

EDAA45 Programmering, grundkurs

Läsvecka 7: Arv

Björn Regnell

Datavetenskap, LTH

Lp1-2, HT 2016

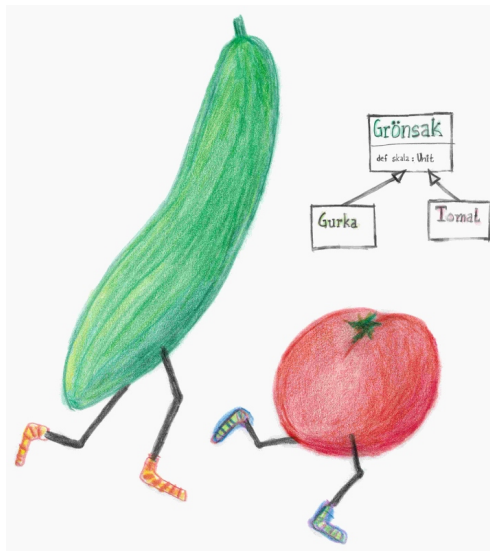
7 Arv

- Vad är arv?
- Uppräknade värden
- Exempel: Shape
- Överskuggningsregler
- super
- Trait eller abstrakt klass?
- Nästa vecka: kontrollskrivning
- Veckans uppgifter

Vad är arv?

Vad är arv?

Med arv kan man
beskriva relationen
 $X \text{ är en } Y$



Varför behövs arv?

- Man kan använda arv för att dela upp kod i:
 - **generella** (gemensamma) delar och
 - **specifika** (specialanpassade) delar.
- Man kan åstadkomma **kontrollerad flexibilitet**:
 - Klientkod kan **utvidga** (eng. *extend*) ett givet API med egna specifika tillägg.
- Man kan använda arv för att deklarera en gemensam **bastyp** så att generiska samlingar kan ges en mer specifik elementtyp.
 - Det räcker att man vet basstypen för att kunna anropa gemensamma metoder på alla element i samlingen.

Behovet av gemensam bas typ

```
1  scala> class Gurka(val vikt: Int)
2
3  scala> class Tomat(val vikt: Int)
4
5  scala> val gurkor = Vector(new Gurka(200), new Gurka(300))
6  gurkor: scala.collection.immutable.Vector[Gurka] =
7      Vector(Gurka@60856961, Gurka@2fd953a6)
8
9  scala> gurkor.map(_.vikt)
10 res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 300)
11
12 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
13 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Object] =
14     Vector(Gurka@669253b7, Tomat@5305c37d)
15
16 scala> grönsaker.map(_.vikt)
17 <console>:15: error: value vikt is not a member of Object
18     grönsaker.map(_.vikt)
```

Hur ordna en mer specifik typ än `Vector[Object]`?

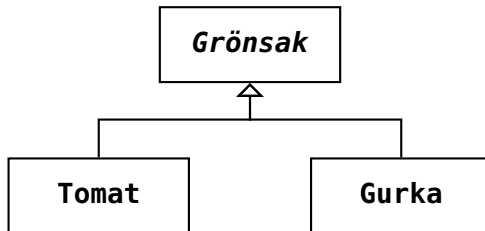
Behovet av gemensam basstyp

```
1 scala> class Gurka(val vikt: Int)
2
3 scala> class Tomat(val vikt: Int)
4
5 scala> val gurkor = Vector(new Gurka(200), new Gurka(300))
6 gurkor: scala.collection.immutable.Vector[Gurka] =
7   Vector(Gurka@60856961, Gurka@2fd953a6)
8
9 scala> gurkor.map(_.vikt)
10 res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 300)
11
12 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
13 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Object] =
14   Vector(Gurka@669253b7, Tomat@5305c37d)
15
16 scala> grönsaker.map(_.vikt)
17 <console>:15: error: value vikt is not a member of Object
18   grönsaker.map(_.vikt)
```

Hur ordna en mer specifik typ än `Vector[Object]`? → Skapa en **bastyp**!

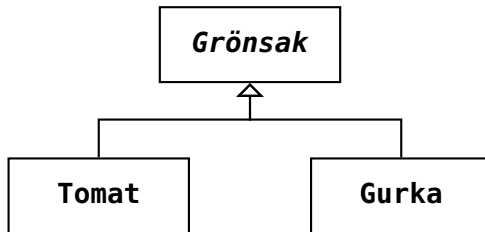
Skapa en gemensam basotyp

Typen **Grönsak** är en **basotyp** i nedan arvshierarki:



Skapa en gemensam bas typ

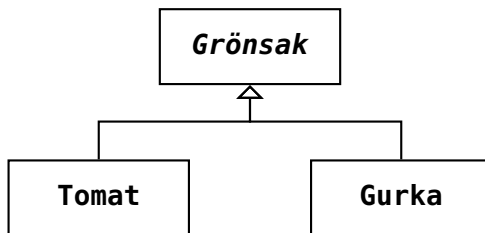
Typen **Grönsak** är en **bas typ** i nedan arvshierarki:



Pilen  betecknar **arv** och utläses ”**är en**”

Skapa en gemensam bas typ

Typen **Grönsak** är en **bas typ** i nedan arvshierarki:



Pilen  betecknar **arv** och utläses "**är en**"

Typerna Tomat och Gurka är **subtyper** till den **abstrakta** typen Grönsak.

Skapa en gemensam bastyp med trait och extends

Med **trait** Grönsak kan klasserna Gurka och Tomat få en gemensam **bastyp** genom att båda **subtyperna** gör **extends** Grönsak:

```
1 scala> trait Grönsak
2
3 scala> class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak
4
5 scala> class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
6
7 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
8 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =
9   Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)
```

Skapa en gemensam bas typ med trait och extends

Med **trait** Grönsak kan klasserna Gurka och Tomat få en gemensam **bas typ** genom att båda **subtyperna** gör **extends** Grönsak:

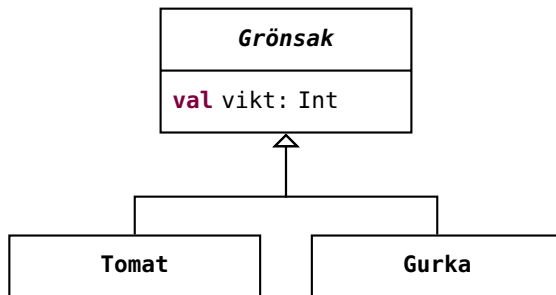
```
1 scala> trait Grönsak
2
3 scala> class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak
4
5 scala> class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
6
7 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
8 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =
9   Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)
```

Men det är fortfarande inte som vi vill ha det:

```
scala> grönsaker.map(_.vikt)
<console>:15: error: value vikt is not a member of Grönsak
  grönsaker.map(_.vikt)
```

En gemensam bas typ med gemensamma delar

Placera gemensamma medlemmar i bas typen:



- Alla grönsaker har attributet **val** vikt.
- Det specifika värdet på vikten definieras **inte** i bas typen.
- Medlemmen vikt kallas **abstrakt** eftersom den **saknar implementation**.

Placera gemensamma delar i bastypen

Vi inkluderar det gemensamma attributet **val** vikt som en **abstrakt medlem** i bastypen:

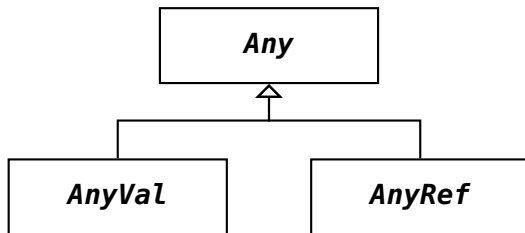
```
trait Grönsak { val vikt: Int }  
  
class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak  
  
class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
```

Nu vet kompilatorn att alla grönsaker har en vikt:

```
1 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))  
2 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =  
3   Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)  
4  
5 scala> grönsaker.map(_.vikt)  
6 res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 42)
```

Scalas typhierarki och typen Object

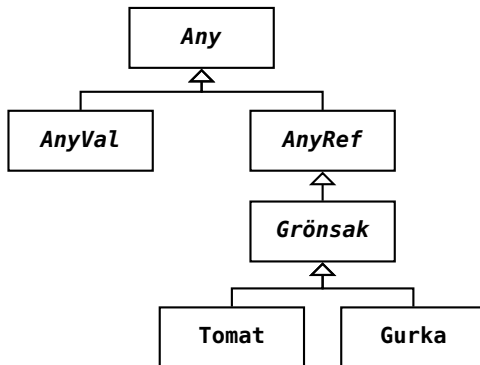
Den översta delen av typhierarkin i Scala:



- De numeriska typerna `Int`, `Double`, etc är subtyper till **AnyVal** och kallas **värdetyper** och lagras på ett speciellt, effektivt sätt i minnet.
- Alla dina egna klasser är subtyper till **AnyRef** och kallas **referenstyper** och kräver (direkt eller indirekt) konstruktion med **new**.
- `AnyRef` motsvaras av **`java.lang.Object`** i JVM.

Implicita supertyper till dina egna klasser

Alla dina egna typer ingår underförstått i Scalas typhierarki:



Vad är en trait?

- **Trait** betyder **egenskap** på engelska.
- En trait liknar en klass, **men** speciella regler gäller:
 - den **kan** innehålla delar som **saknar implementation**
 - den **kan mixas** med flera andra traits så att olika koddelar kan återanvändas på flexibla sätt.
 - den **kan inte** instansieras direkt som den är; den måste återanvändas genom arv.
 - den **kan inte** ha klassparametrar eller konstruktorer

Vad är en trait?

- **Trait** betyder **egenskap** på engelska.
- En trait liknar en klass, **men** speciella regler gäller:
 - den **kan** innehålla delar som **saknar implementation**
 - den **kan mixas** med flera andra traits så att olika koddelar kan återanvändas på flexibla sätt.
 - den **kan inte** instansieras direkt som den är; den måste återanvändas genom arv.
 - den **kan inte** ha klassparametrar eller konstruktorer
- Jämförelse med Java:
 - En Scala-trait liknar det som i Java kallas **interface**, men man kan göra mer med Scala-traits: färre begränsningar, fler abstraktionsmöjligheter.
 - En Scala-trait med enbart abstrakta medlemmar kompileras till bytekod i JVM:en som kan användas från Java-kod precis som ett Java-interface.

Vad används en trait till?

En **trait** används för att skapa en bastyp som kan vara hemvist för gemensamma delar hos subtyper:

```
trait Bastyp { val x = 42 } // Bastyp har medlemmen x
class Subtyp1 extends Bastyp { val y = 43 } // Subtyp1 ärver x, har även y
class Subtyp2 extends Bastyp { val z = 44 } // Subtyp2 ärver x, har även z
```

Vad används en trait till?

En **trait** används för att skapa en bas typ som kan vara hemvist för gemensamma delar hos subtyper:

```
trait Bastyp { val x = 42 } // Bastyp har medlemmen x
class Subtyp1 extends Bastyp { val y = 43 } // Subtyp1 ärver x, har även y
class Subtyp2 extends Bastyp { val z = 44 } // Subtyp2 ärver x, har även z
```

```
1 scala> val a = new Subtyp1
2 a: Subtyp1 = Subtyp1@51016012
3
4 scala> a.x
5 res0: Int = 42
6
7 scala> a.y
8 res1: Int = 43
9
10 scala> a.z
11 <console>:15: error: value z is not a member of Subtyp1
12
13 scala> new Bastyp
14 <console>:13: error: trait Bastyp is abstract; cannot be instantiated
```

En trait kan ha abstrakta medlemmar

```
trait X { val x: Int }    // x är abstrakt, d.v.s. saknar implementation
class A extends X { val x = 42 }    // x ges en implementation
class B extends X { val x = 43 }    // x ges en annan implementation
```

En trait kan ha abstrakta medlemmar

```
trait X { val x: Int }    // x är abstrakt, d.v.s. saknar implementation
class A extends X { val x = 42 }    // x ges en implementation
class B extends X { val x = 43 }    // x ges en annan implementation
```

```
1  scala> val a = new A
2  a: A = A@5faeada1
3
4  scala> val b = new B
5  b: B = B@cb51256
6
7  scala> val xs = Vector(a,b)
8  xs: scala.collection.immutable.Vector[X] = Vector(A@5faeada1, B@cb51256)
9
10 scala> xs.map(_._1)
11 res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(42, 43)
12
13 scala> class Y { val y: Int }
14     error: class Y needs to be abstract, since value y is not defined
15
16 scala> trait Z(x: Int)
17     error: traits or objects may not have parameters
```

Terminologi och nyckelord

subtyp	en typ som ärver en supertyp
supertyp	en typ som ärvs av en subtyp
bastyp	en typ som är rot i ett arvsträd
abstrakt medlem	en medlem som saknar implementation
konkret medlem	en medlem som ej saknar implementation
abstrakt typ	en typ som kan ha abstrakta medlemmar; kan ej instansieras
konkret typ	en typ som ej har abstrakta medlemmar; kan instansieras
class	en klass är en konkret typ som ej kan ha abstrakta medlemmar
abstract class	en klass är en abstrakt typ som kan ha parametrar
trait	är en abstrakt typ som ej kan ha parametrar men kan mixas in
extends	står före en supertyp, medför arv av supertypens medlemmar
override	en medlem överskuggar (byter ut) en medlem i en supertyp
protected	gör en medlem synlig i subtyper till denna typ (jmf private)
final gurka	gör medlemen gurka final: förhindrar överskuggning
final class	gör klassen final: förhindrar vidare subtypning
sealed trait	förseglad trait: bara de direkta subtyperna i denna kodfil
super . gurka	refererar till supertypens medlem gurka (jmf this)

Terminologi och nyckelord

subtyp

en typ som ärver en supertyp

supertyp

en typ som ärvs av en subtyp

bastyp

en typ som är rot i ett arvsträd

abstrakt medlem

en medlem som saknar implementation

konkret medlem

en medlem som ej saknar implementation

abstrakt typ

en typ som kan ha abstrakta medlemmar; kan ej instansieras

konkret typ

en typ som ej har abstrakta medlemmar; kan instansieras

class

en klass är en konkret typ som **ej kan ha abstrakta medlemmar**

abstract class

en klass är en abstrakt typ som **kan ha parametrar**

trait

är en abstrakt typ som **ej kan ha parametrar** men **kan mixas in**

extends

står före en supertyp, medför arv av supertypens medlemmar

override

en medlem överskuggar (byter ut) en medlem i en supertyp

protected

gör en medlem synlig i subtyper till denna typ (jmf **private**)

final gurka

gör medlemmen gurka final: förhindrar överskuggning

final class

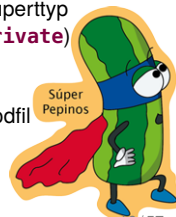
gör klassen final: förhindrar vidare subtypning

sealed trait

förseglad trait: bara de direkta subtyperna i denna kodfil

super.gurka

refererar till supertypens medlem gurka (jmf **this**)



└ Vecka 7: Arv

└ Vad är arv?

Abstrakta och konkreta medlemmar

```
1  object exempelVegol {
2
3      trait Grönsak {
4          def skala(): Unit
5          var vikt: Double
6          val namn: String
7          var ärSkalad: Boolean = false
8          override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
9      }
10
11     class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
12         val namn = "gurka"
13         def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
14             println("Gurkan skalas med skalare.")
15             vikt = 0.99 * vikt
16             ärSkalad = true
17         }
18     }
19
20     class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
21         val namn = "tomat"
22         def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
23             println("Tomaten skalas genom skållning.")
24             vikt = 0.99 * vikt
25             ärSkalad = true
26         }
27     }
28 }
```

Undvika kodduplicering med hjälp av arv

```
1  object exempelVego2 {
2
3      trait Grönsak { // innehåller alla gemensamma delar; hjälper oss undvika upprepning
4          val skalningsmetod: String
5          val skalfaktor = 0.99
6          def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7              println(skalningsmetod)
8              vikt = skalfaktor * vikt
9              ärSkalad = true
10         }
11         var vikt: Double
12         val namn: String
13         var ärSkalad: Boolean = false
14         override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15     }
16
17     class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak { // bara det som är speciellt för gurkor
18         val namn = "gurka"
19         val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20     }
21
22     class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak { // bara det som är speciellt för tomater
23         val namn = "tomat"
24         val skalningsmetod = "Skållas."
25     }
26 }
```

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
 - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer → **risk för nya buggar**

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
 - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer → **risk för nya buggar**
- Principen på engelska:
DRY == "Don't Repeat Yourself!"

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
 - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer → **risk för nya buggar**
- Principen på engelska:
DRY == "Don't Repeat Yourself!"
- Men det kan finnas tillfällen när kodduplicering faktiskt är att föredra: t.ex. om man vill att olika delar av koden ska vara helt oberoende av varandra.

└ Vecka 7: Arv

└ Vad är arv?

Överskuggning

```

1  object exempelVego3 {
2
3      trait Grönsak {
4          val skalningsmetod: String
5          val skalfaktor = 0.99
6          def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7              println(skalningsmetod)
8              vikt = skalfaktor * vikt
9              ärSkalad = true
10         }
11         var vikt: Double
12         val namn: String
13         var ärSkalad: Boolean = false
14         override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15     }
16
17     class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
18         val namn = "gurka"
19         val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20     }
21
22     class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
23         val namn = "tomat" //nyckelordet override behövs ej vid abstrakt medlem, men tillåtet:
24         override val skalningsmetod = "Skållas."
25         // override val skalningsmetod = "Skållas." //kompilatorn hittar felet (stavfel, s saknas)
26         override val skalfaktor = 0.95 //överskuggning: override måste anges vid ny impl.
27     }
28 }

```

En final medlem kan ej överskuggas

```
1  object exempelVego4 {
2
3      trait Grönsak {
4          val skalningsmetod: String
5          final val skalfaktor = 0.99                // en final medlem kan ej överskuggas
6          def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7              println(skalningsmetod)
8              vikt = skalfaktor * vikt
9              ärSkalad = true
10         }
11         var vikt: Double
12         val namn: String
13         var ärSkalad: Boolean = false
14         override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15     }
16
17     class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
18         val namn = "gurka"
19         val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20     }
21
22     class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
23         val namn = "tomat"
24         val skalningsmetod = "Skållas."
25         // override val skalfaktor = 0.95 // KOMPILERINGSFEL: "cannot override final member"
26     }
27 }
```

Protected ger synlighet begränsad till subtyper

```
1 scala> trait Super {  
2     private val minHemlis = 42  
3     protected val vårHemlis = 42  
4 }  
5  
6 scala> class Sub extends Super { def avslöjad = minHemlis }  
7 error: not found: value minHemlis  
8  
9 scala> class Sub extends Super { def avslöjad = vårHemlis }  
10  
11 scala> val s = new Sub  
12 s: Sub = Sub@2eeee9593  
13  
14 scala> s.avslöjad  
15 res0: Int = 42  
16  
17 scala> s.minHemlis  
18 error: value minHemlis is not a member of Sub  
19  
20 scala> s.vårHemlis  
21 error: Access to protected value vårHemlis not permitted
```

Filnamnsregler och -konventioner

■ Java

- I Java får man bara ha **en enda** publik klass per kodfil.
- I Java måste kodfilen ha **samma namn** som den publika klassen, t.ex. `KlassensNamn.java`

■ Scala

- I Scala får man ha **många** klasser/traits/singelobjekt i samma kodfil.
- I Scala får man döpa kodfilerna **oberoende** av deras innehåll.

Filnamnsregler och -konventioner

■ Java

- I Java får man bara ha **en enda** publik klass per kodfil.
- I Java måste kodfilen ha **samma namn** som den publika klassen, t.ex. `KlassensNamn.java`

■ Scala

- I Scala får man ha **många** klasser/traits/singelobjekt i samma kodfil.
- I Scala får man döpa kodfilerna **oberoende** av deras innehåll. Dessa **konventioner** används:
 - Om en kodfil bara innehåller **en enda** klass/trait/singelobjekt ge filen samma namn som innehållet, t.ex. `KlassensNamn.scala`
 - Om en kodfil innehåller **flera** saker, döp filen till något som återspeglar hela innehållet och använd **liten begynnelsebokstav**, t.ex. `drawing.scala` eller `bastypensNamn.scala`

Klasser, arv och klassparametrar

Klasser kan ärva klasser. Om superklassen har klassparametrar måste primärkonstruktor ges argument efter **extends**.

```
1 object personExample1 {  
2  
3   class Person(val namn: String)  
4  
5   class Akademiker(namn: String,  
6                     val universitet: String) extends Person(namn)  
7  
8   class Student(namn: String,  
9                universitet: String,  
10               val program: String) extends Akademiker(namn, universitet)  
11  
12  class Forskare(namn: String,  
13                universitet: String,  
14                val titel: String) extends Akademiker(namn, universitet)  
15  
16  def main(args: Array[String]): Unit = {  
17    val kim = new Student("Kim Robinsson", "Lund", "Data")  
18    println(s"${kim.namn} ${kim.universitet} ${kim.program}")  
19  }  
20  
21 }
```

Inmixning

Man kan ärva flera traits. Detta kallas inmixning (eng. *mix-in*) och görs med **with**.

```
1 object personExample2 {
2
3   trait Person { val namn: String }
4
5   trait Akademiker { val universitet: String }
6
7   trait Examinerad { val titel: String }
8
9   class Student(val namn: String,
10                val universitet: String,
11                val program: String) extends Person with Akademiker
12
13   class Forskare(val namn: String,
14                 val universitet: String,
15                 val titel: String) extends Person with Akademiker with Examinerad
16
17   def main(args: Array[String]): Unit = {
18     var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
19     println(s"${p.namn}") // staiska typen Person har inget universitet el. titel
20     if (p.isInstanceOf[Akademiker]) println(p.namn)
21   }
22 }
```

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```


Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med "statisk typ" menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med "statisk typ" menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med "statisk typ" menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för p är EnVisstTyp med `p.isInstanceOf[EnVisstTyp]`

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med "statisk typ" menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för p är EnVissTyp med `p.isInstanceOf[EnVissTyp]`
- Man kan säga åt kompilatorn: *"jag garanterar att p är av typen EnVissTyp så du kan omforma den till EnVissTyp"* med `p.asInstanceOf[EnVissTyp]`

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med "statisk typ" menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för p är EnVissTyp med `p.isInstanceOf[EnVissTyp]`
- Man kan säga åt kompilatorn: *"jag garanterar att p är av typen EnVissTyp så du kan omforma den till EnVissTyp"* med `p.asInstanceOf[EnVissTyp]` (detta är inte så vanligt i normal Scala-kod)

isInstanceOf och asInstanceOf

Testa körtidstyp med `isInstanceOf[Typ]`. Lova kompilatorn (och ta själv ansvar för) att det är en viss körtidstyp med `asInstanceOf[Typ]`.

```
1 object personExample3 {
2
3   trait Person { val namn: String }
4
5   trait Akademiker { val universitet: String }
6
7   trait Examinerad { val titel: String }
8
9   class Student(val namn: String,
10                val universitet: String,
11                val program: String) extends Person with Akademiker
12
13   class Forskare(val namn: String,
14                 val universitet: String,
15                 val titel: String) extends Person with Akademiker with Examinerad
16
17   def main(args: Array[String]): Unit = {
18     var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
19     if (p.isInstanceOf[Akademiker]) println(p.namn + " är akademiker")
20     p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
21     if (p.isInstanceOf[Student]) println(p.asInstanceOf[Student].program)
22   }
23 }
```

Polymorfism och dynamisk bindning

```
trait Robot { def work(): Unit }

case class CleaningBot(name: String) extends Robot {
  override def work(): Unit = println(" Städa Städa")
}

case class TalkingBot(name: String) extends Robot {
  override def work(): Unit = println(" Prata Prata")
}
```

Polymorfism betyder "många former". Referenserna `r` och `bot` nedan kan ha olika "former", d.v.s de kan referera till olika sorters robotar.

Dynamisk bindning innebär att körtidstypen avgör vilken metod som körs.

```
1 scala> def robotDoWork(bot: Robot) = { print(bot); bot.work }
2
3 scala> var r: Robot = new CleaningBot("Wall-E")
4
5 scala> robotDoWork(r)
6 CleaningBot(Wall-E) Städa Städa
7
8 scala> r = new TalkingBot("C3P0")
9
10 scala> robotDoWork(r)
11 TalkingBot(C3P0) Prata Prata
```

Uppräknade värden

Uppräknade värden med heltal

Vi kan använda heltalskonstanter för att representera olika färger.

```
object Färg {  
  val Spader = 1  
  val Hjärter = 2  
  val Ruter = 3  
  val Klöver = 4  
}
```

```
case class Kort(färg: Int, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> import Färg._  
2 scala> Kort(Ruter, 7)
```

Uppräknade värden med heltal

Vi kan använda heltalskonstanter för att representera olika färger.

```
object Färg {  
  val Spader = 1  
  val Hjärter = 2  
  val Ruter = 3  
  val Klöver = 4  
}
```

```
case class Kort(färg: Int, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> import Färg._  
2 scala> Kort(Ruter, 7)
```

Men kompilatorn **kan inte hindra** denna bugg:

```
1 scala> Kort(42, 7)
```

Uppräknade värden med case-objekt

Vi kan använda case-objekt för att representera olika färger.

```
sealed trait Färg
case object Spader extends Färg
case object Hjärter extends Färg
case object Ruter extends Färg
case object Klöver extends Färg

case class Kort(färg: Färg, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> Kort(Ruter, 7)
2
3 scala> Kort(Spader, 1)
```

- Kompilatorn **garanterar** att vi bara använder exakt dessa färger.
- Nyckelordet **sealed** förhindrar fler subtyper förutom de som finns här.
- **case** före **object** ger en najs `toString` och möjliggör matchning (mer om matchning i w08).

Uppräknade värden i samling

Vi kan placera case-objekten i en samling som kan användas i loopar. Ett lämpligt ställe för en sådan samling är i kompanjonsobjektet till Färg.

```
sealed trait Färg
object Färg {
  val values = Vector(Spader, Hjärter, Ruter, Klöver)
}
case object Spader extends Färg
case object Hjärter extends Färg
case object Ruter extends Färg
case object Klöver extends Färg
```

```
1 scala> val allaEss = for (f <- Färg.values) yield Kort(f, 1)
```

Uppräknade värden med heltalsomvandling

Med en **sealed abstract class** och ett heltalsattribut `toInt` som klassparameter kan vi erbjuda omvandling till heltal.

```
sealed abstract class Färg(final val toInt: Int)
object Färg {
  val values = Vector(Spader, Hjärter, Ruter, Klöver)
}
case object Spader extends Färg(0)
case object Hjärter extends Färg(1)
case object Ruter extends Färg(2)
case object Klöver extends Färg(3)
```

```
1 scala> Kort(Ruter, 1).färg.toInt
2 res0: Int = 2
```

Nyckelordet **abstract** förhindrar instansiering av `Färg`.

Nyckelordet **final** förhindrar överskuggning av attributet `toInt`.

Nyckelordet **sealed** förhindrar vidare subtypning av `Färg`.

Exempel: Shape

Exempel: shapes1.scala

Typisk scala-kod: En trait som bastyp åt flera case-klasser.

```
1  object shapes1 {  
2      type Pt = (Double, Double)  
3  
4      trait Shape {  
5          def pos: Pt  
6          def move(dx: Double, dy: Double): Shape  
7      }  
8  
9      case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape {  
10         def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =  
11             Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)  
12     }  
13  
14     case class Circle(pos: Pt, radius: Double) extends Shape {  
15         def move(dx: Double, dy: Double): Circle =  
16             Circle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), radius)  
17     }  
18  
19     case class Triangle(pos: Pt, dxy1: Pt, dxy2: Pt) extends Shape {  
20         override def move(dx: Double, dy: Double): Triangle =  
21             Triangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy1, dxy2)  
22     }  
23 }
```

Exempel: shapesTest1.scala

Test av konkreta subclasser till bastypen Shape.

```
1  import shapes1._
2
3  object shapesTest1 {
4      def main(args: Array[String]): Unit = {
5          val r = Rectangle(pos= (100, 100), dxy= (75, 120))
6          println(r)
7          val r2 = r.move(dx= 42, dy= 84).move(dx= -1, dy= -1)
8          println(r2)
9          val t = Triangle((0,0),(4,0), (4,3))
10         println(t)
11         println(t.move(1,1))
12         println(t)
13     }
14 }
```

```
1  Rectangle((100.0,100.0),(75.0,120.0))
2  Rectangle((141.0,183.0),(75.0,120.0))
3  Triangle((0.0,0.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
4  Triangle((1.0,1.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
5  Triangle((0.0,0.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
```


Exempel: draw.scala

Två traits som kan användas för att "koppla ihop" kod och minimera ändringar av befintlig kod:

```
1 trait CanDraw {  
2     def draw(dw: DrawingWindow): Unit  
3 }  
4  
5 trait DrawingWindow {  
6     def penTo(pt: (Double, Double)): Unit  
7     def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit  
8 }
```

Exempel: draw.scala

Två traits som kan användas för att ”koppla ihop” kod och minimera ändringar av befintlig kod:

```
1 trait CanDraw {  
2   def draw(dw: DrawingWindow): Unit  
3 }  
4  
5 trait DrawingWindow {  
6   def penTo(pt: (Double, Double)): Unit  
7   def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit  
8 }
```

- Traits som användas för att abstrahera implementation och möjliggöra uppfyllandet av ett slags ”kontrakt” om vad som ska finnas kallas **gränssnitt** (eng. *interface*) och är grunden för skapandet av ett flexibelt api.
- Implementationen av de delar vi vill kunna ändra senare placeras i subtyper som inte används direkt av klientkoden.
- Vi visar bara information om vad som erbjuds men inte hur det ser ut ”inuti”.

Exempel: shapes2.scala

Genom att **mixa in** vår **trait** CanDraw kan en rektangel nu även ritas ut:

```
1  object shapes2 {
2      type Pt = (Double, Double)
3
4      trait Shape {
5          def pos: Pt
6          def move(dx: Double, dy: Double): Shape
7      }
8
9      case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape with CanDraw { // inmixning
10         override def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =
11             Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)
12
13         override def draw(dw: DrawingWindow): Unit = { // implementation av draw
14             dw.penTo(pos)
15             dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2))
16             dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2 + dxy._2))
17             dw.drawTo((pos._1, pos._2 + dxy._2))
18             dw.drawTo(pos)
19         }
20     }
21 }
```

Exempel: shapes2.scala

Genom att **mixa in** vår **trait** CanDraw kan en rektangel nu även ritas ut:

```
1  object shapes2 {  
2      type Pt = (Double, Double)  
3  
4      trait Shape {  
5          def pos: Pt  
6          def move(dx: Double, dy: Double): Shape  
7      }  
8  
9      case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape with CanDraw { // inmixning  
10         override def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =  
11             Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)  
12  
13         override def draw(dw: DrawingWindow): Unit = { // implementation av draw  
14             dw.penTo(pos)  
15             dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2))  
16             dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2 + dxy._2))  
17             dw.drawTo((pos._1, pos._2 + dxy._2))  
18             dw.drawTo(pos)  
19         }  
20     }  
21 }
```

Notera: ingen ändring i Shape! Vi behöver nu bara ett **DrawingWindow**...

Exempel: SimpleDrawingWindow.scala

Vi skapar en ny klass som ärver SimpleWindow, som **dessutom** även **är ett** DrawingWindow, tack vare **inmixning** med nyckelordet **with**.
Observera att vi måste skicka vidare klassparametrarna till superklassens konstruktor.

```
1 class SimpleDrawingWindow(title: String = "Untitled", size: (Int, Int) = (640, 400))
2   extends cslib.window.SimpleWindow(size._1, size._2, title)
3     with DrawingWindow {
4
5     def xPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._1.round.toInt
6     def yPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._2.round.toInt
7
8     override def penTo(pt: (Double, Double)): Unit = moveTo(xPos(pt), yPos(pt))
9     override def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit = lineTo(xPos(pt), yPos(pt))
10  }
```

Exempel: SimpleDrawingWindow.scala

Vi skapar en ny klass som ärver SimpleWindow, som **dessutom** även **är ett** DrawingWindow, tack vare **inmixning** med nyckelordet **with**.
Observera att vi måste skicka vidare klassparametrarna till superklassens konstruktor.

```

1  class SimpleDrawingWindow(title: String = "Untitled", size: (Int, Int) = (640, 400))
2    extends cslib.window.SimpleWindow(size._1, size._2, title)
3      with DrawingWindow {
4
5      def xPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._1.round.toInt
6      def yPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._2.round.toInt
7
8      override def penTo(pt: (Double, Double)): Unit = moveTo(xPos(pt), yPos(pt))
9      override def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit = lineTo(xPos(pt), yPos(pt))
10 }

```

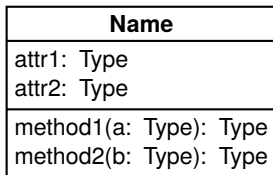
```

1  import shapes2._
2
3  object shapesTest2 {
4    def main(args: Array[String]): Unit = {
5      val sdw = new SimpleDrawingWindow(title="Shapes")
6      val r = Rectangle(pos=(100, 100), dxy=(75, 120))
7      r.draw(sdw)
8      r.move(dx=42, dy=84).draw(sdw)
9    }
10 }

```

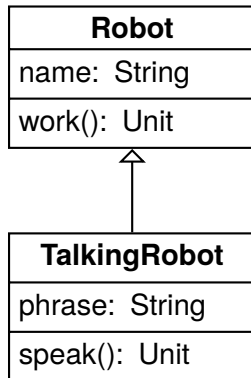
Attribut och metoder i UML-diagram

En klass i ett **UML**-diagram kan ha 3 delar:



Ibland utelämnar man typerna.

en.wikipedia.org/wiki/Class_diagram



Överskuggningsregler

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara
medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- **def**
- **val**
- **lazy val**
- **var**

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- **def**
- **val**
- **lazy val**
- **var**

Olika sorters överskuggningsbara instansmedlemmar i **Java**:

- variabel
- metod

Medlemmar som är **static** kan ej överskuggas (men döljas) vid arv.

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- **def**
- **val**
- **lazy val**
- **var**

Olika sorters överskuggningsbara instansmedlemmar i **Java**:

- variabel
- metod

Medlemmar som är **static** kan ej överskuggas (men döljas) vid arv.

- När man överskuggar (eng. *override*) en medlemmen med en annan medlem med samma namn i en subtyp, får denna medlem en (ny) implementation.
- När man konstruerar ett objektorienterat språk gäller det att man definierar sunda överskuggningsregler vid arv. Detta är förvånansvärt knepigt.
- Singelobjekt kan ej ärvas (och medlemmar i singelobjekt kan därmed ej överskuggas).

Fördjupning: Regler för överskuggning i Scala

En medlem M1 i en supertyp får överskuggas av en medlem M2 i en subtyp, enligt dessa regler:

- 1 M1 och M2 ska ha samma namn och typerna ska matcha.
- 2 **def** får bytas ut mot: **def**, **val**, **var**, **lazy val**
- 3 **val** får bytas ut mot: **val**, och om M1 är abstrakt mot en **lazy val**.
- 4 **var** får bara bytas ut mot en **var**.
- 5 **lazy val** får bara bytas ut mot en **lazy val**.
- 6 Om en medlem i en supertyp är abstrakt *behöver* man inte använda nyckelordet **override** i subtypen. (Men det är bra att göra det ändå så att kompilatorn hjälper dig att kolla att du verkligen överskuggar något.)
- 7 Om en medlem i en supertyp är konkret *måste* man använda nyckelordet **override** i subtypen, annars ges kompileringsfel.
- 8 M1 får inte vara **final**.
- 9 M1 får inte vara **private** eller **private[this]**, men kan vara **private[X]** om M2 också är **private[X]**, eller **private[Y]** om X innehåller Y.
- 10 Om M1 är **protected** måste även M2 vara det.

Fördjupning: Regler för överskuggning i Java

`http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/IandI/override.html`

super

Att skilja på mitt och ditt med super

```
1 scala> class X { val gurka = "super pepinos" }
2
3 scala> class Y extends X {
4     override val gurka = ":(("
5     val sg = super.gurka
6 }
7
8 scala> val y = new Y
9 y: Y = Y@26ba2a48
10
11 scala> y.gurka
12 res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

Att skilja på mitt och ditt med super

```
1 scala> class X { val gurka = "super pepinos" }
2
3 scala> class Y extends X {
4     override val gurka = ":(("
5     val sg = super.gurka
6 }
7
8 scala> val y = new Y
9 y: Y = Y@26ba2a48
10
11 scala> y.gurka
12 res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

```
scala> y.sg
res1: String = super pepinos
```

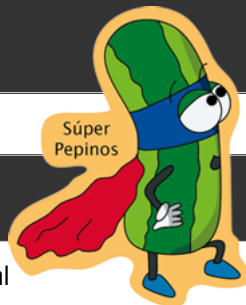

Att skilja på mitt och ditt med super

```
1 scala> class X { val gurka = "super pepinos" }
2
3 scala> class Y extends X {
4     override val gurka = ":(("
5     val sg = super.gurka
6 }
7
8 scala> val y = new Y
9 y: Y = Y@26ba2a48
10
11 scala> y.gurka
12 res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

```
scala> y.sg
res1: String = super pepinos
```

www.pepinadas.com/tirassuper1.html



Trait eller abstrakt klass?

Trait eller abstrakt klass?

Använd en **trait** som supertyp om...

- ...du är osäker på vilket som är bäst. (Du kan alltid ändra till en abstrakt klass senare.)
- ...du vill kunna mixa in din trait tillsammans med andra traits.
- ...du bara har abstrakta medlemmar.

Använd en **abstract class** som supertyp om...

- ...du vill ge supertypen en parameter vid konstruktion.
- ...du vill ärva supertypen från klasser skrivna i Java.
- ...du vill minimera vad som behöver omkompileras vid ändringar.

Nästa vecka: kontrollskrivning

Obl. kontrollskrivning: 25/10 kl 14:00-19 Gasquesalen

Kontrollskrivningen motsvarar i omfång en **halv** ordinarie tentamen och är uppdelad i två delar; del A och del B.

- Del A omfattar 20% av den maximala poängsumman och innehåller uppgifter med korta svar (likt övningarna): "ange typ och värde".
- Del B omfattar 80% av den maximala poängsumman och innehåller uppgifter med svar i form av kod.
- Maximal poäng på kontrollskrivningen är 50p. (Ordinarie tenta 100p)
- Om du erhåller p poäng på kontrollskrivningen bidrar du med $(p / 10.0) . \text{round}$ i individuell bonuspoäng inför sammanräkningen av samarbetsbonus.
- Din samarbetsbonus är medelvärde av poängen från dig och de av dina gruppmedlemmar som skriver kontrollskrivningen enligt denna beräkning:

```
def collaborationBonus(points: Seq[Int]): Int =  
    (points.sum / points.size.toDouble).round.toInt
```

- Samarbetsbonus motsvarar max 5% av totala ordinarie tentapoäng.
- Samarbetsbonus påverkar inte om du blir godkänd på tentan, men kan påverka vilket betyg du får.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

Medtag:

legitimation, penna blyerts, penna i avvikande färg helst röd, ev. förtäring och **Scala Quickref/Java Snabbref**.

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna**.
 - Du löser uppgifterna individuellt med blyertspenna.
 - När du är klar lämnar du in alla dina svar.
- Moment 2: **Parvis kamraträttning**.
- Moment 3: **Bedömning av rättning**.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna.**
- Moment 2: **Parvis kamraträttning.**
 - Ni sätter er parvis och får ut rättningsmallen som ni läser.
 - Efter ca 10 minuter får ni ut två andra personers skrivningar som ni rättar enligt anvisningarna i rättningsmallen.
 - Medtag och använd penna med avvikande färg, helst röd.
 - När rättningstiden är slut samlar vi in alla rättade skrivningarna.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna.**
- Moment 2: **Parvis kamraträttning.**
 - Ni sätter er parvis och får ut rättningsmallen som ni läser.
 - Efter ca 10 minuter får ni ut två andra personers skrivningar som ni rättar enligt anvisningarna i rättningsmallen.
 - Medtag och använd penna med avvikande färg, helst röd.
 - När rättningstiden är slut samlar vi in alla rättade skrivningarna.
- Moment 3: **Bedömning av rättning.**
 - Du får hämta din egen skrivning och titta på rättningen.
 - Är du nöjd med rättningen lämnar du bara tillbaka skrivningen igen.
 - Är du inte nöjd med rättningen kontakter du skrivningsansvarig genom handuppräckning.

Plugga på kontrollskrivning

- Träffas och plugga i samlarbetsgrupperna.
- Hjälp varandra med det som är svårt.
- Träna på att skriva kod på papper.
- Gör övningarna.
- Repetera laborationerna.
- Läs föreläsningssanteckningarna.
- Studera Scala Quickref MYCKET NOGA så att du vet vad som är givet och var det står så att du kan hitta det du behöver snabbt.
- Se sidan 329 i kompendiet (tips inför ordinarie tenta)

Veckans uppgifter

Övning: traits, ev. prioritera uppg. 1, 2, 3, 6, 10, 11

- Förstå följande begrepp: supertyp, subtyp, basstyp, abstrakt typ, polymorfism.
- Kunna deklarerar och använda en arvshierarki i flera nivåer med nyckelordet **extends**.
- Kunna deklarerar och använda inmixning med flera traits och nyckelordet **with**.
- Kunna deklarerar och känna till nyttan med finala klasser och finala attribut och nyckelordet **final**.
- Känna till synlighetsregler vid arv och nyttan med privata och skyddade attribut.
- Kunna deklarerar och använda skyddade attribut med nyckelordet **protected**.
- Känna till hur typtester och typkonvertering vid arv kan göras med metoderna `isInstanceOf` och `asInstanceOf` och känna till att detta görs bättre med **match**.
- Känna till begreppet anonym klass.
- Kunna deklarerar och använda överskuggade metoder med nyckelordet **override**.
- Känna till reglerna som gäller vid överskuggning av olika sorters medlemmar.
- Kunna deklarerar och använda hierarkier av klasser där konstruktorparametrar överförs till superklasser.
- Kunna deklarerar och använda uppräknade värden med case-objekt och gemensam basstyp.

Instruktioner Grupplaboration

- Diskutera i din samarbetsgrupp hur ni ska dela upp koden mellan er i flera olika delar, som ni kan arbeta med var för sig. En sådan del kan vara en klass, en trait, ett objekt, ett paket, eller en funktion.
- Varje del ska ha en *huvudansvarig* individ.
- Arbetsfördelningen ska vara någorlunda jämnt fördelad mellan gruppmedlemmarna.
- När ni redovisar er lösning ska ni börja med att redogöra för handledaren hur ni delat upp koden och vem som är huvudansvarig för vad.
- Den som är huvudansvarig för en viss del redovisar den delen.
- Grupplaborationer görs i huvudsak som hemuppgift. Salstiden används primärt för redovisning.

Grupplaboration: turtlerace-team

- Kunna skapa och använda arvshierarkier och förstå dynamisk bindning.
- Kunna skapa använda en trait som bastyp i en arvshierarki.