

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139688

**TOPLU ÜRETİM PLANLAMASI VE BAKIM FAALİYET
KARARLARININ ENTEGRASYONUNA YÖNELİK BİR
MODEL TASARIMI VE UYGULAMASI**

139688-

Endüstri Müh. Selda TAŞKIN

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

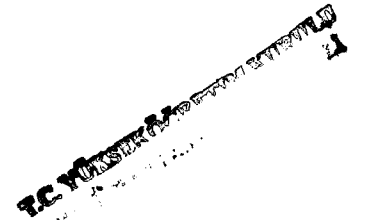
Y.Doç.Dr. Semih ÖNÜT

Prof.Dr. Ethem TOPEK

Doç.Dr. Mesut ÖZGÜLER

Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. Semih ÖNÜT

İSTANBUL, 2003



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. TOPLU ÜRETİM PLANLAMA FONKSİYONU	3
2.1. Üretim Planlama Fonksiyonu	3
2.1.1 Üretim Planlama ve Kontrol Sisteminin Tanımı	4
2.1.2 Üretim Planlama Hiyerarşisi	7
2.2 Toplu Üretim Planlamanın Tanımı	9
2.3 Toplu Üretim Planlamanın Amacı ve Kapsamı	10
2.4 Toplu Üretim Planlama Prosesi	12
2.5 Toplu Üretim Planlama Stratejileri	14
2.5.1 Kapasite Seçenekleri	15
2.5.2 Talep Seçenekleri	16
2.6 Toplu Üretim Planlama Yöntemleri	18
2.6.1 Geleneksel Toplu Üretim Planlama Yöntemleri	18
2.6.2 Matematiksel Toplu Üretim Planlama Yöntemleri	20
2.7 Toplu Üretim Planlamada Karşılaşılan Problemler	21
2.8 Toplu Üretim Planlama Maliyetleri	23
3. BAKIM YÖNETİMİ VE PLANLAMASI	25
3.1 Bakım Kavramı	26
3.1.1 Bakımın Hedefleri	26
3.2 Bakımın Sınıflandırılması	28
3.2.1 Planlı ve Planlı Olmayan Bakım	30
3.2.2 Planlı ve Plansız Bakımın Karşılaştırılması	34
3.3 Bakım Departmanlarının Organizasyonu	34
3.3.1 Bakım Departmanının Kontrolü Altında Bulunan Faktörler	37
3.3.2 Bakım Departmanının Kontrolü Altında Olmayan Faktörler	38
3.4 Temel Bakım Kararları	39
3.5 Bakım Bütçe Kontrolü	40
3.6 Bakım Yönetim Politikası	42

3.7	Bakım Yönetim Modelleri	44
3.8	Bakım Sistemi	45
3.8.1	Bakım Sistemi Bilgi Girdileri	51
3.8.2	Bakım Sistemi Çıktıları	52
3.8.3	Bakım Sistemi Kısıtları.....	52
3.8.4	Bakım Sistemi için Performans Kriterleri	53
3.9	Bakım Planlaması.....	53
3.9.1	Uzun Dönemli Bakım Planlaması	57
3.9.2	Orta Dönemli Bakım Planlaması.....	58
3.9.3	Kısa Dönemli Bakım Planlaması	59
3.9.4	Planlı Bakım Yapısının Kurulması Aşamaları	60
3.9.5	Bakım Planlamasında Karşılaşılan Sorunlar.....	61
4.	ÖNLEYİCİ BAKIM FAALİYETLERİ.....	63
4.1	Önleyici Bakım Kavramı	64
4.1.1	Önleyici Bakımın Önemi	65
4.2	Önleyici Bakım Politikaları	66
4.2.1	Periyodik Önleyici Bakım Politikaları	67
4.2.2	Minimum Tamir için Önleyici Bakım Politikaları	74
4.3	Önleyici Bakım Maliyetleri Veri Tabanı Gereksinimleri	75
4.4	Önleyici Bakım Faaliyetlerinin Programlanması	76
4.5	Önleyici Bakım Faaliyetlerinde Başarı Kriterleri	78
4.6	Önleyici Bakım Faaliyetlerini Yürüten Tesisin Sahip Olması Gereken Özellikler.....	78
4.7	Önleyici Bakıma Yönelik Modern Yaklaşımlar	79
5.	BAKIM VE TOPLU ÜRETİM PLANLAMA KARARLARININ ENTEGRASYONU İÇİN MODEL TASARIMI.....	82
5.1	Uygun Teçhizat Seçimi ve Tasarımı	82
5.2	Model Tasarımı	83
5.3	Önleyici Bakım Faaliyetlere Yönelik Model Tasarımı	87
5.4	Modelin Güvenilirlik Testi	89
6.	UYGULAMA	93
6.1	Fabrikanın Tanıtımı	93
6.1.1	Fabrika İmalatının İncelenmesi.....	93
6.1.2	Fabrikada Yürütülen Planlama Faaliyetleri	99
6.1.3	Fabrikada Yürütülen Bakım Faaliyetleri	103
6.2	Mevcut Toplu Üretim Planının İncelenmesi.....	105
6.3	Bakım ile Entegre Toplu Üretim Planının Oluşturulması	111
7.	SONUÇ.....	120
7.1	Genel Değerlendirmeler.....	120
7.2	Gelecekteki Çalışmalar için Yönlendirmeler.....	121
	KAYNAKLAR	122
	ÖZGEÇMİŞ	124

SİMGE LİSTESİ

n	Örnek hacmi
p	Toplam maliyetteki yüzdesel düşüş
$\bar{p}$	Örneklerden elde edilen toplam maliyetlerdeki yüzdesel düşüşlerin ortalaması
s	Örneklere ait standart sapma
t	Parça değiştirme zamanı
ν	Serbestlik derecesi
α	Güvenilirlik düzeyi



KISALTMA LİSTESİ

AGFD	Aylık Gerçekleşen Fiili Durum
ABYMS	Ay Başı Yarı Mamul Sayımı
AİÇ	Aylık İmalata Çıkışlar
ASYMS	Ay Sonu Yarı Mamul Sayımı
BS	İngiliz Standartları
GBM	Gerçekleşen Birim Maliyet
GGM	Gerçekleşen Grup Maliyeti
GGMM	Gerçekleşen Grup Mamul Maliyeti
GSM	Grup Standart Miktarı
Gm	Grup Metre
JIT	Tam Zamanında Üretim
LDR	Lineer Karar Kuralları
LP	Lineer Programlama
MFBF	Arızalar Arasındaki Ortalama Süre
PM	Önleyici Bakım
TPM	Toplam Üretken Bakım
TSM	Toplam Standart Miktar

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Kısa, orta ve uzun dönemli planlamalarda yerine getirilen faaliyetler	4
Şekil 2.2	Uzun, orta ve kısa dönemli planlamanın birbirleriyle olan ilişkisi	8
Şekil 2.3	Ana üretim çizelgeleme ile diğer üretim fonksiyonlarının ilişkisi	9
Şekil 2.4	Toplu üretim planı	11
Şekil 2.5	Toplu plan ve ana üretim planı arasındaki etkileşim	12
Şekil 2.6	Toplu planlamanın çevresiyle etkileşimleri	14
Şekil 3.1	Bakım faaliyetleri	27
Şekil 3.2	Bakım çeşitleri	29
Şekil 3.3	Karara bağlı bakım çeşitleri	30
Şekil 3.4	Çeşitli bakım türleri arasındaki ilişki	31
Şekil 3.5	Arızaları yok etmeye yönelik işlemler arasındaki ilişki	36
Şekil 3.6	Operasyon ve bakım departmanlarının sorumlulukları	37
Şekil 3.7	Bakım fonksiyonun diğer karar alanlarıyla etkileşimleri	45
Şekil 3.8	Bakım personeli sayısının belirlenmesi	51
Şekil 3.9	Planlı bakımın yapısı	61
Şekil 4.1	Önleyici analiz	63
Şekil 4.2	Bilgisayar destekli bakım sistemi	69
Şekil 4.3	Önleyici bakım planının genel yapısı	70
Şekil 4.4	Önleyici bakım sisteminde çizelgeleme fonksiyonu	72
Şekil 4.5a	Bakıma yönelik geleneksel yaklaşım	73
Şekil 4.5b	Bakım toplam maliyet eğrisi	74
Şekil 4.6	Önleyici bakım faaliyetlerinin yürütülmesindeki stratejiler	79
Şekil 5.1	Bakım ile entegre toplu üretim planı modelinin akış şeması	89
Şekil 6.1	Termo Teknik üretim akış şeması	96
Şekil 6.2	Termo Teknik bakım akış şeması	104
Şekil 6.3	2002 yılı ocak-ağustos dönemi toplu üretim planı	110
Şekil 6.4	Önleyici bakım faaliyetleriyle entegre toplu üretim planı modeli	115
Şekil 6.5	Toplu üretim planı modelinden elde edilen sonuçlar	116

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Toplu planlama seçeneklerinin avantaj ve dezavantajları	17
Çizelge 6.1 2002 yılı ocak-ağustos dönemi radyatör üretim ve envanter değerleri	106
Çizelge 6.2 2002 yılı ocak-ağustos dönemi işçi sayısı	106
Çizelge 6.3 2002 yılı ocak-ağustos dönemi işgücü kullanım değerleri	108
Çizelge 6.4 Model önleyici bakım süre ve periyotları	117
Çizelge 6.5 Modellerin toplam maliyet üzerindeki etki değerleri	118



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, öncelikle bakım faaliyetlerinden bağımsız olarak hazırlanan toplu üretim planları üzerinde durulmuş, daha sonra da önleyici bakım ile entegre bir biçimde oluşturulan toplu üretim planlarının, toplam maliyetteki düşüşe etkileri incelenmiştir. Bir sonraki aşamada, çalışma sonucunda elde edilen bulgular, hipotez testine tabi tutularak, bu etkinin güvenilirlik derecesi ortaya konmaktadır.

Çalışmanın her döneminde, benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, ihtiyaç duyduğum her an ulaşabildiğim çok değerli hocam Y.Doç.Dr. Semih Önüt'e teşekkürü borç bilirim. Aynı zamanda, tez konusunu belirlememdeki yardımlarından dolayı sayın Y.Doç.Dr. H. İbrahim Erdem'e, modelin oluşturulmasında, bana yol gösteren sayın Doç.Dr. Mehmet Tanyaş'a da saygılarımı sunarım.

Bu tezin ortaya çıkmasındaki maddi ve manevi engelleri yenmemi sağlayan, çok sevgili aileme ve özellikle çalışma boyunca sahip olduğu tecrübeyle bana yol gösteren ablam, Y.Doç.Dr. Beyza Taşkın' a sonsuz saygılar sunarım.



ÖZET

Bu çalışma sistematik olarak yedi bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü takip eden, ikinci bölümde toplu üretim planlama yöntem ve amaçları incelenerek, toplu planlamada karşılaşılan problemler üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde, çeşitli bakım politikalarının ve bakım planlarının hedef ve özellikleri incelenmekte ve de belirli bir sistem dahilinde yürütülen bakım faaliyetlerinin yönetimi anlatılmaktadır.

Dördüncü bölümde, toplu üretim planı modelinde kullanılacak, belirli bir bakım politikası kapsamında yürütülen önleyici bakım faaliyetleri ve bu faaliyetlerin özellikleri incelenmektedir. Önleyici bakım faaliyetlerinin, detaylı bir şekilde incelenmesindeki temel neden, bu faaliyetlerin makine operatörleri tarafından yürütülmesi ve dolayısıyla toplu seviyede üretim ile ortak işgücü ve zaman kaynaklarını paylaşmasıdır.

Beşinci bölümde, öncelikle, önleyici bakım faaliyetleri dikkate alınarak oluşturulan toplu üretim planı modeli detaylı bir şekilde incelenmekte, daha sonra da modelin güvenilirliğinin kontrolünde kullanılan hipotez testi üzerinde durulmaktadır.

Altıncı bölümde, bir önceki bölümde geliştirilen model, uygulamanın gerçekleştirildiği fabrikanın, belirli bir planlama dönemi için çalıştırılmakta ve de modelin toplam maliyete etkisi incelenmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yedinci bölümde ortaya konmuş ve tartışmaya sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Toplu üretim planı, önleyici bakım faaliyetleri, acil bakım faaliyetleri, bakım politikası, bakım ve toplu üretim planlarının entegrasyonu.

ABSTRACT

This study has systematically seven sections. Following the introduction section, in the second section, by examining the methods and purposes of aggregate production planning, we focus on the problems that are met in the aggregate planning.

In the third section, the objectives and the properties of various maintenance policies and maintenance plans are examined and the management of maintenance activities are explained through a specific system.

In the fourth section, preventive maintenance activities and the characteristics of these activities, which are executed under a specific maintenance activity, are examined to be used in the aggregate production planning model. The main reason for examining preventive maintenance activities is that these activities are executed by machine operators and consequently, in the aggregate level, it shares common workforce and time resources.

In the fifth section, first, the aggregate production planning model, which is formed by considering preventive maintenance activities are examined in a detailed way and then we focus on the hypothesis test, which is used for controlling the reliability of the model.

In the sixth section, the model, which is developed in the previous section, is run for a specific planning term at the factory, where the implementation is conveyed and the influence of the model on the total cost is discussed.

The results, which are gained from this study are presented in the seventh section and opened to discussion.

Key words: Aggregate production plan, preventive maintenance activities, emergency maintenance activities, maintenance policy, the integration of maintenance and aggregate plans.

1. GİRİŞ

Bugünün modern endüstri dünyası, yüksek verimli makinelerden oluşan tesisleri gerektirmektedir. Üretim teknolojileri ve sistemlerine yönelik yeni yaklaşımlar ve gelişmeler, artan bakım fonksiyonunun önemini arttırmaktadır. Bu yaklaşımlarda, proses içi envanter miktarlarında azalma, teçhizat güvenilirliğinde artış, kalite ve prodüktivitenin geliştirilmesi gibi konulara öncelik verilmektedir. Bununla beraber, bakım yöneticileri, organizasyon adına optimum verimliliği garanti etmek amacıyla, önleyici bakım faaliyetlerini, üretim fonksiyonlarıyla koordineli bir şekilde yürütmeye başlamışlardır. Bu tip bir koordinasyon, özellikle üretim programına sıkı sıkıya bir bağlılığın gerekli olduğu, kapasite kısıtlı organizasyonlar için oldukça önemlidir. Yüzlerce tezgahtan oluşan bir üretim hattında birkaç makinenin arızalanması zincirleme etkilerle bütün sistemi felce uğratabilmektedir. Sipariş üretiminde arızalanan veya bakıma alınan makinelerin yokluğunu bir ölçüde giderme olanağı vardır. Fakat sürekli üretimde ve özellikle proses imalatında arızaların üretim akışı üzerindeki etkisi oldukça büyüktür. Bir noktada beliren bir arıza tüm sistemin durmasına yol açmaktadır ve arıza giderildikten sonra normal üretim düzeyine çıkıncaya kadar da uzun bir süre geçmektedir. Otomasyonun ağırlık taşıdığı fabrikalarda sorunu güçleştiren bir başka faktör daha vardır: Otomatik makinelerin arızalarının giderilmesinde son derece iyi yetiştirilmiş yetenekli tamir bakım personeline ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarihsel olarak, üretim ve bakım fonksiyonları arasındaki ilişki çelişkilidir. Buradaki çelişki, her bir fonksiyonun programlama gereksinimlerini birbirlerine aktarmadaki yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Geleneksel üretim planları, genellikle, bir önleyici bakım programının gereksinimleriyle ilgilenmekte yetersiz kalmaktadır. Bunun temel nedeni, üretim yöneticisinin, önleyici bakım faaliyetlerinin servis gereksinimleri dolayısıyla ortaya çıkan kapasite kısıtlarını kabul etmekteki isteksizliğidir. Üretim yönetimi, bakım faaliyetlerini, üretimin duraksamasına yol açan ve boşa geçen zaman aralığı olarak görmektedir. Bununla birlikte, önleyici bakım planlarının, tam zamanında üretim felsefesinin gerçekleştirilmesindeki stratejik önemini kavramamaktadır. Diğer taraftan, bakım yönetimi, teçhizat güvenilirliğini tam olarak sağlamak amacıyla, üretim prosesi çerçevesindeki faaliyetlere bazı kısıtlar getirilmesi gerektiğini düşünmektedir. Bu noktada, organizasyonun stratejik yönetimi tarafından belirlenmesi gereken konu, operasyonel düzeyde ele alınmaktadır. Sonuçta, belirli bir organizasyona yönelik optimum bakım politikasının uygulanması aşamasında başarısızlığa uğranmaktadır.

Bir organizasyona yönelik olarak, uygun bakım politikasının kurulması, özellikle, sistem güvenilirliği ve kar maksimizasyonu gibi çelişkili hedeflerin gerçekleştirilmesi açısından gereklidir. Uygun bakım politikasının belirlenmesinde; üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan maliyetler, bakım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan maliyetler, teçhizat arızasından ve de bu arıza sonucunda meydana gelen üretim planındaki kesintilerden kaynaklanan maliyetler, tek tek dikkate alınmalıdır.

Rekabet amaçlı mevcut uygulamalarda, bakım politikası, üretim ve bakım yönetimi ile ilişkili olarak operasyonel bir düzeyde, politik olarak yürütülen bir test aracılığıyla belirlenmektedir. Bu noktada, Toplam Üretken Bakım (TPM) yaklaşımı, toplam iş stratejisi kapsamında yürütülen bakım planlamasının, üretim faaliyetleriyle eşzamanlı bir şekilde programlanmasını önermektedir. Bu şekilde oluşturulan bir programın uygulamadaki başarısı, bakım faaliyetlerinin, toplu üretim planının bir parçası olarak görülmesine bağlıdır. Bununla birlikte, üretim ve bakım entegrasyonunu sağlamak amacıyla belirlenen bakım politikası, organizasyonun tüm hedefleri açısından optimum olmayabilir. Organizasyon için en uygun bakım politikasının belirlenmesi, teçhizat arızasını minimize eden ve teçhizat elde edilebilirliğini maksimize eden politikadan daha zor bir işlemdir. Çünkü, beklenmedik arızaların oluşması, üretim planını aksattığı gibi büyük finansal kayıplara da yol açmakta ve maliyet artmasına neden olmaktadır. Bu noktada, üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tesisin düzenli ve sürekli çalışabilmesi için, makine ve teçhizatların planlı, sistemli bir biçimde bakım ve kontrolünün yapılması gereklidir.

Bu çalışmada, organizasyonun optimum bakım politikasının kararlaştırılmasında etkili olan faktörler doğrultusunda toplam işletme maliyetinin minimize edilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışmada, önceden belirlenmiş bir bakım politikası doğrultusunda yürütülen önleyici bakım faaliyetlerinin, toplu üretim planına entegre edilmesine yönelik bir model tasarlanmıştır. Bir sonraki aşamada ise, önleyici bakım faaliyetleriyle toplu üretim planını entegre eden bu model, güvenilirlik açısından, hipotez testleri aracılığıyla kontrol edilmiştir. Buradaki temel hedef, kaliteli ürünleri, daha ucuza mal ederek, organizasyonun piyasadaki rekabet gücünü arttırmasına katkıda bulunmaktır.

2. TOPLU ÜRETİM PLANLAMA FONKSİYONU

Talep değıştikçe, arzu edilen üretim seviyeleri net bir şekilde belirlenemeyecektir. Bu yüzden, her bir üründen ne kadar ve ne zaman yapılması gerektiğini belirlemek için bir üretim planı hazırlanmalıdır. Buradaki temel hedef, üretim oranı ile talep oranını uygun bir şekilde ayarlayarak, ürünlerin ihtiyaç duyulduğunda yapılmasını sağlamaktır (Sipper ve Bulfin, 1998). İyi tahminler, üretimin gelecek düzeylerinin planlanmasında faydalıdır. Bununla birlikte, tahminler, belirsizlikler içermektedir. Eğilimler ve mevsimsel değışiklikler, rassal değışkenlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Planlayıcılar, talep ve kapasiteyi en ekonomik şekilde dengelemelidirler. Üretim operasyonlarının hacminin değıştirilmesi kolay değildir. Dolayısıyla, planlayıcılar, her bir planlama döneminde, kaynakların kullanım oranlarını, teçhizat, malzeme ve iş gücü kullanımındaki boşlukları dikkate almalıdırlar.

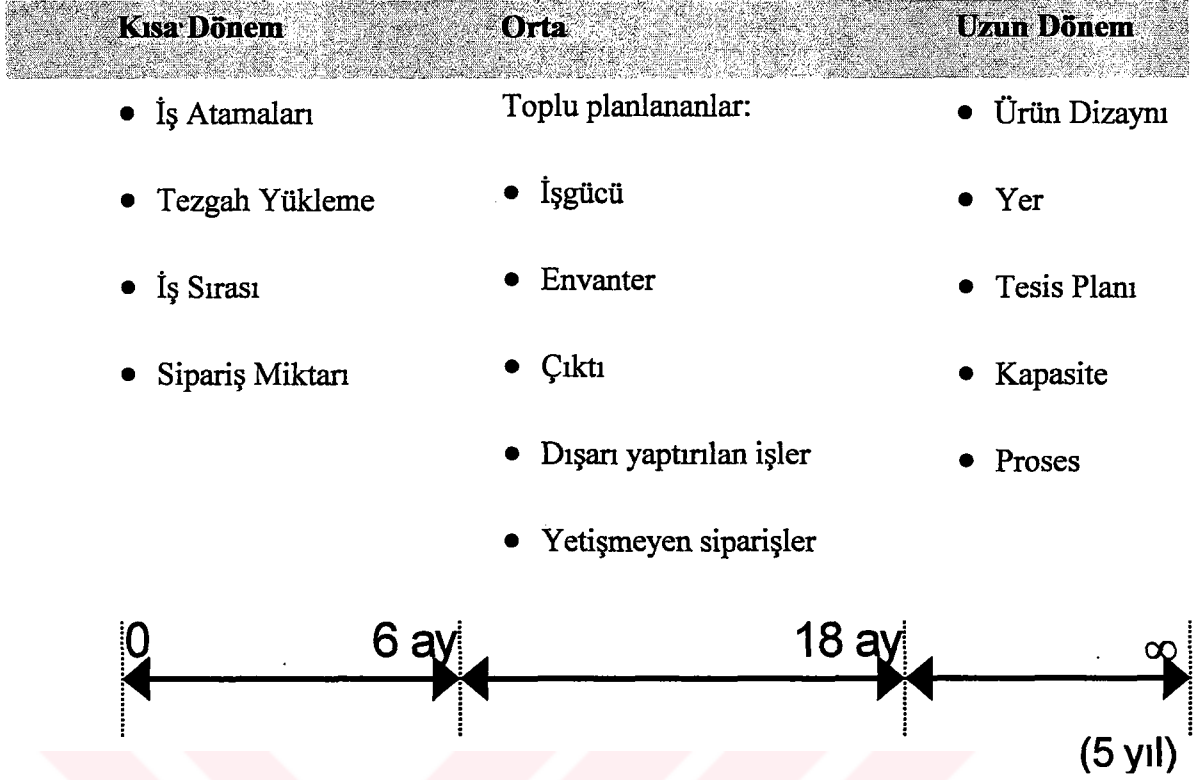
Toplu planlama, organizasyonun değerlerini doğru bir şekilde anlamayı, üretkenlik ve envanterler hakkında doğru bilgi edinmeyi gerektirmektedir. Ayrıca, alternatif üretim planlarının faydaları ve maliyetleri değerlendirilmeli ve daha sonra plana yönelik kararlar verilmelidir. Toplu planlama kararları firmanın tüm birimlerine aktarılmalı, geri besleme ile planlar yeniden düzenlenmelidir (Monks, 1987). Toplu üretim planlarına yönelik çeşitli karar konularını belirlemeden önce, üretim planlama fonksiyonunun yapısını ve özelliklerini incelemek, kararların doğruluğu açısından oldukça önemlidir.

2.1 Üretim Planlama Fonksiyonu

Organizasyonlar, farklı düzeyde kapasite belirleme kararları verirken çeşitli dönemleri ele alırlar. Bunlar ;uzun, orta ve kısa dönem olarak ifade edilebilir.

Uzun dönem kararları, ürün veya hizmet seçimi (hangi ürünün veya hizmetin sunulacağını belirlenmesi), tesisin büyüklüğü ve yerleşim, makine ve teçhizatın belirlenmesi ve tesisin yerleştirilmesi ile ilgilidir. Aslında uzun dönem kararları, orta dönem kararlarının alınması için gerekli kapasite sınırlarının belirlenmesinde kullanılır. Uzun dönemli kararlar genellikle bir, bir buçuk yıl için alınır.

Orta dönem kararları da genel düzeyde istihdam, çıktı ve stokların kısa vadeli kararların alımı için gerekli kapasite sınırının belirlenmesi ile ilgili kararlardır. 6-18 aylık bir periyodu kapsar; zaman aralıkları ise genellikle aylık veya çeyrek yıllık olarak belirlenir. Şekil 2.1' de bu yapı gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Kısa, orta ve uzun dönemli planlamalarda yerine getirilen faaliyetler (Chung ve Krajewski, 1984)

Kısa dönem kararları ise, yukarıda da bahsedildiği gibi arzulan sonuca ulaşmak için uzun ve orta dönem kararları ışığında belirlenir. Bu kararlar iş sıralama, makine yükleme, iş önceliği belirleme, ürün ve parti büyüklüğü, sipariş miktarı, vb. konuları içerir. 1 gün- 6 aylık bir periyodu kapsar. Zaman aralıkları genellikle 1 hafta olarak belirlenir.

2.1.1 Üretim Planlama ve Kontrol Sisteminin Tanımı

Firmaların ya ana amacı olan ya da ana amaçlarına hizmet eden en önemli fonksiyonu üretim planlama ve kontrol faaliyetleridir. Üretim öncesi bir planlama ve sonrasında planlara uygunluk derecesinin kontrolü firmaların gelişimi için şarttır.

Üretim planlama, önceden belirlenmiş amaç çıktıyı elde edebilmek için gerekli girdilerin tespit edilmesini, teminini ve düzenlenmesi içerir. Üretim kontrolü ise gerçekleşen çıktıların istenenden farklı olduğunda, gerçekleşen çıktıların planlanan çıktıların aynı çizgiye getirilmesiyle yapılan düzeltici hareketlerdir. Üretimin planlanması, uygulanması ve kontrolü firmada sürekli yinelenen ve birbirini takip eden faaliyetler zinciridir (Kobu, 1996).

Üretim planlama ve kontrol kapsam bakımından oldukça geniş, faaliyet hacmi çok yüklü bir işletmecilik fonksiyonudur. Üretim planlama ve kontrol faaliyetleri doğrultusunda hazırlanan üretim programları, çoğunlukla ayrıştırma problemi olarak tanımlanmaktadır. Ana üretim programlama prosesi, toplu üretim planını ayrıştırmakta ve de toplu üretim planını son mamullerin üretimine yönelik olarak, spesifik zaman ve büyüklükler cinsinden ifade etmektedir. Böylece, anahtar iş merkezlerinin, kaynak kısıtlarını karşılayan fizibil bir ana üretim programı oluşturulmaktadır.

Aşağıda, üretim planlama ve kontrol sistemine yönelik çeşitli tanımlar verilmektedir:

- Üretim planlama ve kontrol, malzeme akışlarının hızlı ve verimli yönetilmesi, çalışanların ve ekipmanın verimli kullanılması, çalışanlar ve ekipman arasındaki koordinasyonun eksiksiz sağlanması, pazardaki müşteri taleplerinin eksiksiz ve hızlı bir şekilde üretim sistemine aktarılması ve bütün bunların yönetilmesi için bilgi sağlayan bir sistemdir (Vollmann vd., 1997).
- Üretim planlaması gelecekteki imalat faaliyetlerinin (veya miktarlarının) düzeylerini ve limitlerini belirleyen fonksiyon olarak tanımlanabilir (Kobu, 1996).
- Üretim planlama ve kontrol zamana bağlı yetiştirilmesi gereken emirlerin kaynaklara aktarılması faaliyetlerinin bir bütünüdür (Giebels, 2000).

Firma genelinde yıllık yada altı aylık planlanan üretim programları, öncelikle atölye bazında aylık ya da haftalık planlara dönüştürülür. Atölye bazında belirlenmiş üretim emirlerini çizelgelemek için siparişler öncelikle iş merkezlerine yansıtılır. Siparişlerin iş merkezlerine yansıtılması “tezgah yükleme” olarak adlandırılır. Toplam üretim emirleri sayısı büyük olasılıkla iş merkezleri sayısını aştığından her bir iş merkezinde yapılması beklenen bir dolu sipariş olacaktır. Söz konusu soru bu işlerden hangisinin önce yapılması gerektiğidir. Bu sorunun cevabı ise işlere öncelik verilmesidir. İşlere öncelik verilmesi, belirli bir iş merkezindeki yapılacak işlerin sırasını belirler. Üretim planlama siparişlerin bitiş tarihlerine bakar ve buna göre siparişin kesin başlama tarihini tespit eder. Her iş merkezine o iş merkezinde hangi siparişin üretildiğini, önceliğini ve her bir siparişin ne zaman tamamlanacağını belirten sipariş tamamlanma listeleri asılır. Bir iş merkezinde siparişler tamamlandığı zaman rotadaki gelecek iş merkezinde sıraya girerler.

Planlama amaçlara ulaşabilmek için gerekli rotayı çizmekle kalmaz, aynı zamanda sonuçların değerlendirilmesi için gerekli kriterleri de ortaya koyar. Planlama boyunca alınan tüm kararlar

genellikle problemleri ve kontrolün yapısını belirleyecektir; kontrol boyunca edinilen tecrübeler de şüphesiz gelecekteki planları etkileyecektir.

Üretim planlama, kısmen, istenen amaçları gerçekleştirebilmek için istenen işgücü, makine, ekipman, malzeme ve imkan gibi üretim girdilerini tespit etmeyi ve ana itibarıyla değerlendirmeyi içerir. Üretim planlamanın aşamaları ise şöyledir (Kobu, 1996):

- Amaçları tanımlamak ve bunlara erişmek için öncelikleri tespit etmek,
- Planlanmış sistemin iç ve dış çevresini tanımak,
- Anlaşılabilir hedefler tespit etmek,
- Bu amaçları başaracak girdileri ayarlamak.

Üretimin kontrolü fonksiyonu ise, önceden tespit edilmiş üretim planlarının uygulanması üretimin planlanan amaçlar ve çizelgelere uygunluğunun kontrol edilmesidir. Üretim planlamasından sonra gelen bir fonksiyondur. Üretim kontrolünün beş aşaması vardır:

- Operasyonların önem derecelerini belirlenmesi,
- İş akışlarının kaydedilmesi,
- Planlananla gerçekleşenin karşılaştırılarak analiz edilmesi,
- Planlardaki değişmelerin, işlerin tekrar düzenlenmesinin mümkün olduğunca iyi kontrol edilmesi,
- Tamamlanan üretimin analiz edilerek, gelecekteki üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinin geliştirilmesi için gerekli bilgilerin elde edilmesi.

Üretim kontrolü, prosedürlerin güncelleştirilmesi ve gözden geçirilmesidir. Prosedürlerin uygulama gereksinimlerine, iş gücü tayinine, makine tahsisine, iş önceliklerine, hat hızlarına, üretim rotalarına göre gözden geçirilebilir. Kısaca, önceden çizilmiş üretim plan ve programının gerçekleştirilme işlemleri boyunca devam eden düzeltme mekanizmasıdır.

Üretim kontrol faaliyetleri, planlama faaliyeti sonucunda iş merkezlerine yüklenen siparişlerin programlara uygunluğunu kontrol eder ve siparişin herhangi bir andaki durumu hakkında bilgi verir. Üretimin planlanması safhası boyunca üretim planlama ve kontrol departmanı pek çok sipariş alır. Bu siparişler bağımlı ya da bağımsız olabilir. Siparişler alındığında üretim planlama ve kontrol bölümü bu siparişlerin ne zaman tezgahlara yükleneceğini, operasyon

sıralarının nasıl birbirini takip edeceğini ve işin bitiş zamanını tespit etmelidir. Üretim kontrol, üretim siparişlerini kontrol eder ve çizelgeler, üretim programlarından olan sapmaları belirler; yarı mamul stoklarının yönetimiyle uğraşır ve siparişin durumu; hazırlık zamanı; direkt, endirekt işçilik ve makine zamanları: tekrarlanan işler; malzeme hareketleri hakkında bilgiler verir. Bu sistem sayesinde üretilen raporlarla; malzeme hareketleri hakkında bilgiler verir. Bu sistem sayesinde üretilen raporlarla; işgücü ve makine verimliliği, üretkenliği, kullanılabilirliği ve iş merkezlerinin performansları kolayca gözlemlenebilir. Üretim kontrol faaliyetleri, üretim programlarının izlenebilmesini, işçilik ve makine zamanlarının toplanarak iş merkezleri performansının değerlendirilmesini sağlar (Acar,1996).

2.1.2 Üretim Planlama Hiyerarşisi

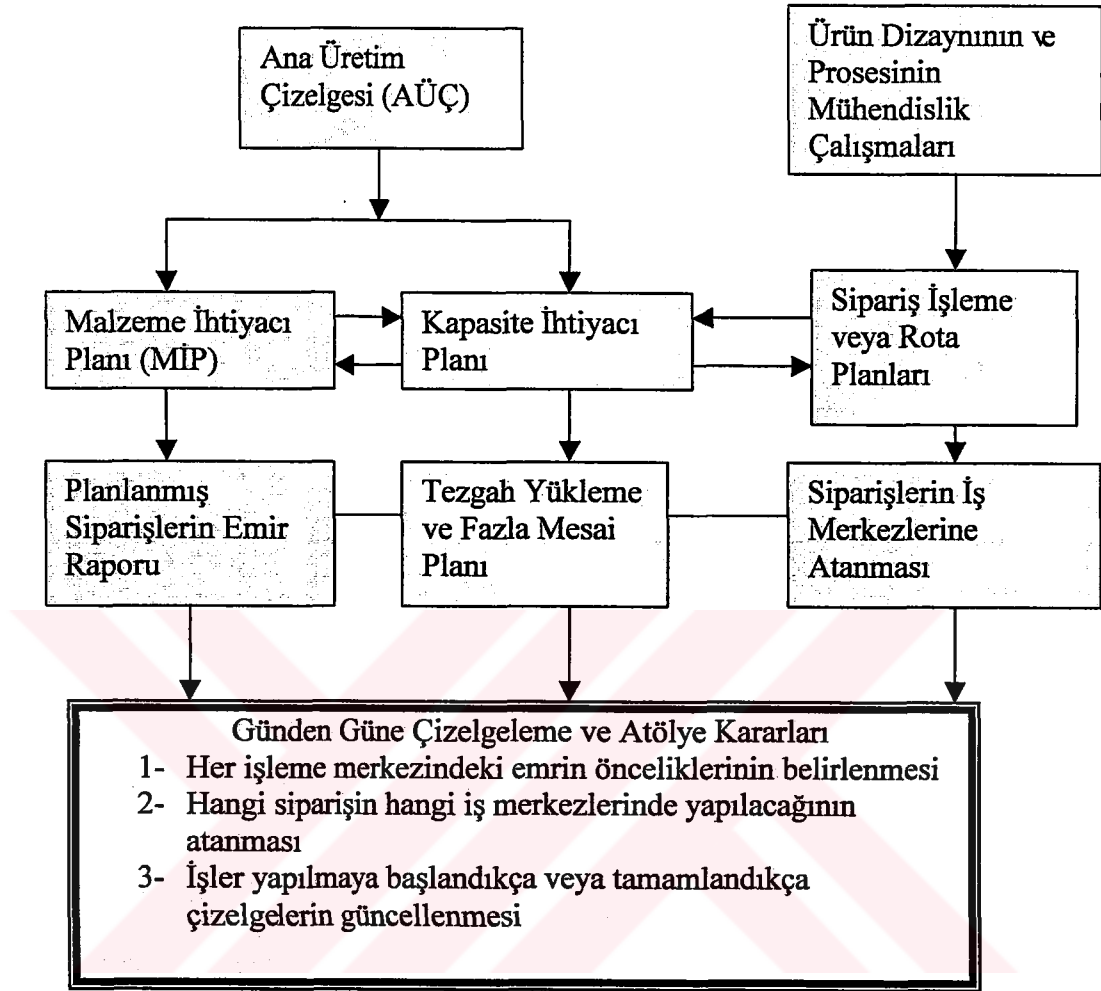
Üretim planlarının oluşturulmasında, talep tahminlerinde olduğu gibi, üretim belirli zaman aralıklarında ve hiyerarşik bir yaklaşım doğrultusunda planlanmalıdır. Genel olarak, üç tip plan geliştirilmiştir. Bunlar; uzun dönemli planlar, orta dönemli planlar ve kısa vadeli planlardır. Yukarıdan aşağıya doğru bir yaklaşımda, öncelikle uzun dönemli plan geliştirilmektedir. Daha sonra, bu plan doğrultusunda oluşturulan kararlar, orta vadeli plan için girdi olarak kullanılmaktadır. Son olarak orta vadeli plan, kısa vadeli planın girdisini oluşturmaktadır. Aşağıdan yukarıya doğru bir yaklaşım ise, kısa vadeli planın oluşturulması ile başlamak ve uzun vadeli planın hazırlanmasıyla bitirilmektedir.

İster yukardan aşağıya, isterse aşağıdan yukarıya bir yaklaşım benimsensin, her bir periyot için yeni bir plan hazırlanmalıdır. Böylece, geleceğe yönelik belirsizlikler dikkate alınmış olacak ve de sonraki periyotlar bu doğrultuda planlanacaktır.

Uzun vadeli bir plan, üç yıldan on yıla kadar ki zaman periyodunu kapsayabilir ve genellikle yıllık olarak güncelleştirilmektedir. Bu ortak düzeyli bir plandır ve tüm fabrikalarla, ürünleri kapsamaktadır. Uzun vadeli planların girdileri, uzun-dönemli toplu tahminler ve mevcut fabrika kapasitesidir. Uzun dönem üretim planları, ekipman ve fabrika yerleşimi, ana tedarikçilerin belirlenmesi ve üretim proseslerinin seçilmesi için hazırlanırlar. Bu plan aynı zamanda, orta dönem ve kısa dönem üretim planlarının da girdilerini oluşturur.

Orta vadeli bir plan, altı aydan iki yıla kadar ki bir aralık için hazırlanır. Bu tip planlar genel olarak, aylık olarak güncelleştirilmektedir ve bir yıllık bir dilimi kapsamaktadır. Orta vadeli bir planı oluşturan girdiler, uzun vadeli plandan elde edilen kapasite ve ürün kararlarıdır. Bu planlarda, işçilik, orta vadeli envanter seviyeleri, kullanılacak araç-gereç ve fabrikadaki değişiklikler planlanmaktadır .

çizelgelerinden oluşturulur. Şekil 2.3’de ana üretim çizelgesinin diğer üretim fonksiyonlarıyla ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Ana üretim çizelgeleme ile diğer üretim fonksiyonlarının ilişkisi (Gaither, 1996)

2.2 Toplu Üretim Planlamanın Tanımı

Toplu planlama, orta vadeli satış tahminlerine destek vermek amacıyla, üretim kapasitesi sağlamaya yönelik plan oluşturma prosesidir (Gaither, 1996). Toplu kelimesi, bu aşamadaki üretim planlarının, çıktıların aynı birim cinsinden ifade edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Toplu üretim planlama esas olarak üretim planlamanın büyük bir resmidir. Planlamacı bireysel ürünlere veya hizmetlere odaklanmaktan kaçınır. Bunun yerine benzer ürünlerin bir grubuna veya bazen üretim hattına odaklanır. Örneğin bazı şirketler istihdam ve üretilecek ürün miktarını belirlerler ve ürettikleri ürünlere taleplerin nasıl dağıldığını belirlemeye çalışmazlar. Sadece elde etmek istedikleri ayrıntılı talep ve kapasiteye odaklanırlar.

Toplu üretim planlama, orta dönemde her zaman aralığındaki kapasiteyi oluşturan, tüm gereksinimlerin toplanması (birleştirilmesi veya gruplanması) ve gerekli kapasiteyi sağlayacak en iyi yolun belirlenmesi işlemidir. Toplu üretim planlamasının hedefleri aşağıda verilmektedir (Nahmias, 1993):

- Fizibilite; iç kapasite gereksinimleri üretim sistemi kapasitesinin sınırları dahilinde olmalıdır.
- Optimallik; kapasite gereksinimleri en az maliyetle karşılanmalıdır.

Toplu üretim planlama orta dönem için beklenen talebin tahmini ve şirket stratejisi ile başlar (Şekil 2.2). Bunu talep edilen ürünlerin üretim adetlerinin, çalışanların ve biten ürünlerin envanter seviyelerinin ayarlanması faaliyetlerini içeren planın hazırlanması aşaması takip eder. Planlar yukarıda da bahsedildiği gibi; fizibilite ve maliyet açısından değerlendirilir. Eğer planlar orta derecede iyi, fakat küçük zorluklara sahipse yeniden düzenlenebilir. Buna karşın eğer plan yetersiz ise, bundan vazgeçilip kabul edilebilir bir plan bulunana kadar alternatifler düşünülür. Üretim planı aslında toplu üretim planlamanın bir çıktısıdır.

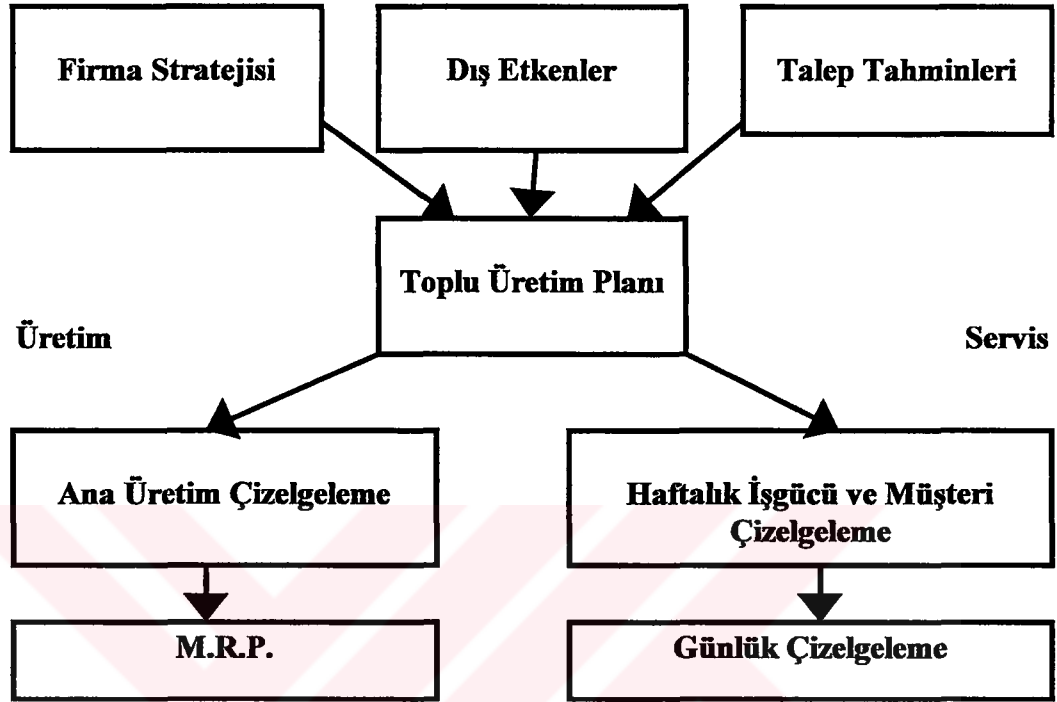
Üretim ve Operasyon Yönetiminde, toplu planlama oldukça önemli bir konudur. Toplu planlama;

1. Tesislerin tam kapasiteleriyle kullanılmasını ve aşırı yükleme ile eksik yükleme faaliyetlerini minimize ederek üretim maliyetlerini azaltmaktadır.
2. Beklenen toplu talebi tahmin etmek için uygun üretim kapasitesini belirlemektedir.
3. Beklenen müşteri talebine ait en üst ve en alt değerleri karşılamak için, üretim kapasitesinin sıralı ve sistematik olarak değiştirilmesine yönelik bir plan hazırlamaktadır.
4. Üretim kaynaklarının kıt olduğu durumlarda, mevcut kaynak miktarına bağlı olarak en fazla çıktıyı elde etmektedir .

2.3 Toplu Üretim Planlamanın Amacı ve Kapsamı

Toplu üretim planlamacılar beklenen talebin miktarı ve zamanlaması ile ilgilenirler. Eğer planlanan dönem için beklenen toplam talep, aynı dönemin mevcut kapasitesinden çok farklı ise, planlamacılar talebin kapasiteden az olması durumunda talebi, aksi durumda ise üretim kapasitesini arttırmaya çalışırlar. Diğer taraftan talep ve kapasite, planlama dönemi için yaklaşık olarak eşit olsa bile, planlamacılar planlanan dönem içinde oluşan düzensiz talepler ile ilgili problemlerle karşılaşabilirler. Aynı dönemde beklenen talep tasarlanan kapasiteyi

aşabilir, bazı dönemlerde beklenen talep tasarlanandan az olabilir veya bazı periyotlarda ise eşit olabilirler. Toplu üretim planlama yapan kişinin görevi, tüm planlama dönemi içindeki kapasite ve talep eşitliğini kabaca elde etmektir. Şekil 2.4’de toplu üretim planının genel olarak yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Toplu üretim planı (Chung ve Krajewski, 1984)

Toplu planlar detaylara girmeden hareketin izlediği yola odaklanır, firmanın stratejik hedefleri ve amaçları ile tutarlılık gösterirler ve bu nedenle çok yararlıdırlar. Toplu planlamanın ana amacı, üretim hızının, işgücü seviyesinin ve mevcut envanterin optimum birlikteliğini belirlemektir. Üretim hızı bir birim zamanda tamamlanmış ürün sayısını ifade etmektedir. İşgücü seviyesi, üretim için gerekli olan çalışan sayısını belirtir. Mevcut stok ise önceki dönemden kullanılmayarak aktarılan stok miktarıdır. Diğer bir deyişle toplu üretim planlamanın amacı, beklenen talep ile arz arasındaki dengeyi sağlayabilecek fizibil üretim planının geliştirilmesidir.

Toplu planlama, üretim ve operasyonların yönetiminde, aşağıdaki sebeplerden dolayı oldukça önemlidir;

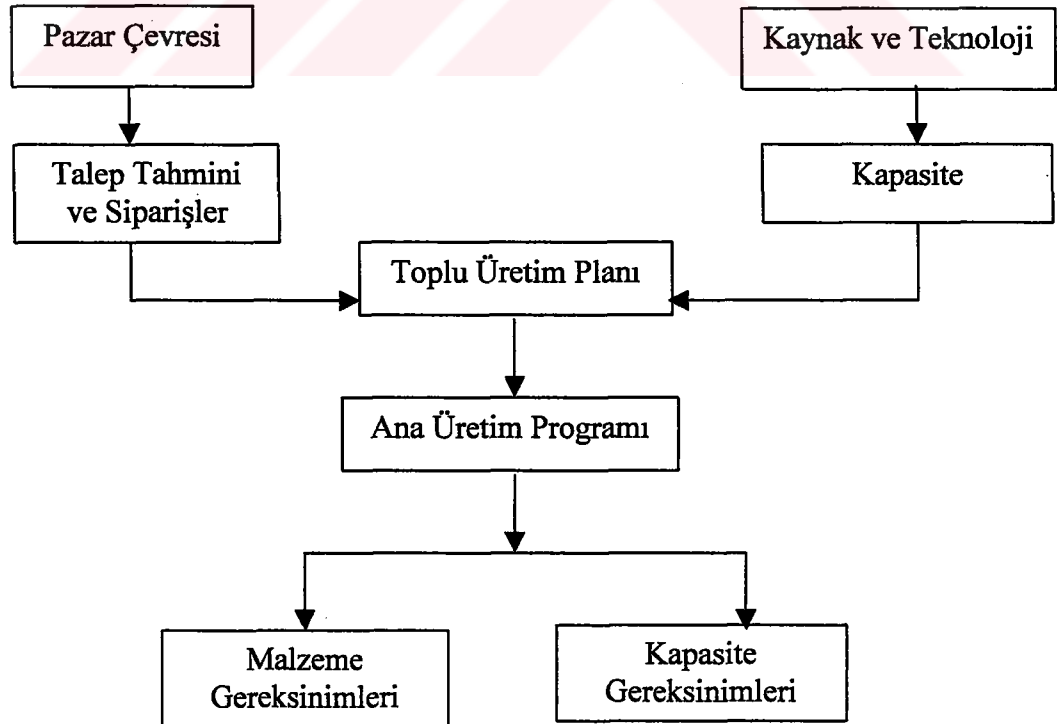
1. Toplu planlama, tamamen yüklü tesisleri, aşırı ve normalden az yüklemeleri minimize ederek, dengeli bir hale getirir.

2. Toplu planlama, beklenen toplam talebi karşılayacak şekilde, yeterli üretim kapasitesi sağlar.
3. Toplu planlama, beklenen müşteri talebindeki değişiklikleri karşılayacak şekilde, üretim kapasitesinin sistematik ve düzenli akışını kolaylaştırır.
4. Toplu planlama, üretim kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda, mevcut kaynaklardan en yüksek çıktıyı elde etme olasılığını artırmaktadır (Gaither, 1996).

Etkin bir toplu üretim planlama için birçok önemli bilgiye ihtiyaç vardır. Öncelikle planlama dönemi içerisinde kullanılabilir kaynaklar bilinmelidir. Ayrıca beklenen talebin bir tahmini yapılmalıdır ve son olarak planlamacılar istihdam ile ilgili herhangi bir değişim politikasını göz önünde bulundurmalıdır. Örneğin bazı organizasyonlarda hiç arzu edilmediği halde işçilerin geçici olarak işten çıkarılmaları gerekebilir, planlamacılar bu alternatifi genellikle düşünmek istemeyebilirler ya da en son çare olarak kullanmayı tercih ederler.

2.4 Toplu Üretim Planlama Prosesi

Toplu planları takiben hazırlanan ana planlar, tüm planı spesifik son parçalar veya öncelik verilebilen modeller cinsinden ifade etmektedir. Ana planlar, üretim faaliyetleri üzerindeki en önemli kontroldür. Şekil 2.5’ de, toplu planla ana planın basitleştirilmiş yapısı verilmektedir.



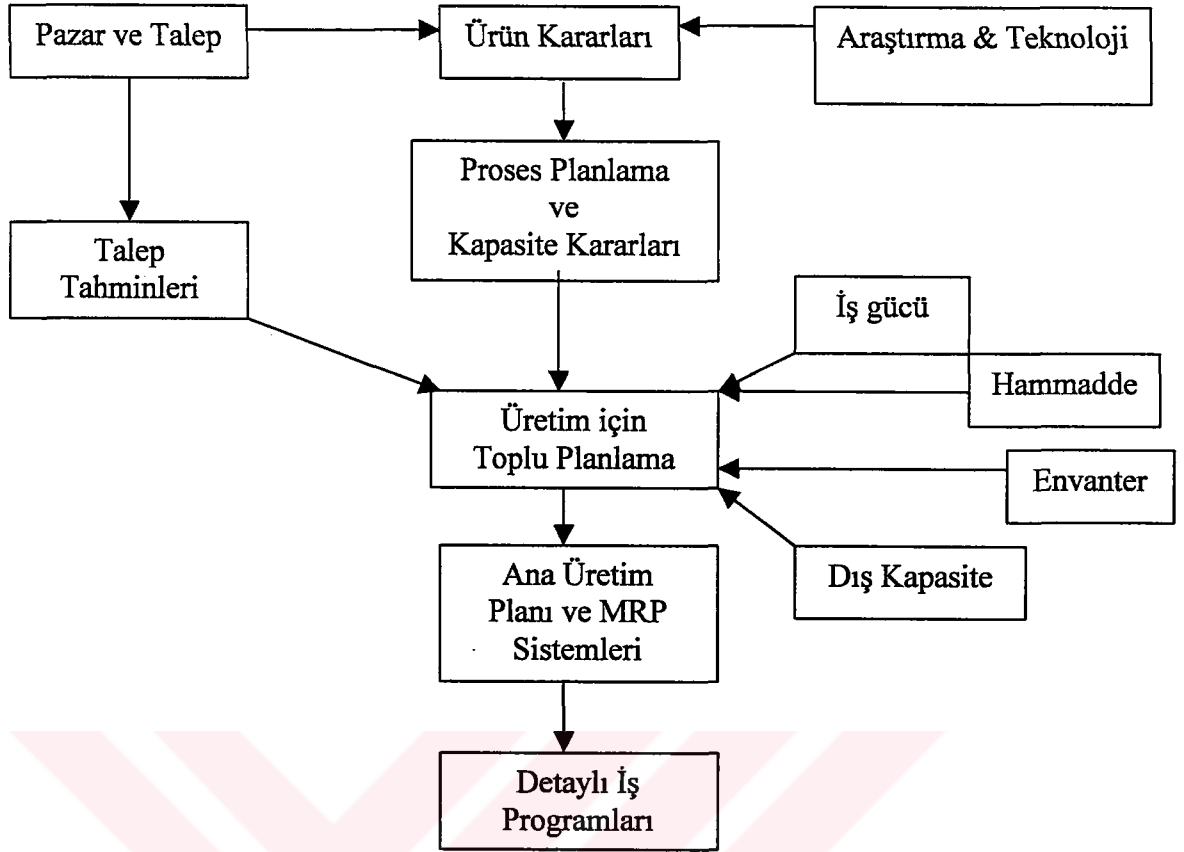
Şekil 2.5 Toplu plan ve ana üretim planı arasındaki etkileşim (Monks, 1987)

Toplu planlama, orta vadeli satış tahminlerine destek vermek amacıyla, üretim kapasitesi sağlamaya yönelik plan oluşturma prosesidir. Toplu planlama prosesi aşağıdaki basamakları takip etmektedir;

1. Her bir periyotta satılması beklenen her bir ürüne yönelik satış tahmini yapılır.
2. Belirli bir fabrika için tüm ürün veya hizmete yönelik tahminler toplu talep cinsinden ifade edilir. Şayet ürünler farklı birimler cinsinden tanılanmışlarsa, toplu çıktıları üretim kapasitesine bağlayan tek bir birim seçilir.
3. Her bir periyoda ait toplu talep işçiler, malzemeler, makineler ve toplu talebi karşılamak için gerekli üretim kapasitesine ait diğer elemanlar cinsinden değiştirilir.
4. Kümülatif toplu talebe destek verecek gerekli üretim kapasitesi temini için alternatif kaynak tasarımları geliştirilir.
5. Toplu talebi karşılayan ve organizasyonun hedeflerini en iyi şekilde karşılayan kapasite planı alternatifler arasından seçilir.

Toplu planlama, uygun kaynakların genel terimler kullanılarak birleştirilmesi demektir. Planlayıcı bir fabrika için, gelecek 3-18 ayı göz önüne alarak çıktı oranını belirleyebilmek için, talep tahminini, fabrika kapasitesini, envanter seviyelerini, iş gücü büyüklüğünü ve gerekli girdileri kullanmaktadır.

Toplu planlama, daha büyük üretim planlama sisteminin bir parçasıdır. Dolayısıyla, bazı içsel ve dışsal faktörlerle plan arasındaki etkileşimleri anlamak faydalıdır. Şekil 2.6, operasyon yöneticisinin sadece pazarlama departmanından talep tahminini almakla kalmayıp, aynı zamanda finansal veriyle, personelle, kapasiteyle ve ham maddenin elde edilebilirliğiyle ilgilenmesi gerektiğini göstermektedir. Bir üretim çevresinde, toplu planların daha detaylı kısımlara bölünerek incelenmesi ayrıştırma olarak bilinmektedir. Ayrıştırma sonucunda, malzeme ihtiyaç planlama sistemlerine girdi sağlayan ana üretim planları ortaya çıkmaktadır. Ana üretim planları, son ürünlerin elde edilebilmesi için satın alınması veya üretilmesi gerekli olan parçaları belirtmektedir. İnsanlar için detaylı iş planları ve ürünler için öncelikli planlama üretim planlama sisteminin son adımını oluşturmaktadır (Gaither, 1996).



Şekil 2.6 Toplu planlamanın çevresiyle etkileşimleri (Heizer ve Render, 1998)

2.5 Toplu Üretim Planlama Stratejileri

Toplu planlamadaki değişkenler, işgücü, malzeme ve sermaye girdileridir. Bu değişkenler ile, talep ile üretim faaliyetlerindeki dalgalanmalar, çeşitli üretim stratejileri aracılığıyla dengelenmektedir. İlk strateji, talebin yapısındaki değişkenliğe bağlı olarak, işgücünü değiştirmeyi önermektedir. İkinci strateji ise, işgücü seviyesini sabit tutmaktadır. Burada, talebin yüksek olduğu dönemlerde mesaiye gidilmekte, talebin düşük olduğu dönemlerde ise, işçilerin boşta kalmasına müsaade edilmektedir. Üçüncü stratejide, işgücü büyüklüğü ve üretim miktarı sabit tutulmakta, ancak envanter bulundurulmaktadır. Bu strateji, hastane, ulaşım firmaları gibi envanter taşıması mümkün olmayan hizmet sektörlerinde kullanılmamaktadır.

Elde bulundurmama stratejisi ise, müşterinin teslimat için beklemeye razı olduğunu varsaymaktadır. Böylece, üretim etkin bir şekilde düzenlenebilmektedir. Başka bir firmaya iş yaptırma stratejisi, sabit miktarda üretimin gerçekleştirilmesine olanak vermekte ve de fabrika kapasitesinin gerek kısa vadede gerekse uzun vadede düzenlenmesine yardımcı olmaktadır.

En uygun strateji, planlama döneminin uzunluğuna ve sonuçta ortaya çıkacak maliyet /faydaya bağlı olarak belirlenmelidir. Tüm bu stratejiler dışında, orta ve kısa vadede, gerekli çıktıyı üretebilmek için, ek teçhizat kullanımına gidilebilir. Bununla birlikte, parçaların üretilmesi yerine dışardan satın alınması veya işgücünün farklı işlere atanması gibi alternatifler de mevcuttur (Monks, 1987).

Tüm bu planlama stratejileri, envanterin yönetimini, üretim oranlarını, iş gücü seviyelerini, kapasiteyi ve diğer kontrol edilebilir değişkenleri içermektedir. Aşağıda, sekiz farklı toplu planlama seçeneği inceleyelim. İlk beş seçenek, talebi değiştirmeye çalışmayıp, talepteki değişiklikleri elimine etmeye çalıştığı için, kapasite seçenekleri olarak adlandırılmaktadır. Son üç seçenek, planlama periyodu boyunca, talepteki değişiklikler, firmalar tarafından düzenlenmeye çalıştığı için, talep değişiklikleri olarak sınıflandırılmıştır.

2.5.1 Kapasite seçenekleri

Bir firma aşağıdaki temel kapasite seçeneklerinden birini seçmelidir:

1. *Envanter seviyelerinin değiştirilmesi:* Yöneticiler, gelecek dönemlerdeki yüksek talebi karşılamak için, düşük talepli dönemlerdeki envanter miktarını artırabilirler. Eğer biz bu strateji benimsenirse, depolama, sigortalama, elde bulundurma maliyetleri ile eskime ve hırsızlık gibi etkenlerden dolayı karşılaşılan maliyetler para artacaktır. Bir başka açıdan, firmalar artan taleple karşılaştıklarında, uzun temin sürelerinden ve kötü müşteri servisinden dolayı, satışlarda kayıplarda ortaya çıkabilecektir.

2. *Kiralama veya işten çıkarmalarla işgücünün değiştirilmesi:* Talebi karşılamamanın bir yolu da, üretim oranlarına uygun sayıda, üretim işçisi kiralamak veya işten çıkarmaktır. Bununla birlikte, işe yeni alınanların eğitimi esnasında, ortalama üretkenliğin geçici olarak düşmesi olasıdır. Ayrıca, işten çıkarma veya alımlarda çalışanların morallerinin bozulması sonucunda, üretkenliğin düştüğü gözlenmektedir.

3. *Üretim oranlarının mesai veya normalden az çalışmayla değiştirilmesi:* Bazı durumlarda, talepteki değişkenliklere bağlı olarak çalışma saatlerini değiştirerek, sabit bir iş gücü seviyesini korumak mümkündür. Talebin tırmanışta olduğu durumlarda, mesai suresiyle ilgili olarak gerçekçi sınırlamalar getirilmektedir. Mesai, beraberinde daha fazla maliyet oluşturmakta ve de mesai sonucunda, toplam üretkenlik düşmektedir. Ayrıca, mesai, bir fabrikayı açık tutmak için gerekli olan artmış maliyetleri ifade etmektedir. Bir başka açıdan, firmalar talebin düşük olduğu periyotta, işçilerin boş zamanını elimine etmelidir (Sipper ve Bulfin, 1998).

4. *Başka bir firmaya iş yaptıırma*: Firmalar talebin yüksek olduğu periyotlarda, geçici kapasite kullanabilirler. Başka bir firmaya iş yaptıırma maliyet artışı, rekabet ortamının genişlemesi ve aynı kalitede ürünü, zamanında teslim eden tedarikçiyi bulmanın zorlukları gibi dezavantajlara sahiptir.

5. *Part-time işçi kullanımı*: Özellikle hizmet sektöründe, part-time işçiler, yetersiz işgücü yerine kullanılabilirler. Bu uygulama, hızlı-yemek restoranlarında, perakende departmanlarında ve süper marketlerde oldukça yaygındır.

2.5.2 Talep seçenekleri

1. *Talebin etkilenmesi*: Talebin düşük olduğu zamanlarda, firmalar talebi, kişisel satışlarla, reklamlarla ve ücret indirimleriyle artırmaya çalışabilir. Bununla birlikte, özel reklamlar, satışlar ve ücret dağılımı talep ve üretim kapasitesini dengelemekte her zaman yeterli olmamaktadır.

2. *Yüksek talepli periyotlarda elde bulunmayan miktar*: Elde bulunmayan miktar, bir firmanın kabul ettiği ama yerine getiremediği, hizmet ve ürünlere yönelik siparişleri ifade etmektedir. Eğer müşteriler, siparişlerini ve yatırımlarını kaybetmeden beklemeyi kabul ediyorlarsa, bu seçenek uygun bir strateji olacaktır. Birçok firma, bu seçeneği kullanmakla birlikte, yaklaşımlarından dolayı satışlarında kayıplarla karşı karşıya kalmışlardır.

3. *Mevsimler arası ürün ve hizmet karışımı*: Üreticiler arasında, mevsimler arası ürün karışımını düzenleyen ve iyileştiren teknikler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu yaklaşımı benimseyen firmalar kendilerini, hedef pazarlarının ve uzmanlık alanlarının dışındaki bir alanda ürün/hizmetle ilgili olarak bulabilirler. Çizelge 2.1' de, bu sekiz seçeneğin avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 Toplu planlama seçeneklerinin avantaj ve dezavantajları (Heizer ve Render, 1998)

Seçenek	Avantajlar	Dezavantajlar	Yorum
Envanter seviyelerinin değiştirilmesi	İnsan kaynaklarındaki değişiklikler ya çok azdır ya da yoktur; ani üretim değişiklikleri bulunmamaktadır	Envanter maliyetleri yükselebilir. Darboğaz, satışlarda kayba yol açabilir	Çoğunlukla üretime uygulanır, hizmet ve operasyonlar için geçerli değildir
Kiralama veya işten çıkarmalarla işgücünün değiştirilmesi.	Diğer alternatiflerin maliyetlerinden kaçınmak	Kiralama, işten çıkarma ve eğitim maliyetleri yüksek olabilir	İşgücünün yüksek olduğu yerlerde kullanılır
Üretim oranlarının mesai veya boş zaman aracılığıyla değiştirilmesi	Mevsimsel dalgalanmaların kiralama/işten çıkarma maliyetlerinden hariç olarak ayarlanması	Mesai primleri; yorgun işçiler talebi karşılayamaya bilirler	Toplu plan dahilinde esnekliğe izin verir
Dışarıdan destek alınması	Esnekliğe izin verilmesi ve firmanın çıktısının düzgünleştirilmesi	Kalite kontroldeki kayıplar; kardaki düşüş; gelecekteki bir işin kaybedilebilmesi	Çoğunlukla, üretim hazırlığında kullanılır
Part-time işçilerin kullanılması	Tam-gün çalışan işçilere göre daha esnektir ve daha düşük maliyetlidir	Yüksek ciro ve eğitim maliyetleri; kalitenin elde edilişinde ve programlamada zorluk ortaya çıkması	Geçici işgücüne ve fazla yeteneğe gereksinim duymayan işler için uygundur
Talep üzerinde değişiklikler yapılması	Fazla kapasitenin kullanılmaya çalışılması. İndirimlerle yeni müşterilerin çekilmesi	Talepteki belirsizlik. Arz ile talep arasındaki uyumun tam olarak sağlanmasındaki zorluk	Pazara yönelik fikirler yaratılması. Bazı işyerlerinde fazladan sipariş alınması
Yüksek-talepli periyotlarda siparişlerin biriktirilmesi	Mesaiden kaçınılması. Kapasitenin sabit olarak tutulması	Envantere bağlanan para oldukça yüksektir	Birçok firma siparişleri biriktirmektedir
Mevsimler arası ürün ve hizmet karışımı.	Kaynakların tam olarak kullanılması; sabit işgücü	Firmanın uzmanlık alanının dışındaki gereksinimler	Farklı talep yapısına sahip ürünlerin ve hizmetlerin bulunması

Her bir kapasite ve talep seçenekleri etkili bir toplu plan oluşturabilse de, bu seçeneklerin kombinasyonunun daha etkili olması olasıdır.

2.6 Toplu Üretim Planlama Yöntemleri

Her bir toplu planlama yöntemi için, sene bazında kiralanan işçilerin sayısı, işten çıkartmaların sayısı ve ortalama yıllık envanter seviyeleri hesaplanmaktadır. Her bir plan için, yıllık işten çıkartmaların ve işe alımların maliyetleriyle envanter taşıma maliyetleri hesaplanır ve tüm bulunan değerler toplanır. Düzey kapasite planı, en düşük maliyetli planı vermesine ve operasyon yöneticileri tarafından tercih edilmesine rağmen, her zaman en düşük maliyetli alternatif değildir.

Kiralama maliyetleri, işçi kiralama sonucunda ortaya çıkan insan kaynakları departmanı maliyetleri, yeni işçilerin eğitimi ve işçilerin işlerini öğrenirken boşa harcadığı malzeme maliyetlerini içermektedir. İşten çıkarma maliyetleri ise, insan kaynakları departmanı ücretleri, tazminat ödemeleri ve işsizlik faydalarını kapsayan maliyetlerin tümünü içermektedir (Gaither, 1996).

2.6.1 Geleneksel Toplu Üretim Planlama Yöntemleri

Üretim kapasitelerine bağlı olarak, müşteri talebini karşılamaya yönelik çeşitli planlar oluşturulmuştur. Takipsel plan ve düzey-kapasite planı, envanter, elde bulunmayan miktar, mesai ve dışarıya iş yaptırma seçenekleriyle birlikte en çok kullanılan geleneksel planlardır.

Birçok üretici, talep seçeneklerinin kullanımının pazarlama departmanı tarafından araştırıldığını ve mantıklı seçeneklerin talep tahminine eklendiğini varsaymaktadır. Operasyon yöneticisi bu talep tahminine bağlı olarak, toplu planı oluşturmaktadır. Bununla birlikte, beş kapasite seçeneğine bağlı olarak, operasyon yöneticisinin birçok alternatif planı mevcuttur. Bu planlar, iki aşırı uçta, talep kapasitesi ve ortalama kapasite stratejisi olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Heizer ve Render, 1998).

Talep Kapasitesi Stratejisi

Talep kapasitesi stratejisinde, her bir periyottaki üretim kapasitesi, o periyottaki tahmin edilen toplu talebi karşılayacak şekilde düzenlenmektedir. Bu tip bir yaklaşım, her bir periyottaki işgücü seviyesini kiralama, işten çıkarma veya yedek işçi kullanımıyla değiştirmektedir. Talep kapasitesinin en büyük avantajı, bitmiş (son) ürüne yönelik envanter ihtiyacının bulunmamasıdır. Bu sayede, envanter taşıma maliyetinin büyük bir kısmı azalmaktadır. Bununla birlikte, malzeme ve işgücü maliyetleri, malzeme tedarik kapasitelerinin ve işgücü seviyelerinin değişkenliğinden dolayı yüksek olma eğilimindedir.

Talep kapasitesi stratejisi, talep tahminini karşılayacak çıktı oranlarını elde etmeye çalışmaktadır. Bu strateji birçok yolla başarılabilmektedir. Örneğin, operasyon yöneticisi iş gücü seviyelerini kiralama/işten çıkarma yolu ile değiştirebileceği gibi, üretimi de mesai, normal zamandan az çalışma, part-time işçi kullanımı ve başka bir firmaya iş yaptırma yolu ile değiştirebilir. Birçok hizmet organizasyonu, envanter seçeneğinin zor ve uygulanması zor olduğundan dolayı, bu seçeneği tercih etmektedir. Eğitim, sağlık ve yapı endüstrilerinde, takipsel stratejiyi kullanmaktadır.

Ortalama Kapasite Stratejisi

Ortalama kapasite stratejisi, günlük üretimin periyottan periyoda düzgün olduğu bir toplu planı ifade etmektedir. Buradaki felsefe sabit işgücü ile daha kaliteli ürün elde edilebilmesi, ortak amaçlar doğrultusunda daha fazla çalışan katılımı ve daha az işçi alımını içermektedir. Bu stratejinin diğer kazançları, daha kaliteli işçi kullanımı, daha kolay programlama ve yönetim ve de daha az üretim kesintileri şeklinde kendini göstermektedir. Ortalama kapasite, talebin sabit olduğu durumlarda iyi çalışmaktadır (Heizer ve Render, 1998).

Ortalama kapasite yaklaşımında, planlama periyodu süresince, üretim kapasitesi sabit tutulmaktadır. Sabit üretim ve değişen talep oranları arasındaki fark, envanter, elde bulunmayan miktar, mesai ve başka bir firmaya iş yaptırma yöntemlerinden biri ile dengelenmektedir. Bu yaklaşımın en büyük avantajı, düşük üretim maliyetleri oluşturmastır. Düşük üretim maliyetleri aşağıdaki sebeplerden dolayı ortaya çıkmaktadır:

1. İşçileri kiralama ve işten çıkarma maliyetleriyle, mesai kullanımı hemen hemen elimine edilmektedir.
2. Malzeme tedarikleri için yeni kaynakların geliştirilmesi ve bu kaynaklara yer ayrılmasından doğan maliyetler minimize edilmektedir.
3. Sadece en verimli üretim makinesi kullanılmaktadır.
4. Ürün başına işgücü ve malzeme maliyetleri, üretim sisteminin ritmik operasyonunun, operasyonların sürekli başlangıç ve kapanışlarını elimine etmesinden dolayı düşüktür.
5. Üretimin izlenmesi ve kontrolü kolaylıkla yapılabilir. Ayrıca, işçiler daha kalifiye olduğundan hurda oranı düşüktür.
6. Gönüllü sermaye devirleri daha düşük olabilir (Gaither, 1996).

2.6.2 Matematiksel Toplu Üretim Planlama Yöntemleri

Son yıllarda, bilgisayarların kullanımının ve yöneylem araştırması disiplinin gelişmesiyle birlikte, bazı toplu planlama metotları gelişmiştir. Bu metotlar, üretim kaynaklarının elde edilebilirliğine ve toplu talep kısıtlarına bağlı olarak, organizasyon hedeflerine ulaşmaya çalışan üretim sistemleri için kapasite planları tasarlamayı hedeflemektedir. Burada bu amaçla kullanılan dört farklı yöntemin karakteristikleri ve yaklaşımları verilmiştir. Bu yöntemler: lineer programlama, lineer karar kuralları (LDR), yönetim katsayıları ve bilgisayar araştırmasıdır (Chung, 1982).

Lineer Programlama (LP)

Lineer programlama modelleri, genel olarak, planlama periyodu boyunca, normal zaman işgücü maliyetleri, mesai maliyetleri, işçi kiralama veya işten çıkartma ile başka bir firmaya iş yaptırma maliyetlerini içeren toplam operasyon maliyetlerini minimize etmeye çalışmaktadır. Modelin kısıtları, genellikle işgücü ile minimum kümülatif toplu talebi kapsayan her bir periyottaki mevcut maksimum kapasite gibi faktörleri içermektedir.

Lineer Karar Kuralları (LDR)

LDR normal zaman işçi ücretleri, kiralama, işten çıkarma, mesai, envanter taşıma, elde bulundurma, elde bulundurmama ve hazırlık maliyetlerini içeren belirli bir üretim sistemi için, basit bir kuadratik matematiksel maliyet fonksiyonu geliştirmiştir. Bu fonksiyon, planlama dönemindeki her bir periyodu kapsamaktadır. Kuadratik matematiksel maliyet fonksiyonu, her bir periyotta üretilen çıktı sayısı ve işgücü büyüklüğü olmak üzere iki temel karar değişkenini içermektedir.

Kuadratik matematiksel maliyet fonksiyonu, iki farklı lineer matematiksel fonksiyon elde edilebilmesi için, matematiksel metotlarla bölünmüştür. Bu lineer fonksiyonlardan biri, bir sonraki periyot için üretilmesi gerekli birim sayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Diğerisi ise, yine bir sonraki periyot için işgücünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu iki lineer denklem, her bir periyodun başlangıcında, bir sonraki periyot için üretim kapasitesinin ve işgücü büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Böylece, kiralanacak veya işten çıkartılacak işçilerin sayısı, gerekli mesai saati, envanterlerdeki beklenen değişiklikler ve makinelerde yapılması gerekli köklü değişiklikler kararlaştırılmaktadır (Chung, 1982).

Yönetim Katsayıları

Yönetim katsayıları modeli, sezgisel sonuçlar veren bir kapasite planlama tekniğidir. Bu yaklaşımın en temel varsayımı, yöneticilerin sezgilerini ve çeşitli kompleks kriterleri kullanarak kapasite planları geliştirmeleridir. Bu teknik, yöneticinin geçmiş kapasite planlama kararlarında kullandığı verilere dayanarak, gelecek kapasite planları için tahmini bir regresyon denklemi geliştirmektedir. Bu yaklaşım, yöneticilerin neden belli kapasite planlama kararları verdiğini açıklamaya çalışmamaktadır. Yönetim katsayıları yaklaşımı, sadece, bireysel yöneticilerin karar proseslerini tanımlamaya çalışmaktadır. Bu tekniğin, belirli koşullar altında iyi sonuçlar verdiğine yönelik kanıt bulunsa da, tekniğin yaygın olarak kullanılmasında birçok engel mevcuttur. Bu zayıflıkların başında, tekniğin, yöneticinin karar verme davranışını yansıtan regresyon modelinin oluşturulmasında, bireysel uzmanlığa bağlı kalması gelmektedir.

Bilgisayar Araştırma

Bilgisayar araştırma teknikleri, bir planlama dönemindeki kümülatif toplu talebi karşılayabilmek için, her bir periyottaki üretim kaynaklarının (mesai, işten çıkarımlar, işe alımlar vb.) binlerce kombinasyonunu, sırasıyla incelemektedir. Bu metot, kaynakların her bir periyot için düşük maliyetli bir kapasite planının oluşturulmasında, önceden programlanmış kuralları kullanmaktadır.

Bilgisayar programları, toplu talebi karşılayan ve işletim maliyetini hesaplayan kapasite kaynaklarının kombinasyonunu belirlemektedir. Bu amaçla her seferinde, araştırma kuralları aracılığıyla bir önceki maliyetten daha düşük maliyeti veren kombinasyonu seçmektedir. Bu işlem, operasyon maliyetlerinde önemli bir düşüş gözlenmeyen ana kadar devam eder. Her bir periyottaki, kapasite kaynaklarının son kombinasyonu, kapasite planıdır.

Toplu planlar, spesifik bir zamanda, ekonomik olarak üretilebilen müşteri siparişlerinin büyüklüğünü belirlemektedir. Üretim kapasitesinin üst limiti, ürün ve servislerin günlük olarak planlanmasında etkili olmaktadır. Ana üretim planları, günlük kısa dönemli planların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. (Gaither, 1996)

2.7 Toplu Üretim Planlamada Karşılaşılan Problemler

Toplu planlamanın amacı, üretim amaçlarını başarmak için gerekli olan toplu üretim miktarlarını ve gerekli kaynakların düzeylerini belirlemektir. Uygulamada, bu durum

çalıştırılması gerekli işçilerin sayısını bulmada ve de her bir planlama periyodunda üretilmesi gereken toplu birimlerin sayısını belirlemede kullanılmaktadır.

Toplu planlamanın öncelikli hedefi, üretim ve işgücü seviyelerindeki değişikliklerden meydana gelen arızaları ve üretimin kazançlarını dengelemektir.

Toplu planlamada karşılaşılan en önemli problemler şunlardır:

1. Düzgünleştirme: Düzgünleştirme, bir periyottan diğer bir periyoda üretim ve işgücü seviyelerinin değiştirilmesi sonucu oluşan maliyetleri ifade etmektedir. Düzgünleştirme maliyetleri, kiralama veya işten çıkarma sonucunda oluşan maliyetlerdir. Toplu planlama metodolojisi, bu maliyetlerin spesifikasyonunu gerektirmektedir. İşçilerin işten çıkarılması, değerlendirilmesi zor maliyetler yaratabilir. Ayrıca, sık olarak işçilerin işten çıkarılması veya işe alınması, firmaların imajını olumsuz olarak etkileyebilir. Bununla birlikte, yönetimin değişen işgücü seviyeleriyle ilgili olarak meydana gelen maliyetler hakkında bilgi edinmesi ise oldukça değerlidir.

2. Darboğaz problemleri: Darboğaz kapasite sınırlamaları sonucunda, sistemin talepteki ani değişikliklere yanıt verememesi olarak ifade edilmektedir. Örneğin, bir aya yönelik talep tahmini beklenilenden daha fazla olduğu ve de fabrikanın talebi karşılamak için yeterli kapasitesinin olmadığı yada teçhizatın önemli bir parçasının arızalanması gibi durumlarda darboğaz meydana gelebilir.

3. Planlama periyodu: Talep tahmini yapılacak periyotların sayısını ifade etmektedir. Talep tahmini yapılacak periyodun, T , değerinin seçimi toplu plandan elde edilebilecek faydanın miktarını belirlemektedir. Eğer, T çok küçük ise, o taktirde mevcut üretim seviyeleri talebi karşılamakta yetersiz kalacaktır. T çok büyük olarak seçilirse, geleceğe yönelik tahminler yanlış olabilecektir. Planlama periyodu ile ilgili diğer önemli bir konuda, periyot sonundaki etkidir. Örneğin, toplu plan periyot sonundaki envanterin, elde bulundurma maliyetlerini minimize etmek için, sıfıra indirgenmesini önerebilir. Böyle bir yaklaşım, özellikle talebin arttığı dönemlerde, zayıf bir strateji olabilir.

Uygulamada inişli-çıkışlı (rolling) planlar kullanılmaktadır. Bu ise, bir sonraki karar aşaması için yapılacak yeni bir talep tahmininin, önceki taleplere eklenmesi veya eski tahminlerin yeni bilgiyi yansıtacak şekilde güncelleştirilmesi demektir. İnişli-çıkışlı planlar yaygın olarak kullanılmakla birlikte, üretim temin zamanlarından dolayı, planın belirli sayıdaki planlama periyotları için dondurulması gereklidir. Bu ise, bazı gelecek periyotların toplamına yönelik kararların değiştirilemeyeceği anlamına gelmektedir (Sipper ve Bulfin, 1998).

4. *Talep yönetimi*: Toplu planlama metodolojisi talebin kesinlikle bilindiği varsayımına dayanmaktadır. Bu, yaklaşımın hem zayıf noktasını hem de güçlü yanını oluşturmaktadır. Yaklaşımın zayıf noktası, tahminde hata olabileceğini kabul etmemesidir. Toplu planlama, beklenmeyen talep hataları için envanter taşımamaktadır ve yöneticinin sistematik değişikliklere odaklanmasına olanak sağlamaktadır. Deterministik talep varsayımıyla, mevsimsel değişikliklerin ve iş çevrimlerinin etkileri planlama fonksiyonuna dahil edilebilir.

2.8 Toplu Üretim Planlama Maliyetleri

Her bir toplu planlama stratejisinin fayda ve maliyetleri vardır. Buradaki maliyetler, talebin yapısındaki değişkenliğe göre çeşitli ayarlamalar yapılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Her bir alternatif strateji için fayda/maliyet analizi yapıldıktan sonra, en uygun strateji tercih edilmelidir (Monks, 1987).

Üretim yönetiminde karşılaşılan birçok optimizasyon problemiyle birlikte, analizin amacı, maliyeti minimize eden toplu planı seçmektir. Planlama kararından etkilenen spesifik maliyetleri tanımlamak ve ölçmek önemlidir.

Toplu planlama prosesinde ortaya çıkan maliyetler beş ana başlık altında incelenmektedir:

1. *Düzgünleştirici maliyetler*: Düzgünleştirici maliyetler, üretim seviyelerinin bir periyottan gelecek periyoda değişmesi sonucu artan maliyetlerdir. Toplu planlamada, en belirgin düzgünleştirici maliyetlerden biride işgücü büyüklüğünü değiştirme maliyetidir. İşgücü büyüklüğünü artırma, zaman ve maliyeti de beraberinde getirmektedir. Bu kategorideki diğer maliyetler; işgücü moralindeki düşüşün yarattığı maliyetler, işten çıkarma sonucunda kaybedilen potansiyel işçilerden kaynaklanan maliyetlerdir.

Birçok model, işgücü seviyesindeki artış ve azalışların, kiralanan veya işten çıkarılan çalışanların sayısının lineer bir fonksiyonu olduğunu varsaymaktadır. Lineerlik yaklaşımı belli bir noktaya kadar geçerlidir. İşgücü temini zor bir hale geldikçe, işçi kiralamak için ek maliyetler oluşabilecektir. İşçi sayısı gerekenden fazla bir sayıya ulaştığında ise, işten çıkarma maliyeti yükselebilir.

2. *Elde bulundurma maliyeti*: Elde bulundurma maliyeti, envantere sermaye bağlanması sonucu ortaya çıkan maliyetlerdir. Şayet firma, envanterini azaltabilirse, kurtarılan para faiz geliri elde etmek suretiyle başka bir yere bağlanabilir. Elde bulundurma maliyetlerinin, belirli bir zamanda elde bulundurulan birimlerin sayısı ile lineer olduğu varsayılmaktadır.

3. *Elde bulundurmama maliyetleri:* Elde bulundurmama maliyeti de, bir önceki maliyet gibi lineer olarak incelenmektedir. Bu maliyetin belirlenmesinde kıtlık faktörü dikkate alınmaktadır. Kıtlık, tahmin edilen talebin, üretim tesisinin kapasitesini aştığı zamanda veya talebin beklenilenden fazla olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Toplu planlamanın amacından sapmamak için, fazla talep biriktirilmekte ve gelecek bir periyotta karşılanmaktadır. Bununla birlikte rekabetin fazla olduğu ortamlarda, fazla talebin kaybedilmesi ve müşterinin başka bir yere gitmesi olasıdır. Kayıp satışlar olarak bilinen bu durum, basit parçaların yönetiminde daha uygundur ve perakende endüstrisinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

4. *Normal çalışma zamanı maliyetleri:* Buradaki maliyetler, düzenli çalışma saatlerinde üretilen bir birim çıktının maliyetini içermektedir. Bu kategoride, normal çalışma zamanındaki çalışan ücretleri, direkt ve direkt olmayan malzeme maliyetleri ve diğer üretim harcamaları mevcuttur.

5. *Mesai ve başka bir firmaya iş yaptırma maliyetleri:* Mesai ve başka bir firmaya iş yaptırma maliyetleri, normal çalışma zamanında üretilmeyen birimlerin üretim maliyetleridir. Mesai, normal çalışma zamanına ek olarak çalışan tam gün çalışanlarının üretimidir. Başka bir yere iş yaptırma ise, bir dış tedarikçi tarafından üretilen parçaları içermektedir. Her iki tipteki maliyetinde lineer olduğu varsayılmaktadır.

Planlama, firmanın yüksek seviyelerinde yapıldığında, ölçülemeyen faktörler daha anlaşılır bir hale dönüşmektedir. Maliyete dayalı bir modelden, toplu planlama problemine yönelik bir çözüm, firma politikası dikkate alınarak belirlenmelidir. Matematik modele yönelik optimum bir çözüm, sık işe alma veya işten çıkarmayı gerektiren bir politikayı gerekli kılmaktadır. Bu tarz bir politika, firmanın toplumdaki imajını zedeleyebileceği gibi, önceki sözleşmelere de aykırı olabilir (Nahmias, 1993).

3. BAKIM YÖNETİMİ VE PLANLAMASI

Makine ekipmanlarının işletim ile arızalara ve zaman ile bozulmalara maruz kalmalarından dolayı, bakım endüstride önemli bir faaliyet alanıdır. Makine ve ekipmanlarının istenilen fonksiyonel durumda tutulmaları ancak uygun şekilde tasarlanmış bakım faaliyetleri ile sağlanabilir. Bu yüzden, önem arz eden bir konu olan bakım, birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve çoğunlukla tek üniteli sistemler için bakım modelleri geliştirilmiştir. Son yıllarda teknolojik ilerlemelere paralel olarak, üretim ve imalat sistemlerinde karmaşıklık arttıkça, karmaşık üretim sistemlerinin bakımı konusu daha fazla araştırılmaya başlanmıştır. Sistem elemanları veya bir elemanın kendi parçaları arasında, ekonomik veya stokastik bağımlılık bulunan çoklu üniteli karmaşık sistemlerde, matematiksel tekniklerin kullanılarak bakım modellerinin oluşturulmasındaki zorluklardan dolayı, bakımla ilgili konuların incelenmesi için benzetim araçları etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Güney, 1988).

Bakım çalışmaları, üretimin aksamasını ekonomik olarak minimum şekilde tutulacak şekilde etkin bir biçimde yönetilmelidir. Bir bakım departmanını işletmek maliyet gerektirir. Bu sebepten diğer birimler gibi planlanmalı ve kontrol edilmelidir. Bakım faaliyetleri bir işletmenin yatırımlarının geri dönüşünü etkiler. Çünkü bakım için bekleme zamanı, kaçırılan sipariş teslimatlarına sebep olacağı için bir fırsat maliyeti ifade eder. Etkin bir bakım programı, teçhizatın çalıştığı zaman yüzdesini artırarak bir işletmenin verimliliğinin artmasına yardımcı olacaktır. Bakım faaliyetleri, sistemin çıktılarının kalitesini doğrudan etkileyen teçhizatların, çalışmasını da etkileyecektir. Bakım aynı zamanda yatırımın geri dönüşüne de tesir eder. Çünkü bakım, teçhizatın onarım maliyeti ve teçhizatın ekonomik ömrünü etkiler.

Bakım yönetiminin başlıca amaçları şunlardır (Baz, 1995):

- Teçhizatın düzensiz çalışmasından dolayı oluşacak maliyet ve zaman kaybının minimize edilmesi. Bu durum özellikle darboğaz durumlarında önem arz eder.
- Bakım çalışmalarından dolayı oluşacak maliyet ve etkin zaman kayıplarının minimize edilmesi.
- Bakım personeli ve teçhizatın etkin kullanımı.
- İşletmenin yatırımlarının muhafaza edilmesi ve yatırımın sağladığı servis zamanını artırmak için malzemelerin ömrünün uzatılması.

3.1 Bakım Kavramı

Bakım, bir parçayı çalışır veya kabul edilebilir fonksiyonda tutabilmek için yürütülen faaliyetlerin bir kombinasyonudur .

Bu açıdan bakım;

Kavram Geliştirme: Bakım programının detaylı tarifi.

Prosedürler Oluşturulması: Bakım hizmetlerinin personel tarafından kolaylıkla yerine getirilebilmesi için, prosedürler oluşturulmalıdır.

Terminolojinin Tanımlanması: Karmaşayı ortadan kaldıracak şekilde, ortak bakım terimleri oluşturulması demektir (Chanter ve Swallow, 1996).

Bakım, kaynakları çalışır kondisyonda tutmak veya çalışır duruma getirebilmek için yürütülen bir faaliyettir. Bakım faaliyetleri, teçhizatın mükemmel derecede çalışır durumda olmasını gerektirmemektir. Böyle bir sonuç, uygulama açısından fizibil değildir. Bununla birlikte, bakım faaliyetleri, tesis, teçhizat ve insan toplu sisteminin amaçları doğrultusunda değerlendirilmelidir. Birçok durumda, sistemin amaçları uzun dönemli bakım maliyetlerinin minimize edilmesiyle tatmin edilmektedir (Nakajima, 1988).

Bakım, üretim sisteminin plan ve programlara uygun olarak çalışmasını sağlayan ve istenen çalışma standartları düzeyinde kalmasını kontrol altında tutan, bir yürütme ve kontrol fonksiyonudur. Herhangi bir üretim fonksiyonu gibi, bakım faaliyetlerinde planlama, yürütme ve kontrol aşamalarından oluşan faaliyetler kümesidir. Buna göre, bakım bir üretim alt sistemi olarak tanımlanabilir (Sherwin, 1999).

Bakımın diğer bir tanımı ise; kullanılan makine ve teçhizatın faydalı ömürlerini uzatabilmek için, arızalandıkları zaman veya belirli zaman aralıkları ile yapılan kontrol ve onarım faaliyetleri gibi işlemlere genel olarak bakım faaliyetleri adı verilir. Bakım faaliyetlerinin temel amacı, kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlayarak, makine ve teçhizatın arzu edilen bir düzeyde çalışmasını sağlamak şeklinde tanımlanabilir (Nakajima vd., 2000).

3.1.1 Bakımın Hedefleri

Bakımın belli başlı hedefleri aşağıda sıralanmıştır:

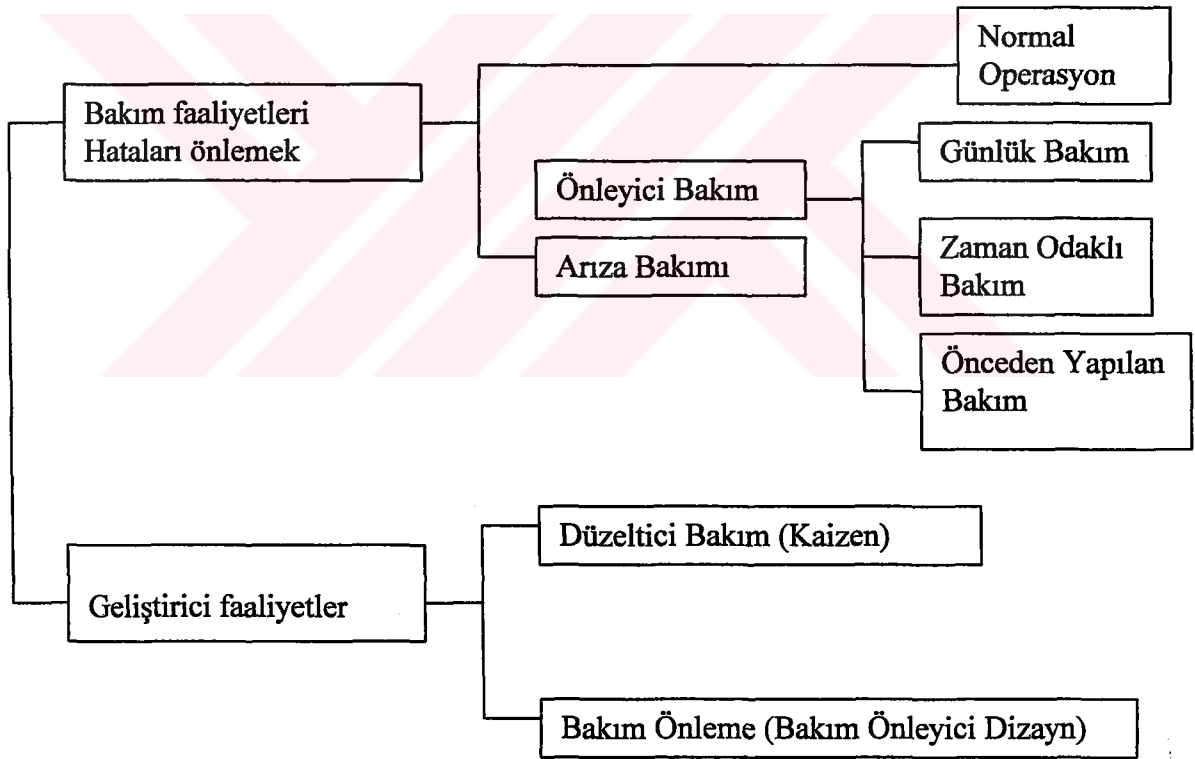
1. Mal ve teçhizatın kullanılabilir ömrünü uzatmak. Bu durum, özellikle yeniden satın alma için gerekli sermaye kaynaklarından yoksun olan gelişmekte olan ülkeler için önemlidir.

2. Üretim veya servis için gerekli olan yerleştirilmiş teçhizatın optimum elde edilebilirliğini garanti etmek ve de yatırımdan mümkün olabilecek maksimum geri dönüşü elde edebilmek.
3. Acil durum kullanımı için gerekli olan teçhizatın operasyonel okunabilirliğini garanti etmek (bekletme birimleri, kurtarma birimleri gibi).
4. Tesisleri kullanan personelin güvenliğini garanti etmek (Corder, 1976).

Bakım hedeflerini gerçekleştirmek için kullanılan bakım ölçüleri iki ana sınıfa ayrılmaktadır (JIPM, 1997):

- Koruma faaliyetleri: Hataları önlemek,
- Kaizen faaliyetleri: Bakım süresini kısaltmak, bakımdan kurtulmak.

Şekil 3.1' de bu faaliyetler gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Bakım faaliyetleri (JIPM, 1997)

Bakımdaki en temel faaliyetler kötüye gidişi önleyen faaliyetlerdir. Üzerinde durulması gereken nokta, kötüye gidişleri önleyen ve ölçen faaliyetlerin bakımcılar tarafından gerçekleştirilmesi, bunların dışındaki iyileştirme ve düzeltici faaliyetlerin operatörler tarafından yapılmasıdır.

3.2 Bakımın Sınıflandırılması

Bakım faaliyetleri, teçhizatın verimliliğinin artırılmasını ve dolayısıyla, teçhizatı normal çalışma şartlarında daha uzun süre muhafaza etmek için gerekli olan çabaların tamamını içermektedir. Bakım faaliyetleri, planlı ve plansız bakım faaliyetleri olmak üzere iki bölüm halinde düşünülebilir. Plansız bakım tipi olan **arıza bakımı (acil bakım)** denilen bakım tipinde, aniden arızalanan teçhizatı üretimden almak ve gerekli bakım faaliyetlerini gerçekleştirmek söz konusu olduğundan, uğranılan zaman ve üretim kaybı firmaya çok pahalıya mal olabilir. Planlı bakım tipi olan **önleyici bakım**' ın teçhizat güvenilirliğinin geliştirilmesi ve bakım maliyetlerinin azaltılması konularında önemi çok büyüktür (Baz, 1995).

Bakımın periyodik veya düzeltici, planlı veya plansız olarak sınıflandırılması bakım faaliyetleri açısından sınırlı bir sınıflandırma oluşturacaktır. Mann (1976)' da, bakım için daha iyi bir sınıflandırma yapmıştır;

1. Stratejik tamir ve bakım: Bu kategorideki bakım faaliyetleri, bir malın uzun dönemli korunmasına yönelik faaliyetleri kapsamaktadır. Bununla birlikte, fabrika kuruluşuna yönelik planlı bakımı (dekorasyon ve periyodik parça değiştirmeler), mühendislik hizmetlerinin yerleşimine yönelik bakımı ve önemli parçaların tamirini içermektedir. Bu parçalar, belirli ölçülerde planlanabilecek ve bütçe işlemlerine tabi tutulabilecek niteliktedir.

2. Taktiksel tamir ve bakım: Bu tip parçalar, acil ihtiyaca yönelik günlük işlerle ilişkilidir. Mann (1976)' da, taktiksel bakımın, tepkisel bakımla aynı olmak zorunda olmadığını ileri sürmektedir.

Uygulamaya yönelik amaçlar açısından, bakım faaliyetleri çeşitli tanımların birleşimini kapsamaktadır. Bakımın sınıflandırılması BS 3811' de aşağıdaki şekildedir:

1. Planlı Bakım: Önceden kararlaştırılmış bir planın kayıtlarının kullanımı ve kontrolü doğrultusunda organize edilip, yürütülen bakım çeşididir.

2. Planlı Olmayan Bakım: Önceden belirlenmiş bir plan doğrultusunda yürütülmeyen bakım çeşididir.

3. Önleyici Bakım: Önceden belirlenmiş aralıklarda yürütülen, arıza olasılığını düşürmeye yönelik bakım çeşididir.

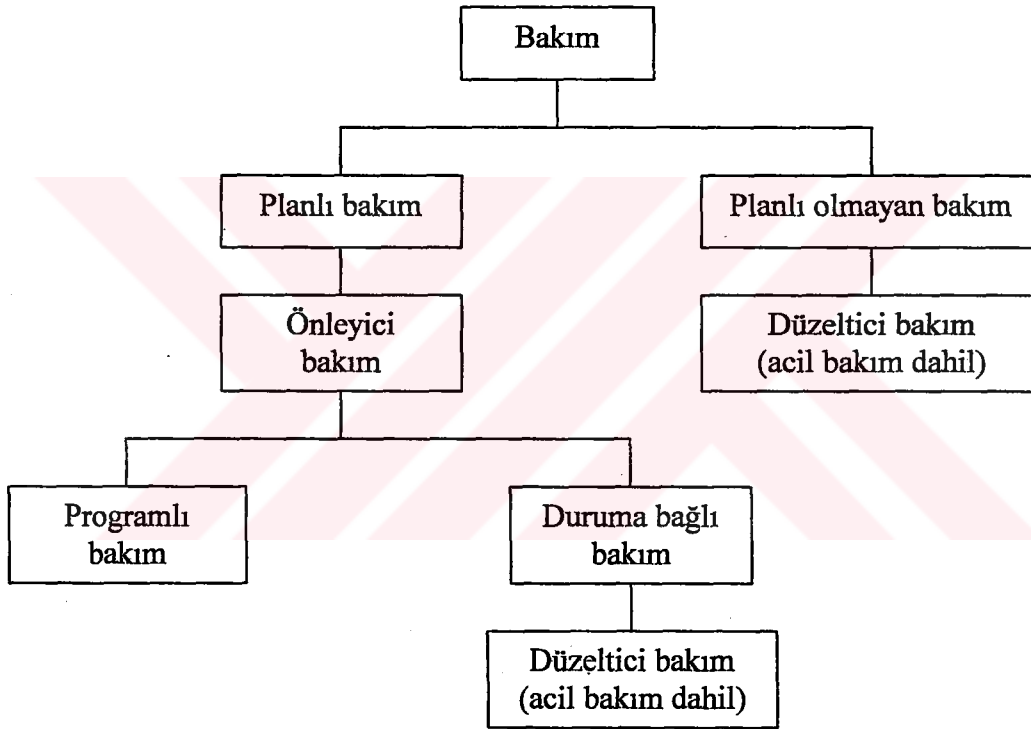
4. Düzeltici Bakım: Bir arıza meydana geldikten sonra yürütülen ve belirli bir parçayı, istenen fonksiyonu yerine getirebilecek kondisyonda tutmayı hedefleyen bakım çeşididir.

5. Acil Bakım: Ciddi sonuçlarından kaçınmak amacıyla yürütülen bakım çeşididir.

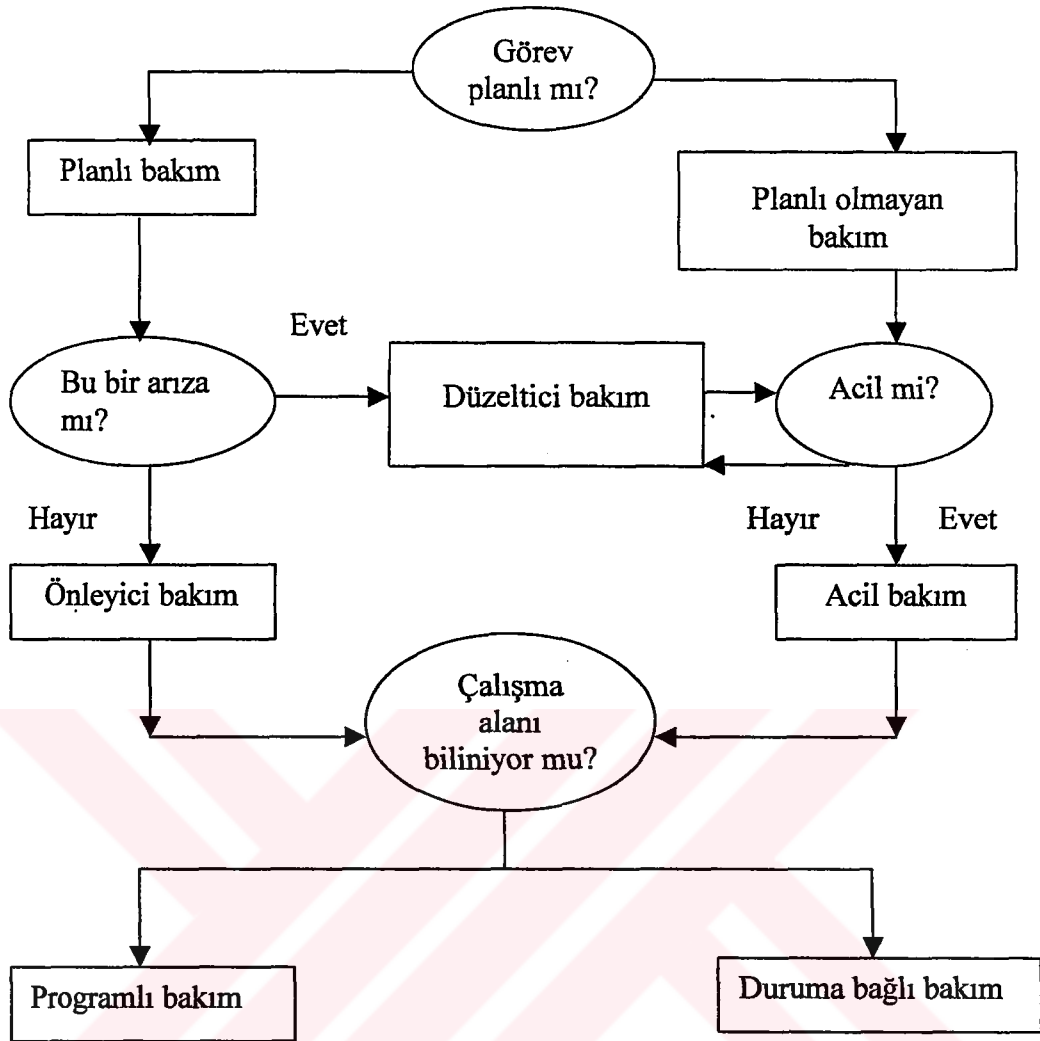
6. Duruma Bağlı Bakım: Bir parçanın durumuna yönelik, periyodik veya sürekli incelemeler sonucunda elde edilen bilgi sonucunda başlatılan önleyici bakımdır.

7. Programlı Bakım: Önceden belirlenmiş operasyon sayısına ve zaman aralığına bağlı olarak gerçekleştirilen önleyici bakımdır (Vollmann vd., 1997).

Şekil 3.2 ve Şekil 3.3, bakım iş yükü doğrultusunda yürütülen bakım faaliyetlerinin çeşitlerini göstermektedir. Şekil 3.2' de, çeşitli bakım faaliyetleri tanıtırken, Şekil 3.3' de ise, belirli bir fabrikada yürütülen bakım faaliyetlerinin, bakımdan sorumlu çalışanlar tarafından verilen kararlar doğrultusunda ne şekilde değiştiği gösterilmektedir.



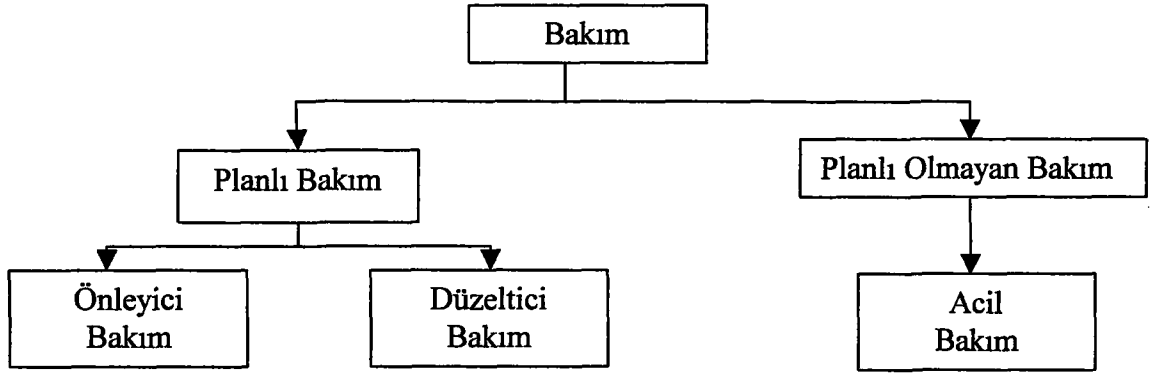
Şekil 3.2 Bakım çeşitleri (Chanter ve Swallow, 1996)



Şekil 3.3 Karara bağlı bakım çeşitleri (Chanter ve Swallow, 1996)

3.2.1 Planlı ve Planlı Olmayan Bakım

Bakım işleri, planlı ve planlı olmayan bakım olarak iki farklı grupta sınıflandırılmıştır. Planlı olmayan bakımın, ciddi sonuçlarla karşı karşıya kalmamak için yürütülen acil bakım şeklinde tek bir formu bulunmaktadır (üretim kayıpları, mal veya teçhizatın maruz kaldığı büyük çaplı zarar gibi). Bu tip bakımdaki en önemli problemlerden biri, bulundurulacak kaynak miktarına karar vermektir. Eğer bakım ekibi miktarı büyük olursa, onarım zamanı kısa olacaktır, fakat bu durum aynı zamanda tamir ekibinin fazla boşta kalmasına ve dolayısıyla işgücü maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır. Bakım planlamasındaki en önemli problemlerden biri bakım ekibinin miktarının tayinidir (Baz, 1995).



Şekil 3.4 Çeşitli bakım türleri arasındaki ilişki (Chanter ve Swallow, 1996)

Şekil 3.4' de gösterildiği üzere planlı bakım, önleyici ve düzeltici olmak üzere iki temel faaliyete ayrılmıştır. Önleyici bakımın büyük bir kısmı, bakmaya, hissetmeye ve dinlemeye yönelik incelemeleri, önceden belirlenmiş aralıklarda yürütülen küçük çaplı ayarlamaları ve bu tip incelemeler sonucunda değiştirilmesi zorunlu bulunan küçük parçaların yerine yenilerinin yerleştirilmesi işlemlerini içermektedir.

Düzeltilici bakım, genellikle kısa vadeli olarak planlanan, küçük çaplı tamirleri ve yıllık veya iki yıllık olarak planlanmış tamirleri içermektedir. Düzeltici bakımın kapsamı, önleyici incelemeler sonucunda uzun vadede detaylı olarak planlanacaktır.

Bu zorluğu yenmek için, dikkatlice tasarlanmış kontrol listelerini kullanarak, çeşitli parçalara ait veriler toplanmalıdır. Tüm bu verilerin uygun bir şekilde kayıt edilebilmesi amacıyla bir kodlama sisteminden yararlanılmalıdır. Böylece, bilginin doğru aktarımı sağlanmalıdır. Başka durumlarda, incelemeye yönelik faaliyetler denetleyiciler tarafından yürütülmelidir. Kodlama işlemlerinin kolaylaştırılması için, belirli bir metodolojinin benimsenmesi gereklidir. Bu amaçla oluşturulacak sistemde, aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır;

1. Bakım faaliyetlerinin yürütüleceği alanın belirlenmesi.
2. Dış duvarlar ve pencereler gibi elemanların belirlenmesi.
3. İnceleme sonucuna bakarak, acil tamire ihtiyaç duyan parçaların belirlenmesi (Chanter ve Swallow, 1996).

Yukarıda değinilen önleyici incelemeler, iki farklı kategoride sınıflandırılmalıdır;

1. Önceden belirlenmiş parçalar üzerinde yürütülen, rutin incelemeler.
2. Tüm fabrikayı içine alan önemli kapsamlı incelemeler.

Rutin incelemeler, tamire ihtiyaç duyacak parçaları tanımlamak için yürütülmektedir. Uygun inceleme çevriminin belirlenmesi en az uygun bakım çevriminin belirlenmesi kadar zordur.

Acil bakım, önleyici bakım işlerinin ihmal edildiği durumlarda, ortaya çıkan arızanın giderilmesini içermektedir. Ani olarak yürütülen bu tip bakım tamirleri çok pahalıdır. Bu sebepten, haftada birkaç dakika olarak yürütülen önleyici bakım faaliyetleri, bu maliyeti ortadan kaldırmak açısından büyük önem taşımaktadır.

Her bir kategori dahilinde, iki temel faaliyet yürütülmektedir (önleyici ve acil bakım). Aşağıda kaynağa dayalı farklılıklar etraflıca incelenmektedir:

Teçhizat ve tesisler: Bakım, yıpranmış parçaların değiştirilmesi, acil tamirat işlemlerinin yürütülmesi ve teçhizat bakımı gibi faaliyetleri içermektedir. Bakımı iyi yapılmamış tesisler, operasyon için çoğunlukla güvenilir değildir. Bununla birlikte, gecikme ve boş zaman şeklinde yüksek maliyet yaratabilir.

Personel: İnsan kaynakları, zaman içinde performans kaybına uğramaktadır. Bu sebepten, bu kaynakların ilgi ve tamire ihtiyacı vardır. Personel bakımına yönelik faaliyetler, makine bakımına göre daha komplekstir. Bu durum, insanların hem fiziksel hem de manevi yönünün bulunmasından kaynaklanmaktadır (Monks, 1987).

Planlı bakım sistemi, firmanın bakım politikasını, fabrika bakım standartlarına uygun bakım operasyonunun teknik ve finansal araçlarla yönlendirilmesini ve kontrolünü yönetmektedir.

En başarılı planlı bakım tasarımları, yönetilmesi en basit olacak şekilde saklanabilen ve en az sayıda atölye personeli içerenlerdir (Corder, 1976).

Planlı bakım tekniklerinin uygun bir şekilde uygulanması, acil bakım faaliyetlerini ve makine boşta çalışma zamanlarını azaltmaktadır. Bu iki temel hedef, planlı önleyici bakımın uygulanmasındaki belli başlı sebeplerdir. Bunlar dışındaki dokuz prensip, aşağıda detaylıca açıklanmaktadır.

1. Acil bakım faaliyetlerindeki azalma bakım işlerini planlamadaki temel sebeptir. Bununla birlikte, planlama, daha önceden mevcut olmayan bilginin elde edilmesinde oldukça faydalıdır.
2. Normalden az çalışma zamanlarındaki azalma, acil tamir bakım zamanındaki azalmayla aynı anlama gelmemektedir.

3. Üretim için makine elde edilebilirliğinde artış, belli bir makine veya hizmete bağlı olarak, normalden az çalışma miktarıyla yakından ilişkilidir. Bununla birlikte, belirli bir makinenin bir prosesin veya akış-hattı üretiminin parçası olması durumunda, herhangi bir zamanda bu makinenin normalden az çalışması, tamamlanmış bir proseste veya üretim hattında, bir arıza oluşmasına neden olabilir.
4. Bakım ve üretimle ilgili işgücü kullanımında etkinlik sağlanması ile acil bakım için kullanılan ticaret adamlarının planlı-üretken bakıma yönelik işler için kullanılması ve onlardan daha etkili bir şekilde yararlanılması gerçekleştirilir.
5. Onarım işlemleri arasındaki sürenin uzatılması, yağlama, ayarlama ve kusurlu parçaların yerlerine yenilerinin yerleştirilmesiyle, makinelerin diğer parçalarına büyük çaplı zarar verilmesi önlenmiş olmaktadır. Makinelerin ömür süresi uzatılmış olur. Kapsamlı bir tamir için duyulan gereksinim azalır. Bununla birlikte, bakım onarım programının büyük bir kısmı için, yıllık kapatma periyoduna ihtiyaç kalmaz.
6. Yedek parçaların yerine yenilerinin konulması işlemlerinin azalması ve depo kontrolüne destek verilmesi, kusurlu parçaların, büyük bir zarar meydana gelmeden değiştirilmesini garanti eder.
7. Makine verimliliğinin artırılması, planlı önleyici bakımın önemli bir yönüdür. Birçok firma, acil bakım ihtiyacı doğana kadar, bakım ekibini arızalarla ilgili olarak haberdar etmemektedir. Planlı önleyici bakımda, makine verimliliği kontrol edilmeli ve önceden belirlenmiş bir standartta korunmalıdır. Ayrıca, makine çıktıları ve hurda azaltılmalıdır.
8. Güvenilir ücret ve bütçe kontrolü sağlanması, planlı önleyici bakım tekniklerinin sağlıklı bir şekilde uygulanması için gereklidir.
9. Makine değişiklikleri için bilgi sağlanması, bakım faaliyetlerinin dahil olduğu güvenilir operasyon maliyet bilgisinin, yönetici için elde edilebilir olması açısından oldukça önemlidir. Ekonomik tamir seviyesini geçirmiş bir makine için, makinenin değiştirilmesi gereklidir. Birçok bakım yöneticisi, planlı önleyici bakım faaliyetlerinin yürütülmesinden faydalanmaktadır. Ekonomik tamir seviyesini kaçırmış aşınmış makineler için bakım işgücünün ve yedek parçaların elde tutulması gerekliliği bakım maliyetlerinin yüksek kalmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı, doğru bakım bilgilerinin elde edilmesi gereklidir (Gilberth ve Finch, 1985).

3.2.2 Planlı ve Plansız Bakımın Karşılaştırılması

Herhangi bir bakım organizasyonunda, hem planlı hem de plansız bakım yapılabilir. Bu iki tip bakım faaliyetinin dengelenmesi organizasyonun doğal yapısına ve bakıma yönelik yaklaşımına göre değişmektedir. Örneğin, bir organizasyondaki düşük seviyedeki planlı bakım, organizasyonun yapısına göre uygun olabilir.

Planlı bakımın optimizasyonu, iş çevrimlerini ve yeniden yerleştirme işlemlerini dikkate alarak, geniş kapsamlı kararların alınmasını gerektirmektedir. Parçaların gruplandırılması ve sonuçta parça ekonomikliğin sağlanmasıyla, planlı bakım daha verimli olarak yürütülecektir. Bununla birlikte, eksiksiz bir inceleme politikasına ve analitik analizlere rağmen, tahmin edilemeyen bir eleman olacaktır. Buradaki problem, tahmin edilemeyen talebin, planlı programa yönelik kaynakları tüketmesidir. Bu durumda iki sonuç ortaya çıkacaktır. İlk olarak, bir karar, planlı programdaki değişikliğe yönelik tepkinin hızına bağlı olarak verilecektir. İkinci olarak, plansız bakımın ihtiyacını, hangi planlı parçanın yerine getireceğini belirlemek gereklidir.

Bakım planlarının oluşturulmasında, uygun tepki zamanının belirlenmesi, önemli bir problem teşkil etmektedir. Teknik özellikler dikkate alındığında, parçaların ve malzemelerin bozulma oranı önemli bir unsurdur. Bununla birlikte, önemli organizasyonel karakteristikler, bilgi transferinin hızıyla ve gerekli servis kalitesiyle ilişkilidir ve de bu sebepten, her zaman için geçerli bir olasılık yaklaşımı oluşturulması gereklidir.

İdeal koşullar altında, bir fabrikada yürütülen bakım faaliyetlerinin, rutin bakım işleri ve yeni parça yerleştirme çevrimleri olarak planlanması mümkündür. Bununla birlikte, çeşitli parçalarda meydana gelen beklenmeyen arızalar ve malzemelerin veya parçaların bozulma sıklığı tahmin edilenden farklı olabilir. Sonuçta, arızaların büyük çoğunluğu önceden görülüp, bu arızalara karşı önlem alınsa da, tahmin prosesinde yüksek seviyede belirsizlik mevcuttur. Ayrıca, bakım sistemini yakından incelemek, bu belirsizliği minimize etmek için oldukça önemli bir adımdır (Chanter ve Swallow, 1996).

3.3 Bakım Departmanlarının Organizasyonu

Hataların ve arızaların nedenleri araştırıldığında, birçoğunun insan faktöründen, mühendislerin, bakım personelinin ve operatörlerin yanlış tespitlerinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Arızalar, bu tespitler, varsayımlar değişmediği sürece elimine edilemez. Özellikle de geleneksel olan üretim-bakım anlayışının değişmesi gerekmektedir. Hem operatör hem de bakımçı makineyi beraber anlamalı ve sorumluluk paylaşmalıdır.

Operatörler;

- Temel ekipman bakımını yapmalıdır (temizleme, yağlama).
- Üretim koşullarını düzenlemelidir.
- Kötüye giden noktaları tespit etmeli ve erken uyarı sistemi kurmalıdır.
- Ekipman ve hazırlık işlemleri, ayar gibi konularda kendini geliştirmelidir.

Bakımcı ise;

- Üretimin otonom bakım faaliyetlerine teknik destek sağlamalıdır.
- Kötüye giden noktaları iyileştirmelidir.
- Operasyon standartlarına açıklık getirmelidir.
- Kontrol, koşulları izleme sistemi konularında kendini geliştirmelidir (Nakajima vd., 2000).

Japon Endüstriyel Standartlarına göre, "Bir arıza, belirli bir nesnede (sistem, makine, parça...) standart bir fonksiyonun kaybedilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır." Standart bir fonksiyonun kaybedilmesi, makine arızalarının, üretimin tamamen durmasına yol açan beklenmeyen arızalarla sınırlı olmadığını ifade etmektedir. Teçhizat çalışır durumdayken bile, teçhizatındaki bir bozulma standart bir fonksiyonun kaybedilmesine, daha uzun ve zor hazırlık ayarlarına, üretimde sık sık duraksamalara, proses hızında ve çevrim zamanında azalmaya yol açmaktadır. Bu tip kayıplar, arızalar olarak adlandırılmaktadır.

Üretimde tamamen bir duraksamaya yol açacak beklenmeyen arızalar, fonksiyon kayıplarına yönelik arızalar olarak adlandırılmaktadır. Operasyonun devam etmesine rağmen, teçhizat bozulmasını içeren arızalar, fonksiyonda azalmaya yol açan arızalar olarak adlandırılmaktadır.

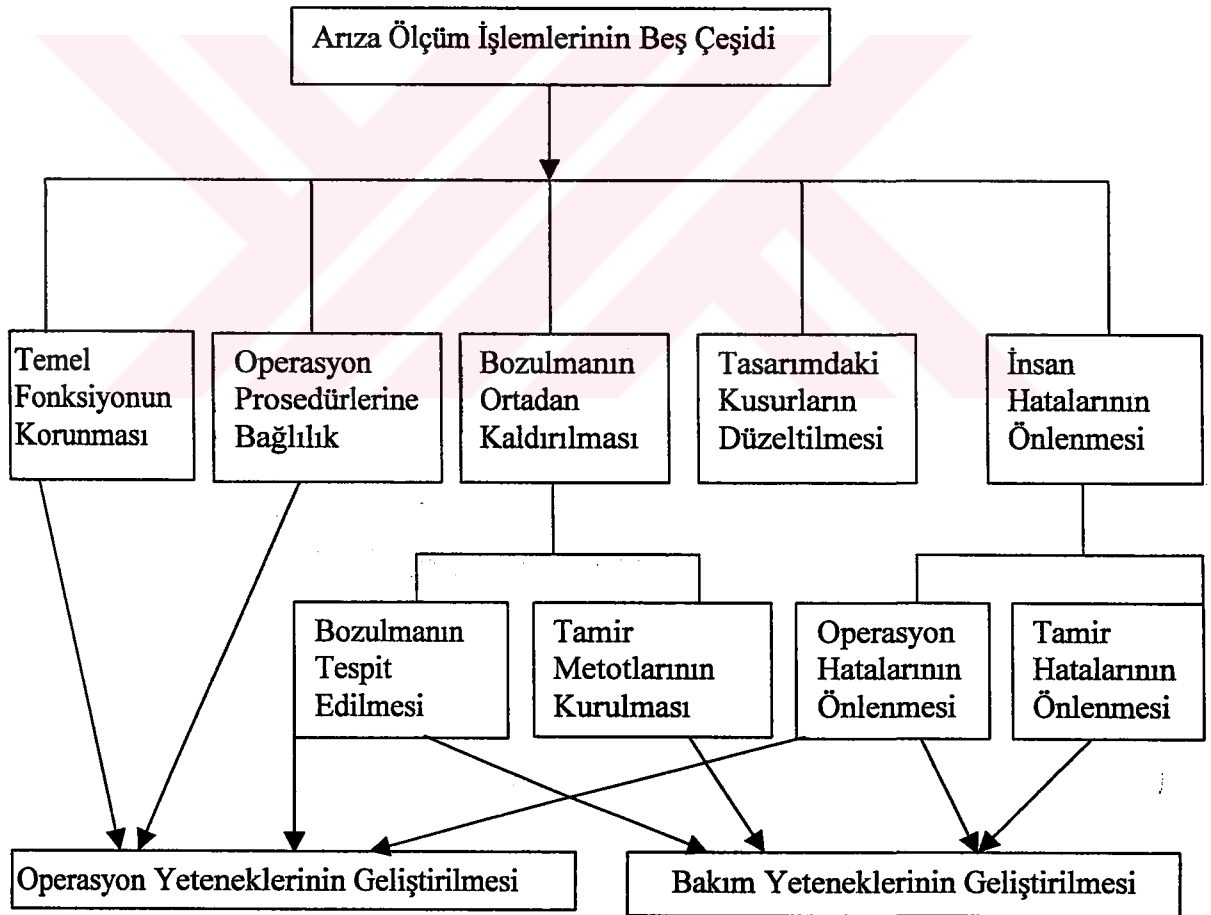
Yukarıda değinilen ufak arızalar, aniden büyük bir sorun haline gelebilir. Bu tip ufak arızalar, zamanla birikerek üretim üzerinde güçlü etki yaratabilir. Bu durum, önleyici bakımın arkasında yatan mantıktır.

Saptanmamış arızalar, *gizli kusurlar* olarak adlandırılmaktadır. Bu tip arızalar, belirlenip, elimine edilmezlerse, arızalar ortaya çıkacaktır. Bu yüzden, gizli kusurları ortaya çıkarmak ve optimum koşullara ulaşmak gereklidir.

Arızaları elimine etmek için, gizli kusurlar elimine edilmelidir. Aşağıdaki beş madde, arızaların yok edilmesinde etkilidir;

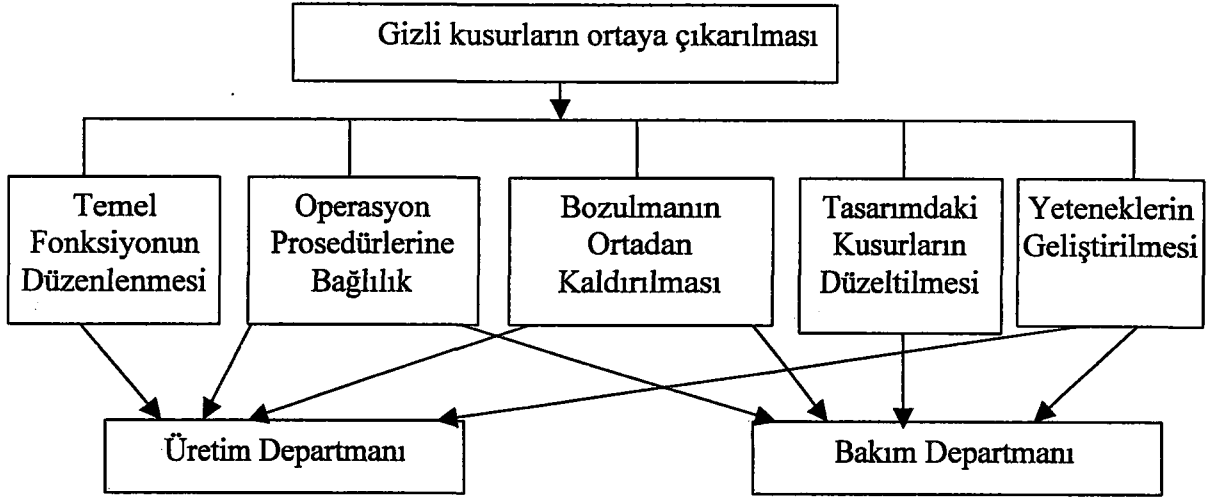
1. İyi düzenlenmiş temel fonksiyonların korunması (temizlik, yağlama gibi).
2. Uygun operasyon prosedürlerine bağlı kalınması.
3. Teçhizattaki bozulmanın onarılması.
4. Tasarımda ortaya çıkan eksikliklerin iyileştirilmesi.
5. Operasyon ve bakım yeteneklerinin geliştirilmesi.

Şekil 3.5, bu beş madde arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Üretimde ortaya çıkan arızalar, genellikle insanların temel ölçümleri yerine getirmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu tip arızalar, basit prosedürlerin yerine getirilmesiyle elimine edilebilir (Nakajima, 1988).



Şekil 3.5 Arızaları yok etmeye yönelik işlemler arasındaki ilişki (Nakajima, 1988)

Basit prosedürlerin doğru bir şekilde uygulanmasını garanti etmek için, operasyon ve bakım departmanları koordinasyon içinde olmalı ve kendilerine yönelik görevleri yerine getirmelidir. Şekil 3.6, sıfır hataya ulaşmak amacıyla düzenlenen operasyon ve bakım departmanları arasındaki iş bölümünü göstermektedir.



Şekil 3.6 Operasyon ve bakım departmanlarının sorumlulukları (Nakajima, 1988)

Bakım departmanı ile diğer departmanlar arasındaki ilişki oldukça değişkendir. Bununla birlikte, tüm organizasyonlar için geçerli ortak elemanları ve operasyonları tanımlamak mümkündür. Bunlar;

1. Gerek planlı gerekse acil bakım işlerinin tanımlanması.
2. Belirli bir işe yönelik emirlerin iş ekibine aktarılması.
3. İşin onaylanması, uygulanması, denetimi ve değerlendirilmesi.
4. Ödemelerin yapılması.
5. Sözleşmelerin ana hatlarıyla hazırlanması.
6. Bakım maliyetlerinin hesaplanması.
7. Bakım faaliyetlerine yönelik bir geri besleme sisteminin oluşturulması.

3.3.1 Bakım Departmanlarının Kontrolü Altında Bulunan Faktörler

Bakım faktörleri diyebileceğimiz bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Bölümde çalışanların sayısı,
- Bakım ekibinin içeriği (çeşitli ihtisas elemanlarının bulundurulması ve sayısı),

- Bakım bölümünün organizasyon yapısı ve haberleşme sistemleri,
- Bakım görevlilerinin çeşitli iş istasyonlarına dağıtımı,
- Kullanılan teşvik sistemleri,
- Bakım planlaması için kullanılan sistemler,
- Bakım politikaları,
- Bakım bölümüne ait depolardaki elemanların ve araçların sayısı.

Yukarıdaki faktörlerin değişimiyle sistemin çıktısı da büyük ölçüde değişecektir ve bu şekilde sistemin kontrolü sağlanabilir (Baz,1995).

3.3.2 Bakım Departmanının Kontrolü Altında Olmayan Faktörler

Bakım departmanının kontrolü altında olmayan faktörler, üretim, fabrika makine ve teçhizatları ile ilgili faktörler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Aşağıda bu faktörler detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

1. Üretim Faktörü: Bakım Bölümünün kontrolü dışında olan ve üretim faaliyetleriyle ilgili olan faktörlerdir. Bu faktörler bakım politikasını büyük ölçüde etkilerler ve bazıları şunlardır:

- Üretim hızı ve bu hızda yapılan değişiklikler,
- Üretimi destekleyen hammadde karakteristiklerindeki değişiklikler,
- Üretim programları,
- Fabrika yedek parça stoklarının seviyesi.

2. Fabrika Makine ve Teçhizatları ile ilgili Faktörler: Bakım bölümü politikaları planlanırken, mevcut fabrika teçhizatı ve özellikleri göz önüne alınarak karar verilir. Bakım işlerinin, fabrikanın üretim için harcanan zamanı kullandığı gerçektir. Üretim kapasitesini artırmak isteyen bir üst yönetim çeşitli yatırım alternatifleri ararken, onarım ve koruyucu bakım esnasında boşa geçen zamanları değerlendirmek amacıyla, sisteme yedek makineler, daha çok sayıda parçalar alınması düşünülebilir. Bu gerçekleşirse, eski bakım politikasının değiştirilmesi gereği açıktır.

Aynı şey takım ve aparatlarda yapılan tasarım değişikliklerinde de söz konusudur. Yeni tasarım, bozulmaların sıklığını azaltıcı yönde ise, koruyucu bakımın daha seyrek aralıklarla

yapılması normal olacaktır. Bununla birlikte, bu gibi kararların alınması ve uygulamaya konmasının bakım bölümü planlayıcılarına aktarılması gerekir veya bunun tersi de söz konusudur. Başka bir deyişle, istenen çalışma düzeyinin gerçekleşmesi için, gerekli olan yatırımların yapılmasını üst yönetime önermek yoluyla, bakımın diğer bölümlerle ilişkisi kurulabilir (Baz, 1995).

3.4 Temel Bakım Kararları

Bakım fonksiyonunu meydana getiren iki tip organizasyon vardır. Bunlardan biri merkezi bakım, diğeri ise merkezi olmayan bakımdır.

1. Merkezi bakım: Hem organizasyon hem de yerleşim açısından merkezileşmedir. Tüm bakım personeli ve bakım işleri bir yöneticide toplanmıştır ve tüm bakım yerleşimleri merkezileşmiştir. Ek olarak, bina bakım kontrol, önleyici bakım kontrol aynı yerleşimde merkezileşmiştir. Merkezi bakımın avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmaktadır:

- Bakım sistemi içinde grupların daha kolay ve çabuk haberleşme imkanı,
- Bakım personelinin daha iyi organizasyonu ve verimli kullanımı.

Dezavantajları;

- Operasyon bütünlüğünde eksiklik vardır,
- Alan denetiminde zorluk yaşanır,
- Alana gidiş-dönüş süresi uzundur,
- İş takvimini ayarlamak zordur.

2. Merkezi olmayan bakım: Bu modellerde operasyonel açıdan, önemli farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıklardan en önemlisi, merkezde ihtiyaç duyulan organizasyonun büyüklüğüyle ilişkilidir. Organizasyonun büyüklüğü, temelde organizasyon tarafından benimsenen politikayla ilişkilidir. Bununla birlikte, operasyonel konularla ilişkili birçok faktör de bu büyüklüğü etkilemektedir. Bu faktörler;

1. Envanter bulundurma politikası,
2. İş yükünün hacmi, çeşitliliği ve zamanlaması,
3. Envanterin teknik açıdan kompleksliği,

4. Topografik ve coğrafik faktörler,
5. İşin tamamlanma zamanına yönelik sınırlamalar,
6. İşin sözleşme veya direkt işgücüne bağlı olarak yürütülmesi,
7. İşgücünün uzmanlık bilgisi, günlük gözlemler gibi operasyonel olmayan işlerin bakım ekibine aktarılması derecesi,
8. Organizasyon içerisinde bakımın nasıl tanımlandığı. Bakım departmanının, küçük çaplı işlere müdahale etme derecesi (Chanter ve Swallow, 1996).

3.5 Bakım Bütçe Kontrolü

Teçhizat arızaları, kaybedilen üretim zamanıyla sonuçlanan boşa kalan işçi ve makineler, gecikmiş programlar ve pahalı acil tamirler bakım maliyetlerini oluşturmaktadır. Bu tip bakım maliyetleri, önleyici bakım maliyetlerinden daha pahalıdır (Nahmias, 1993). Bakım maliyetleri genellikle muhasebe açısından sürekli değişen maliyetler olarak görülür ve bakım malzeme maliyeti, bakım işçilik maliyeti vb. şeklinde sınıflandırılır. Bütçe tahsisatları ise, yönetim politikaları ve planlarından çıkarılır. Önemli bakım projeleri için toplamdan hesaplanarak bütçe talepleri belirlenir. Bu proses, bütçe uzlaşması olarak adlandırılır. Bakım bütçe kontrolü, bakım faaliyetlerini kontrol etmek demektir. Böylece yılın veya belirli zaman diliminin bütçe hedefleri tutturulmuş olur. Bütçe kontrolünün efektif bir şekilde yapılabilmesi amacıyla, bakım masraflarına ilişkin veriler herkese duyurulmalıdır. Bakım maliyetleri, bakım bütçesini kontrol edebilmek amacıyla, efektif kontrol verilerini sağlayacak biçimde aşağıda belirtildiği gibi sınıflandırılmalıdır (Baz,1995):

Amaca göre sınıflandırma:

- Rutin bakım maliyetleri,
- Ekipman kontrol maliyetleri,
- Tamir maliyetleri.

Bakım metotlarına göre sınıflandırma:

- Önleyici bakım maliyetleri,
- Arıza bakımı maliyetleri,
- Bakım geliştirme maliyetleri.

Bütünü oluşturan elemanlara göre sınıflandırma:

- Bakım malzeme maliyetleri,
- İşgücü maliyetleri,
- Taşeron maliyetleri.

Diğer maliyet sınıflandırma metotları:

- İşin ölçeği (büyük-ölçekli bakım projeleri ve muhtelif küçük işler vb.),
- İşin tipi (mekanik, elektriksel vb.).

Bakım departmanlarında, bakım kayıtlarının detaylı ve güvenilir bir şekilde düzenlenmesi ve kritik analizler aracılığıyla, anlamlı bir bakım bütçesi hazırlanabilir. Bu bütçeler, detaylı gerçeklere dayalı bilgiye dayandırılabilir. Bakım planlama ve kontrol sistemiyle birlikte, bakım harcamaları için yıllık bütçe, geleneksel yöntemlere nazaran kolaylıkla hazırlanmaktadır. Bakım bütçelerinin hazırlanmasında kullanılan bakım taslağı içerisinde, çeşitli faaliyet ve maliyetler için dijital bir kodlama sistemi oluşturulmuştur. Bakım departmanının, bakım bütçesinin oluşturulmasına yönelik fonksiyonları üç ana başlık altında incelenmektedir;

1. Bakım: Firmanın sabit tesis ve malları ile ilgili olarak yürütülen bakım faaliyetlerini ve harcamalarını kapsamaktadır.

Yıllık planlı bakım programından, uygulanacak önleyici bakımın derecesi kararlaştırılır. Programda yapılacak değişiklikler, aşağıdaki unsurlar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir:

1. Yıl boyunca düzenlenecek tesislerin sayısı ve yapısı.
2. Yıl boyunca yerleştirilecek tesislerin sayısı ve yapısı.
3. Geçmiş yıl içerisinde kazanılan deneyim dikkate alınarak gerçekleştirilen saf bakımın derecesi.
4. Yıl boyunca, çeşitli departmanlarda gerçekleştirilen üretim için hesaplanan vardiyaların ve saatlerin sayısı.
5. Düzeltici ve acil bakımın miktarı.

2. Proje mühendisliği: Parça değişiklikleri, yeniden düzenlemeler, parçaların yerleştirilmesi ve firmanın tesislerinden çıkarmalar gibi direkt bakımla ilgili olmayan faaliyetlere yönelik harcamaları içermektedir.

Makine değişikliklerinin maliyeti, bakım dışındaki tasarımlar, fabrika kayıtlarından yararlanmak suretiyle belirli makineler için hesaplanabilir. Program yöneticisi tarafından, bu tip değişiklikler için sürekli olarak güncelleştirilebilen bir program hazırlanmalıdır.

Fabrika ve ofis düzenlemelerinde ve tüm sermayeye yönelik projelerde, bir sonraki yıl için bir firma politikası ve programı gereklidir. Bakım yöneticisi, detaylı bir program oluşturulmadan önce, bütçe hazırlamamalıdır. Program, detaylı işgücü ve malzeme içeriğini gösterebilecek şekilde düzenlenmelidir.

3. Diğer harcamalar: Bakım departmanında ortaya çıkan çeşitli harcamaları kapsamaktadır. Yıl boyunca, bakım yönetiminde ortaya çıkan maliyetin oranı, satın alma hizmetleri ve diğer direkt bakımla ilgisi olmayan harcamalar, bakım organizasyonu tarafından yaratılan işgücü maliyetlerine nazaran daha az değişkendir. (Vollmann vd., 1997).

3.6 Bakım Yönetim Politikası

Bakım yönetimi, kabul edilmiş bir politikaya uygun olarak bakımın organize edilmesidir. Üretim sisteminin tamamının aksamadan çalışmasını sürdürmek, bakımı belirli bir plan çerçevesinde yürütmek ve beklenmedik arızaları minimum düzeyde tutmak, kısaca fabrikanın güvenilirlik derecesini artırmak ile mümkün olabilir. Bir fabrikanın güvenilirliğini artırmak için izlenecek yolun, yani temel politikanın belirlenmesi şarttır. İşletmenin yapısı ve diğer kısıtlayıcı faktörler, bakım yönetim politikasının belirlenmesinde önemli rol oynar. Bir işletme bakım politikası olarak aşağıdaki beş politikanın birini veya birkaçının uygun kombinasyonunu tercih edebilir:

- **Bakım ekibini geniş, kullanılan araç sayısını yüksek tutmak:** Bu alternatif seçildiği takdirde, arıza yapan bir makineye anında bakım uygulayabilme olasılığı artar. Makinelerin boş bekleme süresi kısalmır. Buna karşılık bakım ekibinin ve araçlarının boş kalması oranı yüksek olur.
- **Önleyici bakıma ağırlık vermek:** Arıza meydana gelmeden, gerekli kontrol ve bakım işlemlerini yaparak arıza olasılığını azaltmak için önleyici bakım uygulamak. Önleyici bakımla beklenmedik arızaların üretimi aksatması büyük ölçüde önlenmiş olur. Ancak bu

alternatif seçildiğinde, gerçekleştirilen önleyici bakım maliyeti ile arıza bakımı maliyetinin kıyaslanması gerekmektedir.

- **Yedek üretim kapasitesi bulundurmak:** Üretim hattının kritik noktalarında, bir arıza meydana geldiğinde derhal devreye sokulabilecek yedek makineler bulundurulur. Burada da, üretimin durması ile ortaya çıkabilecek kayıplar ile yedek makine bulundurmanın maliyetleri kıyaslanmalıdır.
- **Makinelerin güvenilirlik düzeyini artırmak:** Üretimde kullanılacak makinelerin, fiyatları yüksek fakat ömürleri uzun olan tiplerini seçmek ve böylece arıza olasılığını azaltmak mümkündür. Değişecek yedek parçalar için de aynı durum söz konusudur. Dolayısıyla, burada da bir maliyet kıyaslaması yapılmalıdır.
- **İş istasyonları arasında yarı mamul stokları bulundurmak:** Meydana gelen bir arıza nedeni ile iş akışının durmasını önlemek için, tamir süresince diğer iş istasyonlarına önceden biriktirilmiş yarı mamul stoklarından sevkiyat yapılır. Yarı mamul stoklarının kapladığı alan ve bunlara yapılan yatırımın maliyeti göz önünde bulundurulması gereken önemli bir unsurdur.

Yukarıdaki politikaların her birinde ilginç bir ortak özellik vardır. Aslında bütün işletme politikalarında mevcut olan bu özellik, her politikanın getireceği yararlar karşılık birtakım maliyetleri ortaya çıkarmasıdır. Tamir bakım sisteminin dizaynında önemli olan nokta, yapılan yatırım ve harcamalarla sağlanan yararlar arasında olumlu yönde bir denge kurulmasıdır. Bu amaçla yapılan ekonomik analizlerde kullanılan temel veriler maliyetleri ve makinelerin arıza karakteristiklerini oluşturmaktadır (Baz, 1995).

Bakımın yönetsel kontrolü, acil bakım metotlarından planlı bakım politikasına doğru yönelim devam ettikçe, büyük ölçüde değişmektedir. Acil bakım, ani olarak verilen kararlara, önceliklerin sürekli olarak değiştirilmesine, iş gücünün acil olarak dağıtılmasına ve kümülatif olarak bakım verimliliğini azaltan dış faktörlere dayanmaktadır.

Bakım planlama taslağının ilerleyici olması gereklidir. Bakım programları, makinelerin performansı ve uygulanan planlı önleyici bakımın etkinliğine yönelik verileri içeren geçmiş kayıtlar dikkate alınarak, düzenli aralıklarla tekrar edilmelidir. Bu şekilde, optimum ekonomik bakım seviyesi korunmuş olacaktır.

Bakım yönetim komitesinin oluşturulması, her bir firmanın sorunu olmalıdır. Bakım komitesi, büyük ölçüde organizasyonun büyüklüğüne bağlıdır. Küçük firmalarda, bakım yöneticisi ve

planlı bakım kontrolcüsü, bakımdan sorumlu ustabaşı ile bir araya gelmektedir. Daha büyük firmalarda ise, fabrika bakım mühendisleri ve tasarım personeli, bakım ile ilgili faaliyetlerde birlikte karar vermektedir. Bununla birlikte, bakım problemlerinin çeşitli yönlerine odaklanmış bazı alt komisyonların oluşturulması avantajlı olabilir.

Her durumda, bakım verimliliğini ve ücret etkinliğini geliştirmede, aylık olarak gerçekleştirilen toplantılar oldukça önemlidir (Corder, 1976).

3.7 Bakım Yönetim Modelleri

Bakım yönetim modelleri dört ana başlık altında incelenmektedir (Sherwin,1999). Aşağıda, bu modeller açıklanmaktadır.

1. Basit Teroteknoloji Modeli: Bu sistem optimizasyonların üzerinde pek durmaz, sadece revizyonlara gidilmesini önerir. Sistemde çeşitli iş kademelerinden geri beslemeler alınır ve bu geri beslemeler, dizayn görevlilerine gönderilir. Dizayn görevlileri, geri beslemelerin analizlerini yaparak sistemi iyileştirecek çalışmalar yaparlar.

2. İleri Teroteknolojik Model-Bütünleşik IT Sistemlerine İhtiyaç: Bu sistem bakım işini bir para harcama mekanizması değil de kara ortaklık eden bir mekanizma olarak görür. Karın artırılmasında "IT" lere ihtiyaç büyüktür. Karın hesaplanmasında ürünün kalitesi, zamanında yapılan dağıtım, fiyatlandırma ve çağdaş makine kullanımı gibi faktörlerin büyük etkisi vardır.

3. TQMMain: Bu yöntem yaşam döngüsü masraflarından yaşam döngüsü karına geçiş için bir yoldur ve içinde bazı denetleme ve görüntüleme politikaları içerir. Sistem, üretim duraklamalarından doğacak kalite kayıplarını düşürmek için her parçanın yüksek kalitelerde üretilip, arıza zamanlarını düşürerek üretimde devamlılığı sağlamak amacını taşır. Ayrıca, TQMMain' inin başka bir getirisi de, üretimle bakımın aynı zamanda ayarlanmasıdır. Bu çift yönlü trafik gerektiren bir iştir. Bakım yoğun üretim olmayan zamanlara göre ayarlanırken, üretim de kaliteyi devam ettirecek ve çalışılmayan zamanı minimum tutacak şekilde bakım zamanını içerecektir. Bakım üretim tablolarının birleştirilmesi Deming PDCA Döngüsü üzerine kurulmuş bir bilgi sistemi gerektirmektedir.

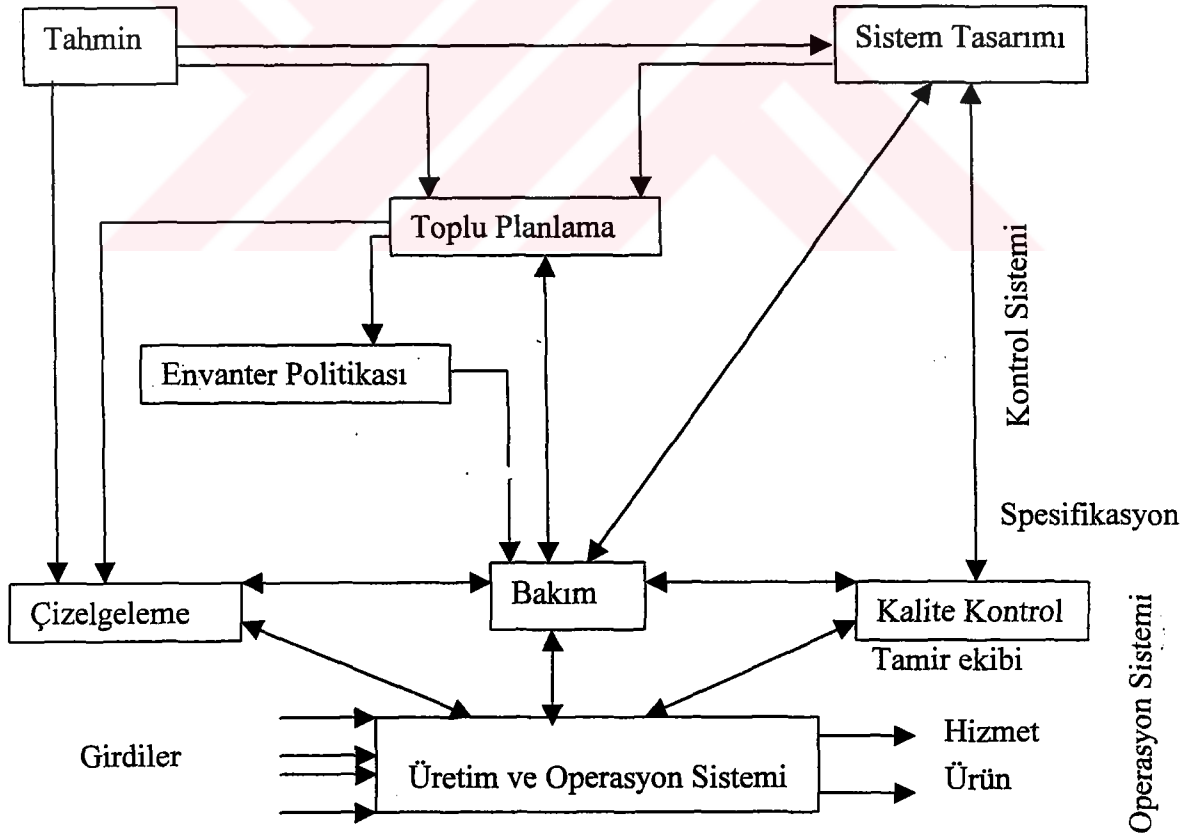
4. TPM: TPM, JIT' in karşısına çıkan ani problemleri karşılamada kullanılan bir sistemdir. Bu sorunlar makinenin kötü kullanılmasından oluşabileceği gibi gerekli bakımın, yağlamanın, temizliğin yapılmamasından da oluşuyor olabilir. Problemler, operatörlerin müdahaleleriyle bir sürelik ertelenebilir ama gerekli bakım yapılmadığı sürece sorunlar devam edecektir.

Ayrıca problemler genelde fabrikanın en yoğun olduğu dönemlerde patlak vereceğinden üretim kalitesini de etkileyecektir (Sherwin, 1999).

3.8 Bakım Sistemi

Bakım faaliyetlerinin amacı, duruşlardan ve arızalardan kaynaklanan üretim kayıplarının minimize edilerek, her teçhizatın düzenli ve verimli kullanımını sağlayarak, performansının maksimize edilmesi ve ayrıca bakım sistemin tamamının güvenilirliğinin artırılması ve sürekliliğinin sağlanmasıdır (Baz, 1995).

Bakımın en temel hedefi, makine, malzeme taşıma teçhizatı, bilgisayarlar, bina ve diğer tesislerin güvenliğinin güvenilirliğini geliştirmedir. Bir bakım politikasının seçilmesindeki mevcut seçenekler kümesi, proses tasarımıdaki kararlarla sınırlıdır. Bununla birlikte, bakım kararları, planlama, kalite kontrol ve envanterle ilgili kararlarla etkileşim içindedir. Aşağıdaki şekilde, bakımın diğer karar alanlarıyla ilişkisi gösterilmiştir. Şekil 3.7' de gösterilen, üretim yöneticisi tarafından verilen çeşitli kararlarla bakım fonksiyonu arasındaki etkileşimler, çeşitli kararlar arasındaki alışverişlerle belirlenen potansiyel çelişkili alanları ifade etmektedir.



Şekil 3.7 Bakım fonksiyonunun diğer karar alanlarıyla etkileşimleri (Chanter ve Swallow, 1996)

Bakım fonksiyonunun diğer karar alanlarıyla etkileşimleri kısa ve uzun dönemli bakım planlarında değişkenlik göstermektedir. Aşağıda bu etkileşimler incelenmektedir;

1. Kısa Dönem

a. Bakım ve planlama arasındaki etkileşimler, kendi politikalarındaki çatışmalardan kaynaklanmaktadır. Bakım, önleyici bakım faaliyetleri için üretimi durdurarak, genellikle tamir zamanlarını minimuma indirme hedefindedir. Planlama ise, arızaların olasılığını artıran optimum tamamlama zamanlarını elde edebilmek için operasyon zamanını uzatmaya çalışmaktadır.

b. Bakım ve toplu planlama arasındaki etkileşimler, önleyici bakımın daha kolay ve daha az maliyetli olarak yürütülebilmesi için envanterlerin miktarının artırılması yönündedir. Bununla birlikte, tek başına toplu planlama ele alındığında, minimum-üretim maliyet planı oluşturulması için envanter miktarının azaltılması söz konusudur.

2. Uzun Dönem

a. Bakım ve kalite kontrol arasındaki etkileşimler, önleyici bakım için optimum alanın ayrılması ve proses çıktısının kalitesindeki izin verilen bozulma miktarı arasındaki çatışmalardan kaynaklanmaktadır.

b. Bakım ve sistem tasarımı arasındaki etkileşimler, ihtiyaç duyulan bakım personelinin büyüklüğünün belirlenmesinde ortaya çıkmaktadır. Buradaki hedef, boşta geçen personel çalışma zamanı ve tamire ihtiyaç duyan teçhizatın bekleme zamanını dengelemektir.

Bakım sisteminin amacı, üretim sisteminden güvenilir bir performans elde etmektir. Bununla birlikte, üretim sisteminin performansına etki eden çeşitli karar değişkenleri dikkate alınmalıdır (Chanter ve Swallow, 1996). Sistemin denge durumunu korumak veya istenen çıktı değerini gerçekleştirmesi istenirken, birtakım faktörler, çevre koşullarını oluşturarak bu denge durumunun sağlanmasında bozucu bir rol oynayabilir. Bu faktörlerin ışığı altında yapılacak olan şey, bakım planlaması sisteminin girdilerini veya karar değişkenlerini saptamaktır. Ancak sistemin çalışma karakteristiklerini belirleyecek olan bu etkenlerin bir kısmı bakım bölümünün, bir kısmı da diğer üretim fonksiyonlarının kontrolü altındadır. Dolayısıyla etkin bir kontrolün sağlanması için, bu bölümlerle bakım bölümü planlayıcıları arasında sürekli bir iletişim olmalıdır.

Üretim sisteminin bakımı için mevcut alternatifler, temin süresi açısından farklılık göstermektedir. Bunlardan bazıları (ürünler, prosesler, yer planları, kapasite), sistem tasarımı

aşamasında düşünülebilir. Bununla birlikte, olası alternatifler, mevcut ürün ve prosesler için teknolojinin yakından takip edilmesiyle kısa dönem için uygulanabilir.

Bir bakım politikası aşağıdaki sorulara yanıt verebilmelidir;

1. Neyin bakımı yapılacak?
2. Bakım nasıl uygulanacak?
3. Bakımı kim uygulayacak?
4. Bakım nerede uygulanacak?

Bu sorulara verilen spesifik yanıtlar, organizasyonun başarısı için, operasyon yönetimi tarafından uygulanan fonksiyonlar kadar kritik önem taşıyan bir bakım politikası tanımlamaktadır (Gilberth ve Finch, 1985).

Bu sorulara verilebilecek yanıtlar incelenecek olursa aşağıdaki hususlarla karşılaşılır;

Bakımı yapılacak parçaların belirlenmesi:

Bir üretim sistemi, genellikle tesise yönelik çeşitli formlardan, proseslerden ve insan-makine sistemlerinden oluşmaktadır. Bu üretim sistemleri, bozulma ve arıza açısından farklılık gösterdiğinden dolayı, benzer parçalar için seçilmiş bakım politikası, özellikle arzulanen toplam güvenilirlik seviyelerinin elde edilmesine etkiliyse bu farklılıklar göz önüne alınarak oluşturulmalıdır.

Hangi parçaların bakımının yapılacağını belirlemenin problemi, bir envanter sistemi için gerekli kontrol derecesinin belirlenmesi işlemiyle benzer niteliktedir (Bu tip bir problem ise, envanter birimlerini toplam değere, birimlerin kritik doğasına veya diğer başka kriterlere göre gruplayan ABC analizinin kullanılmasıyla kararlaştırılmaktadır). Bakım amaçları için, üretim sisteminin elemanları gruplanabilir. Envanter birimlerinin toplam güvenilirliğe katkısı göz önüne alınarak, ABC analizi ile bu birimlerin toplam operasyon maliyetlerine etkisi belirlenebilir. Aşağıda, çeşitli parçaların, ABC analizine göre sınıflandırılış şekli gösterilmektedir.

Sınıf A, Kritik parçalar: Bu sınıftaki parçalar, herhangi bir arıza durumunda üretimde aksaklığa yol açan operasyon sisteminin parçalarıdır. Bununla birlikte, bu parçalar, arıza tamirinden ve kayıp üretimden dolayı yüksek maliyete yol açmaktadır. Kritik parçalar, sıkı kontrole ve yoğun bakıma gereksinim duymaktadır.

Sınıf B, Önemli parçalar: Bu sınıftaki parçalar, düzgün bir performans sağlayan önemli sistem parçalarıdır. Bu parçalarda ortaya çıkabilecek herhangi bir arıza, operasyonlarda ciddi bir arızaya yol açmamakta ve üretimde önemli bir aksaklığa neden olmamaktadır. Bu tip parçalar, düzgün bir kontrole ve bakıma gereksinim duymaktadır.

Sınıf C, Küçük Parçalar: Bu sınıftaki parçalar, herhangi bir arıza durumunda optimum performansa etki edebilecek destekleyici elemanlardır. Küçük parçalar, belirli bir bakım politikasına gereksinim duymamakta veya sınırlı olarak böyle bir politikadan yararlanmaktadır.

Arızanın büyüklüğünün derecesi, toplam tamir maliyeti ve gecikmiş teslimatların maliyetiyle ölçülebilir. Güvenilirlik için bir ABC analizi, farklı büyüklükte, komplekslikte ve bağımlılıktaki parçaları kapsayacak şekilde, organizasyonun çeşitli seviyelerinde kullanılabilir. Parçanın seviyesi ve diğer parçalarla olan entegrasyonun derecesi yükseldikçe, bakım işlemleri için, üretim kayıpları ve arızalardan dolayı ortaya çıkan maliyetleri azaltarak, üretim sisteminin durdurulması daha zor olmaktadır (Gilberth ve Finch, 1985).

Bakımın nasıl yapılacağını belirlenmesi:

Bakım için bir parça seçildikten sonra, bakımın nasıl uygulanacağını belirlenmesi gereklidir. Bununla birlikte, teçhizatı minimum maliyetle ve yeterli bir düzeyde çalışır durumda tutabilmek için, yönetim için uygulanabilir alternatiflerin düşünülmesi gereklidir. Bu sebeple, her bir alternatifin detaylı olarak incelenmesi gereklidir. İncelemedeki temel hedef, bir parçanın operasyon durumunu belirlemektir. İnceleme işlemi, görsel olarak veya özel teçhizat ile bazı testlerin yapılmasını gerektirmektedir. Eğer, incelemenin sonucu tatmin ediciyse, parça daha önceden bir arızaya maruz kalmadıysa, bir sonraki incelemeye kadar işletilmektedir. Bazen, belirli bir parça sabit bir dönem için işletilmekte ve daha sonra tamir edilmekte veya yerine yenisi konmaktadır. Eğer inceleme sonucunda, kötü bir performans ortaya çıkarsa, parça ya tamir edilir ya da yerine yenisi konur. Bu alternatif bakımın her bir seviyesinde geniş olarak kullanılmaktadır. Buna örnek olarak, muhasebe sistemleri, çeşitli tesisler, fabrikalar ve montaj hatları verilebilir. İncelemenin yeterliliği aşınma ve yıpranmanın gözlemlenebilir olup olmamasıyla ilişkilidir. Kesici aletler, arabalar ve binalar gibi parçalar bozulmanın derecesinin ölçülmesine imkan vermektedir. Bu durum, yönetimin bir sonraki aşamada ne yapacağına karar vermesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, bazı parçalar tamamen çalışamaz duruma gelinceye kadar, tatmin edici derecede çalışmaktadır. Bu tip parçalar için, bakıma alternatif olarak gelecek arızaları tahmin etmek faydalı olmamaktadır. Aşağıda her bir bakım alternatifi detaylı olarak incelenmiştir.

Düzeltilici Bakım veya Tamir: Bir parça arızalandıktan ve yerine yenisinin yerleştirilmesi tavsiye edilebilir olmadığı durumda, bu alternatif kullanılmaktadır. Bu tip bakım, aynı zamanda acil bakım olarak bilinmektedir. Tamir işinin zamanlaması, parçanın ne kadar kritik olduğuna bağlıdır. Parçanın kritiklik derecesi ise, parçanın öncelik sırasına, üretimde kesintiden kaçınmak için yedek bir parçanın mevcut olup olmamasına bağlıdır.

Önleyici Bakım: Önleyici bakım, önceden belirlenmiş bir hareket planına göre, hem inceleme hem de tamir işlerine bağlıdır. Arıza ve bozulma sıklığı, bir olasılık dağılımıyla tanımlanabilen belirli parçalar için, inceleme sonucunda yakın zamanda olabilecek bir arıza ortaya çıkarılabilir. Eğer arızanın etkisi, çok maliyetli veya yıkıcıysa ve de bu olayın olasılığı çok yüksekse, incelemenin sonuçları belirlenir belirlenmez hareket etmek akıllıca olacaktır. Olası hareket tarzı, küçük veya büyük çaplı tamirlerden, birimlerin yerine yenilerinin konması veya ana parçanın tamamen değiştirilmesi olmak üzere çeşitli şekillerde olabilir.

Önleyici bakımı kullanmak için önemli bir koşul, parçanın arıza-boş zaman diyagramının küçük bir varyansa sahip olması zorunluluğudur. Buradaki anahtar problem, inceleme için en iyi zamanı belirlemek ve optimum bir inceleme programı oluşturmaktır (Gharbi ve Kenne, 2000).

Belirli bir durum için hangi alternatifin en iyi olduğu operasyon koşullarına ve aşağıda sıralanan verilerin yeterliliğine bağlıdır;

1. Teçhizat ve tesislerin arıza modelleri,
2. Önleyici bakım, tamir ve kayıp üretim zamanı maliyetleri (Bu aşamada, bakım sistemi girdilerine yönelik veri gereksinimleri belirlenmektedir).

Kimyasal fabrikalar, yağ rafinerileri gibi bazı üretim sistemleri, günde bir veya iki vardiyayla çalışan üretim sistemlerinden farklı olarak, sürekli olarak işletilmektedir. Bu tip üretim sistemlerinde, bakım faaliyetleri için üretimin durdurulmasını gereklidir. Sonuçta, kayıp üretim ve yeniden çalıştırma gereksinimleri dolayısıyla yüksek bir maliyet ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, önleyici bakım alternatiflerinin çekiciliğini sınırlamaktadır. Başka bir açıdan, üretim faaliyetindeki normal ve planlı kesintiler, maliyete dayalı olarak alternatif bakım tiplerinden birinin seçimini mümkün hale getirdiğinden dolayı, bakım çok daha kolay olmaktadır. Yukarıdaki sınırlamanın ortadan kalktığı tek durum, bakım işlemlerinin üretim devam ederken uygulanmasıdır.

Kullanılan proses teknolojisine ve bakım hizmetleri için talebe bağılı olarak, bakım fonksiyonu organizasyonunun kendi bünyesi tarafından veya dışarıdan destek alınarak gerçekleştirilebilir. Buradaki seçim çoğunlukla ekonomik olan alternatiftir. Basit bir teknolojiyle çalışan üretim sistemlerinde bakım için gerekli yetenekler, organizasyon tarafından yürütülen bakım fonksiyonunu doğrulamaktadır. Bununla birlikte, bakım için talep çok yoğun olduğunda ve bakım işlemlerinin kısa bir zaman içerisinde yapılması gerektiğinde, prosesin kompleksliğine rağmen, bu fonksiyonun organizasyon tarafından gerçekleştirilmesi gerekli olabilir (Gilberth ve Finch, 1985).

Bakımın kim tarafından uygulanacağını belirlenmesi:

Kullanılan proses teknolojisine ve bakım hizmetleri için talebe bağılı olarak, bakım fonksiyonu organizasyonun kendi bünyesi tarafından veya dışarıdan destek alınarak gerçekleştirilebilir. Buradaki seçim çoğunlukla ekonomik olan alternatiftir. Basit bir teknolojiyle çalışan üretim sisteminde bakım için gerekli yetenekler, organizasyon tarafından yürütülen bakım fonksiyonunu doğrulamaktadır. Bununla birlikte, bakım için talep çok yoğun olduğunda ve bakım işlerinin kısa bir zaman içerisinde yapılması gerektiğinde, prosesin kompleksliğine rağmen, bu fonksiyonun organizasyon tarafından gerçekleştirilmesi gerekli olabilir.

Bakımın nerede uygulanacağını belirlenmesi:

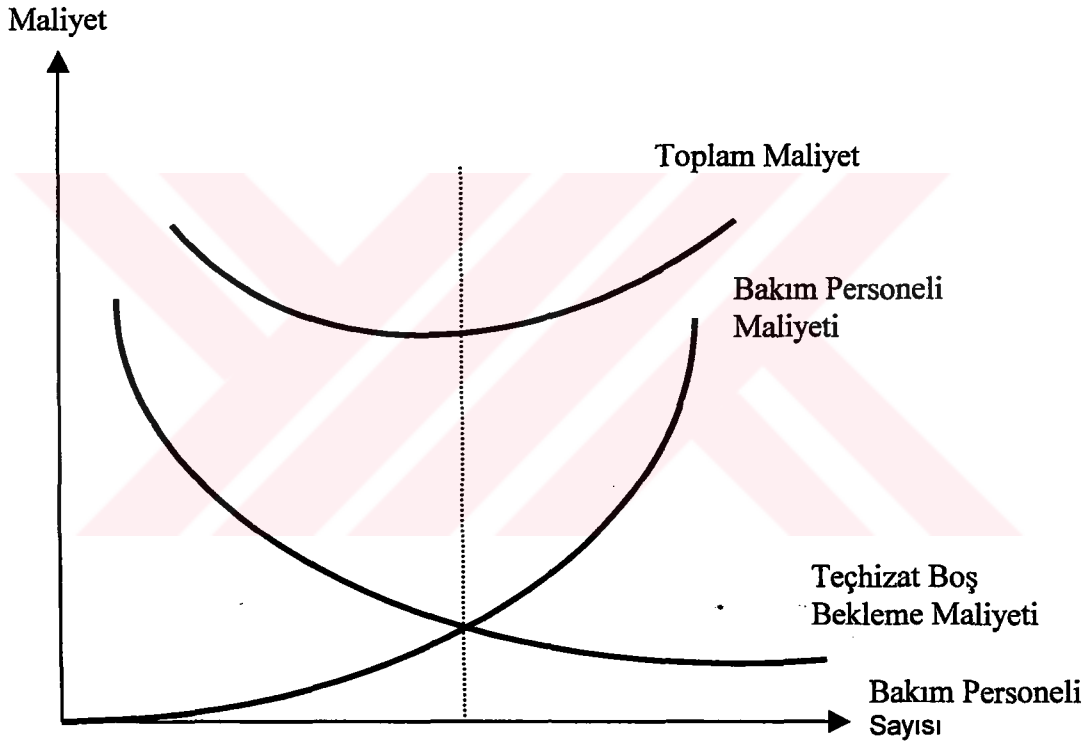
Eğer organizasyonun kendi bünyesinde bir bakım fonksiyonunun olduğunu varsayılırsa, bu durumda, bakım fonksiyonunun merkezci veya merkezci olmayan bir yapıda olup olmayacağını kararlaştırılması gereklidir. Bakımın nerede uygulanacağını belirlenmesi gerektiğinde, bakım personelinin arzu edilen uzmanlığı, çeşitli arızalara yanıt vermedeki hızının derecesi, merkezi bir atölyeye olan ulaşım zamanı ve teçhizat operatörlerinin yetenekleri göz önüne alınmalıdır. Bakım tesislerinin fiziksel olarak merkezi bir yerde yerleşimi genellikle, bakım personelinin ve teçhizattan daha etkin olarak yararlanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, daha düşük sistem tepki zamanları ve üretim kayıplarında artışlar ortaya çıkmıştır. Merkezci olmayan tesisler için ise, bunun tam tersi geçerlidir. Bu konu, ekonomik analizle desteklenen bazı tahmin metotlarıyla veya bir simülasyon modeliyle çözülebilir.

Bir bakım politikasının belirlenmesinde, yukarıda değinilen tüm unsurlar, üretim sisteminin tasarımının başlangıç aşamasında dikkate alınmalıdır. Daha sonradan, tüm bu veriler, üretim

hacmindeki ve proses teknolojisindeki değişikliklere bağılı olarak, periyodik olarak güncelleştirilmelidir (Gilberth ve Finch, 1985).

3.8.1 Bakım Sistemi Bilgi Girdileri

Planlama işlemi sonunda tanımlanan çalışma karakteristikleri, yani karar değişkenleri veya bakım faktörleri, sistemin girdilerini oluşturmaktadır. Örneğin periyodik yenilemelerin zamanı, bakım ekibinin büyüklüğü (bakım personeli sayısı) gibi karar değişkenlerinin değiştirilmesi sistemin çalışma durumunu büyük ölçüde etkilemektedir. Bakım ekibinin büyüklüğü ile boşa bekleme maliyeti arasındaki denge Şekil 3.8' de gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Bakım personeli sayısının belirlenmesi (Baz, 1995)

Yönetmel kararlar vermek için, bir işletmeye girdi oluşturan elemanlardan hammaddeyi esas almak yeterli değildir. Benzer şekilde, bir üretim sisteminin bakımıyla ilişkili olan verinin oluşturulması aşamasında da aynı şey geçerlidir. Bununla birlikte, çeşitli parçaların, teçhizat ve tesislerin performansıyla ilişkili olan veri kitlelerinin üretilmesi olanaklı olmakla birlikte, yönetimle ilişkili işler, varsayımlara ve yaklaşımlara dayalı olmalıdır.

Mevcut veri, üretim-sistemi parçalarını ve bakım sistemini tanımlamak için ihtiyaç duyulan fiziksel ve ekonomik karakteristikleri belirlemek amacıyla organize edilebilir. En uygun

bakım politikasının belirlenmesi için ihtiyaç duyulan bilgi, bakım karar-verme sistemi için gerekli girdiyi tanımlamaktadır.

Bilgi girdileri, operasyon zamanı ve yürütülen tamirler cinsinden ifade edilen parçalara yönelik geçmiş verilerle, parça ve işgücü maliyetleriyle ve kayıp üretim veya gecikmiş teslimatların etkileriyle ilişkili olabilir (Vollmann vd., 1997).

3.8.2 Bakım Sistemi Çıktıları

Bakım sistemi çıktıları, makine ve teçhizatın durumunu belirten bir parametre veya parametreler topluluğudur. Örneğin sistemin çıktısı, arızaların sıklığı, teçhizatın aşınması, arızalar nedeniyle oluşan işletim dışı süreler ve bu sürelerin neden olduğu maliyetler başlıca çıktılar olarak gösterilebilir. Bu çıktılar üretim planlamaya girdi olarak dönmektedir. Aşağıda, bir bakım sisteminden elde edilen çıktılar, iki farklı grupta sınıflandırılmıştır.

1. Seçilmiş politikaların işletilmesi için programlar

- a. Teçhizat ve tesislerin durumunun değerlendirilmesi
- b. Arızalar meydana geldiğinde, öncelikleri ve ihtiyaç duyulan yetenekleri belirleyerek, tamir için programlar oluşturulması
- c. Uygun olduğu zaman, önleyici bakım için programlar oluşturulması

2. Düzeltme için hazırlanan kayıtlar

- a. İnceleme, tamir veya önleyici bakım için teçhizatın durumunun belirlenmesi
- b. Yedek parçalar ve envanterlere yönelik tasarlanmış ihtiyaçların, planlı bakım işleri için düzenlenmesi.
- c. Kapasite ve ihtiyaç duyulan çalışma saatleri açısından belirlenmiş ihtiyaçların bakım kapasitesi için düzenlenmesi.

Yukarıda sıralanan çıktıların ne kadarına ihtiyaç duyulduğu, mevcut bilgi sisteminin kalitesine bağlıdır. Tüm sistemler için, iyi bakım politikalarının geliştirilmesi, bilgisayar destekli bir bilgi sisteminin oluşturulmasını gerektirmektedir (Vollmann vd., 1997).

3.8.3 Bakım Sistemi Kısıtları

Bir bakım politikası geliştirmek için ele alınan alternatiflerin sayısı bazı kısıtlarla sınırlıdır. Uzun temin zamanlarına ihtiyaç duyan çeşitli seçeneklerin uygulanabilirliği, proses

teknolojisiyle, tesis planıyla, kapasiteyle ve bakım sistemine atanan personel büyüklüğüyle sınırlıdır. Bununla birlikte, toplu planlama ve sermaye-bütçe kararları da bakımın çeşitli yönleri üzerinde etkilidir (Mann, 1976).

3.8.4 Bakım Sistemi için Performans Kriterleri

Bir bakım sistemi, envanter sistemine benzer şekilde, üretim sisteminin ekonomik ve düzgün işletimi için destekleyici bir fonksiyondur. Dolayısıyla, çeşitli politikalar, hedeflenen güvenilirlik seviyesine bağlı olarak ortaya çıkan bakım maliyetlerine göre değerlendirilmektedir.

Uzun-dönemli kısıtlar, neyin, kim tarafından ve nerede bakımının yapılacağı sorularına yanıt aramaktadır. Kısa-dönemli kısıtlar ise, arızanın tamirini ve önleyici bakımı içeren çeşitli seçenekler arasından optimum politikanın belirlenmesine yöneliktir. Buna yönelik olarak çizilen bir maliyet diyagramından da, açıkça görülebileceği gibi, önleyici bakımın seviyesi yükseldikçe, arıza maliyetlerindeki düşüş, önleyici bakım maliyetlerindeki artıştan daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, toplam maliyet azalmaktadır. Bu durum, optimum önleyici bakım seviyesi elde edilene kadar devam etmektedir. Bu noktanın aşağısında, arıza-tamir maliyetlerindeki düşüş ve önleyici bakım maliyetlerindeki artış arasındaki denge bozulmaktadır ve sonuçta toplam maliyet yükselmektedir (Dervitsiotis, 1981).

3.9 Bakım Planlaması

Fabrika bakım sistemlerinin oluşturulmasında, önleyici bakım planlaması kritik bir rol oynamaktadır. Nakajima (1988), önleyici bakımı, tesis ve donanımda, arıza oluşma koşulu aranmaksızın, belirli bir programa göre yapılan, muayene, yağlama, ayarlama, yenileme ve revizyon yolları ile kullanılabilirlik süresinin artırılması şeklinde tanımlamıştır. Bu tür zaman esaslı çalışmalar “Planlı Bakım” olarak da adlandırılmaktadır. Planlı Bakım’ da amaç, acil bakım ihtiyaçlarını en aza indirerek, uzun dönemde üretim sistemlerinin sürekliliğini sağlamaktır (Richel, 1991). Planlı Bakım, sıfır hata ve sıfır arızayı, bakım teknolojilerini ve yeteneklerini artırıcı faaliyetlerle gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Bununla birlikte, ekipman bakımını etkin hale getirmek amacıyla girdilerin azaltılmasına çalışılmaktadır (Baz, 1995).

Bakım-onarım sistemi, üretimin veya hizmetin gerçekleştirildiği tesisin, teçhizat etkinliği ve verimliliğinin, belirlenmiş yönetim politikalarıyla, teknik spesifikasyonlara uygun bir şekilde, yeterli bir düzeyde olmasını sağlamak üzere kurulur. Tesis ve donanım teknolojisindeki hızlı modernleşme, bakım-onarım sistemlerinin daha etkin bir şekilde planlanmasını zorunlu kılmıştır. Bunun sonucunda, teçhizat bakım-tamirine ilişkin bir yönetim ve planlama prosesi

kurmayı hedefleyen, *Bakım Planlaması* kavramı ortaya çıkmıştır. Bu planlama sayesinde, ihtiyaç duyulan bakım-tamir desteği zamanında gerçekleştirilerek, gereksiz işletim ve destek maliyetleri azaltılabilmektedir. Sonuçta, planlama, gelişim ve diğer lojistik destek elemanlarının koordinasyonuna yönelik temel kurulmuş olacaktır.

Bakım planlaması, belirli bir sistem için bakım ihtiyaçlarını geliştirmek için kullanılan bir prosestir. Bununla birlikte, gerekli bakım görevlerini kimin uygulayacağı ve nerede uygulanacağı bu planlar aracılığıyla belirlenir. Bakım Planlaması, ilgili ekipmanlara ait işlerin otomatik olarak siparişlere aktarılmasını ve bunların zamanında gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Sonuçta, üretimdeki hata ve kusurlar elimine edilmekte, teçhizat kullanım oranları yükselmekte, üretim maliyetleri azalmakta ve tüm bunların neticesinde üretkenlik artarak, istenilen kaliteye ulaşılmaktadır.

Bakım planları, bakım kavramının gelişimiyle başlar ve yedek parçaların tasarımı, gelişimi, temini ve operasyonları devam ettirmek için sürekli bir desteğe ihtiyaç duyulduğu andaki müşteri kullanımı aşamalarında devam eder.

Bakım planlamasının temel hedefi, teçhizat bakım/tamir yeterliliğini sağlamak için bir yönetim ve planlama sistemi oluşturmaktır. Böylece, lojistik açıdan destekli bir sistem oluşturulabilecek; operasyonel ihtiyaçlara yönelik bir tepkisel destek sağlanabilecek; gereksiz operasyon ve destek maliyetlerinin meydana gelmesi riski azalacak; gerekli bakım/tamir yedek parça gereksinimlerinin zamanında temin edilebilmesi sağlanacak; sistemin faydalı kullanım ömrü süresince, her bir aşamada uygulanacak teçhizat bakım ihtiyaçları ve kavramlarının dokümanları tutulabilecek ve son olarak, planlama, geliştirme ve diğer lojistik destek elemanlarının zamanında temin edilebilmesi için gerekli alt yapı kurulabilecektir (Chanter ve Swallow, 1996).

Çeşitli parçaların, planlı bakım programı içerisine dahil edilmesinde, uygun bir çevrim periyodunun kararlaştırılması gereklidir. Çevrimlerin belirlenmesinde kullanılmak üzere birçok veri mevcut bulunmaktadır. Uygun çevrim periyodunun belirlenmesinde, çeşitli karar modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller aşağıdaki unsurları göz önüne almaktadır (Gharbi ve Kenne, 2000):

1. Her bir çevrim için oluşan yeniden düzenleme maliyetleri,
2. Çevrimlerin bozulma üzerindeki ve parça arızalarını hızlandırmasının olasılığı,
3. Üretken proseslerin bozmasının maliyeti (Parça arızaları ve operasyon yönünden),

4. Müşteri hizmeti gibi etkilerin gizli maliyetleri olabilir.

Planlı bakım programlarının amaçları çok çeşitlidir. Dolayısıyla, birçok tipte programla karşılaşılacaktır. Bununla birlikte, bakım planlarının hedeflerini doğru olarak belirlemek gereklidir. Bu hedefler aşağıdaki unsurları içermektedir;

1. Önemli kusurların düzeltiliğinin garanti edilmesine yardımcı olmak.
2. Fabrikanın durumunun kabul edilebilir bir seviyede tutulması ve önleyici bakım işlemleriyle, bozulmanın önlenmesi.
3. Mühendislik ve yararlı hizmetlerin, binanın çevresel faktörlere ve dolayısıyla üretken kapasiteye karşı korunması için sürdürülmesi.
4. Fabrika arazisinin değerli bir mal olarak korunması.
5. Etkili bir planlamayla, önceliklere dikkat ederek, bakım faaliyetlerinin yürütüldüğünün garanti edilmesi.
6. Uygun bir planlamayla, bakım operasyonlarının, sınırlı kaynaklardan ve paradan en etkili bir şekilde yararlanılarak yürütüldüğünün garanti edilmesi.
7. Finansal yönetim için, özellikle bütçe kontrolünde, bir araç sağlamak ve bakım yöneticilerine finansal kaynaklar yönünden yardım etmek.
8. Geniş çaplı tesis yönetim senaryosunun bir parçası olarak, yönetime programlı tamirler ve bakım işlemleri yönünden yardımcı olmak (Chanter ve Swallow, 1996).

Bakım işinin kendine has karakteristikleri, doğru ve kapsamlı bir uzun dönem planının yapılmasını gerektirmektedir. Bakım planlarına belli bir esneklik kazandırılarak, üretim sistemiyle ilişkisinin sürdürülmesi gereklidir. Bununla birlikte, üretimdeki belirsizlik seviyelerinin açık bir şekilde tanımlanması gereklidir.

Belirsizliği ve riski anlamadaki yetersizlik, modern planlama tekniklerinin kötü kullanımına yol açmaktadır.

Bakım planlama prosesini etkileyen karakteristikler;

1. İş, birçok sayıdaki küçük işler aracılığıyla karakterize edilmekte ve bireysel işler programlanmaya çalışılmaktadır.

2. Belirli bir işin fabrika kapsamında yayılması, planlamanın verimliliği ve ekonomikliği açısından dikkate alınması gereken önemli bir faktör olabilir.
3. Bireysel işler, sıralama açısından basittirler. Bununla birlikte, detaylı çalışma metotları yerine lojistik faktörlerin düşünülmesine daha fazla ihtiyaç duyulabilir.
4. Küçük işlerin büyük bir kısmı, bu işler arasında koordinasyonun sağlanmasını gerektirmektedir.
5. Bir sipariş veya emir durumunda iş parçasının kapsamı belirsiz olabilir.
6. Acil parçalar için bilinçli bir politikanın kabul edilmesi, esneklik gereksinimini ortaya çıkarabilmektedir.
7. Dikkatli bir şekilde oluşturulan iş programları, birçok potansiyel nedenden dolayı bozulmaya maruz kalabilir. Bunlar;

- Acil işlerle ilgilenmek için kaynakların geri çekilmesi,
- İklimsel koşullar,
- Giriş problemleri,
- Bütçesel engeller.

8. Acil tamirler, tahmin edilemez doğalarından dolayı, spesifik problemlere yöneliktir ve dolayısıyla kısa temin zamanları yaratmaktadır.

Yukarıdaki problemler ışığında, planlar farklı seviyelerde formüle edilmektedir. Genel olarak, bakım planları üç farklı grupta sınıflandırılmaktadır;

- Uzun Dönemli (Beş yıllık veya daha fazla)
- Orta Dönemli (Yıllık)
- Kısa Dönemli (Aylık, haftalık, günlük)

Yönetim bilgisi açısından, bu planlar her zaman gerekli olmayabilir. Aşağıda planlara gereksinim duyulmasının temel nedenleri verilmiştir.

1. Bir plan sadece, finansal yönetim amaçları açısından gerekli olabilir. Temel olarak, bu tip bir plan bakım maliyetleri oluşturacaktır. Ayrıca, bu plan, bir öncelik sistemi vasıtasıyla,

bütçe kısıtları dolayısıyla ortaya çıkan bir problemin çözümüne, karar verme aşamasında destek vermektedir.

2. Üst yönetimin amaçları doğrultusunda, daha ileri seviyede bir programın geliştirilmesi gerekebilir. Bu durumda, bakım ihtiyaçlarına yönelik daha detaylı veri girişine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, operasyonlar ve maliyetler için belirli bir zaman aralığının ayrılmasını gerektirmektedir. Bu tip bir plan, kısa dönemli güncelleştirmeleri gerektiren orta dönemli bir plandır.

3. Operasyonel ve işlerin takibi amacıyla, kısa dönemli programlara ihtiyaç duyulabilir ve bu programlar, görevlerin yerine getirilmesi için detaylı bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Chanter ve Swallow, 1996).

3.9.1 Uzun Dönemli Bakım Planlaması

Uzun dönemli planlamanın amacı bireysel operasyonlar için, detaylı veri elde etmek değildir. Ayrıca, uzun dönemli planlama bu tipte veriye ihtiyaç duymamaktadır. Uzun dönemli planlamanın periyodu, organizasyonun hedeflerine ve karakteristiklerine bağlıdır. On beş yıllık programlar önerilmekle birlikte, pek gerçekçi görülmemektedir. Bununla birlikte, uzun dönemli planlar beş yıllık periyotlar bazında hazırlanmaktadır. Bu beş yıllık periyotların ilkinde, belirsizliğin seviyesi gösterilmektedir.

Plan ilerledikçe, sağlıklı uzun dönemli tahminlerde bulunabilmek için, plan revize edilip, güncelleştirilebilmelidir (Chanter ve Swallow, 1996).

Uzun dönemli planlama, çok çeşitli amaçlar için üretilebilir;

1. Belirli bir dönem için gerekli bakım maliyetlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bakım işleri konusunda bir geciktirme söz konusuysa, programın oluşturulmasında, geciktirilmiş işlerin gelecekteki gereksinimlerden ayrı tutulması faydalıdır. Bu tip bir ayırım, özellikle bir öncelik sistemi mevcutsa, sıklıkla ortaya çıkacaktır.

2. Uzun dönemli bir plan, koşullara uygun olarak, gider kalemlerinin planlanmasında kullanılabilir. Buna net bir örnek, gider kalemlerinin mevcut finansal kısıtlar dahilinde planlanmasının gerekliliğidir. Böylece, öncelikli kodlama sisteminin kullanımına olan talep artacaktır.

3. Önemli tamir ve yenileme önerileri, mevcut finansal kaynaklarla uyumlu olan ve zamanlama açısından organizasyon üzerinde minimum bozucu etkisi olan ileriye dönük

dikkatli bir planlamayı zorunlu kılmaktadır. Önemli tamir programları, spesifik bir problemin analizinin sonucu olabilir ve gerek maliyet gerekse de iş kapsamı açısından net bir şekilde tanımlanabilir. Bu programların planlanmasında belli bir esneklik bulunmaktadır ve bunlar nadir olarak acil parçalar içermektedir. Bu durum, tahmin edilemeyen arızalar karşısında, programda gerekli ayarlamaların yapılabilmesini sağlamaktadır.

4. Uzun dönemli planlama, finansal kaynaklara yönelik tahmin ve bütçe işlemleri için faydalıdır. Bununla birlikte, işgücü ve malzemeye yönelik diğer kaynakların doğru zamanda mevcut olması gereklidir.

5. Etkin ve kapsamlı bir tesis yönetimi, bakım planlarının sermaye projeleri, envanter bulundurma amacındaki değişiklikler gibi uzun dönemli kararlarla entegrasyonunu sağlamaktadır.

Bakım planlarının belli başlı elemanları, tahmin edilebilir niteliktedir. Bununla birlikte, zaman aralığı arttıkça, belirsizliğin seviyesi de daha büyük olacaktır. Bu durum özellikle, maliyet tahminleri için geçerlidir.

3.9.2 Orta Dönemli Bakım Planlaması

Orta vadeli planlar, genel olarak yıllık olarak hazırlanmakla birlikte, ara periyotlarda bazı güncelleştirmelerin yapılması kaçınılmazdır. Bu ara periyotlar, bakım yönetim sisteminin organizasyonun hangi kısmında uygun olduğuna bağlı olarak belirlenmektedir. Birçok durumda, raporlar ve kontrol mekanizmaları, aylık olarak incelenmekte ve yeniden düzenlenmektedir.

Yıllık planlar, uzun dönemli programların ışığı altında hazırlanmaktadır. Bununla birlikte, formülasyon aşamasında, o yılki plana dahil etmek amacıyla tanımlanması gerekli spesifik ihtiyaçlar bulunabilir. Dolayısıyla, uzun ve orta dönemli planlar arasındaki bilgi akışı çift yönlü olmalıdır. Orta vadeli planlama, uzun dönemli planlamaya nazaran daha az belirsizdir ve dolayısıyla daha çok detay barındırmaktadır.

Orta dönemli bakım planlamasının belli başlı faydaları şunlardır;

1. Orta vadeli planlama, yöneticilere yıllık bakım bütçelerin belirlemelerinde yardımcı olmaktadır.
2. Maliyet, işgücü ve malzeme tüketiminin optimum düzeyde planının yapılmasına öncelik etmektedir.

3. Yıllık programlar aracılığıyla, dönem boyunca ihtiyaç duyulacak malzemelerin miktarları net bir şekilde görülebilmektedir.

4. Yıllık bakım programı, bakım faaliyetlerinin zamanında gerçekleştirilmesini garanti edecektir.

Yıllık programların oluşturulması basamakları;

1. Programa dahil edilecek parçaların tanımı,
2. İş kapsamının ve maliyetlerinin tanımı,
3. İş sırasının belirlenmesi,
4. Bir kontrol mekanizmasının temin edilmesi.

3.9.3 Kısa Dönemli Bakım Planlaması

Kısa dönemli bakım planlaması söz konusu olduğunda, iki sebepten dolayı, daha detaylı noktalar göz önüne alınmaktadır;

1. Performans analizi ve geri beslemeyle ulaşılan veriler, gelecekteki planlama için gerekli bilgi kaynağıdır.
2. Operasyonel hedefler ve günlük yönetim kontrolü için, bakım operasyonunda gerekli tüm girdilerin uygun bir şekilde tanımlanması ve ifade edilmesi gereklidir (Chanter ve Swallow, 1996).

Her yılın başlangıcında, aylık programlar, yıllık programları bölerek oluşturulmaktadır. Operasyonel düzeyde, haftalık hatta günlük programlar oluşturulmaktadır. Bir bakım ekibinin günlük işlerini düzenlemesi, kısa dönemli bir program olarak düşünülebilir.

Yıllık programın kısa dönemde birçok getirisi bulunmaktadır. Yıllık program ve kısa dönemli program birbirini tamamlayıcı programlardır ve işgücünden en iyi şekilde yararlanmak için gereklidir. Operasyonel yönetim açısından, işin detaylı programlanması, direkt işgücüne bağlıdır.

Kısa dönemli program, yıllık programın ileriye dönük planlamasını faaliyete geçirmektedir. Bununla birlikte, bu programdan elde edilen geri bildirimler, tüm yıl boyunca üretimin kontrolünü ve denetimini sağlamaktadır.

3.9.4 Planlı Bakım Yapısının Kurulması Aşamaları

Günümüzde mal ve hizmet üretiminde kullanılan sistemler son derece karışıktır ve maliyetleri oldukça yüksektir. Ekonomik olarak eldeki kaynaklardan yani söz konusu sistemlerden mümkün olduğunca daha fazla yararlanılmak zorundadır. Bu nedenle, sistemlerin bakımı, bakımın planlanması ve uygulanması giderek daha çok önem kazanmaktadır. Bakımın planlanması için, öncelikle, bakım faaliyetinin optimum seviyesi, arıza oluşma olasılıkları ve gerekli tamir zamanına yönelik bilgiden yararlanılarak belirlenmelidir. Bu tip verilerin elde edilmesi kolay olmamakla birlikte, doğru bakım kayıtlarından yararlanılarak, arıza ve tamir zamanlarına yönelik olasılık dağılımları hesaplanabilir. Oluşturulan bu olasılık dağılımları, kullanılan üretim teknolojisi ve üretim hattındaki her bir teçhizatın spesifik özellikleri dikkate alınarak, optimum önleyici bakım periyodu kararlaştırılmalıdır (Gharbi ve Kenne, 2000).

Bakım planlama, sistemlerin bakımını minimum maliyetle ve etkin bir şekilde yaparak işletim dışı süreyi en aza indirmeyi sağlamaktadır. Bakım planlamaya böylesine önem kazandıran faktörler ise şunlardır (Baz, 1995):

- Mekanizasyonun artması,
- Donanımların artan karmaşıklığı,
- Artan kalite gereksinimleri ve maliyetler,
- Üretilen mal ve hizmetlerin nitelik ve niceliklerinde daha az sapma için çaba gösterilmesi.
- Planlı bakım yapısının kurulmasında takip edilmesi gerekli adımlar aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır;

Adım 1: Planlı bakım yapısının kurulmasına ihtiyaç olup olmadığı belirlenir.

Adım 2: Planlı bakımın amaçları, politikaları belirlenir. Planlı bakımın işletmeye uygulanabilmesi için, amaçların politikalarına karar verilir.

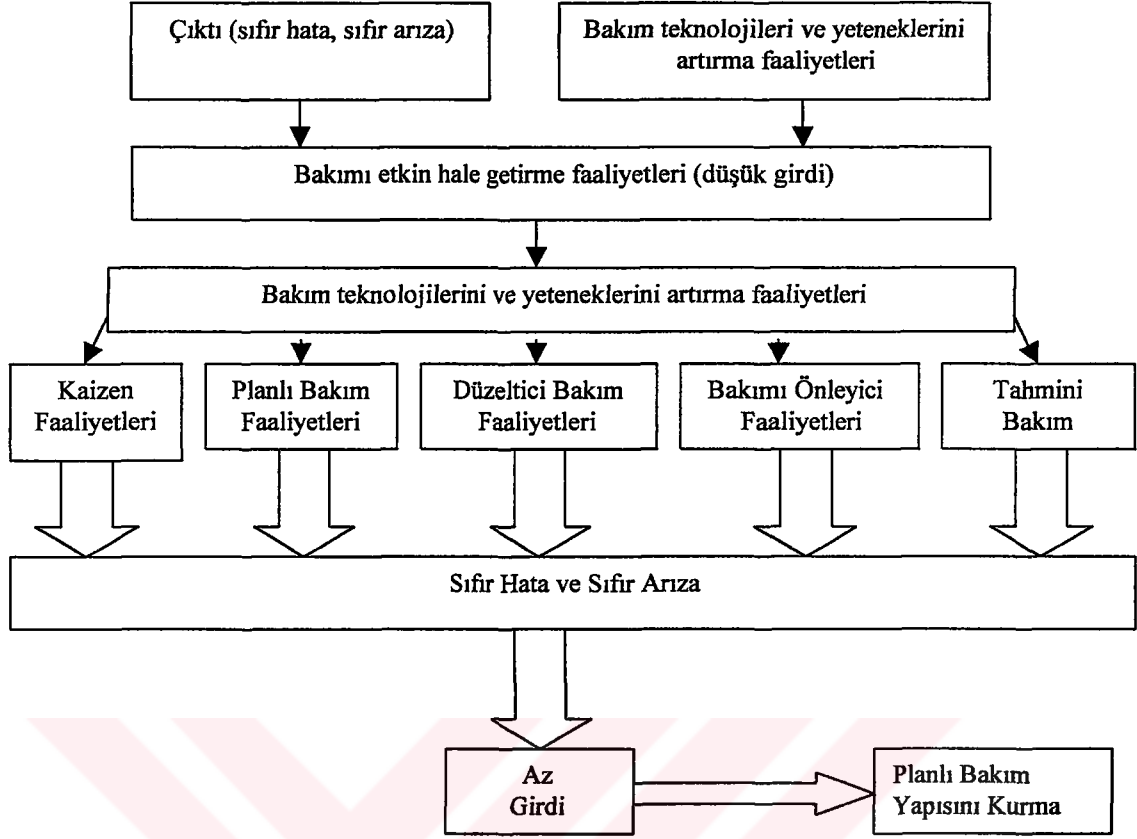
Adım 3: Formasyon oluşturulur ve pozisyon açıklanır.

Adım 4: Yapının kurulması için kuruluş adımları açıklanır.

Adım 5: Her madde için spesifik maddeler çalışılır.

Adım 6: Uygulamaya koyma için plan oluşturulur.

Adım 7: Bakım sistemi kurulur ve etkileri izlenir (JIPM,1997)



Şekil 3.9 Planlı bakımın yapısı (JIPM, 1997)

3.9.5 Bakım Planlamasında Karşılaşılan Sorunlar

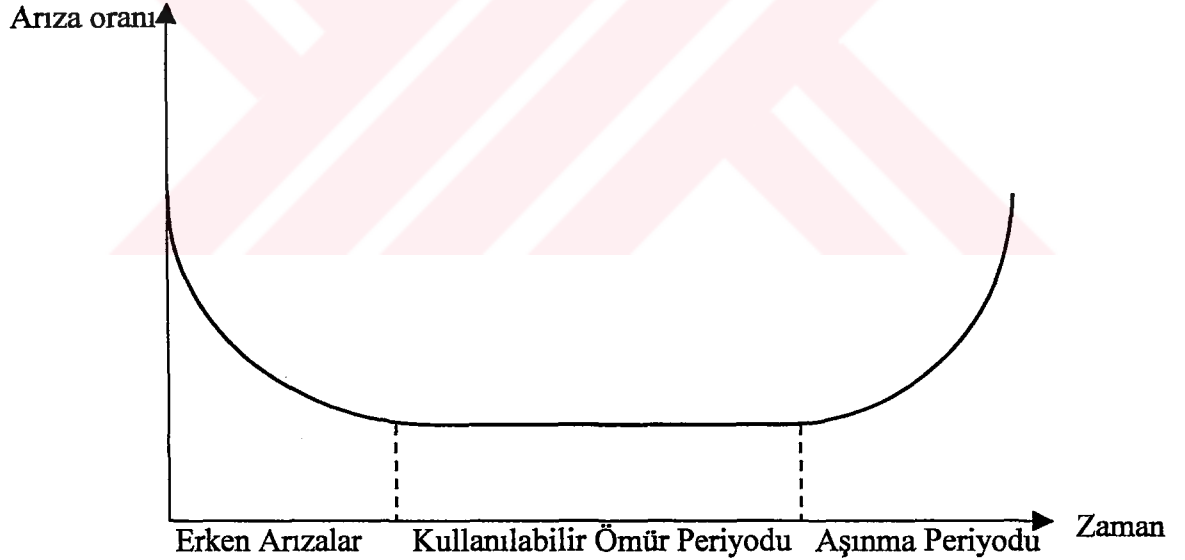
Bu sorunları iki grupta toplamak mümkündür. İlk grupta, bakımların yapılış zamanlarına ilişkin sorunları toplayabiliriz. Bu sorunların kökeninde, özellikle arızaların ortaya çıkış zamanlarının bilinmemesi yatmaktadır. Bu sorunlar, planlamanın zaman boyutu ile ilişkilidir.

Bakım planlamasında karşılaşılan ikinci grup sorunlar ise, bakıma ayrılacak kaynaklarla ilgilidir. Bu sorun, zamanlama sorunuyla iç içedir. Bu nedenle, çözümü arızaların ortaya çıkış zamanlarının tahminine bağlıdır. Karar verici, sistemin bakıma gerek duyacağı zamanları kestirebilmeli ve bunlara ilişkin gerekli kaynakları da tahmin edebilmelidir. Ancak bu belirleme sırasında önemli olan, bakım işlerinin en düşük maliyetle gerçekleştirilmesidir. Karar verici, gerekli bakım faaliyetlerinin zamanında gerçekleşmesini sağlayacak bir dizi eylem seçeneğiyle karşı karşıyadır. Söz konusu eylem seçenekleri, bakım süresinin ve bakıma tahsis edilecek kaynakların çeşitli bileşimlerinden oluşmaktadır. Karar verici tutarlı bir karar politikası uygulayabilmek için, sistemin belirlenen amaçları doğrultusunda en uygun eylem biçimini saptama durumundadır. Bakım planlamasında karşılaşılabilecek problemlerin belli başlıları şunlardır:

- **Yenileme problemleri:** Aşınmış veya ömrünü doldurmuş makine ve teçhizatın yenilenmesi. Burada problem, neyin ne zaman yenileceğinin belirlenmesidir.
- **Onarım ve revizyon problemleri:** Yapılan bakım işlemi sonunda teçhizatın hiç bir zaman yeni kabul edilemeyeceği ve yıpranıp, değerinin düşeceği, çalışma masraflarının artması söz konusudur. Onarım ve revizyonların amacı teçhizatın ömrünü uzatmak ve yıpranmanın hızını düşürmektir.
- **Muayene problemleri:** Muayene sıklığının, muayene aralıklarının ve muayene zamanlarının belirlenmesi problemleridir. Kısaca muayenenin ne zaman yapılması gerektiği problemidir.
- **Optimizasyon problemleri:** Bakım olanaklarının ve kaynaklarının en iyi şekilde kullanılmasıyla ilgili problemlerdir. Takım, teçhizat, iş gücü gibi kaynakların en iyi şekilde kullanılmasıyla ilgilidir. Örneğin, bakım ekibi kaç kişiden oluşmalı, teçhizat yeterli midir, hangi yedek parçadan ne kadar bulundurmalı vb. gibi problemlerdir.
- **Yerleşim problemleri:** Bir sistem içindeki teçhizatın yerleştirilmesi veya bir teçhizat içindeki parçaların yerleştirilmesi; sistemin veya teçhizatın güvenilirliğini etkiler.
- **Güvenilirlik problemleri:** Paralel bağlı sistemlerde, boşa çalışır eleman bulundurmanın nedeni, sistemdeki diğer paralel elemanların çalışmamaları halinde devreye girip, duruş zamanı oranını azaltmaktır. Ama boşa çalışır eleman bulundurmak bu defa da maliyeti artırmaktadır. Bu durumda, azalan duruş zamanı, artan maliyet dengesi kurulmalıdır.
- **Çizelgeleme problemi:** Bakım programının nasıl olması gerektiği, en uygun iş sırasının ne olduğu problemlerini içermektedir (JIPM, 1997)

4. ÖNLEYİCİ BAKIM FAALİYETLERİ

Önceki bölümde belirtildiği gibi,, bir tesiste ortaya çıkabilecek arızayı önlemeye yönelik olarak yürütülen bakım faaliyetlerine **önleyici bakım** denilmektedir. Planlı bakımın en gelişmiş şekli önleyici bakımdır. Önleyici bakım, makinelerin düzenli olarak veya önceden belirlenmiş aralıklarda incelenmesini gerektirmektedir. Bu incelemeler sonucunda yürütülen tamirlerin sayısı, incelemelerin sonucunda elde edilen bulgulara bağlıdır. Bir makine ne kadar iyi tasarlanırsa tasarlansın, belirli miktarda aşınma ve bozulmanın ortaya çıkması kaçınılmazdır. Bundan dolayı, firmalarda yürütülen önleyici bakım faaliyetleri oldukça önemlidir. Önleyici bakım, arızadan önce belirlenmiş bir zamanda, çeşitli parçaların değiştirilmesi tekniğidir. Bu teknik, benzer koşullarda çalışan benzer parçaların, benzer yaşam-ölüm eğrilerine sahip olduğunu ileri sürmektedir. Şekil 4.1' de bu yapı gösterilmiştir. Bu teknik, kullanılabilir ömür periyodunda minimum arıza oranını garanti etmektedir. Buna göre, ortaya çıkan bakım maliyetleri ve performans kontrol bilgisi, makine değişimi için uygun olan noktanın belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Corder, 1976).



Şekil 4.1 Önleyici analiz (Corder, 1976)

Önleyici bakım (PM), potansiyel arıza durumlarının belirlendiği ve önemli operasyon problemlerinin önlenmesine yönelik küçük çaplı ayarlamaları ve tamirleri içeren rutin iş yapma yöntemlerinin incelendiği, hizmet faaliyetlerini kapsamaktadır. Arıza bakımı, acil olarak gerçekleştirilen tamir işlemleridir.

Teçhizata yönelik etkili bir önleyici bakım programı, uygun bir şekilde eğitilmiş personeli, düzenli hizmet, personel ve incelemeleri içermektedir. Bakım faaliyetlerinin yıllık, aylık veya

günlük olarak planlanmasıyla, yönetim yetenekli bakım teknisyenlerinden daha iyi yararlanabilmekte, kaybedilen üretim zamanı ise çoğunlukla azalmaktadır. Sistemin incelenmesi sonucu oluşturulan kayıtlar, teçhizat spesifikasyonlarını inceleme ve kontrol listesinde yer alan arıza sıklığına ait bilgiyi, maliyeti ve mevcut yedek parça envanterini içermektedir. Bilgisayar destekli olarak hazırlanmış bakım dosyalarıyla, bu kayıtlar tamamlanabilir ve bu dosyalara her an erişim sağlanabilir (Monks, 1987).

4.1 Önleyici Bakım Kavramı

Önleyici bakım ve bu bakım işleminin planlanması, sistemde meydana gelebilecek duruşları önlemek amacıyla yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Önleyici bakım, teçhizatı iyi durumda tutmak ve güvenilirliğini artırmaktır. Doğru bir önleyici bakım, üretim sisteminin tamamında üretim kapasitesinin önemli ölçüde artmasını sağlayacaktır. İdeal bir önleyici bakım, bütün teçhizatlar için problemleri, daha ortaya çıkmadan önleyecek şekilde yapılan bakımdır.

Önleyici bakım, teçhizatlar arızalanmadan önce, onları kabul edilebilir çalışma şartlarında muhafaza etme ve muhtemel bozulmaları azaltmak için gerçekleştirilen bakım faaliyetlerinden ibarettir. Ana hatları ile bir önleyici bakım şunları içermektedir (Baz, 1995):

- Kabul edilebilir güvenilirliği sağlamak için teçhizat ve sistemin dizaynı, seçimi ve kurulması,
- Teçhizatın periyodik kontrol ve çalışma şartlarını tahmin etmek için kayıtların muhafaza edilmesi ve böylece bozulmalardan kaçınılması,
- Yeterli yağlama, boyama, temizleme ve bakım operasyonu şartlarının düzenlenmesi,
- Hiç bozulma olmamasına rağmen periyodik servis, onarım veya tam kontrol.

Önleyici bakım, teçhizatın bozulmasını önleyen veya geciktiren ve planlı olarak yapılan onarım ve yenileme işlemleridir. Planlı bakımın en önemli kısmını önleyici bakım oluşturur. Önleyici bakımın amacı, ani bozulmalar söz konusu olduğunda yapılması zorunlu olan arıza bakımı veya düzeltici bakım masraflarının ağır külfetinden kurtulmaktır. Heizer ve Render (1998) önleyici bakımın tanımını, bir sistemin ihtiyaç duyduğu hizmet ve tamirin önceden belirlenmesi şeklinde tanımlamışlardır. Benzer şekilde yapılan tüm tanımlarda dikkat çeken temel nokta, önleyici bakım planlamasının fabrika bakım sistemlerinin oluşturulmasında kritik rol oynamasıdır. Bir işletmenin bakım sistemi ne kadar kompleks olursa olsun bu sistemin temel amacı, duruşları azaltmak, çalışma zamanını arttırmak ve sonuçta

prodüktiviteyi yükseltmektir. Bakımın temel fonksiyonlarından birisi de, uzun dönemde üretim sistemlerinin sürekliliğini sağlamaktır. Bu noktada önleyici bakım, sistemin duruşunu önleyen ideal bir yöntemdir.

Önleyici bakım (PM), operasyon stratejilerinin başarılmasında önemli bir faktördür. Örneğin, ürüne yönelik bir strateji için bir PM programının oluşturulması gereklidir. Ürüne yönelik stratejilerde, standart ürün tasarımları, ardışık operasyonlar arasında proses içi stokların çok az bulunduğu üretim hatlarında üretilmektedir. Eğer, bir makine bir operasyon esnasında arızalanırsa, sonraki operasyonlara aktarılması gerekli parçalar zamanında ulaştırılamamış olacaktır. Bu tip sistemlerde, kapsamlı bir PM programının uygulanmasıyla, makine arıza sıklığı ve sertliği azalmaktadır (Gaither, 1996).

4.1.1 Önleyici Bakımın Önemi

Bazen önleyici bakımın, normal arıza bakımından daha pahalı olduğu düşünülebilir. Ancak önleyici bakım uygulanmadığında, aşağıdaki kayıpların ortaya çıkması muhtemeldir. Bu durum önleyici bakımın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

- Çizelgelenmiş teçhizat bozulmalarından kaynaklanan kayıp üretim zamanı,
- Bozulmalardan dolayı teçhizat performansındaki ve dolayısıyla ürün kalitesindeki bozulmalar,
- Teçhizat servis ömrünün azalması,
- Teçhizatın düzensiz çalışmasından dolayı emniyetsizlikten oluşan kazalar,
- Onarım için harcanan büyük üretim zamanı kaybı.
- Önleyici bakım uygulanmadığında ortaya çıkabilecek bu kayıpların yanı sıra, önleyici bakım gerçekleştirildiğinde aşağıdaki faydaların sağlanması mümkündür.
- Operatörler teçhizatı daha iyi tanırlar. Bu sayede daha iyi çalıştırırlar ve muhtemel problemleri daha iyi tahmin edebilirler,
- Fabrikadaki teçhizat kayıtları daha iyi tutulur,
- Kalite, esneklik, emniyet, güvenilirlik ve üretim kapasitesi artar,
- Eğer teçhizatımızın güvenilirliğini artırabilirsek, emniyet stoklarını da azaltabiliriz.

Uzun dönem etkileri açısından ele alındığında, önleyici bakımın işletmeye olumlu yönde çok büyük katkılarının olacağı açıktır. Önleyici bakım programını başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için öncelikle pozitif bir yönetim anlayışının hakim olması gerekmektedir (Baz, 1995).

4.2 Önleyici Bakım Politikaları

Otomasyon fabrikalarında, makineler büyük miktarda üretim işçilerine ihtiyaç duymadan sürekli olarak çalışmaktadır. Bu tip bir çevrede, makineleri ayarlı, yeteri kadar yağlanmış ve iyi bir şekilde işler durumda tutabilmek için büyük miktarda bakım işçisine ihtiyaç duyulmaktadır. Makineleri arızalandıktan sonra tamir etmek, genellikle iyi bir bakım politikası olarak görülmemektedir. Çünkü iyi bir bakım politikası ile arızalar önlenabilmektedir. Bakım sonucu ortaya çıkan en yüksek maliyet, fazla mesai işgücü kullanılsa bile, tamir maliyeti değildir. Tamirler hızlı bir şekilde yapılırsa da, arızalar, üretimi en azından belli bir süre için durduracaktır. Bunun sonucunda, çalışanlar ve makineler boşa kalacak, üretim kayıpları oluşacak ve siparişler programın gerisinde kalacaktır. Sonuçta, gecikmiş işleri tekrar programa eklemek mesai kullanımını gerektirecektir.

Arıza tamir işleri, önleyici tamir işlerinden daha pahalı olmaktadır. Önleyici bakım faaliyetleri, basit olarak arızaların önlenmesi demektir. Örneğin, kış gelmeden bir otomobile bujilerin yerleştirilmesi önleyici bakımdır. Önleyici bakım faaliyetleri kapsamında, zorluklar ortaya çıkmadan ve tamire gerçekten ihtiyaç duyulmadan önce, beklenen gerekli tamirler uygun bir zamanda yapılmalıdır. Önleyici bakım, normal bir kullanım aralığından sonra belirli bir oranda aşınan parçaların yerlerine yenilerinin yerleştirilmesi gerektiğini ifade eden geçmiş bilgiye dayanmaktadır (Moble, 1990).

Fabrika teçhizatı söz konusu olduğunda, bakım ihtiyaçları düzensiz olmaktadır. Bununla birlikte, arızaların önceden tahmin edilmesine çalışılmamaktadır. Ayrıca, gerçekten ihtiyaç duyulmamasına rağmen teçhizat tamir edilmektedir. Önleyici bakım, sadece ihtiyaç duyulduğunda uygulanmaktadır. Makine operatörleri ve ustabaşı makinelerine özen göstermekte ve parçalar işi yapamayacak kadar aşınmadan önce tamir için talepte bulunmaktadırlar. Özel parçalar ise, bakım departmanı tarafından periyodik olarak incelenmekte ve aşınma açısından gözlenmektedir. Bununla birlikte, makinelerin imalatçısı tarafından verilen spesifikasyonlar, arıza dağılım eğrileri ve fabrikanın arıza kayıtları incelenerek, çalışma yüzdesini (olasılığını), durma süresi, işçilik ve parça maliyetlerinin bir fonksiyonu olarak veren bağıntılar bulunabilir. Çalışma yüzdesini maksimum yapan optimal

çözüm, yani optimal bakım periyodu uzunluğu bu bağıntılardan yararlanılarak kolaylıkla hesaplanmaktadır (Moore ve Hendrick, 1977).

Önleyici bakım politikalarına ilişkin modellerde, teçhizat arızaları tesadüfi olarak ortaya çıkmakta ve teçhizatın son durumu tam olarak bilinmemektedir. Teçhizatın durumunda kötüye doğru bir değişiklik olduğunda, bu değişiklik hemen tespit edilmekte ve de gerekli bakım faaliyeti başlatılmaktadır. Dolayısıyla, teçhizatın durumunun değişeceği zaman tam olarak bilinmemektedir. Bu belirsizlik ortamında, teçhizatın arızalanmadan önce, tamir edilmesi veya yerine yenisinin yerleştirilmesi için harcanan zaman büyük önem taşımaktadır. Eğer, teçhizatın tam olarak ne zaman arızalanacağı biliniyorsa, o taktirde teçhizatın kullanılabilir ömründen kayıp vermemek amacıyla, teçhizatın arızalanmadan hemen önce değiştirilmesi gereklidir. Teçhizatın arızalanmadan önce, önleyici bakım politikası doğrultusunda değiştirilmesi, faydalı olmakla birlikte beraberinde boşa zaman kaybına neden olacaktır. Bununla birlikte, eğer teçhizatın arıza modeli gittikçe yükselen bir arıza dağılım oranına sahipse, boşa geçen zaman, ortaya çıkan arızanın maliyetiyle dengelenebilir. Sonuçta, teçhizatın arızalanma oranı giderek artıyorsa, teçhizatın arızalanmadan önce değiştirilmesi avantajlıdır. Sabit bir arızalanma oranına sahip bir teçhizat için, teçhizatın herhangi bir andaki durumu, ileride oluşabilecek arızaları etkilemeyecektir. Dolayısıyla, teçhizatın yerine yenisinin konması, değiştirme işleminden sonra arıza meydana gelmesi olasılığını etkilemeyecektir. Bununla birlikte, teçhizatı arızalanmaya bırakmak ve arıza oluşuktan sonra değiştirmek daha iyi olacaktır. Bu durum, arıza oranının giderek azaldığı bir teçhizat için de geçerlidir (Güney, 1988).

Aşağıda, temel bakım politikaları, detaylı bir şekilde incelenmektedir.

4.2.1. Periyodik Önleyici Bakım Politikaları

Gaither (1996), en basit ve en iyi önleyici bakım politikasını sabit periyodik politika olarak tanımlamaktadır. Bu politika, sürekli inceleme altında bulunan ve giderek artan bir arıza oranına sahip bir teçhizat için tasarlanmıştır. Teçhizat, bir arıza saptanır saptanmaz, tamir edilmektedir. Önleyici bakım faaliyetlerinin yürütülmesi, teçhizat arızasının, arıza oluşmadan önce yerine yenisinin yerleştirilmesine nazaran daha maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır.

Önleyici bakım, bir sistemin ne zaman servis veya tamire ihtiyaç duyduğunun belirlenmesini gerektirmektedir. Bu sebepten, sistem ihtiyaçlarının bakım faaliyetleri gerçekleştirilmeden önce belirlenmesi gerekir. Arızalar, bir ürünün ömrü süresince farklı zamanlarda meydana gelmektedir. Birçok ürün için, yüksek bir başlangıç arıza oranı *infant mortality* olarak

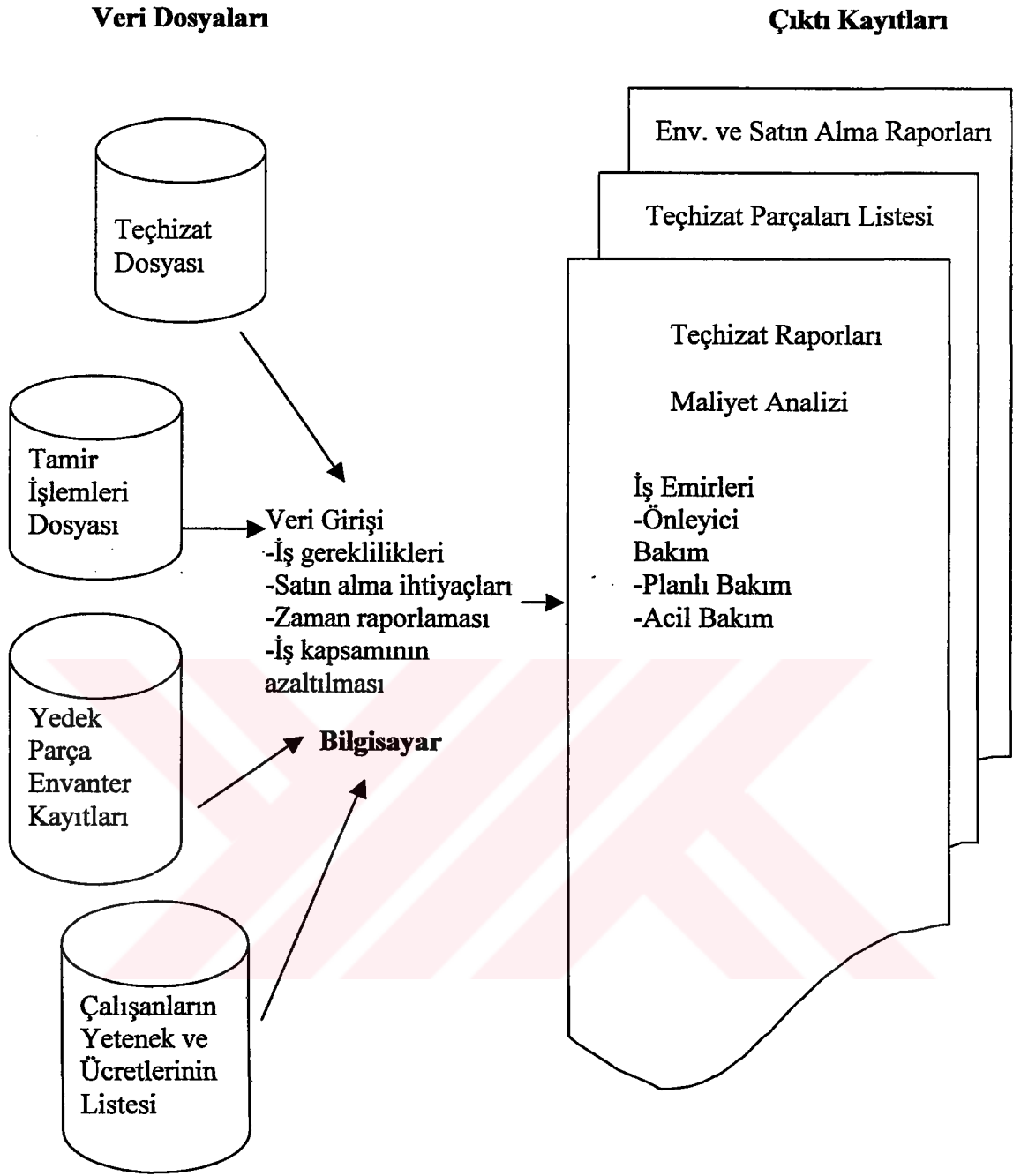
bilinmektedir. Bu sebepten, birçok elektronik firması ürünlerinin çoğunu yakmaktadır. Bununla birlikte, bu firmalar ürünlerini depolamadan önce, başlangıç problemlerini belirlemek için birçok test uygulamaktadırlar. Burada dikkat edilmesi gereken husus, birçok *infant mortality* arızalarının üründen kaynaklanan arızalar olmaması, bunun yerine yanlış kullanımdan kaynaklanan arızalar olmasıdır. Sonuçta, birçok endüstride, yerleşim ve eğitimi kapsayan satış sonrası hizmet sistemini kuran operasyon yönetiminin önemi artmaktadır (Mobley, 1990).

Ürün, makine ve prosese yönelik gerekli tüm bilgiler elde edildikten sonra, arızalar arasındaki ortalama süre dağılımı oluşturulabilir. Bu tip dağılımlar, sıklıkla normal dağılan eğrilerdir. Bu dağılımlar küçük standart sapmalar vermeye başladığında, bakım işlemleri pahalı olmakla birlikte önleyici bakım için aday bir eğri elde etmiş olunur.

Önleyici bakım faaliyetlerini yürütecek firma, aday bir eğri elde ettiğinde, önleyici bakımın ekonomik olarak uygulanabileceği zamanı belirlemeye çalışmaktadır. Genel olarak, bakım pahalı oldukça, arızalar arasındaki ortalama süre (MTBF) dağılımı daha dar olmaktadır. Başka bir deyişle, daha küçük bir standart sapma elde edilmektedir. Buna ek olarak, proseste bir arıza ortaya çıktığında, tamir maliyeti önleyici bakım maliyetinden daha pahalı değilse, tamir yapılmalıdır. Bununla birlikte, arızanın sonucu dikkatlice düşünülmelidir. Çoğu zaman, küçük çaplı arızaların sisteme etkisi büyük olabilmektedir. Her durumda, iş zenginleştirme uygulamalarıyla tutarlı olabilecek şekilde, makine operatörleri kendi teçhizat ve aletlerine yönelik önleyici bakım faaliyetleri için sorumlu tutulmalıdır.

İyi raporlama teknikleriyle, firmalar bireysel proseslere, makinelere, teçhizata ve önleyici bakım faaliyetlerine yönelik kayıtlar tutabilmektedir. Bu tip raporlar ihtiyaç duyulan bakım çeşidine ve zamanına göre bir profil ortaya koymaktadır. Tamir işlemlerinin zamanını ve maliyetini içeren teçhizata yönelik geçmiş verilerin saklanması, önleyici bakım sisteminin önemli bir parçasıdır (Heizer ve Render, 1998).

Birçok iyi bakım sistemlerinin bilgisayar destekli olarak yürütülmeye başlanmasıyla, önleyici bakım faaliyetlerinin planlanması da bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye başlamıştır. Bununla birlikte, önleyici bakım faaliyetlerine yönelik periyot belirleme işlemleri kolaylaşmıştır. Şekil 4.2' de, bu tip bir sistemin dosyaları ve bu doğrultuda hazırlanan raporlar gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Bilgisayar destekli bakım sistemi (Heizer ve Render, 1998)

Bilgisayara dayalı bir bakım sistemi, tamir prosedürleri, bakım çizelgeleme ve kaynak planlama fonksiyonlarını içermektedir. Bu sistem, bakım envanteri, prosedürler ve personel arasındaki ilişkiyi otomatik hale getiren bir yapıya sahiptir. Callahan (1997), Bilgisayar Destekli Önleyici Bakım Sistemlerinin özelliklerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

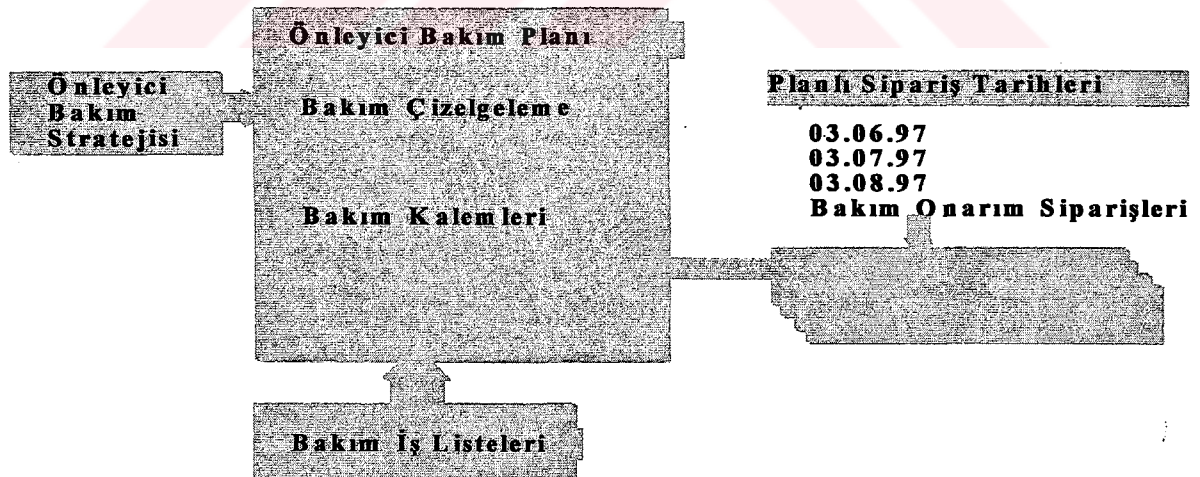
1. Ekipman arıza frekanslarını azaltmak ve tüm işletme produktivitesini arttırmak,
2. Daha iyi bir organizasyon ve faaliyet takibi ile bakım departmanının kontrolünü arttırmak,

3. Uzun dönemli bakım maliyetlerini azaltmak,

4. Bakım ve fabrika çizelgeleme fonksiyonları arasındaki iletişimi arttırmak.

Böylece, temel tamir maliyetleriyle beraber oluşan kayıp üretim maliyetleri de ortadan kaldırılabilir. Önleyici bakımın kullanılmasının diğer bir nedeni de, kalite güvencesine olan taleptir. Çünkü, bir sistem tarafından üretilen ürünlerin kalitesi bakımı yapılan üretim sisteminin durumundan etkilenmektedir. Bilgisayar Destekli Önleyici Bakım Planlaması, tüm bu amaçları gerçekleştirmeye yönelik bir araç olarak kabul edilmektedir.

Dilger (1997)' e göre, bakım sistemlerinin temel görevleri bakım işlemlerinin yönetilmesidir. Ancak Dilger, gelişmiş envanter kontrolü, yöntemlerin analizi, işgücü çizelgeleme, dökümantasyon ve kapasite kontrolü de artık bakım sistemlerinin sorumluluğu altında olduğunu belirtmektedir. Benzer yaklaşımla Dilger (1997), entegrasyon kavramı içinde bakım operasyonlarının eş zamanlı olarak çalıştığını ve envanter, çizelgeleme, satın alma, finans ve proje yönetim sistemlerini de etkilediğini de belirtmiştir. Watkins (1997), bilgisayar destekli bir bakım planlamasının en üstün yanını, sistemin tüm ekipmanlar ile onların en küçük parçalarını ve bunlarla ilgili yapılan işlemlerin bilgisayarla kontrol edilmesi olarak belirtmiştir. Bilgisayar destekli önleyici bakım sisteminin oluşturulması için önceden bakım yapılacak periyotlar ve işler belirli olmalıdır. Şekil 4.3, böyle bir sistemin genel yapısını göstermektedir.



Şekil 4.3. Önleyici bakım planının genel yapısı (Watkins, 1997)

Bilgisayar destekli önleyici bakım onarım sisteminde temelde beş kademe bulunmaktadır. Bu kademelerin oluşturulmasıyla, planlı siparişler yaratılabilmektedir. Bu kademeler:

1. Bakım Stratejisi: Bir işletmede optimum bakım frekansı belirlendikten sonra, uygun strateji tanımlanabilir. Bakım sistemi kullanarak, işletme içindeki tüm önleyici bakım işlerine ait çizelgeleme kurallarını temsil eden bakım stratejileri oluşturulabilir. Bakım stratejisi kullanılarak, bakım planı yaratma zamanı azaltılmakta ve çizelgeleme bilgileri kolayca güncelleştirmektedir. Bakım stratejisi içinde yer alan diğer bir kavram ise, bakım paketleri kavramıdır. Bakım paketleri, belirli bir tarihte veya noktada yapılması gereken bakım faaliyetleri birleştirilerek, bakım paketleri olarak tanımlanmaktadır. Bu paketler, paket frekansı, ölçü birimi, öncelik ve frekans adı gibi bilgileri içermektedir. Farklı çevrim uzunluklarına sahip birden fazla paket, tek bir stratejiye atanabilmektedir.

2. Bakım İş Listeleri: Bakım iş listeleri, teknik bir nesne için periyodik olarak yapılan bir dizi bakım işlerini tanımlamaktadır. Bir bakım iş listesi yaratıldıktan sonra, mevcut operasyonları ve iş listesi sırasını referans alarak, bakım siparişleri ve bakım planları kolayca oluşturulabilir. Böylece, zamandan büyük ölçüde tasarruf edilebilir.

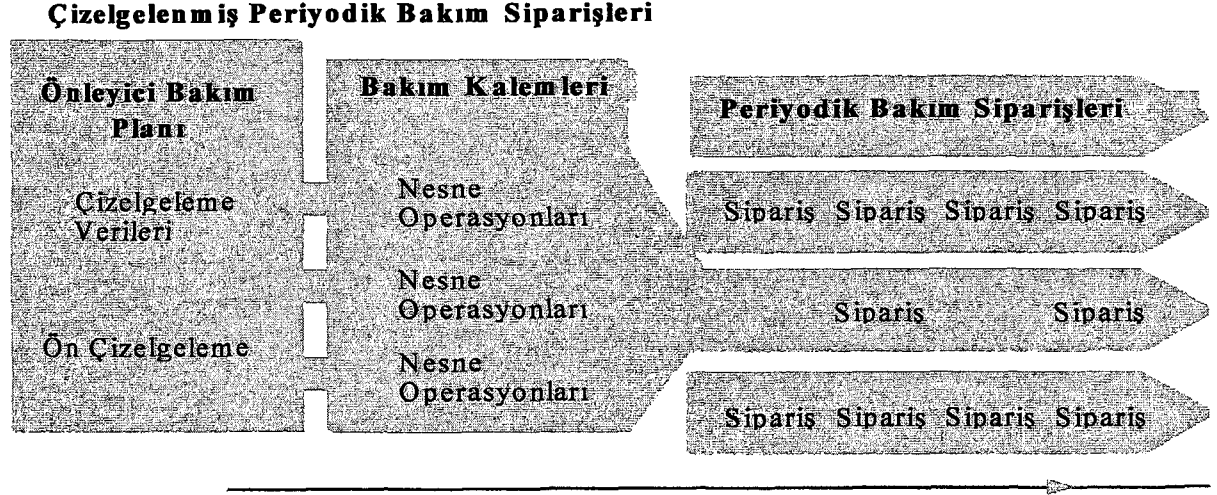
Bilgisayar destekli bakım sisteminde, üç tip bakım iş listesi bulunmaktadır. Bunlar, teknik birim iş listesi, ekipman iş listesi ve genel iş listesidir. Burada teknik birim, birden fazla ekipmanı içeren bir sistem alanıdır. Teknik birimlere örnek olarak, üretim hattı, montaj hattı vb. alanları gösterebiliriz. Teknik birimler için oluşturulan iş listesi, ilgili teknik birime ait periyodik işlemleri içermektedir. Aynı şekilde, ekipman iş listesi de ilgili ekipmana ait periyodik işlemleri içermektedir. Ancak, genel iş listesi belirli bir teknik birimi veya ekipmanı referans almayan sadece yapılacak işlemleri belirli olan faaliyetleri kapsamaktadır. Genel iş listesine, temizlik, boyama vb. işlemleri gösterebiliriz.

3. Bakım Kalemleri: Buradaki bakım kalemleri, periyodik olarak hangi önleyici bakım operasyonlarının ilgili teknik nesnelere uygulanacağını tanımlamaktadır. Bakım kalemleri, teknik birim veya ekipmanın iş listelerinin bağlandığı bir ortamdır. Bu kalemler, spesifik bir nesne için olabileceği gibi bağımsız olarak da yaratılabilmektedir. Bir bakım kaleminde sadece bir tane iş listesi bulunmaktadır.

4. Bakım Planları: Bakım planı, bakım stratejisini göz önüne alarak bir veya birden fazla bakım kalemini içeren bir yapıdır. Bu yapı içinde, ilgili bakım kalemleri ve bunlara ait çizelgeleme parametreleri bulunmaktadır.

5. Çizelgeleme: Bakım sisteminde bir planın çizelgelenmesiyle, bakım planında bulunan çizelgeleme verilerine bağlı olarak otomatik olarak bakım siparişleri yaratılmaktadır. Belirli bir başlangıç tarihi vererek, belirlenmiş çevrim süreleri ve ilgili işler için bakım siparişleri

otomatik olarak oluşturulur. Böylece çizelgeleme, siparişin yapılacağı tarihi ve gerekli bakım işini önceden otomatik olarak belirler. Şekil 4.4, çizelgeleme işleminin aşamalarını göstermektedir.



Şekil 4.4. Önleyici bakım sisteminde çizelgeleme fonksiyonu (Watkins, 1997)

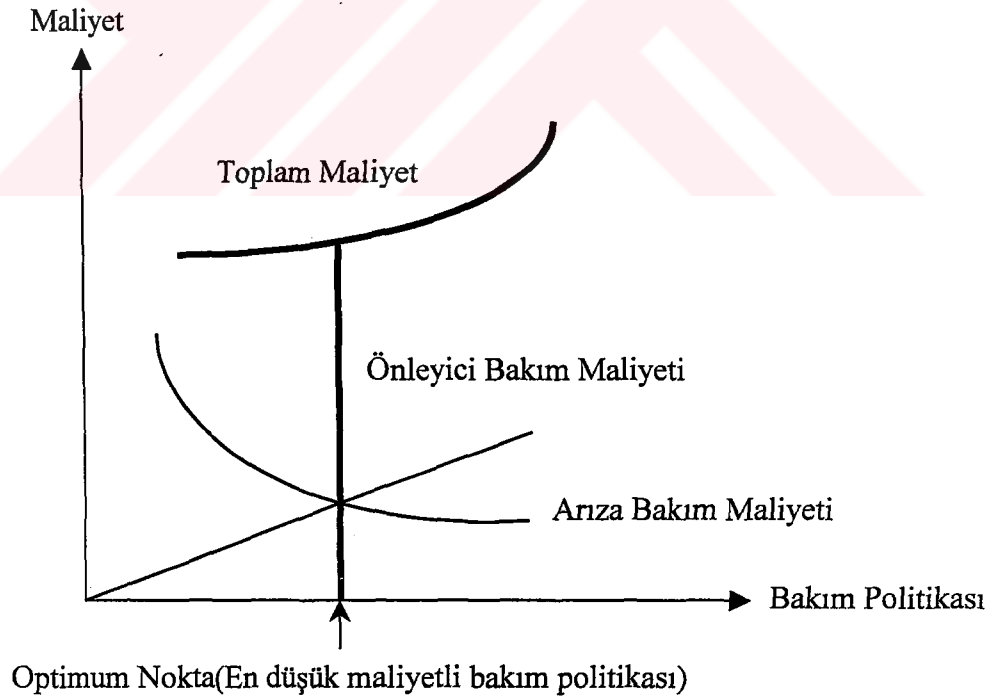
SAP (1995) gibi bilgisayar destekli bakım planlama sisteminde olduğu gibi, oluşturulan bakım planları herhangi bir zaman değeri için yeniden çizelgelenebilir. Tüm çizelgeleme tarihleri, sistem içinde yer alan tarihçeye kayıt edilerek, herhangi bir zamanda süreçlerin izlenmesine imkan vermektedir. Ayrıca, oluşan siparişlerin maliyetlerinin önceden belirlenmesi ve analizi de bilgisayar destekli bakım sistemlerinin diğer bir özelliğidir. Watkins (1997)' in yaptığı araştırma sonucunda, acil veya bozulma anında yapılan bakımların, planlanan veya çizelgelenen bakımların maliyetinden %200 ile %500 daha pahalı olduğu ortaya çıkmıştır. Konuya bu açıdan yaklaşıldığında, önleyici bakımın sonradan oluşabilecek maliyetleri elimine ettiğini görmek mümkündür.

Önleyici bakım faaliyetleri, teçhizatın belirli bir süre sonunda arızalanması olasılığına dayanmaktadır. Bu tip faaliyetler, teçhizatın yağlanması, arızalanan parçaların yerine yenilerinin yerleştirilmesi, temizleme ve tezgah ayarlama işlemlerini kapsamaktadır. Bununla birlikte, üretimde kullanılan teçhizat, önleyici bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü esnada, bozulma yönünden incelenebilir. Önleyici bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesiyle birlikte, teçhizat ömründe bir artış gözlenirken, teçhizatın arızalanması olasılığında ise bir azalış görülecektir. Buna karşılık acil bakımın yapılması için, daha az kişiden oluşan bakım ekibi yeterli olacaktır ve de dolayısıyla işçilik maliyeti düşecektir. Acil bakım faaliyetlerinin en büyük dezavantajları ise; değişken ve tahmin edilemeyen üretim kapasitesi, yüksek seviyedeki

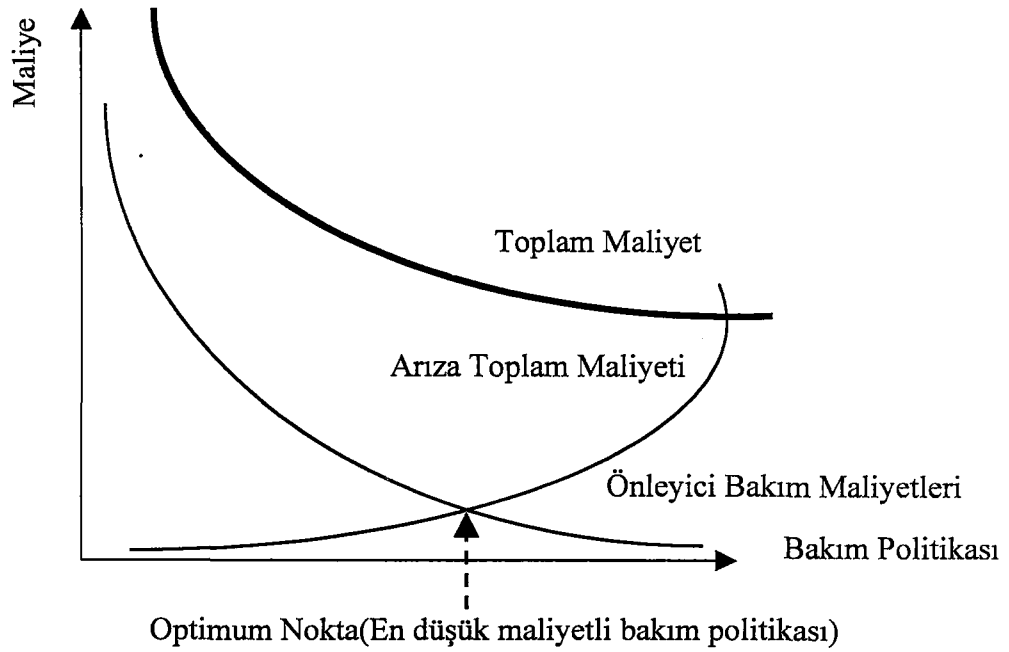
tolerans, hurda miktarındaki artış ve çok büyük arızaların tamir edilmesi sonucunda ortaya çıkan toplam bakım maliyetindeki artış şeklinde sıralanabilir (Swanson, 2001).

Şekil 4.5' de, önleyici bakımla arıza bakımı arasındaki geleneksel ilişki gösterilmektedir. Bu yaklaşımda, operasyon yöneticileri, önleyici ve arıza bakım maliyetleri arasında bir denge kurmaya çalışmaktadır. Başka bir açıdan, önleyici bakım için daha fazla kaynak ayrılması, olası arızaların sayısını azaltacaktır. Bununla birlikte, belli bir noktada, arıza bakım maliyetlerindeki düşüş, önleyici bakım maliyetlerindeki artıştan daha az olabilir. Bu noktada, toplam maliyet eğrisi yükselmeye başlayacaktır. Bu optimum noktanın gerisinde, firmaların arızaların oluşmasını beklemesi ve arıza oluştuğunda da tamir etmesi daha iyi olacaktır.

Şekil 4.5a' da kine benzer maliyet eğrileri, arızanın toplam maliyetlerini nadiren düşürmektedir. Birçok maliyet, mevcut arızayla direkt olarak ilişkili olmadığı için göz önüne alınmamaktadır. Örnek olarak, üretim eksikliğini dengelemek için bulundurulanan envanter maliyeti verilebilir. Arızaların tüm etkisi düşünüldüğünde, Şekil 4.5b , bakım maliyetleri için daha iyi bir gösterim olabilir. Şekil 4.5b ' de sistemde aksaklık yokken toplam maliyetler minimum değerde olmaktadır.



Şekil 4.5a Bakıma yönelik geleneksel yaklaşım (Heizer ve Render, 1998)



Şekil 4.5b Bakım toplam maliyet eğrisi (Heizer ve Render, 1998)

Şekil 4.5a ve Şekil 4.5b, çeşitli bakım-maliyet eğrileri arasındaki farklılıkları göstermektedir. Normalden az çalışmayla ilgili olarak olası tüm maliyetler tanımlandıktan sonra, operasyon personeli bakım faaliyetinin optimum seviyesini teorik olarak hesaplayabilir. Bu tip analizler, bakım maliyetleri, arıza olasılıkları ve tamir zamanlarıyla ilgili olarak doğru geçmiş veriye ihtiyaç duymaktadır (Heizer ve Render, 1998).

4.2.2 Minimum Tamir için Önleyici Bakım Politikaları

Birkaç parçaya sahip kompleks sistemler, bakım hedefleri açısından tek bir birim olarak görülmektedir. Bununla birlikte, kompleks sistemlerin performansı, tek tek parçalara bağlıdır. Dolayısıyla, kompleks sisteme ait bir parça arızalandığında, buradaki arıza tüm sistemin arızalanmasına yol açmaktadır. Sistem arızalı olduğunda, ya arızalı parça değiştirilir ya da sistem tamamıyla yeni bir sistemle değiştirilir. Heizer ve Render, (1998)' de, minimum tamiri "Arızalı bir parçanın tamiri veya yerine yenisinin yerleştirilmesi, sisteme yeni bir fonksiyon kazandırmakla birlikte, sistemin arıza oranında bir düşüşe yol açmıyorsa, bu çeşit bir tamir minimum tamirdir." şeklinde ifade etmektedir. Bununla birlikte, Heizer ve Render, (1998)' de, kompleks sistemlerde meydana gelen arızanın sistemin kullanım süresiyle paralel olarak arttığını ve sistemin minimum tamirlerle bakımın yapılmasının giderek pahalı olacağını açıklamışlardır. Bu noktada, önemli olan ne zaman minimum tamir yerine sistemin tamamen değiştirilmesinin optimum olduğunun belirlenmesidir.

Yeni parça yerleştirme işlemleri arasındaki minimum tamirleri kapsayan model, daha gerçekçi durumlara yönelik olarak genelleştirilmiş ve araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Minimum tamir modelleri, sistem arıza oranının sürekli arttığını ve gerçekleştirilen minimum tamir faaliyetlerinin, sistem arızalanma sayısını etkilemediğini varsaymaktadır. Bununla birlikte, modelde, sistem arızalarının anında tespit edildiği ve minimum tamir faaliyetlerinin maliyetinin, sistemin tamamen yenilenmesi sonucunda ortaya çıkan maliyetten daha düşük olduğu kabul edilmektedir.

Minimum tamir modelinin temel hedefi, uzun vadede ortaya çıkması beklenen birim yeni parça değiştirme ve birim minimum tamir maliyetlerini minimize edecek, parça değiştirme zamanı, t' yi bulmaktır. t' den önce meydana gelen arızalar minimum tamirle ortadan kaldırılırken, t' anında ise, sistem kendisine benzer bir sistemle değiştirilmektedir (Mobley, 1990).

4.3 Önleyici Bakım Maliyetleri ve Veri Tabanı Gereksinimleri

Önleyici bakım maliyetleri, birçok sistem veya ürünler için, toplam ömür-çevrim maliyetinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Geçmiş tecrübeler, önleyici bakım maliyetlerinin, sistem geliştirme faaliyetlerinin başlangıç seviyesinde, tasarıma yönelik olarak verilen kararlardan önemli derecede etkilendiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, önleyici bakım faaliyetleri, bakıma yönelik maliyetlerin minimize edilmesi hedefinde etkili, sistem tasarımının karakteristik özellikleriyle direkt olarak ilişkilidir. Bu noktada, toplam ömür-çevrim maliyetini, sistem gereksinimlerinin tanımıyla başlayan önemli bir tasarım parametresi olarak kabul etmek gereklidir. Bununla birlikte, bakım faaliyetlerinin performans analizi yapılırken, ekonomik faktörler dikkate alınmalıdır. Aşağıda, sistem tasarımında bir kriter olarak ele alınan önleyici bakım maliyetleriyle ilişkili faktörler verilmektedir (Blanchard, 1998). Bu faktörler, ihtiyaç duyulduğunda erişilebilecek şekilde veri tabanında kayıtlı olmalıdır.

- Önleyici bakım faaliyeti başına maliyet,
- Sistem işletim saati başına önleyici bakım maliyeti,
- Aylık önleyici bakım maliyeti,
- Belirli bir faaliyete ait önleyici bakım maliyeti,
- Önleyici bakım maliyetinin, toplam ömür-çevrim süresi maliyetine oranı.

Etkili bir PM programı için, her bir makineyle ilişkili olarak detaylı kayıt tutulmalıdır. Arızaların sıklığı, makine fonksiyonlarına yönelik tanımlar ve arıza maliyetleri, her bir makine için ne kadar sıklıkta PM programlarının hazırlanması gerektiği konusunda fikir vermektedir. Bu tip kayıtlar, PM programlarının geliştirilmesinde bir temel teşkil etmektedir. Bakım departmanlarının gerekli bilgilere kolaylıkla ulaşabilmeleri için bilgisayar destekli bir veri tabanı oluşturulmalıdır (Gaither, 1996).

4.4 Önleyici Bakım Faaliyetlerinin Programlanması

Önleyici bakım faaliyetlerinin programlanmasında gerçekleştirilmesi gerekli işlemler aşağıda sırasıyla verilmektedir:

Program elemanlarının koordinasyonu:

Bakım, önleyici bakım (PM) program fonksiyonlarının, programın diğer elemanlarıyla koordineli bir şekilde çalıştığını garanti etmelidir. Programın diğer elemanları aşağıda verilmiştir;

1. İş emri sistemi: PM hizmetlerini ifade etmek için, normal olarak bekleyen bir iş emri kullanılmaktadır. Çünkü PM hizmetleri, rutin ve tekrar eden faaliyetlerdir.
2. Planlama: PM hizmetleri belirlendikten sonra, bu hizmetlerin sıklığı tespit edilmekte ve kontrol listeleri hazırlanmaktadır. Daha sonra, PM uygulamalarıyla ilişkili planlama yapılmaktadır. Diğer açıdan, teçhizat incelendikten sonra tanımlanan eksiklikler, sıklıkla planlamayı gerektiren iş yaratmaktadır.
3. Programlama: Sabit fabrika teçhizatına yönelik PM hizmetleri, rutin olarak programlanmakta ve düzenli sabit zaman aralıklarında tekrarlanmaktadır. Esnek PM hizmetleri teçhizatı, harcanan operasyon saatleri dikkate alınarak değişken aralıklarda programlanmaktadır.
4. Bilgi sistemi: Bilgi sistemi, PM hizmetlerinin zamanında yerine getirilip, getirilmediğine yönelik geri besleme sağlamaktadır. Bununla birlikte, bilgi sistemi PM programı ve işgücü kullanımındaki değişikliklerle uyuma yönelik rapor vermektedir.

Servis Sıklıkları:

Önleyici Bakım (PM) hizmetlerinin sıklığı, üreticinin tavsiyelerine, tecrübesine ve güvenilirlik ihtiyaçlarına bağlıdır. Servis sıklığı, teçhizat performansına bağlı olarak

ayarlanmalıdır. Eğer, bir haftalık sabit teçhizat inceleme dönemi sonucunda, herhangi bir eksiklik bulunmazsa, inceleme aralığı iki veya üç haftaya uzatılmalıdır.

Her bir esnek teçhizat, toplu saatlere bağlı olarak ayrılmış, servisler aralığına sahip olacaktır. Aşağıda, sözü geçen servis aralıklarına ilişkin bir örnek verilmektedir:

A servisi (250 saatlik): Rutin temizleme, yağlama ve spesifik kritik parçaların kontrolü.

B servisi (500 saatlik): A servisinin tekrarı, belirlenmiş filtrelerin yeniden yerleştirilmesi, analiz amacıyla yağ örneğinin alınması ve hidrolik sistemin yük testi.

C servisi (750 saatlik): A servisinin tekrarı, hidrolik akışlar.

D servisi (1000 saatlik): A servisinin tekrarı, motor kompresör testi, tüketilmiş emisyonların testi (Gaither, 1996).

Servis Zamanı:

Servis zamanı, önceden belirlenmiş hizmetlerin yerine getirilmesi için ihtiyaç duyulan zamanı ifade etmektedir. Sabit teçhizata yönelik PM rutin bakım faaliyetleri için, operatör ve yöneticilerle gerekli görüşmeler yerine getirilir, gerekli servis işlemleri yapılır, eksiklikler kayıt edilir, temizleme, ayarlama ve küçük parçaların yerlerine yenilerinin konması işlemleri gerçekleştirilerek son durum rapor edilir. Herhangi bir servis için ihtiyaç duyulan toplam zaman iki, üç saatten fazlasını aşmamalıdır. Daha kısa servis periyotları, potansiyel olarak tehlikeli çalışma alanlarına maruz kalma süresini azaltmalıdır.

Makine arıza durumunda, operasyon yöneticilerinin tamir yapmaktan başka çaresi bulunmamaktadır. Başka bir deyişle, makine ayarlamalarına, yağlamaya ve önleyici bakımın bir parçası olarak, çeşitli makine parçalarının değiştirilmesine yönelik karar verilmesi gereklidir. Bununla birlikte, operasyon yöneticilerinin çeşitli önleyici bakım programlarına sahip olması aşağıdaki nedenlerden dolayı bir zorunluluk haline gelmektedir;

1. Makinelerin birden çok fonksiyona sahip olmasından dolayı, üretimdeki kesintilerin sıklığı ve sertliği azaltılabilir. Bu hedef direkt olarak, üretim kapasitesini, üretim maliyetlerini, ürün kalitesi, çalışan ve müşteri güvenliği ve müşteri memnuniyetini etkilemektedir.
2. Üretim makinesinin kullanılabilir ömrünü uzatmaktadır.
3. Önleyici bakım maliyetlerinin, tamir maliyetlerinin yerine geçmesiyle, toplam bakım maliyeti azalmaktadır.

4. İşçiler için güvenilir bir çalışma çevresinin sağlanması gerektiğinden kötü çalışma koşullarındaki aşınmış makineler, çalışanlar için tehlike yaratmaktadır.
5. Ürün kalitesinin, teçhizatın çalışır fonksiyonda bulundurulması ve servis işlemlerinin düzenli olarak yürütülmesiyle geliştirilmesi gerekmektedir (Gaither, 1996).

4.5 Önleyici Bakım Faaliyetlerinde Başarı Kriterleri

PM faaliyetlerinden elde edilebilecek başarının ölçülmesinde, belli başlı kriterler dikkate alınmalıdır (Mobley, 1990). Bunlar sırasıyla,

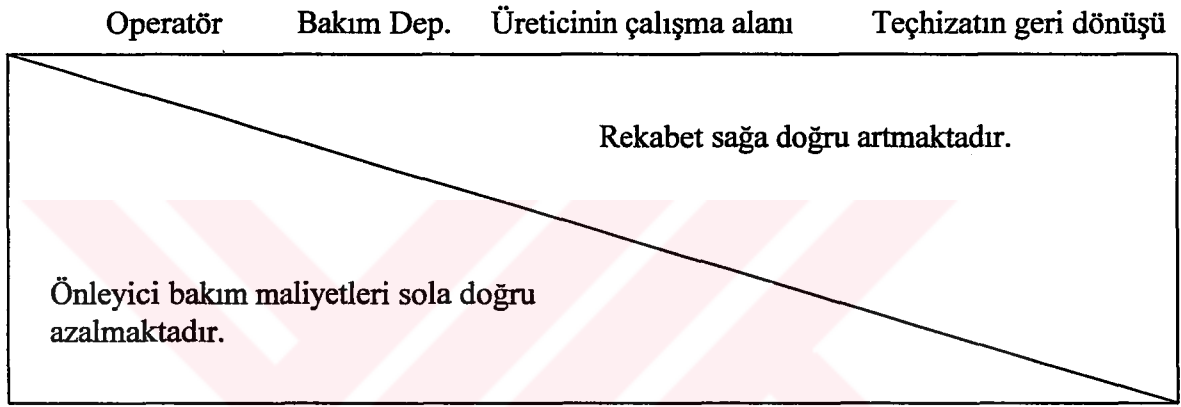
1. Acil tamir işlerinde azalma,
2. Planlı bakımın artırılması,
3. Planlı olmayan tamir işlerinde azalma,
4. Teçhizat ömrünün artırılması,
5. Tamirler arasındaki zamanın uzatılması,
6. Uzun dönemli maliyette azalma.

4.6 Önleyici Bakım Faaliyetlerini Yürüten Tesisinin Sahip Olması Gereken Özellikler

Güvenilirlik ve önleyici bakımın seyrek olarak çok iyi olması, birçok firmanın belirli düzeylerde tamir işlemleri yapmasını zorunlu hale getirmiştir. Tamir tesislerini büyütmek ve geliştirmek, sistemin ve dolayısıyla operasyonun daha hızlı olarak yapılmasını sağlamaktadır. İyi önleyici bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü bir tesis aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (Heizer ve Render, 1998):

1. İyi eğitilmiş bir personel,
2. Yeterli kaynak,
3. Bir tamir planı ve öncelikleri oluşturma yeteneği,
4. Malzeme planlaması yapmak için yetenek ve otoriteye sahip olmak,
5. Arızaların nedenlerini belirleme yeteneği,
6. MTBF'yi genişletmek için çeşitli metotlar tasarlama yeteneği.

Tüm tamir işleri, firmanın tesisinde yapılamayacağı için, yöneticiler tamirlerin nerede yapılacağını kararlaştırmalıdır. Şekil 4.6 bazı alternatifleri göstermekte ve bu alternatiflerin, hız, maliyet ve rekabet ölçütlerinde nasıl yarıştığını göstermektedir. Çalışan yetkilendirmesinin avantajlarıyla tutarlı olarak, kendi teçhizatlarını koruyan çalışanlar için güçlü bir durum oluşturulabilir. Bu yaklaşım, tamir zincirindeki en zayıf bağ olabilir. Çünkü her bir çalışan teçhizat tamirinin tüm konularında eğitilememektedir. Şeklin sağ tarafına doğru kayarak, tamir işindeki rekabet geliştirilebilir. Bununla birlikte, yeniden yerleştirme için harcanan zaman ve depolamanın artmasına paralel olarak tamir işlerine duyulan yüksek talepten dolayı maliyet artabilir.



Şekil 4.6 Önleyici bakım faaliyetlerinin yürütülmesindeki stratejiler (Heizer ve Render, 1998)

Bununla birlikte, önleyici bakım politikaları ve teknikleri, yeterli oldukları bakım işleri için sorumluluk almayı kabul eden çalışanlar adına önem taşımaktadır.

4.7 Önleyici Bakıma Yönelik Modern Yaklaşımlar

Bilgisayarlı kontrol, robotlar, yeni teknoloji, elektronik kontrol, yağlama teknolojilerindeki yeni metotlar ve üretim sektörüne yönelik diğer gelişmeler, kompleks makinelerin bakımında birçok değişikliğe yol açmaktadır. Bununla birlikte, bakım işçilerine özel eğitim programları verilmeye başlanmıştır. Tüm bu eğitim programları, bireysel hastaneler, sağlık grupları, devlet ve özel eğitim kuruluşları tarafından verilmektedir.

Tam zamanında üretim (JIT) sistemleri, proses içi envanterler ve üretim büyüklükleri, çok düşük seviyelere indirilmiştir. Bu sonuç, işçilerin veya yöneticilerin dikkatini, makine arızaları üzerine yöneltmektedir. Bir makinenin arızalanması durumunda, bir sonraki operasyonlara ait tüm makineler gerekli parçalardan yoksun kalacaklardır ve tüm üretim

sistemi kesintiye uğrayacaktır. JIT sistemlerinde, makine arızalarına müsaade edilemez. Bundan dolayı, etkili PM programlarının yürütülmesi gereklidir.

Üretim makinelerinin performansını geliştirirken, aynı zamanda bakım maliyetini düşürmek için çeşitli teknolojilerin geliştirilmesi gereklidir. Bilgisayarlar, her tip organizasyonda, yönetim bilgi sistemleri işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde yürütülmesinde kullanılmaktadır. Bir bakım yöneticisi teçhizat ve parçalardan, işin planlanmasından, kontrolünden, maliyetlemeden, kalite kontrolünden vb. fayda elde etmeye çalışacaktır. Bakım yöneticisinin etkin bir şekilde çalışması için yeterli miktarda veriyi toplamaya, depolamaya ve gerektiğinde bu veriye erişebilmeye ihtiyaca vardır. Bu sebepten, bakım departmanlarının, bilgisayar tabanlı bakım yönetim sistemlerine yönelmesi kaçınılmazdır. Bilgisayar destekli bakım yönetimi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- A. Bakım kayıtları ve dökümantasyon sistemi
- B. Bakım kayıtları, dökümantasyon, karar verme ve planlama sistemleri
- C. Bakım planlama ve uzman sistemlerin entegrasyonu

A' yı sağlayabilecek pek çok özel mikro bilgisayar vardır. Bunlar verilerin toplanması, iş çizelgelerinin ve ihtiyaçların belirlenmesi, fabrika geçmiş verilerinin analiz edilmesi, işçilik maliyetleri vb. konularda birçok avantaj ve kolaylık sağlar. Bu sistemler, karar verici sistem olmaktan ziyade geliştirici sistemlerdir. B yaklaşımı ise, hem verileri hem de karar vericileri içerir. Böyle bir sistem, önleyici bakım ve kontrollerin planlanmasında, yenileme aralıklarının hesaplanmasında kullanılır. Bu yaklaşım çok daha gelişmiş sistemlerdir. C tipi bir yaklaşımda ise yapay zekanın önemli bir uygulama alanı olan uzman sistemlerden yararlanılmaktadır. Bu yaklaşım son derece kompleks sistemlerden oluşur. Sistemde bakım sisteminde bulunan teçhizatlara sensörler yerleştirilerek arızalar daha oluşmadan tespit edilebilmekte ve bu sensörler bilgisayarlara veri girişinde kullanılmakta ve bu verilere dayanarak teçhizat için en uygun bakım kararını uzman sistem verebilmektedir. Bu tip sistemlere örnek olarak, uzman teşhis edici sistemleri vermek mümkündür (Baz, 1995).

Bilgisayarlar, robotlar ve yüksek teknolojiyle çalışan makineler, bakım yönetimindeki önemli unsurlardır. Bununla birlikte, çalışanların bakım fonksiyonuyla bütünleşmesi sonucunda, bakım faaliyetlerinden daha iyi sonuç alınmaktadır. Üretim işçilerinin sorumlu oldukları makineleri tamir etmeleri ve önleyici bakım programlarını sorumlu oldukları makinelere uygulamalarıyla, bakım faaliyetleri daha etkin olarak yürütülmektedir (Mobley, 1990). Bakım faaliyetlerinin bilgisayar destekli olarak yürütüldüğü beş farklı alan aşağıda verilmektedir;

1. Bakım projelerinin programlanması,
2. Üretim departmanı tarafından oluşturulan bakım maliyet raporlarının oluşturulması,
3. Bakım parçalarına ve tedarikçilerine yönelik envanter kayıtlarının oluşturulması,
4. Parça arıza verisine yönelik veri tabanının oluşturulması,
5. Çeşitli bilgisayar simülasyonlarını, bekleme hatlarını ve diğer analitik programları içeren operasyon analiz çalışmalarının yürütülmesi.



5. BAKIM VE TOPLU ÜRETİM PLANLAMA KARARLARININ ENTEGRASYONU İÇİN MODEL TASARIMI

Bu çalışmada, üretim ve envanter miktarlarının, normal ve fazla mesaide kullanılacak işgücünün ve de işgücü faaliyetlerinin düzenlenmesi ve belirlenmesi için bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, modelin uygulandığı firma için en uygun bakım politikasının belirlenmesi hedeflenmektedir.

Buradaki model, toplu planlama problemiyle belirli bir ürün ailesi seviyesinde ilgilenmektedir. Bir ürün ailesi, imalat açısından aynı hazırlık işlemlerine sahip bitmiş mamul grubu olarak tanımlanmaktadır. Model, ara stok içerisinde, hurda bulunmadığını ve boşa geçen zamanın olmadığını varsaymaktadır. Bu sonuç, bize operasyonların maksimum verimlilikte gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, model, tüm ham maddelerin ve parçaların ihtiyaç duyulduğunda mevcut bulunduğunu ve işgücünün farklı iş istasyonlarında farklı operasyonlar için tamamen değiştirilebilir olduğunu varsaymaktadır.

Toplu plan, bakım politikası tarafından belirtilen önleyici bakım faaliyetlerinin toplu ihtiyaçlarını kapsamaktadır. Önleyici bakım faaliyetlerinin makine operatörleri tarafından gerçekleştirilmesinden dolayı, toplu planlama seviyesinde, üretim ve bakım ihtiyaçları ortak işgücü ve zaman kaynaklarını paylaşmaktadır. Modelde makine arızaları planlanmadığından dolayı, tepkisel bakım faaliyetleri, toplu planlama seviyesi yerine, ana üretim planında ele alınmalıdır. Bununla birlikte, makine arızaları sonucunda ortaya çıkan maliyet ve acil bakım işlemleri modele dahil edilmemelidir.

5.1 Uygun Teçhizat Seçimi ve Tasarımı

Pahalı makine arızalarını önlemek, önce her iş için uygun teçhizatın seçimini ve uygun şekilde kullanılmasını, ikinci olarak düzenli bir muayene ve yağlama programı ve üçüncü olarak da aşınan parçaları tamamen bozulmadan değiştirmeyi gerektirir. Bir imalat prosesi dizayn edilirken uygun teçhizat seçimi ve bu teçhizat için uygun bakım programı gerçekleştirilmelidir. Aynı zamanda, bakımın ve üretimin çizelgelenmesi birbiri ile ilişki içerisinde olmalıdır. Örneğin, teçhizata üretim için ihtiyaç duyulmadığında, tamir ve parça değiştirme gibi işlemleri bu süre zarfında gerçekleştirmek gibi üretim ve bakım programı birbirleri ile koordineli bir şekilde yapılmalıdır.

Uygun teçhizat ve kullanım şartlarının seçimi, çalışma koşullarına dayanabilecek şekilde dizayn edilmiş makinelerin seçimini gerektirir. İlginç bir örnek olarak, küçük bir ev matkabı

fabrikadaki zor şartlara dayanamaz. Eğer bu matkap fabrikada kullanılır ise yüksek bakım ve tamir masraflarına yol açacaktır. Bütün makine ve teçhizatlar dizaynlarına uygun olacak şekilde bazı yükleme tiplerine sahiptirler ve aşırı yükleme çoğunlukla arızalara yol açmaktadır.

Teçhizat aynı zamanda, kolay bakım yapılabilmesi için modüler olarak dizayn edilmelidir. Bu tip makinelerin bir modülünde bir arıza meydana gelirse yalnızca o modül değiştirilebilir ve böylece tamir için bekleme zamanı kısaltılmış olur. Aynı zamanda, gerektiğinde değiştirilen arızalı parçalar sonradan tamir edilerek, böylece üretim aksaması ya da tezgah boş beklemesi gerçekleşmez. Bilgisayarlar ve diğer elektronik teçhizatlar bu tip konstrüksiyona uygundur. Bazı durumlarda, teçhizatlar ister modüler olarak dizayn edilmiş olsun, isterse olmasın tamirden çok parça değiştirmeye yönelmek önemli kazançlar sağlayabilir. Bu sayede, daha pahalı olan kaynakların atıl kalması azaltılabilir. Bazen bozulan parçalar uzman servisler ve pahalı işgücü gerektirebilir. Oysa parça değiştirmeyi gerçekleştirmek fazla uzmanlık gerektirmez. Teçhizatı tekrar çalışır duruma getirmek için, parça değiştirme için harcanan süre daha azdır. Çok kompleks makinelerin, bekleyerek geçirdiği her bir dakika büyük çıktı kayıplarına yol açacaktır. Bu tip makinelerin tamirini yapmak fazla uzmanlık gerektirecektir. Böyle durumlarda parça değiştirmek iyi bir alternatiftir.

Bakım için dikkate alınacak diğer bir husus da fabrika yerleşimidir. Fabrika, tamir için makinelere ulaşımı basitleştirecek şekilde dizayn edilmelidir.

Bir düzenli muayene ve yağlama programı genellikle pahalı teçhizat arızalarını önlemenin en önemli yoludur. Fakat aynı zamanda, fazla yağlamadan da kaçınılmalıdır. Teçhizata ait geçmişte tutulan kayıtlar korunarak, bu bilgilerden servis esnasında arızanın nerede olabileceğini tespit etmede yararlanılabilir. Bazı teçhizatlara son muayeneden sonra ne kadar zaman geçtiğini bildiren sayaçlar monte edilebilir (Baz, 1995).

5.2 Model Tasarımı

Önleyici bakım faaliyetlerini içeren, toplu üretim planı modelinin oluşturulmasında, Chung ve Krajewski (1984), tarafından geliştirilen toplu üretim planı göz önüne alınmıştır. Bu modelin oluşturulmasındaki temel hedef, organizasyon için en uygun bakım politikasını belirlemek suretiyle, ilgili dönemdeki toplam maliyet değerini en düşük düzeye indirmektir. Bu noktada, bir üretim tesisi ve türü için geliştirilmiş olan bu modele ait matematiksel ifadeler aşağıda verilmektedir.

Amaç fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Min } \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T [s_{it} \delta(X_{it}) + v_{it} X_{it} + h_{it} I_{it}] + \sum_{t=1}^T [c_{ht} H_t + c_{ft} F_t + c_{ot} O_t + c_{rt} W_t] + \\ \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K M_{kt} \delta(M_{kt}) \end{aligned} \quad (5.1)$$

Kısıtlar:***Önleyici bakım kısıtları:***

$$W_t + O_t - \sum_{i=t}^N \alpha_i X_{it} - \sum_{i=t}^N \beta_i \delta(X_{it}) - \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \mu_k \delta(M_{kt}) \geq 0 \quad (5.2)$$

Envanter kısıtları:

$$I_{i,t-1} - I_{it} + X_{it} = D_{it} \quad (5.3)$$

İşgücü kısıtları:

$$W_t - W_{t-1} - H_t + F_t = 0; \quad (5.4)$$

Fazla mesai kısıtları:

$$O_t - \theta W_t \leq 0; \quad (5.5)$$

Üretim kısıtları:

$$-Q_i \delta(X_{it}) + X_{it} \leq 0; \quad (5.6)$$

Hazırlık değişkeni kısıtları:

$$\begin{aligned} \delta(X_{it}) &= 1 \text{ eğer } X_{it} > 0; \\ \delta(X_{it}) &= 0 \text{ eğer } X_{it} = 0; \end{aligned} \quad (5.7)$$

Değişken kısıtları:

$$X_{it}, I_{it}, H_t, F_t, O_t, W_t \geq 0. \quad (5.8)$$

N : Ürün ailelerinin toplam sayısı;

k : Bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü iş merkezi;

X_{it}: t toplu planlama periyodunda i ürün ailesi için üretim seviyesi;

I_{it} : t toplu planlama periyodunda i ürün ailesi için envanter seviyesi;

D_{it} : t toplu planlama periyodunda i ürün ailesi için talep seviyesi;

H_t : t toplu planlama periyodunda kiralanan işgücünün saat cinsinden değeri;

F_t : t toplu planlama periyodunda işten çıkarılan işgücünün saat cinsinden değeri;

O_t : t toplu planlama periyodunda fazla mesaide çalışan işgücünün saat cinsinden değeri;

W_t : t toplu planlama periyodunda normal mesaide çalışan işgücünün saat cinsinden değeri;

α_i : i ürün ailesi için birim çıktı başına harcanan ortalama işgücü saati;

β_i : i ürün ailesi için ayrılan hazırlık zamanı;

μ_k : k iş istasyonu için ayrılan bakım zamanı;

$\delta(X_{it})$: t toplu planlama periyodunda, i ürün ailesi için kullanılan hazırlık değişkeni;

$\delta(M_{kt})$: t toplu planlama periyodunda, k iş istasyonu için kullanılan bakım değişkeni;

θ : Herhangi bir periyotta, izin verilen maksimum mesaiye ait oran;

s_{it} : t toplu planlama periyodunda, i ürün ailesi için hazırlık maliyeti;

v_{it} : t toplu planlama periyodunda, i ürün ailesi için birim üretim maliyeti;

h_{it} : t toplu planlama periyodunda, i ürün ailesi için birim envanter taşıma maliyeti;

c_{ht} : t toplu planlama periyodunda, bir saatlik işgücüne karşılık gelen kiralama maliyeti;

c_{ft} : t toplu planlama periyodunda, bir saatlik işgücüne karşılık gelen işten çıkarma maliyeti;

c_{ot} : t toplu planlama periyodunda, bir saatlik işgücüne karşılık gelen fazla mesai maliyeti;

c_{nt} : t toplu planlama periyodunda, bir saatlik işgücüne karşılık gelen normal mesai maliyeti;

M_{kt} : t toplu planlama periyodunda, k iş istasyonunda ortaya çıkan bakım maliyeti;

Modeldeki ilk kısıt, her bir toplu planlama periyodundaki üretim, hazırlık ve önleyici bakım faaliyetleri için, normal ve fazla mesai işgücü kapasitesinin yeterli olduğunu garanti etmektedir. Önleyici bakım faaliyetleri için modelde kullanılan bakım değişkeni bakım politikasına bağlı olarak, karar verici tarafından belirlenmektedir.

Modeldeki ikinci kısıt, her bir ürün ailesi için temel envanter ilişkisini göstermektedir. Üçüncü kısıt, planlama periyotlarındaki işgücü denge ilişkisidir. Dördüncü kısıt, her bir periyotta kullanılacak fazla mesainin, normal mesainin belirli bir yüzdesini aşmaması gerektiğini ifade etmektedir. Son olarak, beşinci ve altıncı kısıt modeldeki değişkenlerin büyüklüğünü ve diğer değişkenler üzerindeki etkisini garanti etmektedir (Chung ve Weinstein, 1999).

Bu çalışmada, yukarıda tanıtılan model doğrultusunda, belirli bir fabrika için toplu üretim planı oluşturulmuştur. Burada, modelin incelenen fabrikadaki geçerliliğini ve de etkinliğini artırabilmek için, modelin üretim kısıtları, işgücü ve makine kapasite kısıtları olmak üzere iki farklı kısıt altında ifade edilmiştir. Söz konusu fabrikanın ele alınan planlama periyodunda, tek tip ürün üretildiğinden dolayı, başlangıçtaki hazırlık süresi modele dahil edilmemiştir. Bundan dolayı, oluşturulan modelde, hazırlık değişkenini içeren denklem (5.6) ve denklem (5.7) bulunmamaktadır. Aynı şekilde, fabrikada bakım faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tek bir iş istasyonu olduğundan, k (iş istasyonu sayısı) değişkeni, yeni modelde göz önüne alınmamaktadır. Planlama döneminin başlangıcında, fabrikadan edinilen verilerle uyumun sağlanabilmesi ve de dolayısıyla modelin daha kolay bir şekilde işletilmesi için, modeldeki bazı değişkenler saat yerine adet cinsinden tanımlanmışlardır. Aşağıda, tüm bu bilgiler doğrultusunda düzenlenmiş yeni model genel hatlarıyla gösterilmektedir.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T [v_t X_t + h_t I_t + c_{ht} H_t + c_{ft} F_t + c_{ot} E_t + c_{\pi} W_t + M_t \delta(M_t)] \quad (5.9)$$

Kısıtlar:

Önleyici bakım kısıtları:

$$W_t * 8 + O_t - \alpha X_t - \mu \delta(M_t) \geq 0 \quad (5.10)$$

Envanter kısıtları:

$$I_{t-1} - I_t + X_t = D_t \quad (5.11)$$

İşgücü kısıtları:

$$W_t - W_{t-1} - H_t + F_t = 0; \quad (5.12)$$

Fazla mesai kısıtları:

$$O_t - \theta * W_t * 8 \leq 0 \quad (5.13)$$

İşgücü kapasitesi kısıtları:

$$X_t \leq B_t * G_t * (W_t + E_t) \quad (5.14)$$

Makine kapasitesi kısıtları:

$$X_t \leq C_t$$

Bakım değişkeni kısıtları:

$$\delta(M_t) = 1 \text{ eğer } M_t > 0;$$

$$\delta(M_t) = 0 \text{ eğer } M_t = 0; \quad (5.15)$$

Değişken kısıtları:

$$X_t, I_t, H_t, F_t, O_t, W_t \geq 0 \quad (5.16)$$

E_t : t toplu planlama periyodunda fazla mesaide çalışan işgücünün adet cinsinden değeri;

W_t : t toplu planlama periyodunda normal mesaide çalışan işgücünün adet cinsinden değeri;

F_t : t toplu planlama periyodunda işten çıkarılan işgücünün adet cinsinden değeri;

H_t : t toplu planlama periyodunda kiralanan işgücünün adet cinsinden değeri;

B_t : t toplu planlama periyodunda bir işçi tarafından üretilen maksimum miktar

G_t : t toplu planlama periyodunda çalışılan gün sayısı

C_t : t toplu planlama periyodunda makinelerin toplam üretim kapasitelerinin adet cinsinden değeri.

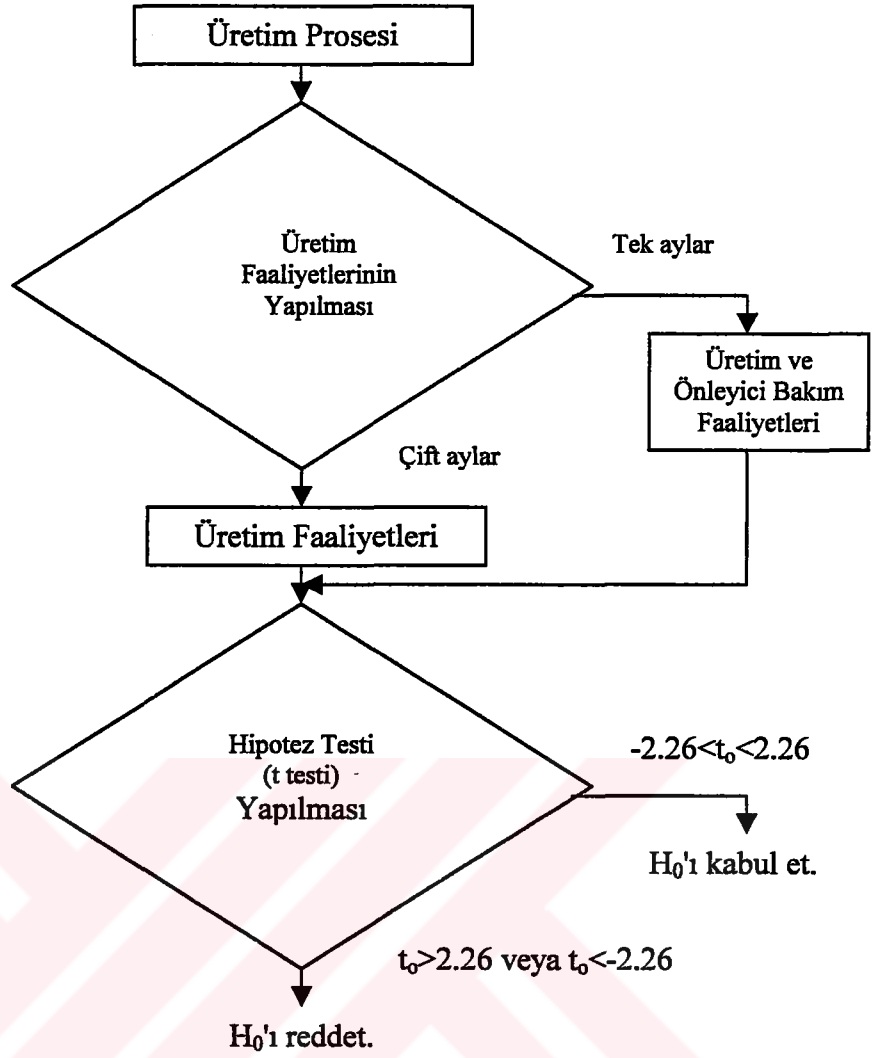
5.3 Önleyici Bakım Faaliyetlerine Yönelik Model Tasarımı

Önleyici bakım, arızaların oluşmasını engellemek veya yaşanma etkilerini azaltmak için önceden yapılan faaliyetlerdir. Benzetim yöntemleri kullanılarak, önleyici bakım politikalarının üretim sistemleri üzerine olan etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu araştırmalar çoğunlukla, tek üniteli sistemler için geliştirilmiş olan önleyici bakım politikalarının, tam zamanında üretim sistemleri, esnek üretim sistemleri, atölye tipi üretim sistemleri ve montaj hatları gibi karmaşık üretim sistemlerine uygulanması üzerine

yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte, üretim sisteminin özel durumunu göz önünde bulunduran bakım politikalarının geliştirilmesi ve uygulanması göz ardı edilmektedir. Ara stoklar ile birbirine bağlı seri imalat sistemleri tezgahları için önleyici ve düzeltici bakım kombinasyonları ile tezgah çalışma zamanlarını optimize eden bakım politikaları yerine, ara stok seviyelerini önleyici bakım zamanlaması için dikkate alan bir politikanın sistemin genel performansı açısından daha faydalı olabilmektedir. Çünkü, bir makinenin üzerinde yapılan bakım faaliyetleri, seri bir sistemde, ona bağlı olan önceki ve sonraki diğer makinelerin bloke olmasına veya iş parçası yokluğundan atıl kalmasına sebebiyet verebilir. Bu tez çalışmasının amacı ve hedefi, seri üretim sistemlerine uygulanabilir; ara stok seviyesine göre önleyici bakım politikası tasarlamak ve bu amaçla bir model geliştirerek önleyici bakım faaliyetlerinin sistem performansı ölçütlerine etkisini incelemektir.

Ara stok seviyesi kontrollü önleyici bakım politikasının uygulandığı seri üretim sistemi, bir benzetim modeli kurularak tasarlanmıştır. Benzetim modeli programı, sistemin ve bakım politikası parametrelerinin değişik kombinasyonları için çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçların irdelenmesi için istatistik yöntemlerden faydalanılmıştır. Bazı sistem performans ölçütleri için, ara stok seviyesi kontrollü önleyici bakım politikasının uygulanması ile, iyileştirmeler sağlandığı gözlenmiştir.

Aşağıda, bu çalışmada geliştirilen önleyici bakım faaliyetleriyle entegre toplu üretim planı modelinin akış şeması verilmektedir. Şekil 5.1' de gösterildiği üzere, incelenen planlama döneminde, önleyici bakım faaliyetleri, üretim faaliyetleriyle birlikte tek aylarda yürütülürken, çift aylarda sadece üretim faaliyetleri yapılmaktadır. Bu noktada, önleyici bakımın, toplam maliyetteki düşüşe etkisi gösterilmektedir. Bir sonraki adımda, modelin etkinliği ve güvenilirliği hipotez testleri aracılığıyla test edilmektedir.



Şekil 5.1 Bakım ile entegre toplu üretim planı modelinin akış şeması

5.4 Modelin Güvenilirlik Testi

Bakım planlamasında karşılaşılan en önemli sorun, sistemdeki arızaların ne zaman ortaya çıkacağını belirlenmesidir. Sistemlerin değişik ortamlarda kullanılmaları nedeni ile arızaların ortaya çıkış dönemlerinde farklılıklar görülmektedir. Bununla beraber sistemin, verilen çalışma koşullarında belirli bir zaman periyodu içinde hatasız çalışma olasılığı olarak tanımlanan güvenilirliği hesaplanabilir. Bu güvenilirlik yardımıyla da belli dönemlerdeki arızalanma olasılıkları kestirilebilir. Bu tahmin, güvenilirlik fonksiyonu yardımı ile gerçekleştirilir. Bunun için sistemin güvenilirliğini etkileyen olayların zaman boyutunda incelenmesi yani güvenilirlik analizi gerekir.

Modelin geçerliliğinin test edilmesi amacıyla farklı planlama dönemleri incelenmektedir. Buradaki amaç, önleyici bakım politikasının toplu üretim planına entegre edilmesinin, toplam maliyetteki düşüşe büyük bir etkisi olduğunu göstermektir. Bu konuda yürütülen bilimsel araştırmalar, toplu üretim planlamasıyla entegre bakım politikasının toplam maliyet üzerinde büyük bir etkisi olduğunu ifade etmektedir. Bunlardan, Krajewski ve Ritzman (1977)' de, üretim prosesinde ayrıştırma problemiyle ilişkili konular üzerinde durarak, üretim planlama problemlerinin ayrıştırılmasına yönelik bir model geliştirmiştir. Chung ve Krajewski (1984)' de, toplu üretim planlarının ana üretim programlarına entegre edilebildiği bir tamsayılı lineer programlama modeli önermiştir. Gilberth ve Finch (1985)' de, belirli bir organizasyonun bakım yönetim politikasının belirlenmesinde değişen üretim trendleri ve teknolojilerinin etkilerini incelemiştir. Rishel ve Cristy (1999)' da, bakım faaliyetlerinin üretim planlarına entegrasyonunda, malzeme ihtiyaçlarının etkisi üzerinde çalışmışlardır. Weinstein ve Chung (1999)' da, söz konusu entegrasyonun, toplam maliyet üzerindeki etkisini incelemek için hipotezlerden yararlanmıştır. Aynı şekilde, çalışmalarında, bakım planlamasına yönelik yönetsel politikaların, üretim, önleyici bakım ve acil bakım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan toplam maliyeti düşürmedeki etkisi de, hipotezler aracılığıyla test edilmiştir.

Hipotezdeki değerlendirme kriteri, önleyici bakım faaliyetlerine dayalı politikayla, sadece acil bakım faaliyetlerine dayalı bakım faaliyetleri politikasının, toplam maliyetteki yüzdesel düşüşe etkilerinin karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir (Chung ve Weinstein, 1999).

Bu çalışmada ise, hipotezin test edilmesi amacıyla farklı verilere sahip örneklerler alınarak, 0.05 önem düzeyinde t testi yapılmıştır. Toplam maliyetteki düşüş, kabul edilen güven aralığında değilse, sıfır hipotezi reddedilmektedir. Alternatif hipotez ise, kararlaştırılan bakım politikasının, oluşturulan model aracılığıyla, toplu üretim planına entegre edilmesinin, toplam maliyette büyük bir düşüş sağlayacağı sonucunu kabul etmektedir. Aşağıda, hipotez ve bu hipotezin testinde kullanılan dağılımın matematiksel gösterimi verilmektedir.

p: Toplam maliyetteki yüzdesel düşüş.

p': Örneklerden elde edilen toplam maliyetteki yüzdesel düşüşlerin ortalaması.

s: Örneklere ait standart sapma.

n: Örnek hacmi

v: Serbestlik derecesi

α : Güvenilirlik düzeyi

$$s = \sqrt{\frac{\sum (p - p')^2}{n - 1}} \quad (5.17)$$

$$t = \frac{p' - p}{s / \sqrt{n}} \quad (5.18)$$

Aşağıda, modelin testinde kullanılacak hipotez, matematiksel olarak ifade edilmekte ve de detaylı olarak açıklanmaktadır.

$$H_0: p=0 \quad (5.19)$$

Yukarıda, matematiksel olarak ifade edilen sıfır hipotezi, toplam maliyetteki düşüşün tesadüfi olduğunu ve bu düşüşün gerek uygulanan bakım politikasıyla gerekse de üretim ve bakım entegrasyonu ile ilişkili olmadığını ileri sürmektedir.

$$H_1: p \neq 0 \quad (5.20)$$

Yukarıda, matematiksel olarak ifade edilen alternatif hipotez, toplam maliyetteki düşüşün, üretim ve bakım planlarının entegrasyonu ile sağlandığını iddia etmektedir. Ayrıca, hipotez, acil bakım faaliyetlerinden önleyici bakım faaliyetlerine geçişin, toplam maliyetteki düşüşe büyük etkisi olduğunu ileri sürmektedir. Bu noktada, önemli olan optimum önleyici bakım faaliyeti periyodunu ve bu faaliyet için ayrılması gerekli süreyi belirlemektir.

Çalışmada, optimum önleyici bakım periyodu ve süresinin belirlenmesini üzerinde durulmamaktadır. Bununla birlikte, farklı önleyici bakım periyotları ve süreleri için oluşturulan model kullanılarak, bu değerlerin toplam maliyet üzerindeki etkisi gösterilmektedir.

Modelin testi için gerçekleştirilen adımlar aşağıda anlatılmaktadır:

1. Hipotezlerimiz

$$H_0: p=0 \quad \text{ve} \quad H_1: p \neq 0$$

olarak kurulabilir.

2. $\alpha=0.05$ olarak seçilir.

3. Test istatistiğimiz $t_0 = \frac{p' - p}{s / \sqrt{n}}$ olacaktır.

4. T kritik değerinin belirlenmesi için t tablolarından yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, öncelikle serbestlik derecesinin belirlenmesi gereklidir.

$$v=n-1$$

$$v=10-1=9$$

Hipotezin testinde kullanılan t dağılımı çift kuyrukludur. Bununla birlikte, t dağılımı simetrik bir dağılım olduğundan, t kritik değerinin belirlenmesinde 0.025 değeri dikkate alınmalıdır.

$t_{9;0.025}=2.26$ olduğuna göre karar kuralımız:

$t_0 > 2.26$ ya da $t_0 < -2.26$ ise H_0 'ı reddet,

$-2.26 \leq t_0 \leq 2.26$ ise H_0 'ı kabul et olacaktır.

Yukarıda matematiksel olarak ifade edilen hipotez testi, t hesaplanan değerinin 2.26' dan büyük olduğu veya negatif 2.26 değerinden küçük olduğu durumlar için, H_0 hipotezinin reddedilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bununla birlikte, t hesaplanan değerinin negatif 2.26 ile pozitif 2.26 arasında bir değer olarak bulunduğu durumlarda, H_0 hipotezinin kabul edilmesi gerekmektedir.

6. UYGULAMA

Bu bölümde, öncelikle uygulamanın gerçekleştirileceği fabrika ve buradaki üretim prosesi yakından incelenmiştir. Daha sonra, fabrikada, birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen üretim planlama ve bakım faaliyetlerine değinilerek, gerçekleştirilen işlemler tanıtılmıştır. Son aşamada ise, bir önceki bölümde tanıtılan model doğrultusunda, birbirinden ayrı olarak yürütülen bu faaliyetlerin, toplu üretim planında entegrasyonu sağlanarak, maliyetlerin nasıl minimize edilebileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, incelenen fabrikanın 2002 yılının ilk sekiz ayına ait üretim planı ele alınarak, bakım ve üretim faaliyetlerinin entegrasyonuna yönelik bir model oluşturulmuştur.

6.1 Fabrikanın Tanıtımı

Termo teknik 1966 yılında, İstanbul’ da kurulmuştur. 1969 yılında Türkiye’de ilk defa çelik dilimli radyatör üreterek ısı sektörüne girmiştir. Birkaç yıl içinde ürün yelpazesi çelik dilimli radyatör, brülör, su ısıtıcıları, sıcak su kazanları ve diğer ısıtıcılar olarak genişletilmiştir. Bu ürünlerin birçoğu Türkiye’de ilk kez Termo Teknik tarafından imal edilmiştir. 1989 yılında panel radyatör fabrikasının kuruluşu için ilk adımlar atılarak gerekli yatırımlar yapılmıştır.

1990 yılında Termo Teknik panel radyatör fabrikası İstanbul’un 100 km. batısındaki Çorlu tesisinde üretime başlamıştır. Termo Teknik’ in her türlü radyatör faaliyetlerinin Çorlu tesislerine aktarılmasıyla, Çorlu fabrikası tamamen radyatör üretimine yoğunlaşmıştır.

Termo Teknik çelik radyatörleri Alman işbirliği ile DIN 4722-55900 ve TS 369 standartlarıyla yapılmaktadır. 1969’ dan beri kullanılan çelik radyatörlerin metrekaresi 10 kg ağırlıkta olduğu için taşınmaları kolay olmaktadır. Ayrıca çelik radyatörler dökme demir radyatörlerden daha kısa sürede çevreyi ısıtırlar ve maliyetleri daha düşüktür. Beyaz toz boya kaplı olan çelik radyatörler paketleme standartlarına uygun olarak imal edilmektedirler.

Günümüzde, Termo Teknik, radyatör üretiminde ilk 300 sanayi kuruluşundan biridir. Ayrıca, Termo Teknik 60’ dan fazla ülkeye radyatör ihraç etmektedir.

6.1.1 Fabrika İmalatının İncelenmesi

Termo Teknik radyatörleri yüksekliklerine göre uzunluklarına göre ve birim uzunluk başına verdikleri ısı kapasitelerine göre değişik tiplere ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla;

1. Yüksekliklerine göre panel radyatörler:

H=300,

H=400,

H=500,

H=600,

H=700,

H=800,

H=900.

2. Uzunluklarına göre panel radyatörler:

480 mm' den itibaren 10' er mm' lik artan adımlarla 3000 mm' ye kadar imal edilirler.

3. Birim uzunluk başına verdikleri ısı kapasitelerine göre panel radyatörler:

10 TİP: Bir düşey oluklu panel,

11 TİP: Bir düşey oluklu ve bir konvektörlü,

20 TİP: İki düşey oluklu panel,

21 TİP: İki düşey oluklu ve konvektörlü,

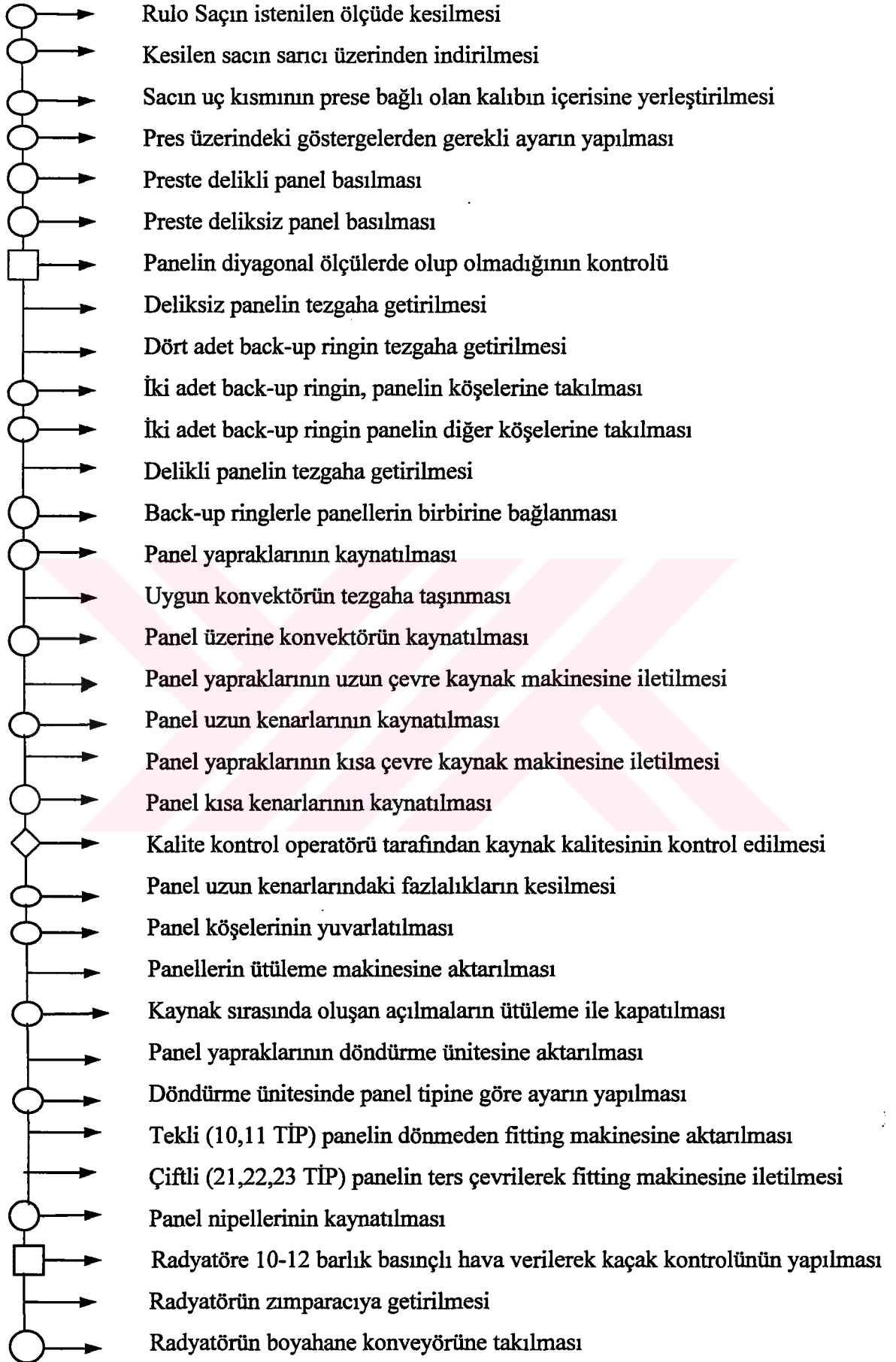
22 TİP: İki düşey oluklu ve iki konvektörlü,

33 TİP: Üç düşey oluklu ve üç konvektörlü.

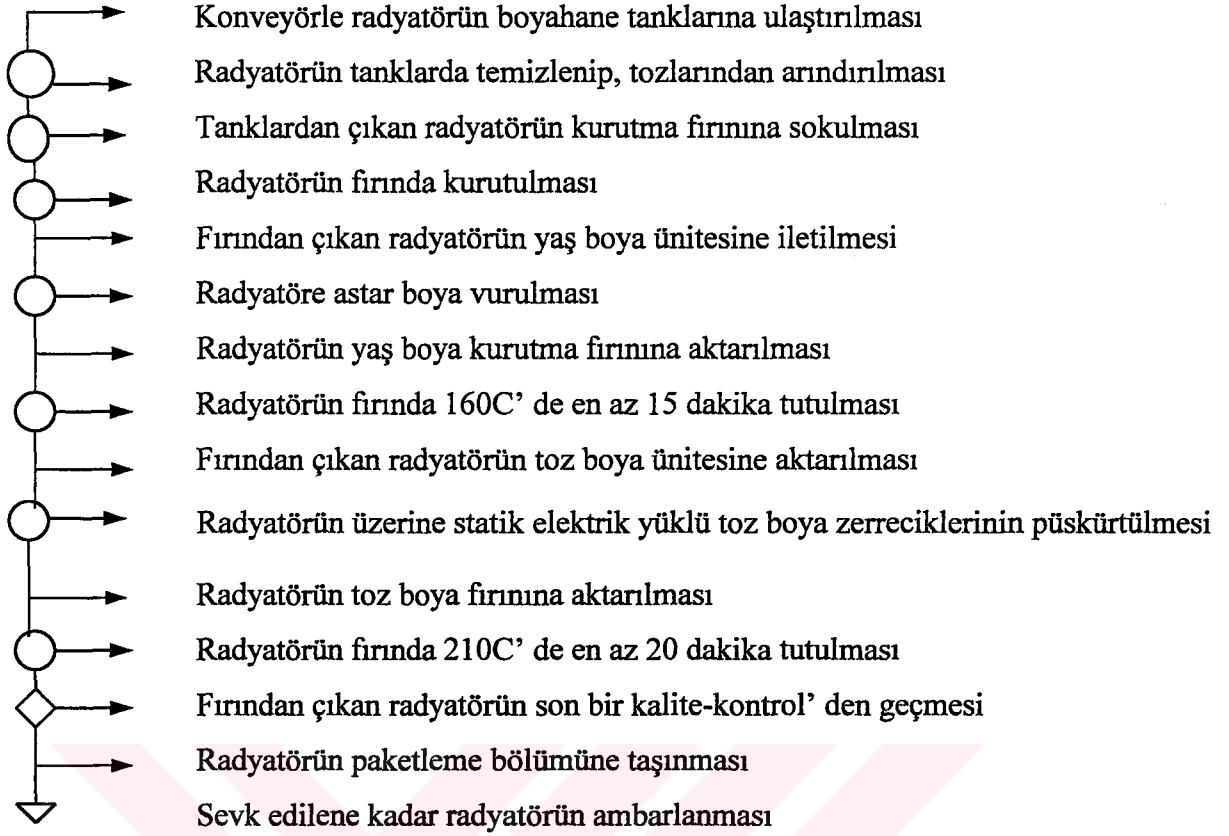
olmak üzere altı tiptedir.

Her bir tipteki radyatör için, imalat işlemleri aynı olduğundan, farklı tipte bir radyatör üretimine geçişte, ekstra bir hazırlık maliyeti oluşmamaktadır.

Termo Teknik fabrikasının temel hedefi, sıfır hata felsefesi doğrultusunda, müşteri beklentilerinin ve gereksinimlerinin zamanında ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bununla birlikte, fabrika yönetimi, öncelikle fabrikada yürütülen faaliyetlerin tüm çalışanlar tarafından anlaşılması için iş akış şemalarının hazırlanmasına karar vermiştir. İş akış şemalarının oluşturulmasıyla birlikte, çalışanların görevlerini ve üretim prosesindeki rollerini, tam olarak anlamaları sağlanmıştır. Sonuçta, çalışanların işe karşı heveslerinin ve motivasyonlarının arttığı gözlenmiştir. Organizasyondaki motivasyonun yükselmesiyle birlikte, prodüktivite ve üretim kalitesinde artış gözlenmiştir. Aşağıda, fabrikadaki üretim prosesinin genel akış şekli verilmektedir:



Şekil 6.1 Termo Teknik üretim akış şeması



Şekil 6.1 Termo Teknik üretim akış şeması (devamı)

Fabrikada gerçekleştirilen üretim prosesi, altı farklı kısımda incelenmektedir:

1. Dilme Hattı

Dilme hattı; mamul olarak gelen rulo saçların istenilen ölçüde kesilmesi işinin yapıldığı bölümdür. Presler ünitesine bağlı olarak çalışmaktadır. Dilme hattında biri sorumlu ikisi yardımcı olmak üzere üç adet operatör çalışmaktadır. Fabrikada kullanılan saçlar kalınlıklarına göre üç çeşit olup: 1.20, 0.80, 0.47'dir. Bu kalınlıklar 0.09-0.05 mm arasında değişen tolerans limitlerine sahiptir. Dilme hattı saç kesme işine başlayabilmesi için panel radyatör ve presler şefinden dilme hattı iş emri formuyla yazılı siparişin gelmesi gerekmektedir. Dilme hattına sipariş verildikten sonra birinci operatör saç ambardan çeker ikinci operatör kesme bıçaklarının bulunduğu bölümü istenilen ölçülere ayarlar. Üçüncü operatör ise dilinmiş saçın sarıldığı bölümü istenilen ölçülere ayarlar.

Bu ayarlar tamamlandıktan sonra koruma saç alınan rulo çözücü bölümüne yerleştirilir. Bu arada operatör çözücüye yerleştirilen rulonun kartını alarak gerekli olan bilgileri dilme hattı iş raporu formuna kaydeder. Rulo çözücü sağa veya sola kaydırılarak merkezlemesi yapılır. Bıçakların kesilecek saçın kalınlığına göre kesme ayarı yapılır ve saçın uç kısmı sarıcı kısma

gelene kadar makine çalıştırılır. Saçın uç kısmı sarıcı kısmında sıkıştırılarak dilme işlemi başlatılır. Bu arada iki taraftan alınan çapaklar çapak sarıcı kısmına bağlanmış olmalıdır. Dilme hattı operatörü saçın dilinmesi esnasında saç kontrol formunu rulonun başında ortasında ve sonunda mikrometre ile ölçümler yaparak doldurmak zorundadır.

Saçı dilme işlemi tamamlandıktan sonra makine durdurulur. Bundan sonra sıra kesilen ruloların sarıcı üzerinden gelir. Bunun için öncelikle operatör dilinmiş rulo üzerine asılacak olan operasyon izleme kartını hazırlar. Bu arada diğer operatörler sarıcı üzerindeki ruloları dilinmiş saçlar bölümündeki belirtilen yere kreyn vasıtasıyla indirir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra saç ilgili bölümde kullanılmaya hazır hale gelmiştir.

Saç kesimi sırasında rulonun iki tarafından çıkan çapaklar dilme işlemi tamamlandıktan sonra dilme hattı için ayrılan bölüme operatörler tarafından atılır. Rulo üzerinden çıkan saç ise düzgün tarafları makas ile kesilerek gösterilen yerlere istiflenmektedir. Yırtık ve bozuk olan kısımlar ise dilme hattı hurdalığına atılır.

2. Panel Yaprak İmalat Hattı

Panel yaprak imalatı 500 tonluk 2 hidrolik pres ile yapılmaktadır. Bu preslerde 1.20 mm (+0.09,-0.09)' mm kalınlığında saçlar kullanılmaktadır.

Panel yaprak presinde imalata göre değişik 5 adet kalıp bulunmaktadır. Bu kalıplar 900, 600, 500, 400, 300'lük panel yaprak kalıplarıdır.

Pres operatörü panel radyatör ve presler şefinden panel yaprak imalat iş emri formundaki siparişe uygun olan kalıbı prese bağlar. Kalıp bağlantıları tamamlandıktan sonra kilitleme konumuna getirilerek dilinmiş saçların olduğu bölümden uygun olan rulolardan bir tanesi alınarak çözücü kısmına yerleştirilir. Saçın uç kısmı çözücü vasıtasıyla açılarak preste bağlı olan kalıbın içerisine verilir. Kalıp üzerindeki yan merkezlemeler vasıtasıyla saç merkeze ayarlanır. Daha sonra start butonuna basılarak presteeki pompa pompalar çalıştırılır ve yine pres üzerinde bulunan göstergelerden panelin boyu ayarlanır.

3. Panel Ölçüleri ve Presin Hazırlanması

Pres kilitleme pozisyonundan çıkartılır. Daha sonra, operatör kumanda sehпасındaki butondan motorları açarak sistemi otomatik durumuna getirir. Daha sonra kumanda sehпасındaki sayaca siparişin tamamlanabilmesi için gerekli olan vuruş sayısı yazılır. Çift el butonuna basılır ve pres çalıştırılır. İlgili panele basılarak diyagonal olup olmadığı kontrol edilir. Ayarlar tamamlandıktan sonra siparişe göre panel yaprakların basımına devam edilir.

4. Panel Yaprakın Presten Çıkışı ve Hatta Verilişi

Preslerde basılan radyatör yaprakları delikli ve deliksiz olmak üzere iki çeşittir. Punta kaynak operatörü preste basılan yaprakları siparişe göre tezgah üzerine çıkarır. Gerekli olan back-up ringleri hazırlar. Daha sonra deliksiz olan paneli ters çevirerek tezgahın üzerine koyar. Bu işlemten sonra panelin 4 köşesine gelecek şekilde back-up ringleri yerleştirir. Bunun üzerine delikli olan panel yaprağını alarak back-up ringler deliklerden çıkacak şekilde koyar. Eğer makine otomatik çalışma modunda ise hazırladığı paneli makine üzerindeki ilk anahtarı geçene kadar makineye verir. Bundan sonraki işlemler otomatik olarak makine tarafından yapılmaktadır. Hatta meydana gelebilecek bir arıza makine tarafından dijital ekranda gösterilmektedir. Bu veriler doğrultusunda, makinelerin kullanıldığı ortamın toz derecesine göre periyodik olarak kapaklarının açılarak hava ile temizlenmesi gerekmektedir.

5. Radyatörün Test ve Deneme İşlemleri

Panel radyatör hattında imalatı yapılan radyatörlerin kaçak testinin yapıldığı bölümdür. Deneme işlemi su içerisine sokulan radyatörlere 10 barlık basınçlı hava verilmesiyle gerçekleşmektedir. Taşlama operatörü tarafından taşlanmış radyatör deneme standına sürülür. Deneme operatörü radyatörü ön taraftaki klemplerin hizasına getirerek klempleri kapama butonuna basar. Daha sonra arkadaki fittinglere penseleri takarak başlama butonuna basar. Radyatör suyun içerisine girdikten sonra minimum 30 saniye suyun içerisinde kalır. Eğer radyatörde herhangi bir kaçak varsa kaçağın olduğu bölgeyi tebeşirle işaretler. Deneme operatörü radyatörü su içerisinden çıkarttıktan sonra kaçak yapan bölgelerini kaynakçıya göstererek radyatörü kaynakçıya teslim eder. Eğer radyatörde herhangi bir kaçak yoksa su içerisinden çıkardıktan sonra askıya kendine ait numarayı vurarak zımparacılara teslim eder.

Deneme standının temizlenmesi ve suyun değiştirilerek kimyasal maddelerin konulması deneme operatörünün görevleridir.

6. Boyahane Konveyörü ve İmalat Sonrası İşlemler

Boyahane konveyörü yaklaşık 350 m' dir. Bu konveyöre 0.55 kw. gücündeki üç tahrik motoru hareket vermektedir. Konveyör hızı 1.30 m/dak. ile 4.30 m/dak. arasındadır. Konveyöre hareket özelliği veren 5700 rulman vardır. Bu rulmanlar ısıya dayanıklı yağ ile otomatik olarak yağlanır. Konveyöre yağlama yapan ve temizleme ünitesinin girişinde bulunan bir sistem vardır.

Boyahane bölümü üretilen malların paketlemeden önce geçtikleri son bölümdür. Ürün boyanmadan önce imalat esnasında meydana gelen yağlanmadan ve tozdan arındırılmak üzere Temizleme tankları bölümüne girer. Buradaki tanklar sırasıyla şunlardır:

1. Yağ alma tankı: Yağ alma tankının su deposunun kapasitesi 9000 litredir ve içerisinde 35 adet temizleme borusu vardır. Suyun sıcaklığı 60 derecedir. Yağ alma maddesi olarak Grizon-151 kimyasalı 100 kg kadar kullanılır.

2. Durulama tankı: Durulama tankının su deposunun kapasitesi 8000 litredir ve içerisinde 15 tane durulama borusu vardır. Bu tank soğuk su ile çalışmaktadır.

3. Fosfatlama tankı: Fosfatlama tankının su deposunun kapasitesi 12000 litredir ve içerisinde 43 tane fosfatlama borusu vardır. Tankın çalışma sıcaklığı 55 ile 60 derece arasındadır. Fosfat banyosunda fosfat kimyasalı olarak ferkot-191 kullanılır.

4. Pasivasyon tankı: Pasivasyon tankının su kapasitesi 8000 litredir ve içerisinde 15 tane pasivasyon borusu vardır. 40-50 derecede çalıştırılır. Kimyasal sıvı olarak Pasivex-f kullanılır.

Pasivasyon tankından temizlenmiş olarak çıkan ürün kuruması amacıyla fırına girer ve çıktıktan sonra astar boya vurulmak üzere yağ boya ünitesine girer astar boyanın amacı toz boyanın ulaşamayacağı yerleri tamamen kapatmak , paslanmaya ve çürümeye karşı garantiyi sağlamaktır. Daldırma boyadan çıkan panel yağ boya kurutma fırınına girer. Burada 160 derecede minimum 15 dakika duran panel toz boya ünitesine gönderilir. Bu kısımda aşağı yukarı hareketli 4 adet üstte ve 4 adette altta olmak üzere 8 adet tabanca vardır. Tabancalar kabine giren malların üzerine statik elektrik yüklü toz boya zerrecikleri püskürtür. Buradan çıkan mallar 210 derecedeki fırında minimum 20 dakika kalmaktadır. Eriyen toz boya zerrecikleri ürünün üzerinde bir film tabakası oluşturur. Fırından çıkan paneller son bir kalite kontrol testinden geçtikten sonra paketlenmeye hazır hale getirilmiş olurlar. Bununla birlikte, kalite kontrol testinden geçemeyen panellere, gerekli düzenlemeleri yapmak için kaynak yapılmaktadır.

6.1.2 Fabrikada Yürütülen Planlama Faaliyetleri

Termo Teknik’ de planlama faaliyetleri, planlama bölümü tarafından yürütülmektedir. Planlama bölümü, yapılan işlere göre kendi içerisinde dört ana birime ayrılmıştır.

Bunlar;

1. Üretim Planlama,

2. Malzeme Planlama,

3. Malzeme Ambar,

4. Mamul Ambar.

Her bir birimde, yapılan işler aşağıda anlatılmaktadır.

Üretim Planlama

Üretim Planlama bölümünde, pazarlama bölümünden gelen siparişlerin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Yurt dışından gelen siparişler, öncelikle standart bir forma geçirilmektedir. Bu formda, siparişin metresi, adedi ve ağırlığı bulunmaktadır. Buna göre sipariş, tır bazında ayrılmaya başlanır. Eğer sipariş bir araçtan fazlaysa, (Bir araç yaklaşık 20 ton değerlendirilir) özellikle aynı tipler aynı araca konmaya çalışılır. Bu işlem sırasında, aracın üretim planlama programı ve yerleşim planı çıkartılır. Üretim planlama programında, radyatörlerin palet ölçüsü belirtilerek, hangi radyatörün hangi palete konacağı belirlenmiş olur. Eğer, sipariş bir aracı doldurmuyor ise, pazarlamaya durum bildirilir ve müşteriden ilave sipariş istenir. Üretim planlama programı oluşturulduktan sonra, pazarlama bölümüne iletilir. Pazarlama bölümü, üretim planlama programını müşteriye bildirerek teyit alır. Bu işlemlerden sonra, sipariş ve üretim planlama programlama kesinleşmiş olur.

İç piyasa siparişleri ordino bazında gelmekte olup, bunlar için herhangi bir üretim planlama programı hazırlanmamaktadır.

Ay içerisinde gelen tüm bu siparişler toplanır ve bir sonraki ayın üretim programı yapılırken değerlendirmeye alınır.

Üretim programı yapılırken dış piyasa ve iç piyasa pazarlama bölümleri ellerindeki siparişleri ne zaman sevk etmek istediklerini planlama bölümüne bildirirler. Buna göre planlama, bir sonraki ayın üretim programını oluşturarak, üretim müdürlüğüne programı iletir. Üretim programına bağlı olarak sevkiyat programı da oluşturulur. Sevkiyat programı, daha sonra pazarlama ve üretim bölümlerine verilir.

Üretim Planlama bölümünde oluşturulan, yıllık üretim ve sevkiyat programlarında, bakım masrafları dört farklı kalemden gösterilip, toplam bakım masraflarının değeri programda hesaplanmaktadır. Bu dört kalem, sırasıyla; Panel tamir masrafları, havlu tamir masrafları, kapak tamir masrafları ve genel tamir masraflarıdır. Genel tamir masrafları, üretim hattı hariç

diğer ünitelerde (Boyahane, ısı merkezleri, vinçler vb.) meydana gelen bakım harcamalarını kapsamaktadır. Üretim planlama bölümünde oluşturulan plan ve programlarda, üretim ve bakım faaliyetleri arasında bir entegrasyon bulunmamaktadır. Burada, söz konusu planlama dönemi içerisinde meydana gelen üretim maliyetleri, kullanılan işgücü ve envanter, bakım faaliyetleri ve oluşan bakım masraflarından bağımsız olarak değerlendirilmektedir. Bakım masrafları, hazırlanan üretim planı içerisinde ayrı bir kalem olarak gösterilmekte ve de o dönem içerisinde meydana gelen diğer maliyetlerin toplam değeri üzerine ilave edilmektedir.

Malzeme Planlama

Malzeme Planlama birimi, oluşan üretim programına ve eldeki siparişlerin çeşidine göre gerekli malzemelerin belirlenmesi ve bu malzemelerin programdaki tarihlerine uygun olarak tedarik edilmesini sağlamaktadır. Tüm fabrika genelinde yapılan malzeme isteklerinin takibi ve zamanında tedarik edilmesi de bu bölümün görevleri arasındadır.

Ayrıca gelen malzemelerin, hangi malzeme isteğine ait olduğu da burada belirlenmektedir.

Malzeme Ambarı

Malzeme ambarı, fabrikaya gelen tüm malzemelerin toplandığı ve stoklandığı bölümdür.

Malzeme ambarında, fabrikaya gelen tüm malzemelerin kaydı yapılmaktadır. İmalat birimlerinin ihtiyacı olduğu zaman, gerekli malzemeyi ambardan alıp kullanmaktadır. Malzeme ambarında çalışanlar, malzemeyi hangi bölüm aldıysa, oraya çıktısını yapmakta olup, aylık bazda hangi bölümün ne kadar malzeme aldığı ve tutarının ne olduğunu belirlemektedir.

Mamul Ambarı

Mamul ambarı, sevkiyata hazır olan radyatörlerin toplandığı bölümdür. Mamul ambarı, sevkiyat programına bağlı olarak siparişlerin sevk edilmesini sağlar. Burada, paketlemeden gelen malzemelerin, hangi üretim planlama programı ve hangi palette olması gerektiği tespit edilip, paletleri hazırlanmaktadır. Üretim planlama programı tamamlandığı zaman, gerekli olan araç çağrılarak, sevkiyat gerçekleştirilir.

Bu birimlerin haricinde, planlama bölümünde, hammadde maliyetleri de hazırlanmaktadır. Hammadde maliyeti üç ana veri doğrultusunda belirlenmektedir. Bu maliyetin hazırlanabilmesi için gerekli olan veriler sırasıyla;

1. Malzeme ambarından aylık imalata çıkış miktarları ve tutarları,

2. Yarı mamul sayımları,

3. Mamul ambar girişleri ve çıkışları.

Maliyet hesaplamalarında ana kural, üretilen mamule giden malzemenin tespiti olduğu için tüm üretilen ürünlerde kullanılması gereken malzeme miktarları için bir standart tablo oluşturulmuştur. Bu standart tabloya göre, mamul ambar girişlerine göre kullanılması gereken toplam standart miktarlar tespit edilir. Malzeme ambar hareketlerinden gerçekleşen fiili durum raporu çıkarılır. Gerçekleşen fiili durum raporu mevcut ortalamadan çıkartılır.

Aylık Gerçekleşen Fiili Durum=AGFD,

Ay Başı Yarı Mamul Sayımı=ABYMS,

Aylık İmalata Çıkışlar=AİÇ,

Ay Sonu Yarı Mamul Sayımı=ASYMS,

olmak üzere,

$$AGFD=ABYMS+AİÇ-ASYMS \quad (6.1)$$

Aylık gerçekleşen fiili durum belirlendikten sonra, bu miktar ve tutarların mamul ambar girişlerine göre mamul üzerine dağıtımı yapılmaktadır. Bu dağıtım, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

Gerçekleşen Grup Mamul Maliyeti=GGMM,

Aylık Gerçekleşen Fiili Durum=AGFD,

Grup Standart Miktarı=GSM,

Toplam Standart Miktar=TSM,

Gerçekleşen Birim Maliyeti=GBM,

Gerçekleşen Grup Maliyeti=GGM,

Grup Metre=Gm,

olmak üzere,

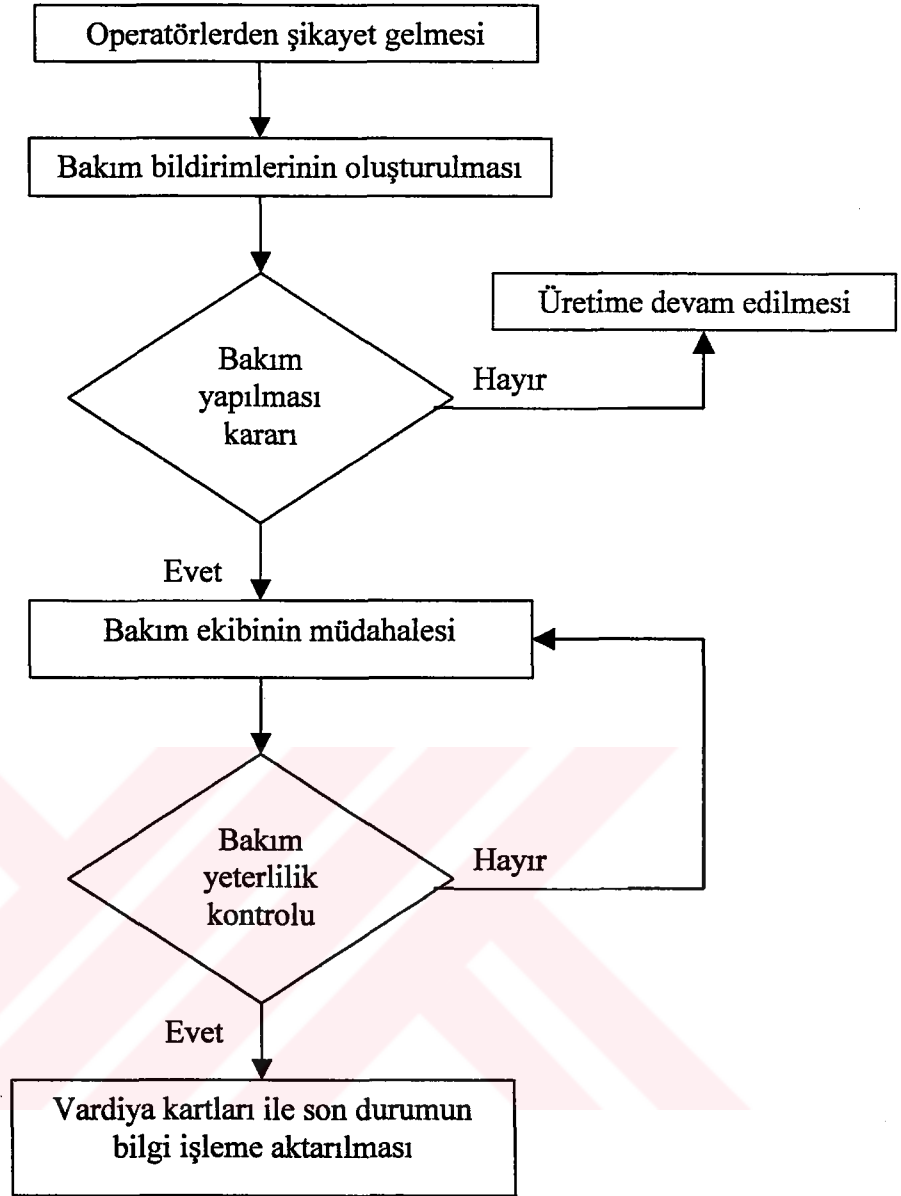
$$GGMM=AGFD*(GSM/TSM) \quad (6.2)$$

$$GBM=GGM/Gm \quad (6.3)$$

6.1.3 Fabrikada Yürütülen Bakım Faaliyetleri

Termo Teknik fabrikasında, bakım işlemleri Yardımcı İşletmeler birimi tarafından yürütülmektedir. İki yıl öncesine kadar, fabrikada yürütülen bakım faaliyetleri, planlı olarak gerçekleştirilmemekteydi. Temizlik ve tezgah ayarları haricindeki tüm bakım işlemleri, acil bakım faaliyetleriydi. Arıza çok acil olmadıkça, üretim durdurulmuyordu. Her bir operatör, sorumlu olduğu makinenin bakımını yapmaktaydı. Operatörlerin bilgi ve teçhizat eksikliğinden dolayı, bakım işlemleri yeterli bir şekilde gerçekleştirilemiyordu. Bununla birlikte, operatörler, bakım için çok fazla boşa zaman harcıyorlardı ve çoğunlukla arızayla karşılaşılıyordu.

Üst yönetim, operatörlere destek vermek amacıyla, 2002 yılı ocak planlama döneminden itibaren kullanılmak üzere, sadece bakım işlerinden sorumlu uzman bir bakım ekibi oluşturmuştur. Bu ekip, dört adet kalıp imalat atölyesi elemanı ve üç adet teknik bilgisi yüksek mekanik bakım elemanı olmak üzere toplam yedi kişidir. Mekanik bakımcılar, valflerin, tabancaların ve büyük parçaların yedeklerini, her bir planlama dönemi için hazırda tutmaktadırlar. Bakım ekibi, özellikle operatörlerin yetersiz kaldığı durumlarda, bakım işlemlerini yapmaktadır. Şekil 6.2' de, mevcut düzendeki bakım akış şeması verilmektedir.



Şekil 6.2 Termo Teknik bakım akış şeması

Bakım ekibinin oluşturulmasını takiben ve yaklaşık iki yıl süren bir çalışmanın ardından, acil bakım faaliyetlerinden, önleyici bakıma doğru bir geçiş yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, fabrika bünyesindeki her bir bakım noktası belirlenerek, bu değerleri kapsayan bir veri tabanı oluşturulmuştur. İmalatta kullanılan her bir tezgahın, enerji tüketim miktarları ve titreşim değerleri hesaplanarak, bir çizelge hazırlanmıştır. Bununla birlikte, imalatta kullanılan tüm tezgahların performans analizleri yapılarak, arıza sıklık dağılım değerlerini belirlenmiştir.

Bakım planlarının oluşturulmasında, bütün makinelerin performans verilerini içeren bir liste dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda hazırlanan bakım planları, üretim bölümü tarafından onaylanınca, haftalık ve günlük olarak bakım emirleri (bakım siparişleri) çıkarılmaktadır.

Yıllık bakım planlarındaki sütunlar, her bir tezgaha ait aylık bakım emirlerini gösteren değerlerdir. Tüm bu verilerin, bakım ekibi ve bakım işlerinden sorumlu mühendisler tarafından, farklı planlama dönemleri için incelenmesi sonucunda, optimum önleyici (koruyucu) bakım periyodunun iki ay olmasına karar verilmiştir.

Fabrikada, 2002 yılı ocak ayından itibaren, önleyici bakım faaliyetleri yapılmaya başlamıştır. Bununla birlikte, bakım masraflarında, öncekine kıyasla büyük bir düşüş gözlenmiştir. Ancak, bu dönem için hazırlanan toplu üretim planında sadece acil bakım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan masraflar dikkate alınmıştır. Bu çalışmada ise, aynı dönem içerisinde gerçekleştirilen üretim ve önleyici bakım faaliyetlerinin entegrasyonunu içeren bir toplu üretim planı hazırlanarak, bu entegrasyon sonucunda toplam maliyette daha büyük bir düşüş sağlanabileceği gösterilmektedir.

6.2 Mevcut Toplu Üretim Planının İncelenmesi

Bu bölümde, 2002 yılı ocak-ağustos döneminde, mevcut yapıya uygun bir şekilde hazırlanan toplu üretim planı incelenmektedir. Buradaki amaç, mevcut sistemde hazırlanan toplu üretim planındaki toplam dönem maliyetini göstermektir. Bir sonraki bölümde ise, önleyici bakım faaliyetleri ile entegre olarak hazırlanan toplu üretim planıyla maliyetin ne kadar düşebileceği gösterilmektedir.

Toplu üretim planının hazırlanmasında, üretim, işgücü ve envanter maliyetlerinin minimize edilmesine çalışılmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu dönem için, mevcut sistemde oluşturulan toplu üretim planında, acil bakım masrafları sadece bir kalem olarak gösterilmekte ve planlanan dönemde ortaya çıkan toplam maliyet üzerine, direkt olarak eklenmektedir. Başka bir deyişle, bakım ile diğer maliyet kalemleri arasında bir entegrasyon sağlanmadan, söz konusu dönem için toplam maliyet hesaplanmaktadır.

Sipariş miktarının belirlenmesinde kesikli sipariş (siparişe göre parti üretimi) metodu kullanılmaktadır. Bu metoda göre, sipariş miktarı her bir periyodun talebine eşittir ve her seferinde ilgili periyodun talebini karşılayacak şekilde sipariş verilir. Yöntemin uygulamasında, sipariş büyüklüğünün belli olması avantajı dışında, diğer periyotlara taşınmadan dolayı doğan elde bulundurma maliyetleri de elimine edilmektedir. Kesikli sipariş metodunun iki dezavantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, yöntemin çok farklı büyüklüklerdeki sipariş miktarlarına izin vermesi ve de sonuçta sabit sipariş miktarıyla (standart paketler ve diğer standart prosedürler) kazanılabilecek tasarruflardan

vazgeçilmesidir. İkincisi ise, her bir sipariş için yeni hazırlık zamanı gerektirmesidir. Eğer, hazırlık için yapılan harcamalar düşürülebilirse, minimum maliyetli sonuç elde edilecektir.

2002 yılı ocak-ağustos dönemi için, toplu üretim planının oluşturulmasında belirli sayısal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerlerin bir kısmı, fabrikanın ilgili bölümünden direkt olarak alınmakla birlikte, diğer bir kısmı ise bilimsel metotlara uygun bir şekilde hesaplanarak bulunmaktadır. Çizelge 6.1’ de, fabrikanın planlama bölümünden alınan üretim ve envanter değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.1 2002 yılı ocak-ağustos dönemi radyatör üretim ve envanter değerleri

Ay	Üretim	Satış	Stok
Ocak	75000	75000	8000
Şubat	73000	77000	4000
Mart	92000	94000	2000
Nisan	88000	88000	2000
Mayıs	95000	89000	8000
Haziran	89000	93000	4000
Temmuz	95000	86000	13000
Ağustos	91000	93000	11000
Toplam Değer	706000	695000	52000

Planlama döneminin başında, 8000 adet envanter bulunmaktadır. Ocak ayının başındaki, işçi sayısı 241’ dir. Bir işçiyi işe alma maliyeti, 405 birim, işten çıkarma maliyeti ise 105 birimdir. Normal mesaide çalışan bir işçinin, fabrikaya maliyeti 7 birimken, fazla mesaide çalıştırılan bir işçinin maliyeti 12 birim olarak belirlenmiştir. Çizelge 6.2’ de, söz konusu planlama döneminde kullanılan işgücü miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.2 2002 yılı ocak-ağustos dönemi işçi sayısı

Ay	Çalışılan Gün Sayısı	Normal MESAİDEKİ İşçi Sayısı	Fazla MESAİDEKİ İşçi Sayısı
Ocak	24	241	84
Şubat	21	239	80
Mart	26	238	61
Nisan	25	238	50
Mayıs	27	237	42
Haziran	25	236	42
Temmuz	27	217	95
Ağustos	26	217	193
Toplam Değer	201	1863	647

2002 yılı ocak-ağustos dönemi için, üretim açısından ortalama verimlilik değeri %80.2 olarak hesaplanmıştır. Prodüktivitedeki bu düşüş, çeşitli maliyetler oluşturmaktadır. %80.2' lik performans değeri, fabrikanın üretim kapasitesi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Başka bir deyişle, söz konusu performans değeri, saat bazında üretilen radyatör sayısının, kapasite açısından, saat bazında üretilebilecek radyatör sayısına bölünmesi sonucunda elde edilmiş bir değerdir. Fabrikadaki, bu tip üretim kayıplarının dört temel nedeni vardır. Bunlar;

1. Kalite: Fonksiyonel eksiklikler nedeniyle üretimde kayıplar söz konusuysa, bu tip kayıpları elimine etmek amacıyla, radyatörlere çeşitli kaçak testleri yapılmaktadır.

2. Arızalar: Arıza süresinin tespitinde, bir radyatörün imalat süresi dikkate alınmaktadır. Üretim prosesinde, arıza nedeniyle ortaya çıkan, on dakikanın üzerindeki duraksamalar, üretimi aksatıcı niteliktedir ve üretimde kayıplara yol açar.

3. İşçiler: Arızalar dışında ortaya çıkan, üretimdeki kayıplar, işçilerin yeteneksizliğinden ve dikkatsizliğinden kaynaklanmaktadır.

4. Hazırlık işlemleri: Tezgah hazırlık işlemlerinden dolayı, gerek bir planlama döneminden, diğerine geçişte, gerekse bir çeşit radyatör imalatından diğerine geçişte, üretimde kayıplar meydana gelmektedir.

2002 yılı ocak-ağustos dönemindeki üretim kayıpları, kalite, işçi ve arıza kaynaklı üretim kayıplarıdır. Bir önceki planlama döneminde üretilen radyatör tipiyle, incelenen planlama dönemindeki radyatör tipi aynı olduğundan ve sekiz ay boyunca da aynı ve tek tip radyatör üretimine devam edildiğinden dolayı, planlama dönemi boyunca herhangi bir hazırlık işlemi yapılmamıştır.

Fabrika, maksimum kapasiteyle (%100) çalıştığında, ayda 143000 adet radyatör üretebilmektedir. Bununla birlikte, bu değer, incelenen planlama döneminin aylık talepleri açısından, oldukça yüksek bir değerdir. Dolayısıyla, sadece talep edilen radyatör sayısı ve bir önceki planlama döneminden elde kalan envanter dikkate alınarak, üretim gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.3' de, 2002 yılı ocak-ağustos planlama döneminde, üretimde kullanılan işgücünün saat bazında değerleri verilmiştir. Çizelgeden görülebileceği gibi, fabrikadaki işçiler, ocak-ağustos planlama döneminde toplam 38042 saat çalışmıştır.

Çizelge 6.3 2002 yılı ocak-ağustos dönemi işgücü kullanım değerleri

Ay	Normal Mesai Saati	Fazla Mesai Saati	Toplam Süre
Ocak	1928	3935	5863
Şubat	1912	2446	4358
Mart	1904	1559	3463
Nisan	1904	1237	3141
Mayıs	1896	525	2421
Haziran	1888	805	2693
Temmuz	1736	1675	3411
Ağustos	1736	10956	12692
Toplam Değer	14904	23138	38042

Fabrikanın üretim ve bakımdan sorumlu bölümlerinden, bir adet radyatörün üretim süresi ve gerçekleşen toplam acil bakım maliyeti alınmıştır. Buna göre, bu değerler sırasıyla 0.06 saat ve 295000 birimdir. Ocak-ağustos dönemi için, mevcut sisteme göre toplu üretim planını oluşturmada önce, gerekli olan son iki bilgi ise; bir işçi tarafından bir günde üretilebilen maksimum radyatör sayısı ve birim envanter taşıma maliyetidir. Bunlardan ilki, planlama döneminin başlangıcında hiç envanterimiz bulunmadığını varsayarak, toplam dönem talebini karşılamak için bir işçinin bir günde ne kadar üretmesi gerektiğinden yola çıkarak, yaklaşık olarak belirlenirken, ikincisi ise ilgili mühendislik ekonomisi prensipleri doğrultusunda tespit edilmektedir. Aşağıda bu değerlerin hesaplanış şekli gösterilmektedir;

Bir işçi tarafından üretilen maksimum miktar (MM):

Toplam dönem talebi=706000 adet,

Kullanılan ortalama işçi sayısı (OİS):

$$OİS = \frac{1863}{8} \approx 233 \text{ adet,}$$

Çalışılan toplam süre=201 gün olmak üzere,

$$MM = \frac{706000}{233 * 201} \approx 15 \text{ adet/gün' dür.}$$

Birim envanter taşıma maliyeti ise, mühendislik ekonomisi prensiplerine göre, paranın aylık faizine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB), 2002 yılı faiz oranını %3 olarak ilan etmiştir. Planlama döneminin her ayında, ortalama envantere bağlanan para 1331000 birimdir. Bu para, envantere bağlanmak yerine, sekiz ay boyunca bankada tutulsaydı, aylık %3 faiz üzerinden, paranın sekiz ay sonundaki değeri 11835252 birim olacaktı. Birim envanter taşıma maliyeti, şu şekilde hesaplanmaktadır:

F: Paranın gelecekteki değeri

A: Eşit miktardaki para değeri

Olmak üzere;

$$F=A*(F/A, \%3, 8) \quad (6.4)$$

$$F=1331000*8.892.$$

$$F=11835252 \text{ birim.}$$

Sekiz ay sonunda bankadan kazanılabilecek paradan, ana parayı çıkardığımızda toplam envantere bağlanan para (TEM) hesaplanmaktadır. Bu parayı, toplam envanter miktarına (52000 adet) böldüğümüzde ise birim envanter maliyeti (BEM) hesaplarız;

$$TEM=11835252-1331000$$

$$TEM=10504252 \text{ birim.}$$

$$BEM= \frac{10504252}{52000} \cong 202 \text{ birim.}$$

Şekil 6.3’de, bu veriler doğrultusunda mevcut yapıya uygun olarak hazırlanan toplu üretim planı gösterilmektedir.

Corel Quattro Pro - C:\Belgeler\im\selfdosh\model\mevcut plan.WB3

File Edit View Insert Format Tools Window Help

Times New Roman Tur 12 B I U Normal - - - - -

TOPLU ÜRETİM PLANI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	TOPLU ÜRETİM PLANI	ocak	Şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	toplam
1	İŞ GÜNÜ	24	21	26	25	27	25	27	26	201
2	talep tahmini	83000	73000	92000	88000	95000	89000	95000	91000	706000
3	üretim adedi	83000	73000	92000	88000	95000	89000	95000	91000	706000
4	teslimat	75000	77000	94000	88000	89000	93000	86000	93000	695000
5	envanter	8000	4000	2000	2000	8000	4000	13000	11000	52000
6	İŞGÜCÜ									
7	işçi sayısı	241	239	238	238	237	236	217	217	1863
8	işe alınan işçi sayısı									0
9	isten çıkarılan işçi sayısı	2	1	1	1	1	19			24
10	fazla mesai	84	80	61	50	42	42	95	193	647
11	MALİYETLER									
12	üretim maliyeti		13272800							
13	envanter mal.		10504000							
14	işe alma maliyeti		0							
15	isten çıkar. mal.		2520							
16	acil bakım mal.		295000							
17	nor.mes.mal.		13041							
18	faz.mes.mal.		7764							
19	TOPLAM MALİYET		24095125							
20										
21										
22										
23										
24										
25										

Notabk1 wb3 mevcut plan.WB3 READY

Şekil 6.3 2002 yılı ocak-ğustos dönemi toplu üretim planı

6.3 Bakım ile Entegre Toplu Üretim Planının Oluşturulması

Fabrikanın 2002 ocak-ağustos toplu üretim planında, sadece acil bakım faaliyetleri ve dolayısıyla bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan bakım masrafları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada ise, aynı planlama dönemi için, önleyici bakım faaliyetleriyle entegre bir toplu üretim planı oluşturulmuştur. Bununla birlikte, oluşturulan toplu üretim planı modeli, farklı bakım periyot ve süreleri için çalıştırılıp, modelin toplam maliyet üzerindeki etkisi test edilmiştir.

Her bir tezgahın bakım ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla, yardımcı işletmeler tarafından arıza ve tamir sürelerine yönelik olarak hazırlanan veri tabanından ve bakım mühendislerinden edinilen bilgiler doğrultusunda önleyici bakım faaliyetleri için her iki ayda bir 55000 saat zaman ayrılmasına karar verilmiştir. Bununla birlikte, modelde, farklı önleyici bakım periyot ve sürelerinin, toplam maliyette yarattığı değişikliği gösterebilmek için, önleyici bakım maliyeti saat cinsinden tanımlanmıştır. Bu değer, saat başına 1 birim olarak kabul edilmiştir.

Fabrikada, bir günde, bir işçi, en fazla sekiz saat fazla mesai yapabilmektedir. Bu sebepten, modelde fazla mesai kısıtları hesaplanırken, izin verilen maksimum mesaiye ait oran, 0, bir olarak alınmıştır. Aşağıda, önleyici bakım faaliyetleriyle entegre bir şekilde geliştirilen toplu üretim planı modelinin matematiksel ifadesi verilmektedir

Modelin amaç fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \min = & 18.8 * X_1 + 18.8 * X_2 + 18.8 * X_3 + 18.8 * X_4 + 18.8 * X_5 + 18.8 * X_6 + 18.8 * X_7 + 18.8 * X_8 + 202 * I_1 \\ & + 202 * I_2 + 202 * I_3 + 202 * I_4 + 202 * I_5 + 202 * I_6 + 202 * I_7 + 202 * I_8 + 405 * H_1 + 405 * H_2 + 405 \\ & * H_3 + 405 * H_4 + 405 * H_5 + 405 * H_6 + 405 * H_7 + 405 * H_8 + 105 * F_1 + 105 * F_2 + 105 * F_3 + 105 * F_3 + 105 * \\ & F_4 + 105 * F_5 + 105 * F_6 + 105 * F_7 + 105 * F_8 + 12 * E_1 + 12 * E_2 + 12 * E_3 + 12 * E_4 + 12 * E_5 + 12 * E_6 + 12 * E_7 \\ & + 12 * E_8 + 7 * W_1 + 7 * W_2 + 7 * W_3 + 7 * W_4 + 7 * W_5 + 7 * W_6 + 7 * W_7 + 7 * W_8 + 220000; \end{aligned} \quad (6.5)$$

Modelin kısıtları:

Önleyici bakım kısıtları:

$$W_1 * 8 + O_1 - 0.06 * X_1 - 55000 \geq 0 \quad (6.6)$$

$$W_2 * 8 + O_2 - 0.06 * X_2 \geq 0 \quad (6.7)$$

$$W_3 * 8 + O_3 - 0.06 * X_3 - 55000 \geq 0 \quad (6.8)$$

$$W_4 * 8 + O_4 - 0.06 * X_4 \geq 0 \quad (6.9)$$

$$W5*8+O5-0.06*X5-55000 \geq 0 \quad (6.10)$$

$$W6*8+O6-0.06*X6 \geq 0 \quad (6.11)$$

$$W7*8+O7-0.06*X7-55000 \geq 0 \quad (6.12)$$

$$W8*8+O8-0.06*X8 \geq 0 \quad (6.13)$$

Envanter kısıtları:

$$I1=8000+X1-83000 \quad (6.14)$$

$$I2=I1+X2-73000 \quad (6.15)$$

$$I3=I2+X3-92000 \quad (6.16)$$

$$I4=I3+X4-88000 \quad (6.17)$$

$$I5=I4+X5-95000 \quad (6.18)$$

$$I6=I5+X6-89000 \quad (6.19)$$

$$I7=I6+X7-95000 \quad (6.20)$$

$$I8=I7+X8-91000 \quad (6.21)$$

İşgücü kısıtları:

$$W1=241+H1-F1 \quad (6.22)$$

$$W2=W1+H2-F2 \quad (6.23)$$

$$W3=W2+H3-F3 \quad (6.24)$$

$$W4=W3+H4-F4 \quad (6.25)$$

$$W5=W4+H5-F5 \quad (6.26)$$

$$W6=W5+H6-F6 \quad (6.27)$$

$$W7=W6+H7-F7 \quad (6.28)$$

$$W8=W7+H8-F8 \quad (6.29)$$

Fazla mesai kısıtları:

$$O1 \leq W1*8 \quad (6.30)$$

$$O2 \leq W2 * 8 \quad (6.31)$$

$$O3 \leq W3 * 8 \quad (6.32)$$

$$O4 \leq W4 * 8 \quad (6.33)$$

$$O5 \leq W5 * 8 \quad (6.34)$$

$$O6 \leq W6 * 8 \quad (6.35)$$

$$O7 \leq W7 * 8 \quad (6.36)$$

$$O8 \leq W8 * 8 \quad (6.37)$$

İşgücü kapasitesi kısıtları:

$$X1 \leq 15 * 24 * (W1 + E1) \quad (6.38)$$

$$X2 \leq 15 * 21 * (W2 + E2) \quad (6.39)$$

$$X3 \leq 15 * 26 * (W3 + E3) \quad (6.40)$$

$$X4 \leq 15 * 25 * (W4 + E4) \quad (6.41)$$

$$X5 \leq 15 * 27 * (W5 + E5) \quad (6.42)$$

$$X6 \leq 15 * 25 * (W6 + E6) \quad (6.43)$$

$$X7 \leq 15 * 27 * (W7 + E7) \quad (6.44)$$

$$X8 \leq 15 * 28 * (W8 + E8) \quad (6.45)$$

Makine kapasitesi kısıtları:

$$X1 \leq 143000 \quad (6.46)$$

$$X2 \leq 143000 \quad (6.47)$$

$$X3 \leq 143000 \quad (6.48)$$

$$X4 \leq 143000 \quad (6.49)$$

$$X5 \leq 143000 \quad (6.50)$$

$$X6 \leq 143000 \quad (6.51)$$

$$X7 \leq 143000 \quad (6.52)$$

$$X8 \leq 143000 \quad (6.53)$$

Değişken kısıtları:

$$X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8 \geq 0 \quad (6.54)$$

$$E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 \geq 0 \quad (6.55)$$

$$I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8 \geq 0 \quad (6.56)$$

$$H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8 \geq 0 \quad (6.57)$$

$$F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 \geq 0 \quad (6.58)$$

$$W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8 \geq 0 \quad (6.59)$$

$$O1, O2, O3, O4, O5, O7, O8 \geq 0 \quad (6.60)$$

Aşağıdaki Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'de, önleyici bakım faaliyetleriyle entegre bir biçimde oluşturulan toplu üretim planı modeli ve bu modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen çıktı değerleri verilmektedir.

Çözümlemede, daha önce açıklanmış olan modelin, uygun kısıtlar altında çalıştırılıp, sonuçların elde edilmesinde Corel Quattro Pro-8 yazılımı kullanılmış olup, bu programa ait Numeric Tools içerisindeki Optimizer alt programı koşturulmuştur. Modelde kullanılan kısıtlar ayrıca Şekil 6.4' de de görülmektedir.

Şekil 6.4 Önleyici bakım faaliyetleri ile entegre toplu üretim planı modeli

Corel Quattro Pro - C:\Belgelerim\seldosh\model\k-coz.wb3													
File Edit View Insert Format Tools Window Help													
Arial 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10													
TOPLU ÜRETİM PLANI													
A1													
1	TOPLU ÜRETİM PLANI	ecak	pubst	marst	risen	mayus	hasiren	tammuz	ajustos	toplanlar			
2	1. gün	24	21	26	25	27	25	27	26	201			
3	talap tahmini	83000	73000	92000	88000	93000	89000	95000	91000	706000			
4	üretim adedi	75000	73000	92000	88000	93000	89000	95000	91000	698000			
5	teslimat	83000	73000	92000	88000	93000	89000	95000	91000	706000			
6	envanter	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	İSGÜCÜ												
8	İçerisi	241	241	241	241	241	241	241	241	1928			
9	günlük net mesai süresi	8	8	8	8	8	8	8	8	64			
10	normal mesai işgücü süresi	46272	40488	50128	48200	52056	48200	52056	50128	387528			
11	şifalı mesai işgücü süresi	8728	0	4872	0	2944	0	2944	0	19488			
12	toplam işgücü süresi	55000	40488	55000	48200	55000	48200	55000	50128	407016			
13	İçerisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	İçerisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	İçerisi	45	0	23	0	14	0	14	0	96			
16	İçerisi	103125	75915	103125	90375	103125	90375	103125	93990	763155			
17	İçerisi	143000	143000	143000	143000	143000	143000	143000	143000				
18	İŞLEM SÜRELERİ												
19	üretim süresi	4500	4380	5520	5280	5700	5340	5700	5460	41880			
20	ünleştici bakım süresi	55000		55000		55000		55000		220000			
21	İçerisi	59500	4380	60520	5280	60700	5340	60700	5460	261880			
22	MALİYETLER												
23	üretim maliyeti	13122400											
24	envanter mal.	0	0										
25	İçerisi	0	0										
26	İçerisi	220000											
27	ünleştici bakım mal.	13496											
28	net mes mal.	1154											
29	İçerisi	13357050											
30	TOPLAM MALİYET												
31													
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z													
READY													
Başlat Corel WinZip Microsoft													
19:42													

Şekil 6.5 Toplu üretim planı modelinden elde edilen sonuçlar

Yukarıdaki şekilden görüldüğü üzere, önleyici bakım faaliyetlerinin, acil bakım faaliyetleri yerine uygulanması ve bu faaliyetlerin toplu üretim planına entegre edilmesiyle, toplam maliyette büyük bir düşüş ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, toplu üretim planı modelinin çalıştırılması sonucunda, önleyici bakım faaliyetlerinin sadece fazla mesaiye gidilerek gerçekleştirilebileceği bulunmuştur. Buna göre, fazla mesaide çalıştırılması gerekli işçi sayısı; Ocak ayında 45, mart ayında 23, mayıs ve temmuz aylarında ise 14' dür. Bu aşamada, toplu üretim planlama modeli, farklı önleyici bakım periyot ve süreleri için, güvenilirlik açısından test edilmelidir.

Önleyici bakım faaliyetleriyle entegre toplu üretim planlama modeli, hipotez testi aracılığıyla test edilmektedir. Bunun için, oluşturulan toplu üretim planı, farklı önleyici bakım süre ve periyotları için çalıştırılmaktadır. Burada, test istatistiği olarak, çift kuyruklu t testi kullanılmaktadır.

Modelin, rasgele olarak seçilen 10 farklı veri değeri için tek tek çalıştırılmasından sonra ortaya çıkan toplam maliyet değerleri, mevcut sistemde ortaya çıkan toplam maliyet değeriyle sırayla karşılaştırılmaktadır. Bu noktada değerlendirme kriteri olarak, sadece önleyici bakım faaliyetlerini içeren toplu üretim planı modellerinin kullanılmasıyla elde edilen toplam maliyetteki yüzdesel düşüş dikkate alınmaktadır. Aşağıda, modelin çalıştırılmasında kullanılan farklı önleyici bakım süre ve periyotları verilmektedir. Burada, bakım aralığı 25000 saat ile 200000 saat arasında değişirken, bakım periyotları 1 ile 4 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.4 Model önleyici bakım süre ve periyotları

Model	Önleyici Bakım Süresi (Saat)	Önleyici Bakım Periyodu (Ay)
Model-1	55000	2
Model-2	60000	2
Model-3	80000	4
Model-4	25000	1
Model-5	70000	2
Model-6	150000	4
Model-7	100000	2
Model-8	120000	2
Model-9	200000	4
Model-10	90000	2

Aşağıda, modellerin her birinin, fabrika için uygulanan modele benzer şekilde çalıştırılmasıyla ortaya çıkan toplam maliyet değerleri ve sonuçta toplam maliyette gözlenen düşüş, yüzdesel olarak verilmektedir. Toplam maliyetteki düşüşün hesaplanmasında, sadece

acil bakım masraflarını içeren toplu üretim planından elde edilen toplam dönem maliyeti dikkate alınmaktadır.

Çizelge 6.5 Modellerin toplam maliyet üzerindeki etki değerleri

Model	Toplam Maliyet	Toplam Maliyetteki Düşüş	Toplam Maliyetteki Yüzdesel Düşüş
Model-1	13357050	10738075	%44.57
Model-2	13378206	10716919	%44.48
Model-3	13299556	10795569	%44.80
Model-4	13335896	10759229	%44.65
Model-5	13420519	10674606	%44.30
Model-6	13578593	10516532	%43.65
Model-7	13563497	10531628	%43.70
Model-8	13691143	10403982	%43.18
Model-9	13798297	10296828	%42.73
Model-10	13505145	10589980	%43.95

Şimdi, modelin güvenilirliğini test etmek için, yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda hipotez testini uygulayalım;

$$H_0: p=0$$

$$H_1: p \neq 0$$

Test istatistiği olarak çift kuyruklu t testi uygulanmaktadır. Burada, toplu üretim planı modelimiz 10 farklı model için çalıştırıldığından dolayı, örnek hacmimiz 10 ve serbestlik derecemiz 9 olarak bulunmaktadır. t kritik değerimiz ise, bir önceki bölümde açıklandığı üzere 0.95 güvenilirlik derecesi ve 9 serbestlik derecesi için 2.26 ($t_{9,0.025}$) olarak tablodan bulunmaktadır. Modelin t testi ile kontrol edilebilmesi için, öncelikle toplam maliyetteki düşüşün standart sapması hesaplanmalıdır.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (p - p')^2}{10 - 1}} \quad (6.61)$$

Modellerin çalıştırılması sonucunda elde edilen toplam maliyetteki yüzdesel düşüş değerlerinin ortalaması aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$p' = \frac{\sum p}{n} \quad (6.62)$$

olmak üzere,

$$p' = \frac{440.01}{10} = 44.001 \cong 44$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (0 - 44)^2}{10 - 1}} \cong 14.66$$

Yukarıda gösterildiği üzere, toplam maliyetteki düşüşün standart sapması 14.66 olarak bulunmuştur. Şimdi, t_0 teorik değerini hesaplayarak, bu değeri t kritik değer ile karşılaştıralım. Daha sonra da hipotezimizin doğruluğunu kontrol edelim.

$$t_0 = \frac{p' - p}{s / \sqrt{n}} \quad (6.63)$$

ise;

$$t_0 = \frac{44 - 0}{14.66 / \sqrt{10}} \cong 9.48 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$

$t_0 > 2.26$ olduğundan H_1 hipotezi kabul edilip, H_0 hipotezi reddedilmektedir. Başka bir deyişle, önleyici bakım faaliyetlerinin uygulanmaya başlanması ve bu faaliyetlerin toplu üretim planına entegre edilmesiyle, toplam maliyette büyük bir düşüş sağlanacaktır. Bu noktada, farklı önleyici bakım periyotları ve bu faaliyetlerin yürütülmesi için ayrılması gerekli farklı süreler için, model çalıştırılıp, bu değerlerin toplam maliyete etkisi incelenmelidir.

Modelin çalıştırılması ve güvenilirliğinin test edilmesinden sonra, modelden elde edilen sonuçlar fabrikadaki mühendisler sunulmuştur. Model sonuçlarının ve fabrikada önleyici bakım faaliyetlerinin başlatılmasına yönelik olarak daha önceden yapılmış çeşitli çalışmaların, mühendisler tarafından incelenmesi sonucunda, üst yönetime teslim edilmek üzere bir rapor hazırlanmıştır. Üst yönetim, bu rapor doğrultusunda, mevcut toplu üretim planıyla, geliştirilmiş toplu üretim planını karşılaştırmıştır. Üst yönetim, bunun sonucunda, önleyici bakım faaliyetlerine geçişle birlikte, hem üretimde sürekliliğin hem de ekonomikliğin sağlanabileceğine karar vermiştir.

Fabrikada, önleyici bakım faaliyetlerinin yürütülmesiyle birlikte, acil bakım ihtiyaçları büyük ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, verimliliğin ve üretim kalitesinin yükseldiği ve de toplam işletme maliyetinin azaldığı gözlenmiştir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, Termo Teknik fabrikasının 2002 ocak-ağustos dönemi için, önleyici bakım faaliyetleriyle entegre bir toplu üretim planı oluşturulmuştur. Buradaki temel hedef, fabrika için en uygun bakım politikasını belirleyerek, toplam dönem maliyetini minimize etmektir. Toplam maliyetten elde edilen tasarrufların, fabrikanın çeşitli yatırım projeleri için ayrılması planlanmaktadır. Bu bölüm, çalışmadan elde edilen sonuçlar, genel değerlendirmeler ve gelecekteki çalışmalar için yönlendirmeler olmak üzere, iki başlık altında sunulmuştur.

7.1 Genel Değerlendirmeler

Günümüzde, bakım fonksiyonu, ürün üretim sistemiyle paralel olarak çalışan ikinci bir üretim sistemi olarak düşünülmektedir. Bu noktada, maliyetlerin ve sistemde oluşabilecek arızaların azaltılmasını hedefleyen önleyici bakım planlarının, toplu üretim planlarıyla entegre olarak hazırlanması, toplam maliyeti minimize etmek açısından oldukça önemlidir. Gittikçe artan rekabet ortamında, üretim kaynaklarından en etkin düzeyde yararlanmak büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, üretim ve bakım fonksiyonlarının birbirleriyle koordinasyonunun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Özellikle, ortak kaynak kullanımını gerektiren önleyici bakım faaliyetleriyle, üretim prosesinin her bir aşamasında yürütülen faaliyetlerin, planlama döneminin her bir safhasında birbirleriyle entegre edilmesi gerekir. Böyle bir entegrasyon sonucunda, toplam maliyetlerde büyük bir düşüş sağlanacaktır.

Bakım faaliyetlerinden bağımsız olarak yürütülen toplu üretim planlama prosesi, sadece üretim hedeflerini başarmak için gerekli olan üretim miktarlarını ve gerekli kaynakların düzeylerini belirlemektedir. Buradaki amaç, her bir planlama periyodunda çalıştırılması gerekli işçilerin ve üretilmesi gereken toplu birimlerin sayısını bulmaktır. Bu değerlerin, aynı birim cinsinden karşılıkları bulunduktan sonra, söz konusu planlama döneminde ortaya çıkan toplam maliyet hesaplanmaktadır. Planlama döneminde ortaya çıkan acil bakım masrafları ise, toplu üretim planlama sonucu ortaya çıkan maliyet üzerine direkt olarak eklenmektedir. Böylece, bakım ve üretim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan toplam maliyet hesaplanmaktadır. Bu noktada, elde edilen toplam maliyet değeri hiç şüphesiz optimum değildir. Bakım ve üretim fonksiyonları arasında herhangi bir entegrasyon bulunmadığından dolayı, üretim kaynaklarından (işgücü, zaman...vb.) yeterince yararlanılamamaktadır. Bununla birlikte, yürütülen bakım faaliyetleri sadece acil bakım faaliyetlerini içerdiği için, bakım masrafları da oldukça yüksek olabilmektedir. Bu bakım yöntemi, herhangi bir makine, beklenmedik arıza nedeniyle durduğunda yedeği yoksa, program dışı bir bakım gerektirmektedir. Makinelerin

yedeğini bulundurma ise, hem sermaye ve hem de depolama yönünden büyük yük oluşturabilmektedir. Ayrıca, hasarın ne zaman meydana geleceği bilinmediğinden, gerçek bir üretim planı yapmak, çoğu zaman mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmada, önleyici bakım faaliyetleriyle entegre bir toplu üretim planlama modeli tasarlanmıştır. Daha sonra, modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen toplam maliyetin, bakım faaliyetlerinden bağımsız olarak yürütülen ve de sadece acil bakım masraflarını içeren toplam maliyetten daha düşük olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, çalışmada, hipotez testi aracılığıyla, oluşturulan bu modelin geçerliliği kontrol edilmektedir. Modelin testi için, farklı bakım süreleri ve periyotları kullanılmıştır. Model, on farklı veri için çalıştırılmış ve her defasında, toplam maliyette bir düşüş gözlenmiştir. Hipotez testi sonucunda ise, modelin %95 güvenilirlikle, toplam maliyeti düşürdüğü sonucu ortaya çıkmıştır.

7.2 Gelecekteki çalışmalar için Yönlendirmeler

Bir sonraki çalışmada, üretim organizasyonlarının deneysel olarak incelenmesiyle, bu organizasyonların mevcut bakım politikalarıyla, bu modelden ortaya çıkan teorik politikanın verimliliği karşılaştırılabilir. Bununla birlikte, farklı önleyici bakım periyotları ve bu faaliyetlerin yürütülmesi için ayrılacak farklı süre değerleri için, oluşturulan bu modelin çalıştırılması suretiyle, belirli bir planlama dönemi için optimum önleyici bakım süresi ve periyodu kararlaştırılabilir. Önleyici bakım faaliyetini yapıp, yapmama kararı ise, tam sayılı lineer program aracılığıyla oluşturulan, bir bakım ile entegre toplu üretim planı modelinin çalıştırılmasıyla belirlenebilir. Ayrıca, modelin prodüktivite gibi program performans ölçüleri üzerindeki etkisi değerlendirilebilir. Diğer taraftan, ekstra teçhizat arızalarının ve servis dağılımlarının modelin performansı üzerine etkisi incelenebilir. Sipariş çakışması durumunda, üretim ve bakım faaliyetlerinden hangisine öncelik verileceğinin kararlaştırılmasına yönelik olarak, buradaki model geliştirilebilir. Burada, üretim ve bakım fonksiyonlarından hangisinin ön plana geçeceğinin belirlenmesi için, bakım faaliyetlerine öncelik verilmesi sonucunda, üretimde meydana gelecek kayıpların işletmeye olan maliyetleriyle, üretim hattı ve tezgahlara yönelik olarak gerçekleştirilen güvenilirlik hesaplarından elde edilen değerler karşılaştırılmalıdır. Tüm bu alternatif yaklaşımlar, bu çalışmanın doğal bir uzantısıdır.

KAYNAKLAR

- Acar, N., (1996), Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, MPM Yayınları, Ankara.
- Baz, F., (1995), Bakım Planlaması Problemlerinin Çözümünde bir Uzman Sistem Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Blanchard, B.S., (1998), Logistics Engineering & Management, Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering., Fifth Edition.
- Chanter, B. ve Swallow, P., (1996), Building Maintenance Management, Blackwell Science, New York.
- Chung, CH., (1982), Planning Horizons for Aggregate Planning and Master Production Scheduling, Thesis Dissertation, Ohio State University.
- Chung, CH. ve Krajewski LJ., (1984), "Planning Horizons for Master Production Scheduling", Operations Management, 4:389-406.
- Chung, CH. ve Weinstein, L., (1999), "Integrating Maintenance and Production Decisions in a Hierarchical Production Planning Environment", Computer and Operations Research, Elsevier Science Ltd., 26:1059-1074.
- Corder, A., (1976), Maintenance Management Techniques, McGraw Hill Book Company, New York.
- Dervitsiotis, K., (1981), Operations Management, International Student Edition, McGraw Hill International Book Company, New York.
- Dilger, K.A., (1997), Asset Management, Maintenance Redefined, Manufacturing Systems, Temmuz,
- Gaither, N., (1996), Production and Operations Management, Wadsworth Publishing Company, Seventh Edition, New York.
- Gharbi, A. ve Kenne, JP., (2000), "Production and Preventive Maintenance Rates Control for a Manufacturing System", International Journal of Production Economics, 3:275-287.
- Giebels, M., (2000), A Concept for Concurrent Manufacturing and Control, Master Thesis, Netherland.
- Gilbert, JP. ve Finch, BJ., (1985), "Maintenance Management: Keeping up with Production's Changing Trends and Technology", Journal of Operations Management, 6:1-12.
- Güney, B., (1988), Comparison of Maintenance Policies in a Serial Production System with Finite Buffers, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Heizer, J. ve Render, B., (1998), Operations Management, Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- JIPM, (1997), Instruction Book, History of PM in Japan, JIPM Press, Japan.
- Kobu, B., (1996), Üretim Yönetimi, Dokuzuncu Baskı, Avcıol Basım-Yayın, İstanbul.
- Krajewski, LJ. ve Ritzman, LP., (1977), "Disaggregation in Manufacturing and Service Organizations", Decision Sciences, 8:1-18.
- Mann, L., (1976), Maintenance Management, D.C. Heath and Company. Lexington, MA.

- Mobley, R.K., (1990), An Introduction to Predictive Maintenance, Plant Engineering Series.
- Monks, J.G., (1987), Operations Management Theory and Problems, International Edition, Ganzaga University, Spokane.
- Moore, F.G. ve Hendrick T.E., (1977), Productions and Operations Management, Seventh Edition, New York.
- Nahmias, S., (1993), Productions and Operations Analysis, Santa Clara University, Irwin.
- Nakajima, S., (1988), Introduction to TPM, Productivity Press, Cambridge.
- Nakajima, S., Yamashina, H. ve Kumagai, C., (2000), Maintenance Management and Control, JIPM, Kyoto University, The University of The Air Japan, Kyushu Institute of Technology.
- Richel, TD., (1991), A Model of The Effect of Scheduled Maintenance on Manufacturing System Capacity, Thesis Dissertation, Pennsylvania State University.
- Rishel, TD. ve Cristy, DP., (1999), "Incorporating Maintenance Activities into Production Planning: Integration at The Master Schedule versus Material Requirements Level" Decision Sciences, 11: 24-36.
- SAP, (1995), The Plant Maintenance System, R/3 System User Manual, Walldorf, Mart.
- Sherwin, D., (1999), A Review of Overall Models For Maintenance Management.
- Sipper, D. ve Bulfin, R., (1998), Production Planning, Control, and Integration, McGraw- Hill International Editions, Library of Congress Cataloging in Publication Data, New York.
- Swanson, L., (2001), "Linking Maintenance Strategies to Performance", International Journal of Production Economics, 70: 237-244.
- Vollmann, TE., Berry, WL. ve Whybark, D., (1997), Manufacturing Planning and Control Systems, Boston, Irwin.
- Watkins, J.P., (1997), Going Beyond Computerized Maintenance Management System, Plant Engineering, Temmuz.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.12.1979

Doğum yeri İstanbul

Lise 1990-1997 Kadıköy Anadolu Lisesi

Lisans 1997-1998 Doğu Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fak.
Endüstri Mühendisliği Bölümü

1998-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği
Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2001-Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

