



# **PROJEKT ROZPROSZONEGO SYSTEMU MONITOROWANIA STANU TECHNICZNEGO KONSTRUKCJI WIELKOGABARYTOWYCH**

*Stanisław RADKOWSKI, Jacek DYBAŁA, Adam GAŁĘZIA,  
Szymon GONTARZ, Robert GUMIŃSKI, Marcin JASIŃSKI,  
Jędrzej MAĆZAK, Jarosław SEŃKO, Krzysztof SZCZUROWSKI*

Zintegrowane Środowiskowe Laboratorium Systemów Mechatronicznych Pojazdów

i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska

Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Polska

e-mail: [jma@simr.pw.edu.pl](mailto:jma@simr.pw.edu.pl)

Warszawa 2010



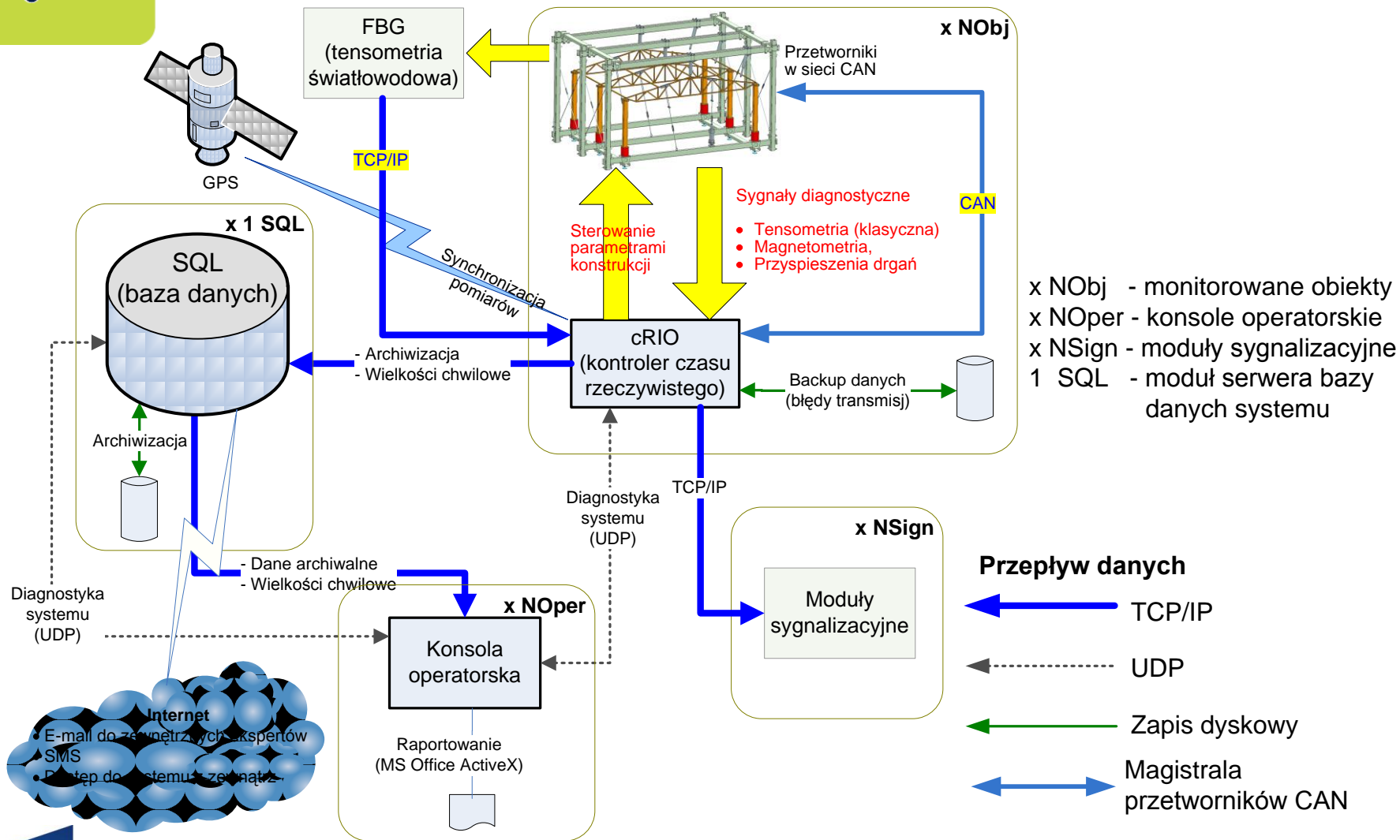
**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# Projekt rozproszonego systemu monitorowania stanu technicznego konstrukcji wielkogabarytowych



Stanowisko do testów systemu



**MECHATRONIKA**  
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH



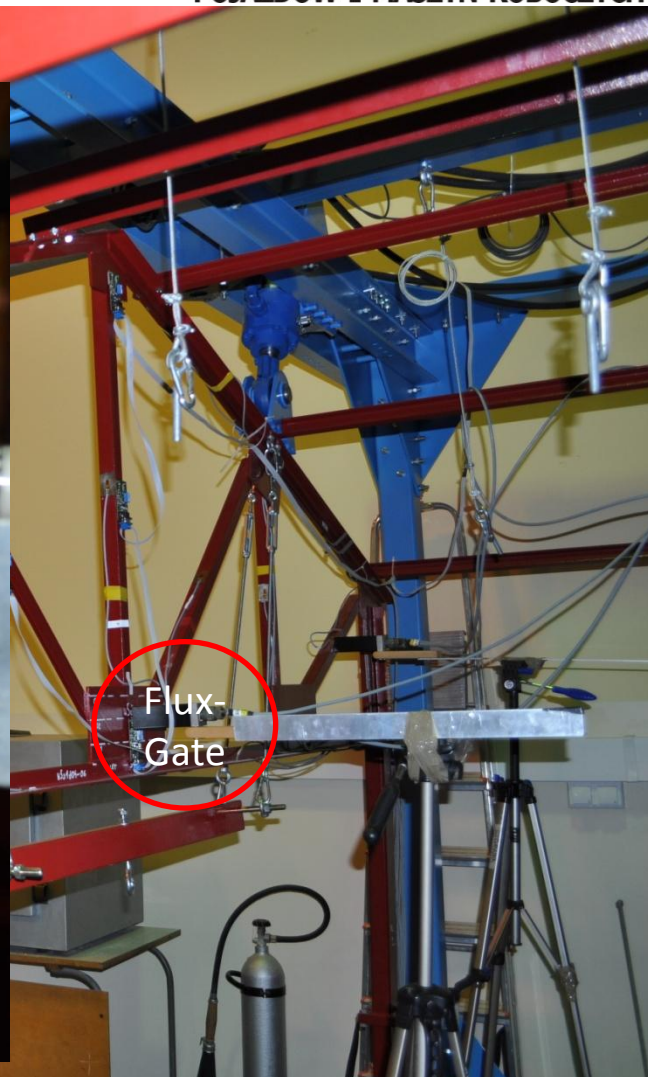
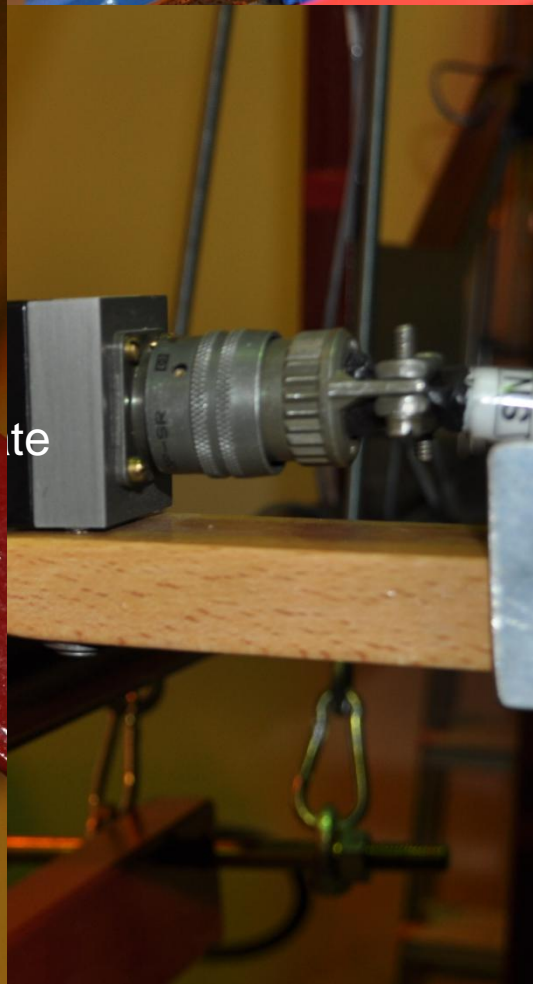
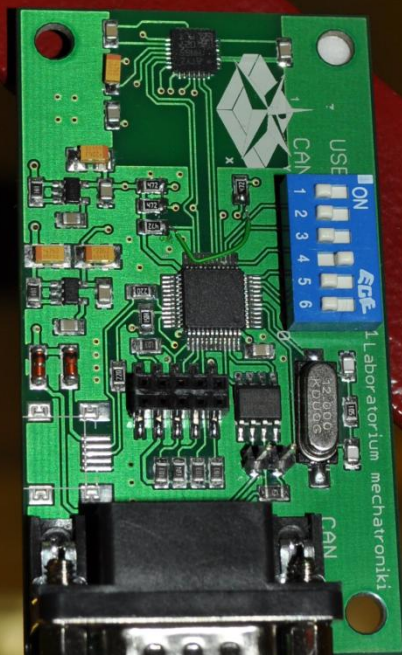
**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

# Testowane przetworniki

Czujnik pola magnetycznego  
i przyspieszeń  
(technologia MEMS)



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO





# Czujniki pola magnetycznego i przyspieszeń drgań konstrukcji



- Trzy kanały X Y Z
- $\mu$ C z rdzeniem ARM zapewniający wstępne przetwarzanie sygnału
- Interfejsy komunikacyjne CAN i USB

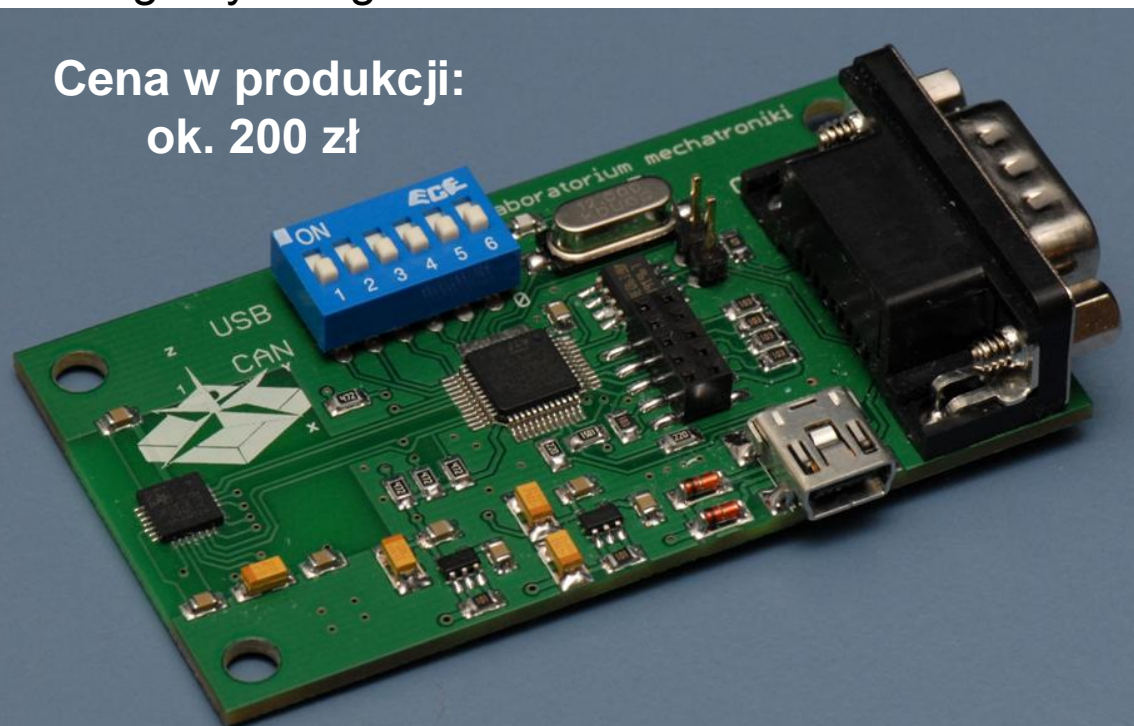
## Pole magnetyczne

- Rozdzielczość: 1mGauss / bit
- Częstotliwość pomiaru: 75Hz
- Maksymalny zakres pomiarowy pola magnetycznego: 8 Gaussów

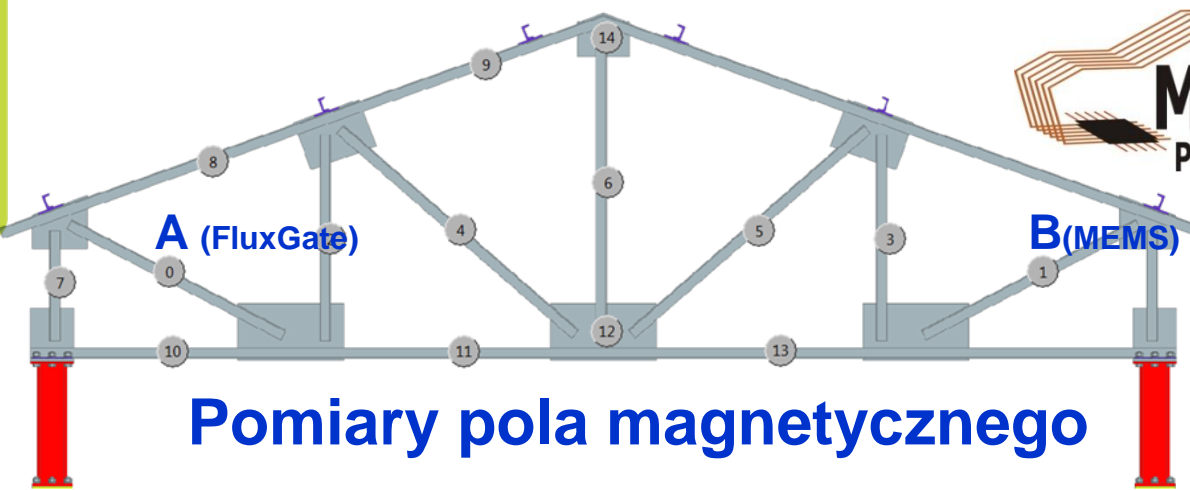
## Pomiar przyspieszeń drgań

- Zakresy pomiarowe przyspieszeń: 2, 4, 8g
- Częstotliwość pomiaru: 1kHz

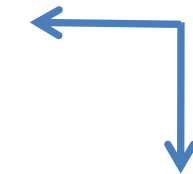
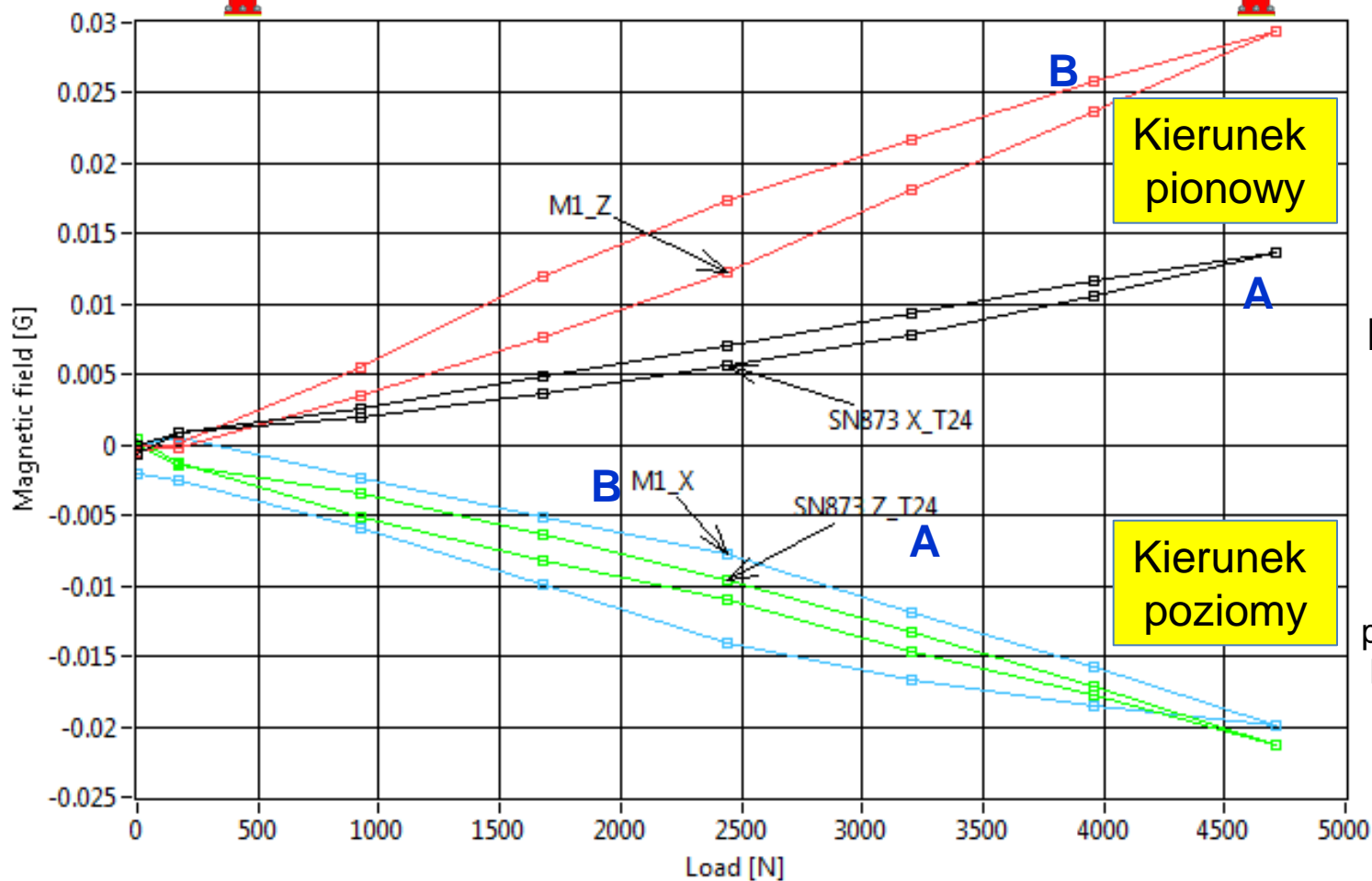
Cena w produkcji:  
ok. 200 zł



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



## Pomiary pola magnetycznego



SN873 X_T24	
M1_Z	
SN873 Z_T24	
M1_X	

Max. obciążenie podczas testu:  
~1/7 R<sub>e</sub>

Względne zmiany pola magnetycznego konstrukcji podczas eksperymentu (przyjęto poziom 0Gauss przy braku obciążenia)



## Wnioski z dotychczasowych badań własnego pola magnetycznego konstrukcji



- Wytężenie konstrukcji powoduje zmiany jej własnego pola magnetycznego, którego składowe są różnie skorelowane co do kierunku pomiaru.
- Jakościowa zmiana pola magnetycznego niesie ze sobą informacje o rodzaju naprężeń (ściskanie/rozciąganie).
- Zakłócenia w natężeniu pola magnetycznego, w którym znajduje się konstrukcja nie stanowią przeszkody w obserwacji zjawisk magnetomechanicznych.
- Zarówno czujniki magnetyczne transduktorowe (FluxGate), jak i czujniki wykonane w technologii MEMS są w stanie wykryć zmiany pola magnetycznego związane ze zmianą stanu naprężeń konstrukcji
- Zmiany własnego pola magnetycznego, powodowane zjawiskami magnetomechanicznymi są wystarczająco silne, aby można było je analizować z odległości (zdalny monitoring konstrukcji)

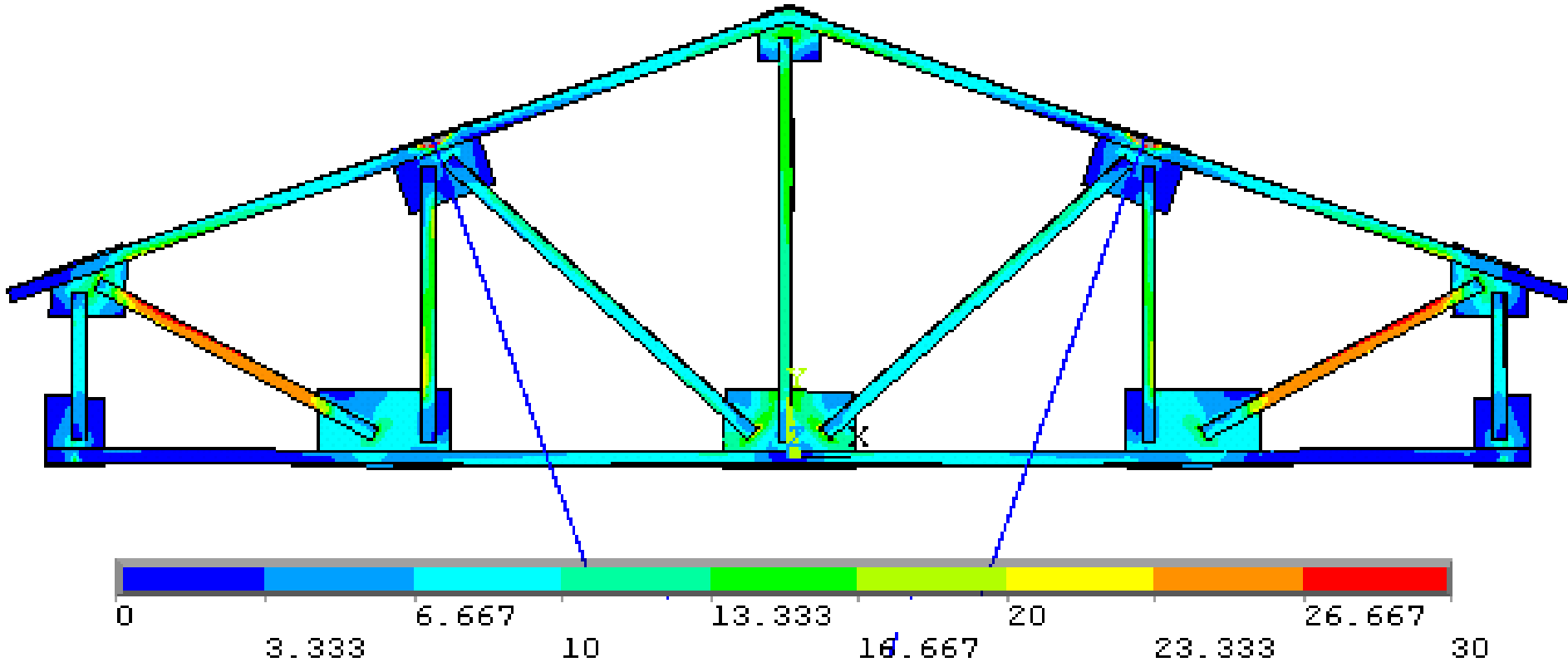


**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



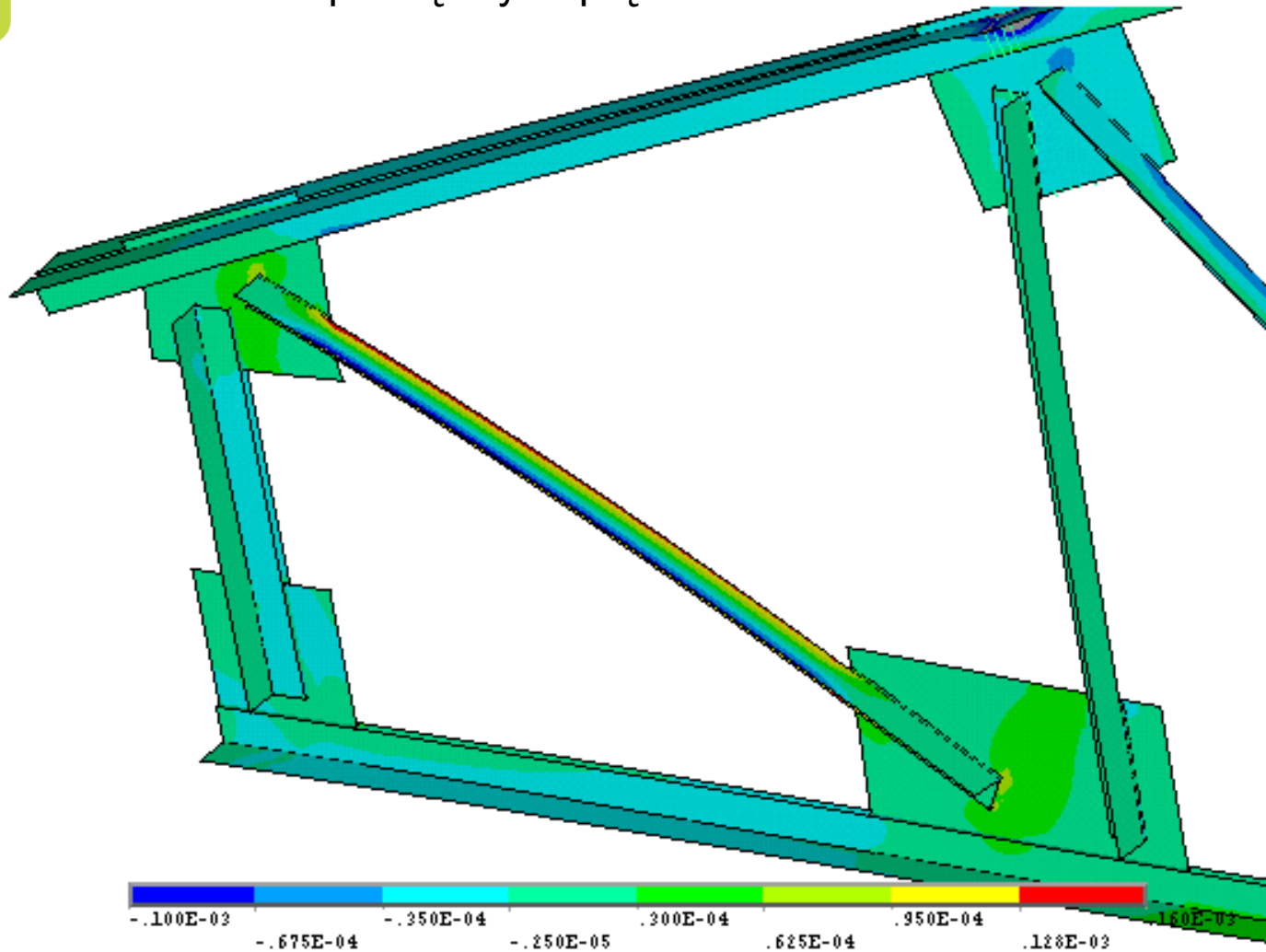


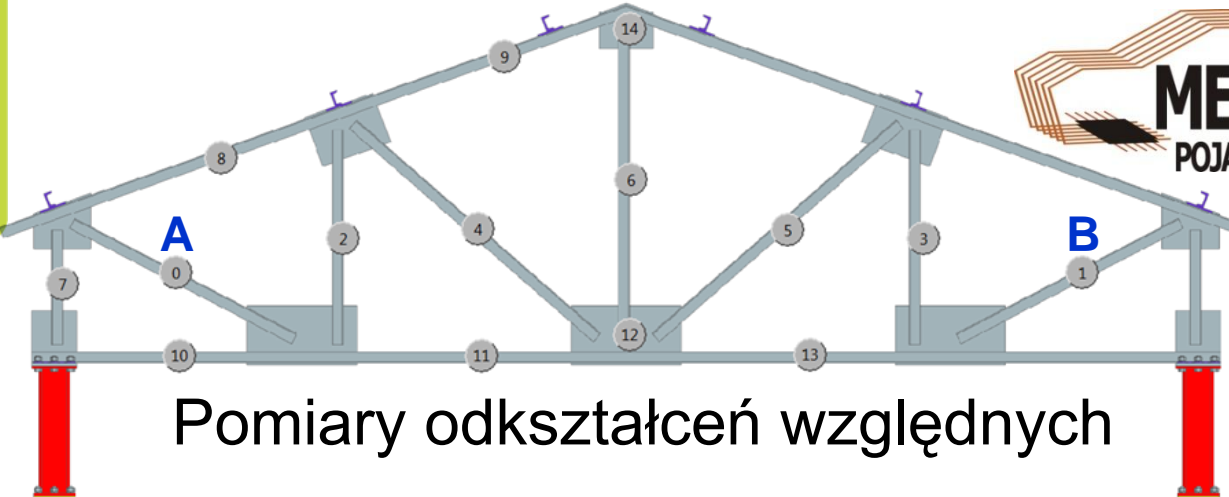
Granica plastyczności: 230 MPa



# Model MES konstrukcji

Odształcenia względne w układzie współrzędnych pręta

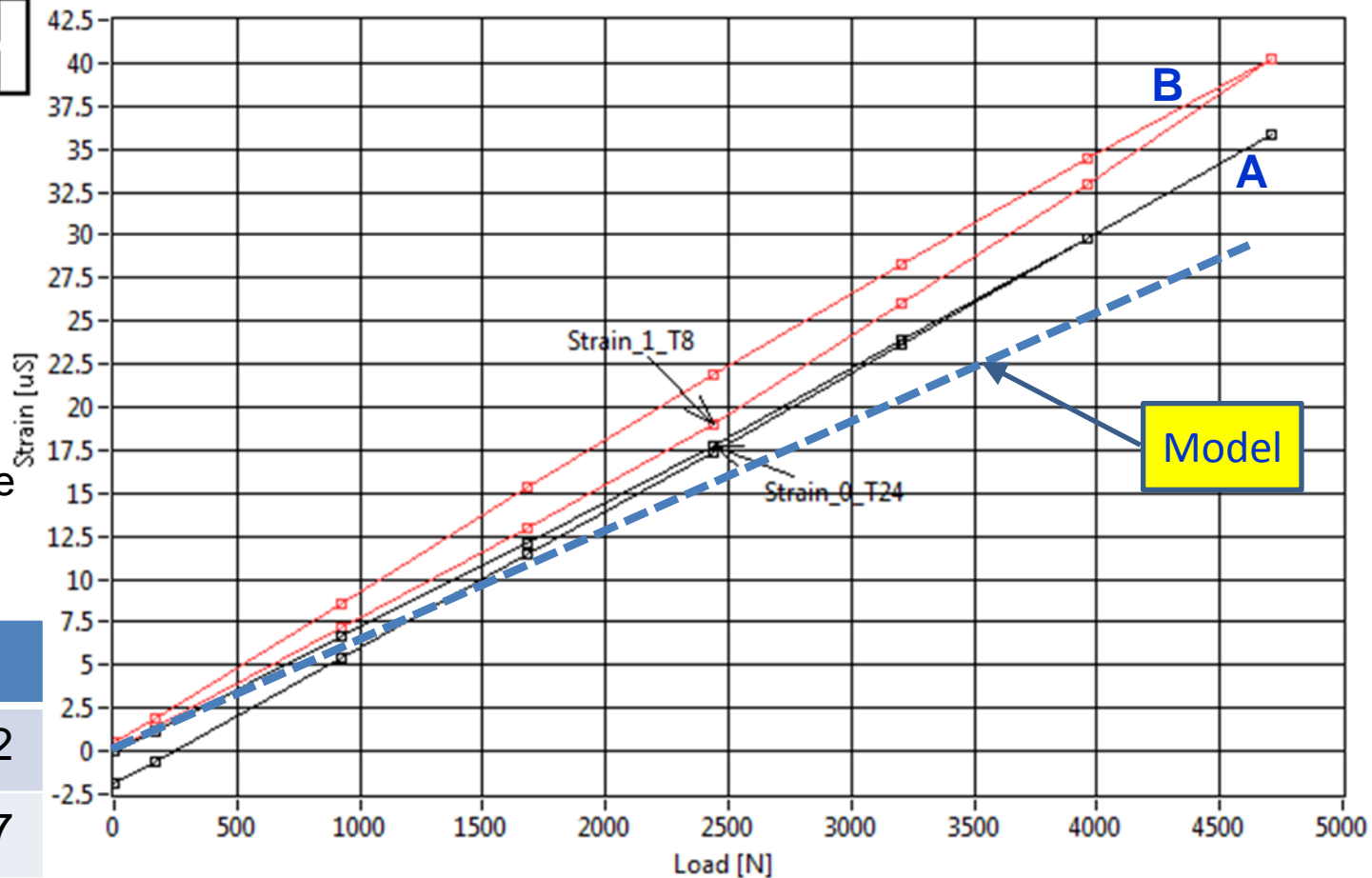




## Pomiary odkształceń względnych

Strain\_0\_T24

Strain\_1\_T8

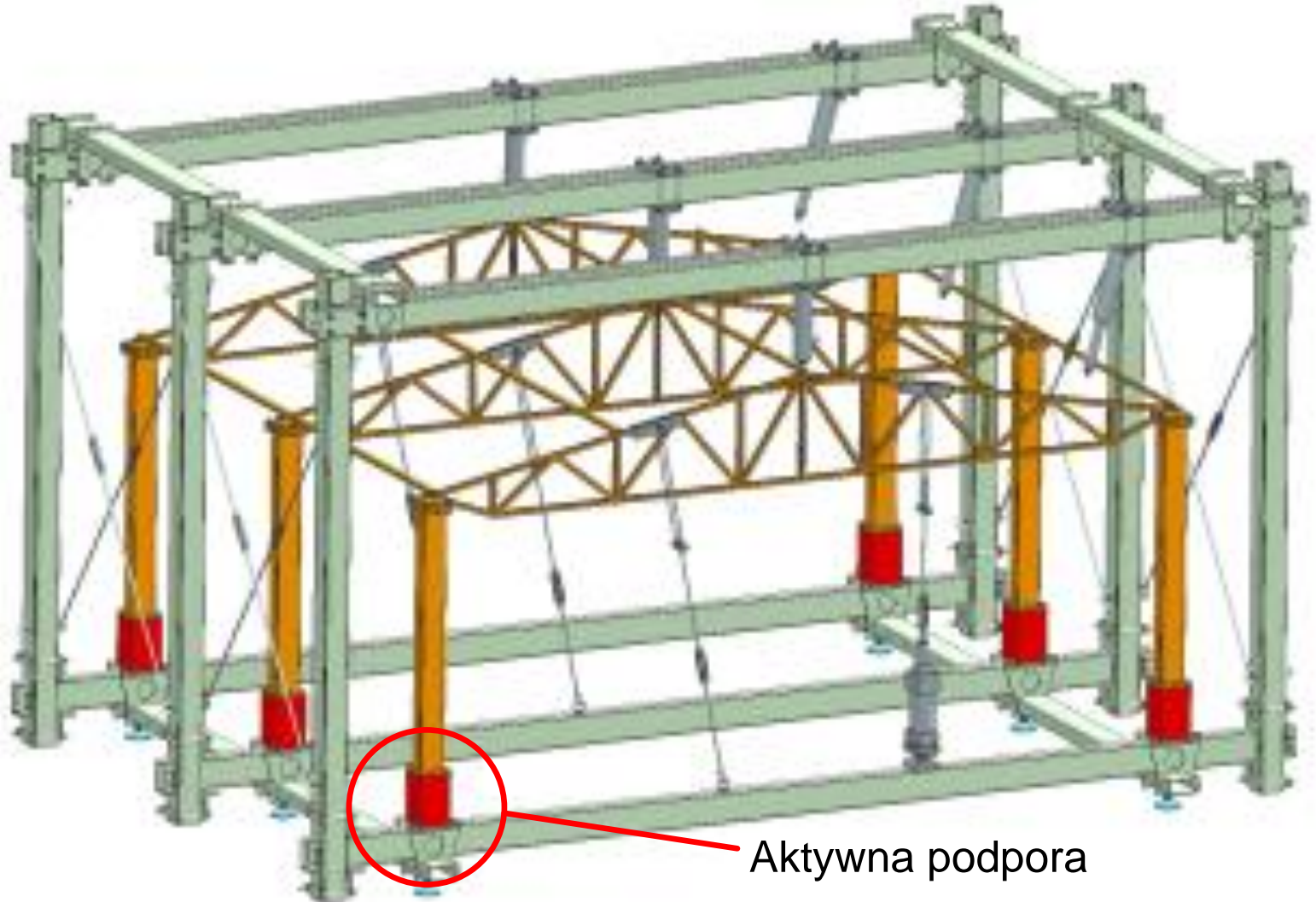


Odkształcenia względne dla największego obciążenia ( $\mu\text{S}$ )

	A	B
Pomiar	35.9	40.2
Model	26.0	25.7



# Stanowisko badawcze (testy dynamiczne konstrukcji)



Aktywna podpora



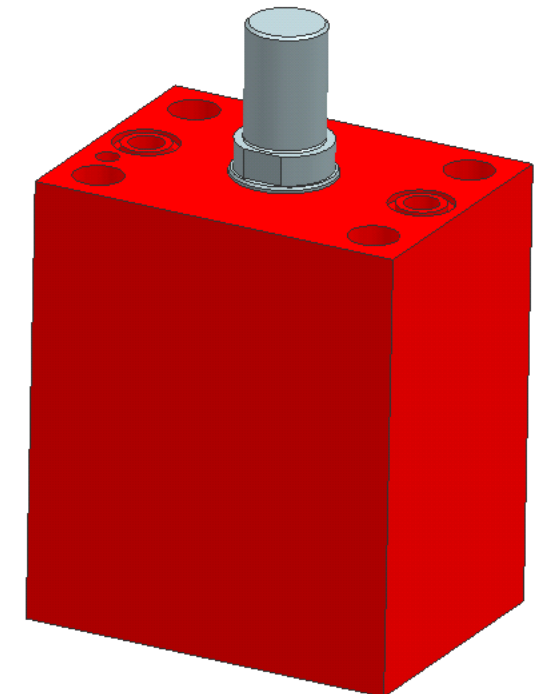
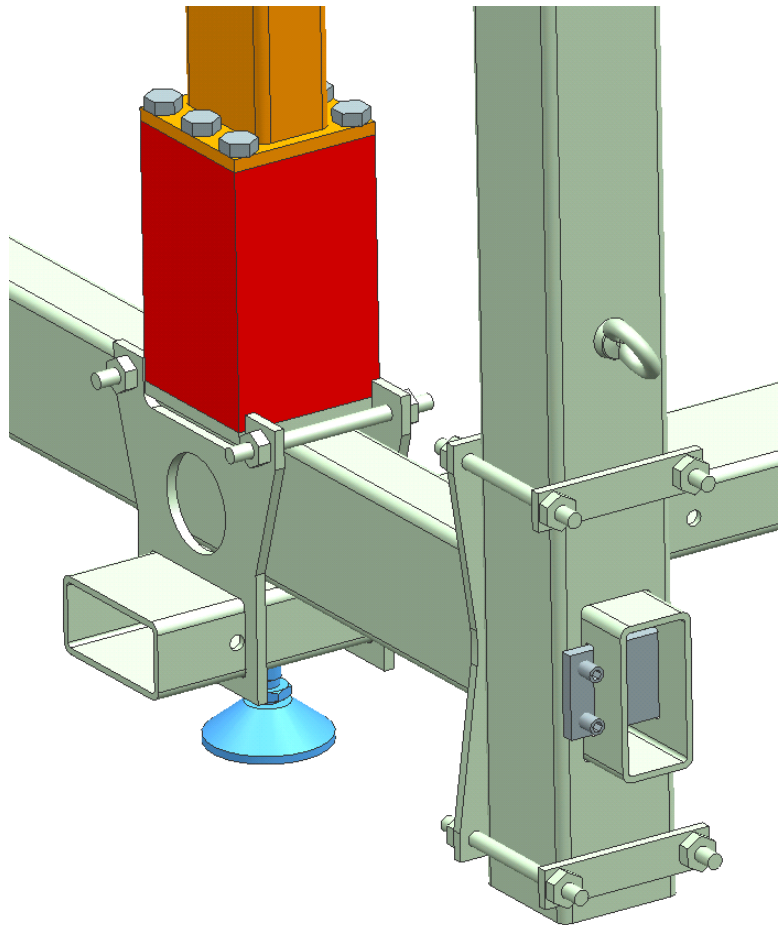
**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



Aktywna podpora = zabudowany stos piezoelektryczny  
(testy wymuszenia dynamicznego konstrukcji)



Pulsator piezoelektryczny  
wywołujący drgania słupa



## Aktywna podpora



skok: 130 $\mu$ m  
długość: 114mm  
średnica: 45mm  
sztywność: 350N/ $\mu$ m  
częstotliwość rezonansowa: 18kHz  
napięcie wstępne: 6kN  
max. obciążenie: 70kN  
max. siła wymuszająca: 50 kN



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## PODSUMOWANIE

- Rezultatem prac będzie opracowanie projektu i wykonanie prototypu systemu monitoringu stanu technicznego konstrukcji i fazy rozwoju uszkodzeń.
- Układ zostanie wyposażony w pętle sprzężenia zwrotnego, umożliwiającą sterowanie wyężeniem elementu konstrukcyjnego przez zastosowanie „inteligentnego” elementu fundamentowania konstrukcji.
- Wstępne wyniki eksperymentu wykazały przydatność pomiaru własnego pola magnetycznego konstrukcji jako wskaźnika stanu naprężeń w konstrukcji
- Opracowano i przebadano prototyp przetwornika typu low-cost umożliwiającego jednoczesny pomiar zjawisk magnetomechanicznych w konstrukcji oraz pomiar przyspieszeń drgań





**Dziękuję za uwagę**