

Projekt algorytmy i złożoność obliczeniowa

Badanie efektywności wybranych algorytmów sortowania ze względu na złożoność obliczeniową

Wykonawca:	Krzysztof Zalewa
Imię i Nazwisko nr indeksu, wydział	Krzysztof Zalewa 273032
Termin zajęć: dzień tygodnia, godzina	Śr 11:15-13:00
Data oddania sprawozdania:	05.04.2024
Ocena końcowa	

1.Wprowadzenie

1.1 Sortowanie przez wstawianie

Algorytm tworzy nową pustą tablice(S) o tej samej długości co tablica nie posortowana(NS). Do nowej tablicy wstawiany jest element zerowy tablicy NS. Następnie iterując przez tablice NS i-ty element tej tablicy porównywany jest z elementami tablicy S zaczynając od końca tablicy S. Porównywanie zatrzymuje się dopiero wtedy gdy j-ty element tablicy S jest większy od i-tego elementu tablicy NS. Następnie wszystkie elementy od j+1 do końca tablicy S przesuwane są o 1. Na koniec w elemencie j+1 tablicy S zapisywany jest i-ty element tablicy NS.[1]

Złożoność czasowa w przypadku najgorszym: $O(n^2)$

Złożoność czasowa w przypadku najlepszym: $O(n)$

W najgorszym przypadku (np tablica posortowana nie rosnąco) przy każdej iteracji(n razy) wszystkie elementy zostaną przesunięte o 1(n razy) . Więc złożoność będzie zbliżona do $O(n^2)$. Natomiast dla tablicy posortowanej przesunięcie nie wykona się nigdy więc złożoność pozostała zbliżona do $O(n)$.[2]

1.2 Sortowanie przez kopcowanie

Nie posortowanej tablicy zostaje nadana właściwość kopca maksymalnego. Element o indeksie i jest większy od swoich dzieci (elementy o indeksach $2*i+1$ i $2*i+2$). Następnie ostatni element zamieniany jest z tym o indeksie 0. W kolejnym kroku przywracana jest właściwość kopca dla tablicy o 1 krótszej niż ta poprzednia (ostatnie i elementów jest posortowane). Proces ten jest powtarzany dla każdego elementu tablicy.[3]

Złożoność czasowa w każdym przypadku: $O(n \log n)$

Jest tak ponieważ algorytm zawsze iteruje przez całą tablicę więc wykoną się n razy. Natomiast przywracanie własności kopca zajmuje $\log n$. Dlatego złożoność będzie zbliżona do $O(n \log n)$. Dzieje się tak niezależnie od przypadku.[4]

1.3 Sortowanie Shella

Na początku działania algorytmu tworzona jest przerwa. Korzystając ze wzoru (zaimplementowano tylko 2) 1 lub 2. Następnie porównywane są ze sobą liczby odległe od siebie o przerwę. Od teraz traktowane są jako osobna tablica. Takich "tablic" powstaje $N/\text{przerwa}$. Wszystkie te "tablice" są wewnętrznie sortowane. Po wykonaniu wszystkich sortowań przerwa jest zmniejszana według odpowiedniego wzoru. Algorytm wykonywany jest do momentu w którym szczelina jest mniejsza od 1.[5]

$$\text{floor}\left(\frac{N}{2^k}\right) \text{ wzór 1.}$$

$$2^k - 1 \text{ wzór 2}$$

Złożoność czasowa w przypadku najgorszym wzór 1: $O(n^2)$

Złożoność czasowa w przypadku najgorszym wzór 2: $O(n^{(3/2)})$

Złożoność czasowa w przypadku najlepszym: $O(n \log n)$

Wzór 1 jest pierwszym wzorem na szczelinę w tym algorytmie zaproponowanym przez D.Shella. Dlatego ma on większą złożoność czasową zbliżoną do $O(n^2)$. Natomiast wzór 2 jest usprawnieniem tego algorytmu zaproponowanym przez T.Hibberda. Ten wzór jako że jest usprawnieniem poprzedniego ma złożoność czasową zbliżoną do $O(n^{(3/2)})$. Złożoność czasowa w przypadku najgorszym jest zawsze taka sama około $O(n \log n)$. Ponieważ w obu przypadkach tworzone jest około $\log n$ przerw. A dla każdej przerwy wykonywana jest iteracja po tablicy n.[6]

1.4 Sortowanie szybkie

Zostały zaimplementowane 4 sposoby wyboru pivota. Skrajnie lewy, środkowy, skrajnie prawy i losowy. Dla tablic o długościach 40000 i 80000 porzucono skrajne tryby wyboru gdyż na tak długich tablicach te tryby sprawiają że algorytm staje się niestabilny. Po wybraniu pivota po obu końcach tablicy zaczyna się iteracja. Gdy po lewej stronie pivota znajduje się element od niego mniejszy a po prawej większy te elementy są ze sobą zamieniane a iteracja jest wznowiana. Proces ten powtarza się do momentu gdy wskaźniki iteracji się ze sobą "przetrną" (są sobie równe lub prawy jest mniejszy od lewego). Następnie wykonywane jest szybkie sortowanie prawej i lewej strony pivota. Proces ten jest powtarzany do momentu gdy prawa i lewa strona pivota mają po 1 elemencie.[7]

Złożoność czasowa w przypadku najgorszym: $O(n^2)$

Złożoność czasowa w przypadku najlepszym: $O(n \log n)$

W najgorszym przypadku dla każdego podcięgu tablicy należy wykonać zamianę wszystkich elementów. Dlatego złożoność czasowa będzie zbliżona do $O(n^2)$. Natomiast w najlepszym będzie możliwa za każdym razem wybrać medianę wartości danej tablicy przez co złożoność będzie zbliżona do $O(n \log n)$.[8]

2. Plan eksperymentu

2.1 Rozmiar tablic

Rozmiar tablic i ich ilość zostały dobrane na podstawie instrukcji. Według prowadzącego rozmiar tablic miał być taki aby wyniki wychodziły ~ms. Wartości 10 000, 20 000, 40 000 i 80 000 na moim urządzeniu spełniają ten warunek.

2.2 Generowanie tablic

Na początku tablice generowane są zupełnie losowo (rys1). Następnie dla odpowiednio 1/3, 2/3 i całości wypełniane są kolejnymi liczbami (rys2).

Pozostałą część tablicy wypełniają liczby większe o ostatniej wpisanej liczby w tablicy(rys3).

```
for(int i=0;i<tabelLength;i++)
{
    tabInt[i]= rand();
    tabFloat[i]= (float)(rand()) / (float)(rand());
}
```

Rys1. Pętla wypełniająca tablice losowymi danymi

```
for(int i=0;i<sortAmmount;i++)
{
    tabInt[i]=i;
    tabFloat[i]=i*0.1;    You, 3 day
```

Rys2. Pętla wypełniająca tablice danymi po części posortowanymi

```
for(int i=sortAmmount;i<tabelLength;i++)
{
    tabInt[i]= rand()% (RAND_MAX - sortAmmount + 1) + sortAmmount;
    tabFloat[i]= (float)(rand()% (RAND_MAX - sortAmmount + 1) + sortAmmount) / (float)(rand()% (RAND_MAX - sortAmmount + 1) + sortAmmount); ;
```

Rys3. Pętla dopełniająca tablice losowymi liczbami

2.3 Typy zmiennych

Typ int zajmuje w pamięci znacznie mniej miejsca jednakże działania na zmiennych tego typu zajmują więcej czasu. Zmienne typu float zajmują więcej miejsca ale działania na nich są szybsze.

2.4 Sposób pomiaru czasu

Pomiar czasu wykonywany jest za pomocą funkcji std::chrono::high_resolution_clock::now(). Funkcja ta jest wywoływana bezpośrednio przed rozpoczęciem sortowania i tuż po jego zakończeniu. Od wartości po zakończeniu (end) odejmowana jest wartość przed sortowaniem (start). W ten sposób otrzymany zostaje czas wykonania sortowania w ns (duration). Tak otrzymana wartość zapisana zostaje w pliku wyjściowym.

3.Omówienie przebiegu eksperymentu

3.1 Sortowanie przez wstawianie

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,088E+07	5,774E+01	2,176E+06	1,000E+08	1,000E+04
20000	2,068E+08		1,058E+07	4,000E+08	2,000E+04
40000	8,416E+08		2,474E+07	1,600E+09	4,000E+04
80000	3,342E+09		3,913E+07	6,400E+09	8,000E+04

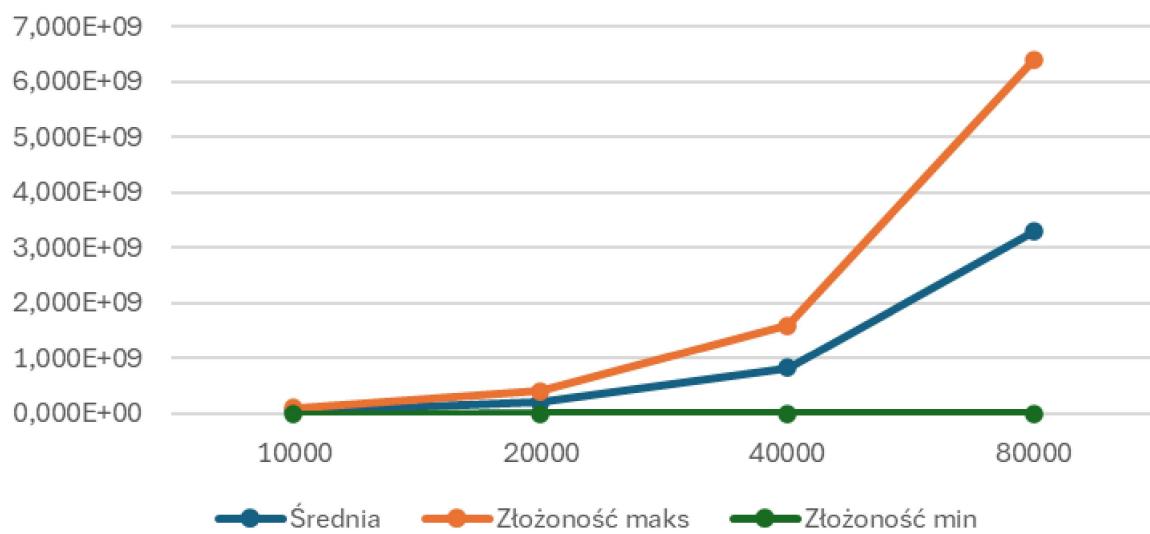
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	6,770E+07	5,774E+01	2,183E+06	1,000E+08	1,000E+04
20000	2,743E+08		7,689E+06	4,000E+08	2,000E+04
40000	1,118E+09		2,906E+07	1,600E+09	4,000E+04
80000	4,477E+09		1,192E+08	6,400E+09	8,000E+04

Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,237E+07	5,774E+01	7,399E+06	1,000E+08	1,000E+04
20000	2,062E+08		2,291E+06	4,000E+08	2,000E+04
40000	8,421E+08		2,519E+07	1,600E+09	4,000E+04
80000	3,362E+09		7,289E+07	6,400E+09	8,000E+04

Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	2,983E+04	5,774E+01	6,124E+03	1,000E+08	1,000E+04
20000	5,777E+04		1,080E+03	4,000E+08	2,000E+04
40000	1,155E+05		2,077E+03	1,600E+09	4,000E+04
80000	2,328E+05		1,063E+04	6,400E+09	8,000E+04

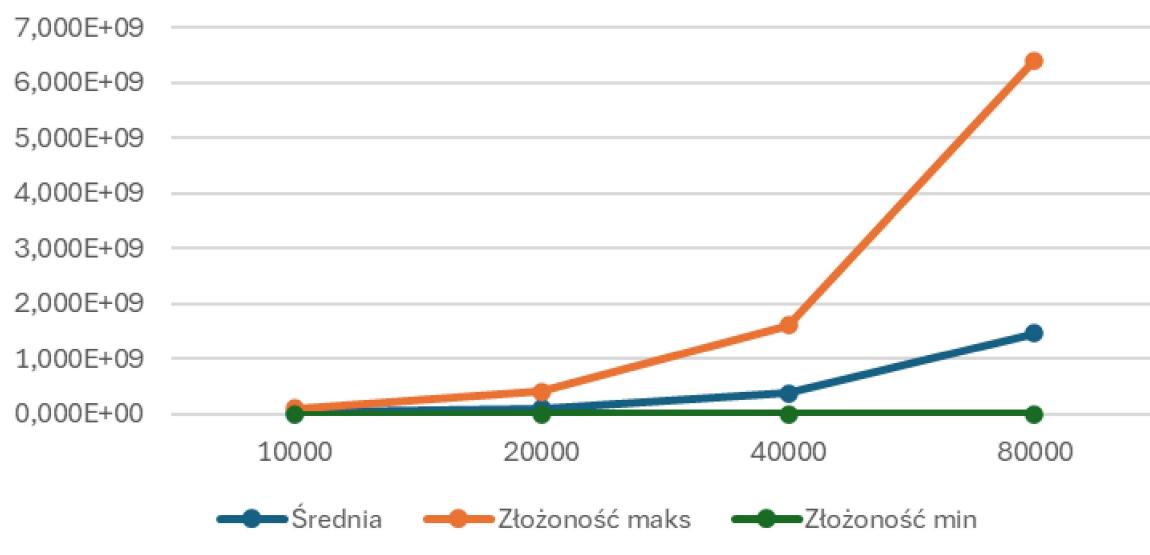
Tab 1 Wyniki Sortowania przez wstawianie typ float

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie przez wstawianie



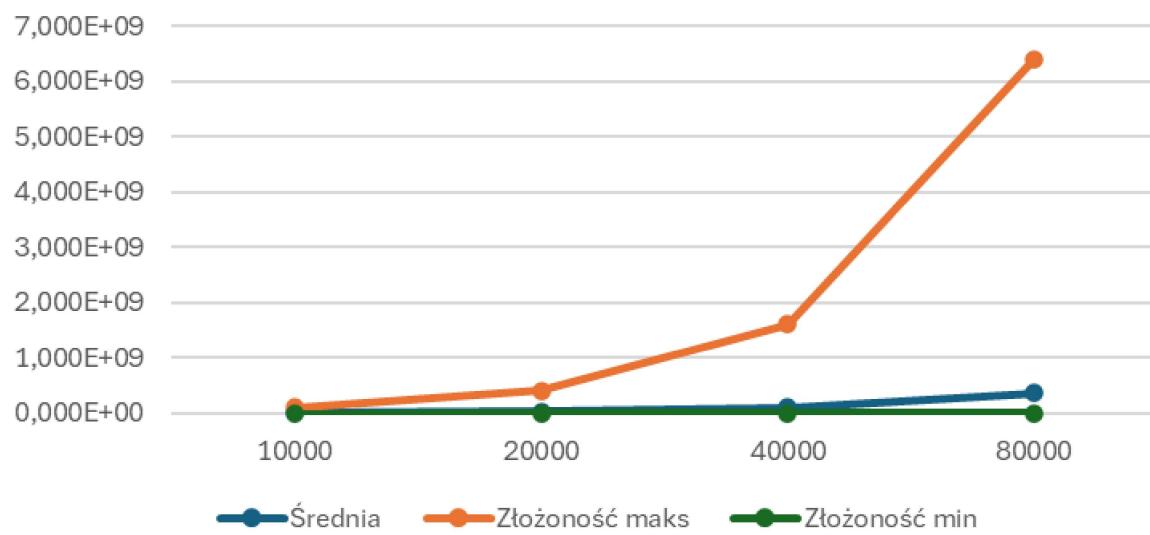
Rys4. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie przez wstawianie



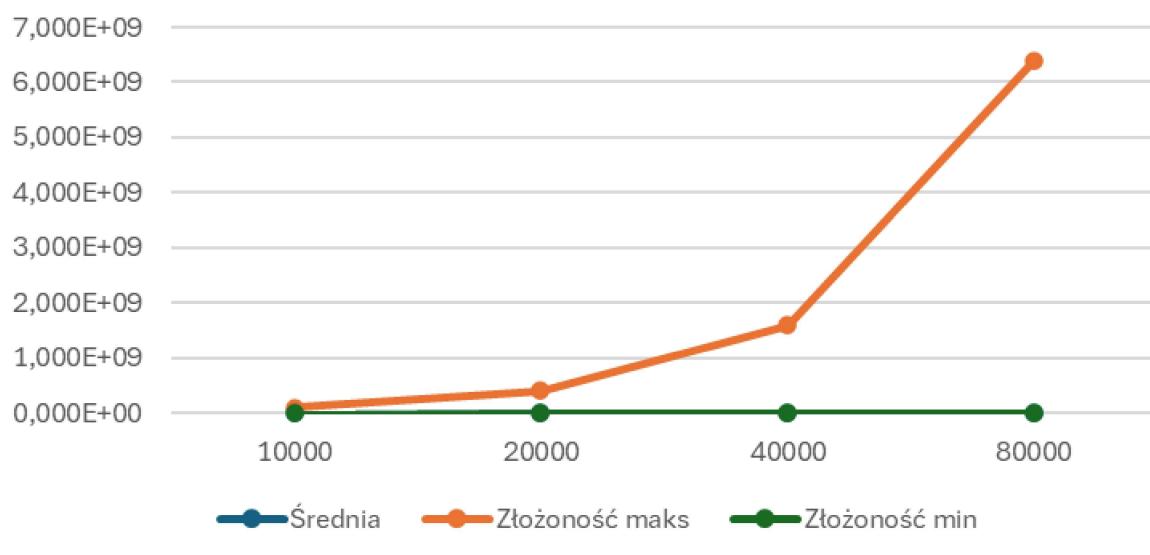
Rys5. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie przez wstawianie



Rys6. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

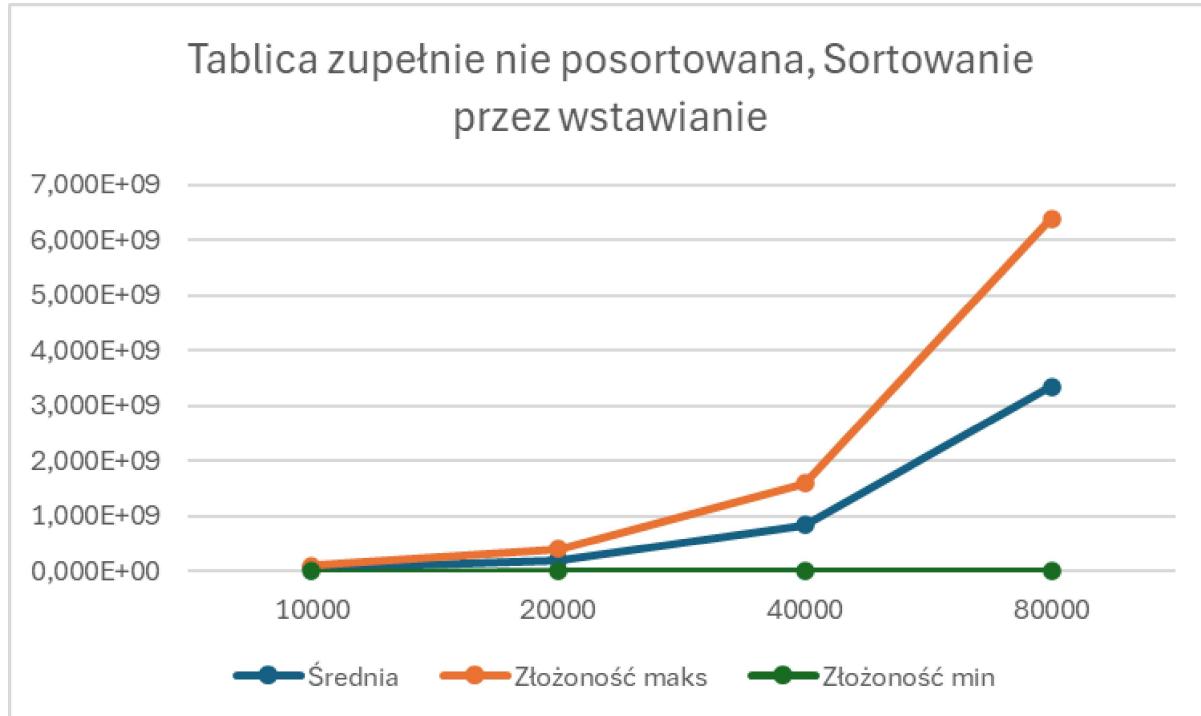
Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie przez wstawianie



Rys7. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

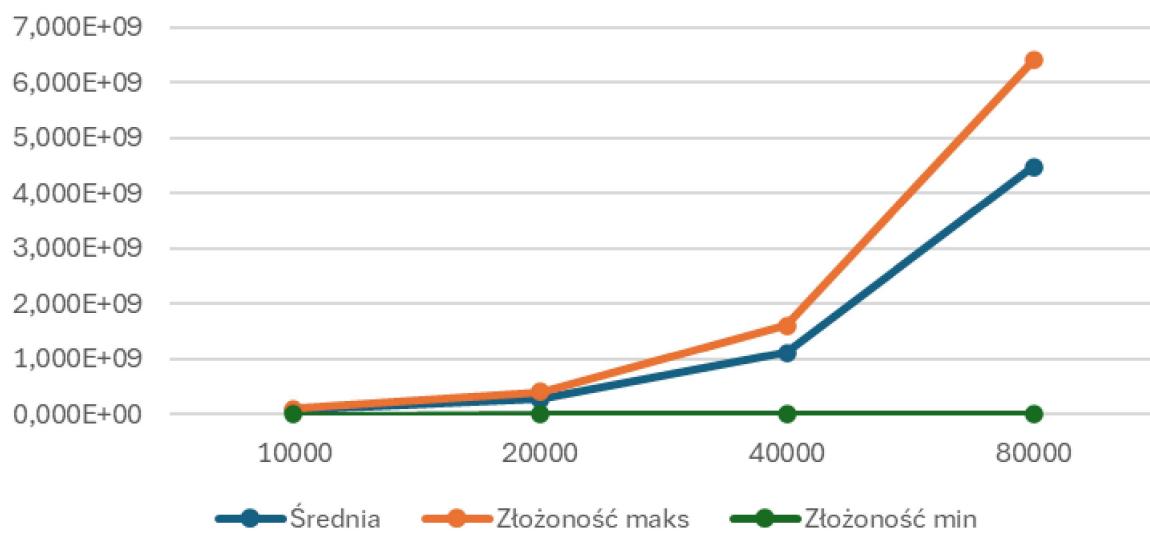
Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,023E+07	5,774E+01	9,075E+05	1,000E+08	1,000E+04
20000	2,026E+08		5,075E+06	4,000E+08	2,000E+04
40000	8,300E+08		3,583E+07	1,600E+09	4,000E+04
80000	3,298E+09		5,708E+07	6,400E+09	8,000E+04
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	2,225E+07	5,774E+01	4,736E+05	1,000E+08	1,000E+04
20000	9,003E+07		4,867E+06	4,000E+08	2,000E+04
40000	3,653E+08		1,468E+07	1,600E+09	4,000E+04
80000	1,465E+09		3,641E+07	6,400E+09	8,000E+04
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,612E+06	5,774E+01	2,802E+05	1,000E+08	1,000E+04
20000	2,258E+07		3,041E+06	4,000E+08	2,000E+04
40000	9,175E+07		9,946E+06	1,600E+09	4,000E+04
80000	3,620E+08		7,731E+06	6,400E+09	8,000E+04
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	2,918E+04	5,774E+01	2,253E+03	1,000E+08	1,000E+04
20000	5,769E+04		1,576E+03	4,000E+08	2,000E+04
40000	1,156E+05		5,245E+03	1,600E+09	4,000E+04
80000	2,312E+05		6,481E+03	6,400E+09	8,000E+04

Tab 2 Wyniki Sortowania przez wstawianie typ int



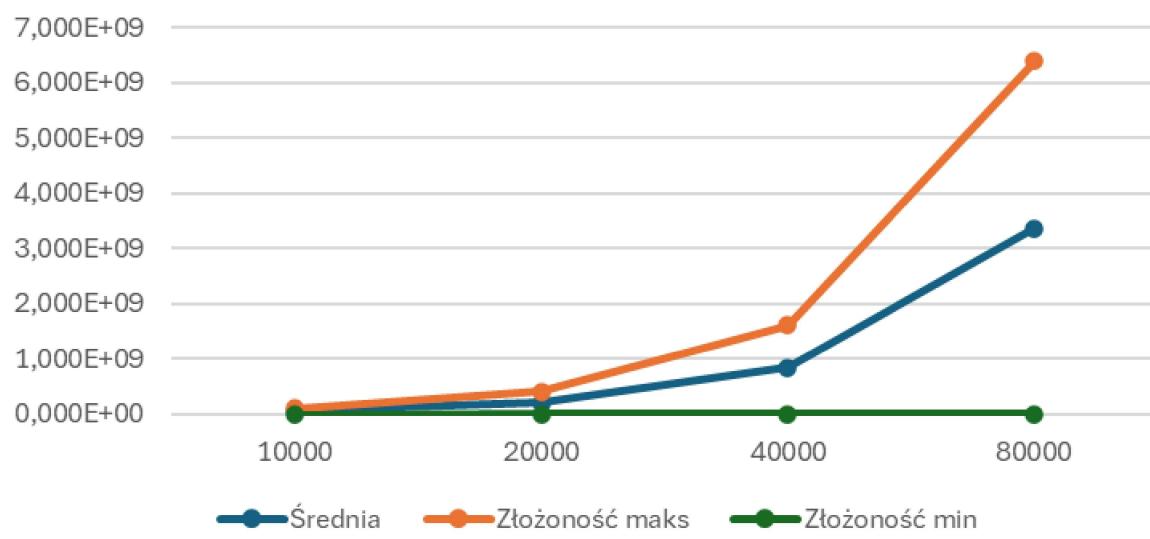
Rys8. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie przez wstawianie



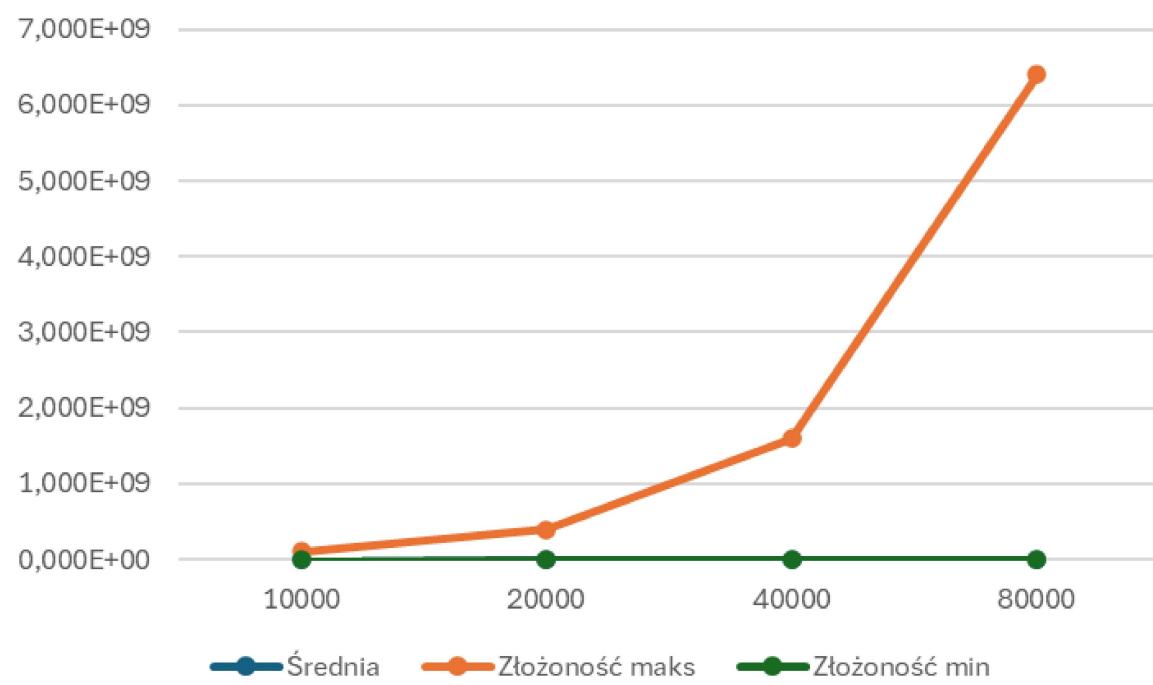
Rys9. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie przez wstawianie



Rys10. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie posortowana, Sortowanie przez wstawianie

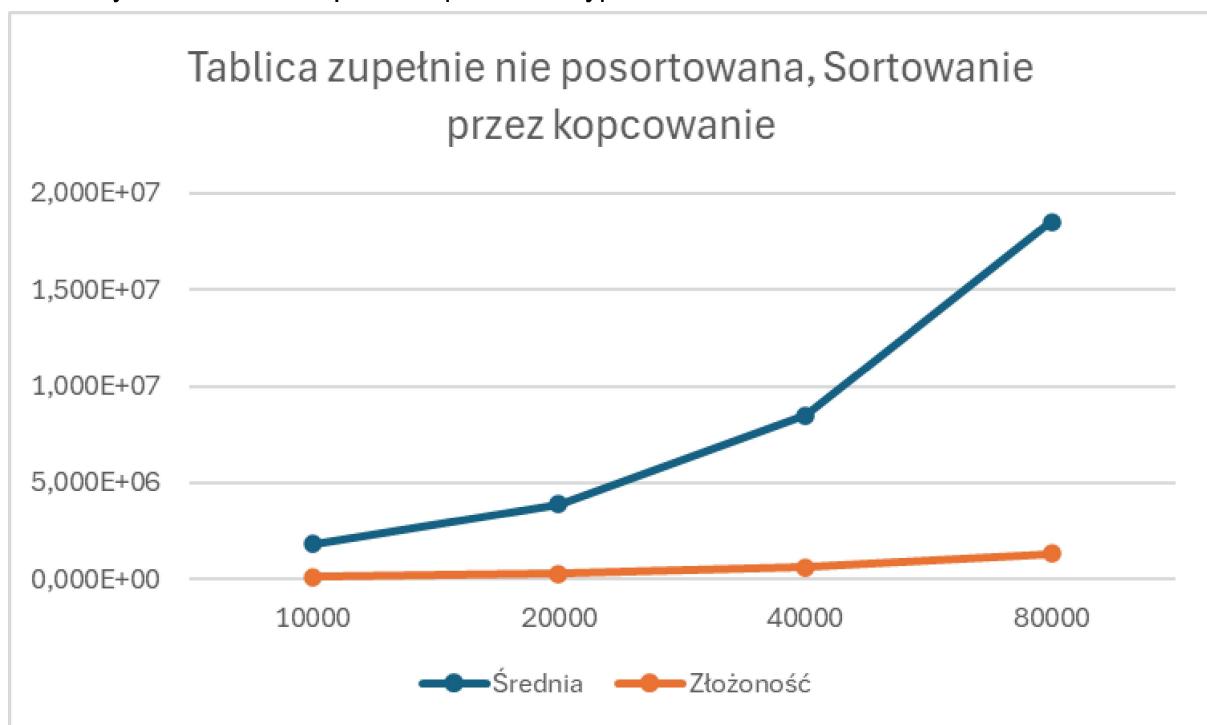


Rys11. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.2 Sortowanie przez kopcowanie

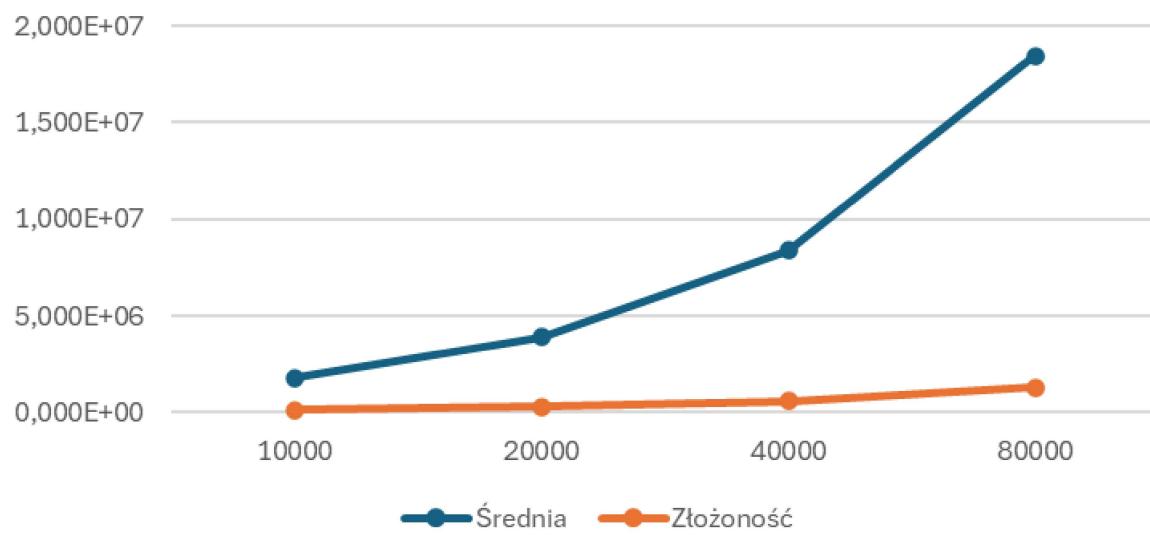
	Tablica nie posortowana			
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,838E+06	5,774E+01	8,553E+04	1,329E+05
20000	3,986E+06		1,315E+05	2,858E+05
40000	8,975E+06		2,270E+06	6,115E+05
80000	1,882E+07		4,603E+05	1,303E+06
	Tablica w 1/3 posortowana			
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,685E+06	5,774E+01	4,659E+04	1,329E+05
20000	3,644E+06		2,292E+05	2,858E+05
40000	7,865E+06		2,769E+05	6,115E+05
80000	1,726E+07		2,028E+06	1,303E+06
	Tablica w 2/3 posortowana			
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,598E+06	5,774E+01	8,915E+04	1,329E+05
20000	3,677E+06		2,764E+06	2,858E+05
40000	7,283E+06		2,557E+05	6,115E+05
80000	1,560E+07		6,982E+05	1,303E+06
	Tablica posortowana			
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,541E+06	5,774E+01	3,318E+04	1,329E+05
20000	3,278E+06		1,287E+05	2,858E+05
40000	7,084E+06		8,532E+05	6,115E+05
80000	1,500E+07		5,796E+05	1,303E+06

Tab 3 Wyniki Sortowania przez kopcowanie typ float



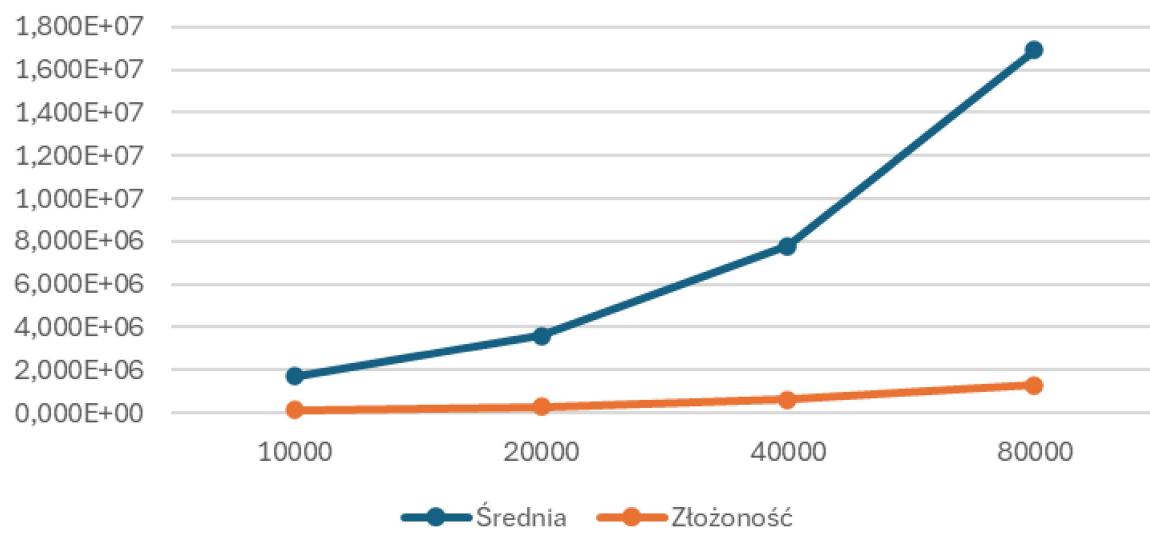
Rys12. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie przez kopcowanie



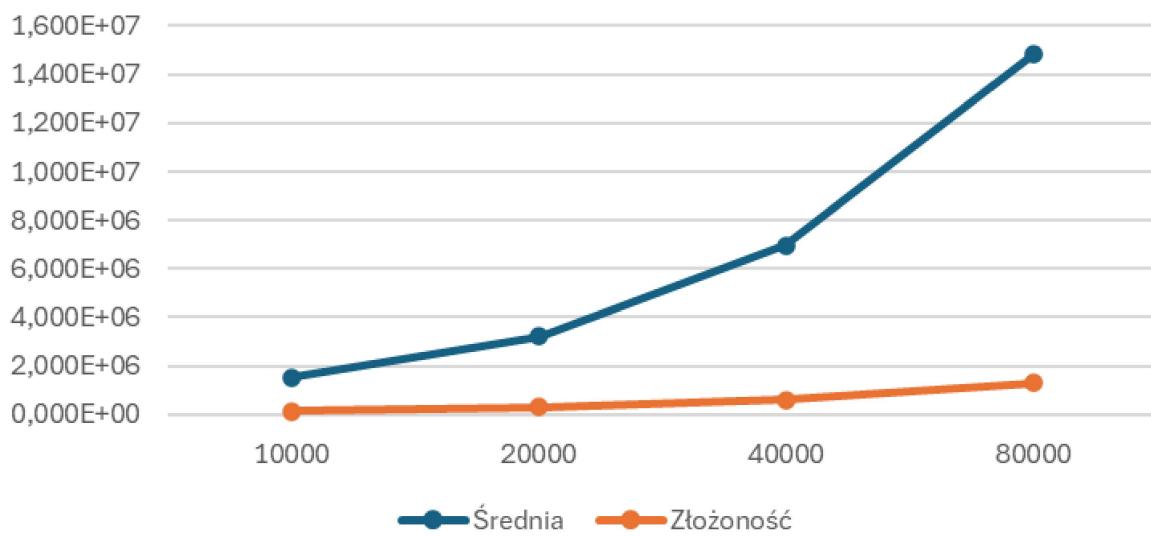
Rys13. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie przez kopcowanie



Rys14. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie przez kopcowanie

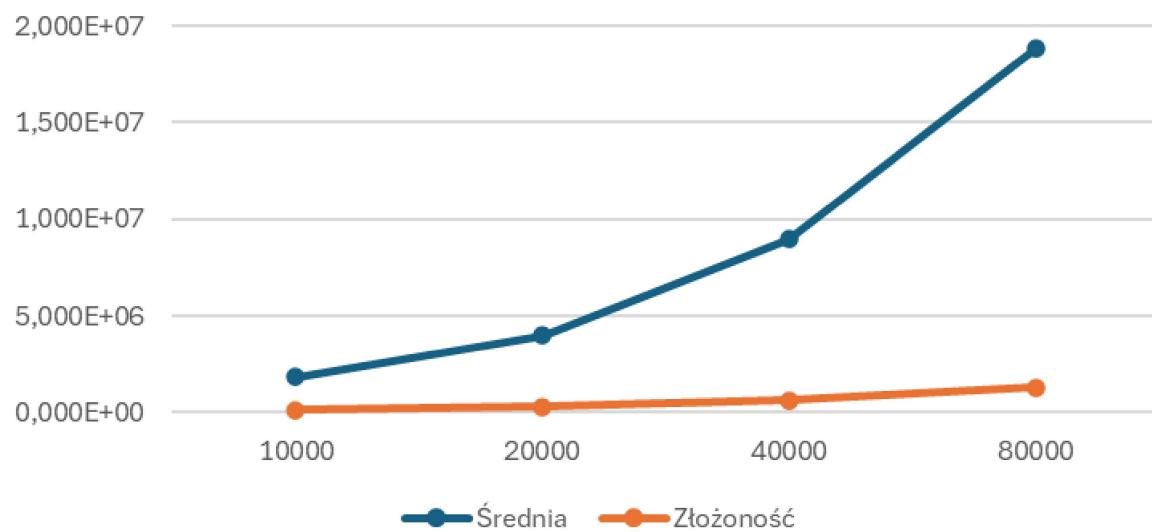


Rys15. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana				
	Srednia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,811E+06	5,774E+01	1,211E+05	1,329E+05
20000	3,903E+06		1,424E+05	2,858E+05
40000	8,498E+06		3,445E+05	6,115E+05
80000	1,854E+07		1,011E+06	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana				
	Srednia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,793E+06	5,774E+01	7,261E+04	1,329E+05
20000	3,887E+06		2,627E+05	2,858E+05
40000	8,387E+06		2,630E+05	6,115E+05
80000	1,843E+07		2,423E+06	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana				
	Srednia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,690E+06	5,774E+01	9,533E+04	1,329E+05
20000	3,619E+06		2,932E+05	2,858E+05
40000	7,777E+06		2,902E+05	6,115E+05
80000	1,691E+07		1,078E+06	1,303E+06
Tablica posortowana				
	Srednia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność
10000	1,537E+06	5,774E+01	1,194E+05	1,329E+05
20000	3,214E+06		4,922E+04	2,858E+05
40000	6,951E+06		4,763E+05	6,115E+05
80000	1,482E+07		3,775E+05	1,303E+06

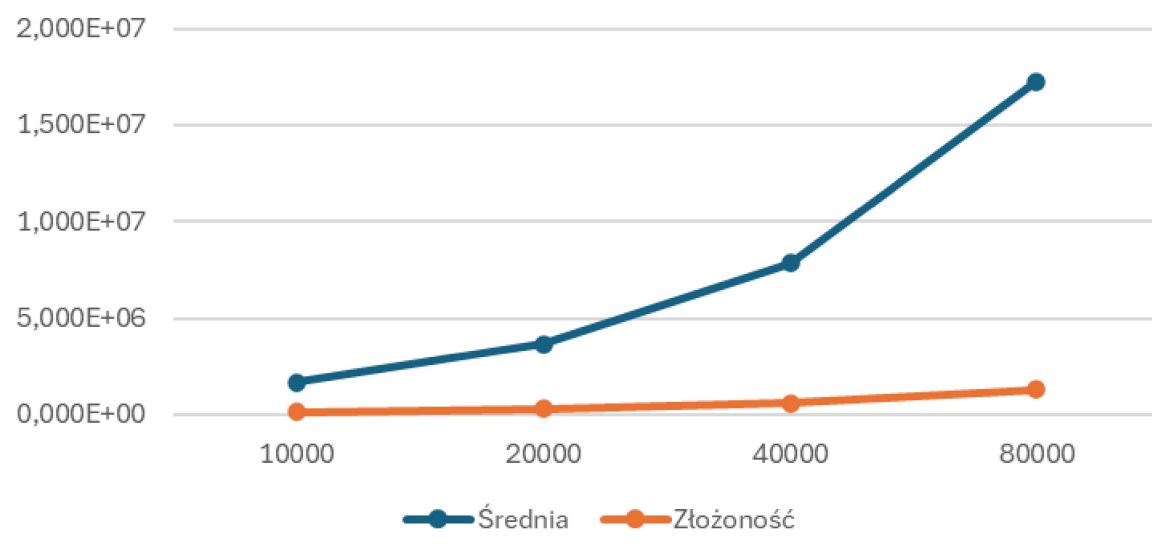
Tab 4 Wyniki Sortowania przez kopcowanie typ int

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie przez kopcowanie



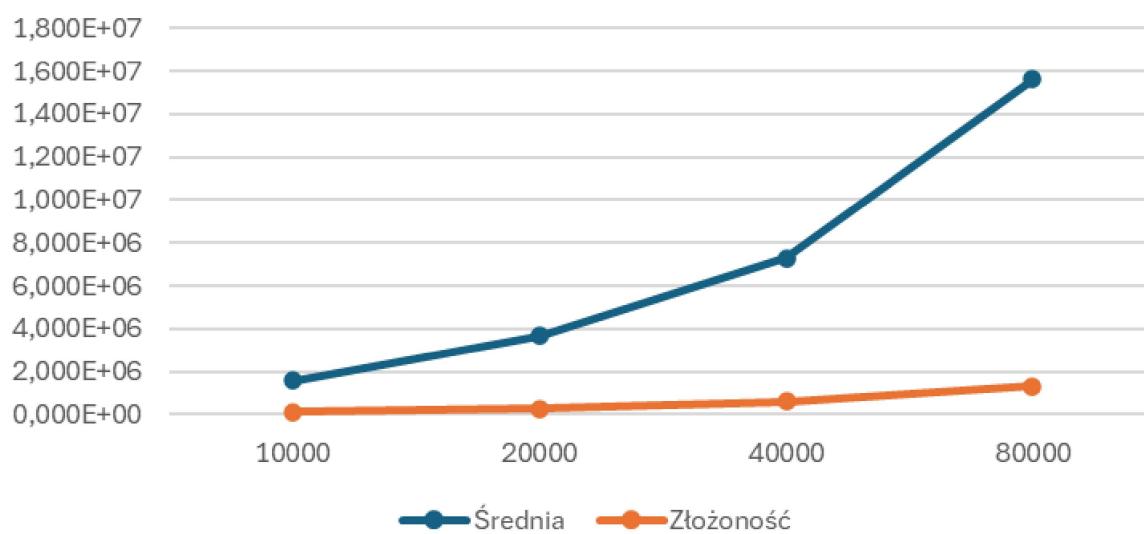
Rys16. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie przez kopcowanie



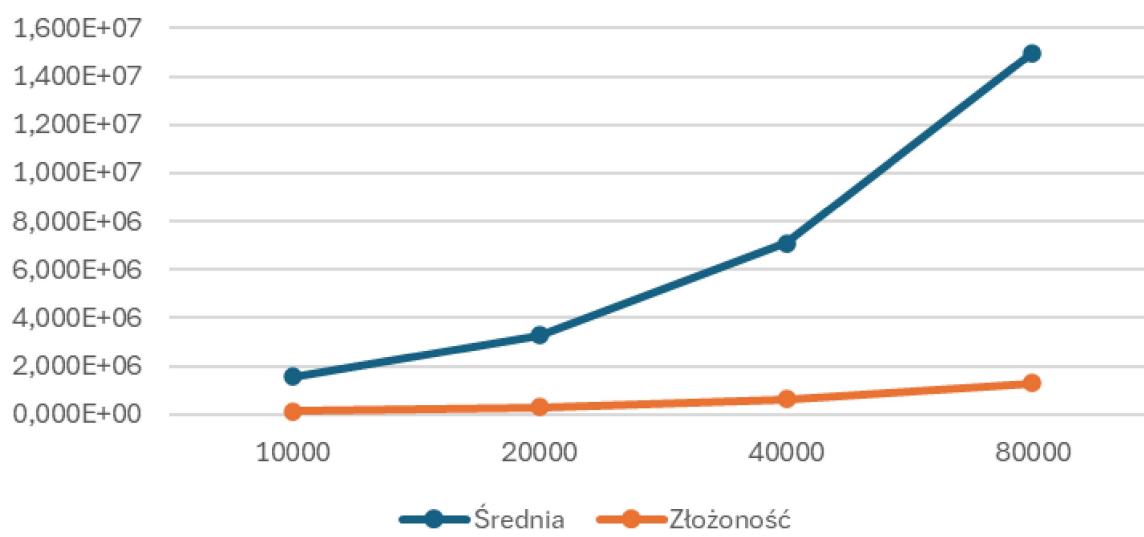
Rys17. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie przez kopcowanie



Rys18. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie posortowana, Sortowanie przez kopcowanie

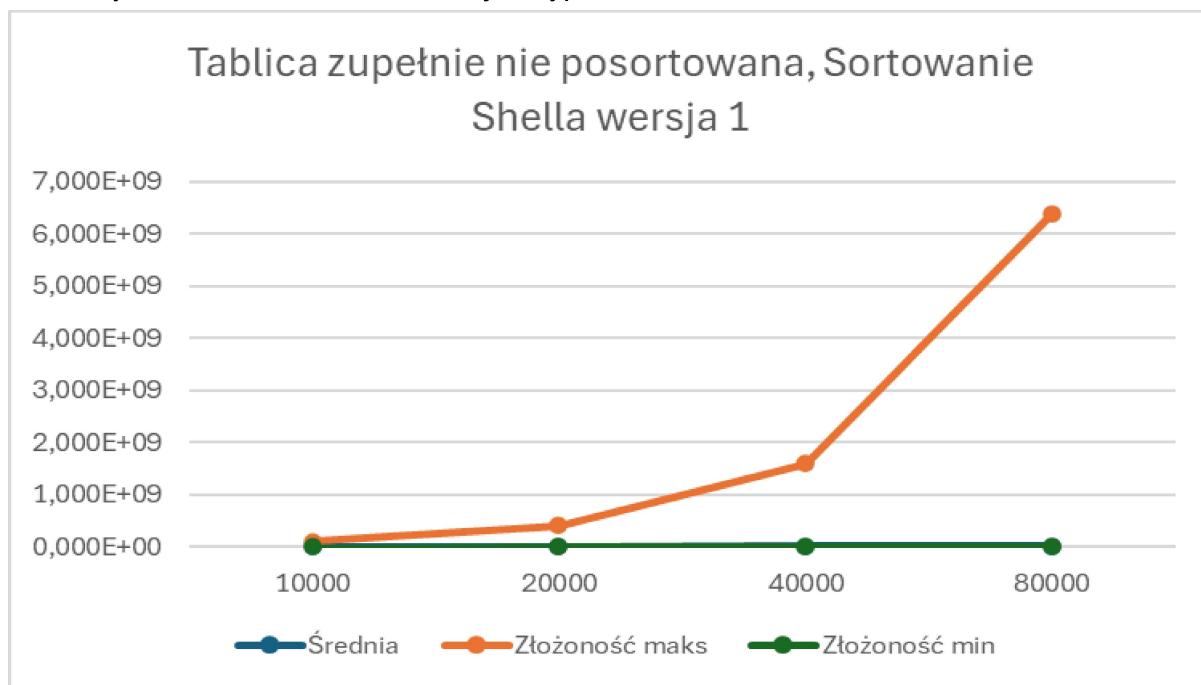


Rys19. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.3 Sortowanie Shella wersja 1

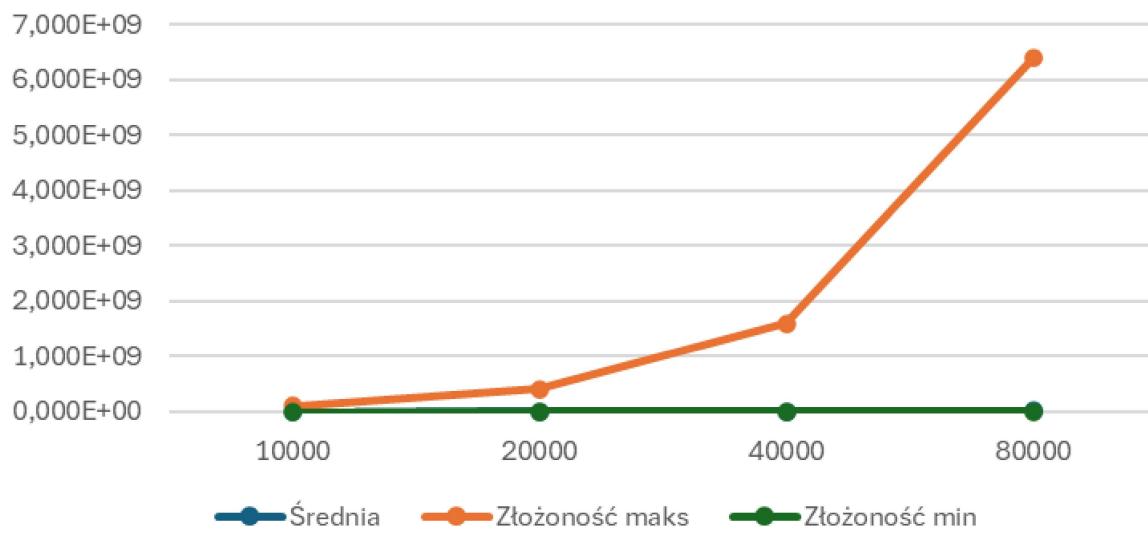
Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,471E+06	5,774E+01	2,994E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	3,325E+06		8,011E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	7,571E+06		3,165E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	1,724E+07		2,953E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,449E+06	5,774E+01	3,393E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,465E+06		7,539E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	5,519E+06		1,906E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	1,245E+07		1,190E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	7,603E+05	5,774E+01	3,434E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,669E+06		6,419E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	3,721E+06		2,523E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	8,061E+06		2,157E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	3,669E+05	5,774E+01	2,266E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	7,930E+05		1,941E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	1,761E+06		1,921E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	3,701E+06		1,915E+05	6,400E+09	1,303E+06

Tab 5 Wyniki Sortowania Shella wersja 1 typ float



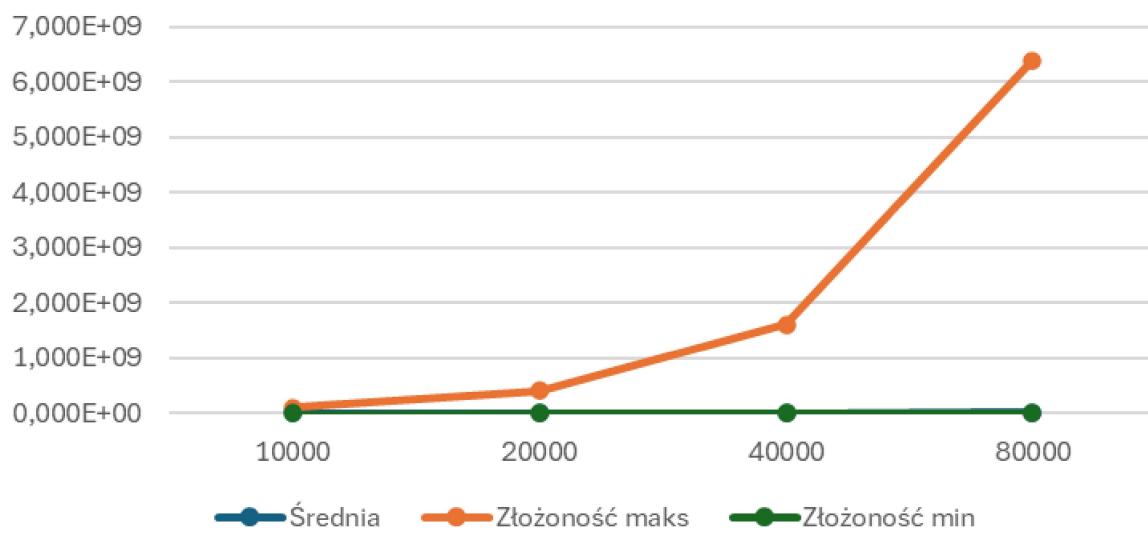
Rys20. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 1



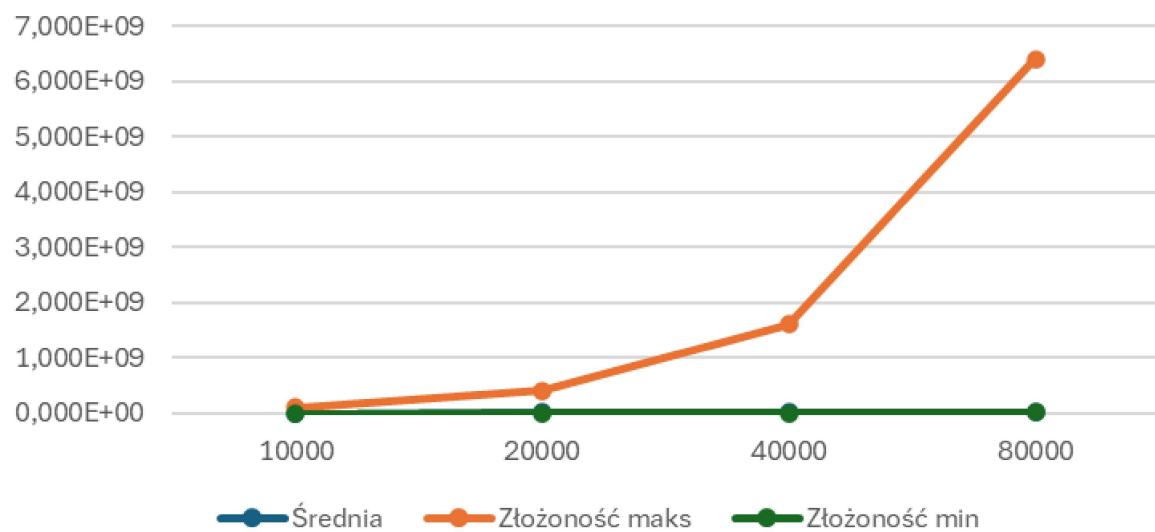
Rys21. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 1



Rys22. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie Shella wersja 1

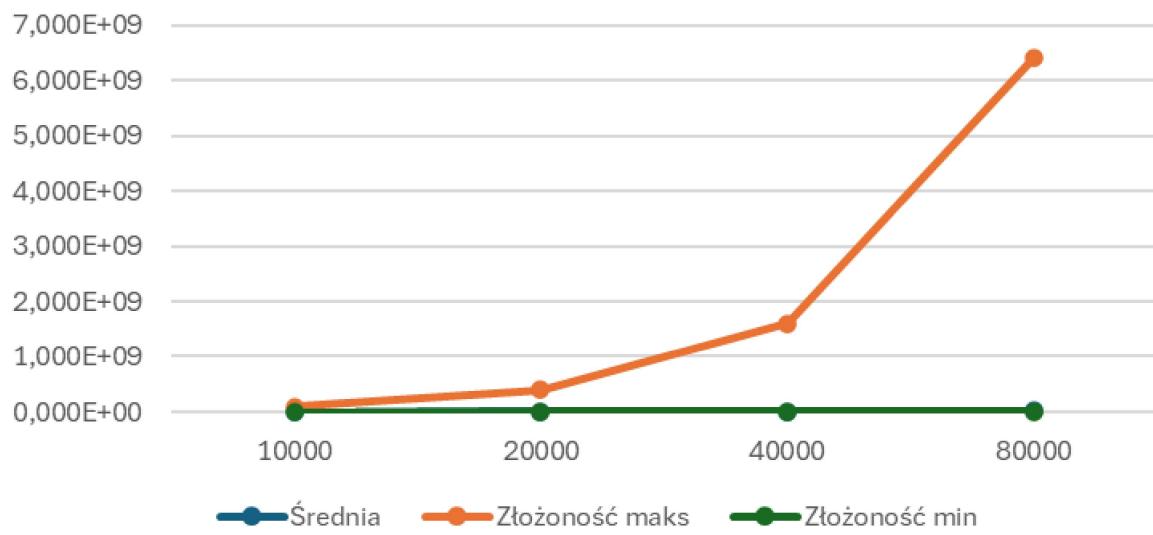


Rys23. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,398E+06	5,774E+01	4,151E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	3,141E+06		1,150E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	7,148E+06		7,016E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	1,597E+07		1,888E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	9,938E+05	5,774E+01	2,935E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,230E+06		1,302E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	5,307E+06		3,420E+06	1,600E+09	6,115E+05
80000	1,107E+07		1,641E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	6,598E+05	5,774E+01	1,379E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,429E+06		6,095E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	3,229E+06		7,791E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	6,993E+06		4,978E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	3,627E+05	5,774E+01	1,008E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	7,996E+05		8,042E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	1,726E+06		1,756E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	3,653E+06		1,041E+05	6,400E+09	1,303E+06

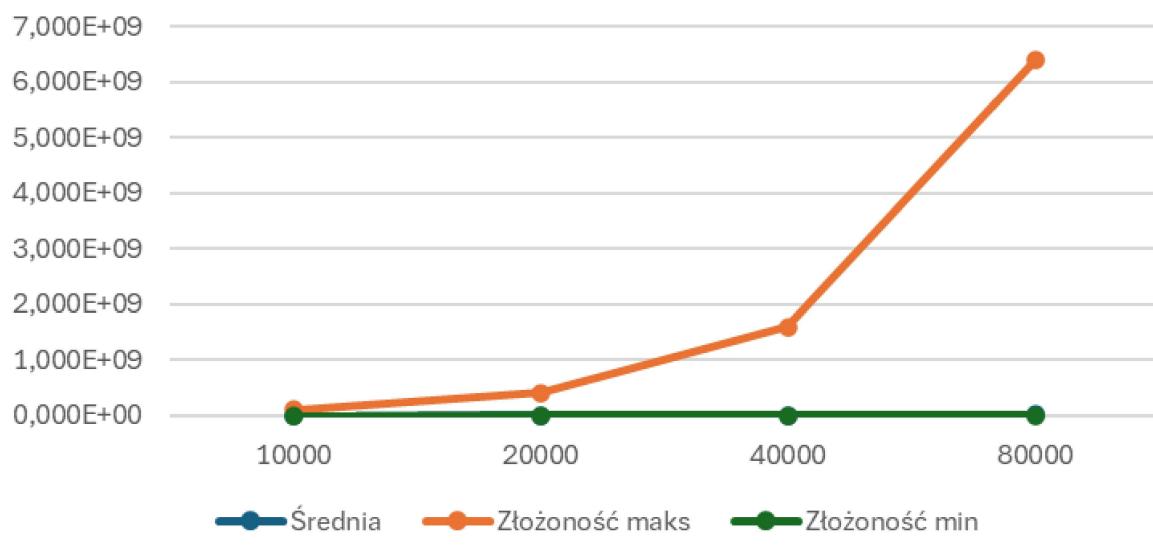
Tab 6 Wyniki Sortowania Shella wersja 1 typ int

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie Shella wersja 1



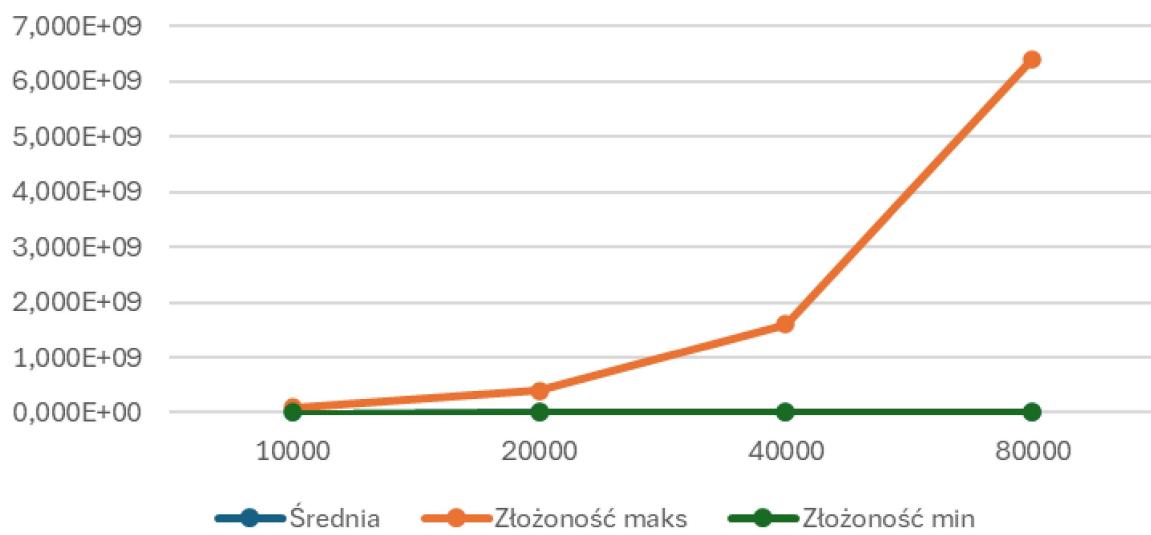
Rys24. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 1



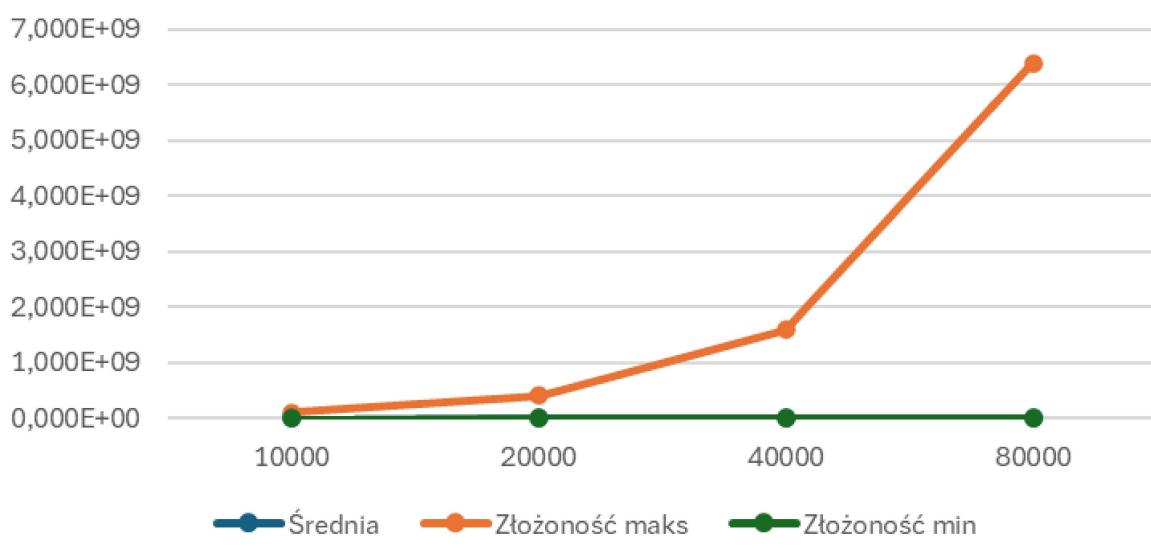
Rys25. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 1



Rys26. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie posortowana, Sortowanie Shella wersja 1

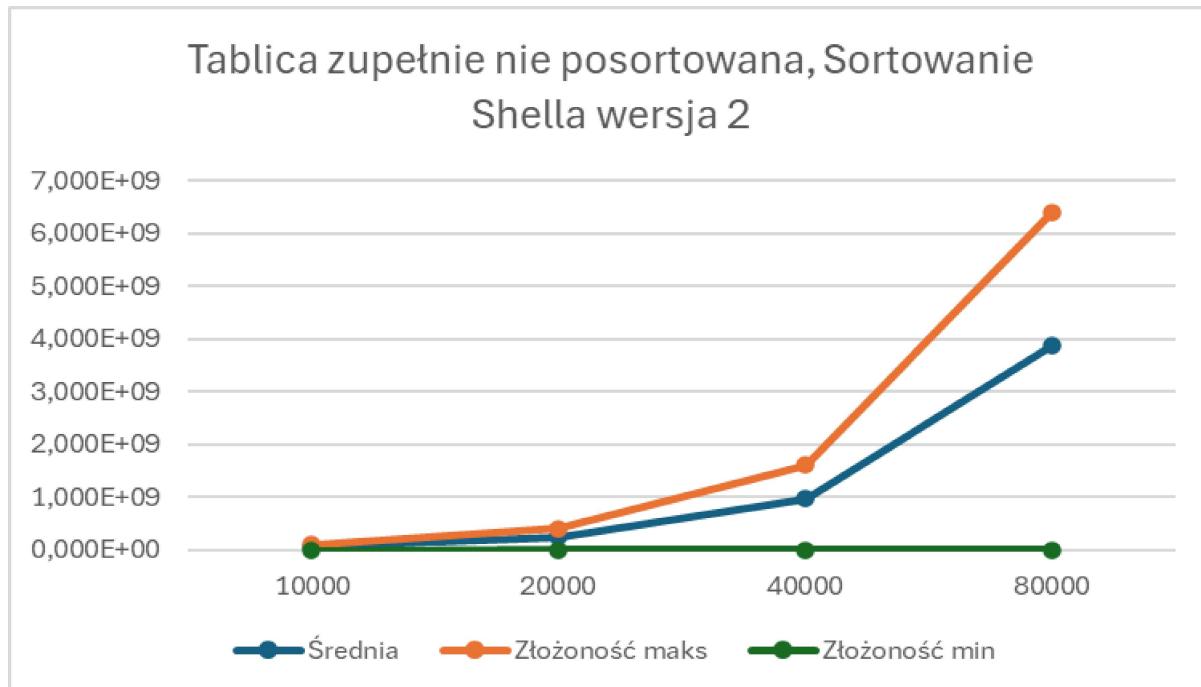


Rys27. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.4 Sortowanie Shella wersja 2

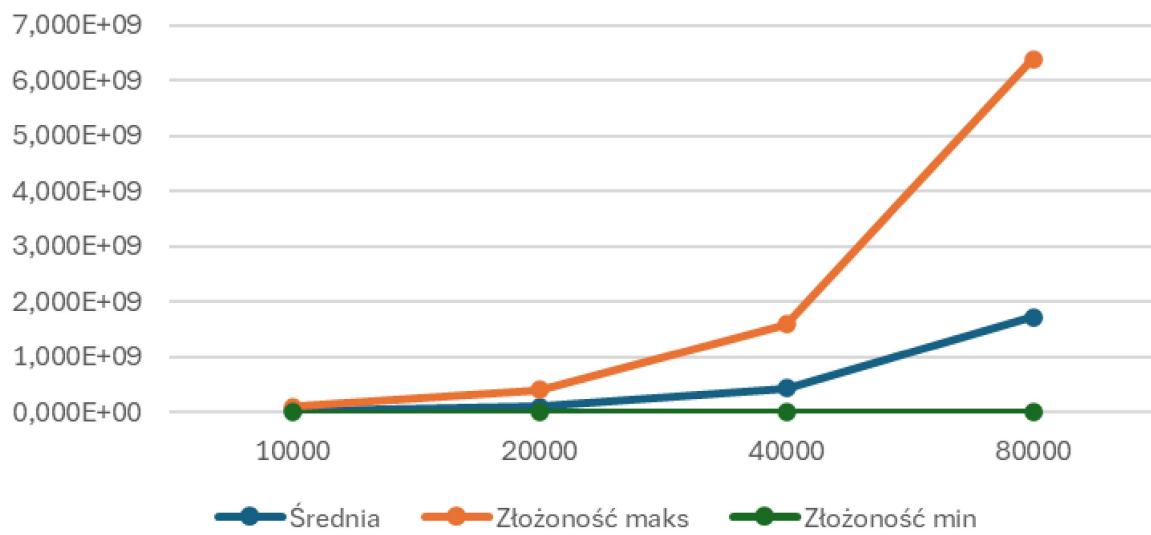
Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,361E+08	5,774E+01		3,119E+06	1,000E+08
20000	5,449E+08			1,682E+07	4,000E+08
40000	2,197E+09			3,631E+07	1,600E+09
80000	8,765E+09			1,312E+08	6,400E+09
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,556E+08	5,774E+01		2,592E+06	1,000E+08
20000	6,253E+08			1,628E+07	4,000E+08
40000	2,522E+09			5,941E+07	1,600E+09
80000	1,006E+10			1,437E+08	6,400E+09
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,363E+08	5,774E+01		3,813E+06	1,000E+08
20000	5,440E+08			1,151E+07	4,000E+08
40000	2,207E+09			7,935E+07	1,600E+09
80000	8,766E+09			1,130E+08	6,400E+09
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	7,661E+07	5,774E+01		2,398E+06	1,000E+08
20000	3,061E+08			8,182E+06	4,000E+08
40000	1,240E+09			3,729E+07	1,600E+09
80000	4,895E+09			4,755E+07	6,400E+09

Tab 7 Wyniki Sortowania Shella wersja 2 typ float



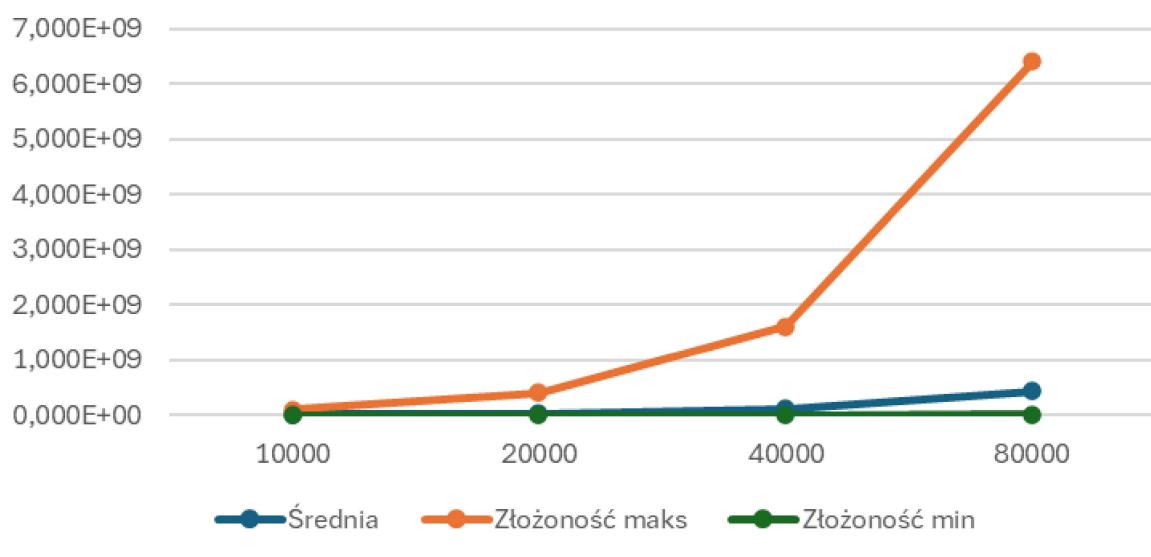
Rys28. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 2



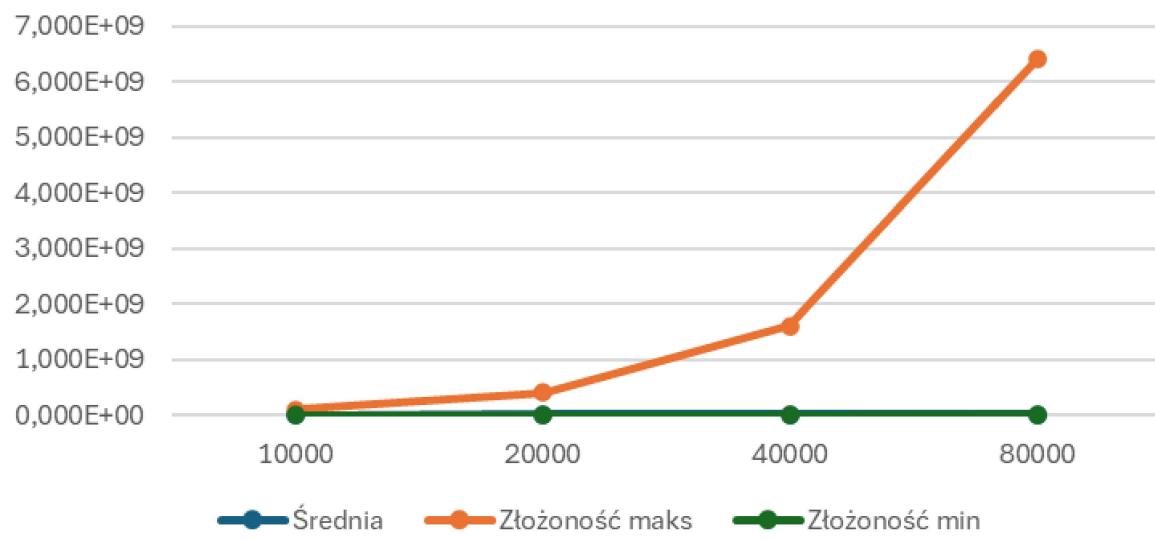
Rys29. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 2



Rys30. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie Shella wersja 2

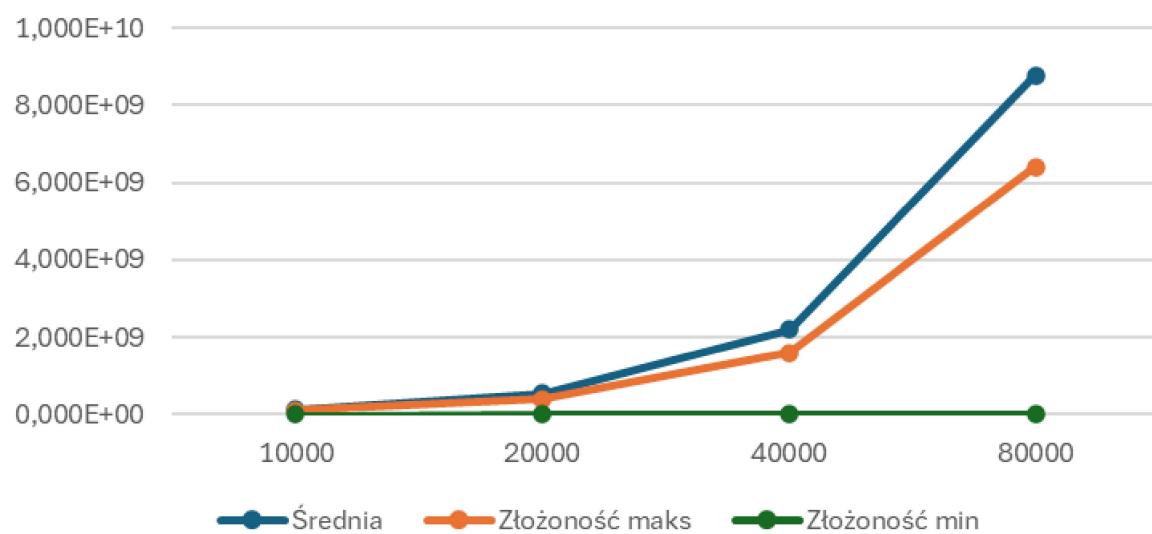


Rys31. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	6,020E+07	5,774E+01		1,664E+06	1,000E+08
20000	2,402E+08			8,582E+06	4,000E+08
40000	9,670E+08			2,243E+07	1,600E+09
80000	3,866E+09			6,814E+07	6,400E+09
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	2,689E+07	5,774E+01		1,494E+06	1,000E+08
20000	1,070E+08			4,238E+06	4,000E+08
40000	4,321E+08			1,677E+07	1,600E+09
80000	1,719E+09			3,425E+07	6,400E+09
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	7,059E+06	5,774E+01		5,189E+05	1,000E+08
20000	2,738E+07			2,189E+06	4,000E+08
40000	1,094E+08			7,708E+06	1,600E+09
80000	4,313E+08			1,311E+07	6,400E+09
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	3,471E+05	5,774E+01		9,410E+03	1,000E+08
20000	7,559E+05			2,545E+04	4,000E+08
40000	1,651E+06			7,717E+04	1,600E+09
80000	3,633E+06			1,084E+06	6,400E+09

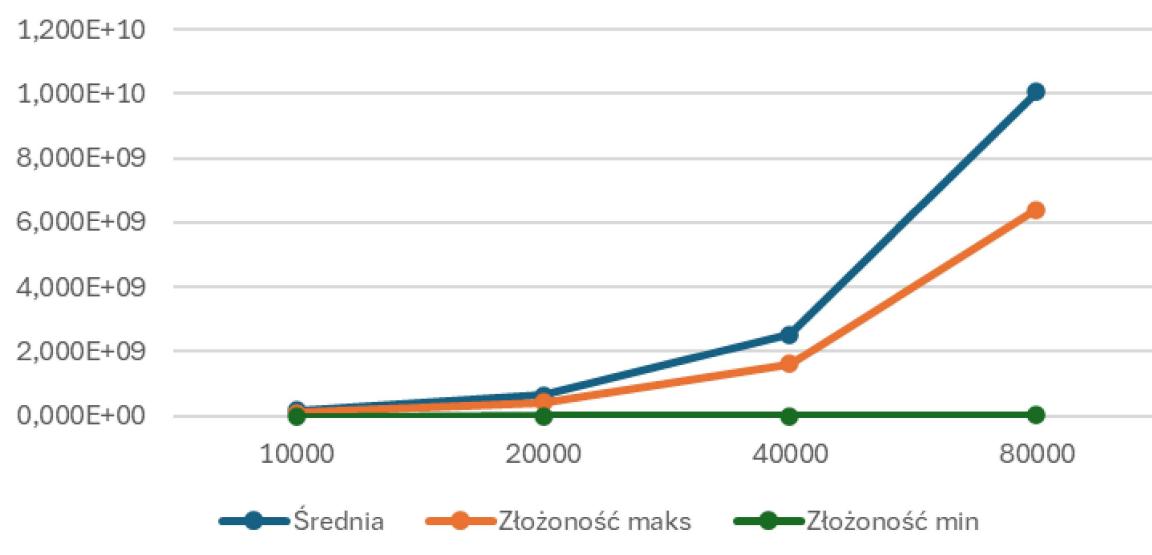
Tab 32 Wyniki Sortowania Shella wersja 2 typ int

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie Shella wersja 2



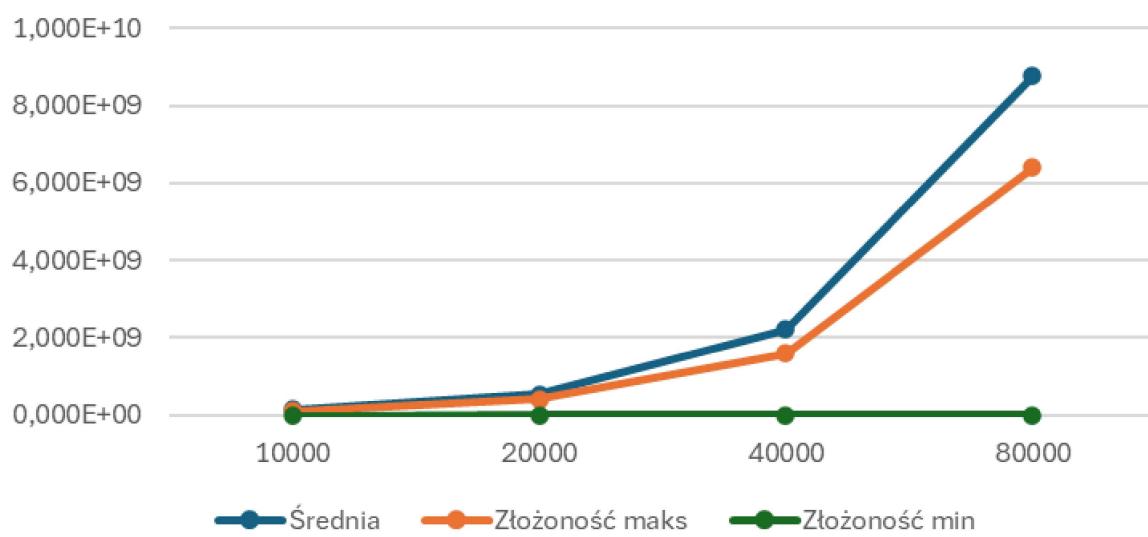
Rys33. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 2



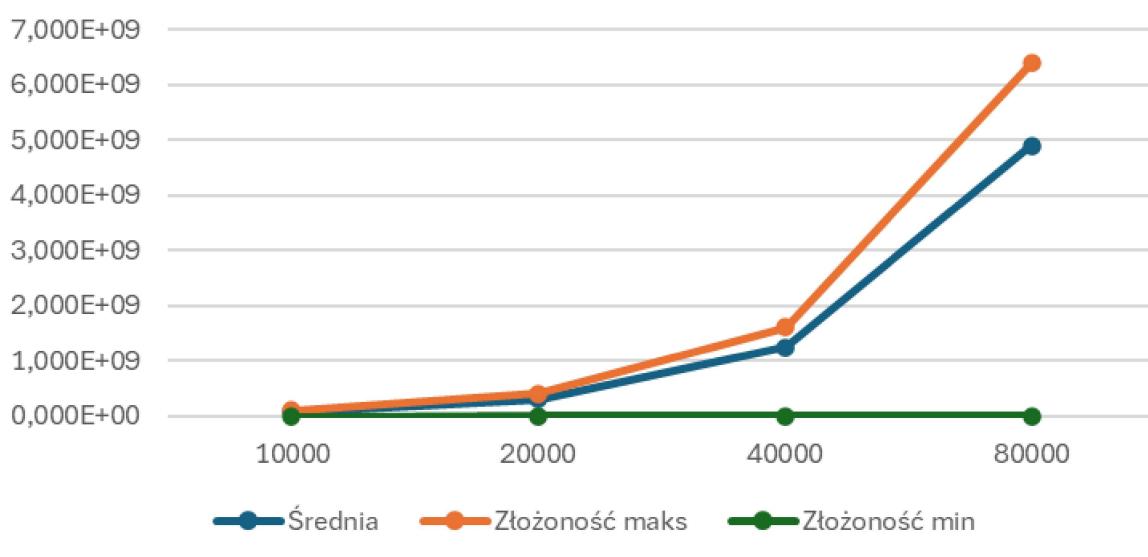
Rys34. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie Shella wersja 2



Rys35. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie posortowana, Sortowanie Shella wersja 2

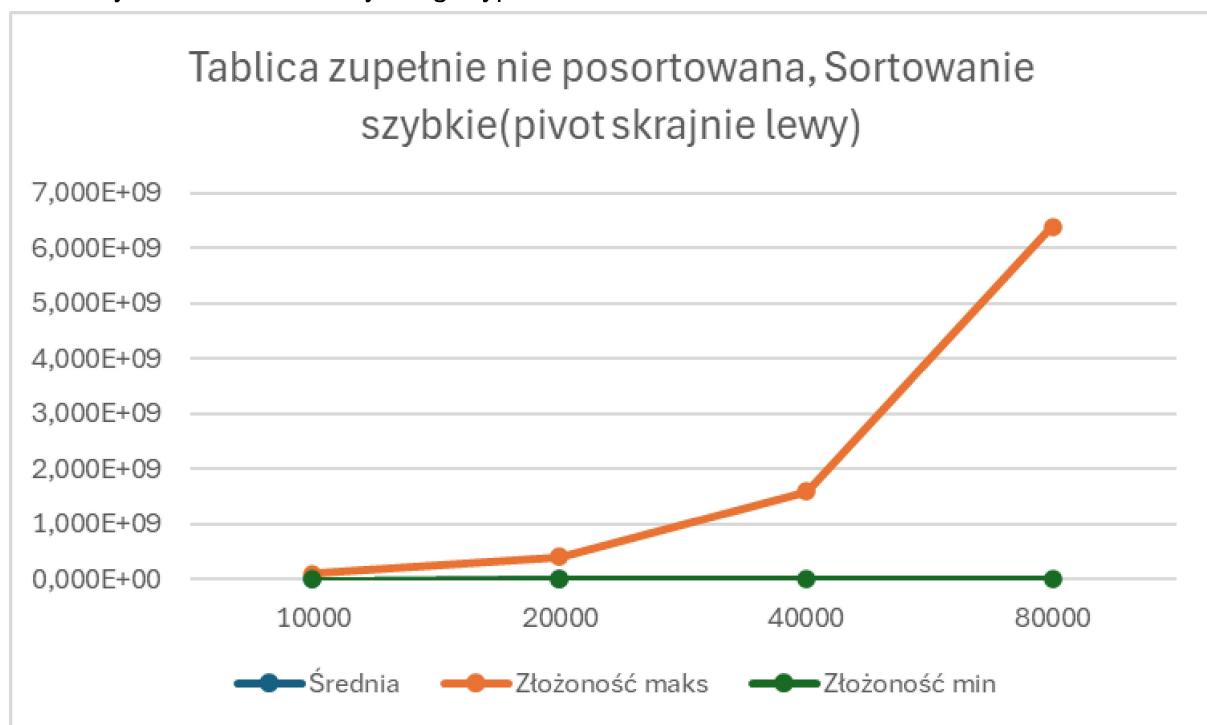


Rys36. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.5 Sortowanie szybkie (pivot skrajnie lewy)

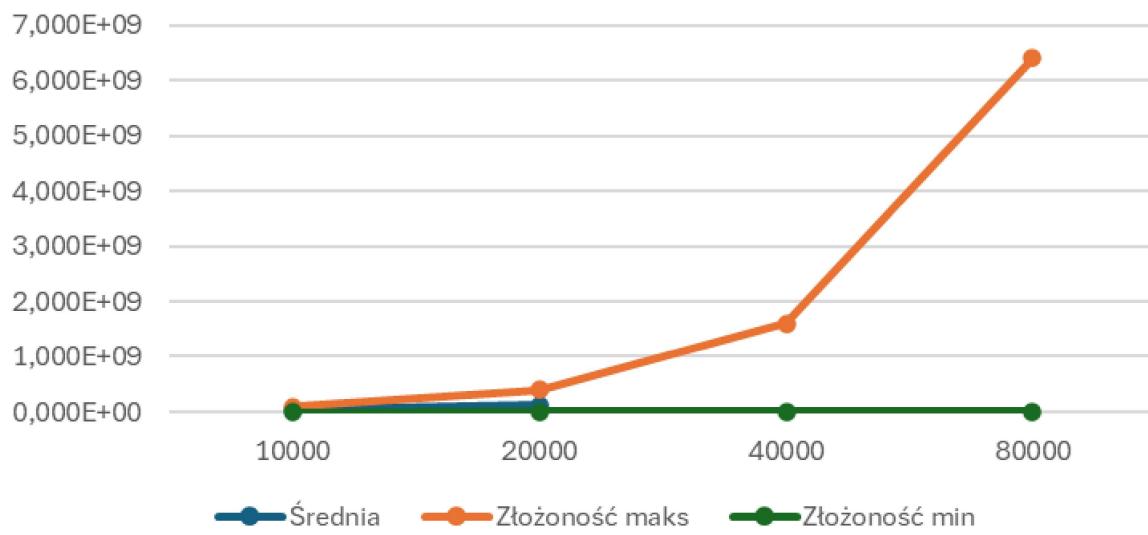
	Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min	
10000	1,173E+06	5,774E+01		1,830E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,118E+06			2,012E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000				0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000				0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min	
10000	6,101E+06	5,774E+01		4,424E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,431E+07			1,005E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000				0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000				0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min	
10000	1,280E+07	5,774E+01		1,618E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	5,157E+07			4,407E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000				0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000				0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min	
10000	5,682E+07	5,774E+01		8,451E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,290E+08			7,032E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000				0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000				0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06

Tab 9 Wyniki Sortowania szybkiego typ float



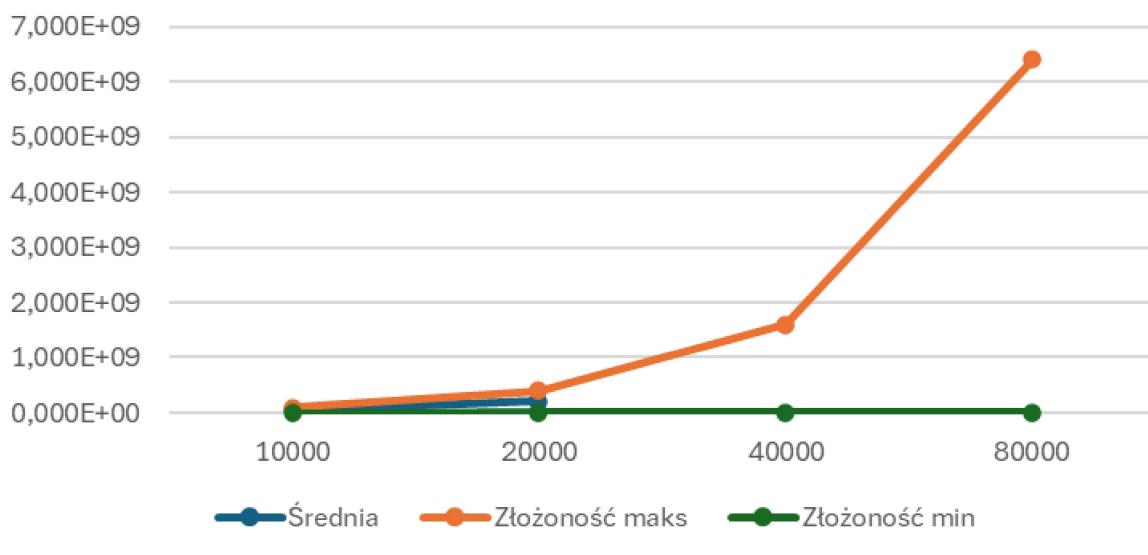
Rys37. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie
szybkie(pivot skrajnie lewy)



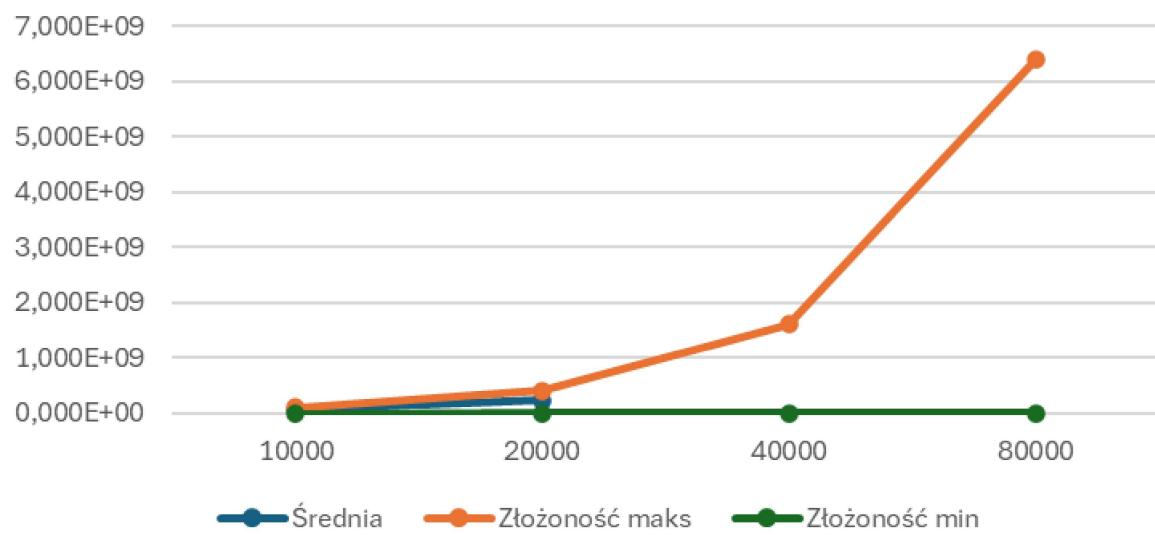
Rys38. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie
szybkie(pivot skrajnie lewy)



Rys39. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie lewy)

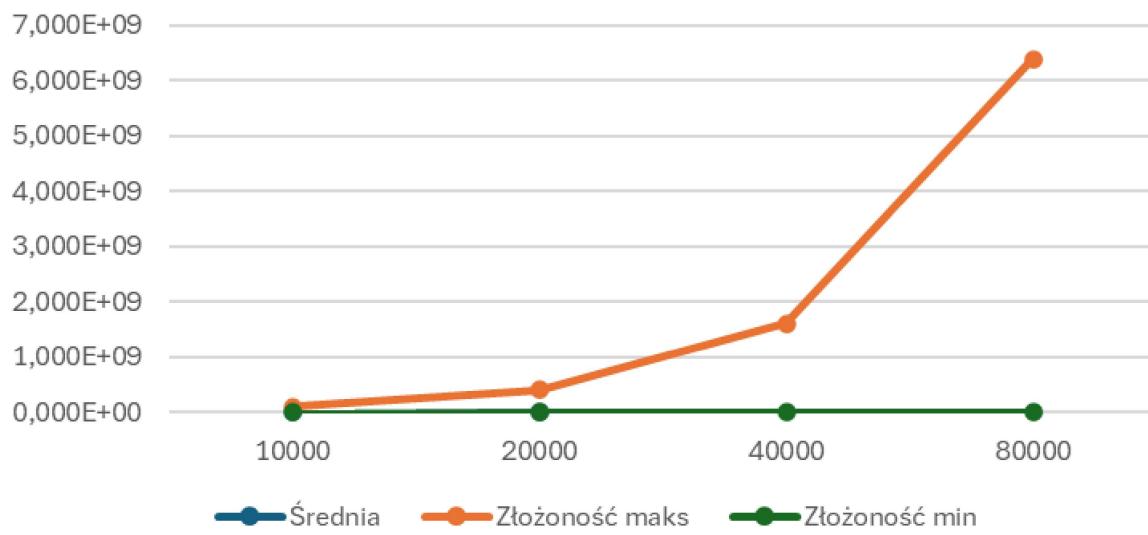


Rys40. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	9,506E+05	5,774E+01	4,246E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,017E+06		8,653E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	3,242E+07	5,774E+01	1,478E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,284E+08		5,009E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,107E+07	5,774E+01	1,306E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,054E+08		1,129E+07	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,713E+07	5,774E+01	9,094E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,288E+08		6,092E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06

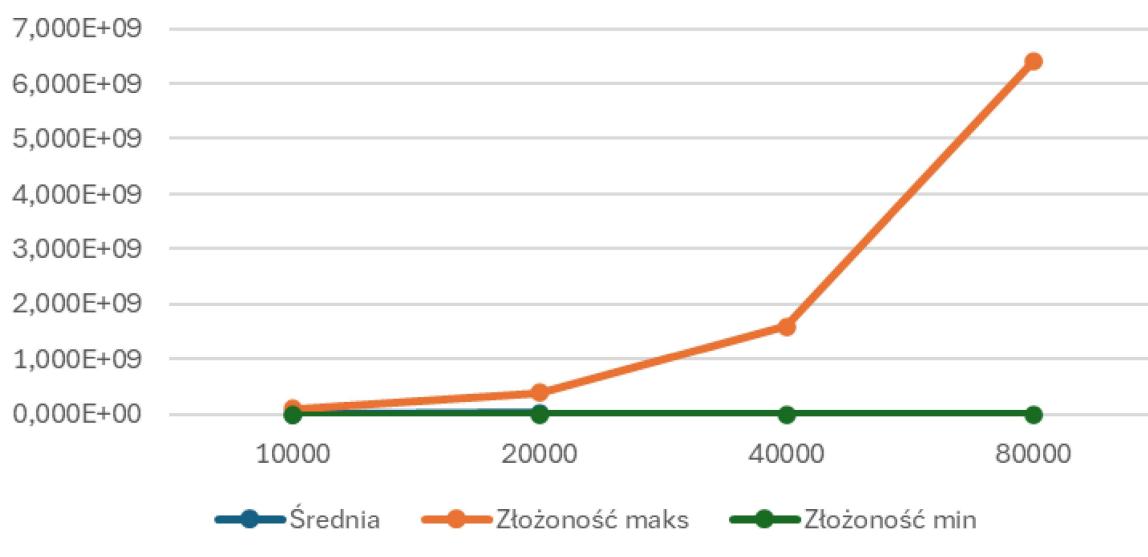
Tab 10 Wyniki Sortowania szybkiego typ int

Tablica w pełni nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie lewy)



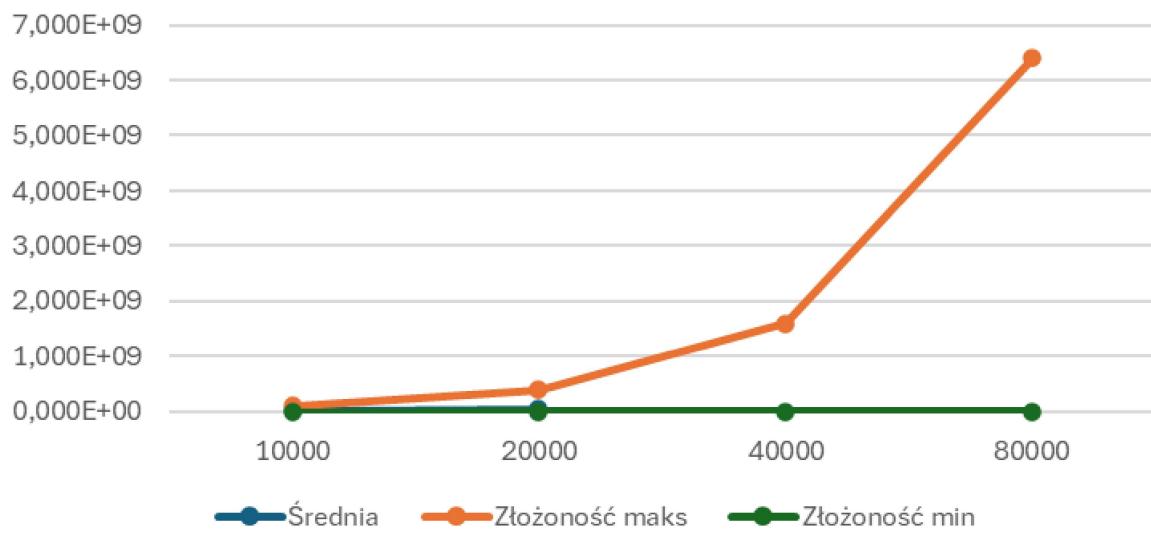
Rys41. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie lewy)



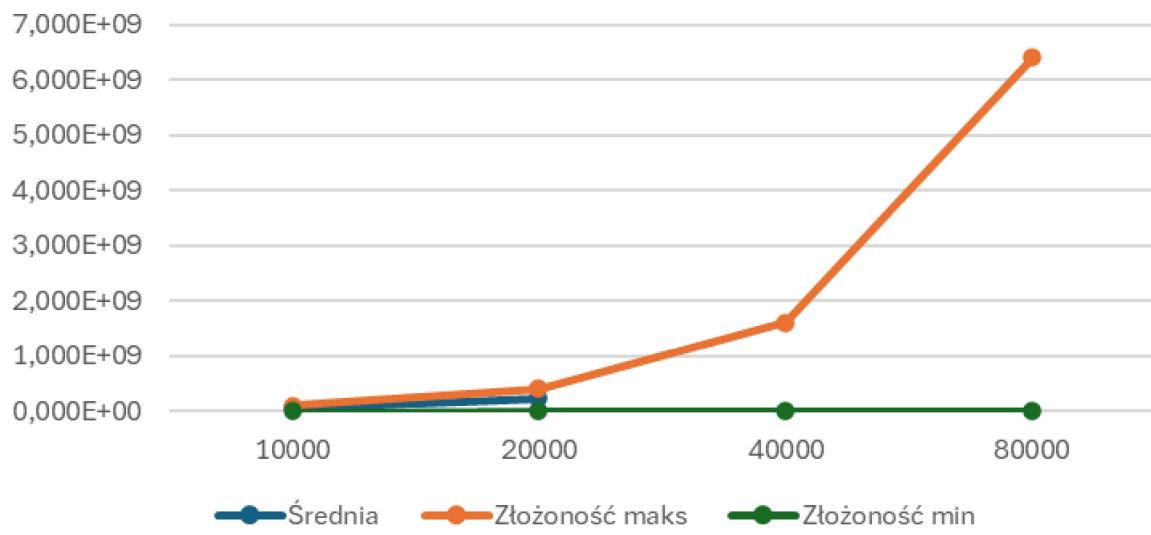
Rys42. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie lewy)



Rys43. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica w pełni posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie lewy)

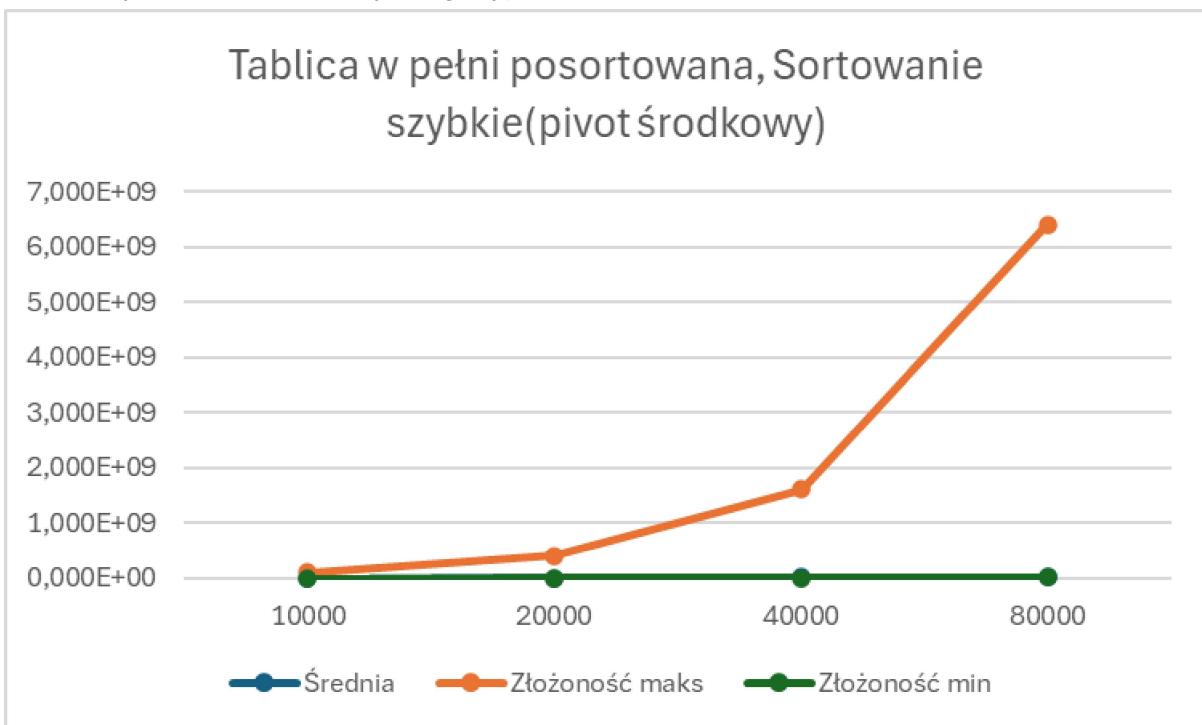


Rys44. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.6 Sortowanie szybkie (pivot środkowy)

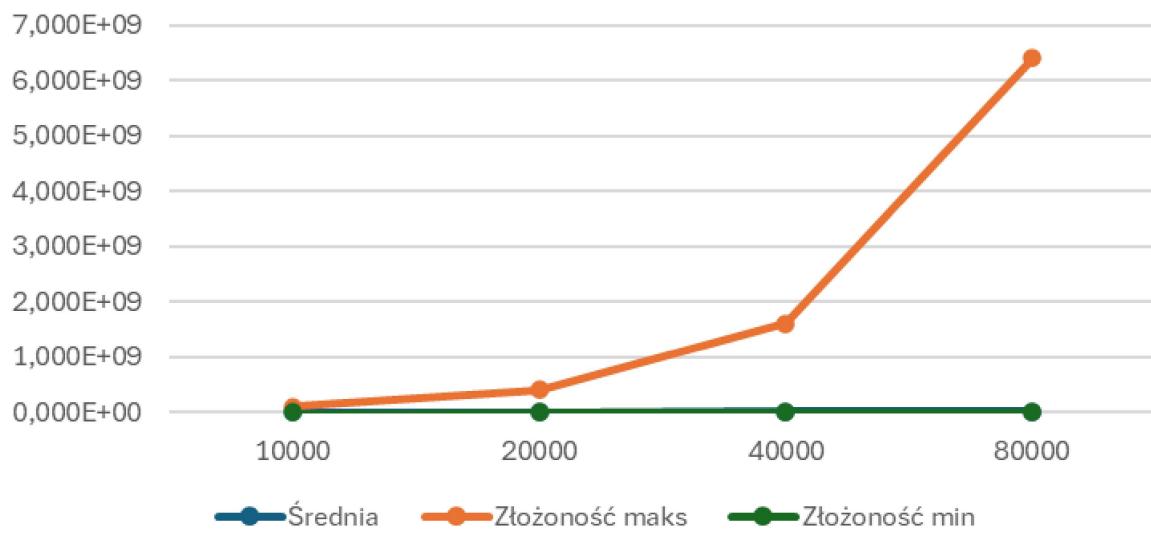
Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	9,740E+05	5,774E+01	2,641E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,087E+06		1,572E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	4,408E+06		1,753E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	9,429E+06		1,167E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	8,616E+05	5,774E+01	6,582E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,788E+06		1,239E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	3,800E+06		4,319E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	7,897E+06		6,286E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	6,812E+05	5,774E+01	6,150E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,401E+06		1,142E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	2,984E+06		2,245E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	6,192E+06		5,333E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	2,019E+05	5,774E+01	2,318E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	4,147E+05		1,028E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	8,850E+05		4,996E+04	1,600E+09	6,115E+05
80000	2,231E+06		3,679E+06	6,400E+09	1,303E+06

Tab 11 Wyniki Sortowania szybkiego typ float



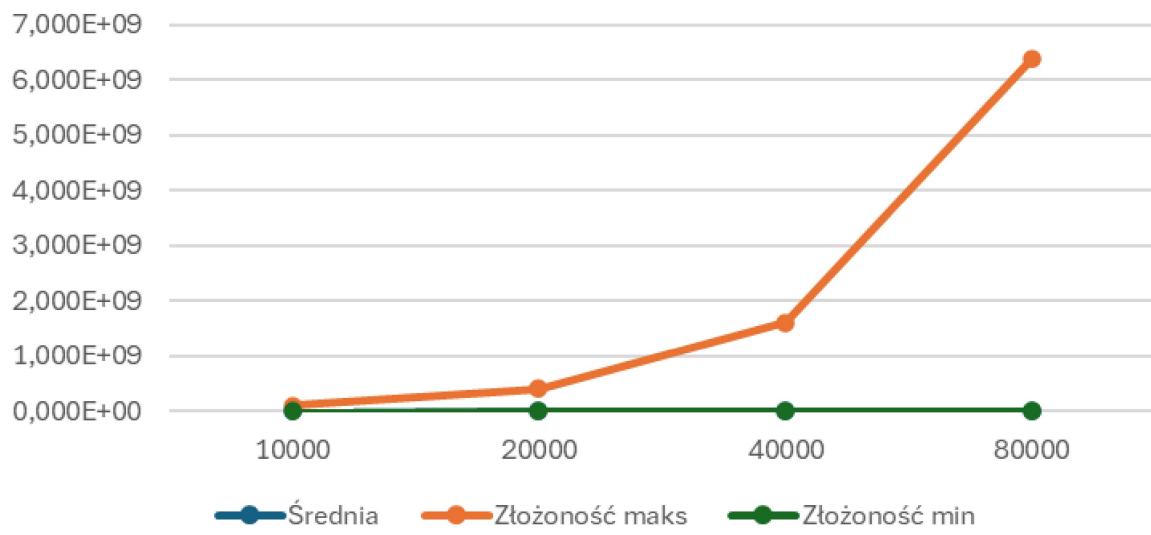
Rys45. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)



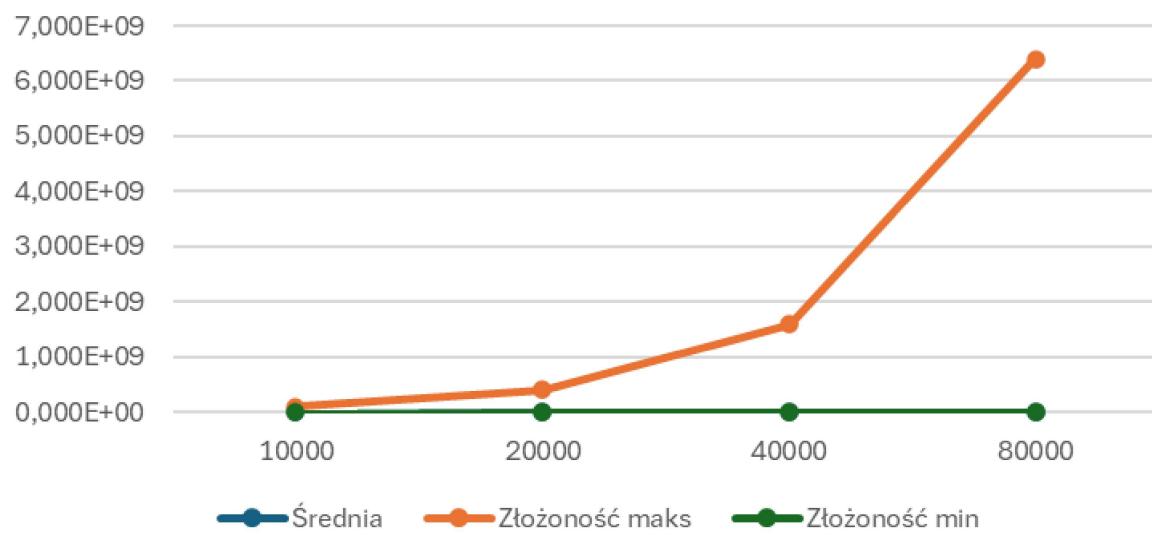
Rys46. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)



Rys47. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)

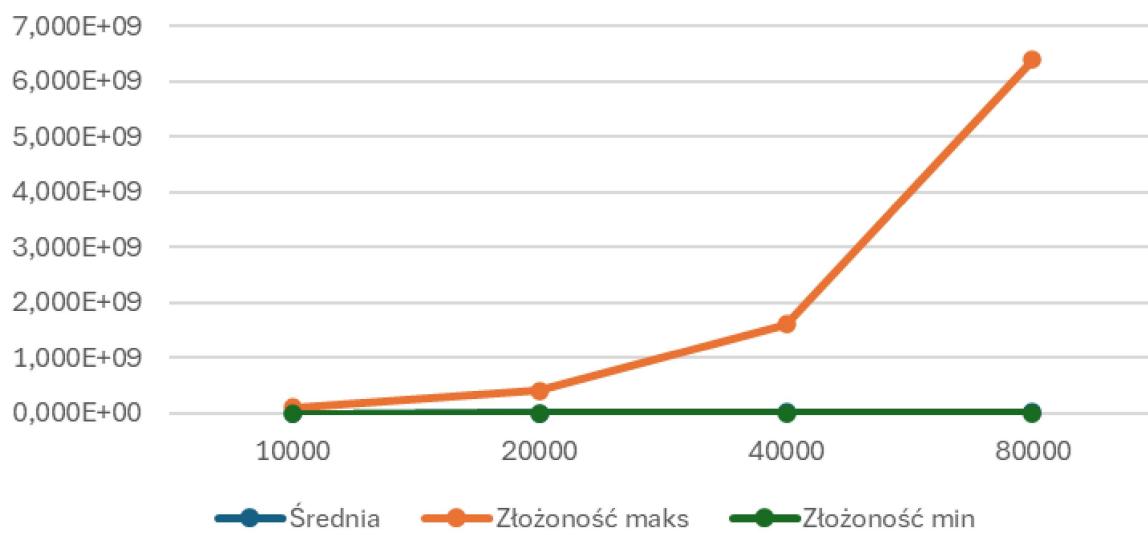


Rys48. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	9,326E+05	5,774E+01	3,470E+04	1,000E+08	1,329E+05
20,000	1,960E+06		4,305E+04	4,000E+08	2,858E+05
40,000	4,182E+06		2,959E+05	1,600E+09	6,115E+05
80,000	8,546E+06		3,354E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	6,757E+05	5,774E+01	3,294E+04	1,000E+08	1,329E+05
20,000	1,415E+06		4,937E+04	4,000E+08	2,858E+05
40,000	3,176E+06		2,027E+06	1,600E+09	6,115E+05
80,000	5,914E+06		5,944E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	4,263E+05	5,774E+01	3,738E+04	1,000E+08	1,329E+05
20,000	8,904E+05		3,077E+04	4,000E+08	2,858E+05
40,000	1,883E+06		4,411E+05	1,600E+09	6,115E+05
80,000	3,926E+06		1,040E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	2,002E+05	5,774E+01	4,200E+04	1,000E+08	1,329E+05
20,000	4,111E+05		1,677E+04	4,000E+08	2,858E+05
40,000	8,824E+05		8,166E+04	1,600E+09	6,115E+05
80,000	1,838E+06		6,770E+04	6,400E+09	1,303E+06

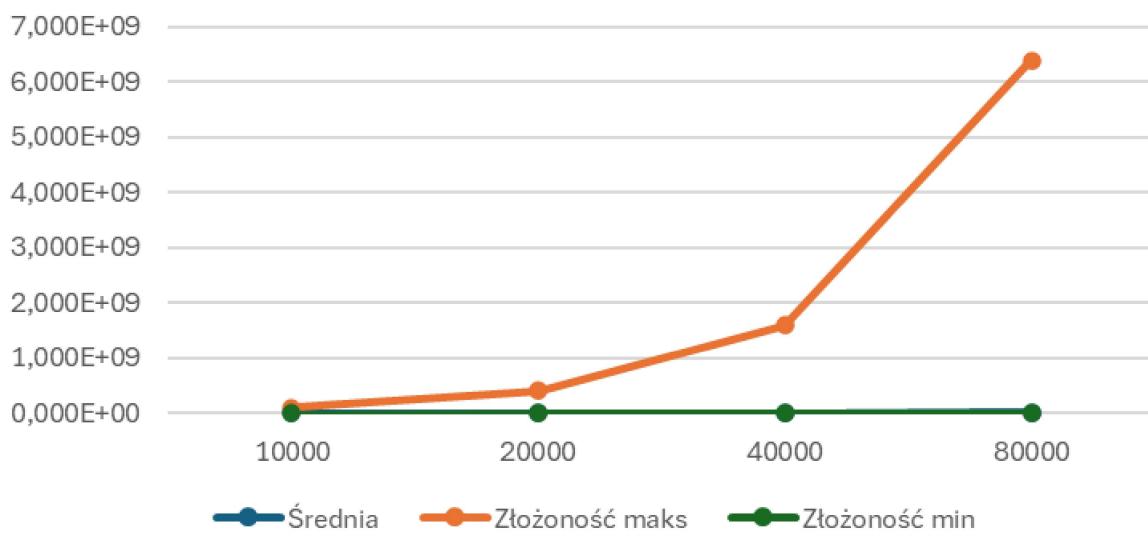
Tab 12 Wyniki Sortowania szybkiego typ int

Tablica w pełni nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)



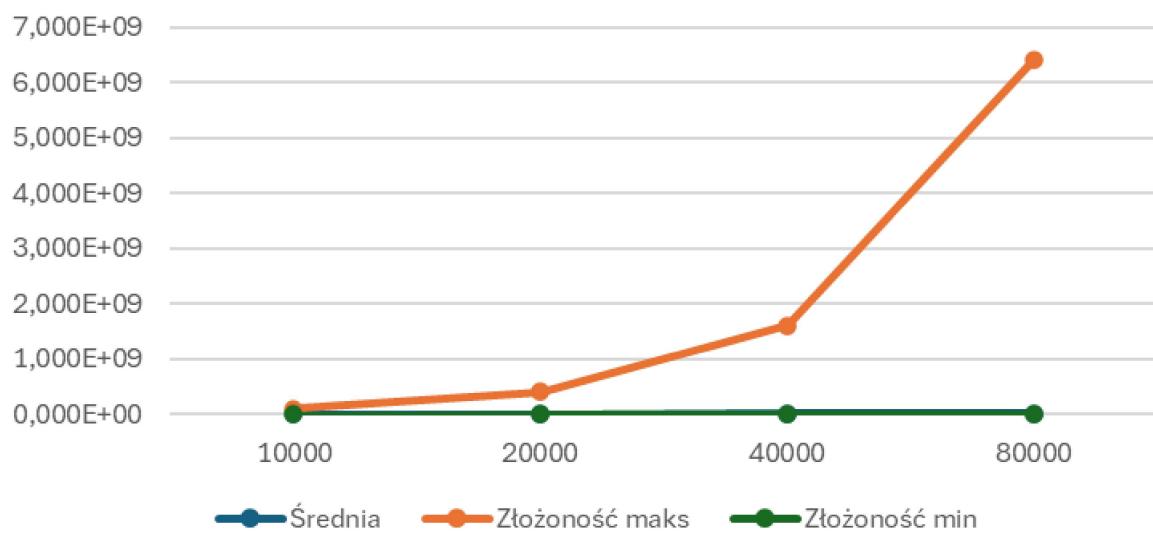
Rys49. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)



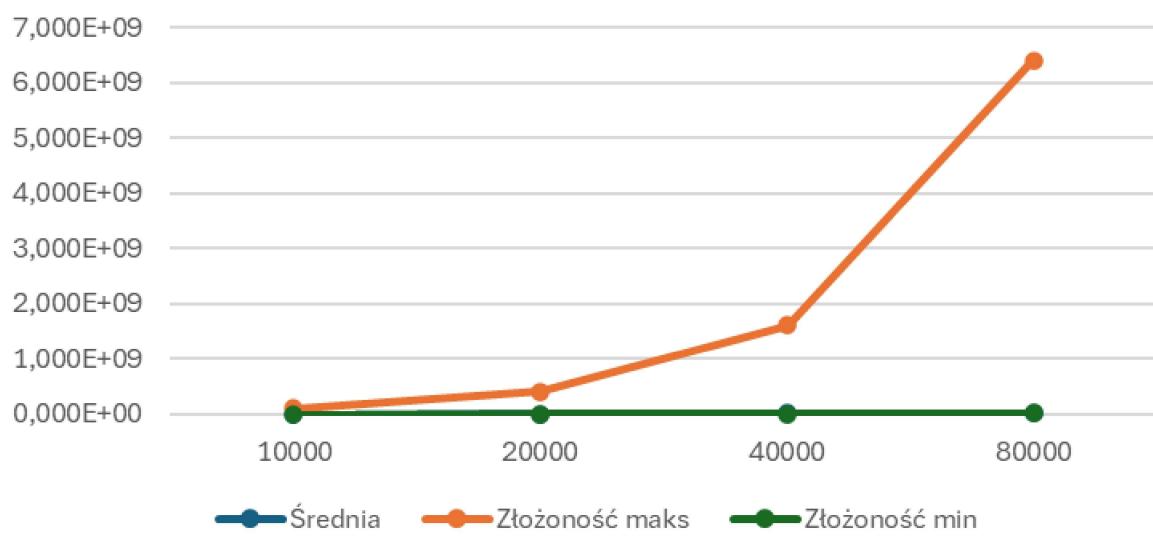
Rys50. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)



Rys51. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica w pełni posortowana, Sortowanie szybkie(pivot środkowy)

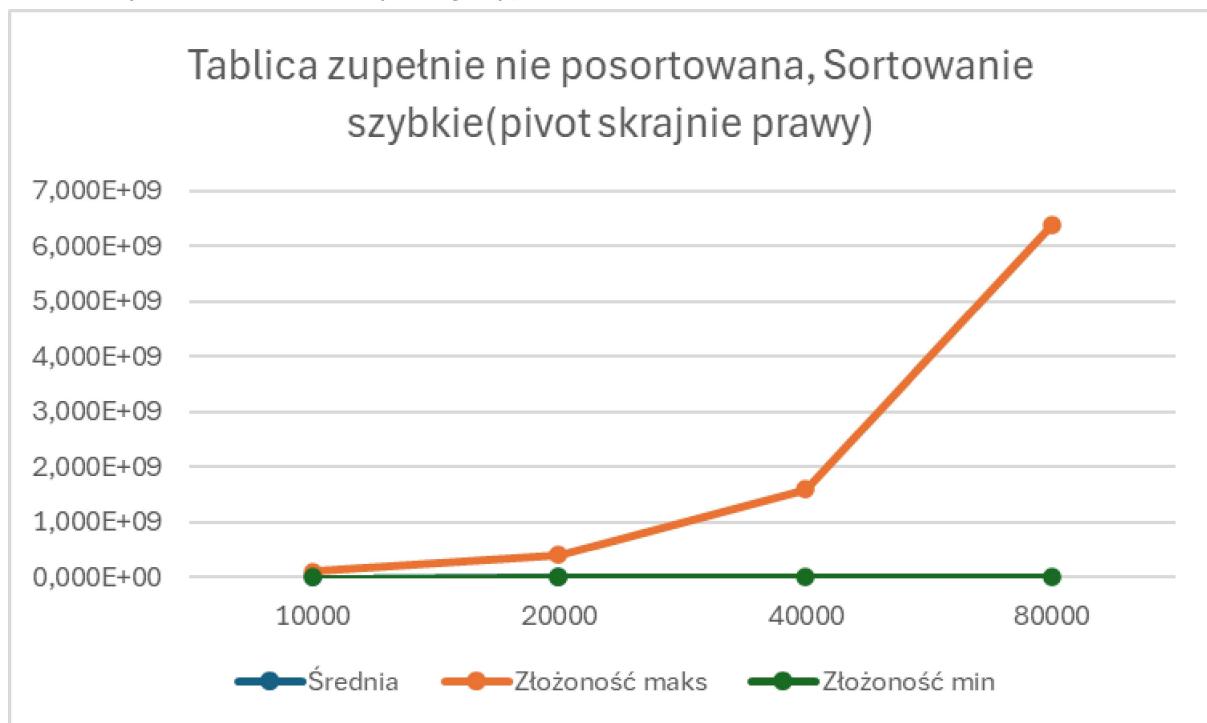


Rys52. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.7 Sortowanie szybkie (pivot skrajnie prawy)

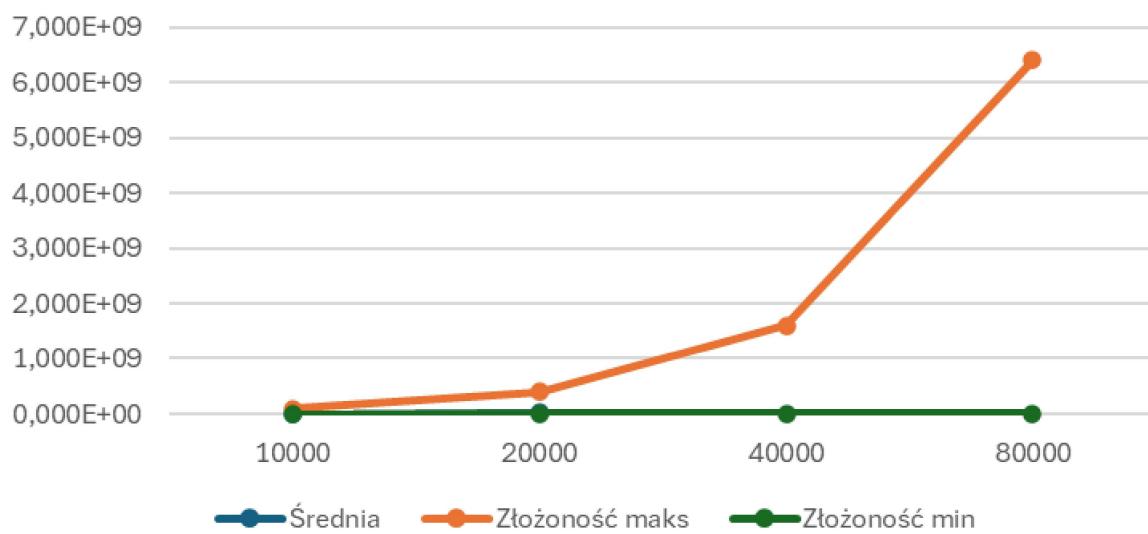
	Tablica nie posortowana				
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,002E+06	5,774E+01	8,471E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,112E+06		9,160E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica w 1/3 posortowana				
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,166E+06	5,774E+01	4,173E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,304E+06		6,431E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica w 2/3 posortowana				
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	3,429E+06	5,774E+01	1,674E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,096E+07		7,612E+06	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
	Tablica posortowana				
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,829E+07	5,774E+01	4,630E+06	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,344E+08		1,513E+07	4,000E+08	2,858E+05
40000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06

Tab 13 Wyniki Sortowania szybkiego typ float



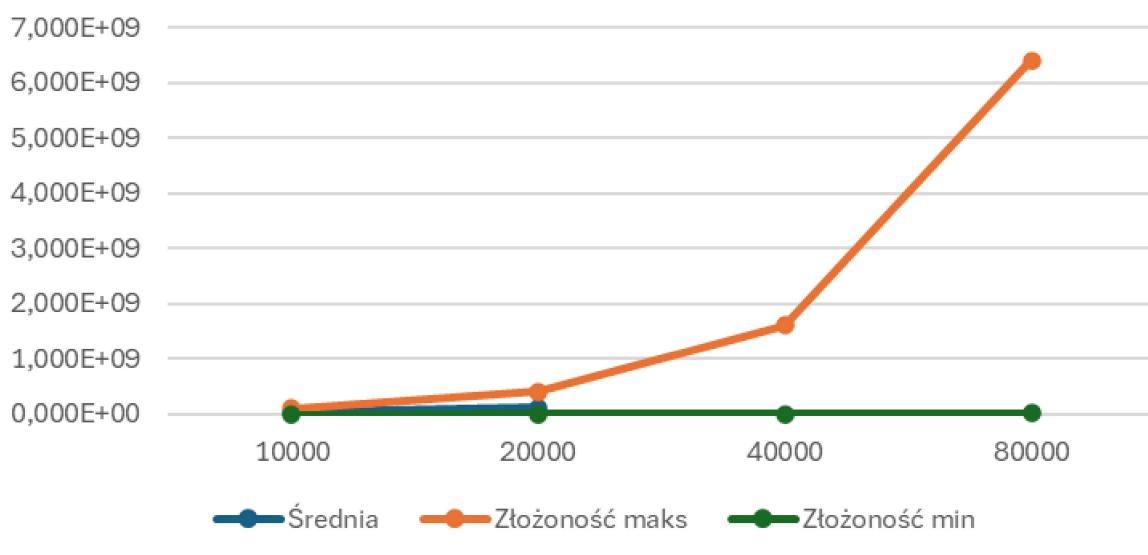
Rys53. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



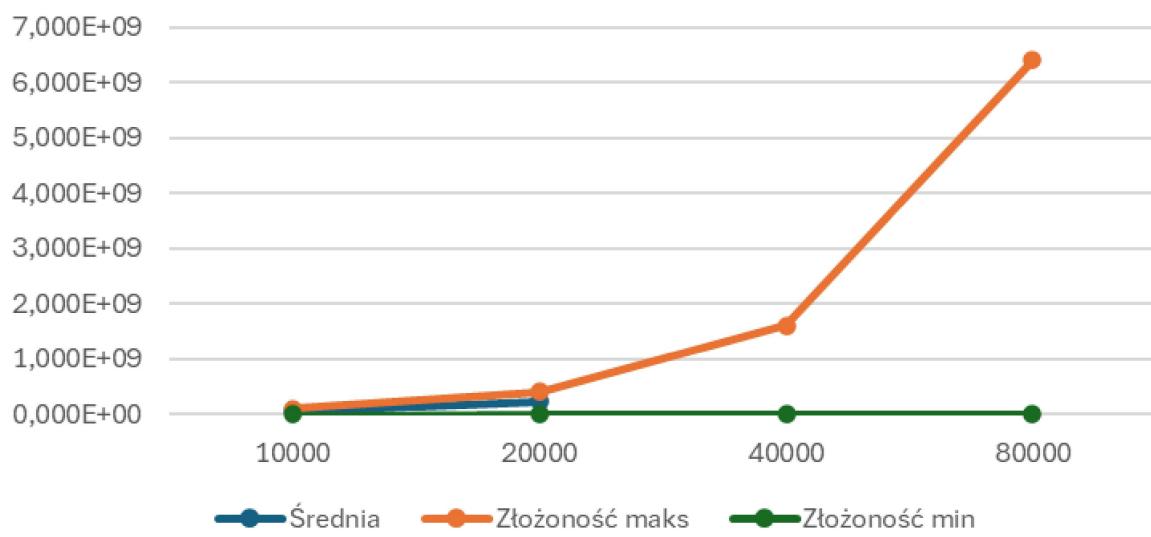
Rys54. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



Rys55. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)

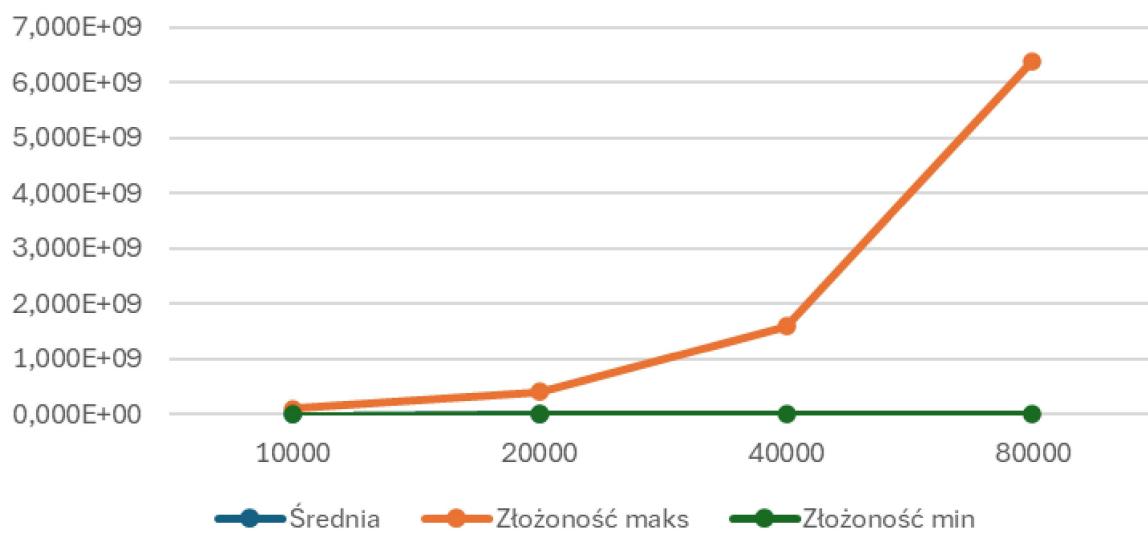


Rys56. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	9,440E+05	5,774E+01	1,588E+04	1,000E+08	1,329E+05
20,000	2,012E+06		7,256E+04	4,000E+08	2,858E+05
40,000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80,000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	7,038E+06	5,774E+01	2,894E+05	1,000E+08	1,329E+05
20,000	2,700E+07		2,137E+06	4,000E+08	2,858E+05
40,000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80,000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	2,579E+07	5,774E+01	3,852E+05	1,000E+08	1,329E+05
20,000	1,030E+08		4,275E+06	4,000E+08	2,858E+05
40,000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80,000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10,000	5,735E+07	5,774E+01	1,261E+06	1,000E+08	1,329E+05
20,000	2,302E+08		5,416E+06	4,000E+08	2,858E+05
40,000			0,000E+00	1,600E+09	6,115E+05
80,000			0,000E+00	6,400E+09	1,303E+06

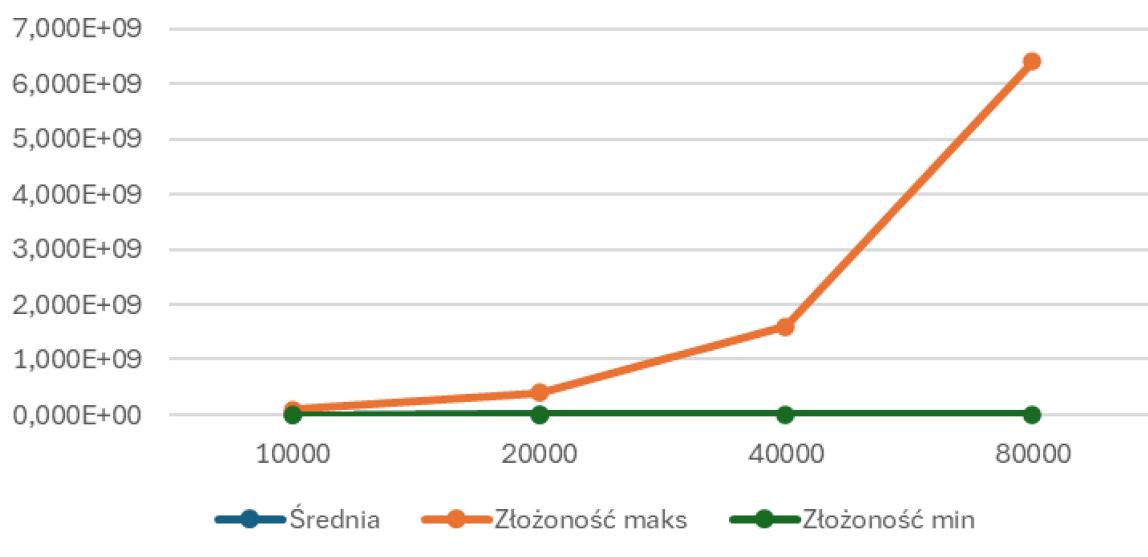
Tab 14 Wyniki Sortowania szybkiego typ int

Tablica w pełni nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



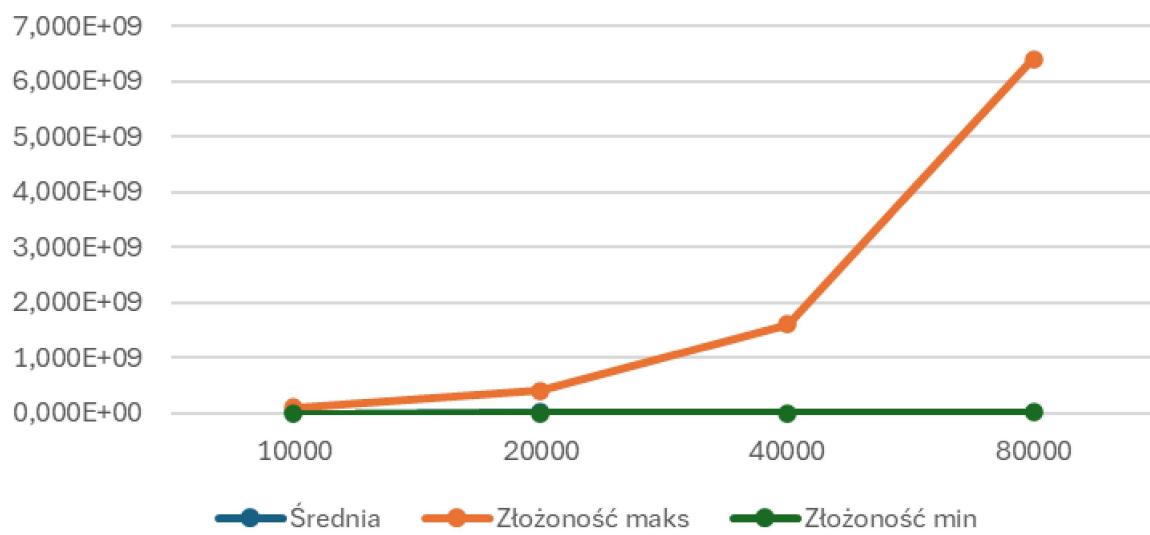
Rys57. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



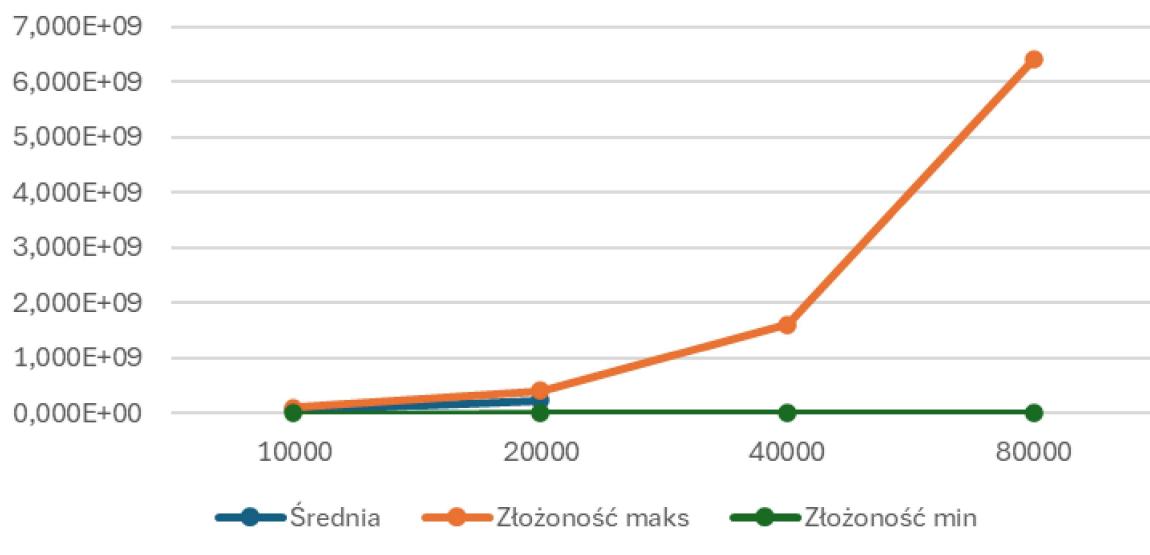
Rys58. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



Rys59. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica w pełni posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



Rys60. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

3.8 Sortowanie szybkie (pivot losowy)

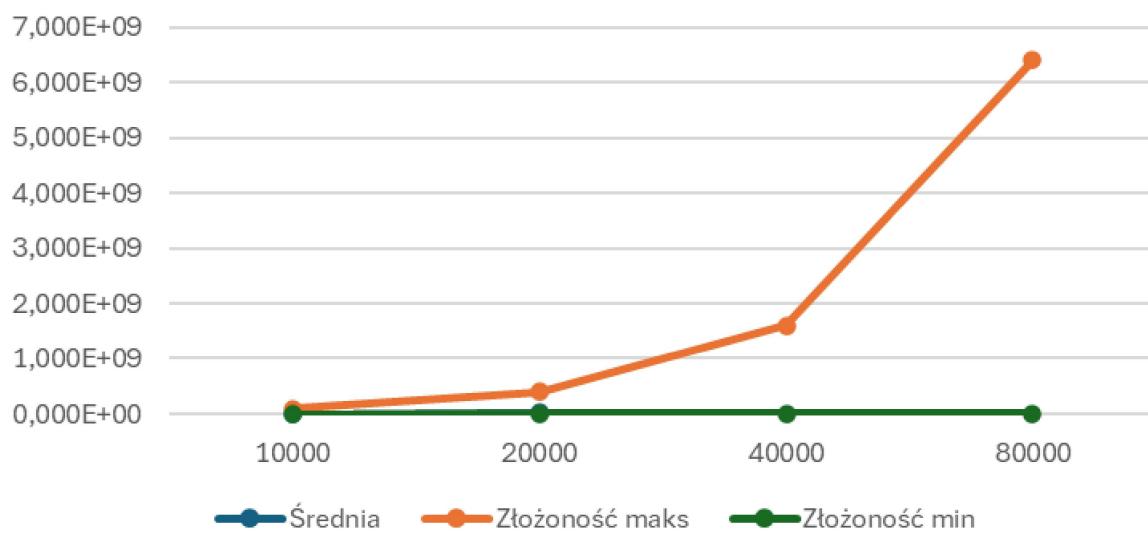
Tablica nie posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,203E+06	5,774E+01	6,952E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,518E+06		8,026E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	5,294E+06		1,841E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	1,104E+07		2,502E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	1,073E+06	5,774E+01	7,355E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,230E+06		1,297E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	4,691E+06		7,745E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	9,378E+06		4,603E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	8,400E+05	5,774E+01	1,047E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,719E+06		1,138E+05	4,000E+08	2,858E+05
40000	3,530E+06		2,435E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	7,096E+06		3,564E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana					
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność maks	Złożoność min
10000	5,069E+05	5,774E+01	2,975E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,044E+06		5,329E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	2,155E+06		1,221E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	4,411E+06		1,499E+05	6,400E+09	1,303E+06

Tab 15 Wyniki Sortowania szybkiego typ float



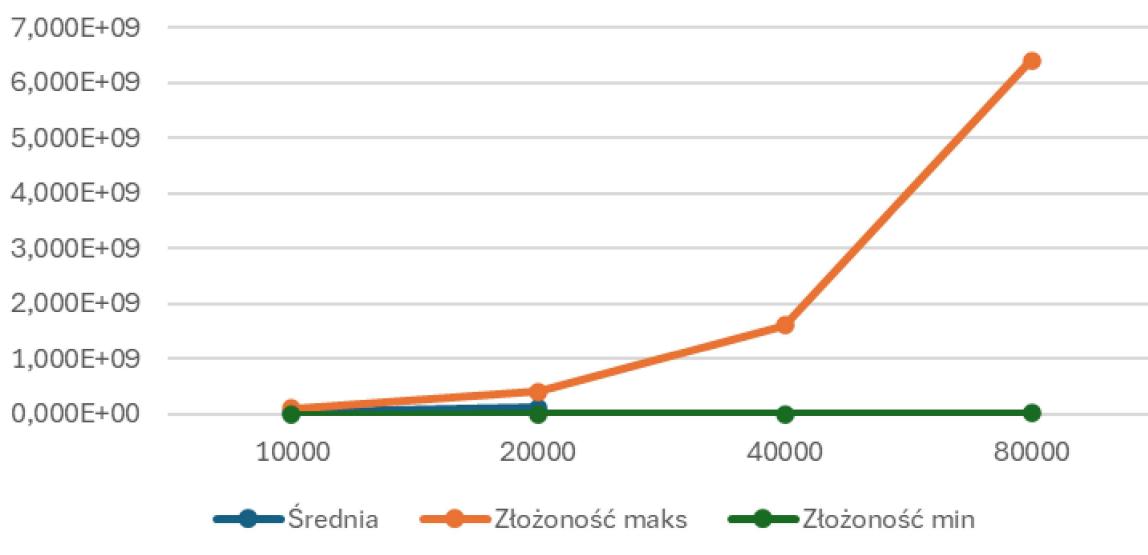
Rys61. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



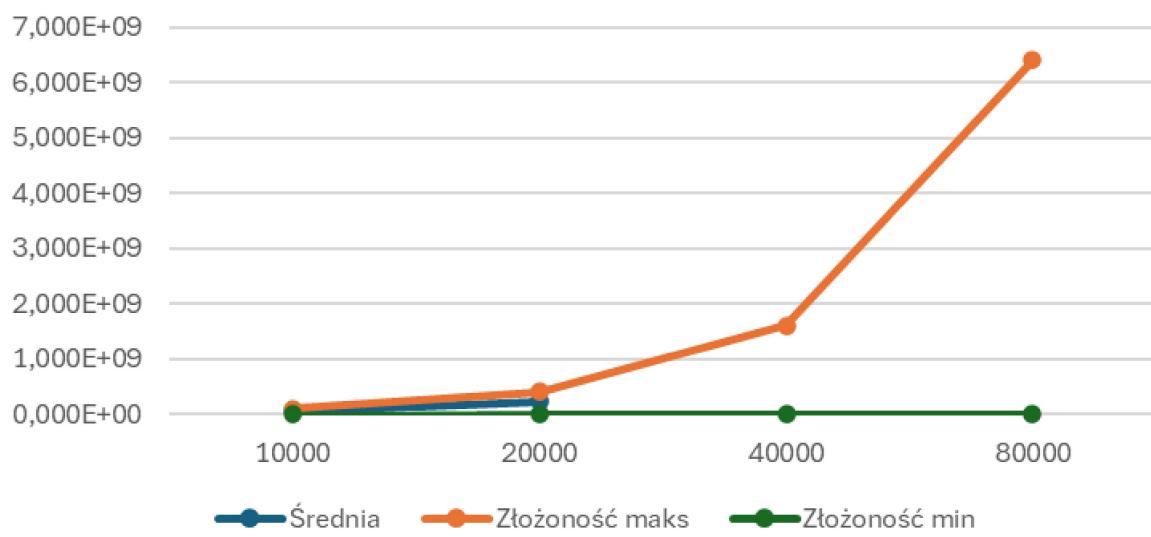
Rys62. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)



Rys63. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica zupełnie nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot skrajnie prawy)

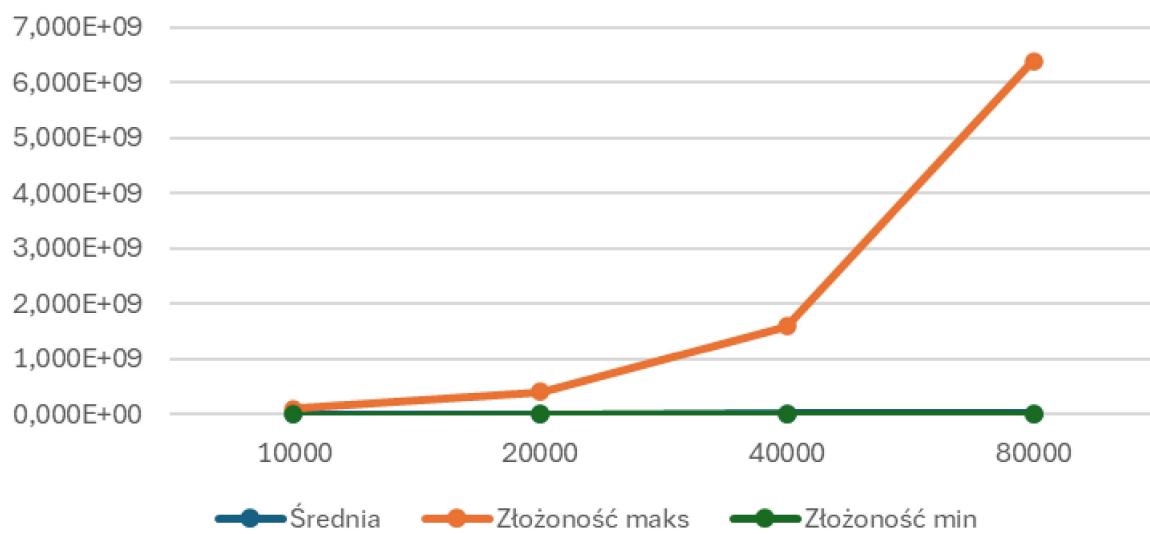


Rys64. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

Tablica nie posortowana						
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność	Złożoność min	
10000	1,144E+06	5,774E+01		7,658E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	2,365E+06			9,003E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	4,884E+06			2,352E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	9,890E+06			4,130E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 1/3 posortowana						
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność	Złożoność min	
10000	9,359E+05	5,774E+01		1,645E+05	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,886E+06			7,490E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	3,838E+06			1,056E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	7,671E+06			2,068E+06	6,400E+09	1,303E+06
Tablica w 2/3 posortowana						
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność	Złożoność min	
10000	6,935E+05	5,774E+01		5,177E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,418E+06			3,907E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	2,875E+06			1,077E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	6,075E+06			1,623E+05	6,400E+09	1,303E+06
Tablica posortowana						
	Średnia	Niepewność	Odcchylenie Standardowe	Złożoność	Złożoność min	
10000	4,918E+05	5,774E+01		3,235E+04	1,000E+08	1,329E+05
20000	1,013E+06			6,555E+04	4,000E+08	2,858E+05
40000	2,087E+06			1,033E+05	1,600E+09	6,115E+05
80000	4,314E+06			2,659E+05	6,400E+09	1,303E+06

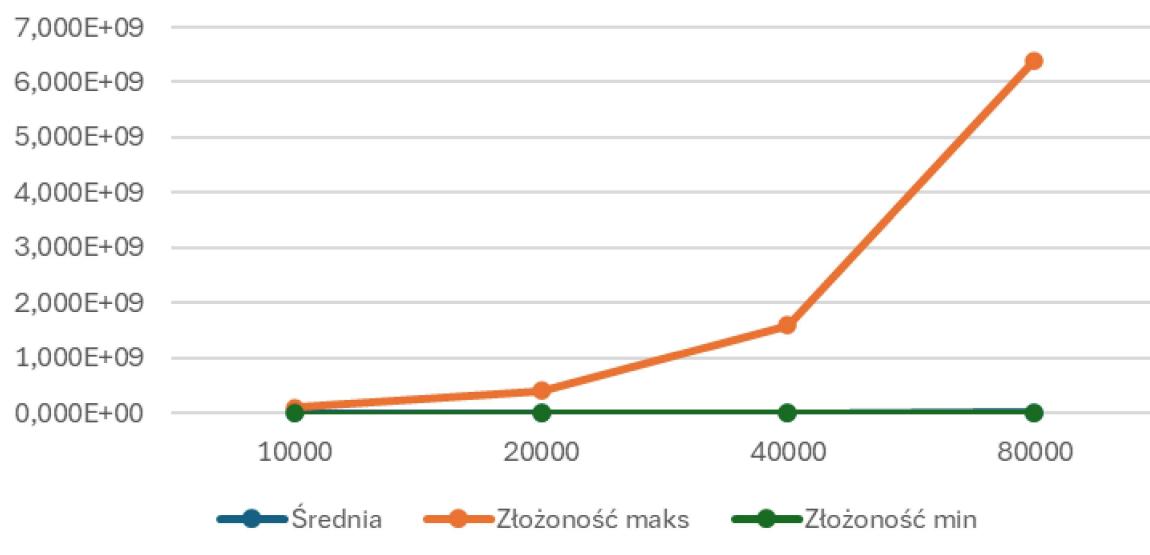
Tab 16 Wyniki Sortowania szybkiego typ int

Tablica w pełni nie posortowana, Sortowanie szybkie(pivot losowy)



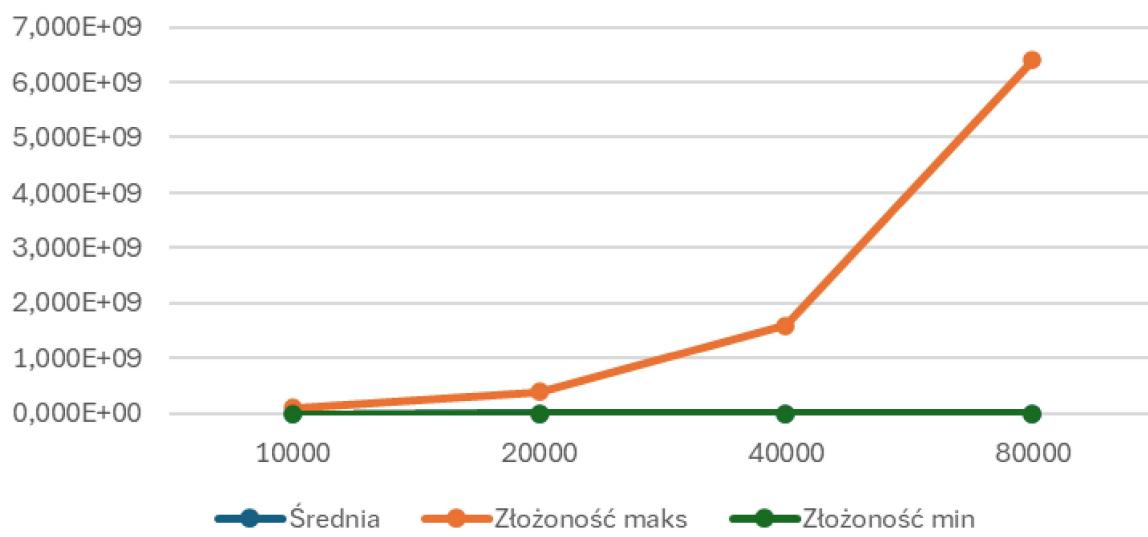
Rys65. Wyniki sortowania nie posortowanej tablicy

Tablica w 1/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot losowy)



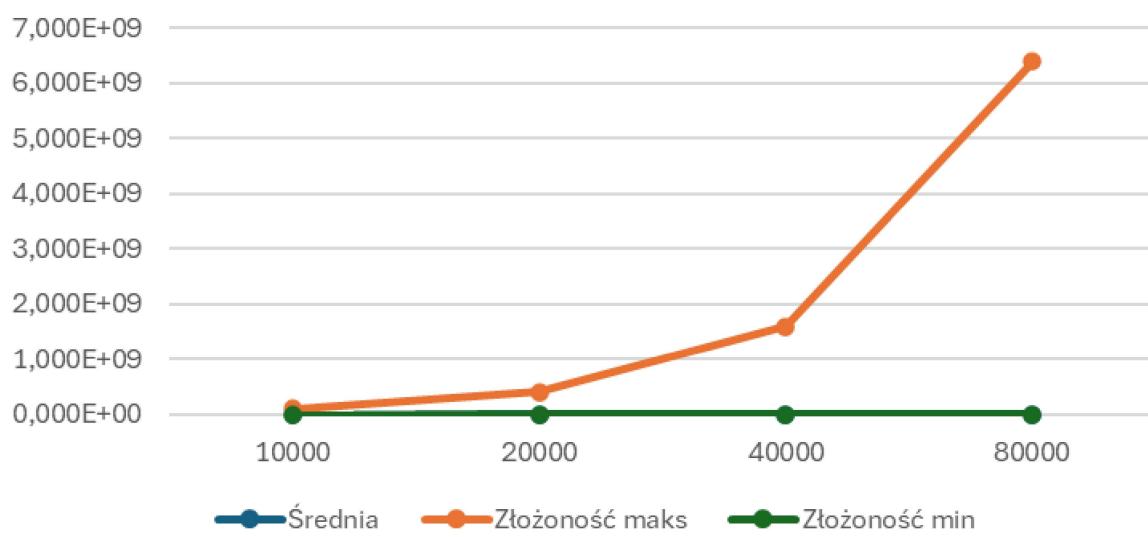
Rys66. Wyniki sortowania w 1/3 posortowanej tablicy

Tablica w 2/3 posortowana, Sortowanie szybkie(pivot losowy)



Rys67. Wyniki sortowania w 2/3 posortowanej tablicy

Tablica w pełni posortowana, Sortowanie szybkie(pivot losowy)



Rys68. Wyniki sortowania posortowanej tablicy

4. Podsumowanie i wnioski

Złożoność czasowa zaimplementowanych algorytmów w dużej mierze zgadza się z teoretycznymi wartościami. Wyjątkami są sortowanie przez kopcowanie (rys12-19 średnia złożoność czasowa znacznie odstaje od tej teoretycznej) i sortowanie shella w wersji 2 (rys33-35 średnia złożoność czasowa nieznacznie przekracza teoretyczną wartość w

najgorszym przypadku błąd występuje tylko dla zmiennych typu int). W przypadku sortowania błąd może być w umiejscowieniu pierwszego pomiaru czasu(rys69). W tym fragmencie kodu pomiar wykonywany jest przed nadaniem tablicy właściwości kopca. Jeżeli zaś chodzi o sortowanie Shella błąd może być gdzieś w warunku końca pętli. Jednakże nie wiem gdzie dokładnie. Czas wykonywania sortowań na zmiennych typu int i float jest porównywalny.

```
auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now(); //Początek pomiaru czasu
//Nadanie tablicy właściwości kopca maksymalnego, ostatni rodzic jest length/2 elementem tablicy dalej są tylko liście
for(int i=(length/2);i>=0;i--){
    TurnToHeapInt(length,i);
}
```

Rys69. Niepoprawnie umiejscowiony pomiar czasu

5.Literatura

[1]https://pl.wikipedia.org/wiki/Sortowanie_przez_wstawianie

[2]https://en.wikipedia.org/wiki/Insertion_sort

[3]<https://www.geeksforgeeks.org/heap-sort/>

[4]<https://www.javatpoint.com/heap-sort>

[5]<https://www.geeksforgeeks.org/shellsort/>

[6]<https://en.wikipedia.org/wiki/Shellsort>

[7]<https://www.algorytm.edu.pl/algorytmy-maturalne/quick-sort.html>

[8]https://pl.wikipedia.org/wiki/Sortowanie_szybkie