

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLUNA GEÇİŞTE  
YETENEK ANALİZLERİ VE BİR UYGULAMA

Cafer Çelik

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. A. Ekrem Üzkul

Temmuz-1988

Cafer... ÇELİK ...'in YÜKSEK LİSANS/DOKTORA tezi olarak hazırladığı ". İstatistiksel... Proses... Kontroluna... Geçişte... Yetenek... Analizleri... ve... Bir... Uygulama....." başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.06..09..1988

Üye : Prof. Dr. İmdat KARA

*M. İ. K.*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nimetullah BURNAK

*N. B.*

Üye : Yrd. Doç. Dr. A. Ekrem ÖZKUL  
(Danışman)

*A. Ö.*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **9.9.1988**.....  
gün ve ....**186-1**..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

*R. Kaya*  
Prof. Dr. Rüstem Kaya  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bir ürünün ekonomik olarak üretilebilmesi herşeyden önce bu ürünü üretecek olan prosesin doğru olarak seçilmesine bağlıdır. Bu seçimin doğru olarak yapıldığı durumlarda bile önemli kalite problemleri ile karşılaşılabilir. Günümüzde, ortaya çıkan problemlerin, istatistiksel proses kontrol (İPK) teknikleriyle belirlenmesi, nedenlerinin giderilmesi ve proses izleme sisteminin kurulması, potansiyel bir proses geliştirme yaklaşımıdır. Ancak, hem prosesin seçimi, hem de proses izleme sisteminin kurulması kararı, yapılacak olan yetenek analizi sonucuna göre verilebilir.

Bu çalışmada, günümüzdeki kalite anlayışı, bu anlayış kapsamında uygulanabilecek teknikler ve bu tekniklerden yetenek analizlerinin proses geliştirmedeki uygulanabilirliği ve etkinliği araştırılmıştır. Uygulama ise, son yıllarda kalite geliştirme yönlü önemli çabaların sürdürüldüğü bir işletmede, bir işlem noktasında İPK'ya geçiş ve proses izleme sisteminin kurulması amacıyla yapılmıştır. Hurda raporlarından hareketle en önemli kalite problemi belirlenmiş, problemi gidermek için ilgili prosesste geliştirme çalışması yapılmış ve izleme sisteminin kurulup kurulamayacağını belirlemek amacıyla proses yeterliliği hesaplanmıştır.

### Anahtar kelimeler

İstatistiksel proses kontrolü  
Kalite güvenliği  
Proses yeterliliği  
Proses geliştirme

### SUMMARY

Economical production of any product depends mainly on the selection of a correct process. Even this selection is made properly serious quality problems can be encountered. Today, handling of problems by statistical process control (SPC) techniques, eliminating their causes and establishing a process monitoring system is a potential approach for process improvement. However, the decision on process selection and process monitoring system requires the results of capability analysis.

In this study, today's quality understanding and the techniques applied in this context are analyzed. The applicability and effectiveness of one of these techniques, capability analysis, is investigated. An application is made in an enterprise where in recent years, considerable efforts are spent for quality improvement. It is aimed to implement SPC techniques and a process monitoring system in a defined process stage. The most important quality problem had been determined by examining the scrap reports. Then it is attempted to improve the process by eliminating the causes of the problem. Finally, a process capability analysis is performed to determine whether a monitoring system could be implemented.

Key words

---

- Statistical process control
- Quality assurance
- Process capability
- Process improvement

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında benden maddi ve manevi hiçbir yardımını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr A. Ekrem ÖZKUL'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca araştırmalarımı yürütebilmem için uygun çalışma ortamını hazırlayan sayın hocam Prof. Dr. Musa ŞENEL (A.Ü. Müh-Mim. Fak. Dekanı)'e, Endüstri Mühendisliği Bölümünün her türlü yazılım ve donanımından yararlanabilmem için hiçbir fedakarlıktan çekinmeyen sayın hocam Prof. Dr. İmdat KARA (A.Ü. Müh-Mim. Fak. End. Müh. Bl. Başkanı)'ya, yardımlarından dolayı sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Nimetullah BURNAK, Öğr. Grv. C. Cengiz ÇELİKÖĞLU ve Endüstri Mühendisliği Bölümünün değerli elemanlarına, uygulama için uygun çalışma ortamı hazırlayan sayın Raif EŞKİNAT (Arçelik Buzdolabı Fb. Teknik Md.)'a ve uygulamaya olan önemli katkılarından dolayı sayın Şadan AKTAŞ (Arçelik Buzdolabı Fb. KK. Şefi)'a teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
SEKİLLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KALİTE VE KALİTE KONTROLUYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR ...	6
2.1 Kalite Kavramı Ve Kalite Kontrol Fonksiyonu .....	6
2.1.1 Kalitenin kavramı .....	6 +
2.1.2 Kalite kontrolunun gerekliliği ve kapsamı .....	9 +
2.2 Kalite Değişkenliği .....	12
2.2.1 Şansa bağlı değişkenlik .....	12
2.2.2 Özel nedenlere bağlı değişkenlik .....	13
2.3 Kalite Kontrol Sistemi .....	15
2.4 Kalite Kontrol Yaklaşımları .....	15 +
2.4.1 Geleneksel yaklaşım .....	18
2.4.2 Modern yaklaşım .....	19 +
2.5 Kalite Kontrolü Ve İstatistik .....	20 +
3. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ (İPK) .....	23
3.1 İPK'nın Tanımı Ve Kapsamı .....	24
3.2 İPK Sistemi .....	25
3.3 Bir Problemin Yapısı Ve Alınabilecek Önlemler ..	27
3.3.1 Zamana bağlı faaliyet .....	28
3.3.2 Uyarlanabilen faaliyet .....	29,
3.3.3 Düzeltici faaliyet .....	29
3.3.4 Önleyici faaliyet .....	29
3.3.5 Beklenmedik faaliyet .....	29
3.4 İPK'da Kullanılan İstatistiksel Teknikler .....	30

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4.1 Kontrol şemaları .....	30
3.4.2 IPK'da kullanılan diğer teknikler .....	35
3.5 IPK'ya Geçebilmenin Önsartları .....	37
3.5.1 Çalışmalar için uygun ortamların oluşturulması .....	38
3.5.2 Prosesin tanımlanması .....	38
3.5.3 Kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi	38
3.5.4 Ölçüm sisteminin tanımlanması ve değerlendirilmesi .....	39
3.5.5 Gereksiz değişkenliğin enküçüklenmesi .	40
4. PROSES GELİŞTİRME .....	41
4.1 Proses Geliştirmede Parametre Tasarım Deneyleri .....	42
4.1.1 Beklenen kayıp .....	45
4.1.2 Ürün geliştirmede parametre tasarım deneyleri .....	48
4.1.3 Taguchi metodu .....	51
4.1.4 Proses tasarımı geliştirmede parametre tasarım deneyleri .....	52
4.2 Proses Geliştirmede Yetenek Analizleri .....	53
4.2.1 Proses yetenek çalışmasının kapsamı ...	53
4.2.2 Proses yetenek çalışmasının aşamaları .	56
4.2.2.1 İlgilenilecek kalite karakteris- tiklerinin belirlenmesi .....	57
4.2.2.2 Ölçüm sistemi ve bu sistemin yeterliliğinin belirlenmesi ....	57
4.2.2.3 Prosesdeki değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi .....	58
4.2.2.4 Prosesin karakteristiğinin dağılım biçiminin belirlenmesi .	60
4.2.2.5 Prosesin kararlılığının belirlenmesi .....	61
4.2.2.6 Proses yeterliliğinin hesaplanması .....	62
4.2.2.7 Çalışma sonuçlarının kullanılması	63
4.2.3 Proses yetenek göstergeleri .....	64

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.3.1 Hem $\bar{X}$ hem de R şemasının kontrol altında olması durumunda kullanılan göstergeler	64
4.2.3.2 R şemasının kontrol altında, $\bar{X}$ şemasının kontrol dışında olması durumunda kullanılan göstergeler	66
4.2.4 Yetenek analizi teknikleri .....	67
4.2.4.1 Histogram yoluyla yetenek analizi	67
4.2.4.2 Olasılık işaretlemesi yoluyla yetenek analizi .....	67
4.2.4.3 Kontrol şemaları yoluyla yetenek analizi .....	68
4.2.5 Yetenek analizi sonuçlarının değerlendirilmesi .....	69
5. BİR İŞLETMEDE PROSES KONTROLÜ VE GELİŞTİRME ÇALIŞMASI	71
5.1 Seçilen İşletme Ve Kalite Kontrol Sistemi ....	71
5.2 Proses Geliştirme Çalışması .....	72
5.2.1 Problemin belirlenmesi .....	72
5.2.2 İlgilenilen parça ve proses .....	79
5.2.3 İlgilenilecek kalite karakteristiklerinin belirlenmesi ....	80
5.2.4 Verilerin toplanması ve mevcut durumun belirlenmesi .....	80
5.2.5 Hurda nedenlerinin belirlenmesi .....	81
5.2.6 Önlemlerin alınması ve prosesin geliştirilmesi .....	82
5.2.7. Proses yetenek çalışması .....	84
5.3 Uygulamada Ulaşılan Sonuçlar ve Yapılan Öneriler Öneriler .....	91
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	97
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	99
EKLER	
1. Değişkenlik Kontrol Şemaları İçin Katsayılar.	
2. IPK Uygulaması İçin Proses Akış Şeması	
3. PÜ Hurda Nedenleri Dağılımı	
4. Boyahane Hurda Nedenleri Dağılımı	

## İÇİNDEKİLER (devam)

5. Mekanik Hurda Nedenleri Dağılımı
6. Poliüretanlı Gövde Grubu
7. Kabin Dibi Grubu
8. Kabin Dibi Arka Duvar Grubu
9. Mekanik Kısmı Proses Akış Şeması
10. PÜ Kısmı Proses Akış Şeması
11. Kontrol Şeması İçin Veri Kayıt Ve Çizim Formu
12. Kontrol Sınırları Ve Yeterlilik Hesaplama Formu
13. Çizelge 5.9 ve 5.10 Verilerinin Ki-kare Uygunluk Sınaması

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Etkinlik, yeterlilik derecesi, kalite, verimlilik ve kararlılık arasındaki ilişki .....	2
1.2 Proses dağılımları .....	4
2.1 Kalite güvenliği yöntemleri uygulamasıyla kalite değişkenliğinin sistemetik olarak azaltılması ...	12
2.2 İstikrarlı ve kestirilebilen değişkenlik .....	13
2.3 İstikrarsız ve kontrol edilemeyen değişkenlik....	14
2.4 Kalite kontrol sisteminin elemanları .....	16
2.5 Toplam kalite maliyetleri .....	17
2.6 Kalite çabaları gelişim süreci .....	17
2.7 Maliyet ve kalite değerlendirilmesi .....	19
2.8 İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin sınıflandırılması .....	22
3.1 Arızayı bulma yöntemi .....	23
3.2 Arızayı önleme yöntemi .....	24
3.3 İPK sistemi .....	26
3.4 Bir problemin yapısı .....	28
3.5 Kontrol şeması .....	31
3.6 Kontrol şemalarının çalışma prensibi .....	32
4.1 Kayıp fonksiyonu .....	46
4.2 Parametre tasarım deneyi plan örneği .....	50
4.3 Neden-sonuç şemasındaki değişkenlerin sınıflarının belirlenmesi .....	58
5.1 Kısımlara göre hurda maliyetlerinin dağılımı (üç aylık ortalama) .....	73
5.2 Poliüretan hurda nedenlerinin olduğu kısımlara göre dağılımı (üç aylık ortalama) .....	75
5.3 Oluştugu kısımlara göre hurda maliyetleri dağılımı (üç aylık ortalama) .....	77
5.4 PÜ kısmı hurda nedenleri dağılımı (üç aylık ortalama) .....	78
5.5 Arka duvar eziği neden-sonuç şeması .....	81
5.6 Kabin dibi sol yüksekliği X şeması .....	86
5.7 Kabin dibi sol yüksekliği R şeması .....	86
5.8 Kabin dibi sol yüksekliğine ilişkin prosesin dağılımı .....	88

## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
5.9	Kabin dibi sağ yüksekliği X şeması .....	90
5.10	Kabin dibi sağ yüksekliği R şeması .....	91
5.11	Oluşturuğu kısımlara göre hurda maliyetleri dağılımı (son iki aylık ortalama) .....	92
5.12	PÜ hurda nedenlerinin oluşturuğu kısımlara göre dağılımı (son iki aylık ortalama) .....	93
5.13	PÜ hurda nedenleri dağılımı (son iki aylık ortalama) .....	94

## ÇİZELGELER DİZİNİ

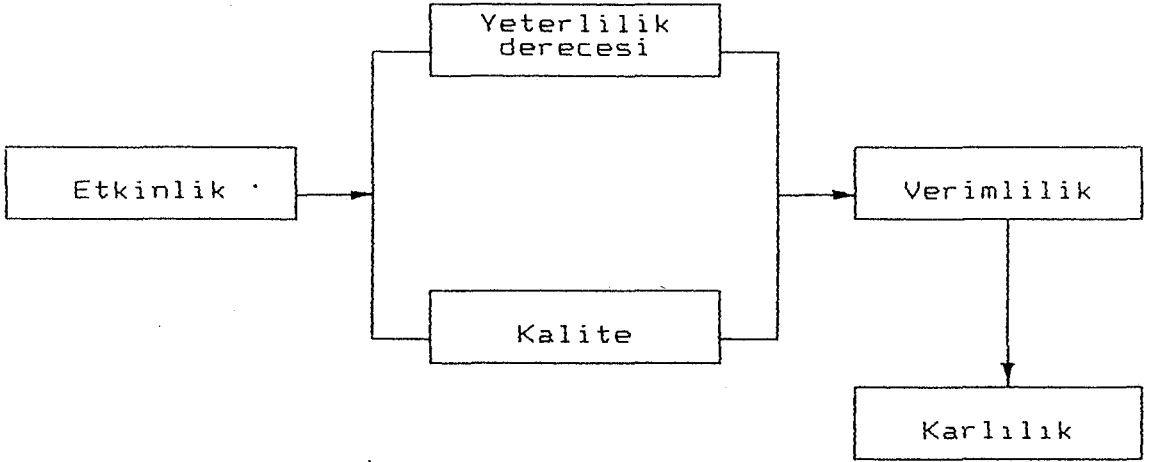
<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
3.1	Değişkenlik kontrol şemalarında kullanılan formüller .....	35
3.2	Özellik kontrol şemalarında kullanılan formüller .....	36
5.1	Yakalandığı kısımlara göre üç aylık birim hurda maliyetleri .....	73
5.2	Oluştugu kısımlara göre üç aylık birim hurda maliyetleri .....	76
5.3	Şubat ayı birim hurda maliyetlerinin oluştuğu kısımlara göre hesaplanması .....	76
5.4	Yetenek analizi için prosesten alınan kabin dibi sol yükseklik verileri .....	85
5.5	Yetenek analizi için prosesten alınan kabin dibi sağ yükseklik verileri .....	89
5.6	Yakalandığı kısımlara göre iki aylık birim hurda maliyetleri .....	91
5.7	Oluştugu kısımlara göre iki aylık birim hurda maliyetleri .....	91

## GİRİŞ

Verimliliğin artırılması ve bu artışın sürekli kılınabilmesi, işletmenin rekabet edebilme, varlığını sürdürme ve bağlı olarak gelişmesini de sürdürebilmesi için temel bir unsurdur. Son yıllarda kalite kontrolü gelişmiş ülkelerde verimliliği artırmada etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Esasında bilinçli bir kalite kontrolü ya da diğer bir deyişle, kalitenin üretim aşamasında oluşturulmasıyla zamandan, paradan, girdilerden, işgücünden ve enerjiden önemli ölçüde tasarruf sağlanır. İşletmenin sağladığı bu tasarrufların büyüklüğü ölçüsünde verimliliği de artacaktır. Ancak bütün bunlar işletmenin kalite anlayışı, kontrol süreci ve bu sürecin ekonomik olmasıyla yakından ilgilidir.

Verimlilik, birim girdi başına elde edilen çıktı düzeyi olarak tanımlanmaktadır. İşgücü, hammadde, makina, teknoloji ve sermaye işletmenin kullandığı girdileri, elde edilen üretim (ürün ve/veya hizmet) de çıktıları oluşturur. Bir işletmenin çıktısı (üretimi), kalite ve miktar yönlü ölçülebilmektedir. Bu nedenle verimlilik, sadece girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi değil, aynı zamanda etkinlik (effectiveness), kalite ve yeterlilik derecesi (efficiency) arasındaki ilişkiyi de içeren kuvvetli bir performans (başarım) ölçütüdür (şekil 1.1) (Swaim and Sink, 1985).

Bir işletmenin performansını belirleyen önemli ölçütlerden biri etkinliktir. Etkinlik, işletme faaliyetlerinin amacına ulaşma derecesi olarak tanımlanır (Aldemir, 1985; Swaim and Sink, 1985; Seçim, 1987). Teknik düzeyde ise, beklenen ile gerçekleşen durum arasındaki ilişkiyi tanımlayan yeterlilik derecesi önem kazanmaktadır. Örneğin, belirli bir dönemde beklenen ile gerçekleşen kaynak kullanımı arasındaki oran yeterlilik derecesi olarak tanımlanabilir. Bir işletmenin ürünlerinin ve/veya hizmetlerinin kalitesi ve ulaşılan kalite düzeyi de performansın önemli bir bileşenidir. Bununla birlikte işletmenin, tüketicilerin miktar ve



Sekil 1.1 Etkinlik, yeterlilik derecesi, kalite, verimlilik ve karlılık arasındaki ilişki

kalite yönlü taleplerini karşılayabilme yeteneği etkinliğinin bir ölçüsü olarak kabul edildiğinden, işletmenin etkinliği, büyük ölçüde o işletmenin kalite düzeyi ve yeterliliğini de içermektedir (Tersine, 1985). Diğer taraftan karlılık, işletmenin belirli bir dönemde elde ettiği gelir üzerine kurulduğu için, satış tutarı ve işletmenin satış çabalarının bir sonucudur. İşletme faaliyetlerinin sürekliliği ilkesi gözönüne alındığında, bir işletmenin uzun dönemdeki başarı derecesini belirlemede en önemli ölçüt, karlılık yerine verimliliğin artışı ölçütü olmalıdır (Doğan, 1987).

Son yıllarda tüketici istek ve arayışlarında meydana gelen değişimler, Japon endüstrisinin gösterdiği çarpıcı gelişme ve başarılar, kalite, verimlilik ve karlılık arasındaki ilişkinin açıklıkla ortaya konması, kalitenin dünyada olduğu gibi ülkemizde de çeşitli teorik ve uygulamalı araştırmalara konu olarak seçilmesinde etkili olmuştur.

Bu çalışmada günümüzdeki "Kalite Güvenliği" (Quality Assurance) anlayışı, bu anlayış kapsamında kullanılacak teknikler ve bu tekniklerden yetenek analizlerinin proses geliştirmedeki etkinliği ve uygulanabilirliği araştırılmış-

tır. Toplam maliyette sağlanan azalma ile ürün güvenilirliğinde sağlanan artış, proses ve dolayısıyla kalite geliştirmenin eniyi göstergeleri olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle kalitenin geliştirilmesi, ancak birlikte yürütülecek maliyet-kar ve güvenilirlik hesapları ile tam ve doğru olarak belirlenebilir.

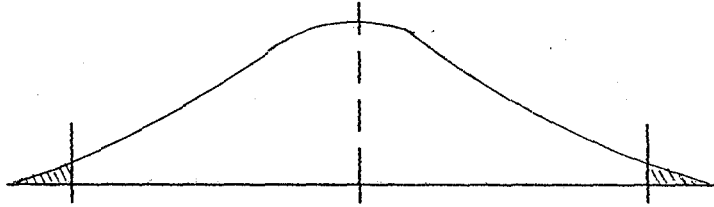
Çalışma kapsamında, kalite ile ilgili kavramlar geleneksel ve modern yaklaşım açısından incelenmiştir. Yaklaşımlar arasındaki farklılıklar şekil 1.2'de verilen üç farklı proses dağılımının, geleneksel ve modern anlayıştaki yöneticiler tarafından nasıl yorumlandığının incelenmesini gerektirir. Geleneksel yönetici proses 1'i enkötü proses (bazı birimler toleranslar dışında olduğundan), proses 3'üde eniyi proses (bütün birimler toleranslar içinde olduğundan) olarak seçme eğilimindedir. Modern yönetici ise, bunun aksine, proses 3'ü enkötü proses (birimlerin hepsi hedef dışında olduğundan), proses 1'ide eniyi proses (bazı birimler toleranslar dışında olsa da çoğunlukla hedef civarında üretim yapıldığından) olarak seçme eğilimindedir (Sullivan 1984).

Geleneksel kalite kontrolünün statik bir yöntem olarak yeterli olmadığı açığa çıkmış bulunmaktadır. Günümüzde "Kalite Güvenliği" kavramı tasarım, üretim, ve dağıtım işlemleri yanında ürünlerin ekonomik ömürleri içerisinde dayanıklılığını ve servis hizmetlerini daima daha iyiye yönlendirecek dinamik bir araç olarak ele alınmaktadır. Garanti edilen ürün performansının spesifikasyonlara uygunluğunu sağlayarak en uygun fiyatlandırmanın yapılması olarak tanımlanan Kalite Güvenliği ile bütün faaliyetlerin tek bir hedefe, yani iyi belirlenmiş müşteri gereksinimlerini karşılamaya yönelik olduğu ifade edilir. Çünkü, müşteri ve onun gereksinimleri, işletme faaliyetinin hem başlangıcı, hem de sonucudur (Cappis, 1987).

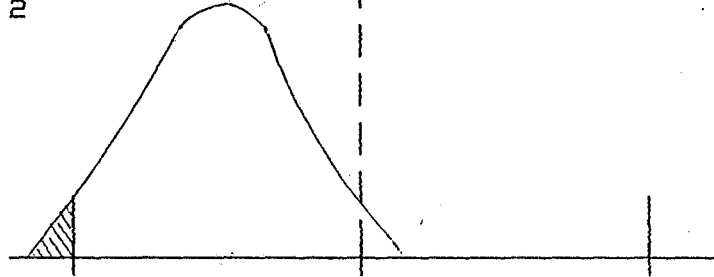
Bu genel çerçeve içerisinde ikinci bölümde kalite ve

kalite kontrol kavramlarına kısaca değinildikten sonra günümüzdeki kalite anlayışı ve kalite kontrolunda istatistiksel teknikleri kullanmanın gerekliliği açıklanmıştır.

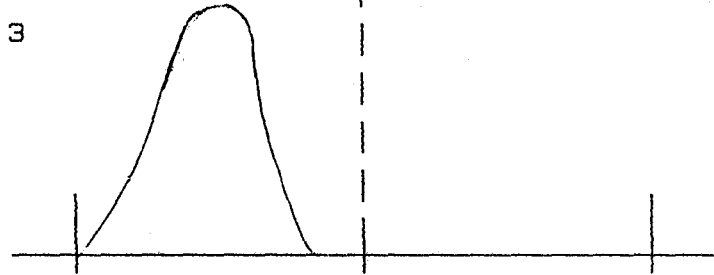
PROSES 1



PROSES 2



PROSES 3



Alt spesifikasyon sınırı      Hedef      Üst spesifikasyon sınırı

Şekil 1.1 Proses dağılımları

İstatistiksel proses kontroluna (İPK) ait kavram ve teknikler üçüncü bölümde incelenmiştir. Bu kapsam içinde İPK sisteminin prosesi etkileyen problemleri belirlemedeki etkinliği üzerinde durularak İPK sisteminin belirlediği problemler için alınabilecek önlemler sıralanmıştır. Ayrıca İPK'da yaygın olarak kullanılan istatistiksel teknikler ve İPK'ya geçebilmenin ön şartlarına ilişkin bilgiler de verilmiştir.

Dördüncü bölümde kalite kontroluna yönelik yöntemler, imalat öncesi ve imalat aşamasında yürütülen yöntemler olarak iki grupta ele alınmıştır. İlk olarak imalat öncesinde yürütülen kalite kontrol yöntemlerinden deney tasarımı (parametre tasarım deneyleri) ve bu çalışmanın nasıl yürütüleceğine ilişkin genel bilgiler verilmiştir. İkinci olarak da imalat aşamasında yürütülen kalite kontrol yöntemlerinden proses yetenek çalışması ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Beşinci bölümde ise, ilk dört bölümde verilen bilgiler paralelinde bir sanayi işletmesinde proses kontrolü ve proses geliştirme üzerine bir uygulama çalışması yapılmıştır. Altıncı ve son bölümde ulaşılan sonuçlar ve geliştirilen öneriler tartışılmıştır.

## 2. KALITE VE KALITE KONTROLUYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Kalite sözcüğü son yıllarda gittikçe artan sıklıkta söylenen gösterişli bir slogana dönüşmüştür. Kalite kavramı çoğu kişiye doğal olarak, sadece üretilen mallarla bağlantılı olarak bir anlam ifade eder. Nitekim kalitenin somut olarak tanımlanması ve ölçülmesi de çoğunlukla bu çerçevede mümkün olabilmektedir. Ancak günümüzde kalite sözcüğünü yeni ve bazen de beklenmeyen alanlarda duyabilmekteyiz. Örneğin, servis ve benzeri hizmetlerin kalitesinden söz edilmeye başlanmıştır. Kalite, artık iyi bir planlamanın veya etkili bir pazarlamanın belgesi olarak görülmektedir, hatta bu sözcük bireylerin servise önem vermesi, yardıma istekli olması veya diğer kişisel davranışlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Konu genelleştirildiğinde artık politik olarak benimsenen "Hayat Kalitesi" deyimini ortaya çıkmaktadır.

### 2.1 Kalite Kavramı Ve Kalite Kontrol Fonksiyonu

#### 2.1.1 Kalite kavramı

Mal veya hizmet, kullanıcısının uygun ve yararlı olarak bulduğu özellikleri içerdiği ölçüde kullanım uygunluğu sağlayabiliyor demektir. Kalite kavramı kullanım uygunluğuna bağlı olup kullanıcıya, zamana ve yere göre değişen bir kavramdır. Bir mal veya hizmetin kullanıcılarına kullanım uygunluğu sağlama düzeyi, bu mal veya hizmetin kalite düzeyini belirleyici unsurdur (Tunail, 1984).

Üretimi doğurduğu üç önemli sonuca göre değerlendirmek yerinde olur. Bu sonuçlar, üretim miktarı, üretimin birim maliyeti ve çıktının kalitesidir. Bunlar üretimin başarısını birlikte belirlemekle beraber, istenilen kalitede bir üretim gerçekleştirilmediği sürece üretimi sürdürmek anlamsızdır. İstenilen özelliklere sahip olmayan bir ürün değerinden kaybeder. İstenilen amacı sağlayamadığı durumlarda ise bu değer sıfırdır. O halde bir ürünün kaliteli sayılmasında amacı sağlama ve bu amacı sağlamak için gerekli olan özel-

liklere yakınlık olmak üzere iki temel ölçüt gözetilmektedir. Bu iki ölçüt **"kalite"** kavramını oluşturan temel niteliklerdir.

Kalite deyimi, aşağıda bazılarının da sıralandığı gibi çok değişik anlamlarda kullanılır:

- . Üstün özelliklere sahip oluş (örneğin, sert bir çeliğin, dayanıklı bir kumaşın kaliteli olduğu söylenir).
- . Hatasız oluş.
- . Cins, tür anlamında kullanılmaktadır (örneğin, ekmeçlik ya da makarnalık kalite un gibi).
- . Sınıf veya karakter anlamında kullanılmaktadır (örneğin, birinci kalite veya ikinci kalite gibi).

Görüldüğü gibi kalite deyimlerinin bu kullanım biçimleri çoğu kez yetersiz, soyut ve bazen de yanıltır. Kalitenin bilimsel ve somut bir tanımı **"bir üründe önemli sayılan özelliklerin belirli değerlere yakınlık derecesi"** olarak yapılabilir (Başer, 1987). Bu tanıma göre kaliteli ürün **"fonksiyonel özellikleri en dar değişim sınırları içinde istenilen değerlerde olan standard bir üretim maddesidir."** Diğer bir tanımda ise kalite, **"kullanım uygunluğu"** olarak ifade edilir (Montgomery, 1985). **Bir madde ve ürünün kalitesi, o madde veya ürünün, ekonomik ömrü içinde, kullanılabilmesi, kendisinden istenilen fonksiyonları gereken şekilde yerine getirebilmesi, kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayabilmesi ve isteklerine cevap verebilmesi için taşıması gereken özelliklerin tümüdür** (Özgen, 1981).

Bir üründe bulunması istenen özellikler o ürünün kullanılacağı yere ve yapacağı göreve bağlıdır. Bu bakımdan istatistiksel kalite kontrolü açısından **kaliteli** terimi, üstün özelliklere sahip anlamında değil, **istenilen özelliklere sahip** anlamında kullanılır. İstenilen özelliklerden bahsedebilmek için ise belirli bir standardın tesbit edilmiş olması gerekir. Kalitesiz mal bu standarttan uzak olan maldır (Başer, 1972).

Üretim maliyeti ile kalite düzeyi arasında doğrudan bir bağıntının var olması, "eniye" kalite yerine "hedeflenen kalite" kavramının kullanılmasını gerekli kılar. Bununla, kalite planlamasının temelini oluşturan "hedeflenen kalite" düzeyinin saptanması, ilgili mamülün göreceği işleve ilişkin bir karar olduğu kadar ekonomik bir karar olduğu da ifade edilir (Yağız, 1981).

Kaliteden kaynaklanan sorunlar, bir kuruluşun rekabet ortamında müşteri kaybı nedeniyle zor durumlara düşmesine yol açabileceği gibi maliyetler açısından da çok olumsuz etkiler yaratabilir. Örneğin yeniden işleme, hurda ve garanti maliyetlerindeki artış birim maliyetlerde istenilmeyen artışlara neden olacaktır.

Bir ürünün kalitesini oluşturan öğeler şunlardır (Juran, 1974):

- . Tasarım kalitesi
- . Uygunluk kalitesi
- . Güvenilirlik.

Tasarım kalitesi deyince akla üretilen bir malın spesifikasyonlarının saptanması gelir (Yağız,1981). Bütün ürünler farklı kalite seviyelerinde veya derecelerinde üretilirler. Kalitenin seviyesi veya derecesindeki bu farklılık maksatlı olup, tasarım kalitesi olarak ifade edilir (Montgomery, 1985).

Tasarıma uygunluk kalitesi ise, üretilen bir malın ya da parçanın, tasarım aşamasında saptanan spesifikasyonlara ne derece uygun olduğunu gösterir (Yağız, 1981). Uygunluk kalitesi; imalat prosesinin seçilmesi, işgücünün eğitim ve denetimi, kullanılan kalite güvenlik sisteminin tipi (istatistiksel proses kontrolleri, testler, muayene faaliyetleri,....vb.), kapsamı ve işgücünün motivasyonu gibi çok sayıda faktör tarafından etkilenir (Montgomery, 1985). Tasarıma uygunluk kalitesinin kontrolü ham ve yardımcı mad-

delerin sağlanmasından üretilen malın ambalajlanıp depolanmasına kadar geçen tüm evreleri kapsar ve istatistiksel yöntemlerin en yoğun biçimde uygulandığı bir alandır

Güvenilirlik ya da kullanışta bekleneni verme kalitesi ise, bir ürünün tüketici tarafından satın alındığında ne derece iyi çalıştığı ya da hizmet verdiğinin bir ölçüsüdür. Bu açıdan kullanışta bekleneni verme kalitesi, daha önce değinilen tasarım kalitesi ile uygunluk kalitesinin bir sonucudur denebilir (Yağız, 1981).

İzleyen kesimlerde kalite kavramı "**tüketicinin gereksinimlerini en ekonomik düzeyde karşılayabilmek için bir ürün veya hizmette önemli sayılan özelliklere yakınlık derecesi**" anlamına kullanılacaktır.

### **2.1.2 Kalite kontrolünün gerekliliği ve kapsamı**

Endüstride sık sık karşılaşılan iki sorundan birincisi, verim düşüklüğü, ikinciside alıcının malda aradığı özellikleri bulamamasıdır.

Verim düşüklüğü genellikle bozuk işin düzeltilmesi için boşuna işgücü ve malzeme kullanılmasından ve makinaların üretim yapacak yerde bozuk ürünleri düzeltmede çalışmasından ileri gelir. Alıcının malda aradığı özelliği bulamaması ise, kalite yetersizliği kadar malın belirtilen sürede yetiştirilip alıcıya ulaştırılmamasının da bir sonucudur.

Bütün bu sorunların üstesinden gelme bakımından kalite kontrolünden büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Kalite kontrolünün amaçları ise şöyle sıralanabilir (MPM, 1974):

- . İşin daha başlangıçta doğru yapılmasını sağlayarak eldeki makina ve işgücünden en yüksek verimi sağlamak.
- . Gereksiz hammadde kullanımını ve aşırı stok sorunlarını azaltmak, bozuk işin düzeltilmesi için kaynak kullanımını kısmak yoluyla üretim giderle-

rini düşürmek.

- . Bozuk işleri düzeltmek için kullanılan sürenin yol açtığı üretim gecikmelerini önlemek.
- . Alıcıya, istediği toleranslar içinde kalan ürünler vererek fabrikaya karşı güvenilebilirlik duygusu yaratmak.

Kalite kontrolü, **işi en doğru yapmanın yolu daha başlangıçta doğru yapmaktır** düşüncesinden hareketle, iyi planlama için harcanacak az bir sürenin ileride birçok dertleri ortadan kaldıracacağı gerçeğine dayanır (MPM, 1974).

Basit bir şekilde ifade edildiğinde kalite kontrolünün hedefi tüketiciye kullanım amaçlarına uygun ürünler sunmaktır. Fakat bunun nasıl yapılacağı konusunda değişik görüşler vardır. Yakın bir zamana kadar ve hatta bugün bile kalite kontrolünden anlaşılan yalnızca bir eleme ve ayıklama (muayene) olduğudur (MPM, 1987). Oysa muayene, uygun olmayan birimlerin müşterinin eline geçmeden önce ayıklanması olup imalat departmanına bir geri besleme bilgisi sağlar. Muayene ürünün mevcut kalitesini geliştirmez.

Juran (1974) Kalite kontrolünü, "gerçek kalite düzeyinin ölçüldüğü, standartla karşılaştırıldığı ve farklılık karşısında harekete geçildiği bir düzenleme süreci" olarak tanımlamaktadır. Karayalçın (1986) ise, kalite kontrol faaliyetinin en iyi kalite için değil en ekonomik kalite için yapıldığını ve bir organizasyonda müşteriyi her bakımdan tam olarak tatmin edecek üretimi sağlamak için çeşitli gruplar tarafından kalitenin devamı ve gelişimi konusunda harcanan çabaları koordine eden (birleştiren) bir sistem olarak tanımlamaktadır.

Kalite kontrolüne yönelik eylemleri **toplam kalite kontrolü (Total Quality Control)** olarak adlandıran Feigenbaum (1961) ise, tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacı ile işletme organizasyonu içindeki

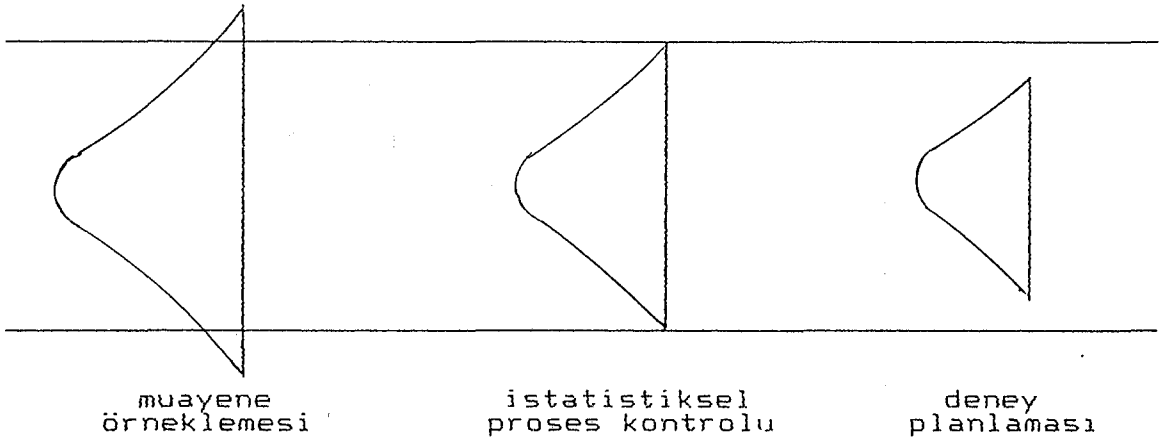
**çeşitli birimlerin; kalitenin oluşturulması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabalarını bütünleştiren sistemi** toplam kalite kontrolü olarak tanımlamaktadır.

Toplam kalite kontrol anlayışı günümüzde kalite güvenliği sağlamayı amaçlayan ve "Kalite Seferberliği" (Quality Commitment) olarak adlandırılan düzeye gelmiştir. Kalite güvenliği ise, kalite kontrol fonksiyonunun etkin bir şekilde yerine getirildiğine dair bilgileri sağlayan faaliyetler sistemi olarak tanımlanabilir. Her üretici işletme içinde ve müşterilere karşı ürünlerin kusurlu olmadığı güvencesini sağlayıcı tedbirler almalıdır. Bunlar kalite güvenliği programları veya sistemleridir. Sistem kalite kontrol programının yeterliğinin ve etkinliğinin gerektiğinde düzeltici olmak üzere sürekli denetlenmesini öngörür (Özkul vd.,1987).

Kalite güvenliğinin sağlanmasında yararlanılabilecek iki temel araç, istatistiksel proses kontrolü ve kabul örnekleme olarak görülmektedir (Montgomery, 1985). Bunlara ilaveten kalite problemlerini analiz etmek ve üretim prosesinin performansını yükseltmek için deney planlaması (parametre tasarım deneyleri) gibi bir dizi istatistiksel tekniklerden de yararlanılabilir. Zaman içerisinde ana kalite karakteristiğindeki değişkenliğin azaltılarak bunun nasıl gerçekleştirildiği şekil 2.1'de görülmektedir (Özkul vd., 1987).

Kalite kontrol işleminde şu aşamalar yer alır (Tunail, 1984):

- . Kontrol konusunun seçimi,
- . Ölçüm biriminin seçimi,
- . Standard değerin veya olması gereken kalite özelliğinin belirlenmesi,
- . Ölçüm birimi ile değerlendirilecek aracın saptanması,
- . Ölçümlerin yürütülmesi,
- . Gerçek ile standard farkının yorumlanması,
- . Karar verme ve fark konusunda önlemlerin alınması.



Sekil 2.1 Kalite güvenliği yöntemleri uygulamasıyla kalite değişkenliğinin sistematik olarak azaltılması

Kalite kontrolü, genelde etkileri kısa dönemde görülmeyen bir işletme faaliyetidir. Kalite veya kalite kontrolüne yönelik alınacak kararlar işletmenin geleceğini etkileyecek niteliktedir.

## 2.2 Kalite Değişkenliği

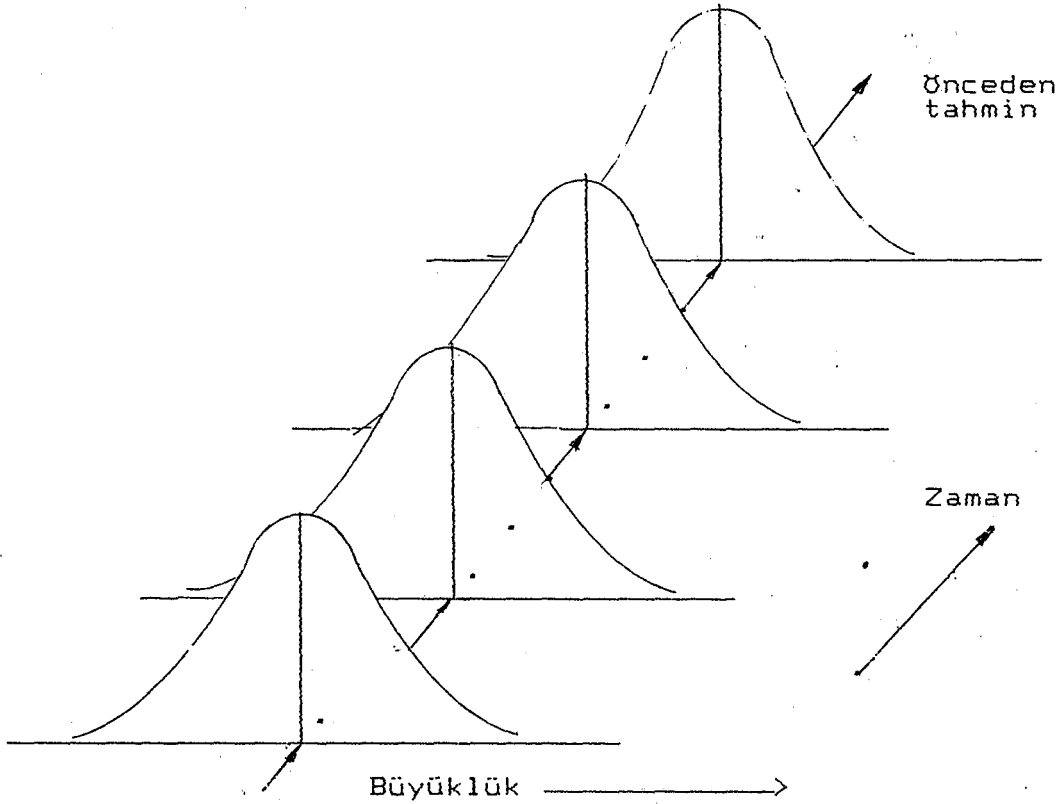
Üretilen her ürün ya da o ürünü oluşturan parçaların ölçü ile ifade edilebilen kalite özellikleri her zaman belli bir değişkenlik gösterir. Başka bir deyişle, her parçayı tolerans tanımadan aynı ölçüde yapmak olanaksızdır, ya da çok yüksek maliyeti gerektirir (Yağız, 1981). Bu değişkenlik iki ana nedenden kaynaklanır:

- . Şansa bağlı değişkenlik
- . Özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik.

### 2.2.1 Şansa bağlı değişkenlik

Her doğa olgusunda olduğu gibi üretim faaliyetleri ile ilgili olarak da şans faktörleri değişkenliğe neden olurlar. Bunlara genel sapma nedenleri de denir. Çünkü bunlar vardiya, makina, malzeme vs. ye göre değişmeyen nedenlerdir. Şans faktörlerinin neden olduğu değişkenlik kaçınılmazdır. Bu durumlar zaman içerisinde istikrarlı ve kestirilebilen şartlar olarak kabul edildiğinden, önemli olan bu tür değiş-

kenliğin istenilen sınırlar içinde kalıp kalmadığının kontrolüdür (şekil 2.2).



Şekil 2.2 İstikrarlı ve kestirilebilen değişkenlik

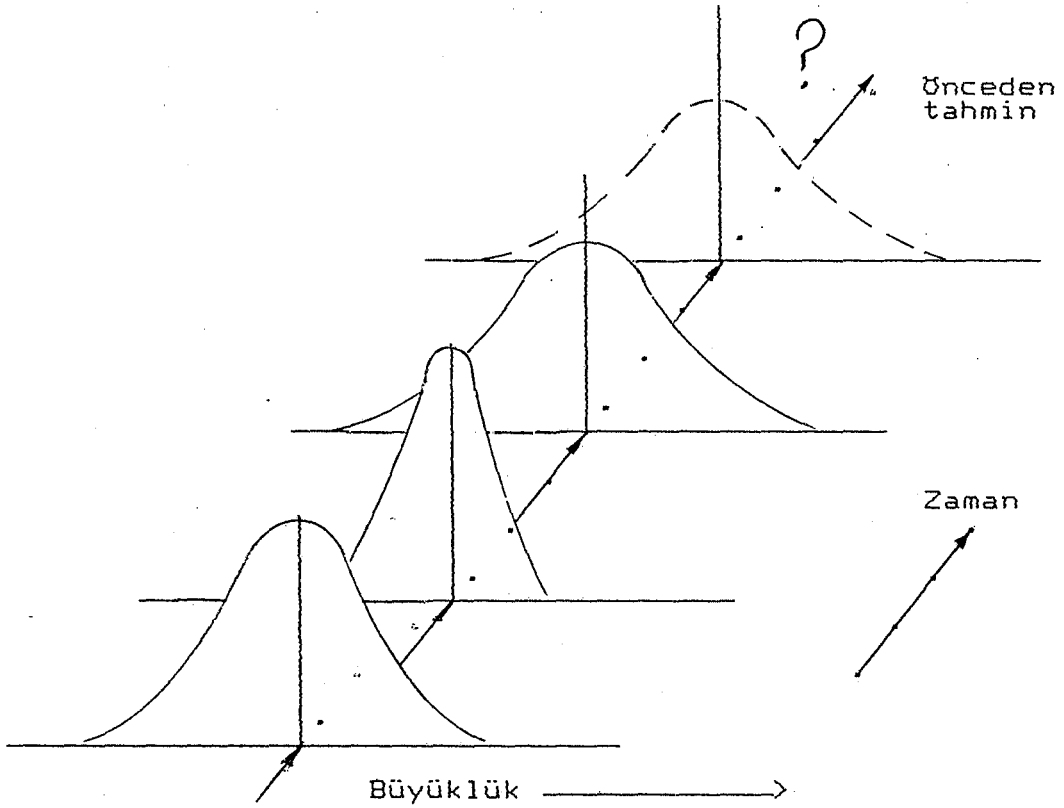
### 2.2.2. Özel nedenlere bağlı değişkenlik

Belirli bir makina, operatör, malzeme gibi spesifik nedenlere bağlı olarak oluşurlar. Bunlara bağlı nedenler de denir. Bu tür değişkenliğe yol açan nedenler bulunup giderilmedikçe önemli kalite sorunlarına yol açacaklardır. Eğer sapma özel nedenlere bağlıysa proses sonucu zaman içinde istikrarsızdır ve bu nedenle de kestirilemez (şekil 2.3).

Kalite değişkenliğine yol açan özel nedenler başlıca şunlardan oluşur (Yağız, 1981):

- İşlem ya da procesten kaynaklananlar. Kalem, aparat, kalıp aşınması, titreşim, hidrolik ve elektrik dalgalanmaları, bakımsızlık, arızalar,...vs.

- **Malzemeden kaynaklananlar:** Nem, geçirgenlik, sertlik kalınlık, direnç gibi özelliklerde olan değişiklikler, malzemelerin homojen olmaması,....vs.
- **İşçiden kaynaklananlar:** Yöntem, beceri, işçinin fiziksel ve ruhsal durumlarında olabilecek değişiklikler,....vs.
- **Diğer faktörlerden kaynaklananlar:** Sıcaklık, nem, aydınlatma, gürültü, radyasyon,....vs.



Sekil 2.3 İstikrarsız ve kontrol edilemeyen değişkenlik

Bu ayırım, nedenin belirlenip düzeltmenin yapılabilmesi açısından önemlidir. Özel nedenler belirli noktalarda yapılacak (operatörün ayar hatasını düzeltmesi gibi) çalışmalarla düzeltilebilir. Buna karşılık şansa bağlı (genel) sapma nedenleri yönetimin düzeltici çalışmasını gerektirir. Bu durumda prosesi etkileyen (makinalarda ve hammadde özelliğinde değişiklik gibi) geniş önlemler söz konusudur.

Genellikle kalite sorunu yaratan sapmalar şansa bağlı sapma nedenlerinden kaynaklanır. Kural olarak istenmeyen sapmaların % 85'ini şansa bağlı nedenlerden kaynaklanır (Goodyear, 1986).

Üretim sırasında çeşitli kontrol ölçütleri yoluyla değişkenliği yakinen izlemek, özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik varsa bunların neler olduğunu belirleyerek ortadan kaldırmaya yönelik çabaları başlatmak gerekir.

### **2.3 Kalite Kontrol Sistemi**

Kalite kontrol sisteminin genel yapısı şekil 2.4'de verilmiştir (Saatçioğlu, 1983). Sistem girdi, çıktı ve geri iletimin yer aldığı şemayla gösterilmektedir. Bu gösterimde, kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması aşaması, kontrol sürecini oluşturmuştur. Girdiler, ürün spesifikasyonları ile üretim sürecinin performansı, çıktıları ise kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması sonunda elde edilen kararlardır. Şekilde neyin, nasıl, ne zaman ve nerede muayene edileceğine ilişkin kalite kontrol kararları sistemin bir başka girdisi olarak belirtilmiştir.

Kalite kontrol sisteminin amacı, toplam kalite maliyetini en küçükmektir. Toplam kalite maliyeti, muayene ve kontrol maliyeti ile hatalı ürün maliyetinden oluşmaktadır. Muayene ve kontrol maliyeti artarken hatalı ürün maliyeti düşer. Toplam kalite maliyetinin en küçüklendiği noktada en uygun kalite kontrol faaliyeti tanımlanır (şekil 2.5).

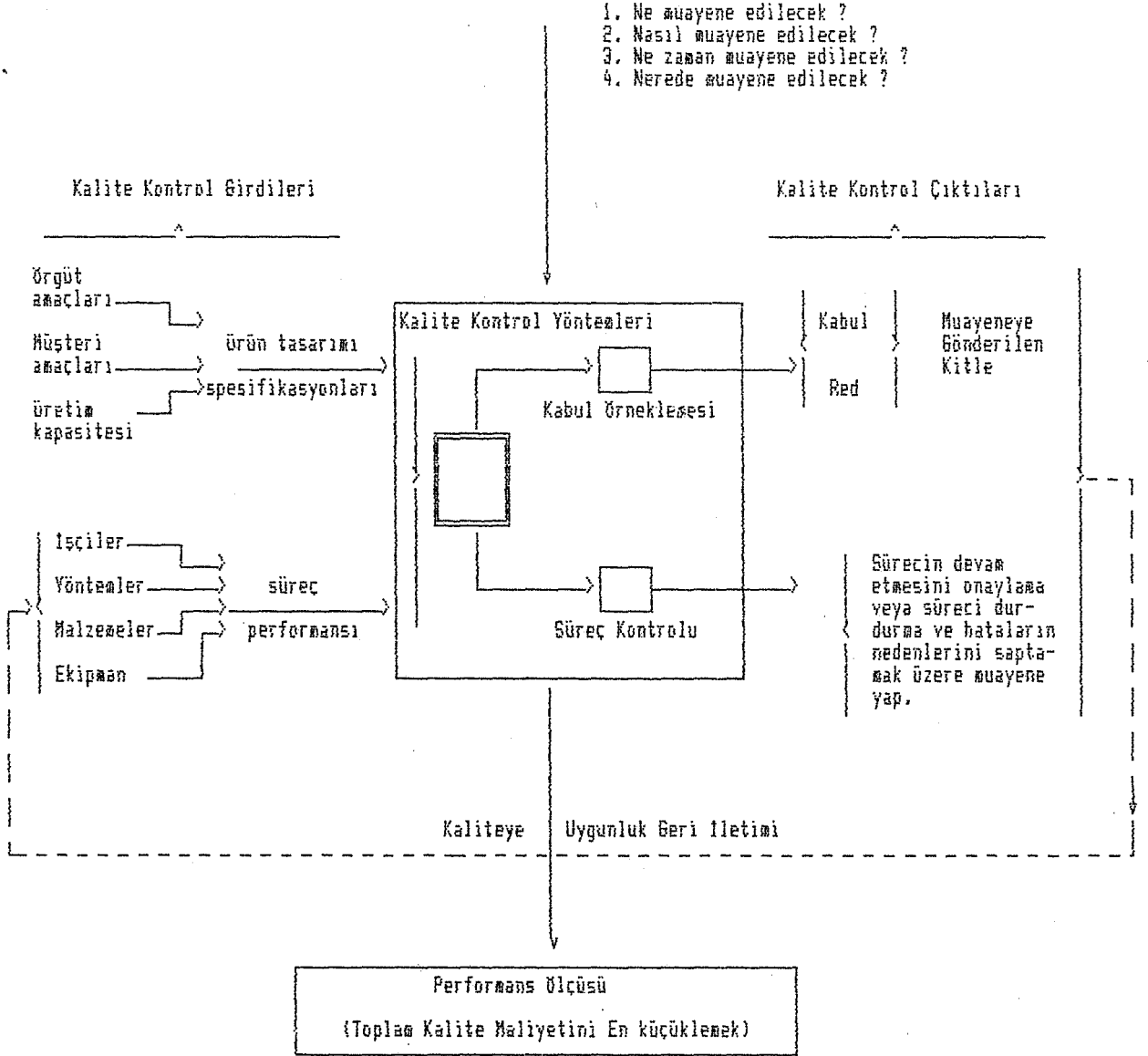
### **2.4 Kalite Kontrol Yaklaşımları**

Kalite ve kalite kontrolüne ilişkin kavramlar günümüzde aşağıda verilen iki yaklaşım altında incelenmektedir:

- . Geleneksel yaklaşım,
- . Modern yaklaşım.

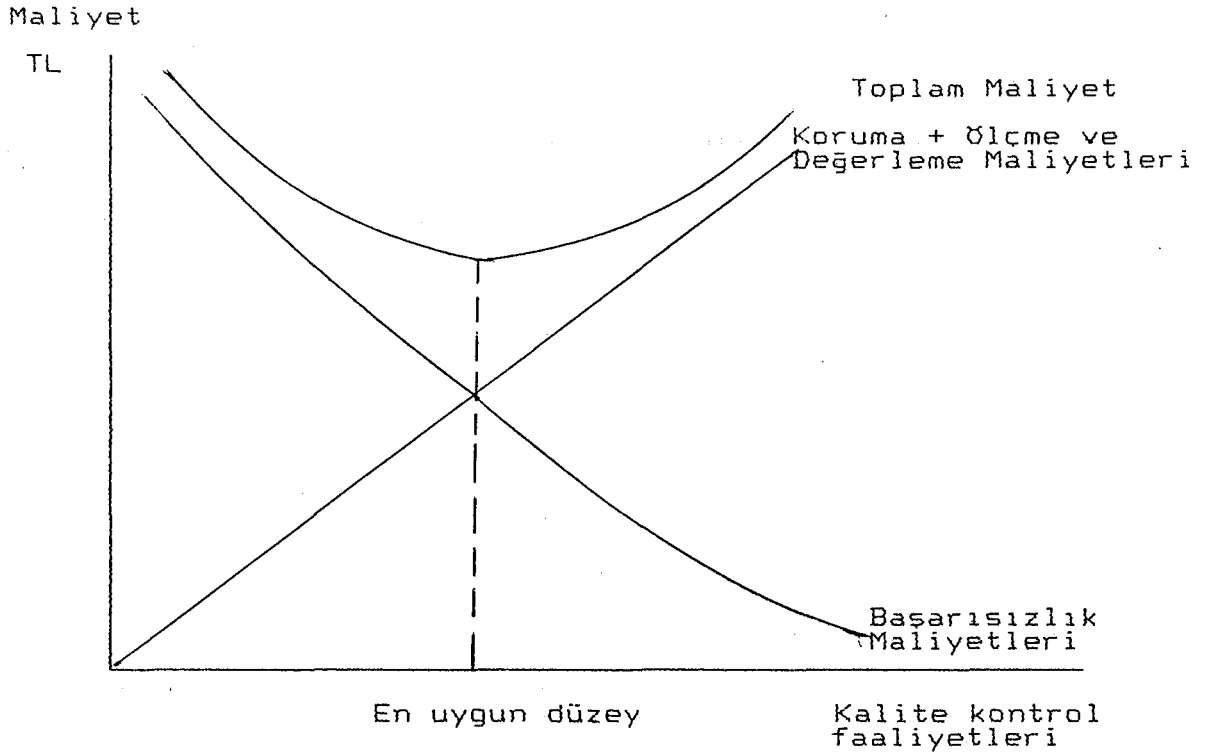
Ancak günümüzdeki kalite ve kalite kontrol anlayışına kolayca gelinmemiştir. Böyle bir anlayışa varabilmek uzun

## Kalite Kontrol Kararları



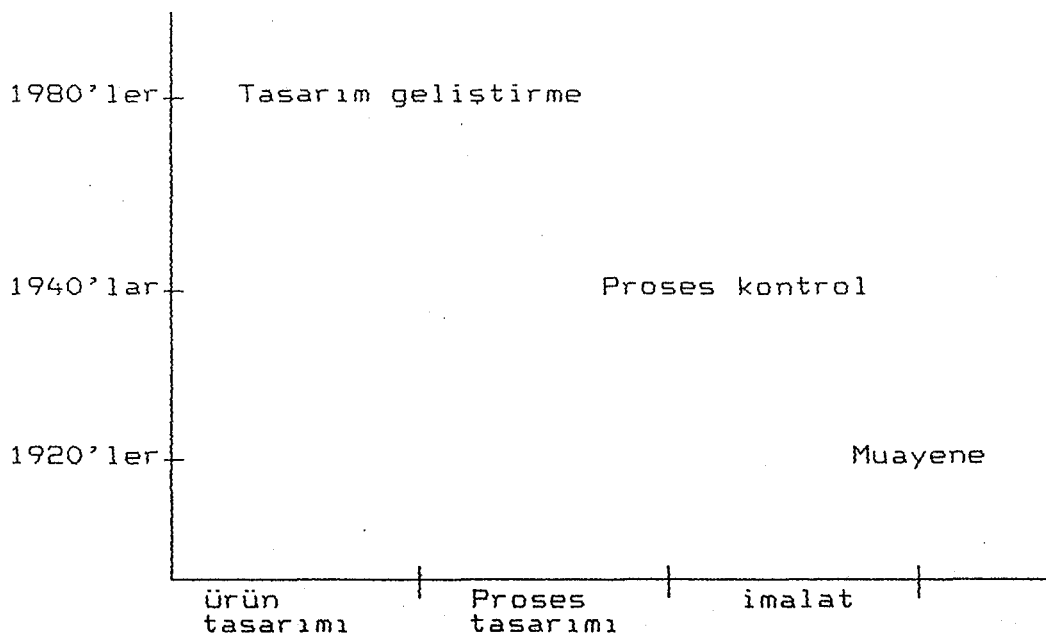
Sekil 2.4 Kalite kontrol sisteminin elemanları

süren çalışmalar sonunda mümkün olmuştur. Konunun bu günkü durumunu daha iyi anlayabilmek için kalite kontrolünün gelişim sürecini kısaca incelemekte yarar vardır.



Sekil 2.5 Toplam kalite maliyetleri

Ishikawa (1984) kalite kontrol çabalarının gelişim sürecini üç grupta ele almaktadır (şekil 2.6):



Sekil 2.6 Kalite çabaları gelişim süreci

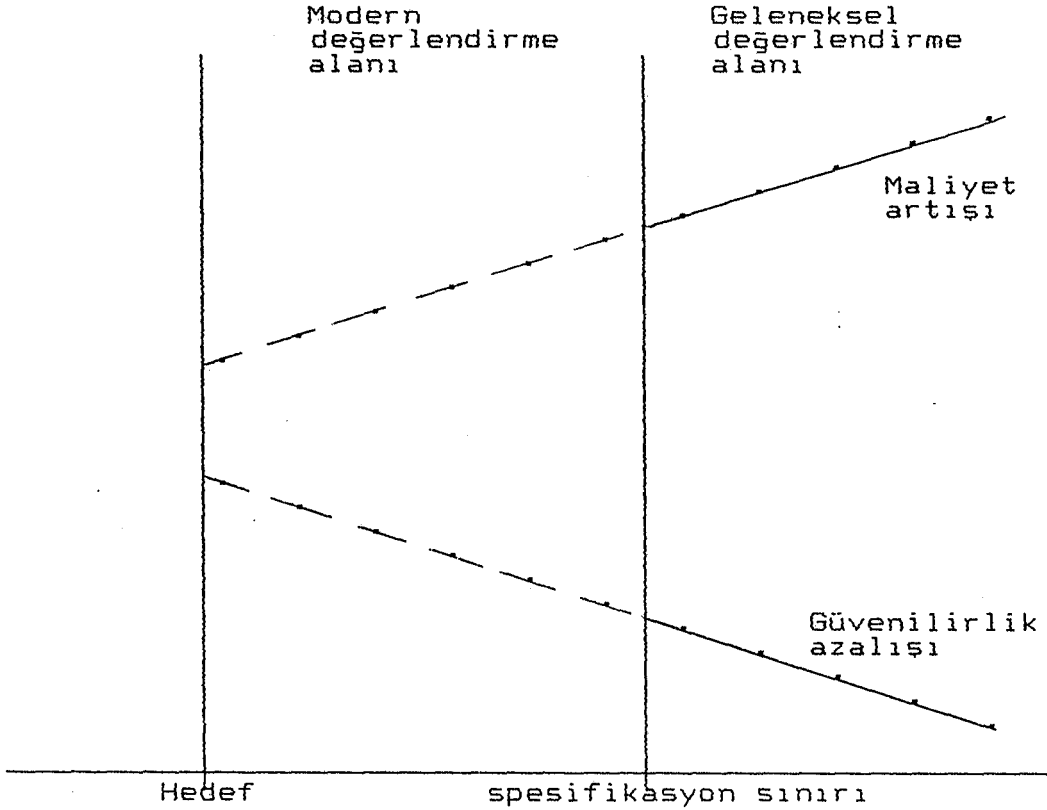
- . Muayene,
- . İmalat proses kontrol,
- . Ürün ve proses tasarım geliştirmesi.

İkinci dünya savaşına kadar muayene ile kalite kontrolü eş anlamda kullanılmıştır. Savaşın başlamasıyla birlikte kitle üretiminin ortaya çıkışı istatistiksel tekniklerin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ancak istatistiksel teknikler sadece örnekleme yoluyla muayenede kullanıldığından kısa sürede yetersiz kalmıştır (Başer, 1987). 1940'lerden itibaren istatistiksel tekniklerin kullanıldığı imalat proses kontrolleri yaygın olarak uygulanmaya başlamış, 1960 sonrasında ise Feigenbaum (1961) tarafından ortaya atılan **toplam kalite kontrolü** kavramı ile kalite kontrol üretimin her aşamasında yürütölen ve işletmenin tüm birimlerinin sorumlu olduğu bir çalışma haline gelmiştir. Toplam kalite kontrolü kavramı **bütünleşik kalite kontrol (integrated quality control)** kavramı veya Japonya'daki şekliyle **firma çapında kalite kontrolü (company - wide quality control)** kavramıyla uygunluk kazanmıştır (Burnak, 1988). Öte yandan 1980'den itibaren yaygınlaşmaya başlayan ürün ve proses tasarım geliştirmeleri ile kalite kontrol çalışmaları değişik bir boyut kazanmıştır (Ishikawa,1984; Kackar, 1985).

#### 2.4.1 Geleneksel yaklaşım

Üretimin kalitesini sağlamada geleneksel amaç, önemli kalite göstergelerinin belirlenen spesifikasyonlar içinde tutulmasıdır. Bu yaklaşımda kalite **spesifikasyonlara uygunluk** olarak tanımlanır ve kontrol veya testler ürünün spesifikasyonlara uygun olduğunu görmek için yapılır. Önlem almayı gerektiren bir işaret ancak sınırlar dışında bir durum göröldüğünde verilmektedir. Bu yaklaşımın en zayıf noktası, hedefe doğru yaklaşıldıkça sağlanan maliyet azalması ve güvenilirlik artışının değerlendirilmesi yapılamadığından, ancak sınır dışında kusurlu mal göröldüğünde prosesin kontrolü ve düzeltilmesi için harekete geçilmesidir

(şekil 2.7) (Sullivan, 1984). Geleneksel tekniklerin daha yoğun uygulanması ile kalitede küçük de olsa bir gelişme sağlanabilir, ancak bu oldukça pahalı bir yöntemdir.



Şekil 2.7 Maliyet ve kalite değerlendirilmesi

#### 2.4.2 Modern yaklaşım

Kalitenin, ürünün hedef civarındaki değişmezliği olarak tanımlandığı bu yaklaşıma **Japon kalite kontrol yaklaşımı** ya da **yeni yaklaşım** da denilmektedir (Sullivan, 1987). Japon kalite kontrol yaklaşımı, üretim sistemleri içinde ürün kalitesini etkileyen her aşamadaki faaliyetlerin, tasarımından satış sonrası garanti hizmetlerini de kapsayan süreç içinde birleştirilmesidir. Bu kalite kontrol sisteminin amacı, titiz nihai ürün kontrol prosedürlerinin terk edilerek kalitenin üretim süreci içinde yaratılmasıdır. Bu tür, sadece ürüne yönelik prosedürlere ve muayene planlarına ihtiyaç duyan bir firma, Japon standartlarına göre fazla

benimsenmez ve böyle bir fabrika yönetimi bu durumu açıklamaktan hoşlanmaz (Peşkirçioğlu, 1984).

Hedeften sapmanın güvenilirliği azaltacağı, imalat maliyetlerini artıracığı ve bunun müşterinin de zararına olacağı kabul edilen bu yaklaşımda amaç, diğer yaklaşımın aksine sürekli bir gelişme elde etmektir (Sullivan, 1984).

Kalite kontroluna modern (Japon) yaklaşımının diğer önemli bir yanı da, bütün kusurların ortadan kaldırılması ile üretim maliyetlerinin düşmesidir. Bu durum tezat gibi görünsede kalite kontrolunun temelini oluşturur. Ürün kusurlarının artması üretim malzemelerinin ve enerjinin israf edilmesi ve satılabilir nitelikteki ürün miktarında azalma demektir. Doğal olarak pazarlanabilir nitelikteki ürün miktarı arttıkça gelirler de artar. Kusur sayısı ve türü arttıkça tüm makina-teçhizatın daha sık denetimi ve alternatif malzemelerin denenmesi gerekebilir. Kusurlu ürün sayısı azaldıkça bakım ihtiyacı azalır ve üretim artar. Böylece ürünün kullanılmasından gelen şikayetler de azalır. Japon firmalarının başarısı bu neden - sonuç ilişkisinin doğruluğunu kanıtlamıştır (Peşkirçioğlu, 1984).

## **2.5 Kalite Kontrolu ve İstatistik**

Kalite kontrol açısından istatistik, rassal nedenlerden etkilenerek değişme gösteren kalite özelliklerine ait bilgilerin toplanması, analizi, ve yorumlanması amacına yöneliktir (Kobu, 1981).

İstatistiksel yöntemler, hataların farkedilmesini ve ait oldukları yerlere göre (sistemde veya üretim hattında; bir grupta ya da tek bir kişide) teşhis edilmelerini mümkün kılar.

Kalite kontrolunda kullanılan istatistiksel yöntemler, yapıları gereği belirlenebilir(özel) nedenleri açığa çıkarıcı, teşhis edici niteliktedirler. Olasılık kurallarından hareketle ürünün istenilen kalitede olup olmadığını saptar-

lar. Değişimin saptanması durumunda düzeltici etkileri yoktur (Chao, 1980).

En az sapmaların istendiği bir işlemin eniyi kontrol yöntemi, istenen hedeften herhangi bir sapma görüldüğünde, işlemin ayarlanması şeklinde olmalıdır. Ancak bu, doğal dalgalanmalar (şans faktörleri) ve ölçüm hataları nedeniyle çok sık ve gereksiz ayarlamalara neden olacaktır (Ford, 1986). Diğer taraftan kontrol süreci ve bu sürecin ekonomik olması da son derece önemlidir. İşte istatistiksel teknikler önemli sapmaları (özel nedenleri), doğal dalgalanmalardan ayırmaya yarayan sistemdir. Böylece de hedeflenen miktar ve kalitede ürünün en az maliyetle üretilerek tüketiciye sunulması amacında gerçekleşmiş olacaktır.

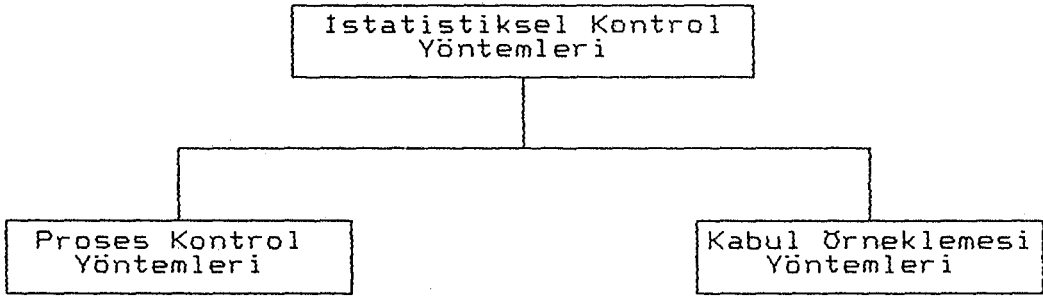
Kalite kontrolunda istatistiksel tekniklerin yoğun olarak kullanıldığı başlıca üç alandan söz edilebilir (Yağız, 1981):

- . Dışardan alınan ham ya da yarı mamül maddenin kontrolü (giriş kontrolü),
- . Dış kuruluşlara ya da aynı kuruluşun diğer kısımlarına gönderilen malzeme veya ürünün kontrolü (Çıkış kontrolü),
- . Üretim sırasında kontrol (Proses kontrolü).

Bunlardan ilk ikisinde esas olarak aynı teknikler kullanıldığından bunları bir başlık altında toplayıp kabul örnekleme diye adlandırmak daha doğru olacaktır.

Bu bilgiler ışığında kalite kontrolunda kullanılan istatistiksel yöntemler şekil 2.8'deki gibi sınıflandırılabilir (Schroeder, 1981):

Kalite güvenliğinin önemli birer parçası olan kabul örnekleme ve istatistiksel proses kontrolü, hem değişkenlere ve hem de özelliklere yönelik olarak uygulanmaktadır.

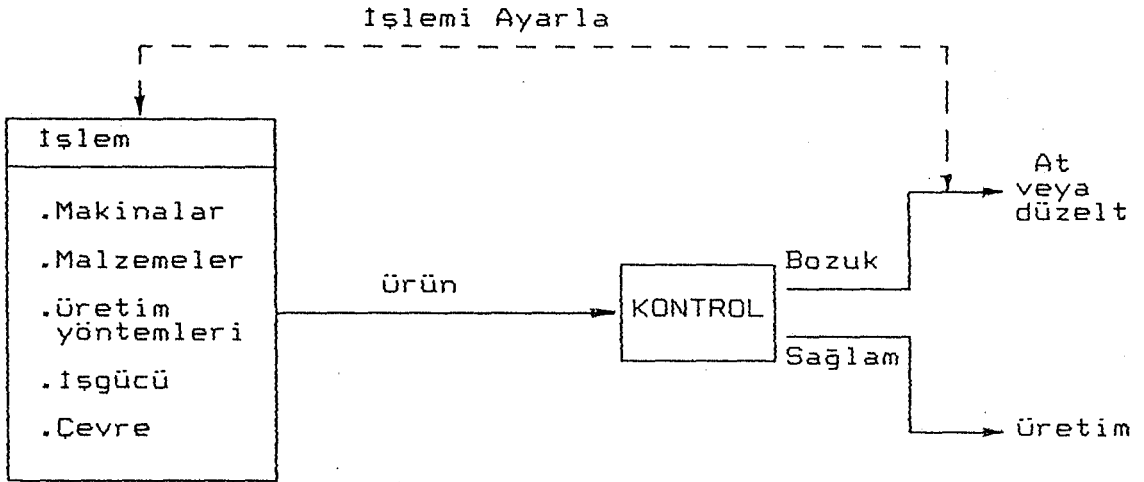


Şekil 2.8 İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin sınıflandırılması

Kabul örnekleme, partiler halinde gelen bir malın belirlenen nitel ya da nicel ölçüleri sağlayıp sağlamadığına göre partinin kabulü veya reddi için uygulanan istatistiksel tekniklerin bütünüdür. Genelde üretim anında kullanılan bir kalite kontrol yöntemi değildir. Bilinen kalitedeki partilerin belirli bir riskle kabul edilmesi yöntemini gösterir. Üretim anında kullanılan bir kalite kontrol yöntemi olan istatistiksel proses kontrolü ise dar anlamda, prosesin kontrol altında tutulabilmesi için ön kontroller ve kontrol şemaları gibi istatistiksel yöntemlerin uygulanmasından oluşmaktadır (Özkul ve Burnak, 1988).

### 3. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLU (İPK)

**Kusurlu üretilen mamülün üretim maliyetlerini artıracığı** düşüncesinden hareketle kusurlu mamülleri çıkış kontrolunda ayırmak yerine (Şekil 3.1), kusurlu parça veya mamül üretiminin önlenmesi amaçlanmalıdır (Şekil 3.2). Bu amaca ulaşabilmek de ancak proses kontrolü ile mümkün olabilecektir (Ford, 1986). Proses kontrolü, imalat prosesinin ekonomik olarak yürütülmesi için yapılır. İmalat prosesinin ekonomik olarak sürdürülmesi, diğer faktörlerin yanında proses kontrol faaliyetinin ekonomik olmasıyla yakından ilgilidir. Proses kontrol faaliyetinin ekonomikliği ise ancak uygun istatistiksel teknikler kullanılarak sağlanabilir.

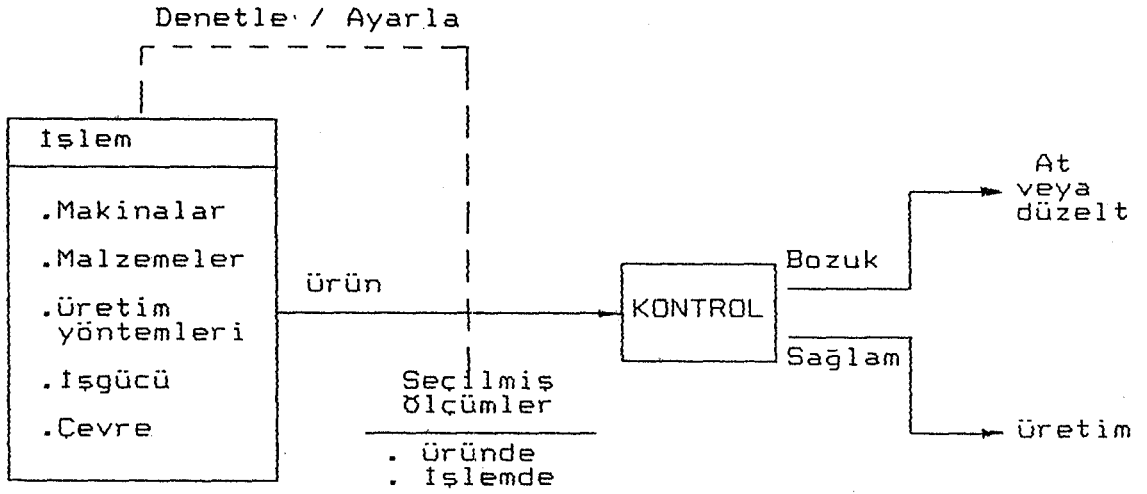


Şekil 3.1 Arızayı bulma yöntemi

İPK, üretim sırasında dış etkenlerin neden olduğu kalite sorunlarının gecikmeden incelenip giderilmesini, böylece doğabilecek zararların önlenerek verimliliğin en üst düzeyde tutulmasını amaçlar (Yağız, 1981).

Yukarıda da belirtildiği gibi İPK, ürün veya hizmetin kalitesinin üretim süreci sırasındaki kontroluyla ilgilidir. İPK'nun iki amacı vardır (Saatçioğlu, 1983):

- . Üretilen ürünün tasarım spesifikasyonlarına uygunluğu hakkında zamanında bilgi sağlamak.
- . Prosesteki sapmaları teşhis ederek, gelecekteki üretim prosesini kontrol altına almak.



Şekil 3.2 Arızayı önleme yöntemi

### 3.1 IPK'nın Tanımı Ve Kapsamı

En basit şekliyle, **üretimin ara aşamalarında yapılan muayeneye proses kontrolü** denir (Saatçioğlu, 1983). Proses kontrolünde, prosesin devam edip etmeyeceğine dair karar verilir ve spesifikasyonlardan ayrılmanın nedenleri araştırılır.

Genellikle proses kontrolü aşağıdaki koşulların var olması halinde yapılır (Saatçioğlu, 1983):

- . Birim muayene maliyeti küçük,
- . Hatalı çıktıya geçiş sonuçları, maliyetler, müşteri prestiji ve diğer nedenlerden ötürü yüksek,
- . Muayene tahrip edici ve kusur bırakıcı nitelikte değil,
- . Proses makul bir masrafla ayarlanabilir, durdurulabilir, muayene edilebilir ve tekrar başlatılabilir.

Yukarıdaki koşullardan biri veya daha fazlası geçerli değilse girdi ve çıktılar üzerinde muayene yapılır. Bazı ürünlerin üretiminde yukarıdaki koşullardan bağımsız olarak muayene, her üç aşamada da yapılır.

Hammadde veya parçaların ambar çıkışından üretim sonuna kadar belirli yerlerde uygulanan muayene işlemleri ile kalite spesifikasyonlarındaki sapmalar ölçülür. Ölçülen bu sapmalar belirlenen sınırlar dışında ise mümkün olan en kısa zamanda hata nedenlerini giderici, düzeltici kararlar alınır. Bu kapsam içindeki muayene noktaları ve işlemlerini belirleyen planın hazırlanması, proses duyarlılık analizi, örnekleme, kontrol şemasının hazırlanması gibi faaliyetler İPK olarak adlandırılır (Burnak ve Özkul, 1987).

Diğer bir tanımda ise İPK, **prosesi analiz etmek veya onun çıktılarının istatistiksel kontrol durumunu sürdürülebilirlik için gereken müdahaleleri yapabilmek amacıyla kontrol şemaları ve diğer istatistiksel analiz tekniklerinin kullanılması şeklinde tanımlanır** (Durgesh, 1987). Buna göre İPK, asıl yararı örnekleme ve muayene üzerinde olmakla beraber şu konularda işletmelere yardımcı olur:

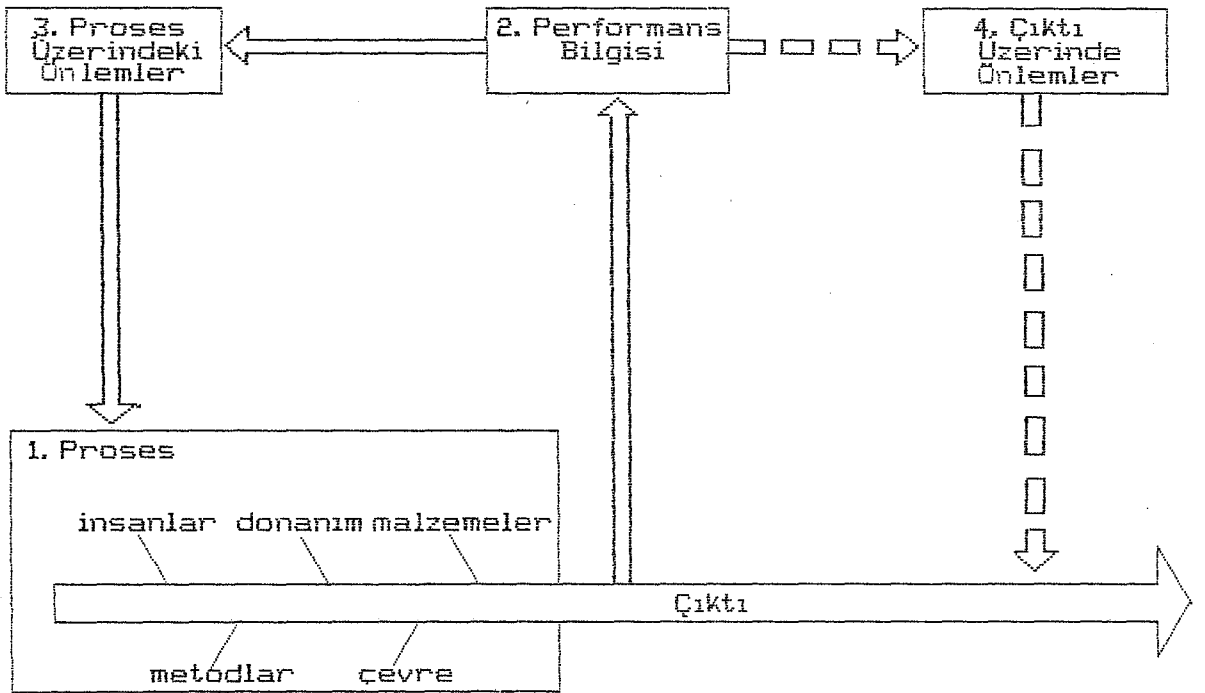
- . Kontrol dışı durumların nedenlerini ortadan kaldırarak verimlilik artışını enbüyüklemek,
- . Daha güvenli ürünler üreterek müşteri memnuniyetini artırmak,
- . Hurda, yeniden işleme ve muayene maliyetlerini azaltarak işleme maliyetlerini düşürmek,
- . Müşterinin muayene gereksinimini azaltmak veya ortadan kaldırmak,
- . Tutarlı (uygun) ve önceden belirlenebilir bir kalite seviyesi kurmak.

### 3.2 İPK Sistemi

İPK'nin ana fonksiyonu, özel nedenler görüldüğünde istatistiksel ikazlar vermek, görülmediğinde ise yanlış

işaretler vermekten sakınmaktır. Böylece uygun önlemlerle görülen özel nedenler ortadan kaldırılırken bunların tekrar görülmesi de önlenebilecektir.

IPK sistemi bir geri bildirim sistemi olarak ifade edilebilir (şekil 3.3). Arızayı önleme yöntemi olarak adlandırılan şekil 3.2'nin nasıl gerçekleştirildiğini gösteren bu sistemin açıklanması gereken dört önemli elemanı vardır (Ford, 1986):



Şekil 3.3 IPK sistemi

- . Proses,
- . Performans bilgisi,
- . Proses üzerindeki önlemler,
- . Çıktı üzerindeki önlemler.

Prosesle, çıktıyı elde etmek için insan, makina, teçhi-

zat, malzeme, atelye ortamı ve yöntemlerin oluşturduğu bütün kastedilmektedir. Toplam proses performansı-çıktının kalitesi ve onun verimliliğe etkisi - tasarlanmış ve kurulmuş proses yöntemlerine ve bunun çalıştırılmasına bağlıdır.

Prosesin gerçek performansı hakkında çeşitli bilgiler proses çıktısı incelenerek elde edilebilir. Proses çıktısı sadece üretilen ürünleri değil, aynı zamanda da sıcaklık, çevrim süresi .vs. gibi prosesin çalışma durumunu açıklayan herhangi bir ara çıktıyı da kapsar. Bu veriler toplanır ve doğru olarak yorumlanırsa, hatalı olarak üretilen çıktı veya prosesin düzeltilmesi için önlem gerekip gerekmediğine karar verilebilir. Bununla birlikte zamanında ve uygun önlemler alınmayacaksa herhangi bir veriyi toplama için sarfedilen çabalar da boşuna olacaktır.

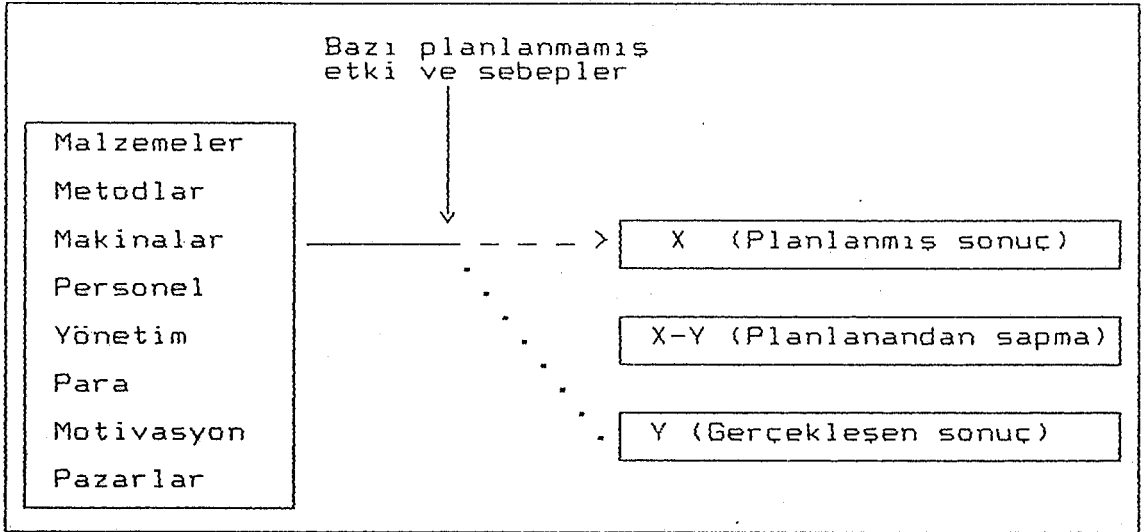
Prosesle ilgili gerçekleştirilecek faaliyetler, prosesin bozulmasının önüne geçilmesi gerektiği zaman alınacak olan önlemlerdir. Bu önlem operasyonlardaki değişimlerden (örneğin operatör eğitimi, gelen malzemenin değiştirilmesi gibi) veya prosesin daha temel elemanlarından (örneğin donanım-bütün olarak prosesin yenileştirilmesi veya tasarımı gerekebilir-çevre sıcaklığı veya nemlilikten kolaylıkla zarar görebilir) ibaret olmalıdır. Kontrol için önlemlerin etkileri izlenmeli ve gerekiyorsa daha fazla veri toplanmalı, analiz edilmeli ve ilave önlemler alınmalıdır.

Çıktı üzerinde alınan önlemler, halihazırda üretilmiş olan ürünün spesifikasyon dışı olduğu tesbit edildiğinde yapılanlardır. Mevcut çıktı spesifikasyonları karşılamıyorsa, bütün ürünleri sınıflandırarak, uygun olmayan herhangi bir birim hurdaya veya yeniden işlemeye ayrılacaktır. Bu çalışma, proses üzerinde gerekli düzeltici önlem alınıp sonuç doğrulanıncaya kadar veya ürünün spesifikasyonları değiştirilinceye kadar devam etmelidir.

### **3.3 Bir Problemin Yapısı Ve Alınabilecek Önlemler**

Özel nedenlerden kaynaklanan hataların süreci etkile-

mesi halinde plan ve programlardan sapmalar olacaktır. Bu sapmaların ortaya çıkardığı durum bir problem olarak nitelendirilir ve şekil 3.4'deki gibi ifade edilebilir (Topal, 1986).



Şekil 3.4 Bir problemin yapısı

Böyle bir problemin prosesi etkilediği durumlarda, İPK sistemi en kısa zamanda prosesin istatistiksel kontrol dışına çıktığı ya da çıkmakta olduğu işaretlerini verecektir. Bu aşamada prosesin istatistiksel kontrol dışına çıkmasına neden olan özel nedenlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için aşağıda anlatılan ilk üç yöntemden biri uygulanır (Dobbins, 1976):

### 3.3.1 Zamana bağlı faaliyet

Zamana bağlı faaliyet, sınırlandırılmış bir zaman için yeterli faaliyettir. Zaman unsurunun önem taşıdığı hallerde yapılan faaliyet şeklidir. Bu faaliyet yöneticinin kötüye giden kaliteyi düzeltmek için yaptığı, ortaya çıkan problemlere ilk cevaptır (örneğin, hatalı imalatın önüne geçebilmek için geçici olarak ilave aksesuar kullanmak). Bu faaliyetin, problemin gerçek sebebinin bilinmeden yapılması çok sık raslanılan bir durumdur ve oldukça pahalı bir faaliyettir.

durumdur. Oldukça pahalı bir faaliyettir.

### **3.3.2. Uyarlanabilen faaliyet**

Ortaya çıkan kötü kalite probleminin istenmeyen yönlerinin azaltılmasıyla toleranslı sonuçlar elde etmek için yapılan faaliyettir (örneğin, hatalı üretilmiş ürünlerin ilave bir işlem ile yeniden kazandırılması). Bu faaliyetler giderilmesi olanaksız sonuçlar veya elverişsiz ekonomik durumlar için uygulanabilecek bir alternatiftir. sözkonusu faaliyet genellikle çeşitli alternatiflerin analizlerinin tamamlanması ve problemin sebepleri bilindikten sonra yapılır.

### **3.3.3 Düzeltici faaliyet**

Temel problemin bilinen sebeplerinden kurtulmak için yapılan bir faaliyettir. Daha önce belirlenen faaliyetlerin en verimli olanıdır. Bu faaliyet problemin sebebi bilindiği takdirde yapılır. Amaç, problemi oluşturan sebepleri ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalar neticesinde belirlenen sapmayı ortadan kaldırmak veya azaltmaktır.

Bu faaliyetler ister geçmişte olmuş bir problem olsun, ister sürmekte olan bir problem olsun düzeltici faaliyet olarak uygulanabilirler. Bu üç faaliyet dışında iki faaliyet daha vardır.

### **3.3.4 Önleyici faaliyet**

Gelecekte oluşacak problemlerin muhtemel sebeplerini önlemeye yönelik faaliyetlerdir. Bu faaliyet problemin oluşma olasılıklarını ve oluştuğunda ise etkilerinin azaltılmasına yöneliktir.

### **3.3.5 Beklenmedik faaliyet**

Gelecekte olması muhtemel problemlerin etkilerinin azaltılması veya denge oluşturmak için yedek uygulamalara ilişkin faaliyettir.

Son iki faaliyet türü çok önemli sakıncalar doğuracağı düşünülen problemlere uygulanırlar.

Proseste ortaya çıkan problemlerin çözüme kavuşturulabilmeleri için öncelikle problemin doğru tesbit edilmesi, sonra da uygun yöntemlerin geliştirilmesi kalite kontrolünün en önemli sorununu teşkil eder. Bir proseste meydana gelen doğal ve özel sapma nedenlerini birbirinden ayırmak amacıyla çeşitli istatistiksel tekniklerden yararlanılır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı ise kontrol şemalarıdır.

### **3.4 IPK'da Kullanılan İstatistiksel Teknikler**

#### **3.4.1 Kontrol şemaları**

Deneyler değişkenliğin özel nedenlerinin kontrol şemalarıyla doğrudan etkili olarak izlenebileceğini ve genel değişkenlik nedenlerinin derecesinin de yönetim tarafından alınacak önlemlerle azaltılabileceğini göstermiştir.

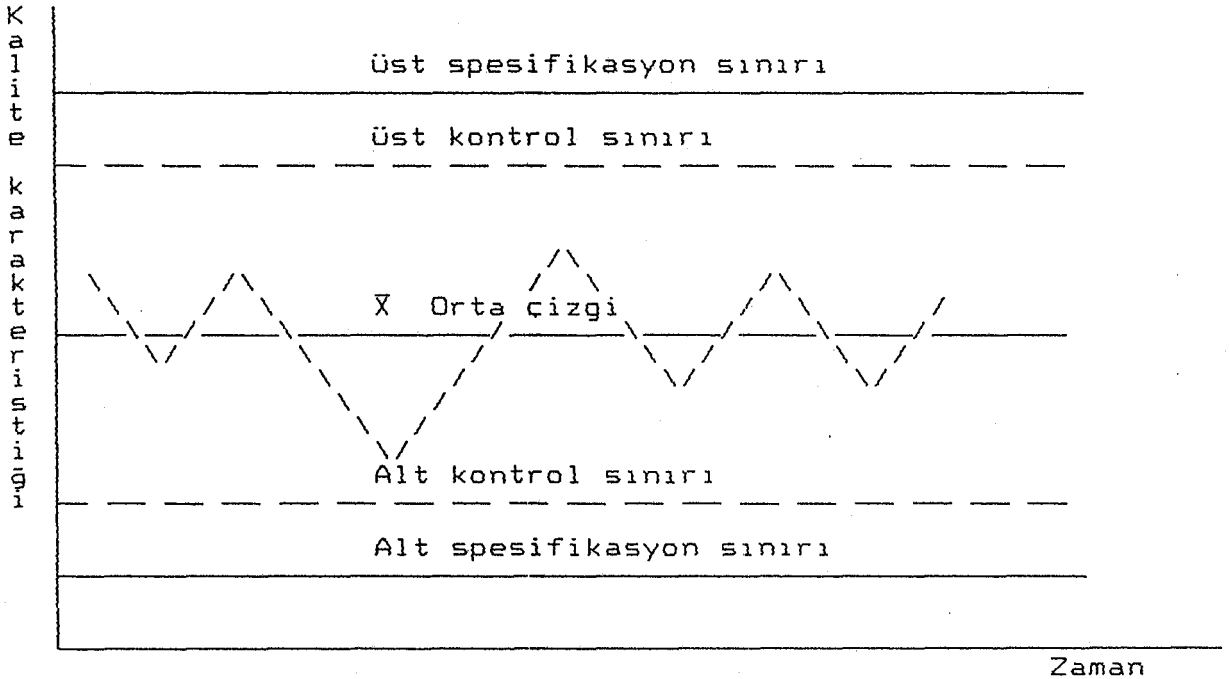
Kontrol şemalarını kullanarak proses geliştirme yöntemi, veri toplamayı önemli safhalarda tekrarlayarak kontrol durumunu sürdürme ve yeterliliği sürekli geliştirme amacını güden bir yöntemdir. Öncelikle dikkatli bir plana göre veriler toplanır. Daha sonra bu veriler kullanılarak istatistiksel kontrol için verilerin yorumlanmasına esas teşkil edecek olan kontrol sınırları hesaplanır. Proses istatistiksel kontrol altında ise proses yeterliliği de yorumlanabilir. Prosesi geliştirmek (kontrol durumunu sürdürmek ve yeterliliği geliştirmek) amacıyla çevrimin başına dönülür, daha fazla veri toplanır, yorumlanır ve elde edilen bu bilgiler yapılacak eylemlere esas olarak kullanılır.

Kontrol şemaları, hataların doğuracağı kayıplarla hataları bulmak için harcanacak çabaların maliyetleri arasında uygun bir denge kurarak prosesin ekonomik olarak sürdürülmesine esas teşkil eder. Değişken ve özellikleri analiz etmek için geliştirilmiş olan kontrol şemalarının birçok türü vardır. Bununla birlikte kontrol şemaları aynı temel amaç-

lara sahiptir. Bunlar:

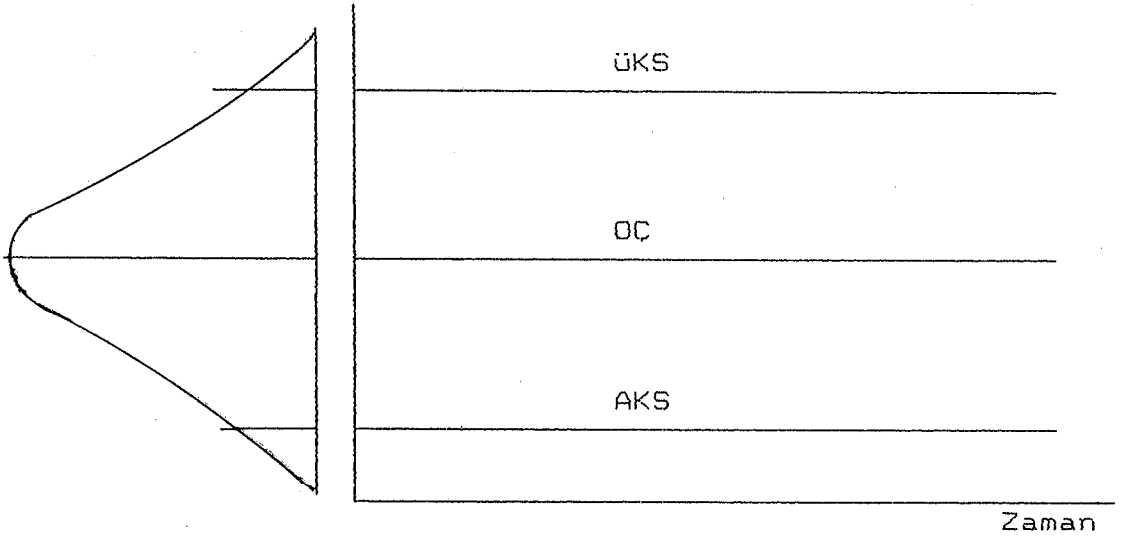
- . Düzeltici eylemi yapabilmek amacıyla prosesin istatistiksel kontrol altında çalışıp çalışmadığını ve değişkenliğin özel nedenlerinin var olup olmadığının işaretlerini vermek.
- . Kontrol sınırlarını zamana göre günleyerek devam ettirmek ve istatistiksel kontrol durumunu sürdürmek.

Kontrol şeması, ürünün gerçek kalite özelliklerinin aynı konuda önceki deneylerden hareketle saptanmış sınırlarla kronolojik sırada karşılaştırmaya yarayan bir grafik olarak tanımlanır (Feigenbaum, 1961). Kontrol şemasının yapısı şekil 3.5'deki gibidir.



Şekil 3.5 Kontrol şeması

Esasen kontrol şemaları zaman içinde farklı noktalar için, prosesin istatistiksel kontrol altında olduğu hipotezini test eder (şekil 3.6) (Montgomery, 1985).



Sekil 3.6 Kontrol şemalarının çalışma prensibi

Kontrol şemalarının orta çizgisi (OC) örnek ortalamaları için geçersiz hipotezi ( $H_0$ ) oluşturur ve üst kontrol sınırı (ÜKS) ile alt kontrol sınırı (AKS) ise  $H_0$ 'ın kabul edilip edilmeyeceğini gösterirler. Daha önceden bilinen iki tip hata bu şemalar içinde geçerlidir. Kontrol şemalarının bu iki tip hatayı azaltması istenir. Bu hatalar:

- . Özel nedenler mevcut değilken aramaya kalkışmak ve gereksiz önlemler almak (I. tip hata),
- . Özel nedenler mevcut olduğu halde farkına varmamak ve önlem almakta geç kalmak (II. tip hata).

Bu iki tip hatadan herhangi biri tamamen ortadan kaldırılabilir. Fakat bu yapılırken diğer hatayı yapma olasılığı zorunlu olarak artar (Kobu, 1981). Standard kontrol şemaları kullanıldığında I. tip hataya en az sayıda raslanılmaktadır. Kontrol şemaları diğer hipotez testlerine göre farklı bir özelliğe sahiptir. Bu test sürekli bir yapıya sahip olup, belirli aralıklarla inceleme yapılmakta ve izlenecek hareket tarzı için karar verilmektedir. Bu karar incelemelere dayalı olmakla birlikte incelemelerin sona ermesine

neden olmaz. İncelemelerin sonunda iki hareket tarzından biri seçilir. Ya proses kontrol altındadır denilerek prosesin devamına izin verilir, ya da proses kontrolden çıkmıştır denilerek proses durdurulur ve sorunun nereden kaynaklandığı araştırılır (Külür, 1978).

Kontrol şemaları proses sırasında gözleme fırsatı verdiği için yetersiz parçalar ortaya çıkmadan üretime müdahale edilmesini olası kılmaktadır. **Ne miktarda ürün değil, fakat ne kadar miktar kabul edilebilir ürün prensibi** kontrol şemalarının önem ve yararlarını açıklamaktadır. Çünkü kontrol şemaları araya ne zaman girileceğini belirler. Ancak bozulan kontrol durumunu düzeltici etkisi yoktur. Düzeltici önlemler usta, teknisyen, mühendis veya benzeri bir başka yetkilinin görevidir (İşcil, 1975).

Kontrol şemalarının kullanımı bir mühendis veya analist gerektirir. Mühendis veya analist, şema için örnek büyüklüğü, örnek alma sıklığı veya örnek alma aralığı ve kontrol sınırlarının seçimini yapar. Bu üç parametrenin seçimi genellikle kontrol şemalarının tasarımı olarak adlandırılır. Örnek hacminin büyük ve örnek alma sıklığının fazla olması arzu edilir. Ancak bu ekonomik olarak mümkün değildir. Günümüzde pratik olarak daha küçük hacimli fakat daha sık örnek alma eğilimi vardır. Örnek alma ve test maliyetleri, kontrol dışı işaretleri araştırma ve özel nedenlerde yapılması gereken düzeltmelerin maliyetleri, uygun olmayan birimlerin müşterinin eline geçmesine izin vermenin maliyeti,....vs. gibi hususlar kontrol şemasının parametrelerinin seçimini etkileyeceğinden kontrol şemasının tasarımı ekonomik nedenlere bağlıdır. Bu nedenle kontrol şemasının tasarımında sadece istatistiksel ölçütler değil aynı zamanda da ekonomik ölçütler de dikkate alınmalıdır (Montgomery, 1985).

Kontrol şemalarında prosesin kontrol dışında olup olmadığını belirlemek için birçok farklı ölçüt vardır. Pratikte yaygın olarak kullanılanların bir listesi aşağıda veril-

miştir. Bu ölçütlerden biri veya daha fazlası ile karşılaşıldığında prosesin kontrol dışına çıktığı söylenebilir:

- . Bir veya daha fazla nokta kontrol sınırları dışındaysa,
- . Orta çizginin (veya medyanın) altında veya üstünde ardı ardına en az yedi veya sekiz nokta bulunuyorsa,
- . İki veya üç ardışık nokta  $2\sigma$  uyarı sınırlarının dışında fakat kontrol sınırlarının içinde ise,
- . Dört veya beş ardışık nokta  $1\sigma$  sınırlarının dışında ise,
- . Verilerde olağan dışı ve rassal olmayan düzen (şekil) varsa,
- . Bir veya daha fazla nokta kontrol sınırları yakınında ise,

Kontrol şemaları değişkenler ve özellikler için olmak üzere iki farklı veri tipi için uygulanırlar<sup>1</sup>. Özellik kontrol şemaları sistemdeki kötüye doğru gidişi imalatçıya bildirmez. Ancak iş olup bittikten ve spesifikasyon dışı mal üretildikten sonra bilgi verir. Buna karşın değişken veri kontrol şemaları prosesdeki değişkenliğin yönünü ve büyüklüğünü haber verir.

Boy, en, kalınlık, ısı, ağırlık,....vs. gibi ölçülebilen değerler değişken veri olarak adlandırılır ve bu veriler için düzenlenen kontrol şemalarına değişkenlik kontrol şemaları denir. Geçer geçmez, var-yok, sağlam-bozuk gibi olan ve olmayan durumları ifade eden verilere özellik ya da yorumlanan değer denir ve bu veriler için düzenlenen kontrol şemaları da özellik kontrol şemaları olarak adlandırılır.

Kontrol şemalarının proses kontrolü için kullanılmalarında ürünün kalite özelliğine ilişkin spesifikasyonlar verildiğinde ve verilmediğinde prosesin kontrol edilmesi gibi iki durumla karşılaşılır. Her iki durum içinde düzen-

---

<sup>1</sup> Ayrıntılı bilgi için bkz: Juran, J., M., 1974; Feigenbaum, A., V., 1961; Grant, E., L. and Leavenworth R., S., 1980; Montgomery, D., C., 1985; Robertson, R., S., 1971; Kobu, B., 1981; Hansen, B., L., 1966;

lenen kontrol şemaları birbirinin benzeri olup sadece kontrol sınırlarının hesaplanmasında bazı farklılıklar vardır. Buna göre spesifikasyonlar verildiğinde kontrol şemasının çizimi bu spesifikasyonlar esas alınarak, verilmemiş ise prosten alınan örnek bilgiler esas alınarak gerçekleştirilir. Daha sonra alınan örnek bilgileri bu şema üzerine işaretlenerek prosesin akışı kontrol edilir.

Proses kontrolunda yaygın olarak kullanılan bazı kontrol şemaları ve bu şemaların çiziminde kullanılan formüller çizelge 3.1 ve 3.2 (Hansen, 1966)'de, kullanılan katsayılar ise Ek.1 (Burnak ve Özkul, 1987)'de verilmiştir.

Cizelge 3.1 Değişkenlik kontrol şemalarında kullanılan formüller

DEĞİŞKENLİK KONTROL ŞEMALARI						
SEMİNİN TÜRÜ	Spesifikasyonlar verildiğinde			Spesifikasyonlar verilmediğinde		
	Dağı- lım ölç.	Orta- cı- zı- gi	Kontrol sınırları	Dağı- lım ölç.	Orta- cı- zı- gi	Kontrol sınırları
Ortalama $\bar{X}$	$\sigma'$	$\bar{X}'$	$\bar{X}' \pm A\sigma'$	$\bar{\sigma}$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm A\bar{\sigma}_1$
	—	—	—	$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm A\bar{R}_2$
Acıklık R	$\sigma'$	$d\sigma'_2$	$D\sigma'_2$ ve $D\sigma'_1$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$D\bar{R}_4$ ve $D\bar{R}_3$
Standard sapma $\sigma$	$\sigma'$	$c\sigma'_2$	$B\sigma'_2$ ve $B\sigma'_1$	$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}$	$B\bar{\sigma}_4$ ve $B\bar{\sigma}_3$
X (Tek tek değerler için)	$\sigma'$	$\bar{X}'$	$\bar{X}' \pm 3\sigma'$	$\bar{\sigma}$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm E\bar{\sigma}_1$
	—	—	—	$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm E\bar{R}_2$

### 3.4.2 İPK'da kullanılan diğer teknikler

Proses hakkında devam etme/etmeme kararlarını verebil-

mek amacıyla önceden belirlenen bir plana göre ölçülebilen kalite karakteristiklerine ait bir dizi ölçüm alınır. Çoğu zaman eldeki bu ölçüm verilerini olduğu biçimde kullanarak proses hakkında yararlı bilgiler elde etmek mümkün değildir. Bu aşamada ölçüm verileri yapılandırılarak (örneğin belirli sınıflarda gruplandırma,..vs gibi) istenilen bilgiler elde edilebilir.

Cizelge 3.2 Özellik kontrol şemalarında kullanılan formüller

ÖZELLİK KONTROL SEMALARI				
SEMANIN TÜRÜ	Spesifikasyonlar verildiğinde		Spesifikasyonlar Verilmediğinde	
	Orta çizgi	Kontrol sınırları	Orta çizgi	Kontrol sınırları
Kusurlu oranı $p$	$p'$	$p' \pm \frac{3\sqrt{p'(1-p')}}{\sqrt{n}}$	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm \frac{3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n}}$
Kusurlu sayısı $pn$	$p'n$	$p'n \pm 3\sqrt{p'n(1-p')}$	$\bar{p}n$	$\bar{p}n \pm 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$
Kusur sayısı $c$	$c'$	$c' \pm 3\sqrt{c'}$	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
Birim başına kusur sayısı $u$	$u'$	$u' \pm \frac{3\sqrt{u'}}{\sqrt{n}}$	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$

Her proses doğal bir değişim biçimine sahiptir. Bu değişim basit istatistiksel tekniklerle belirlenebilir ve daha sonra performansı geliştirmek ve kontrol etmek için kullanılabilir. Değişimin şeklini açıklayan basit bir yöntem cetele şemasıdır (Ford, 1986). Bu yöntem, verilerin belli sınıflar içinde gruplandırılmasından ibarettir.

Alternatif bir yaklaşım olarak göze hitap eden ve değerine göre tercih edilen histogramdır. Histogram frekans dağılımının bir grafiksel gösterimidir.

IPK'da kullanılan diğer bir teknik de dağılım şemasıdır. Doğada ve imalat problemlerinde en çok karşılaşılan

dağılım, normal (Gauss) dağılımdır (Ford, 1986). Bu önemlidir, çünkü özellikleri bilinen normal dağılım ile makina ve proses performansının kestirimi yapılabilir.

İstatistiksel teknikler makinalar ve prosesler hakkında bilgi sağlamak için mükemmel tekniklerdir. Ürünleri veya prosesleri geliştirmek, birçok analiz ve problem çözme teknikleriyle mümkün olabilmektedir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan iki teknik **pareto analizi** ve istatistiksel bir teknik olmamakla birlikte **neden-sonuç şemasıdır** (Ford, 1986).

Pareto analizi, kalitede değişkenliğe yol açan nedenlerin önem derecelerine göre sıralanarak düzeltici faaliyetlerin öncelikle hangi alana yapılması gerektiği konusunda yol gösteren bir tekniktir (Kara ve Özkul, 1987). Uygun olmama nedenleri, müşteri üzerinde en büyük etkiyi yapacak öncelikli düzenlemeyi yapabilmek amacıyla olayın tekrarlanması, maliyet,..vs. gibi kriterlere göre sıralanır.

Neden-sonuç şemaları, proses değişkenliğinin potansiyel kaynaklarını analiz etmek için çeşitli proses elemanlarını grafiksel bir anlatımla kullanan basit fakat etkili problem çözme araçlarıdır. Ishikawa ya da kılçık şeması olarak da adlandırılan bu şemada, balığın başı etkiyi göstermekte olup büyük kılçıklar potansiyel nedenlerin belli başlı kategorilerini, bunlara bağlı olarak gösterilen küçük kılçıklar ise potansiyel nedenlerin ikinci derecede önemli olan kategorilerini gösterir (Ford, 1986).

### **3.5 IPK'ya Geçebilmenin Önşartları**

Bir organizasyonda IPK'ya geçmeden önce yapılması gereken faaliyetler şöyle sıralanabilir (Ford, 1986):

- . Çalışmalar için uygun ortamların oluşturulması,
- . Prosesin tanımlanması,
- . Kullanılacak (yönetilecek) değişkenlerin belirlenmesi,
- . Ölçüm sisteminin tanımlanması ve değerlendirilmesi,

- . Gereksiz değişkenliğin enküçüklenmesi.

IPK'nın başarısı herşeyden önce bu faaliyetlerin çalışmaya başlamadan önce eksiksiz olarak gerçekleştirilmiş olmasına bağlıdır.

### **3.5.1 Çalışmalar için uygun ortamların oluşturulması**

Yönetim uygun bir ortam hazırlamadıkça uygulanacak olan istatistiksel yöntemler başarısız olacaktır. Öncelikle organizasyondaki korkular (çalışanların işlerini kaybetmesi korkusu gibi) uzaklaştırılmalıdır. İşlerini iyi bilmeyen insanlar eğitilmelidir. Çalışanların performansları miktar üzerinde değil, kalite üzerinde değerlendirebilecek işgücü kontrol mekanizmaları oluşturulmalıdır. Ayrıca yönetim geliştirme eylemlerini destekleyici kaynakları sağlamalıdır.

### **3.5.2 Prosesin tanımlanması**

Prosesle olumlu ve olumsuz etkisi olabilecek diğer işlemler/kullanıcılar ve proses elemanları (insan, teçhizat, malzeme, metodlar ve çevre) ilişkilendirilerek her bir aşamadaki etkileri anlaşılmalıdır. Neden-sonuç şeması gibi teknikler bu ilişkiyi görmeye ve prosesin farklı aşamalarını anlayan insanların deneyimlerini bir noktaya toplamaya yardımcı eder.

### **3.5.3 Kullanılacak (yönetilecek) değişkenlerin belirlenmesi**

Prosesi geliştirmek için daha çok ümit verici olan karakteristikler üzerinde çabalar yoğunlaştırılmalıdır (pareto prensibinin uygulanması). Bu amaçla gözönünde tutulması gereken çeşitli durumlar aşağıda verilmiştir:

- . Müşteri gereksinimleri,
- . Potansiyel problem alanları (hurda ve yeniden işlemin fazla olduğu alanlar),
- . Karakteristikler arasındaki ilişkiler ölçümün veya değişimin belirlenmesinin zor olduğu durumlarda -ağırlıklıla hacim arasındaki ilişki gibi- kullanılabilir.

Karakteristik tanımlanırken hangi bilginin nereden, nasıl ve hangi şartlar altında toplanacağı bilgilerinin açıkça belirtilmiş olması gerekir. Çünkü karakteristiğin tanımlanması kullanılacak olan kontrol şemasının tipini de etkileyecektir —  $\bar{X}$  ve R gibi bir değişkenlik kontrol şeması veya bir özellik kontrol şeması gibi. Değişkenler için düzenlenen kontrol şemasında ölçüm teçhizatının kestirilebilen aralığının onda birini ayırd edebilir olması arzu edilir (Robertson, 1971).

### 3.5.4 Ölçüm sisteminin tanımlanması ve değerlendirilmesi

Endüstrideki ölçümler ürün bileşenlerinin imalatındaki değişkenliğin neden olduğu ürün değişkenliğini teşhis eder. Buna göre iki benzer bileşen tamamıyla aynı olamayacağı gibi aynı büyüklüğün iki ayrı ölçümünde tamamıyla aynı olmayacaktır—hem operatör hem de ölçme aletindeki önemsiz küçük değişkenlikler farklı okumaya neden olacaktır. Bu nedenle proses çıktısının kalite karakteristiği ile ilgili kararlar alınmadan önce ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığı incelenmelidir.

Ölçme aletlerinin seçiminde veya değerlendirilmesinde öncelikle dikkate alınması gereken ölçütler doğruluk ve hassasiyettir<sup>1</sup>. Bir ölçüm yapıldığında, ölçümün hatasının çalışılan toleransdan daha küçük olduğu kabul edilir. Ölçümün hatası toleransdan veya kabul edilebilir enbüyük hatadan daha küçükse ölçme aletinin **doğru çalıştığı** söylenir. Bu nedenle ölçme aletlerinin doğruluğu bilinmeli ve periyodik olarak kontrol edilerek gerekli ayarlamalar yapılmalıdır. Kontrol işlemi ise, ölçme aletinin ölçümlerinin laboratuvar standartlarıyla karşılaştırılması suretiyle yapılır.

Bir ürün üzerinde aynı ölçme aletiyle alınan tekrarlı ölçümler arasındaki fark veya sapma ölçme aletinin **hassasi-**

<sup>1</sup> Ayrıntılı bilgi için bkz.: Juran, J., M., 1974; Robertson, A., G., 1971.

yeti (duyarlılığı) olarak adlandırılır (Kobu, 1981). Ölçüm değerleri dağılımının ortalaması ve standard sapmasının ( $\sigma_m$ ) belirlenmesiyle cihaz hassasiyetine ilişkin yeterlilik analizi yapılabilir (Burnak ve Özkul, 1987).  $\sigma_1$  ölçme aletinin,  $\sigma_o$  operatörün,  $\sigma_p$  ürünün standard sapmasını göstermek üzere ölçüm değerlerinin standard sapması;

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_o^2 + \sigma_p^2} \quad (3.1)$$

ifadesiyle belirlenir.  $\sigma_m$ 'nin en küçük değeri ölçme aletinin hassasiyetini gösterir (Robertson, 1971).

### 3.5.5 Gereksiz değişkenliğin enküçüklenmesi

Proses kontroluna başlanmadan önce değişkenliğin dışsal nedenleri azaltılmalıdır. Daha basit bir ifadeyle, gereksiz değişkenliğin azaltılması, tasarlanmış olarak çalışılan prosesin izlenmesi veya bilinen girdi malzemeleri, sabit kontrol ayarları,...vs. gibi kontrollü çalışmayla prosese rehberlik etmek anlamına gelir. Amaç, kontrol şeması kullanmaksızın düzeltilebilir veya düzeltilmesi gereken belirgin problemlerden sakınmaktır.

#### 4. PROSES GELİŞTİRME

Rekabet yönlü baskılar birçok işletmeyi maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmaya zorlamaktadır. Örgütlerin stratejilerinin (politikalarının) esasını oluşturan kalite geliştirme- nin temel amacı, bu gereksinimleri karşılamaktır. Kalite geliştirilmesi aşağıdaki unsurlara bağlıdır (Moen and Nolan, 1987):

- . Müşteri gereksinimlerinin anlaşılması,
- . Bu gereksinimleri karşılayacak ürünün tasarlanması,
- . Üretim prosesinin tasarlanması,
- . Ürün ve üretim prosesi bilgisi.

Bir ürüne ait parçaların yapıldığı prosesin geliştirilmesi ise, prosesdeki değişkenliği ve karmaşıklığı azaltmak, müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla prosesin neden-sonuç mekanizmasını öğrenmek ve gerekli düzenlemeleri yapmak için yürütülen sürekli çalışmalardır. Prosesin geliştirilebilmesi için belirlenebilen ve ölçülebilen kalite karakteristiği bilgilerine (örneğin uzunluk, çap, sıcaklık,...vb.) gereksinim vardır.

Bu yönüyle kalite geliştirme çalışmasının proses geliştirme çalışmasını da kapsadığı söylenebilir.

Ürün geliştirme çevriminin bütün aşamaları üretilen ürünün kalite ve maliyetlerini etkilemesine rağmen imalat maliyetleri ve performans değişkenliğinin derecesini belirlemede önemli rolü oynayan hem ürün hem de imalat prosesinin tasarımıdır. Bir ürün geliştirme çevrimini üç ayrı fakat birbirini izleyen aşamaya ayırabiliriz:

- . Ürün tasarımı,
- . Proses tasarımı,
- . İmalat.

Ürün tasarımı aşamasında tasarım mühendisleri malzeme-

ler, parçalar, şekiller ve özellikleri içeren tam bir ürün tasarım spesifikasyonlarını geliştirirler. Daha sonra proses mühendisleri imalat prosesinin tasarımını gerçekleştirirler. Proses tasarımı yeni ürünü üretmek için mevcut proseste bir takım değişiklikler gerektirebileceği gibi yeni proseslerin düzenlenmesini de gerektirebilir. Bunu takiben imalat departmanı ürünü üretmek için tasarlanmış olan bu prosesi kullanır.

Bu aşamalarda kaliteyi kontrol etmek ve geliştirmek amacıyla kullanılan yöntemler iki grupta toplanabilir (Kacık, 1985):

- . İmalat öncesi yürütülen kalite kontrol yöntemleri,
- . İmalat aşamasında yürütülen kalite kontrol yöntemleri.

Tasarım incelemeleri, duyarlılık analizleri, prototip testleri, hızlandırılmış ömür testleri ve güvenilirlik incelemeleri gibi ürün ve proses tasarımı aşamalarında yürütülen kalite kontrol yöntemleri off-line kalite kontrol yöntemleri olarak adlandırılır. Bu yöntemler üretilebilir ve güvenilir ürünler üretmek, ürün geliştirme ve kullanma maliyetlerini azaltmak amacıyla kullanılırlar.

Diğer taraftan kontrol şeması, pareto analizi, neden-sonuç şeması, proses kontrolü ve yetenek analizi gibi imalat aşamasında yürütülen kalite kontrol yöntemleri de on-line kalite kontrol yöntemleri olarak adlandırılır. Bu yöntemler ise ürünlerdeki imalat hatalarını azaltmak ve imalat prosesini istatistiksel kontrol altında tutmak amacıyla kullanılır.

#### 4.1 Proses Geliştirmede Deney Planlaması (Parametre Tasarım Deneyleri) Tekniği

İstatistiksel olarak tasarlanmış deneyler 50 yıldan fazla süredir endüstriyel prosesleri geliştirmek için uygulanmaktadır<sup>1</sup>. Bununla birlikte uygulamaların büyük bir

<sup>1</sup> Ayrıntılı bilgi için bkz.: Daniel, C., 1976, Applications of statistics to industrial experiment; Box, E., P., and Hunter, and W., G., Hunter, J., S., 1978, Statistics for experiments.

kısmı ortalama değeri en iyilemeye yöneliktir. Parametre tasarım deneyleri ise, imalat değişkenliğini azaltmayı amaçlamıştır. Endüstriyel proseslerde değişkenliğin kontrol edilmesi genellikle ortalama değerin kontrol edilmesinden daha zordur ve yüksek imalat maliyetlerinin asıl nedeni bu değişkenliktir.

Parametre tasarımı gibi proses geliştirme metodları da maliyetleri artırmaksızın imalat hatalarını azaltabilir. İmalat hataları ürün kalitesinin yalnızca bir durumunu gösterir. Tasarım geliştirme metodlarının bir amacı da ürün performansının imalat hataları, ürün bozulması ve çevresel değişkenlere karşı duyarlılığını azaltmaktır.

Bir ürünün ömrü boyunca performansındaki değişkenlik ürün kalitesi açısından önemli bir durumdur. Off-line kalite kontrol metodları performans değişkenliği ve bunun fazla olmasından dolayı oluşan ürün kullanma maliyetlerini azaltır. Bu değişkenlikten dolayı ürünün ömrü boyunca oluşan parasal kayıpların beklenen değeri, performans değişkenliğinin nicel bir ölçüsüdür. Parametre tasarım deneyleri beklenen kaybı en küçükleyen ürün tasarım karakteristiklerinin konumlarını belirler<sup>1</sup>. Performans istatistiği ise ürün tasarım karakteristiklerinin farklı konumlarını karşılaştırmak için bir ölçüttür. Parametre tasarım deneyleri proses performansı üzerindeki imalat değişkenliği etkilerini enküçükleyen proses değişkenlerinin konumlarını belirlemek amacıyla da kullanılabilir.

Performans karakteristikleri ile beraber ürün ve proses tasarım karakteristiklerinin bütün spesifikasyonları ideal

---

<sup>1</sup> Örneğin, sıcaklık değişkeninin alabileceği değerler 5-10, 11-15 ve 16-20 aralıklarından birinde olacaksa, bu aralıklar sırasıyla 0, 1, 2 olarak gösterilir ve sıcaklık değişkeninin konumları olarak anılır.

nominal değerlerde belirlenmeli ve toleranslar bu nominal değerler civarında olmalıdır. Bu spesifikasyonları yalnızca tolerans aralığında saptamak sanayide yaygın bir pratiktir. Bu pratik, karakteristikleri yalnızca tolerans aralığında olan ürünler üretmek gibi imalatçıyı yanlış yönlendirebilir. Böyle ürünlerin kalite ve güvenilirlikleri düşüktür. Bir ürünün bütün kalite karakteristikleri tolerans aralığında olsa da ürün karakteristikleri arasındaki etkileşimden dolayı ürün tatmin edici olmayabilir. Örneğin bir otomobil kapısı kendisine ait alt tolerans sınırı civarında üretilmiş ve kapı çerçevesi de kendisine ait üst tolerans sınırı civarında üretilmiş ise kapı uygun bir şekilde kapanmayabilir. Ürünün bütün karakteristikleri ideal değerlerinde olduğunda en iyi ürün performansı elde edilir. Ayrıca proses tasarım karakteristikleri, ürün ideal değerleri bilgisi ve bu ideal değerlerden sapmalardan dolayı oluşan kayıplara ilişkin bilgiler, sürekli kalite geliştirmeyi teşvik eder.

Taguchi ürün ve proses tasarım karakteristikleri için nominal değerleri ve toleransları belirleyebilmek amacıyla üç adımlı bir yaklaşım geliştirmiştir (Kackar, 1985):

- . Sistem tasarımı,
- . Parametre tasarımı,
- . Tolerans tasarımı.

Sistem tasarımı, temel fonksiyonel prototip tasarımını üretmek için bilimsel ve mühendislik bilgilerinin prosesine uygulanmasıdır. Prototip modeli proses tasarım karakteristiklerini veya ürün başlangıç konumlarını belirler.

Parametre tasarımı, ürün performans değişkenliğini en küçükleyen (veya en azından azaltan) konumları belirlemek için yürütölen bir çalışmadır. Bir ürün veya proses, tasarım karakteristiklerinin bir çok konumunun tasarlanmış fonksiyonu olarak yapılabilir. Bununla birlikte performans karakteristiğindeki değişkenlik farklı konumlarla birlikte

değişebilir. Bu değişkenlik hem imalat hem de kullanma maliyetlerini artırır.

Tolerans tasarımı, ürünün imalat ve kullanma maliyetleri toplamını en küçükleyen toleransları belirleme yöntemidir. Belirli bir ürün ve proses tasarımının son adımı parametre tasarımıyla belirlenen nominal konumlar civarındaki toleransları saptamaktır. Halen daha endüstride toleransların bilimsel olmaktan ziyade klasik yöntemlerle belirlenmesi oldukça yaygın bir pratiktir. Çok dar toleranslar imalat maliyetlerini artırdığı gibi çok geniş toleranslar da performans değişkenliğini artırdığından ürün kullanma maliyetlerini artırır.

#### 4.1.1 Beklenen kayıp

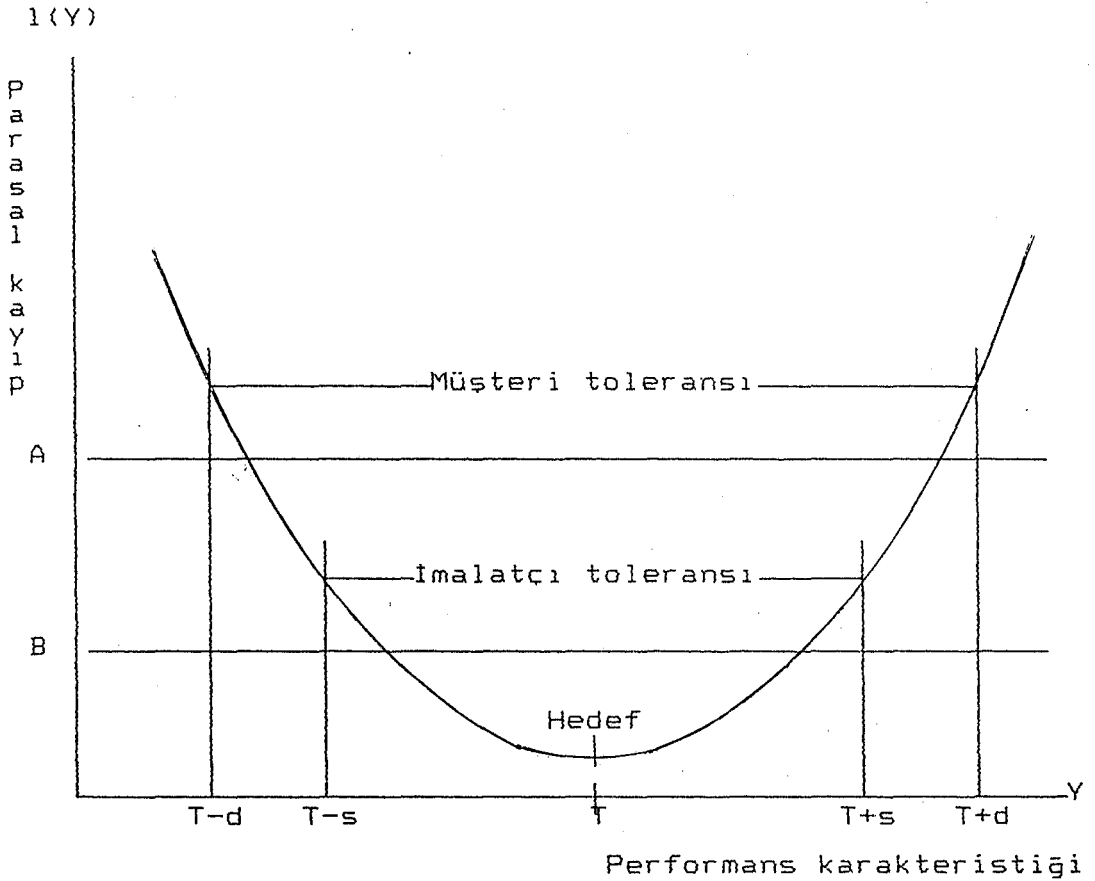
En uygun parametre konumlarının belirlenmesi, eniyilenebilen belirli bir ölçüt gerektirir. Böyle bir ölçüt beklenen kayıptır. Ürünün herhangi bir kullanıcısının parasal kayıplarının beklenen değeri, performans değişkenliğinden dolayı ürünün ömrü boyunca herhangi bir zamanda katlanabileceği kayıplardır. Beklenen kayıp, performans değişkenliği derecesinin bir ölçüsüdür. Bu kavram performans değişkenliğini azaltmayı somut bir problem haline dönüştürür. Ayrıca farklı performans karakteristiklerindeki değişkenliği karşılaştırmak için de bir temel teşkil eder.

İlgilenilen performans karakteristiğinin değeri  $Y$  ve  $Y$ 'nin hedef değerinin de  $T$  olduğunu kabul edilsin (şekil 4.1).  $Y$ 'nin değeri hem ürünün ömrü boyunca hem de ürünün farklı birimleri arasında  $T$ 'den sapabilir.  $Y$ 'deki değişkenlikler ürün kullanıcısı için kayıplara neden olur.  $l(Y)$ ,  $Y$ 'nin  $T$ 'den sapmasından dolayı ürünün ömrü boyunca herhangi bir zamanda ürünün herhangi bir kullanıcısının katlandığı kayıpların parasal değerini gösterebilir. Genellikle  $l(Y)$ 'nin gerçek biçimini belirlemek zordur, fakat birçok uygulamada performans karakteristiği için  $l(Y)$ 'nin karesel biçimi performans değişkenliğinden dolayı oluşan ekonomik kayıpları

gösterir. En basit karesel kayıp fonksiyonu<sup>1</sup>,

$$l(Y) = K * (Y-T)^2 \quad (4.1)$$

dır. Burada K bir sabiti gösterir (Kackar,1985).



Şekil 4.1 Kayıp fonksiyonu

Y'nin herhangi bir değeri için  $l(Y)$  biliniyorsa bilinmeyen K sabiti belirlenebilir. Müşteri tolerans aralığının  $(T-d, T+d)$  olduğunu kabul edilsin. Y bu aralığın dışına kaydığında ürün performansı tatminkar değilse ve müşterinin

<sup>1</sup> Kackar (1985) karesel kaybın kullanımının yeni olmadığını ve gerçekte karesel kayıpların 1809'da Gauss tarafından bulunan en küçük kareler teorisinin temeli olduğunu ifade etmiştir. Diğer taraftan performans karakteristiği Y pozitif bir dağılıma sahip ve hedef değerinin de sıfır olduğu durumlarda kayıp fonksiyonu  $l(Y)$  T civarında simetrik olmayacağını da önemle vurgulamıştır.

bu ürünü onarma veya iskartaya ayırma maliyeti A TL ise (4.1) eşitliğinden

$$A = K * d^2 \quad \text{ve} \quad K = A/d^2 \quad (4.2)$$

olarak belirlenir.

İmalatçının tolerans aralığı da (4.1) eşitliğinden elde edilebilir. Müşteri tolerans limitlerini geçen bir birimin müşteriye gönderilmeden imalatçı tarafından onarılmasının maliyeti B TL olsun.

$$B = (A/d^2) * (Y-T)^2 \quad (4.3)$$

$$Y = T \pm (B/A)^{1/2} * d \quad (4.4)$$

ve

$$s = (B/A)^{1/2} * d \quad (4.5)$$

dir. B genellikle A'dan daha küçük olduğu için imalatçı tolerans aralığı müşteri tolerans aralığından daha küçük olacaktır (bkz. şekil 4.1).

Y'nin dağılımına ait (4.1) eşitliğinin beklenen değeri alınarak, beklenen kayıp bulunabilir:

$$L = E[L(Y)] = K * E[(Y-T)^2] = K * \sigma^2 \quad (4.6)$$

Buna göre  $\sigma^2$  varyansının azaltılmasıyla parasal kayıplar azalacaktır. Böylece tasarım ve imalat mühendisleri, hem ürünün imalinde performans karakteristiğinin hedef değeri karşılmasıyla hem de ürünün hedef değerden olan değişkenlik miktarının mümkün en düşük düzeyde tutulmasıyla ilgili

leneceklerdir (Hunter,1985).

#### 4.1.2 Ürün geliştirmede parametre tasarım deneyleri

Parametre tasarımı beklenen kaybı en küçükleyen ürün tasarım karakteristiklerinin konumlarını belirlemek için yürütölen bir çalışmadır. Parametre tasarım deneyleri ya fiziksel deneyler ya da bilgisayar destekli benzetim denemeleri olabilir. Bilgisayar destekli benzetim araçlarındaki ilerlemelerden dolayı ürün tasarımını geliştirmek için parametre tasarım deneyleri genellikle bilgisayarla yapılır.

Parametre tasarımı ürün performansını etkileyen değişkenlerin iki kategorideki sınıflarının oluşturulmasıdır (Kackar, 1985). Bu kategoriler;

- . Tasarım parametreleri,
- . Gürültü faktörleri

olarak ifade edilirler. **Tasarım parametreleri**, nominal konumları ürün tasarımcısı tarafından belirlenebilen ürün tasarım karakteristikleridir. Tasarım parametreleri konumlarının bir vektörü ürün tasarım spesifikasyonlarını belirler veya ürün tasarım spesifikasyonları, tasarım parametreleri konumlarının bir vektörünü belirler. Üretilen bir üründe tasarım parametrelerinin gerçek değerleri nominal konumlarından sapabilir. Hem ürünün ömrü boyunca hem de ürünün farklı birimleri arasında performans değişkenliğine neden olan bütün değişkenler **gürültü kaynakları** olarak ifade edilir.

Gürültü kaynakları iki kategoride toplanabilir:

- . Dışsal gürültü kaynakları,
- . İçsel gürültü kaynakları.

**Dışsal gürültü kaynakları** ürün performansını etkileyen dışsal değişkenlerdir. Sıcaklık, nemlilik, toz ve titreşim gibi çevresel değişkenler ve kullanılan üründeki insan değişkenlikleri dışsal gürültü kaynaklarının yaygın olarak

karşılaşılan örnekleridir. İçsel gürültü kaynakları üretilen bir ürünün gerçek kalite karakteristiklerinin nominal konumlarından olan sapmalarıdır. Ürün bozulması ve imalat hataları içsel gürültü kaynaklarının başlıcalarıdır.

Bazen dışsal gürültü kaynakları gerçek ürün karakteristiklerinin nominal konumlarından sapmalarını artırarak ürün performansını dolaylı olarak etkiler. Örneğin yüksek sıcaklık ve nemlilik üründe daha hızlı bozulma yapabilir. Bu sapmalar içsel gürültü kaynakları olduğundan ürün performansı içsel gürültü kaynaklarına karşı duyarsız ise, içsel gürültü kaynaklarının seviyelerini artırmak suretiyle performansı etkileyen bu dışsal gürültü kaynaklarına karşı da duyarsız kalacaktır.

Bilginin eksikliği ve fiziksel sınırlamalardan dolayı parametre tasarım deneyi bütün gürültü kaynaklarını kapsayabilir. Bir parametre tasarım deneyinin kapsayabildiği gürültü kaynaklarına **gürültü faktörleri** denir. Gürültü faktörleri ürün performansının etkilendiği alanlardaki değişkenliğin kaynaklarını göstermelidir.

Bir parametre tasarım deneyi iki kısımdan ibarettir (Kackar,1985):

- . Tasarım matrisi,
- . Gürültü matrisi.

Tasarım matrisinin kolonları tasarım parametrelerini, kolonlardaki kayıtlar tasarım parametrelerinin test konumlarını ve tasarım matrisinin her bir satırı (bir test çalışması olarak da adlandırılır) bir ürün tasarımını gösterir. Gürültü matrisinin kolonları gürültü faktörlerini ve bu matrisin satırları gürültü faktörleri seviyelerinin farklı kombinasyonlarını gösterir. Tam bir parametre tasarım deneyi şekil 4.2'de gösterildiği gibi tasarım ve gürültü matris-



olabilir tüm seviyelerinin etkilerini temsil etmeleri için seçilir. Tasarım matrisinin her bir test çalışmasından elde edilen performans karakteristiği üzerindeki tekrarlı gözlemler daha sonra performans istatistiği olarak adlandırılan bir ölçütü hesaplamak için kullanılır. Performans istatistiğinin  $m$  değeri, tasarım matrisindeki  $m$  test çalışmasıyla ilişkilendirilir ve daha sonra beklenen kaybı en küçükleyen tasarım parametrelerinin konumlarını kestirmek için kullanılır.

Performans ölçüsü, tasarım parametrelerinin farklı konumlarını karşılaştırmak için bir ölçüttür. Ancak performans ölçüsü tasarım parametrelerinin ( $\theta$ 'ların) bir fonksiyonu olduğundan genellikle bilinmez. Bunun için en iyilenecek bir ölçüt gibi kullanılmak üzere performans ölçüsü kestirilmelidir. Performans ölçüsünün bu kestirimi performans istatistiği olarak adlandırılır. Diğer bir ifade ile performans istatistiği gürültü faktörlerinin performans karakteristiği üzerindeki etkilerinin bir kestirimidir<sup>1</sup>.

#### 4.1.3 Taguchi metodu

Performans istatistiğini en büyükleyen tasarım parametrelerinin konumlarını belirlemek için Taguchi'nin geliştirmiş olduğu yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kackar, 1985):

1. Tasarım parametrelerinin başlangıç ve birbirleriyle rekabet eden (biri değişirken diğeri de değişen) konumlarını ve önemli gürültü faktörleri ile bunların aralıklarının belirlenmesi.
2. Gürültü ve tasarım matrisinin oluşturulması ve parametre tasarım deneyinin planlanması.

---

<sup>1</sup> Performans ölçüsü tasarım parametrelerinin bir fonksiyonu olduğundan farklı mühendislik tasarımları farklı performans ölçüsü gerektirecektir. Kackar (1985) bu amaçla Taguchi'nin 60'dan fazla performans istatistiği geliştirdiğini belirtmiştir.

3. Parametre tasarım deneyinin yürütülmesi ve her bir test çalışması için performans istatistiğinin değerlendirilmesi.
4. Tasarım parametrelerinin yeni konumlarını belirlemek için performans istatistiği değerlerinin kullanılması.
5. Performans istatistiğini gerçekten geliştiren yeni konumların saptanması.

#### **4.1.4 Proses tasarımlarını geliştirmede parametre tasarım deneyleri**

Parametre tasarımı imalat maliyetlerini artırmaksızın imalat hatalarını azaltabilir. Parametre tasarım deneyleri ile proses performansı üzerindeki imalat değişkenliği etkisi en küçük olan kontrol edilebilir proses değişkenlerinin çalışma standartları belirlenebilir. İmalat aşamasındaki ara ürün karakteristikleri ile final ürünün gerçek kalite karakteristikleri belirlenebilir. Bu yüzden imalat aşamasındaki bu ara karakteristikler proses performansını değerlendirmek için kullanılır. Proses tasarımında tasarım parametreleri, çalışma standartları proses tasarımcısı tarafından seçilebilen proses değişkenleridir. Gürültü kaynakları da imalat değişkenlikleridir. Malzeme ve araçlardan kaynaklanan değişkenlik, bir üretim yığınının bütün birimlerini tamamen aynı çevresel şartlar altında (sıcaklık, buhar basıncı, nemlilik,...vs) yapan imalat teçhizatlarının yetersizliği, operatör değişkenlikleri, çalışma şartlarındaki sürüklenme ve elektriksel dalgalanmalar imalat değişkenliklerinin genel örnekleridir.

İmalat proseslerinde parametre tasarım deneyleri yürütüldüğü zaman çoğunlukla deneydeki bir çok gürültü faktörünün maliyet-etkinlik ilişkisi açıkça belli değildir. Bununla birlikte deneyler genellikle bir test çalışmasının tekrarlı değerlerindeki değişkenlik, imalat değişkenliğinin etkilerini yansıtması için planlanabilir. Bu tekrarlı de-

gerler daha sonra imalat performansını hesaplamak ve enbü-yüklemek için kullanılır.

İmalat öncesi yürütülen kalite kontrol yöntemleri ile ürün ve proses tasarım geliştirmesine kısaca değindikten sonra izleyen kesimde imalat aşamasındaki istatistiksel kalite kontrol yöntemlerini kullanarak yapılabilecek proses geliştirmeleri için incelemeler derinleştirilecektir. Bu incelemelerin uygulaması da imalat aşamasında yapılacaktır.

## 4.2 Proses Geliştirmede Yetenek Analizleri

### 4.2.1 Proses yetenek çalışmasının kapsamı

İmalatta yeni bir ürün çalışması yeni teçhizatlar, yeni yan sanayiciler, yeni prosesler,...vs. gibi birtakım ilave faaliyetleri de gerektirdiği için genellikle bazı sıkıntılarını da beraberinde getirmiştir. Yeni alet, teçhizat, yan sanayici ve proseslerin üslendikleri görevleri yapıp yapamayacaklarını belirlemek için gözönünde tutulacak çözüm yollarından biri de bunların yetenekleridir. Söz konusu yeteneklerin belirlenmesi için yetenek çalışması yapılır. Literatürde bu konuda proses yeterliliği, proses performansı, proses potansiyeli,..vb. terminolojilere rastlanmıştır. İzleyen kesimlerde değinilecek olan bu terminolojilerin hepsi yetenek çalışması başlığı altında incelenmiştir.

Yetenek çalışmasının birçok amacı vardır. Belli başlı amaçlarından birisi kısa ve uzun dönem proses yeterliliğini sağlamaktır—belirlenmiş koşullar altında prosesin akışını belirlemektir.

Yetenek çalışmasının diğer bir amacı da proses değişkenlerinin (sıcaklık, çevrim süresi,...vs. gibi) teşhis edilmesi ve bunların proses üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. En uygun proses koşulları bir referans noktası alınarak proses değişkenlerinin etkileri test edilir. İlave olarak yetenek çalışması proses değişkenliğini enküçükleme veya eniyi proses çıktısını elde etmek

amacıyla girdi değişkenlerinin seviyelerini bulmak için de kullanılabilir<sup>1</sup> (Propst, 1987).

Diğer taraftan yetenek çalışmasıyla yeni makinaların gerekli koşulları sağlayıp sağlayamadıkları belirlenebilir. Ayrıca mevcut makina ve proseslerin yeni ürünleri üretmeye yetenekli olup olmadıkları da belirlenebilir. Yetenek çalışması içsel proseslerin nasıl yapıldığının bir göstergesidir. Diğer bir ifadeyle yan sanayiciler yetenek çalışması sonuçlarını müşterilerinin gereksinimlerini nasıl karşıladıklarının bir kanıtı olarak da kullanabilirler.

Bunlardan başka yetenek çalışmasını diğer bazı amaçları da şöyle sıralanabilir:

- . Bilinen yeterlilik için mühendislik gereksinimleri aşırı olduğunda beklenen hurda ve yeniden işleme ile prosesi geliştirmek için yapılacak harcama arasında bir denge kurmak.
- . Tasarımda gerekmedikçe sınırlayıcı tolerans koymaktan kaçınmak.
- . Prosesi geliştirme çabaları için hedeflenen bilgi ile kazançları artırmak.
- . Proses kontrolü için örnek alma sıklığını belirlemek.
- . Rakip satıcılar arasında seçim yapmak.
- . Prosesin toleranslara uygunluğunu kestirebilmek.
- . Özel nedenler ekonomik enküçüğe düşürüldüğünde prosesin doğal değişkenliğini belirlemek.
- . Kusursuz veya en az sayıda kusurlu üretim yapmak için işin makina veya prosese uygunluğunu sağlamak.

Bununla birlikte bu amaçların hepsi bir yetenek çalışmasıyla başarılamayacaktır. Bazı çalışmalar basit düzeyde

---

<sup>1</sup> Ancak Kackar(1985), Hunter(1985) ve Montgomery(1985) proses çıktısını en iyileyen girdi değişkenlerinin seviyelerini belirleme işleminin en etkili olarak parametre tasarım deneyleri (deney planlaması) yoluyla yapılabileceğini belirtmişlerdir.

kalırken bazıları da karmaşık olacak ve sonuçların etkileri daha sonraki aşamalarda görülecektir (Propst, 1987).

Proses yetenek çalışması gerçekleştirilmenin en sık gözlenen nedeni, prosesin ekonomik olarak yürütülüp yürütülmediğinin belirlenmesidir. Yetenek çalışmasına aday olan alanların seçilmesinde işletmede tutulmuş olan imalat kayıtları (örneğin hurda, yeniden işleme,... vs. gibi) iyi bir bilgi kaynağıdır. Bu veriler üzerinde düzenlenecek bir pareto analizi ile dikkatler bir noktaya toplanarak gerekli çalışma alanlarının seçiminde yetkililer arasında tam bir mutabakat sağlanır (GE-Process Control Manual, 1984).

Her proses doğal bir değişime sahiptir. Robertson (1971) proseslerin sahip olduğu doğal değişim açıklığını proses yeterliliği olarak ifade eder. Diğer taraftan Burnak ve Özkul (1987) proses yeteneğini prosesin aynılığının bir göstergesi olarak ifade etmektedirler. Buna göre proses yeteneği belirli bir kalite özelliği için değişkenlik ölçüsüdür. Bu değişkenlik iki farklı şekilde ele alınabilir:

- . Zaman içindeki değişkenlik,
- . Belirli bir anda var olan doğal değişkenlik.

Prosesin günden güne (zaman içindeki) bütün rassal ve bağlı nedenlerin etkilerini içeren davranışının göstergesi **proses performansı (uzun dönem proses yeterliliği)** olarak adlandırılır. **Proses yeterliliği (kısa dönem proses yeterliliği)** ise yeterli olduğu düşünülen—kontrol edilebilir tüm etkilerle bağlı nedenlerden kaynaklanan değişkenliği ortadan kaldırılmış olan—bir prosesin en iyi performansının bir kestirimidir (GE-Process Control Manual, 1984).

**Proses yetenek analizi (process capability analysis)** de proses yeteneğini ölçmeye yönelik mühendislik çalışmasına verilen addır. Proses yetenek analizi prosesin kendisini değil çıktının belirli fonksiyonel parametrelerini ( mukavemet, çap, PH oranı,....vb) ölçmeye yöneliktir. Analizci

prosesi doğrudan gözleyebilir, veri derleme faaliyetini izleyebilir ve kontrol altında tutabilirse bu tam anlamıyla bir proses yetenek analizi olacaktır. Çünkü analizci bu şekilde prosesin kalıcılığı (stabilitesi) hakkında çıkarsama yapabilecektir (Burnak ve Özkul, 1987).

Bir proses ya da tezgahdan elde edilen sonuçlara bunların kendi yetenekleri dışında giren malzemeler, operatörün yeteneği ve o andaki durumu, ölçme aletleri ve muayenecinin bilgisi gibi faktörler etkili olur. Bu nedenle yetenek deneyleri yapılırken makina ya da proses dışındaki etkili faktörlerin sabit tutulması büyük önem taşır. Bu amaçla giren malzemenin tek bir partiden alınması, aynı operatör ve muayenecinin kullanılması sağlanmalı ve çalışmalar boyunca bu personelin olağan çalışma prosedürü dışında davranmaları engellenmelidir (Fıratlı, 1983). Ayrıca proses işletim koşulları (tezgah hızı, devir sayısı, ortam sıcaklığı, nemlilik, ...vs gibi) belirlenmeli ve daha sonraki çalışmalara kaynak olması için bu koşullar ve kullanılan donanım kaydedilmelidir.

#### **4.2.2 Proses yetenek çalışmasının aşamaları**

Bu kısımda proses değişkenlerinin teşhis edilmesi, çalışma için hazırlanması, verilerin toplanması ve analiz edilmesi için bir yaklaşım tartışılacaktır. Bu yaklaşım birçok farklı verinin toplanmasını ve farklı analiz tekniklerinin uygulanmasını kapsamaktadır. Her ne kadar bu uzun dönem proses yeterliliğinde ilk aşama olsa da proses yetenek çalışması tekrarlamalı bir yöntem olup bir önceki çalışmanın sonucu daha sonraki çalışmaları etkileyebilecektir.

Burada verilecek olan yaklaşımın proses yeterliliğini belirlemede sadece tek bir yaklaşım olduğu ve bir prosesin her aşamasında eksiksiz uygulanacağı anlamına gelmez. Yetenek çalışması yaklaşımları çalışmayı yürütene ve prosese bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bununla birlikte yaklaşımlar arasında mantıksal farklılıklar olmayacak, sadece adımların sırası veya kullanılan analiz tekniklerinde bazı

farklılıklar gözlenebilecektir. Bu bilgiler ışığında çalışmada izlenecek adımlar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Propst, 1987):

- . İlgilenilecek kalite karakteristiklerinin belirlenmesi,
- . Ölçüm sisteminin ve bu sistemin yeterliliğinin belirlenmesi,
- . Prosesdeki değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi,
- . Prosesin dağılım biçiminin belirlenmesi,
- . Prosesin kararlılığının (kontrol altında olup olmadığının) belirlenmesi,
- . Proses yeterliliğinin hesaplanması,
- . Sonuçların değerlendirilmesi ve öneriler yapılması.

Herbir adım kapsamında yapılacak olan çalışmalara ilişkin açıklamalar ise aşağıda verilmiştir.

#### 4.2.2.1 İlgilenilecek kalite karakteristiklerinin belirlenmesi

Her hangi bir çalışmada yapılacak ilk şey ilgilenilecek kalite karakteristiklerinin—yükseklik, ağırlık, çap, derinlik,..vs.—belirlenmesidir. İlgilenilen kalite karakteristiklerinin hepsi aynı davranışı göstermeyeceğinden her bir kalite karakteristiği için ayrı bir şema hazırlanmalıdır. Böylelikle sorun teşkil etmeyen karakteristikler, sorun teşkil edenlerden ayrılacaktır.

#### 4.2.2.2 Ölçüm sistemi ve bu sistemin yeterliliğinin belirlenmesi

İkinci olarak önemle üzerinde durulması gereken husus ölçüm sistemidir. Kullanılan ölçüm sistemi prosese bakış açısını etkileyebilecektir. Bu itibarla "**belirlenen bu karakteristikler nasıl ölçülecektir ? Mikrometreler, kumpaslar, komparatörler, ayarlamalı ölçüm makinaları veya bazı özel ölçme sistemleri mi gerekecektir?**"... gibi sorulara cevap aranacaktır. Bu sorular çözüme kavuşturulduktan sonra belirlenen ölçüm sistemi varsa işletme içinden, yoksa işlet-

me dışından temin edilecek ve ilgilenilen karakteristikleri ölçüp ölçemeyecekleri test edilecektir.

#### 4.2.2.3 Prosesdeki değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi

Belki de yetenek çalışmasının en önemli adımı üzerine kurulacağı proses değişkenlerinin belirlenmesi olacaktır. Bu aşamada Ishikawa neden-sonuç şemaları oldukça etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu şemada belli başlı proses girdileri—insan, malzeme, makina, metod, ölçüm ve çevre—ana dallar halinde etiketlenir ve bunların her biri gerektiğinde alt dallara ayrılabilir. Böylece son üründeki değişkenliğe "**operatörün katkısı nedir? Kullanılan malzemenin, makinanın katkıları nelerdir?...**" gibi sorularla araştırma derinleştirilebilir.

Belirlenen değişkenler, her biri hakkında aşağıda verilen iki soru sorularak şekil 4.3'de verilen dört gruptan birine yerleştirilir.

- . Bu değişken mevcut ölçme aletleri ile gerçek işletme şartları altında ölçülebilir mi?
- . Bu değişken mevcut donanımla gerçek işletme şartları altında kontrol edilebilir mi?

Bu değişken kontrol edilebilir mi?

		Evet	Hayır
Bu değişken ölçüle- bilir mi ?	E v e t		
	H a y ı r		

Şekil 4.3 Neden-sonuç şemasındaki değişkenlerin sınıflarının belirlenmesi

Yetenek çalışması ilk aşamada tek vardiyada tasarlanarak vardiyadan vardiyaya değişebilir birçok değişkenin etkisi önlenir. Böylece, "bu değişken kontrol edilebilir mi?" sorusu sorulduğunda tek vardiyada verilen bir seviye için kontrol edilip edilemeyeceği daha kolay belirlenebilir. Bu belirli bir seviyedeki sıcaklık artışı, yalnızca bir partiden kullanılan malzeme, tek bir operatör belirleme,..vs anlamına gelir. Yukarıda belirlenen değişkenler sürekli olarak kontrol edilmeyecektir. Çalışma süresince onların değişimine izin vermeyerek, bu girdilerden dolayı oluşan değişkenlik kısa dönemde en küçüklenecektir. "Bu değişken ölçülebilir mi?" sorusu sorulduğunda ise değişkenin tam değerinin ölçülüp ölçülemeyeceği anlaşılmalıdır. Değişkenin gerçek değeri makinanın (veya prosesin) kontrolünden bağımsız bir şekilde ölçülebilmelidir. Bazı makinalarda bağımsız ölçme sistemleri yapılmıştır. Bu sistemin yapmış olduğu ölçümler proseste düzeltmeler yapmak üzere geri bildirim bilgisi olarak kullanılır. Bu ölçümler alınacak olursa, yapılacak olan yetenek çalışmasında kullanılabilir.

Her iki soruda da "gerçek işletme şartları altında" deyişi üzerinde önemle durulmalıdır. Teorik olarak yeterli zaman ve para olduğu kabul edildiğinden her şeyin ölçülebileceği ve kontrol edilebileceği düşünülür. Fakat gerçekte para ve zaman olanakları sınırlı olduğundan "şimdi en iyi nasıl yapabiliriz?" sorusu akla gelir. Mevcut durum bilinmediğinde yapılabilecek geliştirmeleri belirlemek oldukça zor olacaktır. Diğer taraftan mevcut durum kabul edilemez ise geliştirme için ilave kaynaklar tahsis edilebilecektir.

Değişkenleri bu dört grup içine sınıflandırdıktan sonra çalışmada bunların nasıl ölçüleceği ve kontrol edileceği kararları verilmelidir. Değişken ölçülebiliyorsa karar, kontrolün seviyesi—bu bazen çevrim süresi gibi nicel bir değer, bazende tek bir parti gibi nitel bir değer olabilir—ve ölçümün sıklığı hakkında olmalıdır. Çalışmanın başında ve sonunda bütün değişkenler ölçülebilir olmalıdır.

Değişkenlerin değişim hızlarının beklenen değeri daha sık ölçüm alınıp alınmayacağı kararını etkileyecektir. Ne ölçülebilen ne de kontrol edilebilen değişkenler şimdilik ihmal edilmelidir. Onların ileride ele alınmaları gerekebilir, ancak bu aşamada ele alınmayacaklardır.

#### 4.2.2.4 Proses karakteristiğinin dağılım biçiminin belirlenmesi

Yetenek çalışmasına başlamadan önce prosesin düzenliliğini korumasının sağlanmış olması gerekecektir. Proses en iyi durumunda çalışıyor olmalıdır. Çalışmada prosesin özel nedenler ihtiva ediyor olması istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle önceden belirlenen seviyelerde proses kontrol altında olmalı, teçhizatlar temizlenmeli, dişliler yağlanmalı,....vs gibi önlemleri alınmış olmalıdır. Ayrıca ölçü aletleri de ayarlanmış olmalıdır.

Bir akış(seyir) grafiği (run chart) hazırlanarak yetenek çalışmasına başlanır. Akış şeması ardışık olarak üretilen 25 ila 50 birime göre üretimin akış seyrini belirlemek için çizilen bir grafiktir. Akış grafiğine işaretlenen bu ardışık noktalar kontrol şemalarında olduğu gibi birbirleri ile birleştirilir ve analiz edilir. Noktaların birleştirilmesiyle oluşan şekil periyodik hareketler, trendler, gruplaşma ve yığılmalar veya garip şekiller ihtiva edebilir.

Akış grafiğindeki her hangi bir durum için bazı ölçülebilir değişkenlerin davranışları arasında ilişki kurulabilir. Değişkenler arasında bir ilişki kurulabildiğinde bunlar üzerindeki kontrolü daha da sıklaştırmak gerekebilecektir. Şayet akış grafiğinde oluşan bu durum modelde bulunan değişkenlerle açıklanamıyorsa bazı değişkenlerin modele alınmamış olduğu anlaşılır. Oldukça karmaşık olan bu ilişkiyi gözleyerek ortaya çıkarmak mümkün olsa da, varyans analizi gibi ileri istatistik tekniklerin kullanılması daha iyi sonuçlar verecektir.

Akış grafiğinde üretimin akış seyrini belirleyici bir

durum (şekil) oluşmayabilir. Bu gibi durumlarda normalliği yaklaşık olarak kontrol edebilmek için bireysel ölçümlerin histogramını çizmek iyi bir yaklaşımdır. Bir histogram, tek başına akış şemasından kolaylıkla anlaşılamayan çarpıklık ve bimodallığı (iki modlu olma durumunu) ortaya çıkarabilir. Histogramın birden fazla modu varsa, istenilmeyen bazı değişkenlik kaynaklarının halen daha mevcut olduğu anlaşılır. Akış grafiği ve histogram yoluyla birimden birime olan değişkenliğin yaklaşık olarak normal olduğu saptandıktan sonra kısa dönem  $\bar{X}$  ve R şeması hazırlanabilir. Bu şema belirlenemeyen dışsal etkilerin girişini önlemek için hazırlanan akış grafiğiyle aynı gün düzenlenmelidir (Propst, 1987).

#### 4.2.2.5 Prosesin kararlılığının belirlenmesi

Bu çalışmada iki (veya dört) saatlik periyotlarla alınan 20 ila 25 örneğe dayanılarak üretimin bir taslağı çıkarılır. Her zaman olduğu gibi bu örneklerle üretimin akış seyri belirlenir. Proseste olağan dışı herhangi bir durum görüldüğünde detaylı olarak kaydedilmelidir. Bu kayıtlar operatörler, malzemeler, makina ayarları, ölçüm teknikleri,....vs gibi proses elemanlarındaki değişiklikleri kapsar. Dikkat edilmesi gereken nokta prosesin düzenli akışını devam ettirebilmek için gerekmedikçe değişiklik yapılmamasıdır.

Örnekler alındıktan sonra ölçülür, kaydedilir, kontrol sınırları hesaplanır ve şema üzerine çizilir. Bu şema ile kontrol dışı durumlar araştırılır. Belirlenen kontrol dışı durumlar kısa dönem  $\bar{X}$  ve R şemalarında kontrol sınırları dışındaki akışlar, trendler, seviyedeki ani değişiklikler, tabakalaşma ve gruplaşmalar şeklinde ortaya çıkar. Kontrol sınırları dışında gözlenen bu durumların her hangi biriyle proses değişkenliği arasında bir ilişki kurulabiliyorsa, bu değişkenliğin kontrol edilmesi gerekebilir.

Bir nedene bağlanamayan kontrol dışı durumlar söz konusu ise değişkenlerin bazıları daha da iyileştirilebilir.

Bundan başka önemli bir değişkenin liste dışında bırakılmış olması da mümkündür (Propst, 1987).

#### 4.2.2.6 Proses yeterliliğinin hesaplanması

Proses kontrol altında değilse, kısa dönem yeterliliği de hesaplanamaz. Yeterlilik bağıntısının hesaplanabilmesi için genel nedenler sisteminin yaklaşık olarak normal dağılması gerekir. Proses kontrol altında değilse ya genel nedenler sistemi mevcut değildir ya da genel nedenler sistemi normal dağılmıyordur. Bu noktada prosesin normal dağıldığı gözükse de bu durumu görmemezlikten gelmeyip, çalışılan verilerden daha fazla bilgi toplama yoluna gidilmelidir. Bazı durumlarda halen daha açığa çıkarılamamış değişkenler olabilir. Bu değişkenler de teşhis edilmelidir—veya sonradan onlara dönülecektir.

Kısa dönem  $\bar{X}$  ve R şemalarında dağılımın biçimi bireysel ölçümlerin histogramı kullanılarak kestirilebilir. Normallikten uzak oluş ya proses, ya da örnek alma tekniğinde önemli problemler olduğunun bir göstergesidir. Şema kontrol dışında ise bir histogram yardımıyla özel nedenler teşhis edilebilir. Bununla birlikte şema kontrol altında ise histogram yardımı ile normallikten uzaklaşma gösterilebilir.

Histogram iki veya daha fazla modlu olabilir. Bu en azından bir değişkenin en düşük seviyesinde kontrolünün kaybedilmediğinin bir göstergesidir. Histogram gereğinden fazla çarpık ise standard analiz tekniğini kullanmak anlamsız olacaktır. Bazı prosesler doğal olarak çarpıktır (örneğin basıklık gibi). Her ne kadar bunun önemi bilinse de uygun tekniklere baş vurulmalıdır. Prosesin üzerinde olabilir sınırlamalar getirerek veya verileri sınıflandırarak bu histogram düzeltilebilir (basıklığı giderilebilir). Bu durum ardışık olarak ölçüm alan otomatik test düzeninden alınan birimler üzerinde şema hazırlanıyorsa söz konusu olabilir. Kısaltılmış bu verileri kullanarak proses yeterliliğini hesaplamak oldukça zor olacaktır (Propst, 1987).

Proses yaklaşık olarak normal davranış gösterdiği sürece yeterlilik bağıntısı ve diğer proses yeterlilik göstergeleri hesaplanabilir<sup>1</sup>.

Yetenek çalışmasıyla hesaplanmış proses yeterliliği (kısa dönem proses yeterliliği) ile proses performansı (uzun dönem proses yeterliliği) karıştırılmamalıdır. Proses performansı sadece uzun bir zaman periyodu üzerinde belirlenebilir.

Yetenek çalışması sonucu prosesin yetersiz olduğu görülürse üretilen partilerin belirli bir yüzdesi toleranslar dışında olacaktır. Bu durumda ya sistemin çıktıları sınıflandırılıp geliştirilecek ya da toleranslar dışında partiler üretmeye devam edilecektir.

#### 4.2.2.7 Çalışma sonuçlarının kullanılması

Artık çalışma süresince kontrol altında tutulan bazı değişkenlerin etkileri hesaplanabilir. Örneğin farklı operatörlerin etkilerini test etmek için operatörler sırayla çalıştırılır ve alınan veriler çalışmada tasarlanmış olan şema üzerine kaydedilir. Eğer yeni noktalar kontrol altındaki durumu bozuyorsa, yeni operatörün etkisi olduğuna karar verilebilir. Bu deney farklı seviyelerde eğitim görmüş operatörlerle, iki farklı satıcıdan alınmış partilerle, iki farklı derecedeki hammadde ile, farklı makina ayarları ile, farklı aralıklarla,....vs. gibi durumlarda çeşitli operatörler üzerinde tekrarlanabilir. Şema kontrol altında olduğu sürece **her hangi bir etkinin olmadığı hipotezi reddedilemez.**

Yapılan bütün çalışmalara rağmen değişkenlik istenilen

---

<sup>1</sup> Propst(1987) bazı normal olmayan dağılımları kullanılarak da yeterlilik hesabı yapılabileceğini, fakat Cpk gibi standart yeterlilik hesaplarının yapılabilmesi için proses çıktılarının yaklaşık olarak normal dağılması gerektiğini ifade eder.

seviyeye düşürülemediyse, değişkenlik kaynakları ve onların büyüklüklerini belirlemek ve ortadan kaldırmak (veya en azından azaltabilmek) için parametre tasarımı deneyleri düzenlenmelidir.

#### 4.2.3 Proses yetenek göstergeleri

Yetenek çalışması sonucunda prosesin durumunu sayısal olarak ifade edebilmek için çeşitli göstergelerden yararlanılır. Böylece prosesin durumunun daha açıklıkla görülebilmesi ve yöneticinin daha kolay karar vermesi sağlanmış olur.

Proses yetenek göstergelerinin bu amaç için kullanılmasında karşılaşılabilecek durumlar ise şunlardır:

- . Hem  $\bar{X}$  hem de R şemasının kontrol altında olması durumu,
- . R şemasının kontrol altında,  $\bar{X}$  şemasının kontrol dışında olması durumu.

Bu durumlara göre farklı göstergeler kullanılır.

##### 4.2.3.1 Hem $\bar{X}$ hem de R şemasının kontrol altında olması durumunda kullanılan göstergeler

Her iki şemanın kontrol altında olduğu bu durumda kullanılan yetenek göstergelerinde açıklık metoduna göre hesaplanmış standard sapma ( $\hat{\sigma}$ ) kullanılır. R ortalama açıklığı  $d_2$ 'de örnek büyüklüğüne göre düzenlenmiş tablo değerini göstermek üzere;

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2 \quad (4.7)$$

formülü ile belirlenir.

Prosesin altı standard sapmalık açıklığı **proses yeterliliği (process capability)** olarak adlandırılır.

$$6 * \hat{\sigma} = 6 * \bar{R} / d_2 \quad (4.8)$$

Proses yeterliliğinin tolerans açıklığına oranına da

yeterlilik bağıntısı (capability index) denir. ATS ve ÜTS, sırasıyla alt ve üst tolerans sınırlarını göstermek üzere yeterlilik bağıntısı (Cp);

$$C_p = \frac{ATS - ÜTS}{6 * \hat{\sigma}} \quad (4.9)$$

ifadesi ile belirlenir. Bağıntının alabileceği değerler ve buna göre alınacak kararlar şöyle ifade edilebilir (Goodyear, 1984):

Yeterlilik bağıntısı	Karar
2.00'den yukarı	<u>çok iyi</u> : Uzun dönemde ulaşılabilecek eniyi değer.
1.34 — 2.00 arası	<u>iyi</u> : Proses geliştirme çabalarına devam et.
1.00 — 1.33 arası	<u>Orta</u> : Kabul edilebilir en düşük değer, geliştirmeye çalış.
1.00'den aşağı	<u>Zayıf</u> : Bütün parçaların toleranslar içinde üretilmesi olanaksız.

Tolerans açıklığının proses yeterliliğine oranının yüzde olarak ifadesi ise **yeterlilik oranı (capability ratio)** olarak adlandırılır.

$$C_r = \frac{6 * \hat{\sigma}}{ÜTS - ATS} * 100 \quad (4.10)$$

Yeterlilik bağıntısı prosesin tolerans sınırları ortasında olduğunu kabul eder, ancak uygulamada genellikle bu ortada olmaz. Prosesin durumunu daha iyi açıklayan sonuçlar ulaşabilmek için prosesin ortadan kayması ölçüsünde bağıntının değerini düşüren ve **orta değere ayarlanmış yeterlilik bağıntısı (capability index adjusted for mean centering)** olarak adlandırılan bağıntı kullanılır. Cpk ile gösterilen bu bağıntının hesabında prosesin ortalamasının tolerans

sınırlarına olan uzaklığına bakılır. Bulunan Cpk değerlerine karşı gelen normal dağılım değerlerini kullanarak prosesin üretebileceği kusurlu yüzdesi hesaplanabilir.

$$Cpk = \frac{|\bar{X} - \text{En yakın tolerans sınırı}|}{3 * \hat{\sigma}} \quad (4.11)$$

Proses yetenek göstergelerinden en fazla kullanılanı Cpk bağıntısıdır. Ancak Cpk bağıntısı, genellikle keyfi olan toleranslara göre hesaplandığı için pratikte tek başına fazla bir anlam ifade etmez (Sullivan, 1984). Önemli olan bugün ile yarın, bu ay ile gelecek ay ve bu yıl ile gelecek yıl arasında Cpk değerlerinde olan değişimdir. Diğer bir ifadeyle Cpk sistem veya durumlarda olan sürekli gelişmeyi ölçer ve farklı işçi grupları, fabrikalar ve hatta endüstriler arasındaki kalite rekabeti için bir anlam teşkil eder.

Benzer şekilde sadece prosesin kontrol altında olduğu durumlarda aynı formülleri kullanarak hesaplanan bir diğer göstergeler ise proses performans göstergeleri (proses performansı, performans bağıntısı, orta değere ayarlanmış performans bağıntısı, ..vb) olarak adlandırılır. Performans göstergelerinin aynı isimleri taşıyan yetenek göstergelerinden farkı sadece  $\sigma$  yerine S standard sapmasının kullanılmasıdır.

$$S = \sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 / (n-1)} \quad (4.12)$$

#### 4.2.3.2 R şemasının kontrol altında, $\bar{X}$ şemasının kontrol dışında olması durumunda kullanılan göstergeler

Bu durumda proses yeterliliği ve dolayısıyla bununla ilgili göstergeler hesaplanamaz. Ancak  $\bar{X}$  şemasındaki kontrol dışı gözlemler iptal edildikten sonra kalan gözlemlerin altı standard sapmalık açıklığı ( $6 * \sigma$ ) olarak adlandırılan **potan-**

siyel yeterlilik (potential capability) hesaplanabilir.

#### 4.2.4 Yetenek analizi teknikleri

Yetenek analizi tolerans açıklığına bağlı olmak ve olmamak üzere iki farklı şekilde yapılabilir. Bu amaçla aşağıda verilen üç teknikten ilk ikisi tolerans açıklığına bağlı olmaksızın, üçüncüsü ise tolerans açıklığına göre proses yeterliliğini hesaplar. Buna göre yetenek analizi;

- . Histogram yoluyla
- . Olasılık işaretlemesi yoluyla
- . Kontrol şemaları yoluyla

yapılabilir.

##### 4.2.4.1 Histogram yoluyla yetenek analizi

İmalat prosesinden ürün kalite karakteristiğine ait alınan veriler analiz edilerek ortalama ve standard sapması belirlenir. Veriler uygun biçimde sınıflandırılarak frekans dağılımları oluşturulur ve bu dağılıma göre de histogram çizilir. Histogramın biçiminden prosesin çıktısının normal dağılıp dağılmadığı belirlenebilir. Buna göre proses çıktısı normal dağılıyorsa üretilen birimlerin %99.73 olasılıkla  $\bar{X} \pm 3 * S$  değerleri arasında olacağı söylenebilir.

Proses yeterliliği kestiriminin kabul edilebilir güvenilirlikte olması için tercihen yüz veya daha fazla ölçüm değeri gerekir (Propst, 1987). Bu yöntem proses performansını görsel olarak ortaya koyar ve proses performansının düşük olması durumunda nedenlerinin anlaşılabilmesine de olanak tanır (Burnak ve Özkul, 1987).

##### 4.2.4.2 Olasılık işaretlemesi yoluyla yetenek analizi

Histogram yöntemine alternatif olarak değişim aralığının sınıf aralığına bölünmesi gereğini ortadan kaldıran ve küçük örnekler için daha uygun olan olasılık işaretlemesi yöntemi kullanılabilir. İlgilenilen değişkenin alabileceği

değerler yatay ekseninde ve birikimli olasılık değerleri düşey ekseninde olmak üzere, ilgili olasılık değerleri normal dağılıma ilişkin olasılık grafiği üzerine işaretlenir. Prosesin çıktıları normal dağılıma sahip ise işaretlenen noktalar bir doğru üzerinde olacaktır.

Elde edilen doğrunun eğimi dağılımın standard sapmasını, ellinci yüzdence değeri ise dağılımın ortalamasını verir. Pratik olarak seksendördüncü ve ellinci yüzdence değerleri arasındaki fark alınarak standard sapma belirlenebilir.

Olasılık işaretlemesi ile dağılımın biçiminin belirlenmesi objektif bir yöntem olmayıp iki farklı analizcinin aynı verilerle farklı sonuçlara ulaşması mümkündür. Bu nedenle olasılık işaretlemesi yoluyla prosesin dağılım biçiminin belirlenmesi işleminin uygunluk testleri yoluyla desteklenmesi gerekir<sup>1</sup> (Burnak ve Özkul, 1987).

#### 4.2.4.3 Kontrol şemaları yoluyla yetenek analizi

Histogram ve olasılık işaretlemesi yoluyla yapılan yetenek analizlerinde prosesin istatistiksel kontrol altında olup olmadığı bilinmediğinden prosesin zaman içindeki potansiyel yeteneği belirlenemez. Diğer taraftan proses istatistiksel kontrol altında değilse yeterliliği hesaplamak da anlamsız olacaktır. Bu nedenle prosesin istatistiksel kontrol altında olup olmadığını belirlemede etkili bir araç olarak kullanılan kontrol şemaları yönteminin yetenek çalışmasında kullanılması, diğer yöntemlere göre, daha iyi sonuçlar verecektir. Bu yöntemde prosesin istatistiksel kontrol altında olduğu görüldükten sonra yeterlilik hesaplandığı için daha güvenilir sonuçlara varılabilmektedir.

---

<sup>1</sup> Pratikte kullanılan en yaygın uygunluk testleri Ki-kare ve Kolmogorof-Simirnof testleridir.

Proses yetenek analizlerinde hem değişkenlere hem de özelliklere yönelik kontrol şemaları kullanılabilir. Bununla beraber daha fazla bilgi sağladıklarından dolayı değişkenlik (daha çok  $\bar{X}$  ve R) şemaları yaygın olarak kullanılmaktadırlar.  $\bar{X}$  ve R şemaları ile prosesin hem ani değişkenlik göstergesi (kısa dönem proses yeteneği) hem de zaman içindeki değişkenliği (uzun dönem proses yeteneği) analiz edilebilir. Proses yetenek analizi için verilerin iki veya daha fazla farklı zamanlarda toplanmış olması tercih edilmelidir (Burnak ve Özkul, 1987).

#### 4.2.5 Yetenek analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Yetenek çalışması sonunda karşılaşılabilecek durumlar genel olarak üç grupta ele alınabilir. Yapılan bu sınıflamaya göre karar vericinin alabileceği önlemler şöyle olacaktır.

$$\begin{aligned} \bar{ÜTS} - \bar{ATS} &< 6 \hat{\sigma} \\ \bar{ÜTS} - \bar{ATS} &= 6 \hat{\sigma} \\ \bar{ÜTS} - \bar{ATS} &> 6 \hat{\sigma} \end{aligned}$$

Proses yayılımının tolerans açıklığından büyük olması istenmeyen bir durum olup proses kontrol altında olsa da kusurlu imalat kaçınılmazdır. Böyle durumlarda alınabilecek eylemler;

- . Proses değişkenliğini azaltacak önlemler almak (kalifiye bir operatör, daha iyi malzeme, daha hassas bir tezgah kullanma gibi).
- . Prosesin değişkenliği azaltılamıyorsa tolerans genişletmesi (mümkünse) yapmak.
- . Hurda maliyeti çok yüksek ise duruma göre prosesin ortalaması, tüm parçalar üst (veya alt) tolerans sınırı dışına taşıyacak şekilde yukarı (veya aşağı) çekmek. Bu durumda yeniden işlemeyle parçalar tekrar kazanılabilir.

- . Bunlardan hiçbirini mümkün değilse kusurlu parça üretimini kabullenip proses çıktılarını % 100 muayene yapmak.

İkinci durumda prosesin doğal değişkenlik sınırları tolerans sınırları ile çakışıyorlarsa her hangi bir sorun yoktur. Ancak proses ortalamasında olabilecek bir kayma ya da prosesin yayılımında meydana gelebilecek bir artış kusurlu üretime neden olacaktır. Bu nedenle prosesin değişkenliğini azaltacak önlemler alınmalıdır (daha iyi malzeme, kalifiye operatör, daha hassas tezgah kullanılması gibi).

Tolerans açıklığının proses yayılımından büyük olması arzulanan bir durumdur. Ancak proses ortalamasında olabilecek bir artış veya kayma, tolerans açıklığının doğal değişkenlik sınırlarından olan büyüklük oranına göre kusurlu üretime neden olabilecektir. Kusurlu üretime sebebiyet vermemek için bu oran olabildiğince büyük tutulmalıdır. Böylece hem kusurlu üretim olasılığı çok düşük olacak hem de daha gevşek kontrol (izleme) sistemi uygulanabilecektir.

## 5. BİR İŞLETMEDE PROSES KONTROLÜ VE PROSES GELİŞTİRME ÇALIŞMASI

### 5.1 Seçilen İşletme Ve Kalite Kontrol Sistemi

Beyaz esya üretiminde ülke pazarının yaklaşık % 60'ına sahip olan işletme, sadece iç pazara değil, aynı zamanda dış pazara yönelik üretim yapmaktadır. Bulunan yeni dış pazarlar ve artan iç talebi karşılayabilmek amacıyla 1987 başında, darboğaz olan Poliüretan (PÜ) kısmında eski tesisin yerine yeni tesis işletmeye alınmıştır. Yeni tesis, büyük ölçüde emek yoğun olan eski tesisin aksine tamamen otomatik olarak çalışmaktadır. Yeni tesisle birlikte artan üretimin önemli kalite problemlerini de gündeme getirmesi, üst yönetimin dikkatini çekmiş ve 1988 başından itibaren problemleri giderici çalışmalarının başlatılması kararı alınmıştır.

1975 yılında üretime başlayan işletmenin üretim ve hammadde stoklarının yapıldığı kapalı alan 30 000 m<sup>2</sup>'dir. Darboğaz olmayan bazı kısımlar dışında, 3 vardiya olarak çalışan işletme, yılda 500 000 adet buzdolabı üretimini gerçekleştirmektedir. Ayrıca aynı holdinge bağlı diğer işletmeleri desteklemek üzere çeşitli yedek parçaların üretimi de yapılmaktadır.

Yan sanayiden gelen ürünlerin kontrol edildiği giriş kontrolü ve üretimin ara aşamalarındaki proses kontrolleri, Kalite Kontrol(KK) bölümünün görevleri arasındadır. Giriş ve proses kontrollerini destekleyici deneylerin yapıldığı iki laboratuara da sahip olan KK bölümü; laboratuarlarda bir, giriş kontrolünde iki ve proses kontrolünde ise üç vardiya olarak çalışmaktadır.

Problemlerin giderilmesi için başlatılan çalışmaların bir uzantısı olarak 1988 şubat ayından itibaren aylık hurda, yeniden işleme (çift kat boyama) ve söküm maliyet raporları, 1988 mayıs ayından itibaren de, daha önce üretim mühendisliğinin görevleri arasında olan hurda nedenleri raporlarının

tutulması KK bölümünün görevleri arasına katılmıştır.

Yapılan teorik araştırmayı bir uygulama ile destekleme isteği, yanısıra işletmede, böyle bir araştırmaya gerekli olan koşulların kendiliğinden oluşmuş olması, proses geliştirme çalışması için işletmenin seçilmesinde etkili olmuştur.

## 5.2 Proses Geliştirme Çalışması

Proses geliştirme programlarına, sorunların önceliklerinin ortaya konması, nedenlerin tartışılması ve alınabilecek önlemlerin belirlenmesi şeklinde üç aşamada bakılabilir (Kaylan, 1983). İlk aşamada sorunların ağırlıkları pareto şeması ile sergilenir. Daha sonra Ishikawa neden-sonuç şemaları ile kalite problemlerine yol açan nedenler belirlenir. Çeşitli deneyler yapılarak veriler toplanır. Neden olarak gösterilen değişkenlerle kalite karakteristiği arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılır. Böylece kaliteli ve ekonomik ürünler için en uygun koşullar aranır.

Bu çalışmada, işletmenin şimdiye kadar (1988 mayıs) tutmuş olduğu hurda ve yeniden işleme kayıtları esas alınmış ve büyük ölçüde Ek.2'de verilen "IPK uygulaması için proses akış şeması" izlenmiştir (Burnak ve Özkul, 1988). Verilerin analizinde ise, STATGRAPHICS paket programından yararlanılmıştır.

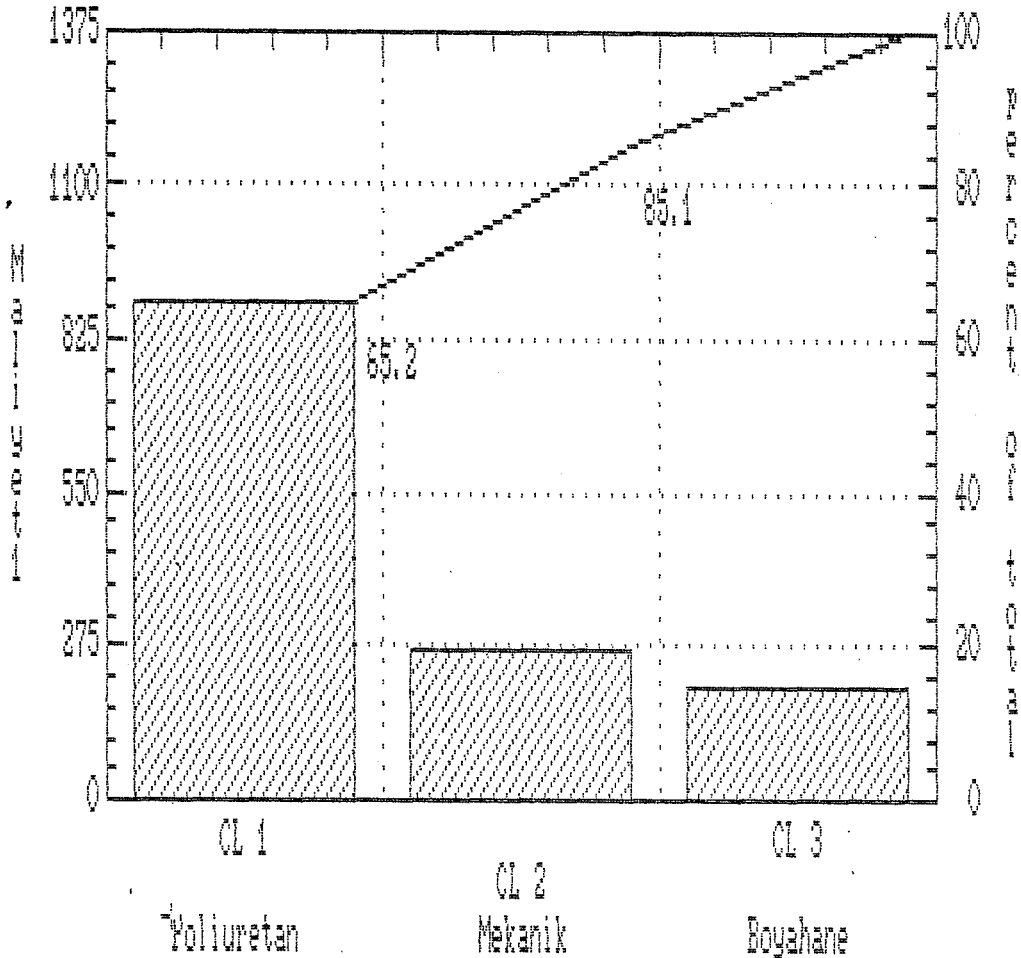
### 5.2.1 Problemin belirlenmesi

Daha öncede belirtildiği gibi proses geliştirme çabalarının öncelikle hangi alanlarda yoğunlaştırılacağını belirlemede, işletmede tutulan hurda ve yeniden işleme kayıtları oldukça yararlıdır. Bu nedenle işletme kayıtlarından kısımlara göre aylık toplam hurda maliyetleri alınmıştır. Ancak, aylık üretim miktarlarının farklı olduğu dikkate alınarak incelemeler aylık birim hurda maliyetleri üzerinden yapılmıştır. Çizelge 5.1'deki birim hurda maliyetleri üzerine, üç aylık ortalamaya göre, düzenlenen pareto analizinde

enyüksek maliyetin PÜ kısmında olduğu görülmektedir (şekil 5.1).

Cizelge 5.1 Yakalandığı kısımlara göre 3 aylık birim hurda maliyetleri (TL./birim)

	Subat	Mart	Nisan	Toplam	Ortalama	%
ür. mik.	39169	45100	41935	126204	42068	
KISIMLAR						
Mekanik	251.4	314.9	252.4	818.7	272.9	20
P.üretan	714.8	783.9	1190.8	2689.5	896.5	65
Boyahane	184.7	179.3	249.7	613.7	204.6	15
Toplam	1150.9	1278.1	1692.9	4121.9	1374.0	100
%	28	31	41	100	--	--



Şekil 5.1 Kısımlara göre hurda maliyetlerinin dağılımı (Üç aylık ortalama)

Deneyimler, uzun bir frekans çubuğunun yarıya düşürülmesinin, kısa bir frekans çubuğunu yarıya indirmeye yönelik çabalardan daha kolay olacağını göstermiştir (Kara ve Özkul, 1987). Bu nedenle PÜ kısım kayıtlarının daha detaylı olarak incelenmesine karar verilmiştir. Yapılan incelemeler, PÜ kısmı hurdalarının;

- . Mekanik kısmında oluşan, fakat PÜ kısmında yakalanan hurdalar,
- . PÜ kısmında oluşan ve yakalanan hurdalar

olmak üzere iki ayrı kısımdan kaynaklandığını ortaya çıkarmıştır.

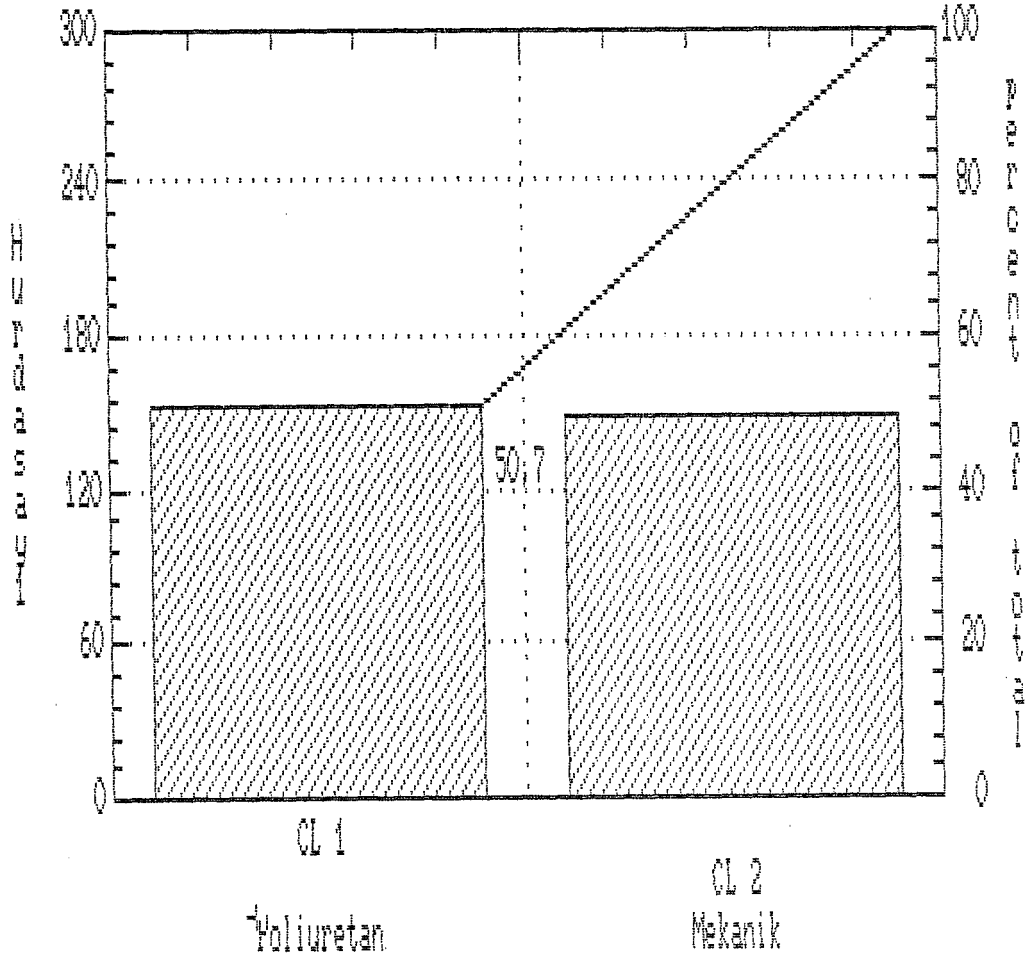
Mekanik'te oluşan hurda nedenlerinin, PÜ hurda nedenleri içinde önemli bir yer tutup tutmadığını belirlemek için PÜ kısmında yakalanan hurda nedenleri, olduğu kısımlara göre de Ek.3'deki gibi sınıflandırılmıştır. Ek.3'de verilen çizelgelerden yararlanarak PÜ kısmında yakalanan hurda nedenlerinin olduğu kısımlara göre dağılımı şekil 5.2'deki gibi elde edilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi PÜ hurdalarının ortalama olarak % 49.7'si Mekanik kısımdan kaynaklanmaktadır.

Mekanikte oluşup Pü'de yakalanan bir hurda, proses gereği<sup>1</sup>, hem Mekanik, hem Boyahane ve hem de PÜ maliyetlerini taşıyacaktır. Benzer şekilde Mekanik'te oluşup Boyahane'de yakalanan bir hurda, hem Mekanik ve hem de Boyahane maliyetlerini taşıyacaktır.

Her iki kısım hurda maliyetleri içinde Mekanik'te oluşan hurda maliyetlerinin de bulunması, işletmenin hurda

---

<sup>1</sup> Hammadde olarak alınan sac, Mekanik imalatta şekillendirilmekte, Boyahane'de boyanmakta ve PÜ kısmında gerekli plastik aksam takıldıktan sonra kalıplarda sac ile plastik aksam arasına izolasyon maddesi basılmakta ve montaj bandına gönderilmektedir. İlk üç kısımdan geçip montaj bandına gönderilen (veya hurdaya ayrılan) işparçasının son durumuna ilişkin teknik resim Ek.6'da verilmiştir.



Şekil 5.2 PÜ hurda nedenlerinin oluştuğu kısımlara göre dağılımı (üç aylık ortalama)

maliyetleri raporlarından alınan çizelge 5.1 verilerine göre kısımların hurda maliyetlerinin değerlendirilmesinde hatalı sonuçlara neden olabilir. Diğer bir deyişle, çizelge 5.1 verilerine göre problemin asıl nedeninin yeni PÜ tesisi olup olmadığı kararının verilebilmesi, hurda maliyetlerinin sadece hurdanın yakalandığı kısımlara göre değil, aynı zamanda oluştuğu kısımlara göre incelenmesini gerektirir (çizelge 5.2).

Çizelge 5.2'nin oluşturulmasına ilişkin bilgi vermesi amacıyla, oluştuğu kısımlara göre şubat ayı hurda maliyetleri, gerekli veriler çizelge 5.1, Fk.3, Ek.4 ve Ek.5'den

alınmak üzere çizelge 5.3'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2: Oluştugu kısımlara göre 3 aylık birim hurda maliyetleri (TL/birim)

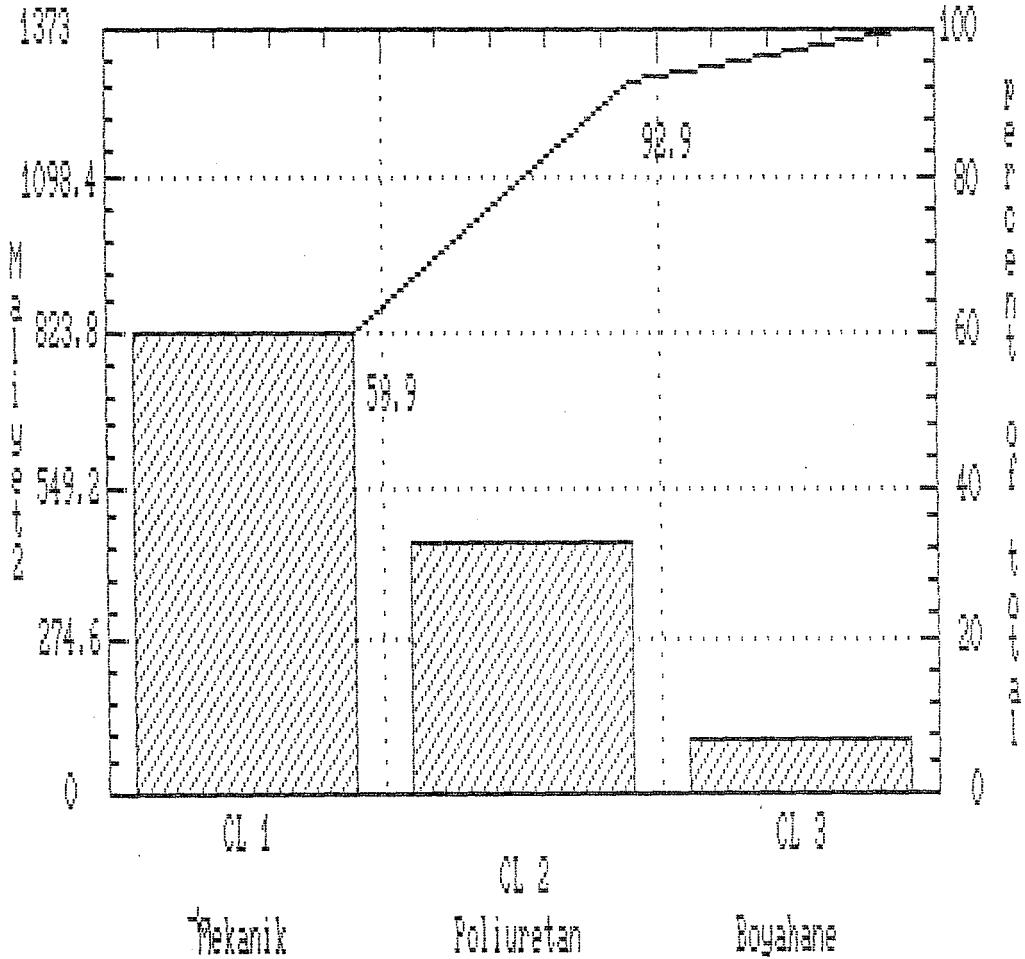
	Şubat	Mart	Nisan	Toplam	Ortalama	%
ür. mik.	39169	45100	41935	126204	42068	
KISIMLAR						
Mekanik	606.7	779.4	1083.9	2470.0	823.3	60
P.üretan	436.0	431.1	493.0	1360.1	453.4	33
Boyahane	108.2	67.5	116.0	291.7	97.2	7
Toplam	1150.9	1278.1	1692.9	4121.9	1374.0	100
%	28	31	41	100	--	--

Çizelge 5.3 Şubat ayı birim hurda maliyetlerinin oluştugu kısımlara göre hesaplanması

Kısımlar	Mekanik- ten kay- naklanma yüzdesi	Alt kısım maliyeti	Mekanik- ten kay- nakl.alt kıs.mal.	Mekanik- ten kay- naklanan kıs.mal.	İlgili kıs. net hurda maliyeti
BOYAHANE					
Gövde h.	0.36	133.7	48.0		
Kapı h.	0.51	46.5	24.6	76.5	108.2
Ü.kapı h	0.87	4.5	3.9		
P.ÜRETAN	0.39	714.8	278.8	278.8	436.0
MEKANİK	1.00	251.4	251.4	251.4	--
Toplam		1150.9	606.7	606.7	544.2

Hurdanın yakalandığı değil, oluştugu kısım önemli olduğuna göre, izleyen kesimlerde çizelge 5.2 verileri esas alınacaktır. Çizelge 5.2 verileri üzerine düzenlenen pareto analizinde, enyüksek hurda maliyetinin Mekanik'ten kaynaklanan hurdalar nedeniyle oluştugu görülmektedir (şekil 5.3). Bu ise, bizi asıl problemin yeni PÜ tesisinde değil, Mekanik kısmında olduğunu sonucuna götürür.

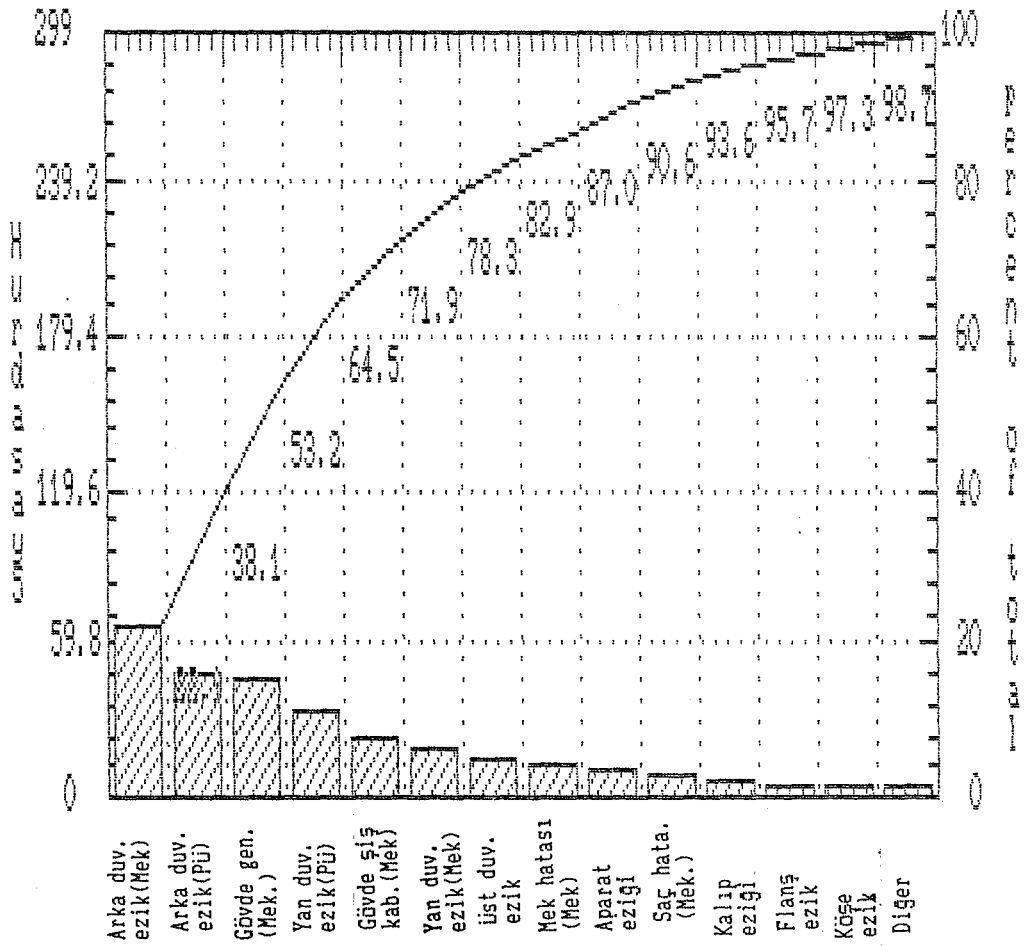
Ancak, işletme kayıtları hurdanın yakalandığı kısımlara göre tutulduğundan, kısım genelinde hurda nedenleri dağılımının belirlenebilmesi için Fk.3'deki PÜ hurda nedenleri



Sekil 5.3 Oluştugu kısımlara göre hurda maliyetleri dağılımı (üç aylık ortalama)

dağılımı incelenmiştir. PÜ kısmı genelinde yapılan pareto analizleri, ilk iki sıranın arka duvar eziği hurdası olduğunu göstermiştir (şekil 5.4).

Böylece proses geliştirme çabalarının öncelikle **arka duvar eziği** hurdasının giderilmesi veya en azından azaltılması için yapılmasına karar verilmiştir. Ek.3 ve şekil 5.4'den de görüldüğü gibi arka duvar ezilmesi hem Poliüretan, hem de Mekanik kısmından kaynaklanmaktadır. Poliüretan da oluşan arka duvar eziği hurdası nedenleri olarak şunlar tesbit edilmiştir:



Şekil 5.4 PÜ kısmı hurda nedenleri dağılımı (Üç aylık ortalama)

- . Kalıpta poliüretan kalması,
- . Maçaların ayarsızlığı,
- . Gövdeyi düşürme.

Ancak, yukarıda belirtildiği gibi, Mekanik'te oluşan ve PÜ'de yakalanan arka duvar eziği hem Mekanik, hem Boyahane ve hem de PÜ maliyetlerini taşıdığından, incelemeye esas olan, Mekanik kısmında oluşan ve PÜ kısmında yakalanan arka duvar eziği hurdasıdır. Mekanik kısmında oluşan arka duvar eziği hurda nedenleri ise şöyle belirlenmiştir:

- . Kabin dibi yüksekliğinin istenen değerde olmaması,

- . Arka duvar boyunun gereğinden fazla uzun olması,
- . Arka duvar sacının kabin dibine taşması.

Kabin dibi ve kabin dibi arka duvar grubu Mekanik kısmında B, C1, C2 ve D makinalarında işlem görmektedir. C1 ve D makinalarında yapılan işlemin kabin dibi yüksekliği, arka duvar boyu ve arka duvar sacının kabin dibine taşması ile ilgili olmadığı, sadece B ve C2 makinalarında yapılan işlemin ilgili olduğu görülmüştür. Bu nedenle izleyen kesimde ele alınan parça (kabin dibi arka duvar grubu) ve prosese (B ve C2 makinası) ilişkin kısa bilgiler verilmiştir.

### **5.2.2 İlgilenilen iş parçası ve proses**

İşletmenin hammadde olarak aldığı sac, kesme-dilme makinasında uygun boyutlarda kesilir. Ruzdolabının taban ve arka duvarının çatısını oluşturan kabin dibi arka duvar grubu için öncelikle, 400 tonluk otomatik preste şekillendirilen kabin dibi sacı ile 150 tonluk otomatik preste şekillendirilen arka köşe takviyeleri R makinasında birleştirilir. Birleştirme işlemi için operatör önce iki köşe takviyesini sonra kabin dibi sacını B makinasına yerleştirir. Operatör bir eliyle iş parçasını tutarken diğeri ile düğmeye basarak birleştirme işlemini gerçekleştirir ve parçayı C1 makinası önüne bırakır. Gruplama olarak adlandırılan bu işlemden sonra C1 makinasında ön alt sac birleştirilerek kabin dibi grubu elde edilir (Ek.7).

C2 makinasında ise, B ve C1 makinasında birleştirilen kabin dibi grubu ile kesme-dilme makinasında kesilen arka duvar sacı birleştirilir. Operatör kabin dibi grubunu C2 makinasına yerleştirdikten sonra otomatik olarak beslenen arka duvar sacını dayama pimine kadar ittirir ve düğmeye basarak gruplama işlemini gerçekleştirir. B ve C2 makinalarındaki birleştirme işlemi punta kaynağı ile, C1 makinasındaki ise bukel kaynağı ile yapılır ve elde edilen kabin dibi arka duvar grubu bir sonraki işlem için geçici stoklama alanına bırakılır (Ek.8).

Çalışmanın yapıldığı Mekanik kısmına ait proses akış şeması Ek.9'da, hurdanın yakalandığı PÜ kısmı proses akış şeması da Ek.10'da verilmiştir.

### 5.2.3 İlgilenilecek kalite karakteristiklerinin belirlenmesi

Arka duvar eziği hurdasını azaltmak için ilgilenilecek kalite karakteristikleri ise aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- . Kabin dibi yüksekliği,
  - Sağ yükseklik
  - Sol yükseklik
- . Arka duvar boyu,
- . Arka duvar sacının kabin dibine taşma miktarı.

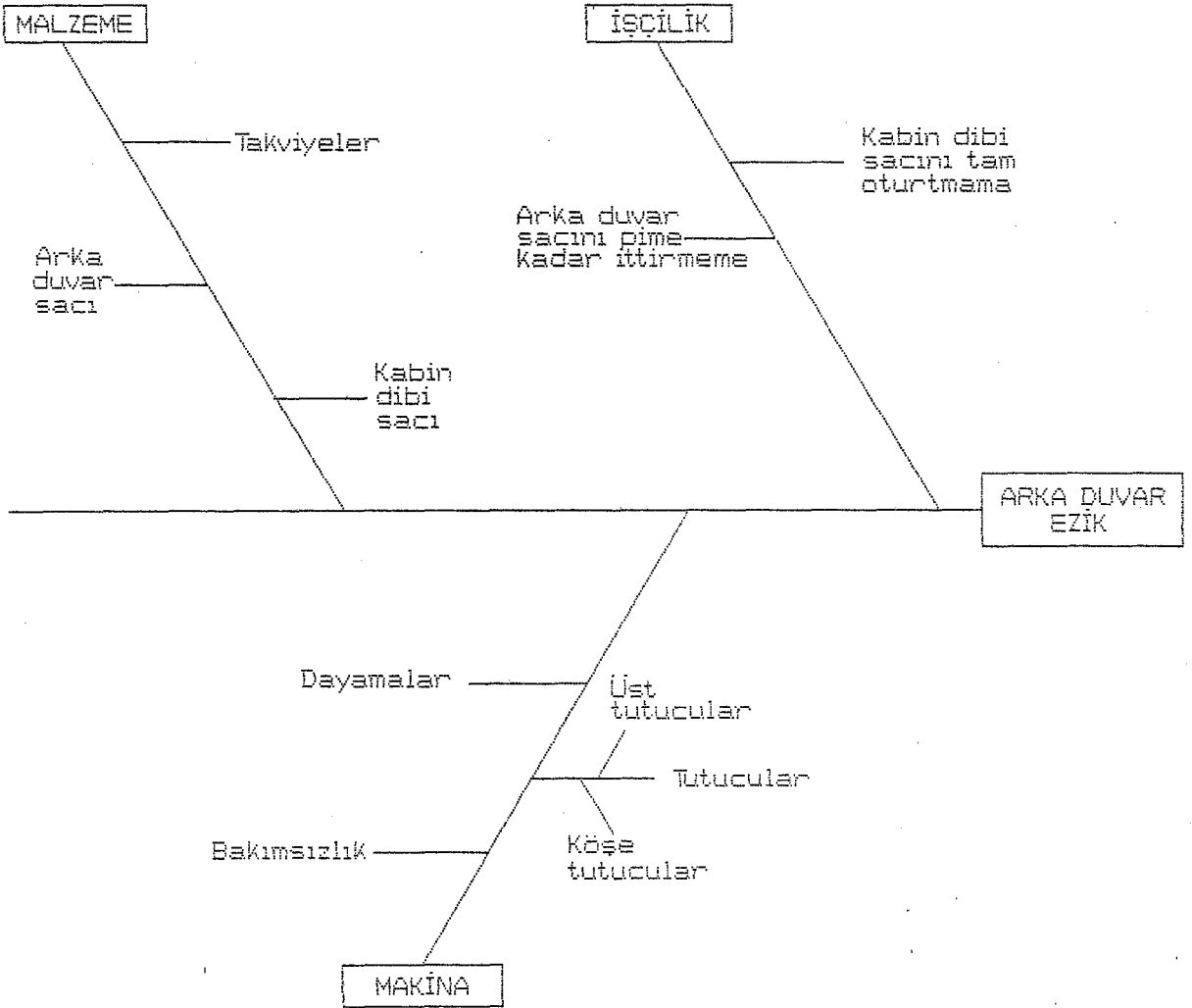
Yukarıda verilen birinci hurda nedeni B, ikinci ve üçüncü hurda nedeni ise C2 makinası ile ilgilidir. Başlangıçta ilk karakteristik üzerine kontrol şeması tasarlanması, eğer hurda oranı istenilen düzeye düşürülemezse ikinci karakteristik üzerine de kontrol şeması tasarlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, ikinci karakteristik için çalışmalara başlanmadan önce birinci karakteristik üzerine tasarlanan çalışmaların sonucunun alınması ve ona göre davranılması uygun görülmüştür. Üçüncü karakteristik ise şu anda önemli bir problem çıkarmamakta olup, her iki karakteristik üzerine yapılan incelemelerin sonucuna göre hareket edilmesinin yararlı olacağı düşünülmüştür.

### 5.2.4 Verilerin toplanması ve mevcut durumun belirlenmesi

Kabin dibi yüksekliğine ilişkin prosesin dağılım biçimini, ortalamasını ve standard sapmasını belirlemek amacıyla birer saat arayla  $n=4$  birimlik örnekler alınmaya başlanmıştır. 10 günlük çalışma sonunda prosese ilişkin alınan veriler analiz edilmiş ve yaklaşık olarak normal dağıldığı belirlenmiştir. Prosesin ortalaması ve standard sapması ise; kabin dibi sağ yüksekliği için 218.8 ve 1.6 mm, sol yükseklik için 219.5 ve 1.4 mm olarak hesaplanmıştır.

### 5.2.5 Hurda nedenlerinin belirlenmesi

Prosesin mevcut durumuna ilişkin yukarıdaki kısa bilgiler verildikten sonra arka duvar eziğine yol açan değişkenleri (nedenleri) belirlemek amacıyla kalite kontrol şefi ile birlikte kontrolörler(denetçiler) ve operatörlerle yapılan görüşmeler ve hurdaya çıkan parçalar üzerine yapılan incelemeler sonunda şekil 5.5'deki neden-sonuç şeması düzenlenmiştir. Şemadan da görüleceği gibi hurda nedenleri işçilik, makina, ve malzeme başlıkları altında toplanmıştır.



Şekil 5.5 Arka duvar eziği neden-sonuç şeması

Büyük ölçüde dikkatsizliğin neden olduğu işçilik hataları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- . Kabin dibi sacının B makinasına gerektiği gibi oturtulmaması,
- . B makinasındaki dayama yüksekliklerinin gerektiğinde ayarlanmaması,
- . C2 makinasında arka duvar sacının dayama pimine kadar ittirilmemesi.

Aksesuar yetersizliği ve bakım işleminin zamanında yapılmamasıyla oluşan makina hataları ise, aşağıdaki nedenlere bağlanmıştır:

- . B makinasındaki üst ve köşe tutucuların yetersizliği,
- . C2 makinasında arka duvar sacı için tek dayama piminin yetersizliği,
- . Eskiyen-yıpranan parçaların zamanında yenileri ile değiştirilmemesi.

İlgili makinalarda işlem görerek, B ve C2 makinalarına girdi olarak kullanılan malzeme hataları ise aşağıda sıralanmıştır:

- . Kabin dibi sacının bel vermesi ve kenarlarının kıvrılması,
- . Köşe takviyelerinin 90 derecelerinin bozukluğu,
- . Arka duvar sacının uzun veya yamuk kesilmesi.

#### **5.2.6 Önlemler alınması ve prosesin geliştirilmesi**

Daha önce böyle bir çalışma yapılmadığından belirlenen karakteristiklere ilişkin, parça resimlerinde ve işletme kayıtlarında herhangi bir toleransa ya da spesifikasyona raslanılmamıştır. Bu karakteristiklere ilişkin spesifikasyonların ne olacağını belirlemek amacıyla; kabin dibine yerleştirilecek olan kompresör, arka duvar boyu ve izolasyon maddesinin basıldığı poliüretan kalıplarında inceleme ve deneyler yapılmıştır.

Yapılan inceleme ve deneyler sonunda, neden olarak gösterilen bu değişkenlerle arka duvar eziği arasındaki ilişki incelenmiş ve buna göre de uygun önlemler alınmıştır. Prosesin sağ ve sol yüksekliğine ilişkin ortalamasının 218.8 ve 219.5 mm olarak bulunması da dikkate alınarak poliüretan kalıpları yeniden incelenmiştir. Kabin dibi yüksekliğinin büyük olmasının değil, küçük olmasının problem çıkardığı görülmüştür. Ayrıca kabin dibinin yüksek olmasının kompresör için herhangi bir problem çıkarmayacağı da dikkate alınarak proses ortalamasında olabilecek herhangi bir kaymanın hurdaya neden olmaması için spesifikasyonların  $219 \pm 1$  olması konusunda KK bölümü yetkilileri ile mutabakat sağlanmıştır. Gerekli düzenlemeler ( kabin dibi sacının yüksekliği, köşe takviyelerinin boyu ve B makinasındaki dayamaların yüksekliği 219 mm'ye göre ayarlanması,..vs.) den sonra ölçümlerin (biri saat arayla  $n=5$  büyüklüğünde örnekler) alınmasına başlanmıştır. Bu arada tolerans açıklığının 2 mm ve ölçülecek olan karakteristiğinde değişkenlik olması nedeniyle ölçümlerin, halen alınmakta olan çelik metrenin yerine, 1/20 hassasiyetinde 300 mm'lik kumpasla alınması kararlaştırılmıştır. Alınan ölçümlerin kaydedilmesi ve prosesin görsel olarak izlenmesi için Ek.11 ve 12'de verilen formlar tasarlanmıştır. Tasarlanan bu formlar ve bu formlar üzerine kaydedilecek olan veriler hakkında denetçilere bilgi verilmiştir.

Alınan diğer önlemler ise şöyle sıralanabilir:

- . İşçilikten kaynaklanan hatalar konusunda tezgah operatörlerine bilgi verilerek dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir,
- . B makinasındaki üst tutucuların boyu uzatıldı ve köşe tutucular daha stabil (kararlı) hale getirilmiştir,
- . C2 makinasındaki dayamalar birden üçe çıkarılmıştır,
- . Zamanla eskijen-yıpranan parçaların (keçeler, kaynak

uçları,.vs.) değiştirilmesi için yetkililer tarafından bakım politikası belirlenmiş ve bilgisayarla izlenmesine başlanmıştır,

- . Kesim ve şekillendirme hatası için ilgili makina operatörlerine ve gerektiğinde bunları uyarmaları için bir sonraki makina operatörlerine bilgi verilmiştir.

Ayrıca kabin dibi yüksekliğinin 219 mm'ye (ortalama) yükseltilmesi, arka duvar boyu ve arka duvar sacının kabin dibine taşma miktarı da gözönünde bulundurularak arka duvar sacının boyu 3 mm kısaltılmıştır.

Prosesin yakından izlenmesi ve alınan bu önlemlerin sonunda değişkenliğe neden olacak belirgin özel nedenler ortadan kaldırılarak İPK'ya geçiş çalışmalarının başlatılabileceği ortam oluşturulmuş ve ön kontrol şemaları düzenlenmiştir.

Ön kontrol şemalarında prosesin değişkenliğinde hissedilir derecede azalma olduğu görülmüştür. Ancak, bunun yeterli olup olmadığı ve proses izleme sisteminin kurulup kurulamayacağı kararı, prosesin değişkenlik miktarını belirleyen yetenek çalışması sonucunda yapılacak hesaplara göre verilebilir.

#### **5.2.7. Proses yetenek çalışması**

Daha önce düzenlenen ön kontrol şemalarında prosesin istatistiksel kontrol altına alınabileceği varsayılarak yetenek çalışması için gerekli verilerin toplanmasına geçilmiştir. Prosesten kabin dibi sağ ve sol yüksekliğine ilişkin ardışık olarak  $n=3$  büyüklüğünde 40'ar örnek;

- . 1. ölçümde 15 ,
- . 2. ölçümde 15 ,
- . 3. ölçümde 10

olacak şekilde alınmıştır (çizelge 5.4, 5.5).

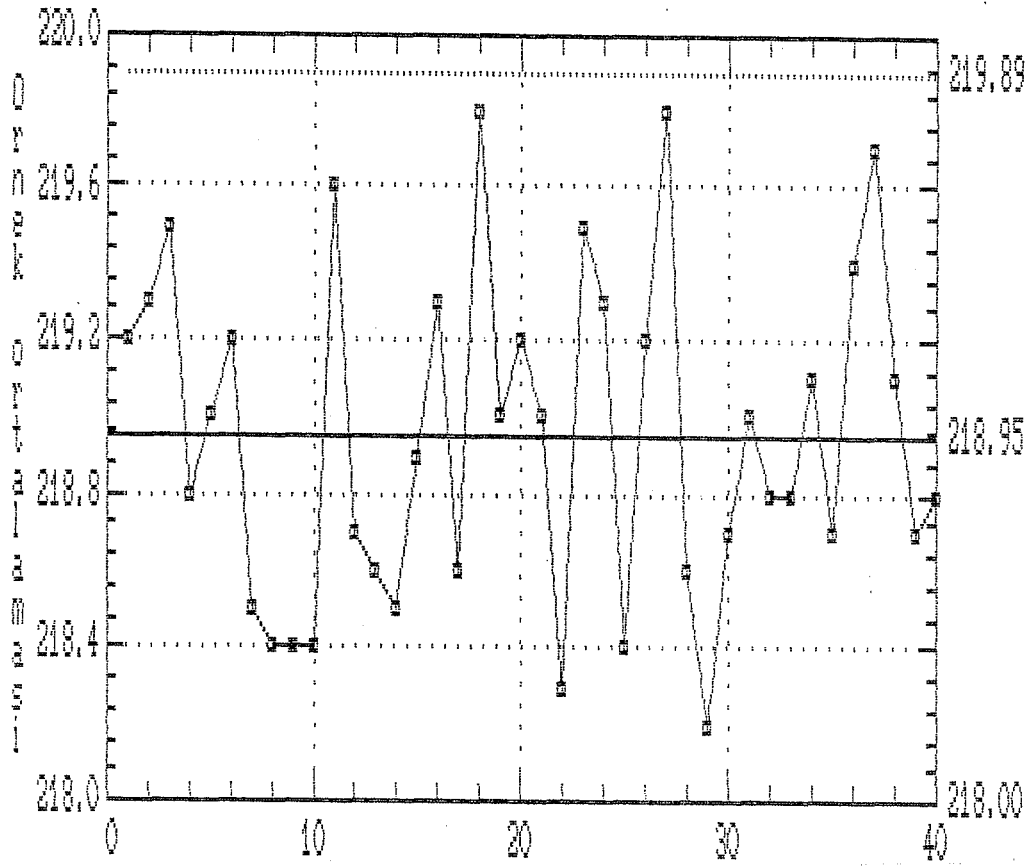
Prosesin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için alınan veriler üzerine yapılan Ki-kare uygunluk sınamasında prosesin normal dağıldığı görülmüştür (Ek.13).

Diğer taraftan incelenen çizelge 5.4 verilerinin,  $\bar{X}$  ve R şemalarının her ikisinde de kontrol sınırları içerisinde olduğu şekil 5.6 ve 5.7'den görülmektedir.

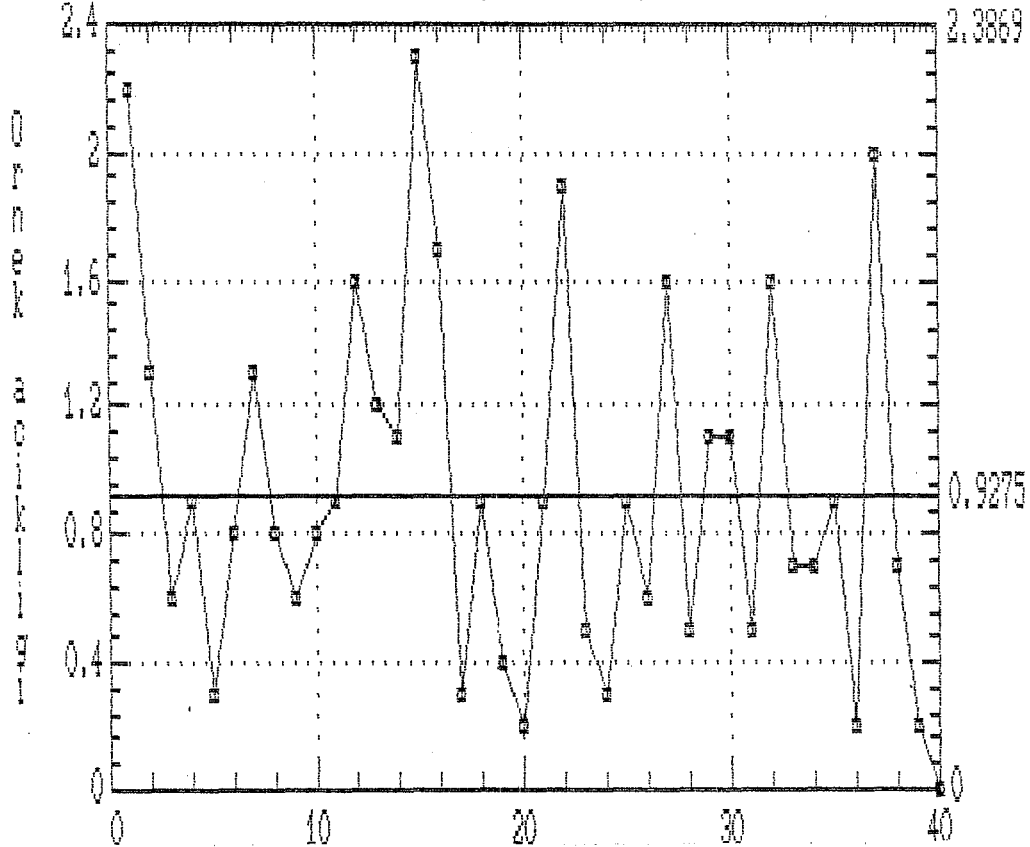
Çizelge 5.4 Yetenek analizi için prosteden alınan kabin dibi sol yükseklik verileri (mm)

Örn. no	1. Ölçüm			2. Ölçüm			3. Ölçüm		
	Gözlem no 1	Gözlem no 2	Gözlem no 3	Gözlem no 1	Gözlem no 2	Gözlem no 3	Gözlem no 1	Gözlem no 2	Gözlem no 3
1	219.2	220.2	218.0	218.4	220.1	219.3	218.8	218.8	219.3
2	219.9	219.5	218.6	218.8	218.5	218.6	219.4	217.8	219.3
3	219.8	219.4	219.2	219.6	220.3	219.4	218.4	218.8	219.1
4	218.8	219.2	218.3	218.8	219.0	219.2	218.9	218.8	219.5
5	219.0	218.8	219.1	219.3	219.2	219.1	218.9	219.0	218.1
6	218.7	219.3	219.5	218.8	218.6	219.5	219.5	219.4	219.3
7	219.1	218.5	217.8	219.1	217.2	218.7	220.1	220.5	218.5
8	218.0	218.8	218.3	219.8	219.4	219.3	219.3	219.3	218.6
9	218.6	218.0	218.5	219.5	219.2	219.3	218.6	218.7	218.8
10	217.9	218.7	218.6	218.1	219.0	218.2	218.8	218.8	218.8
11	219.9	219.0	219.8	219.6	219.0	219.0	-	-	-
12	218.8	217.9	219.5	219.1	220.7	219.5	-	-	-
13	218.6	219.2	218.0	218.3	218.8	218.7	-	-	-
14	219.1	218.5	218.0	217.7	218.8	218.1	-	-	-
15	217.7	219.1	220.0	218.2	219.3	218.6	-	-	-

Böylece prosesin istatistiksel kontrol altında alınabilir olduğu, normal dağıldığı ve yetenek çalışması için alınan verilerin hepsinin kontrol sınırları içinde olduğu görüldüğü için kısa dönem proses yeterliliği hesaplamasına geçilebilir.



Sekil 5.6 Kabin dibi sol yüksekliği X şeması



Sekil 5.7 Kabin dibi sol yüksekliği R şeması

Çizelge 5.4'den gözlem değerleri ve Ek.1'den ilgili tablo değeri alınarak kabin dibi sol yüksekliğine ilişkin yeterlilik hesabı aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

$\bar{X}_i$  : i. örnek ortalaması

$\bar{X}$ : Örnek ortalamalarının ortalaması

k: Örnek sayısı

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

$R_i$  : i. örnek açıklığı

$\bar{R}$ : Örnek açıklıklarının ortalaması

$$\bar{X} = \frac{8758}{40} = 218.95 \text{ mm,}$$

$$\bar{R} = \frac{37.1}{40} = 0.928 \text{ mm,}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{0.928}{1.643} = 0.548 \text{ mm,}$$

$$\text{Proses yeterliliği} = 6 * 0.548 = 3.29,$$

$$C_p = \frac{220-218}{3.29} = 0.61 ,$$

$$C_r = \frac{3.29}{220-218} * 100 = \% 165$$

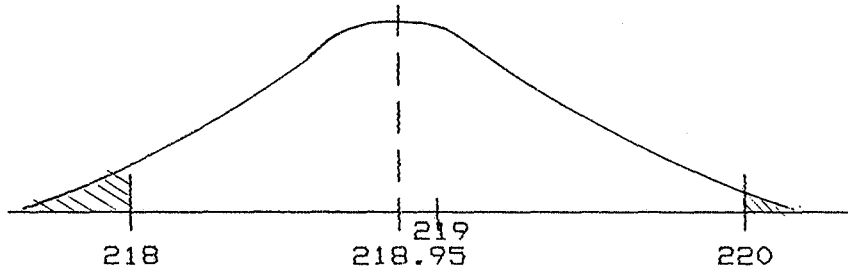
ve

$$C_{pk} = \frac{218.95-218}{1.64} = 0.58 .$$

Diğer taraftan  $C_{pk} = Z / 3$  ve  $Z = (\bar{X} - \hat{\sigma}) / \hat{\sigma}$  bağıntı-  
ları bilindiğine göre spesifikasyonlar dışında üretilen  
yüzde hesaplanabilir.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Züst} = 1.92 & \text{için} & Pz_{\text{üst}} = 0.0274 \\
 \\
 \text{Zalt} = 1.73 & \text{için} & Pz_{\text{alt}} = 0.0418 \\
 & & \hline
 & & 0.0692
 \end{array}$$

Buna göre üretimin yaklaşık % 7'si spesifikasyonlar dışında olacaktır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Kabin dibi sol yüksekliğine ilişkin prosesin dağılımı

Benzer şekilde incelenen çizelge 5.5 verilerinin,  $\bar{X}$  ve  $R$  şemalarının her ikisinde de kontrol sınırları içinde olduğu şekil 5.9 ve 5.10'dan görülmektedir. Bu verileri kullanarak kabin dibi sağ yüksekliğine ilişkin yeterlilik hesabı yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur:

$$\bar{X} = 218.95 \text{ mm,}$$

$$\bar{R} = 0.93 \text{ mm,}$$

$$\hat{\sigma} = 0.549 \text{ mm,}$$

$$\text{Proses yeterliliği} = 3.29,$$

$$C_p = 0.61,$$

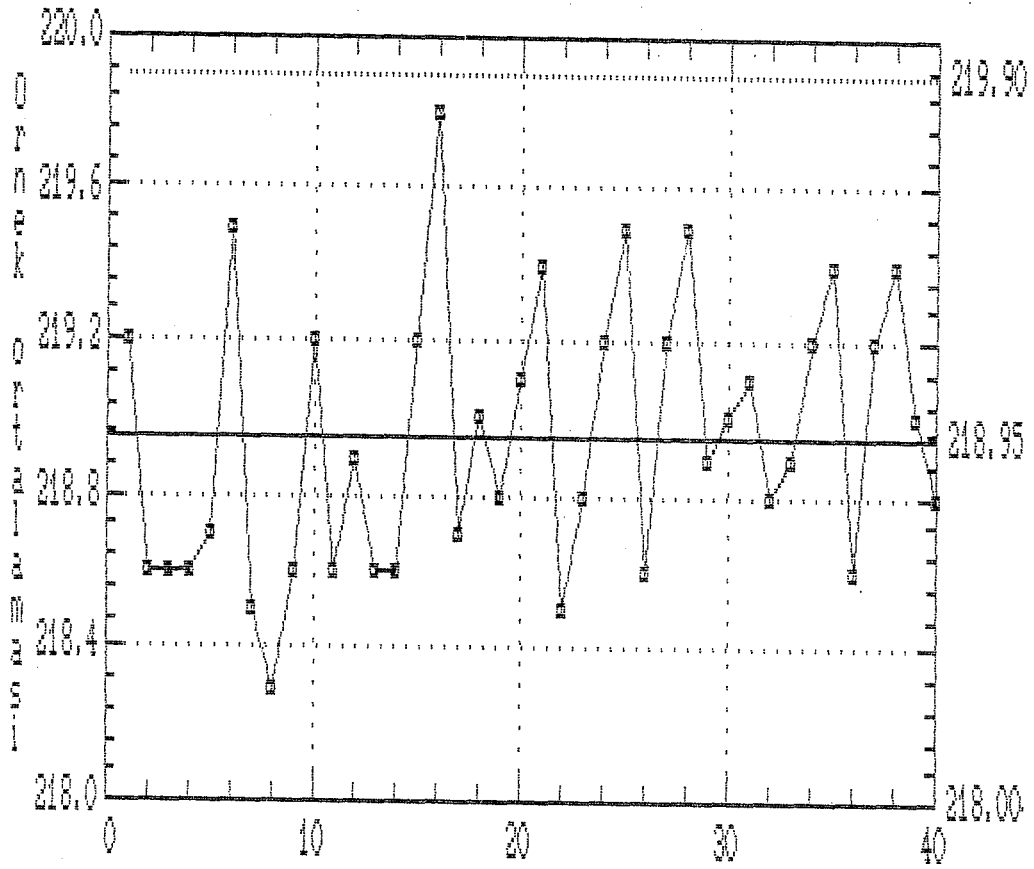
$$C_r = \% 165,$$

$$C_{pk} = 0.58$$

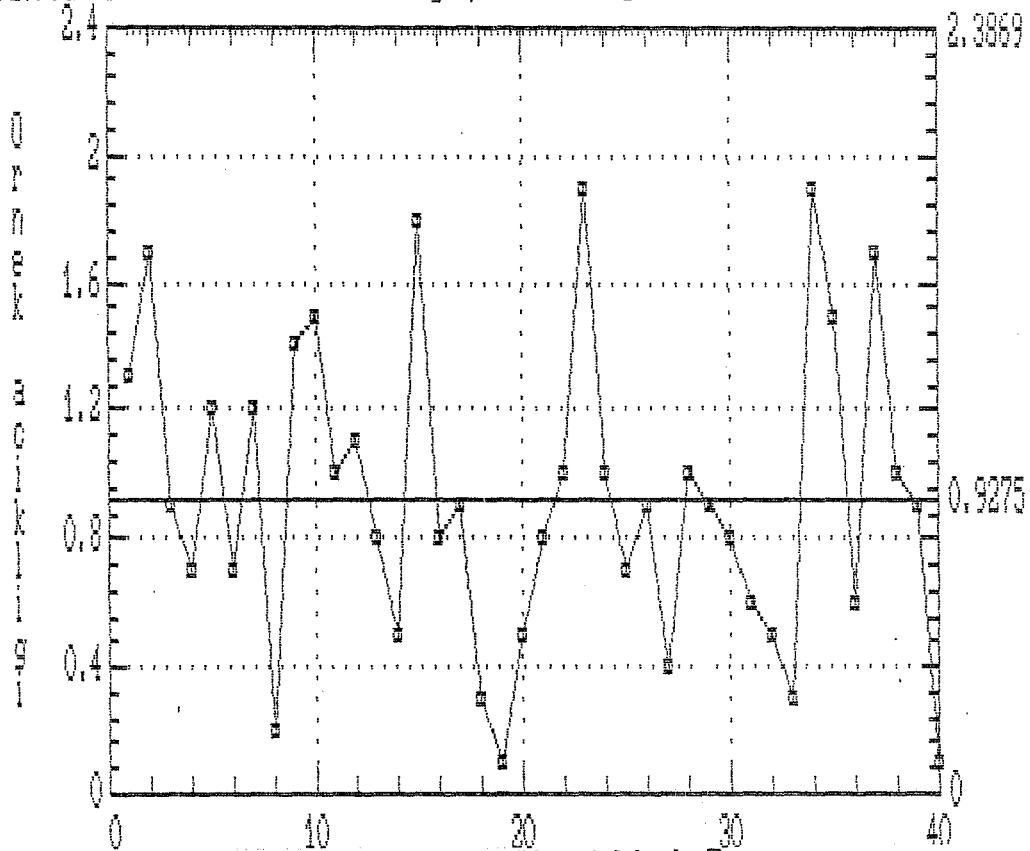
ve spesifikasyonlar dışında üretilen miktar ise % 7 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.5 Yetenek analizi için prosesten alınan kabin dibi sağ yükseklik verileri (mm)

Örn. no	1. ÖLÇÜM			2. ÖLÇÜM			3. ÖLÇÜM		
	Gözlem no			Gözlem no			Gözlem no		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	218.4	219.6	219.7	219.4	220.2	219.9	219.1	218.8	219.4
2	218.9	219.3	217.6	218.2	219.1	218.9	218.7	218.6	219.1
3	218.0	218.9	218.8	218.8	219.2	219.1	218.7	218.9	219.0
4	218.5	219.1	218.3	218.8	218.8	218.9	218.6	218.5	220.4
5	218.0	219.2	218.8	219.3	218.8	219.1	219.8	219.9	218.4
6	219.9	219.3	219.2	219.2	219.9	219.1	218.3	218.6	218.9
7	219.0	217.8	218.8	219.1	218.1	218.3	218.3	219.4	220.0
8	218.2	218.4	218.4	220.3	218.8	217.4	219.3	220.0	219.0
9	218.9	217.7	219.1	218.8	218.9	219.8	218.7	218.8	219.6
10	219.7	219.7	218.2	219.7	219.8	219.1	218.7	218.8	218.8
11	218.8	219.0	218.0	218.9	218.9	218.0	-	-	-
12	218.5	218.5	219.6	219.4	219.0	219.2	-	-	-
13	219.1	218.3	218.4	219.0	218.0	218.6	-	-	-
14	218.3	218.8	218.7	219.4	218.9	218.5	-	-	-
15	218.2	219.3	220.0	218.6	218.9	219.4	-	-	-



Sekil 5.9 Kabin dibi sağ yüksekliği X şeması



Sekil 5.10 Kabin dibi sağ yüksekliği R şeması

### 5.3 Uygulamada Ulaşılan Sonuçlar ve Yapılan Üneriler

Yapılan iki aylık çalışma sonunda işletme kayıtlarından alınan aylık birim hurda maliyetleri çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Yakalandığı kısımlara göre 2 aylık birim hurda maliyetleri (TL/birim)

	3 aylık ortalama	Mayıs	Haziran	2 aylık Toplam	2 aylık Ortalama	2 a. %
Ür. mik.	42068	33750	45496	79246	39623	
KISIMLAR						
Mekanik	272.9	310.3	217.8	528.1	264.1	19
P.üretan	896.5	959.0	866.9	1825.9	912.9	66
Boyahane	204.6	221.4	181.4	402.8	201.4	15
Toplam	1374.0	1490.6	1266.1	2756.7	1378.4	100
%		54	46	100	--	--

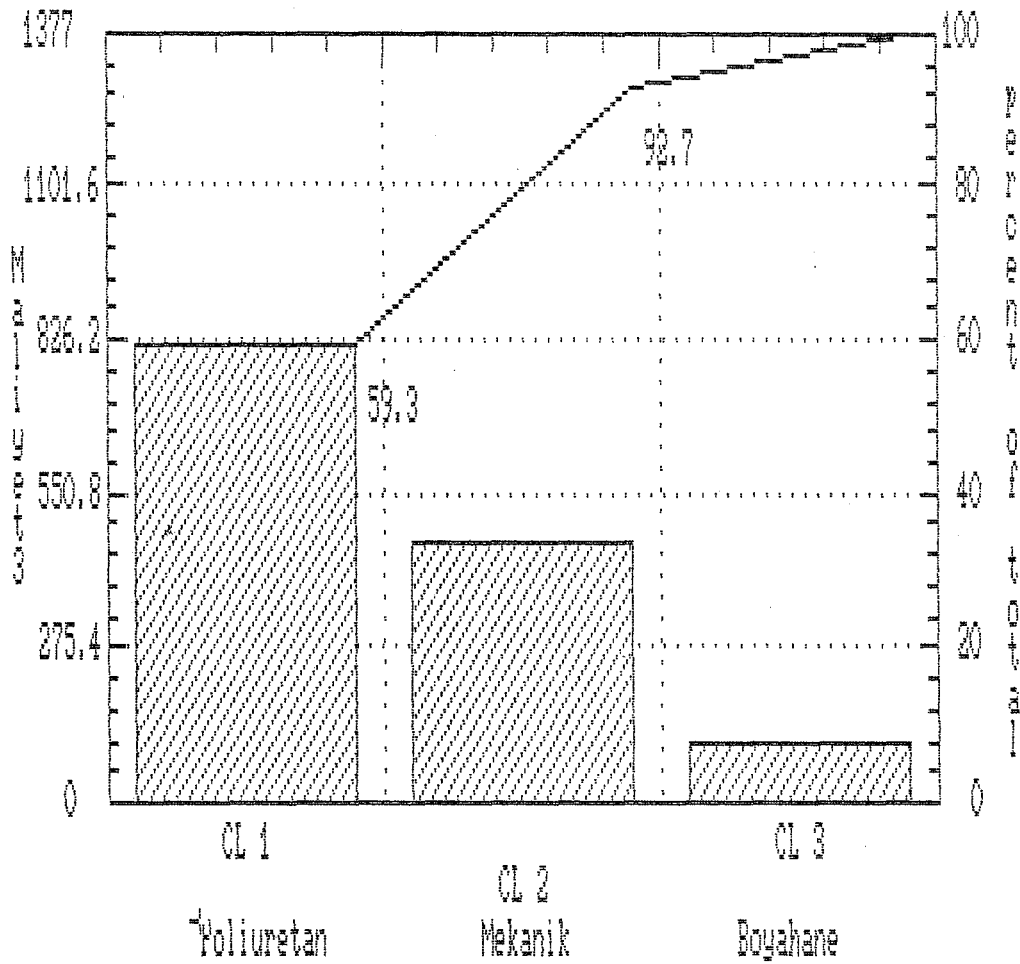
Öte yandan daha öncede belirtildiği gibi esas olan hurdanın oluştuğu yer olduğundan, kısımlara göre son iki aylık birim hurda maliyetleri çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Oluştugu kısımlara göre 2 aylık birim hurda maliyetleri (TL/birim)

	3 aylık ortalama	Mayıs	Haziran	2 aylık Toplam	2 aylık Ortalama	2 a. %
Ür. mik.	42068	33750	45496	79246	39623	
KISIMLAR						
Mekanik	823.3	539.4	380.3	919.7	459.9	34
P.üretan	453.4	863.1	771.5	1634.6	817.3	59
Boyahane	97.2	88.1	114.3	202.4	101.2	7
Toplam	1374.0	1490.6	1266.1	2556.7	1378.4	100
%		54	46	100	--	-

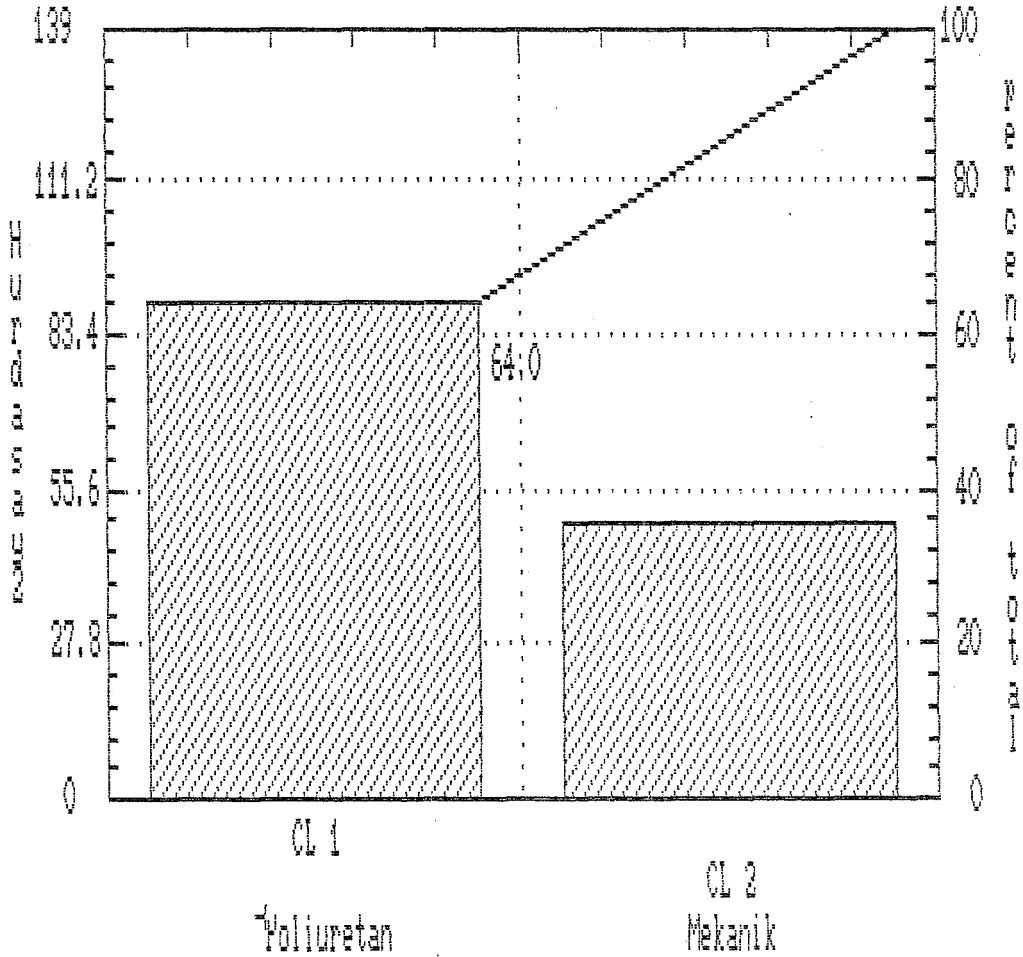
Oluştugu kısımlara göre hurda maliyetlerinin ilk üç aylık dağılımını gösteren şekil 5.3 ile son iki aylık dağı-

limını gösteren şekil 5.11 birlikte incelenmiş, bunların sırasında bir değişme olduğu ve Mekanik'te oluşan hurda maliyetlerinin % 59.9'dan %33.4'e düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.11 Oluştugu kısımlara göre hurda maliyetleri dağılımı (iki aylık ortalama)

Ek.3'de verilen çizelgeden yararlanarak çizilen hurda nedenlerinin olduğu kısımlara göre ilk üç aylık dağılımını gösteren şekil 5.2 ile son iki aylık dağılımını gösteren şekil 5.12 birlikte incelenmiş ve Mekanik'ten kaynaklanan hurdaların % 49.7'den % 36'ya düştüğü görülmüştür.

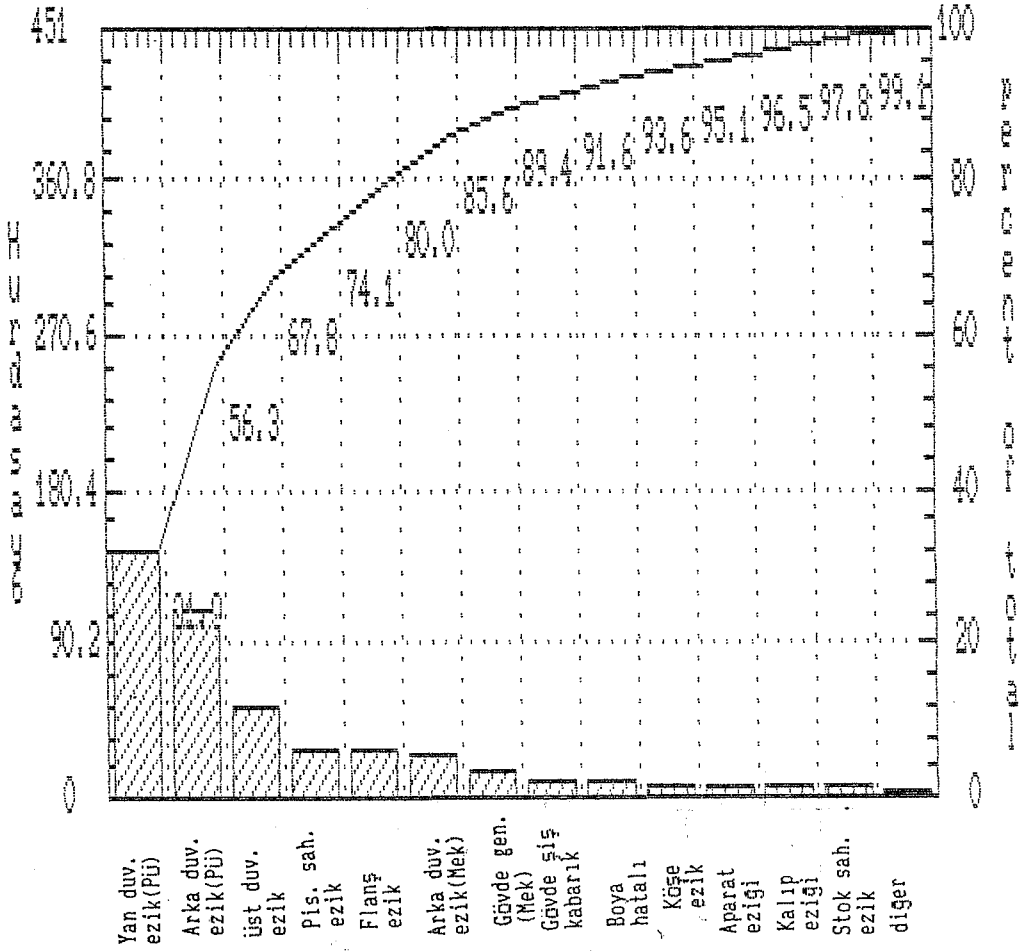


Şekil 5.12 PÜ hurda nedenlerinin oluştuğu kısımlara göre dağılımı (son iki aylık ortalama)

Yine Ek.3'de verilen çizelgeden yararlanarak düzenlenen PÜ hurda nedenlerinin ilk üç aylık dağılımını gösteren şekil 5.4 ile son iki aylık dağılımını gösteren şekil 5.13 birlikte incelenmiş ve arka duvar eziğinin ilk sıradan altıncı sıraya düştüğü görülmüştür.

Prosesin yakından izlenmesi ve belirtilen önlemlerin alınmasıyla ortalaması ve standard sapmasında hedefe doğru sağlanan gelişmeler ise aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir:

. Kabin dibi sağ yüksekliği ortalaması 0.15 mm daha



Sekil 5.13 PÜ kısmı hurda nedenleri dağılımı (son iki aylık ortalama)

yukarıya çekilerek 218.95 mm, standard sapması ise 1.05 azaltılarak 0.55 mm'ye düşürülmüştür.

- . Kabin dibi sol yüksekliği ortalaması, 0.55 mm azaltılarak 218.95 mm standard sapması ise 0.85 mm azaltılarak 0.55 mm'ye düşürülmüştür.

Böylece ayda ortalama 66 adet olan arka duvar eziği hurdası 25 adete düşürülmüş, sağlanan tasarruflar ise,

$$41(\text{adet/ay}) * 40462 \text{ (T1/adet)} = 1\,658\,958 \text{ T1/Ay}$$

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Mekanik kısmında yapılan bu çalışmalar, bu kısımdaki diğer prosesleri de dolaylı olarak etkilemiş ve hurda oranında azalmalar olduğu gözlenmiştir (bkz.: Ek.3).

Yapılan yetenek çalışması sonunda Cpk'nin 0.58 olarak bulunması, değişkenliği azaltılmış olan bu prosesin, halen daha yeterli olmadığı anlamına gelir. Ulaşılan bu sonuca göre mevcut ortalama ve standard sapmayı kullanarak proses izleme sistemi henüz kurulamaz. Proses izleme sisteminin kurulabilmesi, proses değişkenliğinin azaltılıp prosesin yeterli olması sağlandıktan sonra mümkün olabilecektir. Bunun için değişkenliği azaltıcı çalışmaların sürdürülmesi gerekir.

Alınması gereken önlemlere prosesin ortalamasında olan kayma düzeltilerek başlanmalıdır. Bunun için B makinasındaki dayamaların yüksekliği, ortalamanın yükseltilmesi için tekrar ayarlanmalıdır. Bununla birlikte B makinasına girdi olarak kullanılan kabin dibi sacı ve köşe takviyelerinin yapıldığı proseslerin istatistiksel kontrol altına alınması ve proses izleme sisteminin kurulması çalışmaları başlatılmalıdır.

Alınması gereken en önemli önlem ise, kabin dibi saclarının üst üste konarak istiflenmesinden dolayı oluşan kenar kıvrılması ve ortadan bel vermenin önüne geçilmesidir. Ortadan bel vermenin kesinlikle hurda ile sonuçlandığı ve bunun mekanik imalatta yakalanmasının güç olduğu tesbit edilmiştir<sup>1</sup>. Kenar kıvrılması ise, sadece hurdaya sebebiyet vermekle kalmayıp, aynı zamanda prosesteki değişkenliğin de ana kaynağını teşkil etmektedir. Bunların giderilmesi için üretim mühendisliğinin başlatmış olduğu yeni bir istif-

---

<sup>1</sup> Ortadan bel vermiş olan kabin dibi saclarının yakalanabilmesi, kabin dibi saclarının özel bir ölçü aletiyle pleyt üzerinde % 100 ölçülmesi ile mümkün olabilmektedir.

leme yöntemi çalışmalarının tamamlanması ile hurda oranında ve prosesin değişkenliğinde büyük oranda azalma görülebilecektir.

Ayrıca kabin dibi yüksekliğinin 218 mm'den küçük olduğu durumlarda operatörün kabin dibini gruplamaması için tasarlanmış olan ölçü masterının B makinasına yerleştirilmesi çalışmalarının tamamlanması ile operatörün 218 mm'den küçük parçaları gruplamaması ve ilgilileri zamanında uyarması da mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, yukarıda belirtilen önlemler alınarak kabin dibi grubu için proses izleme sisteminin kurulmasından sonra, benzer çalışmalar, başta diğer önemli kalite problemleri olmak üzere, işletme genelinde yaygınlaştırılmalıdır.

## 6. SONUCLAR VE ÖNERİLER

Kalite geliştirme çabalarının istenilen niteliklere sahip ürünü elde etme yanında verimliliği artırma yönlü katkısı da bilinmektedir. Ancak işletmelerin bu amaç için yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri başarılar, sahip oldukları kalite ve kalite kontrol anlayışına bağlı olarak farklılık gösterecektir. Çalışmalardan amaç enbüyük yarar elde etmek olduğuna göre, işletmede böyle bir çalışmaya başlamadan önce, kalite ve kalite kontrolu konusundaki anlayış gözden geçirilmelidir.

Kalite konusundaki anlayış, ürünün hedef civarındaki değişmezliği olmalı ve titiz nihai ürün kontrol prosedürlerinin terk edilerek kalitenin üretim süreci içinde oluşturulması amaçlanmalıdır. Diğer taraftan kalite bir amaç olarak değil, bir araç olarak algılanmalı, asıl amaç verimliliği artırarak kazançların artırılması olmalıdır. Kalite geliştirmede elde edilen başarılar, çalışmaların durmasına sebep olmamalı, geliştirme çabaları sürekli olmalıdır. Gerekli işletme ortamı sağlandıktan sonra ortaya çıkan problemlere göre zamanında uygun kalite kontrol yaklaşım ve metodolojilerinin uygulanması ile olumlu sonuçlar alınabilecektir.

Bu çalışmada kalite kontrol ve bir kalite geliştirme yaklaşımı olan IPK'ya ait kavram ve terminolojiler ele alınarak proses geliştirme teknikleri incelenmiş, hem ulusal hem de uluslararası pazara yönelik üretimde bulunan ve son yıllarda kalite geliştirme yönlü önemli çalışmaların başlatıldığı bir işletmede, imalat aşamasında yürütülen kalite kontrol yöntemleri ile proses geliştirmenin uygulanabilirliği araştırılmıştır. IPK'nın üretim anında ortaya çıkan problemlerin belirlenmesi, nedenlerin giderilmesi ve proses izleme sisteminin kurulmasında uygulanabilir ve etkin olduğu yapılan uygulama sonunda bir kez daha görülmüştür. Bu arada yetenek analizlerinin bir ürünü üretecek olan proses veya

makinanın seçilmesinde, proses izleme sisteminin kurulmasında ve bir makina veya proseste arızaya yol açan kısmın belirlenmesinde uygulanabilir ve etkin olduğu, uygulamada elde edilen sonuçlarla desteklenmiştir.

Prosesdeki değişkenliği ve karmaşıklığı azaltmaya yönelik olan proses geliştirme çalışması bir işlem noktasında yapılmıştır. Çalışma sonunda prosesin değişkenliğinde azalmalar sağlanmış, ancak proses yeterli olmadığı için proses izleme sistemi kurulamamıştır. Belirtilen önlemler alınarak prosesin yeterli olmasının sağlanması ve çalışmanın işletme genelinde yaygınlaştırılması önerilmiştir.

Artan rekabet ortamı işletmeleri kalite geliştirme yönlü çalışmalar yapmaya zorlamaktadır. Pazarda önemli bir yere sahip olan işletmelerde bile yapılacak olan kalite geliştirme çalışması ile verimliliğin artırılması ve maliyetlerin azaltılması yönünde önemli ölçüde başarılar elde edilebileceği görülmüştür. Kalite geliştirme, aşağıda belirtilen dört aşamada yürütülen bir çalışmadır:

- . Müşteri gereksinimlerinin anlaşılması,
- . Bu gereksinimleri karşılayacak ürünün tasarlanması,
- . Üretim prosesinin tasarlanması,
- . İmalat.

Proses geliştirmeye yönelik olan uygulama çalışması sadece imalat aşamasında yürütülmüştür. Kalite geliştirme çalışması, müşteri gereksinimlerinin anlaşılmasından imalatın tamamlanmasına kadar süren kapsamlı çalışmaları gerektirir ve ülkemiz işletmelerinde verimliliğe önemli katkılar sağlayacak potansiyel çalışma alanları vardır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aldemir, M., C.**, 1985, Örgütlerin yönetimi: makro bir yaklaşım, Bilgehan Basımevi, İzmir, 224 s.
- Başer, G.**, 1972, Kalite kontrolü, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 90 s.
- Başer, G.**, 1987, Kalite semineri, Sümerbank İdari İşler Daire Başkanlığı Eğitim ve Yayın Müdürlüğü, Bursa, 111 s.
- Burnak, N.**, 1988, Çok değişkenli kalite kontrolde maliyet analizi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayınları, Eskişehir, 166 s.
- Burnak, N. ve Özkul, A., E.**, 1987, İstatistiksel proses kontrolü, Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı, Eskişehir, 104 s.
- Burnak, N. ve Özkul, A., E.**, 1988, A systematic approach for the implementation of SPC applied to tire-cord manufacturing, IASTED International Conference Reliability and Quality Control (June 22-24), Paris.
- Cappis, M., C.**, 1987, Üst yönetici-kalite ilişkisi (Çev. A. İ. GÜCLÜ), Standard, 7, 26-30.
- Chao, L., L.**, 1980, Statistics for management, Brooks / Cole, Publishing Co., Monterey, California, 738 p.
- Deming, W., E.**, 1956, On the use of theory, industrial quality control, American Society For Quality Control, Milwaukee, Wisconsin, 13, 1, 12 p.
- Dobbins, R., K.**, 1976, Cost effectiveness of corrective action, 3th Annual Technical Conference Transactions, American Society For Quality Control, Toronto, ....
- Doğan, Ü.**, 1985, Verimlilik analizleri ve verimlilik-ergonomi ilişkileri, İzmir Ticaret Borsası Yayın No 31, İzmir, 272 s.
- Durgesh, K., S.**, 1987, SPC In the automotive wire harness industry, Industrial Engineering, 19, 5, 42 - 43.
- Feigenbaum, A., V.**, 1961, Total quality control, McGraw-Hill, 394 p.
- FORD**, 1986, Statistical process control instruction guide, 78 p.
- GE**, 1984, Process control & planning, 66 p.
- GOODYEAR**, 1985, Process control manual, 93 p.
- Grant, E., L. and Leavenworth, R., S.**, 1980, Statistical quality control (fifth edition), McGraw-Hill International Book Co., Tokyo, 684 p.
- Hansen, B., L.**, 1966, Quality control theory and applications, Prentice - Hall Of India Private Limited, New Delhi, 498 p.
- Hunter, J., S.**, 1985, Statistical design applied to product design, Journal of Quality Technology, 17, 4, 210-221.
- Ishikawa, K.**, 1984, Quality and standardization: progress

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- for economic success, Quality Progress, 17, 1, 16-20.
- Işçil, N.**, 1975, İstatistiksel kalite kontrolü, Kalite Matbası, Ankara, 193 s.
- Juran, J., M.**, 1974, Quality control handbook, 3rd edition, McGraw-Hill, New York, p.
- Kackar, R.**, 1985, Off-line quality control, parameter design and the Taguchi method, Jurnal of Quality Technology, 17, 4, 176-188.
- Kara, İ. ve Üzkul, A., E.**, 1987, Kalite kontrolde veri analizi, Eğitim Sağlık ve Bilimsel Araştırma Vakfı, Eskişehir, 62 s.
- Karayalçın, İ., İ.**, 1986, Üretim yönetimi ve endüstri mühendisliği el kitabı 2, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 510 s.
- Kaylan, A., R.**, 1983, Kalite çemberleri, Sanayi-Endüstri Mühendisliği, sayı 7, 28-31.
- Kobu, B.**, 1981, Endüstriyel kalite kontrolü, İÜ İşletme Fak. Yayın no: 113, İstanbul, 495 s.
- Moen, R., D. and Nolan, T., W.**, 1987, Process improvement, Quality Progress, 20, 9, 62-68.
- Montgomery, D., C.**, 1985 Introduction to statistical quality control, John Wiley & Sons, Inc, New York, 489 p.
- MPM**, 1974, Küçük işletmelerde kalite kontrol yöntemleri, MPM Yayınları, en - ç(5)156, Ankara, 19 s.
- Özgen, E.**, 1981, Sanayi ve teknoloji bakanlığının standardizasyon, belgelendirme ve piyasa denetimindeki görevleri, Kalitenin Ulusal Ekonomiye Katkısı Konferansı Bildirileri, Ankara, 19 - 40.
- Üzkul, A., E., Burnak, N. ve Taşcı, C., N.**, 1987, İşletme yönetiminde kalite kontrolü, Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı, Eskişehir, 102 s.
- Peskircioğlu, N.**, 1984, Otomasyon ve entegre kalite kontrolü, Verimlilik, No:3, MPM yayınları, Ankara, 89-100.
- Propst, A., L.**, 1987, Process qualification study, Quality Progress, 20, 6, 70-74.
- Robertson, A., G.**, 1971, Quality control and reliability, Pitman Press, Great Britain, 189 p.
- Saatçioğlu, Ö.**, 1983, Kalite kontrol (yayınlanmamış ders notları), Ankara, 35 s.
- Seçim, H.**, 1987, Sanayi işletmelerinde norm kadro tesbit yöntemi, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayın no 122, Eskişehir, 82 s.
- Sullivan, L., P.**, 1984, Reducing variability: a new approach to quality, Quality Progress, 17, 7, 15-21.
- Swain, J. and Sink, D., S.**, 1985, Productivity measurement in the service sector: a hotel/motel application of the

**KAYNAKLAR DİZİNİ** (devam ediyor)

multi-factor productivity measurement model, Success stories in productivity improvement, Hamlin, J., R., (editor), Industrial Engineering and Management Press, 77-79.

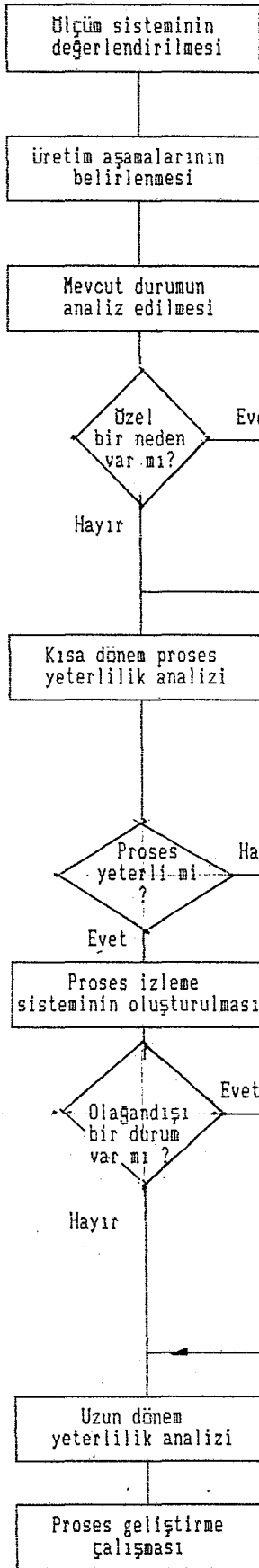
- Tersine, R., J.**, 1985, Production / operations management: concept, structure & analysis (second edition), Elsewire Publishing Co., Inc., 752 p.
- Topal, B.**, 1986, Kalitenin maliyetler açısından incelenmesi, yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 101 s. (yayımlanmamış)
- TSE**, 1984, Kalite kontrolunda kullanılan terimler (tasarı), Türk Standardları Enstitüsü, TS 658.562, Ankara, 8 s.
- Tunail, A., I.**, 1984, Endüstriyel üretimde kalite iyileştirilmesi, Sanayi-Endüstri Mühendisliği, İde Matbacılık, Sayı 11, 28-31.
- Uysal, G.**, 1981, Ürün ve hizmet kalitesinin gelişmesinde devletin görevleri, Kalitenin Ulusal Ekonomiye Katlısı Konferansı Bildirileri, Ankara, 41 - 51.
- Yağız, Ü.**, 1981, Kalite planlaması ve kontrolü (seminer notları), SEGEM Yayınları, Ankara, 136 s.

E K L E R

Örnekteki Gözlem Sayısı n	Ortalama Grafikleri				Standart Sapma Grafikleri								Değişim Aralığı Grafikleri					
	Kontrol Limitleri Katsayıları				Orta Çizgi Katsayıları		Kontrol Limitleri Katsayıları						Orta Çizgi Katsayıları		Kontrol Limitleri Katsayıları			
	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2,121	3,760	1,880	2,659	0,5642	0,7979	0	1,843	0	3,267	0	2,606	1,128	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	2,394	1,023	1,954	0,7236	0,8862	0	1,858	0	2,586	0	2,276	1,693	0,888	0	4,358	0	2,575
4	1,500	1,880	0,729	1,628	0,7979	0,9213	0	1,808	0	2,266	0	2,088	2,059	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	1,596	0,577	1,427	0,8407	0,9400	0	1,756	0	2,089	0	1,964	2,326	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	1,410	0,483	1,287	0,8686	0,9515	0,026	1,711	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	1,277	0,419	1,182	0,8882	0,9594	0,105	1,672	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,833	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,061	1,175	0,373	1,099	0,9027	0,9650	0,167	1,638	0,185	0,815	0,179	1,751	2,847	0,820	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,000	1,094	0,337	1,032	0,9139	0,9693	0,219	1,609	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,808	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,949	1,028	0,308	0,975	0,9227	0,9727	0,262	1,584	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,973	0,285	0,927	0,9300	0,9754	0,299	1,561	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,787	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,866	0,925	0,266	0,886	0,9359	0,9776	0,331	1,541	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,778	0,924	5,292	0,284	1,716
13	0,832	0,884	0,249	0,850	0,9410	0,9794	0,359	1,523	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,770	1,026	5,646	0,308	1,692
14	0,802	0,848	0,235	0,817	0,9453	0,9810	0,384	1,507	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,762	1,121	5,693	0,329	1,671
15	0,775	0,816	0,223	0,789	0,9490	0,9823	0,406	1,492	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,755	1,207	5,737	0,348	1,652
16	0,750	0,788	0,212	0,763	0,9523	0,9835	0,427	1,478	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,749	1,285	5,779	0,364	1,636
17	0,728	0,762	0,203	0,739	0,9551	0,9845	0,445	1,465	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,743	1,359	5,817	0,379	1,621
18	0,707	0,738	0,194	0,718	0,9576	0,9854	0,461	1,454	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,738	1,426	5,854	0,392	1,608
19	0,688	0,717	0,187	0,698	0,9599	0,9862	0,477	1,443	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,733	1,490	5,888	0,404	1,596
20	0,671	0,697	0,180	0,680	0,9619	0,9869	0,491	1,433	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,729	1,548	5,922	0,415	1,586
21	0,655	0,679	0,173	0,663	0,9638	0,9876	0,504	1,424	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,724	1,606	5,950	0,425	1,575
22	0,640	0,662	0,167	0,647	0,9655	0,9882	0,516	1,415	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,647	0,162	0,633	0,9670	0,9887	0,527	1,407	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,632	0,157	0,619	0,9684	0,9892	0,538	1,399	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,712	1,759	6,031	0,452	1,548
25	0,600	0,619	0,153	0,606	0,9696	0,9896	0,548	1,392	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,709	1,804	6,056	0,459	1,541

Ek.1 Değişkenlik Kontrol Semaları İçin Katsayılar

## Ek.2 IPK Uygulaması için Proses Akış Şeması



- . Doğruluk
- . Hassasiyet
- . Kararlılık
- . Tekrarlılık

- . Girdi kalite karakteristikleri
- . Proses akış şeması
- . Veri toplama yöntemleri
- . Test ve deney yöntemleri
- . Çıktı kalite karakteristikleri ve spesifikasyonları
- . Veri kayıt yöntemlerinin değerlendirilmesi
- . Değişkenlik kaynakları

- . Neden-sonuç şemaları
- . Serpme diyagramları
- . Tabakalandırma

- . Histogramlar
- . Olasılık kağıtları
- . Uygunluk testleri

- . Kontrol şemaları

- . Pareto analizi
- . Tabakalandırma
- . Neden-sonuç şemaları
- . Serpme diyagramları

- . Histogramlar
- . Olasılık kağıtları
- . Uygunluk testleri

- . Deney tasarımları
- . Taguchi yöntemleri
- . Regresyon analizi

Ek.3 Aylara Göre Poliüretan Hurda Nedenleri Dağılımı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Arka duvar ezik(Mek.)	55	47	97	66	18	32	25
. Arka duvar ezik(PÜ)	65	42	36	48	88	131	110
. Yan duvar ezik(PÜ)	-	31	71	34	138	150	144
. Yan duvar ezik(Mek.)	41	13	2	19	3	1	2
. Gövde geniş(Mek.)	1	18	116	45	12	22	17
. Gövde şiş-kaharık	42	24	1	22	3	17	10
. Mekanik hatası(Mek.)	8	26	2	12	2	3	3
. Aparat eziği	12	10	11	11	4	7	6
. Üst duvar ezik	18	7	18	14	37	66	52
. Sac hatası(Mek.)	1	2	25	9	1	3	2
. Transfer arabası ezi.	-	6	-	2	-	-	-
. Flanş ezik	7	5	2	5	23	31	27
. Köşe ezik	7	3	1	4	13	-	7
. Kalıp eziği	10	3	4	6	6	6	6
. Flanş kaharık	2	2	-	1	-	-	-
. Pü taşık	4	-	-	1	3	2	3
. Alt mentese ezik(Mek)	1	1	-	1	-	-	-
. Üst duvar ezik(Mek.)	-	-	-	-	2	-	1
. Hazırlık bandında ez.	-	-	12	3	-	-	-
. Gövde düşürülmüş	-	-	5	2	12	-	6
. Pistole sahasında ez.	-	-	-	-	22	34	28
. Boya hatalı	-	-	-	-	7	11	9
. Stok sahasında ezik	-	-	-	-	4	3	4
Toplam	274	240	403	300	398	534	466

**Ek.3 Aylara Göre Poliüretan Hurda Nedenleri Dağılımı (devam)**

Aylara göre Poliüretan'dan kaynaklanan hurda nedenleri dağılımı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Arka duvar ezik	65	42	36	48	88	131	110
. Yan duvar ezik	-	31	71	34	138	150	144
. Gövde şiş-kabarık	42	24	1	22	3	17	10
. Aparat eziği	12	10	11	11	4	7	6
. Üst duvar ezik	18	7	18	14	37	66	53
. Transfer arabası ezi.	-	6	-	2	-	-	-
. Flanş ezik	7	5	2	5	23	31	27
. Köşe ezik	7	3	1	4	13	-	7
. Kalıp eziği	10	3	4	6	6	6	6
. Flanş kabarık	2	2	-	1	-	-	-
. PÜ taşık	4	-	-	1	3	2	3
. Hazırlık bandında ez.	-	-	12	3	-	-	-
. Gövde düşürülmüş	-	-	5	2	12	15	14
. Pistole sahasında ez.	-	-	-	-	22	34	28
. Boya hatalı	-	-	-	-	7	11	9
. Stok sahasında ezik	-	-	-	-	4	3	4
Toplam	167	133	161	148	360	473	417
% dağılımı	61	55	40	49	90	89	89

**Ek.3 Aylara Göre Poliüretan Hurda Nedenleri Dağılımı (devam)**

Aylara göre Mekanik'ten kaynaklanan Poliüretanda yakalanan hurda nedenleri dağılımı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Sub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Arka duvar ezik	55	47	97	66	18	32*	25
. Yan duvar ezik	41	13	2	19	3	1	2
. Mekanik hatası	8	26	2	12	2	3	3
. Gövde geniş	1	18	116	45	12	22	17
. Sac hatası	1	2	25	9	1	3	2
. Alt menteşe ezik	1	1	-	1	-	-	-
. Üst duvar ezik	-	-	-	-	2	-	1
Toplam	107	107	242	152	38	61	50
% dağılımı	39	45	60	51	10	11	11

\* Özel bir arıza nedeniyle 22-27 haziran tarihleri arasında ortaya çıkan 131 adet arka duvar eziği çalışma kapsamı dışında olduğu için dikkate alınmamıştır.

#### Ek.4 Aylara Göre Boyahane Hurda Nedenleri Dağılımı

Mekanik'ten kaynaklanan hurda nedenleri dağılımı

Gövde hattı

HURDA NEDENLERİ	CALISMAYA BASLAMADAN ÖNCE				CALISMAYA BASLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Ezik-çizik-kabarık	41	38	74	51	90	88	89
. Sac hatası	15	31	42	29	13	24	19
. Mekanik hatası	9	11	64	28	23	19	21
Toplam	65	80	180	108	126	131	129
% dağılımı	36	62	47	48	58	30	44

Kapı hattı

HURDA NEDENLERİ	CALISMAYA BASLAMADAN ÖNCE				CALISMAYA BASLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Ezik-çizik-kabarık	84	78	125	96	80	126	103
. Sac hatası	6	51	21	26	10	26	18
. Mekanik hatası	1	-	47	16	4	3	4
Toplam	91	129	193	138	94	155	125
% dağılımı	51	84	92	76	60	73	67

Ek.4 Aylara Göre Boyahane Hurda Nedenleri Dağılımı (devam)

Üst kapı hattı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Ezik-çizik-kabarık	14	29	41	28	75	86	81
. Sac hatası	12	3	24	13	8	4	6
. Mekanik hatası	-	-	6	2	4	-	2
Toplam	26	32	71	43	87	90	89
% dağılımı	87	100	100	96	88	70	79

Boyahane'den kaynaklanan hurda nedenleri dağılımı

Gövde hattı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Boya hatası (bel arı.)	46	9	-	19	6	-	3
. Boya hatası	43	9	29	24	21	28	25
. Yerde birikme	10	5	-	5	-	-	-
. Askıdan düşmüş	6	22	159	62	24	147	86
. Fosfat hatası	6	3	-	3	5	26	16
. Tampon	4	1	12	6	33	24	29
. Disk arızası	2	-	-	1	-	-	-
. Ezik-çizik-kabarık	-	-	-	-	3	4	4
Toplam	117	49	200	122	92	311	202
% dağılımı	64	38	53	52	42	70	56

Ek.4 Aylara Göre Boyahane Hurda Nedenleri Dağılımı (devam)

Kapı hattı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Sub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Fosfat hatası	64	6	4	25	-	1	1
. Boya hatası	17	17	13	16	13	25	19
. Askıdan düşmüş	-	-	-	-	2	-	1
. Boya hatası (bel arı.)	-	2	-	1	-	-	-
. Tampon	-	-	-	-	48	19	34
. Ezik-cizik-kabarık	-	-	-	-	-	7	4
. Pü den gelen ezik	-	-	-	-	-	6	3
Toplam	81	25	17	41	63	58	61
% dağılımı	49	16	8	24	40	27	33

Üst kapı hattı

HURDA NEDENLERİ	ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE				ÇALIŞMAYA BAŞLADIKTAN SONRA		
	Sub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Boya hatası	4	-	-	1	10	15	13
. Askıdan düşmüş	-	-	-	-	2	4	3
. Boya hatası (bel arı.)	-	-	-	-	-	-	-
. Fosfat hatası	-	-	-	-	-	20	10
Toplam	4	0	0	1	12	39	26
% dağılımı	13	0	0	4	12	30	21

Ek.5 Aylara Göre Mekanik Hurda Nedenleri Dağılımı

Gövde hattı

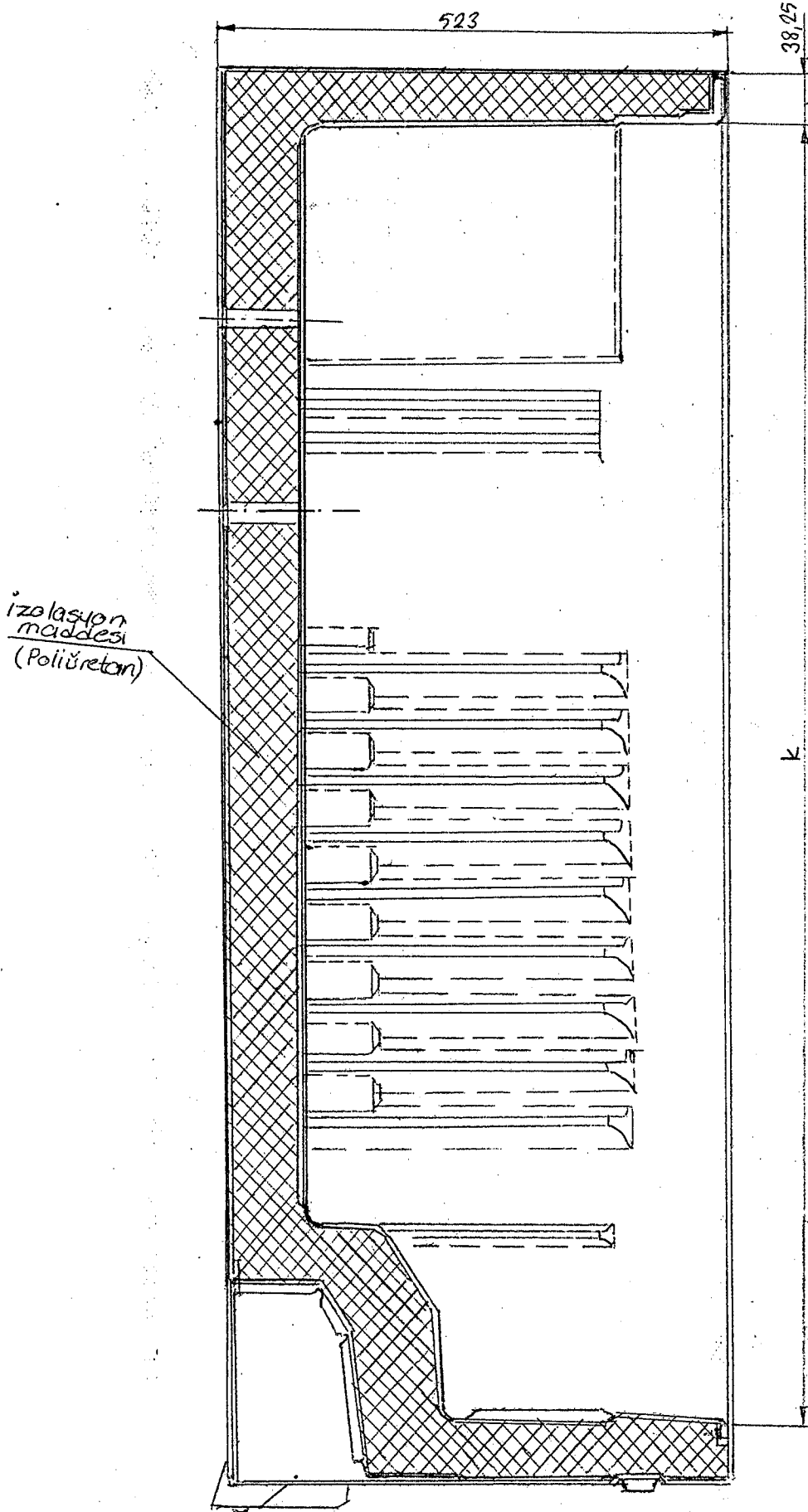
HURDA NEDENLERİ	CALISMAYA BASLAMADAN ÖNCE				CALISMAYA BASLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Gruplama hatası	102	116	148	122	73	64	69
. Çevirme aparatı hatası	51	26	50	42	8	13	11
. E makinası hatası	28	12	7	16	4	9	7
. Mistaş punta kaynak h	24	32	17	24	13	19	16
. Sac hatası	13	19	28	20	58	13	36
. Bmakinası hatası	12	1	1	5	5	-	3
. C1 makinası hatası	6	-	-	2	-	-	-
. C2 makinası hatası	2	-	5	2	1	1	1
. Kabin dibi hatası	1	-	1	1	-	-	-
. Gövde olma	-	1	-	-	3	-	2
. İndirme aparatı hatası	-	3	-	1	3	-	2
. Gövde geniş	-	-	20	7	-	-	-
. Merdane izi	-	-	-	-	25	-	13
. Key. köşe ve üst d.h.	-	-	-	-	2	-	1
. Deneme	-	-	-	-	1	-	1
. Ezik	-	-	-	-	-	22	11
. Transfer arabası hat.	-	-	-	-	-	107	54
Toplam	245	216	278	246	196	248	222

Ek.5 Aylara Göre Mekanik Hurda Nedenleri Dağılımı (devam)

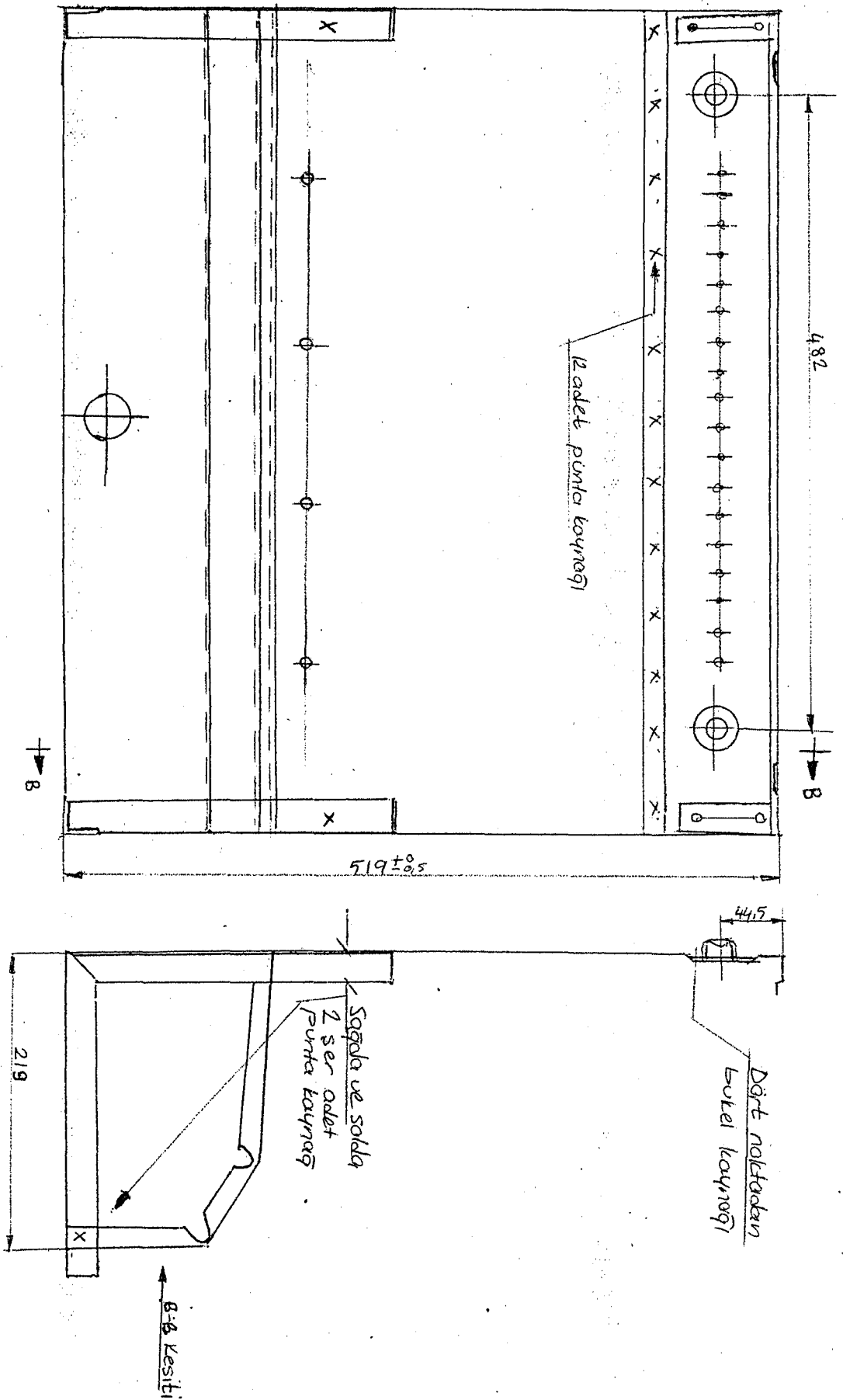
Kapı hattı

HURDA NEDENLERİ	CALISMAYA BASLAMADAN ÖNCE				CALISMAYA BASLADIKTAN SONRA		
	Şub.	Mart	Nis.	3 ayl. ort.	May.	Haz.	2 ayl. ort.
. Kesim hatası	86	80	38	68	119	26	73
. Sac hatası	64	112	49	75	74	69	72
. Büküm hatası	46	85	24	52	31	38	35
. Ayar hatası (dönüş s.)	37	30	14	27	30	16	23
. Kaynak hatası	11	3	10	8	11	5	8
. Delik hatası (ayar s.)	7	-	3	3	9	1	5
. Yere düşürülmüş	3	6	-	3	8	-	4
. Peşli	-	10	-	3	-	-	-
. Ütüleme hatası	-	10	-	3	10	90	50
. Ölçü hatası	-	5	-	2	-	-	-
. Kalıp eziği	-	-	7	2	-	-	-
. Punta kaynak eziği	-	-	3	1	-	35	18
. Aşırı ezik	-	-	-	-	-	34	17
. Stoktan ezik	-	-	-	-	-	42	21
Toplam	254	331	148	244	292	356	324

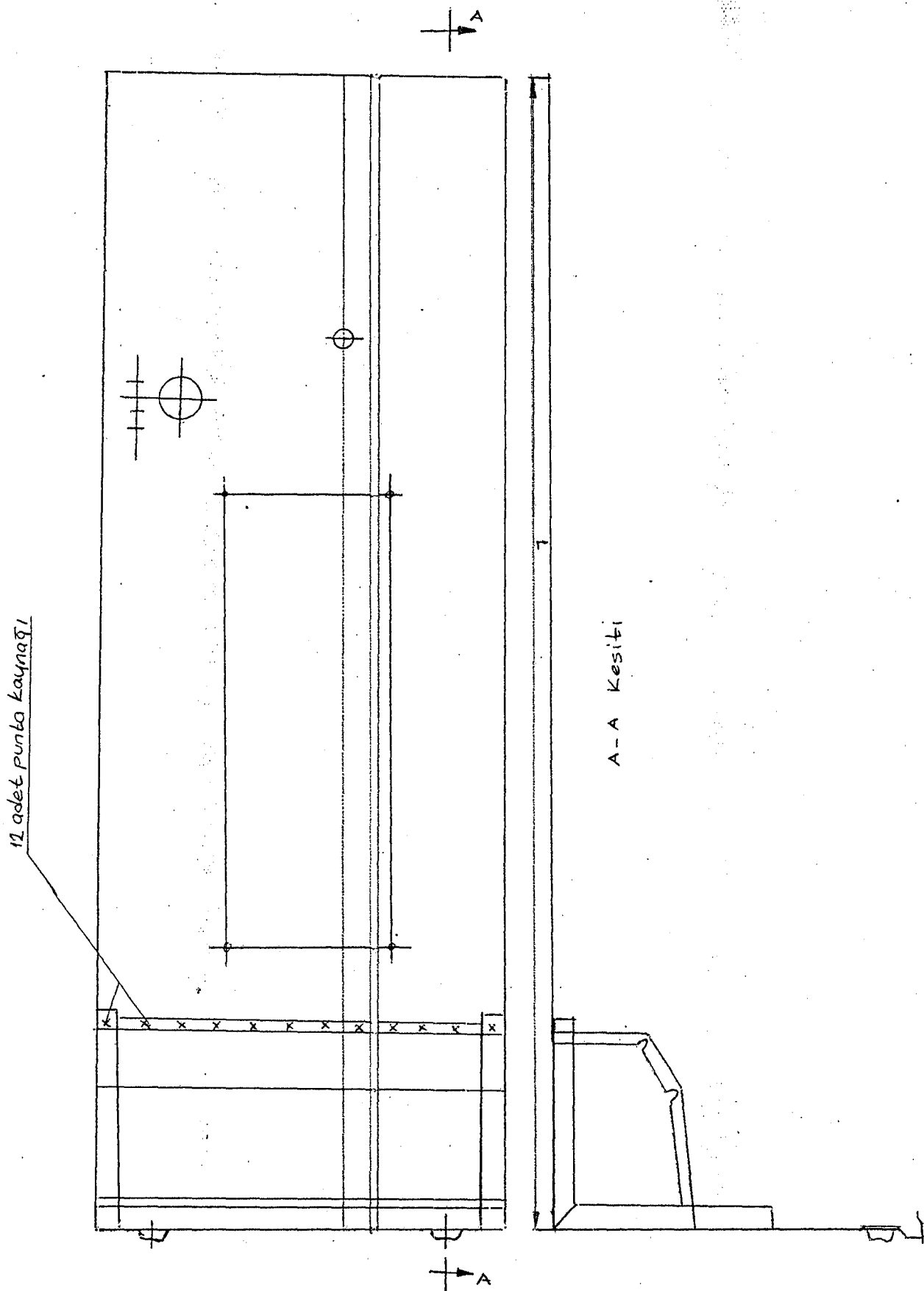
Ek.6 Poliüretanlı gövde grubu



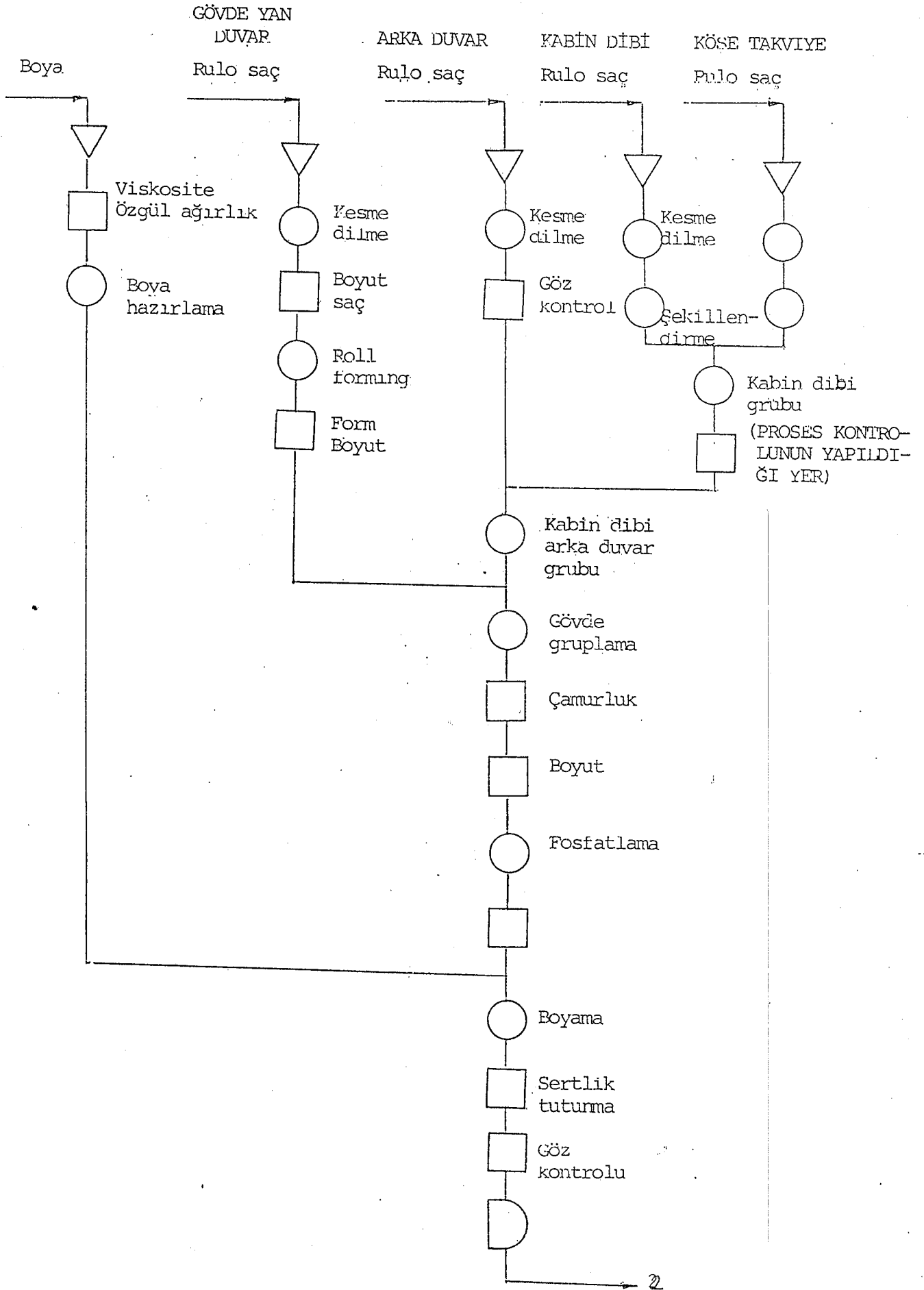
Ek.7 Kabin Dibi Grubu



Ek.8 Kabin Dibi Arka Duvar Grubu



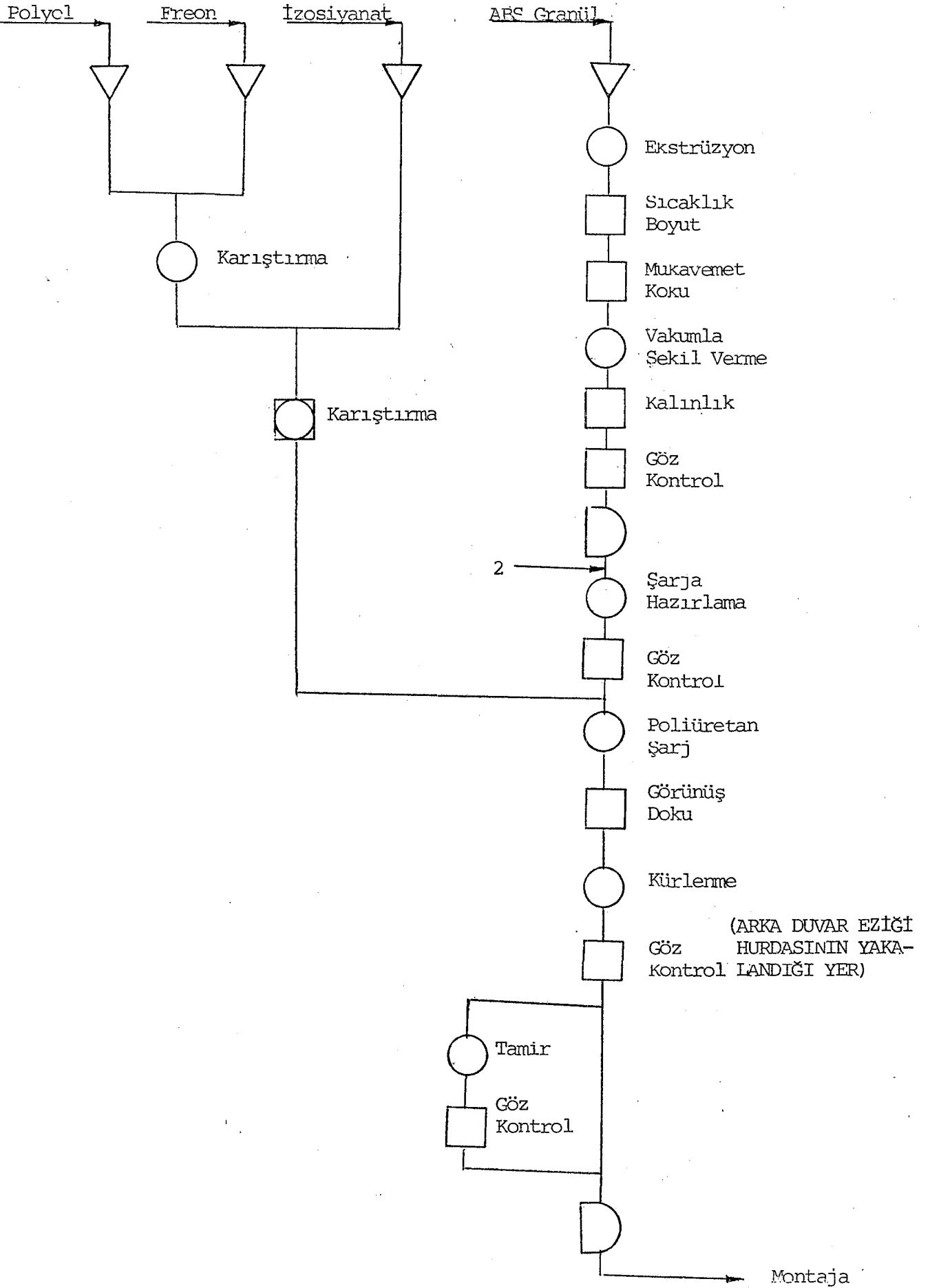
Ek.9 Mekanik Kısmı Proses Akış Şeması



Ek.10 Poliüretan Kısmı Proses Akış Şeması

POLİÜRETAN

PLASTIK İÇ GÖVDE



Parça adı (ürün)					Operasyon (işlem)										Tolerans sınırları									
Operatör					Makina					Ölçü aleti					Ölçüm birimi					Ölçen				

Tarih																											
Saat																											
Örnek Ölçümler	1																										
	2																										
	3																										
	4																										
	5																										
Toplam																											
Ortalama, $\bar{X}$																											
Açıklık, R																											
Notlar																											

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

ORTALAMA

AÇIKLIK

Ek.12 Kontrol Sınırları Ve Yeterlilik Hesaplama Formu

HESAPLAMA FORMU

KONTROL SINIRLARI	Kontrol sınırları hesabı için bazı hesaplanmış tablo değerleri																								
$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \underline{\hspace{2cm}} =$	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>A<sub>2</sub></th> <th>D<sub>4</sub></th> <th>d<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1.880</td> <td>3.268</td> <td>1.128</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.023</td> <td>2.574</td> <td>1.693</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.729</td> <td>2.282</td> <td>2.059</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.577</td> <td>2.114</td> <td>2.326</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.483</td> <td>2.004</td> <td>2.534</td> </tr> </tbody> </table>	n	A <sub>2</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	2	1.880	3.268	1.128	3	1.023	2.574	1.693	4	0.729	2.282	2.059	5	0.577	2.114	2.326	6	0.483	2.004	2.534
n		A <sub>2</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>																					
2		1.880	3.268	1.128																					
3		1.023	2.574	1.693																					
4	0.729	2.282	2.059																						
5	0.577	2.114	2.326																						
6	0.483	2.004	2.534																						
$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \underline{\hspace{2cm}} =$																									
$A_2 \bar{R} = \underline{\hspace{2cm}} =$																									
$UKS_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 * \bar{R} =$																									
$AKS_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 * \bar{R} =$																									
$UKS_R = D_4 * \bar{R} =$																									
$AKS_R = D_3 * \bar{R} =$																									
<b>PROSES YETERLİLİĞİ</b>																									
$1. \hat{\sigma} = \bar{R} / d_2 = \underline{\hspace{2cm}} =$																									
$2. Z_U = \frac{ÜTL - \bar{X}}{\hat{\sigma}} = \underline{\hspace{2cm}} =$	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>																								
$3. Z_A = \frac{\bar{X} - ATL}{\hat{\sigma}} = \underline{\hspace{2cm}} =$	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>																								
veya																									
$4. Z_{enk} = \text{Enk} (Z_U, Z_A)$																									
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>																									
$5. Cpk = \frac{Z_{enk}}{3} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$																									
<b>NOTLAR</b>																									

Ek.13 Çizelge 5.9 Ve 5.10 Verilerinin Ki-kare Uygunluk Sınaması

H<sub>0</sub> : Örnek veriler normal dağılmış anakütleden çekilmiştir.

H<sub>1</sub> : Örnek veriler normal dağılmış anakütleden çekilmemiştir.

Test istatistiği 
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[ \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i} \right]$$

$\mu = 218.95$		$\sigma = 0.55$		$\alpha = 0.05$	
Sınıf Aralığı	Gözlenen Frekans (G <sub>i</sub> )	Z=(X-μ)/σ (alt sınır)	Normal eğri altındaki alan	Beklenen değer (B <sub>i</sub> )	$\frac{(G_i - B_i)^2}{B_i}$
<218.0	7	--	0.0427	5.124	0.69
218.0-218.4	15	-1.72	0.1634	19.608	1.10
218.5-218.9	38	-0.82	0.3269	39.288	0.04
219.0-219.4	37	0.09	0.3054	36.648	0.003
219.5-219.9	16	1.00	0.1306	15.672	0.66
220.0-220.4	5	1.91	0.0240	2.880	3.90
220.4>	2	2.64	0.0041	0.492	
	120		1.0000	120.000	6.40

$\chi^2 = 6.4$  ve  $\chi^2_{0.05,3} = 7.81$  olduğundan H<sub>0</sub> kabul edilir.