

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İPK (SPC) ve AKIŞKAN OTOMASYONU  
SANAYİ MALZEMELERİ İMALATINDA  
PROSES YETENEĞİ UYGULAMALARI**

Makina Mühendisi Mustafa Fatih TEZEL

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usülleri Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Numan DURAKBAŞA**

**İSTANBUL, 2006**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	ix
GİRİŞ.....	1
1. KALİTE KAVRAMI ve GELİŞİMİ .....	2
1.1 KALİTE KONTROL .....	6
1.1.1 Kalite Kontrolün Tarihsel Gelişimi .....	8
1.1.2 İşletme Fonksiyonları İçinde kalite Kontrol Faaliyetleri ve Aşamaları .....	10
1.1.3 Kalite Kontrol Çeşitleri ve Kalite Kontrolde Uygulanan Yöntemler.....	15
1.1.4 Toplam Kalite Kontrol.....	17
2. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL.....	23
2.1 TANIMLAR.....	23
2.2 İSTATİSTİKLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	24
2.2.1 İstatistik Nedir? .....	24
2.2.2 İstatistiğin Temel Kavramları .....	25
2.3 OLASILIK ve OLASILIK DAĞILIMLARI .....	30
2.3.1 Normal Dağılım.....	30
2.3.2 Normal Olmayan Dağılımlar.....	32
2.4 VERİ TOPLAMA .....	34
2.5 KALİTE KONTROLDE KULLANILAN TEMEL İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER.....	36
2.5.1 Çetele Diyagramı .....	36
2.5.2 Histogram .....	38
2.5.3 Pareto Analizi .....	41
2.5.4 Sebep-Sonuç Diyagramı ( Kılçık Diyagramı ) .....	44
2.5.5 Sınıflandırma ( Tabakalama ) .....	47
2.5.6 Serpilme ( Dağılma ) Diyagramı .....	47
3. KONTROL DİYAGRAMLARI .....	50
3.1 KONTROL DİYAGRAMLARININ TANIMI ve AÇIKLAMASI .....	50
3.2 KONTROL DİYAGRAMLARININ YAPISI .....	52
3.3 $\bar{X}$ -R ÇİZELGESİ .....	58
3.4 X - R ÇİZELGESİ .....	61
3.5 X - s PROSES KONTROL ÇİZELGESİ .....	65

3.6	ÖLÇÜLEMEYEN KARAKTERİSTİKLER İÇİN KONTROL DİYAGRAMLARI.....	65
3.6.1	p ÇİZELGESİ .....	66
3.6.2	np ÇİZELGESİ .....	67
3.6.3	c ÇİZELGESİ .....	70
3.6.4	u ÇİZELGESİ .....	71
3.7	KONTROL ÇİZELGELERİNDE SIKÇA KARŞILAŞILAN YAPILARDAN ÖRNEKLER .....	75
4	İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜN UYGULAMA AŞAMALARI.....	78
4.1	PROSESİN TANIMLANMASI .....	78
4.2	KONTROL EDİLECEK KARAKTERİSTİKLERİN BELİRLENMESİ .....	81
4.3	ÖLÇÜ ALETLERİNİN SEÇİMİ, TEST ve KALİBRASYONU .....	82
4.4	YETERLİLİK ANALİZİ .....	83
4.4.1	Makina Yeterlilik Analizi .....	85
4.4.2	Proses Yeterlilik Analizi.....	89
4.5	YETERLİ OLMAYAN PROSESLERE YÖNELİK MÜDAHALELER .....	93
4.6	YETERLİLİK ANALİZİ UYGULAMA ÇALIŞMASI .....	94
5	SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	98
6	ÖZGEÇMİŞ .....	100

## SİMGE LİSTESİ

$A_2$  : X diyagramı kontrol limitleri hesaplama sabiti

AKL : Alt kontrol limiti

$B_3, B_4$  : S diyagramı kontrol limitleri hesaplama sabiti

c : Yığındaki hata sayısı

$\bar{c}$  : Bir örnek grubundan hesaplanan ortalama sayısı

$C_p$  : Proses yayılımının spesifikasyon limitleri ile ilişkisini belirtir.

$C_{pk}$  : Proses ortalamasının nominal değer ile ilişkisi

$C_m$  : Tezgahın spesifikasyon limitleri içinde  $\pm 3\sigma$  ile parça işleyebilme kapasite indeksi

$C_{mk}$  : Tezgahın nominal değerden sapmasını gösterir.

$D_3, D_4$  : R diyagramı kontrol limitleri hesaplama sabiti

h : Sınıf aralığı

$H_1$  : Mod sınıfı frekansı ile bir önceki arasındaki fark

$H_2$  : Mod sınıfı frekansı ile bir sonraki arasındaki fark

$h_m$  : Sınıf aralığı

İPK : İstatistiksel proses kontrolü

M : Alınan örnek alt grubu sayısı

MÇ : Merkez çizgisi

$N_m$  : Medyan sınıfı frekansı

$N_{i-1}$  : Bir önceki birikim frekansı

$\sum N_i$  : Toplam frekans

- $p$  : Bir örnek grubun ortalama hata oranı
- $\bar{p}$  : Örnek grupların ortalama hata oranı ortalaması
- $r$  : Korelasyon katsayısı
- $R$  : Bir örnek grubun dağılıma aralığı
- $\bar{R}$  : Kontrol şeması için alınan örnek gruplarının dağılıma aralıklarının ortalaması
- $R_M$  : Hareketli suni örnek grupların dağılıma aralıklarının ortalaması
- $T$  : Tolerans aralığı
- TKK : Toplam kalite kontrolü
- $T_D$  : Makinanın doğal toleransı
- $u$  : Yığındaki birim başına düşen hata sayısı
- $\bar{u}$  : Bir örnek grubundan hesaplanan birim başına düşen ortalama hata sayısı
- ÜKL : Üst kontrol limiti
- $\bar{X}$  : Bir veri grubunun aritmetik ortalaması
- $\overline{\bar{X}}$  : Kontrol diyagramı için alınan örnek gruplarının aritmetik ortalamasının ortalaması
- $X_a$  : Mod sınıfı alt sınırı
- $X$  : İncelenen prosesten alınan veri
- $\sigma$  : Standart sapma
- $\sigma^2$  : Varyans

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil1.1	Kalite kontrolün son yüzyılda geçirdiği değişiklikler.....9
Şekil 1.2	İşletme Fonksiyonları İçinde Kalite Kontrol Faaliyetleri.....11
Şekil 1.3	Ürünün planlama üretim ve dağıtım aşamalarında kalite kotrolün rolü.....14
Şekil 1.4	İPK'nın TKY içindeki yeri.....22
Şekil 2.1	Prosesi oluşturan faktörler ve prosesin kontrolü.....23
Şekil 2.2	Örneğin yığını temsil etmesi.....25
Şekil 2.3	Normal dağılımın altında kalan alanlar.....31
Şekil 2.4	Verilerin bilgiye dönüştürülme süreci.....35
Şekil 2.5	İki ayrı parçaya bölünmüş histogram.....40
Şekil 2.6	Kesikli histogram.....40
Şekil 2.7	İki modlu histogram.....41
Şekil 2.8	Soldan sağa doğru azalan bölünme.....41
Şekil 2.9	Kusurlu sayısı ile pareto diyagramı.....45
Şekil 2.10	Sebeup-sonuç diyagramı.....46
Şekil 3.1.	Kontrol diyagramlarının yapısı.....52
Şekil 3.2	Kontrol diyagramı seçim şekli.....57
Şekil 3.3	$\bar{x}$ - R kontrol çizelgesi.....62
Şekil 3.4	$\bar{x}$ -R çizelgesi devamı.....63
Şekil 3.5	np çizelgesi.....69
Şekil 3.6	c çizelgesi.....72
Şekil 3.7	c çizelgesi örneği devamı.....73
Şekil 3.8	u çizelgesi.....74
Şekil 3.9	Devirsel Model örneği.....75

Şekil 3.10 Trend örneği.....	76
Şekil 3.11 Karışık Model örneği.....	80
Şekil 3.12 Proses seviyesi kaymalarına örnek.....	80
Şekil 4.1 İstatistiksel proses kontrolü metodolojik şema.....	83
Şekil 4.2 Proses Yetenek Şeması.....	84
Şekil 4.3 Performans dağılım şeması .....	87
Şekil 4.4 Makina yeterlilik analizi işlem şeması.....	90
Şekil 4.5 Proses performansının negatif olması durumu.....	90
Şekil 4.6 Merkezlenmiş Proses.....	91
Şekil 4.7 Merkezlenmemiş, dağılım aralığı uygun proses.....	91
Şekil 4.8 Merkezlenmiş, dağılım aralığı uygun proses.....	92
Şekil 4.9 Proses yeterlilik analizi işlem şeması.....	93
Şekil 4.10 Tolerans aralıkların karşılaştırılması.....	95
Şekil 4.11 Küresel vana döküm makinası yeterlilik analizi.....	97

**ÇİZELGE LİSTESİ**

<b><u>No</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1 Sınıflandırma için yardımcı tablo.....	27
Çizelge 2.2 Eğri altında kalan alanların yüzde değerleri .....	31
Çizelge 2.3 Çetele tablosu örneği.....	37
Çizelge 2.4 Boruların et kalınlıklarına göre frekans dağılım tablosu.....	38
Çizelge 2.5 Kusurlu sayısı ve toplam maliyetlerle ilgili veriler.....	43
Çizelge 2.6 Kusurlu sayısı ile ilgili pareto analizi.....	43
Çizelge 2.7 Maliyetlerle ilgili pareto analizi.....	44
Çizelge 3.1 $A_1$ , $D_4$ ve $D_3$ sabit değer tablosu.....	59
Çizelge 3.2 $E_2$ sabit değer tablosu .....	64
Çizelge 3.3 $A_3$ , $B_4$ ve $B_3$ sabit değer değişim tablosu.....	65
Çizelge 4.1. Dozajlama ölçüm sonuçları.....	94

## ÖNSÖZ

Firmalar için; içinde buldukları gelişim ve değişim ortamı ve her geçen gün daha da çetinleşen rekabet koşulları nedeniyle ürünlerini daha ucuz ve daha kaliteli üretmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin artırılması tek adımlık bir süreç değil sürekli devam eden bir süreç olmalıdır. Bu da sadece ürünün kalitesinin kontrolü ile değil, ürünün üretildiği proseslerin de kontrol altında tutulmasını gerektirir ki üretim esnasında oluşan bir problem anında çözülerek hatalı ürün sayısı azaltılabilsin. İstatistiksel Proses Kontrolü ( İPK ), proseslerin sürekli olarak kontrol altında tutulması için kullanılan en önemli tekniktir.

Proseslerden elde edilen verileri çeşitli istatistiksel yaklaşımlarla değerlendiren İPK, bizi prosesin geçmiş verilerine dayanarak olası gelişmelerle ilgili yorum yapmamızı sağlar. Başarılı bir İPK sistemi firmaların yeniden işlenecek hatalı ürün ve hurda ürün üretimini minimuma indirdiği ve hatta engellediği için üretim maliyetlerinde azalma ve kalite seviyesinde istenilen seviyeye ulaşma tabii sonuçtur. Maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin yükseltilmesi sürecinde İPK, üretimi iyileştirmek için kullanıldığı gibi, ham madde ya da yan mamul temin edilen yardımcı sanayilerden de talep edilmeli ve uygulamaları takip edilmelidir.

Bu çalışmada imal edilen ürünlerin kritik kalite özellikleri ile ilgili olarak İPK ve proses yeteneği araştırması incelenmiştir.

Bu çalışma sırasında beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Sn.Prof.Dr.Numan DURAKBAŞA'ya teşekkür ederim.

Ağustos 2006

Mustafa Fatih TEZEL

**İPK (SPC) ve AKIŞKAN OTOMASYONU  
SANAYİ MALZEMELERİ İMALATINDA  
PROSES YETENEĞİ UYGULAMALARI**

Mustafa Fatih TEZEL  
Makina Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışmada, globalleşen dünya içinde, çetin rekabet şartları altında varlığını sürdürmek isteyen firmalar için vazgeçilmez bir yöntem olan İstatistiksel Proses Kontrol (İPK ) ve Proses Yeteneği Uygulamaları konusu incelenmiştir.

Birinci bölümde Toplam Kalite Yönetimi hakkında bilgi verilmiş ve İstatistiksel Proses Kontrolünün tanımı yapılmıştır. Ayrıca İPK'nın Toplam Kalite Yönetimi içindeki yeri, kullanım amaçları, kullanım alanları ve faydaları incelenmiştir.

İkinci bölümde bir İPK uygulaması sırasında kullanılacak temel istatistiksel bilgiler ve formüller hatırlatılarak, kalite uygulamalarında en çok kullanılan Temel İstatistiksel Teknikler ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde ise İPK çalışmalarının en önemli araçlarından biri olan Kontrol Diyagramları incelenmiştir. Kontrol diyagramlarının çeşitleri, yapısı ve kullanımı ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, prosesin tanımlanması ile başlayan, kontrol altında tutulacak karakteristiklerin belirlenmesi, ölçme aletlerinin seçimi ile devam eden ve makina/proses yeterlilik analizleri ile biten İPK uygulama yöntemi anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** : İstatistiksel proses kontrol, proses kontrol kartları, proses yeteneği.

**JÜRİ**

1. Prof. Dr. Numan DURAKBAŞA (Danışman)
2. Prof. M. Emin YURCİ
3. Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL

Kabul Tarihi : 23.11.2006  
Sayfa Sayısı : 108

**STATISTICAL PROCESS CONTROL and PROCESS ABILITY**  
**APPLICATIONS in MANUFACTURING INDUSTRIAL COMPONENTS**  
**about FLOW AUTOMATION**

The concept of quality with respect to customer satisfaction has been with us since the human being produces for others. There are two important things for a product and production process. One of them is the cost of the product, which implies the cost of scrap and rework. The other important thing is the quality level of the product. While markets get more global today, both of them are very important for a company. Companies must reduce their costs and increase the level of quality, in order to maintain their market share. If the cost of the product is not low enough or the quality level of the product is not satisfactory, customers don't buy it. In order to increase the quality level and to reduce the costs, some quality tools are needed. One of them and may be the most effective of them is Statistical Process Control.

In the first chapter, information about basic concepts, such as Quality, Quality Control, Total Quality etc. is given. Then definition of statistical process control, its place within TQM, application purposes, application fields and advantages is analyzed.

In the second chapter, some basic statistical terms are given. Statistical techniques that are used in quality practices are discussed. In attempting to control any quality characteristic, it is necessary to make observations or measurements that result in numerical data. Whenever numerical data are collected and analyzed for the purpose of making some decisions and of taking some actions, statistical techniques must be used. The most commonly used techniques are given in this chapter.

In the third chapter, control charts are analyzed. Types of control charts, structures of them, applications and comments are presented and the advantages for the users are discussed. Statistical process control charts help us to detect, to diagnose and to correct production problems in a timely fashion. The result is substantial improvement in product quality. On the other hand, control charts also tell us when to leave a process alone, thus preventing unnecessary adjustments that tend to increase the variability of process, rather than reduce it.

In the fourth chapter, an activity schedule for SPC tool is prepared by using the data handled in the first three chapters. This schedule which begins with the definition of the process, gives the operations to be done for determination of the characteristics to be controlled, selection of the controlling tool and methods or machine and process capability analysis in an order.

**Keywords :** Statistical process control, process control charts, process ability.

JUDGE

4. Prof. Dr. Numan DURAKBAŞA (Supervisor)
5. Prof. M. Emin YURCİ
6. Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL

Date : 23.11.2006  
Page : 108

## GİRİŞ

Sınırların ortadan kalktığı, mesafelerin her geçen gün daha da kısaldığı bugünkü global dünyada rekabet çok artmıştır. Bu sebeple üreticiler, ürettikleri malları satabilmek için düşük maliyetli ve daha kaliteli üretime yönelmek zorundadırlar. Pazarda varlığını koruyabilmek için gereken kalite seviyesi ve bu kaliteyi en düşük maliyetle üretmenin yolları üreticiler tarafından çok iyi bilinmelidir. Burada kalite ve kalite uygulama yöntemlerini büyük önem kazanmaktadır. Çünkü üretilen malın istenilen kalitede olup olmadığı, teknolojinin kalite ve maliyeti etkileyip etkilemediği, fire oranlarının minimuma indirilmesi için verilecek çabaların maliyet üzerindeki etkileri ancak kalite uygulamaları ile anlaşılabilir.

Günümüzde firmalar, ürettikleri malın kalitesini yükseltmek ve aynı zamanda da maliyetini düşürmek için çalışırken, bu çalışmayı hem üretim yöntemlerinde hem de malzeme tedarik ettiği yan sanayilerinden de istemek zorundadır. Zira bir ürünün kalitesi ve maliyeti, üretim yöntemi ve şartlarına bağlı olduğu kadar kullanılan malzeme ile de doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple firmalar toplam kaliteye yönelik çalışmalarını hem kendi içinde yürütmeli, hem de yardımcı sanayilerinden talep etmelidirler.

## 1. KALİTE KAVRAMI ve GELİŞİMİ

Kalite terimi son yıllarda özellikle teknolojinin gelişmesi ile yenilenmiş, son Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management) anlayışına göre de, müşteri isteklerinin, müşterinin talep ettiği en uygun şartlarla sağlanması olarak tanımlanmıştır. Bunun sonucunda da müşteri isteğinin temini tek başına bir kriter olmaktan çıkmış, "Müşteri Tatmini" denen yeni bir kriter, yeni bir tanım ortaya konulmuştur. Ayrıca günümüzde müşteri terimi de gelişmiş ve iki tip müşteri temel olarak belirlenmiştir. Bunlardan ilki eskiden beri de bilinen final müşteridir, yani bir ürüne sahip olabilmek için bedelini üretici firmaya ödeyen nihai müşteridir. İkinci olarak tanımlanan ve yeni gelişmekte olan müşteri tipi ise, proste birbirini takip eden departman yada kişi olarak açıklanmaktadır. Bir örnek verirsek, imalat bölümü, giriş kalite bölümünün müşterisidir.

Günümüzde kalite kavramıyla oldukça sık karşılaşılmaktadır. Kalite kavramı, çeşitli yayınlarda, sanayide ve uygulamada herkes tarafından farklı şekilde kullanılmakta olup, ortak kavram birliği mevcut değildir. Başka bir deyişle, kullanıcı gereksinim ve beklentileri ile olan doğrudan ilgisi ve bu gereksinim ve beklentilerin değişkenliğinden dolayı kalitenin standart bir anlamı bulunmamaktadır. Sözlüklere bakıldığında, kalitenin "mükemmellik derecesi, üstünlük, eksiksizlik" olarak tanımlandığı görülür.

"Kalite önemli iştir.", "Kalite firma isminden önde gider.", "Her şeyden önce kalite.", "Kalitenin modası geçmez." gibi kalıplar son yıllarda üretim çevrelerinde kalite konusunda konuşulmakta olan yaklaşımlardan sadece bazılarıdır. Günümüzde gerek firmaların gerekse kişilerin satın alma kararlarında kalite artık önemli bir faktör olmuştur.

Çevremizde üretilen tüm mal ve hizmetler toplum tarafından kullanılmaktadır. Bir tüketici olarak satın aldığımız malın "kaliteli" olmasını isteriz. Bu anlamda yukarıda bahsedilen yaklaşımlara benzer olarak farklı şu ileri sık sık duyarız:

- Hem kaliteli, hem ucuz, hem de rahat...
- Bunu 2 yıldır kullanıyorum, daha tamirci yüzü görmedi...
- Pahalı fakat kaliteli olduğundan buna değer!
- Diğer markalardan iki kat fazla ömürlü...

Üretim sektöründe kalite denildiğinde müşteri ile kalite arasında bir bağ oluşmaktadır. Bu bağ; üstün bir performans, tatmin, dayanıklılık veya süreklilik gibi konular üzerine kurulmak

istenirse, kalitenin belirli bir standarda yükseltilmesi, firmanın bunu tanıtması ve tutundurması gerekir.

"Bugün kalite bir emniyet işidir" görüşü de kalitenin önemini belirten başka bir tanımdır. Diğer bir görüş, "Eğer kalite konusunda rekabet edemiyorsanız, maliyette de rekabet edemezsiniz" şeklindedir. İşletmelerde kalitenin önemi hakkında bir başka önemli görüş de; "Eğer daha rekabetçi olmak istiyorsak işe kalite ile başlamak zorundayız" şeklindedir.

Kalite, teknik açıdan tanımlanacak olursa; üretimi yapılan parça, ürün veya ünitenin tespit edilmiş olan teknik resim ve şartnamelere uygun şekilde elde edilmesidir.

Kaliteyi genel çerçevede şu şekilde tanımlayabiliriz: Kalite; bir ürünün tüketici ihtiyaçlarını en ekonomik düzeyde karşılayacak özellikler bütünüdür. Yapılan tanımdan anlayacağımız gibi kalite konusunda iki önemli nokta açığa çıkar. Bunlardan birincisi; ürünün tüketici ihtiyaçlarını karşılamasıdır. Üretimi düşünülen bir malın veya yapılacak hizmette kalitenin oluşturulması, tüketici ihtiyaçlarının belirlenmesi ile başlayacaktır. Tüketiciler talep ettikleri üründe

veya hizmette belli özellikler arayacaklardır, tüketicinin isteği de bu yönde olacaktır. İşletmeler ürün kalitesini oluştururken tüketicinin talebi yerine, kendilerinin koymuş oldukları standartlara sahip ürün ve hizmet üretmeye girişirlerse sonuçta çok daha büyük zararlara uğrayabilirler. İkinci önemli nokta ise; ürünün tüketici ihtiyaçlarını daha ekonomik seviyede karşılamasıdır. Tüketiciler, dizayn bakımından benzer özelliklere sahip iki üründen, daha ekonomik olanı tercih edeceklerdir. İşletmeler, hem tüketicinin ihtiyaçlarını karşılayan, hem de daha ekonomik olan ürünlerle pazarda rekabet edebilirler.

Kalite, tüketicinin gereksinimlerini belirli bir süre en iyi biçimde karşılayan, yeterli ve doyurucu kullanım olanağı sağlayan bir ürünün özelliklerini ifade eden bir kavramdır. Bir başka ifade ile, belirli bir alıcı kitlesinin belirli gereksinimlerini, belirli bir süre için en iyi tatmin eden mal veya hizmetin özellikleri kalite kavramı ile nitelendirilir. Ürünün sağladığı faydanın yanı sıra, tüketicinin ödeme gücü de kalite kavramını etkileyen bir faktördür. Kalite anlayışı; tüketicinin karakteristikleri, sosyal konumu ve ekonomik durumuna bağlı olarak değişebilen, farklı gereksinim ve beklentiler doğrultusunda biçimlenebilen öznel bir kavramdır. Gereksinimler, beklentiler, sosyal ve ekonomik çevre, kültürel ve dini yapı, gelenekler, ekonomik düzey, teknoloji, iklim, coğrafya, eğitim, genel toplumsal yargılar, kalitenin müşteri tarafından algılanmasını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir.

Tüketicinin satın alma gücü sınırları içinde, en iyi olmak üzere kalite anlayışı, kişiden kişiye değişir :

- Kalite bir ürünün veya hizmetin belirlenen gereksinimleri karşılama yeteneğidir.
- Kalite her türlü hatadan uzak bir üründür.

G. Taguchi kaliteyi, ürünün sevkıyattan sonra toplumda neden olduğu minimal zarar olarak ifade etmektedir.

P. Crosby tarafından kalite, bir ürünün gerekliliklere uygunluk derecesi olarak tanımlanmaktadır.

J.M. Juran'm tanımı, kalite konusunda hemen hemen herkesin kullandığı ve kalitenin anlamını en iyi şekilde özetleyen bir tanımdır.”

Juran'a göre kalite, “Kullanıma uygunluktur, kalite kusursuzluk arayışına sistemli bir yaklaşımdır.” (Juran, 1980)

Deming'e göre kalite, gereksinimleri tatmin edebilme yeteneğidir. Kalite, mevcut ve gelecekteki müşteri gereksinimlerinin karşılanması için gayret etmektir.

Gilmore'a göre kalite, özel bir ürünün, özel bir müşterinin gereksinimlerini karşılama yeteneğidir.

Feigenbaum'a göre kalite, bir ürünün tasarıma ya da özelliklere uygunluk derecesidir.

Kano'ya göre kalite, insan gereksinimlerinin karşılanması ve hatta bu gereksinimlerin aşılmasıdır.

Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu'na (EOQC) göre kalite, belirli bir malın veya hizmetin, tüketici isteklerine uygunluk derecesidir.

Amerikan Kalite Kontrol Derneği'ne (ASQC) göre kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür.

Alman Standartlar Enstitüsü (DIN), kaliteyi, bir ürünün öngörülen ve şart koşulan gereklere uyum yeteneği olarak tanımlamaktadır.

JIS (Japon Endüstriyel Standartları)'a göre kalite, ürün ve hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketici gereksinimlerine yanıt veren bir üretim sistemidir.

Dr. Kaoru Ishikawa'ya göre kalite, “ürün veya hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketici gereksinimlerine yanıt veren bir üretim sistemidir.”( Isikhawa, 1984)

Tarih içinde kalite tanımının geçirdiği evreler şu ana başlıklar altında toplanabilir:

- Ürün Yönlendirmesi
- Sistem Yönlendirmesi
- Proses Yönlendirmesi
- Müşteri Yönlendirmesi

**Ürün Yönlendirmesi** : Klasik kalite kontrol dediğimiz; üretimi kontrol et halayı bul, ayıklama sonrası sağlam, kaliteli malı müşteriye sun prensibidir. Ülkemizde de hala yaygın olarak kullanılan bu sistem üretimi firmaya kontrol maliyeti, hatalı parça üretme maliyeti, tashih maliyeti vs. gibi büyük maliyetler getirmektedir. Bunların yanısıra hatalı üretimin tüketiciye sunulması olasılığı bu sistemin en büyük dezavantajıdır

**Sistem Yönlendirmesi** : Ürün yönlendirmesinden sonra kullanılmaya başlanan ve imalat sırasında kontrolü hedefleyen frekanslı kontrol prensibidir. Bu sistemde, yan sanayi denetimi, Giriş Kalite Kontrol, Final Kalite Kontrol ve İmalat Arasında Frekanslı Kontrol gibi bazı kontrol amaçlı sistemler devreye alınır. Bununla belirli noktalara filtreler konulduğu varsayılarak hata yapma ihtimalini kısıtlamak ve ara operasyonlarla kontrol maliyetini düşürmek hedeflenmektedir. Bu sistemde birkaç hatlı parça üretildikten sonra, prosesteki hatanırı bulunarak düzeltilebilmesi mümkün olduğundan, ürün yönlendirmesi sisteminde gündeme gelen maliyetler azaltılabilmekte ve hatalı parça oranının düşürülmesiyle de tüketiciye sunulabilecek hatalı parça yüzdesi en aza indirgenebilmektedir. Genellikle bu sistemle çalışan firmalarda Kalite Güvence ve Kalite Güvenilirlik kavramlarına ve hatta departmanlarına rastlanabilir.

**Proses Yönlendirmesi:** Tamamen proses ve idarenin kontrol edilmesi, üretilen ürünün, üretim yapanın, makina ve insanın denetlenmesidir. Bu sistemle beraber klasik kontrol yöntemlerinde bulunmayan yeni bir limit, " Kontrol Limiti " kavramı da ortaya çıkmaktadır. Burada hedef hurda üretmeden, hurda üretme sinyalini prosesten erken uyarıyla alıp hurda parça üretiminin önüne geçmektir. Amaç parça ayıklamak değil, proses onaylamaktır. Klasik

yöntemlerde parçalar spesifikasyon-resim limiti denen dizayn toleranslarına göre mukayase edilerek kontrol edilmekte, dolayısıyla limiti dışına çıkan parçalar hurda olmaktadır. Bu yeni sistemde ise, resim toleranslarından daha dar olan ve prosesteki değişimlerin istatistik metodlar kullanılarak analizi sonucu hesaplanan Kontrol Limitleri'ne göre değerlendirme yapılmakta ve bu limitler dışındaki parça da ikaz olarak değerlendirilmektedir. Tez konumu oluşturan İstatistiksel Proses Kontrolü de bu esaslara dayanan ve bu sistemin ana unsurlarından olan bir yöntemdir.

**Müşteri Yönlendirmesi:** Toplam Kalite Yönetimi de denilen, günümüzde Japonya başta olmak üzere bütün dünyada hızla yayılarak uygulanan, kökü 2. Dünya Savaşı sonlarında Deming'e dayanan, Japonlar tarafından bulunan ve yine ilk olarak onlar tarafından uygulanan, bu nedenle Japon Mucizesi olarak da adlandırılan bir sistemdir. Proses oryantasyonundan en büyük farkı, müşterinin ve müşteri anlayışının sisteme direkt katılmasıdır. Amaç müşterinin isteğini ona en uygun şekilde sağlamaktır. Ürün parçalardaki değişim kararını müşteri vermekte ve sistem kapalı çevrim haline dönüştürülmektedir.

## 1.1 KALİTE KONTROL

Bir mamulde yapılan işlemlerin uygunluk seviyesinin tayinine kontrol denir. Bir işin kontrol altında olması ya da kontrolü, bu işe ilişkin önceden belirlenmiş olan hedefler doğrultusunda bu işin gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır.

Üretim çalışmaları içinde yer alan kalite konusu, sürekli kontrole dayanır ve görüntüleri çeşitli biçimler alarak değişik tutumlara neden olur. Kontrol bilindiği gibi; önceden saptanmış politika ve kararlar dolayısıyla, yine önceden saptanmış işletme amaçlarına yöneltilen güçtür. Bu açıdan bakıldığında kontrol, amaçlara ulaştıracak eylemler çevrimi olmaktadır.

Endüstriyel terminolojide "kontrol" sözcüğü, “yönetmelik faaliyetlerde yetki ve sorumluluğun belirli bir hedef doğrultusunda dağıtılması” olarak tanımlanır.(Feigenbaum, 1981)

Kontrol, herhangi bir faaliyetin önceden saptanan kurallar çerçevesi içinde belirli amaçları gerçekleştirecek biçimde yürütülmesini sağlama fonksiyonu olarak da tanımlanabilir.

Maliyet, finans, stok, satış, üretim konularında olduğu gibi kalite konusunda da kontrolün önemli bir yeri vardır. İşletmeler, mal ve hizmet üretimlerinde öncelikle belirli bir kalite hedefi oluşturup sonra bu hedefe ulaşmak için birçok aracı birlikte kullanarak, sonuca

ulaşmaya çalışırlar. Günümüzde işletmeler, ürün kalitesini maksimum düzeyde gerçekleştirmek ve kaliteyi aynı seviyede ve hatta daha mükemmele ulaştırmak için birtakım faaliyetlerde bulunmaktadır. Kaliteyi oluşturacak bu faaliyetler, kalite kontrol faaliyetleridir.

Üretimi yapılan parça, ürün ve üniteden alınacak numunelerin incelenmesi suretiyle istenilen kalite seviyesine ulaşılması için yapılan işlemlere "kalite kontrol" denir. Kalite kontrol, aynı zamanda bir muayene, analiz ve tatbikat sistemidir.

Kalite kontrol; bir ürünün, tüketicisini tatmin etmesi ve onun beklentilerini en iyi biçimde karşılaması amacıyla, üretimin her aşamasında sürdürülen denetim işlemleridir. Kalite kontrol, üretimin planlaması aşamasında belirlenen kalite standartlarına üretim işlemleri boyunca, öncesinde ve sonrasında ne ölçüde uyulduğunun incelenmesi ve gözlenmesi olarak da tanımlanabilir. Ancak, kalite kontrol, yalnızca gözetleme, muayene ve ölçümleme işlemi olarak anlaşılmalıdır.

Modern anlamda kalite kontrol;

- Kaliteye ilişkin standartların ve ana ilkelerin üst yönetim düzeyinde belirlenmesi,
- Denetleme ve gözetleme işlemlerinin örgütlenmesi ve uygulanan yöntemlerin geliştirilmesi,
- Kalitenin bozulmasına ve planlanan kaliteye ulaşılmasını engelleyen koşulların ortadan kaldırılması,
- Kalite sorunları hakkında, işletmenin tüm birimlerine danışmanlık hizmetlerinin sağlanması çalışmalarını da kapsamaktadır.

Kalite kontrol kavramının daha iyi anlaşılması için, çeşitli bilim adamlarının görüşlerini ele alacak olursak;

Juran, kalite kontrolü, "Gerçek kalite düzeyinin ölçüldüğü, standartlarla karşılaştırıldığı ve farklılık karşısında harekete geçildiği bir düzenleme süreci" olarak açıklamıştır."(Juran,1980)

Milletlerarası Standartlar Birliği (ISO)'ne göre kalite kontrol; kaliteyi oluşturmak, korumak, geliştirmek ve alıcıyı tatmin edecek en ekonomik seviyede sürdürmek için üretici tarafından uygulanan işlemler dizisidir.

"Bir üretim sistemi içinde, kalitenin önceden belirlenmiş hedeflere uygun olarak gerçekleştirilmesine yönelik sürdürülecek faaliyetlerle ilgili yetki ve sorumluluğun

dağıtılarak, bu hedefler doğrultusunda yapılan işler de "kalite kontrol"dür."(Tan ve Peşkircioğlu,1991)

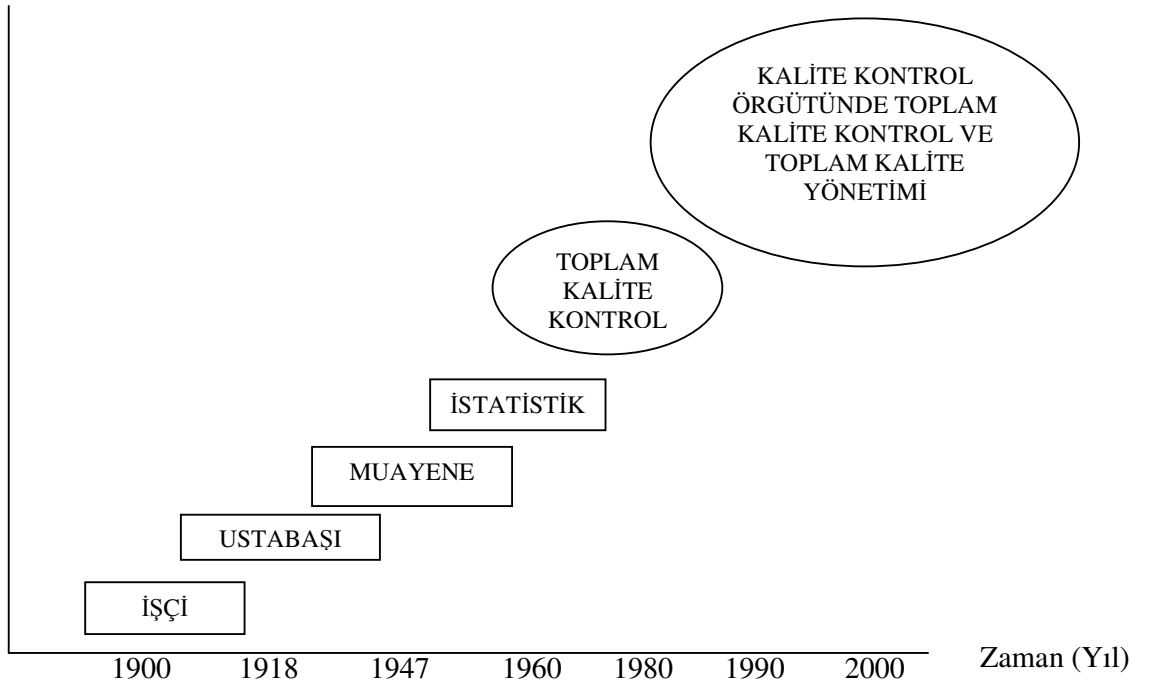
Kalite kontrol, kullanma uygunluğu sağlayacak, yani girişimin kalite işlevini yürütecek eylemler topluluğunun tümü biçiminde de tanımlanabilir. Tasarım özellikleri ile tanımlanan kalite düzeyinde bir ürünü üretebilmek için araç ve gereçlerini eşgüdümlemek amacı taşıyan, bir kurmay işlevi olan kalite kontrol, istatistiksel kalite kontrol, tesadüfi örnekler aracılığıyla sürekli teste dayanarak denetleme yapan ve çıktılarının kalitesini tüm üretim işlevi boyunca sürdüren ve geliştiren ekonomik ve etkili bir sistemdir. Yani kalite kontrolde, üretimi yapılan maddelerin örnekleme yolu ile sürekli teste tabii tutulması sözkonusudur.

### **1.1.1 Kalite Kontrolün Tarihsel Gelişimi**

Kalite konusu, üretimin tarihi kadar eskidir. İnsanlar üretilen her ürünün, belli bazı özelliklere sahip olmasını istemişlerdir. Kullanılmak amacıyla yaptıkları ve satın aldıkları her üründen maksimum fayda sağlamayı beklemişlerdir. İnsanlık tarihi boyunca kullandığı her türlü üründe, bu durum kendisini göstermiştir. Kalitenin sağlanması ile ilgili faaliyetlerin yapıldığının bir göstergesi, Dr. M. Juran tarafından tespit edilen ve M.Ö. 1450 yılında Thebes'de yazılmış olan bir logodaki resimlerdir. Bahsedilen logoda, bir taş kesici ile beraber bu taş kesicinin yaptığı işi garanti altına almak için ölçüm yapan bir gözlemci yer almaktadır."(Peşkircioğlu, 1994)

Sanayi devrimi öncesinde üretim, evlerde küçük ve dağınık üretim birimlerinde yapılmaktaydı. Bu dönemde kalite kontrol belli bir plana dayanmadan, systemsiz olarak işyeri sahibi tarafından yapılmaktaydı. Üretim birimlerinin küçük olduğu kişi veya kişilerin üretimi gerçekleştirdiği yerlerde kalite kontrol için ayrı bir birim olamazdı. Zaten endüstriyel üretimin küçük ölçekli ve basit üretim şekillerinden oluşması da buna izin vermiyordu. Sanayi devrimi ile birlikte bu küçük ölçekli üretim birimleri ve el sanatları bir çatı altında toplanmış ve üretim atölyelerinde yapılmaya başlanmıştır. Bu sayede endüstriyel örgütlerin büyüklükleri giderek artmış ve faaliyet alanları genişleyerek üretim sistemleri de karmaşık hale gelmiştir. Endüstriyel üretimin gelişmesi, kalite kontrolü belirli spesifikasyonlara uyan ve uymayan unsurların ayırımı haline getirmiştir. Kitle üretiminin gerçekleşmesi sonucunda oluşan bu durum, sonraki yıllarda teknolojik, endüstriyel ve yönetim alanlarında ortaya çıkan gelişmeler ile daha ayrıntılı olarak kontrol yapılması ihtiyacını doğurmuştur.

19. yy. sonuna doğru, kalite alanındaki gelişmenin ilk adımı olan işçi seviyesinde kalite kontrol uygulanmaktaydı. Bu aşamada, bir işçi veya az sayıda işçinin oluşturduğu küçük bir topluluk, ürünün yapılışından sorumlu olduğu için ürünün kalite kontrolü de yine bu personel tarafından yapılmaktaydı. 1900'lü yılların başında, ustabaşı seviyesinde yapılan kalite kontrole geçildi. Üretim birimlerinin büyümesi sonucunda, faaliyetlerin ustabaşılar tarafından kontrol edilmesi durumu meydana geldi. Böylece herhangi bir fabrikada aynı bölümde çalışan kişilerin başına bir ustabaşı verilerek işlerin takibi ve denetimi sağlandı.



Şekil1.1 Kalite kontrolün son yüzyılda geçirdiği değişiklikler

I. Dünya Savaşı sırasında, üretim sistemlerinin daha karmaşık bir hale gelmesi ve bir ustabaşının kontrolünde çok sayıda işçi bulunması nedeniyle kontrol yapmak daha zor hale geldi. Buna bağlı olarak da, fabrika içinde kalite kontrolü yapacak muayene birimleri oluştu. 1920-1930 yılları arasında muayene yapmak için ayrı bir kalite kontrol bölümü oluşturulması, bütün endüstri işletmelerinde yaygınlık kazanmış oldu. II. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte, kalite teknolojisinde değişiklikler yapılması ihtiyacı hissedilmiştir. Kalite kontrolün yetersiz kalması nedeniyle, bazı alet ve silahlarda meydana gelen arızalar ve yetersizlikler sonucunda bir çok kişi ölmüş, sakat kalmış ve hatta bazı savaşlar kaybedilmiştir. %100 muayene yöntemiyle sorunlara çözüm imkanı bulunamadığı anlaşılınca, %100 muayene yerini istatistiksel muayeneye bıraktı. Bu konuda ilk defa W.Shewhart'ın olasılık kuralını ileri

sürmesine ve örnekleme ile kontrol diyagramları gibi yeni yöntemler geliştirilmesine rağmen, istatistiksel kalite kontrolün yaygın olarak kullanılması uzun zaman almıştır. Aynı yıllarda H.R. Dodge ve H.G. Roming, numune alma ile kontrol işlemi üzerinde çalışmalar yaparak numune alma tablolarını hazırlamışlardır.

Gelişen teknoloji ve rekabet ortamı karşısında istatistiksel kalite kontrolün de kaliteyi sağlamada tek başına yetersiz kalmasıyla, 1960'larda Feigenbaum' un ileri sürdüğü toplam kalite dönemi başlamış oldu. Kalite kontrolün sadece bir bölümün sorumluluğu olmayıp, bütün organizasyonu ilgilendiren bir konu olduğu ileri sürüldü. Ürün kalitesinin oluşmasında, kalite departmanı kadar diğer departmanların da sorumlulukları bulunduğu düşüncesinde olan bilim adamları, ayrıca kalite sorumluluğunu sadece üst yönetimin taşıması değil en alt kademedeki vasıfsız işçinin dahil bütün işletme çalışanlarının bu sorumluluğu idrak ederek faaliyette bulunmaları gerektiği görüşü savunuldu. Toplam kalite anlayışı; öncelikle üst kademenin kabul ederek benimsemesi, bütün personelin bu konuda yeteri kadar bilgilendirilerek gerekli eğitimden geçirilmesi ve kalitenin oluşmasında herkesin rol alması gerektiği düşüncesi ile geliştirildi. Toplam kalite kontrol ile birlikte istatistiksel kalite kontrol, kalite güdülemesi, kalite güvenilirliği, kalite sistemi, meteoroloji gibi birtakım teknikler de işletmelerde kalite fonksiyonu içine alındı.

### **1.1.2 İşletme Fonksiyonları İçinde Kalite Kontrol Faaliyetleri ve Aşamaları**

Günümüzde karlılık, verimlilik ve kalite sorunlarına başarılı çözümler getirmiş ve modern işletme yöntemlerini uygulayan firmalarda kalite kontrol, yalnızca belirli kalite hedeflerine ulaşmada değil, aynı zamanda verimlilik artışı, maliyetlerin azaltılması gibi konularda da işletmecinin elindeki en etkili araçlardan biri olmuştur.

Bu anlamda kalite kontrol, üretim organizasyonları içinde çok sayıda fonksiyonel görevin kapsamına girmekte ve kalite kontrol herkesin işi olmaktadır. Kalite kontrolünün üretim aşamaları ile bütünleşmesi, "entegre kalite kontrolü veya her aşamada kalite kontrolü" kavramını ortaya çıkarmıştır. Entegre kalite kontrolünü A.V. Feigenbaum, şöyle tanımlamıştır;"(Feigenbaum, 1991)

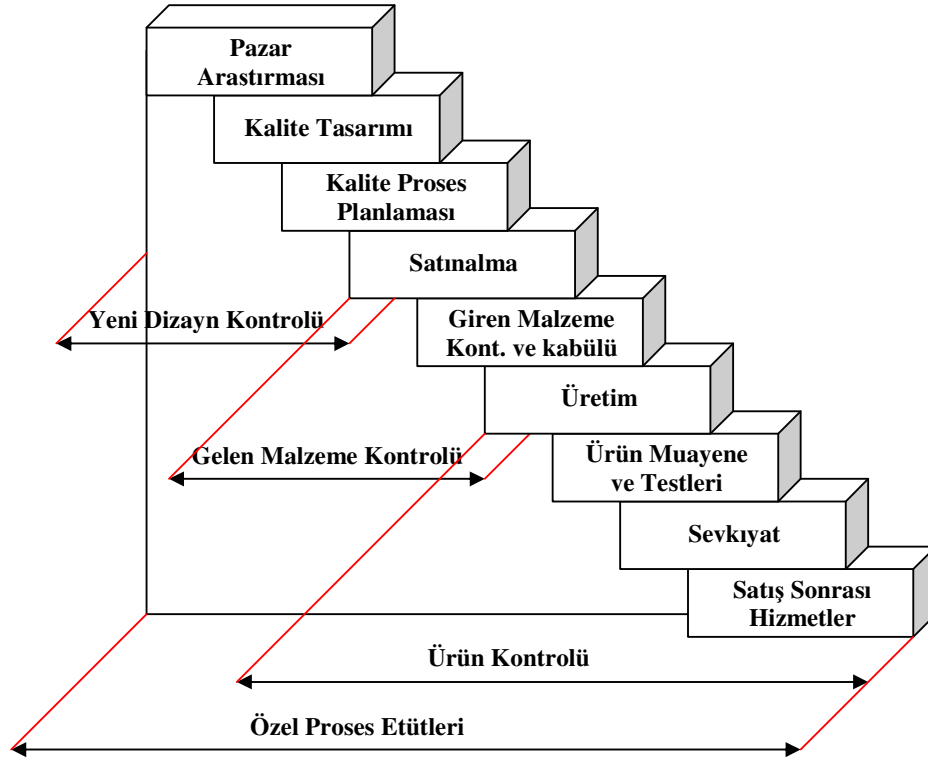
"Üretim sistemi içinde (pazardaki tüketici isteklerinin belirlenmesinden satış sonrası hizmetlere kadar) kalite hedeflerine erişmek için sürdürülen tüm faaliyetlerde çeşitli grup faaliyetlerinin, en ekonomik düzeyde ve müşterilerin ihtiyaçlarının tam tatminine yönelik olarak sistematik bir bütün oluşturacak şekilde bütünleştirilmesidir.

Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi, kalite kontrolüne entegre yaklaşım, onu, işletme içinde sınırlı sayıda insanın görevi olmaktan çıkarmış ve işçilerden üst kademe yöneticilerine kadar çok sayıda işçi, ustabaşı, istatistikçi, mühendis ve yöneticinin başlıca görevi haline getirmiştir.

Bu tanım çerçevesinde kalite kontrolünün tüm işletme fonksiyonları, aşağıdaki dört grup faaliyet arasında dağıtılabılır;”(Tan ve Peşkircioğlu, 1990)

- Yeni dizayn kontrolü,
- Gelen malzemenin kontrolü,
- Ürün kontrolü,
- Özel proses etütleri.

Bu faaliyetlerin işletme fonksiyonları içerisindeki konumu Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 İşletme Fonksiyonları İçinde Kalite Kontrol Faaliyetleri

**Yeni Dizayn Kontrolü:** Üretime başlamadan önce ürüne ilişkin maliyet-kalite, performans-kalite, güvenirlilik-kalite standartlarının, üretim sırasında ortaya çıkacak kalite sorunların ortadan kaldıracak şekilde oluşturulmasıdır.

**Gelen Malzeme Kontrolü:** Üretimde kullanılacak her türlü malzeme, hammadde ve yarı ürünün önceden belirlenmiş, kalite spesifikasyonlarına uyan malzemelerin geçişinin yapılarak, kabul edilmesidir.

**Ürün Kontrolü:** İmalat işlemlerinin başlangıcından, nihai ürünün ortaya çıkışına kadar devam eden süreç içerisinde, kusurlu parçaların üretiminin kaynağında önüne geçmek ve kalite spesifikasyonlarından sapmaları önlemek amacıyla sürdürülen kontroldür.

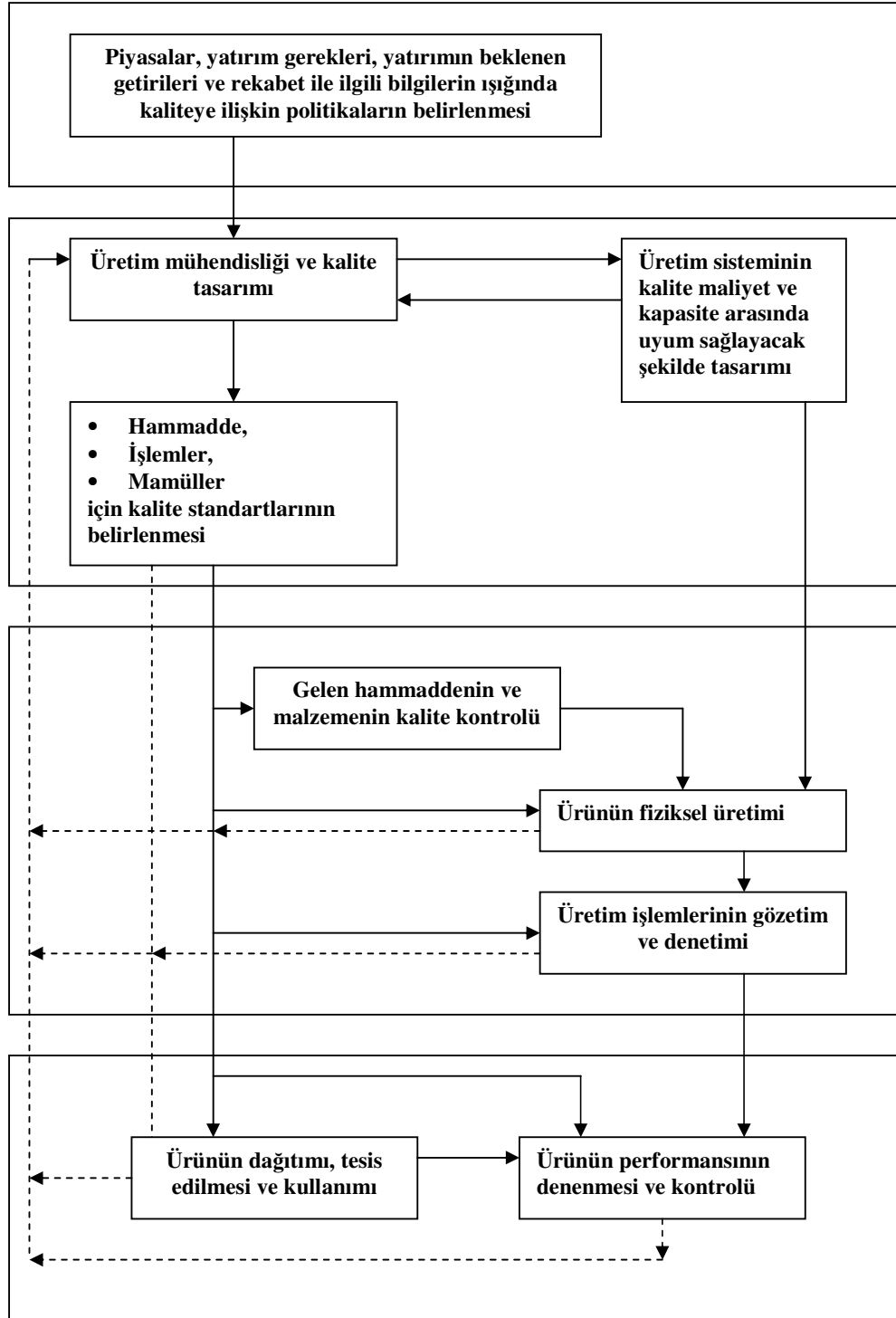
**Özel Proses Etütleri:** Ürün kalite karakteristiklerinde yapılabilecek iyileştirmelerin belirlenmesi ve ürün-kalite süreci içerisinde kusurların nedenlerinin ve yerlerinin belirlenmesi amacıyla sürdürülen test ve inceleme çalışmalarıdır.

Kalite kontrolü, yalnızca bir defada ve belirli bir yerde gerçekleştirilecek bir fonksiyon değildir. Kalite kontrol işlemlerinin genellikle dört aşamada tamamlanabildiği kabul edilmektedir. Bu aşamalar kısaca şunlardır:”(Buffa, 1985)

- Ürün kalitesinin tüketicilerin beklentilerine uygun olabilmesi için üst yönetimde bir işletme politikası kararı olarak kalite düzeyinin saptanması aşaması: Kalite düzeyi, işletmenin varlığı ve başarısı ile yakından ilgili olduğu için üst yönetim, pazarın durumu, farklı kaliteler için pazar payları, farklı kalitelerde üretim maliyetleri ve rekabet olanakları gibi konulara dikkatle bakarak üretilecek ürün için bir kalite düzeyi belirleyecektir.
- Bu karar doğrultusunda ürün mühendisliği tarafından ürünün tasarlanması, ayrıntılı özelliklerinin belirlenmesi ve ürünün kalitesi ile üretim maliyetleri, kapasite ve teknoloji arasındaki uygunluğun kurulması aşaması,
- Üst yönetim ve ürün mühendisliği tarafından belirlenen ilkelere uygunluğun sağlanması amacıyla hammadde, malzeme alımında ve üretim sürecinin tüm aşamalarında sürdürülen muayene, gözlem, ölçme ve benzeri kontrol işlemleri aşaması: Bu aşamada, kalite kontrolün amacı, kabul veya reddedilecek hammadde, parça veya ürünün belirlenmesi, standartlardan sapmaları düzeltici önlemlerin alınması ve gerekiyorsa standartları ve tasarımı değiştirme yoluna gidilmesidir.

- Ürünün dayanıklılığını ve güvenilirliğini kanıtlayan, satış ve kullanım başarısını arttırmayı amaçlayan kalite kontrol çalışmaları aşaması: Satış öncesinde, satış sırasında ve satış sonrasında yapılan dağıtım, tesis ve kullanımı da kapsayan kalite kontrol çalışmalarıdır. Bunlar, nihai kullanıcının ürünün kalitesinden ve her yönüyle kullanımından tatmin olmasını sağlamaya yönelik çabalarıdır.

Kalite kontrol işlemlerinin bu dört aşaması, bunların birbirleriyle ilişkileri ve aralarındaki etkileşimleri, Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Ürünün planlama üretim ve dağıtım aşamalarında kalite kontrolün rolü

### 1.1.3 Kalite Kontrol Çeşitleri ve Kalite Kontrolde Uygulanan Yöntemler

İşletmelerde kalite sapmalarının önüne geçmek, yani ürünlerin kalite özelliklerinin önceden belirlenmiş sınırlar içinde kalmasını sağlamak, bu sınırlar dışına çıktığında gerekli düzeltici önlemleri almak, giriş ve çıkış kontrollerini yapmak, kalite kontrolün görevleri arasındadır. Bu amaç doğrultusunda işletmelerde uygulanan, geçmişten günümüze doğru sıralanmış kalite kontrol çeşitleri şunlardır;

**Operatör Kontrolü:** Kalite, sadece tezgahlarda çalışan operatörlerin denetimindedir. Ayrıntılı bir kalite kontrol sistemi yoktur.

**Nezaretçi Kalite Kontrolü:** Üretim nezaretçileri, aynı zamanda kaliteden de sorumludur. Ayrı bir kalite kontrol birimi yoktur. Ya da kalite sorumluları, üretim sorumlusuna bağlı olarak çalışmaktadır.

**Nihai Kalite Kontrolü:** Üretim kademelerinden bağımsız olarak kalite kontrol elemanları görevlendirilmiştir. Bu elemanlar, örnekleme veya %100 muayene yöntemleriyle giriş ve son kontrolleri yapmaktadır. Yetkileri, satın alınan veya sevk edilecek ürün partilerini kabul veya reddetmekle sınırlıdır.

**İstatistiksel Kalite Kontrolü:** Üst yönetime doğrudan bağlı kalite kontrol birimi elemanlarının denetiminde, üretim sırasında istatistiksel yöntemlerden de yararlanarak kalite, kontrol altına alınmaktadır. Kalite kontrol birimi, üretim birimi ile işbirliği içinde, anında düzeltici önlemler alma yetkisine sahiptir.

**Entegre Kalite Kontrolü:** Tedarikçilerin denetlemesinden satış sonrası hizmetlere kadar tüm çalışanlar düzeyinde, kaliteye ilişkin geliştirilmiş yetki ve sorumluluklar bulunmaktadır. Personel, sistematik olarak kaliteyi düzeltici önlemler alabilmektedir.

Kalite kontrol kendi içinde şöyle ayrılır:”(Ishikawa, 1990)

- Bütün Bölümlerin Katıldığı Kalite Kontrol

Firma çapında kalite kontrol ya da toplam kalite kontrol, şirketin bütün bölümlerindeki her bir elemanın kalite kontrolü öğrenmesi, uygulaması ve çalışmalara katılması demektir.

- Bütün Çalışanların Katıldığı Kalite Kontrol
- Başlangıçta toplam katılımının kapsamı, şirket genel müdürü, müdürler, orta yönetim, personel, ustabaşlar, işçiler ve satış elemanları ile sınırlıydı. Fakat son gelişmelerle

yan sanayicileri, dağıtım sistemlerini ve ortak firmaları içine alacak şekilde bu kapsam genişledi.

- **Bütünleşik Kalite Kontrol**

Bütünleşik kalite kontrolün oluşmasında, kalite kontrol esastır. Bu yöntem, "kalite kontroldeki imalatçı gelişmeleri üretmeli ve tüketicilerin ihtiyacını karşılayacak malları satmalı" temel varsayımına dayanmaktadır. Kalite kontrol yürütülürken, maliyet bilinmediği sürece kalite planlaması ve tasarımı yapılamaz. Aynı zamanda miktar bilinmeden ne hata yüzdesi ne de yeniden yapılanların oranı elde edilemez ve kalite kontrol gelişemez. Diğer taraftan, kalite etkin bir şekilde yükseltilemezse ve standardizasyon, standart verim oranı, standart çalışma oranı, standart iş yükü bilinmezse standart maliyet bulunamaz ve sonuç olarak maliyet kontrolü gerçekleştirilemez. Benzer şekilde, eğer hata yüzdesi çok değişirse ve buna benzer problemler fazlaysa, ne üretim kontrolü ne de teslim tarihi kontrolü yapılabilir. Kısacası, yönetim bütünleşik bir tabanda yapılmalıdır. Kalite kontrol, maliyet, kar kontrolü ve miktar, teslim tarihi kontrolü birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilemez.

Amaca, problemin niteliğine, pratik zorluklara ve maliyet faktörlerine göre geliştirilen bir kalite kontrol sistemi içinde çeşitli ve her biri istatistiksel prensiplere dayalı farklı yöntemler vardır. Bunlar;

**Test Yöntemleri:** Hammadde, yarı mamul, mamullere ait çeşitli özelliklerin saptanması için uygulanan yöntemlerdir. Bunlar, bir ölçme aletiyle yapılan ölçmeleri, bunların değerlendirilmesini, eğer ölçülen özellik değişken ise, standart sapmanın ya da değişim katsayısının hesaplanmasını ve sonuçların bir standartla karşılaştırılmasını kapsar. Test aletlerinin seçimi, ölçü sayısının ve örnekleme planının saptanması, test için harcanan zaman, bu yöntemlerle ilgili önemli sorunlardır.

**Muayene Kontrolü:** Muayene, hammadde ya da işlenmiş ürünün tümü üzerinde uygulanan bir kontrol işlemidir. Bu kontrol, subjektif olarak yapılabileceği gibi, ölçme ya da saymaya da dayanabilir. Burada önemli olan nokta, tüm hammaddenin kontrol edilmesidir. Bu nedenle, muayene diğer yöntemlerden farklıdır. Her zaman yapılmayabilir, maliyeti de çok yüksektir.

**İstatistiksel Kalite Kontrol:** Örnekleme teorisine ve ölçmelerle kalitenin devamlı olarak izlenmesi prensibine dayanan bir yöntemdir. Hammaddenin tümü üzerinde kontrol yapmanın olanaksız ya da çok pahalı olduğu hallerde, geniş zaman aralıkları içinde küçük örnekler üzerinde yapılan ölçmelerle üretimin kalitesi, ilgili bilgilerin sürekli biçimde toplanması,

kalitedeki bozulmaların saptanarak gerekli incelemelerin yapılması ve tedbirlerin alınması için rapor edilmesi biçiminde uygulanır.

**Proses Kontrolü:** Üretim işletmelerinin niteliğine göre, bazı durumlarda kalitenin doğrudan ve zamanında saptanması zor olabilir. Özellikle üretimin birimler halinde değil de sürekli yapıldığı ya da birim halinde yapılan üretimin uzun süre aldığı durumlarda üretim sırasında kontrol yapılarak üretim işleminin hatasız yapılması sağlanabilir. Bu durumlarda, kalite yerine işlemin kontrol edilmesi, örneğin kaliteyle doğrudan ilişkili olan randımanların izlenmesi biçiminde bir kontrol yapılması söz konusu olabilir. Proses kontrolünün istatistiksel kalite kontrolünden farklı bir yönü, kontrolün bitmiş ürün ya da mamul üzerinde yapılmayıp üretilmekte olan ürün üzerinde yapılmasıdır.

#### 1.1.4 Toplam Kalite Kontrol

Kalite kontrolün tarihsel gelişimine bakıldığında, endüstri devriminin ilk dönemlerinde kalite kontrol faaliyetini işin sahibi olan kişinin yaptığını, daha sonraları ölçme yapan kişilerin kalite kontrolden sorumlu olduklarını görmekteyiz. Bu dönemlerdeki kalite kontrol anlayışı, muayene faaliyeti olarak algılanmış ve II. Dünya Savaşı'nın başlarına kadar o şekilde, sürdürülmüştür. Daha sonraki şartlar, kaliteye daha fazla önem verilmesini ve kalite kontrol faaliyetlerinde bazı istatistiksel yöntemlerin yanı sıra insan gücünün de kalite çalışmalarına katılması gerektiği düşüncesi ile Toplam Kalite Kontrol (T.K.K.) anlayışı yerleşmiştir.

Geçmişe bakarak konuyu açıklamak gerekirse; kalite kontrol kavramının, üretim faaliyeti kadar uzun bir geçmişi olduğu söylenebilir. Ancak üretici ile tüketicinin doğrudan temas kurabildiği küçük atölyelerden, günümüzün dev üretim sistemlerine gelinceye kadar kalite kontrolünde önemli gelişmeler sağlandı. Küçük atölyeler döneminde ustabaşı olan kişi, malzeme tedariki, üretim planlaması, gözetim faaliyetlerinin yanı sıra kalite kontrol sorumluluğunu yüklenirken, hammadde tedarik kaynaklarının sayısı arttıkça, üretim sistemi ve ürün yapısı karmaşık hale geldikçe ölçme işlemlerini yapanlar K.K.'den sorumlu olmaya başladı. İlk takım tezgahlarının ortaya çıktığı 18. y.y. sonlarından, II. Dünya Savaşı'na kadar muayene ile K.K. eş anlamda kullanılıyordu. Savaşın getirdiği ağır çalışma koşulları, büyük üretim miktarları ve çok duyarlı ölçülerde üretim, ileri düzeyde ölçme gereçlerinin ve istatistik yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kıldı. Savaştan sonra, firmalar ve uluslar arasında başlayan rekabet ve ortaya çıkan büyük tüketim potansiyelinin karşılanma gereksinimi, bu zorunluluğu daha da arttırdı. Ancak kısa bir süre sonra, bilimsellik düzeyi ne olursa olsun matematik ve istatistik yöntemleri uygulamanın yetersiz kaldığı görüldü.

Böylece, işletmelerin üretim sistemlerinde tedarik, dizayn, üretim, planlama, pazarlama, v.b. uzmanlaşmış ayrı departmanlar oluştuğça, bunların K.K. ile ilişkilerinin düzenlenmesi sorunu ağırlık kazandı. KK'de tüm işletme departmanları arasındaki işbirliği, görev, yetki ve sorumluluk paylaşma zorunluluğu, sorunları organizasyon, eğitim ve beşeri ilişkiler açısından da ele alma gereğini ortaya çıkardı. Böylece, T.K.K. dönemi başlamış oldu. Şirketler ve bireyler farklı yorumlar verebilir, ancak genel olarak T.K.K. yönetim kontrolünün kendisi demektir.

T.K.K. kavramı, Dr. Armand V. Feigenbaum tarafından ortaya atıldı Dr. Feigenbaum, 1950'li yıllarda NewYork'taki General Electric kurmay merkezinde kalite kontrolden sorumlu firma yöneticisi olarak hizmet vermiştir. T.K.K. ile ilgili makalesi, "Industrial Quality Control"ün Mayıs 1957 sayısında yayımlandı, bunu 1961'deki "Toplam Kalite Kontrol: Mühendislik ve Yönetim (Total Quality Control: Engineering And Management)" adlı kitabı izledi. Feigenbaum'a göre T.K.K. "bir organizasyondaki değişik grupların kalite geliştirme, koruma ve iyileştirme çabalarını, müşteri tatminini de göz önünde tutarak, üretim ve hizmeti en ekonomik düzeyde gerçekleştirebilmek için birleştiren etkili bir sistem" olarak tanımlanabilir. T.K.K.; pazarlama, tasarım, imalat, muayene ve yükleme bölümleri dahil olmak üzere bütün bölümlerin katılımını gerektirir. Bir şirkette, herkesin görevi olan kalitenin, hiç kimsenin görevi olmama haline dönüşebileceğinden korkan Feigenbaum, T.K.K.'nin tek uzmanlık alanı ürün kalitesi ve tek çalışma alanı kalite kontrol işleri olan, iyi örgütlenmiş bir yönetim işleviyle desteklenip işleyecek hale getirilmesi fikrini ileri sürdü.”(Ishikawa, 1990)

Yukarıdaki açıklamaların ışığında, T.K.K. faaliyetlerini, tüketici ihtiyaçlarının tespitinden, ürünün tüketicilere ulaşmasına kadar ve hatta tüketicilere ulaşmasından sonra da devam eden çok geniş bir kavram olarak tanımlamak mümkündür.

Tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacıyla, işletme organizasyonu içindeki çeşitli ünitelerin kaliteyi yaratması, yaşatması ve geliştirmesi yolundaki çabaları birleştirip koordine eden etkili sisteme T.K.K. denir.”(Kobu, 2003)

Japonların yaklaşımı, Dr. Feigenbaum'un yaklaşımından farklıdır. Dr. Kaoru Ishikawa ise, adına "firma çapında kalite kontrol" dediği anlayışta yaptığı tanım şöyledir; "Şirketin bütün bölümlerindeki her bir elemanın kalite kontrolü öğrenmesi, uygulaması ve çalışmalara katılması demektir."

T.K.K. anlayışını geliştiren Amerikalılar ile teoriyi ABD'den alıp, kendi kalite kontrol anlayışlarını geliştiren Japonların T.K.K. tanımları hemen hemen aynıdır.

Bir başka Japon yaklaşımı, Dr. Deming'in yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, mühendisler için temel kalite kontrol kursu, üst ve orta yönetim için yapılan kurslarla kendini göstermiştir. Bu çalışmalar bütünleşmiş kalite kontrol, toplam kalite kontroldür.

Kaizen adlı kitapta Masaaki Imai, T.K.K.'yi şu şekilde tanımlamaktadır: "Her kademedeki performansı geliştirmek amacıyla, yöneticilerden işçilere kadar şirketteki herkesin çabalarını bir bütün haline getiren organize edilmiş Kaizen çalışmalarıdır." Bu, geliştirilmiş performans, kalite, maliyet, planlama, işgücü ve yeni ürün geliştirilmesi gibi çapraz fonksiyonel bölümler arası ilişkilerle ilgili amaçlara ulaşılmasına yöneliktir. Bu çalışmaların, eninde sonunda müşteri tatminini arttıracığı varsayılmaktadır. Bu kavram, şirket çapında kalite kontrol (company-wide quality control), olarak da adlandırılır.

T.K.K. yaklaşımı, üretilen ürün ve hizmetlerin yanı sıra, yönetimin bir bütün olarak kalitesini ve verimliliğini artırmayı hedef almaktadır. T.K.K., çeşitli düzeylerdeki yöneticilere yol gösteren, daha doğru ve etkin karar vermelerine yardımcı olan bir araçtır. Bu aracın işe yarayacak biçimde tasarlanması ve etkin uygulanabilmesi için, tüketici isteklerinin saptanması ve değerlendirilmesi, gerekli teknolojik olanakların sağlanması, işletme içinde olumlu beşeri ilişkilerin sürdürülmesi ve kalite ile ilgili kavramların, tüm iş gören tarafından eksiksiz ve doğru anlaşılması gerekmektedir."(Kobu, 2003)

T.K.K.'nin temel ilkelerini kısaca açıklarsak:

**Önce Kalite Bilinci:** Önce kaliteye önem veren bir işletmenin karları, uzun vadede artacaktır. Müşteri güveninin yavaş yavaş kazanılması hem şirket satışlarını arttıracak hem de işletmenin pazar payını koruyarak varlığını korumasını sağlayacaktır. Eğer işletme, kısa süreli kar elde etme amacını güderse, uluslararası piyasada rekabet gücünü kaybedecek ve uzun vadede karı azalacaktır.

**Tüketiciye Yönelik Kalite Kontrolü:** Toplam kalite kontrolde temel amaç, müşteri isteklerini karşılamak ve bunları aşmak için tüm işletme çalışanlarının istekli ve kararlı olmalarını sağlamaktır. Müşteri isteklerine göre kalite kontrol, dış müşteriye yönelik olduğu kadar iç müşteriye (çalışanları) de kapsmalıdır. Unutulmamalıdır ki bir sonraki süreç müşteridir.

**İstatistiksel Yöntemlerin Kullanılması:** Toplam kalite uygulamaları sırasında, bir çok istatistiksel yöntem uygulanarak işlemlerin akışı hakkında genel bir fikre sahip olunabilir. Yedi temel araç, yedi yeni araç gibi yöntemler uygulamalarda yardımcı araçlardır.

Yönetim Felsefesi Olarak İnsana Saygı: Başanlı yönetimin temel ilkesi, astların bütün yeteneklerini kullanmalarına izin veren bir anlayışın benimsenmesidir. Çalışanların kalite uygulamalarına gönüllü olarak katılımlarının sağlanması isteniyorsa, çalışanlara bir araç ya da makine gibi davranılması düşünülemez.

T.K.K.; pazarlama, tasarım, imalat, muayene ve yükleme bölümleri dahil olmak üzere bütün bölümlerin katılımını gerektirir.T.K.K.'nin temel amacı, kalite kontrol faaliyetlerinin firma içinde bütüne ilişkin kaliteyi sağlamaya yönelik olarak yapılmasıdır. Bunu sağlayabilmek için de organizasyonun bütün bölümlerinin ve en üst kademe yöneticisinden en alt kademelerdeki operatörlere kadar bütün personelin kalite faaliyetlerinde bir araya gelip işbirliği yapmaları gerekir.Bu şekilde yapılan T.K.K., kusurları önlemek için planlama, müşterinin istediğini araştırıp bulma, bunu dizayn etme, satın alma, üretme, muayene ve pazarlamayı organize etme demektir. Diğer bir ifade ile T.K.K., ürün ya da hizmet ile ilgili tüm fonksiyonları içine almaktadır. Bunun yanında, T.K.K. ile; firmanın dinamizmi ve yapısı gelişir, kalite güvenliği sistemi kurulup tüketicilerin güveni kazanılır, rakiplere göre en yüksek kaliteye ulaşma arzu edilerek yeni ürünler geliştirilir, çalışanlara güvenli bir çalışma ortamı yaratılır, kalite kontrol tekniklerinden yararlanılır.

#### **1.1.4.1 Toplam Kalite Yönetiminin Temel Anlayışları**

Toplam Kalite Yönetiminin temel anlayışları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- TKY müşteri isteklerini ve gereksinimlerini, kuruluşun amacı olarak görür. Bu çerçevede, müşteriye hoşnut etmek için en uygun ürünleri tasarlayarak hammaddeden müşteriye uzanan tedarik, üretim, pazarlama, satış ve satış sonrası hizmetlerden oluşan zincirin her halkasında kalite, mükemmellik ve verimlilik standartlarını yakalayarak bu ürünleri en uygun fiyatla pazara sunmayı hedefler.
- TKY gelişime yönelik sürekli değişimi temel alır, başarısı değişimden geçer. Bu değişim yönetsel, davranışsal, ve teknik alanlardaki sürekli eğitimle sağlanır.
- TKY sürekli daha iyinin arandığı bir süreçtir. Bu sürecin öncelikleri kuruluşun rekabet üstünlüğü kazanması, sürekli büyümesi, olanakların arttırılması ve artan olanaklarla çalışanların yaşam koşullarının iyileştirilmesi, yönetim-çalışan-sendika ilişkilerinde ortak çıkarlara dayalı sağlıklı bir işbirliğidir.
- TKY'de müşteri sadece son ürün alan kişi değildir. Müşteriler dış tedarikçilerden başlayıp, sistem süreci içindeki her işlevsel ve destek grubundaki iç müşteriler ve dış

müşterilerdir. Her müşteri kendisinden bir sonraki alıcıyı yani müşteriye hoşnut etmekten sorumludur.

- TKY geleneksel yönetimlerden farklı bir " kalite-verimlilik-maliyet-kar" yaklaşımı izler. Kaliteye öncelik verilerek verimlilik arttırılacak, maliyetler düşürülecektir. Yüksek kaliteli ürünler düşük fiyatlarla tüketiciye sunulurak pazar payı ve kar arttırılacaktır.
- TKY'de gelişme kaynağı teknoloji olanaktan dışında "kalite insanı"dır. Kalite insanını yaratmak yöneticiden geçer. Yönetici lider olmalıdır; kalite ve verimlilik için değişimin gücüne inanmalıdır. Yönetiminde çalışanları ortak amaç ve çabada birleştirebilecek güveni sağlamalıdır.
- TKY'de uygulamaların sürdürülmesi önemli bir sorundur. TKY'nin sürekliliği ve başarısında değerlendirme, geri bildirim, denetim bu açıdan büyük önem taşır.

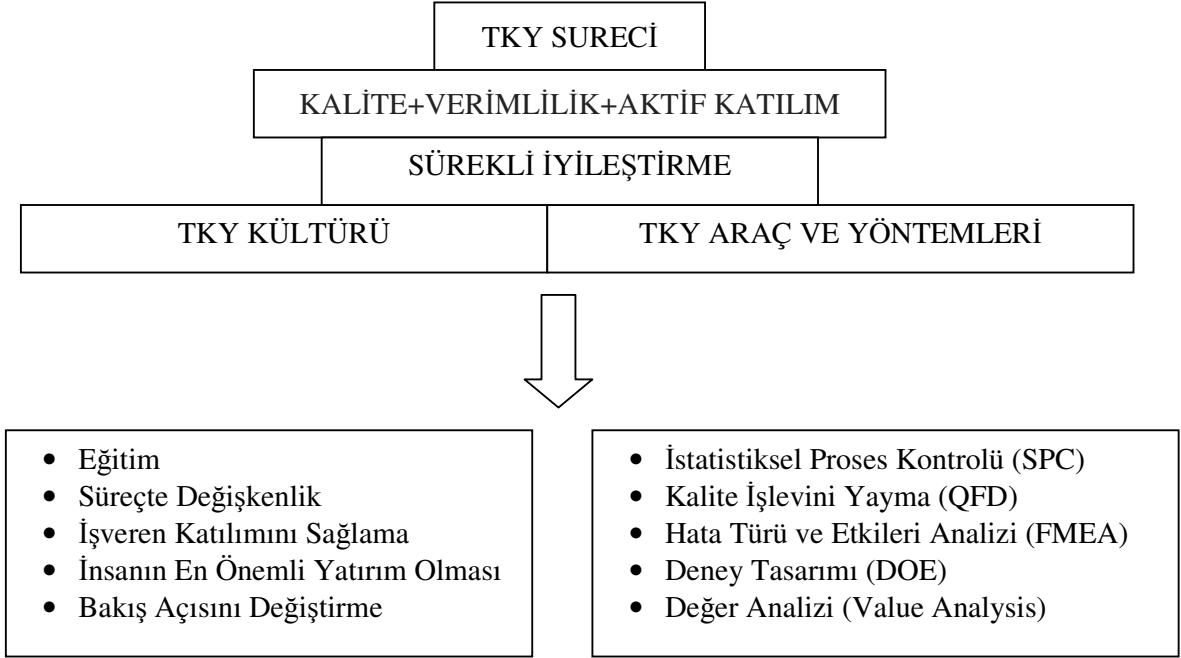
#### **1.1.4.2 Toplam Kalite ve Sürekli İyileştirme**

Sürekli iyileştirme Toplam Kalite'nin temel unsurlarından biridir. Sürekli iyileştirme süreç, hizmet, ürün ve şirket kalitesinin arttırılması yönünde olabileceği gibi kişisel kalitenin arttırılması yönünde de olabilir.

Sürekli iyileştirme;

- Ürün ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesi,
- Üretim süreçlerinin, çalışma yöntemlerinin, iş akışlarının iyileştirilmesi,
- Şirket kaynaklarının kullanımında israf yaratan ve verimsizlik oluşturan nedenlerin ortadan kaldırılması,
- İç ve dış başarısızlık maliyetlerinin azaltılması gibi alanlarda kullanılabilir.

### 1.1.4.3 İstatistiksel Proses Kontrolün TKY İçerisindeki Yeri



Şekil 1.4 İPK'nın TKY içindeki yeri

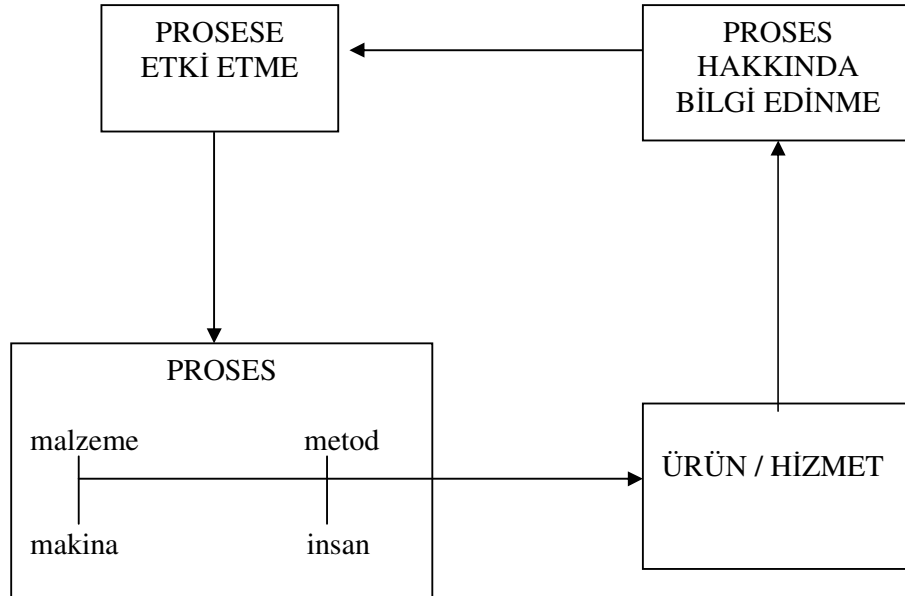
## 2. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

İstatistik kalite kontrol bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygunluğunu ve standartlara bağımlılığı hedef almak kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensip ve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır. Amaç hem işletme içinde kusurları yakalamak, aynı zamanda kusurlu ürün henüz üretilmeden müdahalede bulunarak önlem almaktır.

Kalite geliştirme felsefesi içerisinde İPK yeterli ölçüde uygulandığı durumda, hatalardan kaynaklanan maliyetler 10 kat azalabilecek, işletmenin kaliteyle ilgili sorunlarına %95 çözüm üretilebilecek ve böylece kuruluşun piyasada rekabet gücünün artması için gerekli olan; alışkanlıkların iyi yönde değiştirilmesi yeni ve faydalı becerilerin kazanılması, zaman tasarrufu sağlanması, maliyetlerin giderek en aza düşürülmesi suretiyle, kalite sisteminin kuruluş finansmanı önemli ölçüde sağlanmış olacaktır.

### 2.1 TANIMLAR

İstatistiksel proses kontrolü daha iyi kavrayabilmek için gözden geçirilmesi gerekli bazı tanımlar şunlar olabilir;



Şekil 2.1 Prosesi oluşturan faktörler ve prosesin kontrolü

**Proses:** Bir üretimde kullanılan tezgah, takım, metod, malzeme, çevre ve insan gibi faktörlerinin bir bileşimidir.

**Kontrol:** Birşeyin bizim istediğimiz şekilde yani, hakimiyetimiz altında gitmesini sağlamaktır.

**Kalite Kontrol:** Bir kalite karakteristiğini ölçüp, standartları ile karşılaştırıp arasındaki farkı ortaya çıkaran işlemdir. Bir ürün veya hizmetin kalitesinin istenen spesifikasyonları karşılayabilmesini temin için operasyonel teknik ve faaliyetlerin kullanılmasıdır.

**Değişkenlik:** Doğada veya bir üretim sürecinde iki nesnenin hiç bir zaman mükemmel olarak birbirinin aynısı olmadığını ifade eder.

**Spesifikasyon :** Bir işin nasıl yapılacağını belirten ayrıntılı bir talimat veya belirli özellikleri yanılığa meydan vermeyecek açıklıkta ve ölçütlerde tanımlayan bilgilerdir.

**İstatistiksel Proses Kontrol :** Bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistiksel prensip ve tekniklerin üretimin tüm aşamalarında kullanılmasıdır.

## 2.2 İSTATİSTİK İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

### 2.2.1 İstatistik Nedir?

Genel olarak istatistik, çeşitli karakterlere sahip olan problemlere uygun çözümler bulmak amacıyla geliştirilmiş yöntemler topluluğudur.

İstatistik, yapılacak tahminler ve varılacak sonuçlardaki hata olasılığını matematik olasılığa dayanarak ve tümevarım yoluyla değerlendirmekle, nicel veri ve bilginin toplanması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde en etkili yöntemlerin geliştirilme ve uygulanması sanatı ve bilimidir.

Uygulamada istatistiksel yöntemlerin başarısını engelleyen bir takım faktörler olabilir. Yapılacak çalışmaların başarıya ulaşabilmesi için bu faktörler ortadan kaldırılmalıdır. Başlıcaları şunlardır:

- Yanlış ya da gerçeklerle bağdaşmayan veriler,

- Yetersiz veri toplama yöntemleri,
- Veri iletiminden doğan hatalar ve hatalı matematiksel işlemler,
- Anormal değerlerin kullanılıp kullanılmaması,
- Uygun istatistiksel yöntemlerin belirlenmemesi,
- Deneyimsiz kişilerin yaptıkları yanlış uygulamalar.

## 2.2.2 İstatistiğin Temel Kavramları

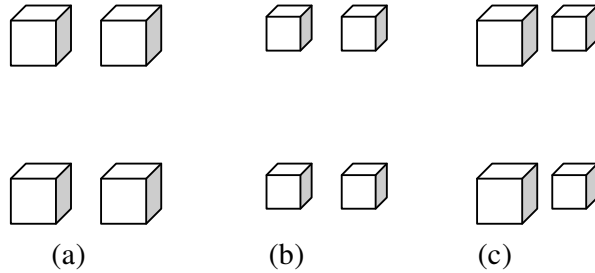
İstatistiksel Proses Kontrol'de en sık kullanılan istatistikle ilgili kavramlar şunlardır:

**Yığın :** Ölçülmüş veya ölçülebilen elemanlardan meydana gelen ve sonlu sayıda eleman barındıran bir kümedir. Genellikle (N) ile sembolize edilir.

**Örnek :** Belli ve sınırlı sayıda elemanlardan meydana gelen yığının karakteri hakkında bilgi edinmek amacıyla yığından alınan alt kümedir. Genellikle (n) ile sembolize edilir. Yığından seçilmiş bir örnek ;

a) Tesadüfi olmalıdır.

b) Yığını temsil edici nitelikte olmalıdır



Şekil 2.2 Örneğin yığını temsil etmesi; (a), (b) uygun değil, (c) uygun

**Örnekleme :** Yığının özelliklerinin ölçümünde kullanılmak amacıyla bir dizi homojen eleman arasından seçim yapma işlemidir. Örneklemenin nedenleri :

a) Ekonomi nedenler: anakütlenin tüm elemanlarının incelenmesi çokpahalıya mal olmaktadır. Örneğin bir seçim araştırmasında seçmenlerin tümününsiyasi tercihlerinin tesbit

edilmesi çok pahalıya mal olacaktır.

b) Teknik nedenler: Tahribatlı inceleme, belirli bir özelliğin saptanması için yapılan ölçme, ölçümü yapan bireyin özelliklerine zarar verebilir.

c) Zaman kısıtlamaları: Anakütlenin tüm elemanlarının incelenebilmesi için yeterli zaman yoktur. Ekonomik nedenlerde örnek olarak verilen tüm seçmenlerin siyasi tercihlerinin araştırılması, aynı zamanda zaman kısıtı nedeniyle de pek mümkün değildir.

**İstatistiksel Seri :** Belirli yöntemlerle toplanan verilerin analize hazır hale getirilebilmesi ve değerlendirilebilmesi için istatistiksel seri şekline sokulması ve grafiğinin çizilmesi gerekir. İstatistiksel Proses Kontrol çalışmalarında kullanılan başlıca istatistiksel seriler üç grupta toplanabilir.

**1. Basit Seri :** Bir istatistik serisinde yer alan elemanların teker teker gösterilmesi ile elde edilen serilere basit seriler denir. Basit seriler çok miktarda ham bilgiyi kolayca anlaşılabilir ve işlemlere elverişli bir şekilde sokamadıklarından yararları sınırlıdır.

**2. Frekanslı Seri:** Bir araştırma sonucu elde edilen verilerin bazıları kavranılmasını ve analizini güçleştirmektedir. Bu durumda verilerin belirli bir kurala göre düzenlenmesi gerekmektedir. Frekans serilerinde elde edilen her farklı veri bir kere belirtilir ve bu terimlerin yanına da kaç kere tekrarlandığını gösteren "frekans" denilen sayılar yazılır. İşte bu şekilde elde edilen serilere de frekans serileri denilmektedir.

**3. Sınıflı Seri:** Bir istatistik serisinde yer alan terimlerin belirli bir kurala ve sınıfa konularak belli sayıdaki aralıklarla ve seride yer alan frekansların bu sınıflara göre düzenlenmesinden meydana gelen serilere sınıflı seriler ya da gruplandırılmış serilerdenir.

Süreçteki değişkenliği açıkça görebilmek ve sürecin geçerliliği hakkında bir yargıya varabilmek için yığından alınan örneklerden elde edilen verilerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması gerekmektedir. Sınıflı seri izlenecek veri sayısının çok ve birbirinden farklı sayıda değer alması durumunda kullanılır.

Sınıfları oluştururken önemli bir nokta da sınıf aralığının ne olacağı veya sınıf sayısı kaç tane olursa en uygun düzenlemenin yapılmış olacağına belirlenmesidir. Sınıflama yapılırken dikkat edilmesi gereken şey; araştırmanın özellikleri ve sınıflamanın neden olacağı sapmalardır. Sınıf sayısının az olması, sapmanın artması anlamına gelmekle birlikte, çok olması da işlemlerin artması demektir. Sınıf sayısı genellikle beş veya daha fazla olmalıdır.

Ancak bu rakamın yirmiden çok olması işlemlerin sayısının oldukça yüksek olacağı anlamına geleceğinden pek tercih edilmemelidir. Pratik olarak sınıf sayısı şöyle bulunabilir:

$$\text{Sınıf Sayısı} = \sqrt{\text{Örnek Hacmi}(n)} \quad (2.1)$$

Örnek hacminin kare kökü bize sınıf sayısını verir. Sınıf sayısının belirlenmesinde kullanılacak bir diğer formül:

$$\text{Sınıf Sayısı} = 1 + 3,3 * \log (\text{Örnek hacmi } (n)) \quad (2.2)$$

Aşağıdaki tablo sınıflandırma yapılırken yardımcı olarak kullanılacak bir tablodur.

Çizelge 2.1 Sınıflandırma için yardımcı tablo

Veri Sayısı	Sınıf Sayısı
20-50	4-6
51-100	5-10
101-200	9-13
201-500	12-15
500-1000	15-20

Sınıflı seri oluşturma algoritmasını şu şekilde oluşturabiliriz:

1. İstatistik veriler içerisinde en büyük ve en küçük değerler bulunarak aralarındaki fark hesaplanır. Bulunan bu değere verilerin dağılma aralığı veya Range denir ve (R ) harfi ile gösterilir. Formülasyonu ise aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.3)$$

Burada  $X_{\max}$  = En büyük değer,  $X_{\min}$  = En küçük değerdir

2. Sınıf aralığını bulmak için dağılma aralığı sınıf sayısına bölünür. Sınıf aralığını bulmak için kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$\text{Sınıf Aralığı} = \frac{\text{Dağılma Aralığı (R)}}{\text{Sınıf Aralığı (n)}} \quad (2.4)$$

3. Verilerin en küçüğü birinci sınıfın alt sınırı olarak seçilir.

4. Sınıf aralığı buna eklenerek, ikinci sınıfın alt sınırı ve aynı işlem tekrarlanarak diğer

sınıfların alt sınırları hesaplanır.

5. Birinci sınıfın üst sınırı, ikinci sınıfın alt sınırından bir ölçü ünitesi eksik tayin edilir. Sınıf aralığı buna eklenerek ikinci sınıfın üst sınırı bulunur. Bu işlemin sonucunda, hiçbir istatistiksel veri dışarda kalmamış ve herhangi bir değerin hangi sınıfa gireceği konusundaki belirsizlik giderilmiş olur.

6. Sınıflar oluşturularak, her sınıfa düşen frekans sayısı bulunur ve frekans dağılım tablosu düzenlenmiş olur.

**Histogram:** Bir sayı grubunda hangi sayının ne sıklıkta olduğunu gösteren bir grafikdir. Yani, hangi değerden kaç adet olduğunu işaretlendiği bir grafikdir. Histogramlarda hangi değerden kaç adet olduğunu gösterilmesinin yanında, hangi değer aralığına kaç adet verinin düştüğü de gösterilebilir. Histogramlar bizim verilerimizin dağılımını gösterir.

Verilerin değerlendirilmesinde merkezi eğilim ve dağılım ölçüleri kullanılır. En çok kullanılan eğilim ve dağılım ölçüleri: Aritmetik ortalama, mod, medyan, standart sapma ve varyanstır.

**Aritmetik ortalama:** Bir sayı grubunda, tüm sayıların toplamının bu sayıların kaç adet ise o adede bölümü bize aritmetik ortalamayı verir. (X simgesi ile gösterilir.)

Basit seride aritmetik ortalama:

$X_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  olmak üzere

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \sum \frac{X_i}{n} \quad (2.5)$$

Frekanslı ve sınıflı serilerde aritmetik ortalama

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i f_i}{\sum f_i} \quad (2.6)$$

$X_i$  = sınıf orta noktaları

Mod (Tepe Değer) : Bir seride en çok tekrarlanan değer olarak tanımlanır.

$$\text{MOD} = X_a \frac{H_1}{H_1 + H_2} h \quad (2.7)$$

**Medyan (Ortanca) :** Bir serideki bütün değerleri küçükten büyüğe doğru sıralayarak bir dizi oluşturulursa, tam ortada yer alan ve seriyi iki eşit parçaya ayıran değer medyan olarak

tanımlanmaktadır. Özellikle çok büyük veya çok küçük değerlerin bulunduğu senlerde seriyi ortalamadan daha iyi temsil edebilmektedir.

$$\text{MED} = X_a + \frac{\sum N_i / 2 - N_{i-1}}{N_m} h_m \quad (2.8)$$

Medyan sınıfı :  $\sum N_i / 2$  değerini içinde barındıran en küçük birikimli frekans bulunarak belirlenir.

**Varyans :** İstatistik serisinde, serideki her bir terimin, serinin aritmetik ortalamasından olan farkların karelerinin toplamının, terim sayısına bölünmesiyle elde edilen değerdir. Böylece ortalamadan her iki tarafa sapan değerlere aynı önem verilmiş olur. ( $\sigma^2$  işareti ile sembolize olur.)

**Standart Sapma :** Varyans standart sapmanın karesidir. (Standart sapma =  $\sigma$ ) Standart sapma, serilerin dağılma durumunu en iyi şekilde ortaya koyar. Küçük değerde standart sapma, seri elemanlarının ortalama etrafında yoğun bir şekilde toplandığını, büyük değerdeki standart sapma ise, bunun tersine ortalama etrafındaki dağınıklığı ifade etmektedir. Ana kütlede çekilen örnek üzerinden hesaplama yapılsa; örnek ortalamasından sapmaların kareleri toplamı, serbestlik derecesi dediğimiz (n-1)'e bölünür. Böylece ana kütle parametresinin yansız bir tahmini yapılmış olur.

Basit serilerde standart sapmayı veren formül;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2.9)$$

Frekanslı ve sınıflı verilerde standart sapmayı veren formül;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 f_i}{\sum f_i} - \left( \frac{\sum X_i f_i}{\sum f_i} \right)^2} \quad (2.10)$$

olarak ifade edilebilir

## 2.3 OLASILIK VE OLASILIK DAĞILIMLARI

Olasılık, olaylar topluluğu içinde belirli özelliklere sahip olayların meydana gelme veya gelmeme durumunu belirten bir değer olarak tanımlanabilir.

Sürekli tesadüfi değişkenin değişim aralığı içindeki tüm değerleri için belirlenen olasılıklara olasılık dağılımı denir. İstatistiksel proses kontrolde kullanılan en önemli dağılım çeşitleri şunlardır:

- a) Normal Dağılım
- b) Normal Olmayan Dağılımlar

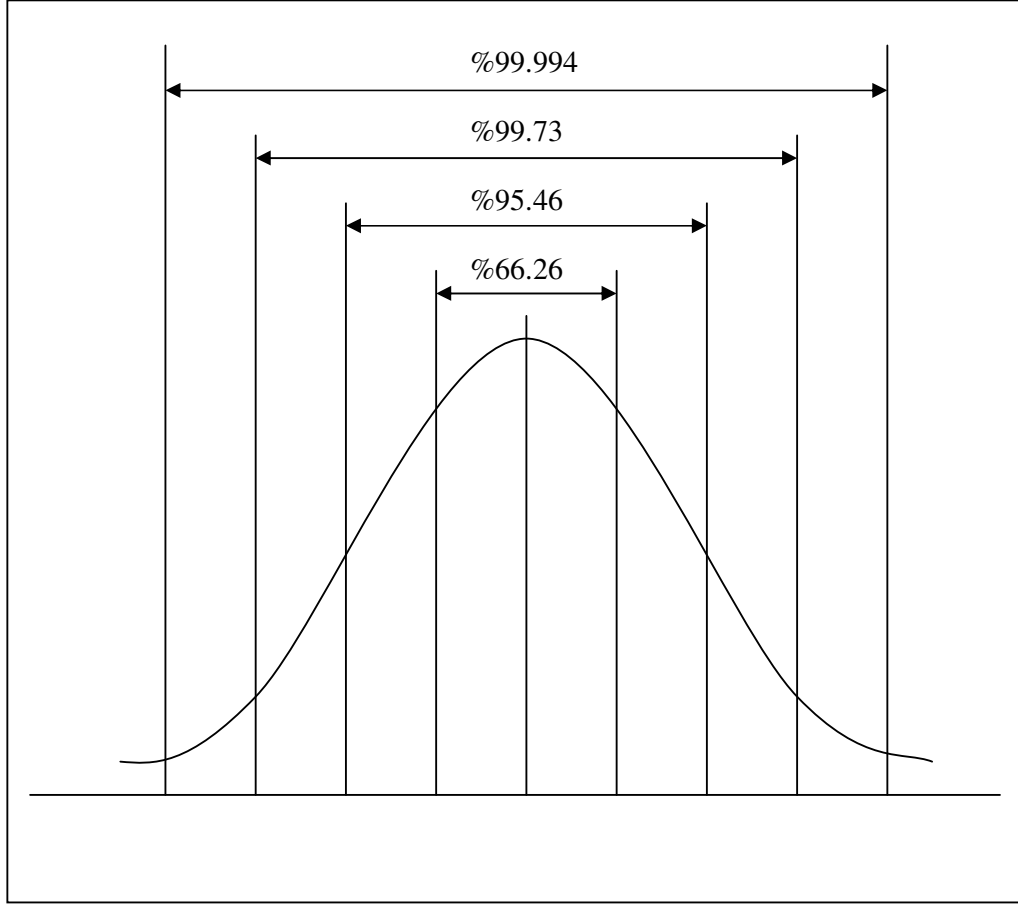
İstatistiksel Proses Kontrol uygulamalarında kullanılan bütün formüller normal dağılım kabulüne göre yapıldığından, bu bölümde sadece normal dağılım ile ilgili bilgi verilecektir.

### 2.3.1 Normal Dağılım

Yapılan araştırmalar ölçümlerdeki değişimlerin büyük bir benzerlik gösterdiğini ve bu değişimin hemen hemen daima çan şeklinde sürekli bir eğriye uyduğunu göstermektedir. Bu eğriye normal eğri veya Gauss eğrisi denmektedir. Normal dağılım örneklemeden yola çıkılarak toplam küme hakkında tahmin yapılmasına olanak sağlar.

Normal dağılım:

- Simetrik çan şeklinde bir eğridir.
- Eğri eksi sonsuz ile artı sonsuz arasında seyredir. Yani ölçüm değerleri ortalama değerden uzaklaştıkça iki yönde yatay eksene yaklaşır, ancak yatay ekseni hiçbir zaman kesmez.
- Olasılığının temel kanununa göre eğrinin altında kalan alan l'e eşittir.
- İki özellik karakterize edilir: Ortalama ve standart sapma.



Sekil 2.3 Normal dağılımın altında kalan alanlar

Şekil 2.2 'de gösterilen alan yüzdelelerini bir tabloda ifade edersek;

Çizelge 2.2 Eğri altında kalan alanların yüzde değerleri

Eğri Altındaki Alan	Yüzde (%)
$X \pm 1 s$	68.26
$X \pm 2 s$	95.46
$X \pm 3 s$	99.73
$X \pm 4 s$	99.994

X ortalama ve standart sapma biliniyorsa normal eğri altındaki alanlar kolaylıkla çıkarılabilir. Örneğin ortalamanın altındaki bir standart sapma ile ortalamanın üstündeki bir standart sapma arasında kalan alan, eğri altındaki toplam alanın %68,26'sını temsil eder. Ortalamadan, küsuratlı standart sapma değeri için bir alan bulunmak istendiğinde normal eğri altındaki alanlar tablosu kullanılır.

### 2.3.2 Normal Olmayan Dağılımlar

Bir dağılımın normal olması, diğer tür dağılımların anormal ve tuhaf olduğu şeklinde algılanmamalıdır. Normal deyimini hayatın her kesitinde (imtihan notlarında, zeka seviyesinde, ölçüm hatalarında) pek çok vakanın bu dağılıma uygunluk göstermesi nedeniyle kullanılmaktadır.

Normal olmayan dağılımlar simetrik değildirler. Ortalamanın sağında ve solunda dağılım farklılık gösterir. Bu tür dağılımlara normal olmayan dağılım dendiği gibi eğrilmiş dağılım da denir. Normal olmayan dağılımlar çok farklı eğilimler oluşturabilir. Dağılımın normaîliğini bozan nedenlerden en önemlilerini şöyle sıralayabiliriz.

- a) Fiziksel sınırlar nedeniyle dağılım belirli bir noktadan öteye geçemez. Örneğin, eksantriktik, dairesellik vb.
- b) Arıza nedeniyle yanlış değerler veren ölçme aletleri.
- c) Ölçmeyi yapan kişinin psikolojik olarak belirli ölçülere eğilimi. Örneğin rakamları yuvarlatma gibi.
- d) En önemlisi fiziksel şartlardaki değişmelerdir. Örneğin, aynı parçayı farklı ortalama değerlerde işleyen iki tezgahtan çıkan parçalar, üzerinde iki maksimumu olan bir dağılım verir.
- e) Farklı malzemeler ve takım kullanılması

Normal olmayan bazı dağılım türleri sanayide karşılaşılan bazı sorunların çözümünde çok yararlı olabilirler. Sanayide karşılaşılan bazı dağılımlar kısaca şunlardır:

### Binominal (Bernoulli) Dağılımı

İki halli hadiselere uygun bir dağılımdır. Yani bir olayın meydana gelmesi veya gelmemesinin bahis konusu olduğu hallerde bünye binom dağılım karakteri arz eder. (doğru -yanlış; hatalı-sağlam; yazı-tura gibi)

$p$  : bir hadisenin meydana gelme ihtimali

$q$  : aynı hadisenin meydana gelmeme ihtimali ise

$$p+q = 1$$

olacaktır.

$$P(x) = {}^N C_x p^x q^{N-x} = \frac{N!}{x!(N-x)!} p^x q^{N-x} \quad (2.11)$$

ifadesi, bir denemede basan şansı  $p$  olan bir olayın  $N$  denemede  $x$  defa gerçekleşme olasılığını verir.

Örneğin geçmiş sevkıyatlarda %5 red oranı ile çalışan bir yan sanayiden gelen son parti maldan 100 adet örnek alındığında örnek grubun kusursuz olma olasılığı binominal dağılım yaklaşımıyla hesaplanır.

### Multinom Dağılımı

Adından da anlaşılacağı gibi, binom dağılımın çoğul halidir. Eğer  $(E_1, E_2, \dots, E_k)$

olayların gerçekleşme olasılığı;  $(p_1, p_2, \dots, p_k)$  da sözkonusu olayların  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$

kere gerçekleşme şansı ise;

$$p = \frac{N!}{x_1! x_2! \dots x_k!} p_1^{x_1} p_2^{x_2} \dots p_k^{x_k} \quad (2.12)$$

olarak verilmiştir. Burada  $N$ , toplam deneme sayısı olup,

$$x_1 + x_2 + \dots + x_k = N \quad (2.13)$$

dir. Dikkat edilecek olursa binom dağılımı,  $(p_1 + p_2)N$  ifadesinin genel terimi; multinom dağılım da  $(p_1 + p_2 + \dots + p_k)N$  ifadesinin genel halidir.

## Poisson Dağılımı

Binom dağılımından yola çıkılarak,

$$P(x) = \frac{M^x e^{-M}}{x!} \quad (2.14)$$

olduğu gösterilebilir. Poisson dağılımı, gerçekleşme şansı çok az olan bir olayın tekerrürlerini temsil eder. Kaza istatistikleri, dolayısıyla sigortacılıkta ve bozuk parça oranı çok düşük olan seri imalattaki kontrollerde kullanılır.

## 2.4 VERİ TOPLAMA

İstatistiksel teknikler kullanarak doğru sonuçlara ulaşabilmek için Önce verilerin doğru olarak toplanması gerekmektedir. Veriler, incelenen durumu gerçekçi bir şekilde yansıtmalı, veriler tarafsız olmalı ve yorum katılmamalıdır. Verilerin yeterli olup olmadığı incelenmelidir. Veriler gerçekleri açığa çıkaracak şekilde toplanmalı ve özetlenmelidir. Genel olarak veriler iki ana gruba ayrılabilir:

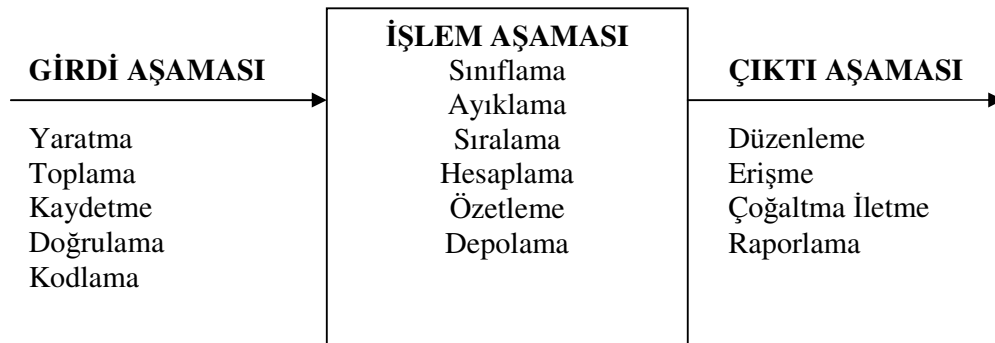
- a) Niceliksel veriler: Karşılığı bir alet yardımıyla ölçülmüş bir rakam olan sayısal veriler. Kalınlık, sıcaklık, ağırlık vb. gibi ölçülebilen değerlerdir.
- b) Niteliksel veriler: Belirli bir özelliğin duyu organlarımızla muayenesi veya sayılması ile toplanabilen verilerdir. Örneğin kusurlu ürün oranı vb. gibi elde edilmiş şekillerine göre veri çeşitlerini şu şekilde sıralayabiliriz.
  1. Ölçerek : uzunluk, sıcaklık, ağırlık vb.
  2. Sayarak : üretilen motor adedi, iade edilen kusurlu mamul adedi vb.
  3. Sıralayarak 400P enjeksiyon tezgahı birinci, 400 Y enjeksiyon tezgahı ikinci vb.
  4. Okuyarak notlar, raporlar vb.

İstatistiksel yöntemlerin uygulanmasında kullanılan sayısal verileri derlerken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- a) Veriler ne amaçla toplanmaktadır.
- b) Nerede, ne zaman ve kim tarafından toplandığı bilinmelidir.
- c) Veriler, toplandığı yere göre sınıflandırılmalıdır.

- d) Verilerin ne ile ilgili oldukları belirlenmelidir
- e) Kullanılan ölçü aletleri, ölçü birimleri, parti miktarları ve kaç adet veri toplandığı açıklanmalıdır.
- f) Veriler, hazırlanan bir foy üzerine kaydedilmelidir.
- g) Veri toplamada kullandığımız ölçüm yöntemleri ve cihazların doğru olması, periyodik bakımlarının gerçekleştirilmiş ve kalibrasyonlarının yapılmış olması gerekmektedir.
- İstatistiksel verilen toplarken dikkate alınacak noktalar şunlardır;

- a) Örnek sayısı örnek alma planlarından faydalanılarak belirlenmelidir.
- b) Veriler doğru toplanmalıdır.
- c) Örnek alınırken basit rassal örnekleme ile alınmalı ve tarafsız davranmaya dikkat edilmelidir.
- d) Anketörler eğitilerek verilerin doğru ve hatasız okunması ve kaydedilmesi sağlanmalıdır.
- e) Kontrol tablasından yararlanılarak veriler kaydedilmeli ve dağınık verilerle başanlı sonuç alınamayacağı bilinmelidir.
- f) Verilerin yeterliliği, gerçekleri açığa çıkaracak tarzda toplanmış olup olmadığı incelenmelidir.



Şekil2.4 Verilerin bilgiye dönüştürülme süreci

## 2.5 KALİTE KONTROLDE KULLANILAN TEMEL İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER

İstatistik biliminin kalite kontrolünde kullanılması ise 1920 yılında başlamış ve Dodge ve Roming'in kabul örnekleme konusunda yaptıkları çalışmalarla büyük gelişmeler göstermiştir.

Üretim işlemini istenilen ortalama kalite düzeyi ve kalite tekdüzeliği altında yürütmek en ekonomik ve güvenilir bir biçimde ancak istatistiksel kalite kontrol metotlarını uygulamakla mümkündür. Ayrıca istatistiksel kalite kontrol metotları, üretim işleminin normal koşullar altında kurulmasını ve yürütülmesini sağlamada çok önemli rol oynayan, bir aksaklık veya özel bir nedenle üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen ortaya çıkartarak gerekli tedbirlerin zamanında alınmasını sağlayan metotların uygulanmasıdır.

Kalite problemlerinin çözümünde yaygın kullanım alanına sahip olan ve özellikle proses kontrolü amacıyla kullanılan başlıca yedi yöntem vardır. Bu araçlar tek tek kullanılabilirdiği gibi, kalite problemlerini çözmek ve hataların nerelerden kaynaklandığını ortaya çıkartmak üzere bir arada da kullanılabilir. Uygulamalarda dikkat edilmesi gereken husus; verilerin yetkili elemanlar tarafından doğru olarak ve zamanında toplanmasıdır.

### 2.5.1 Çetele Diyagramı

Frekans dağılımı da denilen basit bir veri gruplama yöntemidir. Dağınık bir biçimde toplanan verilerden ilk bakışta daha fazla bilgi elde etmek üzere verilerin, alt ve üst sınırları belirlenen sınıflara ayrılması ve bu sınıflar arasında kalan değerlerin sayılması esasına dayanır. Çetele diyagramı verilerin dağılımı hakkında da bilgi sağlar. Kayıt formları toplama amaçlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

Ürünlere ilişkin çeşitli karakteristik değerlerin dağılımının nasıl olduğu histogramlar ile belirlenir. Uygun bir form üzerinde çetele tutularak kaydedilen verilerden dağılımın şekli hakkında bilgi sahibi olunabilir. Dağılımın tepe noktası (mod) sayısı, basıklık ve çarpıklık durumu, uç değerlerin varlığı veya kesikli durumların olup olmadığı, spesifikasyonlar (toleranslar) dışına taşmaların varlığı açıkça görülebilir.

Kusurlu ürün veya kusur yeri ve nedeninin kaydı ile kusurlu ürün sayısının bilinmesiyle beraber, kusura yol açan sebeplerin tespiti mümkündür.

Diyagram oluşturulurken izlenmesi gereken yol şöyle özetlenebilir. Önce parti büyüklüğü ve sonra da numune alma planlarından faydalanılarak örnek büyüklüğü belirlenir. Daha sonra hata tipleri alt alta yazılır ve hangi hata tipine rastlanırsa karşısına bir işaret konulur. Kontrol edilecek parça sayısı bitince her hata tipi için konulan işaretler toplanır. Red edilen kusurlu parça sayısı bilgi formuna yazılır. Böylece karşılaşılan hata türlerinin dağılımı ve düzeltmenin nereden başlaması konusunda fikir yürütülebilir.

Çizelge 2.3 Çetele tablosu örneği

<b>ÇETELE TABLOSU</b>		
<b>Ürün Adı :</b> 1 ¼" küresel vana	<b>Tarih :</b> 05.04.2006	
<b>Ürün Kodu :</b> KV5	<b>Saat :</b> 09:00	
<b>Parti No:</b> 0406		
<b>Toplam Adet :</b> 2120		
<b>Örnek Sayısı :</b> 2120		
Hata Türü	Çetele	Hatalı Adet
Pres baskı hatası	III. III. III.	15
Kesme Hatası	III	3
Diş çekme Hatası	III. III.	10
İşleme - Ölçü hatası	III. III. III	13
Kaplama Hatası	III. III. III. III.	20
Montaj Hatası	III. III. III. I	16
<b>Toplam Hata</b>		<b>77</b>

Çizelge 2.4 Boruların et kalınlıklarına göre frekans dağılım tablosu

Sınıflar				
Alt Sınır	Üst Sınır	Sınıf Orta Noktası	Çetele	Frekans
4,45	4,64	4,545	I	1
4,65	4,84	4,745	II	2
4,85	5,04	4,945	III	3
5,05	5,24	5,145	III	3
5,25	5,44	5,345	IIII IIII	10
5,45	5,64	5,545	III	4
5,65	5,84	5,745	III	3
5,85	6,04	5,945	II	2
6,05	6,24	6,145	I	1
6,25	6,44	6,345	I	1
			$\Sigma 30$	$\Sigma 30$

### 2.5.2 Histogram

Çetele diyagramı ile sınıflandırılan verilerin histogram adı verilen bir grafikte izah edilmesi yöntemidir. Histogram üzerinde gerektiğinde alt ve üst spesifikasyon limitlerinin belirlenmesi yolu ile kabul edilen ve red edilen üretim miktarları kolaylıkla görülebileceği gibi, verilerin normal dağılıp dağılmadığı da izlenir. Ayrıca iki farklı üretimin veya firmanın karşılaştırılmasında da kullanılan etkin bir yöntemdir.

Histogrami çizebilmek için yatay eksene ölçülen değerleri, yani toplanan verileri sınıflandırarak yazmak gerekmektedir. Her bir sınıfa düşen frekans sayılan da düşey eksende gösterilmelidir. Yorumların gerçeği yansıtabilmesi için en az 50 ve genellikle de 50-100 arasında veri ile çalışma tavsiye edilmektedir. Veri sayısının 50'den az olmasının sınıf adetlerini çok azaltacağını ve üretim prosesinin dağılımı ile ilgili olarak yanıltıcı fikir elde edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Histogramlar, spesifikasyon ve sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, malzeme ve değişik verileri (alet vs.) sınıflandırarak

üretim süreci içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılmaktadır.

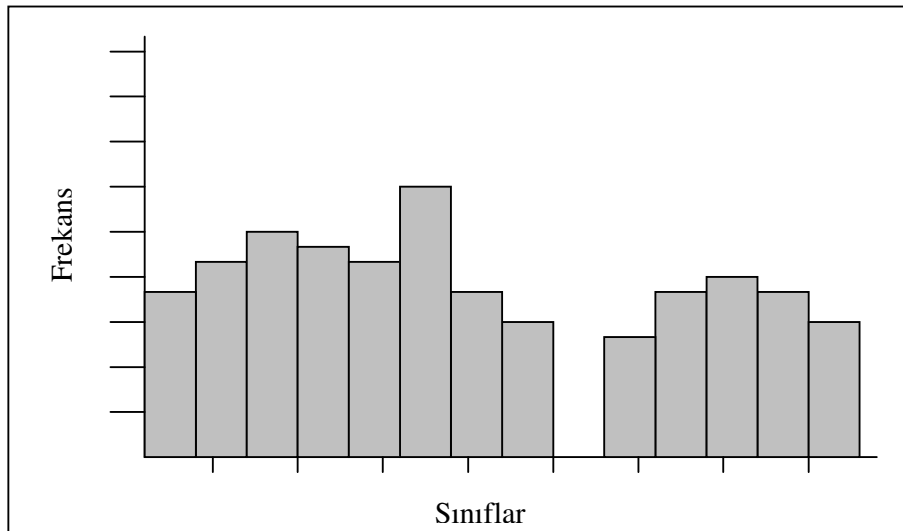
Histogramlar, dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu, şeklini, tek veya çift modlu oluşu gibi durumları yansıtırlar. Bunları izlemek sureti ile mevcut veya muhtemel sorunların yapısı ile ilgili önemli ipuçları elde edilebilir. Histogramlardan, geliştirme çalışmalarında, spesifikasyonlarla arasındaki ilişkilerin gösterilmesinde, hatalarla ilgili düzensizliklerin araştırılmasında yararlanır. Histogramlar istatistiksel proses kontrol uygulamalarında da oldukça sık kullanılmaktadır. Elde edilen verilerle oluşturulan histogramların başlıca tipleri ve bu oluşumun muhtemel nedenlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

**İki ayrı parçaya bölünmüş histogram:** Olası nedeni; verilerin iki farklı kaynaktan gelmesi, değişik kalite kontrol elemanlarınca tespit edilmiş olması veya iki farklı ölçü aletinin kullanılmasıdır. (Şekil 2.5)

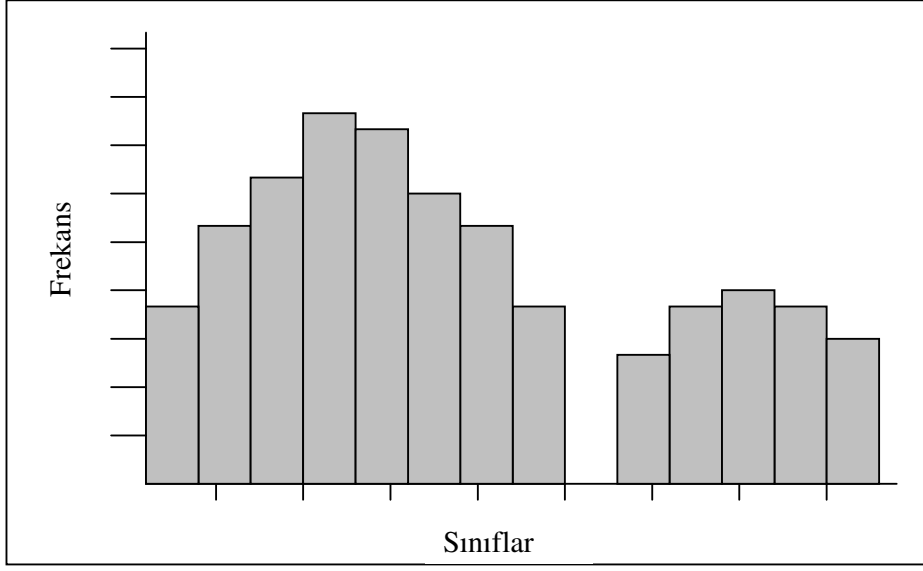
**Kesikli histogram:** Olası nedeni; ölçümler yapılırken veya histogram hazırlanırken hatalar yapılmasıdır. Yapılması gereken, sınıf adedinin değiştirilmesi, ölçme aletlerinin ve okuma metodlarının kontrol edilmesidir. (Şekil 2.6)

**iki modlu histogram:** Olası nedeni; iki ayrı proses yönteminin kullanılmasıdır. Grubun dağılımı incelenmeli ve her grup için ayrı histogram yapılmalıdır.(Şekil 2.7)

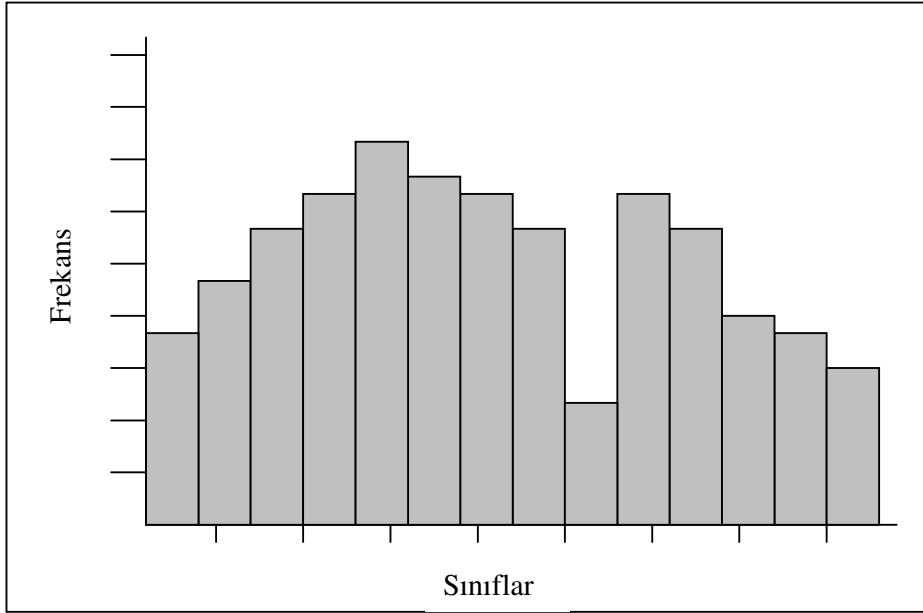
**Soldan sağa doğru azalan bölünme:** Olası nedenler; söz konusu numunelerin muhtemelen rast gele seçilmesinden kaynaklanır. (Şekil 2.8)



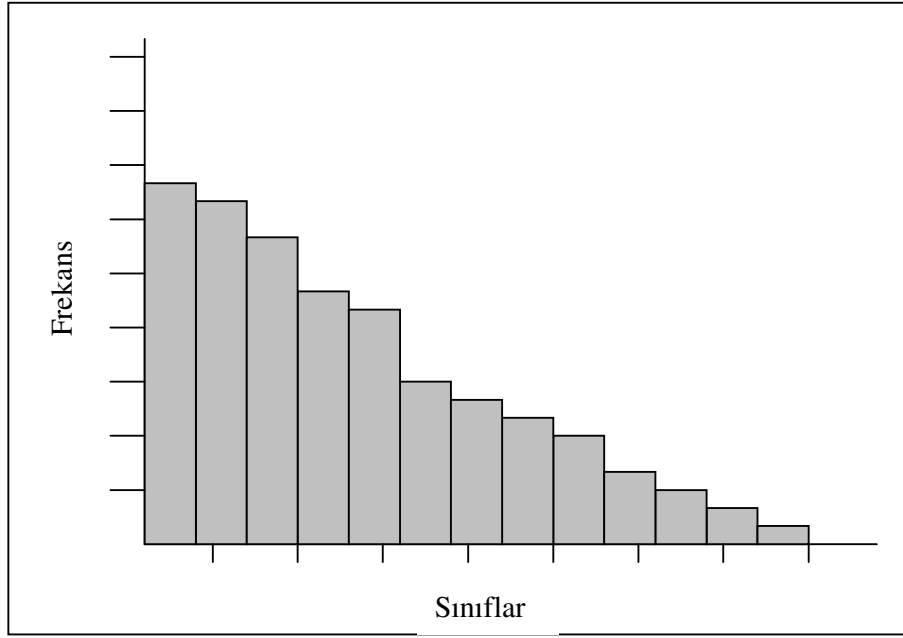
Şekil 2.5 İki ayrı parçaya bölünmüş histogram örneği



Şekil 2.6 Kesikli histogram örneği



Şekil 2.7 iki modlu histogram örneği



Şekil 2.8 Soldan sağa doğru azalan bölünme örneği

### 2.5.3 Pareto Analizi

Değişik parçalar için üretim hatalarının direkt işçilik giderlerinin veya maliyetin yüzde ne kadarını oluşturduğunu görülebildiği, maliyet ve hata analizi için kullanılan bir yöntemdir. Pareto grafiklerinin kalite kontrol çalışmalarının ilk kullanımı Juran tarafından olmuştur. Juran üretim veya hizmette bazı kusurların bir çok problemin kaynağı olduğunu görmüştür. Bu kusurlar iki ayrı gruba ayrılabilir. Birinci grup; miktarı az fakat önemi veya etkisi fazla (vital few), ikinci grup ise miktarı çok fakat önemi veya etkisi az ( vital many ) olan değerlerden oluşmaktadır. Pareto prensibine göre kusurların veya uygunsuzlukların % 80'nin sebebi sebeplerin %20'sidir.

Bu diyagramlar, yönetime işletme körlüğü denilen durumlarda ilgili alanlarda yardımcı olur. Yöneticilere kritik noktaları tespit edip, gerekli müdahaleleri yapmasına imkan veren bir yardımcı araçtır. Bu dağılımdan yararlanarak hangi parçaların maliyet bakımından önemli olduğu tespit edilir ve kontrol çalışmaları daha çok parçalar üzerinde yoğunlaştırılır. Diğer parçalar için kritik parça olmadığı sürece gevşek kontrollerle yetinilebilir. Bu diyagrama kalite grupları tarafından çabalan, en verimli alanlara yöneltmek ve doğru kararlar verebilmek için başvurulabilir.

Pareto diyagramlarının hazırlanmasında beyin fırtınası ve neden-sonuç diyagramları ile, olası problemlerin nedenleri belirlenerek bu diyagrama temel oluşturacaktır. Diyagramı oluşturmak için belirli bir zaman aralığında ve düzenli bir şekilde toplanıp kontrol tablosuna işlenen verilerden yararlanılır. Belirlenen nedenler ve alt nedenler önem derecelerine göre sıralandıktan sonra yatay eksene eşit aralıklarla ve önem şurasına göre yerleştirilir. Hata sayısı en fazla olan en başa yazılmakta ve sağa doğru sütun boylan ve önem dereceleri azalmaktadır. En sağa "diğerleri" adı altında önemsiz ve kısa kolonlar birleştirilerek konulabilir. Hata sayısı, yüzde veya maliyet gibi değerler "Y" ekseninde gösterilmektedir. Hata nedenlerinin toplam frekans içindeki değeri, sütun boyunu oluşturmaktadır. Sütunlar üst üste konularak ve sütunların sağ üst köşeleri birleştirilerek toplam eğrisi tamamlanmış olmaktadır. Bu eğri başlangıçta çizilen diyagramla, üzerinde çalışma yapılacak hata sayısı azaldıktan sonra çizilen diyagram arasındaki farkı göstermek için kullanılabilir. Belirlenen etkinliği en yüksek neden elimine edildikten sonra ulaşılan son durumun başlangıçtaki durumla arasındaki fark bu eğri ile kolayca tespit edilebilir.

Pareto analizi, gücün bir noktaya yoğunlaştırılmasında, grubun yaptığı çalışmalarda sonuçların doğruluğunu göstermede ve yönetime etkili raporların sunulmasında başvurulacak bir yöntemdir.

Pareto diyagramları ile çalışırken şu hususlara dikkat etmek gerekir:

- Çözümde.kavuşturulduğunda.en.çok.kar.getirecek.problemin.çözümünden başlanmalı.
- Çözümde.problemleri.ilgilendiren.bölümlerle.beraber.ortak.bir.çalışma yapılmalı ve beraber çözüm önerileri geliştirilmelidir.
- Diyagramlar,.her.rapor.döneminde.aylık.peryotlar.için.hazırlanmalıdır. Böylece prosesdeki kusurların düzeltilmesi için alınan tedbirlerin başarısı izlenebilir.

Belirli dönemlerde hazırlanan pareto diyagramları ile kusurların sık aralıklarla tekrarlandığı belirlenirse prosesin kontrol dışı veya kontrolünde eksiklikler olduğuna karar verilebilir.

Çizelge 2.5 Kusurlu sayısı ve toplam maliyetlerle ilgili veriler ; küresel vana imalat hataları

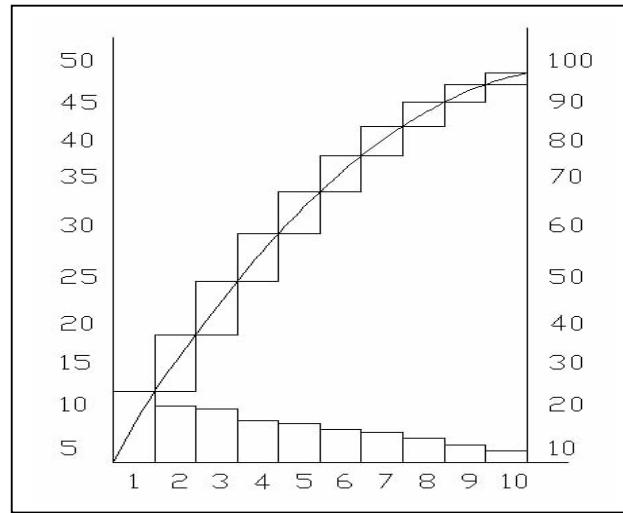
Kusur Tipi	Kusurlu Sayısı	Kusur Tipi	Maliyet
Gövde kaplama hatası	50	Gövde dış çekme hatası	2900
Kapak kaplama hatası	46	Kapak dış çekme hatası	2500
Çubuk kesme hatası	30	Gövde işleme hatası	1500
Küre işleme hatası	24	Gövde pres baskı hatası	1000
Gövde pres baskı hatası	15	Kapak işleme hatası	900
Gövde dış çekme hatası	12	Kapak pres baskı hatası	600
Gövde işleme hatası	10	Küre işleme hatası	300
Kapak dış çekme hatası	8	Çubuk kesme hatası	150
Kapak işleme hatası	3	Gövde kaplama hatası	100
Kapak pres baskı hatası	2	Kapak kaplama hatası	50
Toplam	200	Toplam	10000

Çizelge 2.6 Kusurlu sayısı ile ilgili pareto analizi; küresel vana imalat hataları

Kusur Tipi	Kusurlu Sayısı	%	Kümülatif toplam
Gövde kaplama hatası	50	25	25
Kapak kaplama hatası	46	23	48
Çubuk kesme hatası	30	15	63
Küre işleme hatası	24	12	75
Gövde pres baskı hatası	15	8	83
Gövde dış çekme hatası	12	6	89
Gövde işleme hatası	10	5	94
Kapak dış çekme hatası	8	3	97
Kapak işleme hatası	3	2	99
Kapak pres baskı hatası	2	1	100
Toplam	200	100	

Çizelge 2.7 Maliyetlerle ilgili pareto analizi; küresel vana imalat hataları

Kusur Tipi	Maliyetler	%	Birikimli Toplam
Gövde dış çekme hatası	2900	29	29
Kapak dış çekme hatası	2500	25	54
Gövde işleme hatası	1500	15	69
Gövde pres baskı hatası	1000	10	79
Kapak işleme hatası	900	6	85
Kapak pres baskı hatası	600	5	90
Küre işleme hatası	300	4	94
Çubuk kesme hatası	150	3	97
Gövde kaplama hatası	100	2	99
Kapak kaplama hatası	50	1	100
Toplam	10000	100	



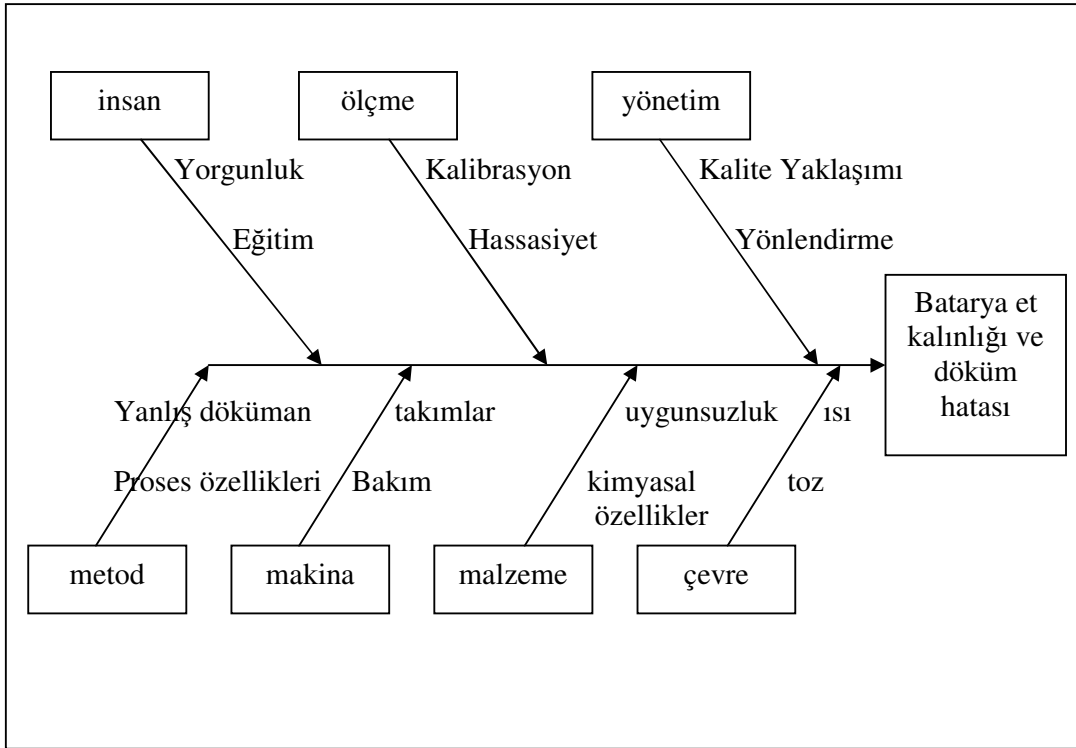
Şekil 2.9 Kusurlu sayısı ile pareto diyagramı; küresel vana imalat hataları

#### 2.5.4 Sebep-Sonuç Diyagramı (Kılçık Diyagramı)

İlk defa 1943 yılında Tokyo Üniversitesinden Prof. Kaoru Ishikawa tarafından kullanılmıştır. Japon endüstrisinde kalite kontrol faaliyetleri içerisinde vazgeçilmez bir araç durumuna gelmiş, daha sonra tüm dünyaya, sadece kalite uygulamalarında değil, başta problem çözme teknikleri olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır.

Sebep sonuç diyagramı yardımıyla problem hakkında tüm bilinenler ortaya konulur ve buradan bilinmeyenlere doğru sistematik bir yaklaşımla problemin çözümü sağlanmaya çalışılır. Hatalı ürünü ortaya çıkaran nedenleri ile hataların önem dereceleri de farklılık gösterdiğinden bunları bir proses içerisinde sistematik olarak izlemek mümkün olmaktadır.

Sebep sonuç diyagramları, ortaya çıkmış bir sonucu (kalite problemleri vs.) oluşmasına neden olan ana ve bunlara bağlı alt nedenlerin belirlenmesinde kullanılır. Aynı zamanda, herhangi bir sürece ilişkin temel faaliyetleri tespit etme gerektiğinde iyileştirme yapmak için de kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda sonucu doğuran ana nedenler ya da süreci oluşturan temel faaliyetler ortadan geçen doğruya birleşen değişik yönlü çizgilerle temsil edilirler. Bu çizgiler ana sebep/faktörleri, bunlarla birleşen yan çizgiler ise yardımcı sebep/faktörleri temsil etmektedirler. Ortadaki okun sağ ucundaki kutu içine sebeplerini bulmaya çalıştığımız sonuç yada analiz ettiğimiz sürecin adı yazılır.



Şekil 2.10 sebep-sonuç diyagramı; batarya döküm hatalarının sebepleri

Başarılı bir sebep sonuç diyagramı hazırlanabilmesi için etkin bir grup çalışması yapılmalıdır. Sebep sonuç diyagramının kullanımı, üyelerin süreç üzerindeki

düşüncelerini sistematize etmeye ve birleştirmeye yardım edebilir. Bu diyagramın hazırlanması çok kolay olduğundan iş görenler tarafından da kolaylıkla kullanılabilir.

Sebe-sonuç diyagramları kalite sorunları yanında aşağıda yer alan sorunların çözümünde de yardımcı araç olarak kullanılabilir.

- İşletmenin sorunları konusunda bütün bilinenlerin ortaya konulması,
- Bilinen verilerden hareketle bilinmeyenlere doğru sistematik olarak yaklaşabilirle,
- İşletmenin sorunlarını bilen kişilerin deneyimlerinden yararlanabilmek,
- Sorunları çözme sürecinin daha düzenli duruma getirilmesi,
- İşletmede çalışanların sorunların çözümünde katkısını ve işbirliğini sağlamak.

Ishikawa diyagramının sağ ucunda yer alan sebeplerin arandığı sonucu etkileyen nedenler genel olarak beş ana gruba ayrılabilir.

1. Malzemeler,
2. Makinalar
3. Metodlar,
4. İnsan,
5. Çevre,
6. Diğer nedenler,

İşletmede kalite değişikliğine yol açan nedenler karmaşık bir yapıda ise, proses yeterince tanınmıyorsa hazırlanan diyagramdan iyi sonuç alınmaz. Bu analizin en Önemli yaran bütün sebepleri/faktörleri beraberce görme, aralarındaki ilişkileri inceleme ve alt sebepler/faktörler arası iletişimi kolaylaştırmaktır.

Sebe-sonuç analizine katılanların mümkün olduğu kadar çok öneri üretmesine imkan veren beyin fırtınası yöntemi kullanılarak sorunun sebeplerinin geniş kapsamlı olarak düşünülmesi ve görüşülmesi imkanı elde edilebilir.

### 2.5.5 Sınıflandırma (Tabakalama)

Belli kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılma sürecidir. Bu süreci kısmen tanımlayan diğer sözcükler; parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, gruplandırma, kataloglama, tasnifleme ve karakterize etmedir.

Sınıflandırma, sorunları çözmeye yardımcı bir yöntemdir. Çözüm sürecine yardım etmekte fakat kendi başına sorunları çözememektedir. Ancak, çözüme yaklaşımda uygulayıcılara oldukça önemli bilgiler sağlamaktadır.

Sorunların meydana gelmeden önlenmesi için kullanıldığı gibi, bir sorunun parçalara ayrılıp her parçayı tek tek inceleme imkanı da sağlar. Ayrıca, sorunların kaynaklarının belirlenmesinde, olumlu değişikliklerin nedenlerini incelemekte kullanılır. Belirli malzeme, operatör, makina vs.'nin etkisinin incelenmesi için kullanılan bir istatistiksel proses kontrol tekniğidir. Sınıflandırma, toplu verilerin elemanlarına ayrılmasıdır. Önce sınıflandırılacak veriler belirlenir, ortak gruplar seçilir ve veriler ayrı gruplar halinde değerlendirilir.

Veriler, başlıca şu gruplara ayrılabilir ;

1. Hata türüne göre
2. Vardiya türüne göre
3. Güne göre
4. Makinaya göre
5. Partiye göre
6. Çalışana göre

### 2.5.6 Serpilme (Dağılma) Diyagramı

Üretilen ürünün kalitesini etkileyen herhangi iki özellik arasında ilişki olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan bir yöntemdir. Serpilme diyagramları genellikle iki cins veri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. X ve Y olarak gösterilen iki istatistik serinin artış ve azalışları birbirini etkiliyorsa, bu iki seri verileri arasında bir korelasyon var demektir. İki seri arasındaki korelasyonun hesabı formül 2.15 ile yapılır.

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 - \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.15)$$

Uygulamada genellikle bir ürünün karakteristiğinin üretim prosesinin karakteristiği ile ilişkili olup olmadığı araştırılır. Kalite problemleri çoğunlukla bu ilişkinin bozulması sonucu ortaya çıkmaktadır. Aralarında ilişki bulunan karakteristiklerden bir tanesi kontrol altına alındığında, ikincisini de kontrol altında tutmak mümkün olacaktır. Korelasyonun varlığı veya derecesi, yönü hakkında uygun karar verebilmek için şu noktalara dikkat edilmelidir;

1. Kalite karakteristiğine etki eden faktörler içinden, kalite karakteristiği ile ilgisi en kuvvetli olan seçilmelidir.
2. Karakteristikleri kontrol etmek için, uygun şartların temin edileceği en uygun değişken aralıkları seçilmelidir.

Bir serpilme diyagramı çizmek için önce, aralarındaki ilişki araştırılacak iki değişkenden belirli bir zaman dilimi boyunca 50-100 arasında örnek alınmalıdır. İkili ilişkiye neden olduğu düşünülen değişken "X" eksenine, bu değişkene bağlı olarak değiştiği sanılan ve sonuç olarak değerlendirilen değişken de "Y" eksenine yerleştirilmelidir. X değerine bağlı olarak ortaya çıkan Y değerlerinin kesiştiği yerlere birer nokta konularak, oluşan nokta demeti incelenir ve aralarında bir ilişki olup olmadığı hakkında yorum yapılır. Eğer iki veri tür arasında bir ilişkiden söz ediliyorsa bu ilişki:

1. Sebep sonuç ilişkisi.
2. Bir faktör (sebep) ve diğer bir faktör (sonuç) arasındaki ilişkidir.

Serpilme diyagramları ile elde edilebilecek sonuçlar ve bunların kalite ile ilgili yorumların şu şekilde yapabiliriz:

- a) Kuvvetli pozitif korelasyon: Y'de meydana gelen artışlar X'e bağlıdır. Eğer X kontrol altında tutulursa, Y de kontrol altında tutulmuş olacaktır.
- b) Zayıf pozitif korelasyon: Burada Y'ye X dışında etki eden diğer faktörlerin varlığından söz edilebilir. X arttıkça Y de artacaktır. Ancak bu artış kuvvetli pozitif bir korelasyona göre daha az olacaktır.
- c) Kuvvetli negatif korelasyon: X'deki bir artış Y'de azalmaya neden olmaktadır. Burada Y yerine X'in kontrol altında tutulması gereklidir.

- d) Zayıf negatif korelasyon: X'deki artış Y'de azalma şeklinde bir eğilim ortaya koymakla birlikte Y'ye etki eden başka faktörlerin varlığından da söz edilebilir. Bu nedenle, kuvvetli negatif korelasyona göre, Y'deki azalma daha az olur.
- e) Korelasyon yok: Burada incelenen X ve Y verilerinin arasında herhangi bir ilişki (korelasyon) yoktur.

### 3. KONTROL DİYAGRAMLARI

Temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılanı kontrol diyagramlarıdır. İstatistiksel proses kontrol uygulamaları temel olarak kontrol diyagramlarına dayandığı için bu konu ayrıntılı bir şekilde Bölüm 3'te incelenecektir.

#### 3.1 KONTROL DİYAGRAMLARININ TANIMI VE AÇIKLAMASI

Temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılanı kontrol diyagramlarıdır.

Tabiatta hiçbir şey diğerinin aynısı değildir. Bu konu üretimde de önemli noktalardan birisidir. Üretilen her ürünün veya onu oluşturan parçaların, kalite, özellikleri ile ilgili olarak değişkenlik göstermeleri doğaldır. Parça usulü ile üretimde üç değişkenlik kaynağı söz konusudur.

- a) Parça içinde değişkenlik. (Örneğin: Parçanın farklı yüzeylerindeki ölçülerin değişmesi)
- b) Parçadan parçaya görülen değişkenlik. (Aynı zamanda üretilmiş parçalar arasında değişkenlik)
- c) Zamanla ilgili değişkenlik.(Gün boyunca farklı zamanlarda üretilen ürünlerdeki farklılık)

Bu değişkenliklere 5 ana faktör neden olur.

1. Prosesler: Bunlardan başlıcaları; aletin yıpranması, makinanın titremesi, çalışma pozisyonu, elektrik dalgalanmaları.
2. Malzemeler: Yapısı, ölçüsü ve sertliği
3. Çevre şartları: Sıcaklık, nem, ışık ve voltaj stabilitesi
4. Operatör: Tezgah ayan, konumlama hassasiyeti, kullanım talimatına uyma derecesi, yöntem, beceri, eğitim, fiziksel ve ruhsal durumu
5. Muayene: Hatalı muayene ekipmanı, kalite standardının yanlış uygulanması, farklılıkların hatalı şekilde rapor edilmesi.

Sayılan bu 5 varyasyon kaynağı beklenen bir şekilde dağıldığı sürece proseste tesadüfen meydana gelen farklılıklara neden olurlar. Bunlara kısaca "Doğal Nedenler" denilir.

Bunlar prosesin tabiatında bulunan, tesadüfen ileri gelen ve kaynağı tespit edilemeyen faktörlerden oluşan farklılıklardır. Bu grupta herhangi birinin tek başına etkisi o kadar küçüktür ki, varlığı veya yokluğu ürünün kalitesinde pek fark yaratmaz. Fakat bu faktörler proseste belirli bir miktarda değişime neden olur. Genellikle küçük olan bu değişkenlik kaçınılmazdır ve kabul edilebilir düzeydedir. Diğer taraftan proseste 'beklenenin dışında büyük değişiklikler de meydana gelebilir. Bunlar ürünlerde belirtilen toleransların dışında değişikliklere sebep olan ve kaynağı tespit edilebilen "Doğal Olmayan Nedenler"dir. Bu tür nedenler mevcut proses ile üretilen mamullerin kalitesini, ortalama değerini veya dağılımını değiştirebilir. İşte kalite özelliklerindeki değişkenliğin tesadüfen mi yoksa bir takım tespit edilebilir nedenlerden mi kaynaklandığı kontrol diyagramları ile anlaşılır.

Kontrol diyagramları arzu edilen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için prosesin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. İlk uygulamaları 1924 yılında Shewhart tarafından başlatılmıştır. Bu diyagramlara bu nedenle "Shewart Grafiği" de denilir.

Tanım olarak; ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş deneylere dayanarak, saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yarayan grafiklere kontrol diyagramları denir.

Üretim tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans vb. Spesifikasyonları önceden belirlenen limitler arasında değişim göstermesi normaldir. İdeal durum, proseste bu değişimin limitler arasında kalması yeni prosesin kontrol altında olmasıdır. Bu değişimler, limitleri aşarsa proses kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır. Bu işlemlerin yapılmasında kulandan en etkili araç kontrol diyagramlarıdır.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta; kontrol diyagramların bir sorunun varlığını göstermesi, sorun hakkında ipuçları vermesi ancak sorunun nedenini gösterememesidir.

Kontrol diyagramlarının kullanılabilmesi için süreçten düzenli bir şekilde veri toplanmalıdır.

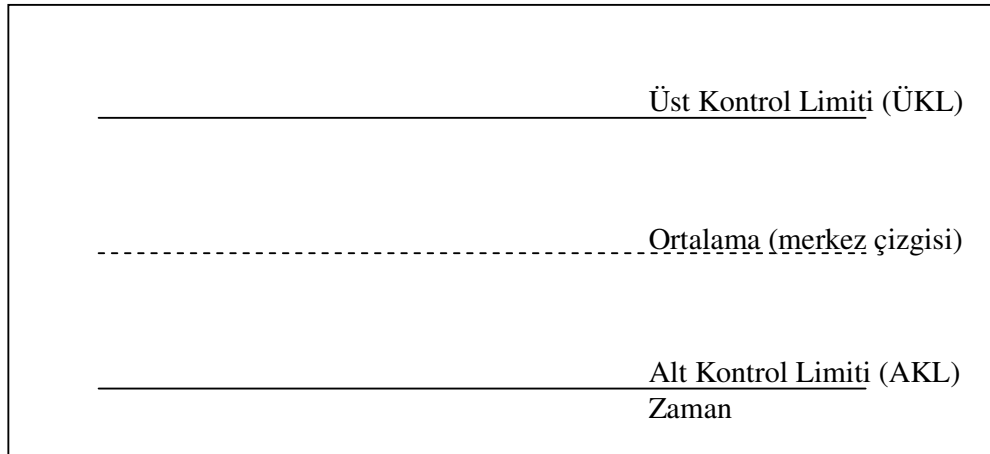
Kontrol diyagramlarının kullanımı ile elde edilecek yararları en genel anlamda şu şekilde sıralayabiliriz:

- Operatörün operasyonunu gidişatını izlemesi sağlanır.

- Operasyonun, kalite ve maliyet açısından sabit ve hatası önceden tespit edilebilir olmasını sağlar.
- Operasyonun performansı üzerinde aynı dilin konuşulmasını sağlar.
- Özel ve genel nedenlerin birbirinden ayrılmasını sağlar.
- Proses önemli değişimler meydana getirmeyen tesadüfi faktörlerin etkisi altında olur.
- Prosesi etkileyen özel faktörler varsa zamanında farkına varılarak düzeltici önlem alınır. Iskarta veya hatalı parçalar azaltılır.
- Proses ile ilgili geçerli veya güvenilir tahminler yapılabilir.
- Hatalı parça çıkma olasılığı azaltılarak verim artışı sağlanır.
- Kalite güvenliği sağlanmasına yardımcı olur.

### 3.2 KONTROL DİYAGRAMLARININ YAPISI

Kontrol diyagramlarında 3 çizgi vardır.ÜKL ile gösterilen üst kontrol limiti, AKL ile gösterilen alt kontrol limiti ve ortalama çizgileridir. Bu çizgiler kontrol diyagramlarında aşağıdaki gibi yer alır.



Şekil 3.1. Kontrol diyagramlarının yapısı

Bir işlemden sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken normal bir dağılım gösterir. Bu durumda bir ortalama ve standart sapması vardır. Ortalama değer etrafında bir

alan oluşturur. Bu alan içerisinde yer alan olasılıklar, toplam olasılıkların 0.9973' ünü kapsamaktadır. ÜKL' nin normal dağılımını simgeleyen çan eğrisinin ve AKL' nin taraflarının dışında kalan 0.00135 olasılık değerine eşit olup, limitler arasında kalan eğri altındaki kalan alan ise 0.9973 değerine eşittir. Doğal nedenlerden veya tesadüfen meydana gelen ve nedeni tespit edilemeyen değişkenlikler 0.9973 olasılık değerine eşdeğer olan limitler arası alana eşittir. ÜKL ve AKL dışında kalan alanların değeri ise;

$$(1-0.9973) / 2 = 0.0027 / 2 = 0.00135 \quad (3.1)$$

değerine eşit olup nedeni tespit edilebilen ve doğal olmayan nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri göstermektedir.

Prosesin kontrol altında veya kontrol dışı olma durumu bir çeşit hipotez kontrolüdür. Kontrol diyagramlar, prosesin, "proses kontrol altındadır" hipotezini test eder. Kontrol sınırları içerisine düşen bir nokta, "proses kontrol altındadır " hipotezini kabul etmek, kontrol sınırları dışına düşen bir nokta ise "proses kontrol altındadır" hipotezini reddetmek anlamına gelmektedir. Özetle, kontrol diyagramları kullanılarak proses denetlenirken kullanıcının daima karşı karşıya bulunduğu iki tip hata vardır.

- I.Tip hata: Proses gerçekten kontrol altında iken, kontrol dışı olduğuna karar vermek.
- II.Tip hata: Proses gerçekten kontrol dışında iken, kontrol altında olduğuna karar vermek

I. tip hata yapıldığında katlanılacak sonuçlar; gerçekte proseste özel bir nedene bağlı bir değişim olmadığı halde prosesi durdurup özel neden aramak ve belki de gerekli olmadığı halde proseste birtakım düzeltmeler yapmak.

II. tip hata yapıldığında; gerçekte özel bir nedenden dolayı kontrol dışında olan prosesin hatalı üretiminin devam ettirilmesi ile ortaya çıkan hatalı ürün maliyetlerinin artmasına yol açar.

İki tip hatadan biri tamamen önlenirse bile ikisini birden ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bununla birlikte bu iki tip hatanın zararı, kontrol diyagramı yöntemi ile en aza indirilebilir. Kontrol diyagramları kullanımı ile proseste değişime yol açan özel nedenler olmadığında olası bir özel neden aranmayacağı gibi, ortaya çıkan nedenlerin saptanmasında da fazla gecikmeden kalitenin korunması ekonomik bir şekilde sağlanabilir.

Kontrol limitleri prosesteki genel nedenlerden doğan değişmelerin sınırlandır ve hesapla elde edilmektedir. Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar tipik özel neden belirtisidir. Proseste normal olmayan bir şeylerin var olduğunun habercisidir ve eğer önlem alınmasa

hatalı parçalar üretilebileceğini ikaz ederler. Bu durumlar kontrol dışı durumlar olarak adlandırılır. Kontrol limitlerinin içine düşen nokta veya noktalar, işlemden özel nedenlerin olmadığı garantisini vermez. Fakat tespit edilebilir nedenlerin varlığını önce sürece kanıtların olmadığını gösterir.

Bu diyagramlar, gerektiğinde prosese müdahale imkanın en kolay duruma getirebilmek için, prosese, operasyona en yakın ve en uygun pozisyonda bulunan elemanlar tarafından tutulur.

Kontrol çizelgelerinin kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken maddeler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Proses kontrol çizelgelerini proses takip çizelgelerinden ayıran unsur, kontrol sınırlarının eldeki verilere göre hesaplanarak kullanılmasıdır. Kontrol sınırları ile, prosesin yeteneğinden gelen bir kabul edilebilirlik bölgesi tanımlanmış olmaktadır.
2. Kabul edilebilirlik bölgesi tanımlandıktan sonra, prosesin "bölge içi" ve "bölge dışı" özel durumlarına göre bazı tedbirleri almak gerekir.

Kabul bölgesi dışındaki noktalarla ilgili olarak, bunları ortaya çıkartan nedenlerin incelenmesi ve bunların giderilerek prosesin düzeltilmesi gerekir.

Kabul bölgesi içinde, sürekli artış/azalış gibi belirli bir trend gösteren verileri ortaya çıkartan özel nedenlerin araştırılıp giderilmesi gerekir.

Benzer şekilde kabul bölgesi içinde kalınsa da, tekrarlayan kalıplardan oluşan bir seyir izleyen veriler de özel bir durumu işaret etmektedirler. Bunun da incelenmesi gerekir.

3. Eğer proses kontrol altında ise bunu oluşturan şartlar kaydedilmeli ve proses bu şartlarda tutulmalıdır. Buna standardizasyon denir. Prosesi belirleyen (3M+İ+Ç) şartları sabitlenerek prosesin dengede kalması sağlanır. Kontrol çizelgeleri, söz konusu standardizasyonun uygulanma durumunu ve ne oranda başarılı olduğunu gösterir.
4. Kontrol çizelgelerini oluştururken, süreci belirleyen (3M+İ+Ç) şartlarındaki değişimlerin dikkate alınmasıyla, proses analizinin altyapısı oluşturulur. Örneğin birkaç çeşit malzeme ile çalışılıyorsa, bunlara ait çizelgeleri ayrı takip edilmeli

veya çizelge üzerinde bu farklılık anlaşılabilir. Operatör ve çevre şartları için de aynı durum sözkonusudur. Sürekli gelişmenin bir gereği olarak proses analizi ihmal edilmemelidir.

5. Kontrol çizelgelerinin amacı prosesin izlenmesidir. Bu fonksiyon ancak prosesle birlikte eş zamanlı olarak yürütülüyorsa anlamlıdır. Zira ancak bu şekilde asgari kayıpla prosesi düzeltici önlem alma şansı sözkonusudur.
6. Kontrol çizelgeleri sayısal verilere dayanır. Sayısal veriler, iki farklı tip veri grubundan gelebilir.

Ölçülen veriler: parça .boylan veya proses şartları gibi süreklilik gösteren verilerdir.

Sayılan veriler hatalı parça oranı/adedi ve kusur sayısı gibi süreksiz verilerdir.

7. Kontrol çizelgeleriyle izlenecek parametrelerin seçimi çok önemlidir, zira her çizelge yeni bir maliyet unsurudur.Yeterli hale gelen proseslere ait ölçüm sıklığının azaltılması ve tedricen çizelgeyle izlemenin bırakılması amaç olmalıdır.
8. Çizelgelerin gösteri aracı olmadıklarının-anlaşılması için, iki değer geçmiş değerlerle mukayesesi çok önemlidir.

Tolerans sınırları (prosesi yeterli göstermek için genişletilmiş mi?)

Kontrol limitleri (sürekli gelişme felsefesine uygun olarak daraltılıyor mu?)

9. Prosesi belirleyen şartlarda ( $3M+\dot{I}+\dot{C}$ ), bir değişiklik söz konusu ise, kontrol sınırlarının yeniden hesabı şarttır. Belirleyici şartlarda bir değişiklik sözkonusu değilse de kontrol sınırlarının periyodik olarak (Örneğin ayda 1) yeniden hesaplanması yararlı olur. Sınırların yeniden hesabı, sürekli gelişmenin veri tabanını oluşturacaktır. Beklenen, kontrol sınırlarının doğal olarak daralmasıdır. Kontrol sınırlarının yeniden hesabında şu hususlar dikkate alınmalıdır:

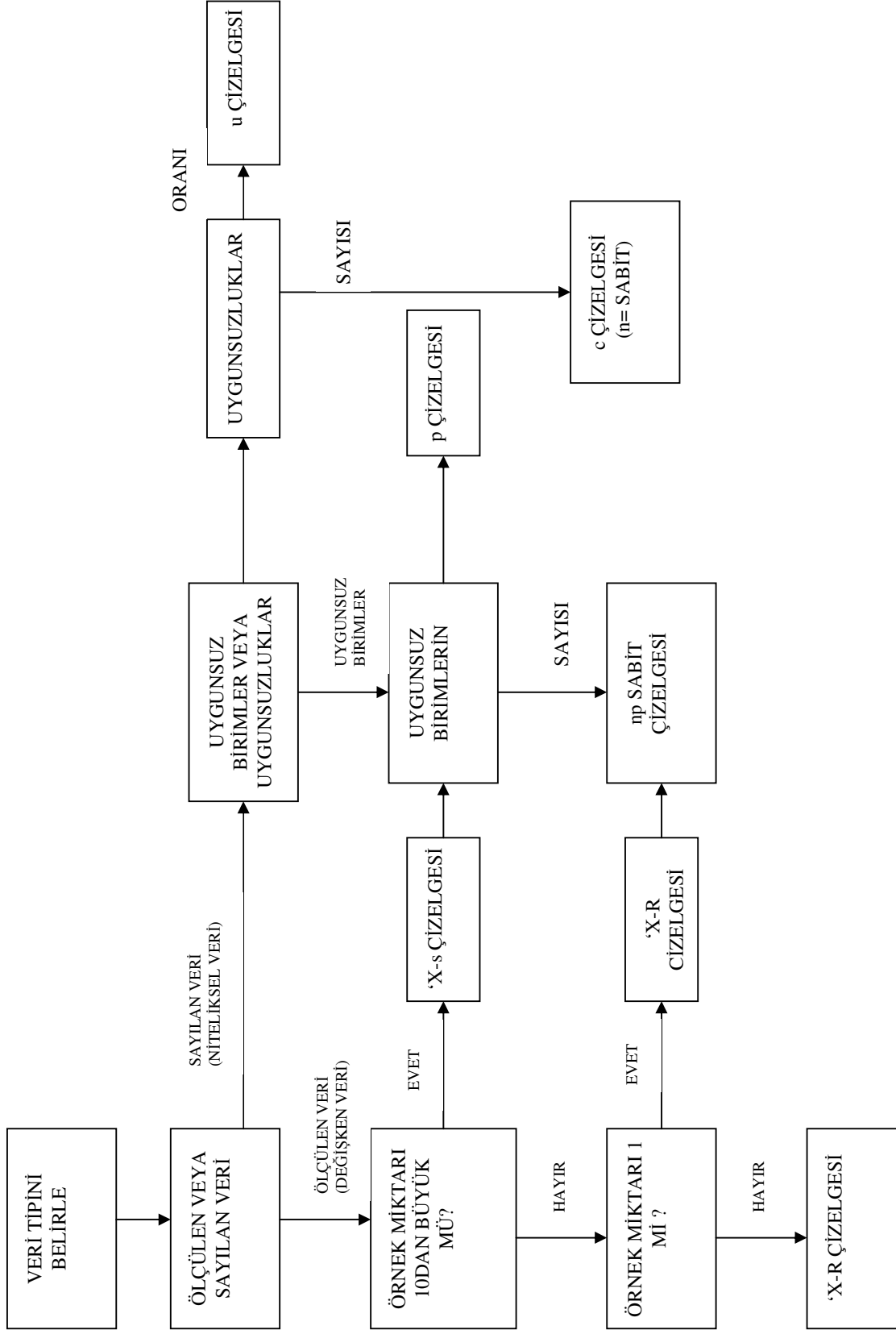
Sebeplerin teşhis edilerek, gerekli düzeltmelerin yapıldığı noktalara ait veriler hesaba dahil edilmemelidir.

Sebeplerin bulunamadığı veya önlemi henüz alınmamış olan özel noktalara ait veriler hesaba dahil edilmelidir.

10. Kontrol çizelgeleriyle izlenecek parametrelerin, müşteri ve yan sanayi teknik resimlerinde gösterilmesi gerekir.

11.Tedarikçilerden talep edilen sevkıyat dokümanı (kalite belgesi) içine kontrol çizelgelerinin de dahil edilmesi gerekir.

Hangi kontrol çizelgesini hangi durumda kullanılacağı ya da yan sanayiden talep edileceği Şekil 3.2 yardımıyla bulunabilir.



Şekil3.2 Kontrol diyagramı seçim metodu

Bunlar uzunluk, ağırlık, yoğunluk gibi bir alet veya cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen özelliklerdir. Bu Özellikler için kullanılan diyagram tiplerini üç ana grupta toplayabiliriz.

### 3.3 $\bar{X}$ -R ÇİZELGESİ

X-R çizelgesi oluşturulurken izlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Alt grup örnek büyüklüğü ve ait gruplar arası zaman aralığı belirlenir. Genelde alt grup örnek büyüklüğü 5 olarak alınır ve tüm alt gruplar için sabit kalmalıdır. Başlangıç aşamasında ait gruplar sık aralıklarla alınmalıdır. İleri aşamalarda alt gruplar arasında zaman periyodu büyütülebilir.
3. Belirlenen örnek büyüklüğü ve frekans dahilinde ölçümleri yapılarak çizelgeye kaydedilir. Alt grup sayısı prostedeki büyük değişkenlikleri gösterecek şekilde minimum 25 olmalıdır.
4. Her bir alt grup için ortalama ( $\bar{X}$ ) ve aralık (R) değerlerini hesaplayarak çizelgeye kaydedilir.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (3.2)$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.3)$$

5. Kontrol ümitleri hesaplanır.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad (3.4)$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (3.5)$$

$$\bar{ÜKL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (3.6)$$

$$\bar{AKL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (3.7)$$

$$\bar{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (3.8)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (3.9)$$

$A_2$ ,  $D_4$  ve  $D_3$  sabit değerler olup ait grup örnek sayısına göre değişirler.

Çizelge 3.1.  $A_1$ ,  $D_4$  ve  $D_3$  sabit değer tablosu

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_2$	1.880	1.023	0.729	0.577	0.483	0.419	0.373	0.337	0.308
$D_3$	0	0	0	0	0	0.08	0.14	0.18	0.22
$D_4$	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00	1.92	1.86	1.82	1.78

6. Hesaplanan  $\bar{X}$  ve  $\bar{R}$  değerlerini kesik çizgilerle,  $\bar{ÜKL}$  ve  $AKL$  kontrol limitlerini de düz kaim çizgilerle çizelge üzerine çizilir.
7. Hesaplanan  $\bar{X}$  ve  $R$  değerlerini de çizelge üzerinde noktalarak yerleştirilir ve prosesi takip edebilmek için noktalar düz çizgi ile birleştirilir.
8. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelgeyi işaretlemeye devam edilir.
9. Kontrol dışı durumlarda müdahale: Bir kontrol çizelgesindeki tüm kontrol dışı koşullar, özel nedenleri bulmak ve bunları ortadan kaldırmak için bazı müdahaleleri gerektirir. Eğer bu nedenler bulunur ve ortadan kaldırılırsa kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Prosesle ilgili açıklamalar çizelgenin arka yüzüne numaralandırılarak kaydedilir.
10. Kontrol limitlerinin gözden geçirilmesi: Kontrol limitleri muhtemel değişkenlikleri karşı sıkça gözden geçirilmelidir. (Her 20-30 ait grupta) Prosesle kötüleşme eğilimi olduğunda kontrol limitleri genişler, iyileşme olduğunda ise kontrol limitleri daralır.

Prosesle ilgili her türlü değişkenlik ve yapılan müdahaleler çizelgede numaralandırılarak belirtilir.

- Kontrol dışı durumlar ve nedenleri;
- Duruş ve başlangıçlar (makina arızası, yeni başlangıç vb.);
- Kontrol limitlerinin değiştirilmesi;
- Proseste yapılan ayarlar;
- Prosesle ilgili diğer bilgiler (Malzeme, operatör, ölçme aracı, aparat ve takım, çevre koşulları değişkenliği vb.)

Örneğin; ½” mini küresel vananın baskı somununun tork değeri, vananın çalışma sıklığının gereğinden fazla rahat ya da sıkı olma riskinden dolayı önemlidir ve bu problem  $\bar{X}$  - R çizelgesi ile kontrol altına alınabilir. Baskı somununun torku ile ilgili  $\bar{X}$  -R çizelgesi Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

$\bar{X}$  -R diyagramlarında meydana gelebilecek olası gelişmeler ve bu gelişmelerin olası nedenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

**Durum 1:** Kontrol limitlerinin dışına çıkma. Proses ortalama değerinin değişimi ve /veya prosesin kendisinin değişime uğraması. Bazı köklü nedenler vardır; bunların soruşturulması gerekir.

**Durum 2:** Merkez çizginin bir tarafından birbirini izleyen noktalar dizisi (en az yedi nokta). Bu tür şekillendirme tesadüfi değildir. Bunu doğuran belirli nedenler vardır. Nedenlerin belirtilmesi gerekir; çözümler genellikle tekniktir.

**Durum 3:** Limite yakın noktaların tekrarı. Ortalama için olası nedenler; kontrol eksikliği, malzeme kalitesinde geniş sistematik farklılıklar, ölçme alet ve yönteminde geniş sistematik farklılıklar ve iki veya daha fazla prosesin aynı diyagramda kontrol edilmesidir. Dağılım aralığı için olası nedenler; çok farklı kaliteye sahip malzeme karışımları, aynı diyagramı kullanan farklı iş görenler ve farklı koşullar altındaki proseslerden elde edilen verilerin aynı diyagramda işlenmesi.

**Durum 4:** Noktaların belirli bir eğilim göstermesi.(azalan çoğalan .devirsel diziler) Ortalama için olası nedenler; sıcaklık, nem gibi fiziksel şartlardan devirsel değişiklikler; iş gören yorgunluğu; kullanılan ölçme aletlerindeki farklılıklar; makina veya operatörlerin

düzenli rotasyonu veya diğer proses/alt proseslerin etkileri. Dağılma aralığı için olası nedenler; önleyici bakım çalışmaları, iş gören yorgunluğu veya aşınmış takımlar.

**Durum 5:** Pozitif veya negatif bir trend. Ortalama için olası nedenler; takımlarda zaman içinde oluşan aşınma, iş gören yorgunluğu, ıskarta ürün sayısının artışı veya çevresel şartlardaki kötüleşme. Dağılma aralığı için; operatörlerin becerilerindeki gelişme veya kötüleşme, montaj bandını besleyen üretim hatlarında değişim veya malzeme kalitesindeki dereceli değişim.

**Durum 6:** Proses seviyesinde sıçrama: Ortalama için olası nedenler; farklı kaynaklardan gelen malzemelerde değişim, yeni makina veya çalışan, üretim metotlarında veya proseslerde modifikasyon. Dağılma aralığı için olası nedenler; malzemenin, metodun veya çalışanın değişmesi.

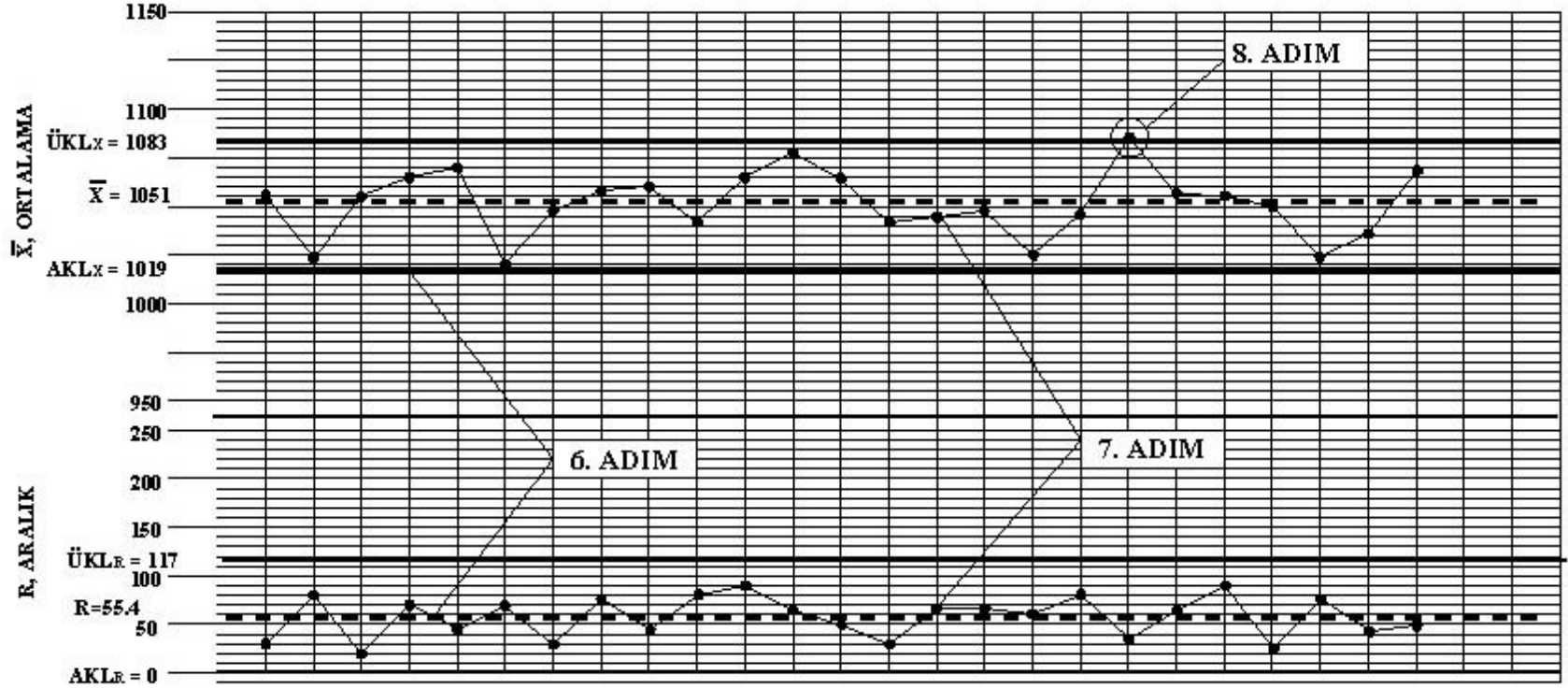
**Durum 7:** Merkez çizgiye çok yakın ardışık noktalar: Ortalama için olası neden; kontrol limitlerinin yanlış hesaplanması. Dağılma aralığı için olası neden: çok büyük bir yığından örnek alınması.

### 3.4 X-R ÇİZELGESİ

X-R çizelgesinde alt grup ortalamaları yerine tek tek alman ölçümler kullanılır. Bu tür çizelgelerin kullanım alanı olarak;

- Kısa süreli üretimler,
- Tahribatlı deneyler (sertlik,kaynak,mukavemet vb.)
- Özel proses testleri (Boya katı analizi,iletkenlik vb.)
- Yüksek maliyetli muayeneler.
- Tekil ölçümlerin gerekli olduğu her tür proses sayılabilir.

<b>POLEN</b> ARMATÜR VANA	<b>PROSES KONTROL ÇİZELGESİ</b> ( $\bar{x}$ -R)	<b>PARÇA ADI</b> ½" BASKI SOMUNU	<b>KARAKTERİSTİK</b> 900-1200 Ncm	<b>KONTROL ALETİ</b> TORKMETRE	<b>KONTROL SIKLIĞI</b> 2 saat	<b>YIL</b> 2006
		<b>PARTİ NO</b> 04-2006	<b>PROSES ADI</b> ½" M. VANA MONTAJ	<b>MAKİNA</b> MN-02	<b>ÖRNEK SAYISI</b> 15	<b>ÇİZ. NO</b> 21



TARİH	1/8							4/8								5/8								6/8	
SAAT	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	10:00
ÖRNEK VERİLER	1040	1043	1041	1090	1082	1050	1031	1045	1044	1003	1068	1092	1073	1026	1031	1010	1009	1090	1087	1092	1092	1060	1054	1027	1042
	1060	1032	1052	1024	1054	979	1040	1045	1067	1007	1092	1082	1040	1054	1040	1027	1070	1010	1106	1073	1082	1036	1064	1052	1054
	1073	965	1056	1057	1082	1065	1063	1106	1081	1060	1012	1050	1035	1042	1026	1060	1014	1024	1076	1059	1030	1048	990	1039	1062
	1046	1035	1064	1079	1073	1035	1054	1057	1056	1078	1082	1001	1073	1048	1092	1078	1035	1038	1068	1040	1014	1054	1012	1044	1076
	1051	1045	1047	1075	1040	1026	1042	1031	1053	1054	1059	1040	1087	1030	1035	1054	1012	1058	1088	1031	1062	1045	1008	1063	1086
TOPLAM	5270	5120	5260	5325	5331	5125	5230	5284	5301	5202	5313	5365	5308	5200	5224	5229	5140	5220	5425	5295	5280	5243	5128	5225	5320
ORT. $\bar{X}$	1054	1024	1052	1065	1068	1025	1046	1057	1060	1040	1062	1073	1061	1040	1044	1045	1028	1044	1085	1059	1056	1049	1026	1045	1064
ARALIK, R	33	80	23	66	42	71	32	75	37	75	80	61	52	28	66	66	61	80	38	61	78	24	74	36	44
OPERATOR	A.Y.	A.Y.	A.Y.	A.Y.	H.B.	H.B.	H.B.	H.B.	A.Y.	A.Y.	A.Y.	A.Y.	H.B.	H.B.	H.B.	H.B.	A.Y.	A.Y.	A.Y.	A.Y.	H.B.	H.B.	H.B.	H.B.	A.Y.

Şekil 3.3  $\bar{x}$  - R kontrol çizelgesi; baskı somunu sıklığının kontrolü

## PROSESTEKİ SAPMALAR / DEĞİŞKENLER

Not : Prosesle ilgili hertürlü müdahaleyi ve değişkenliği çizelgeye kaydedin

Sıra no	Açıklamalar
1	Ayar yapıldı.
2	Kesici takım değiştirildi.
3	

## HESAPLAMALAR

### Kontrol Limitleri

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{26272}{25} \cong 1051$$

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum R}{k} = \frac{1385}{25} = 55.4$$

$$\bar{ÜKL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = 1083$$

$$\bar{AKL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = 1019$$

$$\bar{ÜKL}_R = D_4 \bar{\bar{R}} \cong 117$$

$$\bar{AKL}_R = D_3 \bar{\bar{R}} \cong 0$$

### Proses Yeterliliği

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{55.4}{2.33} = 23.77$$

$$c_p = \frac{\bar{ÜSL} - \bar{ASL}}{6\hat{\sigma}} = 2.10$$

$$c_{pk} = \min \left( \frac{\bar{\bar{X}} - \bar{ASL}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\bar{ÜSL} - \bar{\bar{X}}}{3\hat{\sigma}} \right)$$

$$c_{pk} = 2.08$$

$$c_p \text{ ve } c_{pk} \geq 1.33$$

### Katsayılar

n	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>
2	1.880	0	3.27	1.13
3	1.023	0	2.57	1.69
4	0.729	0	2.28	2.06
5	.0577	0	2.11	2.33

Şekil 3.4  $\bar{x}$ -R çizelgesi devamı

X-R Çizelgesi Oluşturma adımları şöyle sıralanabilir:

1. Tekil ölçümler çizelgede soldan sağa doğru kaydedilir.
2. Hareketli aralığı hesaplanır. Hareketli aralık, her defasında ilk değerın düşülmesinden sonra örnek verileri arasındaki farktır.
3. X, R değerleri hesaplanır

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{k} \quad (3.10)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} \quad (3.11)$$

4. Kontrol limitleri hesaplanır

$$AKL_{\bar{X}} = \bar{X} - E_2 \bar{R} \quad (3.12)$$

$$\dot{ÜKL}_{\bar{X}} = \bar{X} + E_2 \bar{R} \quad (3.13)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (3.14)$$

$$\dot{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (3.15)$$

Çizelge 3.2 E<sub>2</sub> sabit değer tablosu

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E <sub>2</sub>	2.66	1.77	1.46	1.29	1.18	1.11	1.05	1.01	0.98

5. Hesaplanan  $\bar{X}$  ve  $\bar{R}$  değerleri kesik çizgilerle, ÜKL ve AKL kontrol limitleri de düz kalın çizgilerle çizelge üzerine çizilir.
6. X ve R değerleri çizelge üzerine noktalararak yerleştirilir ve prosesi takip edebilmek için noktalar düz çizgilerle birleştirilir.
7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır.Özel nedenler bulunduğunda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

### 3.5 X-s PROSES KONTROL ÇİZELGESİ

X-s Proses kontrol çizelgeleri; özellikle çok sayıda örnek için proses değişkenliklerini göstermesi açısından daha verimli ve etkilidir. Bununla beraber hesaplanması daha zor ve değişkenliklerin özel nedenlerini ortaya çıkarmakta daha az duyarlıdır.

X-s Proses kontrol çizelgeleri, aşağıda belirtilenlerin haricinde X-R çizelgelerine çok benzer. Her alt grup için standart sapma (s) hesaplanarak R çizelgesinin yerine işaretlenir.

Alt grup standart sapması:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.16)$$

kontrol limitleri ;

$$AKL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} \quad (3.17)$$

$$\ddot{U}KL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \quad (3.18)$$

$$AKL_s = B_3 \bar{s} \quad (3.19)$$

$$\ddot{U}KL_s = B_4 \bar{s} \quad (3.20)$$

$A_3$ ,  $B_4$  ve  $B_3$  sabit değerler olup ait grup örnek sayısına göre değişirler

Çizelge 3.3.  $A_3$ ,  $B_4$  ve  $B_3$  sabit değer değişim tablosu

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_3$	2,66	1,95	1,63	1,43	1,29	1,18	1,10	1,03	0,98
$B_3$	0	0	0	0	0,33	0,12	0,19	0,24	0,28
$B_4$	3,27	2,57	2,27	2,09	1,97	1,88	1,82	1,76	1,72

### 3.6 ÖLÇÜLEMİYEN KARAKTERİSTİKLER İÇİN KONTROL DİYAGRAMLARI

Bunlar ise kırık, çatlak, bozuk, lekeli vs.gibi duyu organlarımız aracılığı ile değerlendirilebilen özelliklerdir. P, np, u ve c olmak üzere dört farklı çeşidi vardır. P

ve np kontrol diyagramları hatalı parça adetlerinin takibinde, u ve c kontrol diyagramları ise bir parçadaki hata adedinin takip edilmesinde kullanılmaktadır.

### 3.6.1 p Çizelgesi

Endüstride yaygın olarak kullanılan niteliksel kontrol çizelgesi p çizelgesidir. p çizelgesi incelenen bir grup ürün içindeki hatalı oranını ölçer. Örnek büyüklüğü n, sabit olabileceği gibi değişken de olabilir. Eğer n sabitse kontrol limitleri de sabittir. Örnek büyüklüğü değişiyorsa;

- Kontrol limitleri örnekten örneğe değişir ve her örnek için ayrıca hesaplanmalıdır.
- Yakın geleceğe ait ortalama alt örnek grubunun kestirimi yapılmalıdır. Bu tahmini ortalama alt örnek grubu için kontrol limitleri hesaplanmalıdır. Eğer elde edilen alt örnek grubunun sayısı tahmini ortalama sayıdan çok farklı ise bu durumda sözkonusu örnek için kontrol limitleri ayrıca hesaplanmalıdır.
- Farklı alt örnek gruplarını temel alan birkaç farklı kontrol limitleri hesaplanmalıdır. Bu limitler alt örnek gruplarının tahmini; minimum, ortalama ve maksimum değerler temel alınarak hesaplanmalıdır.

#### p çizelgesi oluşturma adımları:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Örnek büyüklüğü belirlenir. (En az 50 olmalıdır.)
3. Örnek büyüklüğü (n) ve bulunan hatalı ürün sayısı (np) kaydedilir.
4. Her bir alt grup için p hesaplanır.

$$p = \frac{np}{n} \quad (3.21)$$

5. Kontrol Limitleri hesaplanır

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (3.22)$$

$$\text{ÜKL}_p = \bar{p} + 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \right) \quad (3.23)$$

$$AKL_p = \bar{p} - 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \right) \quad (3.24)$$

Bazı durumlarda alt kontrol limiti eksi çıkabilir. Bu durumda alt kontrol limiti sıfır alınır.

6. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi ( $\bar{p}$ ) ve kontrol limitleri (ÜKL, AKL) çizilir.
7. Noktalar  $p$  çizelgesinde işaretlenir ve çizgi ile birleştirilir.
8. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

### 3.6.2 np Çizelgesi

np Çizelgeleri sabit sayıdaki örnek büyüklüğünde uygun olmayan (hatalı) ürünlerin sayısını ortaya koyar. Bu çizelgeler  $p$  çizelgelerine benzer, np çizelgeleri aşağıdaki durumlar söz konusu ise seçilir:

1. Örnek sayısı belirli zaman aralığında sabit kalırsa.
2. Uygunsuzlukların gerçek sayılarını kaydetmek oranlan kaydetmekten daha kolay ve anlamlı ise;

#### np çizelgesi oluşturma adımları:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Sabit örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Örnek büyüklüğü ve bulunan hatalı ürün sayısı kaydedilir.
4. Kontrol limitleri hesaplanır.

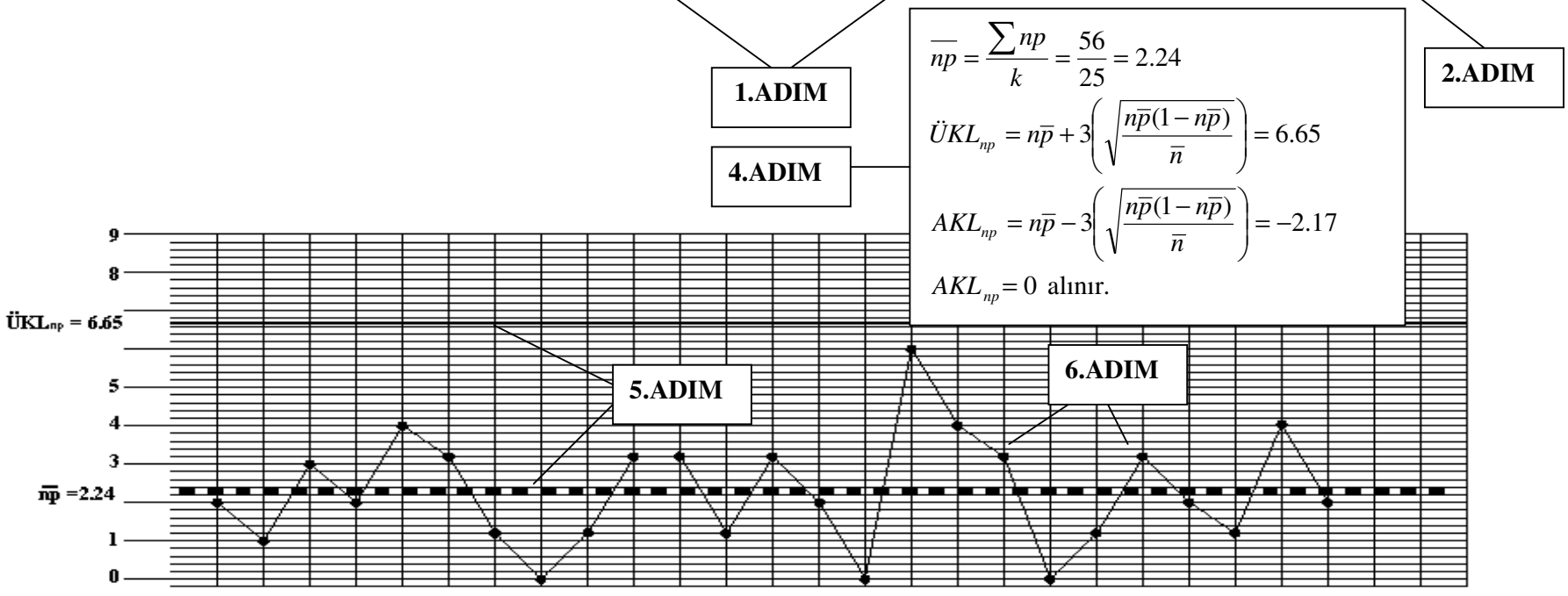
$$n\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{k} \quad (3.25)$$

$$\text{ÜKL}_{np} = n\bar{p} + 3 \left( \sqrt{\frac{n\bar{p}(1-n\bar{p})}{\bar{n}}} \right) \quad (3.26)$$

$$AKL_{np} = n\bar{p} - 3\left(\sqrt{\frac{n\bar{p}(1-n\bar{p})}{n}}\right) \quad (3.27)$$

5. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi np ve kontrol limitlerim (ÜKL, AKL) çizilir.
6. Noktalar np çizelgesine işaretlenir ve birleştirilir.
7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu, m kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol ümitleri yeniden hesaplanır. Eğer proste kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir, np çizelgesi p çizelgesine benzer şekilde yorumlanır. Tek fark hatalı ürün oranı yerine hatalı ürünlerin sayısının dikkate alınmasıdır.

<b>POLEN</b> ARMATÜR VANA	<b>PROSES KONTROL ÇİZELGESİ</b>				<b>PARÇA ADI</b> 1 ¼" kür. vana gövdesi	<b>KARAKTERİSTİK</b> Gövde içi çapağı	<b>KONTROL ALETİ</b> göz	<b>KONTROL SIKLIĞI</b> 2 saat	<b>YIL</b> 2006
	p	np	c	u	<b>PARTİ NO</b> 05-2006	<b>PROSES ADI</b> 1 ¼" GÖVDE İŞLEME	<b>MAKİNA</b> TR 06 TRANSFER	<b>ÖRNEK SAYISI</b> 70	<b>ÇİZ. NO</b> 13



TARİH	1/8								4/8								5/8								
SAAT	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
n	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
np	2	1	3	2	4	3	1	0	2	3	3	1	3	2	0	6	4	3	0	1	3	2	1	4	2
P																									
c																									
u																									
OPERATOR	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	S.G	

Şekil 3.5 np çizelgesi; küresel vana gövdesi çapak kontrolü

Örneğin; küresel vana gövdesinin içindeki çapak, sızdırmazlık elemanı teflonun zarar görmesine neden olmakta, gövde çapağı 2 saatte bir 70 adet örnek üzerinde elle muayene edilmekte ve np çizelgesi ile takip edilmektedir.np çizelgesi uygulama örneği Şekil 3.5'de incelenmiştir.

### 3.6.3 c Çizelgesi

c çizelgesi alman örnek büyüklüğündeki uygunsuzlukların sayısını (ürünler üzerindeki hata sayısı) kontrol etmek için kullanılan bir çizelgedir. Örnek büyüklüğü sabit alınır, c çizelgesi oluşturma adımları şöyle sıralanabilir;

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Sabit örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Örnek büyüklüğü ve her bir alt gruptaki uygunsuzluklar tespit edilip kaydedilir.
4. Kontrol limitleri hesaplanır.

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k} \quad (3.28)$$

$$\bar{ÜKL}_c = \bar{c} + 3(\sqrt{\bar{c}}) \quad (3.29)$$

$$\bar{AKL}_c = \bar{c} - 3(\sqrt{\bar{c}}) \quad (3.30)$$

5. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi c ve kontrol limitlerini (AKL,ÜKL) çizilir.
6. Noktalar c çizelgesinde işaretlenir ve birleştirilir.
7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır.Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

Örneğin armatürde bitmiş ürün belirli oranda müşteri gözü ile incelenmekte, hatalar önemine göre puanlanmakta ve sonuçta ürünün kalitesi bir katsayı ile ifade edilmektedir. Ürünlerin vardiyada 2 kez kontrolü sonucunda 0.01 puanlık hatalar c çizelgesi ile izlenmektedir. c çizelgesi ile yapılan bu uygulama, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

### 3.6.4 u Çizelgesi

U çizelgesi her birimdeki uygunsuzlukların sayısını (ürün başına düşen hata sayısını) kontrol etmek için kullanılır. u çizelgesi c çizelgesine benzer, ancak uygunsuzlukların sayısı bir birim başına ifade edilir.

u çizelgesi oluşturma adımları;

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgileri belirtilir.
2. Örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Her bir alt gruptaki uygunsuzluklar tespit edilip kaydedilir

$$u = \frac{c}{n} \quad (3.31)$$

4. Kontrol limitleri hesaplanır.

Birim başına uygunsuzlukların ortalaması:

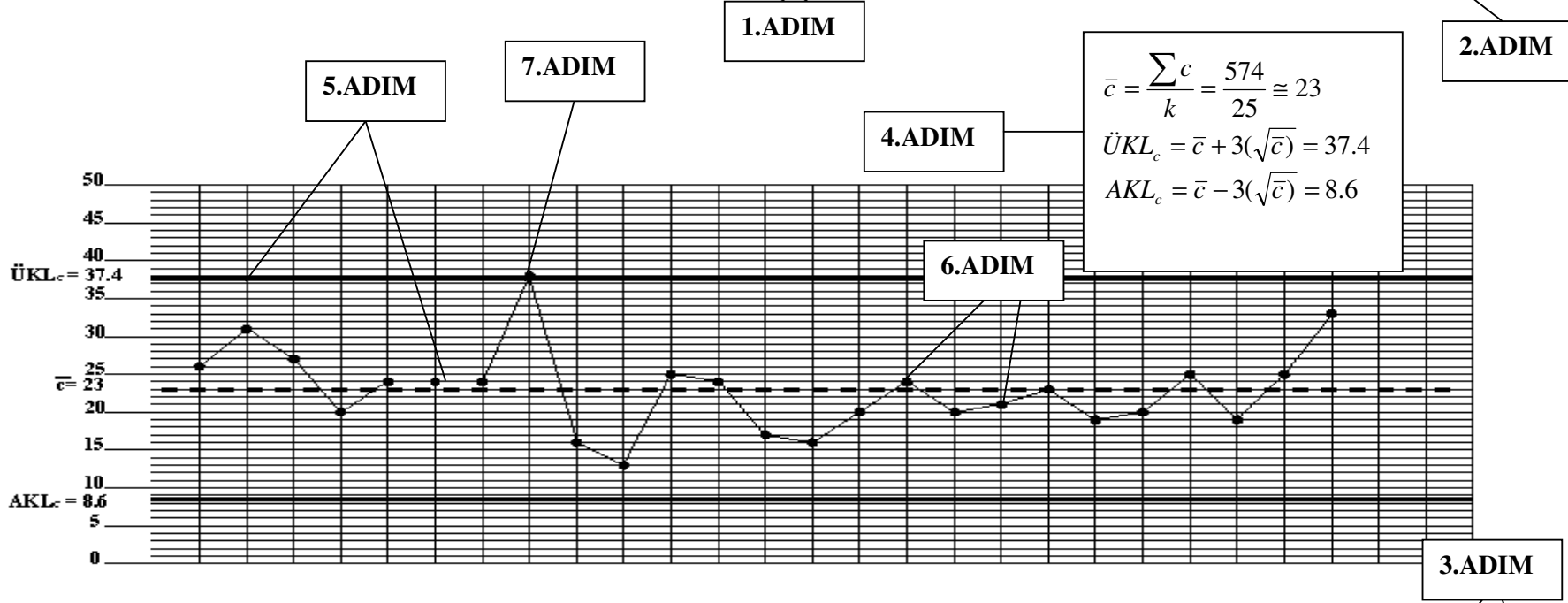
$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \quad (3.32)$$

$$\text{ÜKL}_U = \bar{u} + 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right) \quad (3.33)$$

$$\text{AKL}_U = \bar{u} - 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right) \quad (3.34)$$

5. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi (u) ve kontrol limitlerini (ÜKL,AKL) çizilir.
6. Noktalar u çizelgesinde işaretlenir ve birleştirilir.
7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı oşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol

<b>POLEN</b> ARMATÜR VANA	<b>PROSES KONTROL ÇİZELGESİ</b>				<b>PARÇA ADI</b> Roza lavabo bataryası	<b>KARAKTERİSTİK</b> 0.01 puanlık hatalar	<b>KONTROL ALETİ</b> muhtelif	<b>KONTROL SIKLIĞI</b> Vardiyada 2 kez	<b>YIL</b> 2006
	p	np	c	u	<b>PARTİ NO</b> -	<b>PROSES ADI</b> Ürün Audit	<b>MAKİNA</b> Test laboratuvarı	<b>ÖRNEK SAYISI</b> 3	<b>ÇİZ. NO</b> 09



TARİH	1/8				4/8				5/8				6/8				7/8			8/8			11/8		
SAAT	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
np																									
P																									
c	26	31	27	20	24	24	24	38	16	13	25	24	17	16	20	24	20	21	23	19	20	25	19	25	33
u																									
OPERATOR	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T

Şekil 3.6 c çizelgesi; lavabo bataryası muhtelif hatalar

## PROSESTEKİ SAPMALAR / DEĞİŞKENLER

Not : Prosesle ilgili hertürlü müdahaleyi ve değışkenliği çizelgeye kaydedin

Sıra no	Açıklamalar
1	Malzeme değışikliği
2	Termocouple değışikliği.

## HESAPLAMALAR

### Formüller

$$p \text{ çizelgesi} : \dot{U}KL, AKL = \bar{p} \pm 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \right)$$

$$np \text{ çizelgesi} : \dot{U}KL, AKL = n\bar{p} \pm 3 \left( \sqrt{\frac{n\bar{p}(1-n\bar{p})}{\bar{n}}} \right)$$

$$c \text{ çizelgesi} : \dot{U}KL, AKL = \bar{c} \pm 3(\sqrt{\bar{c}})$$

$$u \text{ çizelgesi} : \dot{U}KL, AKL = \bar{u} \pm 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}} \right)$$

### Sonuçlar

Ortalama

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{1117}{23069} = 0.048$$

Üst Kontrol Limiti

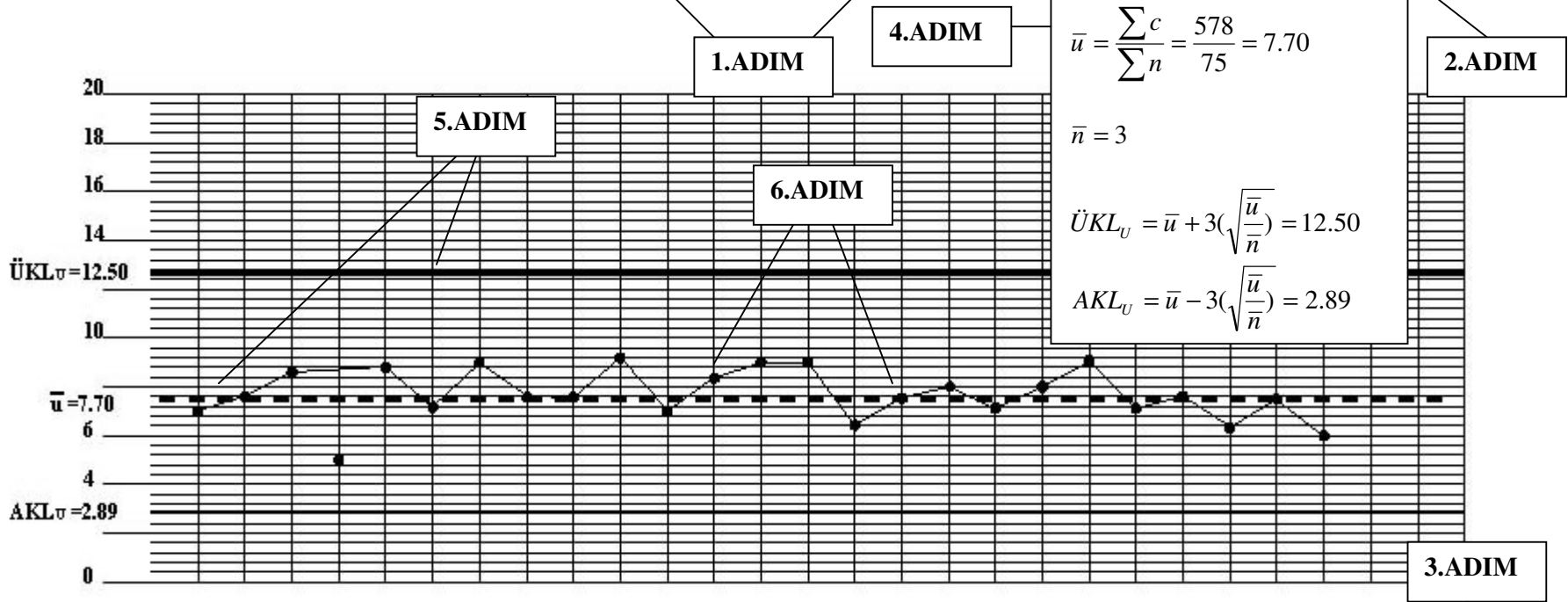
$$\dot{U}KL_p = \bar{p} + 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \right) = 0.069$$

Alt Kontrol Limiti

$$AKL_p = \bar{p} - 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \right) = 0.027$$

Şekil 3-7 c çizelgesi örneği devamı

<b>POLEN</b> ARMATÜR VANA	<b>PROSES KONTROL ÇİZELGESİ</b>				PARÇA ADI Roza lavabo bataryası	KARAKTERİSTİK 0.01 puanlık hatalar	KONTROL ALETİ muhtelif	KONTROL SIKLIĞI Vardiyada,2 kez	YIL 2006
	p	np	c	u	PARTİ NO -	PROSES ADI Ürün Audit	MAKİNA Test laboratuvarı	ÖRNEK SAYISI 3	ÇİZ. NO 07



TARİH	1/8				4/8				5/8				6/8				7/8			8/8			11/8		
SAAT	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00	16:00	20:00	24:00	12:00
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
np																									
P																									
c	21	23	26	15	27	21	27	23	23	28	21	25	27	27	19	23	24	22	24	27	22	23	19	23	18
u	7,0	7,7	8,7	5,0	9,0	7,0	9,0	7,7	7,7	9,3	7,0	8,3	9,0	9,0	6,3	7,7	8,0	7,3	8,0	9,0	7,3	7,7	6,3	7,7	6,0
OPERATOR	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T	Z.T

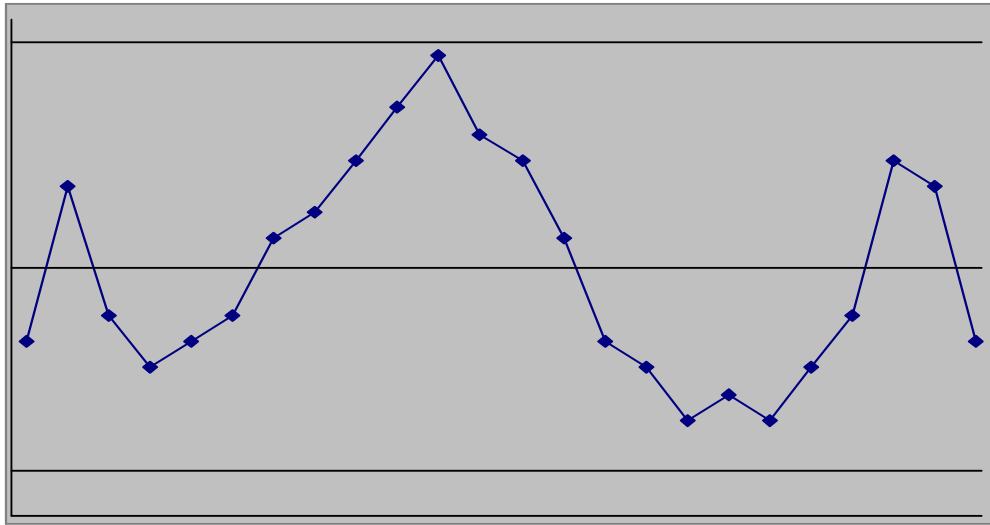
Şekil 3.8 u çizelgesi; lavabo bataryası muhtelif hatalar

dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

Örneğin çamaşır makinasının müşteri gözü ile yapılan incelemesinde belirlenen hata sayılarının ürün adedine oranı u çizelgesi ile takip edilmektedir. Bu u çizelgesi ile ilgili uygulama örneği Şekil 3.8'dedir.

### 3.7 KONTROL ÇİZELGELERİNDE SIKÇA KARŞILAŞILAN YAPILARDAN ÖRNEKLER

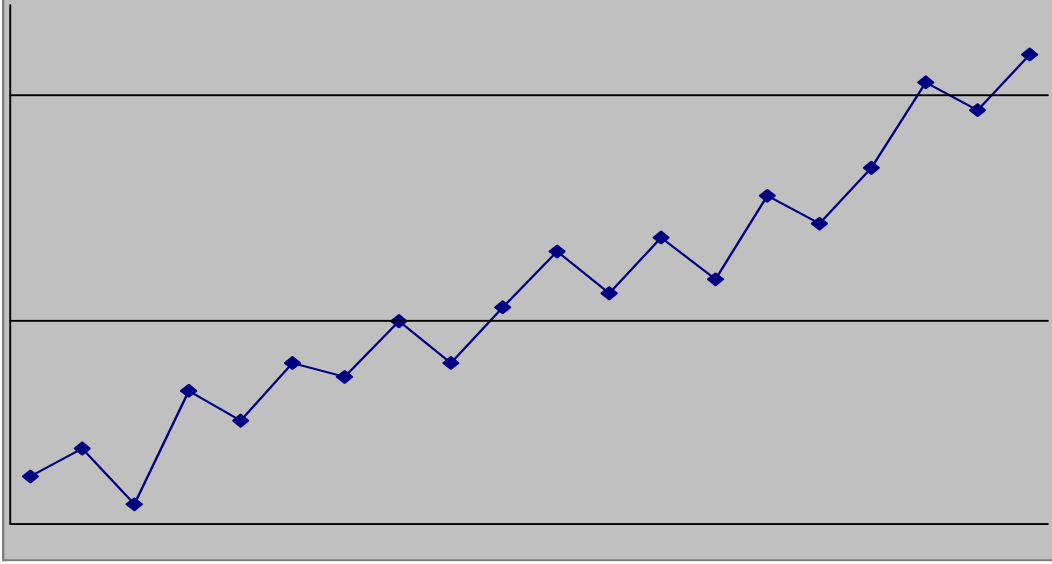
Kontrol çizelgelerde bazı kalıplarla sıkça karşılaşılır. Çizelgelerin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için, aşağıdaki verilen klişelerin anlaşılmasında faydalar vardır. Bunlar, proses hakkında bize önemli ipuçları verebilecek olağandışı veya rast gele ortaya çıkmayan proses seyir kalıplarıdır.



Şekil 3.9 Devirsel Model örneği

Devirsel bir çizelge örneği çevresel koşullardaki sistematik değişimden kaynaklanabilir. Hava sıcaklığı, işçinin yorulması, işçi ve/veya makinelerin düzenli nöbet değişimleri, güç akımı, basınç seviyesi gibi.

- a) Trend: Trend veya tek bir yönde sürekli hareket olabilir. Trend genellikle aletlerin tedrici yıpranması veya bozulmasından kaynaklanır. (Örnek: torna kaleminin aşınması neticesinde işlenen parçanın çapı tedricen artacaktır.)

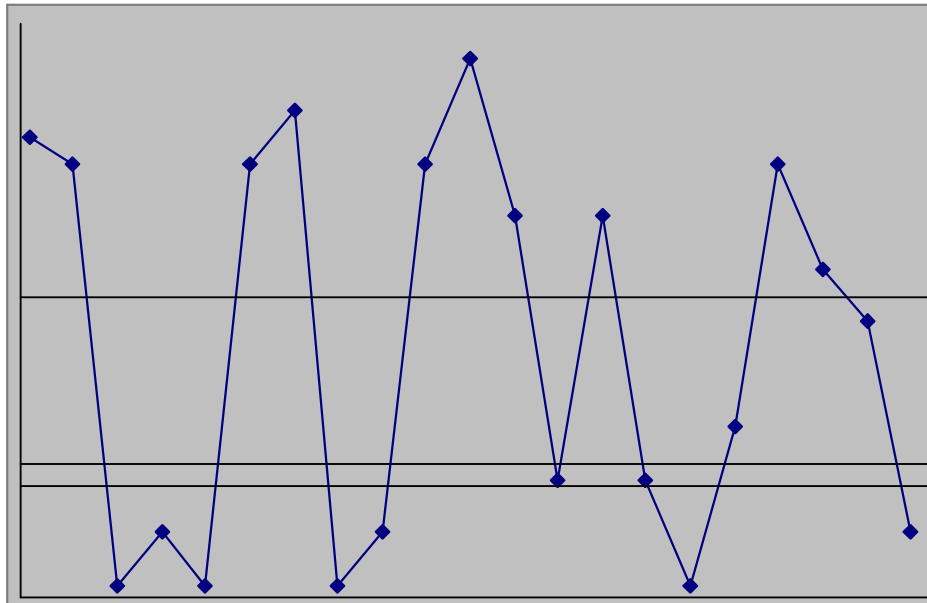


Şekil 3.10 Trend örneği

Şekil 3.10.'da gösterilene benzer bir seyir, işçi yorulmasında da karşılanan bir durumdur. Ayrıca trend, hava sıcaklığının değişimi gibi mevsimsel çevre etkilerine de bağlı olabilir.

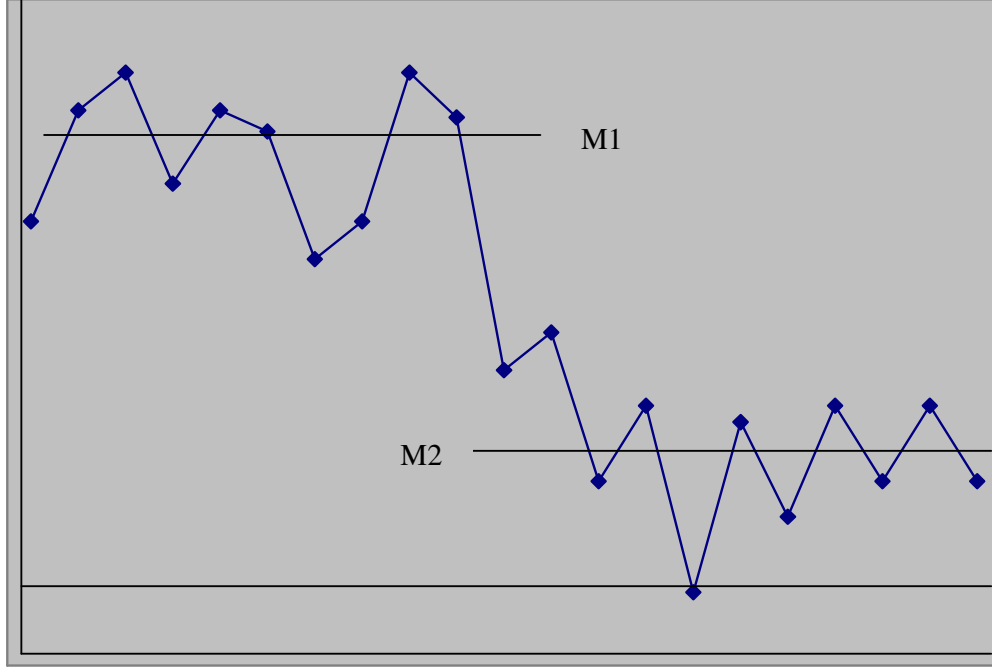
**c) Karışık Model:** Karışık model, çizilen noktaların limitlere çok yakın veya biraz dışında, orta çizgiye yakın yerlerde ise çok seyrek olduğu örneklerdir.

Bu tip desenler bazen operatörlerin aşın özen gösterip, çıktılardaki rastlantısal değişimler sebebiyle, sistematik bir şekilde oluşan nedenleri göz ardı etmeleri ve prosese sürekli müdahale etmelerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.11 Karışık Model örneği

c) **Proses Seviyesindeki Kaymalar:** Proses seviyesindeki kaymalar Şekil 3.12.'de gösterilmiştir. Bu çeşit kaymalar yeni işçilerin alınması veya yeni malzeme, metot, makina kullanımı sonucunda oluşmaktadır.



Şekil 3.12 Proses seviyesi kaymalarına örnek

Prosesi iyileştirmek için sürekli gelişme kapsamında atılan her adımın neticesi, proses kontrol çizelgelerine olumlu yönde yansır. (Proses saçımı azalır, ortalama ise hedefe çok yaklaşır.) Bu durumun aksine prosesin olumsuz doğrultuda kayması da mümkündür. Bu da özel nedenlerin varlığına rağmen teşhis edilmediğine veya teşhis edilmiş olsa da gerekenin yapılmamış olduğuna işaret eder. En kötüsü ise, gözlem limitlerinin genişletilerek bu durumdaki bir prosesin yetenek ve performansını yeterli göstermenin mümkün olmasıdır.

#### 4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜN UYGULAMA AŞAMALARI

İstatistiksel Proses Kontrolü çalışmaları iki ana gruba ayrılabilir. Detaylı olarak aşağıda anlatılacak olan bu aşamalar Tablo 4.1'de özet bir şekilde anlatılabilir. Bir istatistiksel proses kontrol uygulamasında izlenen işlem şeması ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

##### 4.1 PROSESİN TANIMLANMASI

İncelenecek prosesin tüm yönleri ile ele alınarak tanımlanmasıdır. Prosesin tanımlanabilmesi için, öncelikle proses hakkında bilgilerin çok detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu da, tanımlamada; prosesi en iyi tanıyan çalışanların bilgilerine başvurunun yanında, çoğunlukla prosesin belirli bir süre gözlem altına alınarak gerekli bilgilerin toplanması ile sağlanır. Tanımlamada; proses akış şemaları gibi araçlardan yararlanılabilir. Proses akış şeması, proseste yer alan işlem veya etkinliklerin belirli sembollerin kullanılarak dökümanite edilmesidir. Kullanılan bu sembollerden başlıcaları aşağıda gösterilmiştir.



İşlem : bir girdiyi değişikliğe uğratan ve genellikle bir makina insan veya her ikisi tarafından gerçekleştirilen operasyon.



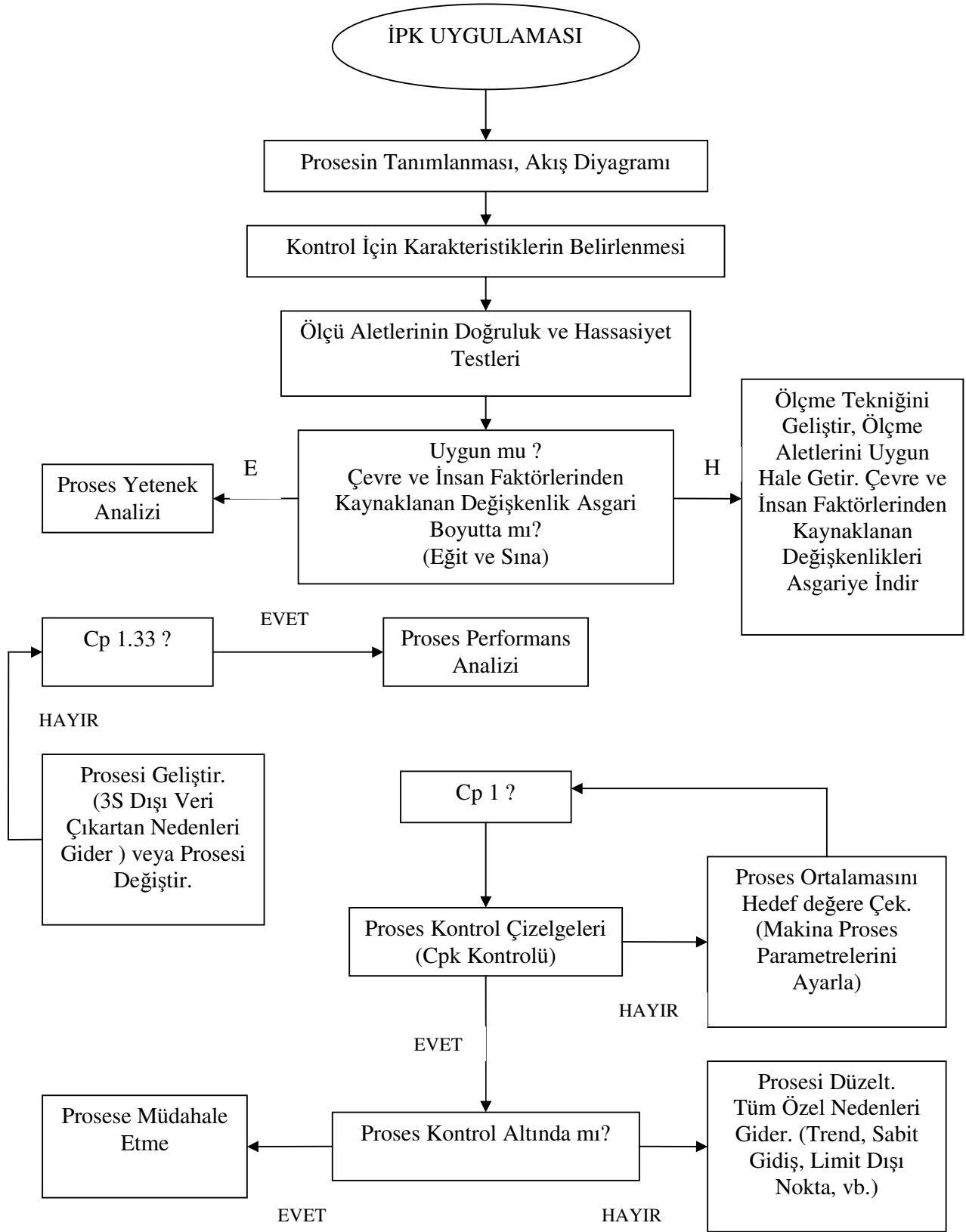
Taşıma : Bir girdinin fiziksel olarak yer değiştirmesi



Geçici depolama (bekleme) : bir girdinin bir sonraki planlanmış faaliyet için kısa süreli ve geçici olarak beklemesi



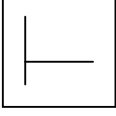
Yoklama (kontrol) : nitelik veya nicelik ile ilgili yapılan kontroldür.



Şekil 4.1 IPK uygulaması metodolojik şema



Sürekli depolama : Bir kayıt ya da yetkiye bağlı olarak malzemenin depoya girişi ya da çıkışındaki denetimli bir depolama; ya da örnek olarak tutmak amacı ile bir nesnenin saklanması göstermektedir.



İ.P.K noktası : Prosesin İ.P.K. diyagramları ile takip edildiği noktadır

Bu temel semboller kullanılarak yapılmış bir proses akış şeması Şekil 4.1'de görülebilir. Proses akış şemaları mevcut proses için oluşturulabileceği gibi proseste herhangi bir değişikliğin önerilmesi için de çizilebilir. Mevcut durumu ve önerilen durumu gösteren proses akış şemalarının karşılaştırılması ile, yapılacak değişikliklerle prosesteki faaliyetlerin ne kadar azaltıldığı açık bir şekilde görülebilir.

## 4.2 KONTROL EDİLECEK KARAKTERİSTİKLERİN BELİRLENMESİ

İstatistiksel proses kontrol karakteristiktiklerinin doğru seçilmesi, olayın başlangıcının doğru yapılması anlamındadır. İstatistiksel proses kontrolü konusunda doğru yaklaşıra, teknik resimler üzerinde proses kontrol parametrelerini belirleyip sınıflandırmaktır. Söz konusu sınıflandırma, karakteristiklere/ölçülere verilen toleranslara göre yapılır. Karakteristiklerin/ölçülerin, üç veya dört grupta toplanması gerekmektedir. Bu gruplar önemliden önemsizye doğru Tablo 4.2 'deki gibi sıralanabilir.

Yapılan sınıflama ve sıralama işleminden sonra, ürün için en hayati öneme sahip olan karakteristikler olarak alınmalıdır. Bu aşamadan sonra, bu karakteristikleri temsil eden ölçüm parametreleri (uzunluk, hacim, ivme, basınç, ağırlık vb.), en uygun ölçü birimi ve buna ait ölçek tesbit edilmelidir.

Çizelge 4.2 Karakteristiklerin önem derecelerine göre sınıflandırılması

	ÖNEM SINIFINA GÖRE SINIFLAMA	SINIFLANDIRMANIN TEKNİK RESİM ve DÖKÜMANLARDA GÖSTERİLİŞ ŞEKLİ	TEKNİK RESİM ve DÖKÜMANLARDAN SAPMA HALİNDE OLABİLECEKLER
*	Kritik Olmayan Ölçüler	⊖	Ciddi bir sorun yaşanmaz.
**	Önemli Ölçüler	⊕	Ürün performansında sonradan düzeltilmesi gereken uygunsuzluk çıkabilir.
***	Kritik Ölçüler	⊙	Ürün performansı, güvenilirlik, toplam maliyet ve firma imajı açısından çok sakıncalı olabilecek sonuçlar ortaya çıkabilir.
****	Raporla izlenmesi gereken ölçüler.	⊘	Kanunlar ve standartlar açısından da düzenli bir dökümantasyon sistemiyle izlenmesi gereken kritik ölçüler bu gruba girer. (Örneğin emniyetle ilgili parçalar, insan hayatını etkileyebilecek olanalar)

### 4.3 ÖLÇÜ ALETLERİNİN SEÇİMİ, TEST VE KALİBRASYONU

Kontrol edilecek bu karakteristikleri toplamada, hangi ölçü aletlerinin ve yöntemlerinin kullanılacağına tespit edilmesi gerekmektedir. Kullanımına karar verilen ölçü aletlerinin doğru değerleri yansıtabilmesi için kontrol ve gerekiyorsa kalibrasyonunun yapılması gereklidir. Ölçme aletinin seçiminde; hassasiyet, kesinlik, kapasite ve yanıt verme süresi kriterlerine dikkat edilmelidir. Burada önemli olan, tespit seçilecek ölçme aletinin bu kriterlerinin, kontrol edilecek karakteristikler için yeterli olmasıdır. Kriterlerin ihtiyaç duyulandan daha iyi olması, bize artı bir değer katmayacağı gibi, daha hassas alet daha yüksek maliyet getireceğinden istenen bir durum değildir.

#### 4.4 YETERLİLİK ANALİZİ

Bu bölüm makina yeterlilik analizi ve proses yeterlilik analizi olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Makina/proses yeterlilik analizlerinden önce, kontrol dışı bir proses inceleniyorsa dikkat edilmesi gereken hususları tespit edebilmek için aşağıdakilere benzer sorulara yanıt aranır. Yanıtlar "Evet" ve "Hayır" olarak gruplanarak değerlendirilir.

- Kullanılan ölçü aletlerinin hassasiyetleri farklı mıdır?
- Farklı operatörler tarafından kullanılan yöntemlerde farklılıklar var mıdır?
- Proses çevre koşullarından etkilenmekte midir? (Örn. nem oranı,ısı vb.)
- Çevre koşullarında önemli bir değişiklik olmuş mudur?(civardaki tezgahlar; dışarıdaki trafik yoğunluğu; titreşim yaratabilecek diğer etkenler vb.)
- Proses alet aşınmasından etkilenmekte midir?
- Proses her hangi bir eğitimsiz işçinin katılımı olmuş mudur?
- Hammadde kaynağında her hangi bir değişiklik olmuş mudur?
- Proses, operatörün iş yoğunluğundan etkilenmekte midir?
- Bakım prosedürlerinde her hangi bir değişiklik olmuş mudur? (farklı soğutma ısı; farklı yağ; değişken periyodik bakım frekansları vb.)
- Tezgah sık sık ayarlanmakta mıdır?
- Seçilen örnekler farklı tezgahlardan, farklı vardiyalardan, farklı operatörlerden mi gelmektedir?
- Operatörler "Kötü Haberleri" rapor etmekten korkmakta mıdır?

Yapılan bu ön hazırlıktan sonra yeterlilik analizlerine geçilmesi çok daha verimli olacaktır.

Proses/makina yeteneklerinin belirlenmesi, proses veya makinadan çıkan ürüne ait bir ölçü çıktısına ait veri grubu üzerinden yapılır. Makina yeteneği  $C_m$  ile; prosesin yeteneği  $C_p$  ile gösterilir.

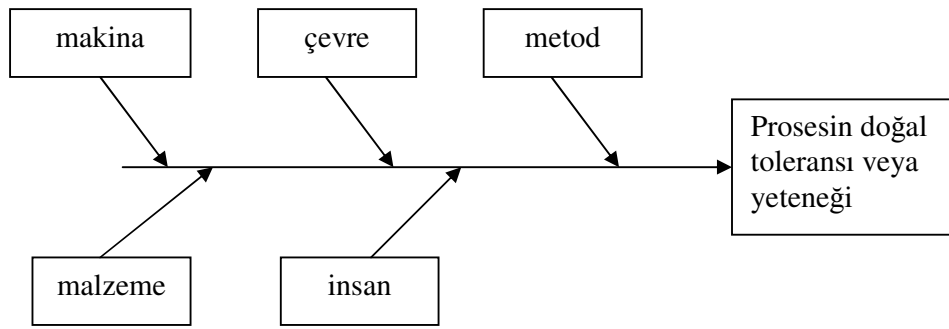
Yetenek ( $C_m$  veya  $C_p$ ), iki parametrenin, istenen ile yapılabilenin oranıdır.

İstenen: Spesifikasyon aralığı (tolerans aralığı;  $T_s$ ) müşterinin/tasarım departmanının belirlediği geçerlilik aralığıdır.

Yapılabilen: Doğal tolerans (Natural Tolerance; Tnat), ölçülerin gösterdiği yayılımdır. Pratikte  $6\sigma$  (standart sapma) olarak hesaplanır. Doğal tolerans, makina, malzeme, metod, insan ve çevre faktörleriyle belirlenir. (3M+İ+Ç)

$$\text{Yetenek} = \frac{\text{İstenilen}}{\text{yapılabilen}} \quad (4.1)$$

şeklinde formüle edilebilir.

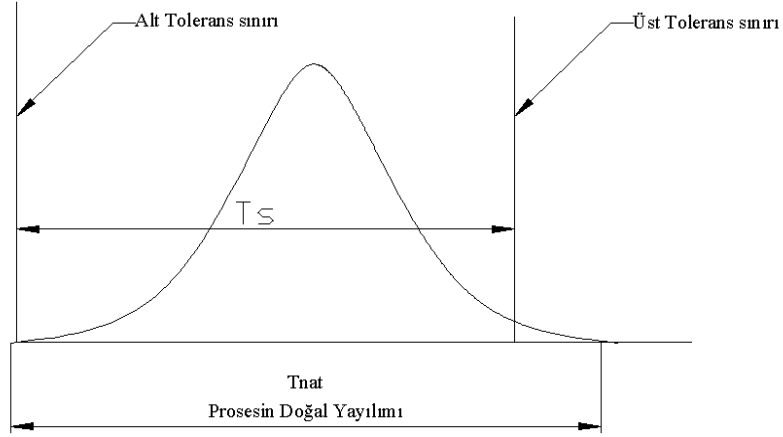


Şekil 4.2 Proses Yetenek Şeması

Proses/makina performansının belirlenmesi ise aynen yetenek tespitinde olduğu gibi proses veya makinadan çıkan ürünün incelenmesi uygun bulunan bir ölçü çıktısına ait veri grubu üzerinde yapılır. Makinanın performansı  $C_{mk}$  ile prosesin performansı ise  $c_p$  ile gösterilir.

Performans belirli bir yetenekteki makina veya prosese ait dağılımın, spesifikasyon aralığını ne kadar merkezlediğinin bir ölçüsüdür.

Performans kavramının dağılım şeması üzerindeki ifadesi Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Performans dağılım şeması

#### 4.4.1 Makina Yeterliliği Analizi

Makina yeterliliği aynı proses koşullarında (örneğin aynı operatör, aynı kontrolör, homojen hammadde, kesintisiz çalışma vs.) tekrar üretilebilirlik demektir.

Makina yeterliliği, spesifik olarak belirlenen standarda göre makinanın göstermiş olduğu gerçek performans olarak da tanımlanır. Bir ürünün bir makinaya bağlı olarak gerçekleşen bütün özellikleri bu makinanın yeterliliği ile ilgilidir. Bu özellikler boyutsal, mekanik, kimyasal olabilir.

Makina yeterliliği, üretilen üründen sürekli olarak az sayıda Örnek alınıp, bunlar ölçülerek ve temel istatistik uygulanarak incelenebilir.

Makina yeterliliği analizi, kontrol çizelgesi metodunun uzun dönemde verdiği hassasiyeti vermeyen, kısa dönem incelemesidir. Ancak yine de belirli bir zamanda bir noktada prosesin ne yapacağı hakkında bilgi verir.

Makina yeterliliği analizi;

1. Makina satın alınımında ve kabulünde yeterlilik kriterlerinin oluşturulmasına,
2. Mevcut makinaların yeterliliğinin tespitine,
3. Yıpranmaların izlenmesine ve önleyici bakım faaliyetlerinin başlatılmasına,
4. Hangi prosesin uzun dönem proses kontrolü için uygun olduğunun belirlenmesine olanak sağlar.

Makina yeterliliğinin belirlenmesinde  $C_m$  ve  $C_{mk}$  olarak isimlendirilen tezgah yetenek indekslerinden yararlanılır.

$C_m$ : Makinanın spesifikasyon limitleri içerisinde  $\pm 3\sigma$  ile parça işleyebilme kapasitesine sahip olup olmadığını irdeler.

$$C_m = \text{Belirlenen Toplam Tolerans} / \text{Doğal Tolerans} \quad (4.2)$$

$$C_m = \frac{\bar{ÜSL} - ASL}{6\sigma} \quad (4.3)$$

$C_{mk}$  : Özellikle tezgahın nominal değerden ne kadar saptığını irdeler. Elde edilen ortalama ile spesifikasyon limitlerini karşılaştırır. Formülasyonu:

$$C_{mk-alt} = \frac{\bar{X} - \text{Belirlenen } \bar{ÜL}}{3\sigma} \quad (4.4)$$

$$C_{mk-üst} = \frac{\text{Belirlenen } \bar{ÜL} - \bar{X}}{3\sigma} \quad (4.5)$$

$C_{mk}$ ,  $C_{mk-üst}$  ve  $C_{mk-alt}$  'nın küçük olanıdır. Yani;

$$C_{mk-üst} = \min\left(\frac{\bar{X} - ASL}{3\sigma}; \frac{\bar{ÜSL} - \bar{X}}{3\sigma}\right) \quad (4.6)$$

Makina Yeterlilik analizinin adımları şöyle sıralanabilir:

1. incelenecek prosesi, çalışma karakteristiklerini ve spesifikasyonlar belirlenir.
2. Ne yapıldığı konusunda operatör bilgilendirilir.
3. Normal üretim koşullarında, nominal değere ayarlanmış bir makina ile kesintisiz bir çalışma sağlayacak koşullar yerine getirilir.
4. Ardışık olarak 50 ürün işlenir.
5. Ürünleri toplam limitin 1/10'u hassasiyetinde kalibrasyonu yapılmış bir ölçme aracı ile ölçülür ve sonuçları sıra numara verilerek kaydedilir.
6. Frekans dağılımında veriler işaretlenir. İncelemenin doğru olması için veri oluşu normal dağılım olmalıdır Normal dağılım değilse özel nedenler araştırılarak giderilir.
7. Makina yeterlilik katsayıları ( $C_m, C_{mk}$ ) hesaplanır. Makina yeterlilik katsayıları

minimum 1.67 olmalıdır.

Makina yetenek hesabında dikkate alınması gereken noktalar aşağıdaki şekildedir:

- Doğal toleransın doğru tespiti için makina çıktılarına ait ölçümlerin, ideal şartlardaki çalışma koşullarında alınması şarttır. Bunun için şu hususlar dikkate alınmalıdır.

Makina ayarları dikkatle ve tam yapılmalıdır.

Makina temiz ve "bakımlı durumda olmalıdır.

Kullanılan hammadde/malzemenin teknik spesifikasyonlara uygunluğu teyit edilmelidir.

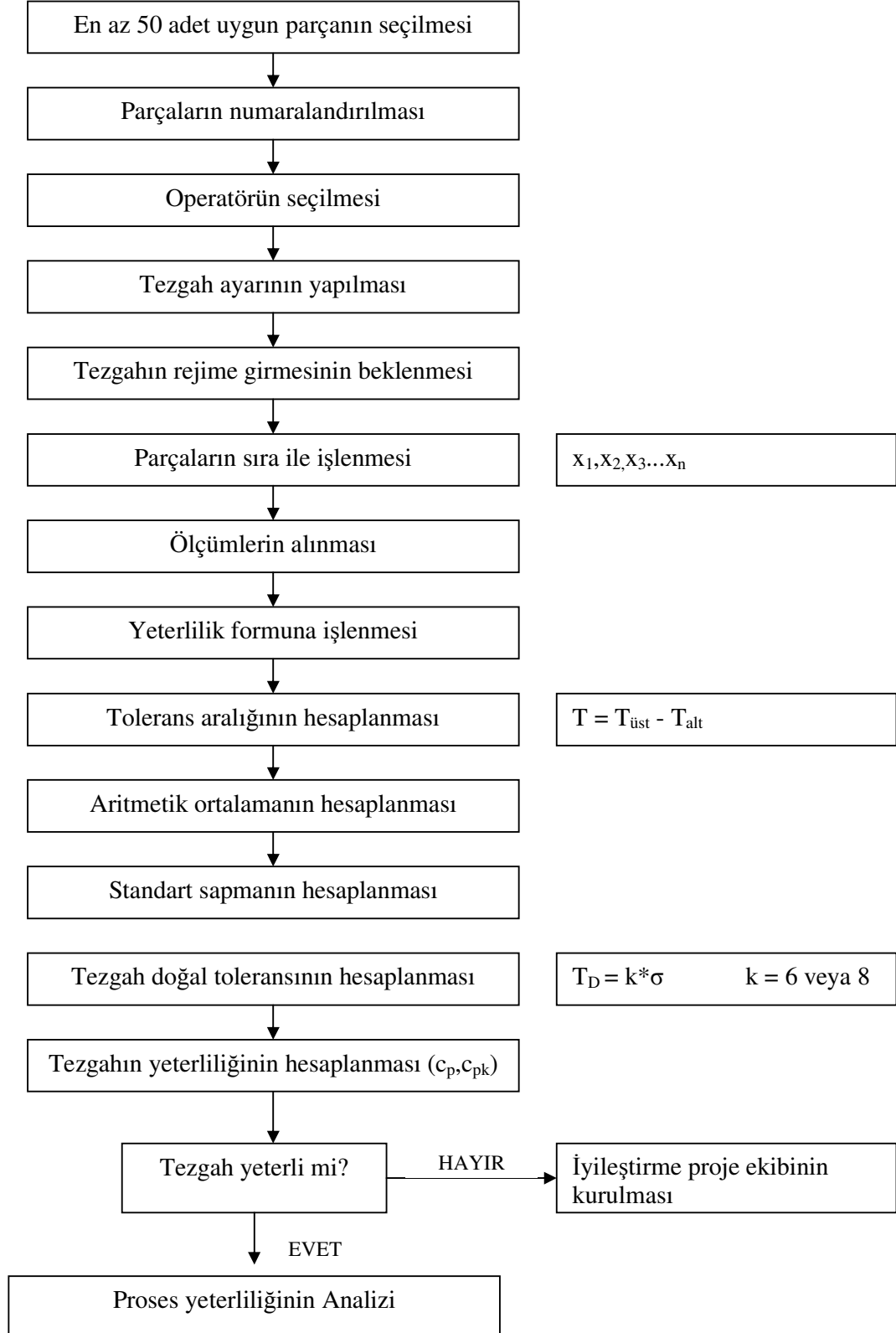
İnsan faktöründen kaynaklanabilecek değişkenlik asgariye indirilmelidir.

Çevreden gelebilecek etkiler asgariye indirilmelidir. (Gürültü; aşırı rutubet; titreşim; ışık yetersizliği vb.)

Kısacası, çalışma şartları kapsamındaki tüm detayın, ideal konumda olmasına özen gösterilmelidir.

- Makina yetenek analizinde veriler makina çıkış sırasında ardışık parçalar üzerinden alınır.
- Makina yetenek analizi için 30-50 (tercihen 50); proses yetenek analizi içinde 50-200 (tercihen 200) adet veri toplamak gerekir. Bazı kaynaklara göre eleman sayısı 40'ın altında olan bir veri grubu kullanarak yapılan değerlendirmenin geçerliliği çok kuşkuludur.
- Veri grubunun 'kalabalık' olması kafi değildir. Dağılımın normal olup olmadığı, histogram üzerinde veya tercihen istatistiksel bir test kullanılarak mutlaka sınanmalıdır.

### MAKİNA YETERLİLİK ANALİZİ İŞLEM ŞEMASI



Şekil 4.4 Makina yeterlilik analizi işlem şeması

#### 4.4.2 Proses Yeterlilik Analizi

Bir prosesin üretim yeteneğini tanımlama yollarından birisi proses yeterlilik analizidir. Proses yeteneği;"bir prosesin sağlayabildiği en az kalite değişkenliği" olarak tanımlanabilir. Proses yeteneği insan, cihaz, malzeme, metot ve çevre faktörlerine bağlı olup bu faktörlerin değişiminden etkilenmektedir. Proses yeterliliği; prosesin değişkenliğinin, ürünün toleransına ne oranda uyduğunun ölçüsüdür veya bir başka tanımlama ile proses performansının tolerans limitleri ile bağlantısını irdeleyen bir karşılaştırmadır ve yetenek indeksleri ile açıklanır.

Proses yeterlilik çalışmaları genel olarak iki tiptir:

- a) Başlangıç proses yeterliliği : Yeni veya düzeltilmiş bir proses hakkında bilgileri elde etme amacıyla yapılan kısa süreli bir çalışmadır. Çalışma için en az 20 adet örnek alt grubu oluşturulmalıdır.Bu çalışma bize proses hakkında detaylı ve uzun dönemli bilgi vermez. (Örneğin girdi malzemelerindeki parti farklılıklarını yansıtamaz.)
- b) Çalışan proses yeterliliği : Proses performansının spesifikasyon limitleri ile olan bağlantısını irdeleyen uzun dönemli çalışmadır. Çalışma prosesin dağılımını etkileyen tüm genel nedenleri yansıtacak kadar uzun dönemli olmalıdır. Bu da genellikle en az 20 günlük bir üretim periyodunun, incelenmek üzere gözlem altına alınması demektir.

Proses yeterlilik analizi ile şu sorulara cevap bulunur;

- Prosesin ortalaması nedir?
- Prosesin standart sapması nedir?
- Prosesin ortalaması zamanla nasıl değişmektedir?
- Prosesin standart sapması zamanla nasıl değişmektedir?
- Proses yeteneği analizi ile;
- Prosesin toleranslara uygunluğu tahmin edilir.
- Örnek alma sıklıkları belirlenir.

- Tedarikçiler arasında seçim yapmak için bir kriter sağlanır.
- Alınacak önlemlerle imalat prosesinde değişkenlik azaltılır.

Bir prosesin yeterliliği aşağıdaki şartlar sağlanarak artırılabilir.

- Varyasyona neden olan özel nedenlerin tümü ortadan kaldırılarak.
- Varyasyona neden olan genel nedenler azaltılarak.

Proses yeteneği, sayısal olarak spesifikasyon limitleri ve dağılım arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Prosesin normal olasılık dağılımını izleyen bir sonuç verdiği ve kontrol altında olduğu varsayıldığında, üretilen parçaların %99.7'si proses yeteneği karşılığı olan alan içinde olacaktır. Böyle bir dağılıma sahip prosesin doğal değişkenlik sınırları  $\pm 3\sigma$  olarak belirlenebilir.

Proses yeterlilik analizinde normal dağılımlar içinde  $C_p$  ve  $C_{pk}$  olarak gösterilen proses yeterlilik indekslerinden faydalanılır. Bunlardan  $C_p$ ; proses yayılımının spesifikasyon limitleri ile olan ilişkisini belirler. Prosesin tolerans limitleri içerisinde parça işleyebilme kapasitesini belirler.  $C_{pk}$  ise; proses ortalamasının hedef olan nominal değer ile ilişkisini irdeler. Aynı zamanda proses yayılmamı da hesaba katar.

$C_p$  ve  $C_{pk}$  indeksleri proses yeteneğinin uygunluğunun sayısal olarak değerlendirilmesidir. Prosesin değişiminin spesifikasyon limitleri içinde olup olmadığının belirlenmesine yardımcı olur. Bu indekslerin değişik değer aralıkları için farklı yorumlan vardır.

Eğer  $C_p$  ve  $C_{pk} > 1,33$  ise proses tamamen spesifikasyonları karşılayabilecek yetenektir.

Eğer  $1,33 \geq C_p$  ve  $C_{pk} > 1,0$  ise proses kabul edilir. Ancak bu proses, spesifikasyonları karşılamada zorluk çekmektedir. Bu nedenle proses kontrolü devam ettirilmelidir.

Eğer  $C_p$  ve  $C_{pk} \leq 1$  ise proses yetersizdir. Prosesi geliştirmek için tatmin edici düzeyde bir çaba gösterilmelidir.

$C_p$  ve  $C_{pk}$  değerlerinin formülasyonları aşağıdaki şekildedir.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - ASL}{3\sigma}; \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}\right) \quad (4.7)$$

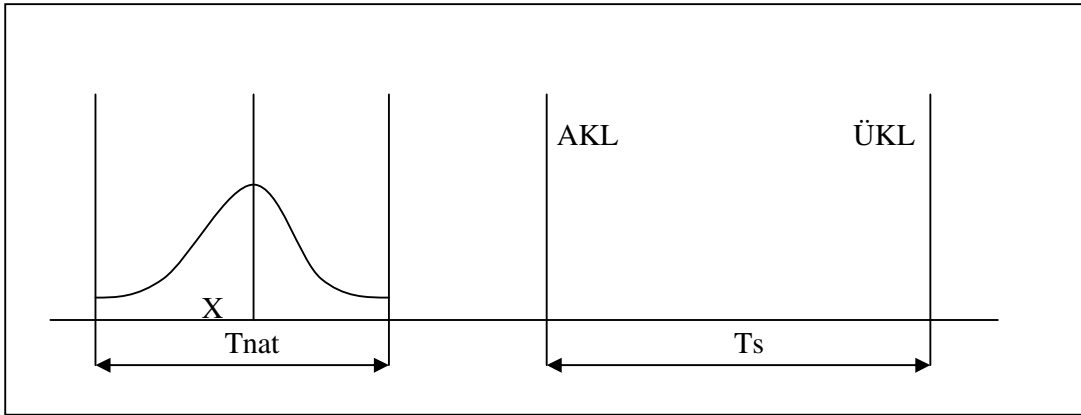
$$C_p = \frac{\dot{U}SL - ASL}{6\sigma} \quad (4.8)$$

Proses için  $C_p = C_{pk}$  ise prosesin tolerans aralığını merkezlediği anlaşılır, (mükemmel ayar)

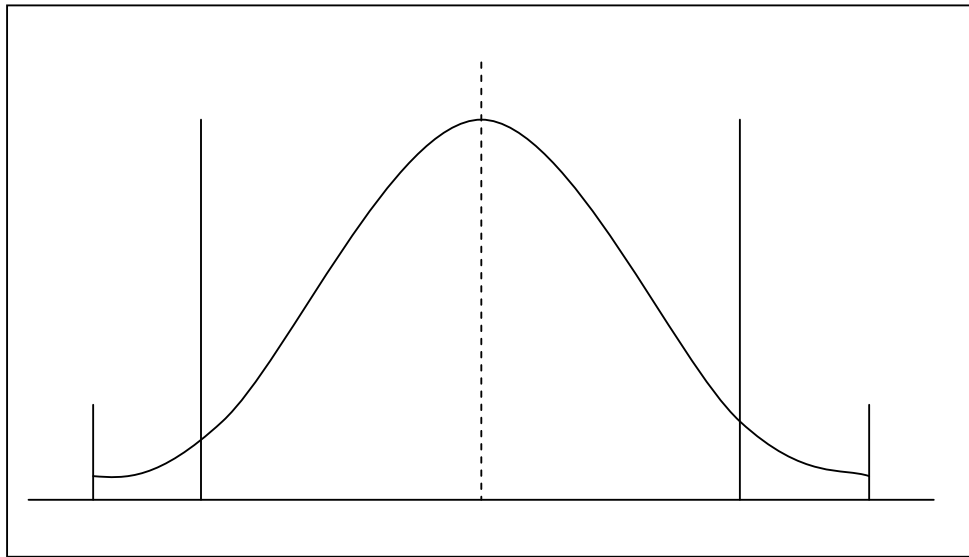
Fakat genellikle  $C_p < C_{pk}$  olduğu görülmektedir. Bu durumda prosesin  $C_p$  ve  $C_{pk}$  arasındaki fark oranında merkezden kaçmış (ayarsız) olduğu anlaşılır.

$C_{pk}$  asla  $C_p$  'den büyük olamaz.

$C_{pk}$  (-) değerler de olabilir. Bu prosesin tolerans bölgesi dışına kaçtığını göstermektedir. Şekil 4. 'de bu duruma bir örnek gösterilmiştir. Burada  $T_{nat} \ll T_s$ ,  $C_p > 1$  yani proses yetenekli ancak  $C_{pk} < 0$  yani ayarsızdır.

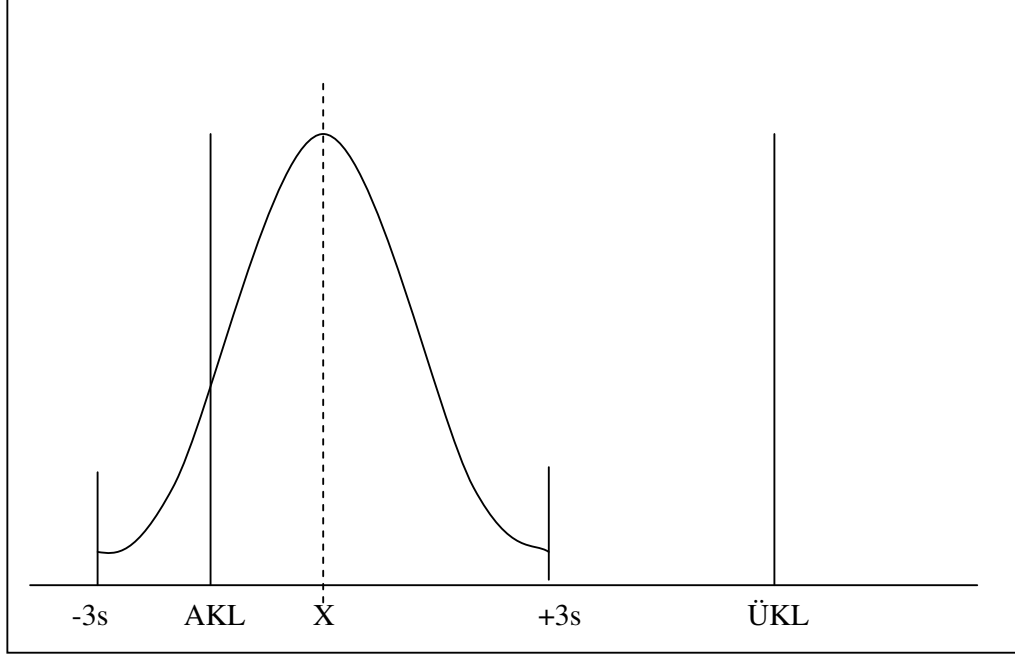


Şekil 4.5 Proses performansının negatif olması durumu



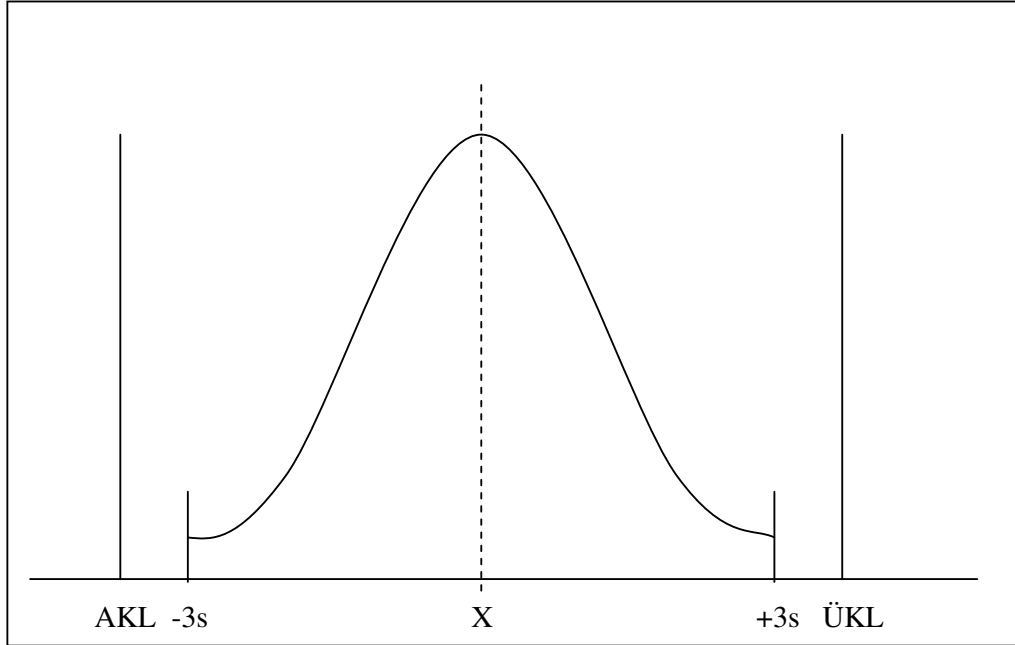
Şekil 4.6 Proses merkezlenmiş, Dağılım aralığı uygun değil.

Diğer durumlar ise Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmiştir



Şekil 4.7 Proses merkezlenmemiş, dağılım aralığı uygun.

Şekil 4.7' deki ifade edilen prosesde  $C_p > 1,33$   $C_{pk} < 1,33$  dür.



Şekil 4.8 Merkezlenmiş, dağılım aralığı uygun proses

Son olarak Őekil 4.8 deki ifade edilen prosesde  $C_p > 1,33$   $C_{pk} > 1,33$  dűr.

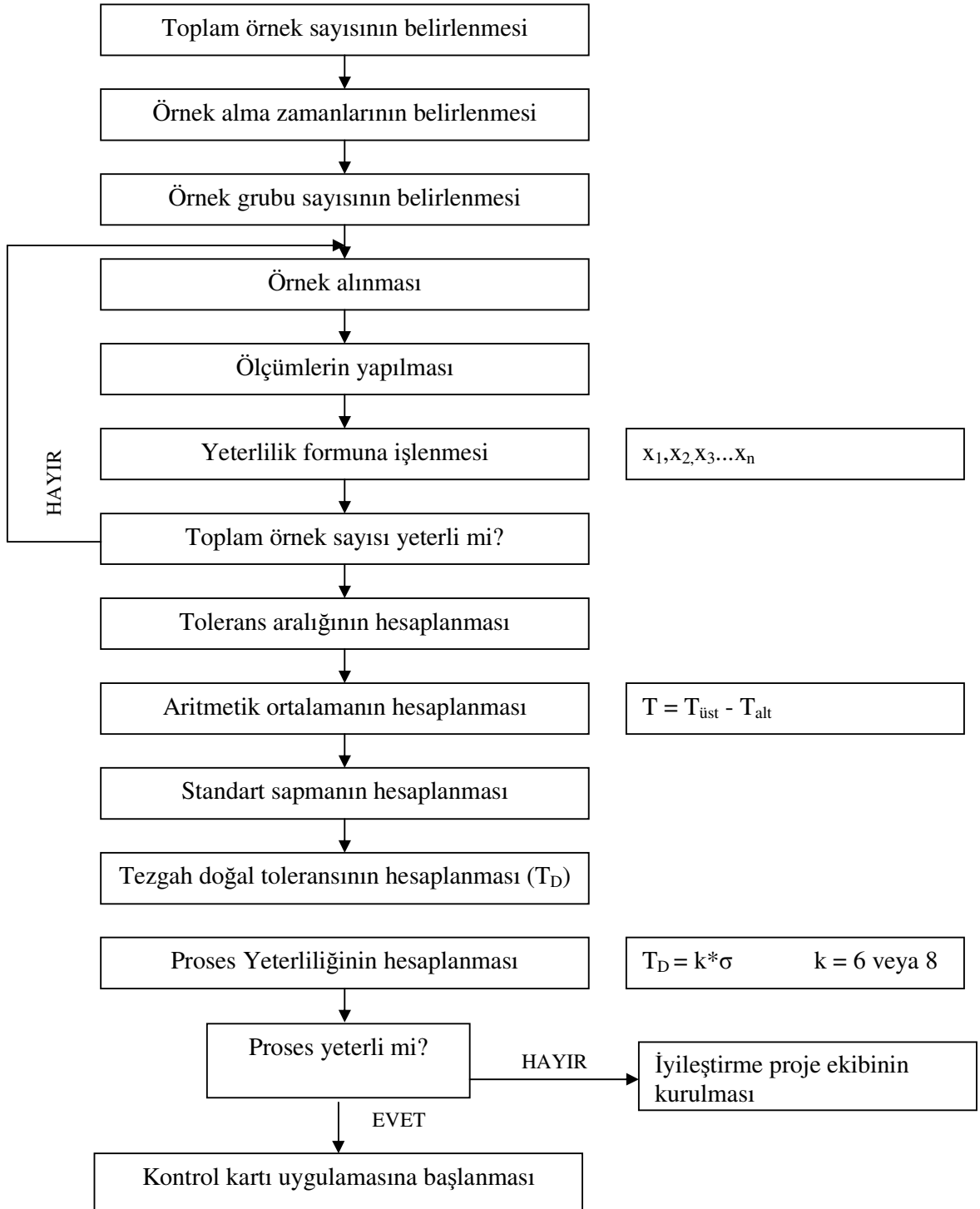
Proses yeterlilik analizi iŐlemi iŐin Őekil 4.9.'daki gibi bir iŐlem Őeması Őizilebilir.Bu Őemadan da gűrűleceęi gibi analiz sonucu prosesin yeterli Őıkması durumunda bir sonraki adım olan kontrol Őemaları uygulaması aŐamasına geŐilmelidir.

#### 4.5 YETERLİ OLMAYAN PROSESLERE YŲNELİK MŲDAHAELELER

Bir prosesin kontrol altında olup da spesifikasyon Ųmitlerini karŐılama yeterlilięi olmadıęında dűŐűnűlmesi gereken birkaç alternatif vardır.Bunlardan bazıları Őűyle sıralanabilir.

1. Prosesin bakımı yapılır.űrnek: yeni yataklar, miller, talimatların gűzden geŐirilmesi, eęitim.)
2. Proses deęiŐtirilir.(űrneęin metodu, hızı, beslemesi, malafa deęiŐtirilir.)
3. Daha iyi bir proses seŐilir, (űrnek; tornalama yerine dűvme, matkap yerine raybalama gibi)
4. Spesifikasyon limitleri gűzden geŐirilir, (gereksiz sıklıkta ise geniŐletilir.)
5. Yeni ekipman alınır.
6. Proses yeterlilięini geliŐtirmek iŐin problem Őűzme teknikleri kullanılır.
7. Ųrűn %100 muayene edilir ve ayklanır. Bu son Őare olmalıdır, Őűnkű hem etkin deęildir hem de maliyetli bir uygulamadır.

### PROSES YETERLİLİK ANALİZİ İŞLEM ŞEMASI



Şekil 4.9 Proses yeterlilik analizi işlem şeması

#### 4.6 YETERLİLİK ANALİZİ UYGULAMA ÇALIŞMASI

Küresel vana döküm hattındaki kum maça makinasının dozaj cihazı için yeterlilik analizi çalışması yapılmak istenmiş ve bu amaçla aşağıdaki veriler toplanmıştır.

Çizelge 4.1. Dozajlama ölçüm sonuçları; küresel vana döküm hattı

ÖRNEK	ÖLÇÜMLERİN SONUÇLARI					YAYILMA	ORTALAMA
	1	2	3	4	5		
1	133	132	132	132	130		
2	130	129	130	133	130		
3	131	130	131	128	134		
4	130	133	130	130	128		
5	128	126	127	125	126		
6	127	126	125	128	127		

##### Adım1 : Aralıkların analizi

İlk 5 parça ölçüsü;

133 132 132 132 130

$$R = 133-130 = 3$$

IT ; Tolerans aralığı

$$IT = 50(10-150\text{mg})$$

$$0,25 IT = 12,5$$

$R < 0,25 IT$  gerçekleşmelidir.

Sonuç olarak imalata devam edilir.

##### Adım2 : Ortalamaların analizi

a- Eğer  $C_{M(\text{şartname})} \leq 1,5$  ise;

$$1- \bar{X} = \frac{133+132+132+132+130}{5} = 131,8$$

2- IT üzerinde işaretlenmiş 0,56 IT aralığı

$$0,56 IT = (0,56) (50) = 28$$

$$\text{Aralık } 11-139 \left( \frac{100+150}{2} = 125 \pm \left( \frac{28}{2} \right) \right)$$

3-  $\bar{X}$  bu aralıktadır. İmalata devam edilir.

b- Eğer  $C_{M(\text{şartname})} \geq 1,5$  ise; diyelim ki: 1,66 olsun;

$$1- \bar{X} = 131,8$$

$$2- IT \left( 1 - \frac{0,647}{C_{M(SARTNAME)}} \right) = 50 \left( 1 - \frac{0,647}{1,66} \right) = 30,5$$

$IT_{\text{yeni}} = 30,5$  alınarak “a” şıkkı uygulanır.

### Adım3 : Dağılımın görülmesi

$$X_{\min} = 125 \quad X_{\max} = 134$$

$$k = 1 + \frac{10}{3} \log N = 1 + \frac{3}{10} \log 30$$

$$k = 6$$

$$A = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6} = \frac{134 - 125}{6}$$

$$A = 1,5$$

$$A_1 = 125 + 1,5 \longrightarrow 125 - 126,5 \longrightarrow \text{III I}$$

$$A_2 = 126,5 + 1,5 \longrightarrow 126,5 - 128 \longrightarrow \text{III III}$$

$$A_3 = \longrightarrow 128 - 129,5 \longrightarrow \text{I}$$

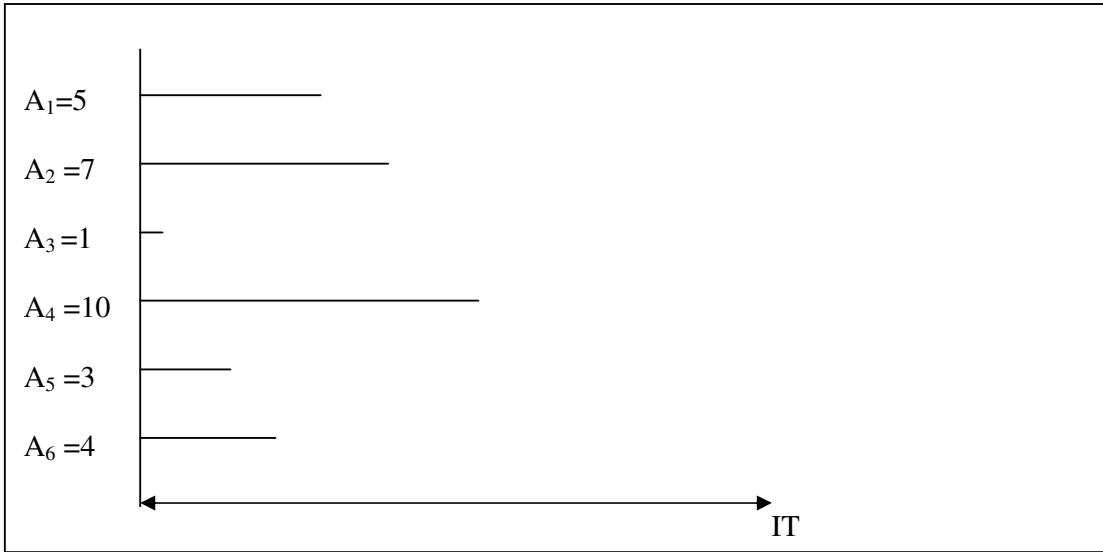
$$A_4 = \longrightarrow 129,5 - 131 \longrightarrow \text{III III II}$$

$$A_5 = \longrightarrow 131 - 132,5 \longrightarrow \text{III}$$

$$A_6 = \longrightarrow 132,5 - 134 \longrightarrow \text{III}$$

### Adım4 : Aralıkların karşılaştırılması

30 adetlik veriye bakarsak;



Şekil 4.10 Tolerans aralıklarının karşılaştırılması

Eğer ;

$$C_{M(\text{ŞARTNAME})} \geq 1,5$$

$$R ; < 0,624 \frac{IT}{C_{M(\text{ŞARTNAME})}}$$

$$\text{Örneğin ; } 0,624 \frac{IT}{1,66} = 18,8$$

Bütün  $R_i$  değerleri bu değerden daha küçük olmalıdır.

Eğer;

$$C_{M(\text{ŞARTNAME})} < R < 0,416 IT$$

$$\text{Örneğin ; } (0,416) (50) = 20,8$$

Bütün  $R_i$  değerleri bu değerden küçük olmalıdır.

#### **Adım5 : Ortalamaların karşılaştırılması**

$$\bar{X}_1 = 131,8$$

$$\bar{X}_2 = 130,4$$

$$\bar{X}_3 = 130,2$$

$$\bar{X}_4 = 126,4$$

$$\bar{X}_5 = 126,6$$

5 parçalık numunelerin imalatı sırasında araca müdahale edilirse mutlaka analiz yapılması önerilir.

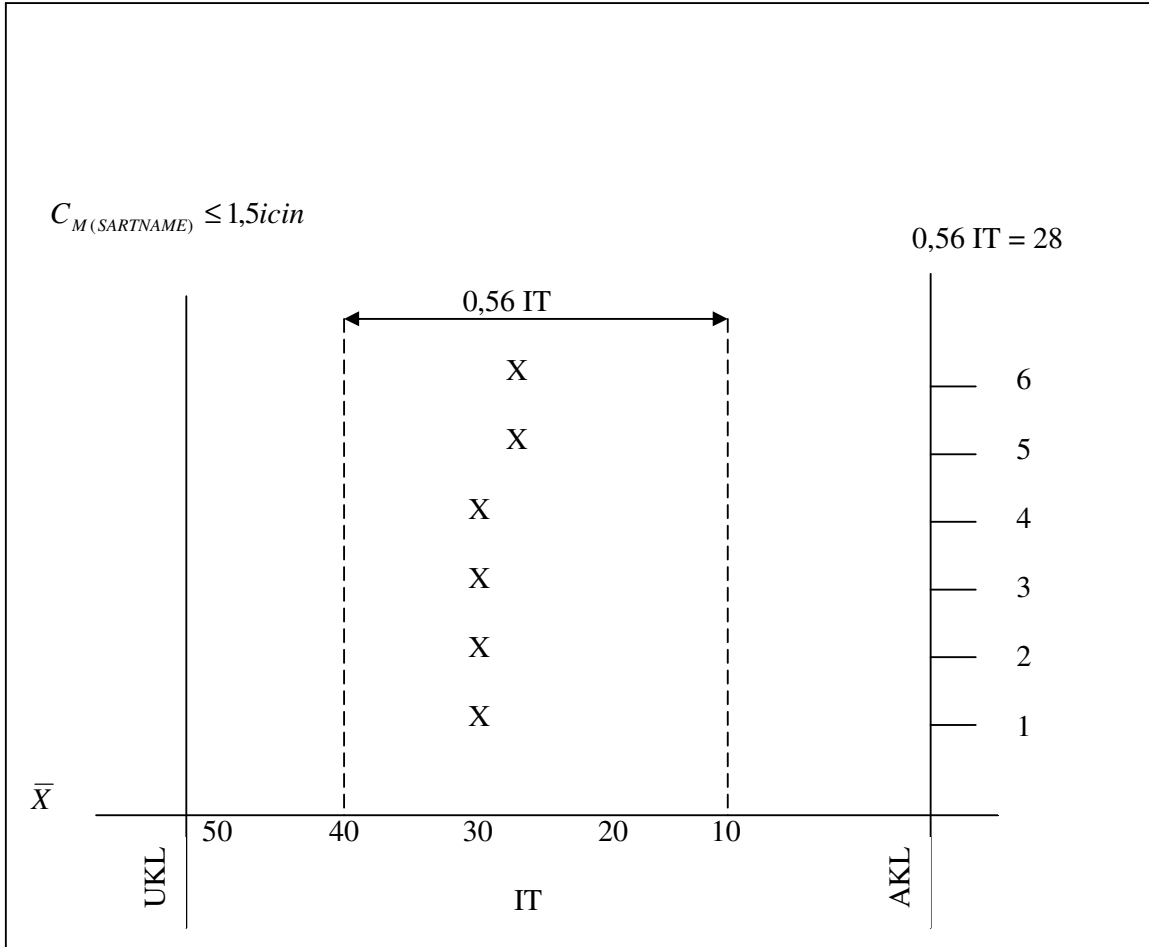
Her 5 parçalık numune ortalamasının, IT üzerinde merkezlenen aralık içinde yerleşmiş olup olmadığı grafiksel olarak kontrol edilir.

Eğer;

$$C_M (\text{ŞARTNAME}) \leq 1,5 \quad A = 0,56 IT$$

Eğer ;

$$C_M (\text{ŞARTNAME}) \geq 1,5 \quad IT_{\text{yeni}} = IT \left(1 - \frac{0,647}{C_M (\text{ŞARTNAME})}\right)$$



Şekil 4.11 Küresel vana döküm makinası yeterlilik analizi;

## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çetin rekabet şartları altında,sahip oldukları pazar paylarını korumaya çalışan tüm firmalar, ürünlerini daha düşük maliyet ve en az müşterilerini tatmin edecek düzeyde kalitede mal üretmek zorundadırlar. Aksi halde ürünleri, rakip ürünlere göre hem pahalı, hem de istenilen kalitede olmayan bir işletme olarak müşterilerinin belirli bir miktarını kaybedeceklerdir. Günümüzde, firmaları bu hedeflere (minumum maliyet ve en iyi kalite) ulaştırmada yardımcı araçlardan biri de hiç şüphesiz ki, İstatiksel Proses Kontrolüdür. İstatiksel Proses Kontrol, prosesin geçmiş verilerinin bir takım istatiki yöntemlerle değerlendirilerek prosesin tutarlılığının kontrol altında tutulmasıdır. Böylelikle, eğer prosese etki eden faktörlerden herhangi birinde normal olmayan bir durum söz konusu olursa prosesin hemen durdurulmasına ve düzeltilmesine yardım eder. Ancak daha önce de vurgulandığı gibi İstatiksel Proses Kontrol bize olası doğal olmayan nedenlerin varlıklarını işaret eder, sorunun asıl kaynağının tesbiti hakkında bilgi vermez. Bu nedenle İstatiksel Proses Kontrolü ile proseslerin kontrol edilmesi sırasında kullanılan araçların gönderdikleri ip uçlarını yakalayabilecek bilgi ve tecrübe gereklidir (mevcut proses ve aynı zamanda İPK araçları ile ilgili). Bu tür projelerin başarısı tüm firma çalışanların katılımını ve desteğini gerektirir

Firmalar kendi ürünleri için maliyet düşürme, kalite yükseltme çalışmaları yaparken bir taraftan da hammadde ve yarı mamul temin ettikleri yardımcı sanayilerden de bu tip çalışmalar talep etmek zorundadırlar. Zira malzeme de, bir firmanın ürün, kalite ve maliyetini etkileyen önemli unsurlardan biridir ve malzemenin alıcı firmaya girişinde kalite kontrolden geçmesi, uygun olmayan malzemelerin ayıklanması, geri gönderilmesi ya da benzeri durumlar hem tedarikçi hem de alıcı firma için zaman ve para kaybı demektir. Bu sebeple firmalar, kendi üretim prosesleri ve ürünleri için İstatistiksel Proses Kontrol yönteminde faydalanırken, aynı zamanda tedarikçilerinin de proseslerini İPK ile kontrol altına almalarını sağlamalıdır.

## KAYNAKLAR

- AKIN, B., (1996), "İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri", Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- AKKURT, M., (2002) "Kalite Kontrol Excel Destekli", Birsen Yayınevi, İstanbul
- BOSCH," SPC El Kitabı", Yardımcı Sanayi Eğitim Notları
- ÇETİN, C., AKIN, B., EROL, V., (2001) "TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ve KALİTE GÜVENÇE SİSTEMİ", BETA Yayınevi, İstanbul
- ERTUĞRUL, İ., (2004) "Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri", Ekin Yayınevi, İstanbul
- EUGENE, L.G. - LEAVENWORTH, R.S. (1987), "Statistical Quality Control", McGraw-Kill Book Co, Singapore.
- GÜMÜŞOĞLU, Ş., (1996), "İstatistiksel Kalite Kontrol", Beta Basım yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- ISO, (1995), "Statistical Methods of Quality Control", ISO Standards Handbook, Geneve, Switzerland.
- İpekkağıt ECZACIBAŞI, "İstatistiksel Proses Kontrolü" Eğitim Notları
- JURAN, 3.G.- GRZYNA, M.R, (1998), "Juran's Quality Control Handbock", Mc.Graw Hill Co., New York.
- KalDer, "İstatistiksel Proses Kontrolü". Eğitim Notları.
- KARA, t, (1983), "Olasılık", Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- KOBU, B., (1987), "Endüstriyel Kalite Kontrolü", İ.Ü. Yayınları, No:3425, İstanbul.
- KOBU, B., (1979), "Üretim Yönetimi", İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:2298, İstanbul.
- MİTRA, A., (1993), "Fundamentals of Quality Control and Improvement", USA, New York.
- MPM, (1991), "İş Etüdü", Milli Produktivite Merkezi, Ankara. Otosan, "İstatistiki Operasyon Kontrolü, Uygulama Kılavuzu" . TMMOB, (28-30/08/93), "Toplam Kalite Kontrol Seminer Notları", İstanbul.
- ŞİRVANCI, M., (1997) "Kalite İçin Deney Tasarımı", Literatür Yayınevi, İstanbul
- TSE, "İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları", İstanbul Bölge Müdürlüğü, İstanbul.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	07.10.1980	
Doğum yeri	İzmit	
Lise	1991-1998	Gölcük Anadolu Lisesi
Lisans	1998-2003	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, İmal Usülleri Programı

**Çalıştığı kurumlar**

2001-2002	Termostar Rezistans Sanayi Ltd. Şti.
2003-2006	PVD Proses Vana Donanım Ltd. Sti.
2006-	Devam ediyor Polen Vana ve Armatür Fab. A.Ş.