

EA-10/18'E GÖRE OTOMATİK OLMAYAN TARTIM CİHAZLARININ KALİBRASYONU

Sevda KAÇMAZ
Levent YAĞMUR
Orhan SAKARYA
Ümit Y.AKÇADAĞ

ÖZET

Otomatik olmayan tartım cihazı, yük taşıyıcısı üzerine yükün konulmasında, kaldırılmasında ve tartım sonuçlarının alınmasında bir operatörün müdahalesini gerektiren cihazdır. Cihaz, ulusal kanunlarla belirlenmiş olan tip onayı, verifikasyon gibi yasal metroloji kontrollerine tabi tutulur. ISO 9001 veya ISO/IEC 17025 standartları gereğince de cihazların kalibrasyonları yapılarak metroloji kalitesinin uygunluğunun beyan edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon; belirli koşullar altında cihaza uygulanan test yükleri, gösterge hata belirlemesini ve ölçülen test yüklere karşı tahmini ölçüm belirsizliklerini içerir. Bu çalışmada, EA-10/18' e göre otomatik olmayan tartım cihazlarının kalibrasyonu ve tek bir ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazında uygulaması bahsedilmiştir.

1.GİRİŞ

Tartım cihazı, bir cismin üzerindeki yerçekimi etkisinden yararlanılarak o cismin kütlelerinin belirlenmesinde kullanılan bir ölçüm cihazıdır. Bir cihazın göstergesi, yük alıcısı üzerindeki bir cismin kütlesi tarafından uygulanan kuvvetle orantılıdır. Test yükü ve gösterge arasındaki temel ilişki aşağıda verilen denklemle gösterilir.

$$I = mg \cdot (1 - \rho_n / \rho) \quad (1)$$

Burada;

I: gösterge değeri

m: cismin kütlesi

g: yerel çekim ivmesi,

ρ_n : hava yoğunluğu

ρ : cismin yoğunluğu

Bir tartım cihazı, çalışma yöntemine göre otomatik ve otomatik olmayan tartım cihazı olarak sınıflandırılır. Otomatik olmayan tartım cihazı, yükün yük taşıyıcısı üzerine konulmasında, kaldırılmasında ve tartım sonuçlarının alınmasında bir operatörün müdahalesini gerektiren cihazdır. Bu cihazlar 90/384/EEC "Common Application Non-Automatic Weighing Instruments" direktifi [1] ve OIML R-76-I-II "Part 1: Metrological and Technical Requirement-Test – Part 2: Test report format" [2] tavsiyelerine göre tip onayı ve verifikasyon gibi yasal metrolojik kontrollerden geçer.

Ayrıca, ISO 9001 veya ISO/IEC 17025 standartları gereğince de cihazların kalibrasyonları yapılarak metroloji kalitesinin uygunluğunun beyan edilmesine ihtiyaç vardır. Tartım cihazlarının kalibrasyonundan kasıt, uygulanan yüke bağlı olarak kütle biriminde tartım cihazından elde edilen gösterge değeridir. Tartım cihazlarının kalibre edilebilmesi için bir rehber kalibrasyon prosedürünün

olması gerekmektedir. EA 10/18 "EA Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments" dokümanı, EA üyesi kuruluşlar içinde eşdeğer kabul edilebilecek kalibrasyon prosedürlerin belirlenmesi için hazırlanan bir rehber dokümandır[3].

Bu çalışmada, EA-10/18' e göre otomatik olmayan tartım cihazlarının kalibrasyonundan ve tek bir ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazında uygulamasından bahsedilmiştir.

2. KALİBRASYON YÖNTEMİ

Bir kalibrasyon prosedürü, belirlenen test yükleri için gösterge hatalarını ve bu hatalara karşılık gelen ölçüm belirsizliğinin nasıl hesaplandığını içerir. Test prosedüründe kullanıcının rutin tartım işlemelerine benzer ölçümler yapılır. Örneğin; farklı yüklerin ölçümü, artan veya azalan yönde ölçümler ve dara fonksiyonunun kullanımı gibi.

2.1. Kalibrasyon Aralığı

Eğer müşteri belirli bir aralık istiyorsa; istenen aralığın minimum ve maksimum yük değerleri belirlenir. Eğer müşteri cihazının belirli aralığının ölçümünün yapılmasını istemiyorsa; cihaz sıfırdan maksimum kapasiteye kadar kalibre edilir. Birden fazla ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazlarının kalibrasyonunda, müşteri hangi ölçüm aralıklarının ölçülmesi gerektiğini belirtmelidir. Eğer belirtmiyorsa, cihaz tek ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazı gibi kalibre edilir.

2.2. Kalibrasyon Yeri

Cihaz kullanıldığı yerde kalibre edilir. Cihazın kalibrasyon sonrası başka bir yere taşınması durumunda cihazın; yerel çekim ivmesindeki farklılıktan, çevresel koşullardaki değişimden ve taşınma sırasında termal ve mekanik koşullardan etkilenmesi mümkündür. Bu bahsedilen parametrelerin birinden cihazın etkilenmesi durumunda ise yapılan kalibrasyon geçersiz sayılır.

2.3. Ön Koşullar ve Kalibrasyon Hazırlıkları

Kalibrasyona başlamadan önce dikkat edilmesi gereken hususlar mevcuttur. Bunlar; cihazın kolayca belirlenebilir olması, cihazın tüm fonksiyonlarının uygunluğu (kirli ve hasarlı olmaması) ve kalibrasyon için seçilen fonksiyonların çalışır durumda olması, normal kullanım koşulları, ağırlık değerlerini göstergeden kolayca okunabilir olması, cihazın ısınma süresini kapsamaktadır. Testlere başlamadan önce cihaza birkaç kez maksimum kapasiteye yakın bir yükün konulması gerekir.

Kalibrasyon öncesi cihazın ayarlanması gerekiyorsa, üreticinin talimatlarına göre cihaz ayarlanabilir.

2.4. Test Yükleri

Ölçümlerde kullanılacak test yükleri, tercihen SI birim sistemine izlenebilir olan standart ağırlıklardır. Köşe yükü, tekrarlanabilirlik ve ön yükleme testlerinde ve de dara yükü olarak diğer test yükleri kullanılabilir. Temel unsurlardan biri olan izlenebilirliğin sağlanmasında ağırlıkların kalibrasyonu akredite edilmiş bir laboratuvar veya BIPM kapsamında ülkeler arası karşılıklı tanınma anlaşmasına (MRA) imza atmış bir Ulusal Metroloji Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiş olmalıdır. Bir kalibrasyon sertifikası, standart ağırlığın konvansiyonel kütle değerini ve konvansiyonel kütle değerinin maksimum izin verilen hata sınırları içerisinde olduğunu teyidini içermelidir. Kalibrasyon işleminde kullanılacak olan ağırlıklar OIML R-111(International Organization of Legal Metrology)'in belirttiği teknik özellikleri sağlamalıdır[4].

Standart ağırlıklar dışında yükler kullanıldığında dikkat edilmesi gereken birçok unsurlar vardır. Bu unsurlar; yüklerin şekil, malzeme ve kompozisyonu yüklerin kolayca taşınmasına ve ayrıca kolayca ağırlık merkezinin belirlenmesine imkan sağlaması, yüklerin kütle değerleri kalibrasyon süresince sabit kalması, yoğunlukları kolayca tahmin edilebilmesini kapsamaktadır.

Konvansiyonel kütle değerleri gerekli olan test yükleri standart ağırlıklardan oluşmalıdır. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda ikame yükler kullanılabilir. Kalibrasyonda kullanılacak standart ağırlıkların seçiminde ağırlıkların maksimum hata sınırları veya belirsizlikleri cihazın okunabilirliğine veya müşterinin cihazı için istediği kalibrasyon belirsizliğine uygun olmalıdır.

2.5. Tartım Cihazına Uygulanan Testler

Tartım cihazına uygulanan testler; tekrarlanabilirlik, gösterge hataları ve merkez dışı yüklemedir.

2.5.1. Tekrarlanabilirlik Testi

Tekrarlanabilirlik testi, yük alıcısı üzerinde aynı yükün tekrarlı ölçümlerini içermektedir. Bu test, en az bir test yüküyle yapılması gerekmektedir. Tek bir tartım aralığına sahip olan tartım cihazlarının tekrarlanabilirlik testi için $0,5 \text{ Max} \leq T \leq \text{Max}$ aralığında bir yük, birden fazla ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazları ve birden çok okunabilirliğe sahip olan tartım cihazları için de Max_1 e yakın yük kullanılır.

Test yükü, yük alıcısına en az beş kez uygulanır. $\text{Max} \geq 100 \text{ kg}$ olan cihazlar için de test yükü en az üç kez uygulanır. Her ölçüm sonrası cihaz sıfırlanır.

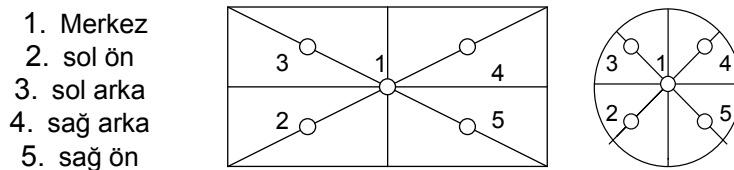
2.5.2. Gösterge Hata Testi

Bu test, cihazın ölçüm aralığının performansını değerlendirmek için uygulanmaktadır. Test için en az beş farklı yük, yük alıcısına uygulanır. Örneğin; 0 veya Min; $0,25 \cdot \text{Max}$; $0,5 \cdot \text{Max}$; $0,75 \cdot \text{Max}$; Max.

Uygulanacak yükler, standart ağırlıklardan veya ikame yüklerden oluşur. Ölçüme başlamadan önce cihaz sıfırlanmalıdır ve her bir yük bir kez yük alıcısı üzerine artan veya azalan yönde ya da artan/azalan yönde uygulanır. Birden fazla ölçüm aralığına sahip olan tartım cihazları için bu test her bir tartım aralığı için ayrı ayrı uygulanır. Birden fazla okunabilirliğe sahip olan tartım cihazları için de en küçük maksimum kapasiteden artan veya azalan yönde ya da artan/azalan yönde test yükleri maksimum kapasiteye kadar uygulanır. Uygulanan her bir test yükün gösterge değeri kaydedilir. Artan yada azalan yönde yapılan ölçümlerde her bir test yükü yük alıcısından kaldırıldığında göstergenin sıfırı kontrol edilir.. Eğer sıfır değilse gösterge sıfırlanır. Ayrıca bu tartım cihazlarının dara performansı da test edilmektedir. Dara testi için $0,25 \cdot \text{Max}$ ile $0,50 \cdot \text{Max}$ aralığında bir dara yükü uygulanır.

2.5.3. Merkez Dışı Yükleme Testi

Bu test, bir test yükünün yük alıcısı üzerinde Şekil 1. belirtilen pozisyonlara uygulanmasından oluşmaktadır. Test yükünün her bir pozisyonu için gösterge değeri kaydedilir. Yükün her kaldırılışından sonra cihazın sıfır göstergesi kontrol edilir. Teste, en az $\text{Max}/3$ veya varsa üretici firmanın tavsiye ettiği test yükü kullanılır. Eğer yapılan testte hataların tespiti yapılmayacaksa, uygulanacak test yüklerinin kalibre edilmesine ya da verifikasyonlarının yapılmasına gerek yoktur.



Şekil 1. Merkez dışı yükleme testi için yük pozisyonları

2.5.4. Yedek Ölçümler

Kalibrasyonun en düşük ölçüm belirsizliği ile yapılması istendiğinde, havanın kaldırma kuvveti etkisi, ısı yayılım etkisi ve manyetik etkileşim etkisiyle ilgili ölçümler yapılır veya kayıtlı edilir.

3. ÖLÇÜM SONUÇLARI

3.1. Tekrarlanabilirlik

Tekrarlanabilirlik testinde yapılan n tane ölçümden elde edilen I_{ji} gösterge değerlerinden ve bu gösterge değerlerinin ortalamasından standart sapma hesaplanır.

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (I_{ij} - \bar{I}_j)^2} \quad (2)$$

3.2. Gösterge Hatası

Her bir test yükü için gösterge hatası E_j hesaplanır.

$$E_j = I_j - m_{ref} \quad (3)$$

Burada uygulanan her test yükü için I_j , gösterge değerini ve m_{ref} , yükün gerçek değerini veya referans ağırlığı göstermektedir. Referans ağırlık, yükün nominal değeri m_N olabilir yani $m_{ref} = m_{Nj}$ yada ağırlığın gerçek değeri m_c olabilir. $m_{ref} = m_{Nj} + \delta m_{cj}$

3.2.1. Tartım Aralığının Karakteristiği

Tartım aralığı içerisinde her hangi bir gösterge değeri I için gösterge hatasının tahmin edilebilmesi için bir kalibrasyon eğrisi belirlenir.

En küçük kareler yöntemi yaklaşımını kullanarak bir $E = f(I)$ fonksiyonu oluşturulur.

3.3. Merkez Dışı Yükleme

Yükün farklı pozisyonlarda temin edilen gösterge değerlerinden, merkeze göre I_1 farklar ΔI_{ecc} hesaplanır ve denklem 5. ile de gösterge hataları E_{ecc} hesaplanabilir.

$$\Delta I_{ecc} = I_i - I_1 \quad (4)$$

$$E_{ecc} = I_i - m_N \quad (5)$$

4. ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ

4.1. Model Fonksiyon

Cihazın kalibrasyonu için temel formül;

$$E = I - m_{ref} \quad (6)$$

Herhangi bir test yükünün gösterge değeri, cihazın yüklü I_L ve yüksüz konumundaki I_0 gösterge değerleri arasındaki farktır.

$$I = I_L - I_0 \quad (7)$$

Denklem 6' dan cihazın model fonksiyonu oluşturulur[5].

$$E = I_L + \delta I_{digL} + \delta I_S + \delta I_{eec} - I_0 - \delta I_{dig0} - (m_N + \delta m_c + \delta m_B + \delta m_D) \quad (8)$$

Eğer; en düşük ölçüm belirsizliği ile kalibrasyon yapılması gerekli ise denklem 8'e ısı yayılım etkisi, sıcaklık gibi düzeltme faktörleri de eklenir.

4.2. Göstergenin Standart Belirsizliği

Denklem 7.'ye düzeltme faktörleri eklenerek, göstergenin değişken bileşenleri tanımlanır.

$$I = I_L + \delta I_{digL} + \delta I_S + \delta I_{eec} - I_0 - \delta I_{dig0} \quad (9)$$

Tüm düzeltme faktörlerinin beklenen değeri sıfırdır ve standart belirsizlikleri aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1. Yüksüz Konumda Göstergenin Yuvarlama Hatası δI_{dig0}

$$u(\delta I_{dig0}) = d_0 / 2\sqrt{3} \quad (\text{dikdörtgen dağılım}) \quad (10)$$

d_0 ; cihazın okunabilirliği

4.2.2. Yüklü Konumda Göstergenin Yuvarlama Hatası δI_{digL}

$$u(\delta I_{digL}) = d_l / 2\sqrt{3} \quad (\text{dikdörtgen dağılım}) \quad (11)$$

4.2.3. Tekrarlanabilirlik Hatası δI_s

$$u(\delta I_s) = s(I_j) / \sqrt{n} \quad (\text{normal dağılım}) \quad (12)$$

$s(I_j)$; standart sapma, n ; ölçüm sayısı

4.2.4. Merkez Dışı Yükleme Hatası δI_{eec}

$$u(\delta I_{eec}) = I \Delta I_{eec,i} I_{max} . I / 2 \sqrt{3} . L \quad (13)$$

$I \Delta I_{eec,i} I_{max}$; maksimum merkez dışı yükleme farkı, L ; test yükü, I ; gösterge değeri

4.3. Referans Kütlenin Standart Belirsizliği

Referans standart ağırlığın değişken bileşenleri;

$$m_{ref} = m_N + \delta m_c + \delta m_B + \delta m_D + \delta m_{...} \quad (14)$$

Özel durumlarda 14. nolu denkleme diğer düzeltme bileşenleri eklenebilir. Düzeltme faktörleri ve standart belirsizlikleri aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. Referans Kütle Standardının Belirsizliği δm_c

δm_c , standart ağırlıkların kalibrasyon sertifikasından temin edilen konvansiyonel kütle değeri düzeltilmesidir. Ölçümlerde standart ağırlıkların gerçek konvansiyonel kütle değerleri kullanıldığında, standart belirsizlik;

$$u(\delta m_c) = U/k \quad (15)$$

U; standart ağırlıkların kalibrasyon belirsizliği, k =kapsam faktörü ($k=2,0$)

Standart ağırlıklar OIML R-111' e göre belirli toleranslarda kalibre edilmektedir ve ölçümlerde ağırlıkların nominal değerleri kullanıldığında yani $\delta m_c = 0$, standart belirsizlik, standart ağırlıkların tolerans değerlerine göre hesaplanır. Standart belirsizlik;

$$u(\delta m_c) = Tol / \sqrt{3} \quad (\text{dikdörtgen dağılım}) \quad (16)$$

Tol: tolerans değeri

4.3.2. Havanın Kaldırma Kuvveti Düzeltmesi Belirsizliği δm_B

Havanın kaldırma kuvveti düzeltmesi δm_B , kalibrasyon ağırlığının yoğunluğuna, hava yoğunluğuna ve cihazın ayar anındaki hava yoğunluğuna bağlıdır. Ağırlıkların yoğunlukları; referans hava yoğunluğu (1.2 kg.m^{-3})'dan %10 kadar sapması durumunda meydana gelecek olan hatanın, izin verilen hata sınırlarının 1/4'den daha küçük olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı havanın kaldırma kuvveti düzeltmesi uygulanmaz.

Kalibrasyon öncesi cihaz ayarlandığından dolayı kalibrasyon anındaki hava yoğunluğu ile, ayar anındaki hava yoğunluğu aynıdır. Bu sebepten dolayı havanın kaldırma kuvveti düzeltmesi belirsizliği aşağıda verilen denklemle hesaplanır.

$$U(\delta m_B) = Tol / 4\sqrt{3} \quad (\text{dikdörtgen dağılım}) \quad (17)$$

4.3.3. Standart Ağırlığın Kayma Düzeltmesi Belirsizliği δm_D

Ağırlığın kayma düzeltmesi δm_D , son kalibrasyondan beri ağırlığın konvansiyonel kütlede m_c olan kayma değeridir. Kayma belirsizliği, ağırlığın konvansiyonel belirsizliğine eşittir. Standart kayma belirsizliği;

$$u(\delta m_D) = Tol / 3\sqrt{3} \quad (\text{dikdörtgen dağılım}) \quad (18)$$

4.4. Hatanın Standart Belirsizliği (E)

Hatanın E, standart belirsizliği, göstergenin standart belirsizlik bileşenleri ile referans kütle belirsizlik bileşenlerinden hesaplanır.

$$U^2(E) = u(\delta l_{dig0})^2 + u(\delta l_{digL})^2 + u(\delta l_s)^2 + u(\delta l_{eec})^2 + u(\delta m_c)^2 + u(\delta m_B)^2 + u(\delta m_D)^2 \quad (19)$$

Tartım aralığı içerisinde her hangi bir tahmini gösterge hata belirsizliği, en küçük kareler yöntemi yaklaşımını kullanarak $U(E) = f(u_i)$ fonksiyonuyla belirlenir.

5. TEK TARTIM ARALIĞINA SAHİP OLAN TARTIM CİHAZLARIYLA İLGİLİ UYGULAMA

Tek tartım aralığına sahip olan terazinin özellikleri; Max = 600 g, d = 0,01 g,

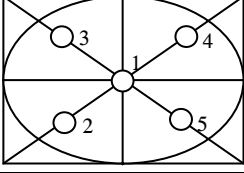
Ölçüm süresince sıcaklık değeri $t = 21,0^{\circ}\text{C} - 21,5^{\circ}\text{C}$

Kalibrasyonda kullanılan ağırlık seti: F1 sınıfı

Tablo 1. Tekrarlanabilirlik

Uygulanan Yük, L (g)	Gösterge Değeri, (I) (g)
500	500
	500,01
	500,01
	500,01
	500,02
	500,01

Tablo 2. Merkez Dışı Yükleme Hatası

Uygulanan Yük, L (g)	Gösterge Değeri, (I) (g)	Konum
200	200	
	200,01	
	200,01	
	200,01	
	200,01	
	200,01	

Tablo 3. Gösterge Hatası

Uygulanan Yük, L	L (g)	Gösterge Değeri (I) (g)
min	0,5	0,5
%25.max	150	150
%50.max	300	300
%75.max	450	450,01
max	600	600,01

Tablo 4. Kalibrasyon Sonuçları

Uygulanan Yük, L (g)	Gösterge Hatası, E (l) (g)	Belirsizlik, U(E) k=2,0 (g)
0,5	0,00	0,009
150	0,00	0,011
300	0,00	0,013
450	0,01	0,016
600	0,01	0,020

Cihazın gösterge hatası E (R) ve gösterge belirsizliği U(E);

$$E(R) = 1,555 \times 10^{-5} R,$$

$U(E) = 0,009 \text{ g} + 3,71 \times 10^{-5} R$, R; kalibrasyon sonrası herhangi bir yük tartımı yapıldığında göstergede okunan değerdir.

6. SONUÇ

Kalibrasyonda tartım cihazına uygulanan testler, kullanıcının rutin tartım işlemlerine çok yakın olup, cihazın kalibrasyon sertifikasında verilen gösterge hatası ve belirsizlik değerlerinden, kullanıcı yaptığı tartım işleminin gösterge hata düzeltilmesini ve belirsizlik değerini hesaplayabilir.

7.KAYNAKLAR

- [1] 90/384/EEC “Common Application Non-Automatic Weighing Instruments, June 2004, issue 4
- [2] OIML R-76-I-II “ Part 1: Metrological and Technical Requirement-Test,2006, Part 2: Test report format” , 2007
- [3] EA 10/18 “EA Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments, June 2005
- [4] OIML R-111-1 “Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1–2, M2, M2–3 and M3 Part 1: Metrological and technical requirements”, 2004
- [5] EA-4/02: “Expression of the uncertainty of measurement in calibration”, 1999.

ÖZ GEÇMİŞLER

Sevda KAÇMAZ

1969 yılında İzmit'te doğmuştur. 1993 yılında Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisansını Kocaeli Üniversitesi Fizik Bölümünde 1997 yılında yapmıştır.1994 yılından beri TÜBİTAK-UME' de Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; kütle ve terazidir.

Levent YAĞMUR

1973 yılında Çorum'un Alaca ilçesinde doğmuştur. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisans ve Doktora çalışmalarını İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Makina Fakültesi'nde 1997 ve 2006 yıllarında tamamlamıştır. Aynı üniversitede 1996-2000 yılları arasında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından bu yana da TÜBİTAK-UME' de Uzman Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; metalik sensör malzemeleri ve içyapı özellikleri, kütle ve basınç metrolojisidir. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmış 5 adet yayını vardır. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız babasıdır.

Orhan SAKARYA

1965 yılında Ardahan'da doğmuştur. 1992 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisansını Kocaeli Üniversitesi Fizik Bölümünde 1999 yılında yapmıştır. 1995 yılından beri TÜBİTAK-UME' de Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; viskozite, hacim, yoğunluk, kütle ve terazidir.

Ümit Y. AKÇADAĞ

1968 yılında Malatya'nın Akçadağ ilçesinde doğmuştur. 1990 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisansını Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümünde 1996 yılında yapmıştır. 1994 yılından beri TÜBİTAK-UME' de Araştırmacı olarak çalışmakta olup, 2006 yılından bu yana Kütle Grubu Laboratuvarı Sorumlusu olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları; hacim, yoğunluk, kütle ve terazidir.