

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MODERN KALİTE YÖNETİM SİSTEMLERİNİN  
ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARINDA PROSES  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE  
SÜREKLİ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Makina Yük. Müh. İlknur ÇAVUŞOĞLU

**F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi : 14 Nisan 2006**  
**Tez Danışmanı : Prof. M. Emin YURCİ (YTÜ)**  
**İkinci Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA (VTÜ/YTÜ)**  
**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Murat DİNÇMEN (İTÜ)**  
**: Prof. Nurullah GÜLTEKİN (YTÜ)**  
**: Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU (İTÜ)**  
**: Prof. Dr. Erhan ALTAN (YTÜ)**

İSTANBUL, 2006

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KALİTE VE KALİTEYLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR.....	4
2.1 Kalitenin Tanımı.....	4
2.2 Kalite Karakteristikleri.....	4
2.3 Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar.....	5
2.3.1 Tasarım Kalitesi.....	5
2.3.2 Uygunluk Kalitesi.....	5
2.3.3 Performans Kalitesi.....	6
2.4 Kalite Kontrol.....	6
2.5 Kalite Güvence.....	6
2.6 Toplam Kalite Kontrol.....	7
2.7 Toplam Kalite Yönetimi.....	7
3. ULUSLARARASI STANDARTLARA GÖRE ÜRÜN VE SİSTEM KALİTESİ.....	10
3.1 Otomotiv Sektöründeki Uluslararası Standartlar.....	12
3.1.1 Otomotiv Tedarikçilerinin Kalite Sistemi QS 9000.....	12
3.1.2 Otomotiv Tedarikçisinin (Yan Sanayisinin) Kalite Sistemi Standardı ISO/TS 16949.....	17
3.1.3 ISO/TS 16949 Otomotiv Tedarikçisinin Kalite Yönetim Sisteminde Proses Yaklaşımı.....	20
3.2 Kalite Yönetim Sistemlerine Farklı Bir Boyut Getiren ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standardı.....	21
3.3 Kalite Yönetim Sistemlerinde Ölçme Sistemleri Analizi ve Kalibrasyon.....	23
3.4 Geometrik Ürün Spesifikasyonları.....	27
3.4.1 Salgı (kaçıklık) toleransı.....	28
4. SÜREKLİ GELİŞME KAVRAMI VE KALİTE TEKNİKLERİNİN GEREKLİLİĞİ.....	31
4.1 Sürekli Gelişme.....	32
4.1.1 ISO/TS 16949 Standardının ve QS 9000'in Sürekli Gelişmeyle Olan İlişkisi.....	33
4.2 Kalite Tekniklerinin Gerekliliği.....	36
5. ÜRÜN GELİŞTİRME VE ÜRETİMDE KALİTE TEKNİKLERİ.....	38
5.1 Temel Proses Kontrolü Teknikleri.....	38
5.1.1 Proses Kontrol ve Değişkenlik.....	38
5.1.2 Deming Döngüsünün İstatistiksel Kalite Kontrole Yaklaşımı.....	39
5.1.3 Proses ve Proses Yönetimi.....	40

5.2	Kalitenin 7 Aracı .....	41
5.2.1	Akış Diyagramı .....	41
5.2.2	Çetele Tablosu (Frekans Dağılımı, Kayıt Formları, Kontrol Tablosu) .....	42
5.2.3	Histogram.....	43
5.2.4	Pareto Analizi.....	43
5.2.5	Sebeup Sonuç (Balık Kılçığı – Ishikawa) Diyagramı .....	44
5.2.6	Serpilme Veya Dağılım (İlişki – Scatter) Diyagramı .....	45
5.2.7	Kontrol Kartları.....	46
5.3	Ürün ve Kalite Geliştirme Teknikleri.....	46
5.3.1	Poka – Yoke.....	46
5.3.2	Hata Ağacı Analizi (FTA) .....	47
5.3.3	Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD).....	47
5.3.4	Olası Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (FMEA).....	49
5.3.5	İstatistiksel Proses Kontrolü.....	49
5.3.5.1	Shewhart Kartları ( $\bar{X}$ - R).....	50
5.3.5.2	Ölçülebilen Özellikler İçin Kontrol Kartları.....	50
5.3.5.3	Ölçülemeyen (Niteliksel) Özellikler İçin Kontrol Kartları.....	51
5.3.5.4	Kontrol Kartlarında Sapma Oluşturan Nedenler .....	51
5.3.5.5	Makina Yeterlilik .....	53
5.3.5.6	Proses Yeterliliği .....	54
5.3.6	Deney Tasarımı (DoE).....	55
5.3.6.1	Deney Tasarımı Kavramı.....	55
5.3.6.2	Deney Tasarımı Yaklaşımlarının Karşılaştırması .....	56
5.4	Deney Tasarımında Shainin .....	59
5.4.1	oklu Değişken (Multi-Vari) Kartları.....	59
5.4.1.1	Tarihçesi.....	59
5.4.1.2	oklu Değişken Kartlarının Tanımı .....	63
5.4.1.3	oklu Değişken Kartlarının Metodoloğisi.....	63
5.4.1.4	Değişken eŐitleri .....	65
5.4.1.5	oklu Değişken Kartlarının Yapısı .....	67
5.4.1.6	oklu Değişken Kartını Oluşturmak İçin Adımlar .....	69
5.4.1.7	oklu Değişken Kartının İstatistiksel Analizi.....	71
5.4.1.7.1	Konumsal Değişkeni Değerlendirme (Estimating).....	72
5.4.1.7.2	Dönemsel Değişkeni Değerlendirme.....	74
5.4.1.7.3	Zamansal Değişkeni Değerlendirme .....	75
5.4.1.8	oklu Değişken Kartları İçin Değerken Analizi .....	77
5.4.2	Bileşenlerin Araştırması .....	80
5.4.3	EŞlenmiş Karşılaştırmalar .....	82
5.4.4	Değerkenliklerin Araştırılması .....	83
5.4.5	Tam Faktöriyel .....	84
5.4.6	Daha İyisi & Mevcut Durum (B&C).....	85
5.4.7	Serpilme Diyagramları.....	86
5.5	Ön Kontrol (Pre-control) .....	86
5.5.1	Ön Kontrolün Tarihçesi .....	87
5.5.2	Ön Kontrol Teorisi .....	87
5.5.3	Kullanım Şartları .....	88
5.5.4	Ön Kontrolün Tespit Edilmesi .....	89
5.5.5	Ön Kontrolün Kullanılması.....	91
5.5.6	Ön Kontrolün İstatistiksel Gücü.....	93
5.5.7	Tek Taraflı Tolerans Değerine Sahip Proses Ölçülerinde Ön Kontrol.....	95
5.5.8	Ölçülemeyen Karakteristiklerin Ölçülebilen Karakteristiklere Dönüştürülmesi (Bo	

	Derek'in Ölçüleri) .....	97
5.5.9	$\bar{X}$ - R Kontrol Kartları İle Ön Kontrolün Karşılaştırılması .....	99
5.5.10	$\bar{X}$ - R Kontrol Kartlarına Göre Ön Kontrol .....	100
5.6	Uygulama Yapılan Ön Kontrol ve Çoklu Değişken Kartlarının Literatür Taramaları	101
6.	PROSES GELİŞTİRME VE MODERN KALİTE TEKNİKLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI .....	108
6.1	Otomotiv Sektörü .....	108
6.2	Çalışma Yapılan Fabrika .....	108
6.3	Çalışma Yapılan Fabrikada Uygulama .....	109
6.4	Proseslerin Gerçekleştirildiği Üretim Ortamının Özellikleri .....	110
6.4.1	Poyra Üretim Prosesleri .....	110
6.4.2	X ve Y Müşterilerinin Proseslerinde İzlenebilirlik .....	111
6.4.3	Poyra Üretim Proseslerinde Ölçümler .....	111
6.5	Fabrikada Uygulamada Kullanılan SistematiK.....	112
6.5.1	Uygulamada Kullanılan Ölçü Aletleri.....	112
6.5.2	Uygulama Operasyonu Olarak Seçilen Taşlama Tezgahının Özellikleri.....	113
6.5.3	Uygulama Çalışmasının 1. Aşaması: Yapılan Anket Çalışması .....	114
6.5.3.1	Uygulama Çalışmasının 1. Aşaması: Anketin Sonucu .....	123
6.5.4	Uygulama Çalışmasının 2. Aşaması: Ön Kontrol Kartları .....	126
6.5.4.1	Ön Kontrol Kartlarının Sonucu .....	145
6.5.5	Uygulama Çalışmasının 3. Aşaması: Çoklu – Değişken Kartları .....	145
6.5.5.1	Zamansal Değişkeni Değerlendirme .....	147
6.5.5.2	Konumsal Değişkeni Değerlendirme.....	151
6.5.5.3	Dönemsel Değişkeni Değerlendirme.....	157
6.5.5.4	Çoklu Değişken Kartlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi .....	161
6.5.5.5	Çoklu Değişken Kartlarının Sonucu.....	164
7.	GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	173
	KAYNAKLAR .....	176
	Ek A.....	183
	Ek B .....	184
	Ek C .....	185
	Ek D.....	193
	Ek E .....	202
	Ek F .....	203
	Ek G.....	210
	ÖZGEÇMİŞ .....	215

## SİMGE LİSTESİ

$\bar{Y}_{ij}$	n Gözlem İle Bir Parçanın Ortalaması
$\bar{X}$	Ortalama
Cm	Makina Yeterlilik İndeksi
Cmk	Makina Yeterlilik İndeksi
Cp	Proses Yeterlilik İndeksi
Cpk	Proses Yeterlilik İndeksi
MR	Hareketli Yayılma Bandı
n-1	Serbestlik Derecesi
R	Değişim Aralığı
$\sigma$	Standart Sapma
$\bar{\bar{X}}$	Ortalamaların Ortalaması
p	Kusurlu Oranı
np	Kusurlu Sayısı
c	Kusur Sayısı
u	Birim Başına Kusur Sayısı
$\bar{R}$	Değişim Aralığı Ortalaması
ÜTL	Üst Tolerans Limiti
ATL	Alt Tolaran Limiti
MS	Karelerin Ortalaması
SS	Karelerin Toplamı
V	Varyans

## KISALTIMA LİSTESİ

AIAG	Automotive Industry Action Group
AKL	Alt Kontrol Limiti
ANFIA	Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche
APQP	Advance Product Quality Planning
AQAP	Association des Amateurs de Perroquets
Ar – Ge	Araştırma Geliştirme
AS	Aerospace Specific Standart
ASQ	American Society For Quality
ASQC	American Society For Quality Control
AVSQ	El'associazione Nazionale die Valutatoru di Sistemi Qualita
BSI	British Standard Institute
CAD	Computer Aited Design
CSA	Kanada Standartlar Birliği
ÇYS	Çevre Yönetim Sistemi
DIS	Draft International Standard
DoD	Departmant of Defense
DoE	Design Of Experiment
DT	Deney Tasarımı
EAQT	Evaluation Aptitude Qualite Fournisseur
FDIS	Final Draft International Standard
FIEV	French Vehicle Equipment Industries
FMEA	Failure Mode And Effects Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
HAA	Hata Ağacı Analizi
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Points
IATF	International Automotive Task Force
ISO	International Organization For Standardization
İPK	İstatistiksel Proses Kontrol
JIT	Just In Time
KFY	Kalite Fonksiyon Yayılımı
MSA	Measurement System Analysis
OEM's	Groups Original Equipment Manufactures
OHTEA	Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi
PPAP	Production Part Approval Process
PUKO	Planla – Uygula – Kontrol Et – Önlem Al
QFD	Quality Function Deployment
QS	Quality System
QSA	Quality System Assessment
SMMT	The Society Of Motor Manufacturers And Traders Limited
SPC	Statistical Process Control
TC	Technical Committe
TKK	Toplam Kalite Kontrol
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TL	Telecommunications Standart
TSE	Türt Standartları Enstitüsü
ÜKL	Üst Kontrol Limiti
VDA	Verhand Der Automobilindustrie

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Toplam kalite yönetiminin ortaya çıkış nedeni (Çetin N., 1999) .....	8
Şekil 3.1 Kalite ve çevre yönetim sistemleri arasındaki ilişki (Borri F., 1995).....	11
Şekil 3.2. Kalite yönetim sisteminin temel proses modeli (EN ISO 9001:2000).....	12
Şekil 3.3Eksen doğrultusunda toplam salgı (M. N. Durakbaşa, 2003-c ).....	30
Şekil 3.4 Şekil 3.3'deki toplam salgının paralel düzlemler arasındaki tolerans sınırlarının belirlenmesi (M. N. Durakbaşa, 2003-c ).....	30
Şekil 4.1 Kalite haritası (Şekeroğlu Ö., 1996) .....	37
Şekil 5.1 PUEK çevrimi (Deming döngüsü) (Osanna P. H., 2004) .....	40
Şekil 5.2 Hataları yapıldığı lokasyonda gösteren kayıt formları (Wadsworth H. M., 1996)....	42
Şekil 5.3 Niteliksel veri toplamak için kullanılan çetele tablosu (Akın B., 1996).....	42
Şekil 5.4 Tolerans sınırlarıyla birlikte histogram dağılımı (Akın B., 1996).....	43
Şekil 5.5 Dövme hatalarına yönelik olarak örnek bir pareto diyagramı (Taptık Y., 1998).....	44
Şekil 5.6 Balık kılçığını oluşturan ana sebeplerin 4M'den 7M'e olan evrimi .....	44
Şekil 5.7 Serpilme diyagramları çeşitleri (Akın B., 1996) .....	45
Şekil 5.8 Kalite evi (Durakbaşa M. N., 2003).....	48
Şekil 5.9 Kontrol limitleri ve normal dağılım (Akın B., 1996).....	52
Şekil 5.10 Yeterli ve yetersiz makina (Akın B., 1996).....	54
Şekil 5.11 Değişken çeşitlerinin gösterimi (Bhote K. R., 1999).....	69
Şekil 5.12 Örnek bir çoklu değişken kartı (Perez-Wilson M., 2003) .....	71
Şekil 5.13 Parça içi ortalamaların gösterilişi (Perez-Wilson M., 2003) .....	74
Şekil 5.14 nb gözlemlerinin ortalamalarının gösterilişi (Perez-Wilson M., 2003) .....	76
Şekil 5.15 İki taraflı tolerans için ön kontrol kartları (Juran J. M., 1988). .....	89
Şekil 5.16 Toplam gösterge okuması ve tek taraflı tolerans için ön kontrol (Juran J. M., 1988).90	
Şekil 5.17 Tek taraflı maksimum veya minimum tolerans için ön kontrol kartları (Juran J. M., 1988) .....	90
Şekil 5.18 Tipik bir ön kontrol kartı (Bhote K. R., 1991).....	92
Şekil 5.19 Ön kontrol alfa riski hesapları (Uğur N. A., 1997) .....	94
Şekil 5.20 Niteliksel veriler için bir ön kontrol kartı örneği (Bhote K. R., 1991) .....	98
Şekil 6.1-a Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi .....	114
Şekil 6.1-b Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Kullanılması .....	115
Şekil 6.1-c Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi .....	115
Şekil.6.1-d Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartlarının Kullanımı.....	116
Şekil 6.1-e Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Önkontrol Yönteminin Bilinmesi	116
Şekil 6.1-f Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından ÖnKontrol Yönteminin Kullanımı	117
Şekil 6.2-a Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi .....	117
Şekil 6.2-b Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Yöntemin kullanılması.....	118
Şekil 6.2-c Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi .....	118
Şekil 6.2-d Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Çoklu Değişken Kartlarının Kullanımı.....	119
Şekil 6.2-e Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi	119
Şekil 6.2-f Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Kullanımı	120
Şekil 6.3-a Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi.....	121

Şekil 6.3-b Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Kullanımı .....	121
Şekil 6.3-c Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi.....	122
Şekil 6.3-d Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Kullanımı .....	122
Şekil 6.3-e Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi .....	123
Şekil 6.3-f Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi .....	123
Şekil 6.4 Anket Sonucuna Göre Oluşturulan Balık-Kilçığı Diyagram.....	125
Şekil 6.5 Yapılan Anket Çalışmasının PUEK çevrimi .....	126
Şekil 6.6 X firmasının poyrası.....	127
Şekil 6.7-a X firmasının hattındaki dış çap ölçümü için renklendirilmiş ön kontrol kartı .....	129
Şekil 6.7-b X firmasının hattındaki dış çap ölçümü için ön kontrol kartı .....	130
Şekil.6.8 X firmasının hattındaki ön kontrol uygulamasının uyarı yazısı .....	131
Şekil 6.9 Y firmasının poyrası.....	132
Şekil 6.10 Y firmasının hattındaki salgı ölçümü için ön kontrol kartı .....	134
Şekil. 6.11 Y firmasının hattındaki ön kontrol uygulamasının uyarı yazısı .....	135
Şekil 6.12-a Ön kontrol kartlarından 1. zaman diliminde elde edilen değerlerin grafik değerlendirmesi.....	139
Şekil 6.12-b Ön kontrol kartlarından 2. zaman diliminde elde edilen değerlerin grafik değerlendirmesi.....	140
Şekil 6.13-a Ön kontrol kartlarından 1. zaman diliminde elde edilen değerlerin logaritmik değerlerinin Y değerleri .....	141
Şekil 6.13-b Ön kontrol kartlarından 2. zaman diliminde elde edilen değerlerin logaritmik değerlerinin Y değerleri .....	142
Şekil 6. 14-a 1. zaman diliminde okunan değerlerin logaritmik dönüşümü yapılmış değerleri	143
Şekil 6. 14-b 2. zaman diliminde okunan değerlerin logaritmik dönüşümü yapılmış değerleri	144
Şekil 6.15 Çoklu değişken kartlarının zamansal değişkeninin düşey çizgilerle veri gösterimi	149
Şekil 6.16 Zamansal değişkenin çoklu değişken kartları.....	149
Şekil 6.17 Konumsal değişkenliğin 1. olasılığı için çoklu değişken kartlarının düşey çizgilerle veri gösterimi.....	152
Şekil 6.18 Konumsal değişkenliğin 1. olasılığı için çoklu değişken kartları.....	152
Şekil 6.19 Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için çoklu değişken kartlarının düşey çizgilerle veri gösterimi.....	154
Şekil 6.20 Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için çoklu değişken kartları.....	155
Şekil 6.21 Dönemsel değişkenliğin çoklu değişken kartlarında düşey çizgilerle veri gösterimi .....	159
Şekil 6.22 Dönemsel değişkenliğin çoklu değişken kartları .....	160
Şekil 6.23 Zamansal değişkenlik için excel matrisi .....	161
Şekil 6.24 Zamansal değişkenlik için excel matrisinin devamı .....	162
Şekil 6.25 Zamansal değişkenlik için tamlanmış excel matrisi .....	163



## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Geometrik karakteristikler için semboller (ISO 1101).....	28
Çizelge 5.1 Ölçülebilen özellikler için kontrol limitleri hesaplamaları (ISO 8258) .....	51
Çizelge 5.2 Ölçülemeyen özellikler için kontrol kartı çeşitleri (ISO 8258) .....	51
Çizelge 5.3 Cp değerleri ve yorumu (Akın B., 1996).....	55
Çizelge 5.4 Deney tasarımındaki üç yaklaşımın karşılaştırması (Bhote K. R., 1991) .....	57
Çizelge 5.5 Shainin'nin deney tasarımı yönteminin yedi aracı (Bhote K. R., 1991) .....	60
Çizelge 5.6 Çoklu değişken çalışmasını başarmanın anahtarı (Shee R. D., 2001) .....	68
Çizelge 5.7 Çoklu değişken kartlarında değişken bileşenleri (Perez-Wilson M., 2003).....	77
Çizelge 5.8 Ön kontrolde ölçüler arası süre tespiti (Shainin D., 1989) .....	91
Çizelge 5.9 $\bar{X}$ - R ile ön kontrolün karşılaştırması (Bhote K. R., 1991).....	99
Çizelge 5.10 Ön kontrolün kontrol kartlarına göre avantajları (Bhote K. R., 1991).....	100
Çizelge 5.11 Ön-Kontrol Litaretür Matrisi .....	103
Çizelge 5.12 Çoklu Değişken Kartlarının Litaretür Matrisi.....	107
Çizelge 6.1 Eldeki verilerin vardiyalara göre tarihsel dağılımı .....	147
Çizelge 6.2 Çoklu değişken kartlarının zamansal değişkenin veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi .....	150
Çizelge 6.3 Çoklu değişken kartlarının konumsal değişkenin 1. olasılığı için veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi .....	153
Çizelge 6.4 Çoklu değişken kartlarının konumsal değişkeninin 2. olasılığı için veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi .....	156
Çizelge 6.5 Çoklu değişken kartlarının dönemsel değişkeninin veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi .....	158
Çizelge 6.6-a Zamansal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri .....	165
Çizelge 6.6-b Zamansal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri .....	165
Çizelge 6.7-a Konumsal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri.....	168
Çizelge 6.7-b Konumsal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri.....	168
Çizelge 6.8-a Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için istatistiksel değerlendirme verileri... ..	170
Çizelge 6.8-b Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için istatistiksel değerlendirme verileri ..	170
Çizelge 6.9-a Dönemsel değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri.....	171
Çizelge 6.9-b Dönemsel değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri.....	171

## ÖNSÖZ

Doktora çalışmam süresince bana her konuda yardımcı olan ve kendilerine ayırmam gereken saatleri çalarak çalıştığım, uzun senelere rağmen bana olan sevgilerini ve desteklerini hep yanımda hissettiren annem Gönül, babam Mustafa ve kızım Eda'nın payını her ne ile ifade etmeye çalışırsam çalışayım yine de yetmeyecektir. Bu yüzden tüm çalışmamı ve herşeyimi öncelikle onlara adıyorum.

Değerli Hocalarım Prof. M. Emin YURCİ ve Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA her ikisinin de ayrı şekilde destekleri ve birbirinden ayırt edemeyeceğim katkıları olmuştur. Değerli Hocam Prof M. Emin YURCİ'ye ise bana bu doktora çalışmasına başlamamda ön ayak olması, başladıktan sonrada karşılaştığım tüm zorlukları birer birer kat etmemdeki destekleri ve tüm yardımları için müteşekkirim. Değerli Hocam Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA'ya ise sadece bana yol gösterici olduğu, kendimi geliştirmemi ve aşmamı sağladığı için olan katkıları, tez çalışması için verdiği saatleri, Cumartesi, Pazar, izin günleri demeden her imkanda yapılan toplantılar ve yüzlerce elektronik posta için değil, bunların ötesinde hayatıma açtığı yepyeni bir yol, kendimi gerçekleştirmek için açtığı ufuk için sonsuza kadar minnettar olacağım.

Hocalarım Prof. Nurullah GÜLTEKİN ve Prof. Dr. Murat DİNÇMEN'e çalışmalarımı yapmam için yaptıkları yönlendirmeler ve bana örnek olarak öğrettikleri için teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Değerli juri üyelerim Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU ve Prof. Dr. Erhan ALTAN'a tüm katkıları ve yönlendirmeleri için teşekkür ederim.

Çalıştığım üniversitemdeki idari amirlerim ve bölüm başkanı hocalarım, bölüm hocalarım ve mesai arkadaşlarıma bana sağladıkları çalışma ortamı için çok teşekkür ederim.

Gerek arkadaşlığı, gerekse tez çalışmasındaki uygulamaların yapılması ile olan katkıları için Sayın Yük. Müh. Ahmet ÖZYÜREK ve Çalışma yapılan firmasının yöneticileri Sayın Dr. Hamdullah MERDANE, Sayın Leon HAKİM ve tüm firma çalışanlarının emeklerini hiç bir zaman unutmayacağım.

Bugüne ulaşırken bana hep güvenen, benim için çok değerli olan kardeşlerim ve tüm aileme onlarla beraber olamayıp çalışarak geçirdiğim uzun senelere rağmen bana olan sevgilerini ve desteklerini hep yanımda hissettirdikleri için teşekkür ederim.

Nisan, 2006

İlknur ÇAVUŞOĞLU

## ÖZET

Günümüzde teknolojik gelişmelerle, ürünlerin mükemmel bir şekilde üretilmelerinin yanı sıra onların büyük ölçüde müşteriler tarafından satın alınması ön plana çıkmıştır. Üreticiler, müşteri ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayan ürünleri kalite, zaman ve maliyet üçgeninin optimum bir şekilde dengelendiği koşullarda gerçekleştirmek durumundadırlar. Bunun anahtarı ise, uluslararası alanda kabul görmüş kalite yönetimi standartlarının taleplerini karşılayan sistemin üretici işletmelerde tesis edilmesidir.

Uluslararası standartlara göre oluşturulan modern kalite yönetimi sistemlerinin temelini sürekli iyileştirme oluşturmaktadır. Sürekli iyileştirme; özellikle yöneticiler idaresinde insan ve makina etkileşimi ile çalışan proses performanslarının iyileştirilmesinin etkin bir şekilde yapılması için çeşitli metot ve teknikler kullanılmaktadır. İstatiksel proses kontrolü, istatistik metot ve araçları vasıtasıyla prosesin konumu ve sapmalarını izleme ve üretim proseslerinin ayarlarını yapma hedeflerine erişilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışma bünyesinde yürütülen araştırmaların temelini, sürekli iyileştirmeye yönelik, kontrol kartlarının oluşturulması ile ilgili bir modelin hazırlanması ve kullanıcı olarak işletme çalışanlarına uygun bir sistemin oluşturulması teşkil etmektedir. Bu çerçevedeki çalışmanın hedeflerinden birini modifiye edilmiş ön kontrol (pre-control) kartlarının pratiğe yönelik uygulama modeli önerisi oluşturmaktadır. Proses düzeyi değişkenliklerinde müdahale sınırlarının ve standart sapma genişliklerinin iyileştirilmesiyle proses yeteneğinin artırılması amaçlanmaktadır. Diğer yandan hem ürün geliştirme ve tasarım aşamasında hem de ürünün gerçekleştirilmesi sırasında muhtemel hataların önlenmesi veya var olan hatanın tespit edilmesinde etkin bir şekilde Shainin deney tasarımı (DoE) metodları kullanılır. Bu metodlardan özellikle çoklu değişken kartların (multi-vari-chart) kullanılmasıyla pilot proses ve üretim prosesinde iyileştirici önerilerde bulunmak amaçlanmıştır. Böylelikle uygulamaya yönelik çalışmaların yürütüldüğü otomotiv yan sanayi işletmesinde, geometrik ürün spesifikasyonuna göre talep edilen özellikte konum ve şekil sapmaları gibi, parçanın fonksiyonel kritik özelliklerinin üretim hattında işlenmesi esnasında kontrol edildiği proseslerde, proses performansının iyileştirilmesine yönelik, işletme çalışanları tarafından kullanılacak bir sistem oluşturulmasına çalışılmıştır.

**Anahtar Kelime:** Modern kalite sistemi, uluslararası kalite standartları, ISO 9001, ISO/TS 16949, sürekli iyileştirme, kalite teknikleri, istatistiksel proses kontrolü, ön kontrol, deney tasarımı

## **ABSTRACT**

Appeal of products to consumers has come to the fore as well as production of best quality products by today's technological advancement. Manufacturers should produce products that answer to the client needs and expectations by optimizing the quality, time, and cost. The key factor for this is establishing international quality management standards in companies.

Continuous improvement is the base for modern quality management systems that are designed according to the international standards. In continuous improvement, several methods and techniques are used to effectively improve process performances that are determined by interactions between humans and machines. Statistical process control provides a way to track process status and deviations and to adjust process periods by means of statistical methods and tools.

In this study, preparation of a model for control cards and of a system suitable for their users, workers, is investigated in the frame of continuous improvement. One of the goals of this study is the suggestion of a model for practical application of precontrol cards. It is aimed to increase the process capability by improving standard variance width and limits of intervention in process level changes.

Shainin design of experiment (DoE) is used during product development and design as well as during manufacturing of products to prevent probable defects or to find existing defects. In Shainin DoE, it is aimed to make improving suggestions in pilot and manufacturing processes by using multi-vari charts and to develop a process performance improving system for workers in automotive supplier industry.

**Key Words:** Modern quality system, International Quality Standards, ISO 9001, ISO/TS 16949, Continuous Improvement, Quality Techniques, Statistical Process Control, Precontrol, Design of Experiment.

## 1. GİRİŞ

Bugün tüm sektörler bölgesel, ulusal veya uluslararası bir artan rekabet ile karşı karşıyadır. Bu şartlarda tam doğru ve hızlı kararlar vermek, firmalar için önemli bir sorundur.

Bu da firmaları müşteri odaklı üretime yönlendirmektedir. Müşterinin istediği ürünün bir kerede, tam zamanında ve tam olarak müşteriye teslimini ön görmektedir.

Bu ise, sıfır hatayı hedeflemekle gerçekleştirilebilmektedir. Sıfır hata iş kazalarında, kalitede, satın almada, kısacası yaşamın her kesiminde geçerli bir kavramdır. Bu kavram, hataların ve hatalara neden olan faktörlerin belirlenmesi ve hataların kaynağında önlenmesi için sistematik çabaların tümünü içerir (Efil İ., 1999). Sıfır hata kavramı, “iş ilk defada doğru yap” yaklaşımı olarak da ele alınabilir. Bu yaklaşım ise, işletmelerde yaygın bir şekilde karşılaşılan “herkes hata yapabilir” ve “hiç kimse mükemmel değildir” yaklaşımları ile tamamen zıt yönlüdür.

Sıfır hata, sadece ürünlerde hiçbir kusur olmaması anlamını taşımamaktadır. Sıfır hata; maliyeti, ürünün tasarımındaki her aşamasını, pazarlama ve yönetim sürecinin tüm aşamalarını kapsamalıdır. Geleneksel sistemde ise, üretim aşaması sonunda ürün test edilmekte, hatalar bulunursa düzeltilmekte ya da yeniden yapılmaktaydı. Sıfır hata ise, ara düzeltmeler ve hatası olmayan bir ürünün üretimine yöneliktir. Bu anlayışa göre, zamanında teslim edilmemiş en iyi ürün bile mutlaka değer kaybedecektir. Bu nedenle sıfır hata, hatasızlık anlamına gelmemektedir. Ayrıca sıfır hata için, herkes ya da her grup kendi işini ilk seferinde en iyi yapmaya ve kişiler görevlerini yaparken işletmenin hedeflerine yöneltilmeye özendirilmesi önemlidir.

Sıfır hata hedefine ulaşılmasında bir başka aşama ise, dışarıdan sağlanan parçaların sıfır hatalı olmasının sağlanmasıdır. Günümüzde bu kavram, işletmelerde “Kalite Yönetim Sistemi”nin kurulması ile sağlanmaktadır. Dışarıdan sağlanan parçaların tedarikinde kalite kontrol olayından, tamamen kalite sağlama olayına doğru bir eğilim söz konusudur (Pekdemir İ. M., 1992).

Kalite yönetim sistemi dendiğinde bu sistemin en çok bilineni, her sektörde kullanılması nedeniyle ISO 9000 kalite yönetim sistemi standartlar ailesidir. Ancak sektörel olarak durum analiz edildiğinde ISO 9000 kalite yönetim sisteminin yeterli olmadığı ve her sektörün kendine has standartlar geliştirdiği görülmektedir.

Bir çok özellikleri nedeniyle otomotiv yan sanayi tüm Dünya’da önde gelen sektörlerden biri olmuştur. ISO 9000 kalite yönetim sisteminin yeterli olmadığını, daha net tanımlamalarla

çalışılması gerektiğini fark eden otomotiv sektörü kendine has standartlar geliştirmiştir. Sektörde önde gelen ülkelerin otomotiv yan sanayisi için oluşturulmuş bir çok kalite yönetim sistemi standardı vardır. Bu sektörde önde gelen şirketlerin bir araya gelmesiyle her ülke için, kendine göre oluşturduğu bir çok standart yerine uluslararası standart enstitüsünün bünyesinde çıkartılan, henüz bir teknik spesifikasyon niteliğinde olan ISO / TS 16949 otomotiv yan sanayisi için oluşturulmuş kalite yönetim sistemi standardı çıkarılmıştır.

Uluslararası kalite yönetim sistemi standartlarıyla; tedarikçi zinciri halkalarında veya ana sanayiye direkt ürün temininde, dışarıdan sağlanan parçaların kalitesinin temininin bir sistematik dahilinde gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Bir ürünün müşteri isteklerinin bütünüyle karşılanmasının başarılması, ürünlerin sürekli gelişen bir yaşam döngüsüne ulaşmaya kadarki tasarım ve geliştirme optimizasyonunun, yönetim tarafından güvenilir ve kapsamlı bir kalite anlayışının uygulanmasıyla mümkündür.

Evrensel bir rekabet için izlenecek rota, ürün değişkenliklerinin azaltılmasıdır. Ürün, hizmet ve proseslerdeki değişkenliklerin azaltılması, işletmelerin pazardaki rekabet gücünü, verimliliğini ve karını dolaysız yoldan arttırır.

Bu değişkenliğin azaltılması; kusurlu oranlarını düşürür, iskarta ve yeniden işlemeyi azaltır, Pazar potansiyelini genişletir ve garanti maliyetlerini azaltır. Bu ortamda, hayatta kalmak ve daha iyiye gitmek için ürün, hizmet ve proses her zaman ilk hedeftir.

Bu yeni trend, kaliteye bakış ve kaliteyi geliştirme tekniklerinin de değişmesine sebep olmuştur. Değişkenliğin azaltılmasını sağlamak için kullanılabilen kritik bir araç da deney tasarımıdır (Design of Experiment). Shainin deney tasarımı yöntemi, özellikle kolay ve daha basit bir istatistiksel temele oturtulmuştur. Bu özelliklerinden dolayı endüstriyel uygulanabilirlik basitleşir. Literatür taraması sonucunda bu yöntemin Türk otomotiv yan sanayinde bir uygulamasının olmadığı görülmüştür.

Bunu desteklemek amacıyla; Türkiye’de faaliyet gösteren otomotiv ana sanayindeki firmalar, TAYSAD’a (Taşıt Araçları Yan Sanayicileri Derneği) bağlı otomotiv sektörünün tedarikçisi kuruluşlar ve yedek parça temininde bulunan kuruluşlara anket yapılarak Shainin’in deney tasarımı yönteminin ve bu yöntemin araçlarından olan ön kontrol (pre-control) ve çoklu değişken kartlarının (multi-vari chart) ne ölçüde bilindiği ve hangi kapsamda kullanıldığının saptaması üzere araştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın devamı olarak otomotiv sektöründe ana sanayinin birinci sınıf tedarikçisi bir kuruluşta öncelikli olarak Shainin deney tasarımı gerçekleştirilmesinde kullandığı araçlardan ön kontrol kullanılarak; prosesin izlenmesi ve

optimizasyonu, çoklu değişken kartı kullanılarak; seçilen proste değişkenliği oluşturan faktörün tespit edilmesi için bir modelin oluşturması amaçlanmıştır.

## 2. KALİTE VE KALİTEYLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde kalite yönetim sistemleri ve çevre yönetim sistemi içinde yer alan temel tanımlar incelenmiştir. Kalite ile ilgili hedeflerin gerçekleştirilebilmesi ve etkin bir kalite yönetim sisteminin oluşturulabilmesi için, önce kalite kavramının çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Buna bağlı olarak; kalite, kalite karakteristikleri, tasarım kalitesi, uygunluk kalitesi, performans kalitesi, kalite kontrol, kalite güvence, toplam kalite kontrol ve toplam kalite yönetimi konularında literatürden bilgiler verilmiştir.

### 2.1 Kalitenin Tanımı

Kalite konularından söz edilirken akıllara gelen ilk husus üretim kalitesi olmaktadır. Üretim, bir gereksinmeyi karşılamak amacı ile fiziksel bir varlık yaratmak veya bir hizmet görmek anlamındadır. Günümüzde teknik ve ekonomik gelişmelerin üretimden tüketime kadar her aşamada meydana getirdiği değişimler, ürün kalitesinin önemini arttırarak çok sayıda sorunu da beraberinde getirmiş ve kalite kavramı bir çok mühendisi, yöneticiyi, üreticiyi ve tüketiciyi ilgilendiren başlıca konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada; daha çok üretim kalitesine ve üretim aşamalarındaki kalite faktörlerine yer verilecektir. Üretim için son derece önem taşıyan kalite kavramının tanımı yapılmıştır.

ISO 9000: 2000 standartlar serisinde “Kalite, yapısal özellikler takımının şartlarının yerine getirilme derecesidir.” şeklinde yer almaktadır (EN ISO 9000:2000).

Bu önemli kavram hakkında birçok uzman tarafından tanım yapılmıştır. Uzmanlar kaliteyi 2 aşama olarak tanımlar. Burada birinci aşama; toleransların içinde kalma, ikincisi ise; gittikçe artan bir şekilde müşteriyi memnun etmektir.

Kalite “en iyi” demek değildir. Kalite, bir ürün hakkında müşteri veya kullanıcıların bir yargısıdır; üründen beklentilerinin karşılanma ölçüsüdür.

### 2.2 Kalite Karakteristikleri

Kalite karakteristikleri kabaca 2 grupta değerlendirilebilir; niceliksel ve niteliksel karakteristikler. Ölçülebilir veya sayısal olarak anlatılan karakteristikler nicelik olarak adlandırılır. Örneğin; bir silindirin çapının milimetre cinsinden ifade edilmesidir.

Bir nitelik; eğer uyulması gereken spesifikasyon gereklerine uyabilen veya uyamayan olarak sınıflandırılabilir, bu bir kalite karakteristiğidir. Bir kalite karakteristiği eğer; bir ölçükle



ölçülemezse, bundan dolayı bir nitelik olarak ele alınır. Örneğin; bir kumaşın renginin kabul edilebilir veya edilemez olması (Kartal, 1999).

### **2.3 Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar**

Kalite, bir işletmenin genişletilmiş prosesinin sonsuz iyileştirme çalışmalarını da bütünü ile kapsar. Genişletilmiş proses, işletmenin tedarikçiler, müşteriler, yatırımcılar, işgörenler ve toplum ile bütünleştirilmesi anlamında kullanılmaktadır (Bozkurt, 1995).

Genişletilmiş prosesin başlangıcı müşterinin isteklerinin kuruluşa bildirilmesidir. İşletmenin en önemli hedeflerinden biri müşteriyi tatmin etmektir. Genişletilmiş prosesin diğer tarafında tedarikçiler bulunmaktadır. İşletme ve tedarikçileri müşteriyi tatmin edecek kaliteli ürünler üretmek için birlikte çalışmaktadırlar (Bozkurt, 1995 - a).

Burada kalitenin üç tipini göz önüne almak gerekir:

1. Tasarım kalitesi
2. Uygunluk kalitesi
3. Performans kalitesi

#### **2.3.1 Tasarım Kalitesi**

Tasarım kalitesi, bir ürünün amaçlanmış görünümüne sahip olma derecesidir. Genellikle hedeflenmiş kalite olarak da adlandırılmaktadır. Bir üretici firma, bir ürünü belli bir kalite düzeyiyle (hedeflenmiş kalite) yaratmak ister. Genellikle tasarım kalitesi yükseltmek istendiğinde maliyetler de buna bağlı olarak artacaktır (Şimsek, 2001).

Tasarım kalitesi, müşteri araştırmaları ve satış ziyaretleri ile başlar ve müşteriyi tatmin edecek bir ürün kavramının belirlenmesi ile devam ettirilir. Daha sonra ürün kavramı için spesifikasyonlar hazırlanır. Bir işletmenin ürün anlayışı sürekli ve sonsuz iyileştirme ise, müşteri araştırmaları ve satış ziyaret analizlerine de özel bir önem verilmesi gerekecektir.

#### **2.3.2 Uygunluk Kalitesi**

Uygunluk kalitesi, bir ürünün, tasarım amacına göre uygulanabilme derecesidir. Eğer tasarım kalitesi ile uygunluk kalitesi arasında fark varsa, hatalı üretim ve yeniden işleme düzeltilen üretim gerçekleşmiş demektir. Kalite kontrolün etkinliği arttıkça, yani kalite spesifikasyonlarına uygunluk derecesi yükseldikçe, bozuk mal sayısı azalır. Dolayısıyla; bozuk ürünlerin ortaya çıkardığı malzeme - işçilik kayıpları ve tamir maliyetleri ile müşteri şikayetleri hızla azalır (Şimsek, 2001) (Kobu, 1981).

Tasarım ve uygunluk kalitelerinin saptanmasında 2 noktadan harekete geçilmelidir: a) tüketicinin istekleri b) teknolojik olanaklar. Teknolojik olanaklar; eldeki malzeme, makina, işgücü ve teknik bilgi (know-how) potansiyelinin gerçekçi bir değerlendirmesi sonunda belirlenir (Juran, 1975).

### 2.3.3 Performans Kalitesi

Performans kalitesi; işletmenin ürünlerinin pazardaki performans düzeylerinin, müşteri araştırmaları ve satış analizleri ile belirlenmesidir. Bu belirleme çalışmaları; satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin neden işletmenin ürünlerini satın almadıklarının araştırmasını içerir (Bozkurt, 1995- a).

Performans kalitesi çalışmalarında kalite kaybı 2 kaynakta aranmalıdır. İlk olarak kalite kaybı, ürünün karakteristiklerinin pazarın gereksinimlerinden farklı bir şekilde üretildiği proste olur. İkinci olarak kalite kaybı, kalite karakteristikleri değişiminin çok fazla olduğu ürün üreten proseslerde ortaya çıkar. Bu iki kalite kaybı genişletilmiş prosesin performans kalitesi aşamasında aranmalıdır.

## 2.4 Kalite Kontrol

ISO 9000: 2000 revizyonunda kalite kontrol ‘genellikle ima edilen veya zorunlu olarak beyan edilen ihtiyaç veya beklentiler olan, kalite şartlarını yerine getirmeye *odaklanmış*, bir kuruluşun kalite bakımından idare ve kontrolü için koordine edilmiş faaliyetler olarak nitelendirilen kalite yönetiminin bir parçasıdır’ şeklinde tanımlanmıştır (EN ISO 9000:2000, 17/12/2000).

Kalite kontrol; belirlenen spesifikasyonlara uygun olarak üretim yapan ve bunu gerçekleştirebilmek için (Zairi, 1993) hataları saptamak ve trendleri görmek amacıyla yürütülen eylemler ve bu eylemlerde kullanılan teknikler ve araçlardır. Örneğin; istatistiksel proses analizleri, muayeneler v.b.

## 2.5 Kalite Güvence

ISO 9000: 2000 revizyonunda kalite güvence ‘genellikle ima edilen veya zorunlu olarak beyan edilen ihtiyaç veya beklentiler olan kalite şartlarının yerine getirileceğine *dair güvence sağlamaya odaklanan* bir kuruluşun, kalite bakımından idare ve kontrolü için koordine edilmiş faaliyetleri olarak nitelendirilen kalite yönetiminin bir parçasıdır’ şeklinde tanımlanmıştır (EN ISO 9000:2000, 17/12/2000).

Kalite güvencesi, kalite sisteminin etkinliğini belirleyen, mevcut kaliteyi artıran, kalite ile ilgili mevcut veya potansiyel problem alanlarını saptayan ve bu problem alanlarının ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi için yardımcı olan bir prosestir (Miller G. L., 1993).

## **2.6 Toplam Kalite Kontrol**

Kalite kontrolden bir sonraki aşama, toplam kalite kontrol anlayışıdır. Toplam kalite kontrol anlayışında kalite kontrole ek olarak firma organizasyonunda yer alan diğer bölümlerin kalite çalışmalarına katılımı sağlanır. Yönetim kadrosunun üretim kontrol kadrosuna katılma konusundaki ilk atılımları toplam kalite kontrol anlayışı ile sağlanmıştır. Bu anlayışla, kalitenin sadece üretenlerin değil, aynı zamanda yönetenlerin sorumluluğu olduğu ortaya çıkmıştır (Zairi M., 1993).

Japon standartlar enstitüsü TKK'ü şu şekilde tanımlamıştır: Kalite kontrolün sonuç alıcı biçimde uygulanması için, üst yöneticiler, müdürler, amirler, işçiler dahil olmak üzere şirketteki herkesin şirketin pazar araştırma ve geliştirme, ürün planlama, tasarım, üretim planlama, satın alma, satış, imalat, satış sonrası hizmetler, muhasebe, personel, eğitim gibi faaliyet alanlarında işbirliği gerekir. Bu şekilde gerçekleştirilen kalite kontrole, şirket çapında kalite kontrol veya toplam kalite kontrol denir (Imai M., 1994). Toplam kalite kontrol anlayışında daha iyiye ulaşmak için kalite araçlarının ve tekniklerinin kullanımı yaygındır.

TKK, bir kuruluşun tüm faaliyetlerinde kaliteyi yükseltmeyi hedefler ve böylece her aşamada oluşması sözkonusu hataları önler. Hataların önlenmesi ile kayıplar azalır; fire, ıskarta, ikinci kalite ürün, gereksiz stoklar, zaman kayıpları, teslimattaki gecikmeler vb. gibi tüm olumsuzluklar ortadan kaldırılır. Bütün bunların sonucunda, maliyetler düşer ve müşterilerin beklentileri tam olarak karşılanır (Kavrakoğlu I., 1990, 22 – 23 Kasım).

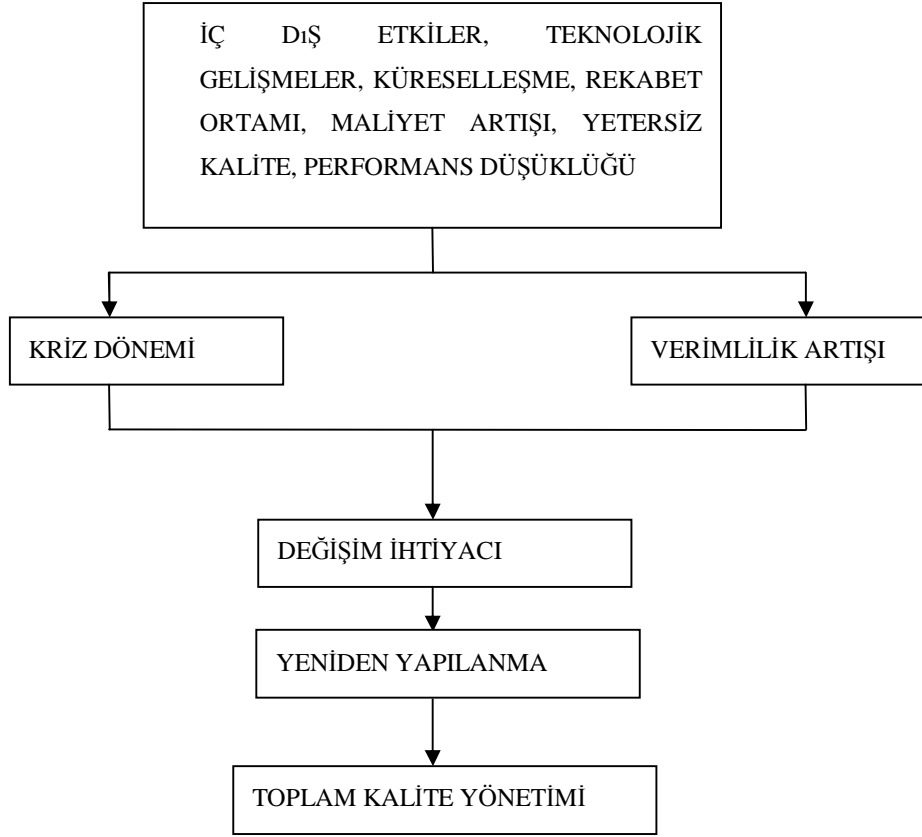
## **2.7 Toplam Kalite Yönetimi**

Teoride ve literatürde yönetim, bir grup insanı belirlenmiş bir amaca yönlendirme, aralarında işbirliği ve koordinasyonu sağlama çabası iken, uygulamada sonuç ve sermaye odaklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat, günümüzde şirketlerin yöneticilerini etkileyen güçlü unsurlar, yönetim kavramını proses ve insan odaklı olarak değerlendirmeye ve bu kapsamda yönetim teknikleri uygulamaya zorlamaktadır. Yöneticileri böyle bir anlayış değişikliğine zorlayan güç unsurlarını üç başlık altında toplayabiliriz:

- Dinamik pazarlar ve değişim,
- Rekabet,

- Kalite ve müşteri.

Bu üç unsur kısaca toplam kalite yönetimi olarak ifade edilen bir anlayışın ortaya çıkmasındaki en önemli etkenlerdir. Şekli 2.1 TKY'nin ortaya çıkış nedenini açıklamaktadır (Çetin N., 1999).



Şekil 2.1 Toplam kalite yönetiminin ortaya çıkış nedeni (Çetin N., 1999)

Feigenbaum'a göre; işletme çapında işgücü faaliyetlerini koordine ederek, bilgilerin efektif kullanımı, teknik ve yönetsel araçların bütünleştirilmesi yolu ile müşterinin kalite tatminini sağlayan ve ekonomik kalite maliyetlerine ulaşılmasını sağlayan bir sistemdir (Feigenbaum A., 1983).

Juran, toplam kalite yönetimini işletmeler için rekabette üstün olabilmede temel bir stratejik silah olarak kabul etmektedir.

Toplam kalite anlayışı ile işletmenin bütün girdilerinin (bilgi, malzeme, işçilik ve ekipman vs.) kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanır. Girdilerin kalitesi yükseldikçe, proseslerde kusurlu oluşumu engellenecektir ve böylece kusurlar bir sonraki prosese geçemeyeceği için, her prosesin etkinliği en üst düzeyde olacaktır (Bozkurt R., 1994 - b).

Yönetim, kalite ile ilgili stratejik yöntemleri uygulamak zorundadır. Önemli olan, ürünün çok yüksek kalitede olmasından ziyade, firmanın seçilen yöntemlerle başarılı bir şekilde yönetilmesi ve rekabet eden bir konuma gelmesidir.

Toplam kalite yönetimi sadece kaliteye hakim olma kavramı değil, aynı zamanda bir yönetim düşüncesi ve felsefesidir.

Klasik yönetim yaklaşımının amacı; belli bir standardı oluşturmak, belirlenen standartlara göre üretimi gerçekleştirmek ve denetim altına almaktır. Toplam kalite yönetimi hiçbir standardı kabul etmeyen, sürekli geliştirme, iyileştirmeyi amaçlayan bir sistemdir. Hemen hemen her konuda klasik yönetim yaklaşımının tersine çevrilmesi gerektiği ortaya çıkacaktır (Efil İ., 1999).

Toplam kalite yönetimi, rekabet gücünü geliştirmede yüksek başarı sağlayan bir sistemdir. Bunu gerçekleştirirken “kalite - maliyet - verimlilik - kar” ilişkisine geleneksel anlayıştan çok daha farklı bir açıdan yaklaşmaktadır (Aydınceren A., 1993).

Toplam kalite yönetiminin en önemli özellikleri; müşteri odaklılık, organizasyonel verimlilik, bilgi teknolojisi, yetki devri, süreç iyileştirme, liderlik ve stratejidir.

Toplam kalite yönetimi çalışmalarının en temel özelliği, işletmenin değişim geçirmesidir. Toplam kalite yönetiminde değişim prosesinin temelinde üç bileşeni mevcuttur: model, ölçütler ve metot. Burada çıktının, müşterinin ve tedarikçinin tanımlanmasından sonra proseslerin tanımlanmasına bağlı olarak müşteri ve tedarikçi beklentileri yeniden tanımlanır. Bu beklentilerin karşılanıp karşılanamadığına karar verilir. Bu konuda herhangi bir gelişme imkanının olup olmadığı incelenerek gelişme imkanı varsa yeni bir metot geliştirilir. Eğer gelişme imkanı bulunamamışsa müşteri beklentileri yeniden tanımlanır. Gelişme imkanı belirlendiği takdirde gelişme için yeni bir yöntem tasarlanır.

Japonya'nın rekabetteki başarısının Batı tarafından anlaşılmasıyla ve 1980'lerin ikinci yarısından sonra ISO 9000 standartlarına duyulan yoğun ilgi ile bu defa Kalite Güvencesi ve Toplam Kalite Yönetimi kavramlarının birer fırtına gibi esmeye başladığı görülmektedir. Ülkemizde olduğu kadar uluslararası düzeyde bu iki kavram, halen güncelliğini korumakta ve artarak ilgi odağı olmaya devam etmektedir (Dinçmen M., 1997).

### 3. ULUSLARARASI STANDARTLARA GÖRE ÜRÜN VE SİSTEM KALİTESİ

Gelişmiş ülkeler ve özellikle dahil olma sürecinde yer aldığımız Avrupa Topluluğu'ndaki ithalatçı firmalar, ihracat yapan firmalarımızdan tüm kademelerdeki faaliyet, proses ve ürünlerini; kalite, çevre ve çalışan sağlığı konularında belli bir sistem dahilinde yerine getirip, üretmelerini talep etmektedirler. Bu talepler, ancak yönetim sistemlerinin kurulması ve bu sistemlerin akredite denetim kuruluşları tarafından belgelendirilmeleri ile karşılanabilmektedir. Dolayısıyla yurtdışına açılmak isteyen kuruluşlara bu belgeleri almak dışında bir alternatif kalmamıştır.

Yönetim sistemi; kuruluşun proseslerini veya aktivitelerini yönetmek için neler yaptığını ifade etmektedir. Yönetim sistem standartları, işletmelere yönetim sisteminin kuruluş ve idamesi için bir model sağlamaktadır. Bir yönetim sistemi kurulması söz konusu olduğunda, standartların içerdiği maddelerin tümüne uyulması gerekliliği vardır.

Kalite Sistemi; müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesinden, müşterinin tatmin edilmesine kadar, kalite halkasının her kademesi için, ürün niteliğini etkileyen teknik, idari ve insani faktörlerin optimize edilmesidir (EN ISO 9001:2000, 17/12/2000). Ticarete karşı olan engelleri ortadan kaldırıp imalattaki akışkanlığı sağlar. Kalite sisteminde, düşünülenin yazılması, yazılanın uygulanması ve uygulamaların belgelenecek kanıtlanması esastır.

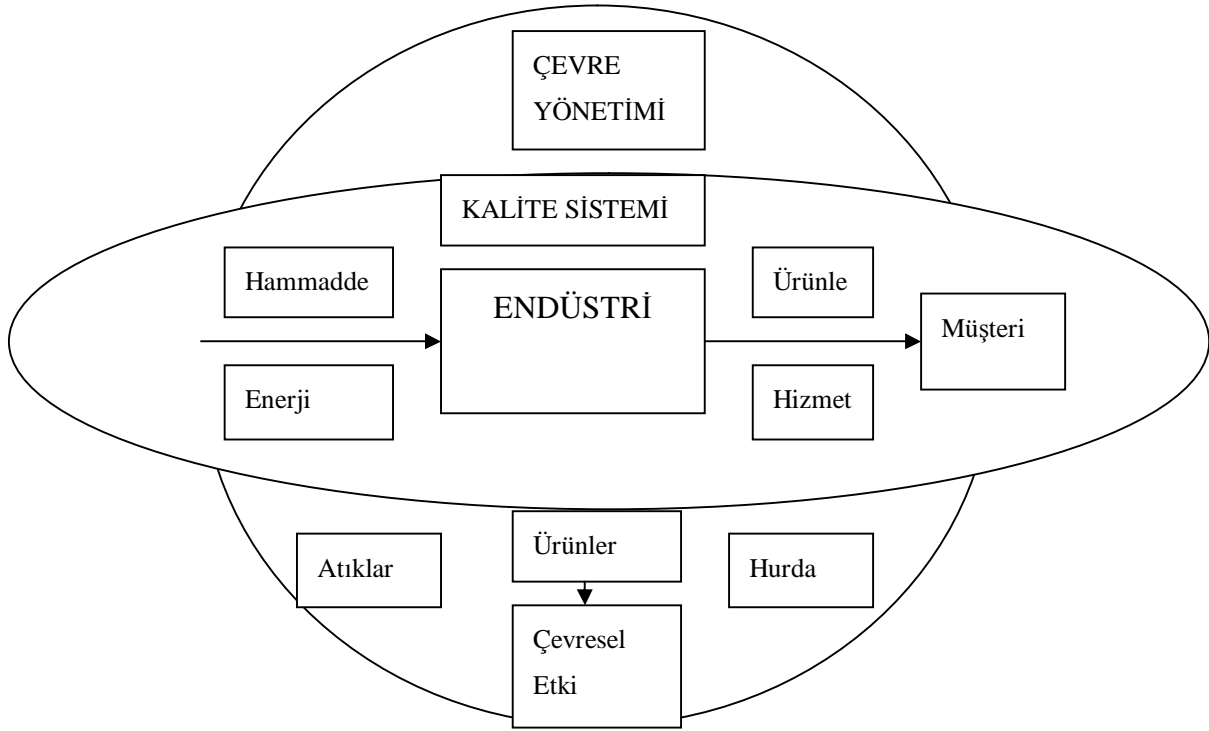
Bu sistemlerin en çok bilinen ve yaygın olanı ISO 9000 kalite yönetim sistemidir. Ancak sektörel olarak durum analiz edildiğinde ISO 9000 kalite yönetim sisteminin yeterli olmadığı ve her sektörün kendine has standartları geliştirdiği görülmektedir. Örneğin; otomotiv sektöründe QS 9000, VDA 6.1, ISO/TS 16949, gıda sektöründe HACCP, askeri malzemeler üreten işletmelerde AQAP, telekomünikasyon sektöründe TL 9000 ve havacılık sektöründe AS 9000 sektörel olarak yayınlanmış standartlardır. Bu kalite yönetim sistemlerinden hangisi işletmenin içinde bulunduğu sektöre uygun ise, o kalite sistemi uygulanmalıdır.

ISO 9000 standartları esasen “Kalite Yönetimi” ile ilgilidir. Basit bir anlatımla “Kalite Yönetimi” kavramı ile, firmanın ürününün müşteri ihtiyaçlarını karşılayabildiğini garanti altına almak için ne yaptığı kastedilmektedir.

ISO 14000 Çevre Yönetim Sistem Standartları ise; kuruluşun faaliyetlerini kontrol altında tutarak, çevreye verdikleri dolaylı veya dolaysız tüm zararlı etkilerini minimize etmelerini, kaynak ve enerji kullanımını azaltmalarını, tüm bu faaliyetlerin sürekliliğini sağlamayı amaçlayan bir sistem kurmalarını ve bu sistemi geliştirip sürekliliğini sağlamalarını öngören standartlar serisidir.

Bu tip yönetim sistemi standartları; kuruluşun kalitesini etkilemekte, faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini belirlemekte ve proseslerini yönetmek için ne yapması gerektiğini öngörmektedir [1].

Özellikle kalite ve çevre yönetim sistemleri standartları arasındaki benzer yapı, bu yönetim sistemlerini beraber uygulayabilme olanağı sağlamıştır. Kalite ve çevre yönetim sistemleri arasındaki ilişki Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

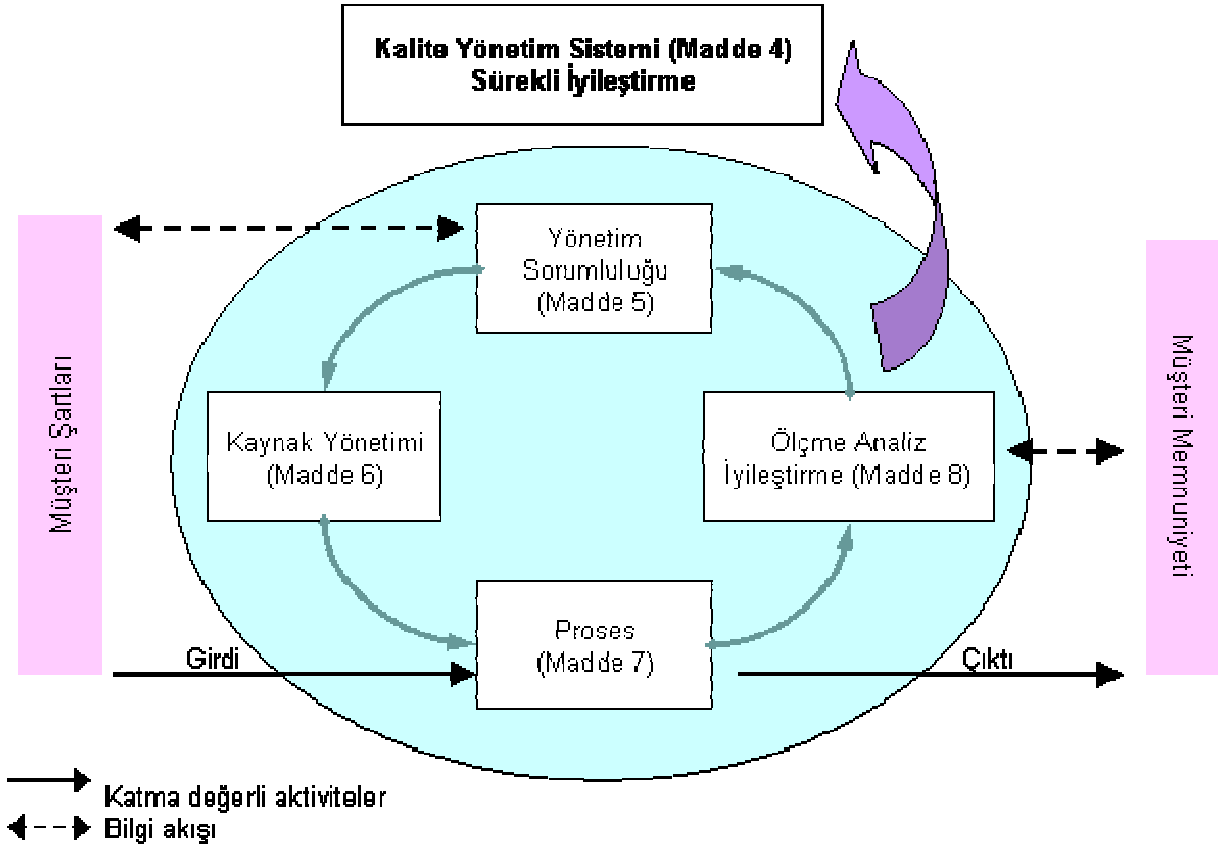


Şekil 3.1 Kalite ve çevre yönetim sistemleri arasındaki ilişki (Borri F., 1995)

2000 revizyonunda ISO 9000:2000 kalite yönetim sistemindeki yapılanma şeması şekil 3.2’de görülmektedir .

Şekil 3.2’de proses modelinin tanımı yapılmaktadır. Burada görüldüğü gibi, işlem modelinde, toplam kalite yönetiminin de temel ilkelerinden olan müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme ön plana çıkmaktadır. Şekilde görülen bu modelin sağlanabilmesi, ISO 9000:2000 revizyonundaki 5, 6, 7 ve 8. maddelerin oluşturduğu 4 ana maddenin sistem içindeki döngüsü ile gerçekleşir (Durakbaşa M. N., 2001).

Bu çalışma otomotiv sektörüyle ilgili olduğu için; daha sonraki incelemelerde QS 9000, ISO/TS 16949 ve son zamanlarda gündeme gelen ISO 14000 standartları üzerinde duruldu.



Şekil 3.2. Kalite yönetim sisteminin temel proses modeli (EN ISO 9001:2000)

### 3.1 Otomotiv Sektöründeki Uluslararası Standartlar

#### 3.1.1 Otomotiv Tedarikçilerinin Kalite Sistemi QS 9000

ISO 9000 kalite yönetim sisteminin yeterli olmadığını ve daha net tanımlamalarla çalışması gerektiğini fark eden otomotiv sektörü, kendine has standartlar geliştirmiştir. Otomotiv yan sanayi için; geliştirilen standartlara uyum sağlaması zorunlu hale gelmiştir.

QS 9000 standardı temel olarak ISO 9001:1994'ün Bölüm 4'ünü benimsemiş ve *italik* harflerle baskıya dahil edilmiştir. Yorumlar ve otomotiv sanayine özgü tamamlayıcı kalite sistem koşulları normal harflerle baskıya alınmıştır. QS 9000 standardı, ISO 9001'den farklı olarak zorunlu ve tavsiye niteliğinde koşullar içermektedir. Zorunlu koşullar “cektir/caktır” ekleri ile, tavsiye niteliğindeki koşullar ise “melidir/malıdır” ekleri ile belirtilmiştir (QS 9000, 1995).

QS 9000'in ISO 9000'den ayrılan diğer bir yönü de; otomotiv sektöründe yan sanayi ve fason



üretim yapan, hammadde ve yardımcı malzeme sağlayan, çeşitli servis parçaları üreten, ısıtma işlemi, yüzey bitirme işlemleri gibi ek işlemleri yaparak destek sağlayan firmalara uygulanabilir olmasıdır. Oysa ISO 9000 standartları, yukarıda anılan üreticilerin yanısıra oteller, gazeteler, turizm firmaları gibi hizmet sektöründe çalışmalar yapan tüm kuruluşlara uygulanabilir niteliktedir.

QS 9000, Amerika'nın üç büyük üreticisinin ortak çalışması sonucu kendi tedarikçilerinin kalite sistem şartlarının genel uygulanabilir kalite standardı şeklinde bir araya getirilen şeklini temsil eder. (Scrimshire D., 2000).

QS 9000 standardının temel olarak alınması ve otomotiv endüstrisine uyarlanması, yan sanayi üreticisi firmalara ek bir takım yaptırımlar getirmektedir. Bunlar;

- ISO 9001 gerekleri arasında zorlayıcı bir nitelik taşımayan bazı önemli ürün ve proseslerin tanımlanması,
- Proses yeterlilik performansı, ürün ve proses karakteristikleri üzerindeki ölçüm sistemleri çalışmaları,
- Bu karakteristiklerin özel ürünlerde nasıl kontrol altında tutulacağını tanımlayacak kontrol planlarının geliştirilmesidir.

QS 9000 standardı, ISO 9000:1994 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. ISO 9000:1994 standardı 12 sayfalık bir doküman olmasına karşılık, QS 9000 standardı 106 sayfalık bir kitap halindedir ve üç bölüme ayrılmıştır. Bu bölümler; Bölüm I, Bölüm II ve Bölüm III olarak adlandırılmıştır.

Bölüm I; ISO 9001'in temel alındığı şartları içermekte olup, ISO 9001'in dördüncü bölümü tüm haliyle bu bölümde yer almış ve 59 adet yeni madde eklenmiştir.

Bölüm II; otomotiv sektörüne özgü şartların yanısıra, üretim parçası onay prosesi (Production Part Approval Process – PPAP), sürekli iyileştirme ve üretim yeterliliği adlarında üç adet ilave konuyu kapsamaktadır. Böylelikle standarda 9 adet yeni madde eklenmiş olmaktadır.

Bölüm III ise; Ford, Chrysler, General Motors ve diğer kamyon üreticilerine özgü şartları kapsamakta, kritik özellikler, denetimler, ısıtma işlemi, malzeme vasıflandırılması ve etiketleme gibi konuları içermektedir.

QS 9000 standardının firmalarda uygulanabilmesi için sadece yönetim şartları yeterli olmamaktadır. Yönetim şartlarına ilaveten altı adet temel el kitabının da uygulanması gerekmektedir. Temel el kitaplarının gereksinimleri, QS 9000 standardının gereği olarak

uygulanen şartlar kadar önemlidir. Bu gereksinimler de en az QS 9000 standardının gereksinimleri kadar uygulanmalıdır. QS 9000 sisteminde yer alan el kitapları aşağıda verilmektedir;

### 1. Üretim Parçası Onay Prosesi( *Production Part Approval Process – PPAP*)

Bu kitapçık; Chrysler, Ford ve General Motors'un kalite ve parça onay sorumluları, Amerikan Kalite Kontrol Derneğinin (American Society For Quality Control – ASQC) Otomotiv Bölümü ile Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (Automotive Industry Action Group – AIAG) derneğinin yardımlarıyla geliştirilmiştir (PPAP, 2000).

Üretim Parçası Onay Prosesi el kitabının amacı; müşteri firmanın bütün mühendislik, resim ve spesifikasyon gereklerinin üretici firma tarafından anlaşıldığını belirlemek ve üretici firma prosesinin gerçek üretim şartlarında ve adetlerinde bu gerekleri karşılayacağından emin olmaktır (PPAP, 2000).

### 2. Ölçme Sistemleri Analizi (*Measurement System Analysis – MSA*)

Ölçüm sistemlerinde referans olarak kullanılan bu el kitabı; Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQS) Otomotiv Bölümü ve Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) himayesinde, Chrysler, Ford, General Motors Yan Sanayi Kalite Şartları İş Takımı onaylı ve Ölçüm Sistemleri Analiz Çalışma Grubu tarafından geliştirilmiştir (ÖSA, 1995).

Ölçüm Sistemleri Analizi El Kitabı'nın amacı; bir ölçüm sisteminin kalitesine değer biçmek için izlenecek yöntem seçimi konusunda ana hatları sunmaktır. Bu ana hatlar, herhangi bir ölçüm sisteminde kullanılabilir kadar genel olmasına rağmen, esas olarak endüstride kullanılan ölçüm sistemleri için tasarlanmışlardır. Esas odak noktaları, her parça üstündeki kalite kontrol değerlerinin tekrarlanabileceği ölçüm sistemleridir. Analizlerin bir çoğu diğer tip ölçüm sistemleriyle de kullanılabilir. El kitabı bu ölçüm sistemleri için referanslar ve öneriler içermektedir. Fakat yan sanayi üreticileri bu tür sistemlere sahip değilse, uluslararası kabul edilmiş bir istatistiksel kaynaktan destek almaları tavsiye edilmektedir.

Ölçüm verileri daha önce kullanılmadığı kadar sık ve değişik şekillerde kullanılmıştır. Örneğin, bir üretim prosesinde ayarlama yapılıp yapılmayacağına karar, genellikle ölçüm verilerine dayandırılacaktır. Ölçüm verileri veya bunlardan hesaplanan bazı istatistikler, prosesin bazı istatistiksel kontrol limitleri ile karşılaştırılır. Eğer karşılaştırma prosesin istatistiksel olarak kontrol dışına çıktığını gösterirse bir takım ayarlamalar yapılır. Proses kontrol içindeyse, prosesin ayarlama yapılmadan yürütülmesine izin verilir. Yan sanayi üreticileri bu sistemleri kullanarak ölçüm veri kalitesini yükseltecek, kalite sistemlerini sürekli iyileştirerek toplam kalite yolunda önemli adımlar atacaktırlar.

### 3. İleri Ürün Kalite Planlaması (*Advance Product Quality Planning – APQP*)

İleri Ürün Kalite Planlaması el kitabında yan sanayi üreticilerine, ileri ürün kalite planlaması ve kontrol planı hakkında gerekli bilgiler verilmektedir. Ürün kalite planlamasının amacı; ürünün müşterinin istediği özelliklere göre üretilmesi için gerekli tüm adımların zamanında tamamlanabilmesi için ilgili kişiler arasında iletişimi kolaylaştırmaktır. Bir başka deyişle, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak ürün geliştirilmesi için bir ürün kalite planlamasının oluşturulmasına kılavuzluk etmektedir. Yan sanayi üreticileri tarafından bu el kitabının kullanılması durumunda aşağıdaki faydalar beklenmektedir:

- Müşteri firmalar ve yan sanayi üreticileri için ürün kalite planlamasının karmaşıklığının azaltılması,
- Ürün kalite planlamasının önemini anlaşılması,
- Müşteri firmaları ve yan sanayi üreticileri arasında ürün kalite planlaması gereksinimlerinin ortak bir dille ifade edilerek standartlaştırılması,
- Müşteri firmalar ve yan sanayi üreticileri arasında ürün kalite planlaması sürecinde daha etkin bir iletişim sağlanması (APQP, 1994).

### 4. İstatistiksel Proses Kontrol (*Statistical Process Control – SPC*)

QS 9000 uygulamalarında öncelikle yapılması gereken faaliyetlerden birisi de prosesi sürekli kontrol altında tutabilecek tekniklerin uygulamaya konulmasıdır. İstatistiksel proses kontrol, ISO 9000 kalite yönetim sistemi içerisinde de yer alan önemli konulardan biridir. İstatistiksel teknikler sayesinde üretim, sürekli kontrol altına alınabilmektedir.

İstatistiksel Proses Kontrol kitapçığının birinci bölümünde; proses kontrolünün geçmişi, prosesin izlenmesi ve ölçülmesi için araç olarak kullanılan kontrol grafikleri tanımlanmaktadır. İkinci bölümde; değişik bilgiler için kontrol grafikleri kullanımı ve anlamları açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde; çeşitli büyüklükler için kontrol grafikleri açıklanmaktadır (SPC, 1995).

İPK'nın işletmeler için olabilecek temel faydaları şunlardır:

- Prosesin, toleransları ne ölçüde karşılayacağını önceden belirlenebilmesi,
- Proses seçimi ve geliştirilmesinde kullanılacak bir temel olması,
- Proses esnasında yapılacak kontrol işlemlerinin sıklığının belirlenmesi,
- Yeni alınacak ekipman için performans kriterlerinin belirlenmesi,
- Yan sanayi üreticilerin seçimi ve değerlendirilmesi,
- Üretim proseslerindeki değişkenliğin azaltılması.

QS 9000 uygulaması yapan işletmeler, İPK yöntemlerini etkin olarak kullanmalı ve bir takım

kişilere de sorumluluklar verilmelidir. Tüm kalite sisteminde İPK uygulaması zorunlu hale gelmiştir. İstatistiksel yöntemlerin uygulamaları prosesin başından sonuna kadar her aşamada kullanılırsa daha etkin sonuçlara ulaşılır.

##### 5. Kalite Sistemi Değerlendirme Rehberi (*Quality Systems Assessment – QSA*)

QS 9000 belgesinin alınabilmesi için gereken bir başka önemli uygulama, kalite sistem değerlendirmesi (*Quality System Assessment – QSA*)’dir. Bu el kitabının amacı; kalite sistem şartlarının QS 9000’e uygunluğunu tayin etmektir. Kalite sistem değerlendirme şartlarının doğru kullanımı, QS 9000 denetimleri yapan müşteri firma personeli, yan sanayi üretici personeli ve birbirleriyle ilgili faaliyetler arasındaki uygulanabilirliğini arttıracaktır.

##### 6. Hata Türü ve Etkileri Analizi (*Failure Mode and Effects Analysis – FMEA*)

QS 9000 uygulamaları içerisinde her zaman kendini hissettiren bir başka uygulama, Hata Türü ve Etkileri Analizi (*Failure Mode and Effects Analysis – FMEA*)’dir. Hata türü ve etkileri analizi; sistem, tasarım, proses ve serviste olabilecek hata türlerini (problemleri, yanlışlıkları, riskleri v.b.) dikkate alarak değerlendiren özel bir metodolojidir.

Bilinen veya potansiyel tanımlanan bütün hatalar için; frekans (hatanın oluşma sıklığı), önem (hatanın önem derecesi), tespit (bulunabilirlik) hususlarında tahminler yapılır. Yapılan tahminlerin sonucuna göre planlanacak, gerçekleştirilecek veya ihmal edilecek faaliyetler ortaya çıkar.

QS 9000 kalite yönetim sistemi gibi ayrıntıları oldukça fazla olan kalite çalışmalarının, işletme üst yönetimince tayin edilen bir ekip tarafından, proje esaslarına göre gerçekleştirilmesi daha uygun olacaktır. Aksi takdirde, sistemin iyileştirilmesi için gerçekleştirilmesi gereken uygulamalar sürekli aksamakta, yapılan çalışmalarla ancak belge alınabilmektedir. Oysa ki, etkin bir şekilde yürütülen kalite çalışmaları ile sürekli iyileştirmeler yapılan toplam kalite yönetiminin, işletmenin tüm paydaşları tarafından benimsenmesi sağlanabilmektedir. İşletmelerin bu tür sıkıntıları gidermeleri ve etkin bir kalite sistemine ulaşabilmeleri için bir çalışma yönteminin geliştirilmesi daha yararlı olacaktır.

QS 9000 standardının ISO 9000 standardına oranla toplam kalite yönetimi anlayışına daha yakın olarak değerlendirilmesinin yanısıra, Hata Türü ve Etkileri Analizi (*Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*), Deney Tasarımı (DT), Kalite Fonksiyonlarını Açınımı (QFD) gibi kalite teknikleri ve iş planları, sevk, fiyat ve işletmecilik gibi unsurları içeren sürekli iyileştirme öngörülleri ile “oldukça sıkı” bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 3.1.2 Otomotiv Tedarikçisinin (Yan Sanayisinin) Kalite Sistemi Standardı ISO/TS 16949

Günümüzde otomotiv endüstrisi küresel bir pazar haline gelmiştir. Otomotiv ve yan sanayi üreticilerinin uluslararası arenada rekabet etmesi, yaşanan birleşme ve şirket evlilikleri de otomotiv endüstrisindeki küreselleşmeyi daha ileriye taşımıştır. Bu gelişmeler sonucunda birçok yan sanayi üreticisi, çeşitli otomotiv standartlarını uygulamak zorunda kalmış ve birden çok belge almıştır. Bazı firmalar aynı anda ISO 9001, QS 9000 ve VDA 6.1 belgelerine sahip olmuşlardır. Çalışılan ana sanayine bağlı olarak otomotiv yan sanayi üreticileri bu belgelerin birçoğunu almak zorunda kalmışlardır. Bundan dolayı; yan sanayi üreticilerinin kalite sistemleri karmaşık bir hal almıştır. Bu yüzden 1990'lı yılların sonlarında yan sanayi üreticilerinin kalite sistemleri için, uluslararası kabul gören tek bir otomotiv standardına ihtiyaç olduğu açıkça ortaya çıkmıştır.

Bir organizasyon otomotiv kalite sistemi için doğru belgelendirmeyi seçiyorsa, bunun iki ana nedeni vardır:

1. Mevcut müşteri şartları: Tedarikçinin müşterisine şartlarının neler olduğunu sorması gereklidir. Müşterinin verdiği cevaplar, tedarikçinin kalite sistem belgesi hakkındaki kararlarını yönlendirir.
2. Olası müşteri şartları: Tedarikçiler kendi iş planlarını hesaplamalarını yapmalıdır ve bu esnada kendilerine olası veya hedefledikleri müşterilerinin kimler olduğunu ve bu müşterilerin talep ettikleri belgelerin neler olduğunu sormalıdır.

ISO/TS 16949 (International Organization of Standardization / Technical Specification 16949) otomotiv yan sanayi standardı, TC 176 (Technical Committee 176)'nin desteği ile Uluslararası Otomotiv İş Gücü Derneği (IATF) ve Japon Otomotiv Üreticileri Derneği tarafından geliştirilmiştir (ISO/TS 16949:1999). IATF; Amerikanın üç büyüklerinin (Ford, GM, Daimler Chrysler), VDA'nın (Almanya), FIEV kalite komitesinin (Fransa), ANFIA (İtalya) ve (İngiltere) bir gruptur (Scrimshire, 2000).

Amerikan ve Avrupa gruplarını kapsayan ortak bir çalışmayla oluşturulan otomotiv tedarikçileri için kalite sistemi özel şartları, ISO/TS 16949:1999 ISO'nun yayınları arasında yer almasıyla sonuçlanmıştır. Bu "taslak teknik şartları (Draft TR)", TC 176 komitesinin üye katılımının genel kabulü ile görüşülmüştür. QS 9000 ile ortak olarak bu teknik spesifikasyonların (TS) temeli, ISO 9001:1994'ün üzerine otomobil endüstrisinin ek şartlarının eklenmesine dayanmaktadır (Scrimshire, 2000).

Eğer tedarikçi ne QS 9000 ne de ISO/TS 16949 belgesini şart koşan ana sanayi (OEM) veya müşterilerine satış yapmıyorsa, ISO 9001:2000'i göz önünde tutmalıdır. Eğer tedarikçi Avrupa veya Asya'daki pazar payı elde etme girişimlerinde bulunuyorsa, Fiat, Renault, Volkswagen, Bavarian Motor Works, PSA Peugeot, Citroen ve üç büyüğün oluşturduğu, uluslararası ana sanayinin (OEM) desteklediği ISO/TS 16949'u seçmesi daha iyidir (Lupe C., 2002-a).

Birçok otomotiv yan sanayicisi, değişik standartlara uyum ve birden çok belgelendirmeye gitmek gibi sorunlar yaşamaktadır (Özbaşıoğlu F., 2001). Üçüncü taraf tetkik planının oluşturulmasıyla ISO/TS 16949, Amerikada ortaya çıkan QS 9000, Almanların VDA-6.1, Fransızların EAQT ve İtalyanların AVSQ'a alternatif olacaktır (Scrimshire, 2000).

ISO/TS 16949:2002'de, ISO 9001:2000'in olumlu ve olumsuzluklarıyla tüm metninden yararlanılır. ISO 9001'de olduğu gibi, yeni ISO/TS 16949 de ilk versiyonundan daha az emredicidir. ISO/TS 16949 için IATF'nin hazırladığı rehberlik edici bir doküman vardır (Lupe C., 2002).

ISO/TS 16949:2002'nin gelecekteki versiyonunun, ISO 14001 (Çevre Yönetim Standardı) gibi diğer uluslararası yönetim sistemleriyle daha tutarlı (paralel doğrultuda-consistency) olduğundan söz edilir (Lupe C., 2002).

ISO/TS 16949:1999'da ISO 9001:1994'e karşılık gelen 20 ana başlık vardır. ISO/TS 16949'a temel olacak şekilde kullanılan QS 9000 3. versiyonunda aynı yaklaşım benimsenmiştir. ISO/TS 16949, 87 yeni alt madde ve birçok ek notun eklenmesiyle 53 sayfadır. Müşteri özel şartlarının karşılanması hala gereklidir ve bunlar 3. taraf tetkiklerin amacını oluşturur. Özel müşteri şartlarının ayrı basılması uygun görülmüştür (Scrimshire, 2000).

Terimlerin tanımlanması, değerlendirme amacıyla yapılır. QS 9000'in 3. versiyonunda, kolayca anlaşılmasını ve tutarlı şekilde uygulanmasını sağlamak için 85 terim tanımlanmıştır. Bu tanımlamaların kullanılması zorunludur. ISO/TS 16949:1999'da bu sayı 60'a ve yeni versiyonda sadece 13'e düşürülmüştür (Reid R. D., 2002-a).

Otomotiv tedarikçileri, ISO/TS 16949 veya ISO 9001:2000 belgelendirmelerini seçtiğinde; bunları tam olarak uygulamadıkları takdirde tüm kalite girişimlerinin kullanışsız olduğunu hatırlatmak önemlidir. Usulünce yapılan ölçümler; hurda miktarının azalmasını, pazar payının ve çalışan tatmininin artmasını sağlar. (Lupe C., 2002).

ISO/TS 16949'un amacı sürekli iyileştirmeye dayanan, hataları önlemenin önemini

vurgulayan, yan sanayi zincirindeki değişkenlikleri azaltan temel kalite sistemlerinin gelişmesidir. ISO/TS 16949 standardında tanımlananlara ek olarak firmaya özel, birime özel, ürüne veya parçaya özel gereksinimler olabilir. ISO/TS 16949 standardı; üretim yönetimini nasıl tasarlamamız gerektiği, tüm kritik aşamaların tanımlanması ve bu aşamaların parametrelerine sürekli iyileştirme uygulanması gibi faaliyetlerin tanımlanmasını sağlamaktadır (Mcatee M., 2002).

Sürekli iyileştirme tüm kalite politikalarının maksadını oluşturan kalite, servis, maliyet ve teknolojinin kalite planlamasıyla açık bir şekilde birleştirilmelidir. Bu hususlar ISO/TS 16949'de ISO 9001'den daha çok TKY felsefesine sahiptir. Tetkikçiler, tedarikçilerin özel proje girişimlerinde hem kalite hemde verimlilik gelişimi için belirlediği fırsatların gerçek delillerine bakarlar. Aynı zamanda sürekli iyileştirme ölçüleri ve metodolojisi (yönetim bilimi) beyin fırtınasının bir araya getirmiş olduğu bir bilginin gösterimine ihtiyaç vardır (Scrimshire, 2000).

Otomotiv üreticileri kendi özel ihtiyaçlarını yan sanayiye yansıtmak için ek gereksinimler belirlemişlerdir. QS 9000 ve ISO/TS 16949 standartları, firmaya özel ihtiyaçların ve sözleşmelerin gözden geçirilmesi prosesinin bir parçası olmuştur. Bu itibarla uluslararası kabul görmüş QS 9000 ve ISO/TS 16949 standartlarının yan sanayi üreticileri tarafından uygulanmaya başlanması bir çeşit zorunluluk haline gelmiştir.

Kalite sistem belgesine sahip olan otomotiv yan sanayicisi sayısı günden güne artmaktadır. Otomotiv üreticileri tarafından istenen belgelendirme talebi önceki dönemlerde sadece ilk sıradaki yan sanayi üreticilerini kapsamakta idi. Ancak talep zamanla ikinci ve üçüncü sıradaki otomotiv yan sanayi üreticilerine doğru yayılmaktadır.(Özbaşoğlu F., 2001)

ISO/TS 16949:2002'de yapılan revizyon; ISO 9001:2000 formatında olacak şekilde düzenlenmiş ve ISO/TS 16949:2002 olarak ifade edilmektedir. ISO 9001:1994 üzerine oturtulmuş TS sertifikalandırmaları Aralık 2003'e kadar yeni formatta göre yenilemeleri gerekmektedir. Onaylama prosesine katılmış Japon Otomotiv üreticileri Japon Ana Sanayi (Japanese OEM) ISO/TS 16949:2002'yi benimsediler (Lupe C., 2002).

Daimler Chrysler yakın bir süre önce tedarikçilerine TS sertifikasyonun 2004'un Temmuzuna kadar yaptırmaları gerektiğini de duyurdu (Lupe C., 2002). Genel Motor, Daimler Chrysler ve Ford Motor QS 9000'i Aralık 2006 tarihinden sonra kabul edilmeyeceklerini duyurdular. Bu yüzden otomotiv tedarikçileri ISO/TS 16949:2002'e geçecekler (Daimler Chrysler, 2002).

ISO/TS 16949 Kalite Sistemi – Otomotiv tedarikçileri- Otomotiv üreticileri ve konuyla ilgili

Servis Veren Organizasyonlar İçin ISO 9001:2000 uygulaması için belirli şartları yorumlayarak uluslararası otomotiv grubunda ISO 9001:2000'i nasıl uygulayabileceklerini yorumladılar. Şirketler müşteri şartlarına sahip olması gerektiğini, parça ve servis müşterinin ihtiyaçlarını karşılaması gerektiğini TS'ye göstermek isterler. Isıl işlem, kaplama ve boyama yapan şirketler uygulama kapsamına uyarken takım, dağıtım, lojistik şirketleri TS belgelendirmesini gerçekleştiremezler (Lupe C., 2002).

Müşteri tedarikçilerinin kalite sistemlerinin tetkikçiler tarafından yapılan bağımsız ve ön yargısız değerlendirme ve gözlem ziyaret bilgilerinin doğruluğundan mesul değildir. Tedarikçiler farklı müşteriler tarafından bir çok tetkikin kendilerini farklı yönlere yönlendirdiği karışık durumun yerini alacak tek bir standarta sahipler. ISO/TS 16949'un önsözünde üçüncü taraf denetlemelerini başarmak için otomotiv tedarik zinciri içindeki tedarikçilerin tümünün üzerindeki baskı daha da artacaktır (Scrimshire, 2000).

Organizasyonlar ve sertifikasyon kuruluşları proses yeterliliği, etkinliği ve etkililiği üzerine odaklanmalıdır. QS 9000 ve ISO/TS 16949'un maddelerinden olan, iş planları, kalite sistem performansı, veri analiz ve kullanımı bu etkilerde yardımcı olabilir. ISO/TS 16949 ve QS 9000 belgesine sahip kuruluşların yöneticileri tasarım raporları, FMEA, Kontrol planları ve operatör açıklamalarını kullanmalıdır. Olasılık planlaması ve tedarikçi gelişimi gibi diğer elementler krizden kurtulmak gerektiğinde kullanılır (Lupe C., 2002-a).

### **3.1.3 ISO/TS 16949 Otomotiv Tedarikçisinin Kalite Yönetim Sisteminde Proses Yaklaşımı**

Bir girdiyi alıp çıktıya dönüştüren herhangi bir faaliyet veya işlem, bir proses olarak düşünülebilir. Ürüne yönelik faaliyetlerin ve işlemlerin neredeyse tümü proses olarak tanımlanabilir [2].

Kuruluşlar, işlerini etkin olarak icra edebilmek için birbiriyle bağlantılı çeşitli prosesleri tanımlamalı ve yönetmelidir. Genellikle bir prosesin çıktısı, bir sonraki prosesin girdisi olarak kabul edilmektedir. Kuruluşlardaki farklı proseslerin sistematik olarak tanımlanması, yönetilmesi ve özellikle ilgili prosesler arasındaki etkileşimi açıklayan yaklaşıma "Proses Odaklı Yaklaşım" denir (Durakbaşa M. N., 2001).

Proses odaklı yönetim sistemleri kuruluşlara önemli avantajlar sağlar. Proses yaklaşımı; proseslerin kolayca tanımlanması, yönetilmesi ve iyileştirilmesi için fırsatların değerlendirilmesine imkan verir.

Bu standart, kalite yönetim sisteminin müşteri şartlarını karşılamak amacı ile müşteri



tatminini arttırmak için kalite yönetim sisteminin geliştirilmesi, uygulanması ve etkinliğinin iyileştirilmesinde proses yaklaşımının benimsenmesini teşvik eder.

Proses yaklaşımının avantajı; kalite yönetim sistemi bünyesinde prosesler arası bağlantının oluşturulması ve proseslerin karşılıklı etkileşimleri üzerinde sürekli kontrolün sağlanmasıdır.

Kalite yönetim sisteminde proses yaklaşımı ile;

- 1) Şartların anlaşılmasının ve yerine getirilmesinin,
- 2) Proseslerin değer katma açısından dikkate alma gereksiniminin,
- 3) Prosesin performans ve etkinliğinin sonuçlarının elde edilmesinin,
- 4) Objektif ölçmelere dayandırılan proseslerin sürekli iyileştirilmesinin önemini vurgular.

ISO 9001:2000 standardını baz alan ISO/TS 16949'de sürekli iyileşme yapısının organizasyonla bütünleştirilmesi için Deming döngüsünü baz alan (Planla – yap – kontrol et – önlem al) proses yaklaşımına göre yeniden yapılandırıldı. Yeni standart, kuruluşların yönetim ve prosesleri ile ilgili gelişme fırsatlarının tanımlanması ve yönetilmesinde proses odaklı yaklaşım esaslarının benimsenmesini teşvik etmektedir.

### **3.2 Kalite Yönetim Sistemlerine Farklı Bir Boyut Getiren ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standardı**

Günümüzün temel yaklaşımı, sürdürülebilir kalkınmadır. Sürdürülebilir kalkınma; gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama yeteneği engellenmeden, bugünün gereksinimlerini karşılamaktır (İnal F., 2003).

Sürdürülebilir kalkınmayla, küresel kaynakların korunması gibi konuları içeren ve uluslararası bir standartlar serisi olan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi, dünyada ve ülkemizde oldukça önemli bir konuma gelmiştir.

Özellikle Türkiye ekonomisinde çok önemli bir yere sahip ve sürekli gelişmekte olan otomotiv sektörü, kurmuş olduğu dernek, komite ve yürütmekte olduğu faaliyetleri ile çevrenin korunması konusunda, sürdürülebilir kalkınma felsefesi çerçevesinde, kendi sorumluluğunu tümüyle kabul etmekte ve gereken hassasiyeti göstermektedir. Sektördeki firmaların tümü Çevre Yönetimi konusunda bilinçli davranmaktadır ve pek çoğu ISO 14001 belgesini almış durumdadır.

ISO tarafından yayınlanan ISO 14001:1996 Çevre Yönetim Sistemi Standardı'nın, sektörel ayırım yapılmaksızın çeşitli ölçekte firmalar tarafından uygulanabilmesi öngörüldü. Mevcut belgeli firmaların Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) ile ilgili tecrübeleri de dikkate alınarak, ISO

14001:1996 standardının revizyon sürecine 1999 yılında karar verildi. Revizyonun amacı, standart maddelerinin netleştirilmesi ve ISO 9001:2000 standardı ile uyumun artırılması olarak tanımlanmıştır. ISO 14001:2004, 15 Kasım 2004 tarihinde yayınlandı.

Çevre Yönetim Sisteminin (ÇYS) uygulanmasındaki en büyük avantaj, işletme maliyetlerindeki azalmadır. Kirlilik önleme ve atık yönetim/azaltma konusuna verilen önem, yöneticileri sürekli olarak daha düşük maliyetli çözümler aramaya yöneltmektedir. Ayrıca finansal performansta da artış gözlenmektedir. İşletmeler, faaliyetlerinin ürün çevresel etkilerinin dikkate aldıkça, yalnızca kendi verimliliklerine değil, aynı zamanda çevreye de faydalı olacak değişiklikler yapmaktadırlar. Atık ve emisyonlarda azalma sağlanmakta ve enerji verimliliği elde edilmektedir. Gelişmiş bir çevre performansı sayesinde işletme, toplumsal ilişkilerde de gelişecek, olumlu bir imaj kazanacaktır. ÇYS'nin uygulanıyor olması, çevreye duyarlı müşterileri tatmin edecek, rekabet avantajı sağlayarak pazar payının da artmasını sağlayacaktır. Ayrıca dünya ticareti üzerinde de potansiyel etki yaratacaktır. ÇYS'nin eğitim boyutu, işletmenin çevre performansının geliştirilmesinde çalışanların da katılımını sağlayacaktır. İşleyen bir ÇYS'ne sahip olan işletmeler, resmi otoritelerden daha rahat izin alabilmekte ve daha basit kontrollere maruz kalmaktadırlar (Us A. T., 2000).

Standardın 2004 revizyonunun temel yapısı aşağıda özetlenmiştir;

- ÇYS standardı gereklilikleri sade bir dille tanımlanarak netleştirildi,
- ISO 9001:2000 ile uyum artırıldı,
- Çevre performans tanımı netleştirilerek çevresel performansın ölçülmesi, analiz edilerek iyileştirilmesi çeşitli maddelerde vurgulandı,
- Çevre Yönetim Sisteminde proses yaklaşımı vurgulandı,
- Çevre Boyutları Yönetim Süreci kapsamı netleştirildi,
- Yasal gereklilikler ön plana çıkarıldı.

ISO 14001:2004 versiyonu ile gelen değişiklikler ise;

- 4.1 (Genel) maddesinde ÇYS oluşturulmalı, dokümente edilmeli, uygulanmalı, devamlılığı sağlanmalı, sürekli iyileştirmeli ve bu şartları nasıl karşıladığını belirtmelidir.
- 4.2 Çevre Politikası maddesi kapsamında yalnızca çevre mevzuatı değil, çevre boyutları ile bağlantılı, yükümlü olduğu yürürlükteki yasal ve diğer şartlara riayet edeceğine dair taahhüt çevre politikasının içinde yer almalıdır. Politika, kuruluşta ve onun adına çalışan bütün kişilere duyurulmalıdır.
- 4.3.1 maddesi uyarınca ÇYS kapsamındaki tüm faaliyet, ürün ve servislerin çevre boyutları belirlenmeli, değerlendirilmeli ve kontrol altına alınmalıdır.

- 4.3.2 Yasal ve Diğer Gereklere Maddesi uyarınca çevre boyutları ve yasal yükümlülükler arasındaki ilişkiler sistemde tanımlanmalıdır.
- 4.4.2 maddesi kapsamında eğitimler, sadece firma personeline değil, taşeronlar dahil olmak üzere firma adına çalışan tüm personele verilmelidir.
- 4.5.4 maddesi kapsamında düzeltici ve önleyici faaliyetlerde, kök neden analizi gerçekleştirilmelidir.
- 4.6 maddesi kapsamında yönetim gözden geçirmesi toplantı gündemi ISO 9001:2000 standardı ile uyumlu hale getirildi (ISO 14001:2004).

Sonuç olarak, ISO 14001:1996 standardının temel yapısında değişiklikler olmamasına rağmen yeni gereklilikler eklenmiştir. ISO 14001:2004 standardı, mevcut sistemlerde değişikliklere sebep olabilecektir.

### **3.3 Kalite Yönetim Sistemlerinde Ölçme Sistemleri Analizi ve Kalibrasyon**

ISO 9001:2000 ve ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemleri, proses odaklı yaklaşım üzerine oturtulmuştur. Bununla birlikte sürekli iyileştirme, müşteri memnuniyetinin devamlılığı için ön plana çıkmıştır.

İyileştirmeler, procesten çeşitli ölçümler alınıp bunların incelenmesiyle gerçekleştirilir. Alınan bu ölçümler değerlendirilerek proses değişkenliği hakkında yorumlar yapılmakta ve kararlar verilmektedir. Burada, procesten kaynaklanan değişkenlik yanında ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik de dikkatle incelenmesi gereken bir noktadır (Durakbaşa M. N.,2001-b).

ISO 9001:2000 çerçevesinde 7.6 maddesindeki izleme ve ölçme cihazlarının kontrolü, ISO/TS 16949:2002’de ise 7.6 maddesinin aynen kabulüne ek olarak 7.6.1 ölçüm sistemleri analizi, 7.6.2 kalibrasyon / doğrulama kayıtları, 7.6.3 laboratuvar şartları 7.6.3.1 iç laboratuvar ve 7.6.3.2 dış laboratuvar maddeleri konuyu daha ayrıntılarıyla incelemeye imkan tanımaktadır.

ISO/TS 16949, yerini aldığı QS 9000’in referans alanlarından biri de MSA’dır.

MSA, bir ölçü aleti için doğruluk ve duyarlılık değerlendirmelerini kullanan istatistiksel bir yaklaşımdır. Kalite sistemi kurulduğunda, gerekli varsayımlar verildiğinde MSA, her bir ölçüyü ve değerlendirmeyi doğrulamak için gerekli olduğunda mükemmel bir şekilde uygulanabilir (Durakbaşa N. M., 2001-c).

Kalite yönetim sistemlerinde tasarım ve uygunluk kaliteleri, sadece ölçme faaliyetlerinden

sonra önem kazanır. Ölçme verilerinin kalitesi, sabit şartlar altında bir ölçme sisteminin uygulanmasıyla elde edilen çok yönlü ölçümlerin istatistiksel özelliklerine bağlıdır. Ancak, ölçüm aletleri ve bunları kullanan gerçek kişiler bir hataya sahip değillerse, gerçek değere karşılık gelen kalite karakteristiğinin değişkenliğini direkt olarak belirlemek mümkündür (Şanslı Ş., 2004).

Ölçümlere dayanılarak yapılan kalite iyileştirme çalışmalarında ilk adım, ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığının test edilmesi olmalıdır. Eğer ölçüm sisteminin güvenilirliğinden emin olunamaz ise, bu verilere dayandırılarak yapılan tüm istatistiksel çalışma ve yorumlarının güvenilirliğinden de emin olunamayacaktır. Ölçüm sistemi içinde en önemli değişkenlik kaynağı, ölçüm aleti ve ölçümü yapan elemanlardır.

Bir ölçüm sisteminin ana amacının ölçüm hatalarını mümkün olduğu kadar azaltmak olduğu tamamen açıktır. Bu yüzden, hem sistem tarafından üretilen sonuçları etkileyen sapma kaynaklarının belirlenmesi hem de hassasiyet ve sapma için yeteri sayıda ölçüm yapılmasının sağlanması çok önemlidir.

Ölçüm sisteminin varyansını tanımlamada kullanılan en önemli temel kavramların bazıları, kararlılık (stability), eğilim (bias), doğrusallık (linearity), tekrar edilebilirlik (repeatability), tekrar üretilebilirliktir (reproducibility). Ölçüm sisteminin kararlılığına etki edebilecek ana faktörleri tanımlamak bunun en önemli problemidir, yine de bu tasarlanmış deneyler tarafından çözülebilir (Durakbaşa M. N., 1998-b).

MSA, genellikle ölçüm aletlerinin tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik üzerine yoğunlaştığı çalışmadır (Snee R., 2003). Deney karakteristiği, genellikle proses faktörlerine etki eden tepkilerin belirlenmesiyle ilgilenilir. Genellikle iki temel faktör vardır, bunların ikisi de birbirinden bağımsızdır. Bunlar ölçme metodunun değişkenliğine etki ederler. Bu faktörler şunlardır:

- tekrar edildiğinde aletin hatası,
- ölçümcünün ölçme metodunu tekrar gerçekleştirdiğinde, ölçümcünün hatası (Şanslı Ş., 2004).

Tekrar edilebilirlik (repeatability): Ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenliktir. Tekrar edilebilirlik, ölçüm cihazının aynı ölçüyü aynı operatör ile pek çok kere ölçtüğünde meydana gelen değişkenliktir (MSA Referans, 1995).

Tekrar üretilebilirlik (reproducibility): Operatörlerden kaynaklanan değişkenliktir. Tekrar

üretilebilirlik, aynı ölçüm cihazı ile aynı ölçünün farklı operatörler tarafından ölçüldüğünde meydana gelen değişkenliktir. Tekrar üretilebilirlik, operatörlerin farklılıklarından kaynaklanan etkiyi içerdiği gibi, operatör x parça etkileşiminden kaynaklanan etkileri de kapsamaktadır (MSA Referans, 1995).

Böyle bir durumda ölçüm değerinin varyansı şöyle olabilir:

$$S_{\text{Ölçülmüş } \xi \text{ ger}}^2 = S_{\text{GerçekDeğer}}^2 + S_{\text{ÖlçümHatası}}^2 \quad (3.1)$$

$$S_{\text{ÖlçümHatası}}^2 = S_{\text{Tekraredilebilirlik}}^2 + S_{\text{TekrarÜretilebilirlik}}^2 \quad (3.2)$$

Ölçüm sisteminin güvenilirliğinin test edilebilmesi için, aynı ölçüm cihazı kullanılarak birden fazla operatörün birden fazla parçayı birden fazla kere ölçmesi gerekmektedir. Bu verileri toplamak için gerekli adımlar aşağıda verilmiştir:

- Parçaların numaralandırılması,
- İlk operatörün önceden numaralanmış tüm parçalardaki belirlenmiş ölçüyü rassal bir sırada birer kez ölçmesi,
- Sırasıyla ikinci, üçüncü, operatörlerin önceden numaralanmış tüm parçalardaki belirlenmiş ölçüyü rassal bir sırada birer kez ölçmesi,
- Tüm operatörlerin ilk ölçümlerini tamamlamalarından sonra, tekrar ölçüm sayısı kadar 2 ve 3. adımların tekrarlanması (Erginel N., 2001).

Proses değişkenliğinin belli bir yüzdesine, tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik bileşenlerinden oluşan ölçüm sistemi (% R&R) katkıda bulunur ve bu oran aşağıdaki şekilde tahmin edilir.

$$\%R = \frac{S_{\text{ÖlçümSistemi}}}{S_{\text{Toplam}}} \times 100 \quad (3.3)$$

Yukarıdaki formül, ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin, toplam değişkenlik içindeki oranını göstermektedir. % R&R  $\leq 0,10$  olması istenir. Ancak uygulamalarda 0,30'a kadar da kabul edilebilir. Tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik değişkenliklerden oluşan ölçüm sistemi ile ilgili toleransın yüzdesi, aşağıdaki formül ile tahmin edilir. Burada tolerans üst spesifikasyon limitinden, alt spesifikasyon limitini çıkararak tespit edilir. Toleransın yüzde kaçının ölçüm hatası tarafından kullanıldığını açıklar.

$$\%Tolerans = \frac{5,15s_{\text{ÖlçümSistemi}}}{Tolerans} \quad (3.4)$$

Eğer ölçüm sisteminin bileşenleri ve bunların etkileri görülmek istenirse, alınan verilerin daha detaylı analizinin yapılması gereklidir (Erginel N., 2001).

Kalibrasyon işlemi, esas itibarıyla bir ölçme işlemidir. Ölçmenin olduğu her yerde ölçüm sonucunun bir değerlendirmeye tabi tutulması gerektiği aşikardır. Kalite kontrol aşamalarında yapılan ölçümlerin sonucunda kabul / ret, uygun / uygun değil veya şartlı kabul gibi değerlendirmeler yapılmakta, ölçme aletlerinin kalibrasyonunda ise kullanılır / kullanılmaz / şartlı kullanılır şeklinde kararlar verilmektedir. Bu değerlendirmelerin sağlıklı yapılabilmesi için şu ifadelerin iyi özümlemesi gerekmektedir: tolerans, doğruluk, ölçme belirsizliği (Turgay D., 2003).

Kalite kontrol ile ilgili ölçümlerde, ölçülen parçaların toleransları olmalıdır. Doğruluk, ölçme aletleri ile ilgili bir ifadedir. Kastedilen, ölçme aletinin ölçmede yapabileceği hata sınırlarıdır. Doğruluk değerleri genelde  $\pm$  değer veya % değer olarak üretici kataloglarında veya ölçme aletinin ilgili standardında verilmiş olup, ölçme aleti satın alınmadan önce dikkate alınacak bir değerdir. Ölçme aletlerinin doğrulukları, kullanım yeri göz önüne alınarak da belirlenebilir. Doğruluk yerine hassaslık ifadesinin kullanılmasından kaçınılmalıdır (Turgay D., 2003).

Ölçüm sonucu elde edilen her değerinde kaçınılamayan bir hata payı vardır. Dolayısıyla, bir büyüklüğün gerçek değeri hiçbir zaman tam olarak bilinemez. Yapılan ölçümlerde gerçek değer hakkında tahmini bir değer elde edilir. Bir ölçme işlemi sonucu elde edilen değerde yapılmış olabilecek hata miktarı, ölçme belirsizliği olarak ifade edilir. Ölçme belirsizliği  $\pm$  değer veya % değer olarak verilmelidir. Ölçme belirsizliği, gerçek değerinde hangi değerler arasında bulunduğunu karakterize eden tahmini değerdir (Durakbaşı M. N., 2003-b).

Kalibrasyon işleminde ölçme belirsizliği kaçınılmaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Keza, kalibrasyon raporlarında ölçme belirsizliğinin belirtilmesi zorunludur. Ölçüm sonucuyla ölçülen hakkında bir değerlendirme yapıyorsa, tolerans (parçanın toleransı) veya doğruluk (ölçme aletinin doğruluğu) ile ölçme belirsizliği birbiriyle doğrudan ilişkilidir (Turgay D., 2003).

Aktif ölçme aletlerinin kalibrasyonunda ise, ölçme belirsizliğinin ölçme aletinin doğruluğuna oranı aletten alete farklı tutulabilmektedir (Durakbaşı M. N., 1998).

### 3.4 Geometrik Ürün Spesifikasyonları

Genellikle, üretim mühendisliğinde şekillendirilmiş parçaların tam olarak doğru boyut ve geometride üretimi mümkün değildir. Aynı zamanda mükemmel olarak şekillendirilmiş iş parçalarının geometrik şeklinin elde edilmesi mümkün değildir. Çünkü, çeşitli özelliklerde (silindir, koni, düzlem, döner parçalardaki radius) nominal şeklinden az veya çok sapma görülür. Şekil toleransları sadece teknik resimlerde verilen olması gereken şekil özelliğiyle gerçek şekli arasındaki sapmayla sınırlandırılır. Şekil toleransları tek bir geometrik özelliğe uygulananlardır. Silindirik iş parçalarının şekil sapmalarına örnek olarak farklı şekil sapmaları gösterilebilir; eksen doğrultusunda eksene doğru sapmanın olmasıdır. Bu fıçılama, koniklik veya çift tepe şekli olabilir (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).

Bir şeklin meydana gelmesinde farklı özellikler arasında etkileşim olmasından dolayı konum ve yönelme sapmalarının olması, şekillendirilmiş iş parçasında bir bütün olarak ele alınır. Genellikle, bir iş parçasının geometrik şekli çok kompleks ve farklı özelliklerden oluşur. Bu durum da, uygun boyutlar ve şekilde olmasının sağlanması için, tek bir elementin uygun yönelme ve konumda olma zorunluluğu vardır. Örneğin; iki silindirik yüzey özelliği aynı eksende olmalıdır. Üretim şartlarından dolayı bunun gerçekten başarılması mümkün değildir. Elementlerin yönelme, konum ve salgı (kaçıklık) (run-out) toleransları olarak tanımlanan ortak konumunun ve yönelmesinin uygun limitleri oluşturulur. Geometrik toleranslar yönelme ve/veya konumu kadar iş parçasının gerçek şeklinin sapmalarıyla sınırlandırılır. Yönelme ve konum ile ilgili üç ayrı toleransa ayrılır;

- Yönelme toleransı
- Konumsal tolerans
- Salgı (kaçıklık) toleransı

ISO 1101'de geometrik toleranslar gerçek parçalarda kontrol edilmesi gereken bölge olarak tanımlanır. Bu bölge silindir veya daire, iki paralel alan veya doğru arasındaki boşluk, iki ortak eksenli silindir veya silindir arasındaki boşluk olmalıdır. Sapmalar üretimin sonucudur ve ölçülerle tanımlanmalıdır. Sapmanın yanlış (doğru) tanımı tolerans bölgesi olarak aynı şekle sahip olma, toleranslandırılmış özelliği kapsayan en küçük bölgenin büyüklüğüdür (ISO 1101).

Aşağıda geometrik toleransların şekli görülmektedir:

Çizelge 3.1 Geometrik karakteristikler için semboller (ISO 1101)

<b>GEOMETRİK TOLERANSLAR</b>		
	<b>Toleranslandırılan Özellik</b>	<b>Sembol</b>
Tek	Doğruluk	
	Düzlemlik	
	Dairesellik	
	Silindir	
	Herhangi bir çizgi profili	
Tek veya ilişkili veriler	Herhangi bir yüzey profili	
	Paralellik	
İlişkili veriler	Dik açıklık	
	Eğim	
	Pozisyon	
	Konsentiriklik / Koaksiyellik	
	Simetri	
	Dairesel salgı (kaçıklık)	
	Toplam salgı (kaçıklık)	

Bu çalışma içindeki uygulama salgı (kaçıklık) toleransı kapsamında yer alan geometrik spesifikasyondur. Bu nedenle salgı toleransı konusunda kısa bir inceleme yapılmıştır.

### 3.4.1 Salgı (kaçıklık) toleransı

Genellikle, salgı (kaçıklık) iş parçalarının bazı dairesel simetri (teorik olan mevcut konum) ve teorik mevcut dairesel şekilden sapmalar olarak tanımlanmasıdır. Tolerans bölgeleri



belirlenmiş tolerans miktarları tarafından farklı dairelerin ya daireler yada silindiler açıdan tanımlanırlar. Bunlar dairesel salgı, ve ikincisi de toplam salgıdır. Bu ikisi arasındaki anahtar fark tolerans bölgelerinin ilişkileri, ve bundan dolayı ölçüleri, sorunun yüzeydeki farklı pozisyonlarıdır (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).

Dairesel veya toplam olma durumlarının her ikisinde, sapma toleransı bir döner eksenle ilgilidir. Bu nedenle, toleranslar çerçevesinde bu eksenleri tanımlamada kullanılan veri sistemlerini belirlemek gereklidir. Belirtilmiş yüzeyin sapma eksenine ilgili tanımlama sapma toleransları için önemlidir. Salgı toleransı çeşitleri;

- 1) Radyal yöndeki dairesel salgı
- 2) Eksen yönünde dairesel salgı
- 3) Herhangi bir yöndeki dairesel salgı
- 4) Toplam salgı

Çalışmada yer alan salgı çeşidi toplam salgıdır. Bu nedenle toplam salgı konusunu ayrıntılandırılmıştır.

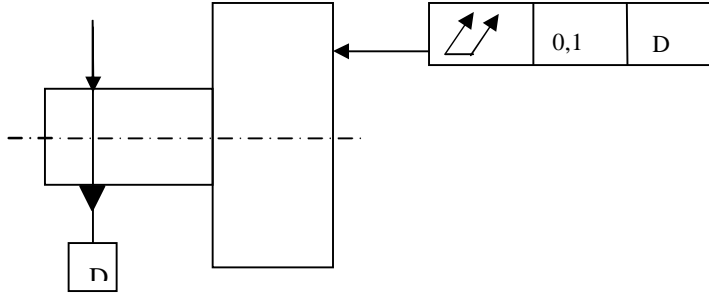
**Toplam Salgı;** Toleranslandırılmış bir yüzeyin farklı bölgelerinde dairesel salgı ölçümleri bağımsızdır. Bunun anlamı farklı bölgelerdeki salgı ölçümleri için ölçü aletlerinin pozisyonu, ölçü aletinin her bölge için aynı sıfır noktasının olması şart değildir. Ölçümler doğru ölçme yöntemleriyle yapılmalıdır ve aralıklar belirlenmiş tolerans değerleriyle sınırlandırılmalıdır. Yani, iki dairenin sınırladığı tolerans bölgesi birinden diğerine aynı yarıçapa sahip olmasını şart koşmaz, fakat belirlenmiş tolerans değeri aynı "t" değerine sahiptir. Farklı bölgeler için tolerans bölgelerinin konumunun bağımsız olma özgürlüğü dairesel salgı toleransının tatmin edilirken teorik olarak mevcut olan geometriden gerçek iş parçasının büyük sapsmalarına izin verir (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).

Şekil3.3'de gösterilen bu yüzey için tolerans bölgesi iki paralel düzlemlerle tanımlanır. Bu düzlemler veri eksenine diktir ve "t" tolerans değeriyle eşit mesafede ayrılır. Tekrar değinilirse, bu yapıda ek bir tanımlamayla dairesel salgı eksenine için eşit mesafedir; silindirik bölgelerin eksenine boyunca pozisyonlar her bölge içinde aynı olmalıdır (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).

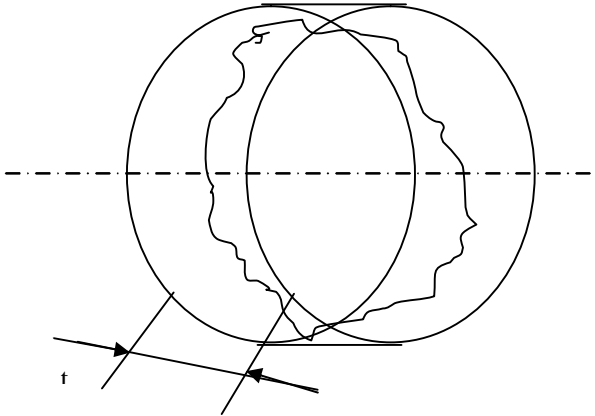
İlave yapmak gerekirse şekil 3.4'deki iş parçası için, gerçek yüzey iki paralel düzlemlerle sınırlandırılmış bölge içinde bulunmalıdır. Bu paralel düzlemler 0,1 mm mesafeyle ayrılmıştır ve veri eksenine diktir (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).

Gerçek iş parçasının yüzeylerinin salgı ölçümleri geleneksel olarak kadranlı bir göstergeler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu ölçümler için aynı zamanda koordinat ölçme cihazları da

kullanılır. V-blok veya döner ekipman iş parçası yerleştirmek için kullanılır. Tolerans tarafından belirlenmiş ölçüm talimatının sağlandığına ve tanımlanmış tolerans bölgesiyle salgı çizgilerinin değerlendirilmesinin yeterli doğrulukta ölçü aletleriyle yapıldığına dikkat edilmelidir (M. N. Durakbaşı, 2003-c ).



Şekil 3.3 Eksen doğrultusunda toplam salgı (M. N. Durakbaşı, 2003-c )



Şekil 3.4 Şekil 3.3'deki toplam salgının paralel düzlemler arasındaki tolerans sınırlarının belirlenmesi (M. N. Durakbaşı, 2003-c )

#### 4. SÜREKLİ GELİŞME KAVRAMI VE KALİTE TEKNİKLERİNİN GEREKLİLİĞİ

Süreklî iyileşme kavramını şu sözcükle daha anlamlı kılmak olasıdır; “iyi, çok iyinin düşmanıdır”. Çünkü, iyi ile yetinenler daha iyiye ulaşamazlar. Daha iyinin olabileceği varsayımı, döngüyü sonsuza dek uzatır ve “süreklî iyileştirme” kavramı oluşur (Filiz A., 2003). Bu görüş, işletmelerin standart kaliteden daha iyisini yapmanın yollarını bulması olarak tarif edilen kalite geliştirme kavramını ortaya çıkarmıştır.

Kalite geliştirme çabaları, bir işletmede iki tür kalite sorunuyla ilgilidir. Bu sorunlar, arada sırada çıkan kalite sorunları ve kronik kalite sorunları şeklinde adlandırılır. Arada sırada ya da yangın olarak tabir edilen sorunlar; mevcut durumda ani ve olumsuz bir değişiklik olarak ifade edilenlerdir. Eski duruma geri dönmek için önlemler alınması gereklidir. Kronik kalite sorunları ise; uzun zamandan beri sürmekte olan ters durumları anlatmaktadır. Önlemlerin, eski durumu değiştirmek amacıyla düşünülmesi gerekir.

Arada sırada çıkan sorunlar daha çok dikkat çeker ve hemen ele alınır. Örneğin; teslim süresinin 1 hafta gecikmesi ve müşterinin yakınmaları ya da ham madde tedarikinin 1 gün gecikmesi gibi sorunlar bu tür sorunlardır. Kronik sorunlar ise; gizli kalmış, sorun olduğu fark edilmeyen noktalarda gizlidir. Örneğin; kusurluluk oranı % 10 olan bir işletmede bu oran yıllarca aynı değerde ise bu durumun bir başarı gibi değerlendirilmesi kronik bir sorundur. İşletmeler yangın söndürmek ya da günü kurtarmak çabasında oldukları için bu tür kronik sorunlarla ilgilenmezler. Kalite yönetim sistemi standartlarında (ISO 9001 ve ISO/TS 16949) asıl ilgilenilmesi istenen sorunlar, kronik sorunlardır ve süreklî gelişim yaklaşımı kullanılarak çözülmeye çalışılması istenmektedir.

Proseslerin tanımlanmasının, incelenmesinin ve gerektiği yerde yeniden düzenlenmesinin amacı; sistemde süreklî iyileştirmeyi sağlamaktır (Osanna P. H., 2001).

Organizasyonlarda çalışanların ortak amacı, sistemin iyileştirilmesini sağlamaktır. Sistemin iyileştirilebilmesi için; kullanılan proseslerin önceliklerinin belirlenmiş olması, iyi tanımlanmış olması, analizlerinin gerçekleştirilmesi, gerekli düzenlemelere gidilmesi, düzenlemelerin denenmesi ve hayata geçirilmesi gerekmektedir (Straker D., 1994).

Japon veya genel olarak Uzakdoğu felsefesine göre, hiçbir şey mükemmel değildir ve herşeyi daha ileriye götürmek mümkündür. Mükemmele erişme yolunda durmak kabul edilmez, süreklî olarak daha iyiyi arama çabası vardır (Yamak O., 1998).

Japon şirketleri, prosese öncelik veren bir düşünce tarzı ve organizasyon hiyerarşisindeki her düzeyde katılımı sürekli iyileştirmeyi sağlayan hiyerarşiler geliştirmişlerdir. “Kaizen” adını verdikleri “iyileştirme” anlamına gelen stratejileri ile şirketin herhangi bir biriminde herhangi bir gelişmenin olmadığı tek bir gün dahi geçirmemeyi ilke edinmişlerdir (Masaaki I., 1994).

Kaizen sürekli gelişmeyi ifade eden Japon olgusudur. Kaizenin amacı; proseslerde küçük değişiklik ve iyileştirmelerle, sonucun iyileştirilmesini sağlamaktır.

Ürün kalitesini arttırmak için iki kavram önemlidir. Bunlar, değişkenliğin kontrolü ve hata tekrarının önlenmesidir. Örneğin tam zamanında (JIT) uygulamaları, genellikle sevkiyat ile ilgilidir. Aslında JIT üretim sistemi, fabrika içinde yapılan zaman israfı ya da katma değeri olmayan faaliyetlerin teker teker bulunması ve ayıklanması yaklaşımıdır. JIT, esasında bir Kaizen yaklaşımıdır.

Yönetimden beklenen; elde bulunan personel, malzeme ve ekipman gibi kaynaklardan fazla ek harcama yapmadan en iyi şekilde faydalanılmasıdır. Kaizen, detaydaki değişikliklerle ilgilenir ve asla büyük ve kapsamlı değişiklikleri ya da yenilikleri hedef almaz.

Yenilik, yeni teknoloji veya araçlara yapılan büyük yatırımlar sonucu mevcut durumun köklü biçimde değiştirilmesidir. Yenilik ile Kaizen arasındaki fark merdiven ile yokuş arasındaki farka benzer. Japon yöneticiler, karşılaştıkları her problem sonucunda mevcut sistemi büyük paralarla yenileyen ve eskiyi çöpe atan Avrupalı meslektaşlarına sık sık şunu söyler: “eğer paran yoksa kafanı kullan, eğer beynin de yoksa o zaman terle” (Imai M., 1994).

Ayakta kalabilmek için sürekli ilerlemenin şart olduğu iş dünyasında istatistiksel kalite kontrolün, toplam kalite kontrolün ve istatistiksel proses kontrolün temelinde Kaizen; Kaizen’in oluşumunun temelinde ise W. E. Deming’in felsefesi bulunmaktadır (Imai M., 1994).

#### **4.1 Sürekli Gelişme**

Sürekli gelişim kavramı ilk olarak 1964’de Juran tarafından bir yönetim biçimi olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, kronik kalite sorunlarının çözülmesi asıl amaçtır. Sürekli gelişim yaklaşımının taşıdığı başlıca özellikler şunlardır:

- Sürekli gelişme olmaksızın kalite geliştirme çalışmaları tam anlamına kavuşmaz.
- Sürekli gelişme, sorunlarla birlikte yaşama alışkanlığına karşı çıkar.
- Sürekli gelişme, en büyük kronik kalite sorununu hedefler.

- Sürekli gelişmenin “yangın söndürme” türündeki çözüm yaklaşımlarına göre önemli üstünlüğü vardır.
- Sürekli gelişme, ani ve büyük değişiklik kavramının tam tersidir.
- Sürekli gelişme felsefesini benimseyip uygulamak tüm kalite çalışmalarını amorti eder (Akın B., 1989).

Juran’ın sürekli gelişim için uygulanmasını önerdiği 7 adım şunlardır:

1. Davranışlarda sürekli gelişme: Sürekli gelişmenin bir gereksinim olduğuna ve mevcut kalite düzeyinde bir değişikliğin yapılabilir olduğu konusunda herkesi ikna et.
2. Pareto analizi: En önemli birkaç projeyi (en önemli sorun alanlarını) belirle.
3. Yürütme ve teşhis ekiplerinin kurulması: Sorun nedenlerini teşhis etmek üzere analizler yap, çözüm öner.
4. Bilgi konusunda sürekli gelişim: Bilgide sürekli gelişme için örgütlen, işletmeden eksik bilgilerin toplanması için mekanizmalar geliştir.
5. Kültürel yapıda sürekli gelişme: Önerilen değişikliklerin etkilerini belirle, değişikliğe karşı olası direnmeleri ortadan kaldırma yolları ara.
6. Sonuçlarda sürekli değişiklikleri yerleştirmek ve kurumsallaştırmak için harekete geç.
7. Yeni düzeyi koruma ve yeni bir gelişim projesi: Yeni düzeyi sürdürmek için kontroller yerleştir.

#### **4.1.1 ISO/TS 16949 Standardının ve QS 9000’in Sürekli Gelişmeyle Olan İlişkisi**

QS 9000 sisteminde yer alan el kitaplarından biri olan ileri ürün kalite planlamasında, bir ürünün müşteri memnuniyetini sağlayabilmesi amacıyla; uygulama aşamasında gerekli adımlarda, ürün kalite planlama döngüsünün son basamağında elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile müşteri memnuniyetinin ve sürekli iyileştirmenin sağlanması gerekmektedir.

Ürün kalite planlamasının bir döngü biçiminde ifade edilmesi, bir projede elde edilen bilgi ve deneyimlerin sonraki projelere aktarılarak hiç sona ermeyen sürekli iyileştirme anlayışını vurgulamaktadır.

Sürekli iyileştirmenin başarılabilmesi için; organizasyondaki her elemanın kendini gelişime adanması ve etkin metotları kullanması gerekir. İstatistiksel proses kontrol kitapçığının gelişiminde gösterilen çabayı en etkin biçimde kullanabilmek için ihtiyaç duyulan, bir kaç istatistiksel metodu anlatmaktadır. Bu kitapçığın hedef aldığı kitle, istatistiksel metot uygulamalarına başlayan yöneticilerdir (SPC, 1995).

Üst yönetimin liderliği, taahhüdü ve aktif katılımı; etkin ve verimli bir kalite yönetim

sisteminin geliştirilmesi ve sürdürülmesi için esastır. Bunun için; müşteri tatmini oluşturmak, devamlılığını sağlamak ve arttırmak gereklidir. Bu da; kuruluşun amacıyla tutarlı vizyon, politikalar ve stratejiler oluşturulması, çalışanlara güven verecek ve geliştirilecek yönetim tarzı, iyileştirme proje ve politikalarına yeni metotlar, çözümler ve ürün araştırma, geri besleme, etkin ve verimli destek projeler ve çalışanların katılımını teşvik edecek ortam oluşturma gibi politikalarla sağlanır. Üst yönetim, planlanan hedeflere ulaşıp ulaşamadığını belirlemek için, kuruluşun performansının ölçülmesi metotlarını da tarif etmelidir. Bu metotlar, finansal ölçme, proses performansı ölçümü, kıyaslama ve üçüncü taraf ölçümü (dış ölçme), müşterinin ve kuruluş içinde çalışanların tatmininin değerlendirilmesi ve yönetimce tanımlanan diğer başarı faktörlerinin ölçülmesi ile elde edilecek bilgiler, kalite yönetimi sisteminin sürekli iyileştirilmesinde itici güç olması için yönetime veri sağlar (Filiz A., 2003).

APQP ve PPAP prensiplerinde, organizasyonun rekabetini ileride tutacak özel pazarlama imajıyla şartların sağlanmasına ihtiyaç duyulur. Bunlar için; organizasyonda daha hızlı, daha iyi ve daha ucuz çevrimler başarılar, sürekli gelişimi sağlayan gayretler temel olur. APQP ve PPAP üretim organizasyonları ve şirkette müşteri tatmini için gösterilen gayret, neyin gerekli olduğunu içeren basit temelleri orijinal olarak tasarlar (Munro R. A., 2002).

Son yılların olayları, organizasyonların sürekli değişim yönetimi için çaba harcaması ve kalite açısından neler olduğunu görmek için tedarikçilerin de kalite kontrol görünüşleri gereklidir. Ama tedarikçilerin gösterdiği deliller, kalite gelişimi için gerekli olan faaliyetlerin her zaman takip edilmediğidir. Belki kalite uygulayıcıları yapmak zorunda olduklarının ne olduğunu bilseler, kaliteyi geliştirecek stratejilerin yerine getirilmesinde daha fazla katkıda bulunurlar. Bu durum, müşteri tatminini geliştirir. Bu da Deming'in söylediği gibi, daha çok iş isteğiyle geri dönüşümün olmasını sağlar. Şirketler bu konu üzerindeki çalışmalarını arttırırsa daha fazla gelişim kaydedecekleri açıktır (Reid R. D., 2002 - b).

ISO 9000:2000 revizyonun üzerine kurulan ISO/TS 16949:2002'de sürekli iyileştirme, sadece alt proseslerden ya da koşullardan olmaktan çok, sistemi yönetme şekli olarak öne çıkarılmaktadır. Yeni revizyonun 8.5. numaralı iyileştirme maddesinde, sürekli iyileştirmenin müşteri hizmetlerinde olduğu gibi organizasyonun her basamağında etkili ve kapsamlı olarak tanımlanması istenmektedir.

Yeni elementte tanımlanan sürekli iyileştirme koşulları bilimsel olmaktan çok pratik içeriklidir. Aşağıda yeni koşullar yorumlanmıştır:

Madde 4.2. : Müşteri isteklerinin karşılanması, sürekli iyileştirilmesi, kalite amaçlarının

gözden geçirilmesi ve kurulması için bir çerçevenin hazırlanması ile sürekli uygunluğun gözden geçirilmesini sağlayacak şekilde dokümente edilmesi sağlanmalıdır.

Madde 5.4.1. : Organizasyonlarda sürekli iyileştirme faaliyetlerinin yürütülmesi ve müşteri hizmetlerinin karşılanmasını sağlayan kalite politikasını destekleyen kalite hedeflerinin belirlenmesini gerekli kılmaktadır.

Madde 5.4.2. : Organizasyonlar kalite hedeflerinin veya amaçlarının elde edilebilmesi için gerekli kaynakları, faaliyetleri tanımlamalı ve planlamalıdır.

Madde 5.6. : Yönetimi gözden geçirme faaliyetleri ile kalite sistemindeki değişiklik veya revizyon ihtiyaçlarının değerlendirilmesi, politika ve hedeflerin organizasyonu, performans ve iyileştirme fırsatları yönünden gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu element, aynı zamanda kalite sisteminin iyileştirilmesi, kaynak denetçi tahsisleri ile uyarılma faaliyetlerini düzenleyen dokümente edilmiş bir çıktı üretmelidir.

Madde 8.4. : Organizasyonlarda kalite sistemlerinin etkinliği ile iyileştirme fırsatlarının bulunduğu her faaliyeti tanımlayan verileri toplamak ve analiz etmek durumundadır.

Madde 8.5.1. : Organizasyonlarda sürekli iyileştirmeyi sağlayacak kalite ile ilgili veri ve bilgilerin, hedef ve kalite politikasının kullanılmasını sağlayacak etkili ve kapsamlı bir prosedür geliştirilmesi istenmektedir [3].

Ayrıca ISO / TS 16949:2002 standardında, ISO 9000:2000 versiyonundaki 8.5.1 sürekli iyileştirme maddesine, 8.5.1.1. kuruluşun sürekli iyileştirilmesi ve 8.5.1.2. imalat prosesi iyileştirilmesi maddeleri eklenmiştir. 8.5.1.1. maddesinde; kuruluşun sürekli iyileştirilmesi için bir proses belirlenmesi ve 8.5.1.2. maddesinde ise; imalat prosesi iyileştirilmesi, sürekli olarak, ürün karakteristikleri ve imalat prosesi parametrelerinin kontrolü ve değişkenliklerinin azaltılmasına odaklanılması ifade edilmiştir.

Sürekli iyileştirme mekanizmasını organizasyonun her boyutuna yerleştirmektedir. Genel politikalar (5.3.) daha belirgin hedeflere yönlendirirken (5.4.1.), planlanmış faaliyet ve kaynak tahsisleri ile desteklenmektedir (5.4.2.). Organizasyonlar, uyarılan faaliyetlerin etkinliğini belirleme amacı ile veri toplamaya ve analiz etmeye zorlanmaktadır (8.4.). Yönetimin gözden geçirilmesinde kalite politikası, kalite hedefleri ile kalite performansına ilişkin veriler (8.5.1.) ile girdi oluşturulmaktadır. Bu girdiler; kalite politikasının değişmesine, kalite hedeflerinin değişmesine ve sistemin iyileştirme sürecine çekilmesi için birer çıktıya dönüştürülmektedir (5.6.). Elementlerin ard arda dizilişlerinden anlaşılacağı gibi organizasyonlarda kaliteyi etkileyen her faaliyet, iyileştirme halkaları ile sürekli bir zincire dönüştürülmektedir.

Ana üreticilerin montaj hatlarına mükemmel parçalar sağlamak amacıyla; temel şartlar,

organizasyonun giriş seviyesinin güvencesini dokümantasyon şartlarıyla karşılayacak şekilde tasarlanır. Bugün ISO/TS 16949:2002; sürekli iyileşme, müşteri tatmini, üst yönetimin dahil edilmesi ve veri analizi anlama ihtiyacı üzerine odaklanır (Munro R. A., 2003).

#### **4.2 Kalite Tekniklerinin Gerekliği**

Kalite sistem anlayışı, verimi ve gerekliliğini kanıtlamış bir yöntemdir. Ancak sistem anlayışına yönelmenin, meyvelerini toplamanın çok kısa vadede olmayacağı önceden kabul edilmelidir. Öte yandan bu çabaları, yarınları için hayati bir yatırım olarak düşünmeyen firma ve kuruluşlar, gelecekleri için bir şey yapmamakta olduklarının ve koşulları giderek çetinleşen rekabet ortamında, kendilerine belki de yer bulamayacaklarının bilincinde olmalıdırlar. Bu nedenle, sistem uygulamasına geçilmekte karşılaşılabilecek şu engeller aşılanmalıdır:

1. Denenmemiş olana duyulan güvensizlik,
2. “Daha hazır değiliz”, kaçamağı,
3. “Onsuz da olur” umursamazlığı,
4. “Denedik olmuyor” kaytarması,
5. “Bize pahalı gelir” özrü,
6. “Bize ne” sorumsuzluğu,
7. “Nasıl olsa işe yaramayacak” karamsarlığı (Esin A., 1993).

Sanayileşmenin yayılmasıyla benzer teknolojik ürünlerin sayısındaki artış, kalite konusunda bazı karşılaştırmaların yapılmasına olanak vermiştir. Buna karşın bir çok üretimin tekel niteliğinde olması, kalite konusunda etken bir bilinçlenmeyi uzun süre geciktirmiştir. Bu dönemde uygulanan kalite kontrol tekniğinin, ürünü muayene ve kontrolü biçiminde olduğu görülmektedir.

Üretim akışının hızlı olduğu alanlarda uygulanan kontrolün etkili olmadığı ortaya çıkmıştır. Seri üretim için yeni kalite kontrol teknikleri arayışlarına yol açmıştır ve ilk olarak 1930’lu yıllarda, o günün tanımı ile, istatistiksel kalite kontrol yöntemleri ortaya çıkmıştır.

Japonya, klasik kalite kontrolünde muayene ve sınamaya dayalı çabaların yeterince etken olmadığını gören Dr. W. E. Deming ve Dr. J. M. Juran gibi yeni kalite anlayışı öncülerinin uyarılarına kulak vererek, kalite sağlama çabalarına sistem anlayışı getirmiştir. Sistem anlayışının ana hatları şu biçimde özetlenebilir:



- Kalite kontrolü, kusurlu ürünün muayene ile ayıklanması yerine, kusurlu üretimin nedenlerinin ortadan kaldırılmasına yöneliktir.
- Kaliteyi sağlamak ve geliştirmek, kuruluştaki herkesin sorumluluğu ve görevidir.
- Bir üründe olması gereken kalite, alıcı isteklerinin belirlenmesi ile başlayıp, tasarım, üretim, montaj, sevkiyat satış sonrası hizmetler gibi çok geniş kapsamlı ve zincirleme çabaların bileşenidir.

Bu şartları sağlamak için geliştirilen çeşitli teknikler, istatistik proses kontrol tekniği ile sınırlı kalmamıştır. Bu kalite tekniklerinden bazıları;

1. Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD)
2. Hata Ağacı Analizi (FTA)
3. Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)
4. Deney Tasarımı (DoE)
5. Poke-Yoke
6. İstatistiksel Proses Kontrol (İPK-SPC)

Mevcut kaliteyi geliştirme için işletmelerce benimsenen felsefeler ve kullanılan tekniklerin oluşturduğu kalite haritası şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kalite haritası (Şekeroğlu Ö., 1996)

## 5. ÜRÜN GELİŞTİRME VE ÜRETİMDE KALİTE TEKNİKLERİ

### 5.1 Temel Proses Kontrolü Teknikleri

#### 5.1.1 Proses Kontrol ve Değişkenlik

Proses kontrolü; bir kalite özelliğini ölçüp onun standart değeri ile karşılaştırma yapmak suretiyle aradaki farkı ortaya çıkartan ve farkın giderilmesini sağlayan geri beslemeli bir döngüdür.

Kalite sorunları, temelde bir değişkenlik sorunudur. Bilindiği gibi hiçbir iki mamul veya özellik birbirinin aynı olamaz. Aradaki farklar çok büyük olabilir, ölçülemeyecek kadar küçük olabilir, fakat mutlaka bir fark vardır. Bir parçanın ölçüsü çeşitli nedenlerden etkilenmiş olabilir. Bu nedenler; tezgah, takım, malzeme, operatör, bakım, çevre şartlarıdır. Tüm bu etkenlerin sonucu meydana gelen farklara “değişkenlik (değişim)” veya “varyasyon” denir. Malzeme, makina, işçilik gibi proses elemanlarında meydana gelebilecek değişkenliklerin azaltılması modern kalite kontrolün üzerinde ısrarla durduğu konuların başında gelir.

Değişkenlik olgusuna yaklaşım geleneksel anlayıştan çok farklıdır. İstatistik bilinciyle değişkenlik olgusuna yaklaşım, daha toleranslıdır. Bir parçadan diğerine değişkenlik; aynı vardiyada üretilen parçalar arasındaki değişkenlik; prosesin mükemmel yönetimi altındaki değişkenlik normal ve doğal kabul edilebilir (Yazgan E., 1996).

Değişkenliğin nedenlerinin araştırılması prosesin kontrol altına alınması için gereklidir. Kaliteyi yükseltmek için değişkenliğin azaltılması ve kabul edilebilir sınırlar içinde tutulması gerekir. Bir prosesin kontrol altında tutulmasıyla prosesin yeteneği tanımlanabilir hale gelir. Ancak kontrol altındaki bir prosesin performansı hakkında ileriye dönük olarak tahmin yapılabilir.

Prosesin kontrol altına alması; proste sorun çıkaran özel nedenlerin giderilerek, proses değişimlerini prosesin kendi raslantısal sınırları içinde tutmak kastedilir. Prosesin kendi doğal gelişimlerinden kaynaklanan farklılıkları ise normal karşılamak gerekir, çünkü bunlar prosesin yeteneği (capability) ile ilgilidir.

Değişkenliliğin iki nedeni olabilir; genel (rastlantısal) ve/veya özel nedenler. Özel nedenler, tamamen özel koşullardan meydana gelen ve düzeltilebilir nitelikteki nedenlerdir. Düzeltilemediği halde, dengesiz veya kararsız bir proses söz konusudur.

Deming’e göre kararlı bir prosesin özellikleri şunlardır:

- Prosesin bir karakteri vardır, davranışı kestirilebilir,
- Maliyetler kestirilebilir,
- Verimlilik maksimum düzeydedir,
- Çıktı düzenli bir akış izler,
- Değişikliklerin etkisi süratle ve hassaslıkla ölçülebilir.
- Değişkenlik incelenirken bu nedenler arasındaki ayırımı doğru yapılması gerekir. Aksi takdirde, yanlış teşhis yanlış tedaviye yol açar (Deming E. W., 1986)

### 5.1.2 Deming Döngüsünün İstatistiksel Kalite Kontrole Yaklaşımı

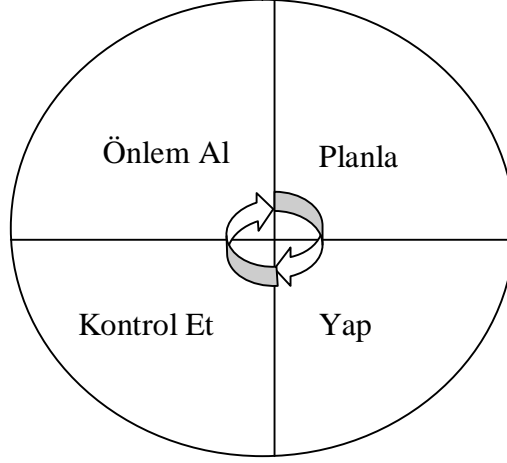
Deming “İstatistiksel Kalite Kontrol” kavramını gerçek anlamda “kontrol” işlevinin uygulanmasını sağlayan “Deming Döngüsü” ile kalitede süreklilik kavramını getirmiştir. Buna göre kalite etkinlikleri planlama yapma, doğrulama, karar vermeden oluşuyordu.

Deming’in felsefesi de, tasarım ve üretim proseslerinde belirsizliği ve değişkenliği azaltmak üzerine odaklanmıştır. Deming’e göre; “Değişkenlik, düşük kalitenin baş sanığıdır.”

Deming’in 4 kısımlı temel bilgi sisteminin (PYKÖ (PDCA): planla, yap, kontrol et, önlem al) proses performansının izlenmesi, istatistiksel yöntemlerin uygulanması ve ölçümlemeyi içeren “Eylem yapma” aşamasında değişkenliğin analizine ayrılmıştır (“Varyasyon sürekli azaltılmalıdır”).

1. Planla (Plan): Hedefler oluşturulur ve gerekli proseslere müşteri ve organizasyonun politikalarına göre ortaya çıkan sonuçlar dağıtılır.
2. Yap (Do): Bu prosesler uygulamaya geçirilir.
3. Kontrol et (Study): Prosesler izlenir ve ölçülür. Politikalar, hedefler ve şartlara göre üretim yapılır ve bunların sonuçları kaydedilir.
4. Önlem al (Act): Proses performansını sürekli geliştirmek için faaliyetler gerçekleştirilir (Osanna P. H., 2004).

ISO 9001: 2000 ve ISO/TS 16949: 2002’de proses temeline dayanan kalite yönetim sistemi modeli deming döngüsüne dayanmaktadır.



Şekil 5.1 PUEK çevrimi (Deming döngüsü) (Osanna P. H., 2004)

### 5.1.3 Proses ve Proses Yönetimi

Bir kuruluş, etkin çalışması için, birçok bağlantılı faaliyetleri tanımlamalı ve yönetmelidir. Kaynakları kullanan ve girdilerin, çıktılara dönüşümünün sağlanması için yönetilen faaliyet, proses olarak değerlendirilebilir. Genellikle, bir prosesin çıktısı, bir sonrakine doğrudan girdi oluşturur (ISO 9001:2000).

İşleri yaparken kullanılan metodlar olarak tanımlanan proste amaç, belirli bir girdi kümelerinden, bir yada daha fazla katma değeri olan çıktılar yaratmaktır. Dolayısıyla, bir prosesi oluşturan metodları bilmek ve iyileştirmeye çalışmak, çıktıdaki katma değeri arttırmak açısından önemlidir.

Geri bildirim, dönüşümlerin optimal çıktıyı yaratmasını sağlamak amacıyla, kontrol ve düzeltme işlevlerinin sürekli olarak sisteme uygulanmasıdır. Bu sayede sistem düzeltilir.

Tekrarlanabilme; prosesin aynı şekilde işlenmesini ve aynı çıktıları yaratabilmesini sağlamak açısından önemlidir.

Çıktıda kaliteye ulaşıncaya prosesi iyileştirmek için bir çaba sarfetmemek, statik bir çevreye hapsedilmek demektir. Prosesi daima iyileştirmek açısından şirketlerde ve kuruluşlarda çeşitli projeler yürütülmektedir. Bu projeler, toplam kalite yönetimi, iş proseslerinin yeniden yapılandırılması, kalite çemberleri ve istatistiksel proses kontrol başlıklarını taşımaktadır (Serarslan N., 1998).

Prosesi dinlemek ve anlamaya çalışmak, gelişmenin ilk şartıdır. Prosesten alınan ölçümlere göre, proste gerekli düzeltmeleri yapmak prosesin iyileştirilmesinde ilk adımdır (Ahire L.

S., 1996). Proses yeteneği, bir prosesin bir ürünün karakteristiğini her çevrimde belirtilen toleranslar içerisinde üretebilme yeteneği olarak tanımlanır. Proses yeteneği Cp ve Cpk olarak ifade edilir. Proses yeteneğinin arttırılması, başka bir ifade ile değişkenliğin azaltılması, fire, rötüş, yeniden işleme, muayene, garanti işlemleri gibi kayıpların giderilmesi ve ürün yaşam sürecinin uzatılması sonucu müşteri memnuniyetinin sağlanması gibi olumlu sonuçları getirecektir.

Proses yönetimi, işçilerin çok az yeteneklerin olduğu ve eğitim için yeterli zaman ya da kapasiteye sahip olmadıkları varsayımına dayanan endüstriyel modelin tam tersine çevirmeye çalışıyor. Çağımızın kalite, hizmet, esneklik ve düşük maliyet gibi gereksinimleri için prosesleri basitleştirmek gerektiği söyleniyor. Bu basitlik proseslerin tasarlanmasında ve organizasyonların yapılandırılmasında etkilere yol açacaktır.

Bunun gerçekleştirilebilmesi için herkezin aynı dili konuşması sağlamada uluslararası ISO 9001:2000, ISO/TS 16949:2002, ISO 14001:2004 standartları büyük rol oynuyor. Şirketlerin neyi nasıl yapacaklarının bilincinin kazandırılmasında standartlar ve kalite araçları (DOE, FMEA, SPC, diğer kontrol kartları vb.) büyük rol oynuyorlar.

## **5.2 Kalitenin 7 Aracı**

Bu teknikler, uygulama sürecinde ortaya çıkabilecek problemlerin belirlenmesine ve çözülmesine yönelik bilgi ve veri üretimini yönlendirmek, kolaylaştırmak ve sistematik bir yaklaşımla bu bilgi ve verileri değerlendirmek amacıyla yönelik olarak tasarlanmış problem belirleme ve analiz teknikleridir.

### **5.2.1 Akış Diyagramı**

Akış diyagramı, bir ürünün / bir prosesin oluşumunda takip edilen adımların uç uca eklenmesi ile ürünlerin / proseslerin oluşum öykülerinin oluşturulmasına yarayan bir kalite aracıdır. Bir ürünün / prosesin oluşum öyküsü bu işin gerçekleşmesi için gerekli olan adımların basit, anlaşılır ve doğru bir şekilde birbirine eklenmesi ile anlaşılır hale getirilir (Taptık Y., 1998)

Sistemin anlaşılabilirliğini sergileyen akış diyagramları problemlerin çözümüne yönelik çalışmalarda ilk başvuru araçlarıdır. Problemi çözmeyi denemeden önce tanımlamak, süreci kontrol etmeyi denemeden önce anlamak, her şeyi kontrol etmeden önce neyin önemli olduğuna karar vermek, kısacası süreci tanımlayarak işe başlamak akış diyagramlarının kullanımını gerekli ve vazgeçilmez kılan nedenlerdir.

### 5.2.2 Çetele Tablosu (Frekans Dağılımı, Kayıt Formları, Kontrol Tablosu)

Çetele tablolarına, kayıt formları, frekans dağılımı, kontrol tabloları da denir. Kayıt formları, veri derlemede kullanılan, kayıt ve analizin kolay ve doğru yapılabilmesini sağlayan tablolardır. Kayıt formlarının amacı, herhangi bir konuda muayene ve test verilerinin kaydedilmesidir.

	Δ	X		
			O	
O	O			Δ
X Δ	X			O Δ O
O X				X X X
Δ X O Δ			Δ	X O Δ
X Δ				Δ Δ OO X
	O		X	O X
				Δ
LC 195		*O AÇIK	TARİH	
ÖRNEK SAYISI 1000		*X KISA	DENETİMCİ	
		*Δ KIR	VARDIYA	

Şekil 5.2 Hataları yapıldığı lokasyonda gösteren kayıt formları (Wadsworth H. M., 1996)

Veri toplama araçlarından biri olan kayıt formları bir prosesin iyileştirilmesinde olasılıkları elemeye yardımcı olma potansiyeline sahiptir (Taptık Y., 1998).

Kayıt formlarında diğer bir yöntemde hataları hataların yapıldığı yerde göstermektir. Örneğin, bir devre plakasında lehim hatalarının türü ve yeri şekil.5.2'de gösterilmiştir (Wadsworth H. M., 1996).

Çetele tabloları somut verilerle problemin durumunun düzenli bir şekilde kaydının yapılması için kullanılırlar (Osanna P. H., 2004).

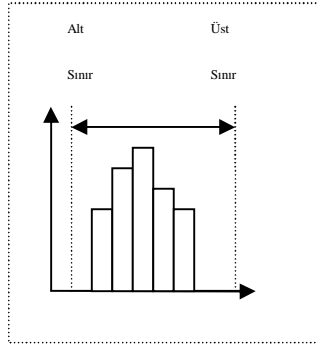
	Ürün Adı:					Toplam Adet Sayısı:					Örnek Sayısı:				
	Ürün Kodu:					Tarih:					Örnekleri Alan:				
Boyut Ölçüleri	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4
25								X							
20							X	X	X						
15			ASS		X	X	X	X	X	X	X		ÜSS		
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Frekans Sayısı	1	3	7	9	13	15	19	20	16	14	12	8	4	3	1
* ASS: Alt Spesifikasyon Sınırı ÜSS: Üst Spesifikasyon Sınırı															

Şekil 5.3 Niteliksel veri toplamak için kullanılan çetele tablosu (Akın B., 1996)

### 5.2.3 Histogram

Histogramlar, genellikle bir olayın oluş sıklığını göstermek ve belirlenen zaman aralığında tanımlanan problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılım şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır (Akın B., 1996). Değişim miktarı ve sapmalar histogramlardan görülebilir.

Histogram tekniği gerçek bir proses yeterliliği çalışmasının yerini tutamasa da, istatistik bilgisi az kişilerin de öğrenebileceği, iyi sonuçlar elde edilebilen bir tekniktir (Fine E. S., 1997). Şekil 5.4’de üretime ait tolerans sınırlarıyla birlikte histogram dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.4 Tolerans sınırlarıyla birlikte histogram dağılımı (Akın B., 1996)

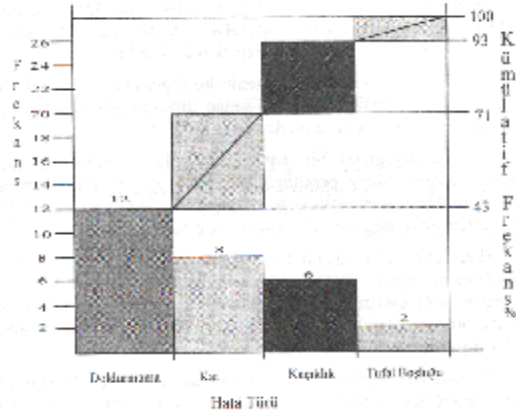
### 5.2.4 Pareto Analizi

Kalite ve performanstaki % 80’lik bir gelişimin, beklenmeyen kalite ve performans nedenlerinin % 20 oranında düşürülmesi ile mümkün olabilir. Başka bir deyişle bir üretim sisteminde oluşan problemlerin % 80’i tüm nedenlerin % 20’sinden kaynaklanmaktadır [4].

Pareto diyagramı bir sorunu oluşturan nedenleri önem sırasına göre sıralayarak, önemlileri önemsizlerden ayırt etmeye ve dikkatleri önemli nedenler üzerinde toplamaya yaramaktadır. Bir beyin fırtınası sonucunda herhangi bir hatanın sebebi olarak 10 adet neden belirlemişsek, bunların % 20 si olan 2 nedenin etkisi ile bu hataların ortalama % 80’ini meydana getirebileceği varsayılmaktadır (Akın B., 1996).

Pareto diyagramlarının değerlendirilmeleri sonucunda beklenmedik sonuçlara da varılabilir; sütunlar aşağı yukarı aynı yükseklikte olabilirler, en sık görülen problem en önemli problem olmayabilir. Bu gibi durumlarda pareto analizi yeterli olmayabilir ve diğer İPK tekniklerinden faydalanmak gerekebilir.

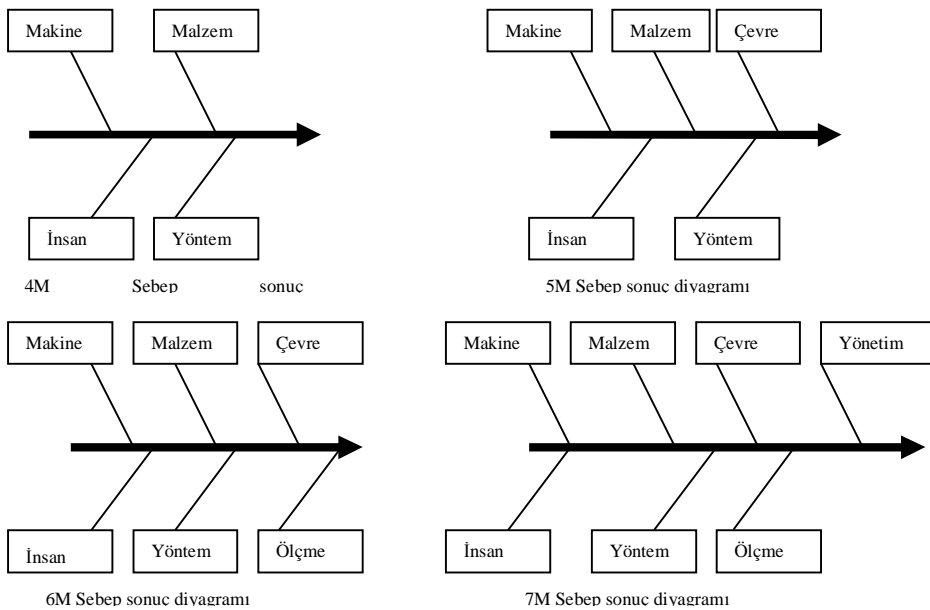
Hata Türü	Frekans	Kümülatif Frekans %
Dökülmeme	11	45
Ku	8	71
Kırılmık	6	92
Tuflı Boşluğu	2	100



Şekil 5.5 Dövme hatalarına yönelik olarak örnek bir pareto diyagramı (Taptık Y., 1998)

### 5.2.5 Sebep Sonuç (Balık Kılçığı – Ishikawa) Diyagramı

Sebep sonuç diyagramı yardımıyla problem hakkında tüm bilinenler ortaya konulur ve buradan bilinmeyenlere doğru sistematik bir yaklaşımla problemin çözümü sağlanmaya çalışılır. Hatalı ürünü ortaya çıkaran nedenler ile hataların önem dereceleri de farklılık gösterdiğinden bunların bir proses içerisinde sistematik olarak izlemek mümkün olmaktadır (Akın B., 1996).



Şekil 5.6 Balık kılçığını oluşturan ana sebeplerin 4M'den 7M'e olan evrimi



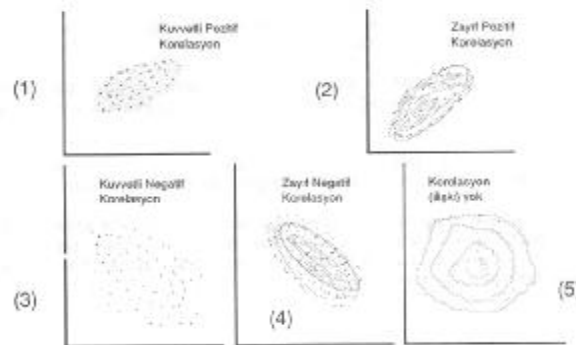
Balık kılıçığı diyagramları ilk çalışılmaya başlandığı zaman probleme neden olabilecek ana sebepler 4M(Man=İnsan; Machine=Makine; Material=Malzeme; Method=Yöntem) olarak belirlenmişti. Bu 4M'e bir sebep daha eklenerek 5M (Man=İnsan; Machine=Makine; Material=Malzeme; Method=Yöntem; Medium=Çevre) şeklini almıştır. Kaliteli üretim kadar ölçmeninde kaliteyi etkileyen bir faktör olduğunu ön plana çıkmasıyla 6M (Man=İnsan; Machine=Makine; Material=Malzeme; Method=Yöntem; Medium=Çevre; Measurability=Ölçülebilirlik(ölçme)) olmuştur. ISO 9001:2000 standartlarıyla da gündeme gelen yönetimin eklenmesiyle 7M (Man=İnsan; Machine=Makine; Material=Malzeme; Method=Yöntem; Medium=Çevre; Measurability=Ölçülebilirlik(ölçme); Management=Yönetim) şeklinde ana sebepler teşkil edilir.

### 5.2.6 Serpilme Veya Dağılım (İlişki – Scatter) Diyagramı

Üretilen ürünün kalitesini etkileyen herhangi iki özellik arasında ilişki olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan bir yöntemdir (Akın B., 1996). Örneğin sacın sertliği, saca şekil verme kolaylığı iki ayrı sistem parametresi arasındaki ilişkilerin betimlenmesi serpilme diyagramı ile mümkündür.

Serpilme diyagramları genellikle iki cins veri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. X ve Y olarak gösterdiğimiz iki istatistik serisinin artış ve azalışları birbirini etkiliyorsa, bu iki veri arasında korelasyon vardır denir. Uygulamada genellikle bir ürünün karakteristiğinin üretim prosesinin karakteristiği ile ilişkili olup olmadığı araştırılır. Kalite problemleri çoğunlukla bu ilişkinin bozulması sonucu ortaya çıkarlar. Aralarında ilişki bulunan karakteristiklerden bir tanesi kontrol altına alındığında ikincisini de kontrol altında tutabiliriz. Bu ilişki kontrol altına alınarak kalite problemleri çözülebilir (Akın B., 1996).

Kalite ile ilgili karşılaşılabileceğimiz serpilme diyagramları çeşitleri şekil 5.7'de görülmektedir.



Şekil 5.7 Serpilme diyagramları çeşitleri (Akın B., 1996)

İki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini matematiksel olarak açıklayan ifade korelasyon katsayısıdır. r harfiyle gösterilen bu katsayı -1'den +1'e kadar değişir. Katsayı r, 0'a yaklaştıkça korelasyon azalır ve r=0 iken korelasyon yoktur denilir. Katsayı r=1 ise çok kuvvetli bir pozitif r= -1 iken ise çok kuvvetli bir negatif korelasyon vardır [5]

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (5.1)$$

### 5.2.7 Kontrol Kartları

Ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneylere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yarayan grafiklere kontrol diyagramları denilmektedir. Kontrol diyagramlarının temelinde şu soruya yanıt aranır: Mevcut bir prosesin kontrol edilebilirliği (yeteneği) hangi sınırlar içindedir.

Ürünün tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans vb. spesifikasyonların, önceden belirlenen limitler arasında değişme göstermesi normaldir. Bu değişmeler, limitleri aşarsa nedenleri araştırılmalı ve prosesin tekrar kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır. Bu işlemlerin yapılmasında kullanılan en etkin araç kontrol kartlarıdır. Kontrol kartları hakkında ayrıntılı bilgiler verilecektir. İleriki İPK bölümünde daha geniş olarak ele alınacaktır.

## 5.3 Ürün ve Kalite Geliştirme Teknikleri

### 5.3.1 Poka – Yoke

Poka: Kaza ile herkesin yapabileceği hata (istenmeyen tesadüfi hata),

Yoke: Korumak (önlemek, azaltmak)

Kısaca "hatadan koruma" anlamlarını taşımaktadır (Shingo S., 1986). Poka-yoke'nin esas fikri, hataları ve yanlışlıkları kolayca saptayıp işlemi yeniden tasarlayarak tesadüfi hatalara olanak vermemektir. Poke-yoke kavramı aynı zamanda işçilerin düşebileceği veya proses içinde kaçınılmaz hataların ortaya çıkabileceği düşüncesine dayanmaktadır. Hata önleme, hataların oluşmasını önlemek veya bir hata oluşur oluşmaz, hatayı bulma tekniklerinin güçlü bir düzenidir. Düşük maliyetli, etkili kontrol araçları yaratmak için sağduyu ve yaratıcılığa dayanır [6].

Poka-yoke'nin en önemli prensibi, hataların tamamen ortadan kalkması veya en aza indirilmesi şeklinde prosesin tasarlanmasıdır. Poka-yoke insan faktörünün bulunduğu üretim sistemlerinde, genellikle insanlardan kaynaklanan ve istenmeden yapılan hatalardan korumak amacıyla yöneliktir, sıfır hataya ulaşmada en önemli araçlardan birisidir. Bu teknik yanlışlıkların oluşmasını önleyen ya da bir bakışta yanlış ortaya çıkaran bir mekanizmadır.

Shingo'nun poka-yoke araçları, tek bir hataya bile izin vermeyen üreticiler için geliştirilmiştir.

Poka-yoke sistemleri şuan var olan önleme metotlarına destek olabilecek mükemmel bir tekniktir. Çünkü dikkatsiz işçi gibi rasgele değişimlerin asıl kaynaklarına iner ve çözümler (Snell T., 1996).

Dünya seviyesinde üretim yapabilmek için işletmeler poka-yoke araçlarını düzenli bir şekilde ve gerektiği yerde kullanması gerekmektedir (Lafferty J. P., 1992).

### **5.3.2 Hata Ağacı Analizi (FTA)**

Ürün ve üretim sisteminin tüm aşamalarında ortaya çıkabilecek ve çıkan hataların analizine yönelik olarak kullanılabilir. HAA problemlerin çözümüne yönelik olarak düzeltici nitelikte kullanıldığı gibi verimli ürün geliştirmeye yönelik çalışmaların planlanmasında belirleyici niteliği ile de kullanılabilir.

Hata ağacı analizinin ana amacı hataların ortaya çıkmadan önce sistem hatalarının potansiyel sebeplerinin tespit edilmesine yardım etmektir. Aynı zamanda HAA analitiksel ve istatistiksel metodları kullanarak istenmeyen olayların olasılığını değerlendirmek içinde kullanılabilirler. Bu hesaplama sistemin hata olasılığı, hata oranı ve tamir oranı gibi güvenilirlik ve devam ettirilebilirlik bilgisinin miktarlarını kapsar. Bir HAA tamamlandıktan sonra, çabalar sistemin güvenilirliğine emniyetini geliştirmeye odaklanılabilir (Pilot S., 2001).

### **5.3.3 Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD)**

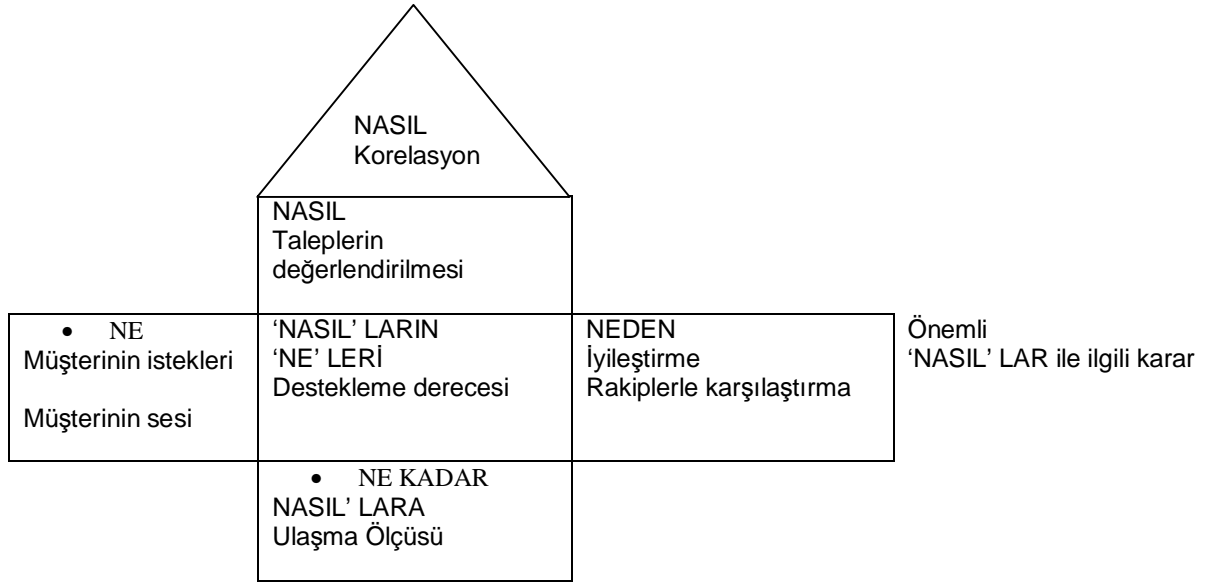
Kalite fonksiyon açınımı, ürün ve kalite geliştirme çalışmalarında müşteri ile firma arasında iyi bir iletişim aracı olarak kullanılmasında büyük faydası olan bir kalite tekniğidir (Taptık Y., 1998). Kalite fonksiyon açınımı adıyla bilinen bu teknik müşterinin istek ve beklentilerini ürün kalitesine yansıtmayı amaçlamaktadır.

Modern bir kalite tekniği olarak tanımlanan bu metot ile tüketicinin satın almak istediği ürünlerin tasarımı, üretimi ve pazarlanması amacıyla, organizasyon içindeki beceriler üzerinde yoğunlaşarak gerekli koordinasyonu sağlayan bir dizi planlama ve iletişim

proseslerinden oluşan sistematik çalışmalar vasıtasıyla, ürün daha tasarım aşamasındayken güvence altına alınması hedeflenmektedir. KFA kullanılması, “üretim sonrası hataların bulunması” şeklindeki eski kalite kontrol anlayışından “hata önleyici yöntemlerle ürünlerin hatasız üretilmesi” şeklindeki modern kalite anlayışına geçmeyi gerektirmektedir (Durakbaşa M. N., 2003).

Bu nedenle kalite fonksiyon açınımları, kalite geliştirme işlemini yapılandıran bir süreçtir ve prosesin temelinde teknolojik yenilikler değil, müşteri istekleri vardır (Aydın E., 1998).

Kalite evi; bir anlamda, fonksiyonlararası (tasarım – imalat – pazarlama) planlama ve iletişime olanak tanıyan kavramsal bir şema olarak tanımlanabilir (Acar N., 1995).



Şekil 5.8 Kalite evi (Durakbaşa M. N., 2003)

Kalite fonksiyon açınımları ile sağlanabilecekler:

- Kalite fonksiyon açınımları tekniği karşıt görüşlü dataların birçok kaynaktan toplanması, belirli müşteri beklentilerini, müşteri hakkındaki raporları, rekabetçi Pazar analizlerini, uzman mühendisliği, imalat kapasiteleri, kuruluş kaynaklarını, stratejik amaçlarını ve maliyet anlayışı açısından bir araya getirilmesinde yardımcı olur.
- Kalite fonksiyon açınımları tekniği için toplanan bu datalar ürünlerin revizyonu ya da yeni ürünlerin tanıtımı için kullanılabilir. Aynı zamanda bu datalar diğer teknikler için de (Örneğin Olası hata türü ve etkileri analizi ve deney tasarımı) veri tabanı oluşturur.
- Kalite fonksiyon açınımları matrisleri prosesin iyileştirilmesi, düzeltilmesi ve ileride çıkacak gereksinimlerin giderilmesini sağlayacak bir referans olarak kullanılabilir.

### 5.3.4 Olası Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (FMEA)

Olası hata türleri ve etkileri analizi (OHTEA), tasarım, proses, sistem ve hizmet ile ilgili bilinen veya olası hataları, yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi, tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir (Stamatis D.H., 1995)

Olası hata türleri ve etkileri analizi, bir sistemi oluşturan elemanları etkileyebilecek hataların neden ve etkilerini sistematik bir biçimde inceleyen analiz ve değerlendirme yöntemidir. Amaçları ve ilgi alanlarının farklılığı nedeniyle 4 çeşit OHTEA türü vardır. Sistem, proses, tasarım, servis OHTEA'sidir.

Yöntem, her bir ürün, parça veya işlem için olası tüm hata türlerini, son kullanıcıya olan etkilerini ve bu hata türlerine sebep olan nedenlerin değerlendirilmesidir. OHTEA için kısaca, sistematik erken hata teşhisi diyebiliriz.

Hata türü, bir elemanın fonksiyonunu yerine getirmemesi durumudur. Hata etkisi ise, bir hata oluştuğunda sistemi ya da müşteriye nasıl etkileyeceğidir. Hata sebebi ise hatanın oluşmasını sağlayan olumsuz durumdur. Hata keşfetme, ortaya çıkması muhtemel bir hata türünün müşteriye ulaşmasını engelleme çalışmalarıdır.

OHTEA metodunun, özellikle uygulanmasında tercih edildiği durumlar aşağıda listelenmiştir:

- Yeni bir ürün geliştiriliyorsa,
- Mevcut ürün veya parçalarda revizyon yapılması düşünülüyorsa,
- Ürün ya da sistem değişikliklerinde,
- Sistemde özel güvenlik isteyen veya problemlili olan parçalar varsa,
- Mevcut parça ve ürünlerin yeni sistemde kullanılması gerekiyorsa.

Bir OHTEA çalışmasının öncelikle hedefi;

- Olası hataları, bunların neden ve sonuçlarını önceden ve henüz bir ürünün imalatının planlanması aşamasında ya da geliştirme ve tasarım aşamasında belirlemek ve bu verileri değerlendirmek,
- Hata tamamen ortadan kaldıracak veya azaltacak önlemler almaktır (Prasad S., 1990)

### 5.3.5 İstatistiksel Proses Kontrolü

İstatistiksel proses kontrol=İPK (statistical process control=SPC) ürün özellikleri ve proses değişkenleri üzerinde sistematik bir geri besleme ile bir prosesi kontrol altında tutmak ve geliştirmek için kullanılan bir yaklaşımdır (Serarslan N., 1995). İPK üç safhadan oluşur:

1. Bilgi Toplama Aşaması: Proses karakteristiklerinin tespiti ve yorumlanabilir hale

getirilmesi

2. Kontrol Aşaması: Proses karakteristiklerinin takip edilmesi ve kontrolden çıkmasının engellenmesi
3. Geliştirme Aşaması: Proses karakteristikleri kontrol altına alındıktan sonra bunların geliştirilmesi

Bir proste İPK uygulaması; ölçülecek karakteristiğe karar verildikten sonra bunların ölçülebilirliğinin incelenmesi ve yeterli duyarlıkta ölçme yapabilen uygun aletlerin seçilerek, ölçme işlemlerinin sağlıklı ve tutarlı bir şekilde yapılmasıyla gerçekleştirilir.

İPK, üretim proseslerinin düzgün işleyip işlemediğini, istenilen kaliteyi oluşturacak düzeyde olup olmadığını, kısaca prosesin kontrol altında olup olmadığını bilmemizi sağlar. Fakat bunun yanında ne yapmamız gerektiği konusunda yardımcı olamaz. Bu konuda çok eleştiriye uğramış olmasına rağmen yöntem, kalitesini düzeltmek isteyen üreticilerin ilk başvurdukları kalite yöntemidir. Bununla beraber, eğer prosese dönük olarak sorun çözme teknikleri ve sürekli iyileştirme alışkanlığı kazanılmamışsa o firmada İPK uygulamak sorunları çözmez, sadece kalite maliyetlerini arttırır.

Ürün ölçülebilen bir karakteristiğe sahipse, bu durumda ölçülebilen karakteristiğin değişkenliği söz konusudur. Buna “Nicelik Kontrolü” denir. Eğer ölçülemiyen bir karakteristiksese, muayene edilen karakteristikler söz konusudur. Bu durumda yalnızca kusurlu/kusursuz ayırımı yapılır. Buna da “Nitelik Kontrolü” denir.

### 5.3.5.1 Shewhart Kartları ( $\bar{X}$ - R)

#### 5.3.5.2 Ölçülebilen Özellikler İçin Kontrol Kartları

Değişken veriler için ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma ( $\sigma$ ) ve değişim aralığı (değişim genişliği)(R) diyagramları kullanılmaktadır.  $\bar{X}$  - R kartları, kalite karakteristikleri ölçülebilen, sayısal olarak ifade edilebilen, değişkenlerde kullandığımız kontrol diyagramlarıdır. Böylece işlemin hem ortalama hem de değişkenlik bakımından kontrol altında olup olmadığı araştırılabilir.

$\bar{X}$  diyagramı ortalama sapmaları, R diyagramı ise homojenlikten sapmaları gösterir. Çizelge 5.1’de ölçülebilen özellikler için kontrol limitleri hesaplamaları gösterilmiştir (ISO 7870, 1993), (ISO 8258, 1991).

Değişkenler kontrol diyagramları istatistiksel proses kontrolünde proaktif (etkisel) bir yaklaşım olarak nitelendirilebilir. Değişkenler yaklaşımının önemli bir işlevi, kabul edilebilir

bir nihai ürünü kontrol eden anahtar bir proses değişkenini gözleyebilmesidir (Fine E. S., 1997)

Çizelge 5.1 Ölçülebilen özellikler için kontrol limitleri hesaplamaları (ISO 8258)

Diyagram Türü	Merkez Hattı	Alt Kontrol Limiti	Üst Kontrol Limiti
Ortalama	$\bar{X}$	$\bar{X} - (A_2 \bar{R})$	$\bar{X} + (A_2 \bar{R})$
Değişim Genişliği	$\bar{R}$	$D_3 \bar{R}$	$D_4 \bar{R}$
Standart Sapma	$\bar{S}$	$B_3 \bar{S}$	$B_4 \bar{S}$

### 5.3.5.3 Ölçülemeyen (Niteliksel) Özellikler İçin Kontrol Kartları

Bunlara niteliksel kontrol diyagramları da denilmektedir. Değişimleri sayısal olarak ölçülemeyen kalite seviyelerine geçildiğinde kullanılır. Hatalı parça adedi ya da bir parçadaki hata adetleri sayılarak analiz yapılır.

Bunların dört çeşidi vardır; p ve np kontrol diyagramları hatalı parça adetlerinin takibinde, u ve c kontrol diyagramları ise bir parçadaki hata adedinin takip edilmesinde kullanılmaktadır. Çizelge 5.2'de ölçülemeyen özellikler için kontrol limitlerinin hesaplamaları gösterilmiştir (Serarslan N., 1996).

Çizelge 5.2 Ölçülemeyen özellikler için kontrol kartı çeşitleri (ISO 8258)

Kontrol kartı Türü	Merkez Çizgisi	Kullanıldığı Yer	Alt Kontrol Limiti	Üst Kontrol Limiti
p	$\bar{p}$	Kusurlu oranı	$\bar{p} - 3 \left[ \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right]$	$\bar{p} + 3 \left[ \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right]$
np	$n \bar{p}$	Kusurlu sayısı	$n \bar{p} - 3 \left[ \sqrt{n \bar{p}(1-\bar{p})} \right]$	$n \bar{p} + 3 \left[ \sqrt{n \bar{p}(1-\bar{p})} \right]$
c	$\bar{c}$	Kusur sayısı	$\bar{c} - 3 \left[ \sqrt{\bar{c}} \right]$	$\bar{c} + 3 \left[ \sqrt{\bar{c}} \right]$
u	$\bar{u}$	Birim başına kusur sayısı	$\bar{u} - 3 \left[ \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right]$	$\bar{u} + 3 \left[ \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right]$

### 5.3.5.4 Kontrol Kartlarında Sapma Oluşturan Nedenler

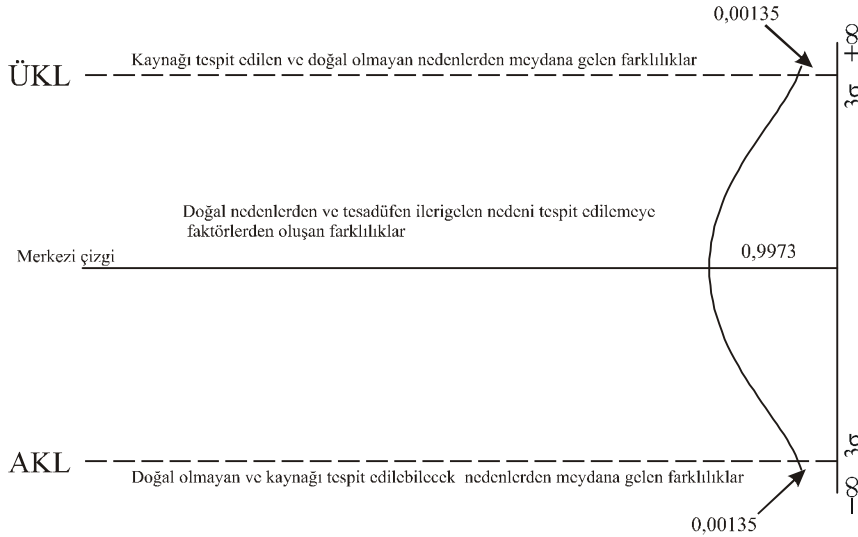
Üretim esnasında tolerans limitlerinin dışına çıkılmasının nedenleri, tamamen rastsal (tesadüfi) nedenlerden olabileceği gibi, özel (belirlenebilir) faktörlerden de olabilir. Bu özel faktörlerin neden olduğu kalite sorunları çözümlenebilir niteliktedir.

Proseste değişkenlik (varyasyon) oluşturan nedenler, prosesin kontrolü açısından iki grupta toplanabilir:

1. Rastsal (rastlantısal, genel) nedenler
2. Belirlenebilir (özel) nedenler

Rastsal nedenlerin proseste meydana getirdikleri değişimler nispeten küçüktür. Prensip olarak bu tür değişimler doğal kabul edilir. Kontrol limitleri belirlenirken rastsal nedenlerin yol açtığı değişimlerin bu limitleri aşmaması istenir. Başka bir deyişle, bu değişimler kontrol limitleri içinde kaldıkça proses kontrol altında kabul edilir ve herhangi bir düzeltici önlem alma yoluna gidilmez.

Bir işlemden sadece rastsal (tesadüfi) faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken normal bir dağılım gösterir. Bu durumda bir ortalaması ve bir standart sapması vardır. Ortalama değer, etrafında  $\pm 3\sigma$  bir alan oluşturur. Şekil 5.9'da ÜKL ve AKL'i ile normal dağılımı simgeleyen çan eğrisi görülmektedir.



ÜKL : Üst kontrol limiti  
 AKL : Alt kontrol limiti  
 Merkezi çizgi : Ortalama

Şekil 5.9 Kontrol limitleri ve normal dağılım (Akın B., 1996)

Şayet işlemden nedeni tespit edilebilir (belirlenebilir) nedenlerden kaynaklanan değişkenlik yoksa proses "istatistiksel olarak kontrol altındadır" denilir. Oluşma nedeni belirlenebilen ve giderilmesi mümkün olan bu özel nedenler, proseste büyük çaplı değişime yol açar. İyi tasarlanmış bir istatistiksel proses kontrol sisteminde, belirlenebilir nedenlerin varlığı derhal anlaşılabilir ve önlemler ile prosesin tekrar kontrol altına alınması sağlanabilir.

Doğal (belirlenebilir) nedenlerden veya rastsal (tesadüfen) meydana gelen ve nedeni tespit



edilemeyen değişkenlikler 0,9973 olasılık değerine eş değer olan limitler arası alana eşittir. ÜKL ve AKL dışında kalan alanların değeri ise  $1-0,9973=0,0027 / 2 = 0,00135$  değerine eődeęer olup; nedeni tespit edilebilen ve doğal olmayan nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri göstermektedir.

### 5.3.5.5 Makina Yeterlilik

Makine yeterliğini “ sadece makine bağımlı faktörlerin etkisinin geçerli olduğu koşullarda makinenin üretim ve tekrarlama yeteneğinin ifade” olarak tanımlayabiliriz (Çağlar H., 2003).

Makine yeterliliğinin amacı; öngörülen üretimi gerçekleştirmede makine donanımının yeterli olup olmadığını tespit etmektir (Çağlar H., 2003). Makine yeterliliğinde amaç  $\pm 4 S$ ’nın spesifikasyon limitleri içinde kalmasıdır (Akın B., 1996)

Hesaplama için ard arda üretilen 30-100 adet üründen gerekli ölçü değeri kaydedilir. Ana kütlede alınan örneklerin kesintisiz ardışık olarak alınmasına dikkat edilmelidir. Alınan numune sayısı genellikle 50’dir. Makinelere alınan parçaları ölçmek ve kaybedilen ölçü değerleriyle çetele tablosu hazırlanır (proseste kullanılan ölçüm aletlerinin belirtilen toleransın 1/10’ü hassasiyetinde olması sağlanmalıdır. Spesifikasyon limitlerinin çizilmesi gerekmektedir.). Bu değerler yardımıyla ortalama ( $\bar{X}$ ) ve standart sapma (S) değeri hesaplanır. Aşağıda yer alan formüller yardımıyla  $C_m$  ve  $C_{mk}$  değerleri sayısal olarak bulunur. Bu işleminin sağlamasını yapmak için makine yeterliliğinin üç kere tekrarlayıp ortalamalarını almak gerekir.  $Z_{kritik}$  değerinde küçük olan değer hesaplamalarda kullanılır.  $C_{mk}$  değerinin hesaplanmasıyla bizim ölçümlerimizin dağılımının tolerans değerinin ortalamasına göre yeri bulunur.

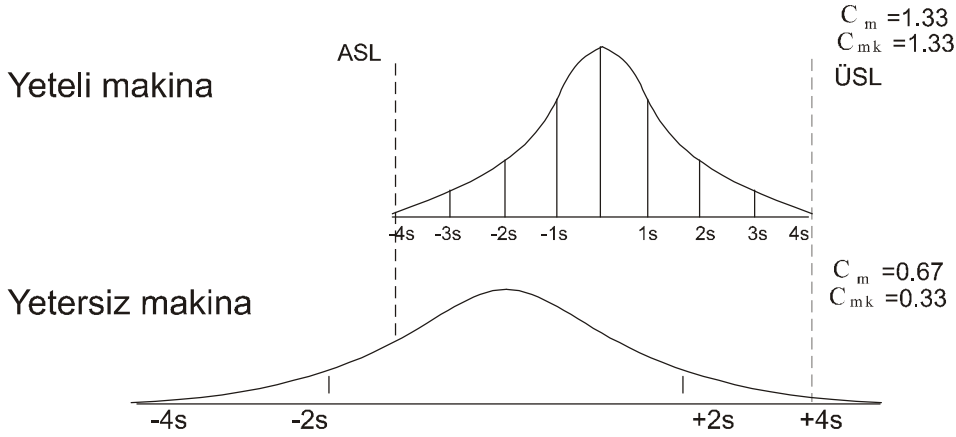
$$C_m = \frac{\text{ÜstToleransLimiti}(\text{ÜTL}) - \text{AltToleransLimiti}(\text{ATL})}{6s} \quad (5.2)$$

$$C_{mk} = \frac{Z_{kritik}}{3S} \quad (5.3)$$

$$Z_{kritik} = \text{Minimum}(\text{ÜTL} - \bar{X}; \bar{X} - \text{ATL}) \quad (5.4)$$

Spesifikasyon limiti olarak  $\pm 3S$  alınırsa  $C_m$  ve  $C_{mk}$  değerleri bire eşit çıkacaktır. Eğer spesifikasyon limiti olarak  $\pm 4S$  alınırsa, bu durumda  $C_m$  ve  $C_{mk}$  değerleri 1,33 olarak bulunur. Şekil.5.11’de yeterli ve yetersiz makine normal dağılımları görölüyor (Akın B., 1996). 50 numune alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda  $C_m \geq 1,67$  ve  $C_{mk} \geq 1,33$  ise tolerans aralığının % 75’i gösteriyor (Çağlar H., 2003). Buradan da anlaşılacağı üzere  $C_m < 1$  ifadesi,

makine yetersizliğinden ve hatalı parça üretme olasılığının açıkça ispatlanmasıdır.



Şekil 5.10 Yeterli ve yetersiz makina (Akın B., 1996)

### 5.3.5.6 Proses Yeterliliği

Proses yeterliliği tüm belirlenebilir sebepler ortadan kaldırıldıktan sonra minimum değişkenliğin başarılacağı sıkça rastlanan sebeplerden dolayı olan değişkenliklerle belirlenir. Proses yeterliliği prosesin istatistiksel kontrol durumunda işlem yaptığı zamanki gösterilişinde olduğu gibi prosesin kendi performansını gösterir. Örneğin, proses ilk önce yeterliliğinin değeri belirlenmeden önce istatistiksel kontrol duruma getirilmelidir. Kontrol konusu hem  $\bar{X}$  hemde R kartlarında özel sebepleri tanımlanmış, analiz edilmiş tekrar olması engellenmiş ve tercihen en az 25 alt grupla istatistiksel kontrolde kalan bir prosesi yansıtan kontrol kartlarının devamlı olduğu halledildikten sonra proses yeterliliğinin değerlendirilmesi başlar. Genelde proses çıktısının dağılımı bu spesifikasyonları sürekli olarak karşılayıp karşılayamadığını gösteren mühendislik spesifikasyonlarıyla karşılaştırılır (ISO 8258, 1991).

Proses yeterliliğinin amacı, ön görülen üretimi gerçekleştirilmede seçilen prosesin (tüm alt faktörler dahil) etkin olup olmadığını belirlemek ve toplam proses dağılım davranışını uzun süreli olarak vermektedir (Çağlar H., 2003).

Prosesi kontrol altında tutmak yeterli değildir. Kontrol altındaki bir prosesin sonucunda da kötü bir ürün oluşabilir. Bir prosesin gerçek gelişmesi, prosesin müşteri taleplerini tatmin edecek şekilde tekrarı, istikrarı ya da başka bir deyişle prosesin iş yapabilirliğidir (Bircan H., 2001).

Proses yeterliliği genellikle proses yeterlilik indeksiyle  $PCI=C_p$  ölçülür. Proses yeterlilik indeksi şöyledir:

$$C_p = PCI = \frac{\text{Belirlenmiş (specified) Tolerans}}{\text{Pr oses Yay ıls ını}} = \frac{\dot{U}TL - ATL}{6\sigma^{\wedge}} \quad (5.5)$$

$\dot{U}TL$ = Üst tolerans limiti

$ATL$ = Alt tolerans limiti

$\sigma^{\wedge}$ = Alt grup değişkenliğinin ortalamasıyla değerlendirilir

$\bar{S}/C_4$  veya  $\bar{R}/d_2$  bu değeri verir.(ISO 8258, 1991)

Normal dağılım için proses yeterliliğini belirlemede kullanılan  $C_p$ 'nin yanında  $C_{pk}$  değeride hesaplanmalıdır. Bunlar genel isimlendirilmeyle proses yeterlilik indeksleri olarak isimlendirilir.  $C_p$  proses yeteneği değerini  $C_{pk}$  proses konumu değerini ifade eder (Durakbaşa M. N., 1998). Bunlar  $C_p$  indeksi prosesin sadece yayılımını kontrol ederken,  $C_{pk}$  indeksi ise prosesin hem yayılımını hemde ortalamasının hedeflerden sapmasını kontrol etmektedir.  $C_{pk}$  indeksinin bu kontrolü yapabilmesi için çift taraflı olarak yapılması gerekmektedir.

$$C_{pk} = \frac{\Delta_{kritik}}{3\sigma^{\wedge}} \quad (5.6)$$

$$\Delta_{kritik} = \text{Min} \left| \dot{U}TL - \bar{X} \text{ veya } \bar{X} - ATL \right| \quad (5.7)$$

$\bar{X}$  = numune ortalama değerlerinin ortalama değeri

$C_p$  değerlerine bağlı olarak bir proses hakkında karar vermek için  $C_p$  değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3  $C_p$  değerleri ve yorumu (Akın B., 1996)

$C_p$	Değerlendirme	Yorum
$C_p \leq 1$	Yetersiz	Proses yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
$1 < C_p \leq 1,33$	Kabul edilebilir	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
$C_p \geq 1,33$	Yeterli (iyi)	Proses spesifikasyonları karşılar.

### 5.3.6 Deney Tasarımı (DoE)

#### 5.3.6.1 Deney Tasarımı Kavramı

Ürün kalite karakterlerini etkileyen, proseslerin ve ürünlerin tüm aktivitelerinin tüm

detaylarıyla anlaşılması ve müşteri isteklerine uygun olan son ürünü etkileyen parametrelerin ne olacağının belirlenmesi işlemidir (Frigon L., 1997).

“Kalite ürünle birlikte tasarlanmalıdır” anlayışının çok etkin bir biçimde uygulanması olarak ortaya çıkan deney tasarımı, ürün ve proses tasarımı, henüz üretime geçmeden oluşabilecek tüm kalite problemlerini önleme tekniğidir. Deney tasarımı aşağıdaki belirtilen her iki alanda da etkin olarak kullanılabilir (Taptık Y., 1998)

- Ürün veya proses tasarımındaki kritik kalite problemlerin çözülmesi,
- Üründeki kritik kalite problemlerinin çözülmesi

Bir ürün için kritik kalite problemi, kabul edilebilir hata oranının üzerinde ve klasik tekniklerle çözülmesi yüksek maliyetli ve zaman alan problemler olarak tanımlanabilir.

Diğer bir deyişle deney tasarımı, üretim ve tasarım parametrelerinin optimizasyonudur.

Tasarım, geliştirme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılan, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerin, hedef kalite parametreleri belirlemede kullanılan etkin bir yöntemdir.

Deney tasarım yöntemleri;

- Yeni ürün veya varolan ürünü geliştirilmesi amacıyla temel yapıların değerlendirilip diğerleri ile karşılaştırılması,
- Malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesi,
- Performans üzerine etkili ürün parametrelerinin incelenmesi

gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir. Deney tasarımı yöntemlerinden herhangi birini inceleyen sistemde; değişimlerin nedenlerinin araştırması, bu değişimleri yok etmesi veya değişimlere karşı güçlü bir sistem oluşturması hedeflenir.

Deney tasarımı, sistemdeki olağan nedenlerin olumsuz etkisini azaltmak amacıyla kullanılır (Şirvancı M., 1997)

### **5.3.6.2 Deney Tasarımı Yaklaşımlarının Karşılaştırması**

Klasik, Taguchi ve Shainin olmak üzere deney tasarımı 3 yaklaşım vardır. Klasik yaklaşım Sir Ronald Fisher'in ön ayak olduğu çalışmalara dayanır. Amerika Birleşik Devletlerinde'nde klasik DT (deney tasarımı) kimyasal proseslerde yayılmıştır. Bu tanımlamalar altında klasik bakış son zamanlara kadar akademik alanda devam etmiştir. Bunun başlıca öncüleri ünlü profesör ve istatistik otoritesi olan Box ve Hunter'dır (Bhote K. R., 1991).

Japon Dr. Genichi Taguchi dikey düzenlerin (orthogonal arrays) eski klasik yaklaşım tekniğine yeniden uyarlayarak biçimlendirmiştir. Xerox, ITT, United Technologies ve bazı Ford tedarikçileri gibi bir çok firma küçük başarılarla dikey düzen yaklaşımını kullanmaya başladı (Bhote K. R., 1991).

Üçüncü DT yaklaşımı Birleşmiş Milletlerde lider 800'den fazla şirketin danışmanı olan Dorian Shainin tarafından çeşitli tekniklerin incelemelerini bir araya getirip mükemmelleştirdiği Shainin deney tasarımı diye anılan yöntemdir.

Çizelge 5.4'de teknikler altında; her bir yaklaşımın kullandığı ana metodlar listeleniyor. Klasik metotta kesirli faktörlerle başlanır ve aşamaları optimize etmeyle sonuçlandırılır. Taguchi metodu; istatistiksel değerlendirme için, tolerans dizaynında dikey düzeni (iç ve dış), istatistiksel değerlendirme için varyans analizini ve sinyal kirliliğini kullanır (Bhote K. R., 1991). İncelemelerimiz Shainin'nin deney tasarımı yöntemi üzerine olduğu için ilerleyen konularda bu yöntemle ilgili tüm teknikler ayrıntılarıyla daha sonraki kısımlarda yer almaktadır.

Bu üç yaklaşımın tümü, zaman kaybının toplamı olan kontrol kartları vasıtasıyla kronik problemleri çözmek için çaba gösteren geleneksel İPK'dan çok daha üstündür. (Bhote K. R., 1991).

Çizelge 5.4 Deney tasarımındaki üç yaklaşımın karşılaştırması (Bhote K. R., 1991)

<b>Karakteristikler</b>	<b>Klasik</b>	<b>Taguchi</b>	<b>Shainin</b>
Başlıca Teknikler	*Kesirli Faktörler *Aşamaları Optimize Etme (EVOP)	*Dikey Düzen (Orthogonal arrays)	*Çoklu değişken, bileşen araştırması, *Eşlenmiş karşılaştırma, değişken araştırması, tam faktöriyel, B ve C *Serpilme diyagramı (scatter plots) ve diğer araçlar
Etki	*Etkileşimlerin yokluğunun iyi olması (% 20-% 200 ilerleme) *Eğer etkileşimler var ise kötü (küçük kazanç, gerileme mümkün) *limitlenmiş optimizasyon	*Etkileşimlerin yokluğunun iyi olması (% 20-% 100 ilerleme) *Eğer etkileşimler var ise çok kötü( en az kazanç, neredeyse gerileme) *çok limitlenmiş optimizasyon	*Etkileşimler ne olursa olsun tamamen güçlü (% 100-% 1000 genel ilerleme, % 10000 başarılabilir ilerleme) *Geri gitme çok nadir *Maksimum optimizasyon

Çizelge 5.4'in devamı

Maliyet / Zaman	Orta (8-50 deneyler)	* Eğer etkileşim yoksa orta (yalnızca iç düzen için 8-36 deneyler) *Eğer etkileşim varsa yüksek (aynı deneylerin çok kere denemesi; iç ve dış düzenler bir araya gelmiş 60-300'den fazla)	*Düşük (3-30 deneyler)
Güçlük	Orta *ANOVA Talep edilmiştir *3-5 günlük eğitim	Yüksek *İç ve dış düzenler artmıştır. *S/N ve ANOVA talep edilmiştir *3-10 günlük eğitim	Düşük *Matematiksel sıkıntı basit *1-2 günlük eğitim
Çok Yönlülük	Düşük Sadece 2 kullanışlı araç	Kötü Sadece 1 kullanışlı araç	Yüksek Problemlerin geniş aralığının hakkından gelmek için 20 kullanışlı araç
İstatistiksel Doğruluk	Düşük *Ana ve birbirini etkileyen faktörlerin karma karışık hale sokulmasıyla doymuş dizayn	Kötü *Ana ve birbirini etkileyen faktörlerin en üst seviyede karma karışık hale sokulmasıyla çok yüksek doymuş dizayn *Eğer standart sapmaya ortalamanın oranı sürekli ise S/N sadece etkilidir *Fabrika gürültülerine karşıt bir Robust dizayn yapma hedefi uygundur, fakat bunu başarma ortalamaları kötüdür. *Rastgele dağıtmama-göze çarpan kusur	Yüksek *Yüksek etkileşim yolu ve tüm düşük ve ana açık ayrımlar
Faaliyet Alanı	*Dış aksam gerektirir *Üretim ana kullanımı	*Eğer girdi ve çıktı değişkenlerin formüle hakim olan formül biliniyorsa dizayn aşamasında kullanılabilir *Ana kullanım ön üretimde	*Dış aksam gerektirir *Prototip, ön üretim, üretim aşamalarında kullanılabilirlik

Çizelge 5.4'in devamı

Yerine Getirebilme Kolaylığı	Orta *İstatistiksel bilgi ve bilgisayar gerektirir. *karışıklık dolayısıyla mühendislerin hayel kırıklığı	Kötü *İstatistiksel bilgi ve bilgisayar gerektirir *Karışıklık ve gösterişsiz sonuçlar dolayısıyla mühendislerin ilgisini kaybetmiş	Kötü *En az istatistiksel bilgi gerektirir. *Mühendisler, üretim, direkt işçi ve tedarikçileri kullanmaya teşvik eder ve kesin sonuçlar dolayısıyla cesaretlendirir.
------------------------------	---	---	--

#### 5.4 Deney Tasarımında Shainin

Her proseste bir ana nedenden dolayı değişkenlik oluşur. Kırmızı X olarak adlandırılan bu ana neden tek değişkenden ya da birkaç değişkenin etkileşiminden oluşabilir. Shainin metoduyla, bu ana nedenin giderilmesi için iyileştirmeler yapılır.

Shainin tarafından keşfedilmiş ve mükemmelleştirilmiş deney tasarımının yedi aracını bulunmaktadır. Bu yedi araç Shainin felsefesine dayanmaktadır: “Mühendislerin tahmin yapmasına izin verme. Konuşmada yer al.” Bunun anlamı ise şudur: mühendisin yol gösteren teknik bilgisine deney tasarımının eklenmesiyle, herhangi bir kronikleşmiş kalite probleminin çözümünün çok kolay olmasıdır. Shainin sözlüğünde kırmızı X olarak yer alan bir numaralı hata sebebinin ele geçirilmesi, azaltılması, kontrol edilmesi anahtarlar deney tasarımı araçlarının herbiriyle bir sonucun çıkarılmasıyla olur. Bu sonuçların herbiri olumlu bir ilerlemedir. İkinci en önemli sebep ise pembe X olarak adlandırılır. Üçüncü en önemli sebep ise açık pembe X olarak adlandırılır. Genellikle, en üstte yer alan birinci, ikinci, üçüncü sebepler, kırmızıX, pembe X, açık pembe X ele geçirildiğinde, spesifikasyon limitlerinin izin verdiği değişkenliğin % 80'den daha fazlası elenir.  $C_{pk}$ 'nın 5 olmasını beş, dört, üç, iki, bir yıl içinde değil, hatta bir kaç ay içinde değil, sadece birkaç hafta içinde üç beş deney tasarımı incelemesiyle başarır (Bhote K. R., 1991).

Çizelge 5.5'de Shainin deney tasarımı yönteminin yedi aracının kısa bir özeti sunulmaktadır. Burada hedefler, nerelerde ve ne zaman kullanılabileceği verilmektedir.

#### 5.4.1 Çoklu Değişken (Multi-Vari) Kartları

##### 5.4.1.1 Tarihçesi

Çoklu değişken (multi-vari) adı 1950 yılında endüstriyel kalite kontrol dergisinde şubat ve mart sayılarında yayınlanan L. Seder tarafından yazılan “diyagramlar ile teşhis ( Diagnosis with Diagrams)” adlı makaledeki analizin formundan gelmektedir. Çoklu değişken tekniği Josesh M. Juran tarafından daha önceden çalışılmıştır (Zaciewski R. D., 1995). Seder; çoklu

Çizelge 5.5 Shainin' nin deney tasarımı yönteminin yedi aracı (Bhote K. R., 1991)

Araç	Hedef	Nerede Uygulanabilir	Ne Zaman Uygulanabilir	Örnek Boyutu
<b>Çoklu değişken kartları</b>	<p>* Test pozisyonundan test pozisyonuna, makinadan makinarya, parti içinde, partiden partiye, zamandan zamana küçük sayıdaki ilişkili sebeplerin yönetilemeyen, ilişkili olmayan büyük sayıdaki sebeplerinin azaltılması.</p> <p>* Rastgele olmayan eğilimleri bulunmak</p>	<p>* Çabuk bir bakışla kullanışsızlıkla sınırlanmış büyük geçmiş verilersiz, ürün veya prosesin nasıl üretileceğini belirler</p> <p>* Proses yeterlilik çalışmalarının yerini alır</p> <p>* Bazı beyaz yakalı uygulamalarda</p>	<p>* Mühendislik örnek üretimde, ürün örnek üretimde veya üründe</p>	<p>En az 9-15 veya % 80 e kadar önceki değişkenliğin ele geçirilmesi</p>
<b>Bileşenlerin araştırılması</b>	<p>* Yüzlerce veya binlerce bileşenlerden veya alt montajlardan kırmızı X üzerinde yer alan tüm önemli ana etkilerin ve birbirini etkileyen etkilerin yakalanması</p>	<p>* Bileşenlerin değişik tokuş edilmesiyle iki farklı performansa sahip (iyi ve kötü olarak adlandırılan) montajların olduğunda</p>	<p>Prototipte, mühendislik örnek üretimde, ürün örnek üretiminde, ürün veya alanda</p>	<p>2</p>
<b>Eşlenmiş karşılaştırmalar</b>	<p>* Farklı performans gösteren ürünlerin çiftleri arasında tekrar eden farkların belirlenmesiyle kırmızı X 'in ipuçlarının sağlanması</p>	<p>* Demonte edilemeyen farklı performansa sahip ürünlerin (iyi ve kötü olarak adlandırılmış) setlerin karşılaştırıldığında</p>	<p>Aynı bileşenlerin araştırmasında</p>	<p>5 veya 8 çift iyi ve kötü ürün</p>



Çizelge 5.5'nin devamı

Araç	Hedef	Nerede Uygulanabilir	Ne Zaman Uygulanabilir	Örnek Boyutu
<b>Değişkenliklerin Araştırılması</b>	<p>1. Kırmızı X ve Pembe X'in tesbiti</p> <p>2. Tüm ana etkilerin ve birbirini etkileyen etkilerin büyüklüğünün yakalanması</p> <p>3. Maliyeti azaltmak için</p>	<p>* 5 veya 20 değişiklik araştırıldığında</p> <p>* Mükemmel problem önleme araçları</p>	<p>* R&amp;D'de mükemmel, mühendislik gelişmeler, ve ürün veya proses karakteristikleri için üründe,</p> <p>* Çoklu değişken ve eşlenmiş karşılaştırmalardan sonra kırmızı X'in tesbit edilmesi</p>	1 den 20 ye
<b>Tam Faktöriyel</b>	Değişkenliklerin araştırması ile aynı	*Sadece 2'yle 4 değişkenlik arasında uygulanır	*Aynı değişkenliklerin araştırmasında	1 den 16 ya
<b>B &amp; C</b>	* İstatistiksel güvenilirlikle (genellikle % 95) mevcut ürün üzerinden prosesin daha iyi veya yeni bir üstünlüğü gerekli kılması	<p>* Yukarıdaki beş aracın bir veya daha fazlası izlenir.</p> <p>* Problemi çözmek kolay olduğunda B&amp;C yukarıdaki araçlarla bypass edilir.</p>	*Prototipte, örnek üretimde, veya üründe	Genellikle 3 Bs ve 3 Cs
<b>Serpilme Diyagramları (Gerçek tolerans paralel kenarı)</b>	* Kırmızı X, pembe X değişikliklerini ve bunların maksimum izin verilebilir toleranslarının optimum değerlerini belirlemek	Üsteki altı aracın izlenmesi	Ürün veya prosesin örnek üretiminde	30

değişken kartını tanıtan ve bu kartı ( $\bar{X} - R$ ) kontrol kartı ile karşılaştıran kişidir. Çoklu değişken kartı, bir proses içerisindeki değişkenlerin analizlerini, ana kaynaklar arasındaki farklılıkları temsil etmektedir. Ana kaynaklar; (1) parça içi (intrapiece), bir parça, lot, yada parti vs. içerisindeki değişimleri; (2) parçalar arası (interpiece), parçalar arasındaki ilave değişimleri; (3) zamansal değişimlerdir. (temporal variation) (Zaciewski R. D., 1995).

Duncan; çoklu değişken kartını, iç içe geçmiş bir yapıdaki değişim ve aritmetik ortalamanın birleşik homojenizasyonunun testi için bir grafiksel araç olarak sunmuştur. Bhote K.R.; çoklu değişken kartından, Shainin deney tasarımı (design of experiment) araçlarından biri olarak bahsetmiştir. Bu kartın amaçları; prostesten sapmanın önemli bir kısmını oluşturan faktörler için deliller sağlamaktır. Zaciewski ve Nemeth, çoklu değişken kartının sıklıkla küçük görülen bir kalite aracı olduğundan bahsetmişlerdir (Zaciewski R. D., 1995).

In De Mast, Roes and Does 1999'da çoklu değişken kartların analizi için istatistiksel testlerin yöntemlerini saptamıştır. Bunlar akan bir prosteste nelerin olduğunu değerlendirmede kullanılabilen hipotezlerin bir çoğunu oluştururlar. Aynı zamanda, F testlerini kullanan varyans analizinin yararlı bileşenine örnekler ve yeni testleri kullanan çoklu değişken çalışmalarıyla ilgili değerlendirmeler yer alır [7].

Shainin kalite araçlarının en güçlülerinden biri çoklu değişken kartlarıdır. Çoklu değişken kartı parça içi değişkenlikten diğer değişkenlik çeşitlerini ayırmak için kullanışlı bir teknik sunar (Zaciewski R. D., 1995). İstatistiksel proses kontrolde, herhangi bir çalışma yada kontrol kartı oluşturulmaya başlamadan önce prosesin doğasının çıkarılması iyi bir uygulamadır. Bu gibi hazırlayıcı incelemeler, bazan pasif veri toplama yada keşfi çalışma olarak adlandırılır. Burada geçen "pasif" kelimesi, dizayn edilmiş denemelerin aksine kasti bir müdahale olmaksızın verinin işleyen bir prostesten alındığına işaret etmektedir. Toplanan verilerden, deneyi gerçekleştiren, önemli bir kalite karakteristiğinin ana istatistiksel özelliklerinin temelleri elde etmiş olur (Mast D. J., 2001).

Keşfe yönelik çalışmalar için çoklu değişken kartı yararlı bir grafik araçtır. Bir prosteste kullanıldığında; kalite karakteristiğinin davranışlarını grafiksel olarak göstermede yardımcı olur. Toplanan veri içerisindeki değişkenlerin bileşenleri ve bunların etkileşimleri kolayca ayırt edilir. Karttan prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığına da kararı verilebilir (Mast D. J., 2001).

İlerlemiş bir çoklu değişken çalışması diğer ip ucu üreten araçlarla kullanılırsa, kırmızı X, pembe X, ve açık pembe X olarak adlandırılan hata sebepleri ayrıntılı bir şekilde belirlenir ve

değişkenlik % 55-90 oranlarında azaltılır. Hatta, % 2'den daha aza kadar indirilir (Bhote K. R., 1999).

#### **5.4.1.2 Çoklu Değişken Kartlarının Tanımı**

Çoklu değişken kartı maksimum ve minimum ölçüler arasına çizilen düşey çizgiyle alınan örneklerin tümünü temsil edilmesiyle oluşturulur. Böylece bu çizginin boyunun büyüklüğü ölçümler arası farkın direkt bir göstergesidir (Juran J. M., 1951).

Toplanan verilerden birde kalite karakteristiğinin ana istatistiksel yapılarının temel anlamı elde edilebilir. Bu çalışma için çoklu değişken kartı kullanışlı grafiksel bir araçtır. Akan proseste kalite karakterisliğinin davranışının bir grafiksel gösterimi elde edilir. Bu verilerden değişkenliğin bileşenleri ve modelleri kolayca tanımlanır [7].

Basit çoklu değişken kartı üretilmiş parçalar arasındaki değişim aralığını gösteren ipuçları üretildiğinden, biri değişim diğeri zaman iki temel elementin kombinasyonuna bakar (Zaciewski R. D., 1995).

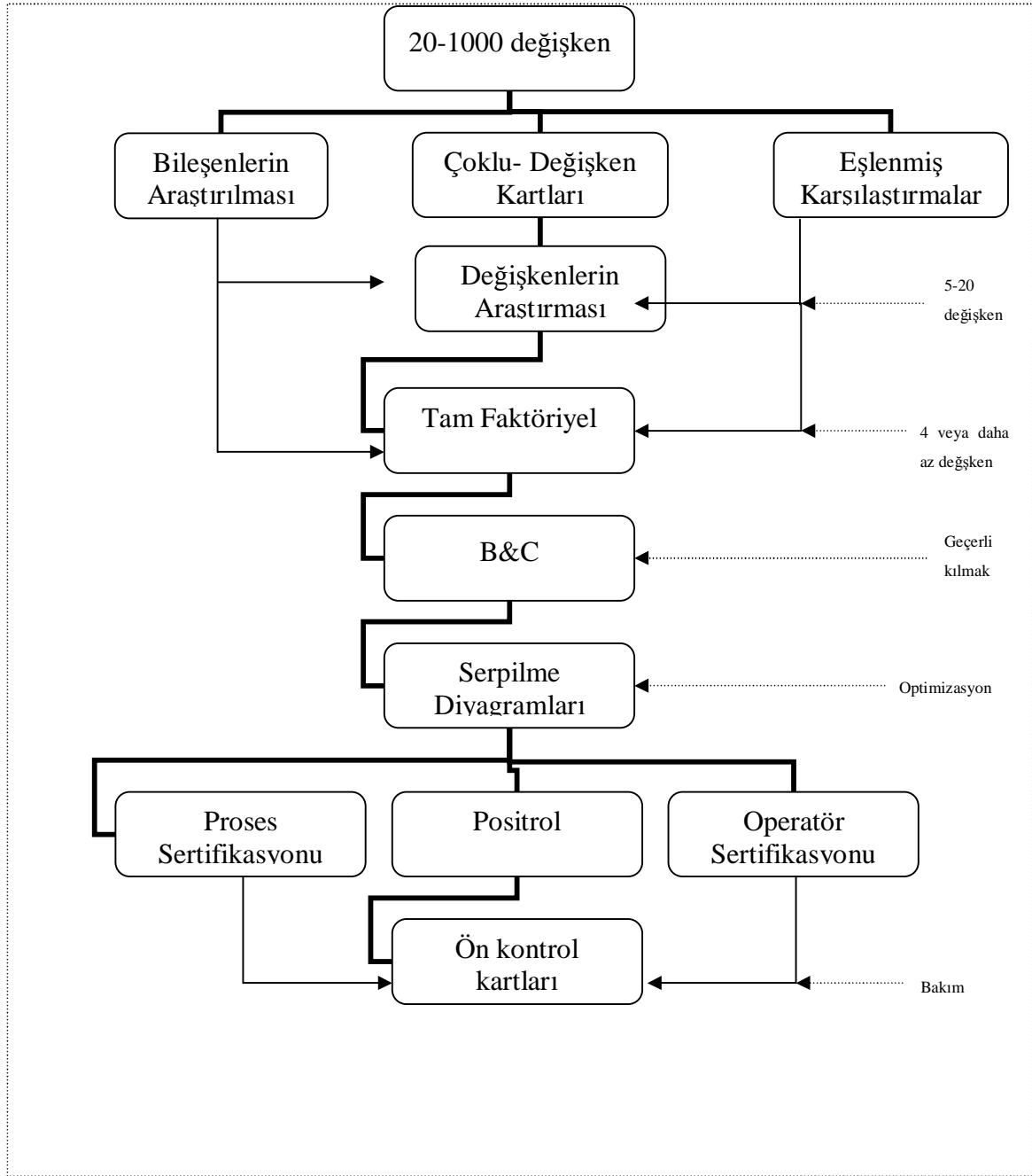
Çoklu değişken kartları üretimde olduğu gibi servis ve tüm proseslerde bulunan değişimin farklı tiplerini belirlemek için çok kullanışlı bir araçtır. Çok kullanılan,  $\bar{X}$ -R kontrol kartları gibi diğer kontrol araçlarını gölgede bırakmasına rağmen, çoklu değişken kartlar, bir prosesin içinde aşırı değişkenlik olduğunda teknik problemleri çözmek için anahtar bir araç olabilir. Çoklu değişken kartının değişimin farklı çeşitlerini kesin olarak belirleme yeteneği, kontrol kartlarının çok ötesine geçmiştir. Çoklu değişken kartları farklı değişim çeşitlerini tarif ederek, değişkenliğin sebeplerini sadece genel ve özel sebepler olarak tanımlanmamasına, aynı zamanda değişkenliğin sebeplerinin ortadan kaldırılmasına yardım eder. Bazen, çoklu değişken kartları tek başına problemin kök sebebini (root cause) kesin olarak belirleyebilir (Zaciewski R. D., 1995).

Çoklu değişken çalışmaları altı sigma gelişim projelerinin yönetimiyle ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmalar prosese etki eden kontrol edilemeyen değişkenlikleri tanımlama operasyonu olarak prosesten veri toplarlar. Burada strateji, değişimin önemli kaynaklarını ve değişimi azaltmak için ne yapılabileceğini belirlemektir. Sonraki çalışmalar bir çoklu değişken çalışmasıyla tanımlanmış noktaları çözmek için kullanılır (Snee R. D., 2001).

#### **5.4.1.3 Çoklu Değişken Kartlarının Metodolojisi**

Bir çoklu değişken çalışmasının ana hedefi; değişimin çok sayıdaki bilinmeyen ve yönetilemeyen sebepleri arasında baskın sebep olan kırmızı X'i içine alan değişkenler

grubunu daha az sayıya düşürmektir. Çoklu değişken kartları değişime, katkıda bulunmayan sebepleri eleyerek bir problemin en muhtemel nedeninin tam üzerine giden grafiksel bir tekniktir. Şekil 5.20’de, problemi çözmenin yol haritası yer almaktadır (Bhote K. R., 1999).



Çoklu değişken çalışmasının prensibi; değişiminle ilişkili olmayan çok sayıda sebebi sistemli bir şekilde eleyerek esas sebebi (kırmızı X) seçip alan filtreleme tekniğidir. Bir çok uygulamada ilk filtre olan çoklu değişim işlemleri olarak genellikle şunlar izlenir:

- Eğer hala konuyla ilgili çok fazla değişkenler varsa diğer ip ucu teknikleri uygulanır.
- Bunlar 2 ile 4 arasındaysa tam faktöriyel (full factorial) çalışmaları uygulanır. Eğer

konuyla ilgili 5 ile 20 arasında değişkenler kaldıysa değişken araştırması (variables)

- Eğer konuyla ilgili değişken sadece bir ise gelişim doğrulanmak istendiğinde B ve C çalışması uygulanır.
- Mühendislik kararlarının karma karışık tahminleri önemli şekilde azaltılır (Bhote K. R., 1999).

Çoklu değişken çalışması ne kadar sürmeli? Daha önceden belirtildiği gibi, ampirik kurallara göre; prosesten alınan periyodik örnekleme önceki değişkenliğin en az %80'nin veya spesifikasyon toleransının (hangisi daha az ise) yakalanmasına kadar devam etmelidir. Eğer % 50 veya % 60 gibi daha düşük bir oran kullanılırsa, kırmızı X'in hızlıca bulunma şansı azalır. Geçmiş değişimin % 80'nin veya daha fazlasının yakalanabilmesi için, çoklu değişken çalışması bir saat veya daha azdan, dört haftaya veya daha fazlaya kadar sürebilir. Tipik bir çoklu değişken çalışmasında üç günden daha fazla süren bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaz. Kaç tane örneğe ihtiyaç vardır? Grubun birimden birime, örnekleme büyüklüğü üç ile beş ardışık birimdir (Bhote K. R., 1999).

Çoklu değişken kartlarında değişimin farklı grupları bir kartta birleştirilir veya her bir grup/alt grup ayrı ayrı çizilebilir (Bhote K. R., 1999).

Grupların ve alt grupların toplam sayısının üç veya dörtten daha büyük olmadığı durumlar en iyisidir. Aksi taktirde bu kart çalışmasında; değişimin ayrı grupları tahlil etmesi çok karışık ve yorucu olur (Bhote K. R., 1999).

#### **5.4.1.4 Değişken Çeşitleri**

Veri toplamak ve göstermek için çoklu değişkenin oluşturulma yaklaşımı; konumsal (positional), dönemsel (cyclical) ve zamansal (temporal) olmak üzere üç farklı kategoride değişkenliğin sınıflandırılmasıdır (Bhote K. R., 1991).

Çoklu değişken kartı üç ana kaynağının ayırımıyla prosesteki değişkenliğin bir analizini sunar.

Bunun üçü şunlardır;

1. Parça içi (Intra-piece) / konumsal (positional) değişim: bir parça, lot, yada parti içerisindeki değişimler,
2. Parçalar arası (Interpiece) / dönemsel (cyclical) değişim: parçalar arasındaki ilave değişimler,
3. Geçici / zamansal (temporal) değişim: zamana bağlı değişimlerdi [7].

Çoklu değişken kartlarının analizinde, proste kontrol edilen değişkenlerden en büyüğünün konumsal, dönemsel veya zamansal olup olmadığı belirlenir. Birde en büyük değişkenliğin hangi tip olduğunu belirleyerek, bu değişkenliğin neden kaynaklandığının incelemesine gidilir. Diğer değişkenliklerin daha az üzerinde durulur (Bhote K. R., 1999).

*Konumsal değişkenlik (positional variation) (parça içinde (within piece))*

Konumsal değişkenlik bir üretim parçası üzerinde bir kaç ölçümün yapılmasıyla bir parça içindeki değişkenliğin fark edilmesidir. Konumsal değişkenlik aynı zamanda parça içindeki değişkenlik olarak ifade edilir. Örneğin; lazerle delinmiş delik çapı, kalıptan kalıba tabaka, bir alet içinde, o-ring contanın kesit ölçüsü (Perez-Wilson M., 2003).

- Tek bir birim içindeki değişimler (sağ tarafa karşı sol taraf, alt tarafa karşı üst taraf, kenara karşı merkez kalınlığının incilmesi, yuvarlaklığın bozulması gibi),
- Bir çok parça içeren tek birime karşı değişimler (bir çok çip ile çift taraflı tabaka, bir bileşenin tipi veya değerinin tekrar eden hatalar ile baskılı devre),
- Prosesin parti yüklemesi içindeki pozisyon veya yerin değişimleri (kalıplama işleminde boşluktan boşluğa değişiklik),
- Makinadan makinaya değişimler,
- Test pozisyonundan pozisyonuna ve bağlamadan bağlamaya değişimler,
- Operatörden operatöre değişimler,
- Hattan hata ve fabrikadan fabrikaya değişimler (Bhote K. R., 1999).

*Dönemsel Değişkenlik (cyclical variation) (parçalar arası(between pieces))*

Dönemsel değişkenlik ardışık birimler arasındaki değişkenliktir. Dönemsel değişkenlik aynı zamanda parçadan parçaya değişkenlik olarak ifade edilir. Örneğin; yığından yığına, tabakadan tabakaya, baskılı devreden baskılı devreye tel bağlantıları, partiden partiye değişkenlik (Perez-Wilson M., 2003).

- Aynı zaman diliminde bir prostesten alınan ardışık birimler arasındaki değişimler,
- Birimlerin grupları arasındaki değişimler,
- Partiden partiye değişimler,
- Parçadan parçaya değişimler (Bhote K. R., 1999).

*Zamansal değişkenlik (temporal variation) (zamandan zamana(time to time))*

Zamansal değişkenlik zamandan zamana değişkenliktir. Bir grup birimin farklı zaman dilimlerinde ölçülmesidir. Zamana karşı bu grupların içindeki değişiklikler zamansal

değişiklidir. Örneğin; saatten saate değişim, günden güne, haftadan haftaya, vardiyadan vardiya değişim.

- Saatten saate,
- Vardiyadan vardiyaya,
- Günden güne,
- Haftadan haftaya (Bhote K. R., 1999).

Her bir grubun değişkenliğinin ve alt grubun değişkenliğinin miktarını belirtmek önemlidir.

Grubun zamandan zamana değişimi; en yüksek zaman ortalamasıyla en düşük zaman ortalamasının farkıdır.

Grubun birimden birime değişimi; birim içindeki en yüksek ortalamayla birim içindeki en düşük ortalamasının farkıdır.

Grubun birim içindeki değişimi; yüksekliğin en uzun olduğu düşey çizginin birimidir (Bhote K. R., 1999).

#### **5.4.1.5 Çoklu Değişken Kartlarının Yapısı**

Çoklu değişken çalışmaları tam anlamıyla yönetildiği ve analiz edildiği zaman yararlıdır. Açıklayıcı prensip yüksek değişkenlik üretimi ve bu değişkenliği azaltma yollarını bulmak için kaynakları analiz eden prosesin parçalarını tanımlamaktır. Bunlar çizelge 5.6'de görülmektedir (Shee R. D., 2001).

Cetvel şeklindeki veriler çoklu değişken kartlarını yorumlamak ve analiz etmek için her zaman kullanılabilir. Bununla beraber insan gözü bu gibi verileri kolayca düzenleyemez. Bu yüzden grafiksel işaretleme kolayca yorum yapmak ve her bir değişim ailesinin etkilerini ölçmek için gereklidir (Bhote K. R., 1999).

Yatay çizgi hafta, gün, vardiya, saat gibi zamansal değerleri temsil eder. Bununla birlikte örnekler tüm zaman aralıklarında periyodik olarak alınır. Yatay eksen tabakalarına ve ayrı zaman periyotlarına bölünmüş her bir zaman birimi için 3 ile 5 arası örnek alınır. (Bhote K. R., 1999).

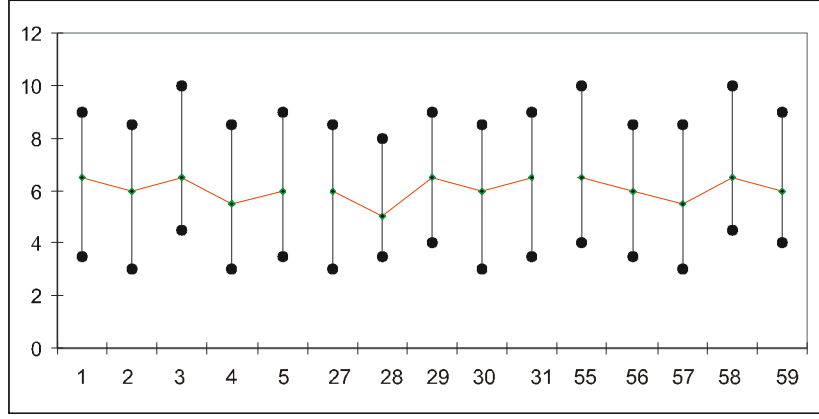
Çizelge 5.6 Çoklu değişken çalışmasını başarmanın anahtarı (Shee R. D., 2001)

* prodesteki tüm değişkenliği görmek için yeterli periyot aralıklarıyla veri toplama
* değişkenliğin önemli kaynaklarını görmek için yeterli sıklıkta veri toplama
* örnekleme programında tüm önemli değişkenleri dahil etme * proses girdileri, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenler ve çıktı değişkenleri
* örneklenen değişkenlerin tümü için ölçme sistemlerinin yeterli olduğundan emin ol
* çalışmanın yöntemi; bir plan geliştir ve tümünü içeren kuralların anlaşıldığından emin ol.
* örnekleme planı geliştirilirken dönüşümlü çalışan vardiyaların göz önünde tutulduğundan emin ol.
* değişkenliğin önemli kaynakları tanımlandığında analizin üzerinde yoğunlaş (anahtar sürücüler)
* analitik teknikler kadar grafiksel teknikleri de kullan.
* veri, istatistiksel olarak tasarlanmamış şekilde toplandığı çalışmaları sonlandırmaya dikkat et . (istatistiksel yardımlar olmadan toplanan verilerin sınırlamalarına)

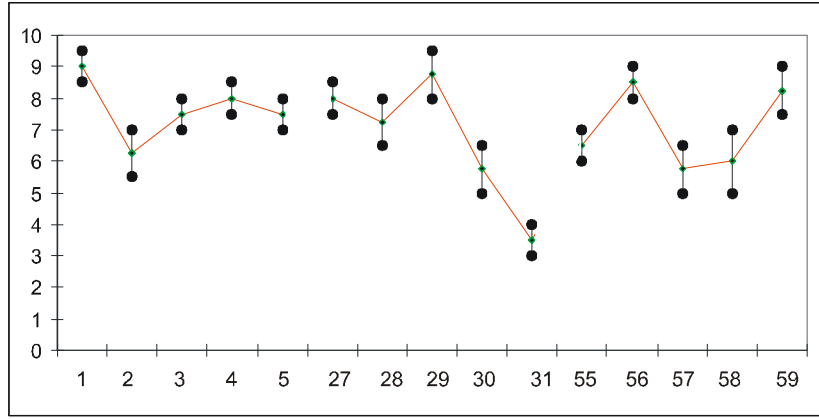
Düşey eksen inceleme altındaki yeşil Y'yi (değişkenliği araştırılan konu) ve birimler içi değişimleri küçük bir düşey skala olarak gösterir. Çoklu değişken zoraki bir uygulama değildir. Üretimde karışıklık yaratmaz. Sadece yarar sağlar. Hassasiyet içinde, çoklu değişken kısa bir zaman aralığında veya verilen zamanda değişkenliğinde kaba bir görünüşüdür. Bu hasta bir kalbin toplam performansının profilini belirlemek için göğüsün farklı pozisyonlarını sensörlerle görüntüleyen EKG görüntüsüne benzetilebilir. Şekil 5.11'de ölçülen kalite karakterisliğinin muhtemel üç farklı tipi görülmektedir (Bhote K. R., 1999).

Bir çok insan çoklu değişken kartlarıyla ilk kez karşılaştığında kontrol kartlarıyla bunları karıştırmaktadır. Kontrol kartları sadece zamandan zamana değişimleri ayırt eder. Kontrol kartları birimden birime ve birim içi değişimleri veya bunların alt gruplarını inceleyemez (Bhote K. R., 1999).

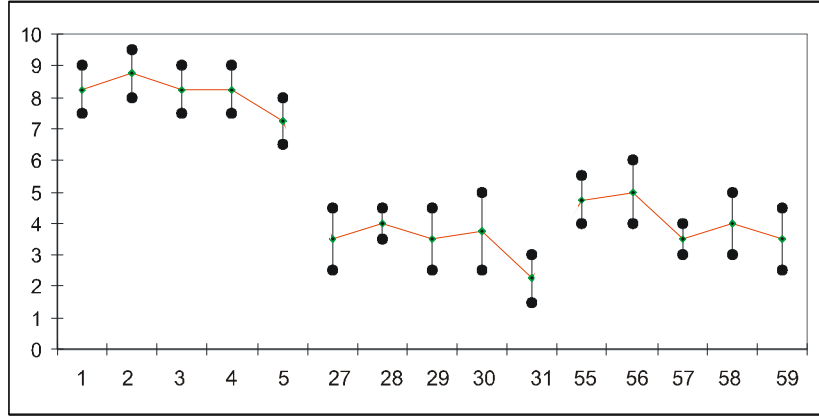




Parça içi değişkenlik



Parçalar arası değişkenlik



Zamansal değişkenlik

Şekil 5.11 Değişken çeşitlerinin gösterimi (Bhote K. R., 1999)

#### 5.4.1.6 Çoklu Değişken Kartını Oluşturmak İçin Adımlar

Çoklu değişken kartlarının oluşturulması;

Çoklu değişken kartlarını oluşturma adımları çok basit ve kolaydır. Çoklu değişken kartlarını oluşturulurken yerine getirilmesi gereken çok az kural vardır (Perez-Wilson M., 2003).

a) Veri toplanırken proseste değişiklik yapılmaz.

b) Arka arkaya alınan veriler rastgele olmamalıdır.

Aşamalar:

1. Adım: Prosesteki değişkenliğin alt ve üst sınırları belirlenir.

Prosesin sahip olduğu belli bir zaman çerçevesindeki toplanan verilerden yararlanarak toplam değişkenliğin limitleri hesaplanır. Limitler, toplanan verilerden maksimum ve minimum değerlerin belirlenmesiyle tespit edilir. Alt ve üst değerler, çoklu değişken kartlarının düşey skalasını oluşturmada kullanılır. Prosesteki toplam değişkenlik; tüm değişimin farklı dağılımlarının değişim aralığıdır. Bu dağılımlar, verilerin toplandığı farklı zaman aralıklarını temsil eder (Perez-Wilson M., 2003).

2. Adım: Çoklu değişken kartı için y eksenini belirlenir.

Çoklu değişken kartının düşey skalasını oluşturmak için; toplanan verilerin maksimum ve minimum değerleri kullanılır (Perez-Wilson M., 2003).

3. Adım: Çoklu değişken kartı için x eksenini belirlenir.

Çoklu değişken kartlarının x eksenini zaman skalasıdır. Zaman skalasını belirlemek için prosesteki maksimum değişkenliği yakalayabilecek zaman aralıkları tahmin edilmelidir. Eğer proseste saat bazında değişiklik olacağı düşünülüyorsa, her 1 saatte, 1,5 saatte, 2 saatte bir aralıklarla genellikle beş zaman aralığı seçilir (Perez-Wilson M., 2003).

Zaman skalası aynı zamanda vardiyalar, günler veya hafta gibi farklı şekillerde olabilir. Bazı örneklemeelerde, bu skala zamandan daha farklı şeyleri de temsil edilebilir. Örneğin ürünün farklı akışları (different runs of product), partiler ve lotlar (Perez-Wilson M., 2003).

4. Adım: Örnekleme planını belirlenir. Her zaman aralığında prosesten ardışık birimler toplanır ve her birim için farklı ölçüler alınır (Perez-Wilson M., 2003).

Her bir zaman aralığında toplanan birimlerin sayısı genellikle üçtür, buna rağmen bazen daha çok veya az birimler uygulamaya bağlı olarak toplanır. Tekrarlarda, her bir birim için farklı ölçüler alınır. Bu iki, üç veya daha çok olabilir. Parça içinde beşe kadar örnekleme yapılabilir (Perez-Wilson M., 2003).

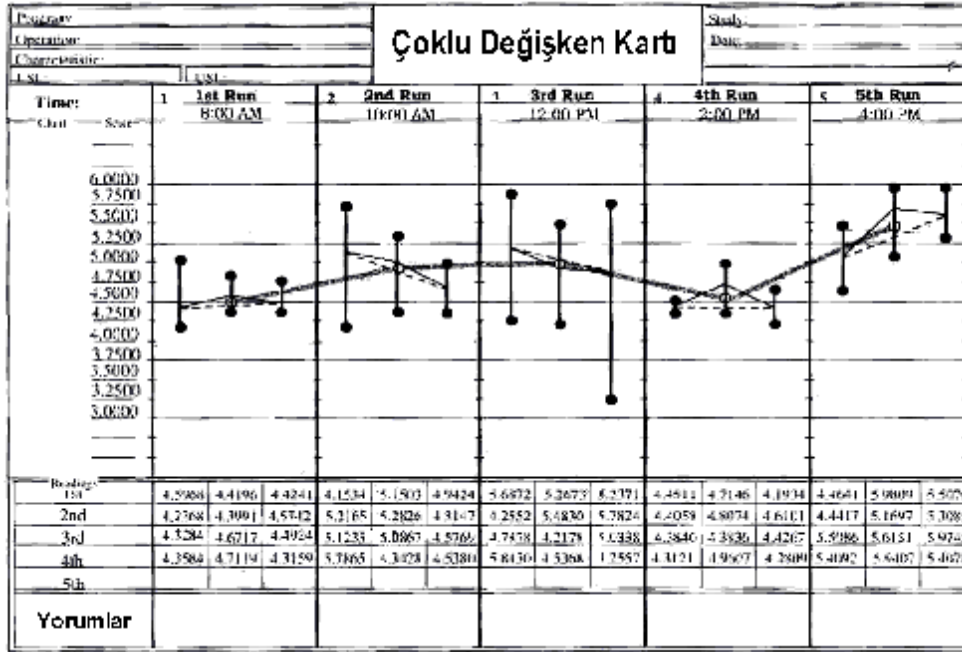
5. Adım: Çoklu değişken kartına veri girilir (Perez-Wilson M., 2003).

6. Adım: Düşey çizgiler olarak aralıklar işaretlenir (Perez-Wilson M., 2003).

7. Adım: Çoklu değişken kartlarının analizi, ilk olarak grafiksel ve daha sonra istatistikeldir.

Grafiksel olarak, parça içindeki, parçalar arası veya farklı zaman aralıklarındaki çarpıcı farklılara bakılmalıdır (Perez-Wilson M., 2003).

İlk önce her bir parça için ortalama ve daha sonra bir zaman aralığındaki tüm parçalar için bir ortalama hesaplanır. Her bir zaman aralığı için ortalama işaretlenir ve parçaların bu ortalamaları çizgiyle birleştirilir. İkinci olarak, zaman sabitliğine karşılık tüm zaman aralığındaki ortalamalar bir çizgi ile birleştirilir. Eğer çizgi yatay değilse, zamana karşı değişim vardır (Perez-Wilson M., 2003).



Şekil 5.12 Örnek bir çoklu değişken kartı (Perez-Wilson M., 2003)

#### 5.4.1.7 Çoklu Değişken Kartının İstatistiksel Analizi

Eğer sayısal testler istenirse, F testini kullanabilirsiniz (Duncan A. J., 1959).

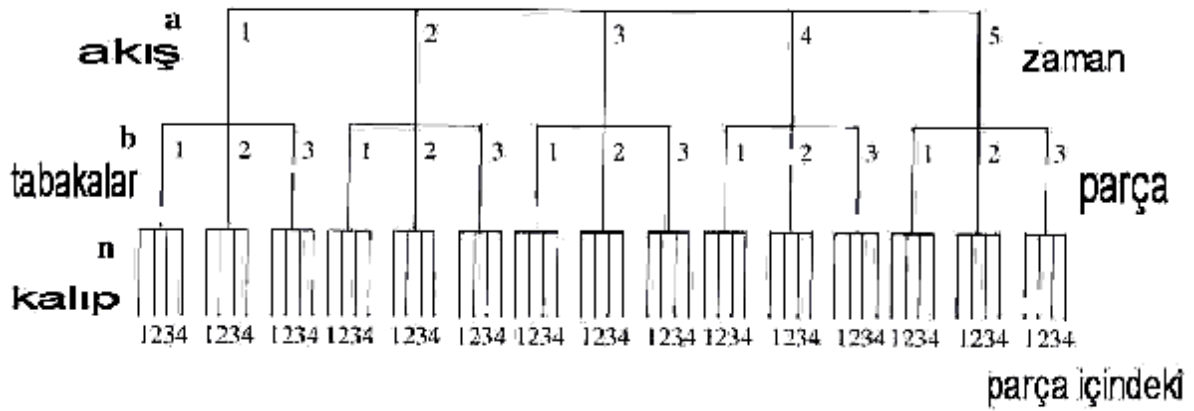
Çoklu değişken kartının veri toplama ve örnekleme planı daha önceden belirlenir. Bunun anlamı, örnekleme belirlenmiş zamanlarda, üretim parçaları üzerinde belirlenmiş yerlerde yapılmasıdır. Bu planda; gözlemlerin seçimi için hiyerarşik bir sıralamanın yapıldığı, düzenlenmiş örnekleme kullanılır. Bu gözlemlerin rastgele alınmadığı anlamına gelir (Perez-Wilson M., 2003).

Çoklu değişken kartlarının analizi için; iç içe geçmiş tasarım (nested design) veya hiyerarşik tasarım önerilir. İç içe geçmiş tasarımlarda, en az bir faktörün seviyesi diğer faktörlerin sadece bir seviyesini içermekte veya ortaya çıkarmaktadır (Perez-Wilson M., 2003).

İç içe geçmiş tasarımda en basit yol, bir faktörün (faktör B) her seviyesinin diğer faktörün (faktör A) sadece bir seviyesi ile ortaya çıkmasıdır. Her koşulda, B faktörü A faktörüyle iç içe geçmektedir (Perez-Wilson M., 2003).

Çoklu değişken kartı konumsal, dönemsel ve zamansal olarak adlandırılabilir bileşenlerden etkilenmektedir. Bu kartlar iç içe geçmiş tasarım olarak ele alınırsa yukarıda sözü geçen bileşenlerin karttaki toplam değişime etkileri ayrıştırılabilir (Perez-Wilson M., 2003).

Çoklu değişken kartlarının yayılımına örnek olarak 5, 3, 4'lü hiyerarşik tasarım aşağıda yer aldığı gibi temsil edilebilir (Perez-Wilson M., 2003).



Şekil 5.22 Çoklu değişken kartının hiyerarşik şekli (Perez-Wilson M., 2003)

Bu tasarımda a (a=5) ile temsil edilen beş zamansal değişim (veya akış) var. Herbir akış içerisinde b (b=3) ile temsil edilen üç dönemsel değişken (tabaka veya parça) var. Her bir dönemsel değişim içinde n (n=4) ile temsil edilen konumsal değişim (parça içi) var. Bu örnek gaz türbine ait tabakaların değerlendirmesine aittir. Bu akışlar beş farklı zaman aralığı şeklinde ele alınmış ve zamana karşı değişim akıştan akışa değişim olarak değerlendirilmektedir. Akış içinde yer alan tabakalar parça değişimi olarak değerlendirilip, buradaki değişim ise parçadan parçaya değişimi temsil etmektedir. Bir tabakanın farklı noktalarından alınan ölçümler ise parça içi değişim olarak ele alınmaktadır (Perez-Wilson M., 2003).

#### 5.4.1.7.1 Konumsal Değişkeni Değerlendirme (Estimating)

Her parça n adet gözleme sahiptir. Çoklu değişken kartında her bir  $Y_{ijk}$  bir gözlemi veya alınan ölçüyü temsil eder. Tek bir parçadan alınan n gözlem ile bir parçanın ortalaması ( $\bar{Y}_{ij}$ ) hesaplanabilir, ve  $\bar{Y}_{ij}$  aynı zamanda varyansın hesaplamasında yarar (Perez-Wilson M.,

2003).

Varyans her gözlenen parçanın ortalamasının farkının karesinin serbestlik derecesine (n-1) bölünmesiyle bulunur (Perez-Wilson M., 2003).

$$\frac{\sum_{k=1}^n (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij})^2}{(n-1)} \text{ bu varyans (n-1) serbestlik derecesiyle } \sigma_w^2 \text{ 'nin hesaplanmasını bulur.} \quad (5.8)$$

$\bar{Y}_{ij}$  = parça ortalaması

Yukarıdaki bu varyans sadece bir parçanınkidir. Tüm parçalar için tek bir zaman dilimi toplam  $V_w$  olan varyans hesaplaması olarak tüm b parçaları için yapılabilir (Perez-Wilson M., 2003).

$$\frac{\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij})^2}{b(n-1)} \quad (5.9)$$

Bütün ab parçalarının tüm zaman dilimindeki varyansını hesaplamak için tüm elde edilen parça içindeki varyanslarının toplanmasıyla gerçekleştirilir (Perez-Wilson M., 2003).

$$V_w = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij})^2}{ab(n-1)} \quad (5.10)$$

$\bar{Y}_{ij}$  = herbir parçanın ortalaması

$V_w$  olan bu varyans  $ab(n-1)$  serbestlik derecesiyle  $\sigma_w^2$  'nin hesaplanmasıyla bulunur. Bu varyans aynı zamanda  $SS_w$  (parça içindeki toplamın karesinin)  $ab(n-1)$  serbestlik derecesine bölünmesine eşittir (Perez-Wilson M., 2003).

$$V_w = \frac{SS_w}{ab(n-1)} \quad (5.11)$$

Bu parça içindeki ortalamaların karesine eşittir ( $MS_w$ ) (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_w = \frac{SS_w}{ab(n-1)} \quad (5.12)$$

ve böylece, parça içindeki ortalamanın karesinin tahmin edilen değerinden  $V_w$  'nin (parça

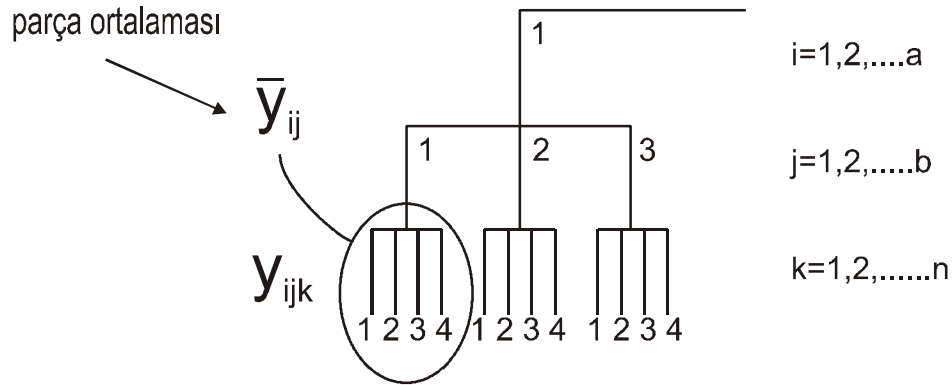
içindeki ortalamanın karesine  $MS_w$ 'e eşit olduğu çıkartılır (Perez-Wilson M., 2003).

$$E(MS_w) = V_w = S_w^2 \quad (5.13)$$

#### 5.4.1.7.2 Dönemsel Değişkeni Değerlendirme

Parçalar arasındaki değişim veya varyans ailesini hesaplamak için hiyerarşik tasarımın daha yüksek seviyedeki ortalama sayılara ve çok az hesaplama yapılmasına ihtiyaç duyulur (Perez-Wilson M., 2003).

Herbir zaman dilimi iç içe geçmiş b parçalarına sahiptir. Eğer, bu ortalama parça içindeki n gözlemleriyle her parçanın ortalaması şeklinde şekillendirilirse parça içindeki ortalama bulunur ve  $\bar{Y}_{ij}$  ile gösterilir. Şimdi eğer b parçalarının ortalaması alınır ve bunlar ortalamayla şekillendirilirse, bu parçalar arasındaki ortalama olur ve  $\bar{Y}_i$  ile gösterilir. Bu ortalama seti kullanılarak karelerinin toplamları hesaplanabilir ve yani varyans hesaplaması yapılır (Perez-Wilson M., 2003).



Şekil 5.13 Parça içi ortalamaların gösterilişi (Perez-Wilson M., 2003)

Varyans bir zaman aralığındaki tüm parçaların ortalamalarından her bir parça ortalamadan sapması alınarak hesaplanır (Perez-Wilson M., 2003).

$$\frac{\sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{b-1} \quad (b-1) \text{ serbestlik derecesiyle} \quad (5.14)$$

$a(b-1)$  serbestlik derecesiyle  $V_B$  parçalar arasındaki varyansı elde etmek için, tüm varyansların toplanmasıyla tüm zaman aralıklarındaki varyans bulunur (Perez-Wilson M., 2003).

$$V_B = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{a(b-1)} \quad (5.15)$$

$\bar{Y}_i$  = p parçalarının ortalaması

Bu durumda  $V_B$ 'nin hesaplanmasıyla  $\sigma_B^2$  hesaplaması aynı olmaz, ama  $\sigma_B^2 + \sigma_w^2/n$ 'ye eşit olabilir. Bunun nedeni; her bir zaman aralığındaki  $\bar{Y}_i$  ortalamasının, n gözlemin ortalamalarından elde edilmesidir, böylece parça içindeki değişebilirlik dahil edilmiş olur.  $V_B$  varyansı aynı zamanda parçalar arasındaki karelerinin toplamına ( $SS_B$ )  $a(b-1)$  serbestlik derecesinin bölünmesiyle hesaplanır (Perez-Wilson M., 2003).

$$V_B = \frac{SS_B}{a(b-1)} \quad (5.16)$$

Ortalamaların karesi  $MS_B$ , bu özel çalışmada parçalar arasındaki karelerin toplamını n gözlemlerle çarpıp  $a(b-1)$  serbestlik derecesine bölünerek hesaplanır (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_B = \frac{n(SS_B)}{a(b-1)} \quad (5.17)$$

böylece ortalamaların karesi ( $MS_B$ ), parçalar arasındaki varyans ( $V_B$ ) n zamanın çarpımına eşittir (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_B = nV_B \quad (5.18)$$

Ama ortalamaların karesi değeri ( $MS_B$ )  $n\sigma_B^2 + \sigma_w^2$ 'a eşit olur (Perez-Wilson M., 2003).

$$E(MS_B) = n\sigma_B^2 + \sigma_w^2 \quad (5.19)$$

#### 5.4.1.7.3 Zamansal Değişkeni Değerlendirme

Zamana karşı değişim ailesini hesaplamak için hiyerarşik tasarımın en yüksek seviyedeki ortalama sayıları ve çok az hesaplama yapılmasına ihtiyaç duyulur (Perez-Wilson M., 2003).

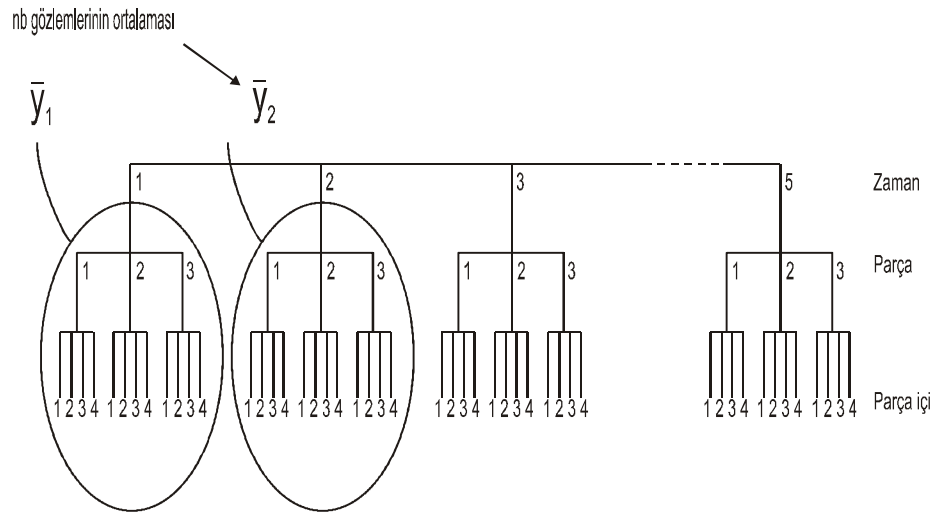
Her bir zaman aralığı her bir parça içindeki n gözlem ve b parçaya sahiptir. Herbir zaman aralığı için bn gözlemleriyle  $\bar{Y}_i$  ortalaması hesaplanır. Tüm zaman aralıklarının ortalamasıyla en büyük ortalama hesaplanır ve aynı zamanda varyans hesaplamaları yapılır (Perez-Wilson M., 2003).

Varyansın hesabı en büyük ortalamadan zaman aralıklarının sapmalarının karesinin

toplamlarının alınarak ve bunun (a-1) serbestlik derecesine bölünmesiyle bulunur (Perez-Wilson M., 2003).

$$V_A = \frac{\sum (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (5.20)$$

Ama bu varyans sadece zamana karşı değişimin hesaplanması değildir, ama verilen her ortalama,  $\bar{Y}_i$  bn gözlemlerini ve b parçalarının şekillenmesidir, varyans ( $V_A$ ),  $\sigma_A^2 + \sigma_B^2/b + \sigma_w^2/bn$ 'e ile hesaplanır. Ama aynı zamanda varyans serbestlik derecesiyle karelerinin zamana karşı toplamlarının bölünmesiyle bulunur (Perez-Wilson M., 2003).



Şekil 5.14 nb gözlemlerinin ortalamalarının gösterilişi (Perez-Wilson M., 2003)

$$V_A = \frac{SS_A}{a-1} \quad (5.21)$$

Karelerin ortalaması  $MS_A$ , bu durumda serbestlik derecesiyle (a-1) zamana karşı toplamların bn gözlemlerinin toplamlarının karesine bölünmesidir (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_A = \frac{bn(SS_A)}{a-1} \quad (5.22)$$

Böylece karelerinin ortalaması zamana karşı  $V_A$  varyansının bn ile çarpılmasına eşittir.

$$MS_A = bnV_A \quad (5.23)$$

Ama  $V_A$  varyansı  $\sigma_A^2 + \sigma_B^2/b + \sigma_w^2/bn$  ile hesaplandıktan sonra zamana karşı  $MS_A$  karelerinin ortalamasının tahmini değeri  $bn\sigma_A^2 + n\sigma_B^2 + \sigma_w^2$ , ye eşit olur (Perez-Wilson M., 2003).



$$E(MS_A) = bn\sigma_A^2 + n\sigma_B^2 + \sigma_w^2 \quad (5.24)$$

Parça içindeki varyansın bileşenlerinin hesabı, iç içe geçmiş değişimin zamana karşı bağımsız bir biçimde parçalar arasında, beklenen üç değer için üç formüller  $\sigma_w^2$ ,  $\sigma_B^2$ ,  $\sigma_A^2$ 'in çözümlenmesinde kullanılır (Perez-Wilson M., 2003).

$$S_W^2 = E(MS_W) \quad (5.25)$$

$$S_B^2 = \frac{E(MS_B) - E(MS_W)}{n} \quad (5.26)$$

$$S_A^2 = \frac{E(MS_A) - E(MS_B)}{nb} \quad (5.27)$$

#### 5.4.1.8 Çoklu Değişken Kartları İçin Değişken Analizi

Çizelge 5.14'de çoklu değişken kartlarında konumsal, dönemsel, zamansal değişkenlerin birleştirilmiş bileşenlerinin yayılımı için beklenen ortalamaların karelerinin ve varyans analizlerinin özeti yer almaktadır (Perez-Wilson M., 2003).

Çizelge 5.7 Çoklu değişken kartlarında değişken bileşenleri (Perez-Wilson M., 2003)

Değişimin Kaynağı	Karelerinin Toplamı (SS)	Serbestlik Derecesi (df)	Ortalamanın karesi	F oranı	$F \geq F$
Zamana karşı	$SS_A$ (zamana karşı)	a-1	$SS_A/a-1$	$MS_A/MS_B$	$F_{a,a-1,a(b-1)}$
Parçalar arası	$SS_B$ (parçalar arası)	a(b-1)	$SS_B/a(b-1)$	$MS_B/MS_W$	$F_{a,a(b-1),ab(n-1)}$
Parça içi	$SS_W$ (parça içindeki)	ab(n-1)	$SS_W/ab(n-1)$		
Toplam	Toplam SS	abn-1			

Şimdi, zamana karşı karelerin toplamı formüllerini belirleyelim.

$SS_A$  (zamana karşı karelerin toplamı)

$$(Zamana karşı) SS_A = \frac{\sum_{i=1}^a \left( \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right)^2}{bn} - \frac{\left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right)^2}{abn} \quad (5.28)$$

$$= A - CF \quad (5.29)$$

Adım 1: İlk olarak, çoklu değişken kartı matrisine (çoklu değişken kartı formuna) veriler girilir, ve bir parçanın tüm gözlem değerlerinin toplamıyla her bir parça için parçaların toplamı hesaplanır. Daha sonra, her bir parçanın toplamının karesi hesaplanır (Perez-Wilson M., 2003).

Adım 2: Her parçanın toplamıyla her bir zaman dilimi için zamana karşı toplam hesaplanır. Daha sonra, her bir zamana karşı toplamın karesiyle zamana karşı karelerin toplamı hesaplanır (Perez-Wilson M., 2003).

Adım 3: Zamana karşı karelerin toplamı ( $SS_A$ ) hesaplanır.

a, b, n, belirlenir, a; zaman( akış veya sayı), b; parça sayısı, n; bir parçadaki gözlem veya sayıdır.

Tüm gözlemlerin toplamını hesaplamak için tüm zamana karşı ortalamalar toplanır.

$$\left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right) \quad (5.30)$$

A'yi hesaplamak için zamana karşı ortalamaların karelerinin tümü toplanır.

$$\sum_{i=1}^a \left( \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right)^2 \quad (5.31)$$

$SS_A$ 'yi hesaplamak için A'dan CF çıkarılır.

$$SS_A = A - CF \quad (5.32)$$

$MS_A$ 'yı hesaplamak için  $SS_A$  değeri, (a-1) serbestlik derecesine bölünür (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_A = SS_A / (a-1) \quad (5.33)$$

Adım 4: Karelerin parçalar arasındaki toplamı

$SS_B$ 'yi hesaplama;

B'yi hesaplamak için tüm parçaların karelerinin toplamı toplanır.

$$\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a \left( \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right)^2 \quad (5.34)$$

Bu n'e bölünerek B hesaplanmış olur.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^a \left( \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right)^2}{n} \quad (5.35)$$

$SS_B$ 'yi hesaplamak için B'den A çıkartılır.

$$SS_B = B - A \quad (5.36)$$

$MS_B$ 'yi hesaplamak için  $SS_B$  değeri,  $a(b-1)$  serbestlik derecesine bölünür (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_B = SS_B / a(b-1) \quad (5.37)$$

Adım 5: Karelerin parça içindeki toplamıyla  $SS_W$  hesaplanır.

Gözlemlerin her birinin kareleri ve bunların tümünün toplamıyla T hesaplanır.

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 \quad (5.38)$$

$$T = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2}{1} \quad (5.39)$$

Karelerinin parçalar içindeki toplamı  $SS_W$ , T'den B'nın çıkarılmasıyla bulunur.

$$SS_W = T - B \quad (5.40)$$

$MS_W$ 'yi hesaplamak için  $SS_W$  değeri,  $ab(n-1)$  serbestlik derecesine bölünerek bulunur (Perez-Wilson M., 2003).

$$MS_W = \frac{SS_W}{ab(n-1)} \quad (5.41)$$

Adım 6: Karelerin toplamlarının tümünü ve serbestlik derecesinin tümü hesaplanır.

Her bir gözlemin kareleri ve bunların toplamıyla T hesaplanır. Daha sonra T'den CF çıkarılarak  $SS_T$  hesaplanır.

$$SS_T = T - CF \quad (5.42)$$

Toplam serbestlik derecesi  $abn-1$ 'dir (Perez-Wilson M., 2003).

Adım 7: Karelerin ortalamalarının oranıyla F değerleri hesaplanır.

Zamana karşı F ( $MS_A/MS_B$ ) oranı hesaplanır. Tablodan okunan  $F_{\alpha,a-1,a(b-1)}$  değeriyle hesaplanan F değeri karşılaştırılır. Eğer  $F \geq F_{\alpha,a-1,a(b-1)}$  ise, zaman aralıkları için ortalamalar arasında önemli en az bir fark vardır.

Zaman içinde parçalar arasındaki F ( $MS_B/MS_W$ ) oranı hesaplanır. Tablodan okunan  $F_{\alpha,a(b-1),ab(n-1)}$  değeriyle hesaplanan F değeri karşılaştırılır. Eğer  $F \geq F_{\alpha,a(b-1),ab(n-1)}$  ise, zaman içinde farklı parçalar arasında önemli bir değişim vardır (Perez-Wilson M., 2003).

Adım 8: Parça içindeki değişim bileşenlerini hesaplamak için parçalar arası ve zamana karşı ortalamaların kareleri (mean square) kullanılır (Perez-Wilson M., 2003).

$$E(MS_W) = S_w^2 \quad (5.43)$$

$$E(MS_B) = nS_B^2 + S_w^2 \quad (5.44)$$

$$E(MS_A) = nbS_A^2 + nS_B^2 + S_w^2 \quad (5.45)$$

Varyans analizinden ve varyans bileşenlerinden parça içindeki, parçalar arasındaki ve zamana karşı standart sapmanın özellikleri hesaplanabilir (Perez-Wilson M., 2003).

$\sigma_w^2$  = parça içindeki değişim,

$\sigma_B^2$  = parçalar arasındaki değişim,

$\sigma_A^2$  = zamana karşı değişim gösterirler.

Buna göre prosesdeki en fazla değişkenliği oluşturan faktörü bulup, onun üzerine gidilir (Perez-Wilson M., 2003).

#### 5.4.2 Bileşenlerin Araştırması

Değişkenliğin çok sayıdaki muhtemel sebepleri, güçlü ama basit diğer bir yöntem olan bileşenlerin araştırması vasıtasıyla kırmızı X ailesi veya kırmızı X'in kendisine kadar azaltılabilir. Muhtemel nedenlerin en düşük sayıya kadar azaltılması hedefdir (Bhote K. R.,1991), (Bhote K. R., 1999).

Bileşenlerin araştırması çalışmasının prensipleri 132072 kelime içeren bir sözlükten seçilen bir kelimeyi bulma oyununa benzer. Bu oyunda sözlükten bir kelime seçilir. Bir kişi bu kelimeyi bulmak için evet veya hayırla cevaplanacak sorular sormaya başlar. İlk sorduğu sorunun, sözlüğün sayfa sayısının tam ortasını söyleyerek ilk yarısında mı ikinci yarısında mı olduğunu bulur. İlk veya ikinci yarıda olduğu tespit edildikten sonra elde kalan sayfaların tam ortasını söyleyerek bunun ilk yarıda mı ikinci yarısında mı olduğunu sorar. Bu sorular 11 kez tekrar edilir. Böylelikle kelimenin içinde yer aldığı sayfa kesin olarak bulunur. Bulunan sayfa içerisinde tespit edilen kelimenin bulunması için 6 tane daha soru sorulur ve kelime kesinleştirilir. Toplamda 17 tane soru sorulmuş olur (Bhote K. R.,1991).

Benzer hızlı eleme prosesi bileşenlerin araştırmasında kullanılır. Suçlu değişkeni bir montajdan, binin üzerinde alt montajının yüz parçası, alt montajın altından yirmi parçayı ve er geç bir veya bir kaç kırmızı X'in bulunması da kullanılan bir yöntemdir (Bhote K. R.,1991).

Dört aşamadan oluşan bileşenlerin araştırmasının aşamaları şöyledir: (Bhote K. R.,1999).

#### **Aşama 1:** Yaklaşık Değer Alanı

Bu aşama, kırmızı X ve pembe X'in bileşenler arasında veya incelenen faktörler arasında olup olmadığını veya yakalanıp yakalanmadığını ve yaklaşık değer alanında olup olmadığını belirler. 1. aşama % 95 istatistiksel güvenle sonuçlandırılır ve böylece incelemecilerin ilerlemesine veya bir sonraki aşamaya geçip geçmemesini mümkün kılar.

#### **Aşama 2:** Eleme Aşaması

İkinci aşamanın amacı, sadece önemsiz ana sebepleri değil aynı zamanda önemli olmayan herbir sebebin ilgili olduğu etkileşimli etkilerle olan ilişkisini elemektedir. Sözlük oyunundaki ikili araştırma prensipleri gibi değiş tokuş edilen test çiftleriyle yapılır. Her değiştirmeye çok sayıdaki ana etki ve muhtemel etkileşimli sebepler (Tek faktör veya değişmiş sebepler) eş zamanlı olarak güçlendirilir. Tekrar % 95 istatistiksel güvenirlikle, kırmızı X'in sadece herbir test çifti bulunmaz, aynı zamanda birçok ana etkiler ve bunlarla ilgili etkileşimleri de eler.

#### **Aşama 3:** İyi Birimlerle Kötü Birimlerin Yerlerini Değiştirerek Üretme (capping run)

Bu aşama, ikinci aşamada seçilmiş önemli nedenleri doğrular ve onaylar. İkinci aşamada önemsiz olarak tanımlanan önemsiz sebepler ve önemli olanlarla devam edilir.

#### **Aşama 4:** Faktöriyel Analiz

Bu aşamada başka bir deney yoktur. Ama aşama 1 ve 2'deki ana sebepler ve bunların

etkileşimli etkilerinin önemini ölçmek için, tam faktöriyel matrisin analizi yapılır (Bhote K. R., 1999).

Bileşenlerin araştırması için neler önceden gereklidir?

Bu teknik temelde montaj operasyonunda uygulanır. İki birimin arasındaki çıktılarda daha büyük farkların olduğu montaj operasyonunda uygulanabilir.

Performans (çıktı) ölçülebilir ve tekrar edilebilir olmalıdır.

Birimler orjinal çıktıda önemli bir değişiklik olmadan demonte ve yeniden montaj yapabilmek yeterliliğine sahip olmalıdır.

Çıktının açıkça farklı seviyelerinin en az iki montajları veya sistemleri olmalıdır. Kısaca iki montaj hattı iyi ve kötü olarak tanımlanır (Bhote K. R., 1991).

### 5.4.3 Eşlenmiş Karşılaştırmalar

Eşlenmiş karşılaştırma metodu, “iyi” ve “kötü” birimlerin eşlenmiş karşılaştırmasından çıkarılan ip uçlarından sağlanan kırmızı X ailesindeki çok sayıda muhtemel değişkenliklerin nedenlerinin azaltılmasıdır. Hedefi, bileşenlerin araştırılmasının hedefiyle aynıdır.

Bu teknik;

- Birimlerdeki bileşenlerin veya ikinci montajların demonte veya yeniden monte edilemediği (bileşen araştırması gibi olamayan),
- Eşlendirilebilecek çok az kötü ve çokça iyi birimler varsa,
- İyiden kötüye ayırabilecek uygun parametreler bulunabildiğinde kullanılır.

Bu teknik benzer sırasıyla birimler, istasyonlar ve aletler varsa montaj işinde, prosesler veya test donanımında uygulanabilir. Aynı zamanda hata analizinde güçlü bir araçtır.

Eşlenmiş karşılaştırması için izlenen prosedür aşağıdaki beş adımı kapsar:

1. Bir iyi birim ve bir de kötü birim seç. ( mümkünse aynı üretim zamanında veya yakın ürünler al)
2. Bu çifti 1 olarak ata. Bu iki birim arasındaki farkları ayrıntılarıyla not etmek için gözlem yap. Bu farklar göz ile görülebilir, boyutla ilgili, elektrikle ilgili, mekanik, kimyasal vb. olabilir. Bu gözlem tekniği gözle, X ışınlarıyla, elektron mikroskopuyla, tahribatlı yöntemlerle muayeneyi kapsayabilir.
3. İkinci bir iyi ve kötü birim seçilir. Aşama 2’deki gibi farkları gözlemle ve not et.

4. Gözlemlenen farkların tekrar eden bir modeli görülene kadar bu araştırma prosesini üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı çiftleriyle tekrar et.
5. Çiftler arasındaki aksini gösteren farkları önemseme. Genellikle, değişkenliğin ana sebepleri için güçlü bir ipucu veren, süreklilik gösteren farklar 5'li veya 6'inci çiftler tarafından çok az faktöre kadar daraltılabilir.

#### 5.4.4 Değişkenliklerin Araştırılması

Değişkenliğin sistematik azalması çoklu değişken kartları, bileşenlerin araştırılması veya eşlenmiş karşılaştırmayla (bazen bu tekniklerin ikisi ve üçü birden birbirini izleyen sırayla veya eş zamanlı olarak yapılır) başlar. Burada amaç; çok sayıdaki ilgili sebepleri, daha küçük genellikle 5-15 arası ilişkili sebepler ailesine kadar azaltmaktır. Değişkenlerin araştırılması bir sonraki adımdır. Amaç; 1) Kırmızı X, pembe X ve bazen 1 ve 3'ten daha fazla birbiriyle etkileşimli değişkenleri kesin olarak belirlenir. Çünkü iki değişkenin birbiri arasındaki güçlü etkileşimin kırmızı X veya pembe X olması muhtemeldir, 2) Önemsiz olanlardan önemlileri ayırarak önceki sıkı kontrolü kaldırmak ve ikinci olarak da maliyeti azaltmak için toleransları genişletmektir (Bhote K. R., 1991).

Değişken araştırmasındaki prensipler ve uygulamalar, bileşenlerin araştırmasında bahsedilenlere benzerdir. Bileşenlerin araştırması farklı bileşenler veya parçalarla ilgilenirken, değişken araştırması hem ürün hem de proses ile ilgileniyorsa aynı bölümde değiş tokuş yapmak mümkün değildir (Bhote K. R., 1991).

Değişken araştırması eğer 5 veya daha fazla değişken söz konusu ise uygulanabilen araştırmadır. Teorik bir limit olmamasına rağmen pratik kabuller ile değişkenlerin sayısı 5'den 15'e kadar değişim gösterebilir. Buna ilaveten geliştirilmiş olan nitelikli çıkışlar için çözümler, ölçülebilir değişkenlerin sonuçları ile elde edilebilir. Sonuç olarak alt ve üst değerlerin sayısal değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu prosedür aşağıda açıklanmaktadır (Bhote K. R., 1991).

Değişken araştırması özet olarak şunları verir;

- Bu yaklaşımla ürün ve proses değişkenliği, deney tasarımının klasik yaklaşım veya Taguchi yaklaşımlarında olabileceğinden daha fazla azaltılır.
- Bu yöntem, önemli değişkenleri önemsiz olanlardan ayıran bir DT aracıdır. Önemli değişkenleri kontrol eden, sıfır değişkenlikten sıfır hataya doğru giden ve kötü kalite maliyetlerinde çok büyük tasarruflar sağlayan bir yöntemdir.

- Tekniker ve hat işçilerinin istatistiksel bilgilerini kullanabileceği kadar basit bir methodur.
- 3 faktörden 10 faktöre kadar klasik ve Taguchi yaklaşımına göre deney masrafları daha ekonomiktir.

#### 5.4.5 Tam Faktöriyel

Tam faktöriyel deneylerin hedefi şunlardır:

- Çoklu değişken kartları, bileşenlerin araştırması, ve eşlenmiş karşılaştırmalar, tekniklerinden elde edilen ip uçlarıyla önemli değişken olan kırmızı X ve hedeflediği pembe X'i kesin olarak belirlemek.
- Önemli değişkenlerin ana ve birbirleriyle olan etkileşimlerinin etkilerini ayırmak ve rakamla belirlemektir.
- Önemli olmayan değişkenlerin toleranslarını açma prosesini başlatmaktır.

Bu hedefler değişken araştırmasındaki hedeflerle benzerdir. Temel fark tam faktöriyel incelemelerde 4 veya daha az değişken kullanılarak yapılmasıdır. Halbuki bu sayı değişken araştırmasında 5 veya daha fazladır. Değişkenliğin sebeplerinin tanımlanmasına girildiğinde bazen mühendisler 4 sebepten daha fazlasını düşünemezler. Karşılaştırıldığında hedefe yönelen önceki teknikler dört veya daha az sebebe kadar değişkenleri azaltabilirler. Sonuç olarak tam faktöriyel tekniği DT'de hala kullanışlı bir araçtır (Bhote K. R., 1991).

Tam faktöriyellerin gücü seçilmiş dört değişkenin herbirinin tüm seviyelerinde (genellikle iki) test edilmesidir. Faktörlerin ve seviyelerin tüm muhtemel kombinasyonlarının test edilmesiyle, ana etkiler kadar tüm birbirleriyle etkileşimli faktörler (bu etkileşimler; birbiriyle etkileşimli iki faktör, üç faktörü ve dört faktörü içine alır) ayrılır ve belirlenir.

Tam faktöriyelde iki faktör iki seviyeyi kapsayan bir araştırma,  $2^2$  faktöriyel olarak adlandırılır. 3 faktör 2 seviyeyi kapsayan bir araştırma  $2^3$  faktöriyel olarak adlandırılır ve dört faktör 2 seviyeyi kapsayan bir araştırma  $2^4$  tam faktöriyel incelemeleri olacaktır. Çünkü  $2^2$  ve  $2^3$  faktöriyeler  $2^4$  faktöriyelin benzeridir.

Herbiri 2 seviyeli 4 faktörle;  $2^4$  veya 16 kombinasyon vardır, bu yüzden 16 deney yapılır. Tüm deneylerin içinde yer alan geriye kalan hataların üstesinden gelmek için bu 16 deney tekrar edilmelidir. Toplamda 32 deney yapılır.

Faktörlerin herbir kombinasyonun örnek büyüklüğünün değişkenlerinin 1 ve 5'ten daha fazla



olmasına ihtiyaç yoktur. Ama özellik verilerinde diğer hücrelerin çıktısını birbirinden ayırmak için daha fazla sayıya ihtiyaç duyulur. Örnek olarak eğer amaç problemin %57'sini ortaya çıkarmak ve azaltmaksa, her hücrenin örnek sayısı her bir hücrenin kusurluluk yüzdesinde değişkenliği arasında ayırımı yapmak için 100 birim kadar artış yapılır. Miktarı aşağıda tutmanın en iyi yolu ilk olarak eşlenmiş karşılaştırma tekniğini kullanmaktır. Güçlü ip uçlarından elde edilen değişkenliğin seviyesi, küçük örneklerle ortaya çıkan kusurluluk derecesinin açık farkının sebebi olacaktır.

Nitelik tipindeki hataların örnek büyüklüğünü azaltmanın bir diğer yolu 10'un en kesin hata olacağı ve 1'in en düşük hata olacağı şekilde numaralandırılmış bir skalayla hatanın kesinliğinin hata skalasında artmasıdır. Böylece en küçük örnek sayısı ile seviyeler arasındaki toplam hatalar ayırt edilebilecektir.

Son olarak testin sırası tahmin metodsall üsülüyle değil ama rastgele sıralamayla yapılabilir. Bu deneyin dahil edilmesinin ve ayrılmasının eşit fırsatını deneyin içine almadığı sayısal sebeplere izin verilir. Testin rastgele sıralaması kalite kontrol ve istatistiksel testlerin çoğunda tanımlanan rastsal sayılar, tablosudaki gibi belirlenebilir.

#### **5.4.6 Daha İyisi & Mevcut Durum (B&C)**

Deney tasarımı B&C genellikle kırmızı X'i bulan çoklu değişken kartları, değişkenlerin araştırması gibi önceki tekniklerin son onayı olarak kullanılır. Bu aynı zamanda bir teknikten diğerine geçerken deney tasarımının başlangıcında kullanılabilir. Bu, sadece mühendisin daha iyi metoda veya tasarıma sahip olduğunun raporudur. (Osanna M. N., 2004)

Ek olarak B&C yöntem işlerinden, sosyal hizmetlere, satıştan insan ilişkilerine kadar bir çok alanda kullanılabilen çok yönlü bir araçtır. Bu tekniğin kapsamı geniş, yerine getirilmesi basit, maliyeti düşük, istatistiksel etkinliği güçlüdür (Bhote K. R., 1991)

B&C analizinde B ve C sembolleri bir değişkenin, iki prosesin, bir çift karmaşık metodun veya politikanın karşılaştırmasına ihtiyaç duyulduğunda (+) ve (-) diye iki seviyede oluşturulur. C genellikle mevcut prosesi, B ise daha iyi olması muhtemel olan prosesi temsil eder. Ama bunların aynı zamanda ikisinde yeni prosesler olabilir. B&C parametrik olmayan karşılaştırma tasarımlarıdır. Ne B ne de C proseslerinin dağılımlarının normal olmasına ihtiyaç yoktur. Parametrik olmama, terimi incelenen verilerin üçüncü bir şeklidir. Niceliksel veriler, farklı okumaların sürekli skalayla ölçümünün yapılmasıdır. Örnek; boyut ölçümü. Niteliksel veriler de, iyi veya kötü, kabul veya red şeklindedirler. Parametrik olmayan verilerde ise niceliksel verilerde olduğu gibi ölçü yoktur ama sadece birimlerin derecesi

iyiden kötüye doğrudur. Parametrik olmayan derecenin gücü, iki prosten çok az sayıda (bu genellikle B prosesinden sadece 3 ve C'den de sadece 3 örnek alınması şeklindedir) örnekler alınmasıyla ve yüksek seviyede güvenle birinin ötekisinden daha iyi olduğunun sağlanmasıdır.

#### 5.4.7 Serpilme Diyagramları

Teknik kişilerin %90'ından fazlası girdi parametrelerine göre toleransları kurmamaktadır. Ürün veya proses karakteristikleri doğru olarak birleştirilmemektedir. Toleransların etkinliği önemli ekonomik kayıplar içinde limitlerin altında veya üzerine gelişi güzel olarak sıranmasıdır.

Bunun en iyi, en basit, en kolay, en karlı yolu grafiksel bir metod olarak adlandırılan serpilme diyagramıyla tam, gerçekçi toleransları tespit etmektir.

Bir DT çalışmasında, değişkenler çalışmasında olduğu gibi, özellikle kırmızı X değişkenin yüksek seviyesi en iyi sonuçları ve düşük seviyesi kötü sonuçları verir. Ama, bu kırmızı X'in yüksek seviyesinin gerçekten en iyi seviye olduğunu nasıl biliriz? Seviyenin bir tarafı veya diğer tarafı bu seviyenin en iyi sonuçlarını verebilir mi? Serpilme diyagramının amacı, önceki DT çalışmalarıyla kesin olarak bilinen kırmızı X ve pembe X değişkenlerinin, yüksek veya iyi seviyenin ince ayarını yapmaktır ve en iyi seviyenin, deney merkezi ve sıfır hatayı sağlayacak değişkenin gerçek toleransını tanımlamaktır.

Serpilme diyagramıyla; bağımsız değişkenin değer aralığının 30 okumayla rastgele sıralamayla bağımlı çıktının değerinin karşılık olan noktalarının grafiksel teknik olarak sunumu yapılır. Eğer bu iki değişken arasında korelasyon varsa, ince çizgi veya paralellerle bağımsız değişkenin kırmızı X olduğu en uygun hedef değer ve tolerans grafiksel olarak belirlenir. Eğer çok az varsa veya hiç korelasyon yoksa, bağımsız değişkenler önemsizse, bunun değerleri ve toleransı en ılımlı seviyelerin en ekonomik olarak yer verir (Bhote K. R., 1991).

#### 5.5 Ön Kontrol (Pre-control)

Algoritma; bir sorunun cevabını bulmak veya özellikle de belli bir sayıyı hesaplamak için saptanmış, belli bir sıra ile uygulanan ve yürütülen komutlar dizisidir.

Ön kontrol, çalışanın kendi prosesini direkt kontrol imkanı veren basit bir algoritmadır. Ürünün tolerans bandı bir hedef bölgenin iki uyarıcı bölgeyle sınırlandırıldığı üç bölgeye bölünür. Çalışanlar (proses sahipleri) periyodik olarak bir çift (A, B) ölçü alır. Eğer her ikisi de uyarı

sınırlarının içine veya toleransların dışına düşerse, operatör derhal prosesi ayarlar. Diğer durumlarda proses kendi haline bırakılır. Bu, iki taneden oluşan alt grup dağılım parametrelerinin oluşturulmasında dikkate alınmaz. Bunlar sadece toleranslar içinde güvenli bir dağılımda veya toleranslardan daha geniş bir tolerans limitine doğru gidildiğinde duyarlıdır. Bu hızlı uyarı, uygun olmayan bir iş üretilmeden önce ayar yapmaya izin verir. Bu da ön kontrol olarak adlandırılır (Juran J. M., 1988).

### 5.5.1 Ön Kontrolün Tarihi

Ön kontrol 1950'lerin başlarında Shewhart kontrol kartlarına bir alternatif olarak tasarlanmıştır (Ledolter J., 1997). 1954'de istatistikçilerden ve mühendislerden oluşan bir takım tarafından geliştirilmiştir (Olorunniwo F., 1995). Jones ve Lamson Machine şirketinde Rath ve Strong danışmanlık firması tarafından yürütülen bir projeye oluşturulmuştur (Ledolter J., 1997). Bu konudaki ilk yayın olan Frank Satterthwaite tarafından Rath ve Strong firmasının teknik raporu, 54-1 dir. Yine 1954 yılında Dorian Shainin tarafından "Çizelgelemesiz Basit, Etkin Kontrol Kartları- Jones & Lamson Ön Kalite Kontrolü" adlı yayın ilk makaledir (Traver R., 1985). Frank Satterthwaite, bu araştırma takımının baş aktörlerinin C. W. Carter, W. R. Porcel ve Dorian Shainin'den oluştuğunu belirtir. İyi bir kalite danışmanı olarak bilinen Shainin, bu yaklaşımı basitleştirerek güvenilirliğini kendi kalite seminerlerinde yaymıştır (Ledolter J., 1997). Ön kontrolün bu renkli dünyası Keki Bhothe'nin Birinci Sınıf Kalite (World Class Quality) adlı kitabında geniş açıklamalarıyla 1988'de daha da yaygınlaşmıştır (Logothetis N., 1990). Motorola, bu metodu yaygın bir şekilde kullanarak Malcolm Baldrige Ödülünü almıştır (Ledolter J., 1997).

### 5.5.2 Ön Kontrol Teorisi

Ön kontrol, hataya sebep olabilecek değişiklikleri ve prosesin durumunu tespit etmek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Ön kontrol spesifikasyon limitleri arasında bir prosesi merkezleyerek başlar ve değişiklikleri tespit eder (Juran J. M., 1980). Bu teknik, istatistiksel olarak önemli proses parametrelerindeki değişiklikleri tespit etmek için tasarlanmış geleneksel kontrol kartlarından olan istatistiksel proses kontrolünden farklıdır. Ön kontrol grafiksel işaretlemeleri ve hesaplamaları şart koşturmaz (Montgomery D. C., 1991). Sadece verilen kontrol bilgilerinin üç parçasına ihtiyaç vardır (Juran J. M., 1980). Ön kontrol, prosesin ortalamasındaki değişiklikleri veya uygun olmayan birimlerin üretimini artıran sonuçların olabileceği standart sapmayı tespit etmede normal dağılım eğrisini kullanır (Montgomery D. C., 1991).

Yeni proses (yeni ayar, ham madde, işçi), ard arda alınan 5 örneğin tolerans açıklığının merkezindeki belli bir aralığa (yeşil bölge) düşmesi ile nitelendirilir. Bu durum, dağılım tolerans limitleri içinde ürün üretecek kadar dar bir aralık olduğunu garanti eder. Bu bir istatistiksel kontrol değildir, yeterlilik kontrolüdür. Proses toleranslar içinde ürün üretmeye yeterli olarak kabul edilir. Eğer proses nitelendirilmiyorsa uygunsuz ürünün (red X) belirlenmesi ve kontrolü için teşhis işi derhal başlatılır (Juran J. M., 1988).

Proses bir defa nitelendirildikten sonra periyodik olarak her defasında iki örnek alınarak (A ve B çifti olarak isimlendirilir) izlenir. Bu küçük grup büyüklüğü ve direkt sağlanan bilgi, proses işçisine çabuk ve çok sıkı geri besleme döngüsü oluşturur. Eğer A ve B'den her ikisi de uyarı bölgesine düşerse önlem alınır (Juran J. M., 1988).

Bu metodun istatistik gücü, A ve B'nin bağımsız olasılıklarının çarpımına dayanır:  $P(A,B) = P(A) \times P(B)$ . Böylece iki taneli örnek büyüklüğü kullanılarak hatalı sinyal riski büyük ölçüde azaltılır. Bu alfa riskinde yer alır. Alfa riski, tolerans dışı ürünün atlanması olasılığıdır. Uyarı bölgesinin genişliği ve örnek alma frekansı tarafından kontrol edilir (Juran J. M., 1988).

### 5.5.3 Kullanım Şartları

Ön kontrolün kullanılabildiği proses tipleri şöyledir;

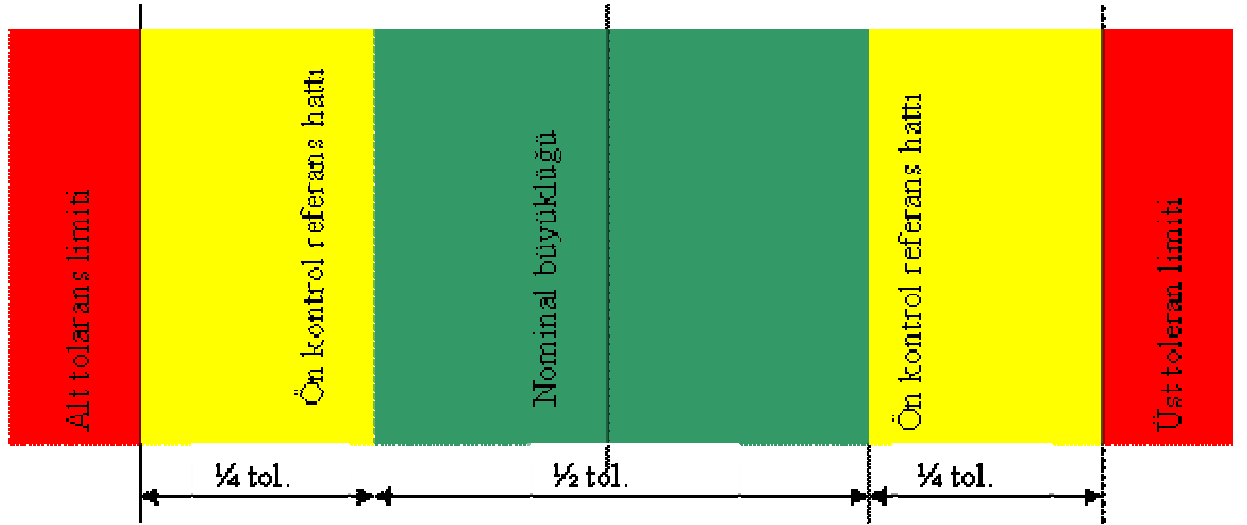
- İşçinin ilgilenilen kalite karakteristiklerini (boyut, renk, mukavemet vs.) ölçebildiği,
- Bu karakteristikleri değiştirmek için prosesi ayarlayabildiği,
- Toplam üretim çalışmasının üç veya daha fazla parça olduğu,
- Prosesin sürekli bir çıktıya (örneğin kağıt) veya parçalar halinde çıktıya (örneğin makina parçası) sahip olduğu prosesler (Juran J. M., 1988).

Ön kontrol tekniğinde, yapılan ayarı nitelendirmek için en az beş parça imal etmek gerektiği halde, aslında bu beş parça üretilirken de proses kontrol edilmektedir. Eğer ilk iki ürün uyarı bölgesinde ise üçüncü imal edilmeden önce proses ayarlanır. Nitelendirmek için sayım tekrar başlamalıdır. Eğer toplam üretim sadece üç birimden ibaretse, ön kontrol üçüncü birim üretilmeden değerli bilgi sağlamaktadır (Juran J. M., 1988).

Proses yeterliliği veya kalite karakteristiğinin sıklık dağılımı ile ilgili hiçbir kabul ve ilave şartı yoktur. (bireysel parçaların dağılımının normal olması veya prosesin istatistik kontrol altında bulunması şartı) (Juran J. M., 1988).

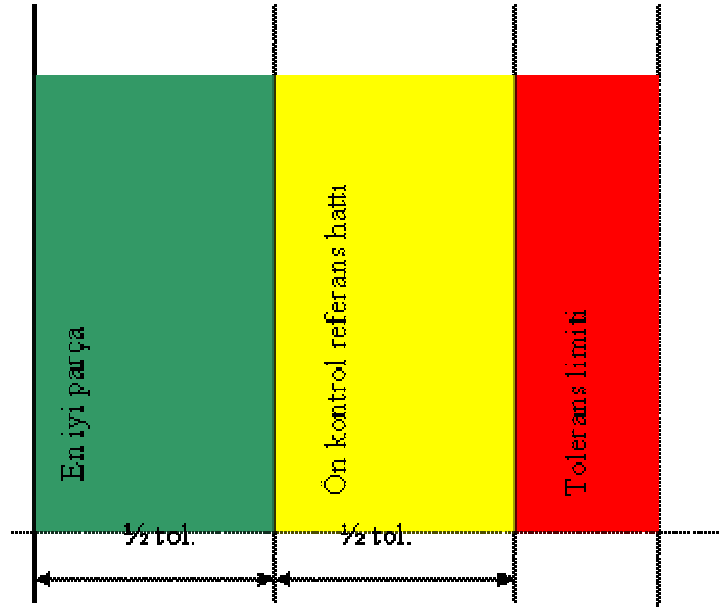
### 5.5.4 Ön Kontrolün Tespit Edilmesi

**İki Taraflı Tolerans:** Nominal ölçü büyüklüğü değeri ile tolerans limitleri arasına ve toplam tolerans aralığının 1/4'ü mesafeye iki adet referans hattı çizilir. Bu referans hatları arasındaki bölge yeşil olarak, referans hattı ile tolerans limiti arasındaki iki bölge sarı olarak ve tolerans limitleri dışındaki bölgeler kırmızı olarak isimlendirilir (Şekil. 5.15) (Juran J. M., 1988) (Ledolter J., 1997).



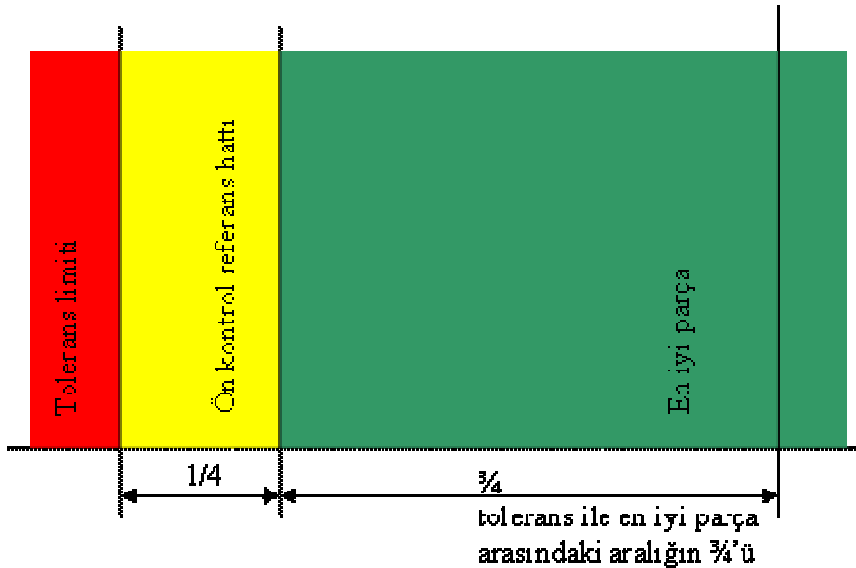
Şekil 5.15 İki taraflı tolerans için ön kontrol kartları (Juran J. M., 1988).

**Tek Taraflı Tolerans, Toplam Gösterge Okuması (düzlük, konsantriklik):** Tolerans maksimum limiti ile sıfır arasındaki alanın tam ortasına bir referans hattı çizilir. Sıfır ile bu referans hattının arası yeşil bölge, referans hattı ile tolerans maksimum limiti arası sarı bölge ve limit dışı kırmızı bölge olarak isimlendirilir (Şekil 5.16) (Juran J. M., 1988).



Şekil 5.16 Toplam gösterge okuması ve tek taraflı tolerans için ön kontrol (Juran J. M., 1988).

**Tek Taraflı Tolerans, Minimum Veya Maksimum (Kopma Mukavemeti):** Tolerans limitinden itibaren üretilen örnek parçaların en iyisi arasındaki mesafenin tolerans sınırından itibaren  $1/4$ ' üne referans hattı çizilir. Referans hattı ile en iyi parça arasındaki alan yeşil bölge, referans hattı ile tolerans arasındaki alan sarı bölge ve tolerans dışındaki alan kırmızı bölge olarak isimlendirilir (Şekil 5.17) (Juran J. M., 1988).



Şekil 5.17 Tek taraflı maksimum veya minimum tolerans için ön kontrol kartları (Juran J. M., 1988)

### 5.5.5 Ön Kontrolün Kullanılması

**Ayarın Nitelendirilmesi:** Ard arda beş ürün yeşil bölgede kalıncaya kadar üretilen her parça ölçülür. Bir dizide iki sarı veya bir kırmızı bulunduğu zaman proses ayarlanır ve tekrar saymaya başlanır. Bu adım ilk parça muayenesi yerine geçer (Juran J. M., 1988).

**Çalışma:** Ard arda üretilen iki parça periyodik olarak muayene edilir (A ve B çifti olarak isimlendirilir). Eğer her ikisi de aynı sarı bölgede ise ayar yapılır. Eğer farklı sarı bölgede ise yardım istenir (bu durum genellikle daha karmaşık bir düzeltme gerektirir). Eğer ikisinden herhangi biri kırmızı ise proses yine ayarlanır. İki sarı olması durumunda, uygunsuz işi önlemek için ayar derhal yapılmalıdır. Kırmızı olması durumunda ise; uygunsuz parça zaten imal edildiği için durdurulur. Kırmızı parça daha önceki parçaların arasına konmaz (Juran J. M., 1988).

**Ölçme Sıklığı:** Proses ayarı gerektiren her aralık ortalama altı defa örnek alınarak ölçülür. Bir saatte 60 dakika bulunduğunu gözönüne alırsak; bu kurala göre, dakika olarak ölçü alma aralığı, ayarlar arasındaki saat cinsinden olan sürenin 10'la çarpılmasıyla tespit edilir. Böylelikle; ölçüler arası süre, dakika olur(Ledolter J., 1997) (Juran J. M., 1988).

Çizelge 5.8 Ön kontrolde ölçüler arası süre tespiti (Shainin D., 1989)

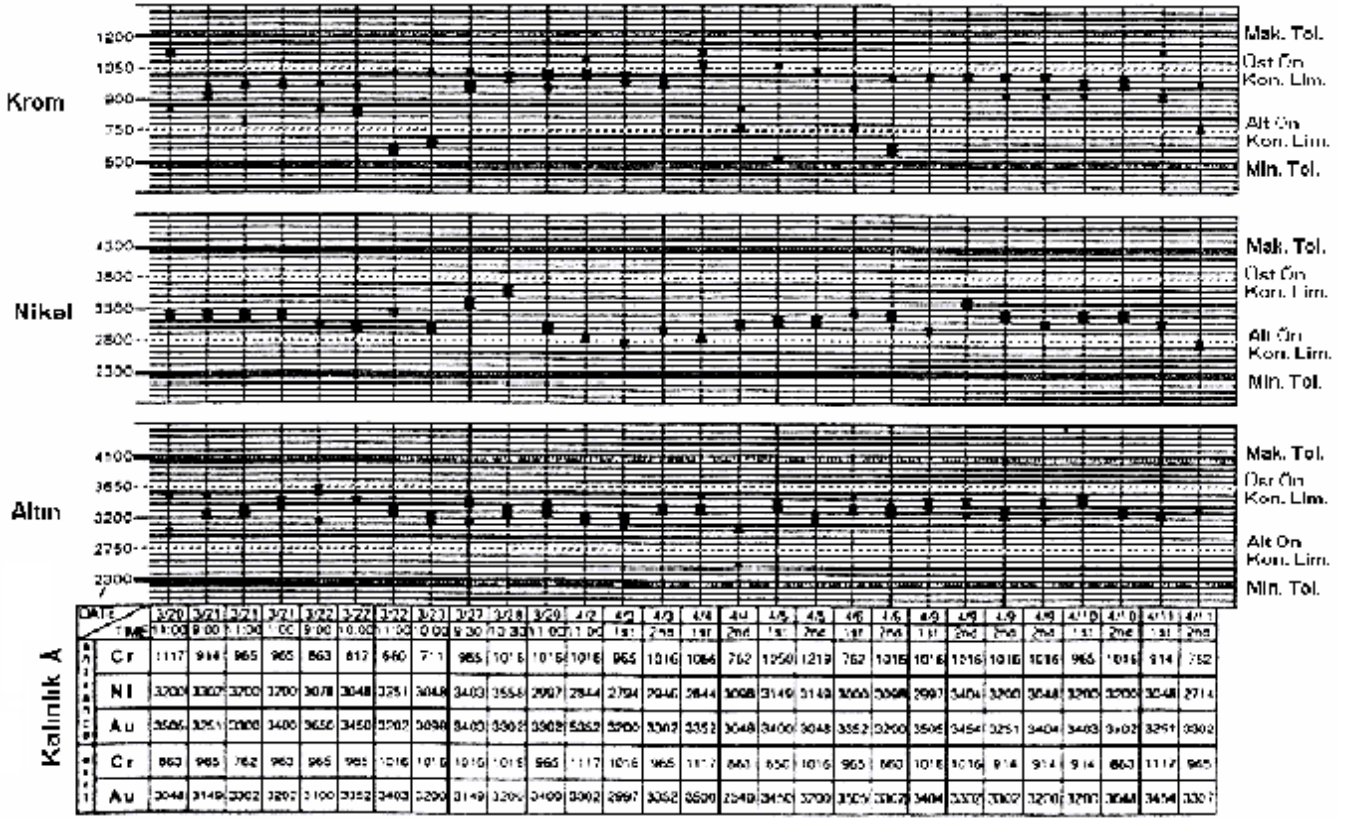
Ayarlar arasındaki saat olarak süre	Ölçüler arasındaki dakika olarak süre
1	10
2	20
4	40
8	80

İki duraklama arasındaki altı örneklem kuralının yalnızca zamanla ilgili olmaya ihtiyacı yoktur. Çok hızlı işlemde, yüzlerce birim bir dakikada üretildiğinde iki duraklama arasındaki birimlerin niceliği (sarı iki çift) örneklem frekansını belirlemek için 6'ya bölünebilir (Shainin D., 1989).

**Yürütme:** Ön kontrol , işletme işçisi tarafından üretim prosesinin entegre bir bölümü olarak kullanılması için tasarlanmıştır. Ön kontrolün uygulanması için işçinin işbirliğine ihtiyaç vardır. Başlangıç yapıldıktan sonra işlemler işçiye devredilir. Bu konuda önce gönüllü istenir. Gönüllü belirlendikten sonra ona ölçüm skalası boyanmış bir ölçü aleti ile yazılı bir talimatname verilir. Ölçüm skalası ilk deneme için tırnak cilası ile boyanabilir. İlk iki gün periyodik olarak kontrol edilip herhangi bir sorun olup olmadığı araştırılır. İki hafta sonunda işçi artık yeterli deneyimi kazanmış ve artık kendi ölçü aleti ile çalışmaya hazır olacaktır. Deneyimlere göre işçi her zaman kullanacağı ölçü aletinin benzer şekilde boyanmasını isteyecektir. Ön kontrolün nasıl yürütüldüğü konusunda bilgi bu arada atölyenin diğer

işçilerine de açıklanacaktır. Genelde diğer işçiler iki haftalık ilk deneme süresini tamamlanmasını beklemekten önce kontrolün kendilerine de uygulanmasını talep edeceklerdi. Bütün atölyenin, tekniği etkili bir şekilde kullanması altı ayı bulabilir.

Her prosten alınan örnekleri ölçmek için bir grup kalite kontrol teknisyenleri görevlendirilmez ve işçiden aldığı ölçüleri kaydedeceği bir kontrol çizelgesi tutması istenmez. Ön kontrolün hedefi iyi ürün imal etmektir. Ne çizelge ve ne de yazılı bir kayıt tutmak ana hedef değildir. Ön kontrolün verimliliği uygun bir örnek alma ile, denetim planı ile denetlenebilir (Juran J. M., 1988).



Şekil 5.18 Tipik bir ön kontrol kartı (Bhote K. R., 1991)

Kontrol kartlarının aksine, bir kart ile grafiksel kayıtlar ön kontrolde zorunlu değildir. Makine veya proses kullanıcıları kuralların en basitine sahiptirler. “İki yeşil veya bir yeşil ve bir sarı ise: devam et. Aynı bölge içinde iki sarı ise: ayar et. Farklı bölgeler içinde iki sarı veya bir tane kırmızıysa: durdur.” Uzun ve zahmetli veri kayıtlarıyla operatörün dikkatini dağıtmaya gerek yoktur. Bununla beraber, eğer bir ön kontrol kartı önemli amaçlar için veya müşteriye/kontrolün delili olsun, veya tedarikçiden kontrolün delili olsun diye isteniyorsa, operatör yeşil, sarı ve kırmızı bölgeli hazırlanmış formların üzerine sadece basit bir noktalama



işareti koyarak yapılabilir. Bu uygulanacak yöntemlerden biridir. Şekil. 5.18'de püskürtme cihazıyla cam üzerine krom, nikel, ve altın kaplamalarının kalınlığını kontrol için kullanılmış ön kontrollerle ait bir örnek yer alıyor. İki birim olan ön kontrol örneklemelerinin herbiri kaydedilir. Eğer istenirse; bu okumalardan  $C_p$  ve  $C_{pk}$  değerleri kolayca hesaplanır ve histogramlar çizilir. Bu kolaylıkla yapılabilecek bir uygulama olduğu için pahalı bilgisayar programlarına ihtiyaç yoktur. Kontrol kartlarıyla prosese para harcamayı istemeyen veya ihtiyacı olmayan küçük tedarikçiler için önemli bir avantajdır (Bhote K. R., 1991).

### 5.5.6 Ön Kontrolün İstatistiksel Gücü

**Riskler:** Proses değişkenliğini analiz eden ve örneklemeyle dayanan bütün teknikler iki risk altındadır. İstatistiksel teknikte bu riskler tip I (veya alfa  $\alpha$ ) veya tip II (veya beta  $\beta$ ) olarak isimlendirilirler. Bu riskler ön kontrolde şu şekilde görülürler (Juran J. M., 1988).

**Alfa Riski:** Özel bir işletme şartında yanlış bir alarm riski. Prosesin ayarlanmasının gerekli olmadığı halde çift sarı elde etme riski (Juran J. M., 1988).

**Beta Riski:** Özel bir işletme şartında hatanın yakalanamama riski. Üretim tolerans dışı olduğu halde iki sarı veya kırmızı elde etmemenin riski (Juran J. M., 1988).

Ön kontrolün etkinliğinin arkasında yatan teori olasılıkların çarpım teoremine ve binom dağılımına dayanır. Ön kontrol için  $\alpha$  ve  $\beta$  riskleri aşağıda özetlenmektedir (Bhote K. R., 1991):

En kötü  $\alpha$  risk bu zamanın yaklaşık % 2'sidir.  $\alpha$ ; fazla düzeltme riski ve proses devam edebileceği halde durdurulmasıdır.

En kötü  $\beta$  risk % 1,5'a yakındır.  $\beta$ ; prosesin durdurulması gerektiği halde, devam edilmesine izin verilmesinin riskidir, ürünün hata yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

Bu iki risk, maksimum istatistiksel çalışmadır. Bu çalışma bir çok fabrikadaki deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulmuştur. Burada neredeyse sıfır değişkenlik sonuçları başarıyla elde edilir. Böylece, bu risklerin daha fazla azaltılması ile gereksiz ön kontrol maliyetleri ortadan kalkmaktadır.

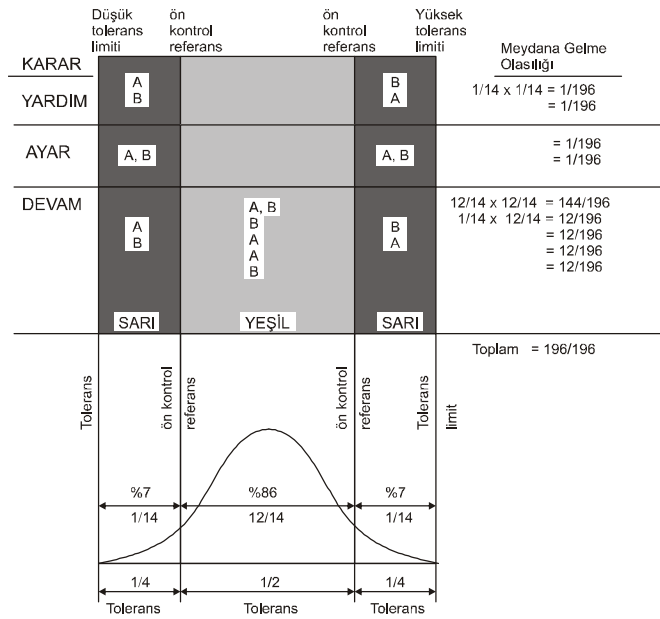
Proses genişliği spesifikasyon genişliğinden daha fazla olduğunda; genellikle  $C_{pk}$  0,8 veya daha az olur. Ön kontrol prosesi durdurmaya (en az % 99 oranında) daha duyarlıdır. Bu durum, geliştirme araştırmalarının başlamasına sebep olur.

Proses genişliğinin spesifikasyon genişliğinin % 75 veya daha azıysa;  $C_{pk}$  1,33 veya daha fazladır. Ön kontrolün kullanımı çok daha verimli olur. Proses kontrol altındadır. Bu durumda ön kontrol devam ettirilecektir.

Proses genişliği spesifikasyon genişliğinin % 50 ise; Cpk 2,0 olur. Ön kontrol, tek bir red olmadan 100'lerce veya 1000'lerce birimlik üretim yapılmasına izin verir (Bhote K. R., 1991).

Ön kontrol, prosesi durdurarak kötü kaliteyi cezalandırır. Prosesi durdurma çok sık olduğunda, problem çözmek için deney tasarımının kullanımını zorunlu kılar. Ön kontrol örnekleme için çok seyrek yapılmasıyla iyi kaliteyi ödüllendirir (Bhote K. R., 1991).

En yüksek alfa riski şartı; kalite karakteristiğinin normal dağılımında olduğu ve  $\mu$  ortalama değerinin toleransın tam ortasında olması durumunda ve artı eksi üç standart sapmanın ( $\pm 3\sigma$ ) alt ve üst tolerans limitine çakışması şekil. 5.19'de gösterilmektedir. Normal dağılım eğrisinin altında kalan alanları veren bir tablodan, söz konusu 1,5 standart sapma altında kalan parçaların toplamının % 86 olduğu tespit edilir. Yani her iki tarafta, parçaların %7'si sarı bölgededir. Şekil. 5.19'de görüldüğü gibi A, B çifti için dokuz olasılık vardır. Bunlar arasında yanlış alarm neden olan olasılıklar bu durumların için(Juran J. M., 1988):



Şekil 5.19 Ön kontrol alfa riski hesapları (Uğur N. A., 1997)

$1/14 \times 1/14 = 1/196$  olup, bu ise yaklaşık % 2'dir.

Yani yanlış alarm olasılığı en fazla % 2'dir. Bu durumda operatör, prosesi gereksiz yere ayarlayacak ve prosesin tekrar nitelendirilmesi için beş parça imal ederken, muhtemelen yine art arda iki sarı parça ile karşılaşacaktır. Bu ikinci çift sarı sinyali üzerine proses tekrar ayarlanacak ve muhtemelen tekrar eski durumuna getirilecektir. Bu yanlış alarmın sonucunda, iki gereksiz ayar yapılmış olacaktır. Bir tanesi yanlış sinyal sonucu, diğeri ise bunu düzeltmek

için yapılan ayar. Ancak bu durumun sonucunda hiçbir uygunsuz ürün üretilmemekte sadece boş yere proses ayarlanmaktadır (Juran J. M., 1988).

En yüksek beta riski; yine artı, eksi üç standart sapmanın ( $\pm 3\sigma$ ) tüm toleransa eşit olduğu ve aynı normal dağılımda  $\mu$  ortalama değerinin tam ortada olduğu durumdur. Bu durumda tolerans dışı üretim olasılığı ortalama % 1'den fazla değildir. Hesaplama yöntemi alfa riski için olandan biraz daha karışıktır. Ön kontrolde beta riski için komple bir tartışma, Shainin (1984), tarafından rapor edilmiştir (Juran J. M., 1988).

### **5.5.7 Tek Taraflı Tolerans Değerine Sahip Proses Ölçülerinde Ön Kontrol**

Büyük ölçüde seri üretim (2000 adetten daha fazla) ve orta ölçüde seri üretim (400 adetten fazla) için numune adedi yarım saatte bir  $n=5$  adet veya bir saatte bir  $n=10$  adet olarak belirlenir. Kontrol kartlarındaki kayıtların sayısı ön görülen şartlara uyan proses kayma trendi ve standart sapmanın yaygınlığı konusunda yeterli olmaz.

Çalışanlara uygun kontrol kartlarının hazırlanması, çalışanların yeterlilik maliyeti, İPK eğitimleri (yaklaşık 2 haftalık), istatistiksel temellerdeki proses analizi bakış açıları, kontrol kartı teknikleri, kontrol kartlarının kullanılmaya başlatılması ve açıklamaları hazırlıklarını gerektirir.

Günümüz imalat konseptleri çalışanların kendi kendini sınamasını ön görmektedir. Çalışanların kendilerini sınamaları, metotların ve araçların planlanması, eğitim ve yönetimin destekleri ile titizlikle hazırlanmalıdır. Geliştirilen ön kontrol kartı çeşitli prosesler için ve duruma göre taslak parametrelerini belirlemek üzere esnek olmalıdır.

Ön uygulamanın dezavantajı, yetenek değerleri düşük olan proseslerin ön kontrol uygulamasında yeterli bulunmasıdır. Proses,  $C_p \geq 1,33$ 'den itibaren ön kontrol için yetkindir. Bu değer alt sınır değeri olarak kabul edilir. Zira  $C_p \geq 1,33$  ile tolerans sınırlarına göre, proses düzeyinin kayması ile ilgili olarak bir tampon standart sapma bölgesi mevcuttur (eğer % 99,7 tolerans sınırları dahilinde olması talep edilmiş ise).

Ön uygulamanın hedefi, imalat prosesini  $C_p=1,33$  ile seri üretime izin vermemek olmalıdır. Ön uygulama şimdiye kadar yalnızca prosesin çalışmasına izin verilmesine bağlı idi. Proses yeteneği ve proses kayma değeri ön görülmemekte idi.

Ön kontrol kartları normal dağılıma uymayan proseslere uygulandığında, kartın şekli, numunelerin alınma ve prosese uygulanış, müdahale kuralları değişmez. Burada da normal dağılım için geçerli kurallar geçerlidir. Bu nedenle normal dağılım sergilemeyen prosesler

dönüşüm yapılarak normal dağılım haline getirilirler. Ön kontrol esas olarak normal dağılımın olduğu durumlar için uygun bir kontrol kartı uygulaması olarak değerlendirilir.

Salgı kontrolü tek taraflı tolerans değerlendirilmesi olduğundan 0 ile maksimum tolerans arasında değişkenlik göstermektedir. 0 ile maksimum tolerans arasında değişkenlik gösteren konum toleransları içinde yer alan salgı değerleri logaritmik normal dağılım göstermektedirler (Osanna P. H., 1989).

Logaritmik normal dağılımda, veri kümesinin her biri veri noktasının logaritmaları alındığında, bu logaritmik veri noktaları normal dağılım gösterir. Logaritmik normal dağılım aralığı 0 ile artı sonsuz arasında yer alır (Rüzgar N., 1998). Buna göre logaritmik normal dağılımın yoğunluk fonksiyonu şöyledir; (Vuran A., 1985)

$$F(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - m}{s}\right)^2} \frac{dx}{x} \quad (5.46)$$

Bu nedenle; çalışmada yer alan salgı değerlerinin logaritmaları alınır normal dağılım göstereceklerdir. Bu nedenle; tek taraflı toleransa sahip salgı değerlerinin dağılımının değerlendirilmesi yapılırken her okunan değer  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  logaritması alınır (Osanna P. H., 1992).

$$Z_n = \log X_n \quad (5.47)$$

Aynı şekilde üst tolerans limitinin logaritması alınır.

$$Y = \log \text{ÜTL} \quad (5.48)$$

Tüm ölçüm değerleri  $Z_n \leq Y$  olmalıdır. Ayrıca ölçüm değerlerinin % 99'luk dilim içinde yer alması için; (Osanna P. H., 1992).

$$P(Z \leq \mu + 2,326 * \sigma) = \%99 \quad (5.49)$$

$$Y = \bar{Z} + 2,326s \quad (5.50)$$

şartını sağlaması gerekir.

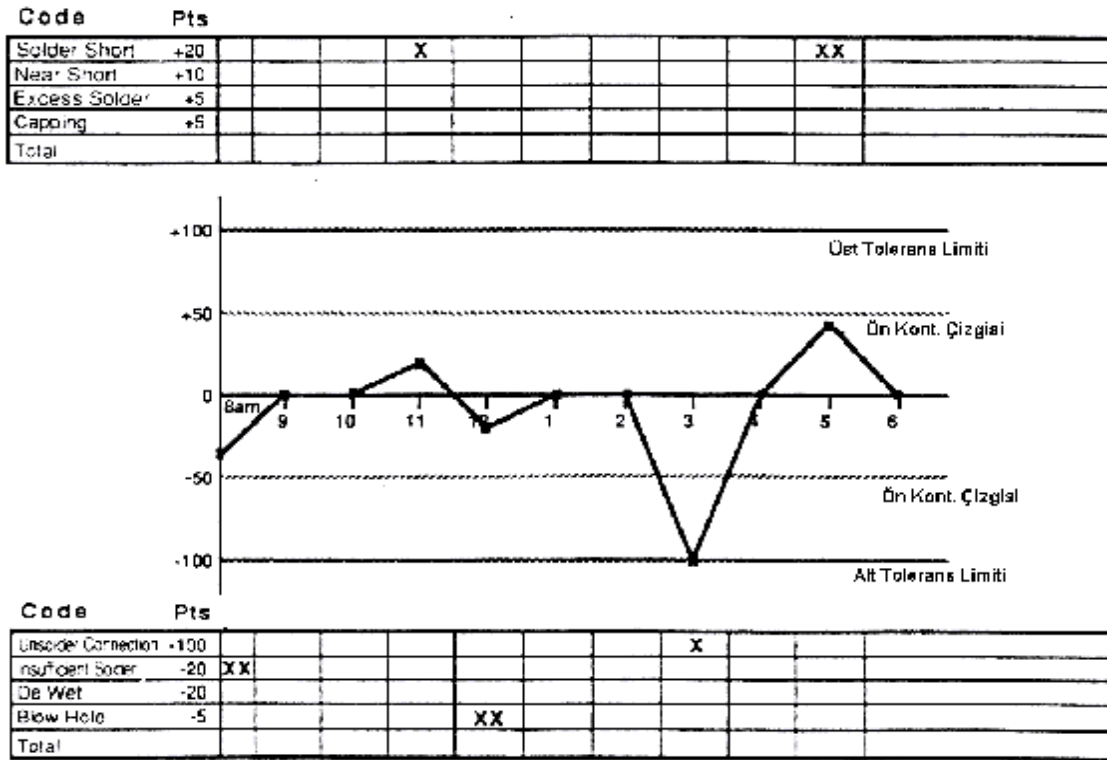
Ayrıca değerlendirme yapacağımız tolerans tek taraflı olduğundan Cp değeri yerine Cpk değerlerinin değerlendirilmesi önemlidir (Ford SPC Manual, 2001).

### 5.5.8 Ölçülemeyen Karakteristiklerin Ölçülebilen Karakteristiklere Dönüştürülmesi (Bo Derek'in Ölçüleri)

Ön kontrol ölçülebilen karakteristikler olarak adlandırılan sürekli ölçüm değerleriyle baş eder. Red veya kabul, geçer veya geçmez gibi farklı sayılarla ifade edilen ölçülemeyen karakteristiklere uygulanamayacağı görülebilir. Bu tartışılabilir; ön kontrol  $\bar{X}$  ve R kontrol kartlarının yerine daha iyi şekilde kullanıldığına göre p ve c kontrol kartlarının kullanımında da kaçınılmazdır. Bununla beraber ölçülemeyen karakteristikler için, ön kontrolün kullanımında herhangi bir sınırlama olmaz (Bhote K. R., 1991).

Ölçülemeyen karakteristikliğin bir hileyle ölçülebilen karakteristikliğe dönüştürülmesi için 1'den 10'a kadar sayısal bir değer kullanılır. Mizahi bir değerlendirmeyle "Bo Derek skalası" olarak adlandırılmıştır. 10 numara ölçülen kalite karakteristikliğide kusursuzluğa, 1 numara ise mümkün olan en kötü reddetmeye denk gelir. Kalite sıralamasının derecelendirmesi bu iki uç arasında yer alacaktır. Örnek olarak; boya, renk, çizik, oyuk, çukur, iğnesel delikler gibi ölçülemeyen karakteristikliklerin; müşteri, satış, mühendislik, üretim ve kalitenin meydana getirdiği bir komutayla ölçülebilen karakteristikliklere dönüştürülmesinde 1, tamamen kabul edilemez ve 10 ise mükemmel kalite olarak derecelendirilecektir. Bu fiziksel örnekler, üretimde benzer hatalarda uygun sayıları belirlemek için bir "ölçülebilen skala" meydana getirecektir. 1'den 10'a skalandırma her zaman gerekli olmayabilir. Bazen de kısaltılmış 1-5 skala bazen yeterli olabilir. Bu çeşit numaralandırmada 4 (en kötü kabul) - 10 (mükemmel) arası değerler spesifikasyon limiti olarak kabul edilir. Çünkü gerçekte bu tek taraflı spesifikasyonda, tek taraflı ön kontrol çizgisi 7'ye çekilecektir (Bhote K. R., 1991).

Ölçülemeyen karakteristikler için p ve c kartlarının zayıflığı, toplam tek bir hatanın tüm tipleri bir araya toplayarak uygulanmasıdır. Bu gibi kartlarda önem dolayısıyla hataların derecelendirmeleriyle gösterilmesi duyarlılık eksikliğidir. Ön kontrolde, herbir hata modunda öneminin uygunluğunun etkisi tayin edilir. Bu etkide, bu modun hatalarının sayısı ile çarpımı her bir hata tipi için skor verir. Bu skorlar toplandığında belirli bir zaman ve ön kontrol kartı için toplam eklemelerin sonucunda noktalamalar yapılabilir. İki ardışık sarı sonuca her zaman rastlanırsa, üretim prosesi ayarlama yetkisi operatöre verilir. Bir çok şirkette, her bir önemli kalite karakteristikliği (hata modu) ön kontrol için seçilir. Bu prosedür özel ayarlamalar için ihtiyacı kesin olarak belirler (Bhote K. R., 1991).



Şekil 5.20 Niteliksel veriler için bir ön kontrol kartı örneği (Bhote K. R., 1991)

Şekil 5.20'de bu gibi ön kontrol kartlarına ait bir örnek vardır. Bu, lehim hatalarının artışıdır ve her bir sahip olunan önem, potansiyel arızalı bölge açısından hataların önemine dayanır. Bu ön kontrol kartı, belli zamanlarda ortaya çıkan çeşitli hata tiplerini ve milyonlarca bağlantının 50 hatasının dar ön kontrol çizgilerinde belirlenmiş hata skalalarını aşmış olduğunu vurgular (Bhote K. R., 1991).

### 5.5.9 $\bar{X}$ - R Kontrol Kartları İle Ön Kontrolün Karşılaştırılması

Bu karşılaştırma aşağıdaki çizelge 5.9'de yer almaktadır.

Çizelge 5.9  $\bar{X}$  - R ile ön kontrolün karşılaştırması (Bhote K. R., 1991)

Konu	$\bar{X}$ ve R Kontrol Kartları	Ön kontrol
Amaç	Rasgele ve özel nedenlerle değişkenliklerin miktarını keşfetmek, İPK'nın kaydını sağlamak.	İmalat hatalarını önlemek.
Karar için kurallar	Kontrol limitleri dışına çıkan ortalama veya açıklık, Orta hattın bir tarafında art arda sekiz nokta. Sürekli azalan veya artan yedi nokta.	Hedef bölgenin aynı tarafındaki sarı bölgede iki parça.  Hedef bölgenin farklı tarafındaki sarı bölgede iki parça.
Alt grup büyüklüğü (istatistik duyarlılığı geliştirmek için)	Genellikle 4 veya 5 alt grup büyüklüğünü artırmak	Her zaman iki.  Toplam uyarı bölgesini toleransın yarısına eşit yapmakla optimize edilmiş.
Belirleme süresini kısaltmak için	Alt grup büyüklüğünü azaltmak, daha sık alt grup almak. Hesapları hızlandırmak.	Tipik proses ayarı süresi içinde daha fazla A, B almak
Bir prosesi nitelendirmek için	25 alt grup alınır, kontrol limitleri hesaplanır, istatistik kontrol durumu gösterilir.  Genel pratikte 10 alt grup alınır, kontrol dışına çıkan 1 veya 2 nokta göz önüne alınmaz veya özel nedenler elimine edildikten sonra eski limitler kullanılır.	Art arda 5 yeşil parça.
Proses yeterliliğinin toleranstan büyük olmasının etkisi.	Kontrol limitleri toleranstan küçük olduğu için yoktur.	Genelde bu durumda hep yeşil parça üretim olasılığı çok fazladır.
Bir alt grupta tolerans dışı parça bulunmasının etkisi.	Eğer ortalama değer kontrol limitleri içinde ise yoktur, Teoriye göre proses ekonomik olarak daha fazla geliştirilemez, yani sıfır hata ekonomik olarak mümkün değildir.	Tolerans dışı kırmızı parçadır, üretim derhal durdurulur.
Alfa riski (avlama olasılığı)	Kontrol limitlerinin 3 sigma değeri için 0,0027, 2 sigma için 0,05	0,00 ile 0,02 arası
Beta riski (tolerans dışı işin atlanması olasılığı)	Genellikle düşünülmez, ancak örnek alma sıklığına ve proses yeterliliğine bağlı olarak büyük olabilir. (örneğin % 2)	Örnek alma sıklığına bağlıdır, teorik olarak iki ayar arasında 6 örnek alınırsa % 1'i geçmez.

### 5.5.10 $\bar{X}$ - R Kontrol Kartlarına Göre Ön Kontrol

Çizelge 5.10'de ön kontrol kartlarının kontrol kartlarına göre olan avantajları yer almaktadır. Burada; basitlik, operatörler tarafından kullanımları, matematiksel karmaşıklık, küçük üretimler için uygulanabilirlik, kontrol limitlerinin tekrar kalibrasyonu, makina ayarları, örneklem frekansı, ayırt etme gücü, ölçülemeyen karakteristik kartlarının dönüşü ve bunların en önemlisi olan ekonomiklik yönünden karşılaştırılmaları görülmektedir (Bhote K. R., 1991).

Çizelge 5.10 Ön kontrolün kontrol kartlarına göre avantajları (Bhote K. R., 1991)

Karakteristik	Kontrol kartları	Ön kontrol
1. Amaç	Belirlenilebilir ve rastgele sebepler tarafından sebep olunan değişkenliğin miktarını bulma	Üretim hatalarını engelleme
2. Basitlik	Kontrolün hesaplaması karışık	Spesifikasyon genişliğinin yarısının ortası, ön kontrol, basit
3. Operatörler tarafından kullanım	Çizelgeleme zorunlu, yorum açık değil, zor	Yeşil ve sarı bölgeler, tüm işçiler için pratik şekilde uygulanabilir, kolay
4. Matematiksel Karmaşıklık	$\bar{X}$ ve R kontrol limitleri, proses limitlerinin hesaplanması istenir	Nasıl dörtde bölünebileceğini bilmek yerlidir, temel
5. Küçük üretimleri için uygulanabilirlik	500 birimden az üretimler için kullanışsız deneme limitleri oluşturuluyor olsa bile 80-150 birim örnekleme	20 birimin üzerindeki üretimlerde kullanılabilir, Ön kontrol çizgileri spesifikasyon limitleri tarafından önceden belirlenir.
6. Kontrol limitlerinin kalibrasyonu	Sabit neden sistemi olarak endüstride böyle seyler yok, sık	Gerekli değil, göz dikilen hedefler daraltılmadıkça gerekli değil
7. Makine ayarları	Zaman alıcıdır, 80-150 birim deneme üretiminde bir ayarlama önerilir	İki birime dayanarak hemen yapılır.
8. Örneklem frekansı	Belirsiz, keyfi	Basit kural, 2 duraklama veya ayarlama arasında 6 örnekleme
9. Tanımlama gücü	Zayıf $\alpha$ riski hatanın yüksek olmadığı halde red edilme, $\beta$ hatanın yüksek olduğu halde kabul edilmesi spesifikasyonlarla ilişkisi az	Mükemmel $\alpha$ red etme riski kontrol kartlarıyla düşük en kötü koşullarda %20 Cpk'nın 1,66 olmasına % 0 $\beta$ riski en kötü koşullarda % 1,36, Cpk 1,66 olduğunda % 0



Çizelge 5.10'in devamı

10. Ölçülemeyen karakteristik kartları	P – c kartları hata tipleri modu ve önemi birbirinden ayıramaz	Ölçülemeyen karakteristik kartları hata ağırlık modları ve keyfi oran skalaları ile ön kontrole dönüştürülebilir.
11. Ekonomik	Pahalı, hesaplama çalışma kağıtları büyük örneklemeler daha çok frekans örnekleme, uzun deneme üretimleri	Pahalı değil; basit hesaplama, en az çalışma kağıda, küçük örnekler, eğer kalite sadece beş birimle proses yeterliliği iyi olarak tanımlanmışsa, örnekleme dağılımına gerek yok.

### 5.6 Uygulanmış Yapılan Ön Kontrol ve Çoklu Değişken Kartlarının Literatür Taramaları

Ön-kontrol konusunda yapılan literatür taramalarına bakıldığında aşağıdaki çalışmalara rastlanmıştır:

Shainin D.'nin (1984) yılında yaptığı bu çalışmada, ön kontrol ile istatistiksel kontrol kartlarından en çok kullanılan  $\bar{X}$ -R kartlarının karşılaştırmasını yapmıştır. Bu karşılaştırma iki yöntemin teknik açıdan,  $\bar{X}$ -R kartlarının kontrol limitlerinin ayarlarına karşılık ön kontrol çizgisinin belirlenmesi, her iki yöntemin dayandığı istatistiksel temel, alt grup örnek alma büyüklüğü ve özellikle ön kontrolde değişikliğin tayin edilebilir sebepler, vardiya değişimleri veya aşırı değişkenlikleri (kontrol dışı durum) için ne yapılacağına karar verme kuralları yönünden ayrıntılı şekilde karşılaştırmıştır.

Sinibaldi F. J.'nin (1985) yılında yaptığı bu çalışmada, Shainin 1984 yılında kalite kongresinde tanıtımını yaptığı ön kontrol çalışmasının normal dağılım sergileyen proses dağılımlarının normal olmayan bir dağılım sergilediğinde ön kontrolün bu durumdaki uygulanabilirliği üzerine bir araştırmadır. Burada çift taraflı toleransa sahip normal olmayan bir dağılım incelenmiştir. Çift taraflı toleransın normal dağılım haline dönüştürülmesi için  $x^2$  dönüşümü uygulanmıştır.

Yine Shainin D. ve Shainin R'nin (1989) yayınlarında ön kontrol ve  $\bar{X}$ -R kartlarını sürekli veya daha çabuk gerçekleşmesine dayanarak kalite geliştirme yönünden bu iki teknik arasında daha ayrıntılı incelemelerle karşılaştırmışlardır.

Traver R.'nin (1985) çalışması ön kontrolün kontrol kartlarına göre kıyaslaması yapılarak başlamıştır. Daha sonra çift taraflı yani alt ve üst tolerans limitine sahip bir parçanın modeli oluşturularak ön-kontrolün dayandığı istatistiksel temel ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Logothetis N. (1990) yapılan çalışmada, ürünlerin kalite ve güvenilir geliştirmesinde ihtiyaç duyulan, üretim proseslerini optimize etmede kullanılan, ürünlerin verimliliklerini artıran, kalite maliyetlerini en aza indiren bir yöntem olarak ön kontrolün gerekliliğini vurgulamıştır. Ayrıca  $\bar{X}$ -R kartlarına karşılık bir alternatif olan ön kontrolün karşılaştırmasını yapmıştır. Yaptığı karşılaştırmada İPK ile ön kontrolü kalite geliştirme de anahtar olarak kullanılması, özel ve genel nedenlerin teşhisi, uygulanış kuralları, basitlik, ekonomiklik, basite indirgeme yönlerinden karşılaştırmıştır. Ayrıca çift taraflı toleransa sahip bir örnekte vermiştir.

Mackertich N. (1990) çalışmasında, ön kontrolün tanımını yaptıktan sonra bu yöntemin istatistiksel yönden değerlendirilmesini yapmıştır.

Ermer D. ve Roepke J.'nin (1991) yayınlarında ön kontrolün hakkında genel bilgiler verdikten sonra  $\bar{X}$ -R kartlarıyla ön kontrol karşılaştırması yapmışlardır.

Olorunniwa F. Ve Knight J. E. (1992) yayınladığı bu çalışmaları proses yeteneği ve proses değişkenliğinin hesaplanması için atölye ortamında gerçekleştirilebilme prosedürü ve bir model geliştirilmesi üzerinedir.

Olorunniwa F. Ve Knight J. E.'nin (1995) yaptığı bir diğer çalışma ise; tekrar bu çalışmalarında da proses yeteneği ve proses değişkenliği üzerine çalışma yapmışlardır. Burada iki model oluşturmuşlar ve bunların üzerinde istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirmişlerdir.

Ledolter J. Ve Swersey A.'nin (1997) çalışması, ön kontrol hakkında ayrıntılı tanımlamaların yapıldığı, Shainin'in kontrol kartları hakkındaki tekniklerin yer aldığı ve  $\bar{X}$ -R kartlarıyla karşılaştırmasının yapıldığı ayrıntılı bir incelemedir.

Ön kontrolün eldeki literatür taramalarının tümüne bakıldığında yapılan çalışmaların çoğunluğunun  $\bar{X}$ -R kartlarıyla bu yöntemin sıkça karşılaştırmasının yapıldığı görülür. Çünkü bu yöntem prosesin hatalı üretim yapılmadan önce daha kısa zamanda sinyal verdiği ve uygulaması yönünden kolay, çabuk anlaşılır ve basit olması yönünden tezgah başındakiler yani proses sahibi uygulayıcılar açısından da daha fazla tercih edilebilecek bir yöntemdir. Literatür taramasındaki örneklerde sadece çift toleranslı (yani alt ve üst tolerans limitine sahip) örnekler üzerinde olduğu görülmektedir.

Bu çalışma dahilinde planlanan uygulama çalışmasında tek taraflı toleransa sahip bir parçanın ön kontrol çalışması yapılmıştır. Genel anlatımı mevcut olan bu tip kontroller için uygulama açısından bir örnek teşkil edecektir.

Çizelge 5.11 Ön-Kontrol Litaretür Matrisi

Ön-Kontrol (Pre-Control)	Uygulama (Tek Taraflı Tolerans)	İstatistiksel Değerlendirme	Diğer Yöntemlerle (İPK) Karşılaştırma	Teorik
Shainin D. 1984	-	+	+	+
Sinibaldi F. J. 1985	-	+	-	-
Shainin D., Shainin R'nin 1989	-	-	+	+
Traver R.'nin 1985	-	+	+	+
Logothetis N. 1990	-	+	+	-
Mackertich N. 1990	-	+	+	+
Ermer D., Roepke J.'nin 1991	-	+	+	-
Olorunniwa F., Knight J. E. 1992	-	+	-	+
Olorunniwa F., Knight J. E.'nin 1995	-	+	-	+
Ledolter J., Swersey A.'nin 1997	-	+	+	+

Çoklu değişken kartları (multi-vari chart) konusunda yapılan literatür taramalarına bakıldığında aşağıdaki çalışmalara rastlanmıştır:

Leonard Seder çoklu değişken kartlarını şekillendiren ve tanıtan ilk kişidir. Seder L. (1950)

Endüstriyel Kalite Kontrol (Industrial Quality Control) dergisinin Şubat ve Mart sayılarında “Diyagramlarla Teşhis (Diagnosis With Diagrams)”adıyla çıkan makalesinde bu kartlarla ilgili ilk bilgileri sunmuştur. Bu makale daha sonra son şekliyle 1990 yılında Kalite Mühendisliği ( Quality Engineering) dergisinin Nisan ayındaki sayısında tekrar yayınlanmıştır.

Seder’in (1990) yayınında çeşitli endüstriyel alanlarda yapılmış çalışmalara ait örnekler verilmiştir. Burada özellikle hatalı üretim, yeniden işleme, müşteri redleri, % 100 kontrol gibi endüstriyel proseslerle yapılması normal olan durumlar olduğu yolunda yaygın bir inanın varlığından bu yöntem tanıtılana kadar söz etmek mümkündür.

Hekimlerin yeni bir hastayla karşılaştıklarında yaptıklarına benzer bir tutumla kalite kontrollüyle uğraşanların yeni bir prosesle karşılaştıklarında yapacakları işe başlamalarını önermiştir. Bir hekimin ilk yaptığı şeyin durum hakkında belirtileri toplamak, hastanın kendi hikayesini dinlemek ve veri toplama yöntemleriyle ki bunlar; termometre ile ateş ölçmeyle, steneskopla dinlemek ve tansiyon aleti ile kan basıncını ölçmeyle basit ama temel verileri elde edip kaydetmektir. Benzer şekilde bir mühendisinde proses hakkında sıklık dağılımı ve genel durumu anlayıp kavraması ve uygun biçimde elindekileri kullanmasıyla teşhisini koyması mümkün olur. Teşhis konulduktan sonra belirlenen durumun üzerine gidilmesi için gerekli olan incelemeler tespit edilerek, hata kaynağının bulunacağında söz ediyor. Bunun içinde hem basit ve pratik bir araç olan ve hemde konumsal (positional), dönemsel (cyclical), zamansal (temporal) değişkenliklere aynı anda bakması yönünde oldukça uygun bir araç olarak tanıtıyor. Bu değişkenliklerin tespiti çeşitli örneklerle irdelenmiştir.

Duncan A. J. (1959); çalışmasında bu yöntemin çabuk sonuca ulaştıran, basit bir yöntem olduğundan bahsetmiştir. Yer alan uygulama ise; özel amaçlı parçaların montajı için gerçekleştirilmiş bir çalışmadır.

Zaciewski R. D. ve Nement L. (1995) çalışmasında, bir dış çap taşlama işlemi esnasında koniklik oluşmaktadır. Bunun nedeninin belirlenmesi için belirlenen zaman aralıklarıyla, ardışık alınan altı parçanın, alt ve üst kısımlarının dış çap ölçüsü kaydedilmiştir. Böylelikle farklı değişkenlik ailelerine göre incelemeler yapılmıştır. Çalışma sonunda; taşlama milinden dolayı aksaklıklar ve hidrolik sıvıdan kaynaklanan bir takım aksaklıklardan dolayı oluşan bir problem olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Zaciewski ve Nement çoklu değişken kartlarının problem çözmede, hata nedeninin bulunmasında güçlü bir araç olduğunu fakat yeteri kadar kullanılmadığını özellikle vurgulamışlardır.

Bhote K. R. (1999) çoklu değişken kartlarından Shainin deney tasarımının araçlarından biri olarak bahsetmiştir. Bu kartın amacının değişkenliği oluşturan faktörler için deliller sağlamaktır şeklinde özetlemiştir. Burada da elektrik – elektronik sektörüne ait yarı iletken tabakayla (semiconductor wafer), ve yayıcıyla (radio), silindir rotor şaftıyla, şerit üzerine kiremit montajıyla ilgili çeşitli sektörlere ait vaka çalışmalarından bahsetmiştir.

Mast J. D. ve arkadaşlarının (2001) çalışması ise; çay poşetleme prosesi ile ilgili bir uygulama üzerinde çoklu değişken kartlarının analizini sağlam temellere oturtmak için yapılan bir incelemedir. Burada; çay poşetleme prosesi tanıtıcı bir örnek olarak değinildikten sonra bu yöntemle ilgili olabilecek çeşitli sayısal modellemeler verilmiş ve bunlar arasından iki sayısal model ayrıntılı bir biçimde ele alınarak analizlerin cevapları verilmeye çalışılmıştır.

Perez-Wilson M. (2003) yaptığı çalışmalarda çoklu değişken kartların grafik çizimleri ve varyans analizini ( F testini içine alan pratik matris çalışmasında yer alır) içine alan beş ayrı örnek etraflıca açıklanmıştır.

Bu örneklerden ilki gaz türbin içinde yer alan silikon tabakaların (wafers) PH<sub>3</sub> ve O<sub>2</sub> gazlarının ocak içinden geçişleri esnasında kimyasal reaksiyonun farklılıklarının değerlendirilmesidir. Bu gazların başta, ortada, sonda yer alan silikon tabakalardan gaz geçişi sonrasında kimyasal reaksiyonlarındaki farklılıkların değerlendirmesi, bu bölgelerden alınan tabakaların üzerindeki dört ayrı noktadan ölçümünün yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler beş kere, farklı zamanlarda yapılmıştır. Farklı bölgelerdeki tabakaların alınmasıyla konumsal değişkenliği (cyclical variation), bir tabanın üzerinde dört farklı bölgede ölçümün yapılmasıyla parça içindeki değişkenliği (positional variation), beş ayrı zamanda ölçümlerin yapılmasıyla zamansal değişkenliği (temporal variation) değerlendirilmiş olur. Bu çalışma sonunda en büyük değişkenliğin parçalar arasında ve zamanlar arasında olduğu belirlenmiştir.

İkinci örnekte ise; bilgisayar üretimi yapan bir şirkette bilgisayarın ana kartlarında lehimleme işlemi esnasında farklı tedarikçilerden gelen baskılı devrelerin kalitesinin bir birine denkleğinin kontrolünün yapıldığı bir çalışmadır. Üç ayrı tedarikçiden gelen beşer ana kart üzerindeki hatalar beş ayrı zaman aralığında incelenmiştir. Böylelikle aynı şirketin ürettiği ana kartlardaki toplam hatalar, üç ayrı şirket arası farklar ve farklı dönemlerdeki farkları alan örneklerle parçalar arası, şirketler arası ve zamansal değişkenlikler kontrol edilmiştir. En büyük değişkenliğin şirketler arasındaki farktan oluştuğu ortaya çıkmıştır. İkincil olarak aynı şirketlerin ürettiği ana kartlar arasında değişkenliğin olduğu tespit edilmiştir. Bunların

kaynağının ne olduğunun bulunması için derinlemesine bir araştırmaya karar verilmiştir.

Üçüncü örnek; bir otomotiv tedarikçisinin üretiminde yapılan bir çalışmadır. Yakıt püskürtme borusunun uç kısmında şahmerdan da borunun uç kısmında çıkıntılı (flanşlı) bir kısım oluşturulmaktadır. Bu oluşturulan kısmın, dış çapında değişkenlik kaydedilmektedir. Burada bu işlem dört ayrı makinada, her makinanın üç ayrı bağlayıcısıyla yapılmaktadır. Bu değişkenliğin kaynağının, preslerden, bağlayıcılardan ve/veya her bir bölümde oluşan farklılıktan olabileceği düşüncesiyle yola çıkılmıştır. Buna göre dört ayrı makinadan aynı zamanda, 3 ayrı bağlayıcıdan ve her bağlayıcıdan da 3 ayrı örnek alınarak inceleme yapılmıştır. Sonuçta en büyük değişkenliğin bağlayıcılar arasındaki fark olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; her makinadaki bağlayıcıların arasındaki farkın neden kaynaklandığının araştırılmasına karar verilmiştir.

Dördüncü örnekte ise; “U” profili şeklinde uç kısımları çıkıntılı medikal kemik çivilerinin (bone barded stample) ASTM standardındaki spesifikasyonlara uygun olmadığı belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmadır. Kemik çivileri 3 ayrı fabrikada üç vardiya olarak üretilmektedir. Buna göre fabrikalar arasındaki fark, vardiyalar arasındaki fark ve vardiya içindeki farklılığın olup olmadığı araştırılmıştır. Burada ulaşılan sonuç vardiyalar arasında değişkenliğin en önemli neden olduğudur. Ayrıca fabrikalar arasındaki değişkenlikten de söz edilmektedir. Belirlenen fabrikadaki değişkenliğin nedeninin ne olabileceği araştırılması yapılarak bu fabrikadaki vardiyalar arasındaki farkın nedeni bulunmuştur.

Beşinci ve son vaka çalışması ise, yine medikal malzeme üretimi yapan bir kuruluşta gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bu vaka sonunda da önemli değişkenliği tespit edilerek cevap verilmesi gereken bir takım soru listesi oluşturulmuştur. Bunların cevaplanmasına yönelik ileri çalışmalara geçilecektir.

Perez-Wilson M. 2003’in çalışmasında verilen örnekler farklı alanlardandır. Bunların arasında otomotiv tedarikçisi konumunda olan bir firmada yapılan çalışmada yer almaktadır. Bu bize çoklu değişken kartlarının geniş bir uygulama yelpazesine sahip olduğunu gösterir.

Bu çalışmada ise özellikle Türkiye’deki otomotiv tedarikçisi olan kuruluşların sorunla karşılaştıklarında klasik İPK kartlarıyla hatanın nedenine ulaşamadıkların da; pratik, uygulaması kolay Shainin deney tasarımı araçlarından ikisiyle bu yöntemlerin kullanılmadığının belirlenmesi üzerine bu yöntemin özellikle otomotiv tedarikçisi firmalar için uygulanmasına yönelik bir model oluşturma çalışması yapılmıştır.

Çizelge 5.12 Çoklu Değişken Kartlarının Litaretür Matrisi

Çoklu-Değişken (Multi-Vari Chart)	Uygulama (Tek Taraflı Tolerans)	İstatistiksel Değerlendirme	Diğer Yöntemlerle (İPK) Karşılaştırma	Teorik
Ducan A. J. 1959	-	-	-	+
Seder L. A. 1990	-	-	-	+
Zaciewski R. D., Nementh L., 1995	-	-	-	+
Bhote K. R., 1999	-	-	-	+
Mast D. J., RoessK. C. B., Does R. J. M. M. 2001	-	+	-	+
Perez Wilson M., 2003	-	+	-	+

## **6. PROSES GELİŞTİRME VE MODERN KALİTE TEKNİKLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI**

### **6.1 Otomotiv Sektörü**

Otomotiv sanayi, tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotif sektörlerinden biridir. Sektörün ekonomideki sürükleyici-lokomotif etkisinin nedeni, ekonominin diğer sektörleri ile olan çok yakın ilişkisidir [9]. Otomotiv sanayi sayesinde metal sanayinden deri sanayine, cam sanayinden plastik sanayine kadar, ülke ekonomisinde önemli birer paya sahip olan sanayiler de canlı tutulabilmektedir [8].

Otomotiv sanayi gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de teknolojik gelişmenin temelini oluşturmaktadır [11]. Otomotiv sanayi, motorlu taşıt aracı ile aksam ve parçalarını üreten bir sanayidir.

Bir motorlu aracın üretimi ve trafiğe çıkabilmesi için güvenlik, trafik ve çevre ile ilgili 50 dolayında küresel teknik mevzuata uyumlu olması ve bunun belgelendirilmesi zorunludur. Bunun yanı sıra, isteğe bağlı olarak uygulanabilen 10 dolayında diğer uluslararası mevzuat bulunmaktadır. Ayrıca söz konusu kapsamlı mevzuat, teknolojideki gelişmelere bağlı olarak sürekli yenilenmektedir.

Pazardaki yoğun rekabet nedeni ile müşteri tatmini ancak teknolojik gelişme ile sağlanmaktadır. Bu nedenle sektörde yoğun Ar-Ge ve sürekli gelişme esastır [10].

Otomotiv sanayi dediğimizde aklımıza gelen en önemli şeylerden bir tanesi de "yan sanayi" dir. Başlangıçta ürün geliştirme ve mühendislik çalışmalarına hiçbir katkı sağlamayan ABD ve Avrupalı üreticilerin uyguladığı geleneksel sözleşme sistemi, günümüzde yerini ürün geliştirme, mühendislik ve tasarım alanlarında ana sanayi ile işbirliği içinde bulunan ve Japon Toyota firmasının geliştirdiği bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistem sayesinde yan sanayi parça üretimi, ürün geliştirme gibi faaliyetleri gerçekleştirirken, ana sanayiler ise yan sanayiden de faydalanarak yeni model geliştirme, kalite artırma, üretimde maliyeti düşürme gibi AR-GE faaliyetlerinde yoğunlaşmaktadırlar [8].

### **6.2 Çalışma Yapılan Fabrika**

Çalışma yapılan şirket otomotiv sektöründe 30 yılı aşkın süredir üretim ve dizayn konusunda Ford Otosan, Mercedes-Benz Türk, Otokar (Magirus, Land Rover), Otoyol (Iveco), Anadolu Isuzu, Askam, BMC, Temsa (Mitsubishi), Toyota gibi öncü hafif ve ağır ticari üreticileri için kardan milleri, direksiyon şaftları ve çeşitli aksamlar üreten lider bir kuruluştur [12].



Aynı zamanda şirketin imalat ve mühendislik deneyimleri iş makineleri sanayinin A sınıfı (tier 1) kuruluşlarına adaptör flanş ve çatalı gibi özel ürünler sevk etmesine imkan sağlamaktadır [12].

Şirketin ana ürünleri; ara yataklı şaftlar, kayıcı arka şaftlar, kayıcılı arka şaftlar kısa tip, 2 parçalı şaftlar, 3 parçalı şaftlar, direksiyon şaftları, poyra, tekerlek mili, açık adaptör çatal, adaptör flanşdır. Yan ürünleri ise; ara flanşlar, çapraz dişli flanşlı çatallar, flanşlı çatallar, kayıcı ve ters kayıcı çatallar, uç çatallar, tüp çatallar, şaft boruları, elastik kavramalar, kayıcı göbekler, tüp kayıcılar, kayıcı miller, çatallı miller, çatallı mil kompleleri, ara yatak milleri, komple ara yataklar, komple istavrozlar, sabit mafsallar, kayıcı mafsallar, aks milleri, direksiyon şaftlar, çift mafsallar, kayıcılı arka şaftlar, kayıcılı arka şaftlar, kısa tip ara yataklı ön şaftlar, çeşitli şaftlar, Peugeot yedekleri, koruyucu borulardan oluşmaktadır.

Çalışma yapılan firma, ana sanayi ile ilişkilerin en iyi şekilde yürütülebilmesi için gerekli uluslararası kalite yönetim sistemi standartlarına sahiptir. Şirket otomotiv sektörünün yan sanayisi olması nedeniyle 2001 yılının temmuz ayında QS 9000 ve ISO 9001:1994 kalite yönetim standartlarını BVQI'dan almıştır. 2003 yılının temmuz ayında 14001:1996 çevre yönetim sistemi standardını yine BVQI'dan almıştır. 2000 yılında ISO 9000:2000 standartlar ailesinin yenilenmesi ve 2002'de ISO/TS 16949:2002'un revizyonundan sonra çalışma yapılan firma 2004 yılının nisan ayında ISO/TS 16949:2002'yi BVQI'dan almıştır. Ford'la çalışması nedeniyle yine 2004 yılının nisan ayında Q1 belgesini almıştır.

Çalışma yapılan firmanın misyonu; müşterilerinin gereksinimlerine odaklanarak onlara çok kaliteli ve sürekli geliştirilen ürün sunmak, karlı bir büyüme sağlamak ve pazar payını arttırmaktır. Aynı zamanda yüksek seviyede duyarlı bir çevre bilincini devam ettirmek ve çevre koruma kanun ve yönetmeliklerine tam uyum amaçlanmaktadır [12].

### **6.3 Çalışma Yapılan Fabrikada Uygulama**

Daha öncedende değinildiği gibi fabrika ISO 14001:1996 standardına göre çevre yönetim sistemine ve ISO/TS 16949:2002 standardına göre otomotiv tedarikçileri için kalite yönetim sistemine sahiptir.

Bu çalışma kapsamında standartların en önemli özelliklerinden biri olan sürekli iyileşme dahilinde Shainin'in deney tasarımı teknikleri kullanılarak sistemde iyileştirmelere götürecek öneriler sunulmaya çalışılmıştır.

Otomotiv sanayinin birinci sınıf (A sınıfı) tedarikçisi fabrikada; ağırlıklı olarak çeşitli şaftlar, çatalar, miller, mafsallar gibi parçalar ve poyra üretilmektedir. Bu mamullerden poyra dışındakilerin üretim miktarı, müşteri isteklerine göre çok fazla değişkenlik gösterdiğinden ve üretim planlarında aynı mamulün üretimi sürekli değiştiğinden dolayı uygulama yapmak için süreklilik arz eden poyra üretim hattı seçilmiştir.

#### **6.4 Proseslerin Gerçekleştirildiği Üretim Ortamının Özellikleri**

Poyra üretimi, talaşlı üretim atölyesinden farklı bir alanda, poyra üretim hattı diye adlandırılan ayrı bir atölyede gerçekleştirilmektedir.

Poyra üretimi de X ve Y müşterileri için üretilen poyra çeşitlerine göre iki hattan oluşmaktadır. Her iki hatta üretim adetlerine göre yapılan planlamalar dahilinde meydana gelen darboğazlara göre, proseslerde 2 veya 3 vardiya şeklinde çalışılmaktadır.

Vardiyalar aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

I. Vardiya: 00:01 – 08:00

II. Vardiya: 08:01 – 16:00

III. Vardiya: 16:01 – 24:00

Hem X müşterisinin hemde Y müşterisinin hattında yer alan tezgahların hemen hemen hepsi bilgisayar kontrollü tezgahlardan oluşmaktadır.

##### **6.4.1 Poyra Üretim Prosesleri**

Poyra üretiminde, X ve Y firmalarının müşteri isteklerinin farklı olmasından dolayı bu istekleri tam olarak karşılamak için üretim akışında bir takım farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklardan ötürü poyra atölyesi, X müşterisinin hattı ve Y müşterisinin hattı şeklinde iki ayrı hatta ayrılmıştır.

X müşterisinin proses akışı şöyledir:

1. Giriş kontrol
2. Tortalama
3. Broşlama
4. Taşlama
5. Hassas Tortalama
6. Delik Delme

7. Saplama Çakma

8. Son Kontrol

Y müşterisinin proses akışı şöyledir:

1. Giriş Kontrol

2. Tornalama

3. Taşlama

4. Broşlama

5. Delik Delme

6. Havşa Açma

7. Saplama Çakma

8. Boyama

9. Son Kontrol

#### **6.4.2 X ve Y Müşterilerinin Proseslerinde İzlenebilirlik**

X ve Y müşterilerinin hem proses akışlarının hemde müşteri isteklerinin farklılıklarından dolayı izlenebilirlikleri de değişmektedir.

Fabrikanın yarı mamul temini sağlayan tedarikçileri dövmeçilerdir.

X müşterisinin hattının iki tedarikçisi, Y müşterisinin hattının bir tedarikçisi vardır. Firmanın sahip olduğu standartların şartlarından olan izlenebilirlik için oluşturulmuş bir sistem mevcuttur.

#### **6.4.3 Poyra Üretim Proseslerinde Ölçümler**

Poyra üretimi sırasında geometrik ürün spesifikasyonu ve doğrulanması (GPS- Geometrical Product Specification and Verification) standartların (ISO 1101) ön gördüğü gibi mevcut kontrol planları dahilinde tezgah başında örnekleme, belli aralıklarla numune almak suretiyle istatistiksel proses kontrol (ISO 8258, ISO 7870, ISO 7873)ve kritik hatalarda % 100 kontroller şeklinde yapılmaktadır. Bunların yanında kontrol planlarında belirtildiği gibi, kalite kontrol departmanının yaptığı kontroller de mevcuttur. Bu kontroller; tezgah başında gerçekleştirilemeyen durumlardaki kontrollerdir.

## 6.5 Fabrikada Uygulamada Kullanılan Sistematik

İşletmede;

- En sık gerçekleştirilen,
- Devamlılık arz eden,
- Düzenli olarak verileri toplama imkanı bulunan,
- Ayrı bir birimde yer alan,
- Hat akışları net olarak birbirinden ayrılmış,

poyra üretim atölyesi pilot çalışma için seçilmiştir.

Uygulama üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki; Türk otomotiv ana sanayinde, tedarikçilerinde (ana sanayine direkt mamül veya yarı mamül veren tedarikçiler ve bu 1. sınıf tedarikçilerin tedarikçileri) ve otomotiv sanayinin tedarikçisi olmayan fakat otomotiv sanayine yedek parça temininde bulunan kuruluşlarda, Shainin deney tasarımı (design of experiment) yönteminin ve bu yöntemin araçlarından olan ön-kontrolün (pre-control) ve çoklu değişken kartının (multi-vari chart) bilinme ve kullanılma oranlarının değerlendirilmesinin yapıldığı anket çalışmasıdır. İkinci aşama; proses hakkında geri beslemenin ve optimizasyonun sağlandığı ön kontrol kartlarının pilot atölye ortamında uygulanmasıdır. Üçüncüsü ise; proses geri beslemelerine göre hatalı üretimlerin olduğunun tespitinden sonra bu hataların kaynağının tespit edilmesi aşamasıdır. Bunun için de Shainin araçlarından çoklu değişken kartları kullanılır.

### 6.5.1 Uygulamada Kullanılan Ölçü Aletleri

Firma ISO/TS 16949'a sahip olma şartlarını eksiksiz olarak yerine getirdiğinden dolayı bu belgeyi almıştır. İzleme ve ölçme cihazlarının kontrolü, analizi ve kalibrasyon/doğrulama kayıtları hususunda yapılması gerekenler ISO/TS 16949'un şartında zorunlu olarak yerine getirilmesi gerekenlerdir.

Firmanın, taahhüt edilen izleme ve ölçmeyi ve ürünün belirlenen şartlara uygunluğunu kanıtlamak için gereken izleme ve ölçme cihazlarını uygun bir şekilde belirlediği kabul edilmiştir.

Aynı zamanda belirlenmiş aralıklarla uluslararası veya ulusal ölçme standartlarına göre kesintisiz bir zincirle kalibrasyonun ve doğrulamanın yapıldığı ölçme cihazları ve tutulan kayıtları kontrol edilmiştir.

Bilindiği gibi ölçüm sistemlerinin analizinde referans el kitabına (ölçme sistemleri analizi – MSA) göre yapılan ve bu sonuçların müşteri tarafından onaylanan belgelerine ulaşılmıştır.

Tüm bunlara dayanarak firmanın kullandığı ölçme ve izleme araçlarının doğru olduğu kabul edilerek, seçilen pilot proste çalışmanın ikinci aşaması için ön kontrol ve çalışmanın üçüncü aşaması için çoklu değişken kartları çalışmalarına geçilmiştir.

X firmasının hattındaki taşlama operasyonu sonrasındaki dış çap ölçümü, dijital havalı ölçme aleti (Federal Marka) ile yapılmaktadır. Cihazın üzerinde kalibrasyon etiketleri bulunmaktadır. Bu etiketlerde, bir sonraki kalibrasyon tarihinin ne zaman olacağı yer almaktadır. Buna göre cihaz kullanılabilir durumdadır.

Dijital havalı ölçme aleti 0,0001 mm hassasiyette okuma yapmaktadır. Dış çap ölçü kontrolünde toplam tolerans 1/4'e bölüldüğünden (Traver R. W., 1985) sonuçlarda yuvarlama yapılmıştır.

Y firmasının hattındaki taşlama operasyonu sonrasındaki salgı ölçümü, özel olarak tasarlanmış salgı kontrol aparatı vasıtasıyla yapılmaktadır. Parçanın salgı kontrolü, V yatağı tutucu plaka üzerine parça yerleştirildikten sonra özel bağlama aparatlarıyla parçaya teması sağlanan komparatörle (ölçme saati)(Peacock Marka) yapılmaktadır. Bu aparatların kalibrasyonu ve takibi, kalite sistemi standartlarında yer alan şartlara göre yapılmaktadır.

Salgı kontrolünde kullanılan komparatörün ölçme hassasiyeti 0,001 mm'dir.

### **6.5.2 Uygulama Operasyonu Olarak Seçilen Taşlama Tezgahının Özellikleri**

Hem X firmasının hem de Y firmasının hattındaki taşlama tezgahı, Studer marka bilgisayar kontrollü tezgahdır.

Bu tezgahlarda parça sayaç kontrol sensörleriyle, daha önceden yapılmış çalışmalarda belirlenmiş parça adetlerine göre körelen taşın silinmesi otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Tezgahta bulunan ölçme sistemi yardımı (Marposs marka) ile parçanın işleneceği ölçüye göre taşın parçaya yanaşıp ayrılmasının kontrolü otomatik olarak yapılmaktadır.

X firmasının hattıyla Y firmasının hattındaki taşlama tezgahlarının arasındaki tek fark, parçanın tezgaha bağlanma şekilleridir.

### 6.5.3 Uygulama Çalışmasının 1. Aşaması: Yapılan Anket Çalışması

Yapılan literatür taramalarında Türkiye’de bu yöntemin kullanıldığını gösteren bilgiye ulaşılamamıştır. Bu literatür taramasını desteklemek amacıyla Türkiye’de üretim yapan 17 ana sanayiye, TAYSAD’a (Taşıt Araçları Yan Sanayicileri Derneği) bağlı 140 kuruluşa ve otomotiv sanayinin tedarikçisi olmayan ama yedek parça temininde bulunan 20 kuruluşa internet ortamında anket gönderilmiştir. Böylelikle; proses iyileştirme çalışmaları için Shainin’in deney tasarımının (design of experiments) ve bu yöntemin araçlarından; prosesin izlenmesinde kullanılan ön-kontrol (pre-control) ve hatanın kaynağının tespiti için kullanılan çoklu değişken kartı (multi-vari chart) hakkında bilgi sahibi olup olunmadığı ve kullanılıp kullanılmadığı taraması yapılmıştır.

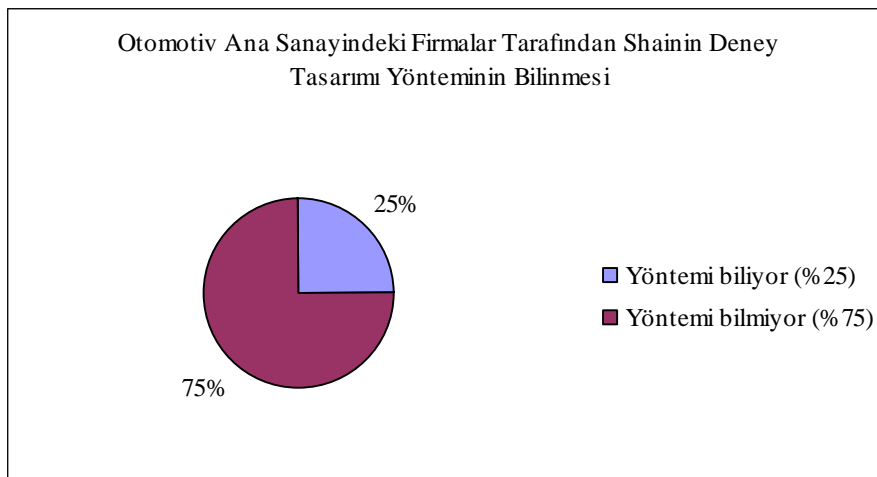
Ana sanayindeki 17 firmadan 8’sinden, TAYSAD’a bağlı otomotiv sektöründe tedarikçi konumunda yer alan 140 kuruluştan 25’inden, diğer 20 firmadan ise 3’ünden anket geri dönüşü olmuştur.

Ana sanayindeki kuruluşlardan anketin geri dönüş oranı % 47’dir (8 firma).

Geri dönen anketlere göre kuruluşların çalışan sayısı 700 – 7850 (beyaz+mavi yakalı) arasında değişmektedir:

Geri dönen anket sonuçlarına göre;

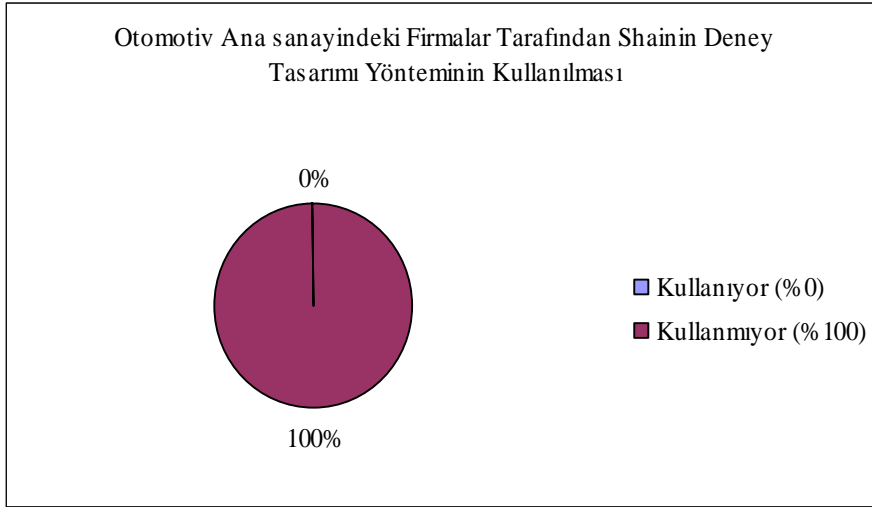
1) Shainin deney tasarımı yöntemi hakkında firmaların % 25’i bilgi sahibi (2 firma), % 75’i ise bilgi sahibi değil (6 firma).



Şekil 6.1-a Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi

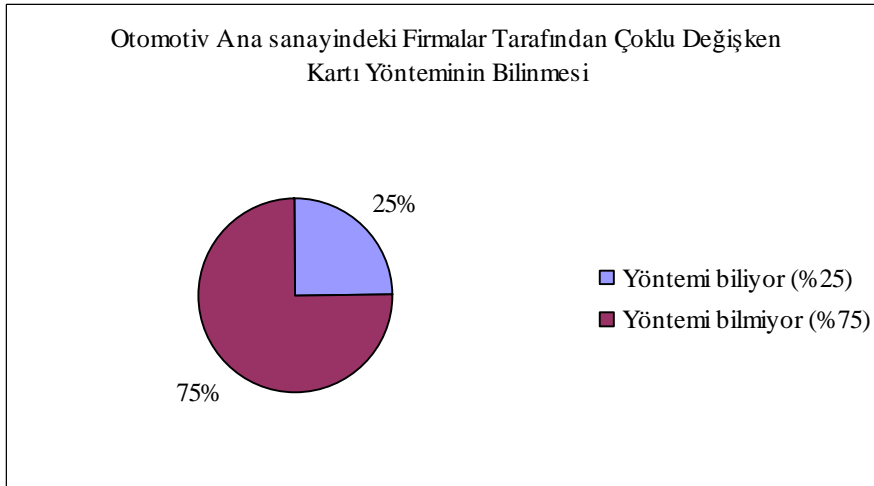
2) Firmaların % 25’i bu yöntem hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen % 100’ü bu yöntemi

kullanmıyor (8 firma).



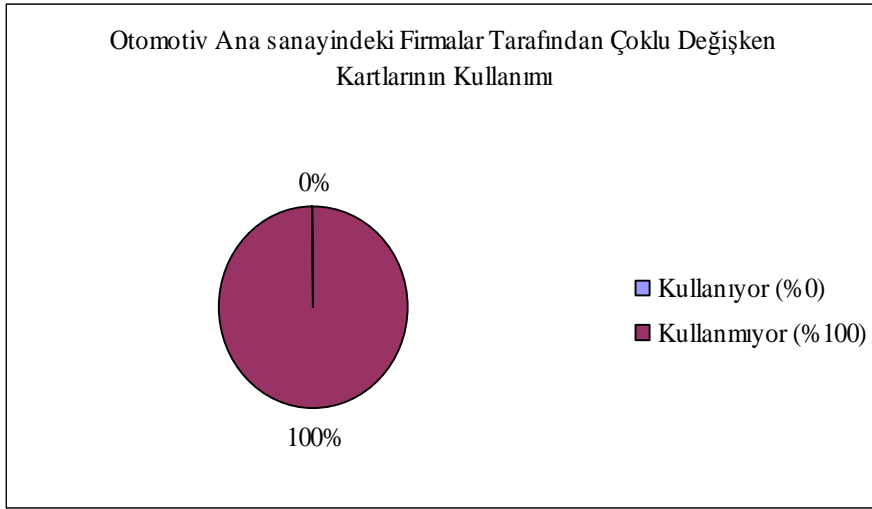
Şekil 6.1-b Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Shainin Deneş Tasarımı Yönteminin Kullanılması

3) Hata kaynağının tespiti veya hatanın tespitinde kullanılan çoklu-değişken kartı (multi-vari chart) hakkında firmaların % 25'i bilgi sahibi (2 firma), % 75'i ise bilgi sahibi değil (6 firma).



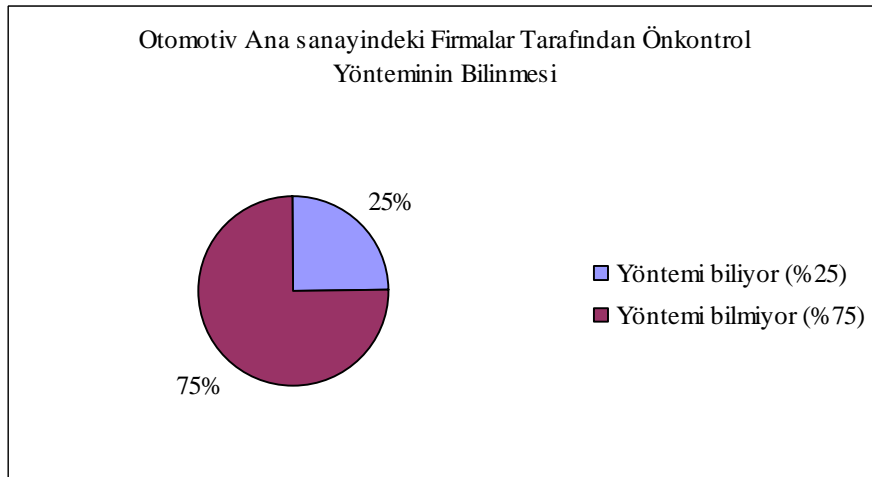
Şekil 6.1-c Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi

4) Firmaların % 25'i bu yöntem hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen % 100'ü bu yöntemi kullanmıyor (8 firma).



Şekil.6.1-d Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartlarının Kullanımı

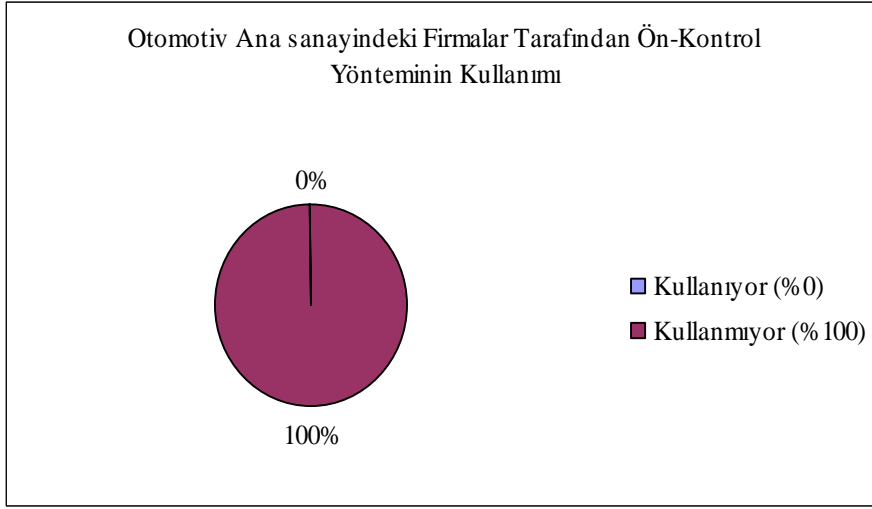
5) Proses izlemede kullanılan bir araç olan ön kontrol (pre-control) hakkında firmaların % 25'i bilgi sahibi (2 firma), % 75'i ise bilgi sahibi değil (6 firma).



Şekil 6.1-e Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından Önkontrol Yönteminin Bilinmesi



6) Firmaların % 25'i bu yöntem hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen % 100'ü bu yöntemi kullanmıyor (8 firma).

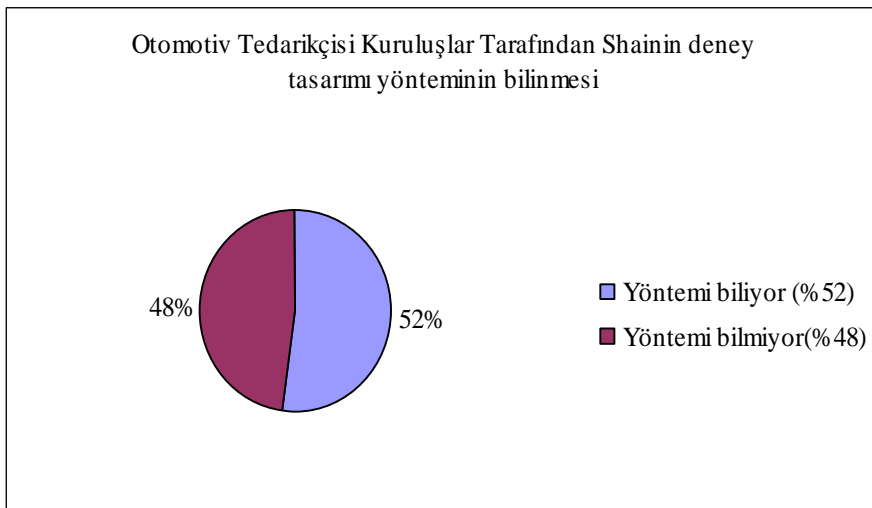


Şekil 6.1-f Otomotiv Ana Sanayindeki Firmalar Tarafından ÖnKontrol Yönteminin Kullanımı

Tedarikçi kuruluşlardan anketin geri dönüş oranı % 18'dir. Geri dönen anketlere göre kuruluşların çalışan sayısı 150 – 1500 (beyaz+mavi yakalı) arasında değişmektedir.

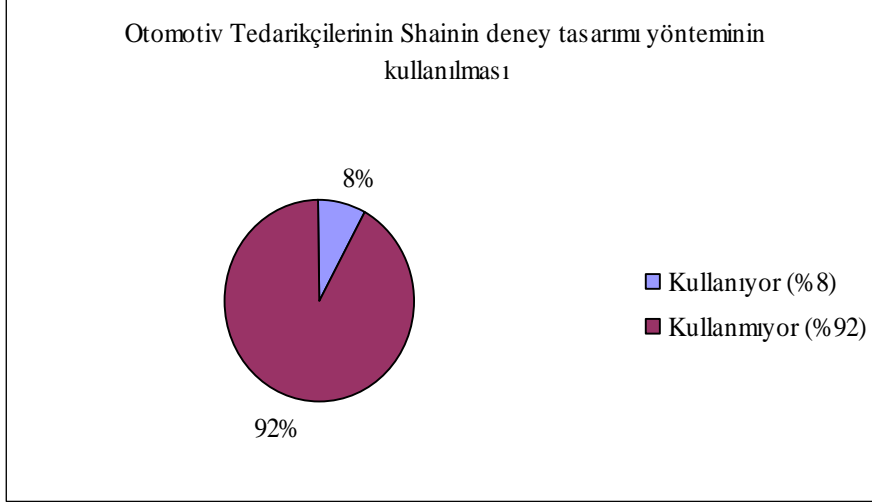
Geri dönen anket sonuçlarına göre;

1) Shainin deney tasarımı yöntemi hakkında firmaların % 52'si bilgi sahibi (13 firma), % 48'i ise bilgi sahibi değil (12 firma).



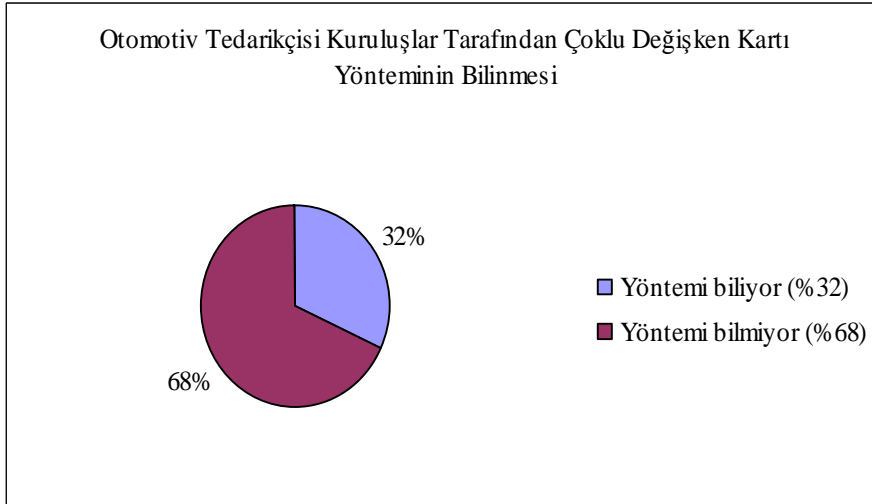
Şekil 6.2-a Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi

2) Firmaların % 52'si bu yöntem hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen % 92'si bu yöntemi kullanmıyor. Sadece % 8'ü yani iki firma, bu yöntemin kalite çalışmalarında yardımcı araç olarak kullanıyor.



Şekil 6.2-b Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Yöntemin kullanılması

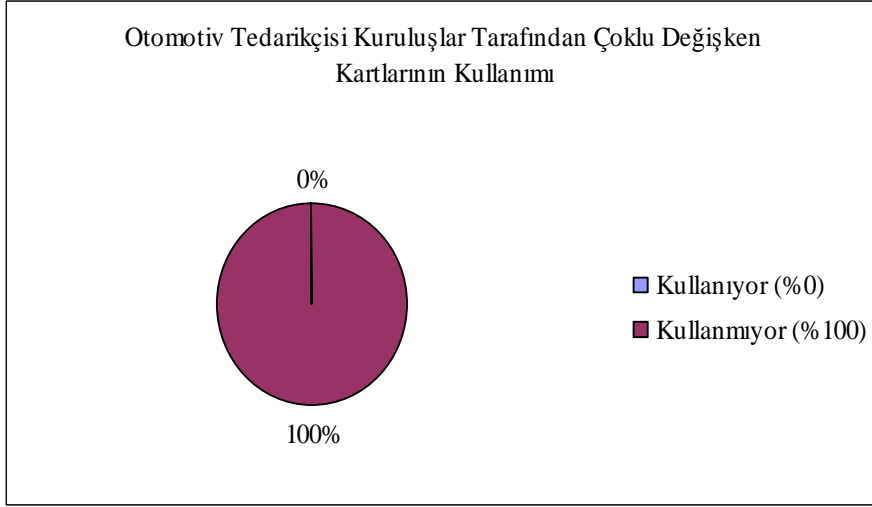
3) Hatanın kaynağının tespiti veya hatanın tespitinde kullanılan çoklu-değişken kartı (multi-vari chart) hakkında firmaların % 32'si bilgi sahibi (8 firma), % 68'i ise bilgi sahibi değil (17 firma).



Şekil 6.2-c Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi

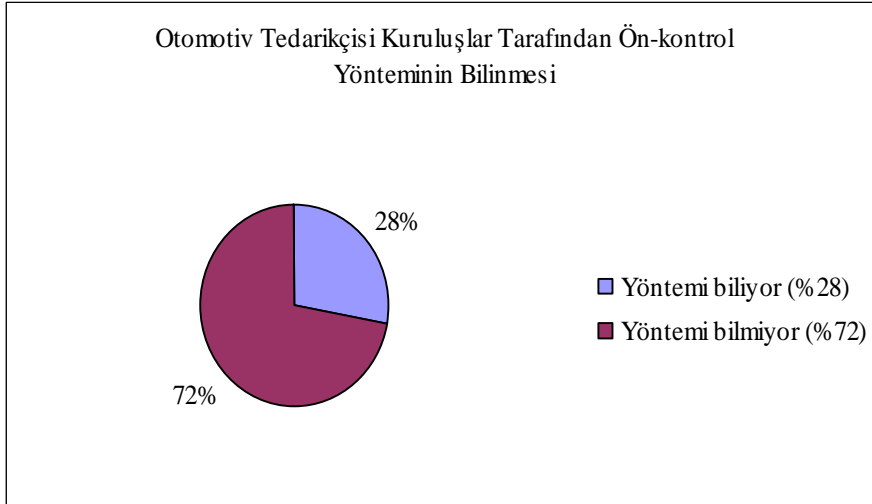
4) Bu yöntemi bilen % 32 yani 8 tane firma olmasına rağmen, bu yöntemi tümü (yani %

100'ü) hata tespiti veya hatanın kaynağının bulunmasında kullanmıyor.



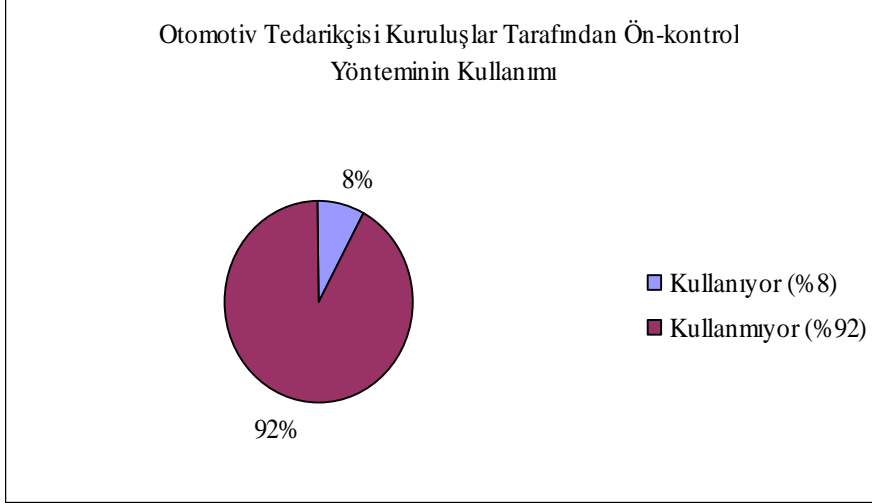
Şekil 6.2-d Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Çoklu Değişken Kartlarının Kullanımı

5) Proses izlemede kullanılan bir araç olan ön kontrol (pre-control) hakkında firmaların % 28'i bilgi sahibi (7 firma), % 72'i ise bilgi sahibi değil (18 firma).



Şekil 6.2-e Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi

6) Bu yöntemi bilen % 28 yani 7 tane firma olmasına rağmen, bu yöntemi % 8 yani sadece iki kullanıyor. Bunlardan biri firma örtülü elektrot geliştirme çalışmalarındaki örtü reçetesinin bileşenleri ve bunların miktarlarının belirlenmesi aşamasında, diğeri ise talaşlı işlemeyle şekillendirelen parçalarda kullandığı bilgisine ulaşılmıştır.



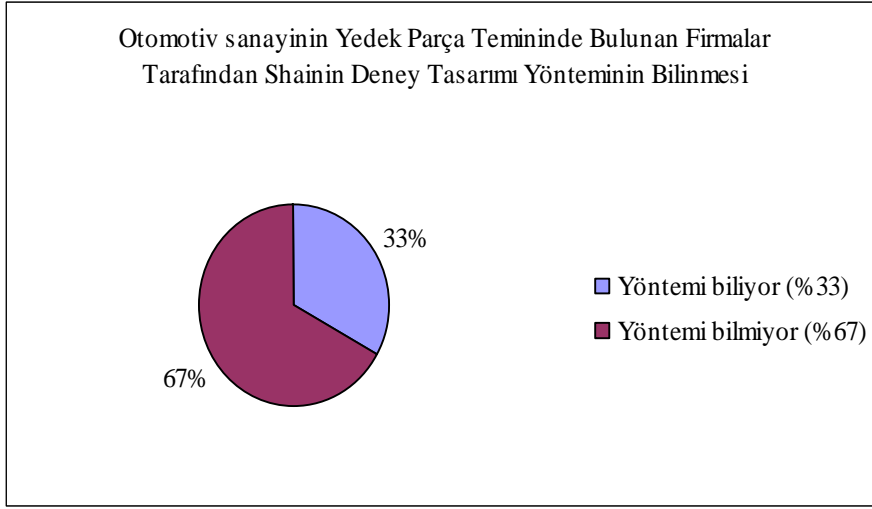
Şekil 6.2-f Otomotiv Tedarikçisi Kuruluşlar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Kullanımı

Otomotiv sanayinin tedarikçisi olmayan ama yedek parça temininde bulunan kuruluşlardan anketin geri dönüş oranı % 15'dir.

Geri dönen anketlere göre kuruluşların çalışan sayısı 40 – 210 (beyaz+mavi yakalı) arasında değişmektedir.

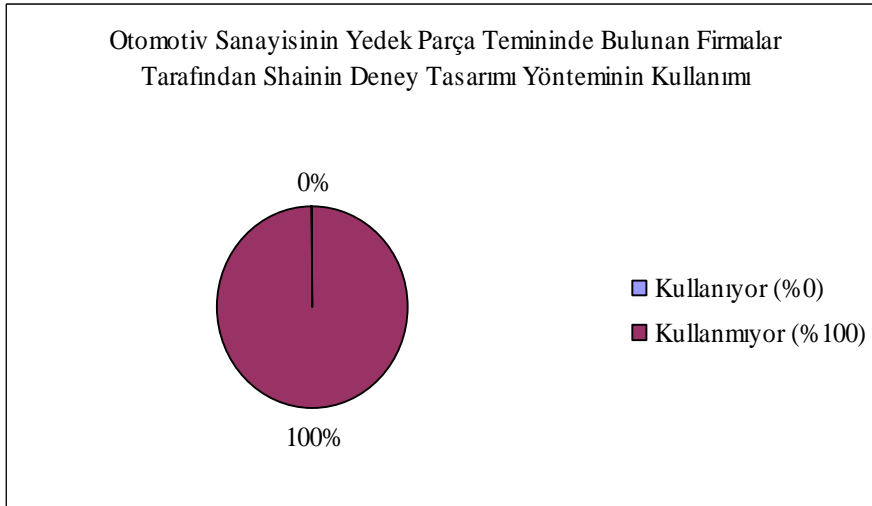
Geri dönen anket sonuçlarına göre;

1) Shainin deney tasarımı yöntemi hakkında firmaların % 33'ü bilgi sahibi (1 firma), % 67'si ise bilgi sahibi değil (2 firma).



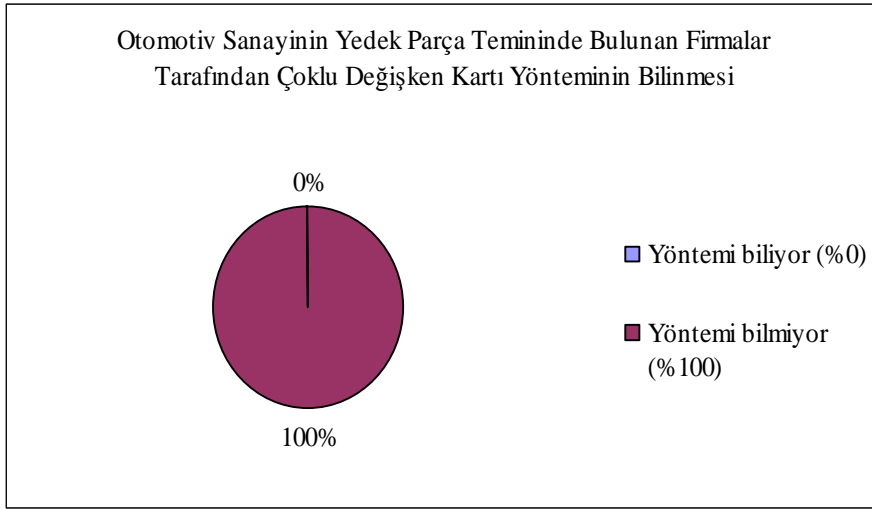
Şekil 6.3-a Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Bilinmesi

2) Firmaların % 33'ü (1 firma) bu yöntem hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen bu firmada (yani hiçbiri) bu yöntemi kullanmıyor.



Şekil 6.3-b Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Shainin Deney Tasarımı Yönteminin Kullanımı

3) Hatanın kaynağının tespiti veya hatanın tespitinde kullanılan çoklu-değişken kartı (multi-vari chart) hakkında firmaların % 100'ü bilgi sahibi değil.



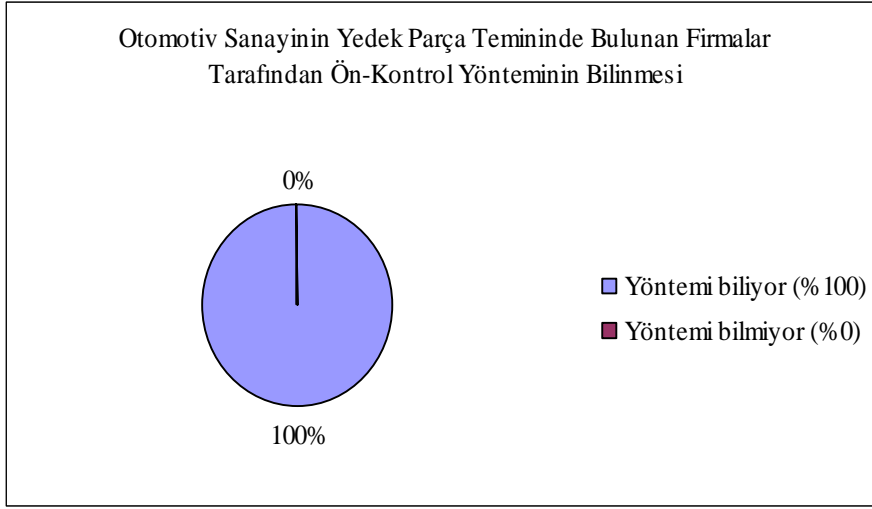
Şekil 6.3-c Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Bilinmesi

4) Buna bağlı olarak bu yöntemi kullanan firma bulunmamaktadır.



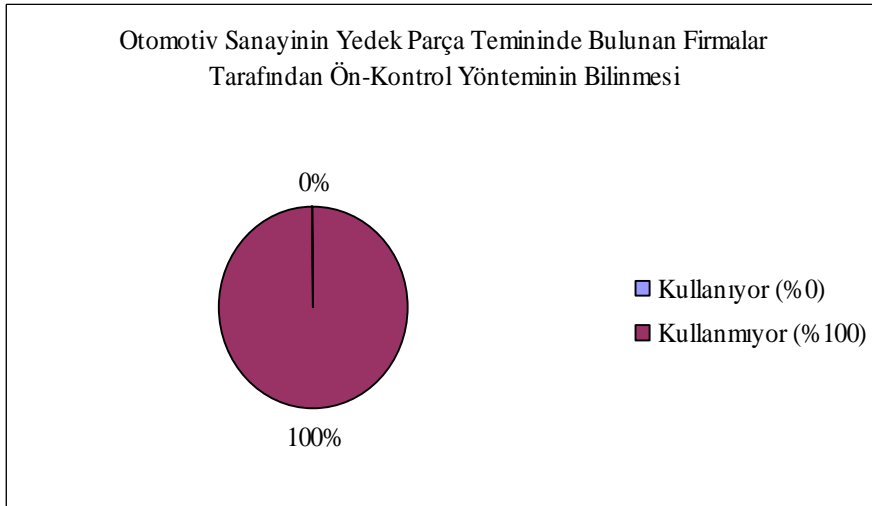
Şekil 6.3-d Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Çoklu Değişken Kartı Yönteminin Kullanımı

5) Proses izlemede kullanılan bir araç olan ön-kontrol (pre-control) hakkında firmaların tümünün (3 firma) yani % 100'ünün bilgisi var.



Şekil 6.3-e Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi

6) Hepsi bilgi sahibi olmasına rağmen bu yöntemi % 100'ü kullanmıyor.



Şekil 6.3-f Otomotiv Sanayinin Yedek Parça Temininde Bulunan Firmalar Tarafından Ön Kontrol Yönteminin Bilinmesi

### 6.5.3.1 Uygulama Çalışmasının 1. Aşaması: Anketin Sonucu

Türk otomotiv sanayinde yer alan ana sanayi, 1. sınıf tedarikçileri, diğer tedarikçiler ve yedek parça temininde bulunan kuruluşlarda yapılan ankete göre; gerek ana sanayi gerekse tedarikçi

ve yedek parça temininde bulunan kuruluşlarda Shainin'nin deney tasarımı yöntemi hakkında yaklaşık % 44'ü fikir sahibidir. Buna rağmen, bu yöntemin sadece bir aracını kullanan firmalara rastlanmıştır. Bu araç ön kontroldür. Anket sonucuna göre bu aracın hakkında yaklaşık % 33'ü fikir sahibidir. Ama, bu aracı kullanan sadece iki firma bulunmaktadır. Bunların ön-kontrolü yeni bir ürün geliştirmede; prosesi izleme ve optimizasyonunu sağlama aşamasında kullandığı tespit edilmiştir.

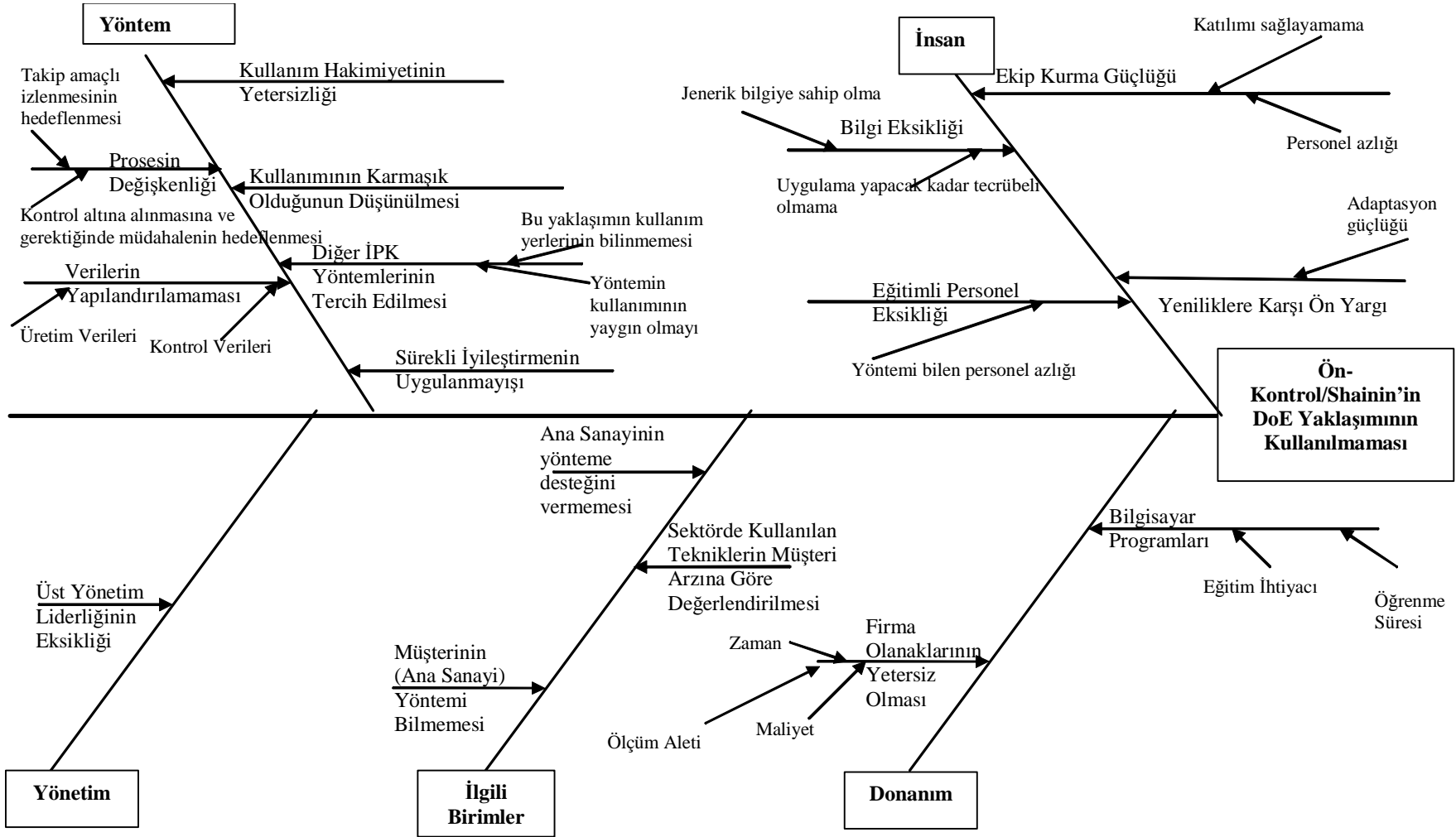
Anket çalışmasına katılan tüm kuruluşlardan yaklaşık % 28'si çoklu değişken kartlarını bilmesine rağmen hiçbirinin bu aracı kullanmadığı ortaya çıkmıştır.

Bu anket sonuçlarına göre ön kontrol ve Shainin'i bildiğini belirten toplam 15 ana sanayi, tedarikçi ve diğer kuruluş tespit edilmiştir. Bu firmalarla tekrar irtibata geçilerek oluşan görüşler dahilinde ön kontrol/Shainin DoE'nın neden kullanılmadığının irdelendiği balık kılçığı diyagramı oluşturulmuştur.

Oluşan bu diyagrama göre bu yöntemle ve teknikle ilgili bilgilerin jenerik içerikli olduğu veya uygulama yapılamayacak kadar az olduğu ortaya çıkmıştır. Bunlara bağlı olarak yöntemin uygulayacak personelin az olması ve daha iyi bilinen beynelmilel yöntemlerin kullanımının tercih edilmesi doğal bir sonuçtur. Ayrıca; özellikle tedarikçilerin bu yöntemin kullanımı konusundaki yönlendirilmeleri müşterileri olan ana sanayinin arzının değerlendirmelerine göre oluşmaktadır. Ana sanayi bu yöntem ve tekniğin tedarikçilerinin kullanımıyla ilgili avantajların (özellikle; maliyeti düşüreceği, proses değişkenliğini kontrol altına almayı hedefleyen yaklaşım olduğu) farkında olmadığından üst yönetimin yöntemin kullanımını stratejileri içinde yer almamaktadır.

Ön kontrolü kullanan firmalardan alınan geri beslemede ana sanayi tarafından bu yöntemin bilinmemesinden dolayı; proseslerin tümünde bunun kullanımının gerçekleştirilmesi mümkün olmadığı vurgulanmıştır. Müşteri arzına bağlı olarak İPK kullanımının devam edilme zorunluluğundan bahsedilmektedir. Bu yöntem ve tekniğin kullanılmayışının en büyük nedeninin yöntemin kullanılacak kadar bilinmeyişi ve ana sanayi kuruluşları tarafından kullanımıyla sağlanan avantajlarının bilinmediğidir. Buna bağlı olarak; yöntemin kullanımını teşvik etmek, ve bir örnek teşkil etmek amacıyla 1. sınıf tedarikçi bir kuruluşta öncelikli olarak proses değişkenliğini kontrol altına almayı hedefleyen ve literatür taramalarında tek taraflı toleranslarda uygulamasına rastlanmayan ön-kontrol yöntemi pilot bir çalışmayla uygulamasının yapılmasına karar verilmiştir.

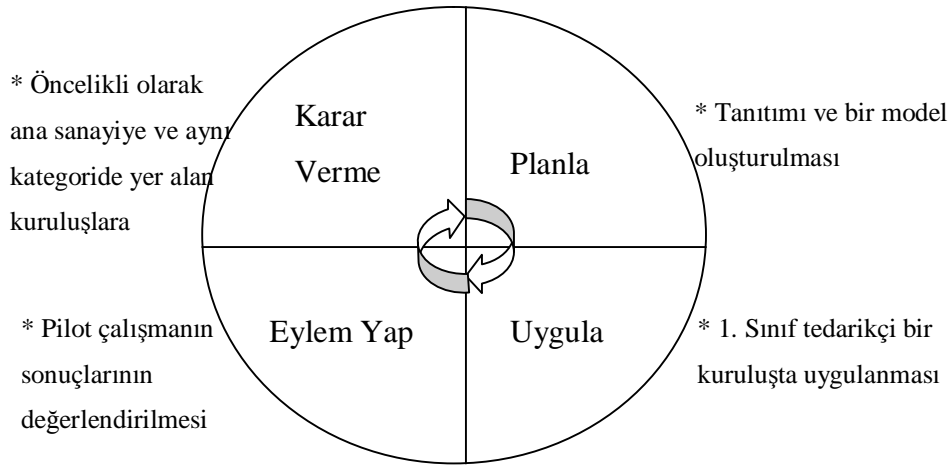




Şekil 6.4 Anket Sonucuna Göre Oluşturulan Balık-Kilçığı Diyagramı

Bu çalışmanın devamı olacak Shainin deney tasarımı yaklaşımının ihtiyaç duyulan durumda devreye sokularak bunun içinde örnek niteliğini taşıyacak bir pilot uygulama gerçekleştirilmeye çalışılacaktır.

Böylelikle özellikle yöntemin tanıtımı ve kullanımı için bir model olması düşünülmektedir.



Şekil 6.5 Yapılan Anket Çalışmasının PUEK çevrimi

#### 6.5.4 Uygulama Çalışmasının 2. Aşaması: Ön Kontrol Kartları

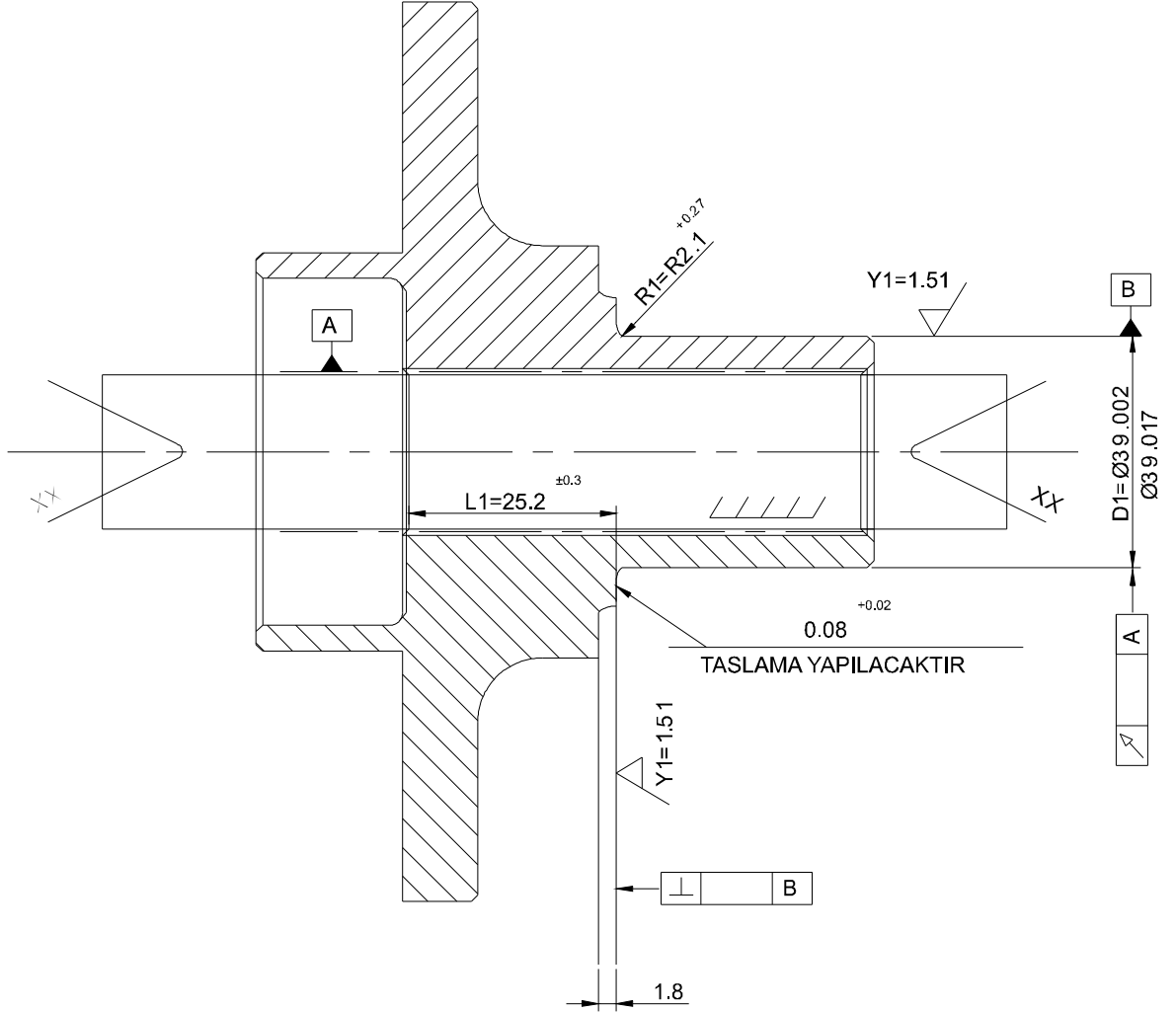
Prosesten geri besleme alınan, hatalı ürün üretiminin kontrol kartlarından çok daha hızlı belirlenmesini ve hatasız ürün üretiminin daha iyi kontrol edildiği ön kontrol (Traver R. W., 1985) çalışmasına, belirlenen pilot atölye ortamında X müşterisinin poyra hattında taşlama operasyonunda başlanmıştır. Ön kontrol çalışmasına X firmasının poyra hattında başlanmasının nedeni bu operasyonun sorunsuz olmasıdır.

Kontrolü yapılan ölçü dış çaptır. Mevcut sistemde, havalı ölçme aleti ile tezgah başında proses sahibi (operatör) tarafından bir saatlik aralıklarla ve 5'er adetlik alt grupların ölçülmesiyle istatistiksel proses kontrol kartlarından  $\bar{X} - R$  kartları tutulmaktadır.

Ön kontrol kartlarının atölyede ilk uygulaması için seçilen taşlama operasyonundaki dış çap ölçümü, çift taraflı toleransa sahip bir değerlendirmedir. Şekil. 6.6'de X firması için üretilen poyranın teknik resmi görülmektedir.

Çift taraflı toleranslı ölçümlerde ön kontrol kartlarındaki tolerans aralığı 4 eşit parçaya bölünerek hazırlanmaktadır (Vermani S. K., 2000). Orta çizginin sağ ve sol tarafındaki 1/4'lük

iki alan yeşil bölge; yeşil alanın sağ ve solundaki alan sarı bölge; sarı alanın sağ ve solundaki tolerans sınırlarının dışında kalan alan kırmızı bölge olarak adlandırılmaktadır (Olorunniwo F., 1995). Hazırlanan ön kontrol kartları proses sahipleri (operatörler) tarafından doldurulacağından, çalışmaya başlamadan önce proses sahibi ile tüm hattan sorumlu kontrolör yaklaşık 10 dakikalık bir anlatımla uygulamanın nasıl gerçekleştirileceği hakkında bilgilendirildiler.



Şekil 6.6 X firmasının poyrası

Ön kontrol kartları konusunda daha önceden yapılmış çalışmalarda; ölçü aletinin üzerinde yeşil, sarı, kırmızı bölgeler boyanmış ve proses sahibinin görsel uyarı kazanarak çalışmasının daha teşvik edici olduğu görülmüştür (Traver R. W., 1985). Bu çalışmada proses sahiplerine verilen ön kontrol kartlarının bölgeleri ilk olarak yeşil, sarı, kırmızıya boyanmış şekilde verildi. Bu şekilde 1 hafta çalışıldıktan sonra boyanmamış kartlarla çalışıldı. Bu çalışma sırasında atölyedeki diğer proses sahiplerinin dikkati çekildi.

Bu çalışma için hazırlanmış ön kontrol kartları şekil. 6.7.a-b'de görülmektedir. Proses sahibinin yeni bir uygulama olan ön kontrol kartı çalışmasında, işlemler sırasında takılacağı bir nokta olur düşüncesiyle kart çalışmasına başlarken uyarıcı anlatım, kartlarla birlikte verildi. Bu anlatım şekil.6.8'de görülmektedir. Başlangıçta alınan ilk 5 parçanın yeşil bölgede olması sağlandıktan sonra bir saatlik arayla 2 örnek alınarak ön kontrol kartları uygulanmıştır.

Tezgah ayarlarında ve parçalarında tüm değişiklikler not edilerek durum takibi yapılmıştır (Ermer D. S., 1991), (Shainin D., 1989), (Traver R. W., 1985).

X firmasının hattında ön kontrol kartının tanıtımı yapıldıktan sonra, Y firmasının hattında taşıma operasyonunda tek taraflı tolerans değeri olan salgı kontrolünde ön kontrol çalışmasına başlanmıştır. Bu operasyonda, daha önceden 1 saatlik aralıklarla 5'erlik alt grup örneklemeleriyle tutulan  $\bar{X} - R$  kartları tutulmaktaydı. Fakat müşteriye salgılı olarak üretilmiş parçaların gidişinden sonra % 100 salgı kontrolüne geçilmiştir. % 100 salgı kontrolünün yapılması müşterinin şart koştuğu bir zorunluluktur. % 100 kontrolün yapıldığı bir proses, hem kontrolü yapan personelin monotonluktan dolayı hatasız ürünü hatalı veya hatalı ürünü ise hatasız olarak değerlendirmesinden, hem de maliyet ve teslimat yönünden ek yük getirdiğinden istenmeyen bir durumdur. Müşterilerine kalite, maliyet ve teslimat performansları mükemmelliği şirket vizyonunda yer alan rekabet avantajlarına ters düşmekte, bu istenmeyen durum ISO 9001:2000 ve ISO/TS 16949:2002'ün temelini oluşturan sürekli gelişme ilkesine göre ele alınıp düzeltilmesi gerekliliğinden, Y firmasının taşıma operasyonundaki % 100 salgı kontrolü incelemenin esasını oluşturur. Salgı kontrolü tek taraflı tolerans değerlendirmesi olduğundan, bu proses için tek taraflı toleransa göre ön kontrol kartı hazırlanmıştır. Şekil. 6.9'de Y firması için üretilen poyranın teknik resmi görülmektedir.

Tezgah Adı	Parça Adı	Spesifikasyon Limitleri
Tacchella	Ön tekerlek poyrası	Çap 39.002-39.017
Tezgah Kodu	Parça No	Ölçme Aleti
301401	30000105100	

	39.0021	39.002- 39.0058	39.0057-39.0132	39.0133- 39.017	39.0171		
Tarih/saat	KIRMI- ZI	1. SARI	YEŞİL	2. SARI	KIRMI- ZI	OPERA- TÖR ADI	NOT

Şekil 6.7-a X firmasının hattındaki dış çap ölçümü için renklendirilmiş ön kontrol kartı

<b>Tezgah Adı</b>	<b>Parça Adı</b>	<b>Spesifikasyon Limitleri</b>
Studer	Ön Tekerlek Poyrası	Çap:39.002-39.017
<b>Tezgah Kodu</b>	<b>Parça No</b>	<b>Ölçme Aleti</b>
3015	30000105100	Federal (havalı Ölçme)

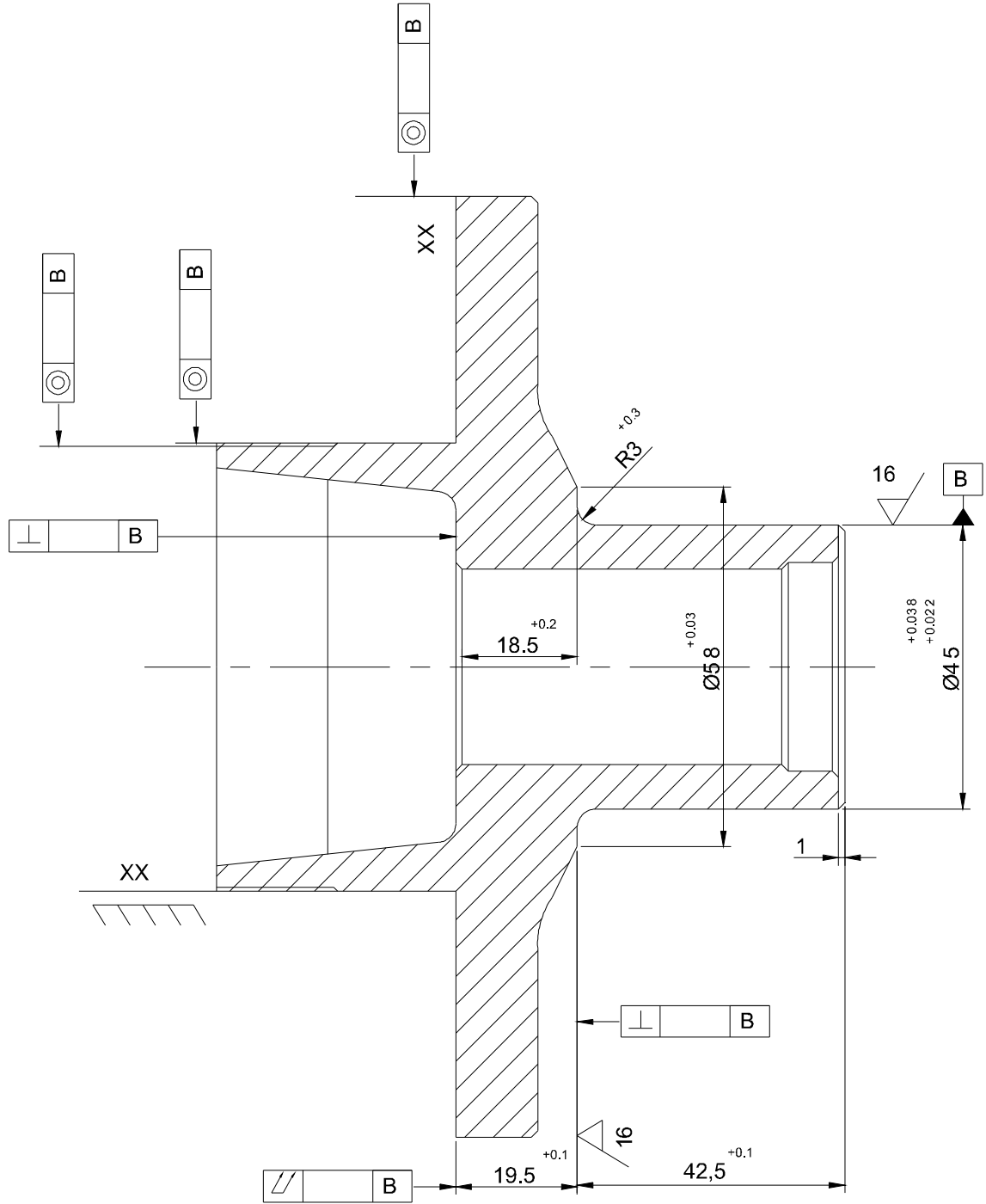
		← TOPLAM TOLERANS →					
	39.0019	39.002-39.0056	39.0057-39.0132	39.0133-39.017	39.0171		
Tarih/saat	KIRMIZI	1. SARI	YEŞİL	2. SARI	KIRMIZI	OPERA-TÖR ADI	NOT

Şekil 6.7-b X firmasının hattındaki dış çap ölçümü için ön kontrol kartı

- 1) **İşleme başlamadan önce** beş (5) ardışık parça al.
- **Bu parçaların** hepsi (5 tanesi) yeşil bölge **sınırında kalacak** (39.0057-39.0132)
  - **Bir tanesi** yeşil bölgenin dışında **ise tezgahı ayarla** ve yeniden beş (5) tane daha parça **almaya başla.**
- 2) **Üretime başladıktan** 1 saat **sonra** iki (2) ardışık parça al.
- **Eğer** her ikiside yeşil bölgede (39.0057-39.0132) **ise üretime devam et.**  
Bir saat sonra **yine** iki (2) ardışık parça al.
  - **Eğer** biri yeşil bölgede (39.0057-39.0132), **diğeri** **sarı bölgelerden** birinde (**1. Sarı bölge:39.002-39.0058** veya **2. Sarı bölge: 39.0133-39.017**) olursa **üretime devam et.**  
  
Bir saat sonra **yine** iki (2) ardışık parça al.
  - **Eğer** her iki birim sarı bölgedeyse prosesi ayarla.  
**YAPILAN AYARI NOT ET!**  
  
**FARKLI SARI BÖLGELERE DÜŞMÜŞSE MUTLAKA BUNU NOT ET!**  
  
**Üretime başlamak için** beş (5) ardışık parça al. Beş parçanın hepsi yeşil bölgede **kalıyorsa üretime başla.**
  - **Eğer** bir parça bile kırmızı bölgede ise üretimi **durdur.Yardım iste. Red edilecek bir durum vardır.**
- 3) **Vardiya değişimlerinde** beş (5) ardışık parça al ve **hepsinin yeşil bölgede olduğunu kontrol ederek üretime başla.**
- **Daha sonra 1 saat arayla** iki (2) ardışık parça kontrolü yap.
- 4) **Tezgah durdurulup bakım veya herhangi bir değişim veya ayarlama yapılmışsa** beş (5) ardışık numune al ve yeşil bölgedeyse üretime başla. **1 saat arayla** iki ardışık numune al (Shainin D., 1989), (Traver R. W., 1985), (Ermer D. S., 1991).

**Not: Beş (5) ardışık parça alınarak yapılan üretime başlama geçiş nedeninin ayarlama mı (ayarlama olarak ne yapıldığı); üretim durdurma mı (durdurma sonrası ne yapıldığı); vardiye değişimi mi olduğunu MUTLAKA NOT ET!**

Şekil.6.8 X firmasının hattındaki ön kontrol uygulamasının uyarı yazısı



Şekil 6.9 Y firmasının poyrası

Pilot çalışmayı oluşturduğumuz Y firmasının hattında değerlendirmeye aldığımız tolerans konumsal tolerans olan salgıdır. Konumsal toleranslar sıfır ile maksimum arasında yayıldığından tek taraflı tolerans kapsamında değerlendirilirler. Ana sanayinin tasarım resminde belirtildiği şekliyle toplam salgı değeri, 0 – 20  $\mu\text{m}$  arasında olması istenmektedir. Daha önceden değindiğimiz gibi tek taraflı salgı toleransı logaritmik normal dağılım gösteren



yapıdadırlar. Buna göre okunan  $X_n$  (1, 2, 3, ... , n) değerlerinin logaritmik dönüşümüne tabi tutularak değerlendirilmesi yapılır.

$$Z_n = \log X_n$$

Ön kontrol kartlarının tek taraflı tolerans değerlendirmesi için tolerans genişliği 1/2'ye bölünür. İlk 1/2'lik bölüm yeşil bölge, ilk bölgeyle üst tolerans limitinin arasında kalan diğer 1/2'lik alan sarı bölge, üst tolerans limiti dışında kalan alan kırmızı bölge olarak adlandırılır (Juran J. M., 1988).

Y firmasının taşlama operasyonu için hazırlanmış ön kontrol kartı şekil 6.10'da görölmektedir. X firmasının hattında olduğu gibi proses sahibine ve tüm hattan sorumlu kontrolöre yaklaşık 10 dakikalık bir anlatımla ön kontrolün nasıl yapılacağı aktarılmıştır. Uygulama sırasında hatırlatıcı olması amacıyla uyarı yazısı burada da kartlarla birlikte proses sahibine teslim edilmiştir. Bu anlatım şekil.6.11'de görölmektedir. Başlangıçta alınan ilk 5 parça yeşil bölgede olması sağlandıktan sonra 15 dakikalık aralıklarla 2 örnek alınarak ön kontrol kartları uygulanmıştır. Tezgah ayarlarında ve parçalarında tüm değişiklikler not edilerek durum takibi yapılmıştır.

Tezgah başında kontrol yapacak operatörler değerlendirme yapmayacağından logaritmatik dönüşüm yapması istenmemiştir.



- 1) **İşleme başlamadan önce** beş (5) ardışık parça al.
  - **Bu parçaların** hepsi (5 tanesi) yeşil bölge **sınırında kalacak** (0 - 10).
  - **Bir tanesi** yeşil bölgenin dışında **ise tezgahı ayarla ve** yeniden beş (5) tane daha parça almaya başla.
- 2) **Üretime başladıktan** 15 dakika **sonra** iki (2) ardışık parça al.
  - **Eğer** her ikiside yeşil bölgede (0 - 10) **ise üretime devam et.**  
15 dakika sonra **yine** iki (2) ardışık parça al.
  - **Eğer** biri yeşil bölgede (0 - 10), **diğeri sarı bölgede (11 - 20)** olursa **üretime devam et.**  
15 dakika sonra **yine** iki (2) ardışık parça al.
  - **Eğer** her iki birim sarı bölgedeyse prosesi ayarla.  
YAPILAN AYARI NOT ET!  
**Üretime başlamak için** beş (5) ardışık parça al. Beş (5) parçanın hepsi yeşil bölgede kalıyorsa **üretime başla.**
  - **Eğer** bir parça bile kırmızı bölgede ise üretimi durdur.**Yardım iste. Red edilecek bir durum vardır.**
- 3) **Vardiya değişimlerinde** beş (5) ardışık parça al ve hepsinin yeşil bölgede olduğunu kontrol ederek üretime başla.
  - daha sonra 15 dakika arayla iki (2) ardışık parça kontrolü yap.
- 4) **Tezgah durdurulup bakım, herhangi bir değişim veya ayarlama yapılmışsa** beş (5) ardışık numune al ve yeşil bölgedeyse üretime başla 15 dakika arayla iki ardışık numune al (Shainin D., 1989), (Traver R. W., 1985), (Ermer D. S., 1991).

Not: **Beş (5) ardışık parça alınarak yapılan üretime başlama geçişinin nedeninin ayarlama mı (ayarlama olarak ne yapıldığı); üretim durdurma mı (durdurma sonranrası ne yapıldığı); vardiya değişimi mi olduğunu MUTLAKA NOT ET!**

Şekil. 6.11 Y firmasının hattındaki ön kontrol uygulamasının uyarı yazısı

İlk olarak X firmasının hattında uygulamaya konulan ön kontrol kartları, Y firmasının hattında da uygulamaya konulduktan sonra bir süre daha çalışılmaya devam edilmiştir. Bir süre her iki hatta ön kontrol kartının birlikte uygulanması gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamamız için seçilen Y firmasının hattındaki ön kontrol kartlarının değerlendirilmesinde yoğunlaşmıştır.

X firmasının hattında toplanan verilerin değerlendirilmesi:

1. Bu hatta ön kontrol kartlarıyla uygulamaya başlamanın esas amacının ilk yapılacak denemelerin sorunsuz bir operasyonda başlanması olduğu daha önce de belirtilmiştir. Bir diğer husus da; hedefimiz olan % 100 kontrolün yapıldığı diğer operasyonda işleme direkt başlarsak düzgün veri toplamada güçlük çekilebilir düşüncesiydi. Düzgün veri toplamasını engelleyebilecek hususlar şöyledir:
  - a. Firmada; ön kontrol kartlarıyla daha önceden yapılmış bir çalışmanın olmamasıdır. Yeniliklere karşı sürekli bir pasif direnişin olduğu bilinmektedir. Bu hatta ön kontrol kartlarının ilk uygulanmasıyla bu direncin kırılmaya çalışılması,
  - b. Makale taramaları sonucunda yapılan çalışmalarının hepsinin çift toleransa sahip uygulamalarda gerçekleştirilmiş olması. İlk uygulamada uygulayıcının çekeceği zorlukların, sorunsuz olduğu bilinen bu hatta aşılması,
  - c. % 100 kontrolün kaldırılması istemiyle direkt o operasyonda ilk uygulamaların yapılması operasyon sahiplerini mercek altına alındıklarını hissettireceğinden tedirginlik yaratması ve verilerin paylaşılmaması endişesi.

X hattında yapılan ön kontrol çalışmasının esas amacı yukarıda belirtilen güçlükleri aşmaktır. Bu nedenle bu çalışmanın uygulandığı süre içerisinde yapılabilecek tek iyileştirme olan veri toplama aralığının düzenlenmesine gidilmemiştir. Bu çalışma ön-kontrol çalışmasına başlangıç adımı olarak kullanıldığından, esas hedefimizin Y firmasının hattında yapılacak tek taraflı toleransa sahip ön kontrol çalışmasını oluşturmak ve iyileştirmeleri belirlemek olduğundan, buradaki veri toplama esnasında yapılan hatalar giderilmediğinden bu hatta veri toplama aralığının yeniden düzenlenmesi değerlendirmesi yapılmamıştır.

2. Bu hatta önceden başlayan çalışma süresi ve her iki hattın paralel çalışması süresince yapılan uygulamada;
  - a. 1 tane kırmızı bölgede yer alan veri bulunmaktadır. (Bunun nedeni taşın silinmesinden hemen sonra alınan örnekte silme işlemi sırasında oluşan ölçü verme hatasıdır)

- b. 2 tane ayrı zamanlarda (yani üst üste oluşmamış) sarı bölgede bulunan veriler (bunlar prosesin durmasını veya ayarlanmasını gerektirmeyen durumlardır) elimizde mevcuttur.

Tek taraflı üst tolerans değerlendirmesinde üst tolerans limitinin logaritmik dönüşümünde yapılır (Ford SPC Manual, 2001). Bu durumda ön kontrol referans çizgisinin logaritmit dönüşümünde yapılır.

$$Y = \log 20 = 1,30 \text{ (Üst tolerans limiti)}$$

$$Y = \log (20/2) = 1 \text{ (Ön kontrol referans çizgisi)}$$

Çalışmamızın hedefi olan tek taraflı konum toleranslarının Y firmasının hattındaki toplanan verilerin değerlendirilmesi:

1. Ön kontrol kartları X firmasının hattında yaklaşık iki hafta uygulandıktan sonra bu hatta da uygulanmaya başlanmıştır. Bu hatta ilk uygulamaya başlandığı tarih 4 Mayıs 2004'tür. 22 Haziran 2004 tarihinde elde edilen veriler sonucunda bu çalışmadan sonra çoklu-değişken kartlarına geçilmesi kararı alınmıştır. Yaklaşık 2 aylık çalışma süresince hatalı parça üretimi aşağıda yer alan şekildedir:
  - a. 4 Mayıs – 31 Mayıs tarihleri arası 1. zaman dilimi olarak ele alınmıştır. Bu zaman dilinde 13510 adet poyra üretilmiştir. Bunlardan 6 tanesi üst tolerans limiti aşan salgı değerine sahip olarak üretilmiştir.
  - b. 1 Haziran – 22 Haziran tarihleri arası 2. zaman dilimi olarak ele alınmıştır. Bu zaman dilinde 11620 adet poyra üretilmiştir. Bu dönemdeki üretim sırasında hatalı üretim adeti 7'dir.
2. Her iki zaman diliminde ön kontrol çalışması sırasında toplam 13 adet tolerans dışına çıkan salgılı parça olmuştur. Okunan değerlerin logaritmik dönüşüme tabi tutularak elde edilen;  $C_{pk}$ , ortalama, standart sapma değerleri 1 ve 2 zaman dilimleri şeklinde değerlendirilmiştir. Bunlar aşağıda yer almaktadır:

$$1. \text{ zaman dilimi} \quad C_{pk} = 0,77 - 4,11$$

$$\text{Ortalama} = 0,73 - 0,96$$

$$\text{Standart Sapma} = 0,03 - 0,22$$

$$2. \text{ zaman dilimi} \quad C_{pk} = 0,91 - 3,13$$

$$\text{Ortalama} = 0,69 - 0,92$$

$$\text{Standart Sapma} = 0,07 - 0,12$$

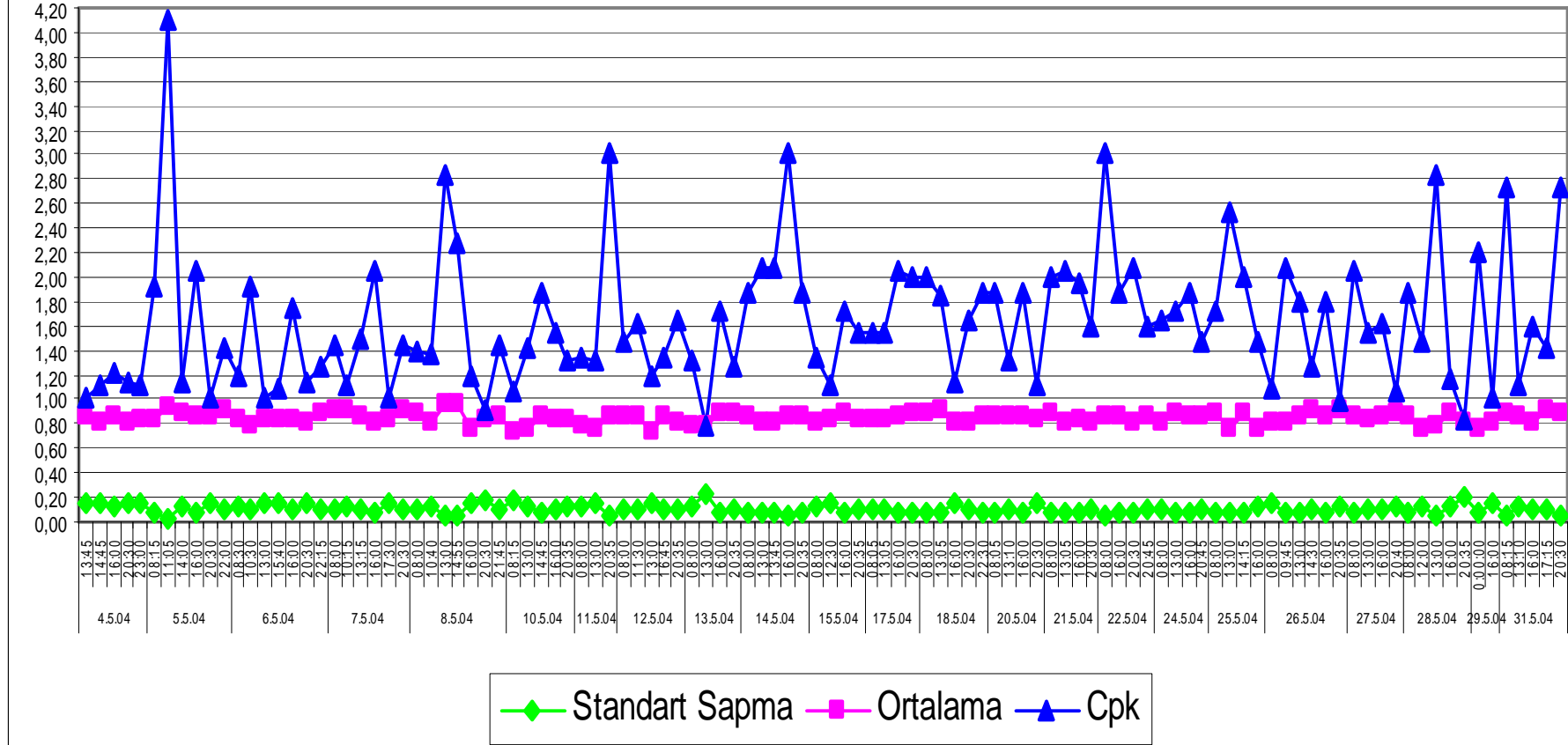
Bunların grafiksel dağılımı şekil 6.12 a-b'de ve değerleri ise Ek F'de görülmektedir.

Bu hesaplamalarla birlikte % 99'luk sınır içinde yer aldığını gösteren Y değerlerinin dağılımları şekil 6.13 a-b'de yer almaktadır.

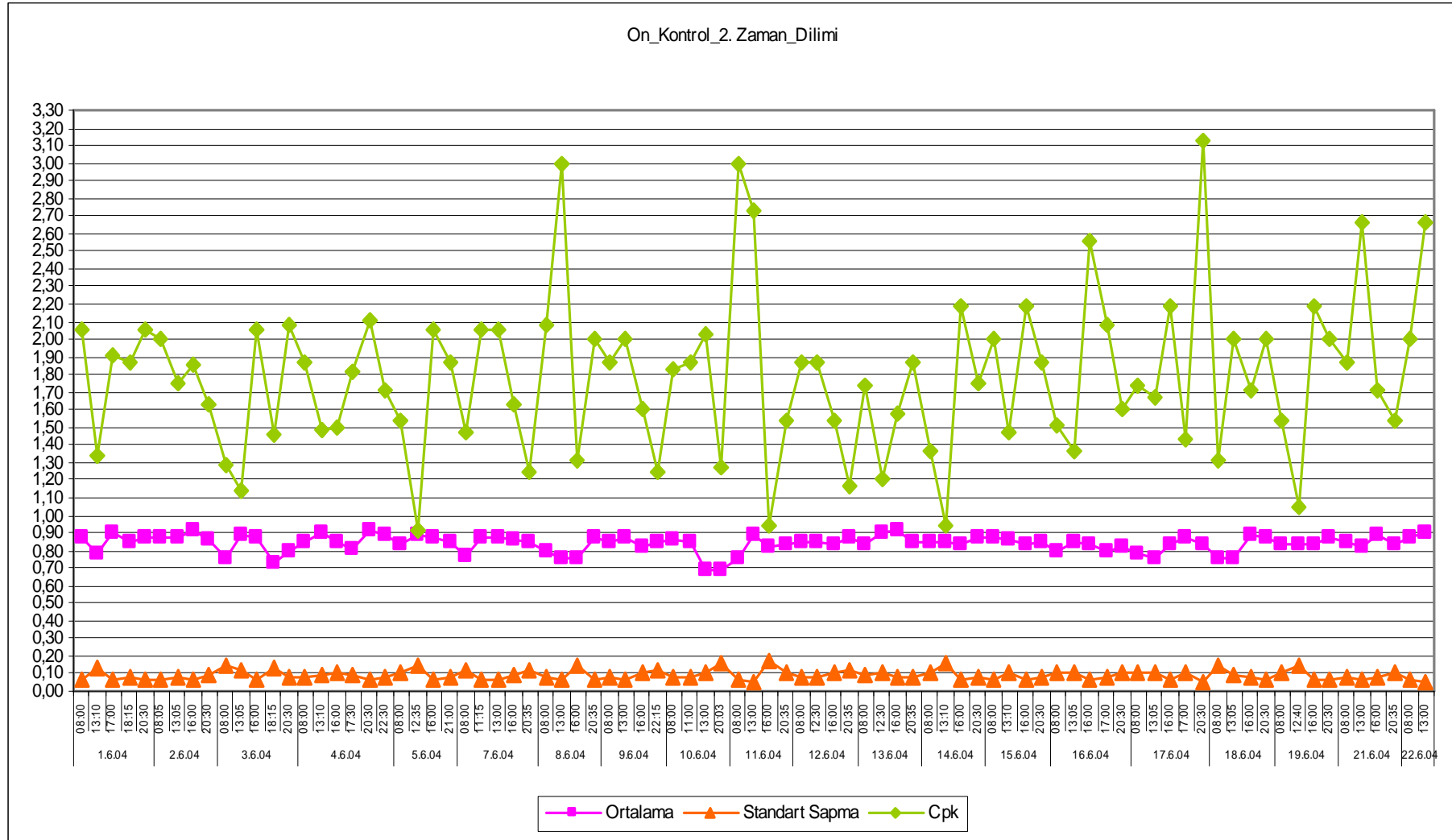
Bu Y değerlerine ve Cpk değerleriyle birlikte yapılan değerlendirmelerde prosesin yetersiz olduğu durumlar gözlemlenmektedir.

Ayrıca bu zaman dilimlerinde logaritmik dönüşümü yapılmış değerlerin histogram çizimleri şekil 6.14 a-b'de yer almaktadır. Bu iki zaman diliminin ayrı ayrı ölçümlerinin logaritmik değerlerinin histogram dağılımına bakıldığında değerlerin genellikle ön kontrol sınırına yakın bir bölgede dağılım gösterdiği görülmektedir. Ön kontrol sınırına yakın bir dağılım sergileyen değerlerdeki dağılımlarda standart sapma değerindeki artış  $\beta$  riski içeren üretimlerin artmasına neden olacaktır.

## On\_kontrol\_1.Zaman\_Dilimi

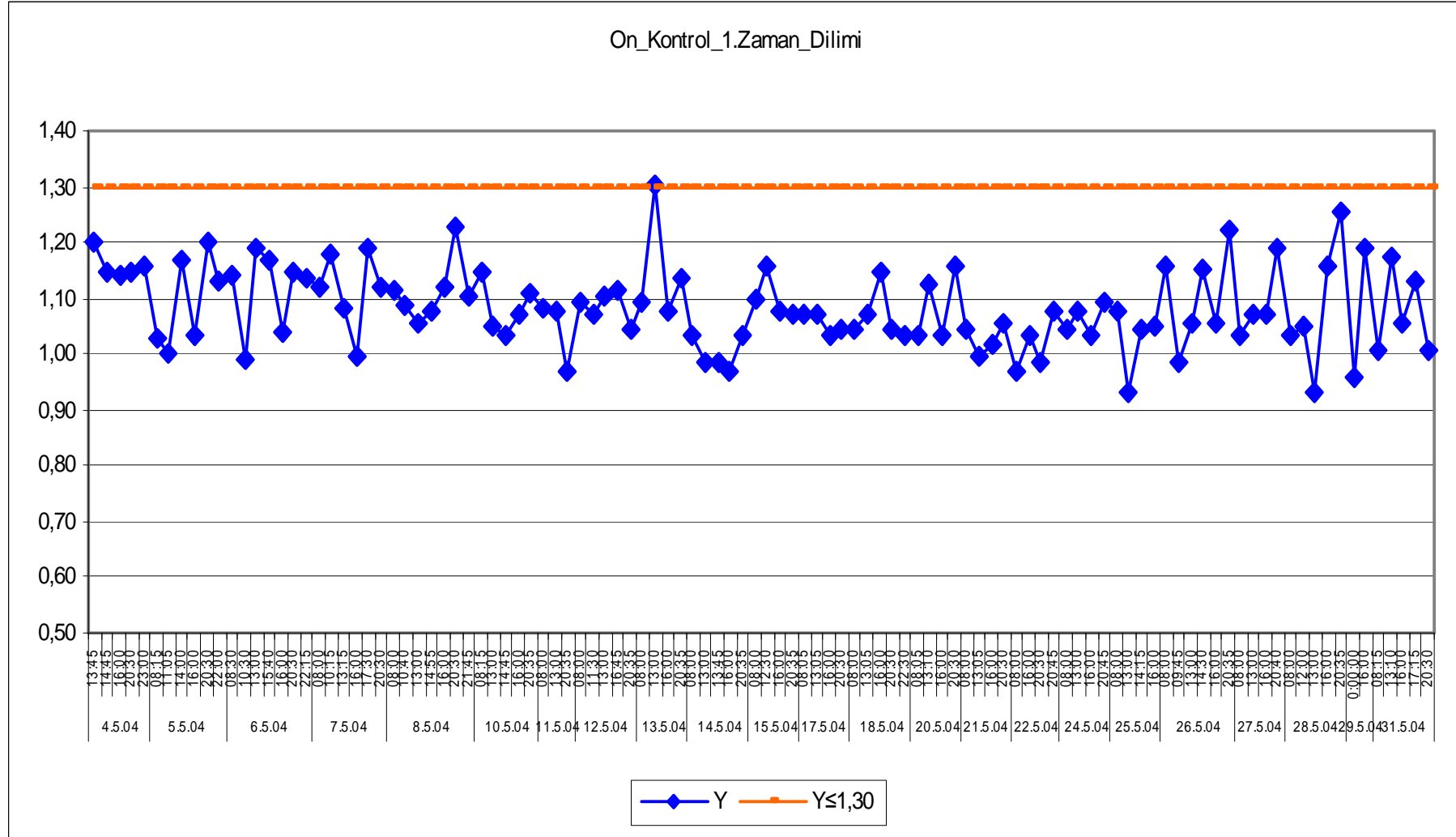


Şekil 6.12-a Ön kontrol kartlarından 1. zaman diliminde elde edilen değerlerin grafik değerlendirmesi

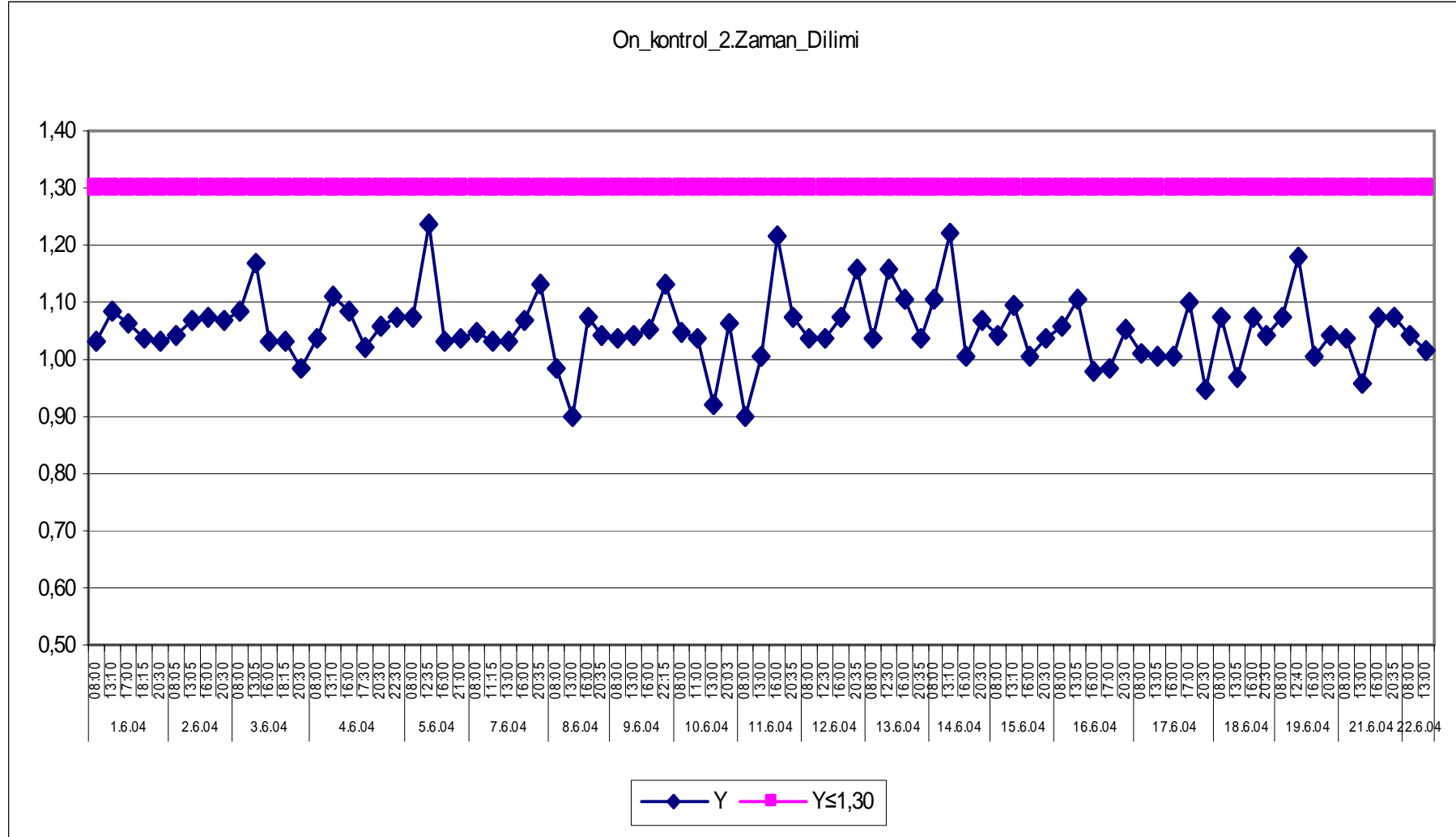


Şekil 6.12-b Ön kontrol kartlarından 2. zaman diliminde elde edilen değerlerin grafik değerlendirmesi

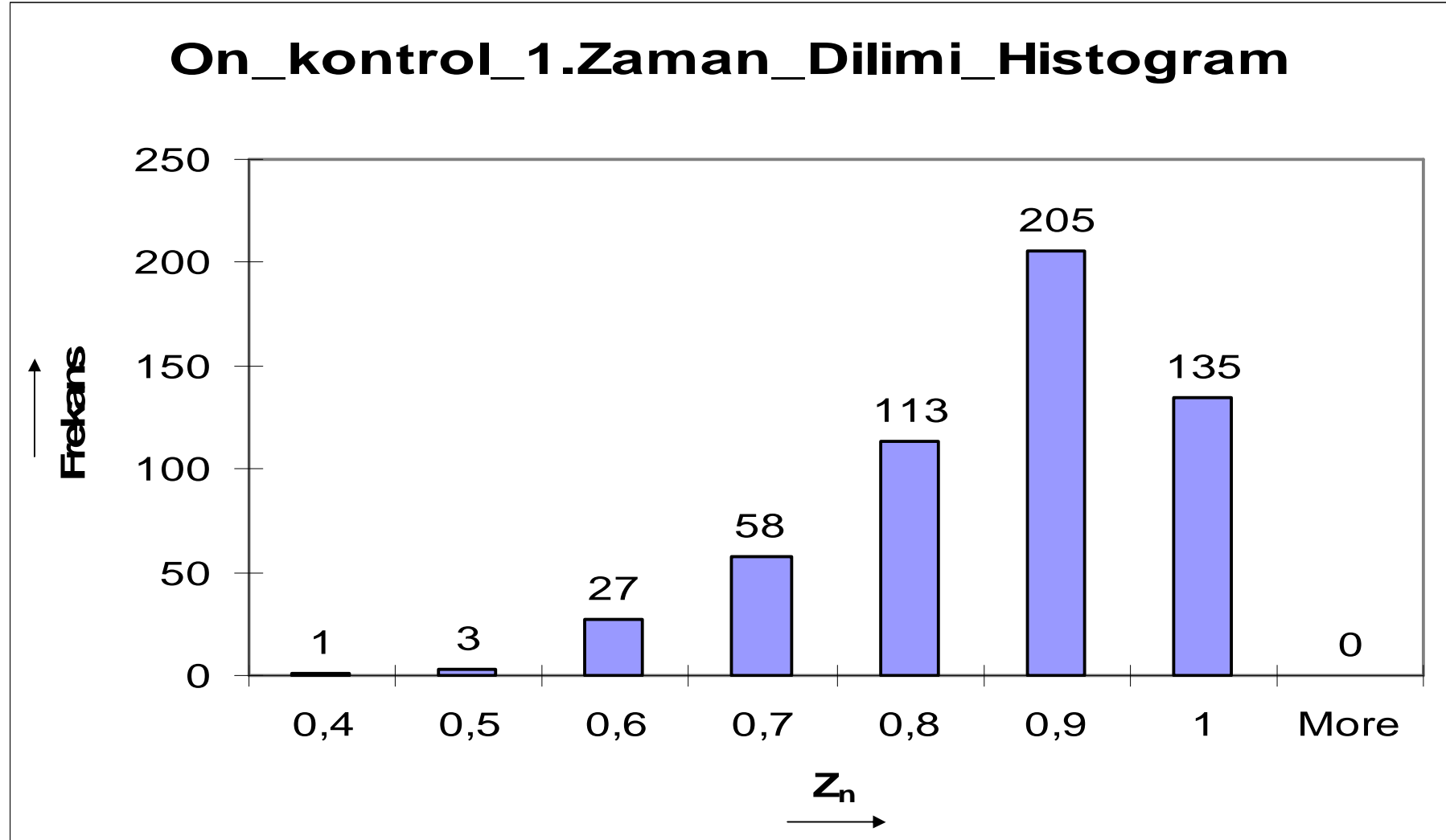




Şekil 6.13-a Ön kontrol kartlarından 1. zaman diliminde elde edilen değerlerin logaritmik değerlerinin Y değerleri

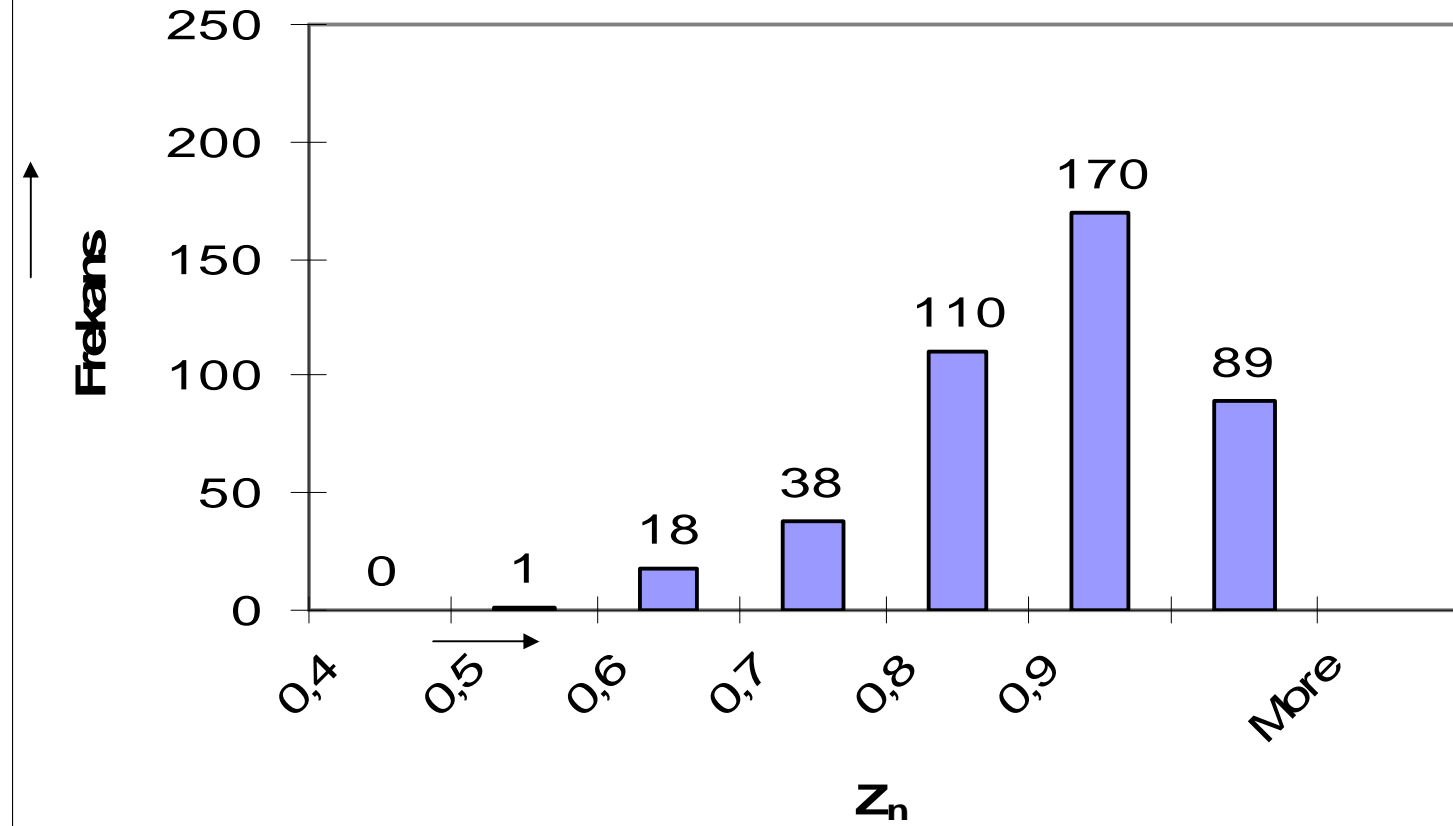


Şekil 6.13-b Ön kontrol kartlarından 2. zaman diliminde elde edilen değerlerin logaritmik değerlerinin Y değerleri



Şekil 6. 14-a 1. zaman diliminde okunan değerlerin logaritmik dönüşümü yapılmış değerleri

## Ön\_kontrol\_2.Zaman\_Dilimi\_Histogram



Şekil 6. 14-b 2. zaman diliminde okunan değerlerin logaritmik dönüşümü yapılmış değerleri

#### 6.5.4.1 Ön Kontrol Kartlarının Sonucu

Konumsal tolerans olan salgı değerleri tek taraflı tolerans dağılımının % 99 olasılıkla üretim yapması istenmektedir. Verilerin dağılımları incelendiğinde ön kontrol sınırı etrafında bir dağılımın olduğu gözlenmektedir. Bu da standart sapmanın artmasıyla birlikte  $\beta$  riskinin artışıını göstermektedir. Ön kontrol çalışmasının yapıldığı iki zaman diliminde % 0,06 oranında hatalı parça mevcuttur. Bu da 13 kere prosesin durdurulması tüm ayarların kontrolünün yapıldığı durumdur. Bu kontroller sonucunda mevcut ayarlamalarla oluşan hatanın nedenine ulaşılamamıştır. ISO 9001:2000 ve ISO/TS 16949:2002 standartları dahilinde sürekli iyileştirme yapılması esasına göre; % 100 kontrol yapılan bir durumun iyileştirilmesi ve salgılı parça üretimine neden olabilecek faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Shainin deney tasarımı araçlarından olan hatalı parça üretimine neden olan faktör veya faktörlerin tespit edilmesi amacıyla çoklu değişken kartlarına geçilmesine karar verilmiştir.

#### 6.5.5 Uygulama Çalışmasının 3. Aşaması: Çoklu – Değişken Kartları

Ön kontrol kartlarıyla proses hakkında geri besleme alınmıştır. Prosesin kalite karakteristiğinin ana istatistiksel yapısının temel anlamını elde etmek için çoklu değişken kartları kullanılmıştır [7]. Çoklu değişken kartıyla, maksimum ve minimum ölçüler arasına çizilen düşey çizgiyle alınan örnekten tümünün temsil edilmesi sağlanır (Juran J. M., 1951). Değişkenliğin nedeninin tespit edilmesi için çoklu değişken kartları, kullanışlı grafiksel bir araçtır [7]. Çalışmada bu aracı kullanarak değişkenliğin nedenini veya nedenlerini tespit etme amaçlanmıştır.

Pilot prosede % 100 kontrole geçilmeden önce  $\bar{X}$  - R kontrol kartları tutulmaktaydı. Ama bu kartlarla değişkenliğin nedeni tespit edilemedi.

Çoklu değişken kartlarının değişimin farklı çeşitlerini kesin olarak belirleme yeteneği,  $\bar{X}$  - R kontrol kartlarının çok ötesine gitmiştir. Çoklu değişken kartlarının farklı değişim çeşitlerinin tarif etme yeteneği, değişkenliğin sebeplerini sadece genel ve özel sebepler olarak tanımlamaz, aynı zamanda değişkenliğin sebeplerini açmaya yardım eder. Bazen bu kartlar sayesinde tek başına problemlerin esas sebebi kesin olarak belirlenebilir (Zaciewski R. D., 1995). Çalışmada çoklu değişken kartları bu amaçlar dahilinde kullanıldı.

Veri toplamak ve durumu sergilemek için çoklu değişken kartlarının oluşturduğu yaklaşım; konumsal, dönemsel ve zamansal olmak üzere üç farklı kategoride sınıflandırılır (Bhote K. R.,

1991). Çalışmanın yapıldığı pilot prosesde; bir tane makina, bir bağlama aparatı, iki vardiya şeklinde işleyiş mevcuttur.

Uygulamada gün içinde iki vardiya şeklinde çalışılması vardiya değişkenini, bu vardiyalarda farklı operatörlerin (proses sahibi) çalışması operatör değişkenini ve zaman içinde değişimlerin görülmesi şeklinde bir değişkenlik tablosu mevcuttur.

Çoklu değişken kartlarında yatay eksen zamansal değerleri, dikey eksen ise değişkenliği araştıran konuyu temsil eder (Bhote K. R., 1999). Yapılan çalışma sonunda oluşturulan grafiklerin tümünde yatay eksen zamanı, dikey eksen ise salgı değerini göstermektedir.

Bir vardiyada 8 saat çalışılmaktadır. Çoklu değişken kartlarında vardiya başlangıcı, üretimin yoğunlaştığı dönemler, öğle arası ve vardiya tesliminden önceki değişimlerin nasıl bir tablo oluşturduğunu görmek amacıyla, 2 saat 15 dakikalık aralıklarla numune alınacak şekilde bir vardiyadaki 8 saatlik çalışma 4 dilime bölündü.

Taşıma operasyonu; darboğaz (Darboğaz: bir fabrikanın üretim hattında üretebildiği ürün miktarını kısıtlayan, beklemelere yol açan durumlardır(Jonens G., 1990)) olan bir noktadır. Taşıma tezgahında işleme süresi, kendinden bir önceki operasyon olan tornalamadan daha kısadır. Bu durumda iki vardiya olarak çalışılan taşıma operasyonuna parça yetiştirilmesi için tornalama operasyonunda üç vardiya çalışılmaktadır.

Proseste çalışan operatörlerin dağılımına bakıldığında; proses sahiplerinin A ve B operatörleri olduğu görülmektedir. Haziran ayının ikinci yarısında ve Eylül ayının ilk yarısındaki zaman dilimindeki dağılımlara bakıldığında, Haziran ayında C operatörünün 4 kere çalıştığı, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarındaki dağılımlardan birkaç kez olağanüstü durumlardan dolayı D ve E operatörlerinin görev aldığı görülmektedir. Operatörlere göre hangi tarihte, hangi vardiyada çalıştığını gösteren dağılım çizelge 6.1'de görülmektedir.

Kalite yönetim sistemlerinde; çalışanlara eğitim verilmesi gerektiği özellikle belirtilmektedir. Çalışmanın yer aldığı poyra üretim atölyesinde, özellikle üretimde görev alan operatörler, ustabaşılar ve kontrolörlerin eğitimleri standardın gereklerine uygun olarak yapılmaktadır. Bu eğitimlerde, üretim prosesinin farklı operasyonlarında çalışabilmeleri için, zaman zaman işbaşı eğitimleri verilerek, her operatörün gerektiğinde ihtiyaç duyulan yere kaydırılmasıyla üretimin sürekliliğinin sağlandığı ve böylelikle müşterinin istediği ürünün zamanında ve ürün spesifikasyonlarının gereklerine uygun şekilde üretilmesi temin edilmektedir.

Çizelge 6.1 Eldeki verilerin vardiyalara göre tarihsel dağılımı

	Sabah vardiyası				Akşam vardiyası			
	C Ope.	A Ope.	B Ope.	D Ope.	C Ope.	A Ope.	B Ope.	E Ope.
1	28.06.2004	23.06.2004	13.07.2004	18.07.2004	22.06.2004	28.06.2004	06.07.2004	07.09.2004
2	29.06.2004	24.06.2004	14.07.2004		23.06.2004	29.06.2004	07.07.2004	08.09.2004
3	30.06.2004	26.06.2004	15.07.2004		25.06.2004	30.06.2004	08.07.2004	09.09.2004
4	01.07.2004	07.07.2004	16.07.2004		26.06.2004	01.07.2004	10.07.2004	
5	02.07.2004	08.07.2004	18.07.2004			02.07.2004	12.07.2004	
6	03.07.2004	09.07.2004	26.08.2004			03.07.2004	19.07.2004	
7		10.07.2004	27.07.2004			04.07.2004	20.07.2004	
8		12.07.2004	28.07.2004			09.07.2004	22.07.2004	
9		19.07.2004	29.07.2004			13.07.2004	23.07.2004	
10		20.07.2004	30.07.2004			14.07.2004	24.07.2004	
11		21.07.2004	31.07.2004			15.07.2004	25.07.2004	
12		22.07.2004	09.08.2004			16.07.2004	02.08.2004	
13		23.07.2004	10.08.2004			17.07.2004	03.08.2004	
14		24.07.2004	11.08.2004			21.07.2004	04.08.2004	
15		04.08.2004	12.08.2004			26.07.2004	05.08.2004	
16		05.08.2004	13.08.2004			27.07.2004	06.08.2004	
17		06.08.2004	14.08.2004			28.07.2004	07.08.2004	
18		07.08.2004	23.08.2004			29.07.2004	17.08.2004	
19		17.08.2004	24.08.2004			30.07.2004	18.08.2004	
20		18.08.2004	25.08.2004			31.07.2004	19.08.2004	
21		19.08.2004	26.08.2004			09.08.2004	20.08.2004	
22		20.08.2004	28.08.2004			10.08.2004	21.08.2004	
23		21.08.2004	06.09.2004			12.08.2004	31.08.2004	
24		31.08.2004	07.09.2004			14.08.2004	01.09.2004	
25		01.09.2004	09.09.2004			23.08.2004	02.09.2004	
26		02.09.2004	10.09.2004			24.08.2004	03.09.2004	
27		03.09.2004				25.08.2004	06.09.2004	
28						26.08.2004		
29						27.08.2004		
30						28.08.2004		
31						10.09.2004		

### 6.5.5.1 Zamansal Değişkeni Değerlendirme

Üzerinde çalışılan proseste bir gün içinde iki vardiya çalışıldığından daha önce bahsedilmiştir. Çoklu değişken kartlarında zamansal değişkenliği (temporal variation) tespit etmek için; iki vardiya arasındaki değişkenliğe, aynı operatörün, 2. vardiya (8:00 – 16:00) ve 3. vardiya (16:00 – 24:00) da çalıştığı zamanlara bakılır.

Çoklu değişken kartları için zamansal değişkenliğin değerlendirilmesi yapılırken, proses sahibi olarak iki operatörün olduğu açıkça görülmektedir. Bu durumda iki operatörün zamansal değişkenlik durumlarına bakılmıştır.

Zamansal dağılımda düzenlenen çoklu değişken kartlarının yayılımı 4, 2 ve 5 şeklindeki hiyerarşik bir tasarımla gerçekleştirilmiştir. Bu dağılım  $a=4$ ,  $b=2$ ,  $n=5$  şeklinde tasarlanmıştır.

Çoklu değişken kartlarının yapısını oluşturma adımları çok basit ve kolaydır. Çoklu değişken kartlarını oluştururken yerine getirilmesi gereken çok az kural vardır (Perez-Wilson M., 2003).

1. Adım ve 2. Adım: Prosesin değişkenliğinin alt ve üst sınırlarını belirlemektir. Belirlenen alt ve üst sınırlara göre Y ekseninin skala değerleri bulunur. Bu sınırların belirlenmesi ve prosesden toplanan tüm verilerin incelenmesi sonucu minimum ve maksimum değerler bulunur ve bu değerleri içine alacak şekilde alt ve üst sınır tayin edilir (Perez-Wilson M., 2003).

Prosesten toplanan tüm verinin incelenmesi sonucu minimum değer “2 $\mu$ m”, maksimum değer “30  $\mu$ m” dur. Tespit edilen maksimum değer, 1 Temmuz 2004’de 3. vardiyada sadece bir kere olmuştur. Verilerin sınırı 0 – 30  $\mu$ m şeklinde düzenlenirse diğer günler için olan grafik göstergelerin görsel algılanması zor olacağından, 1 Temmuz 2004 3. vardiyadaki verilerin değerlendirilmesini istisna kabul ediyoruz. Bu durumda maksimum değer “14  $\mu$ m” olur. Buna göre Y eksenindeki skala değeri için “0  $\mu$ m” den başlayıp “16  $\mu$ m” e kadar bir ölçülendirme uygun olacaktır.

3. Adım: X skalası değerlendirmesi 4 grup şeklinde yapılmıştır. Bu grupların arasındaki zamansal değer ise daha önceden belirtildiği gibi 2 saat 15 dakika seçilmiştir. Buna göre 2. ve 3. vardiyalar için ölçü alma zamanları şöyledir:

2. Vardiya için:

8:15            10:30            12:45            15:00

3. Vardiya için:

16:15            18:30            20:45            23:00

4. Adım: Tespit edilen bu zaman dilimlerinde 5’erli numunelerin alınması uygun görülmüştür.

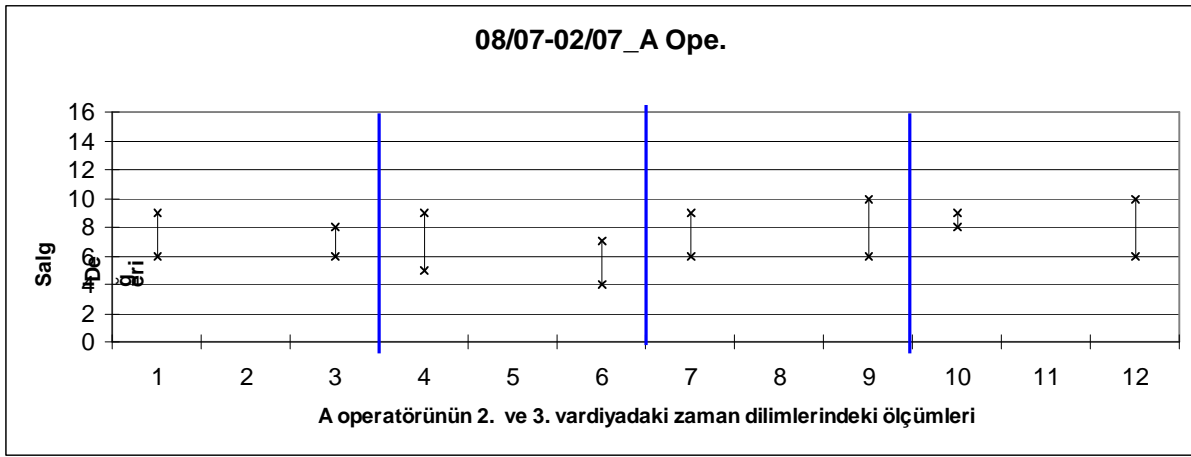
5. Adım: Tespit edilen zaman dilimine göre sabit tutulan değerlere ve değişkenlere göre hazırlanan excel çizelgelerine veriler girilmiştir. Çizelge 6.2’de bu excel kayıtlarından birinin örneği yer almaktadır.

6. Adım: Veri girişinden sonra çizelgelerde maksimum ve minimum değerler belirlendi. Bunlara göre maksimumlar ve minimumlar grafik üzerinde işaretlendikten sonra düşey çizgilerle birleştirildi. Şekil 6.15’de bu adım için çizilen grafik örneği yer almaktadır.

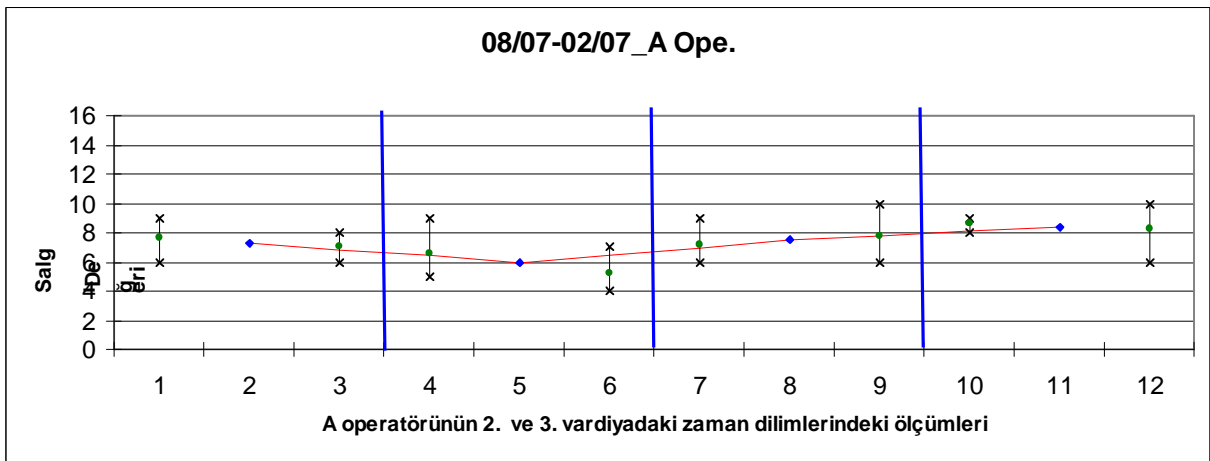


7. Adım: Çizilen düşey çizgilerin ortalamaları hesaplandı. Daha sonra her zaman aralığının ortalaması işaretlendi. Şekil 6.16'da tamamlanmış grafik çizimleri için bir örnek yer almaktadır.

Burada operatörün sabit olduğu 4 ayrı grup bulunmaktadır. Her bir grup için birinci düşey çizgiyle belirtilen grafiğin üst kısmında yer alan ilk tarihin 2. vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan beş ölçünün dağılımı, ikinci düşey çizgiyle belirtilen grafiğin üst kısmında yer alan ikinci tarihteki 3. vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan beş ölçünün dağılımını temsil etmektedir. Tamamlanan bu adımlar sonrasında grafiksel değerlendirme yapılır.



Şekil 6.15 Çoklu değişken kartlarının zamansal değişkeninin düşey çizgilerle veri gösterimi



Şekil 6.16 Zamansal değişkenin çoklu değişken kartları

Çizelge 6.2 Çoklu değişken kartlarının zamansal değişkenin veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi

Zamansal Değişken (A Operatörü)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2. vardiya	1. Dilim	3.vardiya	2. vardiya	2. Dilim	3.vardiya	2. vardiya	3. Dilim	3.vardiya	2. vardiya	4. Dilim	3.vardiya
	08.Tem	A Ope.	02.Tem	08.Tem	A Ope.	02.Tem	08.Tem	A Ope.	02.Tem	08.Tem	A Ope.	02.Tem
1	9	A Ope.	8	9	A Ope.	5	8	A Ope.	10	9	A Ope.	9
2	6		6	7		6	9		6	9		8
3	6		6	6		4	7		7	9		8
4	8		7	5		4	6		7	8		10
5	9		8	6		7	6		9	8		6
Min	6		6	5		4	6		6	8		6
Maks	9		8	9		7	9		10	9		10
Ort.	7,60		7,00	6,60		5,20	7,20		7,80	8,60		8,20
Ort. Ort.		7,30			5,90			7,50			8,40	

### 6.5.5.2 Konumsal Değişkeni Değerlendirme

Çoklu değişken kartlarında değişkenlik araştırmalarına konumsal (intrapieces) değişkenliğin araştırmasıyla devam edilir. Bu çalışmanın bu kısmında konumsal değişkenliğe operatörler arasında olabilecek farklılıklar şeklinde değerlendirme yapılmıştır. Operatörler arası farkın değerlendirmesi ve vardiyaların sabit tutulması genel veri dağılımında olduğundan, bu iki operatörün okudukları salgı değerinin değerlendirmesi yapılır. Burada vardiyaların sabit tutulmasından kastedilen; operatörlerin hepsinin 2. vardiyada çalıştığı veriler ile, 3. vardiyada çalıştığı verilerin ayrı değerlendirilmesidir.

Konumsal değişkenliğin değerlendirilmesinde eldeki tüm verilerin kullanılması için değerlendirme açısından iki tablo ortaya çıkıyor. Birinci, proses sahibi olan iki operatörün değerlendirilmesidir. İkincisi ise, proses sahiplerinin yanında işbaşı eğitimine tabi tutulmuş proste çalışan diğer operatörlerdir. Genel veri dağılımına bakıldığında, 2. vardiya ve 3. vardiyanın her ikisinde de çalışmış operatör olarak sadece C operatörünün olduğu görülür. Bu durumda A, B ve C operatörlerinin üçünün bir arada değerlendirilmesi de 2. olasılığımızı oluşturmaktadır.

1. Olasılık için çoklu değişken kartlarının konumsal değerlendirme adımları şöyledir:

1. Adım ve 2. Adım: Bu adımda zamansal değişkenlikteki değerlendirmede olduğu gibi y ekseninin değeri değerlendirilen ölçülerin aynı olmasından dolayı burada da “0-16  $\mu\text{m}$ ” arasında olacak şekildedir.

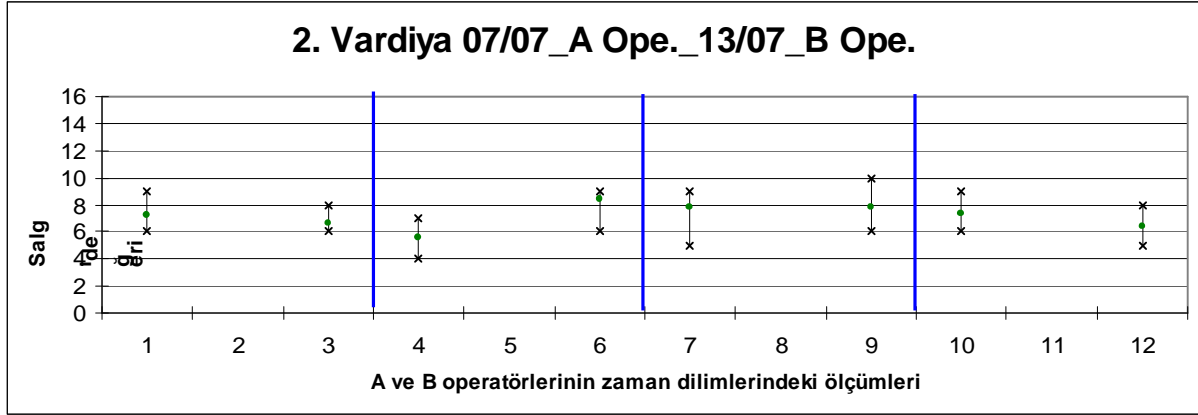
3. Adım: X skalasının değerlerinin seçimi 4 grup şeklindedir. Bu zaman skalasında her bir grup 2. ve 3. vardiya grafiklerinde ayrı olacak şekilde yapılmıştır.

4. Adım: Burada da tipki zamansal değişkenliğin değerlendirmesinde olduğu gibidir. Fakat burada 2. ve 3. vardiya zaman dilimlerinin ayrı ayrı grafik düzenlemeleri ile zaman dilimlerinde 5'erli numunelerin alınması uygun görülmüştür.

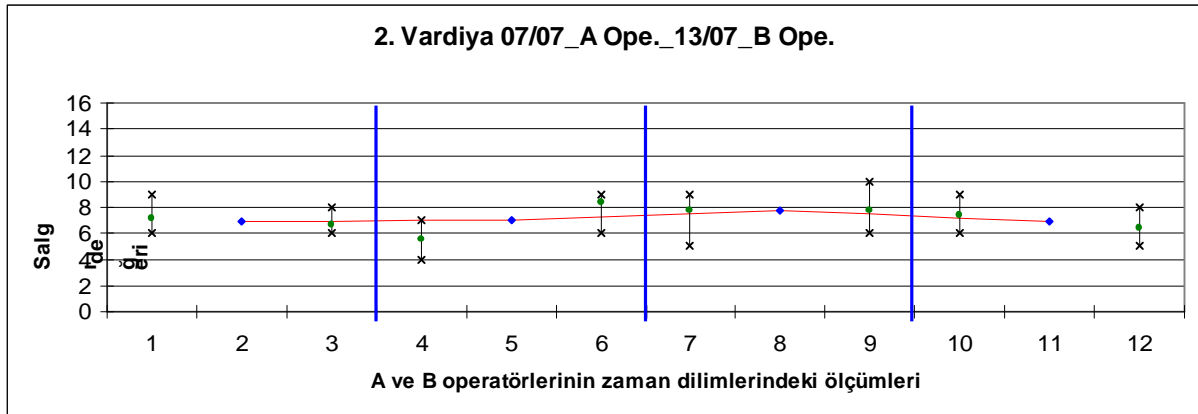
5. Adım: Tespit edilen zaman dilimine göre sabit tutulan değerlere ve değişkenlere göre hazırlanan excel çizelgelerine veriler girilmiştir. Çizelge 6.3'de bu excel kayıtlarında birinin örneği yer almaktadır.

6. Adım: Veri girişinden sonra çizelgelerde maksimum ve minimum değerler belirlendi. Bunlara göre maksimumlar ve minimumlar grafik üzerinde işaretlendikten sonra düşey çizgilerle birleştirildi. Şekil 6.17'de bu adım için çizilen grafik örneği yer almaktadır.

7. Adım: Çizilen düşey çizgilerin ortalamaları hesaplandı. Daha sonra her bir zaman aralığının ortalaması işaretlendi. Şekil 6.18'de tamamlanmış grafik çizimleri için bir örnek yer almaktadır.



Şekil 6.17 Konumsal değişkenliğin 1. olasılığı için çoklu değişken kartlarının düşey çizgilerle veri gösterimi



Şekil 6.18 Konumsal değişkenliğin 1. olasılığı için çoklu değişken kartları

Burada vardiyanın sabit olduğu 4 aylı grup bulunmaktadır. Grafiğin üst kısmında sabit tutulan 2. vardiya veya 3. vardiya olduğu operatörlerin hangi tarihlerdeki ölçümlerinin değerlendirildiği, her bir grup için birinci düşey çizgiyle A operatörünün belirtilen tarihteki ve vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan beş ölçümün dağılımını, ikinci düşey çizgiyle B operatörünün belirtilen tarihteki ve vardiyadaki zaman dilimlerinden alınan beş ölçümün dağılımının gösterimidir.

Çizelge 6.3 Çoklu değişken kartlarının konumsal değişkenin 1. olasılığı için veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi

1.Olasılık Konumsal Değişken (2.Vardiya)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	08:00		10:30			13:00			15:30			
	A_7-7		B_13-7	A_7-7		B_13-7	A_7-7		B_13-7	A_7-7		B_13-7
1	9		8	4		9	8		8	9		6
2	6		7	5		6	9		9	7		6
3	6		6	6		9	5		10	6		8
4	8		6	6		9	9		6	6		5
5	7		6	7		9	8		6	9		7
Min	6		6	4		6	5		6	6		5
Maks	9		8	7		9	9		10	9		8
Ort.	7,20		6,60	5,60		8,40	7,80		7,80	7,40		6,40
Ort. Ort.	6,90		7,00			7,80			6,90			

Tamamlanan bu adımlar sonrasında grafiksel değerlendirme yapılır.

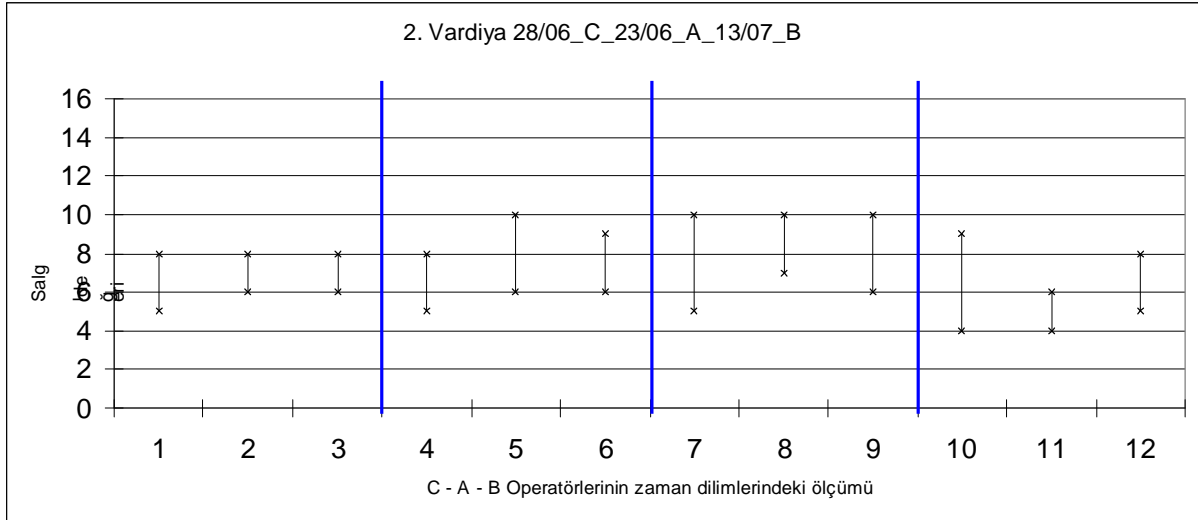
2. Olasılığa göre konumsal dağılımda düzenlenen çoklu değişken kartlarının yayılımı 4, 3, 5 şeklindeki hiyerarşik bir tasarımda gerçekleştirilmiştir. Bu dağılım  $a=4$ ,  $b=3$ ,  $n=5$  şeklinde tasarlanmıştır.

2. Olasılığa göre konumsal değerlendirme için çoklu değişken kartlarının adımları ise şöyledir.

1., 2., 3. ve 4. adımların bu olasılığa göre değerlendirmesi aynıdır.

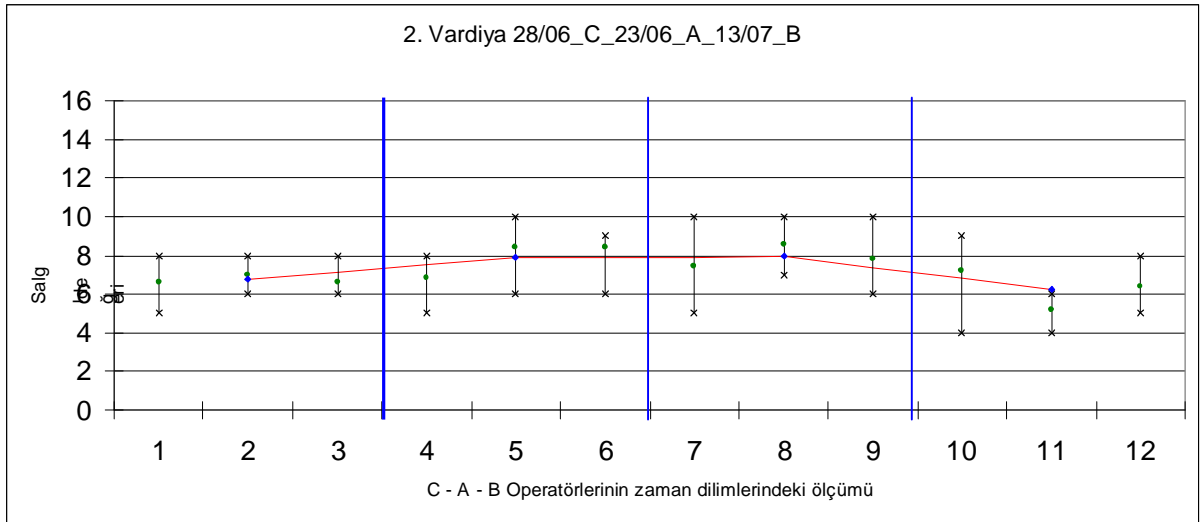
5. adım: Değerlendirmenin 3 operatöre göre yapılmasından dolayı tespit edilen zaman dilimine göre sabit tutulan değerlere ve değişkenlere göre hazırlanan excel çizelgelerine veriler girilmiştir. Çizelge 6.4’de bu excel kayıtlarından birinin örneği yer almaktadır.

6. adım: Bu adımda da tek değişen 3 operatöre göre maksimum ve minimum değerlerin düşey çizgilerinin çiziminin yapılmasıdır. Şekil 6.19’de bu adım için çizilen grafik örneği yer almaktadır.



Şekil 6.19 Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için çoklu değişken kartlarının düşey çizgilerle veri gösterimi

7. adım: Yukarıdaki adıma göre çizilen düşey çizgilerin ortalamaları hesaplandı. Daha sonra her bir zaman aralığının ortalaması işaretlendi. Şekil 6.20’de tamamlanmış grafik çizimleri için bir örnek yer almaktadır.



Şekil 6.20 Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için çoklu değişken kartları

2. olasılık için hazırlanan grafikte vardiyanın sabit olduğu 4 ayrı grup bulunmaktadır. Grafiğin üst kısmında sabit tutulan 2. vardiya veya 3. vardiya olduğu, 3 operatörün hangi tarihlerdeki ölçümlerinin değerlendirildiği, her bir grup için birinci düşey çizgiyle C operatörünün belirtilen tarihteki ve vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımının, ikinci düşey çizgiyle A operatörünün belirtilen tarihteki ve vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımının, üçüncü düşey çizgiyle B operatörünün belirtilen tarihteki ve vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçümünün dağılımının gösterimidir.

Çizelge 6.4 Çoklu değişken kartlarının konumsal değişkeninin 2. olasılığı için veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi

2.Olasılık Konumsal Değişken (2.Vardiya)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	08:00			10:30			13:00			15:30		
	C_28/6	A_23/6	B_13-7	C_28/6	A_23/6	B_13-7	C_28/6	A_23/6	B_13-7	C_28/6	A_23/6	B_13-7
1	6	8	8	8	10	9	7	7	8	6	6	6
2	8	6	7	5	6	6	5	9	9	8	5	6
3	7	6	6	6	8	9	9	9	10	4	6	8
4	5	8	6	7	9	9	6	8	6	9	5	5
5	7	7	6	8	9	9	10	10	6	9	4	7
Min	5	6	6	5	6	6	5	7	6	4	4	5
Maks	8	8	8	8	10	9	10	10	10	9	6	8
Ort.	6,60	7,00	6,60	6,80	8,40	8,40	7,40	8,60	7,80	7,20	5,20	6,40
Ort. Ort.		6,73			7,87			7,93			6,27	



### 6.5.5.3 Dönemsel Değişkeni Değerlendirme

Çoklu değişken kartları için dönemsel değişkenliğin değerlendirilmesi üretim hattında tedarikçiden gelen şarj değişimlerine bakılmasıyla yapılır. Dövme parçalar tedarikçiden 500 adetlik kasalar şeklinde gelmektedir. Bir günde 2. ve 3. vardiyaların toplam üretim adeti yaklaşık 500 adettir. Tedarikçilerin aynı kalıpta, aynı malzemeyle üretebildiği adet ise yaklaşık 8000 adet civarındadır. Bu adet şarj sayısıdır. Bu değerler ışığında 16 günde bir şarj değişiminin gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu değerlendirmelere göre şarj değişiminin olduğu 5 tarih tespit edilmiştir. Bu tarihler şöyledir:

1. Tarih: 28/06/2004
2. Tarih: 16/07/2004
3. Tarih: 04/08/2004
4. Tarih: 23/08/2004
5. Tarih: 10/09/2004

Bu tarihlere göre 2. vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan ölçümler ile, 3. vardiyadaki zaman dilimlerinde alınan ölçümler ayrı ayrı grafikler şeklinde oluşturulur.

Dönemsel değişkende düzenlenen çoklu değişken kartlarının yayılımı 4, 5, 5, şeklindeki bir hiyerarşik tasarımla gerçekleştirilmiştir. Bu dağılım  $a=4$ ,  $b=5$ ,  $n=5$  şeklinde tasarlanmıştır.

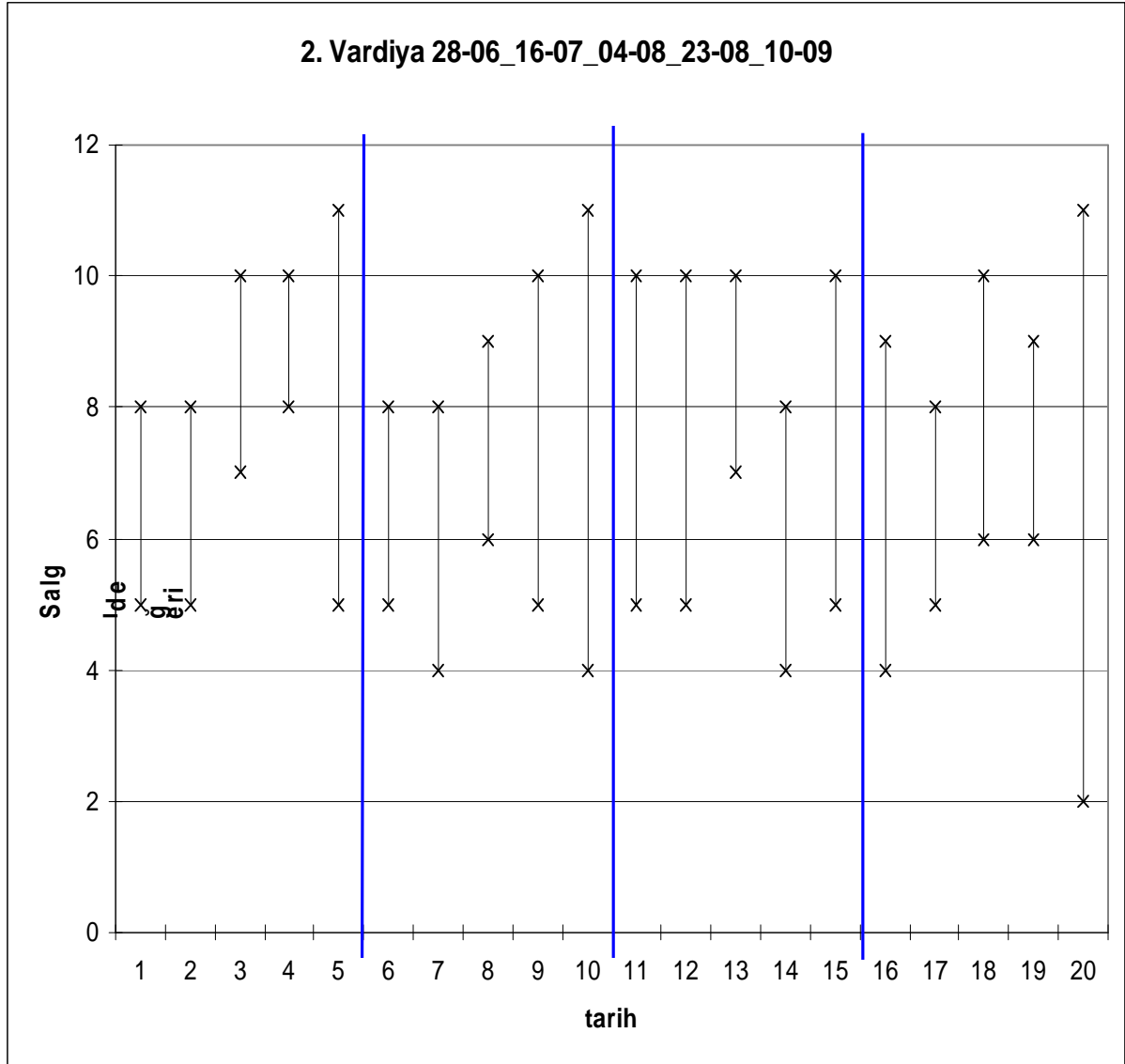
Dönemsel değişken için çoklu değişken kartlarının adımları şöyledir:

- 1., 2., 3., ve 4. adımlar zamansal ve konumsal değişken düzenlenmelerinin aynısıdır.
5. Adım: Tespit edilen tarihlere göre değişkenler için hazırlanan excel çizelgelerine veriler girilmiştir. Çizelge 6.5'de bu excel kayıtlarından birinin örneği yer almaktadır.

Çizelge 6.5 Çoklu değişken kartlarının dönemsel değişkeninin veri girişinin yapıldığı excel çizelgesi

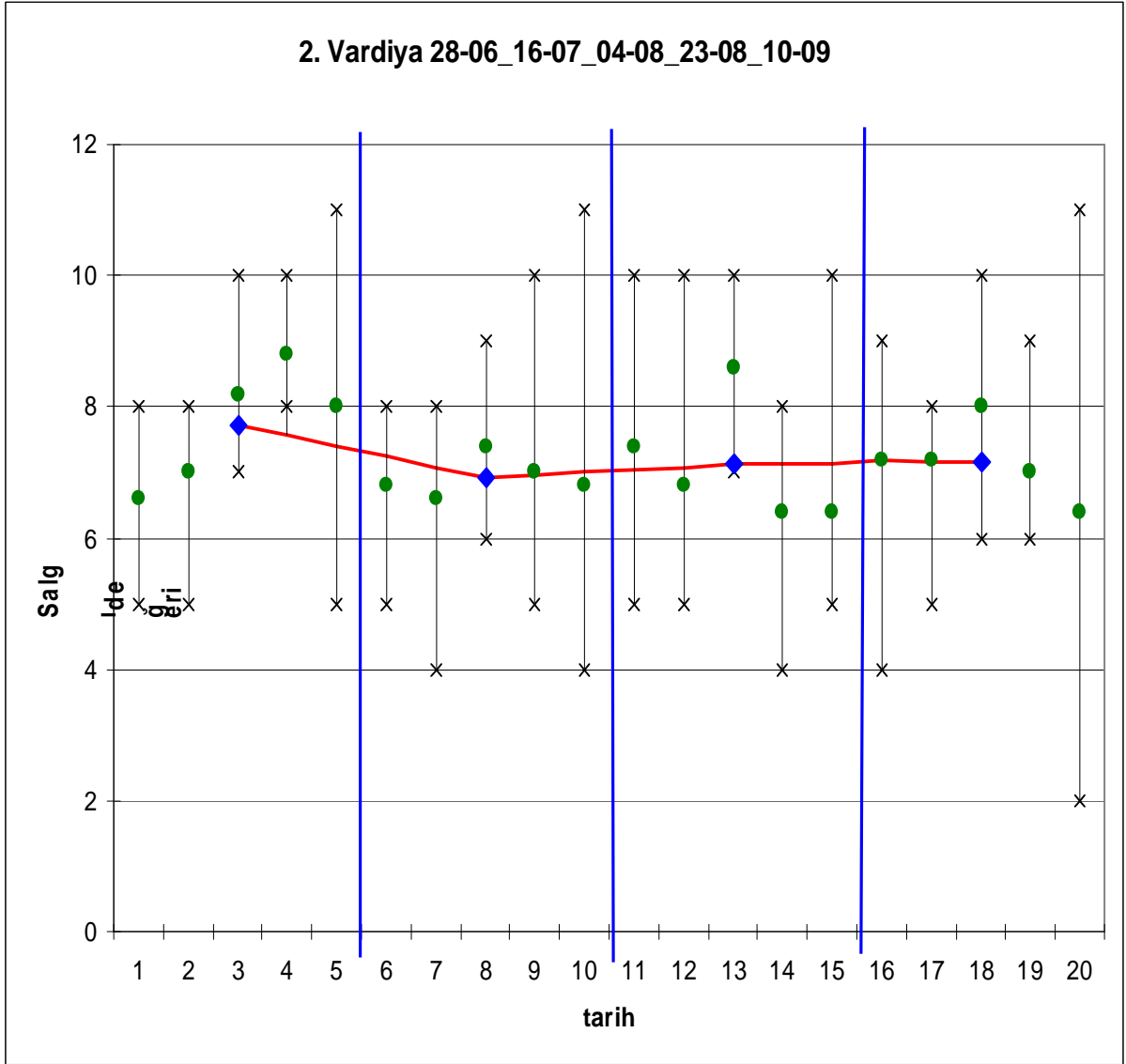
Dönemsel Değişken																				
28/06/04-16/07/04-04/08/04-23/08/04-10/09/04 2.vardiya																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1. ZAMAN DİLİMİ					2. ZAMAN DİLİMİ					3. ZAMAN DİLİMİ					4. ZAMAN DİLİMİ				
	28.6	16.7	4.8	23.8	10.9	28.6	16.7	4.8	23.8	10.9	28.6	16.7	4.8	23.8	10.9	28.6	16.7	4.8	23.8	10.9
1	6	8	10	10	5	8	8	9	10	5	7	10	10	8	6	6	8	10	6	9
2	8	5	7	9	6	5	7	9	5	4	5	6	10	8	5	8	7	10	6	6
3	7	7	7	9	11	6	7	6	6	11	9	5	7	6	6	4	5	7	9	4
4	5	7	9	8	10	7	7	6	6	10	6	7	7	6	10	9	8	7	7	2
5	7	8	8	8	8	8	4	7	8	4	10	6	9	4	5	9	8	6	7	11
Min.	5	5	7	8	5	5	4	6	5	4	5	5	7	4	5	4	5	6	6	2
Max.	8	8	10	10	11	8	8	9	10	11	10	10	10	8	10	9	8	10	9	11
Ort.	6,6	7	8,2	8,8	8	6,8	6,6	7,4	7	6,8	7,4	6,8	8,6	6,4	6,4	7,2	7,2	8	7	6,4
Ort. Ort.	7,72					6,92					7,12					7,16				

6. Adım: Veri girişinden sonra çizelgelerde maksimum ve minimum değerler belirlendi. Bunlara göre maksimumlar ve minimumlar grafik üzerinde işaretlendikten sonra düşey çizgilerle birleştirildi. Şekil 6.21’de bu adım için çizilen grafik örneği yer almaktadır.



Şekil 6.21 Dönemsel değişkenliğin çoklu değişken kartlarında düşey çizgilerle veri gösterimi

7. Adım: Çizilen düşey çizgilerin ortalamaları hesaplandı. Daha sonra her zaman aralığının ortalaması işaretlendi. Şekil 6.22’de tamamlanmış grafik çizimleri için bir örnek yer almaktadır.



Şekil 6.22 Dönemsel değişkenliğin çoklu değişken kartları

Burada 4 ayrı grup bulunmaktadır. Çizilen grafiğin üst kısmında hangi tarihlere ait hangi vardiyadan gelen verilerden oluşan çizimler olduğu görülür. Her bir grup için birinci düşey çizgiyle belirtilen 28/06/2004 tarihindeki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımını, ikinci düşey çizgiyle belirtilen 16/07/2004 tarihindeki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımını, üçüncü düşey çizgiyle 04/08/2004 tarihindeki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımını, dördüncü düşey çizgiyle 23/08/2004 tarihindeki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçünün dağılımını, beşinci düşey çizgiyle 10/09/2004 tarihindeki zaman dilimlerinde alınan 5 ölçümün dağılımını temsil etmektedir.

Tamamlanan bu adımlar sonrasında grafiksel değerlendirme yapılır. Bunlar Ek C, D, E'de yer almaktadır.

### 6.5.5.4 Çoklu Değişken Kartlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Çoklu değişken kartlarının istatistiksel analizi için F testi ve varyans analizi kullanılarak yapılan analizin adımları şöyledir:

1. Adım: Bu ilk adımda excel'de hazırlanmış çoklu değişken kartı için oluşturulmuş matris veriler girildi ve bir parçanın tüm gözlem değerlerinin toplamıyla her bir parça için parçaların toplamı hesaplandı. Daha sonra, her bir parçanın toplamının karesi hesaplandı. Aşağıdaki şekil 6.23'de zamansal değişkenlik için hazırlanmış matris örneği verilmiştir.

Tarihteki vardiya /zaman		1.dilim	2.dilim	3.dilim	4.dilim	Toplam
07.07.2004	Parçalar aras	1	9	4	8	9
		2	6	5	9	7
		3	6	6	5	6
		4	8	6	9	6
		5	-	7	7	8
	O.Y		36	28	39	37
		1296	784	1521	1369	4970
01.07.2004	Parçalar aras	1	8	8	6	8
		2	6	6	6	10
		3	7	9	5	5
		4	9	10	4	5
		5	8	30	4	6
			38	63	25	34
		1444	3969	625	1156	7194

Şekil 6.23 Zamansal değişkenlik için excel matrisi

2. Adım: Tüm zaman dilimindeki her bir parçanın o zaman dilimine ait toplamı hesaplanır. Her bir zaman diliminin toplamının karesi alınır. Daha sonra aynı tarihteki zaman dilimlerinin toplamının toplamları ve toplamının karesinin toplamları ayrı ayrı yapılır ve matris kaydedilir.

3. Adım: Zamana karşı karelerin toplamı ( $SS_A$ ) hesaplanır.

$$A = 2289,40$$

$$CF = 2250,00$$

$$SS_A = 39,40$$

$$MS_A = SS_A / (a-1) = 13,13$$

4. Adım: Karelerin parçalar arasındaki toplamıyla  $SS_B$  hesaplanır.

$$B = 2432,80$$

$$A = 2289,40$$

$$SS_B = 143,40$$

$$MS_B = 35,85$$

07.07.2004	Parçalar aras	1	9	4	8	9	
		2	6	5	9	7	
		3	6	6	5	6	
		4	8	6	9	6	
		5	-	7	7	8	9
	O.Y		38	28	39	37	140
			1296	784	1521	1369	4970
01.07.2004	Parçalar aras	1	8	8	6	8	
		2	6	6	6	10	
		3	7	9	5	5	
		4	9	10	4	5	
		5	-	8	30	4	6
			38	63	25	34	160
			1444	3969	625	1156	7194
			74	91	64	71	12164
			5476	8281	4096	5041	

Şekil 6.24 Zamansal değişkenlik için excel matrisinin devamı

5. Adım: Karelerin parça içindeki toplamıyla  $SS_W$  hesaplandı.

$$T = 2880,00$$

$$B = 2432,80$$

$$SS_W = 447,20$$

$$MS_W = 13,98$$

6. Adım: Karelerin toplamlarının tümü ve serbestlik derecesinin tümü hesaplanır.

$$T = 2880,00$$

$$CF = 2250,00$$

$$SS_T = 630,00$$

7. Adım: Karelerin ortalamalarının oranıyla F değerleri hesaplanır.

$$F(MS_A / MS_B) = 0,37 \geq F_{\alpha, a-1, a(b-1)} = 6,59 \text{ tablodan okunur (Ek B)}$$

$$F(MS_B / MS_W) = 2,57 \geq F_{\alpha, a(b-1), ab(n-1)} = 2,67 \text{ tablodan okunur (Ek B)}$$

$$F_{\alpha, a-1, a(b-1)} = 6,59 \text{ tablodan okunur } F_{0,05, 3, 4}$$

$$F_{\alpha, a(b-1), ab(n-1)} = 2,67 \text{ tablodan}$$

$$\text{okunur } F_{0,05, 4, 32}$$

Tarihteki vardiya /zaman		1.dilim	2.dilim	3.dilim	4.dilim					
07.07.2004	Parçalar aras	1	9	4	8	9		CF=	2250,00	
		2	6	5	9	7				
		3	6	6	5	6				
		4	8	6	9	6				
		5	-	7	7	8	9			
	O.Y	36	28	39	37	140	A=	2289,40		
		1296	784	1521	1369	4970				
01.07.2004	Parçalar aras	1	8	8	6	8				
		2	6	6	6	10		B=	2432,80	
		3	7	9	5	5				
		4	9	10	4	5				
		5	-	8	30	4	6			
		38	63	25	34	160	T=	2880,00		
		1444	3969	625	1156	7194				
		74	91	64	71	12164	300	abn(Top.)		
		5476	8281	4096	5041		22894	a(bnTop.) <sup>2</sup>		
	SSA=A-CF=	39,40	a-1=3	3	msa=ssa/(a-1)	13,13	msa/msb	0,37	F3,4	6,59
	SSB=B-A=	143,40	a(b-1)=4	4	msb=ssb/a(b-1)	35,85	msb/msw	2,57	F4,32	2,67
	SSW=T-B=	447,20	ab(n-1)=32	32	m <sub>sw</sub> =ssw/ab(n-1)	13,98				
	SST=T-CF	630,00	abn-1=39	39						
	sigmaW2=	13,98	sigmaB2=	4,375	sigmaA2=	0				

Şekil 6.25 Zamansal değişkenlik için tamlanmış excel matrisi

8. Adım: Parça içindeki değişim bileşenlerini hesaplamak için parçalar arasındaki ve zamana karşı ortalamaları kareleri (mean square) kullanıldı.

$$\sigma_w^2 = 13,98 \text{ parçalar arası değişim}$$

$$\sigma_B^2 = 4,37 \text{ vardiyalar arasındaki değişim}$$

$$\sigma_A^2 = 0 \text{ zamana karşı değişim gösterirler}$$

### 6.5.5.5 Çoklu Değişken Kartlarının Sonucu

Daha önceden çizim adımları anlatılan çoklu değişken kartları zamansal, konumsal, dönemsel değişkenlik yönünden değerlendirilmiştir.

Zamansal değişkenlik; A ve B operatörlerinin, ayrı ayrı 2. ve 3. vardiyalarda çalışmalarının karşılaştırmasıyla yapılmıştır.

A operatörünün, zaman dilimleri yani; 2. ve 3. vardiyada, vardiya başlangıcında, üretimin hızlandığı, yemek sonrası ve vardiya bitimine yakın olacak şekilde ayarlanmış dilimlerdeki salgı ölçümleri grafiksel (Ek C) olarak değerlendirildi. Buna göre; dilimler arasında farkın olduğu 3 grafikte görülüyor. Bunlarında rastsal nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Aynı operatörün vardiyalar arasında ölçüm değerlerinde değişkenliğin olduğu görülmektedir. Yaklaşık 11 değerlendirme için 2. ve 3. vardiya arasındaki ölçüm değerlerinde farklılık görülmektedir. Bunların yarısından fazlasında ölçüm değerlerinin ortalamasının 3. vardiyada daha yüksek olduğu görülmektedir.

Zamansal değişkenliğin istatistiksel hesaplamaların değerlendirmeleri sonucunda çıkan  $MS_A/MS_B$ ,  $MS_B/MS_W$ ,  $\sigma_w^2$ ,  $\sigma_B^2$ ,  $\sigma_A^2$  değerleri çizelge 6.6 a-b'de görülmektedir.

$$MS_A/MS_B > F_{0,05; 3; 4}$$

$$MS_A/MS_B > 6,59 \text{ (Ek B)}$$

Çizelge 6.6-a'da da görüldüğü gibi 3 değerlendirme için zaman dilimleri arasında değişkenliğin olduğu görülmektedir.

$$MS_B/MS_W > F_{0,05; 4; 32}$$

$$MS_B/MS_W > 2,67 \text{ (Ek B)}$$

11 karşılaştırmada da 2. ve 3. vardiyalar arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür.



Çizelge 6.6-a Zamansal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

A Operatörü	$MS_A/MS_B$	$MS_B/MS_W$	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
07/07 - 01/07	0,37	2,57	13,98	4,38	0
08/07 - 02/07	6,02	1	1,78	0	0,89
09/07 - 03/07	0,6	<b>4,55</b>	2,41	1,71	0
10/07 -04/07	3,47	0,48	2,06	0	0,25
12/07 - 09/07	<b>9,69</b>	0,21	3,05	0	0,56
19/07 - 13/07	2,18	0,39	3,38	0	0,16
20/07 - 14/07	<b>7,54</b>	0,78	2,34	0	1,19
21/07 - 15/07	0,19	2,59	2,97	0,95	0
22/07 - 16/07	1,11	<b>3,33</b>	1,84	0,86	0,07
23/07 - 17/07	0,69	<b>2,96</b>	2,39	0,94	0
24/07 - 18/07	0,62	0,58	3,25	0	0
04/08 - 09/08	2,08	0,79	3,85	0	0,33
05/08 - 10/08	0,33	<b>5,97</b>	1,49	1,48	0
06/08 - 12/08	0,66	<b>17,26</b>	1,63	5,29	0
07/08 - 14/08	2,47	<b>2,76</b>	2,04	0,72	0,83
17/08 - 23/08	0,24	<b>8,93</b>	2,08	3,29	0
18/08 - 24/08	1,93	<b>3,47</b>	1,95	0,97	0,63
19/08 - 25/08	<b>8,11</b>	2,64	1,99	0,65	3,74
20/08 - 26/08	0,96	1,37	2,1	0,15	0
21/08 - 27/08	2,52	<b>4,51</b>	1,51	1,06	1,04
31/08 - 28/08	0,29	<b>2,74</b>	2,05	0,72	0
01/09 - 10/09	0,69	<b>2,91</b>	2,49	0,95	0

Çizelge 6.6-b Zamansal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

B Operatörü	$MS_A/MS_B$	$MS_B/MS_W$	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
13/07 - 06/07	1,03	2,57	1,58	0,49	0,01
14/07 - 07/07	<b>9,63</b>	0,15	2,96	0	0,38
15/07 - 08/07	1,98	0,34	2,97	0	0,1
16/07 -10/07	2,89	0,28	2,55	0	0,13
18/07 - 12/07	4,18	0,41	2,6	0	0,34
26/07 - 19/07	0,47	1,96	3,01	0,57	0
27/07 - 20/07	1,71	0,54	3,19	0	0,12
28/07 - 22/07	0,58	1,12	2,21	0,05	0
29/07 - 23/07	0,85	0,36	4,01	0	0
30/07 - 24/07	0,19	0,23	4,49	0	0
31/07 - 25/07	0,17	<b>5,11</b>	3,13	2,57	0
09/08 - 02/08	1,27	2,16	3,33	0,77	0,19
10/08 - 03/08	2,24	0,49	3,76	0	0,23
11/08 - 04/08	0,25	1,78	3,41	0,53	0
12/08 - 05/08	1,33	1,46	4,89	0,45	0,24
13/08 - 06/08	0,84	0,32	4,16	0	0
14/08 - 07/08	1,99	0,52	6,93	0	0,36
23/08 - 17/08	1,19	1,61	3,69	0,45	0,12
24/08 - 18/08	4,92	0,21	8	0	0,66
25/08 - 19/08	1,05	0,55	8,58	0	0,03
26/08 - 20/08	2,53	1,04	6,38	0,05	1,01
06/09 - 01/09	1,08	0,87	5,81	0	0,04

Verilerin % 50'sinde değişkenliğin varlığından söz edilmektedir.

Varyans analizi değerlerine bakıldığında; değişkenliğin parçalar arasında salgı farklılığı olduğunu gösteren  $\sigma_w^2$ , değerinin % 80'inden fazlasında görölmektedir. Bu da parçalar arasındaki değişkenliğin varlığının açık göstergesidir.

B operatörünün vardiyalar arasındaki çalışma grafikleri incelendiğinde; zaman dilimleri yönünden 2. ve 3. vardiyadaki salgı ölçüleri arasında bir değişim tespit edilmiyor. Her iki vardiyadaki salgı ölçülerinde, parçalar arası değerlerde geniş bir dağılımın olduğu görölüyor.

İstatistiksel hesaplamalar sonucunda hem F testi, hem de varyans analizi değerleri çizelge 6.6-b'de yer almaktadır. Zaman dilimleri açısından sadece 1 karşılaştırmada ( $MS_A/MS_B > F_{0,05; 3; 4}$  doğrulaması) ve vardiyalar arasındaki farkta ( $MS_B/MS_W > F_{0,05; 4; 32}$  doğrulaması) değişkenlikten söz edilebilir. Bunun da tesadüfi etkilerden olması muhtemeldir.

Varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; değerlendirmelerin hepsinde  $\sigma_w^2$  değerinin büyük olduğu görölüyor. Bu da parçalar arası değişkenliği göstermektedir.

Konumsal değişkenlik; 2. vardiya ve 3. vardiya da A ve B operatörlerinin çalıştığı tarihlerdeki grafiklerin karşılaştırmasıyla yapılmıştır.

A ve B operatörlerinin ortalamalarına bakıldığında 1 gün dışında zaman dilimleri açısından bir farklılığının olmadığı görölüyor. Bunun operatörleri etkileyen rastlantısal nedenlerden kaynaklandığı düşünölüyor.

Yani; operatörlerin 2. vardiya içindeki çalışma dilimlerinde fark olmadığını gösteriyor. A ve B operatörünün 2. vardiyada, vardiya başlangıcı ile sonu arasındaki periyotta farklı bir çalışmanın olmadığını gösteriyor.

2. vardiyadaki A ve B operatörlerinin arasında farkın olup olmadığını ise; her bir zaman dilimindeki operatör ölçümlerinin ortalamalarının karşılaştırmasıyla kontrolü yapıldığında 9 karşılaştırmada görölür.

22 kerelik bir düzenlemenin yapıldığı düşünölüdüğünde bir değişkenlikten söz ediliyor. Tezgaah üzerinde operatörün yaptığı işlemlere bakıldığında sadece parçanın tezgaha bağlanması konusunda bir etkisi olduğu görölüyor. Çalışmada ön kontrol kartlarındaki tolerans dışı üretim miktarına tekrar göz atıldığında bunun % 0,06 olduğunu görürüz. Çalışmaya başlarken hedefimiz % 100 kontrolün kaldırılmasıdır. % 100 kontrole başlandığı tarihine doğru ulaşılabilindiği kadarki verilere bakıldığında, tolerans dışı üretilmiş parçaların takibi

yapıldığında bir dönem hatalı üretimin çoğaldığını görüyoruz. Parçanın tezgaha bağlandığı pabuçların sıkma basıncının düşürülmesi (bilinçli olarak yapılan) bilgisine ulaşıyoruz. Bunun yapılma sebebi; sıkma basıncı yüksek olunca bir takım sorunların olmasıdır. Bu basınç değerinin tekrar düzeltildiğinde oranlarda azalma olduğu görülüyor.

Bağlama basıncı istenen seviyeye çekildiğinde; ön kontrolde izlediğimiz gibi düşük sayıda da olsa salgı hatalı parçaların çıkması, basıncın tesadüfi olarak düşmüş olabileceğini gösteriyor. Operatörlerden alınan bilgiye göre basıncın bazen sistemden kaynaklanan nedenlerden dolayı düşebildiğini öğreniliyor.

A ve B operatörlerinin salgı ölçümlerinin değerlendirmesinde ve hemen hemen tüm değerlendirmede parçalar arası değişimin yüksek olduğunu görüyoruz. Ayrıca genelde, daha geniş bir aralıkta üretimi B operatörü yapmaktadır.

Konumsal değişkenliğin; 22 karşılaştırmaya göre bu değerlerin F testi ve varyans analizi yapılarak,  $MS_A/MS_B$ ,  $MS_B/MS_W$  F testi değerleri;  $\sigma_w^2$ ,  $\sigma_B^2$ ,  $\sigma_A^2$  varyans değerleri Çizelge 6.7-a-b'de yer almaktadır.

$$MS_A/MS_B > F_{0,05; 3; 4}$$

$$MS_A/MS_B > 6,59 \text{ (Ek B)}$$

Buna göre sadece 1 karşılaştırmada bu sağlanmaktadır. Bu da 2. vardiyada zaman dilimleri arasında alınan ölçülerde önemli bir değişkenliğin söz konusu olmadığını gösterir.

Bunun dışında  $MS_A/MS_B > 6,59$  olmadığı için 21 karşılaştırmada zaman dilimleri arasında önemli bir değişim yoktur.

$$MS_B/MS_W > F_{0,05; 4; 32}$$

$$MS_B/MS_W > 2,67 \text{ (Ek B)}$$

Buna göre 9 karşılaştırmada bu sağlanmaktadır. A ve B operatörü arasında ölçülen salgı değerlerine göre önemli bir farklılık vardır.

Yapılan varyans analizi sonucunda ise  $\sigma_w^2$  varyans değerinin hemen hemen tüm

Çizelge 6.7-a Konumsal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

2. Vardiya	MS <sub>A</sub> /MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>W</sub>	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
07/07 - 13/07	0,33	<b>3,05</b>	1,89	0,77	0
08/07 - 14/07	0,12	1,87	2,59	0,45	0
09/07 - 15/07	0,21	2,03	3,04	0,62	0
10/07 - 16/07	0,51	1,92	2,06	0,37	0
12/07 - 18/07	0,39	0,63	3,63	0	0
19/07 - 26/07	1,97	0,91	4,05	0	0,35
20/07 - 27/07	0,39	<b>6,84</b>	1,91	2,23	0
21/07 - 28/07	0,35	1,53	2,66	0,28	0
22/07 - 29/07	4,73	0,56	2,95	0	0,62
23/07 - 30/07	0,7	1,5	3,14	0,31	0
24/07 - 31/07	0,51	<b>2,73</b>	3,16	1,09	0
04/08 - 09/08	0,34	0,91	3,54	0	0
05/08 - 10/08	0,44	<b>3,81</b>	2,13	1,19	0
06/08 - 11/08	0,64	<b>6,13</b>	2,31	2,37	0
07/08 - 12/08	0,15	<b>4,52</b>	4,01	0,282	0
17/08 - 13/08	0,48	<b>3,74</b>	2,63	1,44	0
18/08 - 14/08	2,18	1,4	4,03	0,32	0,66
19/08 - 23/08	1,09	<b>2,9</b>	2,56	0,97	0,06
20/08 - 24/08	1,47	0,5	5,78	0	0,13
21/08 - 25/08	3,07	0,54	5,58	0	0,62
31/08 - 26/08	0,48	<b>3,89</b>	4,28	2,47	0
01/09 - 06/09	<b>31,25</b>	0,16	2,91	0	1,44

Çizelge 6.7-a Konumsal değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

3. vardiya	MS <sub>A</sub> /MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>W</sub>	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
01/07 - 06/07	2,02	1,19	13,66	0,5	1,66
02/07 - 07/07	1,4	1,76	2,15	0,32	0,15
03/07 - 08/07	2,1	2,27	2,35	0,59	0,58
04/07 -10/07	0,89	0,72	2,55	0	0
09/07 - 12/07	0,57	2	2,03	0,4	0
13/07 - 19/07	1,45	0,49	2,34	0	0,05
14/07 - 20/07	1,75	0,74	3,61	0	0,2
15/07 - 22/07	0,36	1,31	2,53	0,15	0
16/07 - 23/07	<b>6,59</b>	0,32	2,9	0	0,52
17/07 - 24/07	0,14	0,56	3,74	0	0
18/07 - 25/07	0,45	2,05	3,21	0,67	0
09/08 - 02/08	0,34	2,66	5,2	1,73	0
10/08 - 03/08	0,52	<b>8,77</b>	2,47	3,84	0
12/08 - 04/08	0,28	<b>8,2</b>	2,7	3,89	0
14/08 - 05/08	0,06	<b>3,05</b>	3,33	1,36	0
23/08 - 06/08	0,27	<b>2,81</b>	4,75	1,72	0
24/08 - 07/08	0,44	2,04	3,96	0,82	0
25/08 - 17/08	1,59	<b>3,57</b>	3,85	1,98	0,8
26/08 - 18/08	2,32	0,34	4,94	0	0,22
27/08 - 19/08	1,79	<b>3,25</b>	3,81	1,71	0,97
28/08 - 20/08	0,3	0,3	3,86	0	0
10/09 - 01/09	0,5	0,92	5,39	0	0

karşılaştırmada büyük değerde olduğu görülmektedir. Bu da parçalar arasındaki ölçümlerde en büyük değişkenliğe sahip olduğunu göstermektedir.

$\sigma_B^2$ 'ün temsil ettiği operatörler arası değişkenlik de ikinci değişim kaynağını oluşturmaktadır.

$\sigma_A^2$ 'de ise hemen hemen yok denecek mertebede olduğu gözlemlenmektedir.

3. vardiyada operatörler arası değişimde ise, 1 gün dışında zaman dilimleri açısından bir farklılık gözlenmiyor. Burada operatörler arasında farkın olup olmadığına bakıldığında 6 karşılaştırmada farklılıktan söz edilir.

A ve B operatörlerinin her zaman dilimindeki parçalar arası değişkenliğin burada da fazla olduğu görülüyor. Hatta A operatörünün salgı değeri tolerans sınırlarının dışında bir üretimin kaydı grafikte (01/07\_A – 06/07\_B) görülüyor. Önceki çalışmadaki ön kontrol kartlarındaki verilere göz atıldığında, sadece A operatörünün tolerans dışı salgıya sahip poyra üretimlerinin kaydının bulunduğu, diğer operatörün ise hemen hemen hiç tolerans dışı üretimde bulunmadığı dikkat çekiyor. Çalışmaya başlamadan önceki veriler incelendiğinde; diğer operatörün hatalı üretim yaptığına dair kayıtlara rastlanıyor. Yapılan son uygulamaya göre; salgılı parça üretildiğinde bunun sadece tolerans dışı üretilen parçaların tezgah yakınında bulunan ayrı bir konteynıra konmasının, müşteriye salgılı parça gitmemesi yönünde uygun bir önlem olduğu kararının verildiği öğreniliyor. Böylelikle günü kurtaran bir tedbir olarak tolerans dışı üretilmiş bir parçanın müşteriye gitmeden ayıklanması yapılmış oluyor. Bu konteynırın içindeki parçaların günlük, haftalık, veya aylık periyotlarla kontrolü ve temizlenmesinin yapılmadığı da görülüyor. Böylelikle operatörlerin proses kayıtlarına tolerans dışı salgılı üretilmiş parçayı kaydetmeden konteynıra koyması mümkün olabilir. Bu da kalite yönetim sistemi standartlarında belirtildiği gibi yapılan tüm işlemlerin kayıt altında tutulması ve bunların ileride gerekli olduğunda ya da başvurulduğunda prosesin izlenebilirliği açısından önemli olduğunun delilidir.

Konumsal değişkenlikte ikinci olasılık için; proses sahiplerinin dışında üçüncü bir operatörün değerlendirilmesi yapılmıştır. Seçtiğimiz pilot prosesimizde proses sahiplerinin A ve B operatörleri olduğunu önceden de belirtmiştik. Çalışmalarımız sırasında proste çalışan C operatörünün değerlendirmesi yapılmıştır.

Verilerin düzenlenmesi ve hazırlanan grafiklerin değerlendirmesi sonucu; zaman dilimleri arasında bir değişimin 2. vardiya ve 3. vardiyada olmadığı görülmüştür. Bu da C operatöründe çalıştığı dönemde çalışma periyodu içinde bir değişiklik karşlaşılmamasıdır.

C operatörünün salgı ölçümleri proses sahibi operatörle karşılaştırıldığı zaman, prosesin gidişatını kötü yönde etkileyebilecek bir üretim yapmadığı görülür. Hatta çok belirgin olmasa da diğer operatörlerin salgı ölçülerinin, ortalamasından biraz daha düşük ortalama değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

İstatistiksel değerlendirmesi yapıldığında çıkan F testi ve varyans değerleri çizelge 6.8- a ve b'de görülmektedir. Burada F testinde sadece bir değerlendirme için diğer operatörlerden daha farklı bir değişime sahip olduğunu gösteren bir değer 3. vardiyada mevcuttur. Daha önceden değindiğimiz gibi, düşük miktarda da olsa ortalama değerlerin düşük olmasından veya tamamen tesadüfi ortaya çıkan bir değer olduğudur. Varyans değerlendirmesinde çıkan diğer sonuçlarda olduğu gibi sadece parçalar arası değişkenlikten söz edilebilir.

Buradaki F testi karşılaştırmaları aşağıdaki değerlere göre yapılır.

$$MS_A/MS_B > F_{0,05; 3; 8}$$

$$MS_A/MS_B > 4,07 \text{ (Ek B)}$$

$$MS_B/MS_W > F_{0,05; 8; 48}$$

$$MS_B/MS_W > 2,15 \text{ (Ek B)}$$

Çizelge 6.8-a Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için istatistiksel değerlendirme verileri

2. Vardiya	MS <sub>A</sub> /MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>W</sub>	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
C_28/06 - A_23/06 - B_13/07	3,61	1,41	2,03	0,17	0,5
C_29/06 - A_24/06 - B_14/07	1,43	1,1	2,75	0,06	0,09
C_30/06 - A_26/06 - B_15/07	0,15	0,97	2,59	0	0
C_01/07 - A_07/07 - B_16/07	0,4	0,92	2,76	0	0

Çizelge 6.8-b Konumsal değişkenliğin 2. olasılığı için istatistiksel değerlendirme verileri

3. Vardiya	MS <sub>A</sub> /MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>W</sub>	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
C_22/06 - A_28/06 - B_06/07	0,72	<b>2,89</b>	2,08	0,79	0
C_23/06 - A_29/06 - B_07/07	0,38	0,89	2,14	0	0
C_25/06 - A_30/06 - B_08/07	1,79	0,38	3,06	0	0,06
C_26/06 - A_01/07 - B_10/07	0,8	1,62	10,21	1,28	0

Dönemsel değişkenliğin değerlendirmesinde; şarjlar arasındaki değerlendirmeye bakıldığında zaman dilimleri açısından bir değişim, gerek 2. vardiyadaki gerekse 3. vardiyadaki

değerlendirmede fark görülmemiştir. Fakat tarihler yani şarjlar arasındaki değişimden 2. vardiya içinde söz etmek mümkündür. Tarihler arasındaki ölçümde ortalamaların ortalamaları takip edildiğinde farklılık belirleniyor. Tarihlerin kendi içindeki parçalar arası değişiminde 2. vardiya için 10/09/2004 tarihinde fazla olması, 3. vardiya için ise genel bir parçalar arası farklılıktan söz edilebilir.

İstatistiksel gösterge, hem F testi hem de varyans analizleri sonuçları açısından grafiksel göstergelerle aynı doğrultadır. Çizelge 6.9a - b'de bu değerler yer almaktadır.

F testi değerlendirmeleri aşağıdaki tablo değerlerine göre yapılır:

$$MS_A/MS_B > F_{0,05; 3; 16}$$

$$MS_A/MS_B > 3,24 \text{ (Ek B)}$$

$$MS_B/MS_W > F_{0,05; 16; 80}$$

$$MS_B/MS_W > 1,79 \text{ (Ek B)}$$

Çizelge 6.9-a Dönemsel değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

	$MS_A/MS_B$	$MS_B/MS_W$	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
<b>2. Vardiya</b>					
28/06_16/07_04/08_23/08_10/09	0,26	<b>1,87</b>	3,33	0,58	0

Çizelge 6.9-a Dönemsel değişkenliğin istatistiksel değerlendirme verileri

	$MS_A/MS_B$	$MS_B/MS_W$	$s_w^2$	$s_B^2$	$s_A^2$
<b>3. Vardiya</b>					
28/06_16/07_04/08_23/08_10/09	0,31	<b>1,92</b>	2,85	0,52	0

Düşünülen tüm olasılıklara göre zamansal, konumsal ve dönemsel değişkenliğin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Zamansal değişkenliğin değerlendirmesinde, operatörlerin sabit tutularak 2. ve 3. vardiyalardaki dağılımların incelenmesi sonucu, B operatörünün ardışık olarak ölçülen parçalar arasında değişkenliğin olduğu görülmektedir. A operatörünün ölçümleri sonucundaki değerlendirmelerde, zaman dilimleri arasında farklılıkların gözlemlendiği görülmüştür.

Konumsal değerlendirmenin yapılması sonucu, B operatörünün vardiyaları yani 2. ve 3.

vardiyalar arasındaki çalışmalara bakıldığında B operatörünün A operatörüne göre daha fazla değişkenliğe sahip olduğu görülmektedir. 3. vardiyanın zaman dilimleri arasındaki değişkenliğin 2. vardiyaya göre daha fazla olduğu açıkça farkediliyor. 3. vardiya değişimlerinin B operatörünün beş ardışık ölçümünün takibinde daha fazla olduğu nettir. 2. ve 3. vardiyadaki 2. ve 3. zaman dilimleri arasındaki değişkenliğin daha fazla olduğu dikkat çekicidir. Bu, daha çok 3. vardiyada net görülmektedir.

Operatörler arası değerlendirmede, proses sahibi A ve B operatörünün dışında proseste çalışan C operatörünün her ne kadar proses sahibi olmasa da onlar kadar iyi çalıştığı görülmektedir. Bunun göstergesi ardışık ölçümlerin dağılımlarının diğerleriyle yaklaşık aynı dağılımı sergilemektedir.

Proses sahiplerinin yanında üçüncü operatörün de onlar kadar iyi performans göstermesi ve bu proseste proses sahiplerinin sergilediği değişkenlikle aynı olması, kalite sistemlerinin önerdiği şartlar dahilindeki farklı proseslerde çalışmalarını için yapılan tezgah başı eğitimlerin çok faydalı olduğunun açık bir göstergesidir. Bu eğitimler sayesinde olabilecek tüm ani ihtiyaçlarda, prosesin durmadan çalışmasını sağlayacak personelin bulunması her zaman olabilecek olağanüstü durumların giderilebileceğini göstermektedir. Böylelikle yapılan eğitimlerin firma için ek bir yükümlülük ve maliyet değil, tam tersine her durumda kaliteli ve tam zamanında üretim yapmanın en büyük teminatı olmaktadır. Bunların ek masraf olarak değil tam tersine kar olarak değerlendirilmesi gerektiğinin de göstergesidir.

Dönemsel değişkenliğe bakıldığında; 10/09/2004 dönemindeki değişkenliğin dikkat çekecek boyutlarda olması, diğerlerine oranla daha fazla değişkenliğin olduğu düşüncesini doğrular. Lotlar arasında zaman dilimleri açısından çok büyük bir değişimin olmadığı görülmektedir.



## 7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Uygulama çalışması Otomotiv sektöründe birinci sınıf tedarikçi bir firmada yapılmıştır. Firma, şaft çeşitleri ve poyra üretimi yapmaktadır. Uygulama çalışması sırasında, otomotiv ve yan sanayi üreticileri için hazırlanan uluslararası teknik spesifikasyon niteliğindeki ISO/TS 16949:2002 kalite yönetim sistemi standardına sahip olmanın, müşteri şartlarının zamanında ve eksiksiz olarak yerine getirilmesinde büyük avantaj sağladığı görülmüştür.

Bu sistemin temeli sürekli iyileştirme felsefesine oturtulmuştur. Bu felsefeye göre sürekli gelişmenin sağlanması modern kalite tekniklerinden yararlanılarak gerçekleştirilir. Bu teknikler arasında yer alan fakat uygulamaya destek olması açısından yapılan anket sonucuna göre Türkiye’de uygulaması olmayan, Shainin’in deney tasarımı araçlarından ön kontrol ve çoklu değişken kartlarının otomotiv sektöründe uygulaması yapılmıştır.

Seçilen pilot proste daha etkin ve pratik bir yöntem olan ön kontrol ile prosesin izlenmesi için bir modelleme yapılmıştır. Bu modelleme konum toleransı değerlendirmesinin yapıldığı salgı kontrolünde geliştirilmiştir. Konum toleransları tek taraflı toleranslardır.

Geometrik mamul spesifikasyonu ve doğrulması (GPS) bünyesinde tek taraflı şekil ve konum toleranslarında ölçümler sıfır ile maksimum limitler arasında dağılırlar. Bu dağılıma göre ön kontrol çalışması sıfır ile maksimum limit arasındaki değerin ikiye bölünmesiyle gerçekleştirilir. İkiye bölünen toplam toleransın sıfır ile ön kontrol hattı arasındaki bölge yeşil, diğer ½’lik bölge sarı ve tolerans dışı kısım kırmızı bölge olarak adlandırılır. Ön kontrol kartlarıyla, proste duraklama ve ayarlama yapılmadan sürekli istenen kalitede üretimin gerçekleştirilmesiyle kaliteli üretim ödüllendirilmiş olur. Bu, zaman kayıplarının optimum seviyede tutulmasını sağlar.

Yapılan ön kontrol çalışmasıya; ard arda sarı bölgeye düşen örneklerde ve hiç istenmeyen durum olan kırmızı bölgede üretim yapıldığı gözlenmiştir. Kırmızı bölgede üretilen üretim miktarı toplamda düşük bir oran olarak gözükmemektedir. Fakat düşük oranda da olsa proste kırmızı bölgede yer alan üretimin nedenini bulabilmek ve % 100 kontrolü kaldırmak için Shainin araçlarından olan çoklu değişken kartlarıyla hata nedeni araştırmasına geçilmiştir.

Çoklu değişken kartlarında yapılan çalışmanın değerlendirilmesi Excel ortamında yapılmıştır. Alınan örneklerin Excel’de maksimum ve minimum değerler arasında çizgilerinin çizilmesi ve bunların ortalamalarının hesaplanması için tablolar hazırlanmıştır. Bu, çalışmanın değerlendirilmesi açısından kolay ve pratik bir yaklaşım olmuştur. Fakat yapılan çalışmada bir model oluşturulması ve tek bir pilot proste uygulanması yönünden bu değerlendirilmeye

varılmış olacağı üzerine dikkat çekilmelidir. Firmanın çoklu değişken kartlarıyla hata nedeninin araştırması çalışmasını benimsemesi ve bu çalışmayı tüm proseslerinde ihtiyaç duyulduğu zaman başvurduğunda daha pratik bir şekle sokması açısından profesyonel yazılımlardan yararlanması daha etkin olacaktır.

Bu yönüyle de; böyle bir çalışmanın başlangıç aşamasında; maliyet gerektiren yazılım programları kullanılmadan da etkin bir şekilde yapılabileceğine iyi bir örnek teşkil etmektedir.

Çoklu değişken kartlarında değişkenlerde zamansal, konumsal ve dönemsel olacak şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Operatör değerlendirmelerinde kalite sistemi dahilinde gerçekleştirilen, çalışanların eğitilmesi çalışmalarının karşılığının alındığı görülmüştür.

Zamansal değerlendirmede; 3. vardiyada çalışırken operatörün dikkatinin azalması, operatörün parçayı bağlarken göstereceği hassasiyetin azalmasına neden olabilir. Parça tezgaha bağlanırken operatör etkisinin en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Konumsal değişkenin değerlendirilmesi sonucunda; bağlamadaki sorunun, bağlama basıncı düşürülerek değil, farklı bir bağlama şekli düşünülerek çözüm bulunması gerekmektedir. Bu durumda ya basıncı kontrol eden ek bir önlem veya sıkma şeklinin basınç düşmelerinden etkilenmeyecek şekilde gerçekleştirilmesi önerilir.

Operatörlerin kaydettikleri bilgilerin proses izlenebilirliği açısından önemi konusunda tekrar eğitilmesi, yapılan her işlemin kaydının alınmasının öneminin; kendilerinin hatalı ürün ürettiklerinin tespiti açısından değil, proses açısından önemli olduğu yönünde bilinçlendirilmelidir. Ayrıca, operatörün bu tip girişimleri yapabileceği boşlukların kaldırılması da önemlidir.

Sonuçta; yaptığını kaydetmenin, kayıtlara göre yapılanı gerçekleştirmenin prosesin izlenebilirliği açısından önem arz ettiğinin üzerine dikkat çekilmelidir. Ayrıca proste bir iyileştirmeye gidileceği zaman, bunların kullanılabilirliği, daha kolay yol alınması için kullanılacak bilgiler olduğu vurgulanmalıdır. Proses akışındaki izlenebilirlik bu noktada önemlidir.

Dönemsel değerlendirme; bu hat üzerinde tedarikçi izlenebilirliğinin oturtulamamış olması göz önüne alınırsa, bunun netleştirilmesi şarjlararası değişkenliğin kontrol edilmesi yönünden olumlu bir gelişme olacağı belirlenmiştir.

Kaliteli bir üretim; ana sanayinin tasarımına göre çizilmiş ve ölçülendirilmiş teknik resmine göre üretim yapılması ve yapılan üretimin kontrolünün gerçekleştirilmesi önem arz eder.

Çalışmanın yapıldığı pilot proseste bu koşulun esaslarına göre yapıldığı gözden geçirilmelidir.

Pilot çalışmanın yapıldığı konumsal toleransın ön kontrol çalışması yapılmasa bile İPK değerlendirmelerinde tek taraflı bir tolerans ve logaritmik normal dağılım olduğu göz önüne alınarak gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra proses yeterlilik hesaplamaları yapılmalıdır.

Sonuç olarak, hem uyarlanan ön kontrol kartlarının hem de proses deney tasarımı araçlarının, proseslerin izlenmelerinde, performans ve yeteneklerinin iyileştirilmesinde, kullanma kolaylığı avantajıyla birlikte esnek, ekonomik ve başarılı bir şekilde, uygulanabilirliği görülmüştür.

Ön kontrol kartlarının, Shewhart kartları ve kabul edilebilir kontrol kartlarına göre normal dağılım dışındaki proseslerde uygulanabilirliği gösterilmiştir. Özellikle, bu çalışmada oluşturulan model ile; “Geometrik Mamul Spesifikasyonu ve Doğrulaması - (GPS)” bünyesinde tek taraflı şekil ve konum sapmalarının değerlendirilmesinde proses performanslarının ve iş parçalarının fonksiyonel özelliklerinin ön görülen tolerans limitleri içerisinde kalmalarının sağlanmasının, ön kontrol kartlarının kullanımıyla etkin bir şekilde gerçekleştirilebileceği ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasında öngürülen hedeflere, özellikle ön kontrol kartlarının ve deney tasarımı araçlarının fonksiyonel esaslarının detaylı bir şekilde çıkarılıp incelenmesi sonucu ulaşılmıştır. İleriye dönük olarak ele alınan metotların küçük ve orta ölçek seri üretim sistemlerinde kullanımlarının gittikçe artan bir şekilde yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Bu metotların proses analiz yazılımlarının entegrasyonları, gelişmelerin ivmesini artıracaktır.

## KAYNAKLAR

- Acar N., (1995) “Kalite Fonksiyon Göçerimi – Kalite Evi”, I. Uluslararası Pazarlama Sempozyumu – Pazarlama ve Kalite, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını
- Advanced Product Quality Planning Reference Manuel, (1994) Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation
- Akın B., (1989) “Kalite Geliştirme ve Sürekli Gelişim”, Kalite sayısı: 4, Şişecam Sanayi Mühendisliği
- Akın B., (1996) “ ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İPK Teknikleri”, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul
- Aydın E., (1998) “ Kalite Geliştirmede Yeni Yöntemler ve Uygulamaları”, İTÜ Y. Lisans Tezi, İstanbul
- Aydınceren A., (1993) “Toplam Kalite Yönetimi”, Önce Kalite, 2, S: 31- 33,
- Bhote K. R., (1991) “World Class Quality – Using Design Of Experiments To Make It Happen”, First Edition, Amacom
- Bhote K. R., Bhote A. K., (1999) “World Class Quality – Using Design Of Experiments To Make It Happen”, Second Edition, Amacom
- Bircan H., Özcan S., (2001) “Proses Yeterlilik Analizi Ve Otomotive Yan Sanayinde Bir Uygulaması”, MPM, Verimlilik Dergisi, 2001/3
- Borri F., Boccaletti G., (1995) “From Total Quality To Total Quality Environmental Management”, The TQM Magazine, 38,7
- Bozkurt R., (1994 - b) “Toplam Kalite Yönetimi Sistemi”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, 1994/4, S:7 – 17; Ankara
- Bozkurt R., Asıl N., (1995 - b) “Kalite Politikası Oluşturma Süreci”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, 1995/3, S:31 – 42, Ankara
- Bozkurt R., Odaman A., (1994 - a) “Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Kalite Güvence Sisteminin Kurulması”, Verimlilik Dergisi, 94/4
- Bozkurt R., Odaman A., (1995 - a) “ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri”, MPM Yayını, Ankara
- Çağlar H., (2003) “KOSGEB İstatistiksel Proses Kontrol – İPK Seminer Notları”, İstanbul
- Çetin N., (1999) “Değişim Mühendisliği ve Toplam Kalite Yönetiminin Birlikte Uygulanabilirliğinin İncelenmesi, Bu Doğrultuda Yeni Bir Yönetim Modelinin Geliştirilmesi”, Y.T.Ü. Doktora Tezi, İstanbul
- Deming E. W., (1986) “Out Of Crisis”, MIT Press
- Dereli T., (2001) ISO 9000:2000 Revizyonu Getirdikleri ve Getiremedikleri, II. Kalite Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Makine Mühendisleri Odası
- Dinçmen M., (1997); “Toplam Bilgi Yönetimi”, Otomasyon dergisi, 58
- Duncan A. J., (1959) “Quality Control And Industrial Statistics”, Richard D. Irwin Inc.

Durakbaşı M. N., (1998) “Ölçme Tekniği ve Kalite Yönetimi – Doktora Ders Notları”, İstanbul

Durakbaşı M. N., (1998-b) “Management and Intelligent Confirmation of Measuring Equipment”, Proceedings 6<sup>th</sup> ISMQC IMEKO SYMPOSIUM „Metrology for Quality Control in Production“, ISBN 3-901888-02-0, pp. 793/798, Vienna, Sept. 1998

Durakbaşı M. N., Çavuşoğlu İ., (2001) “Endüstriyel işletmelerde gelişen teknolojiler ve ISO 9000:2000 standartları ile kalite yönetimi sistemlerinde proses modeli yaklaşımı”, II. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu, Celal Bayar Üniversitesi, 7 – 8 kasım, Manisa

Durakbaşı M. N., Nomak A., Görür B.V., ( 2001-b) “Otomotiv Endüstrisinde Kalite Yönetimi ve Gelişmeleri – Ölçme Sistemleri Analizi ve Değerlendirmesi” Proceedings of “TMMOB VII. Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu”, Bursa – Türkiye

Durakbaşı M. N., (2001-c) “Intelligent Control of Measuring Equipment und Test Instruments for Precision Engineering” Proceedings of the International NAISO Congress on Information Science Innovations ISI’2001 - IQMM’2001, ICSC Academic Press, Canada/The Netherlands, 2001, ISBN 3-906454-25-8, 871/874

Durakbaşı M. N., Çavuşoğlu İ., (2003) “Üretim Süreçlerinde Etkin Bir Kalite Yönetimi İçin Kullanılan Kalite Fonksiyon Yayılımı Tekniği”, Malzeme Bilimi ve Üretim Yöntemleri Sempozyumu, Ege Üniversitesi

Durakbaşı N. M.; (2003-b) “The International and Especially European Development of Quality Management” Preprints the 3<sup>rd</sup> IFAC Workshop DECOM-TT 2003 “Automatic Systems for Building the Infrastructure in Developing Countries”, June 2003, Istanbul, Turkey, (Editors: Y. Istefanopulos a. G.M. Dimirovski), © 2003 IFAC – International Federation of Automatic Control, 93/97

Durakbaşı N. M. (2003-c) “Geometrical Product Specifications And Verification For The Analytical Description Of Technical And Non-Technical Structures”, Abteilung Austauschbau und Messtechnik, Wien

Efil İ., (1999) “Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvencesi Sistemi”, AlfaYayımları, İstanbul

EN ISO 9000: 2000, Quality Management System – Fundamentals And Vocabulary, 17/12/2000

EN ISO 9001:2000 Quality Management Systems – Requirements, 17/12/2000

EN ISO 9004:2000 Quality Management Systems – Guidelines For Performance Improvements, 17/12/2000

EN ISO 14001:1996 Environmental Management Systems – Specification With Guidance For Use

EN ISO/FDIS 14001:2004 Environmental Management Systems – Requirements With Guidance For Use

EN ISO/FDIS 14004:2004 Environmental Management Systems – General Guidelines On Principles, Systems and Support Techniques

Erginel N., (2001) “Ölçüm Sisteminin Güvenirliliği ve Seramik Sektöründe Bir Uygulama”,

## 2. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu İTÜ Maçka, İstanbul

Ermer D. S., Roepke J.R., (1991) “An Analytical Analysis of Control”, ASQC Quality Congress Transaction American Society For Quality Control-Milwaukee,

Esin A., (1993) “ISO 9000 Serisi Standartların Yorumu, Kalite Güvencesinde Sistem Anlayışının Temel İlkeleri”, O.D.T.Ü. Yayını, Ankara

Feigenbaum A., (1983) “Total Quality Control”, McGraw – Hill,

Filiz A., (Şubat 2003) “ISO/TS 16949 Otomotivde Kalite Yönetim Sistemleri (I)”, Endüstri&Otomasyon Dergisi, Sayı:77,

Fine E. S., (1997) “Use Variables Charting For Proactive Control”, ABD

Ford, (2001) “Ford Vehicle Operations SPC Manual”

Frigon L. N., Mathews D., (1997) “Practical Guide to Experimental Design”, John Wiley&Sons Inc.

Imai M., (1994) “Kaizen Japonya’nın Rekabetteki Başarısının Ahantarı”, Brisa Yayınları, İstanbul

ISO 1101, (2004), Geometrical Product Specifications (GPS) -- Geometrical Tolerancing -- Tolerances of Form, Orientation, Location and Run-out.

ISO 7870, (1993) “Control Charts – General Guide And Introduction”

ISO 8258, (1991) “Shewhart Control Charts”

ISO/TS 16949:1999, Technical Specification, Quality Management Systems

ISO/TS 16949:2002, Technical Specification, Quality Management Systems

Jonens G., Robert M., (1990) “Optimised Production Technology” IPS Publications, UK

Juran J. M., (1951) “Quality Control Handbook”, McGraw-Hill Book Company Inc.

Juran J. M., (1975) “Quality Control Handbook”, McGraw – Hill

Juran J. M., Gryna F. M., (1980) “Quality Planning And Analysis”; McGraw-Hill; 2nd

Juran J. M., Gryna F. M., (1988) “Juran’s Quality Control Handbook”, 4th edition, McGraw-Hill

Kartal M., (1999) “İstatistiksel Kalite Kontrol”, Şafak Yayınevi, Sivas

Kavrakoğlu I., (1990, 22 – 23 Kasım) “Toplam Kalite Kontrolünün Getirdikleri”, Türk – Alman Sempozyumu Kalite Güvenliği ve Uluslararası Standartlar, İstanbul

Kobu B., (1981) “Endüstriyel Kalite Kontrolü”, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul

Lafferty J. P., (1992) “ $C_{pk}$  Of 2 Not Good Enough For You”, Manufacturing Engineering Journal, October

Ledolter J., Swersey A., (1997) “An Evaluation Of Pre-control”, Journal of Quality Technology, Vol:29, No:2

Logothetis N., (1990) “The Theory of Pre-control: A Serious Method Or A Colourful

- Naivity?", International Journal Of Total Quality Management, Vol: 1, Issue: 2
- Lupe C., (Ekim 2002) "ISO/TS 16949 The Clear Choice For Automotive Suppliers", Quality Progress, 35, 10
- Mackertich N.; (1990), "Precontrol vs. Control Charting A Critical Comparision", Quality Engineering, 2; 3
- Mast D.J., Roes K. C. B., Does R. J. M. M., (2001) "The Multi-Vari Chart: A Systematic Approach", Quality Engineering, V:13, Iss: 3
- Mcatee, M., (Kasım 2002) "Perspectives On ISO/TS 16949:2002 Implementation Exploring ISO/TS 16949", The Automotive Industry Action Group
- Miller G. L., Krumm L. L., (1993) "The Whats, Whys, And Hows Of Quality Improvement", ASQS Quality Press
- Montgomery D. C., (1991) "Introduction To Statistical Quality Control", John Wiley&Sons, 2nd
- Munro R. A., (Ocak 2002) "Future of APQP and PPAP In Doubt", Quality, 41, 1
- Munro R. A., (Şubat 2003) "Roadblocks To Quality", Quality Progress, 36, 2
- Olorunniwo F., Knight J. E., (1992) "Monitoring Process Capasility From Pre-control"; Proceedings Of 23rd Annual Meeting Of Decisin Sciences Institute
- Olorunniwo F., Knight J. E., (1995) "Monitoring Process Parameters With Pre-control", Journal of Operations Management, Vol:12, Issue:2
- Onal G., (1993) "Temel İşletmecilik Bilgileri", Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul
- Osanna P. H., Durakbaşa M. N. (1989) "Lageabweichungen bestimmen die Werkstückgenauigkeit. wt-Werkstattstechnik" 79, Nr.3, S. 141/145
- Osanna P. H., Durakbaşa M. N., Cakmakci M. und Oberländer R.(1992) "Cylindricity - A Well Known Problem and New Solutions." Int. J. Mach. Tools Manufact. Vol.32, No. 1/2, 91/97
- Osanna P.H., Durakbaşa N. M., Si L. (2001) "Intelligent Quality Management and Metrology in Modern Factory Environment" Proceedings of International Working Conference "Total Quality Management - Advanced and Intelligent Approaches", Editor: V. Majstorovic, Subotica-Palic, YU, 2001, 11/20
- Osanna P. H., Durakbaşa M. N., Afjehi-Sadat A., (2004) "Quality In Industry", Abteilung Austauschbau Und Messtechnik TU AuM, Wien
- Ölçüm Sistemleri Analizi Referans El Kitabı, (1995) Amerikan Kalite Kontrol Derneği
- Özbaşıoğlu F., (Ekim 2001) "Otomotiv Yan Sanayi Standartları", Kaliteli Yönetim Dergisi, Meyer Ltd., Yıl:1, Sayı:2, İstanbul
- Pekdemir İ. M., (1992) "İşletmelerde Kalite Yönetimi", İstanbul
- Perez-Wilson M., (2003) "Multi-Vari Chart&Analysis – A Pre-experimentation Technique", Advanced Systems Consultants, Arizona
- Prasad S., (1990) "Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using

FMEA Technique”, IEEE

Production Part Approval Process, PPAP 3rd Edition, (2000) Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation

Quality System Requirements, (1995) Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation

Reid R. D., (Ağustos 2002 – b) “Purchaser And Supplier Quality”, Quality Progress, 35, 8

Reid R. D., (Ocak 2002 – a) “Automotive Quality Management System Evolves”, Quality Progress, 35, 1

Rüzgar N. S., (1998) “Üretim Sistemleri Analizi ve Bir Üretim Sisteminin Simülasyon Modellemesine İlişkin Bilgisayar Destekli Uygulama”, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul

Scrimshire D., (2000) “QS 9000 Goes International With ISO/TS 16949”, 54th Annual Quality Congress Proceedings

Seder L.; (1990); “Diagnosis With Diagrams”; Quality Engineering; 2; 4

Serarslan N., (1996) “MESS Üyelerinde İstatistiksel Kalite Kontrol”, İstanbul

Serarslan N., Yedekkesici B., (1995) “İstatistiksel Yöntemlerin Kalite Kontrolde Kullanılmasının Önemi ve Türk Metal Sanayinde Uygulanma Yaygınlığı, 4. Ulusal Kalite Kongresi, Kasım

Shainin D., (1984) “ Better Than Good Old X-bar&R Charts Asked By Vendees” ASQC-Quality Congress Transactions, Chicago

Shainin D., Shainin P., (1989) “Pre-control Versus X-bar&R Charting: Countinuous Or Immediate Quality Improvement?”, Quality Engineering, 1, 4

Shingo S., (1986) “Zero Quality Control: Sourse Inspection and The Poka-Yoke System”, Productivity Press, USA

Sinibaldi F. J., (1985) “Pre-Control Does It Really Work With Non-Normality”, ASQC – Quality Congress Transactions, Baltimore

Snee R. D., (2001) “My Process Is Too Variable Now What Do I Do?”, Quality Progress, V:34, N:12, December

Snee R. D., (2003) “Eight Essential Tools”, Quality Progress, 36, 12, 86-88

Snell T., Atwater J. B., (1996) “Using Poka-Yoke Concepts To Improve A Military Retail Supply System”, Production And Inventory Management

Şanslı Ş., (2004) “ Measurement System Analysis Using Designed Experiments With Minimum Alfa-Beta Risks and n”, Measurement, 36, 131-141

Stamatis D. H., (1995) “FMEA from theory to Execution”, ASQC Quality Press, Wisconsin

Statistical Process Control Reference Manuel, (1995) Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation

Straker D. A., (1994) “A Toolbook For Quality Improvement And Problem Solving”, Prentice Hall, London



- Şekeroğlu Ö., (1996) “Kalite Yönetiminin Sistem Araçlarına Bakış”, YA/EM
- Şimsek M., (2001) “Toplam Kalite Yönetimi”, Alfa Yayım Dağıtım, İstanbul
- Şirvancı M., (1997), “Kalite İçin Deneysel Tasarım”, Literatür Yayıncılık, İstanbul
- Tan S., Peşkirioğlu N., (1989) “Kalitesizliğin Maliyeti”, MPM Yayını Ankara
- Taptık Y., Keleş Ö., (1998) “Kalite Savaş Araçları”, Kalder Yayınları No:23, İstanbul
- Traver R. W., (1985) “Pre-control: A Good Alternative To X-bar and R Chars”, Quality Progress, 17, Sep.
- TS ISO 9000: 2000, Kalite Yönetim Sistemleri – Temel Kavramlar, Terimler ve Tarifler, Mart 2001
- TS ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemleri – Şartlar, Kasım 2001
- TS ISO 9004:2000 Kalite Yönetim Sistemleri– Performans İyileştirmeleri İçin Klavuz, Nisan 2001
- TS ISO 9005 Kalite Sözlüğü, TSE, Türk Standartları Enstitüsü 1991, Ankara
- Turgay D. (2003), “ Kalibrasyon” KOSGEB Eğitimi, İstanbul
- Uğur N. A., (1997) “Kalite Kontrolde İstatistiksel Yöntemler” KOSGEB; No: 43
- Vermani S. K., (2000) “SPC Modified With Percent Tolerance Precontrol Charts”, Quality Progress, October
- Vuran A., (1985) “İstatistik II”, 3. Baskı, Nihad Sayar Yayın ve Yardım Vakfı, Venüs Ofset, İstanbul
- Wadsworth H. M., Stephens K. JR., Godfrey A. B., (1996) “Modern Methods Of Quality Control And Improvement”, John Wiley&Sons, 2nd Edition
- Yamak O., (1998) “Kalite Odaklı Yönetim”, Panel Matbaacılık, İstanbul
- Zaciewski R. D., Nemeth L., (1995) “The Multi-Vari Chart: An Underutilized Quality Tool”, Quality Progress, V: 28, Iss: 10,
- Zairi M., (1993) “Total Quality Management”, Gulf Publishing Company

## **INTERNET KAYNAKLARI**

- [1][www.iso.org/iso/en/iso9000-14000;2003](http://www.iso.org/iso/en/iso9000-14000;2003)
- [2][www.apesma.asn.au](http://www.apesma.asn.au) “Bertie M., Quality 2000 (ISO 9000:2000)”
- [3][www.iso9000y2k.com](http://www.iso9000y2k.com)
- [4][www.orau.gov/PBM/handbook/2p10html](http://www.orau.gov/PBM/handbook/2p10html) “PBM Special Interest Group, Ahandbook Of Techiques And Tools”
- [5]<http://deming.eng.elemson.edu/pub/tutorials/qctools/scatm.htm> “Kimbler D. L., Scatter Diagrams”
- [6][www.cox.smu.edu./jgrout/mistakep.html](http://www.cox.smu.edu./jgrout/mistakep.html), “Grout J. R., Mistake-Proofing Production”,

Southern Methodist University”

[7][www.stat.fi/isi99/proceedings/artisto/varasto/does0107.pdf](http://www.stat.fi/isi99/proceedings/artisto/varasto/does0107.pdf), “Does R. J. M. M., Real-Life Problems And Industrial Statistics”

[8][www.igeme.org.tr/TUR/bakis/sayi%2025/bakis2548.htm](http://www.igeme.org.tr/TUR/bakis/sayi%2025/bakis2548.htm)

[9][www.foreigntrade.gov.tr/ead/ticaret/kuresel/turkiyeoto.htm](http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/ticaret/kuresel/turkiyeoto.htm)

[10][www.igeme.org.tr/TUR/bakis/sayi%2026/bakis2640.htm](http://www.igeme.org.tr/TUR/bakis/sayi%2026/bakis2640.htm)

[11][www.tbb.gen.tr/turkce/iktisat/sanayi.html](http://www.tbb.gen.tr/turkce/iktisat/sanayi.html)

[12][www.çalışma\\_yapılan.com.tr](http://www.çalışma_yapılan.com.tr)

Ek A Kontrol kartlarında kullanılan katsayılar tablosu

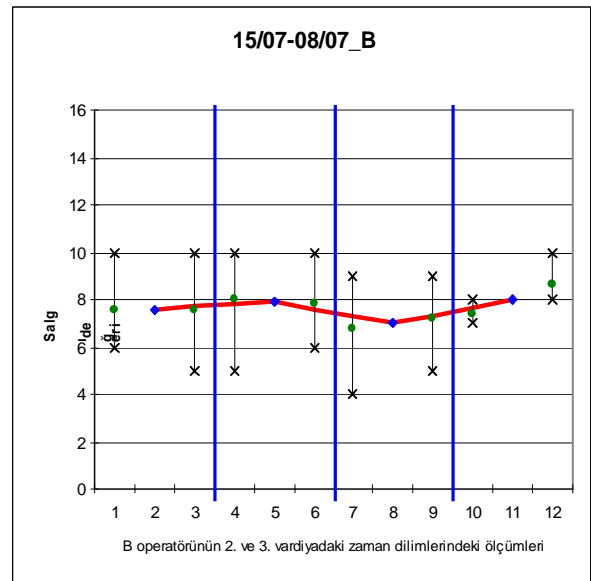
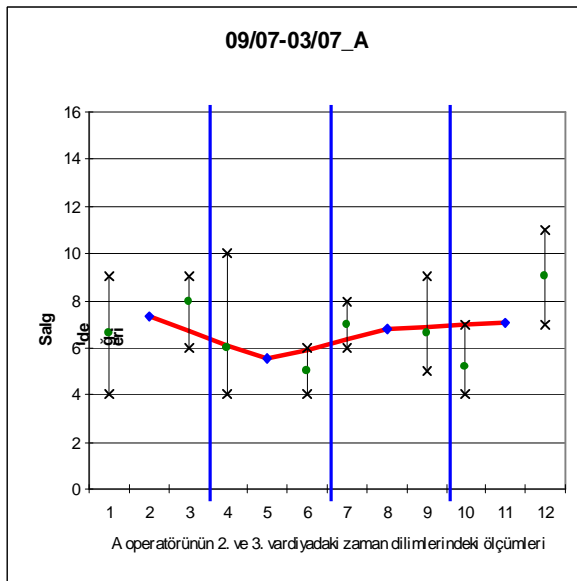
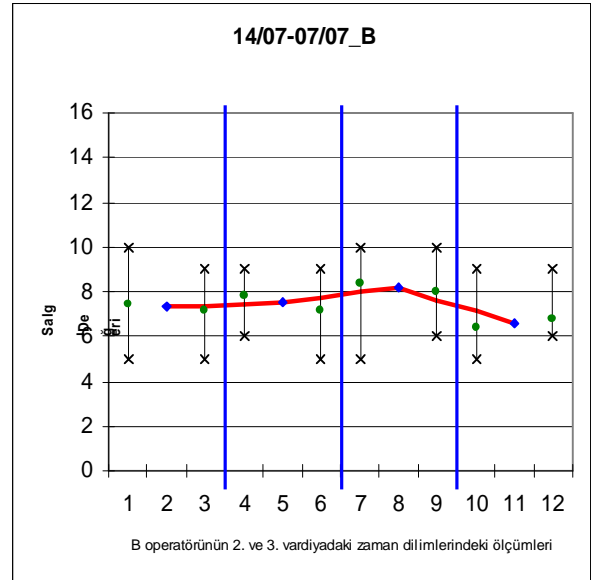
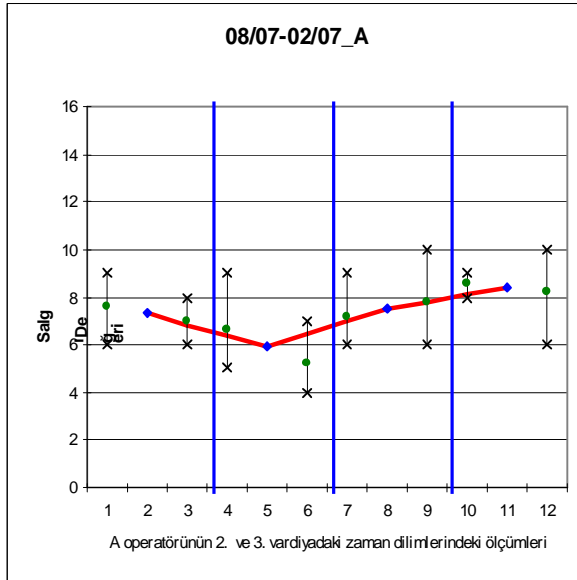
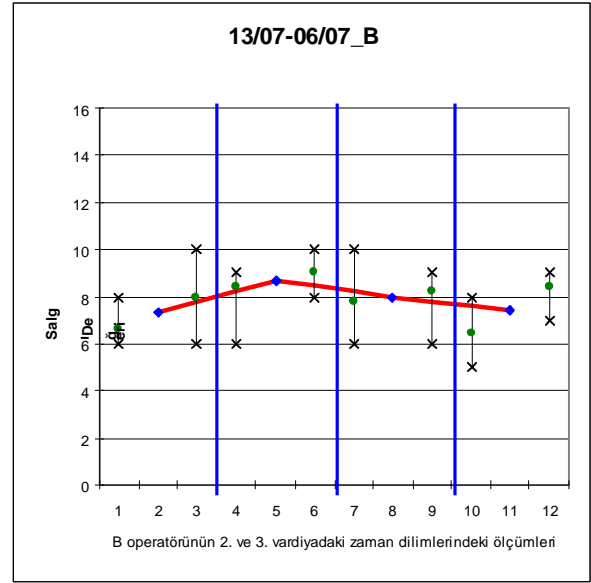
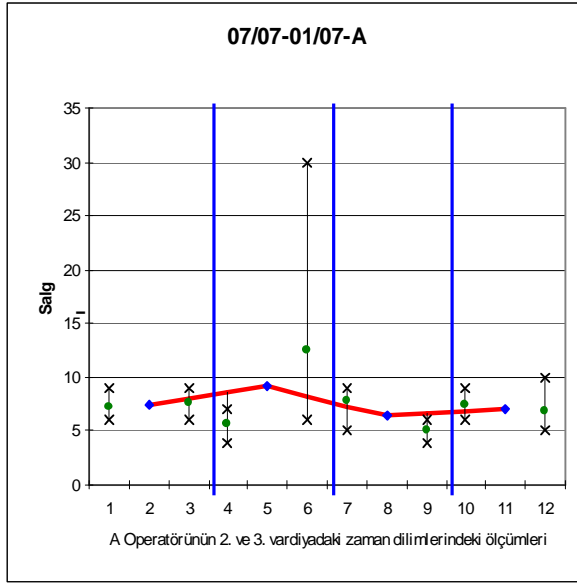
Alt gruptaki örnek sayısı <i>n</i>	Kontrol limitleri için katsayı											Merkez çizgisi için katsayılar			
	<i>A</i>	<i>A</i> <sub>2</sub>	<i>A</i> <sub>1</sub>	<i>B</i> <sub>3</sub>	<i>B</i> <sub>4</sub>	<i>B</i> <sub>5</sub>	<i>B</i> <sub>6</sub>	<i>D</i> <sub>1</sub>	<i>D</i> <sub>2</sub>	<i>D</i> <sub>3</sub>	<i>D</i> <sub>4</sub>	<i>C</i> <sub>4</sub>	1/ <i>C</i> <sub>4</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	1/ <i>d</i> <sub>2</sub>
2	2,121	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	2,606	0,000	3,686	0,000	3,267	0,797 9	1,253 3	1,128	0,886 5
3	1,732	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,276	0,000	4,358	0,000	2,574	0,886 2	1,128 4	1,693	0,590 7
4	1,500	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,088	0,000	4,698	0,000	2,282	0,921 3	1,085 4	2,059	0,485 7
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,940 0	1,063 8	2,326	0,429 9
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	0,000	5,078	0,000	2,004	0,951 5	1,051 0	2,534	0,394 6
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,204	5,204	0,076	1,924	0,959 4	1,042 3	2,704	0,369 8
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,306	0,136	1,864	0,965 0	1,036 3	2,847	0,351 2
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,393	0,184	1,816	0,969 3	1,031 7	2,970	0,336 7
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,689	0,887	5,469	0,223	1,777	0,972 7	1,028 1	3,078	0,324 9
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,975 4	1,025 2	3,173	0,315 2
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,922	5,594	0,283	1,717	0,977 6	1,022 9	3,258	0,306 9
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,979 4	1,021 0	3,336	0,299 8
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,981 0	1,019 4	3,407	0,293 5
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,741	0,347	1,653	0,982 3	1,018 0	3,472	0,288 7
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,983 5	1,016 8	3,532	0,283 1
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,984 5	1,015 7	3,588	0,278 7
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,608	0,985 4	1,014 8	3,640	0,274 7
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,487	5,891	0,403	1,597	0,986 2	1,014 0	3,689	0,271 1
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,986 9	1,013 3	3,735	0,267 7
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,605	5,951	0,425	1,575	0,987 6	1,012 6	3,778	0,264 7
22	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,659	5,979	0,434	1,566	0,988 2	1,011 9	3,819	0,261 8
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,710	6,006	0,443	1,557	0,988 7	1,011 4	3,858	0,259 2
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,031	0,451	1,548	0,989 2	1,010 9	3,895	0,256 7
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,806	6,056	0,459	1,541	0,989 6	1,010 5	3,931	0,254 4

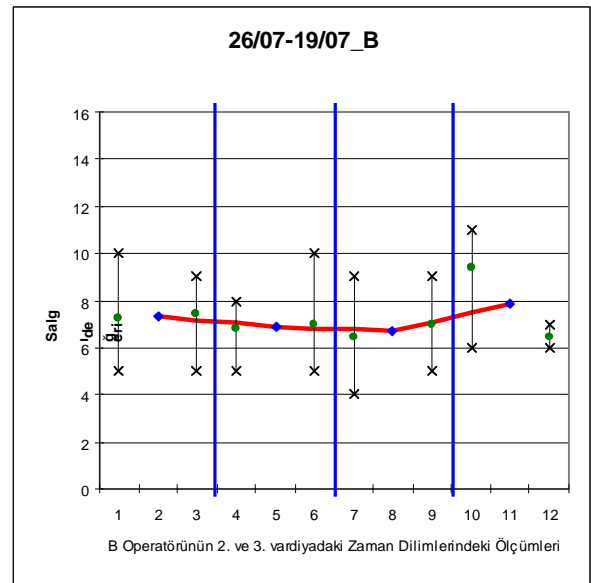
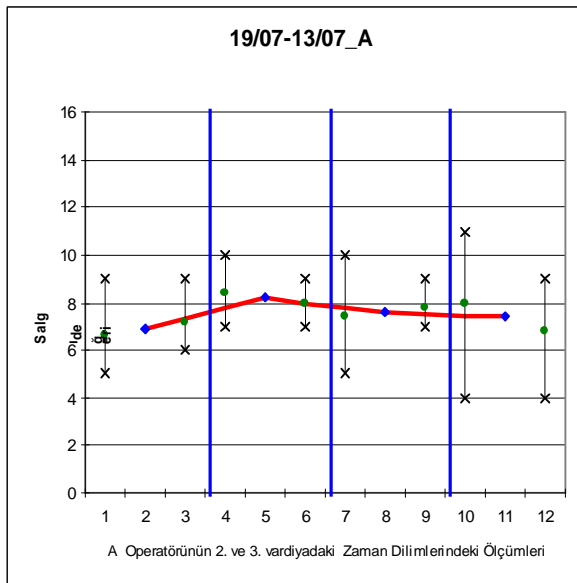
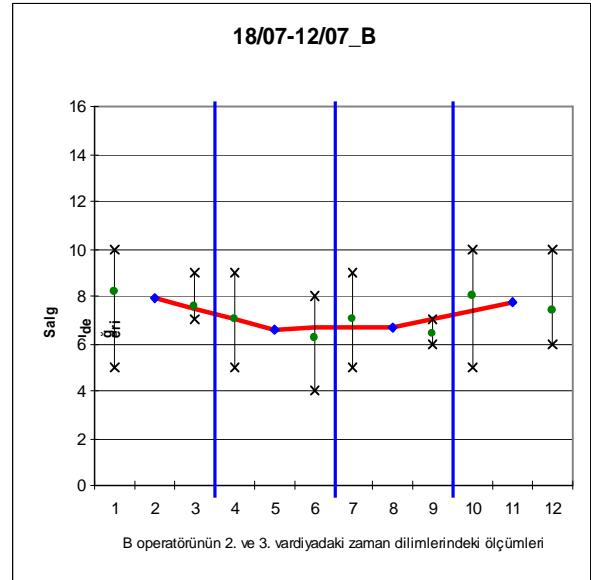
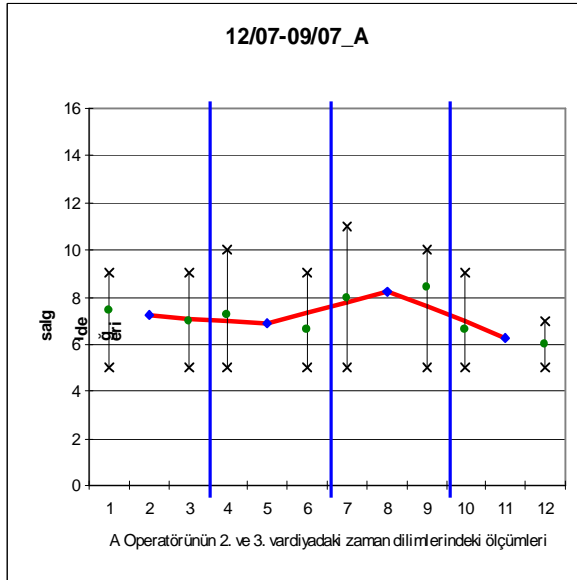
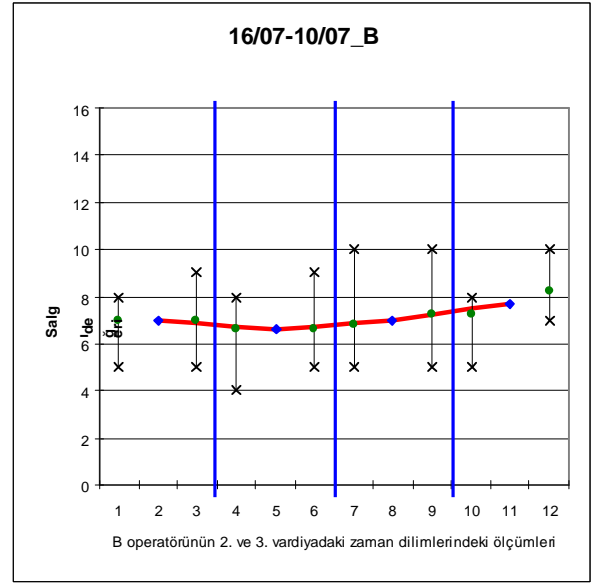
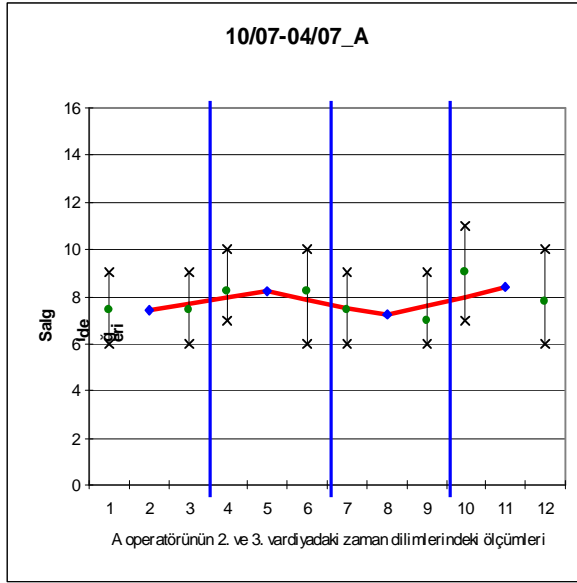
Source: ASTM, Philadelphia, PA, USA.

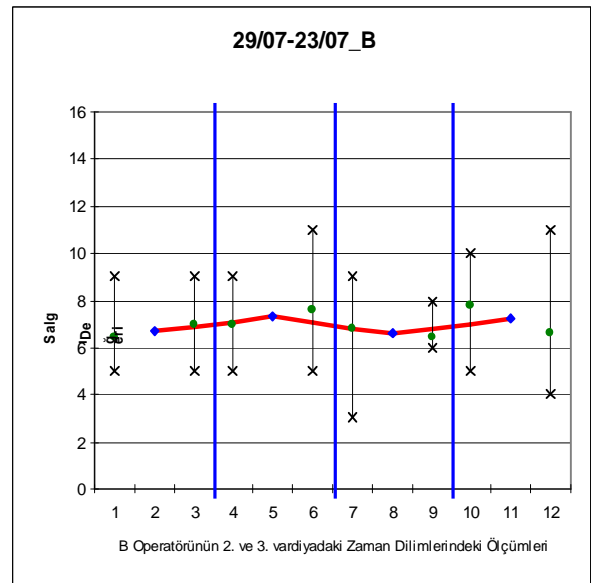
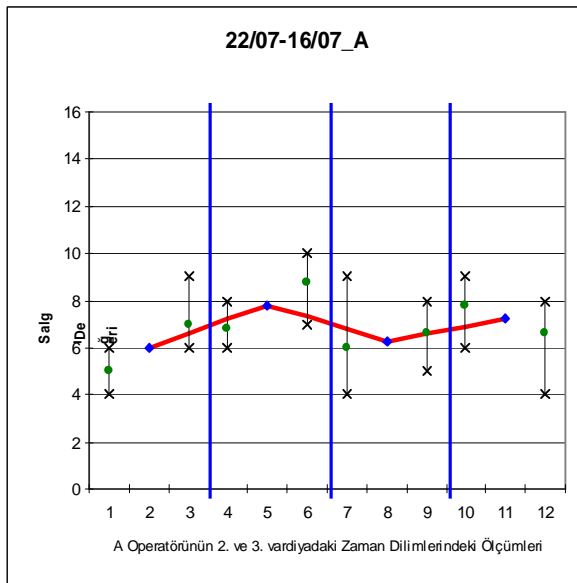
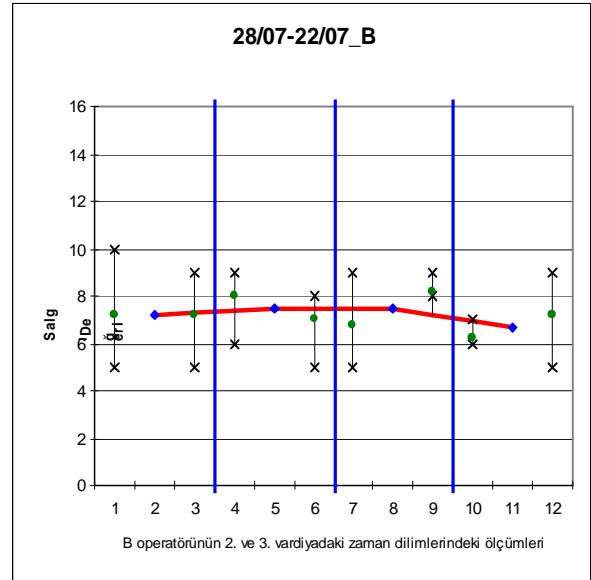
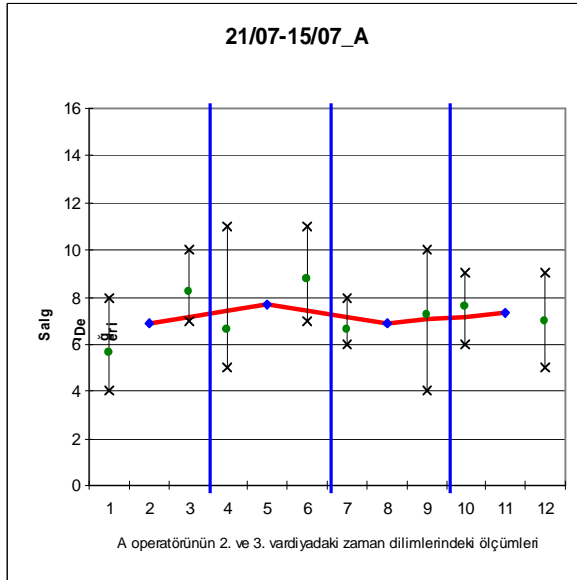
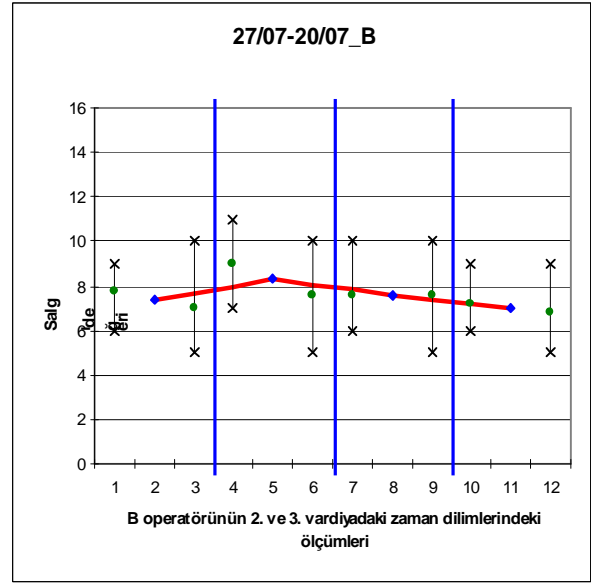
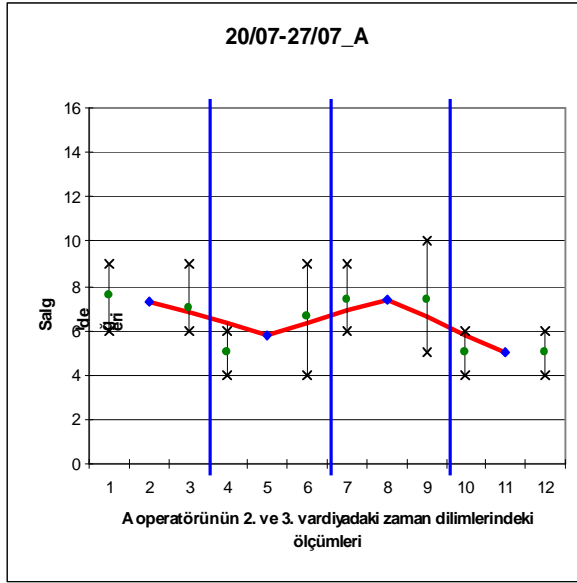
**Ek B : F dağılımı %5**

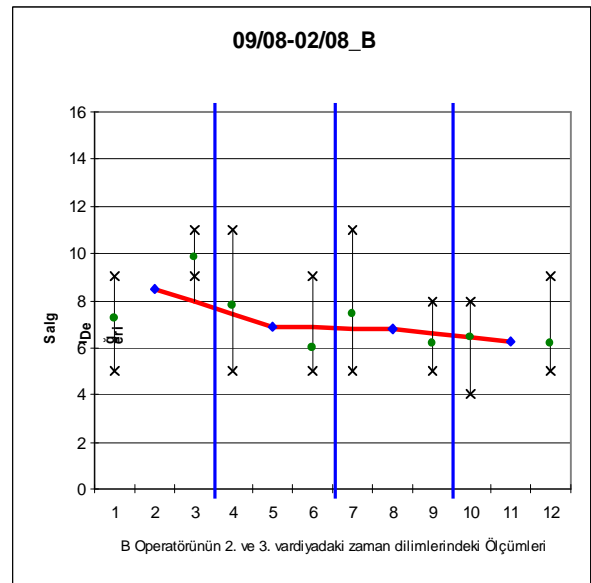
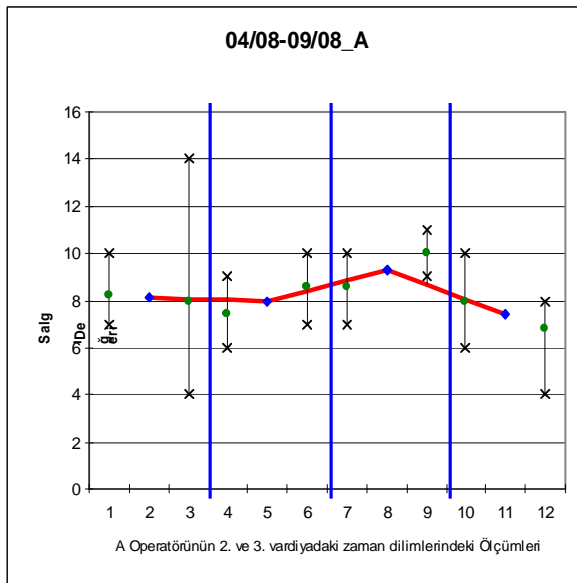
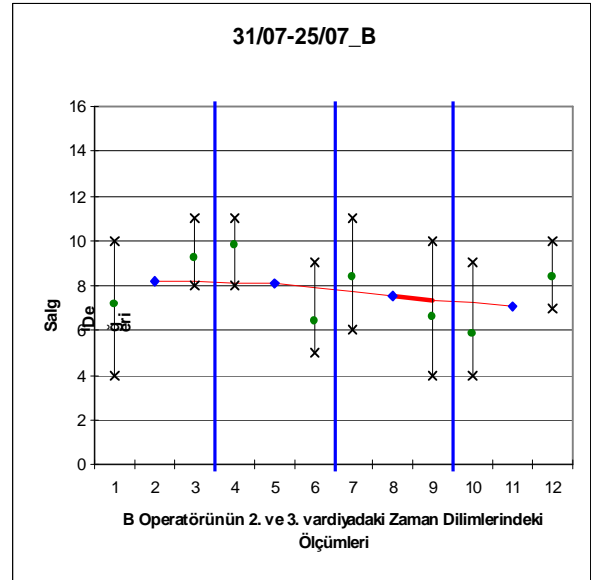
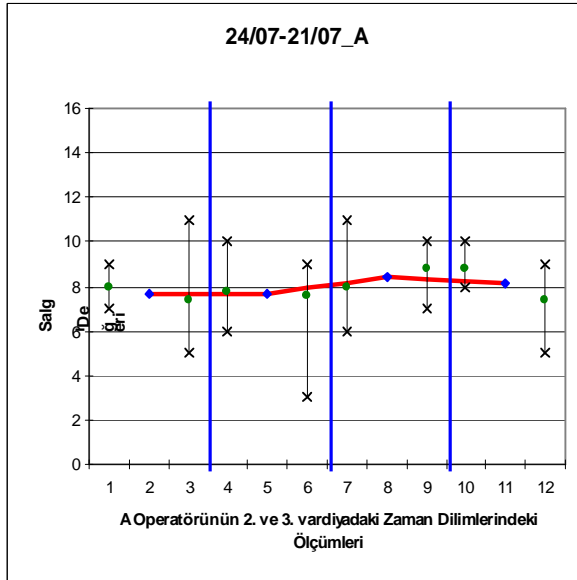
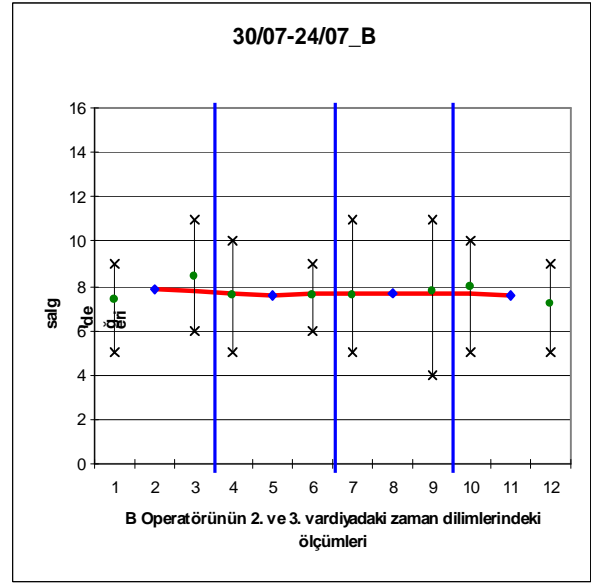
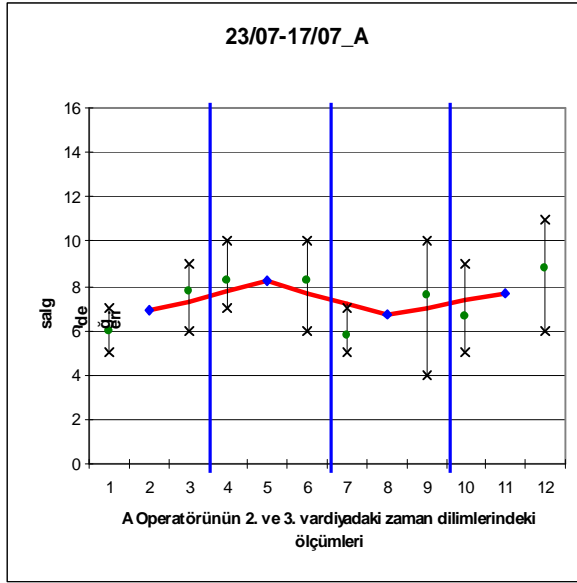
$v_1 \backslash v_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

## Ek C : Zamansal Değerlendirme Grafikleri

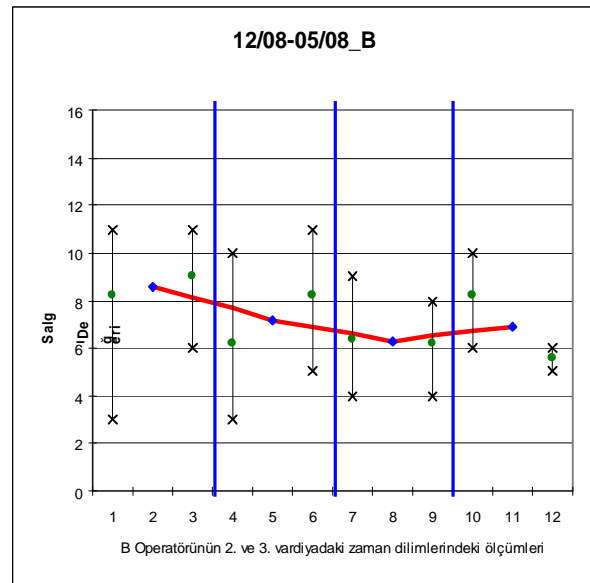
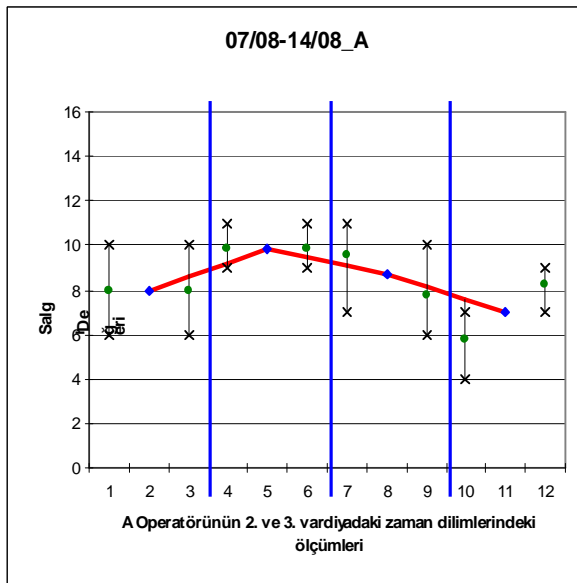
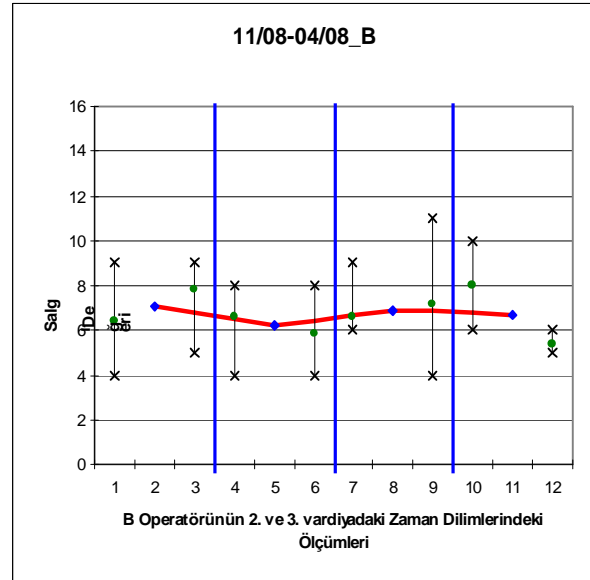
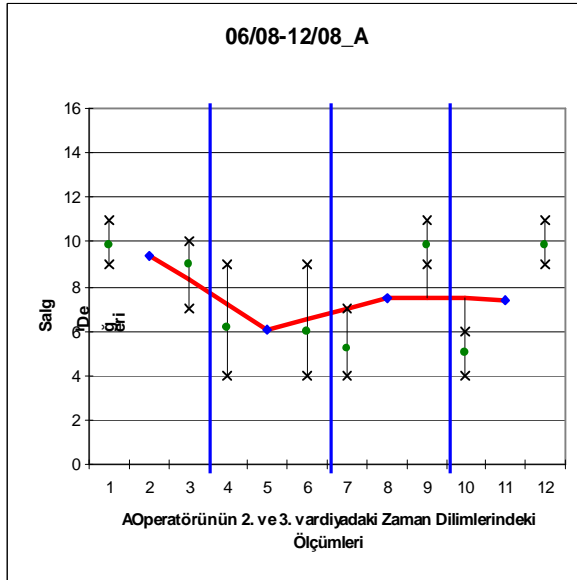
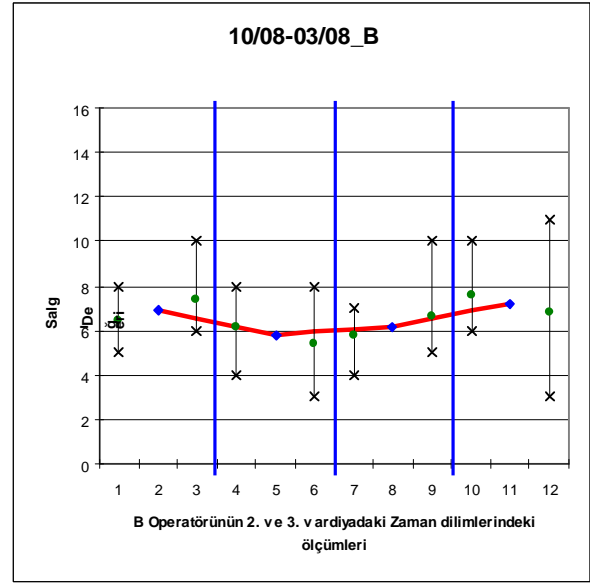
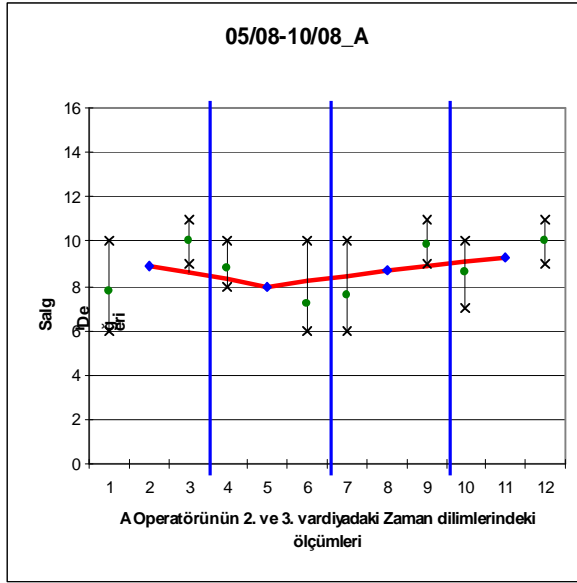


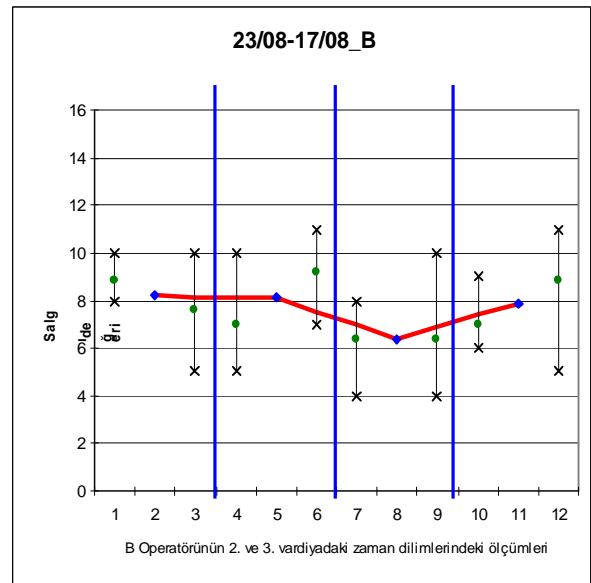
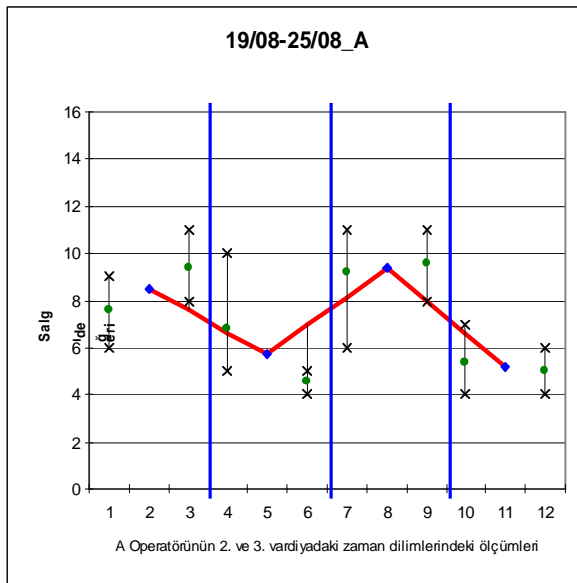
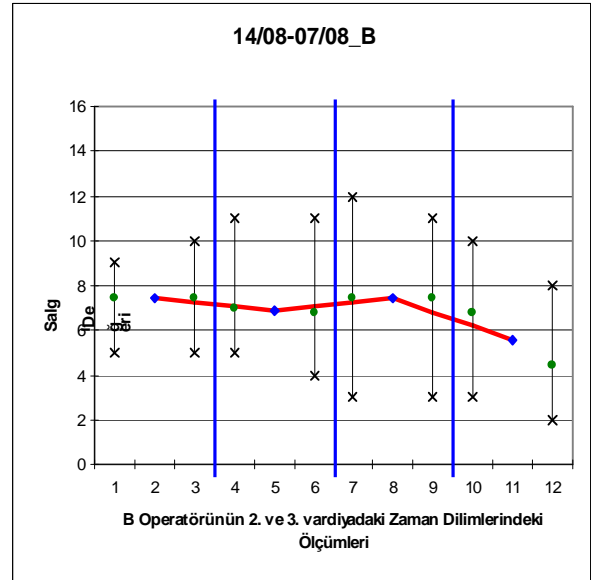
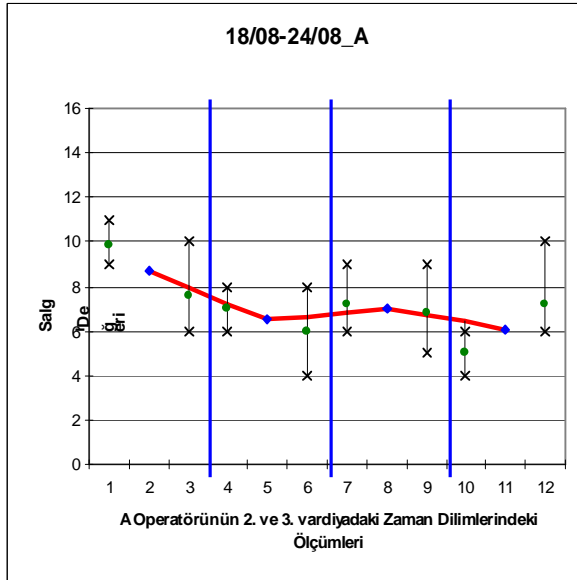
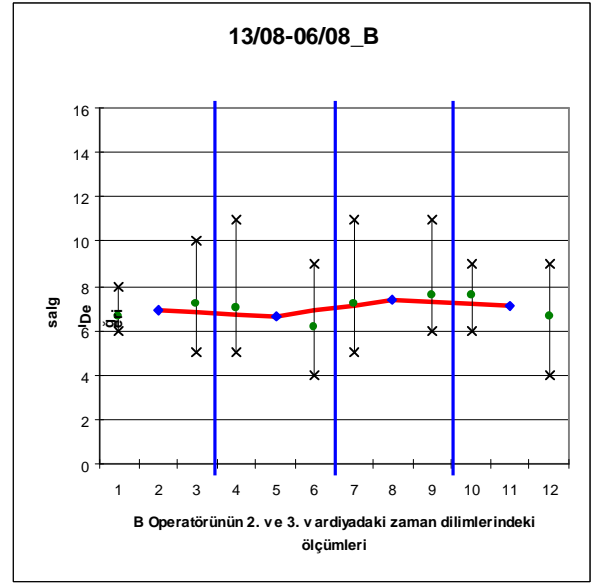
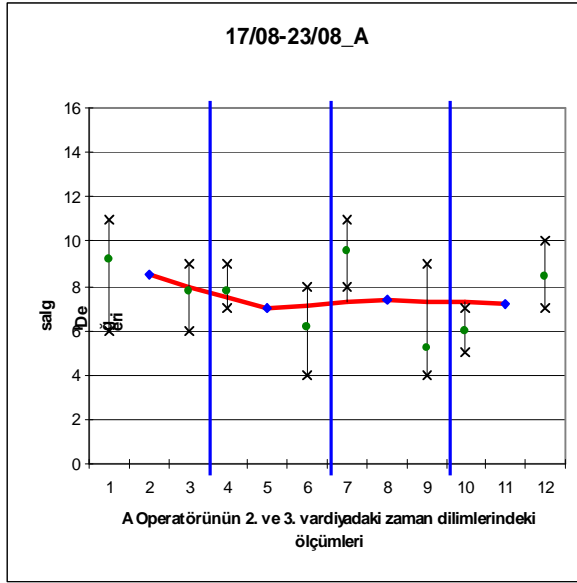


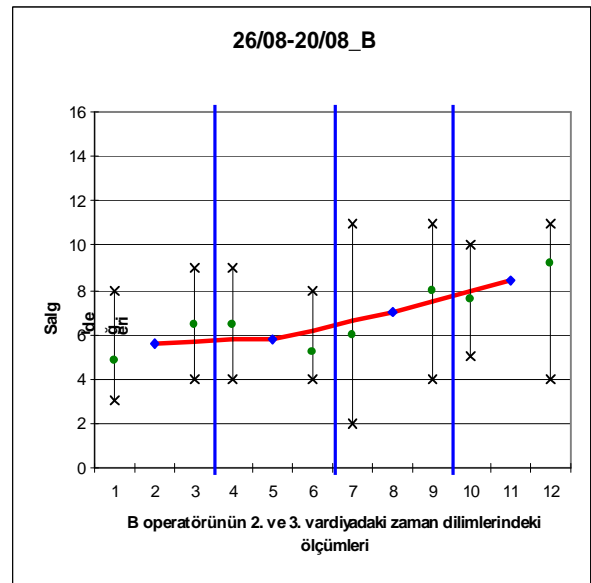
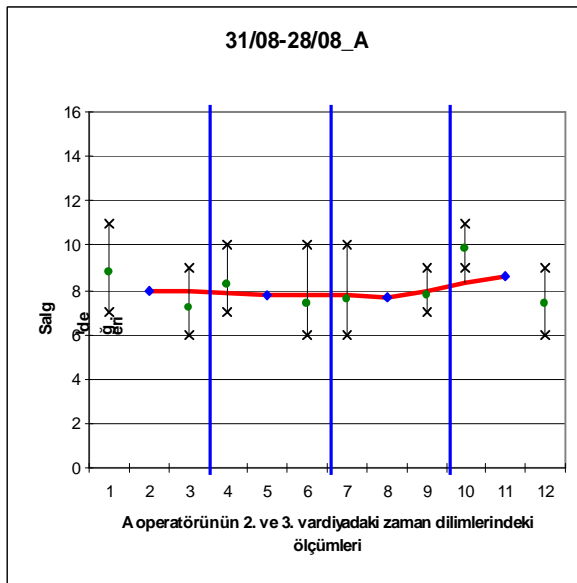
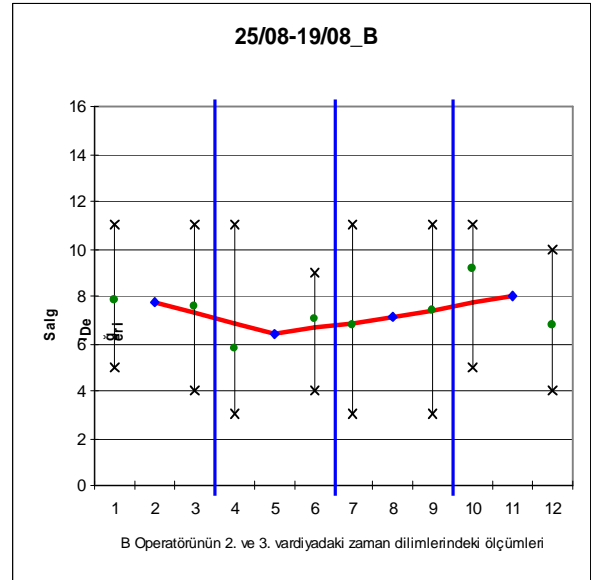
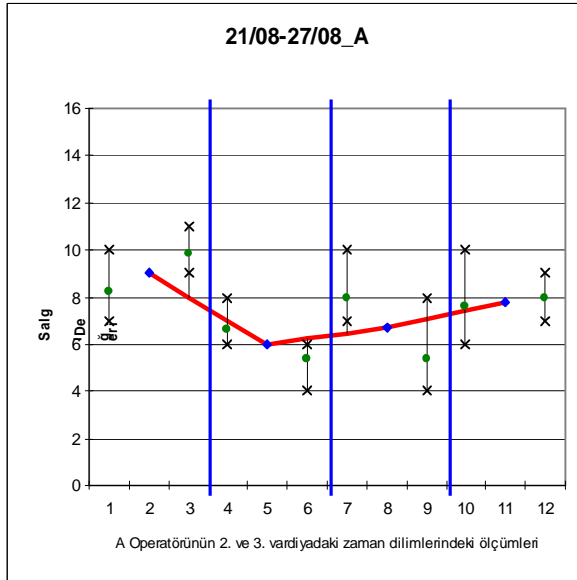
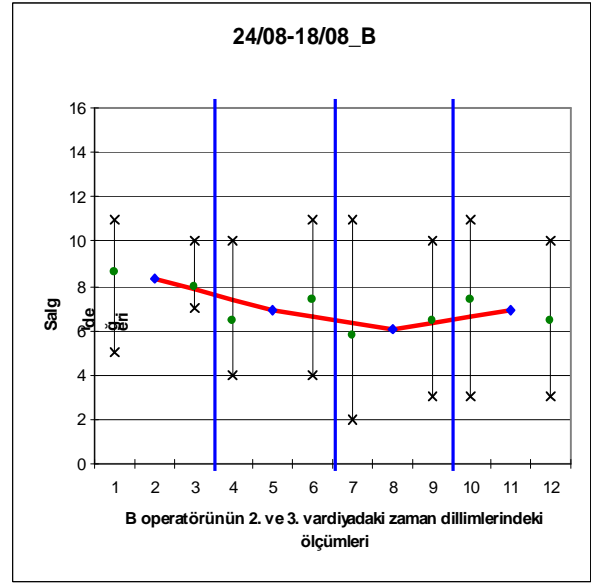
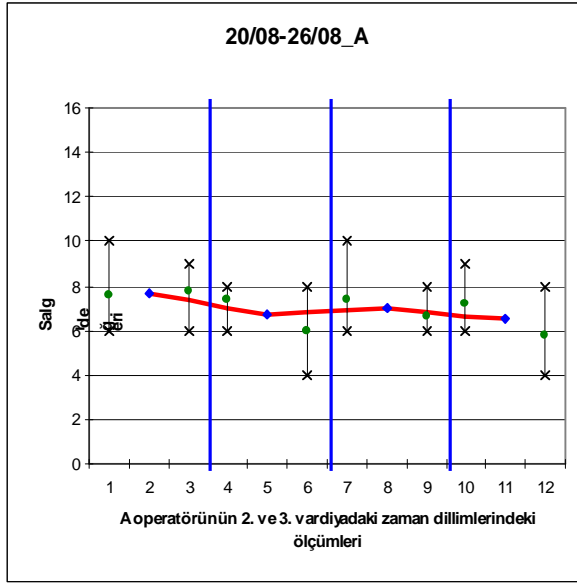


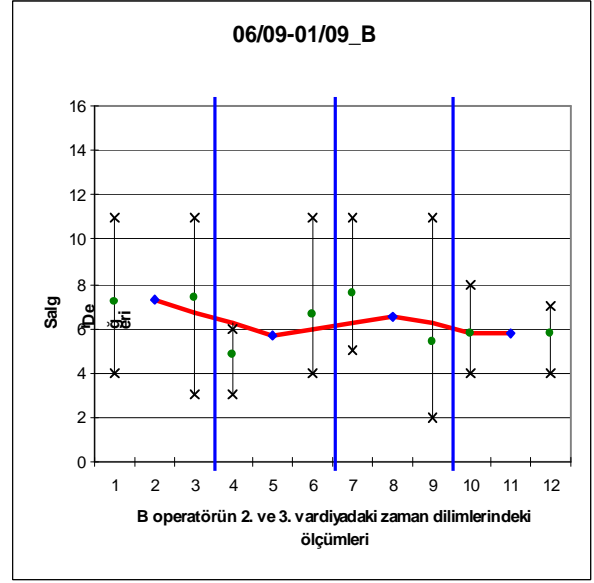
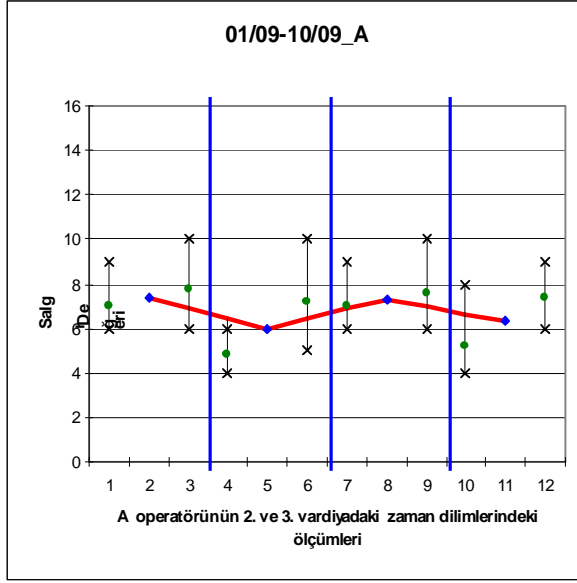




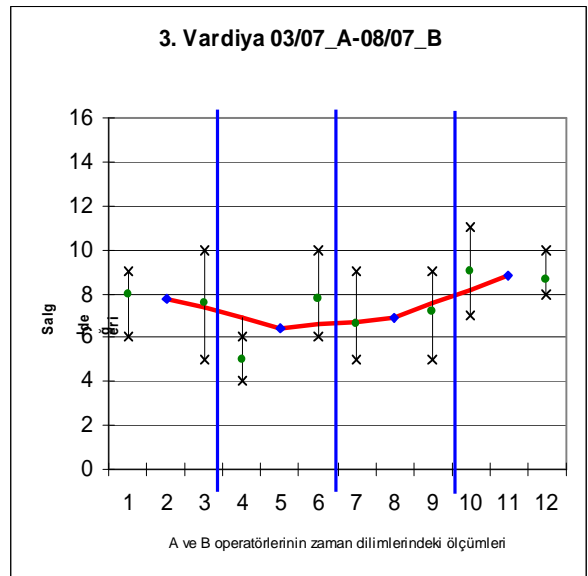
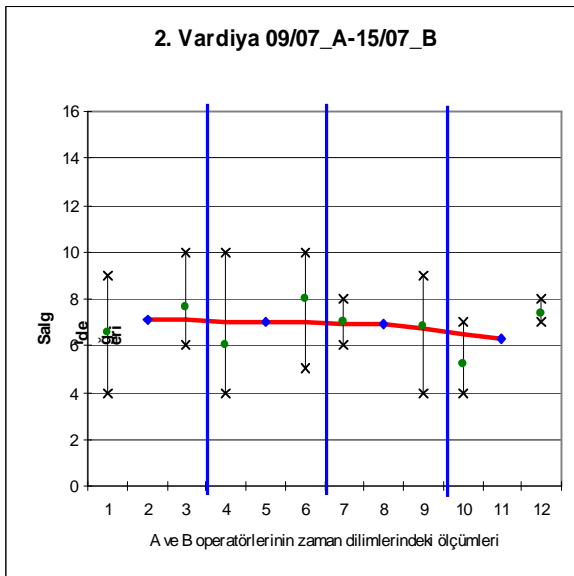
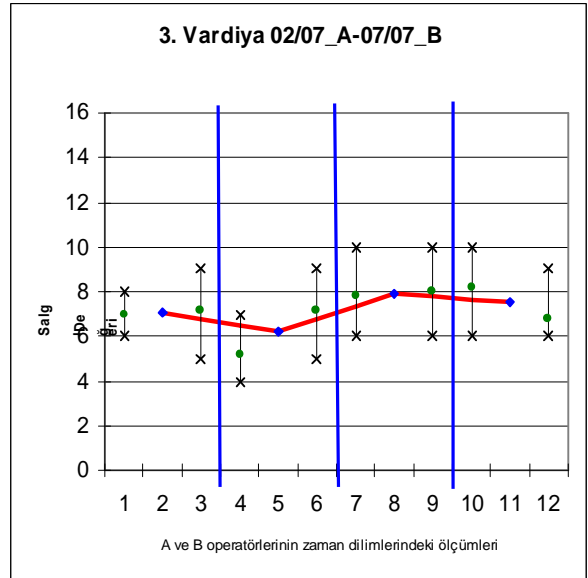
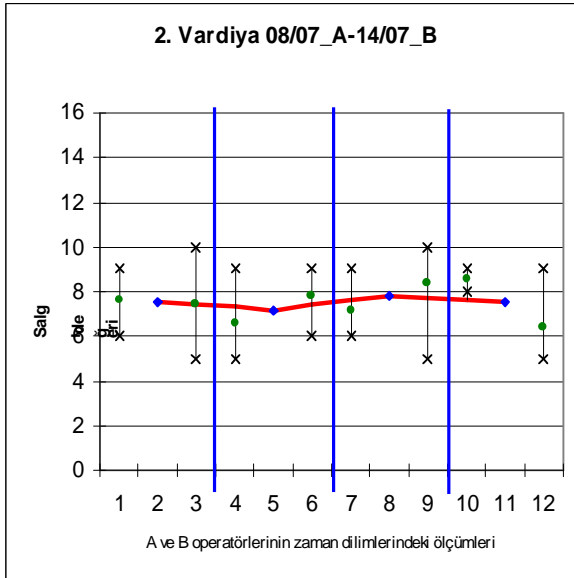
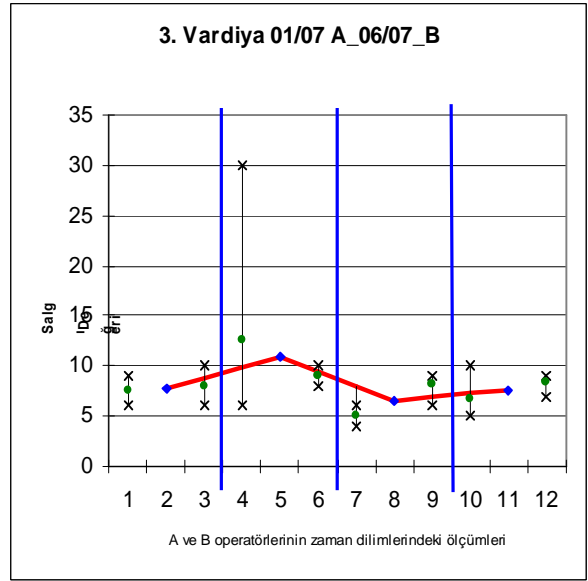
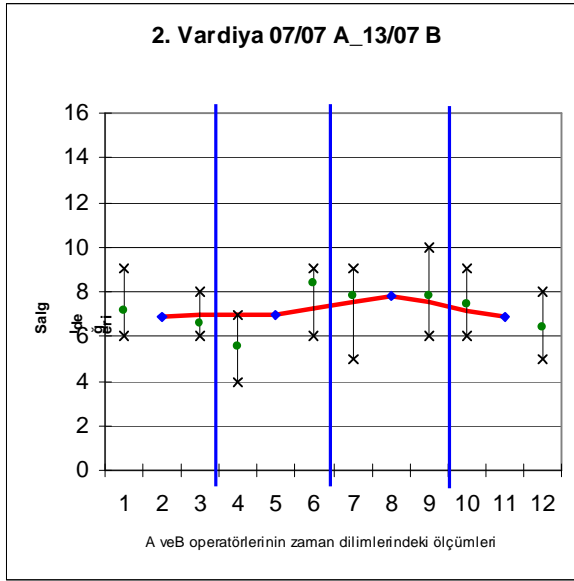


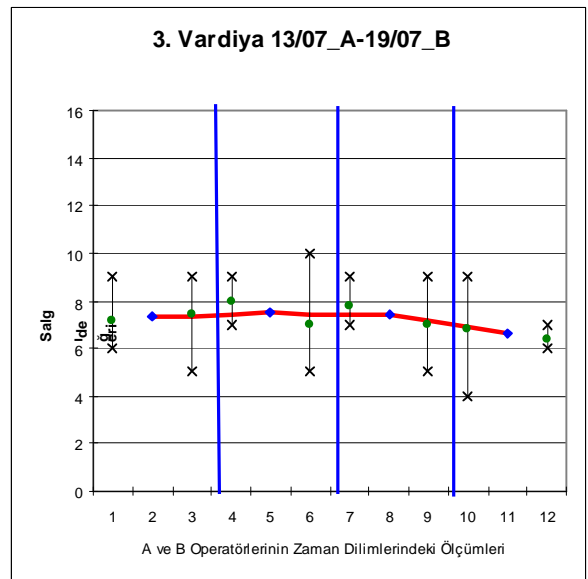
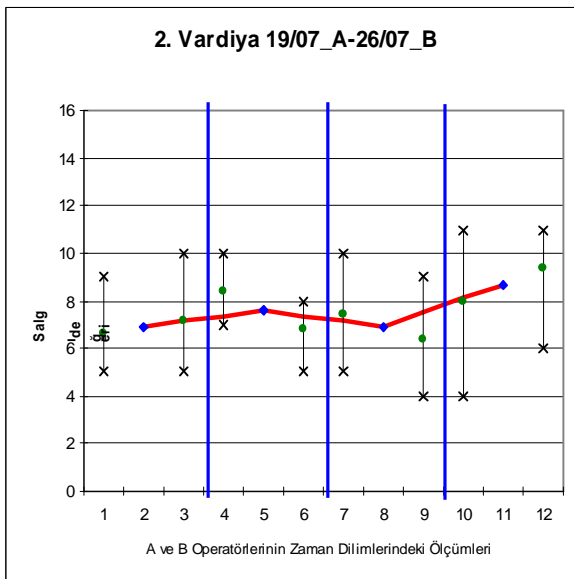
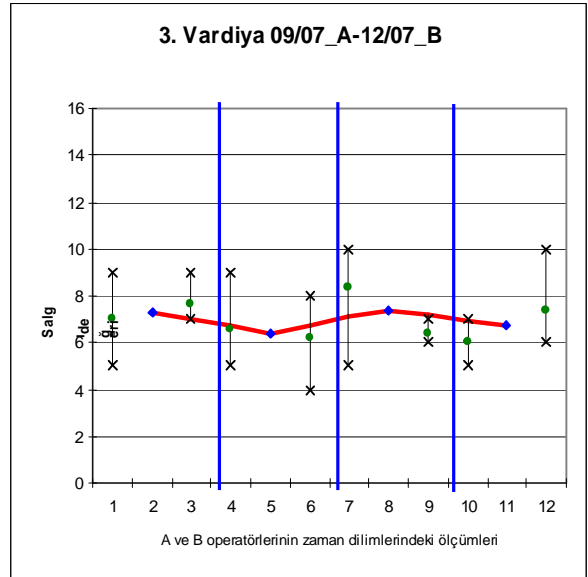
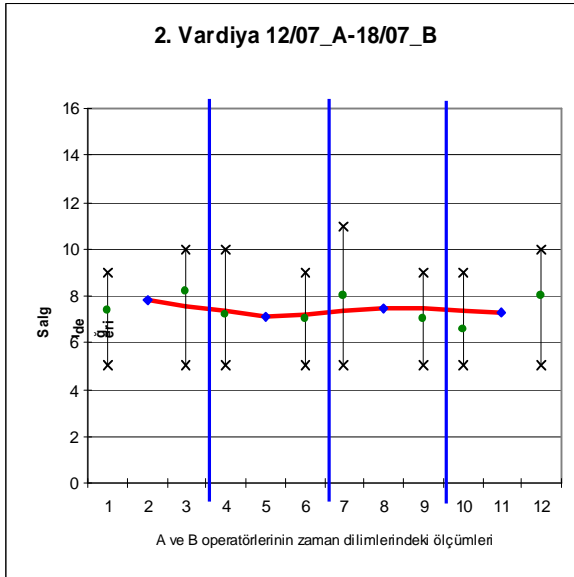
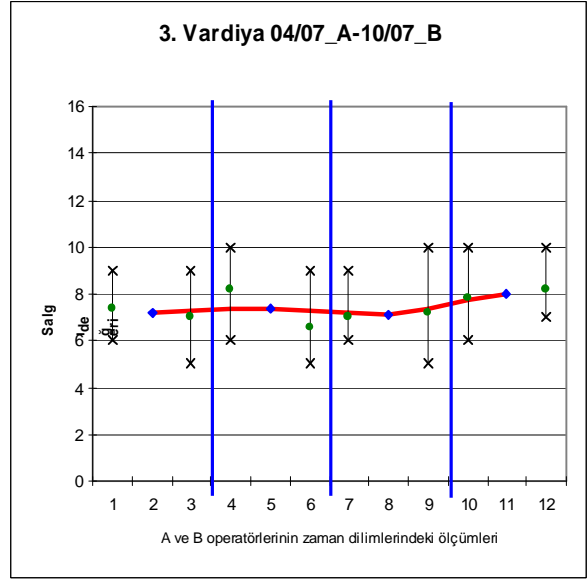
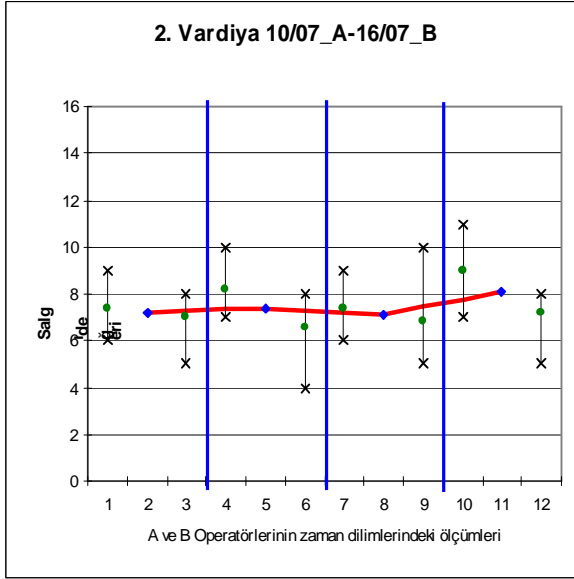


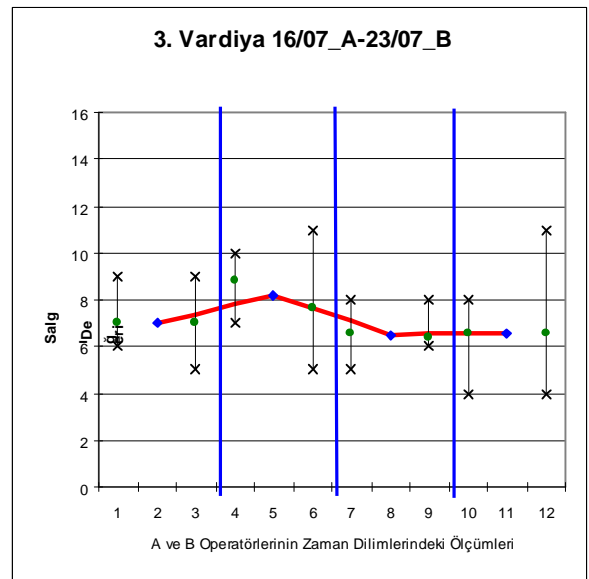
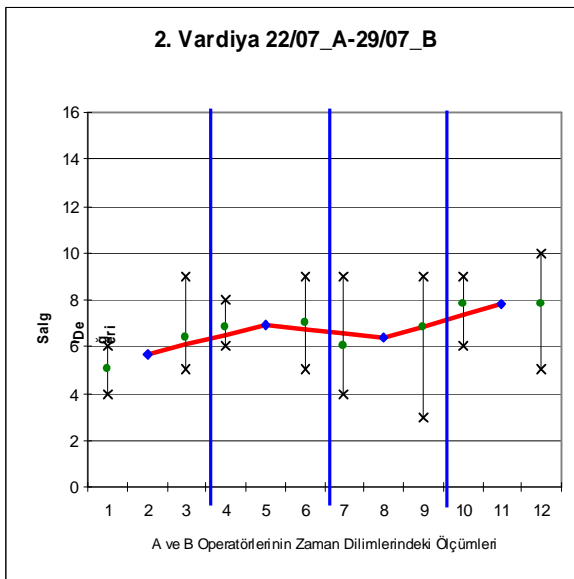
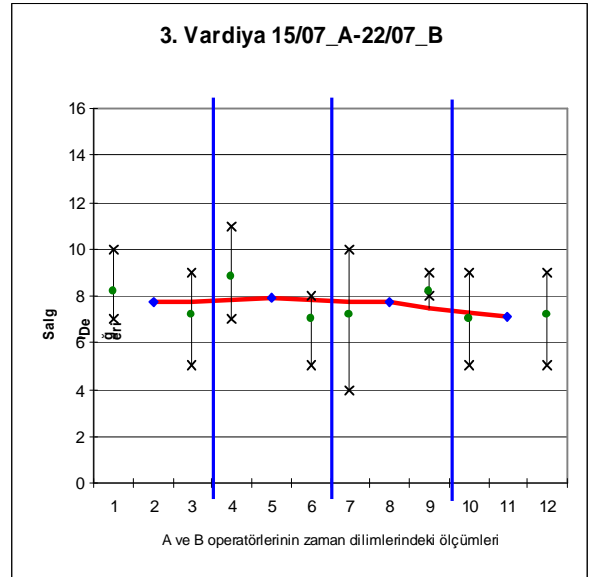
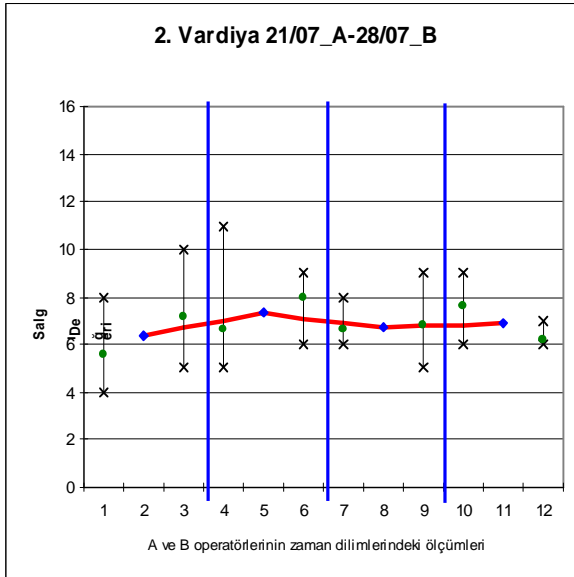
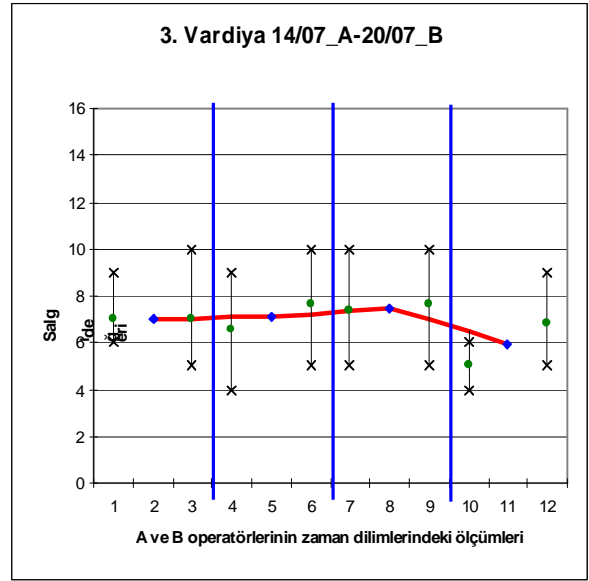
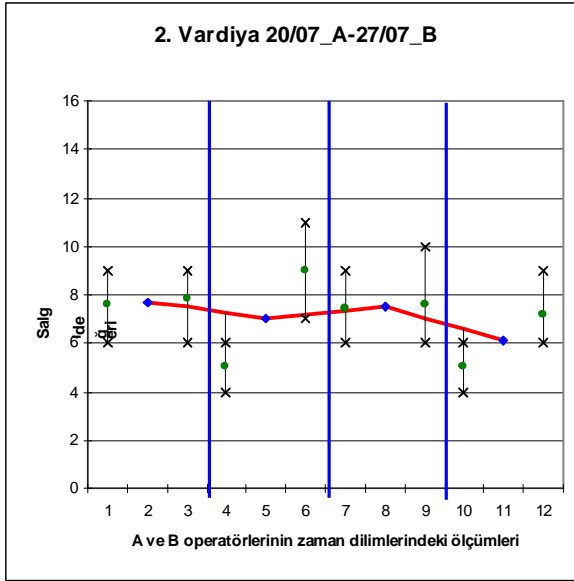




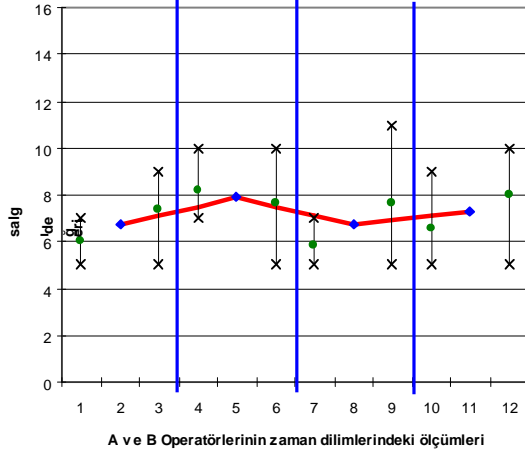
## Ek D : Konumsal Değerlendirme Grafikleri



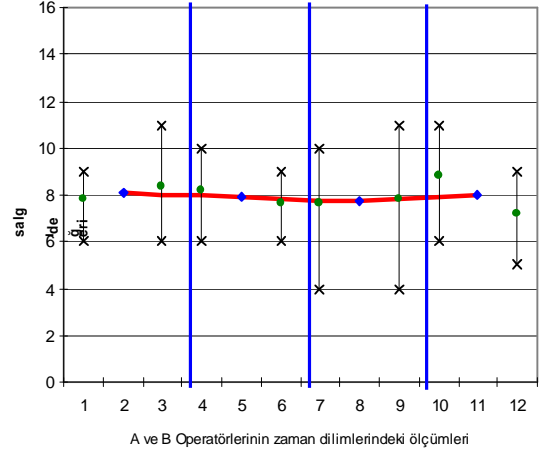




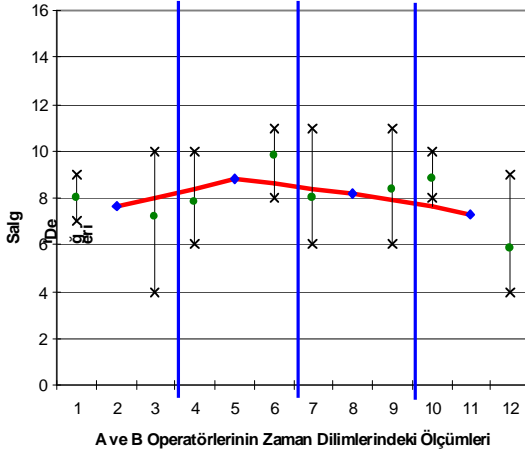
2. vardiya 23/07\_A-30/07\_B



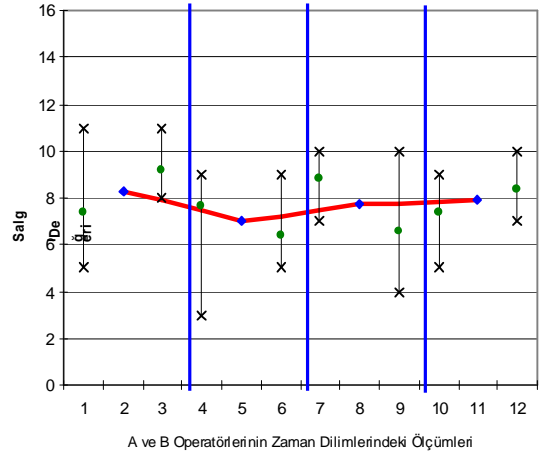
3. vardiya 17/07\_A-24/07\_B



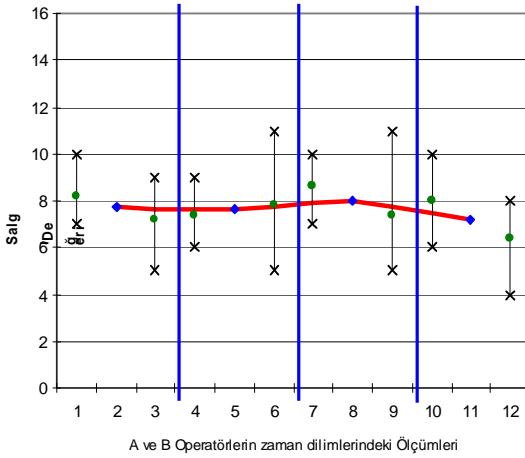
2. Vardiya 24/07\_A-31/07\_B



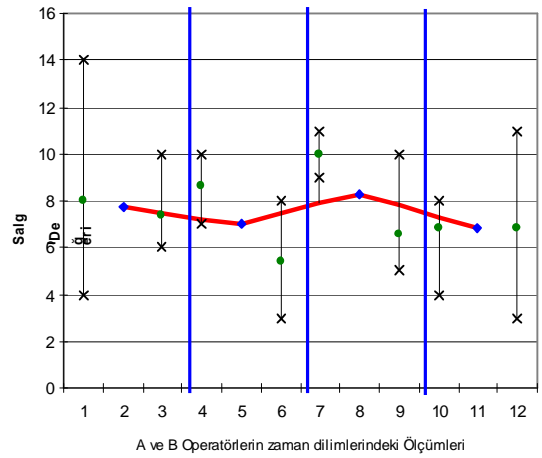
3. Vardiya 21/07\_A-25/07\_B



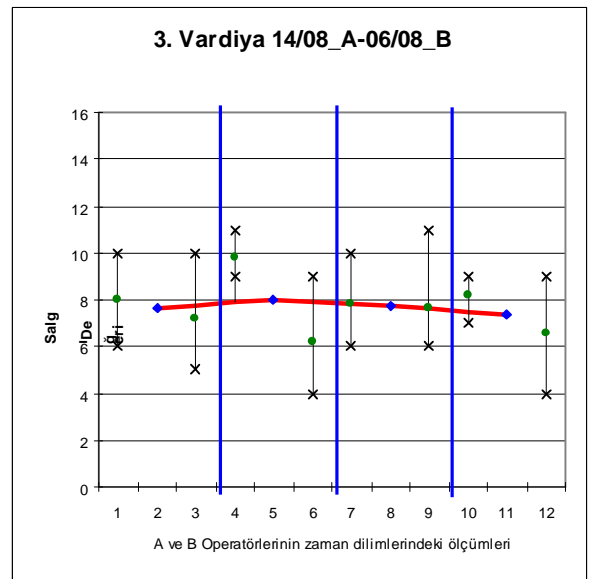
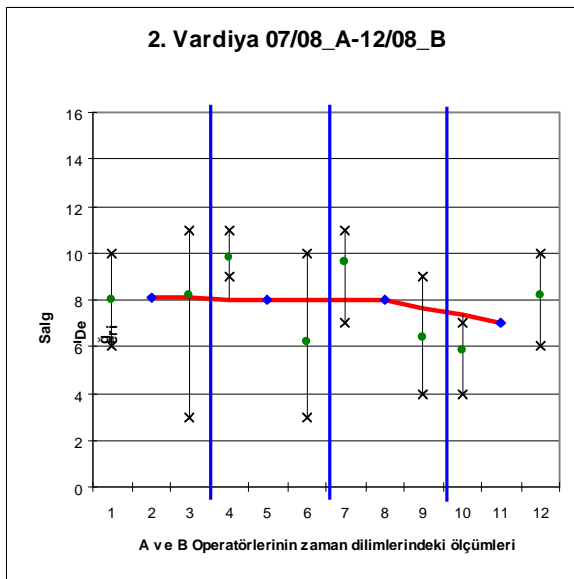
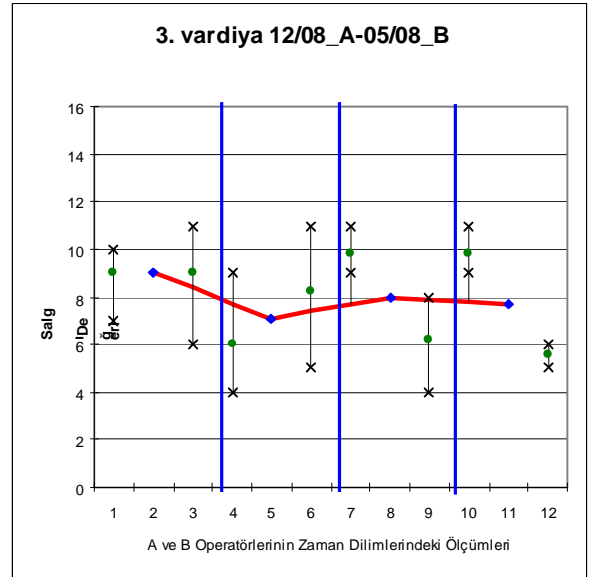
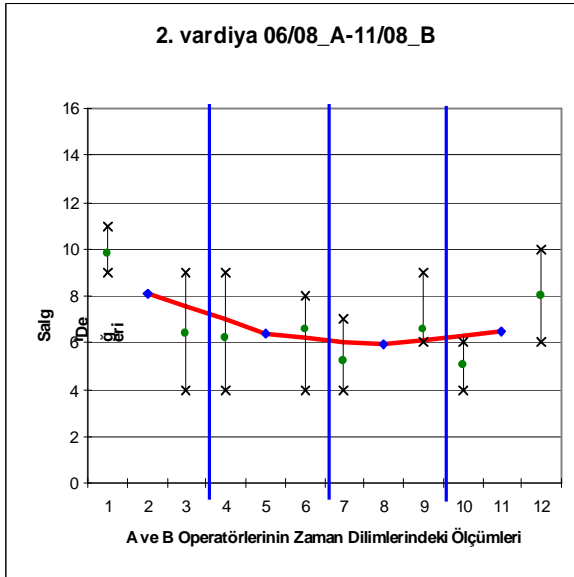
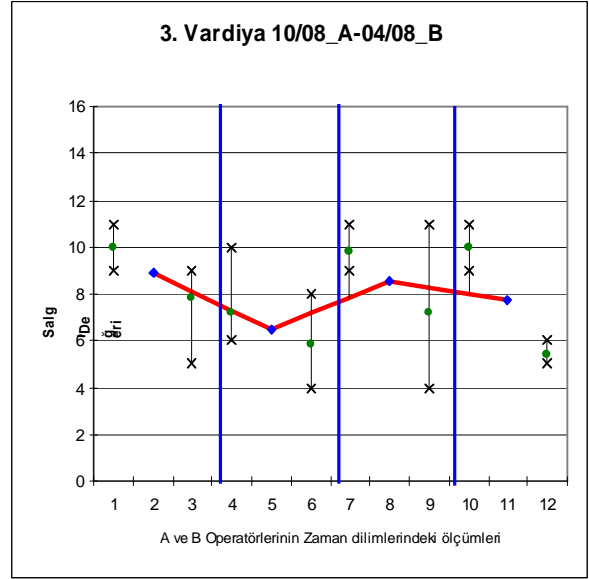
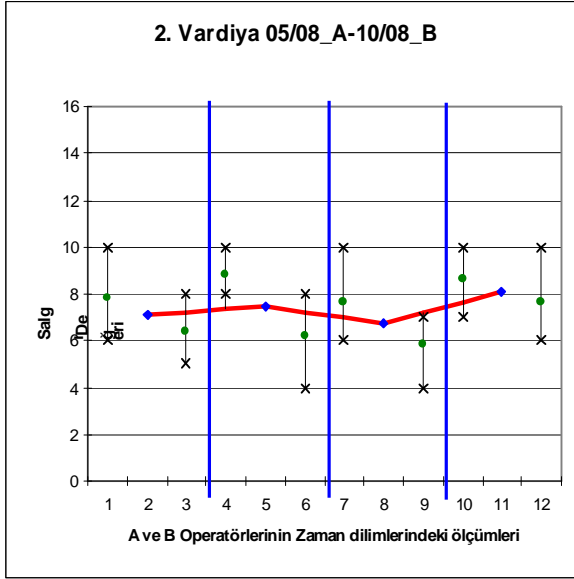
2. Vardiya 04/08\_A-09/08\_B

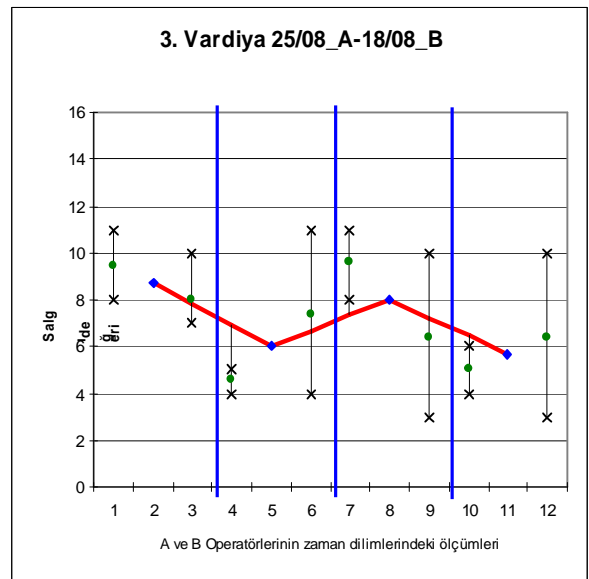
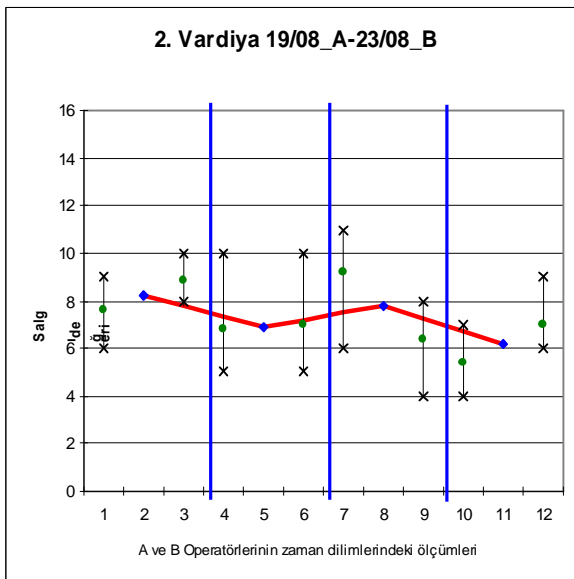
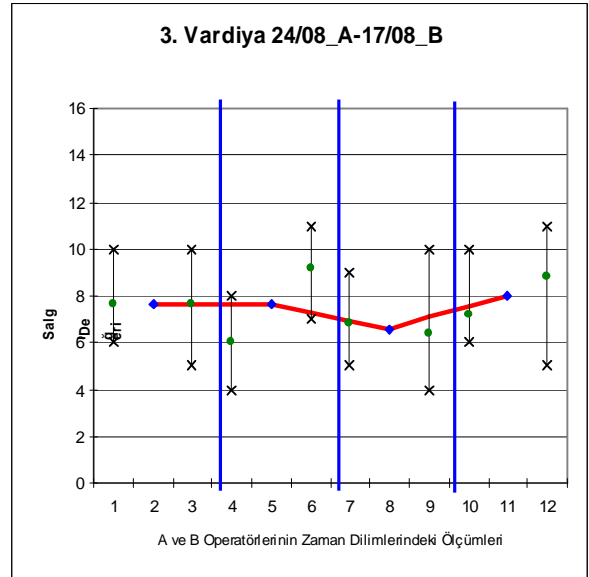
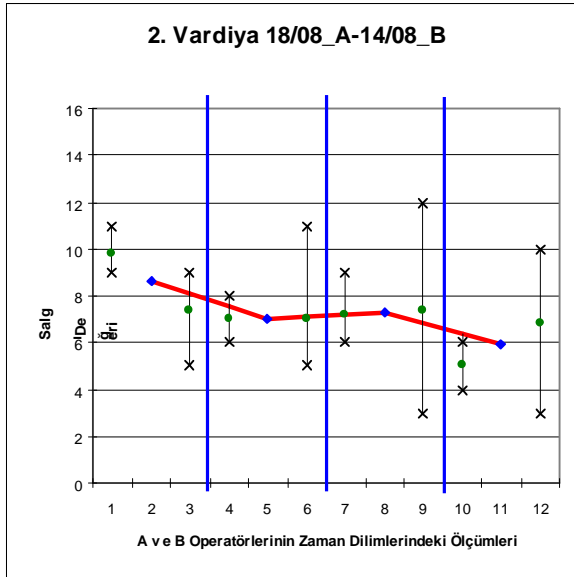
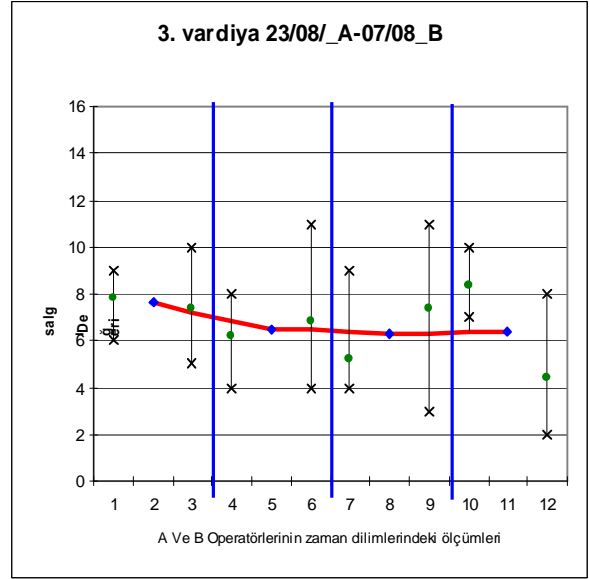
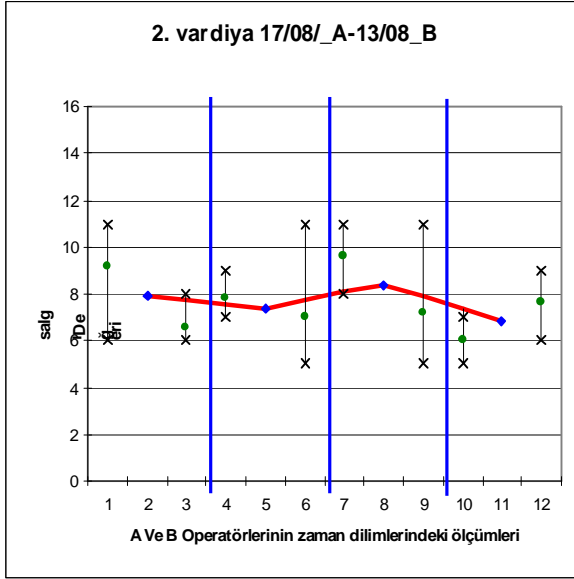


3. Vardiya 09/08\_A-03/08\_B

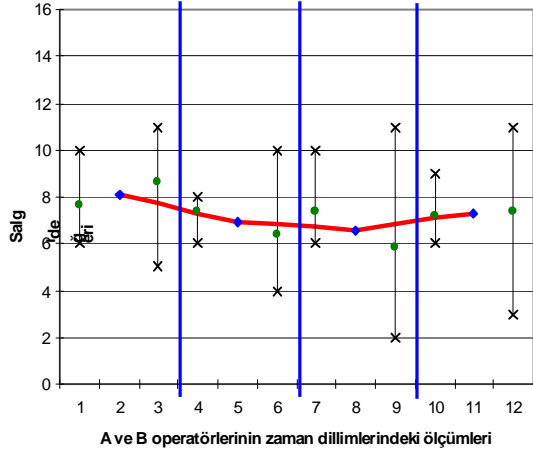




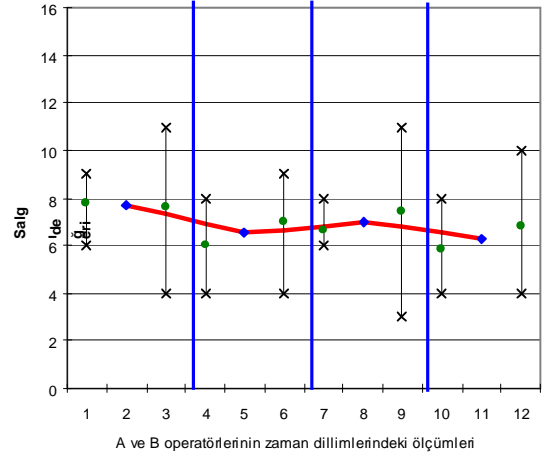




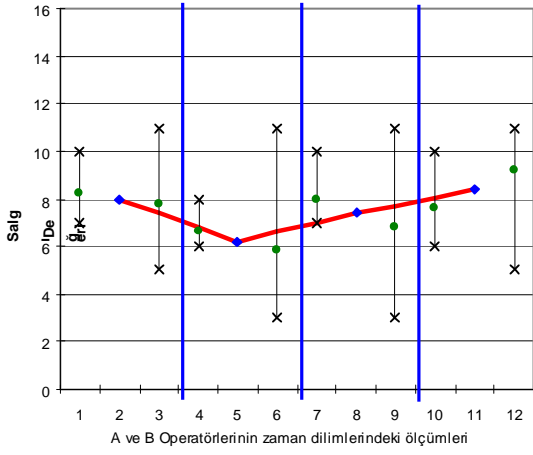
2. Vardiya 20/08\_A-24/08\_B



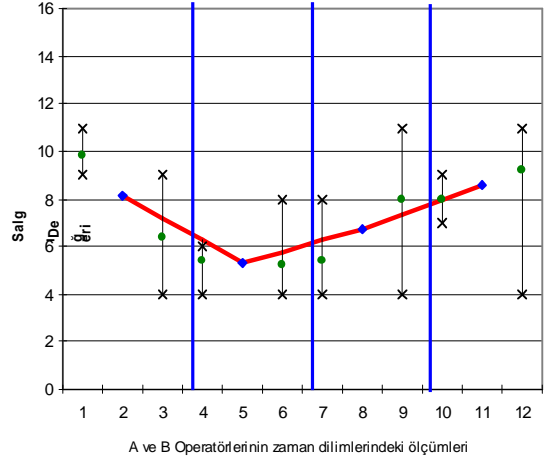
3. Vardiya 26/08\_A-19/08\_B



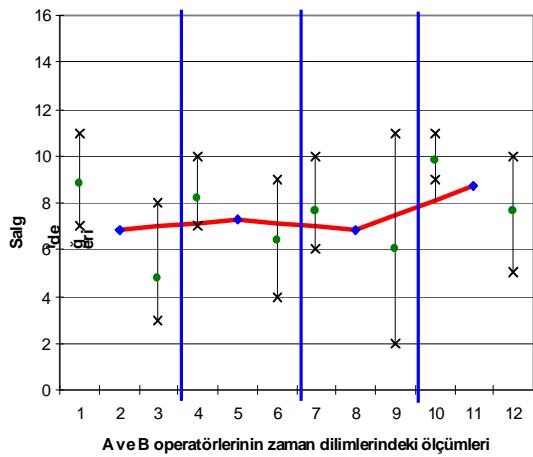
2. Vardiya 21/08\_A-25/08\_B



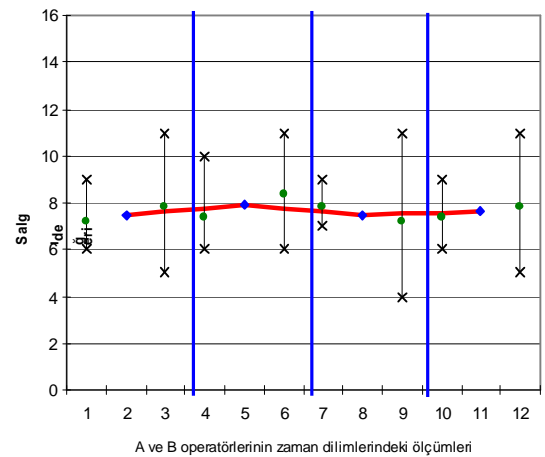
3. Vardiya 27/08\_A-20/08\_B

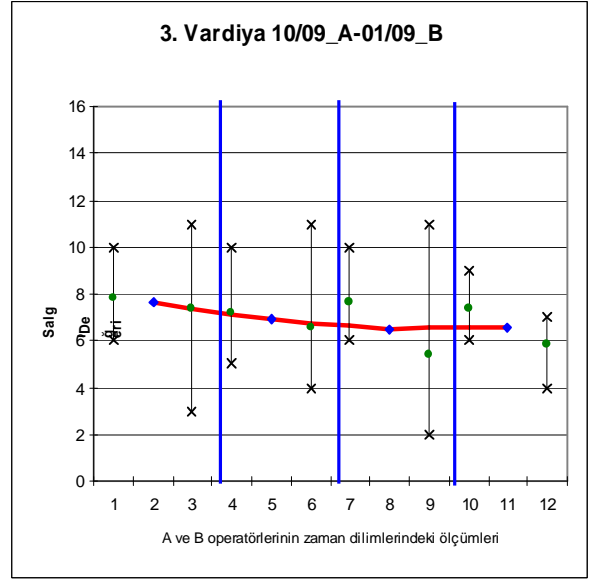
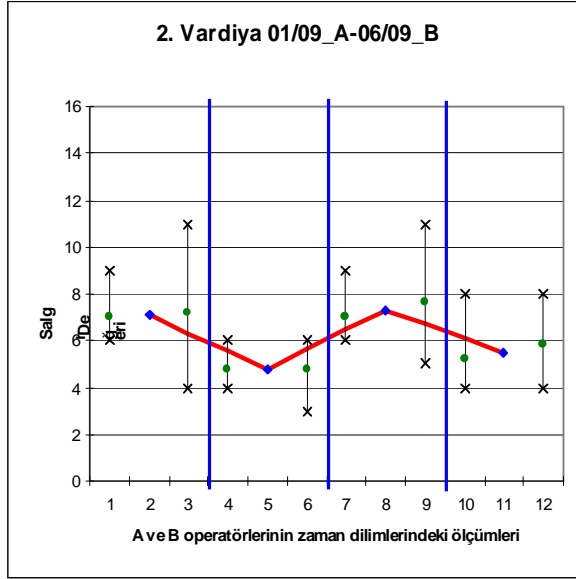


2. Vardiya 31/08\_A-26/08\_B

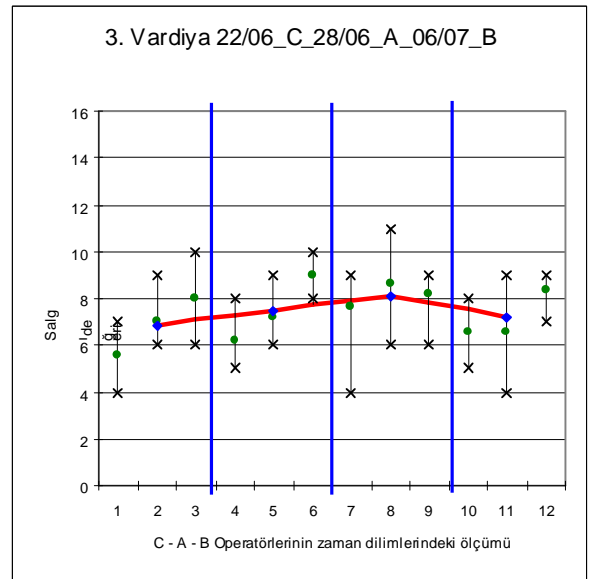
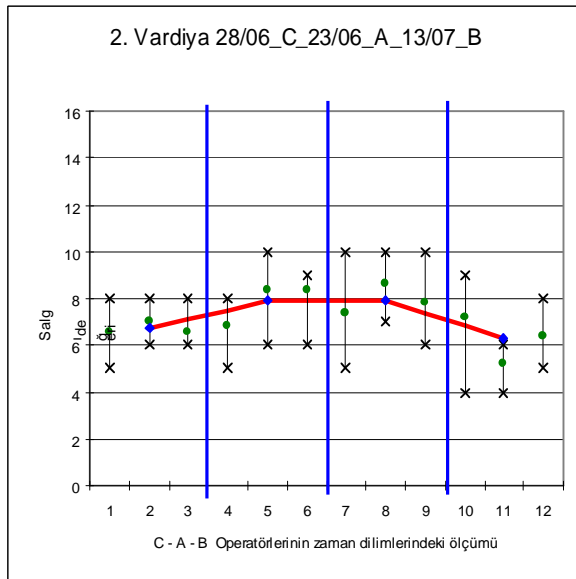


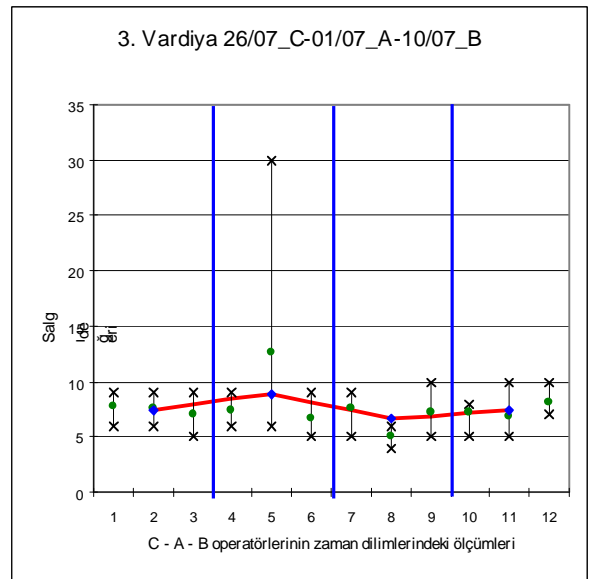
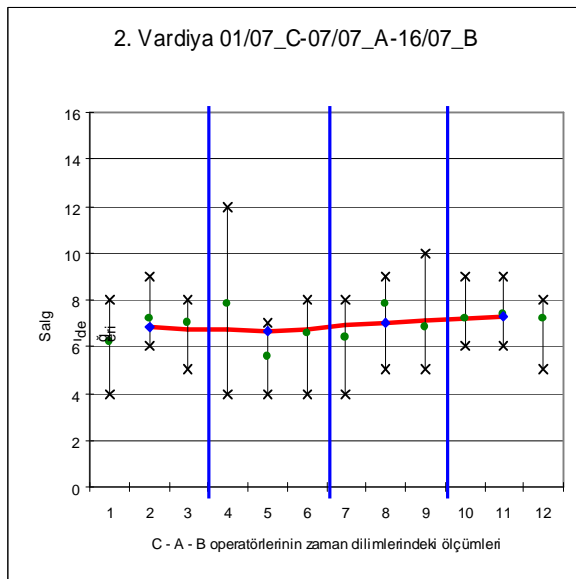
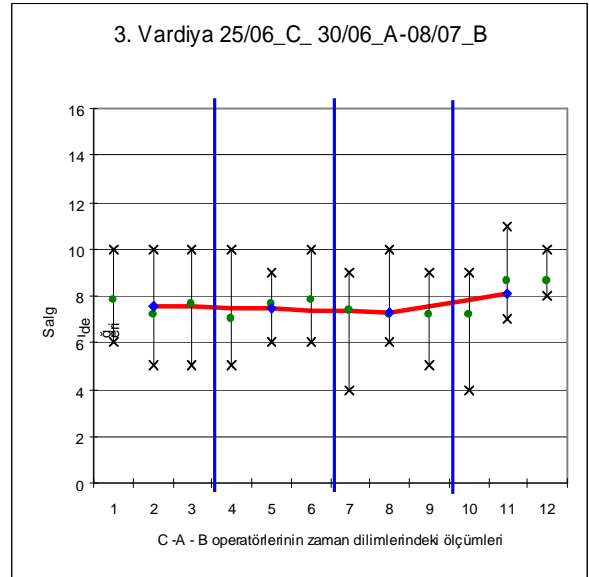
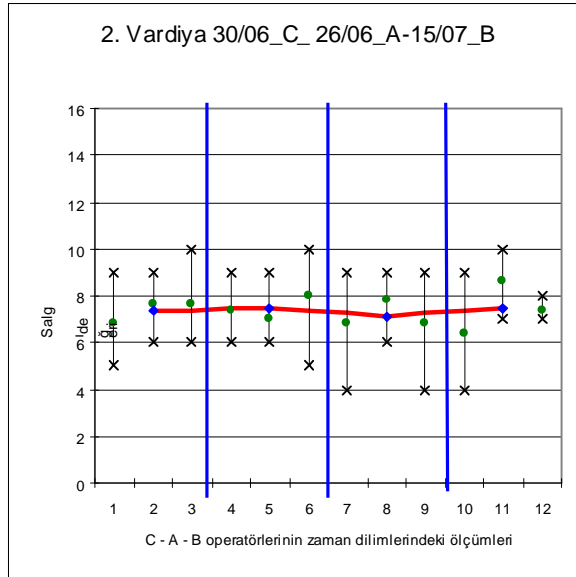
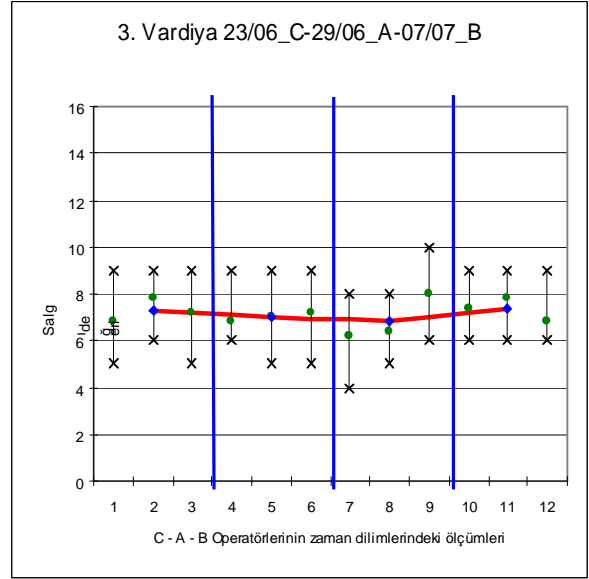
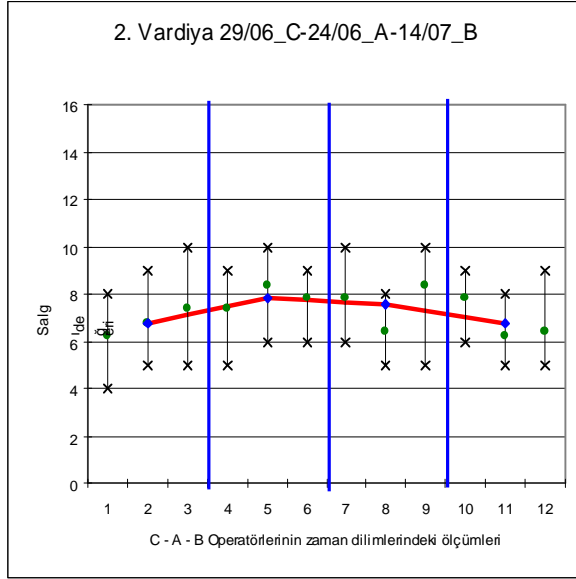
3. Vardiya 28/08\_A-21/08\_B



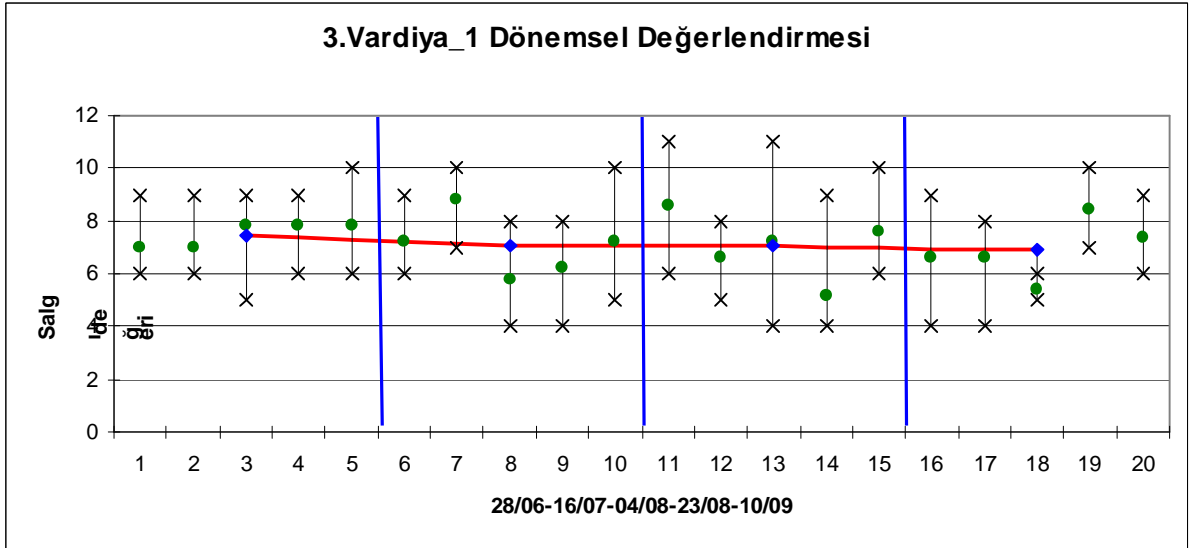
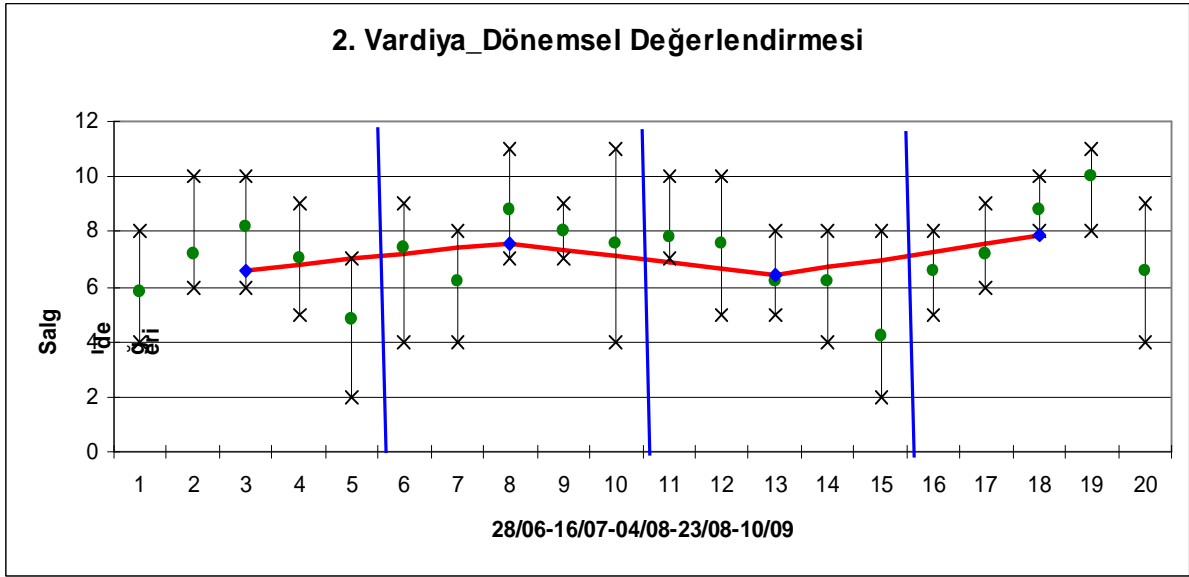


## 2. Olasılık Konumsal Değerlendirme Grafikleri





## Ek E : Dönemsel Değerlendirme Grafikleri



**Ek F : 1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler**

## 1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden			
04.05.2004	13:45	1	0,85	0,15	Vardiya Başlangıcı	Cpk min	ort. min	s.sap.min
04.05.2004	14:45	1,11	0,80	0,15	iki ardışık sarı	0,77	0,73	0,03
04.05.2004	16:00	1,22	0,86	0,12	Vardiya Başlangıcı	Cpk max	ort. Max	s.sap.Max
04.05.2004	20:30	1,14	0,82	0,14	yemek arası	4,11	0,96	0,22
04.05.2004	23:00	1,12	0,83	0,14	iki ardışık sarı			
05.05.2004	08:15	1,92	0,84	0,08	Vardiya Başlangıcı			
05.05.2004	11:05	4,11	0,93	0,03	iki ardışık sarı			
05.05.2004	14:00	1,14	0,89	0,12	iki ardışık sarı			
05.05.2004	16:00	2,05	0,87	0,07	Vardiya Başlangıcı			
05.05.2004	20:30	1,00	0,85	0,15	yemek arası			
05.05.2004	22:00	1,41	0,92	0,09	iki ardışık sarı			
06.05.2004	08:30	1,18	0,84	0,13	Vardiya Başlangıcı			
06.05.2004	10:30	1,93	0,78	0,09	Kırmızı			
06.05.2004	13:00	1,02	0,84	0,15	yemek arası			
06.05.2004	15:40	1,10	0,84	0,14	iki ardışık sarı			

1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden
06.05.2004	16:00	1,74	0,83	0,09	Vardiya Başlangıcı
06.05.2004	20:30	1,14	0,82	0,14	yemek arası
06.05.2004	22:15	1,27	0,88	0,11	iki ardışık sarı
07.05.2004	08:00	1,44	0,91	0,09	Vardiya Başlangıcı
07.05.2004	10:15	1,11	0,90	0,12	elektrik kesintisi
07.05.2004	13:15	1,50	0,85	0,10	yemek arası
07.05.2004	16:00	2,04	0,81	0,08	Vardiya Başlangıcı
07.05.2004	17:30	1,02	0,84	0,15	Kırmızı
07.05.2004	20:30	1,44	0,91	0,09	yemek arası
08.05.2004	08:00	1,40	0,88	0,10	Vardiya Başlangıcı
08.05.2004	10:40	1,36	0,81	0,12	iki ardışık sarı
08.05.2004	13:00	2,83	0,96	0,04	yemek arası
08.05.2004	14:55	2,27	0,96	0,05	iki ardışık sarı
08.05.2004	16:00	1,18	0,77	0,15	Vardiya Başlangıcı
08.05.2004	20:30	0,92	0,83	0,17	yemek arası
08.05.2004	21:45	1,43	0,87	0,10	iki ardışık sarı
10.05.2004	08:15	1,06	0,73	0,18	Vardiya Başlangıcı



1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden
10.05.2004	13:00	1,41	0,75	0,13	yemek arası
10.05.2004	14:45	1,88	0,85	0,08	iki ardışık sarı
10.05.2004	16:00	1,53	0,84	0,10	Vardiya Başlangıcı
10.05.2004	20:35	1,31	0,83	0,12	yemek arası
11.05.2004	08:00	1,33	0,78	0,13	Vardiya Başlangıcı
11.05.2004	13:00	1,31	0,75	0,14	yemek arası
11.05.2004	20:35	3,00	0,85	0,05	yemek arası
12.05.2004	08:00	1,47	0,86	0,10	Vardiya Başlangıcı
12.05.2004	11:30	1,63	0,86	0,09	iki ardışık sarı
12.05.2004	13:00	1,19	0,73	0,16	yemek arası
12.05.2004	16:45	1,33	0,86	0,11	Vardiya Başlangıcı
12.05.2004	20:35	1,63	0,81	0,10	yemek arası
13.05.2004	08:00	1,31	0,79	0,13	Vardiya Başlangıcı
13.05.2004	13:00	0,77	0,79	0,22	yemek arası
13.05.2004	16:00	1,71	0,89	0,08	Vardiya Başlangıcı
13.05.2004	20:35	1,27	0,88	0,11	yemek arası
14.05.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı

1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden
14.05.2004	13:00	2,08	0,80	0,08	yemek arası
14.05.2004	13:45	2,08	0,80	0,08	iki ardışık sarı
14.05.2004	16:00	3,00	0,85	0,05	Vardiya Başlangıcı
14.05.2004	20:35	1,88	0,85	0,08	yemek arası
15.05.2004	08:00	1,33	0,82	0,12	Vardiya Başlangıcı
15.05.2004	12:30	1,12	0,83	0,14	yemek arası
15.05.2004	16:00	1,71	0,89	0,08	Vardiya Başlangıcı
15.05.2004	20:35	1,53	0,84	0,10	yemek arası
17.05.2004	08:05	1,53	0,84	0,10	Vardiya Başlangıcı
17.05.2004	13:05	1,53	0,84	0,10	yemek arası
17.05.2004	16:00	2,05	0,87	0,07	Vardiya Başlangıcı
17.05.2004	20:30	2,00	0,88	0,07	yemek arası
18.05.2004	08:00	2,00	0,88	0,07	Vardiya Başlangıcı
18.05.2004	13:05	1,86	0,91	0,07	yemek arası
18.05.2004	16:00	1,14	0,82	0,14	Vardiya Başlangıcı
18.05.2004	20:30	1,63	0,81	0,10	yemek arası
18.05.2004	22:30	1,88	0,85	0,08	Kırmızı

1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden
20.05.2004	08:05	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı
20.05.2004	13:10	1,30	0,87	0,11	yemek arası
20.05.2004	16:00	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı
20.05.2004	20:30	1,12	0,83	0,14	yemek arası
21.05.2004	08:00	2,00	0,88	0,07	Vardiya Başlangıcı
21.05.2004	13:05	2,04	0,81	0,08	yemek arası
21.05.2004	16:00	1,96	0,83	0,08	Vardiya Başlangıcı
21.05.2004	20:30	1,60	0,82	0,10	yemek arası
22.05.2004	08:00	3,00	0,85	0,05	Vardiya Başlangıcı
22.05.2004	16:00	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı
22.05.2004	20:30	2,08	0,8	0,08	yemek arası
22.05.2004	20:45	1,59	0,87	0,09	iki ardışık sarı
24.05.2004	08:00	1,63	0,81	0,10	Vardiya Başlangıcı
24.05.2004	13:00	1,71	0,89	0,08	yemek arası
24.05.2004	16:00	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı
24.05.2004	20:45	1,47	0,86	0,10	yemek arası
25.05.2004	08:00	1,71	0,89	0,08	Vardiya Başlangıcı

1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

Tarih	saat	Cpk	Ortalama	Standart Sapma	Neden
25.05.2004	13:00	2,52	0,77	0,07	yemek arası
25.05.2004	14:15	2,00	0,88	0,07	iki ardışık sarı
25.05.2004	16:00	1,47	0,77	0,12	Vardiya Başlangıcı
26.05.2004	08:00	1,09	0,81	0,15	Vardiya Başlangıcı
26.05.2004	09:45	2,08	0,80	0,08	Kırmızı
26.05.2004	13:00	1,79	0,87	0,08	yemek arası
26.05.2004	14:30	1,27	0,92	0,10	Kırmızı
26.05.2004	16:00	1,79	0,87	0,08	Vardiya Başlangıcı
26.05.2004	20:35	0,97	0,92	0,13	yemek arası
27.05.2004	08:00	2,05	0,87	0,07	Vardiya Başlangıcı
27.05.2004	13:00	1,53	0,84	0,10	yemek arası
27.05.2004	16:00	1,63	0,86	0,09	Vardiya Başlangıcı
27.05.2004	20:40	1,05	0,89	0,13	yemek arası
28.05.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	Vardiya Başlangıcı
28.05.2004	12:00	1,47	0,77	0,12	Kırmızı
28.05.2004	13:00	2,83	0,79	0,06	yemek arası
28.05.2004	16:00	1,17	0,88	0,12	Vardiya Başlangıcı

1. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen De0,19ğerler Devamı

<b>Tarih</b>	<b>saat</b>	<b>Cpk</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart Sapma</b>	<b>Neden</b>
28.05.2004	20:35	0,84	0,81	0,19	yemek arası
29.05.2004	00:01	2,21	0,77	0,08	Vardiya Başlangıcı
29.05.2004	16:00	1,00	0,82	0,16	Vardiya Başlangıcı
31.05.2004	08:15	2,73	0,89	0,05	Vardiya Başlangıcı
31.05.2004	13:10	1,10	0,87	0,13	yemek arası
31.05.2004	16:00	1,60	0,82	0,10	Vardiya Başlangıcı
31.05.2004	17:15	1,41	0,92	0,09	iki ardışık sarı
31.05.2004	20:30	2,73	0,89	0,05	yemek arası

**Ek G : 2. Zaman Dilimi Ön Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler**

## 2. Zaman Dilimi Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler

TARİH	SAAT	Cpk	ORTALAMA	S. SAPMA	NEDEN			
01.06.2004	08:00	2,05	0,87	0,07	vardiya baslangıcı	Cpk min	ort. min	s.sap.min
	13:10	1,33	0,78	0,13	yemek arası	0,91	0,69	0,07
	17:00	1,90	0,90	0,07	vardiya baslangıcı	Cpk max	ort. Max	s.sap.Max
	18:15	1,88	0,85	0,08	KIRMIZI	3,13	0,92	0,12
	20:30	2,05	0,87	0,07	yemek arası			
02.06.2004	08:05	2,00	0,88	0,07	vardiya baslangıcı			
	13:00	1,75	0,88	0,08	yemek arası			
	16:00	1,86	0,91	0,07	vardiya baslangıcı			
	20:30	1,63	0,86	0,09	yemek arası			
03.06.2004	08:00	1,29	0,76	0,14	vardiya baslangıcı			
	13:05	1,14	0,89	0,12	yemek arası			
	16:00	2,05	0,87	0,07	vardiya baslangıcı			
	18:15	1,46	0,73	0,13	KIRMIZI			
	20:30	2,08	0,80	0,08	yemek arası			
04.06.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	vardiya baslangıcı			

2. Zaman Dilimi Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

TARİH	SAAT	Cpk	ORTALAMA	S. SAPMA	NEDEN
	13:10	1,48	0,90	0,09	yemek arası
	16:00	1,50	0,85	0,10	vardiya baslangıcı
	17:30	1,81	0,81	0,09	KIRMIZI
	20:30	2,11	0,92	0,06	yemek arası
	22:30	1,71	0,89	0,08	KIRMIZI
05.06.2004	08:00	1,53	0,84	0,10	vardiya baslangıcı
	12:35	0,91	0,89	0,15	yemek arası
	16:00	2,05	0,87	0,07	vardiya baslangıcı
	21:00	1,88	0,85	0,08	yemek arası
07.06.2004	08:00	1,47	0,77	0,12	vardiya baslangıcı
	11:15	2,05	0,87	0,07	KIRMIZI
	13:00	2,05	0,87	0,07	yemek arası
	16:00	1,63	0,86	0,09	vardiya baslangıcı
	20:35	1,25	0,85	0,12	yemek arası
08.06.2004	08:00	2,08	0,80	0,08	vardiya baslangıcı
	13:00	3,00	0,76	0,06	yemek arası
	16:00	1,31	0,75	0,14	vardiya baslangıcı

2. Zaman Dilimi Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

TARİH	SAAT	Cpk	ORTALAMA	S. SAPMA	NEDEN
	20:35	2,00	0,88	0,07	yemek arası
09.06.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	vardiya baslangıcı
	13:00	2,00	0,88	0,07	yemek arası
	16:00	1,60	0,82	0,10	vardiya baslangıcı
	22:15	1,25	0,85	0,12	AYAR SONRASI
10.06.2004	08:00	1,83	0,86	0,08	vardiya baslangıcı
	11:00	1,88	0,85	0,08	KIRMIZI
	13:00	2,03	0,69	0,10	yemek arası
	20:30	1,27	0,69	0,16	yemek arası
11.06.2004	08:00	3,00	0,76	0,06	vardiya baslangıcı
	13:00	2,73	0,89	0,05	yemek arası
	16:00	0,94	0,82	0,17	vardiya baslangıcı
	20:35	1,53	0,84	0,10	yemek arası
12.06.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	vardiya baslangıcı
	12:30	1,88	0,85	0,08	yemek arası
	16:00	1,53	0,84	0,10	vardiya baslangıcı
	20:35	1,17	0,88	0,12	yemek arası



2. Zaman Dilimi Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

TARİH	SAAT	Cpk	ORTALAMA	S. SAPMA	NEDEN
13.06.2004	08:00	1,74	0,83	0,09	vardiya baslangıcı
	12:30	1,21	0,90	0,11	yemek arası
	16:00	1,58	0,92	0,08	vardiya baslangıcı
	20:35	1,88	0,85	0,08	yemek arası
14.06.2004	08:00	1,36	0,85	0,11	vardiya baslangıcı
	13:10	0,94	0,85	0,16	yemek arası
	16:00	2,19	0,84	0,07	vardiya baslangıcı
	20:00	1,75	0,88	0,08	yemek arası
15.06.2004	08:00	2,00	0,88	0,07	vardiya baslangıcı
	13:10	1,47	0,86	0,10	yemek arası
	16:00	2,19	0,84	0,07	vardiya baslangıcı
	20:30	1,88	0,85	0,08	yemek arası
16.06.2004	08:00	1,52	0,80	0,11	vardiya baslangıcı
	13:05	1,36	0,85	0,11	yemek arası
	16:00	2,56	0,84	0,06	vardiya baslangıcı
	17:00	2,08	0,80	0,08	ELEKTRİK KESİNTİSİ
	20:30	1,60	0,82	0,10	yemek arası

2. Zaman Dilimi Kontrol Kartlarından Elde Edilen Değerler Devamı

TARİH	SAAT	Cpk	ORTALAMA	S. SAPMA	NEDEN
17.06.2004	08:00	1,73	0,78	0,10	vardiya baslangıcı
	13:05	1,67	0,75	0,11	yemek arası
	16:00	2,19	0,84	0,07	vardiya baslangıcı
	17:00	1,43	0,87	0,10	KIRMIZI
	20:30	3,13	0,83	0,05	yemek arası
18.06.2004	08:00	1,31	0,75	0,14	vardiya baslangıcı
	13:05	2,00	0,76	0,09	yemek arası
	16:00	1,71	0,89	0,08	vardiya baslangıcı
	20:30	2,00	0,88	0,07	yemek arası
19.06.2004	08:00	1,53	0,84	0,10	vardiya baslangıcı
	12:40	1,04	0,83	0,15	yemek arası
	16:00	2,19	0,84	0,07	vardiya baslangıcı
	20:30	2,00	0,88	0,07	yemek arası
21.06.2004	08:00	1,88	0,85	0,08	vardiya baslangıcı
	13:00	2,67	0,82	0,06	yemek arası
	16:00	1,71	0,89	0,08	vardiya baslangıcı
	20:35	1,53	0,84	0,10	yemek arası
22.06.2004	08:00	2,00	0,88	0,07	vardiya baslangıcı

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	03.03.1970	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1984-1987	Ankara Cumhuriyet Lisesi
Lisans	1988-1992	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1983-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

1992-Devam ediyor Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi  
Araştırma Görevlisi