

# EDAA45 Programmering, grundkurs

## Läsvecka 10: Matriser, Typparametrar

Björn Regnell

Datavetenskap, LTH

Lp1-2, HT 2016

## 10 Matriser, Typparametrar

- Veckans labb: maze
- Matriser
- Typparametrar

# Veckans labb: maze

# Veckans labb: maze

## Grunduppgift:

- Implementera en algoritm som hittar ut ur en labyrint.
- En labyrint representeras av en **matris**,  
närmare bestämt en **vektor av vektorer** med **boolska** värden:  
`Vector[Vector[Boolean]]`

# Veckans labb: maze

## Grunduppgift:

- Implementera en algoritm som hittar ut ur en labyrint.
- En labyrint representeras av en **matris**, närmare bestämt en **vektor av vektorer** med **boolska** värden: `Vector[Vector[Boolean]]`

Där de två olika sanningsvärdena representerar följande:

- **true** om det **finns en vägg** på en viss plats i matrisen
- **false** om det **inte** finns en vägg på en viss plats i matrisen

# Veckans labb: maze

## Grunduppgift:

- Implementera en algoritm som hittar ut ur en labyrint.
- En labyrint representeras av en **matris**, närmare bestämt en **vektor av vektorer** med **booelska** värden: `Vector[Vector[Boolean]]`  
Där de två olika sanningsvärdena representerar följande:
  - **true** om det **finns en vägg** på en viss plats i matrisen
  - **false** om det **inte** finns en vägg på en viss plats i matrisen
- Använd enkel idé (som inte ger kortaste vägen):  
Behåll vänster hand i kontakt med väggen och gå tills du når utgången.
- Vad krävs av labyrinten för att detta ska fungera?

# Veckans labb: maze

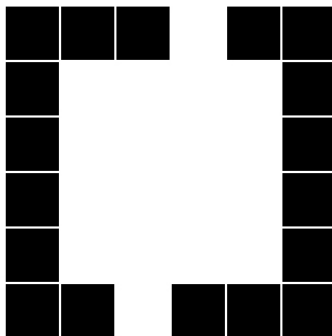
## Grunduppgift:

- Implementera en algoritm som hittar ut ur en labyrint.
- En labyrint representeras av en **matris**, närmare bestämt en **vektor av vektorer** med **booleska** värden: `Vector[Vector[Boolean]]`  
Där de två olika sanningsvärdena representerar följande:
  - **true** om det **finns en vägg** på en viss plats i matrisen
  - **false** om det **inte** finns en vägg på en viss plats i matrisen
- Använd enkel idé (som inte ger kortaste vägen):  
Behåll vänster hand i kontakt med väggen och gå tills du når utgången.
- Vad krävs av labyrinten för att detta ska fungera?

## Extrauppgift:

- Generera slumpmässig labyrint
- Algoritmen (*Prims algorithm*) är given i pseudokod

# Labyrint som boolsk matris



true	true	true	false	true	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	true	false	true	true	true



# Matriser

# Vad är en matris?

- En **matris** inom **matematiken** innehåller **rader** med lika många tal och **kolumner** med lika många tal.

- En matris av dimension  $m \times n$  har  $m \cdot n$  stycken element.

- En matris  $M_{2,5}$  ritas inom matematiken ofta så här:

$$M = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 42 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 18 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

# Vad är en matris?

- En **matris** inom **matematiken** innehåller **rader** med lika många tal och **kolumner** med lika många tal.

- En matris av dimension  $m \times n$  har  $m \cdot n$  stycken element.

- En matris  $M_{2,5}$  ritas inom matematiken ofta så här:

$$M = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 42 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 18 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

- Indexering inom matematiken sker från 1 (men oftast från 0 i datorprogram).
- Vad har talet 42 för index i matrisen M ovan?

# En matris med vektorer av vektorer

Inom programmering används ordet **matrix** ofta för att beteckna en **nästlade struktur** i två dimensioner, till exempel en instans av typen `Array[Array[Int]]`

```
1 scala> val xss = Array(Array(5,2,42,4,5),Array(3,4,18,6,7))
2 xss: Array[Array[Int]] = Array(Array(5, 2, 42, 4, 5), Array(3, 4, 18, 6, 7))
```

# En matris med vektorer av vektorer

Inom programmering används ordet **matris** ofta för att beteckna en **nästlade struktur** i två dimensioner, till exempel en instans av typen `Array[Array[Int]]`

```
1 scala> val xss = Array(Array(5,2,42,4,5),Array(3,4,18,6,7))
2 xss: Array[Array[Int]] = Array(Array(5, 2, 42, 4, 5), Array(3, 4, 18, 6, 7))
```

Man indexerar i en nästlad sekvens med upprepad `apply`:

```
1 scala> xss(0)(2)
2 res0: ??? // Vad är typ och värde?
3
4 scala> xss.apply(0).apply(2)
5 res1: ??? // Vad är typ och värde?
6
7 scala> xss(0)
8 res2: ??? // Vad är typ och värde?
```

# En matris med vektorer av vektorer

Inom programmering används ordet **matris** ofta för att beteckna en **nästlade struktur** i två dimensioner, till exempel en instans av typen `Array[Array[Int]]`

```
1 scala> val xss = Array(Array(5,2,42,4,5),Array(3,4,18,6,7))
2 xss: Array[Array[Int]] = Array(Array(5, 2, 42, 4, 5), Array(3, 4, 18, 6, 7))
```

Man indexerar i en nästlad sekvens med upprepad `apply`:

```
1 scala> xss(0)(2)
2 res0: Int = 42
3
4 scala> xss.apply(0).apply(2)
5 res1: Int = 42
6
7 scala> xss(0)
8 res2: Array[Int] = Array(5, 2, 42, 4, 5)
```

# Uppdatering av en förändringsbar nästlad struktur

Man kan förändra en array av arrayer "på plats" med tilldelning:

```
1 scala> val xss = Array(Array(5,2,42,4,5),Array(3,4,18,6,7))
2
3 scala> xss(0)(0) = 100
4
5 scala> xss
6 res0: ???
7
8 scala> xss(0)(2) = xss(0)(2) - 1
9
10 scala> xss
11 res1: ???
12
13 scala> xss(1) = Array.fill(5)(-1)
14
15 scala> xss
16 res2: ???
```

# Uppdatering av en förändringsbar nästlad struktur

Man kan förändra en array av arrayer "på plats" med tilldelning:

```
1 scala> val xss = Array(Array(5,2,42,4,5),Array(3,4,18,6,7))
2
3 scala> xss(0)(0) = 100
4
5 scala> xss
6 res0: Array[Array[Int]]=Array(Array(100, 2, 42, 4, 5), Array(3, 4, 18, 6, 7))
7
8 scala> xss(0)(2) = xss(0)(2) - 1
9
10 scala> xss
11 res1: Array[Array[Int]]=Array(Array(100, 2, 41, 4, 5), Array(3, 4, 18, 6, 7))
12
13 scala> xss(1) = Array.fill(5)(-1)
14
15 scala> xss
16 res2: Array[Array[Int]]=Array(Array(100, 2, 41, 4, 5), Array(-1,-1,-1,-1,-1))
```



# Några olika sätt att skapa förändringsbara matriser

Det jobbiga, primitiva sättet:

```
1 scala> val xs = new Array[Array[Int]](2)
2 xs: Array[Array[Int]] = Array(null, null)
3
4 scala> for (i <- xs.indices) {xs(i) = new Array[Int](5)}
5
6 scala> xs
7 res0: Array[Array[Int]] = Array(Array(0, 0, 0, 0, 0), Array(0, 0, 0, 0, 0))
8
9 scala> println(xs)
10 [[I@196a99d0
```

Enklare sätt:

```
1 scala> val xs = Array.ofDim[Int](2,5)
2 xs: Array[Array[Int]] = Array(Array(0, 0, 0, 0, 0), Array(0, 0, 0, 0, 0))
```

Enklare och tydligare sätt, där initialvärdet anges explicit:

```
1 scala> Array.fill(2,5)(0)
2 res37: Array[Array[Int]] = Array(Array(0, 0, 0, 0, 0), Array(0, 0, 0, 0, 0))
```

# Exempel på skapande av oföränderlig nästlad struktur

Om du kan beräkna initialvärde direkt, använd `Vector.fill`:

```
def fill[A](n1: Int, n2: Int)(elem: => A): Vector[Vector[A]]
```

```
1 scala> Vector.fill(2,5)(scala.util.Random.nextInt(6) + 1)
2 res0:
3   typ???
4   värde???
```

Om du kan beräkna initialvärde ur index, använd `Vector.tabulate`:

```
def tabulate[A](n1: Int, n2: Int)(f: (Int, Int) => A): Vector[Vector[A]]
```

```
1 scala> Vector.tabulate(5,2)((x,y) => x + y + 1)
2 res1:
3   typ???
4   värde???
```

# Exempel på skapande av oföränderlig nästlad struktur

Om du kan beräkna initialvärde direkt, använd `Vector.fill`:

**def** fill[A](n1: Int, n2: Int)(elem: => A): Vector[Vector[A]]

```
1 scala> Vector.fill(2,5)(scala.util.Random.nextInt(6) + 1)
2 res0:
3   scala.collection.immutable.Vector[scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
4   Vector(Vector(1, 2, 6, 2, 1), Vector(1, 4, 3, 3, 2))
```

Om du kan beräkna initialvärde ur index, använd `Vector.tabulate`:

**def** tabulate[A](n1: Int, n2: Int)(f: (Int, Int) => A): Vector[Vector[A]]

```
1 scala> Vector.tabulate(5,2)((x,y) => x + y + 1)
2 res1:
3   scala.collection.immutable.Vector[scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
4   Vector(Vector(1,2), Vector(2,3), Vector(3,4), Vector(4,5), Vector(5, 6))
```

# Uppdatering av en oföränderlig nästlad struktur

Uppdatering av endimensionell struktur med `xs.updated`:

**def** updated[A](index: Int, elem: A): Vector[A]

```
1 scala> var xs = Vector.tabulate(5)(x => x + 1)
2 xs: typ??? = värde???
3
4 scala> xs = xs.updated(1, 42)
5 xs: typ??? = värde???
```

Uppdatering av nästlad struktur i två dimensioner:

```
1 scala> var xss = Vector.tabulate(2, 5)((x,y) => x + y + 1)
2 xss:
3   typ??? =
4   värde???
5
6 scala> xss = xss.updated(0, xss(0).updated(1, 42))
7 xss:
8   typ??? =
9   värde???
```

# Uppdatering av en oföränderlig nästlad struktur

Uppdatering av endimensionell struktur med `xs.updated`:

**def** updated[A](index: Int, elem: A): Vector[A]

```
1 scala> var xs = Vector.tabulate(5)(x => x + 1)
2 xs: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(1, 2, 3, 4, 5)
3
4 scala> xs = xs.updated(1, 42)
5 xs: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(1, 42, 3, 4, 5)
```

Uppdatering av nästlad struktur i två dimensioner:

```
1 scala> var xss = Vector.tabulate(2, 5)((x,y) => x + y + 1)
2 xss:
3   scala.collection.immutable.Vector[scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
4   Vector(Vector(1, 2, 3, 4, 5), Vector(2, 3, 4, 5, 6))
5
6 scala> xss = xss.updated(0, xss(0).updated(1, 42))
7 xss:
8   scala.collection.immutable.Vector[scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
9   Vector(Vector(1, 42, 3, 4, 5), Vector(2, 3, 4, 5, 6))
```

# Iterera över nästlad struktur: for-sats

Iterera med nästlad for-sats:

```
1 scala> val xss = Vector.tabulate(2,5)((x,y) => x + y + 1)
2
3 scala> for (???) {
4     for (???) {
5         print(xss(i)(j) + " ")
6     }
7     println
8 }
9
10 1 2 3 4 5
11 2 3 4 5 6
```

# Iterera över nästlad struktur: for-sats

Iterera med nästlad for-sats:

```
1 scala> val xss = Vector.tabulate(2,5)((x,y) => x + y + 1)
2
3 scala> for (i <- xss.indices) {
4     for (j <- xss(i).indices) {
5         print(xss(i)(j) + " ")
6     }
7     println
8 }
9
10 1 2 3 4 5
11 2 3 4 5 6
```

# Övningsexempel: Yatzy

Skapa en funktion `roll` som ger utfallet av `n` st tärningskast:

```
1 scala> import scala.util.Random
2
3 scala> def roll(n: Int): Vector[Int] = ???
```

Skapa en funktion `isYatzy` som ger **true** om alla utfall är lika:

```
1 scala> def isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
```

Du kan anta att `xs.length > 0`

Tips: använd metoden `xs.forall`:

```
def forall[A](p: A => Boolean): Boolean
```



# Övningsexempel: Yatzy

Skapa en funktion `roll` som ger utfallet av `n` st tärningskast:

```
1 scala> import scala.util.Random
2
3 scala> def roll(n: Int): Vector[Int] = Vector.fill(n)(Random.nextInt(6) + 1)
```

Skapa en funktion `isYatzy` som ger **true** om alla utfall är lika:

```
1 scala> def isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = xs.forall(x => x == xs(0))
```

Du kan anta att `xs.length > 0`

Tips: använd metoden `xs.forall`:

**def** forall[A](p: A => Boolean): Boolean

# Iterera över nästlad struktur: for-sats

Iterera med nästlad for-sats: (vad har xss för typ?)

```
1 scala> val xss = Vector.fill(100)(roll(5))
2
3 scala> for (???) {
4     for (???) {
5         print(s"($i)($j) == " + xss(i)(j) + " ")
6     }
7     println(isYatzy(???) )
8 }
9
10 (0)(0) == 5 (0)(1) == 3 (0)(2) == 4 (0)(3) == 1 (0)(4) == 3 false
11 (1)(0) == 3 (1)(1) == 3 (1)(2) == 6 (1)(3) == 3 (1)(4) == 1 false
12 (2)(0) == 3 (2)(1) == 4 (2)(2) == 2 (2)(3) == 2 (2)(4) == 1 false
13 (3)(0) == 5 (3)(1) == 2 (3)(2) == 6 (3)(3) == 5 (3)(4) == 1 false
14 (4)(0) == 4 (4)(1) == 6 (4)(2) == 4 (4)(3) == 1 (4)(4) == 4 false
15 (5)(0) == 3 (5)(1) == 4 (5)(2) == 6 (5)(3) == 5 (5)(4) == 1 false
16 (6)(0) == 4 (6)(1) == 6 (6)(2) == 2 (6)(3) == 2 (6)(4) == 6 false
17 (7)(0) == 2 (7)(1) == 5 (7)(2) == 3 (7)(3) == 6 (7)(4) == 2 false
18 (8)(0) == 4 (8)(1) == 4 (8)(2) == 6 (8)(3) == 1 (8)(4) == 4 false
19 (9)(0) == 3 (9)(1) == 3 (9)(2) == 3 (9)(3) == 3 (9)(4) == 3 true
20 (10)(0) == 1 (10)(1) == 2 (10)(2) == 4 (10)(3) == 3 (10)(4) == 3 false
21 (11)(0) == 6 (11)(1) == 5 (11)(2) == 4 (11)(3) == 1 (11)(4) == 5 false
```

# Iterera över nästlad struktur: for-sats

Iterera med nästlad for-sats: (xss är en `Vector[Vector[Int]]`)

```
1 scala> val xss = Vector.fill(100)(roll(5))
2
3 scala> for (i <- xss.indices) {
4     for (j <- xss(i).indices) {
5         print(s"($i)($j) == " + xss(i)(j) + " ")
6     }
7     println(isYatzy(xss(i)))
8 }
9
10 (0)(0) == 5 (0)(1) == 3 (0)(2) == 4 (0)(3) == 1 (0)(4) == 3 false
11 (1)(0) == 3 (1)(1) == 3 (1)(2) == 6 (1)(3) == 3 (1)(4) == 1 false
12 (2)(0) == 3 (2)(1) == 4 (2)(2) == 2 (2)(3) == 2 (2)(4) == 1 false
13 (3)(0) == 5 (3)(1) == 2 (3)(2) == 6 (3)(3) == 5 (3)(4) == 1 false
14 (4)(0) == 4 (4)(1) == 6 (4)(2) == 4 (4)(3) == 1 (4)(4) == 4 false
15 (5)(0) == 3 (5)(1) == 4 (5)(2) == 6 (5)(3) == 5 (5)(4) == 1 false
16 (6)(0) == 4 (6)(1) == 6 (6)(2) == 2 (6)(3) == 2 (6)(4) == 6 false
17 (7)(0) == 2 (7)(1) == 5 (7)(2) == 3 (7)(3) == 6 (7)(4) == 2 false
18 (8)(0) == 4 (8)(1) == 4 (8)(2) == 6 (8)(3) == 1 (8)(4) == 4 false
19 (9)(0) == 3 (9)(1) == 3 (9)(2) == 3 (9)(3) == 3 (9)(4) == 3 true
20 (10)(0) == 1 (10)(1) == 2 (10)(2) == 4 (10)(3) == 3 (10)(4) == 3 false
21 (11)(0) == 6 (11)(1) == 5 (11)(2) == 4 (11)(3) == 1 (11)(4) == 5 false
```

# Iterera över nästlad struktur med nästlad foreach

Iterera med nästlad foreach-sats:

```
1 scala> val xss = Vector.tabulate(2,5)((x,y) => x + y + 1)
2
3 xss.foreach{ xs => ??? ; println }
4
5 1 2 3 4 5
6 2 3 4 5 6
```

# Iterera över nästlad struktur med nästlad foreach

Iterera med nästlad foreach-sats:

```
1 scala> val xss = Vector.tabulate(2,5)((x,y) => x + y + 1)
2
3 xss.foreach{ xs => xs.foreach{ x => print(x + " ") }; println }
4
5 1 2 3 4 5
6 2 3 4 5 6
```

# Nästlade for-uttryck

Iterera med **nästlad for-yield**:

```
1 scala> val xss = for (i <- 1 to 2) yield {  
2     for (j <- 1 to 5) yield i + j + 1  
3     }  
4 xss:  
5   scala.collection.immutable.IndexedSeq[  
6     scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int]] =  
7     ???
```

Om man skriver så här får man en endimensionell struktur:

```
1 scala> val xs = for (i <- 1 to 2; j <- 1 to 5) yield i + j + 1  
2 xs:  
3   scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int] =  
4   ???
```

# Nästlade for-uttryck

Iterera med **nästlad for-yield**:

```
1 scala> val xss = for (i <- 1 to 2) yield {  
2     for (j <- 1 to 5) yield i + j + 1  
3     }  
4 xss:  
5   scala.collection.immutable.IndexedSeq[  
6     scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int]] =  
7     Vector(Vector(3, 4, 5, 6, 7), Vector(4, 5, 6, 7, 8))
```

Om man skriver så här får man en endimensionell struktur:

```
1 scala> val xs = for (i <- 1 to 2; j <- 1 to 5) yield i + j + 1  
2 xs:  
3   scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int] =  
4   Vector(3, 4, 5, 6, 7, 4, 5, 6, 7, 8)
```

# Nästlade map-uttryck

Iterera med **nästlade map-uttryck**:

```
1 scala> val xss = (1 to 2).map(i => (1 to 5).map(j => i + j + 1))
2 xss:
3   scala.collection.immutable.IndexedSeq[
4     scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int]] =
5     ???
```



# Nästlade map-uttryck

Iterera med **nästlade map-uttryck**:

```
1 scala> val xss = (1 to 2).map(i => (1 to 5).map(j => i + j + 1))
2 xss:
3   scala.collection.immutable.IndexedSeq[
4     scala.collection.immutable.IndexedSeq[Int]] =
5     Vector(Vector(3, 4, 5, 6, 7), Vector(4, 5, 6, 7, 8))
```

# Matris som Array med Array med heltal i Java

```
public class ArrayMatrix {  
  
    public static void showMatrix(int[][] m){  
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");  
        for (int row = 0; row < m.length; row++){  
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {  
                System.out.print "[" + row + " ]");  
                System.out.print "[" + col + " ] = ";  
                System.out.print(m[row][col] + "; ");  
            }  
            System.out.println();  
        }  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        int[][] xss = new int[10][5];  
        showMatrix(xss);  
    }  
}
```

# Matris som Array med Array med heltal i Java

```
public class ArrayMatrix {  
  
    public static void showMatrix(int[][] m){  
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");  
        for (int row = 0; row < m.length; row++){  
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {  
                System.out.print "[" + row + " ]";  
                System.out.print "[" + col + " ] = ";  
                System.out.print(m[row][col] + " ; ");  
            }  
            System.out.println();  
        }  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        int[][] xss = new int[10][5];  
        showMatrix(xss);  
    }  
}
```

Övning: skriv en metod fillRnd som fyller en heltalsmatris med slumpstal 1 till n:

# Matris som Array med Array med heltal i Java

```
public class ArrayMatrix {  
  
    public static void showMatrix(int[][] m){  
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");  
        for (int row = 0; row < m.length; row++){  
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {  
                System.out.print "[" + row + " ]");  
                System.out.print "[" + col + " ] = ";  
                System.out.print(m[row][col] + " ; ");  
            }  
            System.out.println();  
        }  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        int[][] xss = new int[10][5];  
        showMatrix(xss);  
    }  
}
```

Övning: skriv en metod fillRnd som fyller en heltalsmatris med slumpstal 1 till n:

```
public static void fillRnd(int[][] m, int n){ /* ??? */ }
```

# Matris som Array med Array med heltal i Java

```
public class ArrayMatrix {  
  
    public static void showMatrix(int[][] m){  
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");  
        for (int row = 0; row < m.length; row++){  
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {  
                System.out.print "[" + row + " ]");  
                System.out.print "[" + col + " ] = ";  
                System.out.print(m[row][col] + "; ");  
            }  
            System.out.println();  
        }  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        int[][] xss = new int[10][5];  
        showMatrix(xss);  
    }  
}
```

Övning: skriv en metod fillRnd som fyller en heltalsmatris med slumpstal 1 till n:

```
public static void fillRnd(int[][] m, int n){ /* ??? */ }
```

Tips: använd en nästlad for-sats och:

```
(int) (Math.random * n + 1)    // (int) motsvarar Scalas asInstanceOf[Int]
```

# Om veckans övningar

- Träna på att iterera i nästlade strukturer
- Fortsätt jobba med Yatzy-exemplet
- Övning 2f) ger träning i att skapa en **imperativ** algoritm:  
lös isYatzy med **while**-sats (kunde varit del av en tenta...)
- Extrauppgiften 7 är en bra träning på matriser där du ska bygga ett enkelt yatzy-spel i terminalen (kunde varit del av en tenta...)
- Uppgift 3 är en förberedelse inför nästa veckas labb: survey då vi ska analysera enkäter och kombinera matriser & registrering & sortering.

# Övning 3, utgör början på labb survey

## Specification Table

```

object Table {
  /** Creates a new Table from fileName with columns split by sep */
  def fromFile(fileName: String, separator: Char = ';'): Table = ???
}

case class Table(
  data: Vector[Vector[String]],
  headings: Vector[String],
  sep: String){
  /** A 2-tuple with (number of rows, number of columns) in data */
  val dim: (Int, Int) = ???

  /** The element in row r an column c of data, counting from 0 */
  def apply(r: Int, c: Int): String = ???

  /** The row-vector r in data, counting from 0 */
  def row(r: Int): Vector[String] = ???

  /** The column-vector c in data, counting from 0 */
  def col(c: Int): Vector[String] = ???

  /** A map from heading to index counting from 0 */
  lazy val indexOfHeading: Map[String, Int] = ???

  /** The column-vector with heading h in data */
  def col(h: String): Vector[String] = ???

```

# Typparametrar



# Vad är en typparameter?

...

# Vad är en typparameter?

...

■ ...