6. přednáška - Pole

- Obsah přednášky:
  - pole,
  - vytvoření pole,
  - práce s polem.

Pole

- Příklad: přečíst teploty naměřené v jednotlivých dnech týdnu, vypočítat průměrnou teplotu a pro každý den vypsat odchylku od průměrné teploty.
- Řešení s proměnnými typu *int*:

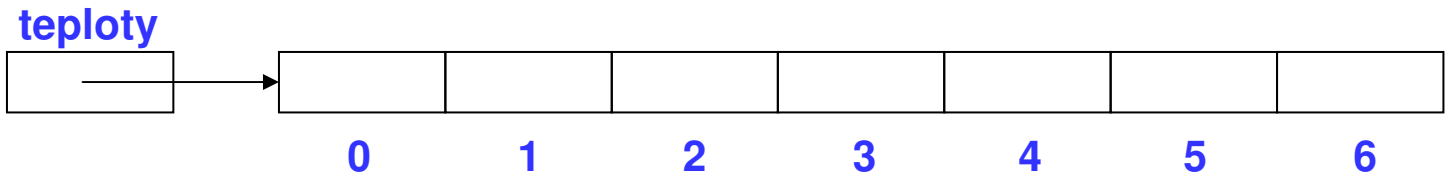
```
int t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, prumer;
t1=Sys.readInt();
...
t7=Sys.readInt();
prumer = (t1+t2+t3+t4+t5+t6+t7)/7;
Sys.pln(t1-prumer);
...
Sys.pln(t7-prumer);
```

Řešení je těžkopádné a bylo by ještě horší, kdyby vstupními daty byly teploty za měsíc nebo za celý rok.

Pole

- Příklad vyřešíme pomocí pole.
- Pole je obecně strukturovaný datový typ skládající se z pevného počtu prvků stejného typu, které se vzájemně rozlišují pomocí indexu.
- V jazyku Java se **pole indexuje celými čísly 0, 1, ... *počet_prvků* – 1**

  kde ***počet_prvků* je dán při vytvoření pole**



- Pro uložení teplot vytvoříme pole obsahující 7 prvků typu int.

```
int teploty[] = new int[7];
```

  první prvek pole má označení `teploty[0]`, druhý `teploty[1]`, atd.

Pole

- **Vstupní data přečteme** a do prvků pole uložíme cyklem.

```
for (int i=0; i<7; i++)
   teploty[i] = sc.nextInt();
```

- **Průměrnou teplotu vypočteme** jako součet prvků pole dělený 7.

```
int prumer = 0;
for (int i=0; i<7; i++)
   prumer = prumer + teploty[i];
prumer = prumer / 7;
```

- Na závěr pomocí cyklu **vypíšeme odchylky od průměru**.

```
for (int i=0; i<7; i++)
   System.out.println(teploty[i]-prumer);
```

Pole v jazyku Java

- Pole p obsahující n prvků typu T vytvoříme deklarací

```
T p[] = new T[n];
T[] p = new T[n];
```

kde

T může být libovolný typ a
n musí být celočíselný výraz s nezápornou hodnotou.

Prvky takto zavedeného pole mají nulové hodnoty.

- Inicializované pole, tvořené prvky s danými hodnotami

```
int p[] = {1,2,3,4,5,6};
```

Pole v jazyku Java

- Zápis

  `p[i]`

  - označuje prvek pole *p* s indexem i
  - **i** je celočíselný výraz
    - hodnota je nezáporná,
    - menší než počet prvků,
  - má vlastnosti proměnné typu T.

  Nedovolená hodnota indexu způsobí chybu při výpočtu

  java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 7

- Počet prvků pole p lze zjistit pomocí zápisu

  `p.length`

  Příklad použití:

```
for (int i=0; i<p.length; i++)
   System.out.println(p[i]);
```

Příklad: Obraťpole

- Vstup: n a_1 a_2 ... a_n kde a_i jsou celá čísla
- Výstup: čísla a_i v opačném pořadí
- Řešení:

```
public class ObratPole1 {
   public static void main(String[] args) {
      Scanner sc = new Scanner(System.in);
      System.out.println("zadejte počet čísel");
      int[] pole = new int[sc.nextInt()];
      System.out.println("zadejte "+pole.length+" čísel");
      for (int i=0; i<pole.length; i++)
         pole[i] = sc.nextInt();
      System.out.println("výpis čísel v obráceném pořadí");
      for (int i=pole.length-1; i>=0; i--)
         System.out.println(pole[i]);
   }
}
```

Přidělení paměti poli

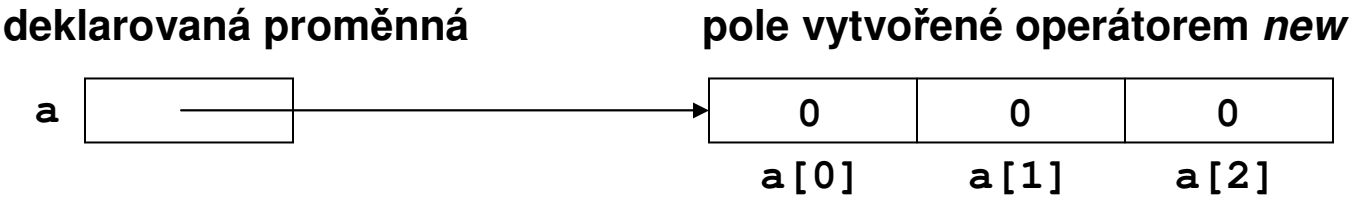
- Všimněme si podrobněji mechanismu vytváření a přístupu k polím v jazyku Java
- Uvažujme např. lokální deklaraci, která vytvoří pole 3 prvků typu *int*

```
int[] a = new int [3];
```

Deklarace má tento efekt:

  - lokální proměnné ***a*** se přidělí paměťové místo na zásobníku, které však neobsahuje prvky pole, ale **odkaz** (číslo reprezentujícího adresu jiného paměťového místa (!)) **na prvky pole**
  - operátorem ***new*** se v jiné paměťové oblasti rezervuje (alokuje) úsek potřebný pro pole 3 prvků typu *int*
  - **adresa tohoto úseku se uloží do *a***

- Při grafickém znázornění reprezentace v paměti místo adres kreslíme šipky



Poznámka: reprezentace pole je zjednodušená, obsahuje ještě počet prvků

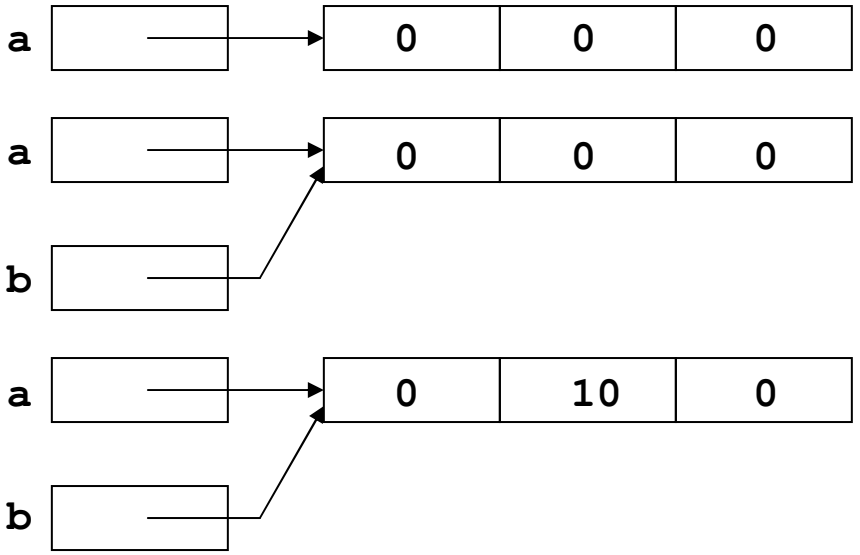
Referenční proměnné pole

- Shrnutí:
  1. pole *n* prvků typu *T* lze v jazyku Java vytvořit pouze dynamicky pomocí operace
     ```
     new T[n]
     ```
  2. adresu dynamicky vytvořeného pole prvků typu *T* lze uložit do proměnné typu *T*[]; takovou proměnnou nazýváme referenční proměnnou pole prvků typu *T.*
- Referenční proměnnou pole lze deklarovat bez vytvoření pole; deklarací
  ```
  int[] a;
  ```
  se zavede referenční proměnná, která má
  - nedefinovanou hodnotu, jde-li o lokální proměnnou, nebo
  - speciální hodnotu *null*, která nereferencuje žádné pole, jde-li o statickou proměnnou třídy.
- V obou předchozích případech je třeba, před dalším použitím referenční proměnné pole (!), jí přiřadit referenci na vytvořené pole, např. příkazem
  ```
  a = new int [10];
  ```

Přiřazení mezi referenčními proměnnými pole

- V jazyku Java je dovoleno přiřazení mezi dvěma referenčními proměnnými polí stejných typů
- Po přiřazení pak obě proměnné referencují totéž pole
- Příklad:

```
int[] a = new int[3];
```




```
int[] b = a;
```



```
b[1] = 10;
```



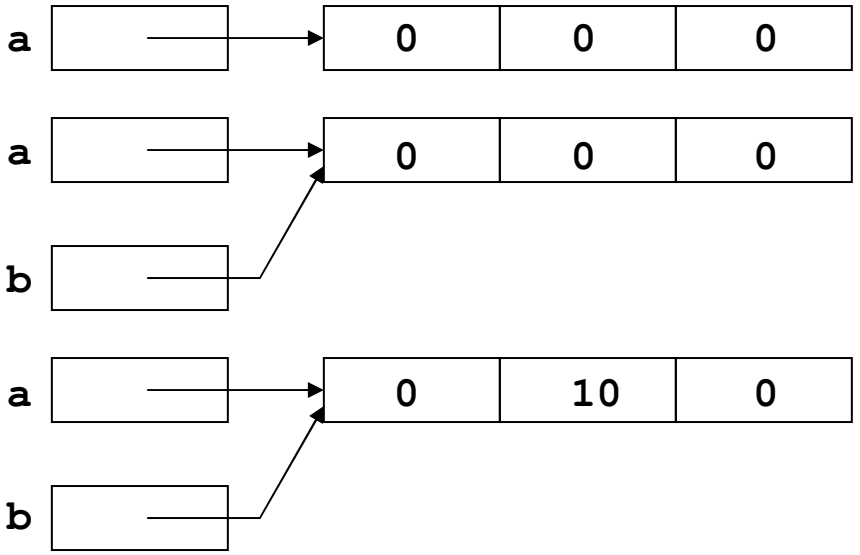
```
System.out.println(a[1])
```

Co se vypíše?

Přiřazení mezi referenčními proměnnými pole

- V jazyku Java je dovoleno přiřazení mezi dvěma referenčními proměnnými polí stejných typů
- Po přiřazení pak obě proměnné referencují totéž pole
- Příklad:

```
int[] a = new int[3];
```




```
int[] b = a;
```



```
b[1] = 10;
```



```
System.out.println(a[1])
```

Vypíše se 10.

- Pozor: Přiřazení mezi dvěma poli není v jazyku Java definováno.

Pole jako parametr

```
class Pole {
   public static void main(String[] args) {
      Scanner sc = new Scanner(System.in);
      int n=sc.nextInt();
      if (n > 9)n = 9;
      int pole1[] = new int[n];
      for (int i = 0; i < pole1.length; i++)pole1[i]=sc.nextInt();
      int pole2[] = {9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1};
      System.out.println(soucin(pole1, pole2));
   }
   static int soucin(int[] p1, int[] p2){
      int souc=0;
      for (int i = 0; i < p1.length; i++)
         souc=souc + p1[i]*p2[i];
      return souc;
   }
}
```

Pole jako parametr a výsledek funkce

- Reference pole může být parametrem funkce **i jejím výsledkem!**
- Příklad:

```
public class ObratPole2 {
   public static void main(String[] args) {
      int[] vstupniPole = ctiPole();
      int[] vystupniPole = obratPole(vstupniPole);
      vypisPole(vystupiPole);
   }
   static int[] ctiPole() { ... }
   static int[] obratPole(int[] pole) { ... }
   static void vypisPole(int[] pole) { ... }
}
```

Pole jako parametr a výsledek funkce

```
static int[] ctiPole() {
   System.out.println("zadejte počet čísel");
   int[] pole = new int[sc.nextInt()];
   System.out.println("zadejte " + pole.length + " čísel");
   for (int i=0; i<pole.length; i++)
      pole[i] = sc.nextInt();
   return pole;
}

static int[] obratPole(int[] pole) {
   int[] novePole = new int[pole.length];
   for (int i=0; i<pole.length; i++)
      novePole[i] = pole[pole.length-1-i];
   return novePole;
}

static void vypisPole(int[] pole) {
   for (int i=0; i<pole.length; i++)
      System.out.println(pole[i]);
}
```

Změna pole daného parametrem

- **Ve funkci *obratPole* nevytvoříme nové pole**, ale obrátíme pole dané parametrem.

```
static void obratPole(int[] pole) {
   int pom;
   for (int i=0; i<pole.length/2; i++) {
      //pole=vstupniPole;
      pom = pole[i];
      pole[i] = pole[pole.length-1-i];
      pole[pole.length-1-i] = pom;
   }
}
```

- Použití:

```
public static void main(String[] args) {
   int[] vstupniPole = ctiPole();
   obratPole(vstupniPole);
   vypisPole(vstupniPole);
}
```

- **Proč to funguje?**

Změna pole daného parametrem

- **Ve funkci *obratPole* nevytvoříme nové pole**, ale obrátíme pole dané parametrem

```
static void obratPole(int[] pole) {
   int pom;
   for (int i=0; i<pole.length/2; i++) {
      //pole=vstupniPole;
      pom = pole[i];
      pole[i] = pole[pole.length-1-i];
      pole[pole.length-1-i] = pom;
   }
}
```

- Použití:

```
public static void main(String[] args) {
   int[] vstupniPole = ctiPole();
   obratPole(vstupniPole);
   vypisPole(vstupniPole);
}
```

- **Protože** funkce `obratPole` dostane referenci na pole **– volání odkazem**

Pole jako tabulka

- Předchozí příklady ilustrovaly použití pole pro uložení posloupnosti.
- **Pole lze použít též pro realizaci tabulky** (zobrazení), která hodnotám typu indexu (v jazyku Java to je pouze interval celých čísel počínaje nulou) přiřazuje hodnoty nějakého typu.
- Příklad: přečíst řadu čísel zakončených nulou a vypsat tabulku četnosti čísel od 1 do 100 (ostatní čísla ignorovat).

  Tabulka četnosti bude pole 100 prvků typu *int*, počet výskytů čísla x, kde $1 \leq x \leq 100$, bude hodnotou prvku s indexem x-1.

  Aby program byl snadno modifikovatelný pro jiný interval čísel, zavedeme dvě konstanty:

```
final static int MIN = 1;
final static int MAX = 100;
```

  a pole vytvoříme s počtem prvků `Max-Min+1`

```
int[] tab = new int[MAX-MIN+1];
```

Příklad – tabulka četnosti čísel

- Funkce, která přečte čísla a vytvoří tabulku četnosti:

```
static int[] tabulka() {
   int[] tab = new int[MAX-MIN+1];
   System.out.println("zadejte řadu celých čísel zakončenou 0");
   int cislo = sc.nextInt();
   while (cislo!=0) {
      if (cislo>=MIN && cislo<=MAX) tab[cislo-MIN]++;
      cislo = sc.nextInt();
   }
   return tab;
}
```

- Funkce, která tabulku četnosti vypíše:

```
static void vypis(int[] tab) {
   for (int i=0; i<tab.length; i++)
      if (tab[i]!=0)
         System.out.println("četnost čísla "+(i+MIN)+" je " +
                            tab[i]);
}
```

Příklad – tabulka četnosti čísel

- Celkové řešení:

```
public class CetnostCisel {
    final static int MIN = 1;
    final static int MAX = 100;

    public static void main(String[] args) {
          vypis(tabulka());
    }

    static int[] tabulka() {
          ...
    }

    static void vypis(int[] tab) {
          ...
    }
}
```

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
T	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F

nasobky = 2

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
T	T	F	T	F	T	F	F	F	T	F	T	F	F	F	T	F	T	F	F	F	T	F	F	F

nasobky = 7

Pole reprezentující množinu

- Příklad: Vypsat všechna prvočísla menší nebo rovna zadanému *max*.
- Algoritmus:
  1. Vytvoříme množinu obsahující všechna přirozená čísla od 2 do *max*.
  2. Z množiny vypustíme všechny násobky čísla 2.
  3. Najdeme nejbližší číslo k tomu, jehož násobky jsme v předchozím kroku vypustili, a vypustíme všechny násobky tohoto čísla.
  4. Opakujeme krok 3, dokud číslo, jehož násobky jsme vypustili, není větší než odmocnina z *max*.
  5. Čísla, která v množině zůstanou, jsou hledaná prvočísla.
- Pro reprezentaci množiny čísel použijeme pole prvků typu *boolean*
  - prvek

    ```
    mnozina[x]
    ```

    bude udávat, zda číslo *x* v množině je (true) nebo není (false).

Př.:

nasobky = 7

Příklad - Eratosthenovo síto

- Funkce pro vytvoření množiny prvočísel do *max*

```
static boolean[] sito(int max) {
   boolean[] mnozina = new boolean[max+1];
   for (int i=2; i<=max; i++) mnozina[i] = true;
   int p = 2;
   int pmax = (int)Math.sqrt(max);
   do {                    // vypuštění všech násobků čísla p
      for (int i=p*p; i<=max; i+=p)
         mnozina[i] = false;
      do {                 // hledání nejbližšího čísla k p
         p++;
      } while (!mnozina[p]);
   } while (p<=pmax);
   return mnozina;
}
```

Příklad - Eratosthenovo síto

- Funkce pro výpis množiny

```
static void vypis(boolean[] mnozina) {
   for (int i=2; i<mnozina.length; i++)
      if (mnozina[i]) System.out.print(i + " ");
}
```

- Hlavní funkce

```
public static void main(String[] args) {
   System.out.println("zadejte max");
   int max = sc.nextInt();
   boolean[] mnozina = sito(max);
   System.out.println("Prvočísla od 2 do " + max);
   vypis(mnozina);
}
```

```
zadejte max
17
prvočísla od 2 do 17
2 3 5 7 11 13 17
```

Vícerozměrné pole

- Vícerozměrným polem se obecně rozumí takové pole, k jehož prvkům se přistupuje pomocí více než jednoho indexu.
- V jazyku Java se s vícerozměrnými poli pracuje jako s poli, jejichž prvky jsou opět pole.
- Příklady dvojrozměrného pole prvků typu *int*:
  - deklarace referenční proměnné

```
int mat[][];
```

  - vytvoření pole se 3 x 4 prvky (3 řádky, 4 sloupce)

```
mat = new int[3][4]; // prvky mají hodnotu 0
```

  - deklarace referenční proměnné a vytvoření pole 3 x 4 inicializací

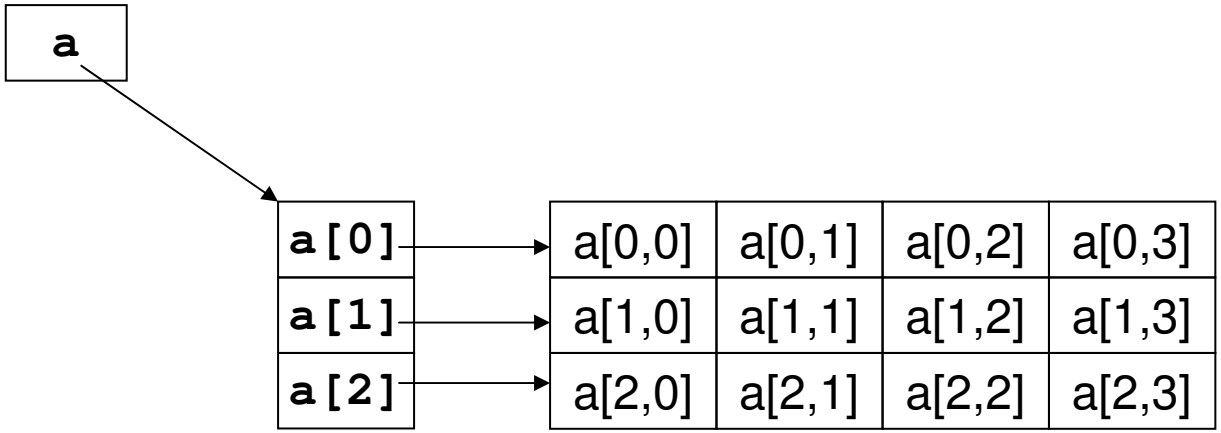
```
int mat[][] = {{1,2,3,4}, {5,6,7,8}, {9,10,11,12}};
```

  - součet všech prvků pole *mat*

```
int suma = 0;
for (int i=0; i<mat.length; i++)
   for (int j=0; j<mat[i].length; j++)
      suma += mat[i][j];
```

Vícerozměrné pole

```
int[][] a = new int[3][4];
```



Příklad – součet matic

- **Vstupní data**:
  *r, s*kde *r* je počet řádků a *s* je počet sloupců matice
  prvky první matice *r* x *s*
  prvky druhé matice *r* x *s*
- **Výstup**:
  součet matic
- **Hlavní funkce**:

```
public class Matice {
   public static void main(String[] args) {
      System.out.println("zadej počet řádků a sloupců matice");
      int r = sc.nextInt();
      int s = sc.nextInt();
      int[][] m1 = ctiMatici(r, s);
      int[][] m2 = ctiMatici(r, s);
      int[][] m3 = soucetMatic(m1, m2);
      System.out.println("součet matic");
      vypisMatice(m3);
}
```

Příklad – součet matic

- Funkce pro **čtení matice**:

```
static int[][] ctiMatici(int r, int s) {
   int[][] m = new int[r][s];
   System.out.println("zadejte celočíslenou matici "+r+"x"+s);
   for (int i=0; i<r; i++)
      for (int j=0; j<s; j++)
         m[i][j] = sc.nextInt();
   return m;
}
```

- Funkce pro **výpis matice**:

```
static void vypisMatice(int[][] m) {
   for (int i=0; i<m.length; i++) {
      for (int j=0; j<m[i].length; j++)
         System .out.print(m[i][j]+" ");
      System.out.println();
   }
}
```

Příklad – součet matic

- Funkce pro **součet matic**:

```
static int[][] soucetMatic(int[][] m1, int[][] m2) {
   int r = m1.length;
   int s = m1[0].length;
   int[][] m = new int[r][s];
   for (int i=0; i<r; i++)
      for (int j=0; j<s; j++)
         m[i][j] = m1[i][j]+m2[i][j];
   return m;
}
```

Vícerozměrné pole – pokračování

- Pole nemusí být nutně pravoúhlá, jsou to pole polí!

```
public class PoleTroj {
   public static void main(String[] args) {
      int[][] a = new int[4][];
      for (int i = 0;  i < a.length;  i++) {
         a[i] = new int[i + 1];
         for (int j = 0;  j < a[i].length;  j++) {
            a[i][j] = i * 10 + j;
            System.out.print(a[i][j] + "  ");
         }
         System.out.println();
      }
   }
}
```

Výpis:

```
0
10  11
20  21  22
30  31  32  33
```