Dzisiejszy wykład

- Wskaźniki
- Klasa listy jednokierunkowej
- Przekazywanie parametrów do funkcji
- Płytkie i głębokie kopiowanie
- Konstruktor kopiujący
- Operator przypisania
- Przeciążenie operatorów

Wskaźniki

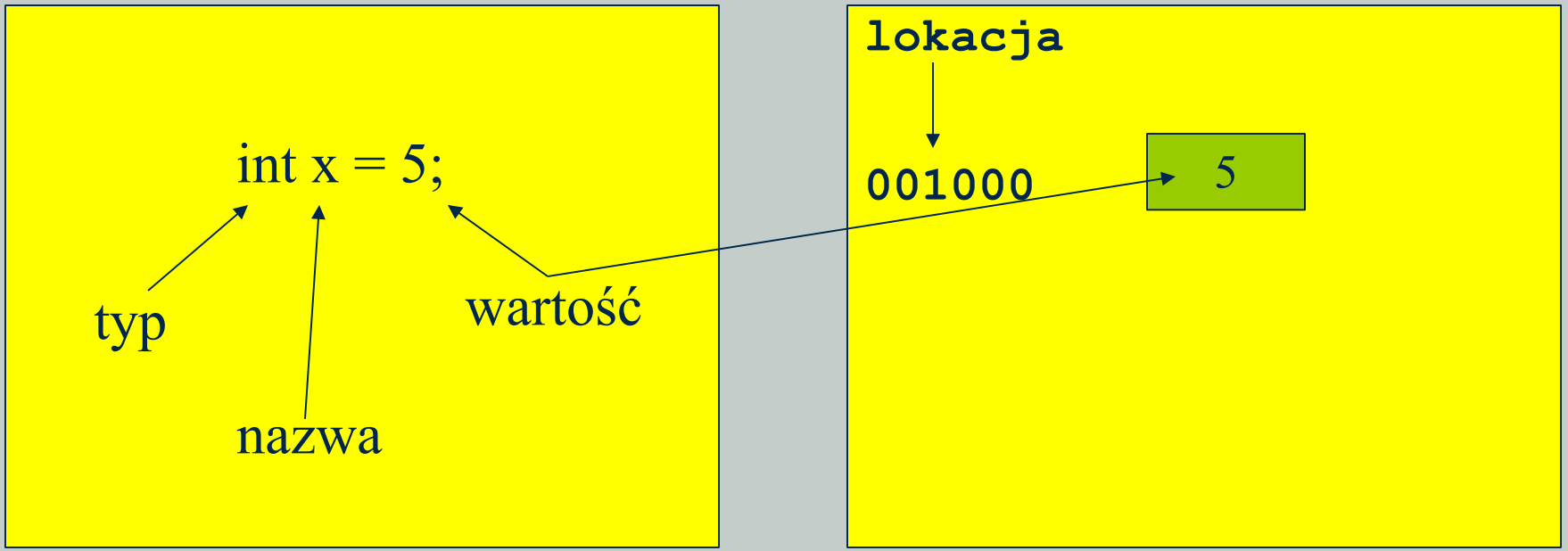
- Cztery atrybuty zmiennej
  - nazwa
  - typ
  - wartość
  - lokacja (adres)

```
int x = 5;
```

- Wskaźnik jest typem wartości
  - przechowywany w zmiennej
  - jest to pewna liczba
- Operator * oznacza:
  - pobierz wartość przechowywaną w zmiennej i użyj jej jako adresu innej zmiennej
- Operator & oznacza:
  - pobierz adres zmiennej (NIE wartość zmiennej)

Wskaźniki

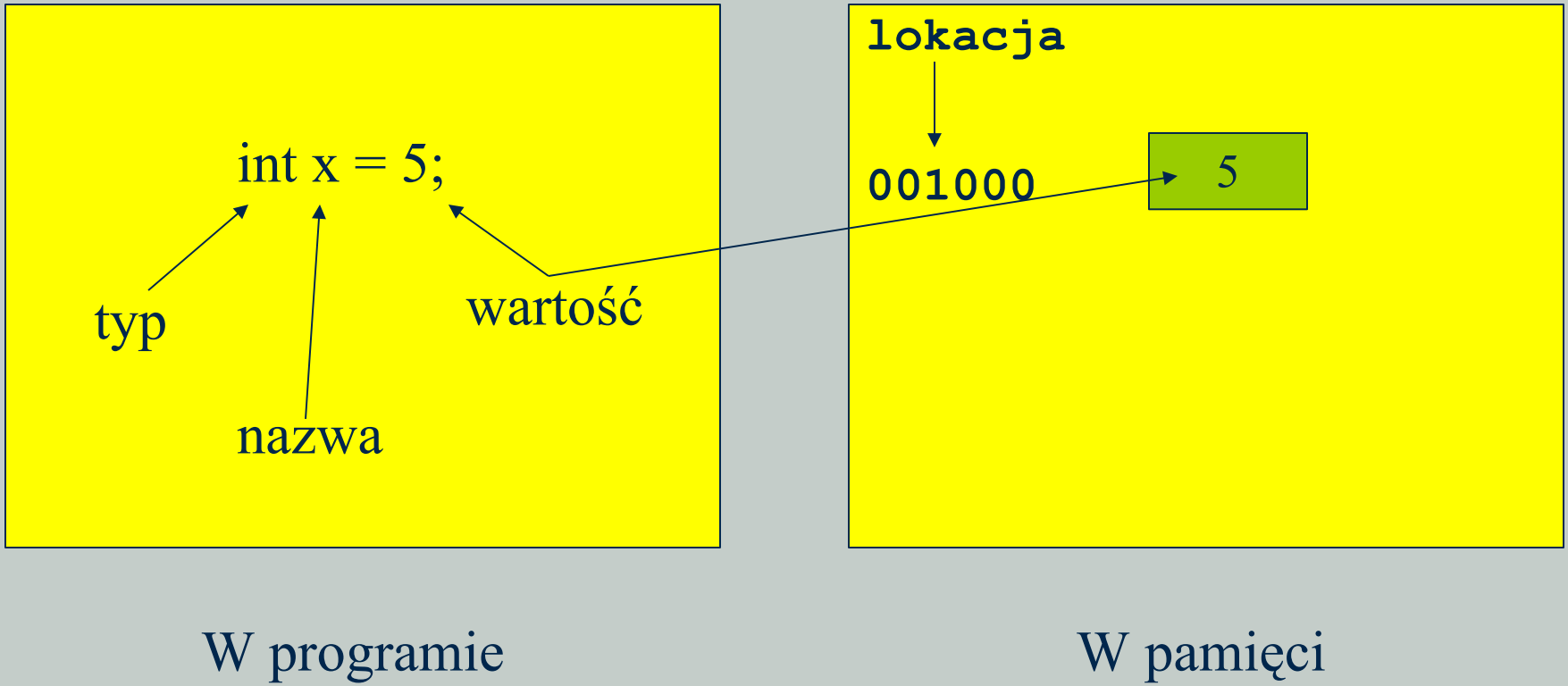
- Zmienna
  - nazwa, typ, wartość, lokacja (adres)



- Która zmienna pod jakim adresem? Ile pamięci zajmuje? Kto o tym decyduje?

Wskaźniki

- Jaka jest wartość poniższych wyrażeń? Czy są one poprawne?
  - x
  - &x
  - *x



Wskaźniki

- Jaka jest wartość poniższych wyrażeń? Czy są one poprawne?
  - x, &x, *x
  - p, &p, *p
  - q, &q, *q
  - ip, &ip, *ip

```
int x=5;
char *p="hello";
char *q;
int *ip;
ip=&x;
```

W programie

lokacja	wartość	nazwa
001000	5	int x
001004	3000	char*p
001008	?	char*q
001012	?	int* ip
...	...	
003000	hello\0	

W pamięci

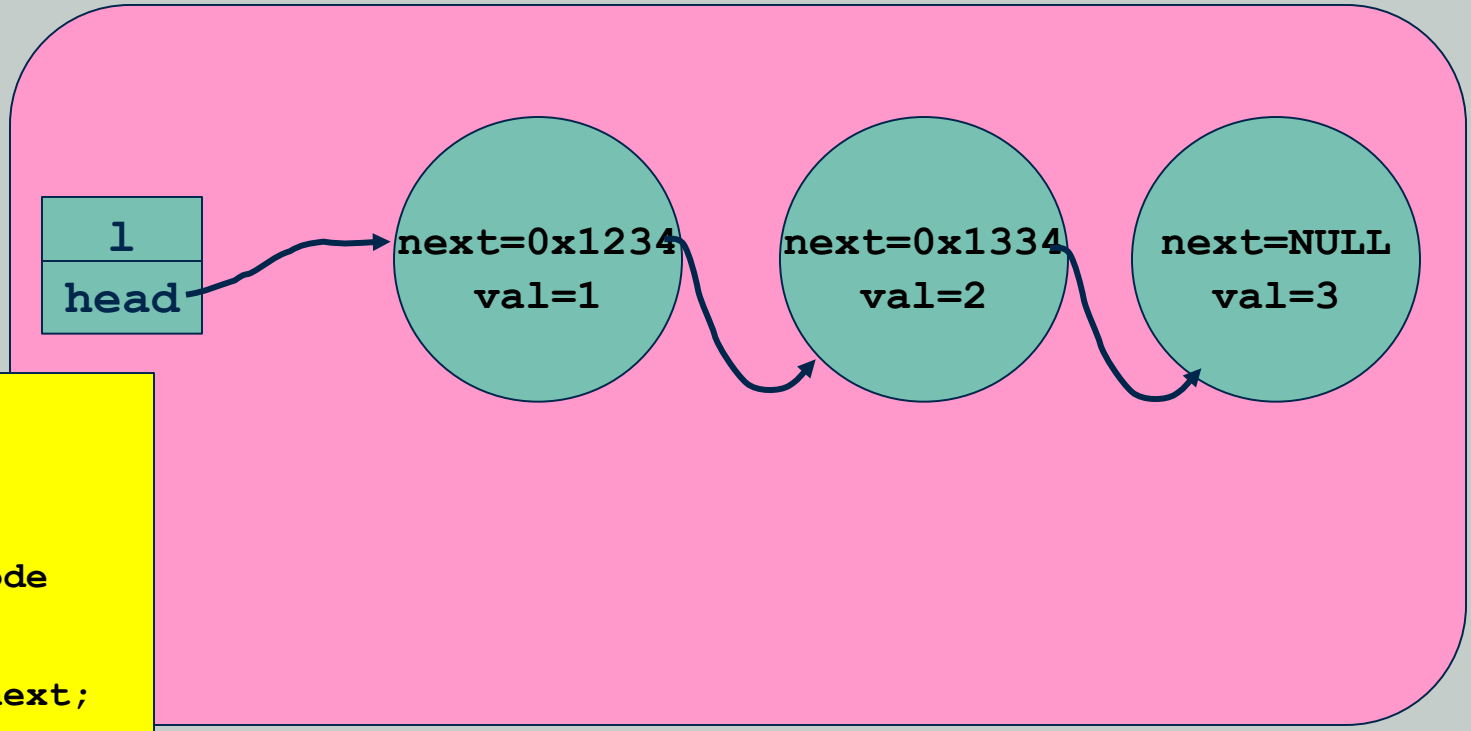
Wskaźniki do funkcji

```
int* f1(int*, const int*);
int* (*fp1)(int*, const int*);
int* (*f2(int))(int*, const int*);
int* (*(*fp2)(int))(int*, const int*);

fp1=f1;
fp1=&f1;
fp1=&fp1; /* zle */
fp2=f2;
fp2=&f2;
```

```
int a,b,*c;

c=f1(&a,&b);
c=fp1(&a,&b);
c=(*fp1)(&a,&b);
c=*fp1(&a,&b); /* zle */
c=(f2(3))(&a,&b);
c=(*f2(3))(&a,&b);
c=(fp2(3))(&a,&b);
c=(*fp2(3))(&a,&b);
c=(*(*fp2)(3))(&a,&b);
```

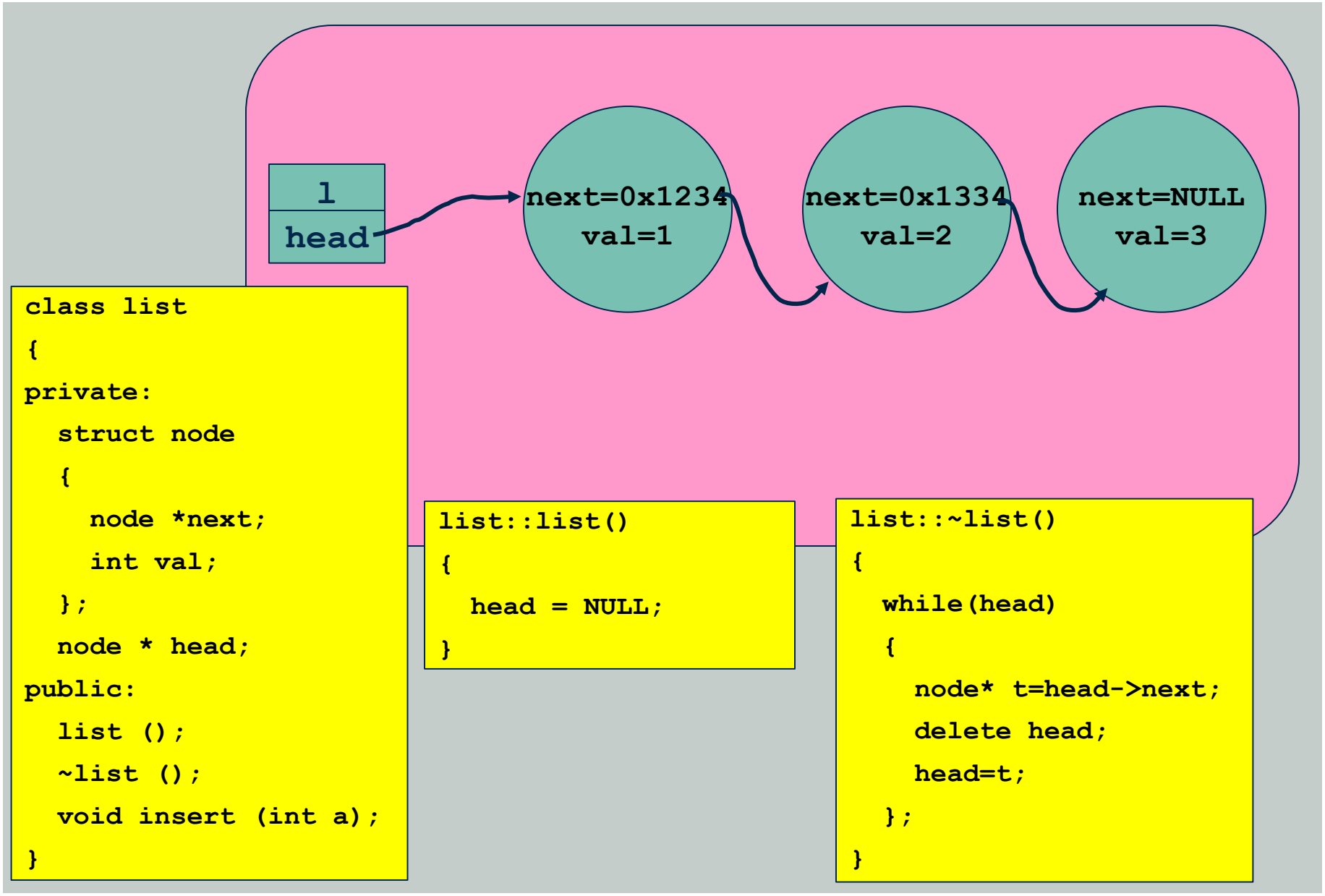
Klasa List

- Lista jednokierunkowa z dowiązaniami




```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
};
```

Klasa List - konstruktor i destruktor

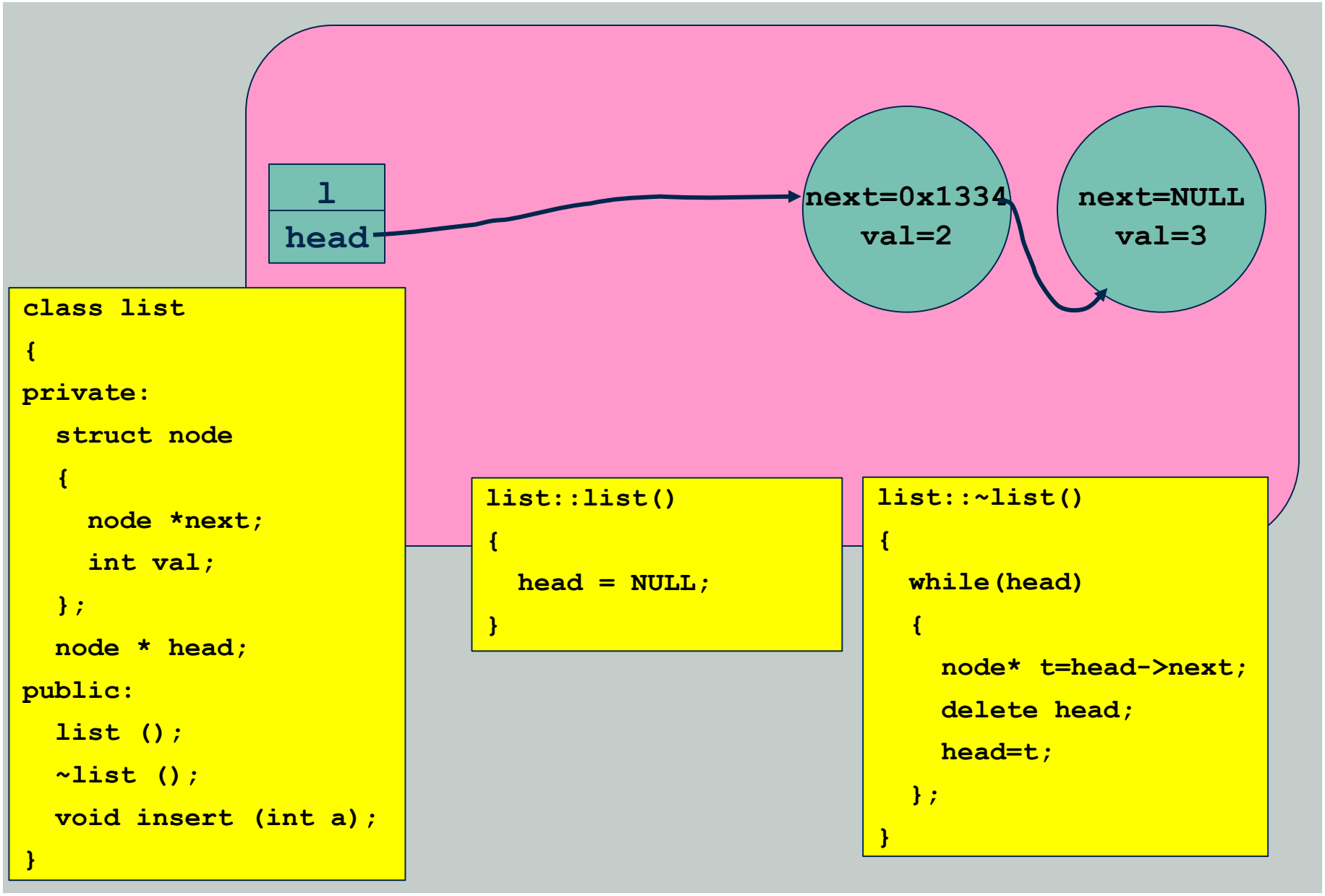



```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

```
list::list()
{
  head = NULL;
}
```

```
list::~list()
{
  while(head)
  {
    node* t=head->next;
    delete head;
    head=t;
  };
}
```

Klasa List - destruktor

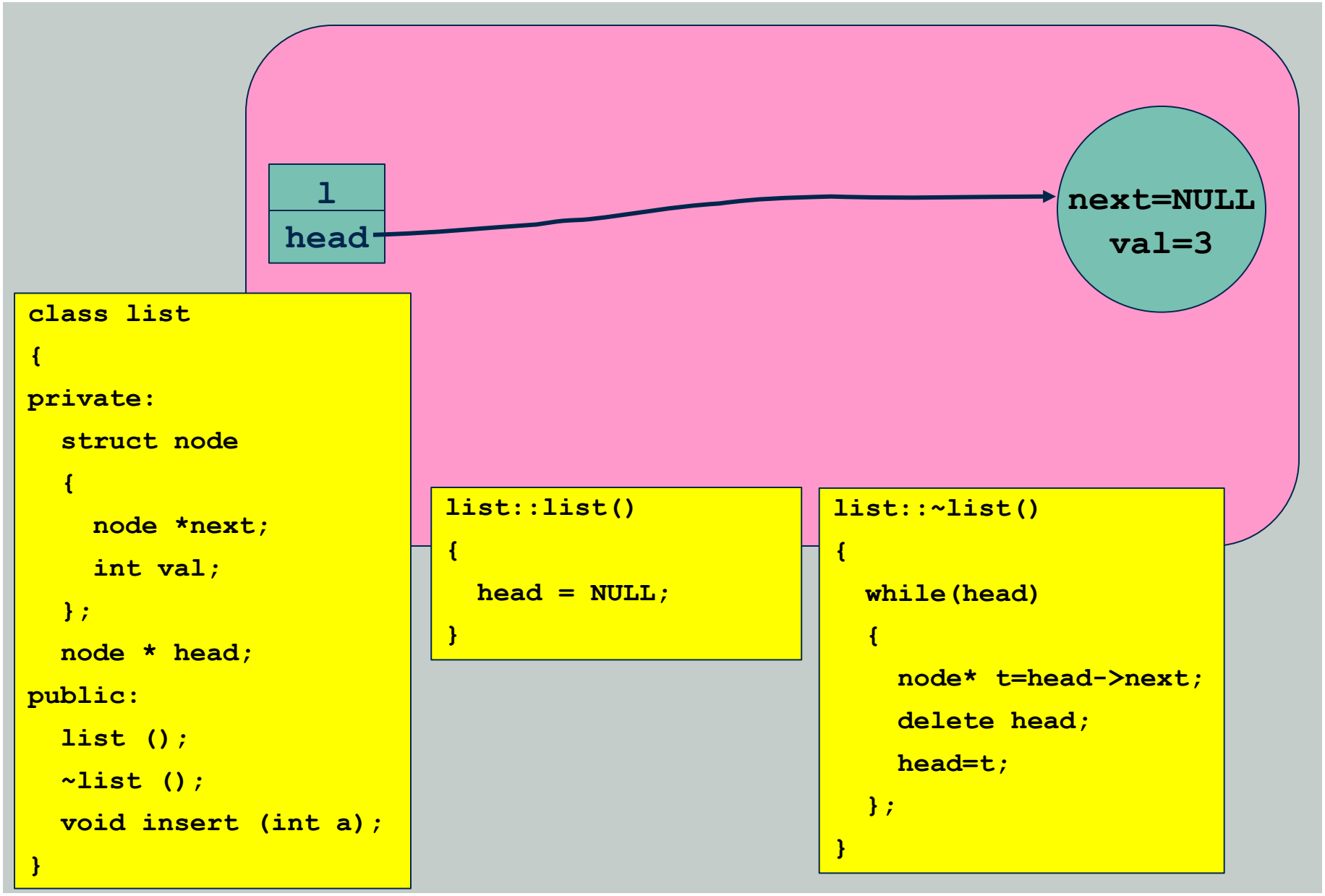



```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

```
list::list()
{
  head = NULL;
}
```

```
list::~list()
{
  while(head)
  {
    node* t=head->next;
    delete head;
    head=t;
  };
}
```

Klasa List - destruktor

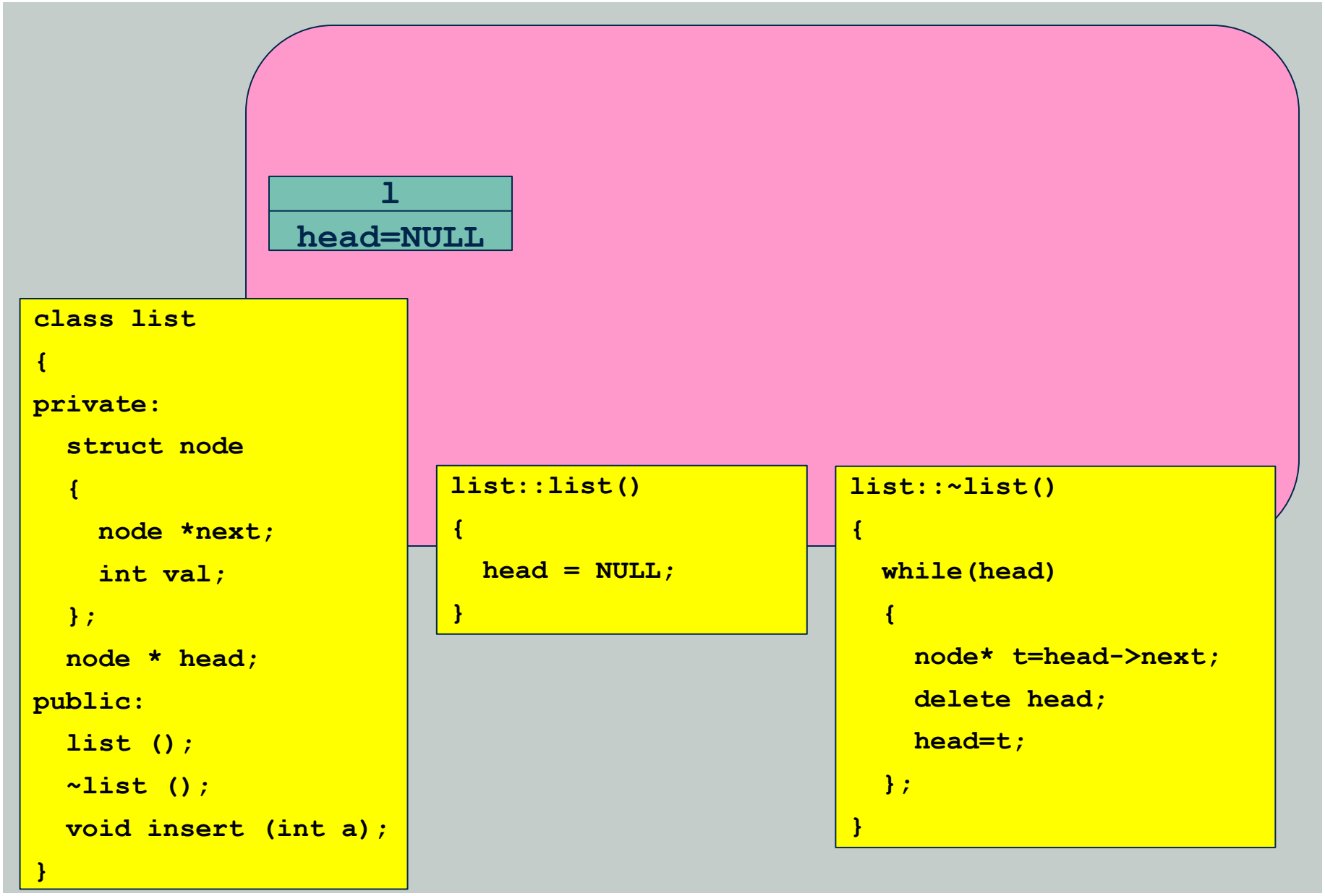



```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

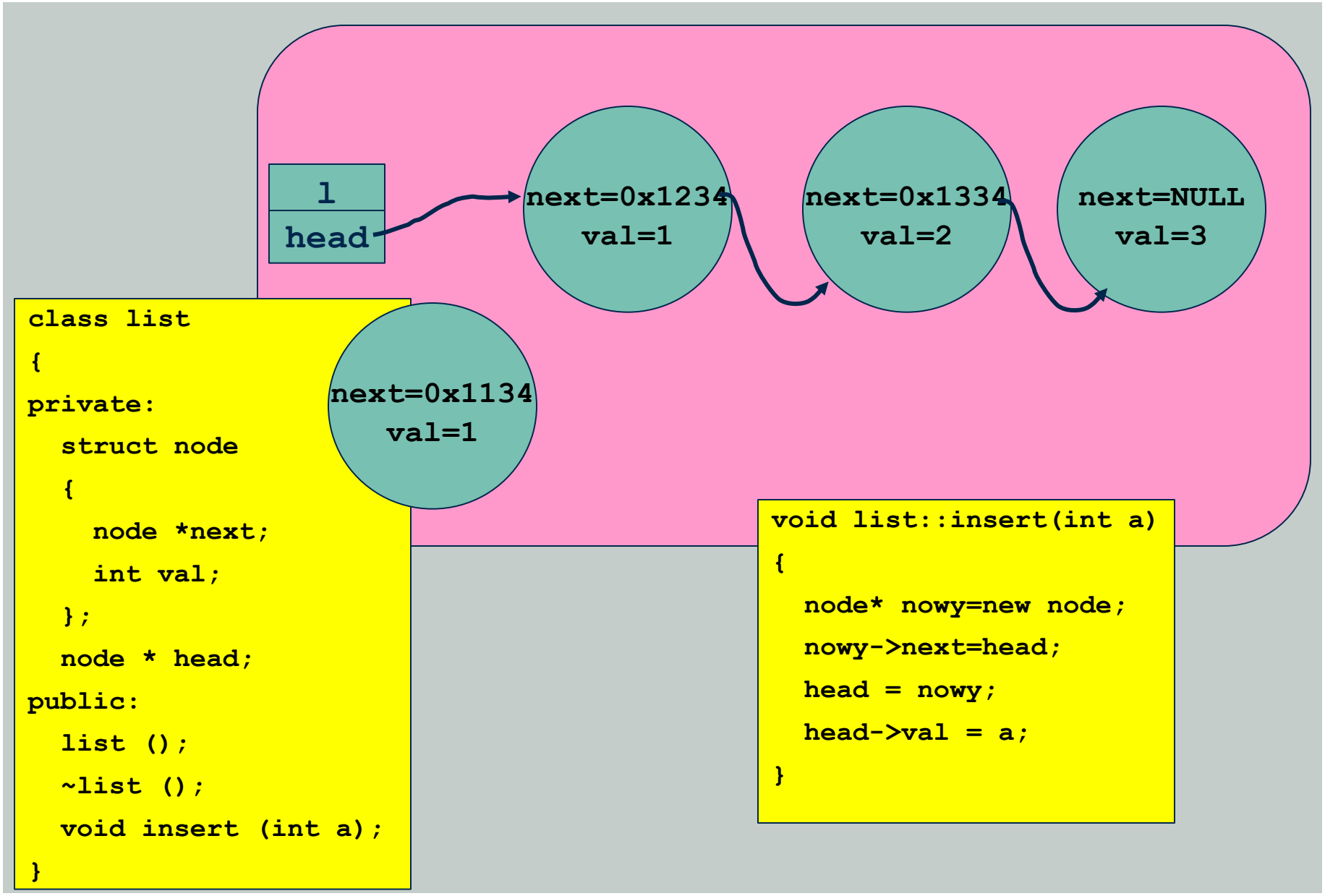
```
list::list()
{
  head = NULL;
}
```

```
list::~list()
{
  while(head)
  {
    node* t=head->next;
    delete head;
    head=t;
  };
}
```

Klasa List - destruktor



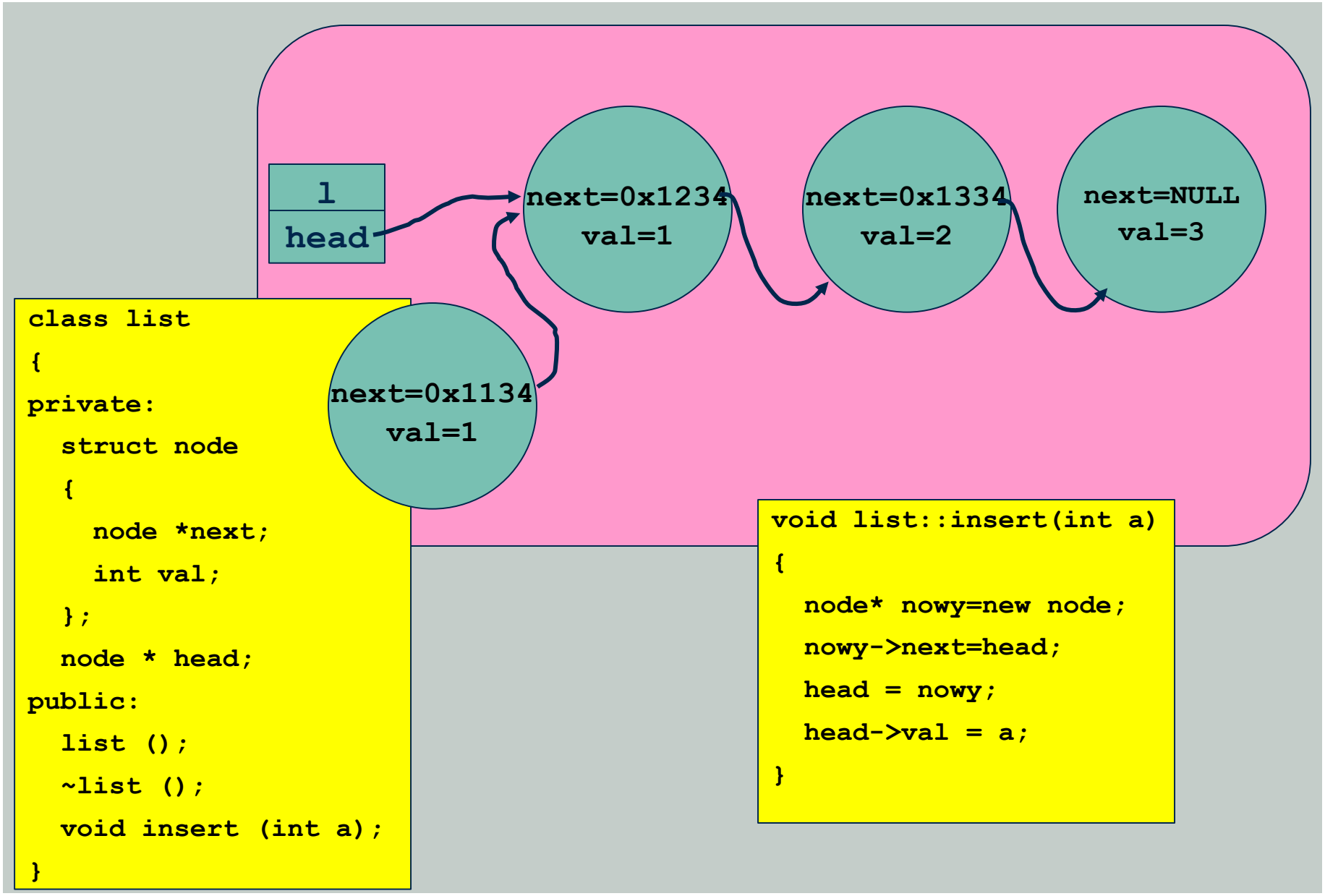
Klasa List - insert




```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

```
void list::insert(int a)
{
  node* nowy=new node;
  nowy->next=head;
  head = nowy;
  head->val = a;
}
```

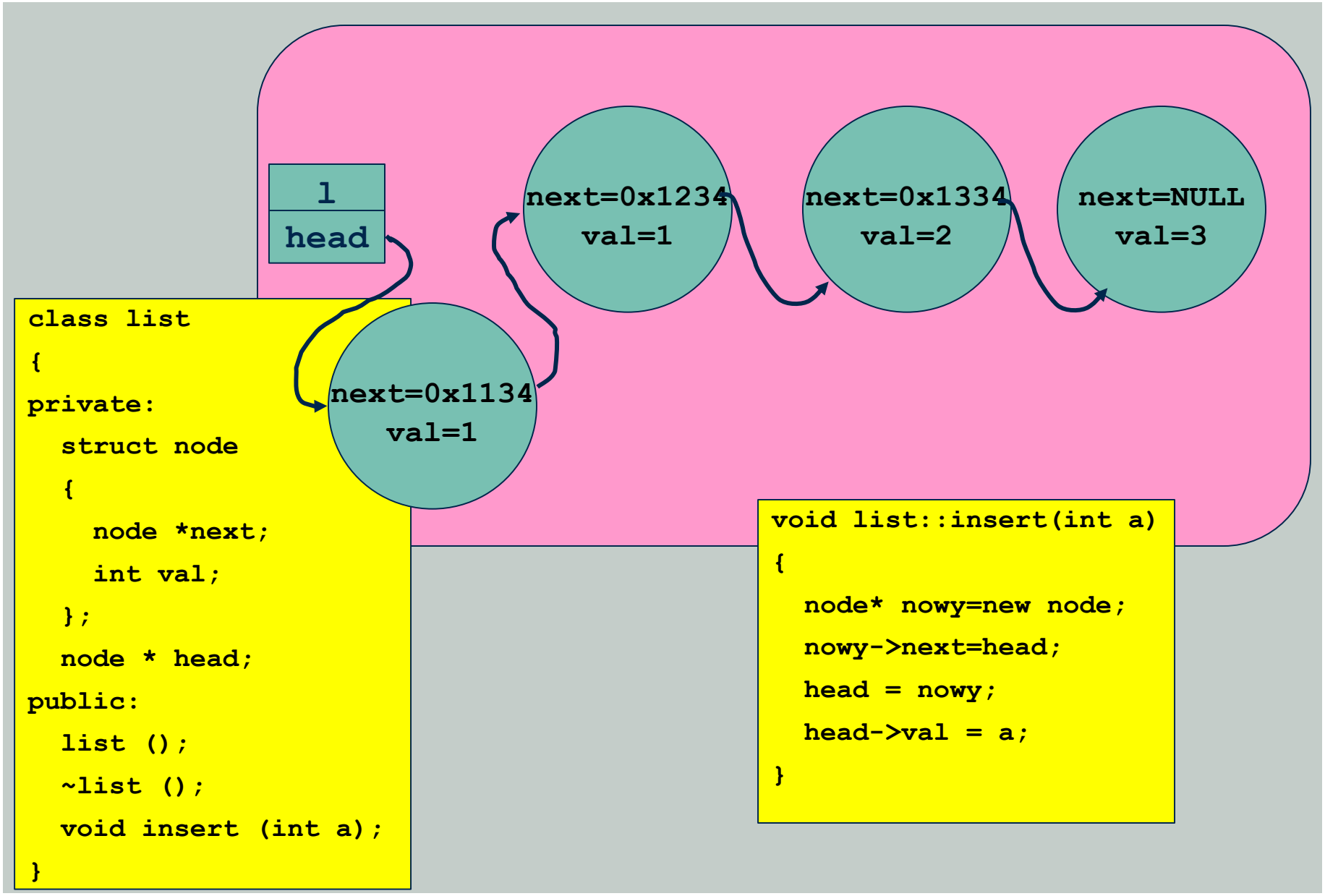
Klasa List - insert




```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

```
void list::insert(int a)
{
  node* nowy=new node;
  nowy->next=head;
  head = nowy;
  head->val = a;
}
```

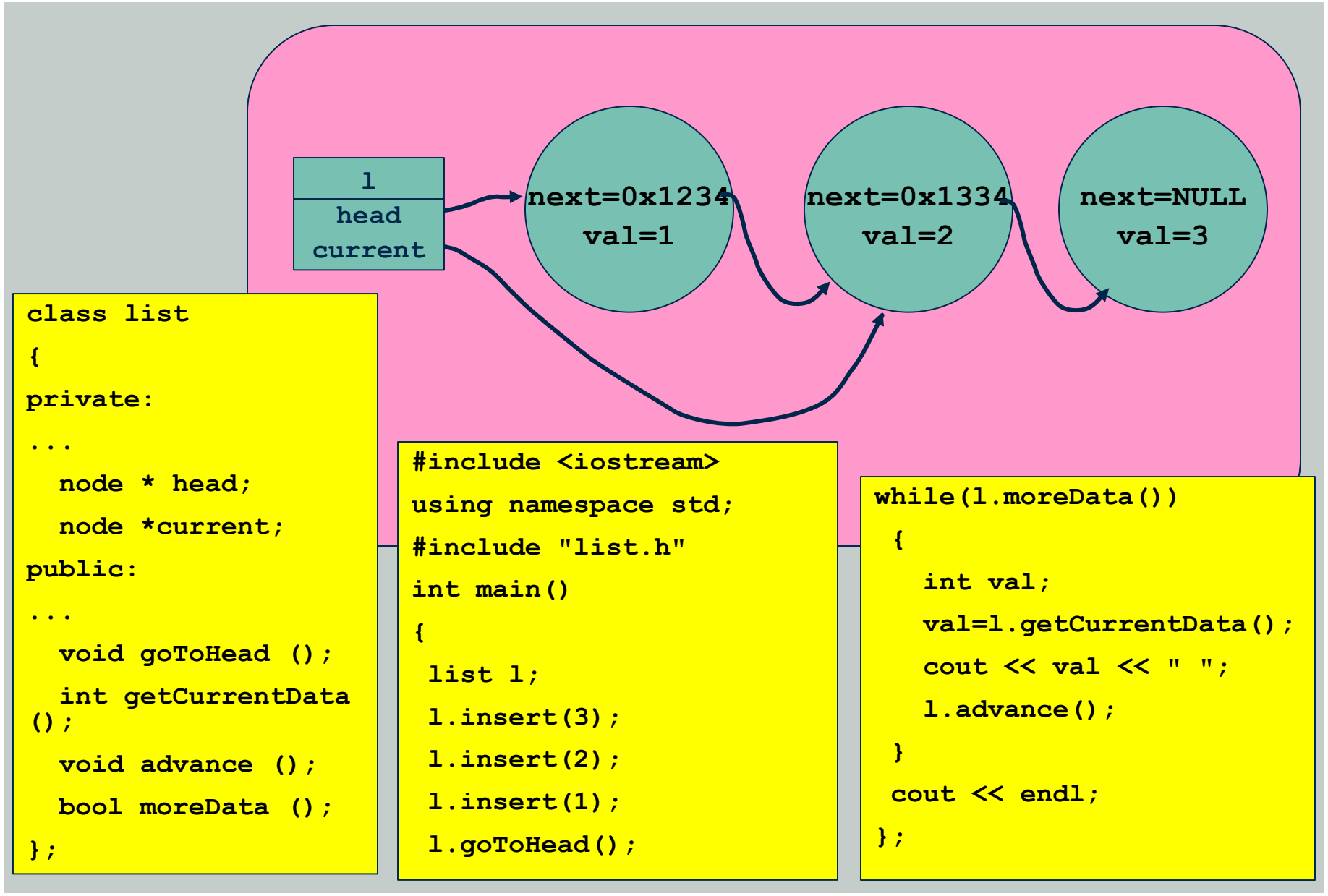
Klasa List - insert




```
class list
{
private:
  struct node
  {
    node *next;
    int val;
  };
  node * head;
public:
  list ();
  ~list ();
  void insert (int a);
}
```

```
void list::insert(int a)
{
  node* nowy=new node;
  nowy->next=head;
  head = nowy;
  head->val = a;
}
```

Klasa List - iterator




```
class list
{
private:
...
  node * head;
  node *current;
public:
...
  void goToHead ();
  int getCurrentData
();
  void advance ();
  bool moreData ();
};
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "list.h"
int main()
{
 list l;
 l.insert(3);
 l.insert(2);
 l.insert(1);
 l.goToHead();
```

```
while(l.moreData())
 {
   int val;
   val=l.getCurrentData();
   cout << val << " ";
   l.advance();
 }
 cout << endl;
};
```

Przekazywanie argumentów do funkcji

- Przekazywanie przez wartość
  - parametry formalne są kopią parametrów aktualnych
- Przekazywanie przez referencję
  - parametry formalne są referencją do parametrów aktualnych, tj. wszystkie operacje na parametrach formalnych odnoszą się do parametrów aktualnych
- C i C++ domyślnie przekazują parametry przez wartość

```
void d1(int x)
{ x = 10; }
void d2(int *p)
{ (*p) = 10;}
void d3(int *p)
{ p = new int(4);}
```

```
int main() {
  int y = 2;
  d1(y); cout << y;
  d2(&y); cout << y;
  d3(&y); cout << y;
}
```

Przekazywanie argumentów do funkcji

- Przez wartość
  - parametry formalne są kopią parametrów aktualnych
- Przez referencję
  - parametry formalne są referencją do parametrów aktualnych, tj. wszystkie operacje na parametrach formalnych odnoszą się do parametrów aktualnych
- Przez stałą referencję
  - do funkcji przekazywana jest referencja do parametru w celu uniknięcia kosztów kopiowania, ale wartość nie może być w funkcji modyfikowana (co jest sprawdzane przez kompilator)

```
void f1(int x) { x = x + 1; }
void f2(int& x) { x = x + 1; }
void f3(const int& x) { x = x + 1; }
void f4(int *x) { *x = *x + 1; }
int main() {
  int y = 5;
  f1(y);
  f2(y);
  f3(y);
  f4(&y);
}
```

- Która metoda w którym przykładzie?
- Ile wynosi *y* po każdym wywołaniu?
- Co jest przekazywane do *f4*? Czy to wartość, czy referencja?
- Czy można przekazać wskaźnik przez referencję?

Przekazywanie argumentów do funkcji

- Przekazywanie obiektów do funkcji nie różni się koncepcyjnie od przekazywania typów prostych
  - klasy umożliwiają modyfikację zachowania w tym przypadku
- Trzy metody: przez wartość, przez referencję, przez stałą referencję
- Przez wartość
  - parametr formalny jest kopią parametru aktualnego. Użyty konstruktor kopiujący.
- Przez referencję
  - parametry formalne są referencją do parametrów aktualnych, tj. wszystkie operacje na parametrach formalnych odnoszą się do parametrów aktualnych
- Przez stałą referencję
  - do funkcji przekazywana jest stała referencja do argumentu. Tylko metody ze specyfikatorem *const* mogą być wywoływane wewnątrz metody na rzecz argumentu.

Przekazywanie obiektów jako parametrów

- Kiedy obiekt jest użyty jako parametr wywołania funkcji, rozróżnienie między kopiowaniem płytkim a głębokim może spowodować tajemnicze problemy

```
void
PrintList (list & toPrint, ostream & Out)
{
  int nextValue;
  Out << "Printing list contents: " << endl;
  toPrint.goToHead ();
  if (!toPrint.moreData ())
    {
      Out << "List is empty" << endl;
      return;
    }
  while (toPrint.moreData ())
    {
      nextValue = toPrint.getCurrentData ();
      Out << nextValue << " ";
      toPrint.advance ();
    }
  Out << endl;
}
```

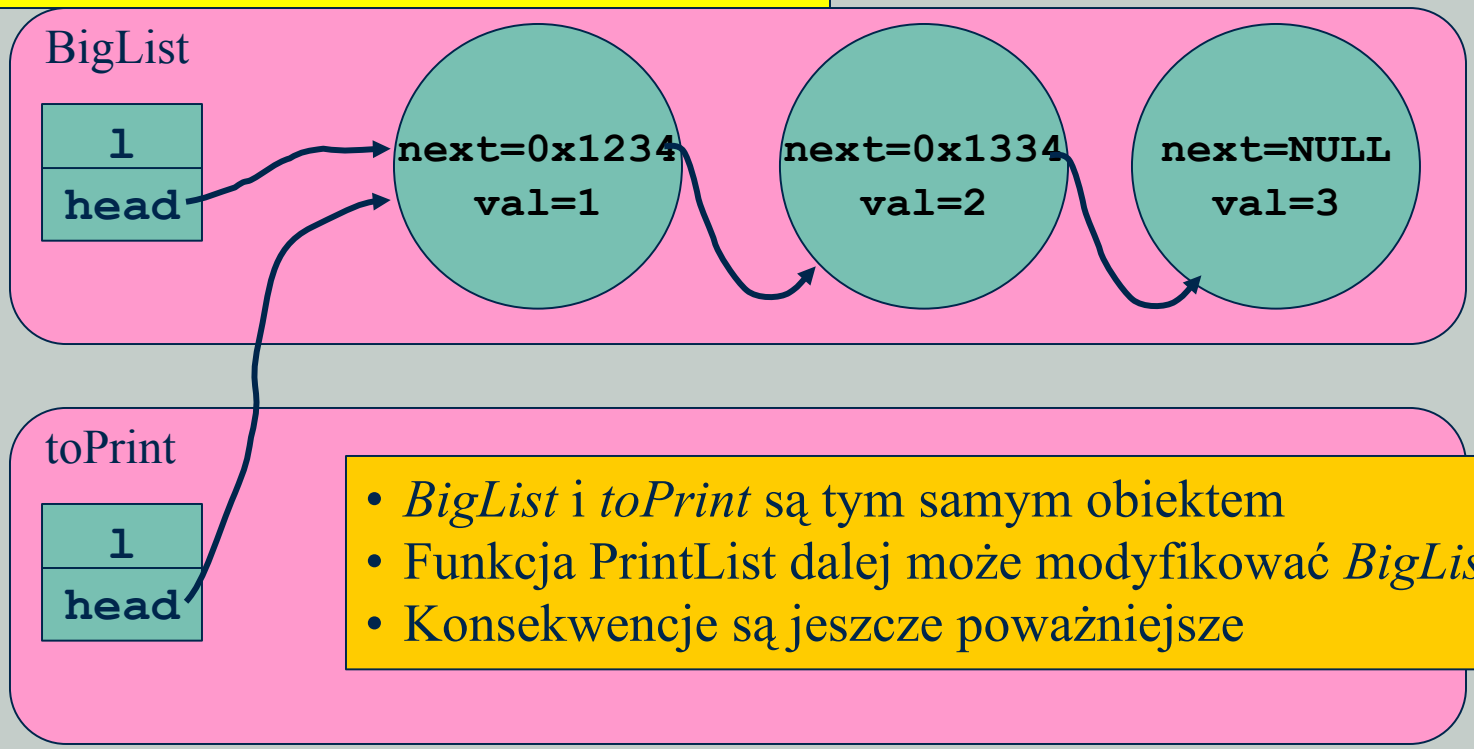
- Obiekt *toPrint* jest przekazywany przez referencję, gdyż może być duży i kopiowanie byłoby nieefektywne
- Czy można użyć stałej referencji?
- Co by się stało, gdybyśmy przekazali *toPrint* przez wartość?

Przekazywanie obiektów jako parametrów

- W poprzednim przykładzie obiekt nie może być przekazany przez stałą referencję, gdyż wywołana funkcja zmienia obiekt (wskaźnik *current*)
- Z tego powodu możemy chcieć wyeliminować możliwość przypadkowej modyfikacji listy i przekazywać ją przez wartość
  - Będzie to rozwiązanie nieefektywne
  - Może spowodować problemy, jeżeli brak konstruktora kopiującego

Przekazywanie obiektów przez wartość

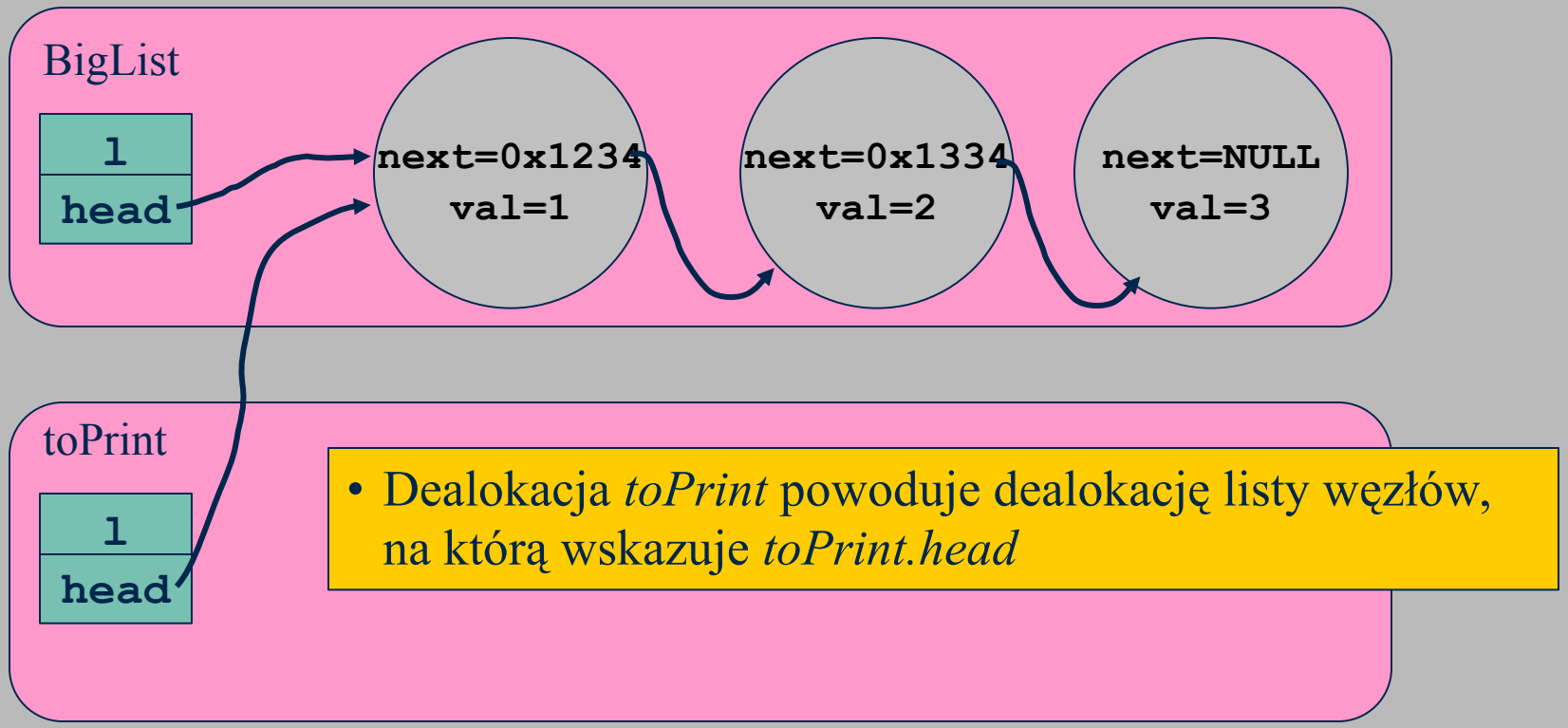
```
void
PrintList (list toPrint, ostream & Out)
{
   // identyczna implementacja
}
int main()
{
   list BigLst;
   // initialize BigList with some data nodes
   PrintList(BigList, cout);
}
```



- *BigList* i *toPrint* są tym samym obiektem
- Funkcja PrintList dalej może modyfikować *BigList*
- Konsekwencje są jeszcze poważniejsze

Przekazywanie obiektów przez wartość

- Po zakończeniu *PrintList* czas życia zmiennej *toPrint* kończy się i wywoływany jest jej destruktor



- Jest to ta sama lista, która jest zawarta w *BigList*. Po powrocie do funkcji *main()*, *BigList* została zniszczona, ale *BigList.head* wskazuje na zwolnioną pamięć

Przypisanie obiektów

- Obiekty posiadają domyślny operator przypisania (identyczny jak struktury)

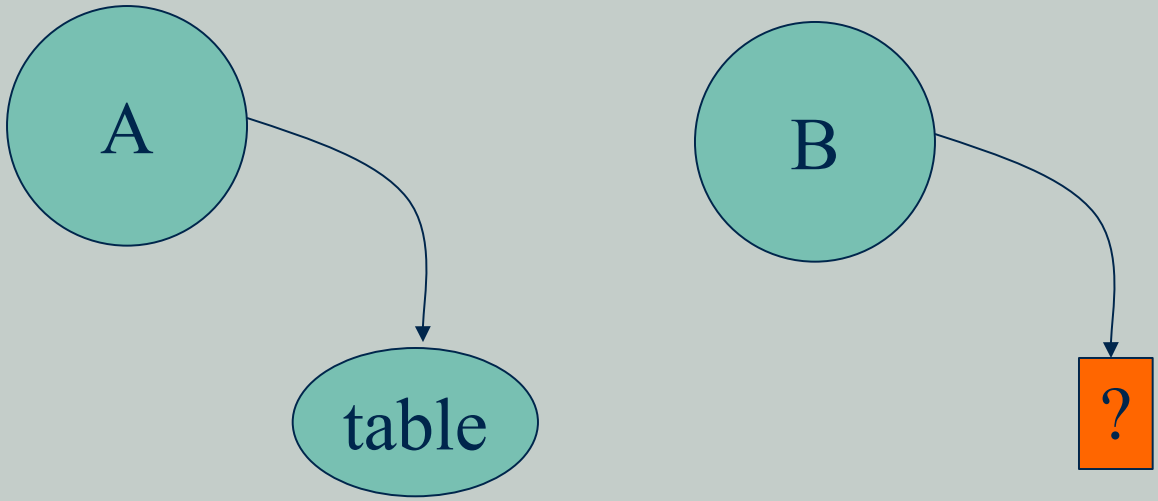
```
class DateType {
  public:
   // constructor
   DateType();
   DateType(int newMonth, int newDay, int newYear);
   ...
};
. . .
DateType A(1, 22, 2002);
DateType B;
B = A; // copies the data members of A into B
```

- Domyślny operator przypisania kopiuje pole po polu wartości z obiektu źródłowego do obiektu docelowego
- W wielu przypadkach jest to zadowalające. Niestety, jeżeli obiekt zawiera wskaźnik do dynamicznie zaalokowanej pamięci, rezultat zwykle nas nie zadowoli.

Problem z przypisaniem wskaźników

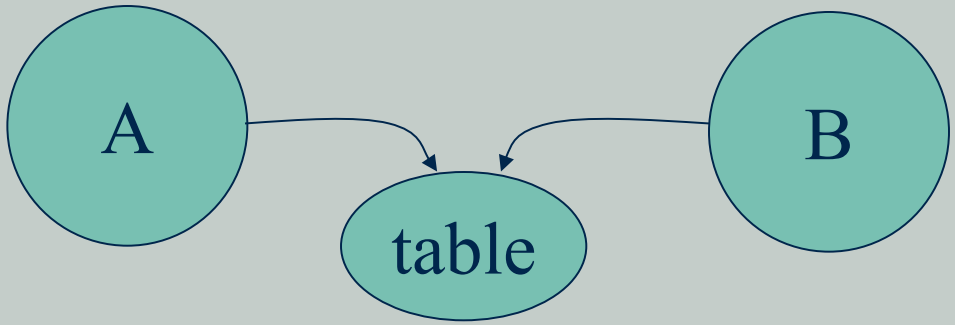
```
class Wrong {
private:
  int *table; // some data here
public:
  // constructor
  Wrong() {table = new int[1000]; }
  ~Wrong() { delete [] table; }
};
. . .
Wrong A;
Wrong B;
B = A; // copies the data members of A into B
```

- Jaki typ danych przechowuje *Wrong*?
- Czy *int * table* to to samo co *int table[]* ?
- Co się stanie przy kopiowaniu?
- Jakie napotkamy problemy?
- Jak temu zapobiec?

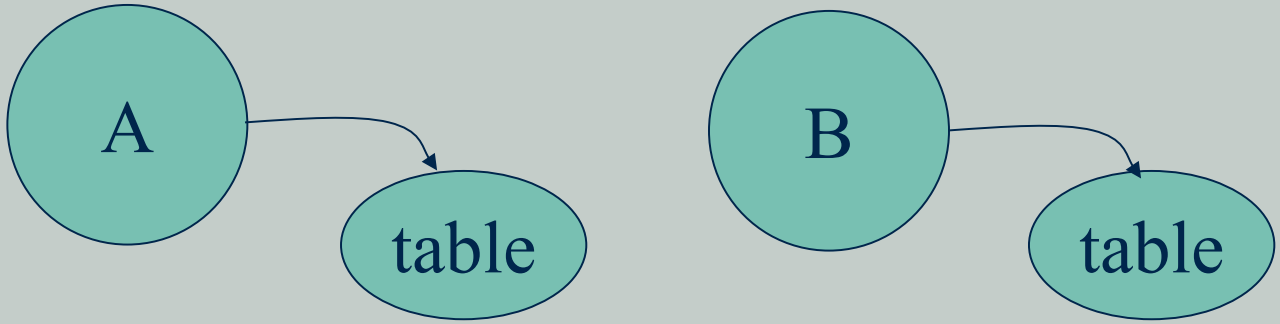


Kopiowanie płytkie i głębokie

- Wyróżniamy dwa typy kopiowania obiektów zawierających pola będące wskaźnikami
- Kopiowanie płytkie
  - Kopiowanie wszystkich składowych (w tym wskaźników)
  - Kopiowane są wskaźniki, a nie to, na co wskazują

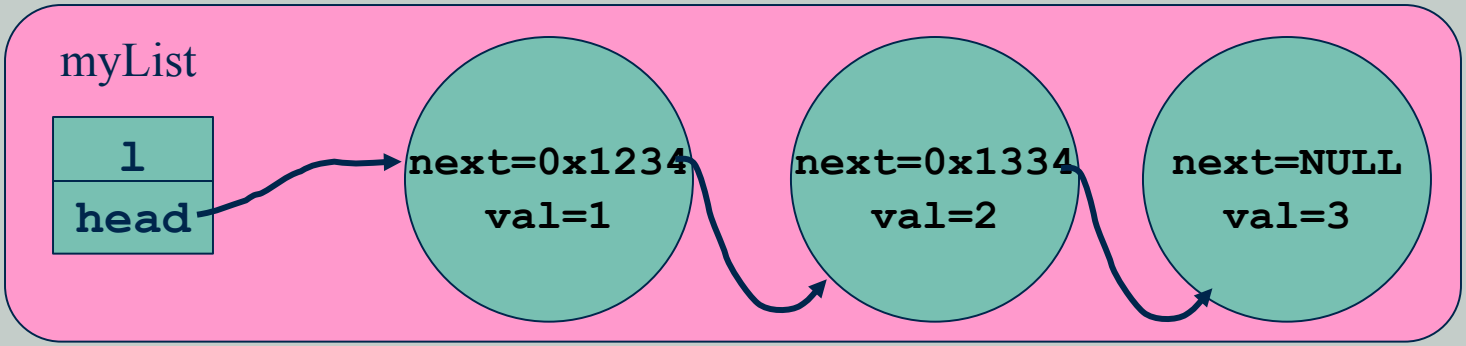


- Kopiowanie głębokie
  - Alokacja nowej pamięci dla wskaźników
  - Kopiowanie zawartości wskazywanej przez wskaźniki w nowe miejsce
  - Kopiowanie pozostałych pól, niebędących wskaźnikami



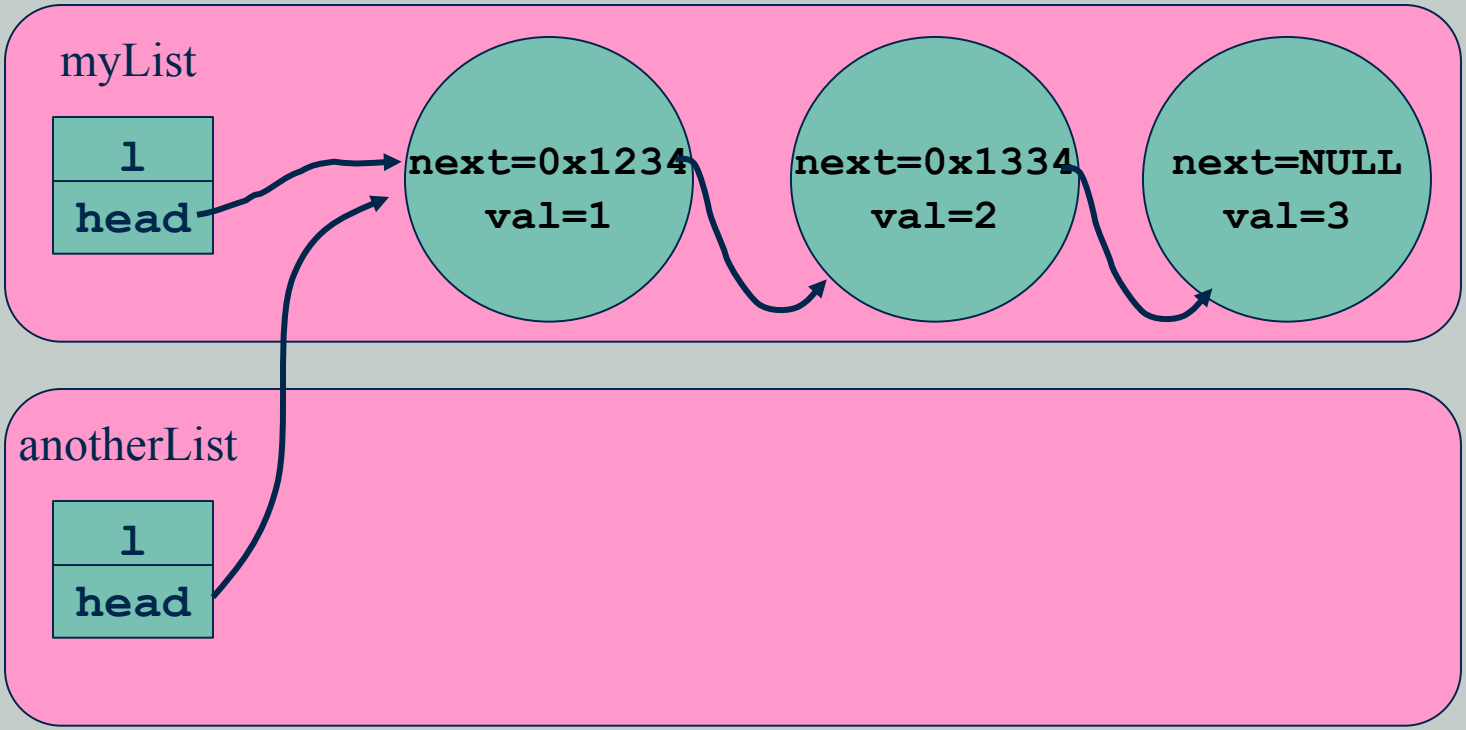
Problemy z płytkim kopiowaniem

```
list myList;
myList.insert (3);
myList.insert (2);
myList.insert (1);
```



Problemy z płytkim kopiowaniem

```
list myList;
myList.insert (3);
myList.insert (2);
myList.insert (1);

list anotherList;
anotherList=myList;
```



Głębokie kopiowanie

- Kiedy obiekt zawiera wskaźnik do dynamicznie zaalokowanego obszaru, należy zdefiniować operator przypisania wykonujący głębokie kopiowanie
  - W rozważanej klasie należy zdefiniować operator przypisania:

    AType& AType::operator=(const AType& otherObj)
  - Operator przypisania powinien uwzględnić przypadki szczególne:
    - Sprawdzić przypisanie obiektu do samego siebie, np. *A=A*:

      if (this == &otherObj) // if true, do nothing
    - Skasować zawartośc obiektu docelowego

      delete this->...
    - Zaalokować pamięć dla kopiowanych wartości
    - Przepisać kopiowane wartości
    - Zwrócic **this*

Konstruktor kopiujący i operator przypisania

- Konstruktor kopiujący jest używany do stworzenia nowego obiektu
- Jest prostszy od operatora przypisania - nie musi sprawdzać przypisania do samego siebie i zwalniać poprzedniej zawartości
- Jest użyty do skopiowania parametru aktualnego do parametru formalnego przy przekazywaniu parametru przez wartość
- Przy tworzeniu nowego obiektu, można go zainicjalizować istniejącym obiektem danego typu. Wywołany jest wówczas konstruktor kopiujący.

```
int main() {
  list a;
  //...
  list b(a); //copy constructor called
  list c=a; //copy constructor called
};
```

Obiekty anonimowe

- Obiekt anonimowy to obiekt bez nazwy
  - Tworzony jest obiekt, ale nie ma nazwanej zmiennej, która go przechowuje
- Użyteczny
  - do użytku tymczasowego (parametr przy wywołaniu funkcji, zwracaniu wartości, fragment wyrażenia)
  - jako domyślna wartość parametru będącego obiektem
- Rozważmy metodę pobierającą obiekt typu *Address*:

```
void Person::setAddress(Address addr);
```

- Argument może zostać przekazany w sposób następujący:

```
Person joe;
joe.setAddress(Address("Disk Drive"...));
```

Zamiast:

```
Person joe;
Address joeAddress("Disk Drive"...);
joe.setAddress(joeAddress);
```

Przykład: obiekty anonimowe jako parametry

- Bez obiektów anonimowych mamy nieporządek

```
Name JBHName("Joe", "Bob", "Hokie");
Address JBHAddr("Oak Bridge Apts", "#13",
"Blacksburg","Virginia", "24060");
Person JBH(JBHName, JBHAddr, MALE);
. . .
```

- Użycie obiektów anonimowych zmniejsza zanieczyszczenie lokalnej przestrzeni nazw

```
Person JBH(Name("Joe", "Bob", "Hokie"),
Address("Oak Bridge Apts", "#13",
"Blacksburg",
"Virginia", "24060"),MALE);
. . .
```

Przykład: obiekty anonimowe jako wartości domyślne

- Użycie obiektów anonimowych jest relatywnie prostą metodą na kontrolowanie inicjalizacji i zmniejszenie liczby metod klasy

```
Person::Person(Name N = Name("I", "M", "Nobody"),
Address A = Address("No Street", "No Number",
"No City", "No State", "00000"), Gender G =
GENDERUNKNOWN) {
  Nom = N;
  Addr = A;
  Spouse = NULL;
  Gen = G;
}
```

Wybrane metody tworzenia obiektów

- Zmienne automatyczne

```
Atype a; //konstruktor domyślny
```

- Zmienne automatyczne z argumentami

```
Atype a(3); //konstruktor z parametrem int
```

- Przekazywanie parametrów funkcji przez wartość

```
void f(Atype b) {...}
Atype a; //konstruktor domyślny
...
f(a); //konstruktor kopiujący
```

- Przypisanie wartości zmiennym

```
Atype a,b;
...
a=b; //operator przypisania
```

- Inicjalizacja nowych obiektów

```
Atype b; //konstruktor domyslny
...
Atype a=b; //konstruktor kopiujący (NIE operator przypisania)
```

- Zwracanie wartości z funkcji

```
Atype f() {
  Atype a; //konstruktor domyślny
  ...
  return a; //konstruktor kopiujący
}
```

Cechy dobrze napisanej klasy

- Jawny konstruktor domyślny
  - Gwarantuje, że każdy zadeklarowany egzemplarz obiektu zostanie w kontrolowany sposób zainicjalizowany
- Jeżeli obiekt zawiera wskaźniki do dynamicznie zaalokowanej pamięci:
  - Jawny destruktor
    - Zapobiega wyciekom pamięci. Zwalnia zasoby podczas usuwania obiektu.
  - Jawny operator przypisania
    - Używany przy przypisywaniu nowej wartości do istniejącego obiektu. Zapewnia, że obiekt jest istotnie kopią innego obiektu, a nie jego aliasem (inną nazwą).
  - Jawny konstruktor kopiujący
    - Używany podczas kopiowania obiektu przy przekazywaniu parametrów, zwracaniu wartości i inicjalizacji. Zapewnia, że obiekt jest istotnie kopią innego obiektu, a nie jego aliasem.

Przeciążenie

- Przeciążenie - istnienie wielu definicji tej samej nazwy
  - Wiele funkcji noszących tę samą nazwę
- W C++, przeciążone nazwy są rozróżniane na podstawie liczby i typu argumentów
  - z uwzględnieniem dziedziczenia
- Powyższe parametry zwane są sygnaturą funkcji
  - typy wartości zwracanej nie są rozróżniane, poniższy przykład jest niepoprawny

```
double fromInt(int x)
float fromInt(int x)
```

- Częste zastosowanie przeciążenia to przeciążenie operatorów

Przeciążenie i polimorfizm

- Przeciążenie to forma polimorfizmu
- Pozwala na zdefiniowanie nowego znaczenia (funkcjonowania) operatorów dla wybranych typów.
- Kompilator rozpoznaje, której implementacji użyć, po sygnaturze funkcji (typach operandów użytych w wyrażeniu)
- Przeciążenie jest wspierane dla wielu wbudowanych operatorów

```
17 * 42
4.3 * 2.9
cout << 79 << 'a' << "overloading is profitable" << endl;
```

- Użyta implementacja zależy od typów operandów

Przyczyny przeciążania operatorów

- Wsparcie dla naturalnego, sugestywnego użycia:

```
Complex A(4.3, -2.7), B(1.0, 5.8);
Complex C;
C = A + B; // '+' oznacza dodawanie
  dla tego typu, tak samo jak dla
  np. typu int
```

- Integralność semantyczna: przypisanie dla typów obiektowych musi zapewnić wykonanie głębokiej kopii
- Możliwość użycia obiektów w sytuacjach, w których oczekiwany jest typ prosty

Operatory, które mogą być przeciążane

- Jedynie poniższe operatory mogą być przeciążane

+	-	*	/	%	^	&
|	~	!	=	<	>	+=
-=	*=	/=	%=	^=	&=	!=
<<	>>	>>=	<<=	==	!=	<=
>=	&&	||	++	--	->*	,
->	[]	()	new	new[]	delete	delete []

- Operatory =, ->, [], () muszą być metodami niestatycznymi

Wskazówki dotyczące przeciążania operatorów

- Operator powinien zachowywać się zgodnie z oczekiwaniami użytkownika

```
Complex Complex::operator~() const {
  return ( Complex(Imag, Real) );
}
```

- Należy dostarczyć pełen zestaw pokrewnych operatorów: a = a + b i a+=b powinny mieć taki sam efekt i należy dostarczyć użytkownikowi klasy oba operatory
- Należy zdefiniować operator jako składową jeśli inne rozwiązanie nie jest konieczne
- Jeżeli przeciążony operator nie może być składową, powinien być funkcją zaprzyjaźnioną, a nie używać akcesorów, dodanych do klasy wyłącznie w tym celu

Składnia przeciążania operatorów

- Deklarowane i definiowane tak samo jak inne metody i funkcje, różnią się użyciem słowa kluczowego *operator*
- Jako metoda klasy:

```
bool Name::operator== (const Name& RHS) {
  return ((First == RHS.First) &&
  (Middle == RHS.Middle) &&
  (Last == RHS.Last) );
}
```

- Jako funkcja zaprzyjaźniona:

```
bool operator==(const Name& LHS, const Name& RHS) {
  return ((LHS.First == RHS.First) &&
  (LHS.Middle == RHS.Middle) &&
  (LHS.Last == RHS.Last) );
}
```

- Bardziej naturalne jest użycie metody

Użycie operatorów przeciążonych

- Jeżeli *Name::operator==* jest zdefiniowany jako metoda klasy *Name*, wówczas

  ```
  nme1 == nme2
  ```

  jest równoważne

  ```
  nme1.operator==(nme2)
  ```

- Jeżeli *operator==* nie jest zdefiniowany jako składowa, wówczas

  ```
  nme1 == nme2
  ```

  jest równoważne

  ```
  operator==(nme1, nme2)
  ```

Przeciążenie operatorów

- Składowe przeciążające operatory są definiowane z użyciem słowa kluczowego *operator*

```
// add to DateType.h:
bool operator==(Datetype otherDate) const ;
```

Interfejs

```
// add to DateType.cpp:
bool dateType::operator==(Datetype otherDate) const
{
   return( (Day == otherdate.Day ) &&
   (Month == otherDate.Month ) &&
   (Year == otherDate.Year ));
}
```

Implementacja

```
DateType aDate(10, 15, 2000);
DateType bDate(10, 15, 2001);
if (aDate == bDate) { . . .
```

Klient

- Odpowiednio użyte przeciążenie operatorów pozwala na traktowanie obiektów typu zdefiniowanego przez użytkownika w sposób tak samo naturalny, jak typów wbudowanych.

Operator binarny jako składowa

- Operator odejmowania dla klasy *Complex* jako składowa:

```
Complex Complex::operator-(const Complex& RHS) const {
  return ( Complex(Real - RHS.Real, Imag - RHS.Imag) );
}
```

- Lewy operand operatora **musi** być obiektem

```
Complex X(4.1, 2.3), Y(-1.2, 5.0);
int Z;
```

OK: `X + Y;`

Not OK: `Z + X;`

- Zazwyczaj przekazuje się operand przez stałą referencję, żeby uniknąć narzutu kopiowania

Operator binarny jako funkcja nie będąca składową

- Operator odejmowania dla klasy *Complex* jako funkcja nie będąca składową:

```
Complex operator-(const Complex& LHS, const Complex& RHS) {
  return ( Complex(LHS.getReal() - RHS.getReal(),
       LHS.getImag() - RHS.getImag()) );
}
```

- Operator odejmowania musi używać interfejsu publicznego w celu dostępu do danych prywatnych klasy...
  - ...chyba że klasa *Complex* zadeklaruje funkcję jako funkcję zaprzyjaźnioną
- Funkcja zaprzyjaźniona ma dostęp do składowych prywatnych klasy tak samo, jak składowa.

```
class Complex
{
  ...
   friend Complex operator+ (const Complex&, const Complex&);
  ...
};
```

Operatory jednoargumentowe (unarne)

- Operator negacji dla klasy *Complex*

```
Complex Complex::operator-() const {
  return ( Complex(-Real, -Imag) );
}
```

```
Complex A(4.1, 3.2); // A = 4.1 + 3.2i
Complex B = -A; // B = -4.1 - 3.2i
```

- Składowa implementująca unarny operator nie ma parametrów.

Operatory pre- i postinkrementacji

```
class Value {
  private:
       int x;
  public:
       Value(int i = 0) : x(i) {}
  int get() const { return x; }
  void set(int x) ( this->x = x; }
  Value& operator++();
  Value operator++(int Dummy);
}
```

- Operator preinkrementacji

```
Value& Value::operator++() {
  x = x + 1;
  return *this;
}
```

- Operator postinkrementacji

```
Value Value::operator++(int Dummy) {
  x = x + 1;
  return Value(x-1); // return previous value
}
```

Wielokrotne przeciążenie

- W klasie może być kilka operatorów dodawania

```
Complex Complex::operator+(double RHS) const {
  return (Complex(Real + RHS, Imag));
}
Complex Complex::operator+(Complex RHS) const {
  return (Complex(Real + RHS.Real, Imag + RHS.Imag));
}
```

- Napiszmy kilka wyrażeń mieszanych:

```
Complex X(4.1, 2.3);
double R = 1.9;
Complex Y = X + R; // Y.Real is 6.0
```

- Sygnatura funkcji zostanie użyta do wyboru właściwej funkcji

```
Complex Z = Y + R; // complex plus double
Complex W = Y + X; // complex plus complex
```

Wielokrotne przeciążenie

- Konstruktor może służyć jako operator konwersji

```
Complex Complex::operator+(Complex RHS) const {
  return (Complex(Real + RHS.Real, Imag + RHS.Imag));
}
Complex:: Complex (double co)
{
  Real = co;
  Imag = 0;
};
```

```
Complex X(4.1, 2.3);
double R = 1.9;
Complex Y = X + R; // Y = X.operator+(Complex(R));
```

- Nie zadziała, gdy lewy argument jest typu double

```
Complex X(4.1, 2.3);
double R = 1.9;
Complex Y = R + X; // syntax error
```

- Lepiej zdefiniować operator dwuargumentowy jako funkcję zaprzyjaźnioną

Wielokrotne przeciążenie

- Funkcja zaprzyjaźniona działa również, gdy argument typu *double* jest po lewej stronie

```
friend Complex operator+(Complex LHS, Complex RHS) {
  return (Complex(LHS.Real + RHS.Real, LHS.Imag + RHS.Imag));
}
```

```
Complex X(4.1, 2.3);
double R = 1.9;
Complex Y = X + R; // Y = operator+(X,Complex(R));
Complex Z = R + X; // Y = operator+(Complex(R),X);
```

- Kiedy implementować operatory jako funkcje zaprzyjaźnione:
  - Przy operacjach na podstawowych typach danych,
    - np. ***Complex operator+(int LHS, const Complex& RHS);***
  - Kiedy nie można zmodyfikować klasy oryginalnej,
    - np. ***ostream***

Implementowany zbiór operatorów

- W wielu przypadkach dla danego typu cała kategoria operatorów ma sens
- Na przykład, dla klasy *Complex* ma sens przeciążenie wszystkich operatorów arytmetycznych. Dla klasy *Name* ma sens przeciążenie wszystkich operatorów relacji
- Często implementacje jednych operatorów mogą korzystać z implementacji innych operatorów, np:

```
Complex operator + (Complex s1, Complex s2)
{
  Complex n (s1);
  return n += s2;
}
```

Operatory wejścia/wyjścia

- Nie mamy dostępu do kodu klas *istream* i *ostream*, a więc nie możemy przeciążyć operatorów << i >> jako składowych tych klas.
- Nie możemy ich także uczynić składowymi klasy danych, ponieważ obiekt klasy danych musiałaby wówczas znajdować się po lewej stronie operatora, a nie o to nam chodzi.
- Dlatego musimy zdefiniować *operator*<< jako osobną funkcję
- Funkcja ta musi mieć dostęp do składowych klasy danych, a więc zazwyczaj będzie to funkcja zaprzyjaźniona. Rozwiązaniem alternatywnym, często nieakceptowalnym, jest zdefiniowanie akcesorów dla wszystkich pól prywatnych.
- Sygnatura funkcji będzie miała następującą postać:

```
ostream& operator<<(ostream& Out, const Data& toWrite)
```

operator<< dla obiektów *Complex*

- Przeciążony *operator*<< drukuje sformatowany obiekt klasy *Complex* do strumienia wyjściowego

```
ostream& operator<<(ostream& Out, const Complex& toWrite) {
  const int Precision = 2;
  const int FieldWidth = 8;
  Out << setprecision(Precision);
  Out << setw(FieldWidth) << toWrite.Real;
  if (toWrite.Imag >= 0)
      Out << " + ";
  else
      Out << " - ";
  Out << setw(FieldWidth) << fabs(toWrite.Imag);
  Out << "i";
  Out << endl;
  return Out;
}
```

operator>> dla obiektów *Complex*

- Przeciążony *operator*>> wczytuje ze strumienia wejściowego obiekt klasy *Complex* sformatowany w sposób używany przez *operator*<<

```
istream& operator>>(istream& In, Complex& toRead) {
  char signOfImag;
  In >> toRead.Real;
  In >> signOfImag;
  In >> toRead.Imag;
  if (signOfImag == '-')
    toRead.Imag = -toRead.Imag;
  In.ignore(1, 'i');
  return In;
}
```

Funkcja zależy od sposobu formatowania obiektów *Complex* w strumieniu wejściowym. Może być znacznie bardziej skomplikowana, jeżeli chcemy wczytywać różne formaty.

Przeciążenie operatora indeksowania

```
class vector
{
  int *dane;
  unsigned int size;
public:
  vector(int n); //creates n-element vector
  ~vector();
  int& operator[] (unsigned int pos);
  int operator[] (unsigned int pos) const
  //copy constructor, assignment operator, ...
};
int& vector::operator[] (unsigned int pos)
{
  if (pos >= size)
    abort ();
  return dane[pos];
}
int vector::operator[] (unsigned int pos) const
{
  if (pos >= size)
    abort ();
  return dane[pos];
}
```

- Dostarcza spodziewaną funkcjonalność, pozwalając na napisanie

```
vector a(10);
a[5]=10;
cout << a[4]<<endl;
```

Przeciążenie operatorów relacji

- Jeżeli zamierzamy przechowywać obiekty danej klasy jako elementy kolekcji, przynajmniej część operatorów relacji powinna zostać przeciążona
- W celu efektywnego wyszukiwania elementów i sortowania kolekcja musi mieć możliwość porównywania przechowywanych obiektów. Może ona:
  - Użyć funkcji akcesorów i porównywać bezpośrednio pola
  - Użyć specjalnej metody porównującej zdefiniowanej w danej klasi
  - Użyć przeciążonych operatorów relacji (==, !=, <, <=, >, >= w zależności od potrzeb)
- Pierwsze podejście wymaga, aby kolekcja posiadała szczegółowe informacje o swoich elementach
- Drugie podejście wymaga dostarczenia specjalnych składowych
- Trzecie podejście jest najbardziej naturalne i pozwala na niezależne projektowanie klas danych i kolekcji.