

# Wykorzystanie metody PIV do analizy przepływu płynu w naczyniu odwzorowującym naczynie tętnicze

Michał Tomaszewski <sup>a)</sup>, Jerzy Małachowski <sup>b)</sup>, Kamil Sybilski <sup>c)</sup>

*Wojskowa Akademia Techniczna,  
ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 01 – 476*

<sup>a)</sup>michal.tomaszewski@wat.edu.pl

<sup>b)</sup>jerzy.malachowski@wat.edu.pl

<sup>c)</sup>kamil.sybilski@wat.edu.pl

**Abstrakt.** W pracy przedstawiono wykorzystanie metody Particle Image Velocimetry (PIV) do badania przepływu w rurce silikonowej odwzorowującej tętnicę człowieka. Przedstawione zostało stanowisko dzięki, któremu możliwe jest uzyskiwanie określonej wartości prędkości przepływu oraz ciśnienia odpowiadającego ciśnieniu tętniczemu występującemu w organizmie człowieka. W artykule przedstawiono proces postępowania przy przeprowadzaniu numerycznej analizy przepływu przez przewód prosty oraz jego walidację w oparciu o próbę eksperymentalną. Analizę prowadzono dla warunków pracy pompy odpowiednio: 30 obr. oraz ciśnienia 160/80. Wszystkie analizy prowadzone były dla prostej geometrii rurki silikonowej. Przyjęto nieodkształcalne zachowanie się ścianek naczynia.

## WPROWADZENIE

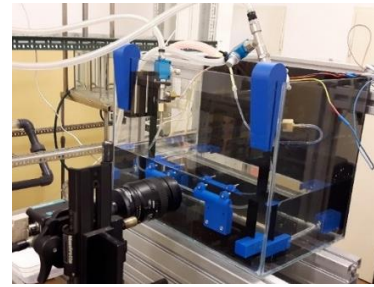
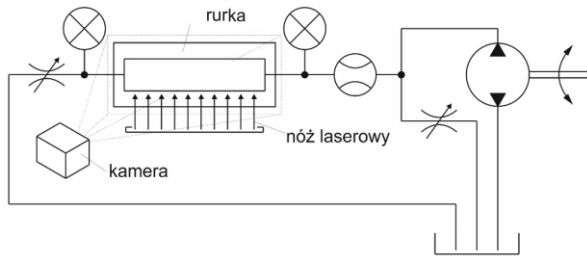
Postęp cywilizacyjny można zauważyć w wielu dziedzinach poczynając od procesu produkcji małych wyrobów po supernowoczesne technologie kosmiczne. Do dziedzin, w których rozwój przebiega w bardzo szybkim tempie można zaliczyć medycynę oraz inżynierię biomedyczną oraz wszystkiego rodzaju techniki komputerowe.

Przeprowadzenie analiz numerycznych przepływu krwi w tętnicach wymaga wielu parametrów, które należy wypracować na etapie przygotowywania modelu. Wśród najważniejszych informacji, które należy zadeklarować na pierwszym miejscu postawić można warunki początkowo brzegowe. Stanowisko, które zostało zaprojektowane podczas realizacji powyższej pracy pozwala analizować przepływ dla różnych warunków początkowo brzegowych. Samo zobrazowanie wektorów przepływu, które jest możliwe do uzyskania przy pomocy metody PIV nie pozwala na pełną walidację modelu. Aby przeprowadzić walidację należy porównać wektory prędkości uzyskane na drodze analiz numerycznych z wynikami otrzymanymi metodą PIV. Porównanie to musi zachodzić dla takich samych warunków, dla których przeprowadzone zostały pomiary eksperymentalne.

## BUDOWA STANOWISKA

Stanowisko, które zostało zaprojektowane na potrzeby powyższej pracy składa się wielu elementów, które w całości umożliwiają przeprowadzenie badania przepływu przy wykorzystaniu metody PIV. W metodzie tej laser umieszczony pod badanym odcinkiem pomiarowym generuje róż światłny czyli poprzeczną wiązkę, która naświetla przekrój, który będzie analizowany. Prostopadle umieszczona do próbki kamera rejestruje przesunięcie cząstek poliamidowych z rodaminą B [1], które stanowią posiew płynu. Jak płyn wykorzystana została woda destylowana. Próbką mocowana była przy użyciu łączników wykonanych w technologii przyrostowego wytwarzania. Rama na której zamontowana jest próbka wraz z łącznikami umieszczona jest w płaszczu wodnym (akwarium). Schemat ideowy stanowiska został przedstawiony na rysunku 1. Wymuszenie ruchu płynu zostało uzyskane przy

wykorzystaniu pompy perystaltycznej. Ciśnienie było rejestrowane przy pomocy dwóch czujników medycznych połączonych z oscyloskopem.



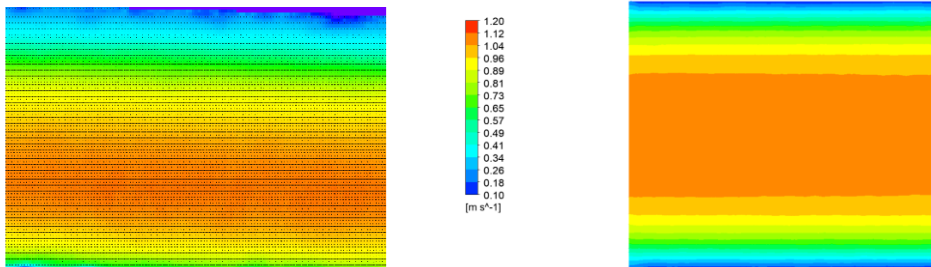
(a)

(b)

Rysunek.1. Schemat stanowiska: a) ideowy, b) rzeczywiste stanowisko

## WYNIK ANALIZY

Poniżej zaprezentowano przykładowe wyniki profili prędkości uzyskane na drodze obróbki danych uzyskanych podczas eksperymentu (Rysunek 2a) oraz odpowiadające im wyniki analizy numerycznej (Rysunek 2b) dla wartości początkowo brzegowych bazujących na krzywych uzyskanych podczas eksperymentu. Mapa dla wyników badania eksperymentalnego powstała poprzez uśrednienie wartości wektorów prędkości z 30 sekund trwania pomiaru. Budowa domeny przepływu bazowała na podejściu przedstawionym w pracy [2].



(a)

(b)

Rysunek.2. Profile prędkości [m/s]: a) eksperyment, b) analiza numeryczna

## PODZIĘKOWANIE

Praca powstała w ramach projektu “Apollo” (Opracowanie i kompleksowa ocena biodegradowalnego i elastycznego stentu wewnątrznaczyniowego rozprężanego na balonie opartego na cienkich przęśłach o wysokiej wytrzymałości; program badawczy STRATEGMED2/269760/1/NCBR/2015).

## REFERENCES

1. Y. Sugii and K. Okuda and H. Mandarame, “Velocity measurement of both red blood cells and plasma of in vitro blood flow using high-speed micro PIV technique” in Meas. Sci. Technol - 2005, pp. 1126-1130
2. Michał Tomaszewski, Paweł Baranowski, Jerzy Małachowski, Krzysztof Damaziak, Jakub Buła: *Analysis of artery blood flow before and after angioplasty*. AIP Conference Proceedings 01/2018; 1922(1):070001, DOI:10.1063/1.5019068