

FARK BASINÇ ÖLÇERLERİN KALİBRASYONLARI

Abdullah HAMARAT*
Yasin DURGUT
Onur AYDEMİR

EMİS Kalibrasyon ve Ölçüm Hizmetleri Ltd.Şti. Ataşehir /İSTANBUL
Tel: 0216 577 6240
E-mail*: abdullah.hamarat@emis-turkey.com

ÖZET

Fark (diferansiyel) basınç ölçerler ülkemizde ilaç sanayi, gıda sanayi, ar-ge/ür-ge laboratuvarları, kalibrasyon laboratuvarları gibi bir çok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Fark basınç ölçerler, farklı iki ortamdaki basınç farkı miktarını ölçerler. Bu cihazlarla yapılan ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği için bu cihazların belirli periyotlarda kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Standartlara uygun kalibrasyonu yapılmayan cihazların doğru sonuçlar vermeyeceği bilinen bir gerçektir. Fark basınç ölçerler uygulamada, farklı iki basınç hattı arasındaki basınç farkını ölçmek için kullanıldığı gibi, basınç girişlerinden biri genellikle düşük basınç olarak belirtilen basınç girişi atmosfere açık bırakılarak, diğer basınç girişinden basınç uygulanarak fark basınç ölçümü yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, farklı tipteki basınç ölçerlerin kalibrasyonları, kurulan ölçüm düzeneklerinde farklı yöntemlerle (fark basınç ölçüm şeklinde ve düşük basınç girişi atmosfere açık iken) yapılarak, atmosfer basıncının değişiminin ölçüm sonuçları üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç, Fark Basınç Ölçer, Atmosfer Basıncı, Euramet cg-17

ABSTRACT

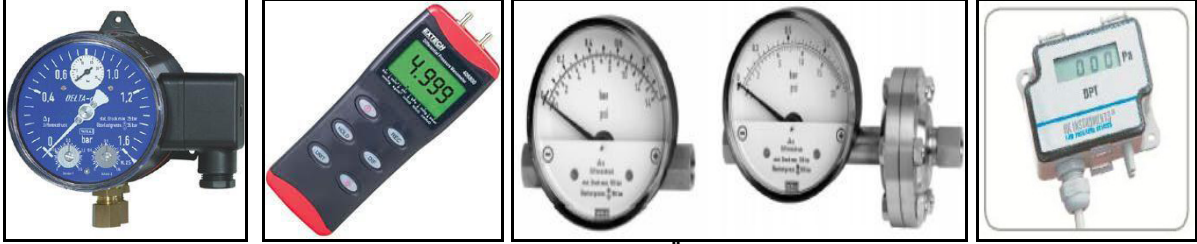
Differential pressure gauges are actively used in many fields such as pharmaceuticals industry, food industry, R&D/P&D laboratories, calibration laboratories etc. in Turkey. These gauges measure the amount of pressure difference in two different environments. The devices are needed to be calibrated periodically in order to achieve accurate and reliable results using with these devices. Devices are not calibrated in accordance with the standards is inevitable to incorrect results. Differential pressure gauges, in practice, are used to measure the pressure difference between two different pressure lines, they are also used to measure differential pressure while the low pressure port open to the atmosphere by applying the relative pressure to the high pressure port.

In this study, different types of differential pressure gauges calibration were conducted in different test set-up and examined the effect of changes in atmospheric pressure on the measurement results.

Key Words: Pressure, differential pressure gauge, atmospheric pressure, Euramet cg-17

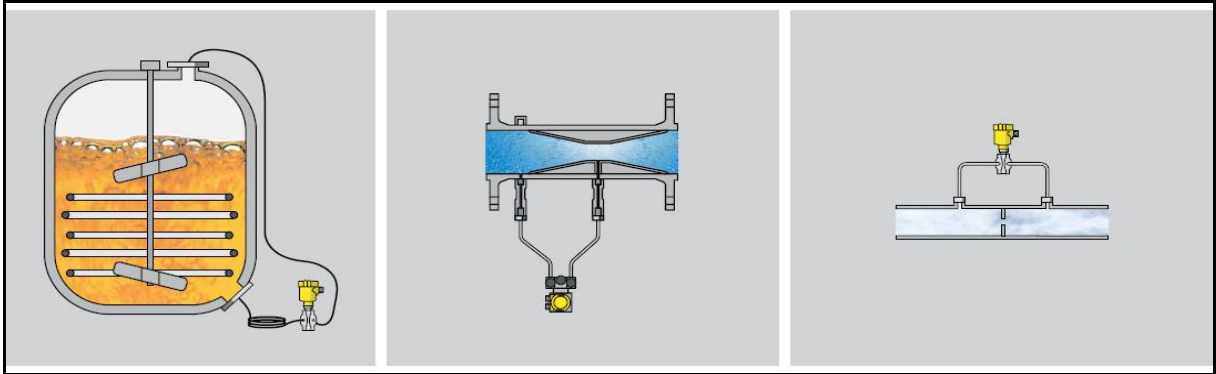
1. GİRİŞ

Fark basınç ölçerler, basınç ölçülen sistemde iki farklı noktadaki basınç değerleri arasındaki farkı görmek için kullanılmaktadır. Bu tür cihazlar "pozitif" ve "negatif" olarak işaretlenmiş iki girişe sahiptir. Pozitif giriş yüksek basıncın olduğu bölüme, negatif giriş ise düşük basınçlı bölüme bağlanarak ölçüm yapılmaktadır. Cihaz göstergesinden ölçülen basınç, ortamdaki basınç farkını göstermektedir. Fark basınç ölçüm cihazlarından örnekler Şekil 1.'de görülmektedir. Darbe ve titreşimin olduğu yüksek dinamik yük altındaki test noktalarındaki basınç ölçümlerinde okumanın rahat gerçekleştirilebilmesi için, analog cihaz göstergelerinin sönümleyici akışkanla (genellikle gliserinle) doldurulduğu uygulamalar da mevcuttur.

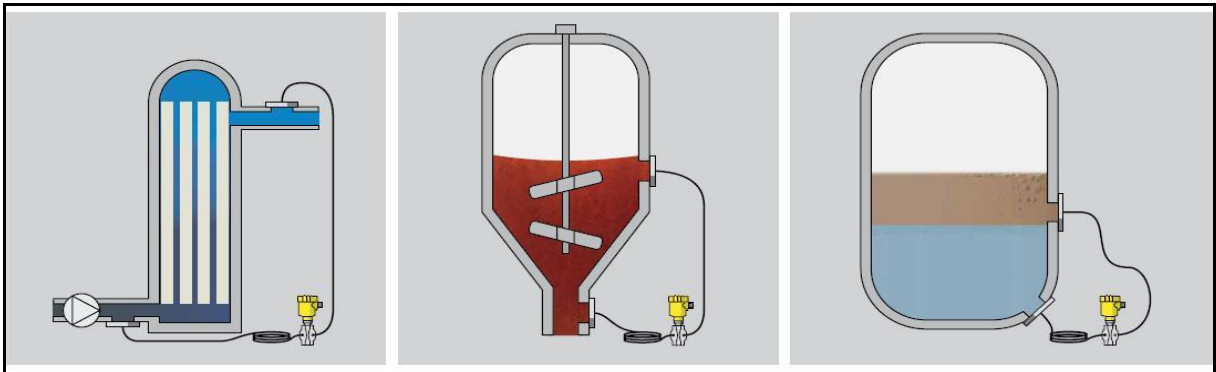


Şekil 1. Bazı Fark Basınç Ölçüm Cihazları

Çok yönlü uygulama olanakları sayesinde fark basınç ölçümleri, sanayide bir çok alanda ihtiyaç haline gelmiştir. Petrokimya, kimya ve enerji üretiminde vazgeçilmez olduğu gibi, denizcilik, yüzer havuz ve ilaç endüstrilerinde de vazgeçilmezdir. Günümüzde fark basınç ölçerler, sadece sistemdeki basıncı ve fark basıncını değil aynı zamanda seviye, arayüz ve ürün yoğunluk değişiklikleri ölçümünde de kullanılmaktadır. Bu tür cihazlar yaygın olarak filtrelerdeki giriş ve çıkış basınç farklarını, ısıtma ve soğutma sistemlerindeki çıkış ve geri dönüş basınçları arasındaki farkı görmek için kullanılmaktadır. Fark basınç ölçümlerinin kullanıldığı bazı uygulama alanları Şekil 2.'de ve Şekil 3.'te görülmektedir.



Şekil 2. Fark Basınç Ölçerin Seviye, Akış Hızı ve Akışkan Miktarı Ölçümünde Kullanımı



Şekil 3. Fark Basınç Ölçerin Filtre, Yoğunluk ve Ayırma Tankı Arayüz Ölçümü Uygulamaları

2. KALİBRASYONDA KULLANILAN CİHAZLAR

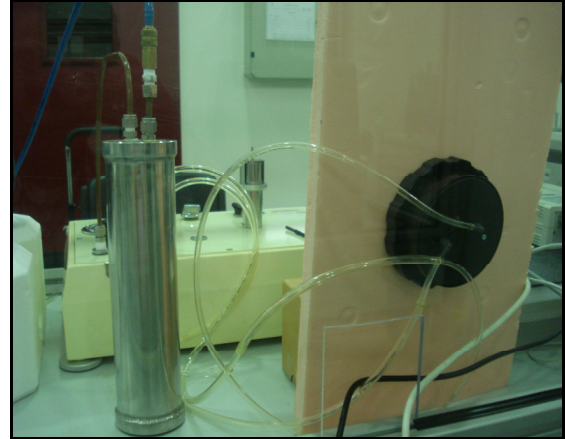
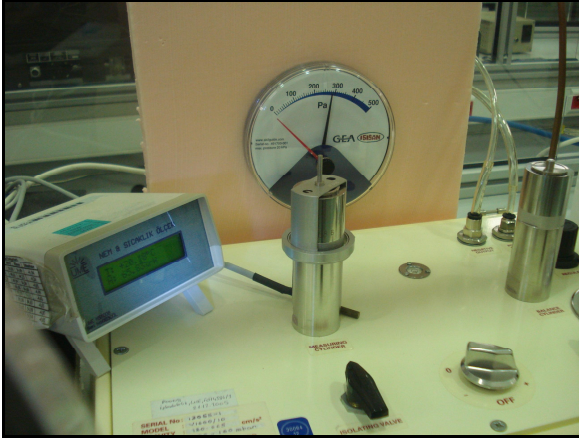
Analog ve sayısal fark basınç ölçer manometrelerinin kalibrasyonu ölçümleri, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Basınç Standartları Laboratuvarı'nda bulunan fark basınç ölçer referans standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan referans standart ve test manometreleri ile ilgili bilgiler tablo 1.'de yer almaktadır.

Tablo 1. Ölçümlerde kullanılan Cihazlar

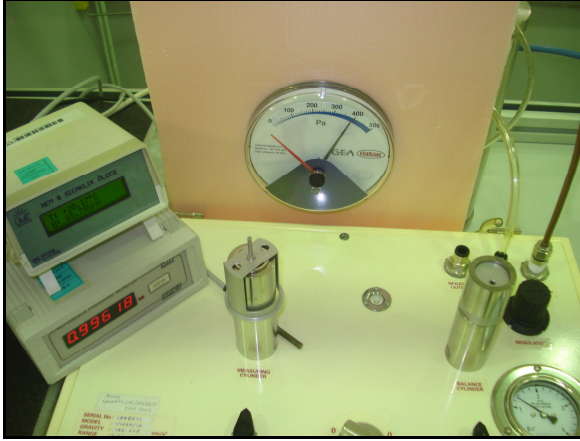
	Referans Standart	Analog Manometre	Sayısal Manometre
Cihaz Adı	Pistonlu Basınç Standardı	Fark Basıncı Ölçer	Mikro Manometre
Üretici	Pressurements Ltd.	ISISAN	Furness Controll
Tip	V1600/1D	Analog	PPC 500
Seri No	N268B	491700-001	0603110
Ölçme Aralığı	20 Pa – 16000 Pa	0 – 500 Pa	0 – 20 mbar
Bölüntü	-	10 Pa	0,001 mbar

3. KALİBRASYON DÜZENEGİ VE ÖLÇÜMLERDE KULLANILAN METOT

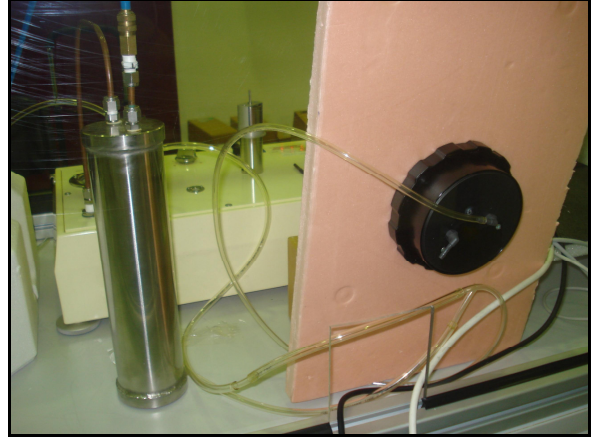
Şekil 4., Şekil 5., Şekil 6. ve Şekil 7.'de görülen kalibrasyon düzenekleri, kalibrasyon sistemi atmosfer basıncına açık ve kapalı (fark basınç ölçümü) halde iken veri almaya uygun şekilde kurulmuştur. Analog ve sayısal cihazların her biri için, atmosfer basıncındaki değişimin kalibrasyon esnasındaki ölçümlere etkilerini gözlemleyebilmek için negatif basınç girişleri atmosfere açık iken ve kapalı iken aynı kalibrasyon prosedürü uygulanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Atmosfere açık halde yapılan kalibrasyonlarda, atmosfer basıncı değerleri ayrı bir sayısal basınç ölçer kullanılarak ölçülmüş ve anlık olarak kaydedilmiştir.



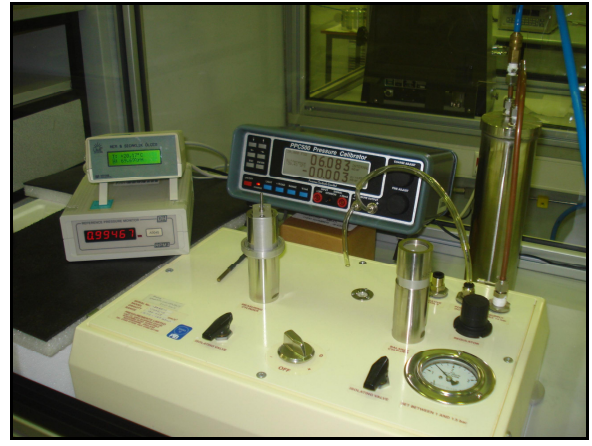
Şekil 4. Analog Cihaz Fark Basınç Ölçümlerinde Kullanılan Kalibrasyon Düzenegi



Şekil 5. Analog Cihaz Negatif Giriş Atmosfere Açık Haldeki Ölçümlerde Kullanılan Kalibrasyon Düzeneği



Şekil 6. Sayısal Cihaz Fark Basınç Ölçümlerinde Kullanılan Kalibrasyon Düzeneği



Şekil 7. Sayısal Cihaz Negatif Giriş Atmosfere Açık Haldeki Ölçümlerde Kullanılan Kalibrasyon Düzeneği

Fark basınç ölçümü kalibrasyonlarında, test cihazının negatif girişi pistonlu basınç standardının sabit basınç hattına, pozitif basınç girişi de standardın fark basıncının elde edileceği hatta bağlanmıştır. Pistonlu basınç standardının sabit basınç hattından 3 mbar değerinde sabit basınç uygulanmıştır. Ulaşılmak istenilen fark basınç miktarı kadarlık basınç değeri de standardın diğer hattından test cihazına uygulanmıştır. Elde edilen referans fark basınç değeri ile test cihazı göstergesinden okunan basınç değeri karşılaştırılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Test cihazı negatif girişi atmosfere açık iken yapılan ölçümlerde, referans cihazdan bağıl (relatif) basınç uygulanarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir basınç noktasında yapılan ölçümlerde anlık atmosfer basıncı değeri ayrı bir basınç cihazından okunarak kaydedilmiştir. Kalibrasyonlar sıcaklık kontrollü (20 ± 1 °C ve 50 ± 25 % nem) laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyonlar, Euramet cg-17[1] standardında yer alan gelişmiş basınç prosedürüne (comprehensive calibration procedure) göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sıfır dahil 11 farklı basınç noktasında, artan - azalan olarak ve 3 ölçüm çevrimi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her bir basınç noktasındaki ölçüm sonuçları, ölçüm serilerinden elde edilen sonuçların ortalaması şeklinde verilmiştir ve cihaz hatasını hesaplarken kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

Hata:

$$\Delta p = p_{\text{test}} - p_{\text{ref}}$$

Δp : Test cihazının ilgili basınç noktasındaki hatası
 p_{test} : Test cihazından okunan basınç değeri
 p_{ref} : Referans cihazdan uygulanan basınç değeri

Tersinirlik (histeresiz) hatası:

Tersinirlik hatası ölçüm çevriminde artan basınç noktalarında elde edilen değer ile azalan basınç noktalarında elde edilen değer arasındaki fark olarak ifade edilmektedir ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$h = |p_{\text{ar}} - p_{\text{az}}|$$

h : Tersinirlik hatası
 p_{ar} : Artan basınç noktasındaki ölçüm değeri
 p_{az} : Azalan basınç noktasındaki ölçüm değeri

4. KALİBRASYON SONUÇLARI

4.1. Analog Fark Basınç Ölçer Kalibrasyon Sonuçları

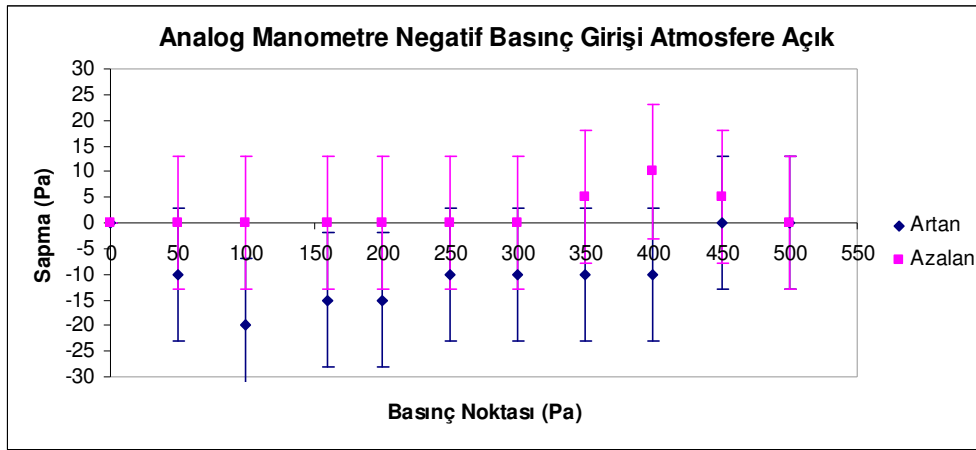
Önceki bölümlerde bahsedilen şartlarda yapılan analog cihaz kalibrasyon ölçümlerinde elde edilen sonuçlar ve hata değerleri, aşağıdaki tablolarda ve grafiklerde verilmiştir. Ölçümlerdeki atmosfer basıncı etkisini inceleyebilmek için aynı şartlarda, aynı prosedür, aynı operatör ve aynı referans kullanılarak cihazın negatif girişi atmosfere açık ve kapalı iken ölçümler alınmıştır. Tablo 2. ve Şekil 8.' de görülen negatif giriş atmosfere açık iken yapılan ölçüm sonuçlarında, aynı basınç noktalarında artan ve azalan değerler arasında tersinirlik hatalarının (histeresiz) yüksek olduğu görülmektedir. Bu da belirsizlik değeri hesaplamasında önemli bir bileşen olarak ön plana çıkmaktadır. Tablo 3. ve Şekil 9.' da yer alan analog manometre fark basınç ölçüm sonuçları ile, negatif giriş atmosfere açık iken yapılan ölçüm sonuçları arasında kayda değer bir farkın olmadığı görülmektedir.

Tablo 2. Analog Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık Halde Yapılan Ölçüm Sonuçları

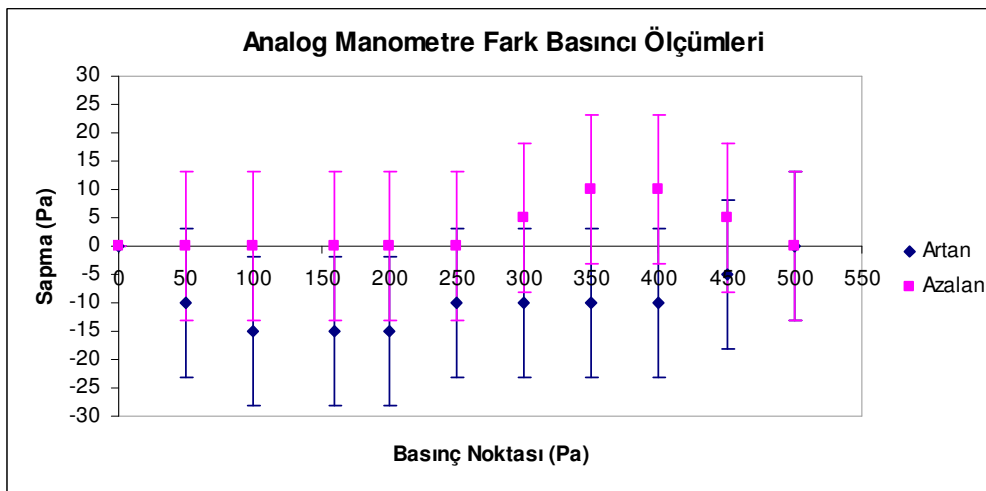
Analog Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık									
Artan Değerler				Azalan Değerler				Atmosfer Basıncı	
Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Artan	Azalan
Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
0	0	0	-	0	0	0	-	98351	98346
50	40	-10	13	50	50	0	13	98349	98343
100	80	-20	13	100	100	0	13	98352	98344
160	145	-15	13	160	160	0	13	98349	98345
200	185	-15	13	200	200	0	13	98351	98343
250	240	-10	13	250	250	0	13	98352	98345
300	290	-10	13	300	300	0	13	98352	98347
350	340	-10	13	350	355	5	13	98351	98347
400	390	-10	13	400	410	10	13	98351	98348
450	450	0	13	450	455	5	13	98351	98346
500	500	0	13	500	500	0	13	98349	98348

Tablo 3. Analog Manometre Fark Basınç Ölçüm Sonuçları

Analog Manometre Fark Basıncı Ölçümü							
Artan Değerler				Azalan Değerler			
Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik
Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
0	0	0	-	0	0	0	-
50	40	-10	13	50	50	0	13
100	85	-15	13	100	100	0	13
160	145	-15	13	160	160	0	13
200	185	-15	13	200	200	0	13
250	240	-10	13	250	250	0	13
300	290	-10	13	300	305	5	13
350	340	-10	13	350	360	10	13
400	390	-10	13	400	410	10	13
450	445	-5	13	450	455	5	13
500	500	0	13	500	500	0	13



Şekil 8. Negatif giriş atmosfere açık iken analog cihaz hata ve belirsizlik değerleri grafiği



Şekil 9. Fark basınç ölçümünde analog cihaz hata ve belirsizlik değerleri grafiği

Analog manometre ile yapılan bu ölçümleri birbiri ile kıyaslamak için, ölçüm sonuçlarından elde edilen hata ve belirsizlik değerleri kullanılmaktadır. Literatürde "E_n" [2] skoru olarak da adlandırılan bu değer

aşağıda verilen E_n eşitliği ile elde edilir. Bu değerlendirmeye tabi tutulan ölçüm sonuçlarının $|E_n| \leq 1$ kabul şartını sağlaması beklenmektedir.

$$E_n = \frac{\Delta p_f - \Delta p_n}{\sqrt{(U_f)^2 + (U_n)^2}}$$

Δp_f : Fark basınç ölçümü hata değeri

Δp_n : Negatif giriş atmosfere açık iken yapılan ölçümün hata değeri

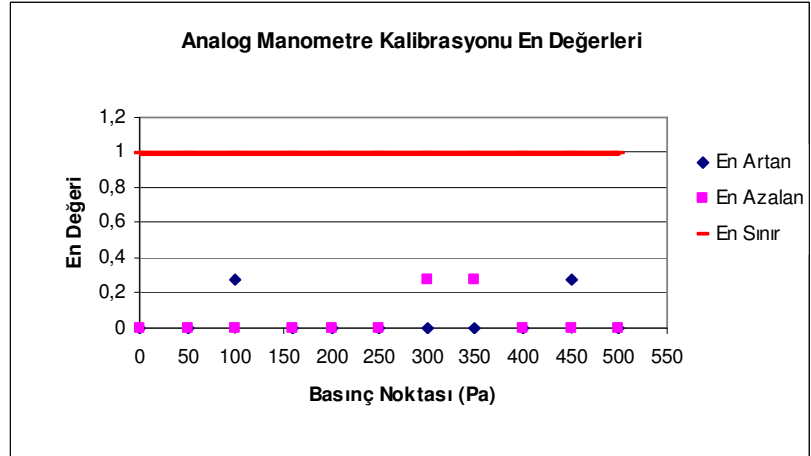
U_f : Fark basınç ölçümü genişletilmiş ölçüm belirsizlik değeri

U_n : Negatif giriş açık iken yapılan ölçümün genişletilmiş ölçüm belirsizlik değeri

Yukarıda yer alan formül kullanılarak hesaplanan " E_n " değerleri Tablo 4. ve Şekil 10.' da görülmektedir. Her bir basınç noktası incelendiğinde " E_n " değerlerinin kabul şartını sağladığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre, analog manometrenin negatif basınç girişi atmosfere açık iken ve kapalı iken, pistonlu basınç standardı kullanılarak yapılan kalibrasyonlarında elde edilen hata ve belirsizlik değerleri dikkate alınarak hesaplanan sonuçlar, her iki yöntemin de bu manometrenin kalibrasyonunda kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 4. Analog Manometre Hesaplanan " E_n " Değerleri

Analog Manometre E_n Değerleri			
Basınç Değeri Pref Pa	$ E_n $		E_n Sınır Değer
	Artan	Azalan	
0	-	-	-
50	0,0	0,0	1
100	0,3	0,0	1
160	0,0	0,0	1
200	0,0	0,0	1
250	0,0	0,0	1
300	0,0	0,3	1
350	0,0	0,3	1
400	0,0	0,0	1
450	0,3	0,0	1
500	0,0	0,0	1

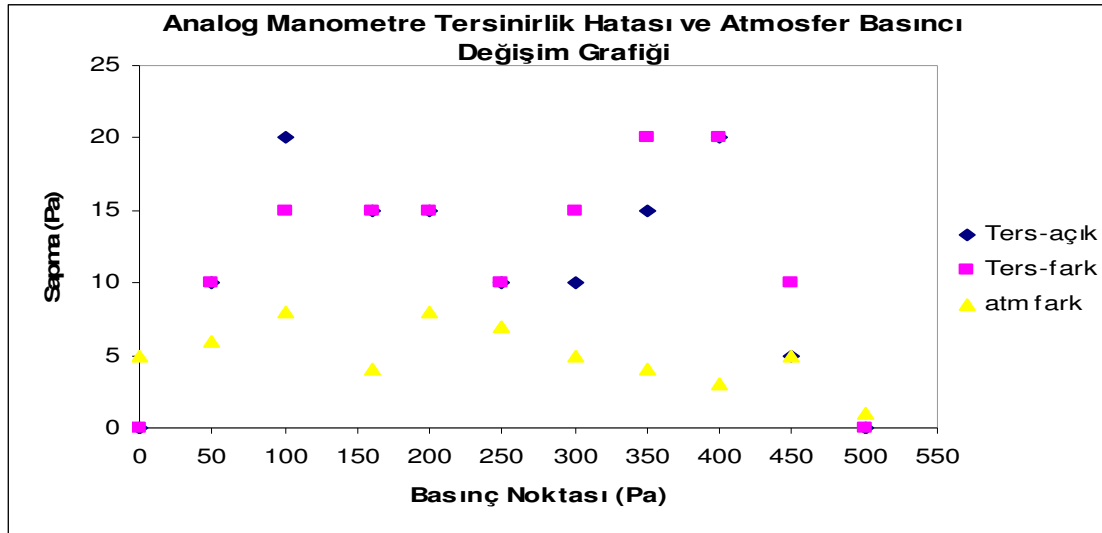


Şekil 10. Analog Manometre Kalibrasyonu " E_n " Değerleri

Tablo 5. Analog Manometre Tersinirlik Hatası

Tersinirlik Hatası				
Basınç Değeri	Analog Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık	Analog Manometre Fark Basınç Ölçümü	İki Kalibrasyon Arasındaki Tersinirlik Mutlak Farkı	Artan Azalan Arasında Atmosfer Basıncı Farkı Mutlak Değeri
P_{ref}	h_1	h_2	$ \Delta h $	$ \Delta P_{atm} $
Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
0	0	0	0	5
50	10	10	0	6
100	20	15	5	8
160	15	15	0	4
200	15	15	0	8
250	10	10	0	7
300	10	15	5	5
350	15	20	5	4
400	20	20	0	3
450	5	10	5	5
500	0	0	0	1

Atmosfer basıncındaki değişimlerin kalibrasyonu gerçekleştirilen analog manometre üzerindeki etkisini irdelemek için, Tablo 5.'te verilen fark basınç ölçümü ve negatif port atmosfere açık iken yapılan kalibrasyonlardaki artan-azalan noktalar arasındaki farklara ve anlık atmosfer basıncı değişimlerine bakıldığında, atmosfer basıncındaki değişimin cihaz verilerine doğrudan etki etmediği görülmektedir. Bazı basınç noktalarında dikkati çeken farkların cihazın metrolojik karakteristiği ile ilgili olarak ön plana çıktığı konusu değer kazanmaktadır. Şekil 11.' de bu farkların grafiksel ifadesi yer almaktadır.



Şekil 11. Analog manometre tersinirlik hatası ve atmosfer basıncı değişim grafiği

4.2. Sayısal Fark Basınç Ölçer Kalibrasyon Sonuçları

Sayısal fark basınç ölçer kalibrasyonları, analog manometrede kullanılan yöntem ve referanslar kullanılarak yapılmıştır. Sayısal manometrenin kalibrasyon sonuçları aşağıda yer alan tablolarda ve grafiklerde verilmiştir. Cihaz kalibrasyonuna atmosfer basıncının etkisini görebilmek için aynı şartlarda, aynı prosedür, aynı operatör ve aynı referans kullanılarak cihazın negatif girişi atmosfere açık ve kapalı iken ölçümler yinelenmiştir. Ölçüm sonuçları Tablo 6., Tablo 7., Şekil 12. ve Şekil 13.' de değer ve grafiksel olarak verilmiştir. Kalibrasyonu gerçekleştirilen sayısal fark basınç ölçerin metrolojik özellikleri (tekrarlanabilirlik, histeresiz, sıfır sapması v.s.) oldukça iyidir. Dolayısıyla cihazın bu

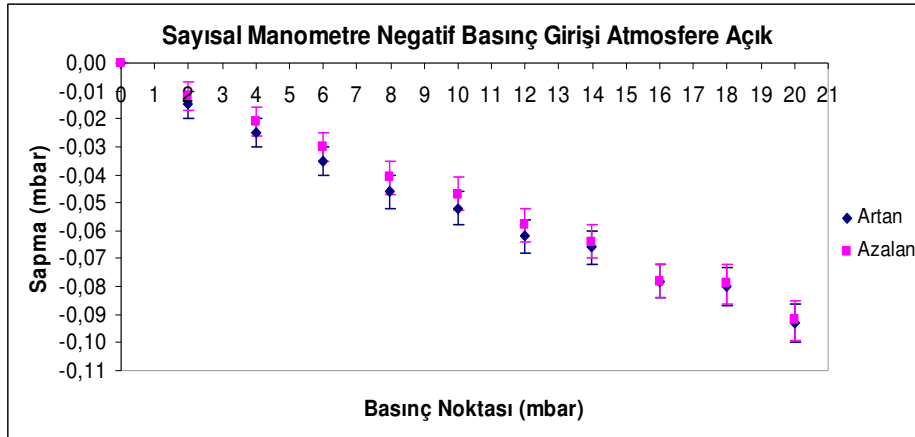
özellikleri belirsizlik hesaplarını da direk olarak etkilemiş ve belirsizlik değerleri oldukça düşük çıkmıştır.

Tablo 6. Sayısal Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık Halde Yapılan Ölçüm Sonuçları

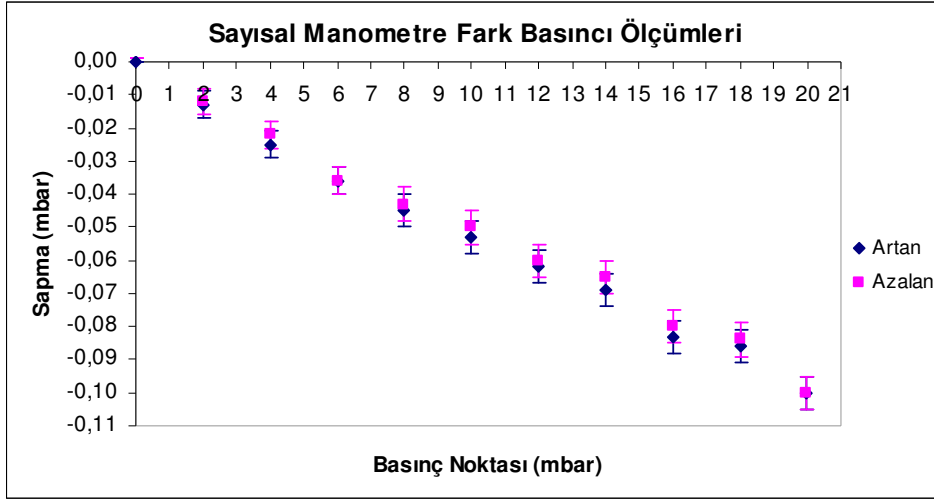
Sayısal Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık Durumda									
Artan Değerler				Azalan Değerler				Atmosfer basıncı	
Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Artan	Azalan
mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	-	994,52	994,35
2,000	1,985	-0,015	0,005	2,000	1,987	-0,012	0,005	994,52	994,35
3,999	3,974	-0,025	0,005	3,999	3,978	-0,021	0,005	994,52	994,35
5,999	5,964	-0,035	0,005	5,999	5,969	-0,030	0,005	994,51	994,36
7,998	7,952	-0,046	0,006	7,998	7,958	-0,041	0,006	994,49	994,38
9,993	9,941	-0,052	0,006	9,993	9,946	-0,047	0,006	994,47	994,39
11,992	11,931	-0,062	0,006	11,992	11,934	-0,058	0,006	994,47	994,40
13,992	13,926	-0,066	0,006	13,992	13,928	-0,064	0,006	994,48	994,42
15,991	15,913	-0,078	0,006	15,991	15,913	-0,078	0,006	994,49	994,43
17,990	17,910	-0,080	0,007	17,990	17,911	-0,079	0,007	994,50	994,43
19,989	19,896	-0,093	0,007	19,989	19,897	-0,092	0,007	994,49	994,46

Tablo 7. Sayısal Manometre Fark Basıncı Ölçüm Sonuçları

Sayısal Manometre Fark Basıncı Ölçümü							
Artan Değerler				Azalan Değerler			
Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik	Pref	Ptest	Hata	Belirsizlik
mbar	mbar	mbar	mbar	Mbar	mbar	Mbar	mbar
0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,001	0,001	-
2,000	1,987	-0,013	0,004	2,000	1,988	-0,012	0,004
3,999	3,974	-0,025	0,004	3,999	3,978	-0,022	0,004
5,999	5,963	-0,036	0,004	5,999	5,963	-0,036	0,004
7,994	7,949	-0,045	0,005	7,994	7,951	-0,043	0,005
9,993	9,941	-0,053	0,005	9,993	9,944	-0,050	0,005
11,992	11,930	-0,062	0,005	11,992	11,932	-0,060	0,005
13,992	13,923	-0,069	0,005	13,992	13,927	-0,065	0,005
15,991	15,908	-0,083	0,005	15,991	15,911	-0,080	0,005
17,990	17,904	-0,086	0,005	17,990	17,906	-0,084	0,005
19,989	19,889	-0,100	0,005	19,989	19,890	-0,100	0,005



Şekil 12. Negatif Giriş Atmosfere Açık Halde Sayısal Manometre Hata ve Belirsizlik Değerleri Grafiği

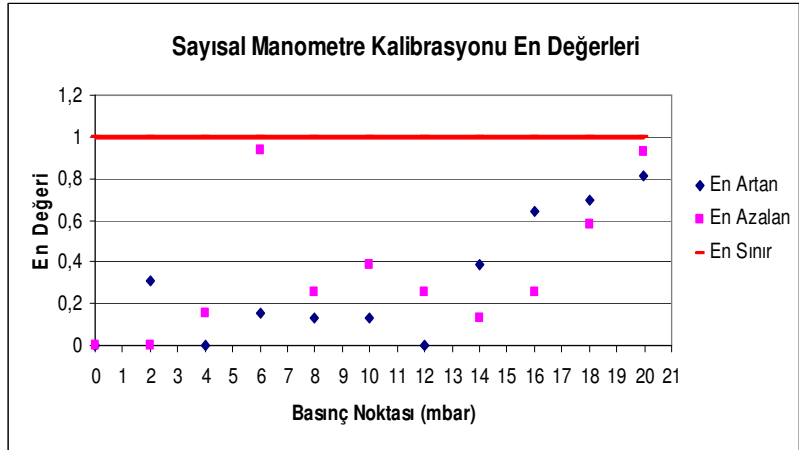


Şekil 13. Fark Basınç Ölçümünde Sayısal Manometre Hata ve Belirsizlik Değerleri Grafiği

Sayısal manometrede de analog manometrede olduğu gibi, iki kalibrasyon sonuçlarını birbiri ile kıyaslamak için " E_n " değeri kullanılmıştır. " E_n " değeri hesabında ölçüm sonuçlarından elde edilen hata ve belirsizlik değerlerinden faydalanılmıştır. Ölçüm sonuçlarının başarılı olarak değerlendirilebilmesi için $|E_n| \leq 1$ kriterinin sağlanması gerekmektedir. Tablo 8.' de ve Şekil 14.' de görülen " E_n " değerlerinin ≤ 1 kriterini sağladığı görülmektedir. Analog manometre değerlerine nazaran sayısal manometre " E_n " değerlerinin 1 sınırına yakın değerler aldığı görülmektedir. Sayısal manometre belirsizlik değerlerinin oldukça küçük olarak elde edilmesi, sonuçların sınır değere yaklaşmasında önemli bir etken olmuştur. Bu sonuçlar, her iki yöntemin de sayısal fark basınç ölçer kalibrasyonunda kullanılabilirliğini işaret etmektedir.

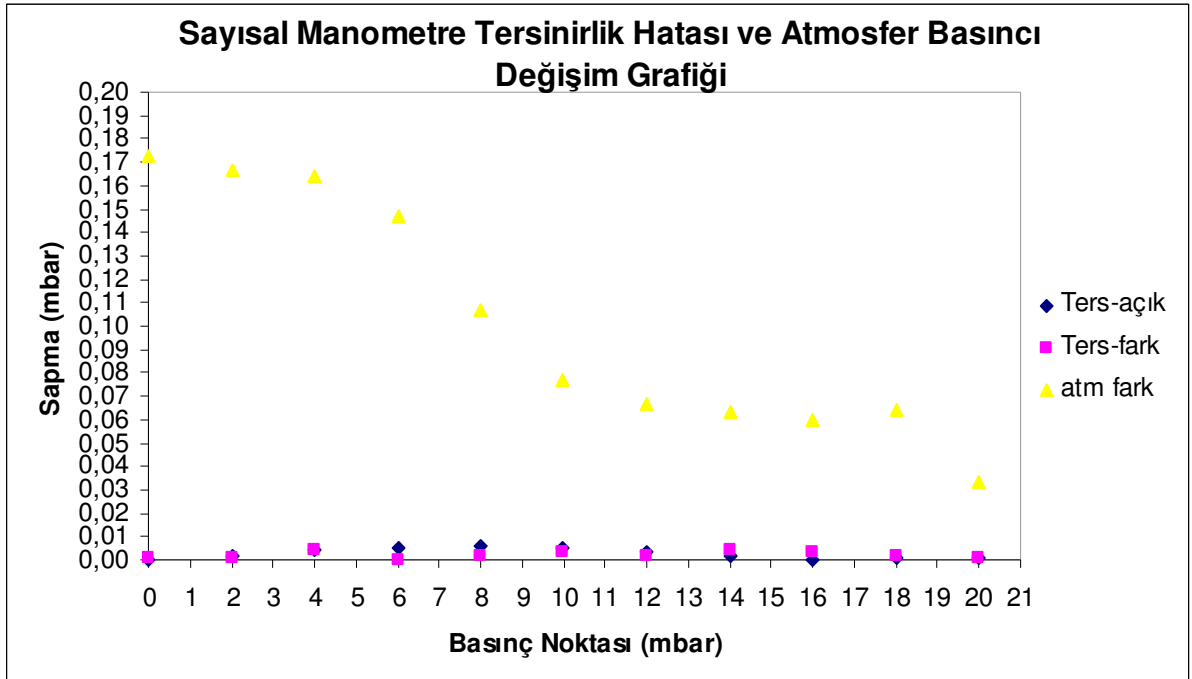
Tablo 8. Sayısal Manometre Hesaplanan " E_n " Değerleri

Sayısal Manometre E_n Değerleri			
Basınç Değeri Pref mbar	$ E_n $		E_n Sınır Değer
	Artan	Azalan	
0,000	-	-	-
2,000	0,3	0,0	1
3,999	0,0	0,2	1
5,999	0,2	0,9	1
7,998	0,1	0,3	1
9,993	0,1	0,4	1
11,992	0,0	0,3	1
13,992	0,4	0,1	1
15,991	0,6	0,3	1
17,990	0,7	0,6	1
19,989	0,8	0,9	1

Şekil 14. Sayısal Manometre Kalibrasyonu " E_n " Değerleri

Tablo 9. Sayısal Manometre Tersinirlik Hatası

Tersinirlik Hatası				
Basınç Değeri	Sayısal Manometre Negatif Giriş Atmosfere Açık	Sayısal Manometre Fark Basınç Ölçümü	İki Kalibrasyon Arasındaki Tersinirlik Mutlak Farkı	Artan Azalan Arasında Atmosfer Basıncı Farkı Mutlak Değeri
P_{ref}	h_1	h_2	$ \Delta h $	$ \Delta P_{atm} $
mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
0,000	0,000	0,001	0,001	0,173
2,000	0,002	0,001	0,001	0,167
3,999	0,004	0,004	0,000	0,164
5,999	0,005	0,000	0,005	0,147
7,998	0,006	0,002	0,004	0,107
9,993	0,005	0,003	0,002	0,077
11,992	0,003	0,002	0,001	0,067
13,992	0,002	0,004	0,002	0,063
15,991	0,000	0,003	0,003	0,060
17,990	0,001	0,002	0,001	0,064
19,989	0,001	0,001	0,000	0,033



Şekil 15. Sayısal Manometre Tersinirlik Hatası ve Atmosfer Basıncı Değişim Grafiği

Atmosfer basıncındaki değişimlerin kalibrasyonu gerçekleştirilen sayısal manometre üzerindeki etkisini incelemek için, Tablo 9.'da verilen fark basınç ölçümü ve negatif port açık iken yapılan kalibrasyonlardaki basınç noktalarının artan-azalan değerleri arasındaki farklara ve anlık atmosfer basıncı değişimlerine bakıldığında, atmosfer basıncındaki değişimin cihaz verilerine direk olarak etki etmediği görülmektedir. Atmosfer basıncının yüksek farklarına rağmen, iki kalibrasyon arasındaki cihaz tersinirlik farklarının düşük değerlerde seyrettiği gözlenmiştir. Şekil 15.' de bu farkların grafiksel ifadesi yer almaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, analog ve sayısal fark basınç manometrelerinin pistonlu basınç standardı ile kalibrasyonu esnasındaki atmosfer basıncı değişimlerinin ölçüm sonuçlarına etkileri incelenmiştir. Kalibrasyonlar, Euramet cg-17 standardında yer alan gelişmiş basınç prosedürüne göre, negatif basınç girişleri atmosfere açık halde ve negatif basınç girişlerine sabit bir basınç değeri uygulanarak iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçlardan hesaplanan "En" değerlerine bakıldığında, değerlerin kabul sınırının içinde kaldığı görülmektedir. "En" değerleri yanı sıra, kalibrasyonlardaki artan-azalan basınç değerleri arasındaki tersinirlik farklarının atmosfer basıncındaki farklardan daha düşük değerlerde olduğu gözlenmiştir. Pistonlu basınç standardı ile fark basınç ölçer kalibrasyonunda her iki yöntemle benzer sonuçlar elde edilmiştir. Atmosfer basıncının kalibre edilecek cihazın hissedemeyeceği kadar küçük değişimler gösterdiği ölçümlerde, fark basınç ölçerlerin bağıl olarak kalibrasyonu, sonuçları kayda değer olarak etkilemediği görülmüştür. Kaldı ki bu çalışmadaki ölçümler, Euramet cg-17 standardında belirtilen en hassas ölçüm prosedürü kullanılarak, yani cihazın metrolojik vasıflarının elverdiği ölçüde düşük belirsizliklerin verilebileceği yöntem kullanılarak elde edilmiştir. Euramet cg-17 standardında yer alan standart prosedür veya temel prosedürün kullanılması durumunda daha büyük belirsizlik sonuçları hesaplanacak, haliyle de aynı hatalara sahip test cihazı için daha küçük "En" değerleri elde edileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] EURAMET cg-17 Version2.0 (03/2011) Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers, 2011
- [2] ISO/IEC 17043 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing, 2010
- [3] 44953-TR-130420 Vegadif ile Fark Basınç Ölçümü, VEGA
- [4] H.Bulut, "Ölçme Yöntemleri"

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah HAMARAT

1975 Yenice/Çanakkale doğumludur. 1996 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir ve 2002 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bölümü'nde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1997-2002 yılları arasında özel sektörde enerji, teknik servis, proje yöneticiliği gibi çeşitli alanlarda çalışmıştır. 2002-2007 yılları arasında TÜBİTAK-UME Basınç Standartları Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmıştır. 2009 yılından bu yana Emis Kalibrasyon' da Teknik Müdür olarak çalışmaktadır.

Yasin DURGUT

1975 Akşehir doğumludur. 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yine aynı yıl Ege Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü İngilizce hazırlık Programı'nı bitirmiştir. Sonrasında Alcatel Telekomünikasyon A.Ş.'de 2000-2004 yılları arasında çeşitli telekomünikasyon projelerinde çalışmıştır. Durgut, 2006 yılında ise Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İşletme Bölümü'nü bitirmiştir.

Yasin Durgut, PMP (Project Management Professional) sertifika derecesine sahiptir. 2004 yılından bu yana TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Basınç Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmaktadır. Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümü'nde doktora öğrenimine devam etmektedir.

Onur AYDEMİR

1976 yılında İzmit doğumludur. İlk ve orta öğrenimini Ardahan'da tamamladı. Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Meslek Yüksek Okulu Elektronik bölümünden 1996 yılında mezun oldu. 1997 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde Elektronik Atölye (Özel Ölçümler Lab.), göreve başladı. 2007 yılından bu yana da aynı enstitüde Basınç Laboratuvarı'nda uzman teknisyen olarak çalışmaya devam etmektedir.