

**BAKIM PLANLAMA FAALİYETLERİNDE TAMSAYILI
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE BİR UYGULAMA**

Eser CÖMERT

**T.C.
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**İşletme Anabilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eskişehir
2010**

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTİSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Eser CÖMERT tarafından hazırlanan “Bakım Planlama Faaliyetlerinde Tamsayılı Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama” başlıklı bu çalışma 15 Ekim 2010 tarihinde Eskişehir Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddesi uyarınca yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, Jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hasan DURUCASU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GÜRBÜZ
(Danışman)

Üye : Doç. Dr. Nuray GİRGINER

Üye : Doç. Dr. Veysel YILMAZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mahmut ATLAS

.../.../2010

Prof.Dr. F. Münevver YILANCI
Enstitü Müdürü

ÖZET

BAKIM PLANLAMA FAALİYETLERİNDE TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE BİR UYGULAMA

CÖMERT, Eser
Yüksek Lisans-2010
İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Hüseyin GÜRBÜZ

Organizasyonlar ve sistemlerin, kendilerinden beklenen talepleri karşılamak amacıyla kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanması gereklidir. Bu kapsamda bir üretim tesisi veya bir sistemin amaçlarını yerine getirebilmesi için, faaliyetlerini sürekli olarak devam ettirebilmesini sağlayacak bakım faaliyetleri ile planlanmasını gerçekleştirmesi son derecede önemlidir.

Çalışmada, jet uçaklarının fabrika seviyesinde bakımlarının yapıldığı bir kamu işletmesinde tamsayılı doğrusal programlama tekniği kullanılarak bakım planlama modeli oluşturulmuştur. Çalışma iki bölüm olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde işletmelerde bakım fonksiyonu ve bakım-onarım faaliyetleri açıklanarak, bakım faaliyetlerinin organizasyon yapıları ve bakım türlerine değinilmiş, etkin bir bakım planlamasının gerçekleştirilebilmesi için gereken yöntemler açıklanmıştır. İkinci bölümde, uçak bakımları ve sınıflandırmaları incelenerek uygulamanın yapıldığı uçak bakım tesisinin faaliyetleri anlatılmıştır. Uygulama bölümünde, uçak ünitelerinin bakımlarının gerçekleştirildiği müdürlükte, mevcut işgücü kapasitesi dahilinde bakımı gerçekleştirilebilecek optimum ünite miktarlarının belirlenmesi amacıyla tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Model LINGO programında çalıştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakım Planlaması, Tamsayılı Doğrusal Programlama.

ABSTRACT**INTEGER PROGRAMMING ON MAINTENANCE PLANNING
ACTIVITIES AND AN APPLICATION****CÖMERT, Eser****Master Degree-2010****Department of Business Administration****Danışman:** Assistant.Prof.. Hüseyin GÜRBÜZ

Organizations and systems must utilize their resources effectively to satisfy expected demands. Consequently, maintenance activities and planning is critically important for plants and systems in order to maintain their activities and achieve their goals.

In this study, a maintenance planning model was constituted by using integer programming in a maintenance factory of military aircrafts. The study is organised into two sections. In the first section, function of a maintenance system and maintenance activities are described and explained, in addition to this, required methods is mentioned for effectively maintenance planning and scheduling. In the second section, aircraft maintenance activities and facilities of plant in which application was performed is explained. In the final part of the study, a model was developed using integer programming technique in order to determine optimal production quantity of equipments related to capacity of employment in a department of the factory where aircraft's equipments can be repaired and then the improved model was run with Lingo that is used as optimization program and solutions were evaluated.

Keywords: Maintenance Planning, Integer Programming.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
EKLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

BAKIM FAALİYETLERİ VE PLANLAMASI

1.1. Bakım Fonksiyonu.....	3
1.2. Üretim Sistem Türlerine Göre Bakım Politikaları.....	5
1.3. Bakım-Onarım Faaliyetlerinin Amacı ve Önemi.....	7
1.4. Bakım Faaliyetlerinin Organizasyonu.....	8
1.5. Bakım Kaynakları ve Sistem Ömrünün Uzatılması.....	9
1.6. Bakım Faaliyetlerinin Türleri.....	9
1.6.1. Acil Bakım (Tamir Bakım) Faaliyetleri.....	10
1.6.2. Tamamlanmamış Düzeltici Bakım Faaliyetleri.....	10
1.6.3. Rutin Bakım Faaliyetleri.....	11
1.6.3.1. Koruyucu Bakım (Preventive Maintenance) Faaliyetleri.....	12
1.6.3.2. Kestirimci Bakım (Predictive Maintenance) Faaliyetleri.....	17
1.7. Karma Bakım Stratejileri.....	20
1.8. Bakım Planlaması.....	21
1.9. Bakım Programlaması.....	23
1.10. Planlama ve Programlama Fonksiyonunun Yönetimi.....	25
1.11. Bakım Faaliyetlerinin Planlanmasında Kullanılan Teknikler.....	26
1.12. Literatür Araştırması.....	29

2. BÖLÜM

TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ KULLANILARAK UÇAK BAKIM PLANLAMASINA YÖNELİK BİR UYGULAMA

2.1.	Uçak Bakım Faaliyetleri.....	35
2.2.	Uçak Bakımlarının Sınıflandırılması.....	37
2.2.1.	Yapıldıkları Yere Göre Bakımlar.....	38
2.2.2.	Yapıldıkları Süreye Göre Bakımlar.....	38
2.2.3.	Yapılma Amaçlarına Göre Bakımlar.....	39
2.3.	Çalışmanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtılması ve Bakım Faaliyetleri.....	40
2.4.	Çalışmanın Yapıldığı Müdürlükteki Bakım Faaliyetleri.....	44
2.5.	Tamsayılı Doğrusal Programlama Modelinin Kurulması.....	46
2.5.1.	Çalışmanın Amacı.....	47
2.5.2.	Mevcut Bakım Faaliyetlerindeki Planlama Problemleri.....	47
2.5.3.	Problemin Tanımlanması.....	48
2.5.4.	Problemin Çözümü İçin Tamsayılı Doğrusal Modelin Kurulması.....	50
2.5.4.1.	Modelin Amaç Fonksiyonunun Matematiksel Gösterimi.....	50
2.5.4.2.	Modelin Kısıt Fonksiyonlarının Matematiksel Gösterimi.....	51
2.5.5.	Modelin LINGO Paket Programında Çözümü.....	52
2.5.6.	Sonuçların Değerlendirilmesi.....	53
	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
	KAYNAKÇA.....	58
	EKLER.....	62

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1: Planlı Bakım Faaliyetini Oluşturan İşler.....	11
Tablo 2.1: Müdürlük Bünyesindeki İhtisas Kodları	49
Tablo 2.2: Müdürlüğün Atölye İhtisas Kodları Bazında İşgücü Kapasiteleri.....	49
Tablo 2.3: Modelin Çözümü Sonucunda Elde Edilen Atölye/İhtisas Bazındaki İş Gücü İhtiyacı ve Doluluk Oranları	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.1.1. Bakım Sisteminin Fonksiyonu.....	4
Şekil.1.2. Dönüşüm Prosesleri.....	5
Şekil.1.3. Çalışma Tipine Göre Organizasyon.....	8
Şekil.1.4. Optimal Koruyucu Bakım Yoğunluğu Tespiti.....	12
Şekil.1.5. Muhtelif Arızalar Arası Ortalama Süre Dağılım Eğrileri.....	14
Şekil.1.6. Zaman Ekseni Gösterimi.....	15
Şekil.1.7. Kestirimci Bakım Grafiği.....	18
Şekil.1.8. Uçak İçin Zaman Limiti Tanımlamaları.....	30
Şekil.2.1. Bir Uçağın Bakım Görüntüsü.....	36
Şekil.2.2. Bir Uçak Bakım Hangarının Görüntüsü.....	37
Şekil.2.3. Uçak Bakım Faaliyetleri Görüntüsü.....	42
Şekil.2.4. Bazı Uçak Ünitelerinin Görüntüsü.....	45
Şekil.2.5. Uçak Üniteleri Onarım Akış Diyagramı.....	46
Şekil.2.6. Oluşturulan Modelin LINGO Programındaki Ekran Görüntüsü.....	53

EKLER LİSTESİ

Ek-1. Modelin LINGO Programındaki Sonuç Çıktısı	62
Ek-2. Ünite Tipi Bazında Bakıma Alınabilecek Optimum Ünite Miktarı	69
Ek-3. Bazı Ünitelere Ait İşgücü Gereksinimi	86

KISALTMALAR

\sum	: Toplam
\geq	: Büyük eşit
\leq	: Küçük eşit
λ	: Arıza Oranı
AAOS	: Arızalar Arası Ortalama Süre
KBP	: Koruyucu Bakım Periyodu
KBS	: Koruyucu Bakım Servis Süresi
OTS	: Ortalama Tamir Süresi (Acil Bakım Servis Süresi)
KB	: Koruyucu Bakım
NDI	: Tahribatsız Kontrol
max	: Maksimum
min	: Minimum
AFRL	: Amerikan Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı
T	: Zaman
AS	: Alt Sınır
US	: Üst Sınır

ÖNSÖZ

Çalışmada, jet uçaklarının fabrika seviyesinde bakımlarının yapıldığı bir kamu işletmesinin uçak aksesuar ünite bakımlarının gerçekleştirildiği bölümünde, tamsayılı doğrusal programlama kullanılarak, dönemlik olarak en fazla ne kadar ünitenin bakıma alınabileceğine ait üretim planlaması gerçekleştirilmiştir. İlgili bölümdeki atölyelerin mevcut işgücü kapasitesi dahilinde bakımı gerçekleştirilebilecek optimum ünite miktarlarının belirlenmesi amacıyla tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve modelin çözümünde LINGO programından yararlanılmıştır.

Çalışmamda beni yönlendiren danışmanım Yrd.Doç.Dr. Hüseyin Gürbüz'e, çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen Kenan ÇAYLI'ya, çalışmamın her aşamasında yanımda olan sevgili eşim Seyhan CÖMERT'e ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

GİRİŞ

Ekonomilerin büyük değişimler yaşaması sonrasında ortaya çıkan dışa açılım ve küreselleşme nedeniyle işletmeler arasında rekabet oldukça artmıştır. Bu rekabet ortamında işletmelerin devamlılıklarını sağlayabilmeleri için, sürekli iyileştirme sürecini benimsemeleri ve kaliteli ürün ve hizmet üretmeyi başarabilmeleri gerekmektedir. İşletmelerin yüksek kalitede ve istenilen seviyede ürün ve hizmet sunabilmesi, sahip olduğu sistem, makine ve teçhizatları etkin olarak kullanabilmelerine bağlıdır. Dolayısıyla ister ürün ister hizmet olsun, üretim yapan tüm işletmelerde bakım faaliyetleri oldukça hayati bir önem arz etmektedir. Bu nedenle tüm işletme, organizasyon ve sistemlerde, bakım faaliyetlerinin, belirli bir amaca yönelik olarak bilinçli ve planlı bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Verimliliğin artırılması, üretim kaynaklarının en etkin şekilde kullanımı, ürün kalitesinin en iyi hale getirilip hatalı ürün/süreçlerin minimize edilmesi gibi birçok amacı bulunan doğrusal programlama, sınırlı kaynakların en etkin biçimde kullanılabilmesi ve çeşitli alternatifler içinde en optimum dağılımın elde edilmesini sağlayan bir tekniktir. Doğrusal programlama tekniği, işletmelerin her türlü planlama problemlerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

İşletmelerin, bir çok karar değişkeni ve parametrelerin değerlendirilmesi gereken planlama faaliyetlerinde verecekleri kararlarda, sezgisel tahminler yetersiz kalmakta, bu durum, matematiksel tekniklerin kullanımını gerektirmektedir. Karmaşık planlama faaliyetlerini gerçekleştirilmesinde en etkin sayısal tekniklerden birisi olan doğrusal programlama tekniği kullanılarak oluşturulan modellerin çözümü amacıyla birçok bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Çalışmada, savunma sanayine hizmet veren bir kamu işletmesinin uçak ünitelerinin bakımlarının gerçekleştirildiği bir müdürlüğüne ait bakım planlamasında, doğrusal programlama tekniğinin kullanılması incelenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde işletmelerdeki bakım fonksiyonu, bakım-onarım faaliyetleri ile organizasyon yapıları ve bakım türlerine değinilerek, etkin bir bakım planlamasının gerçekleştirilebilmesi için gereken yöntemler açıklanmıştır. İkinci

bölümde ise uçak bakımları ve sınıflandırmaları anlatılarak uygulamanın yapıldığı uçak bakım tesisinin faaliyetlerine değinilmiş, literatürdeki bakım ve üretim planlamasında doğrusal programlama tekniklerinin kullanımını içeren bazı çalışmalar incelenmiştir.

Uygulama çalışmasında, bir uçak bakım işletmesinin uçak ünitelerinin bakımlarının gerçekleştirildiği müdürlükte, dönemlik olarak en fazla ne kadar ünitenin bakıma alınabileceğine dair bakım planlaması gerçekleştirilmiştir. İlgili bölümdeki atölyelerin mevcut işgücü kapasitesi aşmayacak şekilde bakımı gerçekleştirilebilecek optimum ünite miktarların belirlenmesi amacıyla tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve model LINGO programında çözdürülerek uygulama sonuçları değerlendirilmiştir.

1. BÖLÜM

BAKIM FAALİYETLERİ VE PLANLAMASI

Organizasyonların içinde bulunduğumuz rekabet ortamında hayatta kalabilmeleri, sürekli gelişme ve değişime açık olmaları ve problemleri çözebilme kabiliyetlerine bağlıdır. Bir üretim tesisi veya bir sistemin amaçlarını yerine getirebilmesi için, faaliyetlerini sürekli olarak devam ettirilebilmesi en temel gereksinim olmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak, tesis veya sistemin bakım ihtiyaçlarının karşılanması vazgeçilmez bir faaliyet olarak ortaya çıkmakta, bu faaliyetlerin önceden tasarlanması, alternatif çözümler üretilmesi, ortaya çıkabilecek sorunların öngörülmesi ve ilgili önlemlerin alınması gerekmektedir.

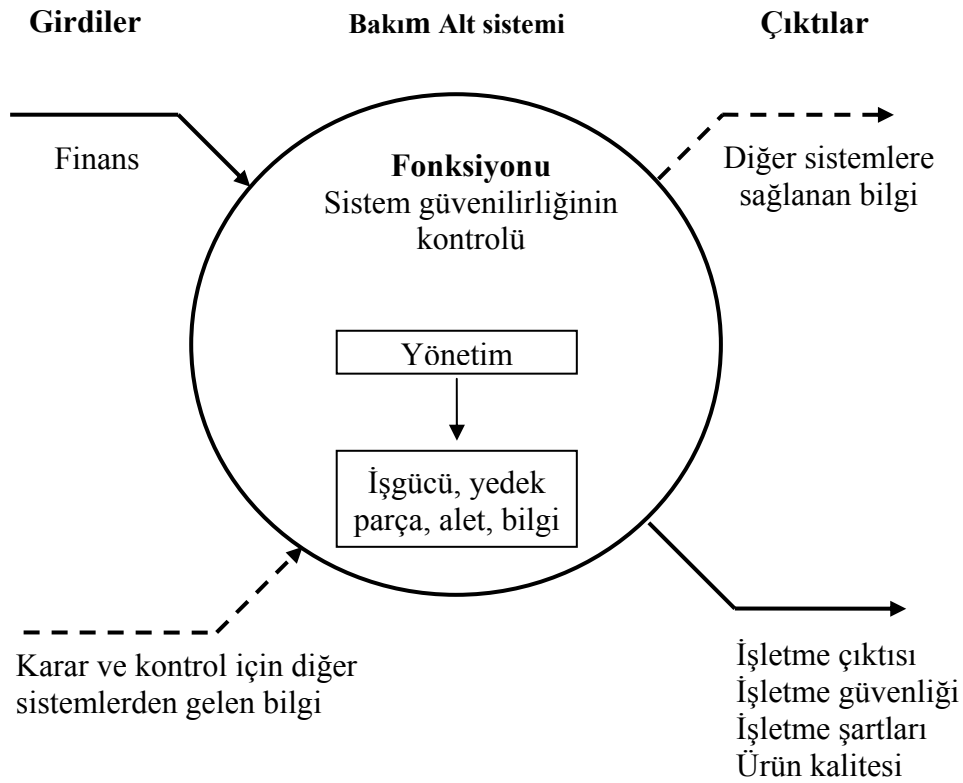
Çalışmanın bu bölümünde, organizasyon ve sistemlerin sürekliliğini sağlayan bakım fonksiyonu, bakım-onarım faaliyetlerinin amacı, önemi anlatılmış, bakım faaliyetlerinin organizasyon yapıları ve bakım türlerine değinilerek, etkin bir bakım planlamasının gerçekleştirilebilmesi için gereken yöntemler açıklanmıştır. Bakım faaliyetlerinin ve planlanmasının şekli, tesis ve sistemlerin yapısı, büyüklükleri, gerçekleştirdikleri üretim veya hizmetlerin türü ve yapısına göre farklılık göstermesine rağmen uygulama mantığı değişmemektedir.

1.1. Bakım Fonksiyonu

Bakım, genel anlamda, “canlı yada cansız bütün varlıkların ve cisimlerin iyi durumlarının korunması ve devamının sağlanması ile ilgili tedbir ve faaliyetlerin sürekli olarak yerine getirilmesi” olarak tanımlanabilmektedir. Makine, teçhizat ve üretim sistemleri açısından değerlendirildiğinde ise bakım, tüm üretim sistemini veya belirli bir teçhizatı faal tutabilmek için uygulanan faaliyetlerdir. Bu tanımlama sadece arızaya anında müdahale gibi “reaktif” olarak değil, rutin kontrol, periyodik

bakım, koruyucu bakım, yenileme ve performans izleme gibi “proaktif” görevlerinde bakım fonksiyonu içinde yer aldığını göstermektedir (Köksal, 2007:13).

Bakım fonksiyonu onarım, modifikasyon, ve gerektiğinde yenisi ile değişim işlemleri ile teçhizatın güvenilirliğinin sürdürülmesi olarak ta tanımlanabilir. Her bir alt sistemin, fonksiyonunu yerine getirebilmesi için diğer alt sistem veya sistemlerden veya dış çevreden bilgi ve kaynak girişinin olması gerekmektedir. Bir alt sistemin çıktısı bir diğerine girdi veya dış çevreye çıktı olabilmektedir. Bakım alt sisteminin etkilediği ve etkilendiği birçok diğer alt sistemin olduğu bir organizasyon yapısı Şekil.1.1.’de verilmiştir:



Şekil. 1.1. Bakım Sisteminin Fonksiyonu (Kelly, 2006:7)

Bakım fonksiyonunda özel öneme sahip iki durum söz konusudur:

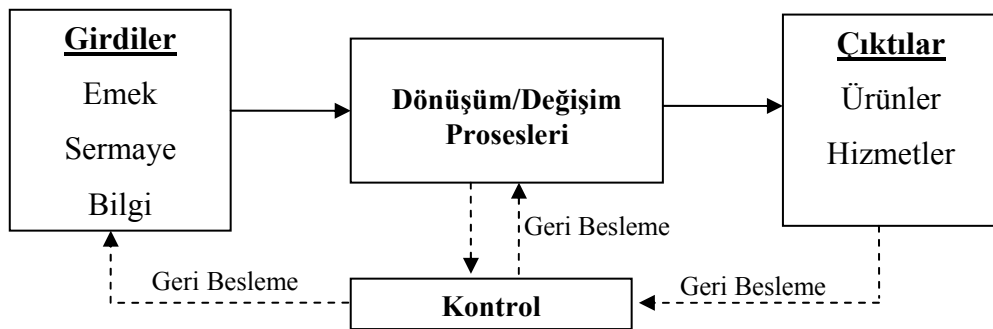
- Güvenilirlik ve sürdürülebilirliği etkileyen sistem/teçhizatın temin fonksiyonu, bakım fonksiyonunda kayda değer bir etkiye sahiptir.

- Bakım ve diğer organizasyon alt sistemleri (üretim v.b.) arasındaki ilişki açıkça belirlenmeli, bakım alt sistemi veya onun parçalarının çalışma tanımı oluşturulmalıdır (Kelly, 2006: 7-8).

İşletme kendi bakım sisteminin tanımını yaparken, ihtiyaç ve kaynaklarını göz önünde bulundurmalıdır. Bakım faaliyetlerinin en iyi şekilde yürütülmesi için kurulacak olan bakım departmanlarının organizasyon yapısındaki yeri, testteki üretim sistemi tipine göre farklılık göstermektedir. Söz konusu farklılık, üretim tipine göre bakım departmanının bilgi alışverişinde bulunduğu ve karşılıklı sorumluluk yüklediği departmanların farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

1.2. Üretim Sistem Türlerine Göre Bakım Politikaları

Yeni bir ürün veya hizmet ile sonuçlanan bir fayda yaratmak amacı ile girişilen faaliyetler şeklinde tanımlanabilen üretimin gerçekleştirilmesi için kurulan sistemler, alt sistemlerin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Ürün ve hizmetin meydana getirilmesi girdilerin çıktılara dönüşümünü gerektirmektedir. Sermaye, teçhizat, emek ve bilgi gibi çeşitli girdiler, bir veya daha fazla dönüşüm prosesinin (depolama, nakliye, tezgahta işleme v.b.) kullanılarak ürün ve hizmetin üretilmesi amacıyla kullanılırlar. Arzulanan çıktının elde edilmesini sağlamak amacıyla, dönüşüm prosesinin çeşitli aşamalarında ölçümler alınır (geri besleme), sonrasında düzeltici faaliyetin gerekli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla önceden oluşturulmuş standartların karşılaştırması yapılır (kontrol) (Stevenson, 2005: 4). Şekil.1.2.'de üretim sistemleri için dönüşüm prosesleri gösterilmiştir:



Şekil.1.2. Dönüşüm Prosesleri (Stevenson, 2005: 4)

Bir üretim sistemindeki girdiler, karar değişkenleri olarak da isimlendirilirler. Üretim sistemleri, üretim miktarına veya akışına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Tüketici veya müşterinin miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği ve miktarın bir veya birkaç denilebilecek ölçüde az olduğu gemi, proses makineleri, büyük tezgahlar gibi mamul üretimini içeren “siparişe göre (job shop) üretim”,
- Bir ürünün özel bir siparişi veya sürekli bir talebini karşılamak amacıyla belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretim olarak tanımlanabilecek “parti (batch) üretimi”,
- Talep düzeyi ve üretim miktarlarının çok yüksek olduğu belirli veya az çeşitlilikteki ürünün üretimi olarak ifade edilen sürekli (continuous) üretim,
- Belirli bir ürünün yalnız bir defa üretildiği ve elektrik santrali inşa edilmesi, özel talebe bağlı olarak alınan gemi üretimi, baraj yapımı gibi büyük ölçekli işlerin tek seferde üretildiği “proje üretimi”.

Üretim miktarına ve akışına göre yapılan sınıflandırmada siparişe göre ve parti üretiminde aynı ürünün belirli veya belirsiz aralıklarda üretilmesi söz konusu olduğundan üretim tipleri “kesikli” ve “sürekli” olarak iki ana grupta toplanabilir. (Kobu, 2003: 37-45).

Siparişe göre üretim sisteminde birçok değişik işlemi yapabilen çok amaçlı tezgah/teçhizatlar kullanılmakta, her tezgahta bir operatör kullanmak yerine, farklı tezgahlarda çalışabilecek esnek işçi kullanımı gerekmektedir. Atölye tipi üretimde çok amaçlı universal tezgahların kullanılması, bir tezgah arıza yaptığında diğerinin kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Sürekli üretim sistemlerinde eldeki teçhizat ve sistemler, sadece belirli bir ürün ailesine tahsis edilmekte olup, özel pahalı makine ve teçhizat gerektiren bu tip üretim sistemlerinin kurulabilmesi için talepler, üretim hızına yakın olmalıdır. Bu tip üretimde hat üzerindeki teçhizatların güvenilirliği ve bakım-onarımı ana sorunlardan biridir.

Siparişe göre üretim sistemlerinde acil bakım, parti üretiminde koruyucu bakım, sürekli üretim sistemlerinde ise koruyucu ve kestirimci bakım politikaları tercih edilmektedir. (Köksal, 2007: 16-19)

1.3. Bakım-Onarım Faaliyetlerinin Amacı ve Önemi

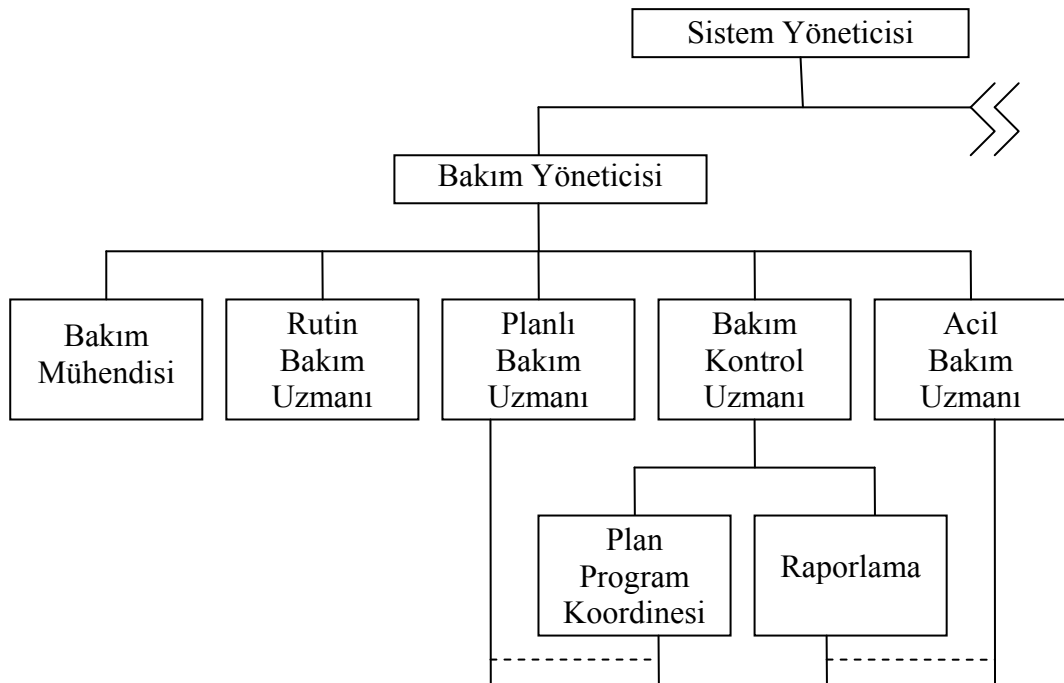
Teorik olarak, bakım faaliyetlerinin amacı organizasyondan istenen çıktıların elde edilmesi ile bakım kaynaklarının dağıtımı arasındaki optimum dengenin sağlanması olarak düşünülebilir (Kelly, 2006: 68).

Bakım-onarım sistemi, üretimin ve/veya hizmetin gerçekleştirildiği tesis, hat, makine, teçhizat ve ünite verimliliğinin, belirlenmiş yönetim politikaları ile teknik şartnamelere uygun olacak şekilde, yeterli bir düzeyde olmasının sağlanmasını amaçlamaktadır. Kullanılan tesis, hat, teçhizat, sistem ve ünitelerin kapasitesi ve hassasiyetleri, kullanım sonucunda ortaya çıkan aşınma ve yıpranma sonucu azalır. Bununla beraber üretim hızı, kapasitesinin düşmemesi ve sistem faaliyetinin devam ettirilmesi istenir. Birbiri ile çatışan bu amaçların, en ekonomik ve rasyonel bir biçimde uzlaştırılabilmesi, ancak iyi şekilde tasarlanmış bakım-onarım sistemleri ile mümkün olmaktadır. Uzlaştırmadaki en önemli konu, bakım-onarım sistemi kurulması sonrasında elde edilecek yararlar ile karşılaşılabilecek maliyetlerin optimum düzeyinin bulunmasıdır. Bir tesis veya sistemdeki makine, teçhizat veya ünitenin arızaya uğraması; üretim veya sistemin kapasitesinin düşmesine, işin durması ile işgücünden kaynaklanan üretim maliyetlerinin artmasına, ürün ve hizmet kalitesinin düşmesine, arızalı teçhizat veya sistemin iş kazası riski taşıması ile çalışan veya müşteri güvenliğinin düşmesine¹, ürün teslim süresindeki gecikmeler nedeniyle müşteri tatmininin düşmesine sebep olacağı aşıkardır.

¹Uçak bakım faaliyetlerinde, arızalı bir alt sistem veya ünitenin uçağın kaybına neden olabileceği göz önüne alındığında, çalışan veya müşteri güvenliği göz ardı edilemeyecek en önemli unsur olmaktadır.

1.4.Bakım Faaliyetlerinin Organizasyonu

Bakım fonksiyonunun etkili bir şekilde kontrol edilebilmesi,organizasyondaki her bir bakım ihtiyacı için sorumlulukların açıkça belirlenmesine bağlıdır. Bakım organizasyonunun şekli, her bir iş tipinin kontrolünü kolaylaştıracak şekilde yapılandırılmalıdır. Bakım organizasyonu yapısı Şekil. 1.2’de gösterilmiştir:



Şekil.1.3. Çalışma Tipine Göre Organizasyon (Nyman ve Levitt, 2001: 12)

Şekil 1.3.’te gösterilen yapı, bakım ihtiyacının üç tipini içeren üç ana çalışma grubundan oluşmaktadır. Genel düşünce, rutin ve acil bakım ihtiyaçları için iki küçük ekip, planlı bakımlarda ise büyük kapsamlı üçüncü bir gruptan oluşan bir yapının kurulmasıdır. Her bir grup ise farklı bir kontrol yapısı gerektirmektedir (Nyman ve Levitt, 2001: 12).

Bakım yöneticisi genellikle mühendis personel olup, organizasyon yapısı içerisinde bakım departmanının seviyesi ve kime bağlı olacağı, bakım fonksiyonunun önemine göre değişmektedir.

1.5. Bakım Kaynakları ve Sistem Ömrünün Uzatılması

Direk bakım maliyetinde kullanılan işgücü, yedek malzeme, alet/takım, bilgi v.b. kaynaklardır. Maliyet hesabı ile ölçümü kolay olup, bakım yöneticisi tarafından kaynak seviyesi değiştirilebilmektedir. Bakım için kaynak ayrılması, ana sistemin ünitelerinin ve ana sistemin çalışmasının sürekliliğinin sağlanması, dizayn ömrü ve sonrası boyunca faaliyetinin sürdürülebilmesi için gereklidir.

Bakımın ihmal edilmesinin, sistem veya teçhizatın hızlı bir şekilde faaliyetini kaybetmesine neden olduğu bilinmesine rağmen, bakımın seviyesi ile sistemin ömrü arasındaki ilişkinin belirlenmesi zordur. Bu amaçla, sistemin kullanım ömrü boyunca faaliyetinin devam ettirilmesini sağlayacak bakım standardının oluşturulması iyi bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Bakım sisteminde, sistem ömrüne ana etkisi olan alt parçaların tanımlanması oldukça önemlidir. Sistemin ömrü boyunca sistem bakım standardının değişmesi pek olası olmamakla birlikte, ihtiyaç duyulacak bakım seviyesi ve sıklığının artırılması söz konusu olabilecektir. Bu noktada problemlerden birisi, sistemin ömrünün uzatılmasını amaçlayan bakımın sadece pahalı olmaması değil, maliyetlerin düşürülmesi amacıyla aynı zamanda seyrek olarak gerçekleştirilmesidir. Bundan dolayı, birçok bakım maliyet sistemi, yıllık hesaplama esasına göre işlemektedir (Kelly, 2006: 68-69).

1.6. Bakım Faaliyetlerinin Türleri

Bir organizasyondaki bakım faaliyetleri; planlı ve plansız bakımlar olmak üzere iki başlık altında değerlendirilebilir. Plansız bakımlar acil bakım (tamir bakım) olarak, planlı bakımlar ise tamamlanmamış düzeltici ve rutin bakım faaliyetleri olarak nitelendirilmektedir.

1.6.1. Acil Bakım (Tamir Bakım) Faaliyetleri

Arıza meydana geldikten sonra onarımın yapıldığı bir bakım faaliyetidir. Acil bakım ekipleri, gerçek acil ihtiyaçlara cevap veren faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Acil bakım ekipleri, sadece ihtiyaç duyulduğunda destek gerektiren tüm acil bakım taleplerini (ani olarak ortaya çıkan arıza sonrası teçhizatın bozulması gibi) karşılama sorumluluğuna sahiptir. Diğer bir deyişle, bu ekiplerin amacı, rutin bakım ekipleri ile tamamlanmamış düzeltici bakım destek ekipleri (planned backlog relief group) nin faaliyetlerinin kesintiye uğramasını önlemektir. Optimum olmayan aşırı bakım taleplerinde, rutin bakım grubu faaliyetlerinin aksamaması için, tamamlanmamış düzeltici bakım personelinin yaklaşık olarak %10 bakım zamanı (işgücü) desteği sağlanmalıdır (Nyman and Levitt, 2001, 13).

1.6.2. Tamamlanmamış Düzeltici Bakım Faaliyetleri

Tamamlanmamış düzeltici bakım faaliyetlerini, koruyucu ve kestirimci bakım kontrollerinde tespit edilen arızaların giderilmesine yönelik iş emirleri, projeler ve organizasyonun tamamında acil olmayan ihtiyaçlar oluşturmaktadır. Tamamlanmamış düzeltici bakım, acil durumlar dışındaki açık kalan tüm planlı bakım faaliyetlerini kapsamaktadır. Bakım kaynaklarının %65-75'i bu bakım işlemlerinde kullanılmalıdır. Uygun şekilde hazırlanan iş emirleri, faaliyetlere yönelik haftalık programların oluşturulmasında kullanılır. Rutin bakım ve tamamlanmamış düzeltici bakım, bakım faaliyetlerinin en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Söz konusu faaliyetlerin doğru olarak yapılması, gelecekteki teçhizat ve sistem güvenilirliğini sağlayarak, gelecekte duyulacak acil bakım ihtiyaçlarını minimize edecektir (Nyman and Levitt, 2001, 14-15).

Planlı bakım faaliyetini oluşturan işlerin dağılımı Tablo.1.1'de verilmiştir:

Tablo.1.1. Planlı Bakım Faaliyetini Oluşturan İşler (Nyman and Levitt, 2001:15).

Planlı Bakım Faaliyetleri	Toplam Planlı Faaliyet Yüzdesi
Koruyucu ve kestirimci bakım kontrol sonuçları	%30
Zaman aşımli ünite değişimleri	%20
Keşif/onarım ve revizyon	%15
İç müşteri girdileri (operatör ve uzman)	%10
Mühendislik proje desteği	%8
Emniyet işleri	%5
Onarım geçmişinin analizi	%5
Çalışma yönetimi	%4
Servis ihtiyaçları	%2
Kaza hasarları	%1
Toplam planlı çalışma	%100

1.6.3. Rutin Bakım Faaliyetleri

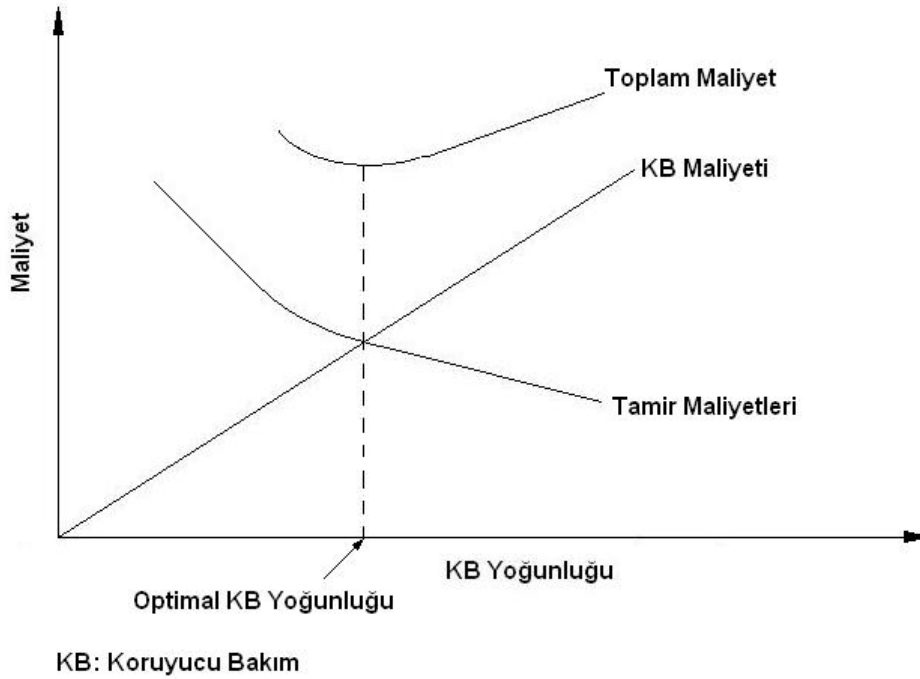
Rutin bakım faaliyetleri, koruyucu (preventive) ve kestirimci (predictive) bakım işlemleri ve diğer kontroller ile yağlama, kalibrasyon, test, temizleme, ayarlama, sıkma gibi faaliyetlerini kapsamaktadır. Rutin bakım ekipleri, detaylı programlar ve kalite seviyesine uygun olacak şekilde bütün yönetim/sistemin onaylı rutin bakım işlerini yerine getirme sorumluluğuna sahiptir. Optimum bir koruyucu ve kestirimci bakım işleminde, kapatılmış sistem ve teçhizatların kontrolleri bakım işgücü kaynağının %15-20'lik bölümünü içerir. Ana kontroller, söküm ve yeniden montaj işlemlerini gerektirdiğinden, faaliyetlerde kapsamlı yardım ekipleri planlanmalıdır. Bununla beraber koruyucu ve kestirimci bakım program bütünlüğünün korunması için, ne acil bakım ne de tamamlanmamış düzeltici destek ekiplerinin, rutin bakım grubunun faaliyetlerini aksatmasına müsaade edilmemelidir. Rutin işler bilinen bir programa göre yürütülen ve öngörülen bir süre gerektiren, biçimi tanımlanmış tutarlı içeriği olan, planlanması, koordine edilmesi ve programlamasının yapılması gereken faaliyetlerdir. Rutin faaliyetlerin planlanması,

yeni mühendislik değişiklikleri yapılmadığı sürece sadece faaliyetlerin oluşturulması aşamasında gerçekleştirilir (Nyman and Levitt, 2001, 13).

1.6.3.1. Koruyucu Bakım (Preventive Maintenance) Faaliyetleri

Koruyucu bakım önceden belirlenmiş periyotlarda tekrar edilen bakım faaliyetleridir. Periyotlar, belirli bir takvime göre belirlenebildiği gibi teçhizatın çalışma saati veya çalıştırılma sayısı gibi unsurlara göre de belirlenebilmektedir. (Bir arabadaki yağ değişiminin 10000 km.de veya 3 ayda bir yapılması gibi). Yağlama, temizleme, ayar, parça değişimi gibi faaliyetler ile teçhizatta istenmeyen arızaların önlenmesi amacını taşımaktadır (Palmer, 1999: 1.28).

Koruyucu bakım faaliyetlerinin periyotları ise, teçhizat arızasının giderilmesi için acil bakım ekiplerinin yapacağı onarımların oluşturacağı maliyetler ile koruyucu bakım maliyetinin dengelenmesi ile belirlenmektedir. Optimal koruyucu bakım yoğunluğunun tespitine yönelik grafik Şekil.1.4'te verilmiştir:



Şekil.1.4. Optimal Koruyucu Bakım Yoğunluğu Tespiti (Firudin SULTANOV, <http://www.scribd.com>, 16.10.2010)

Koruyucu bakım mühendisliğinin karar vermesi gereken en önemli konulardan biri koruyucu bakım ve acil bakım (tamir bakım) alternatiflerinden hangisine ağırlık verileceğinin tespit edilmesidir. Koruyucu bakımda teçhizat, arıza çıkarması beklenmeksizin önceden belirlenen sürelerde bakıma alınmakta, bazı parçalar çalışır durumda olmalarına rağmen değiştirilmektedir. Acil bakımda teçhizat arıza yapıncaya kadar bakım görmemekte, arıza çıktığında onarım ile birlikte diğer bakımları gerçekleştirilmektedir. Koruyucu bakım veya acil bakımın uygulama kararının verilmesinde arıza ölçümü önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Arıza ölçümünde arıza oranı, arızalar arası ortalama süre ve elverişlilik (hazır olma) yöntemleri kullanılmaktadır.

- **Arıza Oranı (λ):** Bir zaman dilimi içinde ortaya çıkan arıza sayısı olarak tanımlanabilir. Bir arızanın hangi sıklıkta meydana geldiğini belirlemeye yarar.

$$\lambda = \frac{\text{Arıza Sayısı}}{\text{Toplam Çalışma Süresi}} \text{ olarak ifade edilir.}$$

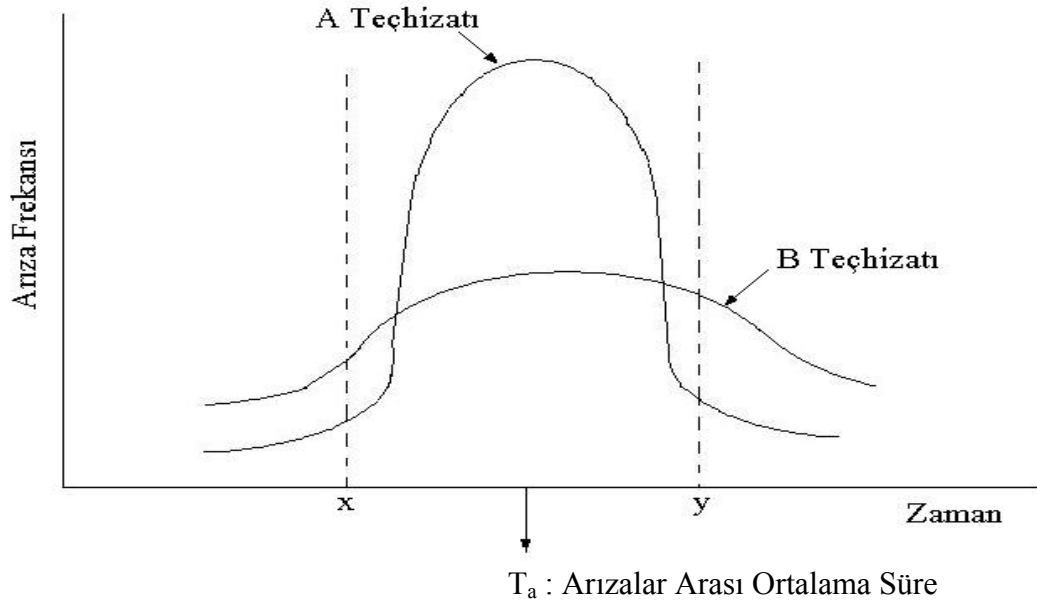
- **Arızalar Arası Ortalama Süre (AAOS):** Yaygın olarak kullanılan diğer bir arıza ölçümü, arızalar arası süredir. Arıza oranı ifadesinin tersi olarak tanımlanabilir.

$$\text{AAOS} = \frac{\text{Toplam Çalışma Süresi}}{\text{Arıza Sayısı}} \text{ olarak gösterilir.}$$

- **Elverişlilik (Hazır Oluş):** Bir sistemin çalışmaya hazır olma derecesi olarak tanımlanabilir. Bir teçhizat arıza yaptığında ortalama tamir süresi (OTS) olmak üzere elverişlilik,

“

$$\text{Elverişlilik} = \frac{\text{AAOS}}{\text{AAOS} + \text{OTS}} \text{ olarak formüle edilir.}$$

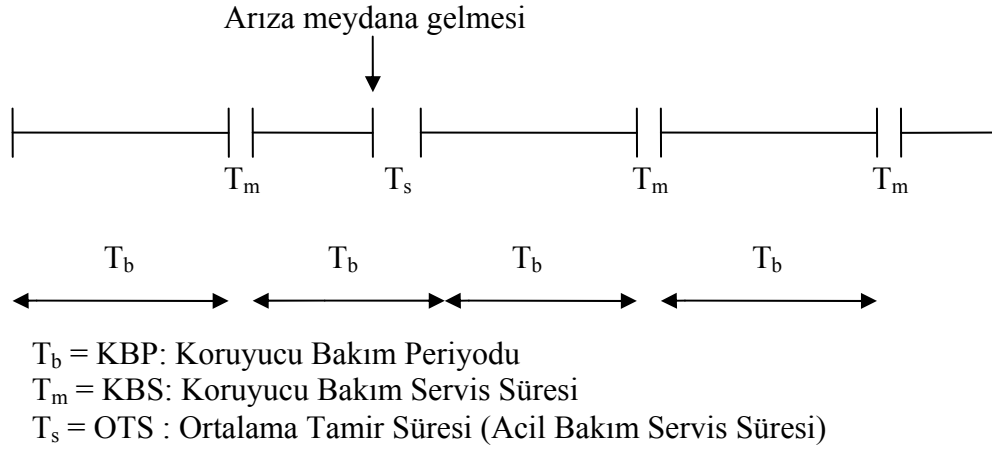


Şekil. 1.5. Muhtelif Arızalar Arası Ortalama Süre Dağılım Eğrileri (Köksal, 2007:57)

Şekil.1.5'te, A ve B teçhizatları için arıza olasılık dağılımları gösterilmiştir. A teçhizatı için x süresinden daha önce arıza çıkması olasılığı düşüktür. A teçhizatı için en fazla arıza x ve y zamanları arasında meydana gelmektedir. Koruyucu bakım periyodu x süresinden daha kısa aralıklarla programlanırsa arıza olasılığı önemli oranda azalacaktır. B teçhizatı ise daha yaygın, varyansı yüksek bir dağılıma sahip olup x zamanından önce ve sonrada yüksek oranda arıza vermektedir. Bu açıdan, varyansı ve standart sapması küçük olan arıza dağılımına sahip teçhizatlarda koruyucu bakım uygulaması daha fazla yarar sağlamakta, varyansı büyük olan dağılımlarda ise fayda azalmaktadır.

Bir teçhizata koruyucu bakım uygulanması halinde, bakım ve tamir faaliyetlerinin zaman eksenini üzerindeki dağılımı Şekil.1.6'da gösterildiği gibi olmaktadır.

Koruyucu bakım (KB) beklenmedik arıza olasılığını azaltmakla birlikte tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Koruyucu bakım için harcanan zaman ($KBS = T_m$), tamir süresinden ($OTS = T_s$) genellikle kısadır. Önceden saptanan koruyucu bakım periyodu ($KBP = T_b$), teçhizatın dağılım eğrisi ve çeşitli faktörler göz önüne alınarak hesaplanabilir. KBS ve OTS ihtiyacının meydana gelme olasılığı, teçhizatın



Şekil. 1.6. Zaman Eksenini Gösterimi (Köksal, 2007:59)

olasılığı, teçhizatın arıza dağılım eğrisi ile KBP, KBS ve OTS'nin uzunluklarına bağlıdır.

Arıza dağılım eğrisi az değişken (A tipi eğri) ve KB periyodu (T_b), arızasız geçen ortalama sürenin (AAOS: T_a) %80'i ise, arızanın meydana gelme olasılığı çok az olmaktadır. Arıza dağılım eğrisi çok değişken (B tipi eğri) ise aynı KBP için daha fazla arıza meydana gelecektir. KBP kısaltıldıkça beklenmeyen arızalar azalır fakat bu KBS'ler sebebi ile teçhizatın çalışmama yüzdesi ve dolayısı ile bakım maliyetleri artmaya başlar. Arıza dağılım eğrisi az değişken olan bir teçhizat için KBP/AAOS oranı küçüldükçe çalışır durumda bulunma olasılığı azalmaktadır. Çünkü teçhizatın çalışması bakım yüzünden sık olarak kesilmektedir. Tek teçhizat sistemlerde koruyucu bakım A tipi eğriye sahip teçhizatlara uygulanmalıdır. Az değişken arıza eğrilerinde teçhizatların muhtemel arızalarının büyük yüzdelik kısmının oluşacağı zaman aralığı için oldukça duyarlı tahminler yapılabilir.

$$\frac{\text{KBS}}{\text{OTS}} : \frac{T_m}{T_s} \text{ oranı } 1 \text{ 'e yaklaştıkça koruyucu bakımdan vazgeçilmelidir.}$$

Koruyucu bakımın en önemli avantajı KBS'nin OTS'den küçük, yani bakım maliyetinin tamir maliyetinden düşük olmasıdır. KBS artarak OTS'ye yaklaştıkça söz konusu avantaj kaybolmaktadır (Köksal, 2007: 56-59).

Profesyonel koruyucu bakım yönetimi yedi temel adımda gerçekleştirilebilmektedir:

- Programın oluşturulması: Bakım personelinin günlük çalışma programlarının oluşturulmasıdır. Bu programların oluşturulması bakım yönetimindeki en zor fakat en kritik adımdır. İyi bir programlama olmadan bakım sorumluluğunun (arıza tespiti, düzeltici işlemler ve koruyucu bakım) yerine getirildiği söylenemez.

- Tesis ve kabiliyetler için etkin bölümlenimin yapılması: Mantıklı olarak departmanlara ayrılan tesis ve kabiliyetlerin her biri için bir yol haritası(planlama) geliştirilecektir. Tesisin departmanlara ayrılması, kayıt altına alınacak safhaları belirler, koruyucu bakımın iş emri (bakım işlem basamakları) talimatlarının planlanmasına yönelik temel iskeleti oluşturur. “Mantıklı” bölümlenimin yapılabilmesi için, tesis ve kabiliyetlerin fiziksel yapısı, üretim prosesleri, ürün hatları baz alınmalıdır. Bu adım, iş akışının geri kalanı için, çalışanların birlikte yapacakları planlamalara fırsat vermekte, aynı zamanda kişisel programlarını oluşturmalarına izin vererek bakım yönetim sürecine katılımlarını sağlamaktadır.

- Teçhizat listesinin oluşturularak teçhizatlara ait parça numaralarının atanması: Yol haritasının oluşturulması sonrasında, tesisteki bakımı yapılacak her bir teçhizata ait tanımlama ve numaralandırma işleminin yapılması gerekmektedir. Bu liste, teçhizatın bakım faaliyetlerinin takip edilmesini sağlayacaktır. Bu aşamada, teçhizat numaralarının bir dizi halinde atanması için, bir numaralandırma sistemi geliştirilmesi gerekmektedir. Bu adım, oluşturulan yol haritasında tanımlanan her bir teçhizat üzerindeki verilerin, (seri numaraları, modeli, büyüklüğü, üreticisi, üretim tarihi gibi) toplanması ile gerçekleştirilmektedir.

- Koruyucu bakım talimatlarını geliştirmek ve yayımlamak: Önceki adımda tanımlanan teçhizatların tamamı için koruyucu bakım işlem akış talimatının oluşturulması gerekir. Koruyucu bakım iş emirleri, her bir periyot için (haftalık, aylık, üç aylık v.b.) uygulanacak bütün işlemleri içermelidir. Başlangıçtaki koruyucu bakım işlemleri için mevcut teçhizat kullanım kılavuzu ile kişisel deneyimler kaynak oluşturacaktır. İş emirlerinin yazılması, işin bir kısmını oluşturmakta, talimatın gönderilerek uygulamanın denemesinin yapılması da gerekmektedir. Koruyucu bakım iş emirlerinin çeşitli zamanlarda yayınlanmasını takiben, işin tamamlanmasının ve uygulamanın faydasının değerlendirilmesi gerekir.

Uygulamanın erken safhalarında, iş emirlerinin nasıl planlanacağına yönelik geri beslemeler, programın geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Bunun sonucunda, başlangıçta oluşturulan iş emirlerinin birçok versiyonu ortaya çıkacaktır. Ayrıca arızalar, yeni teknolojiler, yeni personel tecrübeleri, teçhizat üreticisinin tavsiyeleri gibi ortaya çıkabilecek yeni durumlar, iş emirlerinin geliştirilmesini sağlayacaktır.

- Teçhizat bakım el kitaplarının geliştirilmesi ve kurulması: Bu aşamada, başarılı bir bakım organizasyonunu oluşturan arıza tespiti ve giderme bilgileri geliştirilerek bakım el kitapları hazırlanır. Birçok bakım atölyesi, bakım el kitabına sahiptir ancak önemli olan bu kılavuzların kalitesidir. İyi bir bakım el kitabı, teçhizatın çalışma prosedürleri, arıza giderme rehberi, alt parça listeleri gibi konuları içermelidir.

- Envanter oluşturulması: Bakım-onarım gören teçhizatların giriş ve çıkışlarının kayıt altına alınarak takibini ve iş emri raporlarının yeniden oluşturulmasını sağlar. Ayrıca teçhizatların onarım geçmişi ve maliyetinin izlenmesi imkanını sunar. Envanter oluşturmada, parçaların nerede ve nasıl stoklanacağı, hangi parçaların kal edileceği (ıskartaya ayrılacağı), hangi parçaların temin edileceği ve envanterin sürekliliğinin nasıl sağlanacağına dair planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır.

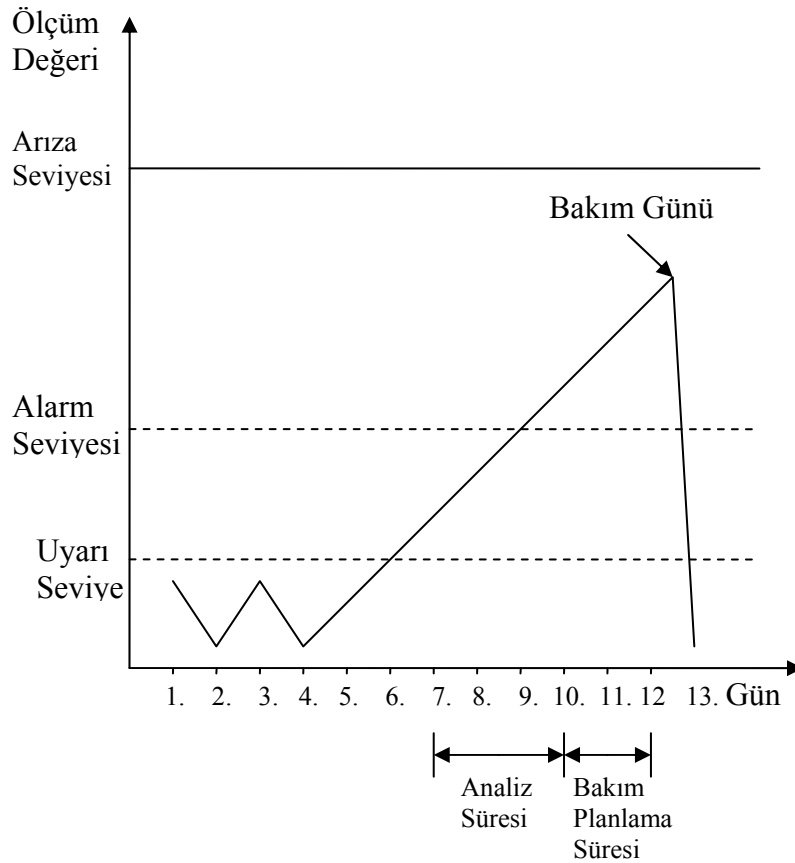
- Programın verimliliğinin izlenmesi ve iyileştirmelerin yapılması: Başarılı programın ortaya çıkabilmesi için, koruyucu bakım ve envanter oluşturulması yeterli olmamakta, aynı zamanda iyi bir yönetim sorumluluğu ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Program yöneticisi tarafından gözden kaçan veya düzgün çalışmayan parçaların değiştirilmesi gerekmektedir (Gross, 2002:7-12).

1.6.3.2. Kestirimci Bakım (Predictive Maintenance) Faaliyetleri

Kestirimci bakım programı, makine veya teçhizatın sürekli gözlenmesi ve işlem görme şartlarının ve bunların zamanla gelişiminin analiz edilmesini içerir. Teçhizatın durumunun gözlenmesi için müracaat edilen bir uygulamadır. Bu uygulama başlangıç anında, normal işlem ve kapama (shut-down) fazlarında yapılır. Bu verinin işlenmesi ile kazanılan bilgi, işlemdeki herhangi bir anormalliği

açıklayacak ve gerekli bakım faaliyetleri için karar vermeyi mümkün kılacaktır. Gerçekleştirilecek bakım faaliyetleri ile, makine veya teçhizatların duruşlarının çok küçük düzeyde tutulması sağlanabilecektir. Kestirimci bakım faaliyetleri ayrıca, yedek parçaların yönetimini basitleştirmektedir.

Kestirimci bakım planlamasında esas olarak titreşim ölçümü metodu kullanılmaktadır. Titreşim hareketli ekipmanların çalışmaları esnasında ekipmanı meydana getiren parçaların düzensiz hareketleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Titreşim analiz cihazları ile titreşime neden olan sebepler yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Tesisin ve operasyonlarının durumuna göre, basınç fark ölçümü, ultrason, sıcaklık ölçümü, gürültü ölçümü, tahribatsız kontrol de tek başına veya alınan titreşim ölçümünü desteklemek amacı ile kullanılmaktadır(www.nuveforum.net, 06.10.2010).



Şekil.1.7. Kestirimci Bakım Grafiği (Köksal, 2007:60)

Şekil.1.7'te, teçhizatın normal koşullarda çalışıp çalışmadığının periyodik ölçüm ve kontroller ile izlenerek, arıza olasılıklarının değerlendirilmesi ve sonuca

göre bakım-onarım planlamasının yapılması esasına dayanan kestirimci bakıma ait grafik verilmiştir.

Kestirimci bakım dört aşamalı olarak uygulanmaktadır.

a. Ölçme ve Kontrol: Teçhizatın çalışması veya çok kısa duruşlar esnasında yapılan titreşim, gürültü, ısınma, basınç, akım farkı gibi ölçümler manuel olarak, taşınabilir cihazlarla veya ölçüm noktalarına yerleştirilmiş sabit sensörler vasıtasıyla yapılabilmektedir.

b. Analiz ve Değerlendirme: Ölçme ve kontrol sonuçlarının analizi genellikle ölçülen parametrenin zaman içerisindeki değişimlerinin belirlenmesi biçiminde manuel olarak, bilgisayarla veya titreşim ve ölçüm cihazı ile yapılabilmektedir. Manuel sistemde, ölçüm ve kontrol sonuçları elle bir grafiğe işlenerek trend belirlenir ve ölçüm değerlerinde sürekli artış gösteren teçhizatın aksaklığı, bir arıza analiz cihazı ile tespit edilmeye çalışılır. Bilgisayarlı sistemde, ölçüm cihazı ile analiz cihazı aynı olup, ölçüm değerlerine ait ölçüm grafikleri anında oluşturularak cihaza kaydedilir. Daha sonra bilgisayardaki grafikler incelenerek arıza teşhisi ve iş emri çıkarılması faaliyetleri gerçekleştirilir.

c. Bakım Planlama: Analiz ve değerlendirme aşamasında sebebi belirlenen arızanın giderilmesi için en uygun zamanda uygulanmak üzere bakım iş emrinin oluşturulması gerekmektedir. Arıza nedenine ait parametrenin gelişim hızı arızanın olası ortaya çıkış zamanını belirtecek olup, söz konusu tarihten önce bakımın gerçekleştirilmesi gerekir. Mevcut çalışma takvimi, üretim programı, programlı duruşlar ve bakım programları ile, gerekli yedek parça ve işgücü ihtiyacı da göz önüne alınarak en uygun zamana iş emrinin programlanması yapılır. Programlama deneyim veya bilgisayar destekli bakım sistemleri ile gerçekleştirilebilir.

d. Bakım-Onarım: Bakım onarım faaliyetleri, programlanan zamanda, gerekli doküman, teçhizat, malzeme ve işgücü ile gerçekleştirilir ve sonrasında gerekli ölçümler yapılarak teçhizatın çalışması kontrol edilir.

Kestirimci bakım organizasyonunda izlenecek yöntemler sırası ile aşağıda verilmiştir:

- Tesiste kestirimci bakım kapsamında izlenecek teçhizat listelenerek kritiklik derecesi atanır.
- Teçhizatın tesis yerleşimine göre krokileri hazırlanır.
- Her teçhizata yönelik ölçüm türü, ölçüm noktası ve ölçüm yönü belirlenerek ölçüm noktaları teçhizat üzerinde işaretlenir.
- Her ölçüm için geçerli uyarı ve arıza limitleri belirlenir.
- Teçhizat özellikleri belirlenerek, arıza geçmişinin analizi yapılır.
- Her teçhizatın temel ölçüm değerleri alınır.
- Ölçümler arası zaman dilimi belirlenir.
- Ölçüm turlarının organizasyonu gerçekleştirilerek uygulamayı yapacak elemanlar eğitilir (Köksal, 2007: 60-63)

1.7. Karma Bakım Stratejileri

Her bakım faaliyetinin, farklı sistemlerde ve koşullarda farklı avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. Onarımın basit olduğu ve arıza sonuçlarının etkisinin küçük olduğu durumlarda acil bakım (tamir bakım) faaliyetleri verimli olup, bu tarz bir sistemde koruyucu bakım maliyet açısından etkin bir seçenek olmamaktadır. Diğer taraftan aniden meydana gelen bir teçhizat arızası, önceden tahmin edilebilen bir tipte ve işletmeye maliyeti yüksek ise tesis için koruyucu bakım daha uygun bir faaliyet olacaktır. Kestirimci bakım ise sistemin durmasının maliyetinin büyük olduğu veya emniyetin çok olumsuz etkilendiği durumlarda uygulanmaktadır.

Söz konusu bakım faaliyetleri farklı şartlarda uygun ve ekonomik olmakta, bu sebeple günümüzde birçok işletme bakım faaliyetlerini karma şekilde kullanmaktadır.

1.8. Bakım Planlaması

Üst yöneticilerin en önemli organizasyon rolü, stratejik planlamaların gerçekleştirilmesidir. Yöneticiler neyin, ne zaman ve nasıl yapılması gerektiği konusunda ana taslağın oluşturulması sorumluluğuna sahiptir. En üst yönetici, aynı zamanda bölümler arasındaki çatışmalarda son karar verici olup, genel rekabet ortamının izlenmesi ve organizasyonun ortama etkin olarak adapte edilebilmesi için en büyük sorumluluğa sahiptir. Hofer ve Schendel, organizasyonların stratejilerini, organizasyonun amaçlarını nasıl başaracağını gösteren çevresel etkileşimler ile planlı ve mevcut kaynakların ortaya konmasının temel modeli olarak tanımlamışlardır. Organizasyonlar, bu strateji içerisinde rekabete ayak uydurabilmek için iyi planlama faaliyetini gerçekleştirmek zorundadır (Silver ve Peterson, 1985: 19).

İşletmenin ana amacı, kaynak ve kapasite kısıt şartları altında, gelen tüketici taleplerinin verimli ve etkin biçimde karşılanmasını sağlamaktır. Dolayısı ile planlama, üretim ve hizmetin sağlanması için hammadde, yardımcı malzeme ve işletme malzemesinin gereken zamanda, gereken birimde ihtiyaç miktarı kadar teminin sağlanarak bulundurulmasını ve mevcut teçhizat ve sistemin verimli bir şekilde kullanılarak iş akış ve sıralamasının gerçekleştirilmesini sağlamalıdır (Tekin, 1996: 250).

Teçhizatın verimli kullanılabilmesi ise, arızadan kaynaklanan gecikmelerin engellenmesi ile elde edilmekte, bu da teçhizata ve sisteme yönelik etkin bir bakım planlamasının gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır.

Bakım planlaması, bakım araçlarının birçoğunun yönetilmesinde ve bir araya getirilmesinde kullanılan bir koordine aracıdır (Palmer, 1999: 1.40).

Planlamanın görevi doğru işi doğru zamanda gerçekleştirmektir. Bakım yönetimi, planlamayı, ileriye yönelik hazırlık ile istenmeyen iş gecikmelerini azaltmaya yarayan bir araç olarak kullanmaktadırlar. Bir işin gelecekteki planlaması, planlama uzmanının iş talebinin alınması sonrasında iş planını oluşturması ile mümkün olmaktadır. İş planı, işi yapacak teknisyen için planlama uzmanı tarafından hazırlanan bilgilerdir. İş planları, bazı organizasyonlar tarafından iş paketi ve

planlanmış paket olarak nitelendirilmektedir. Planlama uzmanı aynı zamanda görevin iş adımları ile birlikte, gereksinim duyulacak alt parça ve alet/teçhizatı da iş emrine dahil etmek durumundadır. Her bir iş için uygun planlama, bakım personelinin üretkenliğinin artırılmasında etkili olacaktır. Başarılı bir bakım planlamasına rehberlik edecek adımlar şu şekilde verilebilir:

- **Bakım Planlaması Bölümünün Oluşturulması:** Gelecekte gerçekleştirilecek bakım faaliyetlerinin planlanmasında uzmanlaşmanın desteklenmesi için, bakım ekibi içerisinde seçilerek planlama uzmanı olarak görevlendirilen ekip ile bir ayrı bir bölüm oluşturulmalıdır.

- **Gelecekteki İşlere Odaklanma:** Planlama bölümü, planlanmış, onaylanmış ve uygulamaya hazır düzeltici bakımın en az bir hafta öncesinde, bakım bölümüne vereceği düzeltici bakım faaliyetlerine odaklanmalıdır. Tamamlanmamış düzeltici bakım planı, bakım ekibinin öncelikli olarak planlı işi yapmasını sağlayacaktır. Ekip şefi, günlük işleri ve problemleri yönetecektir, herhangi bir işin başlangıcından sonra ortaya çıkan problemler, teknisyenler veya bakım şefi tarafından çözümlenecektir. Her bir işin tamamlanması sonrasında, baş teknisyen yada bakım şefi tarafından planlama bölümüne, gelecekteki iş planları ve programlarının iyileştirilmesini sağlayacak bazı problemleri, plan değişikliklerini ve diğer yardımcı bilgileri içeren geri beslemenin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Planlama uzmanı, gelecekteki bakım faaliyetlerine yardım edecek geri besleme bilgilerinin uygun şekilde faaliyetlere yansıtılmasını sağlamalıdır.

- **Teçhizat Seviyesinde Dosyalama:** Planlama bölümü, teçhizat etiket numaralarına göre basit ve güvenli bir dosyalama sistemi oluşturmalıdır. Dosyalama sistemi, iş planının hazırlanmasında ve özellikle tekrarlanan bakım görevlerindeki iş planlarının iyileştirilmesinde, planlama uzmanlarının, önceki işlerden elde edilen ve teçhizatlara ait veri ve bilgileri kullanılmasına imkan tanımaktadır. Bakım faaliyetlerinin çoğunluğu, belirli periyotlarda tekrar eden işler olmakta ve dosya maliyet sistemi ile teçhizat/ünitenin onarım veya yenisi ile değişim kararı verilebilmektedir. Bakım şefleri ve mühendisler, planlama uzmanının en az desteğine ihtiyaç duyacak şekilde, bilgi toplamak amacıyla bu dosyalara erişim konusunda eğitilmelidir.

- **Planlama Uzmanının Değerlendirmeleri:** Planlama uzmanları, önceden tahmin edilen iş gecikmeleri ile kalite ve emniyet problemlerinin önüne geçmek amacıyla iş planlarını geliştirmek için, kişisel deneyimleri ve dosya bilgilerini kullanmalıdır. Planlama uzmanlarının, planlama teknikleri konusunda eğitimli, üst seviyedeki ve deneyimli bakım teknisyenleri olması gerektiği unutulmamalıdır.

- **Teknisyenlerin Beceri Seviyesinin Tanımlanması:** Planlama bölümü, teknisyenlerin ihtisas seviyelerini tanımlamalıdır. Genellikle, planlama uzmanlarının sorumluluğu “ne”, bakım teknisyenlerinin sorumluluğu ise “nasıl” dır. Planlama uzmanı, bakım talebinde bulunan kişinin açıklaması ile iş gereksinim durumunu belirler. Planlama öncesinde mühendislik gerektiren çalışma bakım mühendisliğine gönderilir. Planlama uzmanı sonrasında, işin genel stratejisinin (yenisi ile değişim, onarım gibi) planlamasını gerçekleştirir. Bakım teknisyeni, özel bir onarımı yada değişimi nasıl yapacağını belirlemede kişisel uzmanlığını kullanmak durumundadır². Onarım veya değişim işleminde, planlama uzmanı tarafından oluşturulan dosyalardan elde edilen işlem adımları, referans olması amacıyla teknisyene de verilebilmektedir.

- **Çalışma Modeli Oluşturularak Performansın Ölçülmesi:** Bükme zamanı (wrench time) uygulaması, iş gücü verimliliği ve programlamanın etkinliğinin ölçülmesidir. Bükme zamanı, mevcut durumun, işin tahsisi, temizleme, parça, alet, talimat, ulaşım ve teçhizat bilgisinin beklenmesi ya da diğer teknisyenler ile koordinasyon gibi gecikmelerin dışında kalan bakıma yönelik çalışma süresine oranlanmasıdır. İşin dağıtılması öncesinde planlanan çalışmalar, işler boyunca istenmeyen duraklama ve gecikmeleri azaltmaktadır (Palmer, 1999, 2.1-2.33).

1.9. Bakım Programlaması

Planlama adımları, bakım işlerinin daha kısa sürede tamamlanmasını

² İleri seviyedeki tesis bakım faaliyetleri ile uçak bakım organizasyonlarında teçhizat ve ünite bakımlarına yönelik iş adımları, bakım/sistem mühendisleri tarafından belirlenmektedir.

sağlamakla beraber, daha fazla çalışmanın gerçekleştirilmesini garanti edemez. Bir işin altı yerine dört saatte bitirilmesi daha fazla işin yapılacağı anlamına gelmemektedir. Bakım planlamasının adımlarında amaç, tek bir teçhizata ait bakım faaliyetinin en kısa sürede tamamlanmasıdır.

İleri programlama, bir haftanın tamamı için mevcut teknisyen çalışma saatinin (işgücü) maksimum kullanımını gerçekleştirme amacını taşımakta, yeterli seviyede çalışma saatinin paylaşılmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Planlama bölümü, ileri programlama oluşturabilmektedir. Planlama bölümü, ileri programlamanın optimum birleşiminin seçilmesine yönelik ciddi bir sorumluluğa sahiptir. Optimum işgücü birleşiminin elde edilmesinde program uzmanı, operasyon koordinatörüne danışabilir.

Etkin bir programlamanın elde edilebilmesi için gereken adımlar sırasıyla açıklanmıştır:

- İleri programlama için, gerekli teknisyen sayısını, en alt ihtisas seviyesi, her ihtisas bazındaki gerekli çalışma saatini ve iş gecikme bilgilerini veren iş planlarının oluşturulması gerekir.
- Günlük ve haftalık programlar olabildiği kadar birbirine bağlı kalmalıdır. Programların çok fazla engelle karşılaşmaması amacıyla, yeni iş emirlerinde uygun öncelikler konulmalıdır.
- Bir program uzmanı, iş planlarından elde edilen bilgiler, iş öncelikleri ve en yüksek mevcut ihtisas seviye tahminleri ışığında her bir bakım ekibi için bir haftalık program oluşturmalıdır.
- Haftalık program, mevcut işgücünün her bir çalışma için dağıtımını gerçekleştirmelidir. Program yüksek öncelikli ve acil işler için yeterli seviyede işgücünü tahsis etmelidir.
- Ekip şefi, haftalık programlama ve öncelikli işleri esas alacak şekilde, günlük iş akışını kullanarak o güne ait bakım programlarını geliştirmelidir. Teknisyen ihtisas seviyeleri ve görevlerini uyumlu olarak eşleştirmelidir. Ekip şefi,

acil durumlarda bütün ekip için yeniden program oluşturacak seviyede mevcut günlük işleri ve problemleri yönetebilmelidir.

- Bükme zamanı (wrench time) uygulaması ile, iş gücü verimliliği ve planlama ve programlamanın etkinliğinin ölçülmesi gerçekleştirilmelidir. Program uyumu, bir haftalık program ve etkinliğinin ölçümüdür (Palmer, 1999, 3.1-3.21)

1.10. Planlama ve Programlama Fonksiyonunun Yönetimi

Planlama yönetiminde iki önemli nokta vardır. Birincisi planlama fonksiyonu olarak planlama etkinliğinin yönetimi, ikincisi ise personel olarak planlama uzmanlarının yönetimidir. Planlama yönetiminin etkinliği, önceki periyot ve diğer benzer bilgilerden elde edilen ölçümleri gerektirir. Eşitliğin insan yönetimi tarafı, büyük planlama departmanları ve küçük planlama fonksiyonlarını içeren yaklaşımlarla ifade edilmelidir.

Bakım yöneticileri, bir kişiden üç kişiye kadar olan küçük planlama gruplarını yönetir. Daha büyük planlama departmanlarında bir çok destek pozisyonu (planlama personeli, bakım mühendisleri , sistem yöneticileri, sayman vb. içeren) ile birlikte bakım destek servis yöneticisi bulunmalıdır. Yönetici, bakımı destekleyen planlama , bakım mühendisliği, bilgi desteği , bakım depoları ve bakım ihtiyaçlarının temini gibi çeşitli servislerden sorumludur.

Planlama faaliyetlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, planlama uzmanının bakım şefine rapor vermemesi gerekir. Planlama uzmanı ile bakım şefi aynı organizasyon seviyesinde olmalı, planlama uzmanları, bakım personelini desteklemeli ancak ast olarak görmemelidir. Eğer planlama uzmanları direk olarak bakım şefleri için çalışırsa, gelecek işleri planlayan planlama personelinden ziyade günlük faaliyetleri destekleyen satın alma birimine benzeyen bir çalışma eğilimine sahip olurlar.

Planlama fonksiyonunun yönetimi genellikle sürekli gelişimin düzenli değerlendirilmesi olarak nitelendirilebilir (Nyman and Levitt, 1999, 33-34).

1.11. Bakım Faaliyetlerinin Planlanmasında Kullanılan Teknikler

Organizasyon ve sistemlerin üretim ve bakım faaliyetlerinin planlanmasında, yöneylem araştırmasına ait tekniklerin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Yöneylem araştırması kıt kaynakların dağıtımını gerektiren koşullar altında, bir sistemin en iyi tasarımını ve işletimini araştıran bilimsel yaklaşımdır (Öztürk, 2004: 6).

Yöneylem araştırması, sistemlerin performansını iyileştirmeyi, bu sistemlerin kontrolünde ortaya çıkan problemlerin çözümleri amacıyla bir sistematik yaklaşımı, kantitatif teknikler ile organizasyon planlamalarının gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Bu durum, kullanılabilir en efektif ve karlı çözüm sonucunu veren mantıklı kararın elde edilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Siemens, Marting ve Greenwood, 1973: 3-5).

Organizasyonlarda karşılaşılan karar verme ve planlama problemlerinin çözümünde yöneylem araştırması tekniklerinden doğrusal programlama modelleri, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama, belirli kısıtları karşılayacak şekilde mevcut kaynakların olabilecek en iyi seviyede dağıtılmasını sağlayacak çözüm tekniğidir. Malzeme, teçhizat ve insan gibi sınırlı kaynakların bir araya getirileceği karar verme problemlerinde, kar ve maliyet gibi sayısal değerleri maksimum veya minimum yapacak şekilde kıt kaynakların paylaşılması amacını taşımaktadır (Rothenberg, 1979: 1).

Bir sistemin bileşenlerine simgelerin atanarak, bu bileşenlerin birbirleri ile ilişkilerinin fonksiyonlarla gösterimleri matematiksel model, sistem yöneticisinin kontrolü altında bulunan değişkenler karar değişkeni, bu değişkenlere hangi değerlerin verilmesi gerektiğini belirlemek amacıyla kullanılan matematiksel modeller karar modeli olarak tanımlanmaktadır. (Kara, 2000:1-2).

Doğrusal programlama karar modeli, doğrusal eşitlik ve eşitsizliklerden oluşan kısıtlayıcı fonksiyonlar ile amaç fonksiyonu içeren bir matematiksel modeldir. (Luenberger, 2003: 11).

Amaç fonksiyonu, kısıtlayıcı fonksiyonlar ve pozitif kısıtlama doğrusal programlama modelinin üç önemli ana unsurunu oluşturmaktadır. Doğrusal programlama modellerinde amaç fonksiyonu, en iyi seçeneğin bulunması amacıyla kullanılan başka bir ifade ile kar için maksimum, maliyet için minimum olacak şekilde doğrusal bir fonksiyondur. Doğrusal programlama modelinde kısıtlayıcı fonksiyonlar, işletmedeki kaynak kısıtlamalarını (belirli bir zamandaki üretim kapasitesi, finansman, işgücü v.b.) temsil etmektedir (Esin, 2003: 28).

- **Tamsayılı Doğrusal Programlama**

Doğrusal programlama modelinin temel varsayımlarından birisi tüm değişkenlerin sürekli olması ve karar değişkenlerinin değerlerinin tamsayı ve kesirli olmasıdır. Bazı işletme problemlerinde ise karar değişkenlerinin, tamsayı değerli olmayan çözüm değişkenlerinin ekonomik anlamı yoktur (Öztürk, 1997: 167)

Birtakım uygulama problemlerinde karar değişkenleri tamsayı değerlerine sahipse ise çözüm anlamlı olmaktadır. Örneğin, insan, makine, teçhizat ve araç planlama problemlerinde, karar değişkenlerinin tamsayı olması gereklidir. Eğer, bir problemin doğrusal programlama formülasyonundan tek farklılığı tamsayılı değerlerin elde edilmek istenmesi ise, bu durumda tamsayılı programlama probleminden bahsedilebilir. Tamsayılı programlamanın matematiksel modeli, doğrusal programlama modeline, değişkenlerin tamsayılı olma kısıtının ilave edildiği modeldir. Eğer sadece bazı değişkenlerin tamsayılı değerler alması isteniyorsa, bu model “karma tamsayılı programlama” olarak nitelendirilmektedir. Tüm değişkenlerin tamsayı olması istendiği tamsayılı programlama ise, “saf tamsayılı programlama” olarak adlandırılmaktadır (Hillier and Lieberman, 1989: 391).

Bazı karar verme problemleri, x parçasının y tezgahında üretilmesi/üretilmemesi gibi seçenekli olup, “evet/hayır” gibi sadece iki seçenekten oluşmaktadır. Bu tip karar durumlarında ise değişkenler sadece iki tamsayılı değeri olan 0-1 değerlerini alabilirler. Tüm değişkenlerin 0 ya da 1’e eşit olmasının istendiği tamsayılı programlama problemine “0-1 tamsayılı programlama” problemi denilmektedir. Sırt çantası olarak adlandırılan tamsayılı programlama problemleri bu türdendir. Bir dağcının tırmanırken beslenmesi için sınırlı hacme sahip sırt çantasına

hangi yiyecekleri koymasına gerektiğine karar verirken 0-1 türünden tanımlanmış değişkenler söz konusudur.

Bazı değişkenlerin 0 yada 1 değerini aldığı, geriye kalan değişkenlerin ise sürekli değişkenler olarak tanımlandığı modellere “0-1 karma tamsayılı programlama modelleri” denilmektedir. Bir üretim planlaması problemi bu türden olabilir. Bir üretim çevresindeki, karar değişkenlerinden birincisi, hangi ürünün hangi tezgaha atanması gerektiği, ikincisi ise bu tezgahlarda ne kadar üretim gerçekleştirilebileceğine yönelik ise karar problemi, 0-1 karma tamsayılı programlama problemidir (Bakır ve Altınkaynak, 2003: 147-151).

Doğrusal ve tamsayılı programlamanın matematiksel gösterimleri en basit şekliyle aşağıdaki gibidir:

- Bir doğrusal programlama modeli en basit şekilde,

$\max \{cx : Ax \leq b, x \geq 0\}$ olarak ifade edilir.

cx : amaç fonksiyonunu,

$Ax \leq b$: kısıt fonksiyonunu,

$x \geq 0$: pozitif kısıtlamayı göstermektedir.

Modelde,

c : n boyutlu satır vektörü,

x : karar değişkenlerinin n boyutlu sütun vektörü,

A : m x n matrisi,

b : m boyutlu sütun vektörüdür.

- Bazı değişkenlerin tamsayı olmasının istendiği “karma tamsayılı program” modelinde amaç fonksiyonu ve kısıtlar,

$\max cx + hy$,

$Ax + Gy \leq b$,

$x \geq 0$, $y \geq 0$ ve tamsayı olarak ifade edilmektedir.

Burada ise G : $m \times p$ matrisi,

h : p boyutlu satır vektörü,

y : tamsayılı değişkenlerin p boyutlu sütun vektörüdür.

- Tüm değişkenlerin tamsayı olmasının istendiği “saf tamsayılı program” modeli,

$\max cx$,

$Ax \leq b$,

$x \geq 0$ ve tamsayı olarak ifade edilir.

- “0-1 tamsayılı program” ise

cx ,

$Ax \leq b$,

$x \in \{0,1\}^n$ olarak gösterilir (Wolsey, 1998:3).

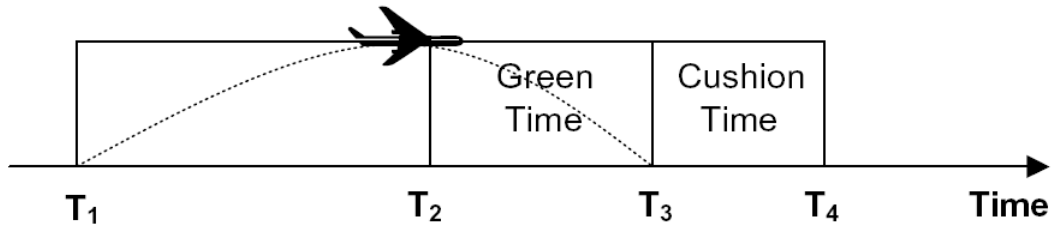
Bir doğrusal programlama probleminde sonuçların tamsayı olması istendiği ancak tamsayı çıkmaması durumunda probleme yeni bir kısıt ekleyerek işleme devam edilebilir. Eklenen bu yeni kısıt (kesme) orijinal kısıtlar altında mümkün olabilecek tüm tamsayı çözümleri içeren yeni bir çözüm bölgesi meydana getirmesine rağmen, ilk çözümde bulunan tam sayı olmayan çözümü içermez. Tam sayılı programlamada dal-sınır ve kesme düzlemi yöntemi olmak üzere iki farklı algoritma kullanılmaktadır (<http://www.ce.yildiz.edu.tr> , 12.09.2010).

1.12. Literatür Araştırması

Optimizasyon problemlerin çözümünde kullanılan doğrusal programlama tekniğinin, askeri kuruluşlardaki uygulamaları ve detayları, literatürde sıklıkla yer almamaktadır. Bununla beraber, söz konusu teknik, dünyada bir çok özel ve kamu işletmesinin karar verme probleminin çözümü amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda

kullanılmış ve halen kullanılmakta olup, konuya yönelik çalışmalardan (ağırlıklı olarak havacılık ve bakım sektöründeki çalışmalar) bazıları aşağıda açıklanmıştır:

Sarac, Batta ve Rump (2006), uçak bakım planlamasında, son yıllarda havayolu şirketlerinin uçak filolarının lojistik problemlerini içeren havayolu operasyonlarını optimize etmek amacıyla, uçuş ayaklarının etkin dizilimine karar verilmiş olan alt filoların her bir uçağı için, özel bir rota oluşturmayı kapsayan bir probleme odaklanmışlardır. Problem, günlük uçak bakım planlaması, bakım merkezlerinin sınırlı kaynaklara sahip olması (mevcut işgücü ve bakım süreleri) nedeniyle her bir uçağın yasal kalan uçuş saati süresinin dışına çıkılmadan günlük uçuş bakım maliyetinin minimize edilmesi amacını taşıyan bir problemdir. Bu problemin optimum çözümü, sadece toplam maliyetleri minimize etmeyi değil ve aynı zamanda personelin ve teçhizatın bir istasyondan diğerine taşınmasının azaltılmasını da hedeflemektedir. Çalışmada, Şekil.1.8'de gösterilen uçağın bakım uygulanmadan uçabileceği kalan yasal uçuş saatini (cushion time) minimize etmek yada başka bir deyişle uçağın bir sonraki bakımın gerçekleştirileceği uçuş saatini (green time) maksimumda tutmak amaçlanmaktadır.



Şekil.1.8. Uçak İçin Zaman Limiti Tanımlamaları (Sarac, Batta ve Rump, 2006)

T1: Son bakımın uygulandığı zaman.

T2: Uçağın bakım gereksinimi için yüksek uçuş saati olarak tanımlandığı zaman

T3: Bir sonraki bakımın gerçekleştirileceği zaman.

T4: Uçağın bakım uygulanmadan uçabileceği son zaman.

[T1,T4]: Maksimum kalan yasal uçuş saati.

Havayolu şirketlerinin günlük olarak karşılaştığı söz konusu uçak rota planlama probleminin çözümü için tamsayılı doğrusal programlama algoritmalarından biri olan dal-fiyat yaklaşımı tanımlamışlardır. Bu problemin literatürdeki uzun dönemli

planlamalara karşın operasyonel olarak yapılan tek çalışma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, bir operasyonel problemin çözümünde göz ardı edilemeyecek mevcut kaynak kısıtlamalarını model içerisine dahil etmişlerdir.

Hahn ve Newman (2008) Sahil Güvenliğin, korozyif çevre şartlarının etkisini azalmak amacıyla, Sikorsky HH60J helikopterleri için planladığı uçuş saatine dayalı kapsamlı koruyucu bakım programı için, her bir helikopterin bakıma alınacağı haftalara yönelik olarak programlama yapabilen bir karma tamsayılı model geliştirmişlerdir. Programlamalarda farklı bakım tipleri, bakım kapasiteleri ve eş zamanlı bölgedeki devriyede bulunacak helikopterlerin sayısı gibi çeşitli faaliyet gereksinimleri de göz önünde bulundurmuşlar ve Clearwater'daki faaliyetlerden elde edilen verileri kullanarak, Unix Workstation üzerine 3 dakikanın altında hesaplama yapabilen basit bir optimum planlama modeli oluşturmuşlardır. Ocak 2005 'ten bu yana, hava istasyonundaki planlama elemanları tarafından, modelin programlama aracı olarak kullanıldığını belirtmişlerdir.

Sriram ve Haghani (2003), uçak bakım planlaması ve yeniden görevlendirme (uçuşa verme) amacıyla bir optimizasyon modeli oluşturmuşlardır. Uçak bakım planlamasının, uçağın işletmesi boyunca bir havayolu şirketinin vermek zorunda olduğu en önemli karar verme problemlerinden birisi olduğunu belirtmiş ve bakım planlamasının maliyet tasarrufunu sağlayacak anlaşılması kolay fakat çözümü zor bir problem olduğunu ifade etmişlerdir. Uçakların bakım planlaması ve problemin etkili ve hızlı çözümü için tamsayılı programlama modeli çözümlerinde çözüm zamanının çok uzun sürmesi nedeniyle yeni bir formülasyon oluşturmuşlar ve çözümde ise CPLEX paket programı kullanmışlardır.

Koepke, Armacost, Barnhart ve Kolitz (2008), Amerikan Hava Kuvvetlerinin kritik görevi olan uçaklardan oluşan geniş ölçekli hava mobilize organizasyonu için programlamanın gerçekleştirilmesi ve oluşturulmasından sorumlu mobilize komutanlığının desteklenmesi için bir tamsayılı programlama yaklaşımını içeren çalışma yapmışlardır. Meydanlarda MOG (Maximum On Ground) olarak tanımlanan maksimum sayıda uçağın park edilebileceği durumlar için, ünite arızası ya da hava muhalefeti gibi aksaklıklardan dolayı MOG'un kısıtlamalarının esnek olmayan yeni planlamalara sebep olabileceğini belirtmişler, oluşturdukları tamsayılı programlama

modelinde uçakların önemli görev önceliklerinin belirlenmesinde geniş sistem aksaklıklarının etkilerini minimize etmek amacıyla yerdeki belirli uçaklardaki gecikmeleri öneren formülasyonu oluşturmuşlardır.

Amerikan Havayollarının (American Airlines) Tulsa ve Fort Worth'da bulunan iki büyük bakım ve onarım tesisinde Boeing 727, 737, 747, 757, 767, Airbus 300, McDonnell Douglas super 80, DC-10, Md-11 uçakları için 30 farklı tipte bakım tipi programlanmıştır. Bütün bir uçağın komple onarımlarının yapıldığı büyük bakımların maliyetleri uçak tipine bağlı olarak 1.000.000 \$'a kadar çıkmakta, bakımların periyotları 18 ayda bir ile 5 yılda bir aralığında değişmektedir. Amerikan Havayolları, filosu için 5 yıllık bakım programı geliştirip uygulamakta olup, bu program uçak bakımlarının ne zaman yapılacağı, parça değişiklikleri (iniş takımı, kanatlar v.b.) ve özel bakım ve kontrollerin izlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Amerikan Havayolları daha önce bu programı elle yaparken, filonun hızlı büyümesi sebebi ve karmaşıklığın artması sebebiyle bu yöntem uygulanamaz hale gelmiştir. Amerikan Havayollarının karar teknolojileri bölümü (AADT) uçakların 5 yıllık bakım onarım planlarını oluşturmak ve güncellemek amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmişler ve uygulamışlardır. Sistem, Apple Macintosh IIcx platformunu kullanmakta olup, C++ dilinde yazılmıştır. Sistem, filolar için gerekli planlamayı çok kısa sürelerde (1-10 dk.), gerçekleştirmekte ve farklı deneme planları oluşturabilmektedir. Bu sayede onarımlar arasınca geçen süre artırılarak hasılatlarda 454 milyon \$ artış, bakım maliyetlerinde ise 3 milyon \$ tasarruf sağlanmıştır. (Köksal, 2007, 81)

Amerika'nın çeşitli üslerinde bulunan 9 adet teknoloji yönetim birimini içeren Amerikan Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı (AFRL)'nin, insansız hava aracının izleme ve taarruz kabiliyetlerinin oluşturulması çalışmaları kapsamında, sistemin maksimum yıkımı gerçekleştirebilmesi için silah ve hedef ayarlanmasına yönelik optimizasyon problemi üzerinde çalışılmaktadır (<http://ormstomorrow.informs.org>, 12.04.2010).

Bazargan (2007), yolcuların uçağa biniş stratejisi için doğrusal programlama yaklaşımı çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmasında, sert rekabet ve yüksek akaryakıt fiyatları sebebiyle finansal olarak zor zamanlar yaşanmakta olduğunu,

rekabette kalabilmek için kontrol edebildikleri alanlarda yüksek etkinlik ve verimlilik elde edilmesinin havayolu işletmelerinin hayatta kalabilmeleri için büyük önem taşıdığını belirtmiştir. Uçağın havayolu şirketine, uçuş esnasında gelir sağlamaya başladığına değinilerek, uçağın yerde kalış süresini azaltmak amacıyla, tek koridorlu uçaklar için uçağa binış zamanlarında gecikmelere sebep olan yolcuların arasındaki karışıklığın azaltılmasına çalışmıştır. Bu karışıklığın minimize edilmesi amacıyla yeni bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve bu modeli Airbus A320 uçağına uygulamıştır. Model, yolcu binış hızlarında alternatif etkili çözümler ortaya koymuştur. Uygun binış şekillerini tanımlamak amacıyla bir simülasyon modeli benimsenmiştir. Buna göre, tavsiye edilen binış şekli, diğer stratejilerden daha az karışıklığa neden olduğu gibi, bitişik yolcuların birlikte binışlerinde son derece faydalı olduğu görülmüştür.

Gül ve Elevli (2006), bir çimento fabrikasının torba çimento nakliye işinde bir dış kaynak firmasından yararlanması durumunda elde edeceği maliyet avantajının tespit edilmesi amacıyla dış kaynak firmasının sahip olması gereken kamyon filosunun büyüklüğünün belirlenmesi yaptıkları çalışmada tamsayılı doğrusal programlamadan yararlanmıştır. Oluşturdukları modelde, çimento fabrikasının bayilerinin fabrikaya olan mesafeleri ve talep miktarlarının belirlediği değişik kapasiteli üç farklı kamyon tipinin oluşturduğu maliyet bilgileri ana girdiler olarak tespit edilmiş ve modelin çözümü ile çimento fabrikasına önerilecek nakliye fiyatları belirlenmiştir. Modelin çözümü sonucunda da elde edilen fiyatların taşıyıcı kooperatiflerin fiyatlarına göre %35.1 oranında daha avantajlı olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır.

Chen ve Ji (2007), ileri planlama ve programlama için karma tamsayılı programlama modeli çalışmalarında, üretim planlama ve mağaza kat programlama problemlerinin bir sistem entegrasyonun gerçekleştirildiği karma tamsayılı programlama modeli oluşturmuşlardır. Çalışmalarında, bir siparişin erkene alınması ve üretimde boş geçen zamanın minimum maliyetini araştırmayı amaçlamışlardır. Modelin çıktısı, siparişin başlama ve bitirilme zamanı arasındaki faaliyet programlamasıdır. Ortaya çıkan sayısal sonuçlar, önerilen karma tamsayılı model ile faydalı bir optimum programlama elde edildiğini göstermiştir.

Haklı (2006), optimal portföy oluşturulması için Konno ve Yamazaki tarafından geliştirilen tamsayılı doğrusal programlama modelini kullanarak, yatırımcılar için 89 adet hisse senedini içerecek şekilde İMKB’de optimal portföy oluşturma çalışmasını gerçekleştirmiş; Kağnıcıoğlu (1991), bir gıda işletmesinde, 6 aylık bir dönem için, 28 ürün çeşidinin 4 adet fırın kullanılarak maliyeti minimize edecek şekilde üretiminin gerçekleştirilmesine yönelik oluşturduğu doğrusal programlama modelini Hyper Lingo programı ile çözümlenmiştir.

Türkmen (2007), sürdürülebilir tarım kavramı çalışmasında, karma tamsayılı matematiksel bir model geliştirerek. modelin çözümünde Lingo programı kullanmış ve Adana ilinin Yumurtalık ilçesinde yer alan tarıma elverişli arazilerde her yıl ve her dönem için maliyeti en düşük, aynı zamanda karı en fazla olan ürünleri belirlemiştir.

2. BÖLÜM

TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ KULLANILARAK UÇAK BAKIM PLANLAMASINA YÖNELİK BİR UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, uçak bakımları ve sınıflandırmaları anlatılarak uygulamanın yapıldığı uçak bakım tesisinin faaliyetlerine değinilmiş, literatürdeki bakım ve üretim planlamasında doğrusal programlama tekniklerinin kullanımını içeren bazı çalışmalar incelenmiştir.

Uygulama çalışmasında ise, jet uçaklarının bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü bir kamu işletmesinin, uçak ünitelerinin bakımlarının yapıldığı müdürlüğüne 3 aylık periyotlarda bildirilen bakım ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için, mevcut iş gücü kapasitesi ölçüsünde en fazla (optimum) ne kadar ünitenin bakımının planlanabileceğini belirleyen tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin çözümü ise LINGO.8.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.1. Uçak Bakım Faaliyetleri

Bakım, bir sistemin kullanım ömrü boyunca bozulabilecek karakteristiklerini daha önceden belirlenmiş nitelik veya nicelik seviyelerinde tutmak veya bu seviyeye getirmek için yapılan işlerin tümü olarak tanımlanmaktadır. Uçak bakımı, bir hava aracını, eski haline getirmek yada çalışır durumda tutabilmek amacıyla servis, tadilat, revizyon, kontrol ve durum tespiti yapmak gibi işlerden oluşan faaliyetlerdir. Bakım faaliyetleri ile uçuşların emniyetle gerçekleştirilmesi ve uçak güvenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

Uçak bakım faaliyetleri, teknik emirlere, bakım planları ve el kitaplarına, üretici ve havacılık otoritesinin talimatlarına göre yürütülmektedir. Tüm bu talimatlar, uçuş

güvenirligini arttırmak ve emniyeti sağlamak amacıyla zamanla ortaya çıkmış teknik emirlerdir (<http://slonder.tripod.com/bakim.html>, 22.10.2010).



Şekil.2.1. Bir Uçağın Bakım Görüntüsü (<http://media.photobucket.com>, 25.10.2010)

Bakımın temel amacı, hava aracını, üretimi sonrasında da performans ve güvenilirlik açısından dizayn limitlerinde tutmaktır. Uçak bakım faaliyetleri, kullanıcıya, uçağın emniyetli bir şekilde uçurulması, istenilen zamanda uçuşa verilebilmesi ve işletme giderlerinin düşürülmesi (uygun motor bakımının sağlayacağı yakıt tasarrufu) imkanını vermektedir. Bir uçak dizayn edilirken, performans, ağırlık, güvenilirlik ve maliyet gibi parametrelere ilaveten “bakım yapılabilirliği” de dikkate alınarak bakıma yönelik hedefler konmaktadır. Söz konusu hedefler aşağıda verilmiştir:

- Planlı bakımlar önceden belirlenmelidir.
- Arıza giderme işlemleri basit olmalı ve hızlı olarak gerçekleştirilebilmelidir.
- Özel alet ve ekipmanlara duyulacak ihtiyaç asgari seviyede tutulmalıdır.
- Bakım gerekleri (bakım işgücü ihtiyacı, süresi, yedek parça, yer destek ekipmanları v.b.) nicel olarak belirtilmelidir.
- Ünite, komponent ve yapısal bölgelere kolay olarak erişilebilmelidir.

Bakım programları, uçağın dizayn aşamasından itibaren geliştirilmeye başlanır ve onaylanmayan konular söz konusu aşamalarda düzeltilir. Uçağın üretici firması tarafından hazırlanarak müşterilere verilen başlangıç bakım programı (MRB-Maintenance Review Board) bakımlar için ilk minimum bakım ve kontrol ihtiyaçlarını içerir ve imalatçı ülkelerin havacılık otoriteleri tarafından onaylanır. Onay sonrasında, üretici, bakım başlangıç programı raporunun (MRBR-Maintenance Review Board Report) tamamına ilaveten bakım tavsiyelerinin ve açıklayıcı bilgilerin bulunduğu bakım planlama dökümanını (MPD-Maintenance Planning Document) yayımlar. Müşteriler de üretici tarafından yayınlanan bütün dökümanları kullanarak, kendi bakım programını (CMPD-Customized Maintenance Planning Document) hazırlar ve yerel otoritelere onaylatarak kullanmaya başlar. Müşteri bakım programını zaman içerisinde şartlara göre revize edebilir. (Mercan, 1999: 19-24)

2.2. Uçak Bakımlarının Sınıflandırılması

Uçak bakımları yapıldıkları yere, yapıldıkları süreye ve yapılaş amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır (<http://megep.meb.gov.tr>, 15.10.2010).



Şekil.2.2. Bir Uçak Bakım Hangarının Görüntüsü (<http://img78.imageshack.us>, 24.10.2010)

2.2.1. Yapıldıkları Yere Göre Bakımlar

Bakımlar yapıldığı yere göre iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Birinci sınıflandırmada, bakım faaliyetleri, uçuş hattında yapılan veya bakım tesislerinde gerçekleştirilen bakımlardır. Diğer sınıflandırma ise, bakımın doğrudan uçak üzerinde veya farklı bir yerde (uçak üzerinde yapılmayan) yapıldığının belirlenmesine yönelik yapılan sınıflandırmadır.

- Uçuş hattında yapılan bakım faaliyetleri, genellikle uçağın uçuşa verilebilmesi için yapılan faaliyetleri kapsamaktadır. Bunlar servis, uçuşa elverişlilik için yapılan göz ve operasyonel kontroller, uçağın uçuşa verilmesini engelleyen bir arıza olduğunda uçuş hattında değiştirilebilen ünite adı verilen LRU'ların ve motorun değiştirildiği faaliyetlerdir.

- Bakım tesislerinde yapılan faaliyetler ise, hat bakım faaliyetleri kapsamı dışında kalan ve atölyede/hangarda yapılan tüm faaliyetleri içermektedir.

- Uçak üzerinde yapılan bakım faaliyetleri, genellikle uçuş hattında yapılan değişiklikler ve bakım faaliyetleri kapsamındadır.

- Uçak üzerinde yapılmayan bakım faaliyetleri ise uçak üzerinden sökülen sistem ve ünitelerin bakımlarının ilgili atölyelerde yapılmasıdır. Atölyelerdeki bakım faaliyetlerine örnek olarak motor revizyonları, elektronik-hidrolik-mekanik ünitelerin bakım-onarım ve revizyonları verilebilir.

2.2.2. Yapıldıkları Süreye Göre Bakımlar

Küçük bakım, orta seviye bakım ve büyük bakım olarak sınıflandırılmaktadır.

- Küçük bakım, genellikle uçuş hatta gerçekleştirilen ve 24 saat veya daha az süren bakımları ve bu süre içinde giderilebilecek arızalara yönelik faaliyetleri kapsamaktadır.

- Orta seviye bakım, 7 güne kadar bir zaman dilimini kapsayan bakımlar olup bakım tesislerinde yapılmaktadır.

- Büyük bakım, uçağın yıllara sari yaşlanması sonucunda ortaya çıkan bakım ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla uygulanan bakımlardır. Yedi günden daha fazla zaman gerektiren büyük bakımlar, yapısal kontrol ve tamirler, gövdenin yeniden boyanması, kapsamlı tadilatlar gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Büyük bakımlar gerekli donanıma sahip bakım tesislerinde yapılmaktadır.

2.2.3. Yapılma Amaçlarına Göre Bakımlar

Uçak bakımları, yapılma amaçlarına göre, koruyucu bakım ve düzeltici bakım olarak sınıflandırılmaktadır.

- Koruyucu bakım, uçak sistemleri için gerekli bakımların, sistemlerde arıza oluşması beklenmeden önce yapıldığı bakımlardır. Koruyucu bakım faaliyetleri ile uçaklarda arızaların önlenmesi amaçlanmaktadır. Planlı bakımlar, koruyucu bakım kapsamında yer almaktadır. Planlı bakımlar; üretici firma tarafından bakım kitaplarında belirlenen periyotlarda uygulanan ve uçak yapısındaki sistem, teçhizat ve ünitelerin arıza yapması beklenilmeden kontrol edilmesini hedefleyen bakımlardır. Planlı bakımların kapsamı, üretici firma tarafından mevcut koşullara uygunluğu değerlendirilerek, gerektiğinde değiştirilmektedir. Planlı bakımlar, günlük, aylık veya yıllık olarak programlanabilen bakımlardır. Planlı bakımlar belirli sürelerde uygulanır ve çeşitli kodlara sahiptir. Zaman aralıkları ve kodlar uçağın cinsine ve bakımı uygulayan kuruluşun bakım planına göre değişiklik gösterebilir. Planlı bakım periyotları genellikle A, B, C, D şeklindeki harflerle simgelenmektedir. Her bir bakım, bir öncekinden daha kapsamlıdır ve uygulama süresi daha uzundur.

Planlı bakımlar servis, kontrol, çalışma ve fonksiyon kontrolleri ile yapısal kontrolü kapsamaktadır. A, B, C bakımlarında, tüm uçak sistemleri (motor, kumanda sistemleri, iniş takımları vs.) kontrol, servis ve test işlemlerinden geçirilir. Kanatlar, motor, kuyruk bölgesinde dışarıdan görülemeyen yerlere erişilerek kontroller yapılmakta, hasarlı bulunan parçalar yenilenmekte, gerekli servis ve test işlemlerinden sonra açılan bölgeler tekrar kapatılmaktadır. Bakım çıkışında tüm

sistemler ve uçağın kalbi sayılabilecek motorlar detaylı bir test bir programından geçirilmekte ve tüm sonuçların, bakım kitaplarındaki değerleri karşılaması durumunda uçak uçuşa verilebilmektedir.

Büyük bakımlar; D ve daha sonraki bakımları kapsar. Bu tip bakımlar, daha çok yapısal kontrol ve tamirlerin uygulandığı ağır bakımlardır. Uçağın bu bakımlarda yerde kalış süresi uçağın yaşı ve uçuş saati ile doğru orantılıdır. Bakım süresi on beş günden üç aya kadar uzayabilmektedir. Korozyon kontrolü ve giderilmesi, iniş takımı gibi asamblelerin revizyonu ve değişimi, büyük çaplı modifikasyonların uygulanması da bu bakımlarda yapılır. Bakım ekibi, bakım uygulamasının dışında, bakım esnasında yapılan tüm işlemleri, yapan kişinin imzası, numarası, iş yapılırken kullanılan uçak imalatçısının dokümanlarının ismi, işin yapıldığı gün, saat ve çalışılan toplam sürenin kaydedildiği yazılı formları düzenlemekten sorumludur. Söz konusu formlar, toplanmakta ve uçağın siciline kaydedilmek üzere saklanmaktadır.

- Düzeltici bakımda (acil bakım) oluşan arızalar giderilir. Arıza yapma olasılığı zamana bağlı olmayan elemanları kapsar. Plansız bakımlar düzeltici bakım kapsamında yer almaktadır. Bir parçanın bilinen veya tahmin edilen arızasının düzeltilerek belirlenen duruma geri getirmek için yapılan bakım faaliyetleri olan plansız bakımlar, ortaya çıkan arızaların veya hasarların giderilmesi amacıyla uygulanırlar. Uçuş esnasında veya kontroller esnasında uçuş emniyetini tehlikeye düşürücü herhangi bir arızanın oluşması durumunda, plansız bakım ve onarım işlemlerinin hemen uygulanması gerekmekte ve düzeltici işlem gerçekleştirilmeden uçağın servise verilmesi mümkün olmamaktadır. Kuş çarpması, sert inişler, savaş uçakları için aşırı g (over-g)'ye maruz kalma gibi olaylar, plansız bakım ihtiyacının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu bakımlarda, uçağın bakım işlemlerinin ne kadar süreceği dolayısı ile uçağın uçuştan ne kadar süre alıkonulacağı bilinmemektedir.

2.3. Çalışmanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtılması ve Bakım Faaliyetleri

Savunma sanayine hizmet vermekte olan kuruluşta jet uçakları ile motorlarının fabrika (Depot Level-D) seviyesi bakım, onarım, yenileme,

modernizasyon faaliyetleri ile lojistik sistemin idamesi için gerekli olan ünitelerin bakım, onarım, revizyon faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

Kuruluş, silah/savunma sistemlerinin, destek sistemlerinin ve bunların teçhizatının;

- Fabrika seviyesi bakımlarını, onarımlarını, kalibrelerini yapmak, sistem, teçhizat ve yedek malzemeleri imal etmekte ve kalite güvencesini sağlamakta,
- Uçuş emniyetine, idamesine, araştırma-geliştirmesine, test ve değerlendirmesi ile kalite güvencesinin teminine yönelik mühendislik desteğini yerine getirmekte, uçak arıza giderme faaliyetlerini gerçekleştirmekte,
- Sistemlerin emniyetle kullanılmasını sağlamakta ve kullanım ömürlerini uzatmak için gerekli modifikasyon ve modernizasyonları geliştirmekte ve uygulamakta, havacılık alanında teknik, uzman ve bağımsız bir danışma kurumu görevi yapmakta,
- Modernizasyon veya geliştirme amaçlı sözleşme ve projeleri yürütmekte ve bizzat uygulamakta ve bu tür görevlerde ana üstlenici rolünü üstlenmektedir.

Fabrika bünyesinde bulunan farklı müdürlüklerde,

- Jet uçakları ve motorlarına ait uçak aksesuar ve ünitelerinin (teçhizat) bakımı, modifikasyonu, onarımı ve testleri yapılmakta,
- Jet uçaklarının tahribatsız kontrolleri (NDI), boyama ve boya sökümü, hidrolik, pnömatik, mekanik, elektrik, aviyonik ve yapısal bakımları gerçekleştirilmekte,
- Farklı tipteki turbofan, turbojet ve turboprop/turboshaft motorlara ait bakım, test, onarım, modifikasyon, parça değişimi ve imalatı ile kontrolleri yapılmakta,
- Jet uçaklarına ait elektronik ünitelerin bakımı, modifikasyonu, onarımı ve fonksiyonel testleri yapılmakta,

- Uçak yapısal parçaları, motor parçaları, boru, kablo, hortum ile fikstür gibi yedek parçaların imatları yapılmakta,
- Uçaklarda meydana gelen teknik sorunların çözümü, uçuş emniyetini sağlanması ile idame ve geliştirilmesine yönelik mühendislik faaliyetleri gerçekleştirilmekte,
- Faaliyetlerin daha az kaynak kullanımı ile daha ekonomik olarak yerine getirilmesini desteklemek amacıyla; işgücü, iş yükü, tesis, teçhizat, malzeme, eğitim, mali kaynak, planlama, programlama hizmetleri yürütülmekte,
- Kalite faaliyetleri yürütülmekte,
- Geliştirme ve yenileme projeleri yürütülmektedir.

Ayrıca fabrika, AQAP-2110, AQAP-160, ISO 9001:2000, ISO 14001, JAR-145, GE uygunluk kalite belgelerine sahiptir.

Uçakların belirli periyotlardaki D seviyesi bakımları, genel olarak ilerleyen kısımlarda açıklanan faaliyetler uygulanarak gerçekleştirilmektedir.



Şekil.2.3. Uçak Bakım Faaliyetleri Görüntüsü (www.visualintel.net, 27.10.2010)

Uçakların, ilk olarak sıcak ve soğuk keşifleri yapılarak genel arıza ve kusurları tespit edilmektedir. Keşif, gerekli bakım ve onarım türlerini saptamak, uçakların kullanıcı birliklerden geldiği şekli ile hata, kusur ve arızalarını tespit

etmek, malzeme ve ünite ihtiyaçlarını belirlemek ve teminlerinin yapılmasını sağlamak amacıyla yapılan göz, faaliyet ve ölçüm kontrollerini kapsayan işlemlerdir. Keşif faaliyetleri, gövde, elektrik, yapısal, kanopi, sandalye, silah, havalandırma, telsiz, borda, radar, otopilot ve motor ihtisaslarına sahip keşif ekipleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Sıcak keşif faaliyetleri, elektronik sistemlerin performansını görebilmek için yapılan işlemleri içeren keşif safhasıdır. Elektronik cihazların hassasiyeti sebebiyle boya söküm ve yıkama işlemleri öncesinde söküm işlemleri yapılmaktadır. Söz konusu cihazların keşif işlemi bu safhada yapılmaktadır. İlerleyen safhada, yabancı madde hasarı olmadığına karar verilen ve uçuş saatini doldurmayan motorların performanslarını ve uçak ile uyumunu kontrol amacı ile motor sıcak keşfi gerçekleştirilmektedir. Yakıt keşfinde ise, yakıt sistem ünitelerinin çalışma, yakıt boruları ve depolarının kaçak ve yakıt transfer testleri yapılmaktadır. Soğuk keşif aşamasında ise, uçağa harici takat verilerek uçak üzerinde bulunan bütün sistemlerin faaliyetleri test edilmekte, ünite, sistem ve komple uçağın fiziki durumu değerlendirilerek gözle görülebilen kusurları kaydedilmektedir.

Sonraki aşamalarda uçağa ait yapısal, aviyonik, hidrolik ve elektrik ünitelerinin söküm işlemleri ile motor ve sandalye sökümü gerçekleştirilmekte, ünitelerin bir kısmı hasarlarına bakılmaksızın değiştirilmekte, bir kısmı faaliyet kontrolleri sonrasında yeniden uçağa takılmakta, diğer üniteler ile motorlar ise bakım ve revizyonları için ilgili müdürlüklere gönderilmektedir. Bir sonraki aşamada uçak, boya söküm ve yıkama işlemlerine tabi tutulmakta, sonrasında ise uçağın tahribatsız kontrolleri (NDI) gerçekleştirilmektedir. NDI kontrolleri, radyografi (X-ray), real-time, ultrasonik, sıvı penetrant, manyetik parçacık ve eddy current (girdap akımları) yöntemleri kullanılarak uçak yapısına zarar vermeden gözle görülemeyen hata ve kusurların tespit edilmesine yarayan kontrollerdir. Uçağa ait ölçüm kontrolleri de aynı safhalarda gerçekleştirilmektedir.

Uçak üzerinden sökülen ünitelerin bakım, onarım, fonksiyonel kontrol ve NDI işlemleri ile keşif kusurlarının giderilmesi faaliyetleri ile uçak üzerindeki yapısal onarım ve tadilatları tamamlandıktan sonra, ilgili atölyeler tarafından sökülen ünitelerin uçak üzerine yeniden montajı yapılmaktadır. Faaliyetlerin devamında, sistemlerin fonksiyonel testi, motor montajı ve takat kontrolü, ağırlık-balans ve

simetri kontrolü gerçekleştirilerek uçak boya hangarında boyama işlemine tabi tutulmaktadır. Son kontroller ve tecrübe uçuşu ile uçakların fabrikadaki bakım faaliyetleri tamamlanmaktadır. Fabrika bünyesinde ayrıca, uçuş emniyetinin artırılması amacıyla uçaklarda teknik emir uygulamaları, yapısal ömür uzatım ve yenileme programları gerçekleştirilmekte ve uçakların modernizasyon proje faaliyetleri de yürütülmektedir.

2.4. Çalışmanın Yapıldığı Müdürlükteki Bakım Faaliyetleri

Çalışmanın yapıldığı Müdürlükte, uçak, uçak motoru ve yer destek teçhizatlarına ait aksesuar ünitelerinin fabrika seviyesi bakım, onarım, test işlemleri ile bakım mühendislik hizmetleri belirlenmiş standartlara göre emniyetli bir şekilde gerçekleştirilmekte, iş standartları hazırlanmakta ve dönemlik üretim planları aylık ve daha alt düzeyde uygulama programlarına dönüştürülmektedir. Müdürlükte, hidrolik sistem üniteleri, pnömatik sistem üniteleri, yakıt sistem üniteleri, yağ sistem üniteleri, mekanik sistem üniteleri, elektrik sistem üniteleri ile fren ve iniş takım ünitelerinin bakımları farklı tip tezgahlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Müdürlükte, teknoloji ve faaliyet alanlarına göre,

- Hidrolik Sistem Üniteleri Atölyesi
- Fren, Jant ve İniş takımları Atölyesi
- Pnömatik ve Oksijen Sistemleri Atölyesi
- Elektrik Sistem Üniteleri Atölyesi
- Motor Yağ Sistem Üniteleri Atölyesi
- Motor Yakıt Sistem Üniteleri Atölyesi
- Mekanik Sistem Üniteleri Atölyesi
- Onarım Destek Atölyesi (Temizleme, NDI, boya ve tesviye)

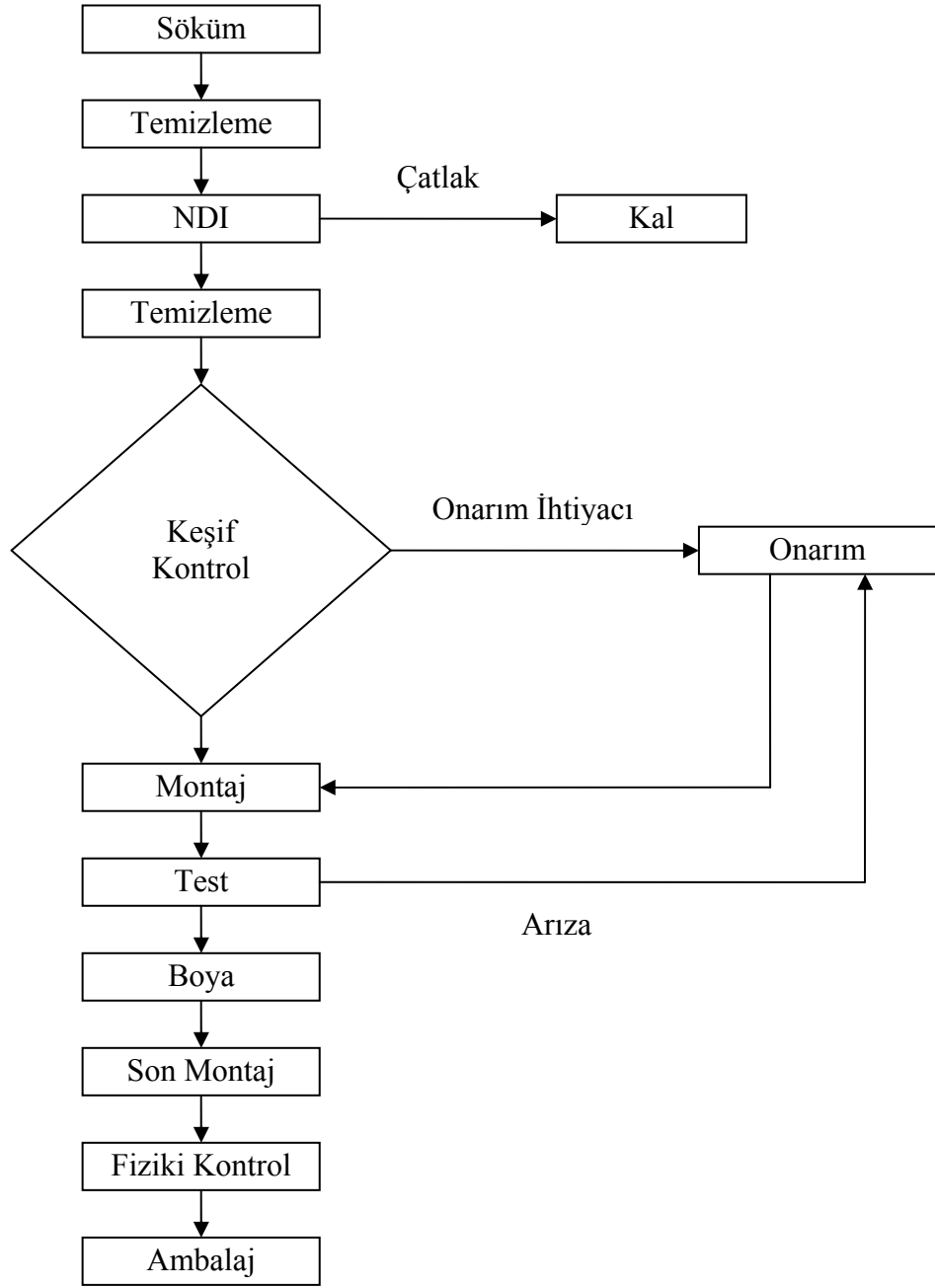
bulunmaktadır.



Şekil.2.4. Bazı Uçak Ünitelerinin Görüntüsü (<http://webcommunity.ilvolo.it>, 25.10.2010)

İlgili müdürlüğün sorumluluğundaki ünitelerin onarım işlemleri, ünitelerin üreticileri tarafından hazırlanan teknik dokümanlara uygun olacak şekilde Şekil. 2.5’de verilen akış diyagramına göre gerçekleştirilmektedir.

Bu kapsamda, bakım amacıyla müdürlüğe gönderilen bir ünite, tamamen sökülerek uygun proselere göre temizleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Ünitenin uçak üzerindeki çalışması sırasında, yapısı üzerinde çatlak, kusur v.b. meydana gelip gelmediğinin belirlenmesi amacıyla ünitenin tahribatsız kontrol işlemleri (NDI) uygulanmakta ve teknik emirlerde belirtilen limit harici kusurlar bulunması durumunda parça kal edilmektedir. Sonraki aşamada ünitelerin gerçekleştirilen fiziki keşif işlemlerinin sonucuna göre kontrol kriterlerini karşılamayan malzemelerin tekrar kullanılabilmesi için onarım işlemleri uygulanmaktadır. Onarım ve hasarlı alt parça değişimleri yapılan ünitelerin, yeniden montajı yapılmakta ve ünitenin çalışma şartlarından daha ağır koşullarda fonksiyonel testleri gerçekleştirilmektedir. Test sonuçlarının beklenen kriterleri sağlaması durumunda ünitenin gerekli emniyet montajları ve boyama işlemleri yapılmakta, son kontrolleri ve ambalajlama işlemleri ile bakımı tamamlanarak kullanıcılara sevkiyatı yapılmaktadır.



Şekil.2.5. Uçak Üniteleri Onarım Akış Diyagramı.

2.5. Tamsayı Doğrusal Programlama Modelinin Kurulması

Jet uçaklarının fabrika seviyesi bakım, revizyon ve yenileme faaliyetlerinin gerçekleştirildiği fabrikaya, üç aylık periyotlarla dönemlik olarak ünite bakım ihtiyaçları bildirilmektedir.

Bu kapsamda belirtilen ünite bakım ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için ihtiyaçlara ait iş yükü ile iş merkezlerinin atölye/ihtisas kodu bazındaki dönemlik iş gücü kapasiteleri ölçüsünde toplam olarak en fazla (optimum) ne kadar ünitenin bakımının yapılabileceğinin belirlenmesine yönelik planlama problemi ortaya konmuştur. Böylece mevcut iş gücü kapasitesine göre, tamirlik ünitelerin optimum planlama miktarını belirleyen tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Modelin çalıştırılması ile elde edilecek çözüme göre atölye/ihtisas kodu bazında iş merkezlerinin doluluk yüzdelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.5.1. Çalışmanın Amacı

Uygulama ile, kullanıcı birlik seviyesi ve fabrika seviyesinde bakıma alınan uçaklar üzerinde bulunan ve bakıma alınması gereken uçak hidrolik, pnömatik, fren, iniş takımı, elektrik, yağ, yakıt ve mekanik sistem ünitelerinden, en fazla ne kadarının bakıma alınabileceğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bir başka ifade ile, çalışmanın gerçekleştirileceği müdürlüğün sahip olduğu atölye/ihtisas kodu bazındaki mevcut işgücü kapasitesi dahilinde, bakımı gerçekleştirilebilecek toplam ünite miktarının maksimum yapacak her bir uçak ünitesi (karar değişkeni) sayısının belirlenerek, atölyelerin doluluk oranlarının hesaplanmasını sağlayacak tamsayılı programlama modelinin oluşturulmasıdır.

2.5.2. Mevcut Bakım Faaliyetlerindeki Planlama Problemleri

Çalışmanın öncesinde, ünite bakımlarının yapıldığı müdürlükte gerçekleştirilecek dönemlik ünite onarım planlama faaliyetlerinin, her bir tamirlik ünitenin atölyeler (iş merkezleri) bazındaki işgören saatleri ve atölyelerin dönemlik toplam kapasiteleri dikkate alınarak, elle hesaplandığı; aynı anda hem atölyelerin doluluk oranları hem de toplam ve ünite bazındaki planlama miktarlarının tek bir iterasyonda belirlenemediği tespit edilmiştir. Çok fazla matematiksel işlem

gerektiren ve sezgisel tahminlerin kullanıldığı çözüm yönteminde elde edilen sonuçlara göre ünite bazında tespit edilen miktarların çok sağlıklı olmadığı ve aynı zamanda atölyelerin dolulukları oranlarının %135, %200 gibi gerçekçi olmayan değerler aldığı görülmüştür. Sonuç olarak atölyelerin işgücü kapasiteleri ölçüsünde bakım görmesi gereken ünite miktarlarının belirlenmesine yönelik olarak etkin bir planlamanın gerçekleştirilemediği tespit edilmiştir.

2.5.3. Problemin Tanımlanması

Karar verme problemi, uçak ünite onarım ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için, ihtiyaçlara ait iş yükü ile iş merkezlerinin atölye/ihtisas kodu bazındaki dönemlik iş gücü kapasiteleri ölçüsünde tamirlik ünitelerden en fazla (optimum) ne kadarının bakıma alınabileceğinin belirlenmesine yönelik planlama problemidir.

İşletme, savunma sanayine hizmet veren bir kamu işletmesidir ve üretim sonucunda bir pazarlama söz konusu olmadığından kar amacı bulunmamakta, öncelikli olarak jet uçaklarının uçuş faaliyetlerinin aksamaması ve buna yönelik ünite bakım miktarlarının tutturulması hedeflenmektedir.

Problemin oluşturulmasında, ünite bakımlarının yapıldığı müdürlükte gerçekleştirilecek bakım faaliyetlerinde ortaya çıkan ana kısıtlayıcı kriter, işgücü (işgören saati) ihtiyacı olmaktadır. Üretim/bakım esnasında, test ve kontrol tezgahlarının kullanımlarında ve bakım esnasında ihtiyaç duyulacak yedek ve ham malzeme ihtiyacında dönemler boyunca bir kısıt söz konusu olmamaktadır.

Ayrıca işletmede, işletmenin planlama müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen işgücü verimlilik oranının %94.5 oranında olduğu varsayılarak kısıtlayıcı faktör olan atölye işgücü kapasiteleri bu değere göre belirlenmiştir.

Müdürlükte bakım faaliyetleri 9 farklı atölyede 10 farklı ihtisasa sahip personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Müdürlük bünyesinde, dönemlik (3 aylık) bakım ihtiyacı bildirilen ünitelere yönelik işgücünü oluşturan ihtisas kodları Tablo

2.1.'de, ünitelerin bakım göreceği atölye ve ihtisas kodları bazında 3 aylık işgücü kapasiteleri ise Tablo.2.2'de verilmiştir:

Tablo.2.1. Müdürlük Bünyesindeki İhtisas Kodları.

İhtisas Kodu	İhtisas Tanımı
FA	Hidrolik Aksesuar Teknisyeni
FB	Yağ Aksesuar Teknisyeni
FG	Servo Teknisyeni
FH	Pnömatik Aksesuar Teknisyeni
FJ	Tahrik Sistemler Onarım Teknisyeni
FO	İniş Takımları Onarım Teknisyeni
FP	Bilyalı Yatak Teknisyeni
FR	Yakıt Revizyon Teknisyeni
FT	Yakıt Test Teknisyeni
LA	Aksesuar Elektrik Teknisyeni

Tablo.2.2. Müdürlüğün Atölye ve İhtisas Kodları Bazında İşgücü Kapasiteleri.

Atölye Kodu	Atölye Adı	İhtisas Kodu	İş Gücü Kapasitesi (İşgören Saati)
408	1 Numaralı Hidrolik Atölyesi	FA	5377,2
409	Fren İniş Takımları Atölyesi	FO	5961,6
410	Pnömatik Sistemler Atölyesi	FH	6566
413	Uçak Elektrik Aksesuarları Atölyesi	LA	5952
418	Yağ Aksesuar Atölyesi	FB	4208,4
419	1 Numaralı Yakıt Deneme Atölyesi	FT	5394,8
420	2 Numaralı Yakıt Deneme Atölyesi	FR	7674
424	Tahrik Sistemleri Atölyesi	FJ	4408,4
424	Tahrik Sistemleri Atölyesi (Bilyalı yatak)	FP	152
446	2 Numaralı Hidrolik Atölyesi	FG	3115,2

2.5.4. Problemin Çözümüne Yönelik Tamsayı Doğrusal Modelin Kurulması

Çalışma kapsamı itibariyle, belirli bir döneme ait müşteri taleplerinin dönemlik kaynak kapasiteleri ölçüsünde, işgücü kullanımını en üst seviyede tutacak şekilde en fazla ne kadarının yapılabilirliğini belirleyen bir modelleme çalışması olup; problem yapısal olarak bir “doğrusal karar modelidir.” Modelin amaç fonksiyonu bakıma alınabilecek tüm aksesuar üniteleri için toplam miktarın en iyilenmesi (maksimizasyonu) olacaktır. Çalışmada kullanılan karar modeli, ünite miktarlarının (karar değişkenlerinin) tamsayı değerler alması gerekliliğinden dolayı “tam sayılı doğrusal programlama” modelidir.

Aşağıdaki bölümlerde oluşturulan modelde kullanılan notasyonlar aşağıda verilmiştir:

x_j : Bakıma alınabilecek j . ünite miktarı (Karar değişkeni)

a_{ij} : j . ünitenin i . atölyedeki bakımı için gereken işgören saati.

b_i : i . atölyenin dönemlik toplam iş gücü kapasitesi (işgören saat)

i : Ünitenin bakım göreceği atölye çeşidi ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)

j : Bakıma alınacak ünitenin çeşidi ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)

US_j : j . ünite için üst kuruluş tarafından belirlenmiş bakıma alınabilecek en fazla ünite sayısı. (Üst Sınır)

AS_j : j . üniteden dönemlik olarak bakıma alınması gereken en az ihtiyaç miktarı (Alt Sınır)

2.5.4.1. Modelin Amaç Fonksiyonunun Matematiksel Gösterimi

Problemin amacı, bakıma alınacak toplam ünite miktarının maksimum yapılması olduğundan, amaç fonksiyonu (Z_{\max}), aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^n x_j$$

Uçak ihtiyaç miktarına göre 2010 yılının 2. dönemi için (Nisan-Mayıs ve Haziran ayları olmak üzere 3 aylık) teklif edilen bakıma alınacak uçak ünite sayılarına fabrikada bakımda bulunan uçaklardaki üniteler (diğer müdürlük ve atölyelerden gelen) dahil edilmiştir ve dönem planlamasındaki karar değişkeni sayısı (bakıma alınacak ünite çeşidi) 679 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla

$n = 679$ olup,

$x_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, 679$ olarak ifade edilebilir.

2.5.4.2. Modelin Kısıt Fonksiyonlarının Matematiksel Gösterimi

a. Atölyelerin işgücü kapasitelerinin aşılmayacağını temsil eden kısıtlayıcı fonksiyonlar aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$i = 1 \text{ için} \quad \sum_{j=1}^n a_{1j} x_j \leq b_1 \quad (j=1,2,3,\dots, n)$$

$$i = 2 \text{ için} \quad \sum_{j=1}^n a_{2j} x_j \leq b_2 \quad (j=1,2,3,\dots, n)$$

$$i = 3 \text{ için} \quad \sum_{j=1}^n a_{3j} x_j \leq b_3 \quad (j=1,2,3,\dots, n)$$

• •
• •
• •

$$i = m \text{ için} \quad \sum_{j=1}^n a_{mj} x_j \leq b_m \quad (j=1,2,3,\dots,n);$$

Ünitelerin bakım göreceği Müdürlük bünyesindeki ihtisas koduna göre atölye sayısı, $m = 10$ dur.

b. Bakım görecek ünite sayısının alt ve üst sınırlar arasında bulunmasını gerektiren sınırlar ise,

$$AS_j \leq x_j \leq US_j \quad \text{olarak gösterilecektir.}$$

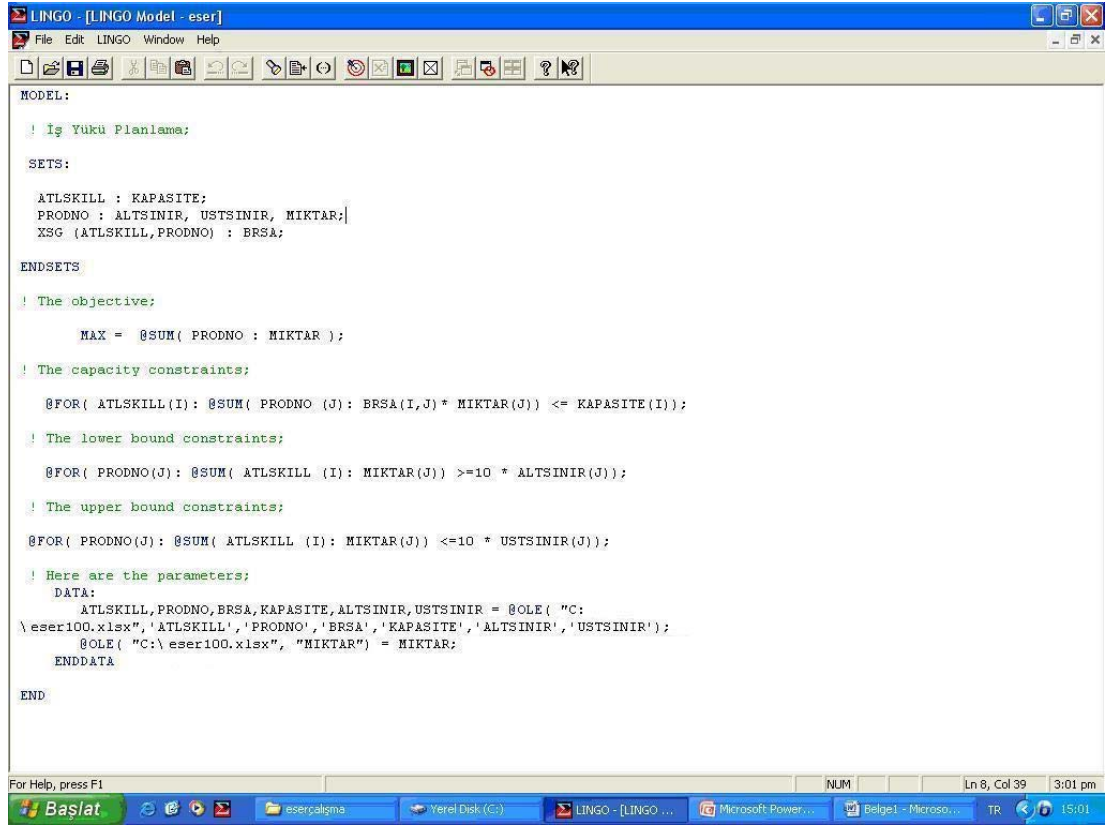
Bakım görecek ünite miktarı, AS_i ve US_i 'nin değerleri arasındaki kalacağından ve bu değerler negatif olamayacağından model, ikinci bir pozitif kısıtlama fonksiyonunu gerektirmemektedir.

2.5.5. Modelin LINGO Paket Programında Çözümü

Üretim döneminde değerlendirmeye alınacak 679 çeşit ünitenin her biri, kendisine ait iş emri (ABJ003I, CDC073A, CDF013A,... v.b.) adlarıyla temsil edilmektedir.

Karar verme problemlerinin çözümleri için birçok bilgisayar programı (LINGO, CPLEX, MPL, LINDO v.b.) geliştirilmiş olup, çalışmada, optimum ünite miktarının elde edilebilmesine yönelik oluşturulan doğrusal programlama modelinin çözümünde LINGO 8.0. paket programı kullanılmıştır.

Bu amaçla, ünitelerin bakımı için atölye ihtisas bazında gereken işgören saatleri, atölye kapasiteleri ve alt-üst sınırlardan oluşturulan veriler, Excel tabloları haline getirilerek, formüller ad yönetici ile ihtisas bazında atölye kodu (ATL&SKILL), karar değişkeni-ünite tipi (PRODNO), alt ve üst sınırlar (ALTSINIR, USTSINIR), bakım yapılacak optimum ünite miktarı (MIKTAR), her ünite bakım iş planındaki birim işgören saatleri (BRSA) ve atölye kapasiteleri (KAPASITE) parametreleri tanımlanmıştır. Oluşturulan model, excel dosyası verilerinin transfer edildiği LINGO programında çalıştırılmıştır. Oluşturulan modelin ekran görüntüsü Şekil 2.6.'de verilmiştir:



```

LINGO - [LINGO Model - eser]
File Edit LINGO Window Help
MODEL:
! İş Yüklü Planlama;
SETS:
  ATLSKILL : KAPASITE;
  PRODNO : ALTSINIR, USTSINIR, MIKTAR;
  XSG {ATLSKILL,PRODNO} : BRSA;
ENDSETS
! The objective;
  MAX = @SUM( PRODNO : MIKTAR );
! The capacity constraints;
  @FOR( ATLSKILL(I) : @SUM( PRODNO (J) : BRSA(I,J) * MIKTAR(J)) <= KAPASITE(I));
! The lower bound constraints;
  @FOR( PRODNO(J) : @SUM( ATLSKILL (I) : MIKTAR(J)) >=10 * ALTSINIR(J));
! The upper bound constraints;
  @FOR( PRODNO(J) : @SUM( ATLSKILL (I) : MIKTAR(J)) <=10 * USTSINIR(J));
! Here are the parameters;
DATA:
  ATLSKILL,PRODNO,BRSA,KAPASITE,ALTSINIR,USTSINIR = @OLE( "C:
\eser100.xlsx", 'ATLSKILL', 'PRODNO', 'BRSA', 'KAPASITE', 'ALTSINIR', 'USTSINIR');
  @OLE( "C:\eser100.xlsx", "MIKTAR") = MIKTAR;
ENDDATA
END

```

Şekil.2.6. Oluşturulan Modelin LINGO Programındaki Ekran Görüntüsü

2.5.6. Sonuçların Değerlendirmesi

Bu çalışma ile modeldeki belirli değişkenlerin alt ve üst sınırları belirlenerek yukarıda açıklanan notasyona göre 679 karar değişkeni ve 10 kısıt satırından oluşturulan model, LINGO programında çalıştırılmıştır. Modelin çalıştırılması sonucunda, LINGO programından alınan çözüm çıktısına ait örnek sayfalar Ek-1’de verilmiştir.

Modelin 1226 adet iterasyon kullanımı ile çözümü sonucunda karar değişkenini oluşturan 679 çeşit üniteden, toplamda “6466” adet bakıma alınabileceği belirlenmiş olup, söz konusu üretim döneminde, ünite tipi bazında bakıma alınabilecek optimum ünite sayısını içeren Tablo, Ek-2’te verilmiştir.

Bakım planlaması yapılan 679 karar değişkeninden, yan atölyelerden gelen 51 adedinin Bakım-onarım işgücü açısından bir kısıt oluşturmayan iş merkezlerine

giden üniteler olduğu (malzeme sevk, tesellüm, sayım, kontrol, temizleme, NDI, kimyasal temizleme gibi), 628 adedinin ise onarım işgücü kapasitesini etkilediği belirlenmiştir.

Birim plan ünite bazında ortaya çıkan detaylı işgücü gereksinimini içeren tabloya ait örnek sayfalar Ek-3'te verilmiş olup, iş gücü ihtiyacına yönelik özet sonuçlar, Tablo.2.3'te verilmiştir.

Tablo.2.3. Modelin Çözümü Sonucunda Elde Edilen Atölye/İhtisas Bazındaki İş Gücü İhtiyacı ve Doluluk Oranları.

Atölye Kodu	İhtisas Kodu	Revizyon İş Gücü Kapasitesi	Modelin Çözümü Sonrasında Toplam İşgücü İhtiyacı (Optimum MiktarxBirim saat)	İşgücü Doluluk Oranı(%)
408	FA	5377,2	5203,574	96,77
409	FO	5961,6	5442,166	91,29
410	FH	6566	6565,347	99,99
413	LA	5952	5952,872	100,01
418	FB	4208,4	3530,22	83,89
419	FT	5394,8	5393,284	99,97
420	FR	7674	7070,325	92,13
424	FJ	4408,4	4410,422	100,05
424	FP	152	152,301	100,20
446	FG	3115,2	3116,677	100,05

Tablo 2.3.'ün son sütunundan anlaşılacağı gibi modelin, işgücü kapasitesinin verimli bir şekilde kullanımını gerçekleştirecek şekilde en uygun miktarda ünite bakımı planlaması gerçekleştirdiği ve atölye işgücü doluluk oranlarının anlamlı değerler aldığı görülmekte, etkin bir planlamanın gerçekleştirildiği göze çarpmaktadır. 418 FB atölyesindeki doluluk oranının diğer atölyelerden düşük olmasının sebebinin ise, bakım amacıyla belirtilen atölyeye giden yağ sistemlerine ait pompa, depo, filtre benzeri bakıma alınacak ünite miktar planlamalarının üst

sınırlarda gerçekleştirilmesine rağmen, söz konusu dönemde, belirtilen ünitelerinin bakım ihtiyaç miktarlarının, diğer ünitelere göre daha az olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Müdürlükte, önceden gerçekleştirilen dönemlik bakım planlama faaliyetlerinde, ünite miktarları, her bir tamirlik ünitenin atölye bazındaki birim plan saatleri ile atölyelerin dönemlik toplam kapasiteleri dikkate alınarak sezgisel tahminler ve uzun zaman gerektiren manuel hesaplamalarla elde edilirken, doğrusal programlama modelinin çözdürüldüğü LINGO programı bu sonucu çok kısa bir sürede gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda, manuel çözüm yönteminde elde edilen sonuçların doğruluk seviyesinin düşük olması ve iş merkezlerinin dolulukları oranları %135, %200 gibi gerçekçi olmayan değerler almasına rağmen, tamsayılı programlama modeli kurma çalışması sonrasında ünite miktarları ve atölye doluluk oranlarının anlamlı değerler aldığı görülmüştür.

Oluşturulan tamsayılı doğrusal programlama modeli, işgücünün verimli olarak kullanımı sağlayacak şekilde etkin bir ünite bakım planlaması ve optimum üretim miktarı ortaya koymuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Özel ve kamu sektöründe tüm üretim ve hizmet yapıları örgütlerin karşılaştığı karar verme problemlerinin en uygun çözümlerini araştıran ve gerçekleştiren en yaygın matematiksel tekniklerinden biri olan doğrusal programlamanın, kaynakların en etkin biçimde kullanılarak verimliliğin artırılması, ürün kalitesinin ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, organizasyon ve sistemlerin işleyişlerinin sürekli olarak devam ettirilebilmesi için vazgeçilmez bir faaliyet olan bakım fonksiyonu, bakım-onarım faaliyetleri ve bakım türleri açıklanmış ve etkin bir bakım planlamasının gerçekleştirilebilmesi için gereken yöntemlere değinilmiştir. İkinci bölümde ise uçak bakımları ve sınıflandırmaları anlatılarak uygulamanın yapıldığı uçak bakım tesisinin faaliyetleri anlatılmıştır.

Bir uçağın, uçuş ömrü süresince dizayn limitleri ile belirlenen performans ve güvenilirliğin sağlanması amacıyla taşıyan uçak bakım faaliyetleri, kullanıcıya, uçağın emniyetli bir şekilde uçurulması, istenilen zamanda uçuşa verilebilmesi ve işletme giderlerinin düşürülmesi imkanını vermektedir. Özellikle uçuş emniyetinin hiçbir şekilde göz ardı edilemeyeceği gerçeği, uçak bakım faaliyetlerinin önemini ortaya koymakta, oldukça karmaşık ve yüksek maliyetli uçak bakım faaliyetlerinde işgücünün verimli kullanılarak maliyetlerin düşürülmesi ise iyi bir planlama ile mümkün olabilmektedir. Özellikle karmaşık yapıdaki uçak bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde tahminler yerine matematiksel modellerin kullanılması etkin çözümlerin elde edilmesi imkanını vermektedir.

Uygulama çalışmasında, jet uçaklarının fabrika seviyesinde bakımlarının yapıldığı bir kamu işletmesinin uçak aksesuar ünite bakımlarının gerçekleştirildiği bölümünde, dönemlik olarak en fazla ne kadar ünitenin bakıma alınabileceğine ait üretim planlaması gerçekleştirilmiştir. İlgili bölümdeki atölyelerin mevcut işgücü kapasitesini aşmayacak şekilde bakımı yapılabilecek optimum ünite miktarlarının belirlenmesi amacıyla tamsayı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. 679 karar değişkeni ve 10 kısıt satırından oluşan model LINGO programında çalıştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda optimum ünite sayısı ve her atölyenin işgücü

ihtiyacı belirlenmiş ve atölyelerin gereken iş gücü ve kapasite oranından doluluk seviyeleri hesaplanmıştır. Ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi ile, modelin işgücü kapasitesinin verimli bir şekilde kullanımını gerçekleştirecek şekilde en uygun miktarda ünite bakım planlaması gerçekleştirdiği görülmüştür.

Model çıktıları incelendiğinde, genel olarak 10 atölyeden 9 adedi için, kapasite kullanımının %100 ve %100'e yakın olacak şekilde optimum ünite sayısının belirlendiği, 1 atölye için ise %84'lük işgücü kullanımı seviyesi oluşturacak şekilde ünite miktarının planlandığı görülmüştür. Bu durumun, bahse konu atölyede bakım görece yağ sistemlerine ait ünite miktarlarının, fabrikanın üst kuruluşu tarafından teklif edilen ve programa üst sınır kısıtı olarak atanan ünite sayısının diğer ünitelere oranla düşük kalmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Başka bir ifade ile yağ sistemlerine ait bakıma alınacak ünite miktar planlamalarının üst sınırlarda gerçekleştirilmesine rağmen, söz konusu dönemde, belirtilen ünitelerin bakım ihtiyaç miktarları diğer ünitelere göre biraz daha düşüktür.

İşletmede uygulamanın öncesinde, dört işlem ve sezgisel tahminlere göre yapılan bakıma alınacak ünite miktarı planlamasının, uzun zaman gerektirmesi ve elde edilen sonuçların doğruluk seviyesinin düşük olmasına karşın, oluşturulan doğrusal programlama modeli ile işgücünün verimli olarak kullanımı sağlanarak etkin bir ünite bakım planlaması ve optimum üretim miktarı ortaya konmuştur.

Uçak ünitelerinin bakım planlama faaliyetlerinde kullanılan tamsayılı doğrusal programlama modelinde, işletmenin diğer bazı bölümleri, özellikle motor revizyon planlamalarında da kullanılacak şekilde uyarlama çalışmalarının yapılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

BAKIR, Mehmet Akif, ALTINKAYNAK, Bülent, Tamsayılı Programlama Teori Modeller Ve Algoritmalar, 1. Basım, Nobel Yayınları, Ankara, 2003, ss.147-151.

BAZARGAN Massoud, “A Linear Programming Approach For Aircraft Boarding Strategy” European Journal Of Operational Research, 183 (2007) pp.394-411.

CHEN Kejia ve JI Ping, “A Mixed Integer Programming Model For Advanced Planning and Scheduling (APS)” European Journal Of Operational Research, 181 (2007) ss.515-522.

ESİN, Alptekin, Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri, 4. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2003, ss. 24-28.

GROSS, John M., Fundamentals of Preventive Maintenance, Amacom a Division of American Management Association, New York, Kluwe Academic Publishers, 2002, pp.7-124.

GÜL, M.L., ELEVİLİ, S. “Tamsayılı Doğrusal Programlama İle Bir Çimento Fabrikasının Nakliye Probleminin Çözümü”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2006), 22(1-2) ss. 229-241.

HAHN R.A. ve NEWMAN Alexandra M., “Scheduling United States Coast Guard Helicopter Deployment and Maintenance At Clearwater Air Station, Florida”, 2008, Computers&Operations Research 35 (2008), ss.1829-1843.

HAKLI, Zafer, “Tamsayılı Doğrusal Programlama Modeli İle Optimal Portföy Oluşturma ve IMKB’de Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Isparta, 2006, ss.62-66.

HILLIER, S. Frederick and LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co, Singapore, 1989, pp.391-402.

KAĞNICIOĞLU, C.Hakan, “Ana Üretim Planlamasına Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 1991, ss. 3-12; 21-37; 69-71.

KARA, İmdat, Doğrusal Programlama, 2.Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir, 2000, ss.1-2.

KOBU, Bülent, Üretim Yönetimi, 11. Baskı, Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 2003, ss. 37-45.

KOEPKE Corbin G., ARMACOST Andrew P., BARNHART Cynthia ve KOLITZ Stephen E., “An Integer Programming Approach To Support The US Air Force’s Air Mobility Network”, 2008, Computers&Operations Research 35(2008) ss.1771-1788.

KELLY, Antony, Strategic Maintenance Planning, First Edition, Elsevier’s Science&Technology Rights Department, Oxford, UK, 2006, pp. 7-8; 68-81.

KÖKSAL, Mustafa, Bakım Planlaması, Birinci Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2007, ss.13,16-19,56-59,60-63, 81.

LUENBERGER, David G, Linear and Nonlinear Programming, Second Edition, Kluwe Academic Publishers, Boston, 2003, ss.11.

MERCAN, Ekrem, “Havayolu ve Havacılık İşletmelerinde Uçak Bakım Organizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1999, ss. 19-24.

NYMAN, Don ve LEVITT, Joel, Maintenance Planning, Scheduling, Coordination, First Edition, Industrial Pres Inc., New York, 2001, pp.12-15, 33-69.

ÖZTÜRK, Ahmet, Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş 5.Basım: Genişletilmiş 9.Basım, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 1997: 2004, ss. 6, 167-176.

PALMER, Doc, Maintenance Planning And Scheduling Handbook, McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 1999, ss. 1.28, 1.40, 2.1-2.33, 3.1-3.21.

ROTHENBERG, Ronald I., Linear Programming, Elsevier Science Publishing Co., Inc. Newyork, 1979, s. Preface-1.

SARAC Abdulkadir, BATTA Rajan ve RUMP, Christopher M., “A Branch-and-Price Approach for Operational Aircraft Maintenance Routing”, European Journal of Operational Research, 175 (2006), ss.1850-1869.

SIEMENS, Nicolai, MARTING, C.H. ve GREENWOOD, Frank, Operations Research, A Division of The Macmillan Company, Free Press, New York, 1973, ss.3-5.

SILVER, Edward A. ve PETERSON, Rein, Decision System For Inventory Management and Production Planning, Second Edition, John Wiley&Sons, Inc., New York, 1985, ss. 17-28.

SRIRAM, Chellappan ve HAGHANI, Ali, “An Optimization Model for Aircraft Maintenance Scheduling and Re-assignment, Transportation Research”, Part A, (2003) ss.29-48.

STEVENSON, William J., Operations Management, 8th Edition, Mcgraw-Hill Irwin, New York, 2005, ss.4.

WINSTON, Wayne.L., Operations Research: Application and Algorithms, Third Edition, Duxbury Press, An Imprint of Wadsworth Publishing Company Belmont, California, 1994, ss.3; 49-53.

TAHA, Hamdy, A., Yöneylem Araştırması, Literatür Yayınları:43, çev: Ş. Alp BARAY ve Şakir ESNAF, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2003, ss.1-22.

TEKİN, Mahmut, Üretim Yönetimi, Geliştirilmiş ve Değiştirilmiş 3.Basım, Cilt 1, Arı Ofset, Konya, 1996, ss. 248-251.

TÜRKMEN, İlknur, “Sürdürülebilir Tarım İçin Yöneylem Araştırması Modelleri”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007, ss. 8-10; 21-39.

WOLSEY, Laurence, A., Integer Programming, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1998, ss.3.

Firudin SULTANOV, <http://www.scribd.com/doc/33933448/Tamir-Bak%C4%B1m-Planlamas%C4%B1> (16 Ekim 2010)

<http://www.nuveforum.net/attachments/20841d1237486053-bakim-planlamasi-rar> (6 Ekim 2010)

Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP), Milli Eğitim Bakanlığı, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/525MT0040.pdf (15 Ekim 2010)

http://ormstomorrow.informs.org/archive/fall04/USAF_Article1.pdf (12 Nisan 2010)

<http://slonder.tripod.com/bakim.html> (22 Ekim 2010)

http://www.visualintel.net/USAF/Weapon-Systems/F-16-Falcon/9631421_rkBxG/68/652841933_yKbFe/Large. (27 Ekim 2010)

<http://img78.imageshack.us/i/a3hj0.jpg/> (24 Ekim 2010)

<http://www.ce.yildiz.edu.tr/en/mygetfile.php?id=1032> (12 Eylül 2010)

<http://webcommunity.ilvolo.it/lockheed-martin-f-16-maintenance-walk-around-1-part-t183.html> (25 Ekim 2010)

<http://media.photobucket.com/image/f-16%20maintenance/jvantoor/Portugal%202010/F-16BM15139Esq201MonteReal30aug10JurgenvanToor.jpg> (25 Ekim 2010)

Ek-1. Modelin LINGO Programındaki Sonuç Çıktısı

Export Summary Report

```

-----
Transfer Method:      OLE BASED
Spreadsheet:         C:\eser100.xlsx
Ranges Specified:    1
                    MIKTAR
Ranges Found:        1
Range Size Mismatches: 0
Values Transferred:  679

```

Variable	Value	Reduced Cost
KAPASITE(408FA)	5377.200	0.000000
KAPASITE(409FO)	5961.600	0.000000
KAPASITE(410FH)	6566.000	0.000000
KAPASITE(413LA)	5952.000	0.000000
KAPASITE(418FB)	4208.400	0.000000
KAPASITE(419FT)	5394.800	0.000000
KAPASITE(420FR)	7674.000	0.000000
KAPASITE(424FJ)	4408.400	0.000000
KAPASITE(424FP)	152.0000	0.000000
KAPASITE(446FG)	3115.200	0.000000
ALTSINIR(ABA080I)	2.000000	0.000000
ALTSINIR(ABA109I)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(ABA167I)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(ABA182I)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(ABB004A)	12.00000	0.000000
ALTSINIR(ABE031I)	5.000000	0.000000
ALTSINIR(ABI003A)	5.000000	0.000000
ALTSINIR(ABJ003I)	20.00000	0.000000
ALTSINIR(ABJ004I)	14.00000	0.000000
ALTSINIR(ABJ010I)	5.000000	0.000000
ALTSINIR(ABJ011I)	5.000000	0.000000
ALTSINIR(ABJ018I)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(BTP0017)	4.000000	0.000000
ALTSINIR(BYM001A)	10.00000	0.000000
ALTSINIR(BYM051A)	2.000000	0.000000
ALTSINIR(CDB082A)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(CDB281A)	4.000000	0.000000
ALTSINIR(D29L28I)	10.00000	0.000000
ALTSINIR(D29L45I)	10.00000	0.000000
ALTSINIR(D29L47I)	6.000000	0.000000
ALTSINIR(D29L51I)	10.00000	0.000000
ALTSINIR(D29L52I)	5.000000	0.000000
ALTSINIR(GNF311A)	1.000000	0.000000
ALTSINIR(GNG071A)	2.000000	0.000000
ALTSINIR(GNG271A)	2.000000	0.000000

ALTSINIR(GNG401A)	1.000000	0.000000
USTSINIR(ABA080I)	2.000000	0.000000
USTSINIR(ABA109I)	1.000000	0.000000
USTSINIR(ABA167I)	1.000000	0.000000
USTSINIR(ABA182I)	1.000000	0.000000
USTSINIR(ABB004A)	12.00000	0.000000
USTSINIR(ABE031I)	5.000000	0.000000
USTSINIR(ABI003A)	5.000000	0.000000
USTSINIR(ABJ003I)	20.00000	0.000000
USTSINIR(ABJ004I)	14.00000	0.000000
USTSINIR(ABJ010I)	5.000000	0.000000
USTSINIR(ABJ011I)	5.000000	0.000000
USTSINIR(ADV075A)	1.000000	0.000000
USTSINIR(AGB002A)	4.000000	0.000000
USTSINIR(BAB001A)	4.000000	0.000000
USTSINIR(BAB004A)	2.000000	0.000000
USTSINIR(BAB007A)	14.00000	0.000000
USTSINIR(BAB008A)	1.000000	0.000000
USTSINIR(BAT002A)	15.00000	0.000000
USTSINIR(CFB481A)	2.000000	0.000000
USTSINIR(CFB531A)	7.000000	0.000000
USTSINIR(CFB552A)	2.000000	0.000000
USTSINIR(CFB611A)	5.000000	0.000000
USTSINIR(CFB621A)	1.000000	0.000000
USTSINIR(CFB624A)	3.000000	0.000000
USTSINIR(CFB641A)	6.000000	0.000000
USTSINIR(CFE013A)	1.000000	0.000000
USTSINIR(CFE042A)	2.000000	0.000000
USTSINIR(CFE071A)	5.000000	0.000000
USTSINIR(CFG011A)	12.00000	0.000000
USTSINIR(CFH151I)	1.000000	0.000000
USTSINIR(CFI031A)	18.00000	0.000000
USTSINIR(CFI041A)	2.000000	0.000000
USTSINIR(CFI042A)	33.00000	0.000000
USTSINIR(CFI051A)	27.00000	0.000000
USTSINIR(CFI071A)	4.000000	0.000000
USTSINIR(CFJ032A)	20.00000	0.000000
USTSINIR(CFK031A)	17.00000	0.000000
USTSINIR(CFK041A)	4.000000	0.000000
USTSINIR(CFK061A)	25.00000	0.000000
USTSINIR(CFK071A)	20.00000	0.000000
USTSINIR(CFK111A)	5.000000	0.000000
MIKTAR(ABA080I)	2.000000	0.000000
MIKTAR(ABA109I)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ABA167I)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ABA182I)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ABV042A)	8.000000	0.000000
MIKTAR(ABV045A)	6.000000	0.000000
MIKTAR(ABV056I)	16.00000	0.000000
MIKTAR(ABV117I)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ADE009I)	3.000000	0.000000
MIKTAR(ADV060A)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ADV061A)	1.000000	0.000000
MIKTAR(ADV062A)	2.000000	0.000000
MIKTAR(ADV075A)	1.000000	0.000000
MIKTAR(BAB001A)	4.000000	0.000000
MIKTAR(CDC102A)	10.00000	0.000000
MIKTAR(CDC10AI)	13.00000	0.000000

MIKTAR (CDC10BI)	15.00000	0.000000
MIKTAR (CDC10CI)	27.00000	0.000000
MIKTAR (CKA031A)	1.000000	0.000000
MIKTAR (CKA047A)	1.000000	0.1593826E-05
MIKTAR (CKB011A)	12.00000	-0.3588017E-06
MIKTAR (CKB01AI)	4.000000	0.000000
MIKTAR (CKB021A)	16.00000	0.6021740E-05
MIKTAR (CKC105A)	14.00000	0.3719118E-05
MIKTAR (CKC111A)	2.000000	0.000000
MIKTAR (CKC121A)	1.000000	0.000000
MIKTAR (CKD016A)	27.94425	0.000000
MIKTAR (CKD01DA)	38.00000	0.000000
MIKTAR (CKD01IA)	38.00000	0.000000
MIKTAR (CKD01OA)	7.000000	0.7629395E-05
MIKTAR (CKL021A)	14.00000	0.5706123E-06
MIKTAR (CKL031A)	11.00000	0.000000
MIKTAR (CKL033A)	1.000000	0.000000
MIKTAR (CKL043A)	38.00000	0.000000
MIKTAR (CKL091A)	5.000000	0.000000
MIKTAR (CKL101A)	7.000000	0.000000
MIKTAR (CKM032A)	9.000000	0.5263703E-05
MIKTAR (D28L39I)	6.000000	0.000000
MIKTAR (D29L03I)	5.000000	0.000000
MIKTAR (D29L13I)	15.00000	0.000000
MIKTAR (D29L14I)	4.000000	0.000000
MIKTAR (D29L28I)	10.00000	0.000000
MIKTAR (D29L45I)	10.00000	0.000000
MIKTAR (D29L47I)	6.000000	0.000000
MIKTAR (D29L51I)	10.00000	0.000000
MIKTAR (GNF311A)	1.000000	0.000000
MIKTAR (GNG071A)	2.000000	0.000000
MIKTAR (GNG271A)	4.000000	0.000000
MIKTAR (GNG401A)	1.000000	0.000000
BRSA (408FA, ABA109I)	0.000000	0.000000
BRSA (408FA, ABA167I)	0.000000	0.000000
BRSA (408FA, ABJ004I)	0.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDA023A)	7.731000	0.000000
BRSA (408FA, CDA041A)	7.347000	0.000000
BRSA (408FA, CDB082A)	6.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDB281A)	8.427000	0.000000
BRSA (408FA, CDB282A)	6.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDC023A)	0.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDC02BI)	0.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDD005A)	10.12000	0.000000
BRSA (408FA, CDD012A)	8.885000	0.000000
BRSA (408FA, CDD024A)	10.38600	0.000000
BRSA (408FA, CDD081A)	6.556000	0.000000
BRSA (408FA, CDD092A)	6.122000	0.000000
BRSA (408FA, CDD181A)	7.569000	0.000000
BRSA (408FA, CDD201A)	5.000000	0.000000
BRSA (408FA, CDD202A)	6.906000	0.000000
BRSA (408FA, CDD251A)	6.289000	0.000000
BRSA (408FA, CDD25BI)	2.215000	0.000000
BRSA (408FA, CDD275A)	5.653000	0.000000
BRSA (408FA, CDD371A)	8.219000	0.000000
BRSA (408FA, CDD442A)	6.870000	0.000000
BRSA (408FA, CDD451A)	6.806000	0.000000
BRSA (408FA, CDD512A)	10.26700	0.000000

BRSA(408FA, CDD515A)	10.38000	0.000000
BRSA(408FA, CDD516A)	6.753000	0.000000
BRSA(408FA, CDD573A)	4.770000	0.000000
BRSA(408FA, CDD574A)	6.422000	0.000000
BRSA(408FA, CDD596A)	8.162000	0.000000
BRSA(408FA, CDD753A)	8.060000	0.000000
BRSA(410FH, CFA071A)	8.619000	0.000000
BRSA(410FH, CFA081A)	5.992000	0.000000
BRSA(410FH, CFA111A)	2.309000	0.000000
BRSA(410FH, CFA121A)	10.00000	0.000000
BRSA(410FH, CFA142A)	10.63100	0.000000
BRSA(410FH, CFA151A)	5.677000	0.000000
BRSA(410FH, CFA201A)	6.322000	0.000000
BRSA(410FH, CFA212A)	9.179000	0.000000
BRSA(410FH, CFA242A)	9.835000	0.000000
BRSA(410FH, CFA291A)	6.940000	0.000000
BRSA(410FH, CFA302A)	5.174000	0.000000
BRSA(410FH, CFA311A)	8.845000	0.000000
BRSA(410FH, CFA364A)	14.19400	0.000000
BRSA(410FH, CFA365A)	7.134000	0.000000
BRSA(410FH, CFA442A)	8.198000	0.000000
BRSA(410FH, CFA451A)	7.312000	0.000000
BRSA(410FH, CFA461A)	6.793000	0.000000
BRSA(410FH, CFA471A)	6.745000	0.000000
BRSA(410FH, CFB181A)	12.27700	0.000000
BRSA(410FH, CFB201A)	8.400000	0.000000
BRSA(410FH, CFB211A)	8.291000	0.000000
BRSA(410FH, CFB301A)	8.920000	0.000000
BRSA(410FH, CFB302A)	8.770000	0.000000
BRSA(410FH, CFB452A)	25.50000	0.000000
BRSA(410FH, CFB481A)	10.29000	0.000000
BRSA(410FH, CFB531A)	11.26000	0.000000
BRSA(410FH, CFB641A)	8.000000	0.000000
BRSA(410FH, CFB654A)	14.06200	0.000000
BRSA(410FH, CFB655A)	14.06200	0.000000
BRSA(410FH, CFB761A)	6.430000	0.000000
BRSA(424FJ, CJP021A)	0.000000	0.000000
BRSA(424FJ, CKA031A)	19.15600	0.000000
BRSA(424FJ, CKA047A)	17.47500	0.000000
BRSA(424FJ, CKB011A)	19.94400	0.000000
BRSA(424FJ, CKB01AI)	5.000000	0.000000
BRSA(424FJ, CKC121A)	6.514000	0.000000
BRSA(424FJ, CKL033A)	7.000000	0.000000
BRSA(424FJ, CKL043A)	7.519000	0.000000
BRSA(424FJ, CKL091A)	5.356000	0.000000
BRSA(424FJ, CKL101A)	3.133000	0.000000
BRSA(424FJ, CKM032A)	28.82600	0.000000
BRSA(446FG, CDC102A)	13.05200	0.000000
BRSA(446FG, CDC10AI)	0.1290000	0.000000
BRSA(446FG, CDC10BI)	0.1310000	0.000000
BRSA(446FG, CDC10CI)	0.1820000	0.000000
BRSA(446FG, CDC172A)	23.60000	0.000000
BRSA(446FG, CDC234A)	10.23100	0.000000
BRSA(446FG, CDC23AI)	1.619000	0.000000
BRSA(446FG, CDC241A)	29.10000	0.000000
BRSA(446FG, CDC243A)	25.15000	0.000000
BRSA(446FG, CDC244A)	9.763000	0.000000
BRSA(446FG, CDC251A)	19.37000	0.000000

BRSA(446FG, CDC301A)	14.04700	0.000000
BRSA(446FG, CDC30AI)	0.1380000	0.000000
BRSA(446FG, CDC312A)	30.40000	0.000000
BRSA(446FG, CDC314A)	8.299000	0.000000
BRSA(446FG, CDC421A)	40.58500	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6465.790	1.000000
2	173.6260	0.000000
3	519.4340	0.000000
4	0.000000	0.1214624
5	0.000000	0.8952551E-01
6	678.2379	0.000000
7	0.000000	0.1321178
8	601.8890	0.000000
9	0.000000	0.2776585E-01
10	0.000000	0.1117709E+12
11	0.000000	0.2050021
77	-50.52567	-0.6400000E+11
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	-0.6480475E+11
80	0.000000	-0.8103388E+11
81	0.000000	-0.7980440E+11
82	10.00000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	10.00000	0.000000
85	10.00000	0.000000
86	10.00000	0.000000
87	0.000000	-0.3200082E-01
88	150.0000	0.000000
89	0.000000	-0.2806888
90	0.000000	-0.4557196E-01
91	90.00000	0.000000
92	60.00000	0.000000
93	0.000000	-0.5078311
94	0.000000	-0.1983395
95	60.00000	0.000000
96	10.00000	0.000000
97	10.00000	0.000000
98	140.0000	0.000000
99	0.000000	-0.2481345
100	0.000000	-0.2569086
101	0.000000	-0.1675687
102	60.00000	0.000000
103	90.00000	0.000000
104	10.00000	0.000000
105	0.000000	-0.1046945
106	0.000000	-0.3034030E-02
107	0.000000	-0.2117671
108	0.000000	-0.8101681E-01
109	30.00000	0.000000
110	0.000000	-0.7037720E-01
111	0.000000	-0.3790898
112	0.000000	-0.3838048
113	0.000000	-0.1097376
114	70.00000	0.000000

115	0.000000	-0.4965560
116	0.000000	-0.4155802
117	0.000000	-0.1001435
118	0.000000	-0.2970890
119	0.000000	-0.3130791
120	0.000000	-0.8038130E-01
121	0.000000	-0.1879664
122	90.00000	0.000000
123	0.000000	-0.5232062
124	0.000000	-0.7013120E-01
125	0.000000	-0.7320008
126	0.000000	-0.5664207E-01
127	40.00000	0.000000
128	0.000000	-0.7308323E-01
1289	0.000000	0.2072929E-01
1290	30.00000	0.000000
1291	0.000000	0.8520260E-01
1292	0.000000	0.9060642E-01
1293	0.000000	0.8512353E-01
1294	0.000000	0.8756771E-01
1295	0.000000	0.9437178E-01
1296	0.000000	0.7502973E-01
1297	0.000000	0.8814903E-01
1298	0.000000	0.9035540E-01
1299	0.000000	0.8817545E-01
1300	0.000000	0.8052583E-01
1301	0.000000	0.9501916E-01
1302	0.000000	0.9459638E-01
1303	0.000000	0.9438499E-01
1304	0.000000	0.8372308E-01
1305	0.000000	0.7357643E-01
1306	0.000000	0.8729026E-01
1307	0.000000	0.8018232E-01
1308	0.000000	0.8310213E-02
1309	0.000000	0.7143612E-01
1310	0.000000	0.9657815E-02
1311	0.000000	0.8022622E-01
1312	0.000000	0.2315461E-01
1313	0.000000	0.3372403E-01
1314	0.000000	0.3372403E-01
1315	0.000000	0.3372403E-01
1316	0.000000	0.8285227E-01
1317	20.00000	0.000000
1318	50.00000	0.000000
1319	20.00000	0.000000
1320	20.00000	0.000000
1321	0.000000	0.000000
1322	80.00000	0.000000
1323	0.000000	0.8611708E-01
1324	140.0000	0.000000
1325	70.00000	0.000000
1326	20.00000	0.000000
1327	10.00000	0.000000
1328	100.5575	0.000000
1329	0.000000	0.9511876E-01
1330	0.000000	0.8856325E-01
1331	310.0000	0.000000
1332	0.000000	0.9167025E-01

1333	0.000000	0.8529243E-01
1334	0.000000	0.8742762E-01
1335	20.00000	0.000000
1336	110.0000	0.000000
1337	140.0000	0.000000
1338	90.00000	0.000000
1339	200.0000	0.000000
1340	0.000000	0.8512861E-01
1341	0.000000	0.9130096E-01
1342	60.00000	0.000000
1343	0.000000	0.1000000
1344	0.000000	0.1000000
1345	0.000000	0.1000000
1346	0.000000	0.1000000
1347	0.000000	0.1000000
1348	0.000000	0.1000000
1349	0.000000	0.1000000
1350	0.000000	0.1000000
1351	0.000000	0.1000000
1352	0.000000	0.1000000
1353	0.000000	0.1000000
1354	0.000000	0.1000000
1355	0.000000	0.1000000
1356	0.000000	0.1000000
1357	0.000000	0.1000000
1358	0.000000	0.1000000
1359	0.000000	0.1000000
1360	0.000000	0.1000000
1361	0.000000	0.1000000
1362	0.000000	0.1000000
1363	0.000000	0.1000000
1364	0.000000	0.1000000
1365	0.000000	0.8867750E-01
1366	0.000000	0.8731669E-01
1367	0.000000	0.1000000
1368	0.000000	0.1000000
1369	0.000000	0.1000000

Ek-2. Ünite Tipi Bazında Bakıma Alınabilecek Optimum Ünite Miktarı

PRODNO (Ünite Tipi)	AS (Alt Sınır)	US (Üst Sınır)	MIKTAR (Optimum Üretim Miktarı)
ABA080I	2	2	2
ABA109I	1	1	1
ABA167I	1	1	1
ABA182I	1	1	1
ABB004A	12	12	12
ABE031I	5	5	5
ABI003A	5	5	5
ABJ003I	20	20	20
ABJ004I	14	14	14
ABJ010I	5	5	5
ABJ011I	5	5	5
ABJ018I	1	1	1
ABJ022A	4	4	4
ABV002A	4	4	4
ABV003A	8	8	8
ABV004A	8	8	8
ABV009A	8	8	8
ABV013A	2	2	2
ABV030A	4	4	4
ABV031I	10	10	10
ABV035A	4	4	4
ABV041A	5	5	5
ABV042A	8	8	8
ABV045A	6	6	6
ABV056I	16	16	16
ABV117I	1	1	1
ADE009I	3	3	3
ADV060A	1	1	1
ADV061A	1	1	1
ADV062A	2	2	2
ADV075A	1	1	1
AGB001A	4	4	4
AGB002A	4	4	4
BAB001A	4	4	4
BAB004A	2	2	2
BAB007A	14	14	14

BAB008A	1	1	1
BAT002A	15	15	15
BBJ001A	14	14	14
BBJ111I	14	14	14
BBK001A	10	10	10
BBL001A	9	9	9
BBL002A	3	3	3
BBM001A	20	20	20
BFA0017	3	3	3
BFJ0017	8	8	8
BGA0017	10	10	10
BGAT01I	2	2	2
BGC0017	14	14	14
BGD0017	10	10	10
BGJ0017	15	15	15
BGK0017	12	12	12
BGP0017	10	10	10
BHK001A	10	10	10
BLK001A	6	6	6
BLM001A	6	6	6
BMK001A	3	3	3
BMM001A	3	3	3
BNU001A	3	3	3
BNU002A	3	3	3
BNU003A	1	1	1
BTA0017	4	4	4
BTJ0017	6	6	6
BTK0017	4	4	4
BTP0017	4	4	4
BYM001A	10	10	5
BYM051A	2	2	2
CAA381I	2	4	2
CAA382I	1	4	1
CAA401I	1	2	1
CDA023A	6	7	7
CDA041A	3	3	3
CDB082A	1	2	2
CDB281A	4	5	5
CDB282A	1	2	2
CDC023A	5	15	5
CDC02BI	10	25	25
CDC032H	1	2	1

CDC043A	7	15	7
CDC04BI	18	27	27
CDC04CI	14	20	20
CDC051H	1	3	1
CDC054A	10	10	10
CDC05AI	14	20	20
CDC05BI	13	14	14
CDC05DI	14	15	15
CDC073A	6	20	20
CDC082H	1	3	1
CDC092H	1	1	1
CDC102A	10	15	10
CDC10AI	7	13	13
CDC10BI	6	15	15
CDC10CI	26	27	27
CDC117A	6	15	6
CDC124A	7	15	7
CDC131H	1	2	1
CDC143A	5	8	5
CDC14AI	2	5	5
CDC152A	3	10	3
CDC161A	1	1	1
CDC172A	1	2	1
CDC234A	8	25	8
CDC23AI	33	40	40
CDC241A	1	2	1
CDC243A	1	2	1
CDC244A	2	4	2
CDC251A	1	2	1
CDC261A	1	1	1
CDC27EA	1	2	1
CDC301A	8	9	8
CDC30AI	1	10	10
CDC312A	8	8	8
CDC314A	12	13	12
CDC421A	8	8	8
CDC42DA	2	4	2
CDC42EA	2	6	6
CDC491A	7	10	7
CDD005A	10	10	10
CDD012A	12	13	13
CDD024A	7	10	10

CDD081A	2	5	5
CDD092A	12	13	13
CDD181A	4	20	20
CDD201A	1	8	8
CDD202A	6	15	15
CDD251A	16	25	25
CDD25BI	1	1	1
CDD275A	2	25	25
CDD371A	2	5	5
CDD442A	1	6	6
CDD451A	14	15	15
CDD512A	1	2	2
CDD515A	1	2	2
CDD516A	1	1	1
CDD573A	4	4	4
CDD574A	2	5	5
CDD596A	16	36	36
CDD753A	2	5	5
CDD861A	2	2	2
CDE022A	9	20	20
CDE041A	1	5	5
CDE084A	10	10	10
CDE085A	5	10	10
CDE111A	2	2	2
CDE131A	5	5	5
CDF011A	3	10	10
CDF013A	32	40	40
CDF021A	14	25	25
CDF034A	2	8	8
CDF036A	1	1	1
CDF051A	2	5	5
CDF111A	11	15	15
CDF201A	1	2	2
CDH036A	6	9	9
CDH051A	11	14	14
CDH062A	1	2	2
CDI012A	1	1	1
CDI013A	9	14	14
CDJ021A	5	10	10
CDJ051A	3	5	5
CDJ087A	2	2	2
CDJ121A	3	3	3

CDJ165A	2	5	5
CDJ191A	2	6	6
CDJ201A	6	7	7
CDJ211A	6	7	7
CDJ285A	1	5	5
CDJ361A	1	2	2
CDJ362A	1	2	2
CDJ363A	1	2	2
CDJ371A	4	5	5
CDJ411A	20	20	20
CDJ441A	1	2	2
CDJ472A	1	1	1
CDJ523A	1	1	1
CDJ541A	1	1	1
CDJ551A	2	3	3
CDJ571A	1	1	1
CDJ574A	1	1	1
CDJ581A	1	1	1
CDJ601A	1	1	1
CDJ848A	1	2	2
CDJ849A	1	1	1
CDJ851A	1	1	1
CDJ852A	1	4	4
CDJ853A	1	2	2
CDJ871A	1	1	1
CDJ901A	1	2	2
CDJ931I	4	8	8
CDK001A	9	9	9
CDK011A	2	4	2
CDK021A	1	1	1
CDK031A	2	4	2
CDK041A	2	2	2
CDK04AA	2	4	2
CDK04BA	2	2	2
CDK081A	19	39	39
CDK091A	9	10	10
CDK151A	16	38	26
CDK161A	5	20	20
CDK181A	11	12	11
CDK191A	17	20	17
CDK256A	4	7	7
CDK273A	11	16	16

CDK276A	2	8	8
CDK279A	17	20	20
CDK286A	4	9	9
CDK291A	6	12	12
CDK311A	64	75	75
CDL011A	1	2	2
CDL061A	2	4	4
CDL121A	1	2	2
CDM011A	10	15	15
CDO221A	1	2	2
CDO311A	1	1	1
CDO411A	1	2	2
CDO421I	40	40	40
CDO422I	17	20	20
CDO501A	3	5	5
CDO575A	3	4	4
CEA035A	6	8	8
CEA03BA	8	9	9
CEA03CI	2	2	2
CEA03FA	2	2	2
CEA03GA	1	1	1
CEA052A	2	5	5
CEA063A	2	5	5
CEA093A	7	9	9
CEA114A	4	5	5
CEA126A	1	1	1
CEA136A	1	3	3
CEA13DI	1	1	1
CEA142A	1	4	4
CEA19DI	2	3	3
CEA231A	2	2	2
CEA23AI	1	2	2
CEA24DA	2	2	2
CEA24EA	4	5	5
CEA273A	8	10	10
CEA27AI	1	1	1
CEA27BI	2	5	5
CEA27CI	2	6	6
CEA27DI	1	1	1
CEA27EI	1	2	2
CEA513A	8	11	11
CEA51AI	1	2	2

CEA51CA	4	10	10
CEA51HI	1	2	2
CEA51II	1	1	1
CEA51JI	1	1	1
CEA53BI	2	2	2
CEA53DI	2	5	5
CEA53LA	1	2	2
CEA579A	7	8	8
CEA57AA	2	5	5
CEA57CI	1	1	1
CEA662A	2	2	2
CEA66AA	2	2	2
CEA66BA	9	9	9
CEA66DI	1	5	5
CEA66EI	4	6	6
CEA745A	1	1	1
CEA764A	4	7	7
CEA811A	5	5	5
CEA841A	1	1	1
CEA945A	1	1	1
CEA97FI	1	2	2
CEA98CA	1	2	2
CEA98JA	2	2	2
CEB011A	66	80	80
CEB021A	26	30	26
CEB033A	39	42	42
CEB03AA	21	21	21
CEB051A	1	3	3
CEB052A	52	56	56
CEB071A	40	40	40
CEB07CI	2	3	3
CEB231A	11	15	15
CEB232A	3	5	5
CEB241A	1	2	2
CEC012A	8	10	10
CEC021A	19	20	20
CEC052A	40	50	50
CEC081A	1	1	1
CEC092A	9	10	9
CEC101A	9	10	9
CEC121A	2	2	2
CEC122A	1	2	2

CEC123A	16	20	16
CEC124A	8	10	10
CEC125A	3	5	5
CEC135A	1	3	1
CEC136A	8	10	8
CEC142A	15	15	15
CEC302A	1	1	1
CFA071A	5	5	5
CFA081A	1	1	1
CFA111A	2	4	4
CFA121A	1	1	1
CFA142A	2	5	2
CFA151A	4	15	15
CFA201A	55	55	55
CFA212A	4	15	4
CFA242A	4	12	4
CFA291A	5	15	15
CFA302A	4	5	5
CFA311A	2	2	2
CFA364A	3	4	3
CFA365A	1	1	1
CFA442A	6	15	15
CFA451A	17	25	25
CFA461A	6	8	8
CFA471A	8	27	27
CFA481A	1	2	2
CFA502A	4	6	6
CFA512A	95	95	95
CFA513A	11	11	11
CFA531A	18	30	30
CFA551A	18	30	18
CFA561A	18	28	28
CFA571A	1	3	3
CFA711A	1	5	5
CFB081A	2	3	3
CFB141A	14	30	30
CFB152A	14	20	20
CFB164A	1	2	1
CFB181A	1	2	1
CFB201A	4	15	4
CFB211A	6	9	6
CFB301A	1	1	1

CFB302A	1	2	1
CFB303A	1	2	1
CFB392A	1	2	1
CFB393A	3	20	3
CFB421A	1	2	1
CFB452A	2	3	2
CFB481A	1	2	1
CFB531A	2	7	2
CFB552A	1	2	1
CFB611A	3	5	3
CFB621A	1	1	1
CFB624A	1	3	3
CFB641A	5	6	6
CFB654A	1	3	1
CFB655A	1	2	1
CFB761A	1	6	6
CFB762A	10	10	10
CFB771A	2	6	6
CFB822A	1	1	1
CFB831A	2	4	2
CFB931A	1	4	1
CFB971A	1	1	1
CFC011A	1	3	1
CFC012A	2	3	2
CFC062A	2	6	2
CFD032A	6	8	6
CFD051A	5	7	5
CFD201A	16	20	16
CFD231A	1	1	1
CFD232A	1	2	1
CFD233A	7	8	7
CFE013A	1	1	1
CFE042A	1	2	1
CFE071A	3	5	5
CFG011A	11	12	11
CFH151I	1	1	1
CFI031A	6	18	18
CFI041A	1	2	2
CFI042A	11	33	33
CFI051A	9	27	27
CFI071A	2	4	4
CFJ032A	13	20	13

CFK031A	16	17	17
CFK041A	2	4	4
CFK061A	16	25	17
CFK071A	16	20	20
CFK111A	4	5	5
CGA017A	26	50	26
CGC032A	4	4	4
CGC034A	1	1	1
CGC062A	1	3	1
CGC065A	1	1	1
CGC082A	10	10	10
CGC096A	1	1	1
CGC101A	6	13	13
CHA041A	3	9	9
CHA063A	5	5	5
CHA06AI	1	3	3
CHA071A	4	5	5
CHA081A	6	15	15
CHA082A	1	2	2
CHA101A	3	5	5
CHA144A	10	10	10
CHA156A	1	1	1
CHA157A	1	2	1
CHA158A	4	6	6
CHA161I	22	30	30
CHA192A	7	7	7
CHA201A	4	8	4
CHA202A	4	7	7
CHA211A	7	15	15
CHA221A	6	10	10
CHA252A	4	7	4
CHA274A	12	12	12
CHA281I	2	2	2
CHA291H	3	3	3
CHA291I	2	2	2
CHA301I	1	1	1
CHA381A	1	2	2
CHA471A	4	10	10
CHA481A	3	5	5
CHA541A	11	15	11
CHA571A	4	6	6
CHA601A	1	1	1

CHA661H	4	12	4
CHA662A	2	3	3
CHA731A	1	1	1
CHA771A	1	1	1
CHA831A	6	6	6
CHA871A	2	9	2
CHA881A	5	6	6
CHA996A	2	3	2
CHA997H	1	2	1
CHB021A	1	2	2
CHB031A	2	9	9
CHB252A	1	2	1
CHC011A	1	2	2
CHC012A	1	1	1
CHC021A	4	10	4
CHC022A	2	7	7
CHC02AA	5	5	5
CHC031A	2	2	2
CHC071A	1	3	1
CHC072A	10	10	10
CHC122A	4	15	15
CHC12AA	2	7	7
CHC161A	4	6	6
CHC162A	4	5	5
CHC16AA	7	11	11
CHC191A	2	6	6
CHC253A	2	5	5
CHC261A	4	6	4
CHC281A	2	6	6
CHC282A	3	5	5
CHC431A	1	2	2
CHC511A	2	2	2
CHC541A	4	5	4
CHC591A	2	3	3
CHC771A	7	10	10
CHC821A	1	2	1
CHC82AA	1	2	2
CHC82BA	1	1	1
CHC831A	3	9	9
CHC841A	1	1	1
CHC842A	2	3	2
CHC84AA	3	4	4

CHC84BA	2	2	2
CHC861A	1	1	1
CHC901A	1	1	1
CHD055A	5	5	5
CHD091A	17	25	17
CHD411A	12	15	12
CHD421A	8	10	8
CHE271A	1	1	1
CHF111A	1	2	2
CHF121A	2	6	2
CHF262A	16	20	16
CHF311A	1	3	1
CHI011A	6	10	10
CHI031A	3	12	12
CHI051A	6	10	10
CHI061A	3	5	5
CHI110A	3	5	5
CHL022A	2	5	5
CHL042A	2	2	2
CHL061A	13	13	13
CHL081A	3	4	4
CHL191A	1	4	4
CHL193A	4	6	6
CHL221A	1	6	6
CHL232A	7	13	7
CHL431A	10	15	15
CHL52AA	2	4	2
CHM071A	9	30	30
CHM131A	1	2	1
CIA012A	8	8	8
CIA121A	1	10	1
CIA122A	16	32	16
CIA133A	1	2	2
CIA136A	3	12	12
CIA13AA	30	30	30
CIA222A	6	9	9
CIA261A	1	1	1
CIA283A	18	20	18
CIA351A	2	4	4
CIA371A	2	3	3
CIA414A	2	4	4
CIA415A	1	3	3

CIA421A	1	2	2
CIA431A	1	7	7
CIA441A	8	11	11
CIA451A	1	3	3
CIA481A	1	2	2
CIC012A	3	3	3
CIC121A	4	4	4
CIC151A	1	1	1
CIC271A	3	3	3
CIC361A	1	2	2
CIC421A	1	1	1
CID182A	15	15	15
CID201A	17	40	40
CID211A	2	12	12
CIE01CA	1	12	12
CIE121A	3	3	3
CIE132A	4	7	7
CIE161A	1	2	2
CIF011A	2	2	2
CIF012A	5	5	5
CIF051A	1	2	2
CIF101A	1	1	1
CIH041A	2	2	2
CIH062A	1	2	2
CIH171A	5	5	5
CIH281A	6	6	6
CIH292C	2	2	2
CJA041A	12	24	24
CJA04AI	14	25	25
CJA052A	8	14	14
CJA081A	1	1	1
CJA092A	6	6	6
CJB012H	3	3	3
CJB034A	4	4	4
CJB036A	6	6	6
CJB063A	8	25	8
CJB141A	12	20	12
CJB191A	3	3	3
CJB192A	2	2	2
CJB205A	3	4	3
CJB372A	1	3	3
CJB375A	1	1	1

CJB391A	2	2	2
CJB392A	1	2	1
CJB394A	2	2	2
CJB462A	1	1	1
CJB466A	2	2	2
CJB521A	13	15	13
CJB551I	2	4	2
CJC021A	8	14	8
CJC022A	2	4	2
CJC054A	3	5	3
CJC062A	4	4	4
CJC064A	3	3	3
CJC102A	1	3	1
CJC10AA	10	10	10
CJC131A	8	12	8
CJC152A	2	3	2
CJC161A	1	2	1
CJC171A	1	3	1
CJD022A	1	3	1
CJD023A	20	60	36
CJE021A	3	3	3
CJE031A	8	8	8
CJF041A	10	15	15
CJF107A	6	10	6
CJF121A	2	3	2
CJF162A	12	18	12
CJF171A	6	6	6
CJF172A	7	7	7
CJF181A	10	10	10
CJF202A	4	4	4
CJF203A	2	7	2
CJF251A	7	7	7
CJF451A	2	2	2
CJF461A	4	4	4
CJF481A	1	1	1
CJF491A	3	3	3
CJF501A	1	3	3
CJF551A	1	3	3
CJH021A	3	3	3
CJH031A	6	7	7
CJH041I	1	2	2
CJH051A	3	3	3

CJH062A	6	10	10
CJH071A	15	15	15
CJH121A	24	24	24
CJH152A	15	15	15
CJH221A	135	200	200
CJH301A	1	3	3
CJH311A	29	55	55
CJH322A	6	6	6
CJH323A	9	9	9
CJH331A	4	4	4
CJH641A	1	1	1
CJH702A	2	2	2
CJH722A	1	1	1
CJH861A	1	2	2
CJH881A	1	42	42
CJH891A	3	6	6
CJI081A	15	15	15
CJK014A	6	9	6
CJL011A	72	100	100
CJL035A	50	50	50
CJL051A	180	272	272
CJL062A	70	70	70
CJL081A	160	160	160
CJL121A	42	42	42
CJL181A	28	50	50
CJL182A	2	12	12
CJL231A	21	21	21
CJL461A	94	141	141
CJL491C	43	60	60
CJL492C	43	60	60
CJL493C	20	30	30
CJM031A	10	10	10
CJM032A	5	5	5
CJM033A	2	2	2
CJM091A	1	3	3
CJM102A	1	2	2
CJM151A	5	5	5
CJM161A	2	2	2
CJO011A	2	2	2
CJO021A	1	2	2
CJO022A	2	4	4
CJO023A	5	5	5

CJO025A	10	15	15
CJO171A	8	8	8
CJO181A	1	3	1
CJO183A	11	16	11
CJP021A	1	3	1
CKA031A	1	3	1
CKA047A	1	1	1
CKB011A	12	20	12
CKB01AI	1	4	4
CKB021A	16	30	16
CKC105A	14	21	14
CKC111A	2	4	2
CKC121A	1	2	1
CKD016A	24	38	28
CKD01DA	20	38	38
CKD01IA	19	38	38
CKD01OA	7	38	7
CKD01PA	6	38	38
CKD01RA	18	38	38
CKD01SA	12	38	38
CKD041A	8	10	8
CKL021A	14	25	14
CKL031A	11	25	11
CKL033A	1	10	1
CKL043A	38	58	38
CKL091A	4	5	5
CKL101A	5	7	7
CKM032A	9	15	9
D28L39I	6	6	6
D28N18I	4	4	4
D29K04I	4	4	4
D29L03I	5	5	5
D29L13I	15	15	15
D29L14I	4	4	4
D29L28I	10	10	10
D29L45I	10	10	10
D29L47I	6	6	6
D29L51I	10	10	10
D29L52I	5	5	5
D29L56I	6	6	6
D29L62I	6	6	6
D29L68I	10	10	10

GLB011A	5	12	12
GNB012A	1	3	3
GNC201A	8	14	14
GND081A	5	9	9
GND091A	7	10	10
GND111A	1	2	2
GND231A	3	3	3
GND301A	1	2	2
GNF301H	4	10	10
GNF311A	1	1	1
GNG071A	2	2	2
GNG271A	2	4	4
GNG401A	1	1	1
TOPLAM			6466

Ek-3. Bazı Ünitelere Ait İşgücü Gereksinimi

PRODNO	MIKTAR	ATL&SKILL	BRSAAT	TOPLAM İŞ YÜKÜ (MIKTARXBRSAAT)
ABE031I	5	410FH	0.93	4.65
ABJ010I	5	410FH	1.886	9.43
ABJ011I	5	410FH	1.886	9.43
ADE009I	3	410FH	0	0
BAB008A	1	424FJ	0.061	0.061
BAT002A	15	424FJ	8.762	131.43
BBJ001A	14	419FT	0.069	0.966
BBJ111I	14	419FT	2.484	34.776
BBK001A	10	424FJ	3.265	32.65
BFA0017	3	424FJ	0.367	1.101
BFJ0017	8	419FT	0.003	0.024
BGA0017	10	424FJ	0.124	1.24
BGAT01I	2	424FJ	0.4	0.8
BGC0017	14	424FJ	0.059	0.826
BGD0017	10	424FJ	0.124	1.24
BGJ0017	15	419FT	0.066	0.99
BGK0017	12	424FJ	4.475	53.7
BGP0017	10	424FJ	4.144	41.44
CDC092H	1	446FG	17.41	17.41
CDC102A	10	446FG	13.052	130.52
CDC10AI	13	446FG	0.129	1.677
CDC10BI	15	446FG	0.131	1.965
CDC10CI	27	446FG	0.182	4.914
CDC117A	6	446FG	9.985	59.91
CDC261A	1	446FG	20.15	20.15
CDC27EA	1	446FG	8.799	8.799
CDC301A	8	446FG	14.047	112.376
CDC30AI	10	446FG	0.138	1.38
CDD202A	15	408FA	6.906	103.59
CDD251A	25	408FA	6.289	157.225
CDD25BI	1	408FA	2.215	2.215
CDD275A	25	408FA	5.653	141.325
CDD371A	5	408FA	8.219	41.095
CDD442A	6	408FA	6.87	41.22
CDD451A	15	408FA	6.806	102.09
CDD512A	2	408FA	10.267	20.534
CDE041A	5	408FA	6.97	34.85

CDE084A	10	408FA	11.384	113.84
CDE085A	10	408FA	11.28	112.8
CDE111A	2	408FA	9.495	18.99
CDE131A	5	408FA	6.908	34.54
CDF011A	10	408FA	16.685	166.85
CDF013A	40	408FA	12.239	489.56
CDF021A	25	408FA	10.912	272.8
CDF201A	2	446FG	1	2
CDK001A	9	446FG	4.608	41.472
CDK011A	2	446FG	6.085	12.17
CDK021A	1	446FG	6.412	6.412
CDK031A	2	446FG	11.289	22.578
CDK041A	2	446FG	35.438	70.876
CDK04AA	2	446FG	16.534	33.068
CDK04BA	2	446FG	10.077	20.154
CDK081A	39	446FG	4.71	183.69
CDK091A	10	446FG	4.347	43.47
CDK151A	26	446FG	4.878	126.828
CDO311A	1	408FA	6.55	6.55
CDO411A	2	408FA	5.807	11.614
CDO421I	40	408FA	2.999	119.96
CDO422I	20	408FA	3.379	67.58
CDO501A	5	408FA	7.235	36.175
CDO575A	4	408FA	6.565	26.26
CEA579A	8	408FA	0.662	5.296
CEA662A	2	408FA	2.904	5.808
CEA811A	5	408FA	1.348	6.74
CEA841A	1	408FA	2.251	2.251
CEA98CA	2	409FO	2.422	4.844
CEA98JA	2	409FO	1.808	3.616
CEB011A	80	409FO	4.21	336.8
CEB021A	26	409FO	9.595	249.47
CEB033A	42	409FO	8.178	343.476
CEB071A	40	409FO	7.879	315.16
CEB07CI	3	409FO	2.02	6.06
CEB231A	15	409FO	11.933	178.995
CEB232A	5	409FO	10.343	51.715
CEB241A	2	409FO	10.584	21.168
CEC012A	10	409FO	6.145	61.45
CEC021A	20	409FO	6.585	131.7
CEC052A	50	409FO	10.385	519.25
CEC081A	1	409FO	10.75	10.75

CEC092A	9	409FO	14.135	127.215
CEC101A	9	409FO	5.14	46.26
CEC121A	2	409FO	5.412	10.824
CFA121A	1	410FH	10	10
CFA142A	2	410FH	10.631	21.262
CFA151A	15	410FH	5.677	85.155
CFA201A	55	410FH	6.322	347.71
CGC065A	1	410FH	9.714	9.714
CGC082A	10	410FH	14	140
CGC096A	1	410FH	14	14
CGC101A	13	410FH	2.466	32.058
CHA06AI	3	413LA	3	9
CHA071A	5	413LA	8.736	43.68
CHA081A	15	413LA	5.549	83.235
CHA082A	2	413LA	5.73	11.46
CHA158A	6	413LA	10.285	61.71
CHA161I	30	413LA	9.636	289.08
CHA192A	7	413LA	11	77
CHA201A	4	413LA	12.477	49.908
CHA202A	7	413LA	10.63	74.41
CHA211A	15	413LA	11.092	166.38
CHM131A	1	419FT	0.726	0.726
CIH041A	2	419FT	2	4
CJA041A	24	420FR	7.016	168.384
CJA04AI	25	420FR	0.29	7.25
CJA052A	14	420FR	4.367	61.138
CJA081A	1	420FR	1.667	1.667
CJB012H	3	419FT	29.52	88.56
CJB034A	4	419FT	20.128	80.512
CJB036A	6	419FT	11.903	71.418
CJB063A	8	419FT	19.499	155.992
CJB063A	8	420FR	16.796	134.368
CJB141A	12	419FT	19.723	236.676
CJB141A	12	420FR	26.148	313.776
CJB191A	3	419FT	10.09	30.27
CJB191A	3	420FR	12.809	38.427
CJB192A	2	419FT	3.916	7.832
CJB192A	2	420FR	19.908	39.816
CJB205A	3	419FT	60.898	182.694
CJB205A	3	420FR	21.86	65.58
CJB372A	3	419FT	0.534	1.602
CJB372A	3	420FR	2.618	7.854

CJB375A	1	419FT	3.924	3.924
CJB391A	2	419FT	29.05	58.1
CJB392A	1	419FT	25.138	25.138
CJB394A	2	419FT	17.441	34.882
CJF107A	6	424FP	0.008	0.048
CJF121A	2	424FP	0.03	0.06
CJF162A	12	424FP	0	0
CJH301A	3	410FH	0.88	2.64
CJK014A	6	424FP	0.095	0.57
CKA031A	1	424FJ	19.156	19.156
CKA047A	1	424FP	0.208	0.208
CKB011A	12	424FP	0.138	1.656
CKB011A	12	424FJ	19.944	239.328
CKB01AI	4	424FP	0	0
CKB021A	16	418FB	1	16
CKC111A	2	424FP	0.24	0.48
CKC121A	1	424FJ	6.514	6.514
CKD016A	28	418FB	0.109	3.052
CKD01DA	38	424FP	0	0
CKD041A	8	418FB	0.035	0.28