

METROLOJİ VE KALİBRASYON (I)

M. Evren TOYGAR

DEÜ, Makina Mühendisliği Bölümü

Teknolojinin büyük bir hızla gelişmesi, hassas, güvenilir ve doğru ölçümlere olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Ölçme teknikleri ve cihazları da son yıllarda büyük gelişmeler kaydetmiştir. Son kırk yılda, boyutsal ölçümlerde belirsizlik seviyesi bin kat artmış, elektriği ölçme sistemlerinde ölçme hassasiyetleri %10 olan analog ölçü cihazlarından, hassasiyetleri 10 ppm (%0.001) düzeylerindeki dijital ölçme cihazlarına ulaşılmıştır. Bu hızlı gelişmeye neden olan en büyük gücün askeri teçhizatın gelişmesi ve uzay araştırmalarının ihtiyaç duyduğu ileri teknolojiye haiz cihazların üretilmesi olarak kabul edilmektedir.

Ülkemizde, Sanayiinin gelişmesi hedeflendiğinde, yurtiçinde bulunması gereken teknik kabiliyetlerin başında kalibrasyon imkanları gelmektedir. Yapılan tüm ölçümlerin yurtiçi ve yurtdışında yapılan diğer ölçümlerle aynı temele dayanması, uluslararası düzeyde organize olmuş bir ölçme ve kalibrasyon sisteminin varlığı ile gerçekleştirilmektedir. Metroloji sisteminin bir parçasını oluşturan ölçümlerin yürütüldüğü tüm kuruluş ve laboratuvarlar ile ölçme faaliyetlerinde kullanılan tüm cihazlar bir ülkenin ölçme alt yapısı olarak görülebilir ve ülkenin endüstrileşme seviyesini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Endüstride kullanılan bir ölçü aletinin yaptığı ölçümün bütün dünyada tanınması ve yapılan diğer ölçümlerle aynı olduğunun kabul edilmesi, bu ölçümün, bir ölçme referans zinciri ile en yüksek hassasiyetli temel ölçme standardına ulaşması ile mümkündür. Bu ihtiyaç, yapılan tüm ölçümlerin milli ve milletlerarası düzeyde kabuledilebilirliğini gerektirmektedir. Bu gelişmeler bütün dünyada kalibrasyona yaklaşımı da değiştirmiştir. Kalibrasyon, en genel tanımıyla, değerinin doğruluğu kabul edilmiş bir standart kullanılarak daha az hassas benzer veya aynısı bir ölçü aletini veya standardını ölçme ve ayarlama işlemidir. En üst noktasında Paris'te kurulu "Bureau International des Poids et Measure-BIPM" (Uluslararası Ölçü ve Ayarlar Bürosu) bulunan ve hiyerarşik bir yapı içinde ölçme cihazına kadar ulaşan herhangi bir referans zinciriyle sisteme bağlı olan tüm ölçümler uluslararası tanınır nitelikte ölçümdür. Sistemin nasıl yapıldığı ilgili bölümde daha detaylı olarak incelenmektedir. Seri üretime geçilmesiyle başlayan sanayileşme sürecinde, farklı yerlerde üretilen parçaların birleştirilmesiyle bir bütünün oluşturulması, yan sanayi ve üretimde uzmanlaşma oluşumlarını başlatmıştır.

Bu oluşum , "endüstriyel metroloji" ve "kalite" kavramlarının gelişmesine neden olmuştur. İlerleyen sürede endüstride, kalite kontrol kavramında, önemli gelişmeler sağlanmış, üretimden çıkan ürün piyasaya sürülmeden önce örnekleme yapılarak kalite kontrolünden geçirilmeye başlanmıştır. Olumsuzluklar, kabul edilebilir hata sınırını geçmediği sürece üretime devam edilmiştir. Bitmiş üründe yapılan kalite kontrolünün, hatalar kabul edilebilir sınırın altında kaldığı sürece üretimin gelişmesine bir katkısı yoktur. Hatalı üretimden doğan kayıp ve zararlar da sürmektedir. Ancak savunma, sağlık gibi hayati öneme haiz bazı konularda hiçbir hatalı ürün kabul edilemez. Burada kabul edilebilir hata sınırı yoktur. Bu nedenle çok yüksek maliyet getiren bir yöntem olan %100 kalite kontrolü uygulanması gereği vardır. Kalite kontrolünde ortaya çıkan zaman ve kaynak kaybı, sistemi bir bütün olarak değerlendirme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Sistem bir bütün olarak incelendiğinde insandan kaynaklanan (rastgele) hataların %2-%15 dolaylarında, sistemden kaynaklanan hataların %85-%98 mertebesinde olduğu gözlenmektedir. O halde sistem bir bütün olarak ele alınmalı, önleyici yaklaşımlarla sistemden kaynaklanan hataların giderilmesi gerekmektedir.

Türkiye 'de kalite güvence sistemlerinin uygulamaya girmesi ve Gümrük Birliği süreciyle birlikte kullanımının hızla yaygınlaşması sonucu, bu sistemin temel gereklerinden olan Metroloji-Kalibrasyon kavramları da hızla gündeme gelmiştir. Diğer birçok ülke Kalite Güvence Sistemlerini çok sağlam bir ölçme altyapısı üzerine kurarken, Türkiye'de tersine bir gelişme olmuş, Kalite Güvence Sistemlerinin ihtiyağları Metroloji altyapısının gelişmesini zorunlu kılmıştır. Türkiye'de Metroloji ve Kalibrasyon kavramları ve ihtiyaçı Kalite Sistemleri ile birlikte gelişmiştir.

Türkiye'de yapılan kalibrasyonlar ve bunun da ötesinde ISO9000 kalite sistem belgelerinin geçerliliği tartışılır noktaya gelmiştir.

TANIMLAR

Metroloji (Measurement): Ölçü ile ilgili bilim sahası; Metroloji, doğruluk seviyesi ve uygulama alanına bakmaksızın, ölçmeye dayanan pratik ve teorik tüm konuları kapsar (VIM 2.01). "VIM: Vocabularie International des termes fondamentaux et generaux de Metrologie (International Vocabulary of basic and general terms in Metrology)".

Kalibrasyon (Calibration): Belirlenmiş koşullar altında, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterdiği değerler veya maddi ölçüt ile gösterilen değerlerle ölçülen büyüklüğün bunlara karşılık geldiği bilinen değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyen işlemler dizisi olarak tanımlanmaktadır (VIM 6.13). Buna göre :

1. Kalibrasyon sonucu, maddi ölçütün, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterge değeri hatasının veya rasgele bir ölçek üzerindeki işaretlere karşılık gelen değerlerin belirlenmesine imkan verir.
2. Kalibrasyon diğer metrolojik özellikleri de belirleyebilir.
3. Kalibrasyon sonucu, Bazen "Kalibrasyon sertifikası" bazen de Kalibrasyon Raporu " adı verilen dökümanlara kaydedilir.
4. Kalibrasyon sonucu Bazen "Kalibrasyon faktörü"veya "Kalibrasyon Eğrisi formunda kalibrasyon faktörleri dizisi olarak ifade edilir.

Etalon (Ölçüm Standardı-Measurement Standard): Bir büyüklüğün bir veya birden fazla bilinen değerini veya bir birimi mukayese yolu ile ölçme cihazlarına aktarmak amacıyla; tanımlayan, gerçekleştiren, muhafaza eden veya yeniden üreten maddi ölçüt, ölçme cihazı veya ölçme sistemidir (VIM 6.01). Örnekler :

- a) 1 kg'lık kütle
- b) Uzunluk mastarı
- c) 100 Ohm direnç
- d) Doymuş Weston std. Pili
- e) Standart ampermetre
- f) Sezyum atomik frekans standardı

Primer Standart (Birincil Standart-Primary

Standard) : Belirli bir alanda en yüksek metrolojik vasa sahip olan standart (VIM 6.04). Primer standart kavramı temel ve türetilmiş birimler için aynı derecede geçerlidir.

Sekonder Standart (İkincil Standart-Secondary

Standard): Değeri primer standart ile karşılaştırılarak elde edilen standart (VIM 6.05)

Uluslararası Standart (International Standard) : Ele alınan büyüklüğe ait, diğer bütün standartların değerlerini belirlemekte uluslararası temel olarak hizmet edeceği, uluslararası bir anlaşma ile kabul edilen standart (VIM 6.06).

Ulusal Standart (National Standard) : Ele alınan büyüklüğe ait, ülkedeki diğer bütün standartların değerlerinin temeli olduğu; resmi, ulusal bir kararla kabul edilen standart (VIM 6.07). Not: Ülkedeki ulusal standart genelde primer standarttır.

Referans Standart (Reference Standard) : Genelde belirli bir mahalde en yüksek metrolojik özelliklere sahip ve o mahalde yapılan ölçümlerin kendisinden elde edildiği standart (VIM 6.08).

Çalışma Standardı (Working Standard) : Ölçme cihazı veya maddi ölçütü kalibre veya kontrol etmek için rutin olarak kullanılan ve genelde referans standart ile kalibre edilmiş standart (VIM 6.09).

Transfer Standardı (Transfer Standard): Standartların, maddi ölçütlerin veya ölçme cihazlarının karşılaştırılmasında aracı olarak kullanılan standart (VIM 6.10). Mukayese cihazı tam manasıyla bir standart olmadığı zaman transfer cihazı deyimi kullanılmalıdır. Örnek olarak uç standartlarını birbirleri ile mukayese etmek için kullanılan ayarlanabilir çap ölçerleri verilebilir.

Ölçme Cihazı (Muayene ve Deney Cihazı) : Tek başına ya da diğer ekipmanlarla birlikte, bir ölçümü gerçekleştirmek için tasarlanmış cihaz (VIM 4.01). Örnek: Kumpas, mikrometre, ölçü saati, voltmetre, ampermetre, sertlik ölçme cihazları, mesurler v.s.dir.

Proses (İşletim), Deney ve Muayene : Herhangi bir nesnenin veya olayın fiziksel, kimyasal özelliklerinin nicelik olarak belirlenmesi için yapılan bir dizi ölçme ve değerlendirme işlemleri dizisidir. Üretim esnasında kullanılan presler, fırınlar, kesme ağızları, bant kantarları v.s işletme şartları ayrıca yarı mamül ve mamüllerin istenen fiziko kimyasal şartlara uygunluğunun test ve incelemeye tabii tutulmasıdır.

SI Birimleri (Uluslararası Metrik Sistem): Tanımlanmış ölçü ve ağırlıklar birimleri insan ticaret yapmaya başlayınca gerekli olmuştur. İnsan ilk ölçme birimi olarak sürekli yanında olan ölçeği, yani bedenini kullanmaya başlamıştır. Baş parmak genişliği (inch), karış, ayak, adım, arşın, avuç (hacim ölçüsü), karat (keçi boynuzu tohumunun ağırlığı) gibi ölçüler kullanılmıştır. Ancak bu ölçü birimlerinin anlaşılır olması yanında kişiden kişiye değişmesi ticarete problem olmuştur. Ölçme sistemine yapılan yatırım, uluslararası ticaret hacmine göre çok yüksektir. Endüstrileşme ile birlikte 19. yüzyılın ortalarından sonra ekonomi ve teknik

alandaki gelişmeler yeni ölçme birimlerinin belirlenmesini ve ölçme birimleri konusunda uluslararası bir koordinasyonu zorunlu kılmıştır. Bu amaçla toplanan metre konvensiyonuna imza atan 17 ülke Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu (BIPM) nun kurulmasını kabul etmişlerdir. (BIPM) metrik sistemin kullanımını yaygınlaştırmak, geliştirmek için çalışmakta, metroloji ve kalibrasyon konusunda uluslararası koordinasyonu sağlayarak dört yılda bir Uluslararası Ölçü ve Ağırlık Kongresini (CGPM) toplamaktadır. SI birimleri, 1960 yılında Ölçüler ve Ağırlıklar Konferansı'nın 11. toplantısında kabul edilmiştir. Buna göre Système International de'Unités (SI birimleri) üç tip birimden oluşur :

- Temel birimler
- Yardımcı Birimler
- Türetilmiş Birimler

Ayrıca sistem bu birimlerin katları ve bölenleri için kullanılan standart terminolojiyi de belirler. 11. CGPM'de boyut olarak birbirinden bağımsız 7 temel birim belirlenmiştir. Türk Hükümeti SI Birimler Sistemi'ni bir kanunla aynen kabul etmiş ve bu kanun üzerindeki en son değişiklik 7 Aralık 1990 tarih ve 20718 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır.

Bir ülkede ölçme sistemi oluşturulabilmesi için, ülkenin SI birimlerinin oluşturulması zorunluluğu vardır. Ölçme sisteminin oluşturulması ile de , SI sisteminde tanımlanan temel birimlerin tanımlarına uygun ölçme metotlarının geliştirilmesi ifade edilmektedir. Bu konuda 1985 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nü kurmakla görevlendirilmiştir.

Tablo 1. Temel Birimler

Parametre	Birim	Sembol	Tanımı
Uzunluk	Metre	M	1metre, Vakum içerisindeki monokromatik ışığın 1/299 792 458 sn'de katettiği yolun uzunluğudur. 17.CGPM (1983)
Kütle (Ağırlık)	Kilogram	Kg	1 kg, Uluslararası kilogram prototipinin kütesine eşittir. 1.CGPM (1889) ve 3.CGPM (1901)
Zaman	Saniye	S	Taban enerjisindeki Celsiyus 133 atomunun iki süper ince düzeyi arasındaki geçişler sırasında oluşan radyasyon periyodunun 9 192 631 770 katıdır. 13.CGPM (1967)

Elektrik Akımı	Amper	A	Boşlukta birbirine 1 m mesafede paralel duran sonsuz uzunlukta ve kesitleri ihmal edilebilen iki iletken arasında 2×10^{-7} Nm kuvvet oluşturan akımın şiddetidir. 9.CGPM (1948)
Sıcaklık	Kelvin	K	Suyun üçlü noktasının dinamik sıcaklığının $1/273.16$ katıdır. 13.CGPM (1967)
Işık Şiddeti	Kandela	cd	Monokromatik ve 540×10^{12} Hz frekanslı, yayılma doğrultusundaki radyasyon miktarı $1/683$ Watt/Steradyan olan ışığın şiddetidir. 16.CGPM (1979)
Madde Miktarı	Mol	mol	0.012kg Karbon C12 elementinin atomları sayısı kadar madde elemanları bulunduran bir sistemin madde miktarıdır. Bu ifadeyle birlikte madde yapısı iyon, atom, molekül olarak ifade edilmelidir. 14.CGPM (1971)

1 metre, Vakum içerisindeki monokromatik ışığın $1/299\,792\,458$ sn'de katettiği yolun uzunluğudur. (1983 yılında 17 CGPM'de yapılan bu tanım 1960 yılında Kripton 86 atomunun neşrettiği radyasyona bağlı olarak yapılan metre tarifini geçersiz kılmıştır. 1960 yılında yapılan tarif de, 1889 yılında yürürlüğe giren kutupdan ekvatora kadar olan meridyenin uzunluğunu temel alan prototip metreyi (Pt-Ir çubuk) lağvetmişti). 1 kg, Uluslararası kilogram prototipinin kütlesine eşittir. Bu prototip 1889 yılında 1.CGPM'de kabul edilen, çapı 39mm, yüksekliği 39mm, yoğunluğu 21.5 g/cm^3 olan Pt—Ir alaşım (90% Platin, 10% İridyum) silindirik kütledir. Bu prototip Fransa'nın Serv şehrinde BIPM müzesinde muhafaza altındadır. Türkiye'nin kütle ölçme standardı olan Pt-Ir alaşım prototip UME'de (Ulusal Metroloji Enstitüsü) muhafaza edilmektedir.

Eski tarifine göre saniye, astronomik olarak bir günün 86440 'de biri olarak ifade edilmekteydi. Fakat dünyanın güneşin etrafında dönmesinde bazı düzensizlikler olması sebebiyle saniye istenilen hassasiyette bir zaman birimi olmaktan uzaklaştı. 1967 yılında Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı'nın (CGPM) 13. Toplantısı saniyeyi atomik esaslı bir tarifile yeniden açıkladı. Buna göre saniye, Celsiyus 133 atomunun temel enerji durumunda iki süper ince düzeyi arasındaki geçişler sırasında oluşan radyasyon periyodunun $9\,192\,631\,770$ katıdır. Günümüzde bu esasa göre imal edilmiş Cesium atomik saati ile 1×10^{-7} hassasiyette saniye ölçümü yapılmaktadır.

Tablo 2 . Yardımcı Birimler

Parametre	Birim	Sembol	Tanımı
Düzlem Açısı	Radyan	rad	Bir dairenin çevresinde yarıçapına eşit uzunlukta bir yay oluşturacak şekilde, merkezinden kenar çizgisine iki düz çizgi arasında kalan açının

			büyüküdüdür. (ISO 31/1 -1978)
Katı Açı	Steradyan	sr	Bir kürenin yüzeyinde, kenar uzunlukları kürenin yarıçapına eşit büyüklükte bir kare oluşturacak şekilde, kürenin merkezinden yüzeyine uzanan düzlemler arasındaki açıdır. (ISO 31/1 -1978)

Düzlem açı birimi radyan (rad) ve katı açı birimi steradyan (sr) yardımcı birim olarak tanımlanmıştır. Yardımcı birimler temel birim olarak da kabul edilebilir, türetilmiş birim olarak da kabul edilebilir.

Rad iki uzunluğun, Steradyan ise iki alanın oranı şeklinde tanımlanabildiğinden, ISO 31 bu birimleri türetilmiş birim olarak kabul etmektedir. Ancak boyutsuz büyüklüklerdir.

Ekim 1980'de Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı, yardımcı birimleri boyutsuz türetilmiş birim olarak tanımladı ve bu birimlerin türetilmiş birimlerin ifade edilmesinde kullanılıp kullanılmamasını serbest bıraktı.

Bazı türetilmiş birimlerin elde edilmesinde kullanılabilirler.

Örneğin, açısal hız s^{-1} veya rad/s açısal ivme ise s^{-2} veya rad/s² olarak ifade edilebilir.

Tablo 3. Türetilmiş Birimlerin Özel İsim ve Sembolleri

Parametre	Türetilmiş birimin özel ismi	Sembol	Temel ve yardımcı SI birimlerle veya diğer türetilmiş SI Birimlerle ifadesi
Frekans	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Kuvvet	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
Basınç	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
İş, Enerji	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$
Güç	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
Elektrik yükü	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A.s}$

Elektrik potansiyeli Potansiyel fark	volt	V	$1 V = 1 J/C$
Elektrik kapasitansı	farad	F	$1 F = 1 C/V$
Elektriksel direnç	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 V/A$
Elektriksel iletkenlik	siemens	S	$1 S = 1 W^{-1}$
Manyetik akı	weber	Wb	$1 Wb = 1 V.s$
Manyetik endüksiyon Manyetik akı yoğunluk	tesla	T	$1 T = 1 Wb/m^2$
Endüktans	henry	H	$1 H = 1 Wb/A$
Celsius sıcaklık	degree Celsius	$^{\circ}C$	$1^{\circ}C = 1 K$
Işık Akısı	lümen	lm	$1 lm = 1 cd.sr$
Aydınlatma şiddeti	lux	lx	$1 lx = 1 lm/m^2$

Türetilmiş birimler, temel ve yardımcı birimlerden cebirsel işlemlerle elde edilen birimlerdir. Bazı türetilmiş birimlerin özel isim ve sembolleri vardır. Tablo-3'de verilen bu semboller CGPM tarafından onaylanmış, kabul edilmiştir. Bunların dışında bazı türetilmiş birimler de bu sembolleri kullanarak ifade edilebilir.

SI Birimlerinin İfadesinde Kullanılan

Katsayı Sistemi

SI Birimlerinin ifadesinde Tablo-4'de verilen ondalık katsayı sistemi kullanılmaktadır. Bu katsayı birimlere öntakı olarak kullanılır ve birimin değerini tabloda belirtilen oranda değiştirir.

Her bir öntakı sadece bir birime etki eder. Her bir birim için sadece bir adet öntakı (çarpan) kullanılır. (Örneğin; $m\mu m$ yerine nm kullanılmalıdır.) Çarpan olarak etkileyeceği birim ile öntakı arasında boşluk bırakılmamalıdır.

Cümle sonu vb. gereklilik olmadığı sürece birim sembollerinin sonuna nokta konulmaz. Birim sembolleri miktarı belirten nümerik bir değer arkasına bir boşluk bırakılarak yazılır. Bileşik birimler araya çarpım işareti konularak veya arada boşluk bırakılmadan yazılır. Newton-metre Nm olarak yazılmalı; mN mili Newton ifade eder. Bölüm şeklindeki bileşik birimler m/s veya $m.s^{-1}$ şeklinde

ifade edilir. Karmaşık birimlerin ifadesinde parantez ve üslü ifadeler kullanılmalıdır. SI Birimleri içinde olmayan ancak pratik kullanımdaki önemi açısından GİPM (Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Komitesi) tarafından tanınan birimler Tablo-5'de verilmektedir. Bu birimler, bileşik birimlerin içerisinde SI birimleri ile birlikte kullanılmaktadır. SI Birimlerinde kullanılan katsayı sistemi bu birimlerle birlikte kullanılır.

Tablo 4. Ondalık Katsayı Sistemi

Faktör	Öntakı	Sembol
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	eksa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yokto	y

ANA KALİBRASYON KONULARI

Kuvvetin Tanımı

Kuvvet vektörel bir Fiziki Büyüklük (Physical Quantity) türevidir. Uluslararası Birimler Sistemi'ne (SI) göre kuvvet birimi Newton (N) dir. Bir kilogramlık kütleye sahip olan bir cisme 1m/s^2 'lik ivme kazandırmak için gerekli olan kuvvet; $1\text{N} = 1\text{kg} \times 1\text{m/s}^2$ dir.

Kuvvet ile ivme (a) arasındaki bağıntı ilk olarak Newton tarafından tespit ve ifade edilmiştir. Buna göre kuvvet Newton'nun 2. Kanunu'na göre;

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ dir}$$

SI Birimler Sisteminin kabulünden önce kuvvet birimi olarak Kilopond (kp) kullanılmaktaydı ve tanımı; "Bir kilogramlık kütleye sahip bir cisme 9.80665 m/s^2 lik ivme kazandıran kuvvet" olarak yapılmaktaydı. $1\text{kp} = 1\text{kg} \times 9.80665\text{ m/s}^2$

Tablo 5. GIMP Tatafından Tanınan Birimler

Parametre	Birim	Sembol	Tanım
Zaman	Dakika	Min	1 min = 60 s
	saat	H	1 s = 60 min
	gün	D	1 d = 24 h
Düzlem Açısı	derece	°	1° = $\pi/180$ rad
	dakika	'	1' = $(1/60)^\circ$
	saniye	"	1" = $(1/60)'$
Hacim	litre	l, L	1 l = 1dm^3
Ağırlık	ton	T	1 t = 10^3 kg
Enerji	elektronvolt	eV	1 eV = $1,60219 \times 10^{-19}$ J
Atom Ağırlığı	atomik ağırlık birimi	kg	1 u = $1,66057 \times 10^{-27}$
Uzunluk	astronomik birim	AU	1 AU = $149597,870 \times 10^6$ m
	parcel	Pc	1 pc = 206265 AU
Sıvı Basıncı	Bar	Bar	1 bar = 10^5 Pa

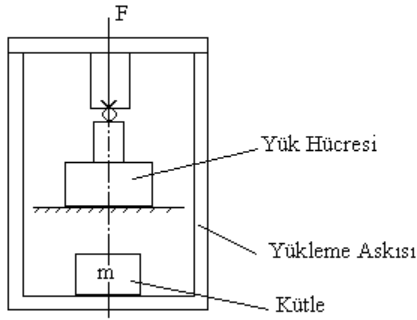
Tablo 6. Kuvvet Birimleri ve Çevirimleri

	N	dyn	Lbf	Kp	oz
N	1	10^5	0.224811	0.101972	3.59695
dyn	10^{-5}	1	$2.24810 \cdot 10^{-6}$	$1.01972 \cdot 10^{-6}$	$3.59695 \cdot 10^{-5}$
kp	9.80665	$9.80665 \cdot 10^5$	2.204622	1	35.2739 6
lbf	4.448187	$4.44817 \cdot 10^5$	1	0.45359	16
oz	0.278014	$2.78014 \cdot 10^4$	$6.24999 \cdot 10^{-2}$	$28.3495 \cdot 10^{-3}$	1

Bazı ülkelerde (mesela ABD'de pound force, lbf olduğu gibi) kuvvet için halen başka kuvvet birimleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları Tablo 6'da verilmiştir.

Kuvvet Ölçme Sistemleri

Eğer kuvvet direkt olarak kütle etkisiyle (bir cismin kütlesi) oluşuyorsa, burada: Dolaysız (Direkt) Kütle Etkisi'nden (Şekil 1),

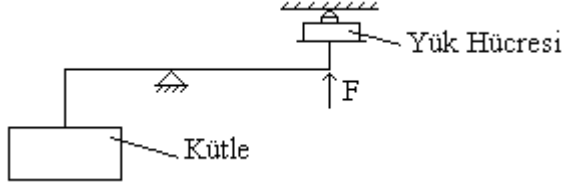


Şekil 1. Dolaysız Kütle Etkisi

$$F = m \times g_i \rho_l = \text{Hava yoğunluğu}$$

$$F = m \times g_i \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_m} \right) \rho_m = \text{Kütle malzemesi yoğunluğu}$$

Eğer kütle etkisi uygun bir sistemle büyütülüyorsa, burada: Dolaylı (Endirekt) Kütle Etkisi'nden



Şekil 2. Dolaylı Kütle Etkisi

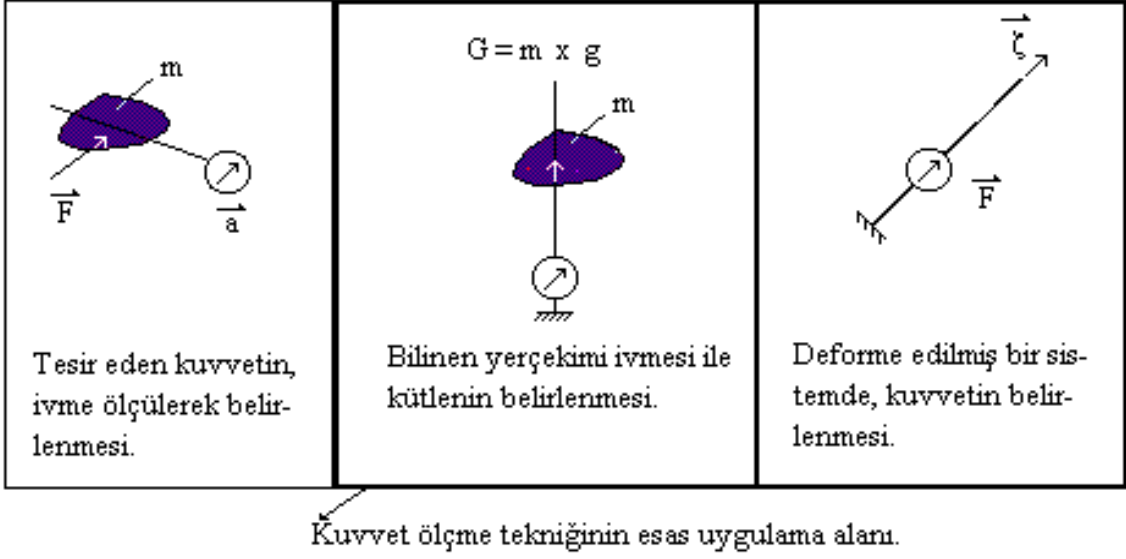
$$F = m \times g_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_m} \right) \times i$$

i = Kuvvet aktarma oranı (Tahvil oranı)

bahsedilir ki, bu tür kuvvet oluşturma sistemlerine Kuvvet Uygulama Makinaları denir.

Bir ülkedeki tüm kuvvet ölçümlerinin esasını teşkil etmek üzere ulusal, resmi bir kuruluş nezdinde Kuvvet Skalası' nın oluşturulmasında kullanılan makina için; Kuvvet Standardı Makinası (Force Standard Machine), kullanılır. Bu tür makineler ülke içindeki başka (özel ve/veya resmi) kuruluşlarda da mevcut olup, mukayese ölçümleriyle Kuvvet Standardı Makinasına bağlantılı (izlenebilir) iseler, bu makineler için; Kuvvet Referans Standardı Makinası (Force Calibration Machine) tanımı kullanılır.

Kuvvet Ölçme Tekniği Usüllerinin Bellibaşlıları :



Şekil 3. Kuvvet Ölçme Teknikleri

Çekme Test Makinalarının Muayene ve Kalibrasyonu

Kalibrasyonda esas olan, ölçülen fiziki büyüklüğün sayısal değeri ile gerçek değer arasında bir bağlantı kurma işlemidir. Ancak geleneksel olarak malzeme test makinalarında, gösterge değerinin haricinde muhtelif fiziksel, fonksiyonel v.b. özelliklerin de muayene edilmesi ilgili standartlarda istenilmektedir. Standard veya kalibrasyon yönergelerinde istenen fonksiyonel muayenelerin sonuçlarının müsbet olması durumunda makina (kuvvet göstergesi) kalibre edilmeye müsait sayılır. Böylece;

a) Kuvvet göstergesinin (analog/dijital) kalibrasyonunda kullanılan referans yük hücrelerin Kuvvet Dönüştürücüleri (mV/V) ve makinanın Histerzis'ini elimine etmek için önce makina üç defa, tam kapasitede "Ön Yükleme" yapılır ve bu yüklemeler arasında göstergenin "0" noktası kararlılığına bakılır. Tespit edilen "0" noktası sapması (f_0) ilgili standartta belirtilen değerlerin dışında ise, makina kalibre edilmeye müsait değil sayılır.

b) Kuvvet kalibrasyonu için, makinanın anma kapasitesine kadar asgari 5 basamakta (pratikte 10, 12 veya 16 basamakta) değer alınır ve bu ölçümler üç defa tekrarlanıp ortalaması alınır. Histerzis ölçümü kullanıcının isteğine bağlı olmakla birlikte, makinanın durumu hakkında bir kanaat sahibi olunması açısından

tavsiye edilir. Ölçme değerlerinin alınmasından sonra, makinanın ilgili standartta belirtilen değerlere göre sınıflandırılması için;

- Okuma belirsizliği : a
- Gösterge sapması : q
- Tekrarlanabilirlik sapması : b
- Histerezis : u
- "0" noktası sapması : fo

hesaplanır.

Basma Test Makinalarının Kalibrasyonu

Standart veya kalibrasyon yönergelerinde istenen fonksiyonel muayenelerinde müsbet sonuç elde edilmesi durumunda, kuvvet göstergesinin kalibrasyonu Çekme Test Makinaları'nda belirtildiği gibidir. Sınıflandırma ilgili standarda göre yapılır.

Sertlik Ölçme Makinalarının Kalibrasyonu

Kalibrasyon ile ilgili ölçümlerde iki usül uygulanır;

- Direkt (doğrudan) mukayese
- Endirekt (dolaylı) mukayese

Doğrudan mukayese : Ön yük ve esas yüklerin kuvvet ölçme cihazları ile, sertlik izi ve iz derinliği ölçme sisteminin uzunluk ölçme standartları kullanılarak doğrudan ölçülmesidir.

Dolaylı mukayese : Referans Sertlik Ölçme Plakaları kullanılarak, makina üzerinde sabit olarak bulunan uzunluk ölçme sistemleri vasıtasıyla sertlik izi çapının (veya diagonal) veya derinliğinin ölçülmesi ve bu değerlere tekabül eden sertlik değerinin elde edilmesidir.

KAYNAKÇA

1. Ulusal Metroloji Enstitüsü , Metrolojide Kullanılan Temel ve Genel Terimler Sözlüğü, Nisan 1997
2. TSE Notları (Kalibrasyon Eğitim Notları)
3. ITS-90 Uluslar arası Sıcaklık Skalası
4. DIN 863 Mikrometre Kalibrasyonu
5. DIN 862 Kumpas Kalibrasyonu
6. Günther Ramm, PTB-E39 Kalibrieren Vonwechselstrom-Meßbiderständen , Juli 1990,
7. Leedert Blied, Grundlagen Der Elektrischen Temperatur-mebtecchnic Elektries Temperaturmebtechnic-Fehelerquellen
8. TS EN-45501 Terazı Standardı
9. TS EN-837-1-2-3 basınç Standardı