

**T.C.**  
**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ VE FNSS  
SAVUNMA SİSTEMLERİ FİRMASINDA UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NADİR GÜNEŞ YILDIZ**

**ANABİLİM DALI : İŞLETME  
PROGRAMI : ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. İ. FİGEN GÜLENC**

**KOCAELİ - 2009**


T.C.  
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ


İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ VE FNSS  
SAVUNMA SİSTEMLERİ FİRMASINDA UYGULAMASI

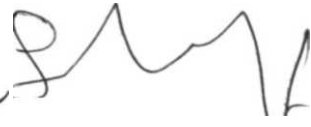
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: NADİR GÜNEŞ YILDIZ

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Tarihi ve No: 24/06/2009-2009/15

  
Yrd. Doç. Dr.  
İ. Figen GÜLENC

  
Yrd. Doç. Dr.  
Cengiz DİKMEN

  
Yrd. Doç. Dr.  
Şenol HACİEFENDİOĞLU

KOCAELİ - 2009

## ÖNSÖZ

İşletmelerin günümüz koşullarında içinde buldukları gelişim ve değişim ortamında, her geçen gün daha da çetinleşen rekabet koşulları nedeniyle ürünlerini daha ucuz ve daha kaliteli üretmeleri bir zorunluluktur. Maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin artırılması sürekli devam eden bir süreç olmalıdır. Maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin artırılması sadece ürünün kontrolü ile mümkün değildir. Ürün yerine ürünün üretildiği proseslerin kontrol altında tutulması, ürünlerin olası bir problem neticesinde hatalı olarak üretilmesini engelleyecektir. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), proseslerin sürekli olarak kontrol altında tutulması için kullanılan bir tekniktir.

Proseslerden elde edilen verileri çeşitli istatistiksel yaklaşımlarla değerlendiren İPK, bize prosesin geçmiş verilerine dayanarak olası gelişmeler ile ilgili yorum yapmamızı sağlar. Başarılı bir İPK sistemi işletmelerin yeniden işlenecek hatalı ürün ve hurda ürün üretimini minimuma indirdiği ve hatta engellediği için, üretim maliyetlerinde azalma ve kalite seviyesinde istenilen seviyeye ulaşma tabii sonuçtur.

Bu çalışmada İPK ile ilgili bilgileri inceleyerek, işletmelerin İPK uygulaması için izlemeleri gereken bir faaliyet planı geliştirmeye çalıştım. Amacım İPK uygulamak isteyen işletmeler için yol gösterici bir kaynak oluşturmaktır.

Bu çalışma sırasında beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Sn. Yard. Doç. Dr. İrem Figen GÜLENÇ'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
SEMBOL LİSTESİ	X
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1. KALİTE VE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL	3
1.1. Kalite ve Toplam Kalite Yönetimi	3
1.1.1. Kalite Kavramı	4
1.1.2. Tanımlar	4
1.1.3. Toplam Kalite Yönetiminin Temel Anlayışları	6
1.1.4. Toplam Kalite ve Sürekli İyileştirme	8
1.1.5. İstatistiksel Proses Kontrolün TKY içerisindeki Yeri	9
1.2. İstatistiksel Proses Kontrol	9
1.2.1. Tanımlar	9
1.2.2. İstatistiksel Proses Kontrolün Tarihçesi	11
BÖLÜM 2. TEMEL İSTATİSTİKÎ BİLGİLER	18
2.1. Kalite Kontrolde Kullanılan Temel İstatistiksel Teknikler	18
2.1.1. Çetele Diyagramı	18
2.1.2. Histogram	20

2.1.3. Pareto Analizi	24
2.1.4. Sebep Sonuç Diyagramı	27
2.1.5. Sınıflandırma	30
2.1.6. Serpilme Diyagramı	32
2.1.7. Kontrol Diyagramları	35
BÖLÜM 3. KONTROL DİYAGRAMLARI	36
3.1. Kontrol Diyagramlarının Tanımı ve Açıklanması	36
3.2. Kontrol Diyagramlarının Yapısı	39
3.3. Kontrol Diyagramlarının Çeşitleri	43
3.3.1. Ölçülebilen Karakteristikler için Kontrol Diyagramları	43
3.3.1.1. $\bar{X}$ -R Çizelgesi	44
3.3.1.2. X-R Çizelgesi	47
3.3.1.3. $\bar{X}$ -s Proses Kontrol Çizelgesi	49
3.3.2. Ölçülemeyen Karakteristikler için Kontrol Diyagramları	50
3.3.2.1. p Çizelgesi	50
3.3.2.2. np Çizelgesi	52
3.3.2.3. c Çizelgesi	53
3.3.2.4. u Çizelgesi	54
3.4. Kontrol Çizelgelerinde Sıkça Karşılaşılan Yapılardan Örnekler	55
BÖLÜM 4. İPK UYGULAMA AŞAMALARI	60
4.1. Veri Toplama	60
4.2. Ölçüm Sistemi Analizi	61
4.3. Süreç Yeterliliği Analizi	63
4.4. Kontrol Kartlarının Oluşturulması	64

BÖLÜM 5. FNSS SAVUNMA SİSTEMLERİ A.Ş. FİRMASINDA KALİTE VE İPK TEKNİKLERİ UYGULAMASI	65
Araştırmanın Amacı	65
Araştırmada Kullanılan Yöntem	65
Araştırmanın Sonuçları	66
5.1. Firma Tarihçesi	66
5.2. FNSS Üretim İyileştirme Çalışmaları	69
5.2.1. Balık Kılçığı Yöntemi	69
5.2.2. Pareto Analizi	71
5.2.3. Matris Diyagramları	78
5.2.4. Zaman Serileri	79
5.2.5. Kontrol Diyagramları	80
SONUÇ	90
EKLER	93
YARARLANILAN KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	101

## ÖZET

Tezin konusunu oluşturan İstatiksel Proses Kontrol (İPK), kalite kontrol sistemlerinde önemli bir gelişmedir. Klasik kalite kontrol yöntemlerini ortadan kaldırmakta olup, üretim esnasında kalite kontrole imkan tanımaktadır. Bu sayede zaman, ürün ve malzeme tasarrufu sağlanmaktadır.

İstatiksel Proses Kontrol günümüzde Türkiye’de çok yaygın olmasa da büyük holdingler bünyesinde yer alan pek çok fabrikada uygulanmaktadır. Tezin uygulamasının yapıldığı FNSS firması da bu fabrikalardan biridir. Firma savunma sanayiinde faaliyet göstermektedir. Dolayısıyla kalite kontrol firma için hayati önem taşımaktadır.

İPK’da en önemli nokta klasik sistemlerin aksine parçayı imalat sonrası kontrol etmek, yani hatalı parçaların ayıklanarak, doğru parçaların müşteriye sunulmasını sağlamak yerine hatalı parçayı üretmemek üzerine kurulmuş olan önleme tekniğidir. Bu şekilde hatalı parça kaçmasına engel olunduğu gibi, hatalı parçaların maliyeti de müşteriye yansıtılmamaktadır.

Tezin birinci bölümde kalite, kalite kontrol, toplam kalite gibi temel kavramlar konusunda bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, bir İPK uygulaması sırasında kullanılacak temel istatistiksel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, İPK çalışmalarının en önemli araçlarından biri olan kontrol diyagramları incelenmiştir. Dördüncü bölümde, ilk üç bölümde ele alınan ve incelenen bilgilerin ışığında bir istatistiksel proses kontrol uygulaması için izlenmesi gereken bir faaliyet planı geliştirilmiştir. Son bölüm olan beşinci bölümde ise geliştirilen faaliyet planına uygun olarak FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. şirketinde yapılmış olan pilot uygulama anlatılmaktadır.

## ABSTRACT

Statistical Process Control(SPC), which constitute the subject of this thesis, is an important development in the field of quality control systems. Beyond the classical quality control methods, it enables quality control during the manufacturing process. Thanks to this, economies of product and equipments is achieved.

Although the application of SPC is not very prevalent among Turkey, it is used in several factories, owned by major holding companies. FNSS, which is found in the application part of this thesis, is one of these factories, and have operations in the sector of defence industry. Therefore, quality control is critically important for this firm.

Contrary to classical systems which concentrate on controlling the parts after production, sorting out the inaccurate parts and supplying the accurate parts to the customers, the most important point in SPC is that it concentrates on not producing those inaccurate parts. Thanks to this technique, not only the inaccurate parts are avoided but also the cost of the inaccurate parts do not affect the price.

In the first section of this thesis, the concepts of quality, quality control, total quality, etc. are introduced and observed. In the second section, the basic statistical informations that are necessary during a SPC application are given.

In the third section, control diagrams which have prominence within the context of SPC practices are examined. In the fourth section, in the framework of previous sections, an activity plan which is necessary to follow up for a SPC application is developed. In the fifth section which is the last one, a pilot application which is practiced in line with the mentioned developed activity plan in FNSS is discussed.



## TABLO LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 3.1. $A_2$ , $D_4$ ve $D_3$ sabit değer tablosu	45
Tablo 3.2. $E_2$ sabit değer tablosu.	48
Tablo 3.3. $A_3$ , $B_4$ ve $B_3$ sabit değer değişim tablosu.	50
Tablo 4.1. $C_p$ ve $C_{pk}$ İndislerinin Karar Noktaları	64
Tablo 5.1. Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.	72
Tablo 5.2. Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.	73
Tablo 5.3. Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.	75
Tablo 5.4. NBC Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.	76
Tablo 5.5. Kusur Cinslerinin Ürün Grubu Bazında Gösterimi sınıflandırılması.	78
Tablo 5.6. Zırh Seti Kusurlu Oran Tablosu	80
Tablo 5.7. Zırh Seti AKL ve ÜKL Tablosu	82
Tablo 5.8. Komutan Kupola Kusurlu Oran Tablosu	84
Tablo 5.9. Komutan Kupola AKL ve ÜKL Tablosu	85
Tablo 5.10. Gunner Kupola Kusurlu Oran Tablosu	86
Tablo 5.11. Gunner Kupola AKL ve ÜKL Tablosu	86

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1. İPK'nın TKY içindeki yeri	9
Şekil 1.2. Prosesi oluşturan faktörler ve prosesin kontrolü	10
Şekil 2.1. Niteliksel Veri Toplamak İçin Kullanılan Çetele Diyagramı	20
Şekil 2.2. İki ayrı parça histogramı	22
Şekil 2.3. Kesikli histogram	22
Şekil 2.4. İki modlu histogram	23
Şekil 2.5. Soldan sağa doğru azalan bölünme	23
Şekil 2.6. Pareto diyagramları (gelişme öncesi ve sonrası)	27
Şekil 2.7. Sebep-Sonuç diyagramı	28
Şekil 2.8. Serpilme/Korelasyon Çeşitleri	34
Şekil 3.1. Kontrol diyagramlarının yapısı	39
Şekil 3.2. Devirsel Model örneği	56
Şekil 3.3. Trend örneği	57
Şekil 3.4. Karışık Model örneği	58
Şekil 3.5. Proses Seviyesi Kaymalarına örnek	58
Şekil 4.1. İPK Süreci İş Akışı	61
Şekil 5.1. Zırh Seti Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi	69

Şekil 5.2. Gunner Kupola Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi Yüzdelerine göre gösterimi	70
Şekil 5.3. Komutan Kupola Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi	70
Şekil 5.4. NBC Seti Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi	71
Şekil 5.5. Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi.	72
Şekil 5.6. Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi	73
Şekil 5.7. Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi	74
Şekil 5.8. Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi	74
Şekil 5.9. Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi	75
Şekil 5.10. Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi	76
Şekil 5.11. NBC Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi	77
Şekil 5.12. NBC Seti Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi	77
Şekil 5.13. Markalama ve Boya Hatalarının Zaman Serileri Diyagramı	79
Şekil 5.14. Zırh seti p kontrol çizelgesi	87
Şekil 5.15. Komutan Kupola p kontrol çizelgesi	88
Şekil 5.16. Gunner Kupola p kontrol çizelgesi	89

## SEMBOL LİSTESİ

AKL : Alt Kontrol Limiti

ÜKL : Üst Kontrol Limiti

$\sigma$  : Standart Sapma

$C_{mk}$ -  $C_m$  : Proses Yeterlilik Katsayısı

$C_{pk}$ -  $C_p$  : Proses Yetenek Katsayısı

$r$  : Korelasyon Katsayısı

$R$  : (Range)Ölçülen değerlerin en küçüğü (min) ile en yükseği (max) arasındaki fark

MÇ : Merkez Çizgi

$u$  : Niteliksel Hata sayısı/birim

$c$  : Niteliksel Hata sayısı/ünite

$p$  : Niteliksel Hata oranı

## GİRİŞ

Bu çalışmada, globalleşen dünya içinde çok çetin olan rekabet şartları altında varlıklarını daha düşük maliyet ve daha yüksek kalite ile üretim yaparak sürdürmek isteyen her işletmenin, vazgeçilmez uygulamalarından biri olan istatistiksel proses kontrol konusu araştırılmıştır.

Birinci bölümde kalite, kalite kontrol, toplam kalite gibi temel kavramlar konusunda kısa bilgiler verilmiştir. Sonra istatistiksel proses kontrolün tanımı, toplam kalite yönetimi içindeki yeri, kullanım amaçları, kullanım alanları ve faydaları incelenmiştir.

İstatistiksel Proses Kontrol; bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistik prensip ve tekniklerinin üretimin tüm aşamalarında kullanılmasıdır. İPK, ürün için belirlenmiş spesifikasyonlar, tezgah ve proses yetenekleri kısıtları altında, procesten alınan yakın geçmişe ait veriler kullanılarak mevcut üretimin firesiz ve yeniden işleme ihtiyacı doğmadan sürdürülmesini sağlar.

İkinci bölümde, bir İPK uygulaması sırasında kullanılacak temel istatistiksel bilgiler ve formüller hatırlatılarak, kalite uygulamalarında kullanılan istatistiksel teknikler ele alınmış ve en çok kullanılan temel istatistiksel teknikler incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, İPK çalışmalarının en önemli araçlarından biri olan kontrol diyagramları incelenmiştir. Kontrol diyagramlarının çeşitleri, yapısı, kullanımı ve yorumu ile ilgili bilgiler sunulmuş, uygulayıcılarına getireceği faydalar irdelenmiştir.

Kontrol diyagramları; ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş deneylere (verilere) dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yarayan grafiklerdir. Kontrol diyagramları, arzu edilen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için prosesin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır.

Dördüncü bölümde, ilk üç bölümde ele alınan ve incelenen bilgilerin ışığında bir istatistiksel proses kontrol uygulaması için izlenmesi gereken bir faaliyet planı geliştirilmiştir. Prosesin tanımlanması ile başlayan bu planda, kontrol altında tutulacak karakteristiklerin belirlenmesi, ölçme alet ve yöntemlerinin seçimi, tezgah ve proses yeterlilik analizleri gibi faaliyetlerle ilgili yapılması gereken işlemler sıralanmıştır.

Son bölüm olan beşinci bölümde ise geliştirilen faaliyet planına uygun olarak FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. şirketinde yapılmış olan pilot uygulama anlatılmaktadır. Hedef, bu uygulamanın tüm işletme geneline yaygınlaştırılarak zaten yüksek olan ürün kalitesinin daha da arttırılması ve maliyetlerin düşürülmesidir.

## BÖLÜM 1

### KALİTE VE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

#### 1.1. KALİTE VE TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

##### 1.1.1. Kalite Kavramı

Kalite kavramı ile ilgili ilk bilgiler, M.Ö. 2150 tarihli Hammurabi kanunlarında yer almaktadır. Bu kanunlarda yer alan hükümlerden biri şudur: "bir inşaat ustasının inşa ettiği ev, ustasının yetersizliği ve işini gerektiği yapmaması nedeniyle yıkılarak, ev sahibinin ölümüne yol açarsa; o usta öldürülür". M.Ö. 1450 yılında ise, eski Mısır'daki muayene elemanları, taş blokların yüzeylerinin dikliğini, telden oluşturdukları bir araçla kontrol etmekteydiler<sup>1</sup>.

Günümüzde kalite kontrol olarak ortaya çıkan kalite kavramı tarihi safhalardan geçmiştir. 2. Dünya Savaşı ve sonrasında kalite kavramının gelişim safhaları birer birer tamamlanmış ve günümüze gelinmiştir. 2. Dünya Savaşı sırasında askeri malzemelerde % 100 kontrol yönteminin çözüm getirmediği görülerek numune alma istatistiği geliştirilmiştir. 1950'li yıllarda kalite maliyetleri ile ilgili çalışmalar geliştirilirken Joseph Juran, 1951 yılında Kalite Kontrol El Kitabını yayınlamış, Edward Deming İstatistiksel Kalite Kontrol konusunda çalışmalar yapmıştır. Toplam Kalite Kontrolünden ilk söz eden 1961 yılında Armand Feigenbaum olmuştur. Sıfır hata kavramı, 1961 yılında P. Crosby tarafından geliştirilmiştir.

Kalite ile ilgili tüm bu çalışmalar, batıda gerçekleştirildiği halde başarılı uygulaması Japonya'da olmuştur. Japonya 2. Dünya Savaşı yıllarında kalite ile değil, maliyet ve fiyatla yani ucuz fakat kalitesiz ürünlerle rekabet ederken, ABD işgal kuvvetlerinin Japonya'ya ayak basması ve telekomünikasyon sektöründe

---

<sup>1</sup> Şimşek, Muhittin; "Toplam Kalite Yönetiminde Başarının Anahtarı İNSAN FAKTÖRÜ" Babıal Kültür Yayınları, İstanbul, 2002, s. 16.

modern kalite kontrol yöntemlerini kullanma talimatı ile 1946'da Japonya'da ilk kalite kontrol çalışması başlatılmıştır. Japonya, batıda geliştirilen kalite kontrol ile ilgili tüm bilgiyi almış kendi toplum yapısına ve üretim sistemine uygulamış, bugün dünya pazarlarında ucuz ve kaliteli ürünler rekabet eder duruma gelmiştir.

Ortaya çıktığı 1950'li yıllarda yapısal, sistemsel özellikleri ve güçlü teknikleri ile başarılı olan toplam kalite kontrol anlayışı, değişen şartlar altında kendini yenileyerek, insana yönelik yönetsel bazı özelliklerini de kuvvetlendirmiştir. Böylelikle güçlü bir yapı, sistem, teknik üçlüsü üzerine inşa edilmiş ve kökeninde insan olan bir felsefeyle şekillendirilmiş yepyeni bir anlayış olan "Toplam Kalite Yönetimi" (TKY) ortaya çıkmıştır.

Toplam kalite yönetimini ise, bütün yönetim biçimlerini kapsayan bir yönetim biçimi, bir yönetim felsefesi olarak görmeliyiz. Bunun içinde istatistiksel süreç, kontrol ve kalite çemberleri gibi uygulamalar var. ISO 9000, bunlardan bir nebze esinlenerek hazırlanmış bir kalite güvence sistemi kurmaktadır. Bu daha çok müşterinin güvenini sağlamaya yönelik bir sistemdir. Oysa Toplam Kalite Yönetimi % 100 müşteri tatminini sağlamakla birlikte öncelikle şirket içindeki herkesin katılımını hedefleyen bir sistemdir<sup>2</sup>.

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

### **1.1.2. Tanımlar**

Kalite, bir mal ya da hizmetin belirlenen ya da olabilecek gereksinimleri karşılama becerisine dayanan özelliklerinin ve karakteristiklerinin toplamıdır<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Şimşek, a.g.k., s. 4.

<sup>3</sup> Statistical Methods of Quality Control, ISO Standarts Handbook, Geneve, Switzerland, 1992, s. 3.



Günümüzde kalite ise örgütlerin çoğu tarafından gereksinimlere bütünüyle uyma olarak kabul edilmektedir. Bu gereksinimler sadece bir ürün ya da hizmetle ilgili değil tüm müşteri gereksinimlerini kapsamaktadır<sup>4</sup>.

Kalite, örgütlerin varlıklarını devam ettirebilmelerinin, büyüyüp gelişebilmelerinin ve belirli bir marka oluşturmalarının temel şartı olarak görülmektedir. Bu anlayış, ‘bugünün kalitesi yarının güvencesidir’ veya ‘kaliteyi özendirmek geleceği güvenceye almaktır’ gibi özlü sözlerle belirtilmektedir<sup>5</sup>.

Japonların ‘kalite bizim zorlukları aşarak varlığımızı sürdürme stratejimizdir, verimlilik de onun sonucudur’ şeklindeki anlayışları, kaliteye verilen önemi ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, mal ve hizmet üretiminde temel amacın kalite olduğu, kaliteyi güvenceye almak sayesinde verimliliğin de sağlanacağı belirtilmektedir<sup>6</sup>.

Bu denli öneme sahip olan kalite aşağıdaki şekillerde tanımlanmaktadır;

Toplam Kalite Kontrolü kitabının yazarı Armand Feigenbaum’a göre kalite, müşterinin bir ürün veya hizmet hakkındaki beklentilerinin gerçekleşmesi ölçüsünde edindiği bir müşteri kararlılığıdır. Bu beklentiler ister açıkça belirtilmiş olsun ister belirtilmemiş olsun, ister bilinçli ister yalnızca sezgisel olsun, teknik anlamda uygulanabilir veya tamamen kişisel ama hep rekabetçi bir pazarda hareketli bir hedefi oluşturmaktadır<sup>7</sup>. Genel bir çerçevede değerlendiren Adsheard’a göre ise kalite; özellikle tüketicinin ihtiyaç ve beklentilerinin bilinmesi, bu ihtiyaç ve beklentilerin karşılanmasının tasarlanması, bunların hatasız bir şekilde teşkil edilmesi, satış işlemleri ile ilgili bileşenlerin güvenilir şekilde sağlanması, performansın ve güvenilirliğin belgelendirilmesi, kullanımla ilgili birtakım özelliklerin açık bir şekilde ortaya çıkarılması, uygun bir şekilde ambalajlama ve

---

<sup>4</sup> Karcioğlu, Fatih, Toplam Kalite Yönetimi ve Örgüt İklimi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 15, Sayı: 3-4, 2001, s. 280.

<sup>5</sup> Akdağ, Mustafa; Arklan, Ümit, Toplam Kalite Yönetimi, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 4, Number: 2, March, 2009, s. 179

<sup>6</sup> Tekin, Mahmut, Toplam Kalite Yönetimi, Kuzucular Ofset, Konya, 2004, s. 7.

<sup>7</sup> Summers, D.C.S., Quality, New Jersey: Prentice Hall, 2000, s. 5.

teslimatın dakik olarak gerçekleştirilmesi, geriye dönük olarak servis hizmetlerinin verimli olması ve bu konuyla ilgili deneyimlerin hepsini içermektedir<sup>8</sup>.

Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere, örgütlerin var olabilmesi ve daha iyi bir şekilde devam edebilmeleri kaliteyi önemsemeleriyle mümkün olmaktadır. Bu önemseme, ürün ve hizmet uygulamalarındaki kalite anlayışlarını da belirlemekte ve dolayısıyla örgüt için toplam kalite yönetimi anlayışının önünü açmaktadır.

### **1.1.3. Toplam Kalite Yönetimi Kavramı Ve Temel Anlayışları**

Toplam kalite yönetimi tüm örgütün; sürekli iyileştirme, ürün kalitesi ve müşteri ihtiyaçlarına adanmış olarak yönetilmesi<sup>9</sup> olarak değerlendirileceği gibi örgütün sürekli iyileştirme yoluyla her faaliyetine kalite aşılama taahhüt etmesi<sup>10</sup> olarak da ifade edilebilmektedir. Bu doğrultuda, Atkinson'a göre toplam kalite yönetimi, örgütün tümünün kendini, işleri yoluna koymaya adanmasıdır. Örgütteki herkesi etkilemesi ve örgütün rekabet edebilir olması ve böylece başarılı olabilmesi için toplam kalite yönetimi felsefesinin, ilkelerinin ve uygulamalarının herkes tarafından kabul edilmesi gereklidir<sup>11</sup>. Oakland'a göre ise, toplam kalite yönetimi iş yaşamının bir bütün olarak verimliliğinin ve esnekliğinin iyileştirilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. Kısacası, toplam kalite yönetimi, bir örgütteki insanların iş yapma tarzlarında bir devrim gerektirir<sup>12</sup>. Bütün bunlardan hareketle organizasyondaki herkesi içine alan bir süreç olan toplam kalite yönetiminin örgüt için bir artı değer olduğu ve örgüt içinde çalışanlara sorumluluk bilinci kazandıracığı açıktır<sup>13</sup>.

---

<sup>8</sup> Oktay, Erkan ve Özçomak, M.Suphi, Kalite Kavramındaki Gelişme. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:15, Sayı:3-4, 2001, s. 310

<sup>9</sup> Schermerhorn, J.R., Management. New York: John Wiley&Sons Inc., 1999, s. 34.

<sup>10</sup> Daft, R.L., Management. Orlando: The Dryden Press, 2000, s. 653.

<sup>11</sup> James, P.T.J., Total Quality Management. Hertfordshire: Prentice Hall, 1996, s. 45.

<sup>12</sup> James, a.g.e., s. 45.

<sup>13</sup> Arklan, Akdağ, a.g.e., s.180.

Zaten toplam kalite yönetiminin amacı, organizasyonda tüm çalışanların işbirliğine dayanan bir kalite güvenlik sistemi kurarak üretimi hatasız olarak gerçekleştirmek, müşteri güvenini kazanmak ve sürekli geliştirme ile kalitede rakiplerinden ileri olmaktır<sup>14</sup>. Öte yandan toplam kalite anlayışı, bir organizasyonda zaman ve hammadde kayıplarından tasarruf sağlamakta, kaliteyi geliştirmekte, huzurlu bir iş ortamı ortaya çıkarmakta ve müşteri tatminini gerçekleştirmektedir. Ayrıca organizasyonun gelişmesinin sağlıklı olmasına ve uluslararası arenada kimlik kazanmasına katkıda bulunarak<sup>15</sup> organizasyon için devamlılığı sağlamak gibi hayati bir rol üstlenmektedir.

Toplam Kalite Yönetiminin temel anlayışları aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>16</sup>;

- TKY, müşteri isteklerini ve gereksinimlerini kuruluşun amacı olarak görür. Bu çerçevede, müşteriye hoşnut etmek için en uygun ürünleri tasarlayarak hammaddeden müşteriye uzanan tedarik, üretim, pazarlama, satış ve satış sonrası hizmetlerden oluşan zincirin her halkasında kalite, mükemmellik ve verimlilik standartlarını yakalayarak bu ürünleri en uygun fiyatla pazara sunmayı hedefler.
- TKY sürekli daha iyinin arandığı bir süreçtir. Bu sürecin öncelikleri kuruluşun rekabet üstünlüğü kazanması, sürekli büyümesi, olanakların arttırılması ve artan olanaklarla çalışanların yaşam koşullarının iyileştirilmesi, yönetim-çalışan-sendika ilişkilerinde ortak çıkarılara dayalı sağlıklı bir işbirliğidir.
- TKY’de müşteri sadece son ürünü alan kişi değildir. Müşteriler, dış tedarikçilerden başlayıp, sistem süreci içindeki her işlevsel ve destek grubundaki iç ve dış müşterilerdir. Her müşteri kendisinden bir sonraki alıcıyı yani müşteriye hoşnut etmekten sorumludur.

---

<sup>14</sup> Arklan, Akdağ, a.g.e., s. 180.

<sup>15</sup> Sabuncuoğlu, Zeyyat ve Tokol, Tuncer, İşletme I-II, Furkan Ofset, 1997, s. 83-84.

<sup>16</sup> HKK (Hava Kuvvetleri Komutanlığı 3.H.İ.B.M.K.lığı) Kalite Güvence Sistemi Eğitim Notları. Ankara: Hv. Basımevi ve Neş. Md. lüğü 2535,1998, s. 14.

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

#### **1.1.4. Toplam Kalite ve Sürekli İyileştirme**

Sürekli iyileştirme, Toplam Kalite’nin temel unsurlarından biridir. İyileştirmeyi bütün üretimde hayata geçirmek işletmeyi rakipleri arasında üstün konuma geçireceği gibi firma prestijini ve saygınlığını da sağlamlaştıracaktır.

Kalite yönetiminin temeli de sürekli iyileştirmeye dayanmaktadır. Hedef belli bir standardı tutturmak değil, seviye ne olursa olsun o seviyeyi sürekli ve hızlı bir şekilde geliştirmektir. İyileştirme, başlangıçta etkileyici değildir. Etkisini yavaş ve uzun dönemde gösterir. Ayrıca sürekli bir süreçtir ve içeriğinde zor teknikler yer almamaktadır<sup>17</sup>.

“İyileştirmenin gerçekleştirilebilmesi için, büyük yatırımlara ihtiyaç duyulmaz, sadece çaba gerektirir. Ölçüm ve istatistik ile katılımcılık çalışmaları olmadan gerekli iyileştirme gerçekleştirilemez”<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Çınar, C., Kılıç, Y., Toplam Kalite Yönetimi ( TKY ) Eğitimi. Ankara: T.C. Hava Kuvvetleri Komutanlığı 3. Hava İkmal Bakım Merkez Komutanlığı, 2003, s. 6.

<sup>18</sup> Çınar, Kılıç, a.g.e.,s. 7.

Süreç iyileştirmede işletmede çalışan herkesin bilmesi gereken istatistiksel yöntemlerden yararlanır. İstatistiksel yöntemlerin kullanılması, sonsuz iyileştirme için çok önemli olmakla birlikte, uygulama aşamalı olarak gerçekleştirilmelidir.

### 1.1.5. İstatistiksel Proses Kontrolün Tky İçerisindeki Yeri

İstatistiksel Proses Kontrolün TKY içerisindeki yerini aşağıdaki gibi gösterebiliriz.



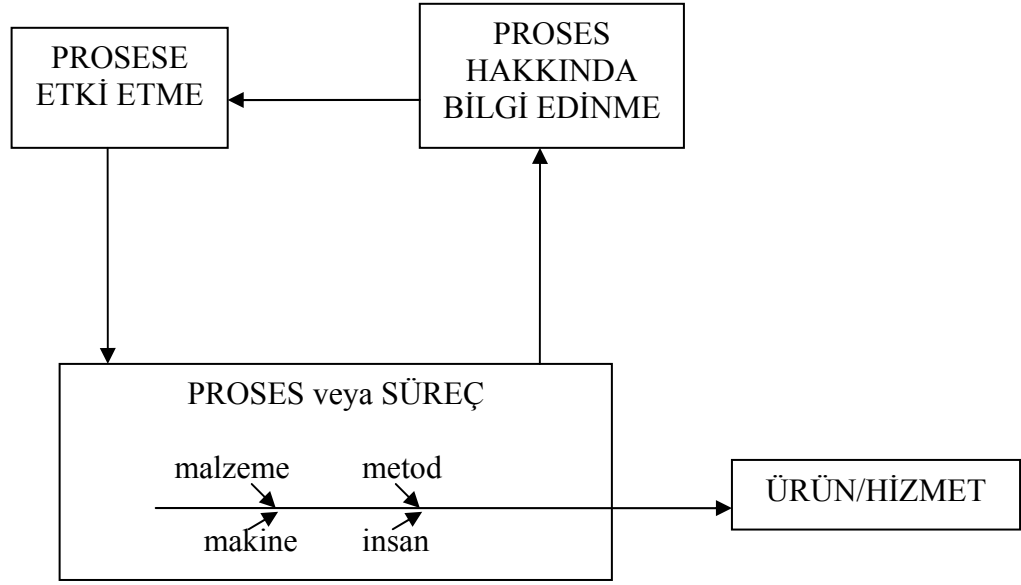
Şekil 1.1. İPK'nın TKY içindeki yeri

**Kaynak:** Kogem(İDEA), İstatistiksel Proses Kontrolü Eğitim Notları,s.20

## 1.2. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

### 1.2.1. Tanımlar

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



**Şekil 1.2.** Prosesi oluşturan faktörler ve prosesin kontrolü

**Kaynak:** Naci Uğur, Kalite Kontrolde İstatistik Yöntemler, Kosgeb, Ankara, 1997, s.4.

**Proses :** Bir üretimde kullanılan tezgah, takım, metod, malzeme, çevre ve insan gücü faktörlerinin bir bileşimidir. Sürekli bir işlem veya işlemler dizisidir<sup>19</sup>.

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

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

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

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

<sup>19</sup> Uğur, a.g.e.,s. 4.

**İstatistiksel Proses Kontrol** : Bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistiksel prensip ve tekniklerin, üretimin tüm aşamalarında kullanılmasıdır<sup>20</sup>.

### 1.2.2. İstatistiksel Proses Kontrolün Tarihçesi

İstatistiksel Proses Kontrol yöntemi, istatistiksel kalite metodolojileri içinde en önemli birkaç araçtan birisidir.

Kalite kontrolde istatistiksel yöntemler, takriben yarım yüzyıl önce II. Dünya Savaşı sırasında kullanıldı. Amaç silahların etkinliğini ve isabet yüzdelerini arttırmaktı. ABD ordusu, istatistiksel yöntemlerin kullanılması konusunda ilk örneği oluşturdu<sup>21</sup>.

İstatistiği kuru bir bilim dalı olmaktan çıkarıp, sanayinin hizmetine sunan kalite önderleri iki arkadaş ve meslektaş olan Dr. Shewhart ve Dr. Deming'tir. 1946'da ASQC (Amerikan Kalite Kontrol Grubu)'nun kurulmasıyla, İstatistiksel Kalite Kontrol'un yayılması için elverişli bir ortam sağlanmış oldu. Ancak yanmış ve yıkılmış bir dünyaya, yaptıkları her malı rahatça satabilen Amerikalılar, İstatistiksel Kalite Kontrol'e hiç ilgi göstermediler. Bu sebeple 1947 yılında Deming ve diğer kalite önderleri Japonya'ya gittiler ve büyük bir ilgi ile karşılandılar. 1993 yılında ölünceye kadar, Deming'in dünyanın çeşitli ülkelerinde ve ABD'de yüzlerce kez verdiği seminerlerinde şunları anlatmıştır<sup>22</sup>:

1. Kaliteyi yükseltmek maliyetleri düşürür.
2. Kaliteyi yükseltmenin yolu, kalitesizliği (hataları) önlemektir. Muayene ile kaliteyi sağlamak hem güç, hem de pahalıdır.
3. Kalitesizliğin (hataların) temelinde değişkenlik yatar. Kaliteyi yükseltmek için değişkenliği mutlaka azaltmak ve belli sınırlar içinde tutmak gerekir.

---

<sup>20</sup> Uğur, a.g.e.,s. 3.

<sup>21</sup> Ledolter, Johannes; Brurill, Claude W. , "Statistical Quality Control", Strategies and Tools for Continual Improvement, 1999, s. 307.

<sup>22</sup> Ledolter; Brurill, a.g.e., s. 308.

4. Kalite birdenbire sağlanamaz; ancak sürekli gelişme ile istenen düzeye ulaşılabilir.
5. Sürekli gelişmenin yöntemi P-D-S-A (PLAN-DO-STUDY-ACT) (Planla-Yap-Sına-Uygula) çevirimidir.
6. Ürünü geliştirmek ancak sistemi (prosesleri) geliştirmekle mümkündür, çünkü sonucu belirleyen sistemdir.
7. Sistemi geliştirmek için prosesleri “kontrol altına almak” gerekir. Bunu gerçekleştirmek için ise istatistik kullanılmalıdır.

Son dönemde yapılan bazı çalışmalara aşağıda değinilmiştir:

Chaudry ve Higbie (1989), Norplex/Oak Fabrikası’nda ürün yeterliliği, müşteri memnuniyeti ve proses yeterliliği için istatistiksel teknikler kullanarak yeni bir sistem oluşturmuşlardır<sup>23</sup>.

Cantello (1990), Uniroyal lastik fabrikasında, ince tabakalı bakırların geri dönüşümü ve kullanımı için istatistiksel teknikler yardımı ile yeni bir süreç geliştirmiştir<sup>24</sup>.

Kumar ve Gupta (1993), istatistiksel teknikler yardımı ile Austin motorlu araç fabrikasında ıskarta oranını iki yıl içerisinde %56 oranında azaltmışlardır<sup>25</sup>.

Benneyan ve Chutel (1993), istatistiksel teknikler yardımı ile taşıma oranını %27’den %21’e düşürmüşlerdir<sup>26</sup>.

---

<sup>23</sup> Chaudry, S.S.; Higbie, J.R., “Practical Implementation Of Statistical Process Control in Chemical Industry”, International Journal of Quality and Reliability Management, 6(5), 1989, s. 37-48.

<sup>24</sup> Cantello, F.X.; Chalmers, J.E; Evans, J.E., “Evolution To An Effective And Enduring SPC Systems”, Quality Progress, 23(2), 1990, s. 60-64.

<sup>25</sup> Kumar, S.; Gupta, Y.P., “Statistical Process Control At Motorola’s Austin Assembly Plant”, Interfaces, 23(2), 1993, s. 84-92. s. 35-40.

<sup>26</sup> Benneyan, J.C., Chute, A.D., “SPC Process Improvement and The Design PDCA Circle In Freight Administration”, Production And Inventory Management Journal, 34(1), 1993.



Dogdu ve Santos (1998), istatistiksel proses kontrolün bilgisayarlı uygulamalarını tanıtarak ve bu yazılım ve donanım paketlerinin seçimi hakkında çeşitli alternatifler ortaya koymuşlardır<sup>27</sup>.

Jugulum ve Şefik (1998), işletmelerin ürünlerinin ve süreçlerinin sürekli gelişimini sağlamak ve küresel pazarda tutunabilmeleri için toplam kalite yönetimi prensipleri ile kalite politikası açılımı, kalite fonksiyon açılımı, istatistiksel proses kontrol, Taguchi Metotları ve yaratıcı problem çözümü teorisi araçlarının birleştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaya çalışmışlardır<sup>28</sup>.

Schippers (1998), farklı üretim süreçlerinin teknik performanslarının gelişimi için proses kontrol tekniklerini kullanmıştır<sup>29</sup>.

Hong ve arkadaşları (1999), yazılım-bozukluk algılama süreci için istatistiksel teknikleri kullanarak, istatistiksel tekniklerin yazılım bozukluğu algılama prosesi ve bozukluk önleme analizi ile birlikte kullanılması gerektiğini önermişlerdir<sup>30</sup>.

Guh ve arkadaşları (1999), kalite iyileştirme sürecinde kullanılmak üzere sinirsel ağ tabanlı kontrol grafiği görüntü tanıma sistemi, uzman sistem, kalite, maliyet ve simülasyon sistemlerinin birleşmesinden oluşan melez- zeki istatistiksel proses kontrol sistemini tanımlamışlardır<sup>31</sup>.

---

<sup>27</sup> Dogdu, S., Santos, D.L., “The Paradigm Shift in Statistical Process Control Due to The Latest Developments in Computer Technology”, Computers & Industrial Engineering, Vol 35, 1998, s. 177-180.

<sup>28</sup> Jugulum, R., Sefik, M., “Building A Robust Manufacturing Strategy”, Computers & Industrial Engineering, Vol 35, 1998, s. 225-228.

<sup>29</sup> Schippers, W.A.J., “Applicability of Statistical Process Control Techniques”, International Journal of Production Economics, Vol 56-57, 1998, s. 525-535.

<sup>30</sup> Hong M., G.Y., Shanmugan, “A Statistical Method for Controlling Software Defect Detection Process”, Computers & Industrial Engineering, Vol 37, 1999, s. 137-140.

<sup>31</sup> Guh, R.S., Tannock, J.D.T., “IntelliSPC: A Hybrid Intelligent Tool for On-Line Economical Statistical Process Control”, Expert Systems with Applications, Vol.17., 1999, s. 195-212.

Lewis (1999), istatistiksel proses kontrolünün yazılım kalitesindeki rolünü, yazılım geliştirme ve bakımı için geliştirilmiş olan üç örnek çalışmayı inceleyerek açıklamaya çalışmıştır<sup>32</sup>.

Köksalan ve arkadaşları (1999), Türkiye’deki bira talep ve talep tahminleri için istatistiksel proses kontrol yardımı ile üç aşamalı karma bir model sunmuşlardır<sup>33</sup>.

Kakuro (2000), Toyota fabrikasında istatistiksel teknikler kullanarak; kalite-maliyet-teslimat-güvenlik ve müşteri memnuniyeti değerlerini inceleyen, bunlardaki değişimleri izleyen bir zeki istatistiksel proses kontrol sistemi oluşturmuştur<sup>34</sup>.

Thomson ve arkadaşları (2000), enerji kullanımı ve korunumundaki olası hataları, istatistiksel proses kontrolündeki hata teşhis metodu ile erken belirlemeye çalışmışlardır<sup>35</sup>.

Rungtusanatham (2001), kavramsal sunumlar, tartışmalar ve deneysel kanıtlarla motivasyonel etkilerin istatistiksel proses kontrol ile üretim ortamlarının geliştirilmesi açısından makul bir tanımlayıcı olduğunu belirtmiştir<sup>36</sup>.

---

<sup>32</sup> Lewis, N.D.C., “Assessing The Evidence From The Use of SPC In Monitoring, Predicting & Improving Software Quality”, Computers & Industrial Engineering, Vol 37., 1999, s. 157-160.

<sup>33</sup> Köksalan, M.; Erkip, N., Moskowitz, H., “Explaining Beer Demand: A Residual Modeling Regression Approach Using Statistical Process Control”, International Journal of Production Economics, Vol 58, 1999, s. 265-276.

<sup>34</sup> Kakuro A., “A Demonstrative Study of a New SQC Concept and Procedure in the Manufacturing Industry”, Mathematical and Computer Modelling, Vol 31, 2000, s. 1-10.

<sup>35</sup> Thomson, M., Twigg, P. M., Majeed, B. A., Ruck, N., (2000), “Statistical Process Control Based Fault Detection of CHP Units”, Control Engineering Practice, Vol 8, 2000, s. 13-20 .

<sup>36</sup> Rungtusanatham, M., “Beyond Improved Quality: The Motivational Effects of Statistical Process Control”, Journal of Operations Management, Vol 19, 2001, s. 653-673.

Dale ve arkadaşları (2001), kalite çemberleri, iş süreçlerinde yeniden yapılanma ve istatistiksel proses kontrolünün bir geçici heves mi, moda mı yoksa bir uyum yapısı mı olduğunu literatür tabanlı bir çalışma ile ortaya koymaya çalışmışlardır<sup>37</sup>.

García-Sanz ve arkadaşları (2001), istatistiksel proses kontrol yardımı ile değişkenleri farklı kriterler altında inceleyerek bu değişkenleri, bant ya da hat genişliği ve dizayn geliştirmede nicel geri bildirim yapısı için teorik olarak açıklamışlardır<sup>38</sup>.

Zhang ve Igel (2001), Çin'deki istatistiksel proses kontrol sürecinin gelişimini, bir anahtar üreticisi olan CoPS işletmesindeki uygulamalarla açıklamaya çalışmışlardır<sup>39</sup>.

Schippers (2001), istatistiksel proses kontrol tekniklerinin, toplam üretken bakım, otomatik proses kontrol ile beraber, üretim süreçlerinin teknik kontrolünde uyumlu bir takım oluşturulduğunu belirtmiştir<sup>40</sup>.

Huang ve arkadaşları (2002), süreçler arasında, tasarım ve dizayn bilgilerinden yararlanarak, değişim-yayılma analizini tanımlayarak ve istatistiksel proses kontrol limitlerinin belirlenmesinde sistematik bir yaklaşım sunmuşlardır<sup>41</sup>.

---

<sup>37</sup> Dale, B.G., Elkjaer, M.B.F., Wiele, Williams, A. R. T., "Fad, Fashion And Fit: An Examination of Quality Circles, Business Process Re-Engineering And Statistical Process Control", International Journal of Production Economics, Vol 73 , 2001, s. 137-152.

<sup>38</sup> Garcia-sanz, M., Guillén, J.C., Ibarrola, J.J., "Robust Controller Design for Uncertain Systems with Variable Time Delay", Control Engineering Practice, Vol.9, 2001, s. 961-972.

<sup>39</sup> Zhang, W., Igel, B., "Managing The Product Development Of China's SPC Switch Industry as an Example of Cops", Technovation, Vol 21, 2001, s. 361-368.

<sup>40</sup> Schippers, W.A.J., "An Integrated Approach to Process Control", International Journal of Production Economics, Vol 69, 2001, s. 93-105.

<sup>41</sup> Huang, Q., Zhou, S., Shi, J., "Diagnosis of Multi-Operational Machining Processes Through Variation Propagation Analysis", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol 18, 2002, s. 233-239.

Corbett ve Pan (2002), prosesin çevresel performansını ölçüm ve değerlendirilmesi için istatistiksel proses kontrol teknikleri kullanmışlardır. Çalışmada kontrol grafikleri, zaman cetvelindeki saptanabilen anormal değişimleri gözlemlemek için kullanılmıştır. Ayrıca uygun olmayan durumların meydana gelme riski açısından çevre değişim performansını kontrol altında tutabilmek için süreç kalite indeksleri önerilmiştir<sup>42</sup>.

Zorriassatine ve arkadaşları (2003), yapay sinir ağları tekniğini, çok değişkenli istatistiksel proses kontrolünün raporlayamadığı bir uygulamada kullanmışlardır<sup>43</sup>.

Kaya ve Engin (2003), PVC kapı-pencere üreten orta ölçekli bir işletmede yaptığı çalışmada istatistiksel teknikler kullanarak işletme kalitesinin %37 oranında iyileştirilebileceğini belirtmişlerdir<sup>44</sup>.

Dudek ve Burlikowska (2005)'nin yapmış oldukları çalışmada, Polonya şirketlerinde modern kalite takip ve kalite kontrol işlemlerine yönelik sorunlar sunulmuş ve kalite tahmin sürecinde istatistiksel tekniklerin kullanımının mümkün olup olmadığı üzerine uygulama yapılmıştır. Yapılan araştırma, PN-79/H-74244 standardına uygun olarak G335 çelikten yapılan borunun (65 x 3.1 x 1056), 65 dış çapı için oluşturulan X-R kontrol grafiği ve süreç yeterlilik analizi üzerine yoğunlaşmaktadır<sup>45</sup>.

---

<sup>42</sup> Corbett, C.J., Pan, J., "Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques", European Journal of Operational Research, Vol139, 2002, s. 68-83.

<sup>43</sup> Zorriassatine, F., Tannock, J. D. T., O'Brien, D.C., "Using Novelty Detection to Identify Abnormalities Caused by Mean Shifts In Bivariate Processes", Computers & Industrial Engineering, Vol 44, 2003, s. 385-408.

<sup>44</sup> Kaya, İ., Engin, O., "Kobilerde Kalite İyileştirme Süreci Ve Örnek Bir Uygulama", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Konya Şubesi Makine-Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi 26-27 Eylül 2003, Konya.

<sup>45</sup> Dubek, M; Burlikowska, Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk, Journal of Materials Processing Technology, 2005, s. 736-743.

Kapıcı (2005)'nin yapmış olduğu çalışmada, İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda İPK metodundan c kontrol grafiği, histogram, pareto analizi ve sebep sonuç grafiğini gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak sürecine uygulanabilirliğini incelemiştir<sup>46</sup>.

De Magalhaes ve arkadaşları (2006)'nın yapmış oldukları çalışmada, uyarlamalı X-R kontrol grafiklerinin, süreçte meydana gelen küçük - orta boyutlu değişimleri tespit etmede geleneksel X-R kontrol grafiklerine göre daha hızlı olduğunu göstermiştir<sup>47</sup>.

Motorcu ve Güllü (2006)'nün yapmış oldukları çalışmada, orta ölçekli bir şirkette imalat sürecinde küresel dökme demir parçalarının üretiminde dairesel olmama gibi süreçte meydana gelen değişikliklerden tanımlanabilir nedenleri bulmak ve bunları düzeltmek için elde edilen verilere X-R kontrol grafiği ve süreç yeterlilik analizi (C<sub>p</sub> ve C<sub>pk</sub>) uygulamıştır<sup>48</sup>.

Durkee (2008)'nin yapmış olduğu çalışmada İPK metodlarını kullananların süreçleri yönetmede oldukça fayda sağladığını belirtmiştir. Bu metotlar, sahip olduğumuz bilginin değerlendirilmesini sağlamıştır. Kullanılabilecek İSK metotları histogram, hata yoğunluk grafiği, veri tablosu, pareto analizi, sebep-sonuç grafiği, serpilme grafiği, cusum kontrol grafiğidir<sup>49</sup>.

---

<sup>46</sup> Kapıcı, T., İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Tersanelerde Kaynak Prosesine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2005, s. 148.

<sup>47</sup> De Magalhaes M.S, Costa A.F.B and Moura Neto F.D, Adaptive control charts:A Markovian approach for processes subject to independent disturbances, Int. J. Production Economics, 2006, s. 236–246.

<sup>48</sup> Motorcu A. R., Güllü A. , Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. Materials and Design, 2006, s. 364–372.

<sup>49</sup> Durkee J.B, "Magnificent Seven" Techniques Enhance Statistical Process Control, www.metalfinishing.com (05.05.2008)

## BÖLÜM 2

### TEMEL İSTATİSTİKİ BİLGİLER

#### 2.1. KALİTE KONTROLDE KULLANILAN TEMEL İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER

Kalite ve kalite kontrolü konusunda ilk çalışmalar üretim ve mal değişiminin başladığı çağlara kadar uzanmaktadır. İstatistik biliminin, kalite kontrolünde kullanılması ise 1920 yılında W.A. ShewHart ile başlamış ve Dodge ve Roming'in kabul örneklemesi konusunda yaptıkları çalışmalarla büyük gelişmeler göstermiştir. Daha sonra "Toplam Kalite Kontrol", " Kalite Çemberleri" ve "Sıfır Hata Programı" ile günümüze kadar ulaşmıştır.

Üretim işlemini, istenilen ortalama kalite düzeyi ve kalite tekdüzeliği altında yürütmek en ekonomik ve güvenilir bir biçimde ancak istatistiksel kalite kontrol metotlarını uygulamakla mümkündür. Ayrıca istatistiksel kalite kontrol yöntemleri, üretim işleminin normal koşullar altında kurulmasını ve yürütülmesini sağlamada çok önemli rol oynayan, bir aksaklık veya özel bir nedenle üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen ortaya çıkartarak gerekli tedbirlerin zamanında alınmasını sağlayan metotların uygulanmasıdır. Bu amaçlarla kullanılan değişik yöntemler vardır. Bunlar, kalite problemlerinin çözümünde yaygın kullanım alanına sahip olan ve özellikle proses kontrolü amacıyla kullanılan yedi yöntemdir. Bu araçlar tek tek kullanılabilir gibi, kalite problemlerini çözmek ve hataların nereden kaynaklandığını ortaya çıkarmak üzere bir arada da kullanılabilir. Uygulamalarda dikkat edilmesi gereken husus; verilerin yetkili elemanlar tarafından doğru olarak ve zamanında toplanmasıdır.

##### 2.1.1. Çetele Diyagramı

Kontrol çeteleleri, kalite kontrolde verilerin kaydı ve düzenlenmesi için kullanılır. Belirli zaman aralığında meydana gelen hataların ortaya çıkma nedenleri

ve kaynaklarını bulmak amacı ile sorunları çetele ile göstererek sıklık derecesinin saptanması için kullanılan bir araçtır<sup>50</sup>.

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

Ürünlere ilişkin çeşitli karakteristik değerlerin dağılımının nasıl olduğu histogramlar ile belirlenir. Uygun bir form üzerinde çetele tutularak kaydedilen verilerden dağılımın şekli hakkında bilgi sahibi olunabilir. Dağılımın tepe noktaları (mod) sayısı, basıklık ve çarpıklık durumu, uç değerlerin varlığı veya kesikli durumların olup olmadığı, spesifikasyonlar (toleranslar) dışına taşmaların varlığı açıkça görülebilir<sup>51</sup>.

Kusurlu ürün veya kusur yeri ve nedeninin kaydı ile kusurlu ürün sayısının bilinmesiyle beraber, kusura yol açan sebeplerin de tespiti mümkündür<sup>52</sup>.

Niteliksel verileri toplamak için kullanılan bir çetele diyagramı örneği Şekil 2.1.'de görülmektedir. Tabloda ürünün ölçülecek özelliği daha önceden belirlenmiş, bu özellik için ölçüm sınıfları oluşturulmuş, daha sonra ölçülen ürünlerden elde edilen veriler kaydedilerek frekans dağılımı belirlenmiş olmaktadır.

Nitel verileri toplamak için kullanılan çetele diyagramı örneği Şekil 2.1.'de yer almaktadır. Diyagram oluşturulurken izlenmesi gereken yol şöyle özetlenebilir. Önce parti büyüklüğü ve sonra da numune alma planlarından faydalanılarak örnek büyüklüğü belirlenir.

---

<sup>50</sup> Kartal, M., *İstatistiksel Proses Kontrolü*, Kariyer Matbaası, Ankara, 1999, s.30.

<sup>51</sup> Besim, Akın, *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri*, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1996, s. 34

<sup>52</sup> Akın, a.g.e. , s. 34

Daha sonra hata tipleri alt alta yazılır ve hangi hata tipine rastlanırsa karşısına bir işaret konulur. Kontrol edilecek parça sayısı bitince her hata tipi için konuşulan işaretler toplanır. Reddedilen kusurlu parça sayısı bilgi formuna yazılır. Böylece karşılaşılan hata türlerinin dağılımı ve düzeltmenin nereden başlaması gerektiği konusunda fikir yürütülebilir.

<b>Ürün Adı</b> :0,5mm2 Kırmızı Kablo		<b>Tarih</b> : 20.04.2004
<b>Ürün Kodu</b> : K10SM0		<b>Saat</b> : 15:34
<b>Parti No</b> : 10203		<b>Veri Topl.</b> : H.Meydan
<b>Toplam Adet</b> : 1000		<b>Düşünceler</b> :
<b>Örnek Sayısı</b> : 40		
<b>Hata Türü</b>	<b>Çetele</b>	<b>Hatalı Adet</b>
PVC Et Kalınlığı Hatası	XXXX	8
PVC Renk Hatası	XXXX/	9
Kablo Kesme Hatası	XXXXX/	11
Uç Sıyırma Hatası	XXX/	7
Terminal Vurma Hatası	XX/	5
Toplam Hata		40

### Şekil 2.1. Niteliksel Veri Toplamak İçin Kullanılan Çetele Diyagramı.

**Kaynak:** Naci Uğur, Kalite Kontrolde İstatistik Yöntemler, Kosgeb, Ankara, 1997, s. 12.

#### 2.1.2. Histogram

Verilerin değişkenliğindeki bir eğilimin nedenlerini belirlemek amacıyla, ilgilenilen sonuçların meydana gelme sıklığı belirlenir ve bir grafik oluşturulur. Belli bir ölçülebilir özelliğe ilgili toplanan verilerin dağılımını kolay anlaşılır şekilde gösteren bir grafikdir. Sıklık Diyagramı olarak da bilinmektedir<sup>53</sup>.

Histogram üzerinde gerektiğinde alt ve üst spesifikasyon limitlerinin belirlenmesi yolu ile kabul edilen ve red edilen üretim miktarları kolaylıkla görülebileceği gibi, verilerin normal dağılmadığı da izlenebilir. Ayrıca iki farklı üretimin veya firmanın karşılaştırılmasında da kullanılan etkin bir yöntemdir.

<sup>53</sup> Üreten, S. , Üretim/ İşlemler Yönetimi Planlama-Denetim Kararları Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları. Ankara: Türk Hava Kurumu Basımevi, 1998, s. 431.



Histogramı çizebilmek için yatay eksene ölçülen değerleri, yani toplanan verileri sınıflandırarak yazmak gerekmektedir. Her bir sınıfa düşen frekans sayıları da düşey ekseninde gösterilmelidir. Yorumların gerçeği yansıtabilmesi için en az 50 ve genellikle de 50-100 arasında veri ile çalışma tavsiye edilmektedir. Veri sayısının 50'den az olmasını sınıf adetlerini çok azaltacağı ve üretim prosesinin dağılımı ile ilgili olarak yanıltıcı fikir verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır<sup>54</sup>.

Histogramlar, spesifikasyon ve sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, malzeme ve değişik verileri (alet vs. ) sınıflandırarak üretim süreci içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılmaktadır.

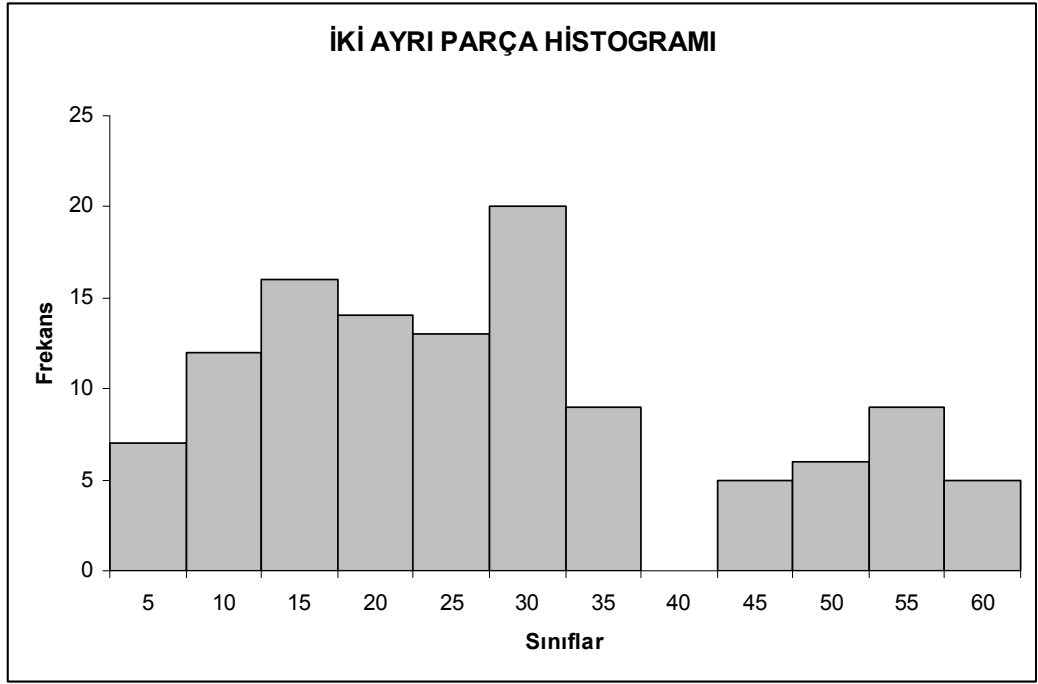
Histogramlar, dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu, şeklini, tek veya çift modlu oluşu gibi durumları yansıtırlar. Bunları izlemek sureti ile mevcut veya muhtemel sorunların yapısı ile ilgili önemli ipuçları elde edilebilir<sup>55</sup>. Histogramlardan geliştirme çalışmalarında, spesifikasyonlarla aralarındaki ilişkilerin gösterilmesinde, hatalarla ilgili düzensizliklerin araştırılmasında yararlanır. Histogramlar istatistiksel proses kontrol uygulamalarında da oldukça sık kullanılmaktadır. Elde edilen verilerle oluşturulan histogramların başlıca tipleri ve bu oluşumun muhtemel nedenlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz<sup>56</sup>.

- a) İki ayrı parçaya bölünmüş histogram : Olası nedeni; verilerin iki farklı kaynaktan gelmesi, değişik kalite kontrol elemanlarınca tespit edilmiş olması veya iki farklı ölçü aletinin kullanılmasıdır. (Şekil 2.2.)
- b) Kesikli histogram : Olası nedeni; ölçümler yapılırken veya histogram hazırlanırken hataların yapılmasıdır. Yapılması gereken, sınıf adedinin değiştirilmesi, ölçme aletlerinin ve okuma metodlarının kontrol edilmesidir. (Şekil 2.3.)
- c) İki modlu histogram : Olası nedeni; iki ayrı prosesin kullanılmasıdır. Grubun dağılımı incelenmeli ve her grup için ayrı histogram yapılmalıdır. (Şekil 2.4.)
- d) Soldan sağa doğru azalan bölünme : Olası nedenler; söz konusu numunelerin muhtemelen rastgele seçilmesinden kaynaklanır. (Şekil 2.5.)

<sup>54</sup> Akın, a.g.e., s.40

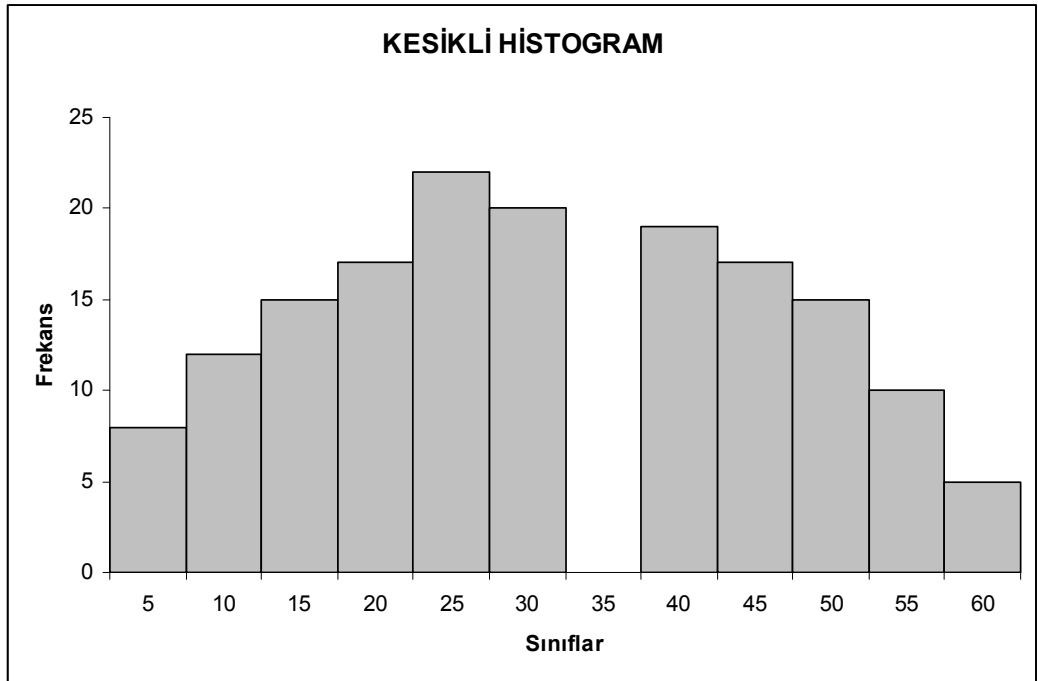
<sup>55</sup> Akın, a.g.e., s. 40

<sup>56</sup> TSE , "İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları", İstanbul Bölge Müdürlüğü, İstanbul, 1996, s.5



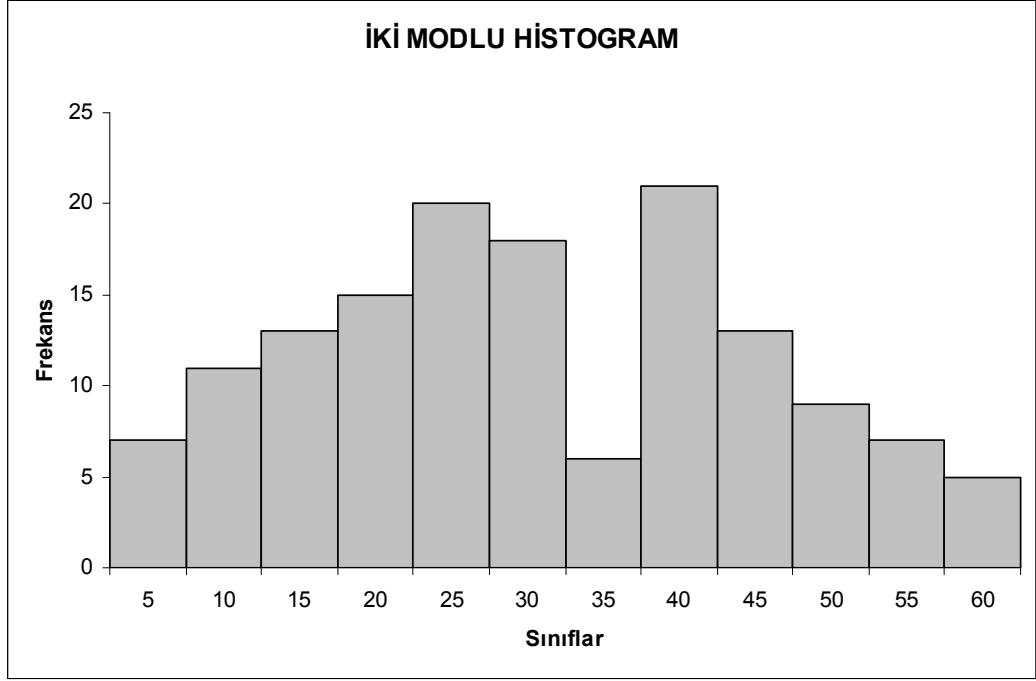
**Şekil 2.2.** İki ayrı parça histogramı

**Kaynak:** Besim Akın, ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s. 41.



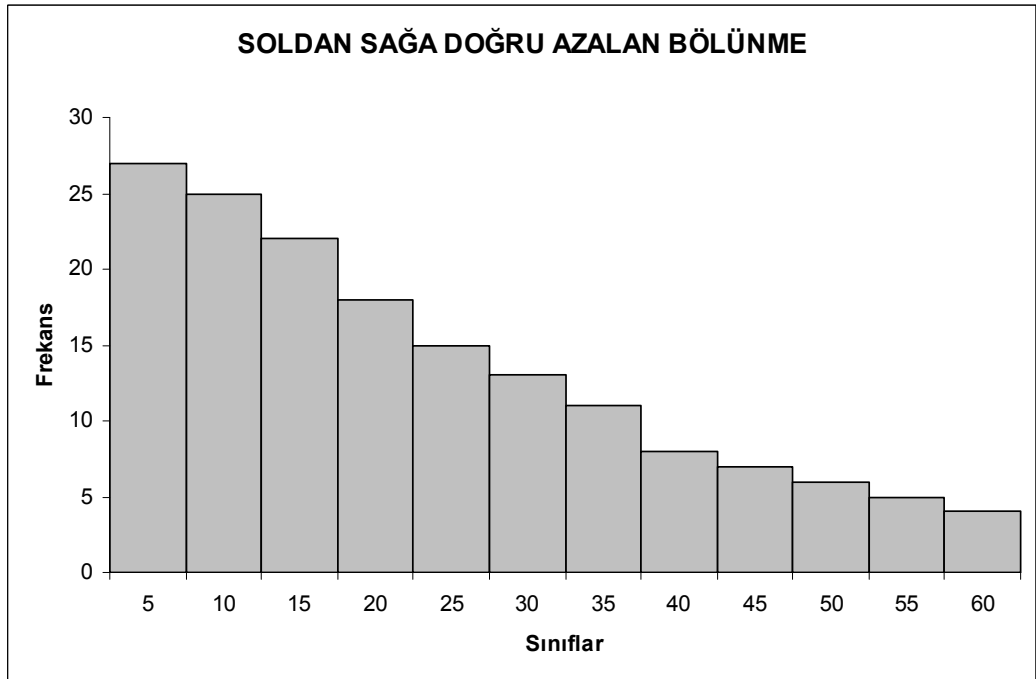
**Şekil 2.3.** Kesikli histogram.

**Kaynak:** Besim Akın, ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s. 41.



**Şekil 2.4.** İki modlu histogram.

**Kaynak:** Besim Akın, ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s. 42.



**Şekil 2.5.** Soldan sağa doğru azalan bölünme.

**Kaynak:** Besim Akın, ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s. 42.

### 2.1.3. Pareto Analizi

Pareto analizi verileri tasnif ederek karar alma işini kolaylaştırır. Söz konusu tasnif için pareto grafikleri kullanılır. 19. yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto (1848 - 1923; iktisat ve sosyoloji alanında tanınmış italyan bilim adamıdır. En önemli eseri “Düşünce ve Toplum” 1916 yılında yayınlanmıştır.), daha sonra kendi adıyla anılmaya başlayacak olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur. Pareto işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve aldığı sonuçları şu şekilde genelleştirmiştir<sup>57</sup>.

Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20’si, sonuçların %80’ini sonra gelen %30’u, sonuçların %15’ini ve geri kalan %50’si ise sonuçların sadece %5’ini oluşturmaktadır<sup>58</sup>. Maliyetin yaklaşık %80’ninin elemanların sadece %20’sinden kaynaklandığı veya servetin yaklaşık %80’ninin nüfusun %20’sinin elinde olduğu gibi durumlarda bu konuya birer örnektir. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20”, “90-10“ kuralı veya “70-30“ kuralı da denir. ABC analizi olarak da isimlendirilen Pareto grafiği, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır. Bir mamulde bulunması mümkün tüm hataların aynı önem derecesine sahip olduğu söylenemez<sup>59</sup>. Pareto analizi değişik sayıdaki önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir niteliktedir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir<sup>60</sup>. Pareto Analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için kullanılır<sup>61</sup>.

<sup>57</sup> Quality Control Circles, Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları, İstanbul, 1984, s. 8.

<sup>58</sup> Kolarik, William J., Creating Quality, Singapore:International Editions, 1995, s. 23.

<sup>59</sup> Kocu, Bülent, Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1987, S. 274.

<sup>60</sup> Ishikawa, Kaoru. Guide Quality Control, Asian Productivity Organization 2. Ed.,. 1982, s.45.

<sup>61</sup> Grant, Eugene L.-Leavenworth Richard S.. Statistical Quality Control, Mc Graw-Hill Com, 6 th ed., New York 1988, s. 291.

Pareto grafiğinin gayesi, hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerinin en verimli sahalarda yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır<sup>62</sup>. Çok sayıda parçadan oluşan karmaşık mamullerde tolerans limitlerini düşürmek için, Pareto grafiğinin çizimi bu konuda uygulanabilecek basit fakat etkili bir analiz vasıtasıdır<sup>63</sup>. Pareto analizi maliyet ve hataları tespit etmek için kullanılabilen bir metottur. Bu metod ile değişik parçalar için üretim hatalarının, direk işçilik giderlerinin veya maliyetin yüzde ne kadarını oluşturduğu gösterilebilmektedir. Bu grafikten faydalanılarak hangi parçaların maliyet bakımından önemli olduğu tespit edilir ve kontrol çalışmaları daha çok bu parçalar üzerinde yapılır. Diğer parçalar için kritik parça olmadığı sürece çoksık olmayan kontrollerle yetinilir. Hata oranlarına göre yapılan bir pareto grafiğinde önemli olarak ayrılan bir kaç çeşit hatanın toplam ıskartanın büyük miktarını meydana getirdiği görülür. İskartaya sebep olan hataların bir listesi yapılır ve daha sonra hata adedi 5'e indirilir. Bunların maliyetleri tespit edilir<sup>64</sup>. Hata sebeplerinin küçük bir miktarının ıskarta maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu görülür<sup>65</sup>. İskarta çeşitlerinin maliyetlerine göre pareto diyagramında analiz edilmesi kuruluşlar açısından daha faydalı olmaktadır. Bu şekilde kurum için en önemli kalite faktörü tespit edilecektir. Maliyetler ile yapılan pareto analizi, hataların sayısına göre yapılan tercih edilir.

Pareto diyagramlarının hazırlanmasında, beyin fırtınası ve neden-sonuç diyagramları ile olası problemlerin nedenleri belirlenerek bu diyagrama temel oluşturmaktadır. Diyagramı oluşturmak için belirli bir zaman aralığında ve düzenli bir şekilde toplanıp kontrol tablosuna işlenen verilerden yararlanılır. Belirlenen nedenler ve alt nedenler önem derecelerine göre sıralandıktan sonra yatay eksene eşit aralıklarla ve önem sırasına göre yerleştirilir. Hata sayısı en fazla olan en başa yazılmakta ve sağa doğru sütunların boyları ve önem dereceleri azalmaktadır. En sağa, "Diğerleri" adı altında önemsiz ve kısa kolonlar birleştirilerek konulabilir.

<sup>62</sup> Egermayer, F.. "Pareto Analysis in Incoming Inspection At Verdor.",Quality, Eurepan Organization for Quality Control, June. 1988, s. 22.

<sup>63</sup> Kobu, a.g.e., s. 187.

<sup>64</sup> TSE. İstatistiksel Proses Kontrol,(Eğitim Notları). Ankara T.S.E., Kalite Notları (Bölüm 2). Ankara TSE Kalite Yayınları No:4.06/2B, 1993, s. 85.

<sup>65</sup> Kobu, a.g.e., s. 188.

Hata sayısı, yüzde veya maliyet gibi değerler “Y” ekseninde gösterilmektedir. Hata nedenlerinin toplam frekans içindeki değeri, sütun boyunu oluşturmaktadır. Sütunlar üst üste konularak ve sütunların sağ üst köşeleri birleştirilerek toplam eğrisi tamamlanmış olmaktadır. Bu eğri, başlangıçta çizilen diyagramla, üzerinde çalışma yapılacak hata sayısı azaldıktan sonra çizilen diyagram arasındaki farkı göstermek için kullanılabilir. Belirlenen etkinliğe en yüksek neden elimine edildikten sonra ulaşılan son durumun başlangıçtaki durumla arasındaki fark bu eğri ile kolayca tespit edilebilir. (Şekil 2.6. )

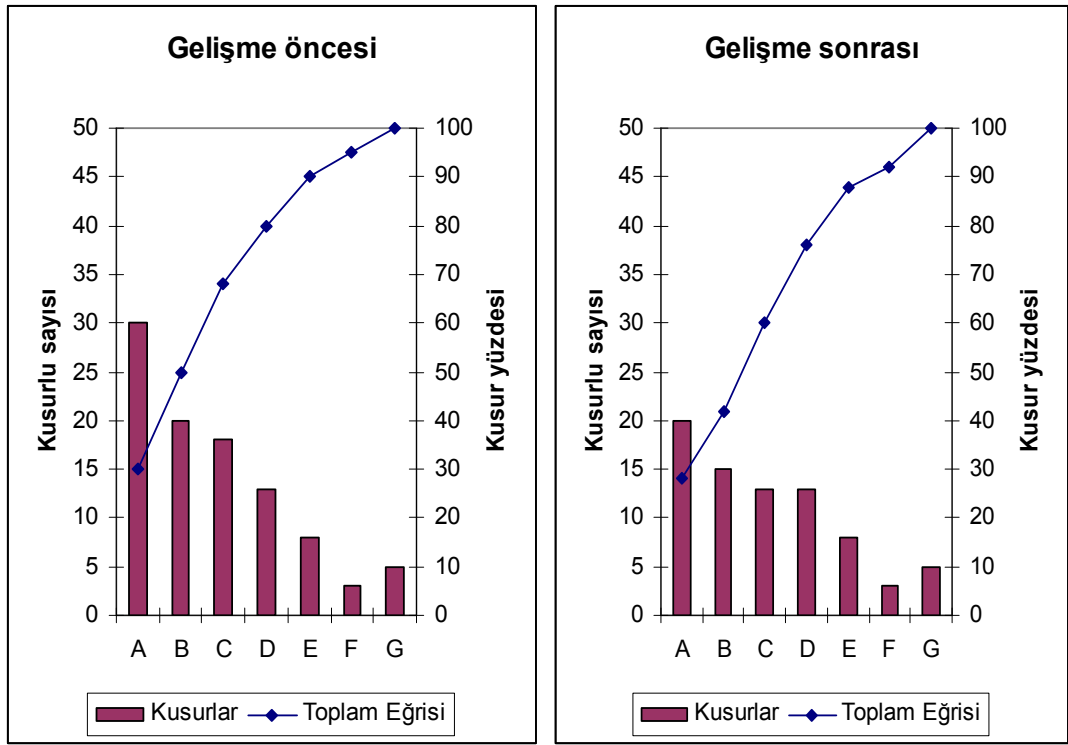
Pareto analizi, gücün bir noktaya yoğunlaştırılmasında, grubun yaptığı çalışmalarda sonuçların doğruluğunu göstermede ve yönetime etkili raporların sunulmasında başvurulacak yöntemdir. Pareto grafiği proses kontrol tekniklerinin en fazla kullanışlı olanlarından olduğu halde, grafiği analiz eden kalite kontrol elemanın mahareti ile sınırlı kalmaktadır<sup>66</sup>.

Pareto diyagramları ile çalışırken şu hususlara dikkat etmek gerekir.

- Çözüme kavuşturulduğunda en çok kar getirecek problemin çözümünden başlanmalı.
- Çözümde problemleri ilgilendiren bölümlerle beraber ortak bir çalışma yapılmalı ve beraber çözüm önerileri geliştirilmelidir.
- Diyagramlar, her rapor döneminde aylık periyotlar içinde hazırlanmalıdır. Böylece prosesdeki kusurların düzeltilmesi için alınan tedbirlerin başarısı izlenebilir. Belirli dönemlerde hazırlanan pareto diyagramları ile kusurların sık aralıklarla tekrarlandığı belirlenirse prosesin kontrol dışı veya kontrolünde eksiklikler olduğuna karar verilebilir.

---

<sup>66</sup> Montgomery, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control, New York: 2. Ed. Jhon Willey & Sons, 1991, s. 121.



**Şekil 2.6.** Pareto diyagramları (gelişme öncesi ve sonrası).

**Kaynak:** İsmail Efil, Yönetimde Kalite Kontrol Çemberleri ve Uygulamadan Örnekler, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1993, s. 114.

#### 2.1.4. Sebep-Sonuç Diyagramı (Kılçık Diyagramı)

Sebep-sonuç diyagramı, bir kalite karakteristiği ve faktörleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir diyagram olarak tanımlanmaktadır<sup>67</sup>. İlk defa 1943 yılında Tokyo Üniversitesinden Prof. Kaoru Ishikawa tarafından kullanılmıştır. Japon endüstrisinde kalite kontrol faaliyetleri içerisinde vazgeçilmez bir araç durumuna gelmiş, daha sonra tüm dünyaya, sadece kalite uygulamalarında değil, başta problem çözme teknikleri olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır<sup>68</sup>.

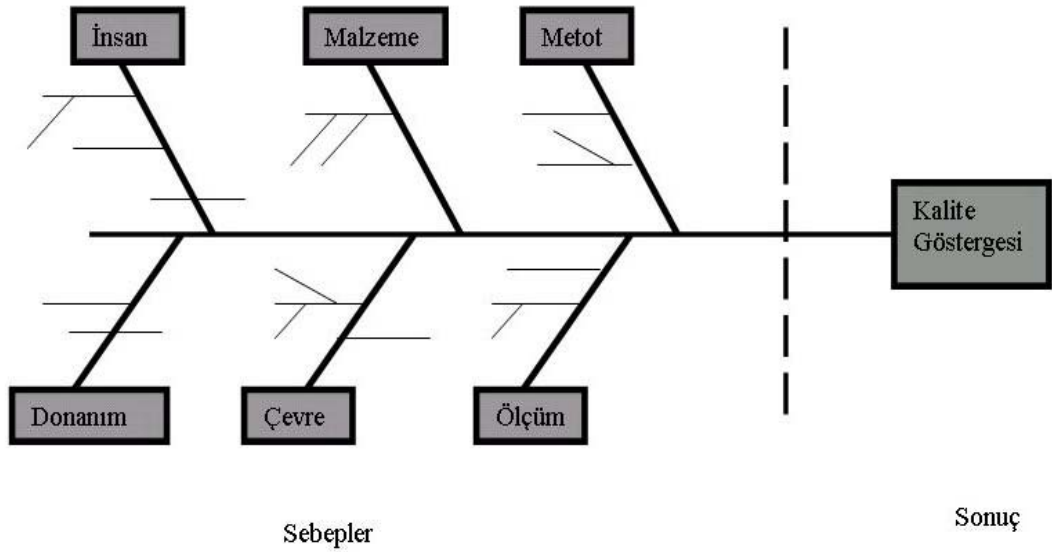
Sebep-sonuç diyagramı yardımıyla problem hakkında tüm bilinenler ortaya konulur ve buradan bilinmeyenlere doğru sistematik bir yaklaşımla problemin

<sup>67</sup> Besterfield, D.H., Quality Control, Prentice Hall, New Jersey, 1998, s. 22-24.

<sup>68</sup> Akın, a.g.e., s. 57

çözümü sağlanmaya çalışılır. Hatalı ürünü ortaya çıkaran nedenleri ile hataların önem dereceleri de farklılık gösterdiğinden bunları bir proses içerisinde sistematik olarak izlemek mümkün olmaktadır<sup>69</sup>.

Sebe-sonuç diyagramları, ortaya çıkmış bir sonucun (kalite problemleri vs.) oluşmasına neden olan ana ve bunlara bağlı alt nedenlerin belirlenmesinde kullanılır. Aynı zamanda, herhangi bir sürece ilişkin temel faaliyetleri tespit etme ve gerektiğinde iyileştirme yapmak için de kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda sonucu doğuran ana nedenler ya da süreci oluşturan temel faaliyetler ortadan geçen doğruya birleşen değişik yönlü çizgilerle temsil edilirler. Bu çizgiler ana sebep/faktörleri, bunlarla birleşen yan çizgiler ise yardımcı sebep/faktörleri temsil etmektedirler. Ortadaki okun sağ ucundaki kutu içine sebeplerini bulmaya çalıştığımız sonuç ya da analiz ettiğimiz sürecin adı yazılır. (Şekil 2.7.)



Şekil 2.7. Sebe-Sonuç diyagramı

**Kaynak:** Johannes Ledolter ve Claude W. Brurill, “Statistical Quality Control”, Strategies and Tools for Continual Improvement, 1999, s. 59.

<sup>69</sup> Akın, a.g.e. , s. 57



Diyagram çizimi için konu ile ilgili kişilerin bir araya geldiği bir beyin fırtınası toplantısı düzenlenmesi yararlıdır<sup>70</sup>. Beyin fırtınası, ortak sorunlar, planacak veriler, çözüm önerileri, uygulama önerileri ve karşılaşılabilecek engeller gibi konularda bir fikir listesi oluşturmak amacıyla yapılır<sup>71</sup>.

Sebe-sonuç diyagramları kalite sorunları yanında aşağıda yer alan sorunların çözümünde de yardımcı araç olarak kullanılabilir<sup>72</sup>.

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

Ishikawa diyagramının sağ ucunda yer alan sebeplerin arandığı sonucu etkileyen nedenler genel olarak beş ana gruba ayrılabilir<sup>73</sup>.

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

---

<sup>70</sup> Olcayto, C., KesiciTakım Üretiminde Isılışlem Aşamasının Ürün Kalitesine Etkisi ve İstatistiksel Proses Kontrol Yardımı İle Isıl İşlem Uygulamasının Gözetimi. Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Anabilim Dalı, İstanbul , 1996, s. 86.

<sup>71</sup> Köksal, G., Problem çözme teknikleri.Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi Semineri ODTÜ, 2001, s. 27.

<sup>72</sup> Akın, a.g.e., s. 58

<sup>73</sup> Uğur, a.g.e., s. 11

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

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

### **Beyin Fırtınası:**

Amaç, grup çalışmalarına katılanların yaratıcı düşüncelerini teşvik etmek ve geliştirmektir. Uygulama, problemin açıkça ortaya konulup, tanımının yazılması ve problemle ilgili şüphelerin ortadan kaldırılmasıyla başlar. Grubun mümkün olduğunca rahat olması sağlanarak, önerilerin zorlamasız üretilmesi sağlanır. Ana kuralları<sup>74</sup>:

- Önerilerin üzerinde tartışılmaya izin verilmez,
- Grup elemanlarını tümünün katılımı sağlanmalıdır,
- Tur sırasına göre her turda sadece bir öneri söylenmelidir,
- Önerisi olmayan grup elemanları pas geçilir,
- Katılanların önerileri geliştirilmeye çalışılır,
- Önerilerin miktarları, kalitelerinden daha önemli olduğundan ne kadar çok öneri varsa, uygulanacak öneri sayısı o kadar çok artar.

### **2.1.5. Sınıflandırma (Tabakalama)**

Sınıflandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesi olarak tarif edilebilir<sup>75</sup>. Bu süreci kısmen tanımlayan diğer sözcükler: parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, gruplandırma, kataloglama, tasnifleme ve karakterize etme.

---

<sup>74</sup> Akın, a.g.e., s. 59

<sup>75</sup> Kolarik, a.g.e., s. 176

Sınıflandırma, tek başına bir analiz metodu olmayıp, her metot için kullanılabilen basit ve genel bir yaklaşımdır. Sınıflandırma, kalite kontrol çemberlerinin kullandığı araçların tümünde veri toplama, örnekleme, Pareto Analizi, Histogram, Sebep-Sonuç Grafiği, Serpilme Grafiği, Kontrol Grafikleri vb de yaygın olarak kullanılmaktadır<sup>76</sup>.

Süreç kontrolünde değişkenliklerin sebebinin bulunmasında, ortaya çıkarılmasında toplanan verinin gruplandırılması kritik rol oynamaktadır. Gruplandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesidir<sup>77</sup>. Sınıflandırmayı kısmen tanımlayan diğer sözcükler; parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, sınıflandırma, kataloglama, tasnifleme ve karakterize etmedir.

Sınıflandırmada veriler, başlıca aşağıda verildiği şekilde gruplara ayrılabilir<sup>78</sup>:

- a) Hata türüne göre,
- b) Vardiya türüne göre,
- c) Güne göre,
- d) Makineye göre,
- e) Partiye göre,
- f) Çalışana göre.

---

<sup>76</sup> Kapıcı, a.g.e., s. 148.

<sup>77</sup> Kaya, İhsan ve Ağa, Abdullah, Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulaması, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı:11, Yıl:2004.

<sup>78</sup> Tezel, M. F., İPK (SPC) ve Akışkan Otomasyonu Sanayi Malzemeleri İmalatında Proses Yeteneği Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2006, s. 100.

### 2.1.6. Serpilme (Dağılma) Diyagramı

Sorun analizinde etkin olan serpilme diyagramları, iki özellik arasındaki ilişkiyi göstermek amaçlı kullanılır<sup>79</sup>. Bu sayede değişkenlerden birisinin standarttan sapması sonucu diğer değişkeni nasıl etkileyeceği öngörülebilir duruma gelecektir<sup>80</sup>. Problem üzerinde etkili olabileceği düşünülen faktörlerin sorun üzerindeki etki derecelerini tespit etmek amacıyla serpilme diyagramları kullanılır<sup>81</sup>. X ve Y olarak gösterilen iki istatistik serinin artış ve azalışları birbirini etkiliyorsa, bu iki seri verileri arasında bir korelasyon var demektir. İki seri arasındaki korelasyon hesabı aşağıdaki formül ile yapılır.

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx).S(yy)}} \quad (2.1.)$$

$$S(xx) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n} \quad (2.2.)$$

$$S(yy) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n} \quad (2.3.)$$

$$S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2.4.)$$
$$S(xy) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{n}$$

---

<sup>79</sup> Yamak, Oygur. Üretim Yönetimi, 4.Basım, Dstanbul, 2004, s. 351.

<sup>80</sup> Kalder, Dstatistiksel Proses Kontrol, Revizyon No:2, Dstanbul, 2005, s.46.

<sup>81</sup> Ryan, Thomas P. Statistical Methods For Quality Improvement, 2.Basım, New York, John Wiley & Sons, 2000, s. 18.

Uygulamada genellikle bir ürünün karakteristiğinin üretim prosesinin karakteristiği ile ilişkili olup olmadığı araştırılır. Kalite problemleri çoğunlukla bu ilişkinin bozulması sonucu ortaya çıkmaktadırlar. Aralarında ilişki bulunan karakteristiklerden bir tanesi kontrol altına alındığında, ikincisi de kontrol altında tutmak mümkün olacaktır. Korelasyonun varlığı veya derecesi, yönü hakkında uygun karar verebilmek için şu noktalara dikkat edilmelidir<sup>82</sup>:

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

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

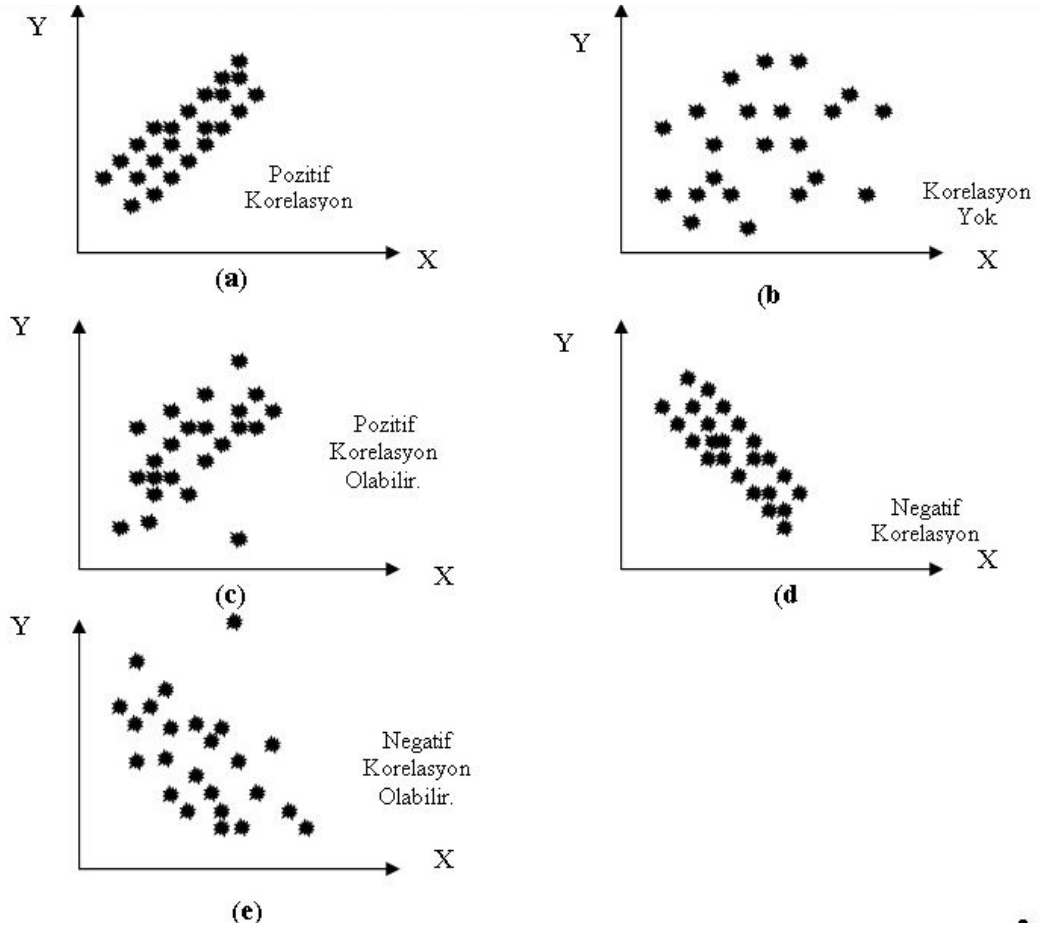
1. Sebep-sonuç ilişkisi.
2. Bir faktör (sebep) ve diğer bir faktör (sonuç) arasındaki ilişkidir.

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

- a) Kuvvetli pozitif korelasyon: Y’de meydana gelen artışlar X’e bağlıdır. Eğer X kontrol altında tutulursa, Y de kontrol altında tutulmuş olacaktır. (Şekil 2.8.)
- b) Korelasyon yok: Burada incelenen X ve Y verilerinin arasında herhangi bir ilişki (korelasyon) yoktur. (Şekil 2.8.)

---

<sup>82</sup> Kazuo, Ozeki, Hanbook of Quality Tools, Cambridge: Productivity Tools,1990, s. 237



**Şekil 2.8.** Serpilme/Korelasyon Çeşitleri

**Kaynak:** Johannes Ledolter ve Claude W. Brurill, “Statistical Quality Control”, Strategies and Tools for Continual Improvement, 1999, s. 492.

- c) Zayıf pozitif korelasyon: Burada Y’ye X dışında etki eden diğer faktörlerin varlığından söz edilebilir. X arttıkça Y de artacaktır. Ancak Bu artış kuvvetli pozitif bir korelasyona göre daha az olacaktır. (Şekil 2.8.)
- d) Kuvvetli negatif korelasyon: X’deki bir artış Y’de azalmaya neden olmaktadır. Burada Y yerine X’in kontrol altında tutulması gereklidir. (Şekil 2.8.)
- e) Zayıf negatif korelasyon: X’deki bir artış Y’de azalma şeklinde bir eğilim ortaya koymakla birlikte Y’ye etki eden başka faktörlerin varlığından da söz edilebilir. Bu nedenle, kuvvetli negatif korelasyona göre, Y’deki azalma daha az olur. (Şekil 2.8.)

### **2.1.7. Kontrol Diyagramları**

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

## BÖLÜM 3

### KONTROL DİYAGRAMLARI

#### 3.1 KONTROL DİYAGRAMLARININ TANIMI VE AÇIKLAMASI

Temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılan kontrol diyagramlarıdır. W.A.Shewhart proses kontrolün ancak geçmiş tecrübelerle dayanarak elde edilen bilgilerle sürekli kütle üretiminde bilimsel yoldan uygulanabileceğini ileri sürmektedir. Bir prosesin istatistik yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde kontrol altında tutulmasında kullanılan en etkin araç kontrol diyagramlarıdır<sup>83</sup>.

Tabiatta hiçbir şey diğerinin aynısı değildir. Bu konu üretimde de önemli noktalardan birisidir. Üretilen her ürünün veya onu oluşturan parçaların, kalite özellikleri ile ilgili olarak değişkenlik göstermeleri doğaldır. Parça usulü ile üretimde üç değişkenlik kaynağı söz konusudur<sup>84</sup>.

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

Bu değişkenliklere 5 ana faktör neden olur.

1. Prosesler: Bunlardan başlıcaları; aletin yıpranması, makinanın titreşmesi, çalışma pozisyonu, elektrik dalgalanmaları.
2. Malzemeler: Yapısı, ölçüsü ve sertliği

---

<sup>83</sup> Kobu, a.g.e., s. 341.

<sup>84</sup> Umur, a.g.e., s. 40.



3. Çevre şartları: Sıcaklık, nem, ışık ve voltaj stabilitesi
4. Operatör: Tezgah ayarı, konumlama hassasiyeti, kulamın talimatına uyma derecesi, yöntem, beceri, eğitim, fiziksel ve ruhsal durumu
5. Muayene: Hatalı muayene ekipmanı, kalite standardının yanlış uygulanması, farklılıkların hatalı şekilde rapor edilmesi<sup>85</sup>.

Sayılan bu 5 varyasyon kaynağı beklenen bir şekilde dağıldığı sürece proseste tesadüfen meydana gelen farklılıklara neden olurlar. Bunlara kısaca "Doğal Nedenler" denilir. Bunlar prosesin tabiatında bulunan, tesadüfen ileri gelen ve kaynağı tespit edilemeyen faktörlerden oluşan farklılıklardır. Bu grupta herhangi birinin tek başına etkisi o kadar küçüktür ki, varlığı veya yokluğu ürünün kalitesinde pek fark yaratmaz. Fakat bu faktörler proseste belirli bir miktarda değişime neden olur. Genellikle küçük olan bu değişkenlik kaçınılmazdır ve kabul edilebilir düzeydedir. Diğer taraftan proseste beklenenin dışında büyük değişiklikler de meydana gelebilir. Bunlar ürünlerde belirtilen toleransların dışında değişikliklere sebep olan ve kaynağı tespit edilebilen "Doğal Olmayan Nedenler" dir. Bu tür nedenler mevcut proses ile üretilen mamullerin kalitesini, ortalama değerini veya dağılımını değiştirebilir. İşte kalite özelliklerindeki değişkenliğin tesadüfen mi yoksa bir takım tespit edilebilir nedenlerden mi kaynaklandığı kontrol diyagramları ile anlaşılır.

Kontrol diyagramları arzu edilen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için prosesin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. İlk uygulamaları 1924 yılında Shewhart tarafından başlatılmıştır. Bu diyagramlara bu nedenle 'Shewart Grafiği' de denilir<sup>86</sup>.

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

---

<sup>85</sup> TSE , "İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları", İstanbul Bölge Müdürlüğü, İstanbul, 1996, s. 15.

<sup>86</sup> Umut, a.g.e., s. 40.

Üretim tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans vb. spesifikasyonları önceden belirlenen limitler arasında değişim göstermesi normaldir.

İdeal durum, proste bu değişimin limitler arasında kalması yeni prosesin kontrol altında olmasıdır. Bu değişimler, limitleri aşarsa proses kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır. Bu işlemlerin yapılmasında kullanılan en etkili araç kontrol diyagramlarıdır.

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

Kontrol diyagramlarının kullanılabilmesi için süreçten düzenli bir şekilde veri toplanmalıdır. Kontrol diyagramlarının kullanımı ile elde edilecek yararları en genel anlamda şu şekilde sıralayabiliriz<sup>87</sup>:

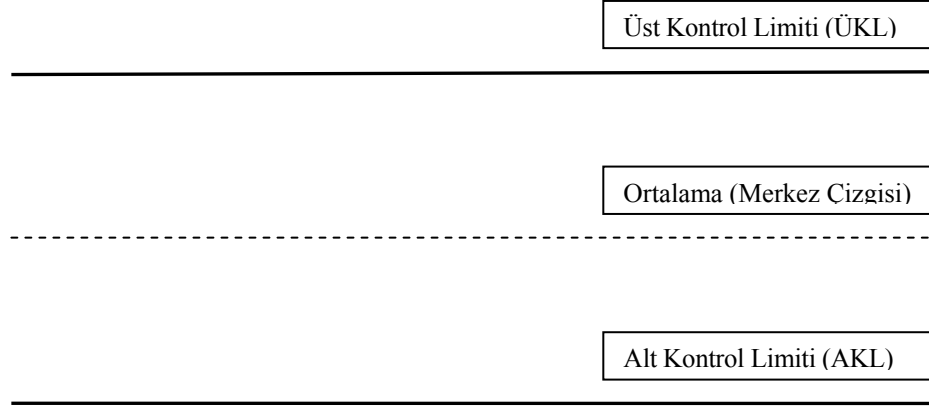
- Operatörün operasyonunu gidişatını izlemesi sağlar.
- Operasyonun, kalite ve maliyet açısından sabit ve hatası önceden tespit edilebilir olmasını sağlar.
- Operasyonun performansı üzerinde aynı dilin konuşulmasını sağlar.
- Özel ve genel nedenlerin birbirinden ayrılmasını sağlar.
- Proses önemli değişimler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

---

<sup>87</sup> TSE, a.g.e., S.35.

### 3.2.KONTROL DİYAGRAMLARININ YAPISI

Kontrol diyagramlarında 3 çizgi vardır. ÜKL ile gösterilen üst kontrol limiti, AKL ile gösterilen alt kontrol limiti ve ortalama çizgileridir. Bu çizgiler kontrol diyagramlarında aşağıdaki gibi yer alır<sup>88</sup>.



**Şekil 3.1.** Kontrol diyagramlarının yapısı

**Kaynak:** Kalder, İstatistiksel Proses Kontrol, Revizyon No:2, İstanbul, 2005, s. 8.

Bir işlemde sadece tesadüfî faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken normal bir dağılım gösterir. Bu durumda bir ortalama ve standart sapması vardır. Ortalama değer etrafında bir alan oluşturur. Bu alan içerisinde yer alan olasılıklar, toplam olasılıkların 0,99734'ünü kapsamaktadır. ÜKL'nin normal dağılımı simgeleyen çan eğrisinin ve AKL'nin taraflarının dışında kalan 0,00135 olasılık değerine eşit olup, limitler arasında kalan eğri altındaki kalan alan ise 0,9973 değerine eşittir<sup>89</sup>. Doğal nedenlerden veya tesadüfen meydana gelen ve nedeni tespit edilemeyen değişkenlikler 0,9973 olasılık değerine eşdeğer olan limitler arası alana eşittir. ÜKL ve AKL dışında kalan alanların değeri ise;

$$(1 - 0,9973) / 2 = 0,0027 / 2 = 0,00135$$

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

<sup>88</sup> Kalder, a.g.e., s. 8.

<sup>89</sup> Gözlü, Sıtkı, Endüstriyel Kalite Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1990, s. 149.

Prosesin kontrol altında veya kontrol dışı olma durumu bir çeşit hipotez kontrolüdür. Kontrol diyagramları, prosesin, "proses kontrol altındadır" hipotezini test eder. Kontrol sınırları içerisine düşen bir nokta, "proses kontrol altındadır" hipotezini kabul etmek, kontrol sınırları dışına düşen bir nokta ise "proses kontrol altındadır" hipotezini reddetmek anlamına gelmektedir. Özetle, kontrol diyagramları kullanılarak proses denetlenirken kullanıcının daima karşı karşıya bulunduğu iki tip hata vardır<sup>90</sup>.

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

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

I. tip hata yapıldığında katlanılacak sonuçlar; gerçekte proste özel bir nedene bağlı bir değişim olmadığı halde prosesi durdurup özel neden aramak ve belki de gerekli olmadığı halde proste birtakım düzeltmeler yapmak<sup>91</sup>.

II. tip hata yapıldığında; gerçekte özel bir nedenden dolayı kontrol dışında olan prosesin hatalı üretiminin devam ettirilmesi ile ortaya çıkan hatalı ürün maliyetlerinin artmasına yol açar<sup>92</sup>.

İki tip hatadan biri tamamen önlenirse bile ikisini birden ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bununla birlikte bu iki tip hatanın zararı, kontrol diyagramı yöntemi ile en aza indirilebilir. Kontrol diyagramları kullanımı ile proste değişime yol açan özel nedenler olmadığında olası bir özel neden aranmayacağı gibi, ortaya çıkan nedenlerin saptanmasında da fazla gecikmeden kalitenin korunması ekonomik bir şekilde sağlanabilir<sup>93</sup>.

Kontrol limitleri proste genel nedenlerden doğan değişmelerin sınırlarıdır ve hesapla elde edilmektedir. Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar tipik özel neden

---

<sup>90</sup> Evans, James R. Lindsay, William M. The Management and Control of Quality, 3.Basım, Minneapolis/St. Paul, West Pub., 1996, s. 642.

<sup>91</sup> Evans, Lindsay, a.g.e., s. 642.

<sup>92</sup> Evans, Lindsay, a.g.e., s. 642.

<sup>93</sup> Kolarik, a.g.e., s. 39.

belirtisidir. Proseste normal olmayan birşeylerin varolduğunun habercisidir ve eğer önlem alınmasa hatalı parçalar üretilebileceğini ikaz ederler. Bu durumlar kontrol dışı durumlar olarak adlandırılır.

Kontrol limitlerinin içine düşen nokta veya noktalar, işlemden özel nedenlerin olmadığı garantisini vermez. Fakat tespit edilebilir nedenlerin varolduğunu önce sürecek kanıtların olmadığını gösterir.

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

Kontrol çizelgelerinin kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken maddeler aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>94</sup>:

1. Proses kontrol çizelgelerini proses takip çizelgelerinden ayıran unsur, kontrol sınırlarının eldeki verilere göre hesaplanarak kullanılmasıdır. Kontrol sınırları ile prosesin yeteneğinden gelen bir kabul edilebilirlik bölgesi tanımlanmış olmaktadır.

2. Kabul edilebilirlik bölgesi tanımlandıktan sonra, prosesin "bölge içi" ve "bölge dışı" özel durumlarına göre bazı tedbirleri almak gerekir.

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

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

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

---

<sup>94</sup> Yamak, a.g.e., s. 350.

3. Eğer proses kontrol altında ise bunu oluşturan şartlar kaydedilmeli ve proses bu şartlarda tutulmalıdır. Buna standardizasyon denir. Prosesi belirleyen (3M+İ+Ç) şartları sabitlenerek prosesin dengede kalması sağlanır. Kontrol çizelgeleri, söz konusu standardizasyonun uygulanma durumunu ve ne oranda başarılı olduğunu gösterir.

4. Kontrol çizelgelerini oluştururken, süreci belirleyen (3M+İ+Ç) şartlarındaki değişimlerin dikkate alınmasıyla, proses analizinin altyapısı oluşturulur. Örneğin birkaç çeşit malzeme ile çalışılıyorsa, bunlara ait çizelgeleri ayrı takip edilmeli veya çizelge üzerinde bu farklılık anlaşılabilir. Operatör ve çevre şartları için de aynı durum söz konusudur. Sürekli gelişmenin bir gereği olarak proses analizi ihmal edilmemelidir.

5. Kontrol çizelgelerinin amacı prosesin izlenmesidir. Bu fonksiyon ancak prosesle birlikte eş zamanlı olarak yürütülüyorsa anlamlıdır. Zira ancak bu şekilde asgari kayıpla süreci düzeltici önlem alma şansı söz konusudur.

6. Kontrol çizelgeleri sayısal verilere dayanır. Sayısal veriler, iki farklı tip veri grubundan gelebilir.

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

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

7. Kontrol çizelgeleriyle izlenecek parametrelerin seçimi çok önemlidir, zira her çizelge yeni bir maliyet unsurudur. Yeterli hale gelen proseslere ait ölçüm sıklığının azaltılması ve çizelgeyle izlemenin bırakılması amaç olmalıdır.

8. Çizelgelerin gösteri aracı olmadıklarının anlaşılması için, iki değer geçmiş değerlerle mukayesesi çok önemlidir.

- Tolerans sınırları (süreci yeterli göstermek için genişletilmiş mi?)

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

9. Prosesi belirleyen şartlarda (3M+İ+Ç), bir değişiklik söz konusu ise, kontrol sınırlarının yeniden hesabı şarttır. Belirleyici şartlarda bir değişiklik söz konusu değilse de kontrol sınırlarının periyodik olarak (örneğin ayda 1) yeniden hesaplanması yararlı olur. Sınırların yeniden hesabı, sürekli gelişmenin veri tabanını oluşturacaktır. Beklenen, kontrol sınırlarının doğal olarak daralmasıdır. Kontrol sınırlarının yeniden hesabında şu hususlar dikkate alınmalıdır:

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

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

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

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

### 3.3. KONTROL DİYAGRAMLARININ ÇEŞİTLERİ

Genel olarak ürünlerde incelenebilecek kalite karakteristikleri iki ana gruba ayrıldığı için kontrol diyagramlarını iki ara başlık altında toplayabiliriz.

#### 3.3.1 Ölçülebilen Karakteristikler İçin Kontrol Diyagramları

Bir prosesin müşteri isteklerini karşılayıp karşılayamadığına dair kalite düzeyinin kontrol edilebildiği en iyi tekniklerden birisi nicel kontrol grafikleridir. Kalınlık, uzunluk, ağırlık gibi müşteri memnuniyetini temsil edecek nicel bir değer ölçümü yapılacaksa değişkenler için kontrol grafikleri oluşturulur<sup>95</sup>.

Seçilen kritik değer için toplanan örnek gruplarının ortalamasının ( $\bar{x}$ ) zamana veya numune sayısına bağlı olarak grafik üzerine yerleştirilmesi ile süre boyunca elde edilen örneklerin ortalama değer trendini gösteren bir ( $\bar{x}$ ) elde edilir. Fakat örneklem gruplarının ortalama değerlerinin önemi kadar bu örneklem gruplarının kendi içlerinde ne kadar homojen oldukları yani grup içerisindeki değişim aralığının (R) ne olduğunun bilinmesi ve bu değişim aralığının zamanla nasıl bir trend izlediği bilinmelidir. Bu nedenle  $\bar{x}$  ve R grafikleri beraber hazırlanmalı, beraber değerlendirilmelidir<sup>96</sup>. Örneklem grubu içerisindeki örnek sayısının fazla olduğu durumlarda ise değişim aralığı kriteri yerine standart sapma (s) kriteri daha gerçekçi veriler verecektir. Bu nedenle örneklem grubundaki numune sayısının on adetten

<sup>95</sup> Yücel, Mustafa. “Toplam Kalite Kontrolü Açısından Dstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi”, 8. Türkiye Ekonometri ve Dstatistik Kongresi, Malatya: Dnönü Üniversitesi 24-25 Mayıs 2007, s. 14.

<sup>96</sup> Kalder, a.g.e., s. 24.

fazla olduğu kontrol çizelgesi çalışmalarında  $\bar{x}$  ve s grafikleri kullanılır ve yine beraber değerlendirilir<sup>97</sup>.

### 3.3.1.1 $\bar{X}$ -R Çizelgesi

$\bar{X}$ -R çizelgesi oluşturulurken izlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.

Alt grup örnek büyüklüğü ve alt gruplar arası zaman aralığı belirlenir. Genelde alt grup örnek büyüklüğü 5 olarak alınır ve tüm alt gruplar için sabit kalmalıdır. Başlangıç aşamasında alt gruplar sık aralıklarla alınmalıdır. İleri aşamalarda alt gruplar arasında zaman periyodu büyütülebilir.

2. Belirlenen örnek büyüklüğü ve frekans dâhilinde ölçümleri yapılarak çizelgeye kaydedilir. Alt grup sayısı prodesteki büyük değişkenlikleri gösterecek şekilde minimum 25 olmalıdır.

3. Her bir alt grup için ortalama ( $\bar{X}$ ) ve aralık ( $R$ ) değerlerini hesaplayarak çizelgeye kaydedilir<sup>98</sup>.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (3.1.)$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.2.)$$

4. Kontrol limitleri hesaplanır<sup>99</sup>.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_k}{k} \quad (3.3.)$$

---

<sup>97</sup> Yamak, a.g.e., s. 39.

<sup>98</sup> Montgomery, Douglas C. George, C. Hubele, Norman Feris. Engineering Statistics, 3.Basım, Newyork, Wiley, 2004, s. 400.

<sup>99</sup> Evans, James R. Lindsay, William M. The Management and Control of Quality, 3.Basım, Minneapolis/St. Paul, West Pub., 1996, s. 643.



$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (3.4.)$$

$$\bar{ÜKL}_x = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (3.5.)$$

$$\bar{AKL}_x = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (3.6.)$$

$$\bar{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (3.7.)$$

$$\bar{AKL}_R = D_3 \bar{R} \quad (3.8.)$$

$A_2$  ,  $D_4$  ve  $D_3$  sabit değerler olup örnek sayısına göre değışirler.

**Tablo 3.1.**  $A_2$  ,  $D_4$  ve  $D_3$  sabit değer tablosu.

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

**Kaynak:** Johannes, Claude, a.g.e., s. 527

5. Hesaplanan X ve R değerlerini kesik çizgilerle, ÜKL ve AKL kontrol limitlerini de düz kalın çizgilerle çizelge üzerine çizilir.

6. Hesaplanan X ve R değerlerini de çizelge üzerinde noktalarla yerleştirilir ve prosesi takip edebilmek için noktalar düz çizgi ile birleştirilir.

7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğunda, kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelgeyi işaretlemeye devam edilir.

8. Kontrol dışı durumlarda müdahale: Bir kontrol çizelgesindeki tüm kontrol dışı koşullar, özel nedenleri bulmak ve bunları ortadan kaldırmak için bazı müdahaleleri gerektirir. Eğer bu nedenler bulunur ve ortadan kaldırılırsa kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Prosesle ilgili açıklamalar çizelgenin arka yüzüne numaralandırılarak kaydedilir.

9. Kontrol limitlerinin gözden geçirilmesi: Kontrol limitleri muhtemel değişkenliklere karşı sıkça gözden geçirilmelidir. (Her 20–30 alt grupta) Proseste kötüleşme eğilimi olduğunda kontrol limitleri genişler, iyileşme olduğunda ise kontrol limitleri daralır.

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

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

X-R diyagramlarında meydana gelebilecek olası gelişmeler ve bu gelişmelerin olası nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz<sup>100</sup>:

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

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

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

Durum 4: Noktaların belirli bir eğilim göstermesi. (azalan çoğalan devirsel diziler) Ortalama için olası nedenler; sıcaklık, nem gibi fiziksel şartlardan devirsel değişiklikler; iş gören yorgunluğu; kullanılan ölçme aletlerindeki farklılıklar; makina veya operatörlerin düzenli rotasyonu veya diğer proses/alt proseslerin etkileri. Dağılma aralığı için olası nedenler; önleyici bakım çalışmaları, işgören yorgunluğu veya aşınmış takımlar.

---

<sup>100</sup> Johannes, Claude, a.g.e., s. 311

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

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

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

### 3.3.1.2 X-R Çizelgesi

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

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

X-R Çizelgesi Oluşturma adımları şöyle sıralanabilir:

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

3.  $\bar{X}$ ,  $\bar{R}$  değerleri hesaplanır<sup>101</sup>.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{k} \quad (3.9.)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} \quad (3.10.)$$

4. Kontrol limitleri hesaplanır<sup>102</sup>.

$$AKL_x = \bar{X} - E_2 \bar{R} \quad (3.11.)$$

$$ÜKL_x = \bar{X} + E_2 \bar{R} \quad (3.12.)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (3.13.)$$

$$ÜKL_R = D_4 \bar{R} \quad (3.14.)$$

**Tablo 3.2.**  $E_2$  sabit değer tablosu.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E_2$	2.66	1.77	1.46	1.29	1.18	1.11	1.05	1.01	0.98

**Kaynak:** Johannes, Claude, a.g.e., s. 528

5. Hesaplanan  $X$  ve  $R$  değerleri kesik çizgilerle, ÜKL ve AKL kontrol limitleri de düz kalın çizgilerle çizelge üzerine çizilir.

6.  $X$  ve  $R$  değerleri çizelge üzerine noktalarla yerleştirilir ve prosesi takip edebilmek için noktalar düz çizgilerle birleştirilir.

<sup>101</sup> Johannes, Claude, a.g.e., s. 319

<sup>102</sup> Johannes, Claude, a.g.e., s. 320

7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğunda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

### 3.3.1.3 $\bar{X}$ -s Proses Kontrol Çizelgesi

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

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

Alt grup standart sapması<sup>103</sup>:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.15.)$$

Kontrol limitleri<sup>104</sup>:

$$\dot{ÜKL}_x = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \quad (3.16.)$$

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

$$\dot{ÜKL}_s = B_4 \bar{s} \quad (3.18.)$$

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

<sup>103</sup> Montgomery, Runger, Hubele, a.g.e., s. 400.

<sup>104</sup> Montgomery, Runger, Hubele, a.g.e., s. 400.

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

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

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

**Kaynak:** Johannes, Claude, a.g.e., s. 529

### 3.3.2 Ölçülemeyen Karakteristikler İçin Kontrol Diyagramları

Bunlar ise kırık, çatlak, bozuk, lekeli vs. gibi duyu organlarımız aracılığı ile değerlendirilebilen özelliklerdir. P, np, u ve c olmak üzere dört farklı çeşidi vardır. P ve np kontrol diyagramları hatalı parça adetlerinin takibinde, u ve c kontrol diyagramları ise bir parçadaki hata adedinin takip edilmesinde kullanılmaktadır.

#### 3.3.2.1 p Çizelgesi

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

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

p çizelgesi oluşturma adımları:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Örnek büyüklüğü belirlenir.(En az 50 olmalıdır.)
3. Örnek büyüklüğü (n) ve bulunan hatalı ürün sayısı (np) kaydedilir<sup>105</sup>.

$$p = \frac{np}{n} \quad (3.20.)$$

4. Her bir alt grup için p hesaplanır.
5. Kontrol limitleri hesaplanır.

Bazı durumlarda alt kontrol limiti eksi çıkabilir. Bu durumda alt kontrol limiti sıfır alınır<sup>106</sup>:

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (3.21.)$$

$$\text{ÜKL}_p = \bar{p} + 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right) \quad (3.22.)$$

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

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

---

<sup>105</sup> Çetin, Canan. Akın, Besim ve Erol, Vedat. Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi, 2.Basım, Dstanbul, Beta, 2001, s. 435.

<sup>106</sup> Çetin, Akın, Erol, a.g.e., s. 435.

### 3.3.2.2. np Çizelgesi

np Çizelgeleri sabit sayıdaki örnek büyüklüğünde uygun olmayan (hatalı) ürünlerin sayısını ortaya koyar. Bu çizelgeler p çizelgelerine benzer.

np çizelgeleri aşağıdaki durumlar söz konusu ise seçilir:

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

np çizelgesi oluşturma adımları:

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Sabit örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Örnek büyüklüğü ve bulunan hatalı ürün sayısı kaydedilir.
4. Kontrol limitleri hesaplanır<sup>107</sup>.

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{k} \quad (3.24.)$$

$$\bar{ÜKL}_{np} = \bar{np} + 3 \left( \sqrt{\bar{np} \left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)} \right) \quad (3.25.)$$

$$\bar{AKL}_{np} = \bar{np} - 3 \left( \sqrt{\bar{np} \left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)} \right) \quad (3.26.)$$

5. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi np ve kontrol limitlerini (ÜKL, AKL) çizilir.
6. Noktalar np çizelgesine işaretlenir ve birleştirilir.

---

<sup>107</sup> Çetin, Akın, Erol, a.g.e., s. 435.



7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir. np çizelgesi p çizelgesine benzer şekilde yorumlanır. Tek fark hatalı ürün oranı yerine hatalı ürünlerin sayısının dikkate alınmasıdır.

### 3.3.2.3. c ÇİZELGESİ

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

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgiler belirtilir.
2. Sabit örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Örnek büyüklüğü ve her bir alt gruptaki uygunsuzluklar tespit edilip kaydedilir.
4. Kontrol limitleri hesaplanır<sup>108</sup>.

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k} \quad (3.27.)$$

$$\dot{ÜKL}_c = \bar{c} + 3(\sqrt{\bar{c}}) \quad (3.28.)$$

$$AKL_c = \bar{c} - 3(\sqrt{\bar{c}}) \quad (3.29.)$$

---

<sup>108</sup> Çetin, Akın, Erol, a.g.e., s. 435.

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

### 3.3.2.4 $u$ ÇİZELGESİ

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

$u$  çizelgesi oluşturma adımları;

1. Kontrol çizelgesinde prosese ait bilgileri belirtilir.
2. Örnek büyüklüğü belirlenir.
3. Herbir alt gruptaki uygunsuzluklar tespit edilip kaydedilir.<sup>109</sup>

$$u = \frac{c}{n} \quad (3.27.)$$

---

<sup>109</sup> Çetin, Akın, Erol, a.g.e., s. 435.

4. Kontrol limitleri hesaplanır.

Birim başına uygunsuzlukların ortalaması<sup>110</sup>:

$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \quad (3.28.)$$

$$\text{ÜKL}_u = \bar{u} + 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right) \quad (3.29.)$$

$$\text{AKL}_u = \bar{u} - 3 \left( \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \right) \quad (3.30.)$$

5. Kontrol çizelgesinde merkez çizgi (u) ve kontrol limitlerini (ÜKL, AKL) çizilir.

6. Noktalar u çizelgesinde işaretlenir ve birleştirilir.

7. Çizelgedeki ilk karar için kontrol dışı koşullar araştırılır. Kontrol dışı koşullar varsa, özel nedenleri bulunmaya çalışılır. Özel nedenler bulunduğu anda, kontrol dışı veriler çıkartılarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı verileri çıkartarak merkez çizgi ve kontrol limitleri yeniden hesaplanır. Eğer proseste kontrol dışı koşullar yoksa çizelge işaretlenmeye devam edilir.

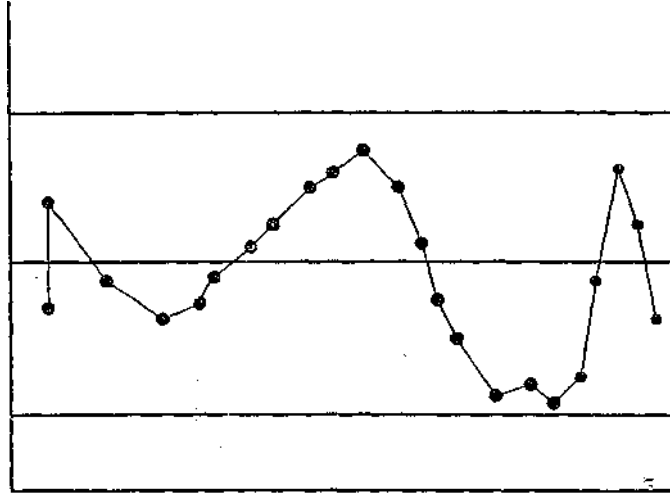
### 3.4. KONTROL ÇİZELGELERİNDE SIKÇA KARŞILAŞILAN YAPILARDAN ÖRNEKLER

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

---

<sup>110</sup> Çetin, Akın, Erol, a.g.e., s. 435.

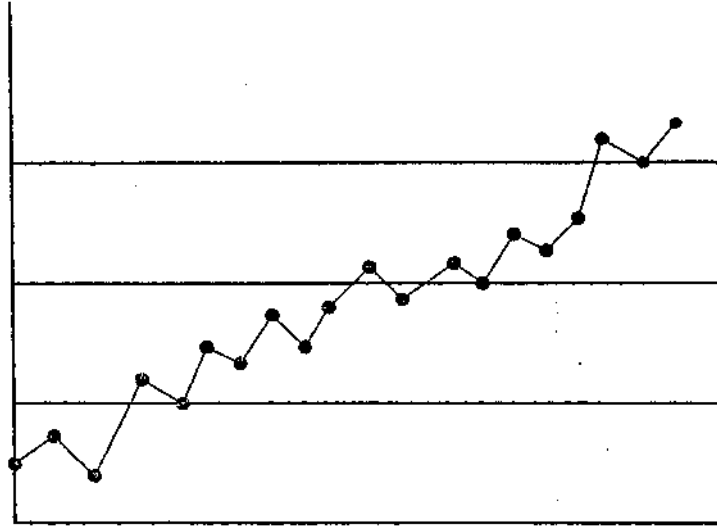
**a) Devirsel Modeller:** Devirsel bir çizelge örneği çevresel koşullardaki sistematik değişimden kaynaklanabilir. Hava sıcaklığı, işçinin yorulması, işçi ve/veya makinelerin düzenli nöbet değişimleri, güç akımı, basınç seviyesi gibi.



**Şekil 3.2.** Devirsel Model örneği

**Kaynak:** Bircan Hüdaverdi ve Özcan Selami, Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.134.

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



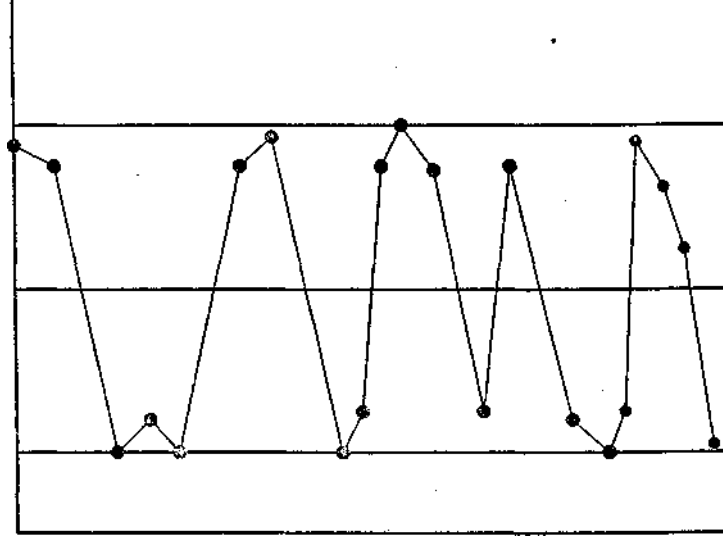
**Şekil 3.3.** Trend örneği

**Kaynak:** Bircan Hüdaverdi ve Özcan Selami, Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.135.

Şekil 3.3 'de gösterilene benzer bir seyir, işçi yorulmasında da karşılanan bir durumdur. Ayrıca trend, hava sıcaklığının değişimi gibi mevsimsel çevre etkilerine de bağlı olabilir.

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

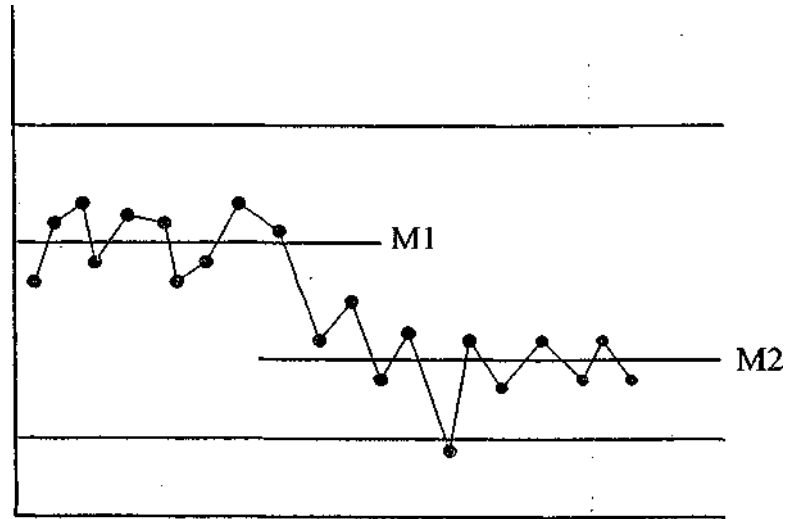
Bu tip desenler bazen operatörlerin aşın özen gösterip, çıktılardaki rastlantısal değişimler sebebiyle, sistematik bir şekilde oluşan nedenleri gözardı etmeleri ve prosese sürekli müdahale etmelerinden kaynaklanmaktadır.



**Şekil 3.4.** Karışık Model örneği.

**Kaynak:** Bircan Hüdaverdi ve Özcan Selami, Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.135.

**d) Proses Seviyesindeki Kaymalar:** Proses seviyesindeki kaymalar Şekil 3.5.'de gösterilmiştir. Bu çeşit kaymalar yeni işçilerin alınması veya yeni malzeme, metot, makina kullanımı sonucunda oluşmaktadır.



**Şekil 3.5.** Proses Seviyesi Kaymalarına örnek.

**Kaynak:** Bircan Hüdaverdi ve Özcan Selami, Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.136.

Prosesi iyileştirmek için sürekli gelişme kapsamında atılan her adımın neticesi, proses kontrol çizelgelerine olumlu yönde yansır. (Proses saçılımlı azalır, ortalama ise hedefe çok yaklaşır.) Bu durumun aksine prosesin olumsuz doğrultuda kayması da mümkündür. Bu da özel nedenlerin varlığına rağmen teşhis edilmediğine veya teşhis edilmiş olsa da gerekenin yapılmamış olduğuna işaret eder. En kötüsü ise, spek limitlerinin genişletilerek bu durumdaki bir prosesin yetenek ve performansını yeterli göstermenin mümkün olmasıdır.<sup>111</sup>

---

<sup>111</sup> Bircan, a.g.e., s. 135.

## BÖLÜM 4

### İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜN UYGULAMA AŞAMALARI

İstatistiksel Proses Kontrol süreci Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi 2 temel fazdan oluşur. Birinci fazda yeteneğin oluşturulmasına, ikinci fazda da yeteneğin korunmasına çalışılır. Yeteneğin korunması bölümünde yer alan işlemler<sup>112</sup>:

- Veri toplama
- Ölçüm sisteminin yeterlilik analizi ve
- Süreç/makine yeterliliğinin analizi olarak ifade edilmektedir.

Yeteneğin korunması aşamasında ise kontrol kartlarının oluşturulması ve kartlar vasıtasıyla sürecin kontrol altında olup olmadığının incelenmesi yer almaktadır. Bu aşamadan itibaren İPK bir uyarı sistemi görevi üstlenmektedir<sup>113</sup>.

#### 4.1. VERİ TOPLAMA

İncelenen özelliklerle ilgili ölçümler, nitel ve nicel olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Nitel veriler sayılabilir olup belirli bir özelliğin olup olmaması ya da kaç tane olduğuyula ilgilidir. Bir parçanın kusurlu olup olmaması bu duruma bir örnektir. Bir parçada kaç adet kusur bulunduğu da diğer bir niteliksel veri türüdür. Nitel veriler geçer-geçmez masterlarının kullanımından, görülür kusurların muayenesinden, görülen problemlerden, geçer/kalır veya evet/hayır kararlarından kaynaklanır. Nicel veriler ise ölçülebilir olup kalınlık, sıcaklık, basınç gibi belirli bir normla kıyaslanacak değerlere sahip olan verilerdir<sup>114</sup>. Toplanan verilerin türüne göre İPK'nın ilerleyen aşamalarında özellikle kontrol kartı seçiminde farklılıklar görülmektedir.

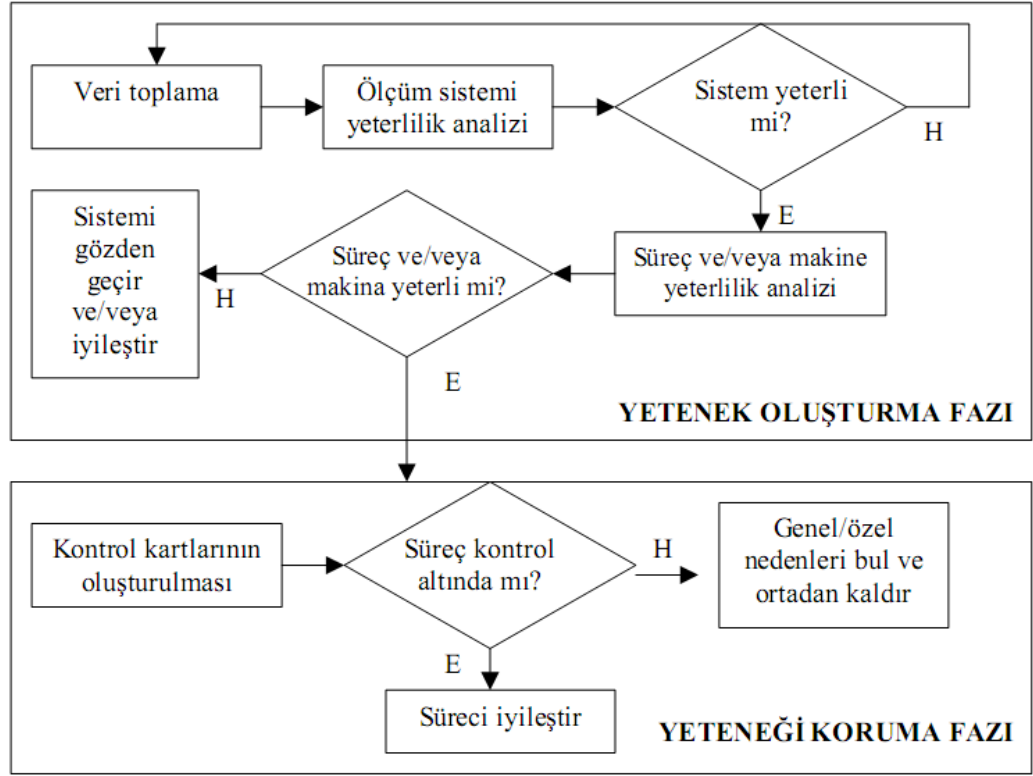
---

<sup>112</sup> Kolarik, a.g.e., s. 50.

<sup>113</sup> Montgomery, a.g.e., s. 350.

<sup>114</sup> Montgomery, a.g.e., s. 351.





Şekil 4.1. İPK Süreci İş Akışı

**Kaynak:** Willian J. Kolarik, Creating Quality, International Editions, Singapore, 1995, s. 51.

## 4.2. ÖLÇÜM SİSTEMİ ANALİZİ

Bir süreç/ürün karakteristiğine ait verilerin etkili bir analizinin yapılabilmesi ve İPK'nın uygulanabilmesi için öncelikle elde edilen verilerin güvenilir olup olmadığı belirlenmeli, diğer bir deyişle ÖSA yapılmalıdır. Bir ölçüm sistemi ölçüm cihazlarını, ölçüm yapan operatörleri, ölçüm ortamını, ölçüm prosedürlerini ve ölçüm için kullanılan yardımcı ekipmanları içerir. ÖSA ölçüm cihazından ve ölçüm cihazının kullanımından doğan varyasyonu bulma, mühendislik toleransı ile ölçüm varyasyonunun miktarını karşılaştırma ve ölçüm prosesini iyileştirerek toplam değişkenliği azaltmayı amaçlar.

ÖSA'da değişkenlik, sürecin gerçek değişkenliği ve sürecin ölçüm değişkenliği olmak üzere 4.1 nolu eşitlikte gösterildiği gibi iki grupta incelenir. Sürecin ölçüm değişkenliği örnek içi değişkenlik, cihaza bağlı değişkenlik, tekrarlanabilirlik,

kalibrasyon, kararlılık, doğrusallık ve operatörlere bağlı değişkenlik olarak gruplanabilir<sup>115</sup>.

$$\text{Toplam Değişkenlik} = \text{Süreç Değişkenliği} + \text{Ölçüm Değişkenliği} \quad (4.1.)$$

Sürecin gerçek değişkenliğini ortaya çıkarmak için öncelikle ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik tanımlanmalı ve sürecin değişkenliğinden ayrıştırılmalıdır.

Ölçüm yeterliliği çalışmasında, birden fazla operatör birden fazla parçanın aynı özelliğini birden çok kez ölçerler. Farklı operatörlerin ölçüm sonuçları karşılaştırılarak tekrarlanabilirlik, yeniden üretilebilirlik ve kararlılık analizleri yapılarak ölçüm sisteminin güvenilirliği ve değişkenliği incelenir. Buradaki amaç, ölçümlerin aynı veya farklı kişiler tarafından yapılması durumunda ölçüm sonuçlarının farklılık gösterip göstermediğini tespit etmektir. Tekrarlanabilirlik (repeatability) aynı parçanın aynı karakteristiğinin bir ölçüm cihazı kullanılarak bir operatör tarafından birçok kere ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Değişkenlik azsa tekrarlanabilirlik iyidir. Yeniden üretilebilirlik (reproducibility) aynı parça üzerinde aynı karakteristiğinin birçok kere farklı operatör tarafından aynı ölçüm cihazı kullanılarak yapılan ölçümlerinin ortalamasındaki değişkenliktir. Fark küçükse yeniden üretilebilirlik iyidir. Kararlılık (stability) ise uzun bir süre içinde aynı ana parçaların bir karakteristiğinin bir ölçüm sistemi (test/cihaz) aracılığıyla elde edilen ölçümlerindeki toplam değişkenliktir. Fark küçükse kararlılık iyidir<sup>116</sup>.

---

<sup>115</sup> Arçelik Altı Sigma Sarıkuşak Eğitimi Notları, Cilt-2, Eylül 2004., s. 20.

<sup>116</sup> Arçelik Altı Sigma Sarıkuşak Eğitimi Notları, a.g.e., s. 20.

### 4.3. SÜREÇ YETERLİLİĞİ ANALİZİ

Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri-spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler<sup>117</sup>. Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. “ÜKL” üst kontrol limitini, “AKL” alt kontrol limitini ve “σ” standart sapmayı ifade edecek şekilde Cp indisi 4.2. nolu eşitlikteki gibi hesaplanır.

$$\bar{C}_p = \frac{\text{ÜKL} - \text{AKL}}{6\sigma} \quad (4.2.)$$

Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu gösterir. Cpk indisi 4.3., 4.4. ve 4.5. nolu eşitliklerdeki gibi hesaplanır.

$$C_{pu} = \frac{\text{ÜKL} - \mu}{3\sigma} \quad (4.3.)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - \text{AKL}}{3\sigma} \quad (4.3.)$$

$$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\} \quad (4.4.)$$

Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Tablo 1’de verilen değerler kullanılır. Sonuç olarak Cp ve Cpk’nın 1,33’den büyük olması durumunda proses yeterliliği sağlanmış olduğundan İPK’nın “yetenek oluşturma” fazı bitirilmiş, “yetenegin korunması” aşamasına geçilmesi için gerekli ortam sağlanmış olacaktır.

---

<sup>117</sup> Montgomery., a.g.e., s. 51.

**Tablo 4.1.** Cp ve Cpk İndislerinin Karar Noktaları

$C_p > 1,33$	Proses yeterliliği yeterli
$1 < C_p < 1,33$	Proses marjinal olarak yeterli, daha yakından izlenmelidir.
$C_p < 1$	Proses yeterliliği yetersiz (Proses değişkenliğinin azalması gerekli)
$C_{pk} > 1,33$	Proses şartname limitlerini karşılıyor
$1 < C_{pk} < 1,33$	Proses marjinal olarak şartname limitlerini karşılıyor. Proses ortalaması hedeften uzaklaştıkça prosesin hata yüzdesi artabilir.
$C_{pk} < 1$	Proses şartname limitlerini karşılamıyor. Proses ortalaması hedef değerden uzakta.

**Kaynak:** Douglas C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, New York:2.Ed.Jhon Willey & Sons, 2001, s. 300.

#### 4.4. KONTROL KARTLARININ OLUŞTURULMASI

Kontrol kartları esas olarak prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde alt ve üst kontrol limitleri olan bir çizgi grafiktir. Proses çıktısındaki varyasyonu gösteren ve takip eden kontrol kartları, üretim ve proses geliştirmede önemli bir araçtır. Kontrol kartlarının üzerinde işaretlenmiş noktalar bir karakteristiğin gerçek ölçümleri veya zaman içinde üretildikçe alınan parça örneklerinden özet istatistiklerdir. Ölçüm karakteristiğine göre kontrol kartları değişken ve niteliksel kontrol kartları olarak 2 ana grupta ele alınırlar. Boyut, sıcaklık, basınç gibi özelliklerle ölçümlerin yapılabildiği durumlarda değişken veriler (nicel) için uygulanan kontrol kartları X-R, X-S kartlarıdır. Sağlam/bozuk, iyi/kötü, evet/hayır gibi ölçülemeyen, ancak sayılabilen veriler için kullanılan kontrol kartları ise N, NP, C ve U kontrol kartlarıdır<sup>118</sup>.

<sup>118</sup> Kolarik., a.g.e., s. 300.

## BÖLÜM 5

### **FNSS SAVUNMA SİSTEMLERİ A.Ş. FİRMASINDA KALİTE VE İPK TEKNİKLERİ UYGULAMASI**

#### **Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı; FNSS firmasının projelerinde uygulanan üretim iyileştirme çalışmaları, yöntem ve süreçlerin ne olduğu, üretim iyileştirme sürecinin örgütteki yeri ve önemini anlamak ve üretim iyileştirme sürecinde kullanılan yöntem ve testler hakkında bilgi almak, yapılacak araştırma sonucu firmanın yüksek olan ürün kalitesini daha da arttırmaktır. Bu amaca ulaşmak için öncelikle Nurol Holding A.Ş. bünyesindeki Nurol Makina ve Sanayi A.Ş. yöneticileri ile görüşülerek, Nurol Holding A.Ş bünyesinde faaliyet gösteren FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. firmasının kalite kontrol müdürüne ulaşılmış ve kendisinin yönlendirmesiyle de kalite kontrol bölümü bünyesinde “endüstri mühendisi” olarak çalışan bir personel ile yüz yüze görüşülerek üretim iyileştirme süreçleri hakkında bilgiler alınmıştır.

Araştırmada FNSS'nin seçilmesindeki etken, çalışmamın teori kısmında detaylı olarak açıklanan kalite ve İPK sürecini, araştırmada kıyaslayabileceğimiz, kurumsal yapıya sahip, kaliteli ve hatasız savunma sistemleri üretimi gerçekleştiren bir firma olmasıdır. Bunun yanısıra kalite kontrol yöntem ve yönetimindeki profesyonellik de FNSS kalite kontrol süreçlerinin incelenmek istenmesinde bir etken teşkil eder.

#### **Araştırmada Kullanılan Yöntem**

Araştırma için gerekli bilgileri direkt olarak birincil kaynaklardan toplama gerekliliği nedeniyle, araştırmanın kimlerle yapılacağı belirlendikten sonra, kalite kontrol süreçlerinin ve bu süreçlerde etkili olan hataların neler olduğunun anlaşılmasına yönelik hazırlanan 20 soru ile birlikte FNSS kalite kontrol bölümü personeli ile yüz yüze görüşme yöntemiyle gerekli bilgiler alınmaya çalışılmıştır. Kalite kontrol mühendisinin iş temposunun yoğunluğundan dolayı, zaman zaman

sorulan sorulara detaylı bilgi elektronik posta yoluyla alınmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda araştırma için gerekli kalite kabul testleri sonuçları alınmıştır. Elde edilen bilgilerle, çalışmanın teori kısmında açıklanmaya çalışılan İPK yöntemleri; balık kılçığı yöntemi, pareto analizi, zaman serileri, matris diyagramı ve kontrol diyagramı uygulanmıştır.

### **Araştırmanın Sonuçları**

Yapılan bu araştırma, FNSS üretim iyileştirme süreci ile ilgili detaylı bilgi edinebilmek amacıyla yapılmıştır. Kalite kontrol bölümü endüstri mühendisi ile yapılan görüşmeler ve kendisine soruların sorular, FNSS üretim iyileştirme süreci ile ilgili;

- Ürün Grupları
- Kabul Testleri
- Kalite Standartları

gibi bilgileri elde etmeye yönelik olmuştur.

Araştırma sonucu elde edilen sonuç kalite kontrol bölümü ile paylaşılmış, alınabilecek önlemler belirlenmiş, firmanın ürün kalitesinin artırılması hedefi gerçekleştirilmiştir.

### **5.1. Firma Tarihçesi**

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.; Türk Nurol Grubu (%51) ve BAE Systems (%49) tarafınca kurulmuş bir ortaklık girişimi olup, Türk Silahlı Kuvvetleri ile Müttefik Silahlı Kuvvetlerinin kullanımı için paletli ve tekerlekli zırhlı muharebe araç aileleri ile silah sistemlerinin tasarım, üretim ve satışıyla faaliyet göstermektedir.

Firma kuruluşundan itibaren yapmış olduğu çalışmalar ile gerek paletli gerekse de tekerlekli karmaşık kara muharebe platformlarını tasarlayıp geliştirebilecek alt yapı ve kabiliyete ulaşmıştır. Farklı ihtiyaçlar çerçevesinde değişik ağırlık sınıflarında araçları geliştirip üretebilecek seviyeye gelmiştir.

Firma, yan sanayii geliştirmeye de 6nem vermiş ve 100'den fazla firmaya eğitim, sistem, aparat ve tezgah yatırıma yapmak suretiyle bu kuruluşların 6retim ve hizmetlerinde NATO askeri şartnamelerinde istenilen kalite seviyesine ulaşılmasını sağlamıştır. Bu ama7la, T6rkiye'de 100 milyon doların 6zerinde bir yatırım yaparak yan sanayiinin geliştirilmesini sağlamış ve rekor yerli katkı seviyelerine ulaşmıştır.

Firma 6tlemi paletli zırhlı muharebe ara7ları (ZMA), kendi sınıflarındaki en modern ara7lar olduğu belirtilmektedir. 7ağdaş orduların 21. y6zyıla 6zg6 harek6t gereksinimlerini karşılayacak en yeni teknolojileri i7ermektedirler. Firma geniş bir zırhlı muharebe ara7ları ailesi oluşturmuş olup, kullanıcı istek ve ihtiya7ları doğrultusunda değişik ara7 konfig6rasyonları geliştirilebilmektedir.

ZMA geliştirme ve 6retiminde kazanmış olduğu alt yapı ile firma, AKINCI-ZMA ara7 ailesini geliştirmiştir. AKINCI-ZMA muharebe şartlarında yoğun şekilde denenmiş aksamaların birleşiminden oluşmuş bir ara7tır ve y6ksek g6venilirlik ile d6ř6k idame masrafları gibi 6zelliklere sahiptir. Y6ksek balistik koruma, mayın koruması, geniş i7 alan ve y6kseltilmiş y6k kapasitesi aracın; komuta yeri aracı, 120 mm havan taşıyıcı, paletli m6himmat aracı, 7ift kişilik kuleli muharebe aracı, hava savunma sistemleri gibi bir7ok alternatif g6rev tanımı i7in m6kemmel bir platform olmasını sağlamaktadır.

Firma, hizmet ettiği orduların harek6t ihtiya7larına uygun olarak geliştirilmiş zırh paketleri, değişik g67 paketleri veya sistemlerin, kullanıcının 6zel konfig6rasyon isteklerini karşılayacak şekilde ara7la b6t6nleştirme işlemlerini yapabilecek kabiliyetlere sahiptir. Firma, yeni ara7lar 6retmenin yanısıra, teknolojik 6mr6n6 tamamlamış M113 ailesi ara7ları g6n6n gereksinimlerine g6re modernize etme yeteneğine de sahiptir.

Firmanın diğer bir kabiliyeti ise kule ve silah istasyonlarının geliştirilmesi ve 6retimidir. şirket 25mm topu, 7.62mm eşeksenli silahı olan, stabilizasyona sahip, modern gece g6r6ř sistemi ile donatılmış tek kişilik sharpshooter (keskin nişancı) kulesini geliştirmiş ve 6retmektedir. Halihazırda Aselsan A.ř. ile ortak

olarak 25/30mm uzaktan komutalı silah kulesi tasarım ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Firma, yüksek hareket, yüksek koruma, yüksek yük taşıma kapasitesi ve büyüme potansiyeline sahip yeni nesil bir tekerlekli zırhlı araç ailesi geliştirmiş ve PARS adını vermiştir. PARS araçlarında en son tasarım ve teknolojiler uygulanmış olup, maliyet ve lojistik destek avantajları dolayısıyla operasyonel ihtiyaçları karşılayacak şekilde askeri standartlara uygun ticari otomotiv endüstrisinde de kullanılan alt sistemler kullanılmaktadır. PARS araç ailesi 4x4, 6x6, 8x8 ve 10x10 olarak üretilmektedir.

Şirket halihazırda seyyar yüzücü hücum köprüsü sisteminin tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi projesine devam etmektedir. Halihazırda benzerleri dünyada sadece bir kaç ülkede üretilmiş olan bu sistem, FNSS tarafından geliştirilen 8x8 PARS tekerlekli zırhlı aracı ile benzer konsept ve ortak otomotiv alt sistemlerine sahip olacaktır.

FNSS'nin üzerinde çalıştığı diğer kara sistemleri arasında orta ağırlık sınıfında yeni zırhlı muharebe aracı, 4x4 mayın korumalı araçlar, amfibi zırhlı muharebe iş makinası, kar üstü personel taşıyıcılar, amfibi taarruz aracı yer almaktadır. 1989 yılında zırhlı muharebe aracı üretimiyle yola çıkan FNSS; Kara Kuvvetleri yanında ve Türk Kara Gücü'nün bir unsuru olarak çalışabilme felsefesini benimsemiş; geniş bir ürün yelpazesi içinde birçok kara sistemini tasarlayıp üretebilecek ve bunlarla ilgili eğitim ve lojistik destek sağlayabilecek bir kapasiteye sahiptir.

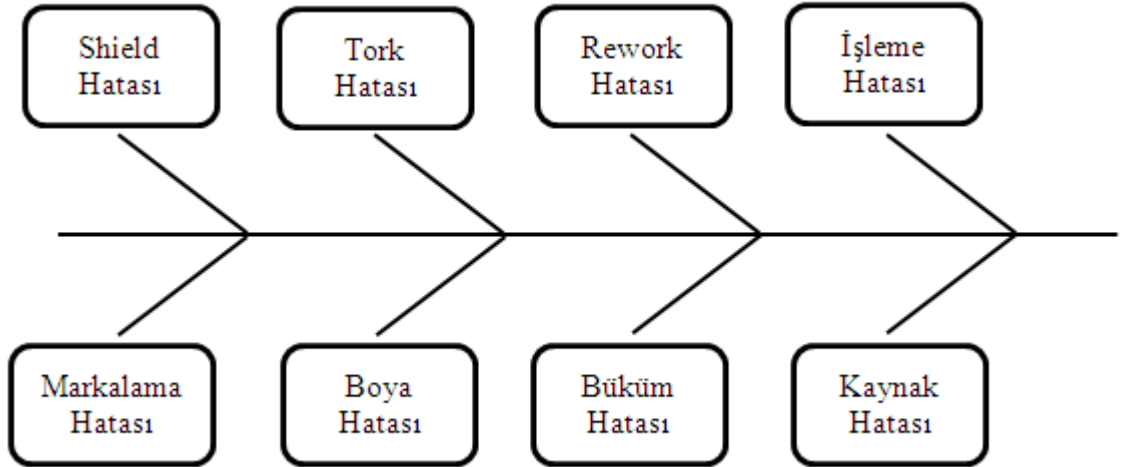


## 5.2. FNSS Üretim İyileştirme Çalışmaları

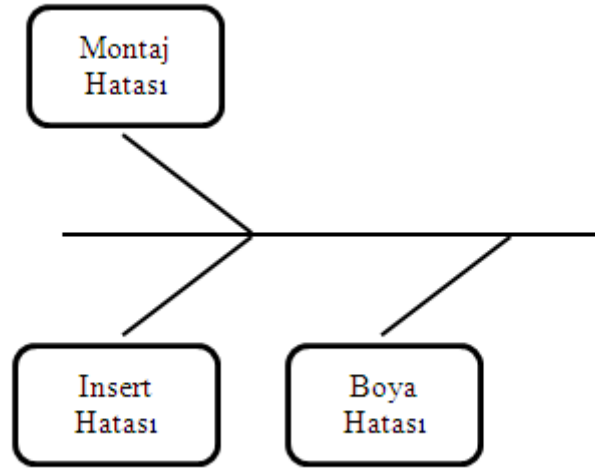
FNSS Projesi (Zırh, Komutan, Gunner Kupola ve NBC setleri) iyileştirme çalışmaları için kalite kontrol bölümünden alınan FNSS kabul testleri raporlarından yararlanılarak uygulanan ilk yöntem Balık Kılıcı yöntemi.

### 5.2.1. Balık Kılıcı Yöntemi

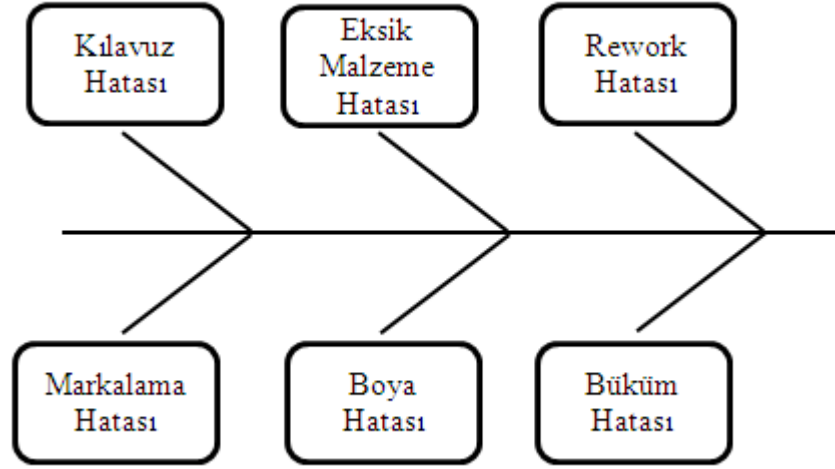
FNSS kabul testleri raporlarından yararlanılarak reddedilme sebepleri gruplandırılmıştır. Balık Kılıcı yöntemiyle gösterilmiştir. Zırh Seti ürününde 8 hata türüne rastlanmıştır. Gunner Kupola ürününde 3 hata türüne rastlanmıştır. Komutan Kupola ürününde 6 hata türüne rastlanmıştır. NBC seti ürününde 4 hata türüne rastlanmıştır.



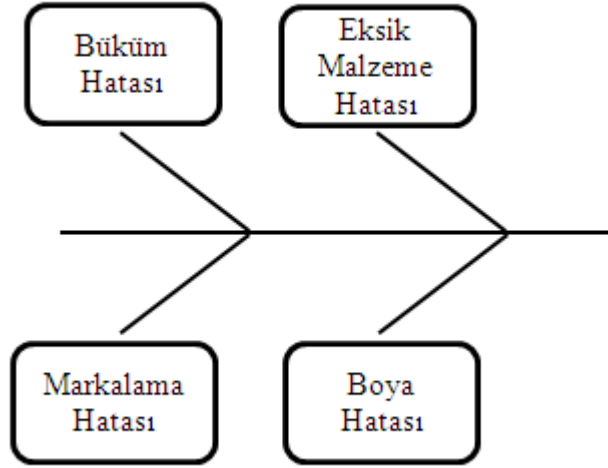
Şekil 5.1. Zırh Seti Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılıcı Yöntemiyle Gösterimi



Şekil 5.2. Gunner Kupola Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi



Şekil 5.3. Komutan Kupola Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılçığı Yöntemiyle Gösterimi



Şekil 5.4. NBC Seti Reddedilme Sebeplerinin Balık Kılıcı Yöntemiyle Gösterimi

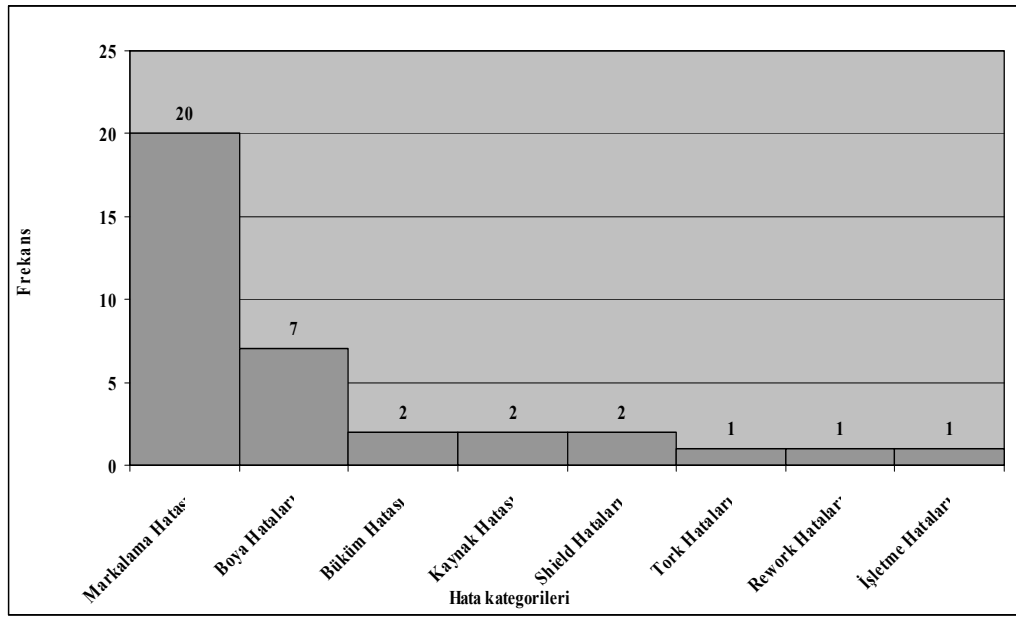
### 5.2.2. Pareto Analizi

FNSS setleri üretim iyileştirme çalışmalarının ikinci adımında Kalite Kontrol Bölümünden alınan FNSS kabul testleri raporlarından yararlanılarak Pareto Analizi yapılmıştır.

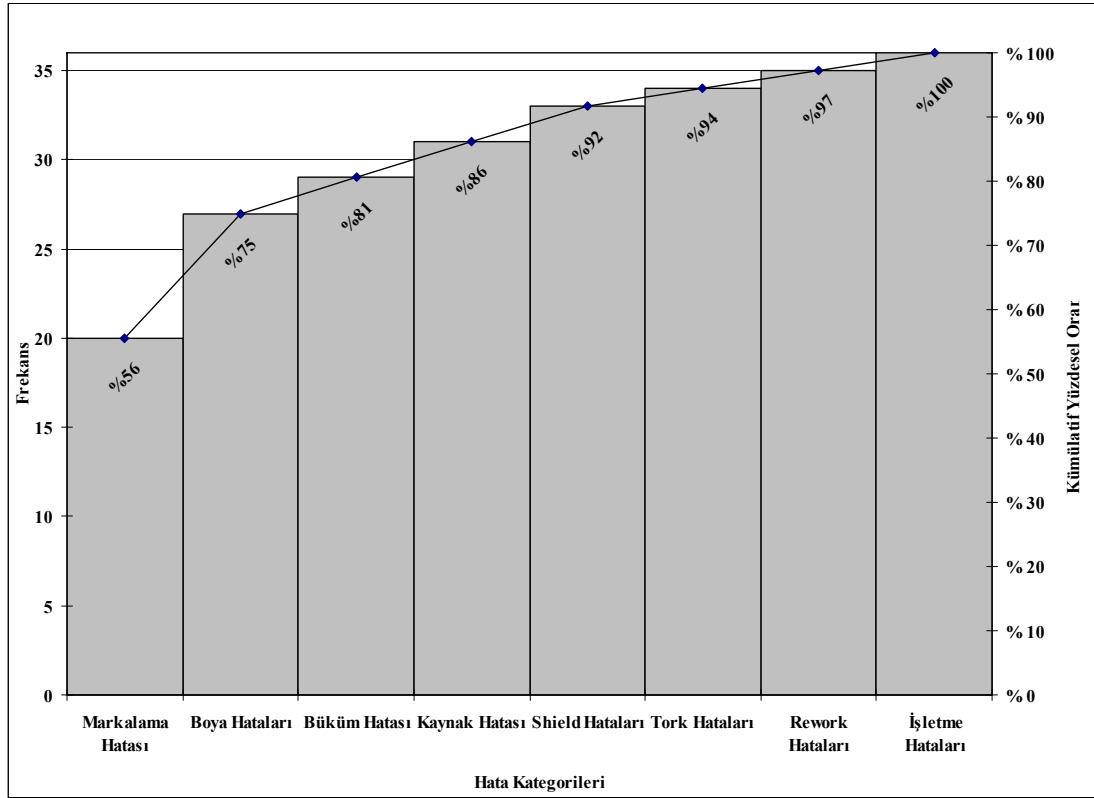
2008 yılında üretilen 332 Zırh setinden 36 tanesi reddedilmiştir. Bu 36 Zırh setinin Pareto Analizi sonucunda 20 sette markalama hatasından dolayı reddedildiğini ve toplam hataların %56'sını oluşturduğu gözlemlenmiştir. Öncelikli olarak çözülmesi gereken hataların Markalama ve Boya Hataları olduğu görülmüştür.

**Tablo 5.1.** Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.

Kusur Cinsi	Hata Sayıları	Yüzde Oranları
Markalama Hatası	20	56%
Boya Hataları	7	19%
Büküm Hatası	2	6%
Kaynak Hatası	2	6%
Shield Hataları	2	6%
Tork Hataları	1	3%
Rework Hataları	1	3%
İşletme Hataları	1	3%
<b>TOPLAM</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>



**Şekil 5.5.** Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi.

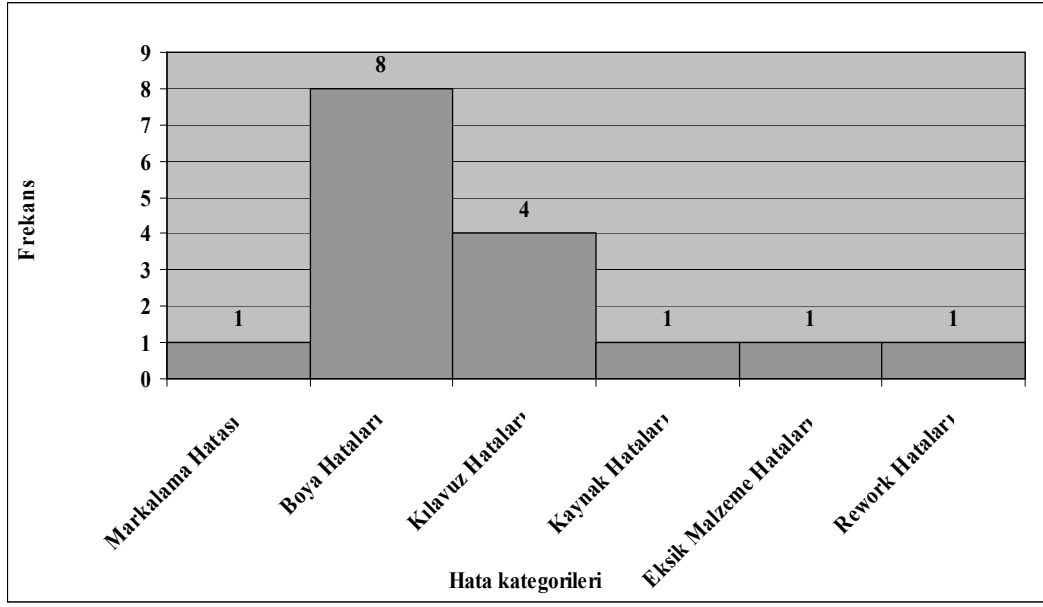


**Şekil 5.6.** Zırh Seti Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi

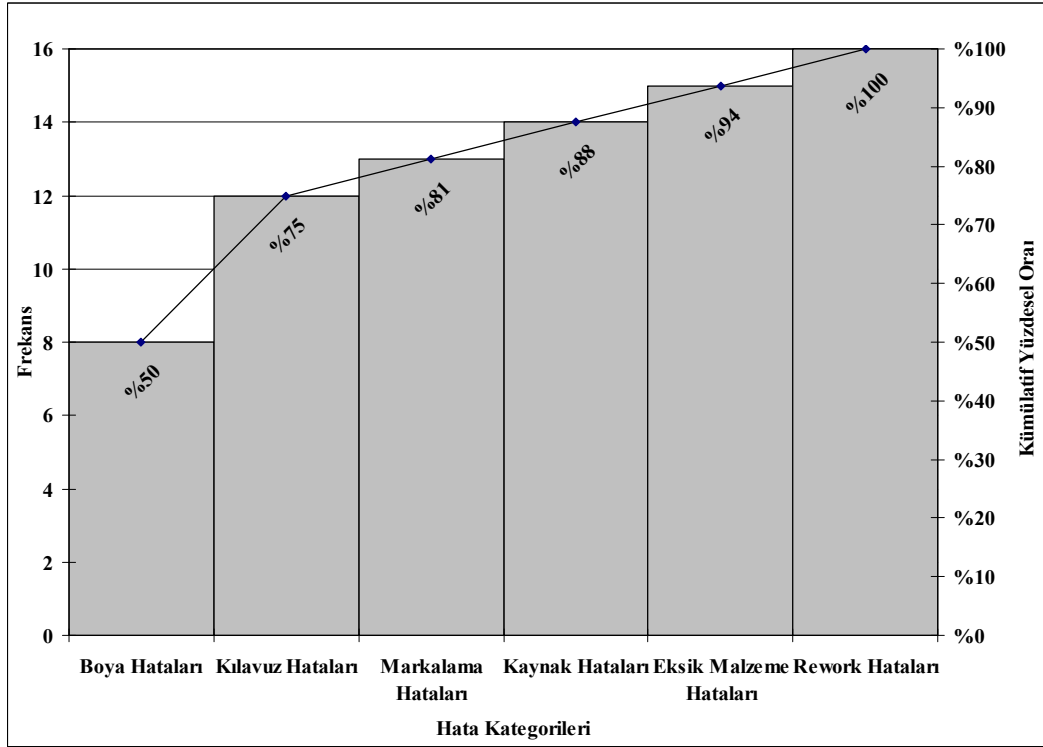
2008 yılında üretilen 469 adet Komutan Kupoladan 16 tanesi reddedilmiştir. Boyama hatası toplam 8 üründe görülmüş ve toplam hataların %50'sini oluşturmaktadır. Kılavuz hataları toplam 4 üründe görülmüş ve toplam hataların %25'ini oluşturmaktadır. Boya ve Kılavuz Hataları öncelikli olarak üzerine düşülmesi gereken hatlardır.

**Tablo 5.2.** Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.

Kusur Cinsi	Hata Sayıları	Yüzde Oranları
Markalama Hatası	1	6%
Boya Hataları	8	50%
Kılavuz Hataları	4	25%
Kaynak Hataları	1	6%
Eksik Malzeme Hataları	1	6%
Rework Hataları	1	6%
<b>TOPLAM</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>



Şekil 5.7. Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi

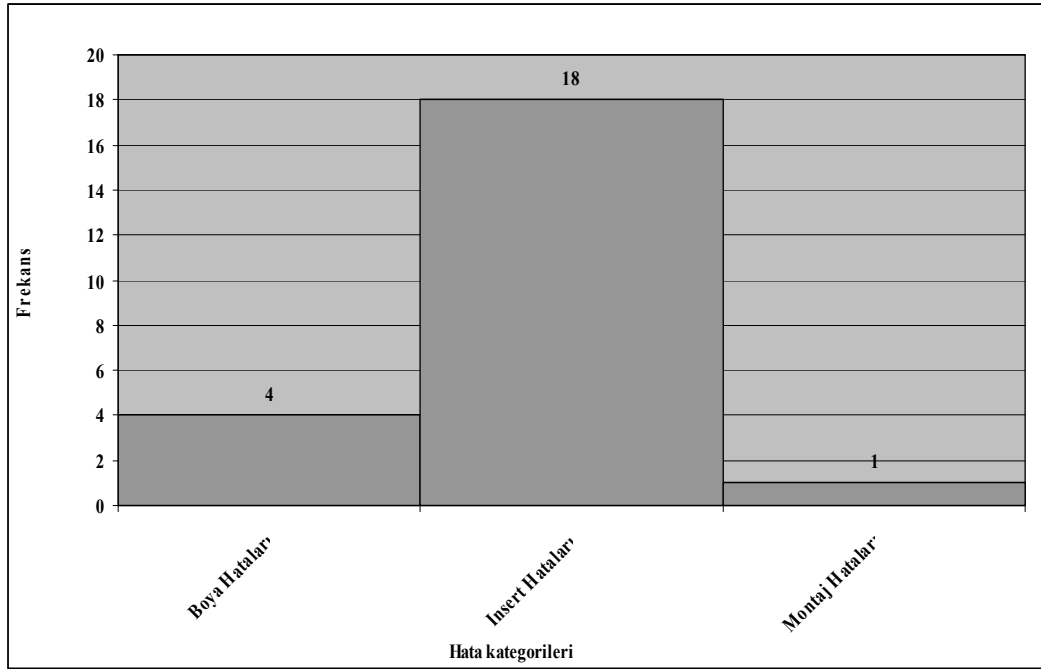


Şekil 5.8. Komutan Kupola Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi

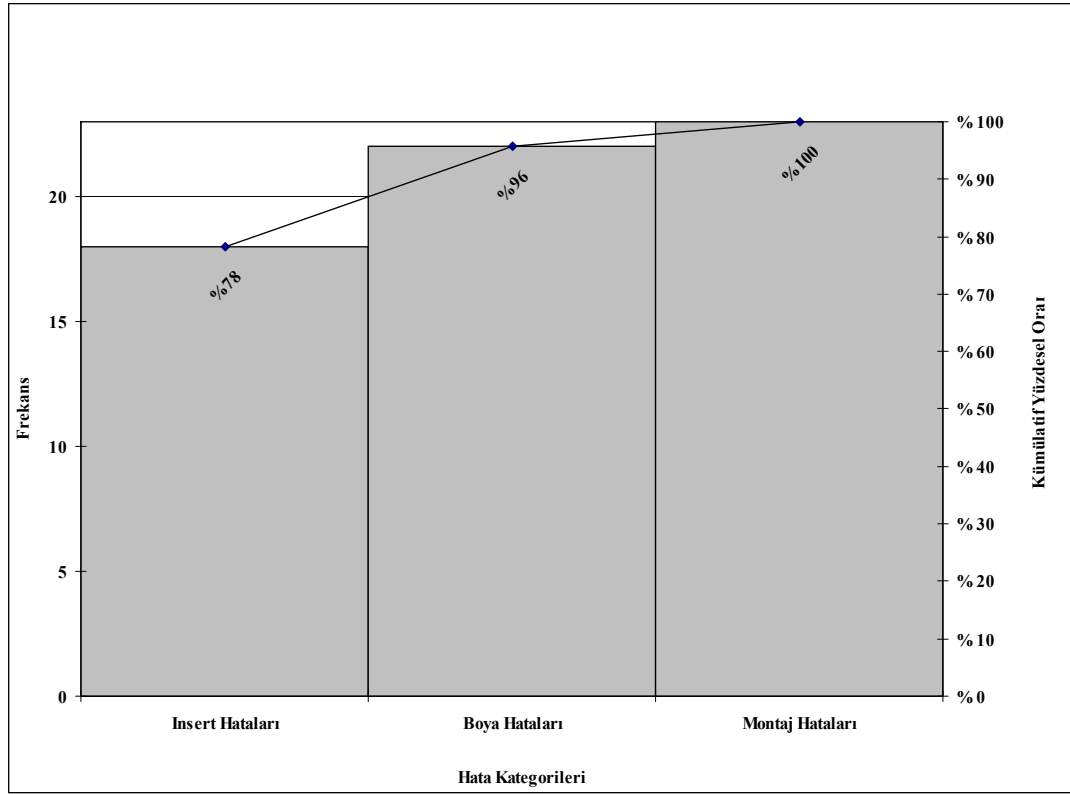
2008 yılında üretilen 347 adet Gunner Kupolada 27 hata görülmüştür. Insert Hatası 18 üründe görülmüş olup toplam hataların %78'ini oluşturmaktadır. Insert hatası öncelikle çözülmesi gereken kusur cinsidir.

**Tablo 5.3.** Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.

Kusur Cinsi	Hata Sayıları	Yüzde Oranları
Boya Hataları	4	17%
Insert Hataları	18	78%
Montaj Hataları	1	4%
<b>TOPLAM</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>



**Şekil 5.9.** Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi



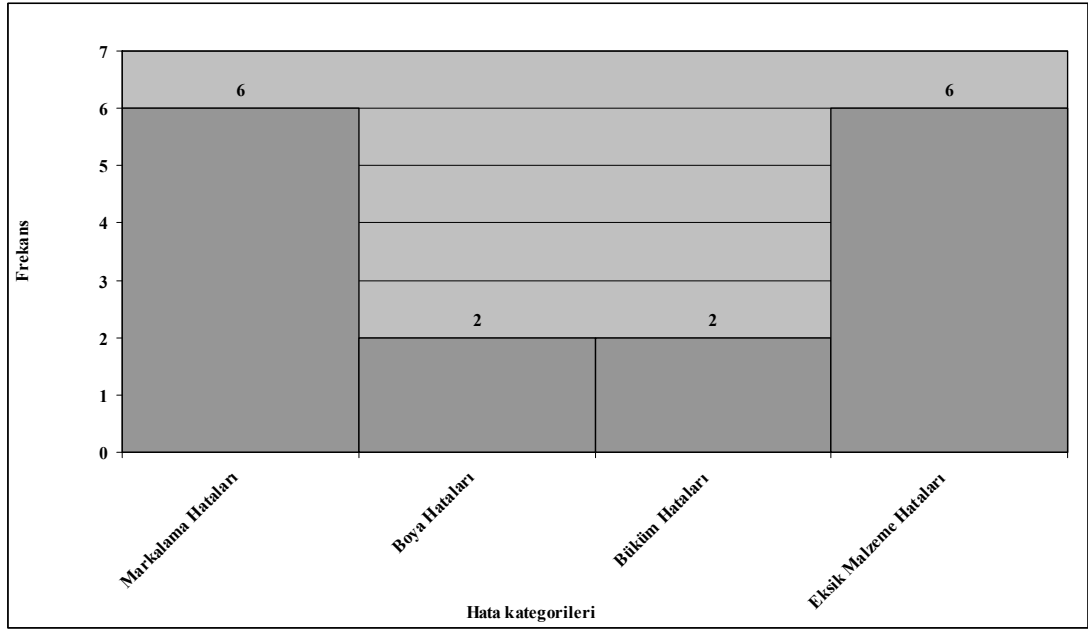
**Şekil 5.10.** Gunner Kupola Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi

2008 yılında üretilen 289 NBC setinin toplam 10 hata sayısı ile 6 tanesi reddedilmiştir. Eksik malzeme kullanımı ve markalama hataları 6 üründe gözlemlenmiş ve toplam hataların %38'ini oluşturduğu tespit edilmiştir.

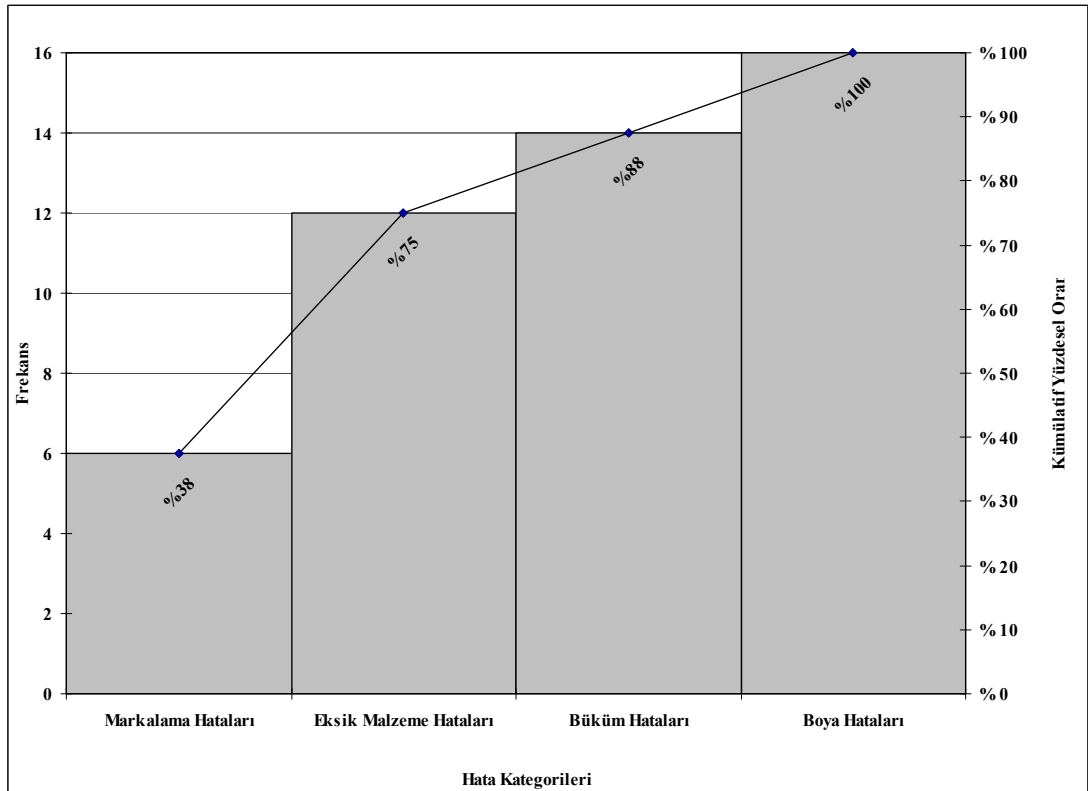
**Tablo 5.4.** NBC Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre sınıflandırılması.

Kusur Cinsi	Hata Sayıları	Yüzde Oranları
Markalama Hataları	6	38%
Boya Hataları	2	13%
Büküm Hataları	2	13%
Eksik Malzeme Hataları	6	38%
<b>TOPLAM</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>





Şekil 5.11. NBC Seti Kusur Cinsleri ve Hata sayılarına göre gösterimi



Şekil 5.12. NBC Seti Kusur Cinsleri ve Kümülatif Hata sayılarına ve Yüzdelerine göre gösterimi

Grafikler 2008 yılındaki veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Yapılan inceleme sonunda hataların çoğunlukla iki kusur cinsinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu kusurların Markalama ve Boya kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Bu kusur cinslerin nedenleri öncelikli olarak araştırılarak çözümlendiği takdirde toplam hata sayısının %75'inin çözümlenebileceği görülmektedir.

### 5.2.3. Matris Diyagramları

**Tablo 5.5.** Kusur Cinslerinin Ürün Grubu Bazında Gösterimi

Kusur Cinsi	Zırh Seti	Gunner Kupola	Komutan Kupola	NBC Seti	TOPLAM
1. Markalama Hatası	20	0	1	6	27
2. Boya Hatası	7	4	8	2	21
3. Büküm Hatası	2	0	0	2	4
4. Kaynak Hatası	2	0	0	0	2
5. Shiel Hatası	2	0	0	0	2
6. Tork Hatası	1	0	0	0	1
7. Rework Hatası	1	0	0	0	1
8. İşletme Hatası	1	0	0	0	1
9. Kılavuz Hatası	0	0	4	0	4
10. Kaynak Hatası	0	0	1	0	1
11. Eksik Malzeme Hatası	0	0	1	0	1
12. Rework Hatası	0	0	1	6	7
13. Insert Hatası	0	18	0	0	18
14. Montaj Hatası	0	1	0	0	1
<b>TOPLAM</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>91</b>

Kusur cinslerini ürün grubu bazında incelediğimizde toplam hata sayısı 91 olarak ortaya çıkmaktadır. Hatalar açısından incelendiğinde markalama hatası en çok gerçekleşen hata olarak çıkıyor. En az gerçekleşen hata bakımından incelendiğinde ise birden çok hata karşımıza çıkmaktadır. Ürün grupları açısından incelediğimizde diyagramı en fazla hataya zırh seti ürününde rastlıyoruz, en az hataya ise komutan kupola ve NBC seti ürünlerinde rastlıyoruz. Markalama hatası konusunda gerekli iyileştirmeler yapılmalı hata sayısının minimuma çekilmesi gerekmektedir. Boyahanedeki gerekli düzenlemelere gidilmeli, gerekli görüldüğü takdirde personele gerekli eğitimler verilmelidir.

#### 5.2.4. Zaman Serileri

Hata çeşitleri incelendiğinde en çok gerçekleşen iki hatanın markalama hatası ve boya hatası olduğu görülmektedir. Bu hatalar üzerine bir inceleme yaparak 01/01/2008 ile 30/12/2008 tarihleri arasındaki verileri aylık dönemler halinde gruplandırarak bu hataların zaman içindeki değişimini incelersek, bu iki hatanın zaman içindeki trend eğrileri aşağıda olduğu gibi görünmektedir.



Şekil 5.13. Markalama ve Boya Hatalarının Zaman Serileri Diyagramı

Grafik incelendiğinde Markalama hatasında ilk 4 ayda meydana gelen yükseliş 4. ayda yerini düşüşe bıraktığı görülmektedir. Boya hatasına bakıldığında markalama hatasına göre daha az iniş çıkışlı bir eğri oluşturmasına rağmen onda da 3. aydan itibaren düşüş gerçekleşmiştir. Bu yükseliş ve düşüşlerin nedeni; o dönemlerde yapılan üretim miktarının diğer dönemlere göre yüksek olduğu görülmektedir.

## 5.2.5. Kontrol Diyagramları

### - p Kontrol Diyagramları

FNSS projesinde incelenen zırh seti, komutan ve gunner kupola ve NBC seti iyileştirme çalışmasında bir üründe birden fazla hata ile karşılaşılabileninden dolayı p kontrol diyagramı yöntemi uygulanmıştır.

**Tablo 5.6.** Zırh Seti Kusurlu Oran Tablosu

Günler (örnek grubu)	Örnek Büyüküğü(n)	Kusurlu Sayısı(d)	Kusurlu Oran (p)
14.Oca	6	2	0,2
29.Oca	14	1	0,071
03.Mar	19	2	0,055
19.Mar	19	1	0,052
26.Mar	10	0	0
03.Nis	12	1	0,083
10.Nis	15	2	0,1
14.Nis	18	1	0,055
22.Nis	5	1	0,2
02.May	10	1	0,1
06.May	12	1	0,083
22.May	20	1	0,05
26.May	22	2	0,055
06.Haz	30	2	0,05
09.Haz	15	1	0,066
19.Haz	15	0	0
27.Haz	23	1	0,043
03.Tem	7	0	0
03.Tem	10	0	0
03.Tem	5	0	0
09.Tem	11	0	0
15.Tem	32	1	0,031
24.Tem	16	0	0
22.Ağu	5	0	0
08.Eyl	11	0	0
25.Eyl	15	0	0
03.Eki	5	0	0
22.Eki	20	0	0
18.Kas	15	0	0
28.Kas	19	2	0,083
12.Ara	10	0	0
22.Ara	13	0	0
<b>TOPLAM</b>	<b>459</b>	<b>23</b>	<b>1,377</b>

**Kusurlu oran hesaplamasında kullanılan denklemler aşağıda gösterilmiştir.**

**Kusurlu oranı**  
$$p = \frac{d}{n} \quad (5.1.)$$

**Ortalama Kusurlu Oranı**  
$$\bar{p} = \frac{\Sigma \text{kusurlu sayısı}}{\Sigma \text{örnek sayısı}} \quad (5.2.)$$

$$\bar{p} = \frac{23}{459} = 0,0501 \quad (5.3.)$$

**3σ için;**

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.4.)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.5.)$$

**2σ için;**

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 2\sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.6.)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 2\sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.7.)$$

**σ için;**

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + \sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.8.)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - \sqrt{\frac{\bar{p} + (1 - \bar{p})}{n}} \quad (5.9.)$$

**Tablo 5.7.** Zırh Seti AKL ve ÜKL Tablosu

Günler (örnek grubu)	3 $\sigma$		2 $\sigma$		$\sigma$	
	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL
14.Oca	0,32	-0,22	0,23	-0,13	0,14	-0,04
29.Oca	0,23	-0,12	0,17	-0,07	0,11	-0,01
03.Mar	0,20	-0,10	0,15	-0,05	0,10	0,00
19.Mar	0,20	-0,10	0,15	-0,05	0,10	0,00
26.Mar	0,26	-0,16	0,19	-0,09	0,12	-0,02
03.Nis	0,24	-0,14	0,18	-0,08	0,11	-0,01
10.Nis	0,22	-0,12	0,16	-0,06	0,11	-0,01
14.Nis	0,20	-0,10	0,15	-0,05	0,10	0,00
22.Nis	0,34	-0,24	0,25	-0,15	0,15	-0,05
02.May	0,26	-0,16	0,19	-0,09	0,12	-0,02
06.May	0,24	-0,14	0,18	-0,08	0,11	-0,01
22.May	0,20	-0,10	0,15	-0,05	0,10	0,00
26.May	0,19	-0,09	0,14	-0,04	0,10	0,00
06.Haz	0,17	-0,07	0,13	-0,03	0,09	0,01
09.Haz	0,22	-0,12	0,16	-0,06	0,11	-0,01
19.Haz	0,12	-0,08	0,08	-0,05	0,05	-0,02
27.Haz	0,10	-0,06	0,07	-0,04	0,04	-0,01
03.Tem	0,16	-0,13	0,12	-0,08	0,07	-0,03
03.Tem	0,14	-0,11	0,10	-0,07	0,06	-0,02
03.Tem	0,19	-0,16	0,13	-0,10	0,08	-0,04
09.Tem	0,13	-0,10	0,10	-0,06	0,06	-0,02
15.Tem	0,09	-0,05	0,06	-0,03	0,04	-0,01
24.Tem	0,11	-0,08	0,08	-0,05	0,05	-0,02
22.Ağu	0,19	-0,16	0,13	-0,10	0,08	-0,04
08.Eyl	0,13	-0,10	0,10	-0,06	0,06	-0,02
25.Eyl	0,12	-0,08	0,08	-0,05	0,05	-0,02
03.Eki	0,19	-0,16	0,13	-0,10	0,08	-0,04
22.Eki	0,10	-0,07	0,08	-0,04	0,05	-0,01
18.Kas	0,12	-0,08	0,08	-0,05	0,05	-0,02
28.Kas	0,11	-0,07	0,08	-0,04	0,05	-0,01
12.Ara	0,14	-0,11	0,10	-0,07	0,06	-0,02
22.Ara	0,13	-0,09	0,09	-0,05	0,05	-0,02

Grafik incelendiğinde 09 Haziran 2008 den sonraki günlük kusur oranlarında bir düşüş yaşanmıştır. Bunun sonucunda 09 Haziran 2008 ile 22 Aralık 2008 günleri arasında kusur ortalamaları aylık ortalama kusur ortalamasının altında kalmıştır. Kusur oranındaki bu düşüş sonraki dönemlerde de devam edeceği olasılığı bizi yeni önlemler almaya itmektedir. Bunun sonucunda, 19 Haziran tarihi geçerli olmak üzere yeni bir ortalama kusur oranı belirleme ihtiyacı doğmuştur. Bu ortalamanın, 19 Haziran'dan sonraki günlerin oranlarını daha iyi temsil edeceği düşünülmektedir. Grafiğin gerçeği yansıtmaya oranını arttırmak için bu düzeltmeye gidilmiştir.

#### **Ortalama Kusurlu Oranı (yeni)**

$$\bar{p} = \frac{\Sigma \text{kusurlu sayısı}}{\Sigma \text{örnek sayısı}} \quad (5.10.)$$

$$\bar{p} = \frac{23}{459} = 0,021 \quad (\text{düzeltmeye gidilmeden önceki ortalama kusur oranı})$$

14/01/2008 ile 09/06/2008 arasında geçerli orandır.

$$\bar{p} = \frac{4}{232} = 0,019 \quad (\text{düzeltme yapıldıktan sonraki yeni ortalama kusur oranı})$$

19/06/2008 ile 22/12/2008 arasında geçerli orandır

**Tablo 5.8.** Komutan Kupola Kusurlu Oran Tablosu

Günler (örnek grubu)	Örnek Büyüküğü(n)	Kusurlu Sayısı(d)	Kusurlu Oran (p)
01.Oca	21	0	0,00
29.Oca	22	0	0,00
06.Şub	18	0	0,00
03.Mar	21	0	0,00
13.Mar	21	0	0,00
18.Mar	6	1	0,17
28.Mar	4	0	0,00
10.Nis	27	2	0,07
14.Nis	22	0	0,00
01.May	21	1	0,05
01.May	17	0	0,00
02.May	18	1	0,06
22.May	34	0	0,00
06.Haz	4	0	0,00
11.Haz	18	0	0,00
19.Haz	11	1	0,09
27.Haz	29	0	0,00
03.Tem	17	0	0,00
14.Tem	14	0	0,00
15.Tem	18	0	0,00
08.Ağu	10	0	0,00
22.Ağu	16	0	0,00
22.Eyl	20	0	0,00
22.Eki	15	0	0,00
22.Ara	22	0	0,00
29.Ara	25	0	0,00
<b>TOPLAM</b>	<b>471</b>	<b>6</b>	<b>0,43</b>

**Ortalama Kusurlu Oranı**

$$\bar{p} = \frac{6}{471} = 0,0127 \quad (5.11.)$$



**Tablo 5.9.** Komutan Kupola AKL ve ÜKL Tablosu

Günler (örnek grubu)	$3\sigma$		$2\sigma$		$\sigma$	
	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL
01.Oca	0,09	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
29.Oca	0,08	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
06.Şub	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
03.Mar	0,09	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
13.Mar	0,09	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
18.Mar	0,15	-0,12	0,10	-0,08	0,06	-0,03
28.Mar	0,18	-0,16	0,12	-0,10	0,07	-0,04
10.Nis	0,08	-0,05	0,06	-0,03	0,03	-0,01
14.Nis	0,08	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
01.May	0,09	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
01.May	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
02.May	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
22.May	0,07	-0,04	0,05	-0,03	0,03	-0,01
06.Haz	0,18	-0,16	0,12	-0,10	0,07	-0,04
11.Haz	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
19.Haz	0,11	-0,09	0,08	-0,05	0,05	-0,02
27.Haz	0,08	-0,05	0,05	-0,03	0,03	-0,01
03.Tem	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
14.Tem	0,10	-0,08	0,07	-0,05	0,04	-0,02
15.Tem	0,09	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,01
08.Ağu	0,12	-0,09	0,08	-0,06	0,05	-0,02
22.Ağu	0,10	-0,07	0,07	-0,04	0,04	-0,02
22.Eyl	0,09	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
22.Eki	0,10	-0,07	0,07	-0,05	0,04	-0,02
22.Ara	0,08	-0,06	0,06	-0,04	0,04	-0,01
29.Ara	0,08	-0,05	0,06	-0,03	0,04	-0,01

**Tablo 5.10.** Gunner Kupola Kusurlu Oran Tablosu

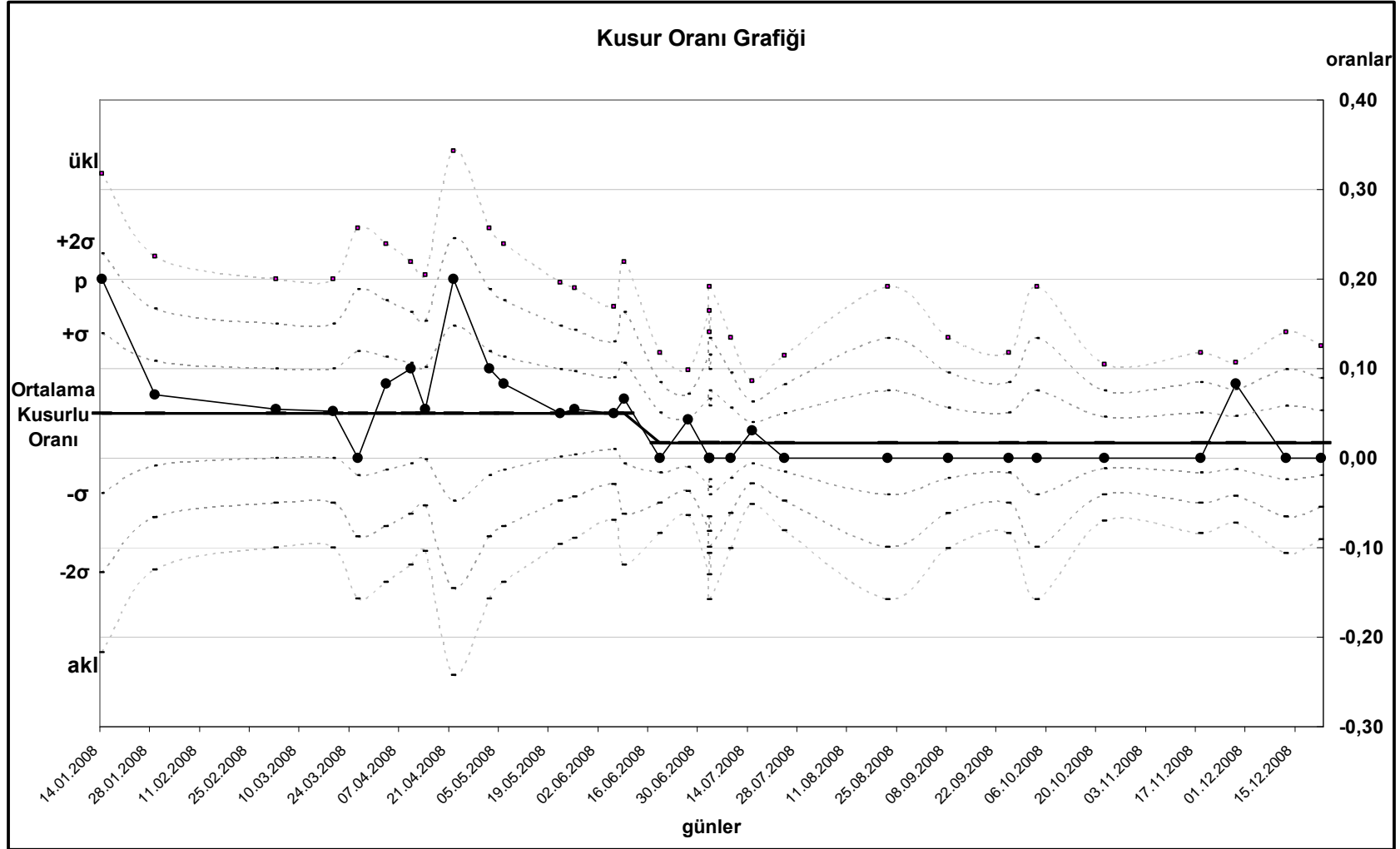
Günler (örnek grubu)	Örnek Büyüküğü(n)	Kusurlu Sayısı(d)	Kusurlu Oran (p)
06.Şub	4	1	0,25
18.Mar	8	2	0,25
28.Mar	3	1	0,33
10.Nis	25	1	0,04
02.May	18	1	0,06
22.May	13	1	0,08
11.Haz	10	1	0,10
15.Tem	15	2	0,13
08.Ağu	18	1	0,06
22.Ağu	13	2	0,15
28.Kas	12	1	0,08
<b>TOPLAM</b>	<b>139</b>	<b>14</b>	<b>1,53</b>

**Ortalama Kusurlu Oranı**

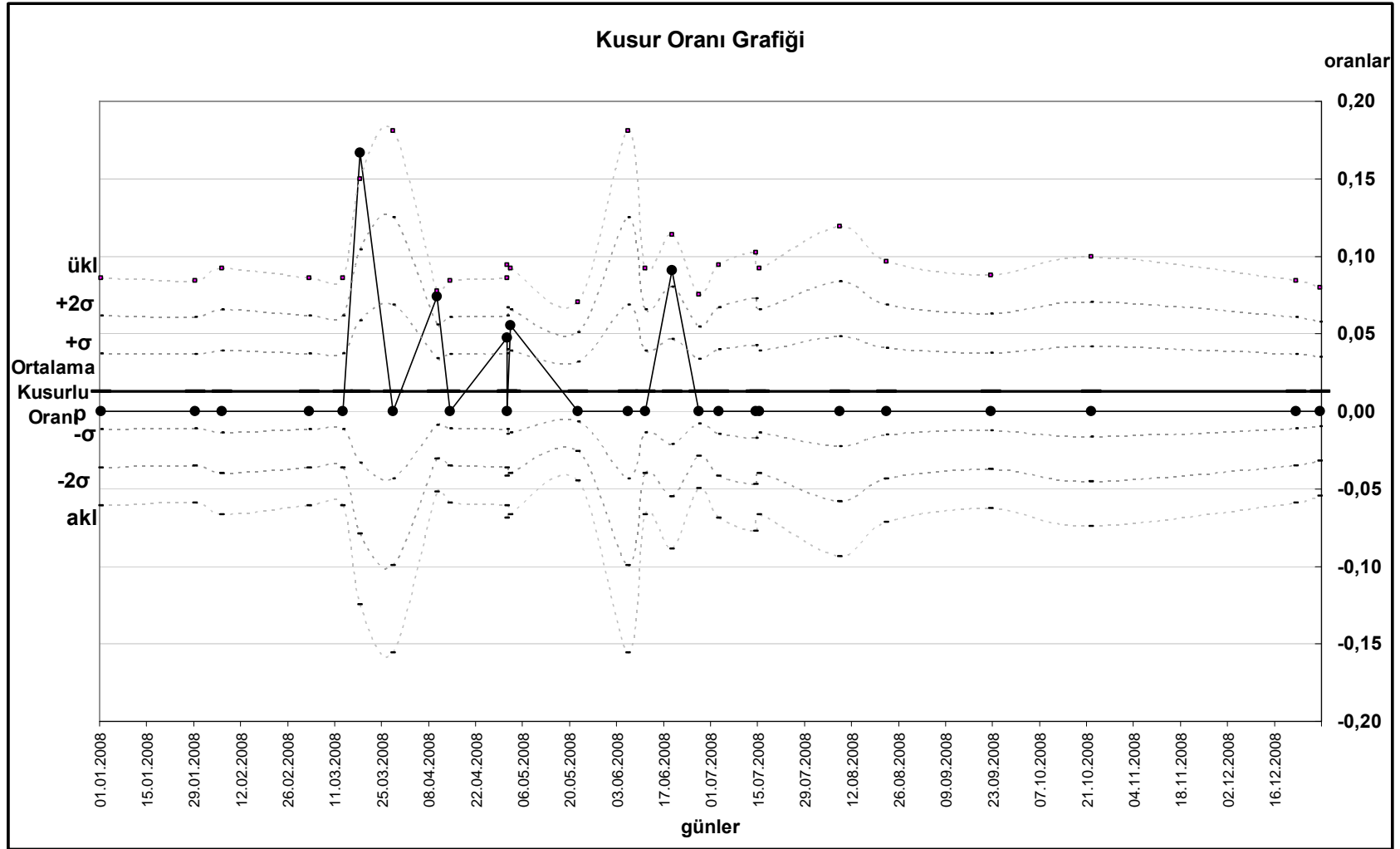
$$\bar{p} = \frac{14}{139} = 0,1 \quad (5.12.)$$

**Tablo 5.11.** Gunner Kupola AKL ve ÜKL Tablosu

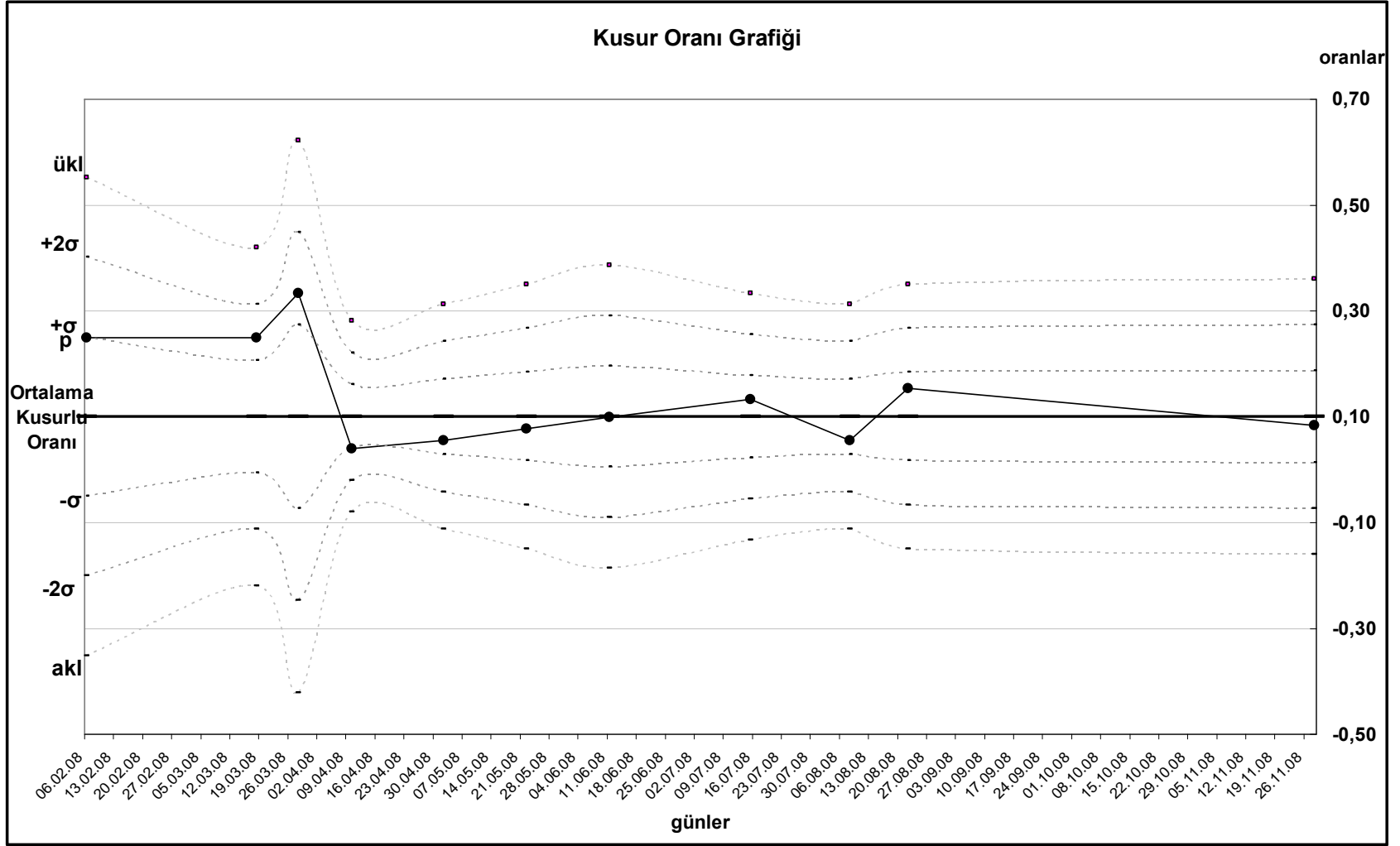
Günler (örnek grubu)	3σ		2σ		σ	
	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL
06.Şub	0,55	-0,35	0,40	-0,20	0,25	-0,05
18.Mar	0,42	-0,22	0,31	-0,11	0,21	-0,01
28.Mar	0,62	-0,42	0,45	-0,25	0,27	-0,07
10.Nis	0,28	-0,08	0,22	-0,02	0,16	0,04
02.May	0,31	-0,11	0,24	-0,04	0,17	0,03
22.May	0,35	-0,15	0,27	-0,07	0,18	0,02
11.Haz	0,39	-0,18	0,29	-0,09	0,20	0,01
15.Tem	0,33	-0,13	0,26	-0,05	0,18	0,02
08.Ağu	0,31	-0,11	0,24	-0,04	0,17	0,03
22.Ağu	0,35	-0,15	0,27	-0,07	0,18	0,02
28.Kas	0,36	-0,16	0,27	-0,07	0,19	0,01



Şekil 5.14. Zırh seti p kontrol çizelgesi



Şekil 5.15. Komutan Kupola p kontrol çizelgesi



Şekil 5.16. Gunner Kupola p kontrol çizelgesi

## SONUÇ

Araştırma içerisinde de bahsedildiği gibi, günümüzdeki değişimlerin en önemlilerinden birisi sanayideki kalite kavramının gelişimi olduğu görülmüştür. Kalitenin kontrol edilerek arttırılamayacağı, ancak imalat esnasında üretilebileceği anlaşılmıştır. Rekabet şartları düşünüldüğünde firmaların müşterilerine aynı mamulü daha ucuza temin edebilmesinin tek yolunun gider maliyetlerini azaltmak olduğu anlaşılmaktadır. Bunun bir yolu hatalı parçayı üretmemek, yani hatalı bir parça için bir maliyet oluşturmamaktır. İPK hatalı üretimin engellenmesi, süreçlerin sürekli kontrol altında tutulması yöntemiyle olduğu anlaşılmıştır.

FNSS firmasında yapılan araştırmada firmanın kabul testleri verilerine dayanılarak ürünlerde karşılaşılan hatalar belirlenmiştir. Hata çeşitlerinin balık kılıcı yöntemiyle gösterimi yapılmıştır. Bu gösterimlerde bazı hataları birden çok üründe tespit edildiği görülmüştür.

İkinci olarak kabul testleri raporlarından yararlanılarak pareto analizi yapılmıştır. Ürünlerde karşılan hata çeşitleri ve sayıları incelenmiştir. Ürünlerde karşılaşılan hataların en fazla iki hata türünden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bu hataların öncelikle azaltılması ürünlerde karşılaşılan hataların önemli ölçüde azaltılmasını sağlayacaktır.

Üçüncü olarak uygulanan matris diyagramları yöntemiyle birden çok üründe karşılaşılan hatalar bir grafikte gösterilmiştir. Firmanın üretmiş olduğu 4 üründe karşılaşılan bazı hataların ortak olduğu ve bu hataların üzerine öncelikle gidilmesi gerekliliği diyagram sonucu ortaya çıkan en önemli sonuçtur.

Dördüncü olarak uygulanan yöntem olan zaman serisi diyagramlarıyla en çok karşılaşılan hataların bir yıllık zaman içindeki dağılımı incelenmiştir.

FNSS kabul testleri verilerine dayanarak beşinci olarak uygulanan kontrol diyagramlarında aşağıdaki verilere ulaşılmıştır;

**Zırh Seti ile İlgili Veriler:**

14.01.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

22.04.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

28.11.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $3\sigma$  sınırındadır.)

**Komutan Kupola ile İlgili Veriler:**

18.03.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $3\sigma$  dışındadır.)

10.04.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $2\sigma - 3\sigma$  arasındadır.)

01.05.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

02.05.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

19.06.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $2\sigma - 3\sigma$  arasındadır.)

**Gunner Kupola ile İlgili Veriler:**

14.01.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma$  sınırındadır.)

22.04.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

28.11.2008 tarihindeki gözlemde süreç kontrol dışındadır. ( $1\sigma - 2\sigma$  arasındadır.)

Elde edilen veriler sonucunda kontrol dışında kalan gözlemler belirlenmiştir. Bu tarihlerde karşılaşılan hatalar üzerinde yoğunlaşarak hata nedenleri daha iyi belirlenebilecektir.

Yapılan İPK uygulaması sonucu ulaşılan veriler FNSS kalite kontrol mühendisliği bölümüyle paylaşılmıştır. Yapılan görüşmelerde bu hatalara karşı alınabilecek olan önlemler kalite kontrol, üretim ve metod mühendisleri tarafından belirlenmiştir.

Bu önlemler;

- Zırh setlerinde öncelikli hata olan markalama hatasının giderilmesi için ürün teslimatından önce markalama işleminin tamamlanmış olmasına karar verildi.
- Markalama işlemini gerçekleştiren çalışanların uyarılmasına karar verildi.
- Kupola üretimdeki öncelikli hatalar üzerine yapılan değerlendirme sonucu, boyahane işgörenlerinin ıslak yüzeye boya yapmaları nedeniyle hata sayılarının arttığı, boyanın kuru yüzeye yapılmasına karar verilmiş. Bu konuda iş görenlerin uyarılmasına karar verildi.
- Insert hatasına neden olan personel için gerekli eğitimin tekrar verilmesine karar verilmiştir.
- Kaynak hatasına neden olarak kullanılan gazın değiştirilmesine karar verilmiştir.

Araştırma sonucunda araştırmanın amacı olan FNSS firmasının projelerinde uygulanan üretim iyileştirme çalışmaları, yöntem ve süreçleri araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucu kararlaştırılan önlemlerin gerçekleştirilmesi ile firmada kabul testlerinde kabul edilebilir hata sayısının azaldığı, reddedilen ürün sayısının sıfıra indiği görülmüştür. Dolayısıyla firmanın reddedilen ürünlerden dolayı katlandığı maliyetler düşmüş ve sonuç olarak, firmanın yüksek olan ürün kalitesi daha da artmıştır.



## EKLER

### **EK-1: Görüşme Formu**

Firma yetkilileriyle yapılan görüşmeler sırasında sorulan sorular:

- 1) Firmanın faaliyet gösterdiği sektör hakkında bilgi verir misiniz?
- 2) Firmanın üretimini yaptığı ürünler nelerdir?
- 3) Ağırlıklı olarak hangi ürünün üretimi yapılmaktadır?
- 4) Ürünlerin parçalarının yüzde kaçını firma tarafından imal edilmektedir?
- 5) Firma dışından alınan parçalarla ilgili kalite standartları nelerdir?
- 6) Firmanın bugüne kadar üretimini yaptığı ürünler nelerdir?
- 7) Hangi ülkelere ihracat yapılmaktadır?
- 8) Uluslararası pazarlarda istenen kalite standartları var mıdır?
- 9) Firma uluslararası standartları sağlayabilmiş midir?
- 10) Firmanın bugüne kadar üretmiş olduğu ürünlerde sahip olduğu kalite standartları nelerdir?
- 11) Ar-Ge faaliyetleri yapılıyor mu?
- 12) Yeni geliştirilen ürünler nelerdir?
- 13) Yeni geliştirilecek ürünlerle ilgili kalite standartları göz önünde bulunduruluyor mu?
- 14) Üretilen ürün çeşitlerinde genel kabul görmüş standartlar var mıdır?
- 15) Üretilen ürünlerde kalite kontrol çalışması yapılmış mıdır?
- 16) Kalite kontrol çalışmalarında göz önünde bulundurulmuş standartlar nelerdir?
- 17) Üretilen ürünler için iyileştirme çalışmaları yapılmakta mıdır?
- 18) İyileştirme çalışmalarında kullanılan kabul testlerinde hangi faktörler göz önünde tutulmuştur?
- 19) Kabul testlerinde kaç tip hatayla karşılaşmıştır?
- 20) Hata çeşitlerinin sebepleri nelerdir?

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

Akdağ, Mustafa, Arklan, Ümit, Toplam Kalite Yönetimi, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 4, Number: 2, Mart 2009.

Akın, Besim, ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996.

Akın, Besim, İstatistik Proses Ders Notları, Uluslararası Kalite Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İstanbul, 1994.

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

Arçelik Altı Sigma Sarıkuşak Eğitimi Notları, Cilt-2, Eylül 2004.

Besterfield, Dale H., Quality Control, Prentice Hall, New Jersey, 1998.

Bircan, Hüdaverdi, Özcan, Selami, “Excel Uygulamalı Kalite Kontrol”, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003.

Bircan, Hüdaverdi, Gedik, Hasan, “Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme”, Cumhuriyet Üniversitesi, D.D.B.F Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, 2003.

Braverman, Jerome.D., Fundamentals of Statistical Quality Control, Reston Publishing Co., Inc., Reston, Virginia, 1981.

Corbett, Charles J., Pan, Jeh-nan, “Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques”, European Journal of Operational Research, Vol139, 2002.

Çetin, Canan, Akın, Besim ve Erol, Vedat, Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi, 2.Basım, İstanbul, Beta, 2001.

Çınar, C., Kılıç, Y., Toplam Kalite Yönetimi ( TKY ) Eğitimi. Ankara: T.C. Hava Kuvvetleri Komutanlığı 3. Hava İkmal Bakım Merkez Komutanlığı, 2003.

Daft, R.L., Management, Orlando: The Dryden Press, 2000.

Dale, B.G., Elkjaer, M.B.F., Wiele, Williams, A. R. T., “Fad, Fashion And Fit: An Examination of Quality Circles, Business Process Re-Engineering And Statistical Process Control”, International Journal of Production Economics, Vol 73 , 2001.

De Magalhaes, M.S; Costa, A.F.B;Moura Neto, F.D, Adaptive control charts:A Markovian approach for processes subject to independent disturbances, Int. J. Production Economics, 2006.

Dubek, M; Burlikowska, Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk, Journal of Materials Processing Technology, 2005.

Durkee, J.B, “Magnificent Seven” Techniques Enhance Statistical Process Control, www.metalfinishing.com (05.05.2008).

Efil, İsmail, Yönetimde Kalite Kontrol Çemberleri ve Uygulamadan Örnekler, Bursa. Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1993.

Egermayer, F., “Pareto Analysis in Incoming Inspection At Verdor.”,Quality, European Organization for Quality Control, June. 1988.

Eugene, L.Grant - Leavenworth, Richard S., Statistical Quality Control, McGraw-Hill Book Co, Singapore, 1987.

Evans, James R., Lindsay and William M. The Management and Control of Quality, 3.Basım, Minneapolis/St. Paul, West Pub., 1996.

Garcia-sanz, M., Guillén, J.C., Ibarrola, J.J., “Robust Controller Design for Uncertain Systems with Variable Time Delay”, Control Engineering Practice, Vol.9, 2001.

Gökçe, Ahmet, Toplam Kalite Anlayışı İçinde İstatiksel Proses Kontrolün Rolü ve Kalite Geliştirme Amaçlı Uygulaması, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.

Gözlü, Sıtkı, Endüstriyel Kalite Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1990.

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

HKK (Hava Kuvvetleri Komutanlığı 3.H.İ.B.M.K.lığı) Kalite Güvence Sistemi Eğitim Notları, Ankara: Hv. Basımevi ve Neş. Md. lüğü 2535,1998.

Huang, Qiang, Zhou, Shiyu ve Shi, Jianjun, “Diagnosis of Multi-Operational Machining Processes Through Variation Propagation Analysis”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol 18, 2002.

Ishikawa, Kaoru, Guide Quality Control, Asian Productivity Organization 2. Ed., 1982.

ISO, “Statistical Methods of Quality Control”, ISO Standarts Handbook, Geneve, Switzerland, 1995.

James, P.T.J., Total Quality Management. Hertfordshire: Prentice Hall, 1996.

Juran, J.Gryna, M.F., Juran's Quality Control Handbook, Mc. Graw Hill Co., New York, 1988.

Kalder, İstatistiksel Proses Kontrol, Revizyon No:2, İstanbul, 2005.

Kapıcı, T., İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Tersanelerde Kaynak Prosesine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2005.

Kara, İmdat, Olasılık, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1983.

Karcıoğlu, Fatih, Toplam Kalite Yönetimi ve Örgüt İklimi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:15, Sayı:3-4, 2001.

Kartal, M., İstatistiksel Proses Kontrolü, Kariyer Matbaası, Ankara, 1999.

Kakuro, Amasaka, “A Demonstrative Study of a New SQC Concept and Procedure in the Manufacturing Industry”, Mathematical and Computer Modelling, Vol 31, 2000.

Kaya, İhsan, Engin, O., “Kobilerde Kalite İyileştirme Süreci ve Örnek Bir Uygulama”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Konya Şubesi Makine-Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi 26-27 Eylül 2003, Konya.

Kaya, İhsan ve Ağa, Abdullah, Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı ve Motor, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı:11, Yıl:2004.

Kazuo, Ozeki, Handbook of Quality Tools, Cambridge: Productivity Tools,1990.

Kobu, Bülent, Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.Ü. Yayınları, No: 3425, İşletme Fakültesi Yayınları No:182, İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları:84, İstanbul, 1987.

Kobu, Bülent, Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 2298, Arpaz Matbaacılık, İstanbul, 1979.

Kogem (İDEA), “İstatistiksel Proses Kontrolü”, Eğitim Notları.

Kolarik, Willian J., Creating Quality, International Editions, Singapore, 1995.

Köksal, Gülser, Problem çözme teknikleri. Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi Semineri ODTÜ, 2001.

Köksalan, Murat; Erkip, Nesim ve Moskowitz, Herbert, “Explaining Beer Demand: A Residual Modeling Regression Approach Using Statistical Process Control”, International Journal of Production Economics, Vol 58, 1999.

Ledolter, Johannes; Brurill, Claude W., “Statistical Quality Control”, Strategies and Tools for Continual Improvement, 1999.

Lewis, Nigel D.C., “Assessing The Evidence From The Use of SPC In Monitoring, Predicting & Improving Software Quality”, Computers & Industrial Engineering, Vol 37., 1999.

Mitra, Amitava, Fundamentals of Quality Control and Improvement, USA, New York, 1993.

Montgomery, Douglas C., George and C. Hubele, Norman Feris. Engineering Statistics, 3.Basım, Newyork, Wiley, 2004.

Montgomery, Douglas C., Introduction to Statistical Quality Control, New York:2.Ed.Jhon Willey & Sons, 2001.

Motorcu, A. R., Güllü A. , Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. Materials and Design, 2006.

Olçayto, C., Kesici Takım Üretiminde Isıl İşlem Aşamasının Ürün Kalitesine Etkisi ve İstatistiksel Proses Kontrol Yardımı İle Isıl İşlem Uygulamasının Gözetimi. Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Anabilim Dalı, İstanbul , 1996.

Oktay, Erkan, Özçomak, M.Suphi, Kalite Kavramındaki Gelişme. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:15, Sayı:3-4, 2001.

Quality Control Circles, Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları, İstanbul, 1984.

Rungtusanatham, M., “Beyond Improved Quality: The Motivational Effects of Statistical Process Control”, Journal of Operations Management, Vol 19, 2001.

Sabuncuoğlu, Zeyyat ve Tokol, Tuncer, İşletme I-II, Furkan Ofset, 1997.

Ryan, Thomas P., Statistical Methods For Quality Improvement, 2.Basım, New York, John Wiley & Sons, 2000.

Schermerhorn, John R., Management. New York: John Wiley&Sons Inc., 1999.

Schippers, Werner A.J., “An Integrated Approach to Process Control”, International Journal of Production Economics, Vol 69, 2001.

Statistical Methods of Quality Control, ISO Standarts Handbook, Geneve, Switzerland,1992.

Summers, Donna C.S., Quality, New Jersey: Prentice Hall, 2000.

Şimşek, Muhittin, “Toplam Kalite Yönetiminde Başarının Anahtarı İNSAN FAKTÖRÜ” Babıalı Kültür Yayınları, İstanbul, 2002.

Tekin, Mahmut, Toplam Kalite Yönetimi, Kuzucular Ofset, Konya, 2004.

Tezel, M. F., İPK (SPC) ve Akışkan Otomosyonu Sanayi Malzemeleri İmalatında Proses Yeteneği Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2006.

Thomson, M., Twigg, P. M., Majeed, B. A. ve Ruck, N., “Statistical Process Control Based Fault Detection of CHP Units”, Control Engineering Practice, Vol 8, 2000.

TSE, İstatistiksel Proses Kontrol,(Eğitim Notları). Ankara T.S.E., Kalite Notları (Bölüm 2). Ankara TSE Kalite Yayınları No:4.06/2B, 1993.

TSE, İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları, İstanbul Bölge Müdürlüğü, İstanbul, 1996.

Uğur, A. Naci, Kalite Kontrolde İstatistik Yöntemler, Kosgeb, Ankara, 1997.

Umur, Elvan, İstatistiksel Proses Kontrolü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.

Üreten, Sevinç, Üretim/ İşlemler Yönetimi Planlama-Denetim Kararları Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları, Ankara: Türk Hava Kurumu, 1998.

Yamak, Oygur, Üretim Yönetimi, 4.Basım, İstanbul, 2004.

Yücel, Mustafa, “Toplam Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi”, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, Malatya: İnönü Üniversitesi 24-25 Mayıs 2007.

Zhang, Wei, Igel, B., “Managing The Product Development Of China's SPC Switch Industry as an Example of Cops”, Technovation, Vol 21, 2001.

Zorriassatine, F., Tannock, J. D. T., O'Brien, D.C., “Using Novelty Detection to Identify Abnormalities Caused by Mean Shifts In Bivariate Processes”, Computers & Industrial Engineering, Vol 44, 2003.



## ÖZGEÇMİŞ

Nadir Güneş Yıldız, 07.03.1981 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlköğretimini Sakarya'da Arifiye Neviye İlkokulu'nda tamamladı. 1999 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 1999 yılında İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesinde Lisans Eğitimine başladı. Haziran 2003'de Lisans eğitimini tamamladı. Eylül 2003'de Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Üretim Yönetimi ve Pazarlama Programında Yüksek Lisans programında eğitime başladı.

Ocak 2008'den itibaren özel bir şirkette kurumsal finansman alanında çalışmaktadır.