

# Lista 1 sprawozdanie

Matylda Mordal

## Zadanie 1

```
void insertionSort(int A[], int n) {  
    for (int j = 1; j < n; j++) {  
        int key = A[j];  
        int i = j - 1;  
        while (i >= 0 && A[i] > key) {  
            A[i + 1] = A[i];  
            i--;  
        }  
        A[i + 1] = key;  
    }  
}
```

Funkcja rozpoczyna się od pętli *for*, która przechodzi po elementach tablicy. Zmienna *key* przechowuje aktualnie rozpatrywany element tablicy *A[j]*, który będzie wstawiony we właściwe miejsce w posortowanej części tablicy. Następnie zmienna *i* wskazuje na ostatni element posortowanej części tablicy, czyli element o indeksie *j-1*. Pętla *while* sprawdza dwa warunki:

- Czy *i* jest większy lub równy 0
- Czy element *A[i]* w posortowanej części tablicy jest większy od wartości *key*

Jeśli oba warunki są spełnione to musimy przesunąć element *A[i]* o jedno miejsce w prawo. Później porównujemy *key* z wcześniejszymi elementami tablicy. Kiedy warunki pętli *while* przestaną być spełnione wstawiamy element *key* na pozycję *i + 1*

```
void INSERTIONSORT2(int A[], int n){  
    for (int i=1; i < n - 1; i += 2){  
        int a1 = A[i];  
        int a2 = A[i + 1];  
        if (a1 > a2) {  
            swap(a1, a2);  
        }  
    }  
}
```

Ta pętla przechodzi po tablicy przeskakując co dwa elementy. Później porównywane są dwa składniki tabeli, jeśli  $a1$  jest większy niż  $a2$ , to ich wartości są zamieniane miejscami.

```

while (j >= 0 && A[j] > a1){           while (j >= 0 && A[j] > a2){
    A[j + 1] = A[j];                     A[j + 1] = A[j];
    j--;                                  j--;
}                                          }
A[j + 1] = a1;                          A[j + 1] = a2;

```

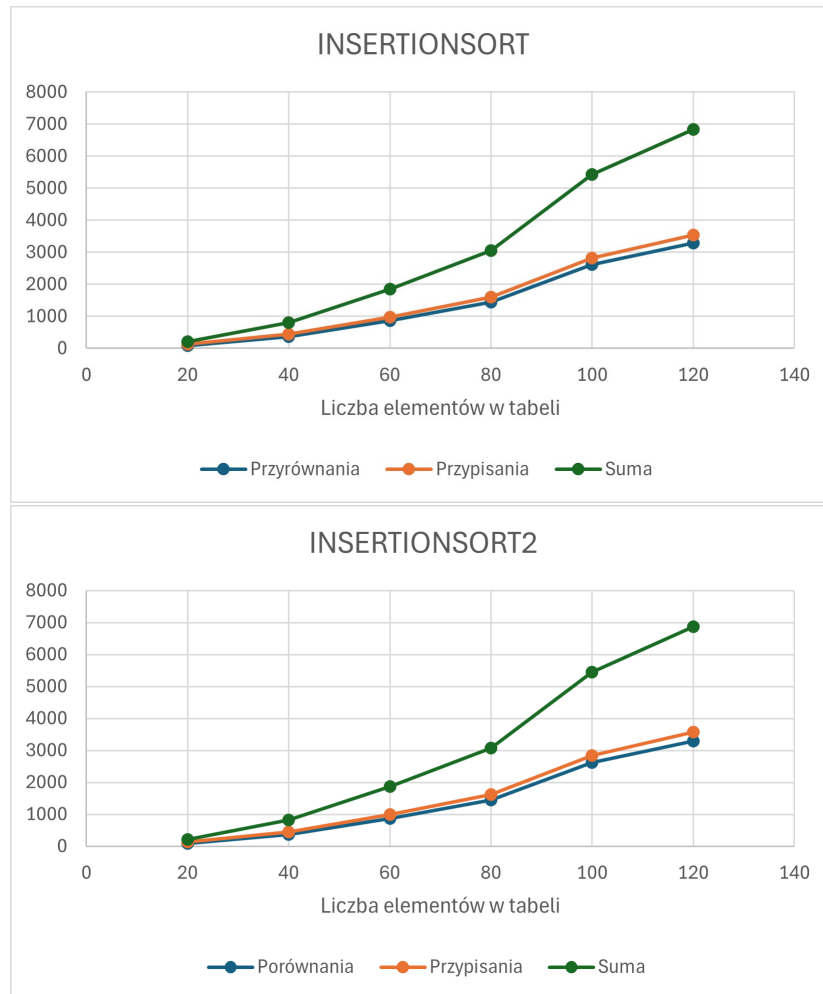
Następnie mamy dwie pętle *while*. Pierwsza pętla *while* przesuwa elementy większe niż  $a1$  w prawo, robiąc miejsce na wstawienie  $a1$  w odpowiednie miejsce. Podobnie działa druga pętla.

```

if (n % 2 == 0) {
    int ostatni = A[n - 1];
    int j = n - 2;
    while (j >= 0 && A[j] > ostatni) {
        A[j + 1] = A[j];
        j--;
    }
    A[j + 1] = ostatni;
}

```

Ta część kodu zapewnia nam, że funkcja będzie działać dla parzystej i nieparzystej ilości elementów w tablicy. Obsługuje przypadek, gdzie trzeba ręcznie wstawić ostatni element  $A[n-1]$  w odpowiednie miejsce w posortowanej części tablicy.



Oba algorytmy są odmianami algorytmu sortowania przez wstawianie, które ma złożoność czasową  $O(n^2)$  INSERTIONSORT wykonuje operacje na każdym elemencie po kolei, natomiast INSERTIONSORT2 optymalizuje sortowanie, operując na dwóch elementach naraz. Na obu wykresach widzimy, że liczba porównań i przypisań rośnie wykładniczo w stosunku do liczby elementów w tabeli. Oznacza to, że przy większych rozmiarach tablic oba algorytmy stają się coraz bardziej kosztowne obliczeniowo. INSERTIONSORT i INSERTIONSORT2 nie różnią się znacząco liczbą porównań i przypisań.

## Zadanie 2

```
void MERGE(int A[], int p, int q, int r) {  
    int n1 = q - p + 1;  
    int n2 = r - q;  
  
    int L[n1 + 1];  
    int R[n2 + 1];  
  
    for (int i = 0; i < n1; i++)  
        L[i] = A[p + i];  
    for (int j = 0; j < n2; j++)  
        R[j] = A[q + 1 + j];
```

Tworzone są dwie nowe tablice:  $L[]$  i  $R[]$ , które przechowują elementy z dwóch podtablic z tablicy  $A[]$ . Do tablicy  $L[]$  kopiowane są elementy z zakresu od  $A[p]$  do  $A[q]$ , a do tablicy  $R[]$  elementy z zakresu od  $A[q+1]$  do  $A[r]$ .

```
    for (int k = p; k <= r; k++) {  
        if (L[i] <= R[j]) {  
            A[k] = L[i];  
            i++;  
        } else {  
            A[k] = R[j];  
            j++;  
        }  
    }
```

Następnie elementy z  $L[]$  i  $R[]$  są porównywane i z powrotem umieszczane w tablicy  $A[]$  w taki sposób, że wynikowa tablica pozostaje posortowana.

```
void MERGESORT(int A[], int p, int r) {  
    if (p < r) {  
        int q = (p + r) / 2;  
        MERGESORT(A, p, q);  
        MERGESORT(A, q + 1, r);  
        MERGE(A, p, q, r);  
    }  
}
```

Funkcja sprawdza, czy przedział ma więcej niż jeden element. Jeśli tak, to dzieli tablicę na dwie mniejsze podtablice. Następnie wywołuje rekurencyjnie `MERGESORT` dla lewej i prawej części tablicy. Po posortowaniu obu części, wywoływana jest funkcja `MERGE`, która scala te części w jedną posortowaną podtablicę.

```
void MERGE2(int A[], int p, int q1, int q2, int r) {  
    int n1 = q1 - p + 1;  
    int n2 = q2 - q1;  
    int n3 = r - q2;
```

```

int L[n1 + 1], M[n2 + 1], R[n3 + 1];

for (int i = 0; i < n1; i++)
L[i] = A[p + i];

for (int j = 0; j < n2; j++)
M[j] = A[q1 + 1 + j];

for (int k = 0; k < n3; k++)
R[k] = A[q2 + 1 + k];

```

Zamiast dwóch podtablic, w funkcji MERGE2 mamy trzy podtablice. Podobnie jak w poprzednim przykładzie, wartości z tych podtablic są porównywane, a następnie scala się je w jedną posortowaną tablicę.

```

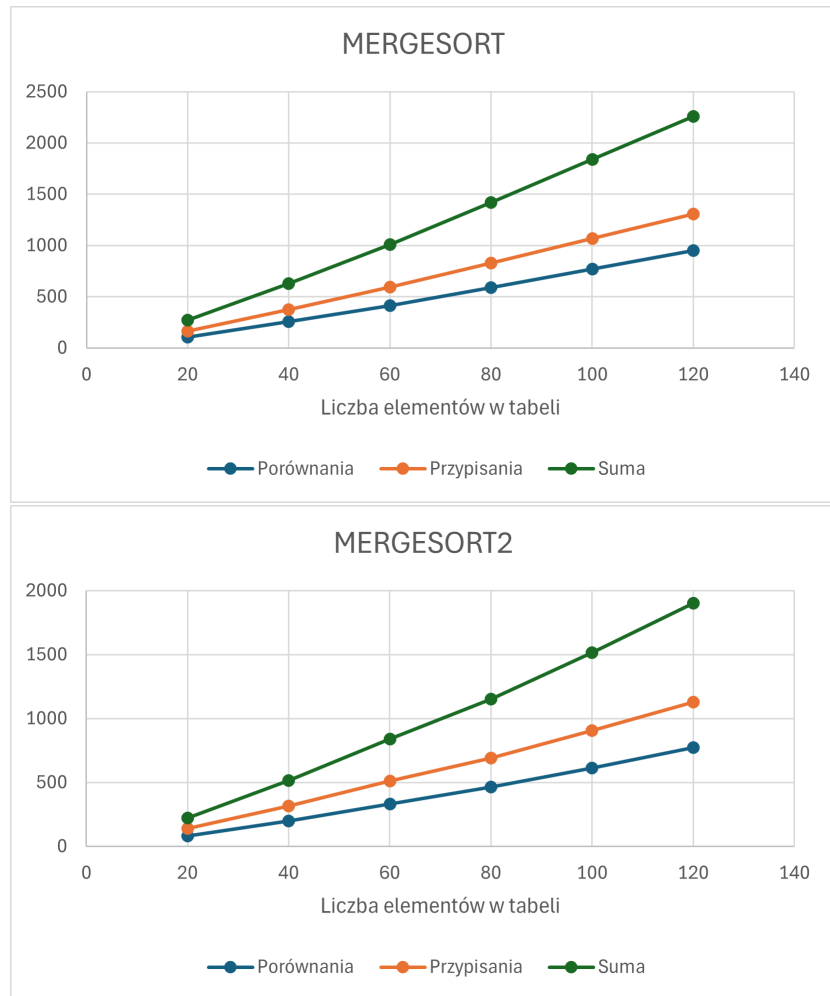
void MERGESORT2(int A[], int p, int r) {
    if (p < r) {
        porownania++;
        int q1 = p + (r - p) / 3;
        int q2 = p + 2 * (r - p) / 3;

        MERGESORT2(A, p, q1);
        MERGESORT2(A, q1 + 1, q2);
        MERGESORT2(A, q2 + 1, r);

        MERGE2(A, p, q1, q2, r);
    }
}

```

Zamiast dzielić tablicę na dwie połowy, funkcja MERGESORT2 dzieli tablicę na trzy części. Rekurencyjnie wywoływane są trzy MERGESORT2 na trzech mniejszych podtablicach.



Klasyczny Merge Sort ma złożoność czasową  $O(n \log n)$ , przy czym stały współczynnik zależy od liczby porównań i przypisań. Liczba porównań i liczba przypisań rośnie liniowo w obu algorytmach, ale są one nieco niższe w MERGESORT2 niż MERGESORT.

### Zadanie 3

```
void HEAPIFY(int A[], int i, int n) {
    int l = LEFT(i);
    int r = RIGHT(i);
    int najwiekszy = i;

    if (l < n && A[l] > A[i]) {
        najwiekszy = l;
    }

    if (r < n && A[r] > A[najwiekszy]) {
        najwiekszy = r;
    }

    if (najwiekszy != i) {
        swap(A[i], A[najwiekszy]);
        HEAPIFY(A, najwiekszy, n);
    }
}
```

Funkcja HEAPIFY dba o to, by węzeł  $i$  w kopcu był większy od swoich dzieci (LEFT( $i$ ) i RIGHT( $i$ )). Jeśli któreś dziecko jest większe, zamienia je miejscami z  $i$  i wywołuje się ponownie dla tego dziecka, aż cała struktura będzie poprawna.

Następnie funkcja BUILD\_HEAP tworzy kopiec maksymalny z nieposortowanej tablicy  $A[]$  o rozmiarze  $n$ .

```
void HEAPSORT(int A[], int n) {
    BUILD_HEAP(A, n);

    for (int i = n - 1; i >= 1; i--) {
        swap(A[0], A[i]);
        n--;
        HEAPIFY(A, 0, n);
    }
}
```

Najpierw funkcja buduje kopiec maksymalny (BUILD\_HEAP), a następnie iteracyjnie zamienia największy element z ostatnim elementem tablicy. Po każdej zamianie, zmniejsza rozmiar kopca (czyli  $n$ ) i wywołuje HEAPIFY, aby przywrócić właściwość kopca dla pozostałych elementów.

```
void HEAPIFY2(int A[], int i, int n) {
    int l = LEWY2(i);
    int s = SRODKOWY2(i);
    int p = PRAWY2(i);
    int najwiekszy = i;
```

```

if ( l < n && A[l] > A[i] ) {
    najwiekszy = l;
}

if ( s < n && A[s] > A[najwiekszy] ) {
    najwiekszy = s;
}

if ( p < n && A[p] > A[najwiekszy] ) {
    najwiekszy = p;
}

if ( najwiekszy != i ) {
    swap(A[i], A[najwiekszy]);
    HEAPIFY2(A, najwiekszy, n);
}
}

```

Zamiast porównywać węzeł z dwoma dziećmi, teraz porównuje z trzema dziećmi (lewe, środkowe i prawe). Działa na drzewie trójkowym, gdzie dla każdego węzła sprawdzane są trzy potencjalne potomki, i zamienia węzeł z największym, jeśli któryś z potomków ma większą wartość.

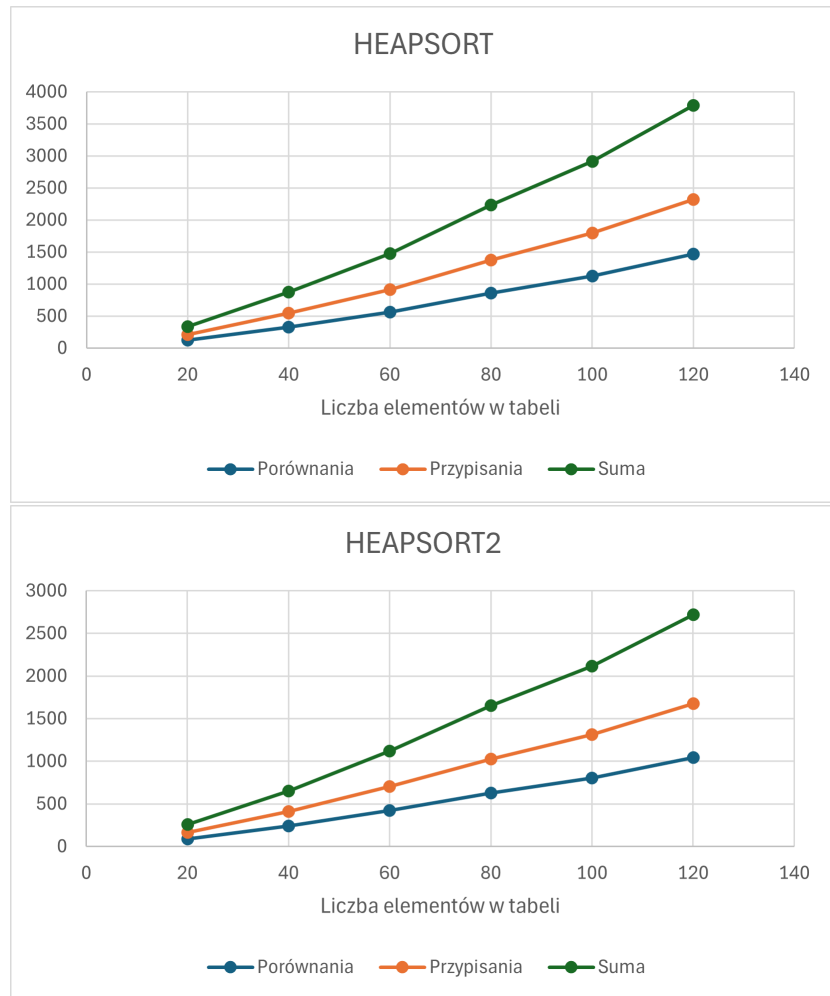
```

void HEAPSORT2(int A[] , int n) {
    BUILD_HEAP2(A, n);
    for (int i = n - 1; i >= 1; i--) {
        swap(A[0], A[i]);
        n--;
        HEAPIFY2(A, 0, n);
    }
}

```

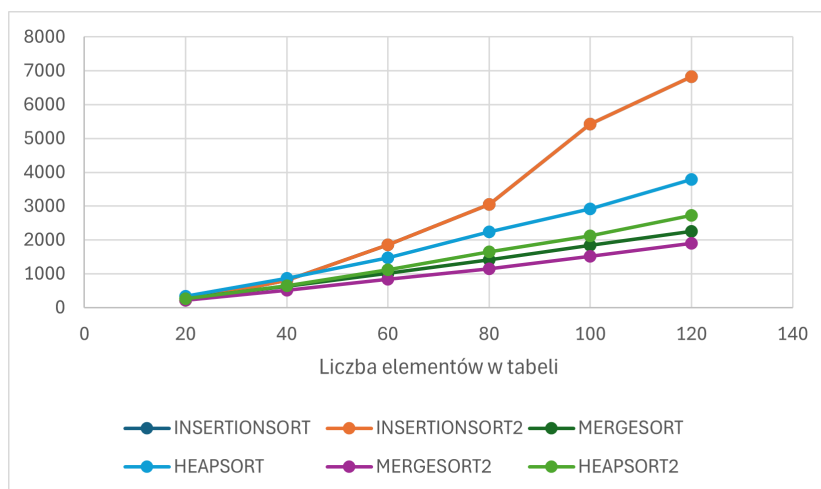
Funkcja HEAPSORT2 jest podobna do poprzedniej wersji, ale działa na drzewie trójkowym, więc wykorzystuje odpowiednie funkcje (HEAPIFY2 i BUILD\_HEAP2).





Złożoność czasowa algorytmu wynosi  $O(n \log n)$  i wpływa na nią liczba elementów do posortowania. Z wykresów widać że w obu funkcjach liczba przypisań i liczba porównań rośnie wraz z ilością elementów. Liczby te są nieco niższe dla HEAPSORT2.

## Wszystkie funkcje



INSERTIONSORT i INSERTIONSORT2 są prawie identyczne, co oznacza, że obie funkcje wykonują podobną liczbę operacji. Ten algorytm działa dobrze dla małych zbiorów danych, ale jego wydajność szybko spada w przypadku większych. Algorytmy MERGESORT i MERGESORT2 różnią się, ale oba wykazują stosunkowo wolniejszy wzrost liczby operacji w porównaniu do INSERTIONSORT. MERGESORT2 wydaje się być nieco bardziej optymalny niż MERGESORT. Algorytmy sortowania takie jak MERGESORT i HEAPSORT lepiej sprawdzają się w przypadku dużych tablic, ponieważ ich wzrost liczby operacji jest znacznie wolniejszy niż w przypadku algorytmu INSERTIONSORT. A optymalizacje w implementacjach (jak w MERGESORT2 i HEAPSORT2) mogą prowadzić do zauważalnych różnic w liczbie operacji, zwłaszcza przy większych zbiorach danych.