

SAVUNMA SANAYİNDE ÖLÇÜMBİLİM UYGULAMALARI VE TALEPLER

Süreyya NAMLI

Ölçüm Kontrol Şefi

TUSAŞ TÜRK Havacılık ve Uzay Sanayi, Kalite ve Sertifikasyon Başkanlığı,
Fethiye Mahallesi, Havacılık Bulvarı No:17, 06980, Kazan/ANKARA

Tel: 0312. 811 18 00

E-Posta: snamli@tai.com.tr

ÖZET

Son yıllarda gelişme gösteren savunma sanayii firmaları AS9100 “Havacılık, Uzay ve Savunma Organizasyonları için Kalite Yönetim Sistemi”ni uygulamaya başlamışlardır. Kalite yönetim sistemlerinin gerekliliği olan ve ölçümde güvenilirliği sağlayan ISO 10012 “Ölçüm Yönetim Sistemi- Ölçüm İşlemi ve Ölçüm Cihazları İçin Gereklilikler” dokümanı veya ISO17025 “Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarının Yeterliliği için Genel Şartlar” dokümanı doğrultusunda kalibrasyon sistemlerini oluşturmuşlardır.

Tüm “Kalite Yönetim Sistemleri” dokümanlarına göre bir ürünün tasarım, üretim ve satış sonrası servis hizmeti safhalarında kullanılan ve ürün kalitesini doğrudan etkileyen tüm ölçüm ve test cihazlarının ulusal/uluslararası standartlara izlenebilirliği sağlanmalı ve bu işlemler belgelenecek şekilde ispatlanmalıdır. Bu dokümanların konu ile ilgili paragraflarında ISO 10012 dokümanı kılavuz olarak gösterilmiştir.

ISO 17025 “Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarının Yeterliliği için Genel Şartlar” dokümanı doğrultusunda akreditasyon belgesi bulunan özel kalibrasyon laboratuvarları buldukları bölge ve müşteri portföyünü göz önüne alarak kalibrasyon kabiliyeti kazanabilirler ve buna göre yatırım yaparlar. Ancak savunma sanayii firmaları ve diğer sektör firmaları şirket içi kalibrasyon laboratuvarlarını oluştururken kalibrasyon kabiliyetlerini kendi ihtiyaçlarına göre belirlemek ve bu paralelde yatırım yapmak zorundadır.

Ölçüm işlemleri üretimin çoğu safhasında karşımıza çıkmaktadır. Proses hakkında doğru karar verebilmek, doğru ve güvenilir ölçüm yapmayı gerektirir. Bunu sağlamak için cihazlar belirli periyotlarla kalibrasyon için alınıyor ve üretimden ayrı bırakılırlar. Ölçüm cihazlarının kısa sürede kalibrasyon işlemlerinin tamamlanıp kullanıcıya döndürülmesi esastır. Kalibrasyon hizmetlerinin gecikmesi ürün tesliminin gecikmesine neden olmaktadır. Bu durumda firmalar hem maddi kayıp, hem de itibar kaybına uğramakta ve müşteri memnuniyeti değerlendirmesinde olumsuzluklarla karşı karşıya kalmaktadır.

1. ŞİRKET İÇİ KALİBRASYON LABORATUVARLARI

Türk Silahlı Kuvvetlerimizin ihtiyaçlarını iç piyasadan karşılamak, dışa bağımlılığı azaltmak ve ulusal savunma sanayiini geliştirmek üzere kurulan savunma sanayii firmaları uluslararası sahada çalışabilmek için “Kalite Yönetim Sistemleri” ni oluşturmuşlar ve bünyelerinde bulunan tüm ölçüm ve test cihazlarının kalibrasyonunu sağlamak amacıyla “Ölçüm Yönetim Sistemi” ni kurmuşlardır. Ölçüm Yönetim sisteminin bir parçası olan kalibrasyon faaliyetlerini sürdürmek üzere kendi laboratuvarlarını

kurarak kalibrasyon kabiliyeti kazanmışlardır. Kabiliyetleri içinde bulunan cihazlarını kendi kalibrasyon laboratuvarlarında, diğerlerini de yurtiçi veya yurtdışı kaynakları kullanarak belirli periyotlarda kalibrasyona tabi tutmuşlar ve gereken izlenebilirliği sağlamaktadırlar.

NATO üyesi olan Türk Silahlı Kuvvetlerinde kalibrasyon laboratuvarlarının en gelişmiş örnekleri Türk Hava Kuvvetleri'ne ait Hava İkmal ve Bakım Merkezleri'nde oluşturulmuştur. 1980 li yılların başında modern laboratuvarlar kurularak görevlendirilen personele gerekli yurtiçi ve yurtdışı kalibrasyon eğitimleri verilmiş, kalibrasyon laboratuvarlarının işletimi sağlanmış ve kalibrasyon hizmetleri hem kurum içi, hem de kurum dışına açılmıştır. Özellikle savunma sanayii firmaları kendi standart cihazlarının kalibrasyonunda bu olanaktan faydalanmaktadırlar.

Şirket içi laboratuvar konumundaki kalibrasyon laboratuvarları için ISO 10012 "Ölçüm Yönetim Sistemi-Ölçüm İşlemi ve Ölçüm Cihazları İçin Gereklilikler" dokümanı referans alınabilir. Şirket içi laboratuvarların kurulumu için aşağıdaki incelemeler yapılarak karar verilmelidir.

1. Şirkete ait cihaz envanteri tam olarak belirlenmelidir. (Marka, Model, Ölçüm Aralığı, Ölçüm Doğruluğu, Cihaz Tanıtım No, Cihaz Seri No, Kullanıcı Adı, Kullanım Yeri, v.s..)
2. Cihazlar gruplandırılarak kalibrasyon yatırımı gerektiren sahalara belirlenmelidir. (Boyut, Basınç, Kuvvet v.s..). Özellikle çok sayıda ve aynı parametredeki cihazların kalibrasyonu için yatırım tercih edilmelidir.
3. Belirlenen parametreler için gereken standart cihazlar tespit edilerek cihaz yatırım ve periyodik kalibrasyon yaptırma maliyeti belirlenmelidir. Ayrıca laboratuvar binası, klima ve iç donanım, personel ve eğitim maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Standart cihazların belirlenmesinde üst seviye laboratuvarlardan bilgi alınması yararlı olacaktır.
4. Kritik öneme sahip tek sayıdaki ölçüm cihazları için maliyet hesabı yapılmadan yatırıma gidilir veya alternatif cihaz temin yolu seçilebilir.
5. Kalibrasyon yatırım maliyeti yüksek çıkan cihazlar için dış kalibrasyon kaynakları araştırılmalıdır. Akreditasyon belgeli kalibrasyon laboratuvarları tercih edilmelidir.
6. Laboratuvarın işleyişi ile ilgili şirket kuralları yazılmalı, bu kuralların uygulanabilirliğini ve takibini sağlayabilmek için şirketin diğer bölümlerinin de görüşü alındıktan sonra bu kurallar yayımlanmalıdır.
7. Kurulacak laboratuvarda kalite yönetim sisteminin gerektirdiği fonksiyonların icra edilmesinde (satınalma, taşıma, iş sağlığı ve güvenliği, düzeltici ve önleyici faaliyetler, eğitim, müşteri memnuniyeti..v.s..) şirket yönetim politikalarından faydalanılmalıdır.
8. Laboratuvar yer seçiminde mümkünse titreşim kaynaklarından ve yüksek elektromanyetik alanlardan (dinamik tezgahlar, presler, v.s..) uzak bölgeler tercih edilmelidir. Laboratuvar planı yapılırken iş akış şemasına göre bölümler oluşturulmalı, kalibrasyon alanları ileride kazanılacak kabiliyetler göz önüne alınarak geniş tutulmalı ve standart cihazların yerleşimine uygun alt yapı ile donatılmalıdır.

2. ISO 10012 GEREKLİLİKLERİ

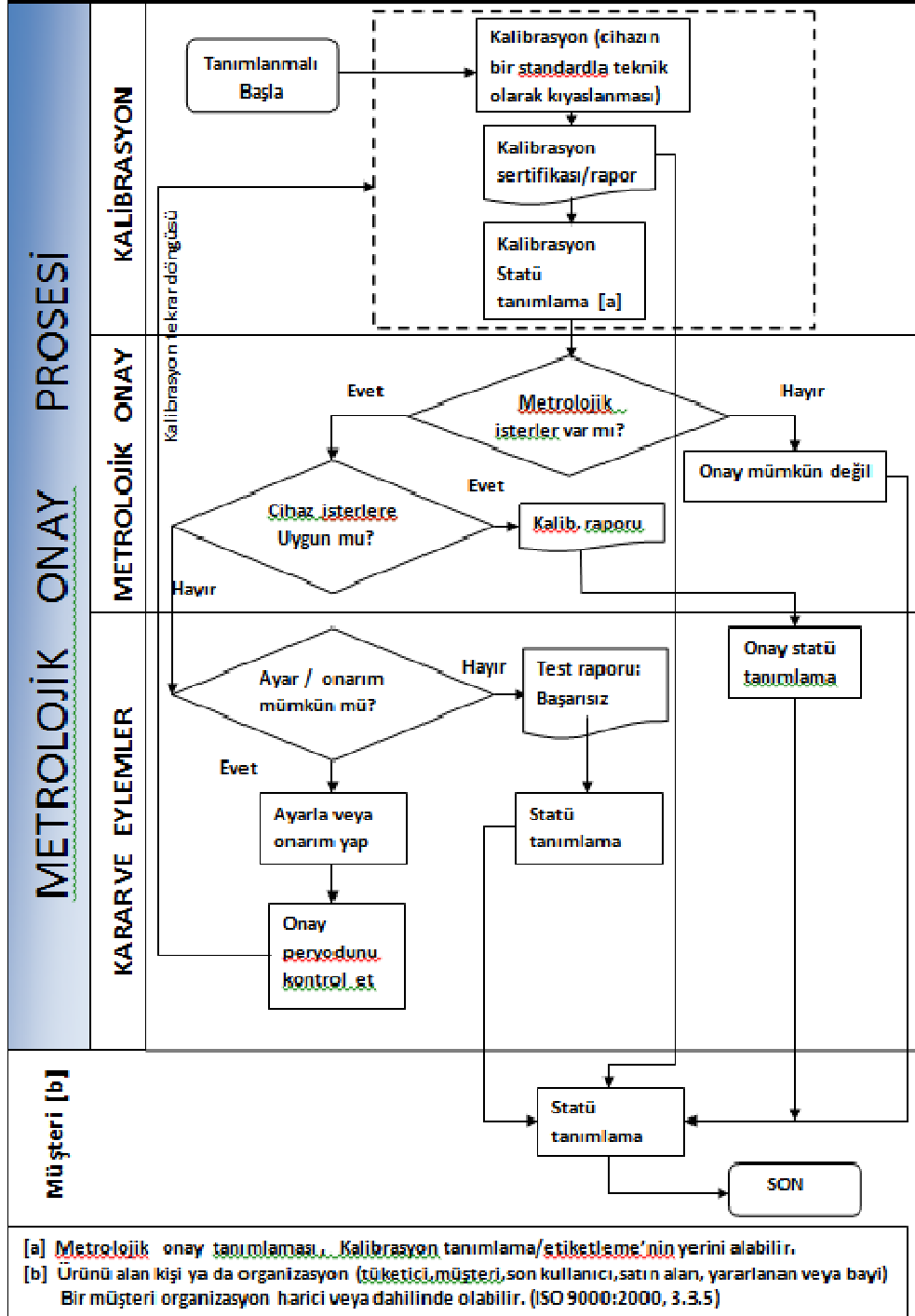
ISO 10012 gerekliliklerini ana hatlarıyla aşağıdaki maddeler halinde sıralayabiliriz.

1. Genel: Denetim yapan müşteriye karşı firma ISO10012 şartlarını sağladığını dokümanete edecektir. Bu dokümantasyon firmanın kalite yönetim sistemi ile bağlantılı olacaktır. Bu sisteme konu olan tüm cihazlar, sorumluluklar ve alınacak tedbirler belirlenecek, müşteriye ölçüm ile ilgili istenilen doğruluğun sağlandığı gösterilecektir.

2. Ölçüm Ekipmanları: Firmada kullanılan tüm ölçme alet ve cihazları, test setler, ölçüm standartları, referans malzemeler, ölçümde kullanılan yardımcı aparat ve talimatları ölçüm ekipmanlarını teşkil eder. Ölçüm ekipmanları kullanımda gerekli olan metrolojik karakteristiklere (örneğin doğruluk, kararlılık, ölçüm aralığı ve çözünürlük) sahip olmalıdırlar. Bu özellikler dokümantasyonlarda belirtilmeli,

gerek duyulan performansların sağlanabilmesi için hangi çevre şartlarında kullanılacağını, ne kadar sürede tekrar kontrol edileceği, bulunan hataların neler olduğu tespit edilip hepsi belgelendirilmelidir. Metrolojik karakteristikler genellikle ekipmanın üreticisinin hazırlamış olduğu kataloğundan tespit edilir.

3. Ölçüm Ekipmanları İçin Metrolojik Onay Sistemi: Firma kendi bünyesinde kullanılan ve ürün kalitesine doğrudan etki yapan tüm ölçüm ekipmanlarının kullanımı, kalibrasyonu ve bu işin yönetimi için etkili ve geçerli belgelere dayalı bir sisteme sahip olmalıdır. Bu sistemde "kalibrasyon" işlemi ölçüm ekipmanlarının kataloğunda veya dokümanında belirtilen özelliklerini sağlayıp sağlamadığını test etmek için çevre kontrollü laboratuvar ortamında daha yüksek doğrulukta standart cihazlar kullanılarak ölçüm işlemlerinin yapılması ve ölçüm raporu hazırlanmasıdır.



Şekil-1 Ölçüm Ekipmanları İçin Metrolojik Onay Proses Akış Şeması [1]

“Metrolojik onay” ise yapılan ölçüm sonuçlarının cihaz ile ilgili metrolojik isterleri karşılayıp karşılamadığının yorumunun yapılmasıdır. Bu isterler doğrudan cihazın dokümanında belirtilen teknik özellikler olacağı gibi, cihazın kullanıldığı prosesin belirlediği şartlar da olabilir. Örneğin üretici firmanın belirttiği 0-100 psi çalışma aralığında ve $\pm 1\%$ doğrulukta bir basınç saati genel kalibrasyon dokümanına göre en az 5 eşit noktada kontrol edilerek ölçülür. Ancak cihazın kullanıldığı proses değeri 70-90 psi arası olup ilgili proses dokümanında bu basınç saatinin kullanım aralığında en az üç noktadan ölçüm alınarak kalibre yapılması isteniyor ise bu cihazın metrolojik isteri genel basınç saatlerinden farklı konuma düşmektedir. Bu tür isterler kullanıcı ve proses yöneticileri tarafından cihazın ilk kalibrasyon isteğinde kalibrasyon bölümü ile görüşülmelidir.

Ölçüm sonuçlarının metrolojik isterleri karşılaması durumunda statü tanımlanmış ve cihaz sertifikalandırılmaya uygun hale gelmiştir. Şekil 1 de Ölçüm Ekipmanları İçin Metrolojik Onay Proses Akış şeması gösterilmiştir.

Metrolojik onay sistemi ölçüm ekipmanlarının kalibrasyonu ile ilgili tanımlanmış tüm istatistiksel bilgi ve verileri içerecektir. Firma yönetimi ölçüm ekipmanlarının her birinin uygun konumda olduğunu, kalibrasyonlarının plan ve program içinde yapıldığını kontrol etmek için kadrolarından bu konuda yetişmiş elemanları yetkilendirip tüm cihaz ve sistemi kontrol ettirecektir.

4. Kalibrasyon Sisteminin Gözden Geçirilmesi ve Periyodik Denetimi: Firma kalibrasyon sisteminin ISO 10012 şartlarına uyup uymadığını belirlemek için periyodik kalite denetimi planlar ve uygular. Uygulanan kalite denetimi sonuçları, ilgili diğer faktörler ve müşteriden gelen şikayet ve memnuniyetler göz önüne alınarak gerekirse kalibrasyon sisteminde değişikliğe gidilerek düzeltme yapılabilir. Kalite denetimi ve gözden geçirme için yapılan plan ve prosedürler dokümanite edilecektir. Tüm yapılan denetim, gözden geçirme ve düzeltici işlemler sırasıyla kayıt edilecektir.

5. Planlama: Firma elindeki ölçüm ekipmanlarının (ölçüm cihazları ve ölçüm standartları) metrolojik karakteristiklerinin yapılacak işe (proses) uygun olup olmadığını gözden geçirecek ve gerekli planlamayı yapacaktır. İşin yapısına uygun cihaz seçimi en önemli faktör olup mutlaka detaylı araştırılmalıdır. Cihazın fiziki yapısı, ölçüm fonksiyonları, çalışma aralığı, ölçüm doğruluğu v.s. yapılan işteki ölçüme uygun olmalıdır. Proses dokümanlarında ilgili işlem için hangi ölçümlerin uygulanacağı, bu ölçümlere ait tolerans bilgileri, kullanılacak tesisin özellikleri belirtilmelidir. Örneğin bir ısıtma işlem fırınında yapılacak prosesin hangi sıcaklıklarda, ne kadar sürede yapılacağı, bu işe ait fırında olması gereken kontrol cihazları, kayıt cihazları, alarm sistemleri ve bunların metrolojik özellikleri, sensör-cihaz kombinasyonunun özellikleri, sensörlerin yerleşimi, fırın içindeki sıcaklık dağılımının düzgünlüğü ile ilgili bilgiler proses dokümanında belirtilmeli, fırın bu şartlar belirtilerek satın alınmalıdır. Kesin kabul için tüm şartlar test edilerek fırının bu özellikleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Fırın ile ilgili kalibrasyon prosedürü hazırlanırken proses dokümanının şartları göz önüne alınır ve bu proses dokümanı kalibrasyon prosedürüne referans olarak yazılır.

6. Ölçüm Belirsizlikleri: Kalibrasyon işleminde kullanılan ölçüm standardı, çevre şartları, ölçüm metodu, personel v.s.. faktörlerini göz önünde bulundurularak belirsizlik hesapları yapılmalıdır. Yaygın olarak kullanılan ve kabul edilen belirsizlik yöntemi ISO tarafından önerilen “Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması Kılavuzu” GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) dur.

7. Kalibrasyon Prosedürleri: Firma, yapılan her kalibrasyon işlemi için dokümanite edilmiş bir prosedür hazırlayacaktır. Prosedürler kalibrasyon işlemini tam olarak açıklayacaktır. Bunun için hazırlanacak bir prosedür aşağıdaki sorulara cevap verecek şekilde hazırlanmalıdır.

-Hangi referans dokümanı kullanıldı?

-Bu prosedürü kim hazırladı, gözden geçirdi ve onayladı?

-Bu prosedürün tam konusu nedir?

-Alınması gereken emniyet tedbirleri belirtilmiş mi?

-Kalibrasyon işlemi esnasındaki çevre şartları (sıcaklık, nem) ne olmalıdır?

-Isıl denge için cihaz ne kadar süre laboratuvarında bekletilecek?

-Kalibrasyonu yapılacak cihazın teknik özellikleri (ölçüm fonksiyonları, ölçüm aralığı, ölçüm doğruluğu, çözünürlük, v.s..) nedir?

-Kalibrasyon işlemi için gereken standart cihazlar ve teknik özellikleri nedir?

-Kalibrasyon periyodu nedir?

-Kalibrasyon için ön hazırlık ve kalibrasyon düzeneğinin kurulması, adım adım yapılacak işlemler, iş bitiminde düzeneğin kaldırılması ve ortamı emniyete almak açıkça yazılmış mı?

-Uygulanabilir işlem ise ölçüm belirsizliği hesabı yapılmış veya tahmini ölçüm belirsizliği belirtilmiş mi?

-Prosedürde değişiklik yapılmış mı? Yapıldı ise sebebi prosedüre işlenmiş mi? Revizyon numarası ve tarihi yazılmış mı?

Yukarıda belirtilen soruların cevabı verilecek şekilde kalibrasyon prosedürü yazılacaktır. Prosedürler her uygulama için uyumlu ve kararlı olacak şekilde uygun metodu içermek zorundadır. Bunun için prosedür, o konuda yayımlanmış standart dokümanları veya bir bölümünü, üretici firmanın yazılı doğrulama talimatlarını veya bir bölümünü içerebilir.

8. Kayıtlar: Firma ölçüm standartları da dahil olmak üzere tüm ölçüm ekipmanının kayıtlarını (Adı, marka, model, seri no, tanıtım no..) tutacaktır. Kayıtlar ölçüm ekipmanının her parçasının ölçüm kapasitesini gösterecektir. Kalibrasyon sertifikaları bu bilgileri ve fonksiyonları içerecektir. Kalibrasyon sonuçları kullanılan standartlar, izlenebilirlik, ölçüm belirsizliği, çevre şartları gibi bilgileri içerecektir.

Kaydedilen bilgiler aşağıdaki konuları içerecektir.

a- Cihazın kendine özgü tanıtım numarası ve tasviri,

b- Kalibrasyonun yapıldığı tarih,

c- Yapılan kalibrasyon sonuçları. Eğer kalibrasyonda ayar veya tamir yapılmış ise sonuçlar tamir/ayardan önce ve tamir/ayardan sonra olmak üzere iki ayrı bölüm halinde hazırlanacaktır. Bazı raporlarda kalibrasyon sonucu konu cihazın istenilen gereklilikleri (o cihaza ait standart doküman veya özel doküman şartlarını) sağlayıp sağlamadığı şeklinde de verilebilir.

d- Belirlenen kalibrasyon periyodu.

e- Kalibrasyon prosedürünün tanımı.

f- Müsaade edilebilir hata limitleri (tolerans bandı)

g- İzlenebilirliğin sağlandığı kalibrasyon kaynağı. Diğer bir ifade ile kalibrasyon işleminde kullanılan izlenebilir standartların belirtilmesi.

h- Eğer uygulanabilir ise ve düzeltme için de gerekiyorsa kalibrasyon çevre şartlarının (sıcaklık, nem,) belirtilmesi.

ı- Kalibrasyonu yapılan cihazın hesaplanan veya tahmin edilen ölçüm belirsizliğini gösteren ifade.

j- Yapılan periyodik bakım ve servis, ayar, tamir veya modifikasyon gibi müdahalelerin detaylı olarak açıklanması.

k- Varsa kullarımdaki limitlemeler. Örneğin cihazın herhangi bir fonksiyonu standart yetersizliğinden kalibre edilememiş ise, cihazın belirli fonksiyonu çalışmıyor ise, cihazın belirli bir fonksiyonu kısmi çalışma aralığına kadar kalibre edilmiş ise bunlar raporda belirtilecek ve cihaz üzerine limitleme etiketi konulacaktır.

Not: Cihaz kullanıcısına matematiksel bir ifade kullanarak limitleme yapılmaz. Örneğin sonuçtan belirli bir değeri çıkar, ekle veya sonucu belirli bir düzeltme faktörü ile çarp şeklinde limitleme yapılmamalıdır.

l- Kalibrasyonu yapan personelin tanımı,

m- Kalibrasyon sertifikasının o işe ait olduğuna dair sertifika numarası.

Firma tüm bu dokümanla edilmiş kayıtları (prosedürleri ve raporları) ileride referans olabilecek süre geçinceye kadar muhafaza edeceklerdir.

Dokümanların emniyetle saklanması için gereken tüm tedbirler alınacak ve herhangi bir sebeple imha edilmesine fırsat verilmeyecektir.

Not: Kayıtlar el yazısı, daktilo, mikrofilm, elektronik veya manyetik hafıza, veya diğer bilgi ortamlarında tutulabilir.

9. Uygun Olmayan Ölçüm Cihazları:

Her hangi bir ölçüm cihazı;

a- Hasarlandığında,

b- Aşırı yüklendiğinde ve yanlış kullanımda,

c- Bir arıza durumu gösterdiğinde,

- d- Uygun çalışır gibi olsa da bir şüphe oluştuyorsa,
- e- Kalibrasyon periyodu dolmuşsa,
- f- Cihazın üzerindeki mühür etiketleri sökülmiş veya deforme edilmiş ise; derhal kullanımdan alınarak kalibrasyona gönderilecektir.

Kalibrasyon esnasında tespit edilen uygunsuzluk detaylı olarak incelenecektir. Kalibrasyondan önce cihazın durumu ne idi? Kalibre edildikten sonraki durumu nedir? Eğer cihazın kalibrasyondan önceki durumu kötü ise (fonksiyonları tolerans dışında ise) cihazın kullanıcılarına, kullanıcı amirine ve saha kalite sorumlusuna tolerans dışı bildirim yapılır ve firmanın ilgili birimleri bu olayın sebeplerini, cihaz hatasının ürüne yapmış olabileceği olumsuz etkiyi, hatanın tekrarlanmaması için alınabilecek tedbirleri v.s.. görüşüp gerekli önleyici tedbirleri almak zorundadır. Örneğin cihaz kullanım hatasından dolayı bozulmuş ise kullanıcıya yeniden cihaz kullanımı ile ilgili eğitim verilir. Eğer tolerans dışı durum cihazdan kaynaklanıyor ise hata sebebi araştırılır. Maliyet analizi yapılarak ya tamir olanakları araştırılır, ya da yeni bir cihaz temin yoluna gidilir.

10. Kalibrasyonda Etiketleme: Firma tüm ölçüm ekipmanlarının düzgün, güvenilir ve kendine mahsus bir tanımlama numarasına sahip olduğunu ve kalibrasyon durumunu belirtir etiketleme yapıldığını sağlamak zorundadır. Kalibrasyon gerektirmeyen cihazlar dokümanate edilir ve "Kalibrasyon gerektirmez" etiketi uygulanır. Ölçüm cihazı olup ta kullanım yeri ve amacı itibarıyla periyodik kalibrasyona tabi olmayanlar için "Periyodik kalibrasyon gerektirmez" etiketi kullanılır. Eğer bir cihaz aktif olarak kullanılmıyor ise kalibrasyon takibinden düşürülerek inaktif konuma alınır ve "Kullanmayınız" etiketi uygulanır. Bu etiket kalibre süresi dolan ve arızalı cihazlar için de uygulanabilir. Limitleme durumlarını gösteren etiketler, mühür etiketleri ve diğer etiketlerin anlamı dokümanlarda tanımlanmalı ve etiketler bu tanımlamalar çerçevesinde kullanılmalıdır.

11. Kalibrasyon periyotları: Ölçüm standartları da dahil olmak üzere tüm kalibrasyon ekipmanları belirlenen periyotlarda kalibrasyon işlemine tabii tutulacaklardır. Bu periyotlar cihazın kararlılığı, kullanım amaç ve sıklığına göre belirlenecektir. Eğer bir cihaz belirlenen periyot çerçevesinde kalibre ediliyor ve sonuçları uygun ise bu cihazın periyodu için gerekirse uzatma verilebilir. Ters durumda ise periyot kısaltılabilir. Genelde firmalar ilk periyot belirleme için cihaz üreticilerinin tavsiye ettiği periyotları göz önüne alırlar, ya da metrolojik kurumların yayımladığı periyot tablolarından faydalanırlar. Diğer bir alternatif ise eşdeğer cihazların periyodu referans alınabilir. Ancak tüm alternatifler için belirtilen periyotta cihaz performansının iyi olması periyodun o cihaz için uygun olduğunu gösterir.

Şirket içi laboratuvarlar kendi cihazlarının periyodik kalibrasyonunu sağlamak için "Geri Çağırma" (RECALL) sistemi oluşturmak zorundadırlar. Bu sistem kalibrasyon laboratuvarının standart cihazlarını ve dış kalibrasyona gönderilen cihazları da kapsar. Sistem belirli aralıklarla kalibrasyonu dolmuş üzere olan cihazları önceden (bir-iki hafta öncesinden) listeleyip kullanıcılar bazında rapor oluşturur. Bu raporlar hem elektronik ortamda liste olarak, hem de cihaz bazında basılı form olarak kullanıcılara gönderilebilir. Gönderilen formlar ilgili cihaza bağlanarak kalibre bitiş tarihinden önce kalibrasyon laboratuvarına ulaştırılır. Laboratuvara ulaşan cihazlar kayda alınır ve işlemleri başlatılır. Eğer kullanıcı herhangi bir cihazı kalibre bitiş tarihinden önce laboratuvara göndermez ise sistem "Gecikme Raporu" oluşturur ve bu rapor ilgili cihaz kullanıcısı, kullanıcı amiri ve saha kalite sorumlusuna gönderilerek cihazın üretimde kullanılmaması sağlanır.

12. Cihazların Güvenirliği İçin Mühürleme: Üzerinde ayar yerleri bulunan ve bu ayarlara dokunulması durumunda cihazın performansının olumsuz etkileneceği biliniyorsa bu konuma sahip tüm ölçüm ekipmanları (ölçüm standartları da dahil) nın ayar yerleri kalibrasyonu yapan kişi tarafından özel maddelerle (mühür etiketi, tork mührü, lehim, emniyet teli...) mühürlenerek cihazın emniyete alınması sağlanır. Mühür etiketlerinin üzerinde "Etiket yırtılırsa kalibrasyon geçersizdir" ifadesi yer almalı ve özellikle cihaz kullanıcıları bu konuda eğitilmelidir. Kullanım esnasında mühürlerden herhangi birinin bozulması durumu cihazı uygunsuz hale getirir ve cihazın kullanımı yasaklanarak yeniden kalibre için gönderilir.

Kalibrasyon laboratuvarına normal periyot içinde ulaşan cihazın mühürlerinin bozulduğu kalibrasyon personeli tarafından tespit edilirse yine durum bir raporla ilgili birimlere bildirilerek gerekli araştırmanın yapılması sağlanır.

13. Dış Hizmet ve Ürünlerinin Kullanımı: Firma dışarıdan alınan her türlü hizmet ve ürünlerin istenilen şartlarda ve özellikle olup olmadığını araştırmak zorundadır. Kalibrasyon hizmeti de bu şarta tabidir. Eğer firmanın kendi kalibrasyon laboratuvarı yoksa ve tüm cihazlarını firma dışında bir laboratuvara kalibre ettiriyorsa akreditasyon belgesi bulunan bir laboratuvarı tercih etmelidir. Bu durumda firma sadece cihazla birlikte gelen kalibrasyon raporlarını değerlendirir. Eğer laboratuvar akreditasyon belgesine sahip değilse belirli periyotlarda iş yaptırdığı laboratuvarın denetimini yapılabilmeli ve cihaz bazında sertifikalar incelenmelidir.

Eğer firma kendi içinde kalibrasyon laboratuvarına sahip ise standart cihazlarını ve kalibre kabiliyeti dışındaki ölçüm ekipmanlarını kalibrasyon hizmeti almak için dış kaynaklı laboratuvarlara gönderir. Gönderme esnasında kalibrasyon şartlarını (Kullanım aralığı, doğruluğu, istenilen kalibrasyon noktaları v.s.) bildirmelidir. Cihazların dönüşünde fiziki kontroller yapıldıktan sonra kalibrasyon raporları incelenmeli, kalibrasyon değerlerinde tolerans dışı durum olup olmadığı tespit edilmeli, sertifika uygun ise cihaz kabul edilmeli, uygun değilse raporlanarak ilgili birimlere duyurulmalıdır. Tüm bu çalışmalar dokümanite edilmelidir. Standart şartlara uygun olmayan sertifika ile karşılaşıldığında, ilgili tedarik kaynağı ikaz edilmelidir.

14. Ölçüm Ekipmanlarının Depolanması ve Kullanımı: Firma ölçüm ekipmanlarının kabulü, kullanımı, taşınması ve depolanması gibi durumlarda herhangi bir art niyet, ihmal, yanlış ve kötü kullanım, hasar ve değişiklikleri önlemek için bir sistem kuracak ve bunu uygulayacaktır.

Keza bu durum ölçüm ekipmanlarının dış firmalara kalibre için gönderilme ve geri gelme durumunu da içermelidir. Taşıma esnasında ambalajlama düzgün olmalı ve kutu üzerine ilgili işaret ve ikazlar konularak dikkatli taşınması sağlanmalıdır. Ağır cihazların üzerine ikaz yazısı yazılarak birden fazla kişi ile kaldırılması gerektiği belirtilmelidir. Cihazların depolanması uygun fiziki ortamlarda yapılmalı, ağır cihazlar üst üste konulmamalı, kesinlikle su ve yüksek nemden kaçınılmalıdır.

15. İzlenebilirlik: Tüm ölçüm ekipmanları uluslararası veya ulusal standartlara izlenebilir ölçüm standartlarıyla kalibre edilmelidir. Bu izlenebilirlikler Ağırlıklar ve Ölçümler Genel Konferansı (Conférence générale des poids et mesures - CGPM) tavsiyelerine uygun olmalıdır. Bazı sebeplerle ulusal veya uluslararası standartlar oluşturulamamış ise (örneğin sertlik ölçümü..) izlenebilirlik diğer ölçüm standartlarıyla (örneğin uluslararası kabul görmüş, endüstri standartlarına uygun standart malzeme kullanılarak..) sağlanacaktır.

Kalibrasyonda kullanılan bütün standart cihazlar (etalonlar) içinde izlenebilirlik sağlanmalıdır. Kalibrasyon sertifikası içinde kalibre tarihi, kalibrasyon metot ve kalibrasyon prosedürü, ölçüm sonuçları, ölçüm belirsizliği, kalibrasyonu yapan kişinin tanımı ve imzası, hangi firma tarafından kalibre edildiği, gibi bilgileri içermelidir. Bu sertifikalar daha önce de belirtildiği gibi ölçüm kontrol (kalibrasyon) personeline değerlendirmeye tabii tutulacaktır. Standart cihazların sertifikaları muhafaza edilerek ilgili iç ve dış denetimlerde kullanılacaktır.

16. Ölçüm Belirsizliğinin Kümülatif Etkileri: Ölçüm belirsizliğindeki en önemli faktör o kalibrasyonda kullanılan standart cihazların belirsizlik değerleridir. Tüm kalibrasyon işlemlerinde bu değerler (standart cihazların belirsizliği, istatistiksel dağılım, çevre şartları, ölçüm metodunun uygunluğu, personel etkisi..) göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar ile o kalibrasyon işleminin ölçüm belirsizliği tespit edilir.

17. Çevre Şartları: Ölçüm standartları ve ölçüm cihazları çevre şartları (sıcaklık, nem, toz seviyesi, titreşim, aydınlanma seviyesi, elektromanyetik girişim ve diğer faktörler) kontrol altına alınmış ortamlarda kalibre edilmek zorundadır. Bu şartlar yapılan ölçümün özelliğine göre daha önceden belirlenir, gerekirse düzeltme faktörü kullanılır. Yüksek doğruluktaki boyutsal ölçümlerin yapıldığı ortamlarda sıcaklık şartı $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Özellikle karşılaştırmalı paralel master blok ve benzeri boyutsal ölçümlerde sıcaklık değişim hızının $0,1^{\circ}\text{C}/\text{saati}$ geçmemesi gerekir. İnterferometrik ölçümler esnasında sıcaklık değişiminin $0,01^{\circ}\text{C}$ yi aşmaması göz önüne alınır. Düşük doğruluktaki boyutsal ölçümler için $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ seçilebilir. Şirket içi kalibrasyon laboratuvarında kalibrasyon yapılan diğer alanların sıcaklık değeri $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ olarak tanımlanabilir.

Bağıl nem elektrik/elektronik kalibrasyon yapılan ortamlarda %45 RH \pm %5 RH olarak tercih edilmektedir. Nedeni ise kuru hava ortamında oluşabilecek elektrostatik deşarjın cihazlara zarar verme riskinin bulunmasıdır. Mekanik kalibrasyon ortamlarında ise yüksek derecede bağıl nem metal yüzeylerde korozyona sebep olmaktadır. Bu nedenle düşük seviyede nem tercih edilmektedir. Özel durumlar dışında şirket içi kalibrasyon laboratuvarları için %20 RH ile %50 RH arası değer tercih edilebilir.

Toz birikimini önlemek amacıyla kalibrasyon laboratuvarlarının ısıtma-havalandırma sistemi tavandan üflemeli olarak planlanmalıdır. Emiş kanalları ise laboratuvarın zemin hizasındaki yan duvarlara konulmalıdır. Tavandan üflenen filtrelenmiş kontrollü hava, masa üzerindeki tozları süpürerek zemine, oradan da emiş kanallarına iletmelidir. Laboratuvar içinde oluşan pozitif basınç dışarıdan gelebilecek tozları engellemelidir.

Laboratuvara girişlerde galoş tercih edilerek toz oluşumu engellenmelidir. Toz açısından en kritik bölüm hassas boyutsal ölçüm alanları olup ölçümlerde temizliğe dikkat edilmelidir.

Yüksek doğrulukta ölçüm yapılan ölçüm masaları ve istasyonlarının dışarıdan gelebilecek titreşimden etkilenmemesi için ayrı temel üzerine inşa edilmesi veya titreşim emici sistemle donatılması gerekmektedir.

Laboratuvar zemini sürekli malzeme ile kaplanmalı, toz ve kirin yuvalanmaması için ek yerleri düzgün ve pürüzsüz yapılmalıdır. Seçilecek malzemenin toz tutucu ve statik elektriğe sebep olmamasına dikkat edilmelidir. Bu açıdan kalibrasyon laboratuvarlarında halı türü döşemeler kullanılmaz. Zemin rengi ışığı yutmayacak ve aşırı yansıtmayacak şekilde açık renklerden seçilmelidir. Aydınlatma seviyesinin kalibrasyon masa ve istasyonlarında 500lüx civarında olması tavsiye edilir. Diğer alanlarda daha düşük seviyede seçilebilir.[3]

Laboratuvar pencereleri doğrudan güneş görecektir ortamlara açık olmamalıdır. Genelde ölçüm esnasında doğrudan güneş vurabilecek laboratuvar binalarında pencere tercihi yapılmamalıdır.

Laboratuvar kapıları çift kademeli yapılarak giriş-çıkışlarda içerideki kontrollü havanın aniden değişimi önlenmelidir.

Laboratuvar içindeki kalibrasyon yapılan alanlarda kesinlikle yiyecek ve içecek bulundurulması engellenmeli, sadece laboratuvar dinlenme bölümlerinde uygun ortam hazırlanmalıdır.

Laboratuvarda kalibrasyon yapılan alanların sıcaklık ve nem değerleri sürekli kayıt altına alınmalıdır. Kayıt sistemi tolerans dışı durumlarda kalibrasyon faaliyetlerinin durdurulması için sesli veya görsel bir ikaz verebilecek özelliğe sahip olmalıdır. Tolerans dışı durumların süre bazında %10 u aşmaması gerekir. Laboratuvar çevre şartlarının istenilen şartlarda olduğunun ispatı için kayıtlar saklanmalı ve belirtilen süre kadar muhafaza edilmelidir.

3. SAVUNMA SANAYİNDE ÖLÇÜMBİLİM UYGULAMALARI

ISO 17025 akreditasyon belgesine sahip özel kalibrasyon laboratuvarlarının kalibrasyon yeteneklerine baktığımızda boyut, basınç, vakum, sıcaklık, nem, kütle, kuvvet, elektrik (DC Gerilim, DC Akım, DC Direnç, AC Gerilim, AC Akım, DC Güç, AC Güç, Osiloskop, Frekans, Mikrodalga Kapasitans, İndüktans. v.s..) gibi konularda yoğunlaştığı görülmektedir.

Üretici firmaların bir kısmı hem kendi ürünlerinin sertifikasyonunu yapmak, hem de dış müşteriye bu sahada hizmet vermek amacıyla sınırlı sahalarda akredite olmuş laboratuvarlara sahiptirler. Örneğin sıcaklık kontrol ve kayıt cihazları, sıcaklık sensör üretimi yapan firmanın sadece sıcaklık alanında akrediteli bir laboratuvara, yük hücresi ve terazi üretimi yapan bir firmanın da sadece kütle ve kuvvet alanında akredite olmuş bir laboratuvara sahip olduğunu görebiliriz.

Şirket içi laboratuvar statündeki savunma sanayii kalibrasyon laboratuvarlarında ilgili firmaların proje yapısına göre laboratuvarlarının kurulduğu gözlemlenmiştir. Kendi içyapısı ve ihtiyacına paralel olarak özel cihaz ve sistemlerin kalibrasyonu için de yatırımlar yaptıklarını söyleyebiliriz.

Savunma sanayii şirketlerinin yapısına baktığımızda, bir kısım kalibrasyon laboratuvarları sorumluluklarını yalnız cihaz/test set/ölçüm sistemleri kalibrasyonu bazında belirlemişlerdir. Üretimde kullanılan takımların periyodik kontrolü ve talaşlı imalat parçalarının ölçümü gibi faaliyetler ayrı bir bölümün sorumluluğuna verilmiştir. Bir kısım şirket yapısında ise her iki sorumluluk kalibrasyon laboratuvarında bulunmaktadır.

Savunma sanayii firmalarında kalibrasyon laboratuvarlarından başka proses ve test laboratuvarları da bulunmaktadır. Bu laboratuvarlarda bulunan ölçüm ve test cihazlarının kalibrasyon sorumluluğu da yine kalibrasyon laboratuvarına aittir.

Savunma sanayiindeki hızla değişen ve gelişen teknolojiye bağlı olarak kalibrasyon laboratuvarları da standart cihazlarını yenilemek ve yeni yatırımlar yapmak zorundadır. Geçmiş yıllarda makro boyutta ölçüm yapan optik takımlama cihazları [2] (theodolit, jig transit, kolimatör, teleskop, hassas nivo, optik mikrometre, optik skala v.s..) kullanılarak üretim ve kontrol takımlarının periyodik kontrolü yapılmakta iken günümüzde ise gerek kontrol takımlarının, gerekse büyük boyutlu ürünlerin kontrol ve ölçümlerinde, hatta 3 boyutlu modellemelerde "Lazer Takip Sistemleri" kullanılmaktadır. Lazer Takip Sistemlerinin özellikle uçak sanayisinde yarı montaj ve montaj işlemlerinde de devreye girmeye başladığı görülmektedir. Bu nedenle optik takımlama cihazlarının kalibrasyonunun yapıldığı optik istasyonunun laboratuvardaki işlevi minimuma inmiş, yerini lazer takip sistemlerinin (Laser Tracker), portatif ölçüm kollarının (Portable CMM) kalibrasyonu almıştır.

Geçmişteki bordon tüplü basınç sensöründen kuvvet ölçümü yapan çekme tezgâhlarının yerini bilgisayar destekli, yüksek kapasite ve doğruluğu olan çekme tezgâhları almıştır. Bu nedenle çekme tezgâhlarının kalibrasyonunda kullanılan standart yük hücrelerinin kapasite ve doğruluk kalitesi yükseltilmiş, tezgâhlarda "Strain Gage" donanımlı numuneler kullanılarak alt ve üst çene hizalamalarının periyodik kontrolüne ihtiyaç duyulmuş, çekme tezgâhına ait ekstensometrelerin kalibrasyonunda lazer ölçüm sistemi devreye sokulmuştur. Çekme tezgâhlarındaki bu çalışmalar numune testlerine bağlı olarak gerek müşterinin, gerekse Ulusal Havacılık ve Savunma Müteahhitleri Akreditasyon Programı NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program) belirttiği standart dokümanlar doğrultusunda düzenlenmiştir.

Laboratuvarda boyutsal ölçüm sahasında kullanılan klasik yatay ölçüm tezgâhlarının yerini bilgisayar destekli lazer okumalı tezgâh almış, bu sahadaki ölçüm hızı ve ölçüm doğruluğu yükseltilmiştir. Lazer Ölçüm Sistemleri (LMS-Laser Measuring System) kullanılarak Koordinat Ölçüm Tezgâhları (CMM-Coordinate Measuring Machine), hassas delgi ve ölçüm yapabilen Hassas Delgi Tezgâhlarının (PMM-Precision Milling Machine), kompozit, alüminyum, titanyum v.s.. gibi farklı malzemelerden oluşan yeni teknoloji uçak gövdelerini delme işleminde kullanılan otomatik delme sistemlerinin (ADS-Automated Drilling System) kalibrasyonu yapılmaktadır.

Kompozit parça üretimine bağlı olarak bu alanda kullanılan farklı boyutlu otoklavlar, fırınlar, katlı kesim tezgâhları (Ply Cutter), lazer yansıtma sistemleri (Laser Projector System), fiber dokuma sistemleri (Fiber Placement System), otomatik ultrasonik tarama tezgâhları (AUSS-Automated Ultrasonic Scanning System), ultrasonik muayene cihazları v.s..nin kalibrasyon işlemleri müşteri şartnamesinde belirtilen özelliklere göre yapılmakta ve sertifikalandırılmaktadır.

4. TALEPLER

1990'lı yıllarda ülkemizde ISO 9000 serisi "Kalite Yönetim Sistemleri" nin yaygınlaşmasına paralel olarak metroloji ve kalibrasyon, akreditasyon, belgelendirme konularında hızlı bir gelişme olmuştur. Ancak gelişmiş ülkelerdeki laboratuvar ve belgelendirme kuruluşlarının sayısına baktığımızda daha çok geride olduğumuz gözükmemektedir.

Laboratuvar sayısı ve kalitesinin artırılması için devlet teşviki sağlanmalıdır. Bunun için Organize Sanayii Bölgelerinde deney ve kalibrasyon laboratuvarları için özel arsa ve binaların tahsisi düşünülmeli ve OSB planlamalarında bu şart koşulmalıdır. Bu arsa ve binalar birbirinden bağımsız olup laboratuvar için uygun büyüklükte olmalıdır.

Kalibrasyon işlevinde yetişmiş personel en önemli unsurdur. Ülkemizde Ölçümbilim ve kalibrasyon eğitimi konusunda alt yapının güçlendirilmesi ve bu işin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Üniversitelerin mühendislik eğitimi programlarında "ölçümbilim ve kalibrasyon" konusuna geniş ve detaylı yer verilmeli, öğrenciler bu konularda temel bilgilerle donatılmalıdır.

Kalibrasyonun yaygınlaştırılması için kalibrasyon hizmet ücretinin ve laboratuvarların standart cihaz (etalon) alımındaki ücretin belirli oranlarda devlet katkısı ile karşılanması sağlanmalıdır.

Ülkemizin Standart Cihaz (etalon) haritası çıkarılmalı, TÜRK-LAB öncülüğünde laboratuvarlar arası dayanışma artırılarak atıl etalon yatırımı engellenmelidir. Bu kapsama şirket içi laboratuvarların da dâhil edilmesi yararlı olacaktır.

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nün bilimsel ve uygulamalı çalışmalarını içeren yayınlarının ücretsiz takibi sağlanarak özellikle deney ve kalibrasyon laboratuvarları arasında terminolojide birlik ve uyum sağlanmalıdır. Ocak 2013'te yayımlanan "Metroloji" kitabı titiz ve yoğun bir çalışma ürünü olup tüm laboratuvarlarda ve üniversitelerin ilgili bölümlerinde bulundurulması sağlanmalıdır.

Toplumda Ölçümbilim (metroloji) bilincinin artırılması için sosyal aktiviteler çoğaltılmalı, gerek basın, gerekse yayın kanalları kullanılarak topluma metroloji ve kalibrasyon bilinci aşılanmalıdır. Hayatımızın her anında karşılaştığımız ölçüm işleminin güvenilirliği ile ilgili topluma bilgi aktarılmalı, TÜBİTAK-UME, TÜRKAK, TSE, Bilim, Sanayii ve Teknoloji Bakanlığı-Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü, TÜRKLAB v.s.. gibi kuruluşların amacı ve fonksiyonları anlatılmalıdır. Meteoroloji ile metrolojinin farkındalığı gösterilmelidir. Bu bilincin aşılması ilköğretim ders notları ile başlamalı, orta öğretim, lise ve üniversitelerde devam etmelidir.

Önümüzdeki yıllarda "Ölçümbilim" ifadesinin yerine "Metroloji" ifadesinin tercih edilmesi hem ülkemizde ifade bütünlüğü, hem de uluslararası literatüre uygunluğu açısından faydalı olacaktır.

5. SONUÇ

Savunma sanayi kalibrasyon laboratuvarları **şirket içi laboratuvar** olarak, hem kabiliyet yelpazesi, hem de iş yükü açısından en geniş endüstriyel kalibrasyon laboratuvarları arasına girmektedir. İzlenebilir standart cihazları, yetişmiş ve tecrübeli elemanları, uluslararası ticari şirket özelliklerinden dolayı farklı müşteri gereksinimlerine ihtiyaç verebilen, güçlü alt yapısı ile güvenilir ölçümün garantisidir. Gelişen teknolojiye ayak uydurmanın bilinci içindedirler.

6. KAYNAKLAR

- [1] ISO10012:2003(E) Measurement Management Systems-Requirements for measurement processes and measuring equipment 2003-04-15
- [2] METROLOJİ Kitabı, TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü Ocak 2013
- [3] T.O. 00-20-14 Air Force Metrology and Calibration Program

ÖZGEÇMİŞ

Süreyya NAMLI

1958 yılında Çorum iline bağlı İskilip ilçesinde doğdu. 1981 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Uçak Mühendisliği bölümünü bitirdi. 1981-1983 yıllarında Hava K.K. Iığı, 1.HİBM K.Iığı Fabrika Müdürlüğü Ar-Ge bölümünde askerliğini tamamladı. 1983-1984 yıllarında özel sektörde imalat mühendisliği yaptı. 1984-1987 yıllarında 1.HİBM K.Iığında sivil mühendis kadrosu ile Hassas Ölçü Aletleri Laboratuvarı (PMEL) kurulumunda laboratuvar sorumlusu olarak görev aldı. Laboratuvar yerleşimi, personel eğitimi konularında FORD Aerospace firmasının programını uyguladı. 1987-1988 yıllarında OTOSAN-İnönü tesislerinde Kalite Mühendisi olarak görev yaptı. 1988 yılından beri Türk Havacılık ve Uzay Sanayii firmasında kalibrasyon ve ölçüm kontrol alanında görev almış olup halen kalibrasyon laboratuvarı yöneticisi olarak çalışmaktadır. UME Danışma Kurulu üyesi olan Süreyya NAMLI İngilizce bilmekte olup, evli ve 3 çocuk babasıdır.