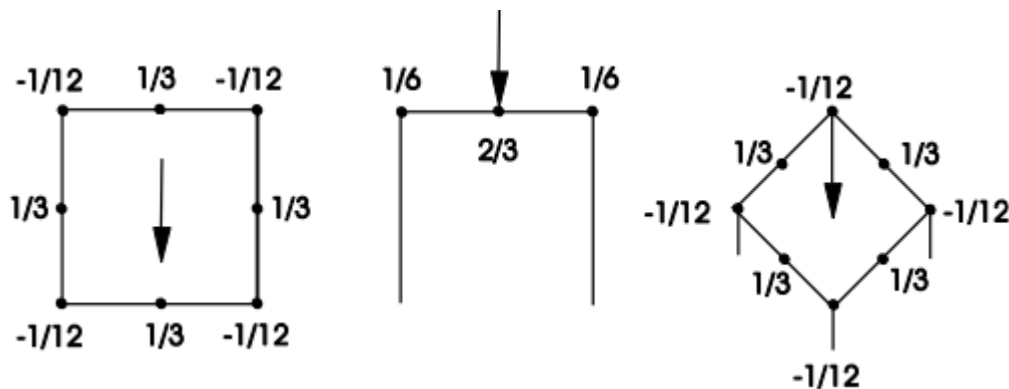
„2/3 punktów” = $1000/18 \times 4 = 222,22$

Kontrola: $2 \times 55,55 + 2 \times 111,11 + 3 \times 222,22 = 1000 \text{ N}$, ok.

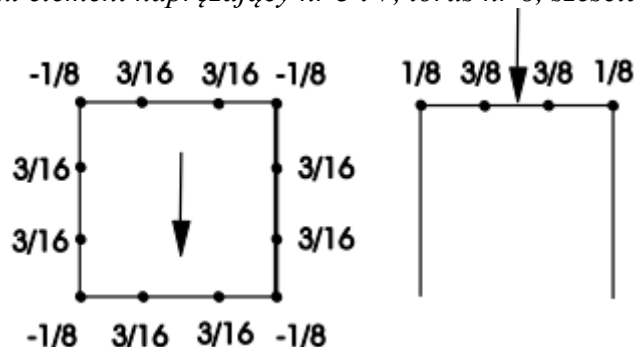
Dlatego:



Rysunek 34: Elementy z liniowymi funkcjami kształtu, np. Sześciościan nr 1



Rysunek 35: Elementy z kwadratowymi funkcjami kształtu, np. płaski element naprężający nr 3 i 7, torus nr 8, sześciąt nr 10



Rysunek 36: Elementy z funkcjami kształtu sześciennego, np. płaski element naprężający nr 11, torus nr 12, płyta nr 19

Przy wyborze powierzchni „projected surface load” (przewidywane obciążenie powierzchniowe) i „projected line load” (przewidywane obciążenie liniowe) uwzględnia się fakt, że tworzenie siatki z Free-Meshern bardzo często oznacza nieregularne rozkłady węzłów, szczególnie w przypadku powierzchni zakrzywionych. Jeżeli powierzchnia zawiera więcej węzłów w swojej prawej połowie niż w lewej, przyłożenie obciążenia następuje jednostronnie. Efekt ten jest osłabiany przez projekcję.

Dalsze szczegóły dotyczące stosowania warunków brzegowych znajdują się w podręczniku użytkownika.

4.3 SOLWER LINIOWY Z88R

Solwer liniowy Z88R zawiera wewnątrz trzy różne solwery:

- Tzw. *Cholesky solver without fill-in* (solwer Cholesky’ego bez wypełnienia), z tzw. *pamięcią Jenningsa*. Jest łatwy w obsłudze i bardzo szybki w przypadku małych i średnich konstrukcji. Z88R -choly to Twój wybór dla małych i średnich konstrukcji, do 20 000...30 000 stopni swobody. **W Z88Aurora za pomocą tego solwera można obliczać tylko ramy kratownicowe i belkowe.**
- Tak zwany *direct sparse matrix solver with fill-in* (bezpośredni solwer macierzy rzadkiej z wypełnieniem). Wykorzystuje tzw. solwer PARDISO Z88R -parao. Solver ten jest bardzo szybki, ponieważ jest zgodny z wieloma procesorami, ale zużywa bardzo dużo pamięci dynamicznej, dlatego program prawdopodobnie zakończy się z komunikatem o błędzie, jeśli pamięć główna zostanie wyczerpana. Ten solwer jest Twoim wyborem dla średnich konstrukcji, do 150 000 stopni swobody na zwykłych komputerach PC. Jednak bardzo szybko obliczyliśmy struktury z ~ 1 milionem DoF, używając komputera wyposażonego w 32 (!) GB pamięci, 4 procesory i 64-bitową wersję Z88 dla systemu Windows.

- Tak zwany *sparse matrix iteration solver* (moduł iteracji macierzy rzadkiej). Rozwiązuje układ równań metodą gradientów sprzężonych z zastosowaniem wstępnego kondycjonowania SOR Z88R -sorcg lub wstępnego kodowania poprzez niepełny rozkład Cholesky'ego Z88R -siccg w zależności od wyboru. Rozwiązanie to wymaga minimalnej ilości miejsca na dysku. To jest Twój wybór w przypadku dużych konstrukcji z ponad 150 000 ~ 200 000 DoF. Struktury FE z ~ 5 milionami DoF nie stanowią dla niego problemu, jeśli używasz 64-bitowego systemu operacyjnego (Windows, LINUX lub Mac OS X) z około 6 GB pamięci. Największa jak dotąd przetworzona struktura w Z88R zawierała 12 milionów DoF – przy użyciu zwykłego komputera! *Ten bardzo stabilny i zatwierdzony solwer działa zawsze, dlatego możesz go używać jako standardowego solwera.*

Uwaga: Poniższe wyjaśnienia dotyczące „ręcznego” uruchomienia solwera mają na celu jedynie głębsze zrozumienie, jeśli jest to konieczne. Z88Aurora zajmie się wszystkim za Ciebie!

Solver Z88R działa w trybie konsoli i wymaga dwóch flag kontrolnych:

z88r -mode -solver

mode (tryb) oznacza:

- t: tryb testowy. Z88R określa wymaganą pamięć i wprowadza te ustawienia do pliku definicji pamięci Z88R.DYN.
- c: Tryb obliczeniowy. Z88R.DYN jest importowany.

Najpierw uruchom solwer w trybie testowym, a następnie po raz drugi w trybie obliczeniowym, używając *tych samych* ustawień drugiego *solwera* parametrów.

solver oznacza:

- choly: Uruchom prosty solwer Cholesky'ego bez wypełniania pamięcią Jenningsa
- parao: Uruchom bezpośredni solwer macierzy rzadkiej z wypełnieniem i solwerem PARDISO
- siccg: Uruchomienie sprzężonych gradientów solwera iteracyjnego z warunkowaniem wstępnym SIC
- sorcg: Uruchomienie sprzężonych gradientów solwera iteracyjnego z warunkowaniem wstępnym SOR

Wyjaśnienia rozwiązań iteracyjnych macierzy rzadkich SICCG i SORCG

Solver iteracyjny wykorzystuje tylko tak zwane elementy niezerowe – co skutkuje absolutnym minimum wymagań dotyczących przechowywania. Tworzy następujące wskaźniki dla dolnej części macierzy sztywności całkowitej GS:

- Wektor wskaźnikowy IP wskazuje elementy przekątne GS(i, i)
- Wektor wskaźnikowy IEZ wskazuje na indeks kolumny GS(x, j)

Przykład (ref. Schwarz, H.R: Methode der finiten Elemente): Niech dolna część GS będzie:

GS(1,1)					
GS(2,1)	GS(2,2)				
	GS(3,2)	GS(3,3)			
GS(4,1)			GS(4,4)		
GS(5,1)		GS(5,3)		GS(5,5)	
	GS(6,2)		GS(6,4)		GS(6,6)

Wynikiem GS jest następujący wektor elementów niezerowych:

GS(1,1)	GS(2,1)	GS(2,2)	GS(3,2)	GS(3,3)	GS(4,1)	GS(4,4)
GS(5,1)	GS(5,3)	GS(5,5)	GS(6,2)	GS(6,4)	GS(6,6)	

IEZ spowoduje:

1	1	2	2	3	1	4	1	3	5	2	4	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

i adres IP:

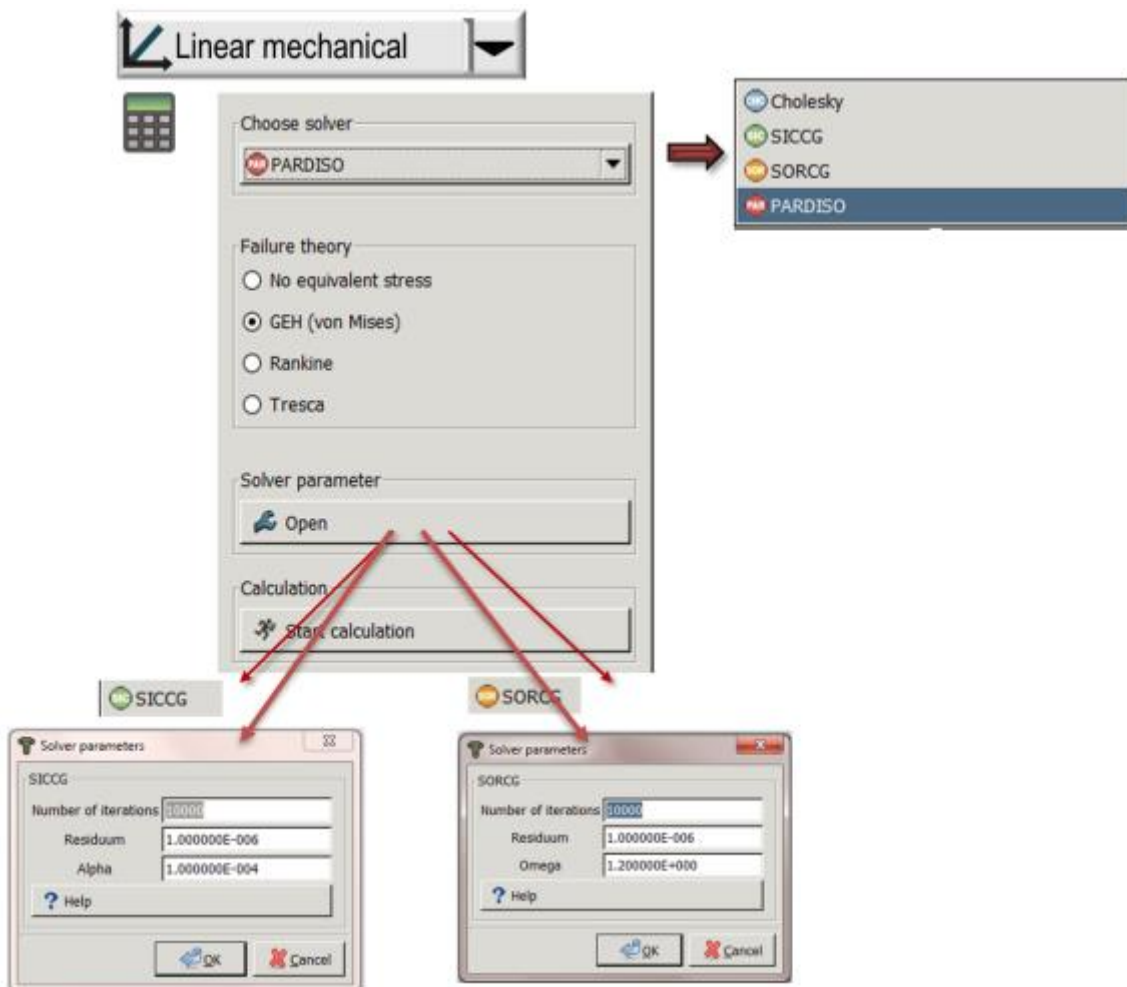
1	3	5	7	10	13
---	---	---	---	----	----

Wskaźnik IEZ zawiera elementy MAXIEZ, wektor GS zawiera elementy MAXGS. Granice te wyznaczone są w trybie testowym solwera.

W drugim przebiegu, właściwym przebiegu obliczeniowym, solwer oblicza macierze sztywności elementu, kompiluje całkowitą macierz sztywności, uwzględnia warunki brzegowe, skaluje układ równań i rozwiązuje (ogromny) układ równań za pomocą gradientu sprzężonego algorytm. Aby zapewnić lepszą zbieżność, przeprowadza się warunkowanie wstępne. Możesz wybrać, czy jako warunek wstępny chcesz zastosować krok SOR, czy tak zwany niepełny rozkład Choleskiego. Domyślnie jest to *niepełny rozkład Choleskiego (przesunięty niepełny rozkład Choleskiego SIC)*, ponieważ główny parametr, tzw. współczynnik przesunięcia α , jest łatwy w obsłudze. Wstępne kondycjonowanie SOR wymaga mniej pamięci, ale parametru kontrolnego, parametru relaksacji ω , nie można określić a priori.

Dodatkowo należy wprowadzić kilka parametrów do pliku Z88Control.TXT. Odbywa się to poprzez „Parametry Solvera” w menu „Solver” dla każdego solwera:

- kryterium zakończenia: maksymalna liczba iteracji (np. 10000)
- kryterium zakończenia: wektor rezydualny < granica Epsilon (np. 1e-7)
- parametr przyspieszenia konwergencji SIC. Współczynnik przesunięcia Alpha (od 0 do 1, dobre wartości mogą wahać się od 0,0001 do 0,1; zacznij od 0,0001). Dalsze informacje można znaleźć w literaturze.
- Parametr przyspieszenia zbieżności SOR: Współczynnik relaksacji Omega (od 0 do 2, dobre wartości mogą wahać się od 0,8 do 1,2).



Rysunek 37: Opcje menu solwera w zależności od wybranego solwera

Objaśnienia do bezpośredniego solwera macierzy rzadkiej z wypełnieniem

Solwer ten dokonuje bezpośredniego rozkładu macierzy, ale w przeciwieństwie do prostego solwera Choleskiego, solwer ten działa z wypełnianiem. Wypełnianie oznacza alokację pamięci dynamicznej dla nowych elementów macierzy powstałych w procesie dekompozycji. Dlatego nie można obliczyć zapotrzebowania na pamięć przed uruchomieniem rozwiązania. Jeśli pamięć zostanie wyczerpana podczas obliczeń, moduł rozwiązywania nieuchronnie zakończy działanie i wyświetli się komunikat o błędzie. Solver ten działa z bardzo dużą szybkością w przypadku średnich struktur (100 000 ~ 1 000 000 DoF), ponieważ jest zgodny z wieloma procesorami, ale potrzebuje o kilka rzędów wielkości więcej pamięci niż solwer iteracyjny. Dlatego ten solwer jest naprawdę przydatny tylko na komputerach z bardzo dużą ilością pamięci i 64-bitowymi wskaźnikami i liczbami całkowitymi. Dla tego solwera zalecamy 64-bitową wersję Z88Aurora, 64-bitowy system operacyjny Windows i co najmniej 4 GB (jeszcze lepiej 8 lub 16 bajtów). Rzeczywisty rdzeń solwera to PARDISO autorstwa O. Schenka z Uniwersytetu w Bazylei w Szwajcarii. Zdefiniuj liczbę procesorów w Z88MAN.TXT. Wartości poprzedzające nie mają znaczenia; jednak muszą tam być. Uważaj, aby w ustawieniach systemu Windows *System Properties (Właściwości systemu) > Advanced (Zaawansowane) > Environment Variable (Zmienna środowiskowa)* nie posiadał tego rodzaju zmiennej: NUM_THREADS, OMP_SET_NUM_THREADS. Może to kolidować z ustawieniami w Z88Control.TXT

Pliki wejściowe dla obu trybów:

- Z88I1.TXT Ogólne dane strukturalne
- Z88I2.TXT Warunki brzegowe
- Z88I5.TXT Obciążenia powierzchniowe i naciskowe
- Z88MAT.TXT Definicja materiału. oraz jeden lub więcej plików materiałowych w formacie .TXT
- Z88ELP.TXT Parametry elementu
- Z88INT.TXT Zlecenia integracji
- Z88MAN.TXT Parametry solwera

Pliki wyjściowe w trybie obliczeniowym:

- Z88O0.TXT Przygotowane dane konstrukcyjne do dokumentacji
- Z88O1.TXT Przygotowane warunki brzegowe do dokumentacji
- Z88O2.TXT Przemieszczenia
- Z88O3.TXT Naprężenia
- Z88O4.TXT Siły węzłowe

4.3.1 WYBÓR ODPOWIEDNIEGO SOLWERA

Z grubsza mówiąc: użyj prostego i niezawodnego solwera Cholesky Z88R –choły dla małych konstrukcji kratownicowych i belkowych. Narzędzie do rozwiązywania iteracji macierzy rzadkiej Z88R –siccg lub –sorcg zawsze działa. W przypadku struktur średniej wielkości bezpośredni solwer macierzy rzadkich z wypełnieniem Z88R –parao jest bardzo odpowiedni ze względu na jego ogromną prędkość.

Ponieważ wszystkie modyfikacje zaawansowanych wersji SICCG, SORCG i PARDISO nie dotyczą algorytmów numerycznych, zalety i wady wyboru solwera pozostają w zasadzie. Jednak szczególnie w iteracyjnej metodzie CG, nawet przy dwóch procesorach, oczekuje się znacznych oszczędności czasu, więc prędkość spada do solwera PARDISO. Nawet w przypadku konstrukcji średniej wielkości jest teraz alternatywą, która jest porównywalna pod względem szybkości. Do obliczeń dużych i bardzo dużych konstrukcji najlepszym narzędziem pozostaje CG-solver. Chociaż w wersji równoległej potrzebna jest dwukrotnie większa ilość pamięci, to wymaganie to jest łatwe do spełnienia również w przypadku mniejszych komputerów.

Tabela 6: Przegląd zintegrowanych solverów i ich wydajności

Solwer	Typ	Liczba stopni swobody	Pamięć wymagania	Prędkość	Wiele procesorów	Uwagi
Z88R - t/c - choly	Cholesky Solver bez wypełnienia	do ~30.000	średnie	średnia	nie	tylko dla kratownic i belek w Z88Aurora
Z88R - t/c - parao	Solver bezpośredni z wypełnieniem	do ~150.000 z komputerami 32-bitowymi	bardzo duże	bardzo duża	tak	przydatne przy kilku procesorach i bardzo dużej ilości pamięci
Z88R - t/c - siccg or - sorcg	Solver gradientów sprzężonych z warunkowaniem wstępnym	bez ograniczeń (testowano z ponad 12 milionami DoF na normalnym komputerze)	absolutne minimum	średnia	nie	bardzo stabilny i niezawodny solver dla bardzo dużych konstrukcji
Z88RS - t/c - parao	Solver bezpośredni z wypełnieniem	do ~ 150 000 w przypadku komputerów 32-bitowych	bardzo duże	maksymalna	tak	jeszcze raz przyspieszona wersja bezpośredniego Solvera Pardiso z Z88R
Z88RS - t/c - siccg or - sorcg	Solver gradientów sprzężonych z warunkowaniem wstępnym	bez ograniczeń (testowano z ponad 12 milionami DoF na normalnym komputerze)	bardzo małe	duża	tak	wymaga dwukrotnie więcej pamięci niż solwery CG z Z88R i obsługuje kilka procesorów

Należy pamiętać, że kryteria zakończenia uległy zmianie w solverach iteracyjnych w Z88RS. Wprowadź resztę matematyczną. To jest podstawa kryterium w Z88R!

4.3.2 KILKA UWAG DOTYCZĄCYCH OBLICZANIA NAPRĘŻEŃ

Wyniki przedstawiono w pliku Z88O3.TXT. Obliczenia naprężeń kontrolowane są poprzez plik Z88MAN.TXT, patrz rozdział 3. Definiuje on między innymi:

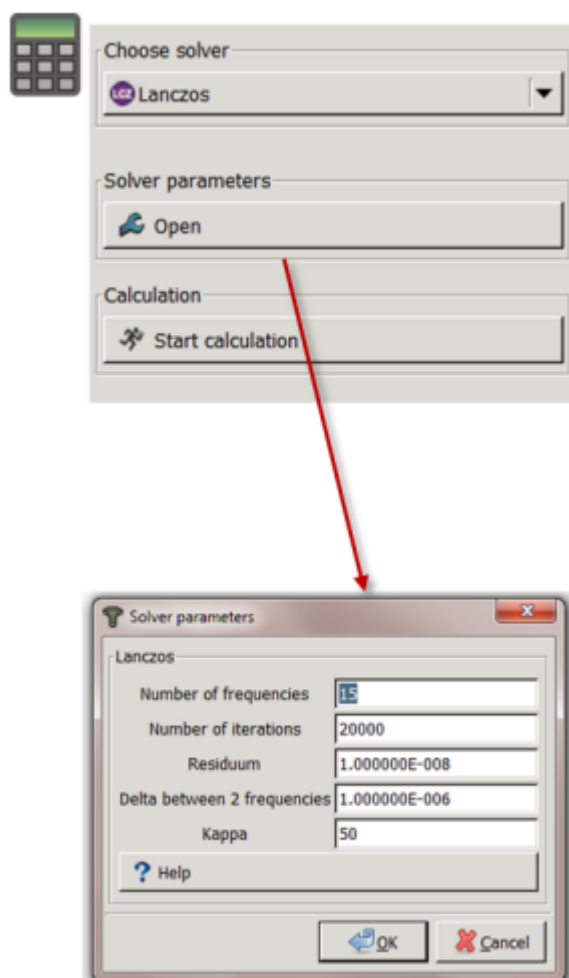
- Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa lub w węzłach narożnych
- Dodatkowe obliczenia naprężeń promieniowych i stycznych dla elementów nr 3, 7, 8, 11, 12, 14 i 15.
- Obliczanie naprężeń von Misesa dla elementów kontinuum nr 1, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15 ~ 24.

4.3.3 KILKA UWAGI DOTYCZĄCYCH OBLICZANIA SIŁ WĘZŁOWYCH

Wyniki przedstawiono w Z88O4.TXT. Siły węzłowe obliczane są oddzielnie dla każdego elementu. Jeśli kilka elementów styka się z węzłem, całkowitą siłę węzłową dla tego węzła uzyskuje się poprzez dodanie sił węzłowych wszystkich elementów wchodzących. Wyniki te przedstawiono w dalszej części pliku sił węzłowych Z88O4.TXT.

4.4 SOLWER WIBRACJI Z88EI

Ten solver własny oferuje możliwość badania składowych dotyczących jego częstotliwości własnych, a także powodowanych przez niego form oscylacji. Siły węzłowe przyspieszające i tłumiące, które są spowodowane bezwładnością wymiarów lub siłami resetowania wynikającymi z właściwości sztywności, utrzymują tylko wagi z tą częstotliwością. Podobnie jak w przypadku solwera liniowego Z88R, konieczne są informacje dotyczące modułu sprężystości i skurczu poprzecznego. Ponadto do obliczenia masy nadal wymagana jest gęstość materiału. Wszystkie dane materiałowe są zdeponowane w bazie danych materiałów. Rysunek 36 przedstawia wybór i sterowanie modulem drgań własnych. Analiza dotyczy ewentualnie czworoscianu i sześciianu z podejściem liniowym i kwadratowym (model elementów: 1, 10, 16, 17).



Rysunek 38: Parametry solwera wibracyjnego

Należy zachować ostrożność w odniesieniu do warunków brzegowych. Ustalając warunki brzegowe (ruch jest zerowy) można podnieść w zwykły sposób na dowolnych zbiorach węzłowych - także w pojedynczych stopniach swobody - siły, ciśnienia oraz ruchy niejednorodne są ignorowane. Celem symulacji częstotliwości drgań własnych jest obliczenie wolnych częstotliwości drgań własnych; wszelkie sugestie dynamiczne lub obciążenia zewnętrzne nie podlegają temu. Z drugiej strony komponent nie musi być w żadnym wypadku zdefiniowany statycznie na potrzeby analizy drgań. Można je również przeprowadzić całkowicie bez warunków brzegowych, bez żadnych problemów.

Tym razem matematycznie nie trzeba rozwiązywać żadnego układu równań, lecz przeprowadzić obliczenie wartości własnej macierzy układu, która zawiera informacje o rozkładach sztywności oraz o rozkładach masy w odniesieniu do siatki ES. Obliczenie wartości własnej jest znacznie droższe numerycznie niż rozwiązanie układu równań i wymaga w praktyce dłuższego czasu arytmetycznego. Procedurę można zasadniczo podzielić na dwa etapy: Najpierw obliczana jest iteracyjnie tzw. macierz trójdzielna, która jest w stanie aproksymować wartości własne macierzy układu nawet najmniejsze - i najciekawsze technicznie -. Niemniej jednak regulacja tych przybliżonych wartości własnych nie zachodzi na każdym kroku, ale w interesie zwiększonej prędkości jest przeprowadzana tylko w uzgodnionych rozmiarach kroków. Gdy tylko wartości własne nie zmieniają się (prawie) więcej, iteracja zostaje zakończona. Faza druga obejmuje poszukiwanie wektorów własnych i ich transformację do tzw. wektorów postaci. Do każdej wartości własnej (określającej częstotliwość) wyliczany jest wektor towarzyszący poprzez pojedyncze rozwiązanie układu równań.

Do sterowania jądrem obliczeniowym można zastosować pięć następujących wartości:

Liczba częstotliwości: Tutaj ustala się, jaką liczbę najmniejszych częstotliwości własnych należy określić. Jednakże, chociaż często interesuje się tylko jedną lub kilkoma częstotliwościami, liczba ta nie powinna być wybierana zbyt mała. Często tak zwane mody ciała sztywnego, ze względów numerycznych, podlegają oscylacjom o najmniejsze częstotliwości. Czas obliczeń zwiększa się nawet nieznacznie przy większej liczbie, ponieważ iteracja jest ponadto wykonywana tylko raz. Wtedy jedynie część przybliżenia wartości własnej wymaga więcej czasu. Dobrą wartością domyślną jest 15.

Liczba iteracji: Podobnie jak w przypadku parametru MAXIT w przypadku iteracyjnych rozwiązań równań, można tutaj wprowadzić granicę, po przekroczeniu której faza iteracyjna I układu Lanczosa zostanie zatrzymana. Służy to przede wszystkim temu, aby już po krótkim czasie za pomocą obliczeń testowych móc sprawdzić, czy model jest obliczalny zgodnie z oczekiwaniami. Jak zwykle w przypadku procesów iteracyjnych, do wyników uzyskanych po osiągnięciu maksymalnej liczby iteracji należy podchodzić ostrożnie. W tych przypadkach nie można jeszcze mówić o zbieżności z rozwiązaniem poprawnym. Stwierdzenie to pomaga osiągnąć maksymalną dokładność najpóźniej po liczbie iteracji odpowiadającej liczbie stopni swobody modelu.

Różnica b. 2 częstotliwość: Szczególnie w przypadku składowych symetrycznych często wydaje się, że dwie kolejne częstotliwości naturalne różnią się tylko nieznacznie. Następnie formy oscylacyjne są często obracane wokół osi symetrii i poza tym są absolutnie takie same. Poza tym matematycznie dotyczy to tzw. wielokrotności towarzyszących wartości własnych. Aby to wykluczyć w fazie I, można zatrzymać najmniejszą różnicę (w Hz), przy czym dwie częstotliwości należy również uznać za naprawdę różne. Wartość musi być naprawdę większa od zera; dość małe wartości, takie jak $1,0E-6$, powodują pożądaną wyniki.

Kappa: Wartość ta określa, po jakiej ustalonej liczbie iteracji Lanczosa należy wykonać przybliżenie wartości własnej. Jeśli na przykład zostanie użyte domyślne 50, przybliżenie nastąpi dopiero po 50, 100, 150, ... iteracjach. Wszystkie 49 kroków pośrednich przeprowadza się w celu skrócenia czasu arytmetycznego bez skomplikowanego sprawdzania kryterium zakończenia, nawet jeśli zbieżność została już osiągnięta. Zwiększenie wartości prowadzi jednocześnie do zaostrenia kryterium zakończenia, i odwrotnie, mała wartość osłabia jego wpływ.

Rozpoczęcie obliczeń powoduje wywołanie Solvers Z88EI, który współpracuje z następującymi plikami wejściowymi i wyjściowymi:

Pliki wejściowe:

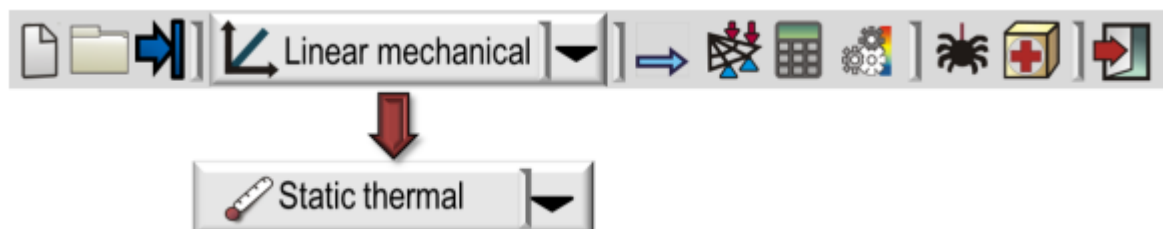
- Z88I1.TXT Ogólne dane strukturalne
- Z88I2.TXT Warunki brzegowe
- Z88I2EI.TXT parametry solwera Lanczos
- Z88MAT.TXT. Definicja materiału oraz jeden lub więcej plików materiałowych w formacie .TXT
- *.TXT Plik materiału
- Z88INT.TXT Zlecenia integracji
- Z88MAN.TXT Parametry solwera

Pliki wyjściowe:

- Z88O2.TXT Przemieszczenia dla wszystkich częstotliwości

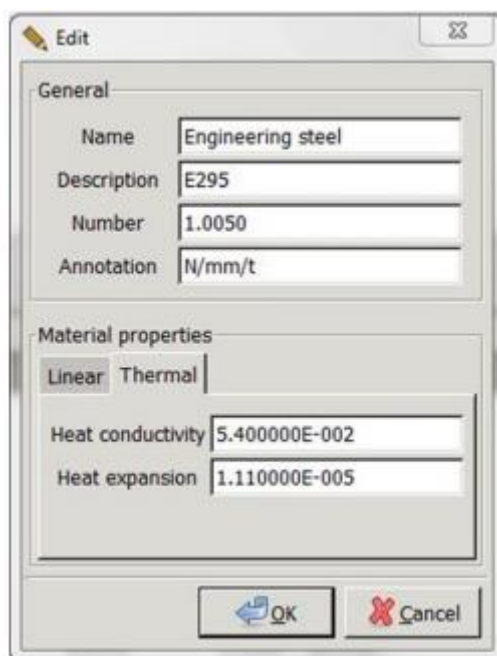
4.5 SOLWER TERMICZNY Z88TH

W module Z88TH firmy Z88Aurora można przeprowadzić zarówno symulację przewodnictwa cieplnego, jak i symulację termomechaniczną. Pierwszym krokiem w celu wybrania modułu, a tym samym rozwiązania do obliczenia temperatury, jest zmiana w menu zaokrąglenia z *linear mechanical* (*liniowego mechanicznego*) na *steady-state thermal* (*termiczny w stanie ustalonym*), patrz rysunek 39.



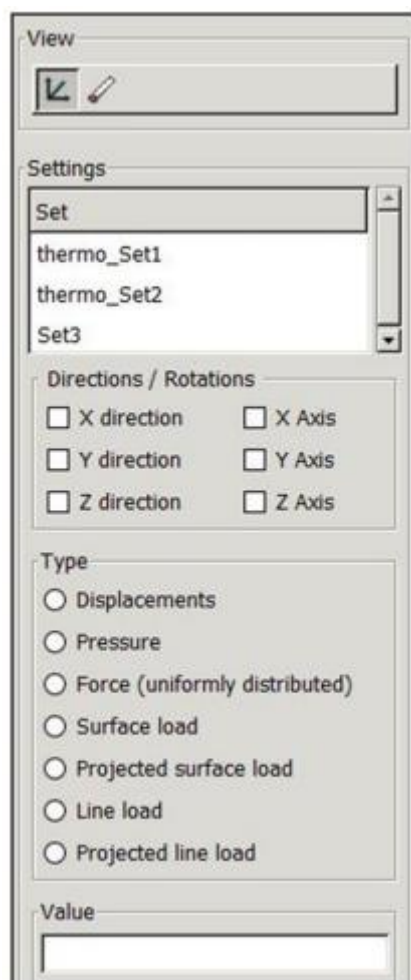
Rysunek 39: Wybór trybu obliczeń termicznych w stanie ustalonym

Pierwszą małą różnicą w stosunku do liniowych obliczeń mechanicznych jest import komponentów. Ogólnie rzecz biorąc, możliwe jest załadowanie struktury czystej geometrii za pomocą znanych interfejsów. Jednakże w przypadku struktur ES tylko elementy typu czworościan i sześcián (liniowe lub kwadratowe) mogą być importowane bez termicznych warunków brzegowych. Do bazy danych materiałów należy dodać, w przypadku termooanalizy, przewodność cieplną i symulację termomechaniczną, dodatkowo rozszerzalność cieplną. Rysunek 40 pokazuje przykładowo materiał, który jest właśnie dostępny w bazie materiałów, gdzie te wartości są już wstępnie zdefiniowane:



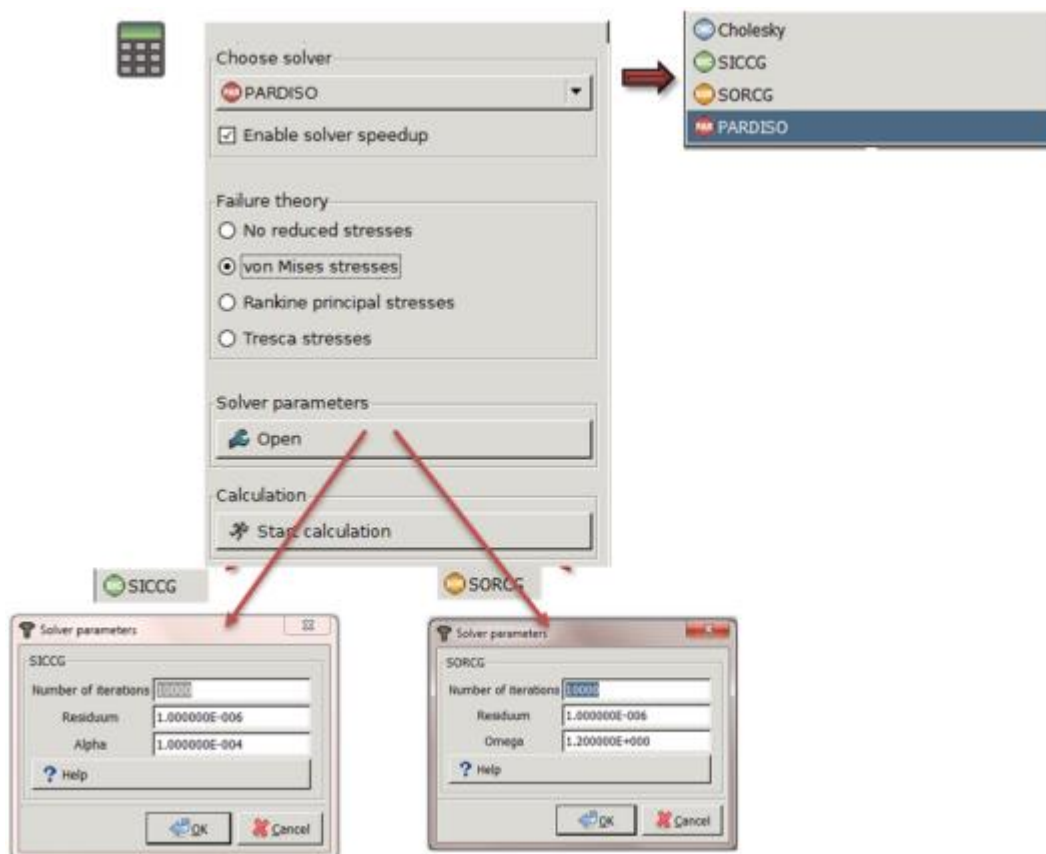
Rysunek 40: Definicje materiałów do obliczeń termomechanicznych

W menu rzeczywistych warunków brzegowych znajduje się dodatek (rysunek 41) dla zaznaczonych termicznych warunków brzegowych (takich jak temperatura, strumień ciepła i gęstość strumienia ciepła). Po zdefiniowaniu odpowiednich zbiorów można wyznaczyć warunki brzegowe i nie jest konieczna informacja o kierunku, gdyż termiczne warunki brzegowe charakteryzują się w przestrzeni tylko jednym stopniem swobody.



Rysunek 41: Termiczne warunki brzegowe

Użytkownik może wprowadzić temperaturę w Kelwinach (K) lub w ° Celsjusza (°C). Nie ma to żadnego wpływu na wyniki obliczeń. Gęstość strumienia ciepła jest obciążeniem powierzchniowym, tzn. określa strumień ciepła przypadający na powierzchnię (jednostka: W/mm²). Strumień ciepła (jednostka: W) jako obciążenie węzłowe może być *uniformly distributed* (przyłożony równomiernie) lub *distributed* (rozłożony). *Uniformly distributed* (Równomiernie rozłożony) oznacza tutaj, że do każdego węzła przypisana jest ta sama wprowadzona wartość. *Distributed* (Rozłożony) przykładu obciążenia zgodnie z zasadami ES. Chcąc przeprowadzić symulację termomechaniczną należy zdefiniować jedynie nowe zbiory z dodatkowymi mechanicznymi warunkami brzegowymi (np. więzami). Solver automatycznie rozpoznaje wówczas, że użytkownik chciałby przeprowadzić taką symulację. Jako rdzeń obliczeniowy można wybrać jeden z trzech rozwiązujących równania: PARDISO (działanie bezpośrednie i wielordzeniowe), SICC i SORCG (iteracyjne) (rysunek 42). Nie można tutaj wybrać Cholesky-Solwera.



Rysunek 42: Wybierz odpowiedni moduł rozwiązywania równań

W postprocesorze wykresy są rozszerzane o wyniki termiczne temperatury i strumienia ciepła, a także o wyniki termomechaniczne odkształceń termicznych i siły cieplnej. Do obliczeń termicznych lub termomechanicznych, jak zwykle, możliwe jest również wprowadzanie i wydawanie danych w postaci plików .txt.

Pliki wejściowe:

- Z88I1.TXT Ogólne dane strukturalne
- Z88I2.TXT Mechaniczne warunki brzegowe
- Z88I5.TXT Mechaniczne obciążenia powierzchniowe lub 0 w pierwszej linii
- Z88TI2.TXT Termiczne warunki brzegowe (temperatura, strumień ciepła)
- Z88TI5.TXT Termiczne obciążenia powierzchniowe (gęstość strumienia ciepła) lub 0 w pierwszej linii
- Z88MAT.TXT Definicja materiału. oraz jeden lub więcej plików materiałowych w formacie .TXT
- *.TXT Plik materiału
- Z88INT.TXT Zlecenia integracji
- Z88MAN_TH.TXT Parametry solwera dla Z88TH

Pliki wyjściowe:

- Z88TH.LOG Wskazówki, błędy i ostrzeżenia dotyczące Z88TH
- Z88AG2THI.LOG Odpowiedzi, błędy i ostrzeżenia konwertera Z88TH
- Z88TH.DYN Parametry pamięci (wyliczane automatycznie)
- Z88TO0.TXT Wyniki temperatury
- Z88TO1.TXT Wyniki strumienia cieplnego
- Z88TO2.TXT Wyniki odkształceń termicznych
- Z88TO3.TXT Wyniki sił termicznych
- Z88TO4.TXT Wyniki przemieszczeń

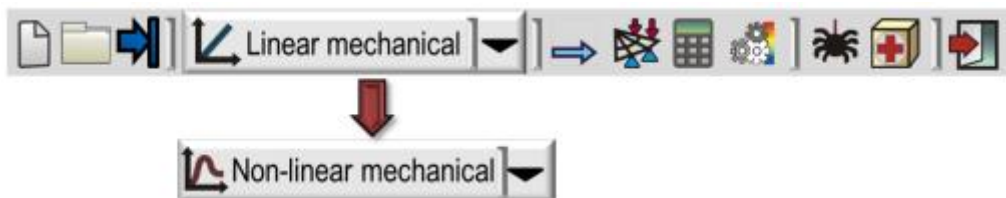
- Z88TO6.TXT wymusza wyniki
- Z88TO7.TXT podkreśla wyniki

Jak widać, pliki konstrukcji i mechaniczne warunki brzegowe są identyczne z tymi z liniowej analizy mechanicznej. Z drugiej strony, w pliku solwera termicznego Z88MAN_TH.TXT, oprócz ustawień solwera iteracyjnego, znajdują się dwie nowe flagi. Pierwsza flaga THERMOMODE musi zawsze wynosić 1. Druga flaga THERMOMECHANIC musi mieć wartość 0 dla symulacji czysto termicznej, a dla symulacji termomechanicznej 1.

```
TMSOLVER START
MAXIT          10000
EPS            1.000000E-006
RALPHA        1.000000E-004
ROMEGA        1.200000E+000
THERMOMODE    1
THERMOCHANIC 1
TMSOLVER END
```

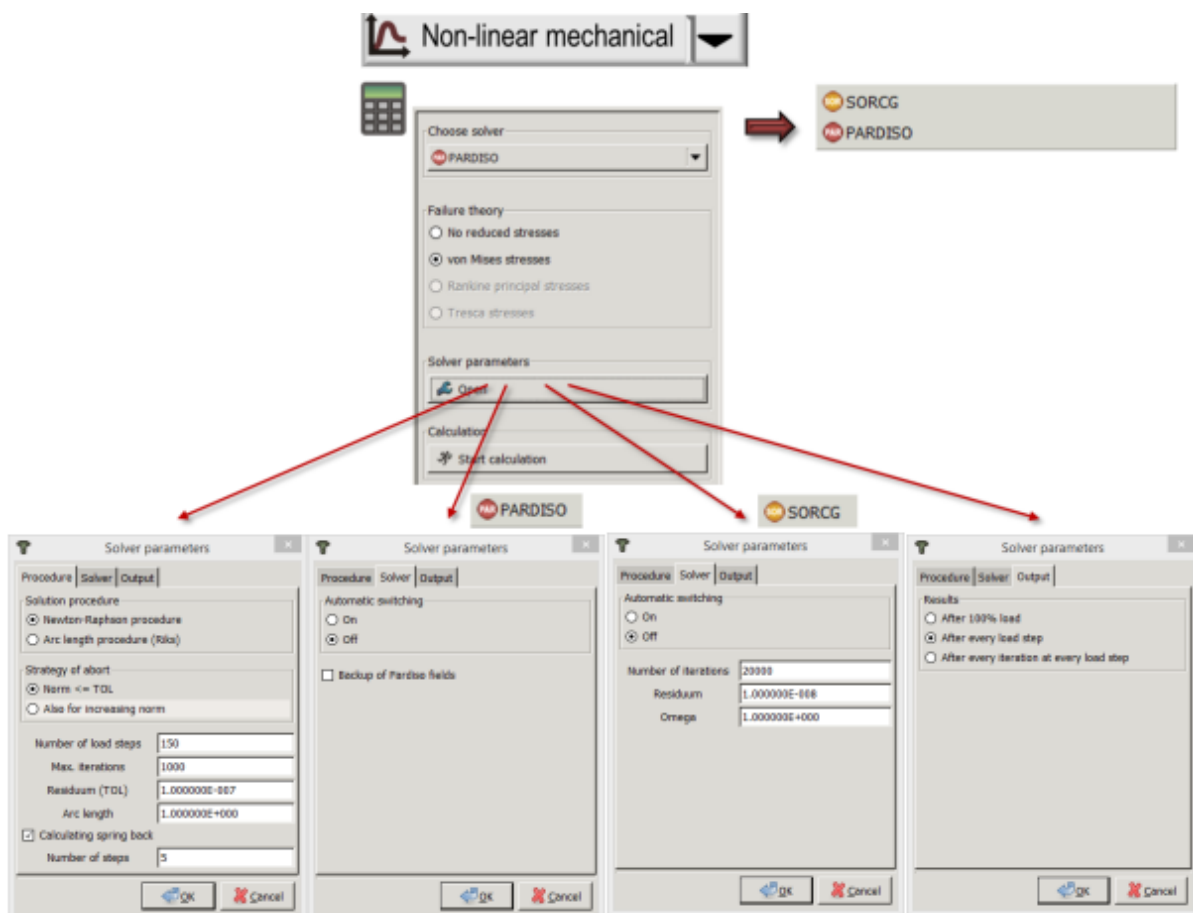
4.6 SOLWER NIELINIOWY Z88NL

Moduł Z88NL stanowi moduł rozwiązywania równań przeznaczony do obliczeń nieliniowych. Z88NL radzi sobie z dużymi efektami przemieszczenia (nieliniowość geometryczna) lub nieliniowością materiału (plastyczność).



Rysunek 43: Wybór solwera nieliniowego

Rysunek 43 pokazuje, jak Z88Aurora jest przełączana na obliczenia nieliniowe. W przypadku importu i wstępnej obróbki nie powstają żadne różnice w porównaniu z liniowymi obliczeniami mechanicznymi, z tym wyjątkiem, że można zastosować jedynie elementy 1, 4, 7, 8, 10, 16, 17. W menu zob. rys. 44, ustawienia można dostosować w trzech różnych zakładkach dla procesu rozwiązywania nieliniowego (zakładka Procedure (Procedura)), liniowego rozwiązywania podrównań (zakładka Solver) i zagadnienia wynikowego (zakładka Output (Wyjście)). Obliczenie naprężeń zredukowanych za pomocą Z88NL jest możliwe tylko dla naprężeń *von Misesa*.



Rysunek 44: Regulacja solwera nieliniowego Z88NL

Rozpoczęcie obliczeń powoduje wywołanie narzędzia do rozwiązywania równań Z88NL, które współpracuje z następującymi plikami wejściowymi i plikami wyjściowymi:

Pliki wejściowe:

- Z88I1.TXT ogólne dane strukturalne
- Z88I2.TXT mechaniczne warunki brzegowe
- Z88I5.TXT mechaniczne obciążenia powierzchniowe lub 0 w pierwszej linii
- Z88NLI7.TXT definicja zmiennych historycznych lub 0 w pierwszej linii
- Z88MAT.TXT definicja materiału i jeden lub więcej plików materiałów w formacie .TXT

- Z88ELP.TXT parametry elementu
- Z88INT.TXT zlecenia integracji
- Z88MAN.TXT parametry solwera dla Z88NL

Pliki wyjściowe:

- Z88NL.LOG wskazówki, ostrzeżenia i błędy dotyczące Z88NL
- Z88NLKV.LOG zbieżność Z88NL
- Z88NL.DYN parametry pamięci (wyluczane automatycznie)
- Z88NLO2.TXT przemieszczenia
- Z88NLO3.TXT naprężenia (naprężenia Cauchy'ego, jeśli zostały wybrane)
- Z88NLOH.TXT wyjście zmiennych historycznych

Wszystkie pliki wejściowe z wyjątkiem plików Z88NLI7.TXT i Z88MAN.TXT mają identyczne nazwy jak pliki wejściowe Z88R. Jednak plik parametrów Z88MAN.TXT solwera zawiera dodatkową sekcję, która zostanie krótko opisana poniżej. Nowa sekcja zostaje ograniczona słowami kluczowymi NONLINEAR START i NONLINEAR END:

```
NONLINEAR START
NLFLAG                    1
NLAERH                    25
MAXNLIT                  1000
EXIT                       1
TOL                        1E-7
AUTOGAUSS                 0
OUTPUTFLAG                1
OUT_CAUCHY                1
OUT_INT9OFFS              1
PARSP                     1
ELEFORM                   1
BGLAENG                  1.0
LASTST                    0
NONLINEAR END
```

Parametry reguluje się poprzez ustawienia w srebrnym menu. Mają następujące znaczenie:

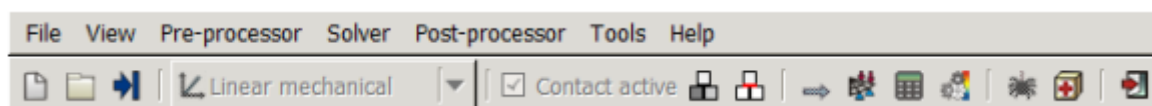
- Pierwsza wartość: Procesy rozwiązywania: NLFLAG: metoda Newtona-Raphsona (1) lub metoda długości łuku według Riksa (2).
- Druga wartość: Liczba stopni obciążenia: NLAERH: mówi, w ilu krokach przykładane jest całe obciążenie.
- Trzecia wartość: maksymalna liczba iteracji: MAXNLIT: mówi, w ilu krokach maksymalnie przeprowadzany jest proces rozwiązania nieliniowego.

- Czwartą wartość: Kontrola kryterium zakończenia: EXIT (WYJŚCIE): zakończenie procesu rozwiązywania nieliniowego tylko wtedy, gdy norma jest mniejsza niż kryterium zakończenia TOL(1) lub zakończenie nawet w przypadku wzrostu normy (2).
- Piątą wartość: Kryterium zakończenia lub pozostałość TOL: Aby można było znaleźć rozwiązanie, norma musi być mniejsza niż TOL.
- Szóstą wartość: Automatyczne przełączanie solvera: AUTOGAUSS: Jeśli flaga jest aktywna (1), następuje automatyczne przełączanie solvera przy bardzo małych strukturach, jeśli jest wyłączony (0), nie następuje żadne przełączenie.
- Siódmą wartość: Kontrola wyjścia: OUTPUTFLAG: Kontroluje wyjście wyników: Dane wyjściowe tylko na końcu procesu rozwiązywania dla całego obciążenia (0), dane wyjściowe po każdym kroku ładowania (1) lub dane wyjściowe po każdym kroku iteracji każdego kroku ładowania (2).
- Ósmą wartość: Obliczenie naprężenia: OUT_CAUCHY: Obliczenie naprężenia: jest przeprowadzane (1) lub nie jest przeprowadzane (0).
- Dziewiątą wartość: Zarządzanie pamięcią dla wielkości punktów całkowania z 9 wartościami: OUT_INT9OFFS: aktywuje zasilenie specjalnego pola pamięci niezbędnego np. do obliczeń naprężeń (przy włączonym obliczaniu naprężeń ta flaga również musi być aktywowana), aktywna (1) lub nieaktywna (0).
- Dziesiątą wartość: Zarządzanie pamięcią: PARSP: Jeśli flaga jest aktywna (1), przydzielana jest dodatkowa pamięć na kopię zapasową rzadkich wskaźników IP i IEZ w celu przyspieszenia procesu obliczeń, jeśli jest wyłączona (0), nowa iteracyjna nowa następuje kalkulacja.
- Jedenastą wartość: ELEFORM określa zastosowaną formułę elementu. Domyślną wartością jest 1 dla sformułowania elementu Lagrange'a, który wykrywa nieliniowość geometryczną. Wzór na element Eulera, odpowiedni również dla nieliniowości geometrycznych, stosuje się z 2. Dla nieliniowości materiałowych ELEFORM należy ustawić na 3. Następnie stosuje się wielopolowe sformułowanie Simo i Hughesa. Zwykle flagi tej nie trzeba ustawiać ręcznie, ponieważ Z88Aurora lub konwerter AG2NL automatycznie ustawia flagę w zależności od modelu konstytutywnego.
- Dwunastą wartość: Długość łuku: BGLAENG: określa długość łuku niezbędną dla metody Riksa.
- Trzynastą wartość: LASTST określa albo użycie równoodległych stopni obciążenia (bez sprężyny powrotnej) (ustaw LASTST na 0), albo aktywuj kontrolę obciążenia poprzez plik Z88NLI8.TXT (ustaw LASTST na 1). Kontrola obciążenia jest aktywowana automatycznie, jeśli konieczne jest obliczenie sprężyny powrotnej

4.7 MODUŁ KONTAKTOWY Z88KONTAKT

Moduł kontaktowy Z88KONTAKT może symulować interakcję między częściami (niewielkie przemieszczenia i brak ruchów ciała sztywnego). Nie jest potrzebna siatka konformacyjna w obszarze kontaktu, więc jedynym wymogiem jest, aby obie części były tego samego typu elementu. Analiza kontaktu jest dostępna dla czworościanów i heksaedrów o liniowych i kwadratowych funkcjach kształtu (typy elementów 1, 10, 16, 17).

Moduł kontaktowy musi zostać aktywowany na początku nowego projektu, ponieważ późniejsza definicja zespołu nie będzie możliwa.

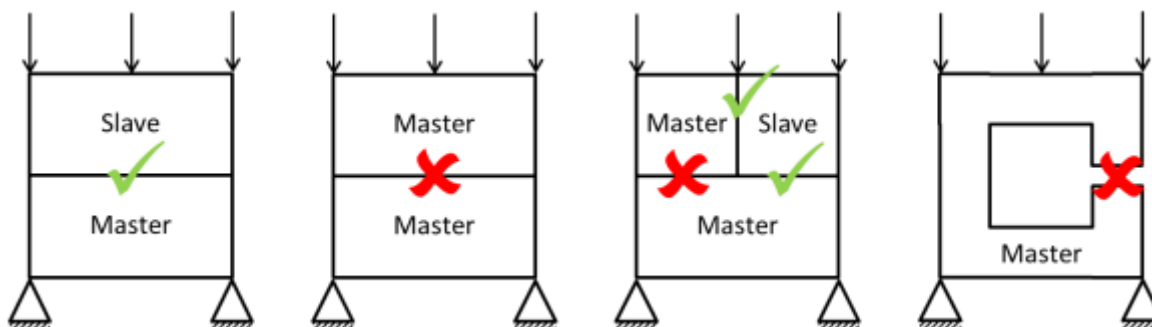


Rysunek 45: Sterowanie modulem kontaktowym

Zamiast standardowego importu należy użyć menedżera części, który umożliwia importowanie i pozycjonowanie różnych części. Zaimportowane części muszą być już posiatkowane, ponieważ do złożenia można dodać tylko pliki struktury Z88 (z88structure.txt, z88i1.txt). Każda część musi być posiatkowana wcześniej w oddzielnym folderze projektu.

W module kontaktowym każdej części musi zostać przypisana rola w zespole (master, slave). Podczas obliczeń obszary styku są zlokalizowane na odpowiednich powierzchniach części master i slave. W związku z tym interakcja jest możliwa tylko między częścią master i slave. W związku z tym kontakt między powierzchniami pojedynczej części lub kontakt między częściami o tej samej roli nie może zostać zrealizowany. Poniższy profil pasuje do standardowej części master:

- Niski stopień dyskretyzacji
- Wyższy rząd funkcji kształtu
- Bardziej sztywne ciało
- Większa powierzchnia styku
- Mniejsza krzywizna powierzchni styku



Rysunek 46: Możliwe typy kontaktów

Oprócz menedżera części wprowadzono menu kontroli kontaktów. To menu zawierało następujące opcje:

- Typ kontaktu: Opisuje typ interakcji pomiędzy zlokalizowanymi obszarami kontaktu

o Połączone: Wszystkie normalne i styczne siły kontaktowe rozprzestrzeniają się w obszarze styku. Oddzielenie części nie jest możliwe.

o Beztarciowe: Tylko normalne siły kontaktowe mogą być propagowane w obszarze styku. Liczba kroków obciążenia definiuje podział siły przyłożonej, a zatem definiuje liczbę iteracji w celu znalezienia równowagi (typowe wartości od 5 do 15). Dodatkowa opcja „Zezwól na separację” definiuje, czy części mogą się rozdzielić pod wpływem naprężenia rozciągającego. Naprężenie ściskające może być zawsze propagowane w obszarze styku, niezależnie od tego wyboru.

Uwaga: Części zespołu muszą być zamocowane we wszystkich kierunkach albo poprzez warunki brzegowe przemieszczenia, albo poprzez sąsiednie styki

- Dyskretyzacja kontaktu: Opisuje realizację kontaktu.
 - o Węzeł-Powierzchnia: Węzły jednej części stykają się z punktami podparcia drugiej części.
 - o Powierzchnia-Powierzchnia: Punkty podparcia na powierzchni jednej części stykają się z punktami podparcia na powierzchni drugiej części. Prowadzi to do szczegółowego przedstawienia strefy kontaktu.
 - o Odległość separacji: Definiuje tolerancję dla wyszukiwania kontaktu. Obszary dwóch części, których odległość euklidesowa jest mniejsza od tej wartości, są uważane za stykające się.
- Metoda nakładania: Opisuje metodę matematyczną stosowaną do uwzględnienia warunków kontaktu w układzie równań.
 - o Zaburzony Lagrange: Globalna macierz sztywności jest powiększana o warunki kontaktowe, dlatego nowa kompilacja nie jest konieczna. Powiększa to układ równań. Odwrotność wybranego współczynnika kary (sztywność kontaktowa) jest umieszczana na polu diagonalnym dodanych równań.
 - o Lagrange: Odpowiada to zaburzonej metodzie Lagrange'a ze współczynnikiem kary równym 0.
Uwaga: Ta metoda jest numerycznie niestabilna.
 - o Kara (Penalty): Definicje kontaktu są dodawane do globalnej macierzy sztywności, tak aby układ równań nie był powiększany. Zbyt niski współczynnik kary (sztywność kontaktowa) prowadzi do naruszenia warunku niepenetracji. Zbyt wysoka wartość prowadzi do źle uwarunkowanego układu równań.
- Sztywność styku: Opisuje wartość współczynnika kary (penalty factor) dla zaburzonej metody Lagrange'a i metody kary.
 - o Normalny/styczny: Określ wartość współczynnika kary w kierunku normalnym i stycznym strefy kontaktu. Zwykle wybiera się równe wartości dla obu kierunków, gdy używany jest kontakt stały. W przypadku kontaktu bez tarcia kierunek styczny jest pomijany, ponieważ rozprzestrzeniają się tylko siły w kierunku normalnym.

- o Absolute: Dane wejściowe są używane bezpośrednio dla wybranej metody impozycji. Typowe wartości mieszczą się w zakresie od 1,0E+005 do 1,0E+012. Jest to niezwykle specyficzne dla danego problemu.
- o Relative: Dane wejściowe są mnożone przez najwyższą wartość na przekątnej macierzy sztywności globalnej. Otrzymana wartość jest następnie używana dla wybranej metody impozycji. Typowe wartości mieszczą się w zakresie od 1,0E+003 do 1,0E+005. Jest to niezwykle specyficzne dla danego problemu.

Pozostałe czynności związane z wstępnym przetwarzaniem (warunki brzegowe, definicje materiałów itd.) oraz przetwarzaniem końcowym pozostają niezmienione w porównaniu ze standardowym liniowym obliczeniem MES bez kontaktu.

Podczas rozpoczynania obliczeń w module kontaktowym używane są następujące pliki wejściowe i wyjściowe:

Pliki wejściowe:

- Z88I1.TXT ogólne dane strukturalne
- Z88I1P.TXT przypisanie węzłów/elementów do różnych części
- Z88I2.TXT warunki brzegowe bez obciążeń ścinających lub nacisku
- Z88I5.TXT obciążenia ścinające, nacisk lub 0 w pierwszym wierszu
- Z88MAT.TXT dane sterowania materiałem i jeden lub więcej plików materiałowych *.TXT
- *.TXT plik materiałowy
- Z88ELP.TXT parametry elementu (0 w pierwszym wierszu dla kontaktu)
- Z88INT.TXT kolejność integracji
- Z88MAN.TXT parametry solvera
- Z88KON.CTRL kontrola kontaktu plików wyjściowych i metoda nakładania
- Z88KON.PROP właściwości kontaktu

Plik wyjściowy:

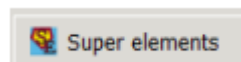
- Z88O0.TXT przetworzone dane strukturalne
- Z88O1.TXT przetworzone warunki brzegowe
- Z88O2.TXT obliczone przemieszczenia
- Z88O3.TXT obliczone naprężenia
- Z88O4.TXT obliczone siły węzłowe
- Z88O5.TXT równoważne naprężenia w punktach Gaussa
- Z88O8.TXT równoważne naprężenia w węzłach narożnych
- Z88O14.TXT węzły kontaktowe nadrzędne i podrzędne

4.8 ZMAPOWANE SIATKI

Generator siatki Z88N firmy Z88 został zintegrowany z Z88Aurora i oferuje ulepszone funkcjonalności:

- Z88N dla heksaedrów, elementów osiowosymetrycznych, płaskich elementów naprężeniowych, płyt i powłok objętościowych
- Rafiner Tetrahedron dla czworościanów
- Zagęszczacz Shell dla powłok płaskich
- Rafiner STL dla importowanych siatek STL (4.1.5)

Dostęp do mesherów w menu preprocesora za pomocą ikony



Rysunek 45: Menu „preprocesor” z ikoną startową „Super Elements” generatora siatki Z88N

4.8.2 Z88N DLA ELEMENTÓW 2D I 3D

Generowanie siatki jest przydatne i dozwolone tylko dla elementów kontinuum. Przegląd możliwych struktur elementów skończonych można znaleźć w Tabeli 7.

Tabela 7: Możliwe superstruktury w Z88Aurora

Superstruktura (Nadbudowa)	Struktura elementów skończonych
Element naprężenia płaskiego nr 7	Element naprężenia płaskiego nr 7
Torus nr 8	Torus nr 8
Element naprężenia płaskiego nr 11	Element naprężenia płaskiego nr 7
Torus nr 12	Torus nr 8
Sześciokąt nr 10	Sześciokąt nr 10
Sześciokąt nr 10	Sześciokąt nr 1
Sześciokąt nr 1	Sześciokąt nr 1
Płyta nr 20	Płyta nr 20
Płyta nr 20	Płyta nr 19
Powłoka nr 21	Powłoka nr 21

Konstrukcje mieszane, np. zawierające elementy płaskiego naprężenia nr 7 i kratownice nr 9, nie mogą być przetwarzane.

Tryb pracy generatora siatki:

Aby wygenerować siatki FE, należy postępować w następujący sposób: Kontinuum jest opisane przez tak zwane superelementy (w skrócie SE), co praktycznie odpowiada dość szorstkiej strukturze FE. Następnie superstruktura jest dzielona. Odbывается to według superelementów, zaczynając od SE 1, SE 2 aż do ostatniego SE. SE 1 generuje elementy skończone (w skrócie FE) od 1 do j, SE 2 FE j+1 do k, SE 3 FE k+1 do m itd. W obrębie SE kierunek współrzędnych lokalnych określa liczbę węzłów i liczbę elementów struktury FE. Definicja:

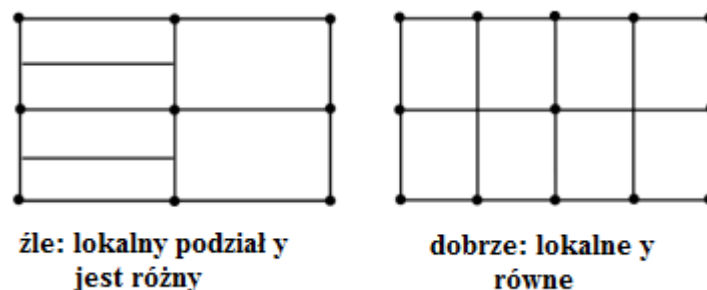
- Lokalna oś x wskazuje w kierunku węzłów lokalnych 1 i 2
- Lokalna oś y wskazuje w kierunku węzłów lokalnych 1 i 4
- Lokalna oś z wskazuje w kierunku węzłów lokalnych 1 i 5

Superstruktury w przestrzeni są dzielone najpierw w kierunku z, następnie w kierunku y i na końcu w kierunku x, tj. numery elementów FE zaczynają się wzdłuż kierunku z. Do struktur płaskich i osiowo symetrycznych stosuje się analogicznie: numeracja zaczyna się wzdłuż osi y lub dla elementów osiowo symetrycznych wzdłuż osi z (współrzędne cylindryczne!).

Wzdłuż osi lokalnych podział można przeprowadzić w następujący sposób:

- równoodległy
- rosnący geometrycznie od węzła 1 do 4 lub 5: siatka staje się bardziej szorstka
- malejący geometrycznie od węzła 1 do 4 lub 5: siatka staje się drobniejsza

Oczywiste jest, że dla linii lub obszarów, które są współdzielone przez dwa superelementy, superelementy muszą być podzielone dokładnie tak samo! Generator siatki tego nie sprawdza i generuje bezużyteczne lub całkowicie bezsensowne siatki FE. Przykład:



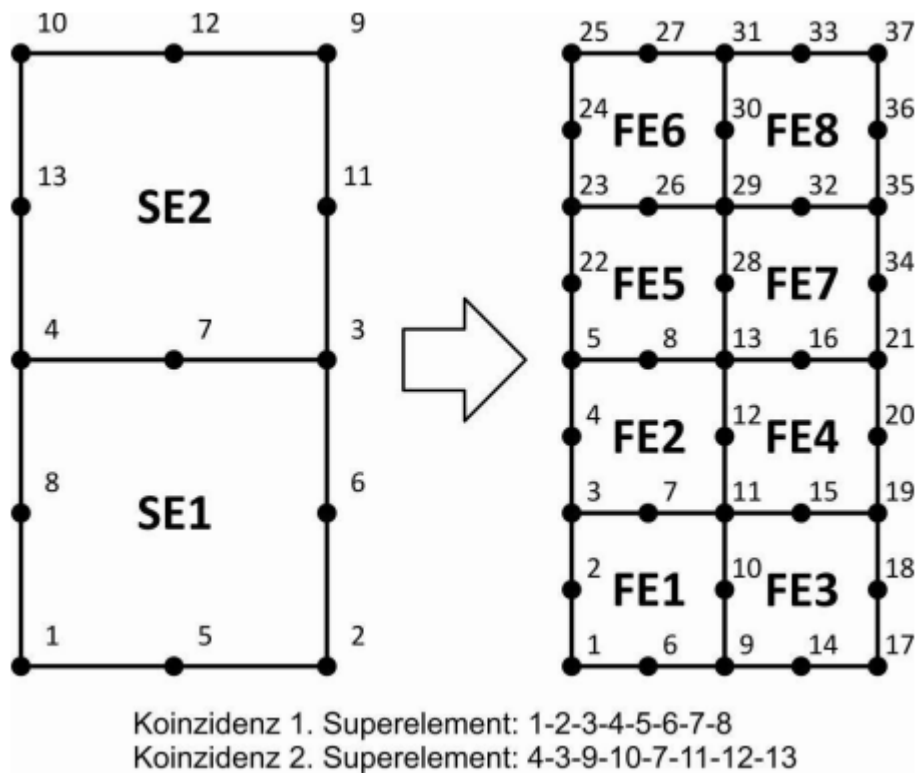
Rysunek 46: Podział superelementów

Ponieważ lokalne osie x, y i z są zdefiniowane przez położenie lokalnych węzłów 1, 4 i 5, możliwe jest wygenerowanie niemal dowolnej numeracji dla węzłów i elementów struktury FE poprzez odpowiednią konstrukcję listy koincydencji w pliku wejściowym generatora siatki Z88NI.TXT.

Zobacz rysunek 46 jako przykład generowania struktury FE z 8 elementami FE Plane Stress nr 7 z superstruktury z 2 elementami FE Plane Stress nr 7 (wygląda tak samo z elementami osiowosymetrycznymi nr 8).

Specjalne:

Generator siatki sprawdza, które węzły są już znane podczas produkcji nowych węzłów FE. Do tego sprawdzenia potrzebny jest promień pułapki (komputer nie może dokładnie osiągnąć liczby zmiennoprzecinkowej). Ten promień pułapki jest dostarczany dla wszystkich 3 osi domyślnie 0,01. Modyfikuj promienie pułapek podczas przetwarzania bardzo małych lub bardzo dużych wartości liczbowych.



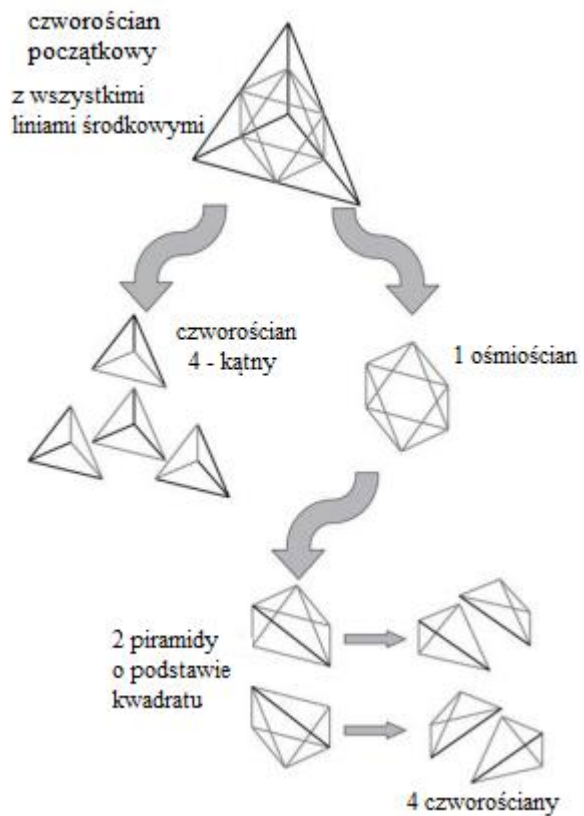
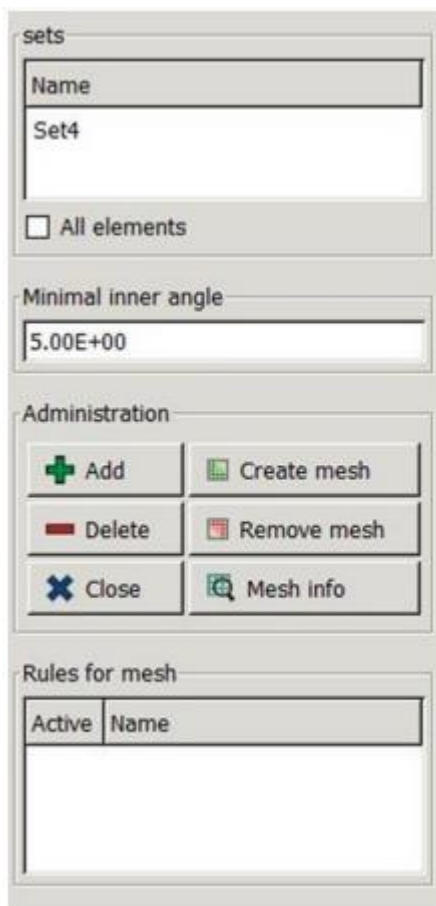
Rysunek 47: Transformacja superelementów w elementy skończone

Uwaga: Generator siatki Z88N: Generator może łatwo generować pliki wejściowe, które przekraczają wszystkie ograniczenia solvera FE. Wygeneruj zatem najpierw bardziej zgrubne struktury FE, sprawdź wyniki, a następnie udoskonal je, jeśli to konieczne. Dobry punkt wyjścia: Wyprodukuj ok. 5 ~ 10 razy więcej elementów skończonych niż superelementów.

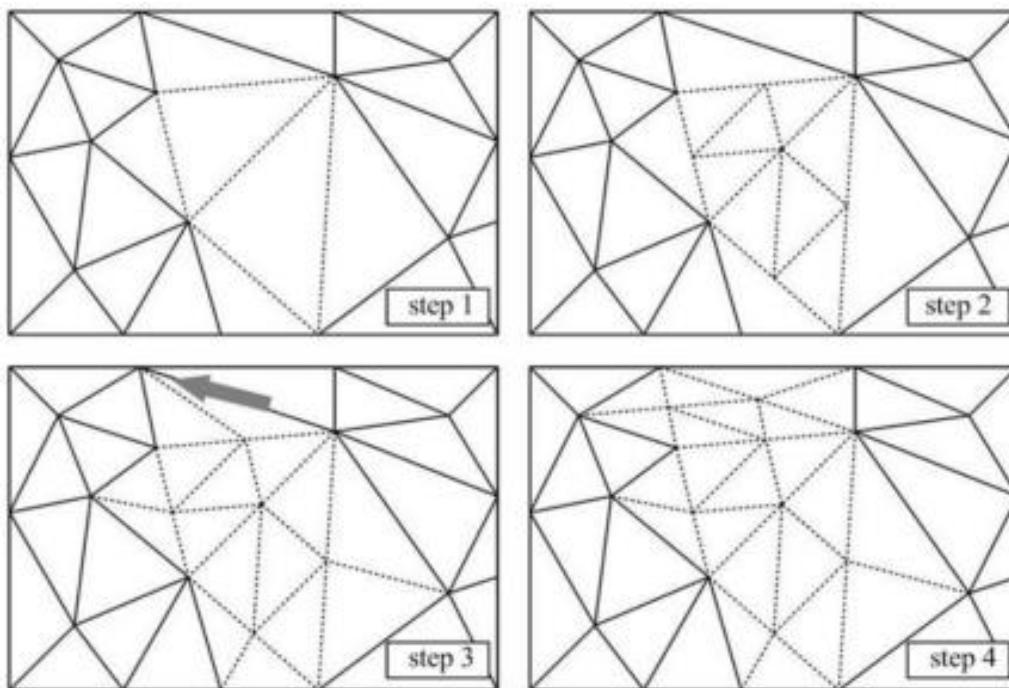
Uwaga: Generator siatki Z88N: Jeśli flaga współrzędnych KFLAGSS jest ustawiona w plikach wejściowych generatora siatki Z88NI.TXT, tj. wartości wejściowe są współrzędnymi biegunowymi lub cylindrycznymi, to pliki wyjściowe generatora siatki Z88I1.TXT mają zazwyczaj współrzędne kartezjańskie, a KFLAG jest ustawiony na 0. Jeśli jednak ustawisz flagę współrzędnych KFLAG na 1, to współrzędne w pliku wyjściowym Z88I1.TXT są biegunowe lub cylindryczne, a KFLAG jest ustawiony na 1 w Z88I1.TXT.

4.8.3 REFINER („POLEPSZACZ”) CZWOROŚCIENNY

Dzięki tej funkcjonalności możliwe jest udoskonalenie istniejących siatek czworokątów. Poprzez wybranie zbioru z tymi czworokątami, które należy udoskonalić. Podział każdego elementu następuje przez 8 czworokątów.



Rysunek 48: Pole wejściowe dla rafinera czworosciennego (po lewej), metoda rafinacji czworosciennej (po prawej)

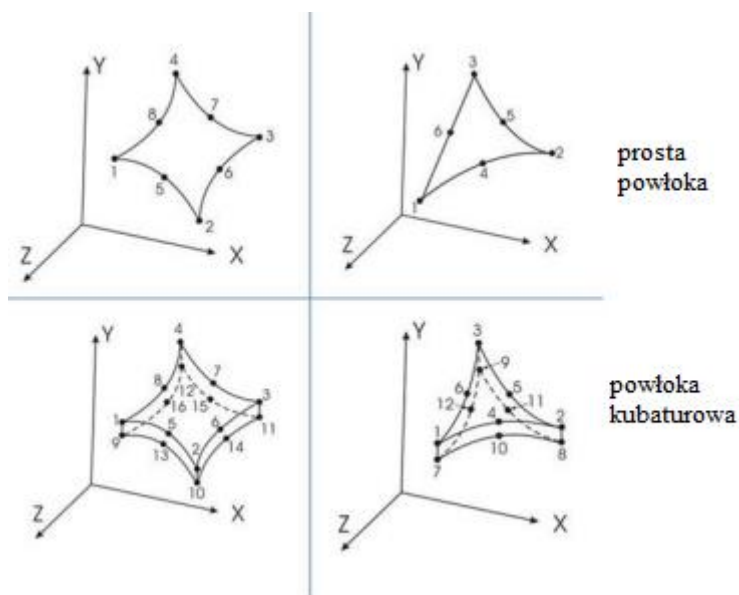


Rysunek 49: Przebieg algorytmu udoskonalania z kryterium kątowym

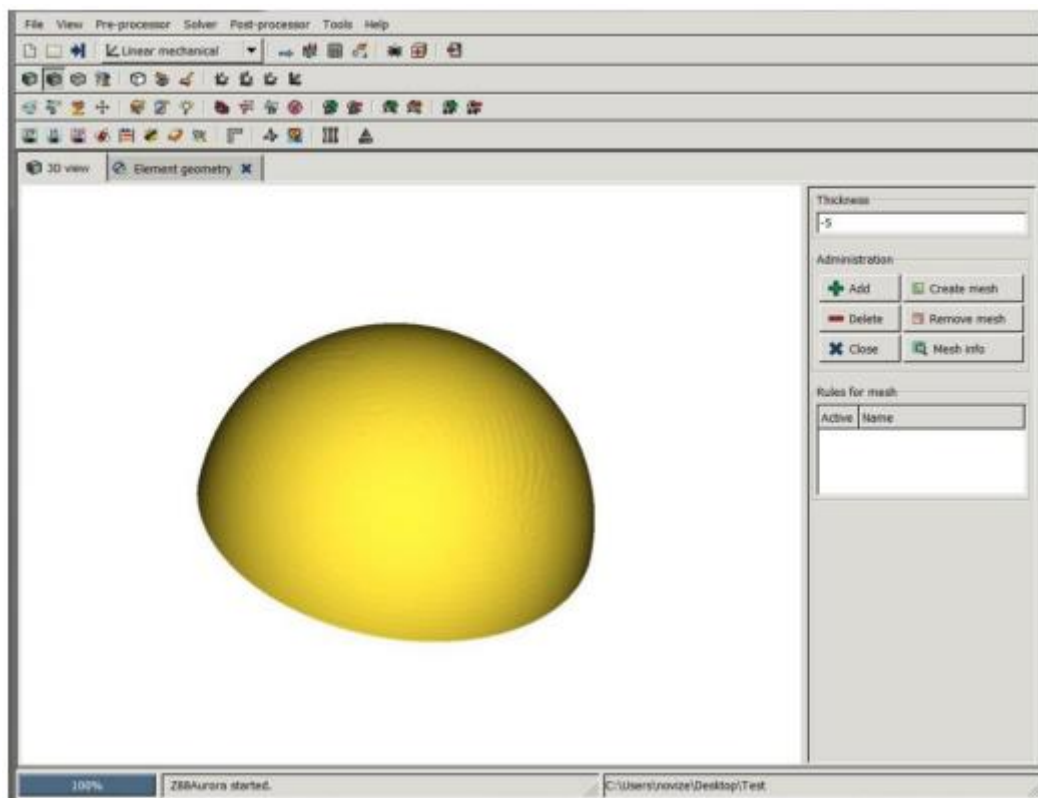
Zamiast idealnego wewnętrznego kąta 60° domyślny kąt jest realistyczny dzięki siatkowaniu FE między $3-10^\circ$. Więcej szczegółów na temat aplikacji można znaleźć w podręczniku użytkownika.

4.8.4 ZAGĘSZCZACZ POWŁOKI

Dzięki tej funkcjonalności możliwe jest pogrubienie istniejących płaskich powłok z importu Nastran lub DXF i w ten sposób konwersja do powłok objętościowych (element nr 21 i element nr 22). Więcej szczegółów na temat aplikacji można znaleźć w podręczniku użytkownika.



Rysunek 50: Powłoki płaskie (górze) i powłoki objętościowe (dół)



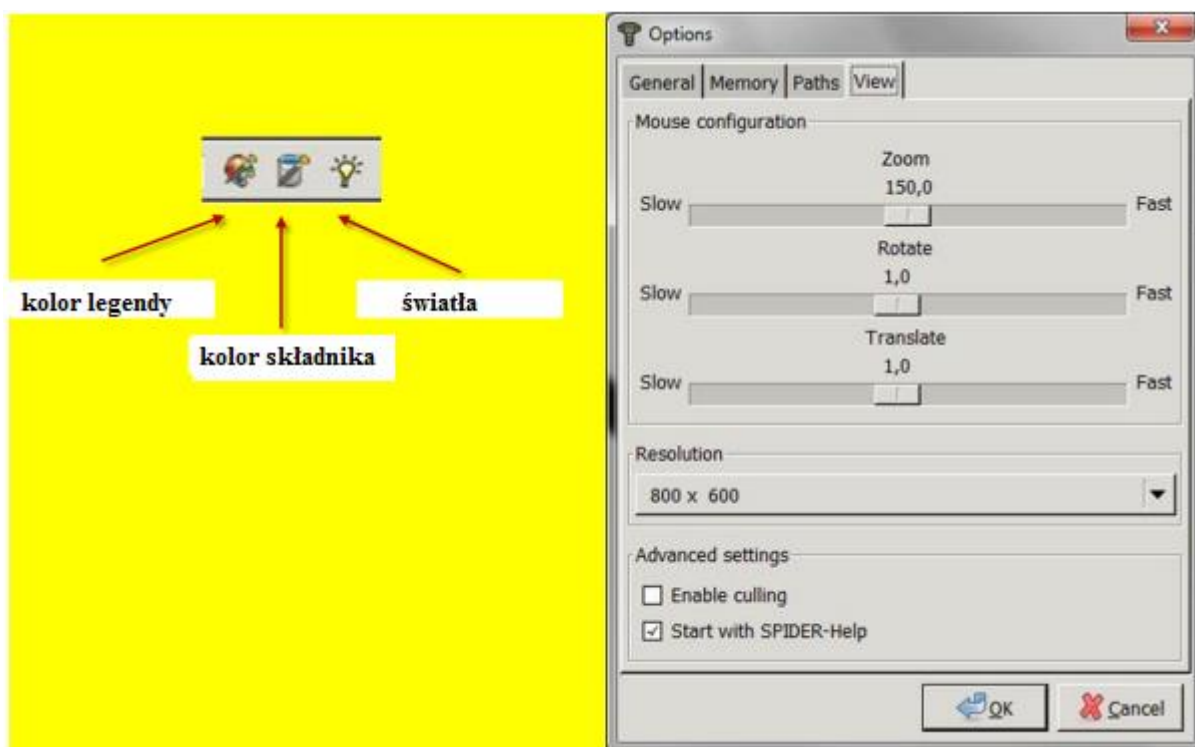
Rysunek 51: Zagęszczacz powłoki w Z88Aurora

4.9 POSTPROCESOR

Konstrukcje oświetlone trzema źródłami światła, szkieletowymi lub ukrytymi liniami-strukturami mogą być kreślone bez odchyień, z odchyleniem lub w obu odchyleniach nakładających się na siebie. W ten sam sposób można wyświetlić zakres kolorów dla naprężeń i odchyień X, Y i Z. W przypadku numerów węzłów i elementów można określić obszary, co jest bardzo pomocne w przypadku dużych konstrukcji. Wyjście plotera lub drukarki nie jest wyraźnie zamierzone. Dlaczego miałyby być? Po prostu zrób zrzut ekranu za pomocą *Shift-Print* w schowku i edytuj lub wydrukuj go za pomocą programu *Paint* systemu Windows lub programu do malowania, takiego jak na przykład *CorelPaint* itp.

Z88Aurora używa OpenGL. Dlatego Twój komputer musi być w stanie poradzić sobie z OpenGL. W przypadku nowszych wersji Windows jest to domyślnie włączone i zazwyczaj wystarczy tania karta graficzna. Aby jednak zachować bezpieczeństwo, sprawdź ustawienia systemowe – czasami można aktywować akcelerację sprzętową OpenGL.

Wybór kolorów, rozmiaru ekranu, właściwości materiałów cech świetlnych, przesunięcie wielokąta itp. można zdefiniować w pliku Z88.FCD. Ale bądź ostrożny ze zmianami w pliku Z88.FCD: Musisz mieć podstawową wiedzę o tym, jak działa OpenGL, jeśli chcesz zmienić efekty świetlne itp. W przeciwnym razie pojawią się długie ściany, ponieważ nic nie wydaje się już działać prawidłowo. Niektóre wskazówki są zawarte w pliku Z88.FCD w formie uwag, ale nie możemy podać wprowadzenia do OpenGL w tym kontekście. Zapoznaj się na przykład ze *Shreiner, D: OpenGL Programming Guide. 7. edycja. Addison-Wesley/Pearson: 2010.*



Rysunek 52: Menu opcji „View” (Widok) i wybór świateł, etykiet i kolorów za pomocą odpowiednich ikon

Cechy renderowania: Aby przyspieszyć działanie, Z88Aurora łączy punkty węzłowe w przypadku scen z oświetleniem i w trybie ukrytych linii – i tylko punkty narożne – liniami prostymi, chociaż w przypadku elementów Serendipity krawędzie elementów są krzywymi kwadratowymi lub sześciennymi; w trybie szkieletowym wszystkie węzły są połączone liniami prostymi. Szczególnie oświetlone sceny wymagają ogromnej mocy obliczeniowej. Jeśli część renderuje się dość szybko w systemie CAD, na przykład Pro/ENGINEER, a ta sama część renderuje się dość wolno w Z88O – jest to normalna sprawa, ponieważ systemy CAD „rysują” tylko niektóre krzywe konturowe. Natomiast system FEA musi renderować każdy element skończony, tj. obliczać wektory normalne dla dowolnego elementu powierzchni, obliczać efekty świetlne dla każdego czworościanu itd. Sceny z ukrytymi liniami bardzo obciążają procesor. Można to rozwiązać, stosując „*Surface/Solid View*” i „*Quick View*”, które można znaleźć w menu widoku. W tym przypadku obliczane i w całości wyświetlane są tylko zewnętrzne krawędzie brył, ale procedura ta nie nadaje się do wszystkich zastosowań.

Co mogę wykreślić? Prawie wszystko, jeśli uruchomiono solver, który zapisał plik ugięcia Z88O2.TXT i trzy pliki naprężeń Z88O3.TXT (aby sprawdzić naprężenia), Z88O5.TXT (wewnętrznie dla Z88O) i Z88O8.TXT (wewnętrznie dla Z88Aurora). Nawet w przypadku kratownic można wykreślić naprężenia „von Misesa” (tj. naprężenia rozciągające) w różnych kolorach; tylko belki nr 2 i nr 13 oraz krzywki nr 5 umożliwiają jedynie wykreślenie ugięć i nic więcej. Dlaczego? Ponieważ dla belek i krzywek należy obliczyć również współczynnik koncentracji naprężeń, co jest niemożliwe w przypadku systemu MES, który zajmuje się *całą konstrukcją belek*. Oczywiście można obliczyć naprężenia w fazie, umieszczając wokół niej siatkę ES. Wymaga to jednak albo płaskich elementów naprężeń, albo elementów 3D, ale ani elementów belki, ani elementów krzywki.

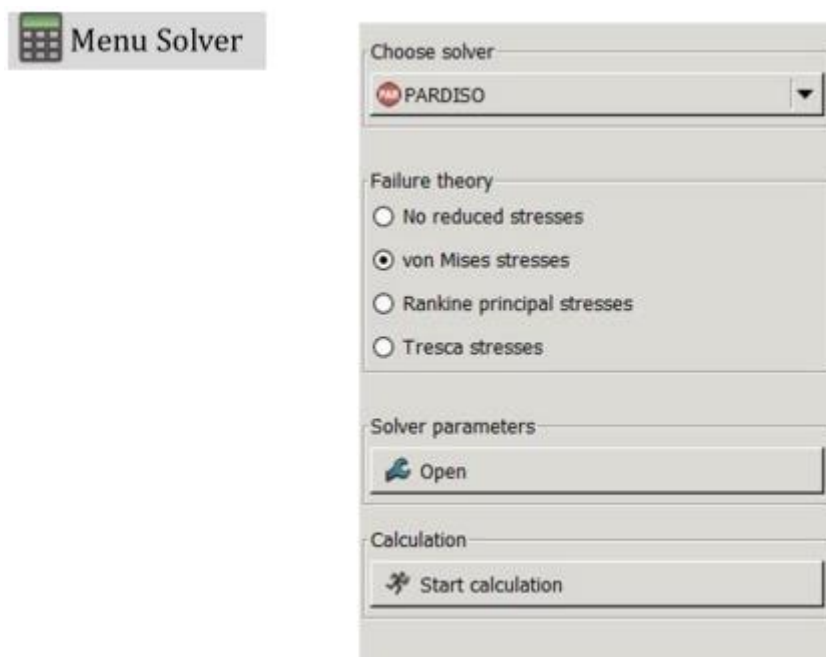
Wykres naprężeń: Rodzaj wykresu naprężeń w programach FEA ma charakter filozoficzny. W rzeczywistości liczne eksperymenty i badania komputerowe w *Instytucie Projektowania Inżynierskiego i CAD Uniwersytetu w Bayreuth* w Niemczech wykazały, że niektóre bardzo drogie i znane profesjonalne programy FEA generowały nieprawidłowe wykresy naprężeń w niektórych sytuacjach! Najlepszym sposobem jest obliczenie naprężeń bezpośrednio w punktach Gaussa. Jest to jednak dziwne dla OpenGL w niektórych trybach, więc zdecydowałem się na następujący sposób po wielu eksperymentach:

1. *von Mises/zasada/naprężenia Tresca w węzłach narożnych.* W rzeczywistości naprężenia są obliczane nie w węzłach narożnych, co prowadzioby do bardzo błędnych wyników, szczególnie w przypadku elementów o dużym kącie nachylenia (sic!), ale w punktach Gaussa leżących w pobliżu bieżących węzłów narożnych. Naprężenia są obliczane dla takiej samej liczby punktów Gaussa, jak liczba punktów narożnych. Ponieważ często węzeł jest połączony z więcej niż jednym elementem, naprężenia są obliczane do wartości średniej z naprężeń „węzła narożnego” wszystkich połączonych elementów. Daje to jednak dość zrównoważone cieniowanie naprężeń, które jest przeważnie nieco niższe niż maksymalne naprężenia w punktach Gaussa. Wartość rzędu całkowania INTOS w pliku nagłówkowym Z88ENVIRO.DYN nie ma znaczenia, ale INTOS powinien być większy od 0.
2. *naprężenia von Mises/principle/Tresca jako wartość średnia dla każdego elementu.* Naprężenia są obliczane w punktach Gaussa bieżącego elementu, dodawane, a następnie dzielone przez bieżącą liczbę punktów Gaussa. W rezultacie otrzymujemy wartość średnią dla naprężenia *von Mises/principle/Tresca* na element. Wartość rzędu całkowania INTOS w pliku nagłówkowym Z88MAN.TXT jest ważna, a INTOS musi być większe od 0.
3. *von Mises/zasada/Tresca napręża bezpośrednio w punktach Gaussa.* Jest to najbardziej dokładne, ale nie daje tak ładnych obrazów jak 1. i 2. INTOS musi być większe niż 0.

Z88Aurora może wykazywać następujące zmniejszone naprężenia – ale tylko jedno na raz – w zależności od poprzedniego przebiegu obliczeń:

- naprężenia *von Misesa*
- Rankine'a, czyli naprężenia *główne*
- naprężenia *Treski*

Tak więc, jeśli wcześniej obliczyłeś naprężenia *von Misesa*, Z88Aurora je pokaże. Jeśli chcesz teraz pokazać naprężenia *Tresca*, musisz ponownie uruchomić solver, w tym przypadku z ustawieniem *Tresca*, patrz *Rysunek* . Wygląda to niezręcznie, ale czy nie wiesz przed rozpoczęciem obliczeń FE, jaki typ naprężeń jest odpowiedni i poprawny dla Twojego zadania? Wybór odpowiedniej hipotezy naprężeń zredukowanych nie jest kwestią prób i błędów.



Rysunek 53: Ustawianie opcji parametrów naprężeń w menu „Solver”

Wykres ugięć: Możesz wykreślić nieodgiętą lub odchyloną strukturę lub obie nałożone na siebie. Współczynnik powiększenia jest regulowany, zwykle wynosi 10% największej wartości przemieszczenia. Ponadto możesz wykreślić ugięcia dla X, Y lub Z z cieniowaniem kolorów. Jest to całkiem fajna funkcja w przypadku dużych struktur przestrzennych. Możesz wykreślić zacienione kolory dla naprężeń lub dla ugięć lub wyświetlania ukrytych linii lub wyświetlania szkieletu z odchyloną strukturą. Kolory tła i wyświetlanie legendy można dostosować. Aby uzyskać więcej informacji, zapoznaj się z Instrukcją użytkownika Z88Aurora. Za pomocą paska przewijania ugięcia można również skalować w sposób ciągły.

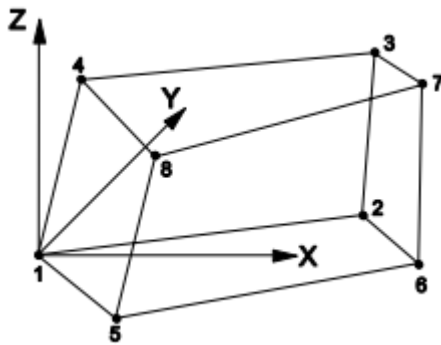
„Coordinate system (Układ współrzędnych)”: OpenGL pracuje z Clipping Volume, tj. z rodzajem sześcianu, zdefiniowanego przez Xmin i Xmax w kierunku poziomym, przez Ymin i Ymax w kierunku pionowym oraz Zmin (wskazuje w kierunku użytkownika) i Zmax (wskazuje od użytkownika). Jeśli użyjesz zbyt dużego współczynnika powiększenia lub jeśli przesuń strukturę zbyt blisko siebie, zakres Zmin zostanie przekroczony, a części struktury znajdą się poza widoczną objętością. Daje to dobrą szansę na zajrzenie do struktury – również w celu zobaczenia naprężeń wewnętrznych! W przeciwnym razie zmień wartość Zmin (domyślny wpis to -100) na niższe wartości, np. -1000: użyj menu „View (Widok)” > Limit Z w kierunku do siebie.

Więcej informacji dotyczących aplikacji i opcji postprodukcji można znaleźć w instrukcji obsługi programu Z88Aurora.

5. OPIS ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

5.1 SZEŚCIOKĄT NR 1 Z 8 WĘZŁAMI

Element heksaedru oblicza ugięcia i naprężenia w przestrzeni przy użyciu liniowych funkcji kształtu. Jest to element przekształcony; dlatego może mieć kształt klina lub inną formę ukośną. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich trzech osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W ten sposób można wybrać rząd całkowania w Z88ENVIRO.DYN. Rząd 2 jest w większości wystarczający. Heksaedr nr 1 nadaje się również dobrze do użytku jako gruby element płytowy, jeśli grubość płyty nie jest zbyt mała w stosunku do innych wymiarów. Heksaedry nr 1 można wygenerować za pomocą generatora siatki Z88N z superelementów Heksaedrów nr 10 i Heksaedrów nr 1.



Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4):

Płaszczyzna górna: 1 - 2 - 3 - 4 - 1, wyjdź z funkcji LINE

Płaszczyzna dolna: 5 - 6 - 7 - 8 - 5, wyjdź z funkcji LINE

1 - 5, wyjdź z funkcji LINE

2 - 6, wyjdź z funkcji LINE

3 - 7, wyjdź z funkcji LINE

4 - 8, wyjdź z funkcji LINE

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)*
- > *3 stopnie swobody dla każdego węzła*
- > *Typ elementu to 1*
- > *8 węzłów na element*

Z88ENVIRO.DYN

- > *Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 2 jest zazwyczaj dobry.*
 - > *Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:*
- 0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma wpływu*
 - > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*
- 0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = Naprężenia Tresca w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

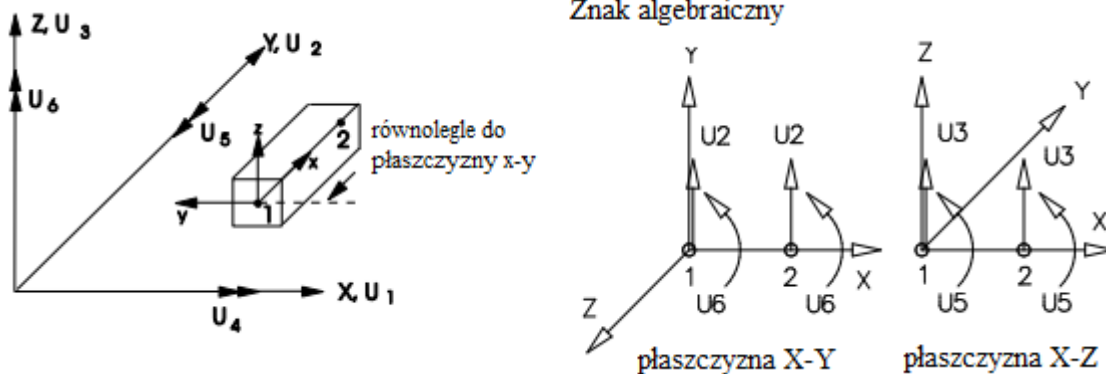
Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Tresca.

Sily węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.2 BELKA NR 2 Z 2 WĘZŁAMI W PRZESTRZENI



Element belki z dowolnym symetrycznym profilem (bez skośnego zgięcia) z ograniczeniem, że lokalna oś $y-y$ musi być równoległa do globalnego układu współrzędnych $X-Y$. Wartości profilu są podane w GUI. W ten sposób możesz użyć dowolnego symetrycznego profilu w przeciwieństwie do innych programów FEA, które zawierają wiele różnych specjalnych podprogramów belki i profilu bez dopasowywania wszystkich symetrycznych profili, jeśli to konieczne. Element dokładnie pasuje do teorii zgięcia Bernoulliego i prawa Hooke'a. Nie używa żadnego przybliżonego rozwiązania, jeśli chodzi o elementy kontinuum.



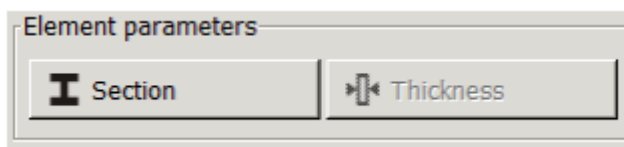
Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4):

Linia od węzła 1 do węzła 2

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)*
- > *6 stopni swobody w węźle (Uwaga: DoF5 (nie reguła prawej dłoni), patrz poniżej)*
- > *Typ elementu to 2*
- > *2 węzły na element*



wpisz tutaj parametry elementów

- > *Powierzchnia przekroju QPARA*
- > *Drugi moment bezwładności I_{yy} (zginanie wokół osi $y-y$)*
- > *Maksymalna odległość e_{yy} od osi obojętnej $y-y$*
- > *Drugi moment bezwładności I_{zz} (zginanie wokół osi $z-z$)*
- > *Maksymalna odległość e_{zz} od osi obojętnej $z-z$*
- > *Drugi moment powierzchni (skręcanie) IT*
- > *Drugi moduł (skręcanie) WT*

Z88ENVIRO.DYN

- > *Porządek całkowania INTORD dla obliczeń przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*
- > *Porządek całkowania INTOS dla obliczeń naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG nie ma znaczenia*

Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z oraz obroty wokół X, Y i Z. Uwaga DoF5 (nie reguła prawej dłoni), patrz poniżej

Naprężenia: SIGXX, TAUXX: Naprężenie bezpośrednie, naprężenie ścinające, SIGZZ1, SIGZZ2: Naprężenie zginające wokół z-z dla węzła 1 i węzła 2, SIGYY1 SIGYY2:

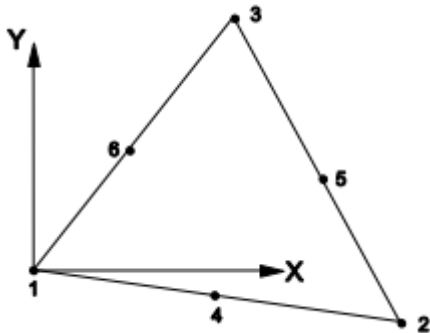
Naprężenie zginające wokół y-y dla węzła 1 i węzła 2

Sily węzłowe w X, Y i Z oraz momenty węzłowe wokół X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.3 PŁASKI TRÓJKĄT NAPRĘŻEN NR 3 Z 6 WĘZŁAMI



To prosty, trójkątny element naprężeń płaskich z funkcjami kształtu całkowicie kwadratowego. Ten element jest przestarzały i przechowywany w Z88 tylko do celów badawczych. Elementy nr 7, 11 lub 14 są znacznie lepsze. Zwróć uwagę na obciążenia krawędziowe, por. rozdział 3.4. Brak wpisów w pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT!

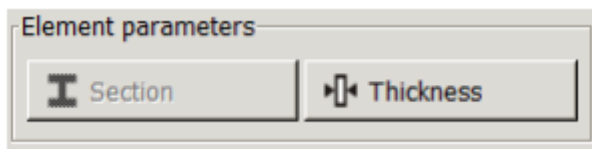


Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-4-2-5-3-6-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)*
- > *2 stopnie swobody dla każdego węzła*
- > *Typ elementu to 3*
- > *6 węzłów na element*



wpisz tutaj grubość elementów

Z88ENVIRO.DYN

- > *Porządek całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*
- > *Porządek całkowania INTOS do obliczania naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 0: Obliczenia SIGXX, SIGYY i TAUXY*
- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 1: Dodatkowe obliczenia SIGRR, SIGTT i TAURT*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*
 - 0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
 - 1 = naprężenia von Misesa w środku ciężkości
 - 2 = naprężenia główne lub Rankine'a w środku ciężkości
 - 3 = naprężenia Treski w środku ciężkości

Wyniki:

Przemieszczenia w X i Y

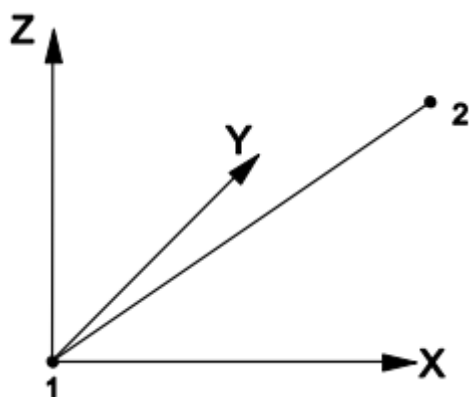
Naprężenia: Naprężenia są obliczane w środku ciężkości elementu. Współrzędne środka ciężkości są zatem drukowane. Dla $KDFLAG = 1$ naprężenia promieniowe SIGRR, naprężenia styczne SIGTT i towarzyszące im naprężenia ścinające SIGRT są obliczane dodatkowo (ma to sens tylko wtedy, gdy dostępna jest struktura obrotowo-symetryczna). Dla łatwiejszej orientacji drukowane są odpowiednie promienie i kąty środka ciężkości. Opcjonalne naprężenia von Misesa w środku ciężkości.

Sily węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.4 KRATOWNICA NR 4 W PRZESTRZENI



Element kratownicy nr 4 może przyjąć dowolną lokalizację w przestrzeni. Jest częścią najprostszych elementów w Z88 i jest obliczany niezwykle szybko. Elementy kratownicy dokładnie odpowiadają prawu Hooke'a. Wskazówka: Kratownice nr 4 są bardzo odpowiednie do modelowania podpór sprężynowych lub podpór ukośnych.

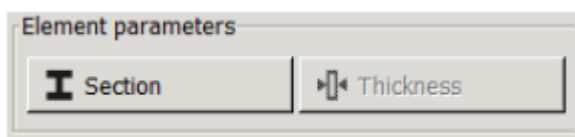


Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): *Linia od węzła 1 do węzła 2*

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)*
- > *3 stopnie swobody dla każdego węzła*
- > *Typ elementu to 4*
- > *2 węzły na element*



wprowadź tutaj pole przekroju poprzecznego dla elementów.

Z88ENVIRO.DYN

- > *Porządek całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*
- > *Porządek całkowania INTOS do obliczania naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG nie ma znaczenia*

Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

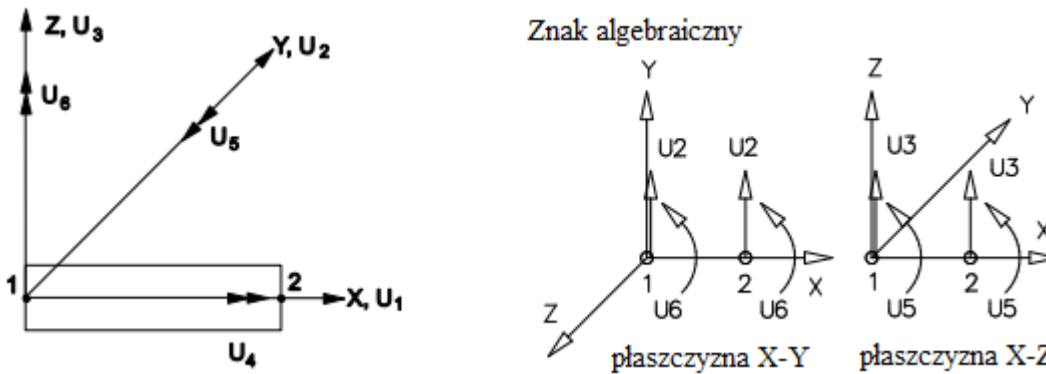
Naprężenia: Naprężenia normalne

Siły węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.5 ELEMENT WAŁU NR 5 Z 2 WĘZŁAMI



Element wału jest uproszczeniem ogólnego elementu belki nr 2: Zawsze ma kołowy przekrój poprzeczny. Element leży koncentrycznie do osi X, w związku z czym współrzędne lokalne i globalne mają ten sam kierunek. W związku z tym dane wejściowe i obliczenia są mocno uproszczone. Podobnie jak element belki, wyniki są dokładne zgodnie z teorią zginania Bernoulliego i prawem Hooke'a, a nie przybliżonymi rozwiązaniami, jak elementy kontinuum.

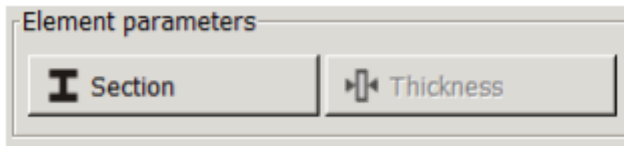


Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): *Linia od węzła 1 do węzła 2*

Z88STRUCTURE.TXT

- > Ustaw **KFLAG** na 0 dla współrzędnych kartezjańskich
- > 6 stopni swobody w węźle (Uwaga DoF5 (nie reguła prawej dłoni), patrz poniżej)
- > Typ elementu to 5
- > 2 węzły na element



wpisz tutaj średnicę elementów

Z88ENVIRO.DYN

- > Porządek całkowania **INTORD** do obliczania przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu
- > Porządek całkowania **INTOS** do obliczania naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych **KDFLAG** nie ma znaczenia
- > Flaga naprężeń zredukowanych **ISFLAG** nie ma znaczenia

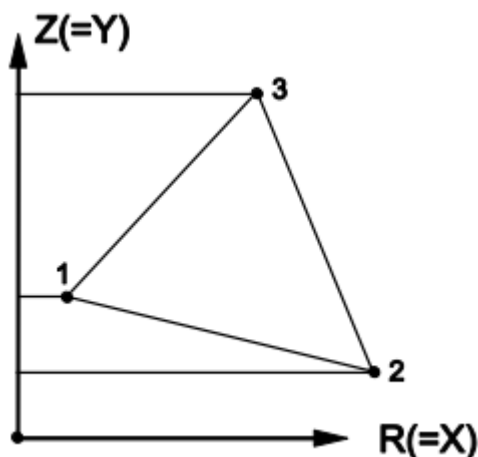
Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z oraz obroty wokół X, Y i Z. Uwaga DoF5 (nie reguła prawej dłoni), patrz poniżej

Naprężenia: SIGXX, TAUXX: Naprężenie normalne, naprężenie ścinające, SIGXY1, SIGXY2: Naprężenie zginające w płaszczyźnie X-Y dla węzła 1 i węzła 2, SIGXZ1 SIGXZ2: Naprężenie zginające w płaszczyźnie X-Z dla węzła 1 i węzła 2

Siły węzłowe w X, Y i Z oraz momenty węzłowe wokół X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła

5.6 TORUS NR 6 Z 3 WĘZŁAMI



Ten element jest implementowany tylko ze względów historycznych i możliwej wymiany danych z innymi systemami FEA. Znacznie lepiej: Torus No. 8 lub Torus No. 12 lub No. 15. Brak wpisów w pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT!

To prosty, trójkątny element torusa z liniowymi funkcjami kształtu dla struktur osiowosymetrycznych. Wyniki przemieszczenia dla tego bardzo prostego elementu są całkiem użyteczne, ale wyniki obliczeń naprężeń są niedokładne. Naprężenia są obliczane wewnątrz w węzłach narożnych, a następnie

rozprowadzane jako średnia wartość w środku ciężkości. Jednak użycie elementów torusa nr 8 lub nr 12 lub nr 15 jest wysoce zalecane, szczególnie w przypadku dokładnych obliczeń naprężeń.

Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-2-3-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > Zasadniczo oczekuje się współrzędnych cylindrycznych: KFLAG musi wynosić 0!
Współrzędna $R (= X)$, zawsze dodatnia
Współrzędna $Z (= Y)$, zawsze dodatnia
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła, DoF R i $Z (= X$ i $Y)$.
- > Typ elementu to 6
- > 3 węzły na element

Z88ENVIRO.DYN

- > Porządek całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu
- > Porządek całkowania INTOS do obliczania naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma wpływu
- > Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:
0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w środku ciężkości
2 = naprężenia główne lub Rankine'a w środku ciężkości
3 = naprężenia Treski w środku ciężkości

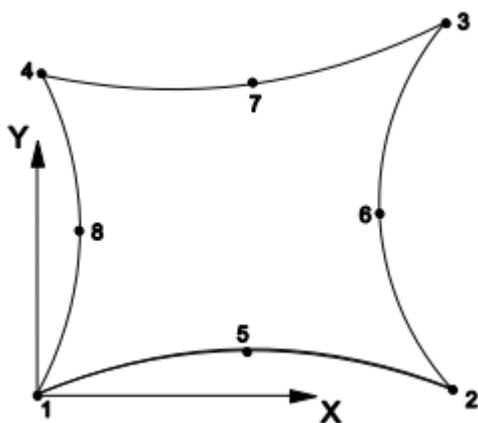
Wyniki:

Przemieszczenia w R i $Z (= X$ i $Y)$

Naprężenia: Naprężenia są obliczane wewnątrz w węzłach narożnych, ale wykreślane w środku ciężkości. Są to: SIGRR = naprężenie w kierunku R = naprężenie promieniowe (= kierunek X), SIGZZ = naprężenie w kierunku Z (= kierunek Y), TAURZ = naprężenie ścinające w płaszczyźnie RZ (= płaszczyzna XY), SIGTE = naprężenie w kierunku obwodowym = naprężenie styczne. Opcjonalne naprężenia von Misesa.

Sily węzłowe dla każdego elementu i każdego węzła.

5.7 ELEMENT NAPRĘŻEŃ PŁASKICH NR 7 Z 8 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element naprężeń płaskich Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88ENVIRO.DYN. Kolejność 3 jest w większości wystarczająca. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa

(znacznie dokładniej). Zwróć uwagę na obciążenia krawędziowe podczas korzystania z sił, por. rozdział 3.4. Łatwiej jest wprowadzać obciążenia krawędziowe za pomocą pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT. Możesz połączyć ten element z elementami nr 3 (niezalecane) lub elementami nr 14 (dobre).

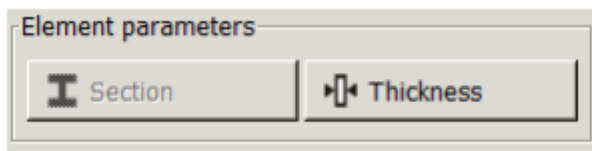
Elementy płaskiego naprężenia nr 7 można wygenerować za pomocą generatora siatki Z88N z superelementów Elementy płaskiego naprężenia nr 7 lub nr 11. Zatem Element płaskiego naprężenia nr 7 doskonale nadaje się jako superelement.

Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-5-2-6-3-7-4-8-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 7
- > 8 węzłów na element



wpisz tutaj grubość elementów

Z88ENVIRO.DYN

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 0: Obliczenia SIGXX, SIGYY i TAUXY
- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 1: Dodatkowe obliczenia SIGRR, SIGTT i TAURT
- > Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:
0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Wyniki:

Przemieszczenia w X i Y.

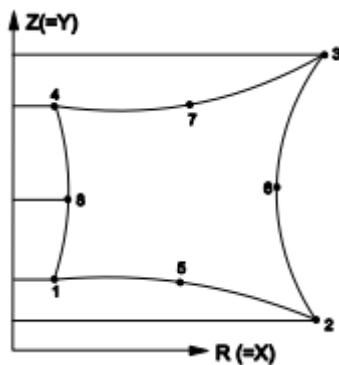
Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Dla $KDFLAG = 1$ naprężenia promieniowe SIGRR, naprężenia styczne SIGTT i towarzyszące naprężenia ścinające SIGRT są obliczane dodatkowo (ma to sens tylko wtedy, gdy dostępna jest struktura obrotowo-symetryczna). Dla łatwiejszej orientacji drukowane są odpowiednie promienie i kąty węzłów/punktów. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.8 TORUS NR 8 Z 8 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element torusa Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88ENVIRO.DYN. Rząd 3 jest w większości wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). Możesz połączyć ten element z elementami nr 15. Elementy torusa nr 8 można wygenerować za pomocą generatora siatki Z88N z superelementów torusa nr 8 lub nr 12. W związku z tym torus nr 8 dobrze nadaje się jako superelement.



Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-5-2-6-3-7-4-8-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > Zasadniczo oczekuje się współrzędnych cylindrycznych: KFLAG musi wynosić 0!
Współrzędna $R (= X)$, zawsze dodatnia
Współrzędna $Z (= Y)$, zawsze dodatnia
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła, DoF R i $Z (= X$ i $Y)$.
- > Typ elementu to 8
- > 8 węzłów na element

Z88ENVIRO.DYN

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG, dowolna, nie ma znaczenia
- > Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:
0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Wyniki:

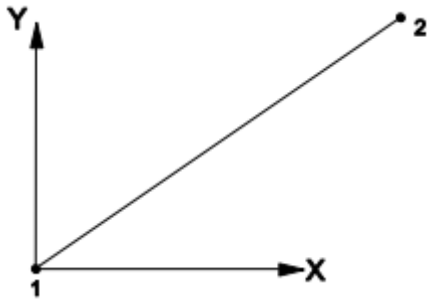
Przemieszczenia w R i Z (= X i Y).

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Oto one: SIGRR = naprężenie w kierunku R = naprężenie promieniowe (= kierunek X), SIGZZ = naprężenie w kierunku Z (= kierunek Y), TAURZ = naprężenie ścinające w płaszczyźnie RZ (= płaszczyzna XY), SIGTE = naprężenie w kierunku obwodowym = naprężenie styczne. Opcjonalne naprężenia von Misesa, główne lub Treski.

Sily węzłowe w R (= X) i Z (= Y) dla każdego elementu i każdego węzła.

5.9 KRATOWNICA NR 9 W PŁASZCZYŹNIE

Element kratownicy nr 9 może przyjąć dowolną lokalizację na płaszczyźnie X-Y. Jest to najprostszy element w Z88 i jest obliczany niezwykle szybko. Elementy kratownicy dokładnie odpowiadają prawu Hooke'a. Wskazówka: Kratownice nr 9 są bardzo odpowiednie do modelowania podpór sprężynowych lub podpór ukośnych.

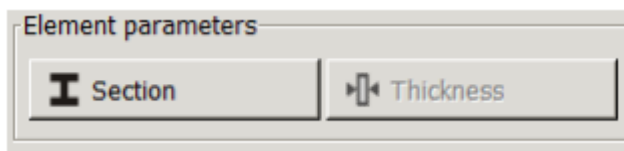


Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): *Linia od węzła 1 do węzła 2*

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)*
- > *2 stopnie swobody dla każdego węzła*
- > *Typ elementu to 9*
- > *2 węzły na element*



wprowadź tutaj pole przekroju poprzecznego dla elementów

Z88ENVIRO.DYN

- > *Porządek całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*
- > *Porządek całkowania INTOS do obliczania naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu.*

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG nie ma znaczenia*

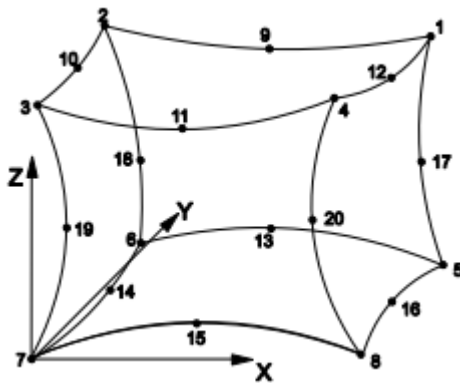
Wyniki:

Przemieszczenia w osiach X i Y

Naprężenia: Naprężenia normalne

Siły węzłowe w osiach X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.10 SZEŚCIOKĄT NR 10 Z 20 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element objętości Serendipity z funkcjami kształtu kwadratowego. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W ten sposób można wybrać kolejność całkowania w Z88ENVIRO.DYN. Kolejność 3 jest dobra. Jakość obliczeń przemieszczenia i naprężenia jest znacznie lepsza niż wyniki elementu heksaedru nr 1. Heksaedr nr 1 ma również zastosowanie do grubych elementów płytowych, jeśli grubość płyty nie jest zbyt mała w porównaniu do innych wymiarów. Można też użyć elementów powłokowych nr 21 i nr 22. Element

powoduje duże obciążenie obliczeniowe i wymaga dużej ilości pamięci, ponieważ macierz sztywności elementu ma rząd 60×60 .

Numeracja węzłów elementu nr 10 musi być wykonana ostrożnie i musi dokładnie odpowiadać poniższemu szkicowi. Zwróć uwagę na położenie układu osi! Możliwy komunikat o błędzie „Jacobi determinant zero or negative (Wyznacznik Jacobiego zerowy lub ujemny)” jest wskazówką dotyczącą nieprawidłowej numeracji węzłów. Sześciokąt nr 10 może zostać wygenerowany przez generator siatki Z88N z superelementów Sześciokąt nr 10. Zatem Sześciokąt nr 10 jest dobrze przystosowany jako superelement. Sześciokąt nr 10 może również generować 8-węzłowe Sześciokąty nr 1.

Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4):

Płaszczyzna górna: 1 - 9 - 2 - 10 - 3 - 11 - 4 - 12 - 1, zakończ funkcję LINE

Płaszczyzna dolna: 5 - 13 - 6 - 14 - 7 - 15 - 8 - 16 - 5, zakończ funkcję LINE

1 - 17 - 5, zakończ funkcję LINE

2 - 18 - 6, zakończ funkcję LINE

3 - 19 - 7, zakończ funkcję LINE

4 - 20 - 8, zakończ funkcję LINE

Z88STRUCTURE.TXT

> *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)*

> *3 stopnie swobody dla każdego węzła*

> *Typ elementu to 10*

> *20 węzłów na element*

Z88ENVIRO.DYN

> *Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.*

> *Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:*

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych

1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

> *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma wpływu*

> *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

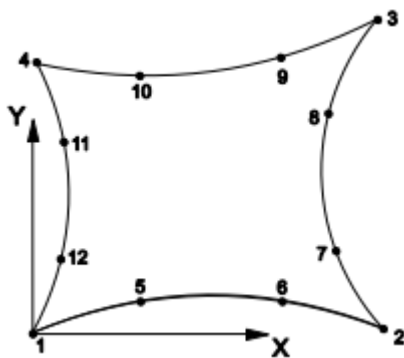
Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.11 ELEMENT NAPRĘŻEŃ PŁASKICH NR 11 Z 12 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element naprężeń płaskizny Serendipity z funkcjami kształtu sześciennego. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88ENVIRO.DYN. Najczęściej najlepszym wyborem jest kolejność 3. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia z niezwykle precyzją. Kolejność całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach

narożnych (co jest przydatne do przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej).

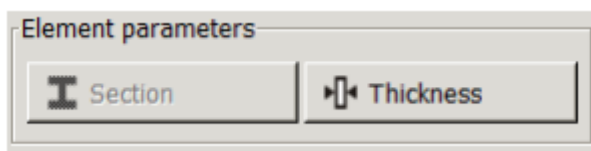
Elementy naprężeń płaskich nr 7 mogą być generowane przez generator siatki Z88N z superelementów Elementy naprężeń płaskich nr 11. Zatem element naprężeń płaskich nr 11 jest dobrze przystosowany jako superelement. Jednak elementy naprężeń płaskich nr 11 nie mogą być generowane przez generator siatki Z88N z superelementów. Elementy naprężeń płaskich nr 11.

Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-5-6-2-7-8-3-9-10-4-11-12-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 11
- > 12 węzłów na element



wpisz tutaj grubość elementów

Z88ENVIRO.DYN

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 0: Obliczenia SIGXX, SIGYY i TAUXY
- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 1: Dodatkowe obliczenia SIGRR, SIGTT i TAURT
- > Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:
0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
- 2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
- 3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

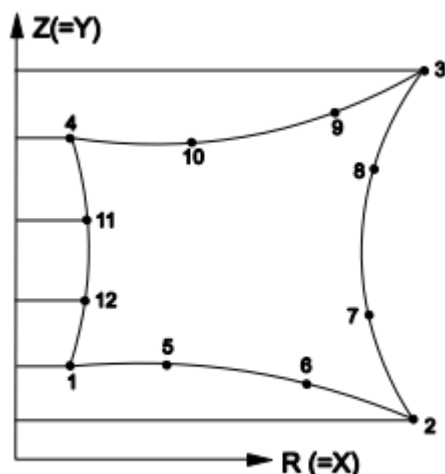
Wyniki:

Przemieszczenia w X i Y.

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Dla $KDFLAG = 1$ naprężenia promieniowe SIGRR, naprężenia styczne SIGTT i towarzyszące naprężenia ścinające SIGRT są obliczane dodatkowo (ma to sens tylko wtedy, gdy dostępna jest struktura obrotowo-symetryczna). Dla łatwiejszej orientacji drukowane są odpowiednie promienie i kąty węzłów/punktów. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski

Sily węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.12 TORUS NR 12 Z 12 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element torusa Serendipity z funkcjami kształtu sześciennego. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88ENVIRO.DYN. Rząd 3 jest w większości wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia z niezwykłą precyzją. Kolejność całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). Elementy torusa nr 8 mogą być generowane przez generator siatki Z88N z superelementów elementów

torusa nr 12. Zatem element torusa nr 12 dobrze nadaje się jako superelement. Jednak elementy torusa nr 12 nie mogą być generowane przez generator siatki Z88N z superelementów elementów torusa nr 12.

Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): 1-5-6-2-7-8-3-9-10-4-11-12-1

Z88STRUCTURE.TXT

- > Zasadniczo oczekuje się współrzędnych cylindrycznych: KFLAG musi wynosić 0!
Współrzędna $R (= X)$, zawsze dodatnia
Współrzędna $Z (= Y)$, zawsze dodatnia
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła, DoF R i Z (= X i Y).
- > Typ elementu to 12
- > 12 węzłów na element

Z88ENVIRO.DYN

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG, dowolna, nie ma znaczenia
- > Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:
0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Wyniki:

Przemieszczenia w R i Z (= X i Y).

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Oto one: SIGRR = naprężenie w kierunku R =

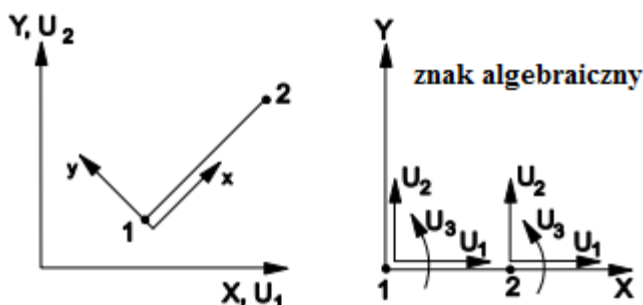
naprężenie promieniowe (= kierunek X), SIGZZ = naprężenie w kierunku Z (= kierunek Y), TAURZ = naprężenie ścinające w płaszczyźnie RZ (= płaszczyzna XY), SIGTE = naprężenie w kierunku obwodowym = naprężenie styczne. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w R (= X) i Z (= Y) dla każdego elementu i każdego węzła.

5.13 BELKA NR 13 W PŁASZCZYŹNIE



Element belki z dowolnym profilem symetrycznym. Wprowadź parametry elementu do GUI. W ten sposób możesz użyć dowolnego profilu symetrycznego w przeciwieństwie do innych programów FEA, które zawierają wiele różnych specjalnych podprogramów belek i profili bez dopasowywania wszystkich profili symetrycznych, jeśli to konieczne. Element dokładnie pasuje do teorii zginania Bernoulliego i prawa Hooke'a. Nie używa żadnego przybliżonego rozwiązania w porównaniu do elementów kontinuum.

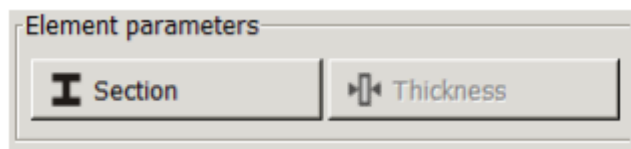


Wejście:

CAD (patrz rozdział 4.1.4): *Linia od węzła 1 do węzła 2*

Z88STRUCTURE.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)*
- > *3 stopnie swobody w węzle*
- > *Typ elementu to 13*
- > *2 węzły na element*



wpisz tutaj parametry elementów

- > *Przekrój poprzeczny QPARA*
- > *wstaw 0 dla drugiego momentu bezwładności Iyy (zginanie wokół osi y-y)*
- > *wstaw 0 dla maks. odległości eyy od osi obojętnej y-y*
- > *Drugi moment bezwładności Izz (zginanie wokół osi z-z)*
- > *Maksymalna odległość ezz od osi obojętnej z-z*
- > *wstaw 0 dla drugiego momentu powierzchni (skręcanie) IT*
- > *wstaw 0 dla drugiego modułu (skręcanie) WT*

Z88ENVIRO.DYN

- > *Porządek całkowania INTORD dla obliczeń przemieszczeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*
- > *Porządek całkowania INTOS dla obliczeń naprężeń: dowolna kolejność, nie ma wpływu*

Z88CONTROL.TXT

- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG nie ma znaczenia*

Wyniki:

Przemieszczenia w osiach X i Y oraz **obroty** wokół osi Z.

Naprężenia: SIGXX, TAUXX: naprężenie normalne, naprężenie ścinające, SIGZZ1, SIGZZ2: naprężenie zginające wokół osi z-z dla węzła 1 i węzła 2

Sily węzłowe w osiach X i Y oraz **momenty węzłowe** wokół osi Z dla każdego elementu i każdego węzła.

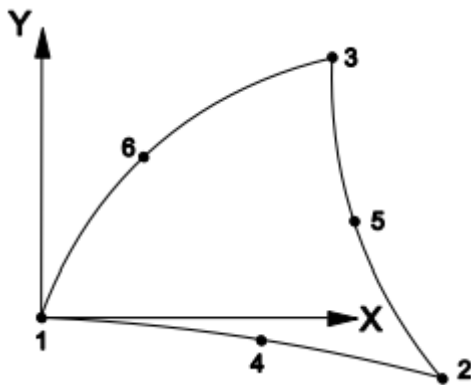
5.14 ELEMENT NAPRĘŻEŃ PŁASKICH NR 14 Z 6 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element naprężeń płaskich Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Rząd 7 (= 7 punktów Gaussa) jest w większości przypadków wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). Zwróć uwagę na obciążenia krawędziowe podczas korzystania z sił, por. rozdział 3.4. Łatwiej jest wprowadzać obciążenia krawędziowe za pomocą pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automeshers (automatyczny wytwórca siatek). W związku z tym generowanie siatki z Z88N nie jest możliwe. Użyj płaskich elementów naprężenia nr 7 dla Z88N.

Używaj płaskiego elementu naprężenia nr 7, kiedy tylko jest to możliwe. Jest on znacznie bardziej precyzyjny niż ten izoparametryczny trójkąt.



Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 2.7.2): 1-4-2-5-3-6-1

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub biegunowych (1)
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 14
- > 6 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA to grubość elementu

Z88INT.TXT

> Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 7 jest zazwyczaj dobre. Możliwe jest: 3 dla 3 punktów Gaussa, 7 dla 7 punktów Gaussa i 13 dla 13 punktów Gaussa. Aby ułatwić łączenie z elementami naprężeń płaskich nr 7, funkcja ISOD88 funkcji Z88 używa wewnętrznie następujących wartości:

- stopień całkowania 1 lub 2: 3 punkty Gaussa
- stopień całkowania 4: 7 punktów Gaussa

Przykład: Z88INT.TXT używa wpisu 2 dla INTORD: Zatem elementy naprężeń płaskich nr 7 używają $2 \times 2 = 4$ punkty Gaussa, a elementy naprężeń płaskich nr 14 używają 3 punktów Gaussa do całkowania.

> Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych

1,7,13 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 0: Obliczenia SIGXX, SIGYY i TAUXY

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG = 1: Dodatkowe obliczenia SIGRR, SIGTT i TAURT

> Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia krawędziowe są stosowane do elementu nr 14 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

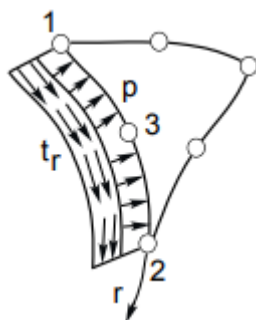
> Numer elementu z obciążeniem powierzchniowym i ciśnieniowym

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi

> Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku r

> 2 węzły narożne i jeden węzeł środkowy obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry.

Lokalny kierunek r jest zdefiniowany przez węzły 1-2. Lokalne węzły 1, 2, 3 mogą różnić się od lokalnych węzłów 1, 2, 3 użytych do koincydencji.



Wyniki:

Przemieszczenia w X i Y.

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Dla KFLAG = 1 naprężenia promieniowe SIGRR, naprężenia styczne SIGTT i towarzyszące im naprężenia ścinające SIGRT są obliczane dodatkowo (ma to sens tylko wtedy, gdy dostępna jest struktura obrotowo-symetryczna). Dla łatwiejszej orientacji drukowane są odpowiednie promienie i kąty węzłów/punktów.

Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

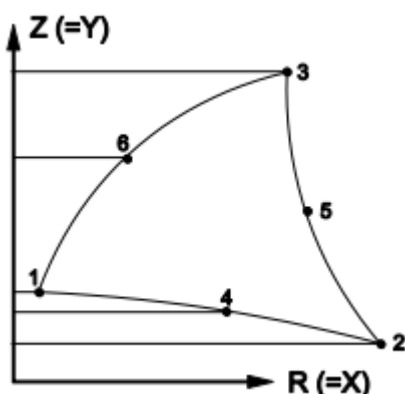
Sily węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.15 TORUS NR 15 Z 6 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element torusa Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie zgodnie z Gauss-Legendre. Tak więc, rząd całkowania może być wybrany w Z88INT.TXT. Rząd 7 jest przeważnie wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Rząd całkowania może być wybrany ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobry przegląd) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). Zwróć uwagę na obciążenia krawędziowe podczas używania sił, por. rozdział 3.4. Łatwiej jest wprowadzać obciążenia krawędziowe za pomocą pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automeshers. W związku z tym generowanie siatki z Z88N nie jest możliwe. Użyj elementów torusa nr 8 dla Z88N. Używaj elementu torusa nr 8, kiedy tylko jest to możliwe. Jest on znacznie dokładniejszy niż ten trójkąt izoparametryczny.



Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 2.7.2): 1-4-2-5-3-6-1

Z88I1.TXT

- > Zasadniczo oczekuje się współrzędnych cylindrycznych: KFLAG musi wynosić 0!
Współrzędna $R (= X)$, zawsze dodatnia
Współrzędna $Z (= Y)$, zawsze dodatnia
- > 2 stopnie swobody dla każdego węzła, DoF R i $Z (= X$ i $Y)$.
- > Typ elementu to 15
- > 6 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA wynosi 0 lub dowolną wartość, bez wpływu

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 7 jest zazwyczaj dobre. Możliwe jest: 3 dla 3 punktów Gaussa, 7 dla 7 punktów Gaussa i 13 dla 13 punktów Gaussa. Aby ułatwić łączenie z elementami torusa nr 8, funkcja ISOD88 Z88 używa wewnętrznie następujących wartości:
stopień całkowania 1 lub 2: 3 punkty Gaussa
stopień całkowania 4: 7 punktów Gaussa

Przykład: Z88INT.TXT używa wpisu 2 dla INTORD: Zatem elementy torusa nr 8 używają $2 \times 2 = 4$ punkty Gaussa, a elementy torusa nr 15 używają 3 punktów Gaussa do całkowania.

> Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych

1,7,13 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia

> Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia krawędziowe są stosowane do elementu nr 15 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

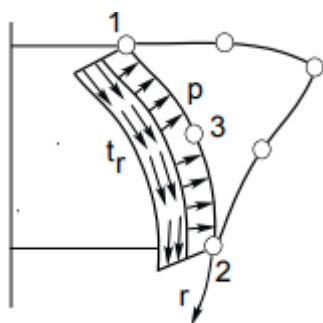
> Liczba elementów z obciążeniem powierzchniowym i ciśnieniowym

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi

> Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku r

> 2 węzły narożne i jeden węzeł środkowy obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry.

Lokalny kierunek r jest zdefiniowany przez węzły 1-2. Lokalne węzły 1, 2, 3 mogą różnić się od lokalnych węzłów 1, 2, 3 użytych do koïncydencji.



Wyniki:

Przemieszczenia w R i Z (= X i Y).

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Oto one: SIGRR = naprężenie w kierunku R = naprężenie promieniowe (= kierunek X), SIGZZ = naprężenie w kierunku Z (= kierunek Y), TAURZ = naprężenie ścinające w płaszczyźnie RZ (= płaszczyzna XY), SIGTE = naprężenie w kierunku obwodowym = naprężenie styczne. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w R (= X) i Z (= Y) dla każdego elementu i każdego węzła.

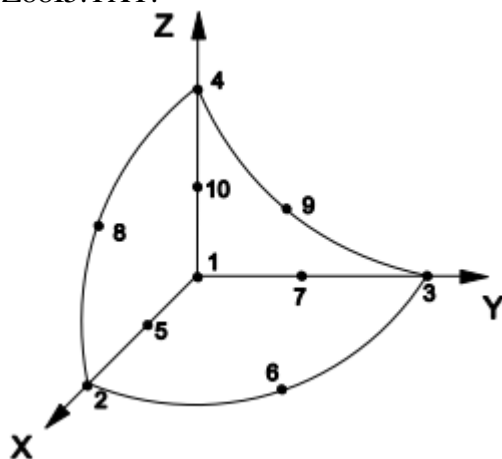
5.16 CZWOROŚCIAN NR 16 Z 10 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element objętości Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest przeprowadzane numerycznie zgodnie z Gauss-Legendre. W ten sposób można wybrać rząd całkowania w Z88INT.TXT. Rząd 4 jest dobry. Jakość obliczeń przemieszczenia i naprężenia jest znacznie lepsza niż wyniki elementu czworościanu nr 17, ale mniej precyzyjna niż sześcianu nr 10.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automeshery. Funkcjonalność konwertera w Z88Aurora oferuje możliwość importowania i przetwarzania plików z tym typem elementu. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale 4.1.8.

Tetrahedron nr 16 ma również zastosowanie do grubych elementów płytowych, jeśli grubość płyty nie jest zbyt mała w porównaniu do innych wymiarów. Zwróć uwagę na obciążenia ciśnieniowe podczas używania sił, por. rozdział 3.4. Łatwiej jest wprowadzać obciążenia ciśnieniowe za pomocą pliku obciążeń powierzchniowych i ciśnieniowych Z88I5.TXT.



Numeracja węzłów elementu nr 16 musi być wykonana ostrożnie i musi dokładnie odpowiadać poniższemu szkicowi. Zwróć uwagę na położenie układu osi! Możliwy komunikat o błędzie „*Jacobi determinant zero or negative (Wyznacznik Jacobiego zerowy lub ujemny)*” jest wskazówką dotyczącą nieprawidłowej numeracji węzłów.

Tetrahedron nr 16 nie może zostać wygenerowany przez generator mapowanej siatki Z88N. Uwaga: Automeshery systemów CAD bardzo często generują bardzo złą numerację węzłów, co skutkuje bezużyteczną dużą ilością pamięci potrzebną do rozwiązania Cholesky’ego Z88R. Dlatego możesz przenumerać szczególnie węzły lub użyć jednego z rozproszonych rozwiązań macierzy, tj. SICCG, SORCG, Pardiso.

Dane wejściowe:

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 16
- > 10 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju poprzecznego QPARA wynosi 0 lub inną wartość, nie ma wpływu

Z88INT.TXT

- > *Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 4 jest zazwyczaj dobre. Dozwolone są 1 dla 1 punktu Gaussa, 4 dla 4 punktów Gaussa i 5 dla 5 punktów Gaussa*
- > *Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:*
 - 0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
 - 1,4,5 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

- > *Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.*

Z88MAN.TXT

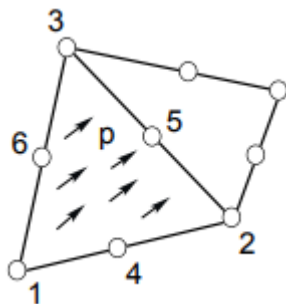
- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*
 - 0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
 - 1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
 - 2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
 - 3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia ciśnieniowe są stosowane na element nr 16 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

- > *Liczba elementów z obciążeniem ciśnieniowym*
- > *Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi*
- > *3 węzły narożne i 3 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie na widoku.*

Lokalne węzły od 1 do 6 mogą różnić się od lokalnych węzłów od 1 do 6 użytych do zbieżności.



Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.17 CZWOROŚCIAN NR 17 Z 4 WĘZŁAMI



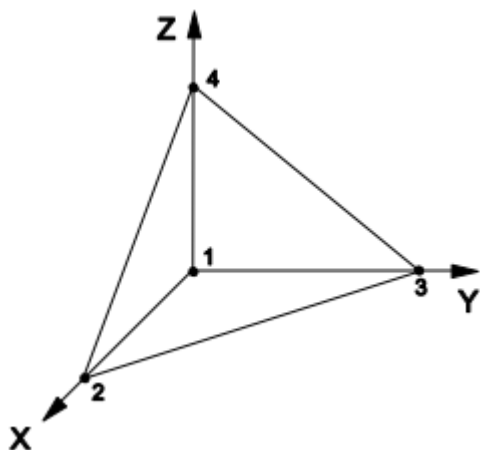
To jest element objętościowy z liniowymi funkcjami kształtu. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest przeprowadzane numerycznie zgodnie z Gauss-Legendre. Zatem rząd całkowania może być wybrany w Z88INT.TXT. Rząd 1 jest dobry.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automeshalami. Funkcjonalność konwertera w Z88Aurora oferuje możliwość importowania i przetwarzania plików z tym typem elementu. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale 4.1.8

Czworościan nr 17 można stosować także w przypadku grubych elementów płytowych, pod warunkiem, że grubość płyty nie jest zbyt mała w porównaniu do pozostałych wymiarów.

Zasadniczo ten element oblicza ugięcia i naprężenia bardzo źle, tzn. niedokładnie. Potrzeba bardzo drobnych siatek, aby uzyskać użyteczne wyniki. Jedynym powodem jest wymiana danych z systemami 3D CAD. Użyj tetraedrów nr 16, heksaedrów nr 1 i (najlepszy wybór) heksaedrów nr 10.

Czworościanu nr 17 nie można wygenerować za pomocą generatora siatki mapowanej Z88N.



Dane wejściowe:

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 17
- > 4 węzły na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA wynosi 0 lub inną wartość, nie ma wpływu

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczenia. 1 jest zwykle dobre. Dozwolone są 1 dla 1 punktu Gaussa, 4 dla 4 punktów Gaussa i 5 dla 5 punktów Gaussa
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
 - 0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
 - 1,4,5 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych *KDFLAG* nie ma znaczenia

> Flaga naprężeń zredukowanych *ISFLAG*:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia ciśnieniowe są stosowane na element nr 17 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

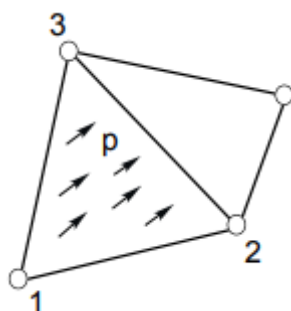
> Liczba elementów z obciążeniem ciśnieniowym

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi

> 3 węzły narożne obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie na widoku.

Lokalne węzły 1 do 3 mogą różnić się od lokalnych węzłów 1 do 3 użytych do koincydencji.

Wyniki:



Przemieszczenia w X, Y i Z

Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

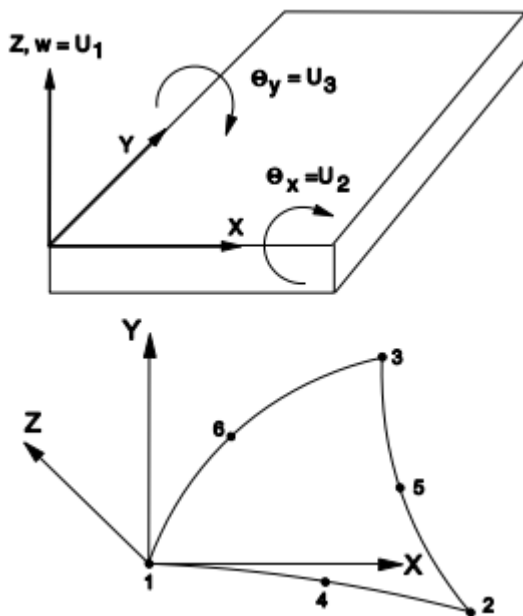
Siły węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.18 PŁYTA NR 18 Z 6 WĘZŁAMI



To krzywoliniowy element płytowy Serendipity Reissnera-Mindlina z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gauss-Legendre. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Rząd 3 (= 3 punkty) jest w większości wystarczający (zredukowane całkowanie). Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia całkiem dobrze. Kolejność całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). W przypadku tego elementu należy ustawić flagę płyty IPFLAG na 1. Uwaga: Wbrew zwykłym zasadom mechaniki klasycznej Z88 definiuje θ_x obrót wokół osi X i θ_y obrót wokół osi Y.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automesharami. W związku z tym generowanie siatki z Z88N nie jest możliwe, ponieważ nie ma to sensu. Użyj płyt nr 20 dla mapowanego meshera Z88N. Ponieważ płyty nr 20 obliczają zarówno ugięcia, jak i naprężenia dokładniej niż płyty trójkątne krzywoliniowe nr 18, powinieneś zawsze preferować płyty nr 20.



Wejście:

CAD: 1-4-2-5-3-6-1, patrz rozdz. 2.7.2

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > ustaw flagę płyty IPFLAG na 1 (lub 2, jeśli chcesz zmniejszyć wpływ ścinania)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła (w , θ_x , θ_y)
- > Typ elementu to 18
- > 6 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA to grubość elementu.

Z88INT.TXT

> *Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 3 jest zazwyczaj dobre. Możliwe jest: 3 dla 3 punktów Gaussa, 7 dla 7 punktów Gaussa i 13 dla 13 punktów Gaussa. Aby ułatwić łączenie z elementami płytowymi nr 20, funkcja SPLA88 funkcji Z88 używa wewnętrznie następujących wartości:*

stopień całkowania 1 lub 2: 3 punkty Gaussa

stopień całkowania 4: 7 punktów Gaussa

Przykład: Z88INT.TXT używa wpisu 2 dla INTORD: Zatem element płytowy nr 20 używa $2 \times 2 = 4$ punktów Gaussa, a element płytowy nr 18 używa 3 punktów Gaussa do całkowania.

> *Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:*

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych

1,7,13 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> *Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.*

Z88MAN.TXT

> *ustaw flagę płyty IPFLAG na 1*

> *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*

> *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia ciśnieniowe są stosowane na element nr 18 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

> *Numer elementu z obciążeniem ciśnieniowym*

> *Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę powierzchni*

Wyniki:

Przemieszczenia w osi Z (tj. w) i obroty θ_x wokół osi X i θ_y wokół osi Y.

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Zostaną przedstawione następujące wyniki:

- momenty zginające płyty M_{xx} i M_{yy} (jednostka: siła \times długość / długość)
- momenty skręcające płyty $M_{xy} = M_{yx}$ (jednostka: siła \times długość / długość)
- siły ścinające Q_{yz} i Q_{zx} (jednostka: siła / długość)
- rzeczywiste naprężenia wynikające z momentów zginających płyty i momentów skręcających płyty

Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Siły węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

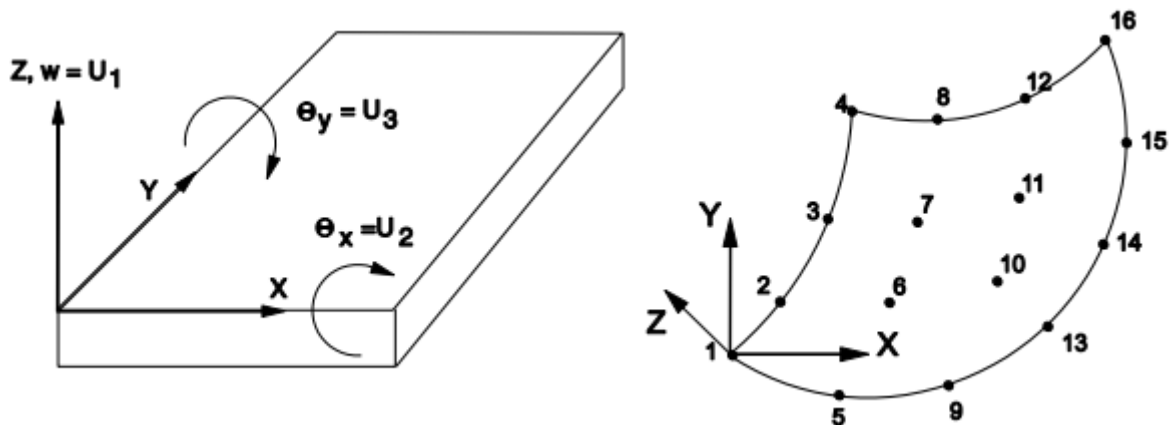
5.19 PŁYTA NR 19 Z 16 WĘZŁAMI

Jest to krzywoliniowy element płytowy Lagrange'a-Reissnera-Mindlina z funkcjami kształtu sześciennego. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest przeprowadzane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gaussem-Legendre'em. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Porządek 4 (= 4×4 punkty) jest bardzo dobry. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo precyzyjnie. Wartość wejściowa jest duża; należy użyć meshera Z88N.

Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). Dla tego elementu należy ustawić flagę płyty IPFLAG na 1. Uwaga: Wbrew zwykłym zasadom mechaniki klasycznej Z88 definiuje θ_x obrót wokół osi X i θ_y obrót wokół osi Y.

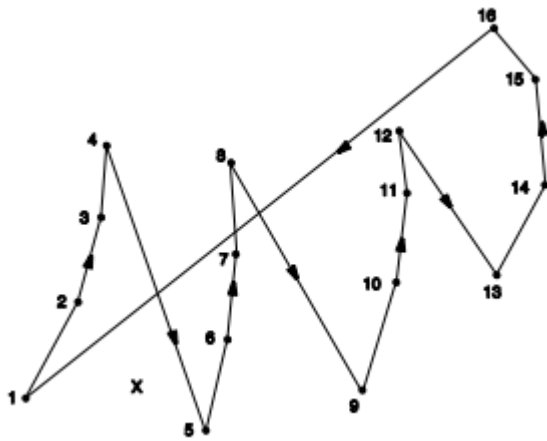
Generowanie siatki za pomocą Z88N: Użyj płyt nr 20 dla superelementów, co spowoduje powstanie elementów skończonych typu 19 (płyty nr 20 mogą być generowane przez AutoCAD lub Pro/ENGINEER, patrz rozdziały Z88X i Z88G). Trochę trudne, ale działa całkiem dobrze. Na przykład kilka wierszy z pliku wejściowego generatora siatki Z88NI.TXT:

```
.....
5 20          superelement 5 typu 20
20 25 27 22 24 26 28 21
.....
5 19          generuj z superelementu 5 (który jest typu 20, patrz wyżej) skończone elementy typu 19
3 E 3 E      i podziel je trzy razy równoodległe w kierunku X i trzy razy równoodległe w kierunku Y
```



Dane wejściowe:

CAD: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-1, patrz rozdz. 2.7.2. Zazwyczaj nie będziesz pracować w ten sposób. Znacznie łatwiej jest zbudować w programie CAD siatkę superelementów z 8-węzłowymi płytami nr 20. Wyeksportuj tę siatkę jako plik DXF i użyj Z88X, aby wygenerować plik wejściowy generatora siatki Z88NI.TXT. Uruchom mapowany generator siatki Z88N i wygeneruj siatkę elementów skończonych z płytami nr 19. Następnie możesz podać warunki brzegowe.



Z88I1.TXT

- > *KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)*
- > *ustaw flagę płyty IPFLAG na 1 (lub 2, jeśli chcesz zmniejszyć wpływ ścinania)*
- > *3 stopnie swobody dla każdego węzła (w, θ_x , θ_y)*
- > *Typ elementu to 19*
- > *16 węzłów na element*

Z88ELP.TXT

- > *Parametr przekroju QPARA to grubość elementu*

Z88INT.TXT

- > *Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 4 jest zazwyczaj dobre.*
 - > *Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:*
- 0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
 1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

- > *Zdefiniuj materiały, patrz rozdział. 3.1.4 i 3.1.5.*

Z88MAN.TXT

- > *ustaw flagę płyty IPFLAG na 1*
 - > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
 - > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*
- 0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych
 1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
 2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)
 3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia ciśnieniowe są stosowane na element nr 19 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

- > *Numer elementu z obciążeniem ciśnieniowym*
- > *Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi*

Wyniki:

Przemieszczenia w Z (tj. w) i obroty θ_x wokół osi X i θ_y wokół osi Y.

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Zostaną przedstawione następujące wyniki:

- momenty zginające płyty M_{xx} i M_{yy} (jednostka: siła \times długość / długość)
- momenty skręcające płyty $M_{xy} = M_{yx}$ (jednostka: siła \times długość / długość)
- siły ścinające Q_{yz} i Q_{zx} (jednostka: siła / długość)
- rzeczywiste naprężenia wynikające z momentów zginających płyty i momentów skręcających płyty

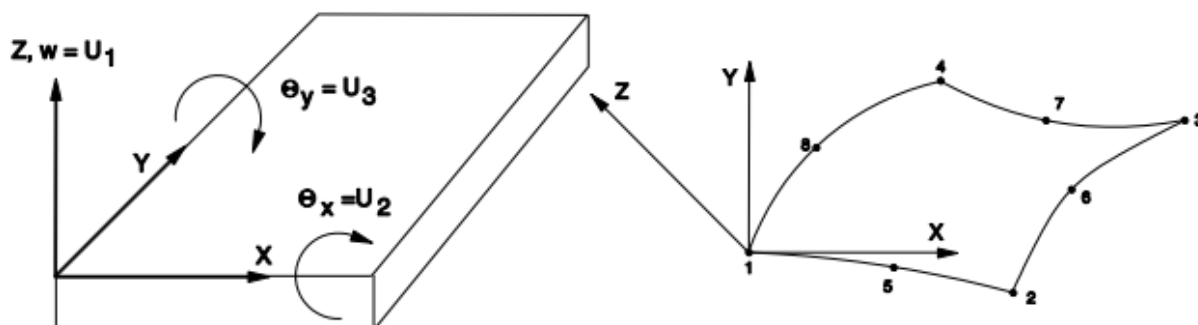
Opcjonalne naprężenia *von Misesa* lub główne lub Treski.

Siły węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.20 PŁYTA NR 20 Z 8 WĘZŁAMI

To krzywoliniowy element płytowy Serendipity *Reissnera-Mindlina* z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie w obu osiach zgodnie z Gaussem-Legendre'em. W związku z tym kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Rząd 2 (= 2×2 punkty) jest w większości wystarczający (zredukowane całkowanie). Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia całkiem dobrze. Kolejność całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). W przypadku tego elementu należy ustawić flagę płyty IPFLAG na 1. Uwaga: Wbrew zwykłym zasadom mechaniki klasycznej Z88 definiuje θ_x obrót wokół osi X i θ_y obrót wokół osi Y.

Ten typ elementu jest implementowany do użytku z automeshami. Ponadto możliwe jest generowanie siatki przy pomocy Z88N. Superelementy typu 20 mogą generować elementy skończone typu 20, a także płyty typu 19 z 16 węzłami.



Dane wejściowe:

CAD: 1-5-2-6-3-7-4-8-1, patrz rozdz. 2.7.2

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > ustaw flagę płyty IPFLAG na 1 (lub 2, jeśli chcesz zmniejszyć wpływ ścinania)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła (w , θ_x , θ_y)
- > Typ elementu to 20
- > 8 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA to grubość elementu

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 2 jest zwykle dobre.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

- > Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

- > *ustaw flagę płyty IPFLAG na 1*
- > *Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma znaczenia*
- > *Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:*
- 0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych*
- 1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)*
- 2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)*
- 3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)*

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia ciśnieniowe są stosowane na element nr 19 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

- > *Numer elementu z obciążeniem ciśnieniowym*
- > *Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę krawędzi*

Wyniki:

Przemieszczenia w Z (tj. w) i obroty θ_x wokół osi X i θ_y wokół osi Y.

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Zostaną przedstawione następujące wyniki:

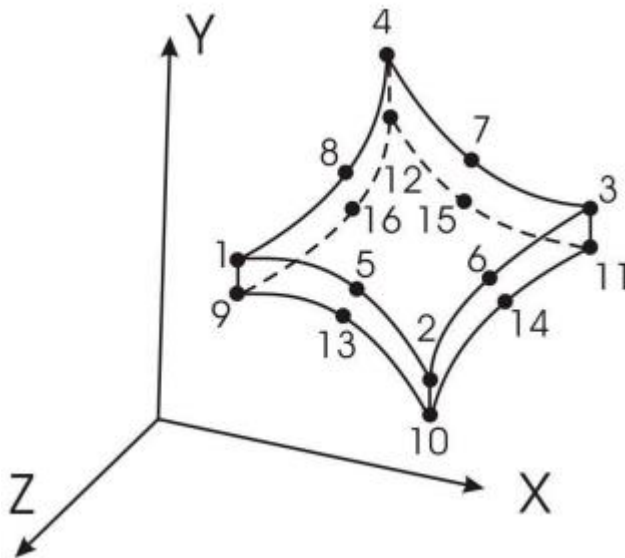
- momenty zginające płyty M_{xx} i M_{yy} (jednostka: siła \times długość / długość)
- momenty skręcające płyty $M_{xy} = M_{yx}$ (jednostka: siła \times długość / długość)
- siły ścinające Q_{yz} i Q_{zx} (jednostka: siła / długość)
- rzeczywiste naprężenia wynikające z momentów zginających płyty i momentów skręcających płyty

Opcjonalne naprężenia *von Misesa* lub główne lub Treski.

Siły węzłowe w X i Y dla każdego elementu i każdego węzła.

5.21 POWŁOKA NR 21 Z 16 WĘZŁAMI

To jest krzywoliniowy element powłoki objętościowej Serendipity. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich osiach zgodnie z Gauss-Legendre. Element może być dowolnie zakrzywiony; w rzeczywistości jest to sześciąt z kwadratowymi funkcjami kształtu na powierzchni i liniowymi funkcjami kształtu w kierunku grubości. Porządek całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Porządek 3 (tj. 3×3 punkty Gaussa) jest w większości wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Porządek całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej).



Trzy stopnie swobody to globalne przemieszczenia w X, Y i Z. Jednak nie ma obrotowych stopni swobody, ponieważ typ 21 jest w rzeczywistości elementem objętości. Element może zostać wygenerowany przez mapowany mesher Z88N: typ 21 -> typ 21.

Dane wejściowe:

CAD: górna płaszczyzna: 1-5-2-6-3-7-4-8-1; dolna płaszczyzna: 9-13-10-14-11-15-12-16-9;
Linie: 1-9; 2-10; 3-11; 4-12, patrz rozdział 4.1.7

Z88I1.TXT

- > *KFLAG* dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 21
- > 16 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju *QPARA* jest nieistotny

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania *INTORD* do obliczania przemieszczeń: 3 jest zazwyczaj dobry.
- > Stopień całkowania *INTOS* do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5

Z88MAN.TXT

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych *KDFLAG* nie ma wpływu

> Flaga naprężeń zredukowanych *ISFLAG*:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia powierzchniowe i ciśnieniowe są

przyłożone do elementu nr 21 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

> Numer elementu

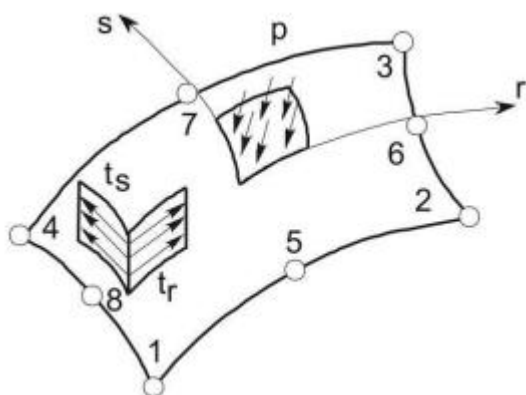
> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę powierzchni

> Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku *r*

> Ścinanie styczne, dodatnie w lokalnym kierunku *s*

> 4 węzły narożne i 4 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry.

Lokalny kierunek *r* jest zdefiniowany przez węzły 1-2, lokalny kierunek *s* jest zdefiniowany przez węzły 1-4. Lokalne węzły 1 do 8 dla obciążenia powierzchniowego mogą różnić się od lokalnych węzłów 1 do 8 używanych dla koincydencji.



Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

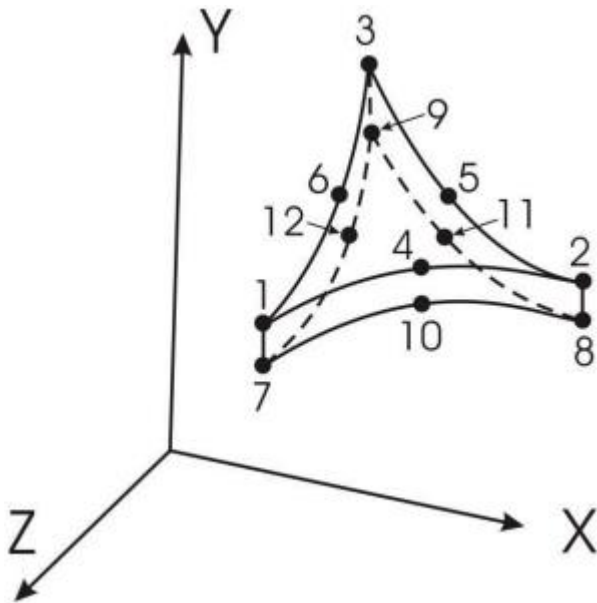
Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia *von Misesa* lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła

5.22 POWŁOKA NR 22 Z 12 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element powłoki objętościowej Serendipity. Transformacja jest izoparametryczna. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich osiach zgodnie z Gauss-Legendre. Element może być dowolnie zakrzywiony; jest to w rzeczywistości rodzaj segmentu kołowego z kwadratowymi funkcjami kształtu na powierzchni i liniowymi funkcjami kształtu w kierunku grubości. Kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Rząd 3 (tj. 3×3 punkty Gaussa) jest w większości wystarczający. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia bardzo dokładnie. Kolejność całkowania można wybrać ponownie w celu obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej).



Trzy stopnie swobody to globalne przemieszczenia w X, Y i Z. Nie ma jednak stopni swobody obrotowej, ponieważ typ 22 jest w rzeczywistości elementem objętości.

Dane wejściowe:

CAD: górna płaszczyzna: 1-4-2-5-3-6-1; dolna płaszczyzna: 7-10-8-11-9-12-7;
Linie: 1-7; 2-8; 3-9; patrz rozdział 4.1.7

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 3 stopnie swobody dla każdego węzła
- > Typ elementu to 22
- > 12 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA jest nieistotny

Z88INT.TXT

- > Rząd całkowania INTORD dla obliczenia przemieszczenia: 3, 7 i 13 są możliwe. 7 jest zazwyczaj dobre.
- > Stopień integracji INTOS do obliczania naprężeń:

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
3,7,13 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych *KDFLAG* nie ma wpływu

> Flaga naprężeń zredukowanych *ISFLAG*:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

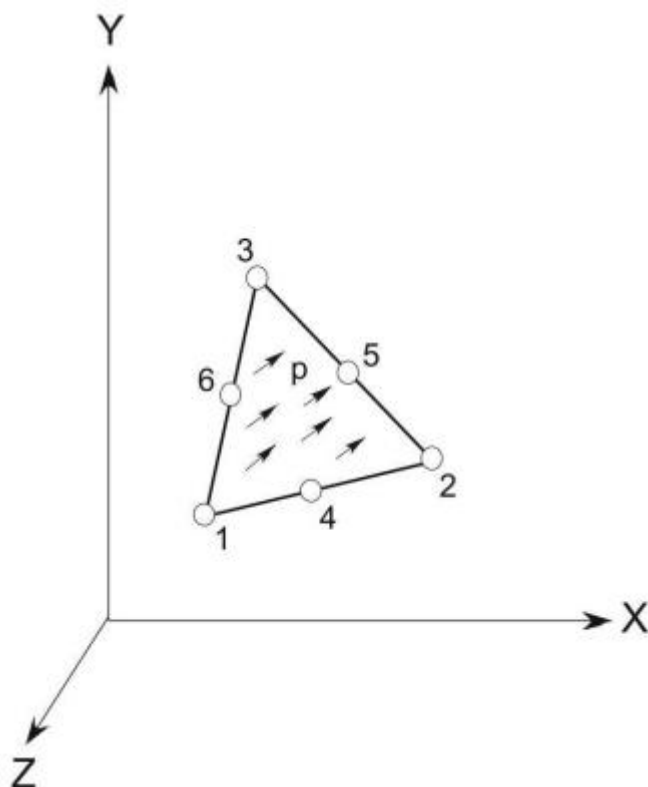
Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia powierzchniowe i ciśnieniowe są przyłożone do elementu nr 22 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

> Numer elementu

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę powierzchni

> 3 węzły narożne i 3 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry



Wyniki:

Przemieszczenia w X, Y i Z

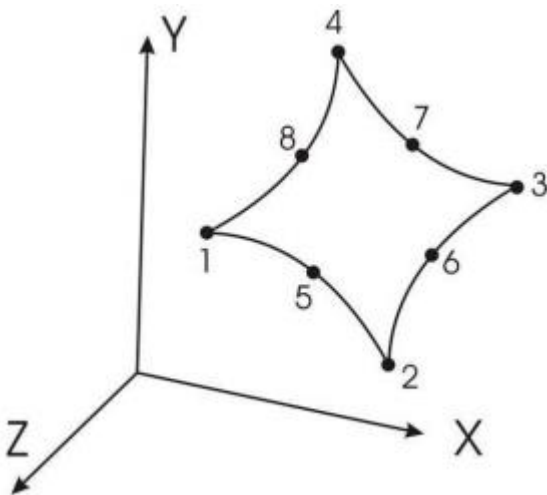
Naprężenia: SIGXX, SIGYY, SIGZZ, TAUXY, TAUYZ, TAUZX, odpowiednio dla węzłów narożnych lub punktów Gaussa. Opcjonalne naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Sily węzłowe w X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła.

5.23 POWŁOKA NR 23 Z 8 WĘZŁAMI



To jest krzywoliniowy element powłoki Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich osiach zgodnie z Gauss-Legendre. Wszystkie węzły muszą znajdować się na wspólnej powierzchni, która może być dowolnie umieszczona w przestrzeni – co jest bardzo przydatne do wymiany danych z systemami 3D CAD. Kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Kolejność 3 (tj. 3×3 punkty Gaussa) jest w większości wystarczająca. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia całkiem dobrze. Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). W przypadku tego elementu flaga powłoki IHFLAG powinna być ustawiona na 1 w Z88MAN.TXT. W przypadku cienkich powłok ustaw IHFLAG na 2 lub 3. W przypadku bardzo cienkich powłok ustaw ją na 4.



Pierwsze trzy stopnie swobody to globalne przemieszczenia w X, Y i Z. Stopnie swobody 4 i 5 to *globalne* skręcenia na odpowiednim węźle (a zatem zupełnie bezużyteczne); stopień swobody 6 to pseudo-DoF bez praktycznego znaczenia. Tylko globalne przemieszczenia w X, Y i Z są praktycznie użyteczne i interesujące dla inżynierów mechaników.

Dane wejściowe:

CAD: 1-5-2-6-3-7-4-8-1, patrz rozdział 4.1.7

Z88I1.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 6 stopni swobody dla każdego węzła – ale interesują nas tylko DoF 1~3
- > Typ elementu to 23
- > 8 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA to grubość elementu

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczeń. 3 jest zazwyczaj dobre.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:
0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych

1,2,3,4 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Ustaw flagę powłoki IHFLAG na 1 lub na 2 lub 3 w przypadku cienkich powłok i na 4 w przypadku bardzo cienkich powłok

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma wpływu

> Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia powierzchniowe i ciśnieniowe są

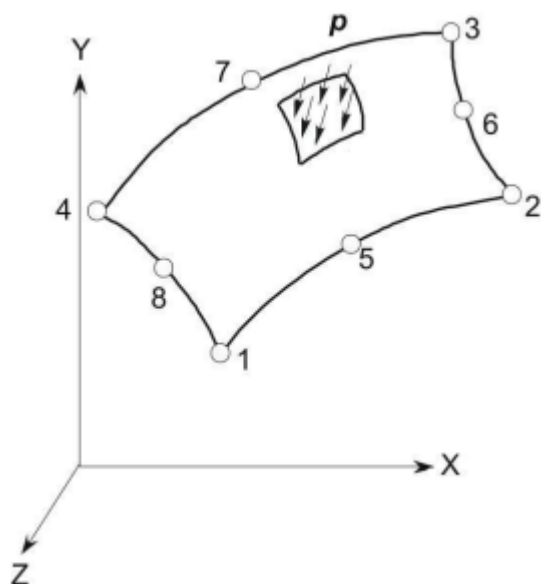
przyłożone do elementu nr 23 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

> Numer elementu

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę powierzchni

> 4 węzły narożne i 4 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry.

Lokalny kierunek r jest zdefiniowany przez węzły 1-2, lokalny kierunek s jest zdefiniowany przez węzły 1-4. Lokalne węzły 1 do 8 dla obciążenia powierzchniowego mogą różnić się od lokalnych węzłów 1 do 8 używanych dla koincydencji.



Wyniki:

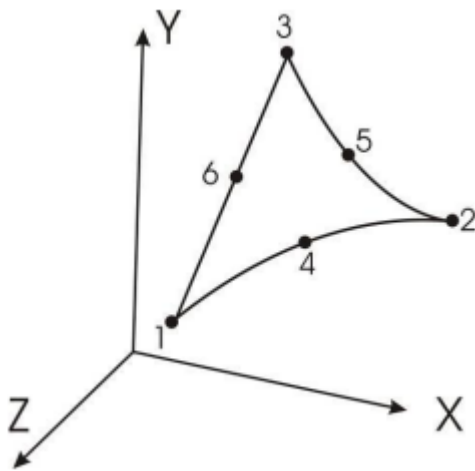
Przemieszczenia w osiach X, Y i Z oraz globalne **obroty** wokół osi X i Y (θ_x u. θ_y)

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Wyprowadzane są naprężenia SIGXX, SIGYY i TAUXY, a także opcjonalnie naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Najpierw **siły węzłowe** dla każdego elementu, a następnie dla każdego węzła.

5.24 POWŁOKA NR 24 Z 6 WĘZŁAMI

To jest krzywoliniowy element powłoki Serendipity z kwadratowymi funkcjami kształtu. Przekształcenie jest izoparametryczne. Całkowanie jest wykonywane numerycznie we wszystkich osiach zgodnie z Gauss-Legendre. Wszystkie węzły muszą znajdować się na wspólnej powierzchni, która może być dowolnie umieszczona w przestrzeni – co jest bardzo przydatne do wymiany danych z systemami 3D CAD. Kolejność całkowania można wybrać w Z88INT.TXT. Kolejność 7 (tj. 7 punktów Gaussa) jest w większości wystarczająca. Ten element oblicza zarówno przemieszczenia, jak i naprężenia całkiem dobrze. Kolejność całkowania można wybrać ponownie do obliczenia naprężeń. Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych (dobre dla przeglądu) lub obliczane w punktach Gaussa (znacznie dokładniej). W przypadku tego elementu flaga powłoki IHFLAG powinna być ustawiona na 1 w Z88MAN.TXT. W przypadku cienkich powłok ustaw IHFLAG na 2 lub 3. W przypadku bardzo *cienkich* powłok ustaw ją na 4.



Pierwsze 3 stopnie swobody to globalne przemieszczenia w X, Y i Z. Stopnie swobody 4 i 5 to globalne skręcenia na odpowiednim węźle (a zatem zupełnie bezużyteczne); stopień swobody 6 to pseudo-DoF bez praktycznego znaczenia. Tylko *globalne* przemieszczenia w X, Y i Z są praktycznie użyteczne i interesujące dla inżynierów mechaników.

Dane wejściowe:

CAD: 1-4-2-5-3-6-1, patrz rozdział 4.1.7

Z88II.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 6 stopni swobody dla każdego węzła – ale interesują nas tylko DoF 1~3
- > Typ elementu to 24
- > 6 węzłów na element

Z88ELP.TXT

- > Parametr przekroju QPARA to grubość elementu

Z88INT.TXT

- > Stopień całkowania INTORD do obliczania przemieszczenia. Możliwe są wartości 3, 7 i 13. 7 jest zwykle dobre.
- > Stopień całkowania INTOS do obliczania naprężeń:

0 = Obliczanie naprężeń w węzłach narożnych
3,7,13 = Obliczanie naprężeń w punktach Gaussa

Z88MAT.TXT

> Zdefiniuj materiały, patrz rozdział 3.1.4 i 3.1.5.

Z88MAN.TXT

> Ustaw flagę powłoki IHFLAG na 1 lub na 2 lub 3 w przypadku cienkich powłok i na 4 w przypadku bardzo cienkich powłok

> Flaga naprężeń promieniowych/stycznych KDFLAG nie ma wpływu

> Flaga naprężeń zredukowanych ISFLAG:

0 = brak obliczeń naprężeń zredukowanych

1 = naprężenia von Misesa w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

2 = naprężenia główne lub Rankine'a w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

3 = naprężenia Treski w punktach Gaussa (INTOS nie 0!)

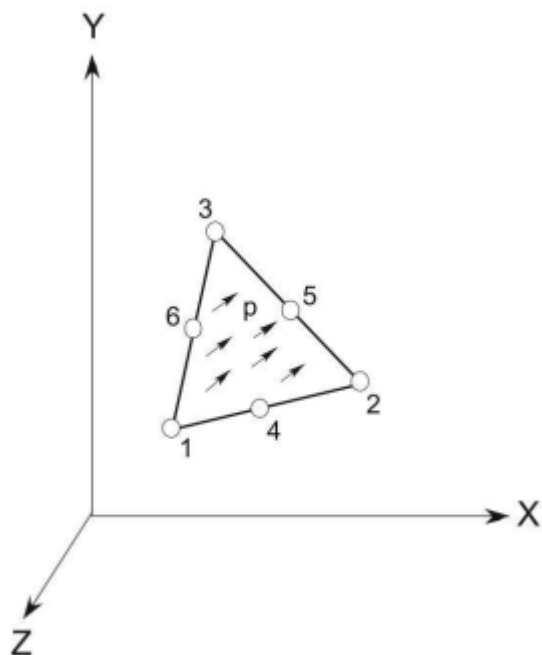
Z88I5.TXT

Ten plik jest używany tylko (patrz 3.1.3), jeśli oprócz sił węzłowych obciążenia powierzchniowe i ciśnieniowe są stosowane na element nr 24 – w przeciwnym razie wpisz 0 w pierwszym wierszu:

> Numer elementu

> Ciśnienie, dodatnie, jeśli skierowane w stronę powierzchni

> 3 węzły narożne i 3 węzły środkowe obciążonej powierzchni. Matematycznie dodatnie w widoku z góry.



Wyniki:

Przemieszczenia w osiach X, Y i Z oraz globalne **obroty** wokół osi X i Y (θ_x i θ_y)

Naprężenia: Naprężenia są obliczane w węzłach narożnych lub punktach Gaussa i drukowane wraz z ich lokalizacjami. Wyprowadzane są naprężenia SIGXX, SIGYY i TAUXY, a także opcjonalnie naprężenia von Misesa lub główne lub Treski.

Najpierw **siły węzłowe** dla każdego elementu, a następnie dla każdego węzła.

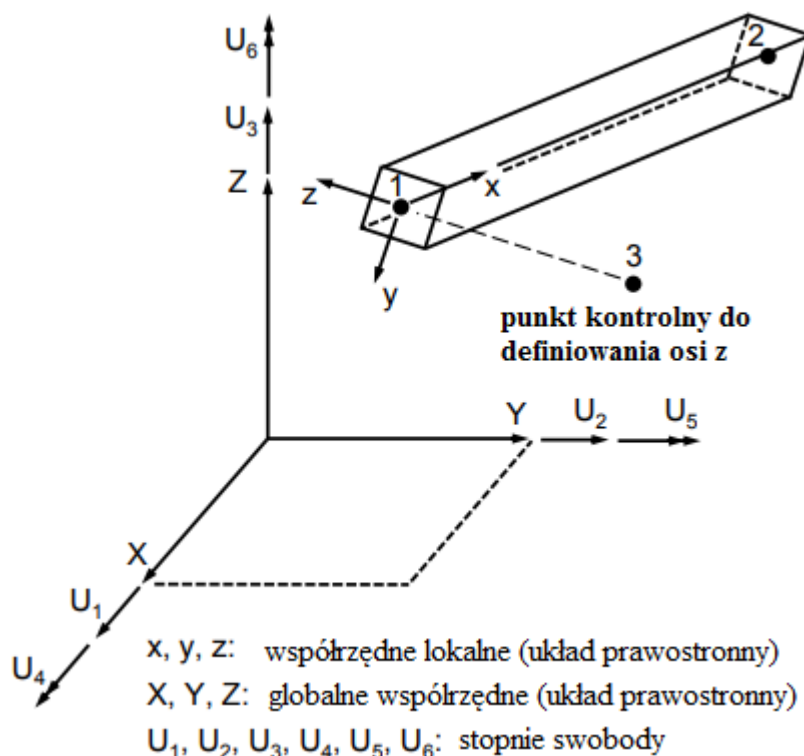
5.25 BELKA NR 25 Z 2 WĘZŁAMI W PRZESTRZENI



Element belki o dowolnym profilu symetrycznym (bez skośnego zagięcia). Przekrój poprzeczny tego elementu jest przeciwny do elementu nr 2, który może przyjmować dowolne orientacje. Orientacja jest definiowana przez dodatkowy punkt kontrolny / węzeł kontrolny (oznaczony jako „3” na poniższym rysunku). Punkt kontrolny nie musi być prostopadły do osi 1-2 na rysunku. Nie jest jednak dozwolone, aby punkt kontrolny leżał na osi 1-2. Oś, która leży w płaszczyźnie 1-2-3 i jest prostopadła do 1-2, staje się lokalną osią z. Lokalna oś x kieruje się od 1 do 2, a lokalna oś y jest obliczana przez iloczyn wektorowy.

Wartości profilu są podane w GUI. Są one powiązane z lokalnym układem współrzędnych. Element belki nr 25 można obliczyć na podstawie teorii Bernoulliego lub teorii Timoshenki. Jeśli wybrano teorię Timoshenki, współczynnik ścinania (współczynnik korekcji ścinania) musi zostać zdefiniowany przez użytkownika.

Element dokładnie pasuje do teorii zgięcia Bernoulliego/Timoshenki i prawa Hooke’a. Nie używa żadnego przybliżonego rozwiązania dla elementów kontinuum.



Dane wejściowe:

CAD (patrz rozdział 4.1.4):

Linia od węzła 1 do węzła 2

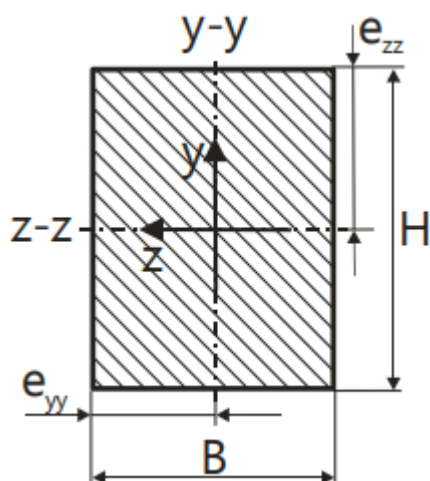
Z88STRUCTURE.TXT

- > KFLAG dla współrzędnych kartezjańskich (0) lub cylindrycznych (1)
- > 6 stopni swobody w węźle (Uwaga: DoF5 (nie reguła prawej dłoni), patrz poniżej)
- > Typ elementu to 25
- > 2 węzły na element

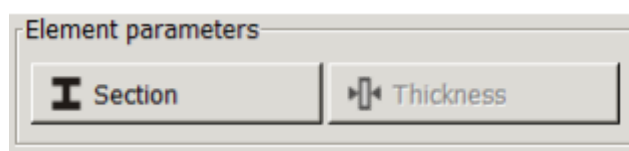
Z88ELP.TXT

- > Pole przekroju poprzecznego QPARA
- > Drugi moment bezwładności I_{yy} (zginanie wokół osi $y-y$)
- > Maksymalna odległość e_{yy} od osi obojętnej $y-y$
- > Drugi moment bezwładności I_{zz} (zginanie wokół osi $z-z$)
- > Maksymalna odległość e_{zz} od osi obojętnej $z-z$
- > Drugi moment powierzchni (skręcanie) IT
- > Drugi moduł (skręcanie) WT
- > Flaga wyboru teorii zginania: Bernoulli (0) lub Timoshenko (1)
- > Współrzędna X punktu kontrolnego
- > Współrzędna Y punktu kontrolnego
- > Współrzędna Z punktu kontrolnego
- > współczynnik ścinania (współczynnik korekcji ścinania), na przykład w przypadku przekroju prostokątnego $5/6 \approx 0,8333$

Poniższy rysunek znajduje się w Z88Aurora na karcie rejestru „geometria elementów”. Opisuje on definicję maksymalnych odległości od osi neutralnych i definicję osi wymaganych dla drugiego momentu bezwładności. Tutaj, oprócz oryginalnego rysunku, wstawiono osie lokalne. Drugi moment bezwładności I_{yy} na przykład należy do przypadku, w którym rozważany jest obrót wokół osi y .



Okno dialogowe umożliwiające wprowadzenie powyższych parametrów elementu jest dostępne po kliknięciu przycisku „Section (Sekcja)”, jak pokazano poniżej.



Z88ENVIRO.DYN

- > Porządek całkowania INTORD dla obliczeń przemieszczeń: dowolny rząd, nie ma wpływu
- > Porządek całkowania INTOS dla obliczeń naprężeń: dowolny rząd, nie ma wpływu

Z88CONTROL.TXT

- > Flaga naprężeń promieniowych/stycznych $KDFLAG$ nie ma znaczenia
- > Flaga naprężeń zredukowanych $ISFLAG$ nie ma znaczenia

Wyniki:

Przemieszczenia w osiach X, Y i Z oraz obroty wokół osi X, Y i Z.

Naprężenia: SIGXX, TAUXX: Naprężenie bezpośrednie, naprężenie ścinające, SIGZZ1, SIGZZ2: Naprężenie zginające wokół osi z-z dla węzła 1 i węzła 2, SIGYY1 SIGYY2: Naprężenie zginające wokół osi y-y dla węzła 1 i węzła 2

Sily węzłowe w osiach X, Y i Z oraz momenty węzłowe wokół osi X, Y i Z dla każdego elementu i każdego węzła