

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAKIM MALZEMELERİ İHTİYAÇ PLANLAMASI  
SİSTEMİ**

**729720**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**End. Müh. Fuat Şimşir**

128120

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emin GÜNDOĞAR**

**EYLÜL 2002**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAKIM MALZEMELERİ İHTİYAÇ PLANLAMASI  
SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Fuat Şimşir

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KURULUŞ BAŞKANLIĞI

Enstitü Anabilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emin Gündoğar

Bu tez .. / .. / 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Emin GÜNDOĞAR

Jüri Başkanı



Doç. Dr. Baha GÜNEY

Jüri Üyesi



Dr. Kemal ÇAKIR

Jüri Üyesi



## ÖNSÖZ

Üretim ve hizmet sistemleri destek faaliyetlerinin. maliyetlerin kontrol altına alınabilmesi ve bu sistemlerin çalışma düzeyinin ideal seviyede tutulabilmesi noktasındaki konuları ihmal edilemeyecek bir düzeydedir. Bu destek faaliyetlerinden, Bakım yönetimi ve bakım malzemelerine yapılan yatırım maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla kurmakta olduğumuz Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama Sistemi (MMRP) konuları üzerinde araştırmalar yapılarak bu çalışma ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmayı gerçekleştirmem sürecinde çok değerli şahısların katkıları olmuştur. Öncelikle, tecrübeleri ve bilgisiyle bana her zaman destek olan tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Emin GÜNDOĞAR Hocama teşekkürlerimi sunarım. Bakım yönetimi konusundaki tecrübelerinden yararlandığım Sayın Yrd.Doç.Dr. Baha GÜNEY Beye teşekkür ederim. Ayrıca Visual Basic konusundaki desteklerinden ötürü İsmail BODUR'a, kaynak bulma konusundaki desteklerinden dolayı Nevin KARAARSLAN'a ve yardımlarından dolayı da Özer UYGUN'a da teşekkür ederim.

Varlıklarıyla her zaman destek olan aileme de şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2002

Fuat şİMşİR

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET .....	x
SUMMARY .....	xi
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 BAKIM YÖNETİMİ.....	4
2.1 Bakım Faaliyetlerinin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	4
2.2 Tamir Bakım Faaliyetlerinin Üretime Etkisi.....	6
2.3 Bakım Ve Bakım Planlamanın Amaçları .....	9
2.4 Bakım Yönetimi Ve Organizasyonu .....	11
2.4.1 Hedef planlaması .....	12
2.4.2 Kaynak planlamanın görevleri .....	12
2.4.3 Akış planlamanın görevleri .....	13
2.4.4 Bakım ve onarım yöneltimi .....	13
2.4.5 Bakım ve onarımın önerilmesi .....	15
2.4.6 Termin belirleme .....	15
2.4.7 Bakım ve onarımın izlenmesi.....	15
2.4.8 Bakım ve onarımın sağlanması .....	17
2.4.9 Stratejik ve taktik düzeydeki kararlar.....	18
2.4.9.1 Stratejik kararlar .....	18
2.4.9.2 Taktik kararlar .....	21
2.5 Bakım Maliyetleri ve Takibi .....	22
2.6 Tamir Bakım Faaliyetlerinde İzlenecek Politikalar.....	26

2.7	Makinelerin Arızalanma Davranışları .....	28
2.8	Makinelerin Arıza Karakteristikleri .....	30
2.9	Koruyucu Bakım Ve Tamir Alternatifleri .....	31
2.10	Koruyucu Bakım Politikasının Ana Hatları .....	32
<b>BÖLÜM 3 BİLGİSAYARLI BAKIM YÖNETİMİ .....</b>		<b>33</b>
3.1	Bakım Düşüncesinin Evrimi .....	33
3.2	Endüstrinin Getirdikleri.....	33
3.3	Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri Modülleri .....	34
3.3.1	İş emri modülü .....	34
3.3.2	Koruyucu bakım modülü.....	35
3.3.3	Envanter kontrol modülü.....	35
3.3.4	Ekipman modülü .....	35
3.3.5	Diğer modüller .....	36
3.4	Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar.. .....	37
<b>BÖLÜM 4 MALZEME YÖNETİMİ .....</b>		<b>40</b>
4.1	Malzeme Yönetiminin Üretimdeki Yeri ve Önemi.....	40
4.2	Malzeme Yönetiminin Ana Prensipleri.....	41
4.3	Malzeme Yönetiminin Organizasyondaki Yeri.....	42
4.4	Malzeme Yönetiminin Görevleri .....	42
4.5	Envanter Yönetim Sistemi .....	43
4.5.1	Bağımlı talep - Bağımsız talep .....	43
4.5.2	Çekme sistemi - İtme sistemi .....	44
4.5.3	Sipariş için envanter - Stok için envanter.....	45
4.6	Envanter Yönetim Sistemleri .....	45
4.6.1	Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) .....	46
4.6.1.1	Sipariş miktarları .....	50
4.6.1.2	Net ihtiyaçlar .....	51
4.6.1.3	MRP kapsamına girmeyen parçalar .....	52
4.6.1.4	Varolan açık emirlerin dengesi.....	54
4.6.1.5	MRP türleri.....	54
4.6.1.5.1	Temel MRP .....	54

4.6.1.5.2	Standart MRP .....	55
4.6.1.5.3	Tam MRP .....	56
4.6.2	Stok yenileme politikaları .....	56
4.6.2.1	Stok kontrol karar destek sistemi .....	57
4.6.2.2	Yeniden sipariş noktası (Sürekli gözlem politikaları).....	59
4.6.2.2.1	Basit stok kontrol sistemi .....	59
4.6.2.2.2	Değişken sipariş miktarlı (R,r) politikası .....	65
4.6.2.2.3	Taban stok sistemi ((R, r) Hali).....	65
4.6.2.3	Yeniden sipariş döngüsü (Periyodik gözlem politikaları).....	66
4.6.2.3.1	Basit periyodik sipariş verme sistemi (Stoku tamamlama politikası) .....	66
4.6.2.3.2	(S,s) sistemi .....	67
4.6.2.3.3	Periyodik-sipariş verme seviyesi sistemi .....	68
4.6.2.4	Yeniden sipariş noktası ve döngüsünün birleşimi.....	69
4.7	Envanter Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	70
BÖLÜM 5	BAKIM MALZEME YÖNETİMİ VE MMRP.....	71
5.1	Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama Sistemi .....	71
5.2	MMRP Kullanan Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sitemi .....	74
5.2.1	Ekipman modülü .....	74
5.2.2	Bileşen modülü.....	75
5.2.3	Sarf malzeme modülü.....	76
5.2.4	Personel modülü.....	77
5.2.5	Koruyucu bakım talimatları modülü .....	77
5.2.6	Arıza talimatları modülü .....	78
5.2.7	Simülasyon modülü.....	79
5.2.8	İş emirleri modülü .....	80
5.2.9	Malzeme yönetimi modülü.....	80
BÖLÜM 6	SONUÇLAR .....	82
BÖLÜM 7	TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....		85
ÖZGEÇMİŞ .....		87

## SİMGELER LİSTESİ

MMRP	Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama Sistemi (Maintenance Materials Requirement Planning System)
MRP	Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirements Planning)
TÜB	Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance)
TB	Tamir Bakım
KB	Koruyucu Bakım
GMB	Güvenilirlik Merkezli Bakım
MRPII	İmalat Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resource Planning)
MPS	Ana Üretim Çizelgesi (Master Production Schedule)
ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Bakım Faaliyetlerinin Sınıflandırılması .....	4
Şekil 2.2 Tipik bir koruyucu bakım çizelgesi .....	9
Şekil 2.3 Bakım ve onarımda kaynak planlamanın görevleri .....	13
Şekil 2.4 Bakım ve onarımda akış planlamasının görevleri .....	14
Şekil 2.5 Bakım ve onarım yönerme görevleri .....	16
Şekil 2.6 Bakım ve onarımda izleme görevleri .....	17
Şekil 2.7 Bakım ve onarımda sağlama görevleri .....	18
Şekil 2.8 Bakım Planlama ve Uygulama Süreci .....	22
Şekil 2.9 Bakım-onarım çalışmalarında ortaya çıkan maliyetler .....	24
Şekil 2.10 Arızalanma sıklığı eğrisi .....	29
Şekil 2.11 Makinelerin arıza dağılım eğrileri .....	30
Şekil 2.12 Koruyucu bakımda bakım, tamir ve arızasız çalışma sürelerinin zaman ekseninin üzerindeki dağılımları .....	31
Şekil 4.1 Bir MRP sisteminin işleyişi .....	47
Şekil 4.2 MRP’de siparişleri çizelgeleme .....	49
Şekil 4.3 Ana Üretim Çizelgesinin Tipik Bir Formatı .....	50
Şekil 4.4 Değişken zaman periyotlarına göre net ihtiyaçların dönüştürülmesi .....	53
Şekil 4.5 MRP prosesinin akış diyagramı .....	55
Şekil 4.6 Stok Kontrol Sistemi Parametreleri .....	57
Şekil 4.7 Sipariş için karar vermede birinci yöntemin lojik diyagramı .....	58
Şekil 4.8 Basit Stok Kontrolü Çalışma Planı .....	59
Şekil 4.9 Çıkış hacimlerinin stok sistemine etkisi .....	62
Şekil 4.10 Stok Girişlerinin Kesikli Olmasıyla Ortalama Stok Düzeyi Dengesinin Bozulması .....	63
Şekil 4.11 Temin Süresi – Tüketim Süresi İlişkisi .....	64
Şekil 4.12 Değişken Sipariş Miktarlı Sürekli Kontrol Sistemi .....	65



Şekil 4.13 Periyodik Sipariş Verme Sistemi. ....	67
Şekil 4.14 S,s Sisteminin Çalışması. ....	68
Şekil 4.15 Periyodik Sipariş Verme Seviyesi Sistemi.....	69
Şekil 5.1 MMRP Sisteminin İşleyişi ..... 72	72
Şekil 5.2 Ekipman Modülü..... 74	74
Şekil 5.3 Bileşen Modülü ..... 75	75
Şekil 5.4 Sarf Malzeme Modülü ..... 76	76
Şekil 5.5 Personel Modülü ..... 77	77
Şekil 5.6 Koruyucu Bakım Talimatları Modülü..... 78	78
Şekil 5.7 Arıza Talimatları Modülü ..... 79	79
Şekil 5.8 Simülasyon Modülü ..... 80	80



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1 Gereksinimler .....	49
Tablo 4.2 Önerilen Emirler .....	49
Tablo 4.3 Politikalar için sipariş miktarı dönüştürmeleri .....	51
Tablo 4.4 Zaman periyotları birleştirildiğinde sipariş miktarı dönüştürmeleri .....	52
Tablo 4.5 Net değişlikle ve tam yeniden oluşturmali MRP tanımı .....	56
Tablo 4.6 Birleştirilmiş yeniden sipariş noktası ve döngüsü sisteminin işleyişi .....	69



## ÖZET

**Anahtar kelimeler:** Bakım, Malzeme Yönetimi, Malzeme İhtiyaç Planlama, Envanter

Bakım sistemleri üretim veya hizmet tesislerinde mevcut sistemin faaliyetlerinin kabul edilebilir bir seviyeye çıkartılması veya böyle bir seviyede tutulması için yapılan planlı veya plansız tüm faaliyetleri kapsar. Bu faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için bakım kaynaklarına ve malzemelerine gereksinim duyulur. Bakım malzemeleri ve yedek parçalarının ihtiyaç duyulduğunda hazır olması üretim sistemlerinin faaliyetlerini devam ettirebilmesi açısından önemlidir. Bunun yanında bakım malzeme stoklarının yüksek tutulması da stok maliyetleri açısından istenilmeyen bir durumdur. Bakım sistemlerinde bilindiği üzere planlı ve arıza olmak üzere iki tip bakım faaliyeti gerçekleştirilmektedir. Planlı bakım faaliyetlerinde bakım faaliyetinin ne zaman yapılacağı bilinmekte iken arıza bakım faaliyetlerinde bu işlemin zamanı önceden kestirilemez. Genellikle bakım malzemeleri envanter kontrolü, yeriden sipariş noktası sistemine dayandırılır. Malzeme İhtiyaç Planlaması büyük ölçüde üretim planlama amaçlı kullanılan bir prosestir.

Bu çalışmada bakım malzeme planlamasında koruyucu bakım takvimleri ve arıza istatistiklerine dayandırılarak geliştirilen bir MRP prosesi tanıtılmaktadır. Bu sistemin klasik sipariş noktası sistemiyle çeşitli yönlerden karşılaştırılması da ayrıca verilmektedir.

# MAINTENANCE MATERIALS REQUIREMENT PLANNING SYSTEM

## SUMMARY

**Keywords:** Maintenance, Material Management, Material Requirements Planning, Inventory

Maintenance systems include all the planned and unplanned activities in order to raise the activities of the existing system to an acceptable level or to maintain it at such a level in manufacturing and service systems. To perform these activities maintenance resources and materials are required. It is important maintenance materials and their spare parts to be available when they are needed to continue manufacturing systems activities. On the other hand it is not required to keep stock of maintenance materials at a high level because of stock costs. Maintenance systems perform two kinds of maintenance activities; planned and breakdown maintenance. In planned maintenance it is known when the maintenance activities will be done, but in breakdown maintenance the time of the activity can not be predicted. Inventory control of maintenance materials are usually based on the reorder point system. Material Requirements Planning (MRP) is a process that is usually used for manufacturing planning aims.

In this study an MRP process in maintenance materials planning is introduced that is based on preventive maintenance schedule and breakdown maintenance statistics. A comparison of this system and the traditional reorder point system is also given.

## BÖLÜM 1 GİRİŞ

Üretim fonksiyonu, ürünler üzerinde doğrudan çalışan direkt operatörlere ve destek hizmetleri sağlayan indirekt operatörlere ihtiyaç duyar. Destek hizmetleri; malzeme temin ve taşınmasını, aletlerin temin ve bakımını, tesis ve makine bakımını ve personelin işe alıştırılması ve eğitimini içerir. Diğer bir ifadeyle üretim prosesleri, bir kısmı direkt operatörlerce yapılan (imalat, işleme, montaj, vb.) ve bir kısmı indirekt operatörlerce yapılan (malzeme ve alet temini, malzemeleri operasyonlar arasında taşıma, makine bakımı vs.) adımlar sırasını kapsar ve bu zincir zayıf bağlantı içermemelidir.

Makineler ve aletler zamanla yıpranmaya, bunun sonucu olarak da arızalanmaya ve fonksiyonlarını yerine getirememeye başlarlar. Önceki yıllarda, endüstride çalışan bakım mühendisleri makinelerin optimal biçimde çalışma koşullarını araştırmaksızın bakım problemleri ile uğraşıyorlardı. Ancak geçtiğimiz yıllar daha yüksek üretkenlik ve bunun yanında daha az işletme maliyeti için artan talebe tanık oldu. Kısaca, bir örgütün tüm fonksiyonlarını en uygun biçimde yerine getirebilmesi için baskı artıyordu. Fabrikaların eski ve kötü durumda oluşunun yanı sıra, yeni ve modern fabrikaların satın alınmasını önleyen sermaye harcamalarındaki kısıtlamalar bu isteklerin yerine getirilmesini zorlaştırıyordu. Bu faktörler makine ve binalara daha akılcı, daha etkili biçimde bakılması gereğini vurgulamaktaydı.

Herhangi bir imalat şirketinde bakım bölümü üretime önemli hizmetler sağlar, çünkü onun amacı makineleri ve tesisi sadece gerektiğinde uygun kılmak değil, aynı zamanda iyi durumda olmasını sağlamaktır. Şayet bu aşamalar başarılıyorsa ve bozulmalardan sakınılacaksa bazı planlı bakım türleri gereklidir. Böyle bir sistem, üretim zaman kayıplarını minimize etmek için ve bakım kaynaklarının kullanımını maksimize etmek için planlama yapmayı sağlar. [1]

Bakım malzemeleri ve yedek parçalarının ihtiyaç duyulduğunda hazır olması üretim sistemlerinin faaliyetlerini devam ettirebilmesi açısından önemlidir. Bunun yanında bakım malzeme stoklarının yüksek tutulması da stok maliyetleri açısından istenilmeyen bir durumdur. Bakım ve onarımın tam zamanında ve çabuk yapılabilmesi, gerekli bakım ve onarım malzemelerinin zamanında kullanıma hazır bulunması koşuluna bağlıdır. Bu koşulların mümkün olabilmesi için nelerin sipariş edilmesi gerektiği ve ne zaman ihtiyaç duyulduğu gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgilerin sağlanması ise malzeme yönetiminin bir fonksiyonudur. Malzeme yönetiminin ana amacı minimum stok ihtiyaçları ile maksimum hizmet dengesini oluşturmaktır. Malzeme yönetimin genel prensipleri aşağıdaki gibidir:

- talebe bağlı olarak stokları mümkün en düşük seviyede tutmak,
- satın alınan malzemeleri ve malları en ekonomik düzeyde satın almak,
- malzeme israfının muhtemel tüm kaynaklarını yok etmek için diğer bölümlerle birlikte çalışmak,
- doğru stok kayıtları tutmak,
- üretimin, malzemenin elde bulunmaması sebebiyle engellenmemesini temin etmek.

Bu prensiplerden de görüldüğü gibi malzeme yönetimi hassas bir dengedir. Bir yanda gereksinimleri karşılayacak stokların elverişli olmasını sağlamak, diğer yanda stok bulundurmanın maliyetlerini minimize etme ihtiyacı söz konusudur.

Bir stok kontrol probleminde üzerinde durulan stok kalemine ait talebin ve sipariş süresinin sabit veya değişken olması halinde uygulanacak çeşitli stok politikaları mevcuttur. Genellikle bakım malzemeleri envanter kontrolü, yeniden sipariş noktası sistemine dayandırılır. Bu bir yönüyle “maks-min” diye anılan sisteme benzer ki amaç, stok miktarını maksimum değer ile minimum değer arasında korumaktır, fakat bu durumda her iki değer yeniden sipariş seviyesi ve yeniden sipariş miktarı olarak bilinir. Bunlar her bir parça için, ortalama talep ve yenileme tedarik süresi ve bazen de bir emniyet faktörü (emniyet stoku) temeline dayanan formül ile hesaplanır. Zaman geçtikçe talep stoktan yer, ta ki stok yeniden sipariş seviyesinin altına düşene kadar. Bu noktada yeniden sipariş miktarı diye belirlenen miktarda sipariş açılır ve

tedarik süresi boyunca mallar alınana kadar talep stoku azaltır. Böylece stok kabul edilebilir bir seviyeye gelir.

Malzeme İhtiyaç Planlaması ise büyük ölçüde üretim planlama amaçlı bir prosestir ve envanter yatırımlarını minimize etmek, üretimi ve etkinliği arttırmak ve alıcıya yapılan hizmeti geliştirmek amacıyla kullanılan bir yönetim çizelgeleme ve kontrol tekniğidir. Bu yaklaşımda amaç doğru parçayı, doğru miktarda ve doğru zamanda temin etmektir. Bunun için ürün ağacından faydalanarak gerekli olan malzemelerin brüt miktarı hesaplanır. MRP toplam ihtiyacı varolan stoklarla ve açık siparişlerle karşılaştırarak muhtemel açıkları hesaplar. Bu açıklar "net ihtiyaçlar" olarak bilinir. Son ürünü elde edebilmek için gerekli yarı mamulleri ve hammaddeyi tespit eder.

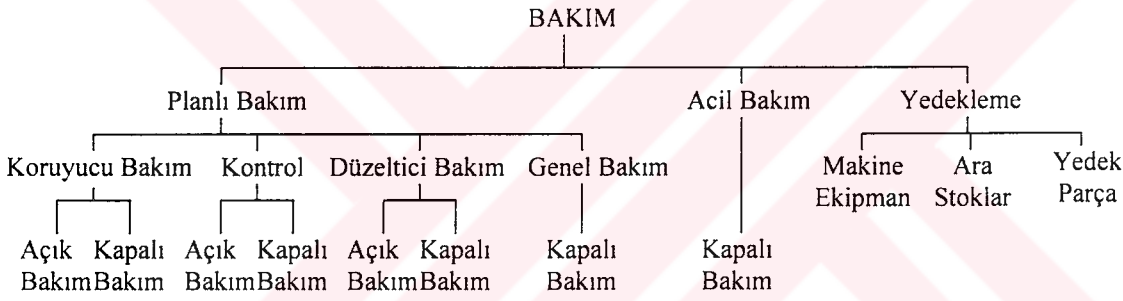
MRP bir teknik olduğu kadar, bir düşünce sistemidir MRP ne ye, ne kadar, ne zaman gibi üç soruya cevap bulmaya çalışır. MRP yaklaşımı, talebin değişken olduğunu varsayar, stok oluşması olayını ortadan kaldırmayı amaçlar ve bir öncelik sistemi oluşturulması olgusu üzerinde yoğunlaşır Sistemin işleyebilmesi için her ürüne ait gerçekçi talep tahminlerinin yapılması ve her ürün ve alt montajın parça listelerinin hazırlanması gerekir.

Bu çalışmada bakım malzemeleri planlamasında koruyucu bakım takvimleri ve arıza istatistiklerine dayandırılarak geliştirilen bir MRP prosesi tanıtılmaktadır. Bu sistemin klasik sipariş noktası sistemiyle çeşitli yönlerden karşılaştırılması da ayrıca verilmektedir.

## BÖLÜM 2 BAKIM YÖNETİMİ

### 2.1 Bakım Faaliyetlerinin Tanımı ve Sınıflandırılması

Bakım sistemleri herhangi bir üretim veya hizmet tesisinde, kurulu sistemin çalışmasının kabul edilebilir bir düzeye çıkartılması veya böyle bir düzeyde tutulması için yapılan planlı veya plansız tüm faaliyetleri kapsar. Bakım faaliyetleri Şekil 2.1’de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.1 Bakım Faaliyetlerinin Sınıflandırılması

Planlı bakım faaliyetleri üretim sistemindeki beklenmedik arıza ve bozulmaların ihtimalini azaltmak amacı ile önceden belirlenmiş zamanlarda yapılan ve önceden belirlenmiş işleri kapsayan faaliyetlerdir. Koruyucu bakımda, ilgili faaliyetlerin zaman aralıkları, süreleri, işgücü, yedek parça ve diğer kaynak gereksinimleri ilgili makine ve ekipmanın özelliklerine ve geçmiş tecrübelerine dayanarak önceden belirlenir ve zaman içinde sık değişmez. Kontrol faaliyetleri de koruyucu bakım faaliyetlerine benzerler, ancak süreleri kısa, işgücü ve kaynak gereksinimleri çok azdır ve düzeltici bakımlara yol açabilirler. Düzeltici bakımda ise ilgili faaliyetlerin süreleri, işgücü, yedek parça ve diğer kaynak gereksinimleri kontrol ve acil bakım faaliyetleri raporlarına ve üretim birimlerinden gelen talep ve ikazlara göre belirlenir ve bir uygulamadan diğerine çok farklı olabilir. Bu tip bakımlarda zaman aralıkları da sabit değildir ve gelen talep ve ikazlara olduğu kadar ilgili makinenin (üretim,



bakım veya başka bir kaynaklı) planlanmış duruşlarına yakından bağlıdır. Gene arıza ve bozulmaları azaltmaya yönelik olarak, makine ve ekipmanın bazı spesifik karakteristiklerinin (ısı, titreşim, çatlaklar gibi) özel cihazlarla sürekli veya periyodik olarak denetlenmesi ve yapılan gözlemlere göre ilgili bakım işlerinin tanımlanması ve icrası “kestirimci bakım” olarak adlandırılır ve düzeltici bakım sınıfına girer. Kestirimci bakım faaliyetlerinin de zaman aralıkları, süreleri, işgücü, yedek parça ve diğer kaynak gereksinimleri bir uygulamadan diğerine çok farklı olabilir. Genel bakım faaliyetleri bakım amacı ile bütün üretim tesisinin uzunca bir süre (2 ila 6 hafta) üretime ara verdiğinde yapılan faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin de zaman aralıkları, süreleri, işgücü ve kaynak gereksinimleri önceden belirlidir ve zaman içinde sık değişmez.

Acil bakım faaliyetleri ise bir anlamda “yangın söndürme” faaliyetlerine benzerler. Bu tanım ancak ihtiyaç ve acil durum hasıl olduğunda ve bozulmalara müdahaleye yönelik faaliyetleri kapsar. Burada önemli olan acil duruma en kısa sürede ve en etkin biçimde müdahale edebilmek, oluşabilecek tehlike, hasar ve üretim kaybını en aza indirebilmektir. Bazı hallerde makine ve ekipmanı en kısa sürede çalışır duruma geçirebilmek için geçici tamirat yapılması (ve zaman alıcı asıl tamiratın düzeltici bakım gibi müsait bir zamana ertelenmesi) da bu tip faaliyetler arasındadır. Açık bakım ilgili makine ve ekipmanın üretim faaliyetlerine devam ederken yapılabilen bakımları, kapalı bakım ise ancak ilgili makine ve ekipmanın üretim faaliyetlerini durdurduğu (veya ara verdiği) zaman yapılabilen bakımları ifade eder.

Yedekleme faaliyetleri üretim süreci için kritik bazı makine ve ekipmanın (veya bunların parçaları ile çıktılarının) yedeklerinin (stoklarının) hazır bulundurulmasına yöneliktir. Makine ve ekipmanın yedeklenmesi durumunda, çalışan bir makinede arıza olduğunda, yedeği hemen devreye sokularak üretim aksaması önlenir. Ara stokların bulundurulması durumunda ise, çalışan bir makinede arıza olduğunda o makinenin çıktıları üzerine yapılan diğer üretim faaliyetlerine ara stoklar kullanılarak devam edilir ve bu şekilde, en azından kısa bir süre için, üretimin aksaması önlenir. Yedek parça stoklanması ise, bilhassa acil bakımlarda, ilgili makinenin en kısa sürede çalışır duruma getirilmesine yöneliktir.

Bakım sistemlerinde yeni bir yaklaşım ilgili faaliyetlerin Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance) adı altında, bir bütün olarak ele alınmalarıdır. Toplam Üretken Bakım (TÜB) içerisinde bilinen planlı ve acil bakım faaliyetleri yer aldığı gibi, bakım azaltma (bilhassa tasarım safhasında), bakım kolaylaştırma (maintainability improvement) ve makine operatörlerinin sorumluluk ve motivasyonlarını artırma çalışmaları vardır. TÜB uygulaması mühendislik, üretim, bakım gibi birden fazla birim tarafından yapılırken, tüm personelin ilgisini ve katkısını gerektirir.

Bakım faaliyetleri üretim tesislerinin en kritik faaliyetleri arasındadır. Birçok kuruluşta bakım faaliyetleri işçilik, malzeme, enerji ve üretim maliyetlerinin azaltılmasında ve ürün kalitesinin artırılmasında anahtar rolü oynar. Ancak ilgili üretim ve imalat yöneticileri dışında, kuruluş üst yönetimlerinin genellikle bu faaliyetlerin hayatiyetinin tam bilincinde olduğu söylenemez. Zira bakım faaliyetleri ile nihai ürün stok seviyeleri, yatırım maliyetleri, yedek parça stokları, müşteri güveni, makine parkı teknoloji seviyesi, işgücü eğitimi ve tecrübesi, yönetici becerisi ve üst yönetim stratejileri arasında hassas ilişkiler ilk bakışta görülmeyebilir.[2]

## **2.2 Tamir Bakım Faaliyetlerinin Üretime Etkisi**

Araştırmacılar şirket seviyesinde ortalama bakım giderlerinin ürün maliyetinin %6'sına ulaştığını ancak iyi bir planlama ile bu giderlerin %30-%50 azaltılabileceğini belirtmektedir. Öte yandan bir makineye ekonomik ömrü boyunca yapılan bakım giderlerinin indirgenmiş toplamı genellikle o makinenin ilk yatırım giderini fazlasıyla aşmaktadır.

Üretimin programlara uygun biçimde sürdürülmesi, üç temel üretim unsurundan birini oluşturan makine ve tesislerin aksamadan çalışmasına bağlıdır. Makinelerin belirli zamanlardaki bakımları ve beklenmedik zamanlarda ortaya çıkan arızaların giderilmesi üretim akışını mümkün olduğu kadar aksatmadan yapılmalıdır.

Üretim sistemi büyüdükçe, üretim miktarı arttıkça tamir-bakım (TB) faaliyetlerinin önemi artar. Yüzlerce tezgahtan oluşan bir üretim hattında birkaç makinenin arızalanması, zincirleme etkilerle bütün sistemi felce uğratabilir. 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 çok büyüktür. Örneğin, bir petrol rafinerisinde bir noktada beliren arıza tüm sistemin durmasına yol açar. Arıza giderildikten sonra normal üretim düzeyine çıkıncaya kadar da uzun bir süre geçer. Demir-çelik, şeker, çimento vb. imalatta da durum aynıdır. Otomasyonun ağırlık taşıdığı fabrikalarda sorunu güçleştiren bir başka faktör daha vardır: Otomatik makinelerin arızalarının giderilmesinde son derece iyi yetiştirilmiş, yetenekli TB personeline ihtiyaç vardır. Özellikle karmaşık mekanizmaların ve elektriksel veya elektronik cihazlarının yer aldığı makinelerde kalifiye TB elemanlarının çalıştırılması zorunludur.

TB faaliyetlerinde üretimin aksamasını minimum düzeyde tutmak gerekli, fakat yeterli değildir. Herhangi bir makinenin bakıma alınması diğer makinelerin boş kalmasına sebep oluyorsa kapasite kaybı var demektir. Çok makineli sistemlerde TB yüzünden kapasite kaybının önlenmesi ayrı bir sorundur. Diğer taraftan TB işlerini yürütecek işgücünden yararlanma oranını da yüksek tutmak gerekir. TB faaliyetlerinde belirsizlik bulunduğu için eldeki kısıtlı işgücü kaynaklarından %100 yararlanmak mümkün değildir. Bu oranın yüksek tutulması TB faaliyetlerinin toplam maliyetinin düşürülmesi açısından önem taşır. [3]

TB faaliyetlerindeki aksaklıkların üretim akışı, verimlilik ve dolayısıyla maliyetler üzerindeki etkileri şöyle özetlenebilir:

1. Makinelerin ve dolayısıyla onları çalıştıran işçilerin boş kalmaları.
2. Dolaylı işçilik ve imalat genel masraflarının artması.
3. Müşteri taleplerinin karşılanamaması, satışlarda düşmeler.

4. Aksaklığın meydana geldiği departmanla ilgili bulunan diğer departmanlardaki gecikme ve boş beklemler.
5. Iskarta oranının artması, kalitenin düşmesi.
6. Siparişlerin zamanında teslim edilememesi yüzünden müşteriye kaybetme veya tazminat ödeme.

TB planlaması başlıca üç tip faaliyetten oluşur:

a) Arıza Bakım (Tamir) : Üretim sistemindeki makine ve teçhizat herhangi bir nedenle kısmen veya tamamen çalışmaz duruma geldiğinde tekrar çalışır duruma getirmek için uygulanan işlemlerdir. Tamir süresinin kısa tutulması kapasite kullanım oranını artırır. Buna karşılık tamir ekiplerinin maliyetinin artmamasına dikkat edilir.

b) Koruyucu Bakım: Makine ve teçhizat, arıza meydana gelmesi beklenmeden, önceden belirlenmiş süreler sonunda gözden geçirilir, gerekli parçalar değiştirilir ve ayarlamalar yapılır. Koruyucu bakım, sürpriz arızalar sonunda meydana gelen üretim aksaklıklarını ve kapasite kayıplarını önemli ölçüde azaltır. Bu avantaja karşılık erken değişen parçaların ve muayene işlemlerinin maliyeti artar. Herhangi bir tesis parçası için ne yapılması ve hangi sıklıkla yapılması gerektiğini listeleyen bir koruyucu bakım talimatı Şekil 2.2 de gösterilmiştir.[3]

c) Kestirimci Bakım: Kestirimci Bakım İngilizce’de “Predictive Maintenance” olarak adlandırılan, Makine ve ekipmanın bazı spesifik karakteristiklerinin (ısı, titreşim, çatlaklar gibi) özel cihazlarla sürekli veya periyodik olarak denetlenmesi ve yapılan gözlemlere göre ilgili bakım işlerinin tanımlanması ve icrasındır. Kestirim bir şekilde tahmindir. Ancak bu tahmin belli bir boyutta rastsallığa göre hareket eden bir olaya dayanır. Eğer tahmin işi belli bir boyuta bağımlı ise, böyle bir tahmine kestirim denir. Varsayım olarak geçmişteki bir oluşumun gelecekte de devam ettiği varsayılarak belli bir boyutun bir noktasındaki değerini bulmak Kestirim olmaktadır. Günümüzde, güvenilirlik (reliability) ve kestirim

(prediction) birbirine bağımlı iki kavram olarak güncellik kazanmıştır. Bunun bakım faaliyetlerine yansımaları Kestirimci Bakım olarak şekillenmiştir. [4]

KORUYUCU BAKIM TALİMATI			
Parça Numarası: A.1752		Tanım: Dönel Motor	Sıklık: 6 aylık Yer: Güç evi #3
KOT	OPERASYON	İŞÇİ	DİĞER GEREKSİNİMLER
10	Tüm elektiksel bağlantıları çöz	Elektrikçi	
20	Macphersonpayanda desteğinin sağında olan ana tıkaçı açarak motor yağını akıt	Makineci	
30	Soğutucuyu akıt (bu motor için işleme manueline bak)	Makineci	İşleme manueeli
40	Hava filtresi yuvasını çıkar ve yıka; yeni filtre tak	Makineci	Hava filtresi S/30492
50	Tüm kayışları yıpranmaya karşı kontrol et ve altı ay dayanamayacak kayışları değiştir.	Makineci	Kayış değiştirme paketi P/09743
60	Yüksek basınçlı turbo birimi bağlantısına özel dikkat sarfederek tüm hortumların durumunu kontrol et. Sertleşme belirtisi gösterenleri değiştir.	Makineci	Hortum değiştirme paketi H/10945
70	V.s.	V.s.	V.s.

Şekil 2.2 Tipik bir koruyucu bakım çizelgesi

### 2.3 Bakım Ve Bakım Planlamanın Amaçları

Bir üretim tesisindeki bakım politikaları bakım sistemlerinin en etkin ve verimli bir şekilde ve en az bir maliyetle kullanılmasına yöneliktir. Bu genel amaç doğrultusunda aşağıdaki alt amaçlar sıralanabilir: [2]

- Yeterli ve düzenli bakımlarla makine, ekipman ve binalara yapılan yatırımı koruma.
- Duruşları en aza indirerek üretkenliği artırma ve dolayısı ile yatırım karlılığını koruma.
- İşgücünün ve kaynakların en verimli bir şekilde kullanılmasını sağlama; araç gereçlerde, yedek parçada ve malzemede israfı önleme.
- Makine ve ekipmanın çalışma performansını ve kalitesini yüksek tutma.
- Tesis içinde güvenlik sistemi kurma ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturma.
- Gelişmelere yönelik olarak kuruluşun performansını değerlendirme.

- g) Bakım işgücünü yönetme ve denetleme
- h) Bakım maliyetlerini kontrol etme
- i) Bakım için gerekli teknik bilgiyi sağlama
- j) Gerçekleşen bakım maliyetlerini kaydetme ve sağlıklı bir şekilde ürün maliyetlerine yansıtma

Üretim tesislerinde bakım politikalarının yukarıda sözü geçen amaçlara ne ölçüde eriştiklerinin belirlenmesinde, yani bu politikaların değerlendirilmesinde muhtelif performans göstergeleri kullanılır. En çok kullanılan performans göstergelerinden bazıları aşağıda kısaca tanıtılmaktadır. [2]

- a) Toplam makine bozulma ve arızalanmaları (planlı bakım/acil bakım dengesinin bir göstergesi)
- b) Bozulma ve arızalanmaların yol açtığı toplam duruşlar (planlı bakım/acil bakım dengesinin bir göstergesi)
- c) Planlı bakımların yol açtığı toplam duruşlar(planlı bakım/acil bakım dengesinin bir göstergesi)
- d) Bir yılda icra edilen toplam planlı (koruyucu, kontrol ve düzetici) bakım faaliyeti sayısı (planlı bakım/acil bakım dengesinin bir göstergesi)
- e) Makine-gün olarak yıllık toplam duruşlar (sistem verimliliğinin bir göstergesi)
- f) Toplam makine verimlilik yüzdesi yani bütün makinelerin ayar ve üretimle geçirdikleri zamanın toplam makine zamanına oranı (sistem verimliliğinin bir göstergesi)
- g) Toplam bakım işgücü verimlilik yüzdesi, yani sene içinde gerçekleşen tüm planlı ve plansız bakım faaliyetlerinin toplam süresinin toplam işgücü zamanına oranı (bakım birimi verimliliğinin ve iş yükünün bir göstergesi)
- h) Arızalanan bir makineye müdahale süresi (plansız bakım etkinliğinin bir göstergesi)

- i) Planlı bakım faaliyetlerinin icra edildikleri zaman ile çizelgelendikleri zaman arasındaki ortalama gecikme süresi (bakım planlama sisteminin sağlıklı çalışmasının bir göstergesi)
- j) Sene içinde gerçekleşen tüm planlı bakım faaliyetlerinin toplam süresinin planlanan süreye oranı (bakım planlama sisteminin bir göstergesi)
- k) Toplam bakım işgücü fazla mesai oranı (bakım birimi iş yükünün bir göstergesi)
- l) Yıllık tüm planlı bakım faaliyetlerinin toplam süresinin bakım birimi toplam işgücü zamanına oranı (bakım birimi planlı bakım iş yükünün bir göstergesi)
- m) Stoktan hemen temin edilen yedek parça oranı (bakım planlama/envanter sisteminin bir göstergesi)
- n) Yıllık yedek parça ve tüketim malzemesi maliyetinin bakımla ilgili tüm envanterin değerine oranı (envanter dönme hızı, bakım planlama/envanter sisteminin bir göstergesi)
- o) Bakımla ilgili yıllık maliyetler (ücretler, yedek parça ve tüketim malzemeleri, fason işler, diğer maliyetler) ayrı ayrı ve toplam olarak
- p) İki plansız bakım arasındaki ortalama süre (sistem güvenilirliğinin bir göstergesi)
- q) İşlerin ortalama akış zamanları (üretim sisteminin üretkenliğinin bir göstergesi)
- r) Makinelerin ortalama kuyruk uzunlukları (sisteminin doluluğunun bir göstergesi)
- s) Toplam ara stok miktarının yıllık üretime oranı
- t) Yedek makine ekipman yatırımının toplam makine ekipman yatırımına oranı

Ayrıca, listelenen bu göstergelerin muhtelif kombinasyonları ve bu göstergelerden elde edilebilecek muhtelif istatistikler (hareketli ortalamalar, aritmetik ortalamalar, standart sapmalar gibi) de gene performans göstergesi olarak kullanılabilir.[2]

## 2.4 Bakım Yönetimi Ve Organizasyonu

Bakım ve onarım organizasyonu, bu çalışmaların planlanması ve yöneltimiyle uğraşır; bugünkü anlayışa göre birbirine bağımlı işlevlerden oluşan karmaşık bir

sistem gözüyle bakılmaktadır. Bu işlevlerden birinin eksikliği ya da aksaması ister istemez bir başkasını da etkiler.[5]

#### 2.4.1 Hedef planlaması

Günümüzde bakım ve onarım işlerinin hazırlanmasına yönelik faaliyetler de tıpkı yatırımlar gibi ele alınmalıdır. Bu faaliyetlerin, işletmenin uzun vadede göstereceği başarı üzerindeki etkisi aynı ölçüde büyüktür. Bu açıdan bakılınca, bakım ve onarım çalışmalarının başında bir hedef planlaması yer almalıdır. Bu hedeflerden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

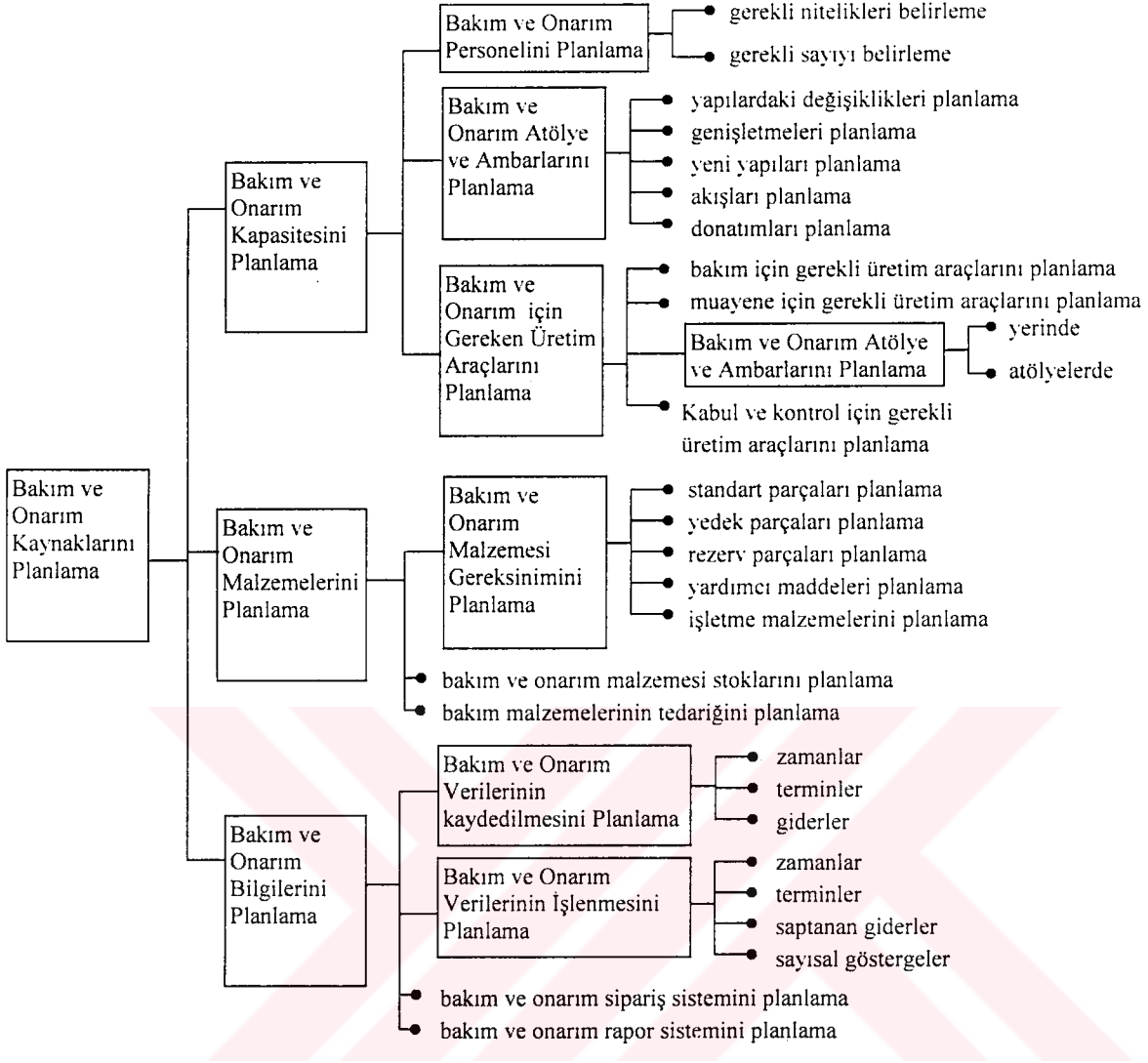
- Bakım ve onarımın kalitesi
- Bakım ve onarımın maliyeti
- Üretim araçlarının kullanılabilirliği/güvenilirliği
- Personelden tam yararlanma
- Bakım ve onarım siparişlerinin belirli bir süre içinde gerçekleştirilmesi
- Bakım ve onarım siparişlerinin insancıl çalışma koşulları altında yürütülmesi
- Merkezileştirme oranı
- Planlanan önlemlerin payı

Bu hedeflere verilecek ağırlıklar her işletmenin kendine özgü açılara göre saptanır. Bu konudaki en güçlü etkenler, işletmenin en üst düzey hedefleri, imal edilecek ürünlerin ve imalatın türü (atölye, seri ya da akış imalatı) ve piyasanın istekleridir.

#### 2.4.2 Kaynak planlamanın görevleri

Bakım ve onarımın kaynak ve akış planlaması, hedef planlamasına dayanılarak yapılır. Bu da pek çok yönden imalat alanındaki kaynak ve akış planlamasına benzer. Bakım ve onarımda kaynak planlamasına ilişkin bazı özel görüşler şekil 2.3' de gösterilmiştir. Bir takım arızaların ortaya çıkmasındaki rastsallık, özellikle personel, malzeme ve bilgi planlamasında zorluklara yol açar.





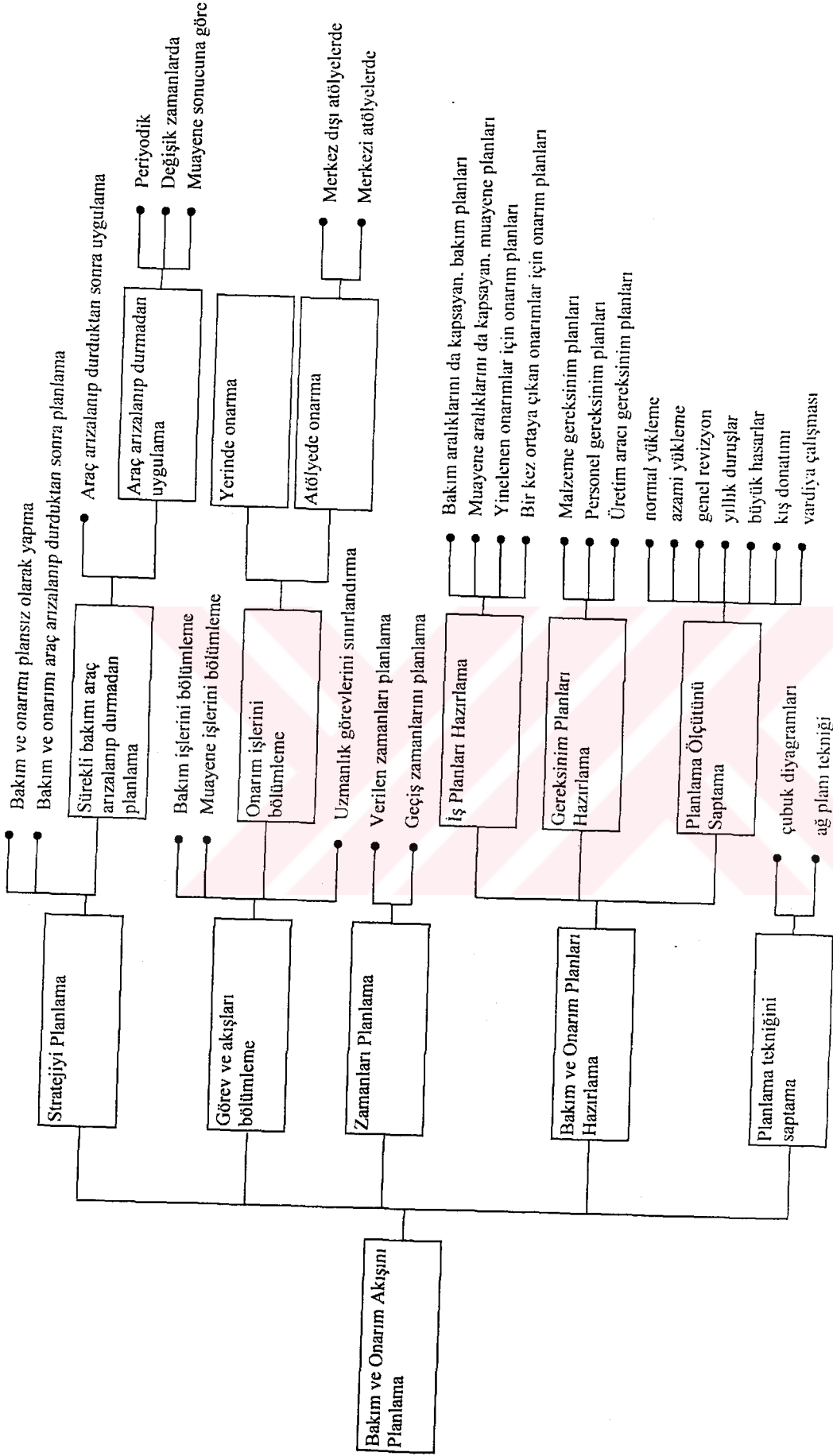
Şekil 2.3 Bakım ve onarımda kaynak planlamanın görevleri

### 2.4.3 Akış planlamasının görevleri

Bakım ve onarım görev ve akışlarının planlanması, verilen zaman ve geçiş zamanlarının planlanması da dahil olmak üzere akış planlaması çerçevesinde yapılır. (Şekil2.4)

### 2.4.4 Bakım ve onarım yöneltimi

Yöneltim çerçevesi içinde, bakım ve onarım önlemlerinin uygulanması önerilir, izlenir ve sağlanır. Bu, hem bakım, hem muayene, hem de onarım için geçerlidir.



Şekil 2.4 Bakım ve onarımda akış planlamasının görevleri

#### **2.4.5 Bakım ve onarımın yönerilmesi**

Bakım ve onarımı yönermenin temeli, uygulaması için insana, üretim aracına ve malzemelere duyulan gereksinimdir. Bu nedenle, bakım ve muayene işleri için tekrarlanan veya tekrarlanmayan onarım çalışmaları için duyulan gereksinimin özenle belirlenmesi zorunludur. (Şekil 2.5)

#### **2.4.6 Termin belirleme**

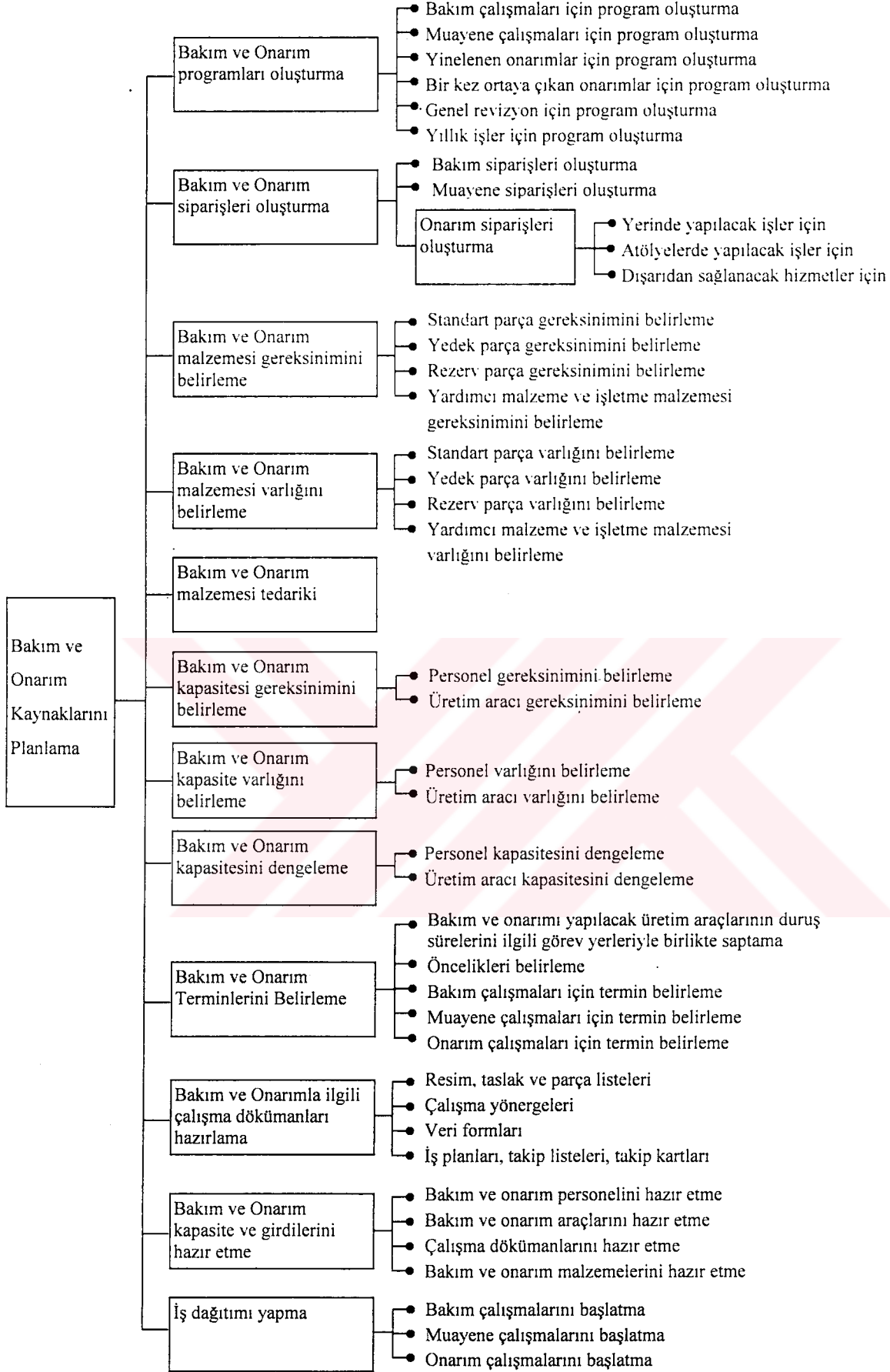
Bakım ve onarımın yönerilmesi sırasında, planlanan işlerin uygulanmasına ilişkin terminler de belirlenir. Boş durmaları engellemek için, terminler hep imalat bölümleriyle anlaşma sağlanarak yapılmalıdır.

Beklemeyen ve kısa vadede yapılması gereken onarımların terminleri, genel olarak doğrudan doğruya bakım atölyesinde belirlenir. Bakım ve onarım personelinin, üretim araçlarının ve malzemesinin hazır edilmesi ise, iş dağıtımı ile yakın ilişki içinde gerçekleştirilir.

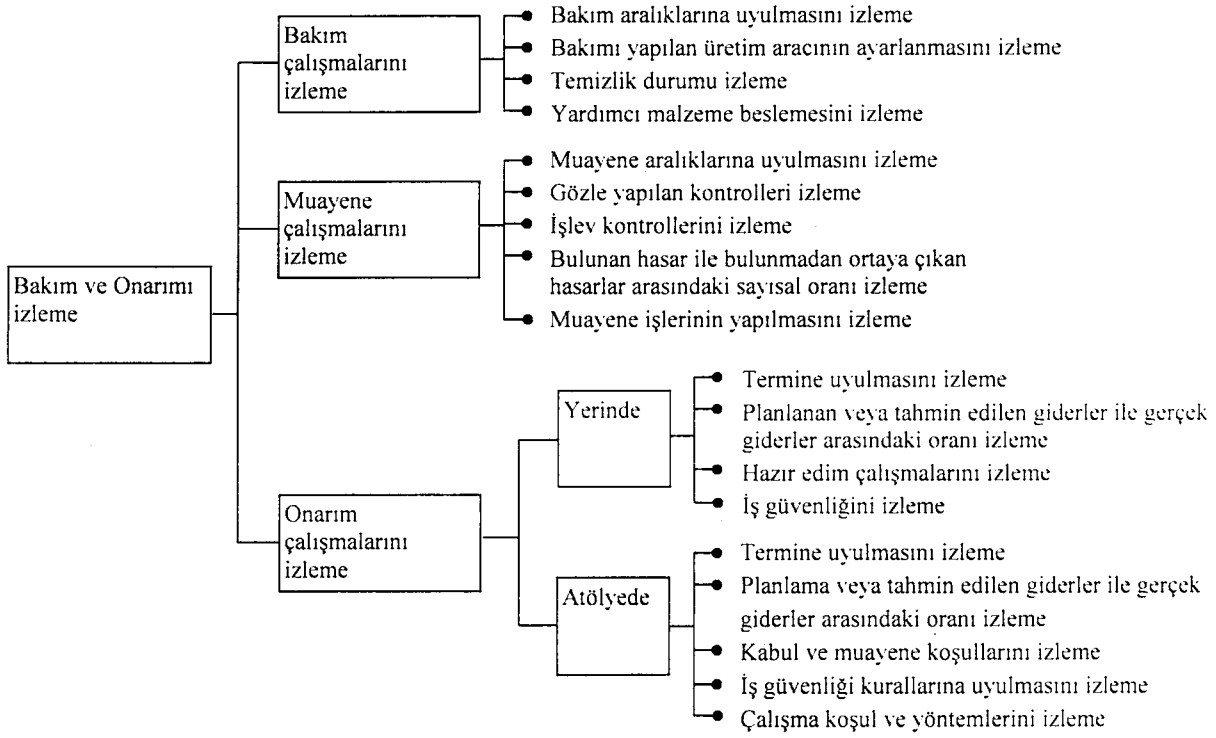
#### **2.4.7 Bakım ve onarımın izlenmesi**

Bakım ve onarım önlemleri, uygulamalarına koşut olarak izlenir. Şekil 2.6'da, önemli izleme görevlerine ilişkin genel bir akış verilmiştir.

Bakım ve onarım görevlerinin düzenli akışı için gerekli ön koşul, iyi organize edilmiş bir izleme sistemidir. Bu sistemin önemli bir noktası, malzemelerin hazır bulundurulmasının izlenmesidir. Yedek parça eksiklikleri, üretim araçlarının genel olarak savunulamayacak ölçüde uzun süreyle hizmet dışı kalmalarına ve böylece çok uzun duruş zamanlarına yol açar.



Şekil 2.5 Bakım ve onarım yönerme görevleri

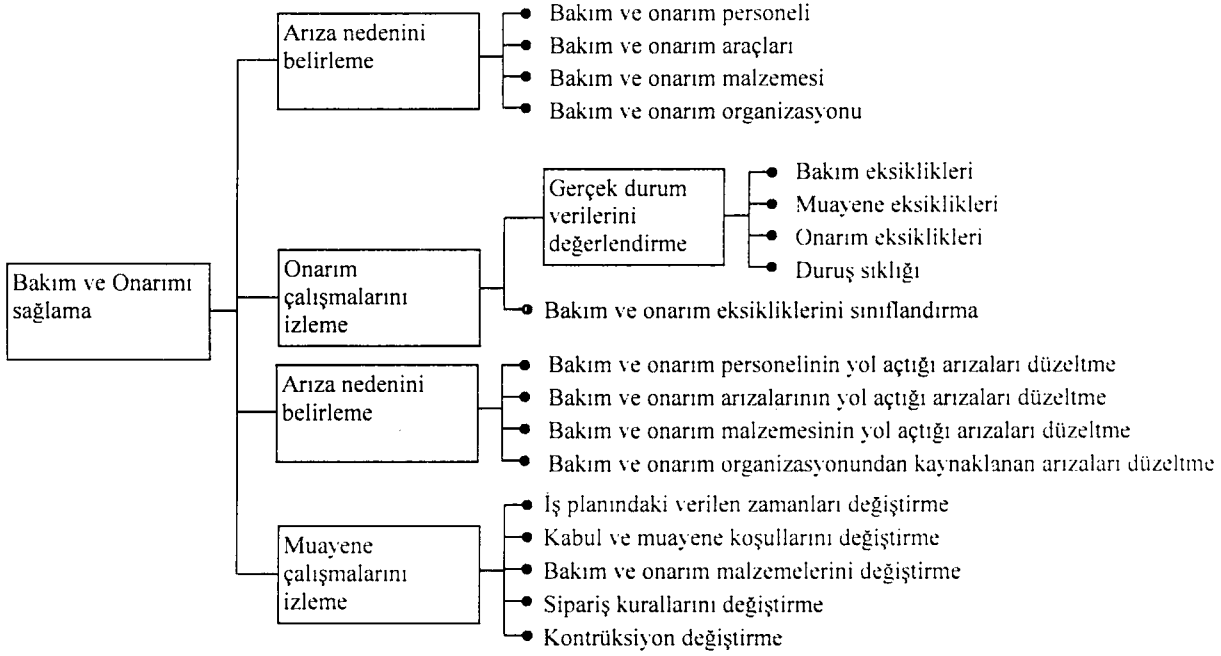


Şekil 2.6 Bakım ve onarımda izleme görevleri

#### 2.4.8 Bakım ve onarımın sağlanması

Bakım ve onarım görevlerinin hazırlanması ve uygulanması izlenirken saptanan öngörülen-gerçek sapmalar, düzeltici sağlama önlemleriyle giderilir. Bunun için hem orta ve uzun vadede etkili olacak sağlama önlemleri, hem de kısa vadede yani derhal etkili olacak sağlama önlemleri gerekebilir.

Şekil 2.7’de adı geçen plan değişiklikleri, çoğunlukla, uzun vadeli sağlama önlemleri kapsamına girer. Yapılışları sırasında bakım ve onarım önlemlerine düzeltme amacıyla müdahale, bakım ve onarım akışının kısa vadede düzeltilmesini sağlar. Plan değişiklikleri biçimindeki sağlama ise, bakım ve onarım atölyesindeki yöneltim görevleri kapsamına girer.



Şekil 2.7 Bakım ve onarımda sağlama görevleri

## 2.4.9 Stratejik ve taktik düzeydeki kararlar

Bakım yönetimi öncelikle ilgili kararların belirlenen amaçlar doğrultusunda, sağlıklı bir şekilde alınmasına dayanır. Bu kararların alınmasında yöneticilerin bilgi, tecrübe ve sağduyusunun yanı sıra bir önceki bölümde belirtilen performans göstergelerinin gerçekleşen değerlerinin de iyi değerlendirilmesi çok önemlidir. Kuruluş üst yönetiminin, tesis ve bakım birimi yöneticilerinin karşı karşıya kaldıkları önemli stratejik düzeydeki kararlar aşağıda sıralanmıştır.[2]

### 2.4.9.1 Stratejik kararlar

#### 1. Tesis içindeki planlı bakım acil bakım dengesi

- hangi makinelere planlı bakım yapılacağı
- bakım aralıkları

#### 2. Tesis içindeki üretim/planlı bakım dengesi

- yıllık genel bakım zamanı ve süresi
- üretim planlama

- makine duruşları hedefleri

### 3. Acil bakım politikaları

- arızaya müdahale süreleri hedefleri
- yedek parça politikaları (kritik parça tanımları, stok seviyeleri)
- işgücü seviyesi ve kalitesi (fazla mesai, eğitim seviyeleri)
- bakım donanımı (nicelik ve nitelik olarak)
- işgücü konuşlandırılması

### 4. Planlı bakım politikaları

- bakım faaliyetlerinin öncelik dereceleri
- işgücü seviyesi ve kalitesi (fazla mesai, eğitim seviyeleri)
- otomasyon (bilgisayarlaşma) düzeyi
- bilgi toplama düzeyi
- performans ölçütlerinin belirlenmesi

### 5. Satınalma/stoklama politikaları

- yedek makine politikaları (hangi makineler, kaç adet)
- ara stok politikaları (hangi ara ürünler, kaç adet)
- yedek parça politikaları (hangi parçalar, kaç adet)
- yenileme politikaları

Planlı bakım-acil bakım dengesi temelde bir maliyet dengesidir. Planlı bakım arttıkça yedek parça maliyetleri, planlı bakım işgücü maliyetleri, planlı duruşların yol açacağı üretim kaybı artacaktır. Planlı bakımın azalması ise arıza duruşlarının artmasına ve dolayısı ile bunlarla ilgili üretim kayıplarına ve onarım maliyetlerine yol açacaktır. Planlı bakımı arttırmadan bu gibi maliyetleri kontrol etmek ise yedek makinelerin bulundurulması, ara stokların kullanılması, yedek parça stoklarının arttırılması, acil bakım ekiplerinin nicelik ve niteliklerinin yükseltilmesi yolları ile mümkün olabilir, ancak doğal olarak bu yaklaşımlar da kendi maliyetlerini beraberinde getireceklerdir.

Bütün bu karmaşık ilişkiler arasında en düşük maliyetli politikayı belirlemek kolay değildir. Ancak, bir önceki bölümde sözü edilen performans kriterlerinden yararlanılarak iyi politikalar belirlenebilir.

Üretim/planlı bakım dengesi de temelde bir maliyet dengesidir. Üretim tesisleri planlı bakımları tatil dönemlerine, makinelerin parça değişimi, ayar, makine eksikliği gibi başka sebeplerden dolayı çalışmadıkları zamanlara rast getirmeye çalışırlar. Ancak, planlı bakım arttıkça doğal olarak planlı bakım için gereken zaman da artmakta ve bu tip bir çizelgeleme daha da zorlaşmaktadır. Tesiste üretimin artması ise duruşları azaltırken, makinelerin daha yoğun çalışma tempolarından dolayı bakım gereksinimlerini arttırmaktadır. Kısacası birçok üretim tesisinde üretim-planlı bakım tercihi gündeme gelmektedir. Burada planlı bakıma önem verilmesine duruşların sebep olacağı üretim kayıplarından dolayı imalat ve pazarlama birimleri, bakım maliyetlerinden dolayı da bütçe birimleri karşı çıkabilir. Ancak, üretime aşırı önem verilmesi ise arızaların artması dolayısı ile maliyetlerin artmasına, üretim planlarının ve terminlerin aksamasına, makine yıpranmalarına, kalite düşüşlerine, müşteri memnuniyetsizliklerine yani daha uzun vadede ama daha ciddi kayıplara yol açacaktır. Burada da yine en düşük maliyetli politikayı bulmak kolay değildir. Ancak bir önceki bölümde sözü edilen istatistiklerden ve performans kriterlerinden yararlanılarak iyi politikalar belirlenebilir.

Planlı bakım politikalarının başarılı olabilmesi için öncelikle öngörülen planlı bakım düzeyinin mevcut (veya öngörülen) işgücü ve donanım kapasitesine uygun olması gerekir. Bakım faaliyetleri öncelik derecelerinin de gerçekçi olmaları önemlidir, zira programda bir aksama olması halinde hangi faaliyetin gerçekleştirileceğine bu önceliklere göre karar verilecektir. Günlük veya haftalık iş çizelgelerinin çıkartılması ise mümkün olduğunca standardize ve otomatize edilmelidir. Hangi bilgilerin hangi detayda ve sıklıkta toplanacağı ve hangi çıktıların ne şekilde raporlanacağı belirlenmesi de planlı bakım politikalarının önemli bir ögesidir. Öte yandan yönetimin bir önceki bölümde listelenen performans ölçütlerinin tümünü eş düzeyde göz önüne alması beklenemez ve zaten bu ölçütler arasında çelişkiler de bulunmaktadır. Dolayısı ile bakım politikalarının değerlendirilmesinde hangi



performans ölçütlerinin ne şekilde kullanılacağı kuruluşun kendi özel şartlarına göre verilecek önemli bir karardır.

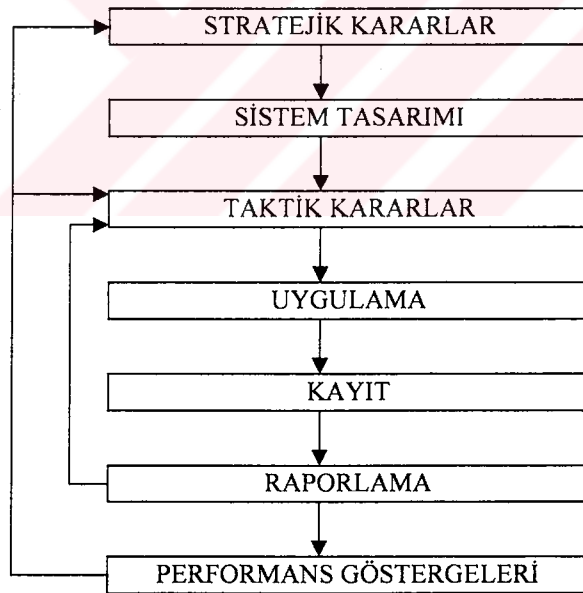
Yedek makine bulundurmak, yüksek yedek parça ve ara ürün stokları ile çalışmak muhakkak ki maliyet arttırıcı bir politikadır. Ancak bu politikaların birlikte veya ayrı ayrı üretim aksamalarını önleyici özellikleri bulunduğu için ilgili kararların ciddi bir inceleme sonucu verilmesi gerekmektedir. Öte yandan hemen her makine veya ekipmanın gerek planlı bakım gerekse de arıza bakım gereksinimi makinenin kullanımı ve yaşı ile birlikte artacaktır. Dolayısı ile bir makineyi çalışır durumda buldurmanın maliyeti zaman içinde artacak ve bir noktadan sonra o makine ile üretim yapmak ekonomik olmaktan çıkacaktır. İlgili yenilemenin ne zaman ve nasıl olacağı üretim birimlerinin gereksinimleri ve teknolojik gelişmeler de göz önüne alınarak incelenmelidir.

Yukarıda incelenen stratejik kararların yanı sıra, yöneticiler bu konularda taktik düzeyde de bazı kararlar almak durumundadır. Bu konumdaki önemli kararlar aşağıda sunulmaktadır. Stratejik ve taktik kararlar arasındaki ilişkiler ve bunların bakım süreci içindeki yeri Şekil 2.8'de gösterilmektedir.

#### **2.4.9.2 Taktik kararlar**

1. Tesis içindeki planlı bakım/acil bakım dengesi
  - koruyucu bakım ve düzeltici bakım tanımları
2. Tesis içindeki üretim/planlı bakım dengesi
  - günlük veya haftalık duruş programları
3. Acil bakım politikaları
  - bakım donanımı (yenilemeler ve malzeme siparişleri)
  - yedek parça siparişleri
  - günlük personel çizelgeleri ve acil bakım programları

- eğitim programları
- 4. Planlı bakım programları
  - günlük veya haftalık iş çizelgeleri
  - günlük veya haftalık personel çizelgeleri
  - eğitim programları
  - (çizelgeye uyulmaması halinde) geciktirilecek veya erken yapılacak bakım işleri
- 5. Satınalma/stoklama politikaları
  - yedek makine teminleri
  - yedek makinelerin devreye alınıp çıkartılmaları
  - ara stoklar için üretim yapma ve ara stoktan mal çekme kararları
  - yedek parça teminleri
  - yeni makinelerin temini ve devreye alınmaları



Şekil 2.8 Bakım Planlama ve Uygulama Süreci

## 2.5 Bakım Maliyetleri ve Takibi

Daha önce de belirtildiği gibi, bakım politikaları bakım faaliyetlerinin en etkin ve verimli bir şekilde ve en az maliyetle icra edilmesine yöneliktir. Bakımla ilgili hemen

hemen tüm stratejik düzeydeki kararlar da bakım maliyetlerinden doğrudan etkilenir. Dolayısı ile üretim kuruluşlarında bakım maliyetlerini gerçekçi bir şekilde belirlemek ve zaman içinde titizlikle takip etmek çok önem kazanmaktadır.

Bakım-onarım çalışmaları sırasında meydana gelen maliyetler üç grupta toplanır:

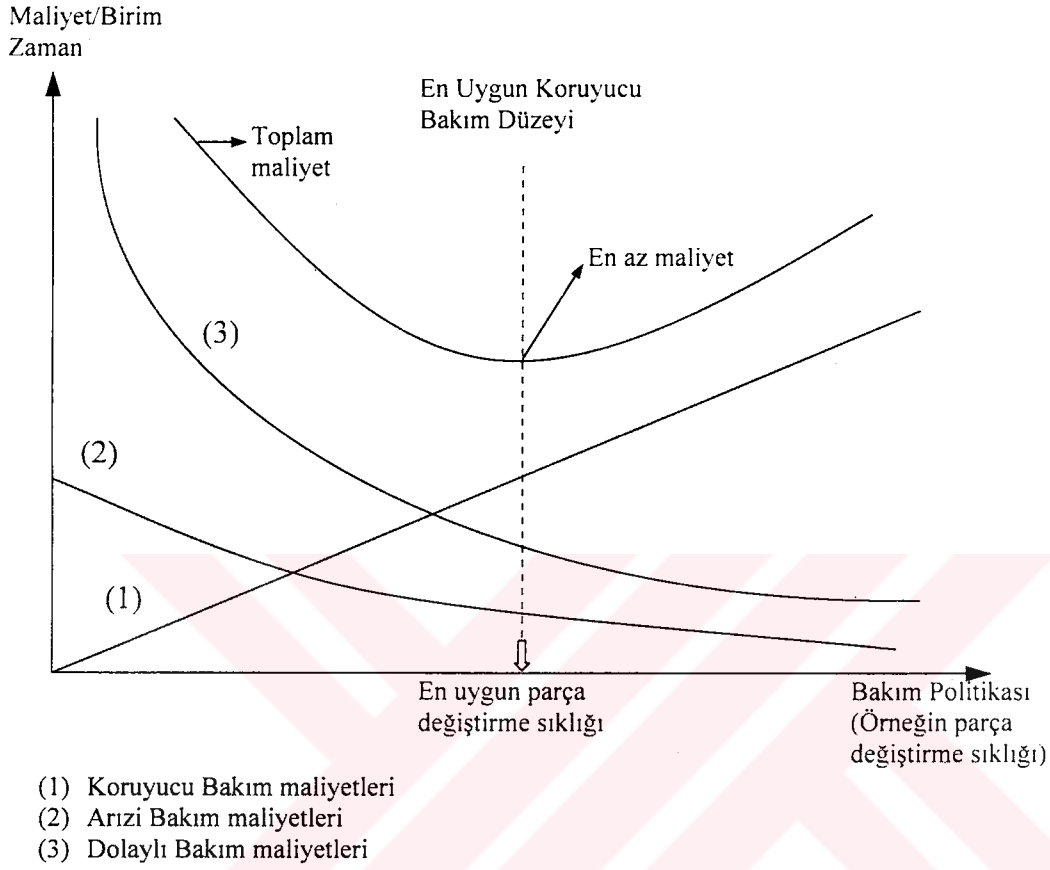
- 1.) Koruyucu bakım maliyetleri: Muayene, ayarlama, yağlama, parça değiştirme revizyon ve rektifiye işlemleri için yapılan harcamalardan oluşmaktadır.
- 2.) Arızı bakım maliyetleri: Plan dışı bakım kapsamına giren her türlü acil bakım ve onarım çalışmaları için yapılan harcamalardan oluşmaktadır.
- 3.) Dolaylı Bakım maliyetleri: Bakım sırasında üretimin durmasından dolayı üretim kaybının yol açtığı maliyetlerden oluşmaktadır.[1]

Bakım-onarım da arızalanmalar da pahalıdır. Bu yüzden makinenin veya üretim sisteminin üretkenliğini korurken, bakım politikalarına bağlı maliyet faktörleri arasında bir denge kurmak gerekir. Şekil 2.9'da üç maliyet kaynağı arasındaki ilişki gösterilmiştir.[2]

Şekilde iki önemli nokta görülmektedir. Birincisi, toplam bakım-onarım maliyetleri dolaysız maliyetlerden çok daha yüksektir ve bu nedenle maliyetlerin üzerinde önemle durulması gerekir. İkincisi, toplam maliyet eğrisi minimum noktada oldukça yayvan olduğundan planlı bakım-onarım çalışmalarının en uygun düzeyinden yapılabilecek bazı sapmalar önemli sonuçlar doğurmayacaktır. Bu sapmalar zaten kaçınılmazdır, çünkü dolaylı bakım maliyetlerini titizlikle belirlemek güçtür. Fabrikanın hizmet verebilmesi için gereken günlük değişiklikler, ürünler arsındaki katma değer farklılıkları ve hatalı bakım yüzünden ortaya çıkan fazladan üretim maliyetlerinin oranını belirlemenin güçlüğü yaklaşık da olsa, dolaylı maliyetlerin hesaplanması için önceden belirlenmiş bir formülün kullanılmasını gerektirir. Uygulamalar, gerekli koruyucu bakım-onarım düzeyinin belirlenmesinde toplam bakım maliyetleri yaklaşımının önemli yararlar sağladığını göstermiştir.

Koruyucu bakım ve Arızı bakım, bakım faaliyetleri olarak sınıflandırıldığında Bakım maliyetleri;

- i) bakım faaliyetleri giderleri,
- ii) üretim kaybı ve ceza maliyetleri



Şekil 2.9 Bakım-onarım çalışmalarında ortaya çıkan maliyetler

olarak ikiye ayrılabilir. Bu iki tip maliyetten birincisi yönetimin doğrudan kontrolündedir, ikincisi ise değildir. Ancak, genelde üretim kuruluşlarında bakım faaliyetleri giderleri arttıkça üretim kaybı ve ceza maliyetleri azalır. Bakım faaliyetleri giderleri aşağıdaki kalemleri içerir;

- a) Maaş ve ücretler: Bu kalem bakımla ilgili yönetici, ustabaşı, işçi gibi her türlü personele yapılan ödemeleri kapsar.
- b) Malzeme giderleri: Bakım birimi tarafından, direkt veya indirekt şekilde kullanılarak tüketilen her türlü malzemelerin bedelini kapsar.
- c) Yatırım giderleri: Bakım biriminin direkt veya indirekt olarak kullandığı her türlü ekipmanın birimin payına düşen amortismanını kapsar.

- d) İdari giderler: Yönetim ve diğer birimlerden alınan hizmetlerin maliyetini, binaların kira ve amortismanından birimin payına düşen miktarı, ısıtma ve aydınlatma gibi ortak giderlerden birimin payına düşen miktarı, sigorta ve kredi giderleri gibi mali hizmetlerden birimin payına düşen miktarı kapsar.
- e) Fason giderleri: Firma dışından temin edilen bakım hizmetlerinin ve işgücünün maliyetini kapsar, bilhassa genel bakım sırasında ve yeni ekipman kurulumu sırasında gündeme gelir.
- f) Planlama giderleri: Bakım planlanma sisteminin kurulması ve işletilmesi ile ilgili olarak tasarım ve mühendislik hizmetleri giderleri, yazılım maliyetleri, eğitim giderleri ve tüketim malzemesi giderlerini kapsar.
- g) Yedekleme giderleri: Yedekte tutulan makine ve ekipmanın amortismanı ile bakım politikaları çerçevesinde tutulan ara stokların stoklama maliyetini (depolama, sigorta, finansman, koruma maliyetleri) kapsar.

Ancak, altı kalemin planlı bakım giderleri ve acil bakım giderleri olarak, faaliyet sınıfları bazında ayrı tutulabilmesi de çok önemlidir. Malzeme giderleri ile fason giderlerini bu faaliyet sınıflarına ayırtırmak oldukça kolaydır. Planlama giderleri de ağırlıklı olarak planlı bakım faaliyetleri ile ilgilidir. Maaş ve ücretler malzeme giderleri ve idari giderlerin bu faaliyet sınıflarına ayırtırılmasında ise genelde kuruluşun planlı bakım ve acil bakım faaliyetleri için kullandığı adam saat miktarı esas alınır.

Üretim kaybı ve ceza maliyetleri aşağıdaki kalemleri içerir:

- a) Üretim kaybı maliyetleri: Gerek planlı bakım gerekse de acil bakımla ilgili duruşlardan veya yavaşlamalardan ötürü yapılamayan üretimin sebep olduğu net gelir kaybını veya telafi edilebilmesi için gereken giderleri (fazla mesai gibi) kapsar.
- b) Atıl kapasite maliyetleri: Gerek planlı bakım, gerekse de acil bakımla ilgili duruşlardan ötürü atıl kalan kapasitenin maliyetini kapsar. Bu çerçevede atıl işgücü kapasitesi çok önemlidir, ancak atıl makine ve ekipmanın duruş süresi boyunca amortismanı, kirası, enerji tüketimi gibi maliyetler de bu kapsamdadır.

- c) Kalite düşüklüğü maliyetleri: Bazı arıza ve bakımlar ilgili makine veya ekipmanın duruşuna sebep olmaz, ancak ürettiği üründe bir kalite düşüklüğüne yol açar. Bu kalite düşüklüğünün sebep olacağı gelir kaybı veya telafî edilmesi için gereken giderler bu maliyet kalemi kapsamındadır.
- d) Ceza maliyetleri: Gerek planlı bakım, gerekse de acil bakımla ilgili duruşlardan veya yavaşlamalardan ötürü kuruluşun sağlayamadığı taahhütlerin ve terminlerin müeyyidelerini kapsar. Bu müeyyideler bir maddi tazminat olabileceği gibi, müşteri güven kaybı veya memnuniyetsizliği gibi ölçülmesi zor kavramlar da olabilir.

“Gelir kaybı”, “atıl kapasite”, “kalite düşüklüğünün etkisi”, “termin kaçırma müeyyideleri” gibi kavramlar değişik kabuller altında çok değişik şekillerde tanımlanıp ölçülebilecek kavramlardır. Dolayısı ile bu tip maliyetlerin sağlıklı belirlenmesi oldukça zordur. Ancak, her halükarda ciddiyete alınıp incelenmesi gerekir zira maliyetler hakkında bir fikir sahibi olmadan bakım faaliyetleri ile ilgili sağlıklı karar verebilmek pek mümkün değildir. Öte yandan, bu maliyetlerin de planlı bakım giderleri ve acil bakım giderleri olarak, faaliyet sınıfları bazında ayrı ayrı tutulabilmesi gerekir.

## 2.6 Tamir Bakım Faaliyetlerinde İzlenecek Politikalar

Üretim sisteminin tümü ile aksamadan çalışmasını sürdürmek, bakımı belirli bir plan çerçevesi içinde yürütmek ve beklenmedik arızaları minimum düzeyde tutmak kısaca fabrikanın güvenilirlik derecesini artırmak şeklinde tanımlanabilir. Bir fabrikanın güvenilirliğini artırmak için izlenecek yolun, yani temel politikanın belirlenmesi şarttır. İşletmenin yapısı ve diğer kısıtlayıcı faktörler TB politikasının seçiminde rol oynar. Bir işletme şu 5 ana politikadan birini veya birkaçının uygun kombinasyonunu seçme sorunu ile karşılaşabilir:

1. TB ekibini geniş, kullanılan araç sayısını yüksek tutmak: Bu yol seçildiği takdirde, arıza yapan bir makineyi o anda tamir edecek ekibin elverişli bulunma, yani arızaya derhal müdahale etme olasılığı yüksek olur. Makinelerin boş

bekleme süresi kısaldır. Buna karşılık TB ekibinin ve araçların boş kalma oranı yüksektir.

2. Koruyucu bakıma ağırlık vermek: Fabrikalarda koruyucu bakım, tıpta hastalık meydana gelmeden önleyici tedbirlerin alınmasına benzer. Koruyucu bakımla beklenmedik arızaların üretimi aksatması büyük ölçüde önlenmiş olur. Ancak bu yoldan gidildiğinde daha sık yapılan bakımların ve zamanından önce değiştirilen parçaların maliyetlerini sağlanacak yararlarla kıyaslamak gerekir.
3. Yedek üretim kapasitesi bulundurmak: Üretim hattının kritik noktalarında, bir arıza meydana geldiğinde derhal devreye sokulabilecek yedek makineler bulundurulur. Burada da, üretim durması ile ortaya çıkan kayıplar yedek makinelerin maliyetleri ile kıyaslanarak bir karar verilir.
4. Makinelerin güvenilirlik derecesini artırmak: Üretimde kullanılacak makinelerin, fiyatları yüksek fakat ömürleri uzun olan tiplerini seçmek ve böylece arıza olasılığını azaltmak mümkündür. Değişecek yedek parçalar için de aynı şey yapılabilir. Daha pahalı dolayısıyla güvenilir makine kullanarak arıza kayıplarını azaltmada da bir maliyet kıyaslaması söz konusudur.
5. İş istasyonları arasında yarı mamul stokları bulundurmak: Meydana gelen bir arıza nedeniyle iş akışının durmasını önlemek için, tamir süresince diğer iş istasyonlarına önceden biriktirilmiş yarı mamul stoklarından sevkiyat yapılır. Yarı mamul stoklarının kapladığı alan ve bunlara bağlanan para bir maliyet unsuru olarak göz önüne alınmalıdır.

Yukarıdaki politikaların her birinde ilginç bir ortak özellik vardır. Aslında bütün işletme politikalarında mevcut olan bu özellik, her politikanın getireceği yararlarla karşılık birtakım maliyetleri ortaya çıkarmasıdır. TB sisteminin tasarımında önemli olan nokta, yapılan yatırım ve harcamalarla sağlanan yararlar arasında olumlu yönde bir denge kurulmasıdır. Bu amaçlarla yapılan ekonomik analizlerde kullanılan temel verileri maliyetler ve makinelerin arıza karakteristikleri oluşturur.[3]

## 2.7 Makinelerin Arızalanma Davranışları

Ekipmanın performansının daha iyi olması için neler gerektiğine karar verirken arızalanma mekanizmasının titizlikle incelenmesi gerekir. Bazı arızalanma nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

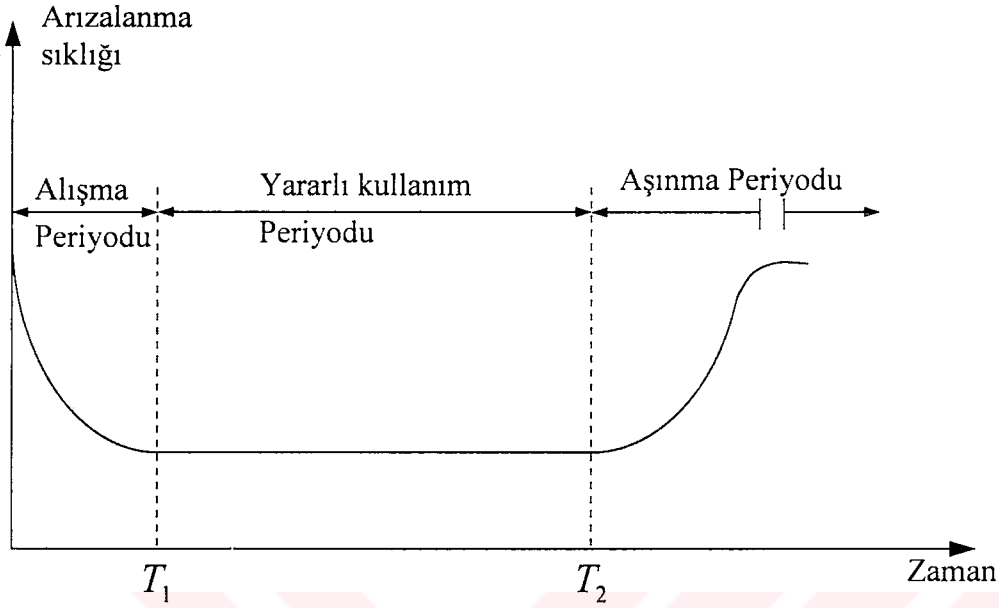
- Yıpranma
- Kırılma
- Malzemenin yorulması
- Aşınma
- Kristalleşme
- Yanma
- Depozitlenme
- Eskime

Arızalar iki veya daha fazla mekanizmanın aynı zamanda aktif olmasından kaynaklanır. Bazı durumlarda bir arızanın giderilmesi diğer bir arızanın ortaya çıkmasıyla daha da güçleşir. Başka durumlarda ise makinenin bir parçasının arızalanması, aynı makinenin diğer parçalarına daha fazla yük getireceğinden makinenin arızalanması çabuklaşır.

Makine parçaları gruplarının ortalama arızalanma sıklığı makine kullanıldığı sürece sabit değildir. Arızalanma sıklığının zamana göre değişimi Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Makineler ilk kez kullanıma alındıkları zaman arızalanma sıklığı yüksek olabilir. Bunun nedeni makineyi kullanan işçilerin tecrübesizliği ve imalat sırasındaki muayenelerde gözden kaçan bazı parçaların belirli bir standardın altında oluşudur. Arızalanmalar sonucu standart dışı parçalar değişip, işçiler de zamanla tecrübe kazandıkça, arızalanma sıklığı  $T_1$  zamanında minimuma gelene kadar düşer. Daha sonra, normal aşınma yavaş olduğundan, arızalanma oranı hemen hemen sabit hale gelir. Bu dönemdeki arızalar, kazalar, dıştan kaynaklanan nedenler v.b. yüzündendir.  $T_2$  zamanında ilk ciddi aşınma başlar ve şekilde görüldüğü gibi arızalanma oranı dik bir yükseliş gösterir. Çünkü artık iki arızalanma mekanizması



vardır. Bunlar aşınma nedeniyle olan arızalar ve yukarıda sözü edilen kazalar ve dıştan kaynaklanan nedenlerdir.  $T_2 - T_1$  süresi, yararlı kullanım periyodudur.



Şekil 2.10 Arızalanma sıklığı eğrisi

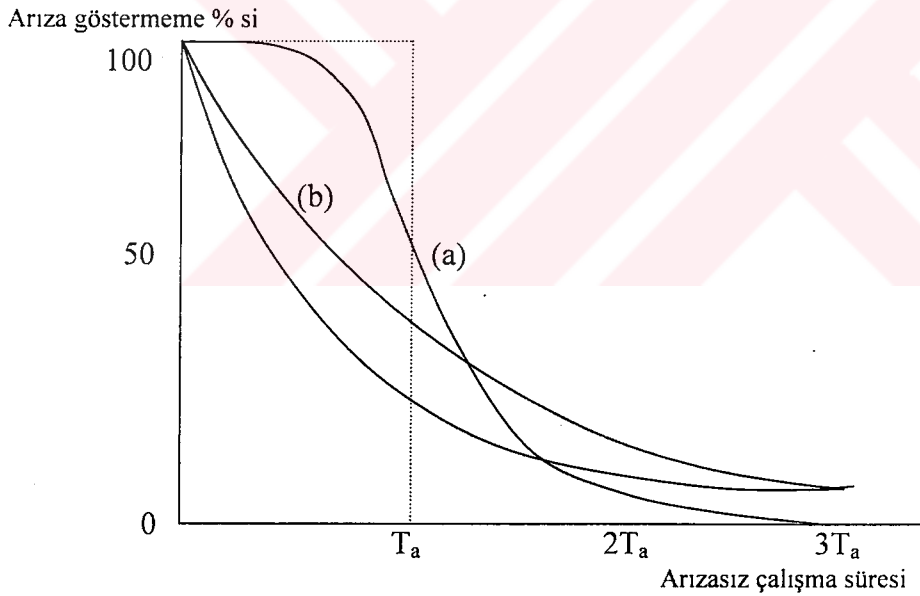
Arızalanma sıklığı eğrisi incelendiğinde güvenilirliği artırma yollarından biri görülebilir. Eğer bütün makine parçaları monte edilmeden önce kullanılsa standart dışı olanlar belirlenebilir. Ayrıca işçilerin eğitilmesi ve imalat sırasında uygulanacak verimli bir kalite kontrolü alışma periyodunun süre olarak azalmasına yardımcı olacaktır. Bu periyotta yapılacak bakım çalışmaları sık muayene ve yağlama gibi işlerdir. Kazalar ve dıştan kaynaklanan arızaların meydana gelebileceği yararlı kullanım periyodu süresince yapılacak bakım faaliyetleri muayene, rektifiye ve onarımdır. Bu periyotta parçaların arızalanmadan önce değiştirilmesi uygun değildir. Çünkü koruyucu parça değiştirme yapabilmek için makinenin arızalanma oranının yükseliyor olması gerekir. Bunu bir örnekle açıklamak mümkündür. Bir mekanizma sabit bir arızalanma oranına sahipse, arızalar eksi üssel dağılıma göre oluşuyor demektir. Durum böyle olunca, makinenin parça değiştirmeden hemen önce çalışır olduğu düşünülürse, arızalanmadan önce değiştirmek, makinenin daha sonraki arızalanma olasılığını etkilemez. Sonuç olarak, eksi üssel dağılıma göre arızalanan makinelere arızalanmadan önce parça değiştirme politikası uygulandığında kaynaklar gereksiz harcanmış olacaktır. Uygun bir bakım-onarım yöntemi, değiştirme

yapmadan önce makinenin bozulmasını beklemek olabilir. Bu karar, o makineye ait istatistikler yardımıyla verilebilir.

Dıştan kaynaklanan arızalar ve aşınma arızaları birlikte olduğu zaman, aşınma periyodu süresince parça arızalanmadan önce değiştirme yapmak uygun olur. Muayene, onarım, rektifiye gibi diğer bakım işlemleri de bu periyotta yapılmalıdır. Bunların zamanlaması bakım planlaması modellerinin konusudur. [1]

## 2.8 Makinelerin Arıza Karakteristikleri

Tamir bakım planlamasında ve bununla ilgili ekonomik analizlerde makinelerin arıza bakımından gösterdiği özelliklerin önemli bir rol oynadığını belirtmiştik. Bir makinenin arıza karakteristiğini tanımlayan arıza dağılım eğrisi belirli çalışma saatleri içindeki arızasız çalışma yüzdeleri veren bir grafikten ibarettir (Şekil 2.11).



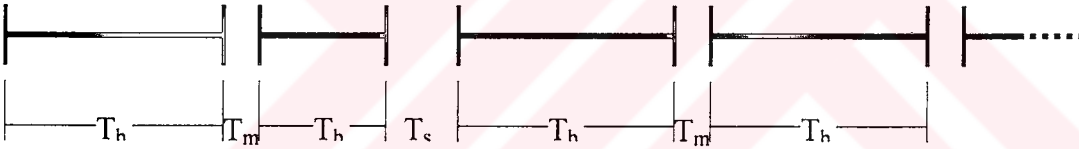
Şekil 2.11 Makinelerin arıza dağılım eğrileri

Grafığın yatay ekseninde arızasız çalışma süresi, düşey ekseninde ise belirli bir süre içinde arıza göstermeden çalışan makine yüzdesi yani arıza göstermeme olasılığı yer almıştır.  $T_a$  söz konusu makineye ait ortalama arızasız çalışma süresidir. Dağılım eğrisinin şekli makinenin cinsine, çalışma koşullarına, parça sayısına ve daha pek çok faktöre bağlı olarak ortaya çıkar. Örneğin basit birkaç hareketli parçadan oluşan

küçük bir makine eşit zaman aralıklarında düzenli periyodik arıza gösterir. Böyle bir makinenin ortalama arıza süresi ( $T_a$ ) civarında arızalanma olasılığı hızla artar. Bu süre biraz geçildikten sonra arıza olasılığı tekrar kararlı bir değişme göstermeye başlar. Şekil 2.11'deki (a) eğrisi bu tip bir makineye ait arıza dağılımını göstermektedir. Her biri değişik arıza karakteristiğine sahip çok sayıda parçanın birleşmesi ile ortaya çıkan bir makinenin arıza dağılımında belirsizlik fazladır. Şekil 2.11'deki (b) ve (c) eğrilerinde, aynı zaman aralığında (a)'ya kıyasla arıza gösterme olasılığının daha belirsiz dağıldığı derhal görülmektedir. Bu nedenle (a)'ya az değişken (b) ve (c)'ye de çok değişken arıza dağılım eğrileri denir. [3]

## 2.9 Koruyucu Bakım Ve Tamir Alternatifleri

Bakım mühendisinin karar vermesi gereken önemli konulardan biri koruyucu bakım ve tamir alternatiflerinden hangisine ağırlık verileceğinin tespitidir. Bir makineye koruyucu bakım uygulanması halinde bakım ve tamir faaliyetlerinin zaman ekseninde dağılımı Şekil 2.12'deki gibi olabilir.



Şekil 2.12 Koruyucu bakımda bakım, tamir ve arızasız çalışma sürelerinin zaman eksenindeki dağılımları

Koruyucu bakım (KB) beklenmedik arıza olasılığını azaltmakla beraber tamamen ortadan kaldırmaz. KB için harcanan zaman ( $T_m$ ), tamir süresinden ( $T_s$ ) genellikle kısadır. Önceden saptanmış bulunan KB periyodu ( $T_b$ ), makinenin arıza dağılım eğrisi ve çeşitli faktörler göz önüne alınarak hesaplanabilir. Dolayısı ile  $T_m$  ve  $T_s$ 'nin meydana gelme olasılıkları ;

1. Tezgahların arıza dağılım eğrisine ve
2.  $T_b$ ,  $T_m$ , ve  $T_s$ 'nin uzunluklarına bağlıdır.

Örneğin arıza dağılım eğrisi az değişken (a tipi) ve koruyucu bakım periyodu ( $T_b$ ) arızasız geçen ortalama sürenin ( $T_a$ ) %75'i ise  $T_s$ 'nin meydana gelme olasılığı azdır.

Arıza dağılım eğrisi çok değişken (b ve c tipi eğri) ise aynı  $T_b$  için daha fazla  $T_s$  meydana gelir.  $T_b$  kısaldıkça beklenmeyen arızalar azalır. Ancak bu sefer de sayıları gittikçe artan  $T_m$ 'ler nedeni ile makinenin çalışmama yüzdesi ve dolayısı ile bakım maliyetleri artmaya başlar. Arıza dağılım eğrisi az değişken olan bir makine için  $T_b / T_a$  oranı küçüldükçe çalışır durumda bulunma olasılığı azalır. Bunun nedeni makinenin çalışmasının arıza yerine bakım yüzünden sık sık kesilir olmasıdır.  $T_b / T_a$  oranı arttıkça bakım kesintileri toplamı da azalır. Dolayısı ile çalışır durumda bulunma olasılığı artar.[3]

## 2.10 Koruyucu Bakım Politikasının Ana Hatları

KB politikasını oluşturmaya yarayan prensipler şöyle özetlenebilir.

1. KB arıza dağılım eğrileri az değişir olan makinelere uygulanmalıdır.
2.  $T_m / T_s$  oranı 1'e yaklaştıkça KB'den vazgeçilmelidir.
3. İlk iki prensibin bakım politikası kararı üzerindeki etkisi, makinelerin durması ile ortaya çıkan maliyetler karşısında hafifleyebilir, hatta tamamen ortadan kaldırılabilir. Örneğin, emniyet ara stokları yapılamayan bir montaj hattında beklenmeyen bir arıza bütün üretimin durmasına sebep olur. Böyle bir durumda çalışma saatleri dışında veya durgun mevsimlerde, maliyeti yüksek olmasına rağmen sık sık koruyucu bakım yapılması düşünülmelidir.
4. Makinelerin imalatçı tarafından spesifikasyonları, arıza dağılım eğrileri ve fabrikanın arıza kayıtları incelenerek çalışma yüzdesini (olasılığını) durma süresi, işçilik ve parça maliyetlerinin bir fonksiyonu olarak veren bağlantılar bulunur. Çalışma yüzdesini maksimum yapan optimal çözüm, yani optimal bakım periyodu uzunluğu bu bağlantılardan yararlanarak kolaylıkla hesaplanabilir.
5. Makinelerin durma maliyeti çok yüksek ise, 3. prensipte belirtildiği gibi KB çalışma saatleri dışında yapılır. Ayrıca;
  - a)  $T_b$ 'yi kısaltmak,
  - b) TB ekiplerini geniş tutmak ve
  - c) TB ekiplerine fazla mesai yaptırmak
 gibi çarelere başvurulabilir.[3]

## **BÖLÜM 3 BİLGİSAYARLI BAKIM YÖNETİMİ**

### **3.1 Bakım Düşüncesinin Evrimi**

Başlangıçta “ yangınla mücadele” metodolojisi(usulü) vardı, bir şeyler bozulduğunda problemi çözmek için ne gerekiyorsa yapılır ve ekipman tekrar üretime hazır hale getirilirdi. Bu davranış en iyi “Bir şeyler problem olana kadar problem değildir” ifadesiyle açıklanmaktadır. Bir ekipman parçası bozulduğunda, insanlar, malzeme ve para bu sorun üzerine yoğunlaştırılır, sorun giderilir ve üretim kaldığı yerden devam eder yaklaşımı güdülmekteydi.

Bu yaklaşım tarzının ardından yavaş yavaş Koruyucu Bakım (KB) usulü geliştirilmiştir. Koruyucu Bakım, ekipmanın üreticisinin kılavuzuna göre korunmaya çalışılması olarak açıklanabilir. Ekipmanın yetenekleri “yeni gibi” standardında korunur. Bu, ekipmanın yeteneklerini en yüksek üretim standardında tutar. Üretim için ekipmandan gerçekte ne beklendiği, bakım gereksinimlerinin belirlenmesinde bir faktör değildir.

Bakım düşüncesinin bir sonraki nesli de Güvenilirlik Merkezli Bakım (GMB) veya Toplam Üretken Bakım (TÜB) 'dır. GMB veya TÜB, bakım ve üretim bölümlerinin birbirleriyle iletişimini gerektirir. Bakım standartları üretim gereksinimlerine bağlıdır, ekipmanın standartlarına değil. Böylece bakım faaliyet miktarı azaltılır. Sadece üretimin gerek duyduğu kadar yetenekleri korunur.[6]

### **3.2 Endüstrinin Getirdikleri**

Endüstri, bakıma yardımcı olacak bilgisayarlı programlar geliştirmiştir. 60'ların başlarından itibaren bilgisayardaki gelişmelerle birlikte gittikçe daha fazla kayıt, dolaplardan bilgisayar dosyalarına ve veritabanlarına taşınmıştır.

Başlangıçta, bakım organizasyonları için kullanılan programların listesi aşağıda verildiği şekildeydi.[6]

- Periyodik bakım izleme
- Yedek parça envanter listeleme
- Ekipman envanteri listeleme

Bilgisayarların gücü arttıkça ve bilgisayar maliyetleri düştükçe bu programlar birbirleriyle bütünleştirildiler. Bu programlardan ilk bakım yönetim sistemleri geliştirildi. Microsoft veya Lotus tarafından geliştirilen ofis paketleri gibi bunlar da verileri birbirleriyle paylaşabilen ayrı programlardı.

Bu bütünleşmenin en son ifadesi Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri veya üst noktada Şirket Varlıkları Yönetim Sistemi olmuştur. Bu sistemlerin bilgisayar programları, en basit ifadeyle bir dizi birbirleriyle etkileşimli programlanmış ilişkisel veritabanları ve detaylı olarak anlatılacak “modüllerdir”.[7]

### **3.3 Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri Modülleri**

Yukarıda bahsedilen modüllerin en önemli ve yaygın olanları şunlardır.[6]

#### **3.3.1 İş emri modülü**

İş Emri Modülü, iş için temel gereksinim olan İş Emri İsteğini oluşturmaya imkan sağlayan program olarak tanımlanır. İş Emri isteği, önceden planlanmış onay hiyerarşisinden geçer ve onaylandıktan sonra İş Emri olur. Ardından İş Emri, işgücü ve satın alma ihtiyaçları, özel aletler, malzemeler ve uygulanabilecek tüm özel prosedürler listelenerek planlanır.

İş Emri girilip kaydedildikten sonra çizelgelenir, atanır, iş bitirilir ve sonra da kapanır. Bu iş isteği, tamamlanan işler ve elde edilen sonuçlar kayıtlarına ilaveten işçilik ve malzeme maliyetleri kayıtlarını oluşturur. Tamamlanan iş emirleri daha

sonra ekipman parçasının istatistik(geçmiş) bilgilerine kaydedilmesi için Ekipman kayıt ile ilişkilendirilir.

### 3.3.2 Koruyucu bakım modülü

Periyodik/Koruyucu Bakım iş emirlerinin planlandığı modüldür. Bunu bir top sahasının çimlerinin haftalık biçilmesi, biçme makinesinin dört ayda bir bakımı veya bir ısıtma sisteminin yıllık bakım ve ayarı gibi tekrarlı işlerin yapılmasında kullanılacak bir iş emrinin oluşturulmasında planlamacıya imkan sağlayan İş Emri modülünün özel bir versiyonu olarak düşünebiliriz. İş bittikten sonra bitirilen iş ve kullanılan malzeme, ekipmanın geçmiş kayıtlarıyla ilişkilendirilir. Daha sonra zamanlayıcılar yeniden ayarlanır, planlanan tarih veya ölçüm okuma hesaplanır, ayarlanır ve izlenir.

### 3.3.3 Envanter kontrol modülü

Envanter kontrol modülü, eldeki parça ve malzeme listesi oluşturmaktan daha fazlasını yapar; yeniden sipariş noktası ve miktarı veya en çok ve en az stok seviyesi bilgileri gibi bilgilerde içerir. Bu modülden elde edilebilecek raporlar, ekipmana göre parça listesi, stok kullanımlarının kullanım istatistikleri ve envanter değerleri gibi bilgileri içerir. Satıcının malını geri çekmesi veya kullanılmayan parçaların iadesi gibi durumlarda stok seviyesinin otomatik değişmesi ile birlikte bu parçaların maliyetlerinin ilgili iş emirlerine ve ekipmana atanması bu modülü güçlü/önemli kılar.

### 3.3.4 Ekipman modülü

Bu modül Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin kalbidir. Bu modül sadece;

- İmalat ve model özellikleri
- Yerleşim yeri
- Çalışma özellikleri
- Sorumlu kişi (Zimmet)

gibi temel ekipman bilgilerinin kayıtlarından daha fazlasıdır. Bu modül, her bir ekipman parçasının geçmiş (history) verilerinin oluşturulması için diğer modüllerden yapılan tüm ilişkilerin sağlandığı yerdir. Ekipman geçmişi malzeme ve işçilik maliyetleri bağlamında bu ekipmanın gerçek maliyetinin ne olduğuna bakıldığı yerdir. Bu modülden Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi, ekipmana geçmişte ne olduğu, şu an ne olduğu ve gelecekte ne olacağını tutar.

### 3.3.5 Diğer modüller

Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin çalışmasını etkileyen diğer modüller şunlardır:

- Satınalma modülü: Tedarikçiler ve satın alma faaliyetleri takip edilebilir.
- Personel modülü: Bakım personelinin, görev yerleri, görev tanımları, vardiyaları ve diğer bir takım bilgilerin takip edilmesi gerçekleştirilir.
- Rapor Yazım Modülü: Diğer modülleri destekler, veritabanından özel sorgular oluşturulmasına olanak sağlamak için kullanılır.
- Çizelgeleme modülü: Organizasyondaki kaynakların kullanımının çeşitli senaryolarının etkisini görmeye imkan sağlayan modüldür. Genellikle varlıkların çizelgelenip çizelgelenmediğini grafiksel olarak gösterir.

Bu modüller temel paket ile gelebilir de gelmeyebilir de. Bunlar paketlerin işlevselliğini artırır ve doğru bir şekilde uygulandığında oldukça yararlıdır.

Bu modüllerin içinden biraz daha dikkatle incelenmesi gereken modül Rapor Yazım Modülüdür. Çoğu paket birçok önceden hazırlanmış rapor içerir. Bunlar:

- Ekipmana göre parça kullanımı
- Gecikmiş koruyucu bakımlar
- Plana göre tamamlanmamış iş emirleri

Raporlama yeteneğinin kullanılması, Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin verilerine çeşitli yollardan bakmamıza izin verir. Bu özel sorgular geçmiş verilerimize bakarak sistemimizin bütçesini şekillendirmemizi sağlar. Rapor



yazıcının aynı verilere farklı yönlerden bakmamızı nasıl sağlayacağına güzel bir örnek aşağıda sunulmuştur.

- Forkliftte göre bakım maliyetleri listesi
- Forkliftte göre servis dışı zaman listesi
- Forkliftte göre tekerlek kullanım listesi

Birkaç tuşa basarak maliyetlere bakış açısını değiştirebilme kabiliyeti, problem ortaya çıkmadan önce problem alanlarını belirleyebilmeyi sağlar. Günlük oluşturulan bilgilerin uygun bir şekilde sorgulanması ile bir ekipman parçasının değiştirilmesi ayarlanabilir veya bakım varlıklarının nasıl kullanıldığını gösterebilir.

### **3.4 Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar**

Bilgisayarlı bakım yönetim sistemlerinin seçilmesi, tasarlanması, kurulması, uygulanması, kullanılması ve optimize edilmesi organizasyonun üç yönünün dikkatli bir şekilde düşünülmesi ve yönetilmesini gerektirir. Bunlar, bilişim sistemleri departmanını ve onun alt yapısını, operasyonel ve bakımsal işlerin yönetim proseslerini ve kullanıcıları içerir. [8]

1. Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin seçiminde ve tasarımında bilişim sistemi departmanı ve onun alt yapısı, bilişim sistemleri bölümünün durumu ve hazır olması kritiktir. Bilişim sistemleri departmanının, Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemini seçme ve uygulama yeteneği birçok anahtar ögeye işaret eder. Bunlar;

- Proje yönetim prosesi
- Mainframe yönetimi
- Dağınık birimler veya client/server yönetimi
- Masaüstü birimleri yönetimi ki dağınık birimler yönetimine dahil de edilebilir.
- Ağ (network) yönetimi

Bilişim sistemleri yapısında karmaşık yönetim ve liderlik gerektiren başka bir organizasyonel seviye de ortaya çıkar. Bu seviye bilişim sistemleri iş yönetim süreçlerini donanım ve yazılım bileşenlerini ve işletme stratejisini içerir. Yukarıda listelenen organizasyonel öğeler iyi yönetilmezse, Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin seçimi bu eksiklikleri hesaba katmalıdır.

O halde Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminizi seçerken bilişim sistemleri departmanını içermesi hatırlanmalı ve onun mevcut yetenekleri hakkında doğru bir yargıya varma da ısrar edilmelidir. Basit bir test, mevcut bilişim sistemlerinin hizmet seviyesi beklenenleri karşılayıp karşılamadığını veya aşım aşmadığını sormaktır. Eğer sağlamıyorsa yeni veya daha fazla karmaşık teknoloji çözümden ziyade sorun oluşturur.

2.Operasyonel ve Bakımsal İş Yönetim Süreçleri: Operasyonel ve bakımsal iş uygulamaları o kadar da karmaşık değildir. Ancak rekabetin öncü olduğu küresel ekonominin işletme kapsamına yerleştirilmesinde yeni bir karmaşıklık ortaya çıkar. Günümüzde iş süreçlerine önemli vurgu vardır. Çoğu organizasyonun yöneticileri bir şekilde operasyonel ve bakım iş süreçleri hakkında düşünmüş, tartışmış ve planlama yapmıştır. Fakat bu pratiklerin çok azı uygulanmıştır.

Tüm Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri süreç disiplinini gerektirir. Operasyon ve bakım departmanı, seçilen Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin işlevselliğinin, şirketin iş yönetim sürecini karşılayıp karşılayamayacağına veya iş yönetim sürecinin yazılıma uygun olacak şekilde değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar vermelidir. Bu organizasyonun şunları seçmesine yardımcı olur:[9]

- Sistemi genelleştirmek mi dar kapsamlı bir yazılım mı kullanmak
- Sistemin işlevselliği, iş yönetim süreci gereksinimlerini kapsıyor mu
- Sistemin işlevselliği, organizasyonun kullanabileceği hale getirilmiş mi
- Sistemin işlevselliği, olgun ve kanıtlanmış mı
- Sistemin işlevselliği, kolayca ve uygun maliyetle desteklenebilir mi
- Sistemin işlevselliği, işletmenin ihtiyaç duyduğu diğer sistemlerle arayüz kurmaya imkan sağlıyor mu

Bu kategorilerin her biri, organizasyonun uygulama çabaları için özel bir anlama sahiptir. Bunların arasından işlevsellik ve kullanım kolaylığı çoğu organizasyon için en önemli olanları diye düşünülür.

Başarılı Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin seçiminin anahtarı, organizasyonel süreçlerin olgunluğudur. Organizasyonunuz temel operasyonlar ve bakım işleri yönetim süreçleri için doğru tanımlar oluşturmadıkça Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin seçimi zor olacaktır.

Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sisteminin seçimi, organizasyonunuz tarafından ihtiyaç duyulan proses disiplini düşünmenizi gerektirir. Bu disiplin, pazarınızın stratejik işletme önceliklerini düşünür. Ardından Bilgisayarlı Bakım Yönetim sisteminin işlevselliği bu disiplinle ilişkilendirilmelidir. Eğer mevcut iş yönetim prosesleri ile gerek duyulan iş yönetim prosesleri arasındaki fark büyük ise, hedefe ulaşmak için küçük adımlarla değişmek gerekebilir.

3. Kullanıcılar: Kullanıcı proses bilgisine, mevcut teknolojilerin boşlukları bilgisine, Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi tarafından yönetilecek işin yapısı bilgisine ve seçilen sistemin gerçekten çalışması sorumluluğuna katkı sağlayabilir.

## BÖLÜM 4 MALZEME YÖNETİMİ

### 4.1 Malzeme Yönetiminin Üretimdeki Yeri ve Önemi

Üretim sistemlerindeki malzeme akışı, imalat için gerekli olan her çeşit malzemenin pazardan satın alınmasıyla başlar, çeşitli proseslerle şekil değiştirir ve mamul halde, pazara sevk edilir. En genel anlamda “Malzeme Yönetimi” yukarıda tanımlanan malzeme akış sürecini, kontrol eden tüm faaliyetlerle ilgilenen bir yönetim fonksiyonudur.

Malzeme yönetimin çalışma felsefesi, her çeşit üretimde beklmeleri en aza indirmek, imalatın su gibi akmasını sağlamak ve bu akış için gerekli olan her çeşit malzemenin istenen miktar ve zamanda kullanılır olmasını temin ederek envanter yönetimi maliyetlerini en aza indirmek şeklinde ifade edilebilir. Üretimde Malzeme Yönetimi;

1. işletme sermayesini, en iyi şekilde kullanılmasını sağlaması ve maliyetlerde gerçekleştirebileceği tasarruflar açısından; Ekonomik,
2. üretimdeki malzeme akışını kontrol ederek, istenen malzemenin istenen zaman ve miktarda kullanıma hazır olmasını temin etmek açısından; Fonksiyonel

öneme sahiptir ve bu iki husus Malzeme Yönetiminin temel amacını tanımlamaktadır. Gerçekte, diğer birçok yönetim fonksiyonunda olduğu gibi hedef, mükemmelleştirmeden ziyade optimizasyondur (en iyi olan) ve bu, düşük-maliyetli parçalar üzerindeki kontrolü minimuma çekip, yüksek maliyetli parçalar üzerinde sıkı kontrol ile başarılabilir.[10]

## 4.2 Malzeme Yönetiminin Ana Prensipleri

Malzeme yönetimi fonksiyonunun genellikle sadece şirket içindeki malzemelerin kontrolünü değil, aynı zamanda bu malzemelerin satın alımını da içerdiği düşünülür. Bununla birlikte kolaylık olsun diye, bu iki yön ikiye ayrılarak incelenmiştir. Bu sebeple malzeme yönetimin genel prensipleri aşağıdaki gibidir:

- talebe bağlı olarak stokları mümkün en düşük seviyede tutmak,
- satın alınan malzemeleri ve malları en ekonomik düzeyde satın almak,
- malzeme israfının muhtemel tüm kaynaklarını yok etmek için diğer bölümlerle birlikte çalışmak,
- doğru stok kayıtları tutmak,
- üretimin, malzemenin elde bulunmaması sebebiyle engellenmemesini temin etmek.

Bu prensiplerden de görüldüğü gibi malzeme yönetimi hassas bir dengedir. Bir yanda üretimin ve müşterilerin gereksinimlerini karşılayacak stokların elverişli olmasını sağlamak, diğer yanda stok bulundurma maliyetlerini minimize etme ihtiyacı bulunmaktadır.[11]

Statik bir durum yürürlükte ise (sabit talep, güvenilir tedarikçiler) de bu görev zor olurdu, ancak her zaman böyle olmaz. Gerçekte, malzeme yönetiminde sabit olan tek faktör, hiçbir şeyin statik ve güvenilir olmadığıdır. Örneğin, müşteri talepleri genellikle çok değişkendir ve tedarikçilere, teslimat sözlerini karşılama konusunda güvenilmez.

Malzeme yönetimi konusunda, her türlü üretim malzemeleri stok olarak düşünülür, satın alınan bileşen ve hammaddeler, sarf malzemeleri, prosesler arası stok, işlenmekte olan iş ve nihai ürün dahil olmak üzere. Bu sebeple, şayet malzeme yönetim prensipleri uygulanacak ise, malzeme yönetimi Üretim Planlama, Üretim Yönetimi, Tasarım ve Kalite Güvence ile sıkı ilişkili olarak yakın çalışmalıdır.

### 4.3 Malzeme Yönetiminin Organizasyondaki Yeri

Malzeme yönetiminin organizasyonlardaki yeri firmadan firmaya değişik şekiller göstermektedir. Müstakil bir malzeme yönetimi bölümünün organize edildiği yapılar olduğu gibi, bu fonksiyonun üretim planlama, satın alma gibi organizasyon birimlerinin içinde yer aldığını da görmek mümkündür.

Bazı hallerde ise malzeme yönetimi görevlerinin bir kısmı bir bölümün, diğer bir kısmı ise işletmenin başka bir bölümünün sorumluluğu altına verilebilir. Bu durum, malzeme akış sürecinin, üretimin başından sonuna kadar tüm aşamaları kapsamından ileri gelmektedir. Dolayısıyla entegre edilmiş bir malzeme yönetiminin, işletmenin diğer fonksiyonları ile yoğun bir şekilde işbirliği halinde olması zorunludur.[10]

### 4.4 Malzeme Yönetiminin Görevleri

Malzeme yönetiminin temel fonksiyonlarını;

1. Envanter yönetimi
2. Satın alma yönetimi
3. Taşıma
4. Teslimat
5. Depolama
6. Hurda işlemleri

Başlıkları altında toplamak mümkündür. Bu görevlere ek olarak bazı durumlarda,

7. Giriş kalite kontrolü
8. Üretim Programlama

görevlerini de malzeme yönetiminin sorumluluğu altına sokmak mümkündür.

Bu fonksiyonlardan, envanter yönetimi; ana üretim programı ile imalatı planlanan mamullerin, yapımı için gerekli her çeşit malzeme ihtiyacının planlanması, bu malzemelerin ihtiyaç olduğu zaman elde bulunmasını sağlamak üzere sipariş edilmesi, malzeme ve mamul stoklarının kontrol edilmesiyle ilgili faaliyetlerdir. İzleyen bölümlerde Malzeme yönetiminin beyni olarak kabul edilen Envanter

yönetimi ve Envanter yönetimi sistemlerinin dayandığı bilimsel yöntem ve yaklaşımlar irdelenecektir.[10]

#### 4.5 Envanter Yönetim Sistemi

Envanter yönetim sistemleri çeşitlidir ve malzeme akışını sağlamak üzere “ne zaman” ve “ne kadar” sipariş verileceğini belirlemede kullanılırlar. Envanter yönetim sistemlerinin seçimi, siparişi verilecek olan malzemenin büyük ölçüde talep yapısına bağlı olarak, bir ölçüde de ekonomik veya stratejik olabilen üst yönetim tercihlerine göre yapılmaktadır. Bu seçimlerin yapılmasına temel oluşturan kavramlar aşağıda açıklanmıştır.[10]

##### 4.5.1 Bağımlı talep - Bağımsız talep

Siparişi planlanacak olan malzemenin talep yapısı, envanter yönetimi sisteminin seçiminde rol alan en önemli faktörlerden birisidir.

Talebin bağımsız olması, başka bir mamul veya malzeme talebine bağlı olmaması demektir. Bağımsız talep kesin olarak belli değildir, tahmin edilmesi gerekir. Bu çeşit talep yapısına sahip bir malzemenin kullanımında süreklilik vardır. Şu halde böyle bir malzemenin talep yapısı özelliklerini tanımlamak için, “Bağımsız, belirsiz, sürekli” sıfatlarının üçünü de aynı anda kullanmak mümkündür. Örneğin; mamul talebi, yedek parçaların ve doğrudan imalat için kullanılmayan tüketim malzemelerinin talebi bu yapıdadır.

Bağımlı talep ise, bir başka stok elemanın talebine bağımlı olarak değişen, dolayısıyla bağlı olduğu talep yapısı tespit edildikten sonra , ihtiyaç miktarları kesin olarak hesaplanabilen malzemeler için geçerlidir. Bu çeşit malzeme tüketimi bağımsız talebin tersine, süreklilik göstermez, kesintili ve parti halindedir.

Örneğin bisiklet imal eden bir fabrikada bisiklet talebi bağımsızdır. Bisikletin herhangi bir bileşenine olan talep ise, bisiklet talebine bağlıdır. Mamulün talebi tahmin edilip, üretim programı belli olduktan sonra bileşenin ihtiyacı belirlidir ve

hesaplanabilir. Bileşenin depodan alınıp montaja gönderilmesi de iş emirlerindeki sipariş miktarları kadar olacaktır. Yani bileşen kullanımı partiler halinde ve kesintili olarak gerçekleşecektir. Şu halde bu çeşit bir malzemenin yapısını tanımlamak için “Bağımlı, belirli, kesintili” sıfatlarını kullanmak mümkündür.

#### 4.5.2 Çekme sistemi - İtme sistemi

Bu iki kavram envanter yönetimi sisteminin, çalışma özelliklerini tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Çekme sistemlerinin özellikleri:

- Çekme sistemi; müşterinin talebine bağlı olarak mamulün, dağıtım sistemine doğru çekilmesini gösterir.
- Çekme sistemi gerçek talebe çabuk cevap veren bir yapıdadır.
- Envanteri doldurmak için yapılacak sipariş müşterinin (kullanıcının) gerçek talebi ile harekete geçer.
- Envanterler önceden belirlenmiş sipariş miktarlarına göre, sipariş edilebilir, veya önceden belirlenmiş prensiplere göre değişken miktarlarda sipariş yapılabilir.
- Çekme sistemi genel olarak bağımsız talep yapısında daha uygundur.
- Depolarda veya dağıtım merkezlerinde kapasite kısıtı var ise kullanılması faydalı olur.
- İhtiyaç ile ikmal kaynağı arasında tek yönlü bir haberleşme söz konusudur.
- Stok elemanlarının ayrı ayrı işleme girmesi nedeniyle koordinasyon eksikliği olabilir.

İtme sistemlerinin özellikleri:

- İtme sistemi, müşteri kademesindeki ihtiyaca dayanan bir ana plan ile başlar. Sonra malzeme, bu plana göre ve müşteri ihtiyacını karşılayacak şekilde, zaman fazlı olarak itilir.
- İtme sistemi envanterlerin zaman içinde gelişmesini gösteren bir plana sahiptir.



- Müşterinin gerçek talebi değil, bu talebin tahmini değerleri sistemi harekete geçirir.
- Sistemin malzeme ihtiyacı sıralı ve düzgün bir şekilde karşılanır.
- Müşteri talebindeki değişikliklere çabuk cevap veremez.
- Talep yapısı bağımlı ise uygundur.
- İtme sisteminde koordinasyonu sağlamak kolaydır. Benzer malzeme ihtiyaçları kolayca birleştirilebilir.
- İkmal merkezi ile ihtiyaç noktası arasında çift yönlü bir haberleşme vardır.
- İtme sistemi, boyut ekonomisinin söz konusu olduğu, malzeme yönetim sistemi karışık olan ikmal ve kaynak kapasitesinde belirsizlikler olan üretimlerde fayda sağlar.

#### 4.5.3 Sipariş için envanter - Stok için envanter

Bu kavramlar Envanter Yönetimi sisteminin, stok tutma amacına yönelik olduğunu veya stok biriktirmeden ihtiyaç kadar sipariş verme ilkesini taşıdığını ifade etmek için kullanılır. Eğer birincisi amaç edinilmişse, bu envanter politikası “Stok için envanter”dir. İkinci politika ise “Sipariş için envanter” olarak tanımlanır.

- Genellikle yüksek değerli envanter malzemeleri için “Sipariş için envanter” düşük değerlileri için ise “Stok için envanter uygundur”
- “Sipariş için envanter” politikası, sipariş verme maliyetlerinin ihmal edilecek bir düzeyde olmasını gerektirir. Talep kadar sipariş verileceği için, malzemelerin stokta beklemelerinin maliyeti hemen hemen sıfır olacaktır.
- Oysa stok için envanter malzemeyi stokta tutmanın maliyetinin göz önünde bulundurulmasını ve buna göre optimum düzeylerde stok bulundurma hesaplarının yapılmasını gerektirir.

#### 4.6 Envanter Yönetim Sistemleri

Malzeme yönetiminin temel fonksiyonu olan ve “Ne zaman, Ne kadar” sorularını cevaplandıracak kararların verilmesinde envanter yönetim sistemleri kullanılır. Bu sistemlerde, bağımsız talep bir takım satış tahminleri ile belirlenir ve ölçülür, ve bu

bilgiye dayanarak bağımlı değişkenler ileriki bölümlerde açıklanan tekniklerden biri kullanılarak belirlenir. Bu gibi teknikler -mümkün olduğunca- malzeme stoklarının talep şablonuyla eşleşeceğini temin etmek için kullanılabilir. Bunlar;

1. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) (Material Requirement Planning - MRP)
2. Stok yenileme politikaları

ve bazı durumlarda bu tekniklerin bir kombinezonu da kullanılabilir.[12]

#### 4.6.1 Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

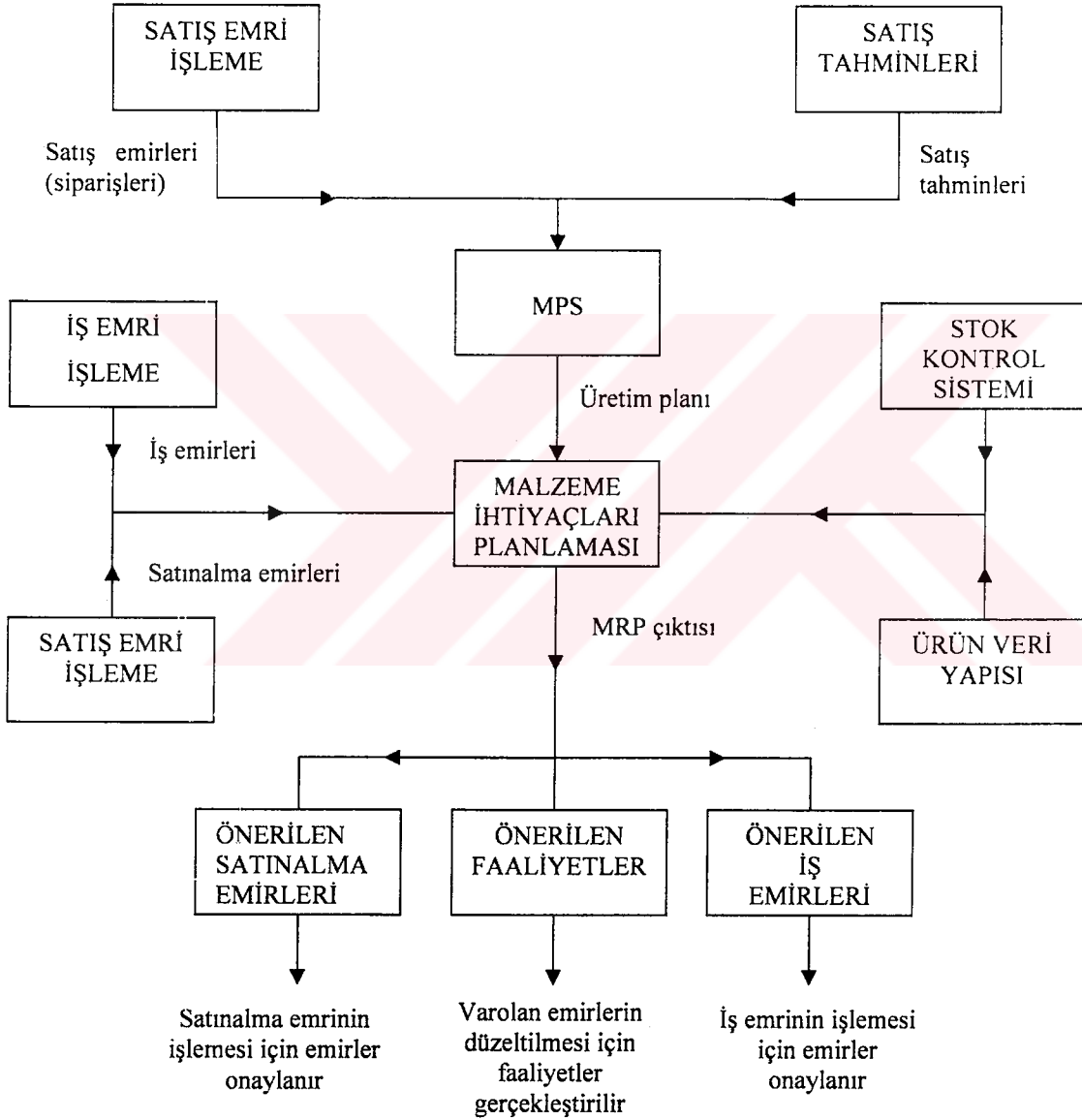
MRPII (manufacturing resource planning – imalat kaynakları planlaması) ile karıştırılmaması gereken MRP, güçlü, düşük-maliyetli bilgisayarların gelişmesi sebebiyle bugünkü haliyle elverişli bir teknik olmuştur. Çünkü MRP'nin çalışması, makul bir sürede gerçekleştirilmesi gereken büyük çapta işlemler gerektirir ve bu insan beyninin kapasitesinin çok ötesinde bir iştir.

MRP sisteminin işleyiş tarzının şematik tarzı Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Temel olarak MRP MPS (master production schedule – ana üretim çizelgesi) olarak adlandırılan dosyaya kaydedilmiş, genellikle siparişlerin ve tahminlerin bir kombinasyonu olan bağımsız taleplere bakar. MRP daha sonra bu talebi, malzeme listesindeki ürün yapısına göre bir dizi 'toplam ihtiyaç'a parçalar.

Bu toplam ihtiyaçlar, MPS ihtiyaçlarını karşılamak için şayet stokta yoksa veya henüz açık satınalma / iş emri yoksa satın alınması veya üretilmesi gerekli olacak tüm malzeme, bileşen ve alt bileşenlerdir. Ancak bu nadir bir durumdur, ve bu sebeple MRP toplam ihtiyacı varolan stoklarla ve açık siparişlerle karşılaştırarak muhtemel açıkları hesaplar. Bu açıklar “net ihtiyaçlar” olarak bilinir.

Bu açıkları halletmek için MRP daha sonra çeşitli önerilerde bulunur ki bunlar üç türden birine girer:

- hiç stoku olmayan veya varolan stoku yeteri kadar büyük olmayan parçalar için satınalma emirleri oluştur.
- hiç açık iş emri olmayan veya açık iş emirleri yeteri kadar büyük olmayan parçalar için iş emri oluştur.
- açık satınalma ve iş emirlerindeki miktarı azaltmayı veya iptal etmeyi, şayet miktar ihtiyacıdan fazla ise, önermek



Şekil 4.1 Bir MRP sisteminin işleyişi

Eğer emir kısmen işlenmiş ise emri iptal etmek veya miktarı azaltmak önerisi kabul edilebilir olmayabilir, böyle durumlarda öneri görmezden gelinir. Ancak ilgili emir

bir emir çizelgesinin parçası ise, çizelgeyi düzeltmek amacıyla bu öneri kullanılabilir.

Ancak MRP sadece malzeme ihtiyaçları hesap edicisi değildir. Gereksinimlere bakıp faaliyetleri önerdiğinde bu faaliyetlerin ne zaman uygulanmasını öneren bir çizelgeleme aracıdır da. Diğer bir ifade ile, parçaların ihtiyaç duyulduğu zamanda tamamlanmasını veya teslim alınmasını sağlayan, iş ve satınalma emirlerinin tarihlerini önerir.

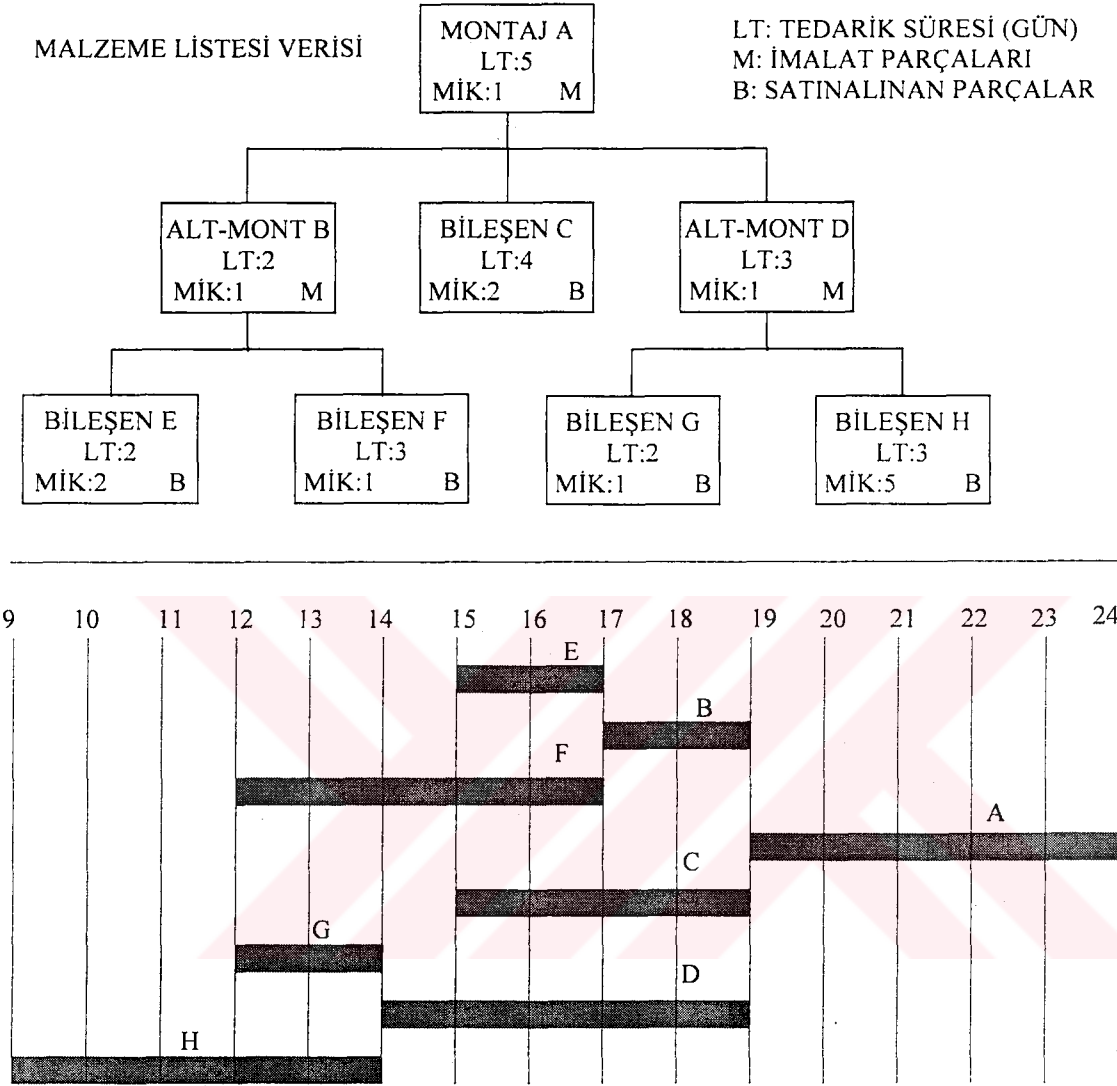
Bu, şayet ilgili parçanın malzeme listesi, MRP'nin çalışması esnasında kullanacağı satınalma veya üretim tedarik sürelerini içeriyorsa yapılabilir. Bu işlem, malzeme listesindeki her parçanın nasıl bir tedarik süresine ve parçanın satın alındığını mı (B) yoksa üretildiğini mi (M) belirten bir kod numarasına sahip olduğunu gösteren Şekil 4.2'de ifade edilmiştir. Bu aynı zamanda en üst seviyedeki montajın bitiş tarihinden geriye doğru çizelgeleyerek, daha alt seviyedeki tüm parçaların başlama ve bitiş tarihlerinin nasıl belirlendiğini de gösterir.

Montaj A bağımsız talep parçasıdır ve bu talep 15 birim olarak, Şekil 4.3'de gösterildiği gibi sadece bir sonraki periyodun (geçikmiş artı 4. Periyot) gereksinimlerine dayanarak ana üretim çizelgesinden (MPS) alınmıştır.[13]

Şekil 4.2'deki örnekte, her ne kadar gerçek hayatta uygulanmasa da, aşırı karmaşıklığı önlemek için belirli kabuller yapılmıştır. Örneğin;

1. Fire toleransı, minimum sipariş/parti büyüklüğü veya sipariş çarpanı gibi faktörlerle değiştirilecek sipariş miktarlarının net ihtiyaçlara eşit olduğu farz edilmiştir.
2. Net ihtiyaçlar sadece birer periyotluk olarak farzedilmiştir, ancak bunlar, gerekli miktarları daha ekonomik yapmak için birkaç periyot guruplandırılabilir.
3. Malzeme listesindeki tüm parçaların MRP ile kontrol edildiği farzedilmiştir, gerçekte ise bazı parçalar diğer bazı stok yenileme politikaları ile kontrol edilebilirler.

4. Açık olan herhangi bir emrin olmadığı kabul edilmiştir. gerçekte ise MRP gereksinimleri önce bu emirlerden karşılamaya çalışacaktır.



23 Nisan 1994 tarihinde A montajı için 15 birimlik talep vardır ve stok durumu Tablo 4.1 de gösterilmiştir. B-H parçaları için açık emirler bulunmamaktadır.

Şekil 4.2 MRP'de siparişleri çizelgeleme

TABLO 4.1 (Gereksinimler)

Parça	Bürüt ihtiyaç	Varolan stok	Net ihtiyaç
A	15	0	15
B	15	0	15
C	30	5	25
D	15	0	15
E	30	8	22
F	15	0	15
G	15	2	13
H	75	40	35

TABLO 4.2 (Önerilen Emirler)

Parça	Emir türü	Net ihtiyaç	Başlama tarihi	Bitirme tarihi
A	M	15	19/4/94	24/4/94
B	M	15	17/4/94	19/4/94
D	M	15	14/4/94	19/4/94
C	B	25	15/4/94	19/4/94
E	B	22	15/4/94	17/4/94
F	B	15	15/4/94	17/4/94
G	B	13	12/4/94	14/4/94
H	B	35	9/4/94	14/4/94

		ÜRETİM PERİYODU - 1994											
ÜRÜN	VADESİ GEÇMİŞ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
		MONTAJ A	SİPARİŞLER	3	10	8	4	2	1	0	0	0	0
	TAHMİNLER	0	2	5	6	11	14	14	12	11	12	14	13
	TOPLAM	0	12	13	12	13	15	14	12	11	12	14	13
MONTAJ B	SİPARİŞLER	6	18	21	12	9	4	1	0	0	0	0	0
	TAHMİNLER	0	3	0	6	10	16	21	22	21	19	18	20
	TOPLAM	6	21	21	18	19	20	22	22	21	19	18	20
MONTAJ C	SİPARİŞLER												
	TAHMİNLER	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
	TOPLAM												

Şekil 4.3 Ana Üretim Çizelgesinin Tipik Bir Formatı

#### 4.6.1.1 Sipariş miktarları

MRP sistemi kullanıcıya, sipariş miktarlarını düzenleyen bir dizi "MRP politikası" ayarlamaya imkan tanır, örneğin:

- Fire Toleransı : bir parçada tahmin edilebilir seviyede firenin söz konusu olduğu ve bunların ortadan kaldırılmasının mümkün olmadığı (çubuk sonları gibi) durumlarda bir tolerans faktörü, genellikle yüzde şeklinde MRP sistemine girilir (örneğin 1.04'lük faktör %4'lük fireye izin verir).
- Sipariş çarpanı : bir parça çoklu birimlerle satılıyorsa veya belli büyüklükteki malzemelerden birçok parça yapılıyorsa (50'lik kutu veya standart büyüklükteki çelik levhadan 12 birimlik kesim) MRP sistemine bir sipariş çarpanı girilebilir.
- Minimum miktar : ekonomik veya başka sebeplerle bir parti minimum olarak ayarlanmışsa bu MRP sistemine girilebilir

Bu prosesin işleyişi, Şekil 4.2'deki net ihtiyaçlara dayanılarak Tablo 4.3'de gösterilmiştir. İşleyiş metodu, doğru sipariş miktarını belirlemek için sistem tarafından kullanılacak kuralları düzenleyen algoritma olarak bilinen şeye dayandırılır.

Genel olarak bir parçanın net ihtiyaçlarına dayanan üç politikadan her birine göre sipariş miktarını hesaplayarak işler ve en yüksekini seçer. Daha sonra bu değeri diğer iki politika ile test ederek gerek olursa bu değeri ayarlar.

Örneğin Tablo 4.3’de G için üç politika da normal değerinden büyüktür, eğer tüm bu politikalar uygulanacak olsa sipariş miktarları 15.5 (fire faktörü), 16 (sipariş çarpanı) ve 17 (minimum miktar) olarak bulunur ve en düşük olan 17 seçilir. Ancak bu sipariş çarpanı politikasını karşılamaz bu sebeple tüm politikaları karşılayabilmek için sipariş miktarı 20’ye yükseltilir.

Tablo 4.3 Politikalar için sipariş miktarı dönüştürmeleri

Parça	Net ihtiyaçlar	Fire Toleransı	Sipariş Çarpanı	Minimum Miktar	Sipariş Miktarı
A	15	1,00	1	12	15
B	15	1,02	1	12	16
C	30	1,00	8	24	32
D	15	1,05	3	12	18
E	30	1,00	1	24	30
F	15	1,00	2	12	16
G	15	1,05	4	17	20
H	75	1,00	8	60	64

#### 4.6.1.2 Net ihtiyaçlar

Şekil 4.2’deki örnekte net ihtiyaçların sadece bir periyodu karşıladığı, örneğin 1994’ün 4. periyodu (Şekil 4.3), varsayılmıştır, A montajı için talep gecikmiş değerler de dahil olmak üzere 15’tir. Bu ‘lot for lot’ olarak bilinir ve parti büyüklüğünün ekonomikliğini ihmal eder. Bununla birlikte MRP’nin, daha da ileri giderek, daha ekonomik parti miktarları için sipariş ayarlaması yapmasına izin verilerek daha pratik düşünülür. Bunu başarmak için birçok MRP sistemi, işlem için görülebilir olması gereken zaman periyotlarının sayısını belirleme özelliğini içerir. Bu özelliğin işleyiş yolu Tablo 4.4’de, daha önce kullanılan ana üretim çizelgesine dayanarak gösterilmiştir, ancak karmaşıklığı önlemek için alt montajların ve bileşenlerin başka montajlarda kullanılmadığı varsayılmıştır. Varsayımın geçerliliği olmadığı kuvvetle muhtemeldir ve bir alt montajın hangi ürünlerde kullanıldığını gösteren Şekil 4.4’te, bunun ihtiyaçlar üzerindeki etkisi gösterilmiştir; bu ‘kullanıldığı parçalar’ listesi olarak bilinir ve bu temel üzerinde tüm ihtiyaçlar belirlenebilir

Tablo 4.4 Zaman periyotları birleştirildiğinde sipariş miktarı dönüştürmeleri

Parça	Zaman Peryodu	Net İhtiyaçlar	Fire toleransı	Sipariş çarpanı	Minimum miktar	Sipariş miktarı
A	2	28	1,00	1	12	28
B	2	28	1,02	1	12	29
C	2	56	1,00	8	24	56
D	2	28	1,05	3	12	30
E	2	56	1,00	1	24	56
F	2	28	1,00	2	12	28
G	2	28	1,05	4	17	32
H	2	140	1,00	8	60	144

#### 4.6.1.3 MRP kapsamına girmeyen parçalar

Şu ana kadar, şayet bir MPS/MRP sistemi kurulmuş ise, tüm bağımsız talep parçalarının ana üretim çizelgesinde ve hem bağımsız hem de bağımlı parçaların MRP tarafından yönetildiği kabul edilmişti, ancak bunun böyle olması zorunlu değildir. Belirli imalat şirketlerinde düşük maliyetli, yüksek kullanımlı parçaların stok yenileme politikası ile kontrol edilmeleri daha uygundur. Örneğin 'kitle sistemi' işlemekte ise bu kategorideki parçalar MRP sistemine dahil edilmezler, ki genellikle bağımlı talep parçalarıdır.

Kitle halinde işlem gören parçalar, ihtiyaç için bir iş emriyle ilişkili olarak belirli miktarlarda satın alınan parçalardan ziyade kitle halinde işlem gören bileşen ve malzemeler olarak tanımlanabilir. Bu tür parçalar bir iş tezgahında veya bir üretim hattı boyunca tutulabilir ve herhangi bir iş için gerektiği kadar kullanılabilir. Bu tür parçalar küçük vidalar, somunlar, civatalar, temizleyiciler veya kaynak çubukları, yapıştırıcı tüpleri gibi sarf malzemeleri olabilir.

Bunlar ürünün bir parçası oldukları için, kitle halinde (çok miktarda) alınan malzemeler malzeme listesinde görülmelidir, fakat "kitle olarak işlem görür" şeklinde işaretlendiğinden MRP çalıştırıldığında ihmal edileceklerdir ve ihtiyaç listesine dahil edilmeyeceklerdir.



ÜRETİM PERİYODU - 1994

ÜRÜN	VADESİ GEÇMİŞ	VADESİ											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
MONTAJ A SİPARİŞLER	3	10	8	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0
TAHMINLER	0	2	5	6	11	14	14	12	11	12	14	14	13
TOPLAM	0	12	13	12	13	15	14	12	11	12	14	14	13
MONTAJ B SİPARİŞLER	6	18	21	12	9	4	1	0	0	0	0	0	0
TAHMINLER	0	3	0	6	10	16	21	22	21	19	18	20	20
TOPLAM	6	21	21	18	19	20	22	22	21	19	18	20	20
MONTAJ C SİPARİŞLER													
TAHMINLER	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
TOPLAM													

TABLO 1 (En üst seviye net ihtiyaçlar)

Parça	Zaman Periyodu	Netiht (MPS'den)
ONTAJ A	1	15
MONTAJ B	2	48
MONTAJ C	2	30
MONTAJ D	1	18
MONTAJ E	3	64
MONTAJ F	2	32
MONTAJ G	1	16
vs.	vs.	vs.

TABLO 2 (montajlarda kullanılan bileşenler/alt montajlar)

Parça	Emir Tipi	Montajda Kullanılan Mikter						
		A	B	C	D	E	F	G
ALT-MNTJ B	M	1	0	0	1	0	0	1
ALT-MNTJ D	M	1	1	0	0	0	0	0
BİLEŞEN C	B	2	0	2	0	0	2	0
BİLEŞEN E	B	2	0	0	2	2	0	2
BİLEŞEN F	B	1	0	0	1	0	0	1
BİLEŞEN G	B	1	1	0	0	0	0	2
BİLEŞEN H	B	5	5	0	0	0	8	0
vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.

TABLO 3 (montaj için gerekli bileşen/alt montajlar)

Parça	Montaj tarafından iht. duyulan mik.							Top.
	A	B	C	D	E	F	G	
ALT-MNTJ B	15	0	0	18	0	0	19	49
ALT-MNTJ D	15	48	0	0	0	0	0	63
BİLEŞEN C	30	0	60	0	0	64	0	154
BİLEŞEN E	30	0	0	36	64	0	32	162
BİLEŞEN F	15	0	0	18	0	0	16	49
BİLEŞEN G	15	48	0	0	0	0	32	32
BİLEŞEN H	75	240	0	0	0	8	0	315
vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.

Şekil 4.4 Değişken zaman periyotlarına göre net ihtiyaçların dönüştürülmesi

#### 4.6.1.4 Varolan açık emirlerin dengesi

Gereksinimleri belirledikten sonra MRP, her ihtiyacı karşılamanın en ekonomik yollarını arar. Bu sebeple eğer mümkünse, varolan atanmamış stoklar atanacaktır fakat bu yetersiz ise MRP daha sonra açık emirlerin dengesine bakacaktır. Bazı durumlarda bu emirler, bir satış emri formunda belirli bir talep içindir. Bu durumda başka bir gereksinim için kullanılacak artık bir miktarın olup olmadığını görmek için MRP, satış emirlerindeki gerçek talep ile iş ya da satınalma emirlerindeki gerçek miktar karşılaştırılabilir şekilde ayarlanmalıdır.

Bununla birlikte eğer lot izlenebilirliği işler halde ise veya başka sebeplerle bu yaklaşım kabul edilebilir olmayabilir, bu sebeple bir sipariş bir talep için ayrılmamışsa veya stok için emir verilmişse (veya iptal edilmiş satış emri) MRP sadece iş veya satınalma emirlerine bakacaktır.

Bu karmaşık bir alandır ve en iyi Şekil 4.5'teki gibi bir akış diyagramıyla ifade edilebilir.

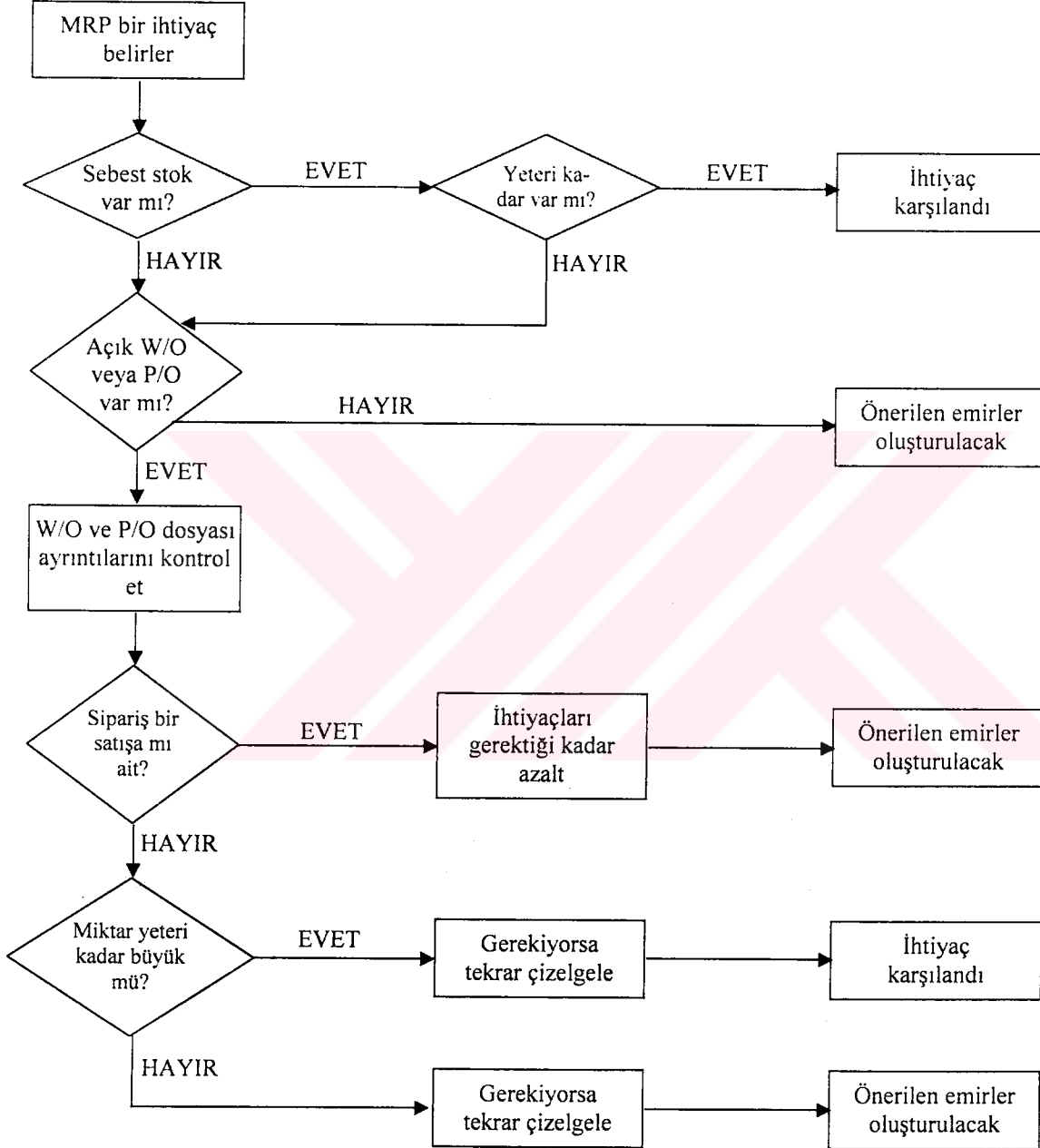
#### 4.6.1.5 MRP türleri

Birçok bilgisayar destekli üretim sistemi bir MRP modülünü içerir, fakat bunlar karmaşıklık derecesine ve elverişli özelliklerine göre önemli derecede farklılık gösterebilirler, bu MRP türleri aşağıda açıklanmıştır.

##### 4.6.1.5.1 Temel MRP

Bir temel MRP sistemi, ana üretim çizelgesini otomatik üretmek için satış emri işleme modülüne bağlı değildir. Bunun yerine kullanıcıdan her periyot için MPS verilerini girmesini ister. Bu, sipariştan ziyade, ürettiği makineleri stoktan satan bir şirket için ideal olabilir.

Bundan ayrı olarak temel MRP daha önce açıklandığı gibi işler, MPS taleplerini net ihtiyaçlara ayırır ve daha sonra stoka ve satınalma/iş emirlerine bakıp yeni ihtiyaçların oluşturulmasını önerir. Ancak, belki de bu emirleri oluşturmak yerine, yalnızca gerek duyulan emirlerin detaylarını listeler.



Şekil 4.5 MRP prosesinin akış diyagramı

#### 4.6.1.5.2 Standart MRP

Standart bir MRP sistemi muhtemelen satış emri işleme modülüne bağlantılı olacaktır ve böylece satış emirleri otomatik olarak MPS'e kopyalanır, fakat satış

tahminleri manuel olarak ayarlanmalıdır. Böyle bir sistem parti tipi kuralları ve MRP politikalarını içerir ve gerektiğinde onaylanmış emirlere dönüştürülebilen, önerilen satınalma ve iş emri oluşturur. Bu aynı zamanda belirli emirlerin öne alınması, ertelenmesi veya iptal edilmesini öneren faaliyet raporu da içermelidir.

#### 4.6.1.5.3 Tam MRP

Tam bir MRP sistemi, standart bir MRP'nin içerdiği tüm özellikleri içerir ve buna ilave olarak örneğin, MPS'deki bir grup ürünü seçerek, kullanıcı tarafından belirlenmiş MRP çalıştırmalarına imkan sağlar. Aynı zamanda , zaman miktar büyüklüklerini seçmede daha fazla esneklik sağlayacaktır ve böylece verilen bir periyot üzerinden miktarlar farklı büyüklükte olabilir.

Tablo 4.5 net değişiklikle ve tam yeniden oluşturmali MRP tanımı

<b>Net değişiklikler</b>	Net değişiklikleri gösteren MRP, önceki MRP çalışmasına dayanarak, o çalıştırmada kullanılan tüm verileri inceler ve herhangi bir değişiklik varsa bunu göz önünde tutarak işler. Daha sonra yeniden çalışarak bu değişiklikleri hesaba katar ve değiştirilmesi veya onaylanması gerekli faaliyetleri veya emirleri önerir. Bu tam çalışmadan önemli derecede daha hızlıdır.
<b>Yeniden oluşturmali</b>	Tam yeniden oluşturmali MRP önceki MRP çalıştırmalarını ve bu çalıştırmalarla ilgili verileri ihmal eder ve bu önceden önerilmiş olanların yerine tamamen yeni, değiştirilmesi veya onaylanması gereken bir dizi önerilen faaliyetler ve emirler oluşturur.

Son olarak, tam MRP kullanıcıya ya “net değişiklikler” ya da “tam yeniden oluşturmali” MRP çalıştırmasını ihtiyaca göre imkan sağlar. Bu Tablo 4.5’de tanımlanmıştır. Genel olarak her iki sistem de elverişli ise, net değişiklikler seçeneği haftada iki veya üç kez çalıştırılabilir ve tam seçeneği ise haftalık veya dört gecede bir çalıştırılabilir.

#### 4.6.2 Stok yenileme politikaları

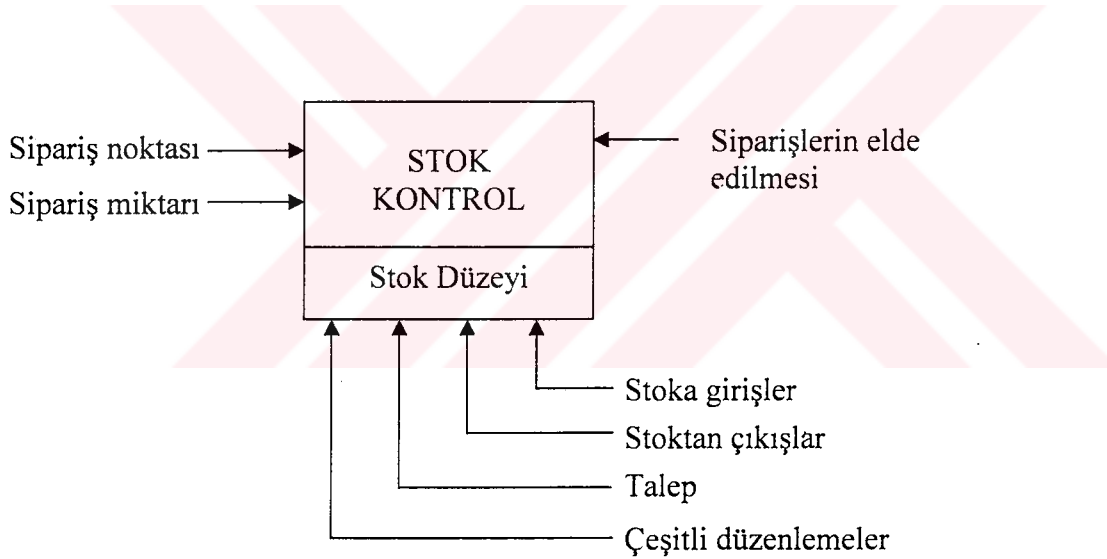
Bazı parçalar MRP ile kontrol edilmeyebilir, örneğin kitle halinde – çok fazla – kullanılan (değersiz) parçalar. Bu gibi parçalar “MRP kapsamına girmeyen” olarak işaretlenir ve aşağıdaki gibi bazı stok yenileme politikaları ile kontrol edilir.[10]

1. yeniden sipariş noktası
2. yeniden sipariş döngüsü
3. yeniden sipariş noktası ve döngüsünün bileşimi

#### 4.6.2.1 Stok kontrol karar destek sistemi

Tipik bir stok kontrol karar destek sisteminde, veri kütükleri, programlar ve kararlara esas olacak raporlar yer almaktadır. Verilerin hazırlanmasına temel oluşturacak olan kayıtlar esas itibariyle şöylece sıralanabilir: (Şekil 4.6)

1. Eldeki mevcut miktar
2. Sipariş edilmiş olan miktar
3. Karşılanmamış talep için ayrılmış olan miktar
4. Kullanılabilir stok miktarı



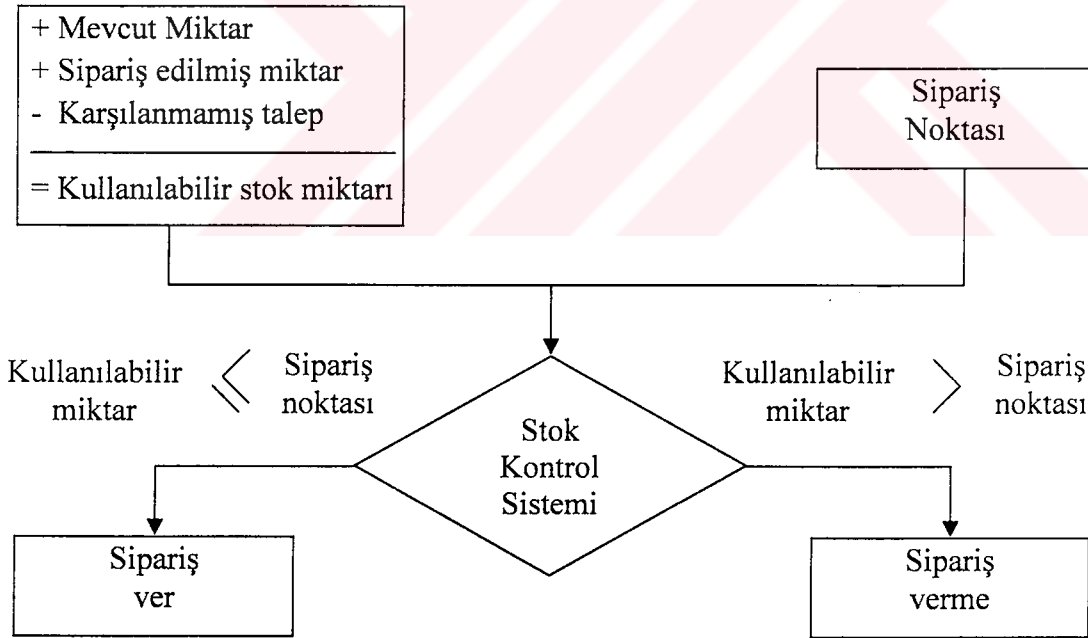
Şekil 4.6 Stok Kontrol Sistemi Parametreleri

İşletmenin, belirli bir mala olan ihtiyaçlarını karşılamak için ne zaman ve ne kadarlık bir sipariş verileceğinin kararı bir sayı çifti (sipariş noktası ve sipariş miktarı) ile belirlenebilir. Öte yandan siparişin ne zaman verileceği kararı ise iki temel yöntemden birisi kullanılarak alınabilir:

Bunlardan birincisinde, stok miktarı, sipariş verme noktasına (siparişin verilmesini gerektirecek olan stok düzeyi) eşit olduğunda veya bundan küçük olduğunda sipariş verilmelidir (Şekil 4.7).

Sipariş vermede kullanılabilir olan ikinci temel yöntem, siparişlerin belirli zaman aralıklarında verilmesidir. Siparişin ne zaman veya hangi aralıklarda verileceği kararlaştırıldıktan sonra, ne miktarda sipariş verileceği sorusu akla gelir.

Sipariş miktarının belirlenmesinde de iki temel yöntem vardır: bunlardan en basit olanı, önceden belirlenmiş olan bir miktarın sipariş edilmesidir. Örnek olarak 15 günlük ihtiyaç olan 120 birimin sipariş edilmesi gibi. Ancak, özellikle siparişlerin verilme periyodunun kontrol edilebilir türden bir değişken olarak alınması durumunda, sipariş miktarı da değişken olabilmektedir. Bu konular ve benzerleri. aşağıda anlatılan politikalarda detaylı olarak incelenecektir.[14]



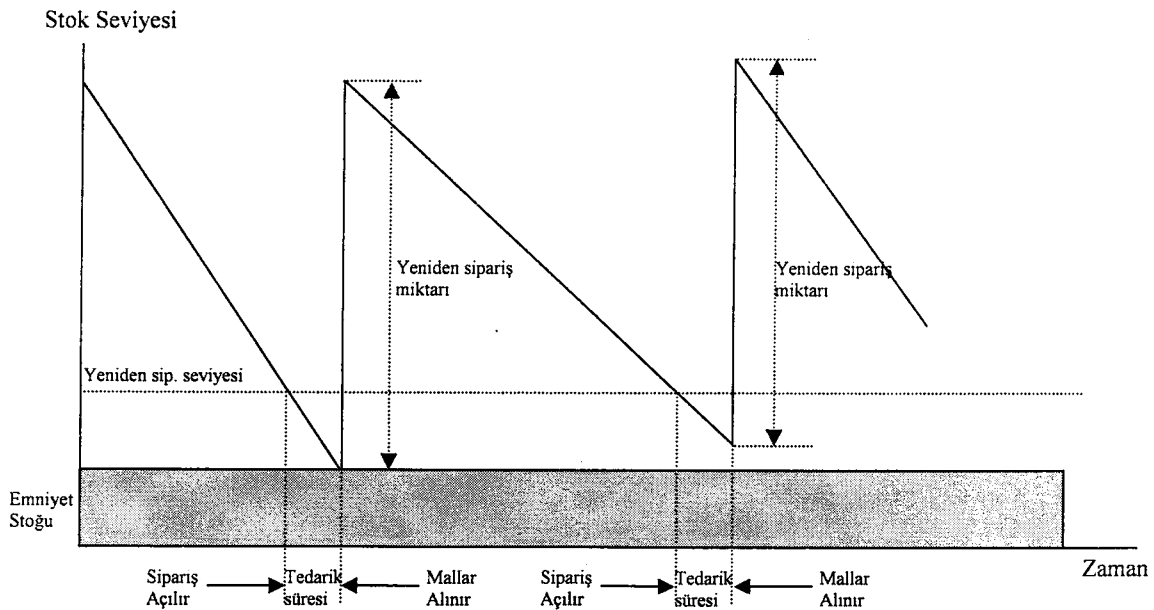
Şekil 4.7 Sipariş için karar vermede birinci yöntemin lojik diyagramı

#### 4.6.2.2 Yeniden sipariş noktası (Sürekli gözlem politikaları)

Bu bir yönüyle “maks-min” diye anılan sisteme benzer ki amaç, stok miktarını maksimum değer ile minimum değer arasında korumaktır, fakat bu durumda her iki değer yeniden sipariş seviyesi ve yeniden miktarı olarak bilinir. Bu sistemin çalışma prensibi ise basitçe şöyledir. Zaman geçtikçe talep stoktan yer, ta ki stok yeniden sipariş seviyesinin altına düşene kadar. Bu noktada yeniden sipariş miktarı diye belirlenen miktarda sipariş açılır ve tedarik süresi boyunca mallar alınana kadar talep stoku azalır. Böylece stok kabul edilebilir bir seviyeye gelir. Aşağıdaki konularda sürekli kontrol sistemlerinin başlıcalarının çalışma şekilleri açıklanacaktır.[10]

##### 4.6.2.2.1 Basit stok kontrol sistemi

Bu sistemde her stok elemanının stok durumu devamlı olarak izlenir. Stoka giriş ve çıkışlar kaydedilir, her giriş ve çıkışın stok balansına (seviyesine) olan etkisi anında hesaplanır. Sipariş kararının verilebilmesi için, sistemin çalışma planını oluşturan parametrelerin önceden belirlenmesi gerekir. Bu parametreler; “Q” sipariş miktarı (hacmi) ile, “r” sipariş verme seviyesidir. Stok balansı r ' ye veya altına düştüğü anda yeni bir sipariş verilir. Şekil 4.8 bu esasa göre planlanmış bir stok sisteminin teorik davranışını göstermektedir.



Şekil 4.8 Basit Stok Kontrolü Çalışma Planı

Görüldüğü gibi stok seviyesi  $r'$  düzeyine indiği zaman sipariş verilmekte ve bu sipariş  $L$  süresi sonunda gelmektedir. Bu sistemin çalıştırılabilmesi için:

- $Q$  sipariş miktarının seçilmesi
- $L$  temin süresinin tahmini
- $r$  sipariş verme seviyesinin hesabı
- Her stok elemanı için stok kayıtlarının tutulması

gerekir.  $Q$  sipariş miktarı Ekonomik Sipariş Miktarı teoremi yardımıyla hesaplanabilir, veya tecrübelerin ışığında belirlenen pratik değerler olarak da seçilebilir.  $L$  temin süresi satın alma yoluyla stoklanan malzemeler için, tecrübelere göre tahmin edilebilir. İmalat durumunda ise  $Q$  kadar mamulün yapımı için gereken imalat zamanı olarak hesaplanır.  $r$  seviyesi ise,  $L$  süresi içindeki ortalama talebi belirli bir emniyetle karşılayacak miktarda olmalıdır.

Basit stok kontrolünün başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için  $r$  ve  $Q$ 'dan başka iki kontrol parametresinin daha tanımlanması yararlıdır. Bunlar;

- Minimum stok düzeyi
- Maksimum stok düzeyi

Minimum stok düzeyi, stokların negatife düşme riskini önlemek amacıyla, tanımlanan bir ikaz işaretidir. Minimum stok düzeyi, emniyet stoku kadar alınabilir, fakat şart değildir. Emniyet stoku temin süresindeki tüketimin ortalama tüketimden fazla olması durumunda riski önlemek amacıyla bir pay olarak bulundurulur ve kabul edilen risk düzeyine göre istatistik olarak hesaplanabilir. Başka bir deyişle emniyet stoku, riski önlemek için bir paydır. Maksimum stok ise dikkati çekmek için kullanılan bir işarettir. Maksimum stok düzeyi de minimum stok düzeyi gibi ikaz ışığı olarak kullanılır. Stokların kabarmakta olduğunu, gerekli önlemlerin alınması gerektiğini haber verir ve yaklaşık olarak  $(r+Q)$  olarak tanımlanabilir.



### **Basit stok kontrolünün düzgün çalışması için gerekli olan koşullar**

Basit stok kontrolü belirli bazı değişim özelliklerine sahip stok elemanları için başarı ile uygulanabilir. Örneğin;

1. Ortalama talebin belirli ve düzgün olması
2. Stok çıkışlarının küçük partiler halinde olması
3. Stok girişlerinin tam partiler halinde olması
4. Temin süresinin fazla uzun olmaması

durumlarında ideal bir sistemdir. Bu koşulların sağlanamaması halinde ise, ya sistemin çalışmasında aksaklıklar ortaya çıkar, veya ekonomik olmayan bazı sonuçlara katlanmak gerekir.

#### **1.Ortalama talebin belirli ve düzgün olması**

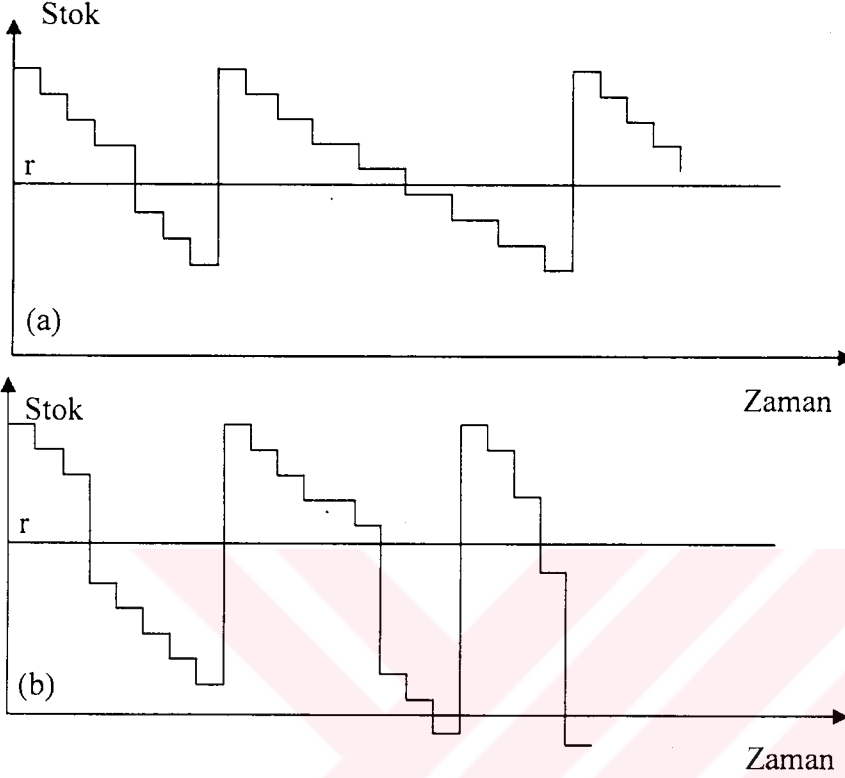
Ortalama talep belirli ve düzgün olmadığı takdirde sistemin çalışması için gerekli olan  $Q$  sipariş miktarını bilimsel yöntemlerle hesaplamak mümkün olmaz.  $r$  hesabının yapılması da talep yapısının belirli olmasına bağlıdır. Bu yüzden talep değişimi bilinmeli ve ortalama olarak hızı sabit olmalı, büyük sapmalar göstermemelidir.

#### **2.Stok çıkışları küçük partiler halinde olmalıdır**

Stok çıkışlarının küçük partiler halinde olması durumunda teorik çalışma planına yakın bir çalışma şekli elde edilebilir. Böylece  $r$  sipariş verme seviyesini yakından kontrol etmek mümkün olur. Şekil 4.9. (a) bu durumu göstermektedir.

Şekil 4.9. (b)' de ise bu durum farklıdır. Stoktan çekilen bir parti malzemenin stok seviyesini birden bire  $r$ 'nin çok altına düşürmesiyle, yeni partinin temin edildiği süre içindeki talebin bir kısmının zamanında karşılanamaması durumu ortaya çıkmıştır. Bu da çok doğaldır. Uniform bir stok çekişine göre tasarlanmış sistemin, talep hızındaki değişikliklere ayak uydurması beklenemez. Böyle bir talep yapısı var ise,

emniyet stoku fazla tutulabilir. Ancak talep yapısı düzgün olduğu halde, ihtiyaçların birleştirilerek stoktan çekilmesi gibi bir uygulama yapılmamalıdır.



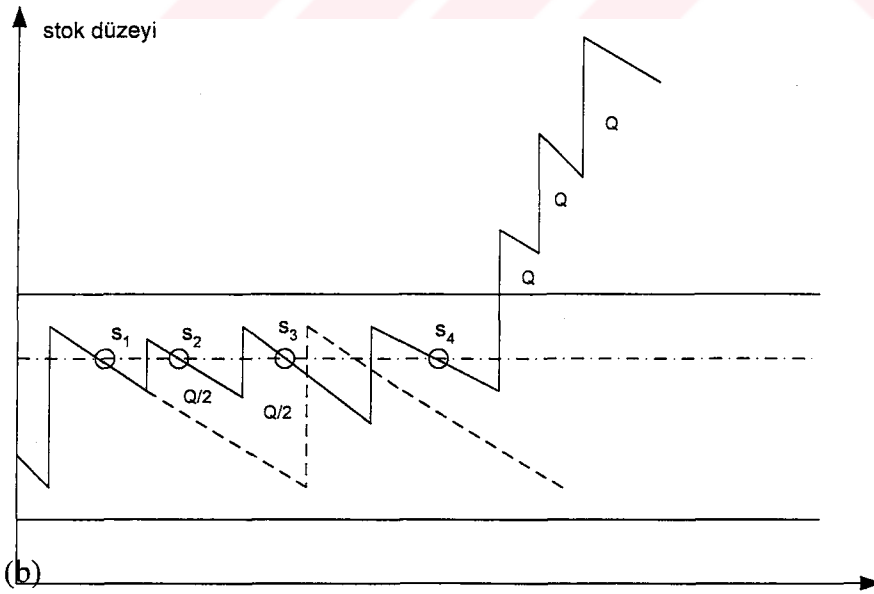
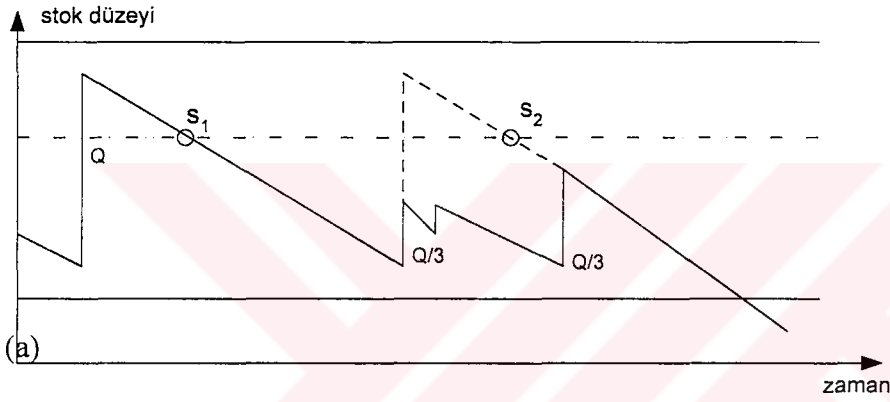
Şekil 4.9 Çıkış hacimlerinin stok sistemine etkisi

### 3. Stok girişleri tam partiler halinde olmalıdır

Stok girişlerinin tam partiler halinde olmaması, bazı hallerde stok seviyelerinin giderek azalmasına, bazı hallerde ise artmasına sebep olabilir. Bu olay şekil 4.10 ile açıklanmıştır. (a) durumunda  $S_1$  'de yapılan  $Q$  siparişinin üç parti halinde gelmesiyle,  $S_2$  'de yapılması gereken sipariş yapılamamıştır. Bu nedenle, stokların gittikçe azalması ve nihayet talebin karşılanamaması söz konusu olmuştur. (b) de ise durum tersine gelişmiştir. Yarım partiler siparişlerin sık sık verilmesine, dolayısıyla stokların normalin üstüne çıkmasına sebep olmuştur.

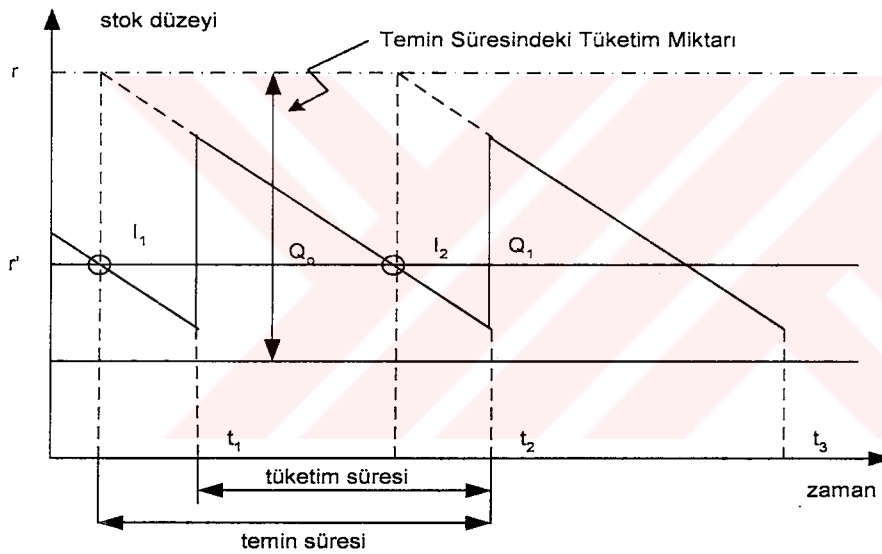
#### 4. Temin süresi, tüketim süresinden büyük olmamalıdır.

Bir stok elemanın tüketim süresi, sipariş edilen miktar ile belirlenir.  $Q$  sipariş miktarı,  $D$ : birim zamandaki ortalama talep ise ortalama tüketim zamanı  $t=Q/D$ 'dir. Temin süresi ise kontrol edilemeyen bir dış parametredir.  $Q$  miktarı ekonomik kriterlere göre hesaplanmış ise ve bu değere göre ortaya çıkan  $t$  süresi  $L$ 'den küçük ise, basit stok kontrolünü uygulamak mümkün değildir. Çünkü stokun seviyesi, hiçbir zaman temin süresindeki talep kadar olamayacaktır. Şekil 4.11 bu durumu açıklamaktadır.



Şekil 4.10 Stok Girişlerinin Kesikli Olmasıyla Ortalama Stok Düzeyi Dengesinin Bozulması

Teorik olarak  $Q$ 'dan küçük ve örneğin Şekil 4.11 ile temsil edilen sistem için  $r$ 'den farklı bir ( $r'$ ) değeri hesaplanabilir. Bu durumda  $I_1$  noktasında verilen bir  $Q_1$  siparişi  $t_2$  anında  $I_2$  noktasında verilen  $Q_2$  siparişinin ise  $t_3$  noktasında sisteme girmesi sağlanabilir.  $t_1$  noktasında giren partinin ise daha önceden, sipariş edilmesi gerekir. Şu halde bir parti kullanılacağı dönemi izleyen dönemden önceki dönemde sipariş edilebilir. Bu şekilde bir sipariş geri kalması durumu ortaya çıkmaktadır.  $L$ 'nin  $t$ 'den büyük olması durumunda, bu geri kalmanın mertebesi artacaktır. Örneğin, bir dönemin talebini 2-3 dönem önceden sipariş etmek gerekecektir. Böyle bir sistemin çalıştırılması ve kontrolü basit bir sistem içinde zordur. çeşitli aksaklıklar ortaya çıkabilir.[10]



Şekil 4.11 Temin Süresi – Tüketim Süresi İlişkisi

### Basit stok kontrol sisteminin yararları ve sakıncaları

#### Yararları;

- (i) Basit stok Kontrolü ile bütün malzemelerin stok durumlarını çok yakından izleyerek, sistemin davranışının değiştiğini gösteren belirtileri anında yakalamak ve gerekli tedbirleri zamanında almak mümkündür.
- (ii) Sipariş miktarlarının ESM teoremi yardımıyla hesaplanması durumu, toplam envanter maliyetleri açısından, oldukça ekonomik bir sistem oluşturur.

(iii) Uygulaması basit ve kolaydır.

#### Sakıncaları;

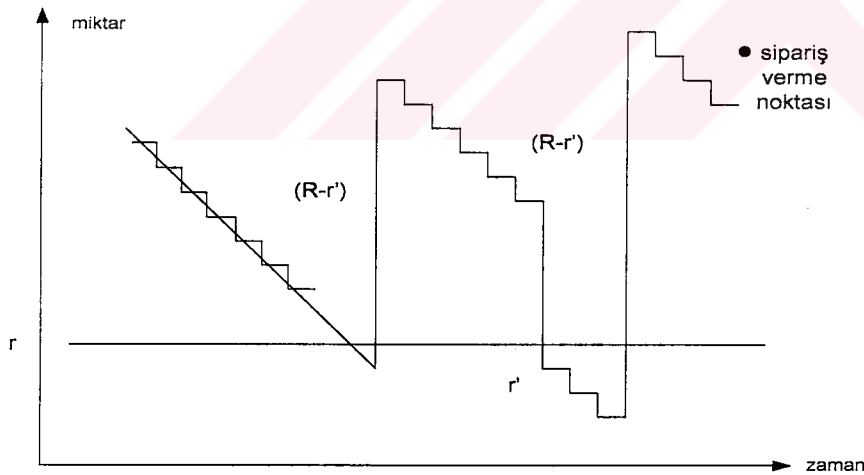
- (i) Devamlı kontrol yapmak külfetlidir.
- (ii) Tek tek elemanlara uygulanması açısından kolay olan bu sistem, tüm elemanlar bir arada düşünüldüğü takdirde, stok kayıtları, her elemanın farklı zamanlarda sipariş edilmesi, ayrı ayrı değerlendirilmesi açısından karmaşık bir yapı oluşturur.
- (iii) Gerekli olan koşullar sağlanmadığı takdirde, çalıştırılması zorlaşır.

#### 4.6.2.2 Değişken sipariş miktarlı (R,r) politikası

r: yeniden sipariş verme noktası,

R: hedef stok düzeyi olmak üzere,

Stok düzeyi r'ye veya r'nin altına düşerse hedef stok düzeyi ile şu anki stok düzeyi farkı kadarlık bir sipariş verilir.[15] (Şekil 4.12)



Şekil 4.12 Değişken Sipariş Miktarlı Sürekli Kontrol Sistemi

#### 4.6.2.2.3 Taban stok sistemi ((R, r) Hali)

Yenileme siparişleri, stoktan her mal çekilişinde yapılır. Siparişin büyüklüğü, çekilen mal miktarı kadar olacaktır. Burada, R taban stok düzeyidir. Bu tür bir politika,

özellikle tedarik veya imalata hazırlık için sabit bir maliyetin bulunmadığı durumlarda uygun olmaktadır.[15]

#### 4.6.2.3 Yeniden sipariş döngüsü (Periyodik gözlem politikaları)

Sürekli stok kontrolü yapmanın külfetli ve masraflı oluşu, malzeme yöneticilerini, koşullar uygun olduğu takdirde, periyodik kontroller ile sipariş planlaması yapma yoluna yöneltebilir. Bu sistemde stoklar belirli zaman aralıklarıyla (periyodik olarak) kontrol edilir, kontrol anındaki stok seviyesine ve seçilen stok politikasına göre bir sipariş verilir veya verilmeyebilir.

Periyodik stok kontrolü, sürekli kontrole nazaran daha az hassas bir kontrol ortamı sağlar. Talep değişkenliklerine uyum sürekli gözden geçirmeye nazaran daha yavaştır. Dolayısıyla, belirli bir güvenilirliği sağlamak için tasarlanan periyodik bir sistemin, aynı güvenilirliği sağlayan sürekli kontrol sisteminden daha yüksek emniyet stokları ile çalışması gerekir. Ancak bazen stok yönetiminin eleman kapasitesi gibi zorunlu sebeplerle veya yönetim politikaları gereği, periyodik stok kontrol sistemleri kullanılabilir. Periyodik kontrolde de değişik çalışma planları (politikaları) uygulanabilir;[10]

##### 4.6.2.3.1 Basit periyodik sipariş verme sistemi (Stoku tamamlama politikası)

Bu sistem Basit Stok Kontrolü (sipariş verme seviyesi) sistemin ikizi (dual) olarak tanımlayabileceğimiz ve Şekil 4.13 ile davranışı temsil edilen bir çalışma planına sahiptir.

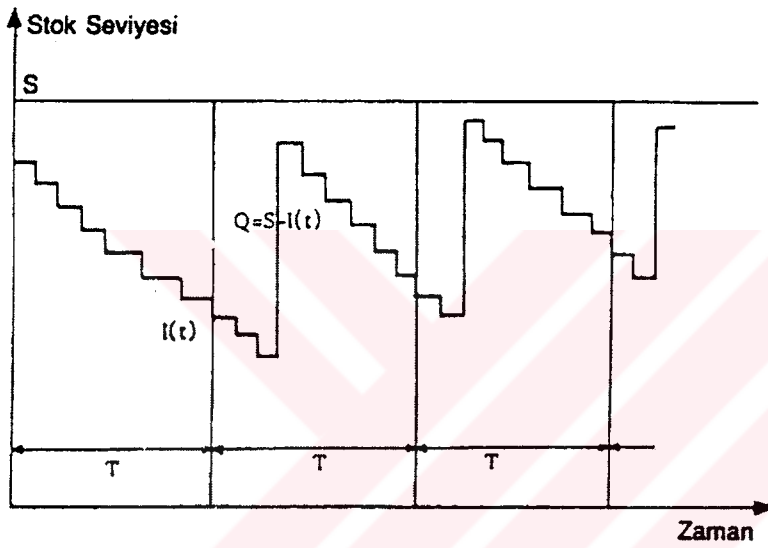
S düzeyi ile T periyod uzunluğu, çalışma politikasını uygulayabilmek için belirlenmesi gereken olan sistem parametreleridir. S düzeyi yaklaşık olarak; periyot süresi ile temin süresi içindeki talebi karşılayacak kadar olmalıdır. Başka bir deyişle D; birim zamandaki ortalama talep olmak üzere;

$$S = D (T+L) + \text{Emniyet Stoku}$$

olarak ifade edilebilir. Şekilde de görüldüğü üzere, her periyot sonunda stok seviyesine bakılır. Bu seviye  $I(t)$  olduğuna göre,

$$Q(t) = S - I(t)$$

miktarında bir sipariş verilir. Bu sistemde iki sipariş arasında kalan süre sabit, sipariş miktarı ise değişkendir. Basit Stok Kontrolünde ise, iki sipariş arası değişken, sipariş miktarı sabittir. Bu bakımdan ters yönden birbirine benzer iki sistem (ikiz sistem) olarak tanımlanmıştır.



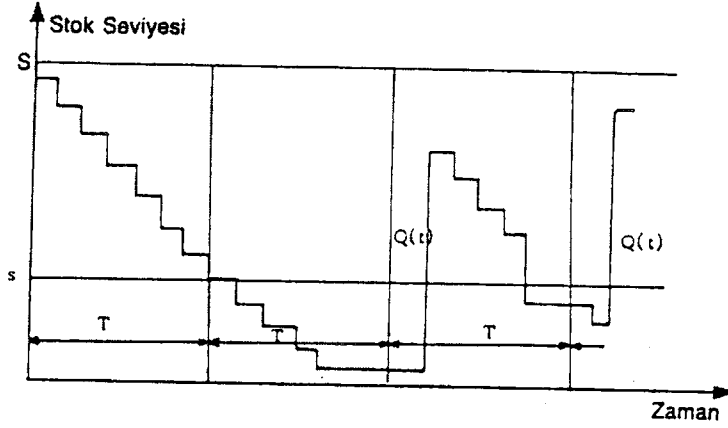
Şekil 4.13 Periyodik Sipariş Verme Sistemi.

#### 4.6.2.3.2 (S,s) sistemi

Bu sistem uygulamada büyük S, küçük s sistemi olarak isimlendirilir. Basit periyodik sistemdeki S ve T parametrelerine ek olarak (s) ile gösterilen bir kontrol parametresi daha tanımlanmıştır. Periyot sonundaki kontrolde, stok seviyesi küçük (s)'nin üstünde olursa sipariş verilmez, altında olursa

$$Q(t) = S - I(t)$$

kadar sipariş verilir. Bu politikaya göre çalışan sistemin davranışı Şekil 4.14'de temsil edilmiştir.



Şekil 4.14 S,s Sisteminin Çalışması.

(S,s) düzeylerinin tanımlanması oldukça karmaşık analitik yöntemleri gerektirir. Bu yüzden bu parametrelerin simülasyon veya yaklaşık yöntemler ile tanımlanması daha pratik olmaktadır.

#### 4.6.2.3.3 Periyodik-sipariş verme seviyesi sistemi

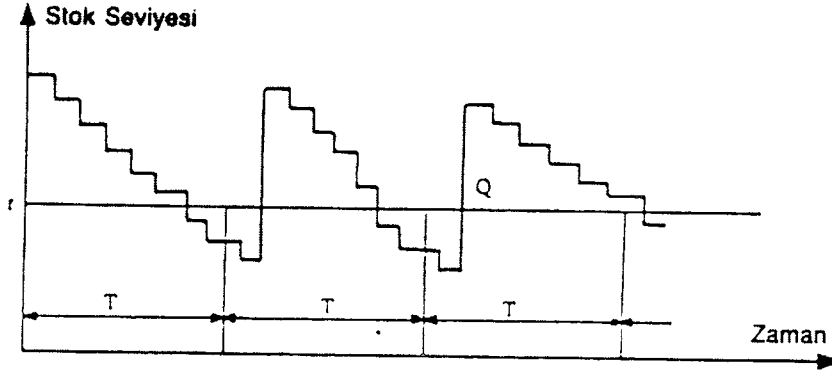
Bu sistem Basit Stok Kontrol Sistemi ile Basit Periyodik Kontrol Sisteminin bir bileşimi olarak düşünülebilir. İzlenen politika şudur; Stoklar periyodik olarak kontrol edilir; eğer stok seviyesi ( $r$ ) sipariş verme seviyesinin altında ise sabit  $Q$  kadar sipariş verilir, stok seviyesi ( $r$ )'nin üstünde ise sipariş verilmez. Bu kurallara göre sistemin çalışması Şekil 4.15'deki gibidir.

Bu sisteme sabit sipariş miktarlı, periyodik kontrol sistemi de denilebilir. Çalışma planı uygulayabilmek için  $Q$ ,  $r$  ve  $T$  parametrelerinin belirlenmesi gerekir.  $Q$  sipariş hacmi, periyot içindeki ortalama talepten büyüktür. ( $r$ ) ise yine ortalama olarak,  $D$ , birim zamandaki ortalama talep olmak üzere

$$r = (T/2 + L) D$$

olarak tanımlanabilir.





Şekil 4.15 Periyodik Sipariş Verme Seviyesi Sistemi.

#### 4.6.2.4 Yeniden sipariş noktası ve döngüsünün birleşimi

Bu sistem, diğer iki sistemin güçlü yönlerini kullanmak ve zayıf yönlerini yok etmek için tasarlanmıştır. Bu işi, her iki yeniden sipariş verme kurallarını kullanmaya imkan sağlayarak ve sonra en iyi sonucu vereni kullanarak başarır.

Bu Tablo 4.6'da, talebin beklenenden büyük veya alçak olmasına dayanılarak açıklanmıştır. Genel olarak yeniden sipariş noktasının işlenmesi ve anlaşılması daha kolaydır ancak, eğer çizelgelenen siparişler, çizelge tarihlerini döngü frekansına eşleyerek tedarikçilere sipariş ediliyorsa yeniden sipariş döngüsü sistemi avantajlı olabilir. Böylece, her seferinde bir sonraki çizelge miktarını tedarikçiye söylemek gerektiğinde, bu miktar yeniden sipariş döngüsü sisteminden yeniden sipariş miktarı elde edilerek ayarlanır.[13]

Tablo 4.6 Birleştirilmiş yeniden sipariş noktası ve döngüsü sisteminin işleyişi

Değişken	İşleyiş metodu
Eğer talep beklenenden fazla ise	Yeniden sipariş seviyesi ayarları (yeniden sipariş noktası sisteminden), yeniden sipariş döngüsü sistemi kullanılmadan önce yenileme siparişini oluşturacaktır.
Talep beklenenden az ise	Yeniden sipariş seviyesi ayarları (yeniden sipariş noktası sisteminden), yeniden sipariş döngüsü sisteminin kullanılması gerektiği zamandan sonra yenileme siparişini oluşturacaktır.
Talep beklenen kadar ise	Yeniden sipariş döngüsü frekansı ayarları, düzenli aralıklarla ve ekonomik miktarda yenileme siparişini oluşturur.

#### 4.7 Envanter Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması

Üretimde malzeme yönetimi amacıyla kullanılan iki ana yaklaşımdan bahsedildi. Bu yaklaşımlardan stok yenileme politikaları, parçalar bazında planlama yaparken. Malzeme İhtiyaç Planlaması ürün bazında planlama yapar. Stok yenileme politikalarında, envanter birimlerinin geçmiş talep verileri değerlendirilerek ileriye dönük tespitler yapılır.

Buna karşılık Malzeme İhtiyaç Planlaması, ileriye dönük planlama amacıyla geçmiş verileri kullanmaz, bunun yerine son ürünü (veya ürünleri) oluşturan parçalar arasındaki ilişkileri değerlendirerek planlamayı yapar. Ürünle ilgili talep verileri ana üretim planından temin edilir.

Sonuç olarak, stok yenileme politikalarının bazı noktalarda yetersiz kalması, zaman içinde daha iyi yöntemlerin araştırılmasını zorunlu kılmış ve bunun sonucunda Malzeme İhtiyaç Planlaması olarak tanımlanan yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır.[16]

## **BÖLÜM 5 BAKIM MALZEME YÖNETİMİ VE MMRP**

### **5.1 Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama Sistemi**

Bakım faaliyetlerinin önceki bölümlerde anlatılan amaçlara yönelik olarak bilinçli bir şekilde yapılabilmesi, ilgili politikaların değerlendirilebilmesi ve gerektiğinde belirli amaçlara yönelik olarak değiştirilebilmesi için üretim tesisinin bütününe kapsayan bir bakım planlama ve kontrol sisteminin kurulması gerekir. Böyle bir sisteme örnek teşkil edebilecek MMRP yaklaşımının temel öğeleri ve aralarındaki ilişkiler aşağıda açıklanmaktadır (Şekil 5.1).

#### **Ekipman Ürün Ağacı**

Sistemin kurulabilmesi için öncelikle tesiste bulunan her makine ve ekipmanın sayısını, durumunu, fonksiyonunu belirten ve hakkında kısa bilgi içeren bir envanter listesi hazırlanması gerekir. Böyle bir liste baz alınarak bakım faaliyetlerinin kapsamı ve detayı belirlenecektir.

#### **Bakım Malzemeleri Stok Kontrol Sistemi**

Bu modül bakım bölümü tarafından tutulan tüm stokları yönetecek, kontrol edecek ve değerlendirecektir, örneğin stok isteklerini dikkate alarak stok ve yedek parça politikasını işletecektir.

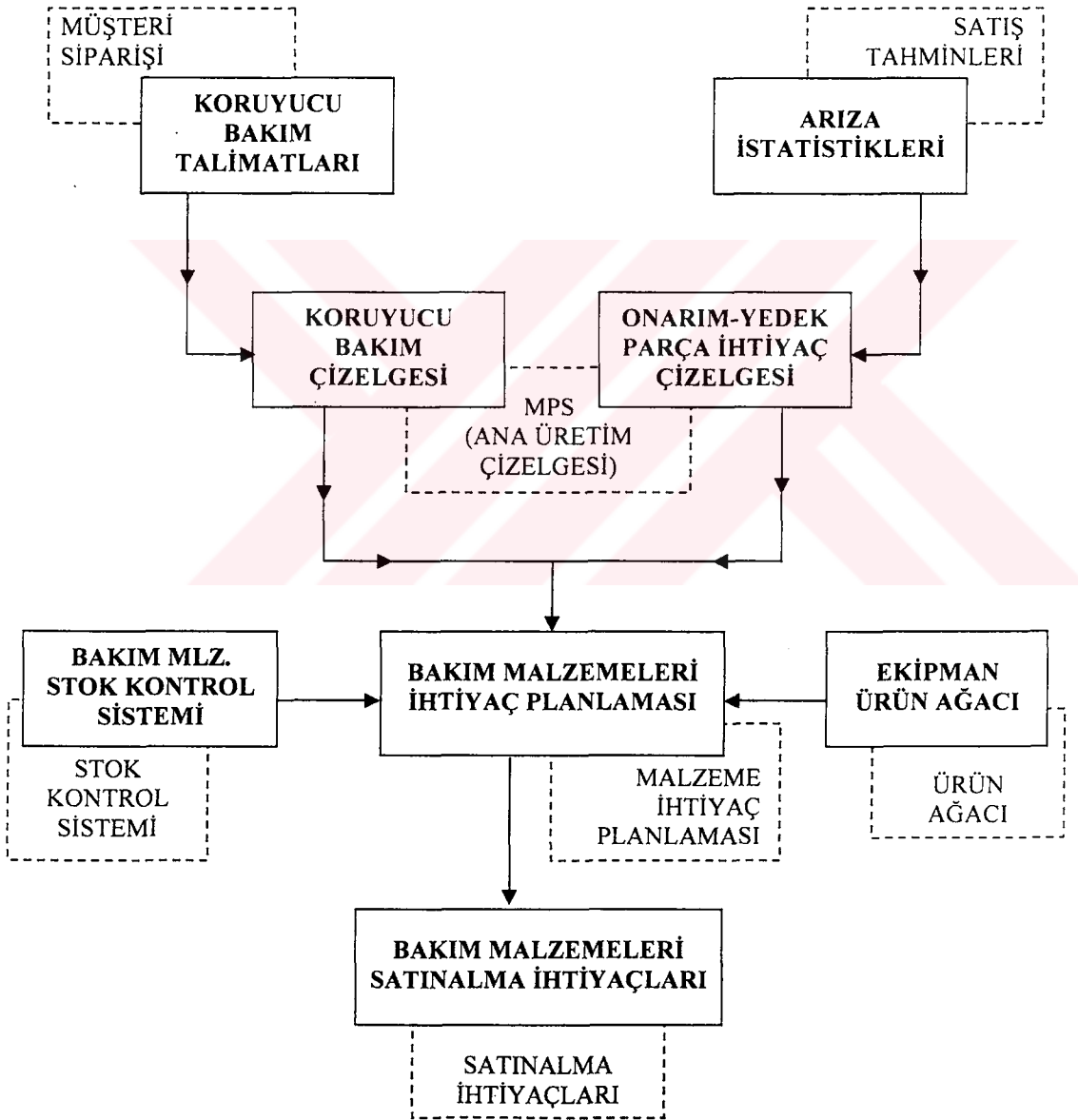
#### **Koruyucu Bakım Çizelgesi**

Koruyucu bakım faaliyetleri mevcut kaynaklar çerçevesinde zaman aralıkları, öncelikleri, süreleri ve kaynak kullanımları dikkate alınarak zaman içinde

çizelgelenir. Faaliyetlerin önceliklerine göre sıralanabilecekleri çizelgeler günlükten haftalığa kadar değişebilir. Elde edilen çizelgeler doğrultusunda bakım iş emirleri hazırlanarak fiili bakımı yapacak ekiplere verilir.

### Onarım-Yedek Parça İhtiyaç Çizelgesi

Geçmiş arıza istatistiklerinden elde edilen veriler neticesinde, ortaya çıkan yedek parça ihtiyaçları çizelgelenir.



Şekil 5.1 MMRP Sisteminin İşleyişi

## **Koruyucu Bakım Talimatları**

Sistemin en önemli ve zaman alıcı ögesidir. Koruyucu bakım çerçevesinde icra edilebilecek her bakım faaliyeti için (bir makine için birden fazla olabilir) hangi makineye ait olduğu, fonksiyonu, (yağlama, dişli değiştirme v.s.) tipi gibi sınıflandırma bilgileri ve zaman aralığı, önceliği, süresi, işgücü, malzeme, parça ve ekipman gereksinimi gibi teknik özellikleri ile birlikte belirlenir.

Faaliyetlerin zaman aralığı, tesisteki koruyucu bakım/acil bakım dengesi ile ilgili stratejik kararlara, ilgili makine veya parçanın teknik özelliklerine ve ilgili arıza bakım istatistiklerine bağlı olarak belirlenir; zaman içinde, performans göstergelerine göre değiştirilebilir. Faaliyetin önceliği bu faaliyetin üretim süreci içindeki önemini ve aciliyetini, mevcut gecikmesini, ilgili makine veya ekipmanın hassasiyetini ve değerini yansıtan bir ölçüttür. Hesaplanması için bir standart yoktur, ancak literatürde muhtelif yaklaşımlar vardır. Öncelik değeri zaman içinde, performans göstergelerine göre değiştirilebilir. Faaliyetin süresi ve işgücü gereksinimi birbirleri ile ilişkili iki özelliktir, dolayısı ile geçmişteki istatistiklere dayanarak birlikte belirlenmeleri gerekir. Faaliyetin malzeme, parça ve ekipman gereksinimleri ise ilgili makinenin teknik özelliklerine bağlı olup, gene geçmişteki istatistiklere dayanarak belirlenir.

## **Arıza İstatistikleri**

Beklenmedik arızalar için geçmiş kayıtlar göz önüne alınarak tahminlere dayanan onarım-ihtiyaç çizelgeleri oluşturulur.

## **Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlaması**

MMRP, Koruyucu Bakım Çizelgesi ve Onarım Yedek Parça İhtiyaç Çizelgesi modüllerinde oluşan talebi, Ekipman Ürün Ağacındaki bileşen yapısına göre bir dizi ‘Toplam İhtiyaç’a’ parçalar. Daha sonra, bu toplam ihtiyacı varolan stoklarla ve açık siparişlerle karşılaştırarak muhtemel açıkları hesaplar. Bu açıklar “Net İhtiyaçlar” olarak bilinir.

## Bakım Malzemeleri Satın Alma İhtiyaçları

Bu modül satın alma bölümüne de gönderilecek satın alma gereksinimlerini oluşturmayı sağlar.

### 5.2 MMRP Kullanan Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi

Bu kısımda bakım malzemelerinin yönetiminde, MMRP yaklaşımı kullanarak geliştirmekte olduğumuz bilgisayarlı bakım yönetim sistemi tanıtılacaktır. Bu sistem MS Sql Server 7.0 Veri tabanı yönetim sistemi kullanılarak, MS Visual Basic 6.0 ortamında istemci/sunucu mimarisinde geliştirilmiştir. Bu programın temel modülleri ve bu modüllerin özellikleri ileriki bölümlerde açıklanmıştır

#### 5.2.1 Ekipman modülü

**Ekipman Bilgileri**

Ekipman Kodu: E1      Seri Numarası: 1111      Ara      Yeni Kayıt

Ekipman Adı: TORNA      Liste

**Genel**      Özellikler      Finansal      Bileşenler      Bakım

Ekipman Kodu: E1      Seri Numarası: 1111      Ekipman Tipi:

Ekipman Adı: TORNA       Tesis

Üretici Firma: Olgun Pet       Tezgah/Makine

Markası: TAKIMSAN       Cihaz

Modeli: BC-130       Araç

Sarf Yeri Adı: İMALAT      Sarf Yeri Kodu: 2      Resim

Zimmet: AHMET

Kuruluş Tarihi: 14.06.2002

Servis Tarihi: 15.06.2002

Durumu:  Çalışıyor       Çalışmıyor

Resim Ekle

Silme      Kayıt      Yeni Arama      Çıkış

Şekil 5.2 Ekipman Modülü

## Özellikleri

- Ekipmanlar, ekipmanla ilişkili maliyetler, finansal bilgiler, ekipman tarihçeleri ve arızaları takip edilir.
- Ekipmanın çalışma spesifikasyonları görülebilir.
- Ekipmanın bileşenleri ve yedek parçaları listelerine ulaşılabilir.
- Bakım tanımlamaları yapılabilir.

### 5.2.2 Bileşen modülü

Bileşen Bilgileri

Stok Kodu

Bileşen Adı

Genel
Özellikler
Kullanıldığı Ekipmanlar

Stok Kodu

Bileşen Adı

Markası

Tedarikçi Firma

Tedarik Süresi  Gün

Alış Fiyatı (TL)

Alış Fiyatı (\$)

Bakım Mal. (TL)

Bakım Mal. (\$)

Stok Bilgileri

Miktar

Birimi

Ekonomik Sip.Mikt.

Min. Stok Sev.

Maks. Stok Sev.

Resim

Resim Ekle

Şekil 5.3 Bileşen Modülü

## Özellikleri

- Bileşenler, bileşenle ilgili finansal bilgiler, stok bilgileri takip edilebilir.
- Bileşenin çalışma spesifikasyonları görülebilir.

- Bileşenlerin kullanıldığı tüm ekipmanların listesi mevcuttur.

### 5.2.3 Sarf malzeme modülü

Malzeme Bilgileri			
Malzeme Atama			
Malzeme Kodu	<input type="text" value="M1"/>	<input type="button" value="Ara"/>	<input type="button" value="Yeni Kayıt"/>
Malzeme Adı	<input type="text" value="INCE YAG"/>	<input type="button" value="Liste"/>	
Malzeme Bilgileri			
Malzeme Kodu	<input type="text" value="M1"/>		
Malzeme Adı	<input type="text" value="INCE YAG"/>		
Tedarikçi	<input type="text" value="Alpler"/>		
Tedarik Süresi	<input type="text" value="5"/>	Gün	
Fiyat Bilgileri			
Fiyatı (TL)	<input type="text" value="15000000"/>	Fiyatı (\$)	<input type="text" value="10"/>
Stok Bilgileri			
Miktarı	<input type="text" value="42"/>	Ekonomik Sip.Mikt.	<input type="text" value="30"/>
Birimi	<input type="text" value="KILOGRAM"/>	Min. Stok Sev.	<input type="text" value="5"/>
		Maks. Stok Sev.	<input type="text" value="60"/>
Açıklama			
<input type="text"/>			
<input type="button" value="Silme"/>		<input type="button" value="Kayıt"/>	<input type="button" value="Yeni Arama"/>
<input type="button" value="Çıkış"/>			

Şekil 5.4 Sarf Malzeme Modülü

### Özellikleri

- Sarf Malzemelerin fiyat, tedarik ve stok bilgileri takip edilebilir.



## 5.2.4 Personel modülü

### Özellikleri

- Bakım faaliyetlerini gerçekleştirecek personel bilgileri, görev tanımları, departman bilgileri takip edilir.
- Personel tipi bilgileri, ücret bilgileri görülebilir.

Bakım Personeli Bilgileri	
SicilNo	P1
Adı	AHMET
Soyadı	GÜZEL
Ara Liste Yeni Kayıt	
SicilNo	P1
Adı	AHMET
Soyadı	GÜZEL
Görev Tanımı	ELEKTRİKCI
Departmanı	İMALAT
Yöneticisi	ABUZER
Saat Ücreti	5000000
Dahili Telefonu	255
İşe Giriş Tarihi	27.02.2002
Personel Tipi	<input checked="" type="radio"/> Kadrolu <input type="radio"/> Taşeron
Çalışmadığı Tarihler	Başlangıç Tarihi 03.07.2002 Bitiş Tarihi 13.03.2002
Açıklama	
Resim Resim Ekle	
Sıma Kayıt Yeni Arama Çıkış	

Şekil 5.5 Personel Modülü

## 5.2.5 Koruyucu bakım talimatları modülü

### Özellikleri

- Ekipmanların, Koruyucu Bakım planlamalarının yapılmasına olanak sağlar.
- Ekipmanlara, istenilen sayı ve nitelikte koruyucu bakım tanımlaması yapılabilir.

- Bakım planlarının yapılması için gerekli olan; Bakım Periyodu, Süresi, Önceliği ve Prosedür Numarası, vb. bilgilerin girişi yapılır.
- Bakım faaliyetlerini gerçekleştirecek personel tanımlaması yapılır.
- Bakım faaliyetlerinde kullanılacak Sarf Malzeme ve Kaynakların seçilmesine imkan tanır.

**Koruyucu Bakım Bilgileri Girişi**

Ekipman Kodu:  Seri Numarası:    
Ekipman Adı:

Tanımlı Koruyucu Bakımlar

Bakım Tipi(Konusu)	Periyod(Gün)	Periyod(Sayaç)	Sayaç Br.	Bakım Süresi	Öncelik	Prsdr. No.	Tanım. Tarihi	TGAM
İki Aylık Bakım	60			5	YÜKSEK	1	04.09.2002	0
Aylık Bakım	30			2	YÜKSEK	111	05.09.2002	0
Conta Bakım	0	2000	ADET	3	YÜKSEK	33	05.09.2002	100
Kafa Bakım	0	3000	ADET	2	YÜKSEK	333	05.09.2002	150

Genel Bileşen / Sarf Malzeme **Personel / Kaynak**

Bakımı Yapacak Personel

Sicil No:  Personel Listesi

Adı-Soyadı:

Çalış. Saati:

Sicil No.	Adı-Soyadı	Çalış Saati
P1	AHMET GÜZEL	1

Kullanılacak Kaynaklar

Kaynak Kodu:  Kaynak Listesi

Kaynak Adı:

Kullan. Süresi:

Kaynak Kodu	Kaynak Adı	Kullan Süresi
K1	OKSİJEN KAYNAĞI	2

Şekil 5.6 Koruyucu Bakım Talimatları Modülü

## 5.2.6 Arıza talimatları modülü

### Özellikleri

- Ekipmanların, bileşenlerine tek tek arıza tanımlaması yapılabilir.
- Bu arıza durumlarında kullanılacak Malzeme, Personel ve Kaynaklarla ilgili tanımlamalar yapılabilir.

- Simülasyon Modülünde, arızalar arası sürelerin rastsal olarak üretilmesinde kullanılan Weibull dağılımının Alfa(Ölçek), Beta(Şekil) parametrelerinin bileşen bazında tanımlanmasına imkan sağlar.

**Arıza Girişi**

Ekipman Arama

Ekipman Kodu:  Seri Numarası:

Ekipman Adı:

**Bileşenler**

Parça No	Stok Kodu	Bileşen Adı	Alfa(Ölçek)	Beta(Şekil)
P1	B2	AYNA	25	2
P2	B1	MOTOR	50	3
P3	B3	PEDAL	22	2
P4	B5	TABLA	50	1.5
P5	B4	ZİNCİR	20	1.5
P6	B6	KRANK	20	1
P7	B7	PEMBA	20	2

Parça No:

Stok Kodu:

Bileşen Adı:

Weibull Parametreleri

Alfa (Ölçek):  Beta (Şekil):

**Malzeme** **Personel** **Kaynak**

Sicil No:  Çalış. Saati:

Adı-Soyadı:

Sicil No.	Adı-Soyadı	Çalış Saati
P1	AHMET GÜZEL	1

Şekil 5.7 Arıza Talimatları Modülü

## 5.2.7 Simülasyon modülü

### Özellikleri

- Ekipmanların, Koruyucu Bakım Talimatları Modülünde tanımlanan koruyucu bakımlarından seçilenlerinin yapılması durumlarının ve Arıza Tanımlamaları Modülünde girilen parametrelere göre oluşabilecek arızalarının, belirtilen bakım politikalarına göre benzetimini gerçekleştirir.
- Simülasyon sonucunda, belirtilen süre içerisinde yapılması gereken Koruyucu Bakımları ve oluşabilecek arızaları bir çizelge şeklinde raporlar.

- Simülasyon neticesinde oluşan raporlar kullanılarak, ileriye yönelik plan ve tahminler yapılabilir.

Şekil 5.8 Simülasyon Modülü

### 5.2.8 İş emirleri modülü

- İş emri izleme ekranı ile, iş planı, planlar, maliyetler, işçilik, malzeme, ekipman, arıza analizi gibi detaylı bilgiler gösterilebilir.
- İş istekleri formu ile bakım taleplerinin sisteme girilmesine olanak sağlar.

### 5.2.9 Malzeme yönetimi modülü

Malzeme/Yedek Parça Bilgileri, Stok Hareketleri ve MMRP formlarıyla Malzeme yönetimi operasyonlarının takip edilmesini sağlar. Talep edilen yedek parçanın

kullanıldığı tüm ekipmanların listesine ulaşılabilir. En son maliyet ve malzeme miktarı bilgilerine anında ulaşımı sağlar. Koruyucu bakım çizelgelerine göre ve arıza istatistiklerinden oluşturduğu onarım-yedek parça ihtiyaç çizelgelerine göre MMRP algoritmasının çalıştırılması bu modülde gerçekleştirilir.



## BÖLÜM 6 SONUÇLAR

Üretim veya hizmetleri etkin bir şekilde devam ettirebilmek ve ileriye dönük planlamalar yapabilmek amacıyla gerek duyulan alanlarda Bilgisayar destekli çeşitli yöntem ve sistemler geliştirilmiştir. Malzeme İhtiyaç Planlaması, üretimi ve verimliliği arttırmak, maliyetleri düşürmek için kullanılan bir çizelgeleme ve kontrol tekniğidir.

Bir işletmenin yüksek değer taşıyan sabit kıymetlerinin sürekliliği, işletmenin sürekliliği için vazgeçilmezdir. Bu bağlamda Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri, işletmenin demirbaşları için yapılan her türlü bakım ve onarım işlerinin planlanması ve yönetilmesine, bu işlerle ilgili işçilik, yedek parça, malzeme ve maliyet kayıtlarının izlenmesine olanak sağlayarak işletmenin sabit kıymetlerine değer katar.

MRP yönteminin, bakım malzemelerine yapılan stok yatırımlarını minimize etme ve bu malzemeleri zamanında hazır etme amacıyla kullanılabileceği düşüncesiyle “Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama (MMRP)” sistemi tasarlanmıştır. MMRP sistemi kullanılarak gerçekleştirilecek; bakım malzemelerinin takibi ve kontrolü işlemlerinin, diğer stok yenileme sistemlerinden daha üstün özellikleri olabileceği düşünülmüştür.

MMRP ile iş öncelikleri belirlenebilir, eldeki kaynaklar baz alınarak işler ve elemanlar planlanabilir, uygun önlemler geliştirmek amacıyla ekipman arızaları analiz edilebilir, yedek parça ve malzeme satın alımı , stok yönetimi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilerek maliyetlerin düşürülmesine olanak sağlar.

MMRP veri tabanındaki bilgileri kullanarak, hızlı ve doğru raporlama sistemi ile işletmenin geçmişine ve geleceğine yönelik çok çeşitli finansal ve teknik analizler yapılmasına olanak sağlar.

Genel olarak bilgisayarlı bakım yönetim sistemleri ve özelde de MMRP Sisteminin tespit edilen yararları aşağıda listelenmiştir.

- Üretim veya hizmet süresinde artış
- Servis kalitesinin yükselmesi
- Ürün veya hizmet maliyetlerinde düşüş
- Arıza sayısını azaltan, etkin, planlı bir bakım disiplini
- Bakım operasyonlarında standartlaşma ve tutarlılık
- Bakım maliyetlerinde azalma
- Geleceğe yönelik bakımlar için eleman ve kaynak planlaması yapabilmek
- Raporları kullanarak eleman analizi, ekipman analizi, arıza tipi analizi, stok analizi, maliyet analizleri gibi çeşitli analizleri yapabilmek
- Bakım departmanının yedek parça ve malzeme stok yönetimini, eleman yönetimini gerçekleştirmek
- Bakımla ilgili her türlü doküman takibini bilgisayar ortamında yapabilmek

## BÖLÜM 7 TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Yazılım uygulamaları incelendiğinde, 10-15 yıl öncesinde özellikle yerel yazılımların, yapılan rutin işleri kolaylaştırma, işletmelerin kağıt ortamında tuttıkları kayıtları dijital ortamda tutarak bilgiye hızlı ulaşılmasına imkan sağlama gibi fonksiyonları vardı. Bunların yanında ürettikleri bazı raporlarla da yönetim destek sistemlerine kısmen fayda sağlardı.

Gelişen yazılım geliştirme ortamları ve veri tabanı yönetim sistemleriyle, işletmeler artık işlerin doğru ve süratli yapılmasının standart olması ve bunun ötesinde teknolojinin kurumlara stratejik rekabet avantajı sunacak yapıda çözümler sunması beklentisi içindedirler. Bu doğrultuda yeni geliştirilen yazılımların, artık verimlilik ve karlılığın artırılmasından da ileri imkanlar sunan karar destek sistemleri gibi çalışabilecek modüller içermesi istenilmektedir. Bakım malzemeleri ihtiyaçlarının klasik stok sistemleri yerine, MRP algoritması ile belirlenmesinin amaçlandığı MMRP sisteminin, simülasyon modülü sayesinde olası problemler önceden analiz edilebilir, önleyici ve düzeltici faaliyetleri planlamak için faydalı bilgilere ulaşılabilir.

Bunun gibi modüller sayesinde, kısıtlayıcı ve standart bir bakım yönetim sistemi yazılımı olmaktan öteye geçen geleceğe yönelik karar alma ihtiyaçlarını da karşılayan esnek çözümler ortaya çıkarılabilir.



## KAYNAKLAR

- [1] SAYIN, B., “Tesis Tasarımı ve Yer Seçimi Ders Notları”, İTÜ
- [2] LYONNET, P., “Maintenance Planning Methods and Mathematics”, Chapman&Hall, 1991
- [3] KOBU, B., “Üretim Yönetimi”, İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı, İstanbul, 1999
- [4] Verimliliği Artırıcı Yaklaşım ve Teknikler Dizisi, “Bakım Yönetimi”. Milli Prodüktivite Merkezi ,1999
- [5] MPM-REFA, “Planlama ve Yönelme Yöntem Bilgisi”, Darmstadt, 1989
- [6] HERNANDEZ, VICTOR M. , Computerized Maintenance Management Systems An Overview, Parks & Recreation, Jun2001, Vol. 36 Issue 6, p64, 6p, 1c
- [7] WILLMOTT, P., “Total Productive Maintenance The Western Way”, Butterworth-Heinemann, 1994
- [8] AUTIN, ERNIE A., Selection and design of computerized maintenance management systems, IIE Solutions, Aug98, Vol. 30 Issue 8, p32, 4p, 1c
- [9] PROKOPENKO, J., Çeviri: BAYKAL, O., ATALAY, N., FİDAN, E., “Verimlilik Yönetimi”, Milli Prodüktivite Merkezi, Ankara, 1992
- [10] YENERSOY, G., “Malzeme Yönetim Sistemleri”, Ma-Pa yayınları, 1990
- [11] SARTORI, L.G., “Manufacturing Information System”, Addison-Wheesley Publishing Company, 1988
- [12] KRAJEWSKI, Lee J., RITZMAN, Larry P., “Operations Management”, Addison-Wheesley Publishing Company, USA, 1993
- [13] BURMAN, R., “ Manufacturing Management Principles and Systems”, McGraw-Hill Book Company, London, 1995
- [14] ÖZKAYA, G., “Stok Sistemleri”, İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1986

- [15] JOHNSON, L. A., MONTGOMERY, D. C., "Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control", John Wiley and Sons. New York, 1974
- [16] ACAR, N., "Malzeme İhtiyaç Planlaması", Milli Prodüktivite Merkezi. Ankara 1997



## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Gölcük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Gölcük'te tamamladı.1994 yılında STFA Anadolu Teknik Lisesi Bilgisayar bölümünden mezun oldu. Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliğini 1999 yılında bitirdi. Halen Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans yapmaktadır.

1999-2000 yılları arasında Sezginler Gıda A.Ş.'de Stok Planlama sorumlusu olarak çalıştı. Temmuz 2000'de Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde, Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.