

Teoria Współbieżności

Problem stołujących filozofów

Aga Patro

1. Cel ćwiczenia.....	2
2. Opis zadania.....	2
3. Specyfikacja sprzętu i narzędzia wykorzystane w realizacji zadania.....	2
4. Sposób realizacji zadania.....	2
4.1 Zaimplementowane warianty.....	2
4.2 Implementacja rozwiązań.....	3
5. Analiza wyników.....	4
5.1 Rozwiązanie asymetryczne.....	4
5.2 Rozwiązanie stochastyczne.....	5
5.3 Rozwiązanie z arbitrem.....	7
5.4 Rozwiązanie z jadalnią.....	8
5.5 Porównanie wszystkich rozwiązań.....	10
6. Wnioski.....	11

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest porównanie różnych rozwiązań problemu pięciu filozofów i ich implementacji.

2. Opis zadania

Problem pięciu filozofów jest jednym z klasycznych problemów teorii współbieżności. Podstawowe sformułowanie problemu jest następujące:

- N filozofów zasiada przy okrągłym stole
- Pomiędzy sąsiednimi filozofami leży widelec (łącznie jest N widelców)
- Każdy filozof działa ciągle według schematu „myślenie - jedzenie, myślenie - jedzenie - ...”. Każdy z etapów (myślenie i jedzenie) jest skończony.
- Aby zjeść, filozof musi podnieść oba sąsiadujące widelce

Moim zadaniem było zaprojektować algorytm jednoczesnej alokacji współdzielonych zasobów (widelców) przez konkurujące procesy (filozofowie), tak aby uniknąć zakleszczenia i zagłodzenia.

3. Specyfikacja sprzętu i narzędzia wykorzystane w realizacji zadania

Rozwiązania zaimplementowałam w języku Java (wersja Java 11). Dodatkowo wykorzystałam także pakiet `opencsv.CSVWriter` do wyeksportowania wyników eksperymentów do pliku o rozszerzeniu `.csv`. Analizy wyników dokonałam przy użyciu Google Sheets, gdzie stworzyłam wykresy oraz sformatowałam tabele danych.

Wszystkie obliczenia wykonałam na komputerze o specyfikacji:

- Procesor: AMD Ryzen 5 4500U, 6 rdzeni, 6 wątków, 4.00GHz
- Pamięć RAM: 16 GB
- System: Linux Ubuntu

4. Sposób realizacji zadania

4.1 Zaimplementowane warianty

W celu wykonania ćwiczenia zaimplementowałam sześć wariantów rozwiązań:

1. **Rozwiązanie naiwne (z możliwością blokady).** Każdy filozof czeka, aż wolny będzie lewy widelec, a następnie go podnosi (zajmuje), następnie podobnie postępuje z prawym widelcem.
2. **Rozwiązanie z możliwością zagłodzenia.** Każdy filozof sprawdza czy oba sąsiednie widelce są wolne i dopiero wtedy zajmuje je jednocześnie. Rozwiązanie to jest wolne od blokady, jednak w przypadku, gdy zawsze któryś z sąsiadów będzie zajęty jedzeniem, nastąpi zagłodzenie, gdyż oba widelce nigdy nie będą wolne.

3. **Rozwiązanie asymetryczne.** Filozofowie są ponumerowani. Filozof z parzystym numerem najpierw podnosi prawy widelec, filozof z nieparzystym numerem najpierw podnosi lewy widelec.
4. **Rozwiązanie stochastyczne.** Każdy filozof rzuca monetą tuż przed podniesieniem widelców i w ten sposób decyduje, który najpierw podnieść - lewy czy prawy (z prawdopodobieństwem 1 nie dojdzie do zagłodzenia).
5. **Rozwiązanie z arbitrem.** Zewnętrzny arbiter (lokaj, kelner) pilnuje, aby jednocześnie co najwyżej czterech (w ogólnym przypadku $N-1$) filozofów konkurowało o widelce. Każdy podnosi najpierw lewy a potem prawy widelec. Jeśli naraz wszyscy filozofowie będą chcieli jeść, arbiter powstrzymuje jednego z nich aż do czasu, gdy któryś z filozofów skończy jeść.
6. **Rozwiązanie z jadalnią.** Rozwiązanie jest modyfikacją wersji z arbitrem. Filozof, który nie zmieści się w jadalni (czyli arbiter nie pozwolił mu jeść) je „na korytarzu” podnosząc jednorazowo widelce w odwrotnej kolejności (do reszty filozofów w jadalni).

4.2 Implementacja rozwiązań

Wszystkie rozwiązania w moim projekcie opierają się na klasie bazowej **Philosopher** oraz klasie **Fork**. **Philosopher** stanowi fundament dla wszystkich filozofów w systemie, natomiast **Fork** jest bazą dla wszystkich widełek (ang. forks).

Ponadto zaimplementowałam pomocnicze klasy:

- **CsvWriter** - służy do zapisywania wyników do pliku csv
- **ResultObliczacz** - klasa ta oblicza i przetwarza pomiary przeprowadzone dla każdego rozwiązania
- **TimeMonitor** - jest to klasa będąca wątkiem, który zakańcza działanie eksperymentów po określonym czasie
- **TimerAndCounter** - służy do zbierania pomiarów

W moich rozwiązaniach filozofowie “nie myślą” tj. przechodzą do prób jedzenia po tym jak od razu skończą jeść.

Zgodnie z oczekiwaniem warianty naiwny oraz z zagłodzeniem powodowały zakleszczenie, dlatego pomiary wykonałam dla 4 wariantów (asymetryczny, stochastyczny, z arbitrem oraz z jadalnią). Dla każdego rozwiązania zmierzyłam średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa. Dodatkowo obliczyłam średni czas oczekiwania dla jednego filozofa. Policzyłam także ile razy każdy z filozofów zjadł.

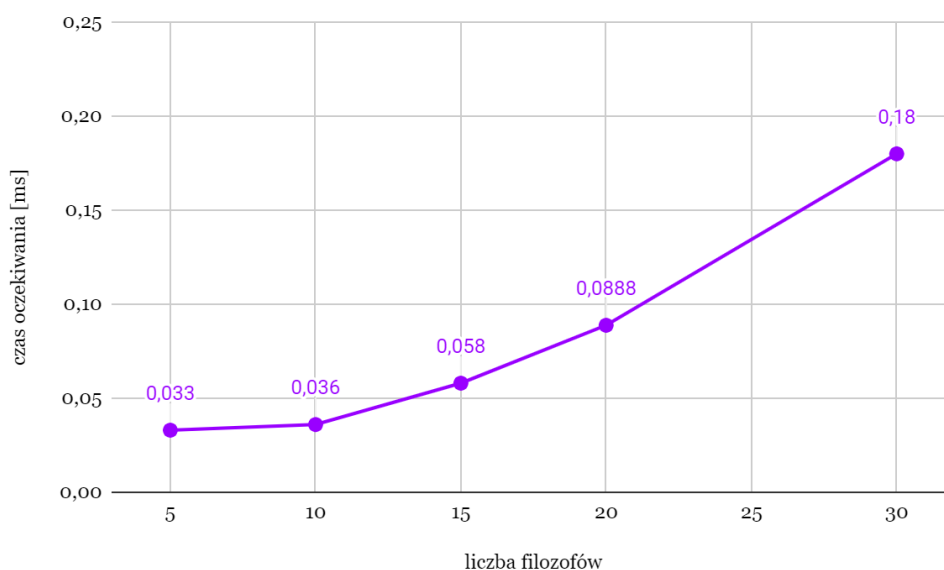
Dla każdego wariantu (z wyjątkiem wariantu stochastycznego) przeprowadziłam pomiary dla liczby filozofów $n = 5, 10, 15, 20, 30$. Dla wariantu stochastycznego została użyta liczba $n = 20, 30$ filozofów. Każdy z pomiarów trwał 3000 ms.

5. Analiza wyników

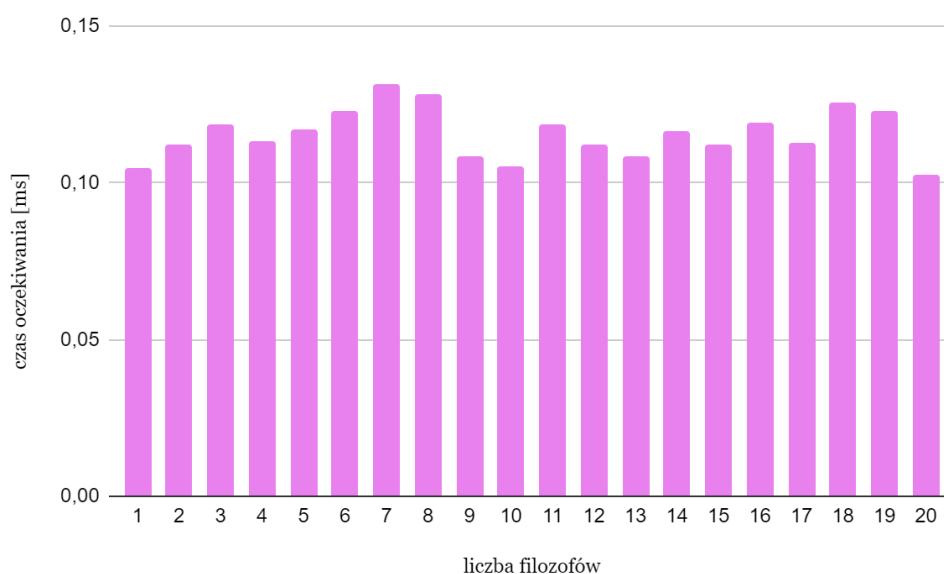
W celu analizy wyników, dla każdego rozwiązania porównałam średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów. Ponadto przygotowałam wykresy kolumnowe ukazujące średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa dla liczby $n = 20$ (w przypadku rozwiązania stochastycznego $n = 25$) filozofów, oraz wykres kolumnowy ukazujący ile razy filozofowi udało się “zjeść”.

Porównałam także średni czas oczekiwania dla każdego rozwiązania w zależności od liczby filozofów, oraz średnią liczbę sukcesu w bitwie o jedzenie.

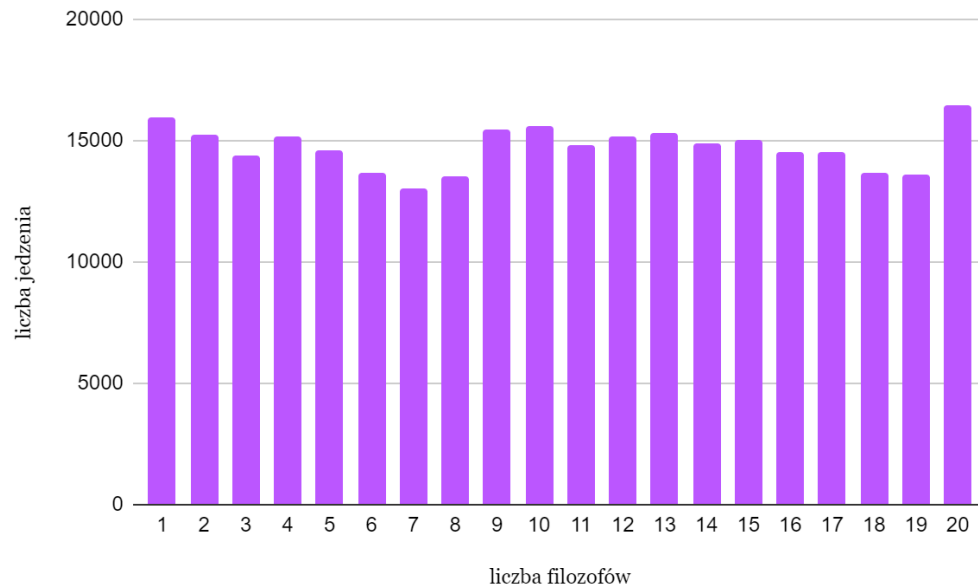
5.1 Rozwiązanie asymetryczne



Wykres 5.1.1. Średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów



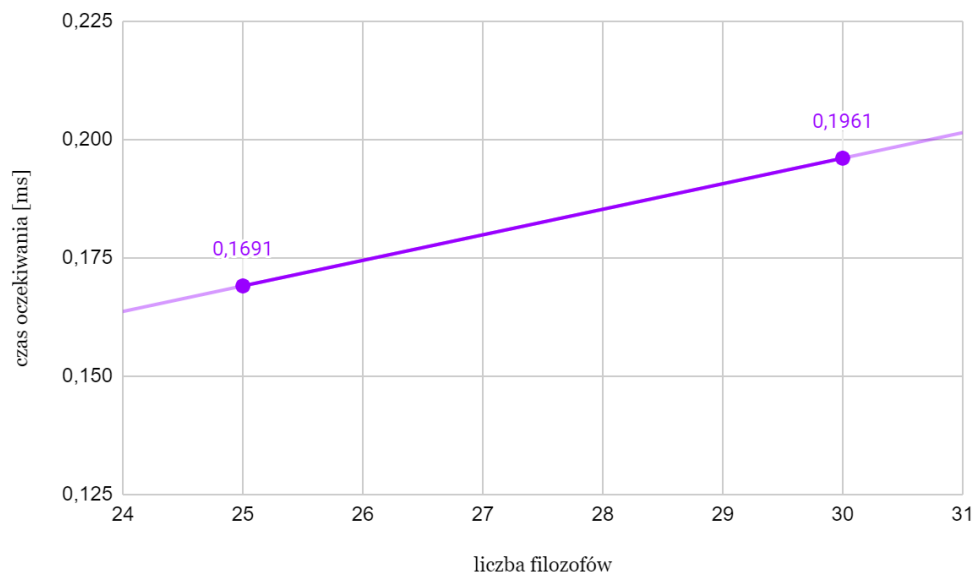
Wykres 5.1.2. Średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa przy $n=20$



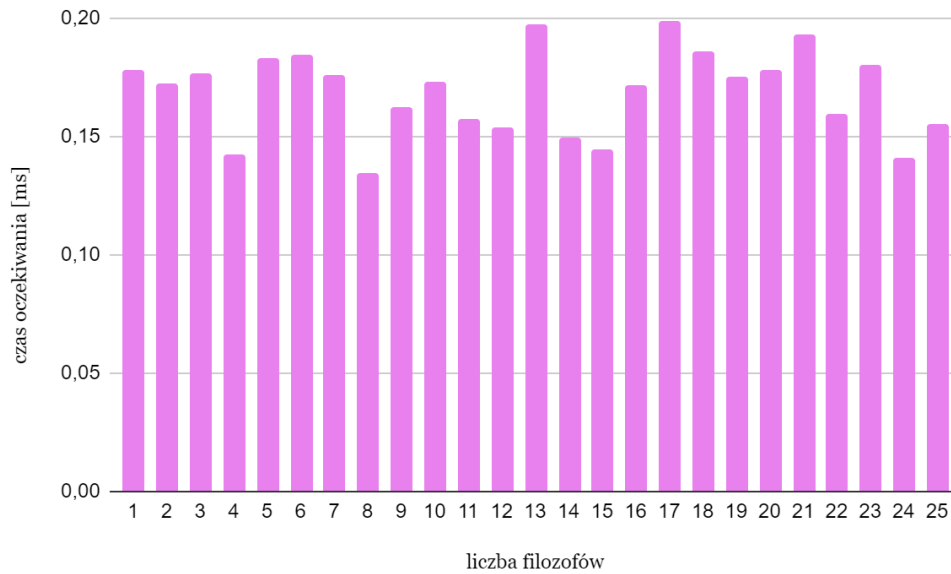
Wykres 5.1.3. Liczba zjedzenia dla każdego filozofa dla $n=20$

Jak można zauważyć na wykresie 5.1.1, czas oczekiwania na jedzenie w przypadku rozwiązania asymetrycznego wzrasta wykładniczo wraz ze wzrostem liczby filozofów. Dodatkowo, analizując wykresy 5.1.2 oraz 5.1.3, można stwierdzić, że rozkład czasu oczekiwania na jedzenie był stosunkowo równomierny dla każdego filozofa.

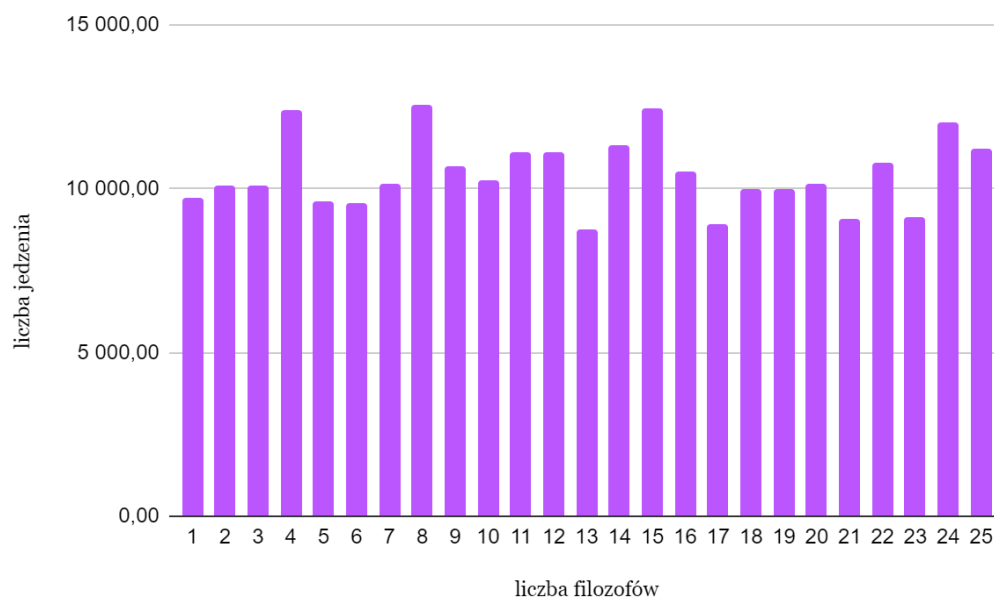
5.2 Rozwiązanie stochastyczne



Wykres 5.2.1. Średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów



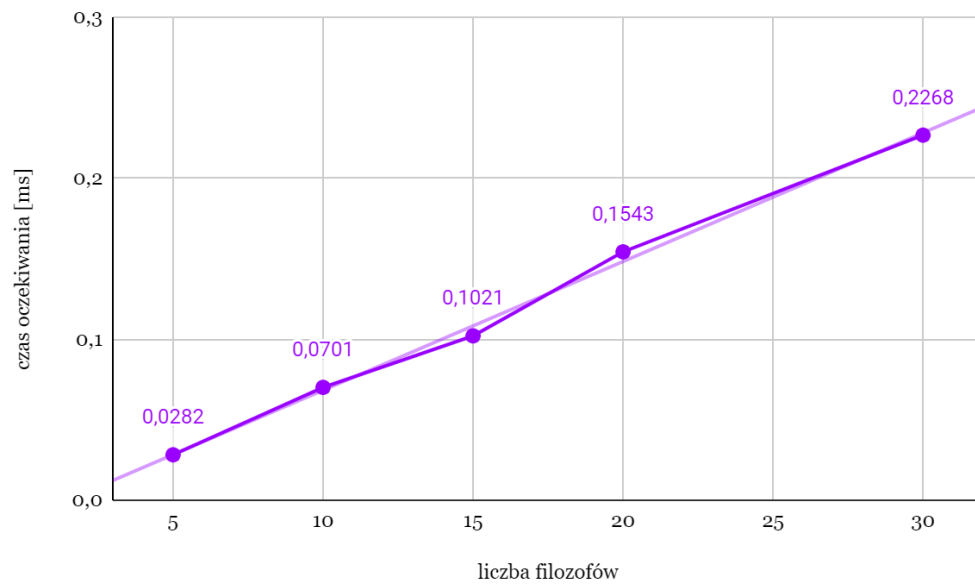
Wykres 5.2.2. Średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa dla n=25



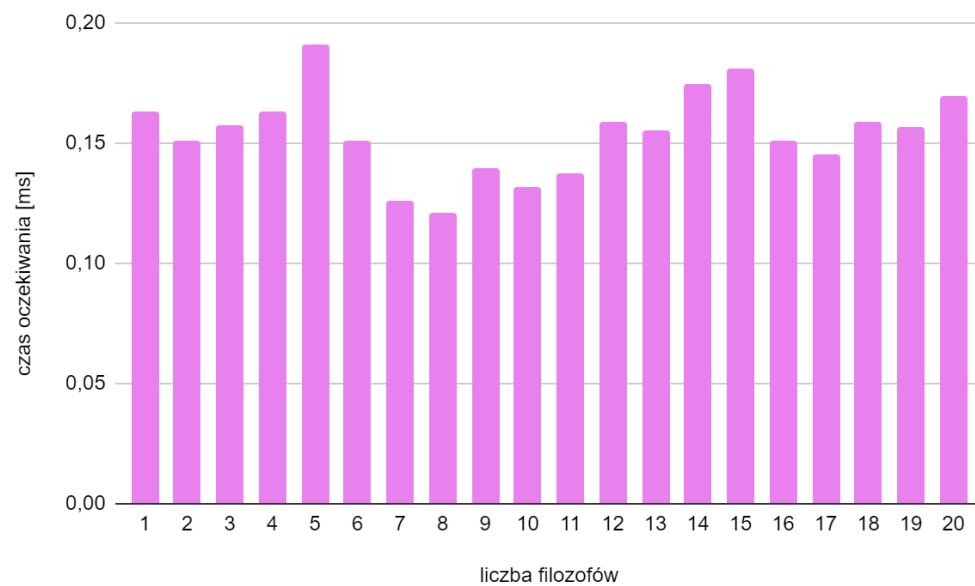
Wykres 5.2.3. Liczba zjedzenia dla każdego filozofa dla n=25

Niestety, z powodu ograniczonej liczby dostępnych pomiarów, nie byłam w stanie precyzyjnie określić, w jaki sposób czas oczekiwania zależy od zmiennej n . Niemniej jednak, na wykresie 5.2.1 można wyraźnie zauważyć tendencję wzrostową czasu wykonania, co sugeruje pewne korelacje między tymi zmiennymi. Ponadto, analizując wykresy 5.1.2 oraz 5.1.3, możemy zauważyć, że rozkład czasu oczekiwania oraz spożycia jedzenia wykazuje pewne odchylenia od równomiernego rozkładu, co może wskazywać na pewne zróżnicowania w zachowaniach filozofów.

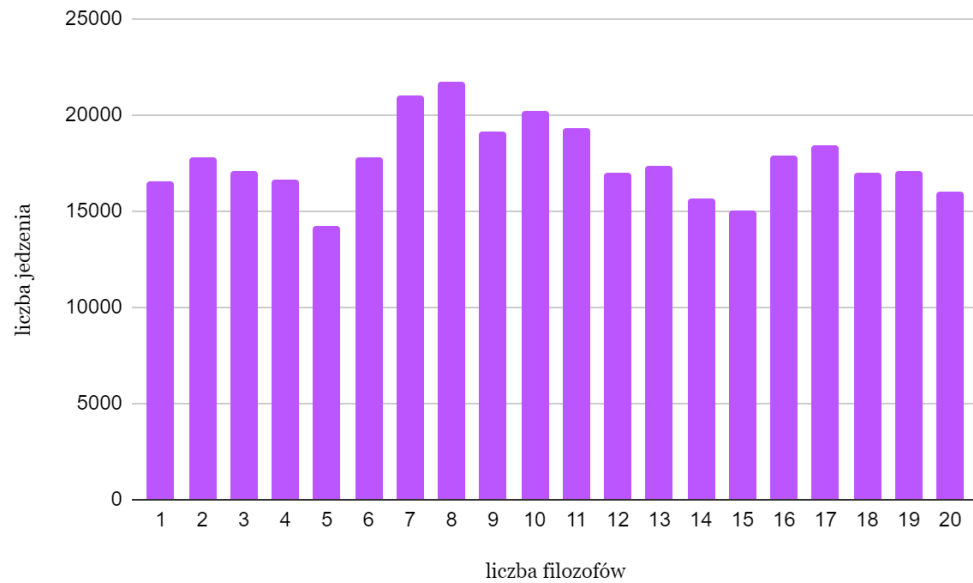
5.3 Rozwiązanie z arbitrem



Wykres 5.3.1. Średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów



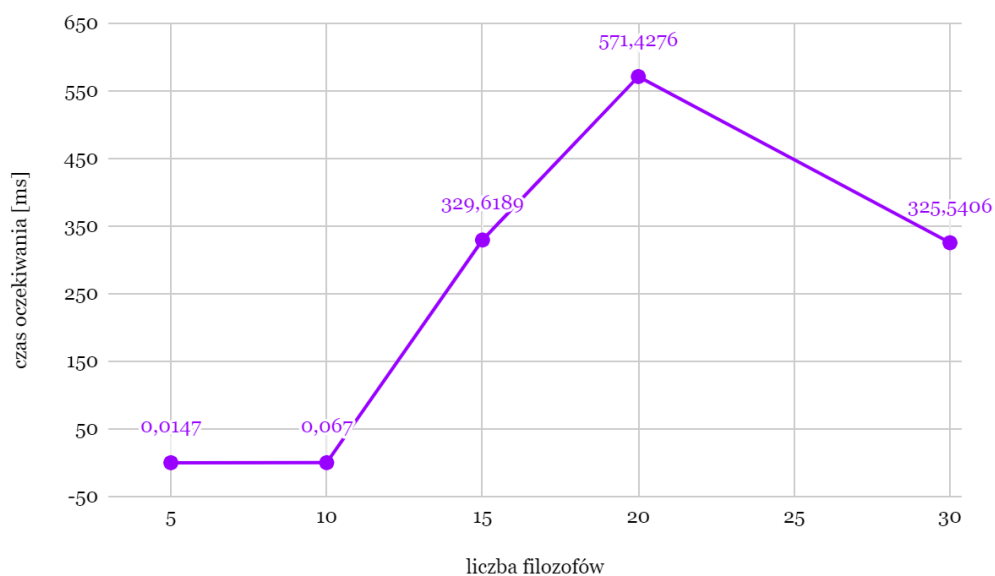
Wykres 5.3.2. Średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa



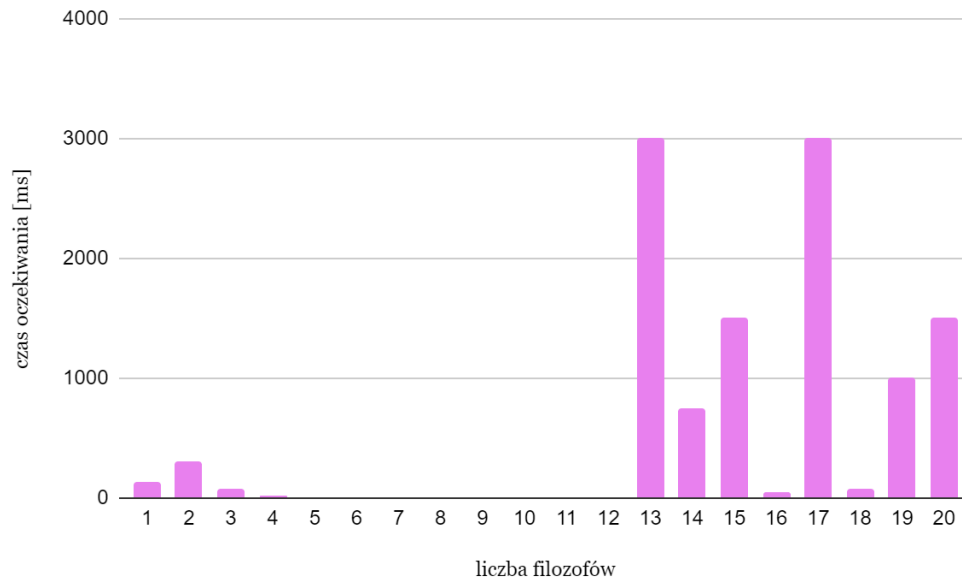
Wykres 5.3.3. Liczba zjedzenia dla każdego filozofa

W przypadku rozwiązania z arbitrem obserwujemy, że średni czas oczekiwania w zależności od liczby filozofów wykazuje tendencję do wzrostu w sposób liniowy, co można zauważyć na wykresie 5.3.1. Ponadto, analizując wykresy spożycia jedzenia oraz czasu oczekiwania (5.3.2 i 5.3.3) dla każdego filozofa, zauważamy, że zachowują one stosunkowo równomierny charakter, co sugeruje pewne stałe tendencje w tych zmiennych.

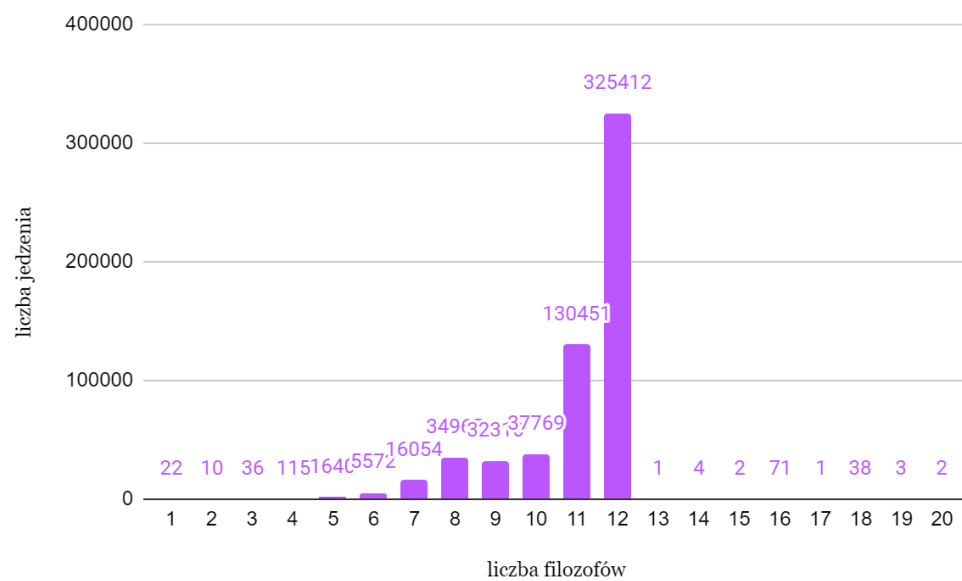
5.4 Rozwiązanie z jadalnią



Wykres 5.4.1. Średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów



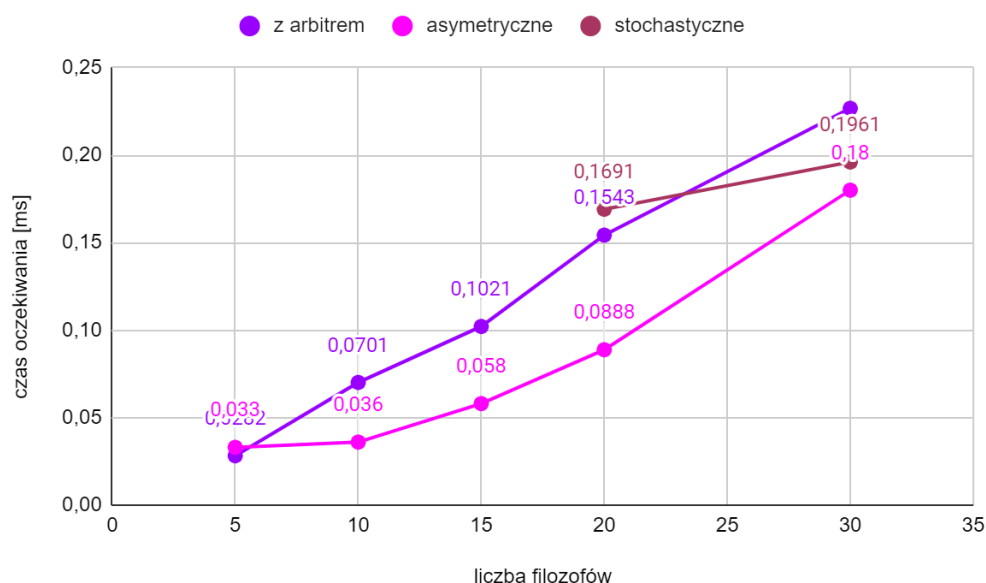
Wykres 5.4.2. Średni czas oczekiwania na jedzenie dla każdego filozofa



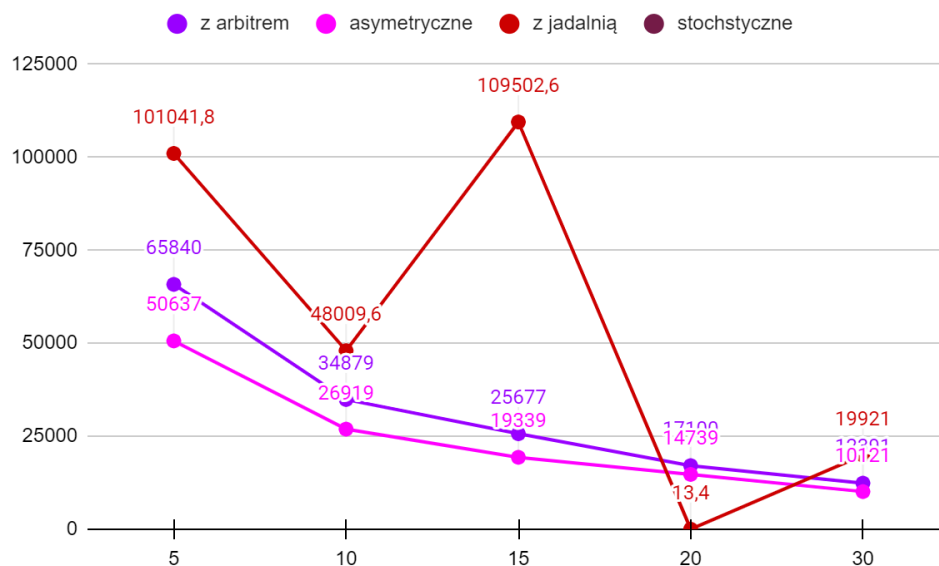
Wykres 5.4.3. Liczba zjedzenia dla każdego filozofa

Wyniki uzyskane w przypadku rozwiązania z jadalnią wykazują znaczne zróżnicowanie. Jest to prawdopodobnie wynik potencjalnych błędów w implementacji tego rozwiązania.

5.5 Porównanie wszystkich rozwiązań



Wykres 5.5.1. Średni czas oczekiwania na jedzenie w zależności od liczby filozofów dla każdego rozwiązania



Wykres 5.5.2. Średnia liczba zjedzenia w zależności od liczby filozofów dla każdego rozwiązania

Analizując porównanie średnich czasów oczekiwania w zależności od liczby filozofów (wykres 5.5.1) możemy zauważyć, że dla $n \leq 30$ rozwiązanie asymetryczne wypada lepiej, niż rozwiązania z arbitrem oraz stochastyczne. Natomiast analizując wykres 5.5.2 widzimy, że średnia liczba zjedzenia lepiej wypada dla rozwiązania z jadalnią.

6. Wnioski

- Skomplikowanie implementacji ma wpływ na wyniki:
W przypadku rozwiązania z jadalnią zaobserwowaliśmy znaczne zróżnicowanie wyników, co może wskazywać na potencjalne problemy z implementacją tego rozwiązania.
- Analiza wyników wskazuje, że wybór konkretnego rozwiązania ma znaczący wpływ na efektywność systemu:
Rozwiązanie asymetryczne wykazywało tendencję wzrostową czasu wykonania wraz ze wzrostem zmiennej n , co może sugerować, że nie jest optymalne w sytuacjach wymagających równomiernego rozkładu czasu oczekiwania filozofów. Rozwiązanie z arbitrem wydaje się bardziej równomiernie rozkładać czas oczekiwania, ale z różnymi stopniami zróżnicowania wyników.