

## Materiały inteligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie

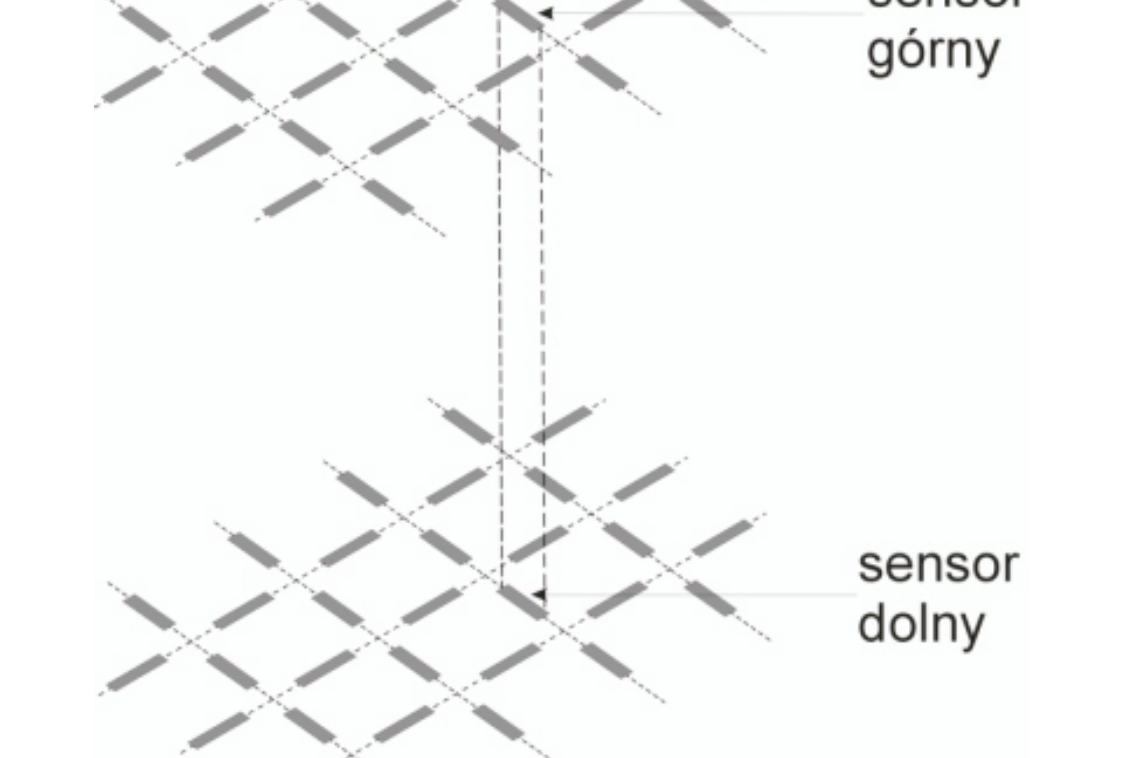
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

### Wyniki badań

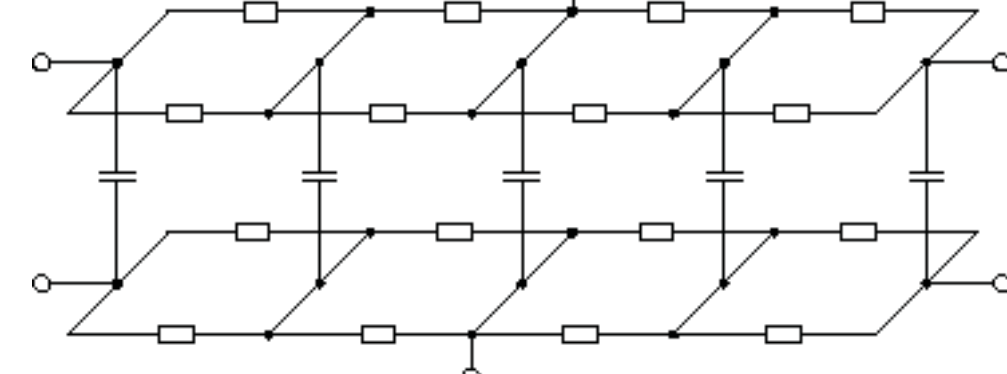
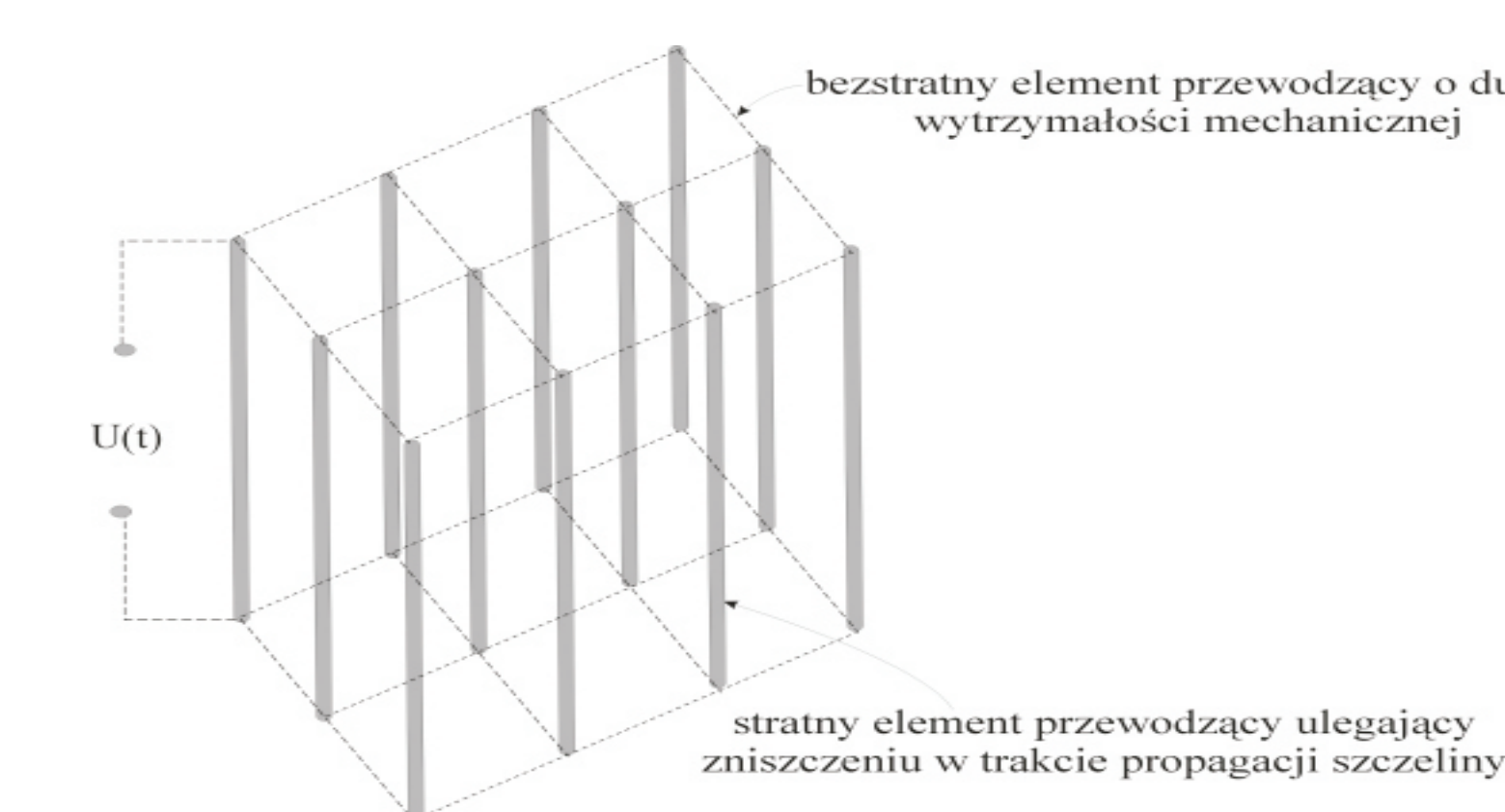
#### Opracowanie narzędzi numerycznych do modelowania SESModelowanie, projektowanie i wytwarzanie SES do zadań aplikacyjnych.

Systemy SES dla lotnictwa (SES - ang. Smart Embedded Systems)

Monitorowanie struktur kompozytowych (poszycie skrzydła, łopata wirnika), wykrywanie delaminacji, monitorowanie stanu połączeń elementów



Siatka trójwymiarowa czujników piezoelektrycznych umożliwiająca pomiar odkształceń dynamicznych górnej i dolnej powierzchni badanej struktury

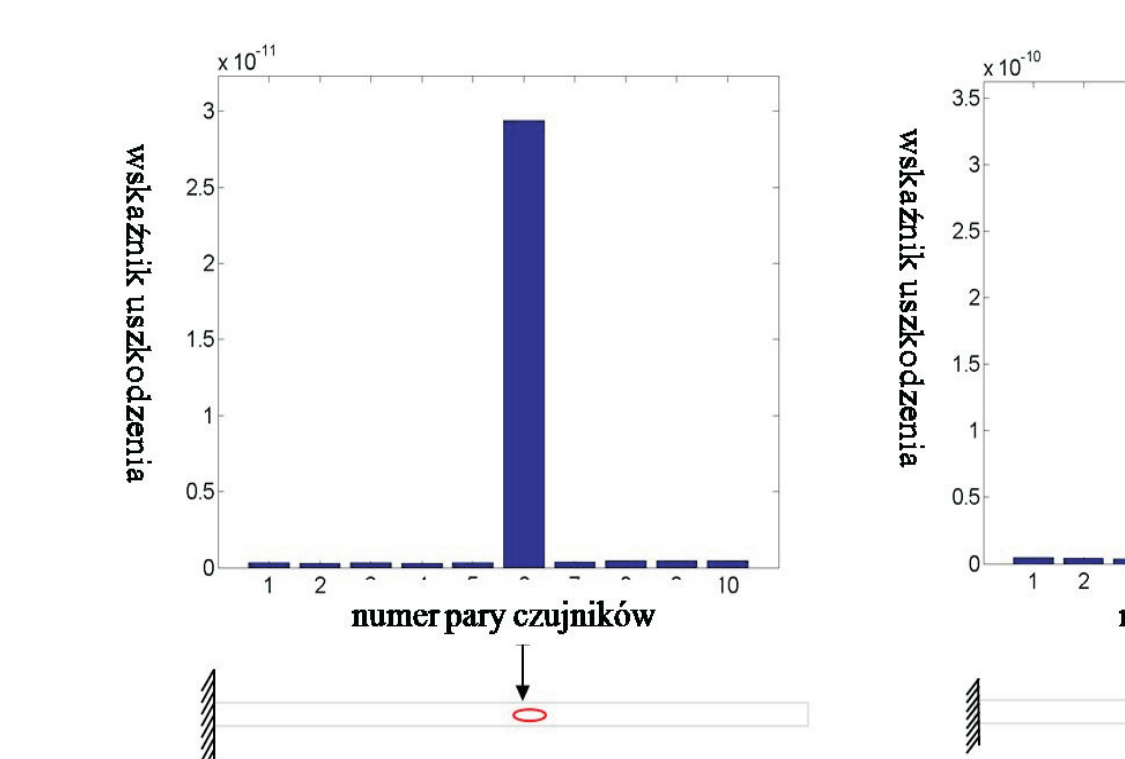
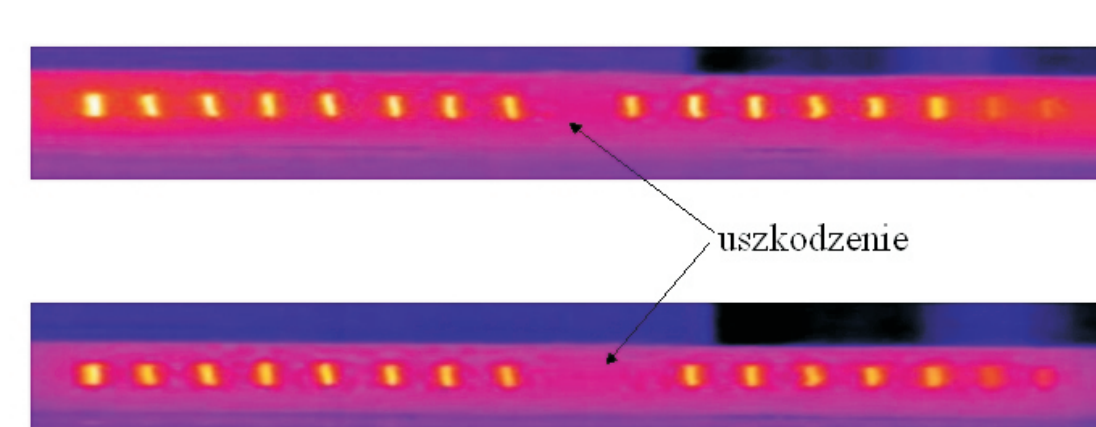


Zintegrowany obwód elektryczny umożliwiający identyfikację uszkodzeń w strukturach warstwowych

Siatka trójwymiarowa zasilana elektrycznie umożliwiająca identyfikację uszkodzeń przy pomocy technik termowizyjnych

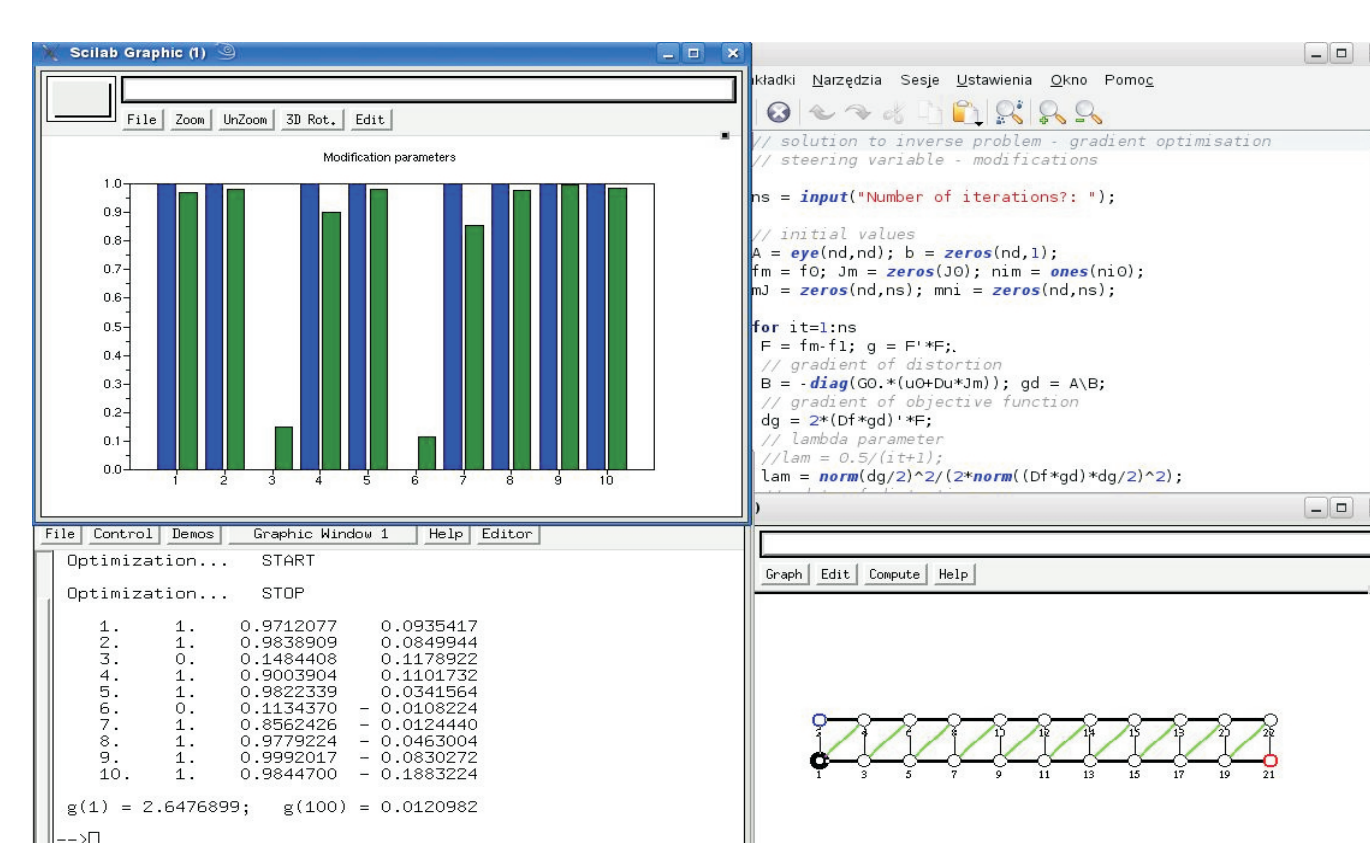
Wstępne eksperymentalne próby wykrywania rozwoju delaminacji przy użyciu techniki termowizyjnej.

Przykład wykrywania delaminacji w kompozycie warstwowym



Rozkład pola temperatury (wymuszony przez siatkę z materiału przewodzącego zintegrowanego ze strukturą kompozytu) rejestrowany w próbce kompozytowej o różnym stopniu uszkodzenia. Obszar pozbawiony źródeł ciepła (brak jasnych pól na obrazie) jest identyfikowany jako uszkodzony.

Wynik identyfikacji delaminacji o różnym rozmiarze za pomocą siatki czujników piezoelektrycznych w dwuwarstwowej konstrukcji wspornikowej

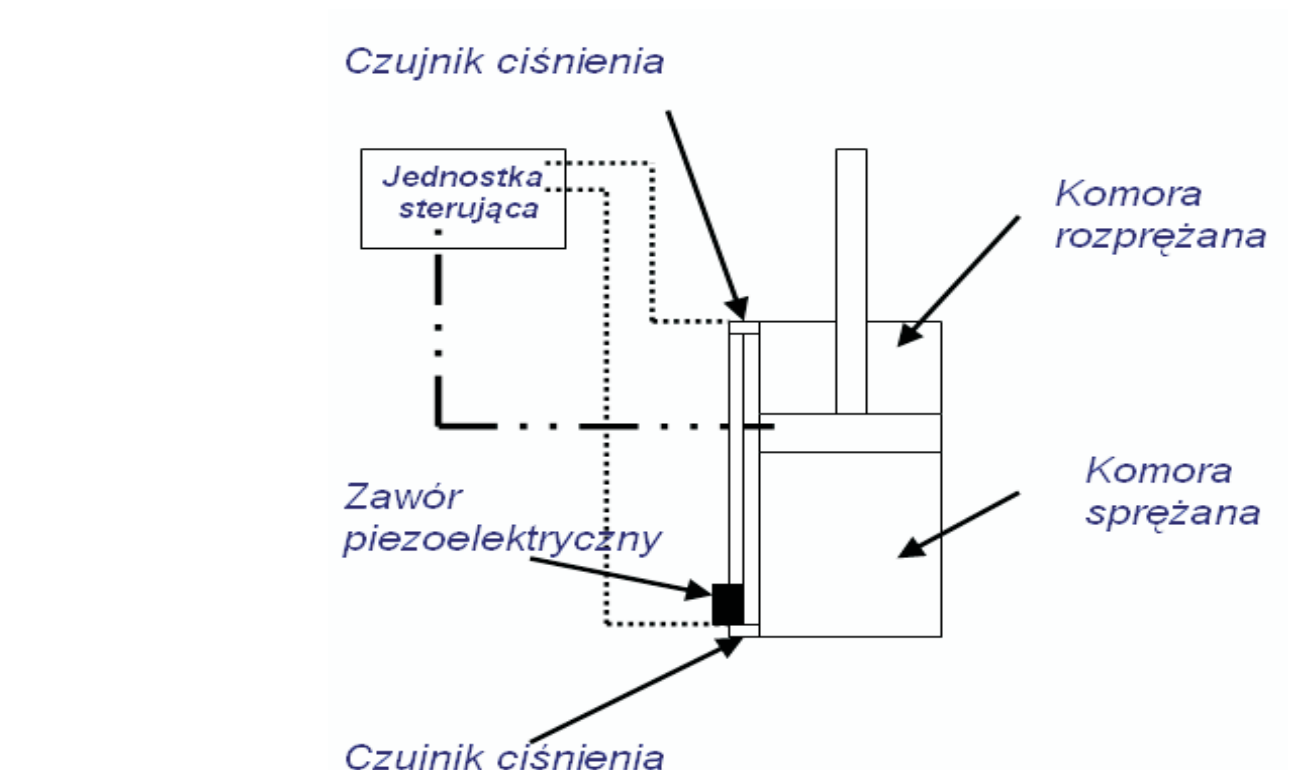


Modelowanie obwodów elektrycznych zintegrowanych w strukturach kompozytowych oraz identyfikacja powstających w nich defektów dla przypadku zasilania sygnałami ustalonymi DC/AC

#### Opanowanie wytwarzania HPA (aktywatorów o dużej wydajności skoku i prędkości odpowiedzi). Zawór HPV o dużej wydajności.

HPA – aktywator o dużej wydajności skoku i prędkości odpowiedzi

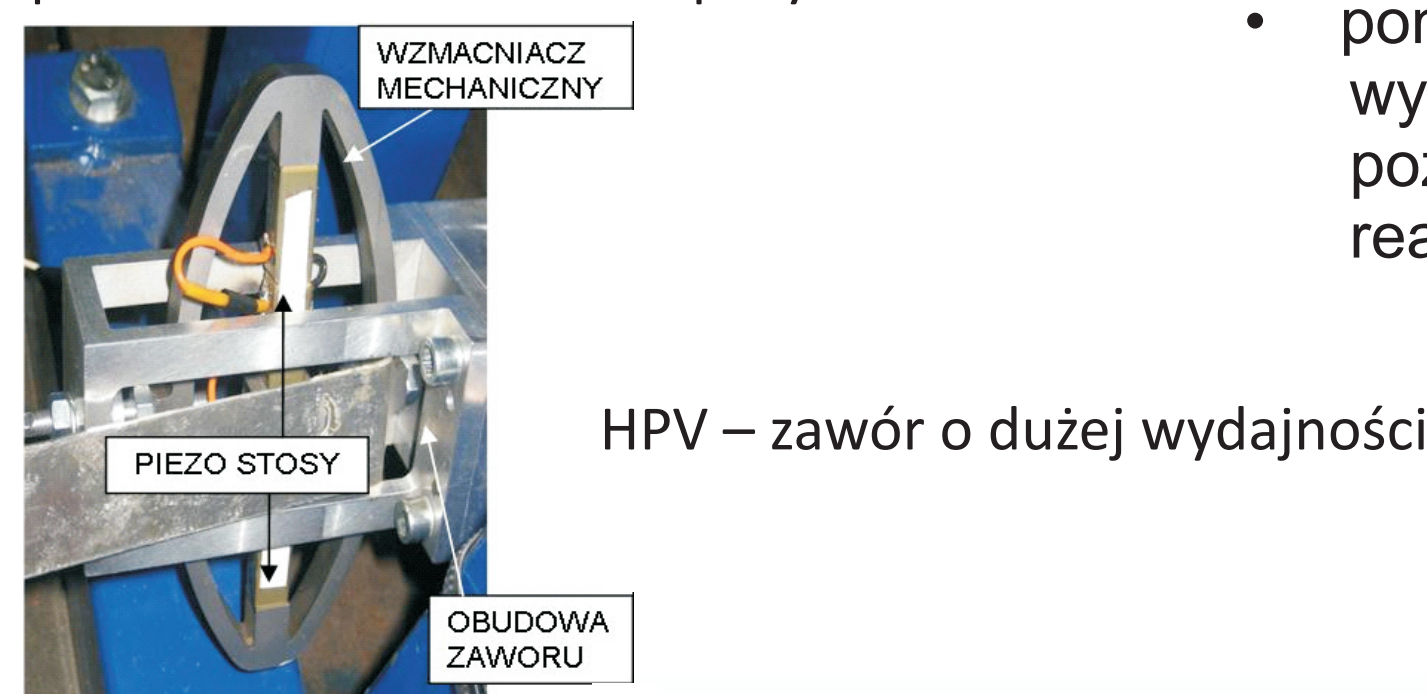
**Cel zadania:** Skonstruowanie adaptacyjnego absorbera pneumatycznego o dużej wydajności skoku sterowanego przy pomocy szybkiego zaworu piezoelektrycznego  
**Zastosowanie HPA w lotnictwie:** Podwozie lekkiego samolotu bezzałogowego minimalizujące siły dynamiczne działające na samolot podczas lądowania.



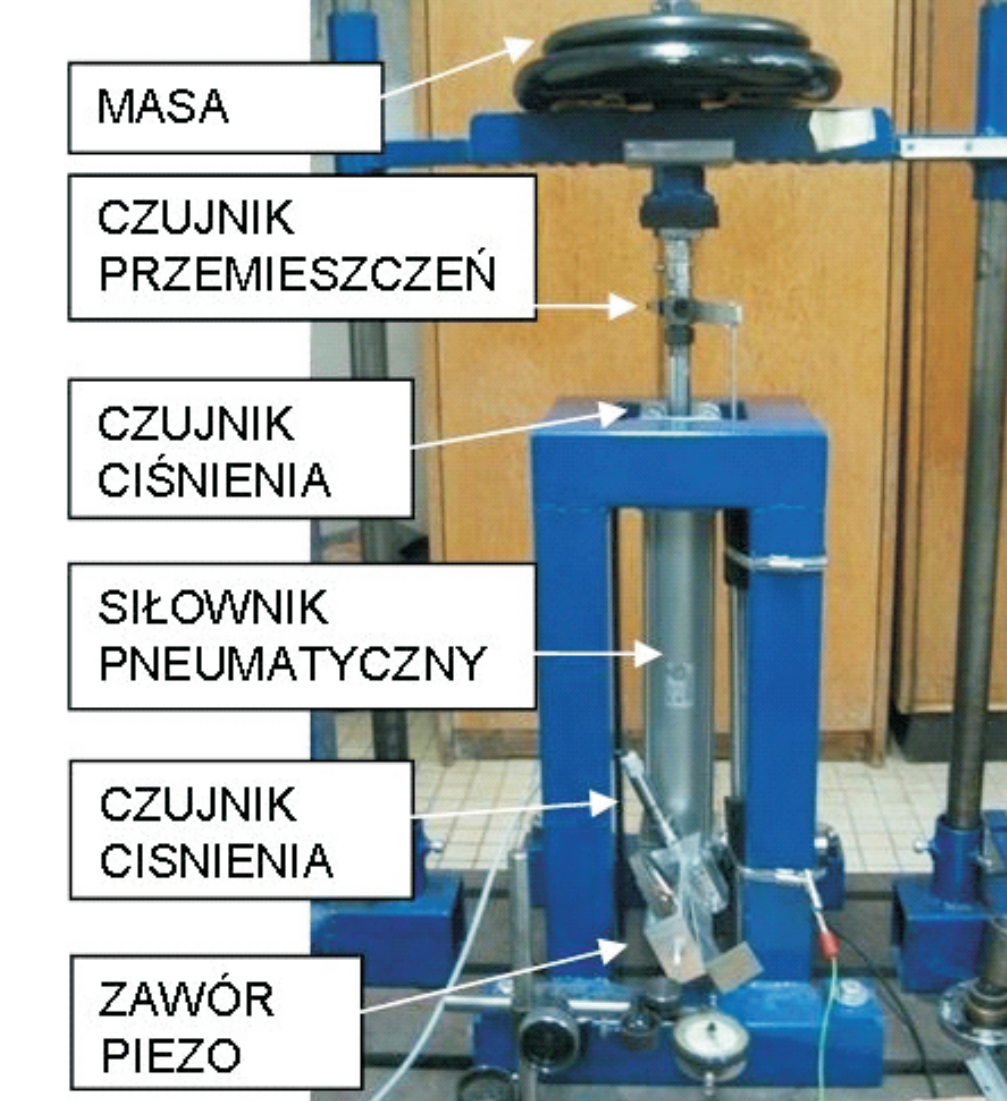
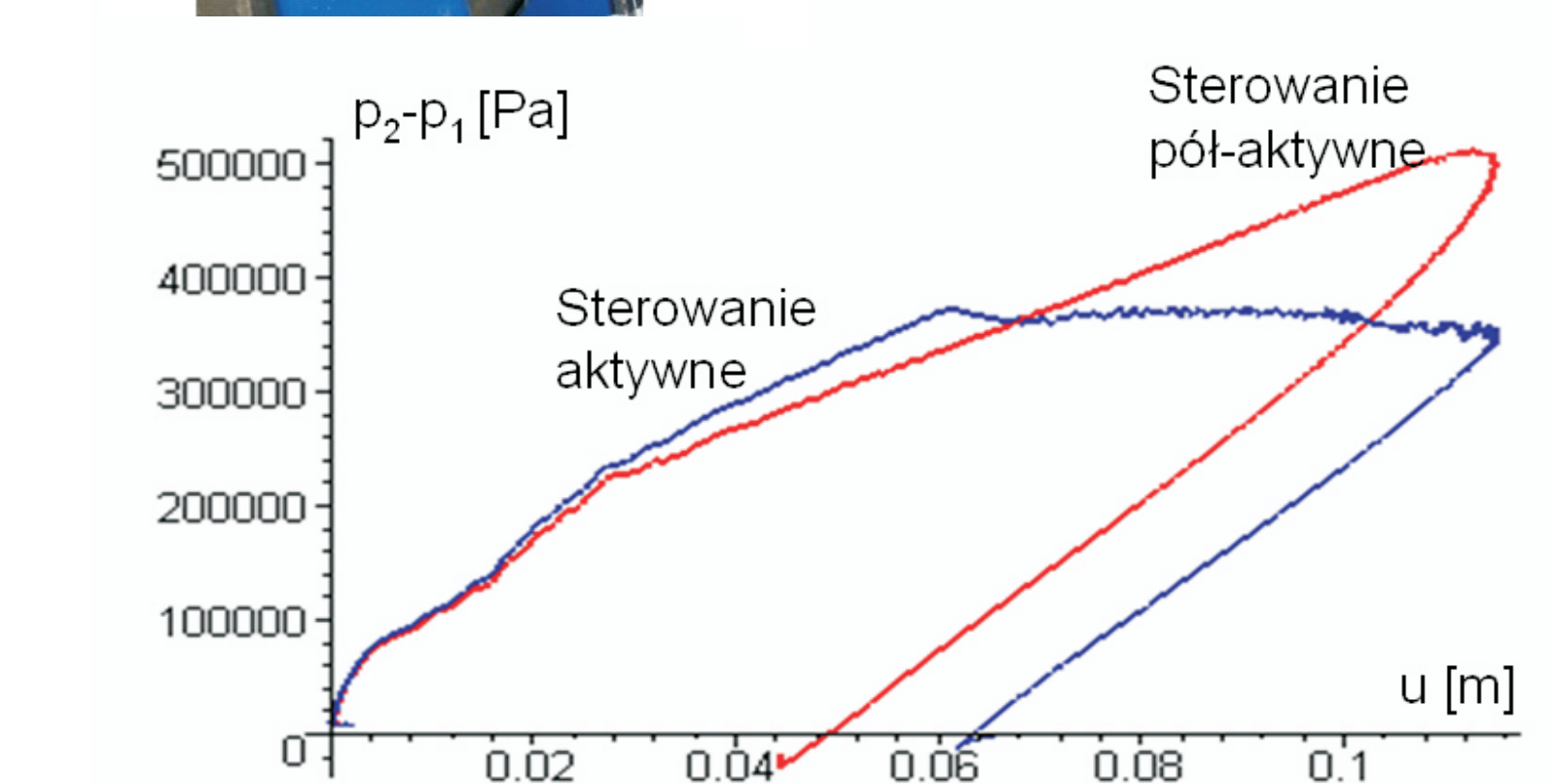
**Zasada działania:**

- zawór piezoelektryczny (czas odpowiedzi: 2ms) steruje przepływem powietrza pomiędzy dolną i górną komorą cylindra
- pomiary ciśnienia wewnątrz obu komór są wykorzystywane do sterowania zaworem pozwalającego na utrzymanie stałej siły reakcji amortyzatora

Przeprowadzone badania eksperymentalne:

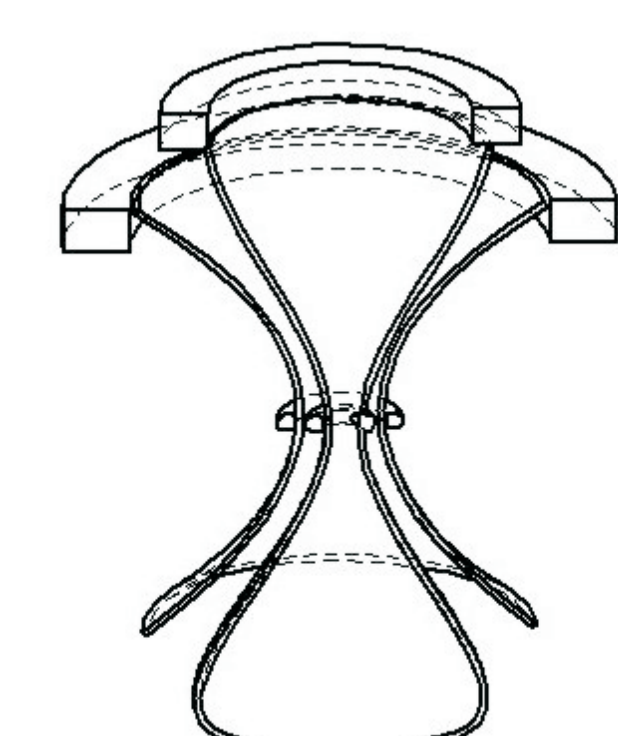


HPV – zawór o dużej wydajności

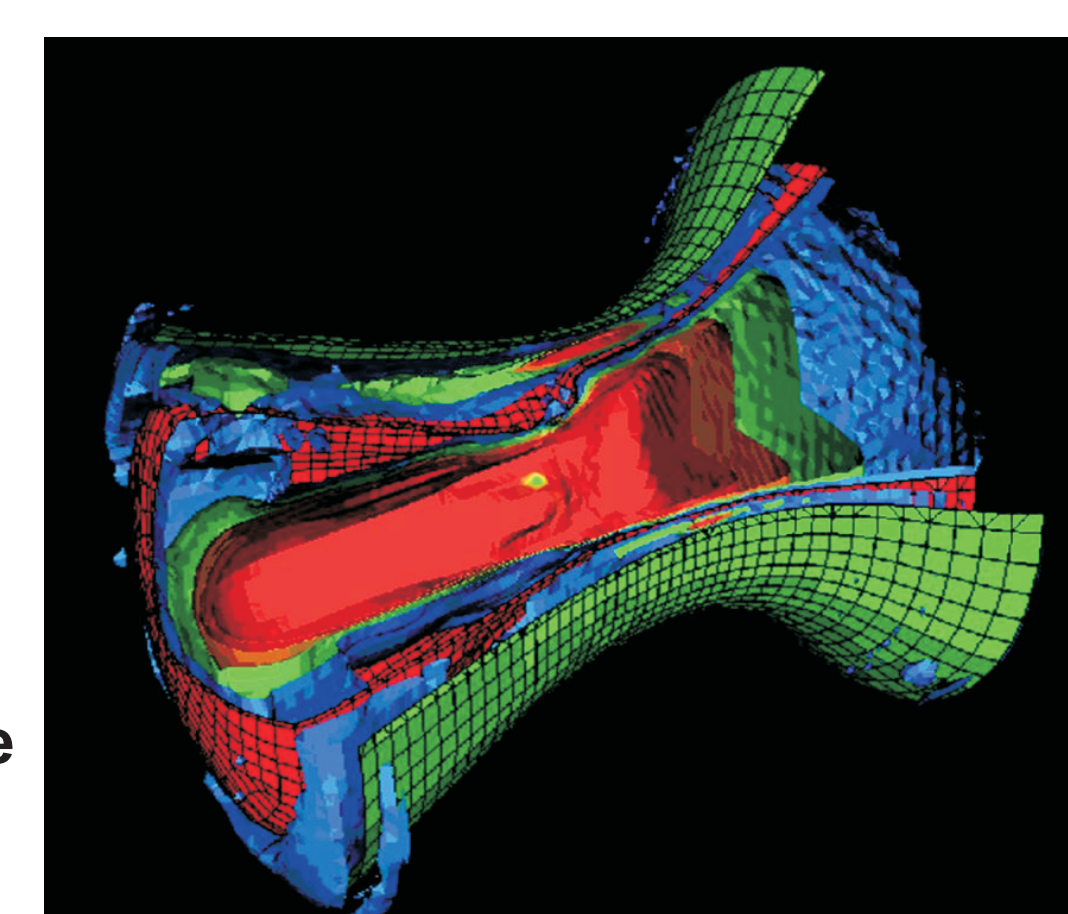


#### Cel zadania:

Skonstruowanie szybkiego i lekkiego sterowalnego zaworu do poduszki powietrznej umożliwiającego wypływ dużej ilości gazu  
**Zastosowanie HPV w lotnictwie:** Zewnętrzna poduszka bezpieczeństwa do śmigłowca zwiększająca bezpieczeństwo pasażerów podczas awaryjnego lądowania

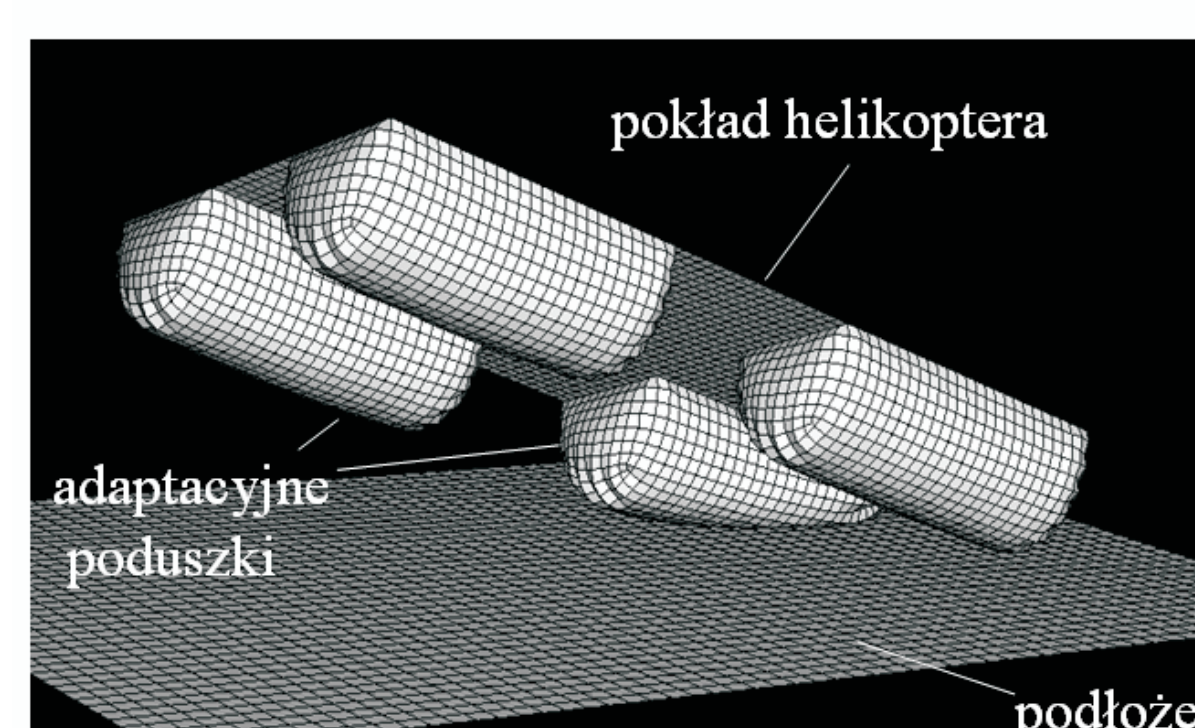


Schemat zaworu HPV



Zastrzeżenie patentowe Nr P-385086

Symulacja numeryczna zamknięcia zaworu HPV



Symulacja numeryczna awaryjnego lądowania

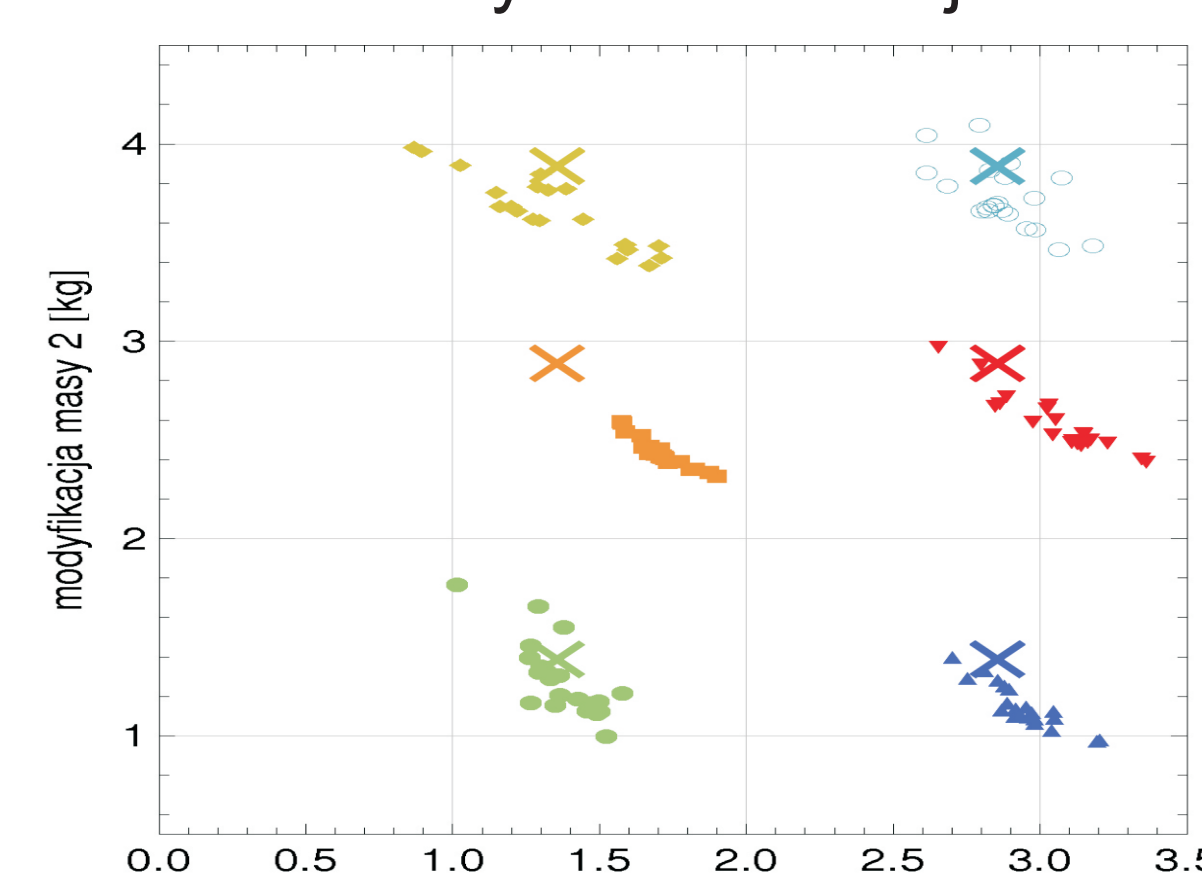


Zastosowanie zewnętrznej poduszki w helikopterze wojskowym (Rafael)

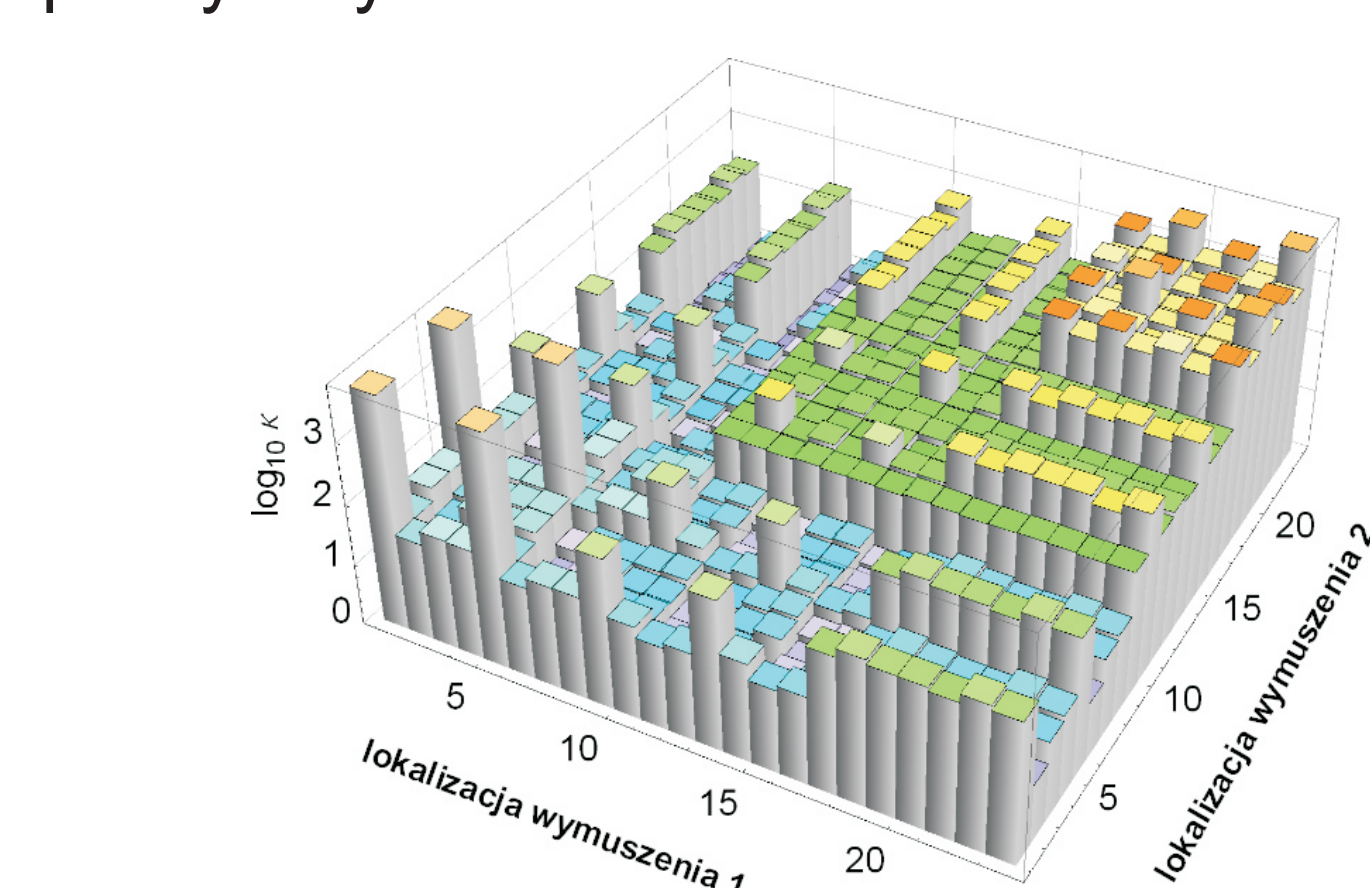
#### Monitorowanie obciążeń dynamicznych – monitorowanie on-line procesu przyziemienia, odtwarzanie przebiegu procesu lądowania oraz post-identyfikacja kolizji

##### Cele badań

- Izolacja i lokalne monitorowanie krytycznych fragmentów konstrukcji (np. podwozie, łopaty)
- Monitorowanie typu "black-box", tj. bez użycia modelu numerycznego monitorowanego obiektu
- Jednoczesna identyfikacja dynamicznych obciążeń i uszkodzeń monitorowanego fragmentu konstrukcji
- Opracowano metodę numerycznej izolacji krytycznych fragmentów konstrukcji w celu ich lokalnego monitoringu (np. łopaty, podwozie) przy wykorzystaniu danych wyłącznie eksperymentalnych
- Opracowano bezmodelową ("black-box") metodę identyfikacji modyfikacji masy konstrukcji
- Opracowano metodę jednoczesnej identyfikacji obciążenia dynamicznego oraz modelu i intensywności nieznanego uszkodzenia (pęknięcie, korozja, wyboczenie itp.)
- Sformułowano i przeanalizowano zadanie identyfikacji punktowego nieelastycznego uderzenia masy w konstrukcję
- Opracowano dwuetapową metodę identyfikacji tłumienia materiałowego (traktowanego jako wyznacznik uszkodzenia)
- Opracowano metodę szybkiej identyfikacji off-line obciążeń dynamicznych w nieliniowych konstrukcjach elastoplastycznych



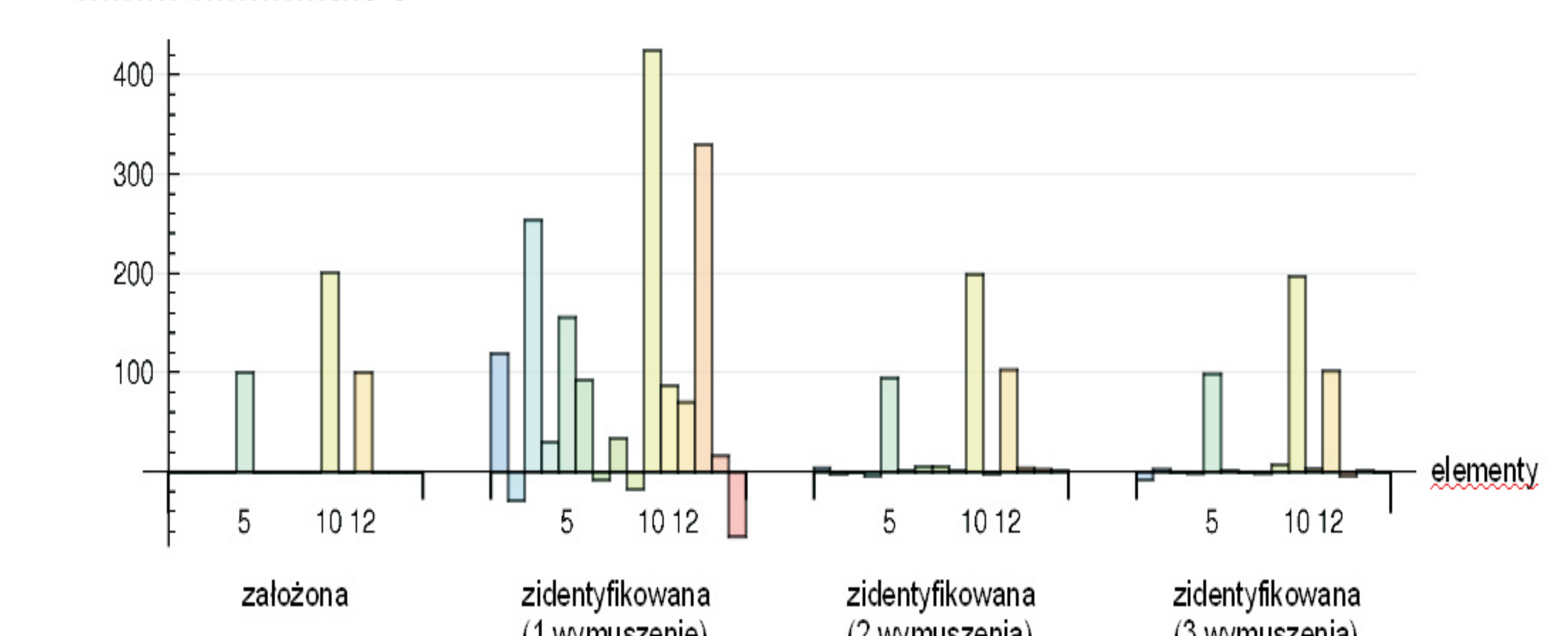
Porównanie rzeczywistych i bezmodelowo zidentyfikowanych modyfikacji masy konstrukcji (wyniki eksperymentalne, metoda typu „black-box”)



Optymalizacja lokalizacji wymuszeń testowych dla celów identyfikacji tłumienia materiałowego  
Na pionowej osi odwzorowano współczynnik uwarunkowania identyfikacji, tj. wrażliwość jej wyników na błędy pomiarowe

Krzyżykami oznaczono modyfikacje rzeczywiste, pozostałe symbole oznaczają wyniki identyfikacji

relatywna modyfikacja tłumienia materiałowego [%]



Porównanie rzeczywistej i zidentyfikowanej modyfikacji tłumienia materiałowego konstrukcji kratowej (przy wykorzystaniu jednego, dwóch i trzech wymuszeń testowych)

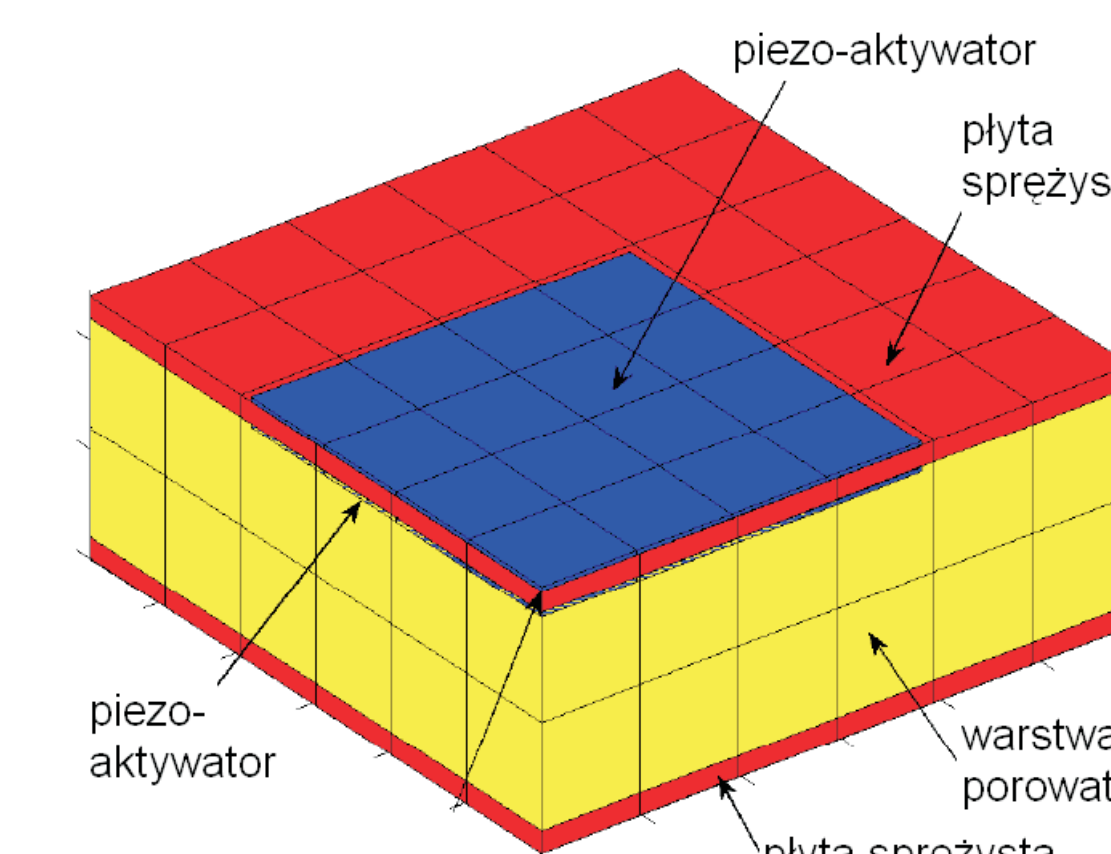
#### Adaptacyjna wibroakustyka i semi-aktywne techniki wyciszania kabiny

System dla rozwijania technologii zaawansowanych kompozytów do izolacji wibroakustycznej

- KOMPONENTY:
  - Materiały porowate
  - Struktury typu „plaster miodu”
  - Warstwy perforowane
  - Elementy aktywne

Zastosowanie technologii:
 

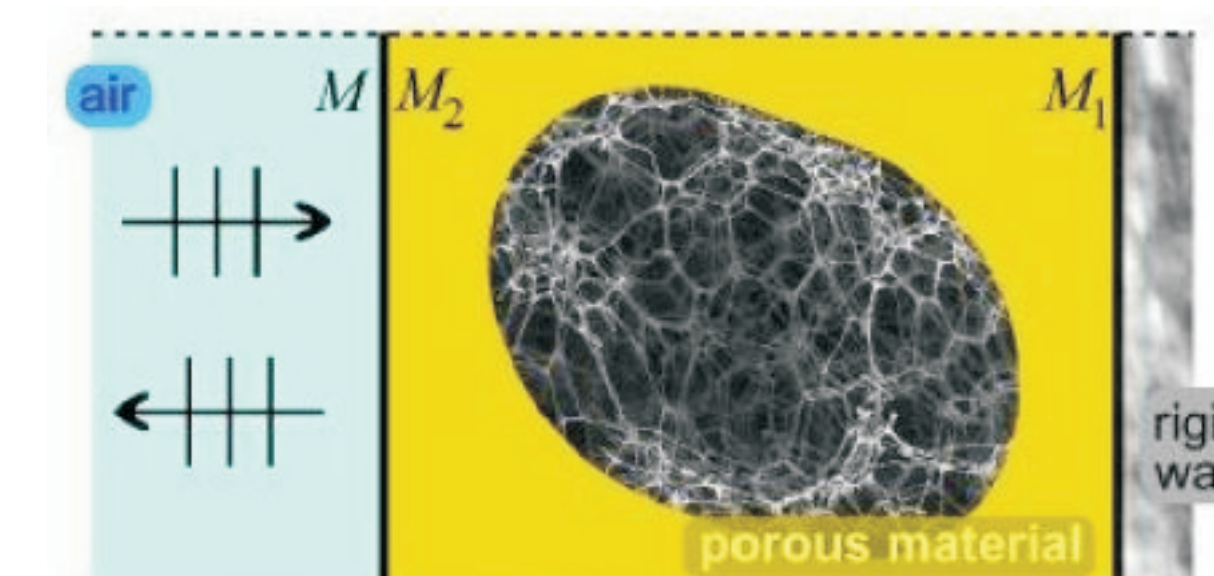
- Redukcja transmisji hałasu do wnętrza kabin samolotów i śmigłowców



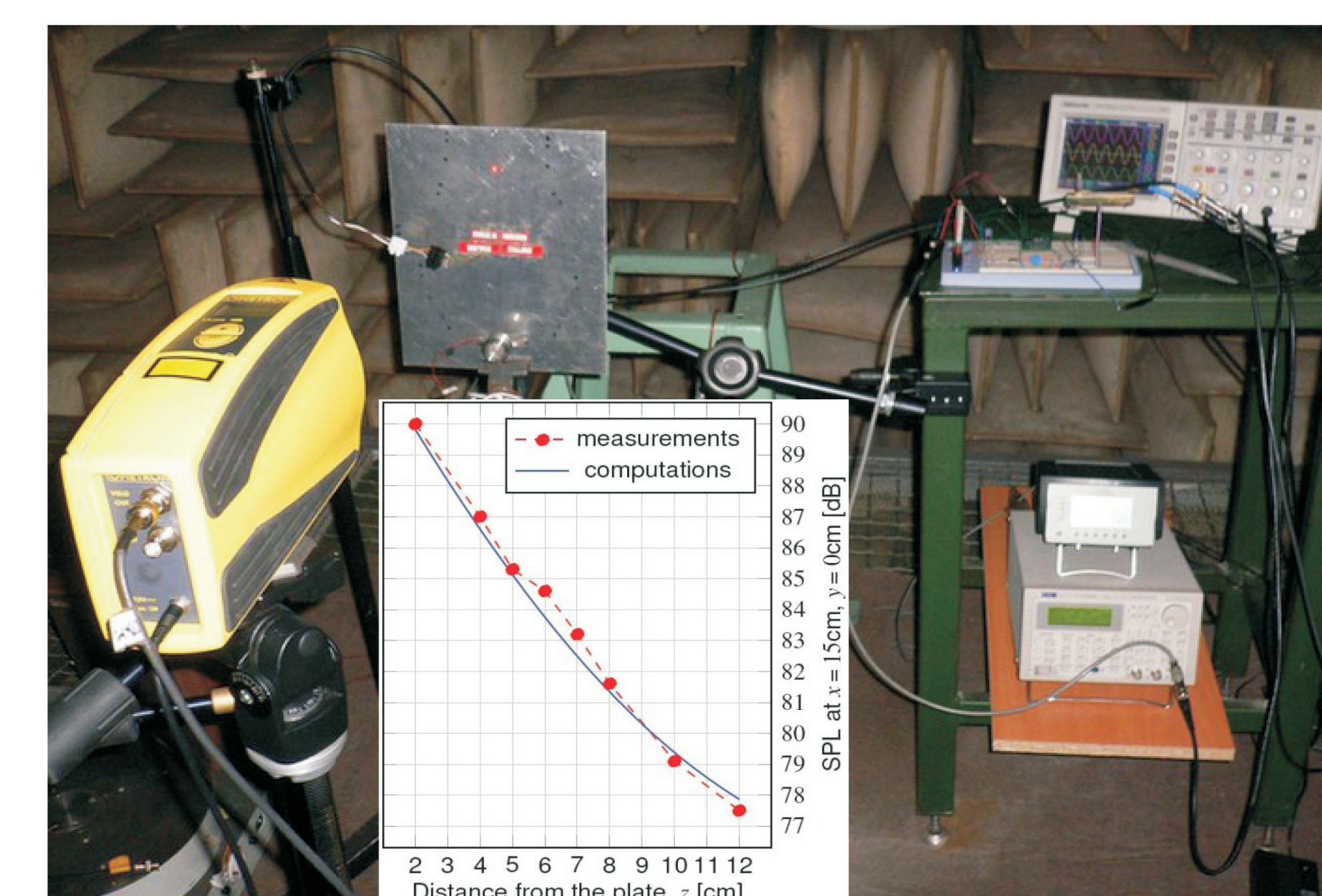
#### Modelowanie propagacji fal w strukturach wielowarstwowych

Zaawansowane modelowanie materiałowe

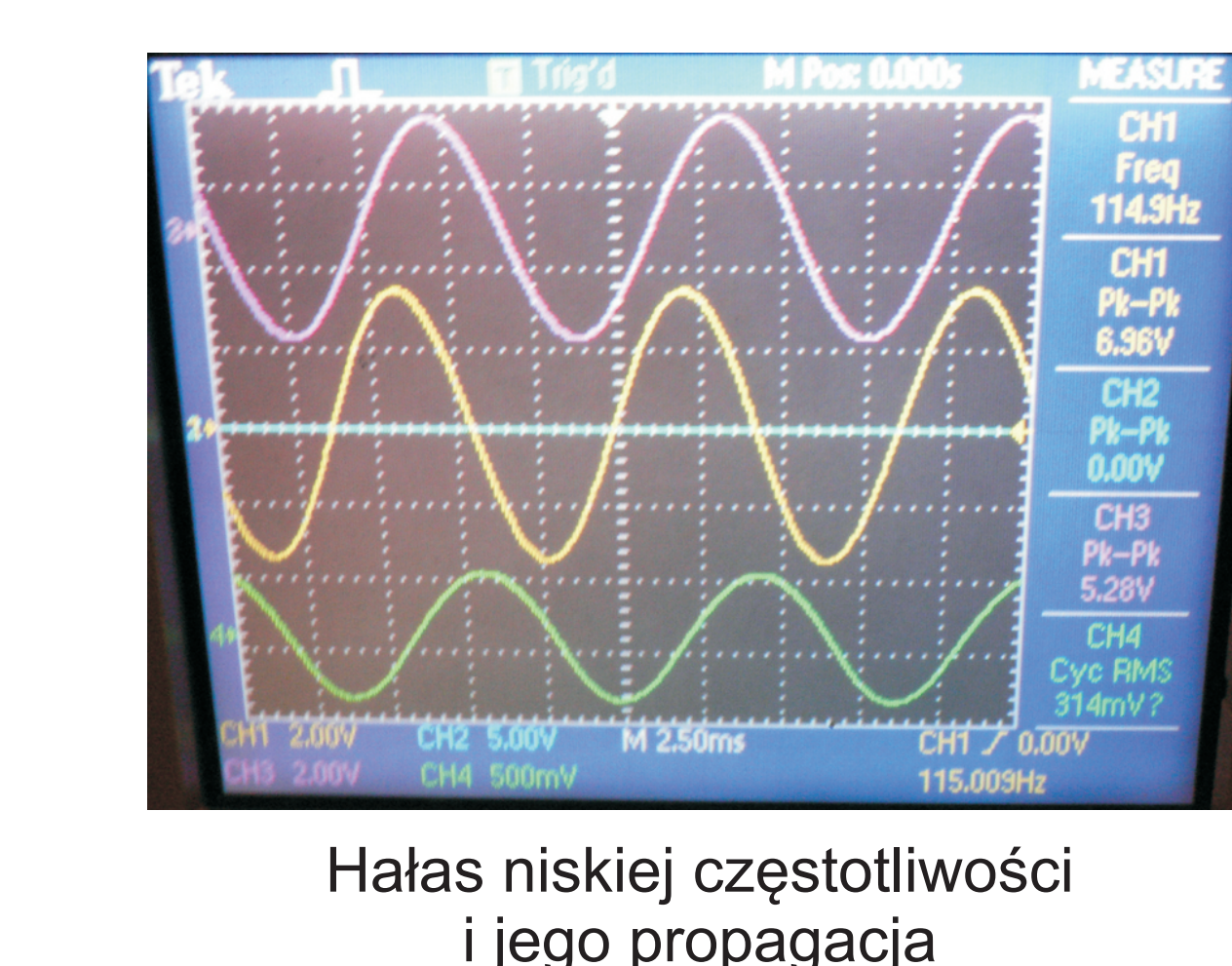
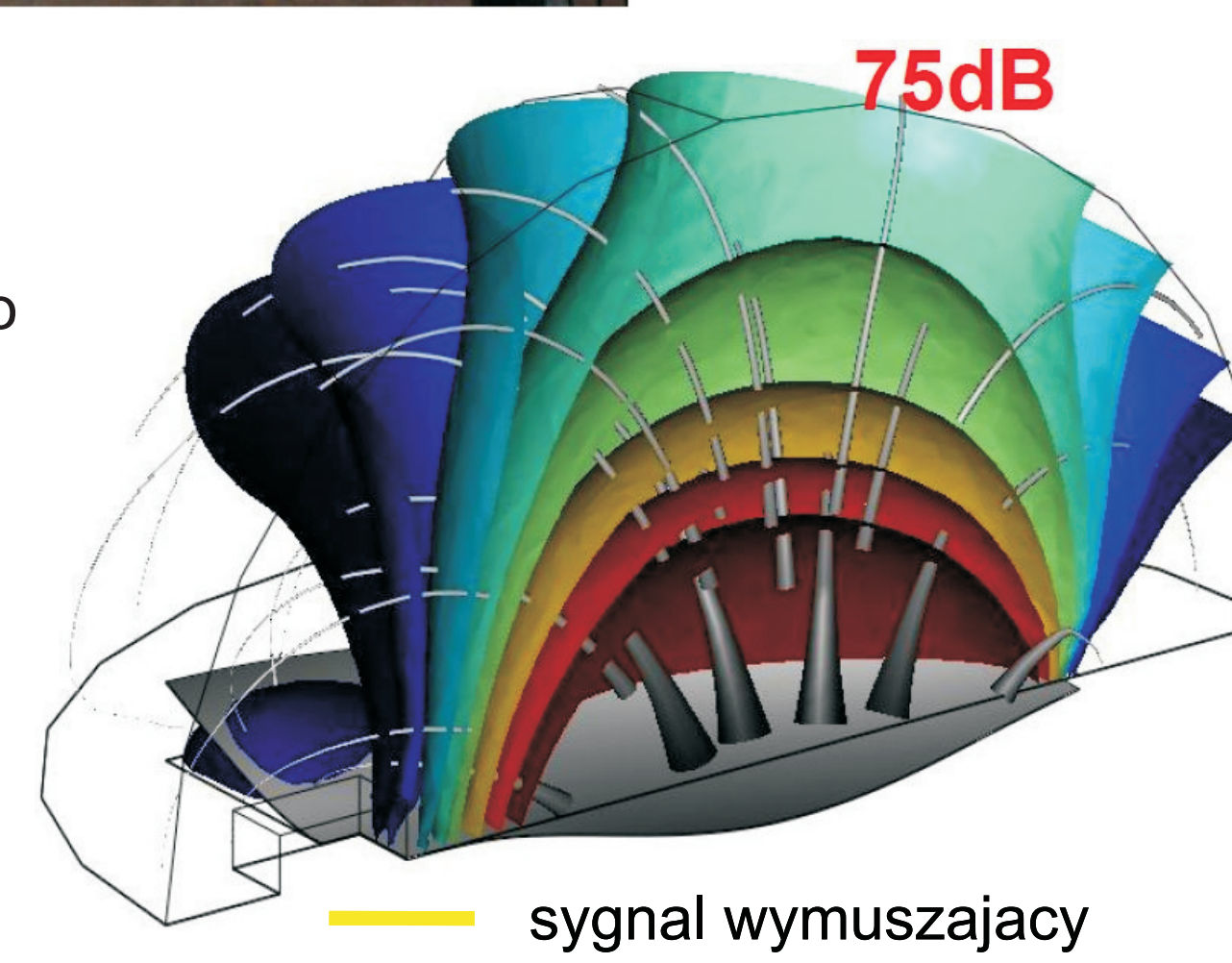
- Materiały porowate (zaawansowane modele)
- Struktury wielowarstwowe (poro-sprężysto-akustyczne)



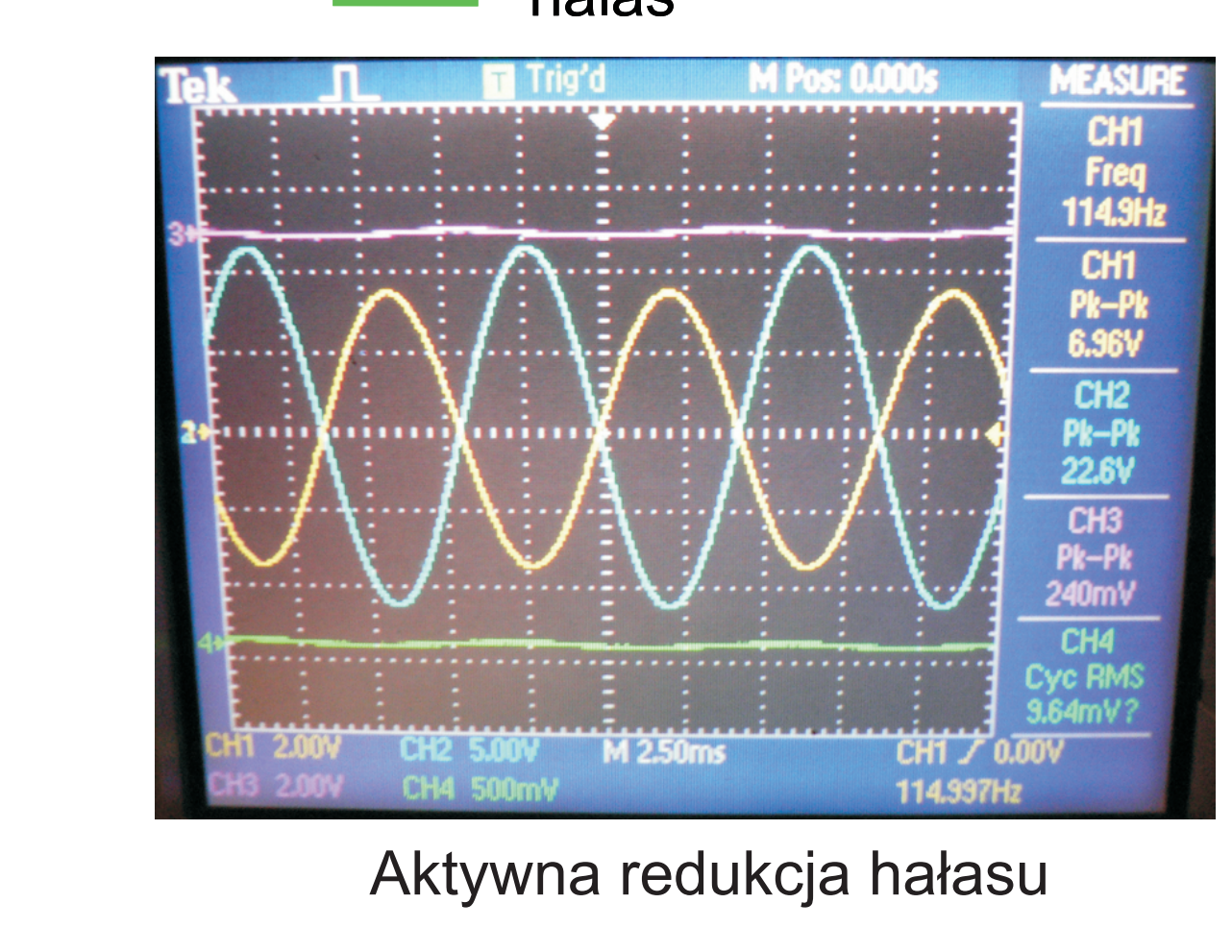
#### Weryfikacja eksperymentalna aktywnej redukcji hałasu wibroakustycznego o niskiej częstotliwości



- Fazy i cel eksperymentu:
- Symulacja hałasu o niskiej częstotliwości wywołanego wibracjami panelu sprężystego
  - Aktywna redukcja wibroakustyczna hałasu
  - Weryfikacja działania systemu aktywnego oraz wyników modelowania
- Sposób i cele modelowania:
- Modelowanie w pełni „multi-fizyczne” (drgania sprężyste, fale akustyczne, piezoelektryczność, interakcja/sprężenia)
  - Wyznaczenie poziomu hałasu
  - Dobór i lokalizacja piezo-aktywatorów



Hałas niskiej częstotliwości i jego propagacja



Aktywna redukcja hałasu

#### Wskaźniki realizacji celów projektu

##### Konferencje

- A. Orłowska, P. Kolakowski, "On-line identification of delamination - simulation and experiment", IV ECCOMAS THEMATIC CONFERENCE SMART'09, 13-15 JULY 2009, PORTO, PORTUGAL
- G. Mikulowski, P. Pawłowski, C. Graczykowski, R. Wiszowaty, J. Holnicki-Szulc, On a pneumatic adaptive landing gear system for a small aerial vehicle, Conference on Smart Materials and Structures, Porto, 2009
- J. Holnicki-Szulc, C. Graczykowski, G. Mikulowski, P. Pawłowski, Adaptive Impact Absorption, the concept, innovative solutions, applications, Proceeding of International Conference on Smart Materials and Structures, Porto, 2009
- Grzegorz Suwała, Łukasz Jankowski, Model-free identification of added mass, 8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, June 1-5, 2009, Lisbon, Portugal.
- Małgorzata Mróz, Łukasz Jankowski, Jan Holnicki-Szulc, A VDM-based method for fast reanalysis and identification of structural damping, 8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, June 1-5, 2009, Lisbon, Portugal.
- Tomasz G. Zieliński, Multiphysics Modeling and Demonstration Experiment of the Active Reduction of Structure-Borne Noise, The 2nd EU-China Workshop on Multiphysics Modeling, Simulation, Validation and Optimization, 30th March to 2nd April 2009, Harbin, China.
- Tomasz G. Zieliński, Multiphysics Modeling of the Concept of Active Porous Composites with Enhanced Acoustic Absorption, The 3rd EU-China Workshop on Multiphysics Modeling, Simulation, Validation and Optimization, 21st to 23rd September 2009, Brussels, Belgium.

##### Publikacje

- M. Kokot, J. Holnicki-Szulc, „Defect identification in Electrical Circuit via the Virtual Distortion Method. Part 1: Steady-state Case”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, vol.20, nr 12, str. 1465-1473
- Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, A substructure isolation method for local structural health monitoring, Journal of Structural Control and Health Monitoring, in review.
- Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, Isolation and local health monitoring of frame substructures using 7xed and free virtual supports, Computers and Structures, in review.
- Tomasz G. Zieliński, Michał Rak, Acoustic Absorption of Foams Coated with MR Fluid under the Influence of Magnetic Field, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, accepted for publication.