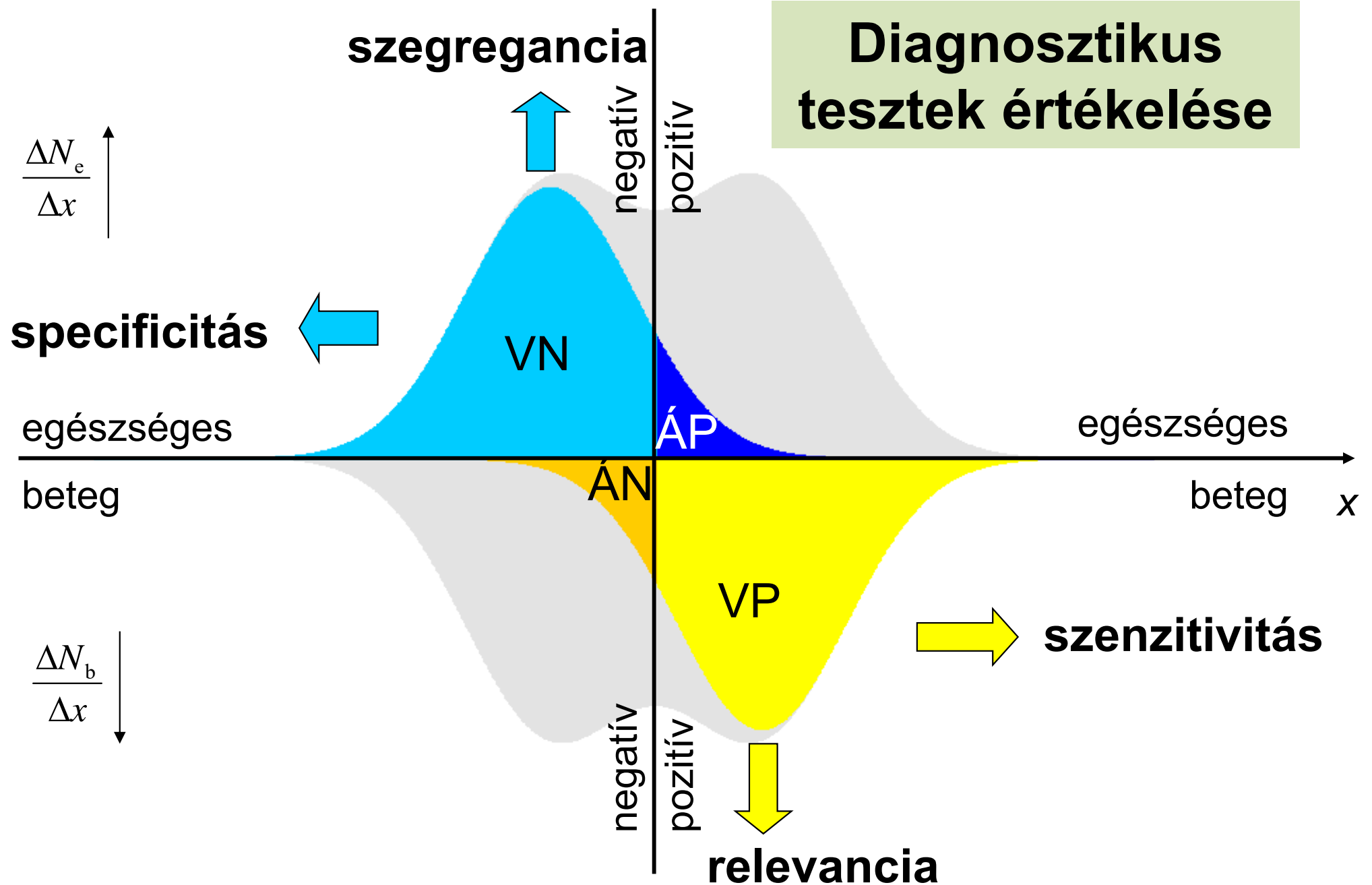
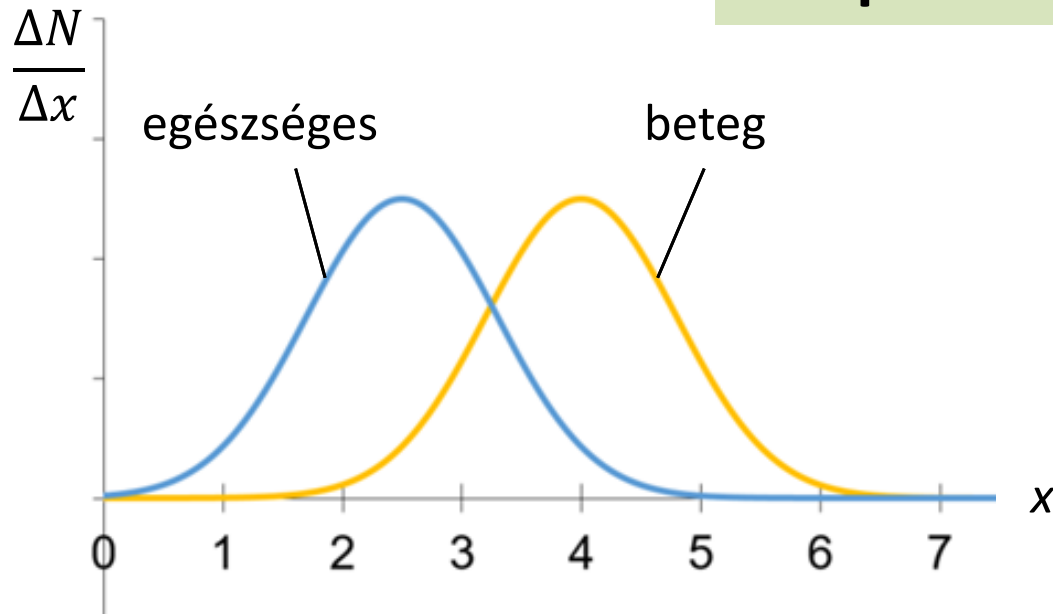


Diagnosztikus tesztek értékelése



Átlapoló eloszlások



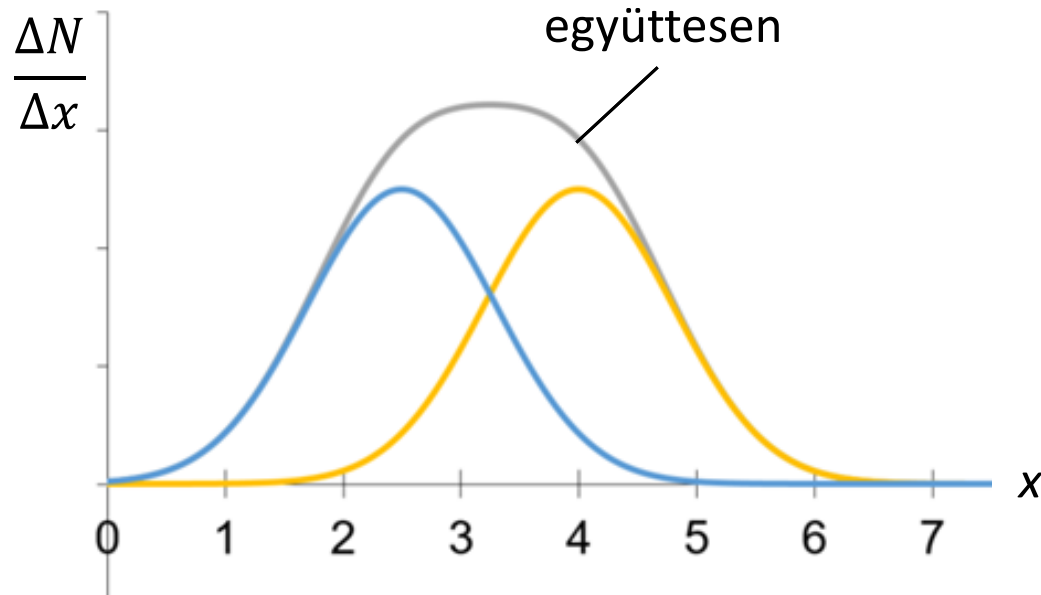
mindennek van **eloszlása** (szemszín, testmagasság, koleszterinszint,...)

tekintsünk egy folytonos valószínűségi változót, amelynek eloszlása a beteg populációban más mint az egészségesben

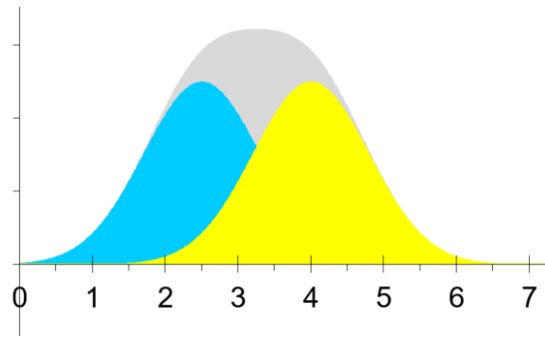
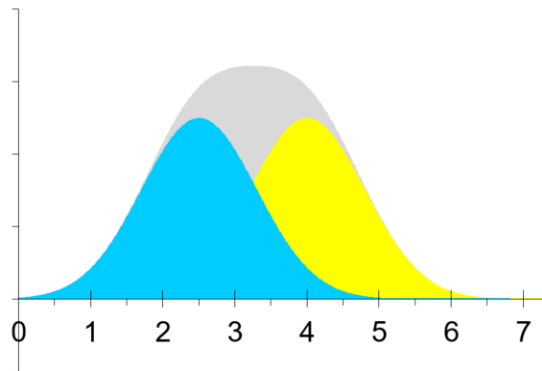
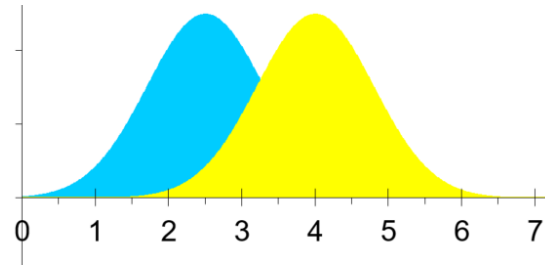
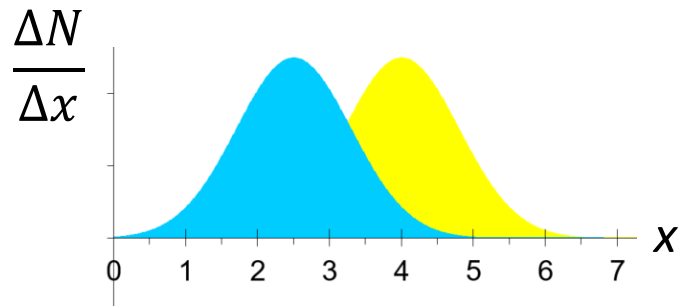
tfh. a mérhető paraméter a **beteg** populációban jellemzően **nagyobb**, mint az egészségesben (ha kisebb, akkor használhatjuk az eredeti paraméter reciprokát)

az ábra két ilyen sűrűségfüggvényt mutat; a görbe alatti terület az egyedszámnak felel meg

a jelen példában az egészségesek és a betegek száma megegyezik (a paraméter szórása is ugyanaz)

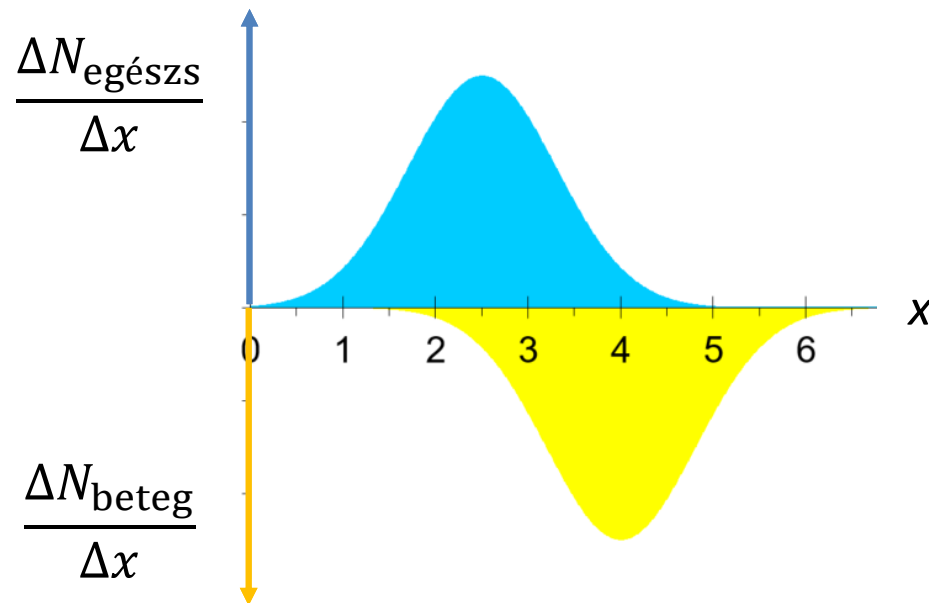


Ábrázolásmódok



a görbe alatti területek nagy jelentősége miatt a vonalas ábra helyett a területeket kiszínező ábrát preferáljuk

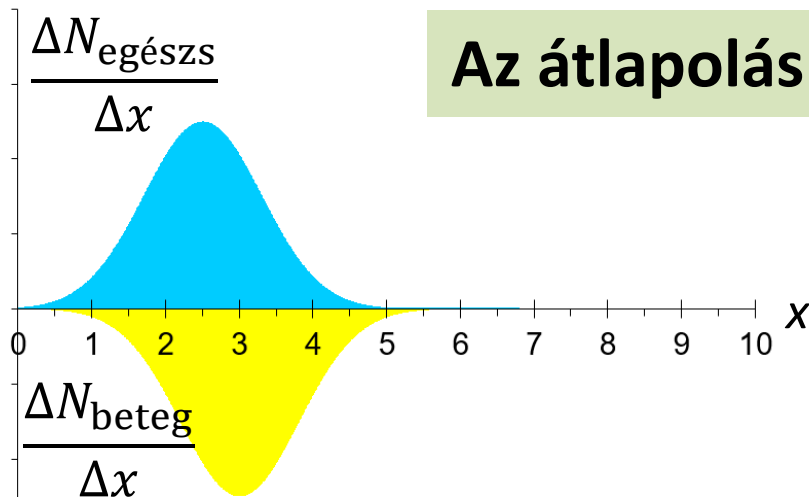
az átlapolások miatt a hagyományos ábrázolásnál nehézkes (vagy lehetetlen) a korrekt színezés



javasolt új ábrázolásmód: a negatív tengely helyett egy újabb pozitív tengely, a betegeknek

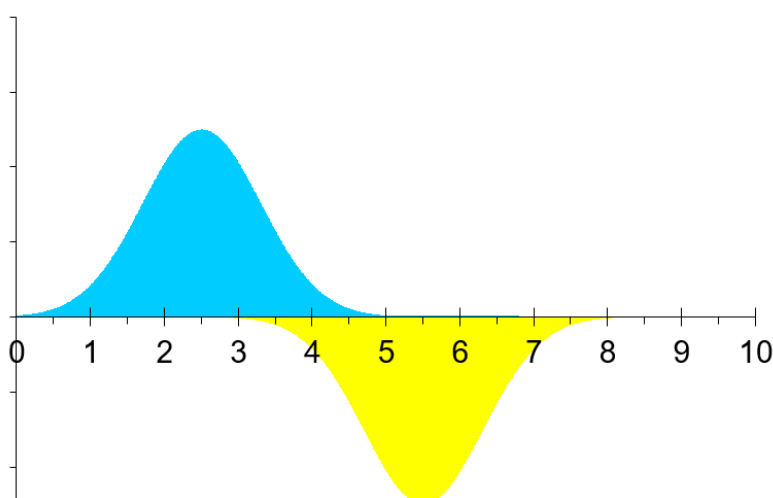
Az átlapolás mértéke

egészs.
avg: 2,5
▲
▼
sd: 0,8
▲
▼
beteg
avg: 3,0
▲
▼
sd:0,8
▲
▼
egészs.
avg: 2,5
▲
▼
sd: 0,8
▲
▼
beteg
avg: 5,5
▲
▼
sd:0,8
▲
▼
egészs.
avg: 2,5
▲
▼
sd: 0,8
▲
▼
beteg
avg: 7,5
▲
▼
sd:0,8
▲
▼



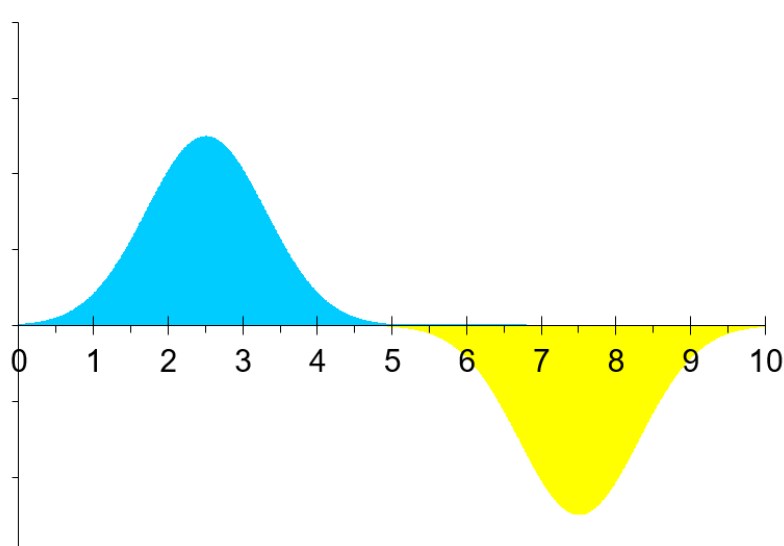
teljes
átlapolás

használatatlan
módszer



részleges
átlapolás

(esetleg) használható
módszer



nincs
átlapolás

tökéletes
módszer

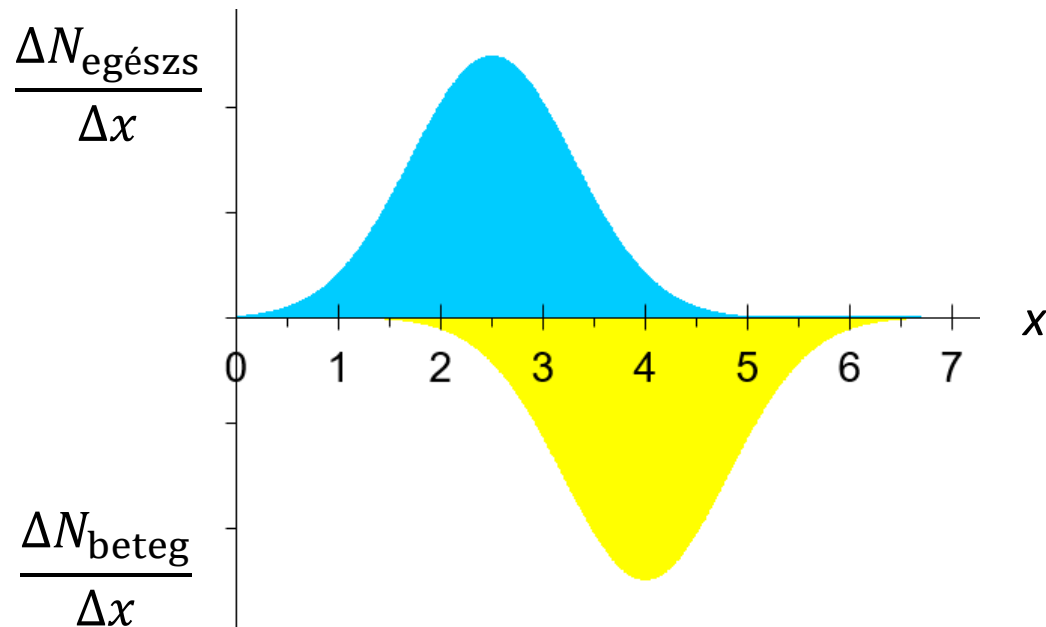
Prevalencia

a **betegség gyakorisága** a vizsgált populációban

= elterjedtség

= a tesztet megelőző valószínűség

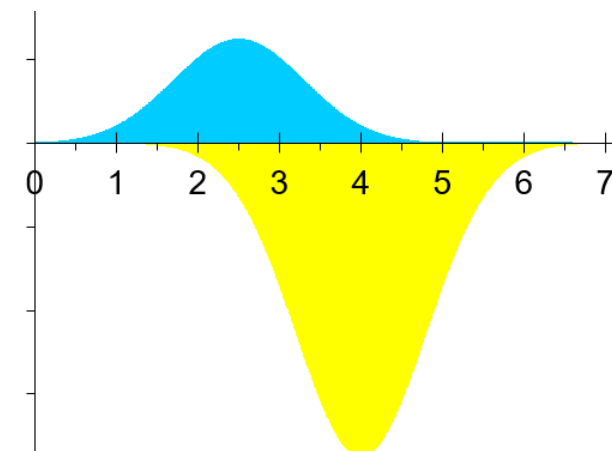
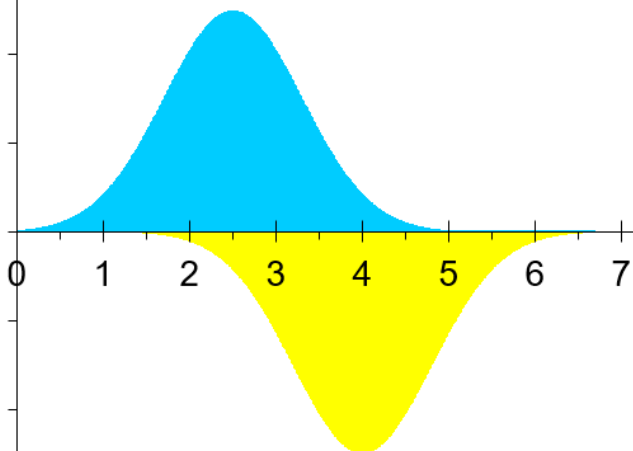
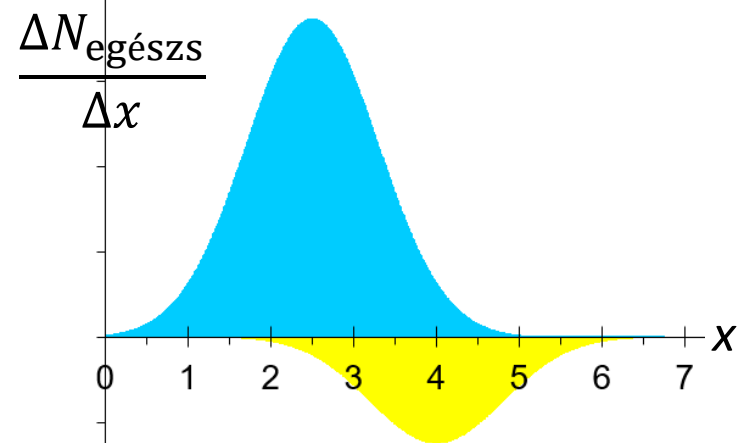
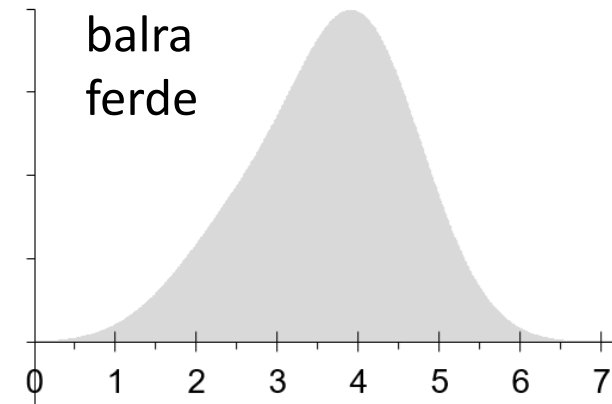
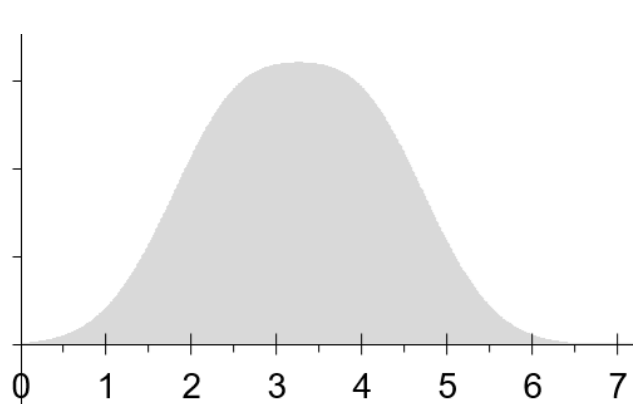
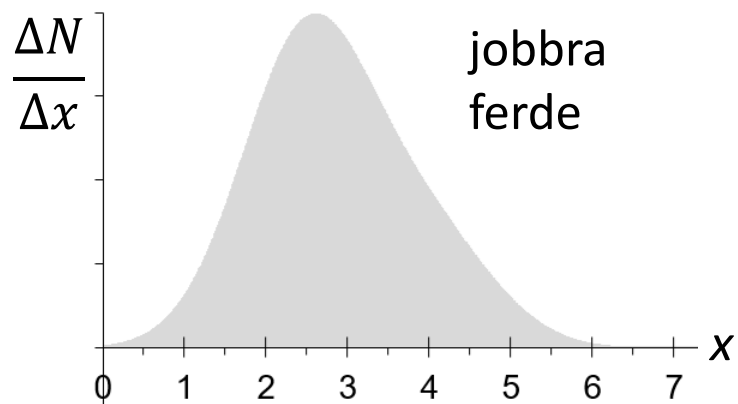
= a-priori-valószínűség



$$w = \frac{\text{beteg}}{\text{összes}} = \frac{\text{beteg}}{\text{beteg} + \text{egészséges}} = \frac{\text{de} - \text{sp}}{\text{se} - \text{sp}}$$

vö: incidencia = új betegek száma egy adott időszakban és adott számú népességben
pl. 29/(év*1 000 fő)

A prevalencia hatása az együttes eloszlásra

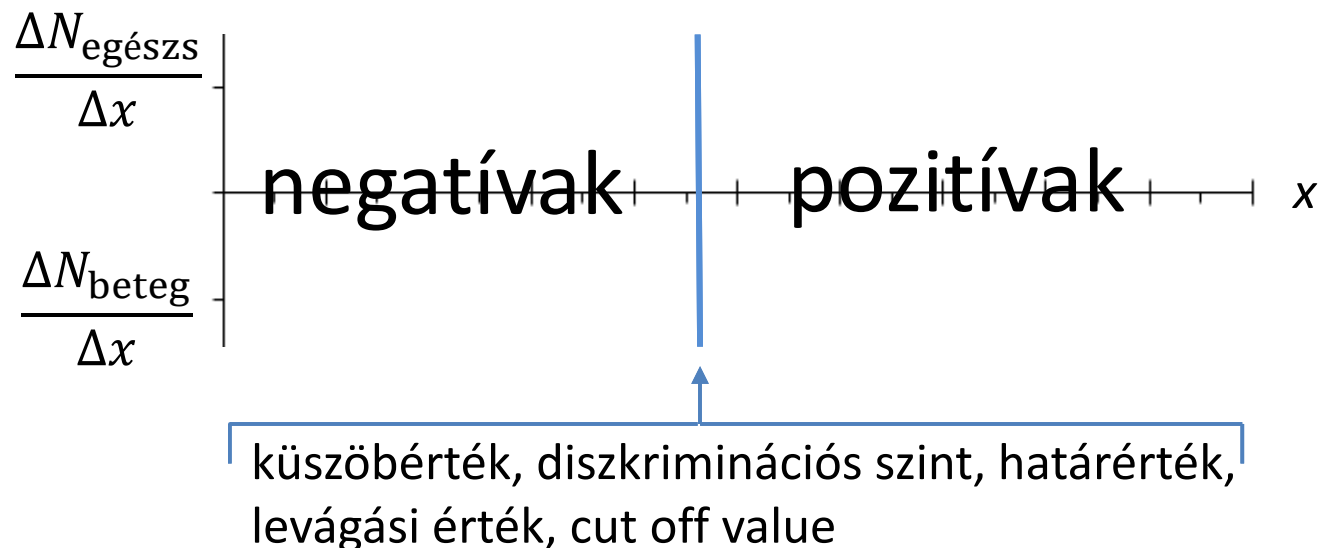


w = 50%

w = 75%

Küszöbérték alatt negatív, fölötté pozitív teszteredmény

a lehetséges mérési paraméterértékek között egy **küszöbérték** kijelölésével döntünk arról, hogy a teszt módszer szerint melyek lesznek a pozitív értékek és melyek a negatívak



az a **kíváncsi**, hogy a beteg és a pozitív, ill.
az egészséges és a negatív minél jobban megfeleljen egymásnak

a **klasszifikáció** azonban szinte sohasem tökéletes:

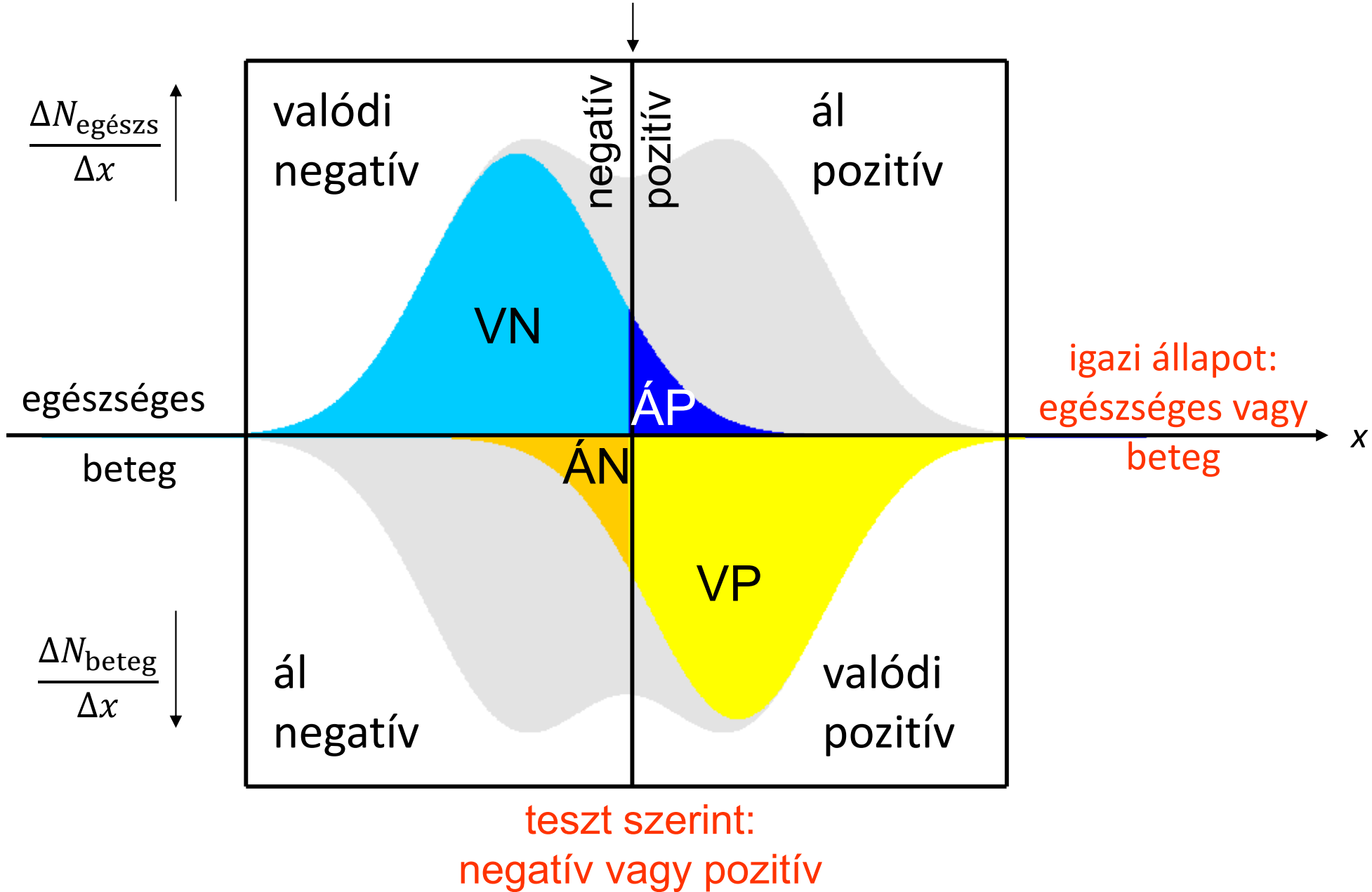
lesznek olyan betegek, akik pozitívak: valódi pozitívak, VP ✓
lesznek olyan betegek, akik negatívak: ál negatívak, ÁN 💣
lesznek olyan egészségesek, akik negatívak: valódi negatívak, VN ✓
lesznek olyan egészségesek, akik pozitívak: ál pozitívak, ÁP 💣

elnevezés

Ál	Valódi
Fals	Korrekt
Hamis	Igaz
Téves	Helyes
False	True

Igazságmátrix

határérték



Diagnosztikus teszt „jósa”

diagnosztikus tesztek egy (vagy több) mért paraméter alapján a vizsgáltakat (teszt)**pozitív** és (teszt)**negatív** csoportokra bontja

a csoportra bontás „jósa” **egy számadattal nem** jellemezhető

(a) mennyire fogja ki a **kifogandókat**?

pl. egy COVID fertőzöttről milyen valószínűséggel állítja/állapítja meg, hogy pozitív

(b) mennyire hagyja békén a **békén hagyandókat**?

pl. egy COVID-dal nem fertőzöttről milyen valószínűséggel állítja, hogy negatív

(c) mennyire megbízható a **pozitív teszteredmény**?

pozitív teszteredmény esetén mennyire biztos, hogy beteg az illető

pl. pozitív COVID teszt esetén mennyire biztos, hogy COVID fertőzött az illető

(d) mennyire megbízható a **negatív teszteredmény**?

negatív teszteredmény esetén mennyire biztos, hogy egészséges az illető

pl. negatív COVID teszt esetén mennyire biztos, hogy nem COVID fertőzött az illető

A tesztek megbízhatósága a következő diagnosztikus paraméterekkel írható le:

szenzitivitás

specificitás

relevancia

szegregancia

csak 3 független!

mindegyik tesztmódszer összehasonlítható
egy referencia módszerrel: „**Goldstandard**”
az ami biztosan jó, hiteles
(néha csak a boncolás eredménye)

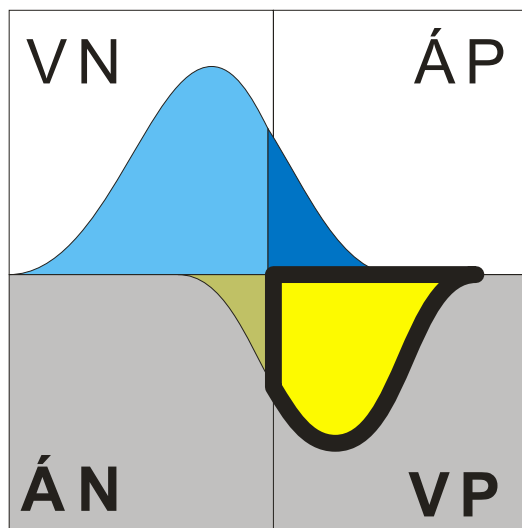


Diagnosztikus szenzitivitás

= érzékenység

= valódi pozitív arány

= sensitivity



annak a valószínűsége,
hogy a teszt egy
beteget pozitívnak
talál

pozitív a betegek
között

$$\frac{\text{VP}}{\text{ÁN} + \text{VP}} = \text{se} = \frac{\text{VP}}{\text{beteg}} = \frac{\text{VP}}{\text{ÁN} + \text{VP}} = \underline{p(\text{pozitív}|\text{beteg})}$$

határérték ↓ szenzitivitás ↑

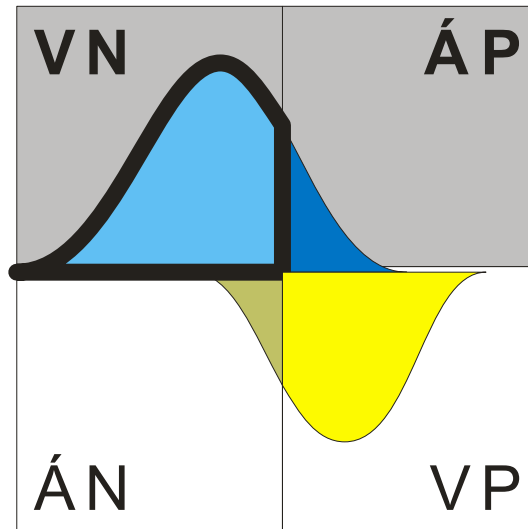
Nagy szenzitivitású tesztek (közel 100%) a korai diagnózis során kívánatosak (screening), ekkor kevés beteg marad felismerés nélkül.

Diagnosztikus **specificitás**

= fajlagosság

= valódi negatív
arány

= specificity



annak a valószínűsége,
hogy a teszt egy
egészségeset negatívnak
talál

negatív az egészségesek
között

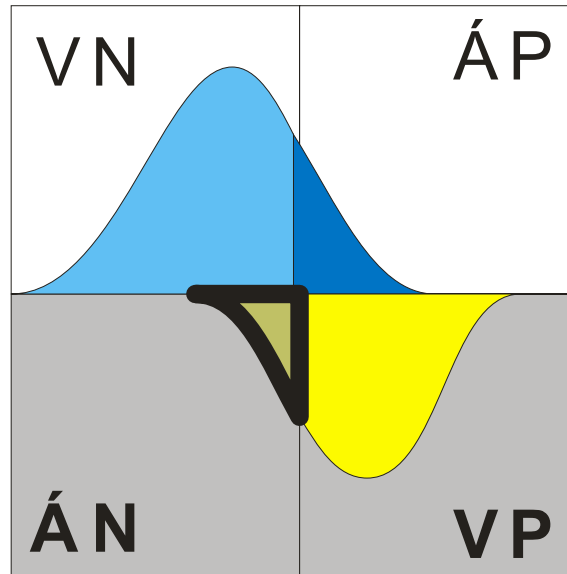
$$\frac{\text{VN}}{\text{VN} + \text{ÁP}} = \boxed{\text{sp}} = \frac{\text{VN}}{\text{egészséges}} = \boxed{\frac{\text{VN}}{\text{VN} + \text{ÁP}}} = \underline{\underline{p(\text{negatív}|\text{egészséges})}}$$

határérték ↑ specificitás ↑

Magas specificitású tesztek (közel 100%) akkor fontosak, ha az
álpozitív értékek súlyos következménnyel járnak.

Álnegatív arány

= másodfajú hiba
= false-negative
rate/fraction



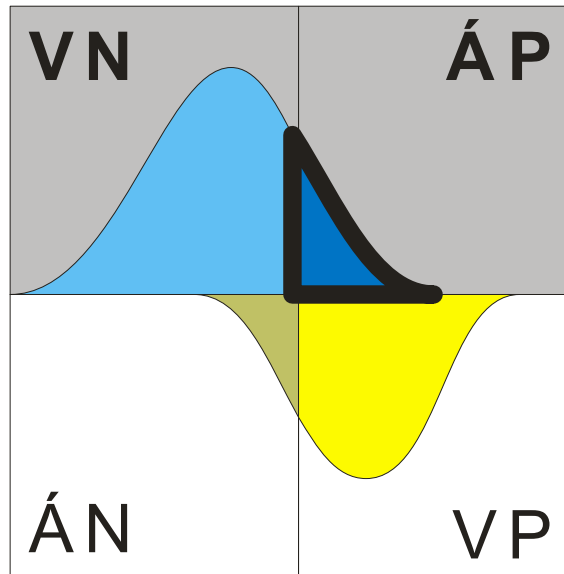
annak a valószínűsége,
hogy a teszt egy beteget
negatívnak talál

negatív a betegek között

$$\frac{\text{ÁN}}{\text{ÁN} + \text{VP}} = 1 - \text{se} = \frac{\text{ÁN}}{\text{beteg}} = \frac{\text{ÁN}}{\text{ÁN} + \text{VP}} = \underline{p(\text{negatív}|\text{beteg})}$$

Álpozítív arány

= elsőfajú hiba
= false-positive
rate/fraction



annak a valószínűsége,
hogy a teszt egy
egészségeset
pozitívnak talál

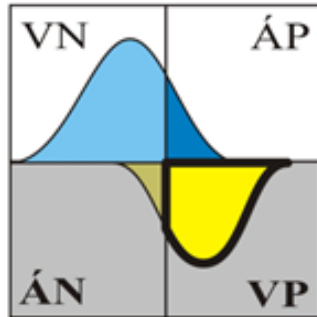
pozitív az egészségesek
között

$$\frac{\text{ÁP}}{\text{VN} + \text{ÁP}} = 1 - \text{sp} = \frac{\text{ÁP}}{\text{egészséges}} = \frac{\text{ÁP}}{\text{VN} + \text{ÁP}} = \underline{\underline{p(\text{pozitív}|\text{egészséges})}}$$

Arányok „vízszintesen” a prevalenciától függetlenek

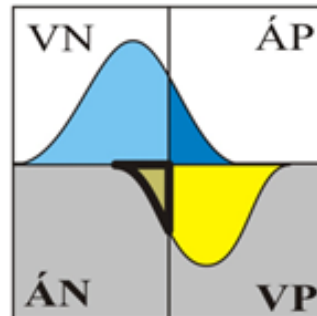
SZENZITIVITÁS

VALÓDI POZITÍV
ARÁNY
(se)



$$= \frac{VP}{(VP + \acute{A}N)} \text{ se}$$

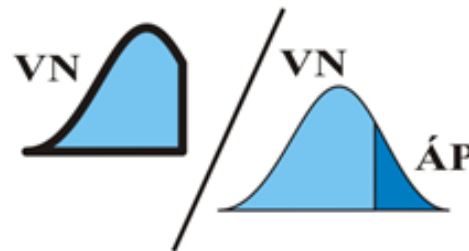
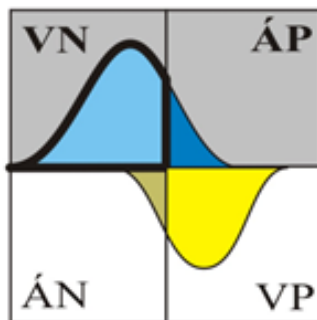
ÁLNEGATÍV
ARÁNY
másodfajú hiba



$$= \frac{\acute{A}N}{(VP + \acute{A}N)} \text{ (1-se)}$$

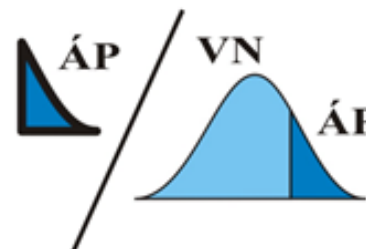
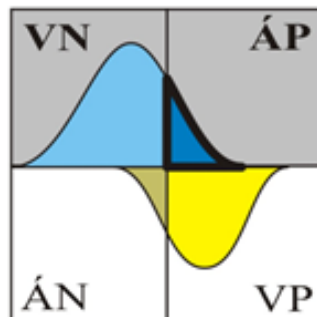
SPECIFICITÁS

VALÓDI NEGATÍV
ARÁNY
(sp)



$$= \frac{VN}{(VN + \acute{A}P)} \text{ sp}$$

ÁLPOZITÍV
ARÁNY
elsőfajú hiba



$$= \frac{\acute{A}P}{(VN + \acute{A}P)} \text{ (1-sp)}$$

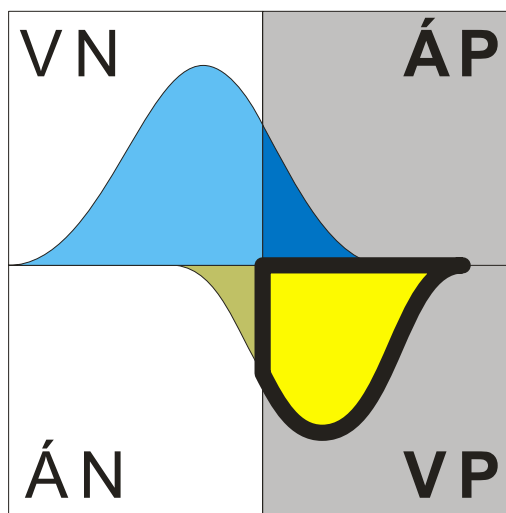
teszt utáni (a-posteriori) valószínűségek

Diagnosztikus relevancia

= korrekt pozitivitás

= pozitív prediktív érték

= positive predictive value = PPV



a betegség jelenlétének a valószínűsége, ha a teszt pozitív

beteg a pozitívak között

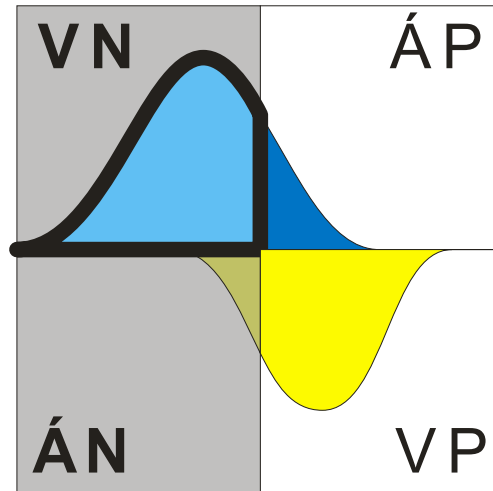
$$\begin{aligned}
 & \frac{\text{Yellow Area}}{\text{Total Yellow Area}} = \boxed{\text{PPV}} = \frac{\text{VP}}{\text{összes pozitív}} = \frac{\text{VP}}{\boxed{\text{ÁP} + \text{VP}}} = \frac{\text{se} \cdot w}{\text{se} \cdot w + (1 - \text{sp}) \cdot (1 - w)} = \\
 & \quad \quad \quad = \underline{\underline{p(\text{beteg}|\text{pozitív})}}
 \end{aligned}$$

Diagnosztikus szegregancia

= korrekt negativitás

= negatív prediktív
érték

= negative predictive
value = NPV



a betegség hiányának
a valószínűsége,
ha a teszt negatív

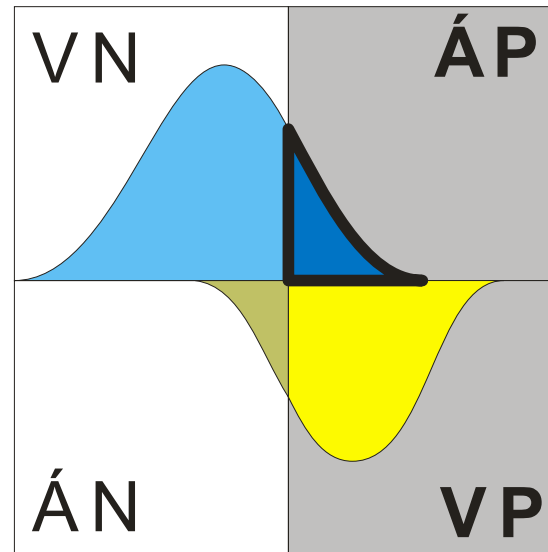
egészséges a
negatívok között

$$\begin{aligned}
 & \frac{\text{VN}}{\text{VN} + \text{ÁN}} = \boxed{\text{NPV}} = \frac{\text{VN}}{\text{összes negatív}} = \frac{\text{VN}}{\boxed{\text{ÁN} + \text{VN}}} = \frac{\text{sp} \cdot (1 - w)}{\text{sp} \cdot (1 - w) + (1 - \text{se}) \cdot w} = \\
 & \quad \underline{\underline{= p(\text{egészséges} | \text{negatív})}}
 \end{aligned}$$

Téves figyelemfelkeltő arány

=1-PPV

= false alarm rate



a betegség hiányának
a valószínűsége,
ha a teszt pozitív

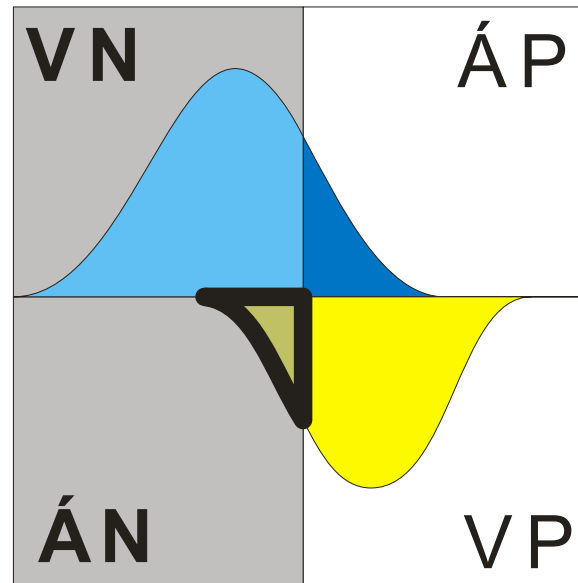
egészséges a
pozitívak között

$$\frac{\text{[shaded blue area]}}{\text{[shaded blue area] + [shaded yellow area]}} = 1 - \text{PPV} = \frac{\text{ÁP}}{\text{összes pozitív}} = \frac{\text{ÁP}}{\text{ÁP} + \text{VP}} = \underline{p(\text{egészséges}|\text{pozitív})}$$

Téves megnyugtatósi arány

= 1 - NPV

= false reassurance rate



a betegség
jelenlétének a
valószínűsége,
ha a teszt negatív

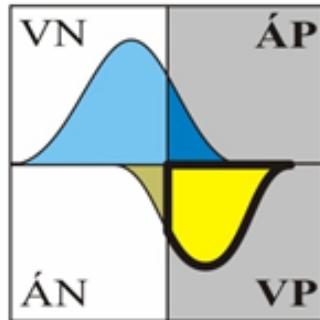
beteg a negatívak
között

$$\frac{\text{VN}}{\text{VN} + \text{VP}} = 1 - \text{NPV} = \frac{\text{ÁN}}{\text{összes negatív}} = \frac{\text{ÁN}}{\text{ÁN} + \text{VN}} = \underline{p(\text{beteg}|\text{negatív})}$$

Arányok „függőlegesen”, a prevalenciától erősen függenek

RELEVANCIA

**KORREKT
POZITIVITÁS**
pozitív prediktív
érték

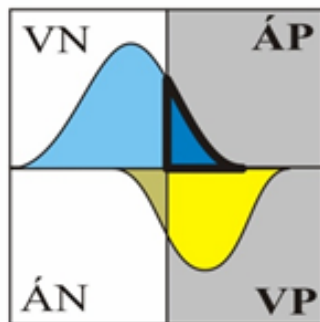


$$= VP / (\acute{A}P + VP)$$

PPV =

$$= se * w / [se * w + (1 - sp) * (1 - w)]$$

**TÉVES
FIGYELEM-
FELKELTŐ
ARÁNY**

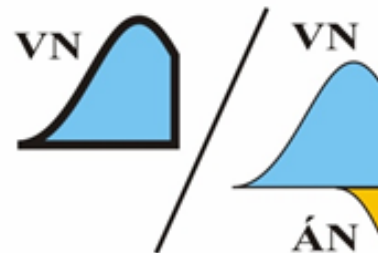
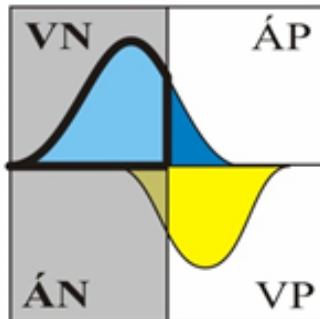


$$= \acute{A}P / (VP + \acute{A}P)$$

1-PPV

SZEGREGANCIA

**KORREKT
NEGATIVITÁS**
negatív prediktív
érték

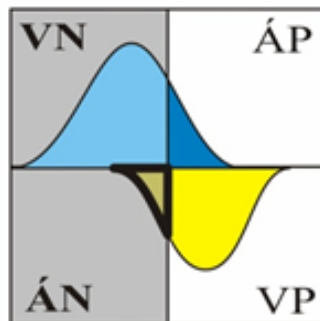


$$= VN / (VN + \acute{A}N)$$

NPV =

$$= sp * (1 - w) / [sp * (1 - w) + (1 - se) * w]$$

**TÉVES
MEGNYUGTATÁSI
ARÁNY**



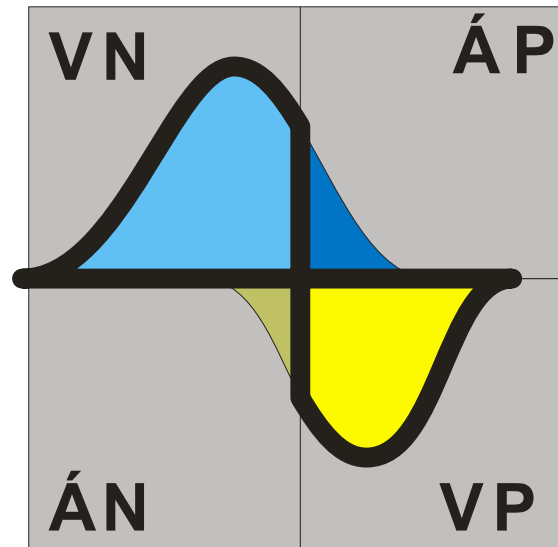
$$= \acute{A}N / (VN + \acute{A}N)$$

1-NPV

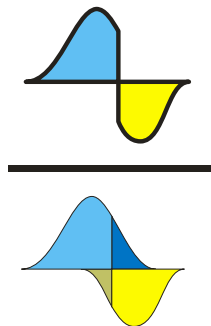
Diagnosztikus **effektivitás**

= accuracy

= korrekt
klasszifikáció



helyes besorolás aránya



$$= \boxed{de} = \frac{VP + VN}{\text{összes}} = \boxed{\frac{VP + VN}{VP + \text{ÁN} + VN + \text{ÁP}}} = \underline{se \cdot w + sp \cdot (1 - w)}$$

gyakran a határértéket úgy választjuk meg, hogy az
effektivitás maximális legyen

A prevalencia hatása

Pl. A: $w = 50\%$

NPV = 94,7%

sp = 90%

		teszt	
		negatív	pozitív
Gold-standard	egészs.	90	10
	beteg	5	95

se = 95%

(de = 92,5%)

PPV = 90,5%

NPV = 99,4%

Pl. B: $w = 10\%$

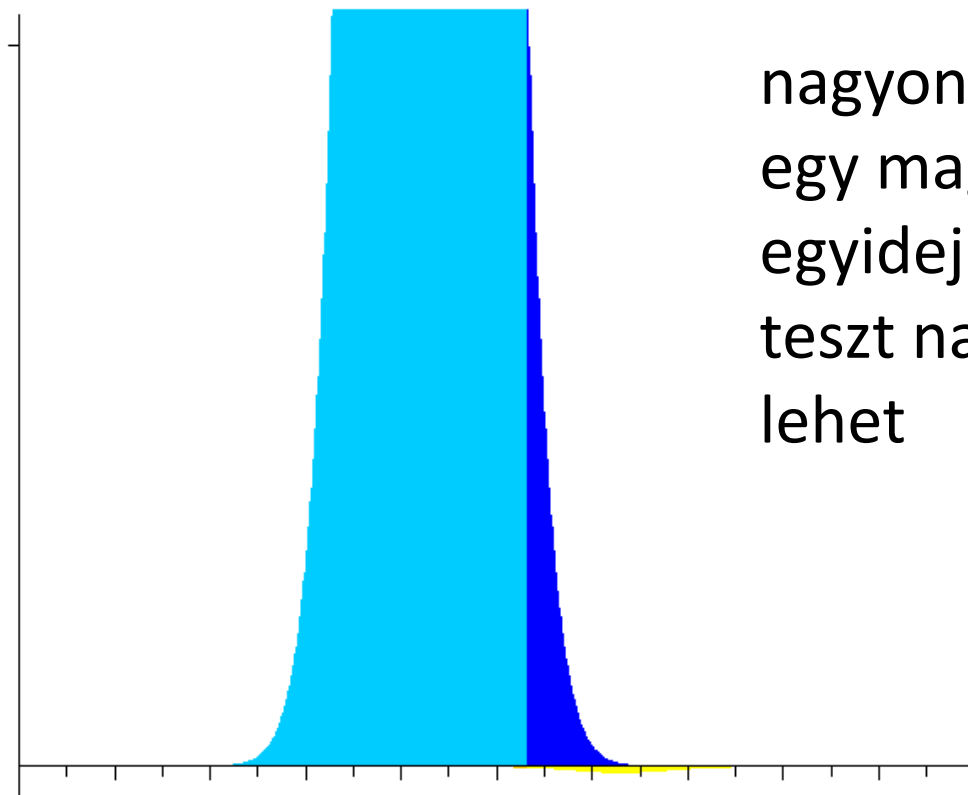
sp = 90%

		teszt	
		negatív	pozitív
Gold-standard	egészs.	810	90
	beteg	5	95

se = 95%

(de = 90,5%)

PPV = 51,4%



nagyon kicsi prevalencia esetén
egy magasan szenzitív és
egyidejűleg magasan specifikus
teszt nagyon gyenge relevanciájú
lehet

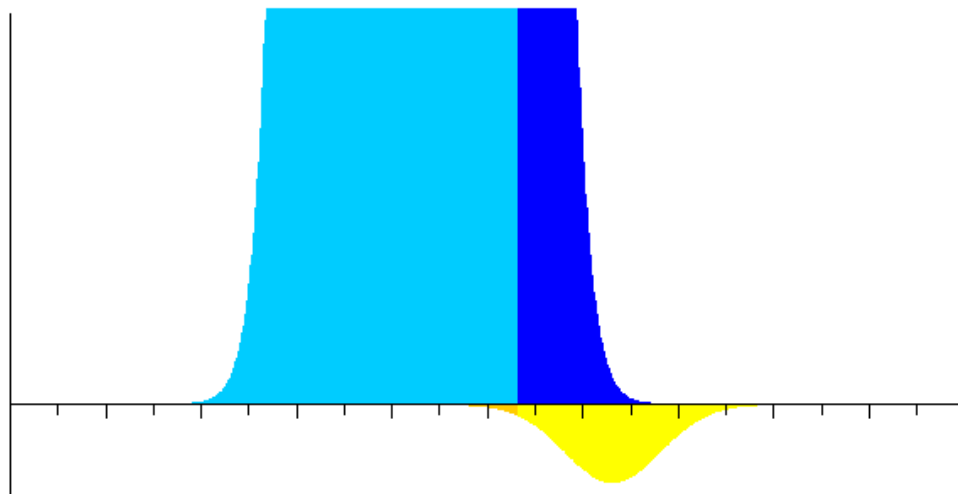
prevalencia = 0.1 %

szenzitivitás = 98 %

specifitás = 98 %



relevancia = 4 %



A patient comes to your office frantic over the results of a home HIV test. The test touts 99% sensitivity and 99% specificity. On questioning, you determine that this patient is at low risk for HIV; given your assessment of his risk factors, you believe he comes from a population group that has a baseline prevalence of HIV of 1 in 100,000. He now presents to you with a positive result on his home HIV test. Given his baseline risk and the positive home test, what are the chances that this patient is actually HIV positive?

$$(PPV = 9.89 \times 10^{-4} \cong 0.001)$$

Stuart Spitalnic: Test properties I: Sensitivity, specificity, and predictive values; Hospital Physician, September 2004, 27-31

Áttekintő tábla

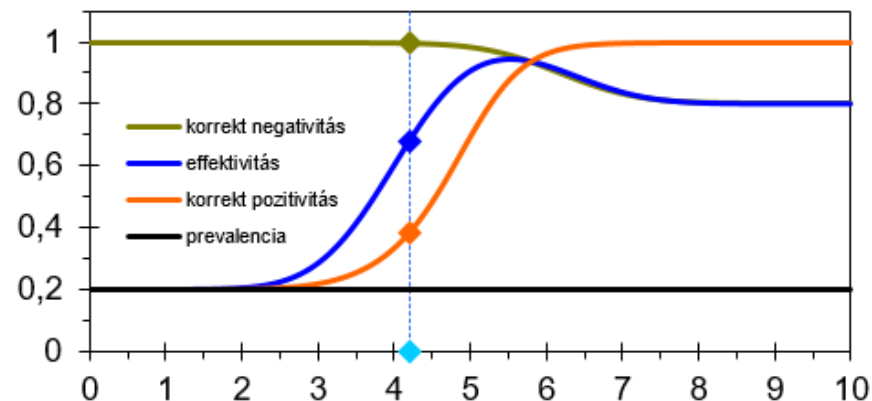
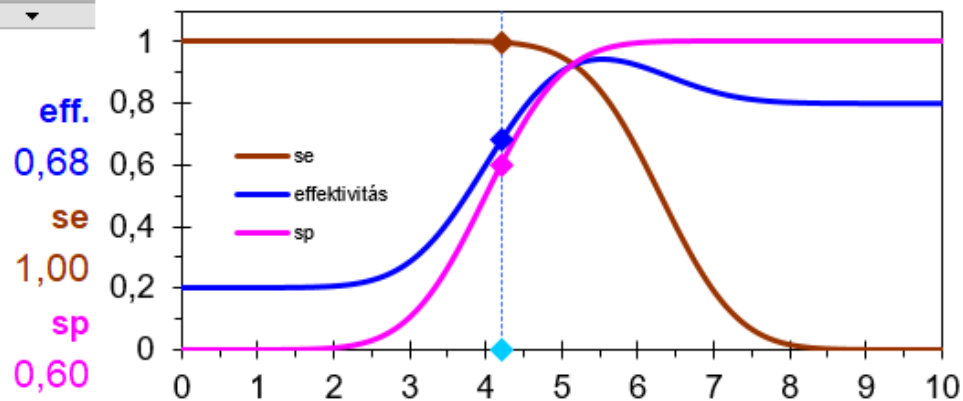
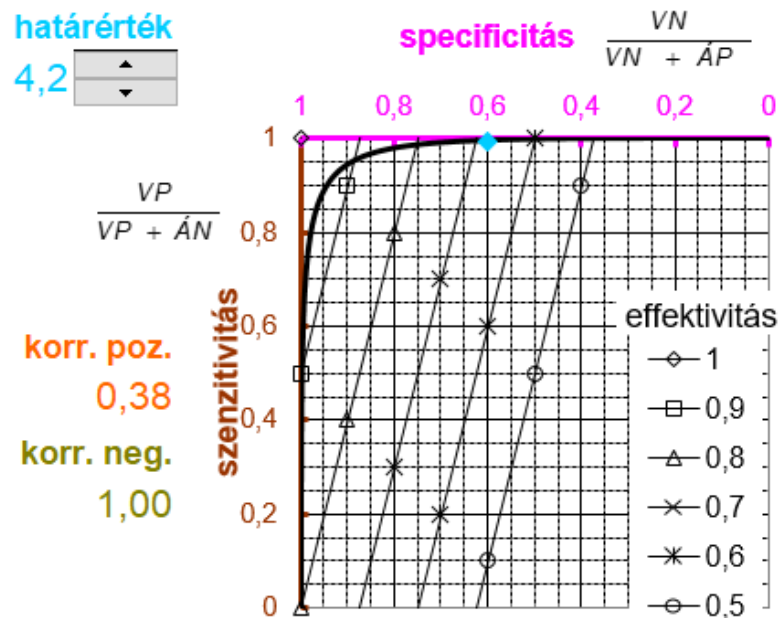
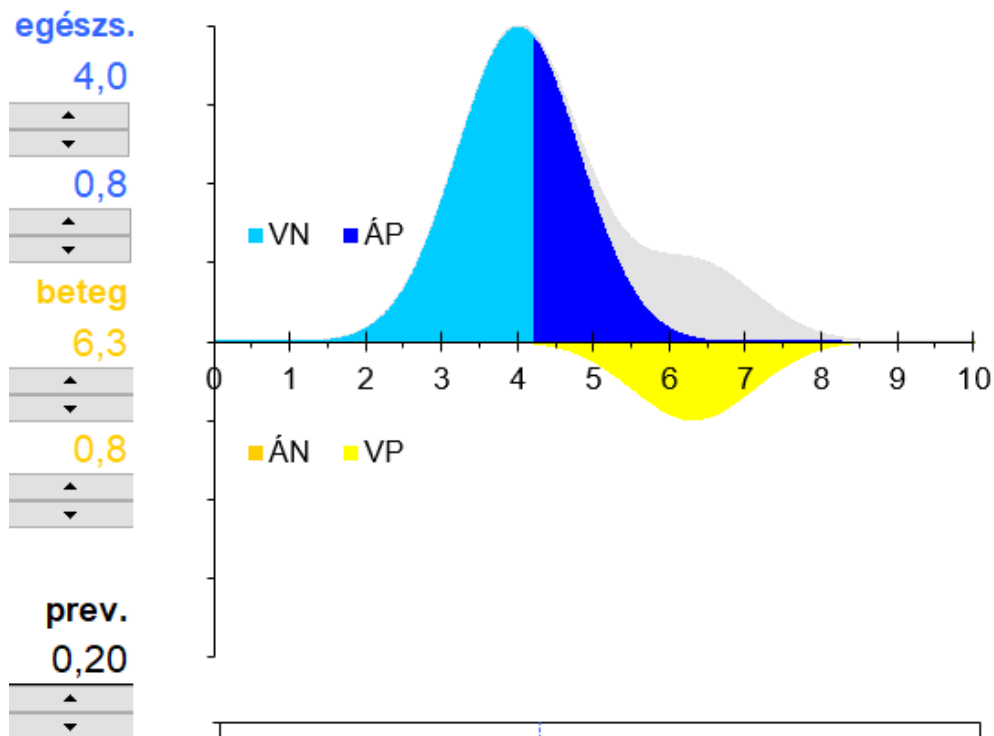
szenzitivitás	se	$\frac{VP}{VP + \acute{A}N}$	$p(P B)$	pozitív a betegek között	VPa (valódi pozitív arány)
specifitás	sp	$\frac{VN}{VN + \acute{A}P}$	$p(N E)$	negatív az egészségesek között	VNa (valódi negatív arány)
álnegatív arány	1-se	$\frac{\acute{A}N}{VP + \acute{A}N}$	$p(N B)$	negatív a betegek között	$\acute{A}Na$
álpozitív arány	1-sp	$\frac{\acute{A}P}{VN + \acute{A}P}$	$p(P E)$	pozitív az egészségesek között	$\acute{A}Pa$
relevancia	PPV	$\frac{VP}{VP + \acute{A}P}$	$p(B P)$	beteg a pozitívak között	
szegregancia	NPV	$\frac{VN}{VN + \acute{A}N}$	$p(E N)$	egészséges a negatívak között	
téves figyelem-felkeltő arány	1-PPV	$\frac{\acute{A}P}{VP + \acute{A}P}$	$p(E P)$	egészséges a pozitívak között	
téves megnyugtatósi arány	1-NPV	$\frac{\acute{A}N}{VN + \acute{A}N}$	$p(B N)$	beteg a negatívak között	

prevalenciától függetlenek

prevalenciafüggők

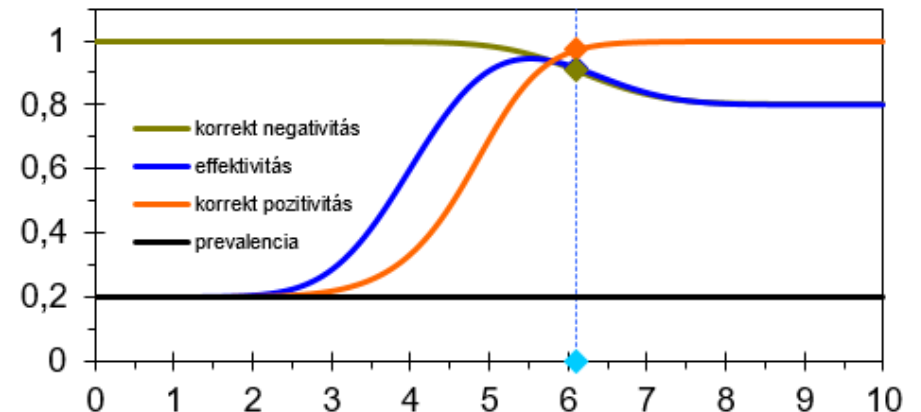
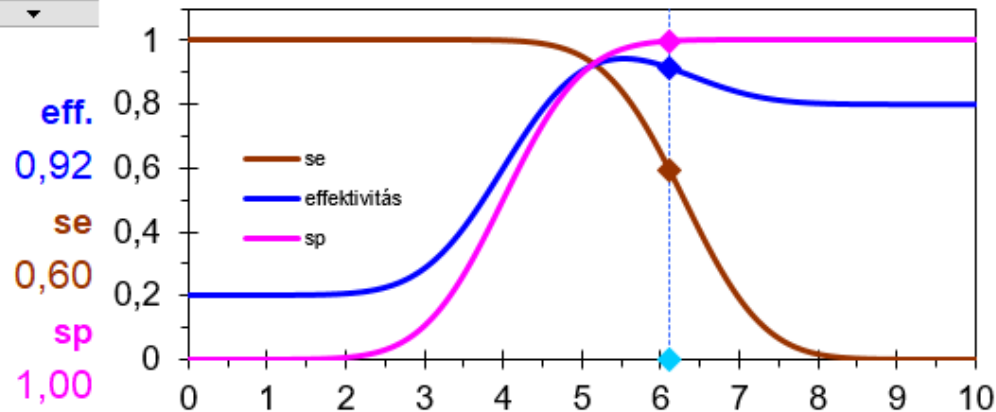
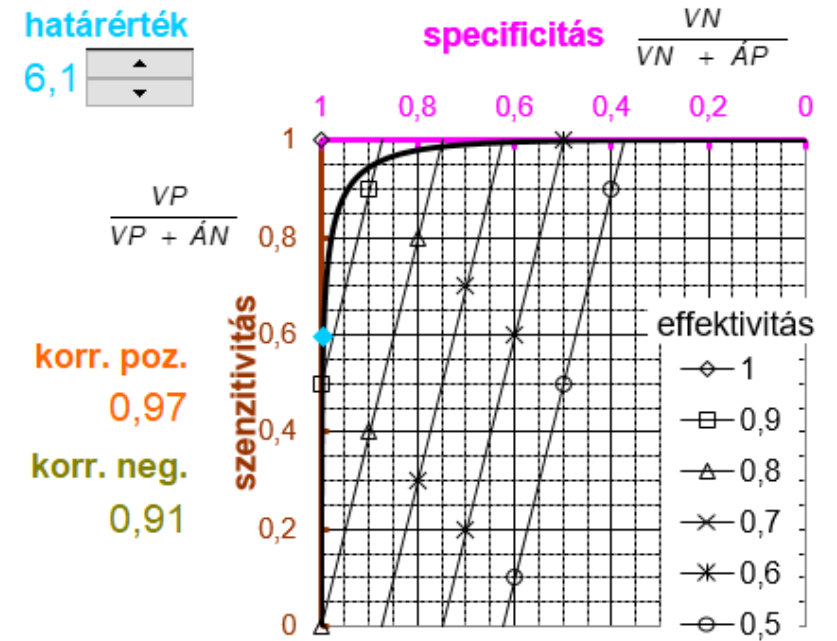
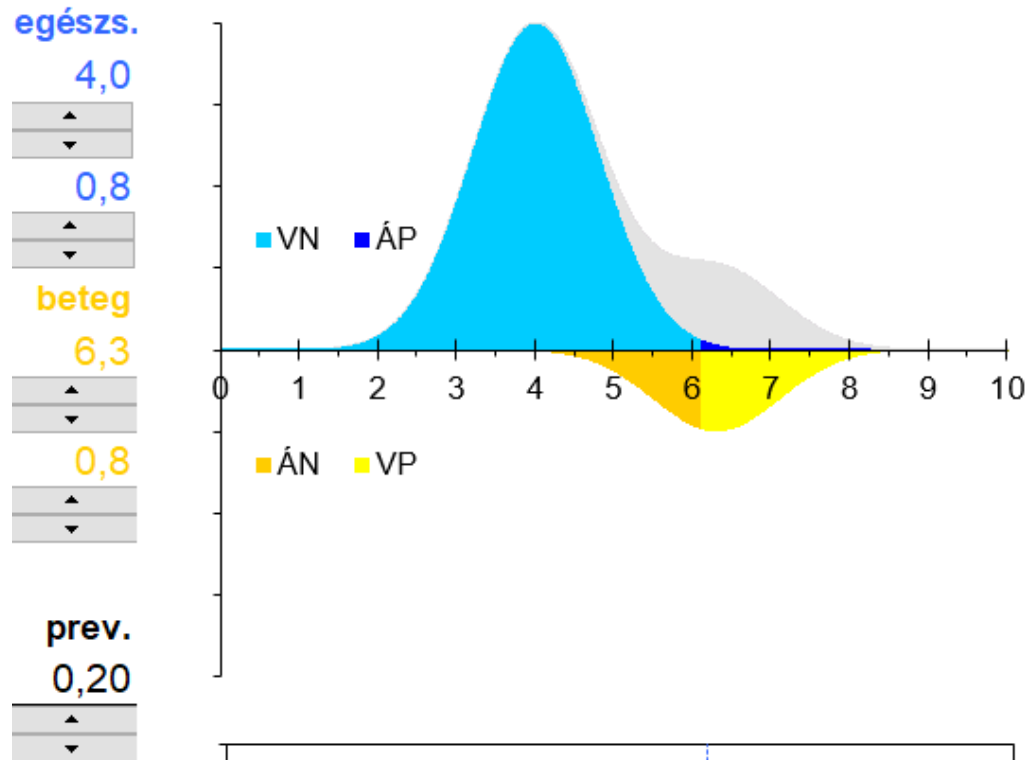
mennyire fogja ki
a kifogandókat?

Diagnosztikus szenzitivitás maximalizálása



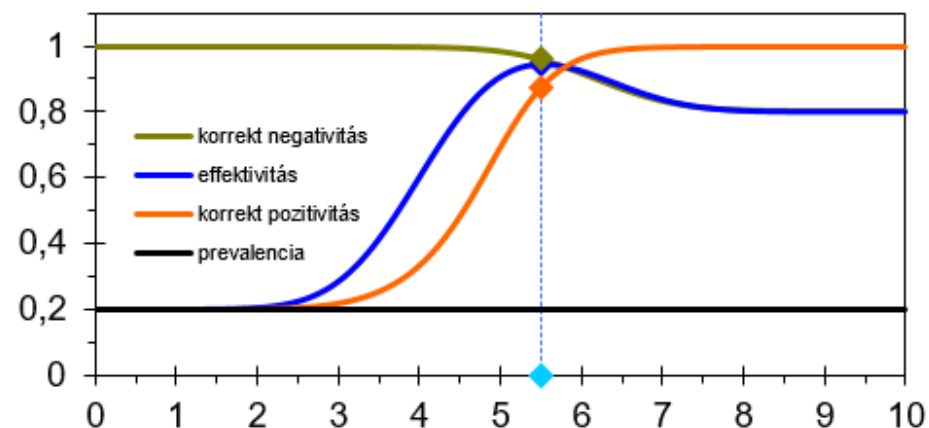
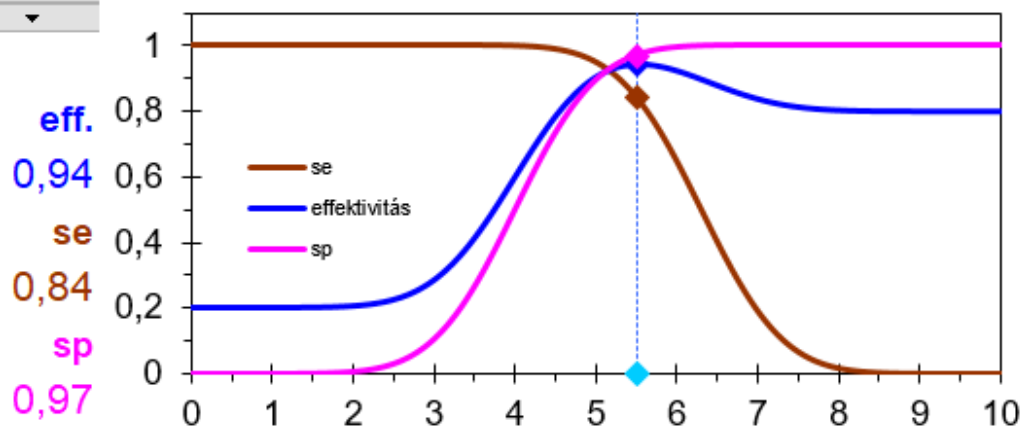
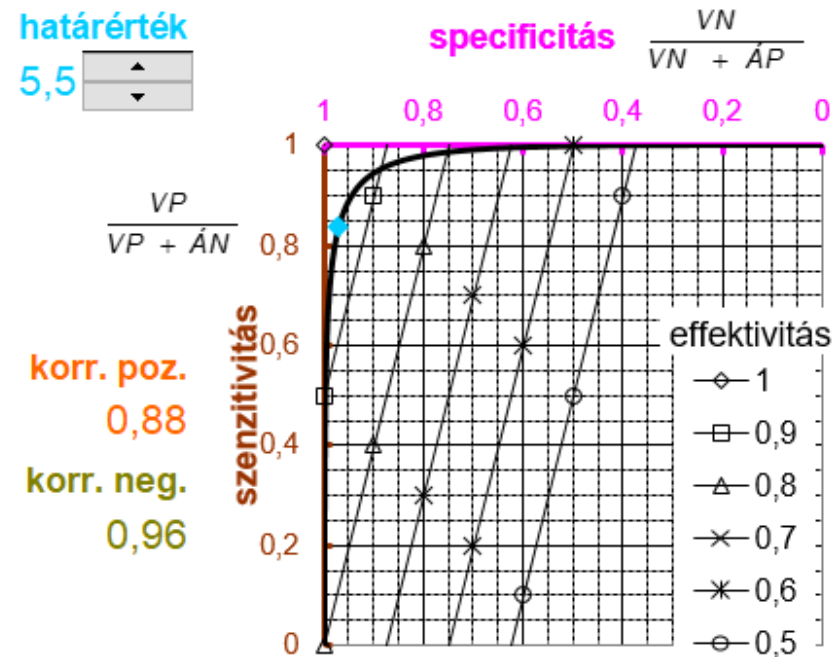
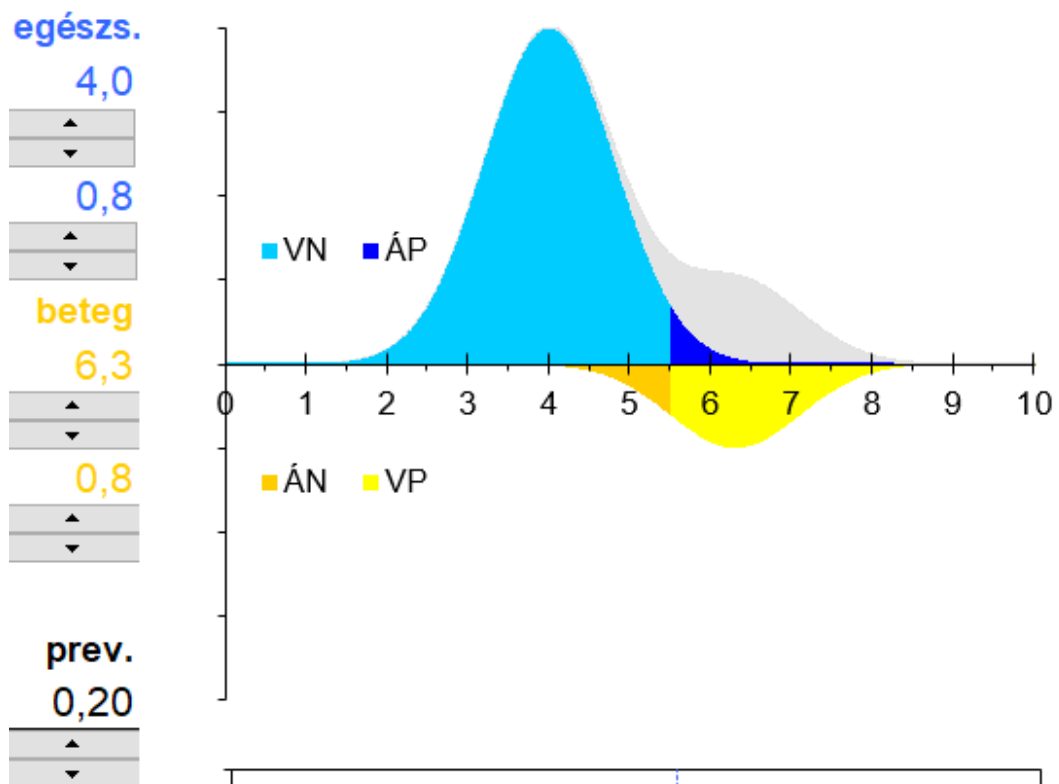
mennyire hagyja békén a
békén hagyandókat?

Diagnosztikus specificitás maximalizálása



a kifogandók kifogása és a
békén hagyandók békén
hagyása egyformán fontos

Diagnosztikus effektivitás maximalizálása

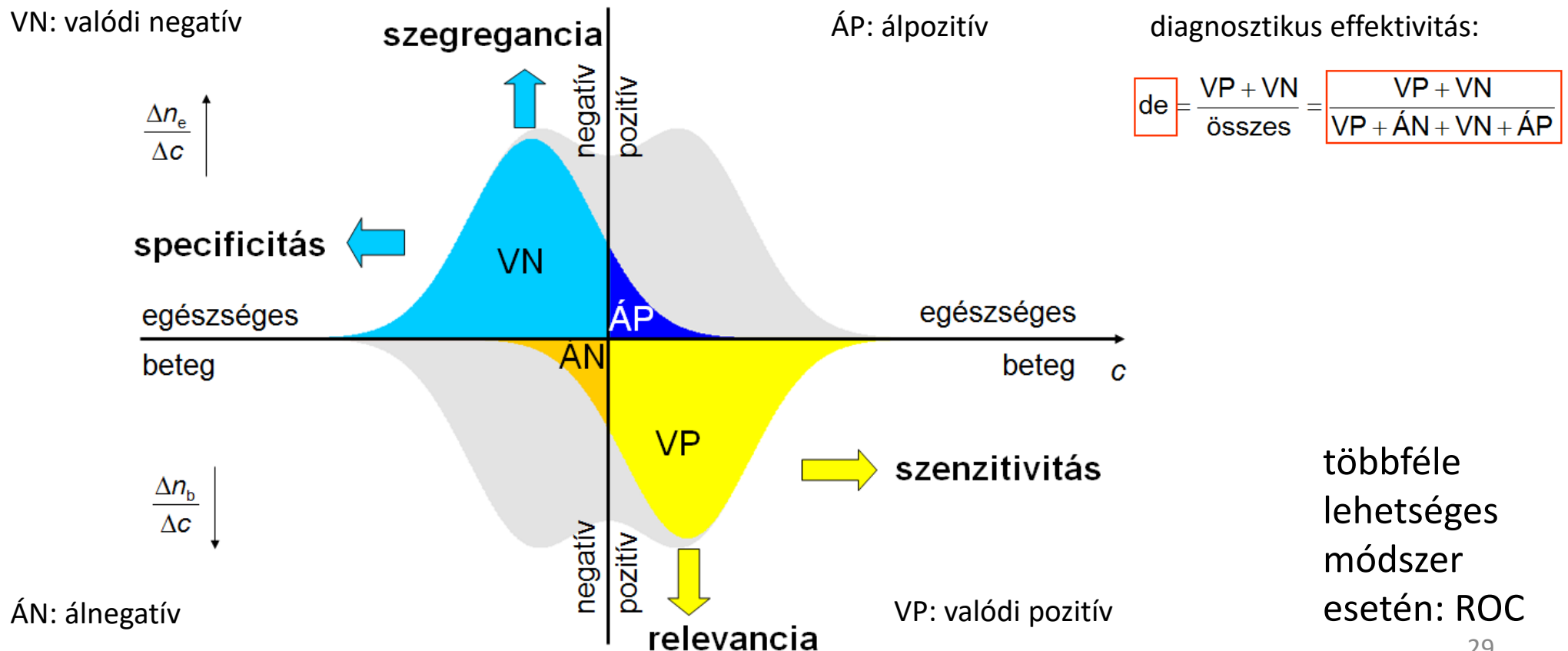


mindennek **eloszlása** van; a beteg és egészséges értékek eloszlása **átfed** egymással
el lehet-e dönteni, hogy melyik fontosabb:

kimutatni a tényleges betegek minél nagyobb hányadában a betegséget, hogy kezelést kaphassanak
(szenzitivitás maximalizálása) vagy

az egészségesek minél kisebb hányadánál vélelmezni hamis pozitív értéket (álpozitív arány minimalizálása ill. **specificitás maximalizálása**), hogy feleslegesen ne kapjon terápiát az egészséges

ha nem lehet eldönteni, akkor egyformán fontosak: **diagnosztikus hatéktívitás maximalizálása**



többféle
lehetséges
módszer
esetén: ROC

