

# İKLİMLENDİRME KABİNLERİNİN BAĞIL NEM KARAKTERİZASYON ANALİZLERİ ve BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI

**Seda OĞUZ AYTEKİN**

## ÖZET

İklimlendirme kabinlerinin nem karakterizasyonu ölçümleri, nem ölçümü yapan akredite tüm laboratuvar ve kurumlar için gerekli bir işlemdir. İklimlendirme kabinlerinin nem karakterizasyonu belirsizlik hesaplamalarının tüm laboratuvar ve kurumlar tarafından aynı parametreler kullanılarak hesaplanması ülke genelinde nem ölçümlerindeki uyumun sağlanmasını mümkün kılacaktır.

Nem karakterizasyonu ölçüm ve analizleri aşağıda verilen standartlar ve kılavuz dokümanlar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Aşağıda verilen dokümanların güncel nüshaları kullanılmalıdır.

1. BS EN 60068-3-5:2018, Environmental Testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance – Confirmation of the performance of temperature chambers
2. BS EN IEC 60068-3-6:2018, Environmental Testing - Part 3-6: Supporting documentation and guidance – Confirmation of the performance of temperature/ humidity chambers
3. BS EN 60068-3-11:2007, Environmental Testing - Part 3-11: Supporting documentation and guidance - Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers
4. EURAMET Calibration Guide No. 20, Guidelines on the Calibration of Temperature and / or Humidity Controlled Enclosures, Version 5.0 (09/2017)
5. DKD Guideline DKD-R 5-7, Calibration of Climatic Chambers, Edition 07/2004, English translation 02/2009

Bu çalışmada, nem kabinlerinin nem karakterizasyonu belirsizlik bileşenleri detayları ile anlatılmış ve örnek hesaplamalar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bağlı nem, Belirsizlik, İklimlendirme Kabini, Nem karakterizasyonu.

## ABSTRACT

Humidity characterization measurements of humidity controlled chambers, e.g. climatic chambers are necessary for all accredited laboratories and institutions that perform humidity measurement and/or calibrations. Calculation of the humidity characterization measurement uncertainty of the humidity controlled chambers by all laboratories and institutions using the same parameters will enable the harmonization of the humidity measurements throughout the country.

Measurement and analysis of humidity characterization should be carried out in accordance with the standards and guidance documents given below. New versions of the documents must be used.

1. BS EN 60068-3-5: 2018, Environmental Testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature chambers
2. BS EN IEC 60068-3-6: 2018, Environmental Testing - Part 3-6: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature / humidity chambers
3. BS EN 60068-3-11: 2007, Environmental Testing - Part 3-11: Supporting documentation and guidance - Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers

4. EURAMET Calibration Guide No. 20, Guidelines on the Calibration of Temperature and / or Humidity Controlled Enclosures, Version 5.0 (09/2017)
5. DKD Guideline DKD-R 5-7, Calibration of Climatic Chambers, Edition 07/2004, English translation 02/2009

In this study, uncertainty components of humidity characterization measurement of humidity controlled chambers are explained in detail and sample calculations are given.

**Key Words:** Climatic chamber, Humidity characterization, Relative humidity, Uncertainty.

## 1. GİRİŞ

Nem kabinlerinin hava sıcaklık ve nem karakterizasyonu nem kalibrasyonu yapan ikinci seviye akredite laboratuvarlar için yapılması gereken en önemli ölçümdür ve belirsizlik bütçelerinde mutlaka yer almalıdır. Ancak yapılan denetimler esnasında çoğunlukla karakterizasyon ölçümlerinin yapılmadığı, yapıldığı durumlarda ise ölçüm ve hesaplamalarda çok büyük yanlışlıklar yapıldığı görülmektedir. TÜBİTAK UME Nem Laboratuvarı olarak iklimlendirme kabinlerinin nem karakterizasyonu konusunda eğitim ve danışmanlık hizmeti vermekteyiz ancak konunun öneminin ilgili kurumlar tarafından yeterince dikkate alınmadığı görüşünderiz. Bu nedenle, nem ölçümü konusunda çalışan ve nem karakterizasyonu yapan veya yapmak isteyen kişilere yardımcı olmak üzere bu makale hazırlanmıştır.

## 2. BAĞIL NEM KARAKTERİZASYONU

Bağıl nem karakterizasyonu için kullanılan BS EN 60068-3-5, BS EN IEC 60068-3-6 ve BS EN 60068-3-11 standartları dikkate alındığında BS EN 60068-3-5 ve BS EN IEC 60068-3-6 standartlarına göre 2000 l altındaki kabinler için dokuz (9) adet termometre ve nem ölçer iklimlendirme veya nem kaynağı kabini içine standartta belirtildiği şekilde yerleştirilir. Nem hesaplamaları için gerekli nem ölçer cihazının sensörü merkezi konuma yerleştirilir. Dokuz farklı konumdaki sıcaklık ölçümlerinden hesaplanan sıcaklık farklılıklarından ve kabin içindeki mutlak nem değerinin sabit olduğu kabul edilerek dokuz farklı konumdaki bağıl nem değerleri hesaplanır. Ölçümler yapılırken istenen belirsizlik değerine göre kullanılacak cihazlar dikkatle seçilmelidir. Hesaplamalar sırasında da kullanılan su buhar basıncı eşitsizliklerinin belirsizlik değerleri ölçüm sonucunda istenen belirsizlik değeri dikkate alınarak seçilmelidir.

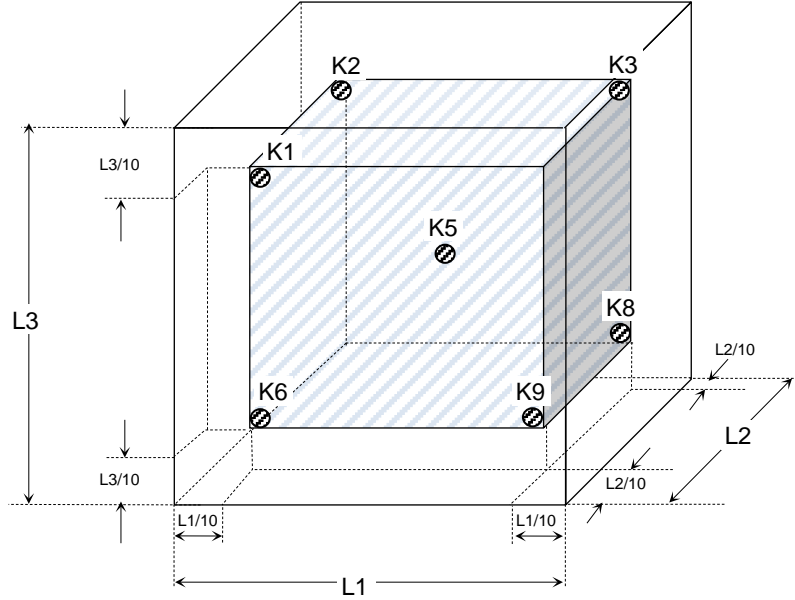
BS EN 60068-3-5'e göre iklimlendirme kabini iç hacmi 1000 litre'nin altında ise termometrelerin yerleştirileceği mesafe kabin iç duvarlarından L/10 ve en küçük mesafe 50 mm kurallarını sağlanacak şekilde olmalıdır.

BS EN 60068-3-5'e göre iklimlendirme kabini iç hacmi 1000 litre ile 2000 litre aralığında ise termometrelerin yerleştirileceği mesafe kabin iç duvarlarından L/10 ve en küçük mesafe 100 mm kurallarını sağlanacak şekilde olmalıdır.

İklimlendirme kabini karakterizasyon ölçümleri IEC 60068-1, BS EN 60068-3-1, IEC 60068-2 standartlarına göre gerçekleştirilmeli ve bu standartlarda yer alan şartlar ve ölçüm isterleri sağlanmalıdır.

Bağıl nem karakterizasyonu için 2000 litre hacme kadar, kabinlerdeki sıcaklık sensörlerinin yerleşim düzenleri standartta belirtildiği şekilde olmalıdır. Merkeze bir adet nem ölçer yerleştirilmelidir. Nem ölçer bağıl nem ölçer, çiy-noktası nem ölçer, ıslak ve kuru hazneli nem ölçer olabilir. Sıcaklık sensörleri seçiminde ise BS EN 60068-3-5 standardı dikkate alınmalıdır.

Ölçümler sırasında nem kaynağı kararlı duruma geldikten sonra aynı aralıklarla olmak şartıyla 30 dakika süresince dakikada bir olmak üzere 30 adet ölçüm kaydedilir. Otuz dakika süresince alınan ölçümlerde, dokuz noktadaki her standart sapma değeri hesaplanır ve en yüksek değer zamansal dalgalanma (fluctuation) olarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.



**Şekil 1.** Nem kabini karakterizasyon sensör konumları

Otuz ölçüm alındı ise her dakikadaki dokuz farklı konumdaki sensörden okunan değerlerin ortalaması alınır. En yüksek ve en düşük değerlerin farkı konumsal dalgalanma (gradient) olarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.

Merkez konumdaki sensörden diğer konumlardaki sensörlerden okunan değerlerin farkı alınır. Fark değerleri arasındaki en yüksek değer uzaysal değişim (variation in space) olarak hesaplamalara dahil edilir. [1-8]

### 3. BAĞIL NEM KARAKTERİZASYONU BELİRSİZLİK BİLEŞENLERİ ve HESAPLAMALARI

Belirsizlik hesaplamalarında tekrarlanabilirlik bileşeni olarak kullanılacak standart sapma değeri sıfır (0) olarak hesaplandığı durumlarda okuma çözünürlüğünden kaynaklı olduğu dikkate alınarak çözünürlük değeri tekrarlanabilirlik bileşeni olarak belirsizlik hesaplamalarına dahil edilmelidir. Tekrarlanabilirlik değeri olarak sıfır (0) alınmamalıdır.

Sıcaklık ve su buhar basıncı hesaplamalarında kullanılacak duyarlılık katsayıları her bağıl nem ve sıcaklık değeri için farklılık göstermektedir. Bu nedenle her değer için ayrıca hesaplanmaları gerekmektedir. BS EN 60068-3-11 standardında verilen duyarlılık katsayıları örnek olarak hesaplanmıştır ve sadece 40 °C ve 85 %rh bağıl nem değerine özgü duyarlılık katsayılarıdır.

#### 3.1. Bağıl Nem Model Fonksiyonları

Kullanılan ölçüm metodu dikkate alınarak belirlenen ölçüm model fonksiyonu Eşitlik 1'de verilmiştir.

Ölçümlerde referans ölçüm cihazı olarak Bağıl Nem ve Sıcaklık Ölçer veya Çiy-Noktası Nem Ölçer kullanıldığı durumlarda aşağıda verilen eşitlikte belirtilen belirsizlik bileşenleri ile belirsizlik hesaplaması yapılır.

$$C_{KEC} = (\psi_{ref} + \delta\psi_{RefSrt} + \delta\psi_{RefKym} + \delta\psi_{RefCzn} + \delta\psi_{RefTkr}) - (\psi_{KEC} + \delta\psi_{KECFic} + \delta\psi_{KECBNGrd} + \delta\psi_{KECSBBGrd} + \delta\psi_{KECSck} + \delta\psi_{KECCzn} + \delta\psi_{KECOSS} + \delta\psi_{KECYük} + \delta\psi_{KECYük}) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de verilen sembollerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

### 3.2. Bağıl Nem Belirsizlik Bileşenleri

Eşitlik 1'de verilen model fonksiyonda yer alan her bir girdi için belirsizlik bileşenleri aşağıda tanımlanmıştır.

#### Referans Cihazın Sertifikada Verilen Bağıl Nem Belirsizlik Değeri ( $\psi_{RefSrt}$ )

Referans cihazın son kalibrasyon sertifikasında 50 %rh bağıl nem değeri için ölçülen değer 50,00 %rh ve ölçüm belirsizliği %95 güvenirlkte (k=2) 0,8 %rh olarak verilmektedir. Bu durumda;

$$\text{Standart belirsizlik} : u(\psi_{Ref}) = 0,8 \%rh \times (1/2) = 0,4 \%rh$$

$$\text{Duyarlılık katsayısı} : c(\psi_{Ref}) = \frac{\partial C_{KEC}}{\partial \psi_{Ref}} = 1$$

#### Referans Cihaz Yıllık Bağıl Nem Kayma Değeri ( $\delta\psi_{RefKym}$ )

Kalibrasyon periyodu 1 yıl olarak belirlenen referans cihazın yıllık kayma belirsizliği, ardışık kalibrasyon sertifikalarındaki eş değerler arasındaki fark kullanılarak hesaplanır. Dağılımı dikdörtgen dağılımdır.

$$\text{Standart belirsizlik} : u(\psi_{Ref}) = \frac{\text{Yıllık Kayma}}{2 \times \sqrt{3}} = \frac{50,0-50,2}{2 \times \sqrt{3}} \%rh = 0,06 \%rh$$

$$\text{Duyarlılık katsayısı} : c(\psi_{Ref}) = 1$$

Cihazın yeni alındığı veya önceki sertifikasının olmadığı durumlarda üreticisi tarafından beyan edilen değer kullanılır. Dağılımı normal dağılımdır.

#### Referans Cihaz Bağıl Nem Okuma Değerine Ait Çözünürlük ( $\psi_{RefCzn}$ )

Referans cihazın göstergesinden aşağıdaki biçimlerde okuma yapılabilir. Çözünürlük için sayısal değer en küçük basamağı dikkate alınır. Örnekler aşağıda verilmiştir.

**Tablo 1.** Okuma çözünürlüğü hesaplamasına ait örnekler

Cihazdan okunan değer	Okuma çözünürlüğü	Dağılımı	Standart belirsizlik $u(\delta\psi_{RefCzn})$
21 %rh ise	1 %rh / 2 = 0,5 %rh	Dikdörtgen	0,5 %rh / $\sqrt{3}$ = 0,3 %rh
21,1 %rh ise	0,1 %rh / 2 = 0,05 %rh	Dikdörtgen	0,05 %rh / $\sqrt{3}$ = 0,03 %rh
21,10 %rh ise	0,01 %rh / 2 = 0,005 %rh	Dikdörtgen	0,005 %rh / $\sqrt{3}$ = 0,003 %rh
21,15 %rh ve 21,20 %rh arasında değişiyorsa	0,05 %rh / 2 = 0,025 %rh	Dikdörtgen	0,025 %rh / $\sqrt{3}$ = 0,014 %rh

$$\text{Standart belirsizlik} : u(\delta\psi_{RefCzn}) = (0,01 \%rh / 2) / \sqrt{3} = 0,003 \%rh$$

$$\text{Duyarlılık katsayısı} : c(\delta\psi_{RefCzn}) = 1$$

❑ **Referans Cihaz Bağlı Nem Tekrarlanabilirlik Değeri (Zamansal Kararlılık) ( $\psi_{RefTkr}$ )**

Referans cihazın bağlı nem okuma değeri, 10 ölçüm sonucunun ortalaması alınarak belirlenir. Bu durumda tekrarlanan ölçüm sayısı  $n=10$ 'dur. On (10) ölçüm sonucunun ortalama değeri Eşitlik 2 ile hesaplanır:

$$\overline{\psi_{Ref}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \psi_{Ref_k} \quad (2)$$

$$\overline{\psi_{Ref}} = 50,00 \text{ \%rh}$$

Deneysel standart sapma değeri Eşitlik 3 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$s_{\psi_{Ref}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (\psi_{Ref_k} - \overline{\psi_{Ref}})^2} \quad (3)$$

$$s_{\psi_{Ref}} = [(1/9) [(50,00-50,00)^2 + (50,01-50,00)^2 + (49,99-50,00)^2 + (50,01-50,00)^2 + (50,00-50,00)^2 + (50,00-50,00)^2 + (50,00-50,00)^2 + (49,99-50,00)^2 + (50,00-50,00)^2 + (50,00-50,00)^2]]^{1/2} \text{ \%rh}$$

$$s_{\psi_{Ref}} = 0,007 \text{ \%rh}$$

Eşitlik 4 kullanılarak standart sapma belirsizliği hesaplanır:

$$u(\psi_{Ref}) = \sqrt{\frac{s_{\psi_{Ref}}^2}{n}} \quad (4)$$

$$\text{Standart belirsizlik : } u(\psi_{Ref}) = \sqrt{0,007^2/10} \text{ \%rh} = 0,002 \text{ \%rh}$$

$$\text{Duyarlılık katsayısı : } c(\psi_{Ref}) = \frac{\partial C_{Ref}}{\partial \psi_{Ref}} = 1$$

❑ **Nem Kabini Bağlı Nem Zamansal Dalgalanma (Fluctuation) ( $\psi_{KECFlc}$ )**

Ölçümler sırasında nem kaynağı kararlı duruma geldikten sonra 30 dakika süresince on (10) adet veya aynı aralıklarla olmak şartıyla daha fazla miktarda, örneğin 30 dakika süresince dakikada bir olmak üzere 30 adet, ölçümler kaydedilir. Otuz dakika süresince alınan ölçümlerde, dokuz noktadaki her standart sapma değeri hesaplanır ve en yüksek değer zamansal dalgalanma (fluctuation) olarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.

❑ **Nem Kabini Bağlı Nem Konumsal Dalgalanma (Gradient) ( $\psi_{KECBNGrd}$ )**

Otuz ölçüm alındı ise her dakikadaki dokuz farklı konumdaki sensörden okunan değerlerin ortalaması alınır. En yüksek ve en düşük değerlerin farkı konumsal dalgalanma (gradient) olarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.

❑ **Nem Kabini Su Buhar Basıncı Konumsal Dalgalanma (Gradient) ( $\psi_{KECSBBGrd}$ )**

Otuz ölçüm alındı ise her dakikadaki dokuz farklı konumdaki sensörden okunan sıcaklık değerleri kullanılarak su buhar basıncı elde edilir ve ortalama değerleri hesaplanır. En yüksek ve en düşük değerlerin farkı konumsal dalgalanma (gradient) olarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.

❑ **Nem Kabini Sıcaklık Etkisi ( $\psi_{KECSck}$ )**

Merkez noktada hesaplanan sıcaklık belirsizliğinin bağlı nem değeri üzerindeki etkisi hesaplanır ve bütçeye dahil edilir.

❑ **Nem Kabini Çözünürlük ( $\psi_{KECCzn}$ )**

Karakterizasyonu yapılan nem kabini göstergesinden aşağıdaki biçimlerde okuma yapılabilir. Çözünürlük için sayısal değerlerin en küçük basamağı dikkate alınır. Örnekler aşağıda verilmiştir.

**Tablo 2.** Okuma çözünürlüğü hesaplamasına ait örnekler

Cihazdan okunan değer	Okuma çözünürlüğü	Dağılımı	Standart belirsizlik $u(\delta\psi_{RefCzn})$
21 %rh ise	1 %rh / 2 = 0,5 %rh	Dikdörtgen	$0,5 \%rh / \sqrt{3} = 0,3 \%rh$
21,1 %rh ise	0,1 %rh / 2 = 0,05 %rh	Dikdörtgen	$0,05 \%rh / \sqrt{3} = 0,03 \%rh$
21,10 %rh ise	0,01 %rh / 2 = 0,005 %rh	Dikdörtgen	$0,005 \%rh / \sqrt{3} = 0,003 \%rh$
21,15 %rh ve 21,20 %rh arasında değişiyorsa	0,05 %rh / 2 = 0,025 %rh	Dikdörtgen	$0,025 \%rh / \sqrt{3} = 0,014 \%rh$

Standart belirsizlik :  $u(\delta\psi_{RefCzn}) = (0,01 \%rh / 2) / \sqrt{3} = 0,003 \%rh$

Duyarlılık katsayısı :  $c(\delta\psi_{RefCzn}) = 1$

□ **Nem Kabini Tüm Değerlerin (Overall) Standart sapma değeri ( $\psi_{KECOSS}$ )**

Karakterizasyonu yapılan nem kabininden otuz dakika boyunca dokuz farklı konumda okunan sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplanan bağıl nem değerlerinin (270 değer) standart sapma değeri hesaplanır ve belirsizlik bütçesine dahil edilir.

Dağılımı normal dağılımdır.

□ **Nem Kabini Yükleme etkisi ( $\psi_{KECYük}$ )**

Karakterizasyonu yapılan nem kabini yükleme yapılmadan ölçümler alındı ise belirsizlik değeri sıfır (0) olarak alınır. Yükleme yapılarak ölçümler istendiği takdirde boş ve dolu iken alınan ölçümler arasındaki fark belirsizlik bütçesine aktarılır.

Dağılımı dikdörtgen dağılımdır.

□ **Nem Kabini Radyasyon etkisi ( $\psi_{KECRdy}$ )**

Karakterizasyonu yapılan nem kabinindeki radyasyon etkisini hesaplamak için merkez noktaya emisivite değeri yüksek olacak şekilde hazırlanmış ikinci termometre ile yapılan ölçümler dikkate alınır. Merkezde bulunan iki termometreden okunan değerler arasındaki fark hesaplanarak belirsizlik bütçesine dahil edilir.

Dağılımı dikdörtgen dağılımdır.

### 3.3. Bağıl Nem Belirsizlik Bütçesi

Kalibre edilen Bağıl Nem ve Sıcaklık Ölçer cihazının 11 %rh ve 23 °C'de yapılan karakterizasyon ölçümü için belirsizlik bütçesi tablosu Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Bağıl nem ve sıcaklık ölçer 11 %rh ve 23 °C karakterizasyonu için belirsizlik bütçesi

Belirsizlik Kaynakları				Kısmi belirsizlikler					Duyarlılık Katsayıları		Kısmi Varyanslar		
Tanımı	Sembol	Tah. değeri	Birimi	Sembol	Değr.	Birimi	Dağl.Fnk	Çarpanı	Sembol	Değr.	Birimi	Değeri	Birimi
Referans bağıl nem ölçer	$\psi$	11,000	%rh										
Kalibrasyon belirsizliği	$\delta\psi_{refkal}$		%rh	$u\delta\psi_{refkal}$	0,52	%rh	Normal	0,50	$C\delta\psi_{refkal}$	1,00E+00	-	6,76E-02	%rh <sup>2</sup>
Tekrarlanabilirlik	$\delta\psi_{refrep}$		%rh	$u\delta\psi_{refrep}$	0,019	%rh	Normal	1,00	$C\delta\psi_{refrep}$	1,00E+00	-	3,48E-04	%rh <sup>2</sup>
Kayma	$\delta\psi_{refkayma}$		%rh	$u\delta\psi_{refkayma}$	-0,60	%rh	Dikdörtgen	0,58	$C\delta\psi_{refkayma}$	1,00E+00	-	1,20E-01	%rh <sup>2</sup>
Kalibre edilen cihaz	$\psi$	11,00	%rh										
Bağıl nem fluctuation	$\delta\psi_{KECfluc}$		%rh	$u\delta\psi_{KECfluc}$	0,076	%rh	Normal	1,00	$C\delta\psi_{KECfluc}$	1,00E+00	-	5,82E-03	%rh <sup>2</sup>
Bağıl nem gradient	$\delta\psi_{KECgrad}$		%rh	$u\delta\psi_{KECgrad}$	0,052	%rh	Normal	1,00	$C\delta\psi_{KECgrad}$	1,00E+00	-	2,66E-03	%rh <sup>2</sup>
Buhar basıncı gradient	$\delta\psi_{KECsic}$		Pa	$u\delta\psi_{KECsic}$	13,371	Pa	Normal	1,00	$C\delta\psi_{KECsic}$	3,54E-02	%rh /Pa	2,24E-01	%rh <sup>2</sup>
Sıcaklık etkisi	$\delta\psi_{KECsic}$		°C	$u\delta\psi_{KECsic}$	0,42	°C	Normal	0,50	$C\delta\psi_{KECsic}$	7,08E-01	%rh /°C	2,21E-02	%rh <sup>2</sup>
Çözünürlüğü	$\delta\psi_{KECpöz}$		%rh	$u\delta\psi_{KECpöz}$	0,01	%rh	Dikdörtgen	0,577	$C\delta\psi_{KECpöz}$	1,00E+00	-	8,33E-06	%rh <sup>2</sup>
Tekrarlanabilirlik	$\delta\psi_{KECtekrar}$		%rh	$u\delta\psi_{KECtekrar}$		%rh	Normal	1,00	$C\delta\psi_{KECtekrar}$	1,00E+00	-	0,00E+00	%rh <sup>2</sup>
Overall mean stdsapma	$\delta\psi_{KECoverall}$		%rh	$u\delta\psi_{KECoverall}$	0,005	%rh	Normal	1,000	$C\delta\psi_{KECyük}$	1,00E+00	-	2,31E-05	%rh <sup>2</sup>
Yükleme etkisi	$\delta\psi_{KECyük}$		%rh	$u\delta\psi_{KECyük}$	0,00	%rh	Dikdörtgen	0,577	$C\delta\psi_{KECyük}$	1,00E+00	-	0,00E+00	%rh <sup>2</sup>
Radyasyon etkisi	$\delta\psi_{KECrad}$		%rh	$u\delta\psi_{KECrad}$	0,06	%rh	Dikdörtgen	0,577	$C\delta\psi_{KECrad}$	1,00E+00	-	1,38E-03	%rh <sup>2</sup>
									<b>TOPLAM VARYANS</b>		$u_{RH}^2 =$	0,44	%rh <sup>2</sup>
Düzeltilme Değeri	$\Delta\psi$	0,00	%rh						<b>Standart Belirsizlik</b>		$u_{RH} =$	0,67	%rh
Sertifika Değeri	$\psi = ($	11,00	$\pm$	1,33	)	%rh			<b>Genişletilmiş Belirsizlik, k=2</b>		$U_{RH} =$	1,33	%rh

#### □ Bileşik Belirsizlik

Bileşik belirsizlik Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanır.

$$u_c(C_x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)} \quad (5)$$

$$c_i = \frac{\partial C_x}{\partial x_i}$$

$$u_c(C_x) = \sqrt{(0,80)^2 + (0,06)^2 + (0,003)^2 + (0,007)^2 + (1,4)^2 + (0,074)^2 + (0,03)^2 + (0,14)^2 + (0,32)^2}$$

$$u_c(C_x) = 0,67 \%rh$$

#### □ Genişletilmiş Belirsizlik

Genişletilmiş belirsizlik  $k = 2$  kapsam faktörü için Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanır.

$$U(C_x) = k \times u_c(C_x) \quad (6)$$

$$U(C_x) = 2 \times 0,67 \%rh = 1,33 \%rh$$

## SONUÇ

Nem kabinlerinin karakterizasyonu ölçümlerinde makalede verilen standartlar ve kılavuz dokümanlar dikkate alınarak ölçümler ve hesaplamalar yapılmalıdır. Bu kapsamda, nem kabini karakterizasyon ölçümleri sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar ve örnek belirsizlik hesaplaması verilmiştir.

Ülke genelindeki tüm ikinci seviye akredite laboratuvarların nem kabini karakterizasyonu ölçümlerini ilgili standartlara göre yapmaları ve belirsizlik bütçelerinde makalede verilen belirsizlik bileşenlerinin yer alması gerekmektedir. Bu makalede verilen nem kabine ait karakterizasyon ölçümlerine özgü belirsizlik parametreleri, her belirsizlik bütçesinde mutlaka yer almalıdır. Ölçümlere ait belirsizlik parametrelerine, kullanılan referans cihazlara veya sistemlere özgü diğer belirsizlik bileşenleri de ayrıca ilave edilmelidir. Bazı laboratuvarlarda bu bileşenlerin bütçeye dahil edilmediği ve kapsam belirsizliklerinin olması gereken değerden daha düşük hesaplandığı görülmektedir. Laboratuvarların hazırladığı belirsizlik bütçelerindeki bileşenlerin eksik veya hatalı olması yanlış hesaplamalara yol açmaktadır.

Nem kabini kullanıcılarının makale ve ilgili standartlar çerçevesinde yapacakları ölçüm ve belirsizlik hesaplamaları sonucunda bağıl nem ölçümlerinin harmonizasyonuna doğru şekilde katkı sağlanması hedeflenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] BS EN 60068-3-5: 2018, Environmental Testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature chambers
- [2] BS EN IEC 60068-3-6: 2018, Environmental Testing - Part 3-6: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature / humidity chambers
- [3] BS EN 60068-3-11: 2007, Environmental Testing - Part 3-11: Supporting documentation and guidance - Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers
- [4] EURAMET Calibration Guide No. 20, Guidelines on the Calibration of Temperature and / or Humidity Controlled Enclosures, Version 5.0 (09/2017)
- [5] DKD Guideline DKD-R 5-7, Calibration of Climatic Chambers, Edition 07/2004, English translation 02/2009
- [6] IEC 60068-1, Environmental testing - Part 1: General and guidance, 2014
- [7] BS EN 60068-3-1, Environmental testing - Part 3: Background information – Section 1: Cold and dry heat tests, 1999
- [8] OĞUZ AYTEKİN, S., “İklimlendirme Kabinleri Karakterizasyon Ölçümleri ve Belirsizlik Hesaplamaları”, TÜBİTAK UME Eğitim Dokümanı, 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

### Seda OĞUZ AYTEKİN

1969 yılı Ankara doğumludur. 1992 yılında ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. 1995 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik ABD'da Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. 1995 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Radyasyon Sıcaklığı Laboratuvarı'nda Araştırmacı olarak göreve başlamış, 1999 yılında Nem Laboratuvarında çalışmalarına devam etmiştir. Radyasyon Sıcaklığı Laboratuvarı kurulumu çalışmalarının yanı sıra “Radyasyon Sıcaklığı Laboratuvarı Eğitim” dokümanı, “Akreditasyon için Teknik Şartlar – Radyasyon Sıcaklığı Laboratuvarı”, “Kalibrasyon Periyotlarının Belirlenmesi”, “Theory of Heat Pipe Blackbody”, “Tungsten Şerit Lamba Ölçümü ve Karakterizasyonu”, “SÜN Siyah Cisim (SÜNBB) Yapımı ve Karakterizasyonu” v.b. konularda iç ve dış yayınlar hazırlamıştır. Kontak Sıcaklık Laboratuvarı'nda da SÜN yapımı, ısılıçift üretimi ve kalibrasyonu, “Sabit Nokta Dolu Sistemi Kurulumu” v.b. projelerde



çalışmıştır. “Isılçift Referans EMK Tabloları” v.b. yayınlar hazırlamıştır. Nem Laboratuvarı'nda Başuzman Araştırmacı olarak çalışmalarına devam etmektedir, EURAMET TC-T Nem Alt Grubu ve BIPM CCT-WG-Hu Nem Çalışma Grubu UME temsilcisidir. “Nem Laboratuvarı Eğitim” dokümanı, “Nem Kaynağı Karakterizasyonu ve Kalibrasyonu”, “Bağıl Nem Ölçer Karakterizasyonu”, “Kağıt ve Toz Malzemelerde Rutubet Ölçümleri, Örnekleme (Sampling) ve Belirsizlik Hesaplamaları” v.b. konularda iç ve dış yayınları bulunmaktadır. 2014 yılında Yeditepe Üniversitesinden Doktor unvanını “Nanosilyum Nem Algılayıcılarının Üretimi ile Elektriksel ve Spektroskopik Karakterizasyonları” başlıklı tez çalışmasını tamamlayarak almıştır. TÜRKAK akreditasyon denetimlerinde ISO/IEC 17025 standardına göre sıcaklık ve nem alanlarında denetçi olarak görev yapmaktadır. Sıcaklık ve Nem Metrolojisi alanında çeşitli makaleleri ve EURAMET kapsamında katılım sağladığı uluslararası projeleri bulunmaktadır. Ayrıca Sıcaklık ve Nem Metrolojisi alanlarında ulusal ve uluslar arası Danışmanlık ve Eğitim hizmetleri vermektedir.