

Fertőző betegségek diagnosztikájában használt tesztek eredményének értelmezése

Solymosi Norbert

Kvantitatív állatorvosi epidemiológia
Járványtani és Mikrobiológiai Tanszék
Állatorvostudományi Egyetem

2020. október 7.

Diagnózis felállítása:

- eltérések összegyűjtése
- ezek fontosság szerinti rendezése, a szóba jöhető kórképek valószínűségének mérlegelése
- az elkülönítést lehetővé tevő tesztek kiválasztása, alkalmazása
- az eredmények **értelmezése**

Mi a teszt?

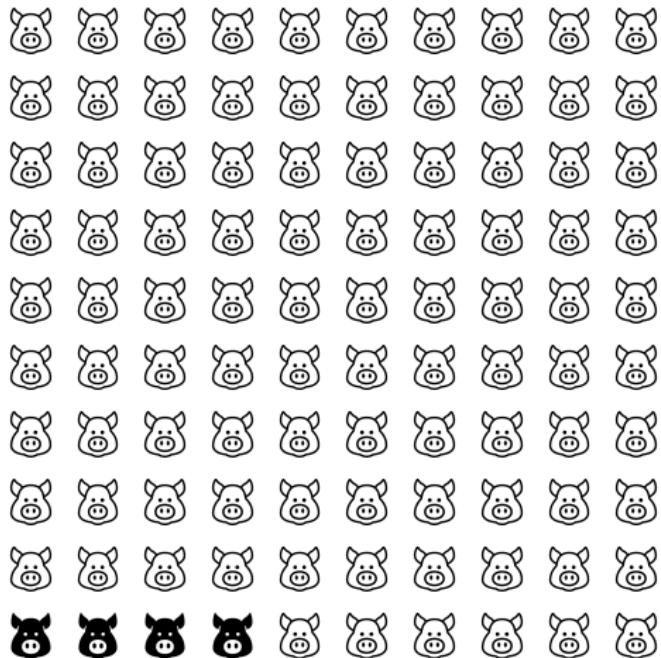
- valamilyen eljárás, ami csökkenti az egészségi állapotra vonatkozó bizonytalanságot
- magába foglalja a rutin vizsgálatokat, a kórelőzmény felvétele során feltett kérdéseket, klinikai tüneteket, képalkotó (CT, MR, RTG, UH) és laboratóriumi (haematológia, szerológia, biokémia, kórszövettan, mikrobiológia, stb.) eredményeket, kórbonctani jeleket

- A vizsgálat alanya (egyed, csoport, telep, terület)
 - érintett (beteg, fertőzött)
 - nem érintett (nem beteg, nem fertőzött)?
- A tesztelés célja
 - az alany érintettségének igazolása/cáfolata
 - az érintettség mértékének a meghatározása a populációban
 - monitoring, screening, surveillance
- Teszt értékelése
 - a tökéletes teszt lehetővé teszi, hogy az érintett és nem érintett egyedekeket hiba nélkül elkülönítsük egymástól
 - a tesztek túlnyomó többsége nem tökéletes
 - ahoz, hogy a teszt hibájáról információt szerezzünk ún. gold standard módszer eredményeihez hasonlítjuk
- A tesztelési eljárás tökéletlen
 - az eset definíció egyértelműsége (mi a pozitív és mi a negatív)
 - a eszközök mérési minősége

돼지 fertőzött sertés

돼지 nem fertőzött sertés

tételezzük fel, hogy egy
sertésállományban a
fertőzöttség
prevalenciája 4%
(4/100)

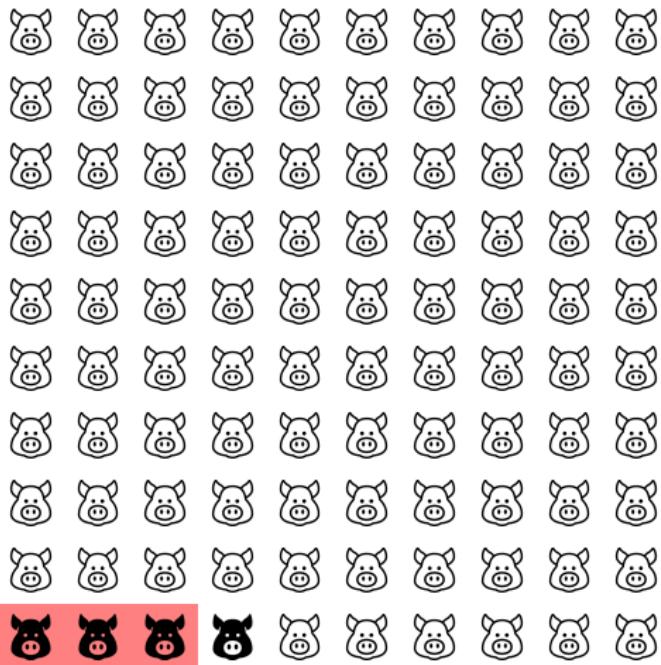


돼지 fertőzött sertés:

돼지 pozitív teszt

돼지 nem fertőzött sertés

egy diagnosztikai
teszttel a 4 fertőzött
állatból 3 pozitív lett



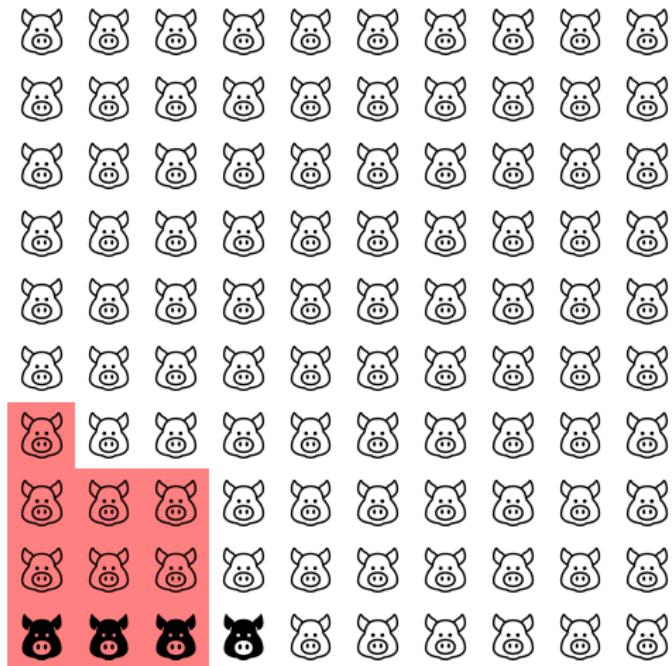
돼지 fertőzött sertés:

돼지 pozitív teszt

돼지 nem fertőzött sertés:

돼지 pozitív teszt

a nem fertőzöttek közül
további 7 lett pozitív



Ⓐ nem fertőzött sertés:

🔴 pozitív teszt

🟢 negatív teszt

Ⓑ fertőzött sertés:

🔴 pozitív teszt

🟢 negatív teszt

89 nem fertőzött és 1
fertőzött állatot
azonosított a teszt
negatívként



☒ nem fertőzött sertés:

☒ pozitív teszt

☐ negatív teszt

☒ fertőzött sertés:

☒ pozitív teszt

☐ negatív teszt

A szenzitivitás a fertőzöttek közül a teszttel pozitívként azonosított állatok részaránya:

$$\frac{3}{4} = 0.75$$



돼지 nem fertőzött sertés:

 pozitív teszt

 negatív teszt

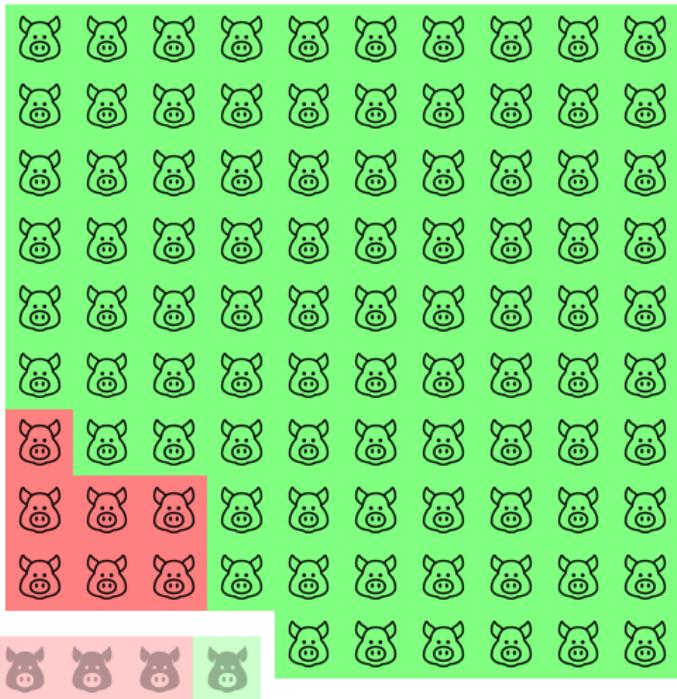
돼지 fertőzött sertés:

 pozitív teszt

 negatív teszt

A specificitás a nem fertőzöttek közül a teszttel negatívként azonosított állatok részaránya:

$$\frac{89}{96} = 0.93$$



	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	3	7	10
Teszt -	1	89	90
Σ	4	96	100

A szenzitivitás a fertőzöttek közül a teszttel pozitívként azonosított állatok részaránya.

Annak a valószínűsége, hogy egy fertőzött állatot a teszt pozitívként azonosít.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Tesz +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Tesz -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

A szenzitivitás a fertőzöttek közül a teszttel pozitívként azonosított állatok részaránya.

Annak a valószínűsége, hogy egy fertőzött állatot a teszt pozitívként azonosít.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

$$Se = \frac{a}{a+c} = \frac{3}{3+1} = 0.75$$

A specificitás a nem fertőzöttek közül a teszttel negatívként azonosított állatok részaránya.

Annak a valószínűsége, hogy egy nem fertőzött állatot a teszt negatívként azonosít.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

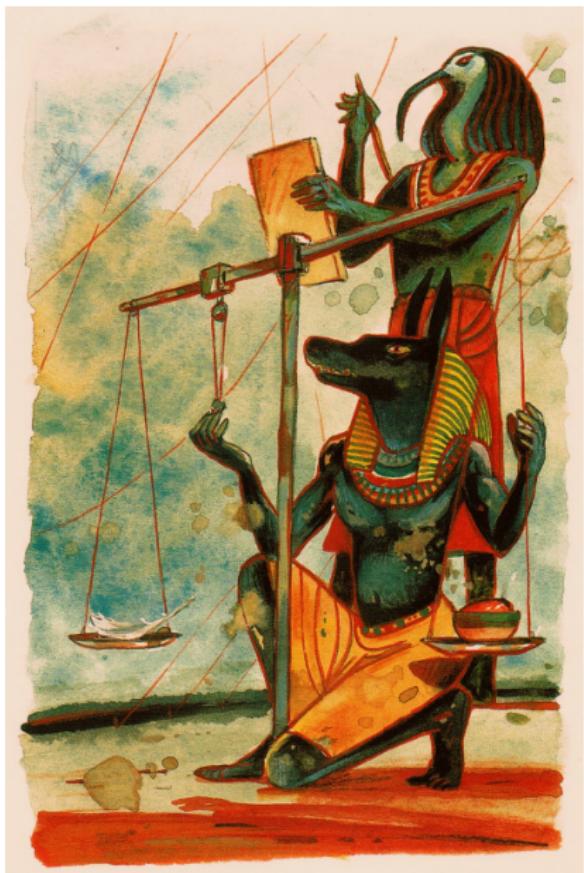
A specificitás a nem fertőzöttek közül a tesztrel negatívként azonosított állatok részaránya.

Annak a valószínűsége, hogy egy nem fertőzött állatot a teszt negatívként azonosít.

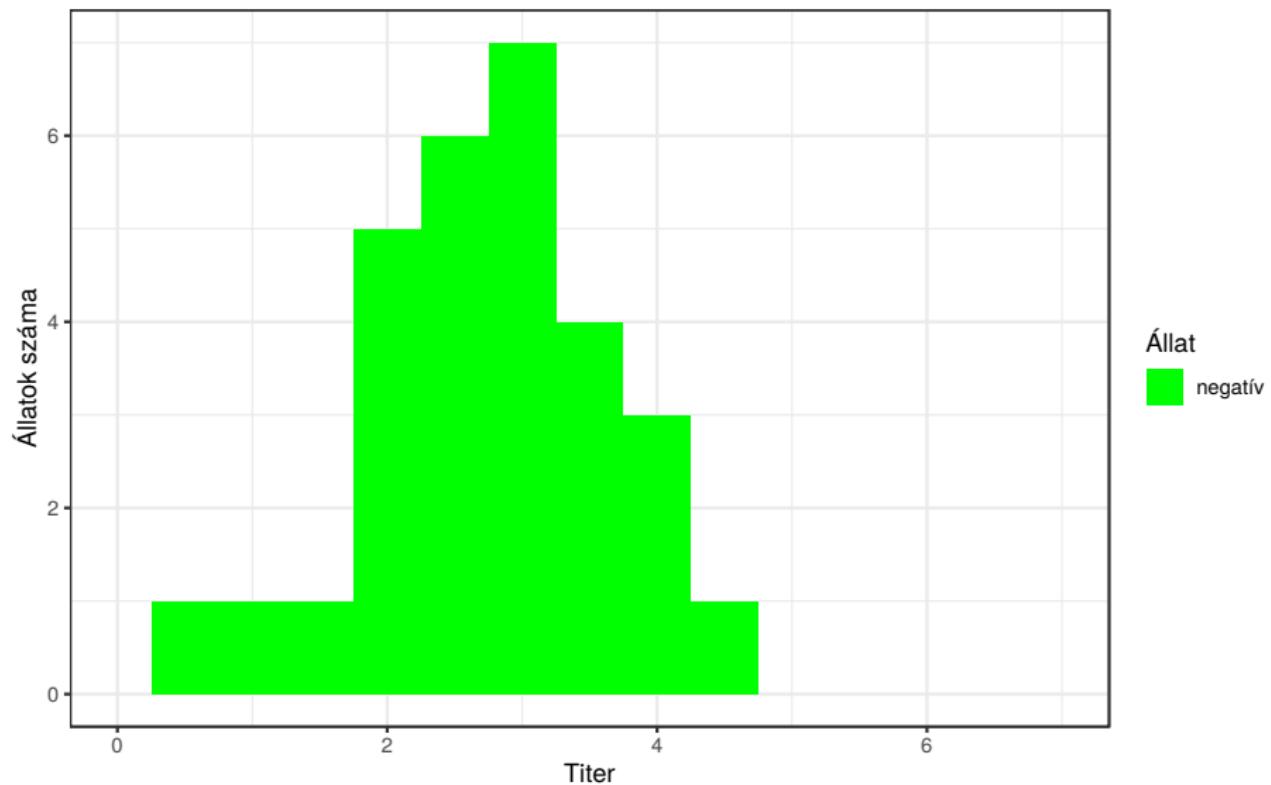
	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

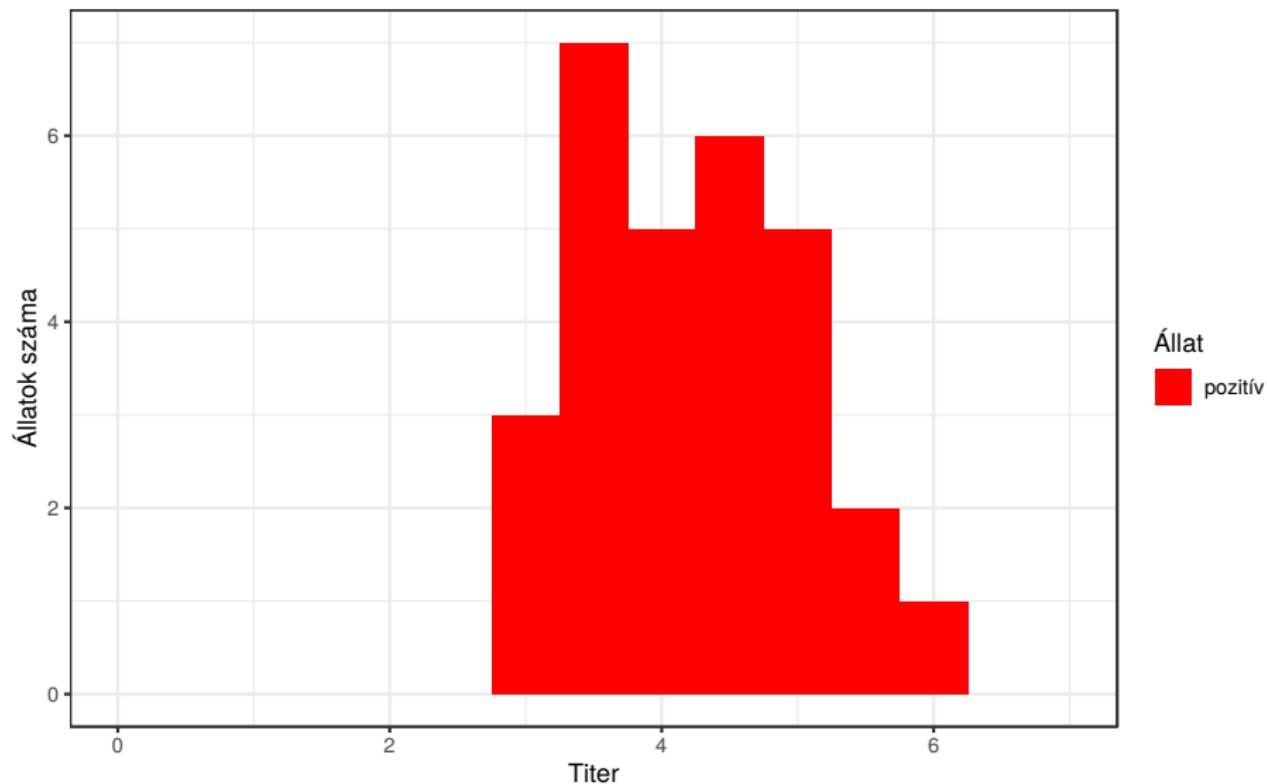
$$Sp = \frac{d}{b + d} = \frac{89}{7 + 89} = 0.93$$

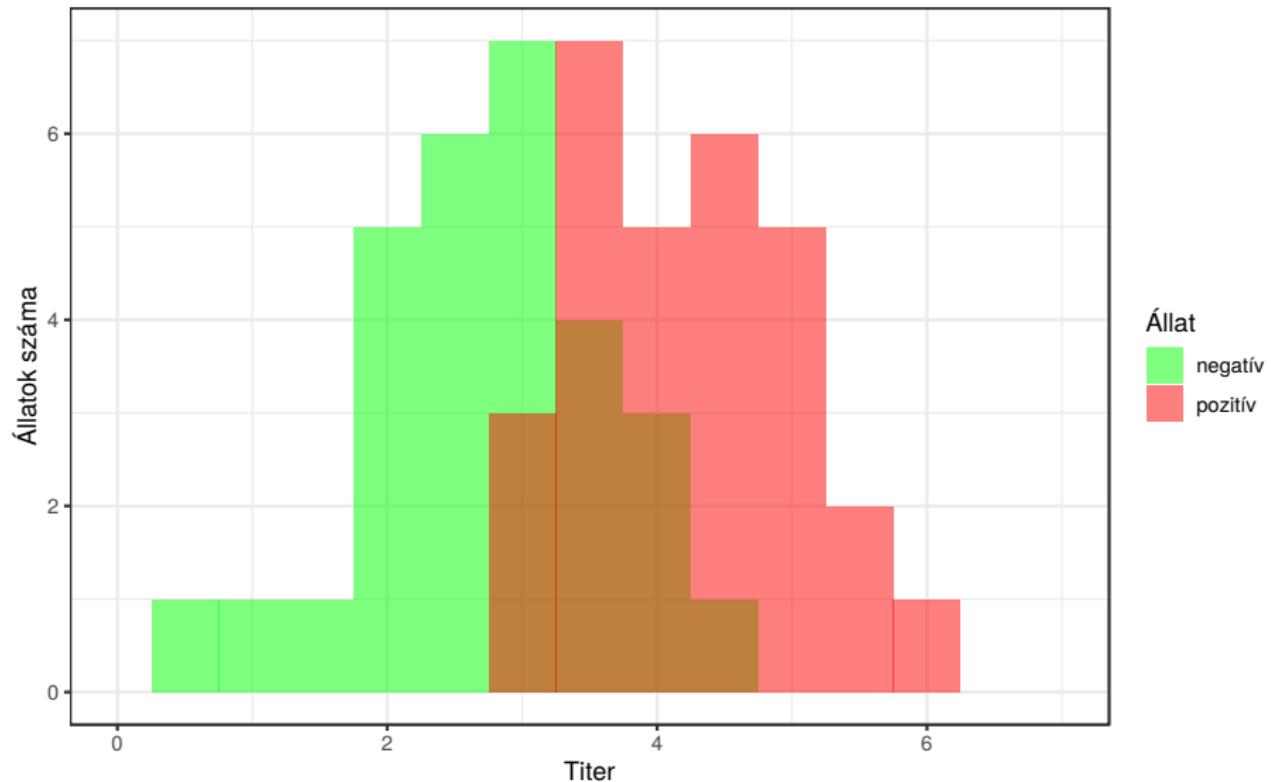
- Eddig a teszt eredménye egyértelműen kétféle lehetett: igen/nem, pozitív/negatív
- Számos mérés folytonos változó
 - vérnyomás
 - biokémiai paraméterek
 - szerológia
- Egy határérték alapján különböztetjük meg a pozitívot a negatívtól

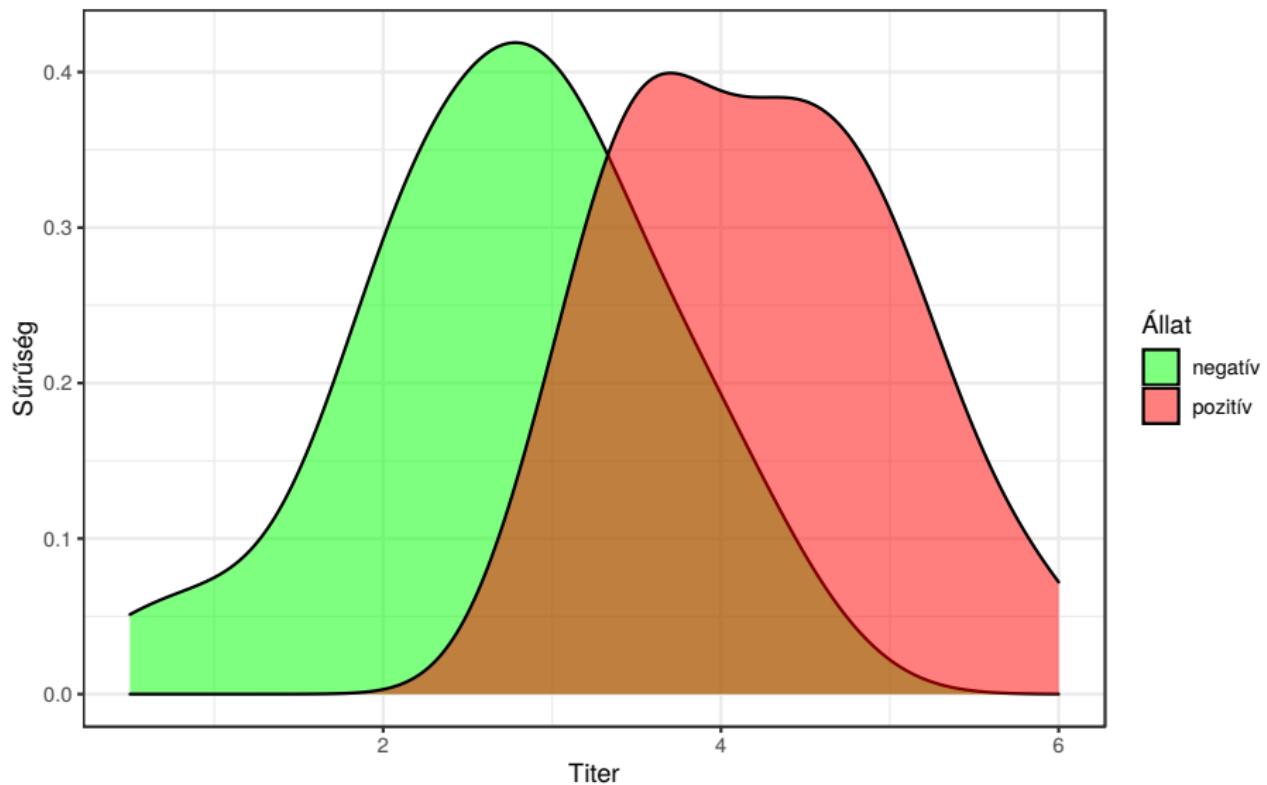


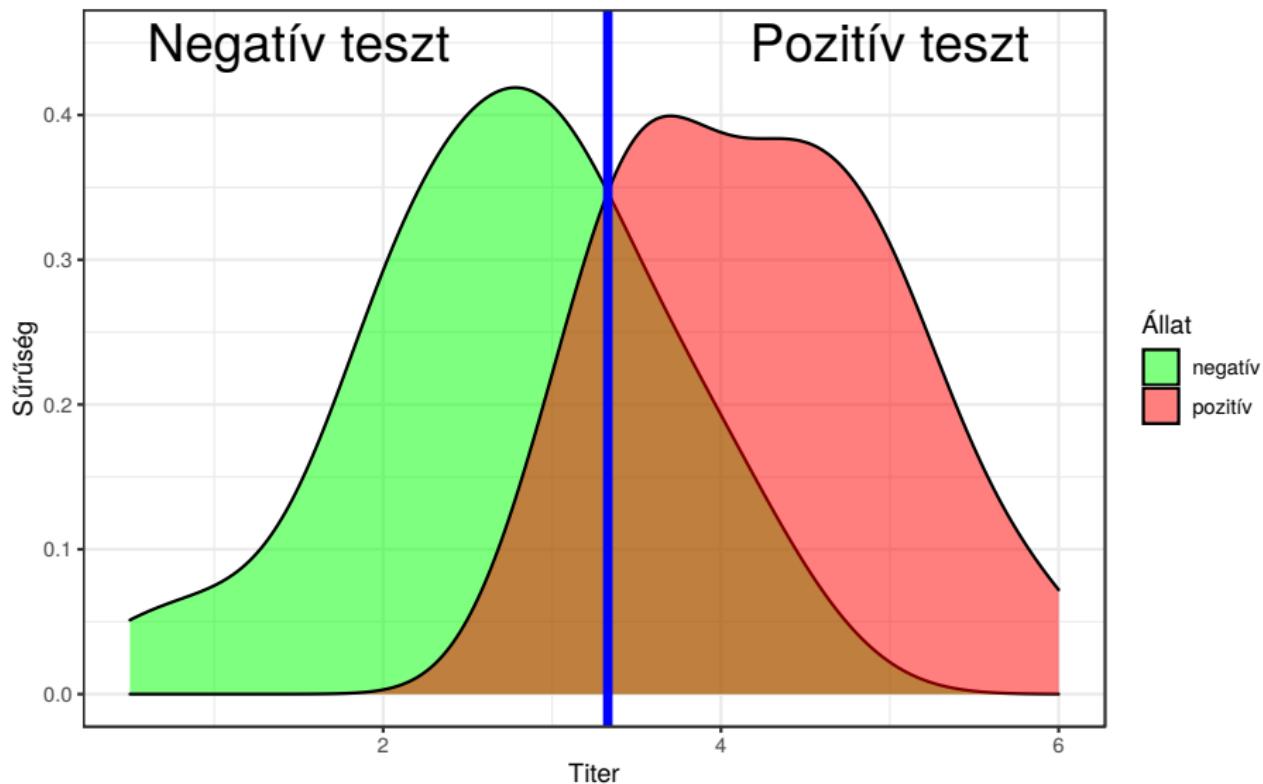
	Titer	Állatok száma
	Fertőzés –	Fertőzés +
Nem fertőzött állatok titerei: 3, 2, 3.5, 3, 2, 2.5, 3, 1.5, 2.5, 3.5, 4, 2.5, 4, 2, 2, 3, 1, 2.5, 3.5, 0.5, 2.5, 4.5, 2.5, 3, 3, 3, 4, 2, 3.5	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5	1 1 1 5 6
Fertőzött állatok titerei: 3.5, 3.5, 3.5, 4.5, 4, 5, 5.5, 4, 3.5, 4.5, 5, 3.5, 6, 4, 4.5, 3.5, 4, 3, 5, 5.5, 5, 3, 4.5, 4.5, 5, 3, 3.5, 4.5, 4	3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0	7 4 3 1 5 2 1

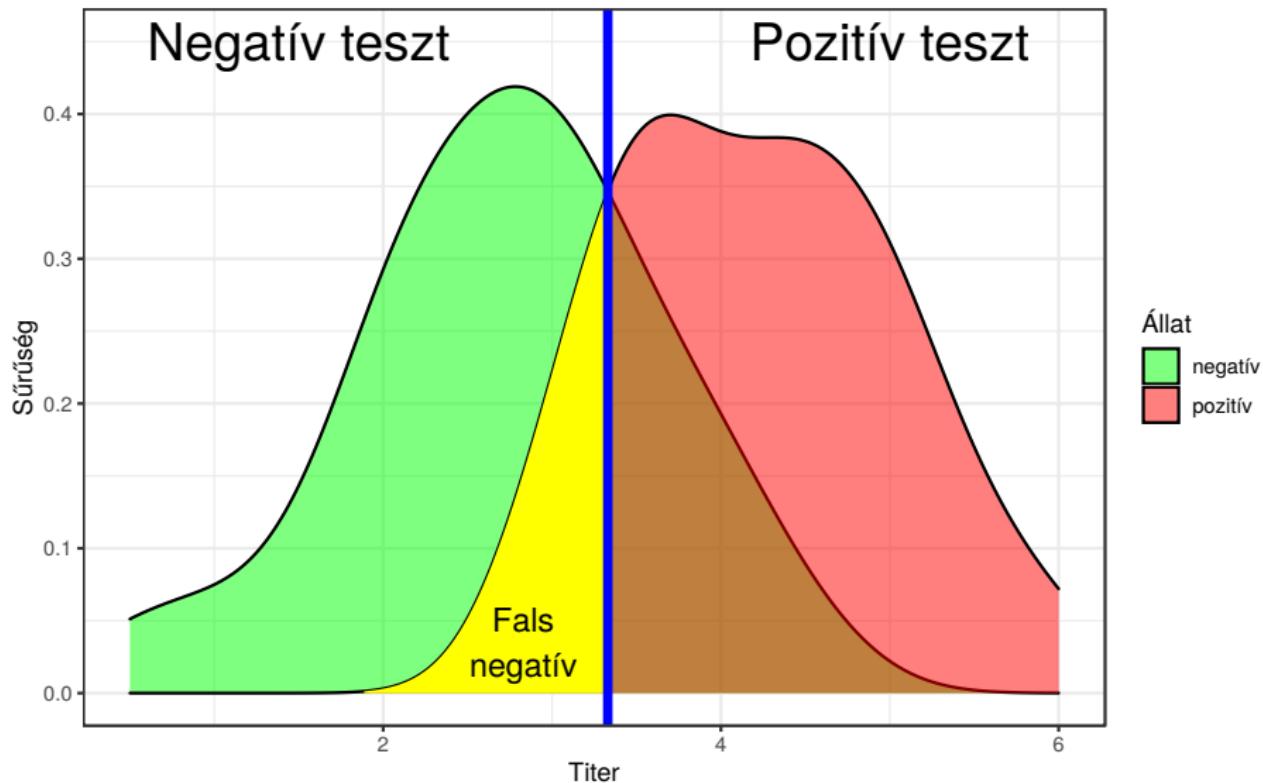






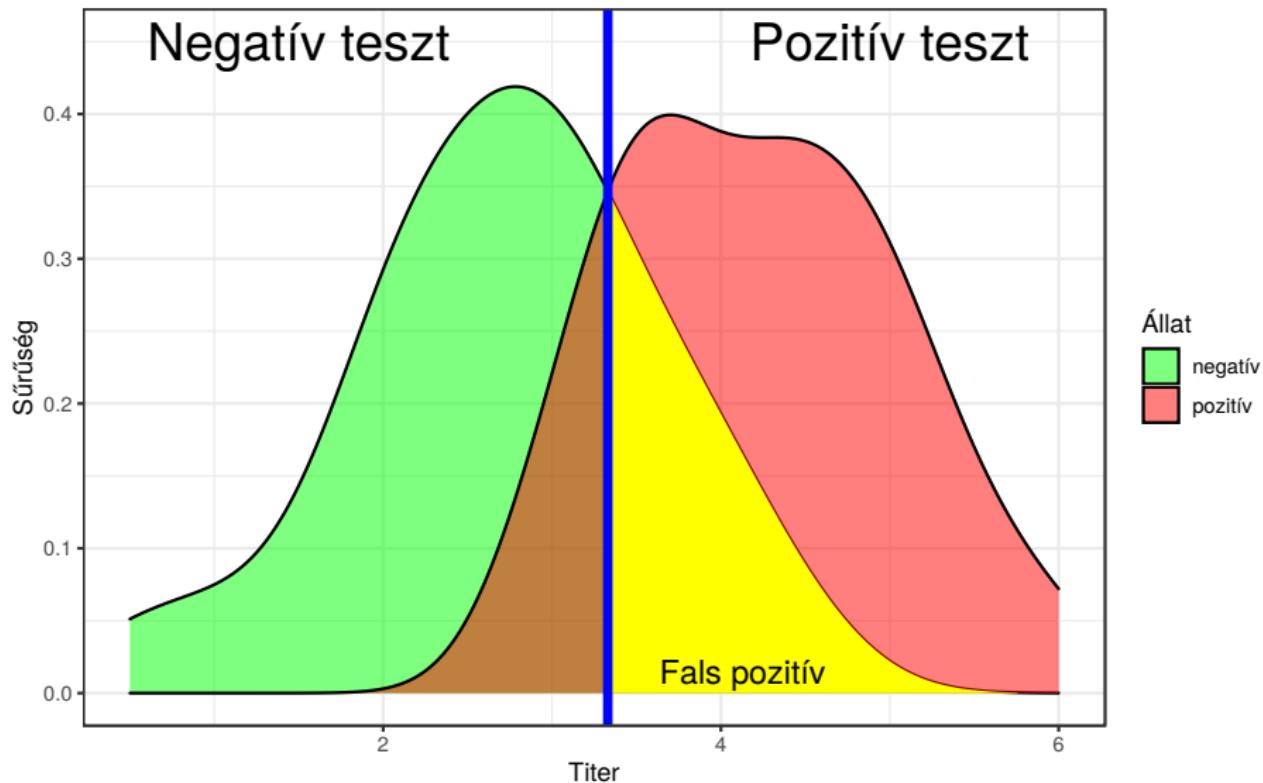


Negatív teszt**Pozitív teszt**

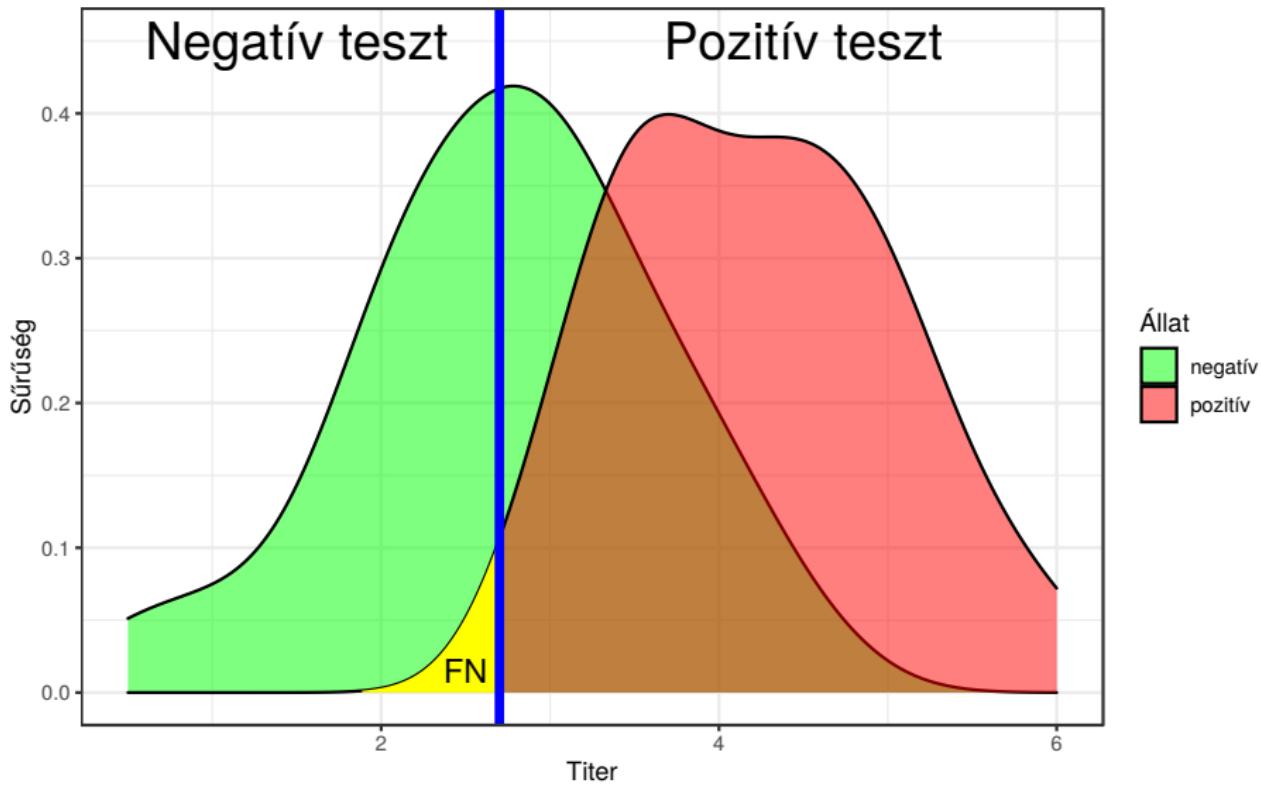
Negatív teszt**Pozitív teszt**

Negatív teszt

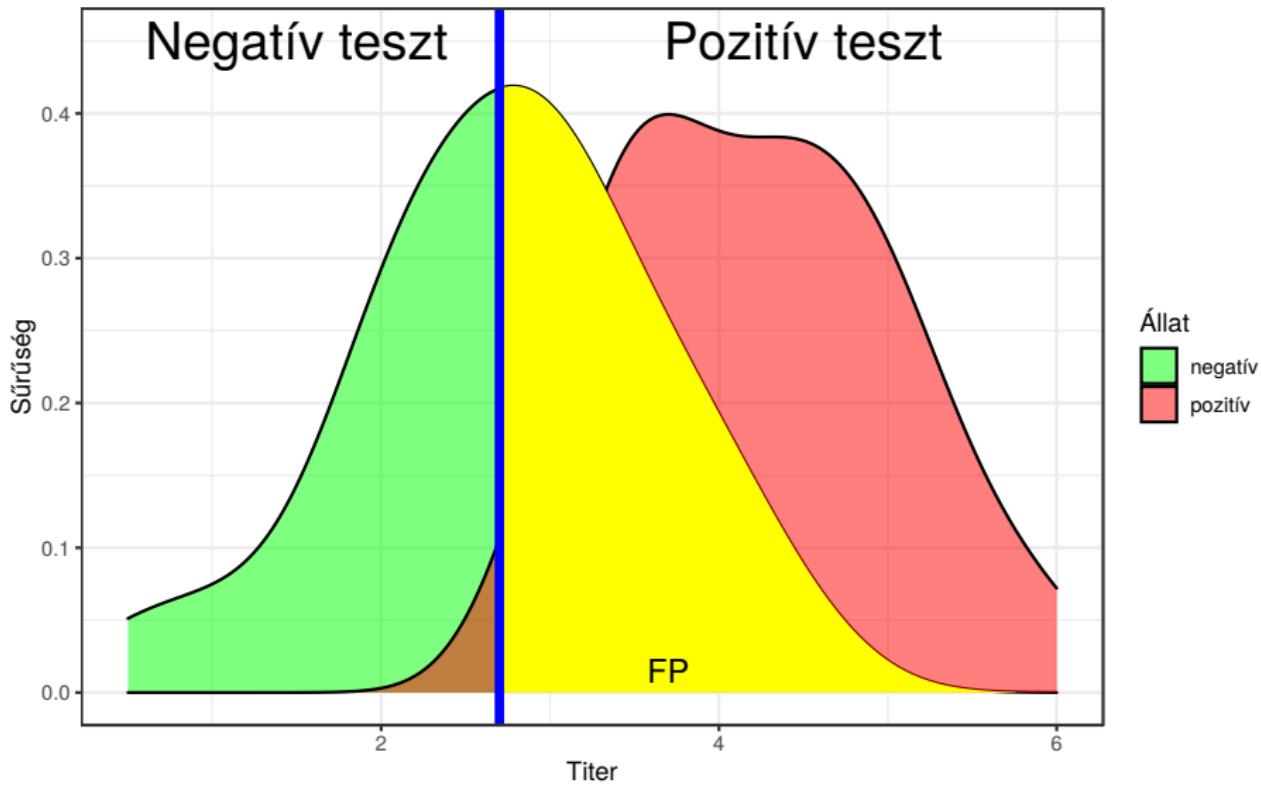
Pozitív teszt



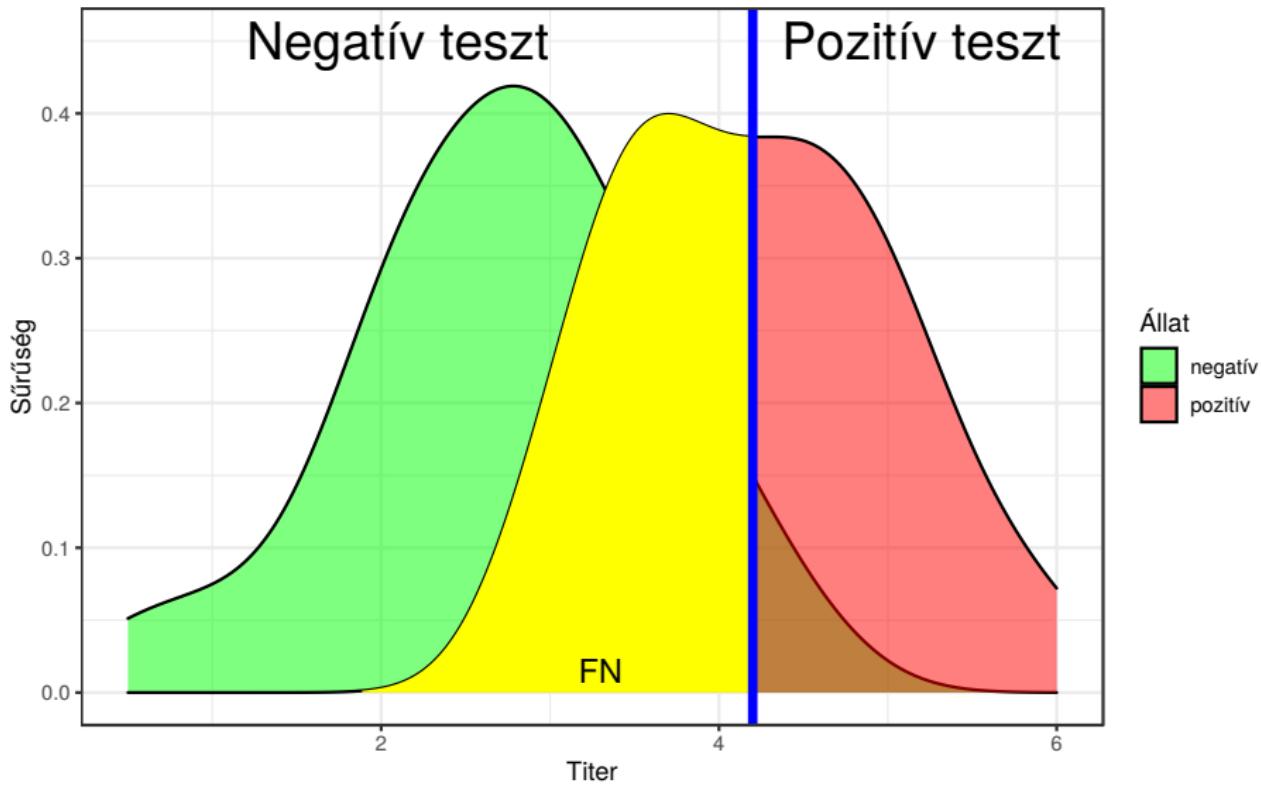
$Se \uparrow, Sp \downarrow \rightarrow FN \downarrow (TN \downarrow)$



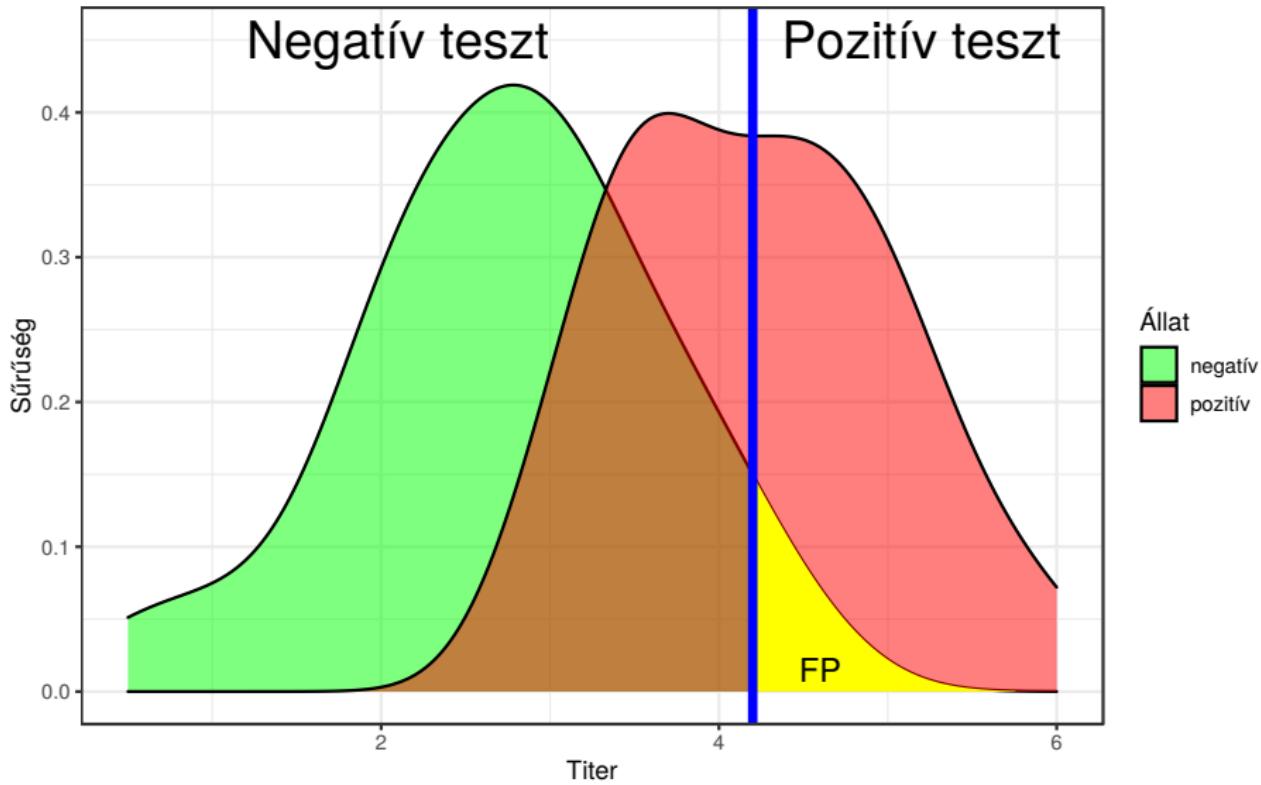
$Se \uparrow, Sp \downarrow \rightarrow FP \uparrow (TP \uparrow)$



$Se \downarrow, Sp \uparrow \rightarrow FN \uparrow (TN \uparrow)$



$Se \downarrow, Sp \uparrow \rightarrow FP \downarrow (FP \downarrow)$



Milyen határértéket kell használni?

- A tesztelés céljától függ.



Paolo Veronese (1582) Ifjú erény és bűn között

Ha a határértéket úgy változtatjuk, hogy a szenzitivitást növeljük, akkor ezzel együtt csökkentjük a specificitást.

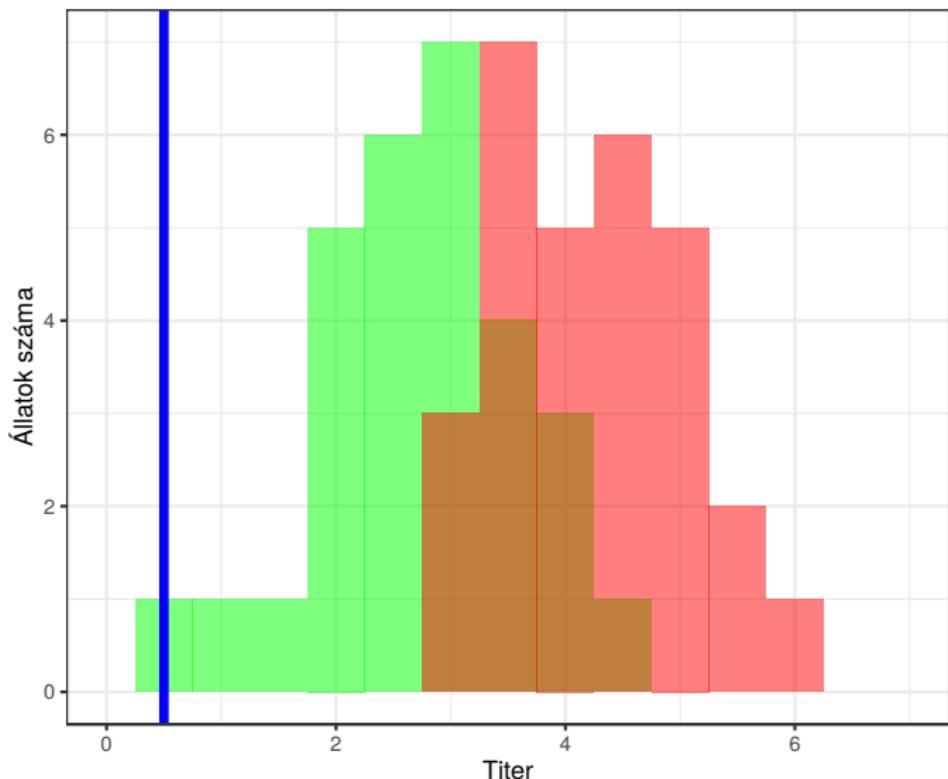
Se↑

- Ha meg akarunk találni minden fertőzött állatot, akkor növelnünk kell a szenzitivitást.
- Több fertőzött állat lesz teszt pozitív és több nem fertőzött állat lesz teszt pozitív.
- Ugyanakkor növeljünk annak a valszínűségét, hogy a teszt negatív állatok tényleg nem fertőzöttek.
- Ha abból a célból tesztelünk állatokat, hogy csak biztosan menteseket telepítsünk egy telepre, akkor a téves pozitív (FP) eredmények kevésbé fontosak, mint a téves negatív (FN) egyedek, amelyekkel fertőzött állat kerülhet a mentes állományba.

Ha a határértéket úgy változtatjuk, hogy a szenzitivitást növeljük, akkor ezzel együtt csökkentjük a specifikitást.

Sp↑

- Ha az a vizsgálat célja, hogy a teszt pozitívok valóban fertőzöttek legyenek, akkor növelnünk kell a specifikitást.
- Kevesebb fertőzött állat lesz teszt pozitív, de egyben kevesebb nem fertőzött állat lesz teszt pozitív is.
- Ha például tüneteket nem mutató állatok selejtezését valamelyen teszttel támasztanánk alá, akkor magas specifikással minimalizálhatjuk a téves pozitív (FP) eredményeket.



Titer határérték:

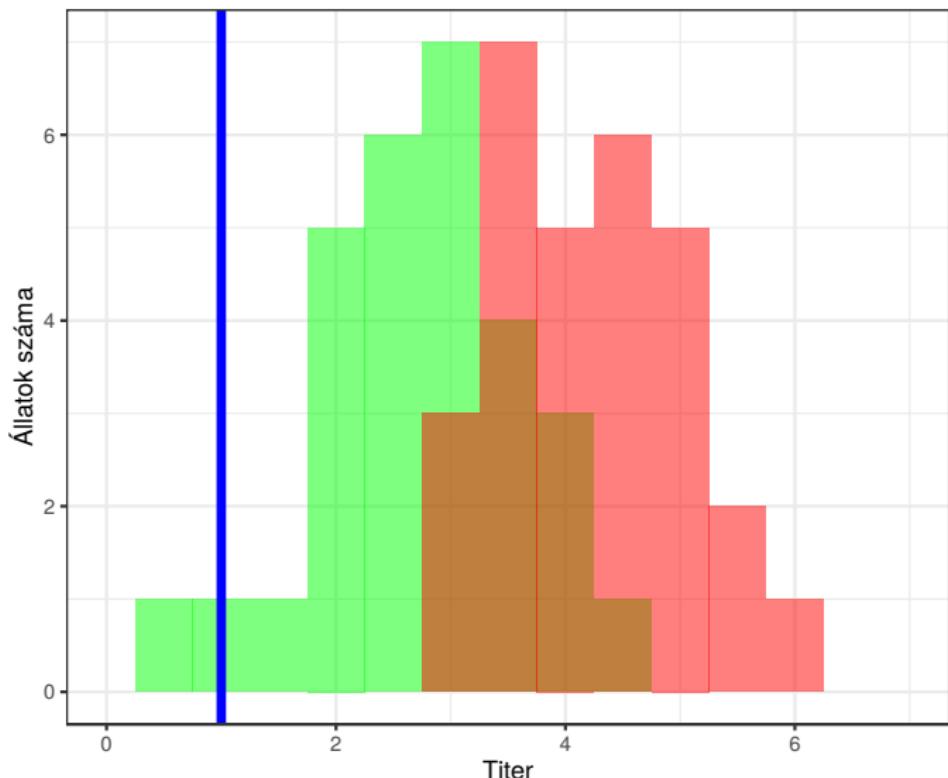
$T+ > 0.5$

$T- \leq 0.5$

	F+	F-
T+	29	28
T-	0	1

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.03$$



Titer határérték:

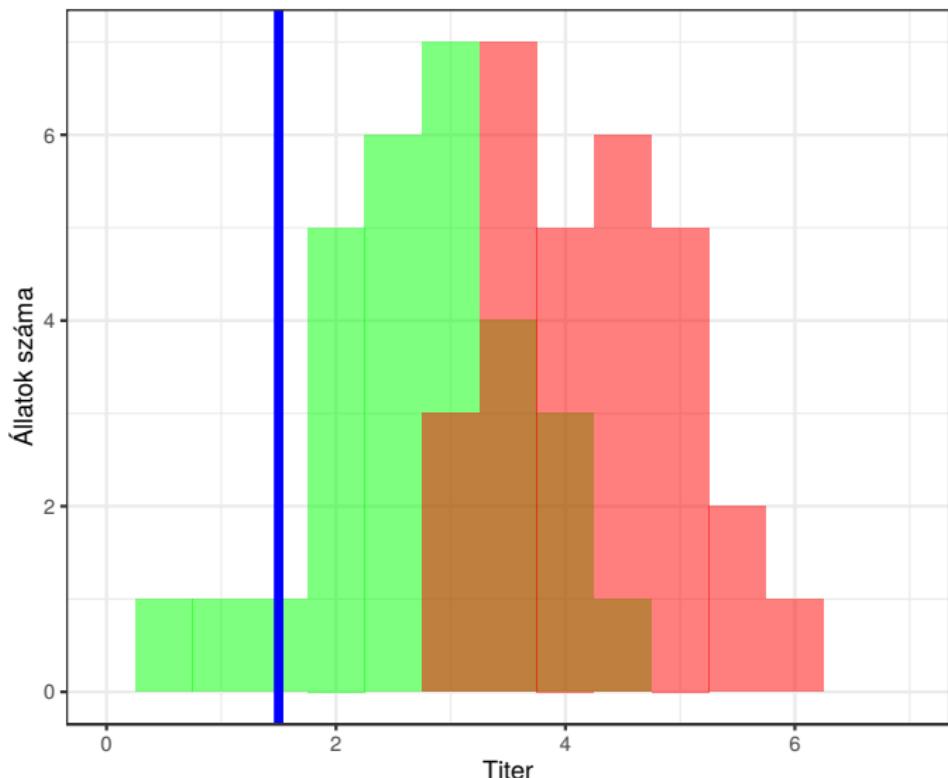
$T+ > 1.0$

$T- \leq 1.0$

	F+	F-
T+	29	27
T-	0	2

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.07$$



Titer határérték:

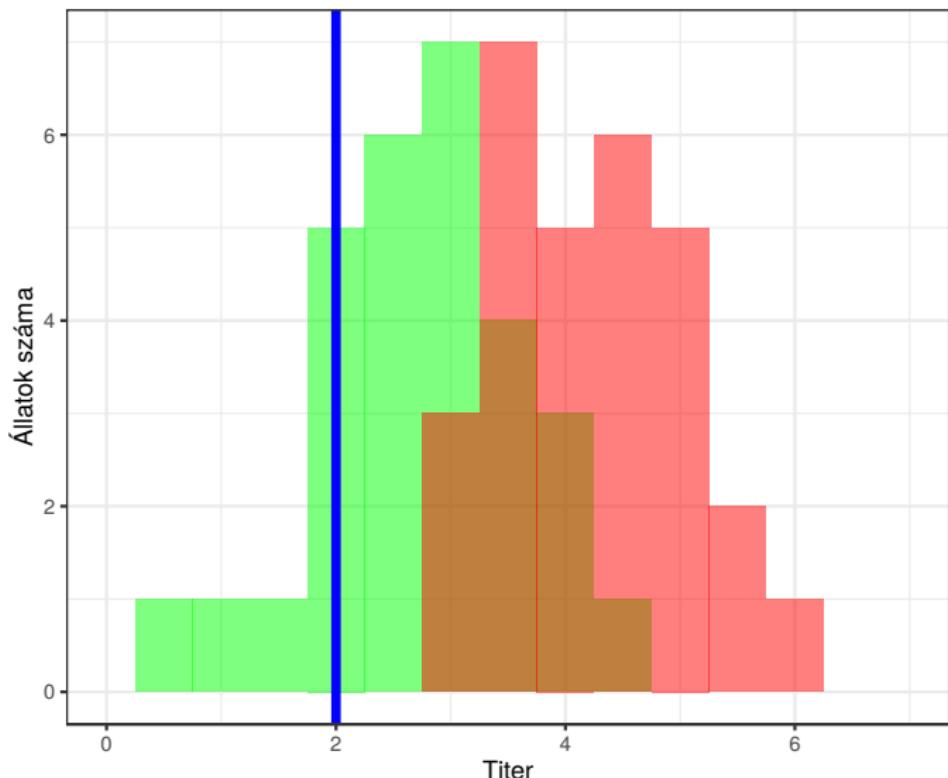
T₊: > 1.5

T₋: ≤ 1.5

	F ₊	F ₋
T ₊	29	26
T ₋	0	3

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.10$$



Titer határérték:

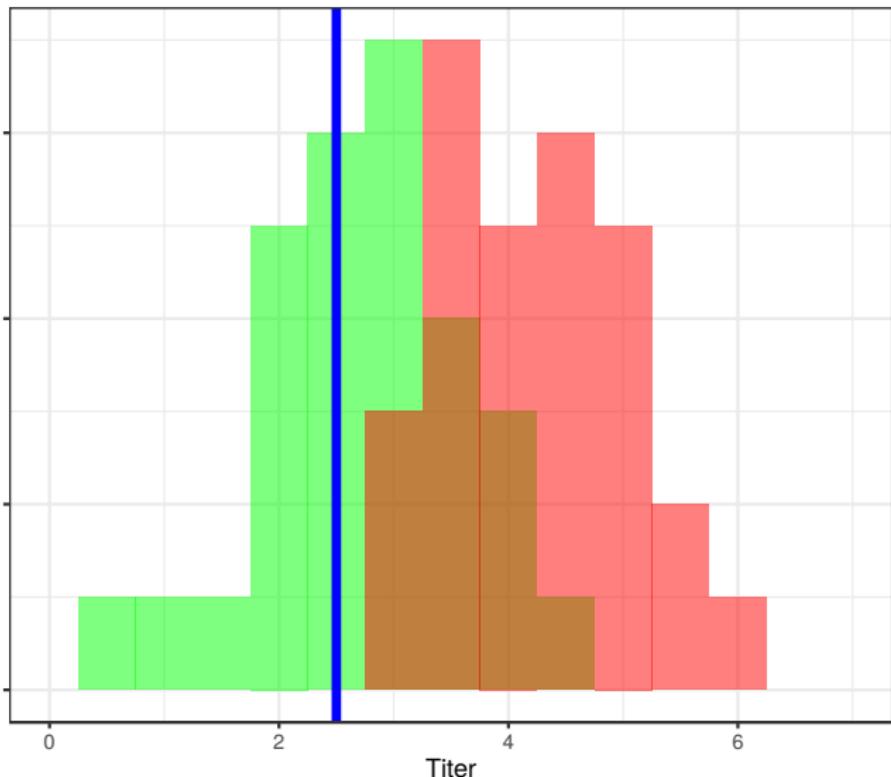
$T+ > 2.0$

$T- \leq 2.0$

	F+	F-
T+	29	21
T-	0	8

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.28$$



Titer határérték:

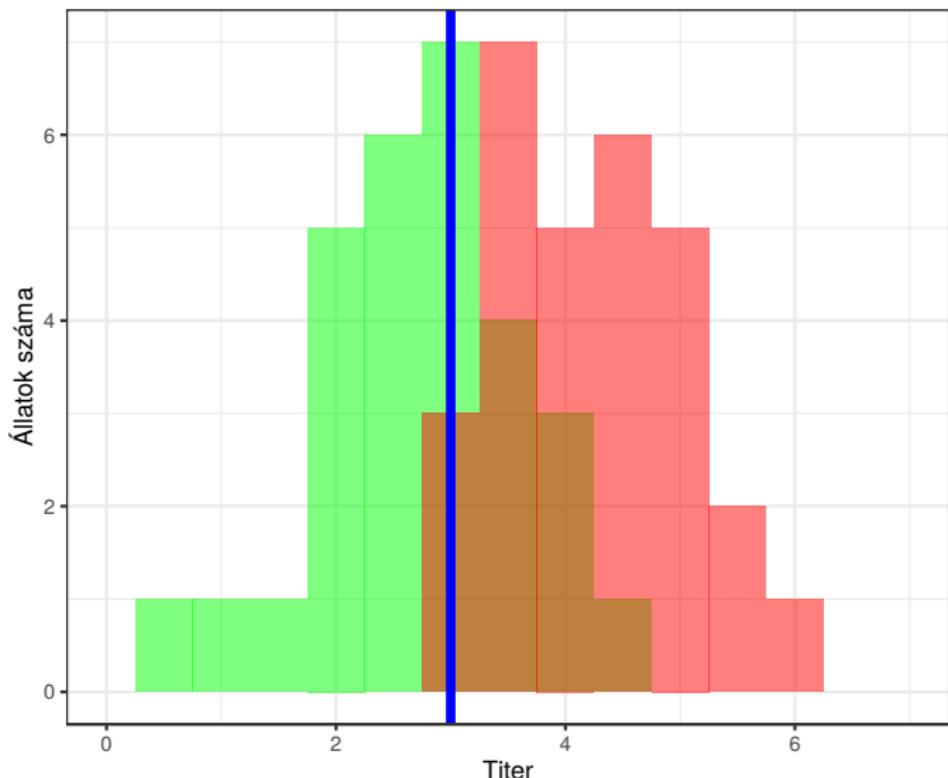
$T+ > 2.5$

$T- \leq 2.5$

	F+	F-
T+	29	15
T-	0	14

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.48$$



Titer határérték:

$T+ > 3.0$

$T- \leq 3.0$

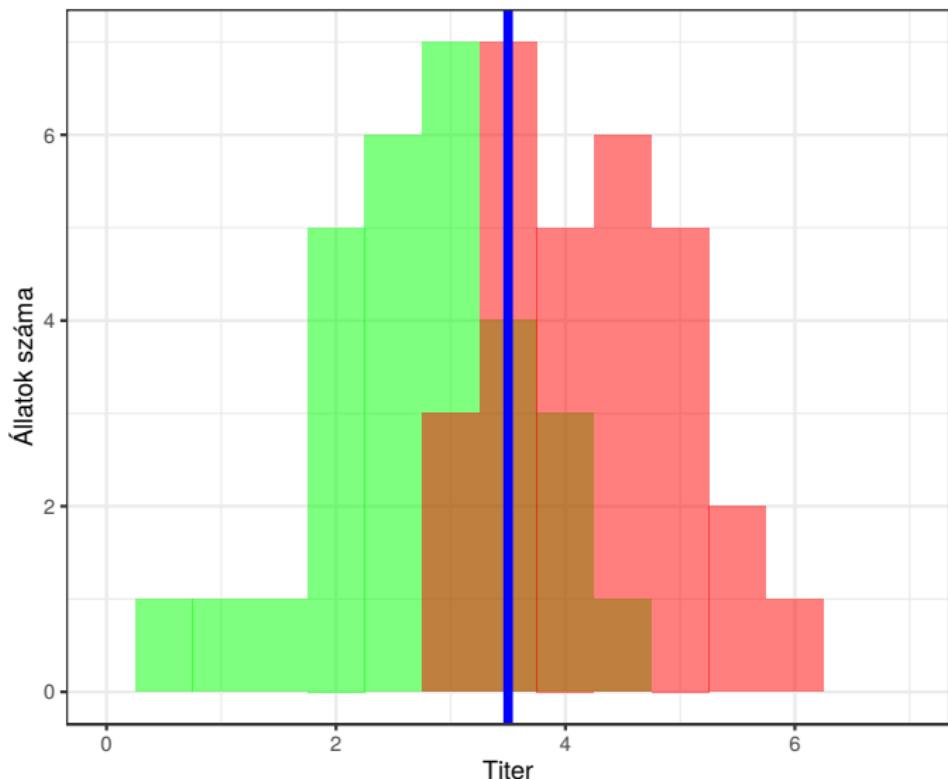
F+ F-

T+ 26 8

T- 3 21

$$Se = 0.90$$

$$Sp = 0.72$$



Titer határérték:

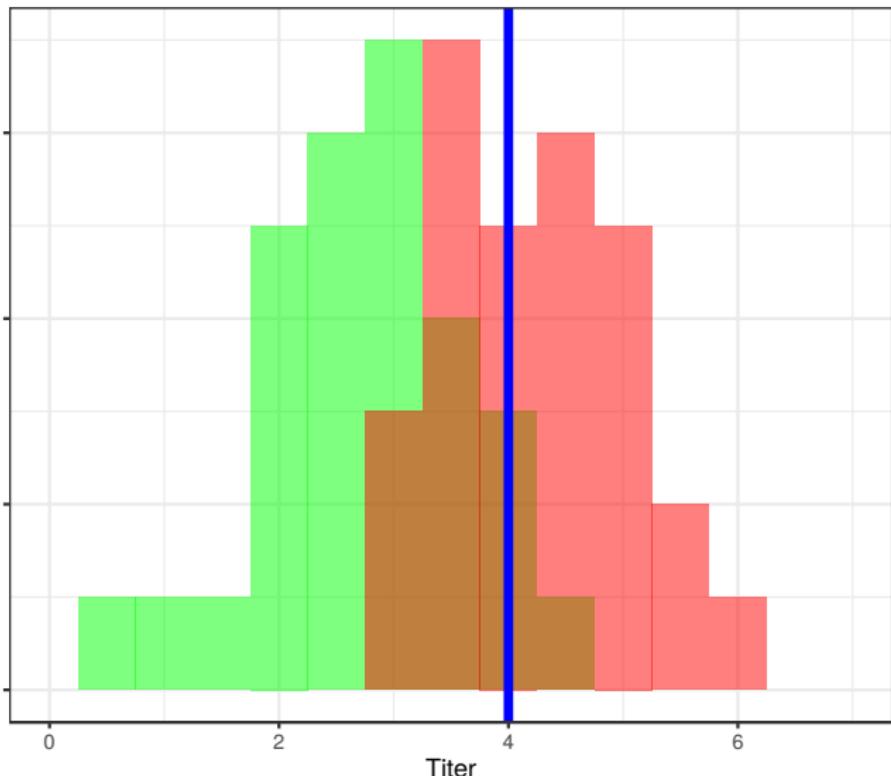
$T+ > 3.5$

$T- \leq 3.5$

	F+	F-
T+	19	4
T-	10	25

$$Se = 0.66$$

$$Sp = 0.86$$



Titer határérték:

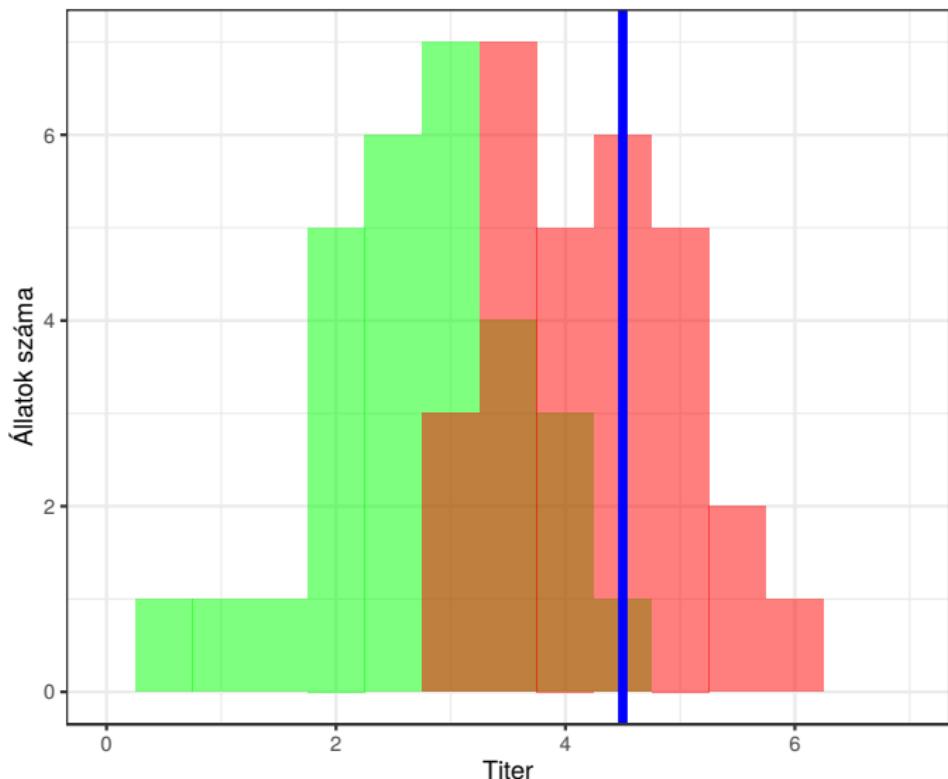
$T+ > 4.0$

$T- \leq 4.0$

	F+	F-
T+	14	1
T-	15	28

$$Se = 0.48$$

$$Sp = 0.97$$



Titer határérték:

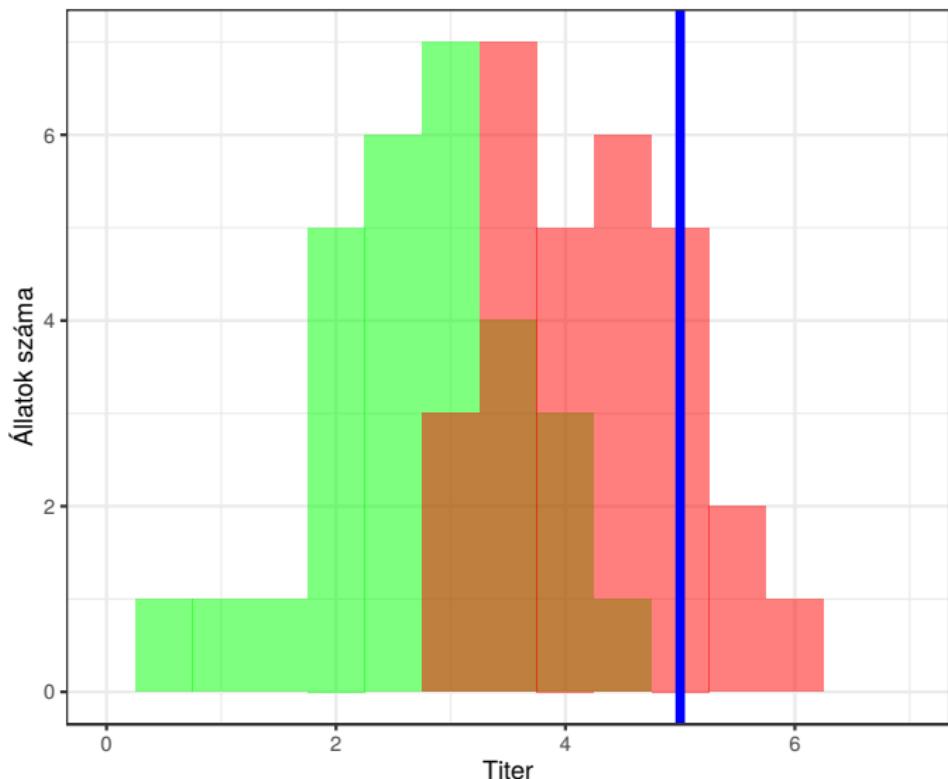
$T+ > 4.5$

$T- \leq 4.5$

	F+	F-
T+	8	0
T-	21	29

$$Se = 0.28$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

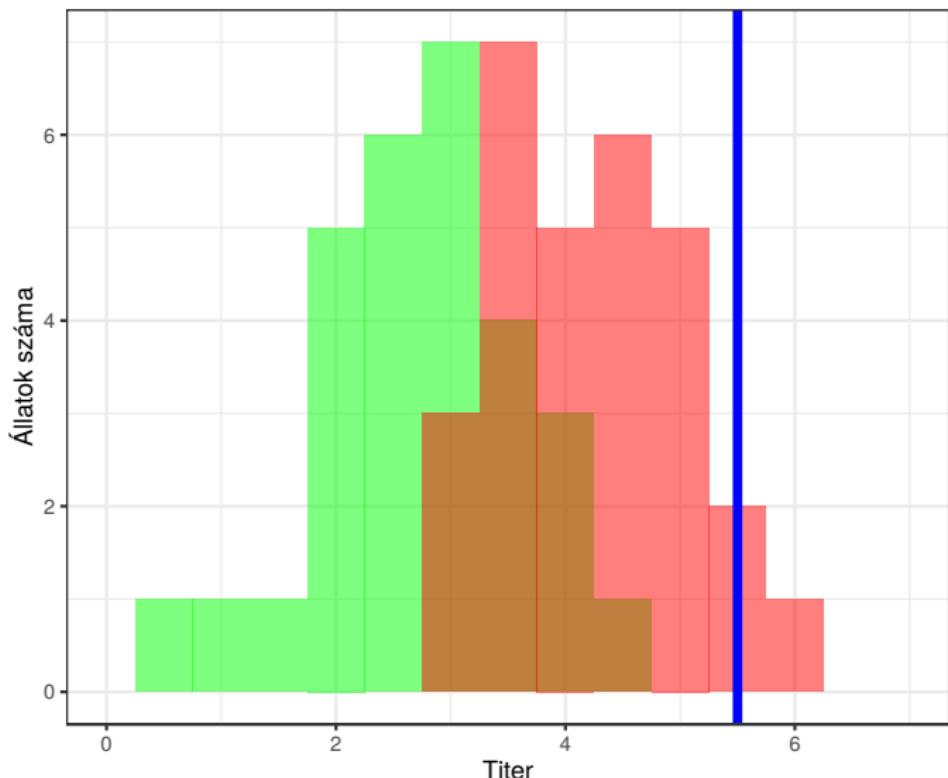
$T+ > 5.0$

$T- \leq 5.0$

	F+	F-
T+	3	0
T-	26	29

$$Se=0.10$$

$$Sp=1.00$$



Titer határérték:

$T+ > 5.5$

$T- \leq 5.5$

	F+	F-
T+	1	0
T-	28	29

$$Se = 0.03$$

$$Sp = 1.00$$

Titer határérték:

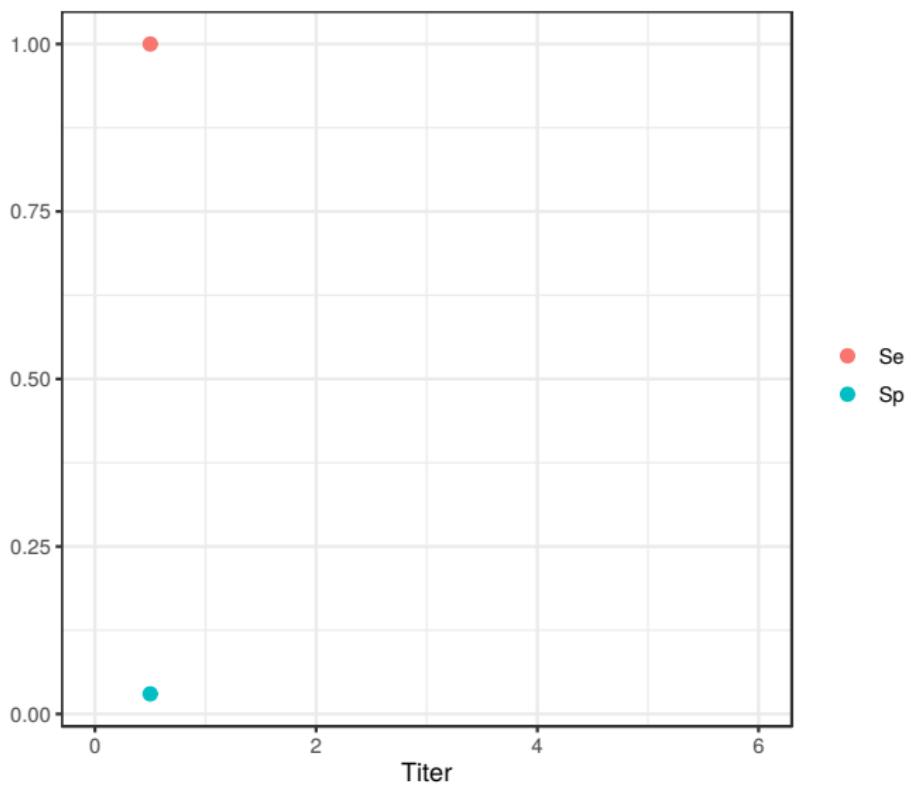
T+: > 0.5

T-: ≤ 0.5

	F+	F-
T+	29	28
T-	0	1

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.03$$



Titer határérték:

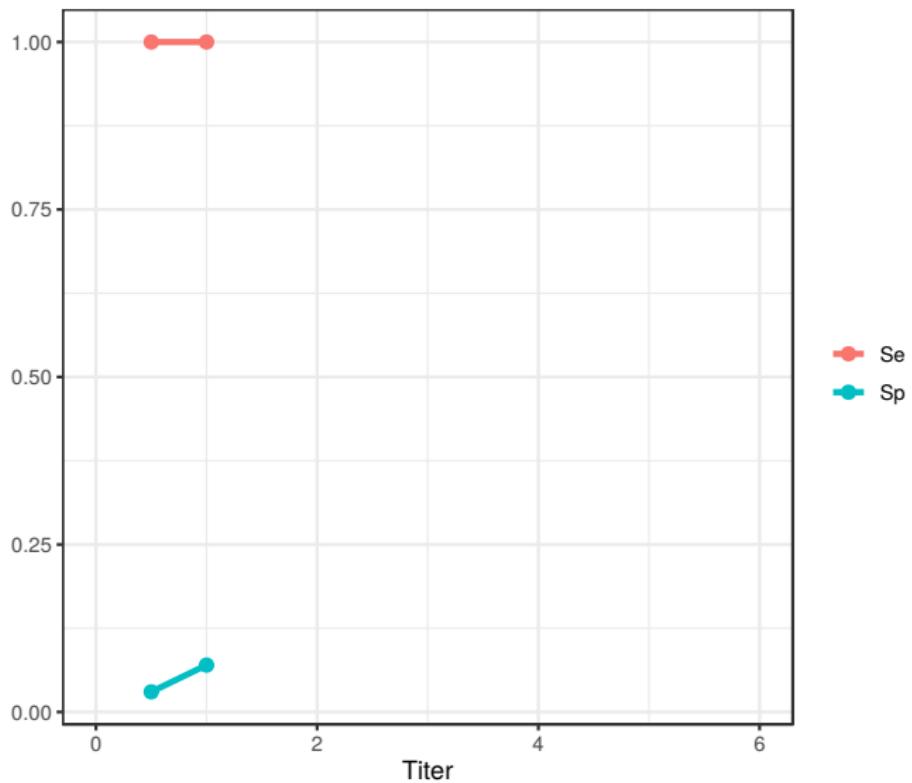
T+: > 1.0

T-: ≤ 1.0

	F+	F-
T+	29	27
T-	0	2

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.07$$



Titer határérték:

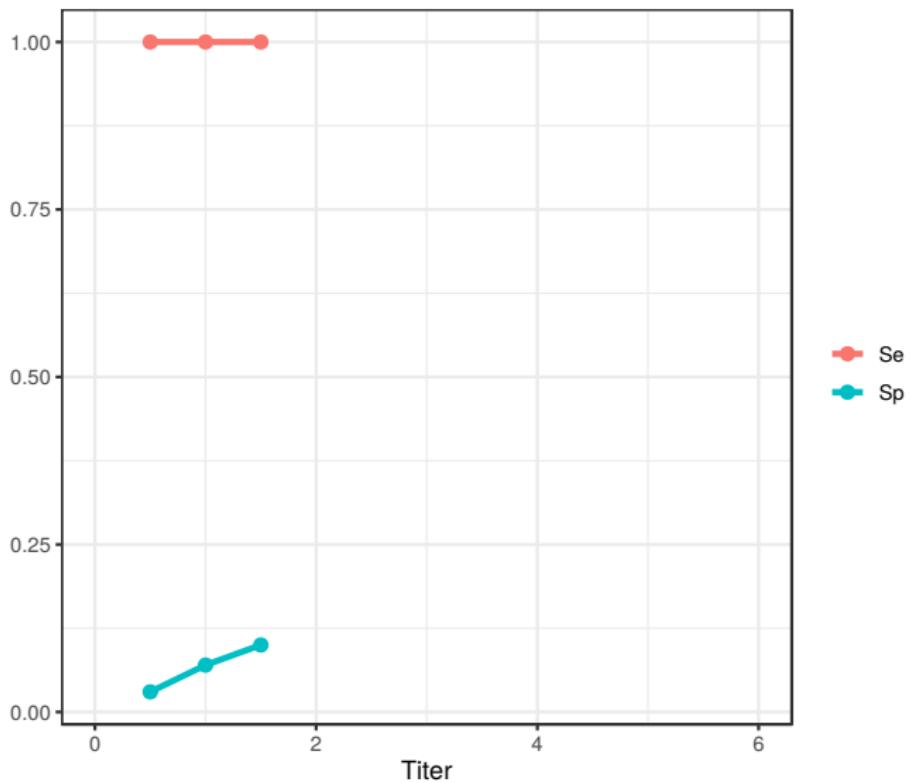
T+: > 1.5

T-: ≤ 1.5

	F+	F-
T+	29	26
T-	0	3

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.10$$



Titer határérték:

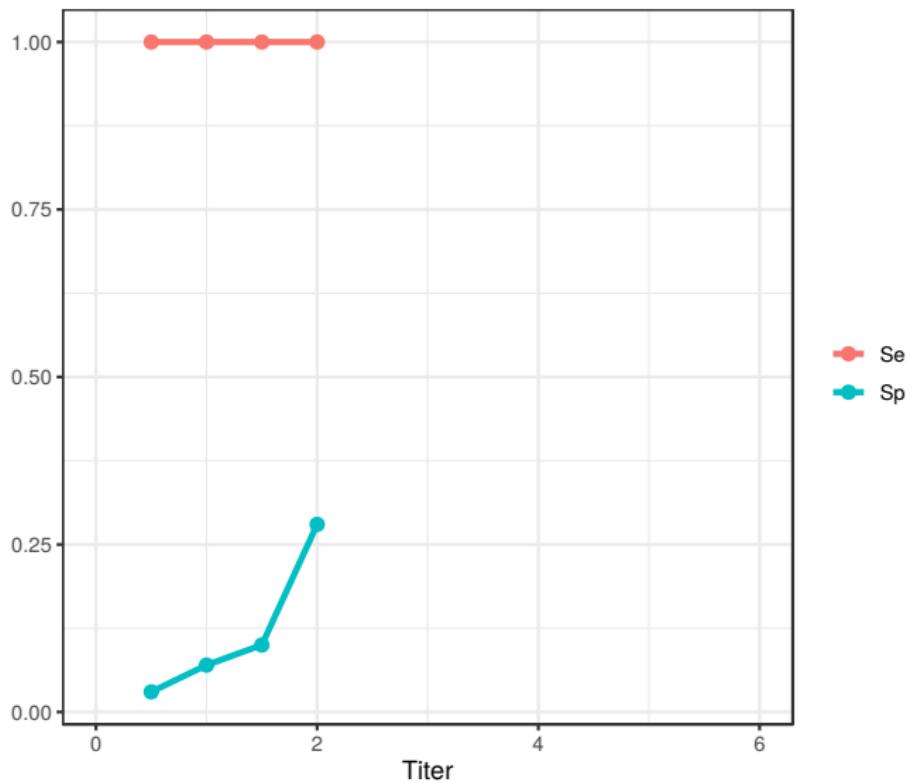
T+: > 2.0

T-: ≤ 2.0

	F+	F-
T+	29	21
T-	0	8

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.28$$



Titer határérték:

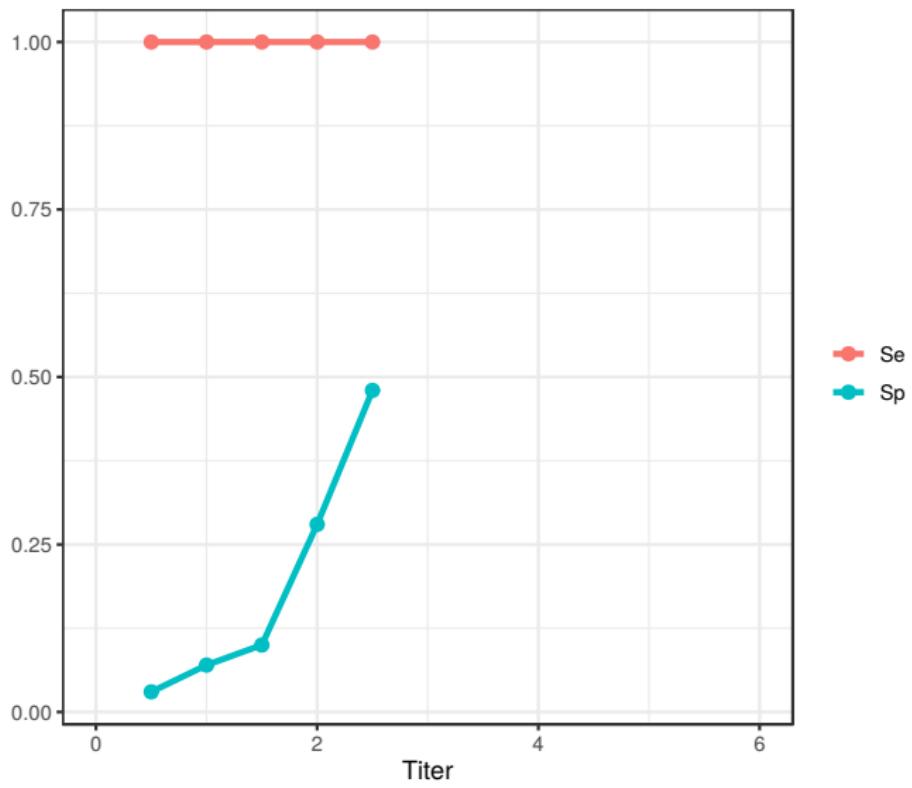
T+: > 2.5

T-: ≤ 2.5

	F+	F-
T+	29	15
T-	0	14

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.48$$



Titer határérték:

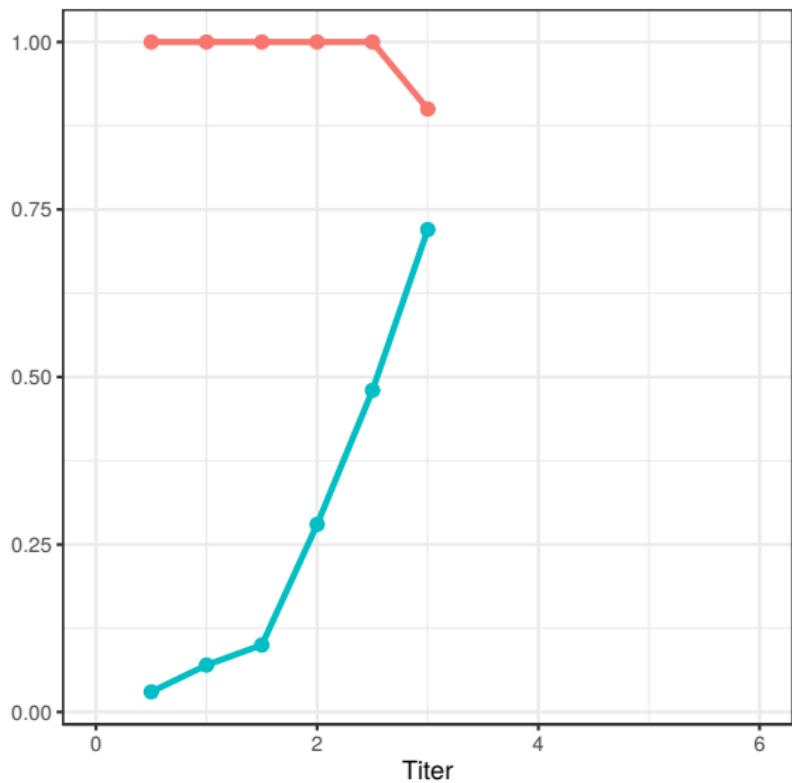
T+: > 3.0

T-: ≤ 3.0

	F+	F-
T+	26	8
T-	3	21

$$Se = 0.90$$

$$Sp = 0.72$$



Titer határérték:

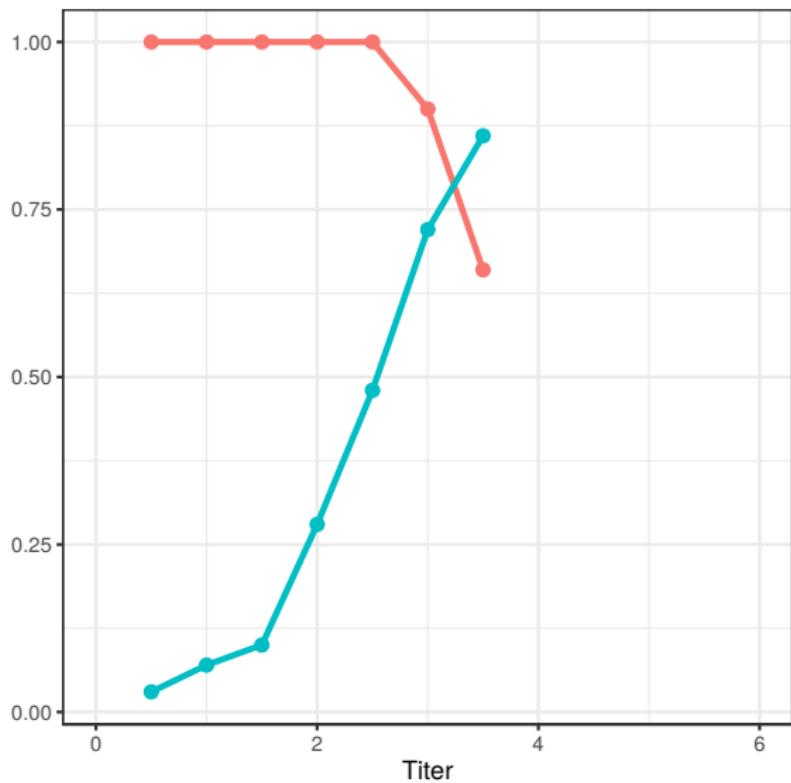
T+: > 3.5

T-: ≤ 3.5

	F+	F-
T+	19	4
T-	10	25

$$Se = 0.66$$

$$Sp = 0.86$$



Titer határérték:

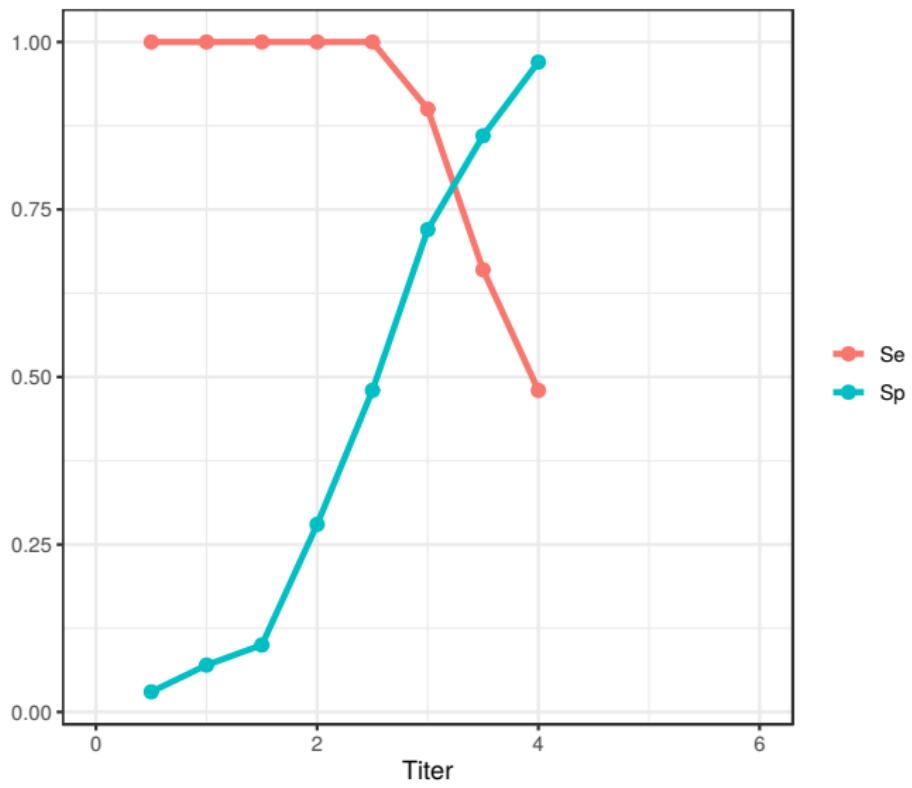
T+: > 4.0

T-: ≤ 4.0

	F+	F-
T+	14	1
T-	15	28

$$Se = 0.48$$

$$Sp = 0.97$$



Titer határérték:

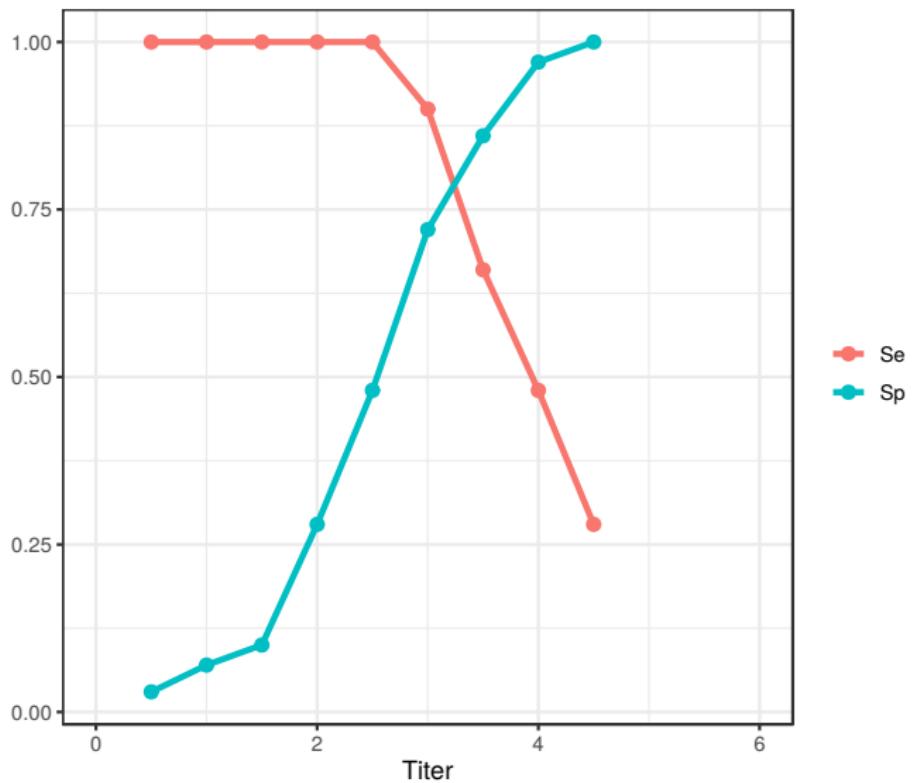
T+: > 4.5

T-: ≤ 4.5

	F+	F-
T+	8	0
T-	21	29

$$Se = 0.28$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

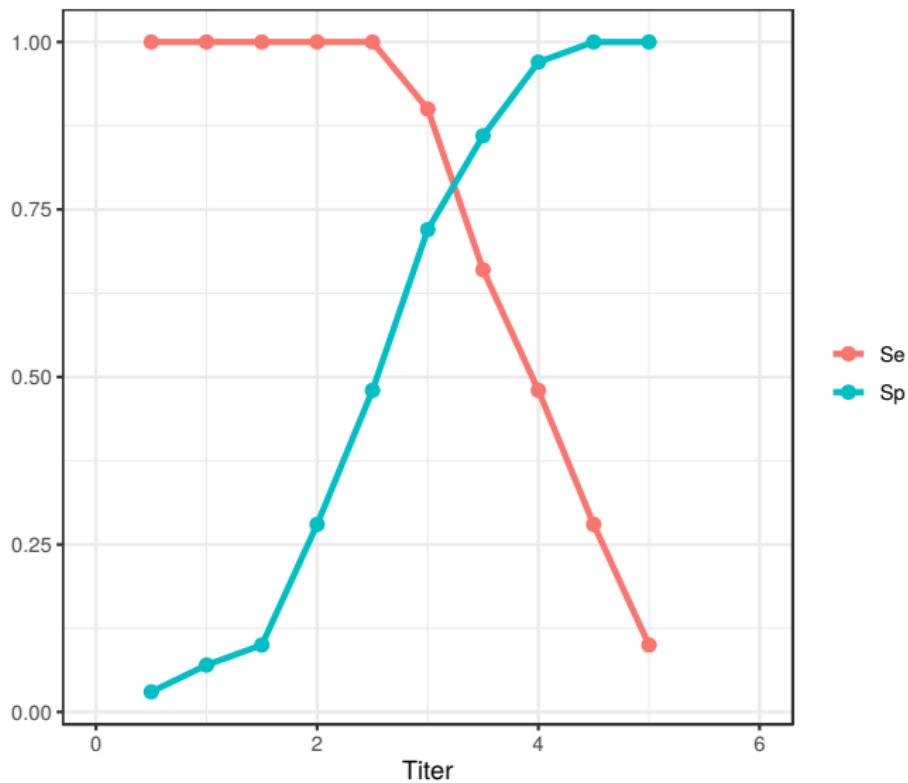
T+: > 5.0

T-: ≤ 5.0

	F+	F-
T+	3	0
T-	26	29

$$Se = 0.10$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

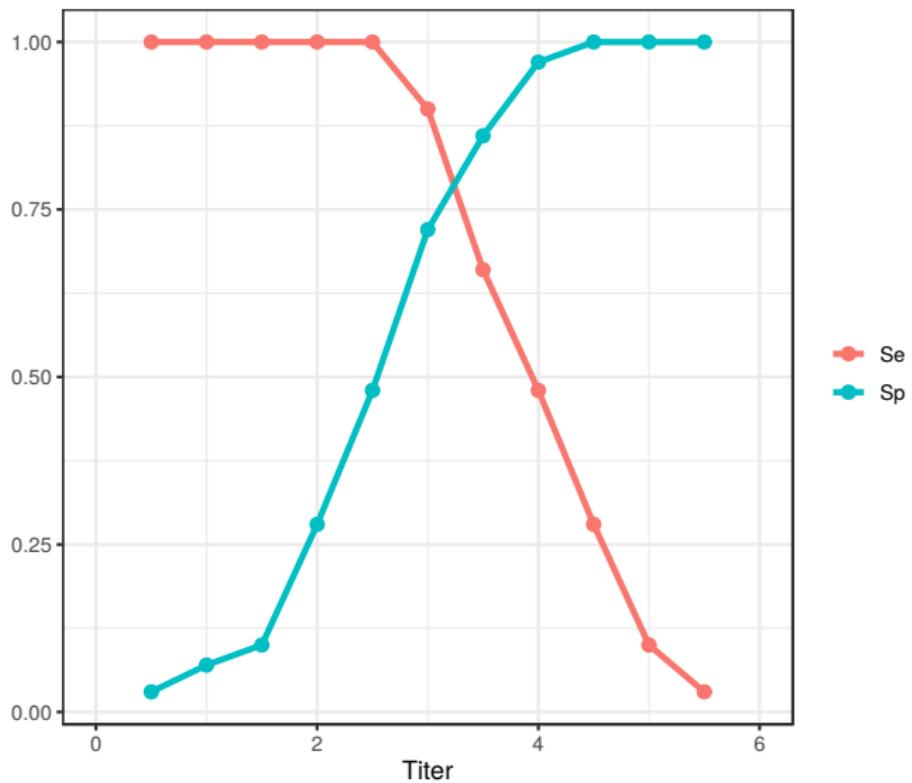
T+: > 5.5

T-: ≤ 5.5

	F+	F-
T+	1	0
T-	28	29

$$Se = 0.03$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

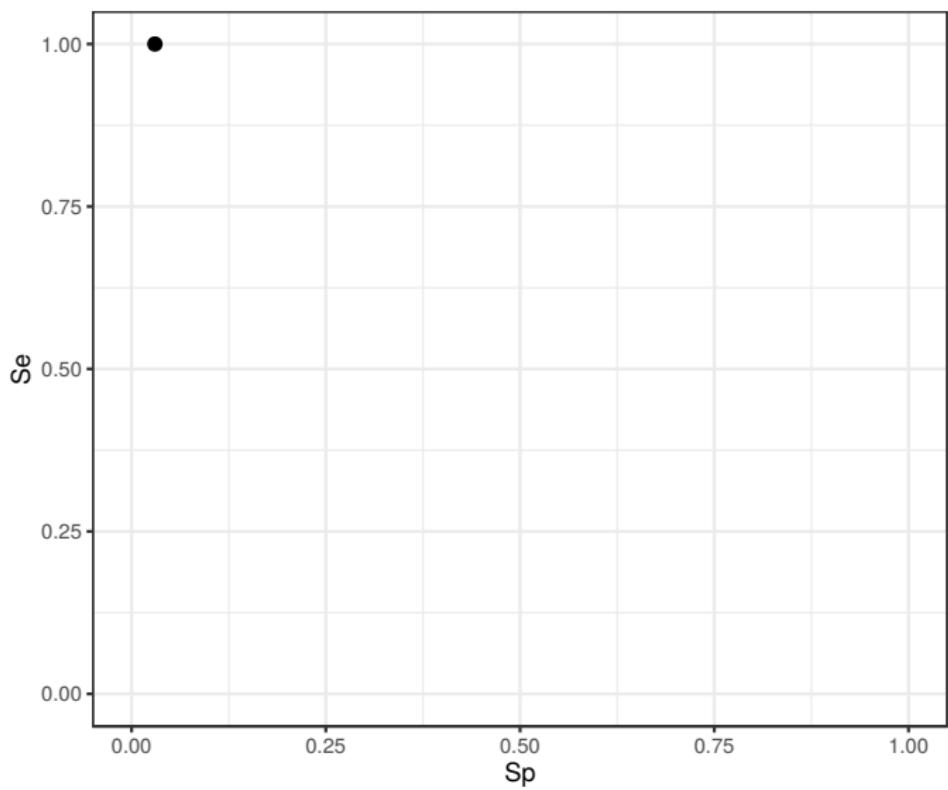
T+: > 0.5

T-: ≤ 0.5

	F+	F-
T+	29	28
T-	0	1

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.03$$



Titer határérték:

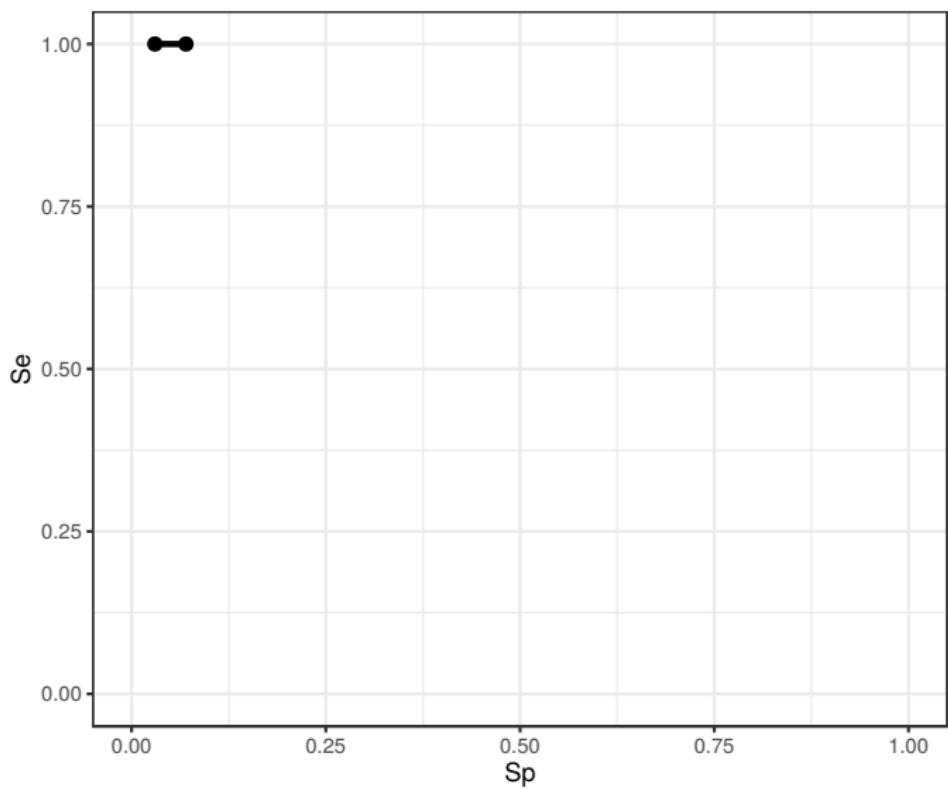
T+: > 1.0

T-: ≤ 1.0

	F+	F-
T+	29	27
T-	0	2

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.07$$



Titer határérték:

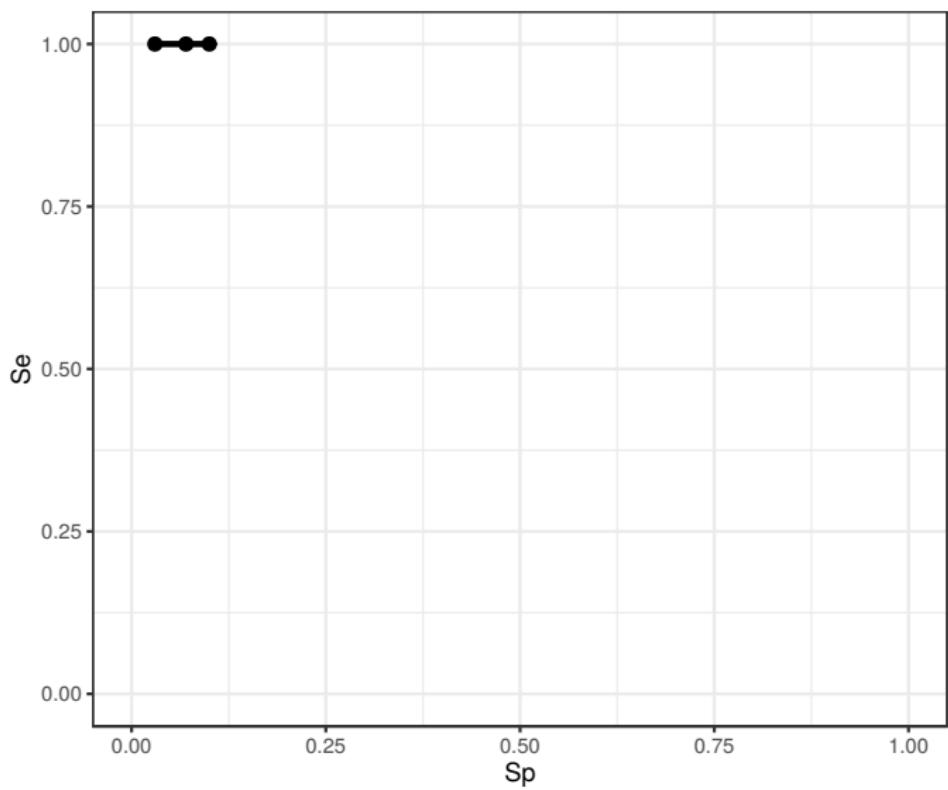
T+: > 1.5

T-: ≤ 1.5

	F+	F-
T+	29	26
T-	0	3

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.10$$



Titer határérték:

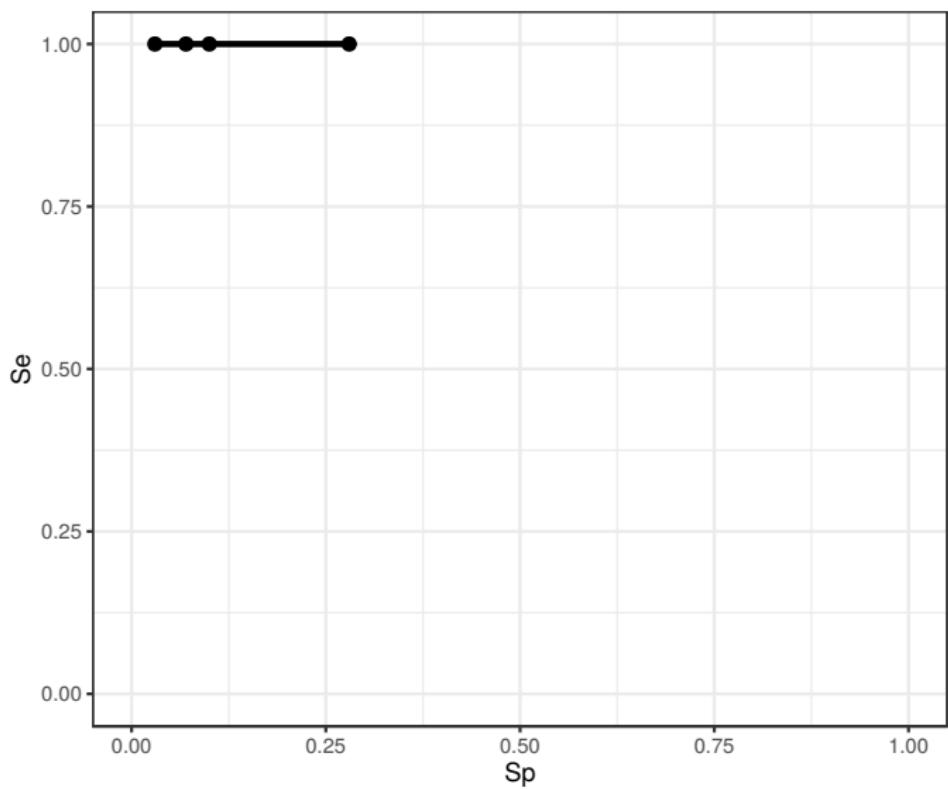
T+: > 2.0

T-: ≤ 2.0

	F+	F-
T+	29	21
T-	0	8

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.28$$



Titer határérték:

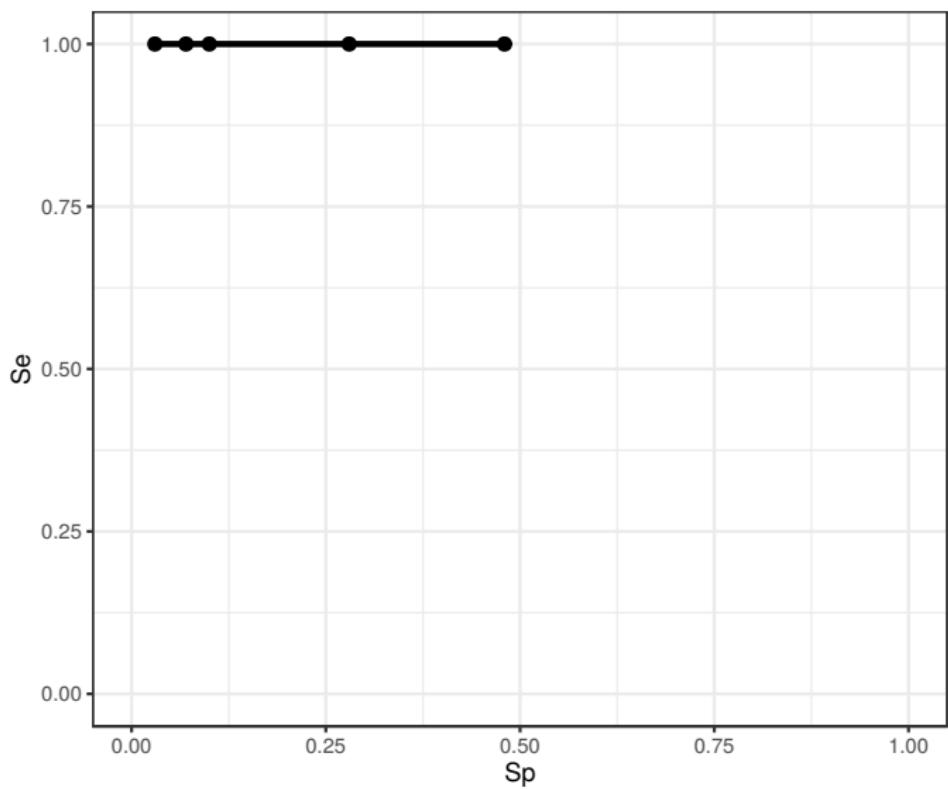
T+: > 2.5

T-: ≤ 2.5

	F+	F-
T+	29	15
T-	0	14

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.48$$



Titer határérték:

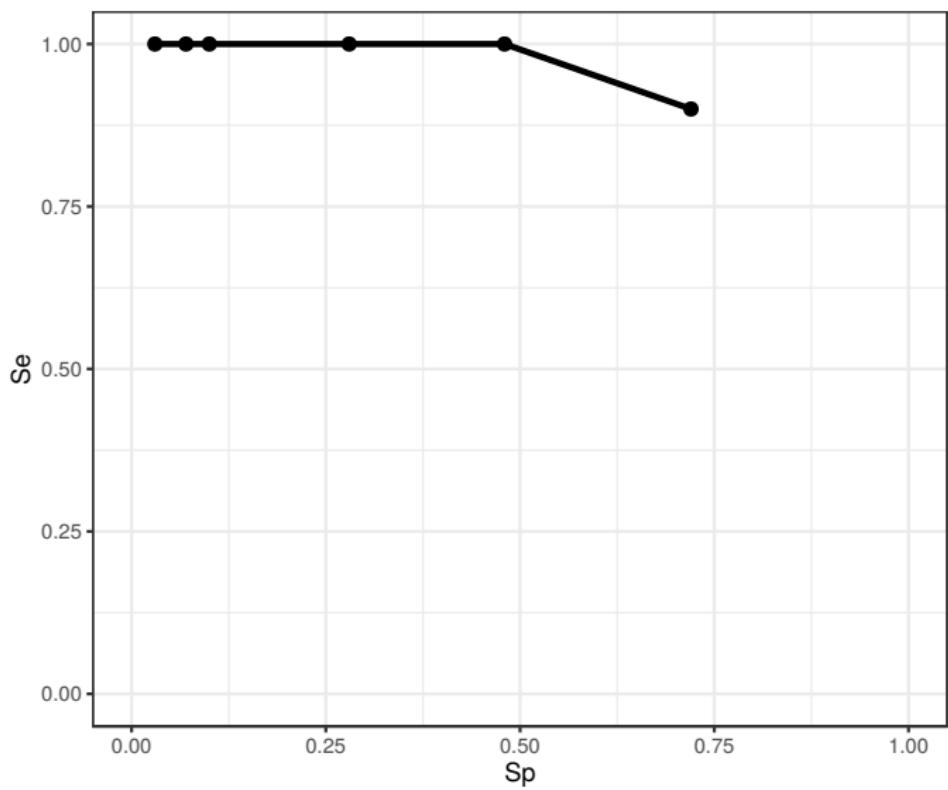
$T+ > 3.0$

$T- \leq 3.0$

	F+	F-
T+	26	8
T-	3	21

$$Se = 0.90$$

$$Sp = 0.72$$



Titer határérték:

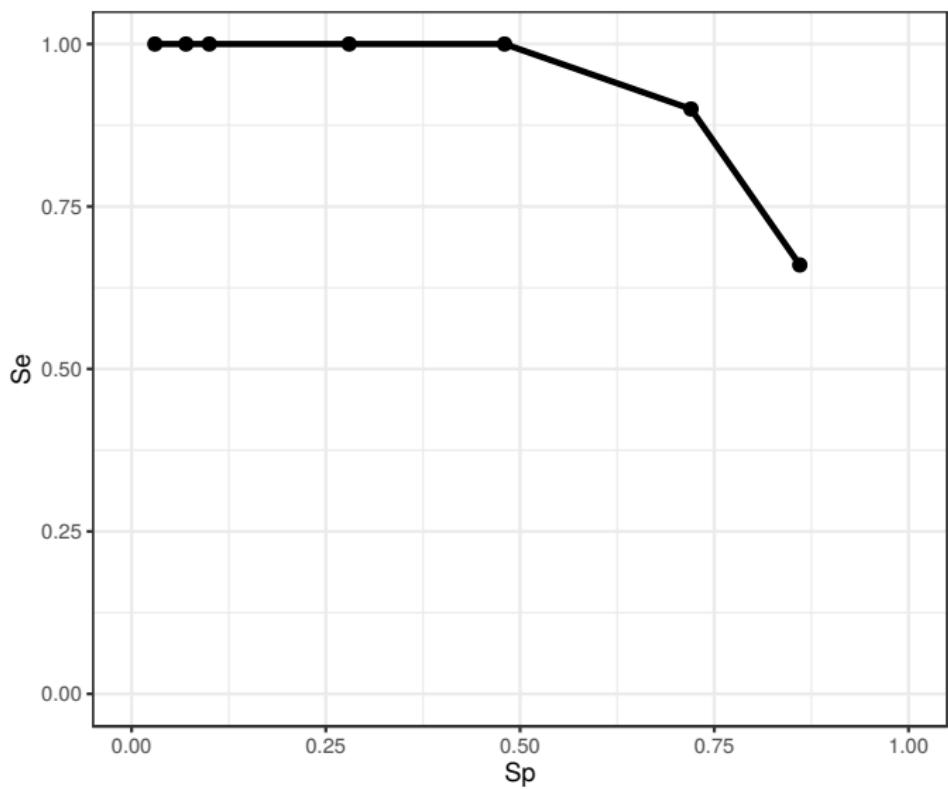
$T+ > 3.5$

$T- \leq 3.5$

	F+	F-
T+	19	4
T-	10	25

$$Se = 0.66$$

$$Sp = 0.86$$



Titer határérték:

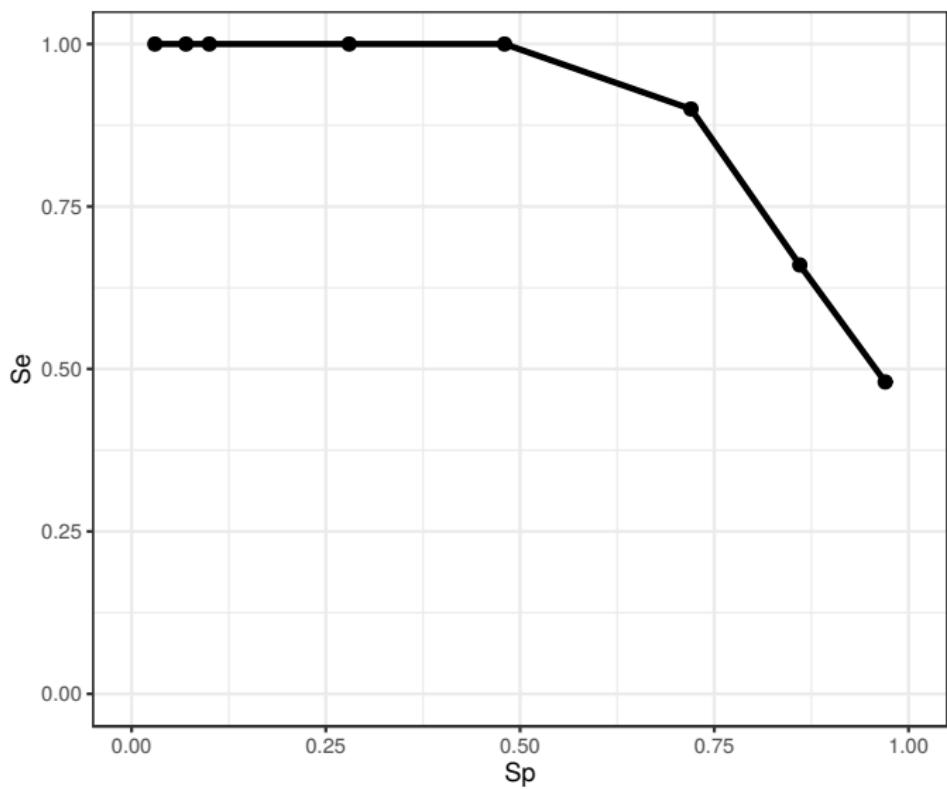
T+: > 4.0

T-: ≤ 4.0

	F+	F-
T+	14	1
T-	15	28

$$Se = 0.48$$

$$Sp = 0.97$$



Titer határérték:

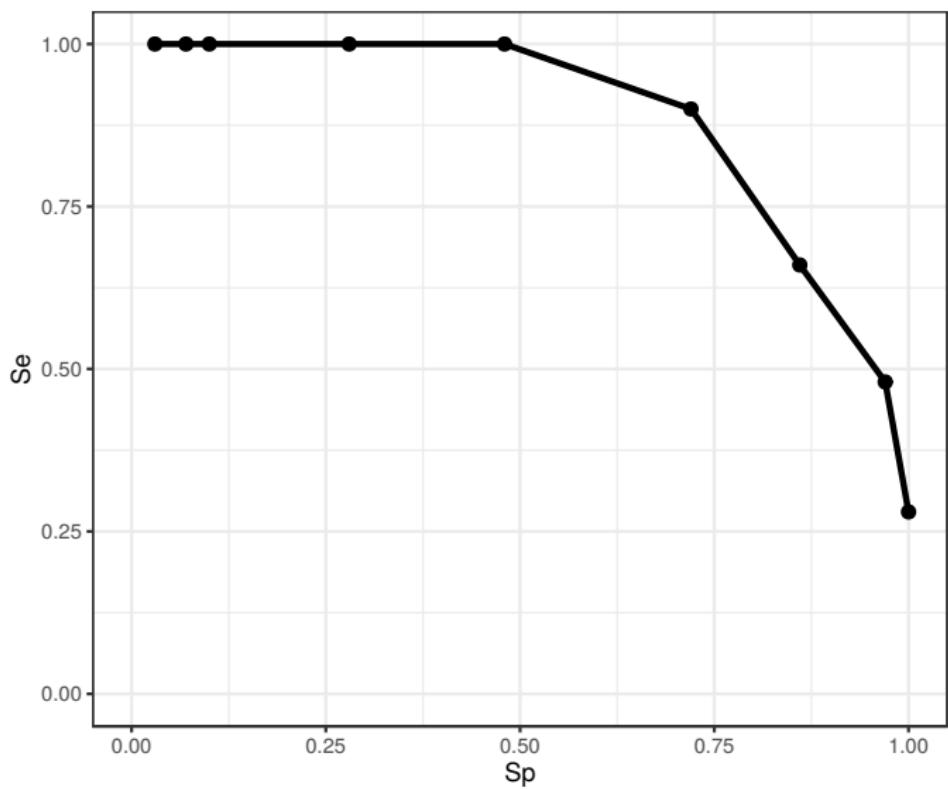
T+: > 4.5

T-: ≤ 4.5

	F+	F-
T+	8	0
T-	21	29

$$Se = 0.28$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

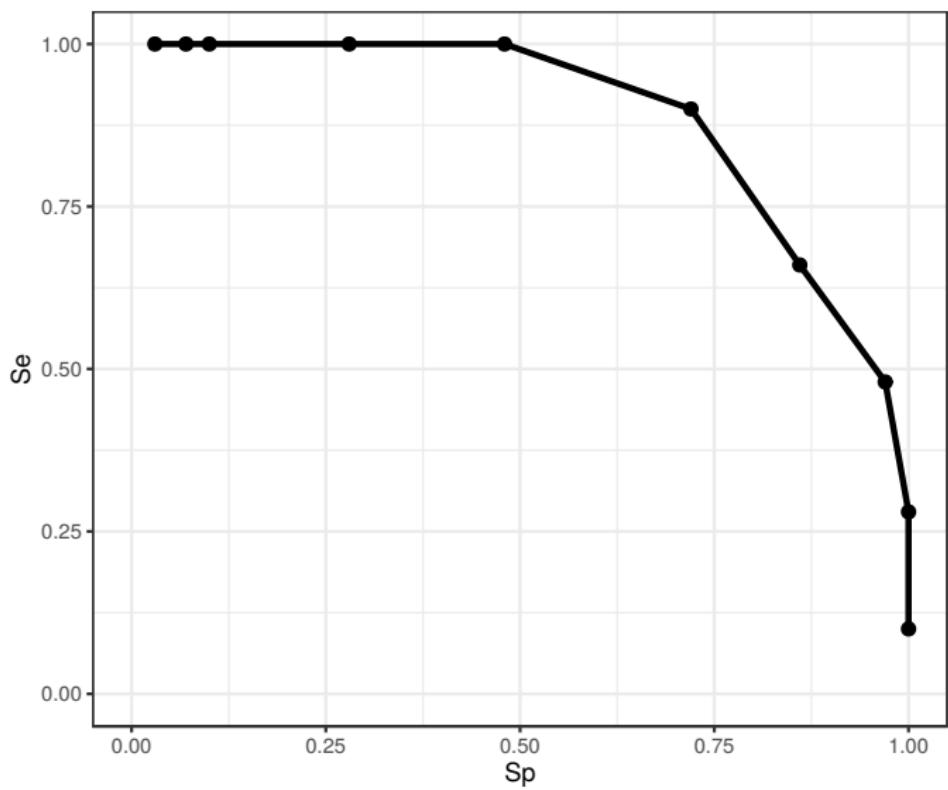
$T+ > 5.0$

$T- \leq 5.0$

	F+	F-
T+	3	0
T-	26	29

$$Se = 0.10$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

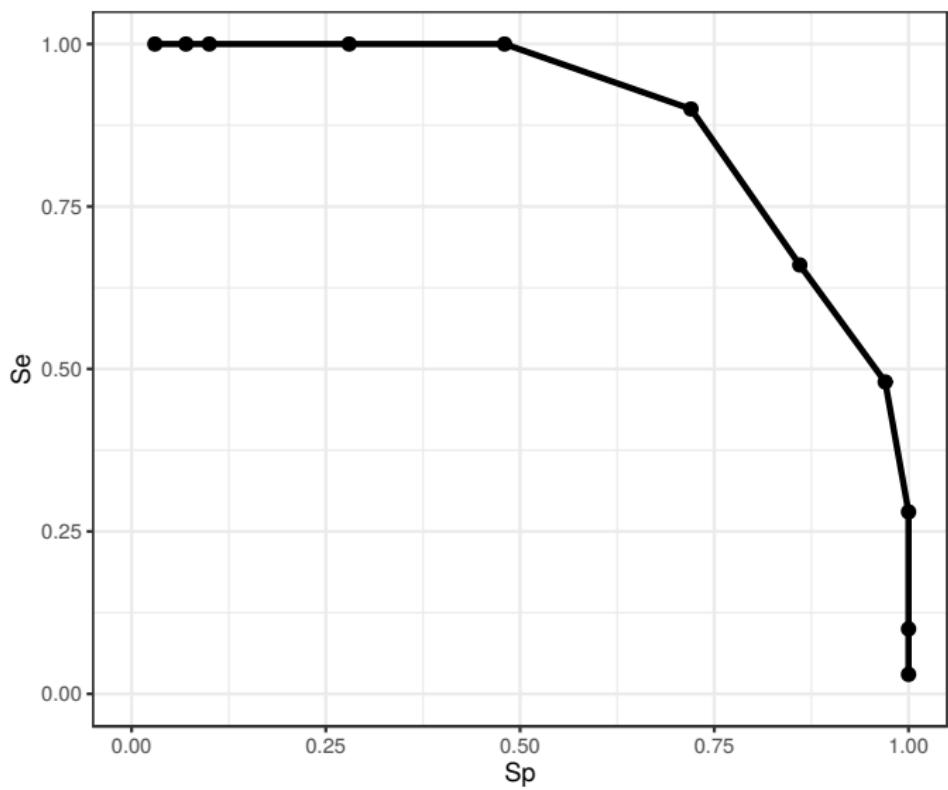
$T+ > 5.5$

$T- \leq 5.5$

	F+	F-
T+	1	0
T-	28	29

$$Se = 0.03$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

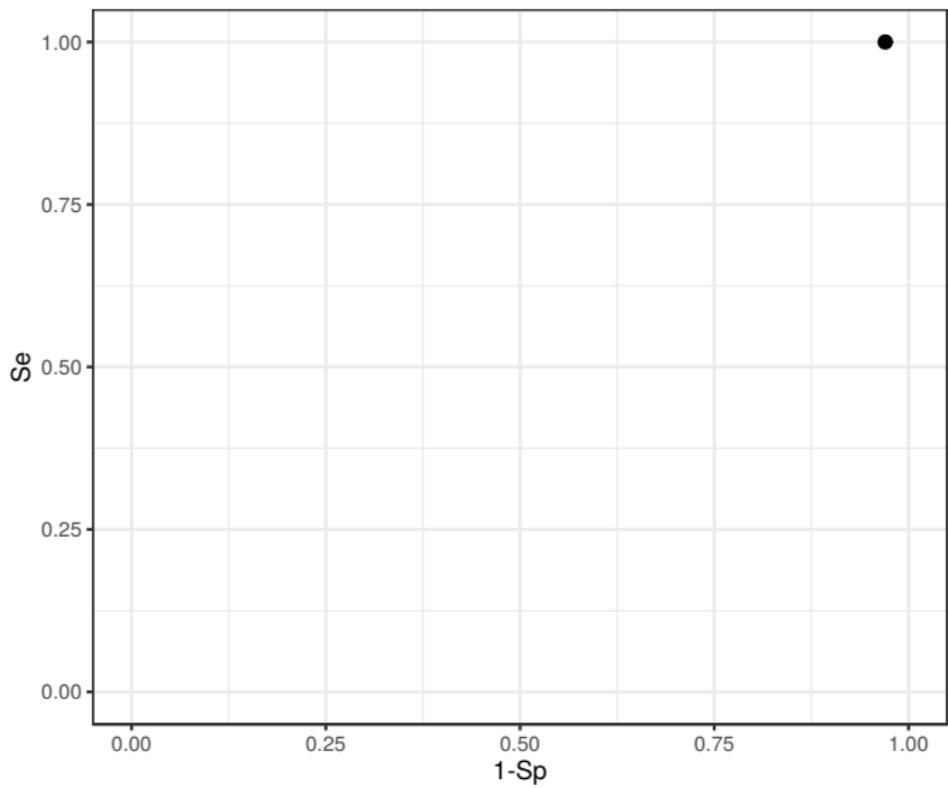
$T+ > 0.5$

$T- \leq 0.5$

	F+	F-
T+	29	28
T-	0	1

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.03$$



Titer határérték:

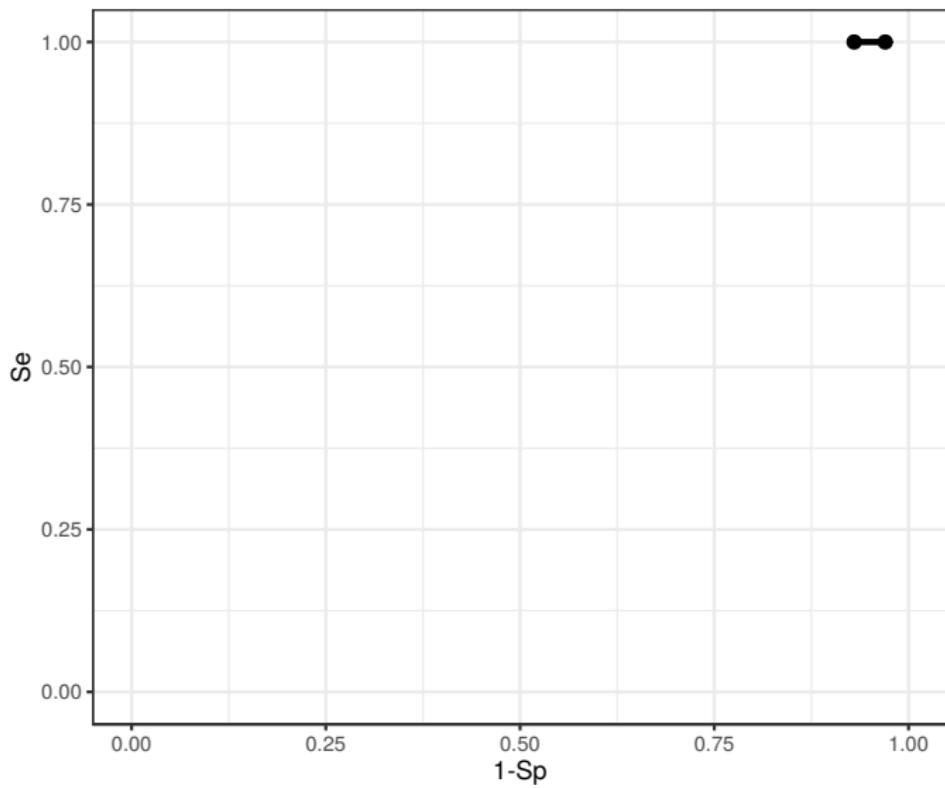
$T+ > 1.0$

$T- \leq 1.0$

	F+	F-
T+	29	27
T-	0	2

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.07$$



Titer határérték:

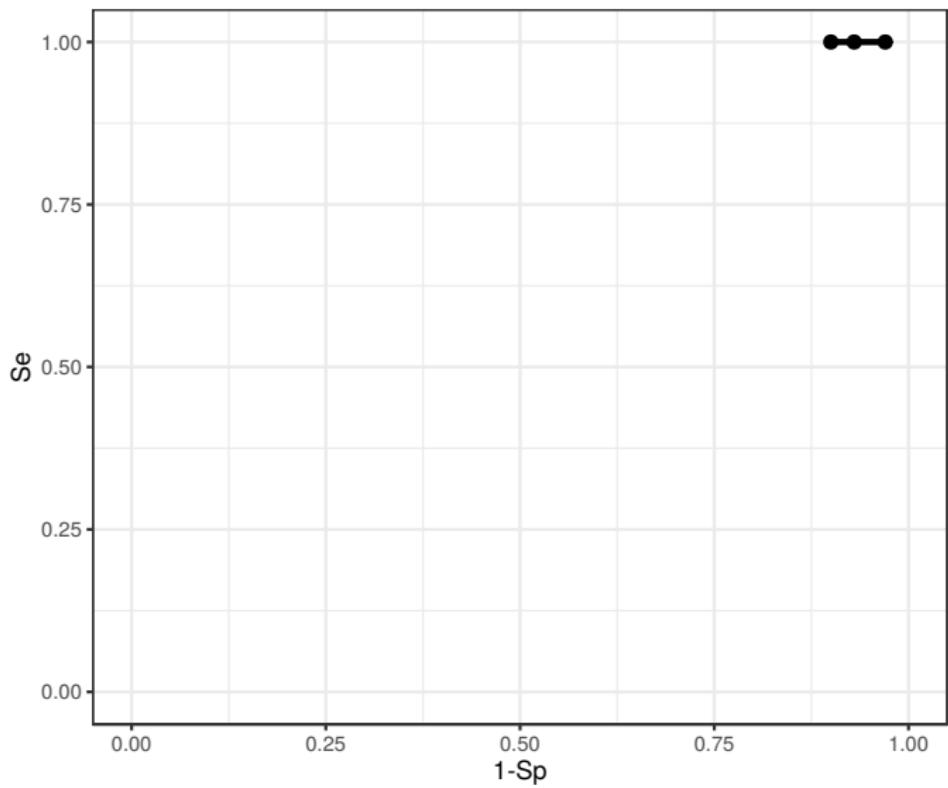
$T+ > 1.5$

$T- \leq 1.5$

	F+	F-
T+	29	26
T-	0	3

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.10$$



Titer határérték:

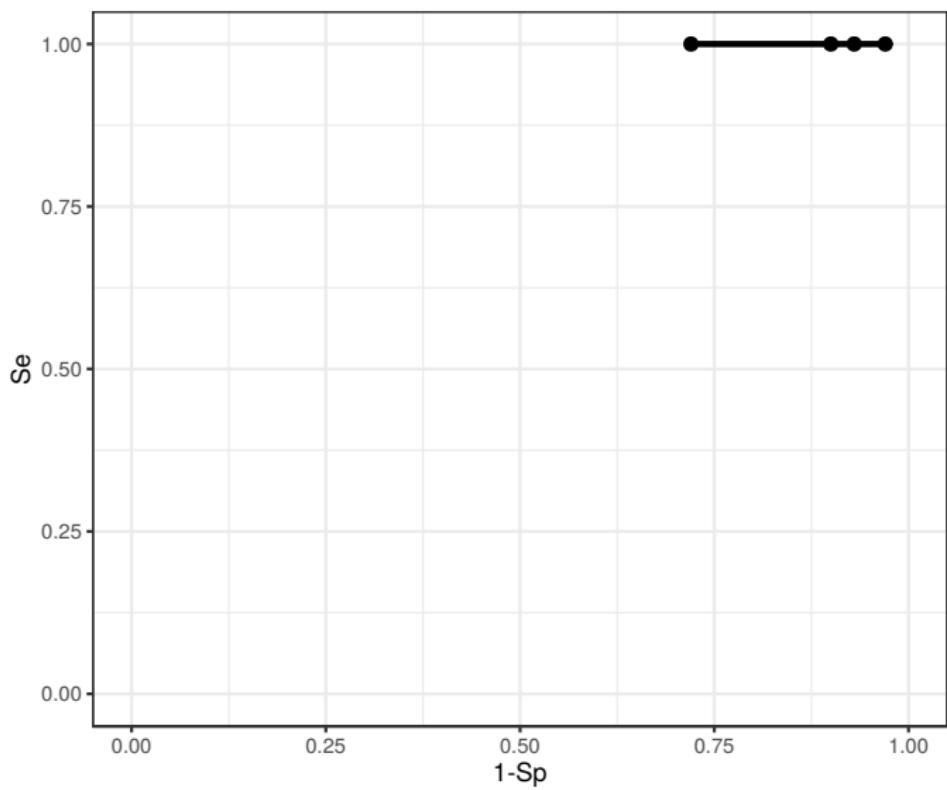
$T+ > 2.0$

$T- \leq 2.0$

	F+	F-
T+	29	21
T-	0	8

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.28$$



Titer határérték:

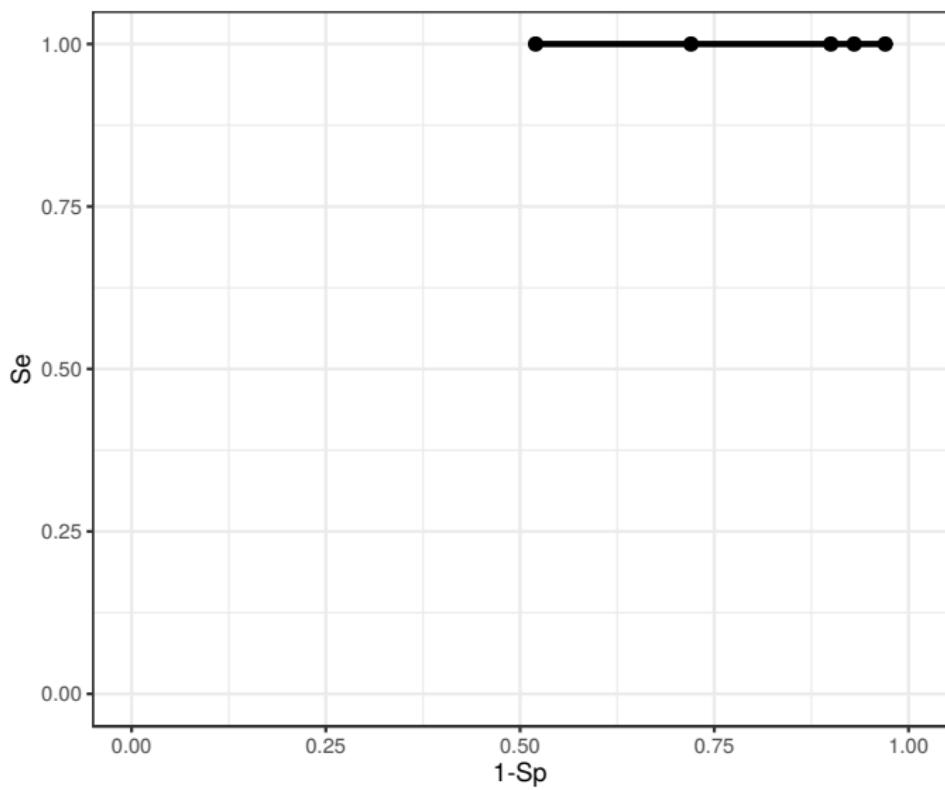
$T+ > 2.5$

$T- \leq 2.5$

	F+	F-
T+	29	15
T-	0	14

$$Se = 1.00$$

$$Sp = 0.48$$



Titer határérték:

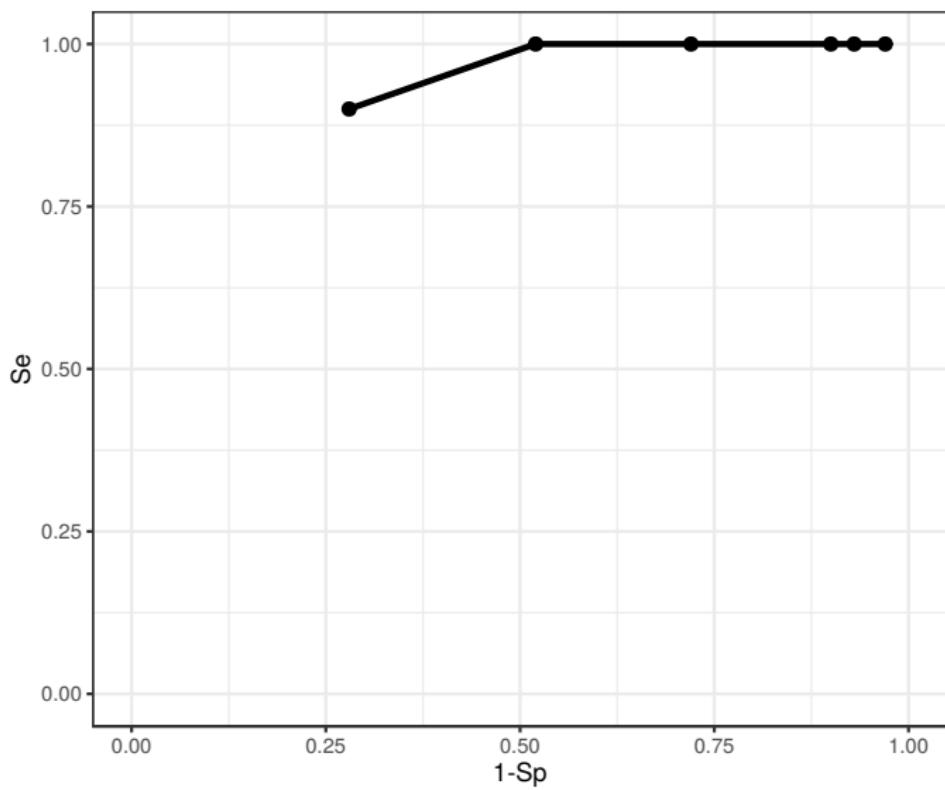
$T+ > 3.0$

$T- \leq 3.0$

	F+	F-
T+	26	8
T-	3	21

$$Se = 0.90$$

$$Sp = 0.72$$



Titer határérték:

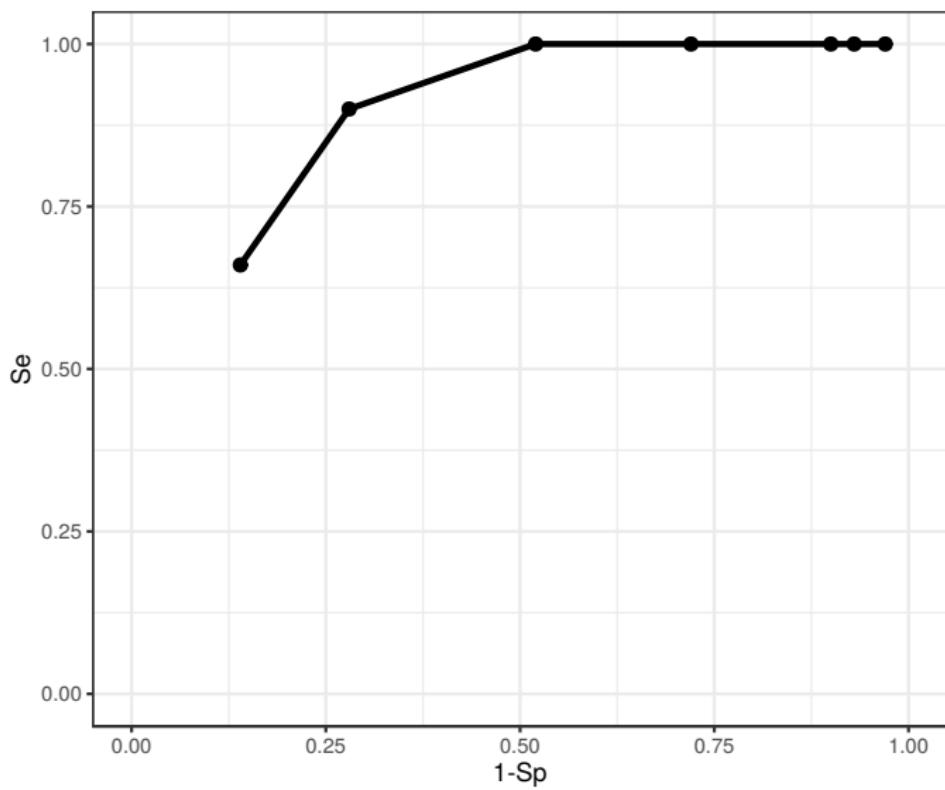
$T+ > 3.5$

$T- \leq 3.5$

	F+	F-
T+	19	4
T-	10	25

$$Se = 0.66$$

$$Sp = 0.86$$



Titer határérték:

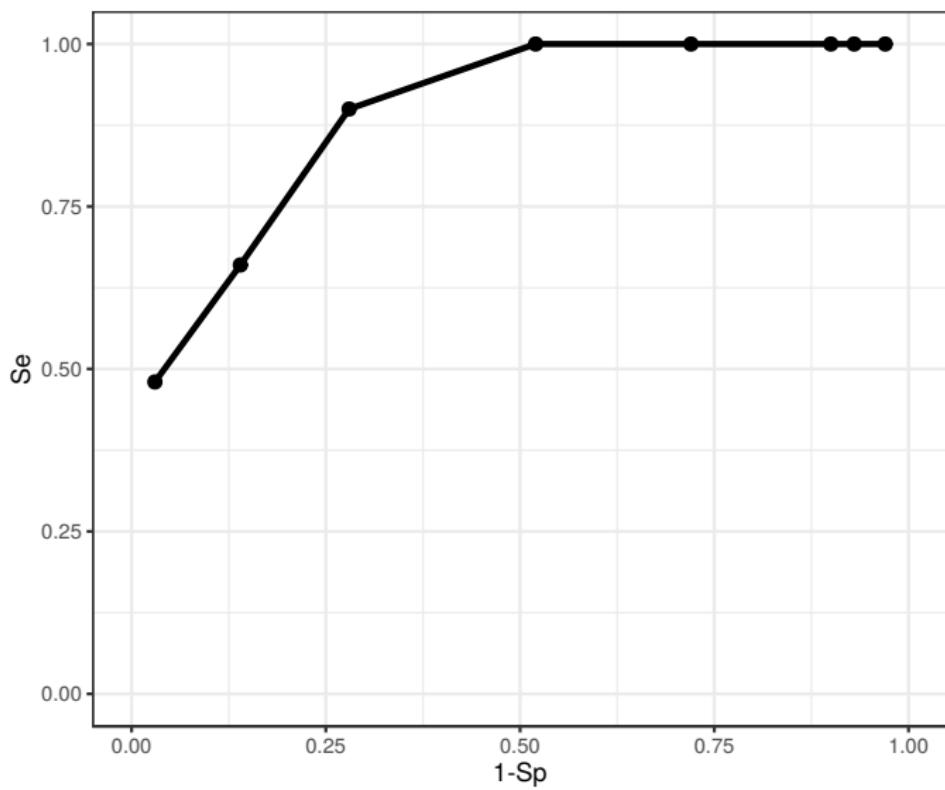
$T+ > 4.0$

$T- \leq 4.0$

	F+	F-
T+	14	1
T-	15	28

$$Se = 0.48$$

$$Sp = 0.97$$



Titer határérték:

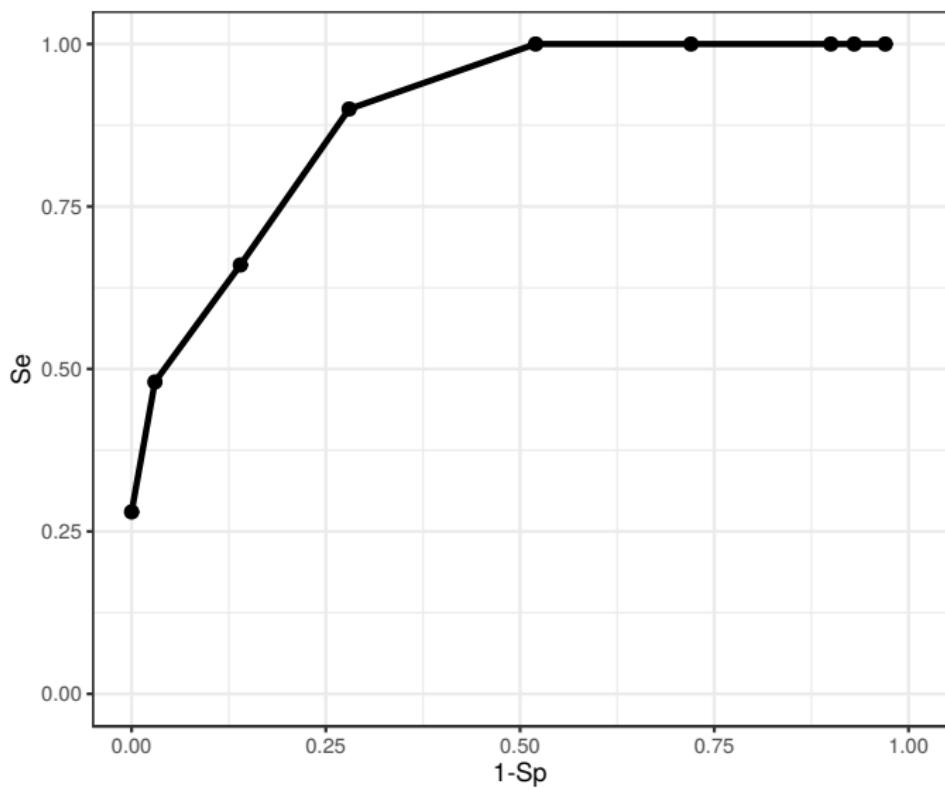
T+: > 4.5

T-: ≤ 4.5

	F+	F-
T+	8	0
T-	21	29

$$Se = 0.28$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

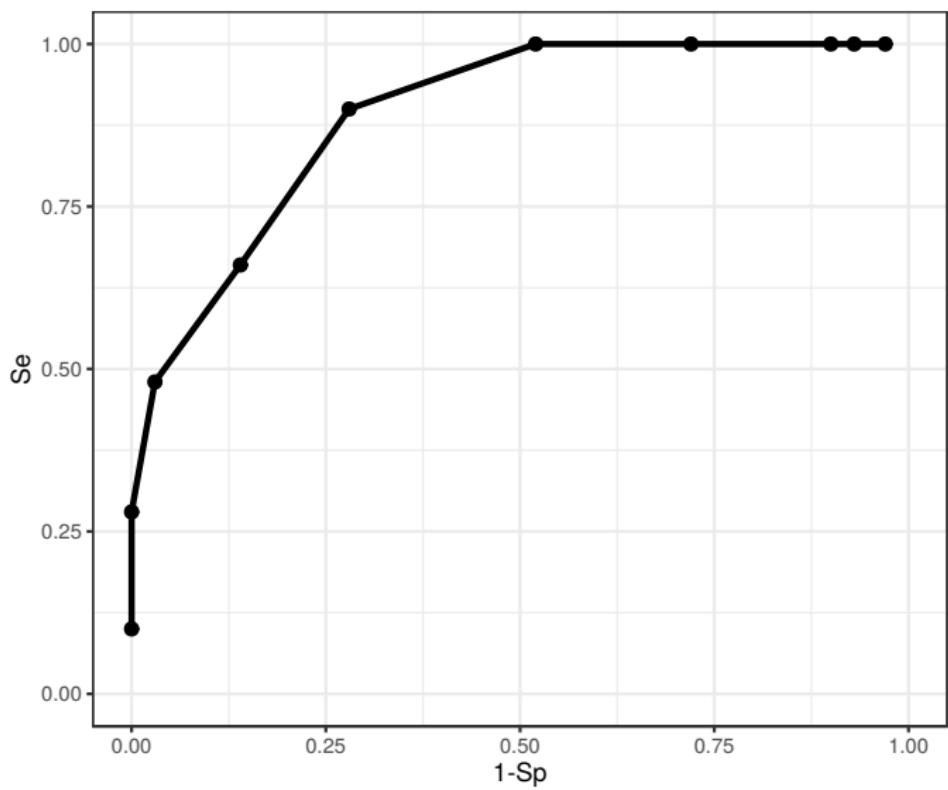
T+: > 5.0

T-: ≤ 5.0

	F+	F-
T+	3	0
T-	26	29

$$Se = 0.10$$

$$Sp = 1.00$$



Titer határérték:

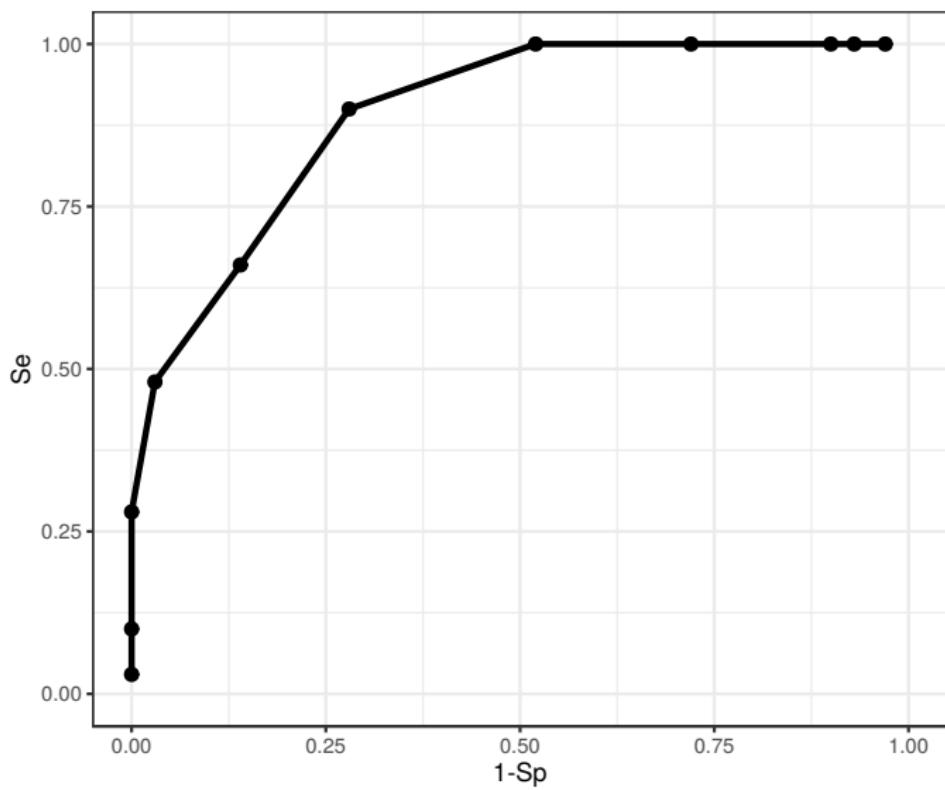
T+: > 5.5

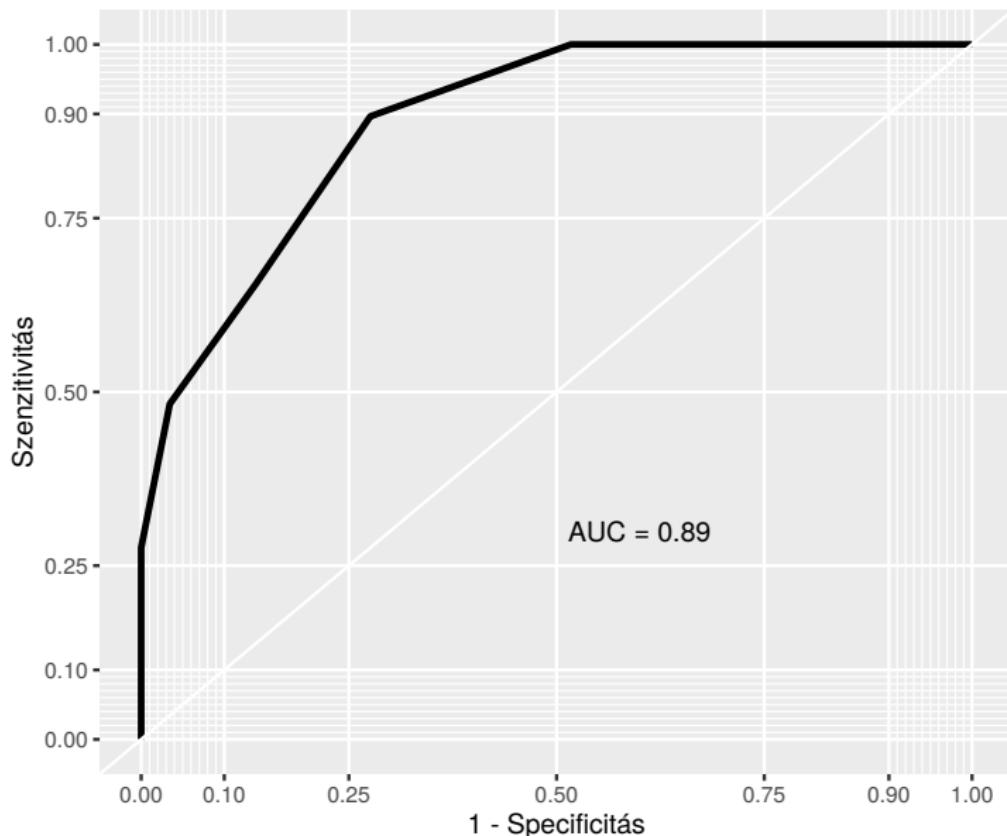
T-: ≤ 5.5

	F+	F-
T+	1	0
T-	28	29

$$Se = 0.03$$

$$Sp = 1.00$$





Receiver operating characteristic (ROC) curve

Gyakorlati kérdés: Ha egy teszt eredménye pozitív, mi a valószínűsége annak, hogy az alany fertőzött? Ha egy teszt eredménye negatív, mi a valószínűsége annak, hogy az alany nem fertőzött?

András tavaly elment és tetováltatta magát, 2 hónappal később elment vért adni, de nem engedték. Azt mondták neki, hogy 1 év múlva jelentkezzen legközelebb véradásra, hogy biztosak lehessenek abban, hogy nem kapott hepatitis B fertőzést a tetoválástól. András elkezdett aggódni, és vett egy házilag alkalmazható tesztet a hepatitis B vírussal (HBV) történt fertőzés kimutatására. A tesztről azt olvasta a tájékoztatóban, hogy 99%-os a szennitivitása és 99.5% a specificitása.

A hepatitis B ritka betegségnek számít azok között, akik nem használnak intravénás drogokat, ebben a populációban nagyjából 2 ember fertőzött 100 000-ból. Több tanulmány is azt mutatta, hogy a megfelelő higiéniájú tetoválás során nem növekszik az esély a fertőződésre. Gondolhatjuk azt, hogy azok között akik tetováltatják magukat, eltérhet a fertőzöttség mértéke, mondjuk magasabb, tegyük fel, hogy 3/100 000.

Ha András feltételezi, hogy a veszélyeztetett populáció mérete 10 millió, akkor azok között 300 fertőzött lehet, a többiek pedig mentesek. Ha a teszt szennitivitása 99%, akkor a 300 fertőzött 99%-át (297) helyesen azonosítja. A 99.5% specifitású teszt a nem fertőzöttek 99.5%-át negatívként azonosítja, a 0.5%-át pedig tévesen pozitívként.

	HBV +	HBV -	Σ
Teszt +	297	49 998	50 295
Teszt -	3	9 949 702	9 949 705
Σ	300	9 999 700	10 000 000

Tegyük fel, hogy András tesztje **negatív**. A táblázatból láthatóan 9 949 705 olyan személy van, akinek a tesztje negatív és ezek közül csak 3 fertőzött. Vagyis annak a valószínűsége, hogy András fertőzött $3/9\,949\,705$.

Ha András feltételezi, hogy a veszélyeztetett populáció mérete 10 millió, akkor azok között 300 fertőzött lehet, a többiek pedig mentesek. Ha a teszt szennitivitása 99%, akkor a 300 fertőzött 99%-át (297) helyesen azonosítja. A 99.5% specifitású teszt a nem fertőzöttek 99.5%-át negatívként azonosítja, a 0.5%-át pedig tévesen pozitívként.

	HBV +	HBV -	Σ
Teszt +	297	49 998	50 295
Teszt -	3	9 949 702	9 949 705
Σ	300	9 999 700	10 000 000

Tegyük fel, hogy András tesztje **pozitív**. Összesen 50 295 olyan személy van, akinek a tesztje pozitív. Ezek közül csak 297 a fertőzöttek száma. Így annak a valószínűsége, hogy András fertőzött $297/50\ 295$, vagyis kb. 0.6%.

További példa: <http://yudkowsky.net/rational/bayes>

🐷 nem fertőzött sertés:

🐷 pozitív teszt

🐷 negatív teszt

🐷 fertőzött sertés:

🐷 pozitív teszt

🐷 negatív teszt



哼 nem fertőzött sertés:

🐷 pozitív teszt

🐖 negatív teszt

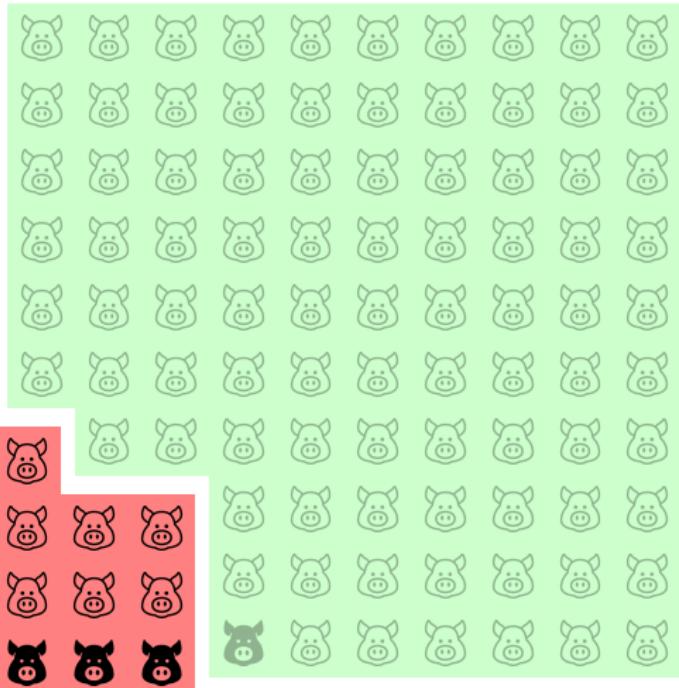
哼 fertőzött sertés:

🐷 pozitív teszt

🐖 negatív teszt

A pozitív prediktív érték
a fertőzöttek részaránya
a teszt-pozitívok között:

$$3/10 = 0.30$$



hog nem fertőzött sertés:

 pozitív teszt

 negatív teszt

hog fertőzött sertés:

 pozitív teszt

 negatív teszt

A negatív prediktív érték
a nem fertőzöttek
részaránya a
teszt-negatívok között:

$$89/90 = 0.99$$



A pozitív prediktív érték a fertőzöttek részaránya a teszt-pozitívok között. Annak a valószínűsége, hogy a teszt-pozitív egyed fertőzött.

	Fertőzés +	Fertőzés -	\sum
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
\sum	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

A pozitív prediktív érték a fertőzöttek részaránya a teszt-pozitívok között. Annak a valószínűsége, hogy a teszt-pozitív egyed fertőzött.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

$$PPV = \frac{a}{a+b} = \frac{3}{3+7} = 0.30$$

A negatív prediktív érték a nem fertőzöttek részaránya a teszt-negatívok között.

Annak a valószínűsége, hogy a teszt-negatív egyed nem fertőzött.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

A negatív prediktív érték a nem fertőzöttek részaránya a teszt-negatívok között.

Annak a valószínűsége, hogy a teszt-negatív egyed nem fertőzött.

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	True positive a	False positive b	Pozitív teszt $a + b$
Teszt -	False negative c	True negative d	Negatív teszt $c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

$$NPV = \frac{d}{c + d} = \frac{89}{1 + 89} = 0.99$$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	a	b	$a + b$
Teszt -	c	d	$c + d$
Σ			10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.10

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	a	b	$a + b$
Teszt -	c	d	$c + d$
Σ	1000	9000	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.10, Se: 0.80

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	800		
	a	b	$a + b$
Teszt -	200		
	c	d	$c + d$
Σ	1000	9000	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.10, Se: 0.80, Sp: 0.99

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	800	90	
	a	b	$a + b$
Teszt -	200	8910	
	c	d	$c + d$
Σ	1000	9000	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.10, Se: 0.80, Sp: 0.99

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	800	90	890
	a	b	$a + b$
Teszt -	200	8910	9110
	c	d	$c + d$
Σ	1000	9000	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.10, Se: 0.80, Sp: 0.99

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	800	90	890
	a	b	$a + b$
Teszt -	200	8910	9110
	c	d	$c + d$
Σ	1000	9000	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

$$NPV = \frac{d}{c + d} = \frac{8910}{200 + 8910} = \frac{8910}{9110} = 97.8\%$$

$$PPV = \frac{a}{a + b} = \frac{800}{800 + 90} = \frac{800}{890} = 89.9\%$$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Állomány mérete: 10 000, Prevalencia: 0.01, Se: 0.80, Sp: 0.99

	Fertőzés +	Fertőzés -	Σ
Teszt +	80	99	179
	a	b	$a + b$
Teszt -	20	9801	9821
	c	d	$c + d$
Σ	100	9900	10000
	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d$

$$NPV = \frac{d}{c + d} = \frac{9801}{20 + 9801} = \frac{9801}{9821} = 99.8\%$$

$$PPV = \frac{a}{a + b} = \frac{80}{80 + 99} = \frac{80}{179} = 44.7\%$$

Szarvasmarha gümőkór (tuberkulin, caudal skin fold test)

Prevalencia: 0.10, Se: 0.80, Sp: 0.99

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{d}{c+d} = \frac{(1-P) \times SP}{P \times (1-SE) + (1-P) \times Sp} \\ &= \frac{(1-0.10) \times 0.99}{0.10 \times (1-0.80) + (1-0.10) \times 0.99} = 97.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PPV &= \frac{a}{a+b} = \frac{P \times SE}{P \times SE + (1-P) \times (1-Sp)} \\ &= \frac{0.10 \times 0.80}{0.10 \times 0.80 + (1-0.10) \times (1-0.99)} = 89.9 \end{aligned}$$

- a prevalencia csökkenésével

- PPV csökken a teszt szennitivitásától, specifikitásától függetlenül
- még a nagyon jó tesztek is gyengén szerepelnek az érintettség predikciójában

„According to our calculation the positive predictive value of the best Lyme antibody tests if applied in this way is 9.1%.”

PPV calculator

Prevalence

Case: 100 /Population: 200 = 50.000 %

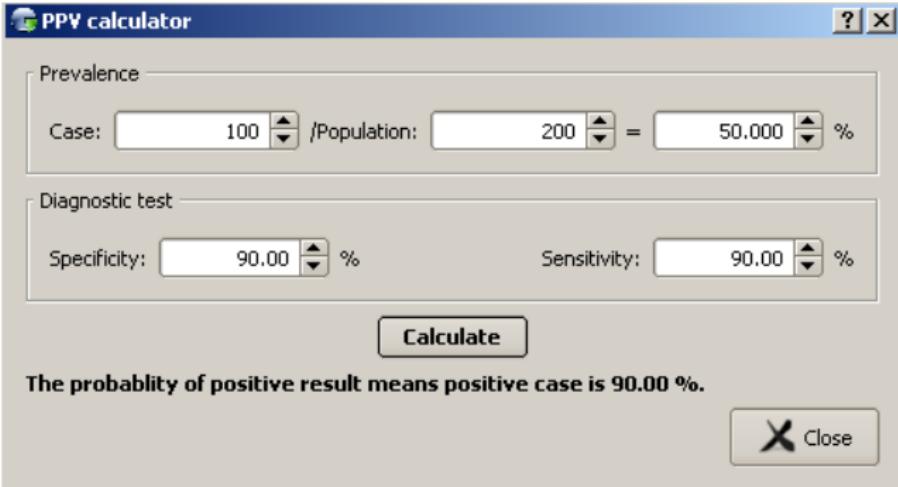
Diagnostic test

Specificity: 90.00 % Sensitivity: 90.00 %

Calculate

The probability of positive result means positive case is 90.00 %.

Close



http://kullancs.hu/doc/PPVcalc_setup.exe

Mennyivel emelkedik meg a fertőzöttség esélye, ha a teszt pozitív?

- likelihood ratio pozitív teszteredmény esetén

$$LR^+ = \frac{Se}{1 - Sp}$$

Mennyivel csökken a fertőzöttség esélye, ha a teszt negatív?

- likelihood ratio negatív teszteredmény esetén

$$LR^- = \frac{1 - Se}{Sp}$$

Bayes-tétel:

Poszt-teszt valószínűség = pre-teszt valószínűség × likelihood

$$\text{Esemény esélye} = \frac{\text{Esemény valószínűsége}}{1 - \text{Esemény valószínűsége}}$$

$$\text{Esemény valószínűsége} = \frac{\text{Esemény esélye}}{1 + \text{Esemény esélye}}$$

- California Mastitis Teszt Se: 68.8%, Sp: 71.5%

$$\bullet LR^+ = \frac{Se}{1 - Sp} = \frac{0.688}{1 - 0.715} = 2.414$$

$$\bullet LR^- = \frac{1 - Se}{Sp} = \frac{1 - 0.688}{0.715} = 0.436$$

- Tőgygyulladás pre-teszt valószínűsége: $50/1000 = 0.05$

$$\bullet \text{Tőgygyulladás pre-teszt esélye: } \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.053$$

- Tőgygyulladás poszt-teszt esélye pozitív teszteredmény esetén:

$$\text{pre-teszt esély} \times LR^+ = 0.053 \times 2.414 = 0.1279$$

- Tőgygyulladás poszt-teszt valószínűsége pozitív teszteredmény esetén:

$$\frac{0.1279}{1 + 0.1279} = 0.11$$

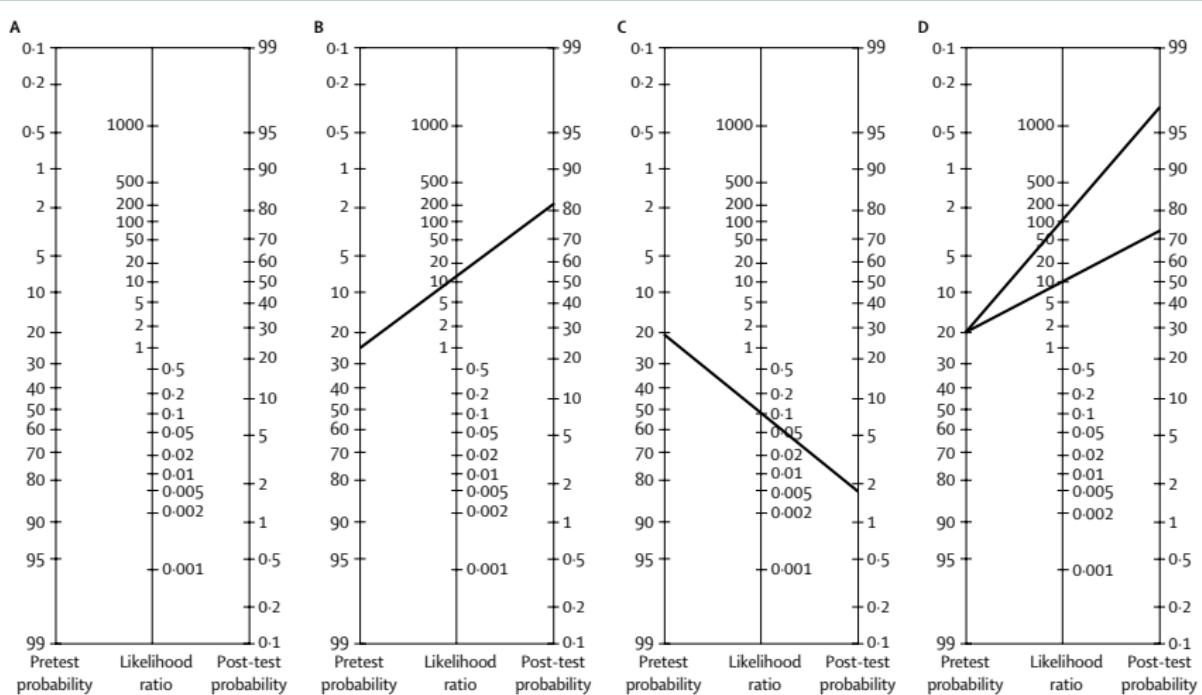


Figure 2: Nomograms for probabilities and likelihood ratios¹³

(A) Nomogram reprinted from reference 13 with permission of the Massachusetts Medical Association. (B) Straight edge applied for pretest probability of 0.25 and likelihood ratio of 13. (C) Straight edge applied for pretest probability of 0.20 and likelihood ratio of 0.1. (D) Effect of likelihood ratios of 10 and 100 on pretest probability of 0.2.

- Gardner, I. A. (2012). Analysis and use of diagnostic data. In *Diseases of Swine*, pp. 94–105. John Wiley & Sons, Ltd.
- Grimes, D. A. and K. F. Schulz (2005). Refining clinical diagnosis with likelihood ratios. *The Lancet* 365(9469), 1500–1505.
- Lakos, A., J. Reiczigel, and N. Solymosi (2010). The positive predictive value of borrelia burgdorferi serology in the light of symptoms of patients sent to an outpatient service for tick-borne diseases. *Inflammation research* 59(11), 959–964.
- Noordhuizen, J. P. T. M., K. Frankena, M. Thrusfield, and E. A. M. Graat (2001). *Application of Quantitative Methods in Veterinary Epidemiology*. Wageningen, The Netherland: Wageningen Pers.
- Stevenson, M. (2012). An introduction to veterinary epidemiology. EpiCentre, IVABS, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Woodworth, G. G. (2004). *Biostatistics: A Bayesian Introduction*. Probability and Statistics Series. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley & Sons. ISBN 0471468428.