

# Praca dyplomowa inżynierska

## Badania doświadczalne oraz symulacje CFD przepływu krwi w przestrzeni naczyń krwionośnych z obecnością zmian cholesterolowych



**Autor: Zuzanna Jóźwik**

Nr albumu: 298013

Promotor: dr inż. Wojciech Orciuch

Rok akademicki: 2021/2022

### Wprowadzenie

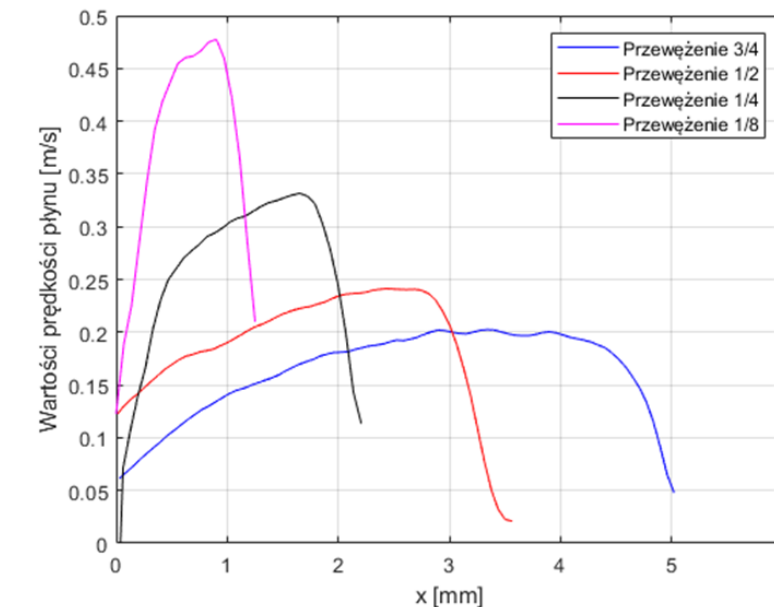
Współczesna medycyna coraz częściej wykorzystuje osiągnięcia nowoczesnej inżynierii chemicznej w rozwiązywaniu zagadnień związanych z ludzkim zdrowiem. Przepływ krwi w przestrzeni naczyń krwionośnych organizmu człowieka można sprowadzić do problemu przepływu płynu przez rurociąg o skomplikowanej geometrii. Występowanie przewężeń naczyń krwionośnych może mieć wpływ na rozkład prędkości i naprężeń ścinających, które mogą spowodować np. proces degradacji erytrocytów, czyli hemolizę.

### Cel i zakres pracy

Celem pracy było zbadanie parametrów przepływu (rozkładu prędkości, szybkości ścinania i naprężeń ścinających) w przestrzeni naczyń krwionośnych z przewężeniami. Część doświadczalna pracy obejmowała przeprowadzenie pomiarów przepływu płynu o właściwościach zbliżonych do właściwości krwi przez rurki o różnym stopniu przewężenia przy użyciu metody PIV (ang. Particle Image Velocimetry). W części obliczeniowej pracy wykonano symulacje przepływu krwi przy użyciu programu Ansys Fluent bazując na rzeczywistych geometriach tętnic.

### Część doświadczalna

Przedstawiono metodykę wykonywania pomiarów parametrów przepływu (rozkładu prędkości i szybkości ścinania) metodą PIV, czyli metodą anemometrii obrazowej. Polega ona na wyznaczaniu prędkości płynu na podstawie analizy przemieszczenia cząstek wprowadzonych znaczników, która możliwa jest dzięki wykonaniu serii zdjęć oświetlonego laserem przekroju układu. Pomiarów wykonano dla wodnego roztworu gliceryny o lepkości zbliżonej do lepkości krwi przepływającego przez rurkę o średnicy  $d=7,9\text{mm}$  o różnym stopniu przewężenia miejscowego: 1/8, 1/4, 1/2 i 3/4. Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci map konturowych rozkładu szybkości ścinania oraz prędkości dla analizowanych układów.



Rys. 1. Wykres zależności prędkości płynu od odległości od brzegu rurki dla poszczególnych przewężeń.

### Część obliczeniowa

Obliczenia będące przedmiotem tej części pracy wykonano z wykorzystaniem programu Ansys Fluent opierającego się na modelowaniu przepływów przy użyciu metody CFD. Bazowano na dwóch modelach geometrycznych tętnic wieńcowych otrzymanych w ramach współpracy ze Śląskim Uniwersytetem Medycznym Katedrą i Kliniką Kardiochirurgii. Przedstawiono sposób konfiguracji siatek numerycznych będących odwzorowaniem wykorzystanych geometrii, a także proces implementacji obliczeń numerycznych. Dla obydwu sporządzonych siatek numerycznych przeprowadzono obliczenia dla różnych prędkości przepływu na wlocie, równe odpowiednio: 0,10 m/s, 0,20 m/s, 0,35 m/s, 0,52 m/s oraz 0,65 m/s. Otrzymane wyniki obliczeń przedstawiono w postaci wykresów konturowych rozkładu prędkości płynu oraz naprężeń ścinających na ściankach naczynia. Przedstawiono również zestawienie w postaci maksymalnej wartości naprężenia ścinającego oraz sumy objętości komórek obliczeniowych, w których wystąpiły naprężenia wyższe od wartości naprężenia granicznego dla procesu hemolizy.

### Wnioski

Wykonane badania doświadczalne oraz symulacje komputerowe pozwoliły stwierdzić, że występowanie przewężeń w naczyniach krwionośnych ma znaczący wpływ na zwiększenie prędkości przepływu krwi. Nawet niewielki stopień ograniczenia przekroju naczynia może doprowadzić do kilkukrotnego wzrostu prędkości płynu, a w konsekwencji do znaczącego zwiększenia się naprężeń ścinających, które po przekroczeniu wartości granicznej mogą spowodować degradację erytrocytów.