

**WIRTOTECHNOLOGIA 2009**

**DEPARTMENT OF MECHANICS  
& APPLIED COMPUTER SCIENCE**

[kmiis.wme.wat.edu.pl](http://kmiis.wme.wat.edu.pl)



**KATEDRA MECHANIKI I INFORMATYKI STOSOWANEJ**

# **WYBRANE ANALIZY ZŁOŻONYCH UKŁADÓW MECHANICZNYCH W UJĘCIU NUMERYCZNYM**

***Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej***

***Wydział Mechaniczny***

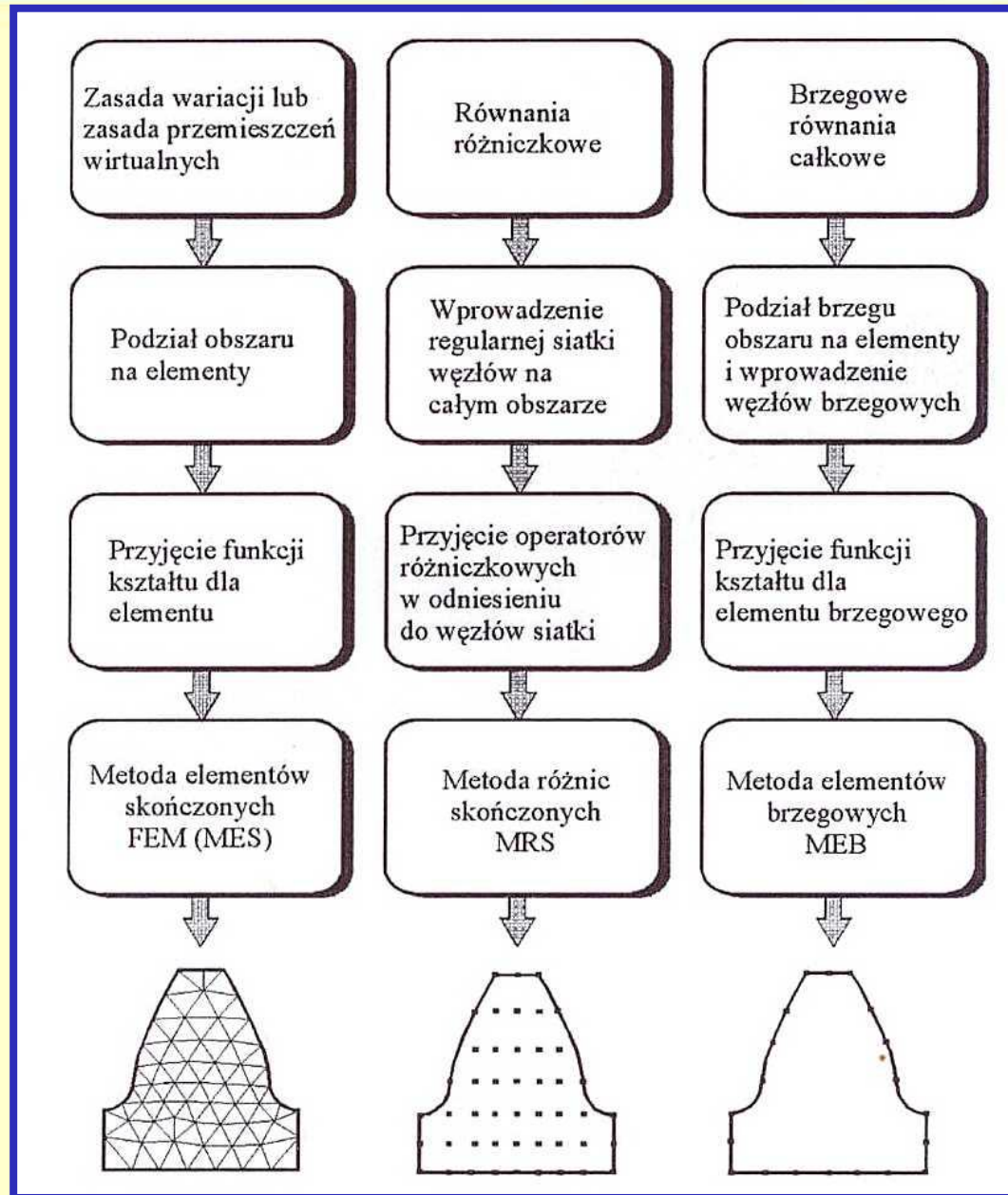
***Wojskowa Akademia Techniczna***

***Ul. Gen. S. Kaliskiego 2***

***00-908 Warszawa***



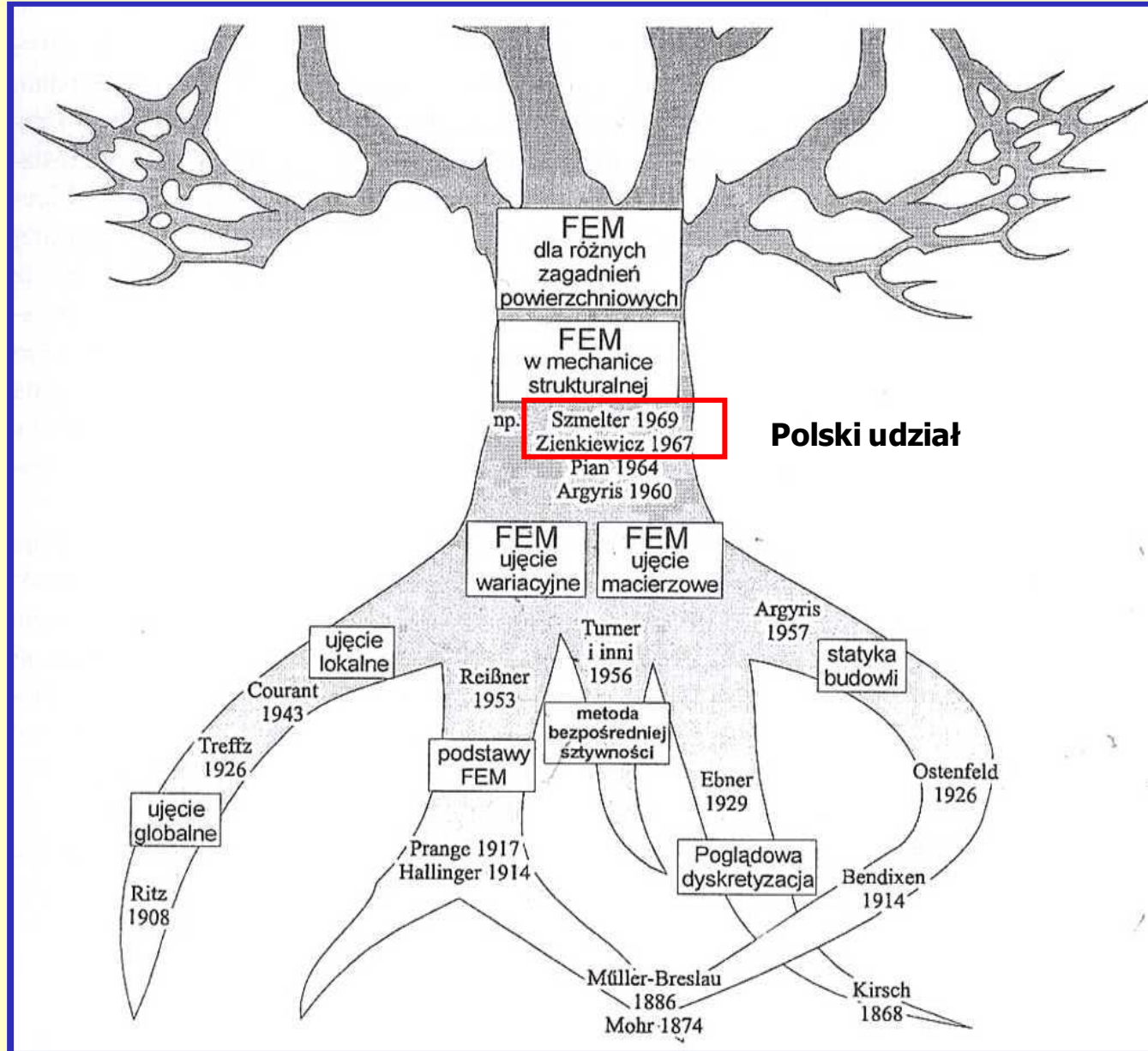
# WPROWADZENIE – Podstawowe metody numeryczne



Rusiński E. i inni.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych. *Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej*, 2000.



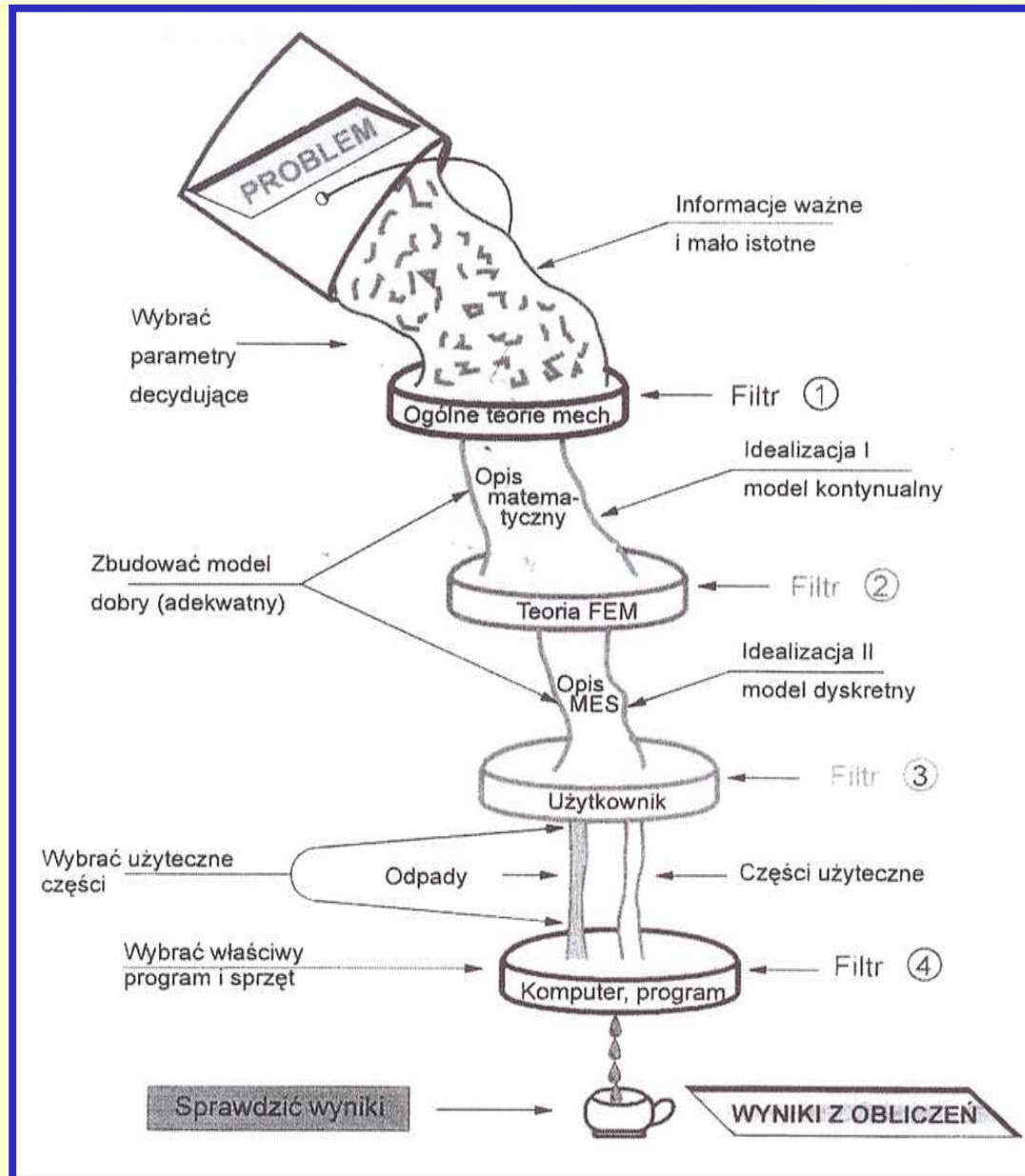
# WPROWADZENIE – Krótka historia MES



Rusiński E. i inni.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych. *Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej*, 2000.



# WPROWADZENIE – Istota symulacji numerycznych



Rusiński E. i inni.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych. *Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej*, 2000.

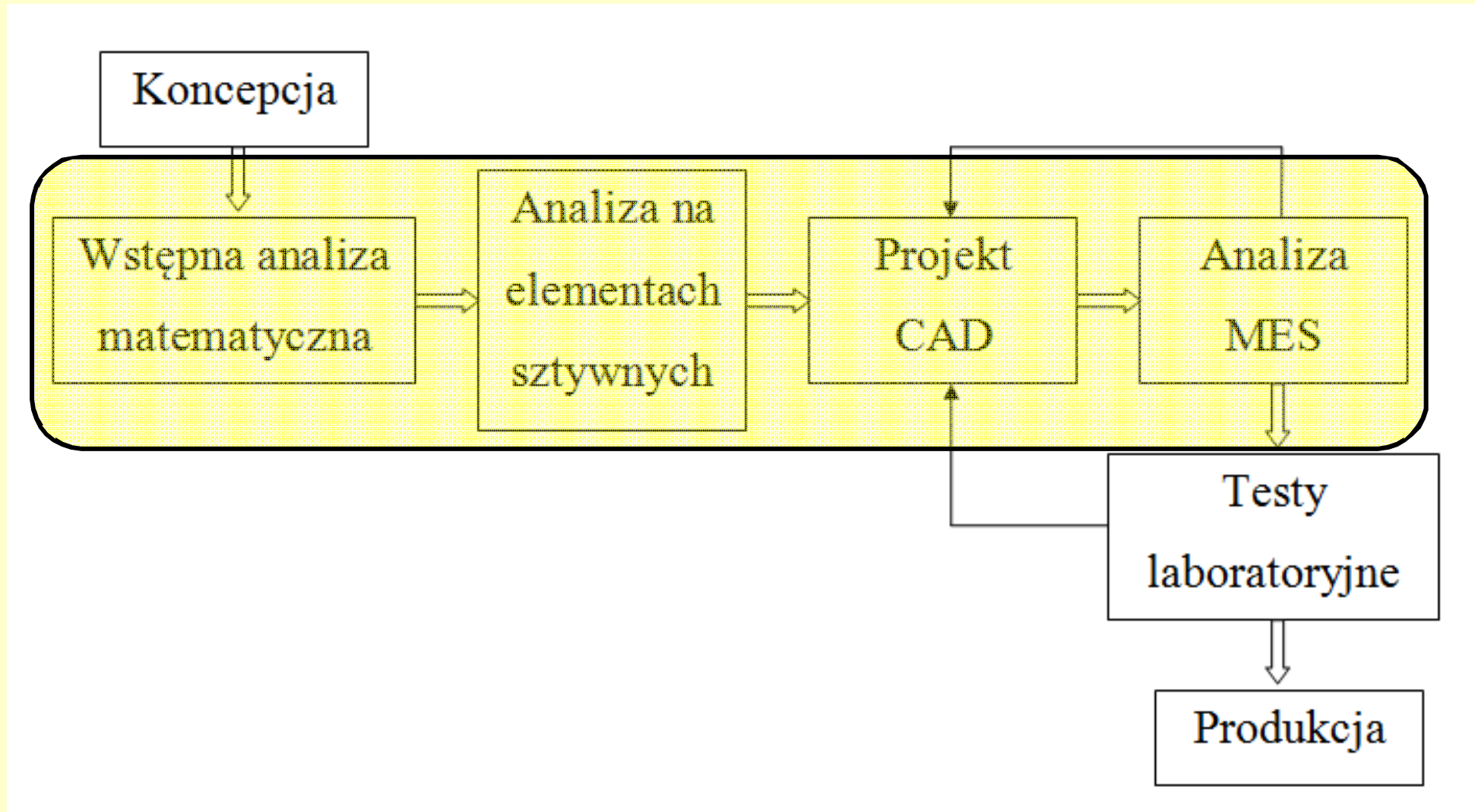


# **Analiza projektowanej konstrukcji z wykorzystaniem metod numerycznych**

**Wiesław Krasoń, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski,**



## Schemat powstawania produktu



## Badania na modelu analitycznym

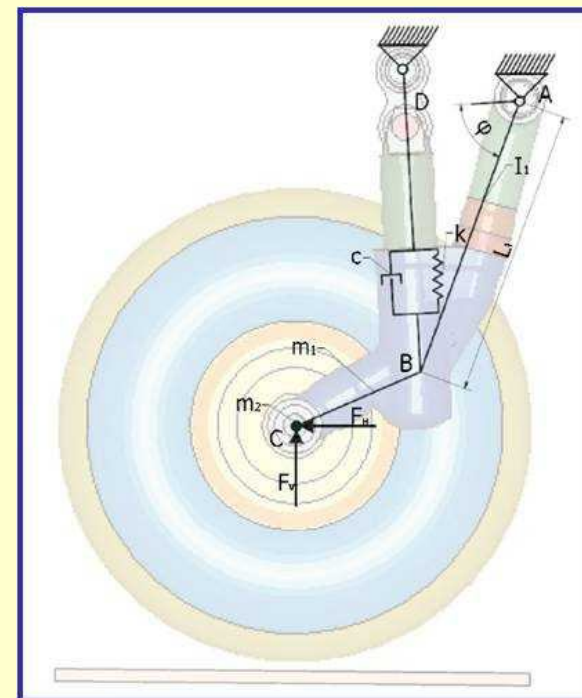
- goleń reprezentuje nieodkształcalny element prętowy o momencie bezwładności  $I_1$  oraz masie  $m_1$ ,
- koło, oś koła, piasta oraz hamulec ze statorem są zastępowane pojedynczą masą skupioną  $m_2$ ,
- amortyzator cieczerw-gazowy upraszcza się do elementu sprężysto-tłumiącego
- cała energia wynikająca z pionowego spadku podwozia jest absorbowana przez element sprężysto-tłumiący,
- obciążenie jest realizowane poprzez dwie siły (pionową i poziomą) opisane funkcją wielomianową przyłożone w osi koła.

Ostateczne równanie Lagrange`a II rodzaju:

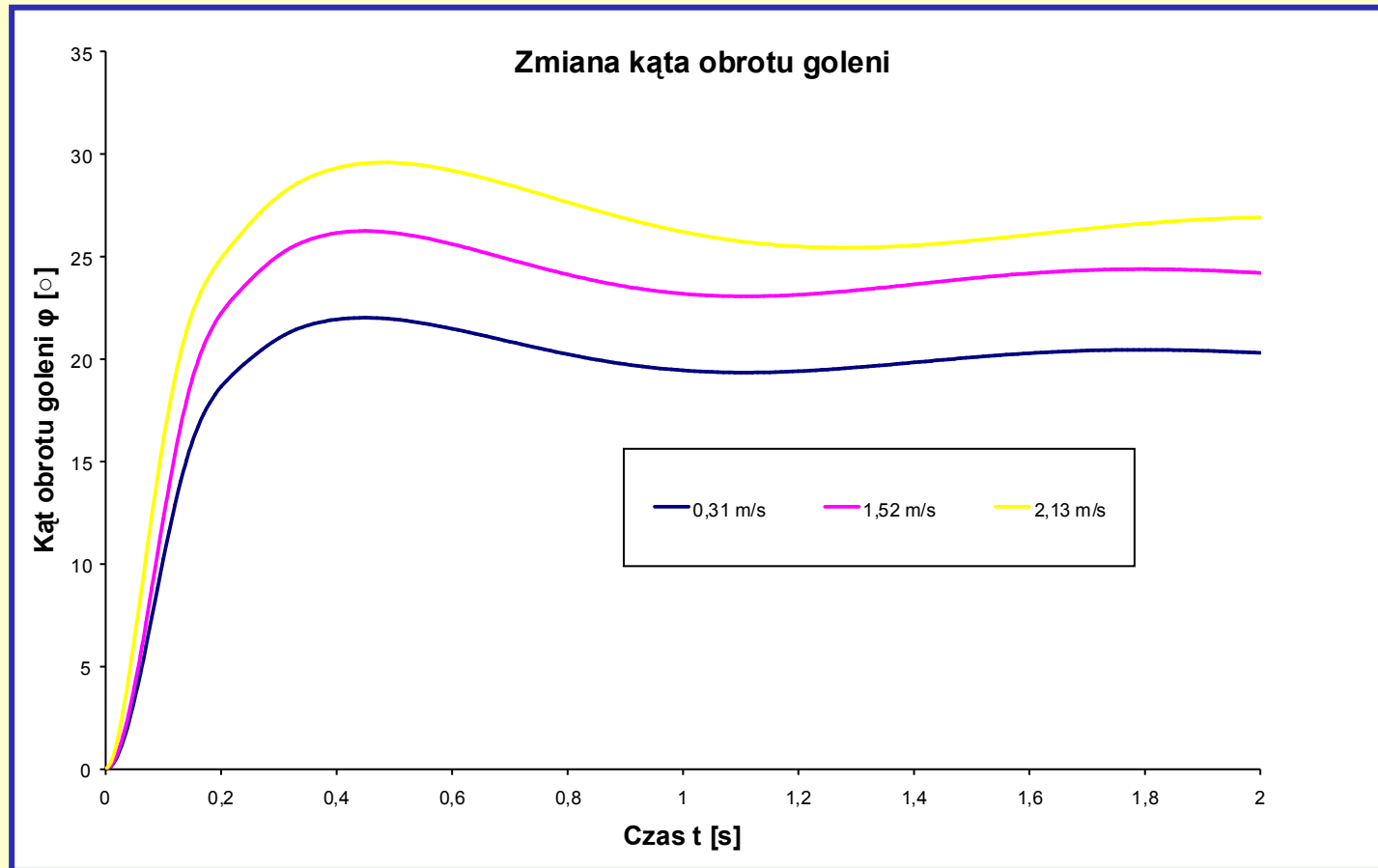
$$\begin{aligned} & \left( m_2 |AC|^2 + I_1 \right) \ddot{\varphi} - k L_1 \cos(\varphi) (L_2 - L_1 \sin(\varphi)) \\ & + |AC| g m_2 \cos(\varphi - 20^\circ) \\ & + m_1 g r \cos(\varphi - 12^\circ) + c \dot{\varphi} \cdot L_1^2 (\sin(\varphi))^2 = \\ & F_H AC \sin(\varphi - 20^\circ) + F_V AC \cos(\varphi - 20^\circ) \end{aligned}$$

**Warunki początkowo – brzegowe do analizy**

Rozwiązanie równania różniczkowego było realizowane poprzez całkowanie metodą Rungego-Kutty



## Wynik testu zrzutu pionowego – model matematyczny



Wstępne oszacowanie wielkości np. kinematycznych i siłowych





## Dwuwymiarowy model z elementów sztywnych

### Założenia upraszczające:

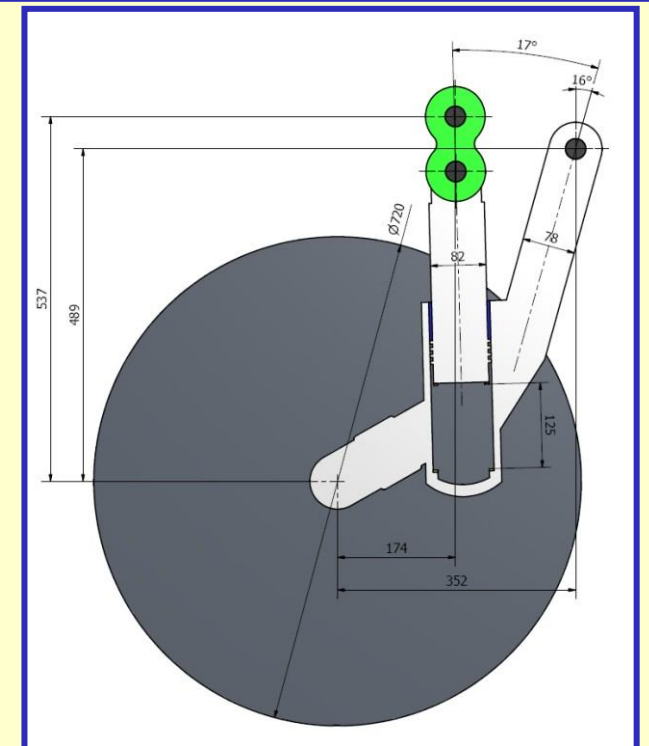
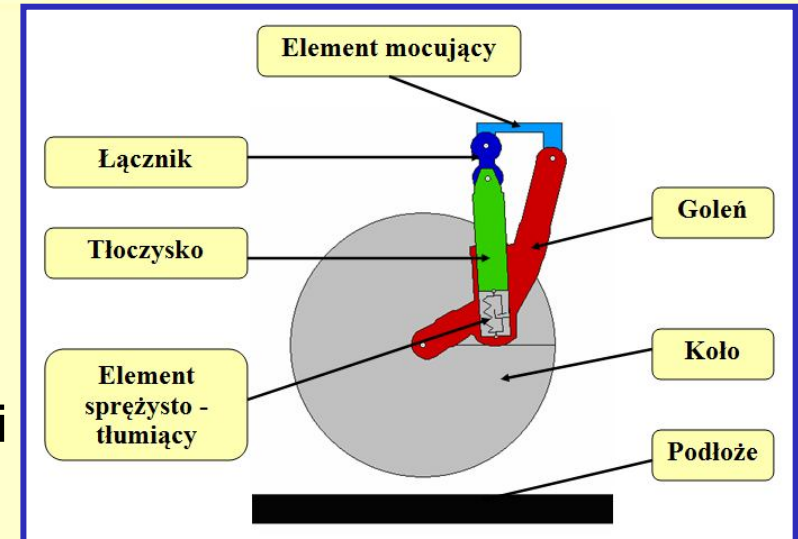
- wszystkie podzespoły podwozia są zbudowane z dwuwymiarowych elementów sztywnych,
- amortyzator cieczenio-gazowy upraszcza się do elementu sprężysto-tłumiącego
- połączenia pomiędzy poszczególnymi podzespołami są połączeniami beztarciowymi,
- masa stowarzyszona do podwozia podczas rzeczywistego lądowania jest przyłożona do podwozia poprzez element mocujący,
- cała energia wynikająca pionowego spadku podwozia jest absorbowana przez element sprężysto - tłumiący.

### Budowa układu równań:

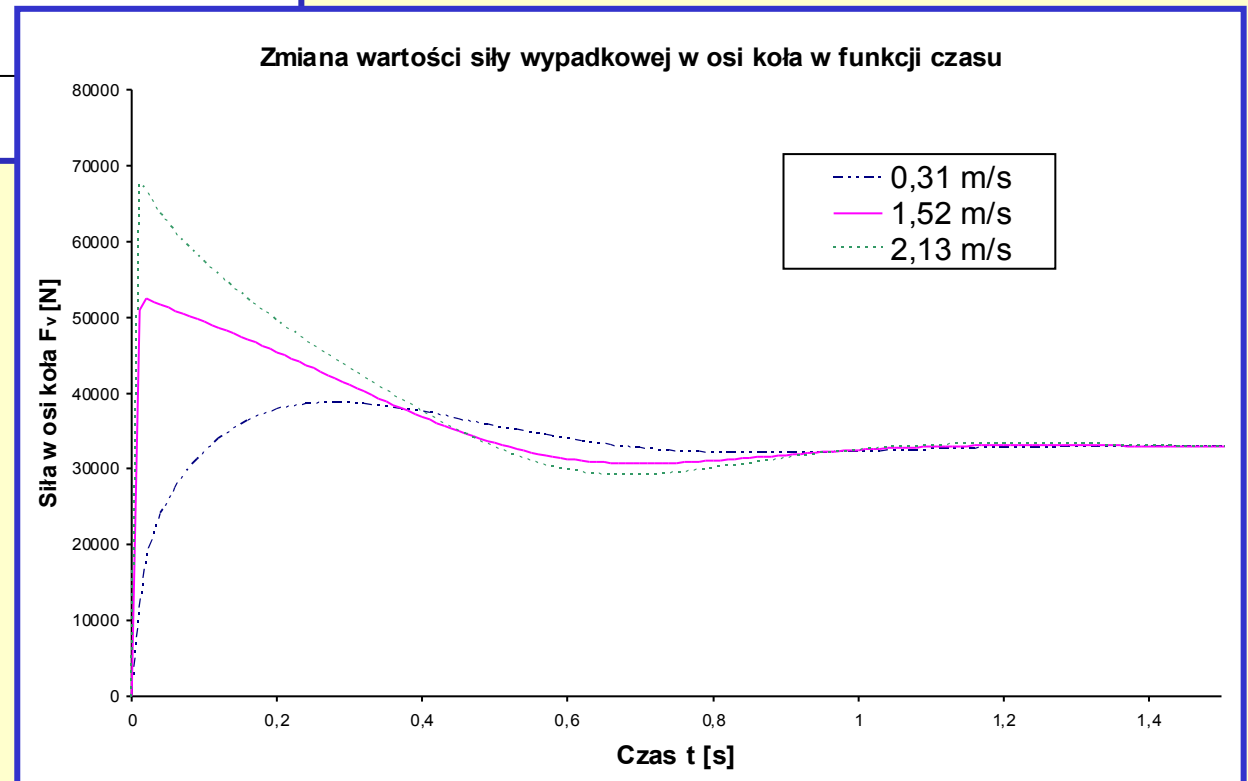
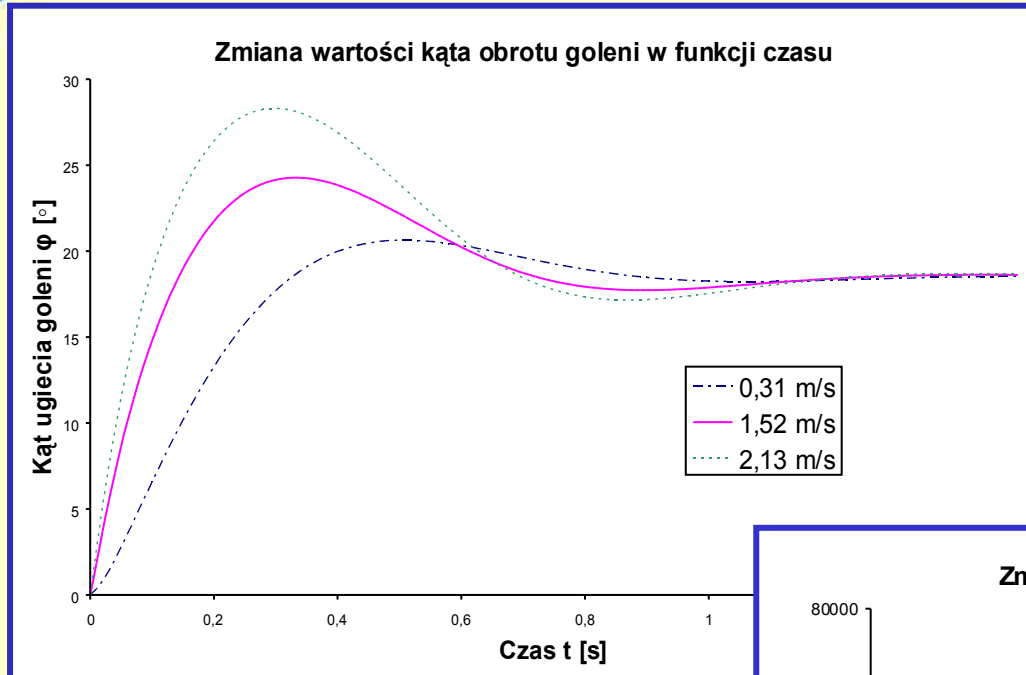
Budowa układu równań przebiegała zgodnie z metodą Newtona-Eulera

### Wyznaczenie rozwiązania:

Rozwiązanie równania było realizowane z wykorzystaniem metody całkowania Rungego-Kutty



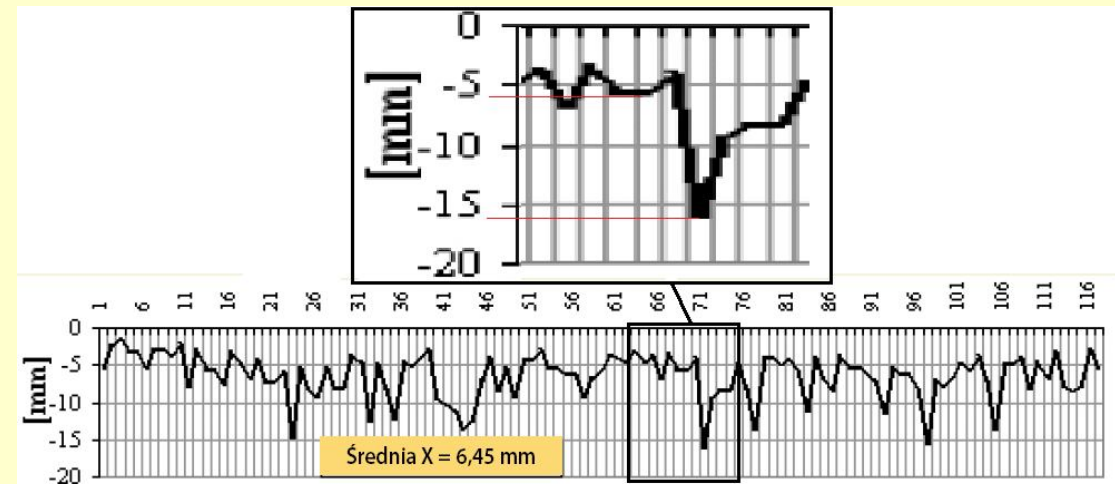
## Przykładowe wyniki analizy na modelu 2D



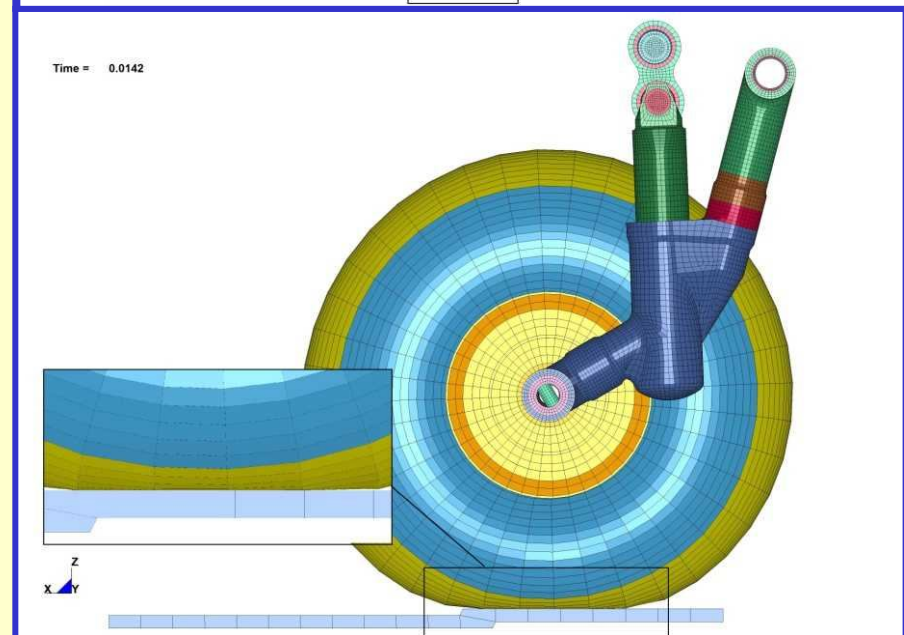
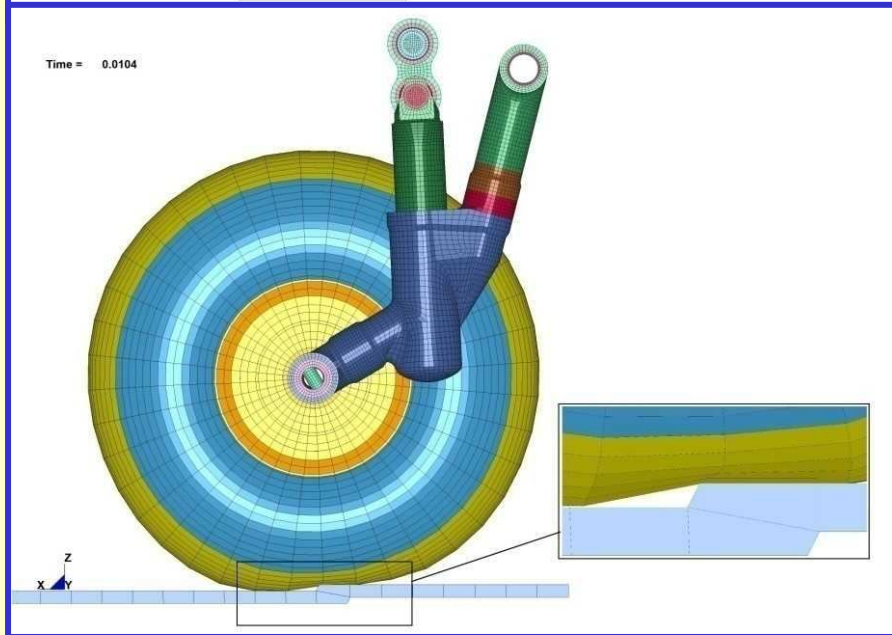
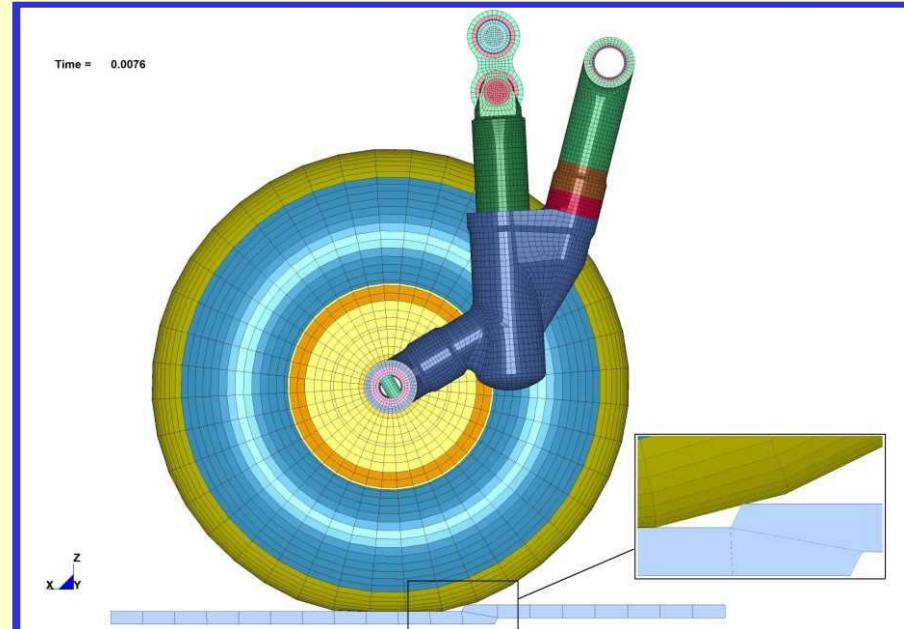
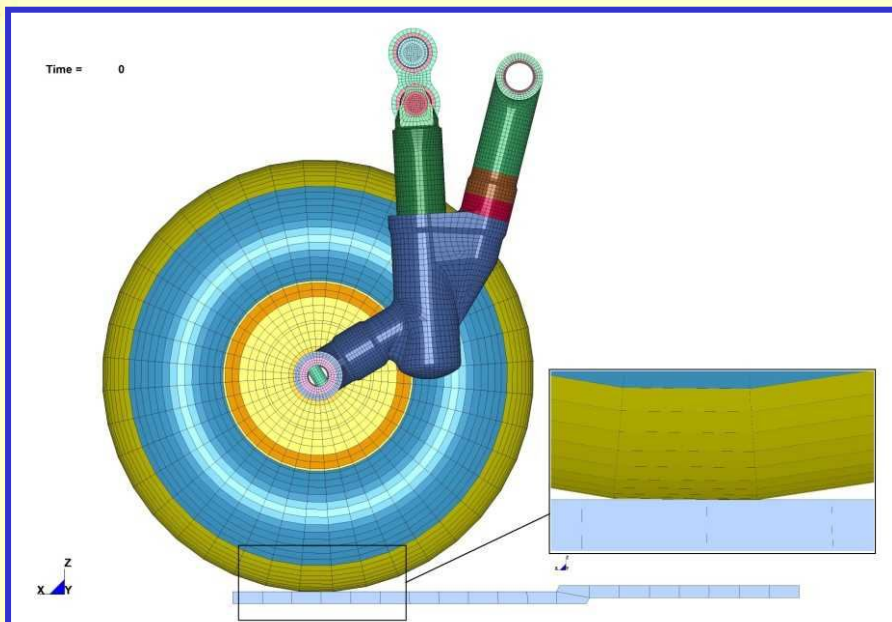
## Założenia do budowy modelu 3D MES

- pełne odzwierciedlenie wszystkich elementów podwozia,
- połączenia pomiędzy częściami z uwzględnieniem tarcia,
- uproszczenie amortyzatora cieczowo-gazowego do elementu sprężysto-tłumiącego o stałej sztywności i tłumieniu

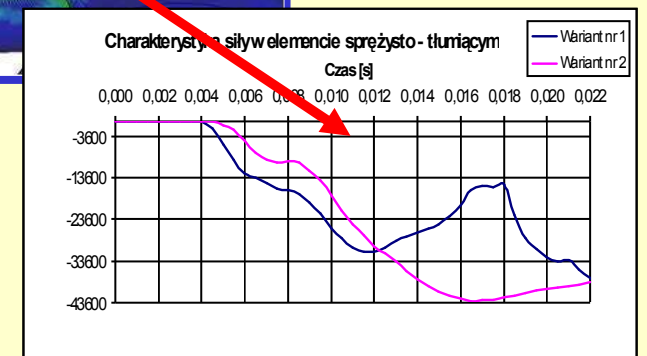
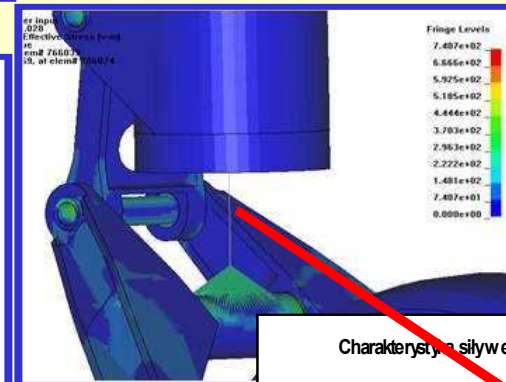
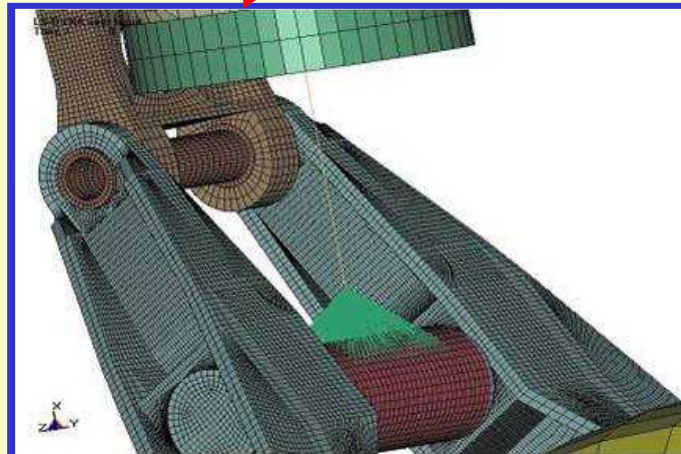
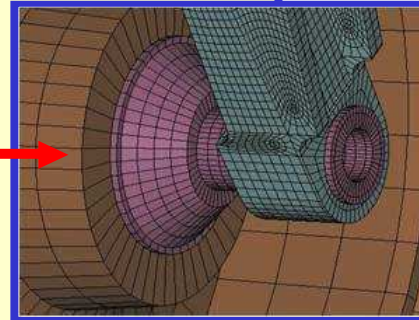
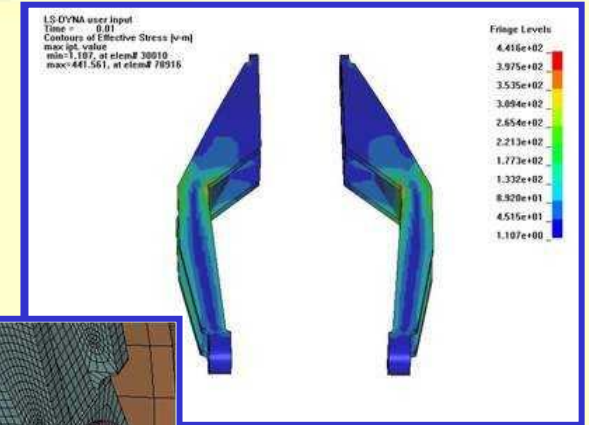
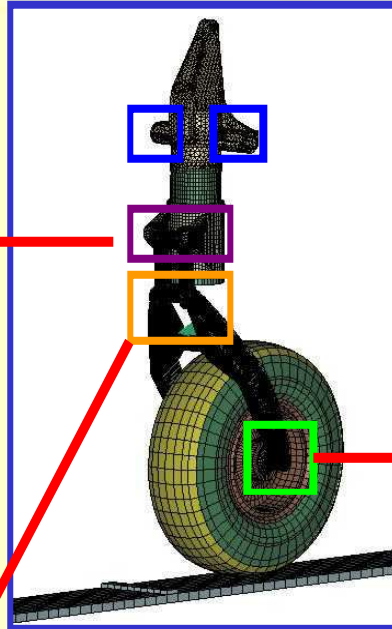
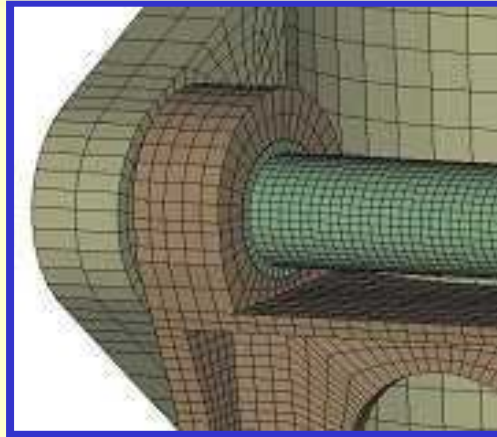
## Odwzorowanie lądowania na płycie lotniska



# SYMULACJA PRACY PODWOZIA SAMOLOTU TRANSPORTOWEGO –MODEL 3D



# SYMULACJA PRACY PODWOZIA SAMOLOTU TRANSPORTOWEGO –MODEL 3D



# **Badania istniejących rozwiązań – inżynieria odwrotna**

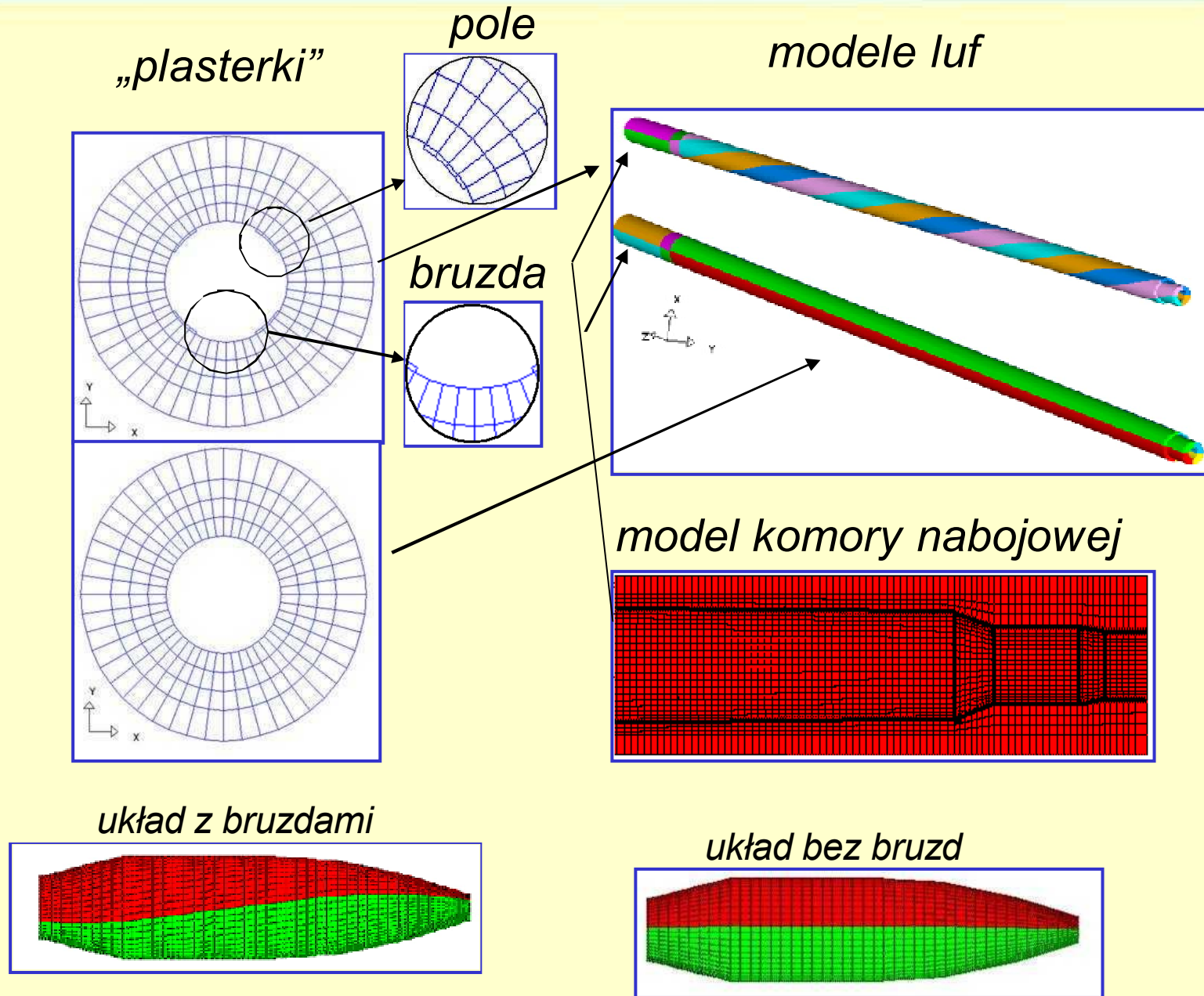
**Jacek Łazowski, Tadeusz Niezgoda, Jerzy Małachowski**

## **Cel pracy:**

**modelowanie, symulacja i analiza dynamiki złożonych układów mechanicznych o szybko zmieniającej się konfiguracji na przykładzie współpracy pocisku i lufy**



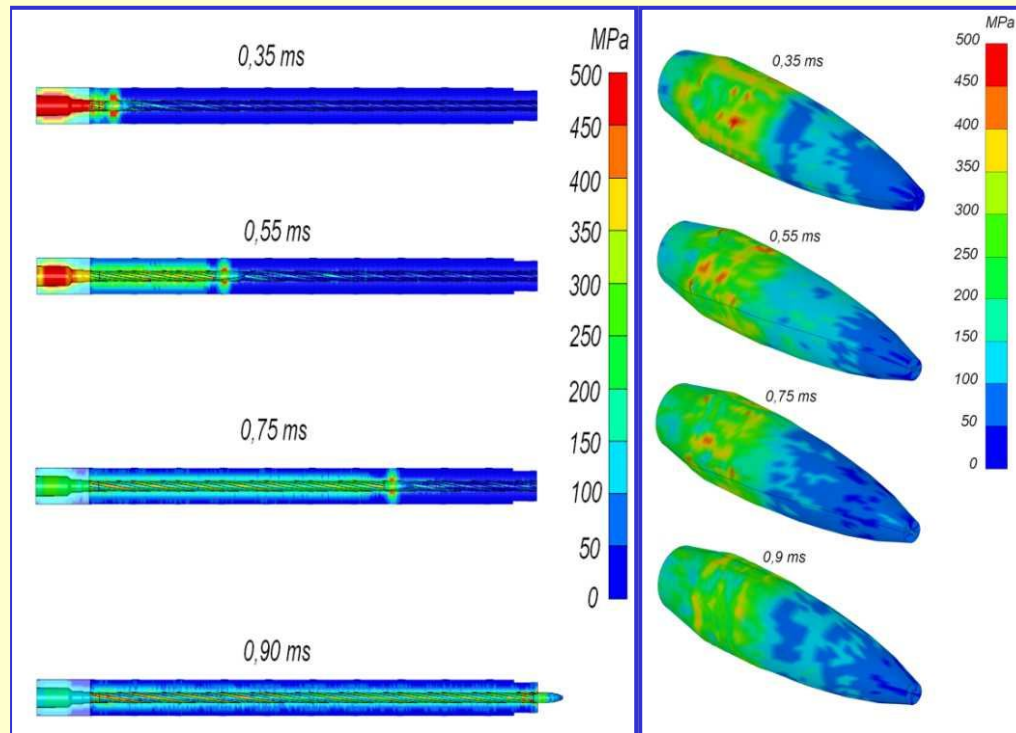
# BUDOWA MODELU MES



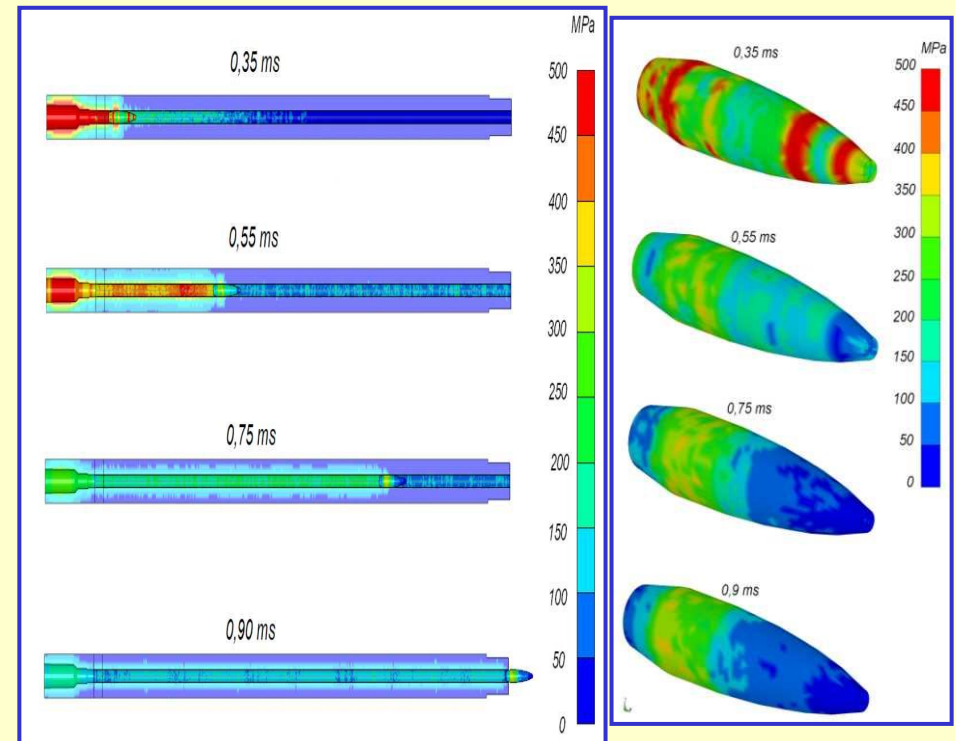
# ANALIZY NUMERYCZNE

Rozkład naprężenia wzdłuż lufy i pocisku zachowuje zmienność ze względu na szybkozmienny charakter procesu

Lufa z bruzdami



Lufa bez bruzd

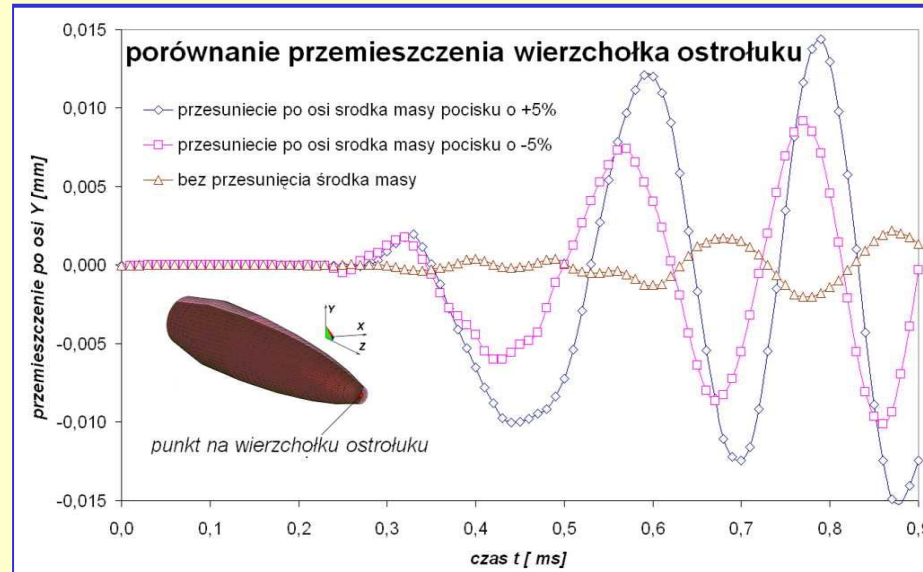




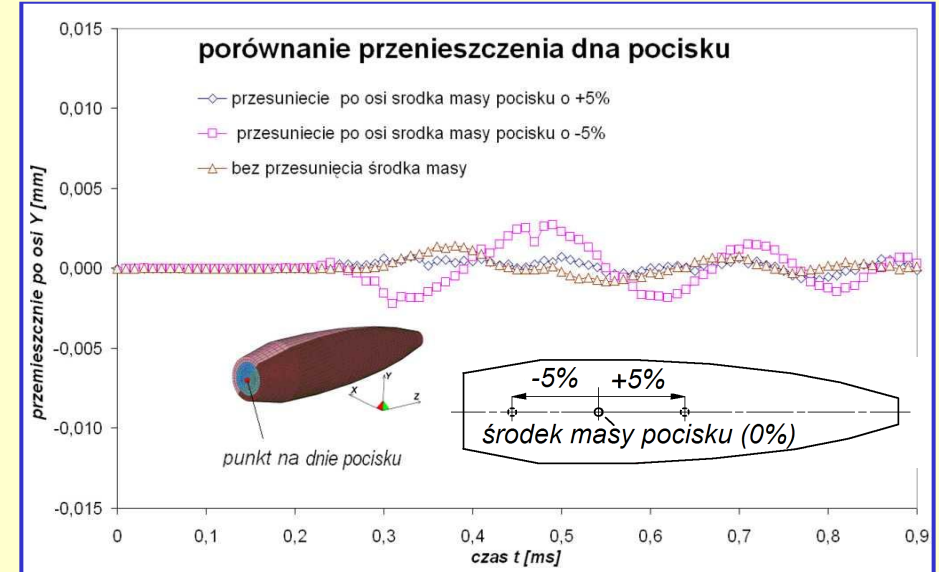
# STUDIUM IMPERFEKCIJ – BADANIA WRAŻLIWOŚCI

Zachowania się w lufie pocisku dla różnych położeń środka masy

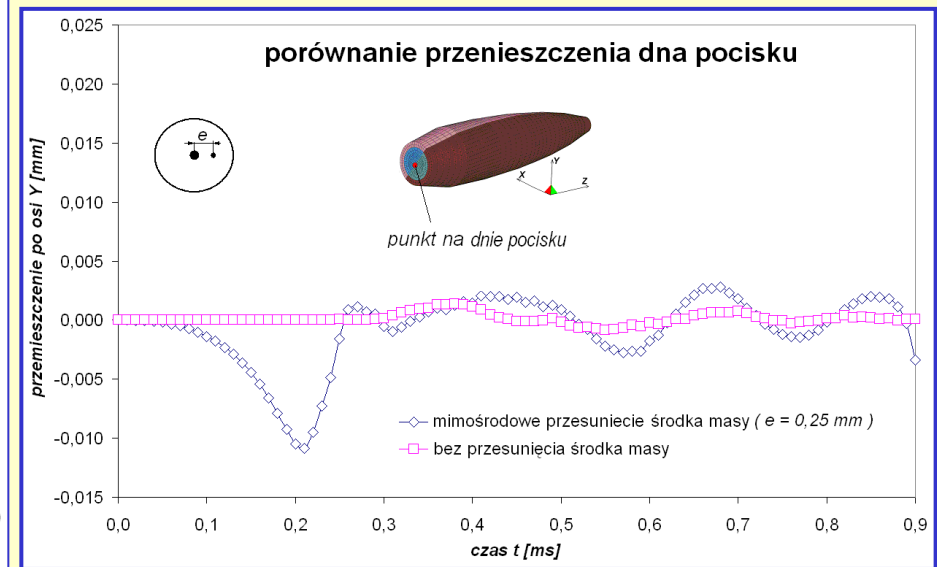
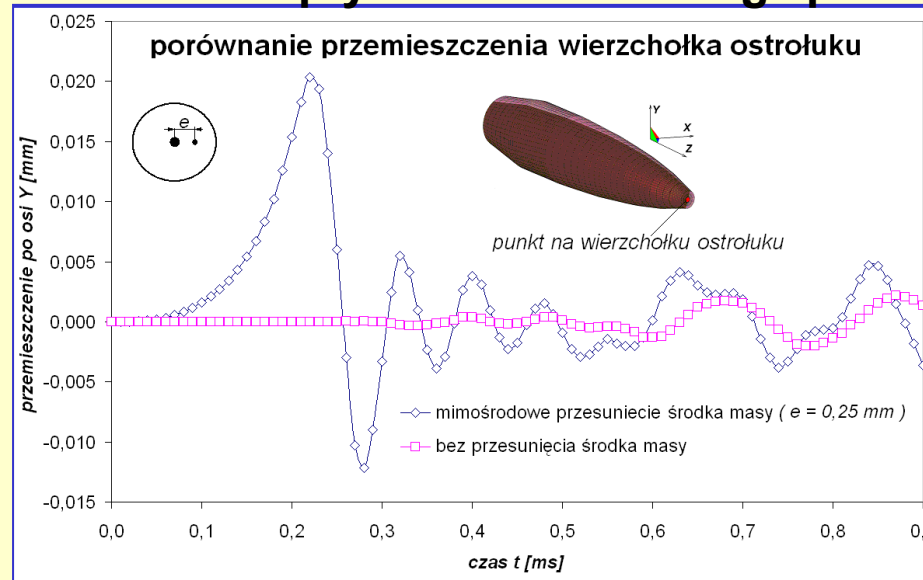
a) na wierzchołku ostrołuku pocisku



b) na dnie pocisku

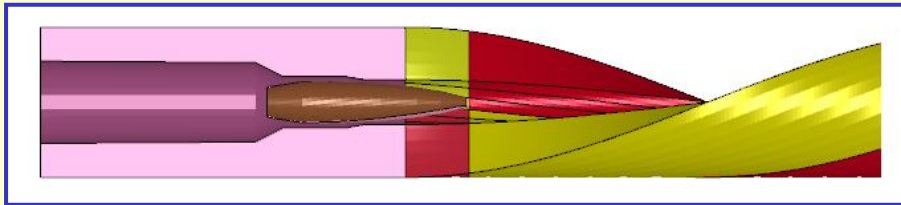


Wpływ mimośrodowego przesunięcia położenia środka masy

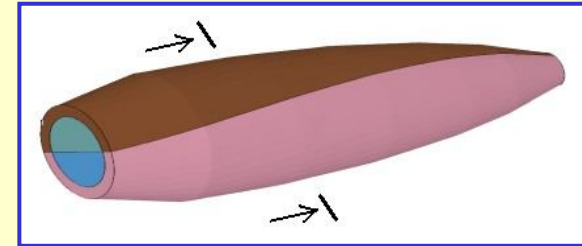


# STUDIUM IMPERFEKЦИИ – BADANIA WRAŻLIWOŚCI

## Analiza współpracy z modelem odchyłki kształtu pocisku układ lufa pocisk

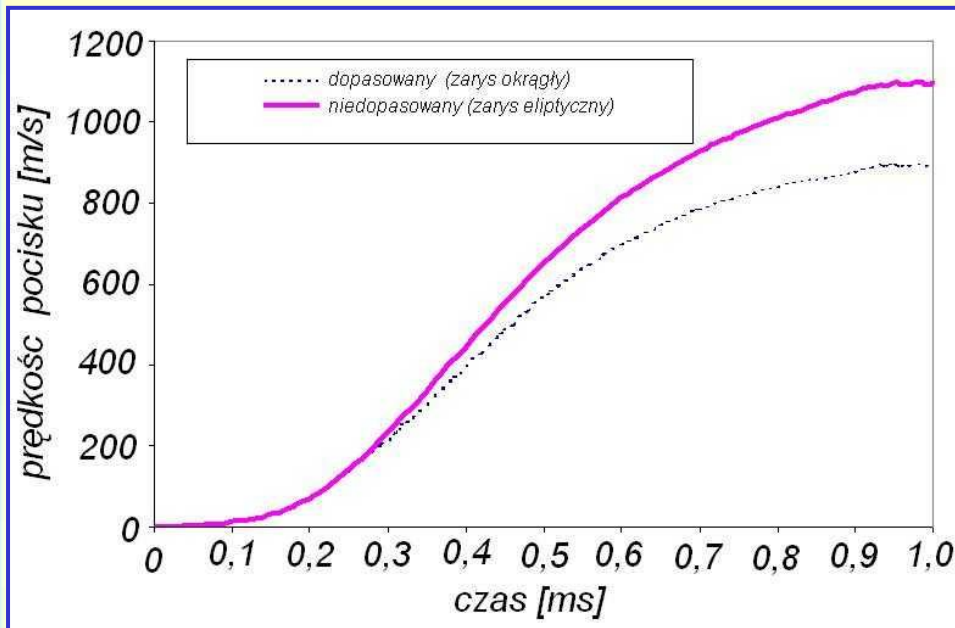


## pocisk z zarysem eliptycznym

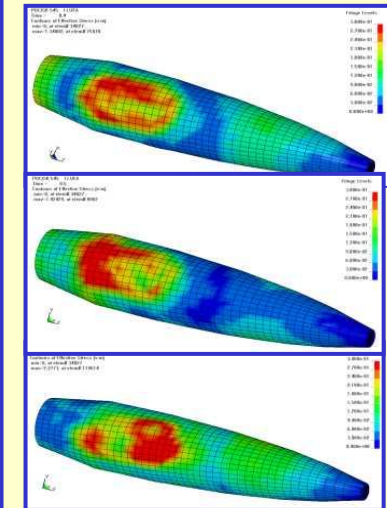
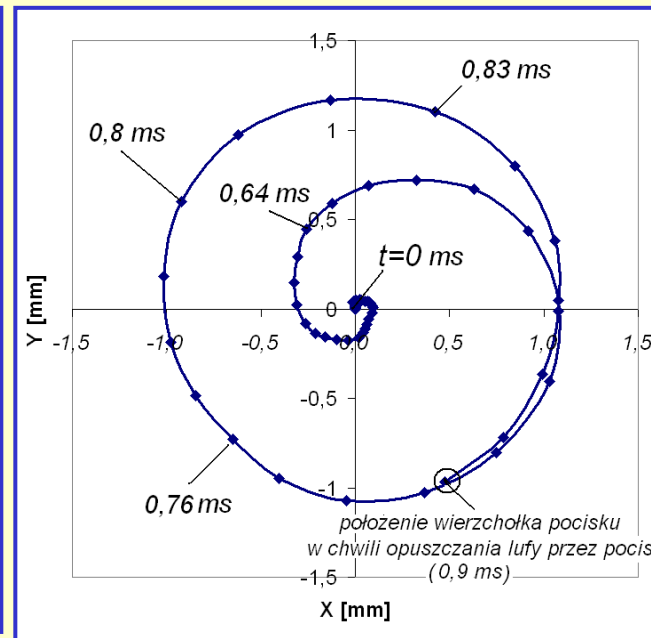


$$1 - \frac{a}{b} \cdot 100\% = 6,03 \%$$

## Porównanie przebiegów prędkości



## Położenie wierzchołka ostrołuku



**Badania istniejących rozwiązań – inżynieria odwrotna  
z wykorzystaniem technik skanowania  
dotykowego i bezdotykowego**



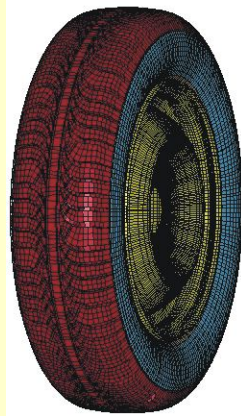
# BADANIA NUMERYCZNE – SKANOWANIE 3D



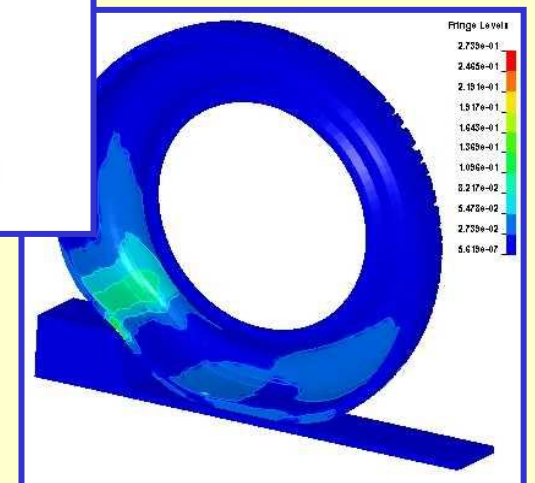
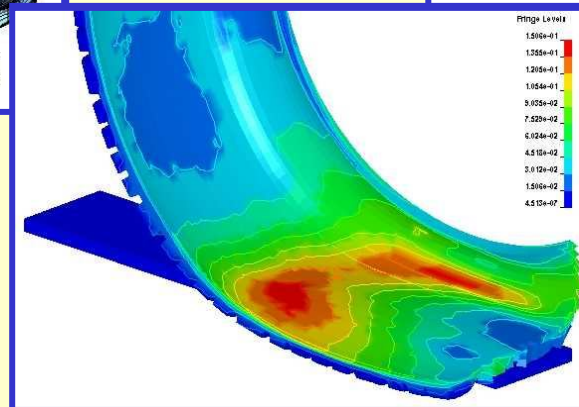
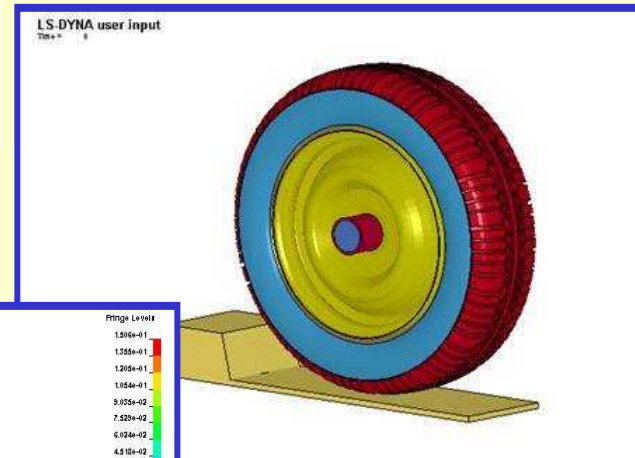
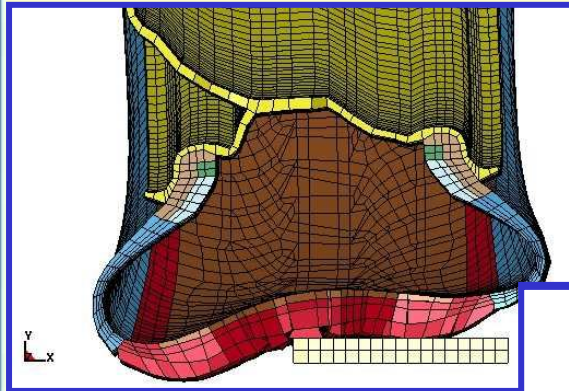
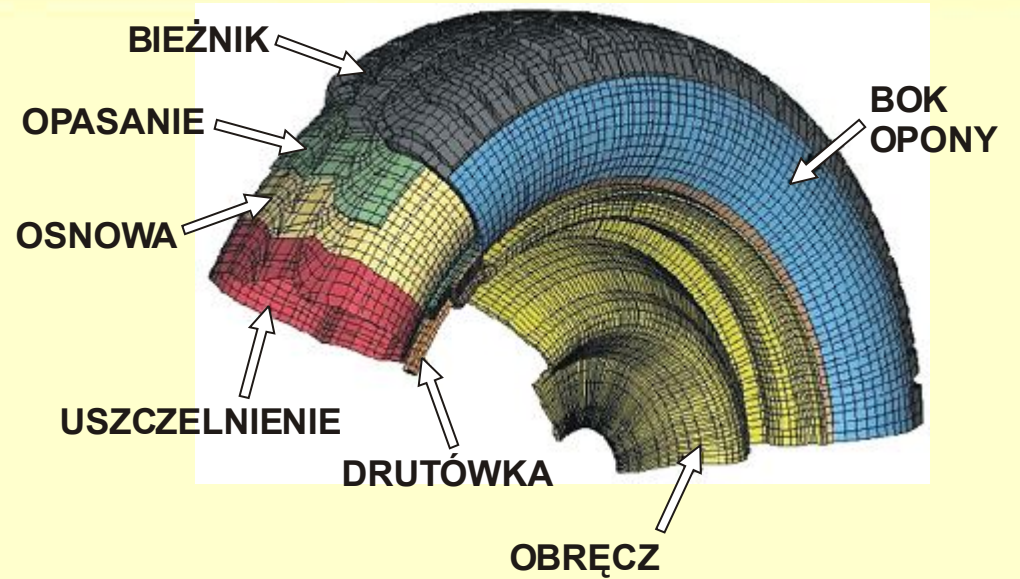
OBIEKT RZECZYWISTY



MODEL CAD



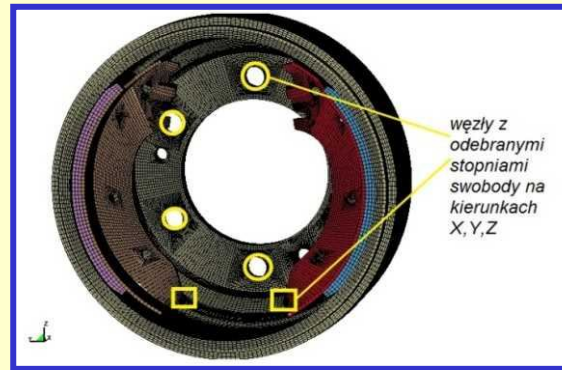
MODEL MES



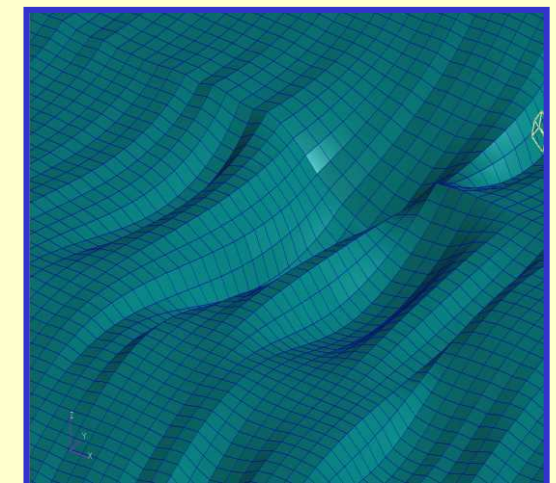
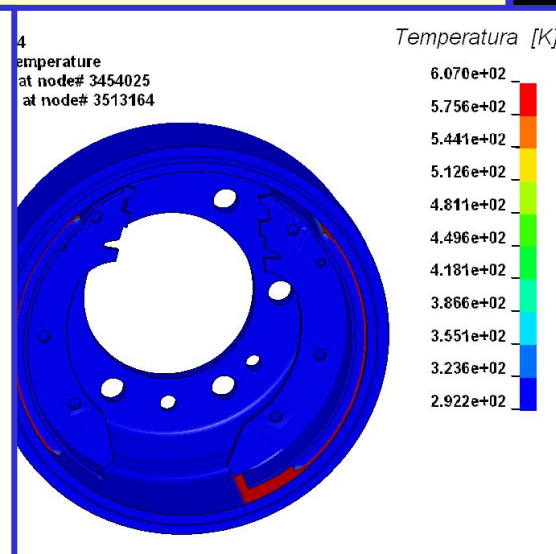
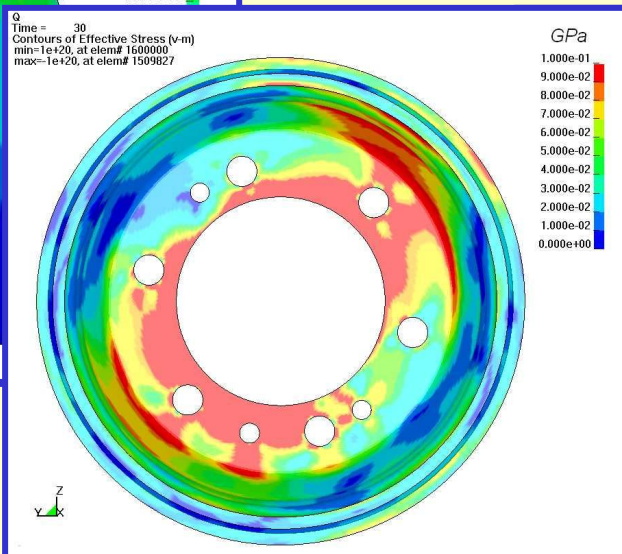
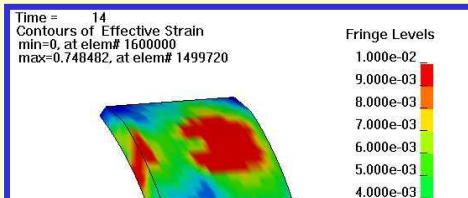
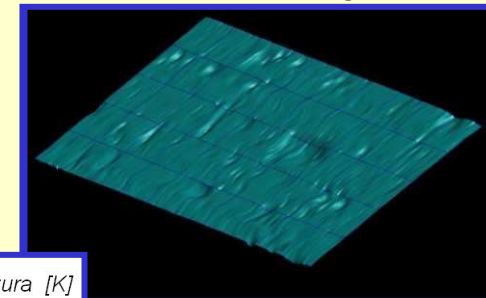
# BADANIA NUMERYCZNE – SKANOWANIE 3D



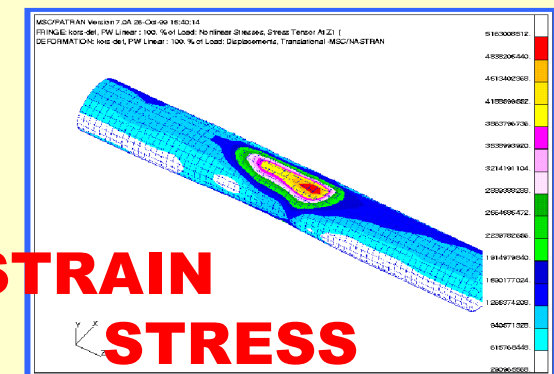
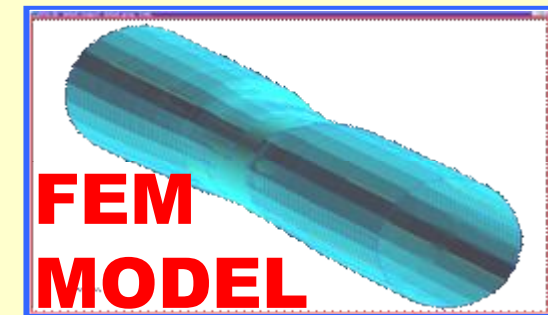
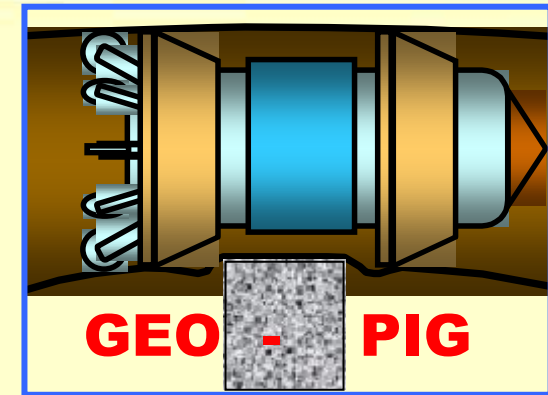
## Badania dynamiczne i termiczne



## Imperfekcja warstw ciernych



## **FEM** BASED METHOD OF SEVERITY EVALUATION OF GEOMETRICAL FLAWS IN PIPELINES USING DATA FROM A **PIG** **P**ipeline **I**ntelligent **G**auge

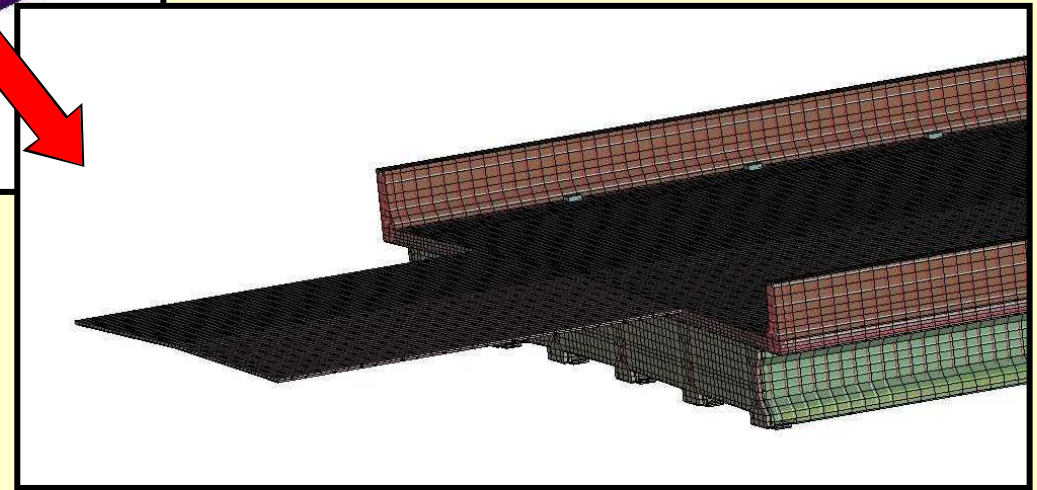
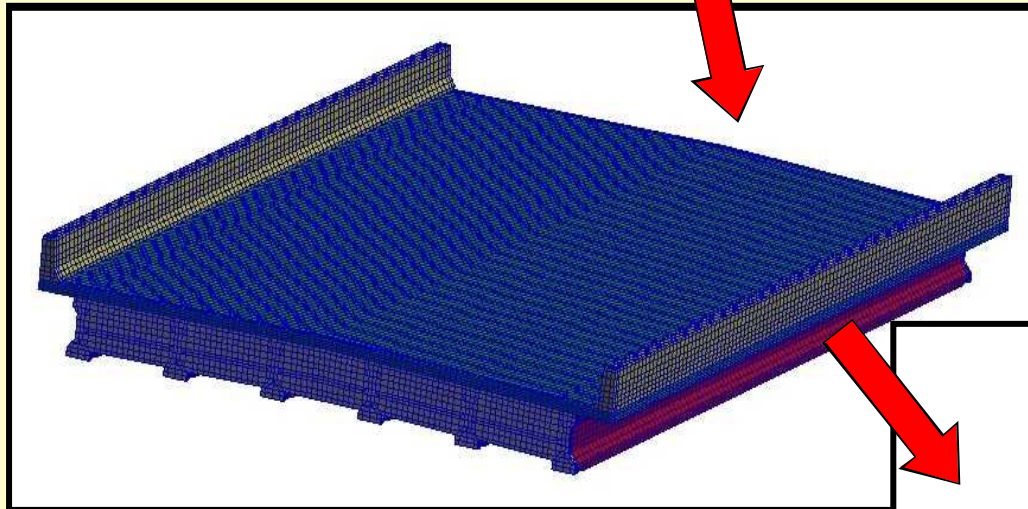
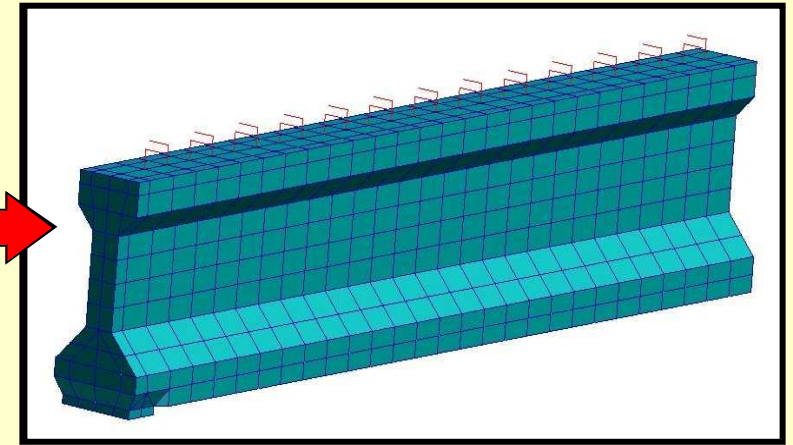


**Badania istniejących rozwiązań – metody numeryczne  
wspomagające procesy decyzyjne  
w transporcie**

**Badania zrealizowane przez pracowników Katedry  
na FAMU-FSU College of Engineering  
Projekt kierowany przez prof. J. Wekezera**



# MODELOWANIE OBIEKTÓW MOSTOWYCH



FAMU-FSU College of Engineering, prof. J. Wekezer

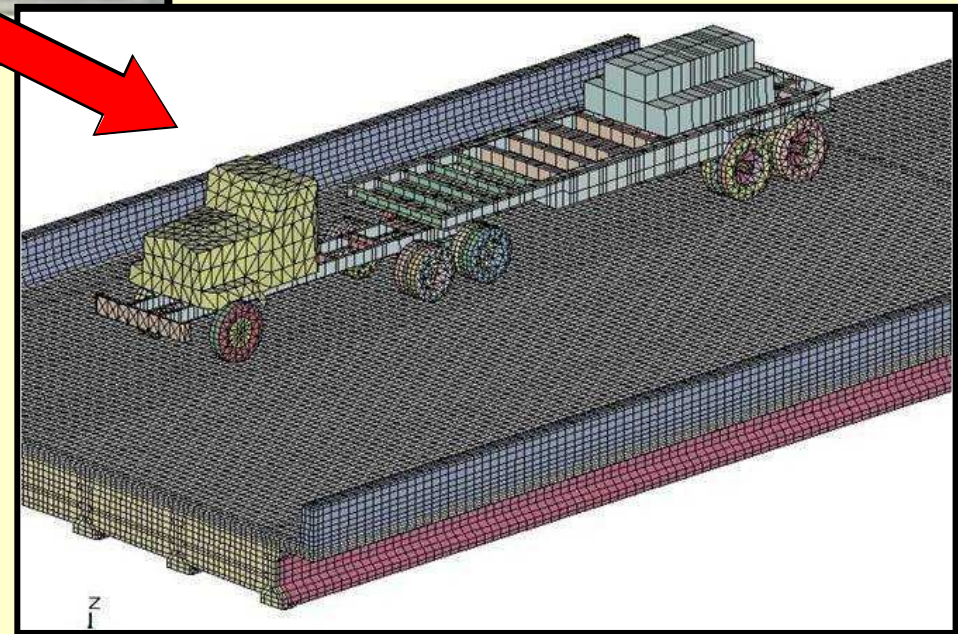
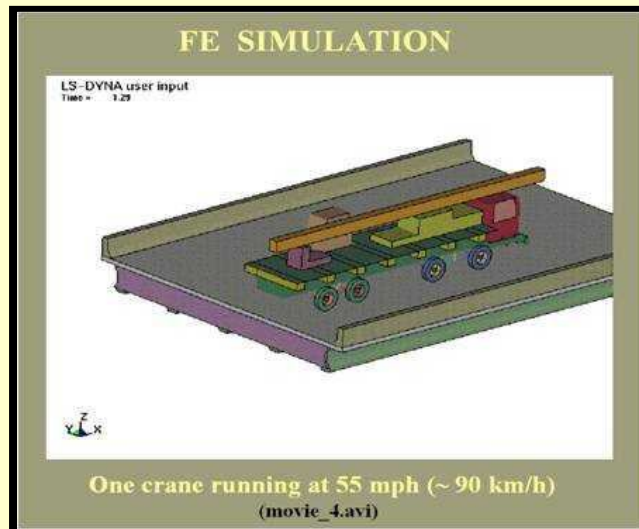
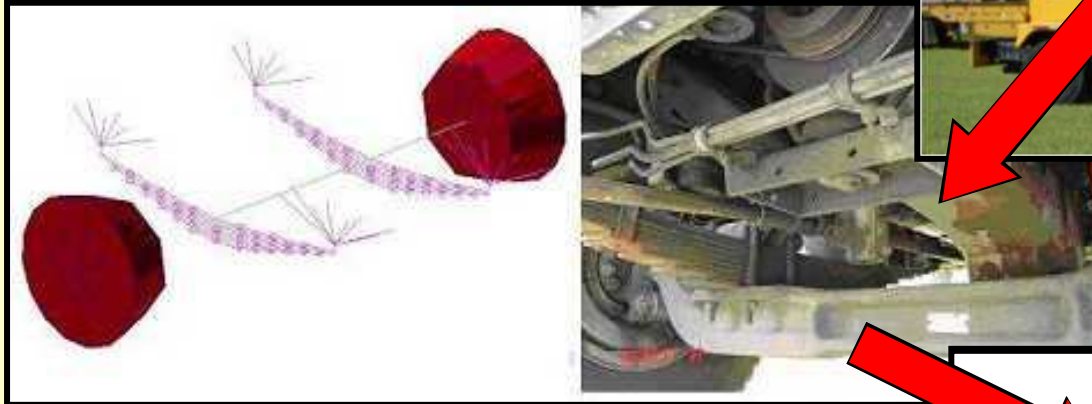


Wojskowa Akademia Techniczna  
Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej



WIRTOTECHNOLOGIA 2009

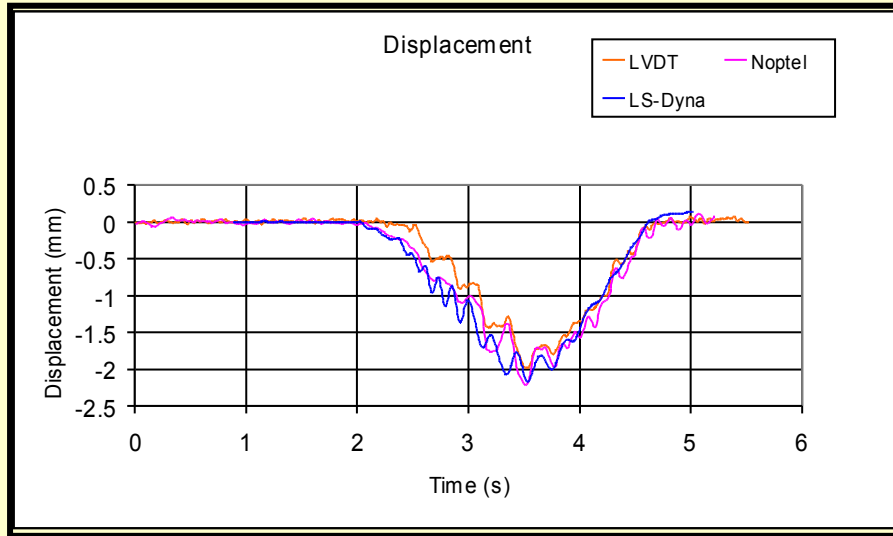




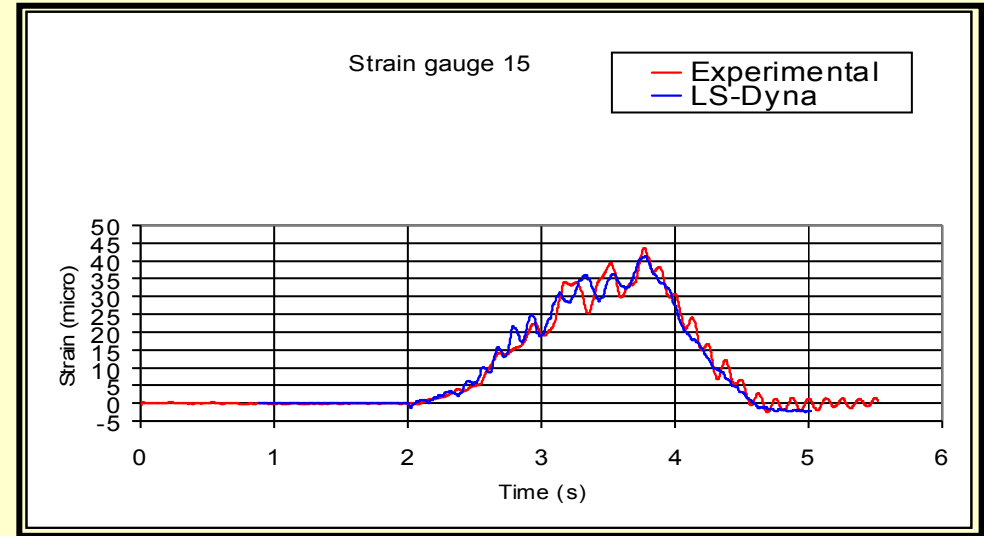
FAMU-FSU College of Engineering, prof. J. Wekezer



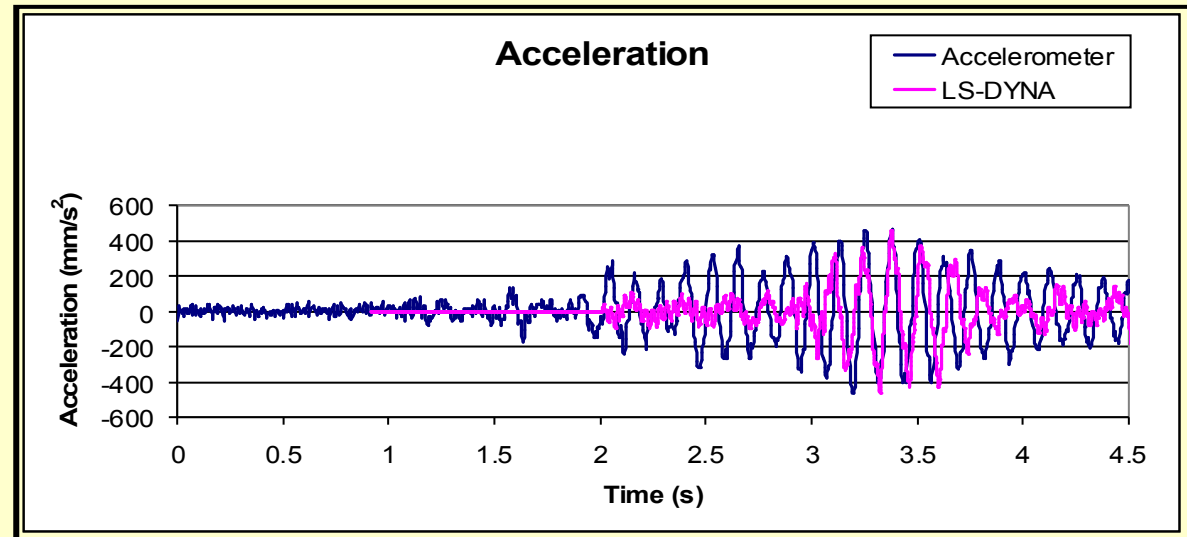
## Przemieszczenie



## Odształcenia



## Przyspieszenie – punkt na płycie



FAMU-FSU College of Engineering, prof. J. Wekezer



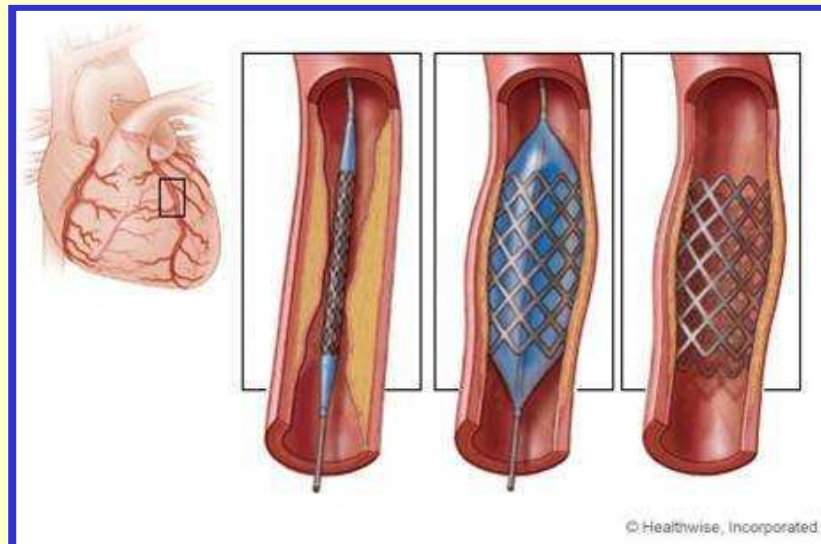
# **Badania numeryczne konstrukcji dla potrzeb medycyny – dobór optymalnych wymiarów**

**Jacek Łazowski, Jerzy Małachowski, Łukasz Mazurkiewicz,**



# STENTY KARDIOCHIRURGICZNE

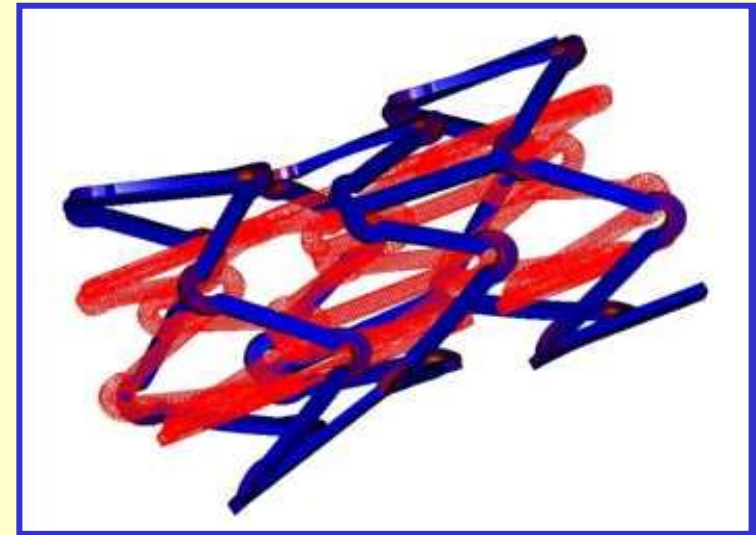
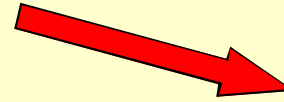
- Stent kardiochirurgiczny jest to wewnątrz naczyniowa ażurowa konstrukcja walcowa o niewielkich rozmiarach służąca do leczenia chorób układu krwionośnego człowieka.
- Stenty stosuje głównie się po zabiegu angioplastyki tętnic, rzadziej do ratowania od środka rozdartego naczynia krwionośnego.
- Obecnie w większości przypadków zabiegowi angioplastyki towarzyszy wprowadzenie stenta wewnątrz naczyniowego, który powoduje znaczne obniżenie ryzyka ponownego zwężenia się leczonej tętnicy z 30-40% do 10-15%. Stanowi on dodatkowe wzmocnienie tętnicy i pozwala na utrzymanie stałego, poprawnego przepływu krwi.



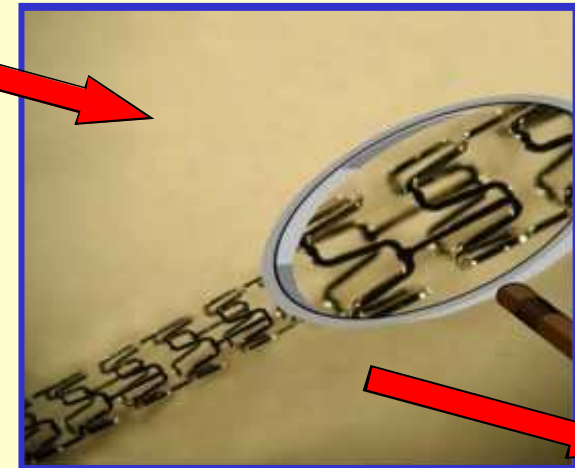
# STENTY KARDIOCHIRURGICZNE



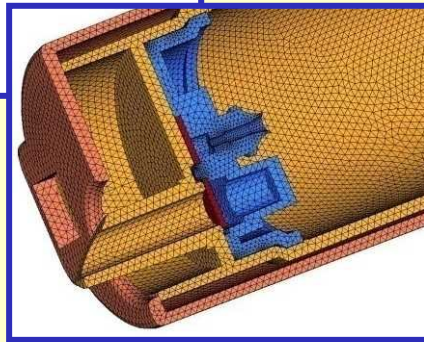
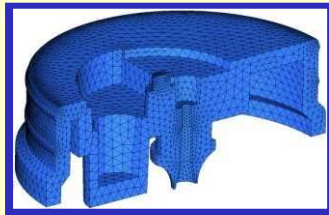
**Geometria początkowa**



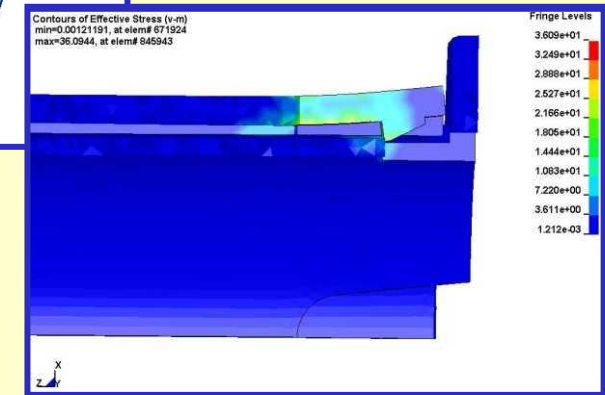
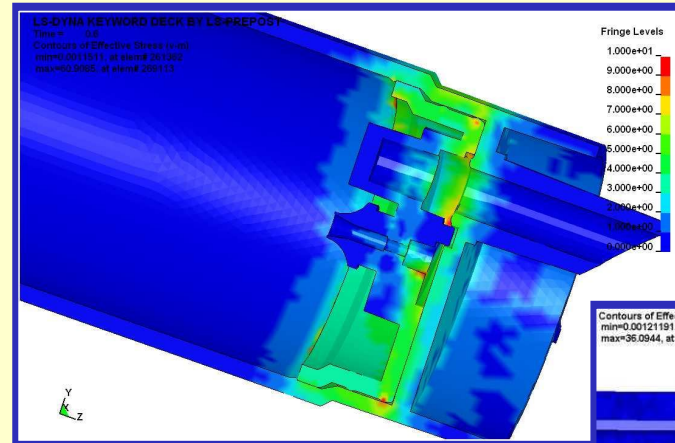
**Kolejne modyfikacje – poszukiwanie optymalnego rozwiązania**



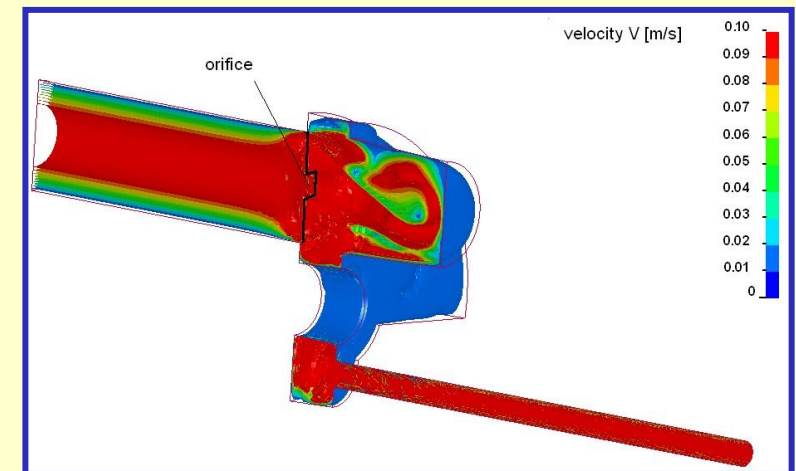
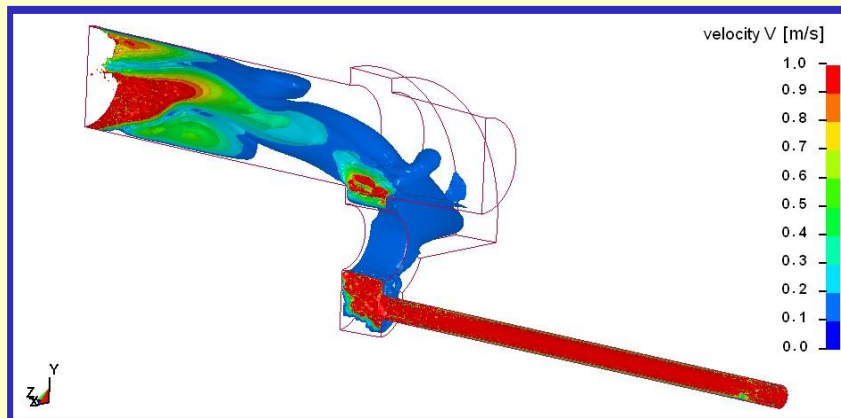
# ZESTAWY PRÓBÓWKO-STRZYKAWEK



## Analizy wytrzymałościowe i optymalizacyjne



## Symulacje przepływów

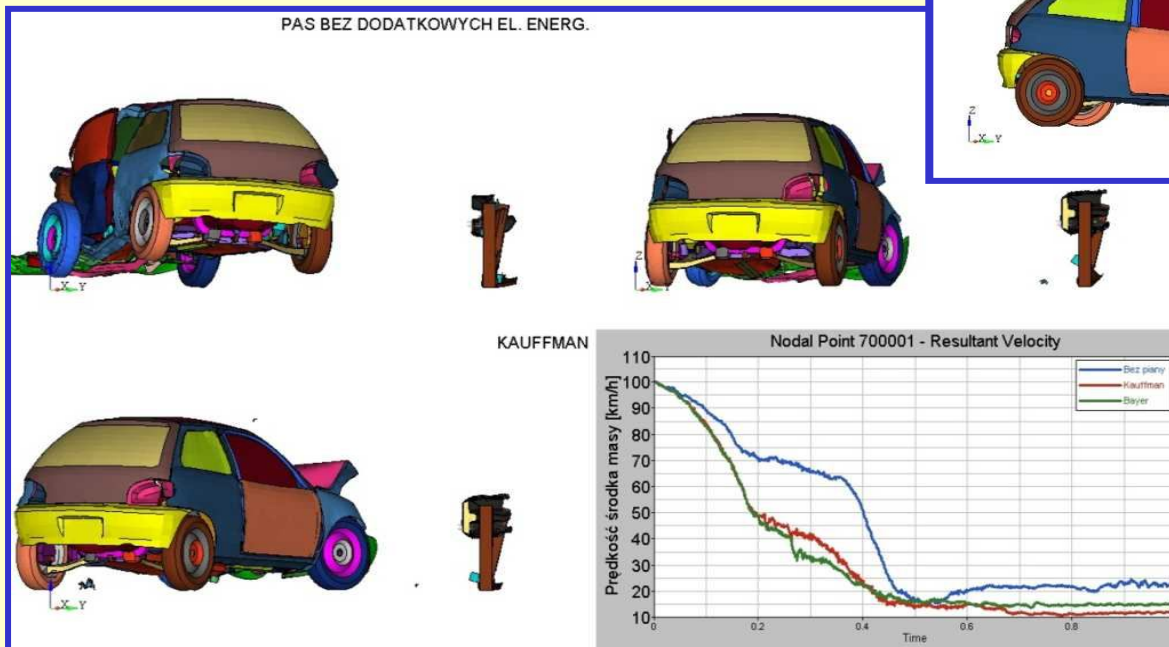
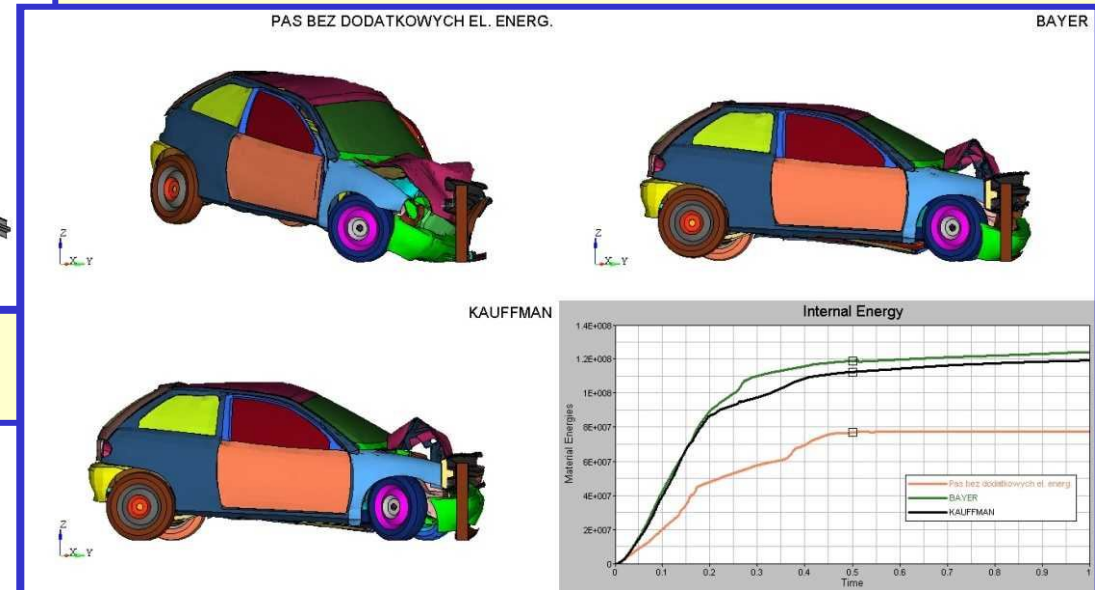
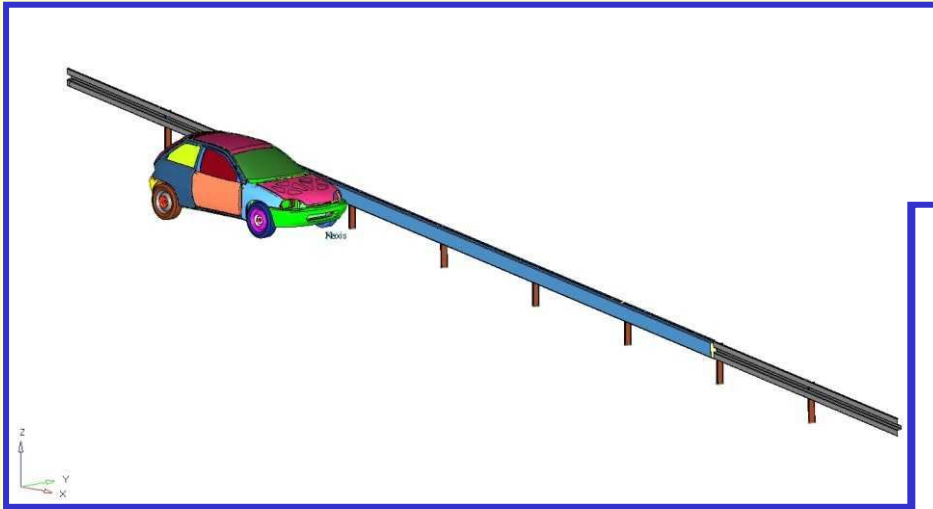


# Badania numeryczne w aspekcie oceny bezpieczeństwa



# BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU DROGOWYM

## Energochłonność barier drogowych



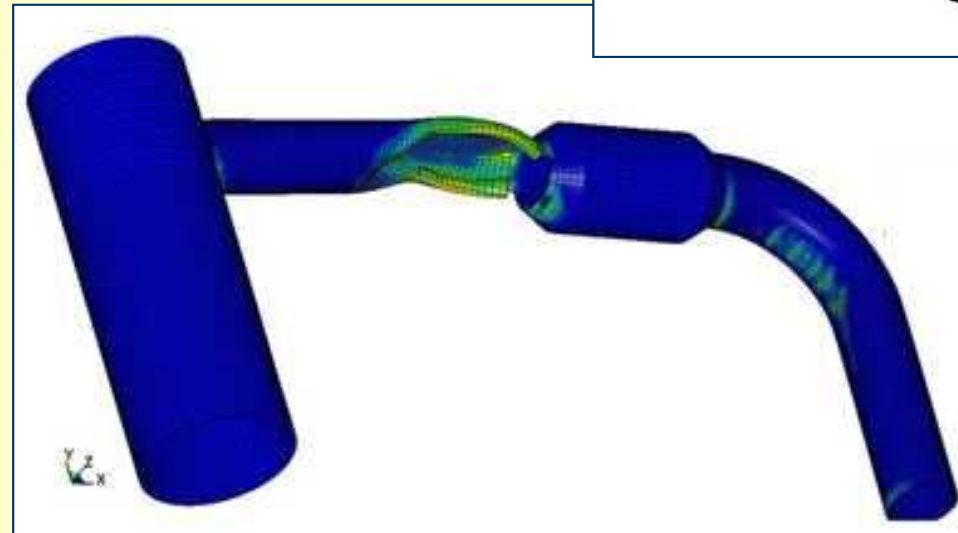
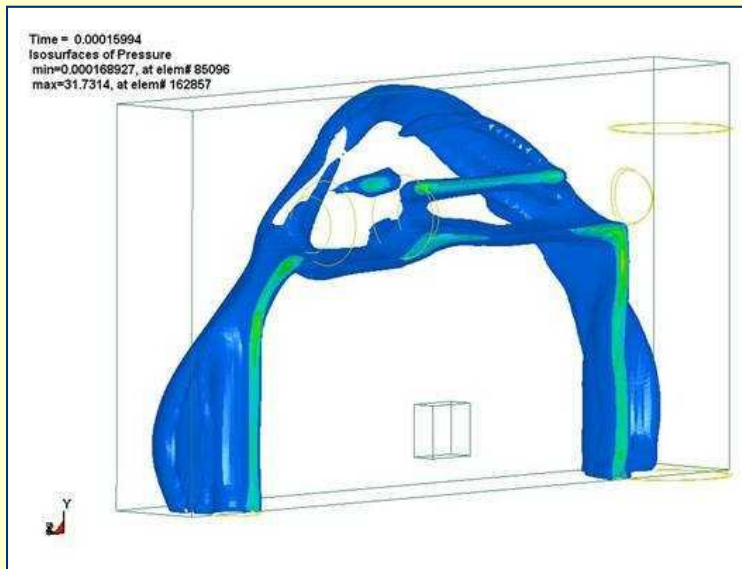
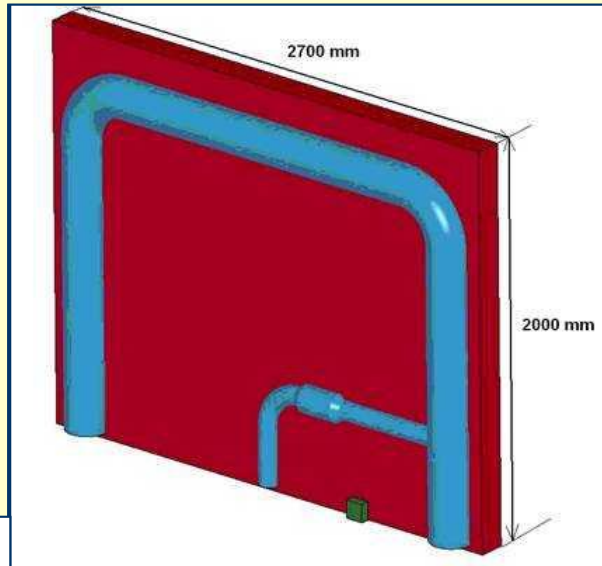
Badania numeryczne realizuje:  
P. Dziewulski





# DZIAŁANIA TERRORYSTYCZNE

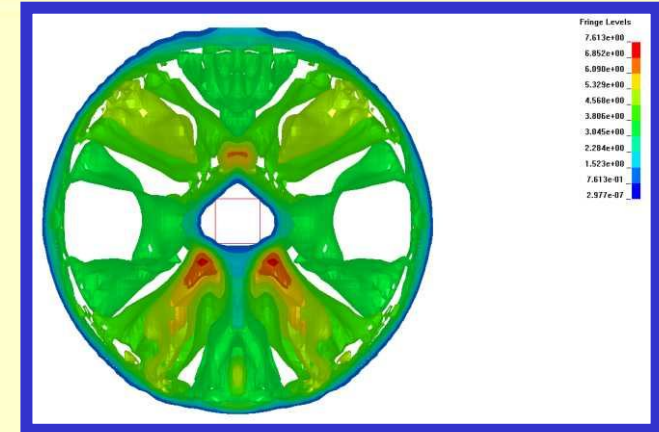
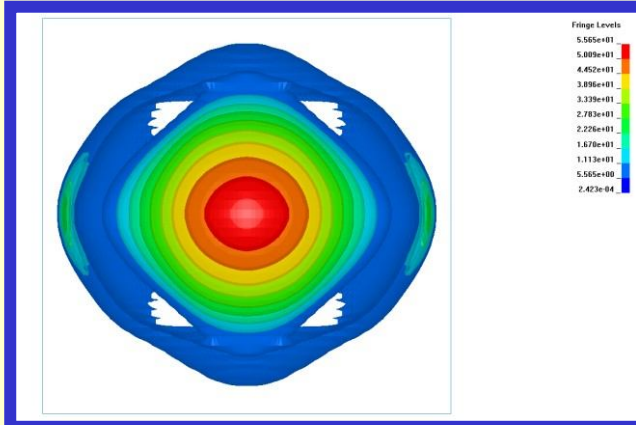
*Modelowanie z uwzględnieniem sprężenia gaz-ciało stałe*



**Badania realizuje: J. Małachowski**

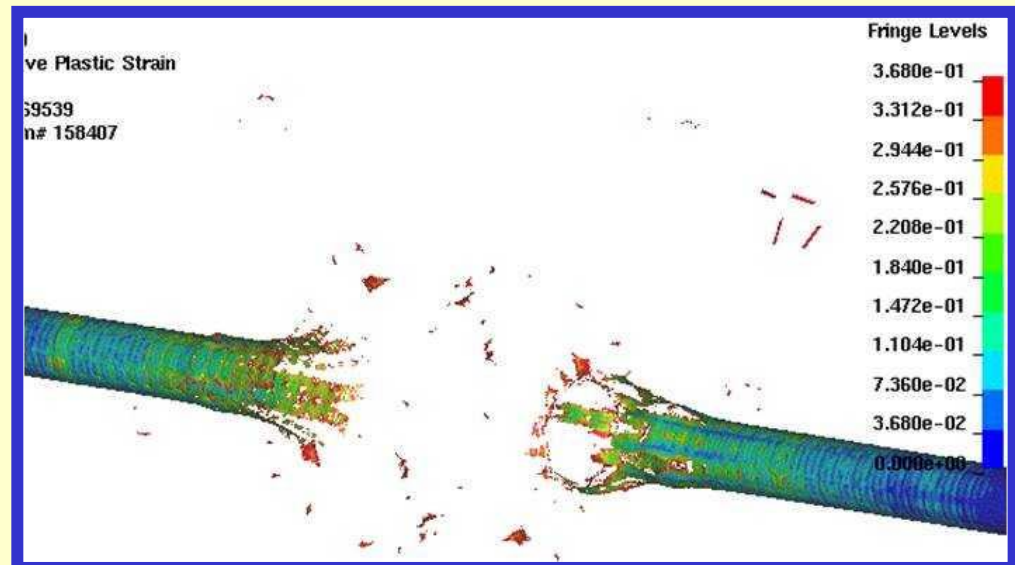
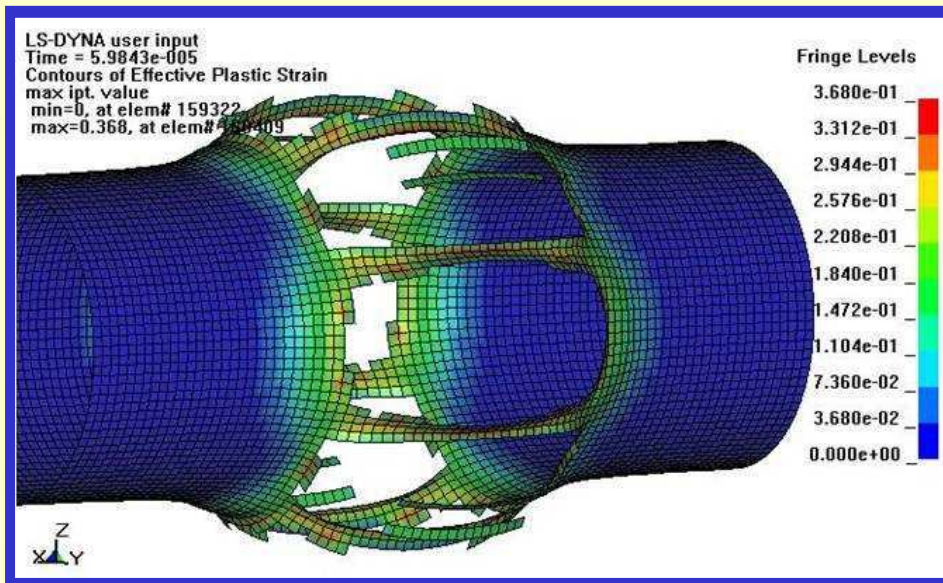


# DZIAŁANIA TERRORYSTYCZNE



**Modelowanie z uwzględnieniem sprężenia gaz-ciało stałe**

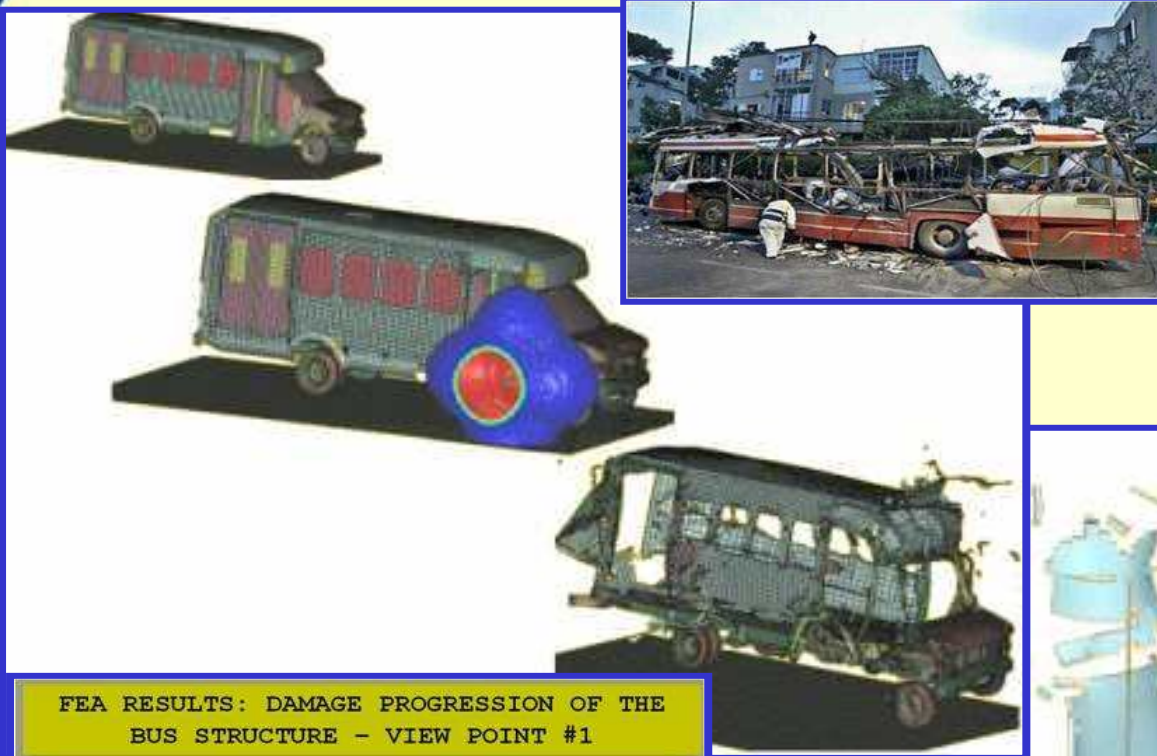
**Samozapłon gazu**



**Badania realizuje: J. Małachowski**



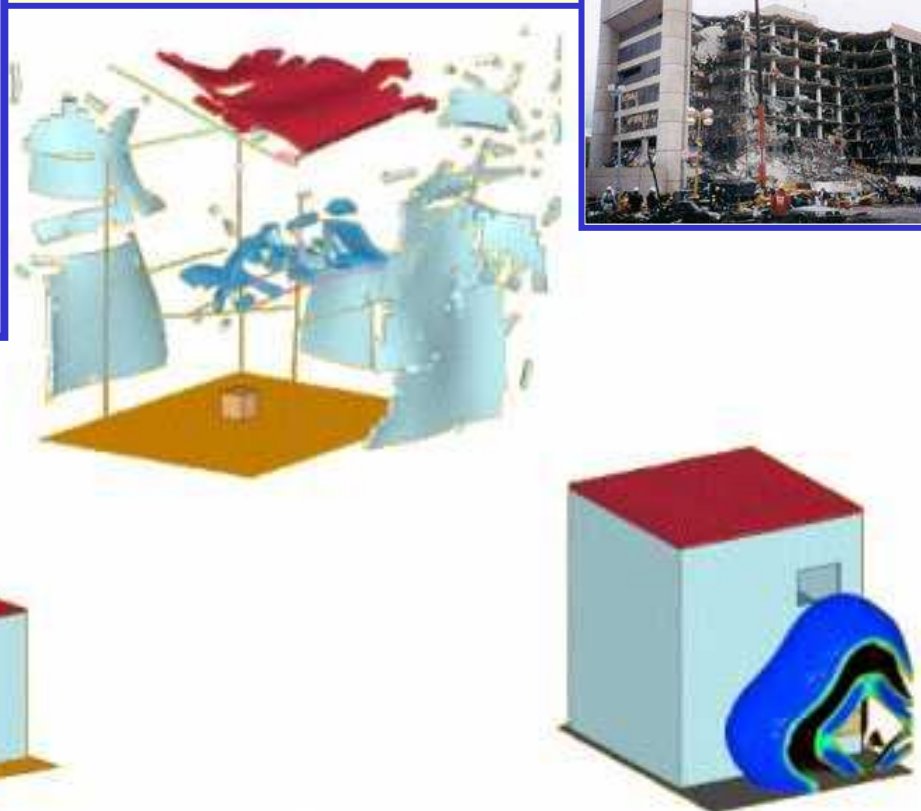
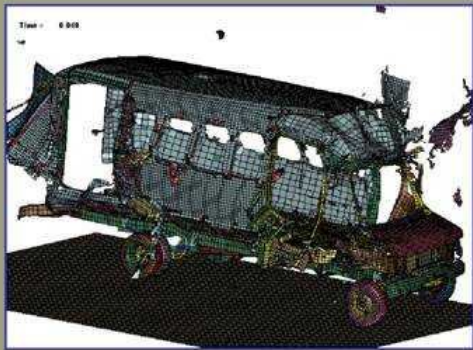
# DZIAŁANIA TERRORYSTYCZNE



*Modelowanie z uwzględnieniem sprzężenia gaz-ciało stałe*



FEA RESULTS: DAMAGE PROGRESSION OF THE BUS STRUCTURE - VIEW POINT #1

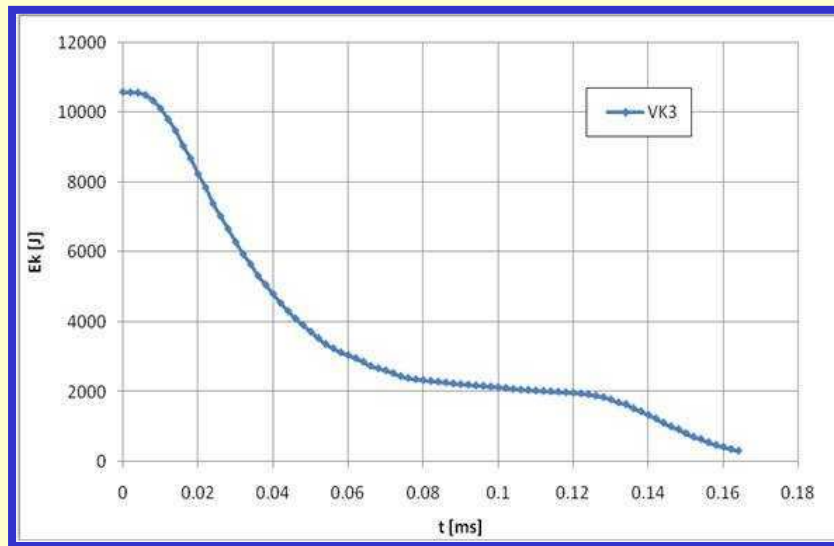


**Badania realizuje: A. Morka**

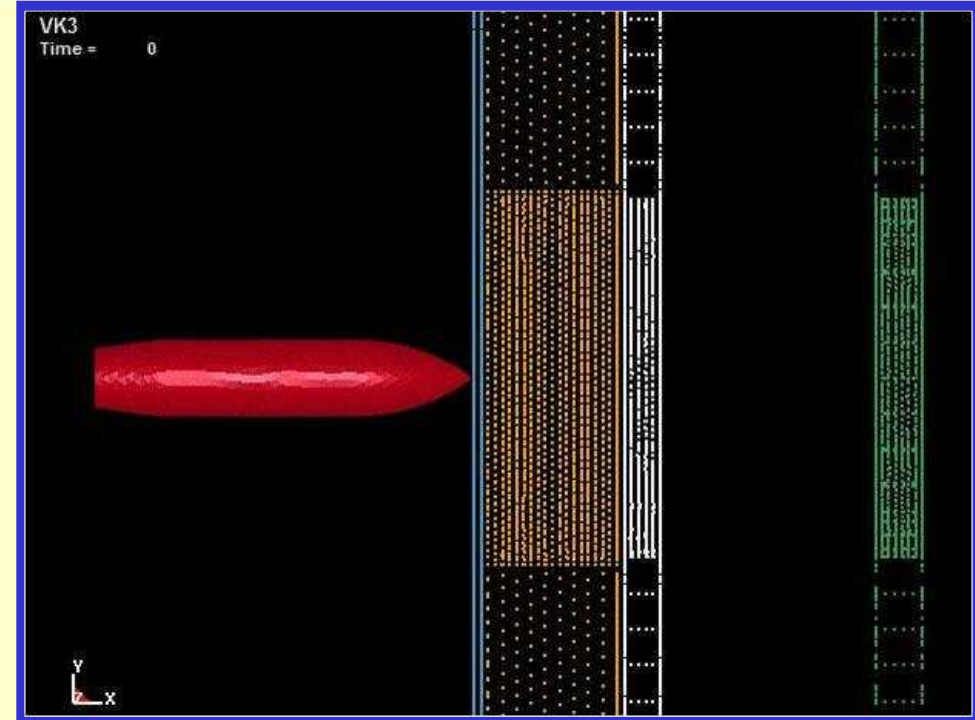


## ARMOR PANELS PERFORATION

- projectile 12.7x108mm B32,
- $V_0=830$  m/s,



Badania realizuje: A. Morka



## OPIS KONFIGURACJI KLASTRA „CHROBRY” w p. 23c/62

- **CPU'S:** 114 procesorów AMD 64-bit Opteron
  - 4 węzły obliczeniowe po 16 procesorów każdy (quadcore) (1U)
  - 6 węzły obliczeniowe po 8 proc. każdy (dualcore) (2U)
  - 1 węzeł zarządzania/dostępu 2 procesory
- **RAM:** 96 Gbytes: po 2 GB na każdy procesor oblicz.  
256 Gbytes: po 4 GB na każdy procesor oblicz.
- **HDD:** 2,3 TBytes
- 16 x port Gigabit Switch
- 2 x UPS po 3 kW każdy (wymiana baterii w 2008)
- Szafa rackmount + Big Tower
- Urządzenia wentylacyjno-klimatyzacyjne



## Wymagania programowe – kody numeryczne z otwartymi modułami użytkownika

## Wymagania sprzętowe

## OPIS KONFIGURACJI: SOFTWARE

- **System operacyjny:**
  - Linux 64-bit SuSe 10



- **System zarządzania zasobami klastra:**
  - OAR



- **Oprogramowanie użytkowe:**

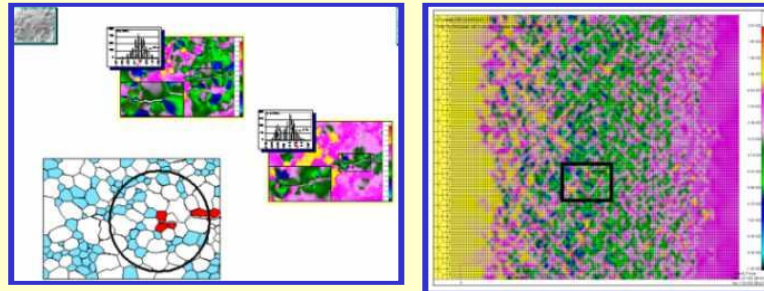
- LSTC LS-Dyna
- MSC.Nastran
- MSC.Marc
- MSC.Dytran
- Matlab
- Catia



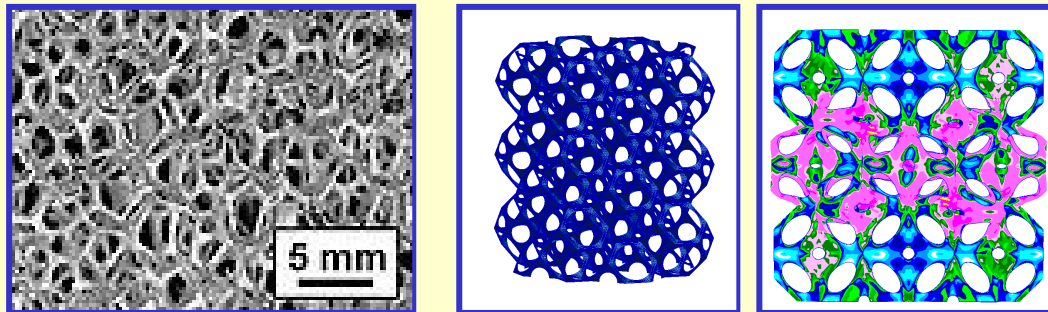
- **Obecnie badania numeryczne - 75% udział w procedurach badawczych (raport NSF)**
- **Ciągły rozwój metod numerycznych:**
  - **(SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics* - wygładzona hydrodynamika cząstek) – jest to metoda numeryczna służąca do przeprowadzania symulacji numerycznych zachowania się płynów .**
  - **MESHLESS LOCAL PETROV-GALERKIN METHOD (MLPGM) MLPG – metoda bezsiatkowa, i inne.....**
- **Kierunki stosowania badań numerycznych:**
  - **udoskonalania w zakresie opisu konstrukcji (NURBS) – doskonalenie rozwiązań oraz opis nowych konstrukcji,**
  - **badania na kierunku poszukiwania nowych materiałów**
- **Badania numeryczne muszą być uzupełniane badaniami eksperymentalnymi m. in. dla potrzeb walidacji wyników z modelowania**
- **Nowe kierunki badań: modelowanie nanostruktur, modelowanie związków chemicznych – poszukiwanie nowych lekarstw, itp.**



- Modelowanie zjawisk pogodowych: powodzie, pożary, skutki oddziaływań huraganów, rozpraszanie się zanieczyszczeń w powietrzu, itp.
- Katedra nasza prowadzi badania na kierunku doboru właściwości materiałowych spełniających określone wymagania z uwagi na działające obciążenia poprzez symulacje numeryczne materiałów :
  - o strukturze gradientowej (z uwagi na odporność warstw wierzchnich)



- z uwagi na energochłonność (struktura materiałów porowatych)



- sterowanie właściwościami poprzez pole magnetyczne, itp.

**DZIĘKUJĘ BARDZO ZA UWAGĘ  
I ZAPRASZAMY SERDECZNIE DO WSPÓŁPRACY**

**Zespół Katedry Mechaniki i Informatyki Stosowanej  
Wydział Mechaniczny  
Wojskowa Akademia Techniczna  
<http://kmiis.wme.wat.edu.pl>**

