

# PRZEDMIOT: Podstawy programowania

KLASA: 2A gr. 1

## Lekcja

### Temat: Klasy w C++

**Klasa w C++ to podstawowy element programowania obiektowego (OOP), który pozwala na definiowanie własnych typów danych.** Jest to szablon lub blueprint, który łączy w sobie dane (pola lub zmienne członkowskie) oraz funkcje (metody), które operują na tych danych. Klasy umożliwiają enkapsulację (ukrywanie szczegółów implementacji), dziedziczenie (ponowne wykorzystanie kodu) i polimorfizm (różne zachowania w zależności od kontekstu).

#### Przykład 1:

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

class Samochod {
private:
    string marka;
    int rokProdukcji;

public:
    Samochod(std::string m, int r) {
        marka = m;
        rokProdukcji = r;
    }
    void wyswietlInfo() {
        cout << "Marka: " << marka << ", Rok produkcji: " << rokProdukcji << endl;
    }
};

int main() {
    Samochod mojSamochod("Toyota", 2020);
    mojSamochod.wyswietlInfo();
    return 0;
}
```

## Kluczowe cechy klas w C++

- **Konstruktor i destruktor:** Konstruktor (np. `Samochod()`) inicjalizuje obiekt, destruktor (`~Samochod()`) czyści zasoby po zniszczeniu obiektu.
- **Dziedziczenie:** Możesz tworzyć klasy pochodne, np. `class ElektrycznySamochod : public Samochod { ... };`
- **Polimorfizm:** Metody wirtualne (`virtual`) pozwalają na nadpisywanie zachowań w klasach dziedziczących.
- **Statyczne elementy:** Pola lub metody statyczne (`static`) należą do klasy, nie do instancji (np. licznik obiektów).

Klasy są podobne do struktur (`struct`), ale domyślnie w `struct` elementy są publiczne, a w `class` prywatne. W praktyce klasy są używane do modelowania rzeczywistych obiektów, co ułatwia pisanie modularnego i utrzymywalnego kodu

## Konstruktor

**Konstruktor to specjalna metoda klasy, która jest wywoływana automatycznie w momencie tworzenia obiektu (instancji klasy). Jego głównym zadaniem jest inicjalizacja pól klasy, alokacja zasobów (np. pamięci) lub ustawienie początkowych wartości. Konstruktor ma taką samą nazwę jak klasa i nie zwraca żadnej wartości (nawet `void` nie jest potrzebne).**

- **Rodzaje konstruktorów:**
  - **Domyślny:** Bez parametrów, tworzony automatycznie przez kompilator, jeśli nie zdefiniujesz własnego.
  - **Parametryzowany:** Z parametrami, jak w przykładzie poniżej.
  - **Kopiujący:** Kopiuje dane z innego obiektu.
  - **Przenoszący** (w C++11+): Przenosi zasoby z innego obiektu.

Jeśli nie zdefiniujesz konstruktora, kompilator stworzy domyślny.

## Destruktor

**Destruktor to specjalna metoda klasy, która jest wywoływana automatycznie w momencie niszczenia obiektu (np. gdy obiekt wychodzi poza zakres widoczności lub jest usuwany ręcznie za pomocą `delete`). Służy do zwalniania zasobów, takich jak pamięć, pliki czy połączenia sieciowe, aby uniknąć wycieków pamięci. Destruktor ma nazwę klasy poprzedzoną tyldą (`~`) i nie przyjmuje parametrów ani nie zwraca wartości.**

- Klasa może mieć tylko jeden destruktor.
- Jeśli nie zdefiniujesz destruktora, kompilator stworzy domyślny, który nic nie robi (chyba że klasa ma pola wymagające czyszczenia).
- Destruktry są szczególnie ważne w klasach zarządzających zasobami (np. wskaźnikami).

## Przykład kodu

## Przykład 2:

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

class Samochod {
private:
    string marka;
    int rokProdukcji;
    int* numerVIN; // Przykładowe dynamiczne alokowanie pamięci

public:
    // Konstruktor parametryzowany
    Samochod(string m, int r) {
        marka = m;
        rokProdukcji = r;
        numerVIN = new int; // Alokacja pamięci
        *numerVIN = 123456;
        std::cout << "Konstruktor wywołany: Obiekt stworzony." << endl;
    }

    // Destraktor
    ~Samochod() {
        delete numerVIN; // Zwolnienie pamięci, aby uniknąć wycieku
        cout << "Destraktor wywołany: Obiekt zniszczony." << endl;
    }

    void wyswietlInfo() {
        cout << "Marka: " << marka << ", Rok produkcji: " << rokProdukcji
            << ", Numer VIN: " << *numerVIN << endl;
    }
};

int main() {
    {
        Samochod mojSamochod("Toyota", 2020);
        mojSamochod.wyswietlInfo();
    } // Koniec bloku - obiekt niszczone, destraktor wywołany automatycznie

    return 0;
}
```

## Wyjaśnienie przykładu:

- **Konstruktor:** Samochod(std::string m, int r) inicjalizuje pola marka i rokProdukcji, alokuje pamięć dla numerVIN i wyświetla komunikat.
- **Destraktor:** ~Samochod() zwalnia pamięć za pomocą delete i wyświetla komunikat. Wywoływany automatycznie na końcu bloku {} w main().

Bez destruktora pamięć po numerVIN nie zostałaby zwolniona, co mogłoby prowadzić do problemów w większych programach.

### Przykład 3:

```
#include <iostream>
#include <string>

class Osoba {
private:
    std::string imie;
    std::string nazwisko;
    int wiek;

public:
    Osoba(std::string i, std::string n, int w) {
        imie = i;
        nazwisko = n;
        wiek = w;
    }

    void wyswietlInfo() {
        std::cout << "Imię: " << imie << ", Nazwisko: " << nazwisko << ", Wiek: " << wiek
<< std::endl;
    }

    // Metoda sprawdzająca pełnoletniość (przykład logiki)
    bool jestPełnoletnia() {
        return (wiek >= 18);
    }
};

int main() {
    Osoba mojaOsoba("Jan", "Kowalski", 25);
    mojaOsoba.wyswietlInfo();

    if (mojaOsoba.jestPełnoletnia()) {
        std::cout << "Osoba jest pełnoletnia." << std::endl;
    } else {
        std::cout << "Osoba nie jest pełnoletnia." << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

#### Przykład 4:

```
#include <iostream>
#include <string>

class Dom {
private:
    std::string adres;
    int liczbaPokoi;
    double powierzchnia; // w metrach kwadratowych

public:
    // Konstruktor parametryzowany
    Dom(std::string a, int p, double pow) {
        adres = a;
        liczbaPokoi = p;
        powierzchnia = pow;
    }

    // Metoda do wyświetlania informacji
    void wyswietlInfo() {
        std::cout << "Adres: " << adres << ", Liczba pokoi: " << liczbaPokoi
            << ", Powierzchnia: " << powierzchnia << " m²" << std::endl;
    }

    // Metoda sprawdzająca, czy dom jest duży
    bool jestDuzy() {
        return (powierzchnia > 100.0);
    }
};

int main() {
    Dom mojDom("Ul. Główna 123, Warszawa", 4, 120.5); // Tworzenie obiektu
    mojDom.wyswietlInfo(); // Wyświetlenie info

    if (mojDom.jestDuzy()) {
        std::cout << "Dom jest duży." << std::endl;
    } else {
        std::cout << "Dom jest mały." << std::endl;
    }
    return 0;
}
```

# Lekcja

## Temat: Przeciążenie operatorów. Operator unarny i binarny

### Operator to np.:

- +
- -
- \*
- /
- ==
- <

**Przeciążenie operatorów** (ang. operator **overloading**) w C++ to **mechanizm, który pozwala na definiowanie własnego zachowania dla standardowych operatorów (takich jak +, -, \*, /, ==, itd.) w kontekście klas lub struktur**. Dzięki temu możesz sprawić, że operatory działają na obiektach twoich własnych typów w sposób podobny do typów wbudowanych, co poprawia czytelność i intuicyjność kodu.

### Przykład

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Wektor2D {
public:
    int x, y;

    Wektor2D(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // przeciążenie operatora +
    Wektor2D operator+(const Wektor2D& w) const {
        return Wektor2D(x + w.x, y + w.y);
    }

    Wektor2D add(const Wektor2D& w) const {
        return Wektor2D(x + w.x, y + w.y);
    }
};

int main() {
    Wektor2D a(3, 2); // pierwszy wektor
    Wektor2D b(5, 1); // drugi wektor

    Wektor2D c = a + b; // WYWOŁANIE operatora +

    cout << "Wynik dodawania Operator+ (" << c.x << ", " << c.y << ")\n";

    Wektor2D addc = a.add(b);
    cout << "Metoda addc(): (" << addc.x << ", " << addc.y << ")\n";
}
```

Rezultat:

Wektor2D a(2, 3);

Wektor2D b(4, 1);

Wektor2D c = a + b; // działa dzięki operator overloading

## Przeciążanie operatora wypisywania << (cout)

### Przykład:

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
class Punkt {
public:
    int x, y;
    Punkt(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // Operator dodawania
    Punkt operator+(const Punkt& p) const{
        return Punkt(x + p.x, y + p.y);
    }

    // Operator odejmowania
    Punkt operator-(const Punkt& p) const{
        return Punkt(x - p.x, y - p.y);
    }

    // Operator porównania ==
    bool operator==(const Punkt& p) const{
        return x == p.x && y == p.y;
    }
};

// operator wypisywania
ostream& operator<<(ostream& out, const Punkt& p) {
    return out << "(" << p.x << ", " << p.y << ")";
}

int main() {
    Punkt a(3, 4);
    Punkt b(1, 2);

    Punkt c = a + b; // dodawanie
    Punkt d = a - b; // odejmowanie

    cout << "a = " << a << endl;
    cout << "b = " << b << endl;
    cout << "a + b = " << c << endl;
    cout << "a - b = " << d << endl;

    if (a == b)
```

```

        cout << "Punkty są równe\n";
    else
        cout << "Punkty są różne\n";

    return 0;
}

```

Rezultat:

Punkt p(3, 5);

cout << p; // wypisze: (3, 5)

#### ♦ Operator unarny

Działa na **jednym** argumentcie.

Przykłady (wbudowane w C++):

- -x (negacja liczby)
- ++x (preinkrementacja)
- x-- (postdekrementacja)
- !x (logiczne NIE)

W klasach możesz przeciążyć np.:

Punkt operator-() const; // unarny minus

Punkt operator++(); // ++p

Punkt operator++(int); // p++

Takie operatory mają **jeden** operand.

#### ♦ Operator binarny

Działa na **dwóch** argumentach.

Przykłady:

- a + b
- a - b
- a \* b
- a == b
- a < b

W klasie wygląda to tak:

Punkt operator+(const Punkt& p) const;

bool operator==(const Punkt& p) const;

Operatory **unaryjne (unary)** działają na *jednym* obiekcie:

- - (zmiana znaku)
- ++ (inkrementacja)
- -- (dekrementacja)

#### Przykład klasy z unarnymi operatorami

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
class Wektor {
```

```
public:
```

```
    int x, y;
```



```

Wektor(int x, int y) : x(x), y(y) {}

// UNARNY operator - (zmienia znak)
Wektor operator-() const {
    return Wektor(-x, -y);
}

// UNARNY operator ++ (preinkrementacja)
Wektor& operator++() {
    x++;
    y++;
    return *this;
}

// UNARNY operator -- (predekrementacja)
Wektor& operator--() {
    x--;
    y--;
    return *this;
}
};

int main() {
    Wektor a(3, 4);

    Wektor b = -a;    // wywołuje operator-()
    cout << "Negacja: (" << b.x << ", " << b.y << ")\n";

    ++a;              // wywołuje operator++()
    cout << "Po ++: (" << a.x << ", " << a.y << ")\n";

    --a;              // wywołuje operator--()
    cout << "Po --: (" << a.x << ", " << a.y << ")\n";
}

```

### Wynik działania:

Negacja: (-3, -4)  
 Po ++: (4, 5)  
 Po --: (3, 4)

### Przykład klasy z operatorami binarnymi

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Wektor {
public:
    int x, y;
    Wektor(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // BINARNY operator +
    Wektor operator+(const Wektor& w) const{
        return Wektor(x + w.x, y + w.y);
    }
}

```

```

// BINARNY operator -
Wektor operator-(const Wektor& w) const{
    return Wektor(x - w.x, y - w.y);
}

// BINARNY operator ==
bool operator==(const Wektor& w) const{
    return x == w.x && y == w.y;
}
};

int main() {
    Wektor a(3, 2);
    Wektor b(5, 1);

    Wektor c = a + b;    // wywołuje operator+
    cout << "a + b = (" << c.x << ", " << c.y << ")\n";

    Wektor d = a - b;    // wywołuje operator-
    cout << "a - b = (" << d.x << ", " << d.y << ")\n";

    if (a == b)          // wywołuje operator==
        cout << "a i b są równe\n";
    else
        cout << "a i b NIE są równe\n";
}

```

## Lekcja

**Temat:** Szablony (templates): Szablony funkcji i klas, specjalizacje, szablony w STL.

### 1 Szablony (templates) w C++

Szablony pozwalają pisać **uniwersalny kod**, który działa dla różnych typów danych **bez powielania kodu**. Czyli "napisz raz, a zastosuj dla wielu typów"

### 2 Szablony funkcji

✓ Składnia ogólna:

```

template <typename T>
T maksimum(T a, T b) {
    return (a > b) ? a : b;
}

```

- **T** - to **zmienna typu**, którą kompilator zastąpi konkretnym typem w momencie użycia funkcji lub klasy. Dzięki temu możesz pisać **jedną funkcję lub klasę**, która działa dla wielu typów danych.
- `template <typename T>` - deklaruje szablon z typem T
- Funkcja `maksimum` działa teraz dla **int, double, float, itp.**

✓ Przykład użycia:

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
template <typename T>
T maksimum(T a, T b) {
    return (a > b) ? a : b;
}
```

```
int main() {
    cout << maksimum(5, 10) << endl;    // int
    cout << maksimum(3.14, 2.71) << endl; // double
}
```

### 3 Szablony klas

Szablony działają też dla **klas** — pozwalają tworzyć klasy działające na różnych typach danych.

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T>
class Para {
    T pierwszy, drugi;
public:
    Para(T a, T b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    T suma() { return pierwszy + drugi; }
};
```

```
int main() {
    Para<int> p1(3, 7);
    cout << p1.suma() << endl; // 10

    Para<double> p2(2.5, 3.5);
    cout << p2.suma() << endl; // 6.0
}
```

### 4 Specjalizacje szablonów

Czasem chcemy, aby szablon działał **inaczej dla konkretnego typu**.

```
#include <iostream>
using namespace std;

// Szablon klasy ogólny
template <typename T>
class Para {
    T pierwszy, drugi;
public:
    Para(T a, T b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    T suma() { return pierwszy + drugi; }
    void pokaz() { cout << pierwszy << " " << drugi << endl; }
};

// Specjalizacja szablonu dla typu char
template <>
class Para<char> {
    char pierwszy, drugi;
public:
    Para(char a, char b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    void pokaz() {
        cout << "Specjalizacja dla char: " << pierwszy << " " << drugi << endl;
    }
};

int main() {
    // Użycie szablonu ogólnego dla int
    Para<int> p1(3, 7);
    cout << "Suma int: " << p1.suma() << endl;
    p1.pokaz();

    // Użycie szablonu ogólnego dla double
    Para<double> p2(2.5, 3.5);
    cout << "Suma double: " << p2.suma() << endl;
    p2.pokaz();

    // Użycie specjalizacji dla char
    Para<char> p3('A', 'B');
    p3.pokaz();

    return 0;
}
```

- To nazywamy **pełną specjalizacją**.
- Możemy też tworzyć **częściowe specjalizacje**, np. dla wskaźników.

## 5 Szablony w STL (Standard Template Library)

STL to **biblioteka standardowa w C++**, która w dużej mierze **opiera się na szablonach**.

Przykłady:

1. **vector** — dynamiczna tablica

```
#include <vector>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    vector<int> v = {1, 2, 3};
    v.push_back(4);

    for (int x : v)
        cout << x << " ";
}
```

2. **map** — mapa klucz-wartość

```
#include <map>
#include <string>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    map<string, int> wiek;
    wiek["Jan"] = 25;
    wiek["Anna"] = 30;

    for (auto &[k, v] : wiek)
        cout << k << " ma " << v << " lat" << endl;
}
```

3. **sort** w `<algorithm>` — szablon funkcji

```
#include <algorithm>
#include <vector>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    vector<int> v = {3, 1, 4, 2};
    sort(v.begin(), v.end()); // sort działa dla każdego typu porównywalnego
    for (int x : v) cout << x << " ";
}
```

W STL wszystko jest napisane przy użyciu **szablonów**, dlatego możesz używać `vector<int>`, `vector<double>`, `map<string,int>` itd., bez pisania osobnej klasy.

## Lekcja

### Temat: STL (Standard Template Library) w C++

**STL (Standard Template Library)** to jedna z najważniejszych części języka C++. Zawiera:

- **kontenery** — struktury danych (vector, list, map, queue itd.)
- **iteratory** — „wskaźniki” do elementów kontenerów
- **algorytmy** — sortowanie, wyszukiwanie, kopiowanie itd.

#### **vector** — dynamiczna tablica

`vector` to **dynamiczna tablica**, która sama zmienia rozmiar podczas dodawania/usuwania elementów.

#### **Zastosowania**

- przechowywanie listy liczb
- zbiór danych od użytkownika
- tablica, której rozmiar nie jest znany

### Przykład

```
vector<int> liczby;  
liczby.push_back(10);  
liczby.push_back(20);  
liczby.push_back(30);
```

### Iteracja po vectorze za pomocą iteratora

```
for (vector<int>::iterator it = liczby.begin(); it != liczby.end(); ++it) {  
    cout << *it << " ";  
}
```

### Przykład:

```
#include <iostream>  
#include <vector>  
  
int main() {  
    std::vector<int> v;  
  
    // --- DODAWANIE NA KOŃCU ---  
    v.push_back(10);  
    v.push_back(20);  
    v.push_back(30);  
  
    std::cout << "Po dodaniu na koncu (push_back): ";  
    for (int x : v) std::cout << x << " ";  
    std::cout << "\n";  
  
    // --- USUWANIE Z KOŃCA ---  
    v.pop_back();  
    std::cout << "Po usunięciu z konca (pop_back): ";  
    for (int x : v) std::cout << x << " ";  
    std::cout << "\n";  
  
    // --- DODAWANIE NA POCZĄTKU ---  
    v.insert(v.begin(), 5);  
  
    std::cout << "Po dodaniu na początku (insert): ";  
    for (int x : v) std::cout << x << " ";  
    std::cout << "\n";  
  
    // --- USUWANIE Z POCZĄTKU ---  
    v.erase(v.begin());  
  
    std::cout << "Po usunięciu z początku (erase): ";  
    for (int x : v) std::cout << x << " ";  
    std::cout << "\n";  
  
    // --- DODAWANIE W DOWOLNE MIEJSCE ---  
    v.insert(v.begin() + 1, 99);  
  
    std::cout << "Po dodaniu w dowolne miejsce (index 1): ";
```

```

for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z DOWOLNEGO MIEJSCA ---
v.erase(v.begin() + 1);

std::cout << "Po usunięciu z dowolnego miejsca (index 1): ";
for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

return 0;
}

```

## 2 list — lista dwukierunkowa

list to **lista dwukierunkowa (double linked list)**.

Wstawianie i usuwanie elementów jest **bardzo szybkie**, ale dostęp po indeksie jest wolny.

### Zastosowania

- kolejki z częstym dodawaniem i usuwaniem
- implementacja historii działań (przód/tył)
- struktur danych, gdzie ważny jest szybki insert w środku

### Przykład

```

list<string> slowa;
slowa.push_back("Ala");
slowa.push_back("ma");
slowa.push_back("kota");

```

### Iterator

```

for (list<string>::iterator it = l.begin(); it != l.end(); ++it) {
    cout << *it << " ";
}

```

### Przykład

```

#include <iostream>
#include <list>

```

```

int main() {
    std::list<int> lst;

    // --- DODAWANIE NA KOŃCU ---
    lst.push_back(10);
    lst.push_back(20);
    lst.push_back(30);

```

```

std::cout << "Po dodaniu na koncu (push_back): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";

```



```

std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z KOŃCA ---
lst.pop_back();

std::cout << "Po usunięciu z końca (pop_back): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- DODAWANIE NA POCZĄTKU ---
lst.push_front(5);

std::cout << "Po dodaniu na początku (push_front): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z POCZĄTKU ---
lst.pop_front();

std::cout << "Po usunięciu z początku (pop_front): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- DODAWANIE W DOWOLNE MIEJSCE ---
auto it = lst.begin();
std::advance(it, 1);
lst.insert(it, 99);

std::cout << "Po dodaniu w dowolne miejsce (index 1): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z DOWOLNEGO MIEJSCA ---
it = lst.begin();
std::advance(it, 1);
lst.erase(it);

std::cout << "Po usunięciu z dowolnego miejsca (index 1): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

return 0;
}

```

## Budowa wewnętrzna

vector

- przechowuje elementy **w jednej ciągłej tablicy w pamięci**
- indeksowanie działa jak w tablicy: `v[0]`, `v[1]`, ...

list

- to **lista dwukierunkowa** – każdy element zawiera wskaźniki do poprzedniego i następnego
- elementy **są porzucane w pamięci**

### Prosty przykład porównawczy vector

```
std::vector<int> v;
v.push_back(10);
v[0] = 5; // szybki dostęp
```

### list

```
std::list<int> lst;
lst.push_back(10);

auto it = lst.begin();
*it = 5; // można tylko przez iterator
```

## 3 map — klucz → wartość (słownik)

map przechowuje pary **klucz–wartość**  
(Klucze są automatycznie sortowane!).

### Zastosowania

- słowniki (np. "PL" → "Polska")
- dane użytkowników (ID → nazwa)
- liczenie wystąpień słów

### Przykład

```
map<string, int> wiek;
wiek["Adam"] = 25;
wiek["Beata"] = 30;
wiek["Czarek"] = 22;
```

### Iterator

```
for (map<string, int>::iterator it = wiek.begin(); it != wiek.end(); ++it) {
    cout << it->first << " ma " << it->second << " lat\n";
}
```

### Poniższy przykład zawiera:

- ✓ dodawanie elementów
- ✓ usuwanie elementu o najmniejszym kluczu (początek mapy)
- ✓ usuwanie elementu o największym kluczu (koniec mapy)
- ✓ usuwanie/dodawanie elementów według klucza (czyli "w dowolnym miejscu")

```
#include <iostream>
#include <map>
```

```
int main() {
    std::map<int, std::string> mp;
```

```

// --- DODAWANIE ELEMENTÓW ---
mp.insert({2, "B"});
mp.insert({1, "A"});
mp.insert({3, "C"});

std::cout << "Po dodaniu elementow:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- USUWANIE NAJMNIEJSZEGO KLUCZA (początek) ---
mp.erase(mp.begin());

std::cout << "\nPo usunieciu najmniejszego klucza:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- USUWANIE NAJWIEKSZEGO KLUCZA (koniec) ---
auto it = mp.end();
it--; // ostatni element
mp.erase(it);

std::cout << "\nPo usunieciu największego klucza:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- DODAWANIE "W DOWOLNE MIEJSCE" (przez klucz) ---
mp[10] = "X";
mp[5] = "Y"; // automatycznie trafi w odpowiednie miejsce

std::cout << "\nPo dodaniu elementow o kluczach 10 i 5:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- USUWANIE ELEMENTU O DOWOLNYM KLUCZU ---
mp.erase(5);

std::cout << "\nPo usunieciu klucza 5:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

return 0;
}

```

 **Kompletny przykład**  
Program demonstruje użycie:

- **vector**

- **list**
- **map**
- **iteratorów**

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <list>
#include <map>
using namespace std;

int main() {

    // --- VECTOR ---
    vector<int> v = {1, 2, 3, 4, 5};

    cout << "VECTOR: ";
    for (vector<int>::iterator it = v.begin(); it != v.end(); ++it) {
        cout << *it << " ";
    }
    cout << "\n";

    // --- LIST ---
    list<string> l;
    l.push_back("Ala");
    l.push_back("ma");
    l.push_back("kota");

    cout << "LIST: ";
    for (list<string>::iterator it = l.begin(); it != l.end(); ++it) {
        cout << *it << " ";
    }
    cout << "\n";

    // --- MAP ---
    map<string, int> wiek;
    wiek["Adam"] = 25;
    wiek["Beata"] = 30;
    wiek["Czarek"] = 22;

    cout << "MAP:\n";
    for (map<string, int>::iterator it = wiek.begin(); it != wiek.end(); ++it) {
        cout << it->first << " ma " << it->second << " lat\n";
    }

    return 0;
}
```

👉 `v.begin()`

Zwraca iterator **na pierwszy element** wektora.

👉 `v.end()`

Zwraca **iterator wskazujący za ostatni element**.

To znaczy: nie na ostatni element, ale **tuż za nim** (tzw. *past-the-end iterator*).

👉 `it != v.end()`

Pętla działa dopóki it **nie osiągnie końca kontenera**.

Gdy iterator zrówna się z `end()`, kończymy iterację.

**Z tej lekcji będzie kartkówka na następnej lekcji. W kalendarzu zaplanować**