

**T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ SİSTEMİNİN KÜÇÜK
ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE GELİŞTİRİLMESİ VE
UYGULANMASI**

ÇİĞDEM BENK

Ocak-2007

**T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ SİSTEMİNİN KÜÇÜK
ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE GELİŞTİRİLMESİ VE
UYGULANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

**Hazırlayan
ÇİĞDEM BENK**

**Danışman:
Doç.Dr.İsmail EROL**

BOLU-2007

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE,

Çiğdem BENK'e ait, “ İstatistiksel Süreç Kontrolü Sisteminin Küçük Ölçekli Bir İşletmede Geliştirilmesi ve Uygulanması” adlı çalışma, jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Üye(Tez Danışmanı) : Doç. Dr. İsmail EROL

Üye : Doç. Dr. Ramazan SARI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Seyit KÖSE

Prof. Dr. Uğur ESER

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZET

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ SİSTEMİNİN KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI

Çiğdem BENK

**Yüksek Lisans Tezi
İşletme Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. İsmail EROL**

Ocak 2007, 164 Sayfa

Bu tez çalışmasında, öncelikle kalite ve kalite kontrol kavramlarına ilişkin tanımlara yer verilerek, sürekli gelişme ve istatistiksel kalite kontrol kavramı detaylı olarak incelenmiştir. Daha sonra istatistiksel kalite kontrol araçları olan yedi istatistik araç ile proses ve makine yeterlilik hakkında ayrıntılı bilgi sunulmuştur. Bir sonraki aşamada ise çeşitli işletmelerde yapılan uygulamalar ile ilgili literatür sergilenmiş, elde edilen bulgular kullanılarak orijinal ekipman üreticisi firmaların tedarikçisi olarak çalışan küçük ölçekli bir işletme için istatistiksel süreç kontrol modeli geliştirilip uygulanmıştır. Örnek olarak bir yarı mamulün üretiminde kullanılan parça için belirli dönemlerde alınan veriler değerlendirilerek, istatistiksel süreç kontrol sisteminin bu işletmede kurulabileceği ve geliştirilebileceği örneklerle gösterilmiştir. Örnek alma planına göre 01.10.2005 tarihinde yarım sat içinde rasgele alınan örneklerin boy uzunluğu ölçülerek, histogramı çizilmiş ve parçanın üretiminin yapıldığı otomat torna makinesinin yeterlilik analizi yapılmıştır. Mevcut toleranslar için makine yeterliliği sağlanmıştır. Daha sonra 01.10.2005 tarihinde 8:30-18:30 mesai saatleri içinde arasında üretilen parçalardan her yarım saatte beş olmak üzere alınan 100 adet örneğin frekans dağılım tablosu oluşturularak, histogram çizilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen verilerle proses yeterlilik analizi yapılarak $\bar{X}$ ve R grafikleri çizilmiştir. Kontrol grafikleri ve proses yeterlilik analizi

sonuçlarına göre süreçte kusurlu ürünlere neden olan etkenlerin araştırılması için beyin fırtınası yapılmış ve neden- sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Yapılan ilk proses yeterlilik analizi sonucunda; karşılaşılan aksaklıklar giderildikten sonra 02.10.2005 tarihinde 8:30-18:30 mesai saatleri içinde arasında üretilen parçalardan her yarım saatte beş olmak üzere alınan 100 adet örneğin frekans dağılım tablosu oluşturularak, histogram çizilmiştir. İkinci proses yeterlilik analizi, $\bar{X}$ ve R grafiklerine göre üretilen parçalar spesifikasyonlara göre uygun olarak üretildiği ve prosesin kontrol altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Böylelikle firma, önerilen istatistiksel süreç kontrolü sistemini kullanarak hatalı ürün oranını azaltabilmek ve müşterilerinin ihtiyaçlarını daha iyi koşullarda karşılayabilmektedir.

Son olarak yapılan bu çalışma ile istatistiksel süreç kontrolü sisteminin küçük ölçekli işletmelerde de rekabeti geliştiren bir araç olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel Proses Kontrol, Sürekli Gelişme, Küçük Ölçekli İşletme, Problem Çözme Teknikleri

ABSTRACT**DEVELOPING AND IMPLEMENTING A STATISTICAL
PROCESS CONTROL SYSTEM IN A SMALL-SIZED COMPANY****Çiğdem BENK****Master Thesis****Department of Bussines Administration****Thesis Advisor: Associate Prof. İsmail EROL****January 2007, 164 Pages**

In this thesis, first, the concepts of continuous improvement and statistical control were reviewed in detail. Then, information regarding seven quality tools and process/machine capability analysis, which are the basics of statistical quality control were presented. Next, related literatures about the applications of statistical quality control in various companies were demonstrated. Finally, a framework on statistical quality control for a small sized company, which is a supplier for original equipment manufacturers, was developed and implemented using the findings of the other researchers. In order to demonstrate that such a system can be developed and implemented in the company, a data set was gathered from the production process of a component, which is used for a work-in-process. According to a sampling plan, a data was gathered randomly on October 1st, 2005, and by using the data a histogram was drawn and a machine capability analysis was done for a lathe machine. For the current tolerances, it was concluded that machines were capable of producing right components. Then, on October 1st, 2005, 100 parts were picked up randomly between 8:30 and 18:30, and a histogram was drawn using the frequency distribution. Using the same data, process capability analysis was also done, and X-Bar and R charts were prepared. According to the results derived from the control charts and process capability analysis, to find why the process manufactured defective products, a brainstorming was done and a cause-and-effect diagram was

developed. After the problems encountered in the first process capability analysis were resolved, 100 parts were gathered randomly on October 2nd, 2005, between 8:30 and 18:30. Using the new data, a histogram were drawn. Then, X-bar, R charts and the second process capability analysis were prepared. It was concluded that the process was in control and the parts were produced according to the specifications. Hence, the company was able to produce less defective products and better meet its customer needs implementing the proposed system. Another important conclusion derived from this research is that statistical control system can be used to increase competitive advantage even for small sized companies

Key words: Statistical Process Control, Permanent Development, A Small Sized Company, Solve Problem Technicals

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından son hale getirilmesine kadar gerekli yardımını ve desteğini esirgemeyen özellikle bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. İsmail EROL'a,

Çalışmanın savunulmasında yer alan değerli jüri üyelerine,

Bu tezin hazırlanması süresince anlayış ve desteklerini esirgemeyen eşim Ümit'e, benim bu günlere gelmemi sağlayan ve bana her zaman destek olan sevgili annem, babam ve ağabeyime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
 I.BÖLÜM:GİRİŞ	 1
 II.BÖLÜM: KALİTE VE KALİTE KONTROL KAVRAMLARINA İLİŞKİN GENEL AÇIKLAMALAR.....	 4
2.1.Kalitenin Tanımı	4
2.2.Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar	6
2.3.Kalitenin Tarihsel Gelişimi	7
2.4.Kalite Kontrol Kavramı	10
2.5.Kalite Kontrolün Kapsamı	10
2.6.İstatistiksel Kalite Kontrolün Kalite Fonksiyonu İçindeki Yeri	11
2.7.İstatistiksel Kalite Kontrolünün Faydaları	12
2.8.Toplam Kalite Kontrol	13
2.9.Toplam Kalite Yönetimi	14
2.10. Toplam Kalite Yönetimi'nde Kalite Maliyetlerinin Rolü ve Önemi	16
 III.BÖLÜM : İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL	 23
3.1.Sürekli Gelişme	24
3.2.Kalite Çemberleri	27
3.3.Bilimsel Problem Çözme Yöntemi(Deming Döngüsü)	27
3.4.İstatistiksel Kalite Kontrol Metotları	30
3.4.1.Süreç Akış Şeması	34
3.4.2.Beyin Fırtınası.....	36
3.4.3.Histogramlar	37
3.4.4.Pareto Analizi.....	38
3.4.5.Neden- Sonuç Diyagramı.....	39
3.4.6. Kontrol Grafikleri	41
3.5. Proses ve Makine Yeterlilik Analizi	60
3.5.1.Proses Yeterlilik.....	60
3.5.2.Makine Yeterlilik.....	70
3.6. İstatistiksel Kalite Kontrolünün Uygulanmasında ve Sürekli Kalite Geliştirilmesinde Karşılaşılan Sorunlar	75

IV. BÖLÜM: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	79
V. BÖLÜM: ÖRNEK OLAY ANALİZİ	85
5.1.Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı.....	85
5.1.1. İşletmenin Organizasyon Yapısı	87
5.1.2 İşletmenin Bölümleri ve Yerleşim Düzeni	89
5.1.3. İşletmenin Makine Parkı	91
5.2.İşletmenin İş Akışı	94
5.3.İşletmenin Swot Analizi.....	96
5.4.Araştırmanın Amacı	98
5.5.İşletmede İstatistiksel Süreç Kontrolü Sisteminin Kurulması	101
5.6.Geliştirilen İstatistiksel Proses Kontrol Sisteminin Uygulanması	104
5.6.1.Prosesin Tanımlanması	104
5.6.2.Verilerin Toplanması	109
5.6.3.Histogram.....	110
5.6.4.Makina Yeterlilik Analizi	113
5.6.5.Histogram.....	115
5.6.6. Proses Yeterlilik Analizi.....	118
5.6.7. $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Grafikleri.....	120
5.6.8. Beyin Fırtınası ve Neden-Sonuç Analizi	125
5.6.9.Histogram.....	129
5.6.10.Proses Yeterlilik Analizi.....	132
5.6.11. $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Grafikleri.....	134
VI.BÖLÜM: SONUÇLAR ,ÖNERİLER VE ARAŞTIRMANIN TEMEL	
KATKISI.....	139
6.1.Sonuç.....	139
6.2.Öneriler	142
6.3.Araştırmanın Temel Katkısı.....	143
KAYNAKÇA	144
EKLER	
EK-1:X Kontrol Grafiği Katsayıları	149
EK-2:R Kontrol Grafiği Katsayıları.....	150
ÖZGEÇMİŞ.....	151

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Kalitenin İki Boyutu	5
Şekil 2: Kalite Kontrolünde Geriye Dönüşüm	11
Şekil 3: Gereksinimlerin Ürün ve Servise Dönüştürülmesi	15
Şekil 4: Kalite Maliyet Analizi	17
Şekil 5: Kalite Maliyetleri	21
Şekil 6: Kalite Maliyet Analizi	22
Şekil 7 a: Buluş Yaklaşımı ve Gelişme	24
Şekil 7 b: Kaizen Yaklaşımı ve Gelişme	24
Şekil 8: PUKO Döngüsü	28
Şekil 9: Sürekli Süreç Geliştirme Modeli	29
Şekil 10: İstatistiksel Kalite Kontrol	30
Şekil 11: Üretim Sisteminde İstatistiksel Kalite Kontrol	31
Şekil 12: Neden –Sonuç Diyagramı	40
Şekil 13: Kontrol Altındaki Varyasyon	42
Şekil 14: Kontrol Altında Olmayan Varyasyon	43
Şekil 15: Kontrol Grafiği	46
Şekil 16: Kontrol Grafiklerinde Değişik Durumlar	57
Şekil 17: Kontrol Sınırları İçinde Sistemik Hata Durumları	59
Şekil 18: İstatistiksel Proses Kontrol Akış Diyagramı	61
Şekil 19: Yeterli ve Yeterli Olmayan Proses	66
Şekil 20: İşletme Organizasyon Şeması	88
Şekil 21: Firma Yerleşim Düzeni	90
Şekil 22: İşletme İş Akış Şeması	95
Şekil 23: İşletmenin İstatistiksel Süreç Akış Şeması	103
Şekil 24: TRM Su Borusu Teknik Resmi	107
Şekil 25: TRM Su Borusu Akış Şeması	108
Şekil 26: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram	112
Şekil 27: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram	118
Şekil 28: TRM Su Borusu Neden-Sonuç Analizi	127
Şekil 29: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram	131

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1: Kalitede Kimlik Değişimi	9
Çizelge 2: Kaizen ve Buluş Arasındaki Farklılıklar	25
Çizelge 3: Problemin Çözümünde Kullanılan İstatistik Araçlar	32
Çizelge 4: Yedi İstatistik Aracın Amaçları	33
Çizelge 5: Sorun Çözmede Kullanılan Grafikselsel Teknikler	33
Çizelge 6: Cp Değerleri ve Yorumu	67
Çizelge 7: Cpk Değerleri İçin Verilerin Yorumu	68
Çizelge 8: İşletmenin Tezgah Kapasitesi	93
Çizelge 9: İşletmenin Swot Analizi.....	97
Çizelge 10: TRM Su Borusu Raporu	105
Çizelge 11: Örnek Alma Planı	109
Çizelge 12: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri.....	110
Çizelge 13: TRM Su Borusu Boy Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu	112
Çizelge 14: Makine Yeterlilik Analizi	114
Çizelge 15: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri.....	116
Çizelge 16: TRM Su Borusu Boy Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu	117
Çizelge 17: TRM Su Borusu Proses Yeterlilik Analizi (I. Aşama)	119
Çizelge 18: TRM Su Borusu $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Çizelgesi Değerleri (I.Aşama).....	122
Çizelge 19: TRM Su Borusu $\bar{X}$ Süreç Kontrol Çizelgesi (I. Aşama).....	123
Çizelge 20: TRM Su Borusu R Süreç Kontrol Çizelgesi (I. Aşama).....	124
Çizelge 21: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri.....	129
Çizelge 22: TRM Su Borusu Boy Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu	131
Çizelge 23: Proses Yeterlilik Analiz Formu (II. Aşama).....	133
Çizelge 24: TRM Su Borusu $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Çizelgesi Değerleri (II.Aşama)	135
Çizelge 25: TRM Su Borusu $\bar{X}$ Süreç Kontrol Çizelgesi (II. Aşama)	136
Çizelge 26: TRM Su Borusu R Süreç Kontrol Çizelgesi (II. Aşama)	137

KISALTMALAR LİSTESİ

TRM Su Borusu	:	Termosifon Su Borusu
İPK	:	İstatistiksel Proses Kontrol
TKK	:	Toplam Kalite Kontrol

I.BÖLÜM: GİRİŞ

Günümüzün evrensel rekabet kuralı, müşteri memnuniyetinin, bunun da ötesinde müşteri sadakatının sağlanması olarak özetlenebilir. Bu doğrultuda şirketlerin başarısı kaliteli, hızlı, düşük maliyetli üretime ve müşteri odaklı satış organizasyonlarının geliştirilmesine bağlıdır.

Gelişen üretim teknolojisiyle birlikte üretim çeşitliliğinin artması, bilinçli ve seçme şansına sahip tüketicilerin oluşmasına neden olmuş, bu durum işletmeleri, yoğun rekabet ve dinamik pazar ihtiyaçlarına cevap verebilecek düzeyde kaliteli üretim yapma zorunluluğuna itmiştir.

Müşterilerin sahip olduğu bu yeni bilinç düzeyine yanıt verebilecek işletmelerin yeniliklere ve gelişmelere açık, sürekli iyileştirme felsefesiyle işletilen kalite yönetim sistemlerini geliştirmeleri gerekmektedir. Böyle bir sistemin geliştirilmesi ise problemlerin daha oluşmadan ya da en erken aşamada tespit edilmesi ve köklü bir şekilde ortadan kaldırılması, uygun sistem ve altyapıların kurulması ile sağlanacaktır.

Dünyadaki hızlı gelişmelerle birlikte kalite kontrolü de sadece nihai ürünün kontrol edilmesi olmaktan çıkıp, ürünün tasarlanması, geliştirilmesi, üretilmesi, bakım ve servisini kapsayan bir uygulama şekline dönüşmüştür. Ülke sanayisinin sürdürülebilir büyümesinde istatistiksel kalite geliştirme ilke ve yöntemlerinin etkin bir şekilde uygulanmasının çok önemli payı olduğu bir gerçektir.

İmalat esnasında meydana gelen değişkenliğin nedenlerini özel nedenler ve tesadüfî nedenler olarak ayırmak mümkündür. Burada tesadüfî nedenler; zaman zaman ortaya çıkan ve önlenmesi hemen hemen imkânsız olan nedenlerdir. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK) ile özel nedenler ortadan kaldırılarak tesadüfî nedenlerin de kontrol altına alınması esastır.

Günümüzde İPK; işletmelerin sadece TS ISO 9000 belgesi alması için gerekli bir yöntem olmaktan çıkmış gelişen rekabet ortamında ürün kalitesini arttırmak ve rekabet avantajı sağlamak için önemli bir araç olmuştur. ISO 9001'in 4.20 maddesinde şöyle denmektedir. “Tedarikçi, ürün karakteristiklerini tespit etme ve doğrulamak için gerek duyulan istatistikî teknikleri belirlemelidir. Tedarikçi, sözü edilen istatistikî teknikleri uygulamak ve kontrol etmek için dökümanite edilmiş prosedürleri oluşturmalı ve sürekliliğini sağlamalıdır.” İfadesinden de anlaşılacağı gibi istatistikî teknikleri uygulamak ISO 9000 belgesi alan ya da alacak firmalar için zorunluluk haline gelmiştir.

KOBİLER, OECD ülkelerindeki toplam işletmeler içinde %95'lik bir paya sahiptir. Ülkemizde de imalat sanayi inde faaliyet gösteren işletmelerin %99,5 'ini KOBİLER oluşturmakta ve imalat sanayindeki toplam işgücünün % 61,12'i KOBİLER 'de istihdam edilmektedir. Yaratılan katma değerde KOBİLER'in payı %27,3 'dür. Bu göstergeler KOBİLER'in ülke ekonomilerinde hayati bir öneme sahip olduğunu ve ekonomik büyümenin bel kemiği olduğunu göstermektedir.¹

KOBİ olarak tanımlanan işletmelerin sahip oldukları önem ve dolayısıyla rekabet seviyelerini geliştirmeleri zorunluluğu nedeniyle yapılan bu çalışma ile İstatistiksel Kalite Kontrolü sisteminin küçük ölçekli bir işletmede kurulumu ve uygulanması süreci sergilenmiştir. Modern kalite yönetim sistemlerinin önemli araçlarından biri olan istatistiksel süreç kontrolünün kombi, termosifon, klima ve kat kaloriferi üreten orijinal ekipman üreticisi olan firmaların tedarikçisi olarak çalışan küçük ölçekli bir işletmede üretim proseslerinde kullanılabilirliği test edilip, görülen aksaklıkların düzeltilmesi için zemin hazırlanmaya çalışılmıştır. Böylelikle İstatistiksel süreç kontrolü sisteminin küçük ölçekli işletmelerde de kurulabileceği ve uygulanabileceği ortaya konmuş ve daha az hatalı ürün üreterek sektörde ve işletmede verimliliğin artırılması için önerilerde bulunulmuştur.

¹ **Öznur Yüksel - Murat Güven**, Şubat Krizinin Kobiler Üzerindeki Etkileri ve Çözüm Önerileri, http://www.emu.edu.tr/smeconf/turkcepdf/bildiri_09.pdf.

Sonuç olarak bu tez çalışmasının temel amacı; küçük ölçekli bir işletmede müşteri tarafından belirlenen standart ve şartnamelere uygun ürünleri oluşturmak için üretimin bütün aşamalarında uygunluk ve uygunsuzluğun tespit edilmesi, gösterilmesi ve ölçülmesi amacıyla istatistiksel süreç kontrol araçlarının kullanılmasıdır.

Araştırmanın ikinci bölümünde, kalite ve kalite kontrol kavramlarına ilişkin genel açıklamalar yapılmış ve kalite maliyetleri konusuna yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, sürekli gelişme ve süreç iyileştirmede kullanılan istatistiksel süreç kontrol yöntemleri, proses ve makine yeterlilik analizi ile ilgili temel kavramlara sunulmuştur.

Dördüncü bölüm, istatistiksel süreç kontrol ile ilgili yapılmış kavramsal çalışmaların, alan araştırmalarının incelendiği literatür araştırmasını kapsamaktadır. Literatür araştırmasında, çeşitli işletmelerde yapılmış olan, istatistiksel süreç kontrol için örnek modeller sunan araştırmalar ortaya konulmuştur.

Beşinci bölüm olan uygulama aşamasında; uygulamanın gerçekleştirildiği işletmenin swot analizi oluşturulmuş, elde edilen sonuçlar doğrultusunda bir İPK modeli geliştirilmiş ve ele alınan bir örnek parça üretimi esnasında istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinden olan süreç akış şeması, beyin fırtınası, histogram, neden-sonuç analizi, proses yeterlilik ve makine yeterlilik analizleri ile $\bar{X}$ ve R Diyagramları oluşturulmuştur. .

Altıncı ve son bölüm, bu çalışmanın genel bir değerlendirmesinin yapıldığı ve yeni araştırma önerilerinin sunulduğu sonuç ve öneriler kısmını içermektedir.

II. BÖLÜM: KALİTE VE KALİTE KONTROL KAVRAMLARINA İLİŞKİN GENEL AÇIKLAMALAR

2.1 Kalitenin Tanımı

Herkesin genel olarak ulaşabileceği bir kalite tanımı yapılması neredeyse olanaksızdır. Değişik kalite tanımlarının yapılması kalitenin çok boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır. Aşağıda dünya çapındaki kuruluş ve uzmanlar tarafından yapılmış olan kalite tanımları verilmiştir.

- Kalite bir ürün ya da hizmetinin belirlenen ya da olabilecek ihtiyaçları karşılama yeterliliğine dayanan özelliklerinin toplamıdır.(İSO 8402)
- Kalite bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür. (Amerikan kalite derneği-ASQ)
- Kalite bir mal ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir.(Avrupa kalite organizasyonu –EQO)
- Kalite bir ürünün gerekliliklere uygunluk derecesidir.(P. Crosby)
- Kalite kullanımına uygunluktur.(J.M. JURAN).
- Kalite, ürününün sevkiyattan sonra toplumda neden olduğu minimal zarardır.(G. Taguchi) ²

Kalite; bir yapının yetkinlik düzeyi olarak tanımlanabilir. Kimilerine göre kalite kavramı, yapının herhangi bir özelliği temsil etmektedir. Örneğin; bir ipliğin kapma gücü, bilye taşının dış çapı, yazı işlerinin doğruluk derecesi v.b. endüstriyel kuruluşlarda en çok kullanılan tanımlar şöyle özetlenebilir.

² **Rıdvan Bozkurt**, *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)* , Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2003, s. 13.

A- Kullanıma Uygunluk; Tarihsel bir anlam taşımaktadır. Eskiden ticaretin üretici ile tüketicinin doğrudan karşılığı pazaryerinde kullanma uygunluk, çok dar anlama sahipti, çünkü belli tüketicinin belirli gereksinimi karşılayacak belirli yapın söz konusu idi. Günümüzde ise durum değişmiş, dağıtım aracılığı ile ticaretin gerçekleşmesi, kullanıma uygunluk kavramı dört parametresini yaratmıştır.

A.a-Tasarımın kalitesi ya da derecesi,

A.b-Uyumun kalitesi,

A.c-Elde edilebilirliği,

A.d-Müşteriye servis kolaylığı,

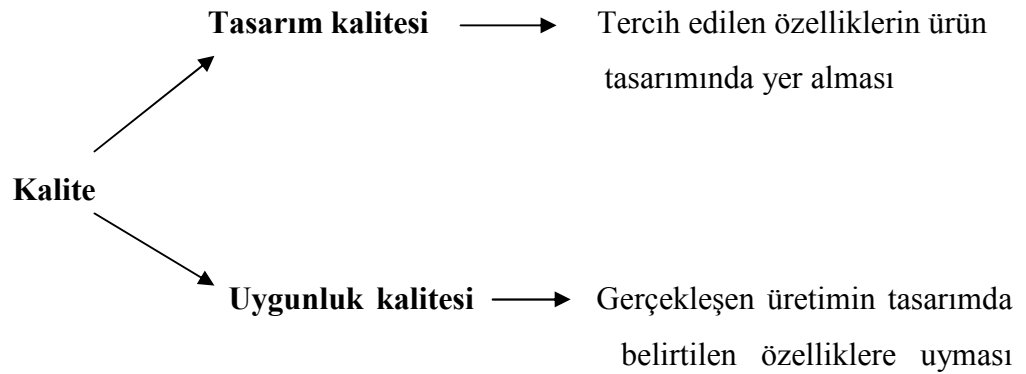
B-Derece; “Tasarım Kalitesi” kavramı ile genellikle özdeş anlamda kullanılır. Yapın sınıfının ya da grubunun tüketici için ne kadar doyum taşıdığını gösterir.

C-Uyumun Kalitesi; Bu belirli bir yapının, tasarımına ya da özelliklerine uyumunun derecesini göstermektedir.

D-Kalite Özellikleri; Bir yapının en belirgin yanını oluşturur. Örneğin; görüşünü, boyutunu, performansını, ömrünü, güvenilirliğini, tadını, kokusunu v.b.

E-Kalite İşlevi; Endüstriyel kuruluşlarda, kullanma uygunluğu sağlayacak sorumluluk alanının işlevidir.

F-Bölüm; Kimi örgütlerde bölümlerin adları “kalite” sözcüğünü içerir. Örneğin; kalite kontrol bölümü gibi.



Şekil 1: Kalitenin İki Boyutu

Kaynak: **M. Hulusi Demir - Şevkinaz Gümüšoğlu, Üretim-İşlemler Yönetimi**, İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., 1994, s. 666.

2.2 Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar

Bir mamulün herhangi bir kalite karakteristiğinin gerçekleşmesinde pek çok faktör göz önüne alınması gerekir. Bu nedenle kalite ile ilgili düşünce çoğunlukla anlaşılamaz. Çünkü kalitenin iki farklı yanı ya bilinmemektedir ya da anlaşılamamaktadır. Bu yanlar dizayn kalitesi ve uygunluk kalitesidir.

Bir mamul için en uygun dizayn kalitesinin saptanması, kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti olan optimum noktaların bulunması prosesidir. Yeni bir malın üreticisi hangi dizayn (malzeme, şekil, görünüş, fonksiyon vs.) potansiyel müşterilerine nasıl götüreceğini, kendisine kaç mal olacağını ve müşterilerinin mal için ne kadar ödemeyi kabul edeceklerine karar vermek zorundadır. Bu nedenle dizayn kalitesi kalitenin önemli bir yanıdır ve malın dizaynının planlanmasında, imalatında ve pazarlamasında dikkatlice düşünülmelidir.³

Kalitenin boyutları ise şu şekilde özetlenebilir;

Performans: Ürün veya servisin ölçülebilir birincil karakteristiklerini içerir. Bir ev için bu odaların, banyoların sayısı ve büyüklüğü, hizmet içinse telefona kaçınıcı çalışta cevap verildiği olabilir.

Özellikler: Tüketiciyi ürün veya hizmete yönelten ilave karakteristikler olarak tanımlanabilir. Örneğin; telefonun tuşlarının ışıklı olması.

Ürünün Güvenilirliği: Ürünün belirli zaman zarfında arızalanmayacağı ya da özelliğini yitirmeyeceğine olan güveni içerir. Örnek; arabanın belirli bir süre arıza yapmaması, elektrik kesikliğinin olmaması.

Uygunluk: Ürün veya servisin belirlenen standartları karşılama seviyesidir. Klasik yönetim yaklaşımı "uygunluğu", önceden tespit edilen tolerans limitleri içinde

³ **Ayhan Toraman**, *Kalitenin Ülke ve İşletme Ekonomisi Açısından Önemi, Kalite Kontrolünde Modern Yaklaşımlar Semineri*, Gebze, 3 Nisan -1 Mayıs 1987.

şartları karşılamaktadır. % 95 ve yukarısı yüksek kalitenin göstergesi olabilir. Toplam Kalite anlayışında ise standarttan her sapma kayıp olarak nitelendirilir.

Dayanıklılık: Ürün yaşam süresinin ölçümüdür. Örneğin; elektrik ampullerinin ömrü.

Servis: Ürün arızalandığı takdirde, onarılıncaya kadar geçen zaman ile servis personelinin yeterliliğini ve davranışlarını kapsar. Servis hızı, tepki ve onarım süresinin ölçülmesi ile bulunabilir. Yeterlilik, gözlem ve testlerle belirlenebilir. Servis personelinin davranışlarını ölçmek ise daha zordur. Genellikle servis sonrası müşteri anketleri bu amaç için kullanılır.

Estetik: Kullanıcının ürüne olan tepkisini içerir. Bireyin şahsi tercihini temsil eder. Bir stereo teybin sesinin kişiden kişiye farklı algılanması kalite farkını oluşturur.

Algılanan Kalite: Estetik gibi sübjektif bir boyuttur. Örneğin; bazıları için IBM ilk kişisel bilgisayarı ürettiği için kalitelidir. Bazı kişiler sağlanan hizmete, bazıları markaya önem verirler.⁴

2.3 Kalitenin Tarihsel Gelişimi

Çağdaş anlamda kalite yönetimi, içinde bulunduğumuz yüzyılda evrim geçirerek bugünkü durumuna ulaşmıştır.

Birinci dünya savaşının ortaya çıkardığı koşullar, imalat sistemini eskiye göre daha karmaşık hale getirmiş ve kalite kontrol işlevinin bu alanda uzmanlaşmış kişiler tarafından yerine getirilmesi zorunlu olmuştur. Bu aşama muayene olarak nitelendirilmektedir. İkinci dünya savaşının daha güç olan koşulları, büyük miktarda ve düzenli kalitede malzeme gerektirmiş ve bu zorlamanın sonucu olarak

⁴ http://www.kaliteofisi.com/makale/makaleler.asp?makale=32&ad=Toplam%20Kalite%20Y_, - Kalite Kavramı

“istatistiksel kalite kontrolü” aşamasına ulaşılmıştır. Bu aşama aslında bir önceki aşamanın daha etkin bir biçimde gelişerek ortaya çıkmasıdır. Muayeneciler örnekleme planları ve kontrol grafikleri gibi araç ve tekniklerle donatılmışlardır.

İkinci dünya savaşından sonraki yıllarda teknolojinin gelişmesi ve üretim sürecinin karmaşık hale gelmesi, muayeneciler ve karar alanlar arasında eşgüdüm ve geri beslenme mekanizmasının oluşturulması zorunlu hale getirilmiştir. Bunun sonucunda “toplam kalite yönetimi” anlayışı ve aşaması yaşama geçmiştir.

Toplam kalite kontrolü terimi ilk defa Feigenbaum tarafından kullanılmıştır. Crosby ise, istatistiksel araç ve teknikler yerine davranış biçimindeki değişimlerin önemini ileri sürmekte ve vurgulamaktadır.⁵

Aşağıda Çizelge 1’de kalitede kimlik değişiminin kilometre taşları yer almaktadır.

⁵ **Mahmut Tekin**, *Üretim Yönetimi*, Konya: Arı Ofset Matbaacılık, 1999. s. 70-71.

BELİRLEYİCİ ÖZELLİKLER	MUAYENE	İSTATİKSEL KALİTE KONTROL	9 TOPLAM KALİTE KONTROL	TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ
Temel Prensip	Meydana çıkarma	Kontrol	Koordinasyon, Firma	Süreç ve İnsan odaklılık, sürekli gelişme
Kaliteye bakış açısı	Çözülmesi gereken bir problem	Çözülmesi ve izlenmesi gereken bir problem	Tasarım aşamasında yaratılan unsur, kalitesizlik ise ortaya çıkmadan önlenmesi gereken problem	Koşulsuz müşteri tatmini
Vurgu0	Standart ürün	Muayenenin azaltıldığı standart ürün	Tüm üretim hattında, tasarımdan pazarlamaya tüm hatalarda ve fonksiyonel gruplarda kalitesizliğin önlenmesi	Başta yönetim süreçleri olmak üzere tüm süreçlerde kalitenin paylaşılan vizyon olması ve birey kalitesinin artırılması
Metot	Örnekleme ve ölçme	İstatistiksel araçlar ve teknikler	Programlar ve sistemler	Yönetim anlayışı ve yönetim sistemi
Kalite Profesyonellerinin Rolü	Muayene, Çeşitleme, Hesaplama	Meseleyi tespit ve istatistiksel metotların uygulanması	Kalitenin ölçümü planlaması ve program dizaynı	Kalitenin oluşturulmasında sinerjinin sağlanması
Kaliteden kim sorumlu	Muayene departmanı	Üretim ve mühendislik bölümü	Üst yönetim, tüm bölümler	Üst yönetim, tüm bölümler ve tüm bireyler
Temel yaklaşım	Kalitede muayene	Kalite de kontrol	Kalitede yapılanma	Yaratılan kalite

Çizelge 1: Kalitede Kimlik Değişimi

Kaynak: **Mahmut Tekin** , *Üretim Yönetimi*, Konya: Arı Ofset Matbaacılık, 1999. s. 7

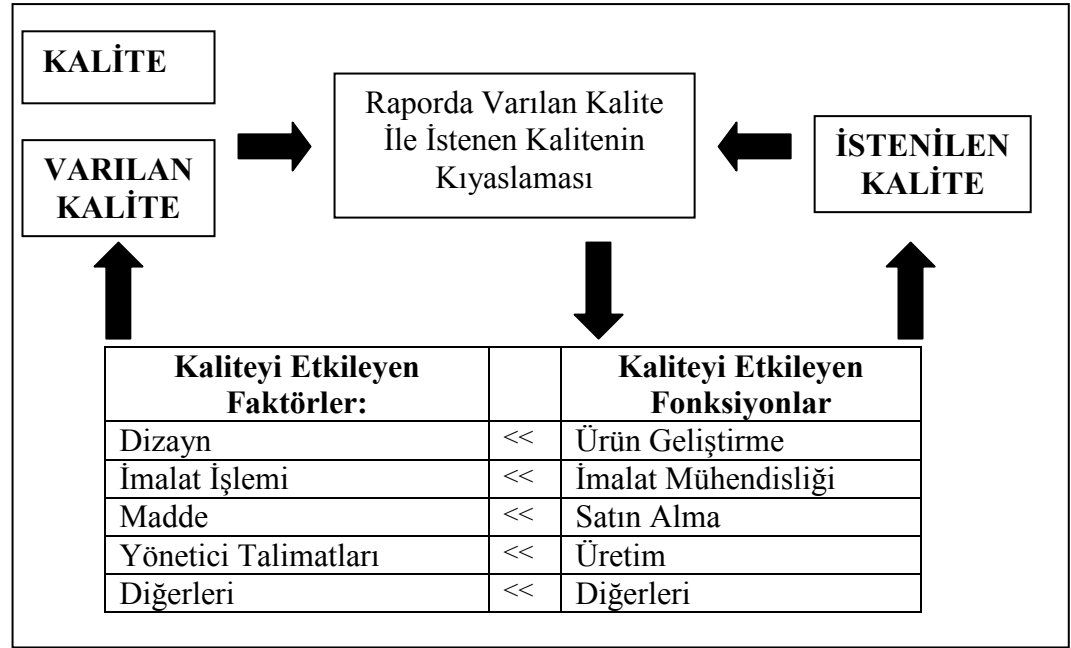
2.4 Kalite Kontrol Kavramı

Üretim çalışmaları içinde yer alan kalite konusu, sürekli kontrole dayanır ve görüntüleri çeşitli biçimler olarak değişik tutumlara neden olur. Kalite kontrolü, kullanma uygunluğu sağlayacak, yani girişimin kalite işlevini yürütecek eylemler topluluğunun tümü biçiminde de tanımlanabilir. Tasarım özellikleri ile tanınan kalite düzeyinde bir yapını üretebilmek için üretim araç ve gereçlerini eş güdümlmek amacı taşıyan, bir kurmay işlevi olan kalite kontrolü, tesadufi örnekler aracılığı ile sürekli teste dayanarak denetleme yapan ve çıktıların kalitesini tüm üretim işlevi boyunca sürdüren ve geliştiren ekonomik ve etkili sistemdir.⁶

2.5 Kalite Kontrolün Kapsamı

Kalite kontrolün temel amacına bağlı bazı alt başlıklarından söz edilebilir. İş bölümünde görev ve sorumluluk dağıtımını belirgin hale getirmek için ayrı ayrı hedef olarak seçilebilen alt amaçlar şöyle sıralanılabilir:

- *Mamul kalite düzeyinin yükseltilmesi
- *Mamul dizayn'ının geliştirilmesi
- *Daha ucuz ve kolay işlenebilir malzeme araştırılması,
- *İşletme maliyetlerinin azaltılması
- *İskarta, işçilik ve malzeme kayıplarının azaltılması
- *Üretim hattındaki darboğazların giderilmesi
- *Personel moralinin düzeltilmesi
- *Müşteri şikâyetlerinin azaltılması
- *Rakiplere karşı firma prestijinin arttırılması
- *İşçi –işveren ilişkilerinde olumlu gelişme sağlanması.



Şekil 2: Kalite Kontrolünde Geriye Dönüşüm

Kaynak: <http://www.igeme.org.tr/TUR/pratik/kalite.pdf> . s.11- Kalite

2.6 İstatistiksel Kalite Kontrolün Kalite Fonksiyonu İçindeki Yeri

İstatistiksel kalite kontrolü, basit bir kalite muayenesi ve kalite teftişi değildir. Kalite kontrolü, üretimin normal koşullar altında tesis ve yürütülmesini sağlamada çok önemi rol oynayan, işin içine bir aksaklık sebebi veya özel sebep karışıp üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen göz önüne sererek, gerekli tedbirlerin zamanında alınmasına imkan veren bir metottur.⁷

İstatistiksel kalite kontrolün amacı, üretim sürecini kontrol altında tutarak kusurlu malların oranını olası en düşük düzeye getirmek olarak özetlenebilir.⁸

⁶ Demir, a.g.e. , s. 670.

⁷ **Necati İşçil**, İstatistiksel Kalite Kontrolü Ders Notları, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, 1971, s.16.

⁸ **Özkan Ünver**, *İstatistiksel Kalite Kontrolüne Giriş*, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari Bilimler Akademisi Yayınları. s.35.

İstatistiksel Kalite Kontrolü, bir mamulün en ekonomik bir şekilde, yani, en yüksek derecede yararlı, aynı zamanda bir pazara sahip olacak tarzda imalini sağlamak üzere, istatistik prensip ve tekniklerinin, üretimin bütün safhalarındaki uygulamasından ibarettir.

Üretim sisteminde istatistiksel kalite kontrolün kullanımı 3 biçimde olmaktadır. Satın alınan ham madde ve materyalin muayenesi yapılır. Burada kullanılan istatistiksel kalite kontrol tekniği örneklemesidir. Dönüşüm sürecinde kalite kontrol çalışmalarında, makine ve insan performansında ortaya çıkabilecek problemleri belirlemek amacıyla süreç sürekli olarak kontrol edilmektedir. Burada istatistiksel süreç kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Ürün tamamlandıktan sonra ürünün istenen özelliklere ve standartlara uygunluğunun belirlenmesi için muayene yapılmaktadır. Burada da çeşitli örnekleme tekniklerinden yararlanılmaktadır.⁹

2.7 İstatistiksel Kalite Kontrolünün Faydaları

İstatistiksel kalite kontrol uygulamalarının başlıca faydaları aşağıdaki gibi sıralanır.

- Kalite seviyesinin artırılması.
- Verimliliğin artırılması
- Tamir ve firelerinin azaltılması.
- Maliyetlerin düşürülmesi
- Kontrol kriterlerinin açık ve basit olarak belirlenmesi.
- Standartların geliştirilmesi.
- Azalan problemler sebebiyle çalışanlar arası veya yöneticilerle olan ilişkilerin geliştirilmesi ve diğer sayılamayan faydalar.¹⁰

⁹ A Gabor, “*The Man Who Discovered Quality*” In The United States of America, 1990, s. 31.

¹⁰ Hüdaverdi Bircan – Selami Özcan, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s. 64.

2.8 Toplam Kalite Kontrol

Toplam kalite kontrol, her kuruluştta, her düzeyde performansının iyileştirilmesine yönelik, tamamıyla entegre olmuş çabalarla, yöneticiden işçiye kadar herkesi kapsayan düzenli süreli iyileştirme faaliyetidir.

Toplam Kalite Kontrolünün temel ilkelerini kısaca açıklarsak:

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

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

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

Yönetim felsefesi olarak insana saygı: Başarılı yönetimin temel ilkesi astların bütün yeteneklerini kullanmalarına izin veren bir anlayışın benimsenmesidir. Çalışanların kalite uygulamalarına gönüllü olarak katılımlarının sağlanması isteniyorsa, çalışanlara bir araç ya da makine gibi davranılması düşünülemez.¹¹

¹¹ a.g.e. s. 49-50.

2.9 Toplam Kalite Yönetimi

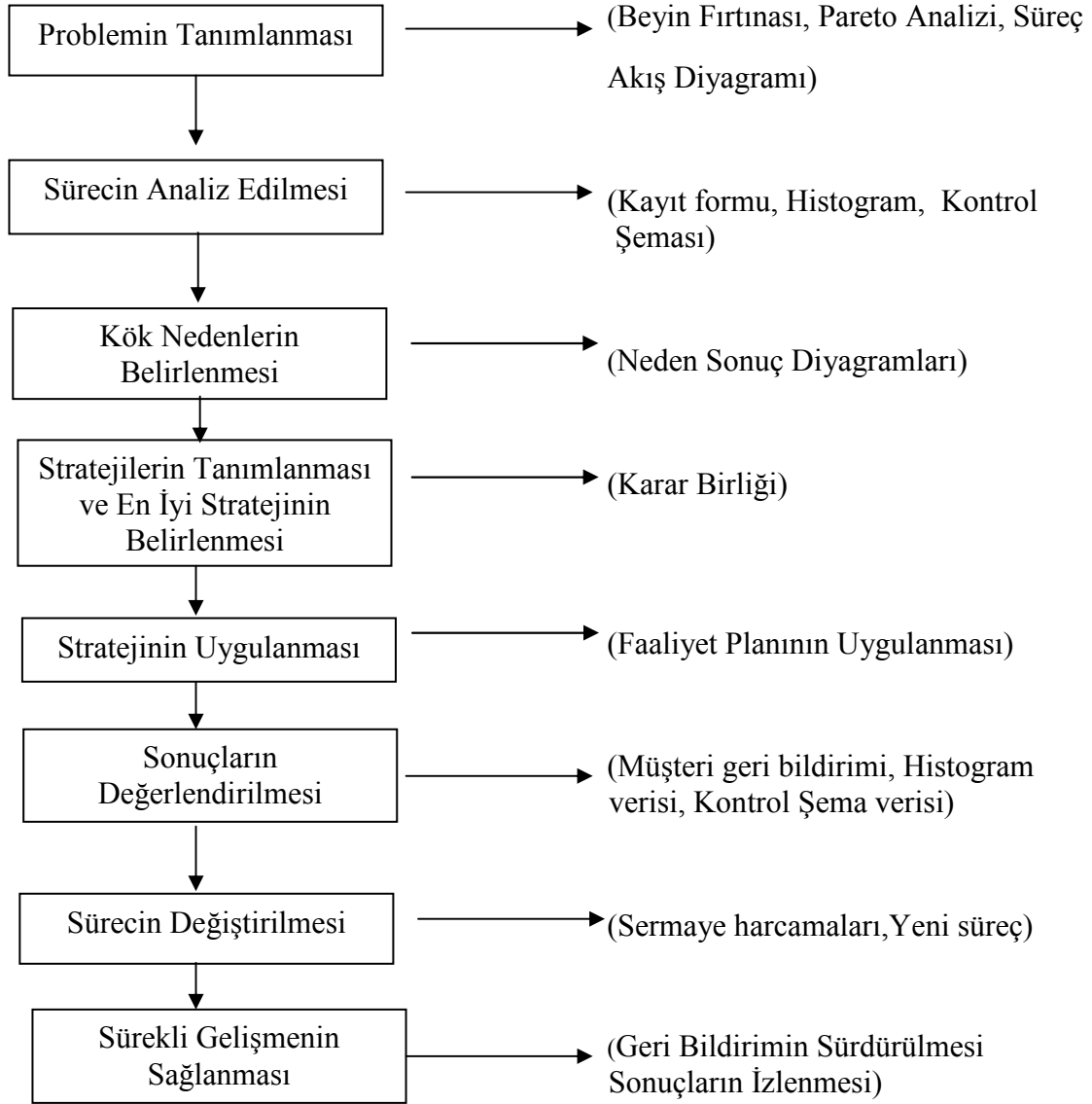
Kaliteyi artırarak rekabet gücünü geliştirmenin çağdaş yönetim biçimi Toplam Kalite Yönetimidir. Doğru üretimi, ilk defasında yapmayı ve bunu her defasında tekrarlamayı hedefleyen T.K.Y. örgütü bir bütün olarak etkinliğini sağlamayı, esnekliğe ulaşmasını ve rekabet gücünü amaçlayan bir yöntemdir.¹²

Toplam kalite yönetimi; işletmedeki bütün çalışanların çabalarını birleştirmekte, herkesin faaliyetlere katılmasına olanak sağlamaktadır. Toplam kalite kontrolü; örgütteki tüm çalışanların müşteri isteklerini anlamasını ve bunun için çalışmasını gerektirir. Müşteri isteklerinin anlaşılmasında ve her zaman için doğru olarak karşılanmasında sürekli gelişmeyi destekleyen süreçlere gereksinim vardır. İşletmelerin sürekli gelişmeyi sağlamak için araçları olduğunda; daha az engel ile karşılaşarak değişimleri gerçekleştirmede başarılı olurlar. Belirlenen problemler ortadan kaldırılınca da müşteri doyumu artar ve maliyetler düşer. Toplam kalite kontrolü anlayışında müşteri doyumunun sürekli sağlanabilmesi için müşteri gereksinimleri doğrultusunda süreçteki problemlere sistematik olarak yaklaşılmalıdır ve gereksinimlerin ürün ve hizmete dönüştürülmesinde istatistiksel araçlardan yararlanılmalıdır.¹³ (Şekil 3)

¹² **Ömer Peker**, “Toplam Kalite Yönetimi ve TS-ISO 9000 Standartları”, *Verimlilik Dergisi*, Özel Sayı, 1993, s. 49.

¹³ **B Jendrucko – G Bounds**, “*The Wallace Company Struggle For Survival*”, Cases In Quality, U.S.A, 1996, s. 447.

Kullanımı Uygun Olabilecek Araçlar



Şekil 3: Gereksinimlerin Ürün ve Servise Dönüştürülmesi

Kaynak: **B. Jendrucko- G. Bounds**, “*The Wallace Company Struggle For Survival*”, Cases In Quality, U.S.A, 1996, p.447.

2.10 Toplam Kalite Yönetiminde Kalite Maliyetlerinin

Rolü ve Önemi

Toplam Kalite Yönetimi anlayışının yapılandırılması, uygulanabilmesi ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için, kalite gelişiminin ölçülmesi ve açık bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Raporlamada, gelişmeyi ölçmek amacıyla çeşitli kriterler kullanılmaktadır ki “ kalite maliyetleri ” de bu kriterlerden birisidir.¹⁴

Şirketlerin karlılıklarını artırmaları için en etkili yöntemlerden biri de kalite maliyetlerinin bilinmesidir. Genel muhasebe kalemleri arasında kaybolan bu maliyetler genellikle şirket cirosunun %10-18'i kadardır. İşletme yöneticilerinin temel amaçları arasında üretilen ürünün maliyetlerini düşürerek karlılığı artırmak yer almaktadır. Kalite uygulamaları veya kalite iyileştirme çabalarının temel hedeflerinden biri de bu maliyetleri en aza indirmeye çalışmaktır.

Kalite ile ilgili maliyetlerin incelenmesinde göz önünde bulundurulması gereken konu, maliyetlere materyalist açıdan sadece parasal kayıplar olarak bakılmaması; zaman, işçilik ve imaj zedelenmesi ve sosyal kayıpların da değerlendirmede göz önünde bulundurulması gerekliliğidir.¹⁵

Kalite maliyetlerinin hesaplanması ve raporlanması, mamul maliyeti hesaplamalarından farklıdır. Mamul maliyeti hesaplanırken genellikle üretim bölümündeki verilerden yararlanılır. Ancak kalite maliyeti hesaplanırken sadece üretim bölümü değil, işletmenin tüm bölümlerinden elde edilen bilgiler de maliyeti hesaplamada önemli rol oynarlar. Bu hesaplamada, mamulün tasarım aşamasından başlayıp, üretim satış ve satış sonrası hizmetlere ve bunların maliyetine dayanmaktadır.¹⁶

¹⁴ Atilla Filiz, Kalitesizliğin Maliyeti, <http://www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl-gos.php?nt=520>.

¹⁵ Özlem İpekçil Doğan, “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi” , <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

¹⁶ Vesile Özçifçi, “Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü”, *Standart Dergisi*, 2003, sayı 498, s.62.

	ÖNLEME	ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	BAŞARISIZLIK
TASARIM	Tasarım Gözden Geçirme	Tasarım Doğrulaması Geçerliliği	Yeniden Tasarım
SATIN ALMA	Taşeron Değerlendirmesi	Girdi Muayene ve Deneyleri	Taşeron/Ürünün Red Edilmesi
İMALAT PLANLAMA	İmalat Yeterlik Çalışması	Cihazların Kalibrasyonu	Ekipmanların Yeniden Değerlendirilmesi
İMALAT	Çalışanların Eğitimi	Proses Muayene ve Deneyleri	Hurda, Yeniden İşleme
SATIŞ	Müşteri İsteklerinin Tam Olarak Tespiti	Anketler, Pazar Payının Araştırılması	Ürün Reddi Müşteri Şikâyeti Cezalar, Tazminatlar

Şekil 4: Kalite Maliyet Analizi

Kaynak: **Z. Seray Uslu** , *ISO 9001-2000 Kalite Yönetim Sistemi*,
http://www.nextiraone.com.tr/documents/iso_dokuman/iso_9001-2000.ppt#4

DIN-55350 Standartlarında kalite maliyetleri; “ meydana gelebilecek hataları önlemek amacıyla yürütülen faaliyetlerin planlı kalite muayenelerinin ve mamulün üretim safhalarında veya müşteriye tesliminden sonra görülen hataların sonucunda ortaya çıkan maliyetler” olarak tanımlanmaktadır.¹⁷

Düşük kalite maliyetleri ileriye yönelik kalitenin iyileştirilmesine değil, geriye dönük kaliteye işaret eder. Maliyetlerin düşürülmesine yönelik faaliyetler yararlı olmakla birlikte karlılığın artırılması açısından yeterli değildir. Asgari kalite

¹⁷ **Hilmi Kırhoğlu**, “Tekdüzen Muhasebe Sistemi İçerisinde Kalite Maliyetlerinin Yeri”. *Verimlilik Dergisi*, 1998, Ankara, s.98.

maliyeti her zaman azami kar anlamına gelmez. Günümüzde kalite maliyetleri analizi, işletmelerin toplam maliyetlerini düşürmek ve aynı zamanda işletme verimliliğini yükseltmek amacıyla kullanılabilen bir metot olarak yerini almıştır.

Kalite maliyetlerinin hesaplanması ve raporlanması, mamul maliyeti hesaplamalarından farklıdır. Mamul maliyeti hesaplanırken genellikle üretim bölümündeki verilerden yararlanılır. Ancak kalite maliyeti hesaplanırken sadece üretim bölümü değil, işletmenin tüm bölümlerinden elde edilen bilgiler de maliyeti hesaplamada önemli rol oynarlar. Bu hesaplamada, mamulün tasarım aşamasından başlayıp, üretim satış ve satış sonrası hizmetlere ve bunların maliyetine dayanmaktadır.¹⁸

Kalite kontrol maliyetleri sermaye yatırımı ve faaliyet maliyetleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sermaye maliyetleri, kalite kontrol faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için ölçü aletlerine, bina ve ilgili tesisata, bilgisayara yapılan harcamaların faiz, amortisman ve fırsat maliyetlerinden meydana gelmektedir. Faaliyet maliyetleri ise, kalite kontrol faaliyetlerinin yürütülmesi esnasında ortaya çıkan koruma, ölçme ve değerlendirme ile hatalı mal maliyetlerinden oluşmaktadır.¹⁹

A)Önleme(Koruma) Maliyetleri

Önleme maliyetleri, hataların ilk defasında ortaya çıkmasını önlemeye yönelik faaliyetlerin maliyetleridir. Başarısızlık nedeniyle ortaya çıkan kalite maliyetlerinin tekrarlanmasını önlemek amacıyla, teknik bilgi ve tecrübeye dayanan önleyici faaliyetlerin maliyetleri de, önleme maliyetleri kapsamındadır. Önleyici faaliyetlerin önemli bir kısmı kalite sisteminin tasarlanması ve kurulması aşamasında oluşturulmuş ve uygulamaya alınmıştır.

¹⁸ Özçifçi, a.g.e. , s. 62.

¹⁹ Doğan, a.g.e. , <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

Önleme maliyetlerine esas olan faaliyetler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- Kalite planlaması
- Kalite ölçüm, test ve kontrol ekipmanlarının tasarımı ve geliştirilmesi
- Kalitenin gözden geçirilmesi ve tasarımın doğrulanması
- Kalite ölçüm, test ve kontrol ekipmanlarının bakımı ve kalibrasyonu
- Kaliteyi değerlendirmede kullanılan üretim ekipmanlarının bakımı ve kalibrasyonları
- Tedarikçi değerlendirme
- Kalite eğitimleri
- Kalite tetkikleri
- Kalite verilerinin elde edilmesi ve analizi
- Kalite geliştirme programları²⁰

B)Ölçme ve Değerlendirme Maliyetleri

Ölçme ve değerlendirme maliyetleri, kalitenin ölçülmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili faaliyetlerin maliyetleridir.

Bu gruba giren maliyetler şunlardır;

- Fabrikada veya satıcının yerinde yapılabilen giriş muayenesi,
- İşletmeye gelen malzemeden alınan numuneler üzerinde fabrika veya fabrika dışında yapılan laboratuvar testleri,
- Muayene ve testlerde kullanılan ölçü aletlerinin ayar ve bakımları,
- Üretim sırasında yarı mamul ve mamuller üzerinde yapılan tüm ölçümler, mukavemet ve performans gibi testler,
- Test ve muayene işlemleri sırasında harcanan enerji ve malzeme ile

²⁰ Tekin, a.g.e. , s. 100.

tahribatlı muayenelerde ziyan olan malzemeler,

- Kalite yönetim bölümünde çalışan personelin çalışmalarını değerlendirmek amacıyla yapılan kontrol faaliyetleri,
- Muayene veya testlerde kullanılan makine, alet ve iş parçalarının hazırlık işlemleriyle ilgili maliyetlerdir.

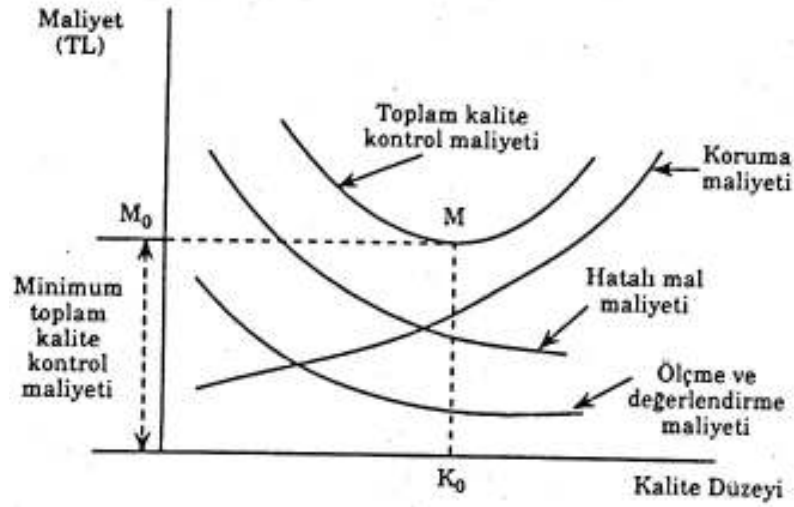
Kalite yönetiminde ölçme ve değerlendirme faaliyetleri arttıkça kalite yönetim maliyetleri de azalmaktadır.

C)Kusurlu Ürün(Hatalı Mal) Maliyeti

Ürünlerin tasarımındaki veya üretimindeki aksaklıklardan kaynaklanan maliyetlerdir. İç başarısızlık ve dış başarısızlık maliyetleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir. İç başarısızlık maliyetleri; ürünün kalitesinde, ürün daha müşteriye ulaşmadan, işletme içinde ortaya çıkan uygunsuzlukların neden olduğu maliyetleri kapsamaktadır.

Dış başarısızlık maliyetleri; ürünlerin üretim sisteminden çıktıktan sonra sevkıyat, teslimat, satış sonrası, hizmetler ve servislerde meydana gelen aksaklıklardan kaynaklanan maliyetlerdir.

İşletmelerde kalite maliyetleri arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. Kalite yönetim maliyetleri arasındaki ilişkiler aşağıdaki şekilde gösterebilmek mümkündür.



Şekil 5: Kalite Maliyetleri

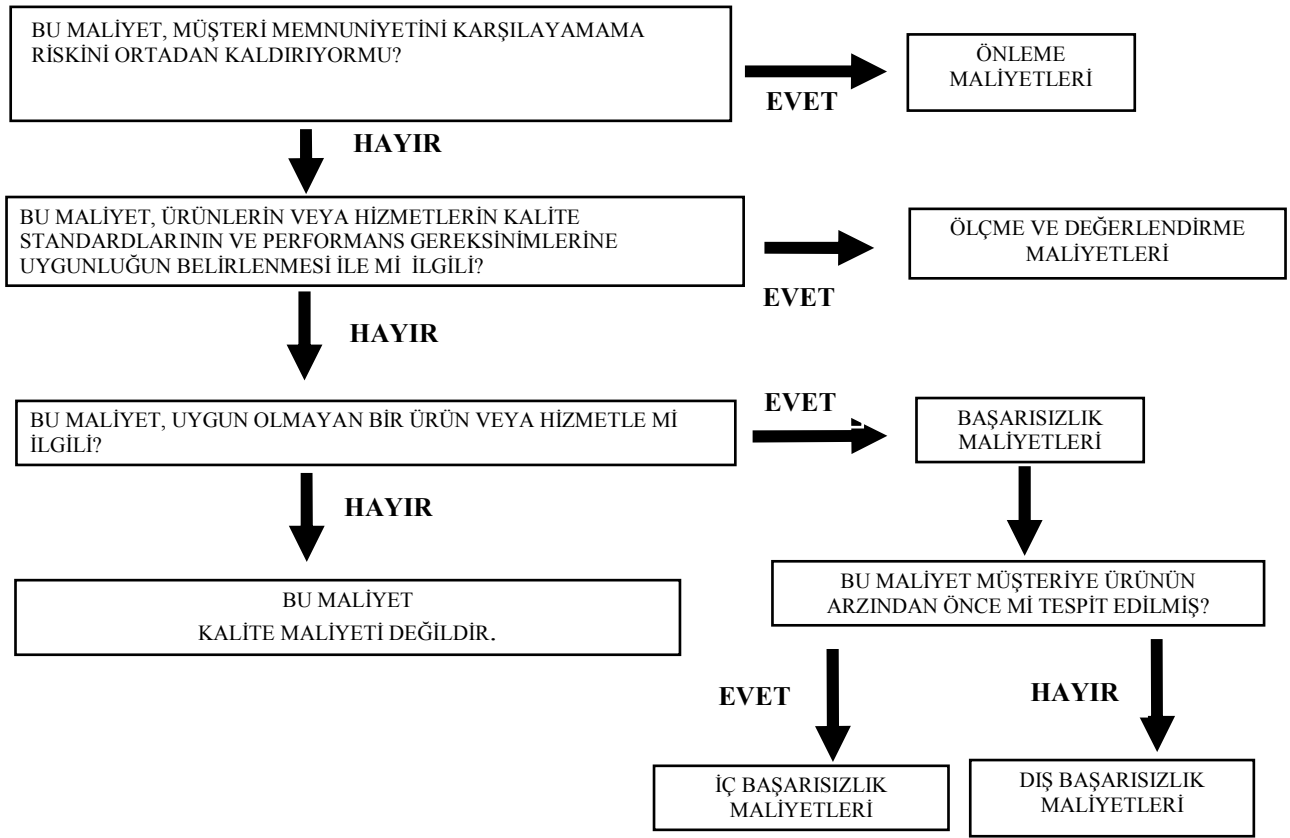
Kaynak: **Mahmut Tekin**, *Üretim Yönetimi*, Konya: Arı Ofset Matbaacılık, 1999, s. 105.

Şekil 7’de görüldüğü gibi kalite yönetim maliyetleri arasında bir bağımlılık ilişkisi vardır. Başka bir ifade ile maliyetlerin birindeki bir değişme diğerlerini de yakından etkileyecektir. Bu nedenle bu maliyetler arasında optimum bir denge kurulmalıdır. Bunun için de kalite yönetim maliyetlerinin birisine yapılacak masraflar, toplam kalite yönetim maliyetlerini minimum seviyede tutacak şekilde olmalıdır.

Kalite düzeyi yükseldikçe koruma maliyetleri artmakta, buna karşılık hatalı mal maliyetleri ile ölçme ve değerlendirme maliyetlerinde bir azalma meydana gelmektedir. Bu üç ana maliyet grubu arasındaki ilişkiler, minimum toplam kalite yönetim maliyetini oluşturacak şekilde ele alınarak incelenmelidir. Şekil 7’deki M noktası optimum toplam kalite yönetimini gerçekleştirecek kalite düzeyini (K_0) ve bu düzeydeki toplam kalite yönetim maliyetini (M_0) göstermektedir.

D)Yatırım Maliyetleri

Laboratuar, ölçme ve kontrol cihazları, bina ve tesisat, makine ve ekipmana yapılan harcamaların amortisman, faiz ve fırsat maliyetleridir. Kalite maliyetleri arasındaki ilişki; Şekil 6’da sergilenmektedir.



Şekil 6: Kalite Maliyet Analizi

Kaynak: **Z.Seray Uslu** , *ISO 9001-2000 Kalite Yönetim Sistemi*,
http://www.nextiraone.com.tr/documents/iso_dokuman/iso_9001-2000.ppt#4

III. BÖLÜM: İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROLÜ

İstatistiksel kalite kontrolü sisteminin süreç kontrolünde kullanılması ve işletme performansının bütünüyle iyileştirilmesinde gereken araçların ele alınması ve yerine getirilen faaliyetlerinin tümü toplam kalite kontrol ya da şirket çapında kalite kontrol olarak adlandırılır. Bu çalışmalar KAİZEN yaklaşımının bir parçası olarak tüm şirkete yayılan faaliyet olarak kabul görmüştür. Söz konusu iyileştirme çalışmalarında tasarım-üretim-satış alıştırma ya denk düşen planla-uygula-kontrol et-önlem al döngüsü biçiminde yönetim faaliyetlerinin yerine getirilmesinde kullanılan Deming döngüsü kullanılmaktadır. Bu döngü standartları koruma ve yükseltme tekniklerinin kullanıldığı TTK yaygın biçimde kabul görülmüştür. Masaaki Imai, TTK uygulamasını KAİZEN' e giden otoyol olarak tanımlamaktadır. Kalite kontrolün sonuç alıcı biçimde uygulanması, üst yöneticiler, müdürler, amirler, işçiler dâhil olmak üzere şirketteki herkesin Pazar araştırma ve geliştirme, ürün planlama, tasarım, üretim planlama, satın alma, satış-imalat, muayene(teşhis),satış sonrası hizmetler, muhasebe, personel, eğitim gibi tüm faaliyet alanlarında işbirliğini gerektirir. Bu biçimde gerçekleştirilen kalite kontrol toplam kalite kontrol olarak bilinmektedir. TTK, sorunlarının çözümüne istatistiksel ve sistematik yaklaşır. Bu yaklaşım, süreç eğilimli düşünce biçimini güdüler. Böylece amaç süreçlerin iyileştirilmesi, her şey iyi giderse süreçte iyi işleyen şeylerin belirlenmesi ve geliştirilmesidir.

Kalite çemberleri süreç eğilimli düşünce biçimine destek veren önemli araçlardan sadece birisidir. Japonya'da kalite çemberlerinin TTK iyileştirme çabaları içinde yaklaşık %10-%30'luk bir pay olduğu kabul edilmektedir. Üretim alanındaki bu anlayış ve çalışmalar hizmet işlerine de yansımış ve gerek TTK açısından gerekse kalite çemberleri açısından olumlu sonuçlara ulaşmıştır.²¹

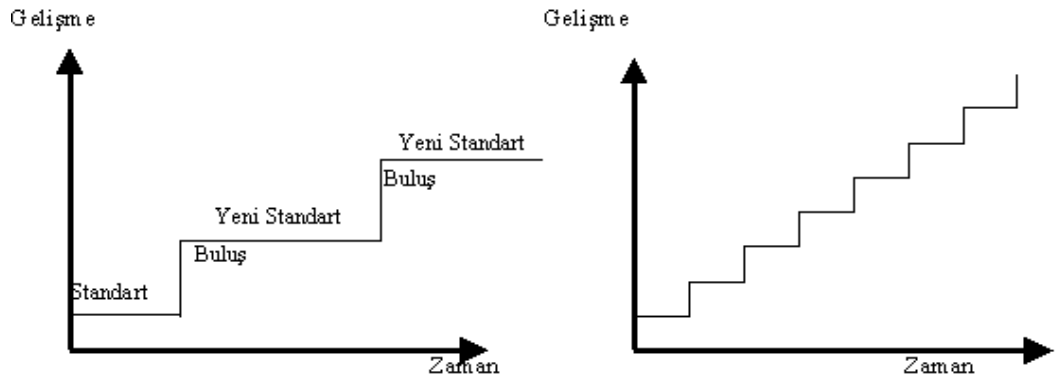
²¹ Demir, a.g.e. , s.730.

3.1 Sürekli Gelişme

Kalite bir işletme için nihai bir amaç değil, sadece yüksek rekabet gücünü sağlamaya olanak veren bir araçtır. Çok yüksek, hatta herkesten yüksek bir kalite düzeyine çıkmak işletmeler için yeterli olmayıp, amaç sürekli olarak rakiplerden ileri olmaktır. Bunu sağlayan yöntem de sürekli gelişme sürecidir.

Temel koşul bulunulan durum yada varılan düzey ne olursa olsun, bunu yeterli kabul etmeyip onu daha ileriye götürmek, iyileştirmek, geliştirmektir. Hiçbir sistem kusursuz değildir. Dikkat edilmesi gereken sonuçlar değil, süreçlerdir. Süreçler başarılı bir şekilde geliştirilirse mutlaka başarılı sonuçlar alınacaktır.

Kaizen yaklaşımının daha iyi anlaşılabilmesi için batılı ülkelerdeki gelişmeyi simgeleyen “Buluş yaklaşımı” ile “Kaizen yaklaşımı” ’nı karşılaştırmak gerekmektedir.



Şekil 7 a) Buluş Yaklaşımı ve Gelişme

b) Kaizen Yaklaşımı ve Gelişme

Şekil 7 a ve b ‘deki iki yaklaşım arasındaki temel farklılıklar çizelge 2’de görülmektedir.

Kaynak: **Özlem İpekgil Doğan**, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*” <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

KAİZEN	BULUŞ
Sürekli küçük adımlar	Aralıklı büyük adımlar
Ayrıntılara ilgi	Büyük atılımlara ilgi
Yavaş sürekli değişim	Ani değişim
Herkesin katılımı	Az sayıda kişinin katılımı
Açık,paylaşılan bilgi	Gizli, saklı bilgi(Know-how,patent)
Grup çalışması	Bireysel çabalar
Uyarılma	Yaratıcılık
Mevcudu koruma ve geliştirme	Mevcudu yıkıp yerine yenisini yapma
Küçük yatırım, büyük çaba	Büyük yatırım, küçük gayret
İnsana yönelik	Teknolojiye yönelik
Sürece yönelik	Sonuca yönelik

Çizelge 2: Kaizen ve Buluş Arasındaki Farklılıklar

Kaynak: **Özlem İpekçil Doğan**, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*”
<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

Sürekli gelişmeyi gerçekleştirmek için 3 temel koşulu sağlamak gerekir:

1-Mevcut durumu yetersiz bulmak: Bir sistem kusursuz bir şekilde çalışıyor olsa da geliştirecek yöntemler mutlaka bulunabilir. Ayrıca,bilim ve teknolojiadaki gelişmeler ile müşteri beklentileri, her gün "verimlilik" ölçütünü ileriye taşımaktadır.

2-İnsan faktörünü geliştirmek: Her şeyi yapan "insan"dır. İnsan kaynağı bir kuruluş için en değerli varlıktır. Alışlagelmiş yönetim biçiminde bu kaynağın kullanımı oldukça yetersizdir. Oysa her çalışanı bu geliştirim etkinliklerinin bir üyesi haline getirmek gerekir.

3-Problem çözme tekniklerini yaygın biçimde kullanmak: Problemleri çözmekte düşülen en büyük hata, belirtiler üzerinde yoğunlaşıp, sorunların altında yatan nedenleri görememektir. Sorunları iyi bir biçimde çözmek için, her sorunu en uç sebebe kadar izlemek ve temeldeki sorunu bir daha ortaya çıkmayacak biçimde çözmek gerekir. Sorunun nedeni araştırılırken beş kez neden diye sormak genellikle iyi sonuç vermekte ve sorunun görünür nedeni değil de, gerçek nedeni ortaya konabilmektedir.

Sürekli gelişmenin yararlarını sıralayacak olursak;

- Kuruluşun tüm etkinliklerinde bir canlılık meydana gelir.
- Topluluğun aynı amaç ve hedef doğrultusunda çalışması sağlanır.
- Bölümler kendi işlerini daha etkili ve verimli biçimde yürütürler.
- Etkileşim içinde olan bölümlerin sorunları kısa yoldan ve kalıcı biçimde çözümlenir.
- Çalışanların bilgi ve beceri düzeyi yükselir, motivasyonu artar.
- Verimlilik ve diğer temel rekabet unsurları daha hızlı bir gelişme gösterir.

Uygulamada Kaizen programı üç bölüme ayrılmaktadır;

A)Yönetim Öncelikli Kaizen: Japon yönetim anlayışı, genel olarak bir yöneticinin zamanının en az yarısını iyileştirmeye ayırması gerektiğine inanmaktadır. Yönetimin üzerinde çalıştığı Kaizen konuları, meslek ve mühendislik bilgilerini, karmaşık problem çözme yeteneği gerektirmekle birlikte, bazen basit istatistiksel araçlar yardımıyla da çözümlenebilir. Burada Kaizen takımları, proje takımları ve çalışma takımları gibi grup yaklaşımları kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu gruplar kalite kontrol çemberlerinden farklıdır çünkü bunlar yönetim ve destek personelinin oluşmaktadır ve faaliyetleri yönetim görevinin rutin bir parçası olarak kabul edilmektedir.

B)Grup Öncelikli Kaizen: Grup çalışmasında Kaizen, kalıcı bir yaklaşım olarak, kalite kontrol çemberleri, gönüllü yönetim grupları ve problemleri çözmek

için çeşitli istatistiksel araçları kullanan küçük grup faaliyetleri ile gerçekleştirilir. Ekipteki üyelerce, sorun belirlemenin yanı sıra, nedenlerin belirlenip analiz edilmesi, karşı önlemlerin alınması, geliştirilmesi ve yeni standartların oluşturulmasına ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

C)Birey Öncelikli Kaizen: Birey öncelikli Kaizen ‘i, destekleyici sistem öneri sistemidir. Öneri sistemi, birey öncelikli Kaizen’in gerçekleştirilmesine ve kişinin daha çok değil, daha akıllıca çalışmasını sağlamaya yönelik bir araçtır.

Tüm bu uygulamaları ile Kaizen; topluluğun aynı amaç ve hedef doğrultusunda çalışmasını sağlaması, karşılıklı ilişki içinde olan bölümler arasındaki sorunlara en kısa zamanda ve kalıcı olarak çözümler getirmesi, çalışanların bilgi ve beceri düzeyini yükselterek, motivasyonu artırması ve kuruluşun tüm faaliyetlerine canlılık getirerek, işletmenin rekabet gücünün artmasına yardımcı olması gibi birçok yararlar sağlamaktadır.

3.2 Kalite Çemberleri

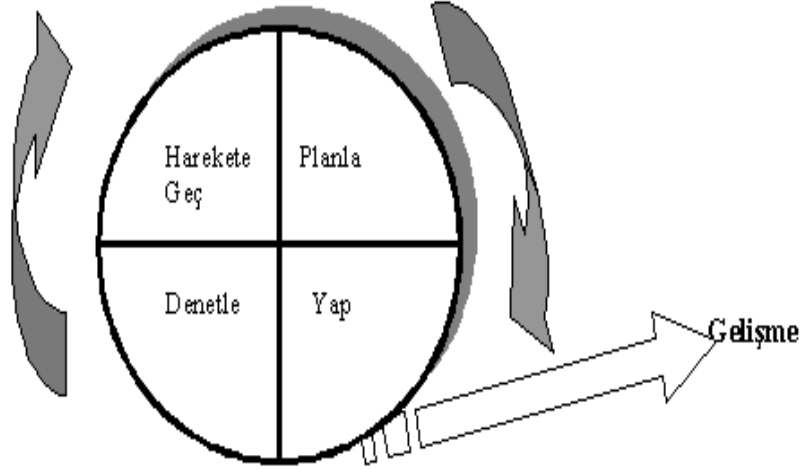
Kalite çemberleri bir kuruluşun verimlilik, etkenlik, kalite gibi çok çeşitli sorunlarını görüşmek, tartışmak ve çözümlenmek amacı ile sayıları 8-10 arasında değişen gönüllü kişilerin oluşturduğu küçük çalışma gruplarıdır.

Çalışma gruplarının en önemli özelliği, grup çabalarının ürünü olan önerilerin bilimsel verilere, istatistik ve analizlere dayanılarak hazırlanması ve uygulama sonuçları bakımından yönetime somut kanıtlar getirmesidir. Bu özellik ve üst yönetimin desteği, grup önerilerinin uygulanma oranının çok yüksek olmasını da sağlamaktadır.

3.3 Bilimsel Problem Çözme Yöntemi (Deming Döngüsü)

Dr. Deming 1950’de İstatistiksel Kalite Kontrolün temellerini öğretirken, nasıl çalışmaları gerektiğini de “Deming Döngüsü” denilen bir tekerlekle

açıklamıştır. Şekil 8’de görüldüğü gibi döngü devam ettikçe sürekli gelişme sağlanacaktır.



Şekil 8: PUKO Döngüsü

Kaynak: **Özlem İpekgil Doğan**, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*” <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

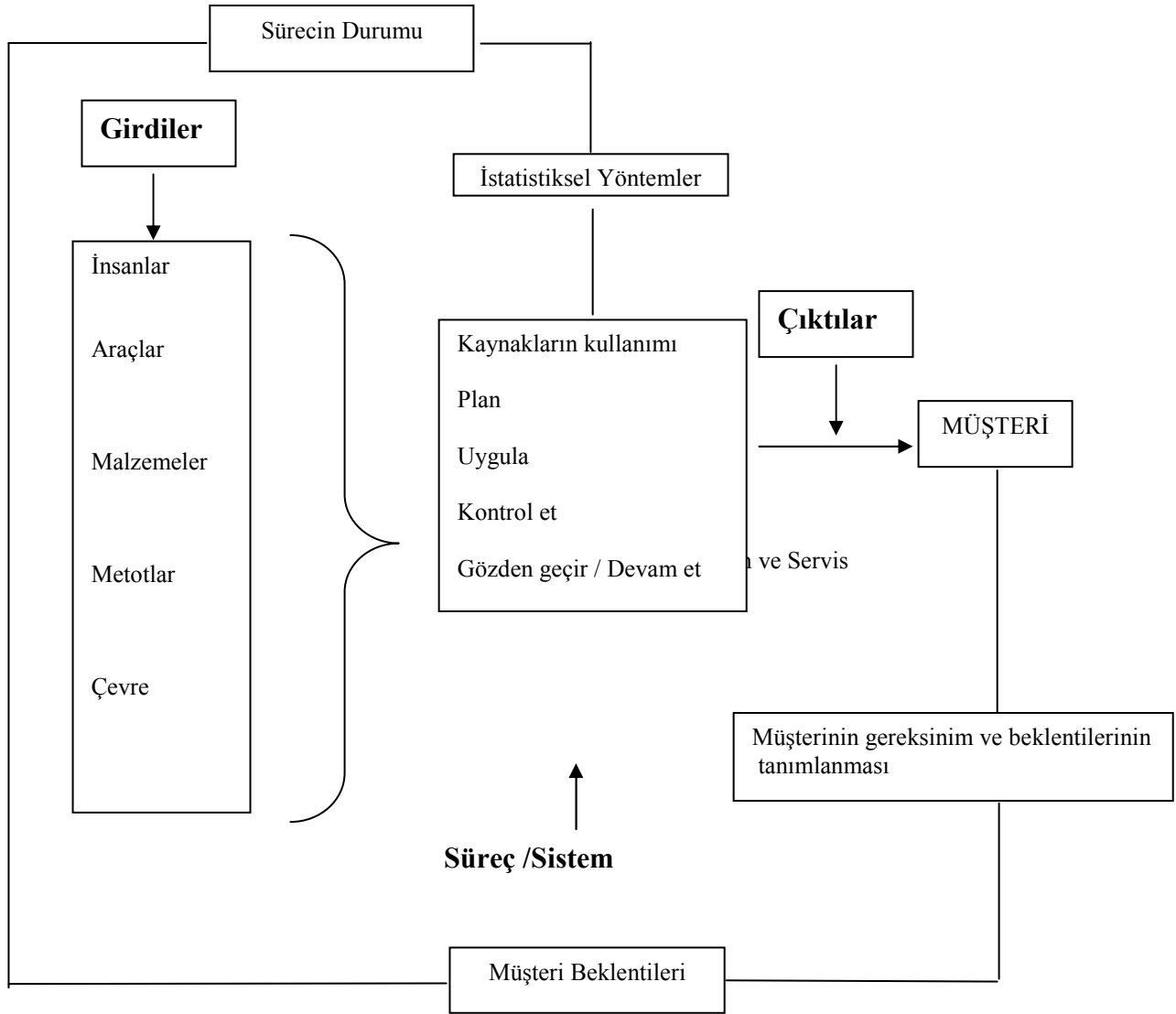
Kalite iyileştirme çalışmalarında yedi adımdan oluşan prosedür uygulanır. Bu prosedürde Deming Çevrimi (planla, yap, kontrol et, düzelt ve iyileştir) izlenir.

- 1.AŞAMA:** Bir sorun seçin ve bunu açıkça tanımlayın.
- 2.AŞAMA:** Mevcut sistem üzerinde çalışın.
- 3.AŞAMA:** Olası sebepleri teşhis edin.
- 4.AŞAMA:** Bir çözüm planla ve uygula.
- 5.AŞAMA:** Sonuçları değerlendirin.
- 6.AŞAMA:** Etkin çözümleri standart haline getirin
- 7.AŞAMA:** Sürece yansıtın, gelecek ile ilgili planlar geliştirin.²²

²² Center for Quality Management (1999) Seven Step Process

<http://cqmextra.cqm.org/cqmjournal.nsf/reprints/rp09700>

Sürekli gelişmeyi başarabilmek için; geçmiş deneyimlerin dokümanite edilmiş ve analizinin yapılmış olması gerekir. Şekil 9’da sürekli süreç geliştirme modelinin analizi sergilenmiştir.



Şekil 9: Sürekli Süreç Geliştirme Modeli

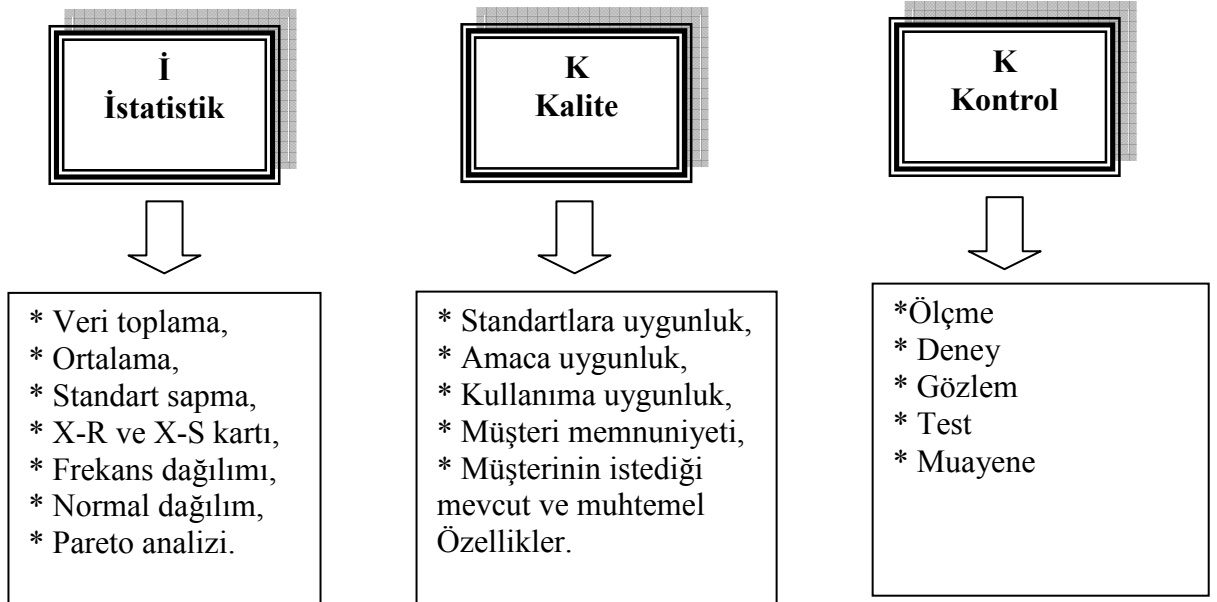
Kaynak: Hilmi Yüksel, “Toplam Kalite Yönetiminde İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Bir İşletmede Uygulanması” .Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, s. 15.

3.4 İstatistiksel Kalite Kontrol Metotları

İstatistiksel kalite kontrol, kalite kontrol ve istatistik metotlarının birleştirilmesiyle meydana gelmiştir.

Kalite kontrolde istatistik tekniklerinin uygulanmasıyla hem kalite kontrol işlemleri bilimsel temellere dayandırılmış hem de verilerin analizi ve yorumlanmasına dayandırılarak ürün ve hizmetin kendisi değil, onu gerçekleştiren süreçler kontrol altına alınmış ve bu sayede sürekli iyileştirilmesi sağlanmış olur. İstatistiksel kalite kontrolün amacı, üretilen mal ve hizmetlerin kalite yönünden kontrol altında olmasını sağlamaktır. İstatistiksel kalite kontrol;

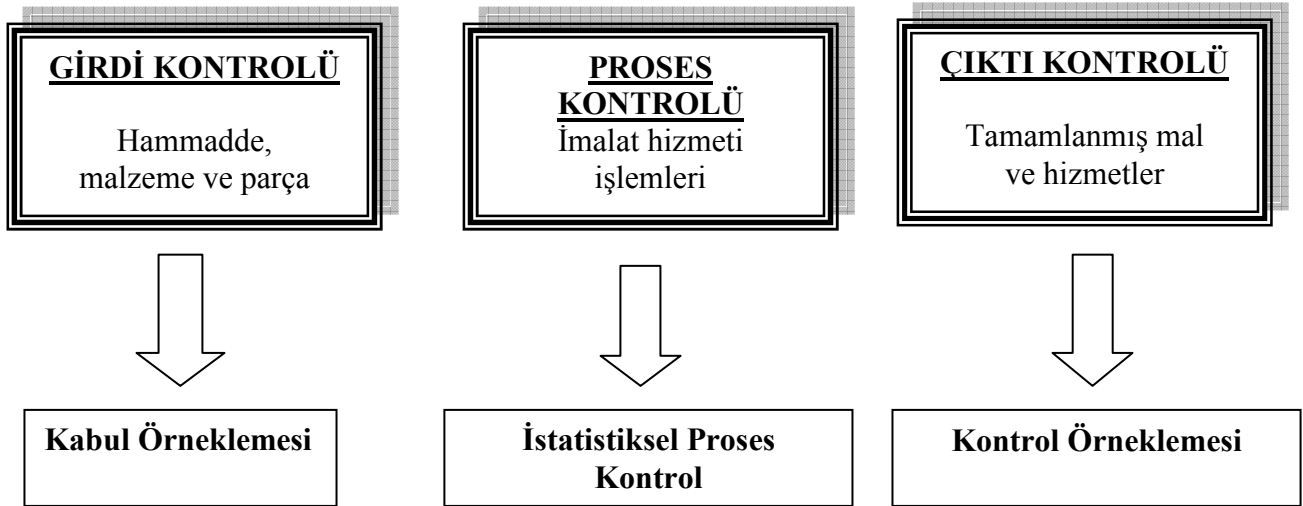
- Veri toplamak,
- Analiz etmek,
- Yorumlamak,
- Çözüm teklifleri geliştirmektir.



Şekil 10: İstatistiksel Kalite Kontrol

Kaynak: **Hüdaverdi Bircan- Selami Özcan**, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.59.

İstatistiksel kalite kontrol metotları üretim faaliyetinin önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygun şekilde yapılmasını sağlamak ve standart dışı üretimi büyük ölçüde önleyerek kusurlu üretimi minimize etmek için kullanılır. Bu metotlar işletmede üretim sistemi içinde üç aşamada ele alınır. İlk aşama girdilerin kontrolünde; üretimde kullanılacak hammadde , malzeme ve parçaların ürün tasarımı yapılırken belirlenmiş standartlara uygun olup olmadıkları kabul örnekleme ile araştırılır. Şayet hammadde, malzeme diğer parçalar istenilen özelliklere sahipse üretim sürecine alınır. İkinci aşama, üretim sürecinde makine ve insan performansında olabilecek problemlerin belirlenmesi amacıyla üretim devam ederken kontrol edilmekte ve bu kontrollerde istatistiksel proses kontrol teknikleri kullanılır. Son aşama, üretim bitiminde elde edilen ürün veya hizmetin istenilen özelliklere ve standartlara uygunluğunun kontrolü amacıyla çeşitli örnekleme teknikleri kullanılır. Son aşama, üretim uygunluğunun kontrolü amacıyla çeşitli örnekleme teknikleri kullanılır. Buna son kontrol veya çıktıların kontrolü de denir. 1. ve 3. aşamada aynı teknikler kullanılır ve buna örnekleme metodu denir. Üretim sisteminde kalite kontrolünü kullanımı aşağıdaki şekilde kullanılır.



Şekil 11: Üretim Sisteminde İstatistiksel Kalite Kontrol

Kaynak: **Hüdaverdi Bircan- Selami Özcan**, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.63.

İstatistiksel kalite kontrol metotları, üretimde kalite kontrol ve kabulde kalite kontrol olarak iki gruba ayrılır. Üretimde kalite kontrol ürünün üretimi sırasında yani imalat devam ederken yapılan kontroldür. Üretimde kalite kontrol (istatistiksel proses kontrol) yapılırken yedi istatistiksel teknik uygulanır. Bunlar; Histogram, Kontrol Tablosu , Pareto Analizi, Hata Yoğunluk Diyagramı, Dağılım Diyagramı, Kontrol Grafikleridir. Kabulde kalite kontrolü, etkin bir şekilde uygulanacak proses kontrolüne rağmen yine de bir miktar hatalı üretim sonrasında yapılan işi kontrol etmek ve hatalı ürünün veya parçaların ileri üretim safhalarına, diğer kuruluşlara veya tüketicilere iletilmesine mani olmak için tatbik edilen kalite kontrol tekniğidir.²³

Çizelge 3’de hangi araçların hangi kademedeki kullanıldığı gösterilmiştir. Ayrıca çizelge 4’de istatistik araçların amaçları açıklanmıştır.²⁴

İstatistik Araç	Problemde etkiye	Etkiden nedenlere	Nedenlerden çözüme	Çözümde uygulamaya
Kontrol kartları	X	X	-	-
Histogram	X	X	-	-
Pareto diyagramı	X	X	-	-
Neden – etki diyagramı	-	X	-	-
Dağılım diyagramı	X	X	-	-
Kontrol föyleri	X	X	-	-
Çalışma diyagramı	X	X	X	X
Beyin fırtınası	X	X	X	X

Çizelge 3: Problemin çözümünde kullanılan istatistik araçlar

Kaynak: **Mustafa Akkurt**, *Kalite Kontrol Excel Destekli*, Ankara: Birsan Yayınevi, 2002, s.223.

²³ **Bülent Kobu**, *Üretim Yönetimi*, İstanbul: Avcıol Basım-Yayın, 1999, s. 510.

²⁴ **Mustafa Akkurt**, *Kalite Kontrol Excel Destekli*, Ankara: Birsan Yayınevi, 2002, s.222-223.

İstatistik Araçlar	Amacı
Kontrol kartları	Prosesin gözlem altında tutulması, yetkililerin önlemler alması ve bertaraf etmesi için hataları uyarması, prosesin sürekli iyileştirilmesi.
Histogram	Bir prosesin çalışma şeklinin gösterilmesi ve kontrol etmesi.
Pareto diyagramı	Önceliklerin tayin edilmesi.
Neden – Etki diyagramı	Bir etkinin nedenlerini teşhis ve analiz etmesi ve sınıflandırılması.
Kontrol föyleri	Verilerin toplanması ve düzenlenmesi.
Dağılma diyagramı	İki veri grupları arasında bir ilişki olup olmadığını tayin etmesi.
Çalışma diyagramı	Verilerin işlenmesi ve daha iyi anlaşılması için grafik olarak sunulması.

Çizelge 4: Yedi İstatistik Aracın Amaçları

Kaynak: **Mustafa Akkurt**, *Kalite Kontrol Excel Destekli*, Ankara: Birsan Yayınevi, 2002, s.223.

İstatistiksel süreç kontrolü; üretim faaliyetlerinin yürütülmesi sırasında ortaya çıkabilecek kusurları veya üretimin kontrol dışına çıkması durumlarını hemen ortaya çıkartarak gerekli önlemlerin zamanında alınmasını sağlayan tekniklerin uygulanmasıdır. Çizelge 5’te karşılaşılan sorunların farklı boyutları için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Tekniklerin bazıları sorunların belirlenmesinde, bazıları sorunun analizinde, bazıları ise her iki amaç için kullanılmaktadır.

Sorun Tanımlama Teknikleri	Sorun Tanımlama ve Analizi Teknikleri	Sorun Analizi Teknikleri
Akış şemaları	Pareto Analizi	Histogram
Veri Toplama	Neden- Etki Şeması	Serpilme Diyagramı
Beyin Fırtınası	İşletim Şemaları	Kontrol Şemaları
Nominal Grup Tekniği	Tabakalandırma	Süreç Yeterliliği
		Kuvvet Sahası Analizi

Çizelge 5: Sorun Çözmede Kullanılan Grafikselle Teknikler

Kaynak: **Rıdvan Bozkurt**, *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)*, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2003, s. 173.

Sorun çözme sürecinin aşamaları ve kullanılan teknikler aşağıdaki gibidir:

Aşama1: Hangi sorunun hangi zamanda ele alınacağını kararlaştırılması (akış şeması, veri toplama, beyin fırtınası, pareto analizi, nominal tekniği)

Aşama2: Sorunun özel olarak ne olduğunu, nerede olduğunu, ne zaman olduğunu ve boyutunu açıklayan bir sonuca ulaşması (veri toplama, pareto analizi, işletim şeması, histogram, tabakalandırma)

Aşama3: Sorunun olası bütün nedenlerinin ortaya çıkartılması (veri toplama, neden ve etki diyagramı, beyin fırtınası)

Aşama4: Sorunun temel neden ya da nedenleri arasında görüş birliğine ulaşılması (veri toplama, pareto analizi, serpilme diyagramı, beyin fırtınası, nominal grup tekniği)

Aşama5: Etkili ve uygulanabilir bir çözüm geliştirilmesi ve eylem planı hazırlanması (beyin fırtınası, ek çubuk grafik ve gösterimler, kuvvet sahası analizi)

Aşama6: Çözümün uygulanması ve gerekli izleme prosedürleri ile grafiklerin hazırlanması (histogram, pareto analizi, kontrol şeması, süreç yeterliği, tabakalandırma) ²⁵

3.4.1 Süreç Akış Şeması

Süreç akış şeması mamulünün üretilmesi için gerekli ve materyalin ne biçiminde aktığını belirlemek amacıyla kullanılır. Böylece bir mamul ya da bir sürecin oluşumunu aşamalarla birbirini izleyen bir ortaya çıkarır. İnsan veya

²⁵ **Rıdvan Bozkurt**, *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)*, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2003, s. 173.

materyalin fiili ve potansiyel hareketlerini basit, anlaşılır ve doğru biçimde birbirine eklediğinden son derece yararlı bir araçtır. Akış diyagramlarında ayrıntıları içeren açık ifadeler bulunduğu yapılan işin anlaşılması ve tanımlanması kolaylaşır.

Akış diyagramının hazırlanmasında konuyla ilgili kişilerin olması son derece önemlidir. Bu kişiler:

- Akış süreci ile ilgili tüm işlemleri belirlemeli,
- İşlemler, alınan kararlar ve ilgili veriler arasındaki ilişkiler belirlemeli,
- İşyeri düzeninin uygunluğu gözden geçirilmeli,
- Müşteri ve tedarikçi ilişkileri dikkate almalı,
- Süreçle ilgili kişilerin görev tanımlarını ve sorumluluklarını belirlemeli,
- Her aşamanın maliyetleri ve eklediği değerleri belirlemeli,
- Eldeki verileri belirlemeli,
- İyileştirme çalışmaları için gerekli verileri belirlemeli,
- Geliştirme olanakları saptamalıdır.²⁶

Akış diyagramının yararları:

- Süreçte çalışan kişiler, süreci anlar ve onu kontrol altında tutmaya başlarlar.
- Süreçte, geliştirilecek kısımlar kolaylıkla belirlenebilir.
- Çalışanlar, kendilerini sürecin bir parçası olarak görmeye başlar, motivasyon, süreci sahiplenme ve bölümler arası iletişim artar.
- Akış diyagramı hazırlama toplantılarına katılan kişiler, kaliteye yönelik her türlü çalışmanın birer destekleyicisi haline gelirler ve çeşitli öneriler sunarlar.

²⁶ Şevkinaz Gümüsoğlu, *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*, İstanbul: Beta Basım A.Ş, 2000, s. 139-140.

3.4.2 Beyin Fırtınası

Beyin fırtınası belli bir konuda çok sayıda yaratıcı ve verimli fikir yaratmak için kullanılan genel bir metottur.

Yöntem uygulamasında öncelikle beyin fırtınası yapılacak konu saptanır. Örneğin: iş yerindeki sorunların belirlenmesi, soruların olası çözüm yolları, çözüm yollarının doğrulanacağı yöntemlerin seçilmesi gibi konular beyin fırtınasında ele alınabilir.

Beyin fırtınası iki şekilde yapılır:

A)Yapılandırılmış beyin fırtınası: Gruptaki her kişi kendi sırası geldiğinde fikrini söylerler.

B)Yapılandırmasız beyin fırtınası: Grup üyeleri akıllarına geldiğinde fikirlerini söyler.

Beyin fırtınasının uygulama adımları şunlardır:

- Beyin fırtınası yapılacak konu hakkında herkes hem fikir olmalıdır. Yani önce problemin ya da tartışmanın konusu ortak olarak seçilir.
- Her bir bireyden fikrini söylemesi ya da yazması istenir ve asla kimsenin fikri eleştirilmez.
- Yazılanları yorumlamadan söyleyenin problem ifadesi kendi kelimeleriyle aktarılır.
- Belirli bir fikir çıkmayınca kadar birkaç tur dönülür.
- Turlar bitince fikirlerin anlaşılması için tartışma başlatılır.²⁷

²⁷ **Muhsin Halis**, Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO -9000 Kalite Güvence Sistemleri ve ISO-9002 Kalite Belgesi Çalışmaları, Beta Basım A.Ş. 1. Bası- Ekim 2000, İstanbul, s. 163-164.

3.4.3 Histogramlar

Histogramlar, bir tür veri toplama aracıdır. Histogram, her kategorideki değişken değerlerin frekans dağılımını bir diyagram ile göstermek için kullanılır. Çeşitli değişkenlerin ortaya çıkma sıklığını gösterir. Veri dağılımlarını görsel olarak göz önüne koyabilme amacıyla süreklilik gösteren veriler basit bir istatistiksel diyagram yoluyla ortaya konmasını sağlayan veriler ne denli fazla olursa elde edilecek olan dağılımın resmi de o denli açık ve anlaşılır olacaktır. Ölçüm değerlerinin dağılımını gösteren ve bu dağılımın ürün spesifikasyon limitlerine göre durumunu belirten bir çubuk diyagram kartıdır.

Ishikawa'ya göre bu analizler; işletmelerde kaliteyi geliştirmenin yanı sıra hammadde stoklaması, enerji tasarrufu, güvenlik, verimlilik gibi çeşitli alanlarda çok yararlı biçimde kullanılmaktadır.

İşletmelerde sürekli olarak değişik formlarda veri toplanır. Bu veriler günlük raporlar, tablolar ya da çizelgeler şeklinde düzenlenir. Bu toplanan verilerin kullanılabilir ve yorumlanabilir hale getirilebilmesi için başvurulan tekniklerden birisi de özel bir grafik türü olan histogramlardır. Histogramlar verilerin görsel olarak incelenmesine ve değerlendirilmesine yarayan grafik araçlardır. Histogram belirli bir zaman aralığında alınan ölçüm değerlerinin sınıflandırılarak değerlendirilmesine yarar. Yani alınan örneklerin ortalamasının ne olduğu ve değerlerin nasıl bir dağılım gösterdiğini histogram yardımı ile açıklayabiliriz. Histogramda yatay eksen, ölçülen değerler tek tek ya da sınıflar halinde, dikey eksen ise her sınıfın frekansları yer alır. Bir ürüne ait histogram elde edildikten sonra bu değerler, önceden müşteri istek ve ihtiyaçlarının da dikkate alınması ile belirlenen spesifikasyon limitleri ile karşılaştırılıp ilgili değerlendirme yapılır. Arzu edilmeyen bir sonuçla karşılaşırsa problem bulunur ve çözümlenerek istenilen koşullar sağlanabilir.

Histogram her kategorideki değişken değerlerin frekans dağılımını bir diyagram ile göstermek için kullanılır. Çeşitli değişkenlerin ortaya çıkma sıklığını gösterir. Bunun için süreç ölçütlerine karar verilir, veri toplanır, verilerle bir tablo oluşturulur (Min. 50 – 100 veri toplanmalıdır), histogramın kaç sütundan oluşacağı, sütun genişliği hesaplanır ve histogram çizilir ve sürecin sınırlar içinde olup olmadığı ve değişkenliğin istenilen seviyede olup olmadığı yorumlanır.²⁸

3.4.4 Pareto Analizi

Pareto analizi, hata çeşitleri içinde, daha önemli olanları belirlemek maksadıyla kullanılır. Böylece kalite kontrol elemanları emeklerini daha verimli bir şekilde kullanmaya yönelirler. Mesela, hata çeşidinin %80'i ıskartanın %20'sine sebep oluyor, buna karşılık hata çeşidinin %20'si ıskartanın %80'ine sebep ise elbette ki %80 ıskartaya sebep olan ve daha az sayıdaki (%20) hata çeşidini önlemeye çalışmak daha mantıklı bir iştir.

Pareto analizi için oluşturulan Pareto grafikleri, en çok rastlanan hata türünden en az rastlanana doğru azalarak giden bir dikdörtgenler dizisi şeklindedir. Pareto grafiğinden önce kontrol tablosu düzenlenmiş ise, Pareto grafiğinin çizimi oldukça kolaylaşacaktır. Kontrol tablosundaki hata çeşitleri ve hata sayılarına dayanılarak, hata çeşitleri çok rastlanandan az rastlanana doğru sıralanır ve pareto grafiği oluşturulur.

Hata çeşidi fazla sayıda olursa, yeterli sayıda hata grubu alındıktan sonra diğerleri (en az rastlanan hata çeşitleri) “ Diğer” grubunda toplanır ve Pareto grafiğinin en sonundaki (en sağda) bir dikdörtgenle temsil edilir.

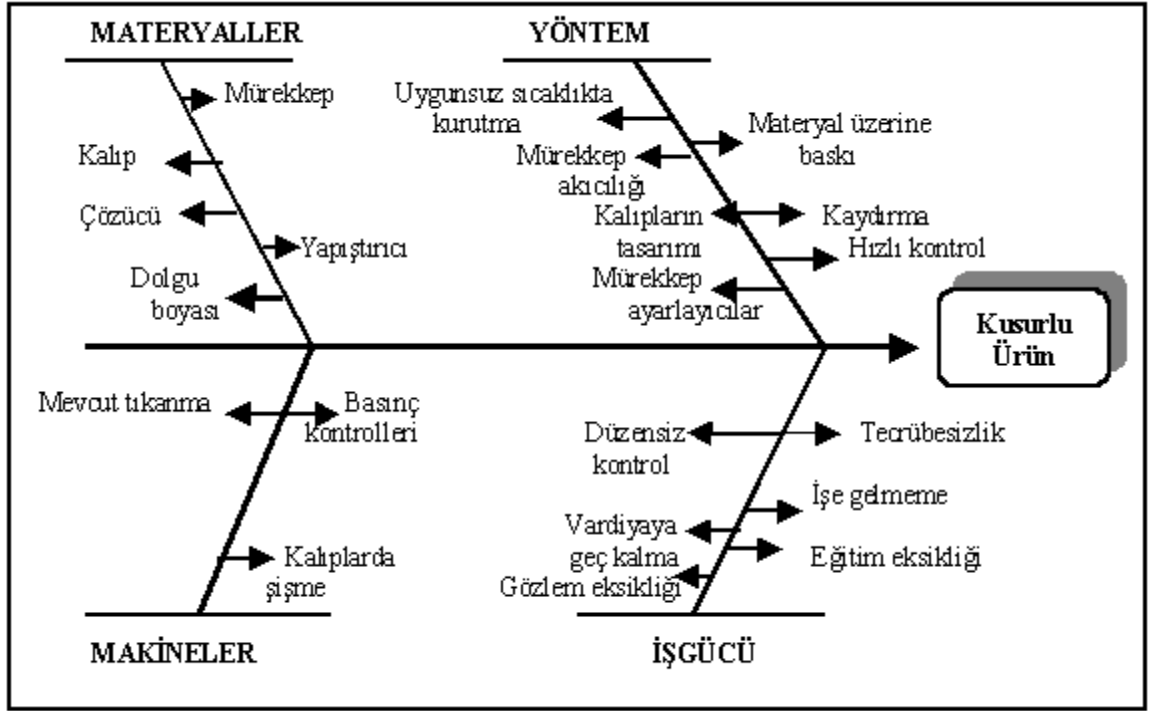
Tek bir üründe birden fazla hata çeşidine rastlanabiliyor ise, bu durumda hatalı ürün sayısı yerine hata sayısı esas alınarak Pareto teşkil edilir.

²⁸ a.g.e. s. 137

3.4.5 Neden Sonuç Diyagramı

Bir sürecin çıktı ya da sonucu birçok faktöre bağlıdır ve bu faktörlere yönelik olarak bir neden ve etki ilişkisi oluşturabilir. Sürecin sistematik olarak gözlenmesi ile birçok neden ve etki ilişkisi belirlenebilir. Neden ve etki ilişkisinden oluşan bu yapıyı göz önüne almadan karmaşık sorunların çözümü zordur ve neden ve etki diyagramı ilişkisinin basit ve kolay bir şekilde açıklanması yöntemidir. 1953 yılında Tokyo Üniversitesi Profesörlerinden Kaoru Ishikawa bir fabrikada bir kalite sorununu tartışırken mühendislerin düşüncelerini bir neden ve etki diyagramı şeklinde özetlemiştir. Bu yaklaşımın ilk kez orada kullanıldığı söylenmektedir. Bundan önce Prof. Ishikawa'nın ekibi bu yöntemi araştırma çalışmalarında oldukça yararlı olduğu ortaya çıkmış oldu ve kısa süre sonra Japon firmasının çoğunda kullanılmaya başlandı. Neden ve etki diyagramı kalite kontrolü ile ilgili Japon endüstriyel standartları (Japanese Industrial Standards) terminolojisinde yer almaktadır ve aşağıdaki şekilde tanımlanır. “Neden ve etki diyagramı bir kalite karakteristiği ve faktörleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir diyagramdır. ”Diyagram yalnızca ürünlerin kalite karakteristiklerinin iyileştirilmesi için değil, diğer bazı sahalarda da kullanım alanına sahiptir. Kullanışlı bir neden ve etki diyagramının yapılması kolay bir iş değildir. Kalite kontrolünde sorun çözmede başarılı olanların kullanışlı bir neden ve etki diyagramının hazırlanmasında da başarılı olacaklarını söylemek yanlış olmayacaktır. Diyagramın hazırlanmasında birçok farklı yöntem vardır, ancak burada bu yöntemlerden ikisi açıklanacaktır. Prosedürlere girmeden önce, bir neden ve etki diyagramının yapısı bir örnekle açıklanacaktır. Bir neden ve etki diyagramına “balık kılçığı diyagramı” da denilmektedir, çünkü şekil 16’da da görüldüğü gibi diyagram balık iskeletine benzemektedir. Bazı yerlerde “ağaç” ya da “akarsu” diyagramları da denilmesine karşın, burada “balık kılçığı” değini kullanılacaktır. Şekil 12’de bir uygulama örneği vermiştir.²⁹

²⁹ Bozkurt, a.g.e. s. 185-186.



Şekil 12: Neden –Sonuç Diyagramı

Kaynak: **Özlem İpekgil Doğan**, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*” <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

Bu diyagramın hazırlanmasında öncelikle araştırılacak karakteristik, çizilen omurganın sağına yazılır. Daha sonra birinci derecede etki eden faktörler büyük kılçıklarla, onlara bağlı ikincil etkenler de küçük kılçıklarla gösterilir. Tüm olası sebepleri ortaya dökülebilmek için genellikle geniş katılımlı beyin fırtınası toplantıları düzenlenir. Diyagramın oluşturulmasında şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Tüm sebeplerin aktarılabilmesi için her kesimin görüşü alınmalıdır.
- Karakteristik somut olarak tanımlanmalı ve ölçülebilir olmalıdır.
- Her karakteristik için ayrı bir diyagram hazırlanmalıdır.
- Etkenler çözülebilir nitelikte olmalıdır.
- Sebeplerin önemini tayin ederken objektif davranmalıdır.
- Zaman içinde diyagramın güncelleştirilmesi gerekir.

Pareto Analizi ve Balık Kılçığı Diyagramının birlikte kullanılması, genellikle pratikte tercih edilen metottur. Önce hayati karakteristikler Pareto Analizi kullanılarak keşfedilir; daha sonra ise Sebep-Sonuç Diyagramı ile bu karakteristiğe etki eden faktörler açığa çıkarılır. Bu faktörlerin düzeltilmesi, problemi belki % 95 oranında çözecektir.

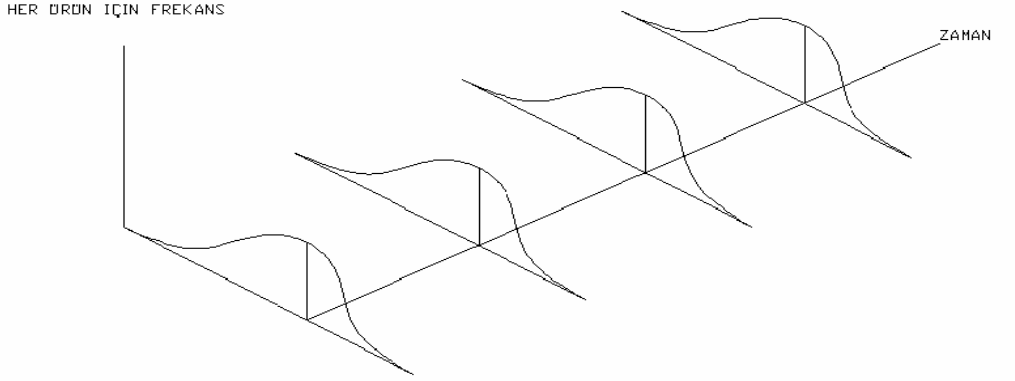
3.4.6 Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri süreç değişkenliklerinin analizi ve anlaşılması bu değişkenliklerle ilgi olarak süreç yeterliliğinin belirlenmesi ve bu değişkenliklerin müşteri gereksinimleri ile süreç performansı arasındaki üzerindeki etkisinin izlenmesi için kullanılan istatistiksel araçlardır. Kontrol şemaları ile bir sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı değerlendirilir. Süreç sahipleri kontrol şemalarının kullanarak bir süreçteki varyasyonun kaynaklarını anlamalı ve müşteri gereksinimleri ve süreç performansı arasındaki farkı en aza indirmek için bu kaynakları kontrol altında tutmalıdır. Varyasyonun azaltılması sürecin kontrol altında olmasına ve iyileştirilme özelliğine sahip olmasına bağlıdır. Tek düze ürünün üretilmesi için yönetim bir süreçteki varyasyonun nedenlerini dikkatli bir şekilde incelemeli ve aşırı varyasyonun nedenlerini azaltmalı ya da ortadan kaldırmalıdır. Bu yönetim ve imalat sistemleri düşüncesinde yeni bir boyuttur. Yönetim ürünü etkileyen varyasyonun kaynaklarını mümkün olduğunca günlük olarak öğrenmeli ve daha sonra varyasyonu azaltacak önlemler almalıdır. Bu yapılmadığı sürece kalite ve verimlilik istenilen düzeyde olmayacağı için rekabet gücü azalacak ve kuruluşun yarın da varlığını sürdürmesi riske girecektir.³⁰

Varyasyonun azalması için süreç iyileştirmeye yönelik kavram ve teknikler Walter Shewhart tarafından ortaya atılmış W.Edwards Deming tarafından geliştirilmiştir.

³⁰ a.g.e. s. 102.

Shewhart'a göre her süreçte varyasyon vardır ve bu varyasyon ya kontrol altındadır ya da değildir. Kontrol altındaki varyasyon, zaman içerisinde kararlı ve tutarlı bir varyasyon ile karakterize edilir. Kontrol altında olmayan varyasyon ise zaman ile değişen bir varyasyon ile karakterize edilir.

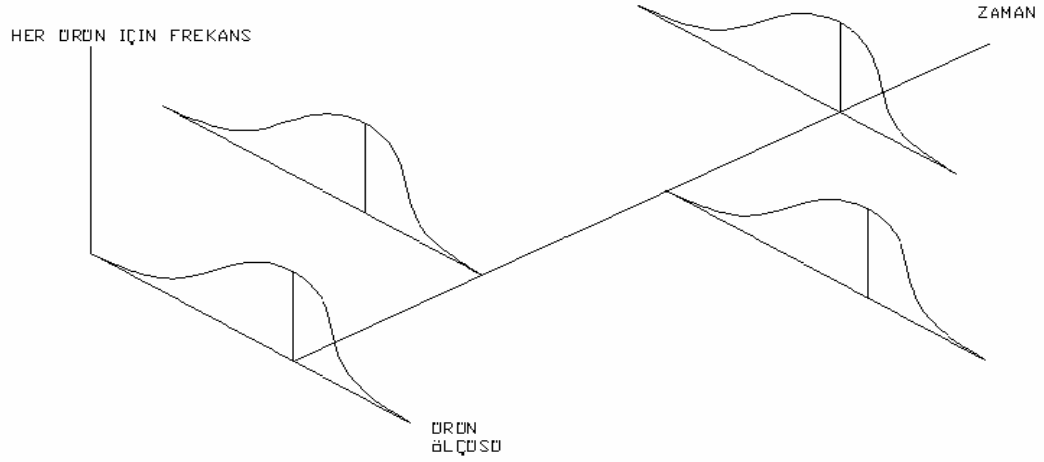


Şekil 13: Kontrol Altındaki Varyasyon

Kaynak: **Rıdvan Bozkurt**, *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)* Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları , 2003, s. 103.

Kontrol şemaları özel ve genel varyasyonun tanımlanması ve birbirinden ayrılması için kullanılır. Özel varyasyon göstermeyen, yalnızca varyasyon gösteren süreç kararlıdır ve iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Yalnızca varyasyonun olduğu süreçlerde yönetim müşteri gereksinimi ve süreç performansı arasındaki farkı süreç ortalama değerinin nominal değere yaklaştırarak ve/ya genel varyasyon düzeyini azaltarak kapatabilir. Bu tür değişiklikler asla sonu olmayan iyileştirme çabalarına yardımcı olacaktır.



Şekil 14: Kontrol Altında Olmayan Varyasyon

Kaynak: **Rıdvan BOZKURT**, *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)* , Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları , 2003, s.103.

Kontrol Grafiklerinin Gerekliliği

Sürekli süreç iyileştirme hedef olduğu zaman gelişmenin bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. %100 uygun ürünün üretilmesi ve sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olması iki ayrı kıyaslama ölçüsüdür. Bu iki ulaşım düzeyi de kalıcı değildir, değişebilir. Her üretim süreci ideal, eşik, koas ve kaosun kıyısında olmak üzere dört durumdan birisi ile açıklanabilir.

a)İdeal Durum: Bu durumdaki süreç %100 uygun ürün üretiyor ve istatistiksel olarak kontrol altında demektir. Bu ürünler amaca uygun olarak üretilmektedir. İstatistiksel olarak kontrol altında olmak üretim sürecindeki varyasyonun tutarlı olması demektir.

Bir imalatçı ideal durumda bir sürece sahipse ve durumu sürdürmek istiyorsa uygun olmayan ürünün üretilmesi ile sonuçlanabilecek sorunlarla karşılaşmamak için kontrol şeması kullanılmalıdır. İdeal durumdaki bir süreçte

kontrol şemaları kullanılmaya devam edilirse süreç sürekli olarak iyileştirilebilecektir. Böylece maliyetler azalacak ve verimlilik iyileşecektir.

b)Eşik durumu: Bu durumdaki bir süreçte istatistiksel kontrol vardır, ancak belirli bir düzeyde kusurlu üretiliyordur. Süreç sahibi sürecinde kusurlu üretimini ortadan kaldıracak değişiklikleri yapılmalıdır.

c)Kaosun Kıyısında: Bu durumdaki süreçler %100 uygun ürün üretiliyor dahi olsalar istatistiksel olarak kontrol altında değildir. Sürecin kontrol dışında olmasının anlamı varyasyonun zaman içerisinde tutarlı olmaması demektir. Süreç kararlı değildir ve bu kararsızlık sürekli olarak ürün karakteristiklerini değiştirecektir. Kontrol dışında olan bir süreç özel nedenlerin etkisi altına girmiş demektir. Uygun ürünler üretilirken özel nedenler süreç üzerinde değişiklik yapmayı sürdürür ve aniden uygun olmayan ürünler üretilmeye başlar.

d)Kaos Durumu: Süreç kontrol dışı olduğu zaman ve belirli bir düzeyde uygun olmayan ürün üretilmeye başlandığı zaman kaos durumu var demektir. Süreç sahibi ürün akışı içinde değişen bir uygunsuzluk düzeyi ile karşılaşmıştır ve bir sorunu olduğunu bilmekte ancak genellikle bu sorundan nasıl kurtulacağını bilmemektedir. Süreç için gerekli olan bir değişikliği yaptığı zaman etkisinin kısa süreli olduğunu görür, çünkü özel nedenler süreci değiştirmeyi sürdürmektedir. Gereksiz olan bir değişiklik yaptığında özel nedenlerden kaynaklanan geçici bir kayma kendisini yanlış yönlendirebilir. Süreç sahibi birçok şeyi dener, ancak süreç sürekli değiştiği için kalıcı bir önlem geliştiremez.³¹

Kontrol Grafiklerinin Uygulanması

Kontrol diyagramları; bilimsel araştırmalarda, endüstride ve hatta günlük olaylarda geniş uygulama olanakları bulunan kontrol araçlarıdır. KK alanındaki uygulama örnekleri şöyle sıralanabilir:

1. Mevcut olmadığı halde prosesi etkileyen faktör arama hatasına düşmeyi önleyerek zaman tasarrufu sağlar.
2. Prosesi olumsuz yönde etkileyen faktörlerin bulunmasında kolaylık sağlarlar.
3. Bir tezgâhtan beklenen verimin sağlanıp sağlanmadığı tespit amacı ile kullanırlar.
4. Mamul veya herhangi bir prodesteki değişikliğin azaltılmasına yararlı olurlar.
5. Hatalı parça veya ıskarta yüzdesinin azaltılmasında yararlı olurlar.
6. Muayene ve kontrol masraflarının azaltılmasını sağlar.
7. Bir proses veya faaliyet hakkında üst kademelerde daha gerçekçi raporlar verilmesinde yardımcı olurlar.
8. Takım kalıp veya tezgâh yenileme sürelerinin tayininde kullanılırlar.
9. Maliyet ve finansman analizlerinde yardımcı olurlar.
10. Stok kontrolünde kullanılırlar.³²

İstatistiksel Kalite Kontrol Grafiği, bir ürünün ölçümleri veya prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde istatistiksel kontrol limitleri olan çizgi grafiğidir.

Kontrol grafiğinin üzerinde işaretlenmiş noktalar bir karakteristiğin gerçek ölçümleri veya zaman içerisinde üretildikçe alınan parça örneklerinden özet istatistikler olabilir.

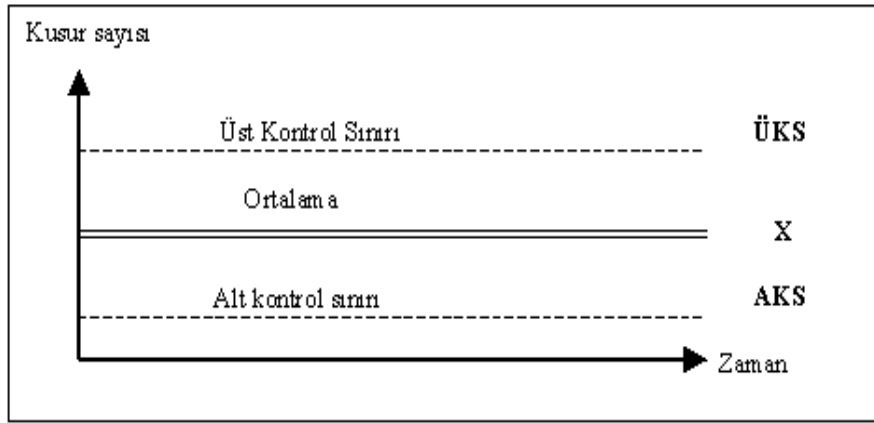
Kontrol grafiği prosesin varyasyonuna dayanan kontrol limitleri ve kontrol grafiğini kurmakta kullanılan tüm ölçümlerin ortalamasını temsil eden merkez çizgiye (centerline) sahiptir.

- İstatistiksel kontrol limitleri merkez çizginin üç standart sapma aşağısında ve yukarısında yerleştirilir.

³¹ a.g.e. s. 102.

³² Kobu, a.g.e. s. 132

- Sıkça işaretlenen özet istatistikler şunlardır: alt grup ortalaması, alt grup aralığı, alt grup standart sapması, hatalı yüzdesi, her üniteye ortalama hata sayısı, vb.
- Önemli karakteristikler, istatistiksel kalite kontrol grafikleri tarafından gözlenen proses çıktı örnekleridir.
- Tüm prosesler varyasyona sahiptir ve bunu gösterir. Varyasyon hataya ve düşük kaliteye sebep olur – bu istenen bir durum değildir. İstatistiksel kontrol grafikleri proses çıktısındaki varyasyonu gösterir ve takip eder ve üretim ve proses geliştirmesinde önemli bir araç olabilir.



Şekil 15: Kontrol Grafiği

Kaynak: Proses Yeterlilik Analizi <http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>

Niçin:

- Zaman içerisinde proses çıktısındaki varyasyonu göstermek ve kontrol altına almak
- Proses değişikliği olduğunda bunu tanımlamak
- Geliştirme için temel sağlamak
- Varyasyondaki rasgele etkileri özel etkilerden ayırmak
- Varyasyon sebeplerini atamada yardımcı olmak
- Devam eden esasa göre proses problemlerini tanımlamak

- Operatöre ne zaman harekete geçmeyeceğini ve sistemi çalışmaya bırakacağını söylemek
- Ürünün üretilmesine katkıda bulunan prosesleri kontrol etmek
- Proses varyasyonunu azaltmak ve hatalı ürünün üretilmesini engellemek
- Artıktan kurtarmak ve kaybı azaltmak

Ne zaman:

- Üretimin veya prosesin önemli karakteristiklerini ölçerken
- Gözleme dayanan bir sistemden önlemeye dayanan bir sisteme geçerken
- Sistemi daha tahmin edilebilir yapmak için sistemi dengede tutarken
- Sistemin yeterliliğini iyileştirirken
- Dizaynın veya prosesin değişikliğinin etkileyici olduğunu değerlendirirken ve kanıtlarken

Nasıl:

- Ölçülecek önemli karakteristik veya kalite karakteristiği tanımlanmalı
- Prosesin neresinde önemli karakteristiğin ölçüleceği tanımlanmalı; ve karakteristiğin ölçüleceği üretim prosesinde mümkün olduğu kadar önce bir zamanda olmalı
- Hangi kontrol grafiğinin kullanılacağı seçilmeli
- Örnek büyüklüğü ve ölçüm sıklığı belirlenmeli
- Ölçüm alınmalı
- Grafik üzerinde ölçümleri veya özet istatistikleri işaretlenmeli
- Noktalar birleştirilmeli

- En az 20 işaretlenen noktadan sonra, merkez çizgi ve kontrol limitlerini hesaplanmalı
- Kontrol dışı noktaları tanımlanmalı
- Varyasyonun özel sebepleri analiz edilmeli ve bunlar silinmeli
- Kontrol limitlerinin hesaplanmasından kontrol dışı noktalara denk gelen örnek verileri silinmeli
- Grafiğe yeni ölçüm noktaları eklenmeli ve kontrol içi noktalar kullanılarak kontrol limitleri tekrardan hesaplanmalı

Kontrol limitleri geleceğe doğru uzatılmalı. Önemli ve tanımlanabilir proses değişikliği olana kadar kontrol limitlerini tekrar hesaplanmamalı.

Yeni veri eklendikçe kontrol limitleri sürekli olarak kontrol limitleri değiştirilmemeli.³³

Kontrol Grafiği Türleri

Kalitenin sürekli değişkenlik gösteren niteliklere göre belirtilmesi halinde $\bar{x}$ σ ve R kontrol grafikleri, kalitenin süreksiz değişkenlik gösteren niteliklere dayanarak belirtilmesi ve üretim işlemini kontrol altına almak ve kontrol altında tutmak için, P,np,U,Nu veya C grafikleri kullanılır. Bazı üretim türlerinde ürünler kusurlu-kusursuz gibi bir kritere göre iki gruba ayrılabilir. Bu üretimde kusurlu ya da kusursuzluk süreksiz değişkenlik gösteren bir niteliktir.³⁴

A) Ölçülebilir (Niceliksel) Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri

X diyagramı ortalama sapmaları, R diyagramı ise homojenlikten sapmaları gösterir.

³³ Proses Yeterlilik Analizi <http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>

³⁴ **Özkan Ünver**, *İstatistiksel Kalite Kontrolüne Giriş*, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari Bilimler Akademisi Yayınları s.

A.1) X Diyagramları

$\bar{X}$ - δ Kontrol grafiği, kalitenin sürekli değişkenlik gösteren niteliklere (ağırlık, uzunluk, dayanıklılık vb.) göre belirtilmesi durumunda üretimin kontrol altında tutulabilmesi için kullanılmaktadır. $\bar{X}$ - δ Kontrol grafiği $\bar{X}$ ve δ kontrol grafiklerinin ikisinin birlikte kullanılmasıyla anlamlı sonuçlar verebilmektedir. $\bar{X}$; Üretimin ortalamalar yönüyle, δ ; da üretimin dağılım aralığı yönüyle kontrol altında olup olmadığını ölçmek amacıyla kullanılabilir. $\bar{X}$ - δ kontrol grafiğinde kullanılan semboller ve anlamları aşağıda gösterilmiştir.

X = Her gözlem sonunda elde edilen değer

$\bar{X}$ = Yığın üretimin genel ortalaması

k = Örnek grup sayısı

n = Örnek hacmi

δ = Standart sapma

δ = Standart sapmaların ortalaması

$A1$ = Tablodan elde edilen değer

$\bar{\bar{X}}$ = $\bar{X}$ ' ların ortalaması

$$\text{Üretimin ortalaması } (\bar{X}) = \frac{\sum X}{N}$$

$$\text{Standart sapma } \delta = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Standart sapmanın} \\ \text{Ortalaması} \end{array} \quad \delta = \frac{\sum \delta}{k}$$

$\bar{X}$ Kontrol grafiği

$$\text{MH} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$$

$$\text{ÜKS} = \bar{\bar{X}} + A_1 \cdot \bar{\delta}$$

$$\text{AKS} = \bar{\bar{X}} - A_1 \cdot \bar{\delta}$$

δ Kontrol grafiği

$$\text{MH} = \bar{\bar{\delta}} = \frac{\sum \delta}{K}$$

$$\text{ÜKS} = \bar{\bar{\delta}} + B_1 \cdot \bar{\delta}$$

$$\text{AKS} = \bar{\bar{\delta}} - B_1 \cdot \bar{\delta}$$

Bu diyagramlara bireysel diyagramlar adı da verilir. Zaman aralıklı veya oran ölçekli sayısal verilerin çizelgelenmesinde kullanılır. Hareketli yayılma bandı (moving range) diyagramları olarak da adlandırılırlar. X diyagramları zaman içinde örneklem aralıklarını gösterir. Proses ortalamasını izler. Verilerin alt gruplarını

toplayan ve değerlendiren R diyagramının tersine, X diyagramları prosesin göstergelerinin bireysel ölçülmüş sayısal büyüklüklerinin analizini içerir. X çizelgesinde noktalar limitler dışına çıktığında, proses kontrol dışına çıkmaktadır. Bunun nedenleri şunlardır:

- Kullanılan malzeme değişmiştir.
- Makinenin ayarı yanlışdır.
- Kullanılan teknik değişmiştir.
- Gereksiz veya yanlış operatör müdahalesi söz konusudur.³⁵

A.2) R Diyagramları

Kalitenin sürekli değişim gösterdiği özelliğe sahip olduğu durumlarda (boy, ağırlık, hacim v.b.) $\bar{X}$ -R kontrol grafiği kullanılmaktadır. R.kontrol grafiği $n < 10$ olduğu durumda δ kontrol grafiği yerine kullanılmaktadır. $n < 10$ olduğu takdirde δ kontrol grafiğinin kullanılması daha uygun olacaktır. $\bar{X}$ -R kontrol grafiğine ait sembollerin anlamları aşağıdaki biçimde ifade edilebilir;

n =Örnek hacmi

k =Örnek grup sayısı

X =Her gözlem sonunda elde edilen değer

$\bar{X}$ =Yığın üretimin ortalaması

$\bar{\bar{X}}$ = X 'lerin ortalaması

R =Dağılım aralığı

$\bar{R}$ =Dağılım aralığının ortalaması

A_2 =Tablodan elde edilen değer

$$\text{Üretimin dağılım aralığı ortalaması } \bar{R} = \frac{\sum R}{K}$$

³⁵ **Besim Akın**, *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri*, Bilim Teknik Yay., İstanbul, 1996, s. 84.

Üretim ortalaması $\bar{X} = \frac{\sum X}{K}$

$\bar{X}$ -R kontrol grafiğinin merkez hattı ve kontrol sınırları aşağıda gösterilmiştir.

$\bar{X}$ kontrol grafiği

$$MH = \bar{\bar{X}}$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$AKS = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

R Kontrol grafiği

$$MH = \bar{R}$$

$$\bar{ÜKS} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$AKS = D_4 \cdot \bar{R}$$

Değişken verilerin analizinde kullanılan temel kontrol diyagramlarıdır. X çizgisi ve r diyagramları olarak da adlandırılırlar. Zaman aralıklı veya oran ölçekli sayısal verilerin çizilmesinde kullanılır.

R diyagramı zaman içinde örneklem aralıkları gösterir. Muayene örneklemini içindeki en büyük ve en küçük değerlerin farklarını ifade eder. R diyagramının bir özelliği de süreçteki değişkenliği göstermektir.

X doğrusu ve R diyagramı birbiriyle örtüşür. Ölçümler bir proses karakteristiğini tamamlar ve sabit büyüklüklerinin “küçük” alt grupları (genellikle 2-5’ erlik alt gruplar) şeklinde kaydedilirler.

R çizgisinde noktalar limitler dışına çıktığında, bu değişkenlik miktarının göstergesi olup, kontrol şemasında noktaların limitleri dışına çıkmasının sebepleri:

- Tecrübesiz makine operatörü
- Makinede yetersiz bakım vs.dir.

B) Sayılabilir (Niteliksel) Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri

Bir örneğe X grafikleri uygulanmadığı zaman tipik olarak ve hatasız olarak sınıflandırılan örnek özellikleri ile ilgilenilmektedir. İyi/kötü, hatalı/hatasız, geçer/geçmez gibi özellikler dikkate alınmaktadır. Bu grafikler: np, c, u, p grafikleri olarak incelenmektedir. Özellikler için kontrol grafiklerinden şu bilgiler izlenmektedir;

np grafiği Toplam örnekteki kusurlu sayısı

c grafiği..... Ünite başına kusur sayısı

p grafiği..... Ünite başına kusurların oranı

u grafiği..... Ünite başına kusur oranı

B.1) P (Kusurlu Oranı)

P Kontrol grafiği kalitenin sürekli değişkenlik göstermediği mamulün kalite özelliklerinin kusurlu olarak ifade edildiği durumlarda kullanılmaktadır. P kontrol grafiği için büyük örnekler alınarak inceleme yapılmalıdır. P kusur oranı küçüldüğü takdirde bu duruma bağlı olarak örnek hacminin büyük tutulması gerekli olacaktır.

Söz gelimi; kusurlu oranı % 4 ise bu durumda $\frac{1}{0,04}=25$ olacağından $n>25$

olmasına dikkat edilmelidir.

B.2) Np (Kusurlu Sayısı) Grafiği

Kusurlu oranları yerine kusurlu sayılarıyla ilgilenildiğinde np kontrol grafikleri kullanılır. Örnek oranların hesaplanmasına gerek duymadığı için bu grafik

p grafiğine göre daha kolay gelebilir. np grafiği şekil olarak p grafiğinin aynısıdır. Sadece dik eksen kusurlu oranını değil de kusurlu sayısını temsil eder. Örnek hacmin değişken olduğu durumlarda p grafiği daha kullanışlıdır.

B.3) U Kontrol Grafiği (Birim Başına Kusur Sayısı)

Üretilen birimlerin kalite kontrolünde bir birimde rastlanan kusur sayıları esas alındığında U grafikleri kullanılır. Mesela televizyon üretimi için kalite kontrolünde 1 televizyon kusurlu-kusursuz diye bir ayrıma tabi tutulup kusurluların hemen iadesi yapılmaz. Bunun yerine tamir gerektiren kusur sayısı üzerinde durulur. Ürünün iadesini gerektirecek derecede önemli kusur çok nadiren görülür.

Bir birimde çıkacak kusur sayısı önceden bir standardın belirlenmesi düşünülemez. Çünkü üretici firmanın hedefi kusursuz mal üretmektir. Bu sebeple, u kontrol grafiklerinde sadece standartların belli olmaması hali söz konusudur.

B.4) C Kontrol Grafiği (Örnek Başına Kusur Sayısı)

Kalitenin sürekli değişkenlik göstermediği durumlarda mamulün kalite özellikleri kusurlulukla ifade edilmekte olup, bu gibi durumlarda C kontrol grafiği kullanılmaktadır. Bu kontrol grafiğinde kusur oranı yerine kusur sayısı araştırılır. Örneğin, TV üretiminde her televizyonun, TV standartları dikkate alınarak kaç kusuru olduğu tespit edilir. Bu kontrol grafiği için Poisson dağılımı göz önüne alınır.³⁶

Kalite Kontrol Grafiklerinin Kullanım Alanları

P ve C Kontrol grafiği elektronik ve mekanik araçların bilgisayarlarla birlikte kullanılmasıyla ölçülmesi sonucu ortaya çıkan kusurların tespitinde

kullanılmaktadır. P ve C Kontrol grafiği birçok parçadan meydana gelen elektronik eşya ve beyaz eşyanın kalite kontrolünün ölçülmesinde yaygın olarak kullanım imkânına sahip bulunmaktadır. Mamullerin kusur durumu göz önüne alınırken öncelikle kusurların birbirinden bağımsız olarak dikkate alınması gereklidir. Bir kusurun sonucu bir başka kusurun ortaya çıkması durumunda sadece bir kusurun dikkate alınması gereklidir.

Bilgisayar teknolojisinin üretim yönetiminde yaygın olarak kullanılması sonucunda mamullerin kusurluluk oranları hassas ölçümlerle ayrıntılı bilgilere sahip olarak yapılmaktadır. C kontrol grafiğinin tekstil sanayi başta olmak üzere, kağıt sanayinde geniş kullanım imkanı bulunmaktadır.

C Kontrol grafiği özellikle tekstil sanayinde, sentetik ve elyaf dokuma ve boyada metrekaeye düşen kusur sayısının belirli bir standarda göre ölçümünün yapılmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. C Kontrol grafiği elektrikli ve elektronik eşya üretiminde kalite kontrolü ölçümünün yapılmasını sağlamaktadır.

$\bar{X}$ - δ ve $\bar{X}$ - R Kontrol grafikleri; pil üretiminde pillerin dayanıklılık sürelerinin ölçümünde, yağ sanayinde yağların paket ağırlıklarının tespitinde v.b. alanlarda kullanılmaktadır. $\bar{X}$ - δ ve $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri, makina imalat sanayinde, torna tezgahlarının imalatının kalite ölçümünde yaygın bir kullanım alanına sahip bulunmaktadır.

Günümüzde teknolojiadaki büyük gelişmelere bağılı olarak bilgisayarlar üretim yönetiminde kalite kontrolünde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojisindeki büyük gelişmeler sonucunda bilgisayara dayalı dizayn (CAD) ve bilgisayara dayalı üretim (CAM) ile kalite kontrolünün daha kolay ve etkili olarak yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu duruma bağılı olarak daha hassas ölçümler sonucunda, kalite kontrol grafikleriyle daha etkili bir kalite kontrolü yapılabilmektedir.

³⁶ Kobu, a.g.e s. 121.

Böylece kalite kontrol grafikleri; başta elektronik sanayi olmak üzere, beyaz eşya, otomobil, tekstil, kağıt, yağ, deterjan, makina imalat sanayinde oldukça geniş bir kullanım alanı bulmuştur.³⁷

Kontrol grafiklerini düzenlemenin asıl gayesi prosesin zaman içindeki seyrini izleyerek proseste herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağı hakkında bir takım bilgiler elde etmektir.

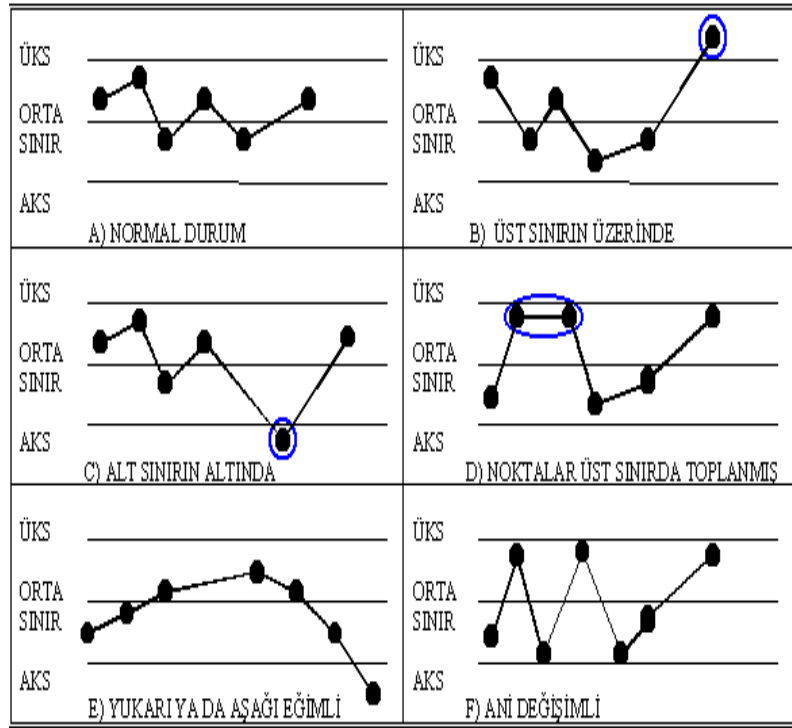
Kontrol grafikleri aksaklığı en kısa zamanda haber veren çok etkili bir araçtır. Unutulmaması gereken husus kontrol grafiklerinin sadece aksaklığın varlığını bildirdiği, onu bulup ortadan kaldıramadığıdır. Aksaklığını bulup ortadan kaldırılması, usta, teknisyen, mühendis veya benzeri bir başka yetkilinin görevidir.

Üretimde belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterdiği grafiklere “kontrol grafikleri” denilir. Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar “orta çizgi”, “üst kontrol sınırı” ve “alt kontrol sınırı”dır. Kalite özelliğinin ortalama değeri orta çizgi ile temsil edilir. Orta çizgi aynı zamanda “hedeflenen değer” olarak da ifade edilir. Kontrol sınırları ise öyle belirlenir ki, eğer üretim kontrol altında ise, örnek noktalarının hemen hemen tamamı bu çizgiler arasına düşecektir. Kontrol sınırları ve orta çizgi zaman eksenine paralel doğrularla gösterilirler.³⁸

Kontrol grafiğinde karşılaşılabilecek çeşitli durumlar Şekil 16’da gösterilmektedir.

³⁷ a.g.e , s. 127

³⁸ **Bircan** , a.g.e. s. 134.



Şekil 16: Kontrol Grafiklerinde Değişik Durumlar

Kaynak: **Özlem İpekgil Doğan**, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*” <http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

Kontrol grafiğine işlenen noktalar, kontrol sınırları arasında kalacak şekilde uzayıp gidiyorsa prosesin kontrol altında olduğu farz edilir ve herhangi bir müdahaleye ihtiyaç duyulmaz. Ölçüm değerlerini temsil eden bu noktalar arasında genellikle bir değişim gözlenir. Bu değişim sistematik bir eğilim göstermedikçe ve kontrol sınırlarını taşmadıkça sistematik bir hatanın varlığına işaret etmez. İncelenen kalite özelliğinin doğal değişkenliği ve küçük örnekler almadan kaynaklanan değişimler normal karşılanır. Ancak, kontrol grafiğine işaretlenen noktaların tamamı kontrol sınırları içinde olsa bile, eğer bu noktalar sistematik bir eğilim gösteriyorlarsa prosesin kontrol dışına çıkmış olabileceğinden şüphelenilir. Mesela, son 10 noktadan 8’inin orta çizginin yukarısında olduğunu farz edelim. Bu durumda bir şeylerin yanlış gittiği kanaatine varılır. Çünkü, proses kontrol altında ise noktaların orta çizgi etrafında tesadüfi bir dağılım göstermesi beklenir. Bu durum şekildeki kontrol grafiklerinde kısmen gösterilmiştir.

Kontrol grafiği üzerinde noktaların dağılımı **şekil 17-a’da** olduğu gibi bir dağılıma gösteriyorsa üretim prosesinde şu durumlar akla gelebilir. Belirli, zaman

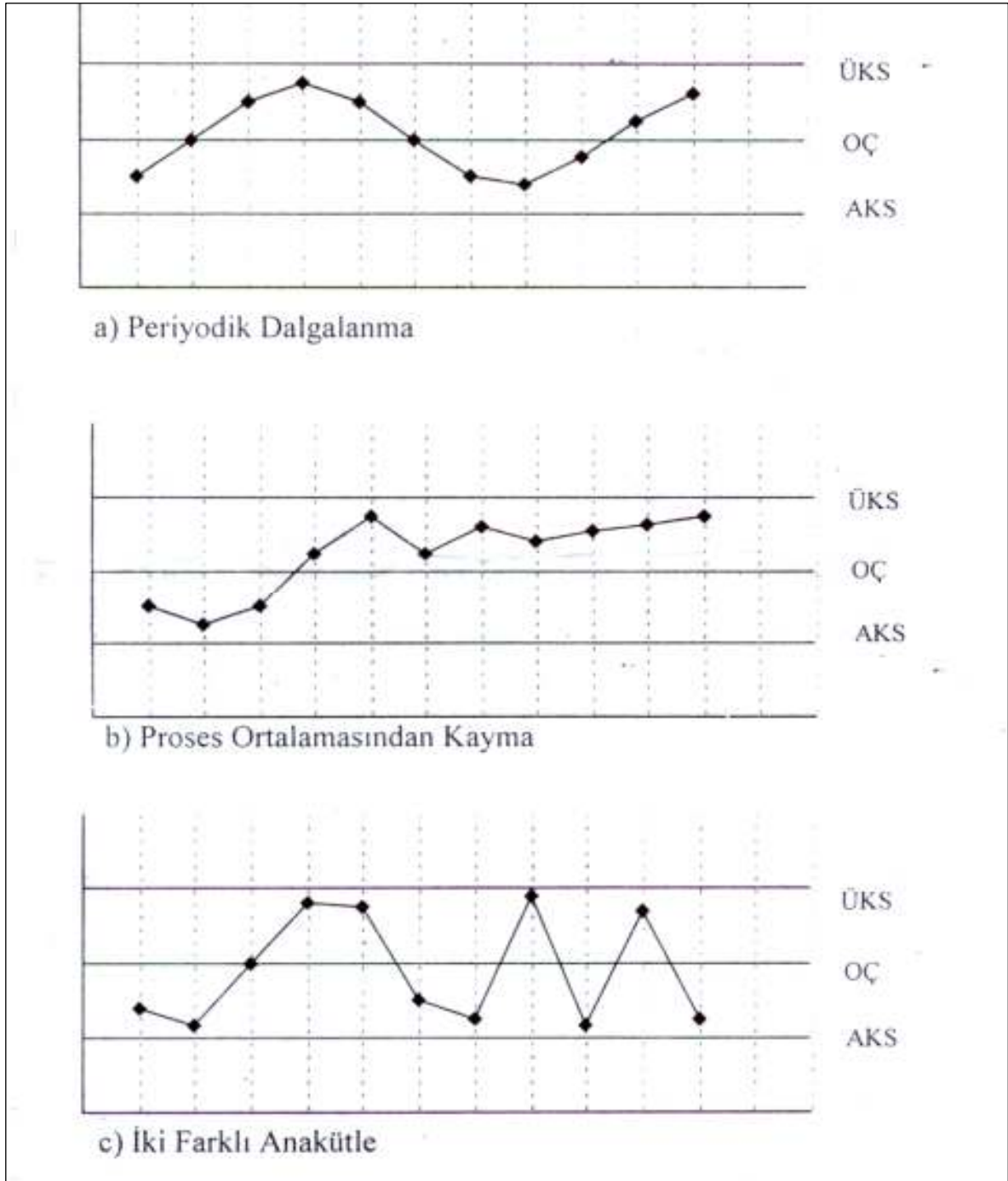
aralıklarında ısı, voltaj veya basınç vb. değişiklikler olmuştur. Operatör veya makine değişikliği gibi üretim ekipmanında zaman zaman değişimler söz konusudur.

Şekil 17-b durumunda proses ortalamasında bir kayma görülmektedir. Belli bir zaman sonra ölçüm değerleri orta çizginin bir tarafında düzenli olarak dağılmaktadır. Üretim prosesinde yapılan bir değişiklik ortamının değişmesine sebep olmuş olabilir. Bu durum kalite özelliğine göre bir iyileşme olabileceği gibi, daha kötü bir duruma geçilmiş olduğu anlamını da taşıyabilir.

Şekil 17-c durumu ise, iki farklı ortalama etrafında bir dağılımı akla getirir. Eğer noktalar kontrol limitlerine yakın ve orta çizgiden uzak olacak şekilde tesadüfi bir dağılımı gösteriyorsa iki farklı ana kütle durumu söz konusu olabilir. Proseste sık sık ayarlama yapılması böyle bir sonuca sebep olmuş olabilir.

Kontrol grafiğinde noktaların en az bir tanesi kontrol sınırları dışına çıkmış ise, üretime müdahale edilip üretim işlemlerinin yeniden incelenerek hatanın bulunması ve gerekli ayarlamaların yapılması istenir.³⁹

³⁹ **Bircan**, a.g.e., s. 135.



Şekil 17: Kontrol Sınırları İçinde Sistemik Hata Durumları

Kaynak: **Hüdaverdi Bircan- Selami Özcan**, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s.134-135-136.

3.5. Proses Ve Makine Yeterlilik Analizi

3.5.1. Proses Yeterlilik

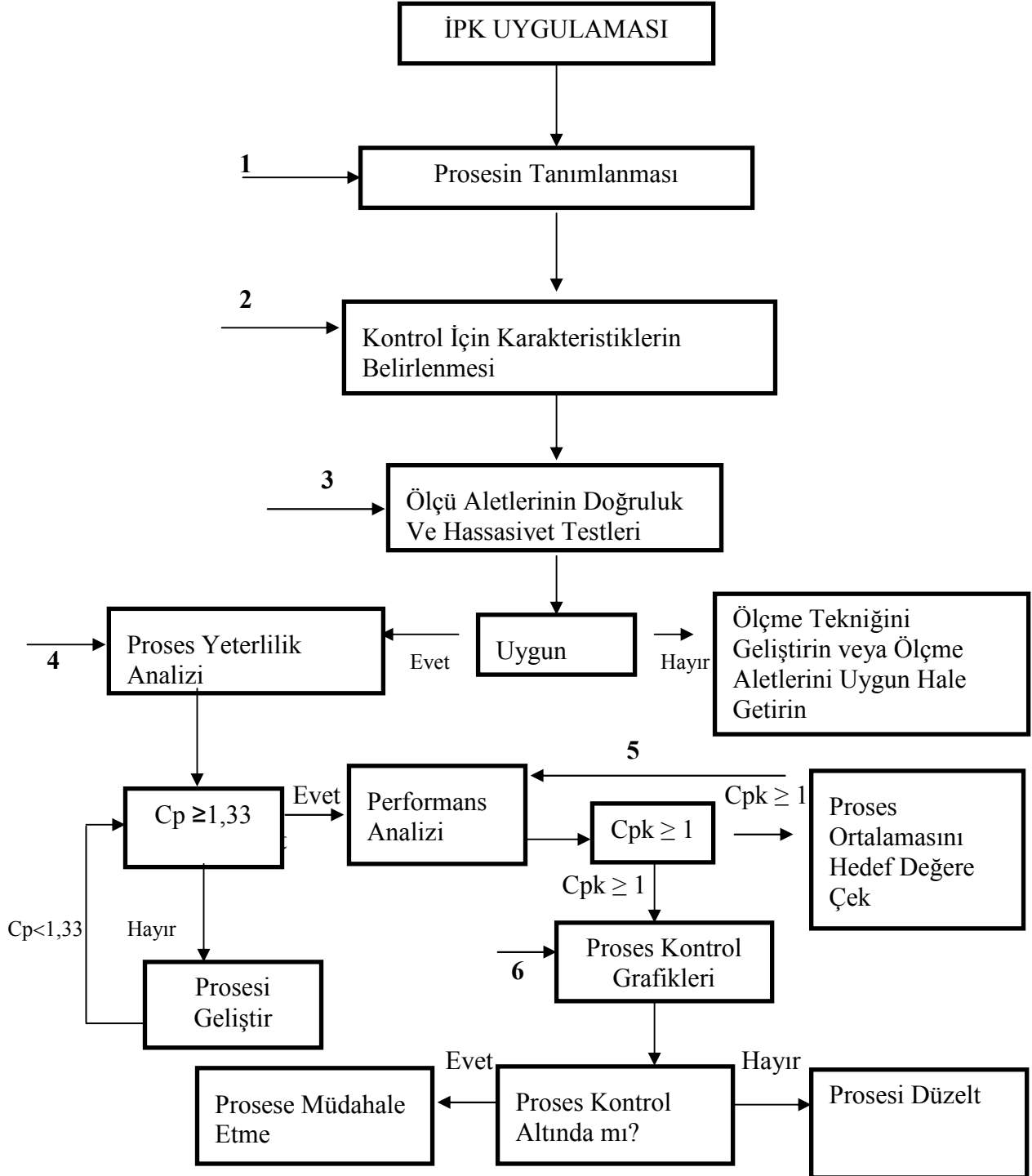
Proses, bir ürün veya hizmeti üretmek için gerek duyulan aşamaların tamamından oluşur. Bir başka ifadeyle proses, insan, makine/ekipman, hammadde, üretim metodu ve üretim ortamından bir ürün elde etmek üzere birlikte olmasıdır. Proses yeterliliği ise, belli bir zaman periyodunda mamul veya hizmetleri belirtilen özelliklere göre üretmek için prosesin yeteneğini ifade eder. Herhangi bir prosesin yeterliliğini belirlemeden önce prodesteki varyasyonun kararlı olması gerekir. Yani prosesin kontrol altında tutulması gerekir.

İstenilen seviyede bir üretimin gerçekleştirilmesi için üretim sisteminin her safhasında istatistiksel proses kontrol tekniklerinden faydalanılmaktadır. İstatistiksel proses kontrolü ile üretilcek mamulün standartları tespit edildikten sonra üretim prosesi üzerinde kontrol kurularak mamul standartlarından sapmalar, gerçekleşmeden önce tahmin edilebilmekte ve düzeltici önlemler alma yoluna gidilebilmektedir.

İstatistiksel proses kontrolü, üretimde herhangi bir prosese veya herhangi bir kalite karakteristiğine uygulanabilir. İstatistiksel proses kontrol çalışmasını altı aşamaya ayırabiliriz:

1. Prosesin tanımlanması
2. Karakteristiklerin belirlenmesi
3. Ölçüm aletlerinin test edilmesi ve kalibrasyonu
4. Proses yeterlilik analizi
5. Proses performans analizi
6. Kontrol grafikleri

Bir istatistiksel proses uygulaması Şekil 18'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 18: İstatistiksel Proses Kontrol Akış Diyagramı

Kaynak: **Hüdaverdi Bircan – Selami Özcan**, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s. 239.

Kontrol grafikleri ile hipotez testleri arasında yakın bir ilişki vardır. Esasında kontrol grafikleri prosesin istatistiksel yönden kontrol altında olup olmadığı hipotezini test eder. Bir prosesin üretim yeteneğini tanımlama yollarından birisi de proses yeterlilik analizidir. Proses yeterliliği “bir prosesin sağlayabildiği en az kalite değişkenliği” olarak tanımlanabilir. Proses yeteneği, insan, cihaz, malzeme, metot ve çevre gibi değişimlerden etkilenmektedir. Proses yeterliliğinin ilk adımı süreci tanımlamaktır. İkinci adım, spesifikasyonları tanımlamaktır. Spesifikasyonlar proses çıktısını ölçmeye olanak sağlayacak şekilde tanımlanmalıdır. Spesifikasyonlar müşteriler tarafından şartnamelerde belirtilir. Prosesin dağılımı şart namelerde belirtilen ölçüler karşılama durumundadır.

Spesifikasyon sınırları; mamul kalitesinin kabul edilebilir uç değerlerini belirten sınırlardır. Spesifikasyon sınırları, tüketici eğilimi göz önünde tutularak imalatçı tarafından veya büyük miktarda siparişe bağlanması halinde alıcı tarafından tespit edilir. Spesifikasyon sınırları her mamulün kalitesinin tespiti için bir ölçü olarak kullanılır. Bir siparişin karşılanmasında bu sınırların dışına çıkanlar reddedilir. Pazara sürülmek için yapılan imalatla ise mamulün niteliğine ve spesifikasyona aykırılık derecesine göre, kusurların giderilmesi, kusurlu olarak tenzilatlı satılması, ıskartaya çıkarılması veya yok edilmesine karar verilir ya da benzeri işlemlerden bir başkasına baş vurulur.⁴⁰

Proses yeterlilik analizinde temel istatistiksel problem, imalat sürecini kontrol altına almaktır. Aynı önemde bir başka problem de, hemen hemen tüm ürünlerin gerekli spesifikasyonlar sağlayacak şekilde prosesin ayarlanmasıdır.

Gelenek sebepleri yok etmeye yönelik olarak (genel nedenler: kalite programının niteliği, hammadde spesifikasyonu, makine ve araçların kalitesi nem derecesi, titreşim, aydınlatmayı kapsar.) Proseste yapılan değişiklikler, bir yetenek analizi sonucudur. Doğal tolerans limitleri ile spesifikasyon limitleri ve doğal

⁴⁰ **Necati İşçil**, *İstatistiksel Kalite Kontrolü Ders Notları*, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, 1971.

tolerans ağırlığı, spesifikasyon aralığı birbirleri ile kıyaslandığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

Hiçbir hareket yapılmaması: Eğer doğal tolerans limitleri, spesifikasyon limitlerinin iyi oturuyorsa, genellikle hiçbir şey yapmak gerekmez. Böyle durumlarda sıkça kontrol gevşetilir, geliştirilmiş kontrol diyagramı ya da P diyagramı, geleneksel X/R diyagramı yerine kullanılabilir.

Orta değerin ayarlanması doğal tolerans aralığı, spesifikasyon aralığı ile aşağı yukarı aynı ise, hemen hemen tüm ürünlerin spesifikasyon içine almanın yolu, sadece sürecin orta değer ayarının yapılmasıdır.

Değişkenliğin düşürülmesi: Genellikle en karışık işlemdir. Farklı ürün akışları, muayeneden önce belirli bir hatta birleşiyorsa, yapılacak iş her ürünün hattını kendi içinde belirli bir X standart değerinde kontrol altında tutmaktır. Bu işi basitleştirir, aksi takdirde değişim kaynaklarının analizinde yöntemlerin, aletlerin, malzemenin veya ekipmanın değişikliğinden kaynaklanan daha karışık bir yol izlenir.

Spesifikasyonların değiştirilmesi: bu bir tasarım problemidir, ancak kalite kontrol personeli tarafından da göz ardı edilmemelidir. Bu yazılı olarak şart koşulmuş standartların ihlal edilemeyeceğini gösteren bir kanıt olmamasındandır. Diğer taraftan, kalite kontrol ve imalat elemanları gerçek bir sorun yaratma riskini göze almadan bunları görmemezlikten gelemeyiz. Bazı durumlarda spesifikasyonlar, gereğinden daha sıkıdır. Bazen de küçük tasarım değişiklikleri, makine ya da alet değişimlerinden daha az masraflı, ya da makul olabilir. Ürünü tamamen üreticinin üretim yeteneğine göre yeniden tasarlama imkanı varsa, yapılmalıdır. 3 ve 4 numaralı maddelerde tasarım, imalat ve kalite kontrol fonksiyonları arasında yakın ilişki vardır. Bu kalite çemberlerinin arasındaki ana nedenlerden biridir.

Kayıplara teslim olmak: Eğer diğer tüm maddelerde başarısız olunursa, yönetim yüksek kayıp oranına hazır olmalıdır. Bu noktada dikkatler, hurda ve yeniden işleme masraflarına, üretim sürecinde uygulanacak ekonomik kontrol seviyesine ve ürünlerinde kabul olasılığı olduğu unutulmamalıdır. Bu durumda en

önemli şey, uygun süreç orta değerın bulunmasına yardımcı olmak üzere, ürün dağılımının tipinin ve şeklinin kestirilmesidir. Hemen tüm durumlarda sonuç kararların yönetim tarafından verildiğine dikkat edilmelidir.

W.A. Shewart, sınıflandırma ile ilgili olarak, ”Amaç sadece problemleri araştırmak değil, bulmaktır da. Bu bulma işlemi de doğal olarak sınıflandırmayı kapsar. Verilerini öncelikle rasyonel hipoteze bağlı olarak rasyonel alt gruplara bölmede başarılı olan bir mühendis, uzun vadede, böyle bir sınıflandırma yapmayan mühendisten daha başarılı olacaktır ” demiştir.⁴¹

Bir parçanın imalatı için seçilen ekipman çıkan ürünün kalitesini ve maliyetini etkileyen önemli bir etkidir. Eğer seçilen proses ekipmanı, çizilen toleranslarla belirlenen kalite hedeflerini karşılayabilecek ölçüde doğru ise, makul maliyetler ve kabul edilebilir kalite düzeyi beklenebilir. Eğer proses ekipmanı kalite hedeflerini istikrarlı bir şekilde karşılayamıyorsa, yüksek maliyetler, hurda ve yeniden işlenmiş malzemeler kaçınılmaz sonuçlardır.

Bazı işletmelerde tecrübeli imalat mühendisleri, işçiler ve ustabaşları uzun süren deneyimlerine dayanarak hangi makinenin hangi toleranslarda daha verimli çalışabileceğini söyleyebilirler. Ancak bütün işletmeler bu deneyime sahip olacak kadar şanslı değildir. Hatta proses ekipmanlarının yeterlilikleri hakkında çok şey bilinen fabrikalarda bile bilgi paylaşımının çok fazla olmadığı görülebilir.

Kalite kontrol programının uygun bir şekilde faaliyet göstermesi için, proses ekipmanlarının performans yeterliliği hakkındaki bu bilgi gereklidir. İşte bu sebepten dolayı bir çok fabrika, tüm ürün ve süreç kontrol programlarının anahtarı olan bu yeterliliklerin bilimsel araştırmasını yaptırmaya başlamıştır.

⁴¹ A.V Feigenbaum, *Total Quality Control*. McGraw-Hill Engineering Series. Third Edition, ss:778-779.

Proses yeterlilik analizinin amacı bir prosesin çıktısındaki değişkenleri değerlendirmek ve prosesin sürekli istenen nitelikte ürün verme kapasitesini saptamaktır. Proses analizinin odaklandığı nokta herhangi bir prosesin çıktısının değişkenliği ve bu değişkenliğin ne kadar değişken olduğudur. Değişkenliğin çoğu prosesi oluşturan elemanlardan kaynaklanır.

Proses, bir ürün veya hizmeti üretmek için gerek duyulan aşamaların tümüdür. Ortalama ve dağılma aralığı diyagramları yardımıyla prosesin kontrol altında bulunduğu belirlendikten sonra proses incelemesi yapılarak prosesin mamul spesifikasyonlarını karşılayıp karşılamadığı hususu araştırılır.

Proses yeteneğini, bir prosesin sağlayabildiği en az kalite değişimi olarak tanımlayabiliriz. Bir proses yeteneği, cihaz, materyal, insan ve çevre faktörlerine bağlıdır.

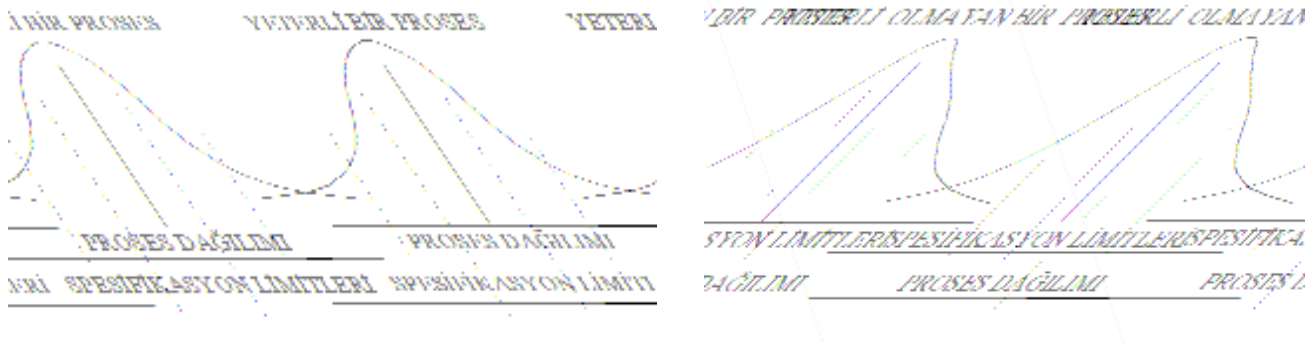
Proses yeteneği sayısal olarak spesifikasyon limitleri ve dağılım arasındaki ilişkiyi ifade eder. Proses yeterliliği sağlama işlemine, mevcut proses ve spesifikasyonların tanımlanması ile başlanır. Spesifikasyonlar mümkün mertebe proses çıktısını ölçmeye yönelik olmalıdır. Daha hassas sonuçlar elde edebilmek amacıyla olabildiğince değişken veriler ile çalışılmalıdır.

Proses kontrol altında tutulduğunda 6σ açıklığı tanımlanır ve bu “ Doğal Toleranslar” olarak adlandırılır.

Proses yeteneği ile prosesin toleranslara uygunluğu tahmin edilir.

- Örnek alma sıklıkları belirlenir.
- Taşeronlar arasında seçim yapmak için bir kriter sağlanır.
- Alınacak önlemlerle imalat prosesinde değişkenlik azaltılır.⁴²

⁴² S. Gözlü, *Endüstriyel Kalite Kontrolü*. Gümüşsuyu:İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1990,ss.167.



Şekil 19: Yeterli ve Yeterli Olmayan Proses

Kaynak: Hüdaverdi Bircan- Selami Özcan, Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas:Yargı Yayınevi, 2003 , s. 240

Herhangi bir prosesin yeterliliğini belirlemede aşağıdaki üç indeks kullanılmaktadır:

- Yeterlilik Rasyosu (C_{pk})
- Prosesin Potansiyel Yeterliliği (C_p)
- Prosesin Performansı (C_{pk})

Yeterlilik Rasyosu (C_r): Prosesteği genel değişkenliğin (6σ), spesifikasyon yayılımına oranıdır. Yeterlilik rasyosu verilen herhangi bir proses için % 75 veya daha fazla olmalıdır.

$$C_r = \frac{6\sigma}{\text{Spesifikasyon Yay.}}$$

Prosesin Potansiyel Yeterliliği (C_p) : Prosesteği gerçek ya da doğal sapmaların ölçümleriyle spesifikasyon limitlerinin kabullenilebilir yayılmalarını (üst spesifikasyonların limiti USL ve alt spesifikasyon limiti ASL) gösteren basit bir proses kapasitesi indeksidir. Burada prosesteği sapmalar 6σ ile gösterilir. Öyle ki bir prosesin tahmini standart sapması σ olarak kabul edilir .

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6\sigma}$$

Eğer bir proses istatistiksel kontrol altında ise prosesin standart sapması kontrol grafikleri kullanmak suretiyle hesaplanabilir.

$$\sigma = \bar{R} / d_2$$

$\bar{R}$ = Alt grup aralıklarının ortalaması

d_2 = Alt grup örnek büyüklüğüne göre tablo değerleri

C_p Değerleri Tablo 8.deki gibi yorumlanır.

C_p	Değerlendirme	Yorum
$C_p \leq 1$	Yetersiz	Proses yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
$1 < C_p \leq 1.33$	Kabul Edilebilir	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
$C_p \geq 1.33$	Yeterli (İyi)	Proses spesifikasyonları karşılar.

Çizelge 6: C_p Değerleri ve Yorumu

Kaynak: Hüdaverdi Bircan - Selami Özcan, *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003, s. 142.

C_p , prosesin dağılımı ile spesifikasyon genişliği ilişkisini gösterire de proses ortalamasının ($\bar{X}$), hedeflenen değerle ilişkisine bakmaz. Bu sebeple C_p 'ye genellikle potansiyel bir proses ölçümü olarak başvurulur.

Proses ortalaması spesifikasyonun orta noktası ile çakışmadığında C_r ve C_p proses yeterliliğini ölçmede yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda kullanılmak üzere prosesin performans indeksi, C_{pk} geliştirilmiştir.

Prosesin Performansı (C_{pk}) : Proses ortalamasının ÜSL ve ASL arasındaki uzaklığını ölçer ve dağılımın yarısının bir rasyosu olarak ifade edilir.

$$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{\text{ÜSL} - \mu}{3\sigma} \text{ veya } \frac{\text{ASL} - \mu}{3\sigma} \right)$$

C_{pk} avantajından dolayı endüstri işletmelerinin çoğunda ortak bir yeterlilik ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Çeşitli C_{pk} değerleri için verilerin yorumu çizelge 9'da verilmiştir.

$C_{pk} = 1$	Verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşıp.
$C_{pk} > 1$	Verilerin tamamı spesifikasyon limitleri içine düşer.
$0 < C_{pk} < 1$	Proses ortalaması spesifikasyon limitleri içindedir.
$C_{pk} = 0$	Proses ortalaması spesifikasyon limitlerinin birine eşittir.
$C_{pk} < 0$	Proses ortalamasının spesifikasyon limitlerinin dışında olduğunu gösterir.

Çizelge 7: C_{pk} Değerleri İçin Verilerin Yorumu

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

C_{pk} İndeksi çift taraflı spesifikasyon limitleri için kullanılmaktadır.

Tek taraflı spesifikasyon durumunda proses performans indisleri, C_{pu} (üst proses performansı) ve C_{pl} (alt proses performansı) şeklinde gösterilir.

$$C_{pu} = \frac{\text{ÜSL} - \mu}{3\sigma} \quad C_{pu} < 1 \text{ ise, prosesin yetersiz olduğu düşünülür.}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - \text{ASL}}{3\sigma} \quad C_{pl} < 1 \text{ ise, prosesin yetersiz olduğu düşünülür.}$$

C_{pk} , C_{pl} ve C_{pu} indisler sadece prosesin kabul edilir sınırlara göre sapmasını ölçmekle kalmaz aynı zamanda proses ortalamasının da durumunu sergiler.

İPK bir makinenin başında kontrol grafikleri ile bir karakteristiği takip etmesinin çok ötesindedir. Tek başına kontrol grafiği tutmak sadece gelişme potansiyelinin yüzeyini kazımak anlamına gelecektir. Ölçüm konusunu araştırarak yeterlilik ve proses performans analizleri yoluyla çalışanların katılımını sağlamak, bu yolla üretim prosesini daha derinlemesine incelemek kontrol grafikleri ile proses kontrol uygulaması etkin ve başarılı olacaktır.

Dünyada proseslerin iyi çalışıp çalışmadıkları, istenilen spesifikasyonlarda üretip üretmedikleri sadece bu değerin söylenmesi ile kişiler o proses hakkında karar verebilmektedir. Artık sözle biz en iyi çalışıp en iyiyi üretiriz kelimelerinin rakamsal desteklere ihtiyacı vardır bu da C_{pk} dir. C_{pk} si 1.00 altında çalışan bir proses her zaman doğruyu üretiyor demek mümkün değildir. 1.33 üzerinde olması kabul edilir.

3.5.2 Makine Yeterlilik

İşletmeler ürünün oluşturulmasında çeşitli makine ve teçhizatlar kullanmaktadır. Kullanılan makineler ekonomik ömürlerini doldurdıklarında veya yıpranmaya başladıklarında performansları düşer ve değiştirilmesi gerekir. İşletmeler ekonomik nedenlerden, bazı durumlarda bir süre daha bu tür makineler ile üretime devam etmek zorunda kalabilirler. Bu durumda, söz konusu makine veya makineler sürekli olarak izlenmeli ve üründe müsaade edilenin dışında sapma oluşması durumunda, makine durdurularak gerekli bakım ve ayarlar yapılmalıdır. Bu uygulama işletmenin makineyi yenilemesine kadar devam ettirilmelidir. Makinelerin yıpranması durumunda süreç yeterlilik indekslerinin hesaplanabilmesi için farklı bir yöntem gerekmektedir. Makinelerin yıpranması durumunda prosesten elde edilecek veriler ile yeterlilik indekslerinin nasıl hesaplanabileceğine rehberlik edebilecek yöntem sunulmuştur.⁴³

Makine yeterlilik indeksi kısa zaman süreci içinde küçük sayıda numune verileri ile operasyon potansiyelini belirlemek için kullanılır. Makine yeterlilik indeksinin hesaplanma tarzı proses yeterlilik indeksine benzerdir. Yalnız bu indeks bize özel nedenleri göstermez.

Makine yeterlilik indeksi çalışmaları sadece makinenin kendisinden meydana gelen değişimleri tahmini olarak belirlemek için kullanılır. Diğer operasyonlardan gelen etkileri yansıtmaz. Makine yeterliliğinde amaç $\pm 4\sigma$ 'nin spesifikasyon limitleri içerisinde kalmasıdır.

Makine yeterlilik indeksinde C_m ve C_{mk} indeksleri kullanılmaktadır.

$$C_m = \text{Belirlenen toplam tolerans} / 6\sigma$$

$$C_{mk}^{\text{üst}} = (\text{belirlenen üst limit} - X_{ORT}) / 3\sigma \text{ ve}$$

⁴³ **Bircan**, a.g.e, s. 247

$C_{mk\text{ alt}} = (X_{ORT} - \text{belirlenen alt limit}) / 3\sigma$ formülleri ile hesaplanır.⁴⁴

Makine yeterlilik indeksinin hesaplanabilmesi için gereken şartlardan birisi de, prosesin özel sebepten oluşan değişkenlikten arındırılmış olmasıdır. Özellikle pahalı makineler kullanılarak yapılan üretimlerde işletmeler, yüksek maliyete neden olacağından yıpranmaya başlayan makineleri yenilemeden bir süre daha kullanmak isteyebilir. Makinelerin bazı parçaları elden geçirilerek, daha sık ayarlamaları yapılarak veya başka birtakım önlemler ile bu tür makineler ile bir süre daha üretime devam edilebilir. Makinelerdeki yıpranmadan dolayı özel sebepten oluşan bir değişkenlik söz konusu olacağından, proses yeterlilik indekslerinin güvenilir olarak hesaplanması mümkün olmayacaktır. Bu durumda, tespiti mümkün özel sebebin mevcut olmasında, proses yeterlilik indekslerinin hesaplanabilmesi sorunu ortaya çıkmaktadır.

Proses özel sebepten oluşan değişkenliğe sahip olduğunda, hesaplanacak proses yeterlilik indeksleri sürekli olarak değişik sonuçlar verir. Bu sebepten, proses yeterlilik indekslerinin tahmin değerleri, gerçek proses yeterliliğini belirleyebilecek güvenilirlikte olamayacaktır. Burada makine yıpranması sonucunda, pozitif yönde artış gösteren sistematik bir sebepten oluşan değişkenlik söz konusudur.

Makine yeterlilik indekslerinin hesaplanması proses yeterliliğindeki hesaplamalar gibidir. Bu indeksler özel sebepleri göstermezler. Kısa süre içinde küçük sayıda numune verileri ile operasyon potansiyelini belirlemek için kullanılır. Kısa zaman süreci için yapılan bu tür çalışmalar sadece makinenin kendisinden gelen değişimleri tahmini olarak belirlemede kullanılır. Zaman içinde diğer operasyonlardan gelen etkileri yansıtmaz. Makine yeterliliğinde amaç $\pm 4\sigma$ nin spesifikasyon limitleri içinde kalmasıdır. Makine yeterlilik endekslerinin hesaplanma şekli proses yeterlilik tarzına benzemektedir. Her iki yeterliliğin hesaplanma tarzı mantık ve analiz tekniği olarak aynıdır. Proses yeterlilik endeksleri C_p, C_{pk} iken

⁴⁴ Akın, a.g.e, s. 76

makine yeterlilik indeksleri ise C_m , C_{mk} olarak gösterilir. Formülleri hesaplama tarzı her ikisinde aynıdır.

Kısa dönemli (makine)yeterlilik endeksini C_m , uzun dönemli (proses)yeterlilik endeksi C_p ile gösterilir.

Bir prosesin yeterli kabul edilmesi için C_p 'nin 1'den büyük 'nin de 1.33ten büyük çıkması gerekir.

Şayet spesifikasyon limitleri $\pm 3\sigma$ alınırsa C_m ve C_{mk} endeksleri 1'e eşit olur, $\pm 4\sigma$ alınırsa C_m ve C_{mk} endeksleri 1.33 bulunur.

$$C_m = \frac{USL - ASL}{6\sigma}$$

$$C_{mk \text{ üst}} = (\text{Belirlenen Üst Limit} - \text{Ortalama})/3\sigma$$

$$C_{mk \text{ alt}} = (\text{Belirlenen Alt Limit} - \text{Ortalama})/3\sigma$$

Makine yeterlilik analizinin yorumlanması:

- Çizilen çan eğrisinin her iki ucu da spesifikasyon sınırlarını kesmiyorsa makine yeterli ve %99.99 uygun parça üretiyor demektir.
- Spesifikasyon sınırlarının bir veya her iki ucu dışına çıkmışsa makine veya tezgah yetersiz demektir. Orijinal yatay çizgiyi paralel olarak kaydıracak şekilde prosesin yayılımı veya hem yayılımı, hem de ortalamasındaki sapmalar kontrol altına alacak önlemler alınmalıdır.
- Makine yetersizse istatistik seriye ait verilerin dağılımı ve standart sapması çok büyük demektir. Bu durum makinenin hatalı konumlandırılması, kompleks ve çok hassas işleme toleransları, yatak aşınması vs. gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Makine ve tezgahlarda önlemler alınırsa $\pm 4\sigma$ limitleri içine yerleştirmemiz mümkün olur.

- Yatay çizginin $\pm 4\sigma$ yi kestiği noktalar arasındaki mesafenin orta noktası ortalamayı verir.
- Yatay çizginin $\pm 4\sigma$ yi kestiği noktalar arasındaki mesafe tahmini $\pm 8\sigma$ yeteneğini verir.

Genel olarak operasyonlar normal dağılım gösterir fakat bazı hallerde normal dağılım göstermezler. Bu durumlar:

- Yuvarlaklık, düzlemsellik ve tek taraflı sıfır olan özellikler genellikle kaçık bir durum göstermektedir.
- Hiçbir standarda uymayan kompleks dağılımlar. Takımların aşınmasından dolayı meydana gelen ortalamanın yer değiştirmesi normal olmayan dağılımlara neden olur. Birbirine benzeyen birkaç makine veya operasyonlar normal dağılmamış olabilir veya ayrı ayrı her bir tezgahın ürünleri normal dağılmayabilir. Tezgah durmaları her zaman normal olmayan dağılım göstermektedirler.
- Bir makinenin ürününün dağılımı normal olmamasına rağmen değişim özel nedenlerden kaynaklanabilir. Hasarlı bir takım veya parçayı yerleştirirken çapak kalması sonucu böyle bir normal olamayan dağılım gösterebilir.

C_m , C_{mk} endeksleri hesaplamasında düz çizgi metodu geliştirilmiştir. Düz çizgi metodunun kullanılma sebepleri:

- Düz çizgi metodu, normal dağılıma uyumu görsel olarak daha iyi açıklar.
- Enterpolasyon ve İnterpolasyon hesaplamalarına daha uygundur.
- Ferdi hataların ve ölçümlerin düzeltilmesi düz çizgi metodunda daha kolaydır.

Makine yeterlilikte düz çizgi metodunun uygulama aşamaları:

- Öncelikle numune sayısının tespiti (bu sayı genellikle 50'dir), proses normal dağılım göstermiyorsa numune sayısı en az 50 olmalıdır.

- Kullanılan bütün malzemenin spesifikasyon içinde olduğundan emin olunmalıdır.
- Ana kütleden alınan örnekler ardışık olarak alınmasına dikkat edilmelidir.
- Çıkan parçalar ölçülerek çetele tablosuna işlenmelidir.
- Ölçüm aletlerinin toleransı 1/10 hassasiyetinde olmalıdır.
- Spesifikasyon limitleri çizilmelidir.
- Her ölçüm sonucuna frekanslar ve kümülatif frekanslar yazılmalı ve yüzde değerleri hesaplanmalıdır.
- Hesaplanan bu yüzde değerleri ok istikameti izlenerek çizelgenin sol kısmından başlanarak işaretlenir.
- Makine yeterlilik analizi formunun solundan başlayan ok takip edilerek dikey kümülatif frekans çizgisi ile kesiştiği yer işaretlenir. Bu işlem kümülatif frekansların tümü için uygulanır (%100'e işaret konmaz).
- İşaretlenen noktalar düz çizgi şeklinde ise bu noktaların ortasından geçecek olan düz çizgi çizilerek $\pm 4\sigma$ çizgisini kesecek tarzda sıfır ile 100 çizgi arasında uzatılarak devam ettirilir.
- Elde edilen çizgi düz bir hat ise bu durumda makine yeterlidir denilir.

Yeterlilik çalışmalarının kullanıldığı durumlar; bir prosesin kapsamlı incelenmesi aşamasında, yeni bir proses veya makinenin performansını ölçmeye yönelik çalışmalarda veya buna benzer durumlarda uygulanır.

Makine veya tezgah yetersizliğine sebep olan ana nedenlerin kaynakları; standart sapması veya ölçüm aralığı büyüktür, bu düzeltilmeli; makine veya tezgahın kendi içindeki toleranslarında meydana gelen değişimlerin kontrolü ile (yatak aşınmasının kontrolü) ve makine ve tezgahın yetersizliği ortalama değerin yüksek veya düşük olmasından kaynaklanabilir. Bu durumda ortalamanın ayarlanması gerekir.⁴⁵

⁴⁵ Bircan, a.g.e., s. 247.

3.6 İstatistiksel Kalite Kontrolünün Uygulanmasında Ve Sürekli Kalite Geliştirilmesinde Karşılaşılan Sorunlar

Sürecin kontrol altına alınması ile istatistiksel süreç kontrolünün görevi sona ermemektedir. Sürecin kontrol altında çalışmasının sağlanmasından sonra süreçteki rassal nedenler belirlenerek süreçte geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. İstatistiksel kalite kontrol uygulamalarında bu noktaya dikkat edilememekte ve rassal nedenler ile özel nedenler doğru bir biçimde ayırt edilemediğinden de çalışmalar gerçekçi olmamaktadır.

İşletmelerde istatistiksel kalite kontrolün uygulanabilir hale geçebilmesi için yönetimin destek olması gerekmektedir. Üst yönetim çalışanların istatistiksel kalite kontrol yöntemlerini öğrenmeleri için destek sağladığı kadar ölçüm ekipmanları için de finansal destek sağlanmalıdır. Yönetim; istatistiksel kalite kontrolünün bir iki aylık bir iş olmadığını, kaliteyi geliştirmenin sürekli bir faaliyet olduğunu bütün çalışanlarına anlatmalıdır. İstatistiksel yöntemlerin uygulanması için uygun koşullar sağlanmadığı sürece istatistiksel yöntemlerden yarar sağlanamamaktadır. Yönetim; istatistiksel kalite kontrol araçlarını tanımalı ve bunların kullanılabilmesi için yöneticileri ve çalışanları eğitilmeli ve bu araçların problemlerin çözümünde kullanmaları için desteklemelidir.

İşletmede istatistiksel kalite kontrol yöntemleri ilk defa kullanılıyorsa, tüm süreçte bu yöntemlerin uygulanmaya geçilmesinden önce belirli noktalarda uygulanmalıdır. Bu noktaların belirlenmesinde en çok yarar sağlayacak noktalar tercih edilerek, yönetimin ve işçilerin istatistiksel kalite kontrol yöntemlerini benimsemelerinde kolaylık sağlanabilir. Bütün işçilerin istatistiksel kalite kontrol yöntemleri hakkında eğitilmeleri şarttır. Bütün çalışanlar istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin niçin uygulandığını, kaliteyi ve süreç geliştirmeye ne gibi katkılarının olduğu ve kendilerine ne ölçüde yarar sağlayacağını anlamaları gerekmektedir.

İstatistiksel kalite kontrol çalışmalarının anlamlı olabilmesi için ölçüm sistemleri doğru, yinelenebilir ve üretilebilir olmalıdır. Ölçüm sistemlerinin gerekli

güvenirlilikte çalışması sağlanmadığı durumda istatistiksel kalite kontrol yöntemleri sonucunda elde edilen veriler de güvenilir olmamaktadır.

İstatistiksel kalite kontrol yöntemleri; işletmelerde bu yöntemlerin uygulanabilmesi için gerekli alt yapı sağlanmadan işletmede uygulamaya geçirilirse; istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinden istenen yarar sağlanamamaktadır. İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin işletmede uygulamaya geçirilmesinden önce; işletmede bu yöntemlerin uygulanabilmesi için uygun ortamın sağlanmış olması gerekmektedir. İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin işletmeye uygun olanlarının belirlenerek, işletmeye uygun olan yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir. İşletmeye uygun olmayan istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin kullanılması işletmeye ek maliyet, zaman ve emek kaybına neden olacaktır.

Juran; istatistiksel kontrol araçlarının uygulanmasında problem veya sonuç odaklı yaklaşım yerine araç odaklı yaklaşımın benimsenme tehlikesinin olası olduğu belirtilmiştir. İstatistiksel kalite kontrol araçlarından yararlanırken; İlk olarak amaçların belirlenmesi gerektiğini ve amaçların belirlenmesinden sonra da uygun araçların seçilmesiyle bu amaçlara ulaşılması için planlamanın yapılması gerekmektedir. İlk olarak problemler tanımlanmalı ve problemin tanımı doğrultusunda uygun olan aracın belirlenmesi ile probleme çözümler aranmalıdır. İşletmelerin araç odaklı bir yaklaşımı benimsemeleri; işletmelerin istatistiksel kalite kontrol araçlarının uygulanmasının başarısızlıkla sonuçlandıracaktır. Çalışanlara süreç geliştirmesi için istatistiksel araçlar hakkında eğitilmeler yeterli olmamaktadır. Bu süreçte hangi projelerin benimseyeceğinin belirlenmesi ile bu projelerde sorumlulukların atanması ile ve gerekli kaynakların sağlanması ile süreçlerde istatistiksel kalite kontrol araçlarının kullanılmasına geçilmesi gerekmektedir.

İshikawa, “What is Total Quality Control” adlı kitabında, endüstrilerde istatistiksel yöntemlerin kullanımına ilişkin olarak karşılaşılan sorunları; yanlış veya yetersiz verilerin toplanması, veri iletiminden doğan hatalar, aritmetiksel hatalar, anormal değerler ve yöntemlerin sınırlı kullanımı ve yanlış uygulamalar olarak sıralamıştır.

Deming'in 14 ilkesinin uygulanmasında güçlükler ile karşılaşılabilir. İşletmelerde amaç birliğinin eksikliği, amaçların kısa dönemli olarak oluşturulması, sürekli süreç geliştirme politikasının kabul edilmesindeki başarısızlıklar, yıllık performans değerlendirme sistemlerinin oluşturulması, hızlı sonuçlar üzerinde odaklanılması, yönetimde fiziksel yöntemlerle ilgilenilmesi ve fiziksel olmayan araçlara önem verilmemesi Deming'in 14 ilkesinin uygulanmasını güçleştirmektedir. Kalite ile ilgilenen yöneticilerin yönetim anlayışında değişimi benimsemeleri ile engeller kaldırılabilir ve sürekli gelişim sağlanabilecektir. Süreçlerde kalitenin geliştirilmesi; tüm çalışanların kalite geliştirme araçlarını anlaması ile başarıya ulaşabilir. Kalitenin herkesin görevinin olması; kaliteyle ilgili çalışmaların yapılabilmesini engelleyebileceği belirtilmiştir. Bundan dolayı yönetim; kalite sorumluluklarının tanımını yaparak işletmedeki bütün birimlerin ve çalışanların süreç geliştirme çalışmalarına katılımı sağlanmalıdır.

Kalite geliştirme çalışmalarında engelleri; yönetimden kaynaklanan, iletişim eksikliği, eğitim eksikliği, kaynakların yetersizliği ve yanlış anlayışlar olarak belirtilebilir. Yönetimden kaynaklanan engellerin başında; yönetimin süreç ve ürün kalitesini geliştirmenin gerekliliğine inanmamış olması gelmektedir. Yönetimin çalışmalar için yeni araçları ve yöntemleri benimsememesi ve desteklememesi kalitenin geliştirilmesini engellemektedir. Yönetimin; kalite geliştirme çalışmalarından hızlı sonuç almak istemesi ve bu çalışmaların uzun bir süreyi kapsadığını ve sürekli olduğunu göz ardı etmesi, amacın doğru ve net bir biçimde ortaya konulmaması işletmelerde kalite geliştirilmesini olumsuz yönde etkilemektedir. İşletmelerde iletişim eksikliği ve müşteri gereksinimlerinin doğru biçimde belirlenememesi; kalitenin geliştirilmesi gereken alanların belirlenmesini engelleyecektir. Kalite geliştirme çalışmalarının başarısında çalışan işçilerle, tedarikçilerle ve müşterilerle iletişimin sağlanmış olması önemlidir. Kalite geliştirme çalışmalarında; çalışanların gerekli eğitimi almış olmaları, temel araçların benimsemeleri ve çalışanların bu araçları kullanılmaları için motive edilmiş olmaları gerekmektedir. Kalite geliştirme yöntemlerinin uygulanabilmesi için gerekli kaynaklar gerekli alanlara aktarılmış olmalıdır. Kaynakların sınırlı olması kalite

geliştirilmesini olumsuz yönde etkileyecektir. Yanlış önlemlerin ve araçların kullanılması yanlış sonuçların alınmasını getirecektir. Süreç ve kalite karakteristikleri ile ilgili sürekli olarak verinin izlenmesi gerekmektedir. Bu verilerin sürekli izlenmesi ile kalitenin geliştirilmesi gereken alanların belirlenmesi ve yapılan çalışmaların getirdiği iyileştirmelerin görülmesi olası olacaktır. Değişime karşı gösterilen direnç kalitenin geliştirilmesini engelleyebilmektedir. İstatistiksel yöntemlerin kullanılmasından korkulması ve yöneticilerin bu yöntemlerin işletmelerinde uygulanabileceğine inanmaları kalite geliştirme araçlarının sağlayacağı desteğin azalmasına neden olmaktadır. İşletmelerde kalite geliştirme çalışmalarına gidilmemesinin bir nedeni de, işletmelerdeki problemlerin işletme için tehdit edici bir öge olarak görülmemeleridir. Kalite geliştirme çalışmalarında planlamanın yapılmaması durumunda bu çalışmalardan istenen sonuçlar elde edilememektedir. Kalite geliştirme çalışmalarında başarısızlıkta işletmelerin süreç ve ürün kalitesini geliştirmenin sağlayacağı yararları inanmamalarına neden olmakta ve işletmeleri kalite geliştirme çalışmalarından uzaklaştırabilmektedir.

Toplam kalite yönetimini uygulayan işletmeler; toplam kalite yönetimini uygulamayan işletmelere oranla daha fazla istatistiksel teknik kullanmaktadırlar. İşletmelerin istatistiksel teknikleri kullanmaya geçmeden önce toplam kalite yönetimi anlayışını benimsedikleri görülmektedir. İşletmelerin toplam kalite yönetimini uygulamaya geçirirken istatistiksel tekniklerin kullanımını da artırmalıdır. İşletmelerin kalite kontrol sonuçlarını değerlendirmek için kullandıkları tekniklerin başında sezgisel değerlendirme yöntemleri gelmektedir. Süreç makine yeteneği ve kalite indeksi gibi göstergelerin kullanımı ise çok düşük oranlarda kaldığı görülmektedir. İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerini uyguladıklarını belirten işletmelerin bile bu teknikleri tam anlamıyla ve bilinçli olarak uygulamadıkları belirtilmektedir.⁴⁶

⁴⁶ a.g.e. s.39-42.

IV. BÖLÜM: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu literatür araştırmasında İPK' nın farklı ölçeklerdeki işletmelerde uygulamalarını ortaya koyan bilimsel makaleler ve lisansüstü tezler incelenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında incelenen makale ve tezler aşağıda sunulmuştur.

Bircan ve Gedik (2003), yaptıkları çalışmada istatistiksel proses kontrolü ve Sivas Dikimevi'nde proses aşamasında alınan verilerle uygulamalar yapılarak, üretim safhasında meydana gelen hataların önceden belirlenen spesifikasyonlara uygun olup olmadıkları araştırılmıştır. Alınan veriler, Dikimevi'nden 01.01.2001-30.06.2001 tarihleri arasında alınan 24 haftada 75 adet, toplam 1800 adet Rüzgar ceket hataları ile ilgilidir. Sonuç olarak; Dikimevi'nde, ISO 9002 çalışmaları karşılığı olan AQAP 120 çalışmaları sonucunda kalite kontrol sistemleri oluşturulmuş ve bu sayede belirli bir kalite seviyesine ulaşılmıştır.⁴⁷

Çelik (1998), yaptığı çalışmada, Oklu Ltd. Şti ele alınmıştır. Birçok şirkette olduğu gibi uygulama yapılan bu şirkette de kaliteyi olumsuz yönde etkileyen önlenemez faktörler mevcuttur. Bu faktörler içerisinde olumsuzluğa neden olan en önemli hata Pareto Diyagramı yardımıyla seçilmiş ve bu hatanın görüldüğü tezgahlarda, istenilen kalite spesifikasyonu için makine ve proses yeterlilik çalışmaları yapılmıştır. Bu hataya sebep olan faktörler tespit edilerek düzeltici ve önleyici faaliyetler araştırılmıştır. Son olarak da gerekli önlemler alınarak prosesin yeterliliği sağlanmış ve prosesin sürekli kontrol altında tutulması için kontrol kartları hazırlanmıştır.⁴⁸

⁴⁷ **Hüdaverdi Bircan - Hasan Gedik**, "Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme" , *Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2, 2003, s.69-79.

⁴⁸ **Leyla Çelik**, "İstatistiksel Proses Kontrolü ve Uygulaması". *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Yüksek Teknolojileri ve Fen Bilimleri Enstitüsü , 1998.

Çoğumlu (2002), yaptığı çalışmada Toplam Kalite Yönetimi çerçevesinde, İPK'nın bir otomotiv yan sanayisi olan İnci Exide Akü San. A.Ş.'de akü üretim proseslerinde kullanılabilirliği test edilip görülen aksaklıkların düzeltilmesi için zemin hazırlanmaya çalışılmıştır. Yapılan araştırmada, daha aza hatalı ürün üreterek sektörde ve işletmede verimliliğin artırılması için öneriler de yer almaktadır.⁴⁹

Erdil (1997), yaptığı çalışmada, TRANSTEK A.Ş.'de kronik bir sorun haline gelen galet kalınlıkları hatalarını engellemek için sac dilme makinesine uygulanan X/R kontrol kartları sonucunda proses kontrol altına alınarak değişimler kartlarda izlenir hale gelmiştir. Çapaklanma tamamen kontrol altına alınarak, galet kalınlığı birinci sorun halinden çıkarılmıştır.⁵⁰

Gökçe (1998), yaptığı çalışmada, Tee Sultançiftliği İşletmesinde yapılmış olan pilot uygulama anlatılmaktadır. İPK çalışmalarının en önemli araçlarından biri olan Kontrol Diyagramları incelenmiştir. İPK uygulaması için izlenmesi gereken bir faaliyet planı geliştirilmiştir. Prosesin tanımlanması ile başlayan bu planda kontrol altında, kontrol altında tutulacak karakteristiklerin belirlenmesi, ölçme alet ve yöntemlerinin seçimi, tezgah ve yeterlilik analizleri gibi faaliyetlerle ilgili yapılması gereken işlemler sıralanmıştır.⁵¹

Kaya ve Ağa (2003), yaptıkları çalışmada, motor ve traktör imalatı yapan bir işletmede istatistiksel proses kontrol araçlarının kullanılması ile kalite iyileştirme

⁴⁹ **Gürhan Çoğumlu**, “*Toplam Kalite Yönetimi Çerçevesinde Kalite Kontrol Tekniklerinden İstatistiksel Proses Kontrolü ve Bir Uygulama*”. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002.

⁵⁰ **Oya Erdil**, “*İstatistiksel Proses Kontrolü ve İşletme Uygulaması*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü”, 1997.

⁵¹ **Ahmet Gökçe**, “*Toplam Kalite Anlayışı İçinde İstatistiksel Proses Kontrolün Rolü ve Kalite Geliştirme Amaçlı Uygulanması*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.

ve geliştirme süreci incelenerek, bu teknikler yardımı ile işletmenin kalite gelişimini olumsuz yönde etkileyen faktörler belirlenmiş ve bu faktörlerin ortadan kaldırılması için sebep-sonuç diyagramları geliştirilerek çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca kontrol diyagramları yardımı ile proseslerin kontrol altında olup olmadıkları incelenmiş ve kontrol dışı durumlar için sebep-sonuç diyagramları geliştirilmiştir.⁵²

Musubeyli (1991), yaptığı çalışmada, kalite güvence sisteminin küçük ölçekli işletmelerde de kurulabileceği ve işletilebileceğini örneklemek amacıyla bu kategoriye giren bir işletme olan Eskişehir Jant Sanayi'nde (EJS) pilot bir ürün seçilmiş ve temelde KGS'nin kurulması için gereken ön hazırlıklar ve KGS'nin getireceği faydalar İPK'den yararlanılarak kaliteyi sağlamanın getirdiği katkılar, maliyet analizi yapılarak gösterilmiştir.⁵³

M.Demos ve N.Demos (1994), yaptıkları çalışmada, sağlık sektöründe İPK yöntemi olarak "DEMOS" sistemini uygulamışlardır. Demos sistemi; hastanedeki kalite ile ilgili bütün verilerin istatistiksel kalite kontrol grafik sistemine aktarılmasını sağlayan bir yönetim sistemidir. Böyle bir İPK sistemi ile hasta bakım kalitesi iyileştirildiği gibi iyi sonuçlanmayan tedaviler ile meydana gelen kayıplar da minimize edilmektedir. Böylece imalatla kullanılan kalite kontrol tekniklerinin diğer sektörlerde de başarı ile uygulanabileceği kanıtlanmıştır.⁵⁴

Özçifçi (2003), yaptığı çalışmada; çalışmanın ana kütlesini, son kontrolü takiben yol testine alınan kamyonlar oluşturmaktadır. Seçilen birimde, kamyonlarda

⁵² **Vesile Özçifçi**, "Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü", *Standart Dergisi*, Sayı 498, 2003.

⁵³ **Nihal Musubeyli**, "İşletmelerde Kalite Güvence Sistemine Geçiş ve Küçük Ölçekli Bir İşletmede Uygulama". Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991.

⁵⁴ **M.P. Demos - N.P. Demos**, "Hastane Yönetiminde İstatistiksel Kalite Kontrolünün Uygulanması", *Verimlilik Dergisi*. s:1, 1994, ss.28-40.

yol testi sonrası karşılaşılan hata kaynakları ve bunların boyutları tespit edilerek bu hataların giderilmesi için alınması gereken tedbirleri belirlemek suretiyle kalitenin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İlk aşamada üç aylık dönemde 37 işgünün de süreci etkileyen özel faktörlerin bulunup bulunmadığı, sürecin kontrol altında olup olmadığını takip etmek için kontrol diyagramı çizilmiştir. Daha sonra, ilgili mühendis, posta başı ve işçilerle görüşme yapılarak montaj hattı sonunda kamyonlarda meydana gelen hataları tanımlamak ve sınıflandırmak için veriler toplanmış, ardından, elde edilen verilere dayanarak Pareto diyagramı çizilmiştir. Kamyonlarda ortaya çıkan her bir hatanın olası sebeplerinin tespiti için ilgili mühendis, posta başı ve işçilerle görüşme sonucunda neden - sonuç diyagramları çizilmiştir. Son olarak, ne – den - sonuç diyagramlarına göre belirlenen hataların çözümü için veriler, Rensis Likert Toplama Ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir.⁵⁵

Özüğür (2001), yaptığı çalışmada, süreç iyileştirmede kullanılan istatistiksel yöntemlerden biri olan kontrol çizelgelerinin sanayideki uygulamasını göstermek amacıyla yapılan çalışma için XYZ A.Ş. Motor- Pompa İşletmesi ele alınmıştır. Kontrol çizelgeleri sayesinde süreçlerde olası hatalar tespit edilmiş, düzeltici önlemler alınmış ve bu önlemlerle ileriye yönelik yeni iyileştirme çalışmalarının temeli oluşturulmuştur.⁵⁶

Yumuk ve İnan (2005), yaptıkları çalışmada Trakya Bölgesindeki üretim işletmelerinin kalite maliyetleri ile ilgili faaliyetlerine Swot Analizi uygulanmıştır. Bu şekilde etkili, etkin ve hem etkili hem de etkin işleyen işletmeler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın materyali; Trakya Bölgesi İmalat Sanayindeki (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli) ISO 9000 belgesine sahip işletmelerden elde edilmiştir.⁵⁷

⁵⁵ **Vesile Özçifçi**, “Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü”, Standart Dergisi, Sayı 498, 2003.

⁵⁶ **Gönül Özüğür**, “Süreç İyileştirmede İstatistiksel Yöntemlerin Kullanılması”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2001.

⁵⁷ **G. Yumuk-İ.H. İnan**, “Trakya Bölgesindeki İmalat Sanayi İşletmelerinin Kalite Maliyetlerinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi”,

Pakdil ve Durma (1991)'nın yaptıkları çalışmanın içeriği; bulaşık makinası üreten bir firmanın, iç gövde üretim hattında, üretimin spesifikasyon ve kontrol limitleri içinde olup olmadığını izlemek amacıyla tasarlanan sistemin kuruluşudur. İPK metodolojisi kapsamında öncelikle ölçüm sisteminin yeterliliği analiz edilmiştir. İkinci aşamada üretim yeterliliği indisleri hesaplanmıştır. Ölçüm ve üretim sisteminin yeterliliği kanıtlandıktan sonra son aşamada da X-S kartlarının Microsoft Excel ortamında online olarak izlenmesi sağlanmıştır.⁵⁸

Krumwiede ve Sheu (1996) yaptıkları çalışmada küçük bir işletmede İPK sisteminin nasıl oluşturulduğu üzerinde durmaktadırlar. İPK planı için altı adımdan oluşan yöntem önerilmektedir. Çalışmada üzerinde durulan ikinci konu; 70 kişinin çalıştığı bir işletmede çalışan ve yöneticilerin proste İPK 'yı benimsemesi ve uygulamasıdır. İşletmenin yaptığı çalışmalarda amacı; düşük hacimli radar sistemleri planlamak ve geliştirmektir. Krumwiede ve Sheu' e göre İPK uygulaması bir pilot çalışma ile başlamalı, tüm yönetim ve değişimi desteklemelidir.⁵⁹

Does, Schippers ve Trip (1997), yaptıkları çalışmada İPK sisteminin kurulmasının şu safhalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Organizasyonun yapısı, on adım metodunu kapsayan yaklaşım, İPK sisteminin bir prosesi uygularken takım çalışması ile nasıl oluşturulduğudur. Çeşitli işletmelerde bu yapının nasıl başarılı bir şekilde kurulduğu ve uygulandığına yer verilmiştir.⁶⁰

Antony, Taner (2003), yaptıkları çalışmada İPK sisteminin kavramsal yapılarla etkili uygulanması için örneklerle açıklanması ile İPK yapısının kurulması

<http://www.trakya.edu.tr/Fakulte/ziraat/Turkce/Dergi/2005-2/makale, 2005>.

⁵⁸ **Nihal Musubeyli**, “İşletmelerde Kalite Güvence Sistemine Geçiş ve Küçük Ölçekli Bir İşletmede Uygulama”. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991, ss. 1-14.

⁵⁹ **Dennis Krumwiede and Sheu Chwen**, “Implementing SPC in a small organization: a TQM approach” MCB University Press, 1996, p.45.

⁶⁰ **R.J.M.M Does, W.A.J. Schippers and A.Trip**, “A framework for implementation of statistical process control” MCB University Press, 1997, p.181-198.

için değişik dönemlerdeki olumlu ve olumsuz durumların değerlendirilmesi karşılaştırılmıştır. Antony ve Taner yönetimde yer alan mühendislerin kontrol kartları üzerinde durması gerektiğini belirtmişlerdir.⁶¹

Literatür araştırmasının tez'e olan katkısı şu olmuştur; yapılan analizler sonucunda İPK' nın Türkiye' de faaliyet gösteren küçük ölçekli bir işletmede uygulanmasına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışma İPK' nın küçük ölçekli bir işletmede de uygulanabileceğini kanıtlamıştır.

⁶¹ **Jiju Antony and Tolga Taner**, “ *A conceptual framework for the effective implementation of statistical proses control*” University of Warwick and Boğaziçi University, Business Process Management Journal, 2003, p. 473-489.

V.BÖLÜM: ÖRNEK OLAY ANALİZİ

Bu çalışmada, istatistiksel süreç kontrolü sisteminin küçük ölçekli işletmelerde de kurulabileceği ve uygulanabileceğini sergilemek amacıyla bu kategoriye giren küçük ölçekli bir işletmede pilot çalışma yapılmıştır. Amaç; şirkette kontrol kartlarına dayanan bir kalite kontrol sistemi kurulduktan sonra, adım adım diğer kalite kontrol araçlarının kullanılması ve yerleştirilmesi için bir alt yapı oluşturmaktır. Uygulama yapılan işletme; yan sanayi olarak faaliyet göstermekte olan, kalıp ve parça üreten küçük ölçekli bir işletmedir.

5.1 Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı

İşletme, 1983 yılında atölye şeklinde kurulmuş, daha sonra geliştirilerek küçük ölçekli bir işletme konumuna getirilmiştir. Sac şekillendirme, kaynaklı birleştirmeler ve kalıp imalatı üzerine üretim yapmakta olan işletmede, bir vardiya şeklinde çalışılmakta ve 21 kişi çalışmaktadır. İşletme; Kombi, radyatör, banyopan, şofben, termosifon su borusu, bacalı gaz yakıtlı soba, kat kaloriferi, döküm kazan, su ısıtıcısı, klima, vb ürünleri üreten firmalara yan sanayi olarak parça ve kalıp imal etmektedir.

Kalite konusunda en önemli unsur olarak müşteri tatmini temel alan işletmenin kalite hedefi; mamullerin süreçte imal edilirken belirlenen spesifikasyonlara uygunluğunun sağlanması ve müşteri siparişlerini mümkün olduğunca hatasız gerçekleştirmeye çalışmaktır. Buna karşın işletmede kalite kontrolü, istatistik tekniklerden yararlanarak geliştirilebilecek düzeyde değildir. Bu konuda gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Firmanın ihtiyaç duyduğu hammadde ve malzemeler piyasa araştırması yapılarak çeşitli tedarikçilerden temin edilmektedir. Temin sürecinde kalite ve

spesifikasyonlara uygunluk esasına dikkat edilmekte, bu amaçla işletmede hammadde giriş aşamasında kalite kontrolü yapılmaktadır.

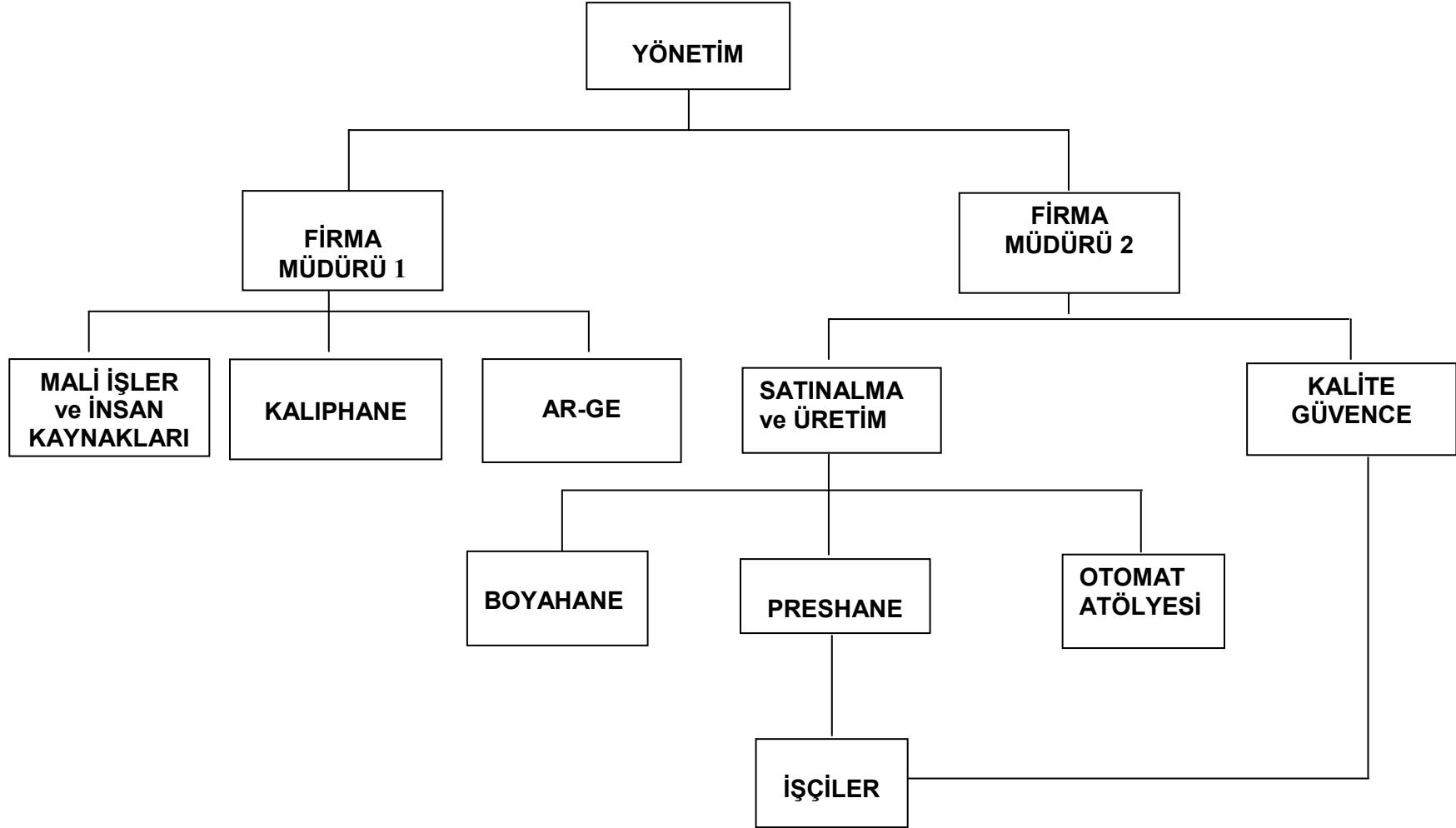
Firma bünyesinde yapılan imalatlarda sertifikalı paket ve rulo sac kullanılmaktadır. Kullanılan saclar, Ereğli Demir Çelik ürünü ve ithal saclardır. Firmanın sacı temin ettiği tedarikçileri; Ereğli Demir Çelik Fabrikaları, Erkan Metal, Göktaş Metal ve Erdoğan Metal'dir. Ereğli Demir Çelik Fabrikaları'ndan alınan sac genellikle internet aracılığıyla temin edilmektedir. Satın alınan sac, belli ebatlarda kesildikten sonra teknik resimdeki ölçüler doğrultusunda şekillendirilmektedir.

Firma, parçaların üretimi için hammadde olarak sacın yanı sıra çeşitli ölçülerde flanş, boru, transmisyon, otomat gibi hammaddeleri de temin etmektedir. Bu araştırmada örnek olarak ele alınan ve Elektrikli Termosifon yapımında kullanılan TRM Su Borusu adlı parça ise fason olarak üretilmektedir. Hammadde olan boru müşteriden elde edilmekte ve işçilik firma tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bir mamulü üretmek kadar, o mamulün kontrolü, dolayısıyla kullanılan ölçme tekniği, ölçüm cihazı, masterlar vs. çok önemlidir. Çünkü bu noktada yapılacak hatalar çoğu zaman birden fazla parçayı, hatta tüm partiyi ilgilendirmektedir. İlgili boyutların yanlış ölçülmesi, iyi parçaların ıskartaya ayrılmasına ve hatta daha kötüsü parçaların serbest bırakılıp tüketiciye kadar ulaşmasına sebep olabilir. Bu nedenle imalat tekniklerinin yanında ölçme tekniklerinin ve cihazlarının da iyi incelenip belli temellere oturtulması gerekmektedir. Firmada; kumpas, mihengi, mikrometre, açılör, masterlar, gönyeler gibi ölçü aletleri kullanılmakta, tüm bölümlerde kontrol amacıyla yararlanılan her türlü ölçü aleti, test cihazı, ölçme aparatı veya master gibi ekipmanların kalibre edilmesi ve standartlar çerçevesinde uygun olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

5.1.1 İşletmenin Organizasyon Yapısı

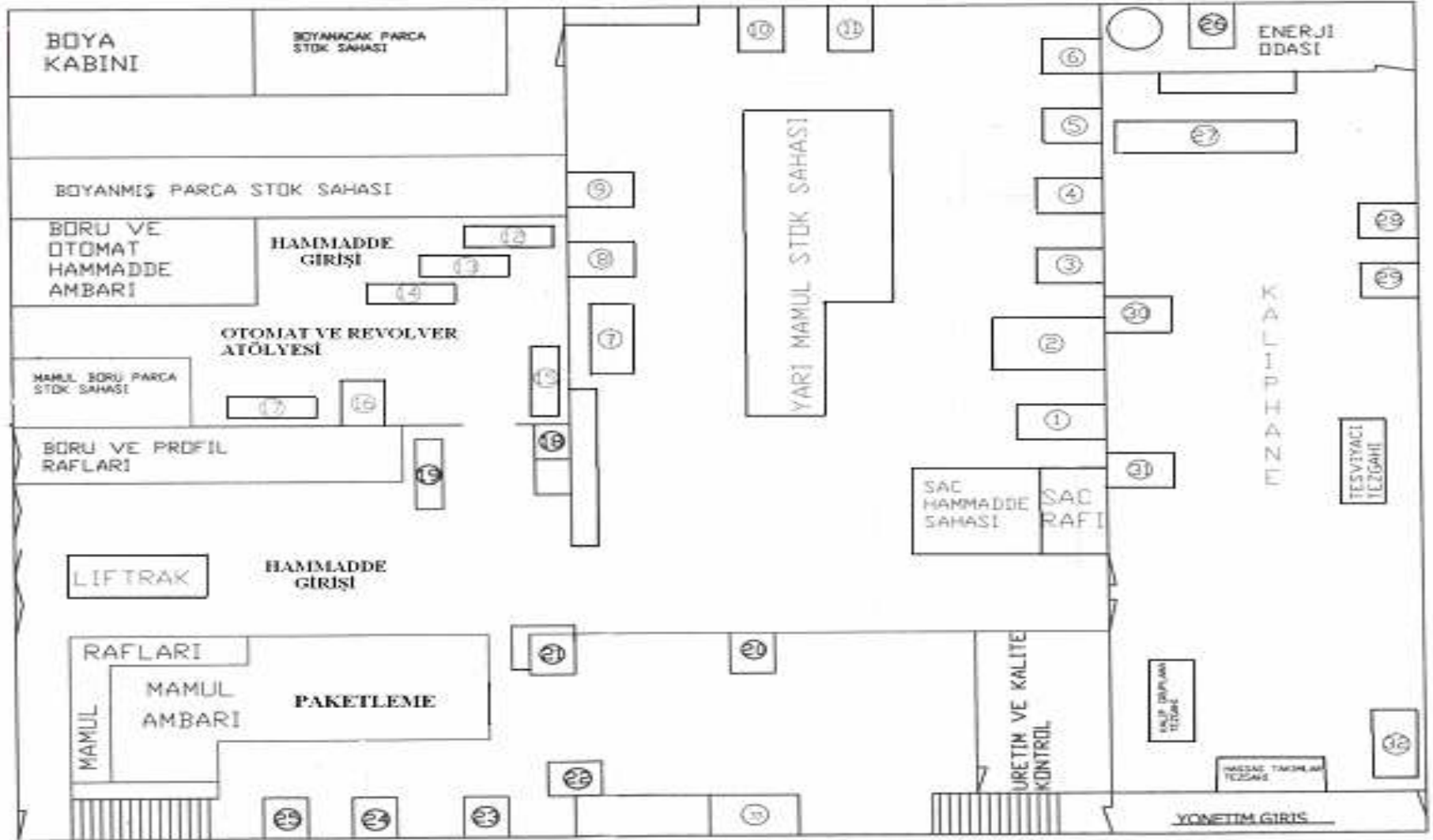
İşletmenin amaçlarını, hedeflerini ve bunlara ulaşmayı mümkün kılacak yöntemleri belirleyen, hedeflenen sonuçların nasıl ve ne ölçüde gerçekleştiğini izleyen, değerlendiren ve denetleyen iki firma müdürü bulunmaktadır. Satın alma ve üretim bölümünde görev alan personelin görevi ise müşterilerle imalatla çalışan personel arasındaki ilişkiyi sağlamak, üretim planları yapmak ve satın alma işleminde firma müdürüne yardım etmek şeklinde özetlenebilir. Boyahane, pres hane ve otomat atölyesinde çalışan on iki personel satın alma ve üretim departmanından gelen talimatlar doğrultusunda üretim yapmaktadır. Ayrıca diğer firma müdürüne bağlı olarak çalışan mali işler ve insan kaynakları, kalıp hane ve AR-GE departmanında toplam sekiz personel bulunmaktadır. İşletmenin organizasyon şeması Şekil-20 'de verilmiştir.



Şekil 20: İşletmenin Organizasyon Şeması

5.1.2 İşletmenin Bölümleri ve Yerleşim Düzeni

İşletme; imalat ve kalıphane olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Her iki bölümde yer alan, üretimde kullanılan makinelerin konumları ve firmanın yerleşim düzeni Şekil -21 'de gösterilmiştir.



Şekil 21: Firma Yerleşim Düzeni

5.1.3 İşletmenin Makine Parkı

İşletmede kullanılan makineler sırasıyla şunlardır;

- 1-Giyotin makas
- 2-Eksantrik Pres 150 Ton
- 3- “ “ 80 “
- 4- “ “ 80 “
- 5- “ “ 35 “
- 6- “ “ 35 “
- 7-Giyotin Makas
- 8-Eksantrik Pres 60 Ton
- 9- “ “ “ “
- 10-Projeksiyon Kaynak makinesi 30KWA
- 11- “ “ “ 60 “
- 12-Index Otomat Torna
- 13-Revolver Torna
- 14- “ “
- 15- “ “
- 16- Sütunlu Masa Matkap Tezgâhı
- 17-Revolver Torna
- 18-Gaz altı Kaynak makinesi
- 19-280 Şerit Testere
- 20-Punta Kaynak Makinesi
- 21-Eksantrik Pres
- 22-Ağır İndirmeli Sütunlu Matkap Tezgâhı
- 23- “ “ “ “ “
- 24-Otomatik Kılavuz Çekme Makinesi
- 25-Otomatik Kılavuz Çekme Makinesi

26-Vidalı Kompresör

27-Üniversal Torna

28-Sütunlu Masa Matkap Tezgâhı

29- “ “ “ “

30-Kalıpçı Freze Tezgâhı

31- “ “ “

32-Satın Taşlama Tezgâhı

Üretimde kullanılan tezgâhların adet, model ve kapasite kullanım oranları Çizelge- 8 ‘de gösterilmiştir.

MAKİNA PARKI

MAKİNA TANIMI	MODELİ	ADEDİ	KAPASİTE (3 VARDIYA)	KAPASİTE KULL. ORANI
İndex C29 otomat tezgahı	C 29	2 adet	1	60%
Eksantirik Pres 80 Ton	1990-1997	2 adet	1	60%
Eksantirik Pres 60 Ton	1987-1992	2 adet	1	60%
Tarkan Makine 35 Ton Pres		1 adet	1	40%
Ermentaş Mak.25 Ton Pres		1 adet	1	40%
Ermentaş Mak.10 Ton Pres	1992	1 adet	1	40%
Revalver Torna Kemsan	1985	2 adet	1	90%
Revalver Torna Retosan	1993	1 adet	1	50%
Otomatik Kılavuz Çek.Tezgahı Retosan	1996	2 adet	1	80%
Giyatin Makas	1992-1999	2 adet	1	80%
280 Şerit Testere	UMS0280 1997	1 adet	1	25%
Sütunlu Matkap(Gürer)	3 Mors 1983	2 adet	1	15%
Gazaltı Kaynak Mak. 450 Amper	1990	1 adet	1	40%
Projeksiyon Kaynak Makinası 30 Amper		1 adet	1	15%
Projeksiyon Kaynak Makinası 60 Amper		1 adet	1	15%
Redresörlü Kaynak Mak.450 Amper	1990	1 adet	1	15%
Trafo lu Kaynak Mak.45 Amper		1 adet	1	15%
Bosch Sipral Taş Motoru 250 W		1 adet	1	
Bosch Spiral Taş Motoru		1 adet	1	
Bosch Dekopaj Testere		1 adet	1	
İSO 50 Kaba Talaş Freze		1 adet	1	
150 Ton Pres	Dirinler CDÇS 1500 P	1 adet	1	15%
Satıh Taşlama	STP 1831 AD	1 adet	1	30%
Kalıpçı Freze	LC20VS	2 adet	1	60%
Tezsan SN50 Torna	SN50C 1990	1 adet	1	10%
Sütunlu Masa Matkabı(Lussan)	Lussan 199-2002	2 adet	1	30%
İSO 50 RADYAL		1 adet	1	

Çizelge- 8: İşletmenin Tezgah Kapasitesi

5.2 İşletmenin İş Akışı

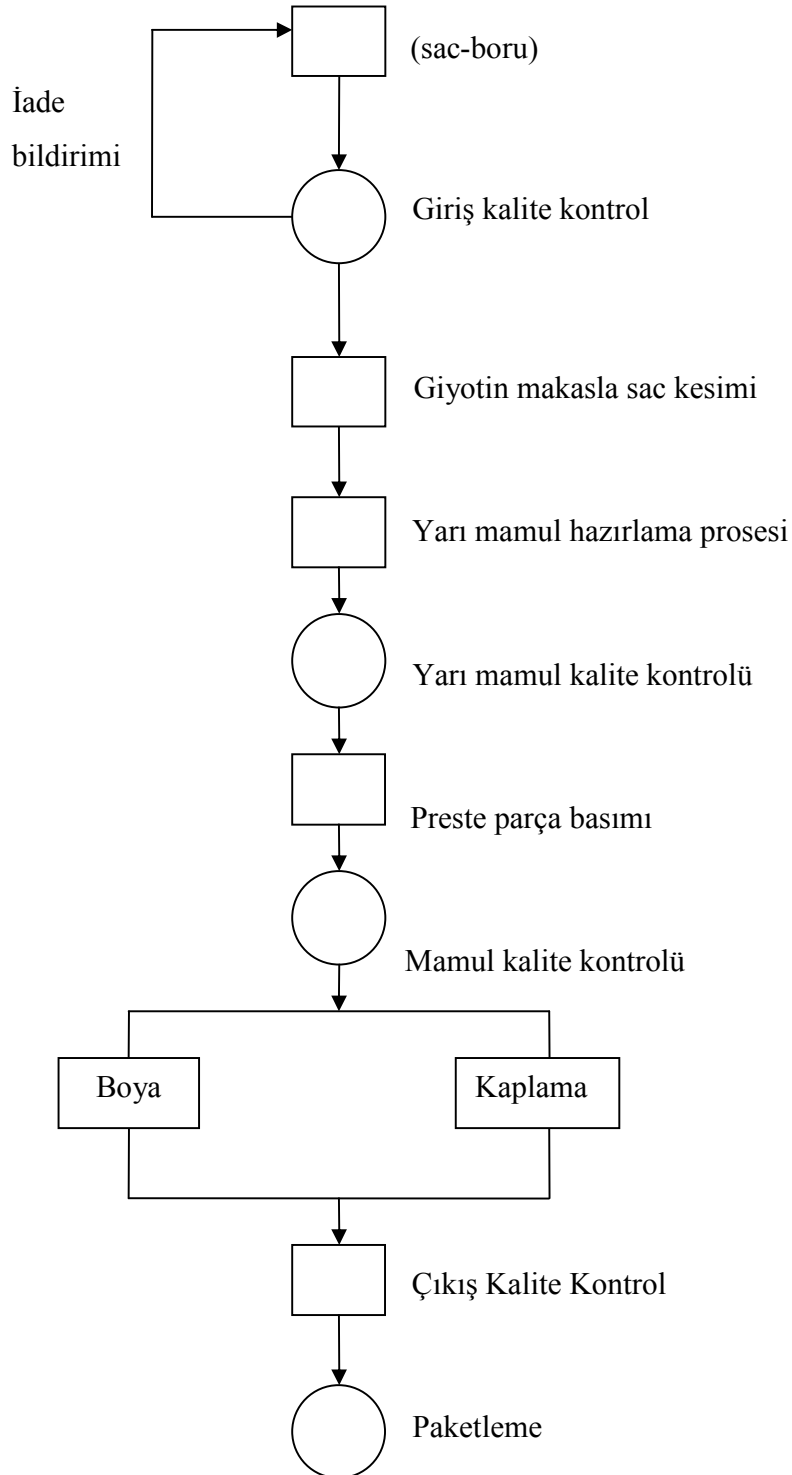
İşletmede iş akışı; kalıphane bölümünde kalıp tasarımı ve yapımı ile başlar. İmalat için işletmeye hammadde girişi olur. Daha sonra hammaddenin işleme tabi tutulması şeklinde devam eden süreç, nihai ürünün elde edilmesi ve müşteriye teslimi ile son bulur.

Kalıphane bölümündeki faaliyetler sırasıyla şöyledir;

- Kalıbın tasarımı,
- Gerekli parçaların(çelikler,plakalar,kolonlar,burçlar,yay,civata) temini,
- Kaba işleme ,
- Taşlama,
- Isıl işlem,
- Taşlama,
- Montaj
- Kalıp test parça basımı.

Kalıp tasarımı ve yapımı işletmeye aittir ve kalıplar işletme tarafından, teknik resimlere uygun olarak parçaları imal edebilecek nitelikte yapılmak zorundadır. Kalıplar, parça hangi preste basılacaksa o presin özelliklerine göre tasarlanmalıdır. Kalıptaki bütün kesici kenarlar için sertleştirme yapılmaktadır. Bunun için kalıp yapılırken ilgili parçalar ısıl işlem yapılmak üzere ısıl işlem yapan firmalara gönderilmektedir. Yapımı tamamlanan kalıplar imalat bölümünde parça üretimi için ilgili prese bağlanır ve parçalar kalıbın formuna uygun basılır.

Üretilen parçaların tüm kalıp, aparat ve kontrol masterları firma bünyesindeki kalıp hanede imal edilmektedir. İmalat bölümündeki faaliyetler ise Şekil 22'deki işletme iş akış şeması üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 22: İşletme İş Akış Şeması

5.3 İşletmenin Swot Analizi

SWOT analizi; incelenen kuruluşun, tekniğin, sürecin veya durumun güçlü ve zayıf yönlerini belirlemekte ve dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri saptamakta kullanılan bir tekniktir.⁶²

İşletmenin çevre ile adaptasyonunu sağlaması ve çevresindeki değişikliklere tepki verebilmesi ve kendisini başarıya taşıyacak bilgi birikimine sahip olabilmesi gereklidir. Bu şekilde değişen koşullara uyum sağlamak amacıyla belirlenen stratejiler doğrultusunda iş yapma biçimini yenileyebilir. İşletmenin içe dönük yönetim anlayışıyla uzun süre ayakta kalması mümkün değildir. Çünkü işletmenin çevresinde işletmeyi değişime zorlayan iç ve dış faktörler etkilidir. İşletme yöneticilerinin uygun organizasyonel stratejileri belirleyebilmeleri için öncelikle organizasyonun ne yapmak istediğini, organizasyonun nereye gittiğini ve organizasyonun içinde bulunduğu ortamı açık bir şekilde kavramaları gerekmektedir.

İşletme üreteceği üründe hangi hammaddelerin kullanılacağı ve bu girdileri işlemek için hangi temel yetkinliklerin geliştirilmesi gerektiğine karar vermelidir. Tehditler, firmanın müşteri isteklerine uygun ürünleri düşük maliyetle üretmesini zorunlu kılmaktadır. İşletme, bu hedefe ulaşabilmek için yeni faaliyet planları geliştirmek ve uygulamak zorundadır. İstatistiksel süreç kontrolü bu yeniliklerden bir tanesidir.

Bu çalışmada işletmenin mevcut durumunu tespit etmek, güçlü yönleri ile zayıf yönleri ortaya koymak, sahip oldukları fırsatlar ve karşılaşılabilecekleri tehditleri önceden belirlemek amacıyla Swot analizi oluşturulmuştur. İşletmenin güçlü ve zayıf yönleri, karşı karşıya kalabileceği fırsat ve tehditler çizelge 9'daki matriste görülmektedir. Zayıf yönlerin güçlü yönlere, tehditlerin fırsatlara dönüştürülmesini hedefleyen ve

⁶² T. Bilgehan Gürlek , <http://www.vizyon2023.tubitak.gov.tr/etkinlikler/bilgilendirme/Gurlek.ppt> ,2002, TÜSSİDE GEBZE

organizasyonu başarıya götürebileceği öngörülen bir strateji oluşturulmuştur. Bu stratejinin üretim fonksiyonuna ilişkin önemli bir parçasını da, geliştirilmesi öngörülen İPK sistemi oluşturacaktır.

	<i>POZİTİF</i>	<i>NEGATİF</i>
<i>İÇSEL</i>	<u>GÜÇLÜ YÖNLER</u> 1.Rekabet nedeniyle kaliteli ürün üretme çabalarının artması, 2.Küçük bir işletme olması nedeniyle sorunların daha kolay tespit edilmesi, 3.İşletme müşterilerinin markalaşmış ürünleri üreten kurumsal işletmeler olması, 4.Hammadde temininin kolay olması.	<u>ZAYIF YÖNLER</u> 1. Kalite araç ve tekniklerinin genelde bilinmemesi, dolayısıyla maliyet düşürmek için kullanılamaması, 2. ISO 9000 belgesinin olmaması, 3. İşletmenin üretim maliyetlerinin yüksek olması, 4. Çalışanları geliştirici eğitim programlarının olmaması, 5. Eğitimli işgücü sayısının az olması, 6. İşletmede ekip çalışmasına önem verilmemesi, 7. Yetersiz sermaye yapısı, 8. AR-GE' ye gereken önemin verilmemesi, 9. Yönetimin yetersiz oluşu, 10. Birim maliyetlerin yüksek oluşu, 11. Müşterilere olan coğrafik uzaklık. 12. İstatistiksel Proses Kontrol Sisteminin olmaması.
<i>DIŞSAL</i>	<u>FIRSATLAR</u> 1.Yeni pazar bulma ve yayılabilme yeteneği, 2. Müşteri ihtiyaçlarına daha etkin cevap verecek şekilde ürün hattını genişletme girişimlerinde bulunulması, 3. ISO belgesi almak ve yeniden yapılanma için girişimlerde bulunulması, 4. Kalite yönetiminde modern kalite araçlarının kullanılması, 5. İstatistiksel Proses Kontrol Sisteminin kurulması.	<u>TEHDİTLER</u> 1. Yoğun bir rekabet içinde bulunmaları 2. İşletmenin çoğunlukla, büyük işletmelere yarı mamul tedarik etmelerinden, bu işletmelerin istekleri doğrultusunda davranması, özgür hareket edememesi, 3. Çin ve diğer uzak doğu ülkelerinin ucuz işgücü ve düşük maliyet avantajı nedeniyle bölgedeki ihracatı olumsuz etkilemesi, 4. Güçlü bir teknolojiye sahip olmaması, 5. Döviz kurlarındaki değişikliğin, olumsuz etkisi, 6. Müşterilerin pazarlık gücünün artması, üretilecek yarı mamullerin zaman zaman ihaleye çıkarılması

Çizelge 9: İşletmenin Swot Analizi

5.4 Araştırmanın Amacı

Bu tez çalışmasının temel amacı; küçük ölçekli bir işletmede müşteri tarafından belirlenen standart ve şartnamelere uygun ürünleri oluşturmak için üretimin bütün aşamalarında uygunluk ve uygunsuzluğun tespit edilmesi, gösterilmesi ve ölçülmesi amacıyla İPK araçlarının kullanılmasıdır. İşletme, SWOT analizinde de vurgulandığı gibi rekabet edebilmek için ürettiği malların kalitesini artırırken, üretim maliyetlerini de azaltmak zorundadır. İşletmenin yüksek kaliteyi sağlamak için katlanmak zorunda olduğu maliyetlerini, açık bir şekilde görebilmesi gerekmektedir. Bu durum, işletmeye büyük fırsatlar sağlarken, içinde bulunduğu sektörde de güçlü olmasını mümkün kılacaktır. Mamullerin kalitesiz olarak üretilmesi, işletmenin toplam üretim maliyetlerinin yükselmesine, dolayısıyla satış fiyatının artmasına neden olmaktadır.

Bu araştırmanın yapıldığı işletmenin etkin kalite yönetim sistemini uygulamak ve bu doğrultuda İPK sistemini geliştirme düşüncesinin arkasında yatan nedenleri üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

1. ISO 9001 kalite belgesini alma sürecini de kolaylaştıracak belli standartların önceden uygulamaya konulması, böylece işletmede başarısızlık nedeniyle ortaya çıkan kalite maliyetlerini düşürerek verimliliği artırmak ve sonuç olarak müşteri memnuniyetini artırmak.
2. KOSGEB'in yeniden yapılanma amacıyla verdiği teşvikler ve işletmenin organizasyonel yapısındaki aksaklıkları gidermek amacıyla yeniden yapılanma isteği. Bu amaçla danışmanlık hizmeti almak amacıyla KOSGEB'e başvuru yapılmıştır.
3. Müşteri firmaların belli zaman aralıklarıyla kalite sistemi değerlendirmesi yapması sonucunda ortaya çıkan bazı eksiklikler. Bu değerlendirmeler şu kritik

noktaları esas almaktadır; yönetimin sorumluluğu, ürün geliştirme, proses geliştirme, kalite planlama, tedarikte kalite güvence, üretimde kalite güvencesi, muayene deney ve teçhizatı, eğitim vb.

İşletme, müşterisi olan ana sanayinin belirlemiş olduğu şartları yerine getirerek üretim yapmak zorundadır. Bu şartlar firmanın İPK sistemini geliştirmesi için önemli bir güdeleyici faktör olmuştur. Bu şartlardan bazıları ise şöyledir;

- İşletmeden temin edilecek malzemelere ait miktarlar, müşteri tarafından dönemsel olarak belirlenir. Bu rakamlar müşterinin kontrolünün dışındaki pazar talebindeki veya diğer faktörlere bağlı olarak değişikliğe uğrayabilir.
- İşletme, müşterisi için ürettiği tüm malzemelerin beklenen kalite, zaman ve uygun maliyetlerde müşteriye temin edilmesinden ve malzemenin bitmiş ürün üzerindeki performansından sorumludur.
- Yeni bir malzemenin tasarlanması ve/veya mevcut malzemelerde tasarım değişikliği yapılması, doküman takip formu ile gönderilen teknik dokümanlara bağlı kalınarak, işletme tarafından gerçekleştirilmektedir. İşletme, bu gereklilikleri yerine getirmek için form ve dokümanlarda tanımlanan yöntemlere ek olarak kendi bünyesinde farklı teknik ve yöntemler kullanabilir.
- Müşteri ilk örnekler için “yapılabilirlik(ilk örnek)” yazılı onayı verdikten sonra, parça kalitesinin “tekrar edilebilirlik(seri üretim)” yeteneğinin ölçülmesi amacıyla makine/proses yeterlilik analizleri yapılmasını talep edebilir. İşletme değişiklikler için müşteriden yazılı onay almak zorundadır.
- Makine/ proses yeterliliğinin istenilen seviyede olmaması durumunda, müşteri malzemeye onay vermemek veya beklenen yeterlilik seviyesinin elde edilmesine kadar geçen süre için parçanın işletme tarafından proses sonunda yüzde yüz kontrol edilmesini talep etmek hakkına sahiptir.
- İşletme, malzeme kalitesini tekrar kontrol edilmesini gerektirmeyecek şekilde güvence altına alacak bir sistem oluşturmakla sorumludur. Müşteri, gerekli

gördüğü durumlarda, satın aldığı malzemelere giriş kalite kontrol uygulayabilir.

- İşletme, her sevkıyatla birlikte kalite belgesi göndermekle yükümlüdür. Bu belgeler ancak yapılan test sonuçları ve/veya istatistiksel sonuçları içerdiği takdirde yeterli kabul edilecektir.
- İşletme, ürünlerinin tüm ölçü ve diğer karakteristiklerini kontrol altına almak için uygun metotları, ölçüm ekipmanlarını seçmek ve kullanmak zorundadır. Ölçüm cihazları uygun şekilde işaretlenerek yeterlilik ve güvenilirliklerini güvence altına alacak bir kalibrasyon sistemine dahil edilmeli ve izlenmelidir.

Müşterilerin yapmış oldukları kalite sistemi değerlendirmeleri sonucunda firmanın uygulamaya ilişkin yetersizlikleri şu şekilde özetlenmiştir.

Proses Geliştirme Planlaması:

- Proses geliştirme faaliyetlerinin planlı bir şekilde yürütülmemesi,
- Müşteri memnuniyetine yönelik olarak tespit olunan ürün özelliklerine göre, üretim olanak ve yöntemleriyle, muayene yöntem ve araçlarının planlanması(makine alımları ve proses tasarımı)yapılmaması,
- Yetki ve sorumlulukların açık bir şekilde tanımlanmaması.

Proses ve Makine Yetenekleri:

- Yeni ürün ve proseslerin devreye girişinde proses makine yetenek tespiti çalışmalarının yapılmaması? Cp : Cpk indekslerinin doğru olarak tespit edilmesi
- Yeni teçhizat sipariş sözleşmelerinde, makine yetenek indekslerine

(Cm:Cmk) alt koşulların yer almaması

- Yeni veya mevcut proseslere ait yetenek indekslerinin tespit; kontrol, ve geliştirilmesine yönelik kayıtlar...
- Yetenek indeksleri(Cp:Cpk) seviyesi
- Yetenek indekslerinin kabul edilebilir değerlerinin altında kaldığı durumlar için düzeltici faaliyetlerin ele alınması ve unlara dair kayıtlar
- Proses geliştirme /Proses indeksleri kapsamında tedarikçilere yönelik taleplerin olmaması.

İstatistiksel Uygulamalar

- Örnekleme planları, kontrol kartları ve İstatistiksel Proses Kontrol gibi istatistiksel yöntemlerin uygulanmaması
- Yöntemlerin doğru uygulanmaması
- Sonuçların değerlendirilmemesi

Firmanın rekabete dayalı olarak yaşadığı sorunlar ve müşteri değerlendirmelerinin sonuçları temel güdeleyici etmenler olmak üzere İPK'nın kullanımına ilişkin literatürde sergilenen olumlu sonuçlar nedeniyle firmada da benzer bir yapının kurulmasına karar verilmiştir.

5.5 İşletmede İstatistiksel Süreç Kontrolü Sisteminin Kurulması

Bu çalışmada işletme yapısına ve üretilen parçaların niteliklerine göre etkin bir İPK sisteminin kurulması amaçlanmıştır. Proses kontrolünün yapılmaması nedeniyle parçaların spesifikasyonlara uygun olmayan ölçülerde üretilmesi, TRM Su Borularının bir müşteriye yapılan sevkiyattan sonra hatalı olması nedeniyle işletmeye iade edilmesi

sonucunu doğurmuştur. Hatanın sebepleri ele alındığında işletmede istatistiksel kalite kontrol sisteminin geliştirilmesinin bir zorunluluk olduğuna karar verilmiştir.

İşletmede uygulanacak İPK sisteminin yapılan literatür incelemesi sonucunda aşağıdaki adımlardan oluşturulmasına karar verilmiştir.

1. Kalite kontrolü yapılacak olan parça tespit edildikten sonra parçaya uygulanabilecek kalite araçları belirlenir ve proses tanımlanır.

2. Daha sonra makinenin yeterli olup-olmadığını belirlemek için veriler toplanır, makine yeterlilik histogramı oluşturularak makine yeterlilik analizi yapılır.

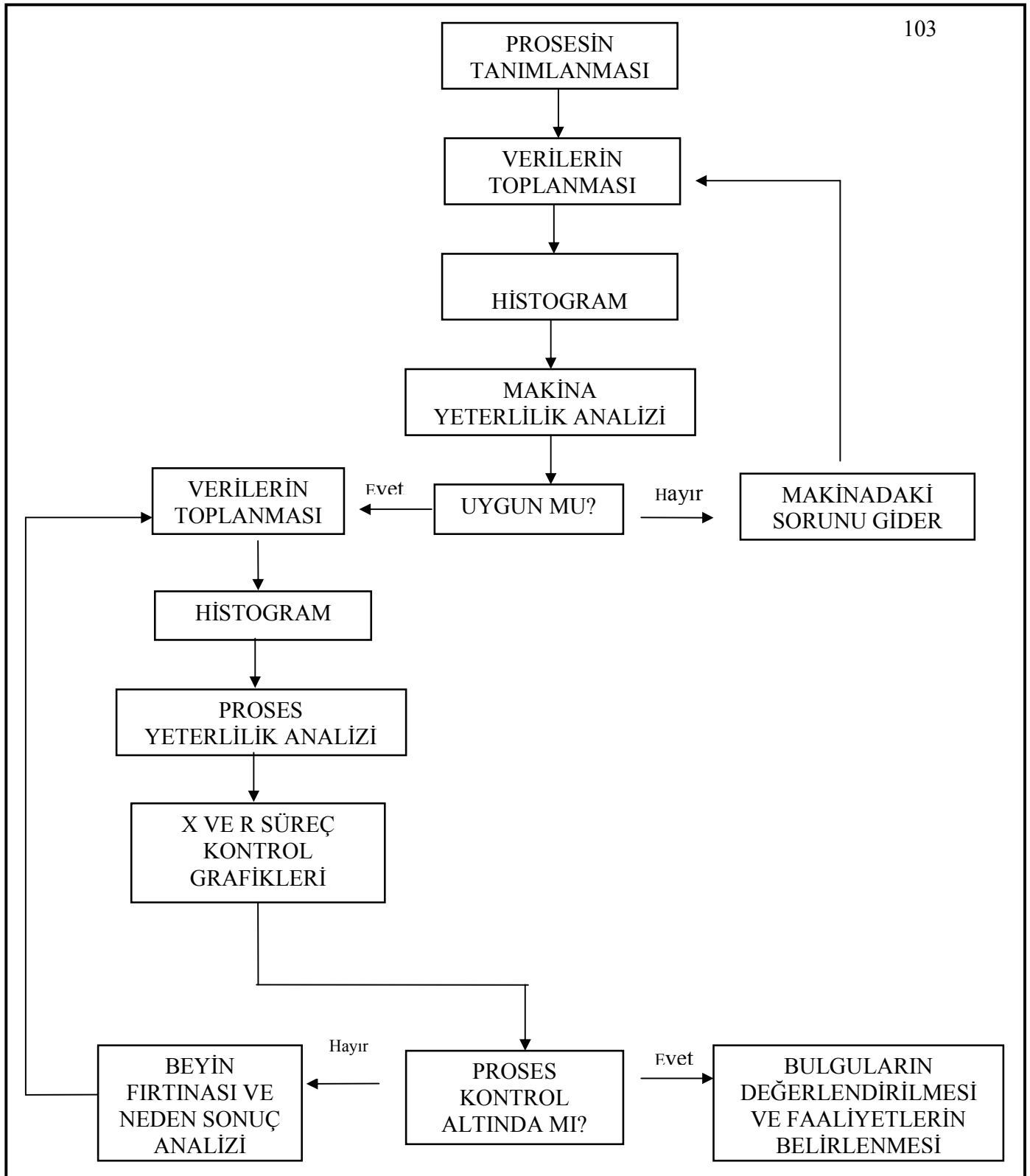
3. Bir mesai günü içerisinde toplanan verilerle ölçüm değerlerinin genel eğilimini, hangi değer etrafında toplandıklarını ve dağılımın sıklığını kolayca görebilmek amacıyla histogram oluşturulur. Daha sonra süreci etkileyen özel faktörlerin olup-olmadığı, bir başka deyişle sürecin kontrol altında olup olmadığını takip etmek için proses yeterlilik analizi yapılır. Aynı veriler kullanılarak $\bar{X}$ ve R kontrol diyagramları geliştirilir

4. Yapılan analizler sonucunda hatalı üretim olduğu tespit edilirse tekrar proses yeterlilik değerleri hesaplanır.

5. İmalat sorumlusunun katkılarıyla konuyla ilgili üretim elemanı ve imalatta çalışan personelden oluşan bir ekip kurulur ve beyin fırtınası yapılarak hatanın sebepleri araştırılır. Daha sonra üretimden alınan yeni verilerle histogram oluşturulur, proses yeterlilik değerleri hesaplanır ve $\bar{X}$ ve R kontrol diyagramları çizilir.

6. Sonuç aşamasında elde edilen bulgular değerlendirilir.

İşletmenin istatistiksel süreç kontrol sistemi Şekil 23 'te verilmiştir.



Şekil-23: İşletmenin İstatistiksel Süreç Akış Şeması

5.6 Geliştirilen İstatistiksel Proses Kontrol Sisteminin Uygulanması

Bu bölümde Şekil 23'te sergilenen İPK sisteminin bir pilot uygulaması ortaya konulacaktır.

5.6.1 Prosesin Tanımlanması

İşletmede üretilen parçalar sürekli değişkenlik gösteren niteliklere göre (çap, kalınlık,uzunluk,...) değerlendirilmektedir. Bu nedenle işletmede ölçülebilir (niceliksel) değişkenler için kontrol grafikleri olan $\bar{X}$ ve R Diyagramları uygulanmaktadır. Üretilen parçalar için Np, c, p,ve u grafiği gibi sayılabilir (niteliksel) değişkenler için kullanılmakta olan kontrol grafiklerinin bu işletmede uygulanması uygun değildir. Bu pilot çalışma, elektrikli termosifon yapımında kullanılan TRM Su Borusu için gerçekleştirilecektir.

İşletmenin müşterileri firmadan temin ettiği malzemelerde standart çıkış kontrolleri yapmasına ve bunu yine standart belge ile belgelendirmesine büyük önem vermektedir. Bu belgenin malın sevkıyatı sırasında istenilen şartlarda gönderilmesi gerek müşteri işletmenin giriş kalite kontrol sisteminin etkinliği ve gerekse firmanın performansı açısından önemlidir. Kalite raporu, tüm malzemeler için standart olarak geliştirilmiş ve giriş kalite sistemi buna göre kurulmuştur.

Çizelge -10 'da TRM Su Borusu kalite raporu örneği verilmiştir.

TRM Su Borusu Kalite Raporu Örneği

Rapor No: Malzeme Kodu: Malzeme Adı: TRM Su Borusu Resim No: Kontrol Tarihi: Kontrol Türü:	Tarih: Saat: Sayfa No: MGF No: Firma Adı: İrsaliye No: İrsaliye Tarihi: İrsaliye Miktarı:
---	--

<u>SPESİFİKASYON</u>	<u>ÖRNEK TÜRÜ</u>	<u>ÖLÇÜLEN SPECT</u>	<u>SONUÇ</u>
1/2"	B	1/2" ±1/2 "	Uygun
140 ⁺¹ _{-1,5}	C	138,5±141	“ “
10 ± 1	B	9,5 ±10,5	“ “
2,5 ± 0,18	B	2,5 ÷ 2,5	“ “
20,7 ± 0,08	B	20,7 ± 20,7	“ “
Malzemesi: St 34-2 BK	B	Uygun	“ “
1-Parçada çapak,ezilme vb. Deformasyon olmayacak	B	Uygun	“ “
2-Conta oturma yüzeyi çapaksız ve düzgün olacak.	B	Uygun	“ “

Açıklama:
 Sayın Yetkili,
 Firmanıza göndermiş olduğumuz yukarıda detayı verilen malzemelerin.....Şti'nin malzeme/parça resim şartname ve kontrol talimatlarına uygun olarak üretilmiş, kontrol ve sevk edilmiş olduğunu teyid ederiz.
 Saygılarımızla.

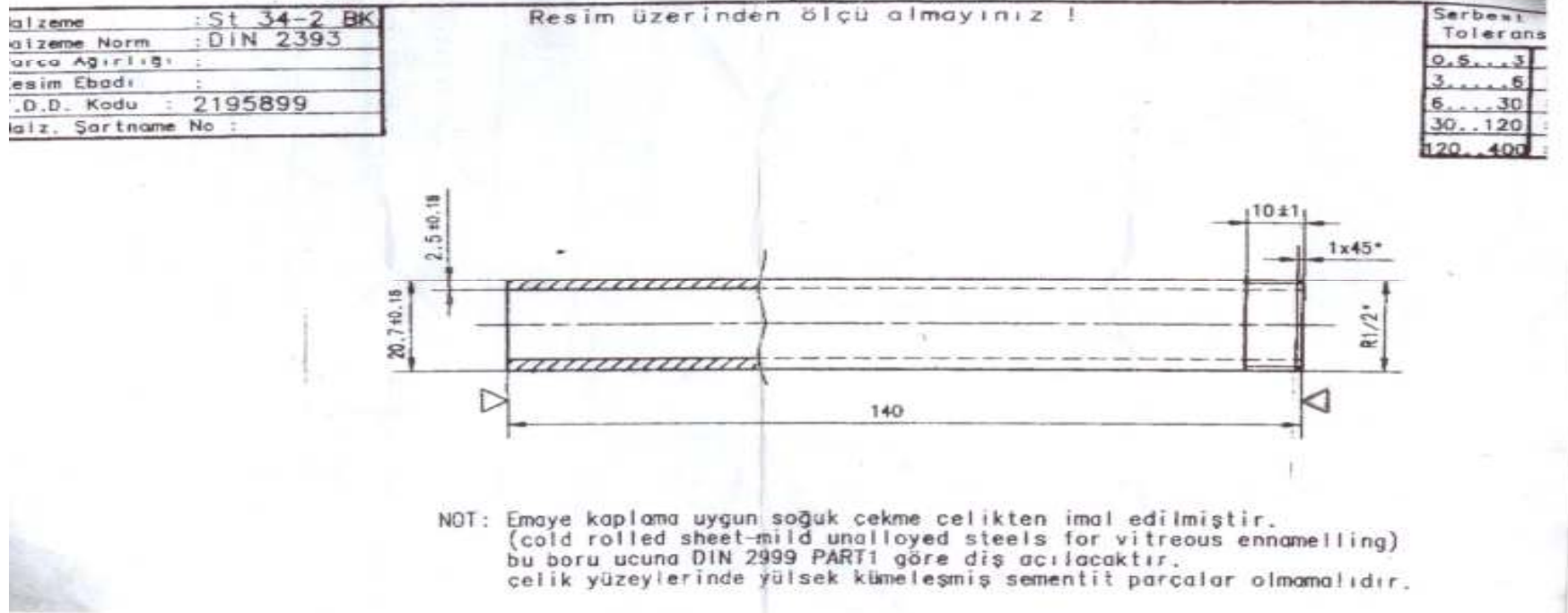
ÜRETİCİ FİRMA	MÜŞTERİ FİRMA
KONTROL ONAY KABUL ŞARTLI KABUL RED KONTROLÖR	

Çizelge 10: TRM Su Borusu Kalite Raporu

Borudan kumpasla ölçülerek kalite raporuna kaydedilen ölçülerin tanımları ise şu şekildedir;

1/2"	borunun	iç çap ölçüsü
140 ⁺¹ _{-1,5}	“	boy “
10 ± 1	“	dış “
2,5 ± 0,18	“	et kalınlığı
20,7 ± 0,08	“	dış çapı ölçüsü

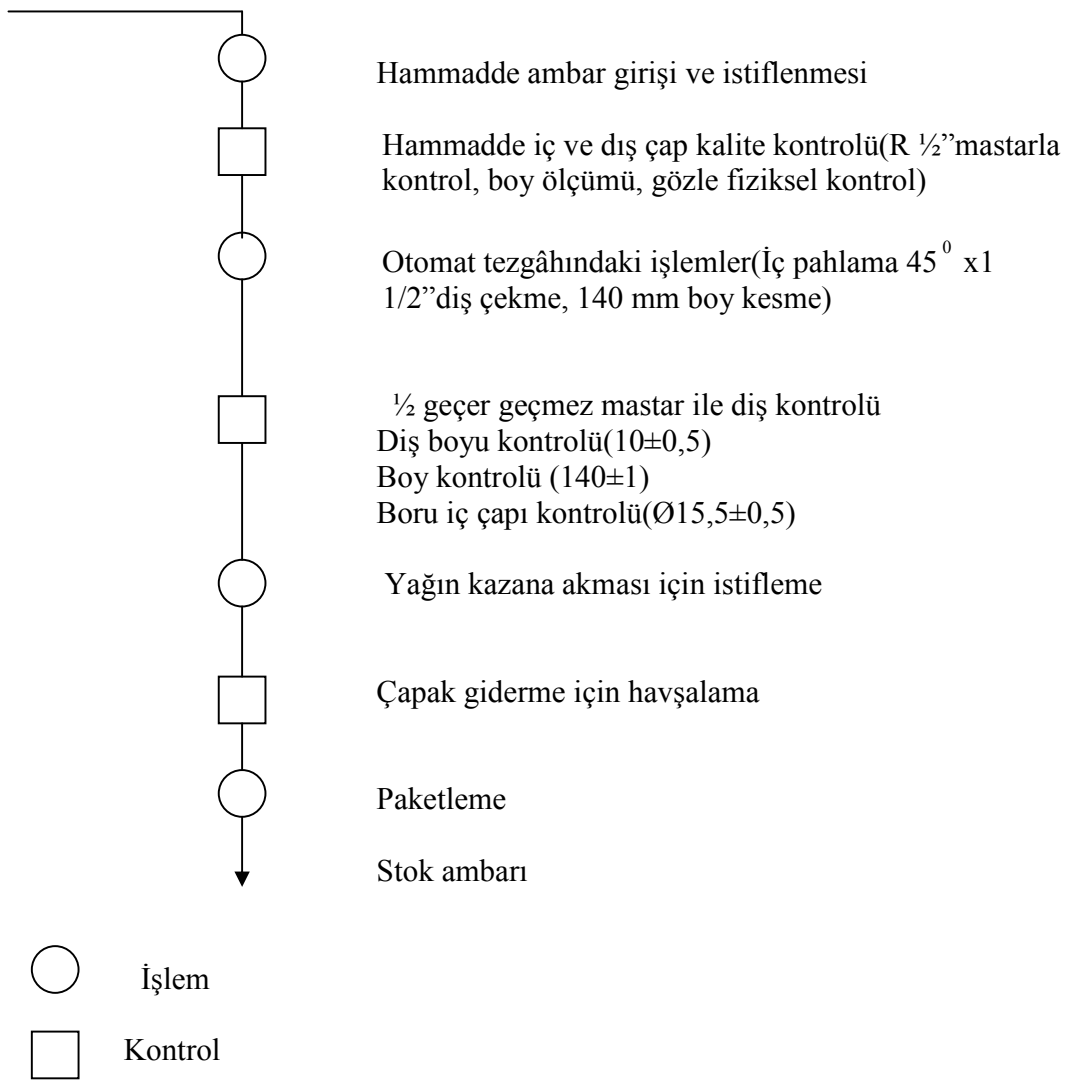
İşletmede üretilen ürünlerin spesifikasyon ve teknik özellikleri müşteri ana sanayi tarafından firmaya gönderilen resimlerde önceden belirlenmiştir. Bu tezde ele alınan TRM Su Borusunun teknik resmi Şekil-24’ de çizilmiştir. Bu parçanın önceden belirlenmiş teknik resim üzerinde işaretlenmiş “kritik ölçüleri” kumpas yardımıyla ölçülerek kontrol edilmektedir.



Şekil 24: TRM Su Borusu Teknik Resmi

TRM Su Borusu fason olarak üretilmekte ve ürünün hammaddesi olan ST 28x3 çelik boru müşteri tarafından işletmeye verilmektedir. Boru; şekil 3-4'te görüldüğü gibi bir üretim sürecinden geçerek nihai ürün olarak müşteriye sevk edilmektedir.

Hammadde; ST28x3 Çelik Boru



Şekil 25: TRM Su Borusu Akış Şeması

5.6.2 Verilerin Toplanması

Üretimi yapılacak parçanın kalıbı tezgaha bağlanır ve parçanın teknik resme uygun olarak üretilmesine kadar gerekli ayarlar yapılır. Bağlanan kalıbın istenilen spesifikasyonlara uygun olarak çalıştığını tespit etmek için kalite kontrol elemanı tarafından ilk parça kontrolü yapılır. İşletme, müşterinin uygulamasını istediği örnek alma planına göre örnek alarak değerlendirme yapmak zorundadır. Örnek alma planı; çizelge -11’de gösterilmiştir. Bu plana göre n; parti grubundan alınacak toplam örnek miktarı belirtilmiştir.

Kusurlu sayısı (KS) ; n örnek içerisinde üzerinde hata ve hatalar bulunduran parça sayısının miktarıdır.

PARTİ MİKTARI							
	0-90	91-150	151-280	281-500	501-1200	1201-3200	3201-35000
n	5	8	13	20	32	50	80
KS	0	0	0	1	2	3	5

Çizelge 11: Örnek Alma Planı

Örnek alma iş sırası şöyledir;

- Sevke hazır malzeme grubu içerisinde rasgele (her karton kutudan alınacak şekilde) n adet örnek, sevk edilecek veya sevke hazır malzeme grubunun miktarına göre alınır.
- Bu n örnek içerisinde kalite raporunda belirtilen spesifikasyonlar için kontrol edilir. Kontrol sonucunda mamullerde hata tespit edildiğinde, tüm mamuller yüzde yüz tekrar kontrole tabi tutulur.

5.6.3 Histogram

Bu bölümde ölçüm değerlerinin genel eğilimini, hangi değer etrafında toplandıklarını ve dağılımın sıklığını kolayca görebilmek amacıyla histogram oluşturulmuştur. Ortaya çıkan histogram, verilerin gösterdiği değişim veya sapmaların kuşbakışı görünümünü sergilemektedir.

1.10.2005 tarihinde üretimi tamamlanmış olan TRM Su Borularından çizelge-11 'de verilen örnek alma planına göre yarım saat içinde rasgele alınan yüz adet örneğin boy uzunluğu ölçülerek çizelge 12'de oluşturulmuştur.

ÖRNEK NO	GÖZLEMLER				
1	139,2	139,5	139,2	138,9	138,9
2	140,1	140,2	139,3	139,8	138,8
3	140	139,5	140	139,7	139,5
4	139,2	139,3	139,1	139	139,5
5	140	139,5	140,2	140,1	138,9
6	139,5	139,7	139,8	139,5	139,6
7	139,2	139,6	138,9	139	139,2
8	138,5	139,7	139,8	139,6	139,6
9	139,1	139	139,2	139,3	139,3
10	139,3	139,4	139,6	139,3	139,3
11	139,2	139,1	139,3	139,1	139,1
12	139,1	138,9	139,5	139,6	138,9
13	139,2	138,7	139	139,4	139,2
14	139,5	138,2	139	139,3	139,5
15	139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
16	140,1	139,4	139,7	140,3	139,2
17	139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
18	140	140,3	139,6	139,5	139
19	139	139,6	139,3	139,8	139,1
20	139	139	140,1	139	140,1

Çizelge 12: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri

Çizelge-12'deki veriler kullanılarak uygun bir histogram oluşturulacaktır. Bu nedenle önce bu tablodaki veriler gruplandırılarak bir frekans dağılımı oluşturulur.

Toplam 100 veri olduğuna göre, Sturges kaidesi uygulanırsa,⁶³

Sınıf sayısı $= 1 + 3,32 \log (120) = 7,92 \approx 8$ elde edilir. Veri grubundaki en büyük değer; 140,3, en küçük değer ise 138,2'dir. Bu durumda sınıf aralığı;

$$(140,3 - 138,2) / 8 = 0,27 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Böylece frekans dağılımının sınıfları aşağıdaki gibi kurulur.

<u>Sınıflar</u>		
138,20-138,47	den az	$(138,20 \leq x < 138,47)$
138,47-138,74	den az	$(138,47 \leq x < 138,74)$
138,74-139,01	den az	$(138,74 \leq x < 139,01)$
139,01-139,28	den az	$(139,01 \leq x < 139,28)$
139,28-139,55	den az	$(139,28 \leq x < 139,55)$
139,55-139,82	den az	$(139,55 \leq x < 139,82)$
139,82-140,09	den az	$(139,82 \leq x < 140,09)$
140,09-140,36	den az	$(140,09 \leq x < 140,36)$

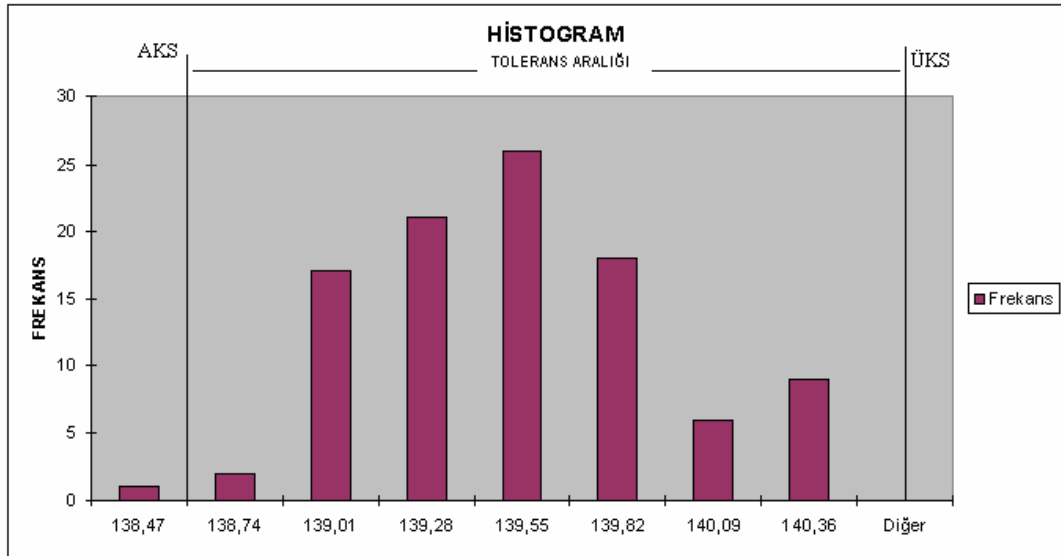
Çetele usulü ile her bir sınıfa düşen veri sayısı belirlenerek sınıf frekansları Çizelge- 13'de sergilendiği gibi belirlenir.

⁶³ Bircan, a.g.e., s. 117.

Uzunluk (mm)	Çetele	Frekans
138,20-138,47	/	1
138,47-138,74	//	2
138,74-139,01	/// /// /// /// /// //	17
139,01-139,28	/// /// /// /// /// /// ///	21
139,28-139,55	/// /// /// /// /// /// /// ///	26
139,55-139,82	/// /// /// /// /// ///	18
139,82-140,09	/// ///	6
140,09-140,36	/// /// ///	9
	Toplam	100

Çizelge 13: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu

Çizelge- 13’de verilen frekans dağılımına ilişkin histogram şekil-26’da sergilenmektedir.



Şekil 26: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram

Şekil- 26’daki histogramda verilen AKS ve ÜKS ile ilgili ayrıntılı bilgi III. bölümde sunulmuştur.

Makine da gerçekleştirilen üretime ilişkin histogramı oluşturulduktan sonra makine yeterlilik analizi yapılacaktır.

5.6.4 Makine Yeterlilik Analizi

Makine yeterlilik çalışmaları kısa zaman süreci içinde küçük sayıda numune verileri ile operasyon potansiyelini belirlemek için yapılır. Kısa zaman süreci içinde yapılan bu tip çalışmalar sadece makinenin kendisinden gelen değişimleri tahmini olarak belirler. Zaman içinde diğer operasyonlardan gelen etkileri yansıtmaz. Bu nedenle proses yeterlilik ve diğer yöntemleri kullanarak karar güvenilirliğini artırmak gereklidir.

Bu alışmada İPK uygulamasının ilk aşamasında öncelikle makine yeterliliği belirlenmiştir. Makine yeterlilik analizini gerçekleştirmek için TRM Su Borularının retildiği Otomat Torna üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmış ve bu amaçla sırasıyla aşağıdaki faaliyetler yerine getirilmiştir.

- Makinenin genel bakımının yapılması,
- İşlemlere uygun olarak seçilmiş kesici takımların (pah, havşa, vida çekme ve kesme kalemi) işlem sırasına göre bağlanması,
- Makineye elle yol vererek kesici takımların talaş kaldırma işlemlerinin gözlenmesi,
- Malzeme bağlanıp makineye yol verilmesi ve ilk beş parçanın ölçüleri ve R 1/2” vida sıklığının kontrol edilmesi,
- Uygun lm ile üretime başlanması,
- Üretilen her yüz adet su borusunda periyodik kontroller yapılarak üretim sürdürülmesi.

Makine yeterlilik analizi için gerekli hesaplamalar yapılmış ve bulunan değerler Çizelge 14’de gösterilmiştir.

Makine Yeterlilik Çalışması				
		Tarih	01.10.2005	
PARÇA ADI	TERMOSİFON SU BORUSU	Ölçü Aleti	kumpas	
ATÖLYE	BORU HANE			
TEZGAH	OTOMAT TORNA	Ölçü Birimi	mm	
İNCELENEN ÖZELLİK	TERMOSİFON SU BORUSU BOY UZUNLUĞU			
TANIMLAR	DEĞERLER	FORMÜL		
MAKSİMUM TOLERANS	141	T max		
MİNİMUM TOLERANS	138,5	Tmin		
DOĞAL TOLERANS	0,9648	T doğ= 6*Stand.sapma		
ORTALAMA(X)	139,4	$\sum \bar{x} / n$		
STANDART SAPMA	0,16	$\sigma = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$		
Cm=		2,59	Cmk=(Kapasite Endeksi) 5,18	
Cm=(Tmax-Tmin)/Tdoğ. > 1,67 Cmk=(Tmax-Tmin)/Tdoğ./2 > 1,67				
VERİLER				
139,2	139,5	139,2	138,9	138,9
140,1	140,2	139,3	139,8	138,8
140	139,5	140	139,7	139,5
139,2	139,3	139,1	139	139,5
140	139,5	140,2	140,1	138,9
139,5	139,7	139,8	139,5	139,6
139,2	139,6	138,9	139	139,2
138,5	139,7	139,8	139,6	139,6
139,1	139	139,2	139,3	139,3
139,3	139,4	139,6	139,3	139,3
139,2	139,1	139,3	139,1	139,1
139,1	138,9	139,5	139,6	138,9
139,2	138,7	139	139,4	139,2
139,5	138,2	139	139,3	139,5
139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
140,1	139,4	139,7	140,3	139,2
139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
140	140,3	139,6	139,5	139
139	139,6	139,3	139,8	139,1
139	139	140,1	139	140,1

Çizelge 14: Makina Yeterlilik Analizi

$C_m > 1,67$ ve $C_{mk} > 1,67$ olmak zorundadır. Ardışık olarak alınan yüz adet örnek incelendiğinde C_m (Makine işlem kapasitesi) = 2,59 ve C_{mk} (Makine işlem kapasite endeksi) = 5,18'e eşit olduğu görülmüştür. (Çizelge 3-7). Mevcut toleranslar için makine yeterliliği sağlanmıştır. Ancak şekil- 3.6'daki histogramda AKS 'nin altında kalan değerler vardır. Bunun nedeni; yeterlilik analizinde dikkat edilmesi gereken bazı noktaların olmasıdır. Yeterlilik analizi ne derece duyarlı yapılırsa yapılsın aşağıda verilen sebeplerle daima yaklaşık sonuç verecektir:

- 1.Örnekleme ile ilgili olarak daima bir değişkenlik vardır.
- 2.Hiçbir proses tümüyle kontrol altında değildir.
- 3.Hiçbir proses çıktısı, tümüyle normal dağılıma uymaz.⁶⁴

Makine yeterlilik analizi yapıldıktan sonra prosesin yeterli olup olmadığını tespit etmek amacıyla örnek alma planına göre üretimi tamamlanan parçalardan örnekler alınarak histogram ve proses yeterlilik analizi yapılmıştır.

5.6.5 Histogram

1 Ekim 2005 tarihinde üretilen TRM Su Borularından müşterinin örnek alma planına göre üretimi tamamlanan parçalardan sonra her yarım saatte beşer birimlik toplam 100 adet örnek alınmış ve her parçanın boy uzunluğu ölçülerek çizelge-15 oluşturulmuştur.

⁶⁴ **Atiye Yavuz**, “İstatistiksel Proses Kontrol” . Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.

ÖRNEK NO	GÖZLEMLER				
1	140,1	139,8	139,5	139,2	139
2	139,1	140	139,3	139,5	139,1
3	138	139,4	139,1	139,6	139,5
4	139,2	139	139,1	139,3	139,5
5	138,9	138,3	137,2	137	138,7
6	139,2	139,4	139,9	139,3	139,2
7	139,2	139,6	139,5	139,2	139,2
8	139,6	138,5	139,8	138,1	139,6
9	139,9	138,6	139,5	139,4	139,4
10	140,2	139,3	139,5	139,4	140
11	139,2	139,1	139,3	139,1	139,1
12	138,6	138,2	138,5	138,2	138,2
13	138,2	138,7	139	139,4	139,2
14	138,1	138,2	139,9	139	139,5
15	139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
16	138,5	138,6	138	138,3	139,2
17	139,2	139,6	139,5	139,9	139,2
18	138	139,2	139,9	139,5	139
19	139	139,6	138	139,8	139,1
20	138,4	138,4	139,5	140	140,1

Çizelge 15: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri

Çizelge 15'deki veriler kullanılarak uygun bir histogram oluşturulacaktır. Önce bu tablodaki veriler gruplandırılarak bir frekans dağılımı oluşturulur. Toplam 100 veri olduğuna göre, Sturgess kaidesi uygulanırsa,⁶⁵

Sınıf sayısı= $1+3,32 \log (120) =7,92 \cong 8$ elde edilir. Veri grubundaki en büyük değer; 140,2, en küçük değer ise 137'dir.

Bu durumda sınıf aralığı (140,2–137) / 8 = 0,4 olarak hesaplanır. Böylece frekans dağılımının sınıfları aşağıdaki gibi kurulur.

⁶⁵ Bircan, a.g.e., s. 117.

Sınıflar

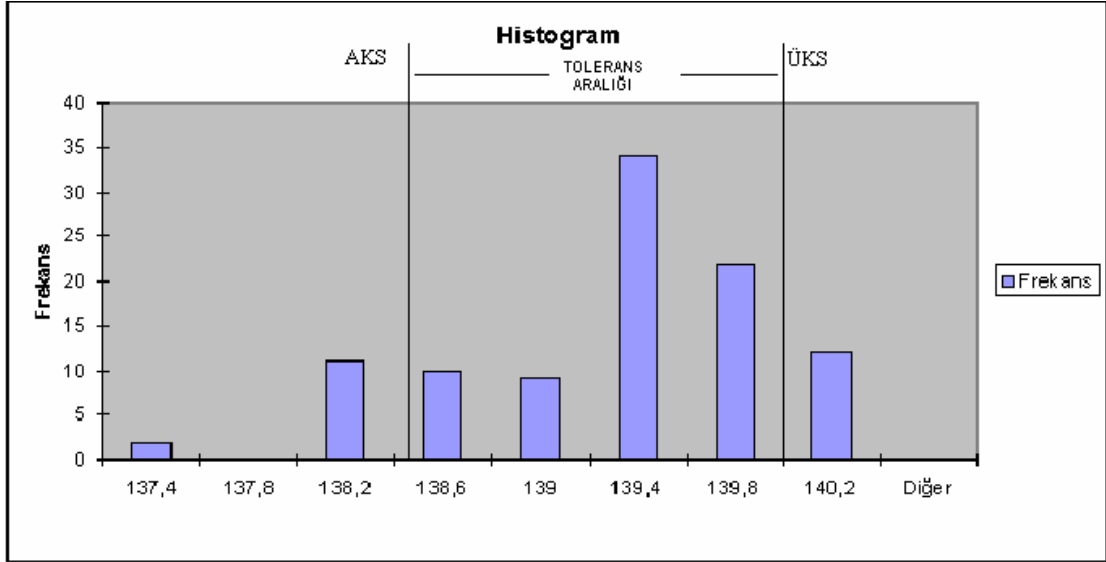
137,0-137,4	den az	$(137,0 \leq x < 137,4)$
137,4-137,8	den az	$(137,4 \leq x < 137,8)$
137,8-138,2	den az	$(137,8 \leq x < 138,2)$
138,2-138,6	den az	$(138,2 \leq x < 138,6)$
138,6-139,0	den az	$(138,6 \leq x < 139,0)$
139,0-139,4	den az	$(139,0 \leq x < 139,4)$
139,4-139,8	den az	$(139,4 \leq x < 139,8)$
139,8-140,2	den az	$(139,8 \leq x < 140,2)$

Daha sonra çetele usulü ile her bir sınıfa düşen veri sayısı belirlenerek sınıf frekansları Çizelge- 16’da sergilendiği gibi belirlenir.

Uzunluk (mm)	Çetele	Frekans
137-137,4	//	2
137,4-137,8		0
137,8-138,2	/// ///	6
138,2-138,6	/// /// /// ///	12
138,6-139	/// //	5
139-139,4	/// /// /// /// /// /// /// /// /// ///	33
139,4-139,8	/// /// /// /// /// /// /// /	22
139,8-140,2	/// /// /// /// /// /// //	20
	Toplam	100

Çizelge 16: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu

Çizelge-16'daki frekans dağılımına ait histogram şekil-27'de sergilendiği gibidir.



Şekil 27: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram

TRM Su Borusu üretim prosesi, Şekil 27'deki histogramdan da görülebileceği gibi üretim kontrol altında değildir. Süreçte kusurlu ürünler olduğu grafikten de açıkça görülmekte, AKS ve ÜKS' nin dışında kalan değerler bulunmaktadır.

Histogram oluşturulduktan sonra proses yeterlilik analizi yapılarak kontrol çizelgeleri oluşturulmuştur.

5.6.6 Proses Yeterlilik Analizi

Yapılan Proses yeterlilik analizi sonucunda elde edilen değerler Çizelge 17' de gösterildiği gibi aşağıdaki şekildedir;

$$C_p = 0,8577$$

$$C_{pk} = 1,28$$

Proses Yeterlilik Analiz Formu										
							Tarih	01.10.2005		
PARÇA ADI		TERMOSİFON SU BORUSU					Ölçü Aleti	kumpas		
ATÖLYE		BORU HANE								
TEZGAH		OTOMAT					Ölçü Birimi	mm		
İNCELENEN ÖZELLİK		TERMOSİFON SU BORUSU BOY UZUNLUĞU								
TANIMLAR		DEĞERLER		FORMÜL						
MAKSİMUM TOLERANS		141		T_{max}						
MİNİMUM TOLERANS		138,5		T_{min}						
DOĞAL TOLERANS		2,9148		$T_{dog} = 6 * \text{Stand.sapma}$						
ORTALAMA($\bar{X}$)		139,13		$\bar{X}_{ort} = \bar{X} / n$						
STANDART SAPMA		0,4858		$\sigma = R_{ort} / d_2$						
C_p		=	0,8577	$C_{pk} = (\text{Kapasite Endeksi}) = 1,28$						
$C_p = (T_{max} - T_{min}) / T_{dog}$				$C_{pk} = (T_{max} - T_{min}) / (T_{dog} / 2)$						
YORUM:										
C_p ve $C_{pk} < 1,33$ 'ten küçük olduğu için spesifikasyonları karşılamaz.										

Çizelge 17: TRM Su Borusu Proses Yeterlilik Analizi (I. Aşama)

Gerçekleştirilen analizlerin sonucunda $C_p < 1,33$ ve $C_{pk} < 1,33$ olduğu saptanmış ve spesifikasyonları karşılamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle bir sonraki aşmada $\bar{X}$ ve R süreç kontrol grafikleri oluşturulmasına karar verilmiştir.

5.6.7 $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Grafikleri

Aşağıda ayrıntıları verilen hesaplamalar sonucu elde edilen değerler doğrultusunda $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Çizelgesi oluşturulmuştur. (Çizelge- 18)

Çizelge-18'deki değerlerin ışığında $\bar{X}$ (Çizelge-19) ve R Grafiği (Çizelge-20) çizilmiştir. Çizelgelerin oluşturulması için yapılan hesaplamalar aşamalar şeklinde aşağıda belirtilmektedir.

AŞAMALAR

1. 1 Ekim 2005 tarihinde 8:30-18:30 mesai saatleri arasında üretilen TRM Su Borularından her yarım saatte beş olmak üzere toplam 100 adet örnek alınarak boy ölçüleri numune ölçme raporuna kaydedildi.

2. Alınan örneklerin X ve R ortalamaları hesaplandı.

$$(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) / 5 \quad \text{ve} \quad (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) / 5$$

3. Alınan örnekler için $\bar{X}$ ve $\bar{R}$ (Ortalamaların ortalamaları) hesaplandı.

4. Alt ve Üst kontrol sınırları hesaplandı.

$\bar{X}$ Kartı için kontrol limitleri hesabı;

$$\bar{X} = OÇ = 139,13$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{X} + A_2 * \bar{R} \quad (n=5 \text{ örnek için } A_2 \text{ 'nin tablo değeri} = 0,577)$$

$$\bar{ÜKS} = 139,78$$

$$\bar{AKS} = \bar{X} - A_2 * \bar{R}$$

$$\bar{AKS} = 138,47$$

R Kartı için kontrol limitleri hesabı ;

$$\bar{R} = O\check{C}=1,13$$

$$\check{U}KS = D_4 * \bar{R} \quad (n=5 \text{ örnek için; } D_4 \text{ 'ün tablo değeri}= 2,115)$$

$$\check{U}KS(R)=2,39$$

$$AKS = D_3 * \bar{R} \quad (n=5 \text{ örnek için ; } D_3 \text{ 'ün tablo değeri}= 0)$$

$$AKS(R) = 0$$

$$\text{Standart Sapma} = \bar{R} / d_2 = 2,326$$

$$C_p = (\check{U}KS - AKS) / (6 * \sigma), \quad C_{pk} = (\check{U}KS - \text{Nominal Ortalama}) / (3 * \sigma)$$

$$\sigma = \text{Doğal Standart Sapma} = \bar{R} / d_2 \quad (d_2 = 2,326 \quad n=5 \text{ örnek için})$$

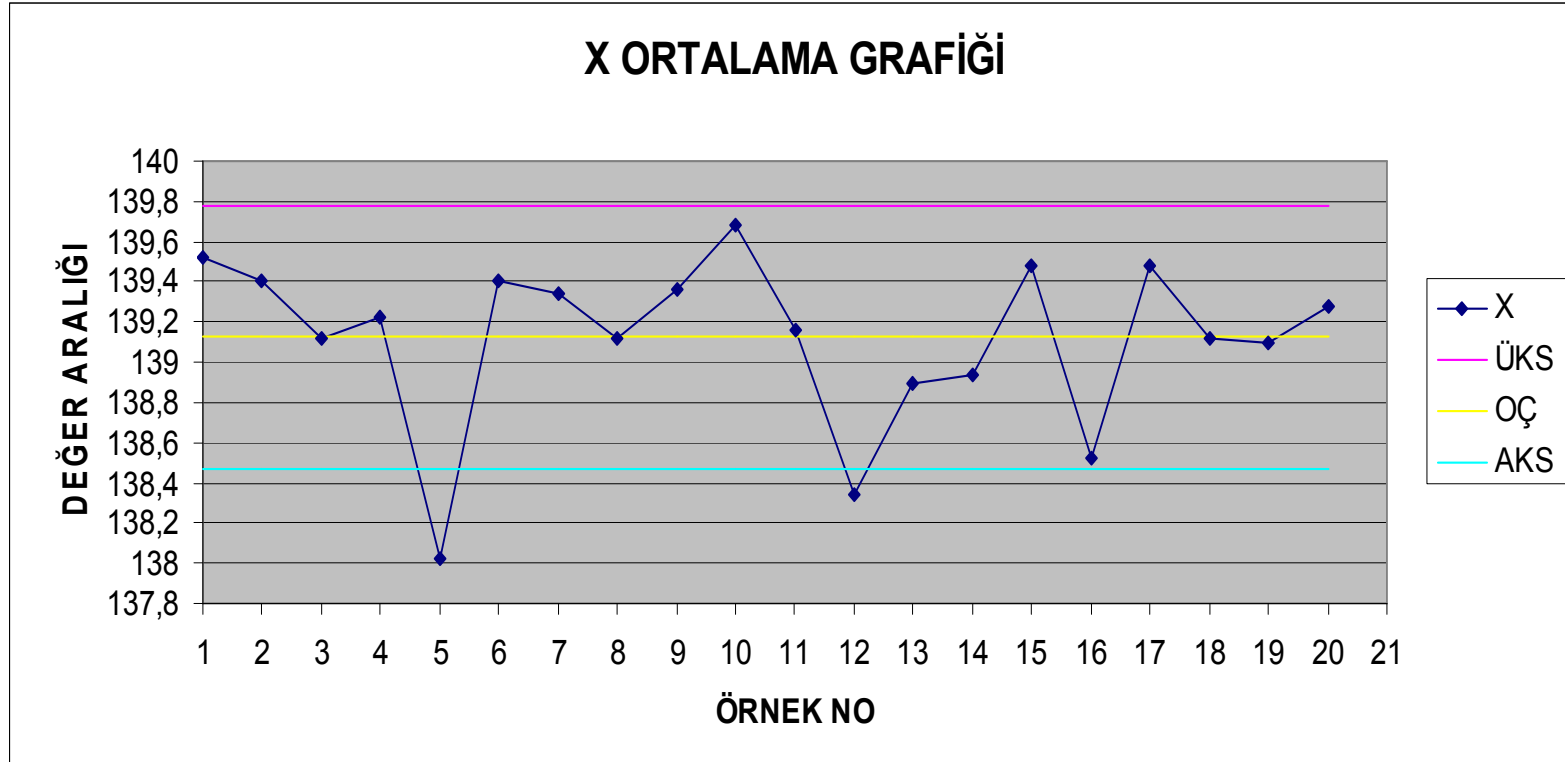
$$C_p = 0,8577 \text{ ve } C_{pk} = 1,28 \text{ olmaktadır.}$$

$$C_p \text{ ve } C_{pk} > 1,33 \text{ olmak zorundadır.}$$

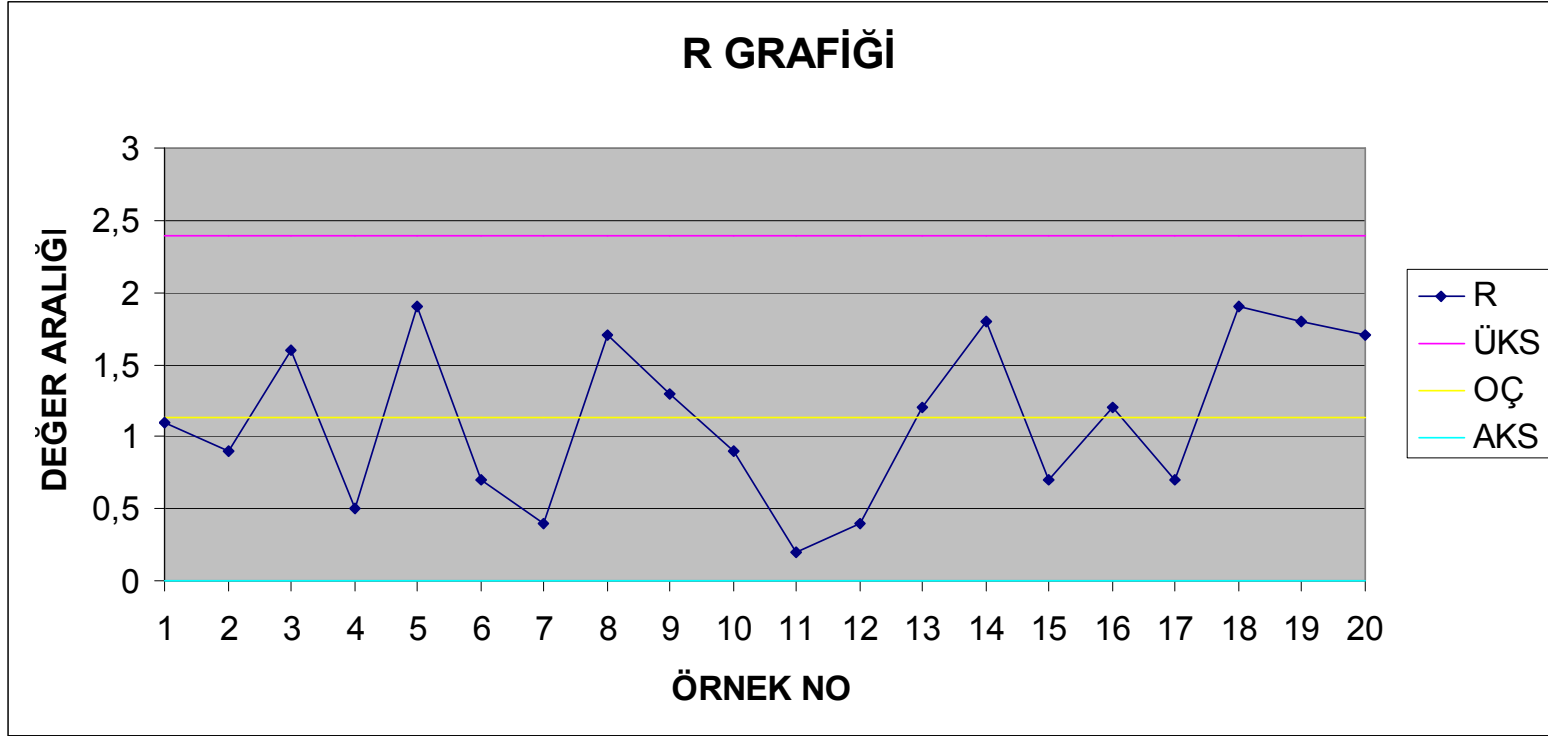
Çizelge- 18 'den yola çıkılarak oluşturulan her iki grafikte de yatay eksen örnek no'yu gösterirken; dikey eksen, $\bar{X}$ kontrol çizelgesinde TRM Su Borusu boy ölçüsü değerlerini; R kontrol çizelgesinde ise boy farkı değerlerini göstermektedir.

NUMUNE ÖLÇME RAPORU															TARİH : 01/10/05		
PARÇA ADI :		TERMOSIFON SU BORUSU					NUMUNE ADEDİ:		100								
DEĞERLENDİRME																	
									X ORT GRAFİĞİ			R ORT GRAFİĞİ					
NO	SAAT	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	$\bar{R}$	ÜKS	OÇ	AKS	ÜKS	OÇ	AKS			
1	08:30	140,1	139,8	139,5	139	139	139,52	1,1	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
2	09:00	139,1	140	139,3	140	139	139,4	0,9	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
3	09:30	138	139,4	139,1	140	140	139,12	1,6	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
4	10:00	139,2	139	139,1	139	140	139,22	0,5	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
5	10:30	138,9	138,3	137,2	137	139	138,02	1,9	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
6	11:00	139,2	139,4	139,9	139	139	139,4	0,7	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
7	11:30	139,2	139,6	139,5	139	139	139,34	0,4	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
8	12:00	139,6	138,5	139,8	138	140	139,12	1,7	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
9	13:00	139,9	138,6	139,5	139	139	139,36	1,3	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
10	13:30	140,2	139,3	139,5	139	140	139,68	0,9	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
11	14:00	139,2	139,1	139,3	139	139	139,16	0,2	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
12	14:30	138,6	138,2	138,5	138	138	138,34	0,4	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
13	15:00	138,2	138,7	139	139	139	138,9	1,2	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
14	15:30	138,1	138,2	139,9	139	140	138,94	1,8	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
15	16:00	139,2	139,6	139,5	140	139	139,48	0,7	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
16	16:30	138,5	138,6	138	138	139	138,52	1,2	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
17	17:00	139,2	139,6	139,5	140	139	139,48	0,7	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
18	17:30	138	139,2	139,9	140	139	139,12	1,9	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
19	18:00	139	139,6	138	140	139	139,1	1,8	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			
20	18:30	138,4	138,4	139,5	140	140	139,28	1,7	139,78	139,13	138,47	2,39	1,13	0			

Çizelge 18: TRM Su Borusu $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Çizelgesi Değerleri (I. Aşama)



Çizelge 19: TRM Su Borusu $\bar{X}$ Süreç Kontrol Çizelgesi (I.Aşama)



Çizelge 20: TRM Su Borusu R Süreç Kontrol Çizelgesi (I.Aşama)

$\bar{X}$ Grafiği Yorumu: $\bar{X}$ grafiğinde görüldüğü gibi AKS ve ÜKS' nin dışında çalışılmaktadır. İki noktada AKS limitinin aşıldığı görülmüştür. $\bar{X}$ değerleri, $\bar{X}$ kontrol çizelgesinde sınırlar içinde ve ortalamanın çevresinde seyrederken saat 10:30 ve 14:30 'da alınan örneklerin değerleri AKS' nin altında kalmıştır, diğer bir deyişle çizginin dışına taşmıştır. Bu tarihlerde sürecin kontrol dışında olmasına neden olan özel sebeplerin varlığından söz etmek mümkündür. 5.,11.,12.,16. ve 17. noktalarda ani değişimler görülmüştür. Bunların nedenleri araştırılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

R Grafiği Yorumu: R grafiğinde ise limitlerin dışına taşan herhangi bir nokta yoktur. 8,11 ve 14. noktalarda oluşan ani değişiklikler sürecin incelenmesini gerekli kılmaktadır.

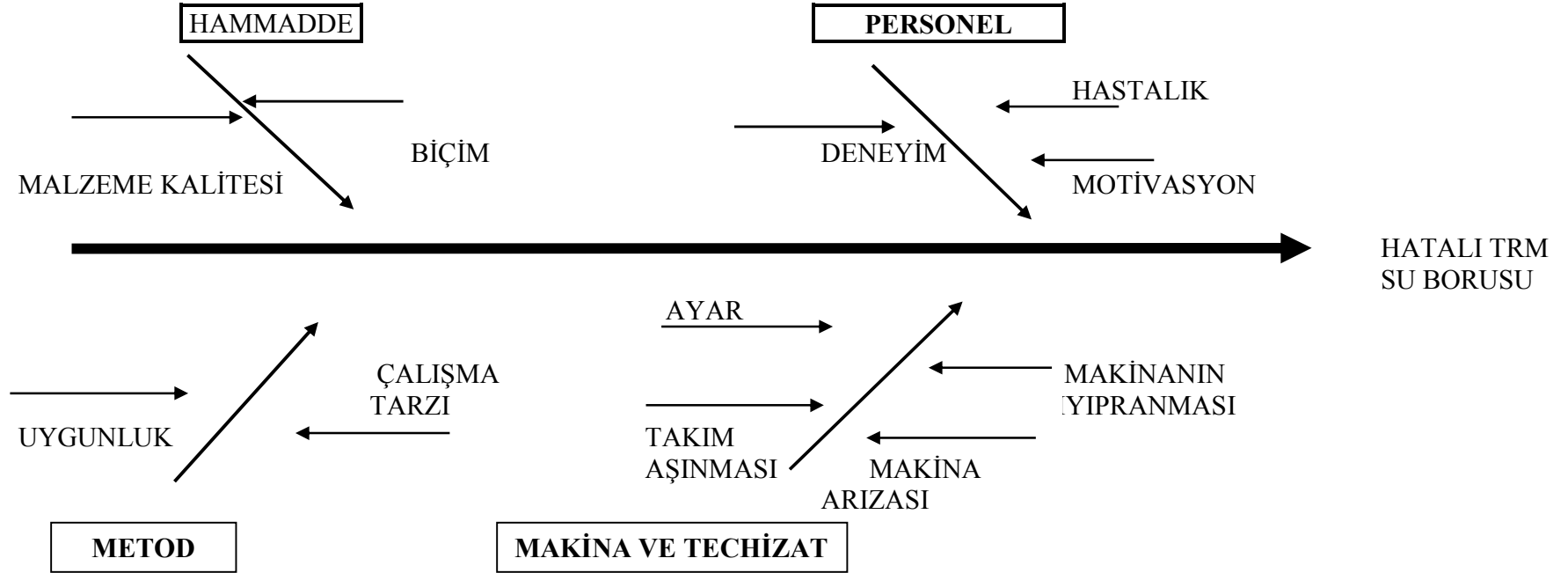
Kusurlu ürünlere neden olan etkenlerin araştırılması için Beyin Fırtınası yapılarak Neden-Sonuç Diyagramı oluşturulmasına karar verilmiştir.

5.6.8 Beyin Fırtınası ve Neden Sonuç Analizi

İmalat sorumlusunun katkılarıyla konuyla ilgili üretim elemanı ve imalatla çalışan iki kişiden oluşan bir ekip kurularak hatanın sebepleri tartışılmıştır.

Toplantının başında beyin fırtınası yönteminin kuralları anlatılarak ekibin konuyu anlaması sağlanmış, sorun tanıtılarak beyin fırtınası uygulamasına geçilmiştir. Tüm üyeler sorunun nedenleri hakkındaki fikirlerini belirtmişler ve saat 10:30'da ortaya çıkan hatanın en önemli sebebinin takım aşınması, bir başka deyişle sürücü pensindeki aşınma olduğu tespit edilmiştir. Sürücü pensin tedarikçi firmadan temin edilmesi ile birlikte yapımında kullanılan hammaddenin cinsi ve önceden yapılmış ısıtma işlem değerleri yapım aşamasında etkili olmakta, yapım aşamasında elde edilen her penste sertlik ve aşınma mukavemeti belli toleranslar içinde farklı aşınma süreleri

oluşturmaktadır. Ayrıca ısıt ışılemi yapan firmadaki işçi, ortamın sıcaklığı vb. şartların da etkili olduğu tahmin edilmektedir. Bu sürece ilişkin Neden-Sonuç Analizi Şekil-3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 28: TRM Su Borusu Neden Sonuç Analizi

Yapılan beyin fırtınası ve neden-sonuç analizine göre ortaya çıkan hatanın nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Sürücü pensinde kullanılan hammaddenin ısıtılma işleminden oluşan mukavemet değerlerinin farklılığı,
- Pensin aşınma süresi,
- Pensin gereğinden fazla ayarlanmış olması,
- Hammadde giriş kontrolünün eksikliği,
- Operatör dikkatsizliği.

Bu nedenle yeni bir sürücü pensi takılarak ve hammadde yenisi ile değiştirilerek sorun giderilmiştir. Gerekli düzeltmeler yapılmış ve düzeltmeler süreç raporuna not edilmiştir.

Örnek alma işlemi üretim sürecinde devam ederken, alınan örneklerin değerleri çizelge-21'deki tabloya kaydedilmiştir. Hatalı noktalar, süreçten çıkarılıp yeni limitler ve orta çizgi bir kere daha hesaplanarak grafikler oluşturulmuştur. Proses yeterlilik analizi tekrar oluşturularak $\bar{X}$ ve R diyagramları çizilmiştir.

14.30 'da ortaya çıkan hatalı üretimin sebebi ise; sürücü pensin gereğinden fazla ayarlanmış olması nedeniyle parçanın boy sınırlama dayamasına vurup geriye sıçraması olduğu kanaatine varılmış, operatör dikkatsizliğinden sınırların dışına çıktığı tespit edilmiştir.

Yapılan ilk proses yeterlilik araştırması sonucunda; karşılaşılan aksaklıklar ve prosesi etkileyen özel nedenler beyin fırtınası ve sebep-sonuç diyagramı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu analiz temel alınarak beyin fırtınası, $\bar{X}$, R diyagramları ve sebep-sonuç diyagramı ile gerekli düzeltmeler gerçekleştirilmiştir. Prosesin kontrol altında olup

olmadığını tesit etmek için 2 Ekim 2005 tarihinde üretilen TRM Su Borularından müşterinin örnek alma planına göre üretimi tamamlanan parçalardan örnekler alınarak histogram ve ikinci proses yeterlilik analizi yapılmıştır.

5.6.9 Histogram

Her yarım saatte beşer birimlik toplam yüz örnek alınmış ve her parçanın boy uzunluğu ölçülerek çizelge- 21’de oluşturulmuştur.

ÖRNEK NO	GÖZLEMLER				
1	139	138,9	139,5	140	139
2	139,6	139,3	139,3	139	139
3	140	139	140,1	140	140
4	139,2	139,3	139,1	139	140
5	139,2	139,2	139,4	139	139
6	139,6	139,7	139,8	140	140
7	139,2	139,6	139,5	140	139
8	139,6	139,7	139,8	140	140
9	139,3	139,4	139,6	139	139
10	139,8	139,7	139,6	139	139
11	139,2	139,1	139,3	139	139
12	139,1	138,9	139,5	140	139
13	139,2	138,7	139	139	139
14	139,5	138,8	139	139	140
15	139,2	139,6	139,5	140	139
16	140,1	139,4	139,7	140	139
17	139,2	139,6	139,5	140	139
18	140	140,3	139,6	140	139
19	139	139,6	139,3	140	139
20	139	139	140,1	139	140

Çizelge 21: TRM Su Borusu Boy Ölçüsü Değerleri

Bu tablodaki veriler gruplandırılarak bir frekans dağılımı oluşturulur. Toplam 100 veri olduğuna göre, Sturges kaidesi uygulanırsa,⁶⁶

Sınıf sayısı $= 1 + 3,32 \log (120) = 7,92 \approx 8$ elde edilir. Veri grubundaki en büyük değer; 140,3 ; en küçük değer ise 138,7 'dir. Bu durumda sınıf aralığı $(140,3 - 138,7) / 8 = 0,2$ olarak hesaplanır. Böylece frekans dağılımının sınıfları aşağıdaki gibi kurulur.

Sınıflar

138,7-138,9	den az	$(138,7 \leq x < 138,9)$
138,9-139,1	den az	$(138,9 \leq x < 139,1)$
139,1-139,3	den az	$(139,1 \leq x < 139,3)$
139,3-139,5	den az	$(139,3 \leq x < 139,5)$
139,5-139,7	den az	$(139,5 \leq x < 139,7)$
139,7-139,9	den az	$(139,7 \leq x < 139,9)$
139,9-140,1	den az	$(139,9 \leq x < 140,1)$
140,1-140,3	den az	$(140,1 \leq x < 140,3)$

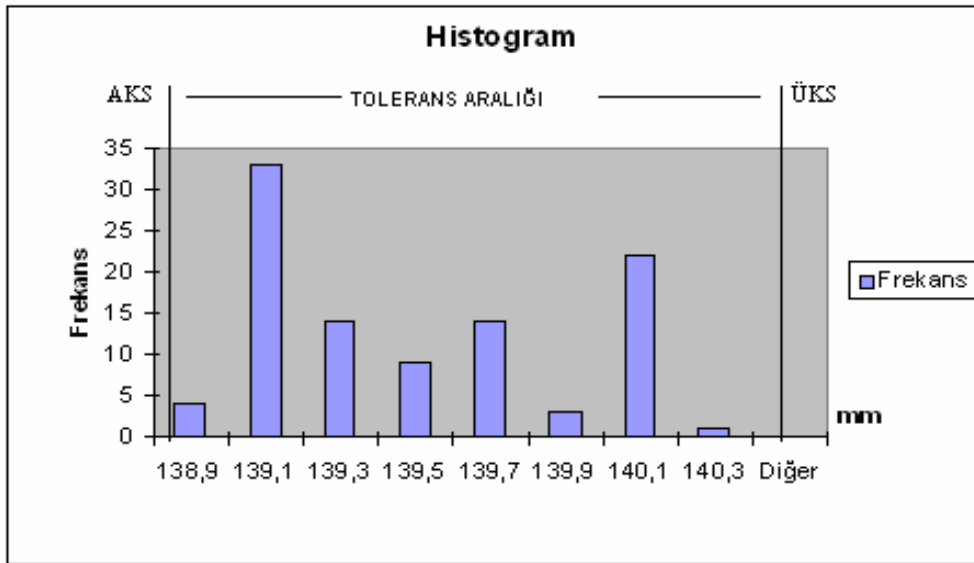
Daha sonra çetele usulü ile her bir sınıfa düşen veri sayısı belirlenerek sınıf frekansları Çizelge- 22'de sergilendiği gibi belirlenir.

⁶⁶ Bircan, a.g.e., s. 117.

Boy ölçüsü (mm)	Çetele	Frekans
138,7-138,9	//	2
138,9-139,1	/// /// /// /// /// /// /// /// /// /	34
139,1-139,3	/// /// /// //	11
139,3-139,5	/// /// /// /	10
139,5-139,7	/// /// /// /// /// //	17
139,7-139,9	/// //	5
139,9-140,1	/// /// /// /// /// /// /	19
140,1-140,3	//	2
	Toplam	100

Çizelge 22: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerinin Frekans Dağılım Tablosu

Çizelge-22’deki frekans dağılımına ait histogram şekil-29 ’daki gibi olur.



Şekil 29: TRM Su Borusu Boy Ölçüm Değerlerine Ait Histogram

Şekil- 29’daki histogramda AKS ve ÜKS ‘nin dışında kalan değer olmaması sebebiyle süreçte üretilen parçalarda kusurlu ürün olmadığı görülmektedir. Histogram oluşturulduktan sonra proses yeterlilik analizi yapılarak kontrol çizelgeleri

oluşturulmuştur.

5.6.10 Proses Yeterlilik Analizi

Proses yeterlilik analizi için yapılan hesaplamalar şöyledir;

$$C_p = 1,366$$

$$C_{pk} = 1,76$$

İkinci proses yeterlilik analizinde C_p ve $C_{pk} > 1,33$ olması nedeniyle hedeflenen değere ulaşılmış bir başka deyişle prosesin kontrol altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Çizelge-23)

Proses Yeterlilik Analiz Formu			
		Tarih	02.10.2005
PARÇA ADI	TERMOSİFON SU BORUSU	Ölçü Aleti	kumpas
ATÖLYE	BORUHANESİ		
TEZGAH	OTOMAT	Ölçü Birimi	mm
İNCELENEN ÖZELLİK	TERMOSİFON SU BORUSU BOY UZUNLUĞU		
TANIMLAR	DEĞERLER	FORMÜL	
MAKSİMUM TOLERANS	141	T_{max}	
MİNİMUM TOLERANS	138,5	T_{min}	
DOĞAL TOLERANS	1,83	$T_{doğ} = 6 \cdot \text{Stand.sapma}$	
ORTALAMA($\bar{X}$)	139,39	$\bar{X}_{ort} = \bar{X}/n$	
STANDART SAPMA	0,305	$\sigma = R_{ort}/d_2$	
$C_p =$	1,366	$C_{pk} = (\text{Kapasite Endeksi})$	1,76
$C_p = (T_{max} - T_{min}) / T_{doğ}$		$C_{pk} = (T_{max} - \bar{X}_{ort}) / (T_{doğ} / 2)$	
<u>YORUM:</u> C_p ve $C_{pk} > 1,33$'ten büyük olduğu için spesifikasyonları karşılar.			

Çizelge 23: Proses Yeterlilik Analiz Formu (II. Aşama)

Proses yeterlilik analizinden sonra sürece ilişkin $\bar{X}$ ve R grafikleri çizilmiştir.

5.6.11 $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Grafikleri

$\bar{X}$ ve R Kontrol çizelgeleri için yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

$\bar{X}$ Kartı için kontrol limit hesabı;

$$\bar{\bar{X}} = 139,39 \text{ (Ortalamaların Ortalaması)}$$

$$\bar{U}KS = 139,80 \text{ (Üst Kontrol Limiti)}$$

$$\bar{A}KS = 138,98 \text{ (Alt Kontrol Limiti)}$$

R Kartı için kontrol limit hesabı;

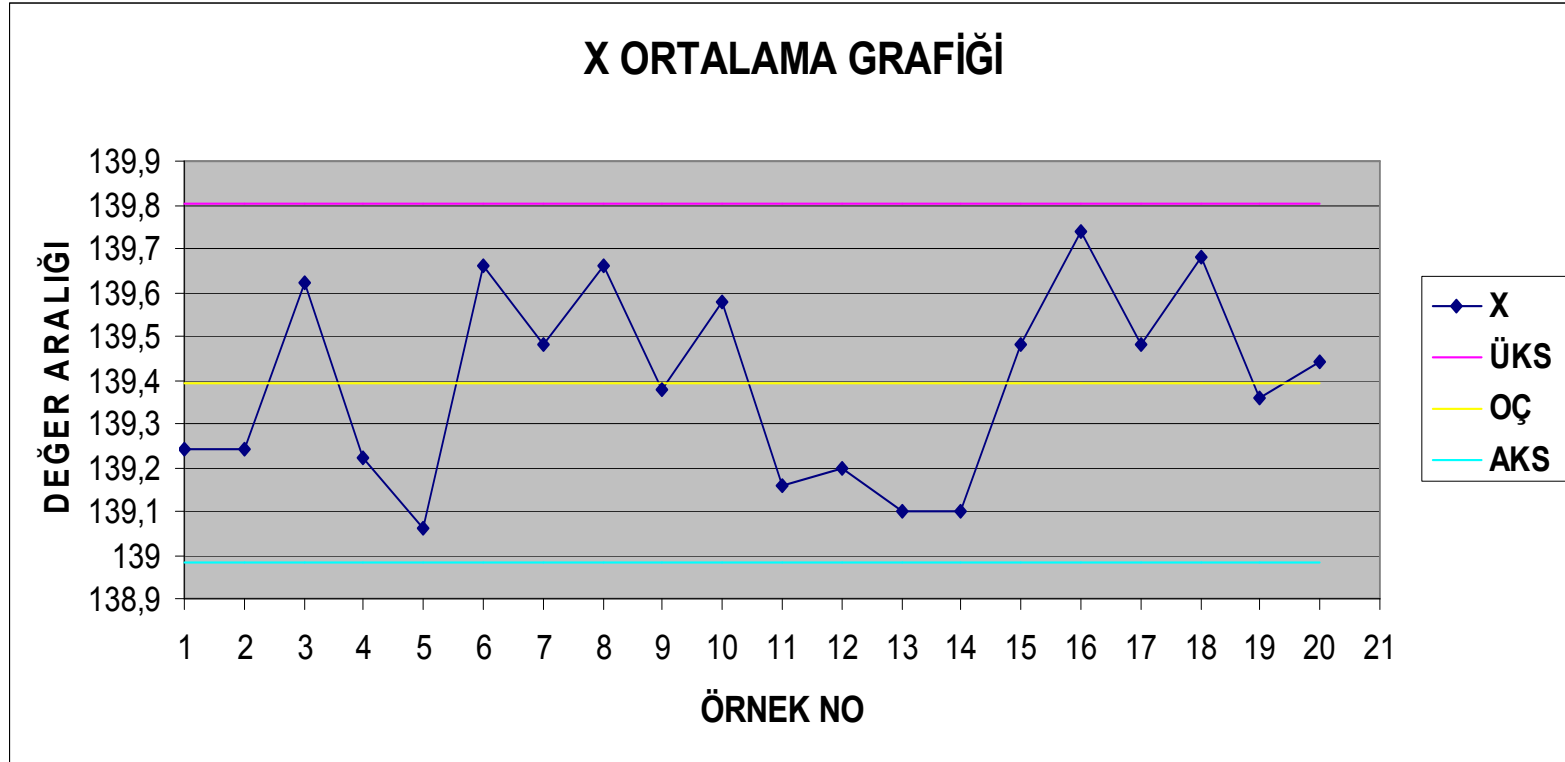
$$\bar{R} = 0,71$$

$$\bar{U}KS(R) = 1,50$$

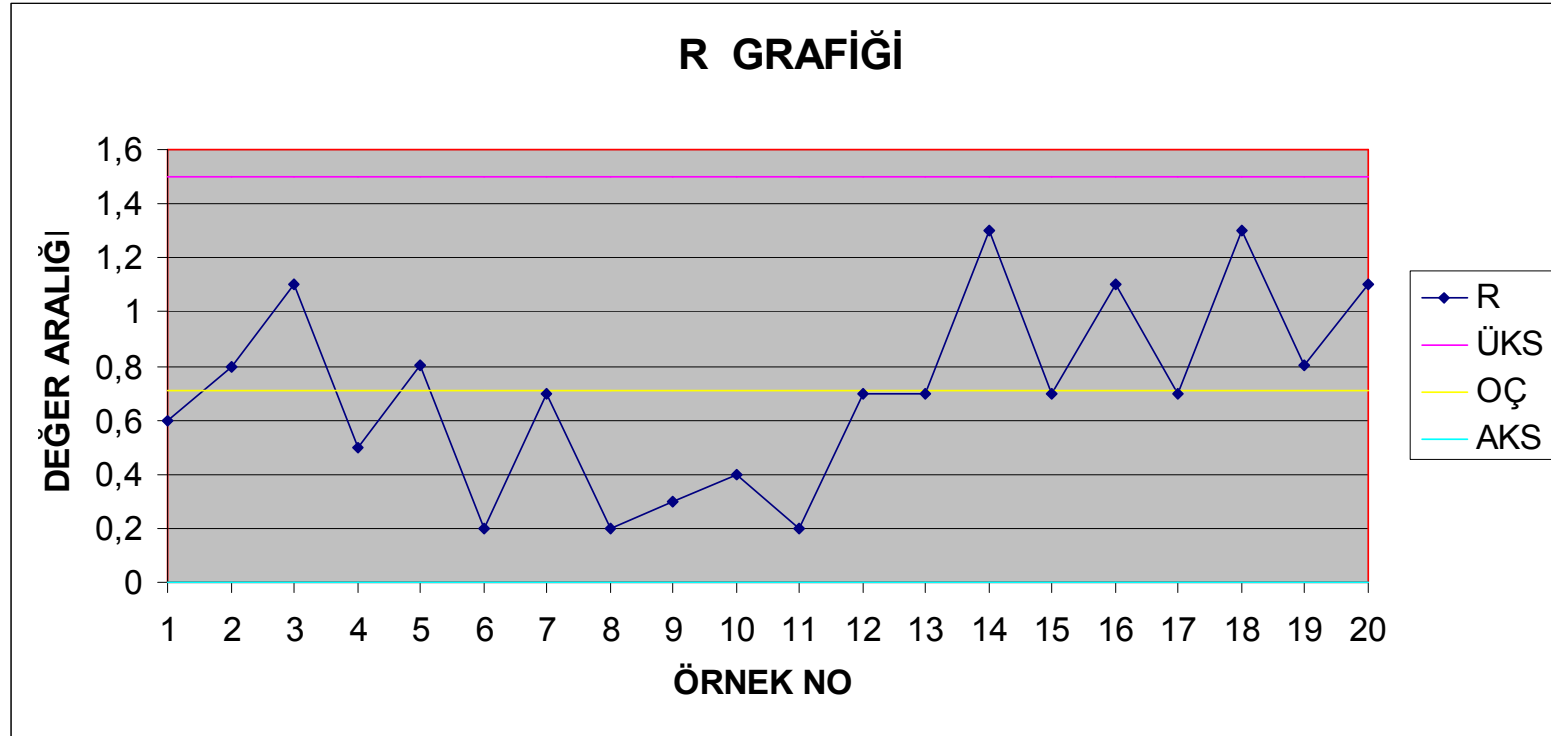
$$\bar{A}KS(R) = 0$$

NUMUNE ÖLÇME RAPORU															TARİH : 02/10/2005		
PARÇA ADI :		TERMOSİFON SU BORUSU					NUMUNE ADEDİ:		100								
DEĞERLENDİRME																	
									X ORT. GRAFİĞİ			R ORT. GRAFİĞİ					
NO	SAAT	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	$\bar{R}$	ÜKS	OÇ	AKS	ÜKS	OÇ	AKS			
1	08:30	139	138,9	139,5	140	139	139,24	0,6	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
2	09:00	139,6	139,3	139,3	139	139	139,24	0,8	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
3	09:30	140	139	140,1	140	140	139,62	1,1	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
4	10:00	139,2	139,3	139,1	139	140	139,22	0,5	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
5	10:30	139,2	139,2	139,4	139	139	139,06	0,8	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
6	11:00	139,6	139,7	139,8	140	140	139,66	0,2	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
7	11:30	139,2	139,6	139,5	140	139	139,48	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
8	12:00	139,6	139,7	139,8	140	140	139,66	0,2	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
9	13:00	139,3	139,4	139,6	139	139	139,38	0,3	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
10	13:30	139,8	139,7	139,6	139	139	139,58	0,4	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
11	14:00	139,2	139,1	139,3	139	139	139,16	0,2	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
12	14:30	139,1	138,9	139,5	140	139	139,2	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
13	15:00	139,2	138,7	139	139	139	139,1	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
14	15:30	139,5	138,8	139	139	140	139,22	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
15	16:00	139,2	139,6	139,5	140	139	139,48	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
16	16:30	140,1	139,4	139,7	140	139	139,74	1,1	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
17	17:00	139,2	139,6	139,5	140	139	139,48	0,7	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
18	17:30	140	140,3	139,6	140	139	139,68	1,3	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
19	18:00	139	139,6	139,3	140	139	139,36	0,8	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			
20	18:30	139	139	140,1	139	140	139,44	1,1	139,79	139,40	139,01	1,44	0,68	0			

Çizelge 24: TRM Su Borusu $\bar{X}$ ve R Süreç Kontrol Çizelgesi Değerleri (II. Aşama)



Çizelge 25: TRM Su Borusu $\bar{X}$ Süreç Kontrol Çizelgesi (II.Aşama)



Çizelge 26: TRM Su Borusu R Süreç Kontrol Çizelgesi (II.Aşama)

Çizelge-25’de görüldüğü gibi $\bar{X}$ değerleri, $\bar{X}$ kontrol çizelgesinde limitler içinde ve ortalamanın çevresinde seyretmektedir. Süreçteki kontrolü bozan herhangi bir özel sebep yoktur.

R kontrol çizelgesinde ise limitlerin dışına taşan nokta yoktur. Süreç kontrol altındadır ve üretilen parçalar, spesifikasyonlara uygun olarak üretilmektedir. R kartındaki değişimlerin en aza indiği görülmektedir.(Çizelge-26)

İkinci proses yeterlilik analizinde kontrol grafiğine işaretlenen noktaların tamamı kontrol sınırları içinde olmasına rağmen, bu noktaların ani iniş ve çıkış eğiliminde olmasından dolayı prosesin kontrol dışına çıkmış olabileceğinden şüphelenilmiştir. Fakat değerlendirmeler sonucunda herhangi bir sorunun söz konusu olmadığı, ani değişikliklerin proseste belli zaman aralıklarıyla gerçekleştirilen ayarlamalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

VI. BÖLÜM: SONUÇ, ÖNERİLER VE ARAŞTIRMANIN TEMEL KATKISI

Bu bölümde küçük ölçekli bir firmada geliştirilen istatistiksel süreç kontrol sisteminin uygulama sonuçları üzerinde durulmuş ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

6.1 Sonuç

Bu araştırmada; yan sanayi olarak faaliyet göstermekte olan küçük ölçekli bir işletmede İPK sistemi geliştirilmiş, örnek bir parça ile belirli dönemlerde alınan veriler değerlendirilerek istatistiksel süreç kontrol sisteminin bu işletmede kurulabileceği ve geliştirilebileceği örneklerle gösterilmiştir. Bu ilk aşamadan sonra geliştirilen İPK sisteminin işletmede üretilen diğer parçalar üzerinde de uygulanması kararı alınmıştır. İşletmenin ISO belgesi için başvuru ve yeniden yapılanma hedefiyle KOSGEB ile ortak bir çalışma yürütmeyi planladığı bir dönemde istatistiksel süreç kontrol çalışmalarının olumlu katkılar sağlama potansiyeline sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan bu araştırma ile belirlenen problemler giderildiği takdirde, maliyeti düşürücü katkılar sağlandığı gibi, firma güvenilirliğini arttırıcı daha kaliteli ürün elde etmenin söz konusu olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede; bir problemin çözümünde istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinden yararlanılmasının probleme sistematik olarak yaklaşılmasına olanak sağladığı da ortaya konulmuştur.

Bu araştırma, geliştirilen İPK sisteminin termosifon üretiminde yarı mamul olarak kullanılan TRM Su Borusu üzerinde uygulanmasını hedeflemiştir. İki iş gününde inceleme konusu veriler derlenmiş ve üretim sırasında ortaya çıkan hataların kaynakları dikkatle izlenerek hata türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Geliştirilen İPK sisteminin firma süreçlerindeki ilk uygulamasında örnek olarak ele alınan Termosifon Su Borularının üretiminin yapıldığı Otomat Torna

makinesinin makine yeterlilik analizi yapılmıştır. Bu amaçla 01.10.2005 tarihinde, yarım saat içinde rasgele alınan örneklerin boy uzunluğu ölçülmüştür. Kabul edilebilir tolerans; 138,5 ile 141 aralığıdır. Ölçülen değerlerin frekans dağılım tablosu oluşturularak, histogram çizilmiştir, aynı veriler için makine yeterlilik analizi yapılmıştır ve yapılan hesaplamalar sonucu; C_m (Makine işlem kapasitesi) $>1,67$ ve C_{mk} (Makine işlem kapasite endeksi) $>1,67$ olduğu görülmüştür. Mevcut toleranslar için makine yeterliliği sağlanmıştır.

Daha sonra örnek alma planına göre 01.10.2005 tarihinde 8:30-18:30 mesai saatleri arasında üretilen TRM Su Borularından her yarım saatte beş olmak üzere toplam 100 adet örnek alınmış ve her parçanın boy uzunluğu ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin frekans dağılım tablosu oluşturularak, histogram çizilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerler doğrultusunda proses yeterlilik analizi yapılarak $\bar{X}$ ve R Grafikleri çizilmiştir. $\bar{X}$ grafiğinde iki noktada AKL limitinin aşıldığı görülmüştür. $\bar{X}$ değerleri, $\bar{X}$ grafiğinde limitler içinde ve ortalamanın çevresinde seyrederken saat 10:30 ve 14:30 'da alınan örneklerin değerleri; AKL'nin altında kalmış bir başka deyişle çizginin dışına taşmıştır. Bu tarihlerde süreçteki kontrolü bozan özel sebeplerin varlığından söz etmek mümkündür. 5,11,12,16 ve 17 inci noktalarda ani değişimler görülmüş, R grafiğinde ise limitlerin dışına taşan herhangi bir noktanın olmadığı anlaşılmıştır. Buna karşın 8,11,14. noktalarda ani değişimler görülmüştür. Daha sonra yapılan proses yeterlilik analizi sonucunda $C_p < 1,33$ ve $C_{pk} < 1,33$ olduğu saptanmış ve spesifikasyonları karşılamadığı düşünülmüştür. Kusurlu ürünlere neden olan etkenlerin araştırılması için Beyin Fırtınası yapılarak Neden-Sonuç Diyagramı oluşturulmuştur.

Yapılan beyin fırtınası ve neden-sonuç analizine göre ortaya çıkan hatanın nedenleri şu şekilde sıralanabilir.

1. Sürücü pensinde kullanılan hammaddenin ısıtıl işleminden oluşan mukavemet değerlerinin farklılığı,

2. Pensin aşınma süresi,
3. Pensin gereğinden fazla ayarlanmış olması,
4. Hammadde giriş kontrolünün eksikliği,
5. Operatör dikkatsizliği.

Bu nedenle yeni bir sürücü pensi takılarak ve hammadde yenisi ile değiştirilerek sorun giderilmiştir. Gerekli düzeltmeler yapılmış ve düzeltmeler süreç raporuna not edilmiştir.

Yapılan ilk proses yeterlilik analizi sonucunda; karşılaşılan aksaklıklar ve prosesi etkileyen özel nedenler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu analiz temel alınarak gerekli düzeltmeler gerçekleştirilmiş ve ikinci bir proses yeterlilik analizi yapılmıştır. $\bar{X}$ grafiğine göre süreçteki kontrolü bozan herhangi bir özel sebep yoktur. R kontrol grafiğinde ise limitlerin dışına taşan nokta yoktur. Süreç kontrol altındadır ve üretilen parçalar, spesifikasyonlara uygun olarak üretilmektedir. R grafiğindeki değişimlerin en aza indiği görülmektedir. 02.10.2006 tarihinde yapılan ikinci proses yeterlilik analizinde hedeflenen değere ulaşılmıştır ve prosesin kontrol altında olduğu ortaya konulmuştur.

Kontrol grafikleri süreçte bir problem olduğunu tespit edebilmekte ancak bu problemin nedeninin ne olduğu bilinmemektedir. Dolayısıyla, süreç ortamında veya süreç değişkenliğinde kabul edilecek ölçüde bir kayma olduğu kontrol grafiğiyle tespit edildikten sonra, beyin fırtınası ve sebep-sonuç analiziyle problemin kaynağına inilmiştir.

Problemin nedeni doğru bir şekilde belirlenmeden düzeltici faaliyetlerin yapılması işletmede geliştirici faaliyetlerle sonuçlanmayacağı gibi, gereksiz emek ve maliyet kayıplarına da neden olabilmektedir. Problemin kök nedenlerinin belirlenmesi gerekmektedir ki bu da istatistiksel süreç kontrol yöntemleri ile sağlanabilmektedir.

Süreçte düzeltici ve geliştirici faaliyetler uygulanarak sürecin sürekli kontrol altında çalışması sağlanacak ve süreçteki değişkenlik azaltılarak %100 müşteri doyumuna ulaşılmasına çalışılacaktır.

6.2 Öneriler

Yapılan çalışma; kombi, radyatör, banyopan, şofben, termosifon su borusu, bacalı gaz yakıtlı soba, kat kaloriferi, döküm kazan, su ısıtıcısı, klima, vb. ürünleri üreten firmalara yan sanayi olarak parça ve kalıp imal eden bir işletmede üretilen parçalardan sadece termosifon su borusu için düzenlenmiştir. Bu nedenle işletmede sadece bir parçanın üretim sürecini iyileştirmek, işletmede beklenen sonucu vermeyecektir. Bunu önlemek için iyileştirme çalışmalarını işletmedeki tüm parçaları kapsayacak şekilde yapmak gereklidir.

Kaliteyi geliştirici faaliyetler yalnızca spesifikasyonlara uygunluk ile kalmamalı, spesifikasyonları daraltma çalışmaları da yapılmalıdır. Kalite maliyetlerini belirlemek amacıyla uygun düzenlemeler yapılmalı, maliyetleri azaltacak önlemler alınmalıdır. Kalite geliştirmenin faydaları özellikle maliyetler açısından incelenmeli, somut sonuçlar ortaya konmalı, böylece işletme yönetiminin kalite çabalarını daha fazla desteklemesi sağlanmalıdır.

Kalite kontrol; prosesin gerçekleştirildiği yerde prosesi gerçekleştiren operatör tarafından uygulanmalıdır. Böylece ürünü imal eden operatör; aynı zamanda ürünün kontrolünü de yapacak ve ortaya çıkabilecek herhangi bir olumsuzluğa karşı anında tedbir alınarak projenin normale dönmesini sağlayabilecektir. Bununla birlikte, istatistiksel süreç kontrolünün uzun vadeli sonucu olarak prosese etki eden faktörler tespit edilecek ve uygulanacak yöntemler sayesinde proseste uzun vadeli istikrar sağlamak mümkün olacaktır. Aynı şekilde imalatın yapıldığı herhangi bir makine için; makinenin yeterliliği alınmalıdır.

Bu aşamadan sonra ulaşılan seviyenin korunması için personel eğitilmeli ve kontrol kartları oluşturularak sürekli kontrolün ve zamanında müdahalenin yapılabilmesi için operatörlere gerekli yetki ve sorumluluk verilmelidir. Süreçte düzeltici ve geliştirici faaliyetlerden sonra gerekli destek ve eğitim sağlanarak belirli istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinin uygulanması çalışanlara bırakılmalı ve bu faaliyetlerin sürekliliği sağlanmalıdır.

6.3 Araştırmanın Temel Katkısı

Üretim sektöründe önemli bir paya sahip olan küçük ve orta ölçekli işletmelerin, piyasada varlığını sürdürebilmek için hem kaliteli mal sunmaları hem de bunu daha ucuza mal etmeleri gerekmektedir. Bu nedenle işletmeler, bir taraftan belirli bir kalite düzeyini yakalarken, diğer taraftan da bu kalite düzeyini iyileştirme çabası içinde olmalıdır.

Genellikle işletme yöneticilerinde küçük ölçekli işletmelerde istatistiksel süreç kontrol sisteminin kurulmasının ve istatistiksel süreç kontrol araçlarını kullanarak üretim yapmanın mümkün olmayacağı, bu tür çalışmaların sadece orta ve büyük işletmelerde uygulanabileceği düşüncesi hakimdir. Bu çalışmada örnek bir parça ile belirli dönemlerde alınan veriler değerlendirilerek ve istatistiksel süreç kontrol sisteminin bu işletmede kurulabileceği ve geliştirilebileceği örneklerle gösterilmiştir. İPK sisteminin küçük ölçekli bir işletmede uygulanması sergilenerek işletmede kaliteden beklenen faydaların arttırılabilmesi için kalite faaliyetleri belirli bir sistematik içerisinde organize edilmiştir. İşletmede kalite politikalarına bağlı olarak kaliteyi düzenleyici ve geliştirici planları hazırlanarak, çıktılardaki katma değeri arttıracak sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır.

KAYNAKÇA

AKKURT, Mustafa, “*Kalite Kontrol Excel Destekli*,” Ankara: Birsen Yayınevi, 2002.

ANTONY JİJU- TANER Tolga, “*A conceptual framework for the effective implementation of statistical proses control*” University of Warwick and Boğaziçi University, Business Process Management Journal, 2003, p. 473-489.

BİRCAN, Hüdaverdi- ÖZCAN, Selami, “*Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*”, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003.

BİRCAN, Hüdaverdi- GEDİK, Hasan, “*Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme*” , Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, 2003, ss.69-79.

BOZKURT, Rıdvan, “*Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)*”, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2003.

BOLAT, Tamer, “*Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması)*”, İstanbul : Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, 2000.

ÇELİK, Leyla. “*İstatistiksel Proses Kontrolü ve Uygulaması*”. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknolojileri ve Fen Bilimleri Enstitüsü ,1998.

ÇETİN, Canan -AKIN, Besim, EROL, Vedat, “*TKY ve Kalite Güvence Sistemi (ISO 9000-2000 Revizyonu)*”, İstanbul: Beta Basım A.Ş, 2001.

ÇOĞUMLU, Gürhan. “*Toplam Kalite Yönetimi Çerçevesinde Kalite Kontrol Tekniklerinden İstatistiksel Proses Kontrolü ve Bir Uygulama*”. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002.

DEMİR, M. Hulusi - GÜMÜŞOĞLU, Şevkinaz, *Üretim-İşlemler Yönetimi*, İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş, 1994.

DEMOS, M.P. - DEMOS, N.P. “Hastane Yönetiminde İstatistiksel Kalite Kontrolünün Uygulanması”, *Verimlilik Dergisi*. s:1, 1994, ss.28-40.

DOES R.J.M.M,- SCHIPPERS W.A.J, A.TRIP, “*A framework for implementation of statistical process control*” MCB University Press, 1997, p.181-198.

ERDİL, Oya, “*İstatistiksel Proses Kontrolü ve İşletme Uygulaması*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü”, 1997.

FEIGENBAUM, A.V., “*Total Quality Control*”, McGrawHill International Editions, Industrial Engineering Series, Third Edition.

GABOR, A, “*The Man Who Discovered Quality*” In *The United States of America*, 1990.

GÖKÇE, Ahmet, “*Toplam Kalite Anlayışı İçinde İstatistiksel Proses Kontrolün Rolü ve Kalite Geliştirme Amaçlı Uygulanması*” , Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.

GÖZLÜ, S, “*Endüstriyel Kalite Kontrolü*”, Gümüşsuyu: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası ,1990.

GÜMÜŞOĞLU, Şevkinaz, “*İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*”, İstanbul: Beta Basım A.Ş, 2000.

HALİS, Muhsin, “*Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO - 9000 Kalite Güvence Sistemleri ve ISO-9002 Kalite Belgesi Çalışmaları*”, Beta Basım A.Ş. 1. Bası- Ekim 2000, İstanbul.

İŞÇİL, Necati, “İstatistiksel Kalite Kontrolü Ders Notları”, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, 1971.

JENDRUCKO, B- BOUNDS, G., “*The Wallace Company Struggle For Survival*”, Cases In Quality, U.S.A, 1996.

KIRLIOĞLU, Hilmi, “*Tekdüzen Muhasebe Sistemi İçerisinde Kalite Maliyetlerinin Yeri*”, Verimlilik Dergisi, 1998, Ankara.

KOBU, Bülent, “*Üretim Yönetimi*”, İstanbul: Avcıol Basım-Yayın, 1999.

KRUMWEDE Dennis -CHWEN Sheu , “*Implementing SPC in a small organization: a TQM approach*” MCB University Press, 1996, p.45.

MUSUBEYLİ, Nihal, “*İşletmelerde Kalite Güvence Sistemine Geçiş ve Küçük Ölçekli Bir İşletmede Uygulama*”. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991, ss. 1-14.

ÖZÇİFÇİ, Vesile, “*Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü*”, Standart Dergisi, Sayı 498, 2003.

ÖZUĞUR, Gönül, “*Süreç İyileştirmede İstatistiksel Yöntemlerin Kullanılması*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü , 2001.

PAKDİL, F – DURMAN, B, “*İstatistiki Proses Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı*”.

PEKER, Ömer, “*Toplam Kalite Yönetimi ve TS-ISO 9000 Standartları*”, Verimlilik Dergisi, Özel Sayı, 1993, s. 47-60.

TEKİN, Mahmut, “*Üretim Yönetimi*”, Konya: Arı Ofset Matbaacılık, 1999.

TORAMAN, Ayhan, “*Kalitenin Ülke ve İşletme Ekonomisi Açısından Önemi, Kalite Kontrolünde Modern Yaklaşımlar Semineri*”, Gebze, 3 Nisan-1 Mayıs 1987.

ÜNVER, Özkan, “*İstatistiksel Kalite Kontrolüne Giriş*”, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari Bilimler Akademisi Yayınları.

YAVUZ, Atiye. “*İstatistiksel Proses Kontrol*” . Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Üretim Yönetimi Bölümü, 1996.

AKTAN, Can, “*Çağdaş Yönetim Anlayışı, Toplam Kalite.*”

http://www.canaktan.org/canaktan_personal/canaktan-arastirmalari/toplam-kalite/aktan-cagdas-yonetim-anlayisi.pdf.

BİRCAN, H - GEDİK H , Cumhuriyet Üniversitesi , *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* , Cilt 4 , Sayı 2 , 2003

<http://www.cumhuriyet.edu.tr/edergi/makale/184.pdf>

Center for Quality Management (1999) Seven Step Process

<http://cqmextra.cqm.org/cqmjournal.nsf/reprints/rp09700>

Çevre Unsurlarının Ölçülmesi ve Durum Belirleme Matrisleri

http://www.isletme.istanbul.edu.tr/ogrelem/hulgen/ders_verileri/stratejik_yoneti_m_prezantasyonu_2004_2005_bolum5.ppt#2004.

DOĞAN, Özlem İpekgil, “*Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi*” ,

<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi04/dogangil.htm>. 2000.

DURMAN, Burçin – PAKDİL, Fatma, “*İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı*” ,

http://www.ekonometri_derneği.org/bildiriler/18s.3pdf

FİLİZ, Atilla. “*Kalitesizliğin Maliyeti*” ,

<http://www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl-gos.php?nt=520>.

Kalite Maliyetleri ve Ekonomisine Giriş

[http://www.danismend.com/konular/kaliteyon/Kalite maliyetleri ve ekonomisi ne giris 1.htm](http://www.danismend.com/konular/kaliteyon/Kalite_maliyetleri_ve_ekonomisi_ne_giris_1.htm)

Kalite Çemberleri

<http://www.Maliye.gov.tr/kalite/tkykitap/kalite-cemberleri-dosyalar/frame.htm>

Kalite Kavramı

<http://www.kaliteofisi.com/makale/makaleler.asp?>

Proses Yeterlilik Analizi

<http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>.

Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme

<http://www.igeme.org.tr/TUR/pratik/kalite.pdf>

USLU, Z.Seray , *ISO 9001-2000 Kalite Yönetim Sistemi*

[http://www.nextiraone.com.tr/documents/iso dokuman/iso 9001-2000.ppt#4](http://www.nextiraone.com.tr/documents/iso_dokuman/iso_9001-2000.ppt#4).

YUMUK,G- İNAN,İ.H, “*Trakya Bölgesindeki İmalat Sanayi İşletmelerinin Kalite Maliyetlerinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi*” ,

<http://www.trakya.edu.tr/Fakulte/ziraat/Turkçe /Dergi/2005-2/makale,2005>.

YÜKSEL Öznur-MURAT Güven, “*Şubat Krizinin Kobiler Üzerindeki Etkileri ve Çözüm Önerileri*”

http://www.emu.edu.tr/smeconf/turkcepdf/bildiri_09.pdf

EKLER**EK-1: $\bar{X}$ Kontrol Grafiği katsayıları**

n	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.853	0	3.686	0	3.269
3	1.693	0.888	0	4.358	0	2.574
4	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	2.970	0.808	0.546	5.391	0.184	1.816
10	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.137	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	3.407	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	3.472	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	3.532	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	3.588	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	3.640	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	3.689	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	3.735	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.555
24	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	3.931	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
>25	$\bar{R}/\sigma$	σ_R/σ	d_2-3d_3	d_2+3d_3	$1-3d_3/d_2$	$1+3d_3/d_2$

EK-2:R Kontrol Grafiği Katsayıları

	A	A ₁	A ₂	A ₃
2	2.121	3.760	1.880	2.159
3	1.732	2.394	1.023	1.954
4	1.500	1.880	0.729	1.628
5	1.342	1.596	0.577	1.427
6	1.225	1.410	0.483	1.287
7	1.134	1.277	0.419	1.182
8	1.061	1.175	0.373	1.099
9	1.000	1.094	0.337	1.032
10	0.949	1.028	0.308	0.975
11	0.905	0.973	0.285	0.927
12	0.866	0.925	0.266	0.886
13	0.832	0.884	0.249	0.850
14	0.802	0.848	0.235	0.817
15	0.775	0.816	0.223	0.789
16	0.750	0.788	0.212	0.763
17	0.728	0.762	0.203	0.739
18	0.707	0.738	0.194	0.718
19	0.688	0.717	0.187	0.689
20	0.671	0.697	0.180	0.680
21	0.655	0.979	0.173	0.663
22	0.640	0.662	0.167	0.647
23	0.624	0.647	0.162	0.633
24	0.612	0.632	0.157	0.619
25	0.600	0.619	0.153	0.606
25	$3/\sqrt{n}$	$3/(c_2\sqrt{n})$	$3/(d_2\sqrt{n})$	$3/(c_4\sqrt{n})$

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı:	Çiğdem BENK
Sürekli Adresi:	Çıkınlar Mah. Merkez/ BOLU
Doğum Yeri ve Yılı:	BOLU / 25.05.1981
Yabancı Dili:	İngilizce
İlköğretim:	Atatürk İlköğretim Okulu / 1995 / BOLU
Ortaöğretim:	Bolu Atatürk Lisesi / 1999 / BOLU
Lisans:	Sakarya Üniversitesi / 2003 / SAKARYA
Yüksek Lisans:	T.C. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü / BOLU
Anabilim Dalı:	İşletme Ana Bilim Dalı
Bilim Dalı:	Üretim Yönetimi ve Pazarlama