



UME-AK-13-01 SES KALİBRATÖRÜ KALİBRASYONU KARŞILAŞTIRMASI RAPORU

Nihai Rapor

23.06.2014

Enver SADIKOĞLU, Eyüp BİLGİÇ

**TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ
Akustik Laboratuvarları**



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	1
TABLolar LİSTESİ.....	2
1. Giriş	4
2. Pilot Laboratuvar	4
3. Katılımcılar	4
4. Organizasyon ve Zaman Çizelgesi.....	6
5. Laboratuvarlar Arası Dolaşan Cihaz (LADC)	7
6. Ölçüm Şartları ve Yöntemi	7
7. Karşılaştırma Boyunca LADC'nin Davranışı	8
8. Karşılaştırma Sonuçları ve Değerlendirme	13
9. Sonuç.....	15
10. Kaynaklar	15



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Katılımcı laboratuvar bilgileri	5
Tablo 2.	Karşılaştırma zaman çizelgesi.....	6
Tablo 3.	TÜBİTAK UME’de alınan ölçüm sonuçları	9
Tablo 4.	94 dB’lik ses basınç düzeyi için karşılaştırma sonuçları	14
Tablo 5.	114 dB’lik ses basınç düzeyi için karşılaştırma sonuçları	14
Tablo 6.	Frekans ölçümleri için karşılaştırma sonuçları (94 dB’lik seviye)	15



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 94 dB'lik ses basınç düzeyinin karşılaştırma boyunca kararlılığı	10
Şekil 2. 114 dB'lik ses basınç düzeyinin karşılaştırma boyunca kararlılığı	10
Şekil 3. Kalibratör frekansının karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)	11
Şekil 4. Kalibratörün seviye kararlılığının karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)	11
Şekil 5. Kalibratörün seviye kararlılığının karşılaştırma boyunca kararlılığı (114 dB'lik seviye) ..	12
Şekil 6. Kalibratörün toplam harmonik distorsiyonunun karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)	12
Şekil 7. Kalibratörün toplam harmonik distorsiyonunun karşılaştırma boyunca kararlılığı (114 dB'lik seviye)	13

1. Giriş

Laboratuvarlar arası karşılaştırmalar (LAK) ve yeterlilik deneyleri (YT), kalibrasyon/deney laboratuvarlarının teknik yeterliliklerinin değerlendirilmesinde önemli araçtır. Bu husus, TS EN ISO/IEC 17025 standardı [1] ve TÜRKAK dokümanında [2] da belirtilir. Akredite laboratuvarların veya akreditasyon için başvuran laboratuvarların, akreditasyon kapsamlarındaki ölçüm büyüklükleri ile ilgili LAK'lara ve/veya YT programına katılmaları ve başarılı sonuçlar elde etmiş olmaları TÜRKAK tarafından aranan bir gerekliliktir.

Ülke içinde kalibrasyon laboratuvarlarının akustik büyüklükleri ile ilgili karşılaştırma ihtiyaçları dikkate alınarak, laboratuvarlar arası karşılaştırma düzenlenmiştir.

Gerçekleştirilen karşılaştırma, IEC 60942:2003 [3] standardında Annex B'de "Periodic Tests" verilen ve aşağıda belirtilen ölçüm büyüklüklerinde Ses Kalibratörü kalibrasyonunu kapsamaktadır:

- Ses Basınç Düzeyi (SPL)
- Frekans
- Ses Basınç Düzeyi Kararlılığı
- Toplam Harmonik Distorsiyon (THD)

2. Pilot Laboratuvar

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)

Sorumlu : Enver SADIKOĞLU

Adres: : TÜBİTAK Gebze Yerleşkesi Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1
41470 Gebze-KOCAELİ

Telefon : 262 679 50 00 dahili 3101

Faks : 262 679 50 01

E-posta : enver.sadikoglu@tubitak.gov.tr

3. Katılımcılar

Karşılaştırmaya, Ses Kalibratörleri kalibrasyonu için alt yapısı mevcut TÜRKAK tarafından akredite edilen 3 Laboratuvar katılmıştır.

Teknik Protokole uygun olarak, raporda katılımcılar kendilerine verilen laboratuvar kodlarıyla anılacaktır. Laboratuvar kodları sadece ilgili Laboratuvar yetkilisine verilmiştir.



Tablo 1. Katılımcı laboratuvar bilgileri

Laboratuvar Adı	İlgili Kişi	Adres
TÜBİTAK UME Akustik Laboratuvarları (düzenleyici)	Enver SADIKOĞLU (Karşılaştırma Sorumlusu)	TÜBİTAK UME TÜBİTAK Gebze Yerleşkesi Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1 41470 Gebze KOCAELİ
Protos Kalibrasyon Ölçüm Eğitim ve Danışmanlık Hizmetleri Tic. Ltd. Şti.	Ufuk MALAK	Mehmet Akif Mah. Tavukçuyolu Cad. No:150/1, Ümraniye - İSTANBUL
AVL Kalibrasyon Laboratuvarı Ltd. Şti.	Younes NEVAYE SHİRAZİ	İvedik O.S.B. Dericiler Sitesi 1385 Sok. No:10 Ostim - ANKARA
Türk Standardları Enstitüsü Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü	İlkcan COŞKUN	Cumhuriyet Mah. 2258 Sok. No.10 Çayırova Tren İstasyonu Yanı, Çayırova - KOCAELİ

4. Organizasyon ve Zaman Çizelgesi

Karşılaştırma kapsamında ölçümler 10.06.2013 tarihinde başlamış olup, 26.07.2013 tarihinde tamamlanmıştır. Her katılımcıya ölçümler için 5 gün süre tanınmıştır. Ölçümler Tablo 2’de verilen zaman çizelgesi doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Karşılaştırma bir Laboratuvarlar Arası Dolaşan Cihaz (LADC) kullanılarak yıldız tipi döngüde gerçekleştirilmiştir. Her katılımcı laboratuvar ölçümleri öncesinde ve sonrasında TÜBİTAK UME tarafından ölçümler alınmıştır.

Tablo 2. Karşılaştırma zaman çizelgesi

Laboratuvar	Şehir	Ölçüm Tarihleri
TÜBİTAK UME	KOCAELİ	10.06.2013 – 14.06.2013
Protos Kalibrasyon Ölçüm Eğitim ve Danışmanlık Hizmetleri Tic. Ltd. Şti.	İSTANBUL	17.06.2013 – 21.06.2013
TÜBİTAK UME	KOCAELİ	24.06.2013 – 28.06.2013
AVL Kalibrasyon Laboratuvarı Ltd. Şti.	ANKARA	01.07.2013 – 05.07.2013
TÜBİTAK UME	KOCAELİ	08.07.2013 – 12.07.2013
Türk Standardları Enstitüsü Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü	KOCAELİ	15.07.2013 – 19.07.2013
TÜBİTAK UME	KOCAELİ	22.07.2013 – 26.07.2013

5. Laboratuvarlar Arası Dolaşan Cihaz (LADC)

Karşılaştırmada TÜBİTAK UME'ye ait olan Ses Kalibratörü (SC) kullanılmıştır. Ses Kalibratörüne ait bilgiler aşağıda verilmiştir:



Adı	: Akustik Kalibratör
Üretici	: SVANTEK
Model	: SV 30A
Seri No	: 24519
Boyut	: 65 mm x 65 mm x 70 mm
Ağırlık	: 305 g
Sınıf	: sınıf 1 (IEC 60942:2003)
Seviye doğruluğu	: $\pm 0,3$ dB
Frekans doğruluğu	: $\pm \%0,02$
Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD)	: 94 dB için $< \%0,25$ 114 dB için $< \%0,75$

6. Ölçüm Şartları ve Yöntemi

Ölçümlerle ilgili hususlar, karşılaştırmanın teknik protokolünün “Ölçümler İle İlgili Esaslar” Bölümü’nde belirtilmiştir. Buna göre ses kalibratörünün kalibrasyonu kapsamında protokolde tanımlanan büyüklüklerin ölçümleri IEC 60942:2003 standardında belirtilen yöntemler doğrultusunda katılımcı laboratuvarların bu tip cihazların kalibrasyonlarında müşterilerine hizmet verirken kullandıkları ölçüm sistemi ve uyguladıkları ölçüm yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Her katılımcı tarafından ölçülmesi zorunlu büyüklükler aşağıda sıralanmıştır.

- Ses Basınç Düzeyi Seviyesi (94 dB ve 114 dB seviyeleri için)
- Frekans (94 dB ve 114 dB seviyeleri için)
- Ses Basınç Düzeyi Kararlılığı (94 dB ve 114 dB seviyeleri için)

Toplam harmonik distorsiyonu ölçüm yeteneğine sahip laboratuvarlar da bu büyüklüğü de ölçerek karşılaştırma sorumlusuna raporlamıştır.



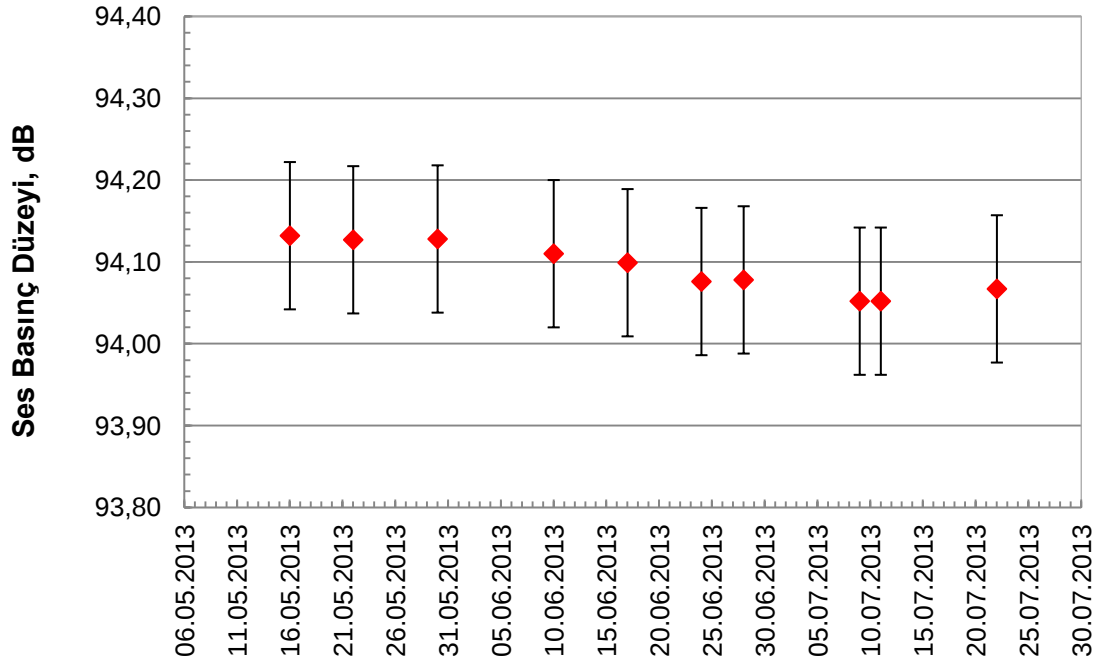
7. Karşılaştırma Boyunca LADC'nin Davranışı

Karşılaştırma ölçümleri, TÜBİTAK UME'de alınan ölçümler ile başlamış olup, her katılımcı laboratuvar ölçümleri öncesinde ve sonrasında TÜBİTAK UME tarafından ölçümler alınmıştır. Ancak karşılaştırma kapsamında ölçümlere başlamadan önce TÜBİTAK UME tarafından LADC performansının izlenmesi periyodik kalibrasyonlar yoluyla sağlanmıştır. Bu kapsamda TÜBİTAK UME tarafından kalibratör 10 kez kalibre edilmiştir.

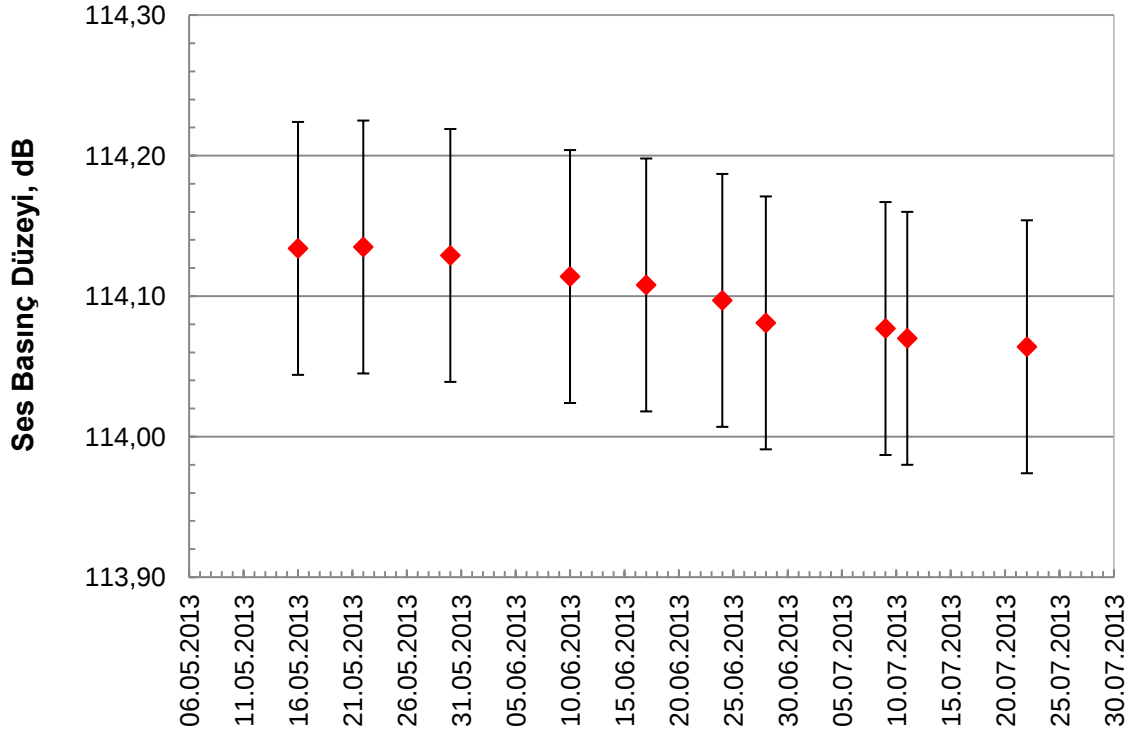
TÜBİTAK UME tarafından elde edilen ölçüm sonuçları ve GUM [4] ile EA 4/02 M [5] dokümanlarına göre belirlenen genişletilmiş belirsizlik değerleri Tablo 3 ve Şekil 1-7'de verilmiştir.

Tablo 3. TÜBİTAK UME’de alınan ölçüm sonuçları

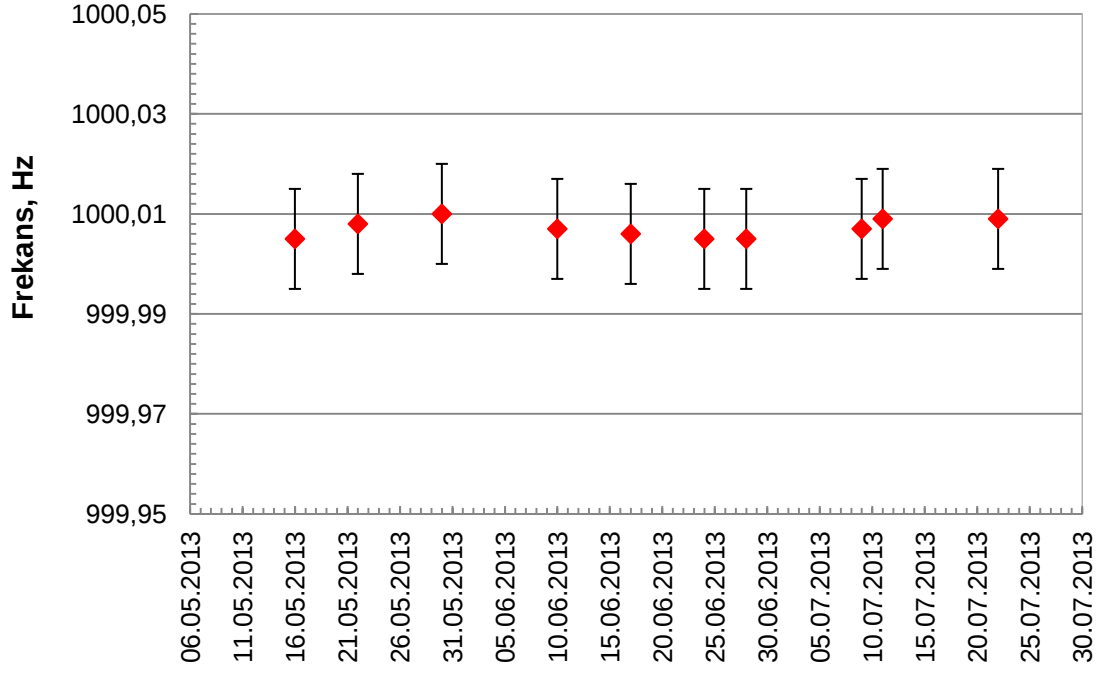
Nominal Değer	Ölçüm Sonucu										Genişletilmiş Belirsizlik
	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	4. ölçüm	5. ölçüm	6. ölçüm	7. ölçüm	8. ölçüm	9. ölçüm	10. ölçüm	
SES BASINÇ DÜZEYİ (dB)											
94,0 dB	94,132	94,127	94,128	94,110	94,099	94,076	94,078	94,052	94,052	94,067	0,090 dB
114,0 dB	114,134	114,135	114,129	114,114	114,108	114,097	114,081	114,077	114,070	114,064	
FREKANS (Hz)											
1000,0 Hz	1000,005	1000,008	1000,010	1000,007	1000,006	1000,005	1000,005	1000,007	1000,009	1000,009	0,010 Hz
SES BASINÇ DÜZEYİ KARARLILIĞI (dB)											
0,1 dB'den küçük (94 dB'lik seviye için)	0,002	0,003	0,009	0,009	0,007	0,008	0,009	0,013	0,010	0,004	0,005 dB
0,1 dB'den küçük (114 dB'lik seviye için)	0,005	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,008	0,007	0,007	0,001	
TOPLAM HARMONİK DİSTORSİYONU (%)											
%0,25dB'den küçük (94 dB'lik seviye için)	0,324	0,320	0,320	0,320	0,324	0,319	0,32	0,319	0,321	0,319	0,15
%0,75 dB'den küçük (114 dB'lik seviye için)	0,331	0,332	0,332	0,330	0,339	0,332	0,332	0,332	0,333	0,331	



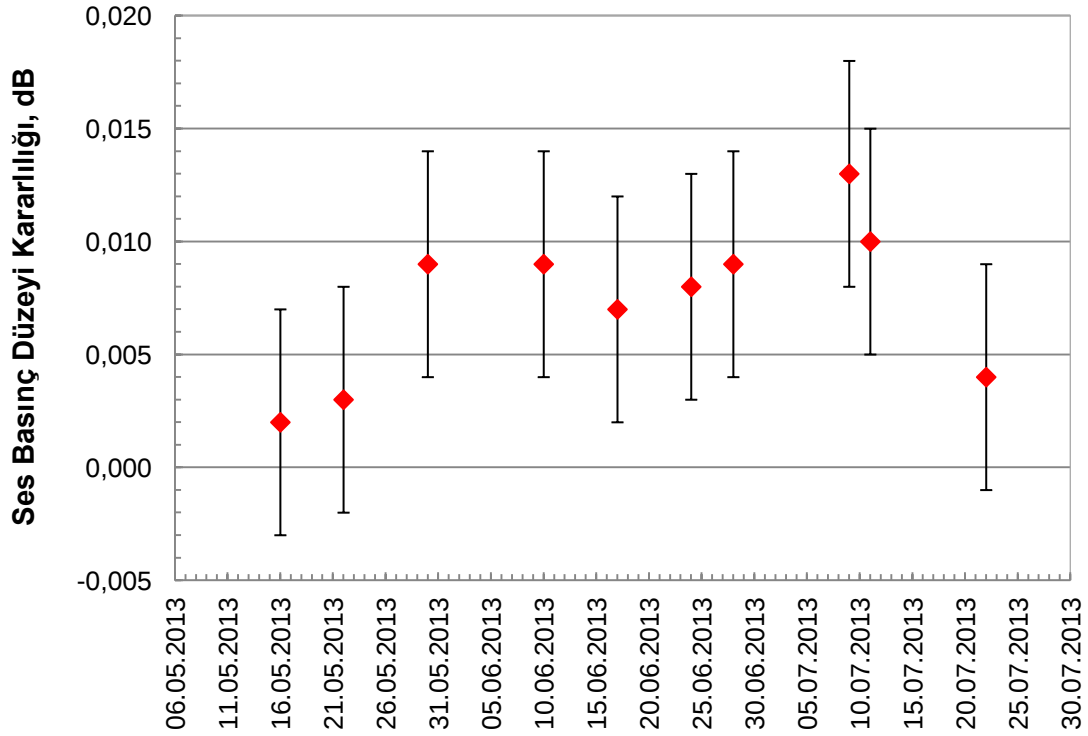
Şekil 1. 94 dB'lik ses basınç düzeyinin karşılaştırma boyunca kararlılığı



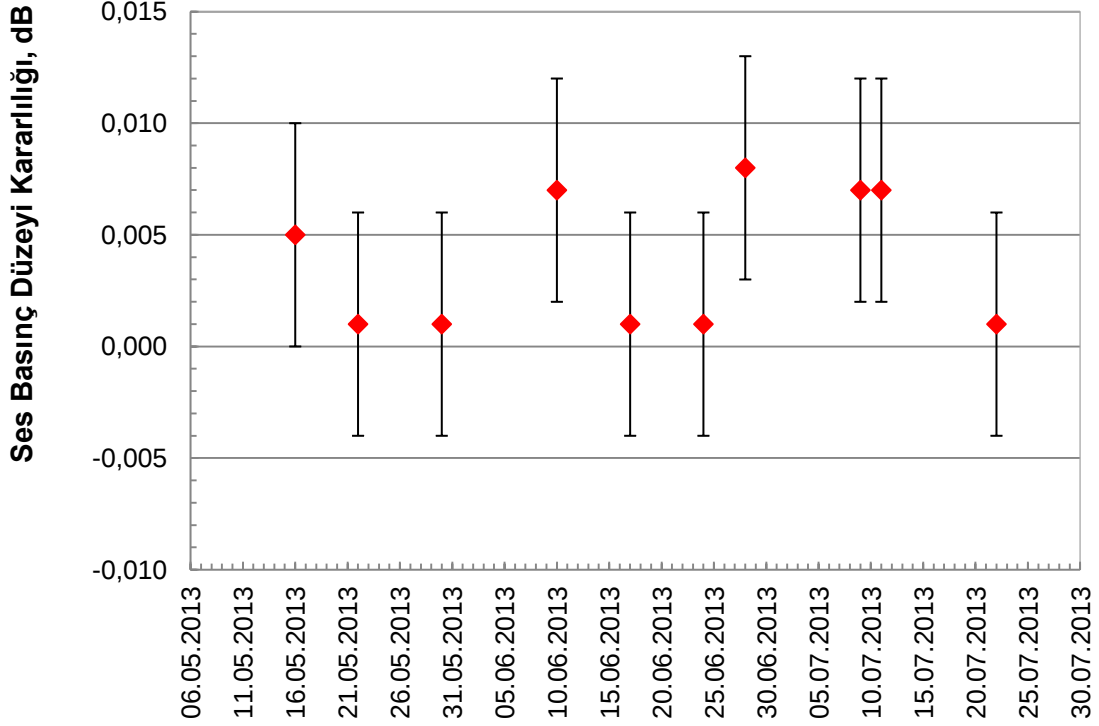
Şekil 2. 114 dB'lik ses basınç düzeyinin karşılaştırma boyunca kararlılığı



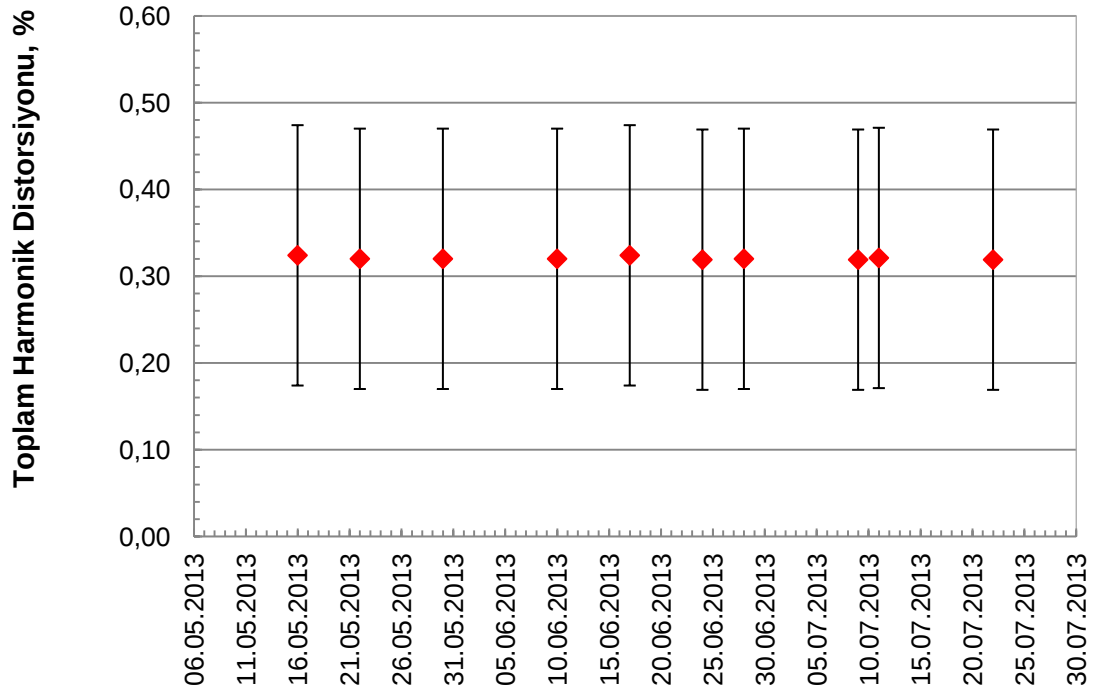
Şekil 3. Kalibratör frekansının karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)



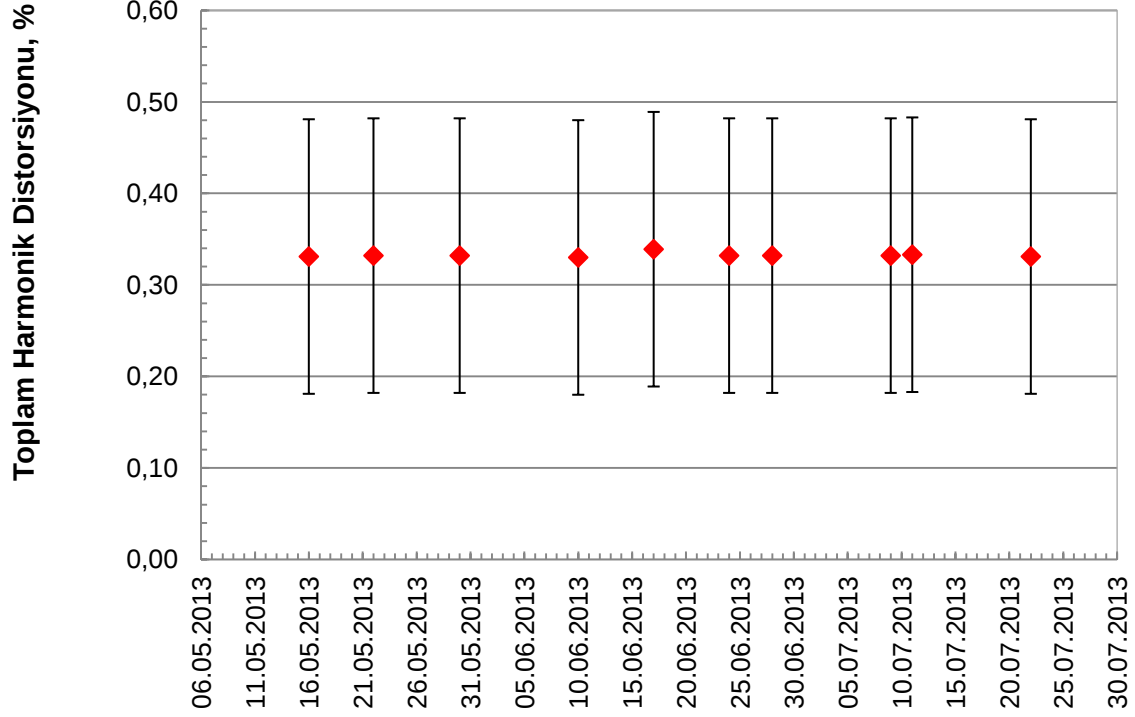
Şekil 4. Kalibratörün seviye kararlılığının karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)



Şekil 5. Kalibratörün seviye kararlılığının karşılaştırma boyunca kararlılığı (114 dB'lik seviye)



Şekil 6. Kalibratörün toplam harmonik distorsiyonunun karşılaştırma boyunca kararlılığı (94 dB'lik seviye)



Şekil 7. Kalibratörün toplam harmonik distorsiyonunun karşılaştırma boyunca kararlılığı (114 dB'lik seviye)

Tablo 3 ve Şekil 1-7'deki veriler incelendiğinde tüm karşılaştırma boyunca kalibratörün ürettiği ses basınç düzeyinde çok az miktarda değişimin olduğu gözlenmektedir. Diğer büyüklüklerin değerlerinde önemli derecede ve referans değer belirlenmesinde ve de karşılaştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınacak ölçüde değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

8. Karşılaştırma Sonuçları ve Değerlendirme

Ses kalibratörünün ses basınç seviyesi ve frekansı için karşılaştırma sonuçları Tablo 4-6'da verilmiştir. Bu tabloda her bir katılımcının belirlediği ses basınç düzeyi (Tablo 4 ve 5) veya frekansı (Tablo 6) x_{lab} , beyan ettiği genişletilmiş belirsizlik değeri U_{lab} ve karşılaştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan normalize hata değeri E_n verilmiştir. Karşılaştırmada referans değer, TÜBİTAK UME'de dolaşım öncesi gerçekleştirilen ilk kalibrasyon sonuçları üzerinden belirlenmiştir. E_n değeri ise ISO/IEC 17043 standardında [6] belirtilen eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır.

$$E_n = \frac{X_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

X_{lab} : Katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu,
 X_{ref} : TÜBİTAK UME'nin ölçüm sonucu,
 U_{lab} : Katılımcı laboratuvarın ölçüm belirsizliği,
 U_{ref} : TÜBİTAK UME'nin ölçüm belirsizliği.

Katılımcı laboratuvarların karşılaştırmadaki performansının değerlendirilmesi E_n kriterine göre aşağıda verilen koşullara doğrultusunda yapılmıştır.

$|E_n| \leq 1$ ise başarılı, $|E_n| > 1$ ise başarısız

Tablo 4. 94 dB'lik ses basınç düzeyi için karşılaştırma sonuçları

Lab Adı	Ses Basınç Düzeyi, x_{lab} (dB)	Belirsizlik, U_{lab} (dB)	E_n	Durum
LAB 1	94,09	0,12	-0,06	Başarılı
LAB 2	94,14	0,13	0,24	Başarılı
LAB 3	93,97	0,14	-0,76	Başarılı
Referans Değer	94,10	0,10		

Tablo 5. 114 dB'lik ses basınç düzeyi için karşılaştırma sonuçları

Lab Adı	Ses Basınç Düzeyi, x_{lab} (dB)	Belirsizlik, U_{lab} (dB)	E_n	Durum
LAB 1	114,05	0,12	-0,33	Başarılı
LAB 2	114,15	0,13	0,38	Başarılı
LAB 3	113,95	0,14	-0,93	Başarılı
Referans Değer	114,11	0,10		

Karşılaştırma katılımcılarından ikisi çalışma standardı mikrofonu (WS2p) kullanmış iken, birisi laboratuvar standardı niteliğinde (LS2p) mikrofonu kullanmıştır. Bu durumda sonuçlar arasında LS2p tip mikrofonun yükleme hacminden kaynaklı fark oluşmaktadır. Bu farkı gidermek üzere LS2p tip mikrofonu kullanan katılımcının sonuçları WS2p ve LS2p tip mikrofonları arasındaki yükleme hacmi düzeltmesi değeri dikkate alınarak düzeltilerek Tablo 4 ve 5'te beyan edilmiştir. Ayrıca referans değer belirsizliğinde ses kalibratörünün karşılaştırma boyunca ses basınç düzeyindeki değişim de dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Frekans ölçümleri için karşılaştırma sonuçları (94 dB'lik seviye)

Lab Adı	Frekans, x_{lab} (Hz)	Belirsizlik, U_{lab} (Hz)	E_n	Durum
LAB 1	1000,01	0,02	0,00	Başarılı
LAB 2	1000,01	0,01	0,00	Başarılı
LAB 3	1000,24	1,00	0,23	Başarılı
Referans Değer	1000,01	0,01		

Kalibratörün ses basınç düzeyi kararlılığı ve toplam harmonik distorsiyonu tüm katılımcılar tarafından ölçülmediği için bu sonuçları beyan eden laboratuvarların sonuçları raporda verildiğinde hangi sonuçların hangi laboratuvara ait olduğu açıkça ortaya çıkacaktır. Bu da laboratuvarlar arası karşılaştırmalardaki gizlilik ilkesinin ihlali anlamına gelecektir. Gizlilik ilkesine göre ses basınç düzeyi kararlılığı ve toplam harmonik distorsiyonu büyüklükleri karşılaştırma raporunda verilmemiş olup, sonuçlar ve değerlendirmeler ilgili laboratuvarlara bireysel olarak iletilmiştir.

9. Sonuç

Ülkemizde akustik alanında ilk kez düzenlenen ses kalibratörlerinin kalibrasyonu kapsamındaki karşılaştırma ölçümleri tamamlanmıştır. Karşılaştırma teknik protokolünde tanımlanan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda katılımcı laboratuvarlar için ses kalibratörünün ses basınç düzeyi ve frekansı gibi temel özellikleri için hesaplanan normalizasyon hatası $|E_n| \leq 1$ şartını sağlanmaktadır. Bu nedenle karşılaştırma sonuçları katılımcı laboratuvarların kalibrasyon yeteneklerini desteklediği sonucuna varılmıştır.

10. Kaynaklar

- [1]. TS EN ISO/IEC 17025:2012, “Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar”
- [2]. P704, “TÜRKAK Yeterlilik Deneyleri ve Laboratuvarlararası Karşılaştırma Programları Prosedürü”, Rev 4, 30.12.2011
- [3]. IEC 60942, Electroacoustics - Sound calibrators, edition 3.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2003



- [4]. “Evaluation of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement” (GUM), JCGM 100:2008, September 2008
- [5]. EA 4/02 M “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”, Rev 01, September 2013
- [6]. ISO/IEC 17043:2010, “Conformity assessment — General requirements for proficiency testing”, International Standardization Organization, Geneva, 2010