

KALİBRASYON ÇALIŞMALARINDA İSTATİSTİKSEL UYGULAMALAR

1. Temel İfadeler

1.1. İstatistik : Belirsizlik(ler) altında karar verme bilimi

1.2. Histogram : Veri dağılımının düşey dikdörtgen çubuklar biçimindeki şekillerle gösterildiği grafik.

Histogramdaki herhangi bir çubuğun tabanı "sınıf aralığı", yüksekliği ise o sınıfın "frekansı"na eşit olur.

1.3. Değişim Aralığı : bir dağılımda, rastlanan en büyük ve en küçük değerler arasındaki fark.

1.4. Aritmetik Ortalama : Gözlem değerleri toplamının, toplam gözlem sayısına bölünmesi

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad N: \text{gözlem sayısı}$$

1.5. Standart Sapma : Aritmetik ortalama gözlenen sapmalardan hareketle geliştirilmiş bulunan dağılım ölçüsü.

DeneySEL standart sapma, aynı ölçülen büyüklüğe ait n adet ölçümden oluşan bir seri için, aşağıda ki formülle verilen s parametresi ile sonuçların dağılımını karakterize eder.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

DeneySEL standart sapma, aşağıdaki formülle verilen ve ana kitle hacmi N, ortalama değeri \bar{X} olan "ana kitle standart sapması σ " ile karıştırılmamalıdır:

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

n adet ölçümden oluşan seri, ana kitlenin örnekleme olarak düşünüldüğünde s ana kitle standart sapmasının tahmini değeridir.

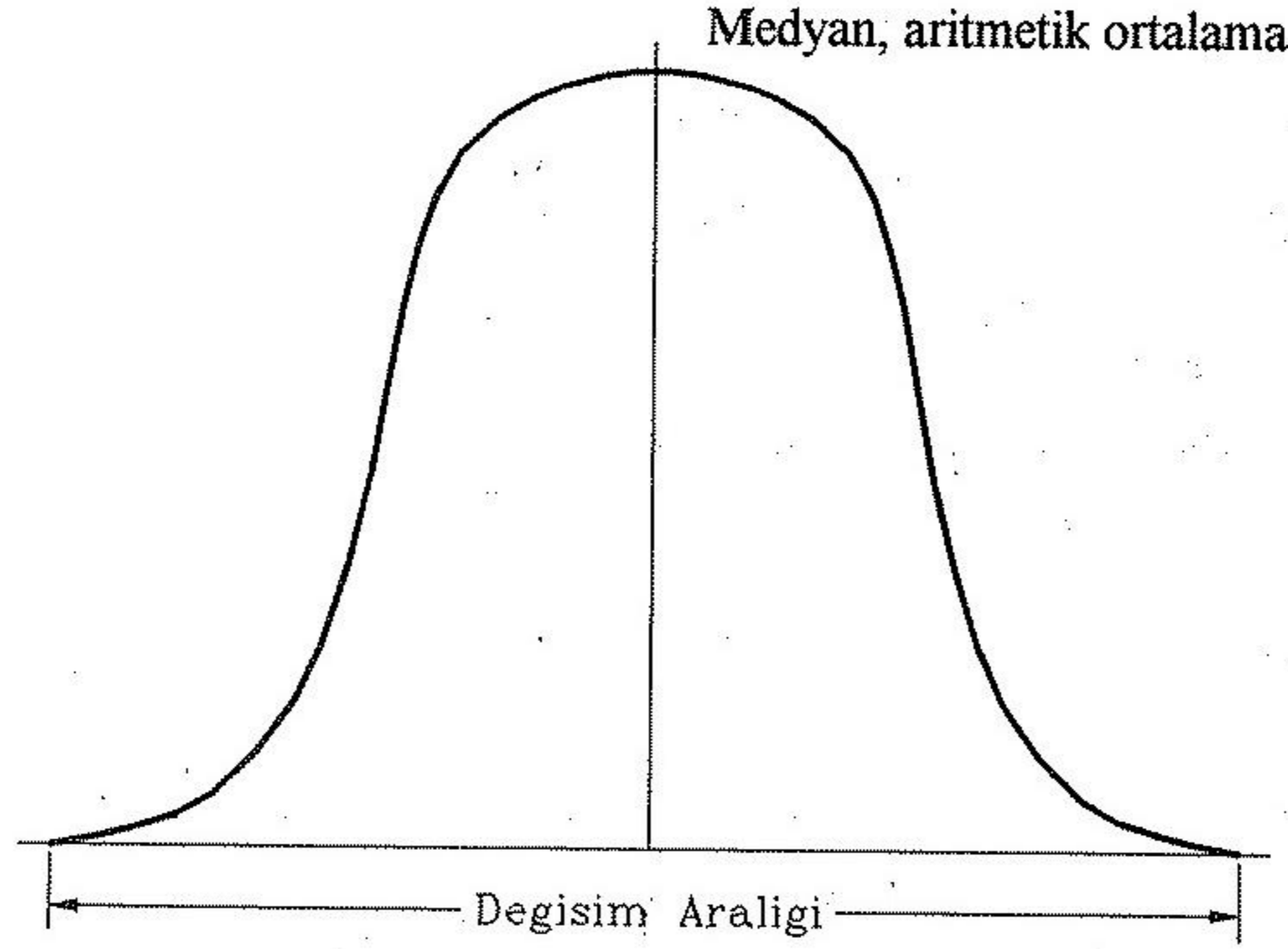
1.6. Mod: Frekansı, dağılımdaki diğer sınıf frekanslarının hiçbiri tarafından aşlamayan sınıf.

1.7. Medyan : büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe doğru dizilmiş bir grubun tam ortasındaki değer.

1.8. Normal Dağılım Eğrisi : Standart sapma değerinin diğer dağılım eğrilerine nazaran daha küçük olduğu bu dağılım eğrisi istatistiksel metroloji çalışmalarında sıkça kullanılır. Bir diğer adı "çan eğrisi" dir. Bu eğri tek modludur ve aritmetik ortalaması ile medyan değerleri

birbirine eşittir.

Normal Dağılım Eğrisi :



$$y(\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} e^{-\frac{\sigma^2}{2}}$$

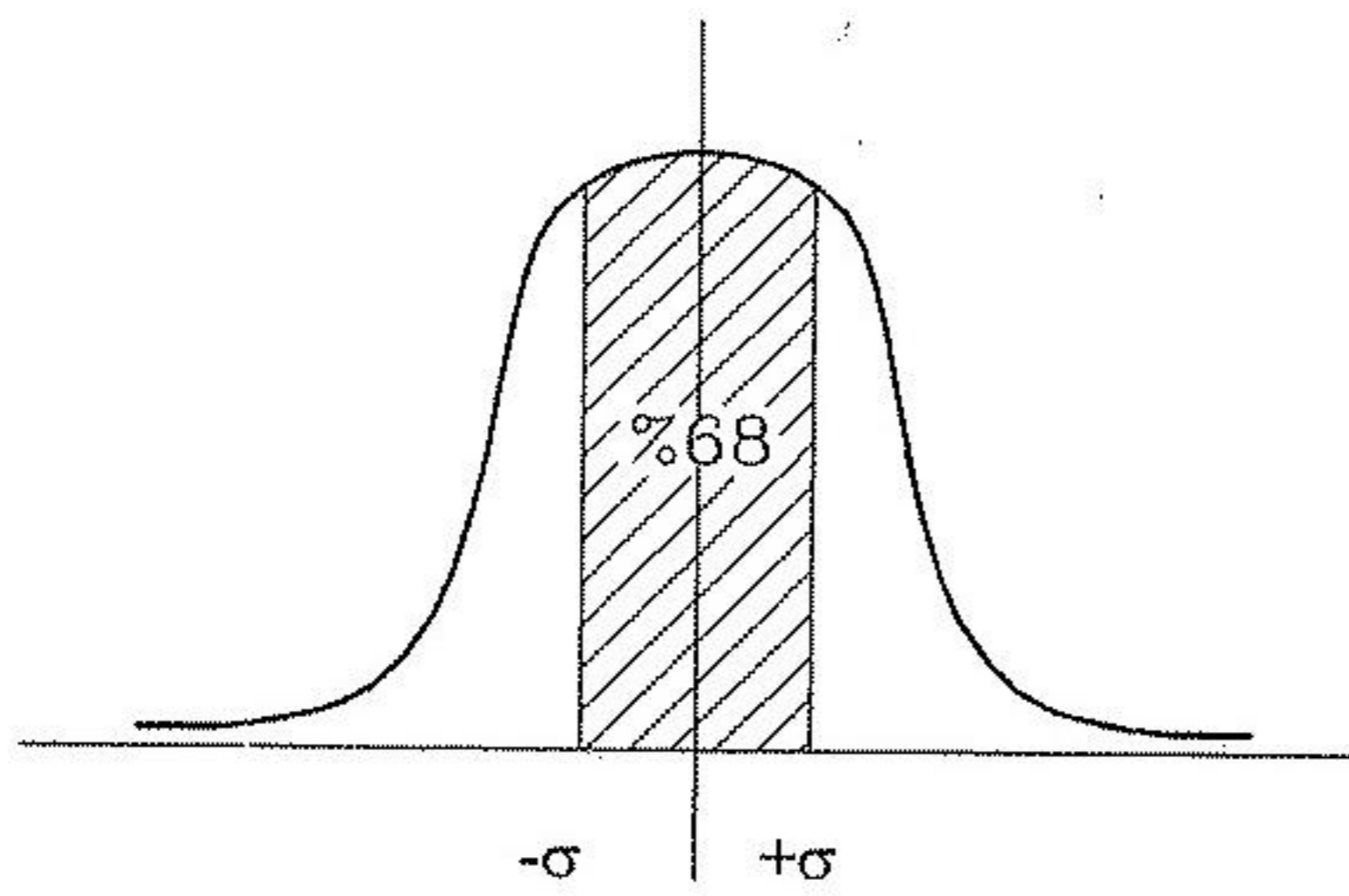
Şekil: 1

2. Belirsizlik İfadeleri ve Test Belirsizlik Oranı

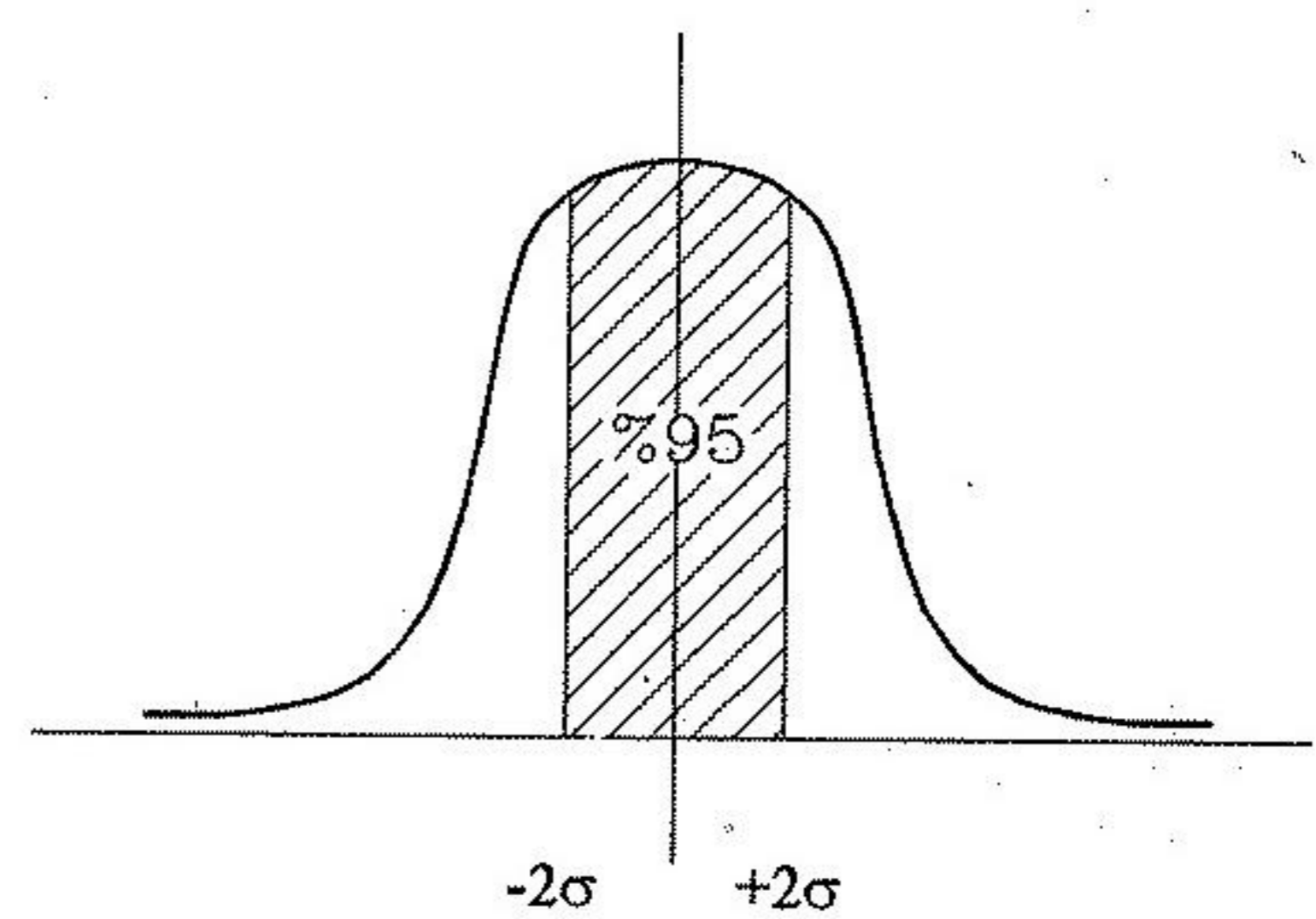
2.1. "Ölçülen büyüklüğün gerçek değerinin içinde bulunduğu değerler aralığını karakterize eden tahmini değer" şeklinde tanımlanabilen ölçüm belirsizliği ifadesi, istatistiksel olarak normal dağılım eğrisi ile incelenir.

Herhangi bir cihazla ilgili olarak verilen belirsizlik değeri hangi güvenilirlik aralığında geçerli olduğu belirtilmediği sürece bir anlam taşımaz.

Normal dağılım eğrisinde, yatay eksen, standart sapma değeri (σ) cinsinden ifade edilir. Ortalama değer $\pm 1\sigma$ 'lık alanı içerisinde kalan miktar, toplamın takriben %68'ini, $\pm 2\sigma$ 'lık alanı içerisinde kalan miktar ise toplam takriben %95'ini temsil eder.



Şekil:2a



Şekil:2b

2.1.1. Güvenirlik Seviyesi : (Confidence Level)

"Yüzde (%)" olarak ifade edilir. Gerçek değer belirsizlik limitleri dahilinde yer alma olasılığını belirtilir.

2.1.2. Güvenlik Aralığı : (Confidence Interval)

Normal dağılım eğrisindeki yatay eksen üzerinde sözü edilen güvenilirlik seviyesine karşılık gelen noktaların sınır teşkil ettiği aralık.

Örnek : %95 güvenilirlik seviyesi $\Rightarrow 2\sigma$ güvenilirlik aralığı

2.2. Test Belirsizlik Oranı (Test Uncertainty Ratio, TUR)

2.2.1. Test Belirsizlik Oranı, test edilen cihazın belirsizlik değerinin, kalibre eden cihazın belirsizlik değerine bölünmesiyle elde edilen orandır.

Standart cihaz ya da kalibratör olarak kullanılan cihazların da belirsizlik değerleri dahilinde çalıştığı düşünülecek olursa, kalibrasyon işlemi sonucunun da belirsizlik içerdiğini söylemek gerekir. Standart cihaza göre spek-ıçı olduğu tespit edilen bir cihaz, gerçek hayatta ancak sözkonusu belirsizlik değerleri dahilinde "sepek-ıçı" dir.

2.2.2. Örnek:

$\pm 200 \mu V$ belirsizliğinde çalışan 10 V kademesi, aynı değerde $\pm 50 \mu V$ belirsizliğinde standart gerilim üreten bir kalibratör ile kalibre edilemek istenen bir DMM için, sözkonusu kalibrasyon çalışması için Test Belirsizlik Oranı, her iki cihazın belirsizlikleri de aynı güvenilirlik seviyelerinde verilmişse $200/50=4 = 1'$ dir, ki bu oran MILSTD-45662 A ya da benzeri diğer kalibrasyon standartları için uygundur.

Ancak gerçek hayatta genellikle kalibratör belirsizlikleri %99.9 (2.6σ), DMM belirsizlikleri ise %95 (2σ) güvenilirlik seviyelerinde ifade edilirler. Bu değerlerin yukarıdaki örnek için de geçerli olacağı düşünülürse, sonuç biraz daha farklı olacaktır. Şöyle ki, önce verilen belirsizlik değerleri aynı güvenilirlik aralığına, mesala 1σ aralığına indirgenir:

$$DMM \Rightarrow \frac{\pm 200 \mu m}{2} = \pm 100 \mu m$$

$$Kalibratör \Rightarrow \frac{\pm 50}{2.6} = \pm 19.2 \mu m$$

Test Belirsizlik oranı bu kez,

$100/19.2 \approx 5$ olacaktır.

Bu örnekte gerçek oran, ilk bakışta görüldenden daha iyi çıkmıştır. Ancak tam tersi de sözkonusu olabilirdi.

2.3. İdeal Gerçek Koşul Farkı :

İdeal koşullarda, bir kalibrasyon çalışması sonucunda test edilen cihaz için iki olasılık sözkonusudur.

1. Cihaz uygun durumdadır ve "kabul edilir".
2. Cihaz uygun durumda değildir ve "red" edilir.

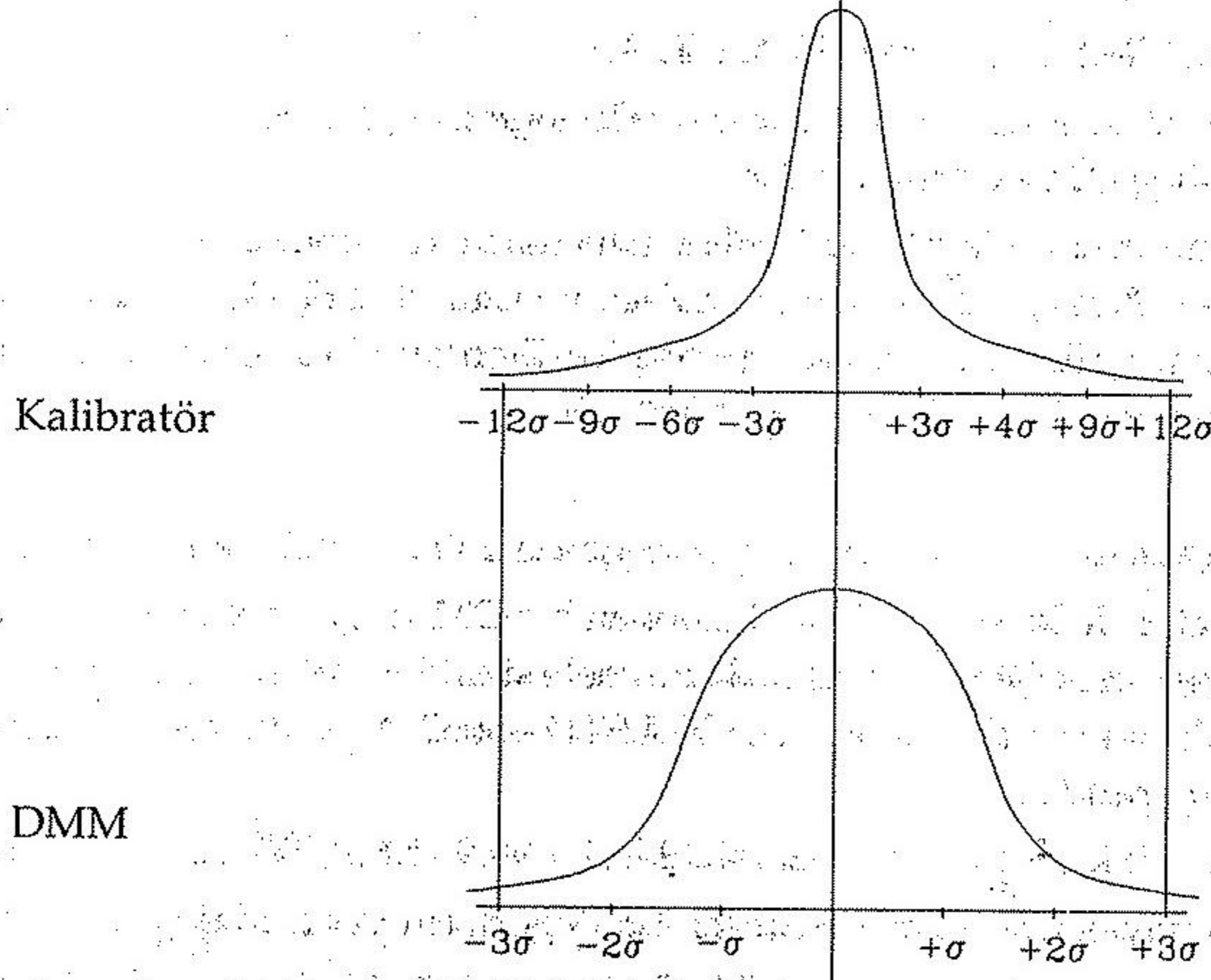
Ancak, gerçek hayatta yukarıdakilere ilaveten iki olasılık daha vardır:

3. Cihaz uygun durumdadır fakat "red" edilir.
4. Cihaz uygun durumda değildir, fakat "kabul" edilir.

Burada bir ilginç nokta şudur ki, yanlışlıkla red sonucuna varılan cihazların sayısı, yan-

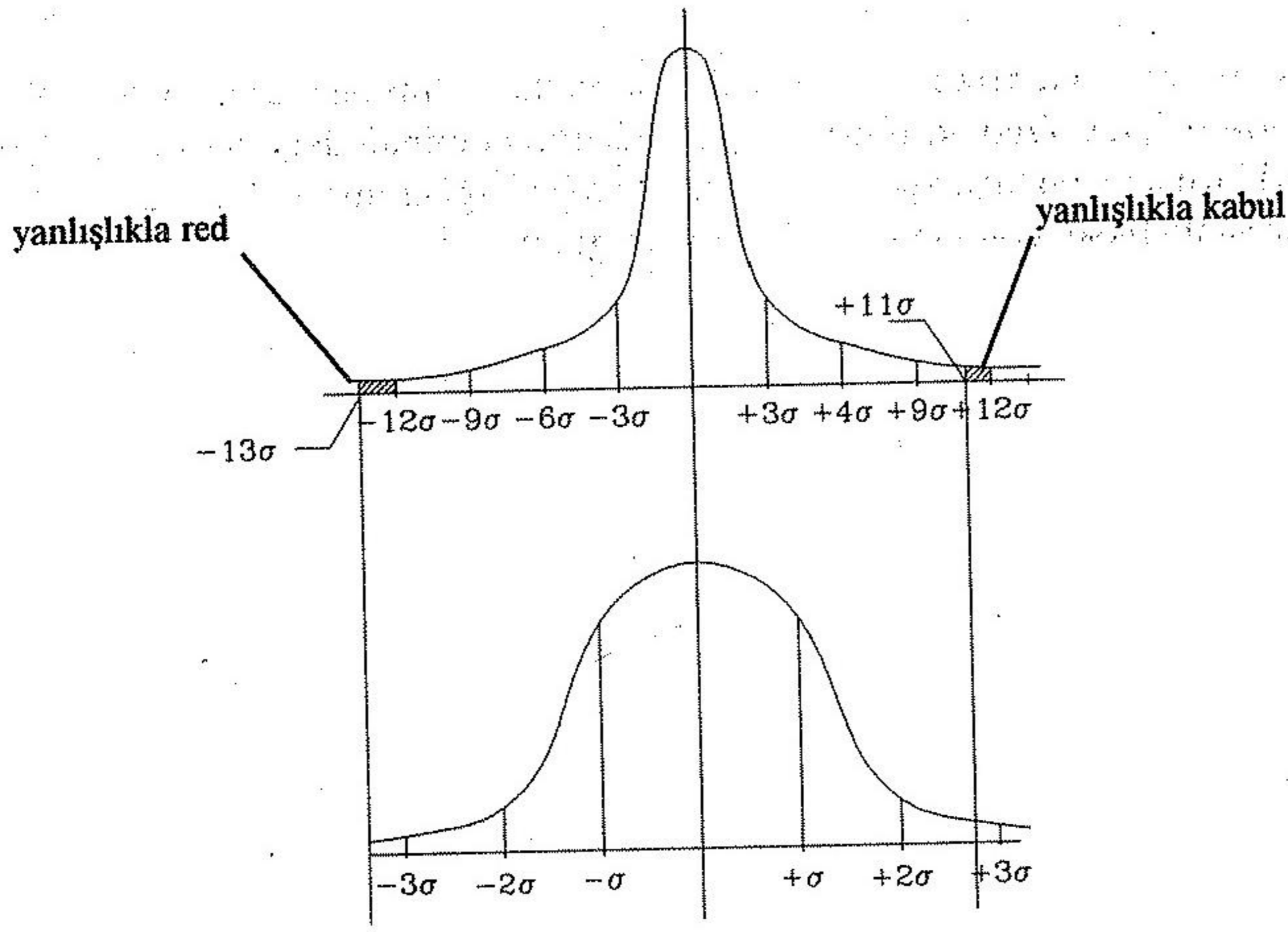
lılıkla kabul edilenlerden genelde daha fazladır.

Aynı güvenilirlik aralığında (örneğin 3σ) ifade edilen kalibratör ve DMM'in belirsizlik değerlerinin normal dağılım eğrisindeki gösterilişi, eğer kalibratörün gerçek çıkışı nominal değere eşitse birbiriyle şöyle karşılaştırılabilir.



Şekil: 3

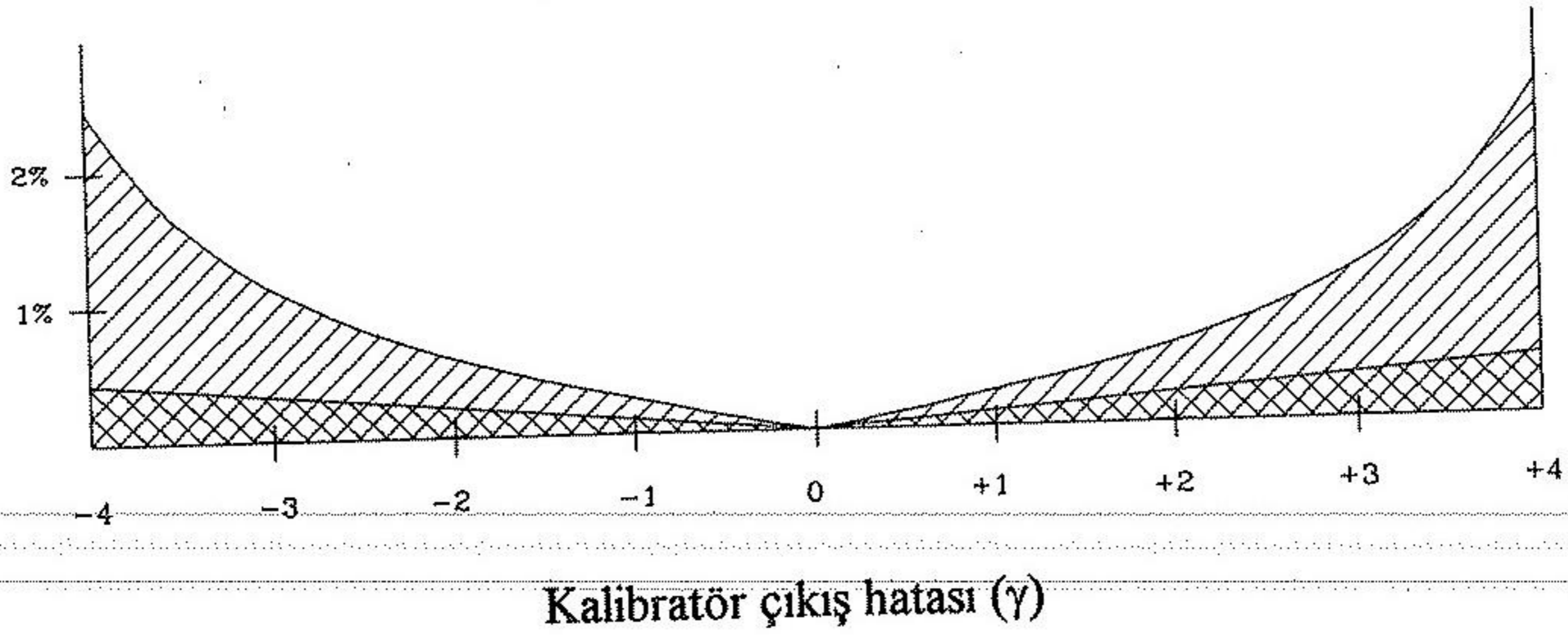
İdeal olarak nitelendirilen bu durumda red veya kabul sonuç kararları %100 doğrudur. Ancak, kalibratörün gerçekte 1σ hatalı gerilim ürettiği varsayılacak olursa bu kez, iki cihazın belirsizlik değerlerini temsil eden dağılım eğrilerinin birbirleriyle ilişkisi biraz farklı olacaktır.





Şekil: 4

Normal dağılım eğrilerinin özelliğinden dolayı, yanlılıkla red edilen cihazların sayısı, yanlılıkla kabul edilenlerden daha fazla olacaktır.

Kalibratör çıkışının nominal değerden sapması arttıkça, yanlılıkla kabul ya da red edilen cihazların sayısı da artacaktır.



-  Yanlılıkla red edilenler
 -  Yanlılıkla kabul edilenler
- (4=I TUR ve 3σ güvenirlik seviyesi)

Şekil:5

Sonuç

Kalibrasyon çalışmalarından güvenilir sonuçlar alınması amacıyla, elde edilen sonuçların sadece kabul/red kriterlerine göre değil, nominal değerlerle gerçek değerler arasındaki farklarına ve bu farkların zaman içerisindeki değişimine göre de kayıtlar tutulmalı ve bu kayıtlar istatistiksel yöntemlerle yorumlanmalıdır.