

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Zeynep DEĞERLİ

TOPLAM KALİTE YÖNETİMİNDE İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNÜN  
ÖNEMİ VE BİR İŞLETME UYGULAMASI

Danışman  
Yrd.Doç. Dr. Can Deniz KÖKSAL

İşletme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2006

## İÇİNDEKİLER

<b>ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ</b>	<b>iv</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>vii</b>
<b>GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>1. BÖLÜM: KALİTE KAVRAMI VE KALİTE KONTROL ARAÇLARI</b>	<b>3</b>
1.1. Kalitenin Tanımı	3
1.1.1. Kalite Bileşenleri	5
1.2. Toplam Kalite Yönetimi	6
1.2.1. Toplam Kalite Yönetiminde İstatistik Bilimi	8
1.3. İstatistiksel Süreç Kontrolü	10
1.3.1. Değişime Neden Olan Özel ve Genel Öğeler	13
1.3.2. İstatistiksel Süreç Kontrolünün Tarihçesi	14
1.3.3. İstatistiksel Süreç Kontrolünün Amaçları ve Yararları	16
1.3.4. Toplam Kalite İçinde İstatistiksel Süreç Kontrolünün Yeri	17
1.4. Veri Toplama	19
1.5. Örneklem ve Kalite Kontrolü	20
1.6. Kalite Kontrolde Kullanılan İstatistiksel Teknikler	22
1.6.1. Temel İstatistiksel Teknikler	23
1.6.1.1. Çetele Diyagramı	23
1.6.1.2. Histogram	24
1.6.1.3. Pareto Analizi	25
1.6.1.4. Neden-Sonuç Diyagramı	28
1.6.1.5. Gruplandırma (Sınıflandırma)	30
1.6.1.6. Serpilme (Dağılma)	31
1.6.1.7. Kontrol Şemaları	32
1.6.2. Orta Derecede İstatistiksel Teknikler	32
1.6.3. İleri Derecede İstatistiksel Teknikler	33
1.7. Yeni İstatistiksel Süreç Kontrol Araçları	33
1.7.1. Yakınlık Diyagramı	35
1.7.2. İlişki Diyagramı	36
1.7.3. Ağaç Diyagramı	38
1.7.4. Matris Diyagramı	39

1.7.5. Matris Veri Analiz Diyagramı (L-matris)	42
1.7.6. Ok Diyagramı	42
1.7.7. Süreç Karar Program Şeması(PDPC)	43
<b>2. BÖLÜM: KONTROL ŞEMALARI</b>	<b>45</b>
2.1. Kontrol Şemaları	45
2.2 Kontrol Şemalarının Amaçları	46
2.3. Kullanım Alanları	47
2.4. Kontrol Şemalarının Yapısı	47
2.5. Kontrol Şemalarının Sınıflandırılması	51
2.5.1. Ölçülebilir Değişkenler İçin Kontrol Şemaları	51
2.5.1.1. Shewart Kontrol Şemaları	51
2.5.1.2. X ve Rm diyagramları	54
2.5.1.3. EWMA ve EWMD Diyagramları	55
2.5.1.4. CuSum Diyagramları	57
2.5.1.5. Sürecin Kontrol Altında Olması	59
2.5.1.6. Sürecin Kontrol Dışı Olması	61
2.5.1.7. Yöntemlerin Karşılaştırması	61
2.5.2. Nitelikler İçin Kontrol Şemaları	63
2.5.2.1. Yöntemlerin Karşılaştırması	66
2.5.3. Değişkenler ve Nitelikler Kontrol Şemalarının Karşılaştırması	67
2.5.4. Süreç Geliştirme	67
2.5.5. Spesifikasyon Kavramı ve Tolerans Limitleri	69
2.5.5.1. Spesifikasyon ve Tolerans Limitleri Arasındaki İlişki	69
2.5.6. Yeterlilik Analizi	70
2.5.6.1. Makine Yeterlilik Analizi	71
2.5.6.2. Süreç Yeterlilik Analizi	72
<b>3. BÖLÜM: MENSAN A.Ş. MADEN OCAĞI İLE İLGİLİ UYGULAMA</b>	<b>76</b>
3.1. Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı	76
3.1.1. Mensan A.Ş.'ye Ait Makine Parkı Bilgileri	77
3.2. Mensan A.Ş.'deki Üretim Süreci	78
3.2.1. Mensan A.Ş.'deki Stoklama ve Dağıtım Süreci	81
3.3. Çalışmanın Amacı	81
3.4. Çalışmanın Kısıtları	82
3.5. Araştırmanın Yöntemi ve Araştırma Hipotezi	82
3.6. Çalışmanın Kalite Karakteristiği ve Kullanılan Kontrol Şemaları	82

3.6.1.Kalite karakteristiği	82
3.6.2. Kontrol Şemaları	83
3.7. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi	83
<b>SONUÇ</b>	<b>96</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>99</b>
<b>EKLER</b>	<b>104</b>
<b>ÖZGEÇMİŐ</b>	<b>115</b>

## ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ

### ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İstatistiksel Süreç Kontrolü Döngüsü	13
Şekil 1.2. TKY süreci içerisindeki İSK'nın yeri	18
Şekil 1.3. Karlılık ve İSK arasındaki ilişki	19
Şekil 1.4. Histogram	25
Şekil 1.5. : Pareto Diyagramı	28
Şekil 1.6. Balıklıçığı Diyagramı	30
Şekil 1.7. Dağılıma Diyagramı	31
Şekil 1.8. Yakınlık Diyagramı	36
Şekil 1.9. İlişki Diyagramı	37
Şekil 1.10. Ağaç Diyagramı	39
Şekil 1.11. Matris Diyagramı	41
Şekil 1.12. Ok Diyagramı	43
Şekil 2.1. Kontrol Şeması	48
Şekil 2.2. Kontrol diyagramları için $\pm 3$ sigma limitleri	50
Şekil 2.3. Kontrol altında olan bir kontrol şeması	60
Şekil 2.4. Çeşitli kontrol diyagramları için geçmiş verilerin ağırlıklandırması	62
Şekil 3.1. Mensan A.Ş.'deki Üretim Sürecinin Genel Akış Diyagramı	80
Şekil 3.2. Mart 2005 X Kontrol Şeması	83
Şekil 3.3. Mart 2005 R Kontrol Şeması	84
Şekil 3.4. Nisan 2005 X Kontrol Şeması	87
Şekil 3.5. Nisan 2005 R Kontrol Şeması	87
Şekil 3.6. Mayıs 2005 X Kontrol Şeması	89
Şekil 3.7. Mayıs 2005 R Kontrol Şeması	89
Şekil 3.8. Mart 2006 X Kontrol Şeması	91
Şekil 3.9. Mart 2006 R Kontrol Şeması	91
Şekil 3.10. Nisan 2006 X Kontrol Şeması	92
Şekil 3.11. Nisan 2006 R Kontrol Şeması	93
Şekil 3.12. Mayıs 2006 X Kontrol Şeması	94
Şekil 3.13. Mayıs 2006 R Kontrol Şeması	94
Şekil 3.14. Sıfırdan Farklı Yüklemelerin Ortaya Çıkma Olasılıklarının Yıllara ve Aylara Göre Yüzde Dağılımları	95

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.1.</b> :Çetele Diyagramı	24
<b>Tablo 1.2.</b> : Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi	27
<b>Tablo 2.1.</b> İstatistiksel Süreç Kontrolü Metodolojik Şeması	71
<b>Tablo 2.2.</b> Süreç Yeterlilik Oranı ve Alınacak Önlemler	74

## KISALTMALAR LİSTESİ

A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri	kg.	Kilogram
AKL	Alt Kontrol Limiti	km.	Kilometre
Ar-Ge	Araştırma Geliştirme	Kogem	Koç Eğitim ve Geliştirme Merkezi
ASL	Alt Spesifikasyon Limiti	KWA	Kilovat
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Derneği	mm.	Milimetre
A.Ş.	Anonim Şirket	MP	Yönetim ve Planlama
AT&T	American Telegraph & Telephone	mt.	Metre
cm.	Santimetre	MS-Excel	Micro-Soft Excel
CPM	Kritik Yol Metodu	QFD	Kalite İşlevini Yayma
CuSum	Kümülatif Toplam	PDPC	Süreç Karar Program Şeması
dk.	Dakika	PERT	Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği
DOE	Deney Tasarımı	SPC	İstatistiksel Süreç Kontrolü
EOQC	Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu	SPSS	Sosyal Bilimler İçin İstatistiksel Paket Program
EWMA	Üstel Olarak Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalamalar	TKK	Toplam Kalite Kontrolü
EWMD	Üstel Olarak Ağırlıklandırılmış Hareketli Sapmalar	TKY	Toplam Kalite Yönetimi
FMEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi	TSE	Türk Standartları Enstitüsü
İKK	İstatistiksel Kalite Kontrolü	ÜKL	Üst Kontrol Limiti
İPK	İstatistiksel Proses Kontrolü	ÜSL	Üst spesifikasyon limiti
İSK	İstatistiksel Süreç Kontrolü	Value Analysis	Değer Analizi
JIS	Japon Sanayi Standartları Komitesi	vb.	Ve başkaları, ve benzerleri, ve bunun gibi
JUSE	Japon Bilim Adamları ve Mühendisler Birliği		





## GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin, faaliyet gösterdikleri pazardan pay alabilmeleri, bu payı koruyabilmeleri, rekabet ortamında başarı sağlamaları ve verimliliklerini arttırabilmeleri için ürün ve hizmetlerinin fiyat ya da kalite yönüyle rakiplerinden üstün olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, kalite kavramı ve kaliteye yönelik uygulamalar her geçen gün önem kazanmaktadır. Çünkü, üretilen ürün ya da verilen hizmetin beklenen kaliteye sahip olup olmadığı, değişen teknolojinin bu kaliteyi ve maliyetleri nasıl etkilediği, planlanan çalışmaların uygulanmasıyla kalitenin gelişip gelişmediği ve maliyetlerdeki etkisi ancak kalite uygulamaları ile açığa kavuşur.

Kalitenin geliştirilmesi, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması dolayısıyla rekabette güçlü olmanın yolu kalite çalışmalarının yapılmasıdır. Bu çalışmalar, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteyi, tüm faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ürün ve hizmet bünyesinde oluşturan bir yönetim biçimi olan Toplam Kalite Yönetimini benimseyerek yürütülebilir. Global dünyada, yıkıcı rekabetin karşısında ayakta kalabilmek ancak bu anlayışı benimsemekle mümkün olmaktadır. Toplam Kalite Yönetimi, işletmenin tüm faaliyetlerinde kaliteyi arttırmayı hedefler böylece, her aşamada ortaya çıkması muhtemel hataları önler. Hataların önlenmesiyle ıskarta, ikinci kalite ürün, gereksiz stoklar, teslimattaki gecikmeler ve benzeri olumsuzluklar ortadan kaldırılır. Tüm bunların sonucu olarak, maliyetler azalır ve müşterilerin beklentileri isteklerine uygun olarak karşılanır.

Toplam Kalite Yönetiminin başarısında İstatistiksel Süreç Kontrolünün önemli bir yeri vardır. İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemleri gelişme ve iyileşme sağlayarak planlanan hedefe ulaşmaya yardım eder. Kalite sorunlarının temelindeki değişkenliğe hakim olabilmek için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmalıdır. İstatistiksel Süreç Kontrol uygulamaları sürecin durumunu belirler. Süreçteki olumsuzluklara, değişkenliklere işaret eder. İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemlerinin uygulanmasıyla süreç kontrol altına alınıp, bu şekilde çalışması sağlanabilir ve süreç yeterliliği artırılarak geliştirme sağlanabilir. Süreçteki değişkenliğin azaltılmasıyla müşteri doyumunda artma görülür. Bu durum, Toplam Kalite Yönetiminin hedeflerinden biridir.

İşletmelerde üretim sürecini inceleyip, kaliteyi artırmak için, müşteri gereksinimleri belirlenerek kalite hedefi saptanmalıdır. Süreç çeşitli faktörlerin etkisiyle değişim gösterme

eğiliminde olduğundan, kalite kontrol çalışmalarının en iyi etkinlikte yürütülmesi sağlanmalıdır. Böylece, süreç iyileştirilip kontrol altında çalışması mümkün olabilir. Sürecin kontrol altında olmasıyla yetinilmeyip, süreç geliştirme faaliyetleri devam ettirilmelidir. Ancak bu şekilde, gerek minimum kayıp olan hedeflerini, sıfır hata olarak değiştiren, güçlü ve kaliteye büyük önem veren dünya şirketleriyle gerekse iç pazardaki rakipleriyle rekabet etmeleri mümkündür.

## 1. BÖLÜM: KALİTE KAVRAMI VE KALİTE KONTROL ARAÇLARI

### 1.1 Kalitenin Tanımı

Herkesin genel olarak uzlaşabileceği bir kalite tanımı yapılması neredeyse olanaksızdır. Kullanıcı gereksinim ve beklentileri ile olan doğrudan ilgisi ve bu gereksinim ve beklentilerin değişkenliğinden dolayı, kalitenin standart bir tanımı bulunmamaktadır. 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.

Kalite kavramı ile ilgili diğer önemli noktalar ise, kalitenin nesnel ölçütlerinin olmadığı, kalitenin doğasının karşılaştırmaya dayandığı ve kalitenin tüm boyutları ile bir bütünselliği olduğudur. Kalıcı kalite hiçbir zaman tesadüfen veya kendiliğinden ortaya çıkmamaktadır. Kalite, insan tarafından gerçekleştirilen sistematik çabaların bir sonucudur (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>, s.16).

Kalite, niteliği bakımından dinamik bir özellik taşımakta, tüketici ihtiyaçlarına paralel olarak gelişmekte ve değişmektedir. Kalite konusuyla yakından ilgili kuruluş ve kişilerin kalite tanımları aşağıda sunulmuştur:

**Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC):** Bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümü.

**Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu (EOQC):** Belirli bir malın veya hizmetin, tüketicinin isteklerine uygunluk derecesi.

**Japon Sanayi Standartları Komitesi (JIS):** Ürün ya da hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemi.

**Taguchi (1965):** Kalite, ürünün toplumda neden olduğu minimal zarardır.

**Deming (1968):** Kalite, gereksinimleri tatmin edebilme kapasitesidir.

**Crosby (1979):** Kalite ihtiyaçlara uygunluktur.

**Feigenbaum (1983):** Kalite, bir ürünün tasarım ya da özelliklere uygunluk derecesidir.

**Deming (1986):** Kalite, mevcut ve gelecekteki müşteri gereksinimlerinin karşılanması için gayret etmektir.

**Juran (1989):** Kalite kullanıma uygunluktur.

**TSE (TS-EN-ISO 9000):** Bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Tüm bu tanımların ortak noktası, müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin tatminidir.

İnsan gereksinimlerinin en uygun biçimde karşılanması gündeme geldiğinde akla gelen ilk soru, bu uygunluğun ölçütlerinin ne olacağıdır. Teknik standartlarda çerçevesi çizilen kalite, geliştirildiği ürün veya hizmetin belli sayısal gereksinimlerini tam olarak karşılamayı hedefleyen ve ölçülebilen özellikler taşıırken; genel anlamda kalite, ölçülebilir özelliklerden çok, farklı boyutlarda algılanan bir kavram olarak incelenmektedir. Kalitenin çeşitli açılardan incelenmesinde en kapsamlı çalışmalardan birini yapan Garvin, tüketicinin algıladığı kaliteyi sekiz boyutta incelemektedir (Garvin, 1988, s. 217; Garvin, 1996, s.15-23):

**1. Performans:** Bir ürünün temel işlev özellikleri anlamına gelen performans, örneğin bir otomobil için hız, konfor; bir televizyon için renk, ses, görüntü vb. özellikler olabilmektedir. Hizmet işletmelerinde ise performans servis hızı ve bekleme zamanının azlığı ile ölçülebilir.

**2. Özellikler:** Özellik kelimesi, bir ürünün temel fonksiyonunu tamamlayan kavram olarak nitelendirilebilir. Kalitenin bu boyutu için, havayolu şirketinin uçuşlarda verdiği ücretsiz ikramlar; çamaşır makinesinin pamuklu ya da yünlü programı örnek olarak sayılabilir.

**3. Güvenilirlik:** Ürünün kullanım ömrü içerisinde kendisinden beklenen tüm fonksiyonları tam olarak yerine getirip getirmediğinin ölçütüdür. Ölçülebilen bir özellik olan güvenilirlik, ortalama ilk bozulma zamanı, bozulma süreleri arasındaki dönem vb. olabilir.

**4. Uygunluk:** Uygunluk, ürünün tasarımının ve işleyiş özelliklerinin önceden belirlenmiş standartlara uyup uymama derecesidir. Aynı zamanda uygunluk, istatistiksel kalite kontrolde ürünle ilgili özelliklerin nominal değerden sapma oranıdır. Bu oran hedeflenen nominal değere ne kadar yakın olursa ürün, tasarım spesifikasyonlarını o derece iyi karşılar ve uygunluk açısından kaliteli bir ürün olarak algılanır.

**5. Dayanıklılık:**Bir ürün veya hizmetin kullanım ömrünün uzunluğudur. Teknolojik açıdan dayanıklılık, bir ürünün deformasyona uğrayıncaya kadar olan kullanım süresini ifade etmektedir.

**6. Hizmet Görme Yeteneği:** Kalitenin altıncı boyutu hizmet görme yeteneği, yani hız, çabukluk, nezaket, yeterlilik, ehliyet ve tamir edebilme kolaylığı olarak ifade edilmektedir. Tüketiciler ürünün bozulma olasılığı ile birlikte, ürünün serviste kaldığı süreyi, servisin randevularına ne kadar sürede cevap verdiği, servis personelinin ilgisi ve servisin sorunlara doğru çözümler bulabilme özelliklerine de önem vermektedirler.

**7. Estetik:** Estetik, tüketicilerin beş duyusuna hitap eden ürün özellikleridir. Başka bir deyişle, ürünün kullanıcının beklentilerine uygun bir estetik yapıyı sağlayabilmesidir. Renk, ambalaj, biçim gibi özellikler ürünün performansını doğrudan etkilememekle beraber, tüketici beğenilerine yönelik estetik özellikler olarak nitelendirilebilir.

**8. Algılanan Kalite:** Tüketiciler her zaman ürünün tüm özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi sahibi değildirler ve böyle durumlarda dolaylı bir takım ölçütler karar vermelerinde önemli rol oynamaktadır. Reklam faaliyetlerinde yaratılan ürün imajı, marka imajı gibi faktörler ürün kalitesinin tüketici tarafından olumlu veya olumsuz algılanmasında oldukça önemlidir.

### **1.1.1. Kalite Bileşenleri**

Bazı kavramlar vardır ki, kalite ile yakından ilgili ve kalite ile bir bütünlük oluştururlar. Bunlara kalite bileşenleri diyebiliriz. Bu bileşenleri kısaca açıklayalım.

**1. Tasarım Kalitesi:** Tasarım, müşteri araştırmaları ve hizmet veya satış ziyaretleri ile başlar, müşterinin arzu ve isteklerine uygun bir ürün veya hizmetin belirlenmesi ile devam eder. Daha sonra ürün veya hizmetin kendinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmesi için neler yapılması gerektiği ve bunların spesifikasyonları belirlenir. Yani tasarım, yeni bir ürün veya hizmet geliştirme fikrinin ortaya atılmasıyla başlayıp, prototip imalatın yapılması ve yeni ürün veya hizmeti imal edebilecek veya sunabilecek şekilde düzenlemesini kapsar (Burnak ve Çelik, 1992, s. 54).

Bir mamul için en uygun tasarım kalitesinin saptanması, kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti arasında optimum noktaların bulunması prosesidir.

**2. Uygunluk Kalitesi:** Müşteri gereksinimlerini karşılayabilmek için ürünün veya hizmetin tasarım spesifikasyonlarını karşılayabilme derecesi olarak tanımlanmaktadır (H.L.Gilmore, 1994, s.45-53).

Yüksek tasarım kalitesi yüksek maliyet; imalat süresinde tasarım spesifikasyonlarına uygunluğun gerçekleşmesi ise düşük maliyet demektir (Peşkircioğlu, 1992, s.3-4).

Tasarım ve uygunluk kalitesinin saptanmasında iki noktadan harekete geçilmelidir:

- Tüketicinin istekleri
- Teknolojik olanaklar

Tüketicinin mamulden nasıl bir kalite beklediği ve bunun için ne kadar para ödeyebileceği ayrıntılı tüketici araştırmaları ile ortaya çıkarılabilir. Teknolojik olanaklar ise, eldeki malzeme, makine, işgücü ve teknik bilgi potansiyelinin gerçekçi bir değerlemesi sonunda belirlenir (Kobu, 1987, s.24).

**3. Performans Kalitesi:** Firmanın ürünlerinin ya da hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları, satış-hizmet ziyaretleri analizleri ile belirlenmesidir. Bu belirleme çalışmaları satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin neden firmanın ürün/hizmetlerini satın almadıklarının araştırılmasını içerir (Bozkurt, 2003(a), s. 17).

## **1.2. Toplam Kalite Yönetimi**

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), bir kuruluşta üretilen mal ve hizmetlerin, işletme süreçlerinin ve personelin sürekli iyileştirilmesi ve geliştirilmesi yolu ile, önceden belirlenmiş müşteri gereksinimleri ve beklentilerinin tüm çalışanların katılımıyla en optimum maliyet düzeyinde karşılanması, kuruluş performansının iyileştirilmesi için stratejiler geliştirilmesi ve bununla ilgili planların uygulamaya konulmasıdır (Bozkurt, 2003(b), s.12).

TKY, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteyi, tüm faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ürün ve hizmet bünyesinde oluşturan bir yönetim

biçimidir. Dinamik pazarlarda, yıkıcı rekabetin karşısında ayakta kalabilmek ancak bu anlayışı benimsemekle mümkün olmaktadır.

En basit açıklaması ile TKY (Madu, Kuei, Lin, 1995, s. 321);

Toplam = Herkesin katılımı,

Kalite = Müşteri gereksinim ve beklentilerinin tam olarak karşılanması,

Yönetim = Kaliteli ürün ya da hizmet için bütün koşulların sağlanmasıdır.

Feigenbaum tarafından ileri sürülen ve kısaca bir işletmede kalite kontrol sorumluluğunun tepe yöneticisinden montaj işçisine kadar herkes tarafından paylaşılması olarak ifade edilebilen Toplam Kalite Kontrolü (TKK) ile Toplam Kalite Yönetimi arasında prensipler açısından en küçük bir fark bulunmadığı söylenebilir (Kobu, 1994(a), s. 468).

Toplam Kalite Yönetimi, bir kuruluşun tüm faaliyetlerinde kaliteyi yükseltmeyi amaçlar ve böylece her safhada ortaya çıkması muhtemel hataları önler. Hataların önlenmesi sonucu kayıplar azalır; fire, ıskarta, ikinci kalite ürün, gereksiz stoklar, zaman kayıpları, teslimattaki gecikmeler ve benzeri olumsuzluklar ortadan kaldırılır. Bütün bunların sonucu, maliyetler düşer ve müşterilerin beklentileri de isteklerine uygun olarak karşılanır (Nalbant, 1995, s. 199).

Klasik yönetim anlayışında amaç, hedeflenen karı elde etmektir. Müşteri ve insan unsurları ikinci planda kalır. Ürün veya hizmetin kalitesinin belirli bir düzeyin üzerine çıkması, maliyetleri yükseltir. Kalite ile maliyetin artışları doğru orantılıdır. Kalite kontrol işlemi, üretim veya hizmet gerçekleştirildikten sonra yapılır. Dolayısıyla kontrol işlemi, önlemeye dönük değil, sadece müşterinin eline, belli bir olasılıkla, kusurlu ürünün geçmemesine yöneliktir. Bu anlayışta, hataların ölçülebilen maliyetleri (hurda, fire, kalite kontrol maliyeti,...) ele alınır, hataların ölçülemeyen maliyetleri(müşteri kaybı, pazar kaybı, prestij kaybı,...) ele alınmaz.

TKY`de ise amaç, müşterinin tatmin edilmesi, hedeflenen karı sağlayacak ölçülebilen ve sürekli geliştirilen bir kalite sistemine sahip olmaktır. Burada, hataların ortaya çıkmadan önlenmesini sağlayacak, hataları önlemeye yönelik bir anlayış hakimdir. Böylece, hata maliyetleri ve değerlendirilmesine yönelik işlemlerin de maliyeti düşmektedir. Hata maliyetleri belirlenirken

hataların ölçülemeyen maliyetleri de ele alınmaktadır. Bu nedenle de klasik yönetime göre Toplam Kalite Yönetimi, kalite, maliyet ve hız yönünden daha üstün bir sistemdir (Çevik, 2001, s.12).

TKY, sadece ürün ve hizmet kalitesi ile ilgili olmayıp günümüzün çağdaş bir yönetim anlayışıdır. İlk ortaya çıktığı dönemde sadece özel imalat işletmelerinde uygulanan TKY, zamanla önce hizmet işletmelerinde daha sonra ise kamu sektöründe uygulanmaya başlanmıştır. TKY'nin başlıca özelliği, kalitenin geleneksel yaklaşımda olduğu gibi sadece bir bölümün değil, işletmenin bütün bölümlerinin, bütün elemanlarının görevi olduğudur. Bu, tepe yöneticilerden aşağıya doğru işletmenin tüm elemanlarını, müşteri ve tedarikçileri içeren bütüncül bir süreçtir.

TKY, her şeyden önce bir yönetim felsefesidir. Bu felsefe insanın mutluluğunu esas almaktadır. İnsan çalışanlardır, müşterilerdir, ortaklardır, bayilerdir, tedarikçilerdir, kısacası insan toplumdur. İnsan var olduğu sürece bu felsefede gelişerek varlığını sürdürecektir.

TKY felsefesi sürekli gelişme anlayışına dayanmaktadır. Tüm süreçler yeniden gözden geçirilip nasıl daha iyi olunabilir, nasıl daha hızlı olunabilir diye sorgulamak ve sürekli iyileştirme yapmak gerekmektedir. Bunun için ekip çalışmalarına, çalışanların önerilerine gereksinim vardır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>, s.24).

### **1.2.1. Toplam Kalite Yönetiminde İstatistik Bilimi**

Toplam Kalite Yönetiminin doğuş noktası ve yayılma şekli geçmiş dönemlerde iş dünyasını kasıp kavuran yönetim ve tekniklerinden biraz farklıdır (Grant, Shani, Krishanan, 1994, s. 26-27). Modern yönetim kuramı ve tekniklerinin çoğu, temelde sosyal bilimlere dayanmaktadır. Mikroekonomi, birçok finanssal yönetim tekniklerinin doğuş noktasını oluşturmaktadır. Psikoloji, pazarlama ve karar destek sistemlerinin gelişimine yön vermiştir. Sosyoloji ise örgüt yapısının oluşmasında büyük rol oynamıştır. Toplam Kalite Yönetiminin kuramsal yapısını ise istatistik oluşturmaktadır. Çekirdeğinde ise İstatistiksel Süreç Kontrolü yer almaktadır ki; bu örnekleme ve varyans analizlerine dayanmaktadır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>, s.27).



Yönetim biliminde daha fazla üretim, çalışanların güdülenmesi ve yaptıkları işten sağladıkları doyumun yanında, örgütler arası rekabet ve pazar payını kaybetmemek için mal ve hizmet üretiminde “kalite” ve “kalite kontrol” kavram ve uygulamaları görülmektedir (<http://www.maliye.gov.tr/kalite/menu/tkynedir.htm>, s. 10).

İstatistik en genel şekilde “tesadüfi değişmelerle ilgili problemleri çözümlenmeye çalışan bir bilim dalı” olarak tanımlanabilir (Kobu, 1993, s.487).

İstatistik biliminin kalite kontrol amaçlı olarak geniş uygulama olanakları bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan II. Dünya Savaşı`nda gerçekleşmiştir. Savaşın ortaya çıkardığı çeşitli ihtiyaçlar kalite kontrolde yaygın bir İstatistiksel Süreç Kontrol metodu olan kontrol diyagramlarının ve örnekleme ile yapılan kabul testlerinin geniş çapta kullanılmasını gerektirmiştir. Savaştan sonra gelişen endüstri aynı trendin günümüze kadar sürmesini sağlamıştır (Aycan, 1999, s.16).

Toplam Kalite Kontrolü; sorunların çözümüne istatistiksel ve sistematik olarak yaklaşmaktadır. Bu düşünce, süreç eğilimli düşünce biçimini güdüler.

Toplam Kalite Kontrolünün başarısında rol oynayan araç ve tekniklerin arasında İstatistiksel Kalite Kontrolün (İKK) ayrı bir yeri bulunmaktadır. İKK yöntemleri amaçlara ulaşmayı sağlayacak gelişme ve değişimleri sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kalite sorunlarının temelinde değişkenlik mevcuttur. Bu değişkenliğe hakim olabilmek için de istatistiksel yöntemlerden yararlanılması gerekmektedir. İstatistiksel yöntemler mevcut sürecin durumunu belirler. Toplam Kalite Kontrolü bu verilerden yararlanarak çözüm üretebiliyorsa uygun biçimde kurulmuş demektir. Süreç için uygun olduğu belirlenen istatistiksel yöntemler; etkin hale getirilebilir ve sadece belirli kontrol noktalarında yararlanılması yerine bütün faaliyetlere yayılabilir (Yüksel, 1998, s.12).

Toplam Kalite Kontrolü geleneksel yaklaşıma karşıt olarak; sürekli gelişmeyi sağlamak için sürece etki eden öğeleri sürekli araştırmayı gerektirmektedir. Sürece etki eden öğelerin belirlenmesi ile sürecin geliştirilmesi daha kolay olmaktadır. Sürekli gelişim kavramı doğrultusunda işletmeler daha iyi kalite düzeyine ulaşabilmek için süreçlerine odaklanmak

zorundadır. Sürecin kontrol altına alınabilmesi ve geliştirilmesi için sürecin işleyişi hakkında bilginin olması gerekmektedir. Süreç hakkında bilgi, sürecin ölçülmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu bilgilerin sağlanabilmesi için de istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır. İstatistiksel yöntemlerin yardımıyla süreç kontrol altına alınabilecek ve süreçte geliştirme faaliyetleri gerçekleştirilebilecektir. Toplam Kalite Kontrolünde sürecin kontrol altına alınmasının ve sürecin geliştirilmesinin temelinde İstatistiksel Kalite Kontrol vardır. Bu noktalar da İstatistiksel Kalite Kontrolünün; Toplam Kalite Kontrolü anlayışının en önemli fonksiyonlardan birisi olmasını getirmiştir.

İstatistiksel Kalite Kontrolünün amacı süreci kontrol altına almak, sürecin kontrol altında çalışmasını sağlamak ve sürecin yeterliliğini artırarak; süreci geliştirmektir. Süreç kontrol altında ve yeterli ise sürecin gelecekteki davranışı hakkında öngörüleme olası olmaktadır ve müşteri gereksinimi daha iyi bir biçimde karşılanmaktadır. Süreçteki değişkenliğin azaltılmasıyla müşteri doyumunda artma görülür. Bu da Toplam Kalite Yönetiminin diğer önemli işlevi olan müşteri odaklılık ilkesi ile ilişkilidir (Yüksel, 1998, s.13). Toplam Kalite Kontrolü anlayışında müşteri doyumunun sürekli sağlanabilmesi için müşteri gereksinimleri doğrultusunda süreçteki problemlere sistematik olarak yaklaşılmalıdır ve gereksinimlerin ürün ve hizmete dönüştürülmesinde istatistiksel araçlardan yararlanılmalıdır.

### **1.3. İstatistiksel Süreç Kontrolü**

Literatürde İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK) ile ilgili olarak verilen birkaç tanım aşağıdadır:

“Sürecin daha iyi anlaşılabilmesi ve idare edilebilmesi için; analitik, objektif ve nümerik yöntemlerin kullanıldığı takip metodudur” (S.Oakland, 1993, s.17).

“Süreç hatalarını önlemek için bilgi sağlayan, istenilenin dışına çıkmayı önleyen bir istatistiksel araçtır” (A.Johnson, 1993, s.13).

“İSK; istatistiksel metotlarla, ürünü imal ettikten sonra değil, imalat esnasında ya da ürünü etkileyen özelliklerden alınan değerlerin incelenmesiyle, süreci kontrol ederek ve geliştirerek, iç ve dış müşteri istek ve beklentilerinin karşılanması ve “sürekli iyileştirme modeli”nin gerçekleştirilmesi için kullanılan frekanslı bir kontrol yöntemidir” (Sağdıç, 1995, s.9).

“İstatistiksel Süreç Kontrolü; sürecin analiz edilmesi veya süreçten elde edilen çıktılarının istatistiksel kontrol durumunu sürdürebilmesi için gereken müdahaleleri yapabilmek amacıyla kontrol şemalarının ve diğer istatistiksel analiz tekniklerinin kullanılmasıdır” (W.J.Kolarik, 1995, s. 293-294).

İstatistiksel Süreç Kontrolü; hem üretim hem de hizmet sektöründeki bir sürecin performansını izlemek, kontrol altına almak, korumak ve geliştirmek için istatistiksel yöntemlerin verimli bir şekilde kullanılmasıdır

(<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1570090405.html>). İSK'nın etkin bir şekilde kullanılmaması durumunda; ürünlerin geri çağırılması, ürün üstünde tekrar çalışma, hurda oranı, müşteri şikayetleri ve garanti maliyetlerinde artmalar ile kar marjında, verimlilik ve pazar payında azalmalar gibi sonuçlarla karşılaşılabilir (Little, T.A., 2001, s.46-52).

İstatistiksel Süreç Kontrolü; süreç değişimlerini tanımlamak ve gerekli düzeltici önlemleri zamanında almak için örnekten elde edilen süreç bilgilerini kullanır. İstatistiksel yöntemlerle toplanan ve analiz edilen veriler doğrultusunda istatistiksel kontrolün sağlanması ve sürdürülmesi için gerekli olan faaliyetler gerçekleştirilebilir, kusurlu olan veya kalite düzeyi düşük olan üretimler önlenir ve sürecin yeterliliği geliştirilebilir. İstatistiksel Süreç Kontrolü; üretim sürecinde ürün kalitesinden sapmanın en az olması için en uygun olan durumda sürecin çalışmasını sağlamanın yanında, süreç kalitesini geliştirerek üretim maliyetlerini en düşük düzeyde tutmaktadır (W.H.Chen, 1996). İstatistiksel yöntemler; bir sürecin geçmişte nasıl davrandığını gösterir ve sürecin gelecekteki performansı hakkında öngörüleme yapılmasına olanak sağlar. Sonuç olarak İstatistiksel Süreç Kontrolü; mevcut süreç performansını değerlendirmede, süreç performansını geliştirmede ve müşteri gereksinimlerinin karşılanmasında temel faaliyetleri sunmaktadır. Bu tür sorunlarını halletmiş ülkelerde üretim esnasında hiçbir sorun çıkartmayacak ürünlerin tasarımı konusunda düşünülmektedir (Özer, 1990, s.16).

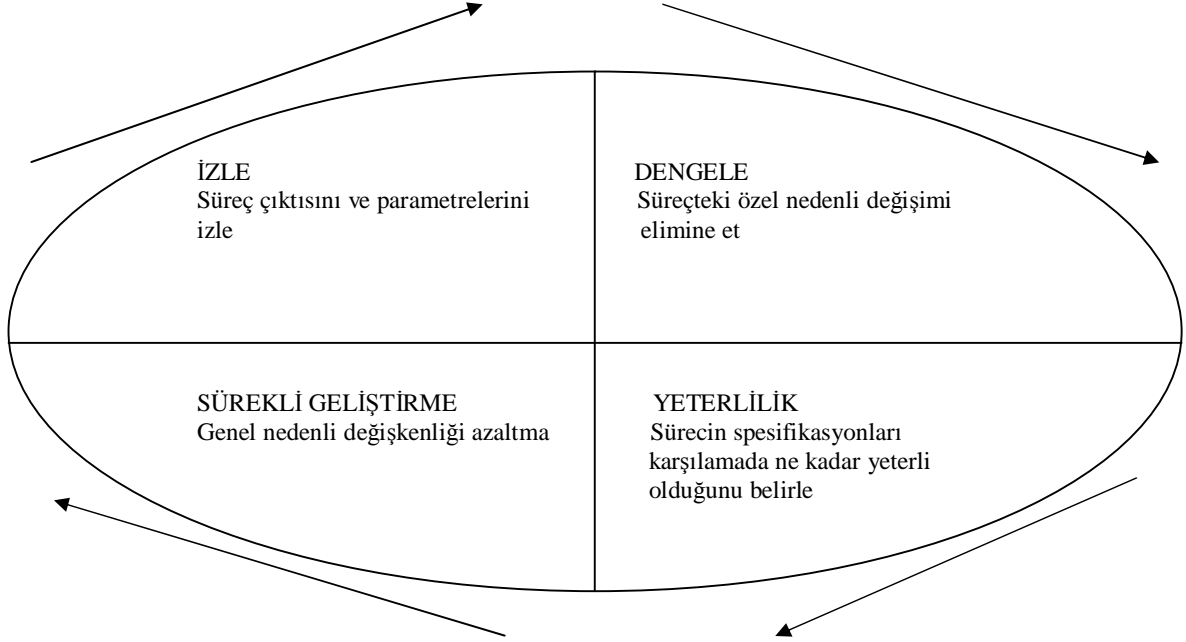
İstatistiksel Süreç Kontrolünün oldukça önemli bir parçası ölçmedir. Çıktıların kalitesini ölçmek, sürecin performansının işlerliğini belirlemek, kalite maliyeti hesabi, ...vb. için veri toplanması gerekmektedir. Bu da bizleri istatistiğe yönlendirmektedir. İSK için istatistiksel

yöntemler yaklaşık 60 yıldır öğretilmektedir. Temel istatistiksel yöntemler aşağıdaki durumlar için kullanılır:

1. Sürecin ne yapmakta ve ne yapabileceği konusunda bir fikre sahip olmak amacıyla,
2. Problemin ne zaman aranacağını söylemek amacıyla,
3. Problemin nerede ortaya çıkabileceğini öngörebilmek amacıyla,
4. Sürecin işleyişinin anlaşılmasına ve böylece süreç veya ürünlerdeki gelişmeleri kaydedebilmek amacıyla (Gözübatık, 1997, s.8).

Shewart'a göre süreçte odaklanılması gereken temel nokta, müşteri gereksinimlerini tatmin etmenin araçları ve yöntemleridir; bütün faaliyetleri kapsayıcı amacın ise sürecin ekonomik olarak işlemesinin sağlanmasıdır. Yapılan faaliyetler ekonomik ise faaliyetlerin sonuçlarının kontrol limitleri arasına düşmesi beklenir. Limitlerin dışında görülen performanstaki sapma; sürecin ekonomik başarısını tehlikeye atan problemlerin süreçte mevcut olduğunun göstergesidir. Süreçteki değişim limitlerin dışında ise yapılan faaliyetlerin istenen düzeyden uzaklaşmış olduğu ve sorunun nedeni ortadan kaldırılmazsa sürecin ekonomik olarak devam etmeyeceği belirtilir. Kalite ve verimlilik geliştirme çalışmalarını engelleyen nedenleri belirlemek ve ortadan kaldırmak için sürecin yakından incelenmesi gerekmektedir. Faaliyetlerde sapma olduğu zaman sorunun nedeni belirlenip ortadan kaldırılmadığı sürece süreç ekonomik olarak işlemeyecektir (R.E.Devor, T.Chang, J.W.Sotherland, 1992, s.122-125).

Süreç kontrol altında değilse, sürecin ekonomik ve etkinlik başarısı garanti edilememektedir. Süreç kontrol altında olmadığına, spesifikasyon limitlerini karşılayan ürünler üretilse de; bu, rekabette başarı sağlayacak bir yöntemle üretim yapıldığını göstermemektedir. Ürünün kalite karakteristiğinin spesifikasyon limitleri arasına düşmesi müşteri isteklerinin karşılandığını gösterir. Bununla birlikte süreç performansının kontrol limitleri arasına düşmesi müşteri isteklerinin ekonomik bir şekilde karşılandığını ifade etmektedir (J.M.Juran, F.M.Gryna, 1993).



**Şekil 1.1.** İstatistiksel Süreç Kontrolü Döngüsü

(<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1080100404.html>)

### 1.3.1. Değişime Neden Olan Özel ve Genel Öğeler

Shewart; değişkenliğin endüstriyel faaliyetlerin bir ögesi olduğunu, olasılık ve istatistik kurallarından yararlanılarak değişkenliğin anlaşılabilirliğini belirten ilk kişi olmuştur.

Ürün veya sürecin kalite karakteristiğinde; tezgahlardaki, işçilerdeki ve materyallerdeki değişimden ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerindeki farklılıktan dolayı değişkenlik görülür. Aynı işçi çalışarak ve aynı makinede üretimin yapılması durumunda bile değişkenlik kaçınılmazdır. Bundan dolayı da süreçte problemlere neden olan değişkenlik ile kabul edilebilir değişkenliğin birbirinden ayrılması gerekmektedir. İstatistiksel yöntemler bu ayrımın yapılmasında destek sağlamaktadır (W.E.Deming, 1994, s.93-111).

Shewart, Deming ve Juran süreçteki kalite problemlerini iki kategoriye ayırmıştır: Özel ve genel nedenler. Özel nedenler; bir süreçte belirli bir makine, operatör, materyal gibi spesifik nedenlere bağlı olarak oluşurlar. Bunlar; üretim yönetiminin yanlış ve eksik uygulanması, işçi eğitiminin

eksik olması, takım aşınması ve tezgah duyarlılığının bozulmasıdır. Özel nedenler, sürecin doğasında yokturlar, bundan dolayı kolaylıkla belirlenebilirler (<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Article/1080100404.html>). İstatistiksel Süreç Kontrolü'nün temel amaçlarından biri bu özel nedenlerin belirlenmesi ve süreçte gerekli düzeltmelerin yapılmasının sağlanmasıdır. Belirli nedenlerle süreçte oluşan ve izlenemeyen farklılaşmalar, rassal etkiyle oluşan nedenler olarak belirtilebilir. Bunlar genel nedenlerdir. Genel nedenler sürecin doğasında vardır ve tüm süreci etkilerler. Genel nedenlere örnek olarak; kalite yönetim sisteminin niteliği, hammadde spesifikasyonu, makine, alet ve takımın kalitesi, nem oranı, ortam sıcaklığı, aydınlatma ve titreşim verilebilir. Deming'e göre kalite problemlerinin %85'i genel nedenlerden, %15'i ise özel nedenlerden dolayı ortaya çıkmaktadır.

Değişkenliğin kontrol altına alınabilmesi ve yönetilebilmesi için ilk yapılması gereken çalışma, değişkenliğin ölçümü ve saptanmasıdır. Ölçümden sonra kalite geliştirme teknikleri uygulanarak değişkenlik azaltılabilir (Yüksel, 1998, s.24).

Bir sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olması; süreçte sadece rassal etkilerin mevcut olduğu hipotezinin kabul edilebilir bir hipotez olduğunu göstermekte ve özel nedenleri araştırmanın etkin bir çalışma olmayacağını belirtmektedir. Süreçte rassal etmenlerin yanında özel nedenler de varsa değişkenlik çok fazla olacağından, bu sürecin veya kalite karakteristiğinin herhangi bir zamanda ne olacağını öngörmek olası değildir. Bu durumda süreç kontrol altında olmamaktadır. İstatistiksel teknikler kullanılarak saptanabilir özel değişkenlerin nedenlerinin bulunup ortadan kaldırılması ve sürecin iyileştirilmesi sürekli gelişimin temelidir (J.M.Juran, F.M.Gryna, 1993, s.40-82). Deming'e göre değişkenlikte meydana gelen azalma; daha güvenilir ürünler, birim sürede ve birim hammadde başına daha fazla çıktı anlamına gelmektedir ve değişkenlikteki azalma işletmeye daha iyi bir rekabet konumu sağlamaktadır (W.E.Deming, 1994, s. 93-111).

### **1.3.2. İstatistiksel Süreç Kontrolünün Tarihçesi**

İstatistiksel Süreç Kontrolü, örnekleme incelemesi ve kalite kontrol teknikleri 1920'lerde geliştirildi. 1924 yılında Bell Telefon Laboratuvarları çalışanlarından W.A.Shewart ilk modern

kontrol grafiğinin taslağını geliştirdi. Onunla alışan F.Dodge, H.G.Romig, W.J.Jennet ve diğerleri çalışmalarına hızla devam ettiler (Gözübatık, 1997, s.6).

16 Mayıs 1924'de Bell Laboratuvarları uzmanı Dr.Walter Shewart, Western Electrics şirketi Kontrol Mühendisliği Bölüm Müdürlüğü'ne yolladığı mektupta şu ifadelere yer vermiştir (P.Ryan, 1988, s.21):

“Ekte tasarlanmış olan rapor, bir ürünün yeterli olup olmadığını anlamak amacıyla potansiyel değişkenlik nedenlerinin önem derecelerini araştırmaktadır.”

Söz edilen raporun belirttiği metot, literatürde İSK'nın başlangıcı olarak kabul edilen Shewart kontrol kartı ve uygulama yöntemlerini içermektedir.

1941'de ilk istatistiksel kontrol standartlarını oluşturmak üzere A.B.D. Savunma Bakanlığı'nın desteğiyle Shewart ve Deming'in de içinde bulunduğu uzman bir komite oluşturulmuştur. Hazırlanan standartların etkin kullanımı, II.Dünya Savaşı esnasında Amerikan endüstrisi kaynaklarının verimli kullanılması ve savaşın kaderini belirlemesi açısından kilit rol oynamıştır. Daha sonra kurulan Savaş Bakanlığı, askeri malzeme üreten işletmelere İSK kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Bell Laboratuvarları, birçok küçük ve orta ölçekli işletmeye İSK hakkında danışmanlık yaparak istatistiksel metotların yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur. Özellikle, büyük ölçekte üretim yapan otomotiv, uçak, elektronik ve gemi sanayilerinin İSK ile tanışmaları bu döneme rastlamaktadır.

II. Dünya Savaşı sonrasında, 1945-1960 yılları Amerikan imalat sektörü için altın bir dönem olmuştur. Üretim alanlarında yoğun bir rekabet yoktur; malzeme ve işçilik maliyetleri çok düşük ve teknolojik değişim süratli değildir. Savaşın toplum üzerindeki psikolojik etkileri nedeniyle tüketim mallarına karşı çekingen bir tutum mevcut olup, sunulan ile yetinen bir tüketici topluluğu görölmektedir. Bu dönemde İSK metotlarını savaş döneminde başarı ile uygulayan birçok işletme, İSK'ya karşı tavır almaya ve gerekliliğini sorgulamaya başlamışlardır (Aycan, 1999, s.11).

İSK'nın asıl büyük çıkışı, A.B.D.'de istedikleri ilgiyi bulamayan Dr.Deming ve Juran gibi kalite bilimcilerinin Japonya'ya giderek, görüş ve bilgilerini bunları uygulamaya istekli sanayicilere aktarmaları ile olmuştur. Özellikle Deming'in çalışmaları 1950'li yıllarda Japonlar üzerinde büyük bir etki bırakmıştır. İSK, Japon endüstrisi tarafından geniş ölçüde uygulanmıştır ve İSK'nın para kaybını önlediği ve müşterileri çektiği ispatlanmıştır.

Japonlar batıdan öğrendikleri istatistiksel teknikleri çok başarılı bir şekilde uygulamışlardır. Günümüzde başta Amerika ve İngiltere olmak üzere batı endüstrisi Japonlarla yarışabilmek için İSK ve teknikleri konusunda bilinçlendirilmektedirler.

### **1.3.3. İstatistiksel Süreç Kontrolünün Amaçları ve Yararları**

İstatistiksel Süreç Kontrolü'nün temel amacı, kaliteyi geliştirmektir. İstatistiksel Süreç Kontrolü ile kalite geliştirme bir bütündür, bir arada yürümek zorundadır. Kalite geliştirme, süreçte meydana gelen ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyen nedenlerin elimine edilmesidir. Bunu yaparken de basit istatistiksel yöntemlerden yararlanır, soruna yol açabilecek bir durum, kontrol çizelgeleri yardımıyla önceden tahmin edilerek süreçte ayar ve düzeltmeler yapılır (Fadıllıoğlu, 1990, s.4).

Kalitenin geliştirilmesi sonucunda, sürekli gelişme ile kalite arttırılarak müşteri tatminsizlikleri önlenir, şirket imajı korunur ve yükseltilir, ürün maliyetleri düşürülerek rekabet ortamında ayakta kalabilme yetisi kazanılır.

İSK'nın bir diğer amacı ise, verimliliği arttırmaktır. Süreç sürekli denetim altında tutularak verimlilik artırılmaya çalışılır. Böylece; sürekli kontrol ile kayıplar önlenir, üretim maliyetleri düşürülerek karlılık artırılır ve rekabet ortamında rakiplere karşı avantajlı bir duruma sahip olunur.

Aşağıda İSK'nın uygulanmasıyla kazanılabilecek yararlar sıralanmıştır: (<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1080100404.html>):



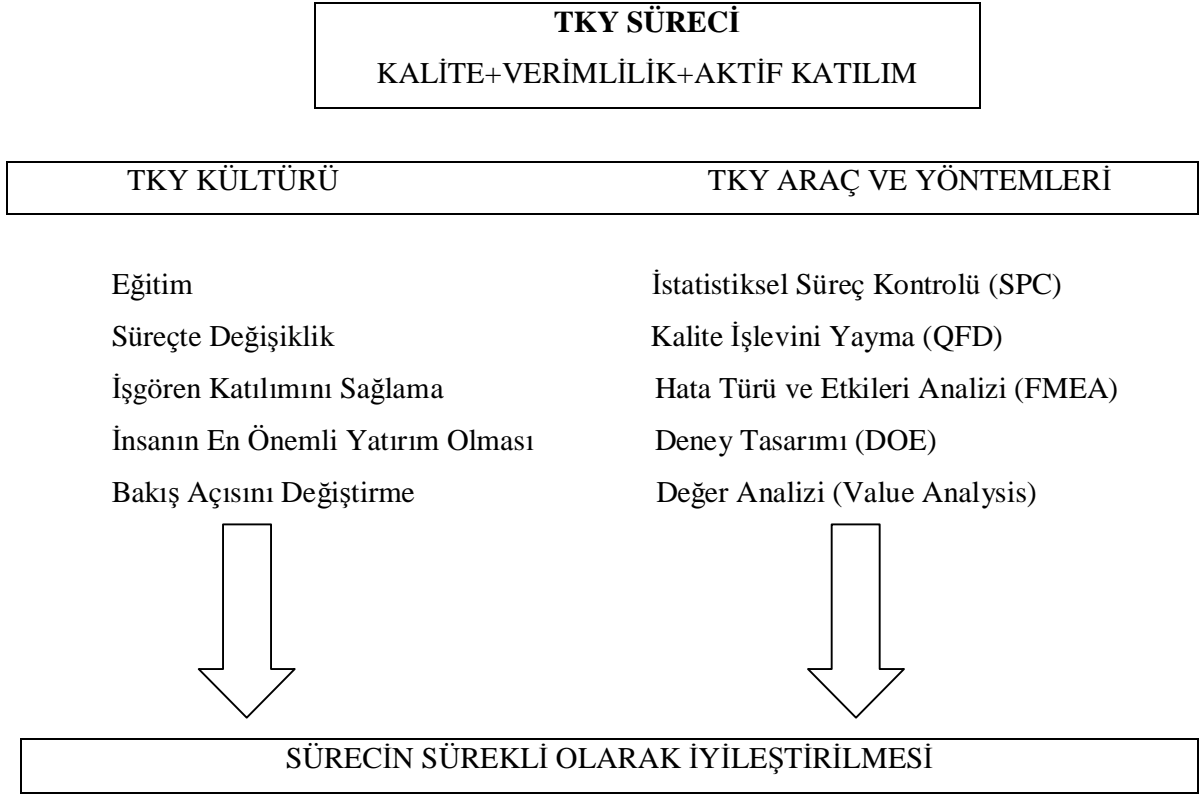
1. Harcanan zaman ve çabanın azalması
2. Sürecin iyileştirilmesi
3. Süreç çıktısında tutarlılık
4. Gelişmiş uygulayıcı bilgisi: ne zaman harekete geçmeli ya da geçmemeli
5. Sürecin önceden tahmin edilebilmesi
6. Değişik departman çalışanları için süreç performansı konusunda ortak bir dil olması
7. Genel nedenleri özel nedenlerden ayırt etmeye yardımcı olması
8. Değişkenliğin azalması
9. Yüksek kaliteli ürün/hizmet sonucu itibar ve bunun sonucu azalan müşteri şikayetleri
10. Sağlıklı pazar payı ve gelişmiş itibar
11. Kalite maliyetlerinin azalması
12. Kontrol/denetleme/test etme çabalarına duyulan ihtiyacın azalması
13. Daha etkili yönetim ve sürecin daha çok anlaşılması
14. Kalite problemlerine harcanan zamanın azalması

Özetle İSK`nın başlıca yararları artan verimlilik, artan satışlar ve artan kardır.

#### **1.3.4. Toplam Kalite İçinde İstatistiksel Süreç Kontrolünün Yeri**

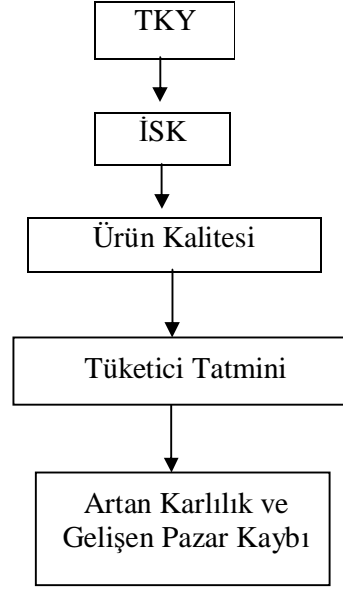
İstatistiksel Süreç Kontrolünün Toplam Kalite Yönetimi Süreci içerisindeki yerini aşağıdaki gibi gösterebiliriz(Kogem İPK Eğitim Notları).

## TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ (TKY) SÜRECİ



**Şekil 1.2.** TKY süreci içerisindeki İSK'nın yeri (Gökçe, 1998, s. 7)

Aşağıdaki şekilde ise Toplam Kalite Yönetimi içerisinde İstatistiksel Süreç Kontrolünün uygulanması sonucu gözlemlenecek sonuçlar görülmektedir:



**Şekil 1.3.** Karlılık ve İSK arasındaki ilişki

(<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1080100404.html>)

#### **1.4. Veri Toplama**

Veri, çeşitli kaynaklardan toplanabilen, üzerinde inceleme yapılabilecek her türlü bilgi olarak tanımlanabilir.

Veri toplama, problem çözme aşamalarının en önemli adımıdır. Bilgiye ve somut verilere dayandırılmadan yapılacak araştırma ve çalışmalar gerçekçi olmayacaktır. Veri toplama, iki temel amaç için zorunludur:

1. Sorunun analizi ve
2. Sorunun önlenmesi

Sorunun gerçekçi bir biçimde analiz edilmesi için mevcut halin bilinmesine, aksayan yönlerin tespit edilmesine, bunların nereden kaynaklandığının bilinmesine ihtiyaç vardır. Sorun önleme, veri toplamanın bir diğer önemli adımıdır. Sorun gerçekçi bir biçimde tespit edilmişse, bunun için gerçekleştirilecek önlemler de o kadar gerçekçi olacaktır  
([http://www.maliye.gov.tr/kalite/tykitap/kalite\\_cemberleri\\_dosyalar/frame.htm#slide1162.htm](http://www.maliye.gov.tr/kalite/tykitap/kalite_cemberleri_dosyalar/frame.htm#slide1162.htm)).

Öncelikle verilerin ne amaçla toplandığı iyi belirlenmelidir. Doğru toplanmalı, tarafsız olmalı ve yorum katılmamalıdır. Nicel(sayısal) ve nitel olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Verileri toplayacak ve kaydedip, değerlendirecek olan kişilere bu konu hakkında bilgi verilmelidir. Veriler sınıflandırılırken dikkat edilmelidir. Verilerin yeterli olup olmadığı araştırılmalıdır.

### **1.5. Örnekleme ve Kalite Kontrolü**

Örnekleme, bir kitleden tesadüfi olarak seçilmiş ve daha az sayıda birimden oluşan örneği inceleyerek, kitlenin çeşitli karakteristik değerleri hakkında bilgi sahibi olma ve böylece genel yargılara ulaşma çabalarına denir.

Ürün kalitesinin denetimi, zorunlu olarak örnekleme almayı gerektirir. Üretilen her birimin özelliklerinin ölçülmesi neredeyse imkansızdır. Bunun yerine küçük örneklemeler çekilip ölçümler yapılır, zaman içindeki gelişim grafiklere işaretlenir ve bir değişim fark edilirse araştırma yapılır.

Örnekleme yardımıyla kitleden çekilen örnekler ile kitle arasında varolan ilişkiler incelenir. Kitlenin bilinmeyen çokluklarının (kitle ortalaması, sapması vs.) tahmin edilmesinde çeşitli örnekleme yöntemleri kullanılır. Böylece istatistiklerden elde edilecek olan bilgiler yardımıyla kitle parametreleri tahmin edilmektedir. Örnekleme yapılması, maliyet tasarrufu, zaman tasarrufu ve doğru bilgi edinme imkanı sağlar.

Kalite kontrolde, örnekleme ve numune alma tekniklerine çok başvurulur. Fabrikalarda üretilen mallar satışa sunulurken, üniteler arasında devrederken, çeşitli kuruluşlar tarafından alım yapılırken ortaya çıkmaktadır.

Kalite kontrol çalışmalarında üretilen veya alımı yapılacak olan malların tek tek ele alınması genellikle imkansız olmaktadır. Bu nedenle, üretilen ürünleri veya satın alınan malları temsil edebilen benzer özellikleri taşıyan alt gruplar incelenerek kitle hakkında karar verilebilmektedir. Kitleyi temsil edebilecek özelliklerde bir miktar birimin oluşturduğu alt gruplara “örneklem”, kitleden örneklem çekme işlemine “örnekleme” adı verilmektedir. Örneklem çekmek için veya örnekleme yapmak için kullanılan yöntemlere ise “örnekleme yöntemleri” adı verilmektedir.

Örneklemede iki süreç söz konusudur. Birincisi, kitlenin alt yapısına uygun örnekleme yöntemiyle örneklem seçim süreci; ikincisi, örneklemden kitlenin özelliklerinin tahmin edilmesi sürecidir. Bu iki süreç birbiriyle yakından ilgili olduğundan, hangi seçim süreci kullanılmış ise o sürece uygun tahmin yapılmalıdır.

Örneklemin yapılabilmesi için kitle, bazen her bir kitle birimi bir ve yalnız bir parçaya ait olma koşulu altında, bir takım parçalara bölünür. Örnekleme bu alt parçalar üzerinde uygulanır. Bu alt parçalara “örnekleme birimi” adı verilir. Örnekleme birimine ait ölçümleri belirlemek üzere kullanılan birim de “gözlem birimi” olarak adlandırılır.

En uygun örnekleme yöntemini belirlerken amaç, parametreye ait örneklem varyansını en küçük yapmaktır. Aşağıda örnekleme yaparken dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır:

1. Formüllerde örnekleme N yerine n-1 kullanılmasının nedeni  $\sigma^2$  yerine  $S^2$  kullanıldığında aralık tahminlerinde aralığın bir miktar daha büyük bulunmasıdır. Böylece sistematik hata içermeyen  $S^2$  değeri kullanılmış olur.
2. Parça üretiminde en iyi örnek sayısı 4 veya 5 parça arasındadır.
3. Renk alma sıklığı konusunda örnek alma sıklığının her zaman aynı olmaması, üretim sürecinin başlangıcında daha sık örnek alınması ve süreç istatistiksel olarak kontrol altına girdikten sonra daha seyrek aralıklarla örnek alınması gerektiği söylenebilir.
4. Genellikle aynı zamanda üretilen ürünler örnek olarak toplanmalıdır. Örneğin, seri halinde parça üretirken her saat ardı ardına üretilen 5 parça örnek olarak kullanılabilir. Sürekli proseslerde her saat 5 analiz yapılabilir.
5. Uygun örnek alma yöntemi yanında, kullanılan analiz cihazlarının doğruluğu da çok önemlidir. Genel kural ölçü aletinin hatasının spesifikasyon toleransının %10'dan fazla olmamasıdır.

İstatistikte ve Kalite Kontrolde kullanılan başlıca örnekleme yöntemleri şunlardır;

1. **Basit Rasgele Örnekleme:** Kitledeki her birimin görünüm ve konumuna bakılmaksızın eşit seçilme olasılığı ile seçilerek, seçilen birim yerine konulmaksızın örneklem genişliği elde edilinceye kadar yapılan örnekleme türüdür. Kısaca kitleden rasgele örnek almayı ifade eder. Örneğin, bir imalat işleminde örnekler; aynı işçi tarafından kullanılan belirli bir tezgahın,

belirli bir zaman aralığı içinde işlenen parçalar arasından aynı kurallara göre seçilmelidir. Bu şekilde bir örnek grubunda kalite özelliklerinde değişmelere neden olan faktörlerin aynı kalması sağlanabilecektir. Normal değişme limitleri dışına taşma tespit edildiğinde, söz konusu parçanın ait olduğu örnek grubunun koşulları diğerininki ile karşılaştırılmalıdır. Aşırı sapmaya neden olan faktörlerin örnekleme koşulları arasındaki farklara bakılarak teşhis edilme olasılığı daha yüksektir.

**2. Tabakalı Örnekleme:** Her bir kitle birimi sadece bir tabakaya ait olacak ve hiçbir kitle birimi açıkta kalmayacak şekilde tabakalara ayrılıp, bu tabakalar üzerinden yapılan örnekleme yöntemine tabakalı örnekleme denir. Tabakalar arasındaki fark çok ise yapılması anlamlıdır. Tabakalar arası varyans büyük, tabaka içi varyans küçüktür.

**3. Küme Örnekleme:** Güvenilir bir kitle listesi bulamama ya da bütçe olanakları sınırlıyken örneklem üyeleriyle kişisel ilişkiler kurma ikilemiyle karşı karşıya kalındığında başvurulabilir. Kitle hacmi çok büyük ve birimler geniş bir coğrafi alana yayılmış olduğunda örnekleme, kitledeki birimlerden rasgele seçim yaparak değil de, bu birimlerden oluşturulan gruplardan rasgele seçim yapmak suretiyle oluşturulması daha etkili olabilir. Böyle bir durumda, basit rasgele örnekleme yöntemi pratik olmaz, sistematik örnekleme ise çok zaman alır ve masraflı olur ([www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/2294/unite03.pdf](http://www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/2294/unite03.pdf)). Bir kent siyasal semtlere ya da konut bölgelerine ayrılabilir. Kentte oturanların ya da hane halkının tam bir listesi olmasa bile bu bölme işlemi yapılabilir (Newbold, 1995, s.865).

**4. Sistemik Örnekleme:** Kitleyi temsil eden en iyi örneklem için başvuru olan örnekleme yöntemlerinden biri sistemik örneklemedir. N birimlik bir kitleden n tane örneklem seçmek için; bir k sayısı belirlenir ve ilk k. birim ve sonraki her k. birim örnekleme alınır.

### **1.6. Kalite Kontrolde Kullanılan İstatistiksel Teknikler**

İstatistiksel yöntemler, üretim sürecinin iyileştirilmesi ve kusurlu üretimin azaltılması için kullanılan oldukça etkili bir araçtır. Ancak istatistiksel yöntemlerin yalnızca “araç” oldukları ve uygun biçimde kullanılmadıklarında amaca hizmet etmeyecekleri unutulmamalıdır.

Japonya'da kalite çemberleri ve kalite yönetimi teknikleri konularında önemli çalışmalar yapan Ishikawa'ya göre işletmede karşılaşılan sorunların %95'i basit istatistiksel teknikler kullanılarak çözülebilmektedir.

İstatistiksel Kalite Kontrol yöntemleri, 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. Bu amaçlarla kullanılan değişik yöntemler vardır. Bunlar güçlük derecesine göre başlıca üç kategoriye ayrılırlar.

### **1.6.1. Temel İstatistiksel Teknikler**

Bunlar kalite problemlerinin çözümünde yaygın kullanım alanına sahip olan ve özellikle süreç kontrolü amacıyla kullanılan yedi yöntemdir. Bu araçlar tek tek kullanabileceği gibi, kalite problemlerini çözmek ve hataların nerelerden kaynaklandığını ortaya çıkartmak üzere bir arada da kullanabilmektedir. Uygulamalarda dikkat edilmesi gereken husus, verilerin yetkili elemanlar tarafından doğru olarak ve zamanında toplanmasıdır. Şirket genel müdürleri, orta düzey yönetim, ustabaşı ve yönetim işçileri bu yöntemler hakkında bilgilendirilmelidirler. Planlama, tasarım, pazarlama, satın alma, teknoloji bölümleri de bu yedi yöntemden yararlanabilir.

#### **1.6.1.1. Çetele Diyagramı**

İzlenen süreç hakkında mevcut veya geçmiş operasyon verilerini toplamak için etkili bir araçtır. Tablo hazırlanırken bulunabildiği kadar değişik tip hataların belirlenmesi önemlidir. Bir çetele diyagramı hazırlanırken toplanacak verinin çeşidinin açıkça belirlenmesi, bölüm veya operasyon numarası, tarih, analizi yapan ve yetersiz performansın sebebini bulmak için gerekli diğer bilgiler önemlidir. Eğer çetele diyagramı ileriki hesaplamalar için temel teşkil edecek veya bilgisayara veri girişi için bir çalışma tablosu olarak kullanılacaksa veri toplanması için gerekli çalışmalar yapılmadan önce çetele diyagramının bu amaç için uygun olup olmadığından emin olunması önemlidir. Bazı durumlarda çetele diyagramının geçerliliğinin kontrolü, formatı ve tasarımı için bir ön deneme yapılması yararlı olabilir.

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 gerektiği konusunda fikir yürütülebilir.

Bir otomobilin montajı sırasında ortaya çıkan uygunsuzluklara ilişkin çetele diyagramı Tablo 1.1’de geliştirilmiştir.

**Tablo 1.1. :**Çetele Diyagramı (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>, s.56)

ÇETELE DİYAGRAMI		
Ürün No:Otomobil 405 Kontrol Sayısı:1000 adet		
Uygunsuzluk Tipleri	Çetele Toplamı	Toplam
Çatlak	//// ////	10
Çizik	//// //// ...//	42
Leke	//// /	6
Gerilme	//// //// //...//	104
Aralık	//// //// ////	14
Küçük Delik	//// //// //// ////	20
Diğerleri	////	4
Toplam		200

### 1.6.1.2. Histogram

Histogram, veri grubunun genel durumunu bir bakışta verebilen kuvvetli bir araçtır. Histogramlar verilerin, görsel olarak incelenebilmesine ve değerlendirilmesine yarayan grafik araçlardır (Kavrakoğlu, 1993, s. 39). Grafiğin yatay ekseninde ölçülen değerler tek tek ya da



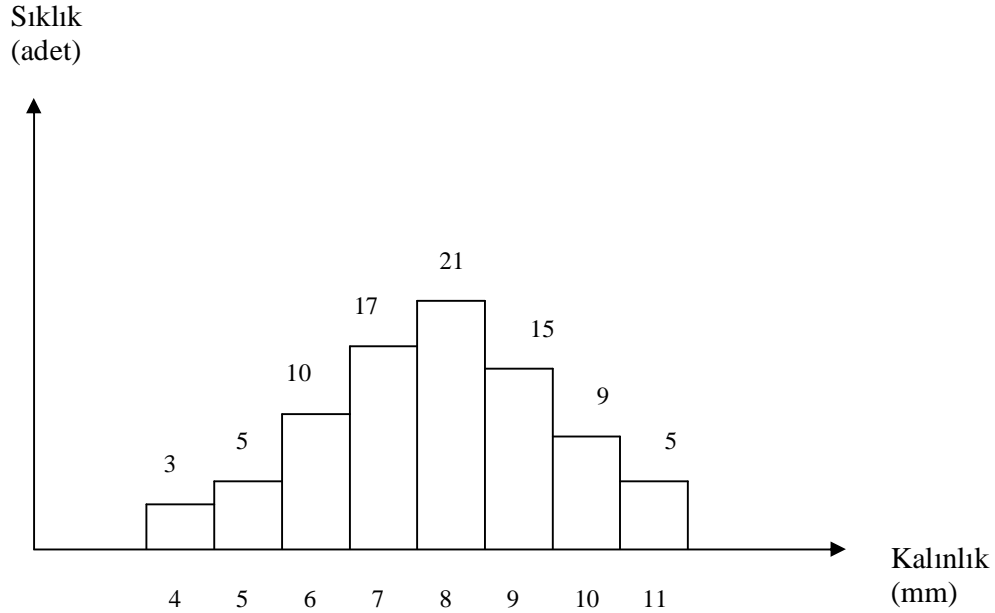
sınıflar halinde yer alacaktır. Dikey ekseninde ise her bir sınıfa rastlayan değerlerin alınan ölçümler içinde kaç kez tekrarlandığı, yani frekans ya da sıklığı yer alır.

Histogram, Fransız istatistikçi A.M. Guerry tarafından geliştirilmiştir. Histogram, alınan örneklerin ortalamasının ne olduğunu ve değerlerin nasıl bir dağılım gösterdiğini açıklar. Her bir histogram sadece ve bir tek değişkene ait ölçümlerin dağılımını gösterebilir. İlgilenilen özellik değişken ve sayısal olmalıdır. Şekil 1.4'de olduğu gibi bir özellik (kalınlık) birbirini izleyen aralıklarla sayısal olarak histogramda işaretlenir. Şekilde de görüldüğü gibi kalınlık dağılımında, ölçü sınırının ortalarında en fazla yığın olduğu görülmektedir. Bu histogram, normal dağılım (çan) eğrisini verir (Bozkurt, 1994).

Uygulamada çeşitli histogramlarla karşılaşılmaktadır. Çan eğrisi, çift tepe, plato, tarak, birbirine paralel olmayan, kesikli, ayrılmış tepeli, keskin tepeli gibi.

Histogramlardan kalite konularının özetlenmesi ve analiz edilmesi, verilerin karşılaştırılması, süreçteki düzensizliklerin belirlenmesi amacıyla, geliştirme çalışmalarında, spesifikasyonlarla aralarındaki ilişkilerin gösterilmesinde, hatalarla ilgili düzensizliklerin araştırılmasında yararlanılabilmektedir. Ayrıca iki farklı üretimin veya firmanın karşılaştırılmasında da kullanılan etkin bir yöntemdir.

Histogram çizimi için verilerin yeni ve doğru olması gerekmektedir. Analiz yapılırken histogramların belirli bir ürün grubunu veya süreci temsil edip etmediği araştırılmalıdır. Bu yaklaşım yöneticilerin daha doğru ve etkin sonuçlara ulaşmasını sağlamaktadır (Çelikçapa, 1993, s.51).



**Şekil 1.4.** Histogram

### 1.6.1.3. Pareto Analizi

Pareto ilkesi, İtalyan ekonomistlerden Vilfredo Pareto(1848-1923) tarafından 1897 yılında ortaya atılan, toplumda gelir dağılımını açıklamaya yönelik Pareto kanununa dayanmaktadır. 1950 yılında Joseph Juran bu yaklaşımın kalite teknolojileri ile ilgili olduğunu savunmuştur. Ünlü iktisatçı Pareto, araştırmaları sırasında işletmelerde stoklara bağlı paranın %80'inin ürünlerin sadece %20'sine ilişkin olduğunu saptamıştır (Kavrakoğlu, 1993, s. 37). Pareto'nun bu saptaması bugün 80:20 kuralı olarak bilinmekte ve buna göre, problemlerin %80' i, nedenlerin %20' sinden kaynaklanmaktadır. Pareto analizi problemlerin nedeni olan %80'in belirlenebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Burr, 1994, s. 217). Kalite alanında ise Pareto analizi, 'hataların büyük kısmı, sadece birkaç sebepten kaynaklanır' anlayışını getirmiştir.

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 bu parçalar üzerinde yoğunlaştırılır. Diğer parçalar için kritik parça olmadığı sürece gevşek kontrollerle yetinilebilir. Bu diyagrama, kalite grupları tarafından çabaları en verimli alanlara yöneltmek ve doğru kararlar verebilmek için başvurulabilir (Gökçe, 1998, s.28).

Pareto diyagramları aşağıdaki noktalara işaret eder (Gözübatık, 1997, s.171):

1. En önemli problem
2. Her bir problemin bütüne oranı
3. Bazı sınırlı alanlarda problemi çözecek nitelikte olan önlemlerden sonra meydana gelen gelişmelerin derecesi.

İncelemeye alınan tüm olaylar, sonuca etkisi bakımından aynı şiddette değildir. Olayların ve bulguların önemini göstermek için pareto diyagramı çizilmektedir. Pareto diyagramı, az sayıdaki önemli sorunu, çok sayıdaki önemsiz sorundan ayırma tekniğidir. Pareto diyagramını oluşturmanın adımları:

**Adım 1 :** Hangi sorunların araştırılacağına ve verilerin toplanacağına karar verilmelidir.

**Adım 2 :** Değişik kategorilerin frekansları hesaplanır.

**Adım 3 :** Hatalar frekansın azalan sırasına göre listelenir.

**Adım 4 :** Her kategori için frekans yüzdesi ve kümülatif frekans hesaplanır.

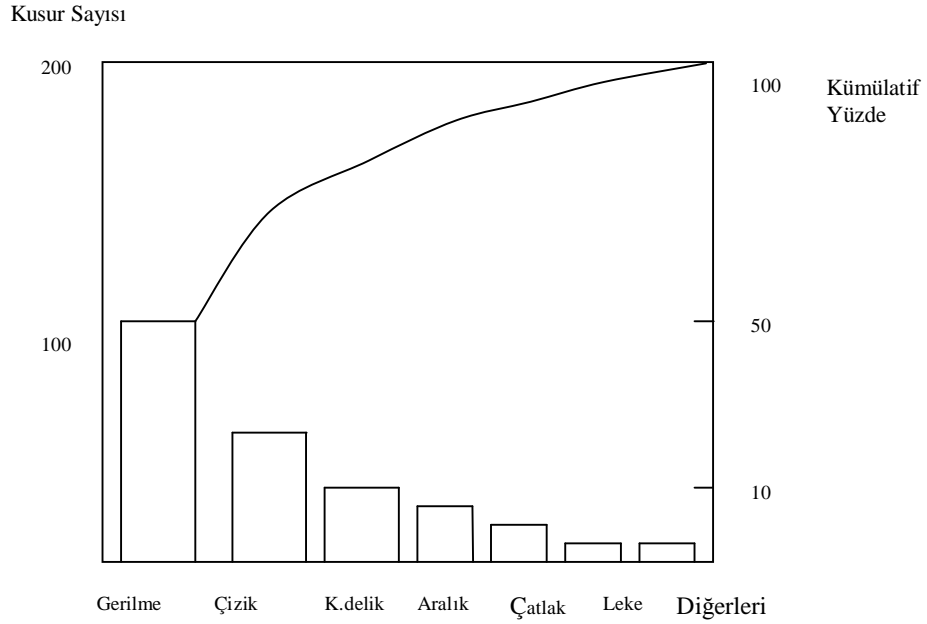
**Adım 5 :** Dikey eksenin toplamları ve yüzdelerini, yatay eksenin de grupları gösterdiği bir çubuk diyagramı oluşturulur. İlk çubuğun sağ üst köşesinden başlayarak kümülatif toplamları gösteren Pareto eğrisi çizilir (Şekil 1.5).

**Adım 6 :** Büyüklüğüne bakılmaksızın, “diğerleri” en son sıraya yerleştirilir. Çünkü diğerleri, bir çok az sayıdaki kusur nedenlerinden oluşmaktadır.

**Tablo 1.2. :** Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi (Bozkurt, 2003(a), s.183)

Uygunsuzluk Türleri	Kusur Sayısı	Kümülatif Toplam	Toplam İçindeki Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Gerilme	104	104	$104*100/200=52$	52
Çizik	42	146	21	73
Küçük delik	20	166	10	83
Aralık	14	180	7	90
Çatlak	10	190	5	95
Leke	6	196	3	98
Diğerleri	4	200	2	100
Toplam	200	—	100	—

Kusurlara ilişkin pareto diyagramı Şekil 1.5.' de verilmiştir (Bozkurt, 2003(a), s.185).



**Şekil 1.5. :** Pareto Diyagramı

#### 1.6.1.4. Neden-Sonuç Diyagramı

Neden-sonuç diyagramları, ilk defa 1943 yılında Tokyo üniversitesinden Ishikawa tarafından geliştirilmiştir. Belirli bir sorun veya sonucun nedenini araştırmak, belirlemek ve göstermek için bu teknik kullanılmaktadır. Neden-sonuç diyagramı bir sonuç ile sonuca etki eden bütün nedenleri bir arada göstermek için yapılmaktadır. Sonuç veya sorun diyagramın sağ tarafına, bütün olası nedenler diyagramın sol tarafına işaretlenir. Diyagram bir balığın omurgasını andırdığı için "Balıkkılçığı Diyagramı" da denilmektedir. Uygulaması oldukça basit olan bu yöntem, sorunun nedenlerini sistemli bir biçimde araştırmaya yöneliktir.

Neden-sonuç analizi, kalite kontrolü, maliyet kontrolü, üretim denetimi, tasarım işleri, güvenlik, alım-satım gibi çok çeşitli konularda sorunların tespit edilmesi ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır (Çevik, 2001, s.55).

Diyagramın çizimi için bir çalışma grubu oluşturulur. Grubun oluşturulmasında işletmedeki tüm kişilerin katılımları istenmektedir. Önce geliştirilmesi amaçlanan sorun belirlenmelidir. Daha sonra hataya neden olan ana nedenler ve ana nedenleri ortaya çıkaran alt nedenler beyin fırtınası yöntemi ile saptanarak, aralarındaki ilişkiler belirlenmelidir. Ana nedenler dört kategori altında özetlenebilir: işgücü, makineler, yöntemler ve materyaller. Diyagram oluşturulurken, çevresel ve işletme içi faktörler ayrıntılı olarak incelenmelidir. Diyagram çiziminden sonra yapılan çalışmalar tekrar gözden geçirilmeli ve kontrol edilmelidir (Çelikçapa, 1993, s.48-49).

Beyin fırtınası oturumlarında; bir grup çalışanın, sorunun veya çözümün seçilen boyutları hakkında kısa zamanda çok fikir üretebilmeleri sağlanmaktadır.

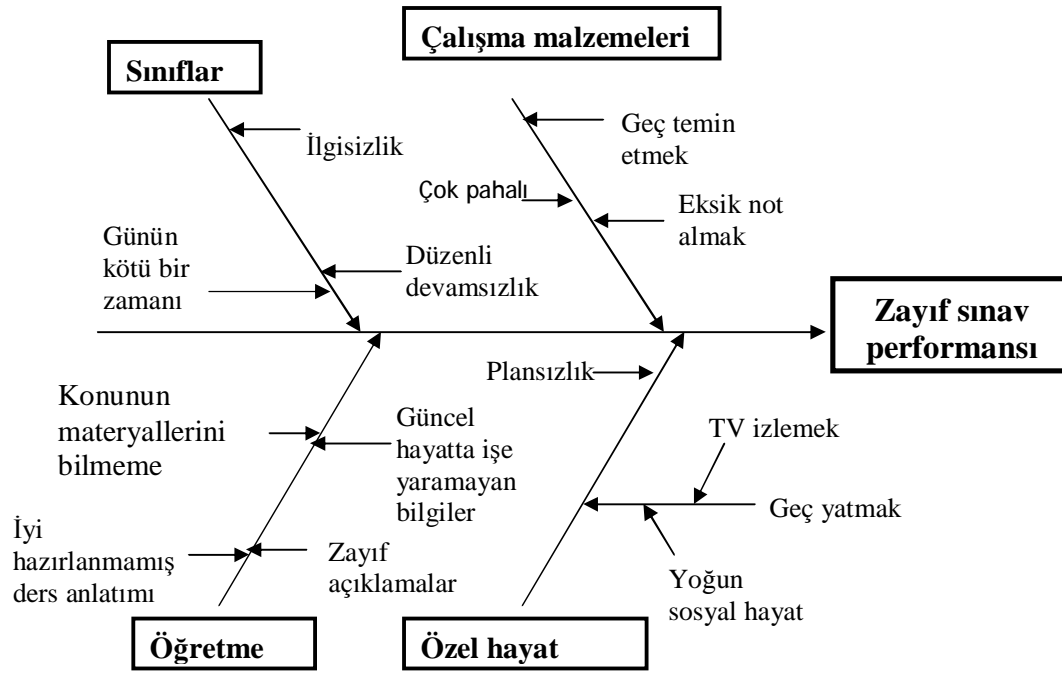
Beyin fırtınası oturum çeşitleri:

**1. Düzenli oturum:** Düzenli oturumda sıra ile fikirler bildirilir. Sırası gelen kişi düşüncesini söyler veya farklı bir düşüncesi yoksa sıra diğer kişiye geçer. Bu tür beyin fırtınasında amaç, en içine kapanık kişinin dahi konuşmasının sağlanmasıdır.

**2. Düzensiz oturum:** Bu tür oturumda grup üyeleri fikirlerini akıllarına geldiği gibi sıra beklemeden söyler. Rahat bir ortam sağlamasına karşın, konuşmaların belli kişilerde toplanması gibi bir riski vardır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>, s.62).

Her iki yöntemde de takip edilen yol aynıdır. Genellikle kabul edilen kurallar:

- Hiç bir fikir eleştirilmemelidir.
- Her söylenen fikir, herkesin görebileceği bir biçimde ve aynı ortamda kayda alınmalıdır.
- Kayıtlar yorumlanmadan konuşmacının ifade ettiği biçimde tutulmalıdır.
- Tartışılan konu hakkında genel görüş sağlanmalıdır.



Şekil 1.6. Balıklıçığı Diyagramı

([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture3.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture3.ppt))

Şekil 1.6.`da basit bir balıklıçığı diyagramı görülmektedir. Bu diyagram, karar vermek için kullanıldığında çok daha fazla detay içermesi gerekmektedir. Bu diyagramda, nedenlerin birinci derecesi, sınıflar, çalışma malzemeleri, öğretme ve özel hayattır. İkinci derecesi, geç yatmak; üçüncü derecesiyse TV izlemektir.

### **1.6.1.5. Gruplandırma (Sınıflandırma)**

Belli kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılması sürecidir. Bu teknik, daha önce sözü edilen tekniklerin analiz yeteneğini artıran bir tekniktir. Temel ilkesi, var olan bir sorunun tümüne birden bakıldığında parçalardan herhangi birini gözden kaçırmamaktır. Gruplandırma kendi başına bir problemi çözemez ama çözüme doğru yaklaştırmada önemli bir yöntemdir. Gruplandırma, sorunların kaynaklarının tespit edilmesinde ya da iyi yöndeki değişkenliklerin nedenini incelemekte yararlı bir araçtır (Çevik, 2001, s.59).

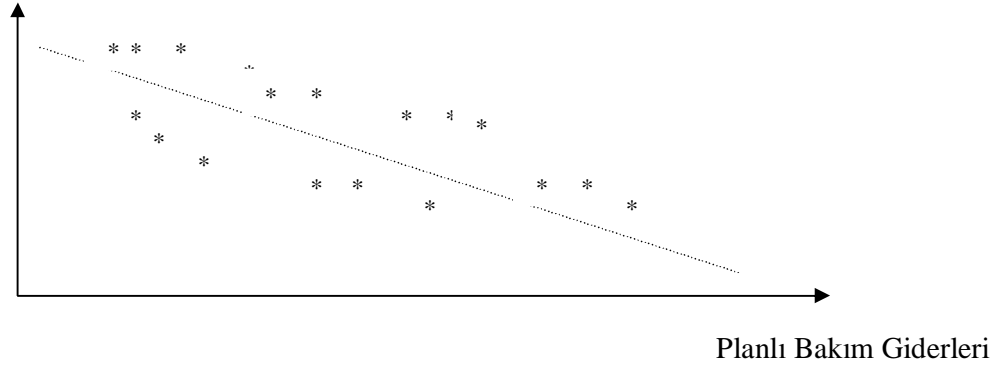
Gruplandırma, toplu verilerin elemanlarına ayrılmasıdır. Önce sınıflandırılacak veriler belirlenir, ortak gruplar seçilir ve veriler ayrı gruplar halinde değerlendirilir. Veriler başlıca şu gruplara ayrılabilir:

1. Hata türüne göre,
2. Vardiya türüne göre,
3. Güne göre,
4. Makineye göre,
5. Partiye göre,
6. Çalışana göre (Gökçe, 1998, s.33).

### **1.6.1.6. Serpilme (Dağılma)**

Herhangi bir değişkenin, bir diğeri ile ne derece ilişkili olduğunu saptamak için, değişkenlerden birisini değiştirerek diğeriindeki değişimi gözlemek amacıyla serpilme diyagramları kullanılmaktadır (Burr, 1994, s.223).

Arıza Duruş Sayısı



**Şekil 1.7.** Dağılma Diyagramı

Genellikle diyagramın yatay ekseninde ‘neden’ olarak değerlendirilebilecek değişken yer alırken, dikey eksende bundan etkilendiği düşünülen değişken yer alır. Diyagram üzerinde değişkenlerden biri artarken diğeri de artıyorsa, iki değişken arasında pozitif bir ilişki ya da korelasyon, tersi durumlarda ise negatif bir ilişki söz konusudur. Örneğin, Şekil 1.7’de planlı bakım faaliyetlerine ağırlık verilmesinin arıza duruşlarındaki azalmaya neden olması bir negatif dağılma diyagramı örneğidir.

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 (Gökçe, 1998, s.34).

Bazen şans eseri olarak birbirinden çok değişik iki değişken arasında bir ilişki varmış gibi bir sonuç çıkabilir. Bu açıdan verileri diyagrama dökmeden önce iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olup olmayacağı önceden keşfedilmelidir (Özer, 1990, s.19-20).



### **1.6.1.7. Kontrol Şemaları**

Kontrol şemaları, İstatistiksel Süreç Kontrolü`nde en yaygın olarak kullanılan araçlardır. İstatistiksel Süreç Kontrol uygulamaları temel olarak kontrol diyagramlarına dayandığı için bu konu ayrıntılı bir şekilde Bölüm 2`de incelenecektir.

### **1.6.2. Orta Derecede İstatistiksel Teknikler**

Genel olarak mühendisler ve kalite kontrol geliştirme bölümü görevlilerince uygulanmaktadır. En çok kullanılanları:

1. Örneklem araştırma teorisi (en çok kullanılan yöntemdir)
2. İstatistiksel örneklem muayenesi
3. İstatistiksel tahmin ve testlerin çeşitli yöntemleri
4. Duyarlılık testi kullanım yöntemleri
5. Tasarlanmış deney yöntemleri (Akın, 1996).

### **1.6.3. İleri Derecede İstatistiksel Teknikler**

Mühendisler ve teknisyenler tarafından karmaşık proses ve kalite analizlerinde kullanılır. Bu ileri düzeydeki istatistiksel yöntemler sayesinde, yüksek teknolojinin transferi ve oturtulması mümkün olmaktadır. En çok kullanılanları; tasarlanmış deneyin gelişmiş yöntemleri, çok değişkenli analiz, çeşitli yöneylem araştırma yöntemleridir. Bu yöntemlerin kullanımı için hazırlanmış bilgisayar paket programları vardır. İşletmelerin kalite sorunlarına bu paket programlar kullanılarak çeşitli ileri düzeyde çözümler üretilebilmektedir (Akın, 1996).

## **1.7. Yeni İstatistiksel Süreç Kontrol Araçları**

Geleneksel istatistiksel kalite araçları, çeşitli kalite hatalarının meydana geldiği sanayi sektöründe uygulandığında bazı kısıtlamalarla karşı karşıya kalmaktadırlar.

1924 yılında Shewart tarafından geliştirilen kontrol şemaları, kalite kontrolde en sık kullanılan istatistiksel araçlardır. Shewart'a göre, her süreçte sürecin varoluşu gereği genel nedenli değişim

ve özel nedenli değişim görülür. Shewart kontrol şemasının amacı, ortaya çıkan özel nedenli değişimi izlemek ve gereken prosedürleri uygulamaktır (Swift, 1998).

Endüstri sektöründe genellikle Shewart'ın *pn* kontrol şeması kullanılır. Üst kontrol limiti ve alt kontrol limiti, örnek büyüklüğüne bağlıdır, bu da şemayı işaretlemeyi karmaşık bir süreç yapmaktadır ve personel hergün şemayı işaretlemek konusunda isteksiz davranmaktadır (Zhang, 1984). Normalde *pn* şeması örnek büyüklüğünün eşit olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Endüstri sektöründe ise, üretim miktarı talebe bağlıdır, bu da uygulayanın kontrolü dışındadır. Örneğin, postane tarafından dağıtılan mektupların sayısı hergün farklıdır. Bu durumda, sanayi sektöründe *pn* şemasının uygulanması zor olmaktadır.

Diğer sık kullanılan kalite kontrol aracı neden-sonuç ya da balıkkılçığı diyagramıdır (Hakes, 1991). Başlıca amacı, verilen sonuçla bu sonuç üzerinde etkisi olan nedenlerin arasındaki ilişkiyi göstermektir. Balıkkılçığı diyagramı Çin'de birçok kalite çemberi tarafından hataların olası nedenleri analiz edilirken yardımına başvurdukları bir kalite kontrol aracıdır. Hataların ve bunların nedenlerinin kayıt edilmesi sırasındaki eksikliklere bağlı olarak, sonuçları etkileyen tüm olası nedenler, kalite çemberlerinin aylık buluşmasında çemberin üyeleri tarafından tekrar edilmektedir. Bu nedenle her ay diyagramlar az çok birbirlerine benzemektedirler. Sonuçta, balıkkılçığı diyagramının uygulanması, herhangi bir ayda belirli bir hatanın arkasındaki belirli bir nedenin tanımlanmasında başarısızlığa uğradığı için kullanışsız bir iş rutini haline gelmektedir (Zhang, 1991) .

Pareto diyagramı, nitel veriler mevcutsa önemli nedeni önemsizden ayırmak için kullanılır. Buna göre, hatanın ana nedeninin farkına varıldığında, kolayca diğer adımlara geçilebilir (Goetsch ve Davis, 1995). Ama, verilerin yığılması nedeniyle analiz sonuçları zamanında iletilmemektedir, bundan dolayı gelişme adımları zamanında atılamamaktadır ve ay içindeki değişimler görülememektedir.

Yukarıda anlatılanlar, endüstrilerin geleneksel istatistiksel araçlarını uygulama isteklerini önlemektedir. Örneğin, bir postanede hatalar aylık olarak basit bir istatistiksel şema üstüne işaretlenmektedir. Başka bir deyişle, bir yılda şema üstünde sadece 12 tane işaretli nokta olmaktadır. Şema sadece hataların aylık olarak istatistiğini göstermekte; zamanında bir uyarı ve

hatalar hakkında bir bilgi vermemesi nedeniyle kalite kontrol için çok yardımcı olmamaktadır (<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/0510160405.html>).

Geleneksel yedi araca ilave olarak İstatistiksel Süreç Kontrolü`nde diğer araçlardan da yararlanılabilmektedir. Bunların bazıları; beyin fırtınası, süreç akış şemaları ve Japonya`da geliştirilen yedi yeni araç olarak bilinen yönetim ve planlama araçlarıdır.

Yönetimde problemlerin çözümü değişik bölümlerde çalışan insanların işbirliğini gerektirmektedir. Burada kullanılan bilgiler ise objektif olmaktan çok subjektif bilgiler niteliğindedir. Kararların daha sağlıklı olması için problem çözme ile ilgili bir tasarım yaklaşımı yolunu kullanmak gerekmektedir. Bu biçimde bir tasarım yaklaşımında kullanılan yedi yeni kalite kontrol aracı, ürün kalitesinin iyileştirilmesinde, maliyet azaltımında, yeni ürün geliştirilmesinde fayda sağlamaktadır (Imai, 1994, s.241). 1976 yılında JUSE (Japon Bilim Adamları ve Mühendisler Birliği), yeni araçlara olan ihtiyacı görmüşlerdir. Bu konu üstünde çalışan bir takım, genellikle yedi yönetim ve planlama (MP) aracı ya da kısaca yedi yönetim aracı olarak adlandırılan yeni yedi aracı araştırmış ve geliştirmiştir. Bu araçlar yeni değildir ama bunların derlenip, tanıtılması yenidir (<http://www.asq.org/learn-about-quality/new-management-planning-tools/overview/overview.html>).

### **1.7.1. Yakınlık Diyagramı**

Beyin fırtınasından sağlanan fikirleri düzenlemek için kullanılan bir araçtır. Amacı, bu fikirleri doğal ilişkilerine göre gruplar halinde toplamaktır. Genelde yaklaşık beş kişiden oluşan bir takım tarafından düzenlenir. 50 ile 100 arası fikir idealdir. ([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture5.ppt))

Yakınlık diyagramının istatistiksel tekniklerden farkı:

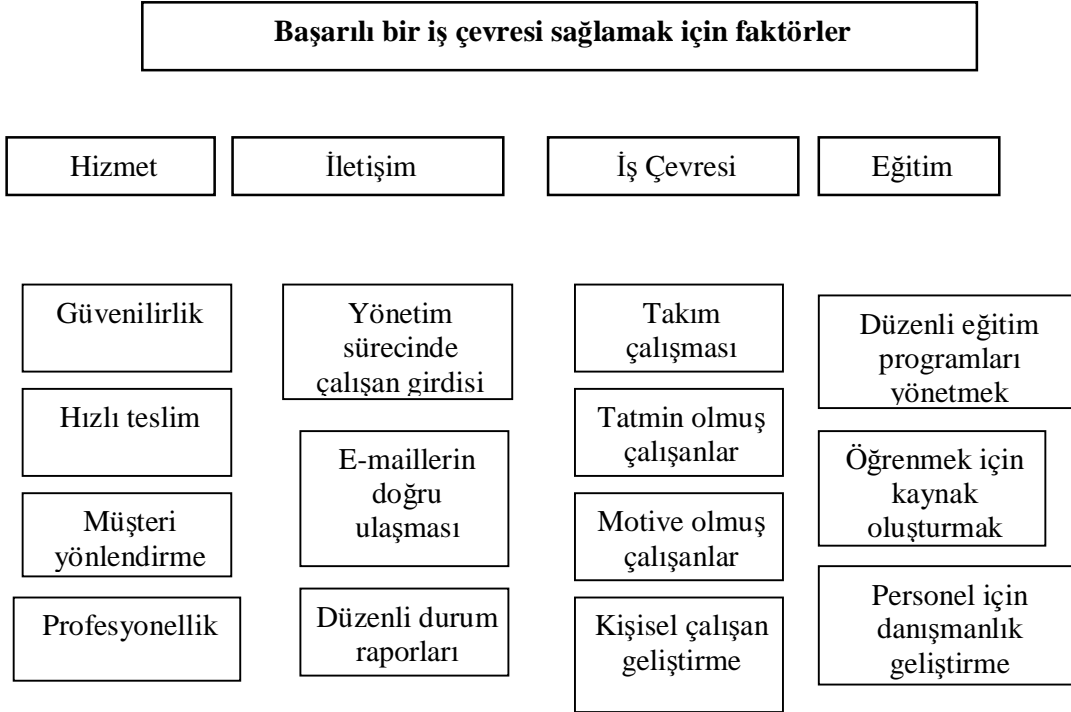
İstatistiksel teknikler; hipotezleri test etmeye odaklı, bir olayı sayısal verilerle nicelleştirir, nedenlerle anlaşılabilir ve batı yaklaşımıyla düşünmeyi tercih eder.

Yakınlık diyagramı ise; problemleri keşfetmeye odaklı, nicel olmayan sembol ve basit bir dille verileri açıklar, hissedilerek anlaşılabilir ve Japon yaklaşımı ile düşünmeyi tercih eder.

Yakınlık diyagramı;

1. Yeni kurulmuş bir işletme için kalite kontrol politikalarının oluşturulması ve planların uygulanması,
2. Yeni ürün, yeni bir proje veya yeni tekniklerle ilgili kalite kontrol politikalarını oluşturmak ve planların uygulanması,
3. Yeni ürün ya da proje uygulamalarında kalite güvence pazar araştırmalarının idare edilmesi,
4. Çeşitli gruplar içinde proje takımlarının yaratılmasını sağlamak gibi konuların gerçekleştirilmesinde yardımcı olmaktadır

(<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).



**Şekil 1.8.** Yakınlık Diyagramı

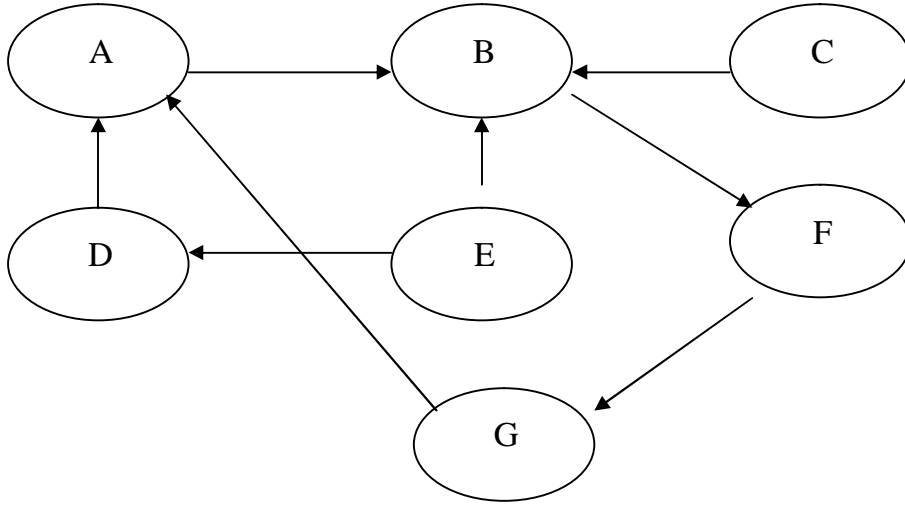
([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture5.ppt))

## 1.7.2. İlişki Diyagramı

Neden-sonuç ilişkilerini gösterir ve karmaşık bir durumun farklı yönleri arasındaki doğal bağlantıların analiz edilmesine yardım eder (<http://www.asq.org/learn-about-quality/new-management-planning-tools/overview/overview.html>).

Birbirini izleyen bağlantılardan çok yönlü bağlantılara izin verdiği için diğer araçlar içinde - akış şeması gibi- avantajlıdır. Çoğu kez yakınlık diyagramındaki ana konu kullanılır.Çeşitli problemlerin çözümünde kullanılan ilişki diyagramı aracı, bir çok konu hakkında yöneticilere karşılaştırma yapabilmeye konusunda yardımcı olmaktadır.Etkili bir çözüm elde etmek için yeni fikirlerin oluşmasını sağlamaktadır ([http://www.infocom.cqu.edu.au/Courses/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides/Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Courses/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides/Files/Lecture5.ppt)).

Bir ilişki diyagramı taslağı Şekil 1.9.'da verilmiştir.



**Şekil 1.9.** İlişki Diyagramı (Mizuno, 1994, s.230).

Burada bir konuyu doğrudan ya da dolaylı ilgilendiren diğer konular A'dan G'ye kadar sıralanarak konular arasındaki neden sonuç ilişkileri oklarla gösterilmeye çalışılmaktadır. İlişki diyagramları aşağıdaki durumların varlığında kullanılmaktadır:

1. Kalite güvence politikalarını tanımlama ve geliştirme,

2. Toplam Kalite Kontrolünün oluşturulması için destekleyici planların oluşturulması,
3. Müşteri şikayetlerini önlemeye ilişkin yöntemlerin sıralanması,
4. Üretim süreci kalitesinin geliştirilmesi,
5. Alınan ya da sipariş edilen girdilerin kalite kontrolünün kolaylaştırılması,
6. Süreç kontrol zorluklarına karşı önlemlerin alınması,
7. Küçük grup faaliyetlerinin etkin olarak çalışmasını özendirilmesi,
8. İdari bölümlerin yeniden düzenlenmesi

(<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).

### 1.7.3. Ağaç Diyagramı

Ağaç diyagramı, ana problemin çözümüne ilişkin faktörlerin ya da ana hedefi başarmak için ihtiyaç duyulan adımların haritasını çıkarmamıza yardımcı olur. Geniş kategorileri, küçük ayrıntılara indirger. Genel problem ya da hedeflerden, problemlerin çözümüne ya da hedefe ulaşmak için ihtiyaç duyulan spesifiklere hareket etmemizi sağlar. Yani, düşüncelerin genelden özele hareketine yardımcı olur. Ağaç diyagramı süreci, problemi ya da hedefi seçmekle başlar. Genellikle ilişki diyagramı kurulduktan sonra bu diyagram tanımlanmalıdır. Genelde yedi tabakadan fazlası tavsiye edilmemektedir

([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture5.ppt)).

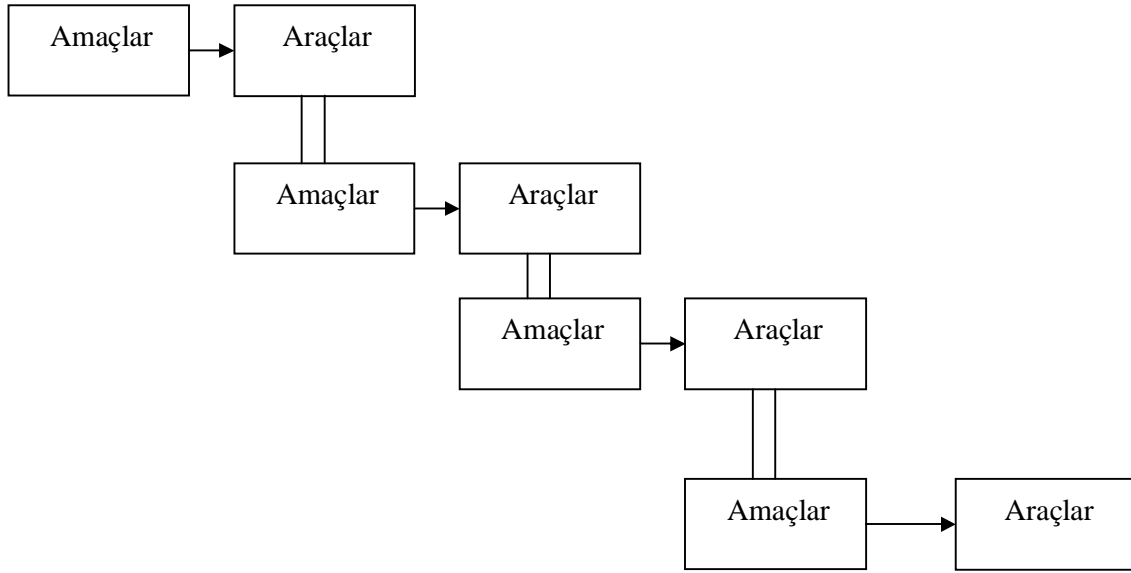
Ağaç diyagramını iki boyutta incelemek mümkündür:

1. Bileşen analizi diyagramı: Amaçlara ulaşmak için gerekli araçları ve amaçlarla araçlar arasındaki temel konuları listeler.
2. Plan geliştirme diyagramı: Belirli bir planı başarılı olarak uygulamak için gerekli prosedürler ve araçları sistematik olarak göstermektedir (Mizuno, 1988). Sistematik diyagram yapısı Şekil 1.10'da görülmektedir.

Ağaç diyagramı yöntemi;

1. Yeni bir ürün geliştirmede bir tasarım- kalite planının yapılması,

2. Kalite güvence faaliyetlerinin doğruluğunu geliştirmek için, yaratılmış kalite düzeyini onaylamak ve bir kalite kontrol üretim süreci kartı arasındaki ilişkinin tanımlanması,
3. Bir neden-sonuç diyagramının oluşturulması,
4. Yeni kurulan işletmelerde, kalite maliyet ve dağıtım ile ilgili ortaya çıkan problemleri çözmek için fikirlerin geliştirilmesi,
5. Amaçlar, politikalar ve uygulama adımlarının geliştirilmesi konularında yönetime yardımcı olmak amacıyla kullanılabilir (http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm).



**Şekil 1.10.** Ağaç Diyagramı (Mizuno, 1994, s.238).

#### 1.7.4. Matris Diyagramı

Verilerin iki, üç ya da dört grubu arasındaki ilişkiyi gösterir ve ilişki hakkında bilgi verir; güçlü olması, tek başlarına oynadıkları rol gibi (<http://www.asq.org/learn-about-quality/new-management-planning-tools/overview/overview.html>). Matris diyagramları, karakteristik ve fonksiyon olmak üzere iki çeşit bilgi içerir. Bu iki çeşit karşılaştırılır ve ilişkinin kuvveti ya da zayıflığı grafik olarak gösterilir. Bazen bu ilişkinin etkisinin yönü de gösterilir. Değişkenlerin iki ya da daha fazla boyutları için çeşitli şekiller kullanılır

([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture5.ppt)). Mizuno`ya göre, matris diyagram yöntemi, çok boyutlu düşünme yoluyla problem yaratabilecek noktaların sınıflandırılmasıdır. Bu yöntem, problemlili bir durum ya da olay karşısında benzer elementlerin tanımlanmasıdır. Bu elementler, toplanan benzer elementler arasındaki mevcut ya da olmayan ilişkinin gösterildiği bir kart üzerinde sütun ve kolonlar yardımıyla sıralanmaktadır.

Genel matris yapısı Şekil 1.11.'de görülmektedir. Matris diyagramı, beş grup altında gerçekleştirilebilmektedir: (1) L- tipi matris, (2) T- tipi matris, (3)Y-tipi matris, (4) X-tipi matris, (5) C-tipi matris.

		N						
		N1	N2	N3	.....	Nk	.....	Nn
U	U1		Z					
	U2							
	U3							
	Uk					G		
	Um	O						

U:Uygunsuzluk                      N:Uygunsuzluk nedenleri

O:Normal ilişki      G:Güçlü ilişki      Z:Zayıf ilişki

**Şekil 1 11** Matris Diyagramı (Mizuno, 1994, s. 239)

Bazen semboller yerine puan sistemi kullanılır; örneğin, 9 güçlü ilişki, 5 orta ilişki, 2 zayıf ilişki ve 0 hiç ilişki yok gibi. Çoğu kez ağaç diyagramının en alt tabakası, değişkenlerin bir setini ve bu görevlerin sorumluluğunu almış organizasyondaki departmanlar ya da personel değişkenlerin ikinci setini tanımlar.



Matris Diyagramı;

1. Sistemin iyileştirilmesi ve gelişimi için fikirlerin oluşumunu sağlaması,
2. Ürüne ilişkin kalite yayılımının başarılması,
3. Çeşitli kontrol fonksiyonları ile kalite güvence sistemini kalitenin onaylandığı seviyede kurulması ve sürekliliğinin sağlanması,
4. Kalite değerlendirme sisteminin etkinliğinin geliştirilmesi ve güçlendirilmesi,
5. Üretim sürecindeki uygunsuzluk nedenlerinin saptanması,
6. Ürünler ve pazar durumları arasındaki ilişkileri değerlendirerek, ürün karmaşasının pazarlanması konusunda stratejilerin geliştirilmesi ile ilgili konularda kullanılmaktadır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).

#### **1.7.5. Matris Veri Analiz Diyagramı (L-matris)**

Bu diyagram, matris diyagramının yeterli ayrıntılı bilgi veremediği durumlarda kullanılmaktadır. Yedi yeni araç içersinde veri analizine dayanan ve sayısal sonuçlar veren tek yöntemdir (Imai, 1994, s.242).

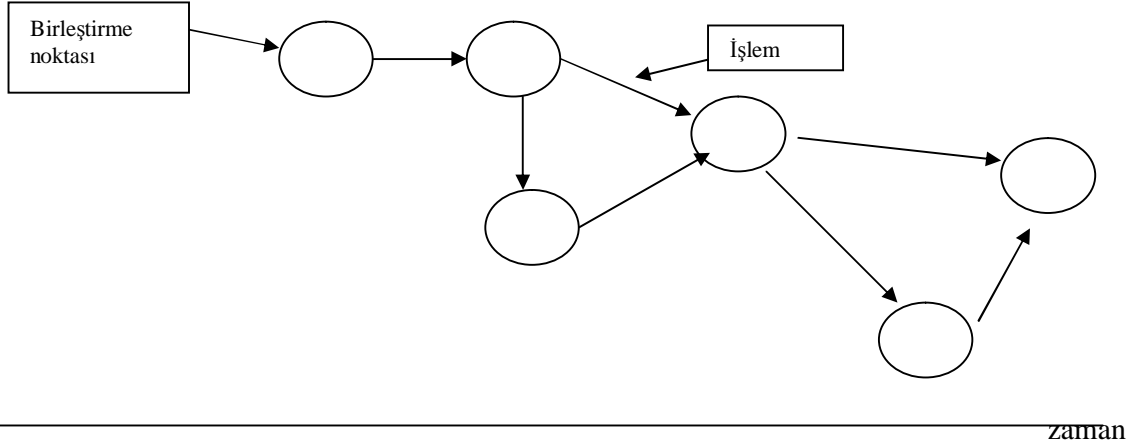
Matris Veri Analiz Diyagramı;

1. Faktörlerin çok karışık olduğu yerlerde üretim süreçlerinin analiz edilmesi,
2. Verilerde karşılaşılan uygunsuzluk nedenlerinin analiz edilmesi,
3. Pazar araştırması sonuçlarına dayanarak algılanan kalite düzeyinin anlaşılması,
4. Karmaşık kalite değerlemelerini gerçekleştirme, konularında kullanılmaktadır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).

#### **1.7.6. Ok Diyagramı**

Uygun günlük planların oluşturulması ve planların izlenmesi yöntemidir. Günlük planların kontrolü kalite kontrol faaliyetlerinin uygulanmasını özendirme açısından önem taşımaktadır. Ok diyagramı özellikle hat yöneticilerinin faaliyetleri izlemesi konusunda oldukça yardımcı

olmaktadır. Bu yöntem genellikle Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniğinde (PERT) ve Kritik Yol Metodunda (CPM) kullanılmaktadır.



**Şekil 1.12.** Ok Diyagramı

Ok diyagramı yöntemi;

1. Yeni ürünün geliştirilmesi için planların uygulanması ve devamlılığının sağlanması,
2. Ürün geliştirme planlarının oluşturulması,
3. Deney tasarımı için günlük planların kurulması ve sürekliliğinin sağlanması,
4. Üretimdeki artışlar için günlük planların düzenlenmesi ,
5. Kalite kontrol faaliyetleri için planların hazırlanması,
6. Periyodik bakım faaliyetleri için planların oluşturulması,
7. Bir üretim süreci analizinin yapılması, alanlarında kullanılmaktadır  
(<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).

### 1.7.7. Süreç Karar Program Şeması(PDPC)

Sistematik olarak geliştirme altındaki bir planda, neyin yanlış gidebileceğini tanımlar  
(<http://www.asq.org/learn-about-quality/new-management-planning-tools/overview/overview.html>).

Yöneylem araştırmalarında kullanılan süreç karar programının uygulanmasıdır. Amaçlara ulaşmak için yapılan planlarla gerçekleşen durumlar her zaman istenen sonucu vermeyebilir. Süreç Karar Program Kartları yöntemi çeşitli problemler karşısında, uygun sonuçları önceden öngörülecek en iyi olası çözümleri sağlayabilecek karşıt önlemler hazırlamaktır. Süreç Karar Program Kartları yöntemi belirlenen amaçlara ulaşmak için yardımcı bir yöntem olmakla kalmayıp, karşılaşılabilecek çeşitli sürprizlerin de ortaya çıkmasını engellemektedir. Örneğin, bir kargo firmasının bir paketin adresine ulaştırılması konusunda karşılaşılabileceği sorunlar (adresin doğru kaydedilmemiş olması, taşıma elemanın adresi doğru algılamaması, taşıma görevlisinin yabancı dil bilmemesi, paketin üzerindeki çeşitli işaretlerin ne anlama geldiğini bilmediği için taşıyıcının paketin içindeki maddeye zarar vermesi gibi,...) önceden öngörülerek, doğabilecek sonuçlara ilişkin önlemleri önceden almaya çalışarak, olaylar ve ortaya çıkabilecek sonuçları konusunda bir Süreç Karar Program Kartları hazırlanabilir.

Süreç Karar Program Kartları yöntemi;

1. Amaçlarla yönetim için bir uygulama planının oluşturulması,
2. Teknoloji geliştirmeye ilişkin bir uygulama planının kurulması,
3. Öngörü politikasının oluşturulması,
4. Üretim sürecindeki uygunsuzlukların minimizasyonuna yönelik önlemlerin uygulanması, konularında kullanılmaktadır (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>).

Yedi yeni kalite kontrol araçlarının pek çok uygulama alanı mevcuttur; Ar-Ge faaliyetleri, yeni teknoloji geliştirme, yeni ürün geliştirme, kalite yayılımı, analiz ve teşhis becerilerinin geliştirilmesi, üretim planlama, üretim yönetimi, verimliliğin iyileştirilmesi, otomasyon, kalite iyileştirme, maliyeti azaltma ve enerji tasarrufu, iş güvenliğinin iyileştirilmesi, rekabet analizi, şikayet analizi, kalite güvenliği sistemi iyileştirilmesi, kirliliği önleme, satış yönetimi, pazar analizi, ikmal yönetimi, politika yayılımı gibi (Imai, 1994, s.243).

## 2. BÖLÜM: KONTROL ŞEMALARI

### 2.1. Kontrol Şemaları

Temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılanı kontrol diyagramlarıdır. Kontrol diyagramları, arzu edilen özelliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. İlk uygulamaları 1924 yılında W.A. Shewart tarafından başlatılmıştır. Bu diyagramlara bu nedenle ‘Shewart Grafiği’ de denilir.

Tanım olarak, ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş deneylere ve verilere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yarayan grafiklere kontrol şemaları denir. Duncan, kontrol grafiklerini “Prensip olarak istatistik metotlarından yararlanarak tekrar eden işlemler üzerinde çalışma ve bu işlemleri kontrol etme” olarak tanımlamış; Feigenbaum ise, “Gerçek ürün kalite karakteristiklerini, geçmiş tecrübelerden yararlanarak grafiklerle, gün gün, saat saat, tarih sırasıyla karşılaştırmadır. Bu karşılaştırma, genellikle üretilen her parçayı muayene etmekten öte, örnekleri seçme ve ölçme şeklinde yapılmaktadır” demiştir.

Ürünlerin tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre kontrol limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, performans vb. spesifikasyonların, önceden belirlenen limitler arasında değişim göstermesi normaldir. İdeal durum, süreçte bu değişimin limitler arasında kalması, yani sürecin kontrol altında olmasıdır. Bu değişimler, limitleri aşarsa süreç kontrol dışına çıkmıştır. Bunun nedenleri araştırılmalı ve sürecin tekrar kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır. Kontrol limitleri, sürecin ne yaptığını gösterir. Ne yapması gerektiğini göstermez. Yani dikkat edilmesi gereken nokta; kontrol diyagramlarının bir sorunun varlığını göstermesi ve sorun hakkında ipuçları vermesidir. Sorunun nedenini gösterip, onu ortadan kaldıramamasıdır. Aksaklığın bulunup, ortadan kaldırılması usta, teknisyen, mühendis ya da benzeri bir başka yetkilinin görevidir.

Kontrol diyagramlarının kullanılabilmesi için süreçten düzenli bir şekilde veri toplanmalıdır. Süreç değişkenliğinde meydana gelen değişimler, toplanan verilere yansyarak hesaplanan limit değerlerini değiştirirler.

Kontrol şemalarının, kalite kontrol alanındaki uygulama örnekleri şöyle sıralanabilir:

1. Süreci olumsuz etkileyen faktörlerin bulunmasında kolaylık sağlarlar.
2. Mevcut olmadığı halde süreci etkileyen faktör arama hatasına düşmeyi önleyerek zaman tasarrufu sağlarlar.
3. Bir tezgahtan beklenen verimin sağlanıp sağlanmadığını tespit amacı ile kullanılırlar.
4. Ürün veya herhangi bir süreçteki değişkenliğin azaltılmasında yararlı olurlar.
5. Hatalı parça veya ıskarta yüzdesinin azaltılmasında yararlı olurlar.
6. Muayene ve kontrol masraflarının azaltılmasını sağlarlar.
7. Spesifikasyon ve şartnamelerin gerçeğe daha uygun bir şekilde tespit edilmesini sağlarlar.
8. Metalürjik ve kimyasal proseslerin kararlı bir hale getirilmesinde yardımcı olurlar.
9. Bir süreç veya faaliyet hakkında üst kademelerde daha gerçekçi raporlar verilmesinde yardımcı olurlar.
10. Duyarlı ve güvenilir faaliyet kayıtlarının tutulmasında yararlı olurlar.
11. Takım kalıp ve tezgah yenileme sürelerinin tayininde kullanılırlar.
12. Araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılırlar.
13. Maliyet ve finansal analizlere yardımcı olurlar.
14. Stok kontrolünde kullanılabilirler (Bülent Kobu, 1994(b), s.496).

## **2.2 Kontrol Şemalarının Amaçları**

Shewart tarafından geliştirilen kontrol grafiklerinin iki temel amacı bulunmaktadır:

1. Süreçteki özel ve genel nedenleri belirlemek ve geliştirme faaliyetlerini oluşturmak için kuralları oluşturmak.
2. Sürecin yalnız başına mı bırakılacağı yoksa sorunların araştırılması mı gerektiği kararlarını verebilmede ekonomik ilkelerin sağlanması için bir araç sunmak (Devor, Chang, Sotherland, 1992, s.132-133).

Kontrol şemaları; sürecin kontrol altında çalışmasını sağladıktan sonra, süreçte geliştirme programlarının gerekli olup olmadığının ve süreçte geliştirme programları gerekli ise hangi alanlarda gerekli olduğunun belirlenmesinde destek sağlamaktadır.

### **2.3. Kullanım Alanları**

Kontrol şemalarından yararlanılarak kalite varyasyonlarının belirlenmesiyle, bir sürecin ne zaman kendi haline bırakılabileceği belirlenebilir ve değişkenliği azaltacağı yerde, çoğaltma eğiliminde olan süreçte yapılacak gereksiz düzenlemeler önlenir.

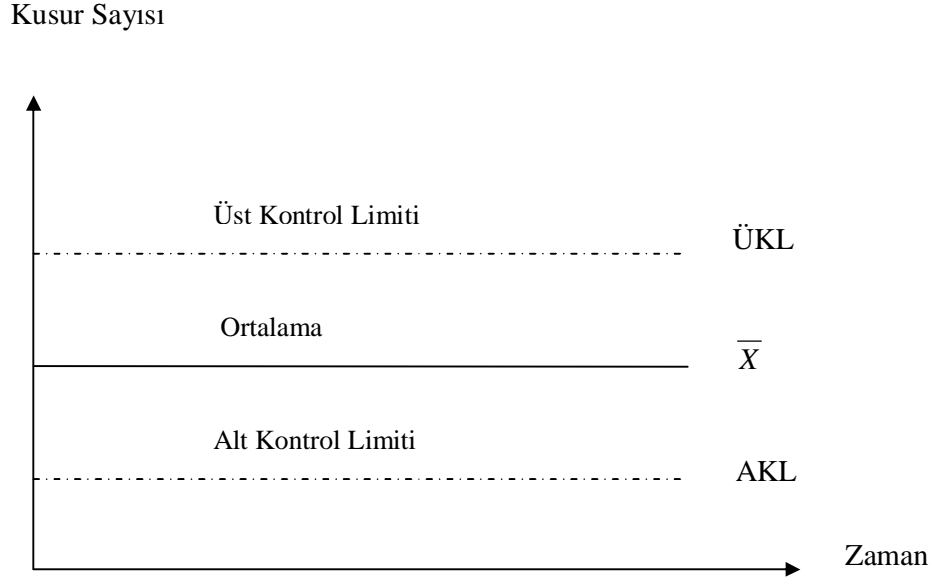
Kontrol şemasının kullanım alanlarından biri de, sürecin geliştirilmesi amacıyla kullanılmalarıdır (Montgomery, 1991, s.136-138).

Kontrol şemaları, öngörüleme aracı olarak da kullanılmaktadır. İstatistiksel olarak kontrol altında olan bir süreçte kontrol şeması yardımıyla süreç parametrelerinin öngörüsü yapılabilmekte ve kabul edilebilir ürünler üretmek için süreç yeteneğinin ne olması gerektiği belirlenebilmektedir.

Kontrol şemalarının çok çeşitli alanda kullanımlarıyla; işletmenin verimliliğinin artırılmasında, kusurlu üretimin önlenmesi çalışmalarında, gereksiz süreç düzenlemelerinin engellenmesinde ve süreç yeteneği hakkında bilginin sağlanmasında yararlı olmaktadır (Banks, 1989, s.135-137).

### **2.4. Kontrol Şemalarının Yapısı**

Kontrol şemalarının süreç ortalamasını temsil eden bir orta değeri ve süreç varyasyonu hakkında bilgi veren alt (AKL) ve üst (ÜKL) kontrol limitleri vardır. Temelde kontrol şemasının sadece üç çizgiden oluştuğu söylenebilir. Gözlenen kalite spesifikasyonu değerleri, ölçekli olarak bu sistem içine yerleştirildiğinde sürecin gidişini kontrol etmek mümkündür.



**Şekil 2.1.**Kontrol Şeması

Kontrol şemaları aşağıdaki gibi hazırlanır:

1. Ürünlerin hangi özelliklerinin kontrol edileceği saptanır.
2. Sürece ilişkin bir inceleme yapılarak sürecin ortalaması ve standart sapması saptanır.
3. Bu veriler kullanılarak, o sürecin kontrol şeması ya da şemaları hazırlanır.
4. Kontrol limitlerinin gerçekçi ve ekonomik uygunluğu gözden geçirilir.
5. Süreçten örnekler alınarak özellikler diyagram üstüne işlenir.
6. Örnek verileri kontrol limitleri dışında ise:
  - Nedenleri incelenir
  - Düzeltici önlemler alınır
  - Gerekirse partinin diğer parçaları da muayene edilir (Bozkurt, 1991, s.9).

Sürecin kontrol altında veya kontrol dışı olma durumu bir çeşit hipotez kontrolüdür. Kontrol şemaları, “süreç kontrol altındadır” hipotezini test eder. Kontrol sınırları içine düşen bir nokta, belirli bir yanılma payı ile “süreç kontrol altındadır” hipotezini kabul etmek, kontrol sınırları dışına düşen bir nokta ise “süreç kontrol altındadır” hipotezini reddetmek anlamına gelmektedir.

Kontrol şemalarıyla süreç denetlenirken kullanıcının karşı karşıya bulunduğu iki tip hata vardır. I.tip hata; süreç kontrol altındayken, kontrol dışı olduğuna karar vermek ve II.tip hataysa, süreç kontrol dışındayken, kontrol altında olduğuna karar vermektir.

I.tip hata yapıldığında, gerçekte süreçte özel bir nedene bağlı bir değişim olmadığı halde süreci durdurup özel bir neden aranıp, belki de gerekli olmadığı halde süreçte birtakım düzeltmeler yapılabilir. Yani, süreçte ve üründe gelişme ile sonuçlanmayacak bir değişim yapılabilir. II.tip hata yapıldığında ise, gerçekte özel nedenden dolayı kontrol dışında olan sürecin hatalı üretiminin devam ettirilmesi ile ortaya çıkan hatalı ürün maliyetlerinin artmasına yol açılır. Kontrol limitleri genişletildiğinde II. tip hata yapma riski, kontrol limitleri daraltıldığında I. tip hata yapma riski artar (Duncan, 1986, s. 421-425).

İki tip hatadan biri tamamen önlenirse bile ikisini birden ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bu iki tip hatanın zararı, kontrol diyagramı yöntemi ile en aza indirgenebilir. Kontrol şemaları kullanımı ile süreçte 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 (Kolarik, 1995, s.370-373).

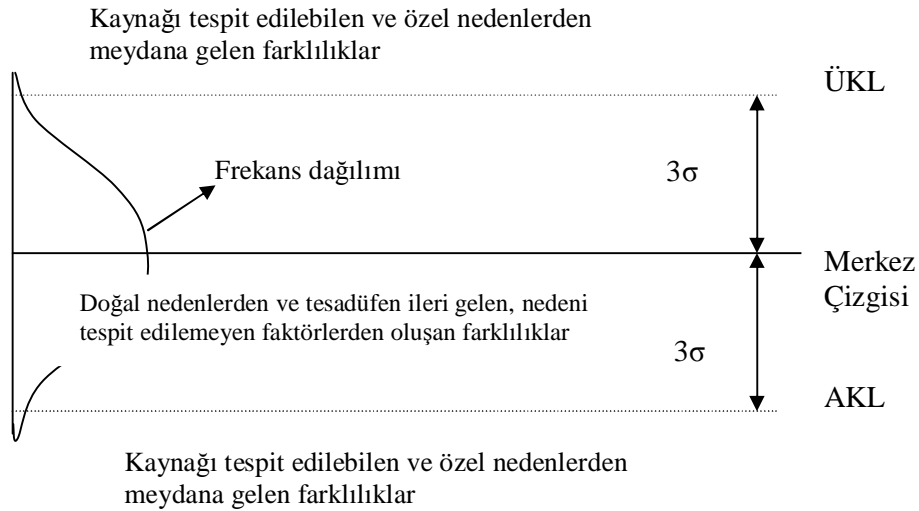
Örnek büyüklüğünün belirlenmesinde I.tip hata ve II.tip hatayı optimum yapan bir değer bulunması istenir. Bir hata tipinin azaltılması diğer hata tipini artıracaktır. Bu nedenle optimum değer belirlenmesi zor olmaktadır. Genellikle işletmelerde I.tip hata yapmamaya önem verilip I.tip hatanın azaltılması için örnek büyüklüğünün ne olması gerektiği hesaplanmakta ve II.tip hata yapmaya belirli bir noktaya kadar önem verilmemektedir (Yüksel, 1998, s.54).

Kontrol şemalarında her bir nokta bir alt grubu nitelendirmektedir. Alt grup seçiminde; alt grupların içindeki birimlerin benzer özellik taşıması ve bir alt grubun içindeki birimlerle diğer alt grubun içindeki birimler arasında farklı özellikler olması olasılığının en büyük olması sağlanmalıdır (Moen, Nolan, Provost, 1991, s.41). Kontrol limitleri hesabında ve çiziminde genellikle ardarda 20-25 örnek noktasının alınması yorumlamalar için yeterlidir. Alt gruplarda özel nedenlerin mevcut olmaması için alt grupların homojenliği sağlanmış olmalıdır. Kontrol şemaları uygulandıktan sonra; değişkenliğe neden olan kaynakların hangilerinin alt grupların içinde, hangilerinin alt gruplar arasında değişime neden olduğu belirlenmelidir. Alt grupların



alınmasındaki sıklık, uygulanacak kontrol şemasının amacına bağlıdır. Burada diğer bir kriter ise, değişkenliğe neden olan kaynakların süreçte değişime hangi sıklıkta neden olduklarının saptanmasıdır.

Bir olayda sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa o olaya ait herhangi bir değişken normal bir dağılım gösterir. Bir kontrol şemasının, normal dağılıma sahip bir frekans veya bir olasılık dağılımının 90° döndürülmesi ile elde edildiği söylenebilir (Şekil 2.2.). Ortalama değer etrafında  $\pm 3\sigma$  bir alan oluşur. Bu alan içerisinde yer alan olasılıklar, toplam olasılıkların 0.99734'ünü kapsamaktadır. Doğal nedenlerden veya tesadüfen meydana gelen ve nedeni tespit edilemeyen değişkenlikler 0.99734 olasılık değerine eşdeğer olan limitler arası alana eşittir. AKL ve ÜKL dışında kalan değer ise;  $(1-0.99734)/2=0.00266/2=0.00133$  değerine eşit olup nedeni tespit edilebilen ve özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri göstermektedir.



**Şekil 2.2.** Kontrol diyagramları için  $\pm 3$  sigma limitleri (Gökçe, 1998, s.43).

Hesaplamalarda bulunacak olan kontrol limitleri istatistiki güven sınırlarıdır. AKL, tüketiciyi korumaya; ÜKL ise, fabrikanın israfını önlemeye yöneliktir. Kontrol grafikleri kullanımı ile her numune alışımızda “istatistiki önemlilik testi” yapma zorunluluğundan kurtulmuş olunur. Kontrol limitleri süreçteki genel nedenlerden doğan değişimlerin sınırlarıdır ve hesapla elde edilmektedir. Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar özel neden belirtisidir. Süreçte normal

olmayan bir şeylerin var olduğunu habercisidir ve eğer önlem alınmazsa hatalı parçalar üretilebileceğini ikaz ederler. Bu durumlar kontrol dışı durumlar olarak adlandırılırlar.

Kontrol limitlerinin içine düşen nokta veya noktalar, işlemde özel nedenlerin olmadığı garantisini vermez. Fakat tespit edilebilir nedenlerin var olduğunu öne sürecektir kanıtların olmadığını gösterir (Yüksel, 1998, s.43).

## **2.5. Kontrol Şemalarının Sınıflandırılması**

Genel olarak kontrol şemaları iki değişik yöntemle elde edilen verilere göre düzenlenirler:

Değişkenlere göre: Ürün kalitesinin belli bir düzeyde tutulabilmesi için üretimi etkileyen unsurların saptanabilmesi, özelliklerin değişme eğiliminin incelenebilmesi zorunludur. Bu nedenle üretim sürecindeki kalite denetiminde değişkenlere göre kontrol şeması daha çok kullanılmaktadır.

Özelliklere göre: Amaç, ürünü kusurlu-kusursuz olarak ayırmaktır. Bu yöntem bitmiş ürün teslimi ve giderlerin denetiminde daha ekonomik sayılmaktadır (Bozkurt, 1991, s.6-7).

### **2.5.1. Ölçülebilir Değişkenler İçin Kontrol Şemaları**

Bunlar uzunluk, ağırlık, yoğunluk, zaman, ısı, hacim, kütle gibi bir alet veya cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen özelliklerdir. Değişkenler için kontrol grafikleri, merkezi eğilimde ve gözlemlerin yayılımında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için kullanılır.

#### **2.5.1.1. Shewart Kontrol Şemaları**

Örnek hacminin 1`den büyük olduğu zaman kullanılan diyagramlar; ortalama( $\bar{X}$ ), standart sapma( $\sigma$ ) ve değişim aralığı(R) diyagramlarıdır. Uygulamada en sık kullanılan kontrol diyagramlarıdır. Ortalama diyagramı ortalama sapmaları, değişim aralığı ve standart sapma diyagramları ise homojenlikten sapmaları gösterir.

Bu diyagramlar ortalama ile birlikte standart sapma ( $\bar{X} - \sigma$ ) ya da ortalama ile dağılıma aralığı ( $\bar{X} - R$ ) çiftleri şeklinde uygulanarak, işlemin hem ortalama hem de değişkenlik bakımından kontrol altında olup olmadığı araştırılabilir. Uygulamada değişim aralığı R için hazırlanan kontrol diyagramları, standart sapma  $\sigma$  için hazırlanan kontrol diyagramlarına oranla daha çok tercih edilmektedir. Çünkü dağılıma aralığının hesaplanması ve yorumlanması daha kolaydır.

$\bar{X}$  ve R diyagramlarının çiziminde izlenen adımlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Kontrol edilecek kalite karakteristiği seçilir. Seçilen değişken, ölçülebilen ve sayılarla ifade edilebilen bir karakteristik olmalıdır.
2. Verilerin gruplanması için karar verilir. Veriler ile oluşturulacak grupların kendi aralarında mümkün olduğunca homojen bir yapıda olmasını sağlayacak bir alt gruplama yapısı oluşturulur. Hesaplamalarda daha kolay olduğu için alt grup sayısı 5, örnek alma sayısı ise 25 olarak seçilir.
3. Kontrol limitlerinin hesaplanmasına başlanır. 25 örneğin her birisi için grup ortalaması ve grup dağılıma aralığı(R) hesaplanır. Her alt grup ortalamalarının ortalaması ve dağılıma aralıklarının ortalaması hesaplanır. Dağılıma aralığı ve ortalama için alt ve üst kontrol limitleri hesaplanır.
4. Elde edilen sonuçlar yorumlanır. Sürecin kontrol altında olup olmadığı tespit edilir. Mevcut duruma uygun olarak gerekli önlemler alınır.
5. Kontrol diyagramlarının kullanımına devam edilir. Dağılıma aralığı ve ortalama için merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Süreci kontrol altında tutabilmek için diyagramlar izlenir ve gereken tedbirler anında alınır.

### **Örnekleme Ortalaması ve Değişim Aralığı İçin Kontrol Limitlerinin Oluşturulması**

Süreç kontrol altında olduğu zaman X,  $\mu$  ortalamalı ve  $\sigma^2$  varyanslı normal dağılıma sahiptir.  $\bar{X}$ , n hacimli bir örneklemin ortalamasını göstermek üzere, süreç kontrol altındayken,  $\mu$  ortalamalı  $\sigma^2/n$  varyanslı normal dağılıma sahip olur.  $\bar{X}$  grafiği için  $3\sigma$  sınırları,  $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$  olur.  $\mu$  ve  $\sigma$  değerleri biliniyorsa bu limitler hemen belirlenebilir. Genelde bu parametrelerin kesin değerleri nadiren bilindiği için, bu değerler tahmin edilmelidir. Bunun için süreçten n hacimli N tane örneklem seçilir. Her örneklem için  $\bar{X}_i$  örneklem ortalaması değerleri hesaplanır. N tane örneklem ortalaması toplanarak  $\mu$  için;

$$\bar{m} = \sum \bar{X}_i / N = \bar{\bar{X}} \quad \text{tahmin edicisi bulunur.}$$

Örneklem değişim aralıkları  $R_i$ ,  $\sigma$ 'yı tahmin etmek için kullanılır. Normal rasgele değişkenler için örneklem değişim aralığı  $R$ 'nin beklenen değerinin standart sapmaya oranı sadece örneklem hacmine bağlı olan bir sabite eşit olduğu gösterilebilir (Milton, Arnold, 1990). Bu sabit de  $d_2$  olarak adlandırılır. Yani;  $d_2 = E(R)/\sigma$  dir.  $d_2$ 'nin uygun değerleri Ek-1'deki Tablo A'dan elde edilebilir.  $R$ 'nin beklenen değeri  $N$  tane değişim aralığının  $(R_1, R_2, \dots, R_N)$  ortalamasından tahmin edilir. Yani;  $E(R) = \bar{R} = \sum R_i/N$  dir. Bu durumda  $\sigma = E(R)/d_2 = \bar{R}/d_2$  elde edilir. Tüm bu bilgiler ışığında  $\bar{X}$  grafiği için tahmin edilen  $3\sigma$  limitleri;  $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$  iken  $\mu \pm 3\bar{R}/(d_2\sqrt{n})$  olacaktır (Milton, Arnold, 1990). Burada  $3/d_2\sqrt{n}$  ifadesine  $A_2$  yazılırsa bu limitler;

$$AKL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

$$ÜKL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$OÇ_{\bar{X}} = \bar{X} \text{ olacaktır.}$$

Ortalama değer kadar sürecin değişebilirliği de önemlidir. Standart sapma yerine daha kolay olmasından dolayı değişim aralığı kontrol grafiği daha çok kullanılır.  $R$  için teorik limitler,  $\mu_r \pm 3\sigma_r$ 'dir.  $\mu_r$  örneklem değişim aralıklarının ortalamasını ve  $\sigma_r$  de standart sapmasını gösterir.  $\mu_r$  ve  $\sigma_r$  için birer tahmin edici kullanılarak  $R$  için alt ve üst kontrol limitleri;

$$AKL = \bar{R} - 3\frac{d_3}{d_2} \bar{R}$$

$$ÜKL = \bar{R} + 3\frac{d_3}{d_2} \bar{R} \text{ elde edilir.}$$

Burada  $1 + 3\frac{d_3}{d_2}$  yerine  $D_4$ ,  $1 - 3\frac{d_3}{d_2}$  yerine de  $D_3$  yazılırsa;

$$OÇ_R = \bar{R}$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R}$$

$$ÜKL_R = D_4 \bar{R} \text{ olacaktır.}$$

$A_2$ ,  $D_3$  ve  $D_4$  değerleri Ek-1`deki Tablo A`da verilmiştir. R için tahmin edilen alt kontrol limiti, özellikle örneklem hacmi 6 veya daha az ise, negatif olabilir. Bu durumda alt kontrol limiti sıfır alınmalıdır.

### **Örneklem Standart Sapması İçin Kontrol Limitlerinin Oluşturulması**

$\bar{X}$  ve R grafikleri sıklıkla kullanılmaktadır. R grafiği ile  $\sigma$  grafiği karşılaştırılacak olursa, bir R grafiği daha kolay hesaplanabilir ve açıklanabilir.  $\sigma$  grafiği bir R grafiğinden daha doğru, kesin sonuçlar ortaya koyar. Alt grup hacmi 10`dan az olduğu zaman her iki grafik aynı değişimi gösterecektir (Besterfield, 1986). Ancak alt grup hacmi 10 veya daha fazla olduğunda u değerler R grafiği üzerinde aşırı derecede bir etkiye sahip olurlar (Besterfield, 1986). Bu nedenle alt grup hacmi büyük olan kontrollerde  $\sigma$  grafiği kullanılır.

Bazı formüller hariç  $\bar{X}$  ve R grafikleri için uygulanan adımlar  $\bar{X}$  ve  $\sigma$  grafikleri için de aynıdır. Kontrol limitleri;

$$\text{O } \bar{x} = \bar{\bar{X}}$$

$$\text{O } s = \bar{s}$$

$$\text{AKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s}$$

$$\text{AKL } s = B_3 \bar{s}$$

$$\text{ÜKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s}$$

$$\text{ÜKL } s = B_4 \bar{s}$$

Burada kullanılan  $B_4$ ,  $B_3$ ,  $A_3$  değerleri Ek-1`de bulunan Tablo A` dan bulunabilir.

Anlamlı alt gruplar oluşturabilmek için bir dönemde bir taneden fazla örnek almanın anlamlı olmadığı durumlarda yani  $n=1$  iken;  $\bar{X}$  ve  $R_m$  (hareketli değişim aralığı) diyagramları, eksponansiyel olarak ağırlıklandırılmış hareketli ortalamalar (EWMA) ve eksponansiyel olarak ağırlıklandırılmış hareketli sapmalar (EWMD) diyagramları ve kümülatif toplam (CuSum) diyagramları kullanılır.

### 2.5.1.2. X ve R<sub>m</sub> diyagramları

Bazı koşullarda alt grup oluşturmak için örnek sayısının çok fazla alınması anlamlı olmamaktadır. Bir kimya bileşimindeki Ph düzeyinde olduğu gibi örneğin alındığı noktalar homojen olduğunda belirli süreç karakteristikleri kısa süreler için farklılık göstermemektedir. Homojen olan bir süreç incelendiğinde alt gruplar içerisindeki ölçüm farklılıkları; süreç varyasyonundan çok, ölçüm aracının varyasyonundan kaynaklanmaktadır.

Otomatik muayene ve ölçüm teknolojisinin kullanıldığı ve her üretilen birimin analiz edildiği durumda, üretim oranının çok düşük olduğu durumlarda, alt grubun oluşturulması için üretilen birimlerin toplanmasının uygun olmadığı durumda, süreçte üretilen birimlerin homojen olduğu, süreçte üretilen ürünlerin sadece laboratuvar veya analiz hatasından dolayı farklılık gösterdiği bilindiğinde ve yığın üretimin yapıldığı süreçlerde örnek büyüklüğünün 1 olarak alınması önerilmektedir (Kolarik, 1995, s.310).

Esas olarak  $\bar{X}$  ve R diyagramlarına göre tek önemli değişiklik bu diyagramlarda X, ölçülen tek veri, R de n adetlik suni bir alt sınıfı oluşturabilmek için kabul edilen ardışık n adet dağılım aralığıdır.

Bu durumda  $\pm 3\sigma$  kontrol limitleri için kullanılan formüller:

$$R_m = |X_i - X_{i-1}| \quad i=1,2,3,\dots,m-1 \text{ (Hareketli R değerleri hesaplanır)}$$

$$\overline{Rm} = \sum R_m / (m-1) \quad \bar{X} = \sum X_i / m \text{ olmak üzere;}$$

X diyagramı için;

$$OÇ = \bar{X}$$

$$ÜKL = \bar{X} + 3(\overline{Rm}/d_2)$$

$$AKL = \bar{X} - 3(\overline{Rm}/d_2)$$

R<sub>m</sub> kontrol grafiği için:

$$OÇ = \overline{Rm}$$

$$ÜKL = D_4 \overline{Rm}$$

$$AKL = D_3 \overline{Rm}$$

Burada;  $d_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  alt örnek grubu eleman sayısına ( $n$ ) bağlı sabitlerdir. Bu değerler Ek-1`deki Tablo A`da verilmektedir.

### 2.5.1.3. EWMA ve EWMD Diyagramları

$X$  ve  $R_m$  diyagramları değişimin çok küçük olması durumunda süreç ortalaması ve varyasyonundaki değişimi belirlemekte çok etkili olmamaktadır. Bu diyagramların yanında üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli ortalamalar (EWMA) ve üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli sapmalar (EWMD) diyagramları süreç dağılımını saptamada kullanılmaktadır (Kolarik, 1995, s.310). Üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli bir ortalama; bugünden geçmişe doğru üstel olarak azalan ağırlıklar ile ağırlıklandırılmış verilerin ortalamasıdır. Üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli bir varyans; bugünden geçmişe doğru üstel olarak azalan ağırlıklar ile ağırlıklandırılmış verilerin varyansıdır.

Süreç istatistiksel olarak kontrol altında olduğunda  $X$ 'in ortalaması  $\mu$  ve standart sapması  $\sigma$  olan normal dağılım etrafında dağıldığı kabul edilir. Ortalamada bir değişim meydana geldiğinde, üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalamalar sürecin yeni bir ortalamasına hareket eder. Süreç varyasyonunda bir değişim olduğunda, süreç değişkenliği arttığından dolayı üstel ağırlıklandırılmış hareketli standart sapma yeni bir düzeye hareket eder ve kontrol şemasının istatistiksel kontrol dışı alarm verme olasılığı artar (Devor, Chang, Sotherland, 1992).

EWMA kontrol şemasının her bir veri noktasına verdiği ağırlık en güncel verilerden daha önce alınan verilere doğru azalarak gittiği için, bu şemalar yakın zamandaki süreç performansını sunar. Azalan ağırlıkların azalma oranını belirleyen faktör “ $r$ ” 0 ile 1 arasındadır.

Süreç değişimlerine duyarlı olan kontrol şemalarının kullanılması istenildiğinde, “ $r$ ” değeri 0,2 ile 0,5 arasında değişen değerlerde alınmalıdır. “ $r$ ” değerinin seçilmesinde,  $r=2/(n+1)$  eşitliği kullanılmaktadır. Buradaki  $n$ , alt örnek grubu sayısıdır.  $r$  değerinin 1 olarak alınması durumunda EWMA diyagramında, tüm ağırlıklar ölçülen değer kendisini vermektedir. Yani,  $r=1$  için, EWMA diyagramı  $X$  diyagramını verir.

Ortalamada herhangi bir değişim söz konusu olduğunda EWMA, sürecin yeni ortalama değerine doğru kayarken, EWMD değerleri değişmez. Süreç değişkenliğinde herhangi bir değişim olursa, EWMD yeni değerine doğru kayarken, EWMA değeri sabit kalır. EWMA ve EWMD kontrol diyagramlarını çizebilmek için en az 25-30 ölçüm kullanılmalıdır.

EWMA için  $\pm 3\sigma$  kontrol limitleri;

$$OÇ = \bar{X}$$

$$ÜKL = \bar{X} + A^* \hat{S}$$

$$AKL = \bar{X} - A^* \hat{S}$$

EWMD için  $\pm 3\sigma$  kontrol limitleri;

$$OÇ = \hat{S} d_2^*$$

$$ÜKL = D_2^* \hat{S}$$

$$AKL = D_1^* \hat{S} \text{ şeklindedir.}$$

$A^*$ ,  $d_2^*$ ,  $D_1^*$  ve  $D_2^*$  değerleri Ek-2`deki Tablo B`de yer alan sabitlerdir.

EWMA grafiğinin, süreçteki değişimi izleyerek yeni bir düzeye yavaşça hareket etme veya süreç kontrol altında iken merkez çizginin etrafında küçük dalgalanmalarla değişim gösterme eğiliminde olması beklenir. Genelde EWMA kontrol şemasında kontrol limitlerinin dışında noktanın olması seyrek, bundan dolayı değişimlerin belirlenmesi verinin temel olarak trend çizgisine dayanmaktadır. Şemanın merkez çizgisinin altında ve üstünde seyirlerin görülmesi yaygındır. Bunun nedeni de ağırlıklandırılmış yordamların kullanılması hareketli ortalama ile sapma arasındaki korelasyonu veya etkiyi ortaya çıkarmasıdır (Devor, Chang, Sotherland, 1992).

#### **2.5.1.4. CuSum Diyagramları**

Kalite kontrol grafiğinde sürecin kontrol altında olup olmadığı yalnızca kontrol sınırlarının içinde/dışında olup olmamakla ilgili değildir. Aynı zamanda sürecin tesadüfiliği de araştırılmalıdır. Söz konusu bu durum klasik grafikler denilen Shewart grafiklerinin en önemli yetersizliğidir. Bunu gideren grafik ilk defa 1954 yılında İngiliz istatistikçi E.S.Page tarafından ortaya konulmuş ve sonraları daha da geliştirilmiştir.



CuSum grafikleri bir sürecin kesintisiz olarak kontrolünün sağlanması amacıyla etkili olarak kullanılmaktadır. Ani, küçük ve de ısrarlı değişmelerin fark edilmesinde CuSum grafikleri Shewart'ın klasik grafiklerine göre daha duyarlıdır. CuSum grafikleri tek bir tip olmayıp çeşitli ölçüler için mevcuttur. 1961'de E.S.Page her bir örnek ortalaması ile referans değeri (k) diye tanımladığı bir değer arasındaki farkların birikimli toplamına dayalı bir kontrol planı içeren CuSum grafiğini sunmuştur. Süreç ortalamasındaki en fazla  $\mu \pm 2\sigma$ 'ya kadarki alanda oluşan küçük ve orta ölçüdeki değişmeler durumunda bu grafik Shewart'ın sunduğu grafiğe göre çok daha hassastır. Grafik merkez çizgi veya hedeflenen değerden sapmaların kümülatif toplamının işlenmesiyle oluşturulmaktadır. CuSum grafikleri aşağıdaki amaçlar için kullanılır:

1. Süreç ortalamasında meydana gelen küçük sapmaları tespit ederek sürecin düzeltilmesi için bilgi sağlamak,
2. Süreç ortalamasındaki sapmanın hangi örnekten itibaren başladığını tespit etmek,
3. Geçerli süreç ortalamasını tahmin etmek,
4. Süreç ortalaması hakkında kısa dönem için ileriye yönelik tahminde bulunmak.

CuSum kontrol grafikleri, Shewart kontrol grafikleri kadar yaygın bir uygulama alanı bulmamaktadırlar. Süreç çıktı değerlerinin periyodik dalgalanmalar göstermesi halinde süreç hakkında isabetli karar vermede CuSum grafikleri yetersiz kalmaktadır.

Cusum kontrol şemaları; süreç ortalamasının farklılık gösterdiğinin bilindiği ve fiziksel araçlarla kontrol edilemediği bazı özel üretim koşulları için uygundur. Cusum kontrol şemalarında genel nedenler ile özel nedenlerin ayırt edilmesi güç olmaktadır. Shewart kontrol şemaları sabit süreç ortalaması ile sağlanan nedenler sistemine bağlı olarak özel nedenlerin varlığını araştırmak amacıyla yapılırken, geleneksel Cusum kontrol şemaları süreç ortalamasının hareketini izlemek amacıyla gerçekleştirilmektedir (R.E.Devor, T. Chang, J.W.Sotherland, 1992, s.394-395).

Küçük maliyetle aynı etkinliği sağlanması, özellikle değişimin fazla büyük olmadığı durumlarda, süreç ortalamasındaki ani ve ısrarlı değişme birikimli toplam grafiğinde derhal fark edilmekte ve değişimin zamanı daha belirgin olarak saptanmakta ve görüntülenebilmektedir.

Cusum şemalarının yorumlanmasında çok dikkatli olunması gerekmektedir. Süreç ortalamasının doğru tahmini Cusum kontrol şemalarından doğru sonuç alınması açısından önemlidir ve esas olarak kronolojik sırada düzenlenmiş verilerin analiziyle ilgilidir. Böylelikle sürecin sürekli kontrolünün sağlanması amaçlanır.

T hedef değerli ve süreçten ardarda çekilen örneklem ortalamaları  $(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_r)$  olan bir süreçte, ortalamalar ve hedef değer T arasındaki farklar  $(\bar{X}_1 - T), (\bar{X}_2 - T), (\bar{X}_3 - T) \dots$  yazılabilir. Bu farklar şu şekilde tanımlanabilir;

$$S_r = \sum (\bar{X}_i - T) \quad r. \text{ kısmi toplam}$$

Görüldüğü gibi burada örnek noktalar sadece r dönemi  $X_r$ 'yi değil daha önceki tüm örnek değerlerini dikkate almaktadır. Böylece tüm geçmiş dönem örnek değerlerine ait bilgiler kullanılmış olmaktadır. Burada T, hedeflenen değer veya referans değer adını almaktadır (bazı kaynaklarda bu değer k ile verilmektedir). Yine çoğu kez T değeri  $\mu_0$  olarak alınmaktadır. Eğer ortalamalar T etrafında dengeli dağılıyorsa grafik yatay eğilim gösterecek ve sürecin kontrolde olduğu kararı verilecektir.

Grafikte sürecin ortalama değerleri giderek yükseliyorsa farkların çoğu pozitif olacağından CuSum grafiği yükselen bir eğilim, ortalama değer giderek azalıyorsa CuSum grafiği azalan bir eğilim gösterir. Bu durumlarda sürecin kontrolden çıkma eğilimi söz konusu olacak ve sürecin ortalaması da değişecektir. CuSum grafiğinin bir avantajı da sürecin kontrol dışına çıktığı noktayı göstermesidir.

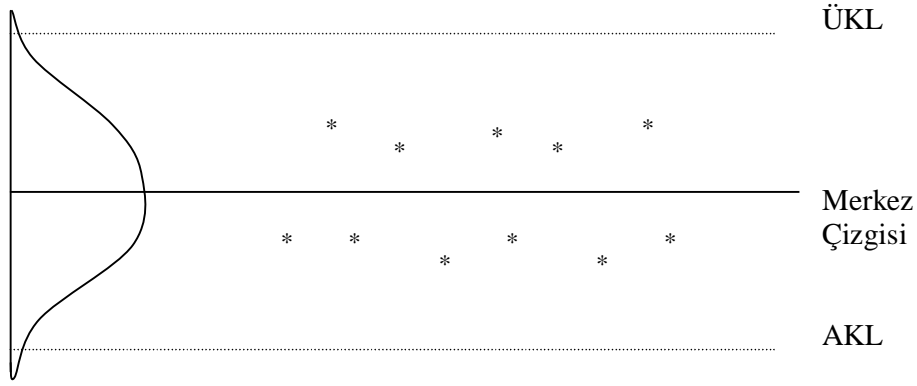
Bir süreçte hedef değer olan belli bir değerden pozitif ve negatif yöndeki sapmaların olabilirliği süreç çıktılarının normal dağıldığı varsayımıyla sabittir. Bu durumda, süreç ortalamasındaki eğilimlerin kontrol dışı olup/olmadığının tespitinde V-maskesi oluşumu ve kullanımı önerilir. Sürecin kontrol altında olup olmadığı bu maske ile belirlenir. Ana fikir; gözlem sayısı ve birikimli toplam noktaları işaretlendikten sonra noktaların tümünün maskenin iki kolu arasında kalıp kalmayacağını görmektir. Eğer işaretlenmiş noktalardan herhangi biri şablonun limitlerinin dışına düşerse süreç kontrol dışıdır denilmektedir. V-şablonunun oluşturulmasında eğim çok önemli olduğu için yatay ve düşey ölçülendirme de son derece önem taşımaktadır.

V-maskesi işlemleri 1959 yılında G.Barnard tarafından uygulama ve teoriye kazandırılmıştır. V-maskesi d:uzunluk (yön mesafesi) ve  $\theta$ :açı bilinirse oluşturulabilir. V-maskesinin oluşturulması yani elle çizimi mümkün ise de ve yeni noktaların ilavesiyle oluşan karmaşıklık artık günümüzde var olan hazır paket programların yardımıyla kolaylaşmıştır.

### 2.5.1.5. Sürecin Kontrol Altında Olması

Kontrol altındaki süreçlerde kontrol sınırlarının dışında hiçbir nokta yoktur. Daha yüksek derecede kaliteye sahip bir düzene, var olan süreç ile ulaşılamaz. Daha düzgün bir süreç ancak kalitede gelişim yaklaşımıyla, süreç isleyişinde değişiklikler yapılması ile mümkündür.

Bir süreç kontrol altında olduğunda Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi sadece doğal değişimleri gösterecektir.



**Şekil 2.3.** Kontrol altında olan bir kontrol şeması

Bu şekilde;

1. Çizginin altındaki ve üstündeki nokta sayısı hemen hemen birbirine eşittir.
2. İşaretlenen noktalar orta çizginin altında ve üstünde rassal olarak yer almaktadır.
3. Verilerin yaklaşık üç de ikisi merkezi çizginin yakınındadır.
4. Birkaç nokta kontrol limitine yakındır.
5. Kontrol limitlerine doğru ardarda altı ya da daha çok nokta yükselme ya da azalma eğilimi göstermemektedir.

6. Noktalar düz bir çizgi oluşturmamaktadır.

Bir süreç kontrol altında ise, makine ve operatör performansındaki ve materyal karakteristiğindeki küçük değişimler normal kabul edilir. Değişimin şanstan ileri geldiği düşünülür. Bir sürecin kontrol altında tutulması ile sağlanacak yararlar:

1. Değişkenlik daha az olacaktır ve yönetim, sistemdeki değişikliklerin etkilerini daha hızlı ve güvenilir bir şekilde giderebilecektir.
2. Yönetim süreç yeterliliğini bilir ve performansı, maliyetleri ve kalite düzeylerini öngörebilir.
3. Süreci etkileyen özel faktörler varsa, zamanında farkına varılarak düzeltici önlemler alınır.
4. Kontrol altındaki süreçle ilgili geçerli ve güvenilir tahminler yapılabilir.
5. Verimlilik en üst düzeyde, maliyetlerse en alt düzeyde olacaktır.

#### 2.5.1.6. Sürecin Kontrol Dışı Olması

Bir alt grup değeri kontrol limitleri dışına düşerse süreç kontrol dışıdır, denir. Bu durum, değişimin özel bir nedeninin olduğunu gösterir. Bu nedenle değişimin özel nedeninin bulunması ve ortadan kaldırılması gerekir.

$\bar{X}$  ve R şemalarının kontrol dışında olduğunu gösteren durumlar şöyledir:

1. Periyodik iniş çıkışlar,
2. Noktaların kararlı bir eğilim göstermesi,
3. Sıçramalı kayma, ani değişimler,
4. İki farklı popülasyon (limitlerin yakınında ve dışında fazla sayıda noktanın gözlenmesi).

Sürecin kontrol altında olup olmadığını araştıran kurallar içinde sık kullanılanları AT&T ve Motorola tarafından geliştirilen kurallardır. Bu kurallara göre, herhangi bir kontrol şeması aşağıdaki durumlardan birini gösteriyorsa süreç kontrol dışıdır:

1. Kontrol limitlerinin dışına bir noktanın düşmesi,
2. Birbirini izleyen üç noktadan,  $\pm 2\sigma$  alanının birinin dışına iki adedinin düşmesi,
3. Birbirini izleyen beş noktadan,  $\pm 1\sigma$  alanının birinin dışına dört adedinin düşmesi,

4. Birbirini izleyen yedi noktanın;

- Merkez çizgisinin üzerinde,
- Merkez çizgisinin altında,
- Sürekli bir yükseliş trendinde,
- Sürekli bir düşüş trendinde olması.

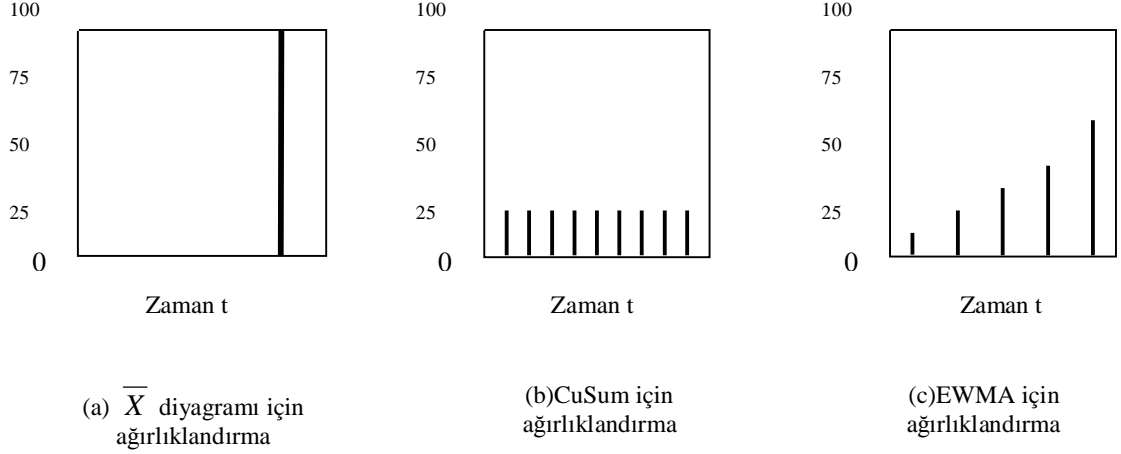
5. Birbirini izleyen on noktadan dokuzunun, iki taraflı olmak üzere  $\pm 1\sigma$  alanının içine düşmesi.

Bu kurallar, birbirini takip eden örnek noktalarının bağımsız olduğu kabulüne dayanır. O nedenle, CuSum, EWMA, EWMD ve Rm kontrol şemaları için uygun değildir.

#### 2.5.1.7. Yöntemlerin Karşılaştırması

Shewart kontrol şeması büyük süreç değişimlerini belirlemede etkindir. Değişimin büyüklüğünün  $1,5\sigma_x$ 'den küçük olduğu durumlarda ise, Shewart kontrol şeması etkinliğini kaybetmektedir (D.C. Montgomery, 1992). CuSum kontrol şemaları ve EWMA kontrol şemaları küçük değişimleri belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; iyi tasarlanmış EWMA kontrol şeması, CuSum şemalarında olduğu gibi küçük değişimlere karşı duyarlıdır. EWMA kontrol şemasının bir dezavantajı önceki etkiyi taşımasıdır. EWMA kontrol şeması geniş sürekli bir değişimi Shewart kontrol şemaları kadar etkin biçimde belirleyememektedir. EWMA kontrol şemasının ve Shewart kontrol şemasının birlikte kullanılması hem büyük hem de küçük değişimlerin belirlenmesinde etkili olacaktır (Yüksel, 1998, s.65). CuSum kontrol şemaları; Shewart  $\bar{X}$  kontrol şemasına kıyasla, daha az yanlış alarm vermektedir.

CuSum kontrol şemaları genellikle ortalamadaki değişimler için uygulanmasına karşın diğer süreç parametrelerine de uygulanabilir.  $\bar{X}$ , CuSum ve eksponansiyel ağırlıklandırılmış kontrol diyagramlarının arasındaki farkı, yapılan ağırlıklandırmaya bağlı olarak aşağıdaki grafikte olduğu gibi gösterebiliriz.



**Şekil 2.4.** Çeşitli kontrol diyagramları için geçmiş verilerin ağırlıklandırması (W.J. Kolarik, 1995, s.322).

Görüldüğü gibi  $\bar{X}$  kontrol şeması alarmlara karşı duyarlı olmasını sağlamada geçmişin ilişkisini taşımamaktadır.  $\bar{X}$  kontrol şeması yalnızca o anki verilerin etkisini taşımaktadır. Geleneksel CuSum kontrol şeması ilk veri ile son veriye aynı tepkiyi verirken; EWMA kontrol şeması, yeni veriler elde edildikçe eski verilerin etkisini azaltacak yönde eski verilere daha az ağırlık vermektedir (W.J. Kolarik, 1995, s.322).

### 2.5.2. Nitelikler İçin Kontrol Şemaları

Değişken kontrol grafikleri kaliteyi kontrol etmek ve geliştirmek için çok kullanışlıdır. Ancak uygulamada bazı kısıtlamaları vardır. Birincisi, bu grafikler nitelikler dediğimiz kalite karakteristikleri için kullanılamayabilir.

Diğer bir kullanım kısıtlılığı ise, bir üretimde pek çok değişken vardır. Küçük bir üretim yerinde bile en az 10.000 kalite karakteristiği değişkeni mevcuttur. Her bir karakteristik için bir  $\bar{X}$  ve R grafiğine gerek olduğundan 10.000 grafik yapılması gerekir. Açıkçası bu hiç pratik değildir. Nitelikler için kontrol grafiği, bu kısıtlamaları minimize edebilir.

“kusur” ve “kusurlu” terimleri arasında her zaman bir karışıklık olur. Kusur bir kalite karakteristiğini gösterir ve pek çok kalite karakteristiği bulunduğu için bir birimde pek çok kusur meydana gelebilir. Kusurlu ise tam bir birimi işaret eder (Gözübatık, 1997, s.54-55).

Nitelikler; renk, kırık, çatlak, bozuk, lekeli gibi ölçüme uygun olmayan, ölçülmesi mümkün olan fakat zaman ve maliyetten tasarruf amacıyla ölçülemeyen kalite özellikleridir. Bu kontrol grafikleri, ihtiyaç duyulduğunda değişkenler için kontrol şemaları yerine de kullanılabilen, yönetim düzeyinde yararlanılan etkin süreç kontrol araçlarıdır.

Nitelikler için iki farklı kontrol grafiği vardır:

**1. Kusurlu parçalar için:** Bu gruptaki iki grafik de Binom modeline dayanmaktadır. Kusurlu parçalar için oluşturulan iki grafikten ilki ‘p grafiği’ olup bir alt gruptaki kusurlu oranını gösterir. Diğeri ise ‘np grafiği’dir. Birim örnekteki kusurlu birim sayısını belirlemek amacıyla yararlanır.

**2. Kusurlar için:** Bu gruptaki grafikler ise Poisson dağılımına dayanmaktadır. Grafiklerden birincisi ‘c grafiği’ dir ve incelenen birim içindeki kusurların sayısını gösterir. Bu gruptaki diğeri grafik de ‘u grafiği’ olup bir alt grupta muayene birimi başına kusurlu sayısını belirlemek üzere yararlanır.

**a) p grafiği:** Bir örnekteki hatalı yüzdesini gösterir. Bir süreçteki kusurlu ile kusursuz parçayı kontrol etmek için kullanılır. p grafiği bir iş merkezinin, bir departmanın, bir vardiyanın, bir operatörün veya şirketin performansını rapor etmek için kullanılır. p grafiği,  $\bar{X}$  ve R grafiğinde olduğu gibi kalite kontrol personeli tarafından uygulanıyorsa en etkili kalite kontrol aracıdır.

Bir p grafiği kalitedeki uzun dönemli trendleri gösterecektir ve personel, yöntemler, donanım, materyal ve inceleme tekniklerinde değişiklikleri değerlendirmeye yarayacaktır. Bu grafiğin kullanım amacı, minimum maliyet için en büyük faydayı sağlama esasına dayanır.

n: Bir alt grupta inceleme sayısı

$\bar{p}$  : Bir örnek grubunun ortalama kusurlu oranı

olmak üzere  $\pm 3\sigma$  için kontrol limitleri aşağıdaki gibidir:

OÇ<sub>p</sub>:  $\bar{p}$

$$AKL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$$ÜKL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$  formülü ile hesaplanır.

Alt kontrol limiti negatif bir değer çıkması durumunda; pratikte bir anlam taşımaz ve bu değer yerine “0” alınır.  $n.p > 1$  sağlanacak biçimde n seçilmelidir.  $p > 0.15$  durumunda, şirketin ciddi bir problemle karşı karşıya olduğu söylenebilir. Tek bir grafiğin üzerinde herhangi bir ürün için gözlemlenmiş kalite özelliklerinin hepsi için kullanılabilmesi bir avantajdır.

p grafiği için veriler, ürünlerin ve partilerin incelenmesi ile elde edilebilir. Böyle bir durumda alt grup hacmi sabit tutulabilir. Örnek büyüklüğü n sabit olabileceği gibi değişken de olabilir. Veriler diğer p ve R grafiklerinden ya da hergün değişen çıktılardan elde edildiğinde alt grup hacmi sabit tutulamaz. Bu durumda örnek büyüklüğü bu grafikler için inceleme sayısına bağlı olarak bir alt gruptan diğerine değişim gösterecektir. Örnek büyüklüğü değişkense bu durum operatör personeli için açıklanması zor olan bir grafik ortaya koyar. Bu durumda uygulanabilecek iki yol vardır; ya ortalama bir alt grup hacmi için kontrol limitleri oluşturulur ya da kontrol limitleri her örnek için ayrıca hesaplanır. En az 20 alt grup için yeterli veri toplanmalı ya da geçmiş kayıtlardan elde edilmelidir.

**b) np grafiği:** Bir örnekteki hatalı birim sayısını gösterir. Kusurlu oranları yerine kusurlu sayılarıyla ilgilenildiğinde kullanılır. Buradaki tek fark ölçektir. Örnek oranlarının hesaplanmasına gerek duyulmadığından operasyon personeli için p grafiğine göre anlaması daha kolaydır. Alt grup hacimleri eşitse kullanılır.

n örnek büyüklüğünü, p ise kusurlu birim yüzdesini göstermek üzere  $\pm 3\sigma$  için kontrol limitleri:



$$O\check{C} = \bar{np}$$

$$AKL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-p)}$$

$$\check{U}KL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-p)}$$

p ve np grafiklerinin amaçları; yaklaşık kalite düzeyini belirlemek, kaliteyi geliştirmek, kalitedeki en ufak bir değişikliği idarenin dikkatine sunmak,  $\bar{X}$  ve R grafiği kullanılması gereken yerleri önermek, operasyon ve idari personelin kalite performansını değerlendirmek ve müşteriye göndermeden önce bir ürünün kabul kriterini belirlemektir.

**c) c grafiği:** İncelenen parçadaki kusurların sayısını gösterir. c grafiğinde her bir örnekteki toplam kusur sayıları dikkate alınır. Burada, kusurlu/kusursuz yerine ne derece kusurlu olduğu tayin edilmektedir. Bu grafik için örnek büyüklüğünün sabit olması gerekir.  $\pm 3\sigma$  için kontrol limitleri:

$\bar{c}$ : Alt grup kusur sayılarının ortalaması

$\sum c$ : Toplam kusur sayısı

N: Alt grup sayısı olmak üzere

$$O\check{C}_c = \bar{c}$$

$$AKL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\check{U}KL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

Alt kontrol limitinin negatif hesaplanması durumunda “0” alınır. Kontrol limitleri kesirli hesaplanırsa, en yakın tam sayıya yuvarlanır.

c grafiğinde alınan bir örnek üzerinde kaç tane kusur bulunduğu tespit edilir. Kusurlu parçalar için kullanılan grafiklerdeyse bir parça, kusurlu ya da kusursuz olarak değerlendirilmektedir. Yani, p grafiği kusurlu parçaları diğerlerinden ayırmakta, c grafiği ise 1 kusura sahip parça ile 5 kusura sahip parçayı birbirinden ayırmaktadır. Ayrıca p grafiğinde n tanelik bir örnek grubu

seçmek gerektiği halde, c grafiği tek bir parça alıp bunun üzerinde kusurların sayısını tespit etmek yeterlidir.

**d) u grafiği:** Her muayene birimindeki ortalama kusur sayısını belirlemek üzere yararlanılır. Matematiksel olarak c grafiği ile aynıdır. Kontrol limitleri ve merkez çizgisini hesaplamak için 25 alt gruba ihtiyaç vardır.  $\pm 3\sigma$  için kontrol limitleri:

$$u=c/n$$

$$OÇ_u = \bar{u}$$

$$AKL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

$$ÜKL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

$\bar{u}$  : Bir örnek grubu için hesaplanan, birim başına düşen ortalama hata

c: Örnek grubundaki herhangi bir birimdeki hata sayısı

Alt kontrol limitinin negatif hesaplanması durumunda "0" alınır. Örnek büyüklüğü sabit olmayabilir; bu durumda kontrol limitleri değişir ve her işaretlenen nokta için yeniden hesaplanır. u grafiğinde kusurların yeri bulunamaz. Örneğin, incelenen dönem içindeki herhangi bir gün 24 kusur bulundu. Bu kusurların hepsi bir birimde de bulunmuş olabilir, 24 ayrı birimde 1'er tane kusur da bulunmuş olabilir. Bu durum u grafiğinin bir sınırlılığıdır.

c ve u grafikleri, kusurlu grafikleriyle benzer amaçlara sahiptir.

### 2.5.2.1. Yöntemlerin Karşılaştırması

Kusurlu parçalar için kontrol şemaları, birden çok kalite karakteristiğinin izlenmesini olanaklı kılmaktadır. Yani, tek bir p veya np diyagramı ile pek çok kalite karakteristiği izlenebilir. p ve np şemaları için gerekli olan bilgi aynıdır, yalnızca form değişiktir. p şeması oran, np şeması sayı ile ilgilenir. np şeması sayılara yönelik olduğu için tercih edilir. Ancak alt grup sayısı değişirse p şeması kullanılır.

Kusurlar için kontrol şemaları, bir üründeki birden fazla kalite sorunlarını belirlemek amacıyla kullanılabilir. c ve u şemaları, bir üründeki kusur sayısı esas alınarak oluşturulduğu için yorum farklılıklarına neden olur. Kusurlar için oluşturulan bu şemaların özellikle kusurlar sayılıyorsa, bir çok kullanım alanı vardır. Bunlar günlük trafik kazası sayısı, kağıt üretiminde metrekaresine düşen kusur sayısı, saat başına düşen hata sayısı, bir sayfada yapılan yazım hataları gibi.

### **2.5.3. Değişkenler ve Nitelikler Kontrol Şemalarının Karşılaştırması**

Değişkenler için kontrol şemaları, hataların önlenmesine dayanır. Henüz hiçbir hata meydana gelmemişken, süreçteki olumsuz değişimler konusunda daha duyarlıdır. Dağılım miktarını ve değişimin yönünü gösterir. Süreç yeterliliğini güvenilir bir şekilde değerlendirebilmek için sadece tek tek örnekler alınması yeterlidir.

Nitelikler için kontrol şemaları, hataların varlığına, görülmesine ve azaltılmasına dayanır. Ancak, belli miktarda hata meydana geldiğinde süreçte olumsuz değişkenlere ilişkin uyarıda bulunur. Hatalı ürünlerin sadece kısmi payını ve dağılımını gösterir. Sürecin yeterliliği konusunda güvenilir bir değerlendirme yapabilmek için örnek miktarının geniş tutulması gerekir (Altan, 1996(a), s.20).

Değişken kontrol şemalarında, her bir değişkenin zaman içindeki değişimi ayrıntılı olarak izlenebilir. Nitelikler için kontrol şemalarında ise, ilgili ürünün üretiminde ıskartaya ayrılan birimlerin yüzdesinin zaman içinde nasıl değiştiğini izlemek mümkündür.

### **2.5.4. Süreç Geliştirme**

Sürecin kontrol altına alınmasıyla sürecin olması gerektiği şekilde işlemesi sağlanmıştır ancak süreçte geliştirme yapılmamıştır. Süreci geliştirmek için rassal nedenler sistemine etki edilmesi gerekmektedir (A.March, 1994, s.137-143). Süreç kontrol altında olmasına rağmen, rassal yani genel nedenli değişim çok fazla olabilir ve bunun sonucunda müşteri kendisine ulaşan üründen memnun kalmayabilir. Süreç geliştirme; nedenler sistemindeki değişkenliği azaltmak ve bunun sonucunda, müşteri tatminini artırmaya çalışmaktır. Taguchi, süreç geliştirme için sürece ilişkin karakteristiklerin hedeften sapmasının sürekli olarak azaltılması gerektiğini belirtmiştir. Genel nedenli değişimin çok fazla olması sonucu, süreç yeterliliği tehlikeye girebilir. Süreç yeterliliği geliştirilmelidir ve bunun için süreçte düzenlemeler yapılmalıdır. Süreçteki genel nedenler üzerinde bunları önlemeye yönelik bir faaliyette bulunulmadığında süreçteki sorunlar artarak

var olmaya devam edeceklerdir. Sürekli gelişme, mevcut durumu iyi/kötü olarak değerlendirmek yerine, nasıl daha iyisi yapılabilirin cevabını aramaktadır.

Süreç ortalaması yanlış olarak yönlendirdiğinde, süreçte değişim büyük olduğunda, kullanılan araçların ve ekipmanların uygun olmadığı, sürecin düzensiz olduğu, süreçte trend gösteren değişimlerin olduğu durumlarda süreçte geliştirme yapılması gerekmektedir (J.M.Juran, F.M. Gryna, 1993).

Süreç geliştirme için, müşteriden elde edilen verilerle müşterinin ihtiyacının ne ölçüde karşılandığı belirlenerek; müşterinin beklentisiyle, satın aldığı ürün arasındaki fark süreç geliştirme için bir başlangıç noktası oluşturur. Aynı şekilde, süreçten elde edilen verilerle, hedef değerlerin ne derece karşılandığı belirlenerek; üründe istenilen kalite düzeyiyle, üretilen ürünün kalite düzeyi arasındaki fark yine süreç geliştirme için bir başlangıç noktası oluşturur.

Süreç geliştirme yöntemlerinin, süreç için uygun ve iyi tanımlanmış olması gerekir. Süreç geliştirme, süreci izleme, kontrol etme ve geliştirme aşamalarından oluşmaktadır. En yaygın yöntem, mevcut ürünü geliştirmek amacıyla, yeni süreçler geliştirilip yeni teknolojilerden yararlanılmasıdır. Böylece, hatalı üretim azaltılıp süreç verimliliği artırılabilir. Süreç geliştirme için, Kaizen felsefesi uygulanabilir. Kaizen, sürece yönelik, küçük adımlı, insana dayanan, bilgiyi paylaşan sürekli iyiyi arama çabasıdır. Kaizen felsefesinin tüm çalışanlara benimsetilmesi süreç geliştirme için önemli bir noktadır. Deming döngüsü de, süreç geliştirmede kullanılabilir. Bu döngü; planla, uygula, kontrol et ve gözden geçir/düzeltilmek üzere dört evredir. Ayrıca, süreç geliştirme için yeni ürün/hizmet uygulaması geliştirilebilir. Süreç geliştirme, rekabette avantaj ve kalite maliyetlerinde azalmayı beraberinde getirir. Hatalı ürün oranı azalır ve müşteri doyumunda artma görülür.

Süreci kontrol etmek için kullanılan temel istatistiksel araçlar, süreç geliştirmede de kullanılmaktadır. İstatistiksel yöntemler, süreç geliştirme çalışmalarında verinin toplanması ve bu verinin bilgiye dönüştürülmesini sağlar. Sonradan geliştirilmiş olan yedi yeni araçtan da yararlanılmaktadır. En etkili araç ise süreç kontrolünde de olduğu gibi, Shewart kontrol şemasıdır.

Süreç geliştirme uygulamalarının başarıyla sonuçlanması için, çalışanların gerekli eğitimi almış olmaları, temel araçları benimsemeleri ve bu araçları kullanmaya yönlendirilmeleri gerekmektedir. Çünkü, süreç geliştirme çalışmalarının istatistiksel yöntemlerin desteği alınmadan gerçekleştirilmesi olası değildir.

### **2.5.5. Spesifikasyon Kavramı ve Tolerans Limitleri**

Spesifikasyon için, müşteri tatminini sağlayacak ürün tasarımıdır denilebilir. Yani, kalite karakteristiği ile spesifikasyon eşanlamlı olarak düşünülebilir. Spesifikasyon, bir işin nasıl yapılacağını belirten ayrıntılı bir talimat veya belirli özellikleri yanılığa meydan vermeyecek açıklıkta ve ölçütlerde tanımlayan bilgilerdir. Spesifikasyonlara uygunluk müşteri memnuniyetini sağlayacaktır. Spesifikasyonlar, müşteri isteklerine uygun olmalı, kalite maliyeti ile kalite düzeyini dengeleyebilmelidir. Sürece ait spesifikasyon limitlerinin belirlenmesinde, sürecin yapısı dikkate alınmaz. Bu limitleri yönetici, mühendis, müşteri beklentileri, ürün tasarımcıları ve geliştiricileri belirler. Yani; spesifikasyon limitleri, süreç parametrelerinden bağımsız olarak hesaplanır. Spesifikasyon sınırları, sistemden toplanan veriler temelinde tespit edilen kontrol limitleri ile karıştırılmamalıdır.

Üretim süreçlerinde genel nedenli değişim kaçınılmazdır ve bu değişkenliğin sınırları belirlenmelidir. Bu sınırlar, doğal tolerans limitleridir. Sürecin doğal değişkenliği yani doğal tolerans sınırları, kontrol limitleri tarafından belirlenir. Doğal tolerans limitleri, tek gözlemler için kullanılır; kontrol limitleri ise, alt grup istatistiklerine bağlı olarak kontrol şemaları üzerinde kullanılır (Gitlow, Gitlow, Oppenheim, Oppenheim, 1989, s.446). Kalite özelliği  $X$ ,  $\mu$  ortalama ve  $\sigma$  standart sapma ile bir normal dağılıma sahipse, alt ve üst doğal tolerans limitleri  $\mu-3\sigma$  ve  $\mu+3\sigma$ ' dir. Böylece sürecin doğal tolerans limitleri içinde olma olasılığı 0.9973 olacaktır. Diğer bir deyişle, sürecin %0.27'si doğal tolerans limitleri dışındadır. Alman örneğin ortalaması ile standart sapması, ana kütleinin ortalaması ve standart sapması ile eşitse ve kalite karakteristiği normal dağılım gösteriyorsa alınan verilerin %99.73' unun bu limitlerin arasında çıkması beklenir. Bu limitler doğal tolerans limitleri olarak belirtilir (Juran, Gryna, 1993, s.300-303). Kontrol limitleri yani tolerans limitleri belirlenirken, spesifikasyon limitlerinin aksine sürece ait ölçümler kullanılır.

Kontrol limitleri ile spesifikasyon limitleri arasında matematiksel bir ilişki yoktur.

### 2.5.5.1. Spesifikasyon ve Tolerans Limitleri Arasındaki İlişki

Doğal tolerans limitleri ve spesifikasyon limitleri, kararlı süreçler için karşılaştırılabilir niceliklerdir; çünkü her ikisi de incelenen süreçte üretilen tek birimlere göre ölçülür (Bozkurt, 2003(a), s.161). Aşağıda spesifikasyon limitleriyle tolerans limitleri arasında meydana gelebilecek ilişkiler vardır:

a) Doğal tolerans limitleri, spesifikasyon limitlerine göre daha küçüktür. Bu, ideal bir durumdur. Sürecin istenen düzeyde çalıştığını göstermektedir. Bu durumda, eğer ekonomik bir getirisi varsa, çok geniş olan spesifikasyon limitleri daraltılabilir. Süreç kontrol altında olduğu sürece üretilen ürünler spesifikasyonları karşılayacaktır. Karşılamaması durumunda, spesifikasyon limitlerinin çok geniş olması sorun oluşturabilir. Bu, spesifikasyon limitlerinin doğru belirlenmemesinden kaynaklanabilir.

b) Doğal tolerans limitleri, spesifikasyon limitlerine göre daha geniştir. Bu durumda, spesifikasyon limitlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü, limitler öyle dardır ki, süreç kontrol altında ve spesifikasyon limitlerinin tam arasında olsa bile limitlerin dışına çıkan bir miktar ürün olacaktır. Ayrıca, sürecin değişkenliğinin çok fazla olması nedeniyle, bu değişkenliği azaltacak bazı değişiklikler yapılmalıdır. %100 muayene mümkün ise uygulanarak, spesifikasyonları karşılamayan ürünler ayrılabilir. Ancak bu yöntem kalite maliyetlerini artırmaktadır.

c) Doğal tolerans limitleri ile spesifikasyon limitleri hemen hemen birbirine eşittir. Bu durumda dikkatli olunmalıdır. Her an hata oluşma riski vardır. Bu riski azaltmak için, sürecin dağılma aralığı daraltılmalıdır. Sürecin her zaman için spesifikasyon limitlerinin merkezinde olması sağlanmalıdır.

d) Süreç, tek bir spesifikasyon limitine göre doğru konumlanmamış olabilir. Bu durumda, sürecin dağılma aralığını daraltmak ya da spesifikasyon limitini gözden geçirmek gerekir. Başka bir seçenekse, %100 muayene ile spesifikasyon limitlerini karşılamayan ürünler ayrılabilir. Ancak bu yöntem etkin değildir.

## 2.5.6. Yeterlilik Analizi

Yeterlilik analizi sonucu, bir makine veya sürecin değişim limitleri önceden tayin edilebilir. İstatistiksel Süreç Kontrolü, üretim sürecinin yeterliliğinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu yeterliliğın istenilen şartlara uygunluğunu belirlemek için, makine ve süreç yeterlilik analizi olmak üzere iki analiz çeşidi vardır.

İstatistiksel Süreç Kontrolü uygulamasının başarıyla yürütülmesi için şu sıra izlenmelidir:

**Tablo 2.1.** İstatistiksel Süreç Kontrolü Metodolojik Şeması (Altan,1996(b), s.34)

	Tanım	Hedef	Göstergeler	İşletim Aşamaları
1.Aşama	Yeterlilik araştırması -Başlangıç Anı-	Yeterliliğın sayısal tahmini* -Makine -Süreç	Cm-Cmk Cp-Cpk	A.Ölçüm:Ön hazırlık ölçümü B.Verı toplanması ve yorumu C.Makinelerin doğal toleransının hesaplanması D.Cm ve Cmk değerlerinin hesaplanması E.Sürecin ilgili olarak A-D aşamalarının yinelenmesi**
2.Aşama	Yeterliliğın sürdürülmesi -zaman içinde-	Süreç değişkenliğının hesaplanmış sınırlar dahilinde olmasının sağlanması	X-R kartlarında eğilimlerin okunması	A.Kontrol kartı limitlerinin hesaplanması*** B.Kontrol kartının doldurulması ve aynı anda eğilimlerin yorumlanması

\*Ürün/süreç parametresinin kendine özgü her bir özelliği için

\*\*Sadece makine yeterliliği kanıtlanmış ise

\*\*\*Sadece süreç yeterliliği kanıtlanmış ise

### 2.5.6.1. Makine Yeterlilik Analizi

Kullanılacak makine yani tezgahın çalışma yeterliliğının istenilen spesifikasyonlara uyumunun araştırılmasıdır. Makine yeterliliği için, makinenin değişkenliğini etkileyen insan, metot, malzeme, çevre faktörlerini en aza indirmek gerekmektedir. Cm, makine yeterliliğının ve Cmk, merkezlenmenin yani konumunun göstergesidir.

$C_m = \text{Belirlenen Toplam Tolerans/Doğal Tolerans} \quad C_m = (T_{\max} - T_{\min})/6\sigma$

$C_{mk_{\max}} = (\text{Belirlenen üst Limit} - \bar{X})/3\sigma \quad C_{mk_{\min}} = (\bar{X} - \text{Belirlenen Alt Limit})/3\sigma$

$C_{mk} = \min(C_{mk_{\min}}, C_{mk_{\max}})$

Makine yeterlilik katsayısı  $C_m$  ve  $C_{mk}$  değerlerinin 1,33'den büyük olması istenmektedir.

Makine yeterlilik analizi, özel nedenleri göstermez. Kısa zaman süreci içinde küçük sayıda numune verileri ile operasyon potansiyelini belirlemek için yapılır. Kısa zaman süreci içinde yapılan bu tip çalışmalar sadece makinenin kendisinden gelen değişimleri tahmini olarak belirler. Zaman içinde diğer operasyonlardan gelen etkileri yansıtmaz (TSE, 1993, s.45).

$C_{mk}$  değeri daima  $C_{pk}$  değerinden büyük olmaktadır.  $C_{pk}$  değeri belli bir periyotta zamanla alınırken  $C_{mk}$  değeri sürekli bir şekilde alınan verilerden oluşmaktadır (<http://hokan.8m.com/Makale1.htm>).

Üretim kontrolü açısından, yeni makine alımlarında değişkenliği makine yeterlilik analiziyle belirlemek önemlidir. Makine yeterliliği istenen düzeyde olmayan süreçlerde süreç yeterlilik analizine geçilmesi doğru değildir. Bununla beraber, analiz sonucu makinenin yeterli çıkması durumunda bir sonraki adım olan süreç yeterlilik analizine geçilmelidir.

### **2.5.6.2. Süreç Yeterlilik Analizi**

Süreç yeterliliği; süreç değişkenliğinin, ürünün toleransına ne ölçüde uyduğunun ölçüsüdür. Değişkenliği yaratan özel nedenlerin tümünü ortadan kaldırarak, süreç ortalamasını hedeflenen değere mümkün olduğunca yaklaştırarak, değişkenliği yaratan yaygın nedenleri azaltarak, artırılabilir (Gökçe, 1998, s.97). Süreç yeterlilik analizi ise, süreçteki doğal değişkenliğin ölçümünü içerir. Süreç yeterlilik analizi, bir sürecin üretim yeteneğini tanımlama yollarından biridir ve kalite geliştirme için en önemli aşamasıdır. Süreç iyileştirme çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için öncelikle süreç yeterliliği çalışmaları tamamlanmalıdır. Amacı, süreç değişkenliğini azaltıp, en iyi süreç çıktısını elde etmek için destek sağlamaktır. Süreç geliştirme çalışmalarına, süreç yeterlilik analizi sonucunda sürecin yetersiz olduğu belirlendikten sonra başlanmalıdır. Süreç yeterlilik analizinin uygulanması sonucu aşağıdaki yararlar sağlanır:



1. Önemli karakteristiklerin veya sürecin spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığı değerlendirilir.
2. Değişkenliğin sürekli azaltılması sağlanır.
3. İyileştirmeye ihtiyacı olan süreç veya kalite karakteristiği tanımlanır.
4. Müşteri gereksinimlerinin karşılandığından emin olunur.
5. Bir ürünü üretmek için alternatif makine veya süreçler arasından seçim yapılabilir.
6. Kontrol grafiği için alt grup örnekleme sıklığını belirlemede yardımcı olur.
7. Dizayn ve tolerans için mühendisliğe bilgi sağlanır.
8. Süreci merkeze yerleştirerek veya süreç değişkenliğini azaltarak hatalı üretimin azaltılmasının en iyi nasıl elde edilebileceğine karar verilir.

Süreç yeterlilik analizi; verinin toplandığı süreç veya karakteristiği ölçerken, kontrol limitlerinin hesaplandığı süreçler için ve mühendislik toleransını kurarken kullanılır. Cp ve Cpk'ya güvenmeden önce süreç, istatistiksel olarak kontrol altında olmalıdır. Cp ve Cpk indekslerinin hesaplanması, mühendislik spesifikasyonları, süreç ortalaması ve değerlendirilecek süreç veya karakteristiğin değişkenliği bilgilerinin olmasını gerektirir. Analiz edilen parametrelerin normal dağıldığı kabul edilir (<http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>).

Süreç yeteneği, sayısal olarak spesifikasyon limitleri ve dağılım arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Sürecin normal olasılık dağılımını izleyen bir sonuç verdiği ve kontrol altında olduğu varsayıldığında, üretilen parçaların %99.7'si süreç yeteneği karşılığı olan alan içinde olacaktır. Böyle bir dağılıma sahip sürecin doğal değişkenlik sınırları  $\pm 3\sigma$  olarak belirlenebilir (Akın, 1996).

Bir sürecin yeterli olup olmadığının ve sürecin nominal(istenen) değere göre merkezlenip merkezlenmediğinin ölçüsü iki gösterge ile belirlenir. Bu iki indeks, Cp ve Cpk değerleridir. Spesifikasyon limitleri söz konusu olduğunda süreç yeterliliğinin ölçüsü için genellikle süreç yetenek oranı Cp kullanılır. Sürecin tolerans limitleri içerisinde parça işleyebilme kapasitesini

belirler. Cp'nin bir dezavantajı sadece sürecin yayılımını değerlendirip süreç ortalamasını ihmal etmesidir. Eğer sistem, spesifikasyonların ortasında merkezlenmemişse Cp indeksi yanıltabilir. Cp, Cpk ile anlam kazanır. Cpk ise, süreç performans indeksidir. Merkezleme ve ayarlama göstergesidir. Süreçte hem ortalamayı hem de yayılmayı kontrol eder. Bu kontrolü yapabilmesi için çift taraflı olarak uygulanması gerekmektedir.

$$C_p = (\text{ÜSL} - \text{ASL}) / 6\sigma$$

$$C_{pk} = \text{En küçük} \left[ \frac{(\text{ÜSL} - \bar{X})}{3\sigma}, \frac{(\bar{X} - \text{ASL})}{3\sigma} \right]$$

Süreç  $\sigma$  değeri bilinmiyorsa, tahmini değer olarak  $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$  kullanılmalıdır.

ÜSL = Üst spesifikasyon limiti,

ASL = Alt spesifikasyon limiti,  $\bar{X}$  = Bireysel ölçümlerin ortalaması

**Tablo 2.2.** Süreç Yeterlilik Oranı ve Alınacak Önlemler (Gözübatık, 1997, s.46)

Cp	Anlamları
1.33 < Cp	Süreç kapasitesi geniştir eğer çok geniş ise spesifikasyon veya süreç gözden geçirilmelidir.
Cp=1.33	İdeal durum
1 < Cp < 1.33	Bu istenen bir durumdur fakat Cp, 1'e yaklaştığında kusurlu birimler oluşabileceği için dikkatli bir kontrol gerekir. Süreç yeterlidir, denilebilir.
Cp < 1	Bu durumda, kusurlu birimler olduğundan yüzde yüz inceleme, işlem metotlarını değiştirme,... gibi bazı önlemler alınmak zorundadır. Süreç geliştirme faaliyetlerine başlanmalıdır.

Cpk < 1 süreç, spesifikasyonlara uygun olmayan ürünler üretmekte

Cpk > 1 süreç, spesifikasyonlara uygun üretim yapmakta

Cpk = 0 süreç ortalaması spesifikasyonlara eşit

Cpk < 0 süreç ortalaması, spesifikasyonların dışındadır (Yüksel, 1998, s.86-87).

Yeterlilik indeksi müşteri tarafından en çok istenen değer olan hedef değere odaklanılmasına yardım eder. Bir ürün hedef değerden ne kadar çok uzaklaşırsa o kadar çok kayıplara yol açar.

Bu kayıp müşteri memnuniyetsizliği, kaybedilen satışlar ve yüksek garanti maliyetleri olabilir. Genellikle bu kayıpların değeri bilenemeyebilir. Bu yüzden, ana görüş hedef değer etrafında değişimi azaltmaktır. Bu ise sürekli yüksek Cp ve Cpk değerleri ile ilgilidir (<http://hokan.8m.com/Makale1.htm>).

Süreç yeterlilik oranı, süreç ortalamasının spesifikasyonlara göre nerede olduğu ile ilgilenmez; yalnızca spesifikasyonların dağılımını süreçteki  $6\sigma$  dağılımına göre ölçer. Süreç merkezden uzaklaştıkça Cpk azalacaktır. Cpk'nın Cp'ye göre durumu, sürecin spesifikasyonun orta noktasına göre durumunu ifade etmektedir. Cpk'nın alacağı en büyük değer Cp'nin değeridir. Yani Cpk, Cp'den büyük olamaz. Eğer süreç, hedef değeri üzerinde merkezlenmişse, Cp=Cpk olur. Cpk<Cp ise, süreç merkezde değil, demektir (Bozkurt, 2003(a), s.150).

Cpk değeri, müşteriler ya da işletmenin tespit ettiği kalite çıtası ile işletmenin daha da gelişmesini, başka bir deyişle maliyetleri büyük oranda aşağıya çekerek ciddi bir rekabet avantajının yakalanmasını sağlar. Yani Cpk değeri ne kadar yüksekse üretim o kadar etkili, verimli ve avantajlı demektir.

Türkiye'de imalat sanayisinde genelde 3-4 sigma düzeyinde çalışılmaktadır. Yani Cpk değeri 1 ile 1.33 arasında gezinmektedir. Bu nedenle kalite çıtasını artırmak ve maliyet etkinliği kazanmak için genelde ilk etapta Cpk değerinin 1.33'den büyük olması için uğraşmaktadır (<http://hokan.8m.com/Makale1.htm>).

Süreç,  $\bar{X} \pm 6\sigma$  doğrultusunda iyileştirilmelidir. Sürecin  $6\sigma$  seviyesine ulaşması için Cp $\geq$ 2 ve Cpk $\geq$ 1.5 olmalıdır. Örneğin, ABD'de Ulusal Kalite Ödülünü alan Motorola'nın amacı 6 sigmadır. Bu 6 sigmanın Cpk değeri ise 2'dir (<http://hokan.8m.com/Makale1.htm>).

Yeterlilik indeksleri;

1. Yeterlilik indeksleri, süreci tek bir sayıya indirgeyip, bu sayede diğer süreçlerle kıyaslamaya izin verdikleri için yararlıdırlar.
2. Süreç yeterliliğini zaman içinde izleyip, gelişme ya da kötüye gitme durumunu tanımladıkları için kullanışlıdırlar.

**3.** Süreç hakkındaki her bilgiyi vermezler, bu nedenle kontrol şemaları gibi diğer araçlarla birlikte kullanılmalıdırlar.

**4.** Spesifikasyon limitlerini çok geniş seçmek kalitesiz ürünlere neden olabilir.

**5.** Limitleri çok dar kurmak, üretimde gereksiz israfa yol açabilir.

Sürecin yeterliliği ölçülmeden önce kontrol altında olduğundan emin olunmalıdır. Kontrol dışı yeterli bir süreç kötü bir üretimle sonuçlanabilir

([http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture11.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture11.ppt)).

### **3. BÖLÜM: MENSAN A.Ş. MADEN OCAĞI İLE İLGİLİ UYGULAMA**

Süreç; insan, donanım, materyaller ve çevre faktörlerinin bir bileşimidir. Çok sayıda ve karmaşık faktörlerin etkisindedir. İstatistiksel Süreç Kontrolünün önemli bir kullanım alanı süreçteki değişkenliğe neden olan faktörleri belirleyerek, süreç ve kalite geliştirme çalışmalarını gerçekleştirmektir. Süreç özel bir nedenin etkisi altındayken kontrol dışındadır. Bu durum işletmenin aleyhindedir. Süreçteki genel nedenler özel nedenlerden ayrılmalı ve süreçte düzeltici faaliyetler bu ayırım doğrultusunda yapılmalıdır. Bunun için İstatistiksel Kalite Kontrol ve Süreç Kontrol yöntemlerinden yararlanılmalıdır. Bu bağlamda sürecin kontrolü ve geliştirilmesi ancak sürecin performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesiyle mümkün olmaktadır.

Tez çalışmasına ait uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemleri, değişkenliğin belirlenmesi ve sürecin geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu yöntemlerden yararlanılarak ve süreçteki değişkenlik azaltılarak süreçte geliştirme mümkün olmaktadır. Bu da müşteri memnuniyetine olumlu etki etmektedir.

#### **3.1. Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı**

Uygulama Antalya'da Mensan A.Ş. kum-çakıl ocağı işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Mevcut kayıtlı verileriyle tez çalışmasına konu olan işletme, piyasa talebi doğrultusunda üretim yapmaktadır. Ürettiği malzemelerle; beton ve asfalt santralleri, piyasadaki yapı elemanları (büz, parke taşı, briket, kilitli taş ve sıva kumu, vb.) imalatçıları ve belediyelerin ihtiyaçlarına karşılık verilmektedir. Satılan malzemenin ebadı, miktarı ve teslim süresi ilgili mamulü satın alacak firmanın gereksinimi doğrultusunda belirlenerek üretilmektedir ve stok için üretim yapılmamaktadır.

Örneğin, iki ay boyunca üç değişik boyutta malzeme üretimi yapılıyorsa, yeni alınan bir sipariş gereği üç ay beş değişik boyutta malzeme üretimi de yapılabilmektedir. İfade edildiği üzere, üretimi yapılan malzemeler ebat ve tür olarak standart değildir ve dolayısıyla talebe bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle üretim sürecinde istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması üretim periyotlarının değişkenliğinden dolayı zor olmaktadır. Bununla birlikte, doğru yöntemlerin belirlenmesi, çalışmaların başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Süreçten alınan verilerin iyi bir yorumunun yapılabilmesi için uygulanan yöntemlerin sürece uygun yöntemler olması gerekmektedir.

Ürün performansı için, ana girdi kalitesi ve süreç koşullarının etkileri belirlenmelidir. Bunların belirlenebilmesi için, işletmede uygulamaya geçirilebilecek yeni kontrol yöntemleri geliştirilebilir. Hedeflenen üretim planını hayata geçirebilmek birincil amaç olduğu sürece, çalışmalar bu amacı yavaşlatan ve engelleyen durumları belirlemek yönünde olmalıdır.

Malzemenin üretildiği (kum ve çakılın elde edildiği) dağın belirli bir bölümünün patlayıcılar yardımıyla patlatılıp, elde edilen malzemenin işlenip nihai ürün elde edilene kadarki süreç üzerinde geliştirme faaliyetleri yapılabilir. Bu esnada, üretim sürecinin doğru ve ayrıntılı olarak analizinin yapılmış olması süreç geliştirme faaliyetlerinin başarısını önemli ölçüde etkileyecektir. İstenen düzeydeki kalite özelliklerinin kalıcı olarak sağlanması amacıyla sürekli kontrol önemlidir. İşletmenin kalite hedeflerine ulaşabilmesinde ürün özellikleri üzerinde önemli süreç değişkenlerinin spesifik etkileri belirlenmelidir.

Uygulamanın gerçekleştirildiği, Mensan A.Ş 2000 yılında kum-çakıl ocağı işletmesi olarak kurulmuştur. Firmanın şantiyesi, Antalya İstanbul yolu 40. km'de Çubukbeli mevkiindedir. Bu şantiyenin faaliyet gösterdiği sahalara (enerji nakil hattı, irtibat yolları, konkasör sahası, stok sahası, personel tesisleri ve ocak işletim sahası) olmak üzere, Milli Emlak Müdürlüğü, İl Özel İdare Müdürlüğü ve Orman Bölge Müdürlüğünden beş yıllığına kiralanmıştır. Yeni maden kanununa göre Milli Emlak ve İl Özel İdaresinden daha önce yapılmış olan kiralama işlemleri Maden Dairesine devir olmuştur. Önümüzdeki 10 yıl için Maden Dairesi ve Orman Bölge Müdürlüğü ile yapılan sözleşmelerle ruhsat alınmıştır. Orman Bölge Müdürlüğü yer teslimi öncesi ağaçlandırma bedelini peşin olarak tahsil etmiştir ve kullanım bedeli olarak da her yıl belli oranda kira alacaktır. Maden Dairesine ise sevk edilen nihai ürün üzerinden %4 rüsum bedeli ödenmektedir.

### **3.1.1. Mensan A.Ş.' ye Ait Makine Parkı Bilgileri**

İşletmenin makine ve ekipman dağılımı aşağıdaki gibidir:

- 1 adet 110`luk (maksimum 110 cm büyüklüğünde taş parçalarını kırabilen) konkasör tesisi: tesiste primer (birincil) kırıcı, sekonder (ikincil) kırıcı, tersiyer kırıcı, elekler ve konveyör bantlar (taşıyıcı bantlar) vardır.
- WA 420 Komatsu kepçe
- Cat 950 kepçe
- PC 300 Komatsu beko kırıcı
- PC200 Komatsu beko kırıcı

- Cat 955 kepçe
- 4 adet kamyon
- 2 adet kantar
- 1 adet jeneratör
- 1 adet kompresör
- 630 KWA trafo
- 250 KWA trafo
- Prefabrik yemekhane, yatakhane, banyo ve büro

Firmanın müşterileri beton ve asfalt santralleri, piyasadaki yapı elemanları (büz, parke taşı, briket, kilitli taş ve sıva kumu) imalatçıları ve belediyelerdir. Bu müşterilerle ihale, teklif ve talep sonucu ticaret yapılmaktadır.

### **3.2. Mensan A.Ş. deki Üretim Süreci**

Üretim süreci kısaca şöyledir: İşlenecek taş parçalarını elde etmek için, dinamitlerle dağın belirli bir bölümü patlatılmaktadır. Patlatma anfo, dinamit, kapsül, fitil kullanılarak yapılmaktadır. Bu süreçte; kablo ile kapsül arasında doğabilecek temassızlıklar neticesinde patlatmalarda çıkan sorunlar nedeniyle beklenenden az işlenecek malzeme elde edilebilmektedir. Malzemenin ıslanmasını önlemek amacıyla yağışlı havalarda patlatma yapılmamaktadır. Taş ocağı sahasında patlatılan malzemeler muhtelif ebatlardadır. Konkasör tesisi 110 cm.`den büyük ebattaki taşı alamayacağından dolayı beko kırıcılarla kırılarak ebatlar 110 cm`in altına indirilir. Kepçelerle kamyonlara yüklenir. Yaklaşık 250 metre mesafede kurulu olan konkasör tesisine taşınır. İlk etapta bunkere dökülür. Bunker içine yaklaşık olarak 15 m<sup>3</sup> malzeme alan bir havzadır. Bunkerin tabanı titreşimlidir. Bu titreşim vasıtasıyla malzeme ilerletilir; bu ilerleme sırasında 25 mm`nin altında olan malzeme bunkerin altındaki elekten geçer ve baypas (toprak) kabul edilip konveyör bant ile dışarıya atılır ve geriye kalan malzeme birincil (primer) kırıcı olan çeneye aktarılır. Çenenin içine düşen malzemeler yaklaşık 0-20 cm ebadına iner. Buradan konveyör bantlar aracılığıyla birinci eleğe gider. Bu elekte de 25 mm`nin altındaki malzeme elenir. Elenmeyen 25 mm üzerindeki malzeme 350 devir/dk dönen ikincil (kübikser) kırıcıya girer, burada kırılıp yaklaşık 0-50 mm. ebadına iner. Elekten elenen 25 mm`nin altındaki malzemeyle birleşip aynı konveyör bantla 2\*6 mt ebadındaki dört katlı eleğe gelir. Burada takılı olan muhtelif ebattaki elek teli vasıtasıyla istenilen ebatlara ayrıştır ve konveyör bantlar aracılığıyla döküm yerlerine ulaşır. Eleğin üstünde bulunan elek telinin ebadının da üzerindeki büyüklükte olan malzeme (elek üstü) konveyör bantla 800 devir/dk

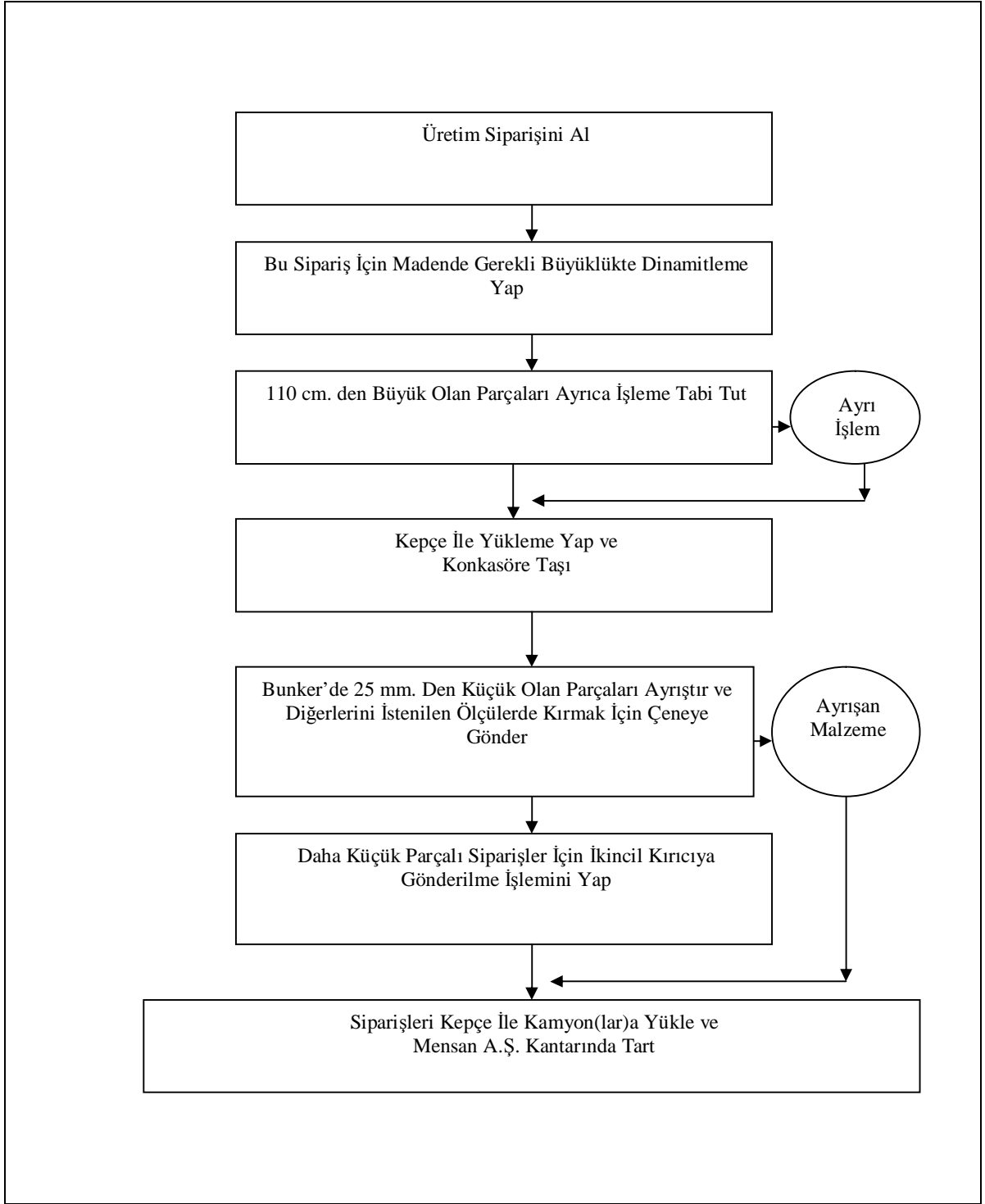
dönen tersiyer kırıcıya (kum makinesi) ulaşır. Oradan çıkan malzeme tekrar konveyör bantla 2\*6 mt ebadındaki eleğe giden konveyör banda aktarılır ve kırım işlemi böylece sonlanır. Bu konkasördeki üretim sonucu; %45 oranında 0-5 mm kum, %33 oranında 5-15 mm mıcır, %17 oranında 15-25 mm mıcır ve %5 oranında baypas üretilmektedir. Bu oranlar yaklaşık değerler olarak ifade edilmektedir ve bu konkasör sistemi yaklaşık 150-200 ton/saat kapasiteyle çalışmaktadır.

Yukarıda anlatılan üretim süreci sonucunda elde edilen 5-15 ve 15-25 mm ebadındaki mıcırların ihtiyaç fazlası kısmı alınarak diğer kum tesisine kırılmak üzere götürülür. İhtiyaç fazlası malzeme, içine yaklaşık olarak 10 m<sup>3</sup> malzeme alan bunkere kepçe vasıtasıyla aktarılır. Konveyör bantla 800 devir/dk dönen tersiyer kırıcıya (kum makinesi) ulaşır. Oradan çıkan malzeme tekrar konveyör 1\*3 mt ebadındaki eleğe giden konveyör banda aktarılır. Burada eleğe takılı olan (2 mm, 5 mm, 10 mm ebatlarından biri) elek teli vasıtasıyla elenir. Tel ebadının altında olan malzeme konveyör bant aracılığıyla istenen ebada ulaşmış malzeme olarak döküm yerlerine ulaşılır. Ebat üstü malzeme konveyör bantla tekrar bunkere geri döner ve işlem tekrar edilir. Bu tesisteki üretim sonucu; 0-2 mm kum, 0-5 mm kum veya 0-10 mm kum elde edilir.

Yaklaşık olarak 0-2 mm malzeme üretimi 25 ton/saat, 0-5 mm malzeme üretimi 45 ton/ saat, 0-10 mm malzeme üretimi 75 ton/saat kapasiteyle çalışmaktadır. Tesise giren malzeme %100'ü istenilen ebatta çıkar. Her iki tesiste de zayii yoktur. Zayii sayılabilecek olan çıktı makineler yüksek devirle kırım yaptıklarından dolayı çıkan tozdur. Malzemenin cinsi (sertlik, taşın yapısı gibi), hava şartları (malzemenin ıslak olması) üretim kapasitesini ve oranlarını etkiler. Sözü edilen işletmedeki üretim sürecinde tüm vardiyalar dahil olmak üzere toplam 23 kişi çalışmaktadır.

Üretim çift vardiya yapılmaktadır. Gündüz vardiyasının saatleri, 07:30-12:00 ile 13:00-17:00 arası olup, akşam vardiyası 22:00-02:00 ile 03:00-07:30 saatleri arasındadır. Vardiya içindeki birer saat aralar yemek molalarıdır. Saat 17:00 ile 22:00 arası elektrik tarifesi gündüz tarifesinin iki katı ve akşam tarifesinin de dört katı bir ücrete karşılık geldiği için maliyetleri yükseltmemek amacıyla her iki tesis de bu saatler arasında çalıştırılmamaktadır. Bu tesislerin rutin bakımları; makinelerin ve araçların tozları alınarak ve rulmanları yağlanarak yemek araları ve saat 17:00-22:00 arasında yapılmaktadır Haftanın yedi günü üretim devam etmekte olup, dini bayramlarda dörder gün tatil uygulanmaktadır. Bu süreci kısaca bir akış diyagramı olarak şöyle de gösterebiliriz:





**Şekil 3.1.** Mensan A.Ş.'deki Üretim Sürecinin Genel Akış Diyagramı

### **3.2.1. Mensan A.Ş.' deki Stoklama ve Dağıtım Süreci**

Müşteri talebine bağlı olarak üretilen ürün o müşteri için kısa süreli olarak stoklanmakta ya da sırada bekleyen kamyonlara yüklenerek müşteriye yollanmaktadır. Stoktaki ürüne yağmur yağmasının fazla bir olumsuz etkisi yoktur. Ancak konkasör sistemine giren malzemenin ıslak olması baypasın taşa yapışmasını sağlar ve bunun sonucu baypas elenemez ve nihai ürün olarak taşla birlikte çıkar. Bu da üretilen malzemenin kalitesini bozar.

Üretilen malzemenin nakliyesi alıcı tarafından yapılmaktadır. Alıcının kamyonu boş gelmekte ve darası alınmak üzere kantarda tartılmaktadır. Daha sonra kepçe yardımıyla istenen malzeme kamyonu yüklenmekte ve tekrar işletmedeki kantar aracılığı ile tartılmaktadır. Malzeme yüklendikten sonra müşterinin sevk irsaliyesi, maden irsaliyesi ve kantar fişi verilmektedir.

### **3.3. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada temel amaç olarak; işletmenin mal sattığı firmalardan Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin ölçtüğü malzemenin kantar ağırlığı ile Mensan A.Ş.'nin ölçtüğü malzemenin kantar ağırlığı arasındaki farkın dönemsel olarak izlenerek oluşan farkların nedenlerini bulmak ve bunları en alt düzeye indirmeye çalışılmaktadır. Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin istediği ürün Mensan A.Ş.'nin şantiyesinde kamyonu yüklenmekte ve burada tartılıp sevk irsaliyesi yazılarak Özgür Beton'un üretim yerine gönderilmektedir. İlgili malzeme buraya ulaştığında, alıcı firmanın da kendi tesislerindeki kantarında tartılmaktadır. Taşıyıcı kamyonun plakası, malzemenin cinsi, malzemeyi kimin teslim aldığı, brüt ağırlık, kamyonun darası ve net ağırlığın yazılı olduğu bir belge hazırlanıp bir kopyası Mensan A.Ş.'ye verilmektedir. Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş. ödemeyi kendi kantarında tarttığı ağırlık üzerinden yapmaktadır. Bu durumda iki kantar arası farkın olması, hangi kantarın daha fazla tarttığına göre her iki firmanın da aleyhine olabilmektedir. Kantarlar arası fark olmasına etki eden unsurlar belirlenmelidir. İki kantarın ölçtüğü ağırlığın eşit olması süreçteki değişkenliğin azaltılarak sürecin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Sürecin davranışı belirlenerek, süreçteki sorunların belirlenmesi ve sorunların nedenlerinin saptanmasına çalışılmaktadır. Kantarlar arası farkın azaltılmasının sağlanması için istatistiksel kalite kontrol yöntemlerine başvurulacaktır. İstatistiksel kalite kontrol şemalarının farklı bir alanda uygulamasının nasıl gerçekleştirilebileceği gösterilerek, işletmede daha sonraları yapılacak olan çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

### **3.4. Çalışmanın Kısıtları**

Çalışmanın verileri 2005 yılı Mart, Nisan ve Mayıs ayları ile 2006 yılı Mart, Nisan ve Mayıs aylarında elde edilmiştir. Her iki yılında Ocak ve Şubat aylarında sahip olunan veriler kış mevsiminden dolayı oldukça az olup, analize uygun miktarda bulunmamışlardır. Ayrıca Antalya ilinde ve turizmin yoğun yaşandığı yakın çevresindeki sahil yerleşkelerinde Haziran ayından başlayıp Eylül ayına kadar devam eden süreçte Turizm nedeniyle büyük inşaatlara getirilen yasaklamadan dolayı neredeyse üretim durma noktasına gelmektedir ve bu nedenle de istatistiksel çalışma yapılacak veriye sahip olunamamaktadır. 2005 yılının Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait verilere sahip olunmasına rağmen 2006 yılında bu zaman dilimine gelinmediği için karşılaştırma yapma şansımız olmamıştır.

Ayrıca, satış yapılan firmalar arasında düzenli kayıt tutan, düzenli, büyük ölçekte malzeme alan ve kendi ölçümlerine göre ödeme yapan Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş. ile çalışmanın sınırlı kalması da ayrı bir kısıt olarak görülmektedir.

### **3.5. Araştırmanın Yöntemi ve Araştırma Hipotezi**

Sürecin davranışı hakkında bilgi sahibi olunabilmesi amacıyla verilerin kaydedilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Mensan A.Ş.'nin her bir sefer için kaydettiği sevk irsaliyesi, maden irsaliyesi, teslim fişi ve Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş tarafından düzenlenen belgedeki verilerden yararlanılmıştır. Bu belgelerdeki tarih, malzemenin cinsi, Mensan A.Ş.'nin ölçtüğü ağırlık ve Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin ölçtüğü ağırlık kullanılmıştır. İki ölçüm arası fark ve bu farkın yüzdesi hesaplanarak elde edilen veriler MS-Excel ortamına kaydedilmiş ve Regresyon analizi, Dizi testleri, X ve R kontrol şemalarının oluşturulduğu analizler SPSS-13.0 ortamında gerçekleştirilmiştir.

Araştırmamızın temel hipotezi; 2005 yılına ait üç ayın verilerinin incelenmesiyle elde edilen sonuçların sonrasında yapılan Toplam Kalite çalışmalarının 2006 yılına ait üç aylık dönemdeki sonuçları iyileştirici yönde olacaktır.

### **3.6. Çalışmanın Kalite Karakteristiği ve Kullanılan Kontrol Şemaları**

#### **3.6.1. Kalite karakteristiği**

İki kantarın ölçtüğü ağırlıklar arasındaki yüzde farktır. Ana süreç, yüklemedir. Yüklenen ürünün cinsi (mm türünden) 0-4, 0-6, 6-10, 10-19, 10-20, 15-25, 19-25, 20-25 olmak üzere sekiz türdedir. Yükleme miktarı karşı firmanın talep ettiği kadardır. Malzemenin cinsi ve toplam

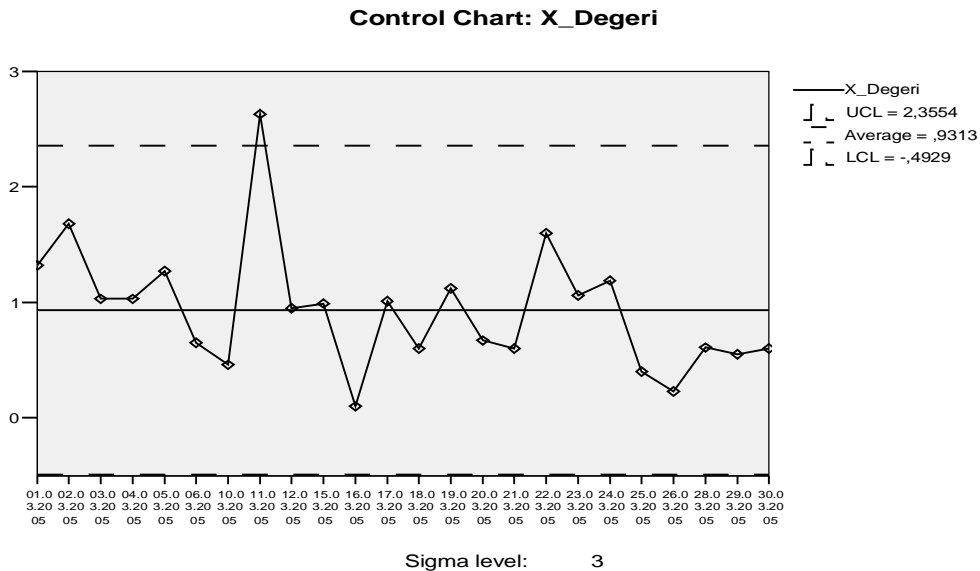
miktarı Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş ile yapılan bir anlaşma sonucu belirlenmiştir. Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş istediği cins ve miktardaki malzemeyi bildirmekte, ürün stokta mevcut değilse gerekli elek takılarak malzeme üretilmektedir. Yükleme Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş'nin gönderdiği kamyonlara yapılmaktadır.

### 3.6.2. Kontrol Şemaları

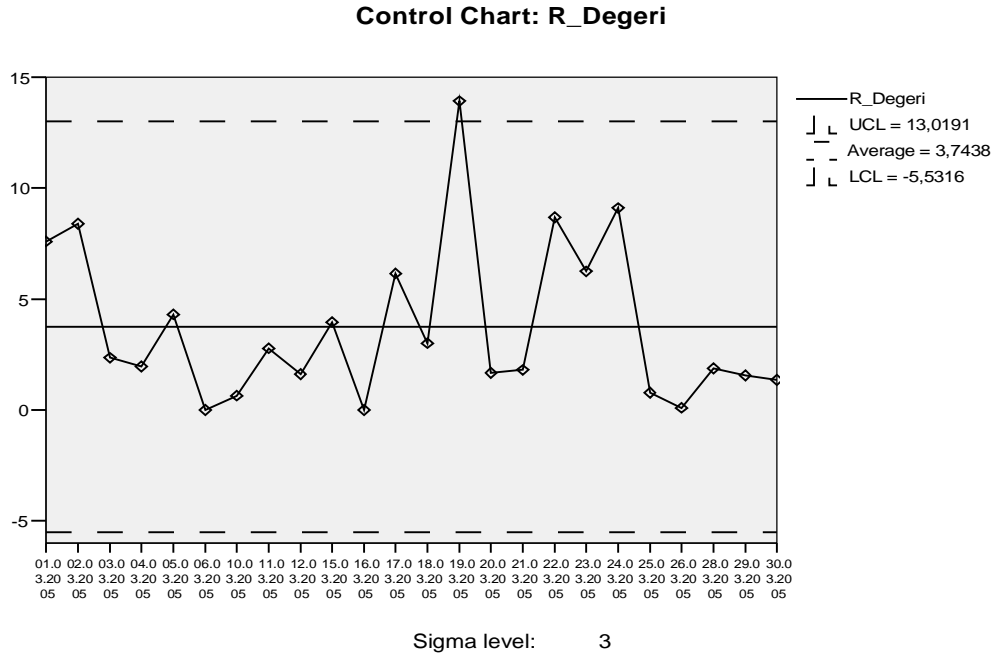
Süreci incelemek amacıyla X ve R kontrol şemalarından yararlanılmıştır.  $\bar{X}$  şemasının kullanılmamasının nedeni; elimizdeki verilerin (yüklemenin yapısından dolayı) yeterli sayıda alt grup ve her bir alt grup için yeterli sayıda örnek oluşturacak şekilde düzenlenememesidir. Talebin yapısından dolayı örneğin, bir tarihte 10 kamyon malzeme nakledilebilirken, başka bir tarihte ise sadece 1 kamyon malzeme nakledilmiş olabilmektedir. Bu farklılık yükleme ile ilgili verileri bir düzene sokmamızı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, her güne ait % fark değerlerinin ortalamasını alarak o güne ait ortalama değeri ve o günkü en büyük ve en küçük % fark değerlerinin farkını alarak değişim (R) değerleri elde edilmiştir. Böylece alt grup büyüklüğünü bir olarak almak mümkün olmuştur.

### 3.7. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi

Verilerin izlediği seyirin belirlenmesi amacıyla Mart 2005'deki % fark değerleri kullanılarak X ve R kontrol şemaları hazırlanmıştır. Bu şemalar aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.2. Mart 2005 X Kontrol Şeması



**Şekil 3.3.** Mart 2005 R Kontrol Şeması

X şemasında da görüldüğü üzere, 11.03.2005 tarihinde süreç üst kontrol limitinin dışına çıkmaktadır. Bunun nedeni araştırıldığında, o gün yapılan dört yüklemde de Mensan A.Ş.'nin kantarının Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin kantarından daha fazla tarttığı görülmüştür. İki kantar arası fark %4 seviyesine kadar çıkmıştır. Aradaki bu fark Mensan A.Ş.'nin aleyhinedir. R şemasını incelediğimizde, 19.03.2005 tarihinde sürecin üst kontrol limiti dışına çıktığı görülmektedir. Bu tarihte %14 değerinde bir % fark olduğu için bu tarihe ait % fark değişim aralığı %14'e yakın bir değer olmuştur. Çalışmanın amacına uygunluk açısından, bu değer oldukça yüksek olarak değerlendirilmektedir.

Mart ayı içerisinde sıfırdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması -0,14'tür. Bu çalışmanın amacı iki kantar ölçümünün eşit olması olduğuna göre, % farkların ve dolayısıyla ortalamalarının sıfır olması beklenmektedir. Süreçteki veriler incelendiğinde değişkenliğin fazla olduğu görülmektedir ve bu değişkenliğin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Mart 2005 % fark değerlerine göre süreç istatistiksel olarak kontrol altında değildir. Gerekli olan iyileştirme çalışmaları yapılarak süreç kontrol altına alınmalıdır.

Tahmini standart sapma;  $\hat{s} = \bar{R}/d_2 = 3,74/1,128 = 3,32$  olarak hesaplanmıştır. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;

$z = P((\bar{ÜSS} - m)/s) = P((0 - (-0,14))/3,32) = 0,042$  dir. z tablosundaki karşılığı 0,5159`tır.

$1,00 - 0,5160 = 0,4841$  Buna göre, Mart 2005 için sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %48,41`tür.

2005 yılının Mart ayında % fark değerlerinin rassal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi için run (dizi testi adı altında da kullanılmaktadır) testi yapılmıştır. Dizi testi; n birimlik bir dizinin bir K ortalama değerine göre, ard arda gelişlerindeki kümelenmenin rasgelelik koşullarına uygunluğunu test etmek için uygulanır. Bir dizide yer alan elemanların ardışık sıralanışlarında birbirini izleyen gözlemlerin K`dan küçük oluş kümelenme sayısına run adı verilir. Run testi, gözlenen run (dizi) sayısı r ile beklenen dizi sayısı  $\mu_r$  yi  $\sigma_r$  aracılığı ile test eder.

$n_1$  : K`dan küçük değerlerin sayısı

$n_2$  : K`ya eşit ve daha büyük değerlerin sayısı olmak üzere;

$$\mu_r = ((2n_1.n_2) / (n_1+n_2)) + 1 \quad \text{ve} \quad \sigma_r = ((2n_1.n_2(2n_1.n_2-n_1-n_2)) / (n_1.n_2)^2.(n_1+n_2-1))^{1/2}$$

formülleri ile hesaplanır.

Serideki r dizi sayısının önemliliği normal yaklaşımla z test istatistiği aracılığıyla

$Z = (r - \mu_r) / \sigma_r$  biçiminde hesaplanır.

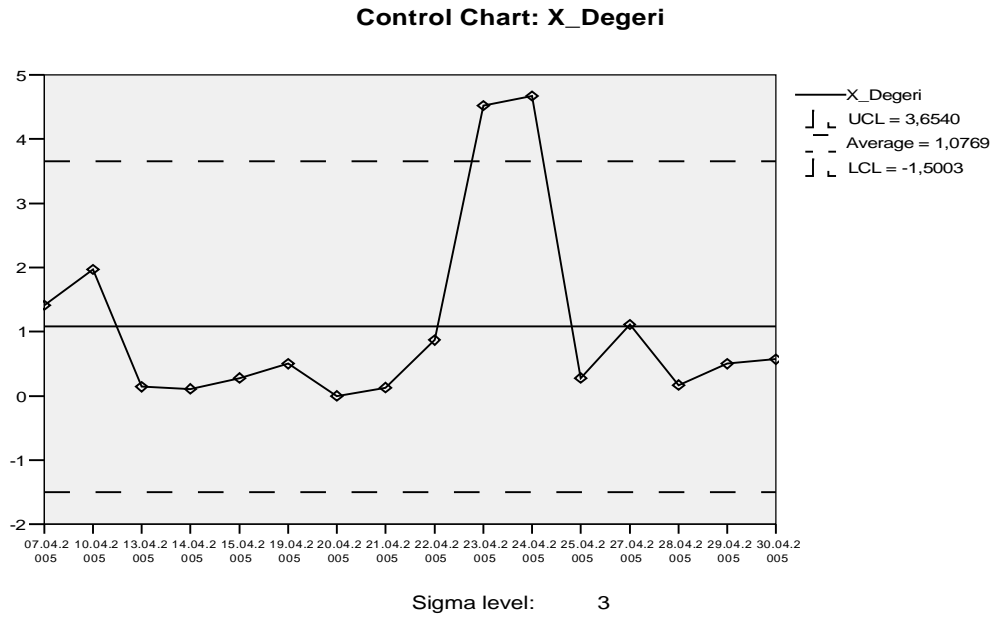
Run testi parametrik olmayan iki yönlü bir testtir. Verilen K değerine göre dizinin sağa yada sola eğilim gösterip göstermediğini test etmeye yardım etmektedir (Özdamar, 1997, s.365-366). Bu bölümdeki hesaplamalarla ilgili run testi sonuçları SPSS çıktıları olarak Ek-2`de verilerek yorumlanmıştır. Bu test sonucuna göre verilerin rassal dağılmadığı görülmüştür.

Günlük yüklemelerin yoğun olması ile işçilerin hata yapma olasılığı arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla, regresyon analizi yapılmıştır. Basit Doğrusal Regresyon Analizinin amacı,  $Y = a + b.(X)$  biçiminde tanımlanan ve iki değişken arasında bağıntı olduğunun varsayıldığı bir Regresyon Modelinde; bağımlı değişken Y`nin değerlerini gözlem aralığı içinde tahmin etmek yada gözlem aralığından bir yada birkaç period önceki ve sonraki değerlerini tahmin etmek için kullanıp kullanılmayacağını belirlemektir. Bu bağıntı n birimlik

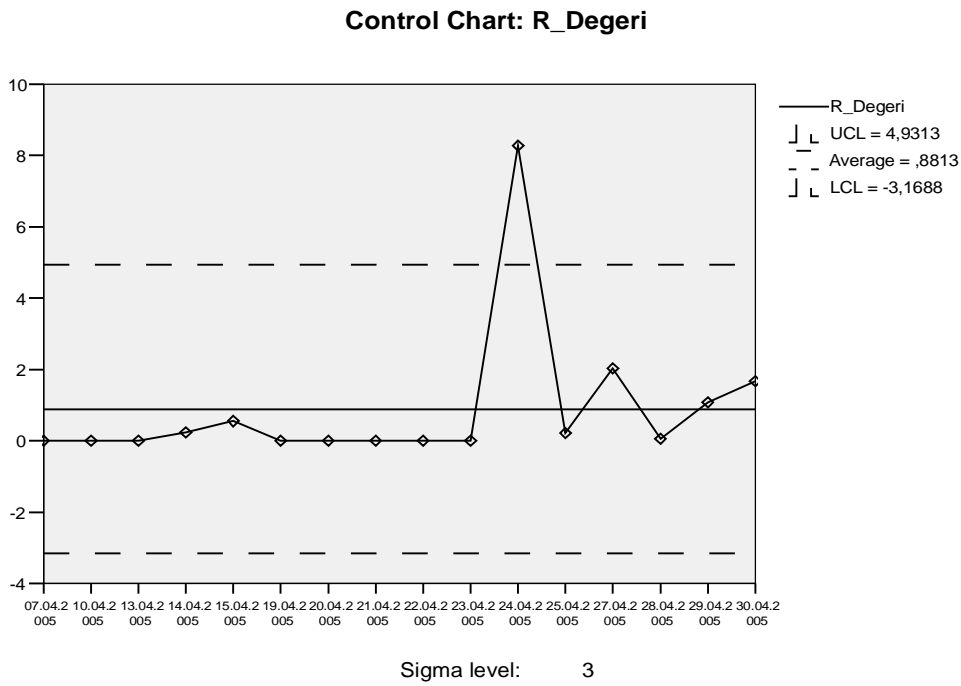
örnek veriler aracılığıyla  $Y = a + b.(X)$  biçiminde tahmin edilir. Bu eşitliğe Tahmini Basit Doğrusal Regresyon Modeli adı verilir. Bu modelde  $a$  ve  $b$  katsayıları;  $a$  ve  $b$  parametrelerinin tahminidir.  $a$  katsayısı sabit bir değer,  $b$  katsayısı ise regresyon doğrusunun eğimidir. Regresyon doğrusunun eğimini gösteren  $b$  değeri, bağımsız değişken  $X$ 'de meydana gelen bir birimlik değişimin bağımlı değişken  $Y$ 'de kaç birimlik bir değişime neden olacağını belirtir. Modelin temel elemanları olan  $a$  ve  $b$  katsayılarının tahmini En Küçük Kareler Yöntemi ile belirlenir (Özdamar, 1997, s.398).

Regresyon Analizi için, Mart 2005 ayında günde yüklenen kamyon sayıları ile günlük ortalama % fark değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonucu Ek-3`te verilmiştir. Aradığımız ilişkinin zayıf olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, her kamyonu tek tip ürün yüklenmekte olup, yükleme işini kepçe operatörü üstlenmiştir. Yani, olası hatalı yüklemelerden bir kişi sorumludur. Bu görevdeki kişinin çalışma saati belirli olduğundan ve süresi bittiğinde yerine başka bir operatör geçtiği için yorgunluk yada malzemenin ölçü hatası ile yüklenmesi söz konusu olmadığı için (malzemelerin eksik ya da fazla yüklenmesine yol açabilecek türde) hata yapma olasılığı oldukça düşüktür. Ayrıca değişik ebatlardaki malzemeler farklı yerlerde stoklandığı için yanlış malzeme yükleme yapma ihtimali yok denecek kadar azdır.

2005 Nisan ayında verilerin izlediği seyirin belirlenmesi amacıyla birim kontrol şemasından yararlanılmıştır. Bu şemalar aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



**Şekil 3.4.** Nisan 2005 X Kontrol Şeması



**Şekil 3.5.** Nisan 2005 R Kontrol Şeması



X şemasında görüldüğü gibi, 23.04.2005 ve 24.04.2005 tarihlerinde süreç üst kontrol limitinin dışındadır. Bu tarihteki veriler incelendiğinde; 23 Nisan tarihinde yalnızca bir kamyon malzeme satıldığı ve bu malzemenin Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin kantarında yaklaşık 2500 kg. fazla tartıldığı görülmektedir. 24 Nisan tarihindeyse iki kamyon malzeme satılmıştır ve bunlardan biri Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin kantarında yaklaşık 4000 kg. daha az tartılmıştır. Diğer malzeme kamyonuna ait yük ise 200 kg. daha fazla tartılmıştır. Ancak bu fark 4000 kg.'a kıyasla oldukça azdır. Nisan ayı içerisindeki diğer günlerdeyse bu fark, en fazla 800 kg. olmuştur. 24 Nisan tarihinde R grafiğinde de sürecin kontrol dışına çıktığı görülmektedir. Bu tarihte % 8'e yakın bir değişim söz konusudur. Bu değer 4,9 olan üst kontrol limiti değerinden oldukça yüksektir. Bu nedenle 23 ve 24 Nisan tarihleri süreçte değişkenliğe yol açmış ve süreci kontrol dışına çıkarmıştır. Bu çalışmanın amacı iki kantar arası farkın en aza indirgenmesini ve mümkünse sifıra yaklaştırılması olduğu için, fark miktarı artınca süreç kontrol dışı olmaktadır.

Nisan ayı içerisinde sıfırdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması 0,05'tir.

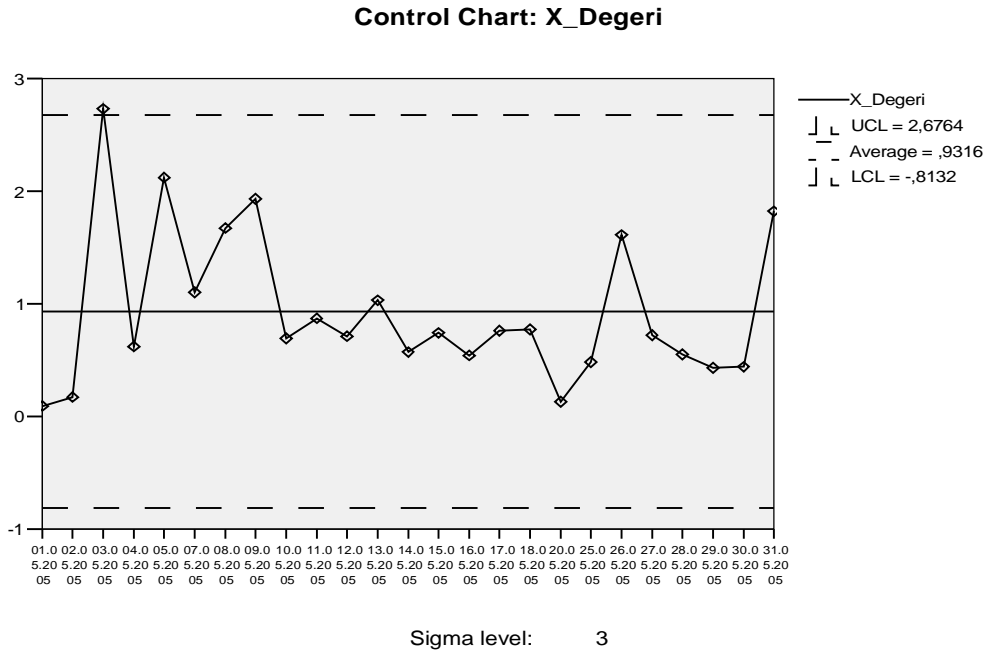
Tahmini standart sapma;  $\hat{S} = \bar{R}/d_2 = 0,88/1,128 = 0,78$  olarak hesaplanmıştır. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;

$z = P((\bar{X} - m)/S) = P((0-0,05)/0,78) = -0,064$  dir. z tablosuna bakıldığında, 0,5239 değeri bulunur.  $1-0,5239=0,4761$  dir. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %47,61'dir.

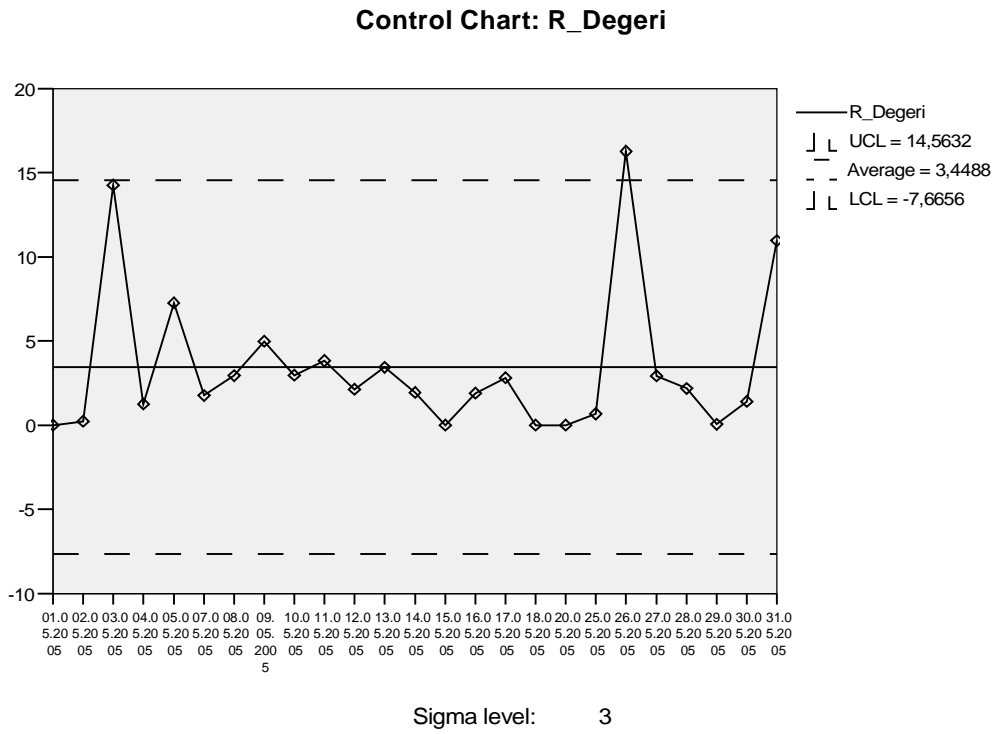
Süreçteki değişkenlik azaltılmalıdır.

2005 Nisan ayı verilerinin rassal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi amacıyla run testi yapılmıştır (Ek-5). Bu teste göre veriler rassal dağılmaktadır.

2005 Mayıs ayı verileri için hazırlanan X ve R kontrol şemaları aşağıdadır:



Şekil 3.6. Mayıs 2005 X Kontrol Şeması



Şekil 3.7. Mayıs 2005 R Kontrol Şeması

Mayıs ayında, 03.05.2005 tarihinde süreç kontrol limitleri dışındadır. Bu tarihte verilen altı kamyon malzemenin toplam miktarı Özgür Çimento ve Beton Endüstrisi A.Ş.'nin kantarında 4800 kg. daha fazla tartılmıştır. Bu durum Özgür Beton aleyhindedir. R grafiği incelendiğinde, 26.05.2005 tarihinde sürecin kontrol limiti dışına çıktığı görülmektedir. Bunun nedeni araştırıldığında, bu tarihte yapılan yüklemelerden birinde %16'lık bir fark olduğu görülmektedir. Bu tarihe ait en düşük % fark değeri 0 olduğu için, bu tarihteki % fark değişimi %16'dır. Üst kontrol limiti değeri %14,5 civarında olduğundan, süreç bu tarihte kontrol dışına çıkmıştır.

Mayıs ayı içerisinde sıfırdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması 0,49'dur.

Tahmini standart sapma;  $\hat{S} = \bar{R}/d_2 = 3,45/1,128 = 3,06$  olarak hesaplanmıştır. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;

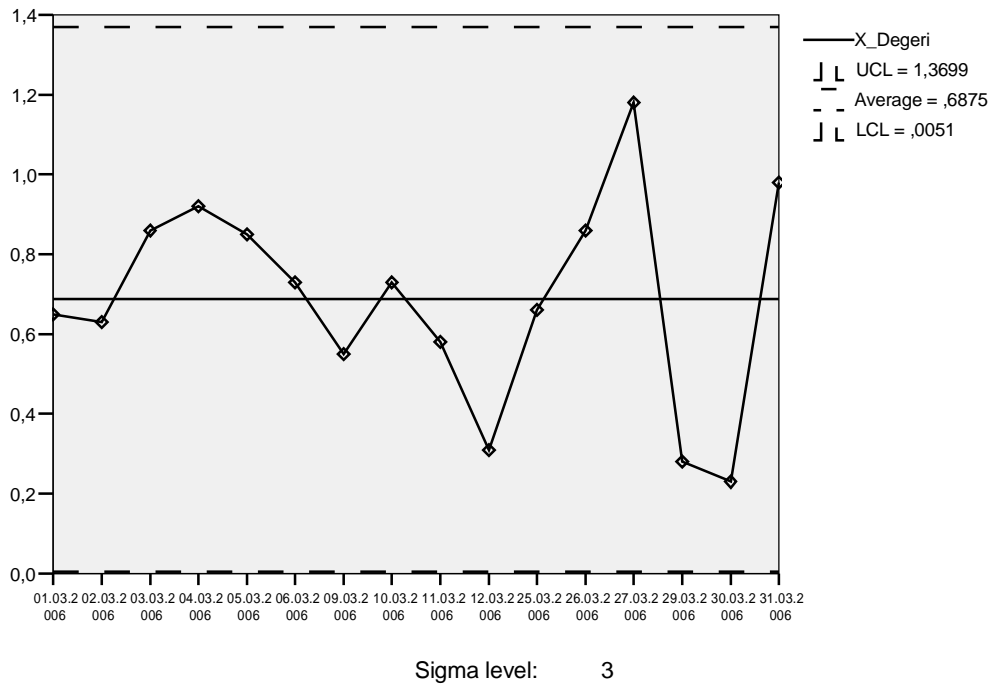
$z = P((\bar{X} - m)/S) = P((0-0,49)/3,06) = 0,16$ 'dır. z tablosundaki karşılığı, 0,5636'dır.

$1-0,5636 = 0,4364$  olur. Yani, Mayıs 2005'de sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %43,64'tür.

2005 Mayıs ayı verilerinin rassal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi amacıyla run testi yapılmıştır (Ek-6). Bu test sonuçlarına göre veriler rassal dağılmaktadır.

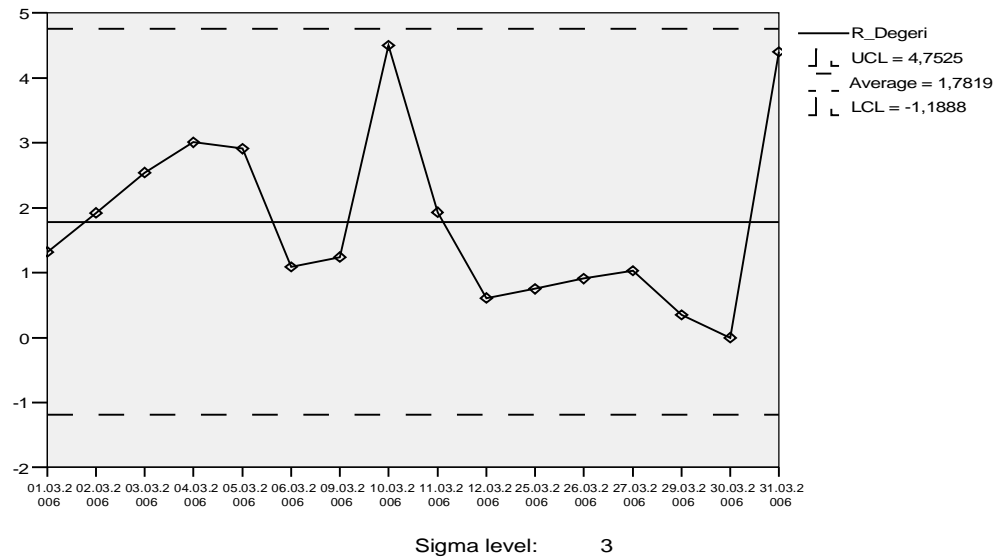
2006 Mart ayı verilerinin X ve R şemaları aşağıda görülmektedir:

Control Chart: X\_Degeri



Şekil 3.8. Mart 2006 X Kontrol Şeması

Control Chart: R\_Degeri



Şekil 3.9. Mart 2006 R Kontrol Şeması

Hem X hem de R grafiğinde kontrol limitleri dışına çıkan nokta(lar) bulunmamaktadır. Kontrol limitleri daralmış, ortalama değerleri azalmıştır. Ancak süreçte ani artma ve azalmalar mevcuttur.

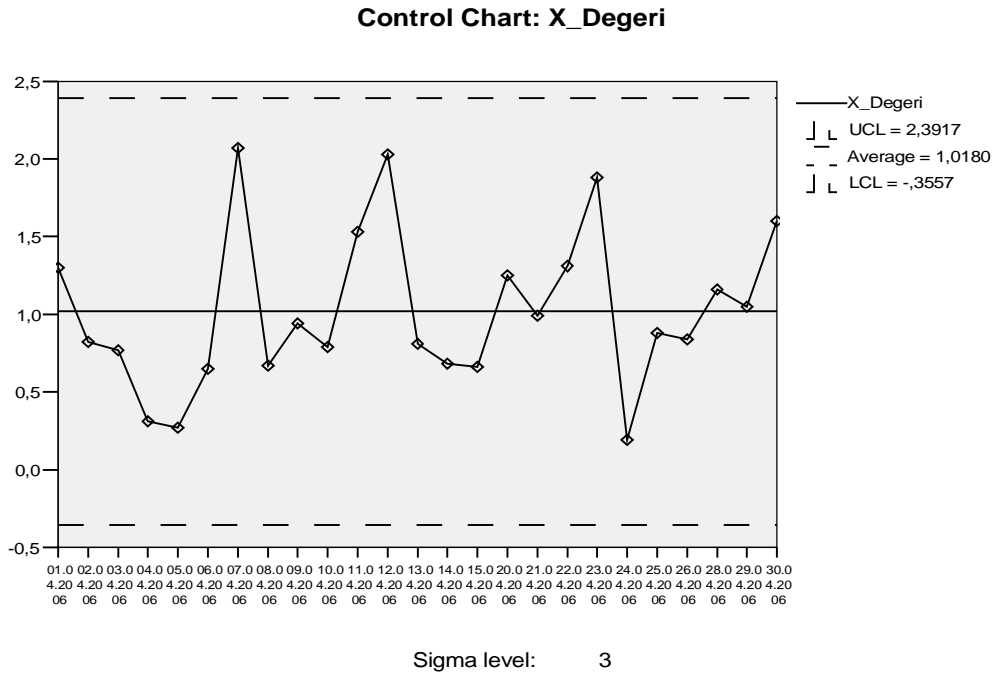
Mart ayı içerisinde sıfırdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması 0,17`dir. Süreçteki veriler incelendiğinde değişkenliğin fazla olduğu görülmektedir ve bu değişkenliğin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Mart 2006 % fark değerlerine göre süreç istatistiksel olarak kontrol altında değildir. Gerekli olan iyileştirme çalışmaları yapılarak süreç kontrol altına alınmalıdır.

Tahmini standart sapma;  $\hat{S} = \bar{R}/d_2 = 1,78/1,128 = 1,58$  olarak hesaplanmıştır. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;

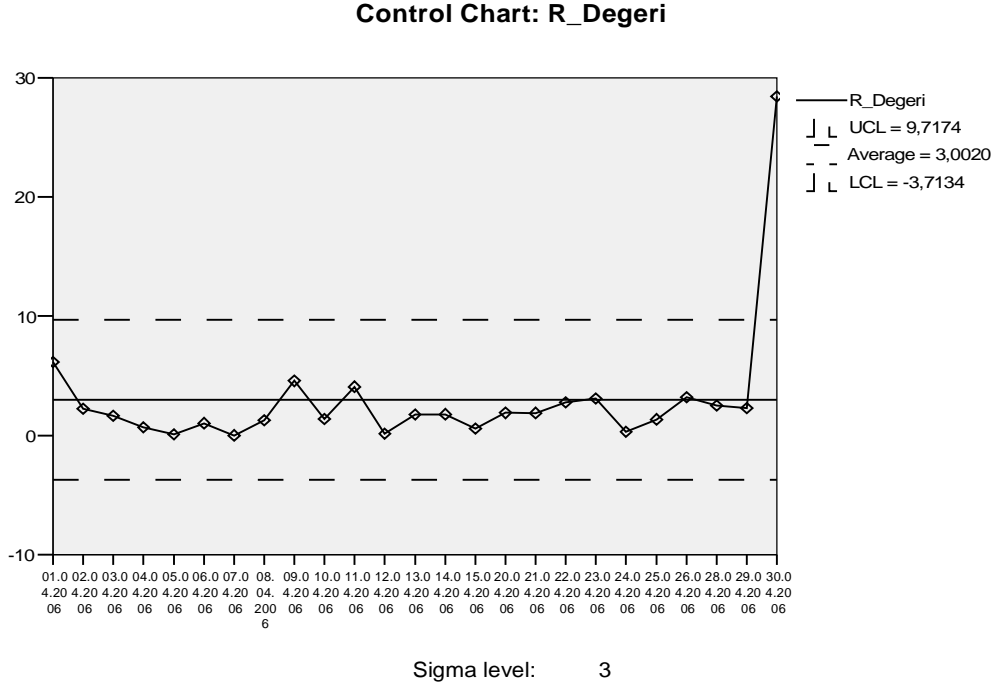
$z = P((\bar{X} - m)/s) = P((0 - 0,17)/1,58) = 0,10$ `dur. z tablosundaki karşılığı, 0,5398`dir.

$1 - 0,5398 = 0,4602$  olur. Yani, Mart 2006`da sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %46,02`dir.

2006 Nisan ayında verilerin izlediği seyirin belirlenmesi amacıyla X ve R kontrol şemalarından yararlanılmıştır:



**Şekil 3.10.** Nisan 2006 X Kontrol Şeması



**Şekil 3.11.** Nisan 2006 R Kontrol Şeması

X şemasında kontrol limitleri dışına çıkan nokta yoktur. X şemasındaki ani artış ve azalmalar bu ayda da devam etmektedir. R şemasında 30.04.2006 tarihinde süreç ani bir yükselişle kontrol limiti dışına çıkmıştır. O tarihteki en yüksek % fark değeri %28,5 civarında olduğu için süreç kontrol dışına çıkmıştır. Bunun dışında süreç kontrol altındadır ve genel olarak ortalama etrafında seyir göstermektedir.

Nisan ayı içerisinde sıfırdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması 0,23` tür.

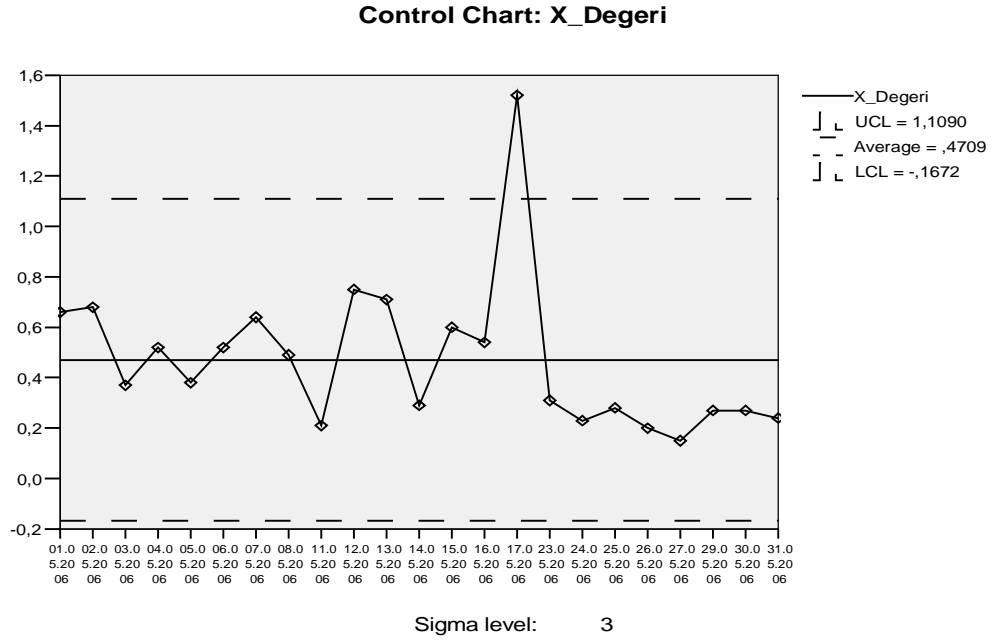
Tahmini standart sapma;  $\hat{s} = \bar{R}/d_2 = 3/ 1,128 = 2,66$  olarak hesaplanmıştır. Sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;

$$z = P((\bar{X} - m)/s) = P((0-0,23)/2,66) = 0,09`dur. z tablosundaki karşılığı, 0,5359`dur.$$

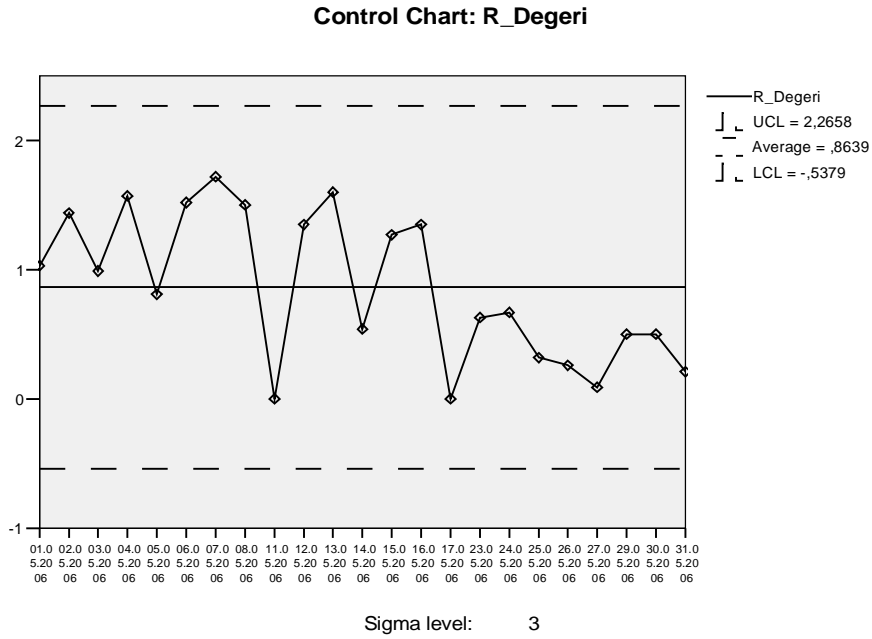
$1-0,5359 = 0,4641$  olur. Yani, Nisan 2006`da sıfırdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %46,41`dir.

2006 Nisan ayı verilerinin rassal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi amacıyla run testi yapılmıştır (Ek-8). Bu test sonuçlarına göre veriler rassal dağılmaktadır.

2006 Mayıs ayı verileri için hazırlanan X ve R kontrol şemaları aşağıdadır:



Şekil 3.12. Mayıs 2006 X Kontrol Şeması

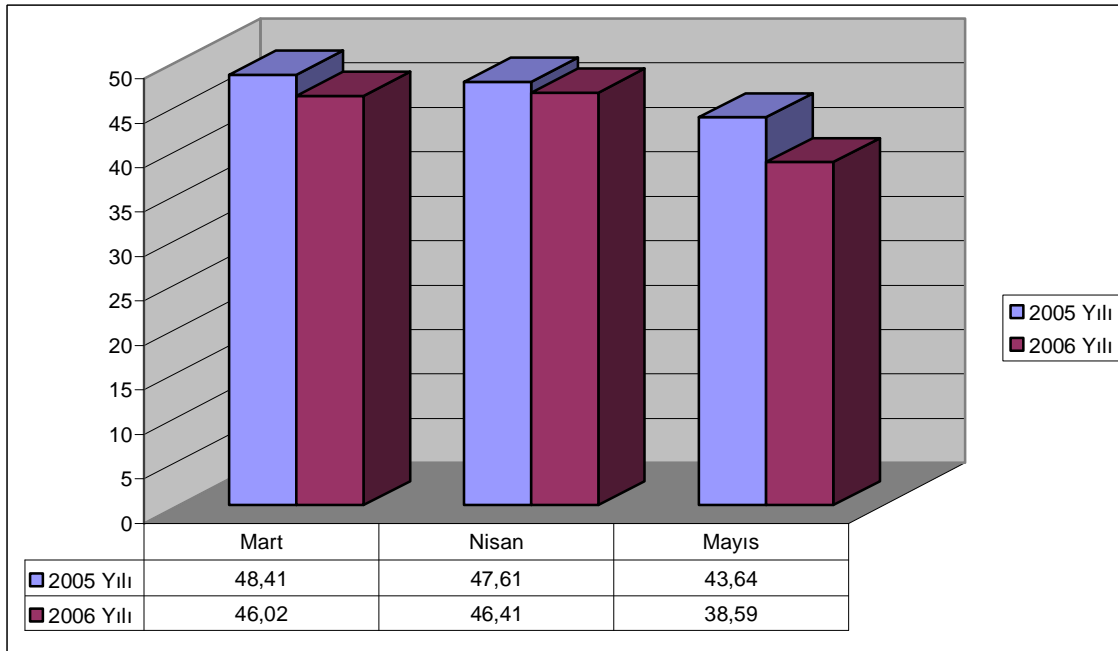


Şekil 3.13. Mayıs 2006 R Kontrol Şeması

X şeması incelendiğinde, kontrol limitlerinin oldukça daraldığını ve ortalama değerlerin sifira yaklaşmakta olduğunu görmekteyiz. 17.05.2006 tarihinde, süreç kontrol dışına çıkmıştır. Bu tarihteki değer 1,6 seviyesine yaklaşmış, bu da 1,10 olan üst kontrol limit değerini aşmıştır. Bu günde yalnızca bir yükleme yapılmıştır ve bu güne ait %fark %1,52`dir. Diğer günlerde de bu rakama yakın veya daha fazla %fark değerleri vardır. Ama o günlerde ortalama alındığı için düşük ortalama değerleri elde edilmiştir. Oysa 17.05 tarihinde ortalama alınmamakta ve bu süreç değerlerine göre yüksek bir seviyeye çıkmaktadır. Ayrıca Mayıs ayında, ani yükselme ve düşüşler gözlenmektedir. R şemasına bakıldığında, süreçte kontrol dışına çıkan nokta bulunmamaktadır. Fakat, burada da ani yükselme ve azalmalar vardır. Genel olarak kontrol limitleri daralmış ortalama değerler sifira yaklaşmıştır.

Mayıs ayı içerisinde sifirdan farklı yüklemelerin % fark ortalaması 0,22`dir.

Tahmini standart sapma;  $\hat{S} = \bar{R}/d_2 = 0,86/1,128 = 0,76$  olarak hesaplanmıştır. Sifirdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı;  $z = P((\bar{X} - m)/s) = P((0-0,22)/0,76) = 0,29$ `dur. z tablosundaki karşılığı, 0,6141`dir.  $1-0,6141 = 0,4602$  olur. Yani, Mayıs 2006`da sifirdan farklı yüklemelerin ortaya çıkma olasılığı %38,59`dur. Süreçteki değişkenlik azalmaktadır. 2006 Mayıs ayı verilerinin rassal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi amacıyla run testi yapılmıştır (Ek-9). Bu test sonuçlarına göre veriler rassal dağılmaktadır.



**Şekil 3.14.** Sifirdan Farklı Yüklemelerin Ortaya Çıkma Olasılıklarının Yıllara ve Aylara Göre Yüzde Dağılımları



## SONUÇ

Yoğun rekabet koşulları altında pazar paylarını korumaya çalışan işletmelerin ürünlerini, düşük maliyet ve müşterilerini tatmin edecek kalitede üretmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. İşletmeleri bu hedefe ulaştırmaya destek olan araçlardan biri İstatistiksel Süreç Kontrolüdür. Bu noktada, İstatistiksel Süreç Kontrolünün uygulanmasıyla elde edilen bilgileri değerlendirip yorumlayabilecek bilgi ve deneyim gereklidir.

İşletmenin tepe yönetimi, firmanın kalite politikasını, kalite için hedeflerini ve taahhütlerini yerine getirmeli ve bunları dökümanete etmelidir. Kalite politikası, söz konusu kuruluşun ilgili hedefleri ile ve müşterilerinin beklenti ve ihtiyaçlarına uygun olmalıdır. Yöneticiler, bu politika ve destekleyici stratejilerin organizasyonun her kademesinde anlaşıldığından, uygulandığından ve devam ettirildiğinden emin olmalıdır (TS-ISO 9001 Kalite Sistemleri Standardı, 1994, s.2).

İstatistiksel Süreç Kontrolünün uygulanmasında metodolojik bir yol izlenmelidir. Yapılacak tüm faaliyetler önceden planlanmalı bu faaliyetlerin doğru zamanda gerçekleştirilmesine özen gösterilmelidir. Tutarlı bir kalite düzeyinin gereği sistemdir. Sistemsiz bir kalite kontrol ile sürdürülebilir bir kalite elde etmek mümkün değildir. Kaliteli bir ürün tesadüf değil, bilinçli bir çalışmanın sonucudur. Üretim sürecine etki eden makine, metot, malzeme, insan ve çevre ile ilgili iyileştirmeler mevcut durumun gözden geçirilerek istatistiksel analizlerin kullanıldığı bir planlamanın yapılmasıyla mümkündür.

Uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede, tespit edilen bir sorunun çözümünde, İstatistiksel Kalite Kontrol yöntemlerinden nasıl destek sağlanabileceği araştırılmıştır. İstatistiksel Kalite Kontrol yöntemleri kullanılmadan sorunun çözümü araştırıldığında, eksik ve yanıltıcı sonuçlara ulaşmak mümkün olabilmektedir. İki kantar arası fark, basit bir işçi hatasından kaynaklanabildiği gibi, işletmenin ölçüm sisteminin doğru olmamasından da kaynaklanabilmektedir. Sorunun nedeni doğru bir şekilde belirlenmeden düzeltici faaliyetlerin yapılması işletmede geliştirici faaliyetlerle sonuçlanmayacağı gibi, gereksiz zaman ve maliyet kayıplarına neden olabilmektedir. Sorunun ana nedeninin belirlenmesi gerekmektedir. Bu da İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemleri ile sağlanabilmektedir.

İki kantar arası farkın ortaya çıkması, hangi kantarın daha fazla tartığına göre her iki işletmenin de aleyhine olabilmektedir. Alması gerektiğinden daha fazla para alan ya da ödemesi

gerektiğinden daha az para ödeyen işletme bunu bir fırsat olarak görmemekte; karşılıklı güven ortamının oluşması nedeniyle ve profesyonel iş hayatında belirli bir itibarlarının bulunduğunu da göz önünde tutarak bu farkın en aza mümkünse sifıra indirgenmesini istemektedirler. Bu nedenle, elde edilen verilere İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemleri uygulanmış ve süreçte iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Süreçte geliştirme yapılabilmesi için, geçmiş verilerin kayıtlı olması gereklidir. Bu verilerin doğru ve gerçekçi bir şekilde toplanabilmesi için, iyi bir kayıt planının yapılması önemlidir. Düzensiz ya da gerçeği yansıtmayan verilerle yapılan İstatistiksel Süreç Kontrol uygulamalarının hiçbir yol göstericiliği yoktur. İstatistiksel Süreç Kontrol yöntemlerinin sürekliliğinin sağlanmasından ve diğer alanlarda kullanılmasından önce, verilerin kaydedilmesi sisteminin gerekli duyarlılıkta ve doğrulukta yapıldığının güvence altına alınması gerekmektedir.

2005 yılına ait üç aya genel olarak bakıldığında, kontrol limitleri dışına çıkan noktalar görülmektedir. Ayrıca kontrol limitleri ve ortalama çizgilerinin aldığı değerler yüksektir. Bu çalışmanın amacı gereğince bu değerlerin alt seviyelere çekilmesi gerekmektedir. 2006 yılı şemalarındaysa kontrol dışına çıkan noktaların sayısında bir önceki yıla göre nispetten bir azalma vardır. Süreç değerlerinde de azalma görülmektedir. Bu, işletme açısından önemli bir kazançtır. Ancak bu aylardaki süreçlerde ani iniş çıkışlar da gözlenmektedir. Sıfırdan farklı yükleme olasılığı 2005 yılı Mart ayında %48,41, Nisan ayında %47,61, Mayıs ayında %43,64, ve 2006 yılı Mart ayında %46,04, Nisan ayında %46,41, Mayıs ayında %38,59 olarak hesaplanmıştır. Süreçteki değişkenliğin çok fazla olmasa da ilk yıl itibariyle azaltılmaya başlanmış olması, her iki işletmenin kantar ölçümlerini nispetten yakınlaştırmış ve bu da eksik ya da fazla ödeme yapma olasılığını bir miktar azaltmıştır.

2005 yılına ait analizler sonucunda Mensan A.Ş.`ye manuel olan kantarını elektronik kantarla değiştirmesi önerilmiştir. Manuel kantarda yapılan tartım değeri, tartımı yapan kişiden kişiye az da olsa farklılığa neden olabilmektedir. Tartımı yapan kişinin özensizliği ve dikkatsizliği sonucu, Mensan A.Ş.`ye ait yükleme miktarları gerçekçi bir şekilde not edilmemiştir denilebilir. Elektronik kantardaysa, tartımı yapan kişinin bir müdahalesi olmadığından bu kişi sadece tartım sonucunu not etmekle görevlidir. İşletme bunun için kalifiye bir çalışanı görevlendirmemiştir. Bu nedenle, bu işi yapan işçiye tartım sonuçlarını doğru ve dikkatli bir şekilde not etmesinin bu çalışmanın amacı açısından önemi anlatılmıştır. Darası tartılacak kamyonların darasının tamamen boş ve temiz olması ve yüklemesi yapılmış kamyon tartıldıktan sonra kantar üzerine düşen malzemelerin temizlenmesi önerilmiştir. Yapılan önerilerden bir diğeri ise, her iki işletmenin elektronik kantarlarının kalibrasyon ayarlarının aynı zamanda ve aynı firma

tarafından yapılması gerektiği olmuştur. Nakliyeti yapan kamyonun üzerinin, malzemeyi aldıktan sonra rüzgar veya yağmurdan etkilenmemesi için bir brandayla kapatılması tavsiye edilmiştir.

İşletmelerde Toplam Kalite Yönetimi anlayışının yerleşmesi için, bütün çalışanların ortak bir İstatistiksel Süreç Kontrolü çalışmasını gerçekleştirilmesi yolunda gönüllü işbirliği gerektirmektedir. Böylece, ürünün kalitesi, sistemin bütünü oluşturulan parçaların ürettikleri kalitenin bir sonucu olarak değerlendirilir. Çalışanlarının katılımını sağlayamayan kalite ve süreç kontrol teknikleri sadece görünürde kalacak, amaca uygunluktan uzak bir çalışma olacaktır. İstatistiksel Süreç Kontrol sürecinde geliştirilmesi gereken personel hedefleri kişisel iş motivasyonunu ve işletmeye karşı hissedilen genel iş tatmininin sağlanması şeklinde olmalıdır. Yaklaşık iki ay önce dere ocaklarını bünyesinde barındıran Boğaçayı'nın üretimini durdurulması sonucu gerek Özgür Beton gerekse diğer firmalardan yoğun siparişlerin alınması ve buna bağlı olarak malzeme birim fiyatlarının artmasının çalışanları motive ettiği gözlenmiştir. Bu motivasyonu artırmak ve süreçteki iyileşmeye katkı sağlamak açısından işletme sahiplerine, şantiye çalışanlarına aylık olarak sevk edilen malzemenin miktarı üzerinden prim vermeye başlanması önerilmiştir. Böylece eğitimsiz olan ve zaman zaman isteksiz çalışan işçilerin, işlerini doğru yapmak için gayret göstermeye başlayacakları beklenmektedir.

Sürecin kontrol altına alınmasıyla İstatistiksel Süreç Kontrolünün görevi bitmemektedir. Bu aşamadan sonra, süreçteki rassal nedenler belirlenerek geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Süreç geliştirme, değişkenliğin azaltılmasıyla yapılabilmektedir. İncelenen süreçte değişkenlik devam etmektedir. Bunu önlemek için geliştirme faaliyetlerinde bulunulmalıdır.

Uygulamann gerçekleştirildiği işletmede, değişkenliğin azaltılması amacıyla düzeltici faaliyetler planlanmış ve mümkün olduğunca uygulanmıştır. Planlanan geliştirici ve düzeltici faaliyetler kısa sürede gerçekleştirilememiştir. Değişikliğe karşı direnç bunda en büyük etkendir. Ayrıca, bu faaliyetlerin maliyetli olması bunların uygulanmasında bir sorundur. Bu faaliyetlerin uygulanması sonucu süreçteki değişkenliğin azaltılıp, sürekli olarak kontrol altında olması sağlanarak iki kantar arası farkın minimuma indirilmesi planlanmıştır. Ancak doğru bir şekilde planlanmış bir İstatistiksel Süreç Kontrol sistemi işletmeye bir değer katacağından, amaca ulaşıldıktan sonra da gerekli destek ve çalışmalarla sürece bir tutarlılık kazandırılmalıdır.

## KAYNAKÇA

Akın B., İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996.

Altan V., SPC' de Yeterliliğin Sürdürülmesi, İ.D.E.A. Yayını, İstanbul, 1996(a).

Altan V., Makine ve Proses Yeterlilik İncelemesi, Kogem Yayını, İstanbul, 1996(b).

Aycan M., "İstatistiksel Proses Kontrol ve İşletmeler Açısından Öneminin Araştırılması", Kocaeli Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 1999.

Banks J., Principles of Quality Control, John Willey and Sons, New York, 1989.

Besterfield D.H. Quality Control, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1986.

Bozkurt R., "İstatistiksel Kalite Kontrolü", Kalite Kontrol Seminerinde Sunulan Bildiri, Ankara, 1991.

Bozkurt R., Kalite İyileştirmede Kullanılan Teknikler, MPM Yayınları, Ankara, 1994.

Bozkurt R., Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, MPM Yayınları, No:630, 4.Basım, Ankara, 2003(a).

Bozkurt R., Kalite Çemberleri, MPM Yayınları, Ankara, 2003(b).

Burnak N. ve Çelik C., "Potansiyel Verimlilik Artırma Aracı Olarak Kalite Geliştirme", Verimlilik Dergisi, Cilt 21, Sayı: 4, MPM Yayını, (1992), s.51-64..

Burr J.T., "Going with the Flow (Chart)", Total Quality Management, Orlando, FL, The Dryden Press, 1994, 171-175.

Caulcutt R., "The Rights and Wrongs of Control Charts", Quality Control and Applied Statistics, Volume 41, Number 2, March April 1996.

Chen W.H., “The Effects of Statistical Process Control on the Target of Process Quality Improvement”; Quality Control and Applied Statistics, Volume 41, number 6, November-December, 1996.

Çelikçapa F., Toplam Kalite Kontrolü ve Bursa Bölgesi’ndeki Kalite Kontrol Uygulamalarına İlişkin Bir Araştırma, BUSİAD Yayınları. No:11, 1993.

Çevik O., Toplam Kalite Yönetimi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İİBF Yayınları No:5 Araştırma Serisi No:4, Tokat, 2001.

Deming W.E., “On Some Statistical Aids Toward Economic Production” Readings in Total Quality Management, Harcourt Brace and Company, U.S.A., 1994

Devor E.R., Chang T., Sotherland J.W., Statistical Quality Design and Control Contemporary Concepts and Methods, Macmillian Publishing Company, New York, 1992.

Duncan J.A., Quality Control and Industrial Statistics, Richard D. Irwin Inc, 1986.

Fadıllıoğlu S., “İstatistiksel Proses Kontrol Nedir ve Yapıtaşları Nelerdir?”, Kalite, Sayı 7, (Ocak, Şubat, Mart) 1990.

Garvin D.A., Managing Quality, The Free Press, New York, 1988.

Garvin D.A., “Competing On The Eight Dimensions Of Quality”, IEEE Engineering Management Review, Spring, 1996.

Gilmore H.L., “Continuos Incremental Improvement: An Operations Strategy for Higher Quality Lower Costs and Global Competitiveness”; Readings in Total Quality Management, Harcourt Brace and Company, U.S.A., 1994.

Gitlow H., Gitlow S., Oppenheim A., Oppenheim R., Tools and Methods for the Improvement of Quality, Irwin Homewood, IL, U.S.A., 1989.

Goetsch D.L, Davis S, *Implementing Total Quality*, Prentice-Hall International, London, 1995.

Gökçe A., “Toplam Kalite Anlayışı İçinde İPK`nın Rolü ve Kalite Geliştirme Amaçlı Uygulanması”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1998.

Gözübatık K.,1”İKK ve Süreç Kontrolündeki Gelişmeler”, Çukurova Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1997.

Grant R.M., Shani R., Krishnan R., “ TQM’ s Challenge to Management Theory and Practice”, Sloan Management Review, Winter, 1994.

Gümüšoğlu Ş., İstatistiksel Kalite Kontrolü, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1996.

Hakes C., Total Quality Management The Key to Business Improvement, Chapman & Hall, New York, NY, 1991.

Imai M., Kaizen Japonya’ nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı, Brisa Yayınları, İstanbul, 1994.

Jendrucko B., Bounds G., “The Wallace Company Struggle For Survival”, Cases In Quality, U.S.A., 1996.

Johnson A., Process Dynamics Estimation and Control, Peter Peregrinus Ltd. Yayını, A.B.D., 1993.

Juran J.M., Gryna F.M. , Quality Planning and Analysis, Mc Graw-Hill International Editions, Singapore, 1993.

Kavrakoğlu İ., Kalite Güvencesi, ISO 9000 ve Toplam Kalite, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 1993.

Kobu B., Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.Ü. Yayınları, No:3425 İstanbul, 1987

Kobu B., Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını, No:260, 8.Baskı, İstanbul, 1993.

Kobu B., Üretim Yönetimi, 8.Baskı, İ.Ü. İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Yayın No:153, İstanbul, 1994(a).

Kobu B., Üretim Yönetimi, İ.Ü. İşletme Fak., Yayın No.260, İstanbul, 1994(b).

Kolarik W.J., Creating Quality Concepts, Systems, Strategies, and Tolls, McGraw-Hill, Inc. U.S.A., 1995.

Little T.A., "10 requirements for effective process control: a case study", Quality Progress, Vol. 34 No.2, 2001, 46-52.

Madu C.N., Kuei C., Lin C., "A Comparative Analysis Of Quality Practice in Manufacturing Firms in The U.S. And Taiwan", Decision Science, Vol:26, No:5, U.S.A.,1995.

March A., "A note on Quality: The Views of Deming, Juran and Crosby", Readings in Total Quality Management, Harcourt Brace and Company, 1994.

Mears P., Quality Improvement Tools & Techniques, McGraw-Hill, Inc., 1995.

Milton J.S. ve Arnold J.C., Introduction to Probability and Statistics, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw Hill, New York, 1990.

Mizuno S., Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools, Productivity Press, Inc., Cambridge MA, 1988.

Mizuno S., Total Quality Management, The Dryden Press, 1994.

Moen R.D., Nolan T.W., Provost L.P., Improving Quality through Planned Experimentation, McGraw-Hill Inc, 1991.

Montgomery D.C., Introduction to Statistical Quality Control, John Willey and Sons Inc., 1991.

Montgomery D.C., "The Use Of Statistical Process Control and Design Experiments In Product and Process Improvement", I.E. Research and Development, Volume 24, Number 5, November 1992.

Nalbant Z.E., "İşletmelerde Toplam Kalite Kontrol Anlayışı ve Kalite Çemberleri", Celal Bayar Üniv. Yönetim ve Ekonomi Dergisi, Sayı:1, Manisa, 1995, s.197-207.

Newbold P., İşletme ve İktisat için İstatistik, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1995.

Oakland John S., Statistical Process Control, Heinemann Yayınevi, Londra, 1993.

Özer S., “Kalite Kontrolünün Gelişimi ve İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri”, Kalite, Sayı 7, Ocak şubat mart, 1990.

Peşkircioğlu N., “Kalite ve Maliyet”, Kalite Kontrol Seminerinde Sunulan Bildiri, Ankara, 1992

Ryan Thomas P., *Statistical Methods For Quality Improvement*, John Wiley&Sons Yayınevi, A.B.D., 1988.

Sağdıç E., *İstatistiksel Proses Kontrol*, Kogem Yayını, İstanbul, 1995.

Swift J.A, Ross J.E, Omachonu V.K, *Principle of Total Quality*, St Lucia Press, Boca Raton, FL, 1998.

TSE, İstanbul Bölge Müdürlüğü, “İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları”, Kalite Kontrol Seminerinde Sunulan Bildiri, 12-14 Mayıs 1993

Yüksel H., “TKY` de İKK ve Bir İşletmede Uygulanması”, Dokuz Eylül Ün. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 1998.

Zhang G.X., *Theory and Practice of Cause Selecting Control Chart*, People’s Posts and Telecommunications Press, Beijing, 1984.

Zhang G.X, *Total Quality Management*, China Science and Technology Press, Beijing, 1991.

<http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html> erişim tarihi:16/09/2005

<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm> Özlem İpekçil DOĞAN, Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi, 2000, erişim tarihi:22/09/2005

<http://www.maliye.gov.tr/kalite/menu/kyinedir.htm> Nazmi Karyağdı, Toplam Kalite Yönetimi, erişim tarihi:22/09/2005

[http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture3.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture3.ppt) erişim tarihi:22/11/2005



[http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture5.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture5.ppt) erişim tarihi:22/11/2005

[http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture\\_Slides//Files/Lecture11.ppt](http://www.infocom.cqu.edu.au/Cources/2005/T1/STAT12049/Reources/Lecture_Slides//Files/Lecture11.ppt) erişim tarihi:22/11/2005

<http://www.asq.org/learn-about-quality/new-management-planning-tools/overview/overview.html> Nancy R. Tague, The Quality Toolbox, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004. erişim tarihi: 23/11/2005

<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1570090405.html> erişim tarihi: 02/12/2005

<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/0510160405.html> erişim tarihi: 02/12/2005

<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1080100404.html> erişim tarihi: 02/12/2005

<http://hokan.8m.com/Makale1.htm> erişim tarihi:27/02/2006

[http://www.maliye.gov.tr/kalite/kykitap/kalite\\_cemberleri\\_dosyalar/frame.htm#slide1162.htm](http://www.maliye.gov.tr/kalite/kykitap/kalite_cemberleri_dosyalar/frame.htm#slide1162.htm) erişim tarihi:12/03/2006

[www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/2294/unite03.pdf](http://www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/2294/unite03.pdf) erişim tarihi: 02/04/2006

## EKLER

**Ek-1: Tablo A.1.**  $\bar{X}$ , R ve S kontrol şemalarında  $3\sigma$  limitleri için örnek alt gruplarına bağlı sabit değerler

Örnek alt grup hacmi (n)	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	A	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
2	1.128	0.8525	0.7979	0.00	3.27	0.00	3.27	2.12	1.88	2.66
3	1.693	0.8884	0.8862	0.00	2.57	0.00	2.57	1.73	1.02	1.95
4	2.059	0.8798	0.9213	0.00	2.28	0.00	2.27	1.50	0.73	1.63
5	2.326	0.8641	0.9400	0.00	2.11	0.00	2.09	1.34	0.58	1.43
6	2.534	0.8480	0.9515	0.00	2.00	0.03	1.97	1.22	0.48	1.29
7	2.704	0.8332	0.9594	0.08	1.92	0.12	1.88	1.13	0.42	1.18
8	2.847	0.8198	0.9650	0.14	1.86	0.19	1.81	1.06	0.37	1.10
9	2.970	0.8078	0.9693	0.18	1.82	0.24	1.76	1.00	0.34	1.03
10	3.078	0.7971	0.9727	0.22	1.78	0.28	1.72	0.95	0.31	0.98
11	3.173	0.7873	0.9754	0.26	1.74	0.32	1.68	0.90	0.29	0.93
12	3.258	0.7785	0.9776	0.28	1.72	0.35	1.65	0.87	0.27	0.89
13	3.336	0.7704	0.9794	0.31	1.69	0.38	1.62	0.83	0.25	0.85
14	3.407	0.7630	0.9810	0.33	1.67	0.41	1.59	0.80	0.24	0.82
15	3.472	0.7562	0.9823	0.35	1.65	0.43	1.57	0.77	0.22	0.79
16	3.532	0.7499	0.9835	0.36	1.64	0.45	1.55	0.75	0.21	0.76
17	3.588	0.7441	0.9845	0.38	1.62	0.47	1.53	0.73	0.20	0.74
18	3.640	0.7386	0.9854	0.39	1.61	0.48	1.52	0.71	0.19	0.72
19	3.689	0.7335	0.9862	0.40	1.60	0.50	1.50	0.69	0.19	0.70
20	3.735	0.7287	0.9869	0.41	1.59	0.51	1.49	0.67	0.18	0.68
30	4.086	0.6826	0.9914			0.60	1.40	0.55		0.55
40	4.322	0.6692	0.9936			0.66	1.34	0.47		0.48
50	4.498	0.6521	0.9949			0.70	1.30	0.42		0.43
60	4.639	0.6389	0.9958			0.72	1.28	0.39		0.39
70	4.755	0.6283	0.9964			0.74	1.26	0.36		0.36
80	4.854	0.6194	0.9968			0.76	1.24	0.34		0.34
90	4.939	0.6118	0.9972			0.77	1.23	0.32		0.32
100	5.015	0.6052	0.9975			0.79	1.21	0.30		0.30

**Ek-2: Tablo A.2.** EWMA ve EWMD kontrol şemaları için kontrol limitleri sabitleri

Ağırlıklandırma Faktörü r	Eşit örnek hacmi	Ortalama	Standart Sapma		
		A*	D <sub>1</sub> *	D <sub>2</sub> *	d <sub>2</sub> *
0.050	39	0.480	0.514	1.102	0.808
0.100	19	0.688	0.390	1.247	0.819
0.200	9	1.000	0.197	1.486	0.841
0.250	7	1.132	0.109	1.597	0.853
0.286	6	1.225	0.048	1.676	0.862
0.333	5	1.342	0.000	1.780	0.874
0.400	4	1.500	0.000	1.930	0.892
0.500	3	1.732	0.000	2.164	0.921
0.667	2	2.121	0.000	2.596	0.977
0.800		2.449	0.000	2.990	1.030
0.900		2.714	0.000	3.321	1.076
1.000	1	3.000			

**Ek-3 : Mart 2005 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi**

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

**Runs Test**

	Yüzde_Fark
Test Value <sup>a</sup>	-,1384
Cases < Test Value	166
Cases >= Test Value	191
Total Cases	357
Number of Runs	138
Z	-4,328
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Mean

Tablodan görüldüğü üzere  $n_1=166$ ,  $n_2=191$ ,  $N=357$ ,  $r=138$  ve  $z = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r} = -4,328$  dir.  
 $|Z| > z_T=1,96$

olduğundan  $H_0$  hipotezi red edilir. 2005 Mart ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmemektedir.

**Ek- 4: Mart 2005 % Fark Değerleri ile Günde Yapılan Yükleme Sayısı Arasındaki İlişkinin Araştırılması**

H<sub>0</sub>: Ortalama % fark değerleri ile günde yapılan yükleme sayısı arasında ilişki yoktur.

H<sub>1</sub>: Ortalama % fark değerleri ile günde yapılan yükleme sayısı arasında ilişki vardır.

**Variables Entered/Removed<sup>d</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Günlük Yükleme SAYısı	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Yüzde Farkların Günlük Ortalaması

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,284 <sup>a</sup>	,081	,039	,52989

a. Predictors: (Constant), Günlük Yükleme SAYısı

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,543	1	,543	1,934	,178 <sup>a</sup>
	Residual	6,177	22	,281		
	Total	6,720	23			

a. Predictors: (Constant), Günlük Yükleme SAYısı

b. Dependent Variable: Yüzde Farkların Günlük Ortalaması

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,684	,208		3,284	,003
	Günlük Yükleme SAYısı	,017	,012	,284	1,391	,178

a. Dependent Variable: Yüzde Farkların Günlük Ortalaması

Günde gerçekleşen ortalama % farktaki değişimin %8,1` i günde yüklenen kamyon sayısı ile açıklanabilmektedir. Bu oran oldukça küçüktür. Analiz sonucuna göre kurulan model;

$Y = 0,684 + 0,017.(X)$  tir. Bu durumda, bu modelin anlamlı olduğunu söyleyemeyiz.

**Ek- 5:** Nisan 2005 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

**Runs Test**

	Nisan_ Yüzde_Fark
Test Value <sup>a</sup>	,0446
Cases < Test Value	21
Cases >= Test Value	29
Total Cases	50
Number of Runs	26
Z	,188
Asymp. Sig. (2-tailed)	,851

a. Mean

Tablodan görüldüğü üzere  $n_1=21$ ,  $n_2=29$ ,  $N=50$ ,  $r=26$  ve  $z = r - \mu_r / \sigma_r = 0,188$  dir.  $|z| < z_T=1,96$

olduğundan  $H_0$  hipotezi kabul edilir. 2005 Nisan ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmektedir. Veriler rassal dağılmaktadır.

**Ek- 6:** Mayıs 2005 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

**Runs Test**

	Mayıs_Yüzde_ Fark
Test Value <sup>a</sup>	,4657
Cases < Test Value	157
Cases >= Test Value	103
Total Cases	260
Number of Runs	124
Z	-,181
Asymp. Sig. (2-tailed)	,856

a. Mean

Tablodan görüldüğü üzere  $n_1=157$ ,  $n_2=103$ ,  $N=260$ ,  $r=124$  ve  $z = r - \mu_r / \sigma_r = -0,181$  dir.

$$|z| < z_{1-\alpha/2} = 1,96$$

olduğundan  $H_0$  hipotezi kabul edilir. 2005 Mayıs ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmektedir. Veriler rassal dağılmaktadır.

**Ek- 7: Mart 2006 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi**

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

**Runs Test**

	Mart2006_ Yüzde_Fark
Test Value <sup>a</sup>	,1658
Cases < Test Value	82
Cases >= Test Value	84
Total Cases	166
Number of Runs	78
Z	-,932
Asymp. Sig. (2-tailed)	,351

a. Mean

$z = -0,932$  dir.  $|z| < z_T = 1,96$  olduğundan  $H_0$  hipotezi kabul edilir. 2006 Mart ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmektedir. Veriler rassal dağılmaktadır.



**Ek-8:** Nisan 2006 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

**Runs Test**

	Haziran_ Yüzde_Fark
Test Value <sup>a</sup>	,3540
Cases < Test Value	29
Cases >= Test Value	31
Total Cases	60
Number of Runs	34
Z	,791
Asymp. Sig. (2-tailed)	,429

a. Mean

$z = -0,429$  dur.  $|z| < z_T = 1,96$  olduğundan  $H_0$  hipotezi kabul edilir. 2006 Nisan ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmektedir. Veriler rassal dağılmaktadır.

**Ek- 9:** Mayıs 2006 % Fark Değerlerinin Rassal Dağılıp Dağılmadığının Belirlenmesi

$H_0$ : Veriler rassal dağılmaktadır.

$H_1$ : Veriler rassal dağılmamaktadır.

Runs Test	
	Temmuz_ Yüzde_Fark
Test Value <sup>a</sup>	-,7800
Cases < Test Value	2
Cases >= Test Value	2
Total Cases	4
Number of Runs	4
Z	,612
Asymp. Sig. (2-tailed)	,540

a. Mean

$z = -0,540$  tr.  $|z| < z_{1=1,96}$  olduğundan  $H_0$  hipotezi kabul edilir. 2006 Mayıs ayı % fark değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu hipotezi kabul edilmektedir. Veriler rassal dağılmaktadır.

**Ek-10 : Analizde Kullanılan Verilerden Bir Sayfalık (55 Satır) Örnek Bir Kesit**

Tarih	İrsaliye	Plaka	Mensan AŞ.	Özgür Beton	Fark	%Fark	Değişim
01.03.2005	15717	07 AUL 46	39.100	39.240	140	0,36	
01.03.2005	15718	07 AEC 41	39.000	38.800	- 200	-0,52	0,87
01.03.2005	15719	07 CFE 13	31.400	31.140	- 260	-0,83	0,32
01.03.2005	15722	32 SF 063	35.000	34.780	- 220	-0,63	0,20
01.03.2005	15723	32 SF 063	38.500	38.380	- 120	-0,31	0,32
01.03.2005	15724	07 AUL 46	45.000	46.220	1.220	2,64	2,95
01.03.2005	15725	07 AEC 41	40.600	40.720	120	0,29	2,34
01.03.2005	15726	19 DK 804	40.500	37.620	- 2.880	-7,66	7,95
01.03.2005	15727	32 SF 063	32.540	32.080	- 460	-1,43	6,22
01.03.2005	15728	07 AUG 36	32.000	31.720	- 280	-0,88	0,55
01.03.2005	15729	19 DK 804	40.000	38.200	- 1.800	-4,71	3,83
01.03.2005	15730	07 EE 594	39.000	38.740	- 260	-0,67	4,04
01.03.2005	15731	07AEC 41	43.800	43.880	80	0,18	0,85
01.03.2005	15732	07 F 6263	29.700	29.400	- 300	-1,02	1,20
01.03.2005	15733	32 SF 063	40.400	40.080	- 320	-0,80	0,22
01.03.2005	15734	07 AUG 36	34.300	34.280	- 20	-0,06	0,74
01.03.2005	15735	07 EE 594	37.300	37.520	220	0,59	0,64
01.03.2005	15736	19 DK 804	39.500	38.460	- 1.040	-2,70	3,29
01.03.2005	15737	07 AUL 46	37.500	37.540	40	0,11	2,81
01.03.2005	15738	07 EE 594	37.200	36.780	- 420	-1,14	1,25
01.03.2005	15739	07 AUG 36	34.200	34.140	- 60	-0,18	0,97
02.03.2005	15740	07 AEC 41	38.000	37.960	- 40	-0,11	0,07
02.03.2005	15741	19 DK 804	41.500	39.920	- 1.580	-3,96	3,85

02.03.2005	15742	07 AUL 46	45.100	45.120		20	0,04	4,00
02.03.2005	15743	07 EE 594	41.700	41.220	-	480	-1,16	1,21
02.03.2005	15744	07 AUG 36	36.000	35.720	-	280	-0,78	0,38
02.03.2005	15745	32 SF 063	39.100	38.940	-	160	-0,41	0,37
02.03.2005	15746	19 DK 804	46.300	42.700	-	3.600	-8,43	8,02
02.03.2005	15747	07 AEC 41	38.500	38.620		120	0,31	8,74
02.03.2005	15748	07 EE 594	39.100	39.320		220	0,56	0,25
02.03.2005	15749	07 AUL 46	38.200	37.820	-	380	-1,00	1,56
02.03.2005	15750	19 DK 804	44.500	42.440	-	2.060	-4,85	3,85
02.03.2005	15751	07 AEC 41	36.500	36.140	-	360	-1,00	3,86
02.03.2005	15752	07 EE 594	39.000	38.840	-	160	-0,41	0,58
02.03.2005	15753	07 F 6263	26.600	26.240	-	360	-1,37	0,96
02.03.2005	15754	07 F 6263	30.500	30.080	-	420	-1,40	0,02
02.03.2005	15755	32 SF 063	31.920	31.600	-	320	-1,01	0,38
02.03.2005	15756	07 AUL 46	38.500	38.280	-	220	-0,57	0,44
02.03.2005	15757	07 AEC 41	39.600	39.220	-	380	-0,97	0,39
02.03.2005	15758	07 EE 594	40.400	40.580		180	0,44	1,41
02.03.2005	15759	07 EE 594	42.000	41.780	-	220	-0,53	0,97
02.03.2005	15760	19 DK 804	43.300	40.960	-	2.340	-5,71	5,19
02.03.2005	15761	07 F 6263	28.500	27.800	-	700	-2,52	3,19
02.03.2005	15762	32 SF 063	29.700	29.420	-	280	-0,95	1,57
02.03.2005	15763	19 DK 804	46.600	43.740	-	2.860	-6,54	5,59
02.03.2005	15764	07 YJ 363	36.400	36.440		40	0,11	6,65
02.03.2005	15765	07 AEC 41	40.600	40.340	-	260	-0,64	0,75
02.03.2005	15766	07 AUG 36	32.900	32.360	-	540	-1,67	1,02
02.03.2005	15767	32 SF			-	140	-0,52	1,15

		063	27.200	27.060			
02.03.2005	15768	07 F 6263	31.300	30.920	- 380	-1,23	0,71
02.03.2005	15769	07 AUL 46	38.500	38.040	- 460	-1,21	0,02
02.03.2005	15770	07 CFE 13	32.300	31.820	- 480	-1,51	0,30
03.03.2005	15771	07 AEC 41	36.900	36.820	- 80	-0,22	1,29
03.03.2005	15772	07AUG 36	36.500	36.200	- 300	-0,83	0,61
03.03.2005	15773	07 AUL 46	38.800	38.540	- 260	-0,67	0,15

( ... )