

# Dopuszczalne fluktuacje temperatury i wilgotności powietrza w otoczeniu zabytkowego drewna – pomiary i modelowanie numeryczne

Łukasz Bratasz

Sławomir Jakiela

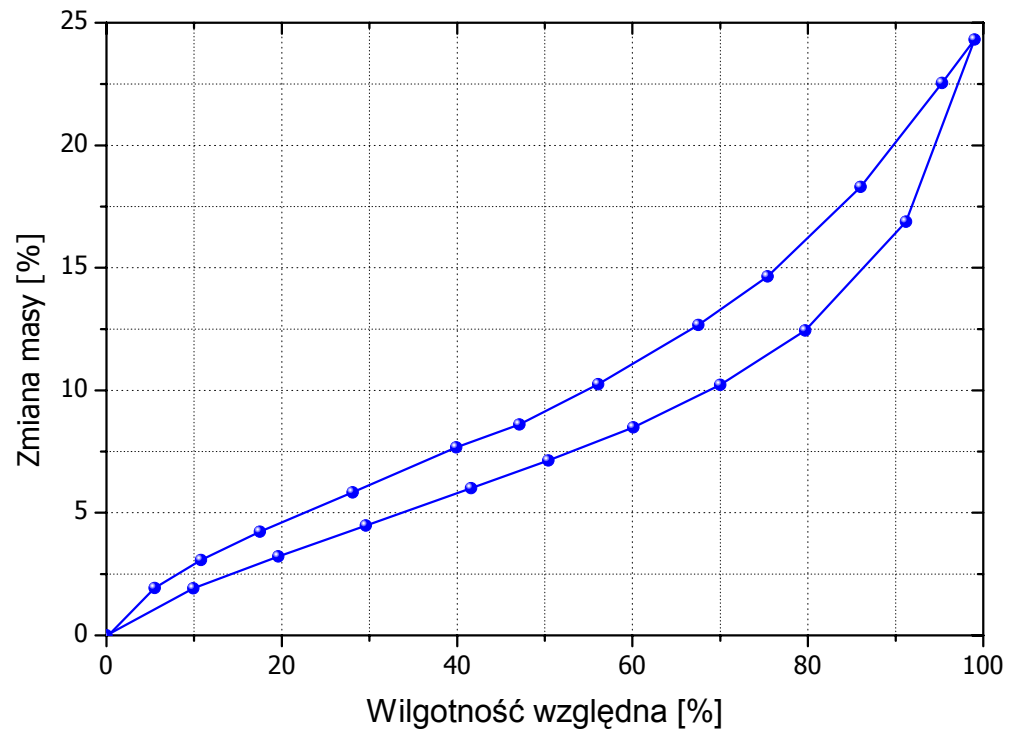
Roman Kozłowski

Polska Akademia Nauk, Kraków

# Zagrożenie drewna polichromowanego

Drewno chłonie lub oddaje parę wodną w zależności od zmian wilgotności otaczającego go powietrza.

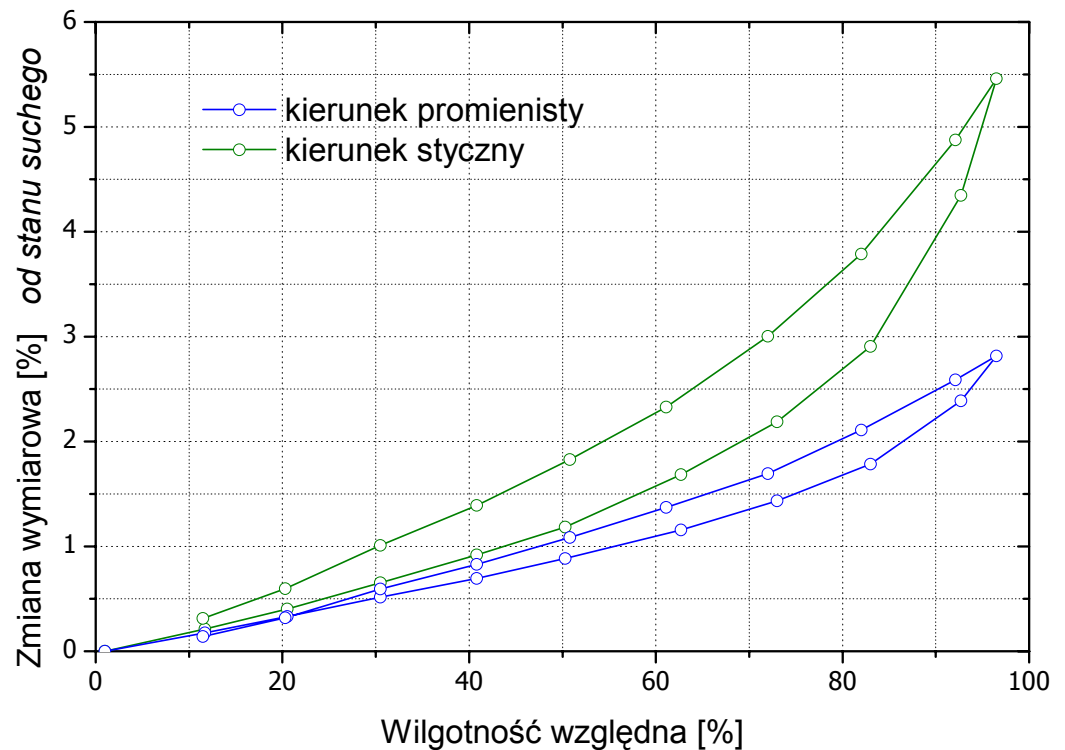
Izoterma sorpcji pary wodnej dla lipy.



# Zagrożenie drewna polichromowanego

Namokanie drewna powoduje pęcznienie,  
a schnięcie skurcz.

Izoterma zmian metrycznych.



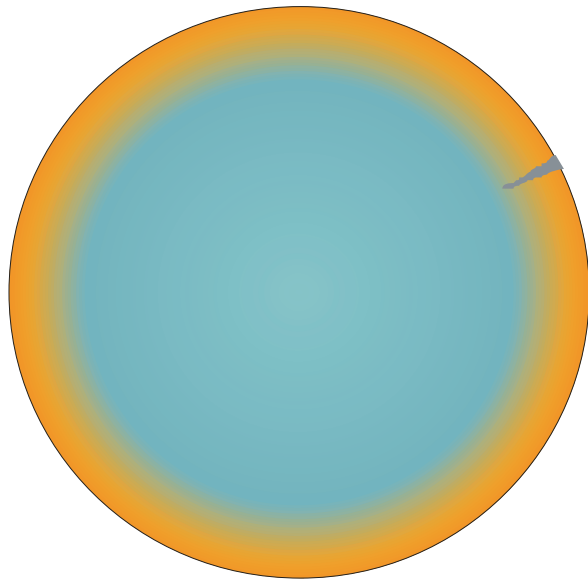
# Zagrozenie drewna polichromowanego

Zmiany metryczne  
drewna prowadzą do  
uszkodzeń samego  
materiału, jak i  
warstwy malarskiej.

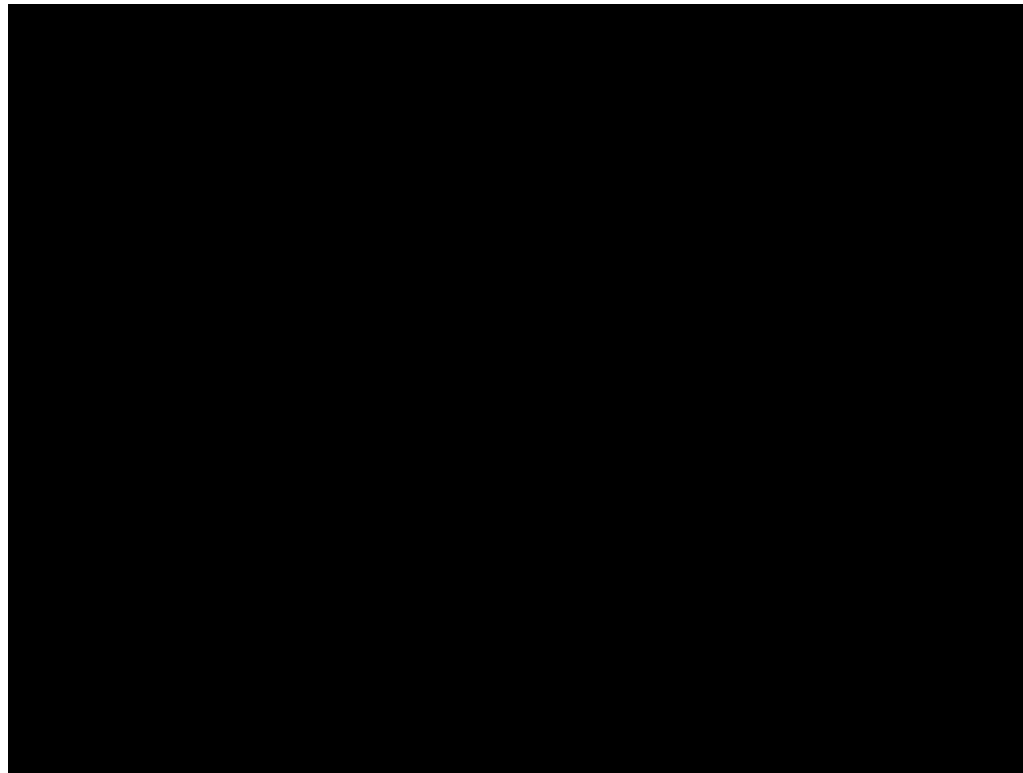


# Mechanizm niszczenia drewna

Podczas nagłych zmian wilgotności wytworzony zostaje gradient zawartości wilgoci powodujący powstanie naprężeń w drewnie.



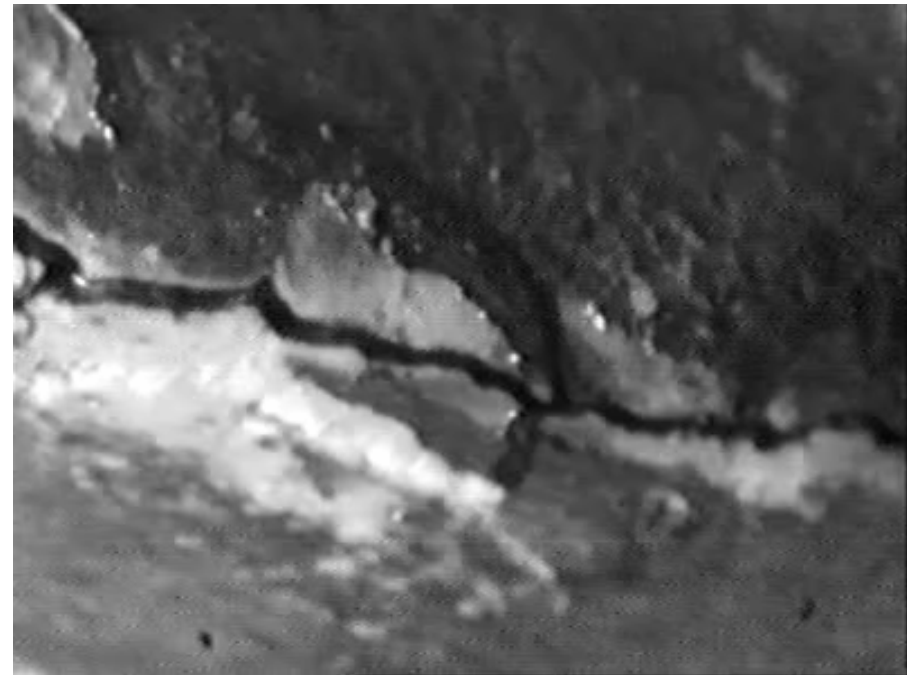
# Mechanizm niszczenia drewna



eksperyment Svietlana Vasic

# Mechanizm niszczenia warstwy malarskiej

Zróżnicowana reakcja  
metryczna  
warstwy malarskiej i  
drewna na zmiany  
temperatury i  
wilgotności względnej  
prowadzi do:



# Problem

Czy każda fluktuacja temperatury i wilgotności względnej powoduje niszczenie?

Jakie są wartości krytyczne tych fluktuacji?

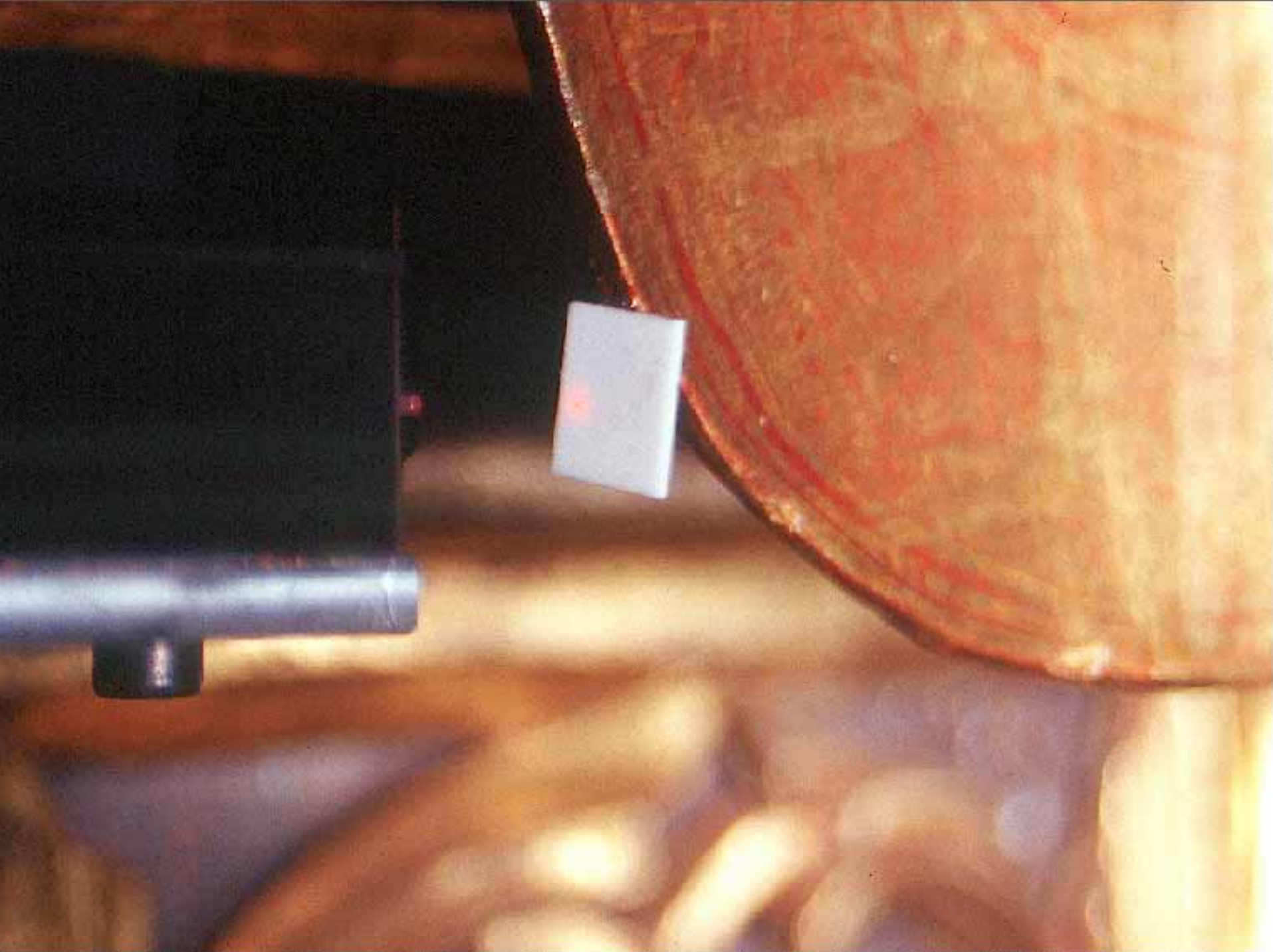
Czy naturalne wahania mikroklimatu przekraczają poziomy krytyczne?



# Pomiary w obiekcie

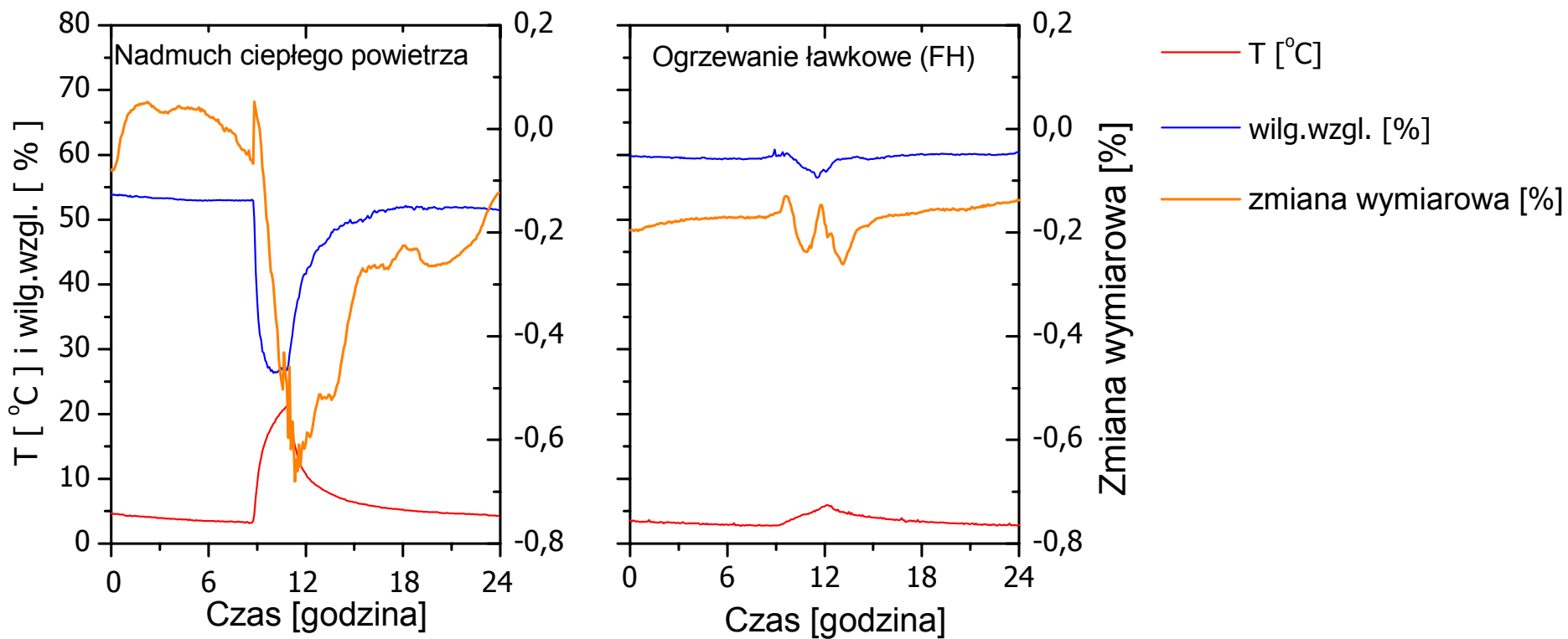
Zrozumienie  
mechanizmów niszczenia  
drewna  
polichromowanego –  
laserowe pomiary *in-situ*  
zmian wymiarowych  
ołtarza w Rocca Pietore,  
Włochy



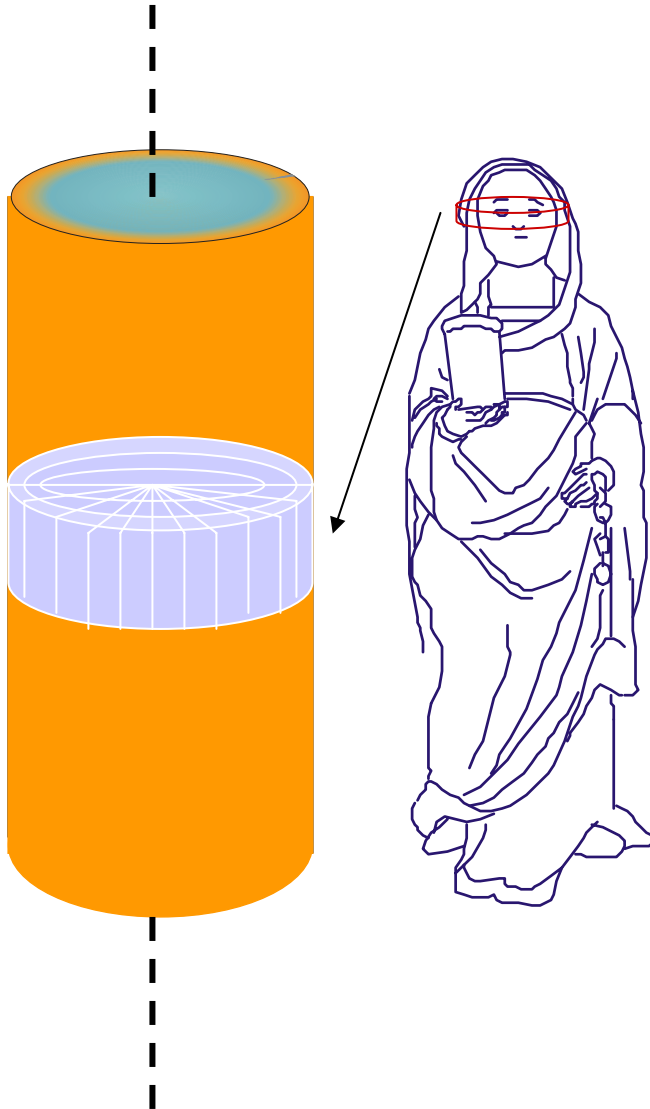




# Porównanie systemów grzewczych



# Wyznaczenie dopuszczalnych fluktuacji



- stworzenie modelu  
opisującego  
powstawanie zniszczeń:
- metoda elementów skończonych
  - drewniany cylinder symuluje rzeźbę

# Wyznaczenie dopuszczalnych fluktuacji

## Pomiary laboratoryjne:

- izotermy sorpcji
- krzywe pęcznienia i skurczu
- współczynniki dyfuzji
- właściwości mechaniczne

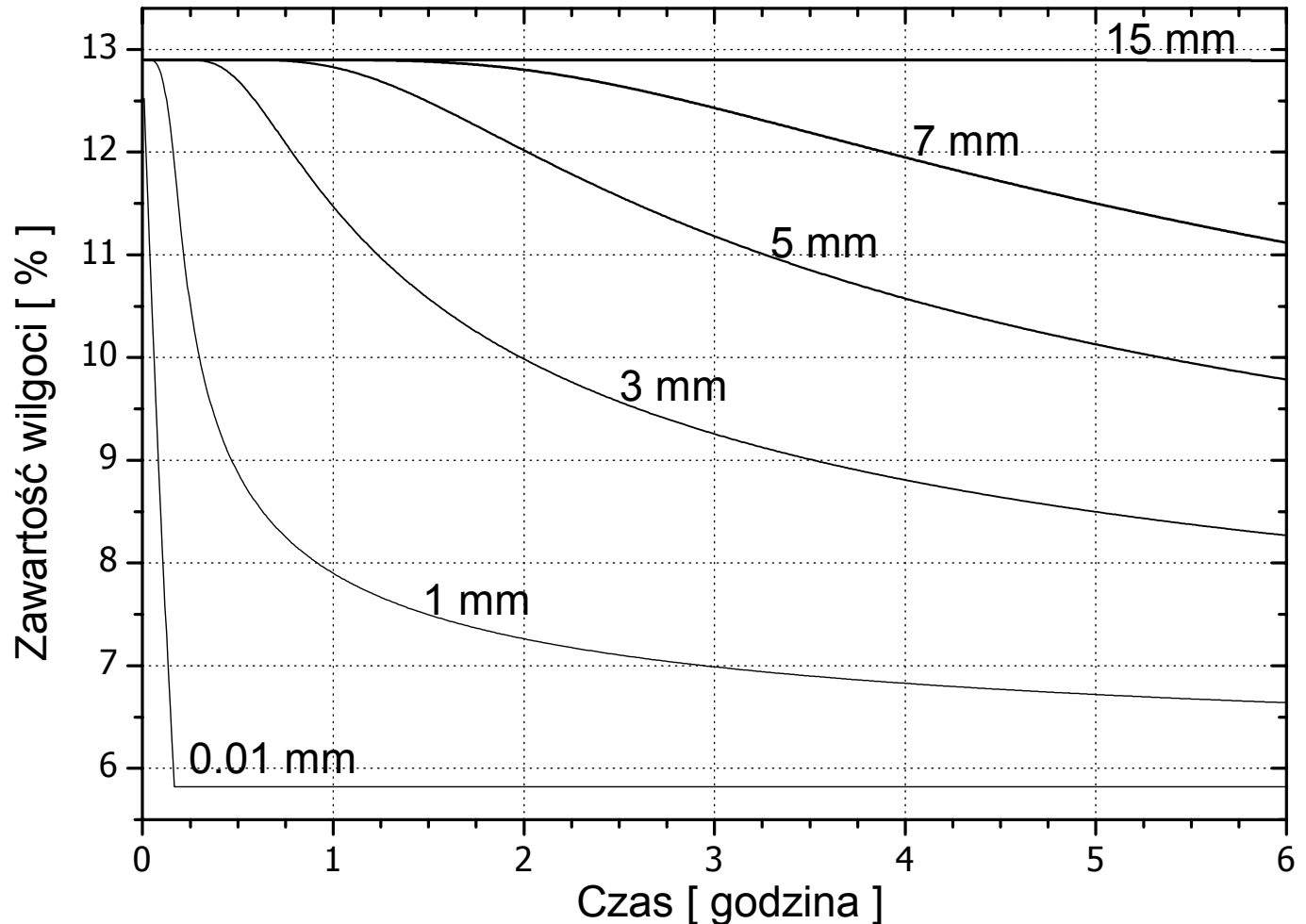
# Wyznaczenie dopuszczalnych fluktuacji

## Obliczenia numeryczne:

- transport wilgoci w drewnie
- zmiany zawartości wilgoci
- skurcz lub pęcznienie drewna odpowiadające zmianom zawartości wilgoci
- powstawanie naprężeń wynikających z nałożonych na ruch więzów

# Rozkład zawartość wilgoci dla spadku wilgotności względnej 70% → 30%

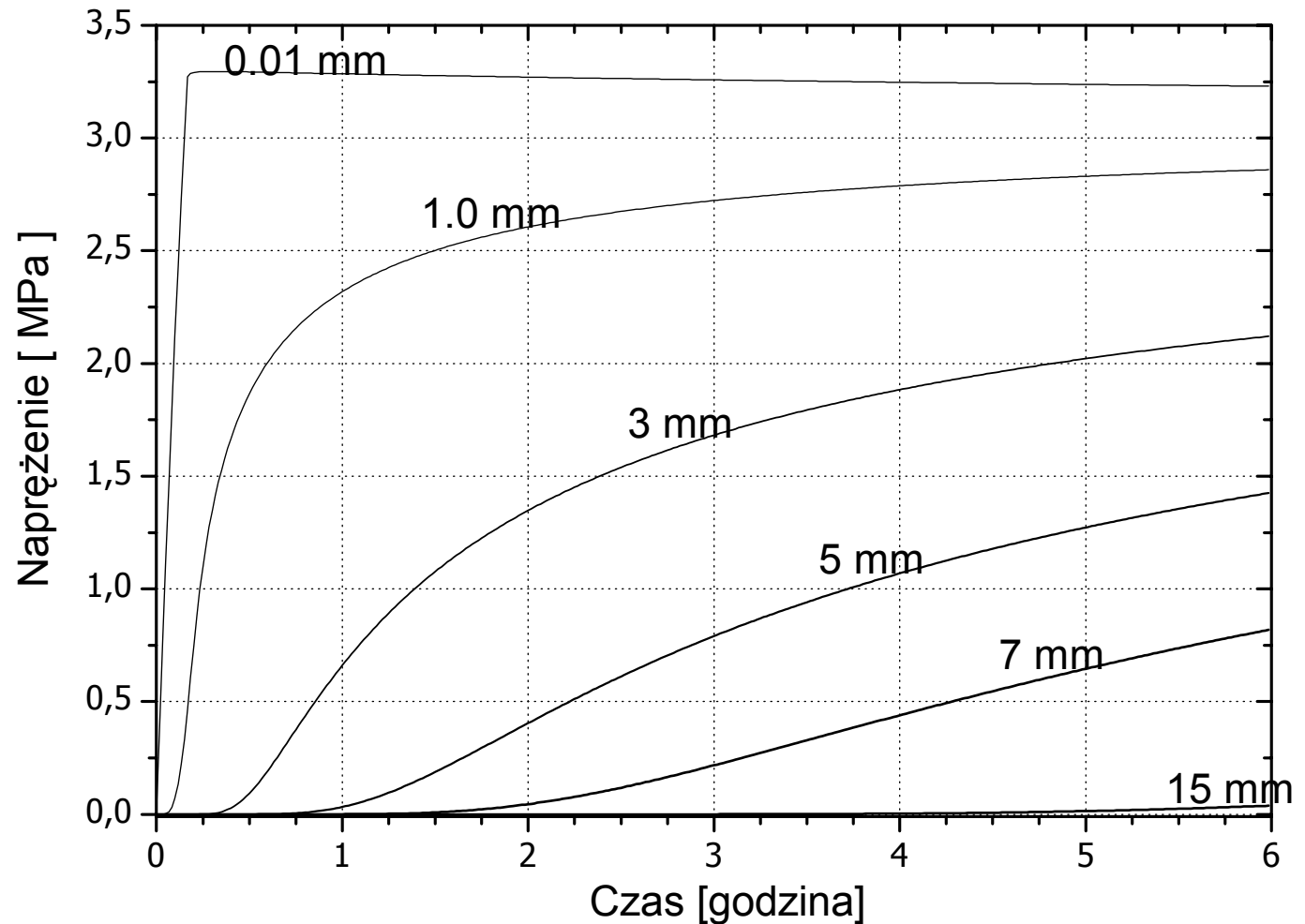
Cylinder drewniany o średnicy 155m



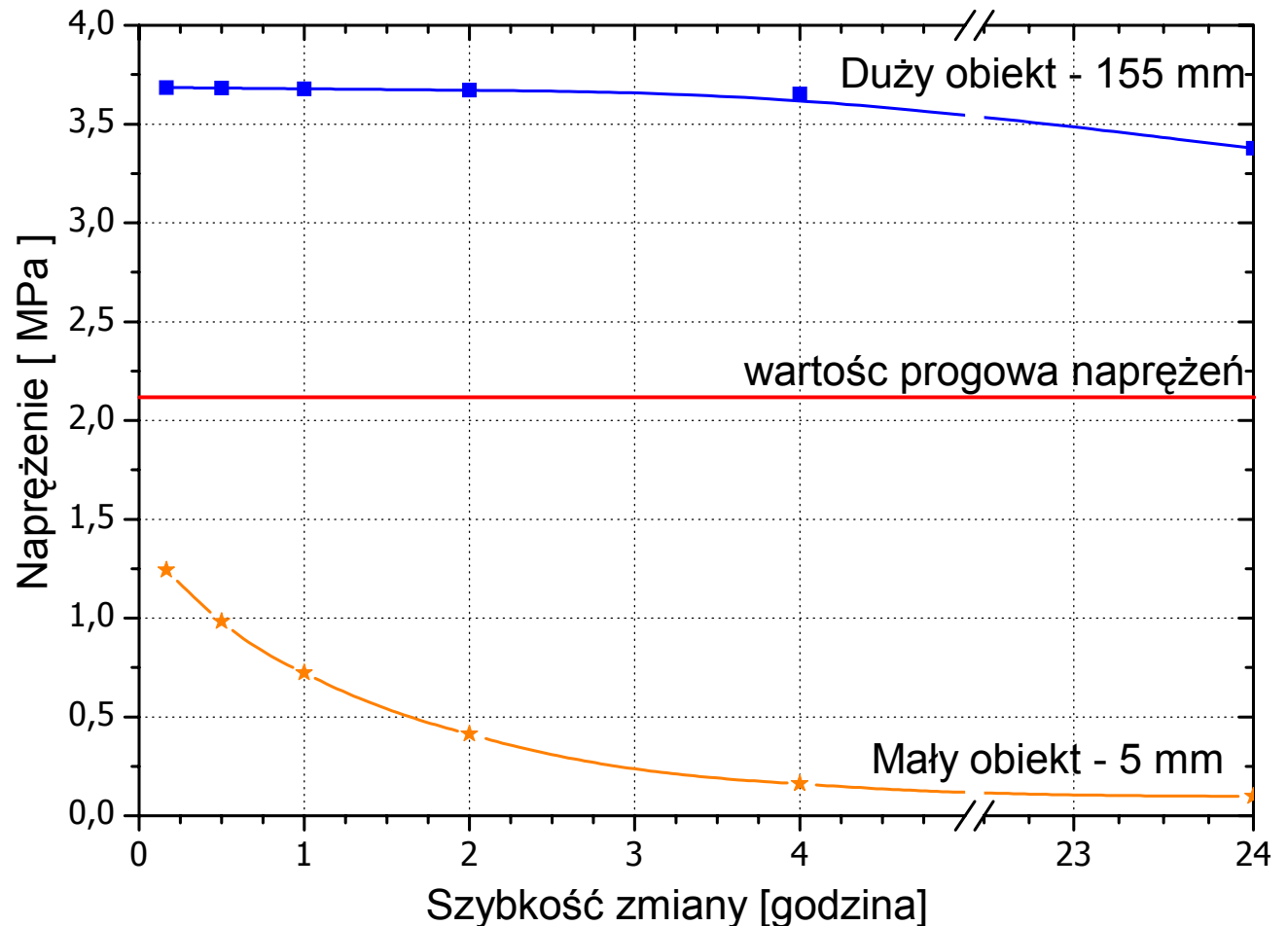


# Rozkład naprężeń dla spadku wilgotności względnej 70% → 30%

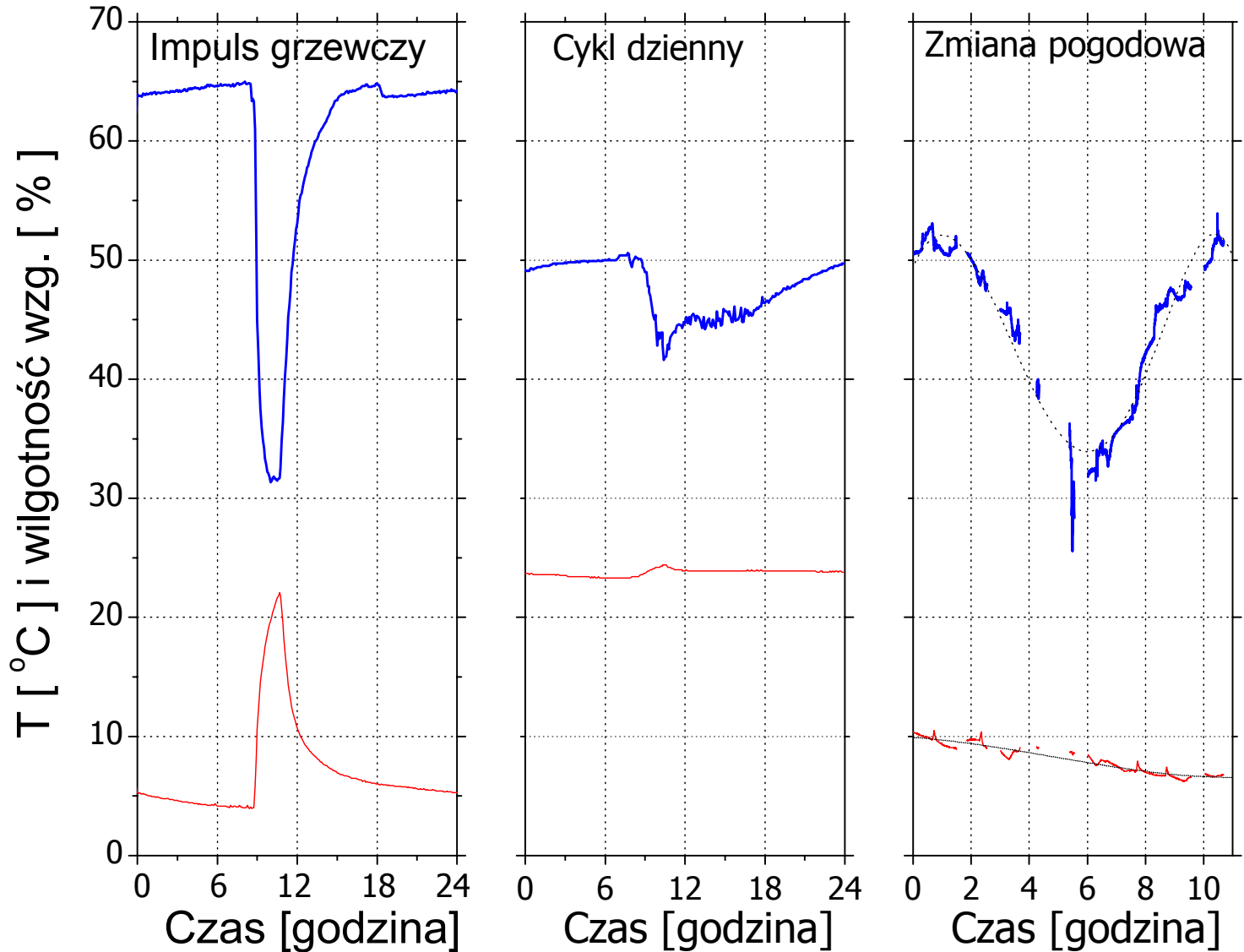
Cylinder drewniany o średnicy 155m



# Maksymalna wartość naprężenia dla spadku wilgotności 70% → 30% zachodzącego z różną szybkością

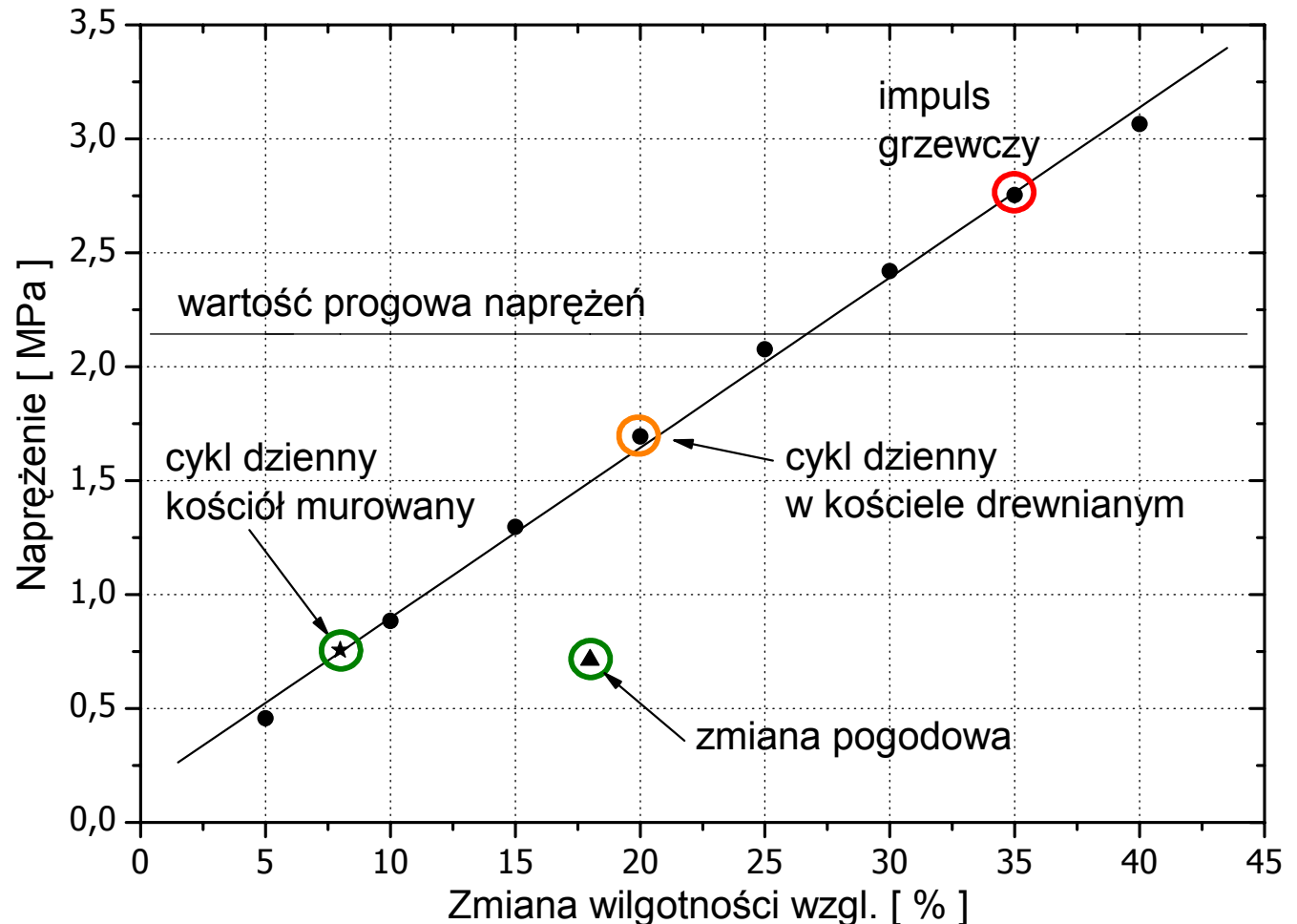


# Fluktuacje rzeczywiste



# Naprężenia dla fluktuacji klimatycznych

Cylinder drewniany o średnicy 155m



# Eksperymentalna weryfikacja obliczeń numerycznych – emisja akustyczna

kiedy ryzyko pęknięcia jest duże

...poziom emisji akustycznej (trzasku) jest wysoki

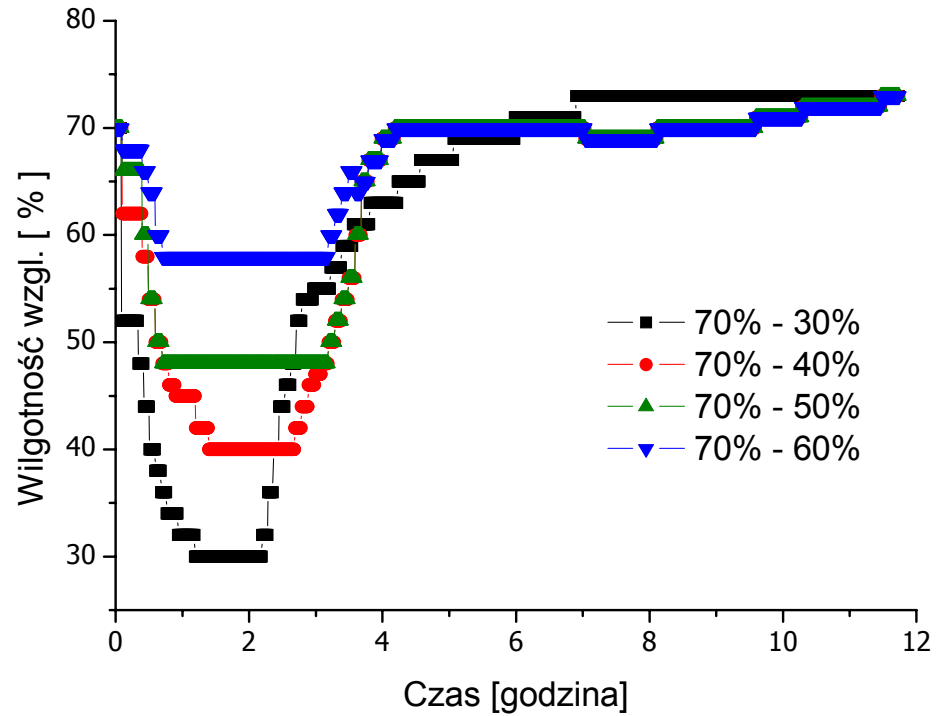
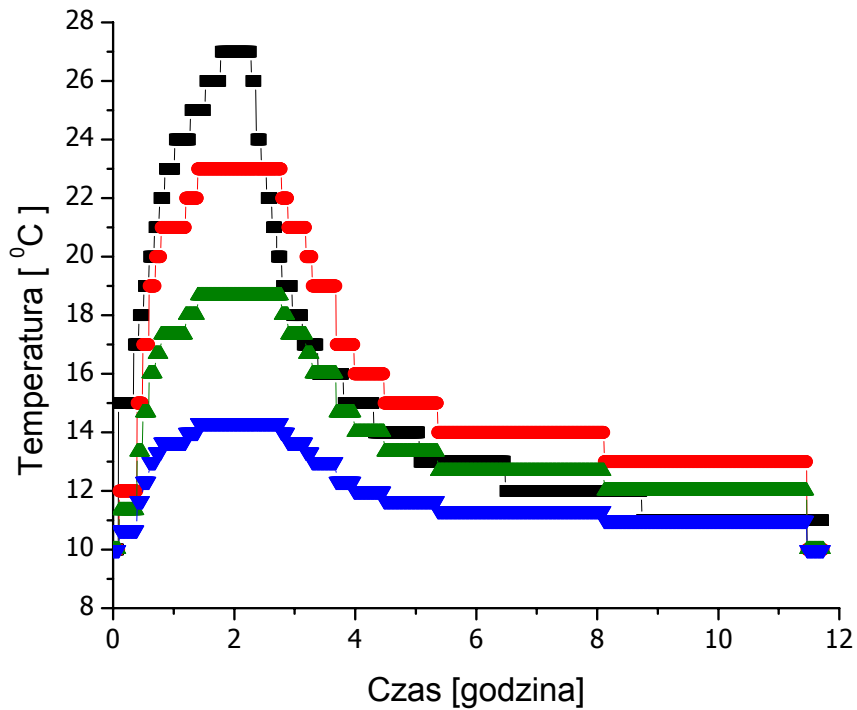
...stopień ograniczenia ruchu jest wysoki

...zmiana wymiarowa jest mała lub zerowa

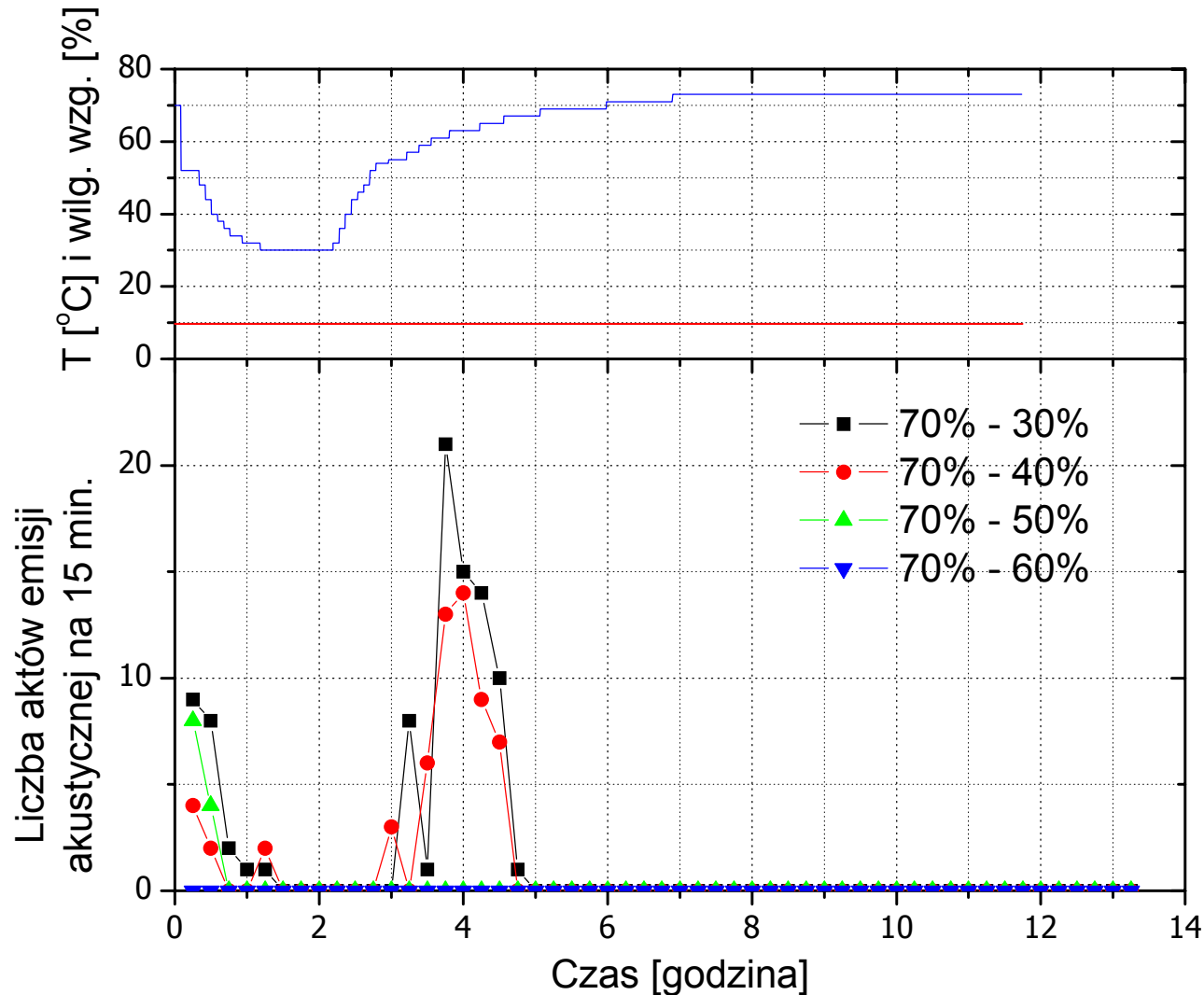
emisja akustyczna – bezpośrednia informacja

pomiar zmian wymiarowych – pośrednia informacja

# Eksperymentalna weryfikacja obliczeń numerycznych - fluktuacje



# Emisja akustyczna – fluktuacje wilgotności względnej

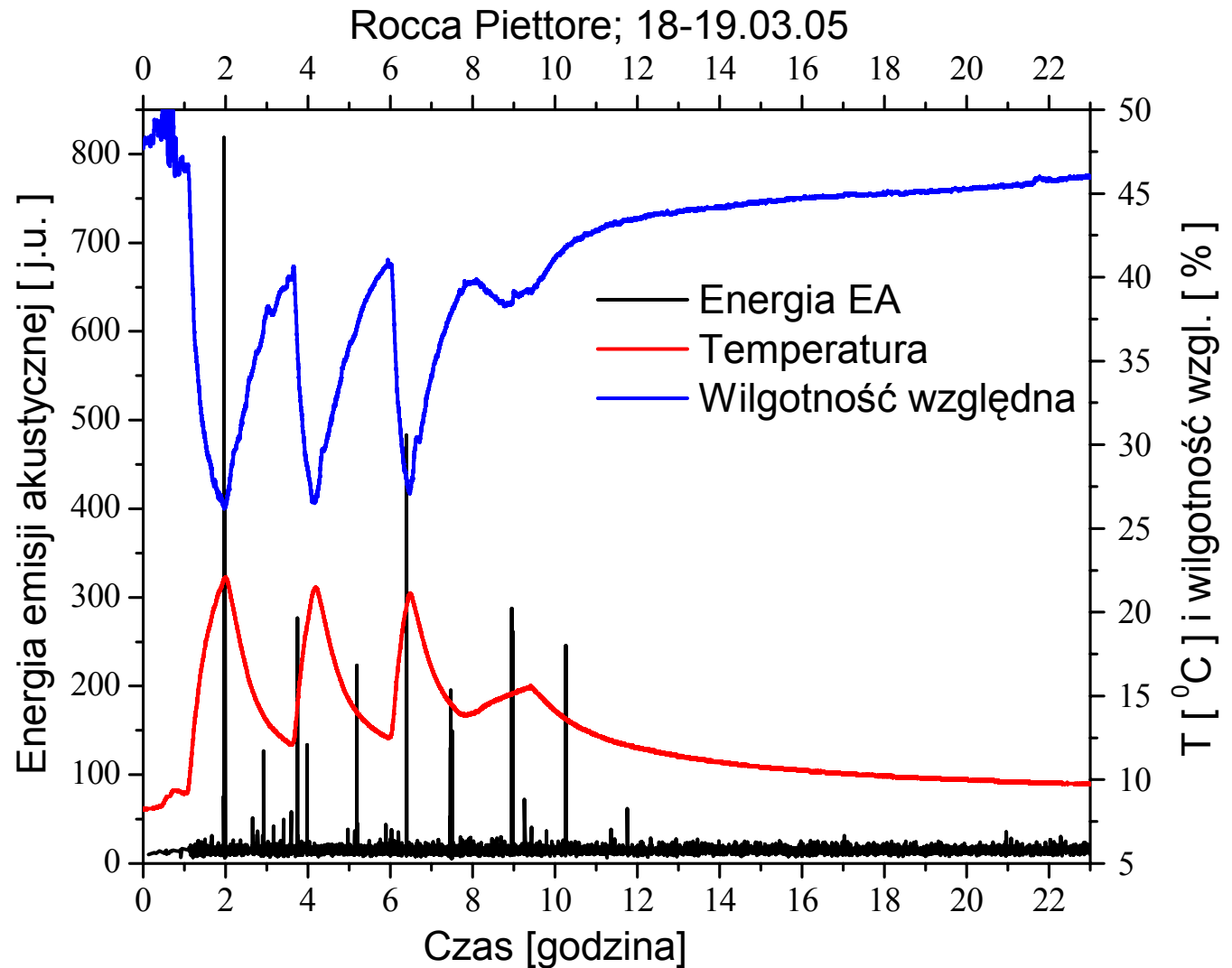


# Emisja akustyczna – pomiar w obiekcie

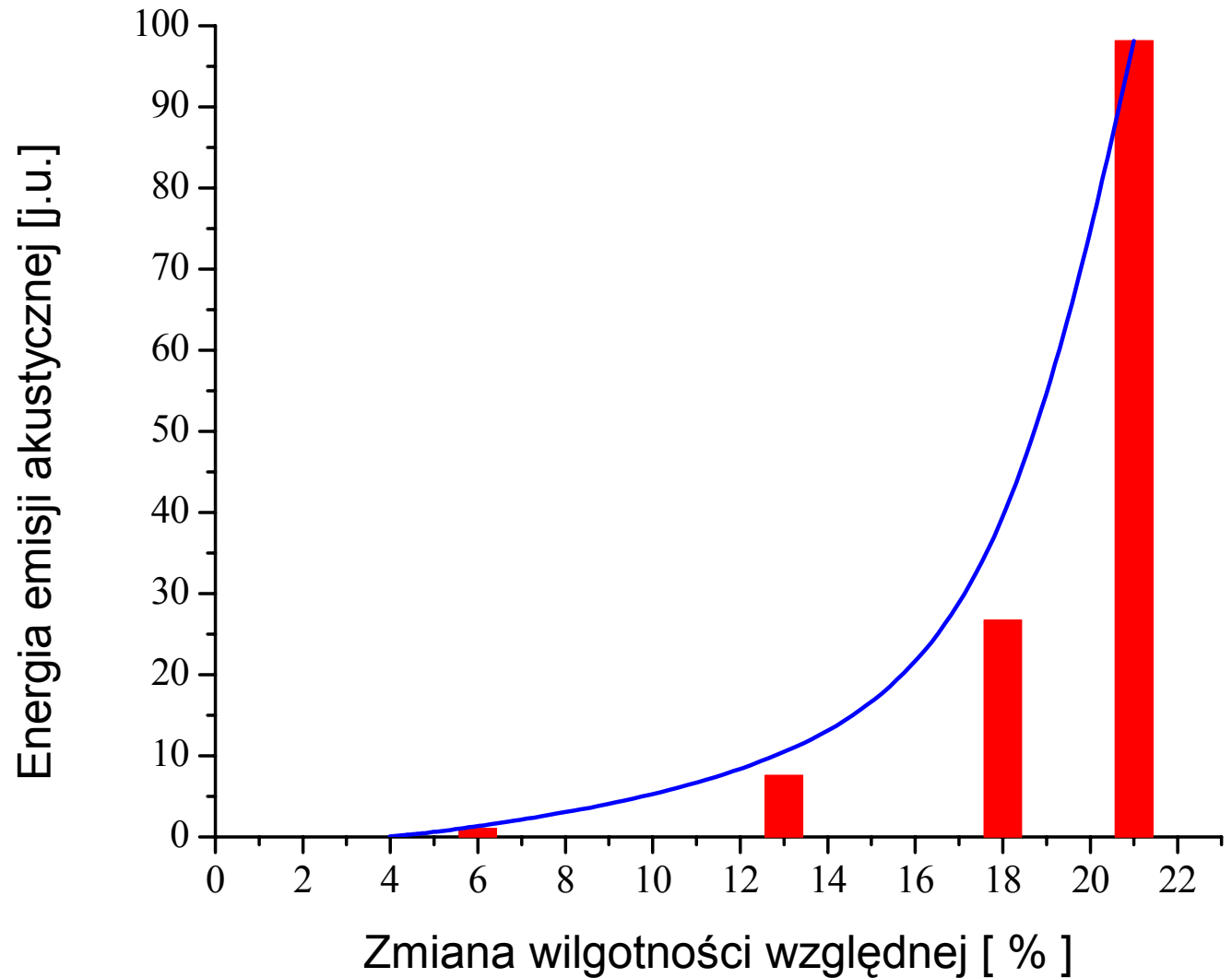




# Emisja akustyczna – pomiar w obiekcie



# Emisja akustyczna – pomiar w obiekcie



# Wnioski

Został rozpoznany mechanizm niszczenia drewna polichromowanego

Można wyznaczyć wartości progowe fluktuacji mikroklimatycznych, które nie szkodzą drewnu polichromowanemu

Dla dużych rzeźb wykonanych z drewna lipowego wartość progowa fluktuacji wynosi ok. 20% wilgotności względnej

Metoda emisji akustycznej potwierdziła swoją przydatność w badaniach mechanizmów niszczenia obiektów zabytkowych

# Badania - co dalej?

Przedstawione badania zostaną uzupełnione o badania niszczenia warstwy malarskiej

Do badania warstwy malarskiej zostanie zastosowana metoda wibrometrii laserowej