

# Havacılıkta Mevzuatlar ve Rehber Standartların Kullanımı

## SAE-ARP-4754 / SAE-ARP-4761 RTCA-DO-178 / RTCA-DO-254

Havacılık olmadan bir dünya nasıl düşünülemez ise, emniyet mevzuatları olmadan da havacılık düşünülemez. Havacılık mevzuatlarının en temel amacı emniyetli, güvenli ve sürdürülebilir bir havacılık sağlamaktır.

Sivil havacılık operasyonlarının emniyetli olarak yürütülmesi ve hava taşımacılığının planlı bir şekilde büyümesini sağlamak amacı ile atılan en önemli adım, 1944 yılında yapılan ve Chicago Konvansiyonu olarak bilinen Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşması' dır. Bu anlaşmanın amacı, uluslararası sivil havacılığın emniyetli ve sistemli olarak gelişmesi, hava taşımacılığının fırsat eşitliği üzerine tesis edilmesiyle sağlam ve ekonomik bir şekilde işletilebilmesi için bazı düzenlemeler hususunda mutabık kalınmasıdır. Bu amaç kapsamında, Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı ICAO'nun kurulması öngörülmüş ve ICAO, 4 Nisan 1947'de resmi olarak faaliyete geçmiştir.

192 üye ülkesi olan ICAO' nun, Chicago Konvansiyonu'nun 44. maddesinde belirtilen amaçları;

- Uluslararası sivil havacılığın güvenli ve düzenli bir şekilde gelişmesini sağlamak,
- Barışçıl amaçlar için hava araçları gelişimi ve işletilmesini desteklemek,
- Uluslararası sivil havacılık için havayolları, havaalanları ve hava seyir tesislerinin gelişimini desteklemek,
- Uluslararası kamuoyunun güvenli, düzenli, verimli ve ekonomik hava taşımacılığı ihtiyaçlarını karşılamak,
- Makul olmayan rekabetin ekonomik bakımdan sebep vereceği israfı önlemek,
- Taraf ülke haklarının tam olarak korunması ve ülkelerin her birine uluslararası havayolu işletmeciliği konusunda uygun imkan sağlanması,
- Uluslararası hava seyrüseferinde uçuş emniyetini garanti altına almak.

Chicago Konvansiyonu' nun Annex 6 ve 8' i hava aracı operasyonu ve uçuşa elverişliliği ile ilgili gereksinimleri tanımlamaktadır.

ICAO' ya üye tüm ülkeler ICAO tarafından hazırlanan standartları karşılayacak şekilde etkin ve emniyetli uçuş operasyonlarını sağlayacak bir ortamı oluşturmakla yükümlüdürler. Ülkeler bu kapsamdaki sorumluluklarını aşağıdaki faaliyetleri gerçekleştirerek yerine getirirler:

- Kendi yetki sınırları içerisindeki havacılık faaliyetlerinin tüm yönlerini yöneten yasal bir alt yapının oluşturulması,
- Ulusal havacılık kanunlarını uygulayacak, yetki ve kaynaklarla donatılmış ulusal otoritelerin oluşturulması,
- Yasal alt yapının oluşturulmasında uluslararası anlaşmalara uyum için çaba,
- Diğer ülkelerle etkin ve emniyetli uçuş için ikili anlaşmaların (Bilateral Agreements ) yapılması.

ICAO kuralları gereği üye ülkeler, kendi ulusal düzenlemelerini oluşturmak ve uygulamak üzere kendi sivil havacılık otoritelerini kurarak yetkili kılmışlardır. Bu otoritelerden en çok bilinenleri ve oluşturdukları standart ve düzenlemeleri diğer bir çok ülke tarafından kullanılan **Amerika Havacılık Otoritesi (FAA)** ile **Avrupa Havacılık ve Emniyet Otoritesi (EASA)** dır. Bu kapsamda Türkiye' de de **Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)** kurulmuştur.

Genel olarak havacılık otoritelerin görev ve sorumlulukları aşağıda verilmiştir;

- Emniyetli ve etkin bir havacılık için kural, düzenleme, prosedür ve standartların oluşturulması, ilgili partilerin oluşturulan düzenlemelerle ilgili bilgilendirilmesi, bu düzenlemelere göre uyumun kontrolü, havacılık ürün ve organizasyonlarının sertifikalandırılması (Tip Sertifikası, Uçuşaelverişlilik Sertifikası, Tasarım Organizasyon Onayı, vb)

- Havacılık sisteminin, gözden geçirmeler, incelemeler ve gözetimlerle planlı olarak incelenmesini sağlayacak bir sistemin oluşturulması ve uygulanması
- Havacılık sistem performansının gelişmesi için, teknolojik gelişmelerin ve en iyi endüstri uygulamalarının takip edilmesi;
- Lisanslar, sertifikalar, suçlar, raporlanmış kaza ve olaylar, vb. havacılık kayıtlarının takibi ile ilgili bir sistemin sürdürülmesi
- Kaza, olay verileri ve servis problem raporları, vb. verileri kullanarak emniyet analizlerinin gerçekleştirilmesi
- Emniyetle ilgili dokümanların yayımlanması, emniyet seminerlerinin düzenlenmesi yoluyla emniyetin geliştirilmesi

Türkiye Sivil Havacılık Kanunu 2920 Madde 6' ya göre Uçuşa elverişli olmak şartıyla aşağıda verilen hava araçları Türk hava sahasında uçuş yapabilir;

- a) Türk Devlet hava araçları,
- b) Türk uçak siciline kayıtlı Türk sivil hava araçları,
- c) Türkiye'nin taraf olduğu anlaşmalar uyarınca Türk Hava Sahasında uçmalarına müsaade edilen hava araçları.

2920 nolu Sivil Havacılık Kanunu yukarıdaki maddeleriyle, hem askeri hemde sivil hava araçlarının uçuşa elverişli olması gerektiğini belirtiyor. Dolayısı ile Türkiye' de tasarlanan ve/veya modifiye edilen sivil ve askeri hava araçların da uçuşaelverişliliğinin sağlanması gerekmektedir.

SHGM, EASA ile imzaladıkları Çalışma Anlaşması (Working Agreement, WA) ile karşılıklı tanınırlık sağlamıştır. Bu kapsamda EASA mevzuatlarına paralel bir yol izleyerek, hava aracı, parça ve cihazlarının sertifikasyonu kapsamında 2013 yılında aşağıdaki yönetmelik ve talimatı yayımlamıştır;

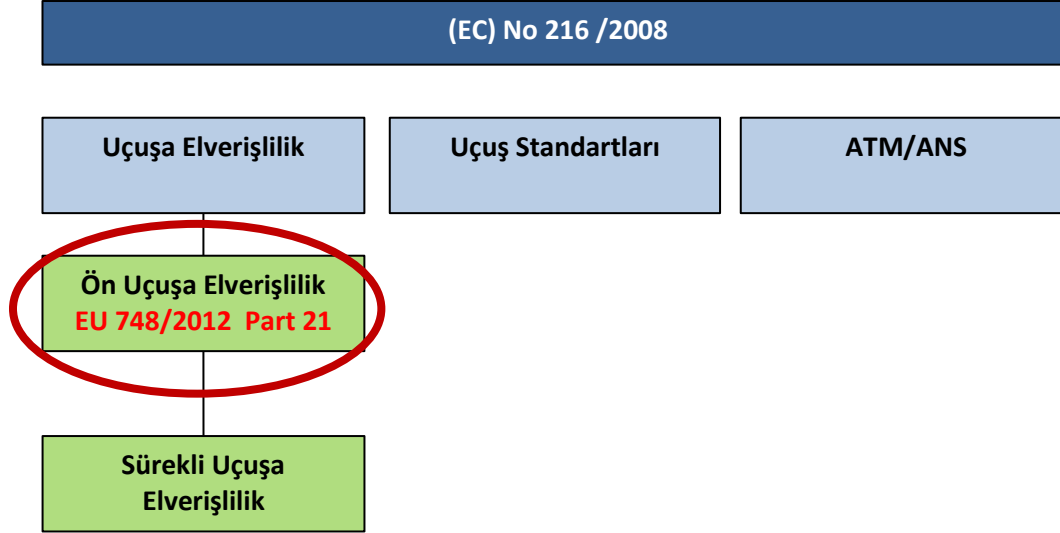
SHY-21: Hava Aracı Ve İlgili Ürün, Parça Ve Cihazın Uçuşa Elverişlilik Ve Çevresel Sertifikasyon Yönetmeliği

SHT-21: Hava Aracı Ve İlgili Ürün, Parça Ve Cihazın Uçuşa Elverişlilik Ve Çevresel Sertifikasyon Talimatı

SHY-21 ve SHT-21 birlikte, EASA EU 748/2012 ve Eki Part 21' e karşılık gelmektedir.

Avrupa Havacılık Otoritesi EASA' nın yayınladığı EU 748/2012 numaralı mevzuatın eki olan Part 21 (Implementing rules for the airworthiness and environmental certification of aircraft and related products, parts and appliances, as well as for the certification of design and production organisations); ürün, parça ve cihazların uçuşa elverişlilik sertifikasyonu ile bu ürünleri tasarlayan ve üreten organizasyonların sertifikasyonu ile ilgili gereksinimleri tanımlamaktadır. Part 21, A ve B olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bölüm A, başvuru sahiplerinin uyması gereken gereksinimleri, Bölüm B ise NAA olarak tanımlanan AB üyesi ulusal ülke sivil havacılık otoritelerinin uyması gereken gereksinimleri tanımlamaktadır.

Part 21 içerisinde bazı onaylar EASA tarafından, bazı onaylar ise NAA' ler tarafından verilmektedir. EASA tarafından verilen onaylar için EASA' nın izleyeceği süreç kendi dahili dokümanlarında tanımlanmaktadır. Şekil 1' de EASA mevzuat yapısı verilmiştir.



Şekil 1. EASA Mevzuat Yapısı

EASA Part 21, ön uçuşa elverişlilik olarak tanımlanan, hava aracının tip tasarımı, değişiklik ve tamir tasarımları ve bunlarla ilgili sertifikaları alıncaya kadar sürdürülen süreci tanımlamaktadır. Hava araçları operasyona verildikten sonra, kullanım ömürlerini dolduruncaya kadar mevcut emniyetini korumak için izlenen süreç Sürekli Uçuşa Elverişlilik olarak tanımlanmakta ve EC 2042/2003 numaralı mevzuatta göre yürütülmektedir.

Hava aracı, parça veya cihaz tasarımı ve üretimi kapsamında onay almak isteyen firmalar EASA Part 21' in ilgili bölümündeki gereksinimlere uyum gösterirken, tasarladıkları ürünle ilgili sertifikasyon standartlarında uyum göstermek durumundadır. Bu standartlara, EASA sitesindeki Mevzuatlar (Regulations) bölümünden ulaşılabilir. Şekil 2, ön uçuşaelverişlilik kapsamındaki EASA mevzuatlarını göstermektedir.

Acceptable Means of Compliance and Guidance Material	Part-21							
Certification Specification	AMC-20	CS-22	CS-23	CS-25	CS-26	CS-27	CS-29	CS-31GB
	CS-31HB	CS-31TGB	CS-34	CS-36	CS-APU	CS-E	CS-ETSO	CS-LSA
	CS-P	CS-SIMD	CS-STAN	CS-VLA	CS-VLR	CS-MMEL	CS-GEN-MMEL	CS-CCD
	CS-FCD							

Şekil 2. EASA Sertifikasyon Standartları

Tanım olarak *uçuşa-elverişlilik*; bir hava aracının, uçuş ekibi, yer ekibi, yolcular, üzerinde uçtuğu canlılar ve uçuş yapan diğer hava araçlarına tehlike oluşturmadan, onaylanmış kullanım şartları ve sınırlandırmalar içerisinde, emniyetle uçuşunu başlatabilme, sürdürebilme ve sonlandırabilmesi durumudur.

*Uçuşa elverişlilik sertifikasyonu ise; tanımlanmış operasyon şartlarında bir hava aracının uçuşa elverişli olduğunun belirlenmesi için uygulanan ve havacılık otoritesi tarafından dokümanite edilmiş bir kararla sonuçlanan sistematik bir süreçtir.*

Bir hava aracının uçuşa elverişli olması için, hava aracının minimum emniyet gereksinimlerinin tanımlandığı sertifikasyon standartlarına uyumlu olması ve emniyetli operasyon yapacak koşulda olması gerekmektedir. Aşağıdaki tablo farklı kategorideki hava araçları için uçuşa elverişlilik gereksinimlerinin tanımlandığı Sertifikasyon Standartlarını ve bunları yayımlayan otoriteleri göstermektedir.

Sertifikasyon Standartları			
Kategori	EASA	FAA	ASKERİ
Hafif Uçaklar	CS VLA		MIL-HDBK-516B
Hafif Döner Kanatlar	CS VLR		DEF-STAND
Küçük Uçaklar	CS 23	FAR 23	NATO STANAG 4671
Büyük Uçaklar	CS 25	FAR 25	(Sabit Kanat UAV)
Küçük Döner Kanatlar	CS 27	FAR 27	STANAG 4703
Büyük Döner Kanatlar	CS 29	FAR 29	(Sabit Kanat Hafif UAV)
Motor	CS E	FAR 33	STANAG 4702
Pervane	CS P	FAR 35	(Döner Kanat UAV)

Hava aracı, sistemleri ve parçalarının tasarımı ve geliştirme faaliyetleri esnasında yukarıdaki ilgili standartlar içerisindeki gereksinimlere uyum gösterilirken bazı rehber standartlarında kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstri katılımı ile geliştirilen bu rehber standartlar, havacılıkta ortak süreç ve metodların kullanılmasını sağlamaktadır. Bu rehber dokümanlar oluşturulurken, FAA ve EASA gibi havacılık otoritelerinden temsilcilerde çalışma grupları içerisinde yer alarak, otorite mevzuat gereksinimlerini karşılayabilecek metodların geliştirilmesi için endüstriye yönlendirmelerde bulunmaktadır.

Rehber standartların kullanımı zorunlu olmamakla birlikte, bu standartlarda tanımlanan metotlardan daha iyi ve emniyetlisini tasarlama maliyeti ve otorite onayı için harçanacak zaman değerlendirildiğinde, endüstri firmaları tarafından ortak yazılmış bu rehber standartların kullanımı daha efektif olmaktadır.

Bu endüstri gruplarından en önemli ikisi, SAE (Society of Automotive Engineers) ve RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) dir. SAE ve RTCA' nın çeşitli teknik konularda yayımladıkları standartlara kendi sitelerinden ulaşılabilir.

Hava aracı, sistem ve ekipmanlarının tasarım/geliştirme, emniyet, yazılım ve donanım geliştirme süreçlerini tanımlayan dört adet rehber dokümanın ikisi SAE, ikisi de RTCA tarafından yayımlanmıştır. Bu standartların tanımı ve ilgili görseller aşağıda verilmiştir.

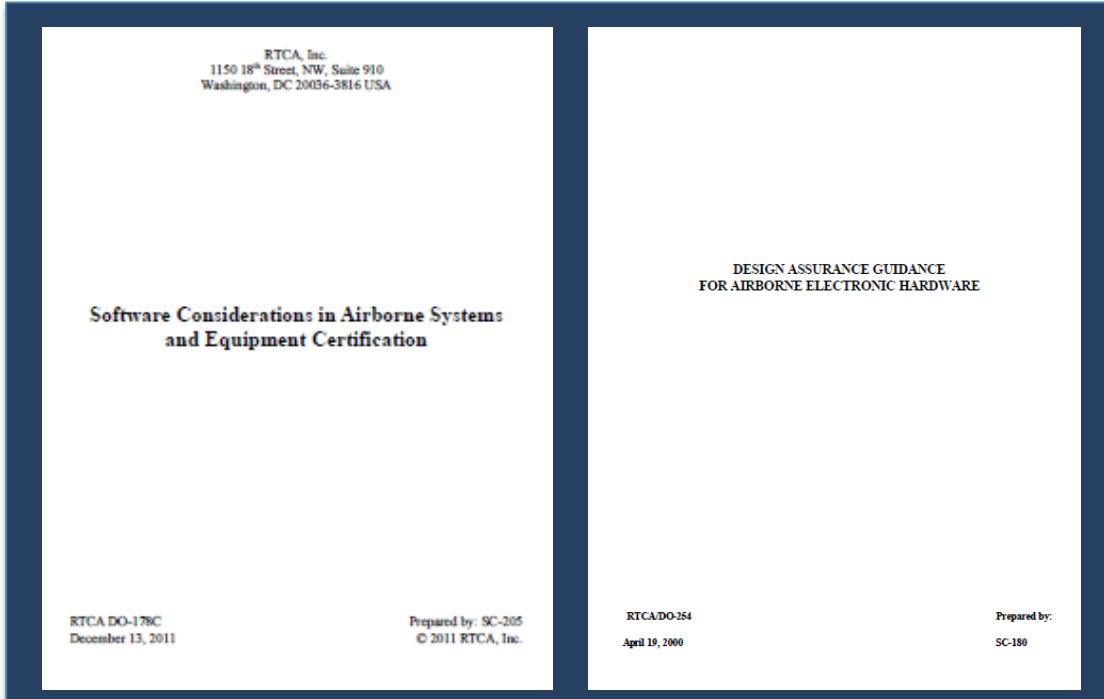
**SAE-ARP-4754A:** Bu rehber doküman; hava aracı ve sistemlerinin geliştirilmesi ve modifikasyonunda izlenmesi gereken tasarım, geliştirme ve emniyet süreçlerini tanımlamaktadır.

**SAE-ARP-4761:** Bu rehber doküman; hava aracı, sistem ve ekipman seviyesi emniyet değerlendirmeleri ve analiz tekniklerini tanımlamaktadır.

**RTCA DO-178C:** Bu doküman; kendisinden beklenen fonksiyonları emniyetli bir şekilde yerine getiren ve uçuşaelverişlilik gereksinimlerine uyum gösteren hava aracı sistem ve ekipmanlarında kullanılan yazılımın geliştirilmesi için tavsiyelerde bulunmaktadır. DO-178C' nin hedeflerine uyum gösterimi, sivil havacılık ürünlerinde kullanılan yazılımın onaylanması için temel yöntemdir.

**RTCA DO-254:** Bu doküman; hava aracı üreticileri ve hava aracı için elektronik sistemlerini sağlayan tedarikçilere yardımcı olmak ve uçakta kullanılacak elektronik ekipmanların emniyetli bir şekilde fonksiyonlarını yerine getirmesini güvence altına almak için oluşturulmuştur. Doküman, donanım için

tasarım yaşam döngüsü süreçlerini tanımlamaktadır. Doküman ayrıca sertifikasyon gereksinimlerine uyum gösterebilmek için metodlar tavsiye eder ve tasarım yaşam döngüsü süreçlerinin hedeflerini tanımlar.



1960 ların sonunda yeni nesil hava araçlarında emniyet kritik fonksiyonların artması, bu fonksiyonların uçuş kritik kompleks sistemler tarafından yapılmasını gerektirmiştir. Hava aracı sistemlerinin geliştirilmesi için teknolojiadaki karmaşıklığın artması, hata durumlarının oluşma olasılıklarının veya etkilerinin belirlenmesinde mühendislik kararlarının tek yöntem olarak uygulanmasını zorlaştırmıştır. Bu nedenle tasarımın kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesinde rasyonel olasılık değerlerinin belirlenmesi ve analiz tekniklerinin uygulanması kabul görmüştür. Bu tekniklerde yukarıda belirtilen rehber dokümanlarda tanımlanmıştır.

Sistem Mühendisliği standartlarında Özel Mühendislik Disiplinlerinden biri olarak bahsedilen emniyet, bu standartlarda detaylı olarak tanımlanmamakla birlikte havacılıkta geliştirme ve tasarım sürecini belirleyici en önemli faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

SAE-ARP-4754A havacılık otoriteleri tarafından kabul görmüş bir rehber doküman olarak, hava aracının geliştirilmesi ve modifikasyonunda izlenmesi gereken süreci tanımlamaktadır. Sistem mühendisliği süreçleri ile ortak bir çok noktası olan standardın temel farkı emniyet odaklı olması ve aktivitelerin/analizlerin derinliğinin sistemin, donanımın ve yazılımın kritikliğine (Level A, B, C, etc.) göre belirlenmesidir. Hava aracı sistem, yazılım ve donanımın kritiklik seviyeleri ARP-4761 de tanımlanan emniyet analiz teknikleri kullanılarak belirlenmekte ve ilgili rehber standartlara göre geliştirilmektedir. Sistem kritiklik seviyelerine göre sistem geliştirme hedefleri ARP-4754' de, yazılım kritiklik seviyesine göre yazılım geliştirme hedefleri DO-178 'de ve donanım kritiklik seviyelerine göre geliştirme hedefleri DO-254 'de tanımlanmaktadır.

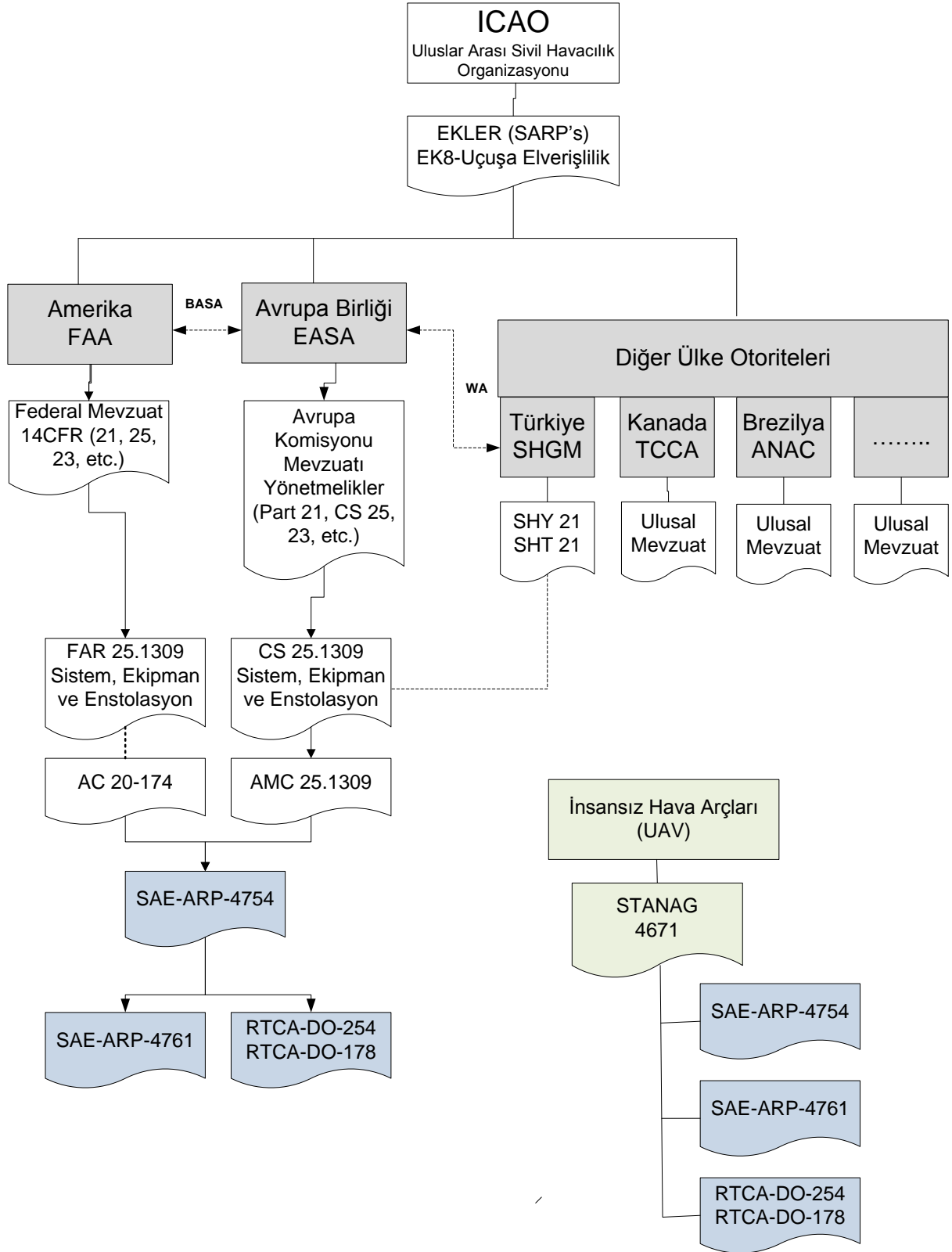
ARP-4754 içersinde tanımlanan emniyet değerlendirmeleri yine otoriteler tarafından kabul görmüş SAE-ARP-4761 rehber dokümanındaki metotlara göre yapılmaktadır.

SAE-ARP-4754A hava aracı, sistem ve ekipmanların tasarım ve geliştirilmesi için gerekli olan süreci tanımlamaktadır. Ne yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır, nasıl yapılacağını detaylarında endüstriyi serbest bırakmaktadır. ARP-4754A yazılım ve donanım geliştirme süreçleri için DO-178 ve DO-254' e referans vermektedir. ARP-4754A içersinde major rol oynayan emniyet süreçleri için (hava aracı, sistem ve ekipman seviyesi) SAE-ARP-4761' e referans verilmektedir. ARP-4761, sistem emniyet değerlendirmeleri ve analizleri kapsamında mevcutta bulunan en iyi rehber dokümanlardan biridir. Hem sivil hemde askeri hava araçlarının tasarım süreçlerinde kullanılan önemli bir rehber dokümandır.

Emniyetin tedarik sürecine sonradan dahil edilmesi sadece emniyet risklerini değil finansal riskleri de artırabilir. Sistem emniyet süreci ile, erken safhada risklerin tanımlanması, analiz edilmesi, azaltılması ve kontrol altında tutulması amaçlanmaktadır. Riskler/tehlikeler, sistem geliştirme sürecinde değerlendirilmez ise sistem, bu potansiyel tehlikelerle tasarlanmak durumunda kalmaktadır. Bu tehlikeler, geliştirme sürecinin ilgili fazlarında tespit edilemezse, kişiler için daha büyük riskler, zayıf sistem performansı, pahalı tadilat/iyileştirmeler, yüksek bütçe ve ulaşılamayan proje takvimi olarak geri dönmektedir. Bu nedenle riskleri tasarım ve geliştirmenin erken evrelerinde analiz etmemiz ve tasarım değişiklikleri ile paralel bu analizleri güncellememiz gerekmektedir.

Hava araçlarının çok maliyetli olması, kaza sonrası can ve mal kayıpları ve yüksek tazminat bedelleri hava aracı, sistem ve ekipman üreticilerinin bu rehber standartlardaki gereksinimleri daha da sıkılaştıracak şekilde bir araya gelmelerine ve ihtiyacı karşılayacak şekilde rehber standartları güncellemelerine neden olmaktadır.

Yukarıda tanımlanan ICAO organizasyonu, otorite mevzuatları ve rehber standartların ilişkisinin özetlendiği akış şeması Şekil 3' de verilmiştir. Bu akışta sadece FAA, EASA ve SHGM ele alınmıştır. Diğer ülke otoritelerinin detay süreçlerine girilmemiştir.



Şekil 3. Otorite Mevzuatları ile Rehber Standartların İlişkisi

FAA tarafından yayımlanan AC 20-174 ' ün temel amacı; FAA' in ARP-4754A ' yı kabul edilebilir bir metod olarak tanıdığını göstermektir. EASA ise AMC 25.1309 içerisinde ARP-4754 ve ARP-4761 ' e referans vererek bu standardı tanıdığını göstermektedir.



U.S. Department  
of Transportation  
**Federal Aviation  
Administration**

# Advisory Circular

**Subject:** Development of Civil Aircraft and  
Systems

**Date:** 09/30/2011

**AC No:** 20-174

**Initiated by:** AIR-120

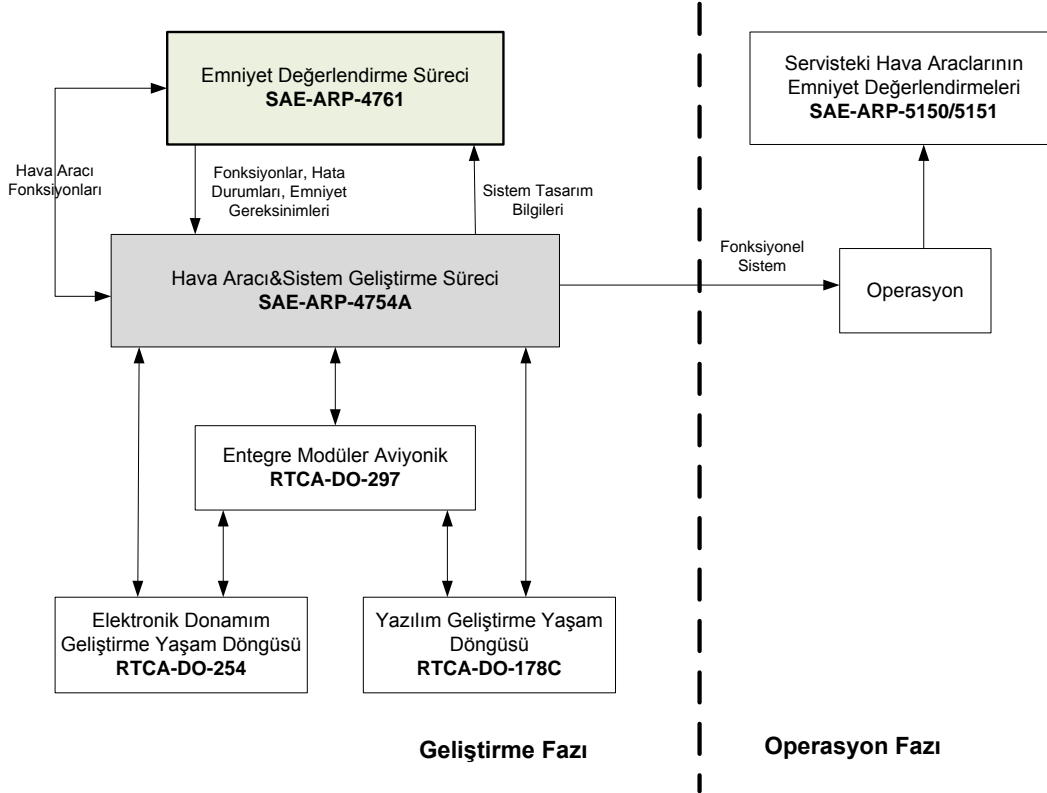
**Change:**

## 1. Purpose of this Advisory Circular (AC).

a. This advisory circular (AC) recognizes the Society of Automotive Engineers (SAE) Aerospace Recommended Practice (ARP) 4754A, *Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems*, dated December 21, 2010, as an acceptable method for establishing a development assurance process. SAE ARP 4754A discusses the development of aircraft and systems taking into account the overall aircraft operating environment and functions. This includes validation of requirements and verification of the design implementation for certification and process assurance.

Aynı şekilde, İnsansız Hava Araçları için yayınlanan sertifikasyon standardı STANAG 4671 içerisinde de ARP-4754, ARP-4761, DO-178 ve DO-254 rehber dokümanlarına referans verilmektedir. Görüldüğü gibi bu rehber dokümanların hem sivil hemde askeri alanda kullanımı sertifikasyon standartları içerisinde çağrılmaktadır.

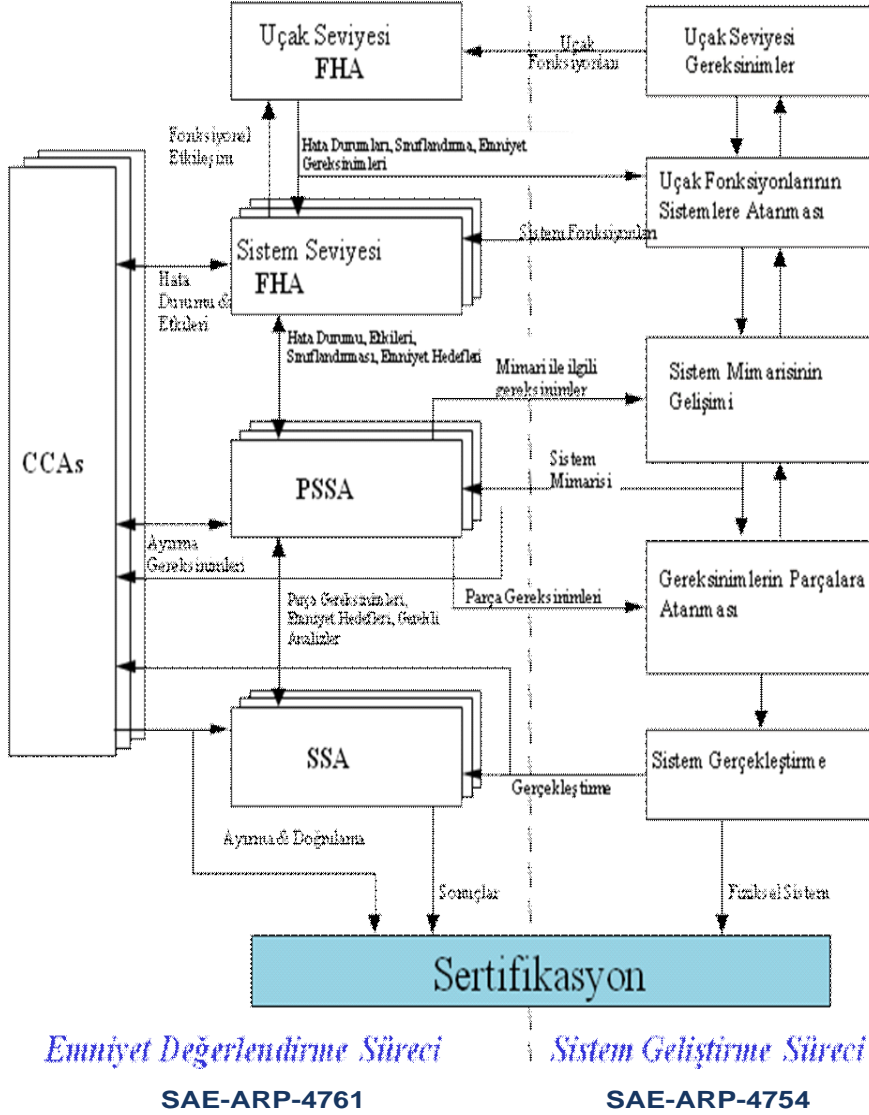
ARP-4754A, üst seviye rehber standart olarak diğer rehber standartlarla ilişkisini kendi içerisinde tanımlamaktadır. Şekil 4, ARP-4754A içerisinde tanımlanan rehber standartların ilişkisini vermektedir.



Şekil 4. Rehber Standartların İlişkisi



Şekil 5, hava aracı/sistem geliştirme süreçleri ile emniyet süreçlerinin ilişkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi farklı tipte emniyet analizleri, geliştirme süreçlerinin başından sonuna kadar gerçekleştirilmektedir. Emniyet sürecinin çıktısı olan emniyet dokümantasyonu, ürün teslimatından sonra bile herhangi bir olay kaza sonrası gözden geçirilerek güncellenmesi gerekebilecek yaşayan dokümanlardır. Emniyet analizlerinin geliştirme aktivitelerine paralel yürütülmesi tasarım içerisindeki tehlikelerin ve emniyetsiz durumların zamanında tespit edilmesi ve maliyetli geri dönüşleri engellemek için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 5. Sistem Geliştirme ve Emniyet Süreçlerinin İlişkisi

Havacılık projeleri maliyeti yüksek emniyet kritik projelerdir. Havacılık projelerinde amaç, sadece uçabilen bir hava aracı tasarlamak ve üretmek değil, ömür döngüsü boyunca emniyetli uçuşunu sürdürebilecek ve kendisinden beklenen görev gereksinimlerini tanımlanan tüm operasyonlarda ve operasyonel koşullarda emniyetli bir şekilde yerine getirebilecek bir hava aracı tasarlayıp üretebilmektir. Bu amaca ulaşabilmek için, hava aracı, sistemleri ve ekipmanlarını ( yazılım ve donanım dahil)

tasarlayan organizasyonların otoriteler tarafından kabul görmüş rehber standartlar ışığında tasarım alt yapılarını oluşturmaları büyük önem arz etmektedir.



Nazan GÖZAY GÜRBÜZ  
BSME, MSME, EMBA

Nazan Gürbüz, TRACES- Havacılık Mühendislik ve Sertifikasyon Hizmetleri San. ve Tic. A.Ş. şirketinde Sistem Emniyeti ve Tasarım Güvence Müdürü olarak görev yapmaktadır. TUSAŞ ve STM şirketlerinde 18 yıl hava aracı üretim, tasarım ve geliştirme projelerinde kendi uzmanlık alanlarında görev almıştır.

Hava aracı, parça ve cihaz sertifikasyon süreçleri (EASA Part 21) ve sistem geliştirme ve emniyet analizleri (ARP-4754 ve ARP-4761) kapsamında sektörü bilgilendirme amaçlı bir çok eğitim vermiştir.

SAE International S-18 Sivil Hava Aracı Geliştirme ve Emniyet Süreçleri Komitesi'nin 8 yıldır aktif üyesi olup, havacılıkta kullanılan rehber standartlardan SAE-ARP-4754A (Hava Aracı Ve Sistem Geliştirme Süreçleri)'nin yayımlanmasına katkı sağlamıştır. Halen ARP-4754'ün B versiyonu ve SAE-ARP-4761 (Sistem emniyet değerlendirmeleri ve analizleri)'nin A versiyonunun oluşturulması kapsamında alt çalışma gruplarında görev almaktadır.