

Znamo li protumačiti najčešće statističke pokazatelje?

Kujundžić Tiljak, Mirjana

Conference presentation / Izlaganje na skupu

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:120254>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine](#)
[Digital Repository](#)





Znamo li protumačiti najčešće statističke pokazatelje?

Doc.dr.sc. Mirjana Kujundžić Tiljak

*Katedra za medicinsku statistiku, epidemiologiju
i medicinsku informatiku*

Škola narodnog zdravlja “Andrija Štampar”

Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

INTERVALI POUZDANOSTI

INTERVAL POUZDANOSTI

(engl. CONFIDENCE INTERVAL)

= procijenjeni raspon vrijednosti koji najvjerojatnije uključuje nepoznati populacijski parametar, a računa se iz uzorka

95%, 90%, 99%, 99,9% ... **RAZINA POUZDANOSTI**
(engl. CONFIDENCE LEVEL)

$$= 1-\alpha$$

širina intervala pouzdanosti → preciznost procjene
(vrlo širok interval = potrebno je prikupiti još podataka)

INTERVALI POUZDANOSTI

GRANICE POUZDANOSTI

(engl. CONFIDENCE LIMITS)

= donje i gornje granične vrijednosti intervala pouzdanosti, tj. vrijednosti koje definiraju raspon intervala pouzdanosti

95%, 90%, 99%, 99,9%

UZORAK

statističke veličine →

POPULACIJA

parametri

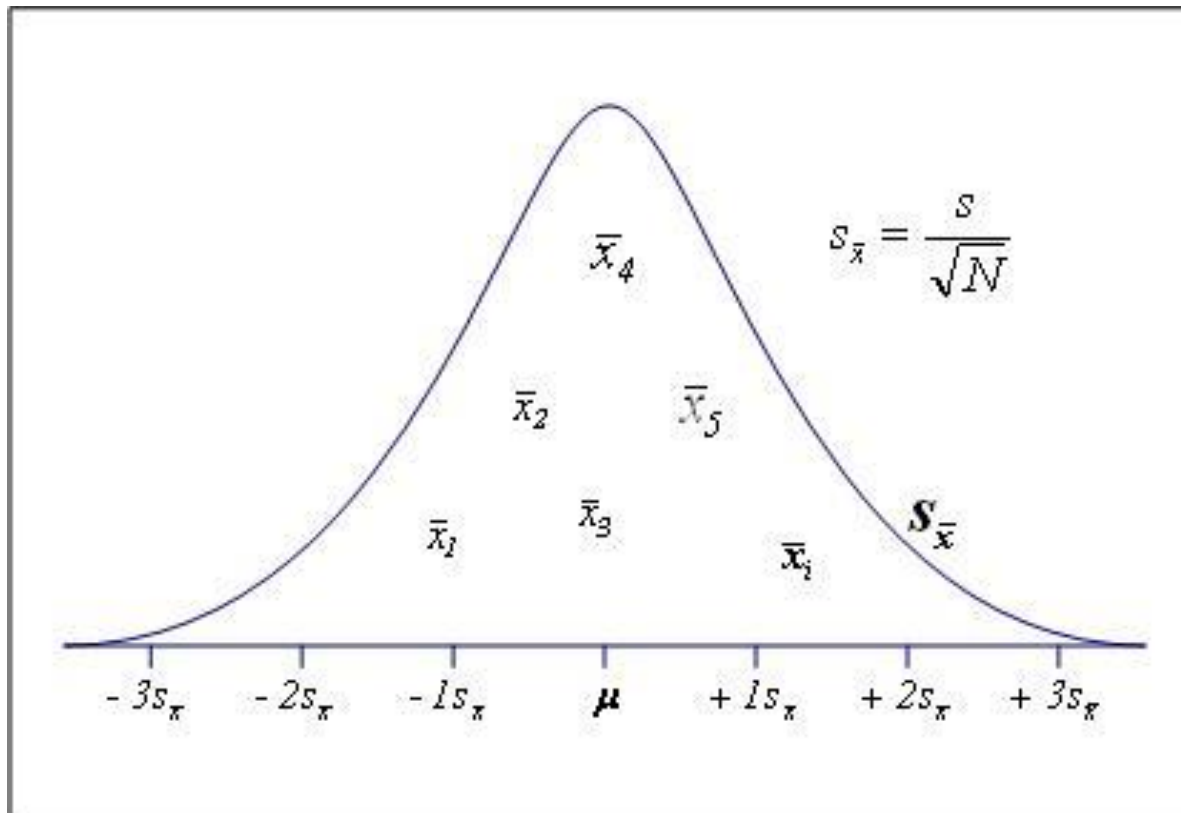
$\bar{X} \dots \mu$

$S \dots \sigma$

$p \dots \pi$

PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

CENTRALNI GRANIČNI TEOREM



PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

- **CENTRALNI GRANIČNI TEOREM**

= distribucija aritmetičkih sredina uzoraka iz jedne populacije bit će normalna i ako distribucija promatranog obilježja u populaciji nije normalna ukoliko su uzorci dovoljno veliki i ako je varijanca populacije (σ^2) konačan broj

PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

distribucija aritmetičkih sredina uzoraka:

aritmetička sredina = μ (aritmetička sredina populacije)

standardna devijacija = **standardna pogreška**

(engl. Standard Error of the Mean)

→ mjera preciznosti procjene

$$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPULACIJE

INTERVAL POUZDANOSTI (CI):

$$\bar{X} - z \cdot s_{\bar{X}} \leq \mu \leq \bar{X} + z \cdot s_{\bar{X}}$$

z = standardizirana vrijednost normalne raspodjele

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{X})}{s}$$

95% CI . . . z = 1,96

99% CI . . . z = 2,58

PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

- ? prosječna dob menarhe u Zagrebu uz vjerojatnost 95%

$$n = 2529$$

$$\bar{x} = 13,16 \text{ godina} \quad s = 1,18 \text{ godina}$$

$$s_{\bar{x}} = \frac{1,18}{\sqrt{2529}} = 0,023 \text{ godina}$$

$$13,115 \leq \mu \leq 13,205$$

PROCJENA PROPORCIJE POPUALACIJE

- proporcija jedinki u populaciji koje posjeduju određenu karakteristiku

n = veličina uzorka

p = proporcija uzorka

r = broj jedinki u uzorku koje posjeduju određenu karakteristiku

$$p = r/n$$

- distribucija proporcija uzoraka slijedi normalnu distribuciju sa srednjom vrijednosti π

PROCJENA PROPORCIJE POPUALACIJE

standardna pogreška proporcije

= standardna devijacija distribucije
proporcija uzoraka

$$s_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

→ mjera preciznosti procjene

PROCJENA PROPORCIJE POPULACIJE

INTERVAL POUZDANOSTI (CI):

$$p - z \cdot s_p \leq \pi \leq p + z \cdot s_p$$

z = standardizirana vrijednost normalne raspodjele

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s}$$

95% CI . . . z = 1,96

99% CI . . . z = 2,58

PROCJENA PROPORCIJE POPULACIJE

- ? Proporcija alergičnih reakcija u populaciji cijepljenih uz vjerojatnost 95%

$$n = 1000$$

$$p = 0,2$$

$$q = 0,8$$

$$s_p = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,8}{1000}} = 0,0126$$

$$0,175 \leq \pi \leq 0,225$$

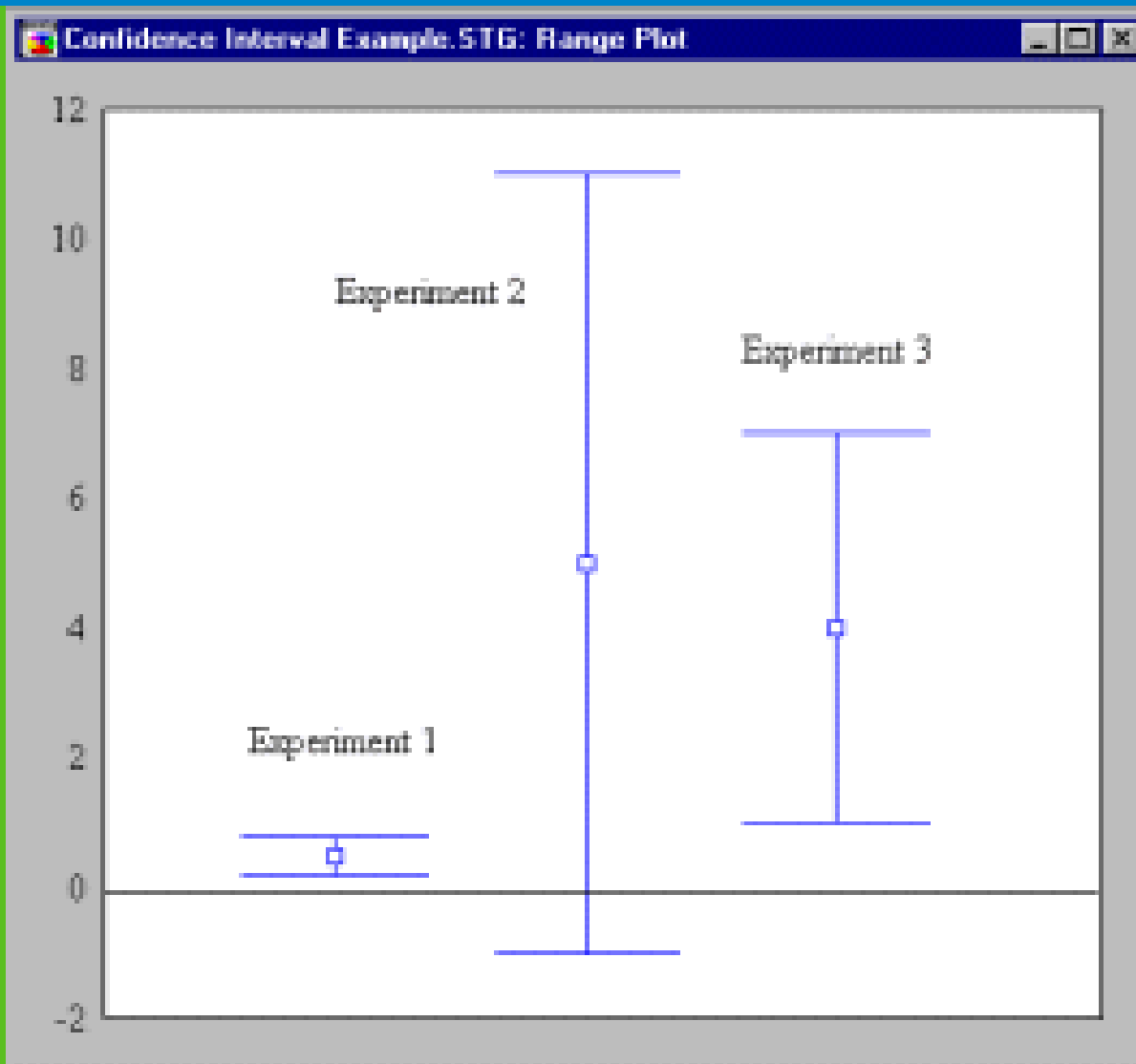
INTERVAL POUZDANOSTI RAZLIKE ARITMETIČKIH SREDINA

- granice intervala pouzdanosti → procjena **kliničke značajnosti** razlike aritmetičkih sredina

donja ili gornja granica intervala pouzdanosti **blizu 0**

→ prava razlika je vrlo mala i klinički beznačajna čak i kada rezultat statističkog testa ukazuje na statističku značajnost razlike

INTERVAL POUZDANOSTI RAZLIKE ARITMETIČKIH SREDINA



Eksperiment 1:

veliki uzorak

visoka preciznost

mali efekt razlike

Eksperiment 2:

neprecizno

premali uzorak

Eksperiment 3:

veći efekt razlike

manja preciznost

ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

(engl. POWER ANALYSIS)

statistički dizajn studije

- Kako velik uzorak je potreban za precizan i pouzdan statistički zaključak?
- Koliko je vjerojatno da će statistički test detektirati određeni efekt u specifičnoj situaciji?

ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

STATISTIČKI TEST ZNAČAJNOSTI – POGREŠKE:

- **Greška tipa I** = odbacujemo istinitu nul-hipotezu
 - α (alpha) = maksimalna šansa (vjerojatnost) da se načini greška tipa I = *razina značajnosti statističkog testa* → odbacujemo nul-hipotezu ako $P < \alpha$
 - moramo odlučiti koju vrijednost će imati α prije nego prikupljamo podatke → konvencionalna vrijednost je 0,05; restriktivnija vrijednost je 0,01


ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

- **Greška tipa II** = prihvaćamo neistinitu nul-hipotezu, i zaključujemo da nema efekta kada on stvarno postoji
 - β (beta) = šansa da se načini greška tipa II
- **$(1 - \beta)$ = snaga testa (“power”)**
 - = vjerojatnost odbacivanja neistinite nul-hipoteze, tj. šansa (u %) detektiranja, kao statistički značajnog, određenog realnog efekta liječenja

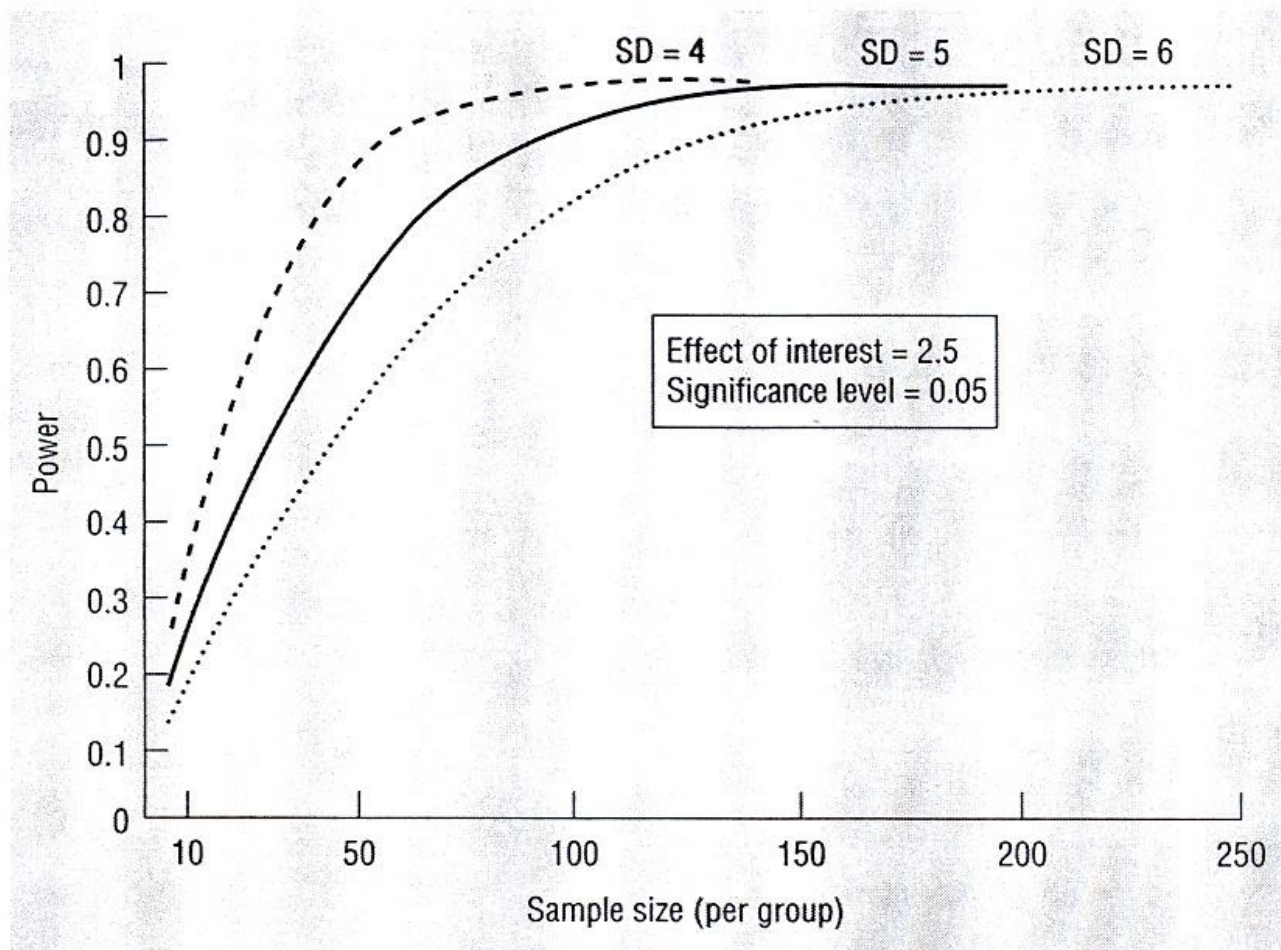
ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

- u stadiju planiranja istraživanja
- “dobar” test = snaga bi trebala biti barem **70-80%**
- etički je neprihvatljivo, a također je i gubitak vremena i sredstava, provoditi klinička istraživanja koja imaju samo **40%** šanse otkrivanja realnog efekta liječenja

ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

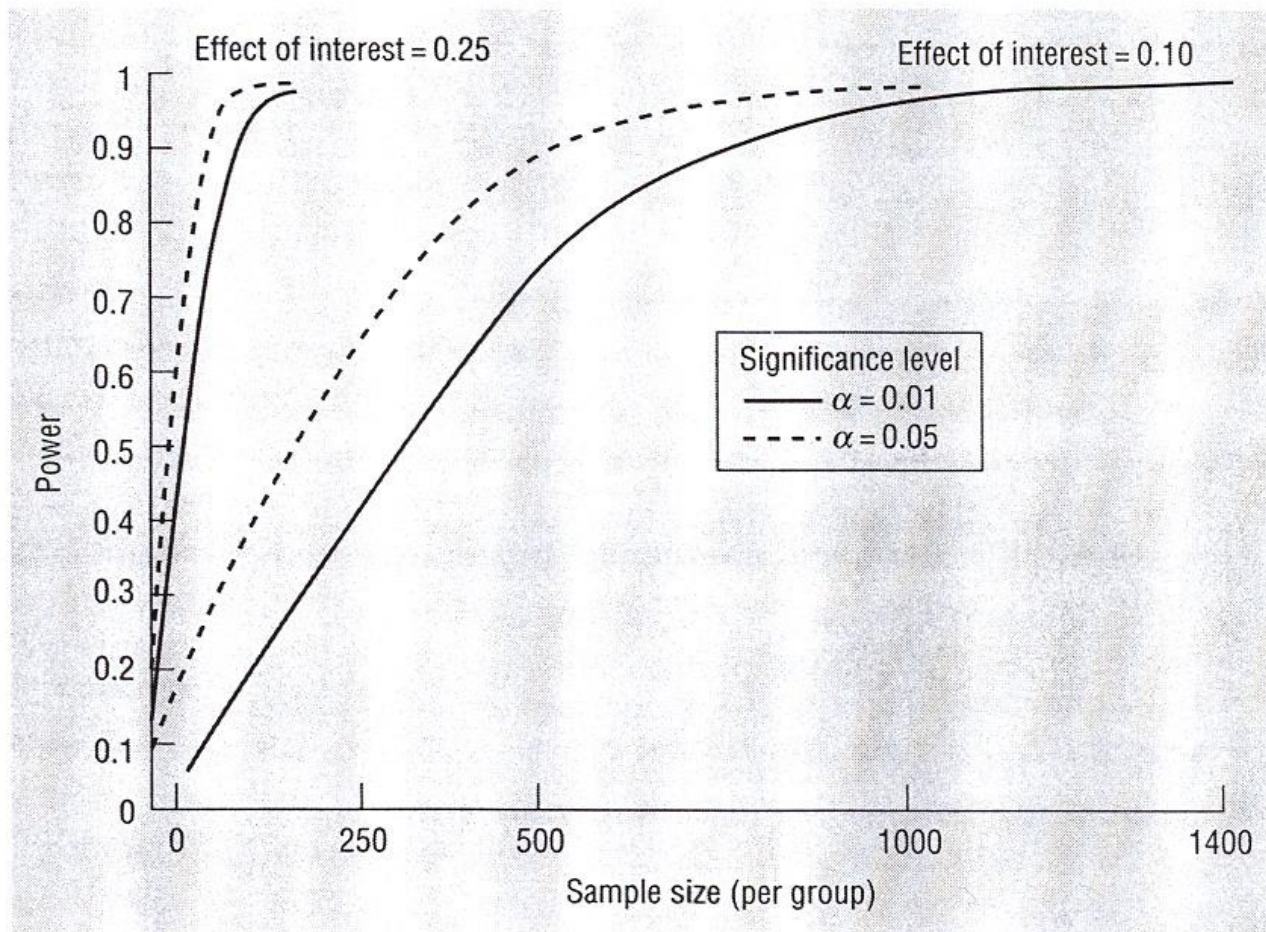
- **Veličina uzorka** 
 - snaga raste kako raste veličina uzorka
- **Varijabilitet opažanja**
 - snaga pada kako raste varijabilitet opažanja
- **Efekt od interesa (razlika)**
 - snaga je veća što je veći efekt
- **Razina značajnost**
 - snaga je veća što je veća razina značajnosti

Krivulje snage - povezanost između snage i veličine uzorka u svakoj od dvije grupe za usporedbu dvije aritmetičke sredine - t-test za nezavisne uzorke



Izvor: Petrie A, Sabin C. Medical Statistics at a Glance (2nd Ed).
Oxford: Blackwell Science Ltd, 2005: 45.

Krivulje snage - povezanost između snage i veličine uzorka u svakoj od dvije grupe za usporedbu dvije proporcije - Hi-kvadrat test



Izvor: Petrie A, Sabin C. Medical Statistics at a Glance (2nd Ed).
Oxford: Blackwell Science Ltd, 2005: 45.

OCJENA RIZIKA

- intenzitet povezanosti ispitivanih obilježja → rizik za češće zajedničko pojavljivanje nekih stanja ispitivanih obilježja

RELATIVNI RIZIK

= rizik izloženih osoba podijeljen s rizikom skupine koja nije izložena “osumnjičenom uzročnom faktoru “ (odnos dviju incidencija)

ATRIBURIVNI RIZIK

- = rizik izloženih osoba umanjen za rizik neizložene skupine (razlika dviju incidencija) – prikazuje se kao postotak rizika u izloženoj skupini
- = proporcija objašnjivosti rizičnog događaja osumnjičenim rizičnim faktorom

OCJENA RIZIKA

ODDS RATIO (“omjer izgleda”)

= omjer vjerojatnosti (šanse) posjedovanja svojstva (“being a case”) u izloženoj skupini i vjerojatnosti (šanse) posjedovanja svojstva (“being a case”) u neizloženoj skupini (aproksimativni relativni rizik)

INTERVAL POUZDANOSTI OR – statistički značajan ako su obje granice intervala veće od 1 (veći rizik u izloženoj skupini) ili ako su obje granice intervala manje od 1 (manji rizik u izloženoj skupini)

OCJENA RIZIKA

| | FAKTOR | | UKUPNO |
|---------|--------|-----|---------|
| | DA | NE | |
| BOLESNI | a | b | a+b |
| ZDRAVI | c | d | c+d |
| UKUPNO | a+c | b+d | a+b+c+d |

$$\text{RELATIVNI RIZIK} = \frac{a/(a+c)}{b/(b+d)}$$

$$\text{ATRIBUTIVNI RIZIK} = \frac{a}{a+c} - \frac{b}{b+d}$$

$$\text{ODDS RATIO} = \frac{a \times d}{b \times c}$$

OCJENA RIZIKA

| HLA – B8 (opažene vrijednosti) | | | |
|--------------------------------|-----|------|--------|
| | da | ne | ukupno |
| bolesnic | 22 | 16 | 38 |
| kontrola | 467 | 1500 | 1967 |
| ukupno | 489 | 1516 | 2005 |

relativni rizik = 4,26

atributivi rizik = 0,0449-0,01067
= 0,0344 (77%)

odds ratio = 4,42

VALJANOST DIJAGNOSTIČKOG TESTA

- postavljanje dijagnoze temelji se na rezultatima dijagnostičkih testova (u najširem značenju tog termina)
- većina tih testova su nesavršeni instrumenti te rade pogreške u oba smjera:
 - **zdrave jedinice mogu klasificirati kao bolesne**
 - **a bolesne kao zdrave**
- stoga je rezultate dijagnostičkih testova uputnije klasificirati kao "**pozitivne**" i "**negativne**" pri čemu "**pozitivan**" znači veću vjerojatnost bolesti, dok je kategoriji "**negativan**" pripisana veća vjerojatnost odsustva bolesti

VALJANOST DIJAGNOSTIČKOG TESTA

- sposobnost pojedinog dijagnostičkog testa da pravilno klasificira ispitanike u bolesne odnosno zdrave naziva se **valjanost testa**
- koncept valjanosti testa pojavljuje se kako u populacijskim istraživanjima kod probira populacije (engl. screening) tako i pri kliničkom odlučivanju (osobito pri uvođenju novih dijagnostičkih postupaka).
- rezultati dobiveni nekim dijagnostičkim testom u odnosu na stvarno stanje prikazuju se 2*2 tablicom kontingencije

True Positive
broj stvarno pozitivnih

False Positive
broj lažno pozitivnih

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|--------------|--------------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | TP | FP | TP+FP |
| | negativan | FN | TN | FN+TN |
| | | TP+FN | FP+TN | |

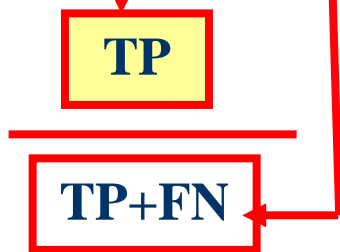
False Negative
broj lažno negativnih

True Negative
broj stvarno negativnih

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | TP | FP | TP+FP |
| | negativan | FN | TN | FN+TN |
| | | TP+FN | FP+TN | |

osjetljivost =



$$= \frac{\text{ispravno prepoznati kao bolesni}}{\text{ukupno stvarno bolesni}}$$

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | TP | FP | TP+FP |
| | negativan | FN | TN | FN+TN |
| | | TP+FN | FP+TN | |

specifičnost =

$$\frac{\text{TN}}{\text{FP+TN}}$$

ispravno prepoznati kao zdravi

ukupno stvarno zdravi

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | TP | FP | TP+FP |
| | negativan | FN | TN | FN+TN |

TP+FN FP+TN

FN

TP+FN

proporcija lažno negativnih = $\frac{\text{FN}}{\text{TP+FN}}$ = 1 - osjetljivost

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | TP | FP | TP+FP |
| | negativan | FN | TN | FN+TN |
| | | TP+FN | FP+TN | |

proporcija lažno pozitivnih =

$$\frac{\text{FP}}{\text{FP+TN}} = 1 - \text{specifičnost}$$

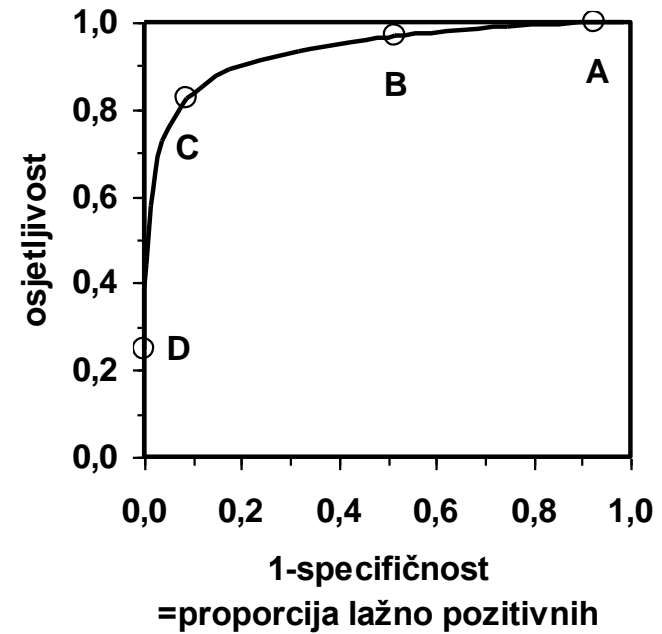
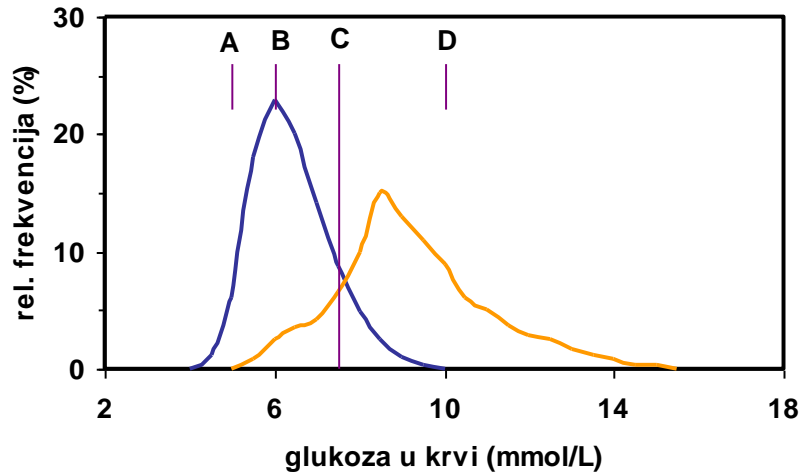
ROC ANALIZA

- Analiza osjetljivosti i specifičnosti testa ovisno o postavljanju granice koja odvaja “test-pozitivne” od “test negativnih”

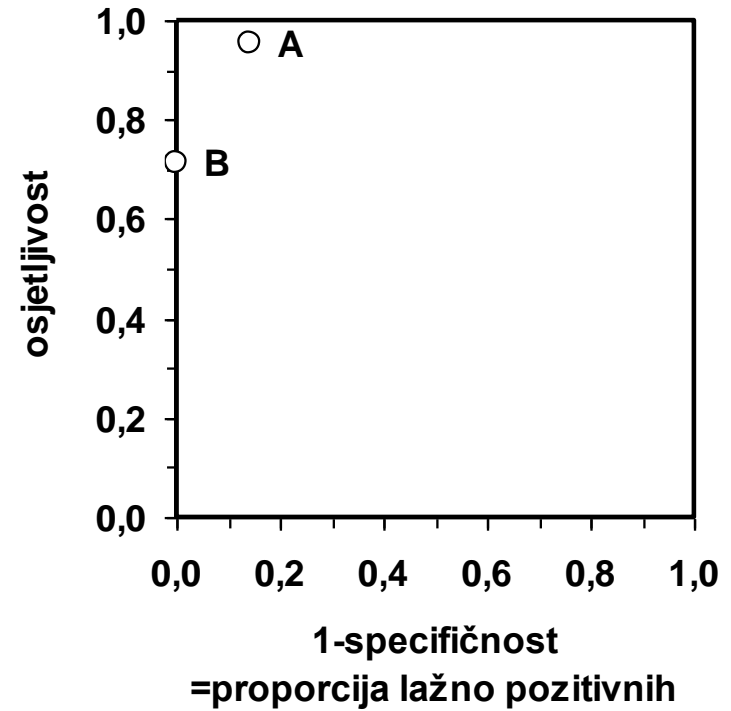
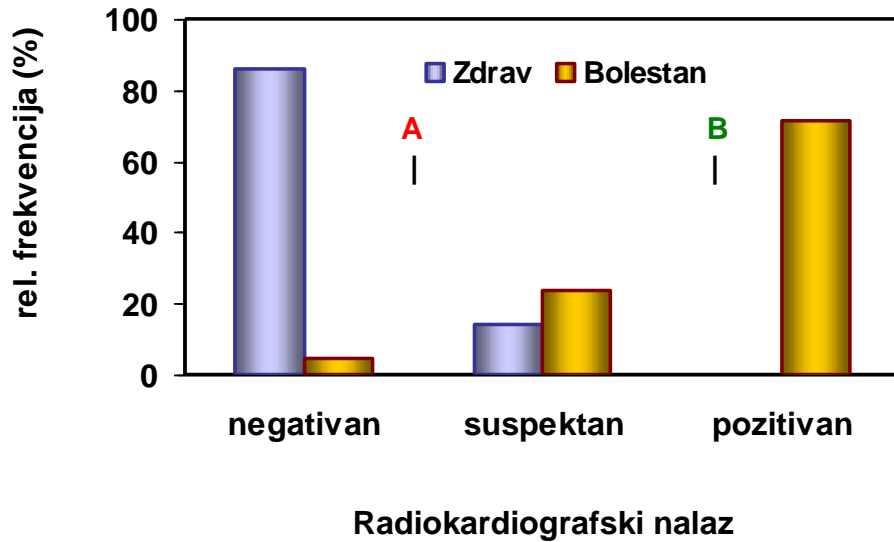
= ROC analiza

(engl. Receiver Operating Characteristic Curve)

ROC ANALIZA



ROC ANALIZA



ROC ANALIZA

- **Točnost testa (accuracy)** ovisi o tome kako dobro separira testirane grupe u one s i one bez ispitivane bolesti
- **površina ispod ROC krivulje** = mjera točnosti testa:
 - 0,90-1 = izvrstan test
 - 0,80-0,90 = dobar test
 - 0,70-0,80 = osrednji test
 - 0,60-0,70 = slabiji test
 - 0,50-0,60 = test bez uspjeha

Stvarno stanje

| | | Stvarno stanje | |
|------|-----------|----------------|-------|
| | | bolestan | zdrav |
| Test | pozitivan | TP | FP |
| | negativan | FN | TN |
| | | TP+FN | FP+TN |

TP+FP

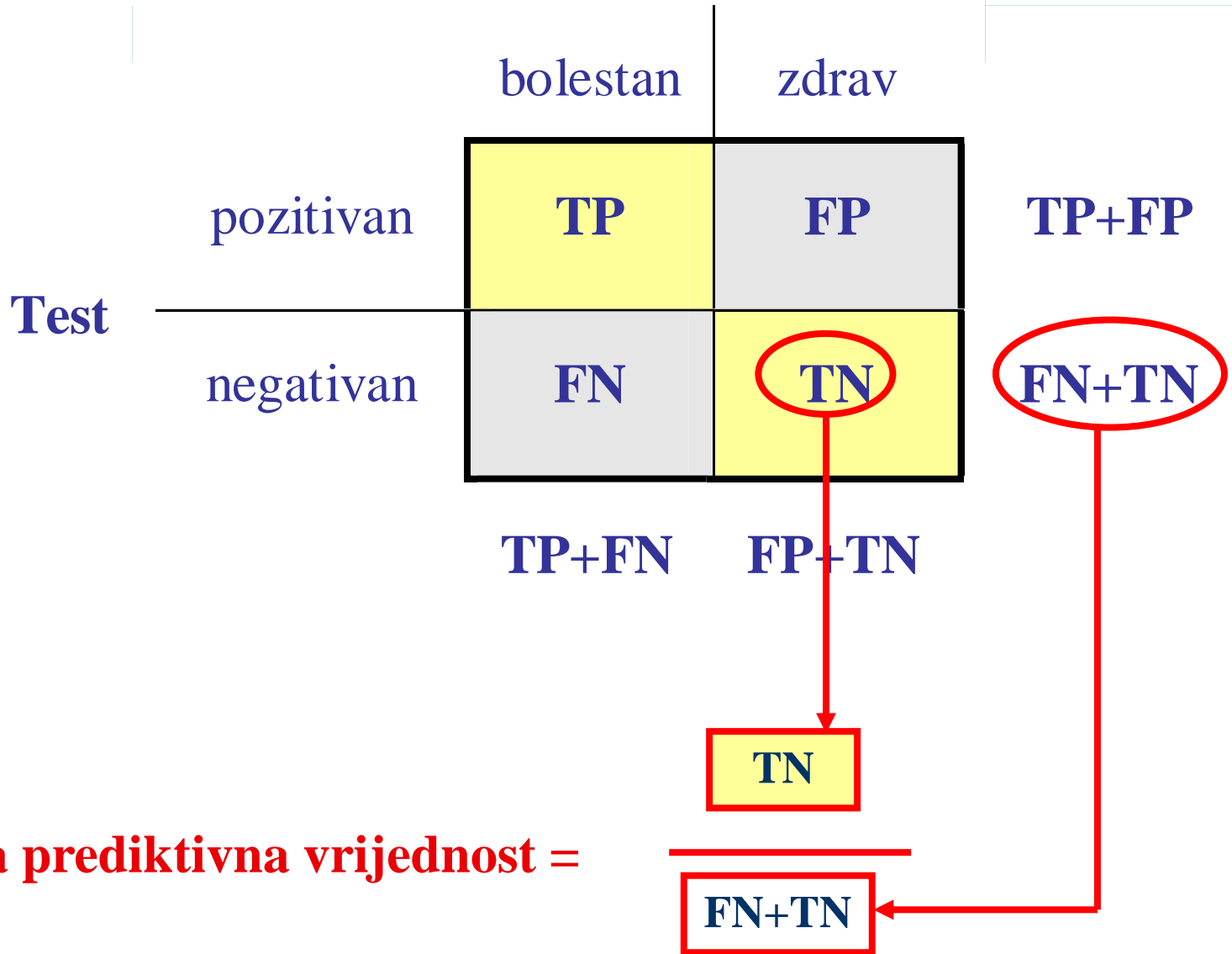
FN+TN

TP

TP+FP

pozitivna prediktivna vrijednost =

Stvarno stanje



negativna prediktivna vrijednost =

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-------|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | 90 | 495 | 585 |
| | negativan | 10 | 9405 | 9415 |
| | | 100 | 9900 | 10000 |

Prevalencija: $100/10000 = 0,01$ (1%)

Osjetljivost = $90/100 = 0,9$ (90%)

Specifičnost = $9405/9900 = 0,95$ (95%)

Pozitivna prediktivna vrijednost = $90/585 = 0,154$ (15,4%)

Negativna prediktivna vrijednost = $9405/9415 = 0,999$ (99,9%)

| | | Stvarno stanje | | |
|------|-----------|----------------|-------|-----|
| | | bolestan | zdrav | |
| Test | pozitivan | 54 | 2 | 56 |
| | negativan | 6 | 38 | 44 |
| | | 60 | 40 | 100 |

Prevalencija: $60/100 = 0,60$ (60%)

Osjetljivost = $54/60 = 0,9$ (90%)

Specifičnost = $38/40 = 0,95$ (95%)

Pozitivna prediktivna vrijednost = $54/56 = 0,964$ (96,4%)

Negativna prediktivna vrijednost = $38/44 = 0,864$ (86,4%)