



KİSMİ BOŞALMA (PD) ÖLÇÜMLERİ YETERLİLİK DENEYİ SONUÇ RAPORU

Karşılaştırma No:

UME-G1YG-2021-01

Hazırlayanlar

Serkan DEDEOĞLU

Doç. Dr. Ahmet MEREV

TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI
01 Kasım 2021

Kısmi Boşalma (PD) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi “ISO/IEC 17043: 2010 Conformity Assessment- General Requirements for Proficiency Testing” standardına uygun olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı tarafından düzenlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Yazışma Adresi

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)
Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1
41470 Gebze KOCAELİ
Tel: 262 6795000 (4350) Faks: 262 6795001
www.ume.tubitak.gov.tr

Koordinatör

Serkan DEDEOĞLU

TÜBİTAK UME karşılaştırma sonuç raporunda değişiklik yapmaya tam yetkilidir.

Yeterlilik testine katılmayı kabul eden tüm katılımcılar karşılaştırma protokolünde belirtilen tüm şartları kabul etmiş sayılmaktadır.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	4
2. ÇALIŞMANIN AMACI	5
3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ.....	5
4. KATILIMCILAR.....	6
5. DENEY NUMUNESİ.....	7
6. YETERLİLİK DENEYİ İLGİLİ GENEL HUSUSLAR	9
7. YETERLİLİK DENEYİ ÖLÇÜMLERİ	9
7.1 Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi	9
7.2 AC Yüksek Gerilim Altında PD Ölçümü Deneyi	10
8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	10
9. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İLETİLMESİ	11
10. SONUÇLAR	12
11. KAYNAKLAR.....	14

1. GİRİŞ

Kalibrasyon veya deney laboratuvarlarının gerçekleştirmiş oldukları kalibrasyonlarda, rutin veya tip deneylerinde ölçümlerinin güvenilirliği, gerçekleştirilen ölçümlerin kalitesi ile belirlenmektedir. Ölçüm kalitesi ise, ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile doğru orantılıdır. “Yeterlilik Deneyleri” (YD) veya “Laboratuvarlar Arası Karşılaştırmalar” (LAK), kalibrasyon ve deney konusunda faaliyet gösteren laboratuvarların performansının belirlenmesinde önemli bir araçtır ve laboratuvar performansının diğer laboratuvarlarla karşılaştırılmasında da etkili bir yöntemdir.

Belli bir deney veya kalibrasyon faaliyeti içerisinde bulunan bir laboratuvarın yeterliliğini kanıtlamasının bir diğer yolu da laboratuvarın bağımsız kurumlar tarafından akreditasyonudur. Laboratuvar akreditasyonu sırasında ve akreditasyonun değerlendirme sürecinde, laboratuvarların katılmış oldukları karşılaştırmalardan elde ettikleri sonuçlar da önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir.

“Yeterlilik Deneyleri” (YD) veya “Laboratuvarlar Arası Karşılaştırmalar” (LAK) deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının teknik yeterliliklerinin ve verdikleri hizmet kalitesinin değerlendirilmesi için önemli bir araçtır ve bu durum TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardı ve TÜRKAK dokümanlarında da ayrıntılı olarak belirtilmektedir [1, 2].

Ülke içinde akredite olmuş veya akredite olmayı planlayan kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının bu tür LAK ihtiyaçları dikkate alınarak, TÜRKAK-TÜBİTAK UME işbirliği çerçevesinde, TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı 2021 çalışma yılı kapsamında **“Kısmi Boşalma (PD) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi”** konulu LAK organize etmiştir. İlgili LAK organizasyonuna 16 laboratuvar iştirak etmişlerdir.

Bu yeterlilik deneyi IEC 60270 “Highvoltage Test Techniques-Partial Discharge Measurements” standardında belirtilen:

1. IEC 60270 Standardı [3], Madde-5: “Calibration of a measuring system in the complete test circuit”
2. IEC 60270 Standardı [3], Madde-8.3.2: “Determination of the partial discharge magnitude at a specified test voltage”

konularını içermiştir.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma ile; yüksek gerilim konusunda faaliyet gösteren kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının, Kısmi Boşalma (PD) ölçümlerindeki performanslarının belirlenmesi ve laboratuvarların kendi performanslarını geliştirmeye yönelik uygulamaların oluşmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ

Bu yeterlilik deneyi, “ISO/IEC 17043 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing” [4] standardına uygun olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı tarafından düzenlenmiştir. Düzenleyici kuruluş olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı’nın görev ve sorumlulukları aşağıda sıralanmıştır:

1. Deney numunelerinin temini
2. Deney numunelerinin laboratuvarlara ulaştırılması ve teslim alınması
3. Karşılaştırma protokolünün hazırlanması
4. YD sonuçlarının gizlilik prensibine uygun olarak muhafazası
5. YD sonuçlarının değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması
6. YD sonuç raporunun posta veya elden katılımcılara ulaştırılması

Yazışma Adresi:

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1 41470
Gebze KOCAELİ
Tel: 262 6795000 Faks: 262 6795001

Koordinatör

Serkan DEDEOĞLU
Tel: 262 6795000 (4350)
E-posta: serkan.dedeoglu@tubitak.gov.tr

Yeterlilik Deneyi Web Sayfası

<https://www.ume.tubitak.gov.tr/tr/lak/kismi-bosalma-pd-olcumleri-yeterlilik-deneyi>

4. KATILIMCILAR

2021 yılının ilk çeyreğinde başlayan yeterlilik deneyi ölçümleri, yüksek gerilim konusunda faaliyet gösteren tüm kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının katılımına açık olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Organizasyonda toplam 16 katılımcı laboratuvar yer almıştır. Katılımcıların listesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. LAK Katılımcıları (Alfabetik Sıralamayla)

No	Laboratuvarlar	Kısaltmalar
1	TÜBİTAK UME YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI	TÜBİTAK UME
2	ABB POWER GRIDS TURKEY ELEKTRİK SAN. A.Ş. (KARTAL)	ABB-1
3	ABB POWER GRIDS TURKEY ELEKTRİK SAN. A.Ş. (DUDULLU)	ABB-2
4	ALCE ELEKTRİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	ALCE
5	ASTOR TRANSFORMATÖR ENERJİ TUR. İNŞ. VE PETROL SAN. TİC. A.Ş. TEST LABORATUVARI	ASTOR
6	DGS ENERJİ TEST KONTROL KALİBRASYON ÖLÇÜM MUAYENE VE GÖZETİM HİZMETLERİ SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	DGS
7	ELOPAR ELEKTRONİK ELEKTRİK OTOMOTİV İNŞ. SAN. VE TİC. A.Ş.	ELOPAR
8	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş.	ELTAŞ
9	EMEK ELEKTRİK ENDÜSTRİSİ A.Ş.	EMEK
10	ENPAY ENDÜSTRİYEL PAZARLAMA VE YATIRIM A.Ş.	ENPAY
11	ESİTAŞ ELEKTRİK SAN VE TİC. A.Ş.	ESİTAŞ
12	GE GRID SOLUTIONS ENERJİ ENDÜSTRİSİ A.Ş.	GE
13	HES KABLO (HES HACILAR ELEKTRİK SANAYİ VE TİC. A.Ş.)	HES
14	PIFFNER TRANSFORMATÖR VE ELK. GER. ÜRT. SAN. TİC. A.Ş.	PIFFNER
15	SCHNEIDER ENERJİ ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİC. A.Ş.	SCHNEIDER
16	SÖNMEZ TRANSFORMATÖR SAN. TİC. A.Ş.	SÖNMEZ

5. DENEY NUMUNESİ

İki aşamalı olarak yapılacak olan Kısmi Boşalma (PD) Yeterlilik Deneyi ölçümlerinin ilk aşaması **“Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi”** dir. Bu aşamada referans olarak kullanılacak olan numune; TÜBİTAK-UME yapımı referans PD kalibratörüdür (Şekil 1). Referans PD kalibratörün teknik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

İkinci aşama ise **“AC Yüksek Gerilim Altında PD Ölçümü Deneyi”** dir. Bu aşamada referans olarak kullanılacak olan numune; TÜBİTAK-UME yapımı elektrot düzeneğidir (Şekil 2). Elektrot düzeneğinin teknik özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 1. Deney Numunesi (Kısmi Boşalma Kalibratörü)

Tablo 2. Deney Numunesinin (Kısmi Boşalma Kalibratörü) Teknik Özellikleri

Özellikler	Açıklama
Marka	TÜBİTAK-UME
Model	PDC
Seri No	UMEG1YG201405
Boyut	22x15x6 cm
Ağırlık	1 kg
Besleme (Pil)	2×9V



Şekil 2. Deney Numunesi (Elektrot düzeneği)

Tablo 3. Deney Numunesinin (Kısmi Boşalma Elektrot Düzeneği) Teknik Özellikleri

Özellikler	Açıklama
Marka	TÜBİTAK-UME
Model	HV-PDC
Seri No	UMEG1YG202101
Çalışma Gerilimi	30 kV
Ağırlık	20 kg
Boyut	95×45×45 cm

6. YETERLİLİK DENEYİ İLGİLİ GENEL HUSUSLAR

Kısmi Boşalma (PD) ölçümleri yeterlilik deneyi ile; kalibrasyon ve deney laboratuvarlarında kullanılmakta olan Kısmi Boşalma (PD) ölçüm sistemlerinin ölçüm performansının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırmayla ilgili olarak katılımcıların referans aldığı doküman “Kısmi Boşalma (PD) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi Teknik Protokolü” dür (UME-G1YG-2021-01) [5]. Karşılaştırma ölçümleri sırasında katılımcı laboratuvarlar aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmuşlardır.

1. Deney numunesinin kutusundan çıkarılması sırasında gerekli hassasiyeti gösterilmiştir. Deney numunesinde herhangi bir ciddi arıza/hasar kaydı oluşmamıştır.
2. Yeterlilik deneyi ölçümlerine başlanmadan önce deney numunesinin en az 4 saat boyunca ölçüm yapılacak deney laboratuvarında ve kontrol odasında bekletilmesi katılımcılardan istenmiştir.
3. Laboratuvara ait üreteç ve ölçüm sistemlerinin özellikleri IEC 60270, IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarına uygun niteliklere sahip olması katılımcılardan önemle talep edilmiştir [3, 6, 7].
4. Ölçüm yapılacak deney alanının tavsiye edilen ortam sıcaklığının (23 ± 2) °C olduğu katılımcılarla paylaşılmıştır.

7. YETERLİLİK DENEYİ ÖLÇÜMLERİ

7.1 Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi

Bu deneyde, TÜBİTAK-UME tarafından gönderilen referans PD kalibratör, kuruluşlara ait PD ölçüm sistemine (dedektör ve kuplaj kapasitöründen oluşan sistem) paralel bağlanarak bağlantı montajı yapılmıştır. Kalibratör bağlı iken yüksek gerilim uygulanmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra PD kalibratör üzerindeki anahtar çevirilerek sırasıyla beş farklı PD kademesinden uygulanan PD değerleri ölçülerek ölçüm sisteminin doğrusallığı belirlenmiştir. Her kademe ard arda 10 adet PD değeri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Bu işlem beş kademe için tekrarlanmıştır. TÜBİTAK-UME tarafından gönderilen referans PD kalibratörün her kademe uyguladığı değerler ve belirsizlik değeri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratöründen Uygulanan Referans Değerler

PD Kalibratörden Uygulanan Değerler (pC)					Belirsizlik (pC)				
Kademe 1	Kademe 2	Kademe 3	Kademe 4	Kademe 5	Kademe 1	Kademe 2	Kademe 3	Kademe 4	Kademe 5
5,73	19,73	51,19	101,7	202,8	0,20	0,30	0,60	1,00	2,00

7.2 AC Yüksek Gerilim Altında PD Ölçümü Deneyi

Bu deneyde, TÜBİTAK UME tarafından gönderilen elektrot düzeneği kuruluşlara ait PD ölçüm sistemine (dedektör ve kuplaj kapasitöründen oluşan sistem) paralel bağlanarak bağlantı montajı yapılmıştır. Bağlantılar yapıldıktan sonra laboratuvarın kendine ait olan PD kalibratör ölçüm sistemine bağlanarak 20 pC değerinde ön kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Ön kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra deneye başlamadan önce laboratuvarın PD seviyesi gerilim yokken (0 kV) yük miktarı pC cinsinden kayıt edilmiştir. Daha sonra AC (50Hz) yüksek gerilim kaynağını ortam şartları göz önüne alınarak 20 kV, 30 kV ve 40 kV'a tekabül eden düzeltilmiş gerilim değerleri uygulanmıştır. Düzeltilmiş gerilim değerleri uygulanarak yüksek gerilim altında PD ölçümü gerçekleştirilmiş ve elektrot sisteminin bu gerilim değerinde oluşturduğu PD değerleri kaydedilmiştir. Ölçümlerin alınacağı her bir yüksek gerilim değerinde (Örneğin 20 kV, 30 kV ve 40 kV) bir dakika bekleme süresinden sonra 10'ar adet PD değeri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. TÜBİTAK-UME tarafından gönderilen elektrot düzeneğinin 30 kV'ta ürettiği PD değeri ve belirsizlik değeri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Referans Elektrot Düzeneğinin Ürettiği Referans Değerler

Elektrot Düzeneğinin Ürettiği Referans PD Değeri (pC)	Belirsizlik
	(pC)
20.90	0.3

8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tüm katılımcılardan yeterlilik deneyi sonuçları geldikten sonra, sonuçlar TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Grubu Laboratuvarları tarafından değerlendirilerek sonuç raporu hazırlanmıştır. Yeterlilik deneyinde referans değer, TÜBİTAK UME'de alınan ölçüm sonuçları üzerinden belirlenecektir.

“Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi” için tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar, ISO/IEC 17043 ve ISO 13528 standartlarında belirtilen değerlendirme ölçütleri arasında yer alan ***E_n*** skoru metodu kullanılarak değerlendirilmiştir [3, 8].

$$E_n = \frac{(x_i - x_{ref})}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(x_{ref})}} \quad (1)$$

Burada,

x_{ref} : atanmış değer (TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının referans ölçüm sistemiyle gerçekleştirmiş olduğu ölçüm değeridir.)

x_i : katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu

U(x_i) : katılımcı laboratuvarın ölçüm belirsizliği

U(x_{ref}) : referans laboratuvarın ölçüm belirsizliği

Yeterlilik deneyi sonucunda katılımcıların hesaplanan **En** skorları aşağıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

- $|En| \leq 1,0$ durumunda laboratuvarın yeterlilik deneyindeki performansı uygundur (yeterlidir),
- $|En| > 1,0$ durumunda laboratuvarın performansı uygun değildir, düzeltici faaliyet uygulanmalıdır.

“AC Yüksek Gerilim altında PD Ölçümü Deneyi” için tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar, ISO/IEC 17043 ve ISO 13528 standartlarında belirtilen değerlendirme ölçütleri arasında yer alan **Z** skoru metodu kullanılarak değerlendirilmiştir [3, 8].

$$Z = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sigma} \quad (2)$$

Burada,

- X_{ref} : atanmış değer (TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının referans ölçüm sistemiyle gerçekleştirmiş olduğu ölçüm değeridir.)
- x_i : katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu
- σ : yeterlilik deneyi değerlendirmesi için standart sapma (Referans değerden ± 5 pC uzaklıkta değer okuyan firmaların ölçüm sonuçlarının standart sapması kullanılmıştır.)

Yeterlilik deneyi sonucunda katılımcıların hesaplanan **Z** skorları aşağıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

- $|Z| \leq 2,0$ durumunda laboratuvarın yeterlilik deneyindeki performansı uygundur (yeterlidir),
- $2,0 < |Z| < 3,0$ durumunda laboratuvarın performansı kabul edilebilir ancak laboratuvar sorunu irdelemelidir,
- $|Z| \geq 3,0$ durumunda laboratuvarın performansı uygun değildir, düzeltici faaliyet uygulanmalıdır.

9. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İLETİLMESİ

Ölçüm sonuçları ölçümler tamamlandıktan sonra; yeterlilik deneyi koordinatörüne mail yoluyla iletilmiştir. Karşılaştırma ölçümlerinde kullanılan, laboratuvara ait ölçüm sisteminin bilgileri, yeterlilik deneyi protokolünün EK-5 ve EK-6'da verilen formları kullanılarak karşılaştırma koordinatörüne mail yoluyla iletilmiştir [5].

10. SONUÇLAR

“Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi” sonuçları Tablo 6’da, “AC Yüksek Gerilim altında PD Ölçümü Deneyi” sonuçları ise Tablo 7 ve Şekil 3’te verilmiştir.

Tablo 6. Referans Kısmi Boşalma (PD) Kalibratörü ile Doğrusallık Deneyi Ölçüm Sonuçları

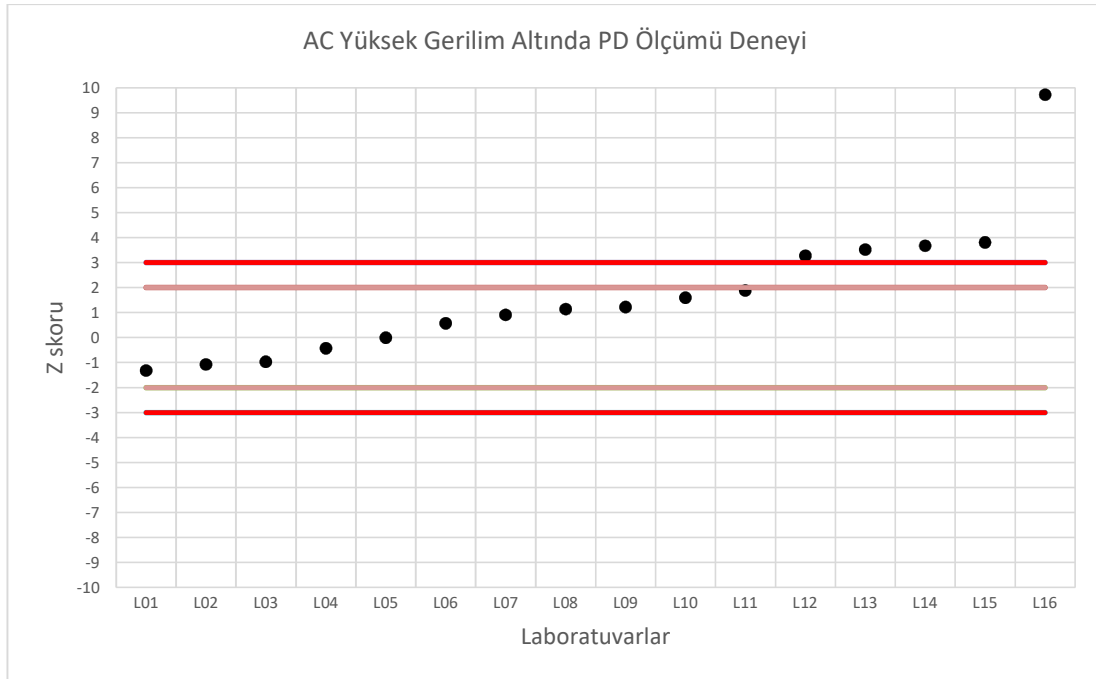
	(Kademe 1) Referans Değer 5.73 pC	(Kademe 2) Referans Değer 19.73 pC	(Kademe 3) Referans Değer 51.19 pC	(Kademe 4) Referans Değer 101.7 pC	(Kademe 5) Referans Değer 202.8 pC
Lab. No	E_n -Skoru	E_n -Skoru	E_n -Skoru	E_n -Skoru	E_n -Skoru
P01	0	0	0	0	0
P02	-1.2	-1.5	-1.6	-1.2	-1.3
P03	-2.3	0.5	-1.0	-1.0	-0.7
P04	-0.3	-0.4	-0.7	-0.9	-2.8
P05	1.0	-0.4	-0.7	-0.7	-0.8
P06	-1.4	-1.4	-1.5	-7.6	-1.4
P07	0.1	0.8	0.5	0.5	0.4
P08	-3.4	-6.4	-7.8	-10.3	-13.5
P09	0.3	-0.7	-1.1	-1.4	-1.6
P10	-1.7	-2.1	-2.3	-2.2	-1.9
P11	-1.4	-2.4	-2.6	-2.6	-3.1
P12	-0.1	-0.1	-0.4	-0.4	0.0
P13	0.6	-2.7	-3.2	-2.0	-3.5
P14	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0
P15	0.0	-1.1	-1.0	-1.3	-2.6
P16	-0.8	-0.6	-1.4	-2.4	-2.4

* E_n skorları $|E_n| \leq 1,0$ olan ölçümler yeşil, $|E_n| > 1,0$ olan ölçümler kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Tablo 7. AC Yüksek Gerilim altında PD Ölçümü Sonuçları

Referans Değer= 20,90 pC (Standart Sapma= 3,51 pC)	
Lab. No	Z-skoru
L01	-1.3
L02	-1.1
L03	-1.0
L04	-0.4
L05	0.0
L06	0.6
L07	0.9
L08	1.1
L09	1.2
L10	1.6
L11	1.9
L12	3.3
L13	3.5
L14	3.7
L15	3.8
L16	9.7

* Z skorları $|z| \leq 2,0$ olan ölçümler yeşil, $|z| \geq 3,0$ olan ölçümler kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 3. AC Yüksek Gerilim altında PD Ölçümü Sonuçlarının Laboratuvarlara Göre Dağılımı

11. KAYNAKLAR

1. ISO/IEC 17025 General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories, 2017.
2. P704: “Yeterlilik Deneyleri ve Laboratuvarlar Arası Karşılaştırma Programları Prosedürü” TURKAK, 2016.
3. IEC 60270 “Highvoltage Test Techniques-Partial Discharge Measurements”
4. ISO/IEC 17043 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing, 2010.
5. UME-G1YG-2021-01, “Kısmi Boşalma (PD) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi Protokolü”, TÜBİTAK UME, 2021.
6. IEC 60060-1 High-Voltage Test Techniques. Part-1: General definitions and test requirements, 2010.
7. IEC 60060-2 High-Voltage Test Techniques. Part-2: Measuring systems, 2010.
8. ISO 13528 Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons, 2015.