# Testiranje razdiobe bioloških podataka u R-u

Lucija Kanjer, e-mail: lucija.kanjer@biol.pmf.hr

2024-11-11

# Sadržaj praktikuma

- Uvod u rad u programskom okruženju R i osnovne funkcije, instaliranje programskih paketa
- Unos podataka u programsko okruženje R, struktura objekata
- Rad s objektima i podacima te definiranje bioloških varijabli u R-u
- ***Grafički prikaz bioloških podataka i testiranje razdiobe podataka u R-u***
- Primjeri osnovnih statističkih analiza kategoričkih i numeričkih varijabli u biološkim istraživanjima u R-u
- Regresije i korelacije, linearni modeli bioloških podataka – primjeri u R-u
- Primjena parametrijskih statističkih testova bioloških podataka u R-u
- Primjena neparametrijskih statističkih testova bioloških podataka u R-u
- Primjeri multivarijatnih analize bioloških podataka u R-u - linearni modeli, klaster analize i ordinacijske analize

# Sadržaj ove vježbe

Grafički prikazi

- Faktori u R-u - organizacija kategoričkih varijabli
- izvoz (eksportiranje) grafa u dokument

Testiranje razdiobe bioloških varijabli

- histogram
- Q-Q plot
- Shapiro-Wilk test
- Cullen and Fray graf

# Otvorite skriptu!

Materijali za ovu vježbu se nalaze na GitHub repoziroriju **APBI_2024** u mapi **05_Testiranje razdiobe**.

https://github.com/lucijakanjer/APBI_2024

# Skripra `05_Testiranje razdiobe.R`

```
# Instalacija novih paketa
# install.packages() - popunite za pakete koje nemate, pazite navodnike!

# Učitavanje potrebnih paketa
library(fitdistrplus) # za fit-atanje ditribucije
```

```
## Loading required package: MASS
```

```
## Loading required package: survival
```

```
library(ggplot2) # za crtanje grafova
library(dplyr) # za manipulaciju tablicama
```

```
##
## Attaching package: 'dplyr'
```

```
## The following object is masked from 'package:MASS':
##
##     select
```

# Postavite radni direktorij

```
# Postavljanje radnog direktorija
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/Hrvoje/Documents/APUBI/05_Testiranje_razdiobe"
```

Primjer:

```
setwd("C:/Users/Računalo/Documents/ime_prezime/vjezba_5")
```

# Ribe - novi set podataka

```r
# Učitavanje seta podataka o ribama u jezerima grada Zagreba
ribe <- read.csv("ribe.csv", header = TRUE)

# Pregledajte set podataka!
str(ribe)
```

```
## 'data.frame':    30 obs. of  9 variables:
##  $ duljina_cm      : num  30.5 28.1 28.7 37.9 36.8 ...
##  $ velicina_ribe   : chr  "subadultna" "subadultna" "subadultna" "adultna" ...
##  $ masa_g          : num  65.8 53.1 35.7 73.1 73.1 ...
##  $ brzina_plivanja : num  2.95 2.13 2.81 2.18 2.41 1.24 2.32 2.04 1.74 2.1 ...
##  $ starost_riba    : num  6.46 51.61 8.52 3.27 10.35 ...
##  $ broj_jaja       : int  129 96 87 105 96 108 109 117 83 98 ...
##  $ broj_parazita   : int  6 4 4 4 6 7 2 5 3 5 ...
##  $ temperatura_vode: num  11.9 12.8 18.1 15.9 15.9 ...
##  $ jezero          : chr  "Bundek" "Bundek" "Maksimir" "Maksimir" ...
```

# Ponovimo tipove varijabli

- **numeric** = numerička kontinuirana varijabla
- **chraracter** = tekstualna (kategorička) varijabla
- **integer** = numerička diskretna (cjelobrojna) varijabla
- **factor** = ???

# Uvijek pogledajmo kako izgleda tablica!

```
print(ribe)
```

```
##    duljina_cm velicina_ribe masa_g brzina_plivanja starost_riba broj_jaja
## 1       30.46    subadultna  65.76            2.95         6.46       129
## 2       28.13    subadultna  53.12            2.13        51.61        96
## 3       28.71    subadultna  35.74            2.81         8.52        87
## 4       37.86       adultna  73.11            2.18         3.27       105
## 5       36.78       adultna  73.11            2.41        10.35        96
## 6       28.66    subadultna  33.10            1.24         0.20       108
## 7       33.02    subadultna  47.96            2.32         1.61       109
## 8       26.06    subadultna  96.88            2.04         2.79       117
## 9       25.92    subadultna  65.09            1.74        26.00        83
## 10      33.64    subadultna  50.12            2.10         1.91        98
## 11      29.32    subadultna 117.74            1.75        15.24        96
## 12      29.02    subadultna  38.22            2.03         7.10        99
## 13      26.43    subadultna  94.10            2.98         5.67        96
## 14      23.72     juvenilna  62.16            2.31        16.80        83
## 15      23.85     juvenilna  39.36            1.86        29.57       119
## 16      26.80    subadultna  44.38            1.98         6.00        92
## 17      25.46    subadultna  66.93            2.49         5.29       105
## 18      36.05       adultna  88.67            2.65        16.90       101
## 19      34.30    subadultna  30.60            2.25        10.89       123
```

# Faktori u R-u - organizacija kategoričkih varijabli

U R-u, faktori su strukture podataka koje se koriste za predstavljanje **kategoričkih podataka**, kao što su spol, razine obrazovanja ili bilo koja kvalitativna karakteristika s ograničenim skupom vrijednosti (koji se nazivaju razinama).

Faktori su posebna vrsta vektora koji pohranjuju ove kategoričke vrijednosti kao cjelobrojne kodove (***integers***), ali prikazuju razine kao nizove, što ih čini korisnim za statističku obradu i vizualizaciju podataka.

# Ključne karakteristike faktora

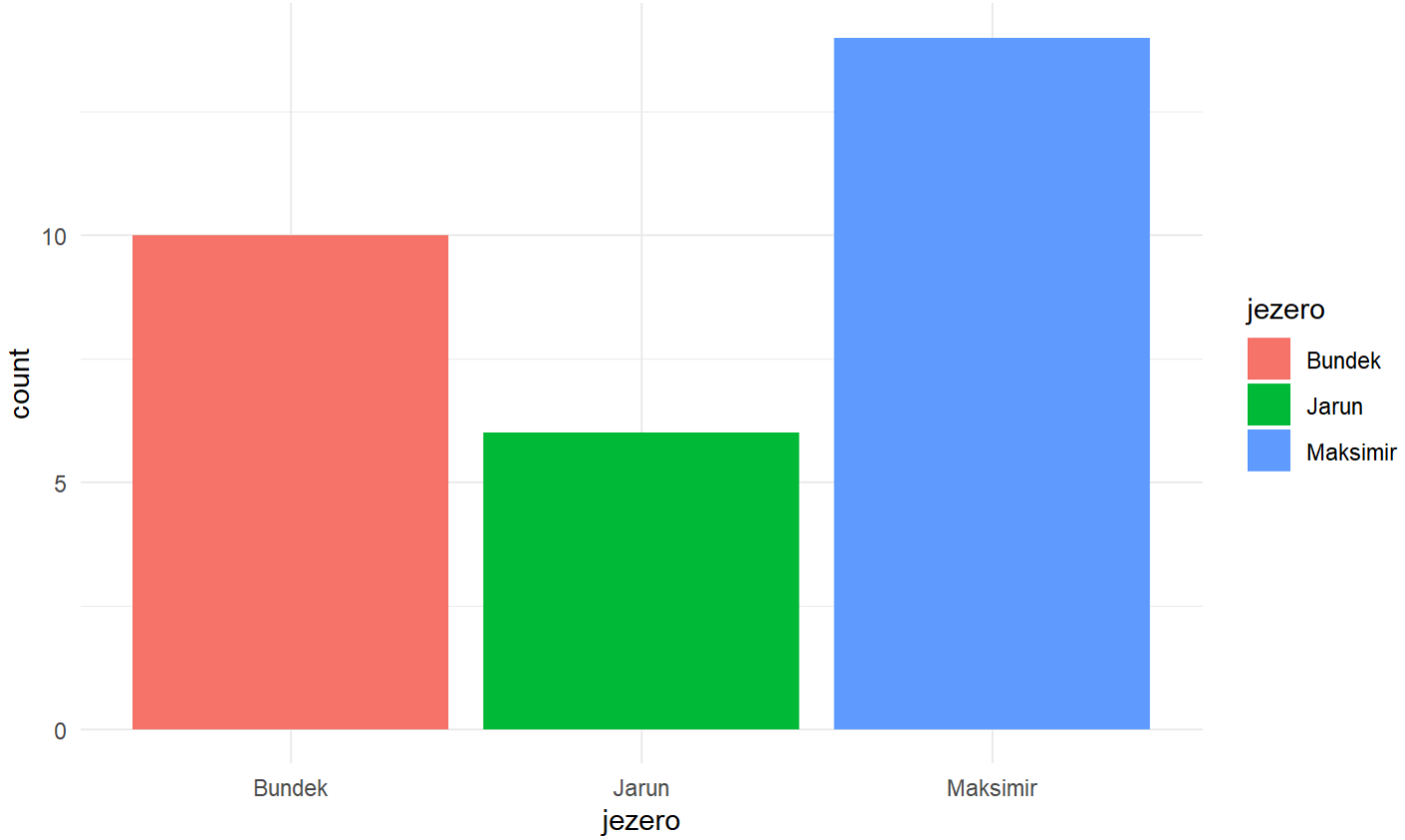
- Razine (***levels***): Ovo su jedinstvene vrijednosti koje faktor može poprimiti. Na primjer, faktor “Spol” može imati razine “Muški” i “Ženski”.
- Redoslijed: Faktori mogu biti neuređeni ili uređeni (***ordered***). Poredani faktori održavaju poredak ili hijerarhiju među razinama, korisni za redne podatke kao što su “Nisko”, “Srednje”, “Visoko”.
- Interno pohranjeni kao cijeli brojevi (***integers***): Svaka razina se interno preslikava na cjelobrojnu vrijednost, što faktore čini memorijski učinkovitima.

*Koje kategoričke varijable nalazimo u setu podataka o ribama?*

*Koja varijabla je nomimalna, a koja ordinalna?*

# Nominalna kategorička varijabla

```
### Nominalna kategorička varijabla - broj riba po jezerima
ggplot(ribe, aes(x = jezero)) + geom_bar(aes(fill = jezero)) + theme_minimal()
```



# Abecedni redoslijed - zadani prikaz u R-u

```
# Koji je problem? R crta kategorije abecednim redom!
# Provjerite tip varijable jezero!
class(ribe$jezero)
```

```
## [1] "character"
```

```
str(ribe$jezero)
```

```
##  chr [1:30] "Bundek" "Bundek" "Maksimir" "Maksimir" "Maksimir" "Bundek" ...
```

# Narebda `factor()`

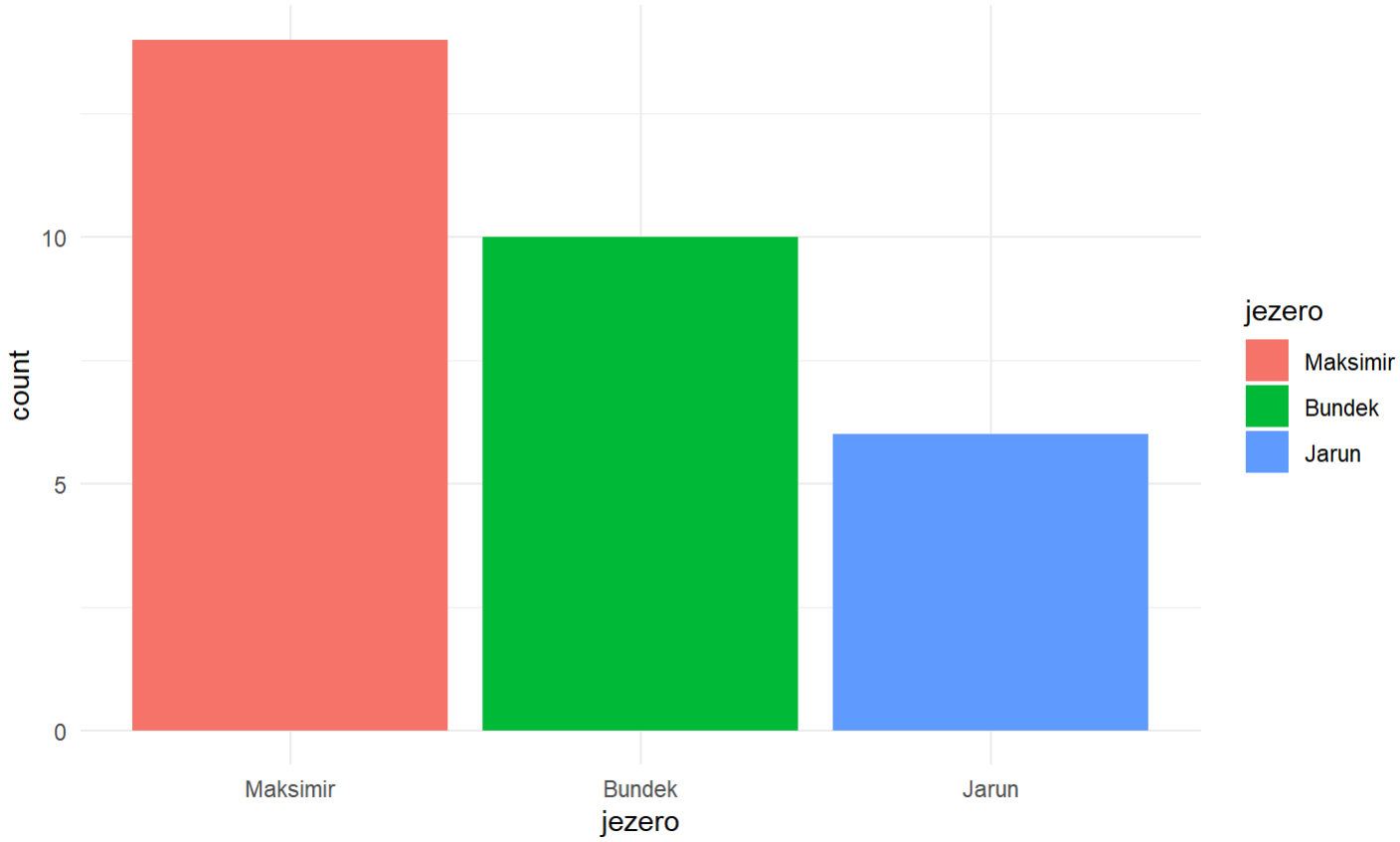
```
# Koristimo naredbu factor() da postavimo padajući poredak varijable jezero
ribe$jezero <-
  factor(ribe$jezero,
         levels = names(sort(table(ribe$jezero), decreasing = TRUE)))

# Ponovo provjerite tip varijable i nacrtajte barplot! Što se promjenilo?
class(ribe$jezero)
```

```
## [1] "factor"
```

```
str(ribe$jezero)
```

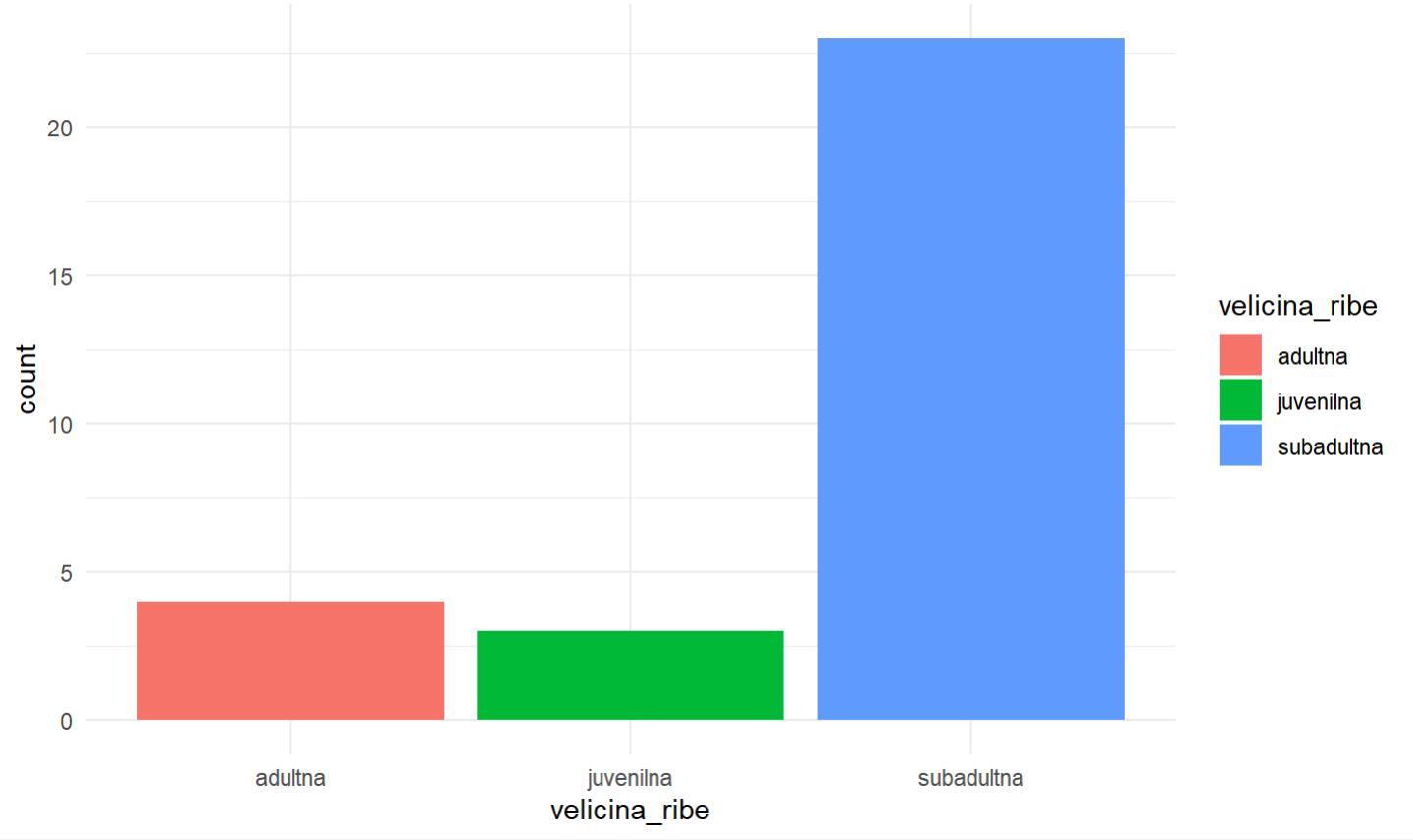
```
##  Factor w/ 3 levels "Maksimir","Bundek",..: 2 2 1 1 1 2 1 3 1 3 ...
```

```
ggplot(ribe, aes(x = jezero)) + geom_bar(aes(fill = jezero)) + theme_minimal()
```



# Ordinalna kategorička varijabla

```
### Ordinalna kategorička varijabla - broj riba po veličinskoj kategoriji
graf_velicina <- ggplot(ribe, aes(x = velicina_ribe)) +
  geom_bar(aes(fill = velicina_ribe)) + theme_minimal()
print(graf_velicina)
```



```r
# Provjerite tip varijable velicina_riba!
class(ribe$velicina_ribe)
```

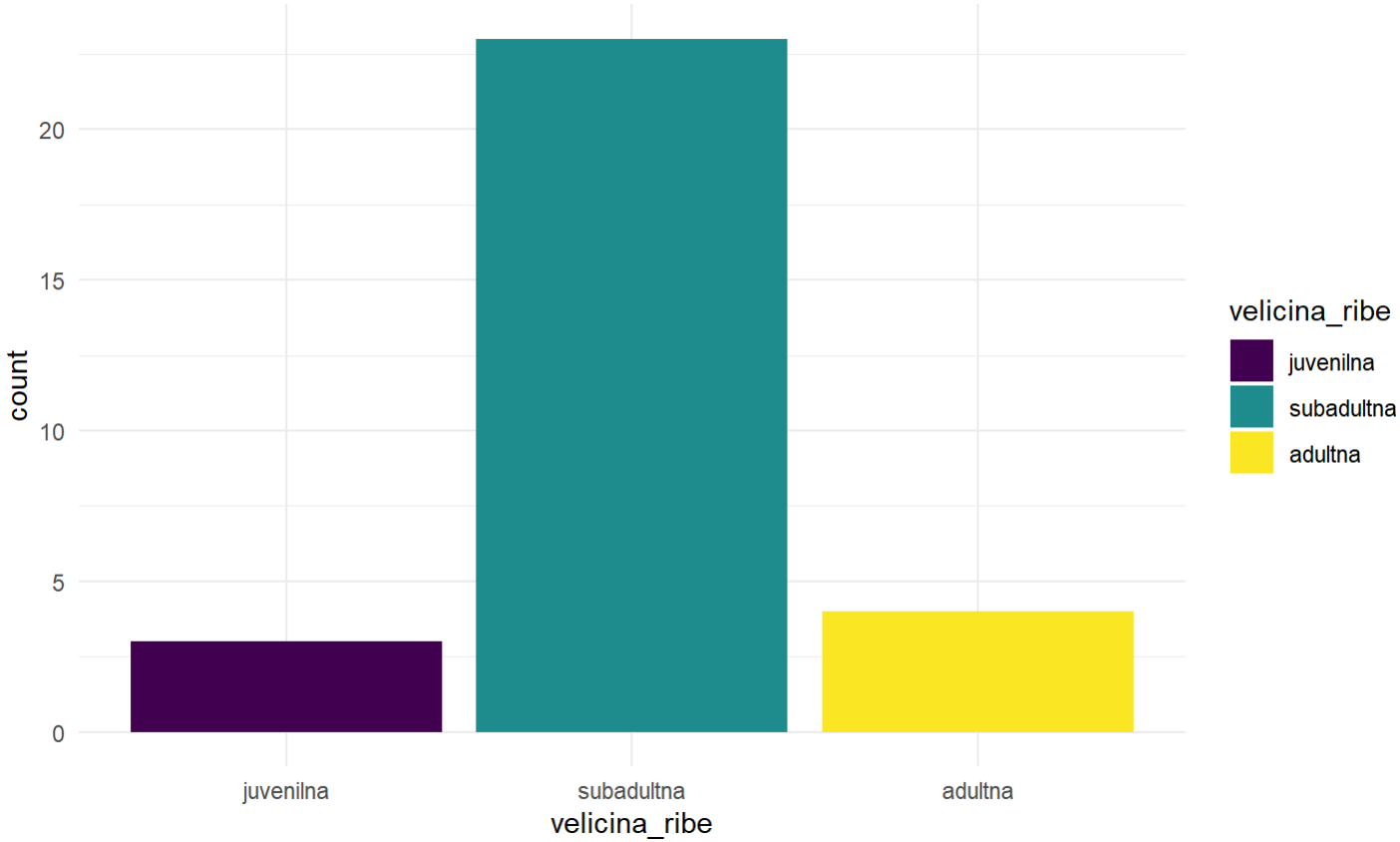
```
## [1] "character"
```

```r
str(ribe$velicina_ribe)
```

```
##  chr [1:30] "subadultna" "subadultna" "subadultna" "adultna" "adultna" ...
```

```r
# Koristimo naredbu factor() da ručno uredimo poredak ove ordinalne kategoričke varijable
ribe$velicina_ribe <-
  factor(ribe$velicina_ribe,
         levels = c("juvenilna", "subadultna", "adultna"), ordered = TRUE)
```

```r
# Ponovo provjerite tip varijable i nacrtajte barplot! Što se promjenilo?
graf_velicina <- ggplot(ribe, aes(x = velicina_ribe)) +
  geom_bar(aes(fill = velicina_ribe)) + theme_minimal()
print(graf_velicina)
```



# Eksport grafa iz ggplot-a

```
### Eksportiranje ggplot grafa kao slike ili PDF dokumenta

ggsave(filename = "graf_velicina.jpg", # naziv JPG slike
       plot = graf_velicina, # koji objekt želimo eksportirati
       width = 8, height = 6, # dimenzije u inčima
       dpi = 300) # dots per inch

ggsave(filename = "graf_velicina.pdf", # naziv JPG slike
       width = 8, height = 6, # dimenzije u inčima
       device = cairo_pdf) # naziv metode eksporta za PDF

# Je li ova veličina grafa dobra za A4 dokument?
# Izmjenite dimenzije tako da se font i podaci jasno vide!
```

# Normalna distribucija

Mnogi statistički testovi oslanjaju se na nešto što se zove **pretpostavka normalnosti**.

Ova pretpostavka kaže da ako prikupimo mnogo neovisnih nasumičnih uzoraka iz populacije i izračunamo neku vrijednost od interesa (kao što je srednja vrijednost uzorka), a zatim izradimo histogram za vizualizaciju distribucije srednjih vrijednosti uzorka, trebali bismo promatrati savršenu zvonastu krivulju.

Mnoge statističke tehnike donose ovu pretpostavku o podacima, uključujući:

1. **t-test**: Pretpostavlja se da su podaci uzorka normalno distribuirani.
2. **ANOVA**: Pretpostavlja se da su reziduali iz modela normalno raspoređeni.
3. **Linearna regresija**: Pretpostavlja se da su reziduali iz modela normalno raspoređeni.

Ako se ova **pretpostavka normalnosti**, tada rezultati testova postaju nepouzdani i ne možemo s pouzdanjem generalizirati svoje zaključke iz podataka uzorka na cjelokupnu populaciju. Zbog toga je važno provjeriti je li ova pretpostavka ispunjena.

Postoje dva uobičajena načina za provjeru je li ova pretpostavka normalnosti ispunjena:

1. Vizualizirajte normalnost (histogram, Q-Q plot)

2. Izvedite formalni statistički test (Shapiro-Wilk test, …)

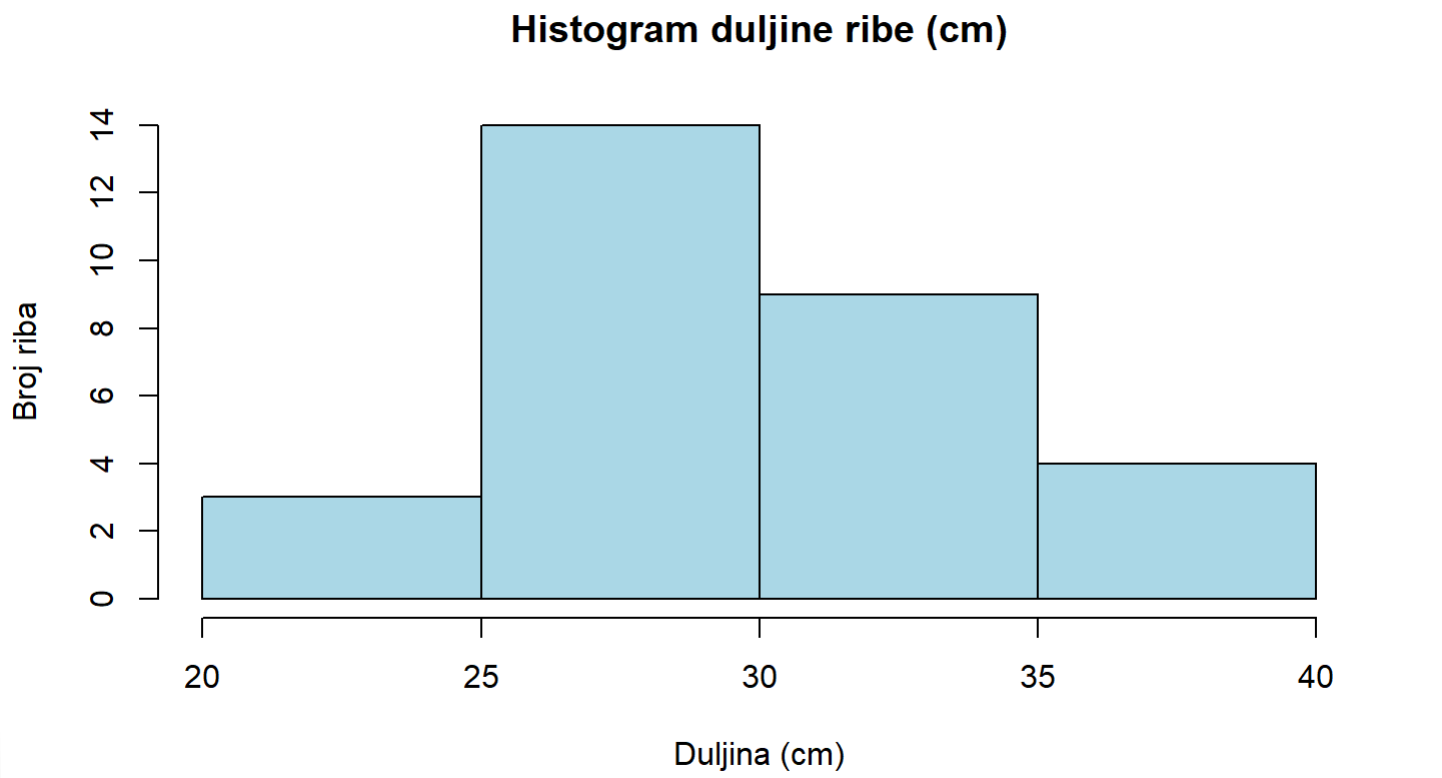
# Ispitivanje normalnosti ditribucije

U ovoj vježbi

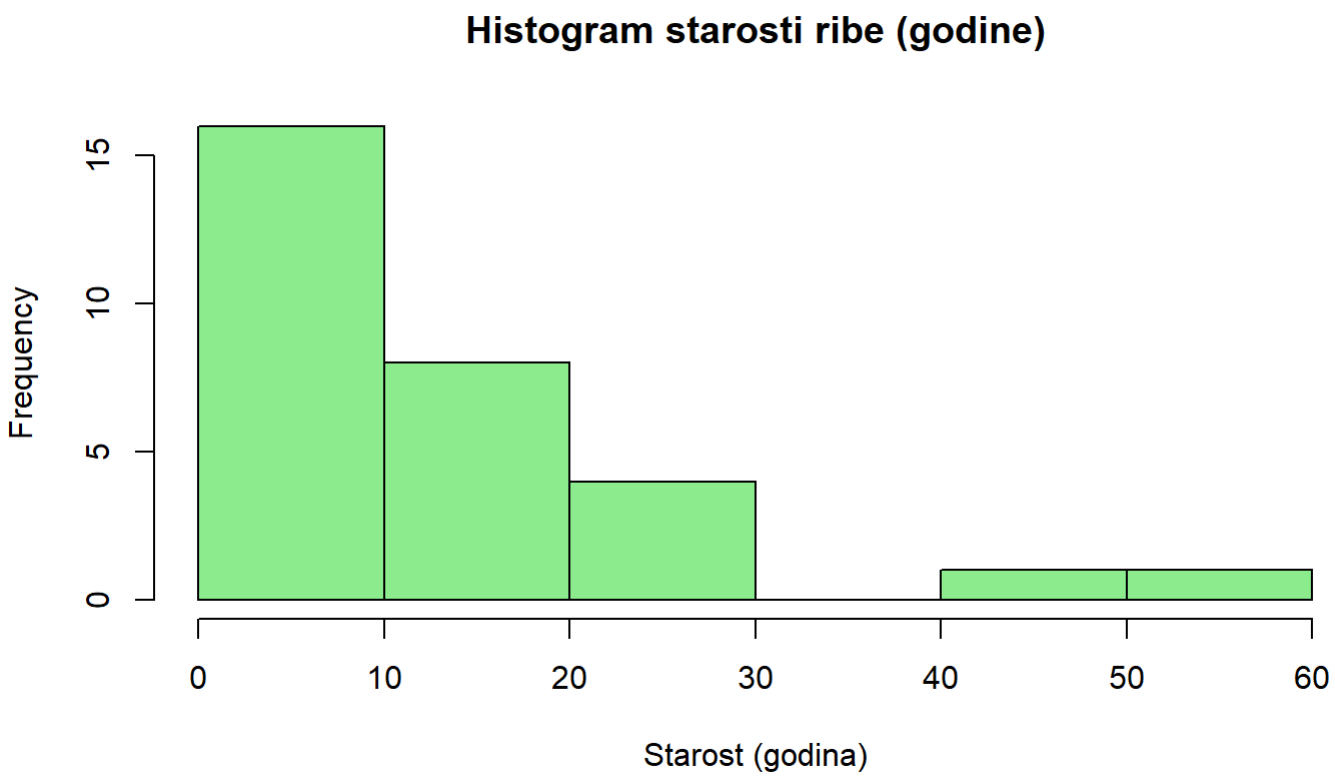
1. Histogram
2. Q-Q plot
3. Shapiro-Wilk test
4. Cullen-Fray plot

# 1. Histogram

```
# Ispitivanje normalnosti distribucije za duljinu riba

# 1. Histogram duljine riba
hist(ribe$duljina_cm, main = "Histogram duljine ribe (cm)",
     xlab = "Duljina (cm)", ylab = "Broj riba", col = "lightblue", border = "black")
```



```r
# Histogram starosti riba
hist(ribe$starost_riba, main = "Histogram starosti ribe (godine)",
     xlab = "Starost (godina)", col = "lightgreen", border = "black")
```

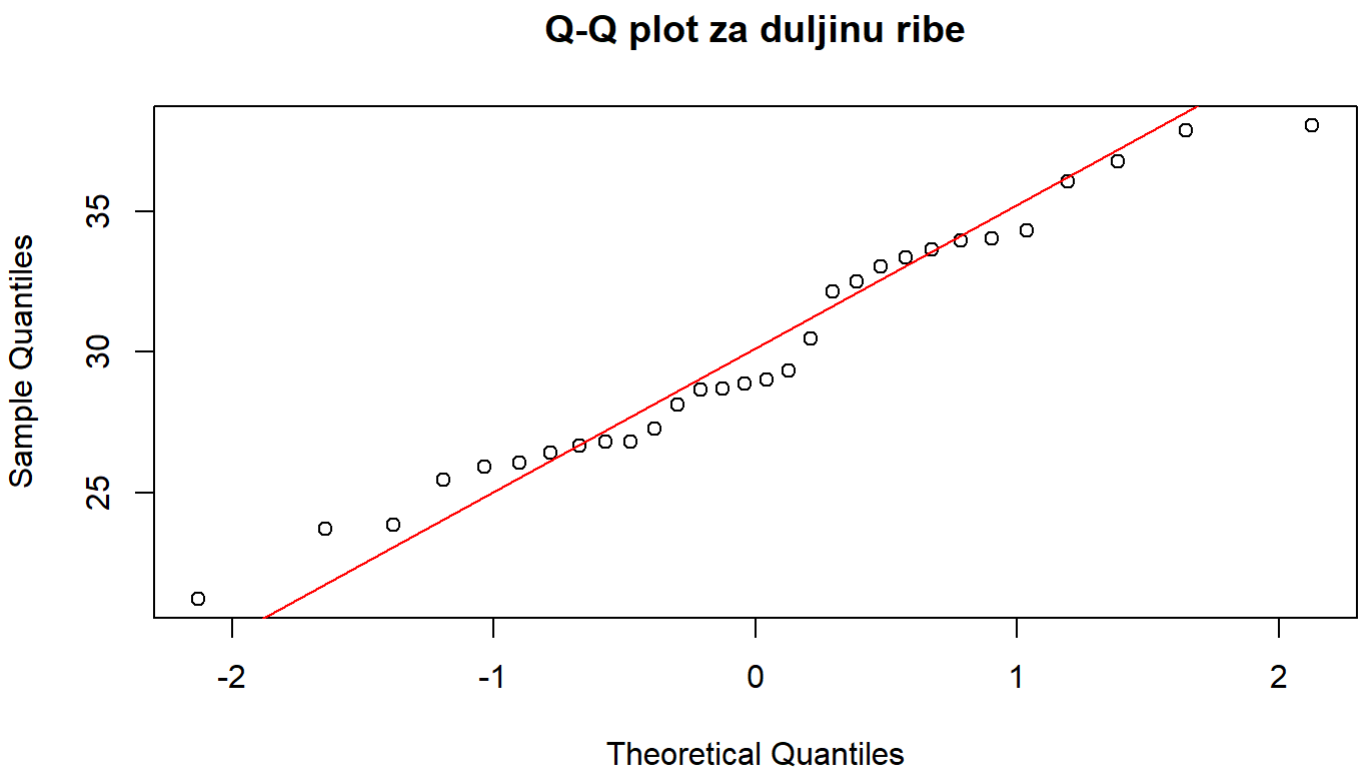



Koju razliku primjećijete između dva histograma?

# 2. Q-Q plot

- **Q-Q plot (Quantile-Quantile plot)** je grafički alat koji pomaže u procjeni da li skup podataka slijedi određenu distribuciju, najčešće normalnu.
- Na grafu su naneseni kvantili podataka iz uzorka (na y-osi) u odnosu na kvantile teoretske distribucije (na x-osi) koju želimo provjeriti (u ovom slučaju, normalnu distribuciju).
- Ako podaci prate normalnu distribuciju, točke na Q-Q grafu bi trebale slijediti približno ravnu liniju.

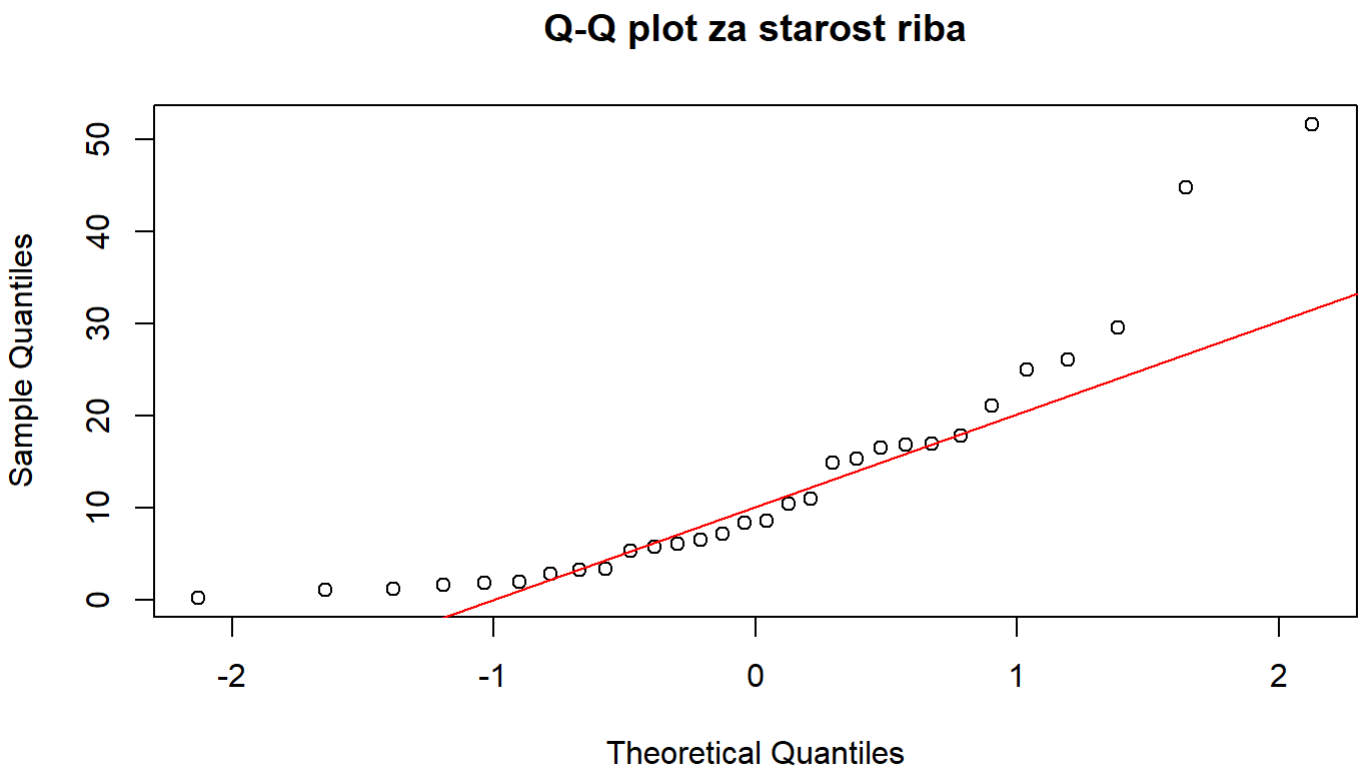
```r
# 2. Q-Q plot
qqnorm(ribe$duljina_cm, main = "Q-Q plot za duljinu ribe")
qqline(ribe$duljina_cm, col = "red")
```



# Interpretacija Q-Q plota za duljinu ribe (`duljina_cm`)

- Ako je `duljina_cm` varijabla koja bi trebala biti normalno distribuirana, tada će točke na grafu pratiti ravnu liniju (naznačenu crvenom bojom) kroz čitav raspon podataka.
- Odstupanja od linije (posebno značajna odstupanja na početku ili kraju skale) ukazuju na to da podaci odstupaju od normalne distribucije.
- Na grafu možemo očekivati da će točke većinom pratiti liniju, uz manja odstupanja zbog slučajnih varijacija u uzorku.

```r
qqnorm(ribe$starost_riba, main = "Q-Q plot za starost riba")
qqline(ribe$starost_riba, col = "red")
```




```r
# Koju razliku primjećujete u izgledima Q-Q plota?
```

# Interpretacija Q-Q plota za starost ribe (`starost_riba`)

- Varijabla `starost_riba` je eksponencijano distribuirana distribuirana, što znači da njezini podaci neće imati normalnu distribuciju. Umjesto toga, podaci su pozitivno asimetrični – koncentrirani su bliže nuli i imaju dugu desnu stranu raspodjele.
- Na Q-Q plotu, eksponencijalno distribuirani podaci obično pokazuju značajna odstupanja od crvene linije (posebno u desnom kraju raspona), jer kvantili eksponencijalne distribucije ne odgovaraju kvantilima normalne distribucije.

# 3. Shapiro-Wilk test

Shapiro-Wilk test koristi se za procjenu normalnosti distribucije podataka. Ovaj test daje p-vrijednost, na temelju koje možemo donijeti zaključak o tome jesu li podaci iz uzorka normalno distribuirani.

Tumačenje rezultata Shapiro-Wilk testa

Hipoteze testa:

- Nulta hipoteza ($H_0$): Podaci su normalno distribuirani.
- Alternativna hipoteza ($H_1$): Podaci nisu normalno distribuirani.

p-vrijednost:

- Ako je p-vrijednost > 0.05: Nema dovoljno dokaza da odbacimo nultu hipotezu. To znači da podaci mogu biti normalno distribuirani (prihvatamo pretpostavku normalnosti).
- Ako je p-vrijednost ≤ 0.05: Postoje značajni dokazi protiv nulte hipoteze, što znači da podaci vjerojatno nisu normalno distribuirani (odbijamo pretpostavku normalnosti).

```r
# 3. Shapiro-Wilk test
shapiro.test(ribe$duljina_cm)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  ribe$duljina_cm
## W = 0.96505, p-value = 0.414
```

```r
shapiro.test(ribe$starost_riba)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  ribe$starost_riba
## W = 0.83155, p-value = 0.0002609
```

```r
# Za koju varijablu je Shapiro-Wilk test značajan? Što to znači?
```

**Shapiro-Wilk test je posebno koristan za manje uzorke**, jer daje dobar uvid u normalnost podataka.

U ovom slučaju:

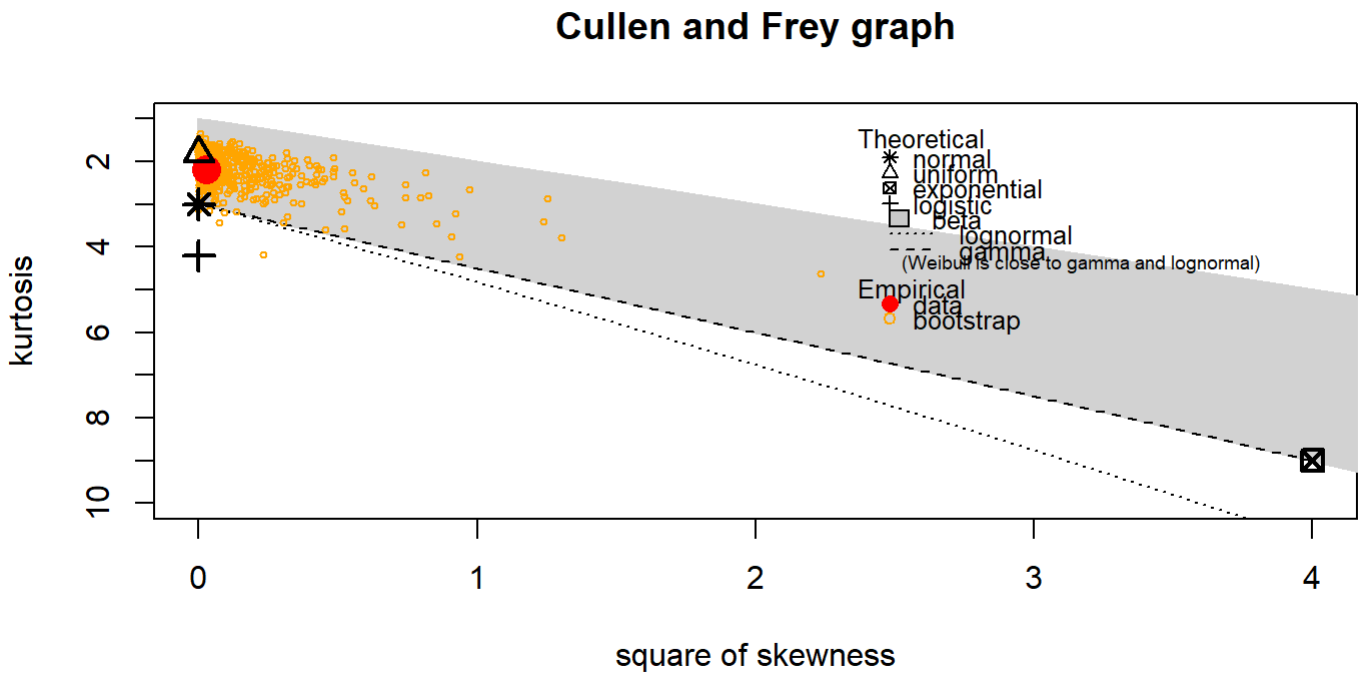
- duljina riba je normalno distribuirana varijabla jer je p-vrijednost = 0.414 što je veće od 0.05
- starost ribe nije normalno distribuirana varijabla jer je p-vrijednost = 0.0002609, što je manje od 0.05

**Napomena:** Za veće uzorke, Shapiro-Wilk test može biti previše osjetljiv i pokazivati značajna odstupanja čak i kod blagih odstupanja od normalnosti.

# 4. Cullen and Fray graf

- Cullen-Fray graf je vizualni alat za procjenu distribucije podataka i koristi se u funkciji `descdist()` iz R paketa `fitdistrplus`.
- Ovaj graf prikazuje **kurtosis** (koncentriranost) i **skewness** (nagnutost) podataka kako bi nam pomogao odrediti koja distribucija najbolje odgovara skupu podataka.
- Analizom gdje podaci “padaju” na ovom grafu, možemo usporediti njihovu poziciju s teoretskim distribucijama.

```
descdist(ribe$duljina_cm, boot = 500)
```

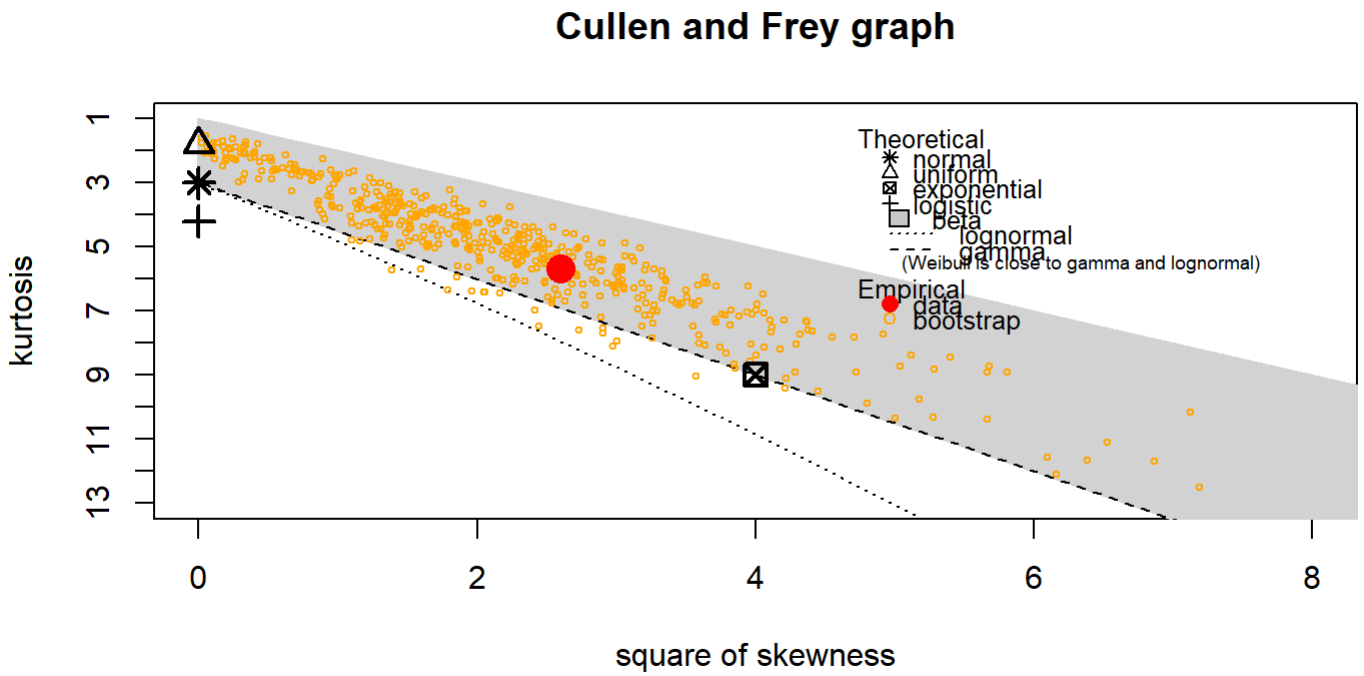



```
## summary statistics
## ------
## min:  21.24   max:  38.05
## median:  28.95
## mean:  29.96833
## estimated sd:  4.441661
## estimated skewness:  0.1611543
## estimated kurtosis:  2.190404
```

# Interpretacija rezultata za varijablu `duljina_cm` (normalna distribucija)

- Ako su točke blizu područja normalne distribucije (skewness ≈ 0 i kurtosis ≈ 3), to potvrđuje da podaci `duljina_cm` odgovaraju normalnoj distribuciji.
- Ako postoji mala varijacija, očekujemo da će se točke nalaziti blizu normalne distribucije, s manjim odstupanjima zbog slučajnih varijacija.

```
descdist(ribe$starost_riba, boot = 500)
```




```
## summary statistics
## ------
## min:  0.2   max:  51.61
## median:  8.435
## mean:  12.721
## estimated sd:  12.63815
## estimated skewness:  1.612995
## estimated kurtosis:  5.680622
```

# Interpretacija rezultata za varijablu `starost_riba` (eksponencijalna distribucija)

- Visoka vrijednost za skewness i umjereno visoka za kurtosis ukazuju na distribuciju s jednim dominantnim repom, što je karakteristično za eksponencijalnu distribuciju..
- Ako su točke blizu područja eksponencijalne distribucije, to potvrđuje da podaci `starost_riba` imaju karakteristike te distribucije, što je u skladu s očekivanom dugom desnom stranom i koncentracijom podataka bliže nuli.

# Eksportiranje grafova u base R-u

```r
# Eksportiranje grafova u base R-u
# Otvorite uređaj za PNG format
png("graf.png", width = 2000, height = 1500, res = 300)  # 'res' je parametar za dpi

# Nacrtajte graf
hist(ribe$duljina_cm, main = "Histogram duljine riba", xlab = "Duljina (cm)",
     col = "skyblue", border = "black")

# Zatvorite uređaj za izvođenje i spremite sliku
dev.off()
```

```
## png
##   2
```

# Zadaci

1.a Eksportirajajte napravljenje grafove, zalijepite ih u Word dokument.

1.b Objasnite svaki od korištenih grafova i testova.

2.a Napravite ispitivanje normalnosti za varijablu “brzina_plivanja”.

2.b Je li varijabla normalno distribuirana? Napravite dokument izvještaja.

3.a Napravite ispitivanje normalnosti za varijablu “broj_jaja”.

3.b Je li varijabla normalno distribuirana? Napravite dokument izvještaja.