

Önleyici Bakım Programlarının Tasarlanması Aracı Olarak Bakım Yönlendirme Kılavuzları

Ender GEREDE

Yrd. Doç. Dr. Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu

ÖZET

Hava aracı bakımı havacılık emniyetini etkileyen faaliyet alanlarının başında gelmektedir. Bu nedenle hava araçlarının önleyici bakım programları büyük önem taşımaktadır. Hava araçları hizmete girmeden önce uçuşa elverişliliğini sağlayacak önleyici bakım programının hazırlanması ve ilgili otorite tarafından onaylanması zorunludur. Bakım yönlendirme kılavuzları bu amaçla kullanılan araçlardır. Türkiye'de hava aracı bakım faaliyetlerine ilişkin Türkçe alanyazın ve terminoloji yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada sözü edilen önem ve eksiklik dikkate alınarak hava araçlarının önleyici bakım programlarının bakım yönlendirme kılavuzları ile nasıl hazırlandığı sorusuna cevap aranmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sivil havacılık yönetimi, hava aracı önleyici bakım programları, bakım yönlendirme kılavuzları

ABSTRACT

Aircraft maintenance activities are one of the most important areas affecting aviation safety. For this reason preventive maintenance programs of aircrafts play a significant role to grant aviation safety. Before entry into service during each aircraft design process a preventive maintenance program have to be prepared and to be approved by related civil aviation authority to assure continued airworthiness of the aircraft. Maintenance Steering Guides are the unique tools used for this purpose. Neither Turkish Literature nor Terminology on aircraft maintenance has been developed enough so far in Turkey. In this study taking into account the consideration mentioned above and the lack of Turkish Literature and Terminology on aircraft maintenance, it is tried to answer how the preventive maintenance programs are prepared by using the maintenance steering guides.

Keywords: Civil aviation management, aircraft preventive maintenance programs, maintenance steering guides

GİRİŞ

Hava taşımacılığı yolcunun ve yükün hızlı bir biçimde yer değiştirme faydasını sağlayan emniyetli bir taşımacılık biçimidir. Yarattığı bu fayda sayesinde hava taşımacılığı faaliyetleri ekonomik ve sosyo-kültürel gelişimin sağlanmasında son derece önemli bir rol oynamaktadır. Pek çok ekonomik faaliyetin yürütülebilmesi için önemli bir girdi durumunda olan hava taşımacılığı bir anlamda insanların yaşam kalitesini etkilemektedir¹.

Yukarıda sözü edilen faydaların elde edilebilmesi için etkin bir sivil havacılık sistemine ihtiyaç duyulur. Bunun için kaza ve ölüm oranlarını azaltmak ve bunlara neden olan durumları ortadan kaldırmak sivil havacılık sistemlerinin en temel amacıdır². Başka bir deyişle, sivil havacılık

faaliyetlerinin merkezinde bulunan hava taşımacılığı faaliyetlerinin emniyetli³ bir biçimde gerçekleşmesi gerekmektedir. Havacılık emniyetinin tehlikeye girmesi hava taşımacılığı faaliyetlerinin yukarıda açıklanan işlevlerini ve faydalarını ortadan kaldıracaktır.

Hava taşımacılığı faaliyetlerinde emniyeti tehlikeye atan en önemli faaliyet alanlarından birisi de hava aracı bakım faaliyetleridir. Bu nedenle hava aracı bakım faaliyetlerinde etkinliğin sağlanması son derece önemlidir. Hava aracı bakımında etkinliği sağlamanın en önemli araçlarından birisi güvenilirlik daha azalmadan müdahalede bulunarak güvenilirliğin azalmasını engellemeye çalışmaktır. Başka bir deyişle “önleyici bakım” yapmaktır. Bununla birlikte, “önleyici bakım programlarının” nasıl tasarlandığı üzerinde yeterince durulan bir konu değildir.

¹ William E. O'Connor, *An Introduction to Airline Economics* (Beşinci basım. Westport-Praeger, 1995), s.14. ; Ender Gerede, “Türk Sivil Havacılık Sisteminin Sorunları”, 78. Yılda Türk Hava Kurumu ve Türk Havacılığının Geleceği adlı Panel’de sunulan bildiri, 19-39, (Ankara, 2003), S.19-20.

² Global Aviation Information Network-Aviation Operator Safety Practices Working Group, “Operator’s **Flight Safety Handbook**”, *Flight Safety Digest*, (May-June 2002), s.30.

³ Havacılık emniyeti” kavramı hakkında daha fazla bilgi için bakınız: Ender Gerede, “Havacılık Emniyeti ve Havacılık Güvenliği Kavramları Arasındaki İlişki ve Farkların Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma”, *İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi Yönetim*, Cilt no 17, Sayı no 54, (01/06/2006).

Türkiye'de bilim insanlarının önemli görevlerinden birisinin ilgili alanlarda Türkçe alanyazının ve terminolojinin oluşturulmasına katkı sağlamak olduğu düşünülmektedir. Türkiye'de özellikle hava aracı bakımı alanında Türkçe Alanyazın son derece sınırlıdır. Diğer yandan Türkçe Terminolojinin oluşturulmaması anlam kargaşasına neden olmaktadır. Bu durum Türk Hava aracı Bakım Sisteminin etkinliğini azaltan bir faktör olarak karşımıza çıkabilir.

Yukarıda ortaya konan önem doğrultusunda bu çalışmanın amacı hava araçlarında “önleyici bakım programlarının” nasıl hazırlandığının açıklanması olarak belirlenmiştir. Çalışma “belge tarama” temeline dayanmakta ve amaç açısından değerlendirildiğinde çalışmanın yöntemi “açıklayıcı-betimleyici” olarak karşımıza çıkmaktadır.

HAVA ARACI BAKIM FAALİYETLERİNE İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR VE HAVA ARACI BAKIMININ ÖNEMİ

Hava Aracı Bakımının Tanımı⁴

Hava aracı bakım faaliyetlerinin temel amacı havacılık emniyetini sağlamak olduğu için öncelikle bu kavramı tanımlamakta fayda vardır. Havacılık emniyeti (aviation safety), tüm havacılık faaliyetlerinin; gerçek hayat şartlarında, bilinen tüm risk faktörlerinin ortaya konulduğu ve kaçınıldığı kabul edilebilir risk seviyesinde gerçekleşmesidir. Sözü edilen risk; doğrudan ya da dolaylı olarak havacılık faaliyetleri kapsamına giren insanların, hava araçlarının, ilgili donanımın ve altyapının kazaya uğrayarak ya da başka bir şekilde zarar görme olasılığıdır.

“Güvenirlik” ise havaaracı bakımını tanımlamak için kullanılan bir kavramdır. Güvenirlik, bir sistemin ya da onu oluşturan birimlerin kendisinden beklenen işlevi belirli bir zaman dilimi içinde yerine getirebilme olasılığıdır.

Güvenirliğin azalması ilgili birimin işlevsel arıza yapma olasılığının artması anlamına gelir. Bu da havacılık emniyetini tehlikeye atabilir.

Bu açıklamalardan sonra hava aracı bakımını; havacılık emniyetini, hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranını ve bakım maliyetlerini en kıvamlı noktada tutmak amacıyla hava aracı ve onu oluşturan tüm sistemlerin güvenilirliklerini yönetmek için yapılan faaliyetlerin tümü olarak tanımlamak mümkündür.

Hava aracı bakım faaliyetlerinin tanımı ve amaçları arasında yer aldığı için tanımlanması gereken diğer bir kavram ise hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma (Availability) oranıdır. Satın alım maliyetleri yüksek olan hava araçlarının bakım faaliyetlerinin etkinlik sorunları yüzünden uçuşa hazır durumda tutulamamaları pek çok sorun yaratacaktır. Hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranı ilgili parçaların arıza yapma sıklıkları ve bunların doğru bir biçimde tespit edilerek ne kadar sürede giderildiğine, başka bir deyişle bakım faaliyetlerinin etkinliğine bağlıdır.

Hava Aracı Bakımının Önemi

Temel amacı emniyeti sağlamak olan bakım faaliyetlerinin etkin bir biçimde yürütülmesi hem bir zorunluluk hem de bir gerekliliktir. Hava aracı bakım faaliyetlerine ilişkin ulusal ve uluslararası alanda pek çok düzenleme bulunmaktadır. Bu düzenlemelere uyulmaması halinde ilgili sivil havacılık otoriteleri hava taşımacılığı faaliyetlerini durdurabilir. Diğer yandan, hava taşımacılığı faaliyetlerinde kar amacı güdülsün ya da güdülmesin havacılık emniyetinin tehlikeye girmesi ilgili kuruluşun taşımacılık faydası sağlamasına engel olacağı için bakım faaliyetlerinde etkinliğin sağlanması aynı zamanda bir gerekliliktir. Ayrıca etkinlik sağlanamaz ise bakım maliyetleri artacak, satın alım maliyetleri yüksek olan hava araçlarının kullanım oranları azalacak ve dispeç güvenilirliği düşecektir⁵. Sonuç olarak hava aracı bakım faaliyetlerinin etkin bir biçimde yürütülmesi büyük önem taşımaktadır.

⁴ Bu bölümün geliştirilmesinde takip eden kaynaklardan yararlanılmıştır: Ender, Gerede. "Bakım Maliyetlerinin İncelenmesi ve Direkt Bakım Maliyetlerinin Azaltılması İçin Öneriler Geliştirilmesi Türkiye Uygulaması", Basılmamış Yüksek Lisans Tezi (Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1998). s.1-10. ; Richard H. Wood, *Aviation Safety Programs-A Management Handbook*, (İkinci basım. Englewood: Jeppesen Sanderson, 1997), s.28. ; The EXTRA Project European Community's Transport RTD Programme, "Thematic Synthesis of Transport Research Results, Paper 7 of 10: Safety and Security", europa.eu.int/comm/transport/extra/safety_security.pdf, (Ağustos 2001), s.7. ; Gerede, a.g.e., (2006).

⁵ Dispeç güvenilirliği bir havaaracının planlanan uçuşunu zamanında yapma olasılığıdır.

Önleyici ve Düzeltici Bakım Kavramları

Hava aracı bakım faaliyetleri yapılış amacına göre sınıflandırıldığında “önleyici bakım” ve “düzeltici bakım” olmak üzere ikiye ayrılır.

Önleyici bakım güvenilirliği zamana bağlı olarak değişen parçalara çeşitli bakım işleri uygulayarak güvenirliliğin istenmeyen noktalara kadar inmesini engellemeye çalışmaktır. Başka bir deyişle işlevsel arıza ya da hasarlar zaman içinde düzenli bir biçimde tekrarlanan bakım işleri ile önlenmeye çalışılır. Böylece güvenirlilik yönetilerek emniyetin tehlikeye girmesi engellenir, hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranı artırılır ve bakım maliyetleri azaltılır.

Eğer önleyici bakım işlevsel arızaların ya da hasarların ortaya çıkmasını önleyemez ise güvenirliliğin tekrar artırılması gerekir. Bu tür bakım işlerine ise “düzeltici bakım” denilmektedir. Önleyici bakımın nihai amacının düzeltici bakım faaliyetlerinin miktarını azaltmak olduğu söylenebilir.

Yeni bir hava aracı hizmete girmeden önce teknik özellikleri uçuşa elverişlilik açısından incelenir ve uygun görülürse havaaracı sertifikalandırılır. Ayrıca hava aracının hizmete girebilmesi için sürekli uçuşa elverişliliğini sağlayacak bir önleyici bakım programına sahip olması zorunludur.

ÖNLEYİCİ BAKIM PROGRAMLARI YÖNLENDİRME KILAVUZLARI

Tarihsel Gelişim⁶

1960'lı yılların öncesinde hava aracı bakım faaliyetleri sadece zaman sınırlı (Hard Time) bakım yöntemine dayandırılmıştır. Bu yöntemde parçalara bir kullanım ömrü biçilir ve bu kullanım sürecinde parçanın emniyeti tehlikeye atmadan işlevini yerine getirmesi beklenir.

Buna göre güvenirliliğin sağlanması sadece parçaların belirli zaman aralıklarında değiştirilmesi ya da revizyona

(günümüzdeki bakım kavramlarına göre eski haline getirme-restoration) tabi tutulması ile sağlanabileceği ilkesine dayandırılmıştır.

Sözü edilen yöntemin pek çok olumsuz yanı bulunmaktadır. Örneğin sadece bu yöntemin kullanılması bakım ve stok maliyetlerini büyük ölçüde artırmaktadır. Hava aracı binlerce parçadan oluşmakta ve bunların değişim ya da revizyon sıklıkları birbirinden farklı olmaktadır. Ayrıca parçalar her şeye rağmen kullanım ömürleri sona ermeden arızalanabilirler. Bu durumda hava aracı farklı sıklıklarla değiştirilmesi ve revizyona gönderilmesi gereken parçaların varlığı ve bunların kullanım ömürlerinin farklı zamanlarda sıfırlanması nedeniyle sürekli yerde ve bakımda kalmak zorundadır. Sonuç olarak hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranı önemli ölçüde düşmektedir.

Diğer yandan, zaman içinde güvenirliliği artırmak adına yapılan bu önleyici faaliyetlerin aslında bazı parçaların güvenirliliklerini artırmadıkları, buna karşın güvenirliliği azalttıkları görülmüştür. Bu keşif hava aracı bakım tarihinde bir devrim yaratmıştır.

Sözü edilen parçalar güvenirlilikleri zamana bağlı olarak değişmeyen parçalardır. Bu tür parçaların güvenirliliklerinin ne zaman azalmaya başlayacağı ve ne zaman arızalanacakları bilinemez. Bu durumda bu parçalara önleyici bakım işlerinin uygulanmasının anlamı yoktur. Uygulanması halinde ilgili parçaların sürekli sökülüp yeniden takılması gibi işler nedeniyle güvenirlilikleri artırılmaya çalışılırken gereksiz yere düşürülecektir.

Eski yöntemlerin diğer olumsuz bir tarafı ise binlerce parçadan meydana gelmiş bir hava aracı için hazırlanacak önleyici bakım programının herhangi bir analitik ve sistematik bir temele dayanmadan sadece tecrübeler doğrultusunda tasarlanmasıdır. Böylesine bir yöntemin getirdiği bakım programının etkinlik sorunları taşıması kaçınılmazdır.

⁶ Bu bölümün geliştirilmesinde takip eden kaynaklardan yararlanılmıştır: MSG-3 Maintenance Practices, “Applying MSG-3 to out of Production Aircraft”, Aircraft Technology Engineering & Maintenance, Sayı no 50 (Şubat-Mart 2001), s.2-8. ; Air Transport Association, ATA MSG-3 Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development (Washington, DC: Revision 2003.1, 2003). ; Gerede, a.g.e., (1998), s.10-22.

Bu arada teknolojinin, üretim yöntemlerinin ve bunlara bağlı olarak üretim felsefesi olarak tanımlanabilecek bakım mevzuatlarının (Bu gelişim günümüze değin Safe Life → Fail Safe → Damage Tolerance şeklinde gelişmiştir) değiştiği görülmektedir. Ayrıca jet motorlu uçakların hizmete girmesi, işletim maliyetlerinin artması, havacılık emniyetinin daha önemli bir hale gelmesi gibi nedenlerle ABD'nin sivil havacılık otoritesi olan Federal Havacılık Otoritesi yeni bakım yöntemlerinin araştırılması amacıyla ABD'li havayolu işletmelerinin oluşturduğu Amerikan Taşımacılık Birliği (American Transport Association) aracılığı ile bir çalışma grubu kurmuştur. Bu çalışma grubuna Bakım Yönlendirme Grubu (BYG, Maintenance Steering Group-MSG) adı verilmiştir.

1968 yılında çalışmalarını tamamlayan BYG o yıllarda tasarım aşamasında olan B 747 uçağına uygulanmak üzere mantıksal karar süreçlerinden oluşan bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Bu yapı "Bakım Değerlendirme ve Program Geliştirme" (Maintenance Evaluation and Program Development) adı verilen bir dokümanda açıklanmıştır. İlk kez B 747 uçağına uygulanan bu yapıya Bakım Yönlendirme Kılavuzu-1 (BYK-1, MSG-1) adı verilmiştir.

BYK-1 B 747'nin önleyici bakım programının geliştirilmesinde son derece başarılı olmuş ve bu nedenle BYK-1'in B 747'ye özgü yanları değiştirilerek BYK'nin evrensel olarak tüm hava araçlarına uygulanabilir hale getirilmesi kararlaştırılmıştır. BYK-2 olarak adlandırılan bu kılavuz 1970'li yıllarının (L1011 ve DC-10 gibi) hava araçları ve motorlarına uygulanmıştır. Avrupalı üreticiler ise 1972'de benzer bir biçimde kendilerine özgü (European MSG-2) Kılavuzu geliştirerek Concorde ve A300'e uygulamışlardır.

1979 yılından o güne değin elde edilen deneyimler BYK-2'nin bazı olumsuz yanları olduğunu göstermiş ve değiştirilmesi gereği ortaya çıkmıştır. ABD Federal Havacılık Otoritesi (FAA), İngiltere Sivil Havacılık Otoritesi (CAA), ABD ve Avrupalı motor ve hava aracı üreticileri, ABD'li ve diğer bazı ülkelerin havayolu işletmeleri ve ABD Deniz Kuvvetlerinin aktif katılımı ile BYK-3 geliştirilmiştir.

Bakım Yönlendirme Kılavuzu-2⁷

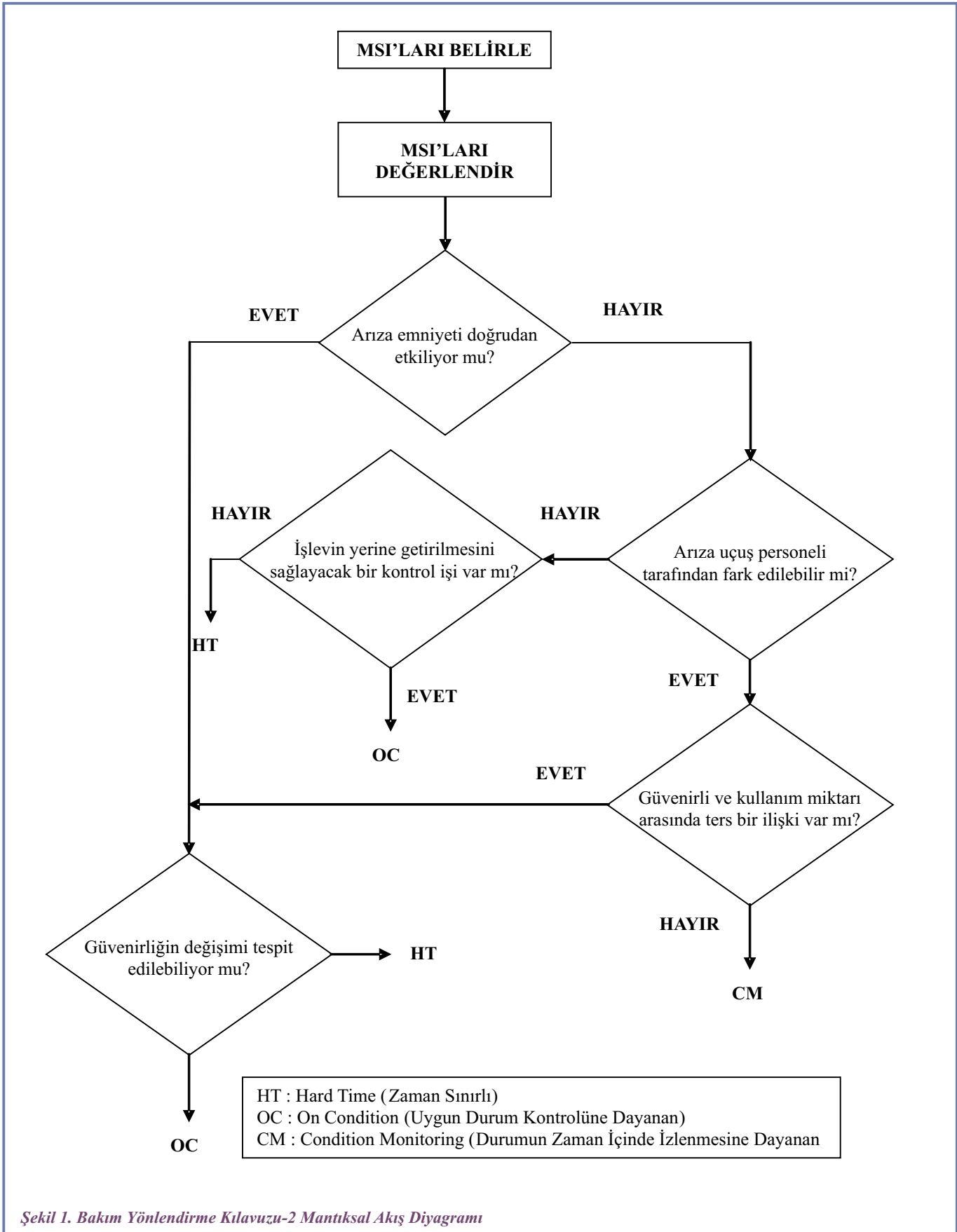
BYK-2 B747 için geliştirilen ve BYK-1 adıyla anılan kılavuzun evrensel olarak tüm hava araçlarında kullanılabilecek şekilde yeniden düzenlenmesi ile elde edilmiştir. BYK-2'de öncelikle hava aracını oluşturan parçalar çeşitli faktörlere göre değerlendirilir ve Bakım Açısından Önemli Parça (Maintenance Significant Item)" olup olmadıklarına karar verilir. Daha sonra bu parçaların; işlevleri, arıza durumunda emniyet açısından bunun etkisi, parça güvenilirlikleri değişiminin anlaşılabilir anlaşılabilmesi ve parça güvenliğinin zamana bağlı olarak değişip değişmemesine göre parçaların hangi temel bakım yöntemi kapsamında izlenmesi gerektiğine karar verilmektedir. Şekil-1'de BYK-2'nin mantıksal akış diyagramı görülmektedir.

BYK-2'nin hava aracı bakımına getirdiği en önemli yenilik "Zaman Sınırlı Bakım Yönteminin" (Hard-Time) tek güvenilirlik yönetim aracı olmaktan çıkmış olmasıdır. BYK-2 ile Uygun Durum Kontrolüne Dayanan Bakım Yöntemi (On-Condition) ve Durumun Zaman İçinde İzlenmesine Dayanan Bakım Yöntemi (Condition Monitoring) tanımlanmıştır. Burada sözü edilen "durum" gerçekte ilgili parçanın güvenilirliğidir.

Uygun Durum Kontrolüne Dayanan Bakım Yönteminde parçaların güvenilirlikleri düzenli aralıklarla kontrol edilir ve eğer güvenilirlik seviyesi uygun görülürse parça bir sonraki düzenli kontrol işlemine kadar kullanımda kalmaya devam eder. Eğer güvenilirlik istenilen seviyede değilse parçaya gerekli bakım işi uygulanır ve güvenilirlik istenilen seviyeye getirilmeye çalışılır. Bir parçanın bu kapsamda izlenebilmesi için o parçanın güvenliğinin zamana bağlı olarak değişiyor olması, güvenliğinin eldeki olanak, bilgi ve deneyim ile azaldığının tespit edilebiliyor olması ve parçanın düzenli ve uygun aralıklarla kontrol ediliyor olması gerekmektedir.

Durumun Zaman İçinde İzlenmesine Dayanan Bakım Yöntemi ise güvenilirlikleri zamana bağlı olarak değişmeyen parçalara uygulanmaktadır. Daha önceki yaklaşımlarda tüm parçaların güvenilirliklerinin zamana bağlı olarak değiştiği düşünülüyordu. Buna karşın, özellikle elektronik ve karmaşık

⁷ Gerege, a.g.e., (1998), s.10-22. ; FAA, "Maintenance Control by Reliability Methods", (AC no. 120-17A, 1988).



Şekil 1. Bakım Yönlendirme Kılavuzu-2 Mantıksal Akış Diyagramı

<http://www.atareliability.com/Mx%20Programs/objectives.htm>, 12 Şubat 2007.

bir yapıya sahip mekanik parçaların güvenilirlikleri zamana bağlı olarak değişmemektedir. Bu durumda sözü edilen parçalara önleyici bakım işlerinin uygulanması doğru değildir. Önleyici bakım bu tür parçalarda tam tersi bir etki yaratarak güvenilirliği azaltmaktadır.

Sonuç olarak güvenilirlikleri zamana bağlı olarak değişmeyen parçaların güvenilirliklerini önleyici bakım uygulayarak yönetmek mümkün değildir. Bununla birlikte, bu parçaların güvenilirliklerinin kendi haline bırakılması da doğru değildir. Bu sorun güvenilirlikleri doğrudan hesaplanamayan bu tür parçaların güvenilirliklerinin bazı istatistiksel yöntemlerle hesaplanmaya çalışılması, bu şekilde hesaplanan güvenilirliklerin zaman içinde izlenmesi ve düşmesi durumunda sebeplerinin araştırılarak sisteme müdahale edilmesi ile aşılmıştır. Bu yöntem Durumun Zaman İçinde İzlenmesine Dayanan Bakım Yöntemi (Condition Monitoring) olarak adlandırılmaktadır.

Bu kılavuzun en temel sorunu süreç sonunda parçalar için hangi bakım işlerinin değil hangi bakım yöntemlerinin uygulanacak olmasına karar verilmesidir. Bu durum açık ve anlaşılır bir bakım programının ortaya çıkmasını engellemektedir. Diğer yandan, güvenilirlik merkezli bakımın temelini oluşturan “işlevsel arıza” değerlendirmeye katılmamıştır. Ayrıca hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranının artırılması ve bakım maliyetleri göz önünde tutulmamaktadır.

Bakım Yönlendirme Kılavuzu-3⁸

1970'li yılların sonlarında BYK-2'nin yukarıda açıklanan olumsuzlukları nedeniyle yeni bir bakım yönlendirme kılavuzu gerekli hale gelmiştir. 1980 yılında bu gereklilik dikkate alınarak “güvenirlik merkezli bakım” yaklaşımı ile BYK-3 geliştirilmiştir. BYK-3 işleyiş süreci Şekil-2'de görülmektedir.

BYK-3 öncelikle hava aracını “motor ve sistemler” ile “gövde ve yapısal elemanlar” olmak üzere iki temel alt sisteme ayırmaktadır. Daha sonra bu alt sistemler de kendi içinde, komponentlere ulaşıncaya kadar, alt sistemlere ayrılmakta ve “bakım açısından önemli olan parçalar”

(Maintenance Significant Items-MSI ve Structural Significant Items-SSI) tek tek belirlenmektedir.

Bir parçanın MSI olarak tanımlanabilmesi için değerlendirilen parçada meydana gelebilecek bir arızanın aşağıda açıklanan özelliklere sahip olması gerekmektedir:

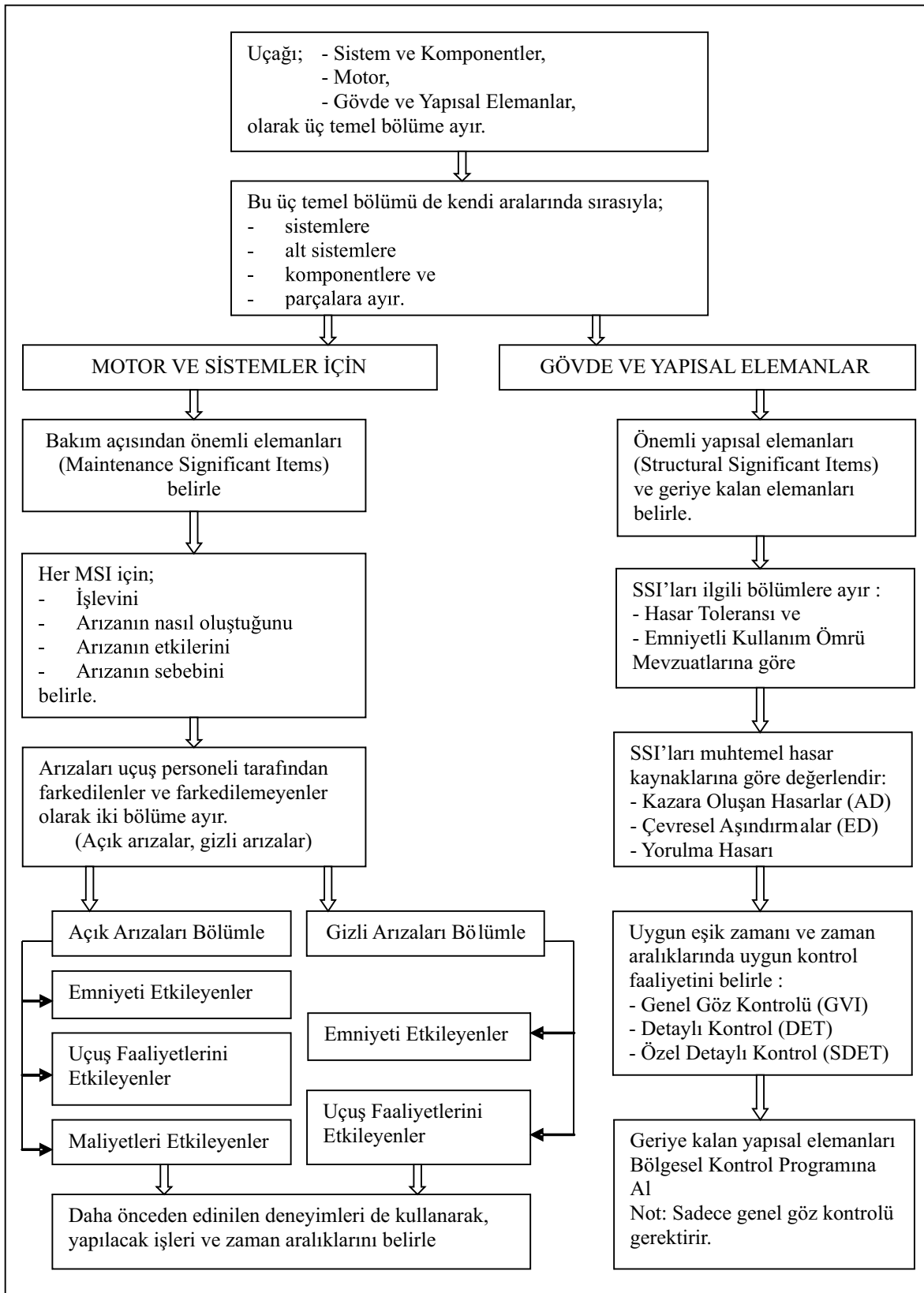
- Arıza yerde ya da uçuşta emniyeti etkiliyorsa ve/veya
- Arıza operasyon sırasında ortaya çıkarılmıyorsa ya da çıkarılması muhtemel görünmüyorsa ve/veya
- Uçuş faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi üzerinde önemli etkileri varsa ve/veya
- Ya da bakım maliyetleri üzerinde önemli etkileri varsa

“Motor ve sistemler” ile “gövde ve yapısal elemanlar” bölümlerindeki parçaların güvenilirliklerini etkileyen faktörler farklı olduğu ve güvenilirlikler farklı bir biçimde değiştikleri için bu iki bölümün değerlendirme süreci de farklılık göstermektedir.

BYK-3 Mantıksal akış diyagramında “Motor ve sistemler” bölümündeki MSI'lara çeşitli sorular yöneltilerek bu parçanın; işlevleri, arızanın nasıl oluştuğu, parçada meydana gelebilecek arızanın nedenleri, arızanın etkileri ve sonuçları tek tek ortaya konmaktadır. Daha sonra MSI'lar muhtemel arızanın uçuş personeli tarafından fark edilip edilememesine göre “açık” ve “gizli” arızalar olarak sınıflandırılmaktadır. “Açık” arızalar kendi aralarında “emniyeti etkileyenler”, “uçuş faaliyetlerini etkileyenler” ve “maliyeti etkileyenler” olmak üzere üç ayrı gruba ayrılır. “Gizli” arızalar ise sadece “emniyeti etkileyenler” ve “uçuş faaliyetlerini etkileyenler” olmak üzere iki ayrı grupta sınıflandırılır.

Bu sayede MSI hakkında pek çok önemli bilgiye sahip olunmuştur. Elde edilen bu bilgiler ışığında MSI'a uygun bir bakım işi ya da bakım işleri atanır, bunların ilk kez ne zaman uygulanacakları (eşik değer) ve bu işlerin zaman içinde düzenli olarak ne kadar sıklıkta tekrar edilecekleri (aralık değeri) belirlenir. Tüm MSI'lar için aynı işlemler tekrarlandığında “motor ve sistemler” için minimum önleyici bakım gerekleri ya da başka bir deyişle bakım programı ortaya çıkmış olur.

⁸ Bu bölümün geliştirilmesinde takip eden kaynaklardan yararlanılmıştır: Gerede, a.g.e., (1998), s.10-22. : Euresas, “Commercial Aspects of Aircraft Maintenance”, MAP 27/5, Yayınlanmamış Seminer Notları, (Toulouse, Fransa: 7-11 Nisan 1997).



Şekil 2. Bakım Yönlendirme Kılavuzu - 3 Mantısal Akış Diyagramı

BYK-3 Mantıksal akış diyagramında “gövde ve yapısal elemanlar” bölümlerindeki SSI'lar için de benzer bir değerlendirme yapılmaktadır. Öncelikle yapısal bir parçanın SSI olarak tanımlanıp tanımlanamayacağı değerlendirilir. Bir parçanın SSI olarak tanımlanabilmesi için değerlendirilen parçada meydana gelebilecek bir arızanın aşağıda açıklanan özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- İlgili parçanın uçuşta ve yerde basınç ve çeşitli yüklerin taşınmasında önemli bir rol oynaması gerekmektedir.
- Ya da ilgili parçanın arızalanması durumunda emniyet açısından gerekli olan yapısal bütünlüğün tehlikeye girmiş olması gerekmektedir.

SSI'lar belirlendikten sonra “Hasar Toleransı” ve “Emniyetli Kullanım Ömrü” mevzuatları açısından hangi tasarım yaklaşımına göre tasarlandıkları belirlenir. Bunun bilinmesi hangi kontrol işinin (Inspection) gerekli olacağına ve bunun tekrar edilme sıklığının belirlenmesine ışık tutacaktır. Daha sonraki adımda SSI'lar maruz kalacakları muhtemel hasar kaynaklarına göre değerlendirilir. Bunlar; Kazara Oluşan

Hasarlar (Accidental Damage), Çevresel Aşındırmalar (Environmental Deterioration) ve Yorulma Hasarıdır (Fatigue Damage). Bu değerlendirme sürecinde ayrıca hasarın ortaya çıkarılabilme güçlüğü de dikkate alınmaktadır. SSI'lar ile ilgili elde edilen tüm bu bilgiler doğrultusunda öncelikle bu SSI'ya Genel Göz Kontrolü (General Visual Inspection), Detaylı Kontrol (Detailed Inspection) ya da Özel Detaylı Kontrol (Special Detailed Inspection) işlerinden hangisinin uygulanacağı belirlenir. Ayrıca bunların ilk kez ne zaman uygulanacakları (eşik değer) ve bu işlerin zaman içinde düzenli olarak ne kadar sıklıkta tekrar edilecekleri (aralık değeri) tespit edilmektedir. Tüm SSI'lar için aynı işlemler tekrarlandığında “gövde ve yapısal elemanlar” için minimum önleyici bakım gerekleri, başka bir deyişle bakım programı ortaya çıkmış olacaktır. Tablo-1'de BYK-3'te tanımlanan önleyici bakım işleri ve açıklamaları görülmektedir.

BYK-3 güvenilirlik merkezli bakım yaklaşımını temel olarak yukarıdan-aşağı (top-down) yaklaşımı ile hava aracına tam bir sistem yaklaşımı getirmektedir. BYK-3 ile getirilen yenilikler aşağıda özetlenmektedir⁹:

Tablo 1. BYK-3'de Tanımlanan Bakım İşleri

Yağlama ve Servis	Yıpranma derecesinin azaltılması için yapılır.
Operasyonel Kontrol	İşlevin yerine getirilip getirilmediği nicel standartlara bağlı kalmadan kontrol edilir.
Genel Göz Kontrolü	Sadece gözle genel bir kontrol yapılır, başka bir kontrol aracı kullanılmaz.
İşlevsel Kontrol	Belirlenen işlevler daha önceden verilen çeşitli nicel standartlara ve sınırlara göre kontrol edilir.
Detaylı Kontrol	Bazı kapakların açılması ve ayna ve ışık kaynağı gibi bazı araçların kullanılması gerekir.
Özel Detaylı Kontrol	Tahribatsız muayene işlemlerinde kullanılanlar gibi bazı özel kontrol araç ve yöntemlerinin kullanılması gerekir.
Eski Haline Getirme	Bir parçanın belirlenen standartlara geri getirilmesi için yapılan faaliyetlerin tümüdür. Bu faaliyetler temizleme işleminden revizyon yapılmasına kadar uzanır.
Kullanımdan Çekme	Bir parçanın belirlenen kullanım ömrü aşılmadan kullanımdan çekilmesidir.
Hiçbir İş Gereksinimi Yok	Arıza durumunda emniyet üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan ve önleyici bir bakım işi konulduğunda maliyeti arızanın giderilmesinden daha yüksek olan parçaların güvenilirlikleri zaman içinde izlenir.
İşlerin Kombinasyonu	Arızalandıklarında emniyeti olumsuz yönde etkileyen ve tek bir işin yeterli olmadığı parçalar için gerekli işlerin kombine bir şekilde uygulanmasıdır.

International Air Transport Association, *Handbook of Production Planning and Control* (Revizyon 22, Montreal:1995), s.4_5; Peé, “*Procedure d'analyse MSG-3*” (Yayınlanmamış ders notları, Bordeaux: Université de Bordeaux-1, IUT-A, 1988), s.340-345. ; Euresas, a.g.e.

⁹ Kupp Shridhar ve Tim Lloyd, “System Reliability”, Boeing Company, *Maintenance Reliability and Costs Analysis Program*, eğitim semineri notları (California: 10-14 Kasım 1997), s.2. ; Gereade, a.g.e., (1998), s.10-22.

- **Sistem yaklaşımı:** Sistem yaklaşımı hava aracını aynı amaçlar doğrultusunda çalışan ve birbiriyle etkileşim içinde olan alt sistemlerin oluşturduğu bir bütün olarak görmektedir. Bir alt sistemin çıktısı diğer bir alt sistemin girdisi olabilir. Bu durumda alt sistemlerden birisinin sorunlu bir çıktı üretmesi aslında kendinden beklendiği gibi çalışan diğer alt sistemin istenen çıktıyı üretememesine neden olur. Sonuç olarak hava aracından beklenen emniyetli ve etkin uçuş yapma işlevi zarar görür. Bu yaklaşım arızaların diğer sistemleri nasıl etkileyeceğinin araştırılmasını sağlar ve bu sayede bakımın etkinliğini artırır.
- **Güvenirlilik merkezli bakım:** Güvenirlilik merkezli bakım yaklaşımının temelini “sistem” ve “işlevsel arıza” yaklaşımı oluşturmaktadır. İşlevsel arıza parçaların tek bir işlev yerine aslında birden çok işlevi yerine getirdiklerine odaklanmaktadır. Örneğin bir hidrolik pompası hidroliği depodan gerekli yere başarıyla pompalayabilir fakat verilen komuta tepki süresi yeterli olmayabilir. Ya da pompalama işlevini yerine getirirken fazla ısınabilir. Bu yetersizlik ya da aşırı ısınma başka bir alt sistemde başka bir soruna neden olabilir. Bu yaklaşımda ilgili parçanın tüm işlevleri tek tek belirlenir ve bu işlevlerin istenildiği gibi yerine getirilmesine yönelik uygun önleyici bakım işlerinin tespit edilmesi sağlanır.
- **Bakım işi odaklılık:** BYK-2 çıktıları “Zaman Sınırlı Bakım Yöntemi”, “Uygun Durum Kontrolüne Dayanan Bakım Yöntemi” ve “Durumun Zaman İçinde İzlenmesine Dayanan Bakım Yöntemi” olmak üzere temel bakım yöntemlerine odaklanırken BYK-3 çıktısı “Operasyonel ve İşlevsel Kontrol” ve “Eski Haline Getirme” gibi bakım işlerine odaklanmaktadır.
- **Bakım maliyetleri ve hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranı:** BYK-3 mantıksal akış diyagramında emniyeti doğrudan etkilemeyecek arızaların giderilmesi için konulması öngörülen bakım işlerinin maliyeti sorgulanarak oluşacak arızanın giderilmesi daha az maliyetli ise önleyici bakım işi konulmaması yoluna gidilebilir. Bu sayede bakım

maliyetleri azalacaktır. Diğer yandan, oluşması muhtemel arızanın hava aracının operasyonel yeteneklerini nasıl etkileyeceği de sorgulanır. Eğer ilgili arızanın oluşması durumunda hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranı önemli ölçüde azalacaksa bu duruma uygun bakım işleri seçilir.

- **Kazara oluşan hasarlar:** BYK-3'ün diğer önemli bir farkı ise “kazara oluşan hasarları” dikkate almasıdır. Hava aracı sadece uçuyor olduğu için değil yerde uçuş faaliyetine hazırlanma süreci içinde de çeşitli risklerle karşı karşıyadır. Örneğin hava aracına yakıt veren araç dolmuş sürecinde hava aracına çarpabilir. Ya da hava aracına kargo alınan kapılar kazara oluşacak bu tür hasarlara karşı hassas bölgelerdir. Bu hasar kaynaklarının ve risklerinin bilinmesi bunlara uygun bakım işlerinin tasarlanmasını ve bu bölgelerde güvenirliliğin daha etkin yönetilmesini sağlayacaktır.

ÖNLEYİCİ BAKIM PROGRAMI GELİŞTİRME ORGANİZASYONU¹⁰

Hava aracı hizmete girdiğinde, sürekli uçuşa elverişliliğini sağlayacak ve ilgili sivil havacılık otoritesi tarafından onaylanmış önleyici bakım programına ihtiyaç vardır. Bu nedenle bakım programı geliştirme süreci hava aracı hizmete girmeden 2-3 yıl kadar önce başlatılmaktadır.

Önleyici bakım programının geliştirilmesinde öncelikle gövde üreticileri ile hava aracı üzerinde gövde dışındaki donanımları üreten (Original Equipment Manufacturer) üreticiler görev alır. Bununla birlikte havaaracı siparişi veren ve satın almayı garanti eden muhtemel kullanıcılar (Launch Customer) da bu süreçte görev alabilmektedir. Diğer bakım programına onay verecek otorite de süreçte gözlemci olarak bulunmakta ve hazırlanan programı incelemektedir. Temel bakım programını içeren dokümanın hazırlanmasında aşağıdaki komiteler görev almaktadırlar:

- İşleticilerden ve üretici firma temsilcilerinden oluşan ve yapılacak işleri yöneten Endüstri Yönlendirme Komitesi (EYK, Industry Steering Committee-ISC),

¹⁰ Gerede, a.g.e., (1998), s.20-21.

- İşleticilerden, gövde, motor ve donanım üreticilerinden oluşan ve gerekli işleri BYK-3'ü kullanarak yapan Bakım Çalışma Grupları (BÇG, Maintenance Working Groups-MWGs),
- Havaaracı üreticisinin ve ilgili diğer Sivil Havacılık Otoritelerinden oluşan ve yapılan işleri onaylayan Bakım İnceleme Kurulu (BİK, Maintenance Review Board-MRB).

EYK ile koordinasyon içinde çalışan BÇG öneri niteliğindeki Temel Bakım Programını hazırlayıp (Maintenance Program Proposal) BİK'in incelemesine sunmaktadırlar. BİK, gerekli incelemeleri yaptıktan sonra, öneriyi kabul etmeleri durumunda BİK Raporu adı verilen ve kesinleşmiş temel önleyici bakım programını içeren doküman yayımlanmaktadır.

SONUÇ

Hava aracı bakımı ve önleyici bakım programları hava aracı ve onu oluşturan sistemlerin güvenilirliklerini yöneterek havacılık emniyetini artırmayı amaçlarlar. Önleyici bakım programları etkinliğinin havacılık emniyetini, hava aracının uçuşa hazır durumda bulunma oranını ve bakım maliyetlerini doğrudan etkileyeceği açıktır. Bu durumda önleyici bakım programlarının hazırlanma yöntemi ve sürecinin bilinmesi önem kazanmaktadır. B747 ile kullanılmaya başlanan Bakım Yönlendirme Kılavuzları önleyici bakım programlarının hazırlanmasında son derece önemli bir araç durumundadır. Günümüzde kullanılan BYK-3'ün son versiyonu ile bakım etkinliği ve uçuşa hazır durumda bulunma oranı artırılırken bakım maliyetleri azaltılmıştır. BYK-3 sadece önleyici bakım programlarının hazırlanmasında değil belirli ölçüde zaman içinde değiştirilmesi amacıyla da kullanılabilir. Bu nedenle BYK-3 kullanılarak önleyici bakım programlarının nasıl hazırlandığının bilinmesi havayolu işletmeleri açısından da önemlidir.

KAYNAKÇA

1. Air Transport Association, ATA MSG-3 Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Washington, DC: Revision 2003.1, 2003.
2. **Euresas**, "Different Factors Influencing Avionics Maintenance Costs", Commercial Aspects of Aircraft Maintenance MAP 27/5, Kurs Notları, Toulouse-France: 7-11 Nisan 1997.
3. **FAA**, "Maintenance Control by Reliability Methods", AC no. 120-17A, 1988.
4. **Gerede, Ender**, "Havacılık Emniyeti ve Havacılık Güvenliği Kavramları Arasındaki İlişki ve Farkların Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma", İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi Yönetim, Cilt no 17, Sayı no 54, 2006.
5. **Gerede Ender**, "Türk Sivil Havacılık Sisteminin Sorunları", 78. Yılda Türk Hava Kurumu ve Türk Havacılığının Geleceği adlı Panel'de sunulan bildiri, Ankara, 2003.
6. **Gerede, Ender**. "Bakım Maliyetlerinin İncelenmesi ve Direkt Bakım Maliyetlerinin Azaltılması İçin Öneriler Geliştirilmesi Türkiye Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1998.
7. Global Aviation Information Network-Aviation Operator Safety Practices Working Group. "Operator's Flight Safety Handbook", Flight Safety Digest, Vol:21, No:5-6, 2002.
8. International Air Transport Association. Handbook of Production Planning and Control. Revizyon 22. Montreal:1995.
9. "MSG-2 Decision Diagram", <http://www.atareliability.com/Mx%20Programs/objectives.htm>, 12 Şubat 2007.
10. MSG-3 Maintenance Practices, "Applying MSG-3 to out of Production Aircraft", Aircraft Technology Engineering & Maintenance, Sayı no 50, Şubat-Mart 2001.
11. **O'Connor, William E**. An Introduction to Airline Economics. Beşinci basım. Westport: Praeger, 1995.
12. **Peé, Philippe**, "Procedure d'Analyse MSG-3", Yayınlanmamış ders notları, Bordeaux: Université de Bordeaux-1, IUT-A, 1988.
13. **Shridhar, Kupp ve Tim Lloyd**, "System Reliability", Boeing Company, Maintenance Reliability and Costs Analysis Program, eğitim semineri notları California: 10-14 Kasım 1997.
14. The EXTRA Project European Community's Transport RTD Programme, "Thematic Synthesis of Transport Research Results, Paper 7 of 10: Safety and Security", europa.eu.int/comm/transport/extra/safety_security.pdf, Ağustos 2001.
15. **Wood Richard H.**, Aviation Safety Programs-A Management Handbook. Englewood, Jeppesen Sanderson, İkinci basım. 1997.